

H-3 地球環境保全に関する土地利用・被覆変化研究 (LU/GEC)

(1) アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測

研究代表者 国立環境研究所水圏環境部 大坪国順

環境庁国立環境研究所地球環境研究センター

一ノ瀬俊明

(委託先)

(社) システム総合研究所

パシフィックコンサルタンツ株式会社

平成7年-9年度合計予算額 61,391千円

(平成9年度予算額 20,800千円)

[要旨] アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測モデルを構築するためにLU/GEC検討会を設置し、①基本モデルグループ、②中国モデルグループ、③東南アジアモデルグループ、④全域拡張グループを作り、それぞれ以下の作業を分担した。

①基本モデルグループ…本サブテーマの中心となる基本モデル (LU/GEC-I) の開発と適用を図った。LU/GEC-Iモデルのコンセプトを設計し、第一段階として他の地域と物と人のやり取りを考えないLU/GEC-I Ver.1を完成させ、関西地方、関東地方、インドネシア全体に適用した。次の段階として他の地域もしくは、国々との物と人のやり取りを考えた (リンケージ) を考慮したLU/GEC-I Ver.2を完成させ、関西地域等に適用した。

②中国モデルグループ…土地利用変化の最も著しい中国の3つの地域 (華東地域、内モンゴル、珠江デルタ) の現地調査を実施し、関連データの所在調査および収集にあたった。また、LU/GEC-I Ver.1の中国長江下流域への適用を試みた。

③東南アジアモデルグループ…ジャカルタ周辺での調査を継続し、道路整備に伴う都市的利用拡大のモデル化を行った。また、スマトラでの森林面積の減少に関する社会・経済的要因をマルチロジスティックモデルを適用して検討した。

④全域拡張グループ…日本、中国、インドネシア、タイを除くアジア・太平洋地域の各国について、土地利用・被覆変化に関連するデータの所在調査およびデータ収集を行った。LU/GEC-I Ver.1を、インドに適用した。また、新たに開発したLU/GEC-IIモデル (一般化KSIM法) をインド、韓国に適用した。詳細については、-アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (III) -を参照のこと。

[キーワード] 土地利用・被覆変化、モデル予測、リンケージモデル

[研究成果の発表状況]

(1) 講演発表

- 1) K. Otsubo, M. Kagatsume & T. Kitamura: A Framework of Land Use/Cover Change Model and Its Application, Proceedings of The Fourth Japan-US Workshop on Global Change, Feb.1996 in Tsukuba, pp.86-98.
- 2) K. Mizuno, N. Nakajima, T. Kitamura & K. Otsubo: Multivariate statistical approach to long-term land-use change model in Japan, Proceedings of IGBP/BAHC-LUCC Joint Inter-Core Projects Symposium on Interactions Between the Hydrological Cycle and Land Use/Cover, Nov. 1996 in Kyoto, pp.26-29.
- 3) 小長谷・大坪(1998b): 土地利用地球環境保全プロジェクト (LU/GEC) と一般チューネンモデルの開発, 土木学会第6回地球環境シンポジウム論文集.

- 4) 小長谷・大坪・スンスン(1998c): 地球環境保全のための土地利用研究とジャワモデル, 土木学会第26回環境システム研究論文発表会論文集.

[印刷発表]

- 1) 大坪国順編(1996): LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(I)ー.
- 2) 大坪国順編(1997b): LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(II)ー, CGER-REPORT CGER-1027-'97.

LU/GEC プロジェクト報告

－アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(III)－

平成10年6月

大坪 国順 編

国立環境研究所 水圏環境部

まえがき

平成7年度から環境庁地球環境総合推進費（以下、推進費と記述）「人間・社会的側面からみた地球環境問題」分野のプロジェクトとして「地球環境保全に関する土地利用・被覆変化研究（Land Use for Global Environmental Conservation: LU/GEC）」が開始された。本 LU/GEC プロジェクトは、地球環境研究センターのデータベース事業との連携の上に進められた。

本報告書は、LU/GEC プロジェクト第1期（平成7年度～9年度）3年間の成果をとりまとめた推進費終了報告書である。

本推進費研究課題は、2つのサブテーマから成り立っており、サブテーマ2はエコ・フロンティア・フェローによる3本のサブ・サブテーマ構成されている。内容的には、3年間の研究・調査の成果を総合的に纏めた形で記載されているが、平成7年度、8年度と中間報告書を作成しているので、それらと出来るだけ記述の重複を避ける方向で纏めた。

なお、本報告書においては、各サブテーマおよびサブ・サブテーマの研究成果は以下の箇所で記述されている。

サブテーマ2-①「中国における土地利用・被覆データセットの開発」を担当した南京師範大学 ゴン建新助教授の研究成果は、第1章第5節と第2章第3節第3項、および第4章第1節第2項に記載されている。

サブテーマ2-②「インドネシアにおける土地利用・被覆データセットの開発」を担当したインドネシア ボゴール農科大学 Sunsun Saefulhakim 講師の研究成果は、第2章第4節第3項および第4章第1節第3項に記載されている。

サブテーマ2-③「タイにおける土地利用・被覆データセットの開発」を担当したタイ コンケン大学 Veerapong Saenjan 教授の研究成果は、第2章第5節および第4章第1節第4項に記載されている。

残りの全ての内容は、サブテーマ1「中国における土地利用・被覆データセットの開発」で得られた研究成果である。

LU/GEC プロジェクトの最終目標は、アジア・太平洋地域における持続的な土地利用のあり方を検討し、土地利用の観点から地球環境保全のための適切な政策オプションを提案することにある。キーワードは持続的発展と土地利用ということになる。

本研究を実施した背景は以下のようなものである。アジア・太平洋地域は世界の6割以上の人口を有し、現在地球上で最も早い速度で経済成長しており、地球環境変動や地球全体の持続的発展に大きな影響を及ぼしている。従って本地域において開発と環境の関係について長期的な予測を行い、持続的発展のための指針を提示することは、グローバルな環境保全の上で大いに役立ちうる。土地利用・被覆変化は、その地域が持続的発展をなし得たかを映し出す鏡であり、変化のメカニズムを理解し将来を予測し、その改善及び予防策を提示することは、地球環境の将来像を占い保全する手段を提示する上で大きなウェイトを占める。

本プロジェクトは、第1期として3年間をかけて、アジア・太平洋地域の2025、2050年の土地利用・被覆変化の状況の予測を行うことと、アジアのどの地域にどのような持続的発展を阻害する被覆変化が起きるかを洗い出すこととした。この目標を達成するためには、長期予測モデル（LU/GEC モデルと呼ぶこととする。）とそのモデルを走らせるための土地利用・被覆変化に関連するデータ・セットが必要となる。

そのため、本プロジェクトでは土地利用・被覆変化の長期予測モデル（LU/GEC モデル）の開発を第一の目的（サブテーマ1）とし、土地利用・被覆データセットの整備を第二の目的（主にサブテーマ2）とした。

また、どの地域にどのような持続的発展を阻害する土地利用変化が起こっているかを地理的に明確にするアプローチも重要であることから、中国を対象として最も土地利用変化の激しい4つの地域

に対して、第2次世界大戦前と最新の2時点について2 km メッシュでの土地利用デジタルマップを作製することとした。

本プロジェクトを効率的に遂行するため、LU/GEC 検討会を設置し、①基本モデルグループ、②中国モデルグループ、③東南アジアモデルグループ、④全域拡張グループ、⑤長期プロセスグループ、⑥中国データセットグループ、および⑦インドネシアデータセットグループおよび⑧タイデータセットグループを作り、それぞれ以下の作業を分担をお願いした。

①基本モデルグループ…本サブテーマの中心となる基本モデル（LUGEC-I）の開発と適用を図った。平成7年度は LUGEC I モデルのコンセプトを設計し、第一段階として他の地域と物と人のやり取りを考えない LU/GEC I Ver.1 を完成させ、関西地方、関東地方、インドネシア全体に適用した。平成8年度は、他の地域もしくは、国々との物と人のやり取りを考えた（リンケージ）を考慮した LU/GEC I Ver.2 を完成させ、関西地域に適用した。平成9年度は LU/GEC-I Ver.2 を日本全体に適用した。

②中国モデルグループ…平成7年度は、経済発展の最も著しい中国の米倉でもある華東地域（長江最下流）を現地調査し、関連データの所在調査および収集にあたった。平成8年度には、LU/GEC I Ver.1 の中国長江下流域への適用を試みた。現地調査としては草地の農地転用が著しいといわれる内蒙古地域を対象とした。平成9年度は、商品作物農業が最も進行している珠江デルタ（広東省）の現地調査を実施した。

③東南アジアモデルグループ…平成7年度は、インドネシアジャカルタ周辺を対象として、途上国の大都市周辺の土地利用変化のプロセスを調査するとともに、インドネシアにおける土地利用・被覆変化関連のデータの所在調査ならびにデータ収集を行った。平成8年度は、ジャカルタ周辺での調査を継続し、道路整備に伴う都市的利用拡大のモデル化を行った。また、スマトラでの森林面積の減少に関する社会・経済的要因をマルチロジスティックモデルを適用して検討した。

④全域拡張グループ…平成7年度は、日本、中国、インドネシア、タイを除くアジア・太平洋地域の各国について、土地利用・被覆変化に関連するデータの所在調査およびデータ収集を行った。平成8年度は LU/GEC I Ver.1 を、対象とした国の中ではデータが最も揃ったインドに適用したが、データ不足のため土地利用のシェアの変化要因を明らかにできなかった。平成9年度は、新たに開発した LU/GEC II モデル（一般化 KSIM 法）をインド、韓国に適用した結果、国レベルでの土地利用シェアの変化予測は一応可能となった。

⑤長期プロセスグループ…中国の東北部（吉林省）、北部（北京地区とその周辺部）、華東部（上海地区とその周辺）、南部（広東省）の4地域について、約200km×200kmの範囲を対象として、最新の土地利用状況を2 km メッシュでデジタル化を行うとともに、該当地域の近年の土地利用変化に関するケーススタディ（地域研究）を実施した。また、中国全体の耕地、都市的利用、森林、草地の時間変化を統計資料、土地利用図を基に分析した。

⑥データセットグループ・中国…整備した中国のデータセットを洗い直し、収集したデータで適用可能な LU/GEC-II モデルを開発し、中国全土に適用した（サブ・サブテーマ2-①）。

⑦データセットグループ・インドネシア…ジャカルタの社会・経済データセットの強化を図るとともに、整備したデータセットを利用して別個に開発した定弾性動的均衡モデルによる予測を行った（サブ・サブテーマ2-②）。

⑧データセットグループ・タイ…自然・土地利用・社会経済的データを収集し、それを用いて LU/GEC-II による予測を行った（サブ・サブテーマ2-③）。

（研究代表者 大坪国順）

LU/GECプロジェクトメンバー（平成10年3月31日現在）

研究代表者：大坪国順* 環境庁国立環境研究所

基本モデルグループ：池田三郎

○加賀爪優*

星野 敏*

水野 啓*

清水 庸*

中国モデルグループ：新井 正*

一ノ瀬俊明*

○佐藤洋平*

谷口 守

鳥井清司*

吉野邦彦

東南アジアモデルグループ：○北村貞太郎*

小長谷一之*

柴崎亮介

守田秀則*

Ernan Rustiadi*

全域拡張グループ：萩原 朗*

○星 仰

外岡秀行

長期プロセスグループ：内山幸久*

菊地俊夫*

木村真人

近藤昭彦

張 貴民*

土居晴洋*

中谷友樹

○水見山幸夫*

尾藤章雄*

牧田 肇*

松井秀郎*

データセットグループ：寄藤 昂

鈴木厚志

インドネシア：Sunsun Saefulhakim*

タイ：Veerapong Saenjan*

中国：Gong Jianxin*

専門家グループ：大久保忠且

北村嘉行

嘉田良平

武内和彦

田口雄作

戸所 隆

水圏環境部 上席研究官

筑波大学社会工学系 教授

京都大学大学院農学研究科 教授

岡山大学大学院自然科学研究科 講師

京都大学大学院農学研究科 助手

筑波大学大学院社会工学研究科 博士課程

立正大学地球環境科学部 教授

国立環境研究所 主任研究員

東京大学大学院農学生命科学研究科 教授

岡山大学環境理工学部 助教授

京都大学大学院農学研究科 助教授

筑波大学社会工学系 講師

東京農業大学総合研究所 教授

大阪市立大学経済研究所 助教授

東京大学生産技術研究所 助教授

香川大学工学部 助手

京都大学農学部 博士課程

パシフィックコンサルタンツ株式会社

茨城大学工学部 教授

茨城大学工学部 助手

立正大学地球環境科学部 教授

東京都立大学大学院理学研究科 助教授

名古屋大学大学院農学研究科 教授

千葉大学環境リサーチ・センター 助教授

秋田経済法科大学経済学部 講師

大分大学教育学部 助教授

立命館大学文学部 専任講師

北海道教育大学旭川校 教授

山梨大学教育人間科学部 助教授

弘前大学農学生命科学部 教授

文部省初等中等教育局 教科書調査官

中京女子大学アジア文化研究所 教授

立正大学地球環境科学部 助教授

ポゴール農科大学 助教授

コンケン大学 教授

南京師範大学 助教授

茨城大学理工学部 教授

東洋大学文学部 教授

京都大学大学院農学研究科 教授

東京大学大学院農学生命科学研究科 教授

工業技術院地質調査所 主任研究官

高崎経済大学地域政策学部 教授

五十音順、○はグループリーダー、*は本報告書分担執筆者

目 次

第1章 土地利用・被覆長期変化予測モデル	1
第1節 概説	1
第2節 LU/GEC基本モデルの考え方	2
第1項 都市部門モデル	3
第2項 農業部門モデル	3
第3項 林業部門モデル	3
第4項 乾燥(牧畜)部門モデル	3
第5項 リンケージモデル	4
第3節 マルチロジスティック・リンケージモデル	4
第1項 土地利用比率関数	4
第2項 K S I M法	7
第3項 リンケージモデル	8
第4節 チューネン型ロジスティックモデル	13
第1項 LU/GEC基本モデルにおける土地利用比率関数	13
第2項 一般チューネンモデル(GTM)	13
第3項 土地利用において説明すべき法則性	14
第4項 多都市の影響の取り込み	14
第5項 一般チューネンモデルによる土地利用変化の解明ー中間地帯仮説の説明	15
第6項 3カテゴリーモデルのシミュレーション結果	16
第7項 GTD等値曲線と土地利用の擬似的1次元性	18
第8項 一般チューネンモデルによる比例法則の説明	20
第9項 一般チューネンモデルから見た望ましい土地利用	20
第5節 GK S I M法	21
第1項 はじめに	21
第2項 GK S I M法の誘導	21
第3項 GK S I M法に関する検討	23
第4項 GK S I M法の制限	24
第5項 GK S I M法の実行	24
第6節 Constant Elasticity Dynamic Equilibrium Model of Land Use	26
第1項 Derivation of the CEDEq-LU Model	26
第2項 Parameter Estimation and Simulation of the Model	31
第7節 土地利用空間分布変化予測モデル	34
第1項 モデル(I)(中国東北域、華北域、華東地域、広東省に適用)	34
第2項 モデル(II) 新疆省	37
第3項 モデル(III) 中国全土	40
第2章 モデルによる国別土地利用変化予測結果	42
第1節 はじめに	42
第2節 中国全土	44
第1項 中国全土の土地利用変化の概要	44
第2項 適用したモデル	53
第3項 予測結果	54
第3節 インドネシア全土	62

第1項	インドネシアにおける土地利用・被覆変化の基本的傾向	62
第2項	適用したモデル	64
第3項	予測結果	65
第4節	Thailand	74
第1項	Land Use/Cover Change in Thailand	74
第2項	Projected Land Use Change Results of Thailand by GKSIM	78
第3項	Results and Discussion	78
第5節	その他の国々	86
第1項	各国の土地利用変化の概要	86
第2項	適用したモデル	86
第3項	予測結果	87
第6節	まとめ	98
第3章	地域レベルで見た土地利用・被覆変化	100
第1節	はじめに	100
第2節	日本	101
第1項	土地利用変化誘導因子の地域差とスケール効果	101
第2項	予測結果	112
第3節	中国	115
第1項	地域別土地利用・被覆変化の特徴	115
第2項	地域別土地利用・被覆変化予測	137
第4節	インドネシア	148
第1項	島レベルでの土地利用・被覆変化の特徴	148
第2項	島別土地利用・被覆変化予測	149
第3項	局地スケールで見られる土地利用・被覆変化	153
第4章	LU/GEC データベース	158
第1節	統計資料	159
第1項	日本	159
第2項	中国	160
第3項	インドネシア	163
第4項	タイ	165
第5項	その他の国々	170
第2節	地図情報	172
第1項	中国	172
第2項	タイ	177
第3項	その他の国々	179

第1章 土地利用・被覆長期変化予測モデル

第1節 概説

国際的土地利用・被覆変化研究（LUCC/IGBP-IHDP）が発足して、すでに3年が過ぎた。我が国のLUCC研究の問題意識の始まりからすると、そろそろ10年になる。今日、LUCC研究は、国際的にも国内的にも多くの関心を呼んでいる。こうした中で、LU/GECプロジェクトは、我が国のLUCC研究の高揚に大きな役割を果たした研究プロジェクトの第一に挙げることが出来よう。

LU/GEC研究は3年間ではあるが、LUCC研究の立ち上がり期で、LUCC研究の方向性が全く不透明の状況の中でLUCC研究の質的向上に役立ってきた意義は大きい。

LU/GECプロジェクト第I期の最大の目標は、土地利用長期変化予測モデルの開発である。平成7年度からプロジェクトを開始して、LU/GECプロジェクトの目玉とも言うべき基本モデル（LU/GEC-I）のコンセプトの設計・開発に努め、北村・加賀爪モデルを出発点にして実用性の見地からモデルの改訂を重ねてきた。北村・加賀爪モデルの詳細については、LU/GECプロジェクトチーム平成7年度報告書「アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測（I）」の第1部第1章を、LU/GEC-Iについては同上報告書第2部第2章を、参照されたい。

本研究プロジェクトにおいてまず取り組んだLU/GEC基本モデル（LU/GEC-I）のモデルの特徴として、次の諸点を挙げる事が出来る。

- a) 基本モデルは、都市モデル、農業モデル、森林モデル、砂漠モデル（場合によって更に拡張可能）とリンケージモデルで出来ていること。
- b) 各土地利用種別土地利用比率関数を主軸に導入して、この関数の推定を基にして土地利用・被覆変化予測を考究する仕組みになっていること。また、この関数値の合計が1となる性格も活用している。
- c) 各土地利用種別モデル（都市モデル等）の相互関連性をリンケージモデルで調整する仕組みを導入していること。
- d) これらの基本モデルを基にして、ロジステックモデル、K S I M法等の解析手段が用いられていること。

上記a)のようにモデルを分割した最大の理由は、北村の今までの経験を基に、農地、都市周辺、森林伐採、砂漠化といったそれぞれの土地利用・被覆の変化システムにおけるドライビング・フォースが根本的に異なることが、歴然とした事実と認識されたからであった。そのためI I A S AのLUCCモデルのような、一つのモデルで全土地利用変化を説明するモデルにすることを避けた訳である。また、モデルを出来る限り、簡単で、明瞭なものとするためでもあった。

このような配慮をしたが、予想以上にLUCC研究のための、データの無さに泣かされた。実際、本プロジェクトでの土地利用長期変化予測モデルの方向は、北村・加賀爪モデルを出発点としたLU/GEC-Iから、今日、大きく変化して来ている。その最大の理由は、LU/GEC-Iで必要とするデータが揃わないことであった。データ事情の比較的良好とされるわが国でさえ、必要なデータが揃う年次が2時点しかない状況である。アジア諸国への適用を行う上で、さらなる改訂を余儀なくされた。

第1章の内容はこの事項を反映してものになっている。第2節から第6節までは、土地利用とその変化を誘導する社会・経済的因子に関する複数年次の統計データを基に、統計・数学モデルの開発を目指した内容である。

第2節ではLU/GEC-Iモデルについて総括的に述べる。

第3節では、LU/GEC-Iモデルのコア・モジュールの一つである、他の地域との労働力や生産物のやり取りを考慮するリンケージモデルの理論的考察を行う。

第4節では、LU/GEC-Iモデルのもう一つのコア・モジュールである土地利用比率（比例）関数について、多都市の影響をより合理的に組み込む方法について述べる。

第5節および第6節は、LU/GEC-Iモデルにこだわらず、新たな土地利用長期変化予測モデルにつ

いて論理を展開したものである。データが量・質ともに極度に限定されるアジア諸国に適用できるモデルとして、KSIM 法を改良した GKISM 法と、低弾性均衡モデルについて述べる。

第7節は、複数年次のデジタル地図と統計資料を基にしたアプローチである。このアプローチは長期プロセスグループで採用された。東北地域（長春付近）、華北地域（北京付近）、華東地域（上海付近）、広東省（広州付近）の4ケーススタディ地域には、以下のアプローチが共通に採られた。

- ア) 外邦図を用いた戦前（概ね 1930 年代）の土地利用の復原とデータファイル化。
- イ) 現代（概ね 1990 年代前半）の土地利用のデータファイル化（中国側研究協力者に依頼）。
- ウ) 上記2時点のデータファイルを用いた土地利用変化の分析。
- エ) 現地調査および統計・資料分析による土地利用変化プロセスと Driving Force の解明。
- オ) 「中国土地利用」を参考にした土地利用変化シナリオの作成。
- カ) 過去の土地利用変化の説明モデル及び将来の土地利用変化の予測モデルの作成。
- キ) 予測モデルに基づく土地利用変化シミュレーションと土地利用空間分布予測図の作成。

各ケーススタディ地域は概ね 200×200km² 程度の広さの重点研究地域(Focal Study Area)とその周辺地域からなる。全国的な土地利用変化メカニズムの把握のため、ケーススタディ地域間の比較検討と全国の省レベルの統計の分析にも力を入れた。なお長期プロセスグループの研究の枠組みについては第7節で述べる。

（大坪国順・北村貞太郎・氷見山幸夫）

第2節 LU/GEC 基本モデルの考え方

先ず最初に、LU/GEC 基本モデルについて、その理論的概念モデルと適用モデルとに分けて説明する。理論的概念上の基本モデル（北村・加賀爪モデル）は、先ず、対象地域を構成する部門として、農業部門、林業部門、乾燥地部門および都市部門があり、これら4つの部門が労働の移動と農林水産物の移動によりリンクされていると想定する。さらに、都市部門は、都市中心部と都市周辺部とにより構成されている。従って、これらを扱う概念上の基本モデルは、農業部門モデル、林業部門モデル、乾燥地モデル、都市部門モデルおよびそれらを労働と農林産物の流れで結ぶリンケージモデルから構成され、さらに、都市部門モデルは都市中心部サブモデルと都市周辺部サブモデルとから構成されている。

ここで、各部門は、その生産活動において生産物（商品）を生産しており、その生産過程において、土地、労働、資本などの生産要素を投入している。この関係は通常、生産要素投入量を説明変数とし、生産量を被説明変数とする関数、いわゆる生産関数として特定化される。また、各部門の生産物に対する需要は、その生産物の価格と消費者の所得水準により説明される。この関係は、消費量を被説明変数とし、各財の価格と消費者の所得水準を説明変数とする消費需要関数として特定化される。

都市部の経済活動の活発化により引き起こされた農村部等からの労働需要とその食糧需要は、農村部等の食糧に対する需要を喚起する。この増大した需要を満たすため、農業部門では、食糧生産が拡大される。このことは、農地に対する派生需要を生じ、引いては、農村部門における土地利用変化を生じさせる。こうした事情は、都市部門と農業部門の間だけでなく、同様な変化が都市部門と他の部門との間でも生じる。

このように、地域内の経済循環を通じて各部門で土地（および労働人口）に対する派生需要が生じ、このことが、各部門における土地利用・被覆変化を生じさせる。その際、各部門の生産活動が土地生産性（肥沃度、傾斜、地形）などの自然的要因と価格政策、所得政策、土地制度、市場制度などの社会経済的要因との双方により規定されることは言うまでもない。

そこで、これらの関数関係（構造）を現在および過去のデータから推定し、説明変数＝外生変数の将来値を別途、一定の方式に基づいて予測し、その予測値を説明変数に代入することにより、生産過程における土地に対する派生需要の変化という形で土地利用・被覆変化を予測しようとするのである。

さらに、上述の部門間リンケージに加えて、概念上は、上記のような各部門からなる分析対象地域

が複数あるとすると、各地域内の部門間リンケージに加えて、地域間リンケージも想定されうる。そこで、前者の部門間リンケージを垂直的リンケージ、後者の地域間リンケージを水平リンケージとして、把握することとする。実際には、これらは交錯して発生しており、実証段階では区別して取り扱うことは困難であるが、概念上はこのように把握されうる。

なお、これらの関係を数式で示したのが、(1)～(14)式である。

第1項 都市部門モデル

1.1 都市中心部サブモデル

$$N_0^k = \beta N_0^k(t-1) \dots\dots\dots (1)$$

$$L_{0\alpha}^k = f_0(N_0^k, F_0^k, Y_0^k, P_{r0}^k, G_0^k) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $L_{0\alpha}^k$ ：都市部の面積（集落用地等）（ $\alpha=1,2,\dots,9$ ）； N_0^k ：人口； P_{r0}^k ：地価； F_0^k ：農林業生産額； Y_0^k ：商工業生産額； G_0^k ：緑地・公園数； β ：残留率である。

1.2 都市周辺部サブモデル

$$Y_1^k = f_1(N_0^k, Y_0^k, \gamma^k) \dots\dots\dots (3)$$

$$L_{1\alpha}^k = g_1(Y_1^k, F_1^k, G_1^k) \dots\dots\dots (3')$$

ここで、 Y_0^k ：都市中心部内の活動基準； F_1^k ：農林業生産額； Y_1^k ：商工業生産額； γ^k ：都市からコミュニティまでの（時間）距離； G_1^k ：緑地・公園数； $L_{1\alpha}^k$ ：都市周辺部の面積（集落用地等）（ $\alpha=1,2,\dots,9$ ）である。

第2項 農業部門モデル

$$Q_2^k = q(N_0^k(t)) (= -X_{s1}^k) \dots\dots\dots (4)$$

$$X_2^k = f_2(y_2^k, P_2'^k, P_{r2}^k, W_2^k, Q_2^k) \dots\dots\dots (5)$$

$$L_{2\alpha}^k = f_L(X_2^k, E_2^k) \dots\dots\dots (6)$$

ここで、 X_2^k ：農業生産量； y_2^k ：類型別農家数； $P_2'^k$ ：労働力； P_{r2}^k ：農産物価格； Q_2^k ：部門内移出入量； W_2^k ：水資源（灌漑面積）； E_2^k ：土地条件（土壌、傾斜度、気温、生産性）； $L_{2\alpha}^k$ ：農業部門内の用途別面積（ $\alpha=1,2,\dots,9$ ）である。

第3項 林業部門モデル

$$X_3^k = f_3(y_3^k, P_3'^k, P_{r3}^k, W_3^k, Q_3^k) \dots\dots\dots (7)$$

$$L_{3\alpha}^k = f_L(X_3^k, \Delta L_3^k, R_3^k) \dots\dots\dots (8)$$

ここで、 X_3^k ：林産物生産量（または森林伐採量）； y_3^k ：類型別農林家数； $P_3'^k$ ：労働力； P_{r3}^k ：林産物価格； Q_3^k ：部門内移出入量（ $= X_{s3}^k$ ）； W_3^k ：水資源； ΔL_3^k ：植林面積； R_3^k ：自然保護による規制； $L_{3\alpha}^k$ ：林業部門内の用途別面積、である。

第4項 乾燥（牧草）部門モデル

$$X_4^k = f_4(y_4^k, P_4'^k, P_{r4}^k, W_4^k, Q_4^k) \dots\dots\dots (9)$$

$$L_{4\alpha}^k = f_L(X_4^k, E_4^k) \dots\dots\dots (10)$$

ここで、 X_4^k ：畜産物生産量； y_4^k ：牧草地別家畜別放牧農家数； $P_4'^k$ ：放牧従事者数； P_{r4}^k ：畜産物価格； Q_4^k ：部門内移出入量（ $= X_{s4}^k$ ）； W_4^k ：水資源； R_4^k ：自然保護による規制； L_d^k ：放牧地面積； E_4^k ：土地劣化度（生産性）； $L_{4\alpha}^k$ ：乾燥地（牧草）部門内の用途別面積、である。

第5項 リンケージモデル

5.1 労働移動サブモデル

$$P_{si}^k = P_{oi}^k - P_i^k \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\sum_i P_{si}^k = H^k \quad (i=0,1,2,\dots,4) \quad \dots\dots\dots (12)$$

ここで、 P_a^k : i 部門からの労働流出 ; P_{oi}^k : i 部門内の労働力人口 ; P_i^k : i 部門内での労働投入 ; H^k : k 調査対象地域からの労働純流出、である。

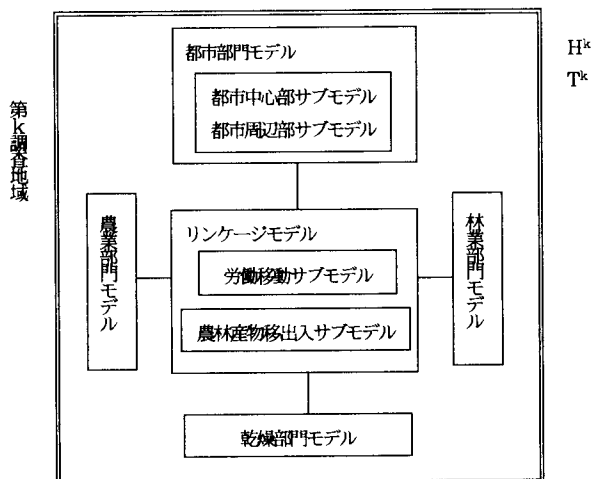


図 1 北村・加賀爪モデルの基本構成

5.2 農林水産移出入サブモデル

$$X_{si}^k = X_i^k - X_{di}^k(N_i^k(t)) \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\sum_i X_{si}^k = T^k \quad \dots\dots\dots (14)$$

ここで、 X_{si}^k : i 部門からの農林水産物流出 ; X_{di}^k : i 部門内での農林産物消費 ; X_i^k : i 部門における農林産物生産 ; T^k : k 調査対象地域からの純輸出量 ; $N_i^k(t)$: i 部門における t 期の人口である。

実際の推定に当たっては、各地域毎の構造方程式 (1) ~ (14) 式を直接連立させても良いが、後述する多項ロジットモデルとの組合せを考えると、部門毎に 2 つの構造方程式（生産量決定式と土地への派生需要決定式）から前者の式の従属変数（左辺の生産量）を後者の式の説明変数（右辺の生産量）に代入して土地投入決定式に関する誘導形方程式に直して推定の方が操作が容易になる。

この際、以下の 3 つの段階が重要となる。まず第一に、各部門において生じる土地に対する派生需要の概念上の特定化の問題である。実際には、この説明変数の取捨選択には、正準相関法を適用するが、この方法論については後の章で論じられるのでここでは説明を省略する。第二に、土地に対する派生需要を生じさせる原因となる説明変数＝外生変数（driving forces）の将来時点における推移の設定方法である。これには幾つかのシミュレーション手法が考えられるが、その一つである K S I M 法について次節で説明する。第三に、これら各部門および複数地域間のリンケージの把握方法である。以下で、この各々について、論じておこう。

（加賀爪 優）

第3節 マルチロジスティック・リンケージモデル

第1項 土地利用比率関数

前節において、土地利用・被覆変化の発生要因を、分析地域内の各部門における土地への派生需要

の変化で把握した。この土地に対する派生需要から生じる土地被覆量を示す関数をまず(15)式のように定義する。つまり、第k地域に関して、第t期における第i種（例えば作物）の生産活動から生じる第α種の土地被覆（例えば畑作）は係数（ $e_{i\alpha}^k$ ）を介して次のように示される。この場合、係数（ $e_{i\alpha}^k$ ）は土地投入係数、つまり土地生産性の逆数を示している。

1.1 土地被覆量関数

$$L_{i\alpha}^k(t) = e_{i\alpha}^k(t) \cdot y_i^k(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $y_i^k(t)$: t期におけるiの活動水準； $e_{i\alpha}^k(t)$: i種の活動1単位当たりのα種の土地被覆量； $L_{i\alpha}^k(t)$: t時点におけるi種の活動から生じるα種の土地被覆面積であり、添字k : 調査対象地域 (k=1,2,...,g)；添字i : は地域内の活動(経営部門)の種類(i=0,1,...,4)；添字αは土地利用（土地被覆）の種類（α= 1)畑,2)水田,3)樹園地,4)牧草地,5)山林地,6)商工業地,7)居住地,8)緑地・公園,9)未利用地；etc.）である。

1.2 地域内土地需給均衡式

$$L^k = \sum_i \sum_{\alpha} L_{i\alpha}^k(t) = \sum_i \sum_{\alpha} e_{i\alpha}^k(t) \cdot y_i^k(t) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 L^k : k調査対象地域の面積である。これらの変化は、完全に独立には生じない。というのは、各部門の土地利用面積の総和は常に、地域の総面積に等しいという制約（2）式があるからである。つまり、この制約に縛られながら、各部門の土地利用変化は生じている。それ故、各部門内の生産関数から導出される土地への派生需要関数に基づいて、それぞれ、独立に部門内の土地利用変化の面積を推計したのでは、この制約を常に満たすとは限らない。そこで、この難点を巧妙に解決する方法として次のような操作を行う。つまり、各部門の土地利用比率を被説明変数として関数形を特定化し、これを形式上、一種の確率変数として扱い、複数部門をセットにして同時推計するという方法である。これが、マルチ・ロジスティックモデルと言われる手法である。ロジスティックモデルとは誤差項にロジスチック分布関数を仮定するからであり、これに正規分布を仮定する場合はプロビットモデルと言われる。多項ロジスティックモデルの理論的展開については参考文献1)を参照されたい。

北村・加賀爪モデルにおいて土地利用面積 $L_{i\alpha}^k$ をロジスティックモデルにより算出するため変更点は以下の通りである。

土地利用面積を算出する式をそれぞれロジスティックモデルを核とする下記の(3)～(7)式をワンセットとしたものに変更する。なお、ロジスティックモデルの性格上、北村、加賀爪モデルの（2）式は自動的に満足する。(3)～(7)式は、式の形式自体は対象部門（都市中心部、都市周辺部、農業部門、林業部門、乾燥部門）が異なっても全く同一であり、使用する説明変数が部門毎に異なることになる。(3)～(5)式は、(5)式で市町村j別に土地利用面積比率 $P_{ij\alpha}^k$ に変換し、さらに、(3)式により部門内市町村分を合計し、部門別の $L_{i\alpha}^k$ を求める構造となっている。なお、説明変数としては北村・加賀爪モデルに上げてあるものを基本として、必要に応じて追加・変更する。

1.3 適用モデル

$$L_{i\alpha}^k = \sum_j L_{ij\alpha}^k \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$L_{ij\alpha}^k = P_{ij\alpha}^k \cdot L_{i\alpha}^k \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$P_{ij\alpha}^k = \exp(V_{ij\alpha}^k) / \sum_{\alpha} \exp(V_{ij\alpha}^k) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$V_{ij\alpha}^k = \left(\sum_n \theta_{ian}^k \cdot X_{ijn}^k \right) + C_{i\alpha}^k \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{ただし、} \theta_{i9n}^k = C_{i9}^k = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

(キャリブレーションの関係上、α=9の場合、 $\theta_{i9n}^k = C_{i9}^k = 0$ と定義する)

ここで、 k : 地域 (近畿3府県 ($k=1$)); i : 部門 ($i=0, 1, 2, 3, 4$); j : 市町村; α : 土地利用種 ($\alpha=1 \sim 9$); n : ロジスティックモデルにおける n 番目の説明変数である。また、 $L_{i\alpha}^k$: k 地域における i 部門内の α の土地利用面積; $L_{ij\alpha}^k$: k 地域における i 部門内の j 市町村内の α 種の土地利用面積; $P_{ij\alpha}^k$: k 地域における i 部門内の j 市町村内の α 種の土地利用面積比率; L_{ij}^k : k 地域における i 部門内の j 市町村の土地面積; X_{ijn}^k : k 地域における i 部門内の j 市町村に関する n 番目の変数である。パラメータについては、キャブレションの関係上、 θ_{iam}^k : $\alpha=9$ の場合ゼロ; C_{ia}^k : $\alpha=9$ の場合ゼロと定義する。

なお、北村・加賀爪修正版に則り部門毎にモデルを適用した場合、該当市町村数が少なくなりすぎて、自由度との関係でモデル化に不都合が生じる可能性がある。その場合は、全部門を一括してモデル化することが考えられる。その際、(6)式は(6')式に変更される。

$$V_{ij\alpha}^k = \left(\sum_n \theta_{iam}^k \cdot X_{ijn}^k \right) + C_{ia}^k \cdot \sigma_{ij}^k \quad \dots\dots\dots (6')$$

ここで、 σ_{ij}^k : k 地域における j 市町村が部門 i に該当する場合 1、その他の場合 0 をとるダミー変数である。ロジスティックモデルを用いる上での留意点としては以下のものが考えられる。

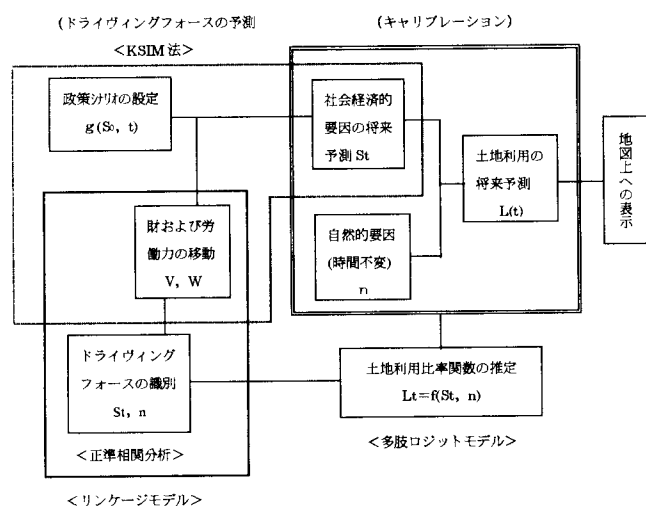


図 2 LU/GEC-I のモデルスキーム

(1)集計問題

ロジスティックモデルは元来、個人の意志決定を対象とする非集計モデルとして開発されたものであり、これを個人の意志決定が集約された形の市町村全体の土地利用比率を対象とする集計モデルとして使用する上では、以下の2点が問題点として浮上してくる。

- ①キャリブレーション上の問題。
- ②個人の意志決定行動との関係。

この場合、①の点については、個人の属性を説明変数に用いず、かつ、従属変数は土地利用比率そのものを用いればキャリブレーション可能である。②の点については、個人(地権者)の意志決定結果の集約が市町村の土地利用比率であり、個人による選好の差異は誤差項に含まれると解釈すればクリアできる。

(2)使用できる説明変数の数の問題(自由度との関連)

サンプルを市町村単位とした場合、自由度との関係から使用できる説明変数の数が制限される。統計的に有意な結果を得るためには、ある程度以上の自由度がなければならない。モデルの自由度は{サンプル数(市町村数) - 変数の数}となるので、使用できる説明変数はサンプル数(市町村数)以下

に制限される。

(注1) セクタモデル別の検討において、都市地域に関して、人口の動態過程を考慮した((1)式)。しかし実際には、日本に適用する場合は別として、海外の地域に適用する場合、長期にわたる時系列データの入手が困難であるため、データの大部分をクロスセクションデータに頼らざるを得ないことを考慮すると、モデルの動学化は予測精度を極めて不安定にする恐れがある。

(注2) 農業・林業・乾燥地モデルに関して、都市部門の人口変動から生じる農林産物への派生需要(第1章2節の(4)式)とそれを満たすために誘導される生産活動の関係(同、(5)、(7)、(9)式)を明示し、それに伴う土地被覆変化(用途別土地面積)を定式化した(同、(6)、(8)、(10)式)。これに政策を反映する変数と土壌条件、気象条件等の外生的変数を考慮した。つまりマクロ的な政策の効果は全てのデータ収集地区(市町村)に同様に生じる傾向が強いため独立の政策変数は特に設けず、価格、類型別農家数、灌漑面積等に政策の効果が反映されるものと想定した。(安定的な関係を推定するためにはデータ間に一定以上の分散が必要である)。

(注3) セクタ間リンケージに関して、地域内のセクタ間リンケージは考慮するが、調査対象地域の地理的カバレッジが余りにも小さく網羅的でないため、第一次接近として地域間リンケージは考慮しない。したがって、第1章2節の(12)、(14)式において、モデルは部門*i*については閉じた体系となっているが、調査対象地域*k*については閉じていない。つまり、両式において、地域内の各部門合計の需給ギャップは地域外との取引(H^k 、 T^k 、共に外生)で調整される。

また、土地被覆変化の driving force としては、都市セクターとの間の労働力と土地利用型生産物である農林産物の移動のみに焦点を当てる。(同、(11)、(12)、(13)、(14)式)

第2項 K S I M法

ロジスティックモデルにより 2050 年の土地利用予測を行うためには、2050 年の説明変数が別途予測される必要がある。又、土地利用予測結果から政策提言を行うためには、各種政策代替案の効果が説明変数の予測値に反映される必要がある(説明変数に反映されればロジスティックモデルを通して土地利用予測に反映される)。この条件を満たす手法として K S I M法を選択する。K S I M法は、いわゆる「参加型」の手法であり、極論すれば、データが皆無でも実行可能な手法である。データの乏しい諸外国への適用を考えればこの点は長所としてあげられる。

K S I M法とは、「システムの構造化から、次のフェーズであるシステムの時間変化の探求を行う橋渡しをする手法のひとつ」である。前半では、参加メンバーの話し合いによって相互影響行列(cross-impact matrix)が決められ、後半では、この相互影響行列の係数が代数モデルに反映される。よって、「幾何学的モデルと代数的モデルの特徴を共に生かした、参加型シミュレーションモデル」である。開発者が自分の名前をとって、Kane's Simulation (K S I M法)と名づけた。

具体的には、K S I M法の手順は以下のとおりである。

- ① n 個のシステム変数 $X_i (i=1,2,3,\dots,n)$ を同定する。このシステム変数の相互関係を決定することにより、システムが定義される。
- ② 各変数の初期状態 $X_i(0)$ を決め、 $[0,1]$ の尺度で正規化する。0 は最小値、1 は最大値に対応する。
- ③ $n \times n$ の相互影響行列 $\{a_{ij}\}$ を定める。 a_{ij} は列変数 X_j が行変数 X_i に及ぼす増加(正值)、中立(0)、減少(負値)の影響の強度を表す。

以下の繰り返し計算によりシステムの予測結果が得られる。

このシミュレーション手法の具体的な操作は次のように定式化される。

$$X_i(t + \Delta t) = X_i(t)^{P_i(t)} \dots\dots\dots (8)$$

$$P_i(t) = \frac{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^n (a_{ij} - a_{ji}) x_j}{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^n (a_{ij} + a_{ji}) x_j} \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 $0 \leq X_i(t) \leq 1$ for all i and $t \geq 0$; t :time である。変数間の係数 a_{ji} は定性的で、ある程度任意に決められるが、システムの時間的変化は以下の特性を満たすことになる。

(1) システム変数は有界である ($0 \leq X_i(t) \leq 1$ for all i and $t \geq 0$)

変数の値の増減は他の変数からの影響の総和の正負に従う。

変数がその上限、または下限に近づくと他からの影響に対する応答は 0 に近づく。

他の変数が一定のとき、ある変数が増大するにつれ、システムに与える影響も増大する。

これらの特性は、変数の時間的変化率が次式で表されることにより規定されている。

$$\frac{dx_i}{dt} = -(x_i \ln x_i) \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \dots\dots\dots (10)$$

通常の計量経済モデルが、過去の時系列（またはクロスセクション）のサンプル・データからサンプル期間内の構造を推定し、その構造自体は予測期間を通じて変化しないことを想定した上、外生変数の将来値を与えて予測シミュレーションを行うのに対して、K S I M 法は予測期間を通じてそのシステム自身が変化するという伸縮的な手法であり、その意味では、システムダイナミックス（SD 法）に似たシミュレーション技法である。SD 法の場合には、初期値を与えて時々刻々連立微分方程式を解いていくという手続きを採るのに対して、K S I M 法は予測期間中の上限値と下限値を与えてシステムを調整していく点が特徴である。両者とも、予測期間中の時間単位は絶対的な意味を持たず相対的な時間間隔しか示さない点も類似している。

第 3 項 リンケージモデル

3.1 グラビティモデルとポテンシャルモデルからの接近

3.1.1 静学的グラビティモデル

前述の土地利用・被覆変化の基本モデル（北村・加賀爪型モデル）でいうリンケージ・サブモデルに関して、理論的には幾つかの接近法が考えられる。その中で、地域間および部門間の経済的結び付きに関する理論の代表的なものはグラビティ・モデルとポテンシャル・モデルである。

地域間における財（商品）と生産要素（土地、労働、資本、および環境資源）の結びつきは、一見、複雑ではあるが、おおざっぱに言えば、大都市からの距離が遠くなるにつれ、その大都市との結びつきは小さくなる傾向がある。ところが、常識的にいうと、東京と大阪との距離は 600km であり、東京とつくば市との距離 60km の 10 倍であるが、前 2 者の結びつきは後者 2 者の結びつきよりも密であることは明らかである。つまり、都市の規模が大きくなると、距離が遠くなくても、両都市間の結びつきはかなり大であるといえる。この結びつきは、両者間の財および生産要素の流れを規定する。財の流れは、各都市での財の生産と消費に影響するが、その過程で間接的にその生産に必要な生産要素（労働、土地、資本）の移動を誘発する。ここで、労働と資本は地域間で直接的に移動可能であるが、土地要素は地理的には移動不可能である。したがって、各地域での生産流通活動の結果として、各々の土地利用・被覆状態が規定される。

このように考えると、物理学でいう万有引力の法則「距離 r を隔てた質量 m_1 と m_2 の 2 つの物質の間に働く引力の大きさは、2 つの質量の積に比例し、その距離の二乗に反比例するという法則」を類推させる。

これを地域間の経済分析に適用すると以下ようになる。

$$I_{ij} = (G \cdot Y_i Y_j) / d_{ij}^{\beta} \dots\dots\dots (11)$$

この式は、地域間の距離の抵抗を考慮に入れた交流（リンケージ） I_{ij} が、両地域間の距離の β 乗に

反比例し、両地区の経済活動規模の積に比例するという関係を示している。これが、地域間リンクージの基本式である。

上記の説明においては、2地域間の交流（リンクージ）について論じてきたが、次に、ある1地域と他の全ての地域との間の関係を検討しておこう。この場合、上式においてjについて和をとることが必要になる。すなわち、

$$\sum_{j=1}^n I_{ij} = G \sum_{j=1}^n (Y_i Y_j / d_{ij}^\beta) = G Y_i \sum_{j=1}^n (Y_j / d_{ij}^\beta) \quad \dots\dots\dots (12)$$

これらの両辺を Y_i で除すと、

$$\sum_{j=1}^n I_{ij} / Y_i = G \sum_{j=1}^n (Y_j / d_{ij}^\beta) \quad \dots\dots\dots (13)$$

となる。この式の左辺は、1地域の経済規模1単位当りの他地域との交流回数を示している。これをi地域のポテンシャルと呼び、 V_i とする。このポテンシャルは、i地域の経済規模1単位当りの、i地域と他の全ての地域との総交流（リンクージ）を意味している。つまり、I地区のポテンシャルは

$$V_i = G \sum_{j=1}^n (Y_j / d_{ij}^\beta) \quad \dots\dots\dots (14)$$

である。これが、ポテンシャル・モデルの基本式である。

なお、これは、離散的データの場合の表現であるが、理論的により正確な表現として、アイザードは次のような連続的データに対して定義している。

$$V_i = G \int (p / D_i) ds \quad \dots\dots\dots (15)$$

ここで、Pはある地域の面積の微分量 ds の上での人口密度であり、 d_i はi地域からその面積の中心までの距離を示している。

なお、以上のグラビティ・モデルおよびポテンシャル・モデルは、確率的立場からの接近であるが、スチュワートとズイップフは、ニュートン力学に基づいて次の3つの基本的概念を考案している。

(i) リンケージ引力 (i,j 地域間)

$$F = (G P_i P_j) / d_{ij}^2 \quad \dots\dots\dots (16)$$

(ii) リンケージ・エネルギー

$$E = (G P_i P_j) / d_{ij} \quad \dots\dots\dots (17)$$

(iii) リンケージ・ポテンシャル

$$V_{ij} = (G P_j) / d_{ij} \quad \dots\dots\dots (18)$$

この場合、i地域の中心で、他の全ての地域から派生するポテンシャルは V_i は、

$$V_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} = G \cdot \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{d_{ij}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

で示される。

3.1.2 動学的グラビティモデル

前節までの説明は、静学的モデルであった。アイザードはこのモデルに動学的要素を導入し、将来の地域成長の過程を予測できるようにした。いわゆる相対ポテンシャル・モデルといわれるものである。このモデルでは、産業を立地上の特性により次のように分類する。

(a) 費用に感応的な産業

(b) 市場に感応的な産業

の2つである。このモデルは2つの部分から成り立っている。第1の部分は、国全体の経済成長が市

場に感応的な産業に与える比例的な影響力を示す部分である。これは、

$$a \sum_{v=1}^n (E_v(t+\theta)E_{vi}(t))/E_v(t) \quad \dots\dots\dots (20)$$

となる。ここで、 E_v は、市場に感応的な産業 v の全国レベルでの資源（生産要素）フロー投入量、 E_{vi} は市場に感応的な産業 v の i 地域での資源フロー投入量、 a はフロー投入量を労働力または土地要素などの資源ストック需要量へ換算する場合の調整係数、つまり人口労働力比率または土地賦存・土地投入比率（土地有効利用率の逆数）である。括弧内の変数は年次を示している。

この式は、 i 地域の v 産業での資源投入量が、 t 年から $(t+\theta)$ 年にかけて、国全体の同産業の資源投入増加率と同率で増加する時の $(t+\theta)$ 年の投入量を示す。従って、これをこの地域で産業部門 1 から m まで集計すると、その地域の総産業投入量が得られ、それに調整係数 a を乗じて、労働または土地の総需要量が導出される。

モデルの第二の部分は、他の地域と比較した時の大都市への相対的近接性（立地条件）を説明する部分である。

t 年次の i 地域でのポテンシャルは (14) 式で示したように、

$$V_i = G \sum_{j=1}^n (P_j/d_{ij}) \quad \dots\dots\dots (21)$$

であるが、これをそのまま異時点間相対的ポテンシャルとすることはできない。というのは、この式には動学的成長過程が含まれていないからである。ここでは、成長の地域別の相違が、各々の地域の市場に感応的な産業の活動に伴う資源投入量に対して持つ影響を検討している。そのための一つの方法として、 $V_i(t+\theta)/V_i(t)$ (22)

を考える。この項の中には、国全体の成長に伴う比例的影響が含まれているが、これは、前述の $E_v(t+\theta)/E_v(t) \cdot E_v(t)$ において既に考慮されている。それ故、この部分を除去する必要がある。そのため、国全体の成長率 $\rho = Y(t+\theta)/Y(t)$ (23)

を分母に乗じる。つまり、 $V_i(t+\theta)/\rho \cdot V_i(t)$ (24)

となる。

既に説明した第一の部分は、 ii 地域の市場に感応的な産業が、全国平均成長率で伸びる場合の ii 地域の投入量増加を測定する式であるから、これに地域別の相対的变化を示すこの式を付加すると、 ii 地域の $(t+\theta)$ 年の資源（生産要素）需要を予測する式を導出できる。つまり、

$$P'_i(t+\theta) = a \left\{ \sum_{v=1}^n \frac{E_v(t+\theta)}{E_v(t)} \cdot E_v(t) \right\} \left\{ \frac{V_i(t+\theta)}{\rho \cdot V_i(t)} \right\}^\varepsilon \quad \dots\dots\dots (25)$$

となる。ここで、 ε は、 i 地域の相対的地位の変化を示す項目が、比例的影響を示す項目に対して持つ重要性を測るパラメータである。つまり、 ε が大であればあるほど、地域の相対的地位の変化が重要な役割を果たすことになる。

実際に、この式のパラメータを推定するには、この式を対数線形の形に直して、

$$\log\{P'_i(t+\theta)\} = \log a + \log \left\{ \sum_{v=1}^n \frac{E_v(t+\theta)}{E_v(t)} \cdot E_v(t) \right\} + \varepsilon \log \left\{ \frac{V_i(t+\theta)}{\rho \cdot V_i(t)} \right\} \quad \dots\dots\dots (26)$$

という形に変形して、過去のデータから、 ε を推定すると、地域の将来の産業活動を予測することができる。

このように、市場に感応的な産業による資源投入量は、相対ポテンシャル・モデルを用いて予測す

ることができる。これに、費用に感応的な産業などの予測された資源投入を加えることによって、その地域全体の資源投入を予測することができる。また、 θ を1から順次大きくしていくと、将来の地域資源の毎年の予測時系列が得られることになる。これをもとに、各部門の土地資源投入とそれを規定する生産物と労働の地域・部門間移動の関係を多期間にわたって論じることができる。

3.2 RAS法によるリンケージ予測とその実証操作性

上記のモデルは、ある特定の地域とその周囲の都市との経済的リンケージを扱う理論モデルである。LU/GEC基本モデルで想定しているリンケージモデルを厳密に構築するためには、食糧農産物や労働が部門または地域間で移動する場合の移動元の全対象地域と移動先の全対象地域の各組合わせの移動量を推定しなければならない。つまり移動元地域と移動先地域が各々 n 個あった場合には、 $n \times n$ 個の移動量のデータが必要となる。現実には手に入るデータは、各々の地域から流出した（各行き先別ではなく、全ての行き先への）総移動量しか入手できない（表1）。また、流入の場合にも、各々の地域に流入した（各流出元別ではなく、全ての流出元からの）総移動量しか入手できない。この状況に対処するためには、産業連関分析（投入産出分析）で、中間投入部門と中間需要部門との間の部門間商品フローを、産業連関表の列和と行和から推定するために採用されるRAS法を援用することができる。

RAS法は、基準時点の投入係数行列 A を、行方向の修正行列 R （原材料間の代替変化を示す）と、列方向の修正行列 S （原材料投入率の変化、すなわち加工度変化を示す）とによって修正し、予測時点の投入係数をそれらの行列積 $R \cdot A \cdot S$ として求める方法である。これらの修正係数行列 R と S は、それぞれ暫定的生産額に投入係数を乗じた内生部門の行方向の計と列方向の計が、それぞれ暫定的中間需要額と中間投入額に一致するように、交互に修正していくことによって求められる。

表1 リンケージモデルにおける財と労働の流入元と流出先の組み合わせ

流入先 流出先	甲市	乙市	丙市	流出計
甲市				D1
乙市		Aij		D2
丙市				D3
流入計	C1	C2	C3	移動総量

RAS法は、投入係数の変化傾向を代替変化 R と加工度変化 S で明確に表現しているので、このことを利用して、次のように拡張することができる。もし、2時点の産業連関表があれば、基準時点の投入係数 A_0 と比較時点の情報とによって、上述のように、その間の変化方向 R と S が求められる。そこで、

（イ）各々の傾向がそのまま続くと仮定すれば、予測時点の投入係数 A_2 は比較時点の投入係数 A_1 から、

$$A_2 = RA_1S \quad \dots\dots\dots (27)$$

として求められることになる。この場合は、上述のRAS法の欠点が消滅することになる。

（ロ）ただし、延長する場合、現実にはいずれの部門も過去と同様に変化することはないので、その進展度合 θ で調整されることが望ましい。すなわち、

$$A_2 = R\theta_r A_1 S\theta_c \quad \dots\dots\dots (28)$$

と表せる。

これを、地域間のリンケージモデルに応用するには、 A を地域間・部門間の生産物・労働移動フロー行列、 R と S を各々その異時点間の行方向、列方向の調整係数行列と読みかえれば良いことになる。

表 2 財と労働の地域間移動の予測法 (RAS法)

<与件>

A85: 基準時点の流出流入係数行列
X90: 比較時点の生産額列ベクトル
C90: 比較時点の流入計行ベクトル
D90: 比較時点の流出計列ベクトル

<変数>

A*90: 比較時点の推計流入流出係数行列
R: 流出行調整列ベクトル
S: 流入列調整行ベクトル

<方程式>

$$A^*90 = \overline{RA85S}$$

$$C90 = iA^*90\overline{X}90$$

$$D90 = A^*90\overline{X}90j$$

を逐次近似により解く。

但し、 $(\overline{\quad})$ はそのベクトルを対角線上に並べた正方行列

$j = (1, 1, \dots, 1)$, 全要素が 1 の行ベクトル

$i = (1, 1, \dots, 1)$, 全要素が 1 の列ベクトル

上記、逐次近似計算は以下のように計算する。

A85 $\overline{X}90j$ の D90 に対する比を R1 とし、 $\overline{R1A85} = A1$

iA1 $\overline{X}90$ の C90 に対する比を S1 とし、 $A1\overline{S1} = A2$

A2 $\overline{X}90j$ の D90 に対する比を R2 とし、 $\overline{R2A2} = A3$

iA3 $\overline{X}90$ の C90 に対する比を S2 とし、 $A3S3 = A4$



$S_i = R_i - 1$ となった時、

$$(R_n R_{n-1} \dots R_1) A85 (S_n S_{n-1} \dots S_1) = A2n = A90$$

$$\overline{RA85S} = A^*90$$

となり、 $R^{1/5}$ と $S^{1/5}$ を使って任意の将来年の A を予測する。

3.3.1 リンケージモデルの構造

前述の RAS 法の適用が最も合理的な接近法ではあるが、モデルの規模が大きくなると、その作業量は膨大になる。そこで、全く異なった観点から簡略化のための第一次接近法として配分型リンケージモデルを考えた。この配分型リンケージモデルの概要、近畿 3 県への応用例については参考文献 2) を参照されたい。

(加賀爪 優)

参考文献

- 1) 大坪国順編(1996): LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(I)ー, pp13-44.
- 2) 大坪国順編(1997b): LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(II)ー, CGER-REPORT CGER-I027-'97

第4節 チューネン型ロジスティックモデル

第1項 LU/GEC基本モデルにおける土地利用比率関数

これまで開発されたモデルは、以下のような統一的な構造を有する。

・2つの変数： 被説明変数としての土地利用比率変数 $P_i^{(t)}$ (i 地区の t 番目の土地利用カテゴリー)と、ドライビングフォースの社会経済変数 X_k (i 地区の k 番目の項目)からなる。

・2つの関数： 土地利用 P を社会経済変数 X に関係づける「土地利用表現関数 f 」と、社会経済変数の変化を予測する(未来時点の X を現時点の X に関係づける)「経済成長関数 g 」の二段階構成からなっている。

$$P_i^{(t)} = f^{(t)}(\{X_{ik}\}_k) \quad (\text{両辺は同時点}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$X_{ik}^{(time=T+1)} = g_k(\{X_{il}^{(time=T)}\}_l) \quad (\text{左辺は未来時点}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

・予測方程式： $P_i^{(t)(time=T+1)} = f^{(t)}(\{X_{ik}^{(time=T+1)}\}_k) = f^{(t)}(\{g_k(\{X_{il}^{(time=T)}\}_l)\}_k) \quad \dots\dots\dots (3)$

第2項 一般チューネンモデル (GTM)

上記の f として、小長谷^{1),4)}は、土地利用の基礎理論であるチューネンモデルに基づきながら、これを実際の確率的な土地利用比率データに適用できるように拡張した。このモデルの利点は、「土地利用前線 land use frontier の後退による」土地利用変化といった直感的な描像に厳密な基礎を与え、計算・予測できるようになることである。

すなわち、図1土地利用のもっとも厳密な理論(チューネン理論)は、地代にもとづく土地利用の同心円の構造を予測する。しかし、これは各場所が1種類の土地利用に支配される理念的モデルで、現実のデータをあてはめることができなかった。小長谷^{1),4)}、Konagaya²⁾では、厳密な地代理論に基づきながら、ファジーな土地利用混合が許されるモデルとなっている(図2)。

チューネンモデル (Thu nen 1928)

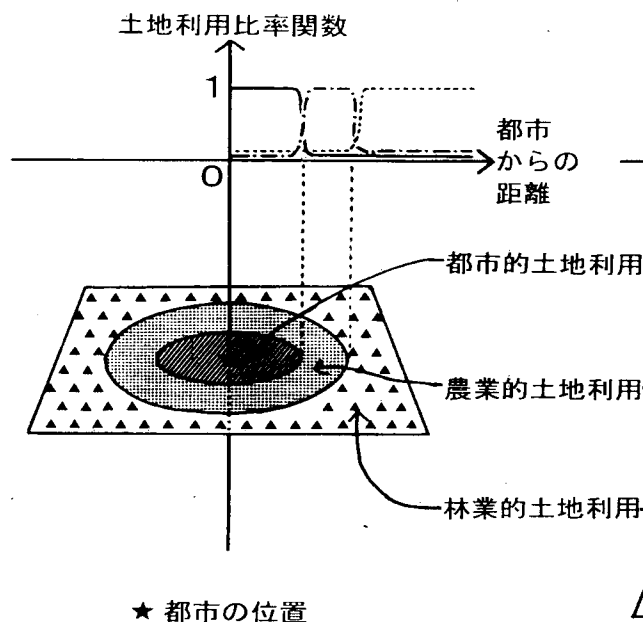


図1 チューネンモデル

一般チューネンモデル (Konagaya 1998)

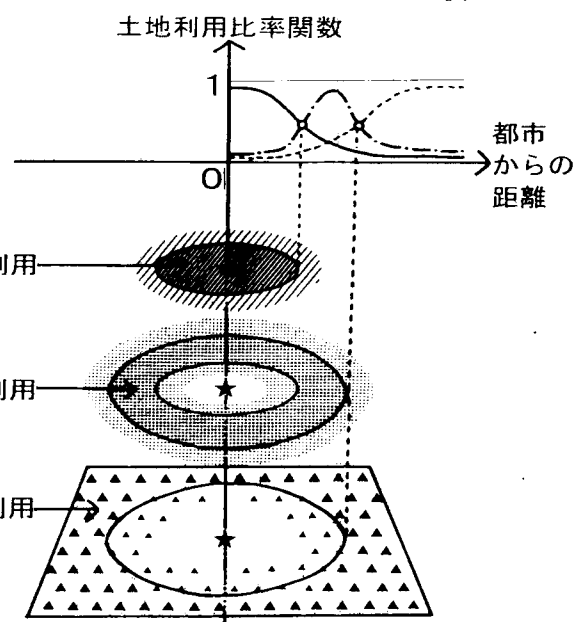


図2 一般チューネンモデル

一般チューネンモデル（GTM）の導出やスマトラ島への適用例については、参考文献 3), 4) 等を参照されたい。ここでは一般チューネンモデル（Generalized Thünen Model：以後 GTM とよぶ）の最終公式を記載するに留める。

$$P^{(t)}_{i\alpha} = \sum_{\alpha} p^{(t)}_{i\alpha} = \sum_{\alpha} \exp(r^{(t)}_{i\alpha}) / \sum_{i'} \{ \sum_{\alpha} \exp(r^{(t')}_{i'\alpha}) \} = K^{(t)}_{i\alpha} / \sum_{i'} K^{(t')}_{i'\alpha} \quad \dots\dots\dots (4)$$

を得る。式内のウェイト関数 $K^{(t)}$ 、付け値地代の確定成分 $r^{(t)}_{i\alpha}$ はそれぞれ以下で表される。

$$K^{(t)}_{i\alpha} \equiv \sum_{\alpha} \exp(r^{(t)}_{i\alpha}) = \sum_{\alpha} \exp(A^{(t)}(\alpha) - c^{(t)} \cdot d_{i\alpha}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$r^{(t)}_{i\alpha} = A^{(t)}(\alpha) - c^{(t)} \cdot d_{i\alpha} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで、 $A^{(t)}(\alpha)$ ：都市 α に住むカテゴリー t の経済活動を営む者が地区 i の土地を利用した時の便益関数； $c^{(t)} \cdot d_{i\alpha}$ ：そのためにカテゴリー t の経済活動を営む者が払う費用関数である。以下では都市 α の人口 q_{α} で、さらに $A^{(t)}(\alpha) = a^{(t)} \cdot q_{\alpha}$ とパラメータ化できるものとする。

第3項 土地利用において説明すべき法則性

都市的、農地的、および林地的土地利用比をそれぞれ U 、 A 、 F とし、その変化を Δ をつけて表すと以下の2つが観察された。

- (1) 中間地帯仮説－林地比が 40～60%の所で森林が急速に減少（ $0.4 < F < 0.6$ で ΔF が大なる負）。
- (2) 比例法則－都市的土地利用対農地が 1 対 5、森林減少分もこの比で配分される（ $U:A=1:5$, $\Delta U:\Delta A=1:5$ ）。

第4項 多都市の影響の取り込み^{5)、6)、7)}

4.1 一般チューネン距離（GTD）の導入

実際には、個々の地域の土地利用に対して、多数の周辺都市の影響力がオーバーラップして存在している。一般チューネンモデルでは、一種の複合的な距離である一般チューネン距離（Generalized Thünen Distance：GTD）を定義することができる。

- (1) GTD：

$$\begin{aligned} P^{(t+1)}_{i\alpha} / P^{(t)}_{i\alpha} &= K^{(t+1)}_{i\alpha} / K^{(t)}_{i\alpha} \equiv \exp(r^{(t+1)}_{i\alpha} / D^{(t+1)}_{i\alpha}) / \exp(r^{(t)}_{i\alpha} / D^{(t)}_{i\alpha}) \\ &= \exp(a^{(t+1)} Q^{(t+1)} - c^{(t+1)} D^{(t+1)}_{i\alpha}) / \exp(a^{(t)} Q^{(t)} - c^{(t)} D^{(t)}_{i\alpha}) = \exp(c^{(t)} - c^{(t+1)}) \cdot (D^{(t+1)}_{i\alpha} - D^{(t)}_{i\alpha}) \quad \dots (7) \end{aligned}$$

- (2) 仮想地代

$$r^{(t)}_{i\alpha} / D^{(t)}_{i\alpha} \equiv a^{(t)} \cdot Q^{(t)} - c^{(t)} \cdot D^{(t)}_{i\alpha} \quad \dots\dots\dots (8)$$

- (3) 複合質量

$$Q^{(t+1)} = (\langle a^{(t)} \cdot q \cdot \rangle - \langle a^{(t+1)} \cdot q \cdot \rangle) / (a^{(t)} - a^{(t+1)}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$\langle \cdot \rangle = \ln \sum_{\alpha} \exp(\cdot)$ は、都市添え字に関するログサム平均を表わす。

- (4) 分割距離

$$D^{(t+1)}_{i\alpha} = Q^{(t+1)} \times (a^{(t)} - a^{(t+1)}) / (c^{(t)} - c^{(t+1)}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

- (5) GTD の陽関数表示

$$D^{(t+1)}_{i\alpha} = \{ (\langle a^{(t)} q \cdot \rangle - \langle a^{(t+1)} q \cdot \rangle) - (\langle a^{(t)} q \cdot c^{(t)} d_{i\alpha} \rangle - \langle a^{(t+1)} q \cdot c^{(t+1)} d_{i\alpha} \rangle) \} / (c^{(t)} - c^{(t+1)}) \quad \dots\dots\dots (11)$$

- (6) GTM 公式の GTD 表示

$$P^{(t)}_{i\alpha} = 1 / \{ \sum_{u < t} \prod_{v=u+1}^t \exp(c^{(v)} - c^{(v+1)}) \cdot (D^{(v/v+1)}_{i\alpha} - D^{(v/v+1)}_{i\alpha}) + 1 + \sum_{u > t} \prod_{v=t+1}^u \exp(c^{(v)} - c^{(v+1)}) \cdot (D^{(v/v+1)}_{i\alpha} - D^{(v/v+1)}_{i\alpha}) \} \quad \dots\dots\dots (12)$$

4.2 GTD の意味

このように導入された GTD では、以下の2つの重要な性質が成り立つ。それゆえ GTD は単なる解釈上の道具ではなく、GTM の構造を探る役割をもっているのである。

4.2.1 GTMの線型化

GTMには、確率的構造と多都市の影響の両者が同時に含まれており、複雑な挙動を示す。複合距離GTDは、古典的チューネンモデルへの変換を表す。すなわち多数都市の影響をその平均として置き換え、仮想的な単一都市からの確率論的モデルとしての解釈を可能にする働きをする。

4.2.2 チューネン圏による土地利用構造の決定

(1) チューネン境界

$D^{(i,t+1)}$ 、 $Q^{(i,t+1)}$ 、 $D^{(i,t+1)}$ をそれぞれ、第*i*チューネン距離、第*i*チューネン質量、第*i*チューネン分割距離とよぶ（ただし $D^{(0,t)} \equiv 0$ 、 $D^{(T,T+1)} \equiv \infty$ とおく）。

第*i*チューネン距離 $D^{(i,t+1)}$ が、第*i*チューネン分割距離 $D^{(i,t+1)}$ を通過する条件：

$$D^{(i,t+1)} = D^{(i,t+1)}_0 (P^{(i)}_t = P^{(i,t+1)}_i) \quad \dots\dots\dots (13)$$

によって確定される曲線が、GTMの第*i*チューネン境界である（第0チューネン境界は都市そのものとする）。

(2) チューネン圏定理

(12)式から、第*i*-1チューネン境界と第*i*チューネン境界とによって挟まれたリング状の地域では、カテゴリ*i*の土地利用が卓越することがいえる。いいかえると、これが古典チューネン理論に対応した*i*番目のチューネン圏の確率化表示である。

第5項 一般チューネンモデルによる土地利用変化の解明—中間地帯仮説の説明

横軸にGTDをとると、図3のように、一般チューネンモデルは、ロジスティック的な曲線によって表現される。上段図が、*t*時点における3つのカテゴリ間の土地利用比率で、都市からの仮想的距離（GTD）に従って配列されている。*t*+1時点になると、これが右方向に移動する（中段の図）。その結果、両者の差を取った土地利用変化は、土地利用境界の付近で鋭い山を作る。このことは土地利用境界付近で激しい土地利用変化が起こることを良く表している。このように、一般チューネンモデルの利点は、これまでしばしばいわれてきた「土地利用前線 land use frontier の移動による土地利用変化」という直感的描像に厳密な基礎付けを与え、正確な計算・予測をすることができるようになることである。

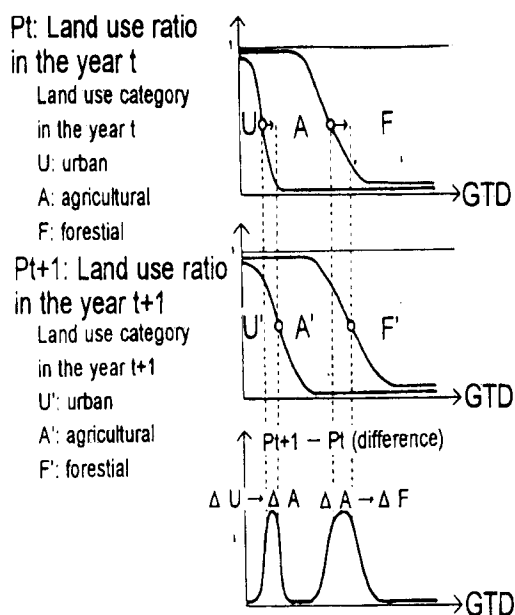


図3 中間地帯仮説の説明図

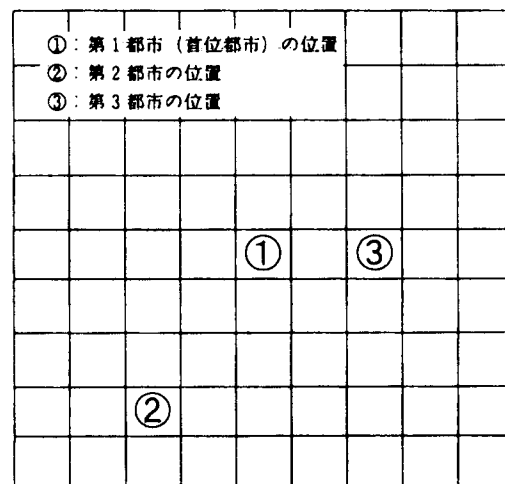


図4 シミュレーションの設定図

第6項 3 カテゴリーモデルのシミュレーション結果

6.1 3 カテゴリーモデルの位置づけ

これまでにみたように都市的土地利用、農地的土地利用、林地的土地利用の3 カテゴリーモデルは、多くの国の土地利用を考える上で最も簡単でかつ基本的な位置にある。しかし3 以上のカテゴリーモデルでは、GTDは複数存在する。そこで、任意の土地利用観測点に対してGTD同士にどれだけ差があるのかという問題が生じる。GTDは、ある土地利用観測点に対し、その点とA 個の総都市との間のA 個の距離を用いて式(11)によって計算される。これは各距離に対する一種の平均であり、異なったカテゴリーのGTD同士はただそのパラメータが異なる平均にすぎない。したがって異なったGTD同士は、相加平均と相乗平均のような関係にある。この両者はかなり近い値をとることが知られている。すなわち、同じ地理的システムにおいて、カテゴリーの異なったGTDは、多少指数パラメータの異なる平均にすぎない。したがってそれらはそれほど相違していないとも考えられる。この問題についての一定の知見を得るには、適当な地域システムを設定しシミュレーションをおこなって、モデルの挙動を調べてみるのが適切である。その目的のためには、複数のGTDが現れる3 カテゴリーモデルを調べることにする。さらに複雑な4 以上のカテゴリー数のモデル構造も、その本質は3 カテゴリーモデルによって把握可能である。この項と次項では、簡単のため自明の地域インデックスi は明示的には書かないことにする。また土地利用のカテゴリー番号もは、括弧内に入れた上付き文字でかかっているが、これも具体的数字が入るため、括弧を省略して表現する。たとえば、第1 チューネン距離 $D^{(1/2)}$ は $D^{1/2}$ と表記する。

6.2 シミュレーションの設定

地代関数のパラメータは、 $a^1=5, c^1=2, a^2=4, c^2=1, a^3=2.5, c^3=0.5$ 、とし、地域的条件は、シミュレーションをおこなう仮想国(たとえば「孤立国II」と名付ける)の都市数を3 とし、チェスボード上の $10 \times 10 = 100$ 個の格子点が土地利用観測点である100 地区の位置とする(図4)。第1都市、第2都市、第3都市の立地はそれぞれ、左下の端点を原点とするxy座標で(4.5, 4.5)、(2.5, 1.5)、(6.5, 4.5)とし、各人口が、 $q_1=1.0, q_2=0.9, q_3=0.8$ 、である場合をCase A、それぞれ約1.5 倍に成長した場合、 $q_1=1.5, q_2=1.3, q_3=1.2$ 、をCase Bとする。

図5左は、都市、農地、林地の3つの土地利用比率を $P^1(U)$ 、 $P^2(A)$ 、 $P^3(F)$ とし、三角座標で表したもの。図5右は、チューネン圏およびトーマス修正ウィーバー法による土地利用区分で三角座標空間を分類したものである。

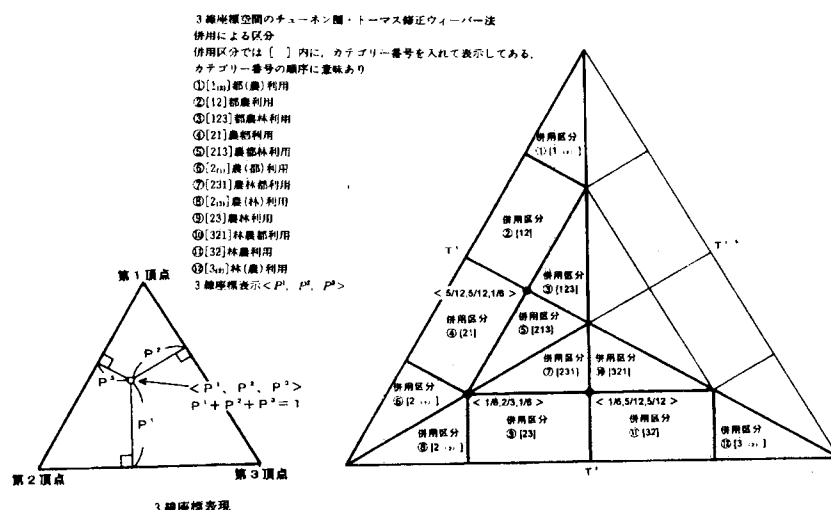


図5 都市、農地、林地の土地利用比率の三角座標表示

(1) Case A

図 6 は、Case A のチューネン圏、およびトーマス修正ウィーバー法による土地利用区分である。この場合、都農二種混合利用（12 区分）は第 1 都市の周辺のみ存在する。これは第 1 チューネン圏とも一致するが、Case A では都市の影響力があまり大きくないことを示している。3つの都市を取り巻く地域は一般に都農林三種混合利用（123 区分）であり、その周囲にあり、孤立国 II の中でもっとも大きな面積を占めるのが、農林二種混合利用（23 区分）である。純粋な林一種利用（3 区分）は 3つの隅にわずかに存在するのみである。

(2) Case B

図 7 は、Case B のチューネン圏、およびトーマス修正ウィーバー法による土地利用区分である。Case A では、第 1 都市と第 2 都市の周りに孤立的に存在していたが、今回は都市スプロールが進み、互いに隣接する、第 1 都市と第 3 都市が都市スプロールによって連坦してしまった。全体的な $D^{1/2}$ の値の分布は、Case A と類似しており、やはり 3つの都市から遠方になるほど数値が増大する。都市人口の 1.5 倍成長は、都市的土地利用の範囲を広げたことはむろんであるが、もっとも大きな効果は、農業－林業境界を遠方に追いやり、農業的土地利用を拡大したことにあつたといえるだろう。林地が卓越する第 3 チューネン圏は、国土の北部と南東部に残るのみとなっている。都農二種混合利用（12 区分）が大幅に拡大し、事実上 3つの都市の周囲を連坦して繋ぐようになった。ただしその周辺の都農林三種混合利用（123 区分）は、それほど拡大せず、むしろさらに外側の農林二種混合利用（23 区分）との間の細いリング状地域と化している。その他の外部地域は 1カ所を除いてすべて農林二種混合利用（23 区分）であり、これが最大面積であることにはかわりがない。したがって、Case A では 123 区分と 23 区分が優勢であったが、Case B では 12 区分と 23 区分が優勢になり変化がみられたといえる。

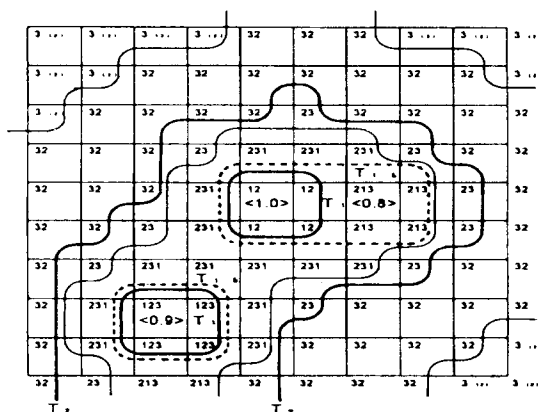


図 6 土地利用区分の結果 (Case A)

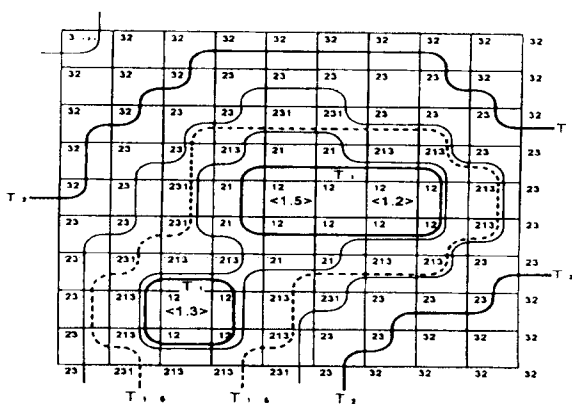


図 7 土地利用区分結果 (Case B)

6.3 GTD 同士の差

D^{12} の値の分布は全体的には D^{23} とよく似た形態を示す。全体で 100 個の観測点のうち、いずれのケースでも約 7 割にあたるものがわずかに 0.3 以下の誤差で一致する

第7項 GTD 等値曲線と土地利用の擬似的 1 次元性

7.1 GTD の差を現す方程式

上記のごとく、3 カテゴリーモデルの 2 つのチューネン距離、 D^{12} と D^{23} は、土地利用の多くの観測点で近似的にほぼ近い値をもっている。そこで、この両者が一致するという近似を考えると、どのようなことがいえるのかを探ってみよう。一般チューネン距離で表現した GTM によって、一般チューネン距離の差を表現する次の恒等式を得る。

$$\ln P^2 - \{(1 - \delta) \ln P^1 + \delta \ln P^3\} = \eta \cdot \{(D^{23}_0 - D^{12}_0) - (D^{23} - D^{12})\} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\delta = (c^1 - c^2) / (c^1 - c^3) \quad ((c^1 - c^2) \text{ と } (c^2 - c^3) \text{ の配分比}) \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\eta = 1 / \{1 / (c^1 - c^2) + 1 / (c^2 - c^3)\} \cdot ((c^1 - c^2) \text{ と } (c^2 - c^3) \text{ の調和平均}) \quad \dots\dots\dots (16)$$

である。この式はいくつかの重要な意味を内包するが、まずつぎの定理が導かれる。

7.2 GTD 等値定理

連続するチューネン距離 D^{12} と D^{23} が等値であることと、以下の保存量（左辺）が存在し、等式が成立することは同値である。

$$\ln P^2 - \{(1 - \delta) \ln P^1 + \delta \ln P^3\} = \eta (D^{23}_0 - D^{12}_0) \quad \dots\dots\dots (17)$$

(1) GTD 等値曲線

GTD 等値が近似的に成立するということは、GTD 等値方程式

$$\ln P^2 - \{(1 - \delta) \ln P^1 + \delta \ln P^3\} = \eta (D^{23}_0 - D^{12}_0) \quad \dots\dots\dots (18)$$

に置き換えられる。このことは、1 本の制約条件が追加されるということである。そもそも 3 カテゴリーモデルの自由度 3 は、3 次元空間に対応している。

ところが、自明の比率条件、 $P^1 + P^2 + P^3 = 1$ 、により、これが自由度 2 に落ちている。これを表現するのが 3 線座標表示であり、元の 3 次元空間内の 3 角形に対応する 2 次元多様体である。2 つの GTD、 D^{12} と D^{23} は、この 2 次元自由度に対応した新しい座標変換と考えることもできる。いま近似条件、 $D^{12} = D^{23}$ を認めると、上記の GTD 等値方程式が成立し、さらに自由度が 1 つ減り 1 自由度となる。これは驚くべきことであって、「土地利用の本質的自由度は近似的に 1」であることを意味しているのである。この結果どのような土地利用が許されるのか調べてみよう。

(2) GTD 等値方程式

$$\ln P^2 - \{(1 - \delta) \ln P^1 + \delta \ln P^3\} = \eta (D^{23}_0 - D^{12}_0) \quad \dots\dots\dots (19)$$

の右辺を定数 Δ とおき、両辺の指数をとって対数を消すと次式となる。

$$P^2 = e^{\Delta} (P^1)^{1-\delta} (P^3)^{\delta}, \quad (\Delta \equiv \eta (D^{23}_0 - D^{12}_0)) \quad \dots\dots\dots (20)$$

この関係式は、ミクロ経済学の道具としてよく使われる Cobb-Douglas 型関数形である。Cobb-Douglas 型関数のもつ最大の特徴はそれが原点に対して凸であるという性質であり、そのため、それは図 8 のよう

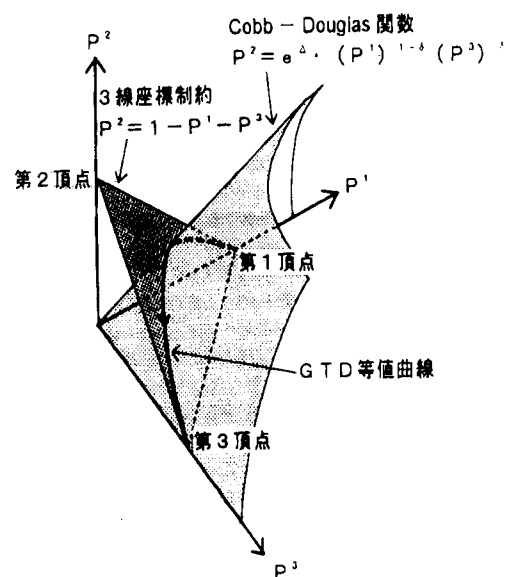


図 8 GTD 等値曲線の概念図

な曲面で表される。この曲面の3線座標制約の3角形による切り口が、3線座標空間内でのGTD等値曲面に他ならない。それは第1頂点から1-2辺に漸近して出発し、第2頂点をかすめ大きく蛇行して、2-3辺に漸近しながら第3頂点を目指すという形状をもつと考えられる。ただし実際のパラメータ表示では $D=-\infty$ (第1頂点) から始まるのではなく $D=0$ から始まるので注意がいる。図9および図10は、それぞれCase A、Case Bについての等値曲線である。土地利用点がGTD等値曲線に沿って1次元的に構造化されていることがわかる。

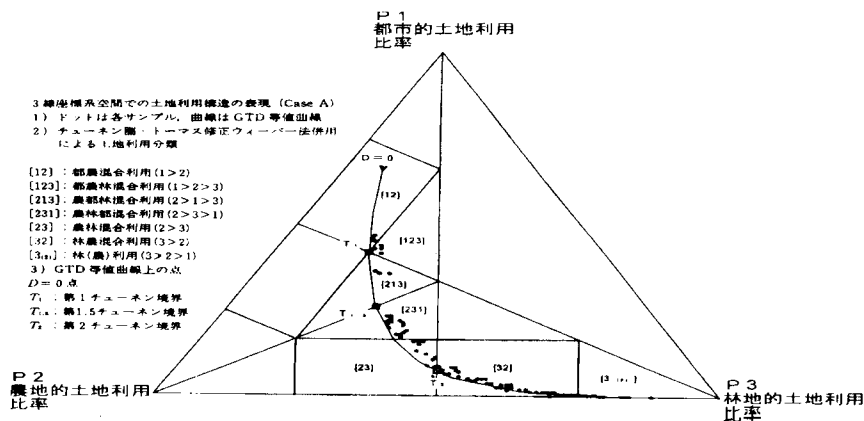


図9 土地利用区分の三角座標表示結果 (Case A)

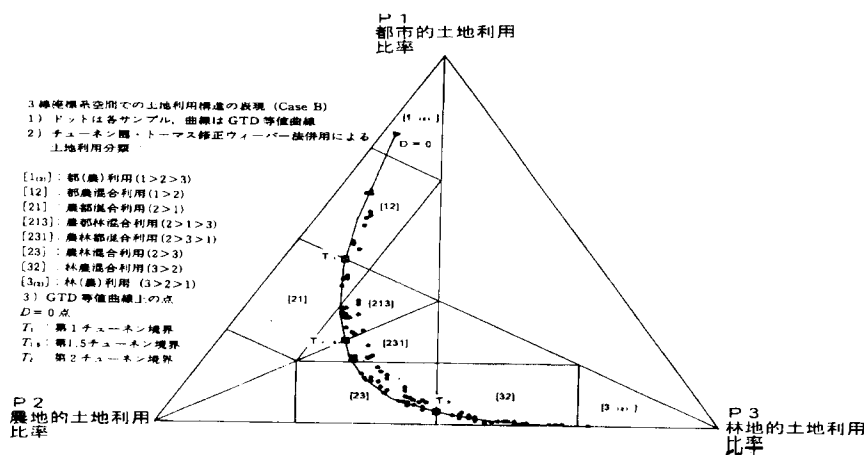


図10 土地利用区分の三角座標表示結果 (Case B)

7.3 GTD等値曲線に沿った併用土地利用区分の Ordering

図11のように、GTD等値曲線が近似出来れば、併用土地利用区分は極めて強い形で秩序化され、都市に近い中心的位置から周辺に向かってこの順番でのみ出現することがわかる。(6)と(8) (図中の丸番号を表現) は第2カテゴリーの農業の地代能力がかなり強くないと現れず、通常は(5)→(7)というコースを通る。ただし、(2)から(5)に至る間に(3)になるか(4)になるかは上記のCaseのように両方の可能性がありうる (Case Aが(3)、Case Bが(4)を通った)。(7)から(11)に至る間に(9)になるか(10)になるかについても同様に両方の可能性がありうる。

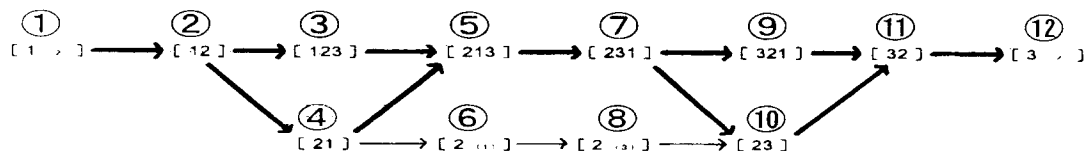


図11 併用土地利用区分の Ordering

第8項 一般チューネンモデルによる比例法則の説明

土地利用比率の変数は、制約条件 $F+A+U=1$ をもち、自由度が2となる。変数を平等に扱うため3角座標空間表示が有効である。比例法則は、土地利用比率変数がつくる3角座標空間内で、1対5の直線上で土地利用混合が変化することと同値である（図12）。一方、もしも一般チューネンモデルが厳密になりたつとすると、上記から、土地利用混合はGTD等値曲線とよばれる近似的な曲線上に配列することが示せる。ここで、まず純粋な林地、森林極限 $(F,A,U) = (1,0,0)$ から出発し、じょじょに都市に近づいていくとする。まず農地の拡大（林地の農地への転換）の段階をへる。これは図12中で左へ進むことにあたる。ある地点で、段々都市化（林地・農地から都市的土地利用への転換）が始まる。これは図12中で曲線が上方に折れ曲がる部分にあたる。最後は都市極限に近づく。この農地の拡大部分では近似的に直線になるから、比例法則はモデルから正しく説明される。

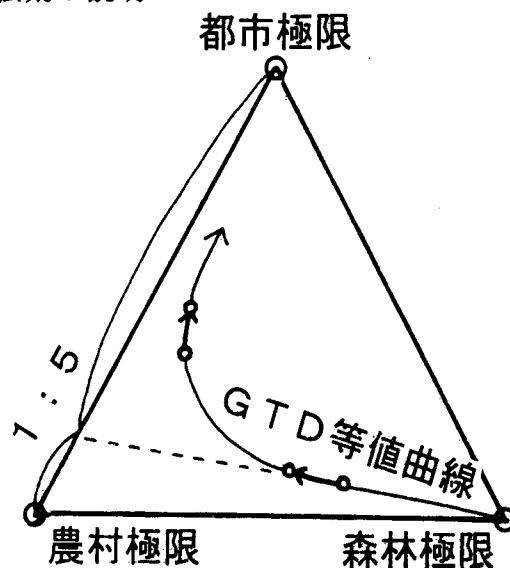


図12 一般チューネンモデルによる比例法則の説明図

第9項 一般チューネンモデルから見た望ましい土地利用

この一般チューネンモデルの視点では地代克服力の大きい土地利用が実現することが導かれる。その背後では、Globalization にもとづく都市化が土地利用変化の最大の要因となっている。いいかえると、土地利用変化からみた最大の課題は「Globalization と Sustainability をいかに調和させるか」ということである。一般論としては地代克服力が大きくなると環境負荷性は高まる。そこで「環境負荷性小+地代克服力大」という土地利用を追求すべきであろう（図13）。

（小長谷一之）

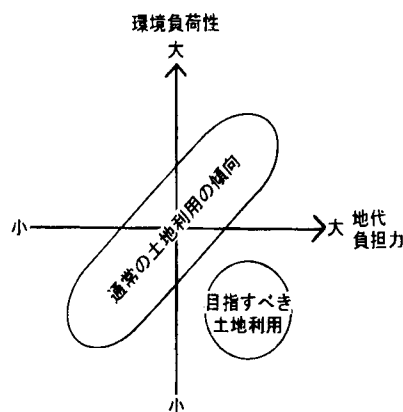


図13 望ましい土地利用

参考文献

- 1) 小長谷(1997a): 「土地利用と一般チューネンモデル」『理論地理学ノート10』東京都立大学。
- 2) Konagaya(1998a): "The Generalized Thünen-Alonso Model for Land Use Change in Sumatra Island" *Geographical & Environmental Modelling*.
- 3) 大坪国順編(1996): LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(I)ー。
- 4) 大坪国順編(1997b): LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(II)ー, CGER-REPORT CGER-I027-'97.
- 5) 小長谷・大坪(1998b): 土地利用地球環境保全プロジェクト (LU/GEC) と一般チューネンモデルの開発, 土木学会第6回地球環境シンポジウム論文集。
- 6) 小長谷・大坪・スンスン(1998c): 地球環境保全のための土地利用研究とジャワモデル, 土木学会第26回環境システム研究論文発表会論文集。
- 7) Konagaya(1998c): Land Use Dimensionality in 3-Category Thünen-Alonso Model, *Geographical & Environmental Modelling* (投稿準備中)。

第5節 GKSIM 法

第1項 はじめに

LU/GECではLU/GEC基本モデルであるマルチロジスティック・リンケージモデルを開発し、それを日本の関西地域とインドネシアに適用した。マルチロジスティック・リンケージモデルでは、予測対象となる行政単位より一つ小さな行政単位の土地利用、自然要因、社会経済的要因のデータが必要とされる。即ち、関西では市町村単位のデータが、インドネシアでは州単位のデータが必要とされた。プロジェクトを推進するにつれて、アジアの多くの国々では、州（省）単位ですら必要とされるデータを複数の年次に対して収集することが非常に困難なことが明らかとなった。このような事情に鑑みて、土地利用やその変化要因に関して国単位のデータしか存在しない国々にも適用できる一般化KSIM法（GKSIM: Generalized Kane's Simulation）を開発した。

一般的に、ある対象地域における土地利用変化の将来予測のためのモデルとしては、次の条件を満たすことが要求される。

1) 各土地利用形態の面積はその限度値を超えないこと。この限度値は、斜面や気候等の自然的要素、或いは人口や国内総生産等の社会経済状況によって決まる。例えば、モデルによる森林予測値は、現有の森林面積と森林に変換され得る他の土地面積の和を超えることはできない。

2) 統計的な検定が可能なこと。これは、シミュレーションの結果が過去の土地利用の実測値によく合うか否かで検定される。過去のトレンドを説明できないモデルによる予測値は非常に信頼性が低くなる。

3) どの時点でも、予測された各土地利用面積の和は、対象地域の総面積と一致すること。

現状では、上記三つの条件（特に条件(1)）を満たすモデルが少ない。例えば、回帰分析タイプのモデルは条件(1)を、システム・ダイナミックスタイプのモデルは条件(2)を満たしていない。KSIM法は、条件(1)を満たす数少ないモデルの一つであろう。

KSIM 法においては、まず変数 i のとり得る最大値と最小値を決め、それぞれを1と0とする。次に過去の観測値を内挿により区間[0,1]のある値 x_i ($i=1, 2, \dots, m$)に変換する。 $t + \Delta t$ 時点における変数 x_i の値は、

$$x_i(t + \Delta t) = x_i(t)^{p_{i,t}}, \quad 0 \leq x_i(t) \leq 1 \quad (1)$$

$$p_{i,t} = \frac{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^m \left\{ |u_{ij}| - u_{ij} \right\} x_j(t)}{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^m \left\{ |u_{ij}| + u_{ij} \right\} x_j(t)} \quad (2)$$

と表されるとする。但し、 u_{ij} は変数 x_j が変数 x_i に与える影響とし、通常は専門家らの話し合いによって決められる。なお、KSIM 法においては、変数は全て内生変数として取り扱われる。

(2)式において、 $p_{i,t} > 0$ であるから、(1)式において常に $0 \leq x_i(t + \Delta t) \leq 1$ が保証される。つまり、予測値は限度値を超えないことが保証されている。しかし、KSIM 法では、一時点のデータしか使えないこと、 Δt の時間スケールを決められないため、計算値はどの時点のものであるかがはっきり決められないこと等の問題点がある。

本節では、次の第2項でKSIM法の一般的な形としてGKSIM法の誘導を行い、第3項でGKSIM法に対して若干の検討を行う。そして第4項ではGKSIM法の実行手順を述べる。

第2項 GKSIM 法の誘導

t 時点の項目 i の土地利用面積を $y_i(t)$ とし、 $y_i(t)$ が取り得る最小値と最大値をそれぞれ a_i と b_i とする。そして、次の式を用い $y_i(t)$ を区間[0,1]のある値 $x_i(t)$ に変化させる。

$$x_i(t) = \frac{y_i(t) - a_i}{b_i - a_i}, \quad 0 \leq x_i(t) \leq 1 \quad (3)$$

すると、時点 $t + \Delta t$ における $x_i(t + \Delta t)$ の値は、

$$x_i(t + \Delta t) = x_i(t) \{1 + r_i(t)\} \quad (4)$$

と計算される。但し、 $r_i(t)$ は時点 t における x_i の変化率である。更に、式(4)により、

$$x_i(t + \Delta t) = x_i(0) \prod_{k=0}^t \{1 + r_i(k)\} \quad (5)$$

が得られる。ここで $x_i(0)$ は、計算開始年次における初期値である。ところが、(5)式では、全ての $r_i(k) > 0$ に対して

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_i(t + \Delta t) = +\infty, \quad (6)$$

ということが生じうる。つまり、(4)式を使えば土地利用の限界値を超える予測値が出る恐れがある。この点を防ぐため、テーラー式 (Taylor's formula) を用いて(4)式を主要な部分と $x_i(t)$ に比べ無限小で無視しうる部分 $\circ \{x_i(t)\}$ に分ける。

$$x_i(t + \Delta t) = x_i(t) \{1 + r_i(t)\} = 1 - \{1 - x_i(t)\}^{1+r_i(t)} + \circ \{x_i(t)\}, \quad 0 \leq x_i(t) \leq 1 \quad (7)$$

この操作により、 $x_i(t + \Delta t)$ を計算する際、常にその主要な部分のみを扱い、 $\circ \{x_i(t)\}$ を捨てることができる。また、式(8)で示すように、二つのパラメータ $q_i \leq 1$ と $s_i > 0$ を導入することによって、変化率 $r_i(t)$ にはいかなるパラメータも含めなくてよいことになる。

$$x_i(t + \Delta t) = 1 - q_i \{1 - x_i(t)\}^{s_i \{1+r_i(t)\}}, \quad 0 \leq x_i(t) \leq 1 \quad (8)$$

パラメータ q_i と s_i は過去のトレンドに最も合うように最小二乗法によって求められるとともに、式(8)に対する統計的な検定も行われる。したがって、変化率 $r_i(t)$ 或いは $1 + r_i(t)$ の形を自由に決めることができる。ここでは、

$$1 + r_i(t) = w_{i,t} \quad (9)$$

と記しておいて、詳しい検討は後にする。すると、式(8)は式(10)のように書き換えられる。

$$x_i(t + \Delta t) = 1 - q_i \{1 - x_i(t)\}^{s_i w_{i,t}} \quad (10)$$

$x_i(t + \Delta t) = 1 - \{1 - x_i(t)\}^{w_{i,t}}$ と $x_i(t + \Delta t) = x_i(t)^{1/w_{i,t}}$ とは、基本的に同じものであるので、KSIM法は式(10)において、

$$w_{i,t} = p_{i,t} = \frac{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^m \left\{ |u_{ij}| - u_{ij} \right\} x_j(t)}{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^m \left\{ |u_{ij}| + u_{ij} \right\} x_j(t)}, \quad \text{及び } q_i = s_i = 1 \quad (11)$$

となる時の特殊ケースであることが理解される (式(2)を参照)。ここで、更に、式(3)を式(10)に代入すれば、

$$y_i(t + \Delta t) = b_i - \Delta_i q_i \left\{ \frac{b_i - y_i(t)}{\Delta_i} \right\}^{s_i w_{i,t}} \quad (12)$$

となる。

また、式(12)により求められた全ての土地利用項目の面積 $y_i(t)$ の和を研究対象地域の面積と一致

させるために、ここで、新たに調整係数 $d_i > 0$ を導入する。すると、求めるモデルの構造が次のようになる。このモデルを GKSIM 法と呼ぶことにする。

$$y_i(t + \Delta t) = b_i - \Delta_i q_i \left\{ \frac{b_i - y_i(t)}{\Delta_i} \right\}^{s_i w_{i,t} d_i} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^m y_i(t + \Delta t) = A \quad (14)$$

但し、

m : 土地利用の項目数

$y_i(t)$: t 時点項目 i の土地利用の面積

b_i, a_i : それぞれ項目 i の土地利用面積の最大値及び最小値

$\Delta_i = b_i - a_i$

$0 < q_i \leq 1, s_i > 0$: 統計的に決められるパラメータ

A : 研究対象地域の総面積

$d_i > 0$: 式(14)を成立させるための調整係数

$w_{i,t} > 0$: $y_i(t)$ に与える総合影響マトリックスで、研究対象地域毎に構築する

第3項 GKSIM 法に関する検討

3.1 土地利用変化予測モデルが満たすべき条件について

式 (13) において、 $0 \leq \{b_i - y_i(t + \Delta t)\} / \Delta_i \leq 1$, $s_i w_{i,t} > 0$ 及び $q_i \leq 1$ であるので、 $a_i \leq y_i(t + \Delta t) \leq b_i$ となる。また、式 (12) を次のように書き換えれば、パラメータ q_i 及び s_i は最小二乗法により求められ、そして GKSIM 法による結果が統計的に検定される。

$$\ln \frac{b_i - y_i(t + \Delta t)}{\Delta_i} = \ln q_i + \{w_{i,t} d_i \ln \frac{b_i - y_i(t)}{\Delta_i}\} s_i \quad (15)$$

つまり、第1項で述べた土地利用変化予測モデルに関わる条件 1) 及び条件 2) が満たされることになる。一方、条件 3) は式(14)により満たされることは明らかである。

3.2 パラメータ及び時系列データについて

GKSIM 法では、内生変数である土地利用の項目数、また他の外生変数の数は影響しない。これは GKSIM 法において統計的に決められるパラメータの数が、 q_i と s_i の二つしかないことによる。よって、GKSIM 法は基本的に3時点以上の土地利用データがあればモデルの適用が可能である。このことは、時系列データの収集が難しいとされる途上国への適用性という観点から見ても、大きな長所と言えよう。

一方、GKSIM 法において、パラメータ q_i は、 $0 < q_i \leq 1$ を満たすことが望ましいが、必ずしも満たさなければならないことはない。一方、パラメータ s_i に対しては、 $s_i > 0$ が満たさなければならない。通常、 $s_i > 0$ 及び $0 < q_i \leq 1$ という条件は満たされるが、ある i に対して $s_i > 0$ が満たされない場合には、 $q_i = 1$ とし s_i を計算し直す。

3.3 $w_{i,t}$ の決定について

GKSIM 法の構造において、基本的には、 $w_{i,t}$ は1より大きい小さいかによって、 t 時点で項目 i の土地利用面積は増加するか減少することとなっている。また、パラメータ q_i 及び s_i の計算に伴い、モデル自身は統計的に検定される。よって、 $w_{i,t}$ の構築において、その値が1の上下で変化し得るならば、適用する構造式は問わないことになる。

下記の式(16)－(19)は、中国の事情に合わせて構築した $w_{i,t}$ の形式である。

$$w_{i,t} = w1_{i,t} w2_{i,t} \quad (16)$$

$$w1_{i,t} = c_{p_i} \left(\frac{p_{t+1}}{p_t} \right)^{k_{p_i}} + (1 - c_{p_i}) \left(\frac{e_{t+1}}{e_t} \right)^{k_{e_i}} \quad (17)$$

$$w2_{i,t} = \frac{1 + \sum \oplus}{1 + \sum \otimes} = \frac{v_i + \sum_{j=1}^m \{|c_{ij,t}| + c_{ij,t}\}}{v_i + \sum_{j=1}^m \{|c_{ij,t}| - c_{ij,t}\}} \quad (18)$$

$$k_{p_i}, k_{e_i} = \begin{cases} 1, & \text{人口(GDP)の増加は} y_i \text{にプラス的な影響を与えた場合} (p_{t+1} \geq p_t) \\ 0, & \text{人口(GDP)の増加は} y_i \text{に影響しない場合} \\ -1, & \text{人口(GDP)の増加は} y_i \text{にマイナス的な影響を与えた場合} (p_{t+1} < p_t) \end{cases} \quad (19)$$

但し、

p_t : t 時点の人口

e_t : t 時点の GDP

$0 \leq c_{p_i} \leq 1$: 人口に与えたウェイト

$v_i > 0$: 式(18)が有意になるように加えられた定数で、通常は 1 でよい

$c_{ij,t}$: t 時点で y_j は y_i に与える影響、或いは y_j と y_i との相互影響で、過去の時系列の相関係数を用いた。

$\sum \oplus$ 及び $\sum \otimes$ は、それぞれ項目 i の土地利用 y_i に与えるプラスもしくはマイナス的な影響の和となる。また、 $w1_{i,t}$ は、外生変数である社会・経済要素が y_i に与える総合影響マトリックス、 $w2_{i,t}$ は、内生変数である土地利用項目間の総合影響マトリックスとなる。

第 4 項 GKSIM 法の制限

式(13)及び式(14)で示している GKSIM 法は、各項目の土地利用変化の年次変化を予測してはいるが、ある特定の年の土地利用面積予測値の精度には限界がある。むしろ、各々の土地利用変化のトレンドや各土地利用間の変化関係を表している。

第 5 項 GKSIM 法の実行

ここでは、GKSIM 法の実行手順を述べる。

ステップ 1 : 過去の土地利用時系列データを収集する。パラメータ q_i と s_i を計算するために、最低限 3 時点のデータが必要である。

ステップ 2 : 各土地利用項目において、社会・経済要素例えば人口や GDP 等、又は自然状況例えば気候や地形等に基づき、その面積が取り得る最大値と最小値を決める。このような最大値と最小値を決めるのは、多くの資料及び十分な検討が必要である。

ステップ 3 : 外生変数で土地利用に大きい影響を与える社会・経済的なドラヴィング・フォース（例えば人口、GDP）を想定する。それらに関する過去のデータを収集し、そのトレンドを基に予測期（例えば 2050 年）までの変化のシナリオを設定する。

ステップ 4 : 総合影響マトリックス $w_{i,t}$ を構築する。例えば、式(16)–(19)を採用した場合、パラメータ k_{p_i} 、 k_{e_i} 及び c_{p_i} の値を設定する。

ステップ 5 : y_j が y_i に与える影響、或いは y_j と y_i との相互影響 c_{ij} を決定する。（過去のデータを基に）相関係数を計算して用いる。

ステップ 6 : 式(15)により、パラメータ q_i 及び s_i を最小二乗法で求めると同時に、GKSIM 法の検

定を統計的に行う。

ステップ7：式(13)及び式(14)により、調整係数 d_i を求めると同時に、項目 i の土地利用面積予測値 $y_i(t + \Delta t)$ を計算する。

ステップ8：ステップ7を繰り返して、予測期まですべての項目の土地利用面積予測値を求める。

(工学建新 大坪国順)

参考文献

- 1)Gong,J (1996) : Land Use Change Dataset and Modelling in China, Proceedings of Forum of Global Environment Monitoring from Universe (7) (in Japanese), Global Environmental Engineering Research Team of Production Technology Research Institute of Tokyo University
- 2) Gordon, T.J. and Hayward, H. (1968) : Initial Experiments with the Cross Impact Matrix Method of Forecasting, Futures 4-2, pp.100-116
- 3)Kane, J. et al. (1972) : Environmental Simulation and Policy Formulation-Methodology and Example, International Symposium on Modeling Techniques in Water Resources System, Vo1.1, pp.37-53, Ottawa, Canada
- 4)Otsubo,K, Kagatsume,M and Kitamura,T (1996) : A framework of Land Use/Cover Change Model and Its Application, Proceedings of the 4th Japan-U.S. Workshop on Global Change —Land Use/Cover Change and Global Environment Conservation—, pp86-97
- 5)Sun J.Z. (chief editor) (1996) : Analysis on variations of Population in China in 1980 (in Chinese), Financial and Economic press of China
- 6) Wakeland, W. (1976) : QSIM2: A Low-Budget Heuristic Approach to Modeling and Forecasting, Technological Forecasting and Change 9, pp.213-229
- 7)Otsubo,K, Kagatsume,M and Kitamura,T (1996) : A framework of Land Use/Cover Change Model and Its Application, Proceedings of the 4th Japan-U.S. Workshop on Global Change —Land Use/Cover Change and Global Environment Conservation—, pp86-97
- 8)LU/GEC プロジェクトチーム (1994): アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (I),1996
- 9)島田俊郎 (1994) : システムダイナミックス入門,日科技連出版社
- 10)榎木義一,河村和彦 (1981) : 参加型システムズアプローチ,pp181-203 (第六章 KSIM 法とその応用), 日刊工業新聞社

第6節 Constant Elasticity Dynamic Equilibrium model of Land Use

第1項 Derivation of the CEDEq-LU Model

In a very elementary concept, in a closed system land use production function can be formulated by the following two equations:

$$q(i, t) = x(i, t)y(i, t) \quad (1)$$

$$\sum_i x(i, t) = L \quad (2)$$

Where:

$q(i, t)$: Quantity of output produced of i -th land use at time t

$x(i, t)$: Area of i -th land use at time t

$y(i, t)$: Productivity of i -th land use at time t (such as in terms of *yield* or *land rent*)

L : A fixed total available land area.

Yield is defined as quantity of output (in physical unit) per unit area. Land rent is defined as quantity of net output (in monetary unit) per unit area (Puu, 1997)¹⁾. Therefore, if land use productivity is measured in terms of yield, then land use productivity dynamics is a reflection of land use technological dynamics. However, if land use productivity is measured in terms of land rent, then land use productivity dynamics is not merely a reflection of land use technological dynamics but also dynamic of prices. Further, we consider that land use productivity, $y(i, t)$, is *Sustainability Index of Land Use System Dynamics from within Its Supply Side*. This is a measurement of minimum necessary effort of a corresponding society from within their supply side to dynamically ensure equilibrium condition between supply and demand at the most possible optimal level.

In derivative forms, Equation (1) and Equation (2) can be written as follows

$$\frac{dq(i, t)}{q(i, t)dt} = \frac{dx(i, t)}{x(i, t)dt} + \frac{dy(i, t)}{y(i, t)dt} \quad (3)$$

$$\sum_i \frac{dx(i, t)}{dt} = 0 \quad (4)$$

Equation (3) tells that the dynamic of output quantity produced by a land use is proportional to the dynamic in its area changes (land use *extensification* vs. land use *conversion*) and its productivity changes (land use *intensification* vs. land use *degradation*). Equation (4) tells that in a closed system extensification of a land use implies in conversion of other land uses, so that the sum of area changes (extensifications minus conversions) is always equal to zero. This equilibrium condition of land use area changes is in sense similar to World Trade Balance of Products (the sum of export-import of products among countries in the world) in International Trade Theory (such as see in Mori, 1996)²⁾. Without this equilibrium condition, any modeling of land use changes will result in impossible estimates.

Assuming that the dynamic of supply of goods and services can be explained by the dynamic of output quantity produced by land uses, and a *constant elasticity model* (Gujarati, 1995)³⁾ holds for their relationship, we can then write an equation of supply function as follow:

$$Q_s(t) = a_0 \prod_i (q(i, t))^{a_i} \quad (5)$$

Alternatively, we can write Equation (5) as follow:

$$Q_s(t) = a_0 (q(i, t))^{a_i} \prod_{j \neq i} (q(j, t))^{a_j} \quad (6)$$

Where:

$Q_s(t)$: Quantity of goods and services supplied by a society at time t

a_0 : Constant of supply

a_i : Elasticity of supply with respect to quantity of output produced of i -th land use
(i denote a referenced land use)

a_j : Elasticity of supply with respect to quantity of output produced of j -th land use
(j denote land uses other than i).

In a derivative form Equation (6) can be written as follow:

$$\frac{dQ_s(t)}{Q_s(t) dt} = a_i \frac{dq(i, t)}{q(i, t) dt} + \sum_{j \neq i} a_j \frac{dq(j, t)}{q(j, t) dt} \quad (7)$$

Substituting Equation (3) into Equation (7), we get the following supply equation:

$$\frac{dQ_s(t)}{Q_s(t) dt} = a_i \left(\frac{dx(i, t)}{x(i, t) dt} + \frac{dy(i, t)}{y(i, t) dt} \right) + \sum_{j \neq i} a_j \left(\frac{dx(j, t)}{x(j, t) dt} + \frac{dy(j, t)}{y(j, t) dt} \right) \quad (8)$$

Equation (8) tells that the dynamic of supply of goods and services is proportional to the dynamic of land use area changes (land use *extensification* vs. land use *conversion*) and land use productivity changes (land use *intensification* vs. land use *degradation*). Actually, current mainstream economic theory (such as in Nijkamp (1986)⁴⁾, and Puu (1997)¹⁾) postulates that capitals and labors (for some, even reduced to only capitals) are the only fundamental common factors of supply of goods and services. However, here in land use context, we assume that area and productivity of various land uses a society have, are the most significant proxy variables to the fundamental supply common factors of capitals (and labors) in their economy.

Assuming that a constant elasticity model can also explain the dynamic of demand for goods and services, then we can write the following equation of demand function:

$$Q_D(t) = b_0 \prod_k (D(k, t))^{b_k} \quad (9)$$

Where:

$Q_D(t)$: Quantity of society demand for goods and services at time t

b_0 : Constant of demand

b_k : Elasticity of demand with respect to k -th factor of demand

$D(k, t)$: Measurement of k -th demand factor at time t .

Analogous to the elementary concept of land use production function (Equation (1)), we further assume that each demand factor can further be factorized into its magnitude and its correction factor. This term of correction factor is referred to various conditions as follows:

- (1) In case of consumption demand, this is referred to consumer efficiency (tightening consumptive behavior);
- (2) In case of derived demand by industries, this is referred to industrial efficiency (betterment of industrial management or industrial technology);
- (3) In case of derived demand by service and public sectors, this is referred to institutional efficiency;
- (4) In case of speculative demand, this is referred to tightening speculative behavior; etc.

The correction factors can further be considered as *Sustainability Index of Land Use System Dynamics from within Its Demand Side*. This is a measurement of minimum necessary effort of a corresponding society from within their demand side to dynamically ensure equilibrium condition between supply and demand at the most possible optimal level. By introducing such factorization of demand factors, then we can modify Equation (9) as follows:

$$Q_D(t) = b_0 \prod_k (C_f(k, t) F(k, t))^{b_k} \quad (10)$$

Where:

$F(k, t)$: Magnitude of k -th demand factor at time t

$C_f(k, t)$: Correction factor for k -th demand factor at time t .

In a derivative form Equation (10) can then be written as follow:

$$\frac{dQ_D(t)}{Q_D(t)dt} = \sum_k b_k \left(\frac{dC_f(k, t)}{C_f(k, t)dt} + \frac{dF(k, t)}{F(k, t)dt} \right) \quad (11)$$

Equation (11) tells that the magnitude of demand factors (e.g. population size) may increase, but quantity of demand for goods and services may not change when their correction factors (e.g. consumptive behavior) decrease proportionally. Contrarily, the magnitude of demand factors (e.g. population size) may not change, but quantity of demand for goods and services may increase when their correction factors (e.g. consumptive behavior) increase proportionally. Examples for operational variable of the magnitude of demand factors are price structure, income, population, etc. (see such as in Dahl and Hammond (1977)⁵, Pindyck and Rubinfeld (1991)⁶). Examples for operational variable of the correction factors are: believes, sociocultural values, wealth, tastes, demographic structure, institutions, knowledge and information, etc. (see such as in Sapp and Harrod (1989)⁷, Saefulhakim et al. (1992)⁸, Saefulhakim (1994)⁹, Pindyck and Rubinfeld (1991)⁶, and Gujarati (1995)³). However, assuming constant correction factors, then only the magnitude of demand factors influences the dynamic of demand for goods and services.

Assuming equilibrium condition for supply and demand, a condition for a simultaneous interdependence among supply and demand factors (Gujarati, 1995)³, we can write:

$$Q_S(t) = Q_D(t) \quad (12)$$

In a derivative form Equation (12) can be written as follow:

$$\frac{dQ_S(t)}{Q_S(t)dt} = \frac{dQ_D(t)}{Q_D(t)dt} \quad (13)$$

Substituting Equation (8) and Equation (11) into Equation (13), we get:

$$a_i \left(\frac{dx(i,t)}{x(i,t)dt} + \frac{dy(i,t)}{y(i,t)dt} \right) + \sum_{j \neq i} a_j \left(\frac{dx(j,t)}{x(j,t)dt} + \frac{dy(j,t)}{y(j,t)dt} \right) = \sum_k b_k \left(\frac{dC_f(k,t)}{C_f(k,t)dt} + \frac{dF(k,t)}{F(k,t)dt} \right) \quad (14)$$

Alternatively, we can rewrite Equation (14) as follow:

$$a_i \left(\frac{dx(i,t)}{x(i,t)dt} + \frac{dy(i,t)}{y(i,t)dt} \right) + \sum_{j \neq i} a_j \left(\frac{dx(j,t)}{x(j,t)dt} + \frac{dy(j,t)}{y(j,t)dt} \right) - \sum_k b_k \frac{dC_f(k,t)}{C_f(k,t)dt} = \sum_k b_k \frac{dF(k,t)}{F(k,t)dt} \quad (15)$$

Equation (15) tells that for a sustainable condition, an increase of magnitude in demand factors (e.g. population growth) should proportionally be followed by any combination of the followings:

- (1) Demand side aspects (derived from the rate of correction factors):
 - (1.1) Improvement of consumer behavior (tightening consumptive behavior): pricing policy, and institutional policy;
 - (1.2) Improvement of industrial efficiency (betterment of industrial management and/or industrial technology): pricing policy, technological development, and institutional policy;
 - (1.3) Improvement of institutional efficiency: pricing policy, technological development, and institutional policy ;
 - (1.4) Tightening speculative behavior: pricing policy, and institutional policy;
 - (1.5) Controlling the increase of magnitude in demand factors, e.g. population growth control: family planning policy; etc.
- (2) Supply side aspects (derived from the rate of area and productivity changes):
 - (2.1) Area expansion of the necessary land uses: pricing policy, land use extensification policy, and institutional policy;
 - (2.2) Controlling conversion of the necessary land uses: pricing policy, land use conversion control policy, conducive spatial arrangement policy, and institutional policy;
 - (2.3) Improvement of land use productivity: pricing policy, land use intensification technological development, conducive land consolidation, and institutional policy (e.g. land ownership and tenure system development, conducive agrarian reform policy, etc.);
 - (2.4) Controlling degradation of land productivity: pricing policy, land resource conservation technological development, conducive land consolidation, and institutional policy;
 - (2.5) Rehabilitation of degraded land: pricing policy, land resource rehabilitation technological development, and institutional policy;
 - (2.6) Reclamation of naturally incapable land: pricing policy, land reclamation technological development, and institutional policy; etc.

Rearrangement of Equation (15), we get:

$$\begin{aligned} \frac{dx(i, t)}{x(i, t) dt} &= \sum_k \frac{b_k}{a_i} \frac{dF(k, t)}{F(k, t) dt} - \sum_{j \neq i} \frac{a_j}{a_i} \frac{dx(j, t)}{x(j, t) dt} + \\ &\sum_k \frac{b_k}{a_i} \frac{dC_f(k, t)}{C_f(k, t) dt} - \frac{dy(i, t)}{y(i, t) dt} - \sum_{j \neq i} \frac{a_j}{a_i} \frac{dy(j, t)}{y(j, t) dt} \end{aligned} \quad (16)$$

Let use the following notations for the elasticity:

$$\begin{cases} \frac{b_k}{a_i} = \beta(i, k) \\ -\frac{a_j}{a_i} = \alpha(i, j) \end{cases} \quad (17)$$

Equation (16) can then be written as the following two equations:

$$\frac{dx(i, t)}{x(i, t) dt} = \sum_k \beta(i, k) \frac{dF(k, t)}{F(k, t) dt} + \sum_{j \neq i} \alpha(i, j) \frac{dx(j, t)}{x(j, t) dt} + \frac{d\theta(i, t)}{\theta(i, t) dt} \quad (18)$$

$$\frac{d\theta(i, t)}{\theta(i, t) dt} = \sum_k \beta(i, k) \frac{dC_f(k, t)}{C_f(k, t) dt} + \left(\sum_{j \neq i} \alpha(i, j) \frac{dy(j, t)}{y(j, t) dt} - \frac{dy(i, t)}{y(i, t) dt} \right) \quad (19)$$

Where:

$\theta(i, t)$: Aggregate level of society control on land use system dynamics (or aggregate effort of the society for their life sustainability, dynamically balancing their most possible supply and demand function)

$\beta(i, k)$: Elasticity of i -th land use with respect to k -th society demand factor

$\alpha(i, j)$: Elasticity of i -th land use with respect to the other j -th land use.

Equation (4), Equation (18), and Equation (19) are the **Basic Equation Set for the CEDEq-LU Model**. We call the threefold equations as the basic equation set because we still have possibility for further development of the model, such as into the followings:

- (1) We may consider that demand for goods and services is partly supplied by imports from other regions (countries), then the dynamics of interregional (international) trade policies may have significant influence on within-regional (domestic) land use changes. By such modeling development, we can simulate how to compete and how to cooperate among regions (among countries) to ensure a mutual betterment of interregional and international (global) sustainable welfare development.
- (2) We may also consider that a reference region (country) may be divided into some sub regions (states, provinces, prefectures, or districts), then we have to make some necessary modification on the equation set. Parameters related to local land use productivity and local demand factors may vary by sub-regions. Land use dynamics at a region may affect and be affected by those of the other sub-regions. By such modeling development, we can simulate how to balance between national and each local policy settings to ensure a betterment of equitable and sustainable welfare development of the nation.
- (3) We may also consider that our regional units are not administrative units but of functional regions (e.g.: Sub-Watershed, Agro-Ecological Zone (AEZ), etc.), nodal regions (e.g.: center(s) and

peripheries), or homogenous regions (e.g. land unit). To explicitly acknowledge such regional/spatial characteristics, therefore, we have to introduce spatial variability and spatial interaction phenomena to the model.

Analogous to the theory of gas in the physics, the model can be illustrated as by Figure 1. Here, production of land uses is illustrated as volume of gases in a segmented cylindrical tube. Different segment of the tube contained a different gas. The tube is permanently unchangeable in its diameter but changeable in its height. We illustrate the demand factors as a lighter at the bottom of the tube. By burning up and burning down the tube, then the volume of gasses will change accordingly. Since the diameter is constant then there are only two possible ways for changing the volume, i.e.: (1) shifting inter-segment borders: as an illustration for area changes (conversion vs. extensification), and (2) shifting up the height: as an illustration for productivity changes (intensification vs. degradation).

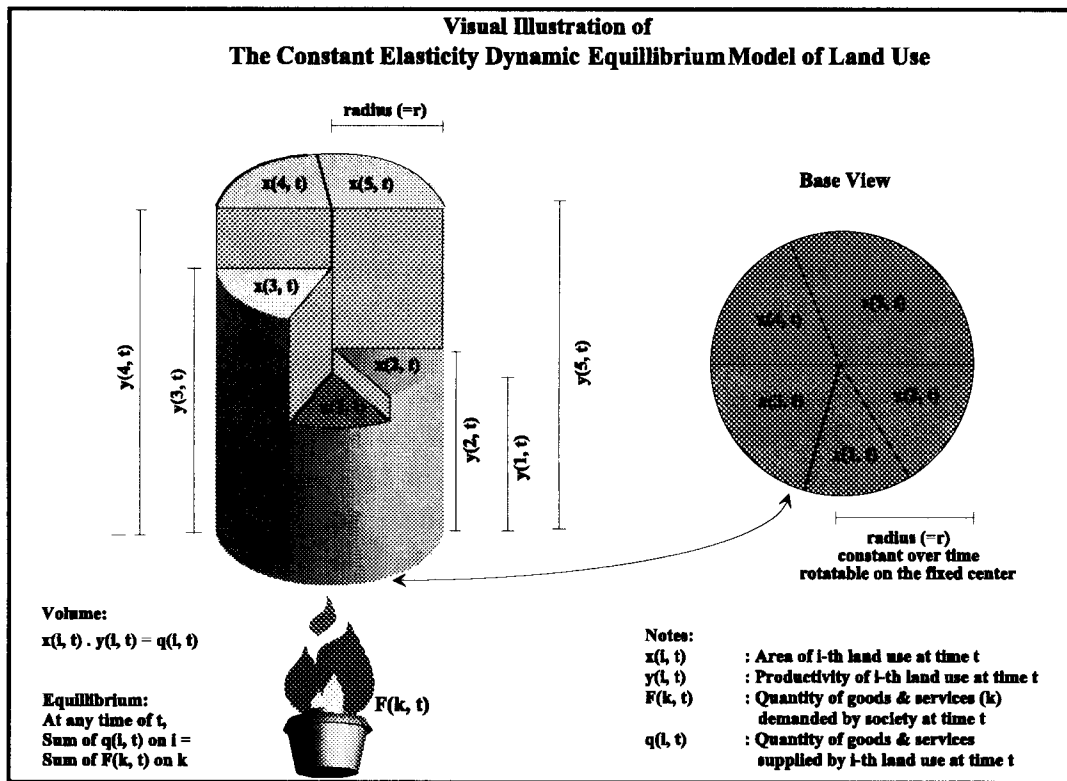


Figure 1 Schematic figure of CEDEq-LU Model

第2項 Parameter Estimation and Simulation of the Model

For the purpose of parameter estimation and simulation of the CEDEq-LU Model, we integrate the basic equation set onto t , and the following land use system equation set and boundaries are resulted:

$$\ln x(i, t) = \sum_k \beta(i, k) \ln F(k, t) + \sum_{j \neq i} \alpha(i, j) \ln x(j, t) + \ln \theta(i, t) + \kappa(i) \quad (20)$$

$$\ln \theta(i, t) = \sum_k \beta(i, k) \ln C_f(k, t) + \left(\sum_{j \neq i} \alpha(i, j) \ln y(j, t) - \ln y(i, t) \right) \quad (21)$$

$$\sum_i x(i, t) = L \quad (22)$$

$$0 < \min(x(i)) \leq x(i, t) \leq \max(x(i)) < L \quad (23)$$

$$0 < \min(F(k)) \leq F(k, t) \leq \max(F(k)) \quad (24)$$

$$0 < \min(\theta(i)) \leq \theta(i, t) \leq \max(\theta(i)) \quad (25)$$

$$0 < \min(y(i)) \leq y(i, t) \leq \max(y(i)) \quad (26)$$

$$0 < \min(C_f(k)) \leq C_f(k, t) \leq \max(C_f(k)) \quad (27)$$

Where:

$\kappa(i)$: Constant of i -th land use, j is alias of i

$\min(\cdot)$: Lower boundary for the corresponding variable

$\max(\cdot)$: Upper boundary for the corresponding variable.

A constrained least square parameter estimation procedure was applied using GAMS -General Algebraic Modeling System. Due to data availability, in this first parameter estimation we used only time serial data of land use with 5 categories (FAOSTAT-PC: FAO, 1991)¹⁰⁾, real gross domestic products (BPS, 1997)¹¹⁾, and population (BPS, 1997)¹¹⁾. The land use categories are (1) ARBL: Arable Land, (2) PCRP: Permanent Crops, (3) PPST: Permanent Pasture, (4) FORW: Forest and Woodland, and (5) URBL: Urban, Non-Agricultural, and Other Land. Actually, data for gross domestic products and population serially ranged from year 1960 to 1995. However, they are constrained by availability of land use data ranged only from year 1961 to 1989. Therefore, for only this purpose we use a same serial data for both i.e. from 1961 to 1989 (i.e.: 29 serial samples). Actually, in micro-economic theory (such as in Dahl and Hammond, 1977⁵⁾; Judge et. al, 1988)¹²⁾, common factors of demand for goods and services are income level and price structure. In public spending (Pindyck and Rubinfeld, 1991)⁶⁾, population size is also considered a significant factor. However, here for simplicity, we assume that real gross domestic products and population are the most significant aggregate proxy variable for the demand factors.

For simulation purpose, we set baseline for the dynamics of magnitude of demand factors, $F(k, t)$, to follow the saturating growth model (Crammer, 1991)¹³⁾ as follow:

$$\frac{dF(k, t)}{dt} = \eta(k)F(k, t)(\omega(k) - F(k, t)) \quad \text{While} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} F(k, t) = \omega(k) \quad (28)$$

Or

$$F(k, t) = \frac{\omega(k) \exp(a(k) + b(k)t)}{1 + \exp(a(k) + b(k)t)} \quad (29)$$

Where:

t : Time

k : k -th category of demand factors

$F(k, t)$: Size of k -th demand factor at time t

$\omega(k)$: Saturation value (ceiling parameter, resource limits) of k -th demand factor

$\eta(k)$: Growth parameter of k -th demand factor

$a(k)$: Logistic growth constant of the k -th demand factor

$b(k)$: Logistic growth rate of the k -th demand factor.

Quasi-Newtonian nonlinear parameter estimation procedure was applied for parameter estimation of the saturating growth model using data of real gross domestic products and population serially ranged from year 1960 to 1995. For the simulation we set two scenarios as follows:

- (1) Until when the dynamics of land uses will be able to support economic development of Indonesia if there were no further significant improvement of social efficiency and land use productivity? (i.e. set $\theta(i, t) = 1$, find optimal solution for $F(k, t)$)
- (2) How much land use productivity improvement (under land suitability constraints) will be needed to ensure a sustainable socioeconomic development? (i.e. set $C_f(k, t) = 1$, find optimal solution for $y(i, t)$)

(Sunsun Saefulhakim)

References

- 1) Puu, Tonu (1997). **Mathematical Location and Land Use Theory: An Introduction**. Springer-Verlag, Berlin.
- 2) Mori, Shunsuke (1996): *MARIA - Multi-regional Approach for Resource and Industry Allocation model - and its First Simulations*. In Akihiro Amano (ed.): **Global Warming, Carbon Limitation and Economic Development**. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Environment Agency of Japan, Tsukuba.
- 3) Gujarati, Damodar N. (1995). **Basic Econometrics**. Third Edition. McGraw-Hill, Inc., New York.
- 4) Nijkamp, Peter (1986). **HandBook of Regional and Urban Economics, Vol. I: Regional Economics**. Elsevier Sci. Pub., Amsterdam.
- 5) Dahl, Dale C., and Jerome W. Hammond (1977): **Market and Price Analysis, the Agricultural Industries**. McGraw-Hill Book Co., New York.
- 6) Pindyck, Robert S., and Daniel L. Rubinfeld (1991). **Econometric Models and Economic Forecasts**. McGraw-Hill, Inc. New York.
- 7) Sapp, Stephen G., and Wendy J. Harrod (1989): *Social Acceptability and Intention to Eat Beef, An Expansion of the Fishbein-Ajzen Model Using Reference Group Theory*. **Rural Sociology**, Vol. 54, No. 3, pp. 420-438.
- 8) Saefulhakim, R. Sunsun, T. Kitamura, and S. Kobayashi (1992): *Factors Affecting Rural Occupations and Land Use, A Multivariate Approach Using Correspondence Analysis*. **Indonesian Journal of Tropical Agriculture**, Vol. 4, No. 1, pp. 1-10.
- 9) Saefulhakim, R. Sunsun (1994): **A Land Availability Mapping Model for Sustainable Land Use Management**. Ph.D. Dissertation of Regional Planning Laboratory, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto.
- 10) Food and Agriculture Organization, FAO (1991): **AGROSTAT-PC Version 1.1: Computerized Information Series**. FAO, Rome.
- 11) BPS (1997). **BPS Online DataBase 1997**. Central Bureau of Statistics of Indonesia (BPS), Jakarta
- 12) Judge, G. G., W.E. Griffiths, H. Lutkepohl and T. C. Lee (1988). **Introduction to the Theory and Practice of Econometrics**. Second Edition. John Wiley, New York.
- 13) Crammer, J. S. (1991). **An Introduction to the Logit Model for Economists**. Edward Arnold, A Division of Hodder & Stoughton, London.

第7節 土地利用空間分布変化予測モデル

第1項 モデル（I）（中国東北地域、華北地域、華東地域、広東省に適用）

1.1 方法の概要

本節では第2章と第3章で中国に適用されている土地利用空間分布変化予測モデルとそれに基づく将来予測の手法及び関連する手法上の問題点等の概要を述べる。ベースとして用いる土地利用空間分布情報は20km及び2kmレベルの土地利用概況メッシュ図を想定する。変化予測モデルの主なアウトプットは、中国全土およびケーススタディ地域中の重点研究地域（概ね200km×200km）における2020年代の土地利用概況図（メッシュ図）である。これらの図を作成するには、通常の傾向予測や構造予測の範囲を超えた、パターン予測の枠組みが必要である。データの取得が必ずしも容易でない中国においてそのような枠組みを構築するため、次の方針を立てた：

- ア）主な土地利用変化とその要因との関係を、重要なものに絞り込んでモデルに組み込む。
- イ）ア）における関係を検討する際、それがどのスケールレベルで重要かに配慮する。
- ウ）人口や気候等の変化予測は、既存の研究の成果をできるだけ利用する。
- エ）日本と中国の土地利用変化プロセスに見られるパラレリズムに注目し、日本の土地利用変化に関する研究の成果を活用する。¹⁾

以上の基本方針に沿い、2kmメッシュレベルの土地利用概況予測図を作成する。その手順は概略次の通りである：

- ア）ベースとなる最新の土地利用概況図（2kmメッシュ図）を作成する。
- イ）新旧土地利用図の比較分析、現地調査、統計・資料・文献分析等に基づき、主な土地利用変化とそのDriving Forceを明らかにし、過去の土地利用変化メカニズムの枢要部を簡易な連関図で表現する説明モデルを作成する。
- ウ）イ）の成果を踏まえ、将来の土地利用変化のシナリオを描く。
- エ）イ）の説明モデルとウ）のシナリオを基に、将来予想される土地利用変化メカニズムの枢要部を簡易な連関図で表現する変化予測モデル図を作成する。
- オ）ア）の土地利用概況図とエ）の変化予測モデル図を基に土地利用分布変化をシミュレーションし、将来の土地利用概況予測図を作成する。

1.2 土地利用概況変化(予測)モデル図

土地利用変化のシナリオは、数式や言語で表現するだけでは土地利用種間の関係や土地利用変化とDriving Forceとの関わりなどがわかりにくく、変化メカニズムの全容を把握することがむずかしい。そこでそれらの関連をわかりやすく表現するため、第2章及び第3章に示す一連の土地利用変化連関図を作成した。これらの図において矢印は因果関係を、その太さは関係の強弱を、そして+-は各土地利用種の増減を表す。当然ながら、ある土地利用種の増大(+)は必ず他の土地利用種の減少(-)に結びついている。このように、地図の作成を前提とするモデルにおいては、異なった土地利用種間の力関係、即ちどの土地利用種がどの土地利用種の犠牲のもとに拡大するのかを明示することが、とりわけ重要である。勿論この種の模式図は、過去の土地利用変化の説明モデルとしても、またこれから起こるであろう変化の予測モデルとしても用いることができる。

土地利用変化のメカニズムをこのような模式図で表現することは、当該地域の土地利用変化の的確な理解を助けるだけでなく、同地域と他の地域との類似性や差を知る上でも、また同地域における土地利用変化メカニズムの変遷を検討する上でも有用である。

1.3 シミュレーション

シナリオを基に将来の土地利用概況予測図を作成するためのシミュレーション・プログラムHIMSIMを、DOS-BASICで開発した。DOS-BASICは近年新しいコンピュータ言語やGISに押されて利用が減少しているが、データ量が1メガバイト程度以下のメッシュ図を処理するような場合、簡便且つ多才な言語として、なお有用である。

HIMSIM が適用される土地利用概況図は、正確に言うとは各メッシュをその中の最大土地利用の種別に色分けしたものである。このような図をまず DOS-BASIC により画面上に作成し、図をそのままにした状態で HIMSIM プログラムをロードし実行すればよい。このプログラムは画面に表示されているグラフィック情報を読み取り、それを処理して予測図を同じ画面上に表示し、更にどの土地利用がどれだけ都市・集落に転換されたかを出力用データファイルに出力する。

このプログラムには次の機能がある：

F-1：塊状分布する土地利用種を外延的に一定量拡大させる。

F-2：分散分布する土地利用種を一定量（割合）増加させる。

F-3：F-1、F-2 を地形等の制約条件下で行なう。

F-4：どの種の土地利用がどの種の土地利用にどれだけ変わったかを数値で与える。

上の機能は、土地利用変化シミュレーションを行なう上で最も基本的なものであり、日本の土地利用変化予測においてその有効性が示されている(Himiyama, 1996)¹⁾。ただし幹線道路沿いのリボン状都市化を的確に扱うことができないなどの不備もあり、今後更に改良する余地がある。

1.4 スケールの問題の扱い

表1において、土地利用変化の要因を論ずる際、それがどのスケールレベルで重要かを示した。これは東北地域（長春付近）における 1930 年代以降の主な土地利用変化とその要因をまとめたものである。要因としては人口、豊かさ、政策を取り上げ、それぞれの土地利用変化について、最も重要と考えられるスケールレベルを示した。

中国を扱う際、全国（National）、省（Provincial）、県（County）の3つのスケールレベルを考えるのが現実的である（図1）。勿論調査分析はもっと細かいレベルに及ぶことがあるが、その結果は上のスケールレベルに集約することができるであろう。さてここで、「全国」のレベルをどう捉えるかが問題となる。それには中国と他の国々における同一時点の状況を比較するというやり方と、中国一国の状況をいくつかの時代間で比較するというやり方との2通りが考えられる。ここではそのうち、後者のやり方をとることにする。

ではそれぞれの事象においてどのスケールレベルが重要かの判断の基準は何に置いたらよいのか。ここでは Moellering & Tobler(1972)²⁾が提案した階層分散(Scale-Variance Component) の考え方に依拠する。即ち、地区単位の取り方を変えた時に、どの取り方が最も大きい階層分散係数を与えるかにより、地区単位の取り方、即ち採用すべきスケールレベルを決定する。なお階層分散の適用については、岡本・氷見山（1983）³⁾の例が参考になる。この方法を厳密に適用するには然るべきデータを準備せねばならず、中国のような開発途上国の場合、それは必ずしも容易ではない。しかし、階層分散の考え方自体は、データが不十分な場合であっても、スケールの扱いについての指針として有用である。

（氷見山幸夫）

参考文献

- 1) Himiyama, Y. (1996): Land Use/Cover Changes in Japan in the Past, Present and Future, in "Proceedings of IGBP/BAHC-LUCC Joint Symposium on Interactions between the Hydrological Cycle and Land Use/Cover", pp.30-33.
- 2) Moellering, H. and W. Tobler (1972): Geographical Variances, Geographical Analysis, No.4, pp.34-50.
- 3) 岡本次郎・氷見山幸夫 (1983): Scale-Variance (階層分散) の農業地理学への応用、東北地理、第35巻第3号、pp.116-118.

表 1 主な土地利用変化とその要因

	人口	豊かさ	政策
都市的土地利用			
都市の拡大			
住宅地・施設用地	C	N	N
工業用地	—	N	N
道沿いのリボン状都市化	C	N	N
都市の再開発（集合住宅の高層化）	C	N	N
高速道路の建設	—	N	N
農業的土地利用			
半乾燥地域における農地の拡大	N	N	P
河川沿い低地における水田の拡大	N	N	P
灌漑による畑地の水田化	N	N	P
野菜畑の拡大	C	N	C
都市化による農地の減少	C	N	N
水面の拡大による農地の減少	C	N	P
森林			
荒れ地の植林	—	—	N
自然林の伐採	—	—	C
防風林の伐採	—	—	C
防風林の植林	—	—	C
水面			
貯水池の拡大	N	N	N
養魚水面の拡大	N	N	N

*各要因について、最も重要なスケールレベルをN，P，Cで示した。ただし、

N：National， P：Provincial， C：County

変化要因には restrictive なもの、つまり negative なものも含む。

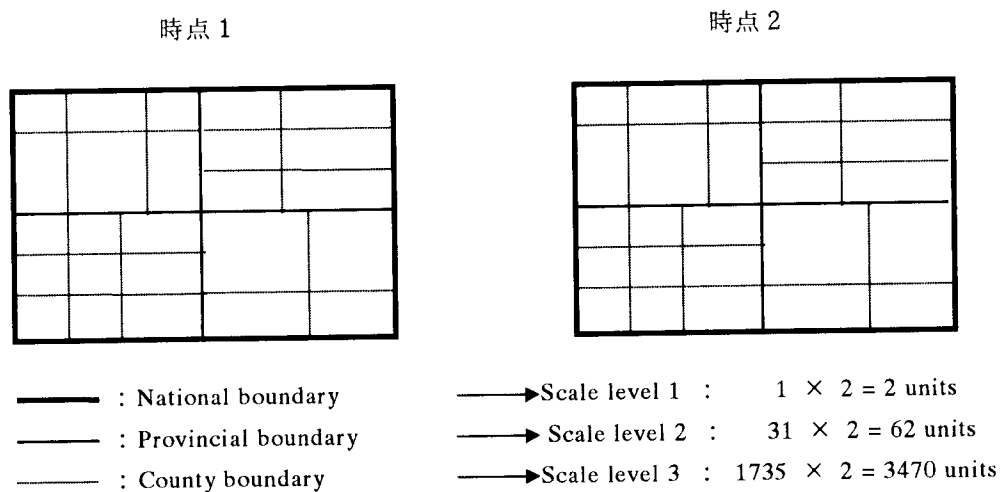


図 1 中国の時空間スケール階層構造

第2項 モデル（Ⅱ） 新疆省

2.1 方法の概要

ここでは、土地利用景観の大きく異なる新疆省（シンチャンウイグル自治区）を対象に、地誌的な資料に基づいた予測モデルの構築を行い、さらに幾つかの土地利用種目について、定量的な変化量の推定を試みた。このような手法は、各省の計画部門や地理分野の研究部局などによって、その省に関する地誌的な資料に将来の土地利用に関する方向性が明確に示されている場合に可能であり、当然ながらこの資料からシナリオを作成することは、各省に固有の地域的な要因を十分に考慮した形で将来予測に役立つものと思われる。しかし一方で、他の省の計画、上位に位置する国家計画、下位に位置する地域（県など）の計画などとの内容の整合が困難な場合が多く、特に定量的な部分で大きな乖離を示すことが多い。

同じような手法を中国全土に適用した場合には、限られた土地利用種目に限った変化量の概括的な推定、地図化が可能になる。中国のように国の政策が強く影響する社会主義国では、国全体の土地利用計画が最初に決定され、それに合致する形で省、県と言った下位の行政単位ごとにに自分の計画が作成されるので、上位の計画に基づいた土地利用変化の将来予測は、細かな土地利用種目にまで立ち入る必要はないという見方もできよう。

資料として、科学出版社が1994年に発刊した「中国土地利用」第3篇 第3章、第4節の新疆土地利用（pp.388-396）および第2篇 第6章—第8章の土地利用存在問題分析、土地資源的合理利用、土地利用区分（PP.144-171）を利用した。なお新疆省については、長期プロセスグループの尾藤が担当し、中国全土の変化の定量的な推定については、長期プロセスグループの土居が担当した。またシナリオに基づいた中国全土の地図作成については、東京大学大学院の清水が担当した。

新疆省については、資料の記載に基づいて主要な5つの土地利用種目、すなわち林地（forest）、耕地（dry field）、草地（grassland）、未利用地（砂漠などの荒地を含み unused land）、都市集落（settlement）の増減とそれらの定量的な推移について検討した。

2.1.1 変化量の見積り方法

耕地面積と牧草地の変化量の見積りについては、文中に見られる記述をもとに下記の手順で行った。

(1) 耕地面積の推移 (2) 牧草地の面積 (1 畝 = 0.0667ha)

1949年	1800万畝	7.56億畝
1957年	2929万畝	
1967年	5065万畝	
1985年	6000万畝	7.10億畝

最近の変化量として、1967—1985年の18年間の変化を利用する。牧草地に関しては1949—1985年の36年間の変化を利用する。

(1) 耕地の場合：

$(6000万 - 5065万) / 18年 = 52万 / 年$ (1年間の増加は52万畝)。これを平方キロに換算 $(52万 * 6.667(a) * 100(平方メートル)) / 1000000(平方キロに換算) = 346.684平方キロ / 年$

(2) 牧草地の場合：

$(7.1億 - 7.56億) / 36年 = -0.013億 / 年$ (1年間の減少は0.013億)。これを平方キロに換算 $= -866.71平方キロ / 年$

1985年から予測すべき2025年までは40年間であるので、この間の変化は、上記数値を40倍して算出する。なお20キロメッシュ1つの面積は400平方キロであるので、これで除すれば変化させるべきメッシュの個数が算出される。ただしここではどの地点を増減させるかについて、下記の記述をもとに検討が必要で、具体的な地図化までには至らなかった。

2.1.2 見積りの例

(1) 耕地の場合

346.684 (平方キロ) * 40 / 400 = 34.6684 個の増加が必要。

(2) 牧草地の場合

86.671 個の減少が必要。

同様にもし2050年時点での予測値が必要であれば、1985年から2050年までは65年間であるので、この間の変化は、上記数値を65倍して算出する。この場合、耕地の場合 56.336 個の増加、牧草地の場合 140.84 個の減少が必要となる。

上記の2つの土地利用種目の増減及び他の種目の変化については、文章中から以下のように抽出することができた。

2.2 変化の抽出

2.2.1 気候条件

(1) 平原の年平均気温は、新疆(シンキョウ)北部で-4~9℃、新疆(シンキョウ)南部で7~14℃である。10℃以上の積算気温は、新疆(シンキョウ)北部で3000~3500℃、新疆(シンキョウ)南部で4000℃以上である。無霜期間は新疆(シンキョウ)北部で120~180日、新疆(シンキョウ)南部で180~240日である。年降水量は新疆(シンキョウ)北部で山地下部から上部まで200~400ミリ、新疆(シンキョウ)南部では150~500ミリである。年平均気温は盆地の周囲で14℃、3000メートル以上の海拔高度の高い所で0℃まで示し、1年中積雪がある。

気候条件だけから特定の土地利用の増減には結びつけられないが、積算気温は新たに開墾などで作り出された耕地の生産性推定に役立つものと思われる。ちなみに地理学事典の積算温度の解説によれば、新疆北部の積算温度 3000℃とは、甘藷栽培の適地とされ、畑作の可能性を示唆する。また新疆南部の年降水量 150~500 ミリとは、乾燥農業地域(年降水量 500 ミリ以下の地域において灌漑なしで降水のみに依存して有用作物を利得的に栽培する農業地域)と合致し、オアシス農業よりも幾分開墾の可能性をもっている。また吉野(1997)『中国の砂漠化』によれば、年降水量 500 ミリ以下は砂漠化の進行を加速する可能性のある地域とされている。

2.2.2 耕地

すでに開墾されて耕作している土地(宣耕地)は、シンチャン全体で6400万畝、開墾可能地は7346畝。開墾条件のよい1、2等地はそのうちの22.44%。場所は天山(テンサン)北麓の昌吉(チャンジ)、塔城(タチェン)地域、塔里木(タリム)河、阿克蘇(アクス)河、孔雀河、奎屯(クトン)河など川の沿岸に主として分布する。

なお耕地には灌漑畑と水田と野菜畑を含畝。灌漑畑が主で面積は総面積の95.98%を占め、水田は伊犁(イリ)盆地・塔里木(タリム)河灌漑区及び喀什地区のオアシスに主に分布する。耕作は天山(テンサン)以北に一年一作であり、天山(テンサン)以南は一年二毛作である。1949年の解放後、軍の開墾する農場が拡大し、天山南北地域に大規模な農業水利事業が始まっている。

耕地の増加分は、この開墾条件のよい1、2等地で水利のある所(天山南北地域)に重点的に配分するのが適切と考えられる。水田はわずかであるので、考慮する必要はないものとする。

2.2.3 森林

新疆(シンキョウ)の宜林地の総面積は7295万余畝。うち平野の宜林地は61.9%を占める。一等林地のうち中阿勒泰・伊犁(イリ)・昌吉(チャンジ)など地域で面積は最も大きく、一等宜林地総面積の77.59%を占めている。そのほかの一等宜林地は天山(テンサン)南麓の庫爾勒(コルラ)・阿克蘇(アクス)一帯と天山(テンサン)北麓の博楽(ベレ)・塔城(タチェン)地区に分布する。二等宜林地は20.51%を占めている、主に庫爾勒(コルラ)・阿克蘇(アクス)一帯の山地と河谷におよび和田地域の河谷地帯に分布する。

宜林地の中で林地面積は3870万畝で用材林、疎林、灌木林、防護林、経済林を含んでいる。そのうち、有林地は2285万畝で、針葉樹林は主に天山(テンサン)山脈の海拔1600-2800mの北斜面と

阿勒泰山脈の海拔 1300—2600m の日陰側斜面と谷に主に分布する。

河谷部の森林の増加に力点を置いている北部のがアルタイ区と北西部のイリーベレータチェン区があるので、森林の増加分を算出した場合には、ここで示されたイリーベレータチェン区に重点的に配分するのが適切である。それ以外の地域では森林の保護に重点が置かれているので、特に増減を考えなくてもよいのではないだろうか。減少の場合は、山間部の標高の高いところを中心とすべきである。

2.2.4 牧草地

宜牧地は牧草の被覆度が 5% 以上で、飼料地として利用できる土地である。総面積は 7.9 億畝。一等宜牧地は主にイリ、塔城（タチェン）、阿勒泰（アルタイ）地域の山地部に分布し、その地域は広大な自然の高山牧場がある。二等宜牧地は 22.63% を占め、そのうち 85.7% 以上が山地に分布し、特に、カジュガル—カズレス地区、阿勒泰（アルタイ）地区と天山（テンサン）南麓地区に分布が広い。土地利用類型の地域性は著しい。山間地帯の土地利用は主に牧場であり、特に高寒砂漠面積が大きく、山の日陰側にしか林地が分布しない。盆地・沖積平野・沖積扇状地では水と土壌の条件がよくて、オアシス農業区である。河川の両側は灌木林とよい天然牧場がある。ほかの地域は砂漠、ゴビ、裸岩である。

（参考——牧草地の区分） 面積は天然牧場が最も大きく、分布は最も広い。そのうち砂漠牧草地は平野地域の海拔 1000m 以下に分布し、干し草用の牧場は砂漠草地の上部、海拔約 1000—1700m の地域に分布し、春と秋に牧場として使われる。また草原牧草地は 1700—2700m に分布し、高山草原・亜高山草原牧草地の海拔は 2700—3000m にあり、主に夏に牧場として使われる。高寒砂漠草原牧草地は氷雪帯以下の海拔 3200m 以上の地域に分布し、天山（テンサン）山脈の東部には特に乾燥山地の草原帯の上に、高山・亜高山草原牧草地が断片的に分布している。河川両岸および湖の周辺には優良な草原草場が分布し、一年中大型家畜の放牧に適している。別の箇所において、1985 年の牧草地は 7.1 億畝とあり、データの不一致の可能性がある。ここでは牧草地になる可能性のある土地が 7.9 億、実際に牧草地となっているところを 7.1 億と解釈する。牧草地については上記の通り大幅な減少が予想されており、草地の開発によって解放後に 1 億畝増加しているという記述を考慮すべきか否か検討する必要がある。もし草地を変化させる必要がある場合には、上記の河川両岸および湖の周辺の優良な草原草場を対象とし、山間部の牧場は変化させない方がよいと思われる。

2.2.5 果樹

果樹園はオアシス農業区に主に分布し、ブドウ・梨・リンゴ・杏・桃・李などがある。吐魯蕃（トルファン）盆地で干し葡萄が年 2000 万 kg 生産されており、庫爾勒の香梨も国内外で有名、その外、尉犁、奇台、焉耆（イエンチー）地域に広大な面積の果樹園が分布している。桑園は和田・墨玉・洛浦・皮山などに集中的に分布している。果樹については増減、拡大の定量的な記述がなく、現状からの大きな変化は考える必要がないものと考えられる。

2.2.6 塩化と沼沢化による荒れ地化

焉耆（イエンチー）盆地は、毎年流入する塩量が 61 万トン以上。布爾津県で 30 年間に開墾した耕地は 24 万畝、そのうち二次的塩化作用によって放棄された耕地は 6 万畝。カシュガル市の塩化作用を受けた土地面積は農業総面積の 79.2%。？道河県には沼沢化された耕地が 15 万畝で耕地面積の 62.7% を占める。そのうち 5 万畝の耕地は既に放棄されている。布爾津県も沼沢化によって 6 万以上の耕地が放棄された。

以上の名前が挙がっている諸県には、新たな耕地の増加分を配分すべきでない。塩化、沼沢化については、降水量が少ないという気候条件の他に、流出河川がないこと、灌漑施設の遅れなどが要因として記述されている。

2.2.7 無理な開墾、乱伐、過放牧と不適切な耕作方法による土質の劣化

人口の増加と経済の発展に従って、過去の『以糧為綱』（食糧が最も大切なものなので、食糧だけを植えなさいという意）の政策指導によって、耕地の拡大のため大規模な牧草場を開墾し、森林を伐採し、植物が減少した。解放から、新疆（シンキョウ）で開墾された土地は 5300 万畝以上であり、

塔里木（タリム）河中流の原生胡楊林の面積は 1958 年から 1976 年まで 51% 減少した。塔里木（タリム）河上流の開墾区の耕地はほとんど胡楊林の伐採と牧草地の開墾をもとに造られた。これは乾燥気候区の生態環境への影響だけでなく、牧草地の大量減少と家畜数量の増加によって、残る牧草地が過放牧となり、草原は退化している。

開墾による耕地の増加が林地と牧草地の減少を招き、さらにこれが過放牧を誘引して草地を減少させるというシナリオを作ることができる。

大尤勒都斯（ダイユウレトシ）盆地は過放牧によって牧草場が極度に退化して植被変化と裸地になる面積が 1.3%、重度退化（草量は 30% を下がる、草の質量も下がる。）の面積は 30%、軽度退化面積は 68.7%、退化面積は利用可能牧草場の 48.2% を占めている。伊犁（イリ）地区特克斯（トクス）県夏の牧草場で、毎畝の草産量は 1959 年の 533.5 キロから 1981 年の 380 キロに低下した。草原の退化によって、草原の生産力は下降し、家畜の体重は減少している。

以上に名前の挙がった 2 つの盆地については、牧草地の減少分を重点的に配分するべきである。

経済の発展によって、工業、鉱業、交通道路用地はだんだん増えてくる。これらの用地は新疆（シンキョウ）のゴビと砂漠を使用し、耕地の使用はできるだけ避けるようにしている。

集落用地、鉱工業、交通用地などの都市的な土地利用は、ゴビと砂漠などの未利用地を減少させるが、耕地や森林には影響しないというシナリオを作ることができる。

以上の記述に基づいて、新疆省の 2030 年までの土地利用概況変化（予測）モデル図を作成した。定量的に増加、減少が把握できないものも含めて示したが、中国全体の土地利用種目の増減を省別に配分すれば、このモデルに基づいた地図化は可能になるものと思われる。

第 3 項 モデル（Ⅲ）中国全土

3.1 方法の概要

次に「中国土地利用」の第 6 章から第 8 章までの記述に基づき、非常に概括的ながら中国全土の土地利用変化のシナリオを作成し、地図化を試みた。

3.1.1 耕地

1949-57 の増加は開荒造田による。1957-90 の減少は特に近年の経済発展による。1958-1990 間の減少面積 2.42 億畝（年平均＝756.3 万畝に基づいた推定を行えば、45 年間でメッシュ 567 個分が減少する。実際には、推定値として、年間 600 万畝減少、300 万畝増加（差し引き 300 万畝減少）との間で推移すると想定される。また、経済成長等により減少率がより大きくなることも想定される。

3.1.2 森林

「四四」、「五五」で 1 億畝減少、また 1970 年代から 80 年代に 1 億畝の減少との記述がある。1 億畝＝6667 平方キロ＝45 年間でメッシュ 750 個分が減少することになる。

3.1.3 草地

建国以来 1 億畝の優良草地の開墾が行われ、天然草地は 1970 年代の 7 億畝 1980 年代には 11 億畝へ増加したという。しかし近年（1980 年代）の主要分布地域においては、23.8% の減少が指摘されており、草地の退化は砂漠化の要因として大きな環境問題として挙げられている。

ここではシナリオとして草地は増減を相殺することとし、この 10 年間の増加分 4 億畝に対して、減少分 2.618 億畝（11 億畝の 23.8%）を差し引いた 1.382 億畝（10 年間）の増加とする。これは年間 9213 平方キロ、45 年間でメッシュ 1036 個分の増加になる。

3.1.4 都市的土地利用

人口密度は解放後の 46 人/km² から 119 人/km² へと増加した。増加が激しいのは北京・上海などの大都市で北京では 1953 年の 165 人/km² から 1990 年には 646 人/km² となった。また内蒙古、新疆、青海、黒龍江省など辺境地域においても新疆省で 3.0 人/km²（1953）→9.56 人/km²（1990）と増加しており特に辺境地域の人口増加が都市拡大を招いているという。いずれの都市の人口密度もおおよそ 3 倍に増加しているので、単純に都市的土地利用の面積の拡大を 1985 年当時の 3.5 倍と想定することに

する。以上のシナリオに基づいて作成した西暦 2030 年の土地利用図を第 2 章第 3 節第 3 項において地図化した。

(尾藤章雄)

3.2 土地利用概況変化(予測)モデル図

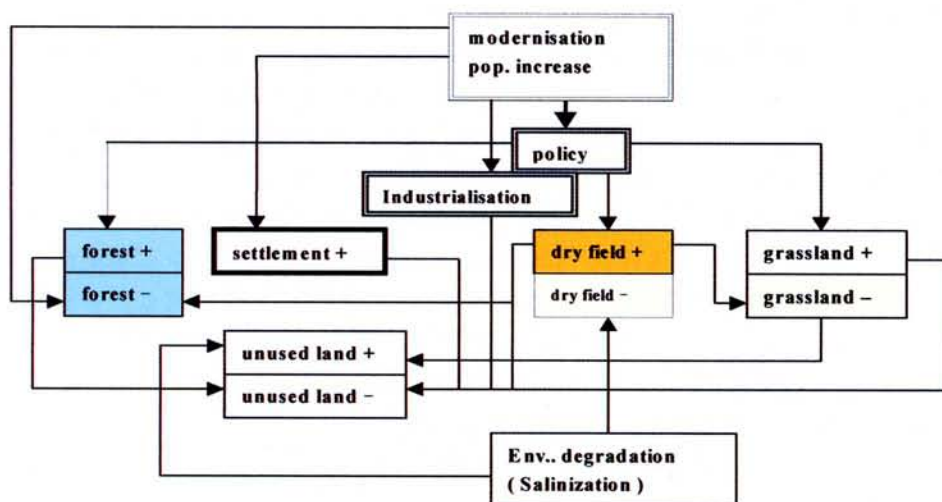


図 2 新疆省の土地利用空間分布変化予測モデル

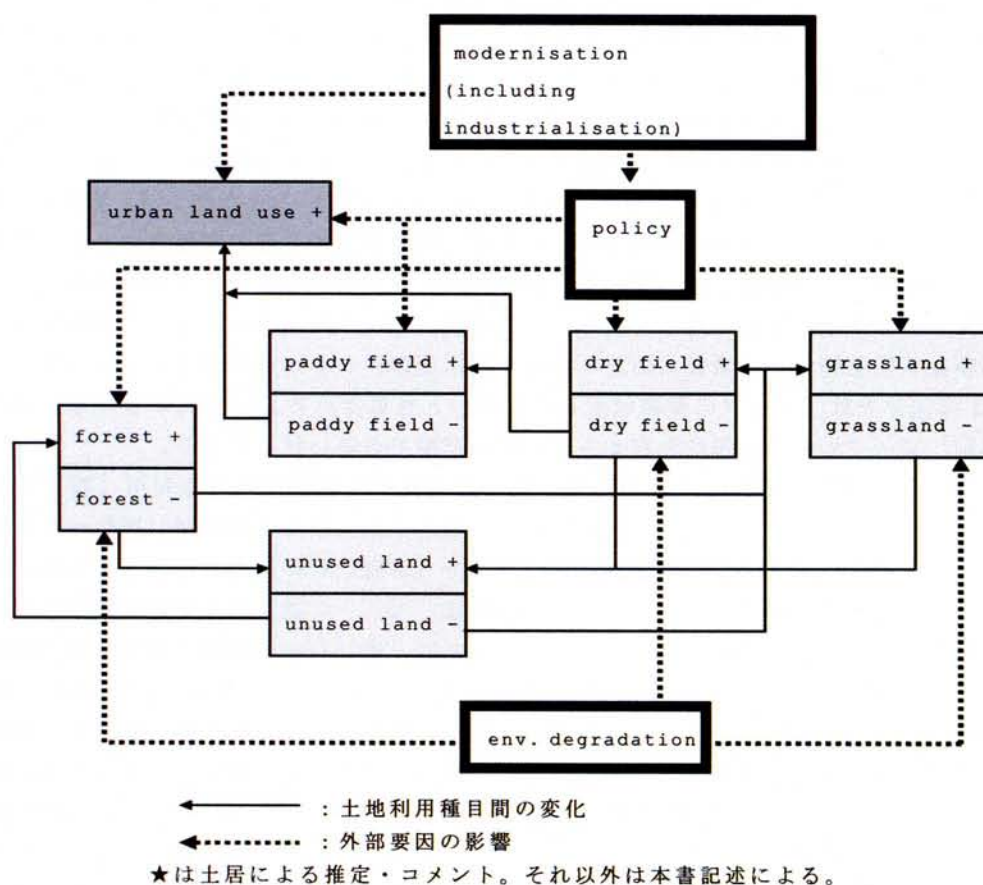


図 3 中国全土の土地利用空間分布変化予測モデル

第2章 モデルによる国別土地利用変化予測結果

第1節 はじめに

本章では、アジア・太平洋諸国のいくつかの国に対して2025年および2050年までの土地利用変化を国レベルで予測した結果を述べる。国レベルという表現には2つ意味（場合）が含まれる。一つは、対象範囲が国スケールという意味（場合）、もう一つは、予測の基礎となるデータ（統計資料等）の精度が国単位という意味（場合）である。

第2節で日本、第3節で中国、第4節でインドネシア、第5節でタイ、および、第6節でその他の国々（インドと韓国）の結果を紹介する。各節の構成は以下の様である。まず、第1項で、国レベルで見た土地利用変化の特徴を5つの土地利用形態（耕地、森林、都市的利用地、草地、その他）に大別して概説する。第2項では適用した予測モデル（手法）について述べ、そのモデルを適用した理由についてもふれる。第3項で、適用したモデル毎に、予測結果について述べる。第3項では、モデルに必要なデータ、外部変数として与える社会・経済的因子の将来シナリオについても記述する。

LU/GECプロジェクトの当初の戦略は、LU/GEC基本モデル（LU/GEC-I）を開発し、アジア・太平洋各国に適用することであった。LU/GEC-Iは、予測対象となる行政単位（本章では国）より一つ小さな行政単位（本章では州）の土地利用、自然要因、および土地利用変化を誘導する社会経済的要因のデータが必要となる。例えば、平成7年度においてモデルの妥当性チェックする目的で行った関西モデルでは、市町村行政単位のデータが、インドネシアモデルでは、州（province）レベルの行政単位のデータが収集され、用いられた。

LU/GECプロジェクトでは、可能な限り多くのアジア地域の国々について2025、2050年の土地利用状況を予測することを目標とし、開始年度からデータ収集に努めたが、アジアの多くの国々では州（省）レベルですら必要とされるデータの収集が非常に困難であった。特に、複数年次にわたるデータ（ヒストリカル・データ）はほとんど入手が困難であった。例えば、中国では省レベルでは1970年以降の複数の年次に対して耕地、牧草地、都市域、その他、および利用不能地の面積データは公表されているが、森林面積のデータが公表されていない状況である（必ずしもデータが存在しないという意味ではない）。表1は、本章第6節でその他の国々として取り扱ったアジア諸国に対して、土地利用、人口、およびGDPに関するデータの所在状況を、国レベルおよび州レベルで調査した結果の一覧である。基本モデル（LU/GEC-I）を適用できる国がほとんどないことがわかる。GKSIM法を適用できるケースも約半数である。土地利用関連データを途上国で収集する事の困難さを示す一例である。

データ収集が困難というのは、その国のデータの整備状況が悪いことを必ずしも意味しない。しかし、LU/GECプロジェクトに参加したインドネシア、中国、およびタイのネイティブの研究者が、自国のデータの整備状況を精査して収集にあたっても、同程度のデータしか収集できなかったことを考えると、表1の国々では、データの整備状況自体が悪いと推察される。いずれにしても、多くの途上国については、データの整備状況や所在すらが性格に把握できない状況である。

このような実情に鑑み、平成8年度からは、第1章で述べた数種類の土地利用（被覆）変化予測モデルの開発にも着手した。取り上げた国によって、適用したモデル（手法）異なっている。例えば、日本については、データが最も整備されているのでLU/GEC-Iの適用が可能であった。中国については、2つのモデル手法を適用した。一つはGKSIM法、もう一つは、第1章第7節第3項に述べた土地利用空間分布予測モデル手法である。中国に対しては、省レベルの森林データを3つの異なる年次で整備できたのでLU/GEC-Iの適用も可能となったが、インドに対して州レベルのデータを基にLU/GEC-Iを適用した結果が芳しくなく、その理由が州の数が少ないことにあったため、省の数がさらに少ない中国では芳しい結果が期待できないとして今回は適用を見合わせた。インドネシアについては、一般化チューネンモデルと定弾性動的均衡モデルを適用した。その理由は、もっぱら担当研究者がそれらを開発の主体者であったことによる。タイについては、GKISM法を適用し、インド、韓国についてもGKSIM法を適用した。インドについてはLU/GEC-Iの適用も試みたが、結果が芳しくなくその理由について述べる。

（大坪国順）

表 1 アジア太平洋諸国の土地利用関連データの収集状況とモデルの適用可能性

国名	一般K&S法 適用可能性	ロジスティック モデル 適用可能性	土地利用		人口		GDP	
			国	州	国	州	国	州
バンガラデシュ	○	×	1961-1994, 1995*1	×	1960-2050	×	1960-1994	×
ブルネイ	×	×	1961-1994, 1995*1	×	1960-2050	×	1980-1994	×
ブータン	×	×	1961-1994, 1995*1	×	1960-2050	×	1974-1993	×
カンボジア	×	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	×	1960-1974; 1987-94	×
インド	○	○	1961-1994, 1995*1	1880-1980	1960-2050	1970, 1980, 1990	1960-1994	1970, 1980, 1990
北朝鮮	×	×	1961-1994, 1995*1	×	1960-2050	×	1960-1994	×
韓国	○	△	1961-1994, 1995*1	1970, 1980, 1990	1960-2050	1970, 1980, 1990	1975; 1980; 1985; 1990-93	1970, 1980, 1990
ラオス	○	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	1980, 1990	1984-1994	×
マレーシア	○	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	1980, 1990	1960-1994	×
モンゴル	×	×	1961-1994, 1995*1	×	1960-2050	×	1980-1994	×
ミャンマー	○	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	×	1960-1994	×
ネパール	○	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	×	1960-1994	×
パキスタン	×	×	1961-1994, 1995*1	×	1960-2050	×	1960-1994	×
フィリピン	○	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	1980, 1990	1960-1994	×
スリランカ	○	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	1980, 1990	1960-1994	1980, 1990
台湾	×	×	×	1990	×	1970, 1980, 1990	1975-1994	1970, 1980, 1990
ベトナム	×	×	1961-1994, 1995*1	1880-1980 *2	1960-2050	1990	1984-1994	×

*1 Arable land area及びPermanent crop areaに関するデータのみに適用可能。

*2 1880、1920、1950、1970、1980年における地域レベル(州をグループに統合したもの)データ

データソース

1. 平成7年度 アジア地域の土地利用・被覆データ等の収集・データセットの構築：州レベルの土地利用関連データ(インド、韓国、台湾)、人口データ及びGDPデータ
2. CDIACデータ Historic Land Use and Carbon Estimates for South and Southeast Asia 1880-1980：州レベルの土地利用関連データ(インド、韓国、台湾以外の国)
3. 国連経済社会統計局 World Resource Data：国レベルのGDPデータ
4. FAOデータ：国レベルの土地利用関連データ

第2節 中国全土

第1項 中国全土の土地利用変化の概要

1.1 長期プロセス把握の方法

1.1.1 方法の概要

長期プロセスグループの研究手法は、第1章第7節表1に示すように、地域研究(regional study)と系統研究(systematic study)の手法を縦系・横系として組み合わせたものである。縦系は4つのサンプル地域における土地利用変化のケーススタディであり、横系は土地利用を主要なタイプ別に地域間で比較検討するものである。

表1 研究の枠組

	A 地域	B 地域	C 地域	D 地域	全国
都市的利用の変化	S_{AU}	S_{BU}	S_{CU}	S_{DU}	S_{WU}
農村的利用の変化	S_{AR}	S_{BR}	S_{CR}	S_{DR}	S_{WR}
森林の変化	S_{AF}	S_{BF}	S_{CF}	S_{DF}	S_{WF}
草地・他の変化	S_{AG}	S_{BG}	S_{CG}	S_{DG}	S_{WG}
全土地利用の変化	S_{AT}	S_{BT}	S_{CT}	S_{DT}	S_{WT}

A：東北地域（長春付近） B：華北地域（北京付近）

C：華東地域（上海付近） D：広東省（広州付近）

S_{ij} ：i 地域の j タイプの土地利用の変化

W：Whole Country T：Total Land Use A：東北地域（長春付近）

B：華北地域（北京付近）

C：華東地域（上海付近）

D：広東省（広州付近）

各地域における状況を個別に明らかにすることにとどまらず、それらを比較対照することを重視している。そのため研究手法は地域間で一定程度統一されており、地域の選定もそのような観点から行われた。今年度はそれぞれのケーススタディ地域毎に、以下の作業を行った。

1.1.2 1930年代の土地利用データファイルの作成

土地利用変化の研究において最も困難な問題の1つは、過去に溯れば溯るほど資料が乏しくなり、土地利用の実態がどうであったかの把握が困難になるということである。データの整備が一般に遅れている開発途上国の場合、それは一層むずかしいと思われる。しかし幸いなことに、本研究のケーススタディ地域の場合、日本が昭和前期に作成したいわゆる「外邦図」と呼ばれる地図群が存在しており、それらを用いることにより、1930年代の土地利用を復原することが可能であった。そこで各ケーススタディ地域とも概ね $200 \times 200 \text{ km}^2$ 程度の広さの重点研究地域を設定し、 2 km メッシュ単位で土地利用をデータファイル化する作業を行うこととし、既に4地域ともこれを完了している。作成されたデータファイルは LUIS-C というデータ処理システムに組み込まれている。なおデータファイル化の手法については、平成8年度報告書第IV部I章を参照していただきたい。また LUIS-C については本報告書第4章第2節第2項を参照していただきたい。各地域のデータファイルの中身は、当該地域の土地利用変化の説明の中で紹介する。

1.1.3 最新の土地利用データファイルの作成：

1930 年代の土地利用データファイルと比較して土地利用変化を抽出するため、同一地域における最新の土地利用データファイルの作成を中国の共同研究者の協力を得て行った。情報源として用いた地図資料等は地域により異なるが、いずれも最新のものをを用いている。土地利用情報のデータファイル化は、日本側で既に行っている 1930 年代土地利用データファイル作成の手法に準拠して行われた。

土地利用変化とそのメカニズムの検討

土地利用変化とそのメカニズムの把握は次の方法によった：

- ア) 新旧の土地利用データファイルを地図化して比較することにより、土地利用変化の種類、場所、広がり等を明らかにする。これには「1:1,000,000 中国土地利用図」¹⁾ その他の地図データを援用する。
- イ) 関連する統計資料・文献等を調査・分析する。
- ウ) 現地調査および中国側の研究協力者との協議により、上の分析で得た知見を確認し、土地利用変化の実態とメカニズム、関連する問題等について明らかにする。

1.1.4 土地利用タイプ別の変化の検討：

中国全土の土地利用変化予測をするための準備として、土地利用を下記の 4 タイプに分け、それぞれのタイプ毎の変化の特性について、各ケーススタディ地域の実態を横断的に比較検討した。

- ア) 都市・集落
- イ) 農地利用
- ウ) 森林
- エ) 草地・その他

検討に当たっては、土地利用変化そのものだけでなく、それらの背景、Driving Force、それぞれの事象を扱う際に重視すべき地域スケール等にも留意することとした。なおそれぞれのタイプの土地利用の全国的な変化については、ケーススタディ地域の比較検討の成果と、省別統計データや全国統計データ等を用いたマクロな研究の成果を組み合わせることにより、把握することとした。それらの統計データの分析に当たっては、独自に開発したデータ処理システムや Excel 等の市販データベースソフトを利用した。

以下、各土地利用タイプ別に、検討結果の概要を述べる。

(水見山幸夫)

1.2 経済成長・都市人口の増加に伴う市街地・野菜生産地域の外縁的拡大

1.2.1 はじめに

中国における都市（城市）人口が総人口に占める比率は、1950 年代には 10% 程度であったものが、1990 年代には 3 割近い値を示すようになり、中国の土地利用変化を考える上で無視できない大きな位置を占めるようになった。特に近年の急速な人口増加や経済発展に伴う住宅や工場用地などの建設のために、都市周辺地域においては農地から都市的土地利用への転換が発生し、市街地の面積が増大している。また、同時に都市住民の食料資源の確保のための果樹や野菜生産地域が拡大している。特に野菜生産に関しては城市ごとに自給することを原則とし、かつ物流システムの整備が充分でない現状を反映して、一般に市街地を取り巻くように野菜生産地域が展開しており、このような野菜栽培面積の増大は必然的に市街地を取り巻く米や小麦などの穀物栽培面積を減少させている。

近年の中国における人口増加や経済成長は、市街地への農地の転用に加えて、野菜栽培のための穀物作付面積の減少という、二つの点で直接的に食糧生産量の推移に影響を与えている。将来の土地利用、ひいては食糧問題を考えるうえで、市街地と都市住民向けの野菜生産地域がどのように拡大し、それによって米作などの食糧生産がどの程度減少しているのかを推定することが重要である。

1.2.2 データの作成

市街地面積、野菜栽培面積を全国の城市について統一的に知る統計データはない。そこで本報告で

はまず『中国城市統計年鑑 1985、90、95 年版』より、地区人口、市区非農業人口、建成区面積、蔬菜産量のデータベース化を行った。建成区は厳密に市街地ではないが、基本的な都市インフラストラクチャーが整備されている地域であり、都市計画の対象となる地域でもある。

また、野菜栽培面積のデータに関しては『100 万分の 1 中国土地利用図』を使用した。本書発行は 1990 年であり、1980 年代後半の土地利用の状況が示されている。野菜栽培地域に相当する「菜地」を面積測定し、「菜園面積」としたが、全ての城市について面積測定することは困難なので、地域的偏り、城市の人口規模偏りのないように 172 城市を選定し、1mm ドットで面積計測した。1mm ドットは 10km 間隔となるので、1 ドットが 100km² に換算される。したがってデータの精度は決して高いとはいえないが、全国的な傾向を分析するには十分であると判断した。

1.2.3 市街地（建成区）の拡大

中国の都市がこれまで比較的市街地がコンパクトにまとまり、先進諸国に特有のアーバンフリンジに相当する地域があまり見られない状況を反映して、建成区面積は市域の総人口（市区総人口）よりも市域内の非農業人口（市区非農業人口）の方が高い相関係数を有している。

また、1990、95 年の両者の相関係数を求めると、1990 年に 0.8061、1995 年に 0.8492 となり、両者の相関は高まる傾向にある。つまり、市区非農業人口を求めることによって、容易に建成区面積を推定することが可能であることを示している。1995 年時点では人口が 2 倍に増加すると建成区は 2 倍程度に拡大する傾向があるといえる。

さらに、両者の関係について、1990 年と 95 年の回帰直線を比較すると、95 年の方が傾きが大きくなっており、人口増加に対して市街地面積の拡大傾向が著しい。これは近年のモータリーゼーションの進展や郊外地域への工場、住宅施設の建設などの都市計画上の政策の影響が反映されたものと考えることができる。

個別城市について建成区面積と市区非農業人口の関係を見ると、非農業人口が大きい城市ほど建成区面積も大きい。しかし、1985 年は全体にバラツキが大きく、他の城市と極端に異なる城市がみられるが、1990 年ではこのような極端な城市はほとんど見られなくなる。両変数間の関係は密接であるが、人口規模によってその傾向線には違いが見られ、5 万人を境に建成区面積の増加が大きくなり、約 100 万人を境にその傾向が緩和されてくる。つまり、5~100 万人の城市は市区非農業人口の増加が大きく建成区の拡大につながっている。しかし、100 万人程度を越える大都市ではしだいに人口の伸びほどは建成区が拡大しない傾向が見られる。

この原因として、近年整備されつつある都市計画制度により郊外の拡大が抑制されるといった政治的要因や、中国都市に特徴的な集合住宅あるいは都市中心部の高密度の居住形態などの文化的要因、都市内部構造の違いなどが考えられる。

1.2.4 野菜生産量・生産面積の拡大

野菜消費量は人口総数と居住者の生活の豊かさに比例して大きくなるものと考えられる。中国においては食糧生産に関して自地域内での自給を原則とする政策や物流システムが充分整備されていないことから、特に野菜はその生鮮食料品の特性も反映して都市周辺地域から主に供給されている。このことは城市の人口規模と野菜生産量との間には高い相関があることを示唆する。1985 年の両変数の間の相関係数は 0.84 であり、非常に高い相関を有していた。しかし、1995 年には 0.72 にまで相関係数が低下しており、城市間の差異がしだいに大きくなっていることが注目される。また、両者の間の回帰直線を求めると、直線の傾きが時系列的に大きくなっている。

以上のことから、中国の都市では人口増加と経済成長にともなう食生活のレベル向上により野菜に対する需要が大きくなっており、その需要をまかなうように供給量が増加しているものと考えられる。城市によるバラツキはあるものの、城市人口 100 万人に対し、250 万トンから 400 万トン程度の野菜が生産されており、人口が 2 倍に増加した場合に野菜生産量は 2~3 倍増加する傾向が見られる。ただ、特に北京や天津などの大都市ではその増加傾向がより強く見られており、将来推計にあたっては城市の人口規模をどのように考慮するか検討する必要がある。

以上のような傾向をもつ野菜生産が現実の土地利用にどのように反映されているかを見るために、『100 万分の 1 中国土地利用図』から計測した 172 城市の菜園面積と野菜生産量（1990 年）の関係を考察した。しかし、両者の間の相関係数は 0.2559 と非常に低く、有意な相関は見られなかった。つまり、野菜生産 100 万トンに対して 100km² から 300km² の菜園面積が利用されており、城市によって単位面積当たりの野菜生産量に大きな差異があることを示している。そこで両者の関係をさらに詳細に検討すると、江蘇省、山東省、河北省、華南地方などの華中・華南地域の城市では野菜生産量に対し菜園面積が著しく小さく、反対に黒竜江省、吉林省などの華北地域や東北地方の城市では菜園面積が大きい傾向が見られた。

これは中国国内において地域によって野菜の生産形態が異なるのではないかとすることを予想させるものである。つまり、華中・華南地域では温暖な気候や複雑な地形条件を反映して耕地利用率が高く、野菜生産地域は面積的に比較的コンパクトにまとまる傾向があるのではないかと、反対に華北地域や東北地方では地形的な制約が少なく、耕地利用率が相対的に低くなるものと考えられる。

1.2.5 将来推計に向けての今後の課題

以上のように明らかになった、人口増加や経済成長に伴う中国の城市および周辺地域の土地利用変化に関する知見を、21 世紀初頭の中国の土地利用の推計に活かすには、まず市街地面積や野菜栽培面積の地域的差異の明確化と政策的な変数も含めたその要因の追求が必要である。さらに経済成長に伴う国民の生活水準の上昇やモータリゼーションの進展が市街地や野菜栽培面積に及ぼす影響を把握しなければならない。例えば、今後の一人当りの住居面積や野菜消費量の上昇をどれくらいに見積もるのかによって、推計される市街地面積や野菜栽培面積は大きく異なってくる。

これらの課題の解決には先進諸国や新興工業諸国などの事例の検討とともに、中国国内各地の社会的経済的実態や都市計画や農業・食料政策などの詳細な検討が不可欠となろう。

（土居晴洋）

1.3 農村的土地利用の変化

1.3.1 農地の推移と分布、およびそれらの背景

中国における耕地面積の推移を中国統計年鑑からみると、1978 年の全耕地面積は 99,389,500ha であったが、1994 年のそれは 94,906,700ha と縮小した。このように、耕地の転用が原則的に禁止されているにもかかわらず、耕地面積は全体として経年的に減少する傾向にある。1994 年における市省自治区別の耕地面積をみると（図 1）、耕地は黄河や長江の沖積平野に位置する河北省・河南省・湖北省・安徽省・浙江省や、四川盆地の四川省、東北地方の黒竜江省などに多く分布している。耕地面積の内訳を 1994 年のデータからみると、中国全体では畑地（樹園地を含む）が全耕地の 73.9% に当たる 70,143,800ha で最も広く、次いで水田の 24,762,900ha（全耕地の 26.1%）が続いている。水田と畑地の分布を市省自治区別にみると、華中や華南と四川盆地の市省自治区の耕地では水田面積の割合が高い。特に上海市・浙江省・福建省・江西省・湖南省・広東省では耕地の 70% 以上が水田である。現在、水稻作は栽培技術の革新や耐冷品種の開発によって、華北や東北地方にも普及してきている。1994 年の耕地利用率を各市省自治区ごとに示した図 2 によれば、耕地利用率は江西省の 248.5% を最高に、華中から華南にかけての省で高くなる傾向にある。全体的には、耕地利用率の高い市省自治区が江西省を中心にして圈構造的に分布している。これは、江西省で稲・ナタネ・野菜類・綿花などの作物が二毛作ないし三毛作で栽培されていることを反映している。しかし、東北地方や内陸乾燥地域の、あるいは高地地域の省や自治区では土地利用率が低くなっている。

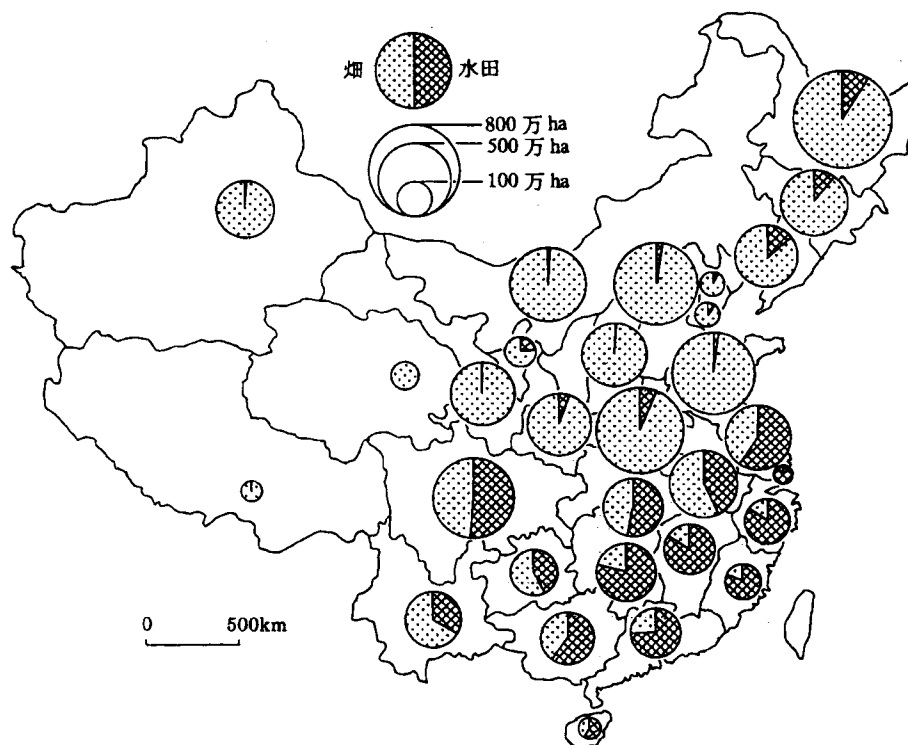


図 1 中国における市省自治区別耕地面積 (1994 年)

資料：国家統計局編 (1995)：『中国統計年鑑』中国統計出版社。

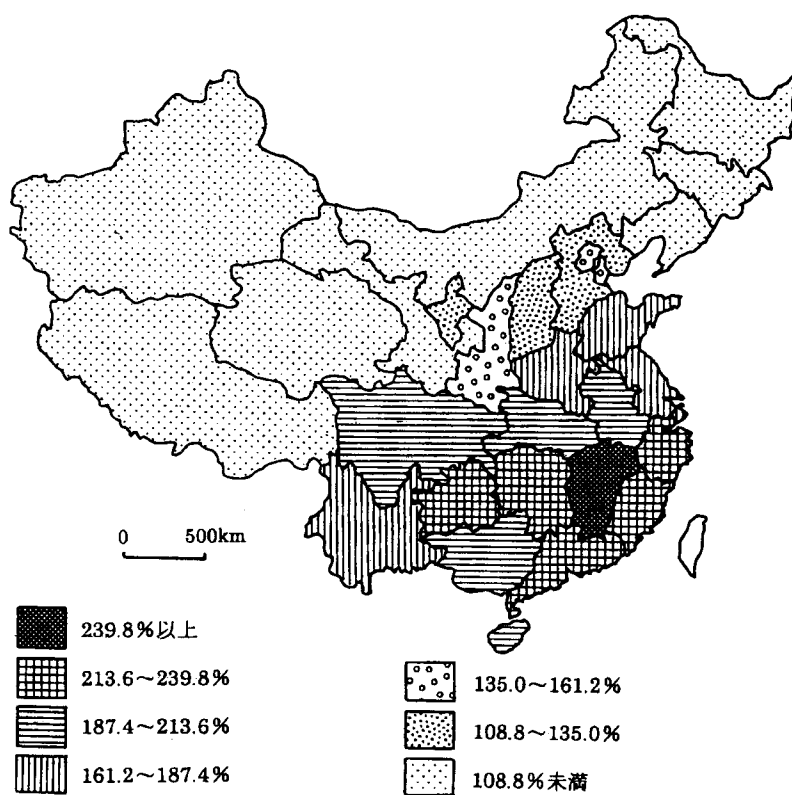


図 2 中国における市省自治区別耕地利用率 (1994 年)

資料：国家統計局編 (1995)：『中国統計年鑑』中国統計出版社。

当然のことながら、以上に述べた農地の推移や分布には自然条件がそれらの背景として大きな役割を果たしているが、社会・経済的な環境条件（社会制度・社会組織・経済体制・経済組織・産業構造・政策など）も農村的土地利用変化に重要な役割を果たしてきた。1949年の新中国成立後、農地は土地改革により農家に分配され、小土地所有の農家が小農的な農牧業を行うようになった。ここでの小農的な農牧業は危険分散を図って、複数の農牧業部門を組み合わせそれぞれ小規模に行うもので、自給的な性格を強くしていた。土地改革が行われた後、中国政府は社会主義に基づく農牧業集団化政策を進めた。その第一歩として、個々の農家は土地や農機具などの生産手段を所有するが、農作業の一部を共同で行う互助組を組織した。互助組は1952年頃から初級合作社へと改組され、初級合作社は1950年代後半頃から高級合作社へと再編された。高級合作社は土地や大型農具などの生産財を集団で管理・所有し、農牧業を共同で行った。

中国共産党は1958年に経済組織と行政組織を合体させた人民公社の創設を決議した。農牧業についてみると、いくつかの農家が1つの生産隊を組織し、いくつかの生産隊から1つの生産大隊が組織された。さらに、いくつかの生産大隊が連合することで、人民公社が組織された。このような階層構成のもとで、農牧業が集団体制を基盤にして行われるようになった。人民公社ではすべての土地が国家に所属するが、個々の農家が「自留地」を自由に利用することは認められていた。そのため、農家はわずかな自留地で自給用の野菜を栽培する一方、わずかの頭数の家畜や家禽を飼養し、いわゆる家庭副業が広く行われていた。しかし、文化大革命が始まった1966年以降、自留地での家庭副業が禁止され、農牧業はすべて集団化された。1970年代後半になると、人民公社による農牧業生産体制が見直され、個々の農家が農牧業経営を請負う生産責任制が取られるようになり、1970年代末から1980年代初めにかけて急速に広まった。生産責任制の普及にともなって、人民公社の解体が進んだ。農村部では人民公社に代わる行政組織として郷政府や鎮政府が組織された。これらの組織では、「郷鎮企業」と呼ばれる工業・商業の経営も行われるようになった。多くの郷鎮企業は農村の余剰労働力を吸収し、農村地域を発展を決定づけるものになった。

1.3.2 作物栽培からみた農村的土地利用

稲の作付面積は1949年以降増加しており、1976年には36,217,000haとピークに達した。その後、稲の作付面積は増減を繰り返しながら全体として減少する傾向にあり、1994年には30,171,000haに減少した。稲作の分布を地域的にみると、作付面積はジャボニカ米を栽培している中国北部で増加しているが、品質の悪いハイブリッド・インディカ米を栽培する中国南部では著しく減少している。他方、米の生産量はサイクル的な年変動を呈しているが、概ね増加する傾向にあり、1992年には約1億8,600万tの米が生産された。このように、稲の作付面積が減少しているにもかかわらず、米の生産量が増加しているのは、農民の生産意欲が生産責任制により向上したことや、土地生産性が品種の改良と農薬や肥料の使用量の増加、稲作の技術革新、水利施設の整備、および農業機械の普及などにより上昇したためである。1994年における稲の作付面積（全作付面積の20.3%）の分布を市省自治区別にみると、その面積は湖南省で最も広く、4,040,700haに達している。稲の作付面積は湖南省をはじめ、浙江省・安徽省・福建省・江西省・湖北省・広東省・広西壮族自治区で水田面積を大きく上回っている。これは、稲の二期作が普及していることを示唆している。また、広東省南部の雷州半島や海南島では稲の三期作も可能になっている。

次に小麦についてみてみると、作付面積は1949年以降、増減を繰り返しながらも全体的に増加傾向にあり、1991年には30,948,000haに達した。それ以降、小麦の作付面積は漸減する傾向にあり、1994年においては28,981,000haに縮小した。一方、1993年における小麦の生産量は1億639万tで、過去最高を記録した。1994年における小麦の作付面積（全作付面積の19.6%）の分布を市省自治区別にみると、河南省の小麦の作付面積は全国のその16.6%に当たる4,817,500haで最も広い。次いで、山東省の面積が広がっている。中国における小麦栽培の季節型をみると、北京以南の華北・華中・華南・四川盆地や新疆ウイグル自治区では冬小麦が、北京以北の河北省や東北地方、内蒙古自治区・甘肅省・青海省などの内陸地域では春小麦が主に栽培されている。同様に、トウモロコシも1980

年までの作付面積が増加していたが、1981 年以降には減少傾向を示しようになり、1985 年には 17,694,000ha に減少した。しかし近年、政府の増産政策やそれにともなう土地生産性の向上により、トウモロコシの作付面積は増加傾向に転じ、生産量も増加するようになった。1994 年におけるトウモロコシ作付面積は 21,152,000ha（全作付面積の 14.3%）であり、米や小麦に次いで広く分布している。トウモロコシ作付面積の分布を市省自治区別にみると、山東省では全国の 2,454,600ha（全国におけるトウモロコシの作付面積の 11.6%）が最も広い。

食料作物以外で重要な土地利用はナタネ栽培であり、その作付面積は 1975 年に 2,313,000ha であったが、1994 年には 5,783,000ha に増加した。その生産量も 1994 年には約 749 万 t に達している。ナタネの作付面積は米や小麦の作付面積に比べると狭いが、その増加率は高い。1994 年におけるナタネ作付面積（全作付面積の 3.9%）の分布を市省自治区別にみると、安徽省の作付面積は 819,900ha（全国の 14.1%）に達して最も広い。ナタネは冬ナタネあるいは春ナタネとして栽培されているが、それらの作型は冬小麦と春小麦の境界とほぼ一致している。工芸作物としては、綿花栽培が重要な土地利用になっている。綿花の作付面積は 1970 年代に概ね 400 万 ha から 500 万 ha で推移し、その生産量も 200 万 t 台であった。しかし、生産責任制下で作付面積の増加や技術革新の進展により、綿花の作付面積は 1984 年には 6,923,000ha に達し、その生産量も 6,258,000t になった。このような生産過剰に対処するため、中国政府は 1985 年以降に生産調整を実施している。1994 年における綿花の作付面積（5,528,000ha）の分布を市省自治区別にみると、綿花の作付は黄河下流域や長江中下流域における諸省や、新疆ウイグル自治区で広い面積を占めていた。なかでも河南省の綿花の作付は市省自治区別にみて最も広く、その面積は全国の 17.5% に当たる 966,670ha であった。次いで、山東省の綿花の作付面積が広がっている。

樹木作物では茶園と果樹園が典型的な土地利用になっている。1983 年以降、中国における茶園面積は 110 万 ha 前後で推移し、1993 年には過去最高の 1,171,000ha に達した。また、1994 年における茶園面積は 1,135,000ha で、そこでの生産量は 588,468t であった。茶樹は常緑広葉樹の 1 つであるため、栽培適地ないし栽培地は中部から南部にかけての温暖湿潤地域に限定されている。市省自治区別に茶園の分布をみると、雲南省では全国の茶園面積の 14.7% に当たる 167,290ha が分布し、最も広い茶園地域を形成している。次いで、浙江省の茶園面積が広い。生産される茶は加工方法により緑茶・烏龍茶・紅茶・花茶・磚茶に分けられているが、緑茶の消費量が全国的に最も多い。紅茶・花茶の消費量は華北から東北地方で多く、磚茶は内陸地域の牧畜業に携わる民族により多く消費されている。さらに、烏龍茶は福建省や台湾で多く消費されている。

他方、果樹園面積は 1983 年に 2,015,000ha であったが、その後に急増して、1993 年には 7,264,000ha にまで増加した。1994 年における市省自治区別の果樹の生産量をみると、リンゴは山東省で最も多く生産され、全国のリンゴの 36.5% に当たる 4,063,324t がここで生産されている。次いで、リンゴの生産量は陝西省・河南省・河北省・遼寧省で多い。ナシの生産量においては、河北省が全国の生産量の 33.3% に当たる 1,345,063t を生産し、最大の産地を形成している。次いで、ナシは山東省・遼寧省・江蘇省で多く生産されている。リンゴとナシの栽培地域は華中から華北にかけての平坦地や低丘陵地に形成されており、それらの栽培地の分布傾向は類似している。柑橘類は浙江省で最も多く生産され、そこでの特産の温州ミカンには特に著名である。浙江省では全国生産量の 20.5% に当たる 1,392,668t の柑橘類が生産されている。次いで、四川省・広東省で柑橘類が多く生産されており、柑橘類のいずれの産地も華中から華南にかけての温暖湿潤地域に形成されている。このように、果樹園の土地利用は基本的に気候環境により規定されているが、近年では都市市場への近接性が果樹園の土地利用の展開に重要な役割を担う傾向を強くしている。

（内山幸久・菊地俊夫）

1.4 森林・草地の変化

1.4.1 森林の変化

(1) 森林分布の特徴

中国では、林業用地を有林地・疎林地・灌木林地・未成林造林地・圃地とその他の林地に分けられている。さらに、有林地については、用材林・防風林・経済林・薪炭林・特種用材林と竹林に区分されている（呉・郭¹⁾）。中国の森林の特徴といえば、その分布範囲が小さく、地域分布においても一部の地域に偏っていることである。1990年に中国の森林面積は1,246万haで、一人当たりでわずか0.107haであり、世界平均(0.80ha)よりかなり低い。一方、森林被覆率は12.98%で、世界平均(31.00%)の半分も満たない（中国大百科全書総編集委員会『中国地理』編集委員会²⁾）。省別にみると、その地域的差異は大きいことが分かる。1984-1988年の調査によると、全国の森林被覆率は12.98%である。森林被覆率が最も高いのは、台湾省の55.08%である。一方、森林被覆率が最も低いのは青海省(0.37%)と新疆ウイグル自治区(0.91%)である。広い森林面積を持つ地域として、東北地区（黒龍江省、吉林省と遼寧省、それぞれ34.35%、32.99%と27.03%）、華東地区（福建省、江西省、浙江省、それぞれ41.18%、35.94%、39.66%）、中南地区（湖南省、廣東省、海南省、それぞれ31.88%、27.34%、25.40%）があげられる（呉・郭¹⁾）。東北地区は大興安嶺、小興安嶺と長白山脈を中心に、水条件が良く、優れた林地を有している。一方、中国では降水量の最も多い華東地区や中南地区は、山地と丘陵を中心に、広葉樹林が広く分布している。

このように、中国の国土が広くて自然条件も多様であるため、森林植物の種類や森林類型は極めて多い。中国における主要な森林地域は次のようになる（中国大百科全書総編集委員会『中国地理』編集委員会²⁾）。a)東北地域。黒龍江省・吉林省・遼寧省の北部と内蒙古自治区の一部である。この地区は針葉樹林と広葉樹林との混交樹林で、中国の主要な原生林地区の1つである。森林面積は3,094万haで、全国の26.9%を占めている。森林被覆率は37.6%で、全国平均の約3倍に相当する。b)西南地域。その範囲はチベット自治区東部、雲南省・四川省と貴州省の一部である。この地区森林も針葉樹林と広葉樹林で構成されている混合樹林であり、東北地区と並んで中国の第2の原生林地区である。森林面積は2,245万haで、全国の19.5%を占めている。森林被覆率は28.3%である。この地区はチベット高原の東に位置し、地形の高差は大きい。森林は主に4,000m以下の地域に分布している。c)長江中下流地域。この地域の森林は主に松・杉を中心とした針葉樹林、常緑広葉樹林、そして油茶・油桐などの経済林である。d)華北地域。この地域の範囲は遼寧省南部から淮河にける華北地域の山地である。落葉広葉樹林および油松・コノテガシワ林である。e)華南地域。この地域は北回歸線以南の地域で、主に廣東省南部、海南省および南海諸島、台湾省南部、雲南省紅河ハニ族イ族自治州や西双版纳タイ族自治州である。華南地域は中国では熱条件が最も良く、熱帯季節雨林が発達している。f)西北乾燥地域。この地域は広くて降雨量が少なく、典型的な乾燥地域である。しかし、水条件のよい所には、例えば、オアシスや河川沿岸、そして、一部の山地に森林が分布している。

(2) 森林面積の変化

中国における森林の変化は、林地総面積と有林地面積が増加することによって特徴づけられる。有林地の中では、人工林面積が増加し、自然林面積が減少している。経済林と防護林が増加し、材木林が減少している（呉・郭¹⁾）。

建国初期、中国の林地面積は約12,500万haであった。以来、全国規模な植林運動によって、林地面積は徐々に増加してきた。1984年から1988年にかけて行われた林地調査の結果によると、中国の林地面積は19,046万haであった。つまり、建国初期と比べると、35年間で林地面積は52.4%を増加した（呉・郭¹⁾）。

林地面積の増加を類型別にみると、人工林面積の増加は最も多くて、3,826万haになった。とくに、1980年代後半から1990年代前半にける時期では、西北・華北と東北いわゆる「三北防護林帯」など地域での植林によって、人工林面積はこの時期だけでも1,046万haを増加し、人工林総面積の27.4%に相当する（呉・郭¹⁾）。

今後、森林面積変化の傾向を予測するには、次の要素は重要であろう。1つは森林面積の縮小に関わる諸要素である。つまり、建築などの増加による木材需要の増加、石炭などエネルギー資源の乏しい地域で燃料としての需要の増加、森林の無許可伐採や開墾による森林の破壊、酸性雨などの環境汚染による森林の破壊、などである。もう1つは森林面積の拡大に関係する諸要素である。すなわち、農業地域も含む大規模な植林運動の持続、燃料として薪炭林の積極的な育成、薪炭林の代替エネルギーの開発と利用、『中華人民共和国森林法』をはじめとする法律の徹底、などがあげられる。

1.4.2 草地の変化

(1) 草地分布の特徴

中国の草地は、荒漠草地・草原草地・草甸草地と草叢草地の4種類に分けられている。さらに、荒漠草地には干荒漠・高原荒漠と山地荒漠、草原草地には平野草地・山地草地と高原草地、草甸草地には平野草甸・山地草甸と高原草甸、草叢草地には草叢・灌木草叢と疎林草叢、それぞれのサブ種類が含まれている(中国大百科全書総編集委員会『中国地理』編集委員会²⁾)。

中国は33,860万haの草地を有している。そのうち、草原面積は28,566万haで、その中には22,000万haが利用可能である(呉・郭¹⁾)。これらの草地は主に中国西部や北部の10の省・自治区に集中している。特に内蒙古自治区、新疆ウイグル自治区、チベット自治区と青海省は、総計25,637万haで、中国草原面積の90%をも占めている。

総土地面積に占める草地面積の比率をみると、草地は農業・牧畜業境界線の北西部に集中していることがわかる。特に大興安嶺西の内蒙古高原東部、オルドス高原西部、青海高原東部と川西高原、そしてアルタイ山脈の南斜面や天山山脈の山間盆地周辺では、草地の面積率は70%以上に達している。これに対して、農業・牧畜業境界線の南東部では、草地は林地と農地との間に点在し、草地の面積率は全体的に低い。

(2) 草地面積の変化

草地の動態的な変化は、その総面積の減少や、総面積に占める良質草地の割合の低下などによって特徴づけられる(呉・郭¹⁾)。中華人民共和国建国初期に、中国全国の牧草地は39,193万haがあったが、1990年になると、33,860万haになり、13.61%を減少した。そのうち、利用可能とされる草地は1950年代初期の26,667万haから1990年の22,433万haに減り、減少率は16.0%に達している。

草地、特に利用可能な草地の減少は、次の要因が挙げられる。a)1980年代まで実施されていた「牧畜業地域でも食糧を自給する」という政策であった。1960年代から牧畜業地域では、開墾によって約667万haの耕地が増加した。しかし、開墾された土地の多くは農業地域から牧畜業地域への漸移地帯に位置し、良質な草地であった。b)家畜数の急激な増加である。中国全国に人工草地と人工改良草地は667万ha程度があり、これは利用している草地のわずかに3%にすぎない。上述したように、利用可能な草地面積は約16%も減少した。にもかかわらず、家畜数は建国初期の3,000万匹から現在の1億匹以上に増えてきた。家畜数は草地の負荷能力をはるかに超えてしまった。

今後、12億人を抱える中国では、都市化と工業化は類を見ない速度で進行しており、都市周辺の農地の都市的土地利用への転換が盛んに行われ、良質な農地の減少は確実になってきた。不足の農地を補い、食糧生産を安定したものにするため、地形条件や水条件のよいところでは、林地や草地の開墾が不可欠であろう。ここ数年、「中華人民共和国草原法」が実施されたことによって、草地の保護とその持続的な利用は、法律の側面から保障されるようになった。

(張 貴民・菊地俊夫)

参考文献

- 1)呉 傳鈞・郭 煥成(1994):『中国土地利用』, 科学出版社(北京), 422p.
- 2)中国大百科全書総編集委員会『中国地理』編集委員会(1993):『中国大百科全書 中国地理』, 中国大百科全書出版社(北京), 867p.

第2項 適用したモデル

LU/GECプロジェクトでは、可能な限り多くのアジア地域の国々について2025、2050年の土地利用状況を予測することを目標としたが、アジアの多くの国々では州（省）レベルですら必要とされるデータの収集が非常に困難であった。

中国も例外ではなく、省レベルでは1970年以降の複数の年次に対して耕地、牧草地、都市域、その他、および利用不能地の面積データは公表されているが、森林面積のデータが公表されていないことが明らかとなった。

このような実情に鑑み、中国全域の土地利用・被覆を概観するために、本節では2つのモデル手法を適用した。一つは、第1章第5節に詳説した GKSIM 法、もう一つは、同第7節第3項に述べた中国全土20km メッシュデジタル地図と「中国土地利用」を基に作成した土地利用計画シナリオによる土地利用空間分布予測モデル手法である。

GKSIM 法は、土地利用やその変化要因に関する複数年次データが国レベルでしか存在しない国々に対して出来る。GKSIM においては、予測対象地域と同じ空間スケール（行政単位）で土地利用とその変化要因のデータを最低3時点にわたって収集すれば理論的には予測が可能となる。予測計算は、人口と GDP の年次変化をシナリオとして与えて、土地利用政策が今後とも不変の場合と、森林面積を与件とした場合の2ケースに対して、2050年までの中国全体での5つの土地利用形態の面積変化予測を行った。

土地利用空間分布予測モデルは、1985年頃の中国全土の土地利用・被覆地図を20km メッシュでデジタル化し、「中国土地利用」¹⁾の第6章から第8章の記述に基づき、耕地、森林地、草地、都市的利用地について2030頃の増減をシナリオ予測し、地図上に増減による土地利用変化を表そうというものである。今回のモデルは課題も多くバージョン1の位置付けるべきものである。

中国に対しては、平成8年度に、省レベルの森林データを3つの異なる年次で整備できたので、LU/GEC-I の適用も可能となったが、平成8年度にインドに対して州レベルのデータを基に LU/GEC-I を適用した結果が芳しくなく、その理由が州の数が少ないことにあるため、省の数がさらに少ない中国では芳しい結果が期待できないとして、今回は適用を見合わせた。

（大坪国順）

参考文献

1) 呉 傳鈞・郭 煥成(1994): 『中国土地利用』, 科学出版社(北京)

第3項 予測結果

3.1 一般化 KSIM 法による結果

3.1.1 用いたデータ

中国の土地利用変化の予測に一般化 KSIM(GKSIM)法を適用する際に、用いた過去の中国土地利用データは次ページの図 5 に示されている。土地利用項目は、耕地、林地、草地、非農業用地及びその他5つがある。非農業用地には、都市用地、交通用地及び農村集落用地が含まれている。一方、外生変数として人口と GDP を適用し、人口について予測データは世界銀行によるものを用い、GDP については中国の GDP 増加率が現在の約 20%から徐々に減少し、2050 年に約 3%になるという想定に基づき計算した。2050 年までの人口及び GDP の予測値は、図 3 と図 4 に示されている。

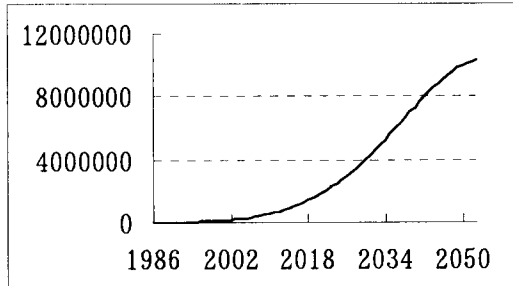


図 3 2050 年までの中国の人口
(unit : 10,000 persons)

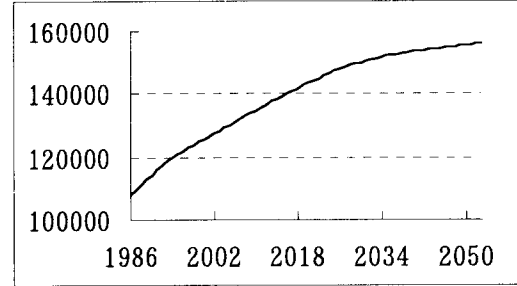


図 4 2050 年までの中国の GDP
(unit : 10 billion RMB)

3.1.2 予測に係わる係数の設定

次に、GKSIM 法を実行する際に必要な係数等の設定値を示す。

表 2 は、各土地利用項目の最大値 (b_i) と最小値 (a_i) を示している。表 3 は、変数 x_j が変数 x_i に与える影響、或いは変数 x_j と変数 x_i との相互影響 ($c_{ij,i}$) を過去のデータにより計算した各土地利用項目間の相関係数を示している。そして、表 2 は、中国の土地利用に関わる影響関数 $w_{i,t}$ (第 1 章第 5 節第 3 項 3.3 を参照) におけるパラメータ k_{p_i} 、 k_{e_i} 及び c_{p_i} の値も示す。

表 2 中国における土地利用面積最大値及び最小値

	耕地	林地	草地	非農業用地	その他
最小値	4408.85	8052.00	18863.32	1371.77	1768.87
最大値	22293.00	33256.00	63424.27	19200.00	16791.97

表 3 中国における各土地利用間の相関係数

	耕地	林地	草地	非農業用地	その他	k_{p_i}	k_{e_i}	c_{p_i}
耕地	1	-0.818	0.773	-0.920	0.768	-1	-1	0.5
林地	-0.818	1	-0.709	0.930	-0.987	0	0	0.5
草地	0.773	-0.709	1	-0.822	0.594	-1	-1	0.5
非農業用地	-0.920	0.930	-0.822	1	-0.892	1	0	0.5
その他	0.768	-0.987	0.594	-0.892	1	-1	-1	0.5

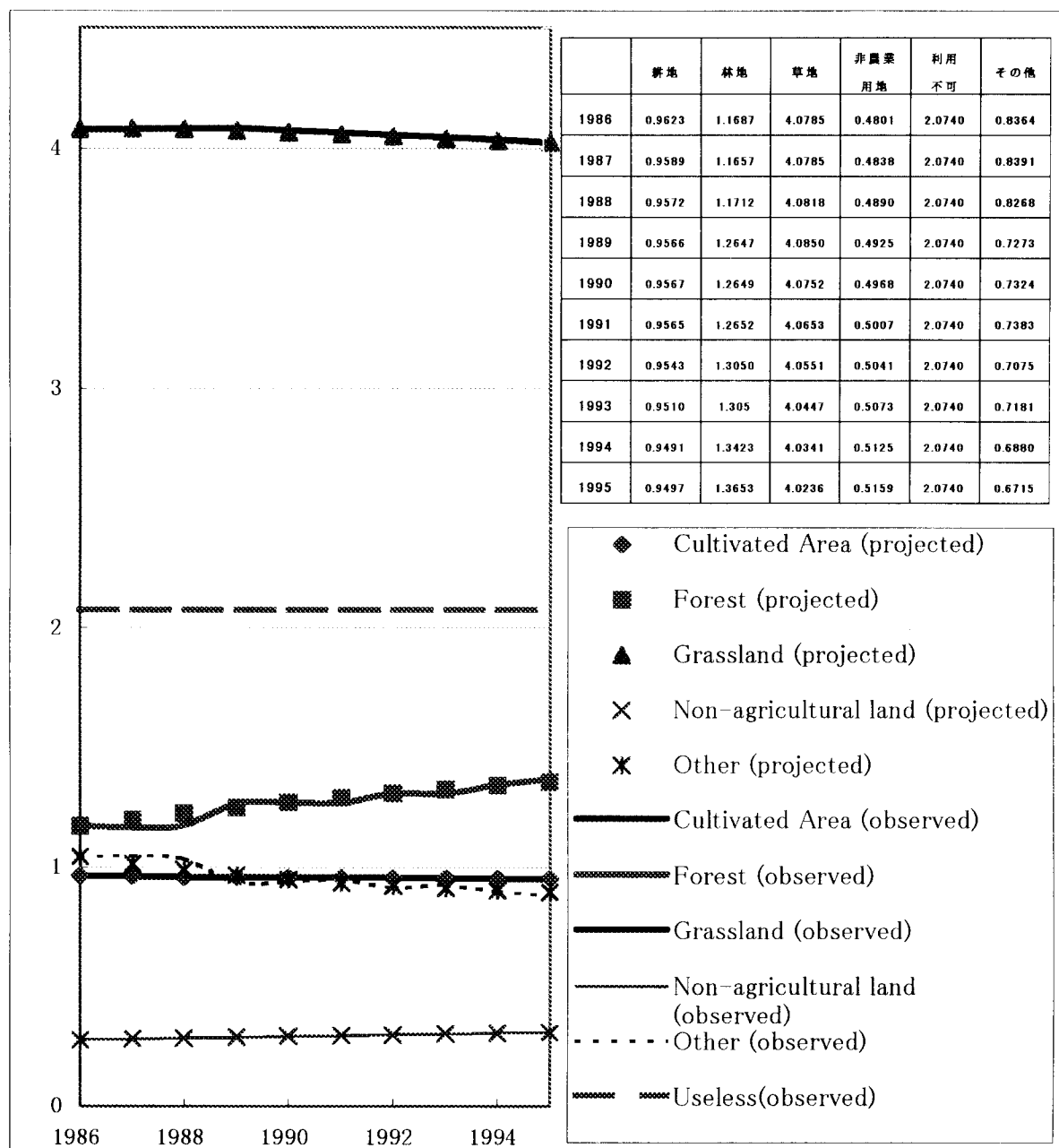


図 5 中国の土地利用データ及び推定値の誤差
(単位: 10^4 km^2)

3.1.3 適用結果

(1) 過去のトレンドが続く場合（シナリオ 1）

上記の表 1、表 2 及び図 3、図 4、図 5 のデータを用いると、過去のトレンドが 2050 年まで続く場合の土地利用変化を予測できることになる。その年次変化予測結果は、図 6 に示されている。図 5 には、過去 10 年間（1986－1995）の各土地利用の面積値の実データと GKSIM 法による推定値が示されている。計算値が過去のトレンドをよく再現していることが分かる。

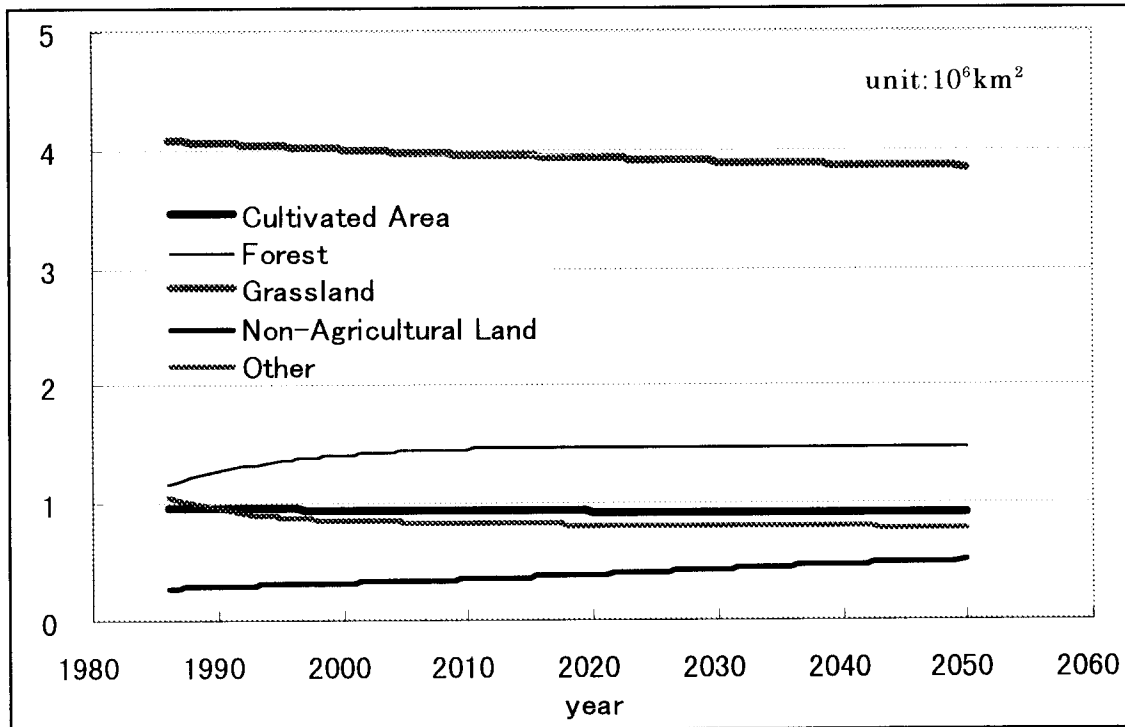


図 6 中国 2050 年までの土地利用（過去のトレンドが続く場合）

(2) 耕地面積の変化をシナリオで与えた場合（シナリオ 2）

中国においては、1987 年に 2000 年までの土地利用のマスタプランが作られ、2050 年までの土地利用に関するビジョンも策定された。耕地面積に関しての中国政府の政策ビジョンは、2050 年まで約 16 億の人口の食糧を自給するために、土地の潜在生産力を段々引き出し $1.13 \times 10^{10} \text{km}^2$ の耕地を確保するというものである。そこで、この政策ビジョンをシナリオとして与え、GKSIM 法により林地、草地、非農業用地及びその他用地の年次変化予測を行った。結果は図 7 に示される。

なお、図 7 において、2050 年までの耕地面積の年次変化は、次のように求められた。まず、1995 年時点の土地生産性を計算し、1995 年一人当たりの食料ディマンド (D_{1995}) が 2050 年まで変わらないとし、2050 年 $1.13 \times 10^{10} \text{km}^2$ の耕地で約 16 億の人口を自給で養うための土地生産性を計算する。次に、1995～2050 年各年間の土地生産性 (PRO_t) の変化は直線で与える。そして、図 3 で示している各年次の人口 (POP_t) を用いて、下記の式で各年次の耕地面積 (A_t) を計算する。

$$A_t = POP_t \times D_{1995} / PRO_t$$

3.1.4 若干の検討

ここでは、二つの行われた中国の土地利用変化の予測結果に対して若干の検討を行う。

- (1) 森林及び非農業用地の増加は、その他面積からの転換もあるが、草地面積に大幅なしわ寄せが来ることが予想され、北部の草原では多くの家畜はさらに条件の厳しい土地に追いやられ over grazing 等の問題がさらに深刻化することが予想される。

- (2) 図 6 の結果は、過去 10 数年間の土地利用面積変化トレンドの統計・数学的解析から得られたもので、2050 年まで耕地面積は微減傾向が続く結果となったが、これだけでは中国が穀物自給できるかもしくは輸入国に転落するかについては何も言及できない。
- (3) 図 6 と図 7 と比べ、耕地面積の増加分は主に草地から転換されたことが読み取れる。一方、2050 年まで耕地面積の増加（図 6）か減少（図 7）かによっては、他の土地利用変化の全体像に大きい影響を与えないことも見られる。これは、耕地面積変化の絶対量は小さいからであるように思われる。
- (4) 中国政府が示した食料自給及び耕地面積に関するビジョン（シナリオ 2）は、理想的な政治・経済・自然状況に基づくもので、必ずしも実現されるとは考えられない。例えば、図 8 は、各省の土地の潜在的な生産性で、現実のもの（図 9）とはかなりの差が見られる。世界銀行の予測によれば、2050 年には中国の人口は 16 億人を超える。このような莫大な人口を養うためには、土地の生産性をかなり上げなければならない。しかし、中国で、耕地が集中している東部地域は、人口の密集地域及び経済の高度発展地域でもある。このことは、東部地域では耕地が都市的利用地として転用され易くなることを示し、しかも、耕地への転用可能面積は多くない。したがって、地域発展のバランスを考え、土地生産性も人口密度も低い西部地域の開発が、安定した食糧の提供への鍵となると言えよう。

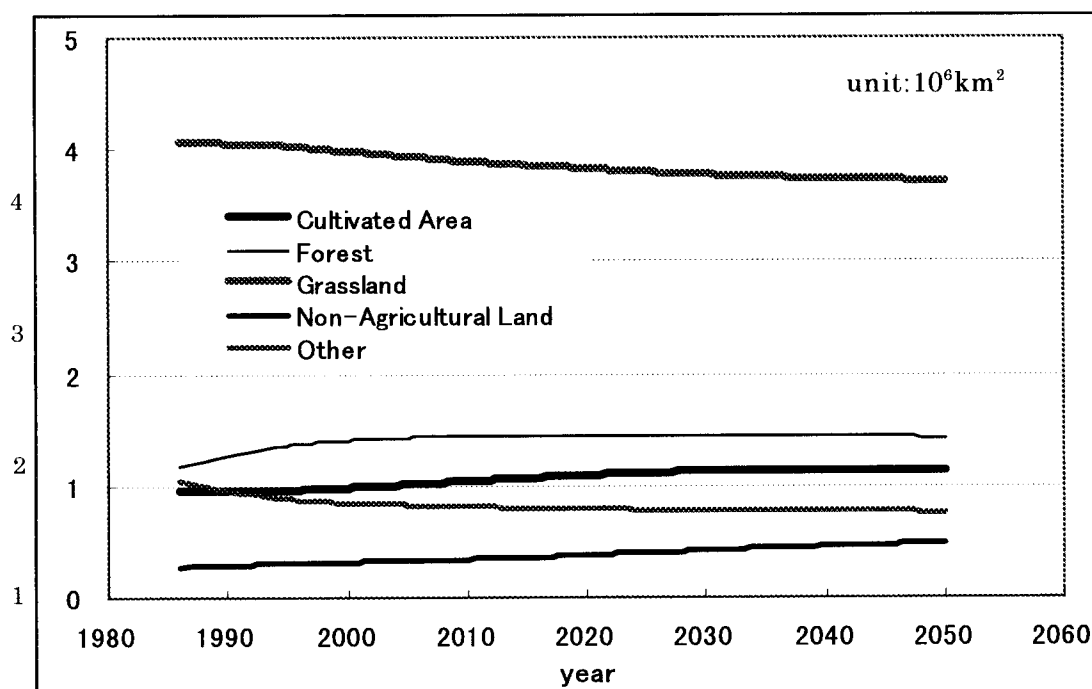


図 7 中国政府の耕地面積に関するビジョン（シナリオ 2）に基づいた
2050 年までの土地利用変化

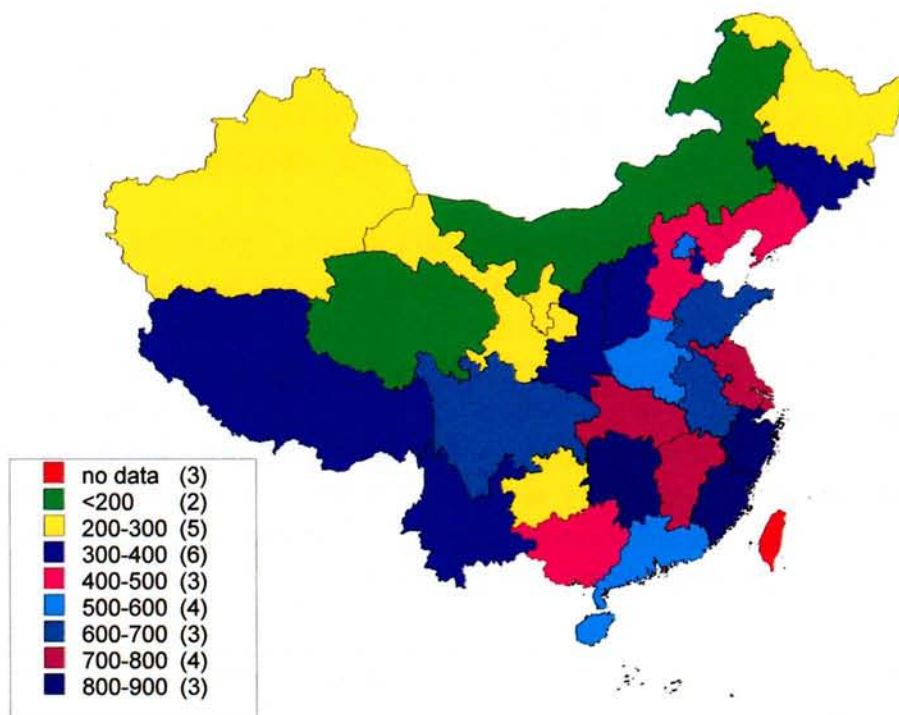


図 8 中国における土地の潜在生産性
(単位: kg/mu, 15mu=1ha, 出典: 参考文献 13))



図 9 中国における土地生産性現状
(単位: kg/mu, 15mu=1ha, 出典: 参考文献 13))

(ゴン建新 大坪国順)

参考文献

- 1)Gong, J.X. and Otsubo, K. (1996) : Development of the Land Use /cover Change Dataset of China, ECO-FRONTIER FELLOWSHIP IN 1996, pp73-81
- 2)Kane, J. et al. (1972) : Environmental Simulation and Policy Formulation-Methodology and Example, International Symposium on Modeling Techniques in Water Resources System, Vol.1, pp.37-53, Ottawa, Canada
- 3)RIDA (1995) : Prospects for Grain Supply-Demand Balance and Agricultural Development Policy in China, OECF Discussion Papers No.6, The Research Institute of Development Assistance, The Overseas Economic Cooperation Fund, Japan
- 4)Wakeland, W. (1976) : QSIM2: A Low-Budget Heuristic Approach to Modeling and Forecasting, Technological Forecasting and Change 9, pp.213-229
- 5)榎木義一,河村和彦 (1981) : 参加型システムズアプローチ,pp181-203 (第六章 KSIM 法とその応用), 日刊工業新聞社
- 6)世界銀行編/河野綱果監訳 (1996) : 世界人口長期推計 '94/95 (1990~2150) , pp180-181, 東洋書林
- 7)宮建新 (1996) : 中国の土地利用に関するデータセット及びモデルの構築,生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」,第7回論文集,東京大学生産技術研究所地球環境工学研究グループ
- 8)大坪国順 (1997) : LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (II)
- 9)中国統計年鑑 (1987-1996 年) , 中国統計出版社
- 10)中華人民共和国林業部 (1989) : 全国林業統計資料匯編(1949-1987),中国林業出版社
- 11)耕地問題研究組 (1992) : 中国耕地遞減問題の数量經濟分析, 經濟科学出版社
- 12)呉伝均,郭煥成等 (1994) : 中国土地利用,科学出版社
- 13)国家土地管理局土地利用規画司 (1994) : 全国土地利用総体規画研究, 科学出版社
- 14)冀党生,哨秦 (1995) : 中国人口流動与管理,中国人口出版社
- 15)中国城市統計年鑑 (1987-1996 年) , 中国統計出版社
- 16)中華人民共和国農業部 (1996) : 中国農業發展報告'96, 中国農業出版社

3.2 土地利用空間分布変化予測モデルによる予測結果

まず中国全土について作成した 20km メッシュデータを利用して、中国土地利用現況図（1985 年）を作成した（図 10）。次に、第 1 章第 7 節第 2 項で述べた、2030 年頃を想定した中国における土地利用空間変化予測モデルに基づいて、中国全域の土地利用変化予測図を下記の手順に従って作成した。

3.2.1 耕地

減少すべき面積はメッシュ 567 個分。20km メッシュデータは左上隅の土地利用種目に続いて、面積の多い順に並んでいるので、耕地（数値番号 03-11）が最大面積となっているメッシュについて、2 番目以降に都市的土地利用（82）を含んでいるメッシュをランダムに 567 個分だけ選び、都市（82）へ変化するものとした。しかし該当するメッシュがこの個数に満たなかったため、試みとして中小城市（83）の拡大も含めることにした。ここでは東部沿岸部の都市拡大に比重を置くべきだが、特に考慮しないことにする。なおこの手順において、都市的な土地利用はこの 45 年間に 3.5 倍以上増加することはないので、1 つの都市の周辺だけで 3.5 倍以上とならないように上限を設ける。実際には、該当するメッシュは 133 メッシュであった。

3.2.2 森林

森林（13-17）は、シナリオによれば 45 年間にメッシュ 750 個分減少する。森林破壊は全土で行っているため、特に地域を考慮せず、森林（経済林をのぞく）が最大面積となっているメッシュを、ランダムに 750 個分だけ選び、裸土（52）へ変化するものとする。

3.2.3 草地

草地のうち天然草地（湿草草地、人口草地および高山帯の草地）は、通年にわたる放牧地となっていないので、変化しないものとし、対象となる草地を乾燥草地（26）と砂漠草地（27）に限定する。草地の開発は西北部の省に顕著であるので、地域を新疆省周辺に限定する。増加分はメッシュ 1036 個分に該当するので、新疆省の範囲（J-43,44,45；k-43,44,45,46；L-44, 45, 46；M-45 のあわせて 11 図副）内で上記の乾燥草地、砂漠草地が最大面積となっているメッシュの隣接メッシュのうち、草地として開発可能な砂漠、裸地（47, 48, 50, 51, 52）などが最大面積をしめるメッシュをランダムに 1036 個だけ選び、26 に置き換えるものとする。実際には該当するメッシュが 570 個しかなかったため、このメッシュについてのみ行うことにした。草地開発は既存の草地に隣接させるという考え方に基づいている。

3.2.4 土地利用予測図（2030 年頃）

上記手順に基づいて西暦 2030 年の概括的な土地利用を予測したものが図 11 である。限られた資料に基づいて数種類の土地利用種目のみを変化させているが、特に華中、華北の都市の拡大が集中的であることや、華南とアムール河流域の森林の荒廃が顕著であること、さらに西部砂漠地帯タリム盆地縁辺部において草地の後退が著しいことなど、特定の地域における土地利用種目の変化が明瞭に示されている。今後は他の土地利用種目の変化についても詳細なシナリオを作成し、このような変化予測の図をより精緻化していくことが必要であろう。

（尾藤章雄）

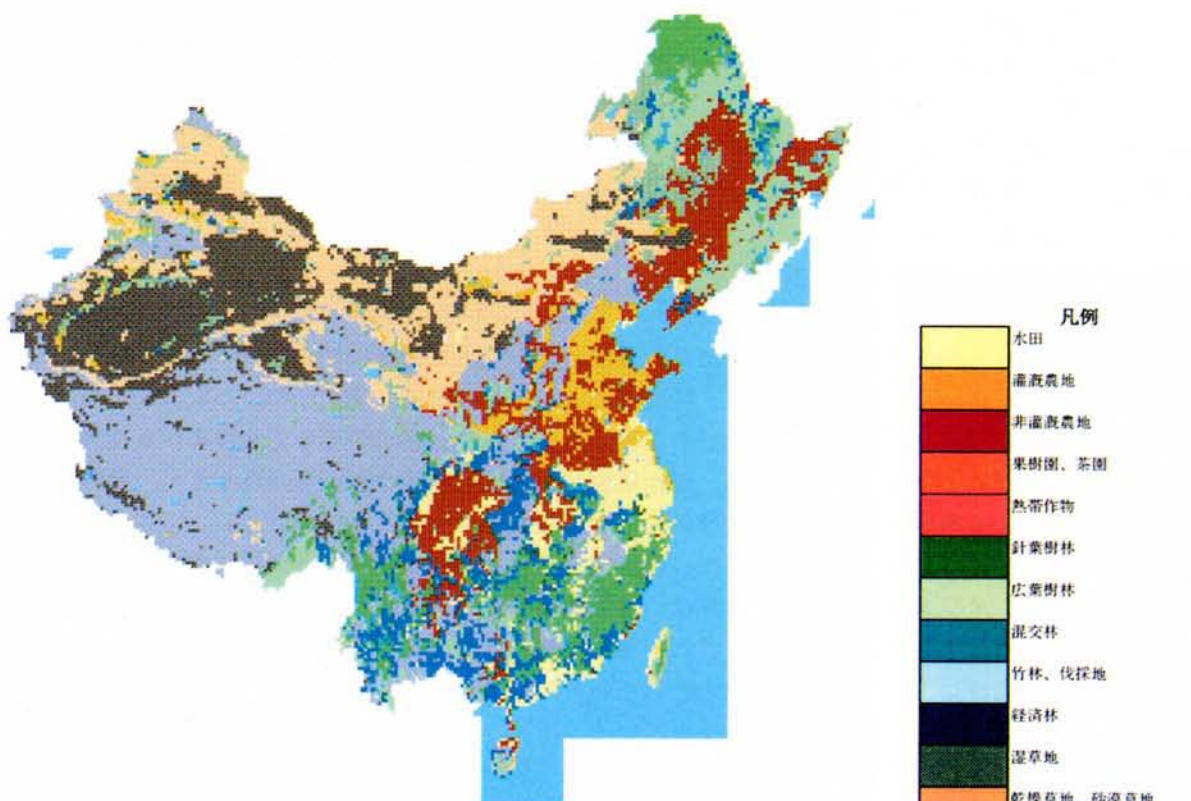


图 10 中国土地利用現況図（1985 年）

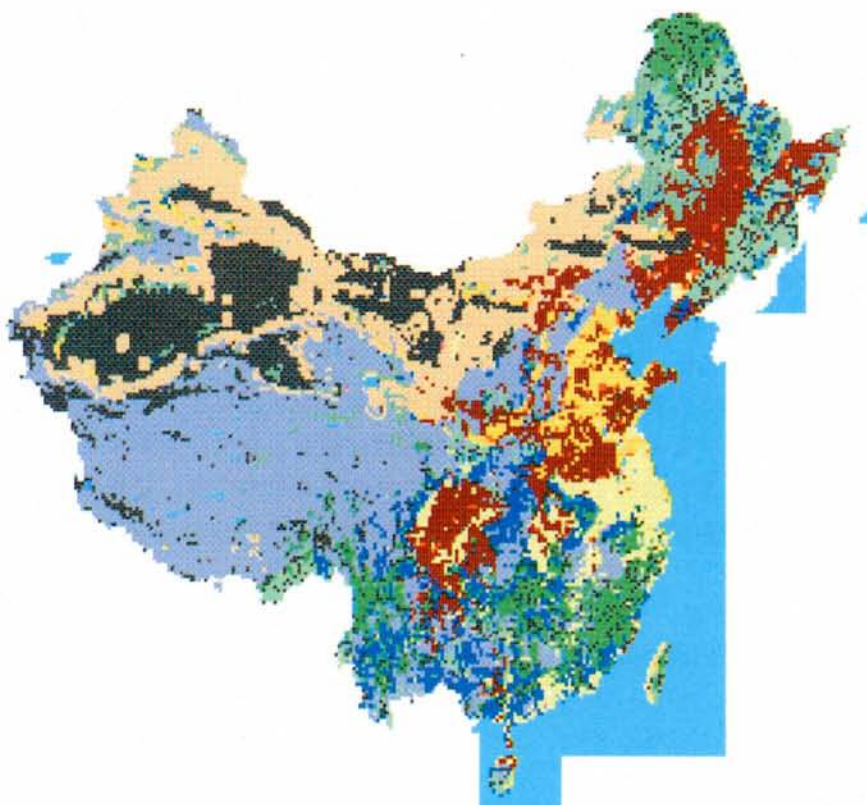


图 11 中国土地利用予測図（2030 年頃）

第3節 インドネシア全土

第1項 インドネシアにおける土地利用・被覆変化の基本的傾向

1.1 概観

世界における最大の群島であるインドネシアは、広大な国土と多くの人口を抱えるという点において東南アジアにおける主要国であり、5つの主要な島と約30の小規模の諸島からなっている。島の総数は、インドネシア海軍水利・海洋学室によると17,000島以上といわれており、その領土は、緯度で6度8分、経度で11度15分の広さがある。インドネシア海は、約190万km²の面積を持つ国土の4倍以上である。

インドネシアは144万haの熱帯雨林を持ち、これはブラジルに次ぐ世界第2位の規模であり、そして世界の熱帯雨林の約10%にあたる。しかし、これは森林省の擁護のもとに土地を言及しているのであって、それらの多くは、ずっと以前から森林としての土地被覆の状態を留めてはいない。それは、材木の高い需要から、森林生産物が、特にここ20年間の間に、増加したことによる。森林生産物は、インドネシア経済の重要な生産物であるが、木材貿易が、直接的そして間接的にも森林伐採に対して影響を及ぼしていると考えられる。森林伐採は、種の多様性の損失を引き起こし、最終的には種の絶滅、大気・水循環の崩壊そして地球温暖化や温室効果の一因となっている。

一方、主要都市近郊の農地では、都市化が、農業的土地利用から都市的土地利用への土地利用転換を拡大させてきた。インドネシアの都市政策は、遠隔地域の開発を通じて国家統合を図るという地域開発と密接に結びついている。開発が優先され、地域振興のためには都市近郊の開発に大きな期待がかけられており、同時に、地域格差の問題も生じている。近頃、インドネシアでは、海外からの投資における局地的なガイドラインが弛められてきている。トランスマイグレーションプログラムも縮小傾向にあり、その開発経費が第4次5カ年計画における6%から、第5次の計画では3%に減額されてきている。そしてそれらの主な課題は、トランスマイグレーションの新規地区の設定以上に同地区の管理となっている。

インドネシアにおける土地利用・被覆変化モデルを構築しようとするに当たって、国土レベルの一般的な傾向を示すモデルを構築するのだが、森林が卓越した地域と主要都市とその近郊地域において都市化プロセスに直面している地域にわけて考えることが適していると思われる。

1.2 森林伐採

森林伐採のプロセスは、国土の土地利用・被覆に多くの変化を生み出してきた。1981年から1985年のインドネシアでの年間の森林伐採量は、6,000km² (FAO, 1988)、10,000km² (USAID, 1987)とそれぞれ推定されているが、世界銀行(1988)は、森林伐採の適当な推定量は、1980年代後半において年7,000km²から12,000km²の量であるとしている。その量は現存している森林の1.4%に相当する。更にインドネシアは、ブラジルを除いた熱帯雨林のある国のなかで、最も広大な熱帯雨林を1年間に損失している国ということを意味している。

熱帯雨林は、種の最も濃密な宝庫であり、資源と生態学的にもサービスを人間に与えることから、その保全が鍵となっている。インドネシアにおける熱帯雨林の損失は、農業とかトランスマイグレーションプログラムのための新集落といった、他の土地利用に転換されるために起こる。にもかかわらず、これまでのところ、南アメリカ諸国を除いて、インドネシアは、世界でもより多くの熱帯雨林を保持する国であり続けている。

森林伐採には、多くの人為的要因がある。人口増加の影響は、しばしば最も主要な要因として挙げられるが、それは多くの点での得た指摘であり、熱帯雨林保有国の人口は、1980年代に15%から36%の範囲で増加したが、森林伐採も90%に拡大したことも、その状況を多く語っている。その他の主な要因は、農業への需要、天然林の伐採、焼畑、トランスマイグレーションプログラム、小規模農家の果樹開発や森林火事などが認識されている。

政策に関しては、インドネシアの一般的な森林伐採政策の問題は、伐採政策ではなく、経済的にポテンシャルのない他の土地利用への転換問題なのである。この政策は、非持続可能活動に関連する

とともに、土地の荒廃と環境問題を結果的に引き起こしている。

1.3 都市化における土地利用転換

一般的な物理的現象としての都市化は、最近は落ち着いてきている。1930年代には、インドネシアの総人口の7.5%しか都市部に生活していなかったが、第2次世界大戦後、農村部における不安定性が主要要因となり、都市成長が急速に進んだ。1961年には、総人口の15%が都市部で生活するようになった。ジャワ島での、この10年間の都市人口の割合は15.6%から18%まで増加した。注目すべき点は、都市人口におけるジャカルタの割合が増加していることである。

都市人口が増加しているにも関わらず、多くの都市や町の市街地が、1945年からはほとんど拡大されてきていないことは注目すべき点である。実際に、都市人口の増加分は、極度に既成市街地に集中することにより吸収されている。この集中の形態は、主として、結果的に都市内部や近郊におけるさまざまなカンボン（伝統的に気ままな居住）が拡大によって特徴づけられる。経済的都市化における最も重要な要因は、農業的経済から工業的経済への移行である。これは、雇用や所得が第1次産業部門（農業）から第2次産業部門（製造業、建設業 etc.）にシフトしたことを意味している。この移行は、通常、物理的な都市化に伴っていた。何故ならば、工業により集約的な土地利用が、工業地域の周辺において、人口の集中を引き起こしたからである。

インドネシアにおける都市化の初期段階では、農村部からの推進要因は、特にジャワ島においてみると工業労働力需要の観点から都市地域での補完的な吸引要因とはなっていない。実際、その高い割合は、雇用量を覆い隠してしまい、これらの推進要因が作用している。そして都市への人口移動を導いているにも関わらず、多くの人々が彼らの村で直面している緊急の需要が、都市においてより良い生活機会を求めるという彼らの望みを支えることになっている。

第1次産業部門（農業）の雇用不足は、都市化の強い推進要因を生んでいる。経済的な改革がインドネシアにもたらされてから、都市化のパターンにおける変化で予想されていなかった興味ある点がいくつか生じてきている。インドネシアの年間都市人口成長率は、1971～1980年の間の3%から、1980～1990年の間では2.6%に落ちている。

インドネシアの最大都市のジャカルタの成長率は、幾分、下がってきている。ジャカルタの人口は、1990年に930万人であった。1980年から1990年の間の人口成長率は、年間2.4%であり、1971年から1980年の間に記録した3.9%から下落してきている。その理由は、(JABOTABEK^{*} からジャカルタ地域を除いた) BOTABEK 地域の都市部が、その都市の成長分以上に人口を吸収しているからである。後進開発地域が、1980年から1990年の間に226%も成長している。

大都市周辺の地域では、都市人口増加もその増加率も両方高い。このパターンは、大都市地域に誘発された周辺の県の経済活動が成長したからであり、当然の結果といえる。TANGERANG 県と BEKASI 県における工業活動の成長は、ジャカルタの都市施設と都市基盤により支えられている。実際、1985年まで、ジャカルタとその近隣の県及び政令都市 (KOTAMADYAS) は、ガスと石油を含んだ大規模工業と中間工業を主として、国内工業生産物のうち31%を生産してきた。

この要因は、主要都市を囲む県における土地利用変化に大きな影響を与えてきた。ここ10年間、特にジャカルタにおいて、現存する多くの優良な農用地が、工業地やニュータウンを含む大規模住宅地に転用されてきている。ジャカルタと接する BOGOR 県の推計では、1986年に存在した23,000haの水田のうち約2,000haは、工業地そして住宅地に今なお転用されている。同様に、ここ5年間に、BEKASI 県は、優良農用地が非農用地に転用されたため、年間約200haが減少した。

ジャカルタやその周辺地域において社会経済活動の集中の進展は、大都市圏に多くの人を、特に農村地域から引きつけてきた。したがって、すべての県の人口は増加した。1980年から1990年の間、BOGOR 県の人口は、年間4.13%で増加し、BEKASI 県と KARAWANG 県はそれぞれ、6.29%、6.10%増加

^{*} JABOTABEK 次の地方自治体を含む首都圏域 (Jakarta, Bogor, Tangerang そして Bekasi)

した。

プランナーは、都市の急速な拡張に対して、別の形態を用意してきた。それらは、2005 年までのジャカルタの成長に対するもプランに集約されてきた。このプランは、東西方向に拡大する都市化と内陸からジャカルタ湾の海岸域に向かう都市拡大の方向とを繋ぎ合わせるものである。西部では、Cengkareng（そして TANGERANG TOWN）にある国際空港につながる街道沿いが、東部では、BEKASI の衛星都市へ繋がる街道沿いが開発された。BOGOR と BANDUNG へと続く南部方向への道路沿いの開発は、地域環境に影響を受けやすいことから節減されてきた。

現在、ジャワ島の農業開発問題のひとつは、特に BOTABEK で優良農用地が工業・住宅地域に集中的に転用されていることである。

（北村貞太郎 Ernan Rustiadi）

第2項 適用したモデル

開発された LU/GEC 基本モデル（マルチロジスティック・モデル）においては、予測対象となる行政単位より一つ小さな行政単位で、土地利用、自然要因、および土地利用変化の誘導因子（社会経済的要因）のヒストリカルデータが必要となる。インドネシアに対しては、州レベルのヒストリカル・データの整備が十分出来なかったもので、インドネシア全域の土地利用変化予測のためにマルチロジスティック・モデルの適用を見合わせた。それに換わって、定弾力性均衡モデル（Constant Elasticity Dynamic Equilibrium Model of Land Use : CEDEq-LU）と一般チューネンモデルを適用した。

2.1 定弾力性均衡モデルの概略

2.1.1 需要・供給関数

本モデルでは需要および供給関数にベキ乗関数を仮定する。弾力性 e とは、量の計り方（単位の違い）を捨象した変化率のことで、関数 $y=f(x)$ において $e=(dy/y)/(dx/x)$ で定義される。ベキ乗関数は（定弾力性 Constant Elasticity）であることが知られているので、本モデルは定弾力性モデルに分類される。また、本モデルでは、供給関数は土地利用面積変数 x と土地利用生産性変数 y で表され、需要関数は粗需要変数 F と補正因子 C から成っている。

2.1.2 需給均衡方程式

本モデルでは、この需要・供給が均衡しているとして均衡方程式を解いて、土地利用の需給関係を予測する。このため、均衡モデルと呼ばれる。

2.1.3 社会経済的前提条件を加えた問題の解決

本モデルでは、供給側の土地利用面積変数 x 、土地利用生産性変数 y 、需要側の粗需要変数 F 、補正因子 C の4変数を決定しなければならない。この4変数に対し、需給均衡方程式が成立すると考えるのでまず自由度は3となる。さらに、粗需要 F にロジスティック関数形（逆S字関数形）を仮定する飽和成長モデル等を用いることによって自由度は2となる。すなわち残りの3変数（土地面積 x 、土地生産性 y 、補正因子 C ）のうち、どれか1つを決めれば、残りが決まるという関係である。

ここでは、以下、2つのシナリオの下で予測を行った。

- (1) 土地利用生産性の改良がなかったときに、社会の成長はどう抑制されるか？
- (2) 持続的な社会経済発展のためには、土地利用生産性をどこまで高めなければならないか？

2.2 インドネシア広域に対する一般チューネンモデル

一般チューネンモデルの数学的基礎については、第1章第4節に譲るとして、ここでは、一般チューネンモデルをインドネシア広域に適用する場合の考え方を述べる。

もともと一般チューネンモデルは、島毎の地域単位のモデルであるが、海域を隔てた他地域に立地する都市からの影響力が、海域を越えて及ぶと考えることは十分に可能である。その場合、海域が空間的相互作用に及ぼす影響力であるが、以下の2つの相反する考え方があり得る。

- (1) 海域は隔離の効果があり、陸上よりも強い距離減衰関係（距離の摩擦）が存在する。

海上輸送は陸上輸送より重量の大きい財に対しコスト的に有利であり、むしろ海域は交通路として有

利である。

2 番目の考え方は、林業・農業・重工業などの生産物に対して正しいであろう。また、シンガポール・インドネシアのパタム島・マレーシアのリアウ州の成長三角形 (Growth Triangle) 経済圏のように、海域によって強く結びつく場合もある。したがって陸上よりも弱い距離減衰関係 (距離の摩擦) が存在する。

実際には、以下のキャリブレーション結果でもわかるように、大円距離で陸上と同じ程度の距離減衰関係を仮定したナイーブなモデルが、かなり妥当する。したがって、インドネシアの複数の島を合わせた全域的モデルにおいても、大円距離で計測した距離減衰関係を、陸上と同程度仮定してよい、という結論が得られた。

(大坪国順・小長谷一之)

第3項 予測結果

3.1 チューネン型ロジスティックモデルによる結果

3.1.1 モデルの配置構造

本来はインドネシア全域をモデルするのが望ましいが、ここでは信頼すべきデータが得られているジャワ、カリマンタンを対象とする (スマトラについては参考文献1) を参照のこと)。さらに、ジャワについては、土地利用データに信頼性がある西ジャワ州を対象とする。

以下では、 i : 地区番号 ($i=1\cdots M$)、 M : 地区数; α : 都市番号 ($\alpha=1\cdots N$) ; N : 都市数; t : 土地利用カテゴリー番号 ($t=1\cdots T$) ; および T : 土地利用総カテゴリー数とする。

まず、土地利用を考える対象地区は、西ジャワの 19 県+カリマンタンの 24 県の 43 地区であり、 $M=43$ となる。土地利用に影響を与える都市は、西ジャワの 5 都市+カリマンタンの 5 都市の 10 都市であり、 $N=10$ となる。土地利用カテゴリーは、都市的土地利用 ($t=1$)、農業的土地利用 ($t=2$)、林地的土地利用 ($t=3$) の 3-カテゴリーモデルを考えるので、 $T=3$ となる。

被説明変数は、 $P^{(t)}_i$: 地区 i の t カテゴリーの土地利用比であり、説明変数 (独立変数) は、 q_α : 都市 α の人口 ($\times 10000$ 人) と $d_{i\alpha}$: 地区 i と都市 α 間の距離 (km) である。

3.1.2 1980 年の結果

GA (遺伝的アルゴリズム) によってキャリブレートされたパラメータは、 $^{80}a^{(1)}=0.31, ^{80}c^{(1)}=1.16$; $^{80}a^{(2)}=0.56, ^{80}c^{(2)}=0.45$ および、 $^{80}a^{(3)}=0.26, ^{80}c^{(3)}=0.00$ であり、モデルは、

$$^{80}P^{(1)}_i = K_i[0.31; 1.16] / \{K_i[0.31; 1.16] + K_i[0.56; 0.45] + K_i[0.26; 0.00]\}$$

$$^{80}P^{(2)}_i = K_i[0.56; 0.45] / \{K_i[0.31; 1.16] + K_i[0.56; 0.45] + K_i[0.26; 0.00]\}$$

$$^{80}P^{(3)}_i = K_i[0.26; 0.00] / \{K_i[0.31; 1.16] + K_i[0.56; 0.45] + K_i[0.26; 0.00]\}$$

$$K_i[0.31; 1.16] = \sum_{\alpha} \exp(0.31 \cdot q_{\alpha} - 1.16 \cdot d_{i\alpha})$$

$$K_i[0.56; 0.45] = \sum_{\alpha} \exp(0.56 \cdot q_{\alpha} - 0.45 \cdot d_{i\alpha})$$

$$K_i[0.26; 0.00] = \sum_{\alpha} \exp(0.26 \cdot q_{\alpha} - 0.00 \cdot d_{i\alpha})$$

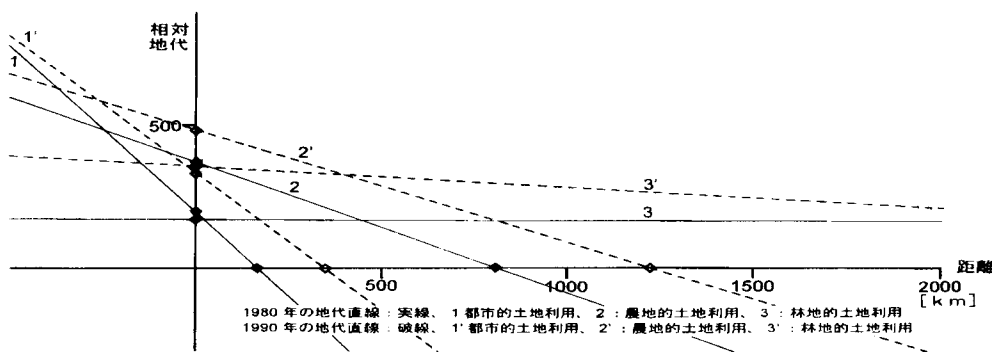


図 1 仮想地代直線

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.89$ 、 $SRMSE=0.3$ でありかなり良い結果といえる。そこで、適合度統計量 $SRMSE$ は標準化平方根平均二乗誤差 (Standardized Root Mean Square Error) であり、

$$SRMSE = \{ \sum_i \sum_t (P^{(t)}_{i,real} - P^{(t)}_{i,model})^2 / (M \cdot T) \}^{0.5} / \{ (\sum_i \sum_t (P^{(t)}_{i,real})^2 / (M \cdot T))^{0.5} \}$$

で定義される。 $P^{(t)}_{i,real}$ は観測値。モデルを解釈する仮想地代直線を図 1 に実線で示す。

3.1.3 1990 年の結果

G A (遺伝的アルゴリズム) によってキャリブレートされたパラメータは、 ${}^{90}a^{(1)}=0.42$ 、 ${}^{90}c^{(1)}=0.98$;
 ${}^{90}a^{(2)}=0.59$ 、および ${}^{90}c^{(2)}=0.39$; ${}^{90}a^{(3)}=0.42$ 、 ${}^{90}c^{(3)}=0.07$ であり、モデルは、

$${}^{90}P^{(1)}_i = K_i[0.42;0.98] / \{ K_i[0.42;0.98] + K_i[0.59;0.39] + K_i[0.42;0.07] \}$$

$${}^{90}P^{(2)}_i = K_i[0.59;0.39] / \{ K_i[0.42;0.98] + K_i[0.59;0.39] + K_i[0.42;0.07] \}$$

$${}^{90}P^{(3)}_i = K_i[0.42;0.07] / \{ K_i[0.42;0.98] + K_i[0.59;0.39] + K_i[0.42;0.07] \}$$

$$K_i[0.42;0.98] = \sum_{\alpha} \exp(0.42 \cdot q_{\alpha} - 0.98 \cdot d_{i,\alpha})$$

$$K_i[0.59;0.39] = \sum_{\alpha} \exp(0.59 \cdot q_{\alpha} - 0.39 \cdot d_{i,\alpha})$$

$$K_i[0.42;0.07] = \sum_{\alpha} \exp(0.42 \cdot q_{\alpha} - 0.07 \cdot d_{i,\alpha})$$

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.88$ 、 $SRMSE=0.33$ であり、かなり良い結果といえる。モデルを解釈する仮想地代直線を図 1 実線に示した。

3.1.4 2025 年の結果

上記の 2 時点の結果から、以下の諸点がわかる。

(1) わずかの説明変数による説明力

一般チューネンモデルは、海域で分裂した広域的地域(この場合はカリマンタンとジャワ)に対しても十分適用可能である。その適合結果はかなりよい。管見では、人口等わずかの説明変数を利用して、土地利用を説明する上でもっともよいパフォーマンスを示しているのではないかと考える。この理由は、いうまでもなく、これまでの通常のポテンシャル法ではパラメータを先験的に設定して適用をおこなうが、一般チューネンモデルでは逆にもっとも適合度の高いパラメータを後験的に探索するからである。しかも一般チューネンモデルは厳密な理論的基礎をもっているところが、これまでのポテンシャル法と異なる。ただし良いことばかりではなく、逆にパラメータに対し表式が非線形なため、通常の方法では解くことができない。このため、G A (遺伝的アルゴリズム) という新しい方法を使って解決することになる。

(2) パラメータの時間的一定性

小長谷が参考文献 1) の中で発表したスマトラモデルに比べると、パラメータが時間的に非常に安定していることがわかった。すなわち、1980 年におけるパラメータと 1990 年におけるパラメータが非常に近い値をとっているのである。一般に多くのモデルでは、各時点ごとにパラメータが大きくかわることが多く、その場合、予測のためには単なる説明変数の成長変化だけでなく、パラメータ自身の変動をも予測する必要がでてくるが、それは難しいことが多い。

表 1 2025年の予測結果(ジャワカリマンタン)

	県	都市的土地 利用比 (%)	農地的土 地利用比 (%)	林地的土 地利用比 (%)
1	Pandeglan	18.40	59.28	22.32
2	Bogor	30.05	55.06	14.89
3	Sukabumi	21.96	58.23	19.81
4	Cianjur	21.94	58.03	20.03
5	Bandung	21.76	57.63	20.61
6	Garut	18.20	58.69	23.12
7	Tasikmalay	12.91	58.22	28.87
8	Ciamis	11.01	57.58	31.41
9	Kuningan	10.50	57.36	32.14
10	Cirebon	13.72	58.24	28.04
11	Majalengka	15.80	58.58	25.62
12	Sumedang	18.52	58.45	23.03
13	Indramayu	17.30	58.85	23.85
14	Subang	22.49	57.90	19.61
15	Purwakart	25.39	56.96	17.65
16	Karawang	27.73	56.13	16.14
17	Bekasi	32.04	54.08	13.88
18	Tangerang	30.37	54.97	14.66
19	Serang	24.53	57.55	17.92
20	Sambas	1.07	17.04	81.89
21	Pontianak	3.00	22.96	74.04
22	Sanggau	1.13	19.46	79.40
23	Ketapang	0.84	29.49	69.66
24	Sintang	0.49	17.50	82.02
25	Kapuas Hu	0.26	11.67	88.07
26	Kotawaring	0.65	27.03	72.32
27	Kotawaring	1.34	20.52	78.14
28	Kapuas	3.29	16.97	79.73
29	Barito Sel	2.77	15.20	82.03
30	Barito Uta	1.09	12.33	86.58
31	Tanah Lau	3.12	16.37	80.51
32	Kota Baru	2.01	13.23	84.76
33	Banjar	3.73	16.05	80.22
34	Barito Kua	4.85	17.38	77.77
35	Tapin	3.53	15.84	80.63
36	Hulu Sung	3.13	15.35	81.53
37	Hulu Sung	2.75	14.67	82.58
38	Hulu Sung	2.68	14.47	82.85
39	Tabalong	2.69	14.15	83.16
40	Pasir	3.36	13.44	83.20
41	Kutai	1.99	9.88	88.13
42	Berau	0.48	5.59	93.93
43	Bulungan	0.16	4.49	95.35

このような、今回の一般チューネンモデルの安定性は、都市、農業、林地という3カテゴリーをとっていることからきており、本年度の大きな成果である。この結果、パラメータの時間的变化をさらに複雑な社会経済的関係から推論することなく、一定とみなし、人口成長モデルのみと組み合わせて安定した予測をおこなうことが正当化される。

上記(2)の点から、2025年までの人口変化をトレンドで予測（ただしDKIジャカルタだけは1200万人で固定）し、1980年、1990年の平均値をパラメータに代入したモデルが出した2025年における土地利用面積の予測結果を表1に示した。

（小長谷一之）

参考文献

1) 大坪国順編(1997): LU/GECプロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(II)ー、CGER-REPORT CGER-IO27-'97.

3.2 Results by CEDEq-LU Model

3.2.1 Parameters Estimates: Characteristics of Land Use and Socioeconomic Dynamics in the Past Three Decades of Indonesia

Results of parameter estimation for the CEDEq-LU Model are summarized in Table 2 and for the Saturating Growth Model in Table 3. The models are significantly fit to data of the past three decades land use and socioeconomic dynamics in Indonesia. The models fit to the data with coefficient of determination (R^2) of more than 99%. This means that unexplainable data variability is less than 1%. Therefore, parameter estimates of the models are good enough to explain main characteristics of land use and socioeconomic dynamics of Indonesia particularly for the past three decades.

**Table 2: Parameter Estimates of the CEDEq-LU Model:
An Indonesian Data Case (1961-1989)**

Land Use	Elasticity with Respect to:							Constant	RSq.
	Land Use					Demand Factor			
	ARBL	PCRP	PPST	FORW	URBL	GDP	POP		
ARBL	1.000	9.009	1.162	-3.324	-0.316	-0.065	-1.248	-21.191	99.99981
PCRP	0.071	1.000	-0.174	0.133	-0.032	0.008	0.142	6.557	99.62387
PPST	1.049	-8.576	1.000	3.729	0.460	0.061	1.179	10.095	99.9868
FORW	-0.239	1.420	0.094	1.000	-0.184	-0.009	-0.189	5.149	99.99917
URBL	-2.014	15.674	1.725	-7.376	1.000	-0.110	-2.146	-8.482	100

Notes:

ARBL	Arable Land (unit: thousand ha)
PCRP	Permanent Crops (unit: thousand ha)
PPST	Permanent Pasture (unit: thousand ha)
FORW	Forest and Wood Land (unit: thousand ha)
URBL	Urban, Non-Agricultural, and Other Land (unit: thousand ha)
GDP	Real Gross Domestic Products (unit: billions Rp)
POP	Population size (unit: thousand persons)
RSq.	Coefficient of Determination (unit: percent)

From Table 2 (elasticity matrix) we can see how many percent area of a certain land use (row variable) will change when area of another land use (column variable), real GDP, or population changes one percent. As an example, from ARBL row and POP column we can see that a percent of population growth in the past three decade implied in conversion of arable land by about 1.25 percent. Moreover, from URBL row and ARBL column we can see that a percent conversion of arable land was followed by about 2% area expansion of urban and non-agricultural land. Another example, from URBL row and POP column we see that a percent of population growth implied in conversion of urban, non-agricultural and other land by about 2.15 percent. This later phenomenon is likely not reasonable. However, this is because of too broad categorization. Actually, the conversion is neither for urban and nor for non-agricultural land, but for other land such as uncultivated swampy land. Current example for this phenomenon is development of one million hectares swampy peat land to agricultural land in Central Kalimantan (1997). From Bogor case, GDP and population growth are linearly correlated with expansion of land for housing and industrial establishment with correlation coefficient of 0.99 and 0.86 respectively. As a general figure of land use change phenomena got from Table 1 are as follows:

- (1) Economic and population growth directly and indirectly induced (or be induced by) change of land uses particularly arable land, permanent crop, urban and non-agricultural land;
- (2) Main source of arable land expansion (food crop development, etc.) is from conversion of forest land and other land especially uncultivated swampy (peat) land;
- (3) Main source of permanent crop land expansion (plantation development, etc.) is from conversion of permanent pasture land including *alang-alang* (*Imperata cylindrica*);
- (4) Main source of urban and non-agricultural land (development of urban housing, transmigration settlement, industry, mining, etc.) is from conversion of arable land and forest/wood land.

Table 3: Parameter Estimates of the Saturating Growth Model

Parameters		GDP	POP
1	Saturation Value	294567	498393
2	Logistic Growth Constant	-6.80480	-1.46463
3	Logistic Growth Rate	0.06106	0.02917
4	RSq.	99.8455	99.9240

Notes:

- GDP Real Gross Domestic Products (unit: billions Rp)
- POP Population size (unit: thousand persons)
- RSq. Coefficient of Determination (unit: percent)

From Table 3 we can see that Indonesian economy (real GDP) and population grow with average initial maximum growth rate (the logistic growth rate) of about 6.1% and 2.9% a year respectively. The real GDP is estimated to have potential growing capacity up to its saturation value, i.e. about 95 times real GDP of year 1997. Within such potential supporting capacity, the economy is estimated to have ability supporting population size up to its saturation value of about 500 million persons (i.e. about 2.5 times population of 1997). Therefore, Indonesia has potentiality to increase the current status of income per capita up to approximately 40 times. However, these estimates are still subject to change depending upon how resources will be managed by the government and the society, as we will discuss in the following sub chapters.

3 . 2 . 2 Simulation under the Scenario 1: Indonesia Socioeconomic Crisis in the Beginning of the 21st Century

Results of model simulation under the scenario 1 are summarized in Figure 2 and Figure 3. Figure 2 shows population projection up to the 21st century in Indonesia with different models/scenarios, i.e.:

- (1) the Saturating Growth Model,
- (2) the CEDEq-LU Model without significant improvement of land use productivity and social efficiency,
- (3) Average of (1) and (2),
- (4) Projection by the Government of Indonesia, and
- (5) Projection by the World Bank.

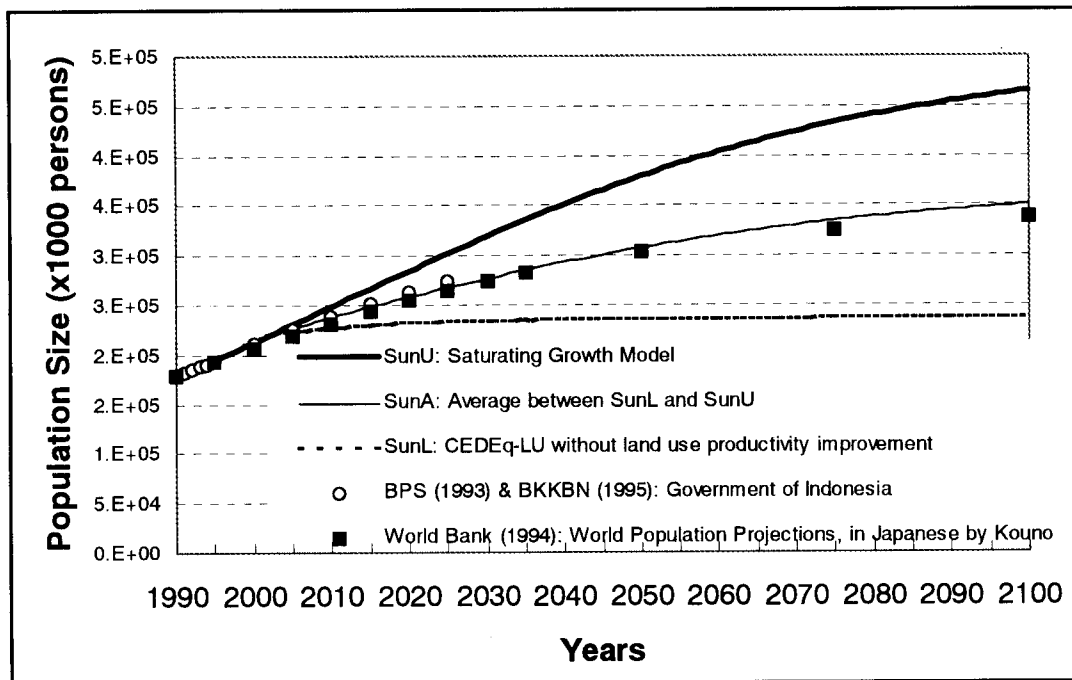


Figure 2 Population projections

It is shown that up to year 2003 both models/scenarios estimate the same population size. However, since then the Saturating Growth Model shows the highest estimate while the CEDEq-LU Model shows the lowest estimate. Results of projections by the Government of Indonesia and by the World Bank are approximately same as average value of projections by the Saturating Growth Model and the CEDEq-LU Model. These phenomena tell us that if there is no further improvement of land use productivity and social efficiency, population carrying capacity of Indonesia's resources will only grow until year 2003. Since then, the population carrying capacity will not significantly grow and population of Indonesia will never reach 250 million persons. However, with a medium optimistic projection, population of Indonesia will grow as estimated by the Government of Indonesia and the World Bank.

Figure 3 shows economic growth projection up to the 21st century in Indonesian with different modes/scenarios. Up to year 2006 Indonesian economy is estimated by both models to grow with average growth rate of about 6% a year. However, if there is no further improvement of land use productivity and social efficiency, from year 2006 the economy will set down to the level of year 1997. The problem will be more critical when the social efficiency and the land use productivity are significantly degrading as happening in the current Indonesian economic crisis. Saefulhakim (1998)¹⁾ shows that the current economic crisis in Indonesia is caused by many factors especially related to cumulative causation process of productivity and efficiency degradation, such as leveling-off in rice productivity and incremental capital-output ratio (ICOR) since 1984.

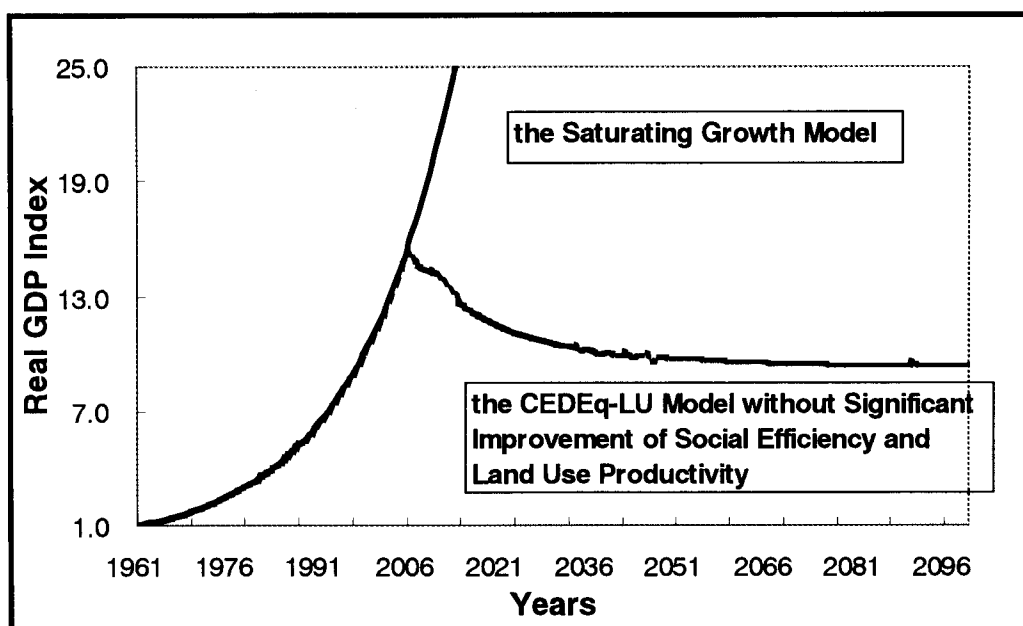


Figure 3 Economic growth projections

3.2.3 Simulation under the Scenario 2: Land Use Productivity Improvement Rate Necessary for Maintaining Sustainable Socioeconomic Development in Indonesia

Results of model simulation under the scenario 2 are summarized in Figure 4 and Figure 5. These figures show how land uses in Indonesia to be changed in order to match with:

- (1) Economic and population growth as projected using the Saturating Growth Model, i.e. maximum possible economic growth and population carrying capacity; and
- (2) Land suitability constraints.

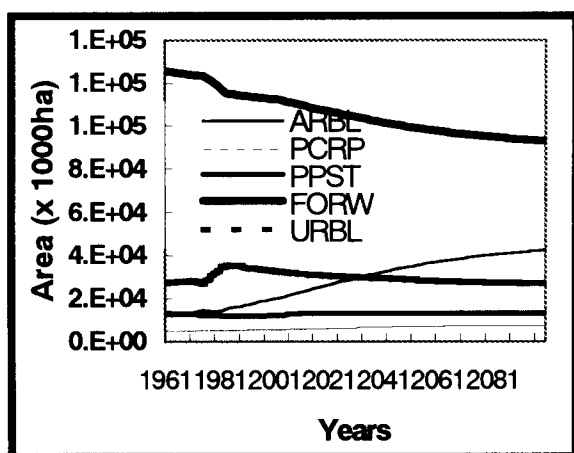


Figure 4 Land use projection under scenario 2

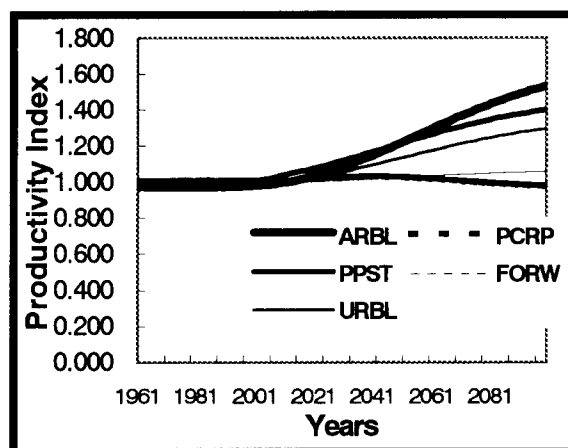


Figure 5 Productivity projection under scenario 2

As a general conclusion from the figures, we can say that as far as policy is measured in terms of land uses, in order to achieve the most possible sustainable development, Indonesia has at least to do the followings:

- (1) Area of arable land should be increased significantly. For that, it will be necessary to convert some of convertible forest and the currently uncultivated swampy land.
- (2) Land use productivity should be increased significantly particularly for arable land, permanent pasture, urban land, and non-agricultural land. For that, we have to set up better policies and actual programs concerning namely land use intensification, land use conversion control, land resource rehabilitation, land resource conservation, land consolidation, etc. (see Saefulhakim, 1994²⁾, 1996³⁾, and 1997a⁴⁾; Saefulhakim and Nasoetion, 1994⁵⁾ and 1996⁶⁾; Saefulhakim, et al., 1997⁷⁾; Geo, 1997⁸⁾).

3 . 2 . 4 Conclusion

The above research results can be summarized as follows:

- (1) It was introduced a simple model simulating dynamic interrelationship between the change of land uses and socioeconomic system. The model is named the CEDEq-LU (Constant Elasticity Dynamic Equilibrium Model of Land Use). The model fit to actual data with highly significant coefficient of determination.
- (2) Economic and population growth directly and indirectly induced (or be induced by) change of land uses particularly arable land, permanent crop, urban and non-agricultural land
- (3) Main source of arable land expansion (food crop development, etc.) is from conversion of forest land and other land especially uncultivated swampy (peat) land;
- (4) Main source of permanent crop land expansion (plantation development, etc.) is from conversion of permanent pasture land including *alang-alang* (*Imperata cylindrica*);
- (5) Main source of urban and non-agricultural land expansion (development of urban housing, transmigration settlement, industry, mining, etc.) is from conversion of arable land and forest/wood land.
- (6) Indonesian economy has a potential growing capacity up to about 95 times real GDP of year 1997. Population supporting capacity is about 2.5 times population of 1997. Therefore, Indonesia has potentiality to increase the current status of income per capita up to approximately 40 times.
- (7) However, if there is no further improvement of land use productivity and social efficiency, population carrying capacity of Indonesia's resources will only grow until year 2003, and from year 2006 the economy will set down to the level of year 1997. The problem will be more critical when the social efficiency and the land use productivity are significantly degrading as happening in the current Indonesian economic crisis.
- (8) In terms of land policy, in order to achieve the most possible sustainable development, Indonesia has at least to:
 - (1) Significantly increase area of arable land with a care conversion of some convertible forest and the currently uncultivated swampy land, and
 - (2) Significantly improve land use productivity, particularly for arable land, permanent pasture, urban land, and non-agricultural land.

(Sunsun Saefulhakim)

References

- 1) Saefulhakim, R. Sunsun (1998). **Spatial Arrangement for Rural Areas, Agriculture Development, and Irrigation Infrastructure**. Paper presented in the National Expert Forum for Designing the

Government Regulation on Rural Spatial Arrangement. Jakarta, January 21-22, 1998. The National Coordinating Agency for Spatial Arrangement (BKTRN). *(In Indonesian)*

- 2) Saefulhakim, R. Sunsun (1994): **A Land Availability Mapping Model for Sustainable Land Use Management**. Ph.D. Dissertation of Regional Planning Laboratory, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto.
- 3) Saefulhakim, R. Sunsun (1996): **A Study on Effectiveness of Land Use Conversion Control Policy Institutions**, Case Study of Bali, Java, and South Sumatra. Monograph of Land Resources Development Planning Laboratory, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Bogor Agricultural University (IPB), Bogor. *(In Indonesian)*
- 4) Saefulhakim, R. Sunsun (1997a): *Conceptual Framework for Spatial Planning and Rural Area Development*. **Journal of Regional and Urban Planning**, Vol.8, No.1, January 1997. Center for Regional and Urban Development, Bandung Institute of Technology (ITB), Bandung
- 5) Saefulhakim, R. Sunsun, and Lutfi I. Nasoetion (1994): **Rural Land Use Management for Economic Development**. Paper presented at the Seminar on Agricultural Land Use Management, Organized by Asian Productivity Organization (APO), Tokyo 8th-18th November 1994.
- 6) Saefulhakim, R. Sunsun, and Lutfi I. Nasoetion (1996): *Irrigated Paddy Land Conversion Control Policy*. **Proceeding of National Forum on Soil and Agroclimatic Research Communication**. Center for Soil and Agroclimatic Researches, Bogor. *(In Indonesian)*
- 7) Sapp, Stephen G., and Wendy J. Harrod (1989): *Social Acceptability and Intention to Eat Beef, An Expansion of the Fishbein-Ajzen Model Using Reference Group Theory*. **Rural Sociology**, Vol. 54, No. 3, pp. 420-438.
- 8) Geo, Laode (1997): **A Study on Investment Policy for Soil & Water Conservation and Land Use**

第4節 Thailand

第1項 Land Use/Cover Change in Thailand

1.1 General Background

Thailand is a tropical country in Southeast Asia, bordered on the northwest part by Myanmar, on the northeast by Laos, Cambodia on the east and Malaysia on the south. It covers the area of 513,115 km² is administratively divided into four regions; namely, the North (170,000 km²) with the cool, mountainous; the Northeast (173,000 km²) semi-arid, the Central (100,000 km²) lowland delta plain, and the South (70,000 km²) peninsular and mountainous. In major land conditions of the regions, the North hills and highlands comprise mixed physiography and soil parent materials, the Central is a large low flat terrain, and the Northeast plateau is composed of broad terraces, while the south includes both low and high alluvial terraces. The climate is tropical and cool with high temperature and humidity. The average rainfall in most parts of the country ranges from 1,100-1,500 mm.

1.2 Land Use/Cover Changes

1.2.1 Land Use/Cover

In current land use/cover, farm land shared the highest portion, while the least was for resident. In 1992, Agricultural land occupied 211,282 km² or 41.1 percent, forest land occupied 134,950 km² or 26.3 percent of the country's land area. The rest was other lands, including public area, municipality, water, swamp and highway etc. In agricultural land, paddy land occupied about 52.1 percent, the next was field crop occupied 24.8 percent, fruit and tree crops for 15.8 percent, pasture land for 0.6 percent and residential for 2.6 percent. Accumulated irrigated areas account about 45,897 km² or 21.7 percent of total agricultural land. About 39 percent of irrigated area are in the central region. Agricultural production of Thailand is mostly done by small farm holders. Currently, the average farm size is about 4.5 hectare per household. Tenant farmers account about 12 percent of total agricultural households. Landless accounts about 500,000 families or 11 percent. Tenancy problem is serious in the central and the north. Land use/cover by regions is as followed.

North: Mountainous ranges with abundantly forest resources surround the upper north, while the lower area is a high plain. In lower north area, lowlands are mainly occupied by paddy, and uplands by maize, beans and cotton. Favorable climatic condition to farming in the upper north provides farmers with a high potential for crop diversification. A number of nontraditional crops, particularly vegetables, cut flowers and fruits, have widely grown, help make the upper north an important exporter of such crops to the country and world market.

Northeast: Northeast is the least natural resource endowment and the poorest region of the country. Poor soils and a large scale salinity area and erratic rainfall with long drought period limit the farming potential. Irrigated area is limited, only 10 percent of total farm land area of the region. Paddy land has occupied most lowland while cassava and sugar cane have mainly occupied the upland cultivated areas. Cattle Rice transplanting practice and labored animal have gradually been replaced by broadcasting by two hands power tiller, respectively.

Central: Lowlands are mainly occupied by rice fields, while uplands are mainly occupied by cassava, maize and sugar cane fields. Fruit trees and rubber plants have been mainly grown in coastal areas. The booming of shrimp export during the earlier 1990s heavily converted mangrove forests along seacoast to shrimp farming area. Agricultural production, particularly vegetables and flowers in low lands are highly diversified and intensified due to overwhelmingly advantageous factors of the region. Industrial land use has

highly been agglomerated in and around Bangkok, its vicinity provinces and eastern coastal zone.

South: With the limit of lowland and high plain, most upland crops have been planted in hilly and mountainous areas. Uplands and hilly areas are mostly occupied by rubber plants and palm oil trees. Meanwhile, lowlands are covered by rice. Since the year 1990, substantial mangrove forest areas along the peninsular have been converted to shrimp farming, mostly by illegally occupation. Diversification of crop has been markedly apparent in fruit trees.

1 . 2 . 2 Land Use/Cover Change During 1960-85

Land use/cover in Thailand during the last three decades may be described as being extensive by agriculture. Forest land has been dropped steadily from 58.5 percent of total land area in 1960 to 26 percent in 1992. The critical problem of forest destruction related to forest land encroachment, illegal log poaching, charcoal and firewood collection, forest management and corruption. The forest land was depleted at the rate of 624,000 hectares per annum between 1938-1985. Prior to the 1950s Thailand agriculture was based on mono-crop. Land resource was abundant wherein lowlands were occupied mostly by rice production. The share of upland crops has steadily increased during the year 1960-85. The change of land use/cover has largely been explained by the strong pressure of population growth during 1960s-70s, and the strong growth of foreign demand for certain economic crops during 1970s-80s. Rural settlement exploded during 1960s and substantial increase of agricultural land was envisaged for the period of 1960-80. This increase is largely explained by the growth of export demand for such crops as; cassava, maize, sugar cane and rubber. Land use for upland crops has permeated into the land use of tree crops and perennial crops. The rate of forest depletion was highest during 1970s coincides with the period of high agricultural expansion in upland crops.

1 . 2 . 3 Current Land Use/Cover Change

The rate of forest depletion has declined since the early 1990s. In farm lands, traditional crops, particularly rice, cassava, sugar cane, maize, and rubber still mainly occupied farm lands, while paddy lands was more or less constant in recent years or even decrease in some regions. At the year 1991, paddy lands shared approximately 70.5 percent of total cultivated area, dropped from 80.2 percent at 1975. Agricultural products and agricultural exports have continuously increased over the period of times, despite the recent pace of arable land expansion has markedly been slower. The use of modern inputs and farm machinery has significantly increased. The use of chemical fertilizers increased from 1,272 thousand tons at the year 1983 to 3,388 thousand tons at 1994, and the use of farm machines increased from 410,040 units to 1,493,687 units in the same period. The expansion of irrigated land has been slow down due to the geographical and physical limitations. The pace of expansion and the increasing capital input supplies indicate that the land of the country is reaching its resource boundary. They also explain that the agricultural labors are no longer abundant. So far, the production of most economic crops has still increased by the extension of hybrid variety and other capital inputs in small farm level.

Though the expansion of land area for agricultural production has contributed to overall growth of the economy, it also created ecological damages or problems. The impacts of land use change are soil degradation and erosion, watershed deterioration, inappropriate use of land, declining land productivity and illegal occupation on land. It was estimated in 1980 that about 17 million hectares had the rate of eroded soil ranging from a medium to a high degree of severity. Some 5.4 million hectares were inappropriately used. At present, approximately 9-10 millions people live in the areas which are officially classified as the national reserved

forest. Some live there for more than five decades. Most of those areas are currently regarded as a deteriorated forest, while some particularly in hilly and mountainous areas are watershed forest, however. The industrialization and urbanization of Thailand has strongly been dominant by Bangkok and its surrounding areas. By the overwhelmingly advantages in infrastructure, administration, finance and market, industrial investment has heavily been concentrated over long period in and around Bangkok Metropolitan. About 52 percent of total factory located Bangkok and its vicinities. From the survey in 1986 stated that the Bangkok Metropolitan alone expanded in the rate of 3,200 hectares per year. It indicated that a huge good farm land in the outskirts of Bangkok Metropolitan was converted to urban and industrial land.

1 . 3 Underlying Factors Affecting Land Use/Cover Changes

1 . 3 . 1 International Factors

One of determinant factor of land use/cover change is the export commodity boom during 1970s. Traditionally, Thailand exported only a few crops, i.e., rice, rubber. The great expansion of export to other agricultural commodity, e.g., cassava, maize, sugar cane, kenaf and jute was clearly envisaged during 1970s. Soaring prices of these crops have strongly induced the diversification of crops and expansion of cultivated areas. The production of new commercial crops has also more diversified agriculture and has also pushed the expansion of land frontier. The land suitable for agriculture has been rapidly exhausted to barren land.

1 . 3 . 2 National Factors

(1) Rural Development Policy

During 1960s-80s, the agricultural production grew annually at constant price of the rate about 5 percent. Agricultural development policy has emphasized on agricultural productivity improvement, diversification and export promotion.

Therefore, the important aspect of public investment has placed on production infrastructure in rural area. The highest proportion of government investment was communication and transportation, especially road network. Second in importance was agriculture which irrigation infrastructure claimed the largest share, followed by agricultural extension especially the promotion of hybrid variety of plants and livestock and crop diversification. The forest depletion attached with rural infrastructure investment was relatively marginal, however such public investments had facilitated the landless and land hunters to encroaching deeper forest and help expanded the cultivated areas into the forest land.

(2) Price Policy

The government price policy affects the relative urban-rural position and income distribution. Keeping the domestic price of agricultural produces down has adversely affected to farmers. To cope with marginal income earning, farmer's strategies have been envisaged in terms of migration to work in non-agricultural sector. Some chose to expand the area of cultivation and/or to diversify the crop cultivation.

(3) Forest Policy and Management

Since the establishment of government agency to direct the logging concession and to resume responsibility for forest management in the year 1896, Thailand had long been applied selective cutting system in wood timber harvesting. From several problems and failures of forest and watershed management, the government proclaimed to close all logging concessions in 1989. At present, a healthy forest is found only in national parks and wildlife reserve areas.

(4) Land Right and Land Ownership

In rural area, only few farmers have title deeds. Many planners believe that low security of land right and ownership discourages the farmers to invest on land. Moreover, farmers in undocumented land can sell the land with ease and further encroach to new land in deeper forest.

1 . 3 . 3 Population Factor

(1) Population Growth and its Structure

During 1950s-70s, the approximate household size at the average of 6 person per household in rural community had strongly pushed the family to expand the cultivated area for household food security. Paddy land has steadily increased up to more recent years. Forest was illegally logged and cleared for housing and crop cultivation. Some was cleared to use as fuel wood and charcoal. In 1980, upland cultivated area increased 2.2 times of 1970.

(2) Population Movement

The major migration flow during 1950s-1970s was the movement within the regions. It tends to increase more and more permanent migration. The major determinant of rural-urban migration due mainly to economic factors.

(Veerapong Saenjan)

References

- 1) Atikul J, Tongyingsiri P. (1991): Comparative Evaluation of Regional Development in ASEAN Countries Project: A Thailand Country Paper,
- 2) Bank of Thailand (1996): Monthly Economic Report, December.
- 3) Konjing C (1996): Agriculture and Agribusiness Development in Thailand during 1980-1990, International Seminar on Development of Agribusiness and its Impact on Agricultural Production in Southeast Asia.
- 4) Ministry of Interior, Thailand's Population Registration, 1962-94.
- 5) National Statistical Office, Population Statistic by Regions, 1970-1995.
- 6) Office of Agricultural Economic, Agricultural Statistics; Crop Year 1994/95, Agricultural Statistics, No. 6/1996.
- 7) Office of National Economic and Social Development Board, the National Economic and Social Development Plan the 7th, and the 8th, the year 1992-96, and 1997-2001.
- 8) _____, Gross Domestic Products of Thailand, by province 1984-1993.
- 9) Thailand Development Research Institute (1990): Land Policy Study.
- 10) Saenjan V (1993): Rural Land Use in Thailand, Rural Land Use in Asia and the Pacific, Asian Productivity Organization Publication .

第2項 Projected land use change results of Thailand by GKSIM

2.1 Introduction

We have attempted to collect the historical land use/cover and related socio-economic data in either district or provincial level. These data are inevitable to apply our LU/GEC-II model to Thailand. However, in spite of our efforts, we failed to collect sufficient data for our LU/GEC-II model application. For district level, only few indexes were collected historically in Thailand. As to provincial level, many indexes were missed to be collected at 1970s. There are many 30 years historical land use/cover and related socio-economic data in four regions of Thailand, The North, The Northeast, the Central, and The South. Therefore, we decided to adopt GKISM (Generalized Kane's Simulation Method) to each region for its long-term land use/cover change projection.

GKSIM is one of the effective land use/cover change simulation tool by its simplicity in handling with a sophisticated land use interaction. The model mechanism enables to forecast the land use change subject to one homogenous area, country or region. Here, we will illustrate the applications of GKSIM in the projection of land use changing pattern from the current year up to the year 2050. Four regions of Thailand are utilized to illustrate the cases. The applications base on two scenario options. The reference scenario is the ongoing land use policy represented entirely by the past performance of land use interaction. The alternative scenario represents the policy options otherwise.

第3項 Results and Discussion

3.1 Regional Scenarios Based Options

3.1.1 Scenario Based Options

In land use change projection, the reference scenario will function as business as usual scenario. It projects the land use change in the future relying on the past performance of land use change. The second scenario, so called here, alternative scenario, is the scenario performed otherwise from the reference scenario. There are three steps in determining the alternative scenario options. Firstly, the study determines particular land use categories that represent the regional characteristic. The representative land use will attach with the ongoing land policy in long-term development. Secondly, the study investigates the ongoing trend of land use change in the represented categories. This step employs a regression method to investigate the trend of change in the past. The simple linear equation is $Y = a + bX + e$, (Y = land use, X = time variable; year, a , b = parameters and e = error term). Thirdly, the study determines the pattern of annual changing rate of land use in the future.

3.1.2 Regional Land Use Scenarios

(1) Trends in Major Land Use Changes and Policies

Thailand can formally be divided into four regions, the North, the Northeast, the Central and the South. In macroscopic view on land use, the regional similarity is apparent in the way that forest land has been tremendously depleted in parallel with a tremendously increment of cultivated land. Residential land has increased continuously in accord with the continuously increase urbanization. The differences of land use pattern by region pose on paddy land and unclassified land since varieties of pattern are envisaged. The degrees of land use interaction are different region by region.

(2) Regional Land Use Change in Alternative Scenarios

In reference scenario, the projection of land use change in the future is simple since its resembles the performance of land use change in the past. In alternative scenario, several processes have to be carried out. The determination of land use category to represent the regional characteristics is made by using the abundance

of land use of each region. In the North, forest land is relatively abundant since its composed of 44.35 percent of total land uses. In the Northeast, paddy land shared about 36 percent of total land uses. In the Central, paddy land has strongly been converted to other land uses by the diversification of cropping and high growth of non-farm sector. In the South, para-rubber trees dominantly cover the farmland. The production in the South alone shares about 90 percent of total para-rubber produces of the nation. Para-rubber area will be used as the proximity of agricultural land other than paddy.

The national long-term scenario on land uses poses on forest land that has been targeted at 25 percent of the total land. In other land uses, the scenarios are apparent in the form of policies and measures subject to mid-term planning. The prioritized policies in relevance to the case here are forest conservation, productivity upgrading in farming and paddy land conservation. These three policies concern to the regions in two levels i.e., national and regional levels. The study arbitrarily set the forest conservation policy as the national level by its constitutes of a clear long-term policy target. The other two policies concern the land use change in regional level. In forest conservation policy, the current target of 25 percent of forest land is irrelevant, since in the year 1993 only 26 percent of the forest land has remained. The study arbitrarily sets the national long-term target of 22 percent at the year 2050.

From regression results, the national forest has decreased in the rate of 0.25 percent per annum. The empirical results also show that the decreasing rate has diminished in the later years. In productivity upgrading, the average annually increase in the Northeast during the year 1978-1993 was 0.3 percent. The paddy land depletion in the Central during the same period was 1.5 percent average annually. In the South, the average annually increasing rate of productivity in para-rubber farming during the year 1986-1993 was about 12.4 percent. These regional figures are referred in the alternative scenarios. Some results are used as a baseline for the alternative scenarios of the regions.

In the third step, the determination of pattern of annual changing rate in particular land use in the future is carried out. The rate of change at the beginning year is determined by the regression results as mentioned above. Some of the figures otherwise, i.e., productivity rate of the South is adjusted for more relevancy to the characteristic of the region. The pattern of increase (or decrease) subject to the targeted year is calculated from the formula as follows.

$$h_{ij,t} = k1_{ij} \left\{ 1 \pm \left(\frac{t - t_0}{t_{d_{ij}} - t_0} \right)^{k2_{ij}} \right\}$$

where, $k1_{ij} > 0$ is the initial value $h_{ij,t}$ gets at initial time, that is, $h_{ij,t} = k1_{ij}$ when $t = t_0$. $k2_{ij} > 0$ and the sign $\pm$ determine the way $h_{ij,t}$ changes after the initial time. If sign - is used, $h_{ij,t}$ becomes monotonous decreasing function of t , and $t_{d_{ij}}$ is the time when interaction, if sign + is used, on the other hand, $h_{ij,t}$ becomes a monotonous increasing function of t , and $t_{d_{ij}}$ is the time when $h_{ij,t}$ is considered to become two times of its initial value, that is, when $t = t_{d_{ij}}$, $h_{ij,t} = 2k1_{ij}$.

Thus, the pattern of change per annum subject to the time (year) can be determined by the amount and the sign $\pm$ of k_1 and k_2 . The formula allows to designating either the rate of increase (or decrease) at the beginning year of simulation or the year the running is terminated. In this study the targeted year of projection is the year 2050.

Naturally, either the land use change in the future will increase or decrease, there are many forms of changing rate subject to a time; increasing, decreasing, flat and others. For example, in case a particular land use decreases subject to a time, the rate of decrease may be apparent either from the higher changing rate in the beginning year to the lower rate in the later year, or from the lower to the higher, or in the same changing rate

through a time. This study assumes that either increasing or decreasing trend, the annual changing rate will perform a higher degree in the beginning year and lower degree in the later year. The annual rate of change will meet 0 (zero) or no longer change at the year 2050. From above, the determination of regional land use in alternative scenarios is made. To be more simplicity, one or two categories of land use in one scenario is sufficient to illustrate the cases. The national and regional policy scenarios for the projection of land use change by regions are shown in Table 1.

Table 1 Regional Land Use Scenarios

Regions	Policy Scenarios	Land Use Change Scenarios
North	- Forest conservation	Follows the past land use interaction Decreasing rate of 0.25 % in forest land, higher-lower pattern to become zero (0) at to the year 2050
Northeast	- Increasing paddy land productivity - Forest conservation	Follows the past land use interaction Productivity increases in higher-lower pattern to meet current national average at the year 2050
Central	- Paddy land conservation - Forest conservation	Follows the past land use interaction Decreasing rate of 1.5 % in paddy land, higher-lower pattern of decreasing to become zero (0) at the year 2010
South	- Increasing para-rubber productivity - Forest conservation	Follows the past land use interaction Productivity increase in the rate of 5 % per annum, higher-lower pattern of increase to become zero (0) at the year 2050

3.2 Dataset in GKSIM modeling

There are 5 land use categories, namely; forest, paddy, agriculture excluding paddy, residential and unclassified. The dataset at regional level is available during the year 1978-1993. Most land use categories can clearly be clarified by their uses except for the unclassified one. The unclassified category is derived from the sum of various micro land uses e.g., infrastructure, river, pond, lake, unusable land and others. Two variables of socioeconomic driving force are Gross Regional Product (GRP) and population. This dataset is available at the same period as land use dataset. The officially long-term projection is limited. In population, the official projection by regions from National Statistical Office of Thailand is available up to the year 2020. Then, the projection subject to the year 2050 in this study is conducted following trend of official projection. During the year 1993-2020, the increasing rate is declining subject to the time span. The GRP is projected in regard with the growth performance of each region. To carry out the projection coincide with national planning system, it is made subject to five-year term. GRP's projection is arbitrary. It is assumed that rapid growth experience is no longer apparent. During current plan period, the gross domestic product is assumed to increase in an average rate of 3.5 percent per annum. The recovery period is assumed to occur during the planning period of the tenth national plan (the year of 2002-2006). Next, the increasing rate of has diminished from the plan period of 2007-2011 up to the year 2050.

3.3 Simulation Modeling

3.3.1 GKSIM Application

The detail of GKSIM is illustrated by Gong. The application has two parts. First part relates to socioeconomic driving forces that are dealt with as exterior variables.

Function $w_{1,t} = c_p (p_{t+1}/p_t)^{k_p} + (1 - c_p)(e_{t+1}/e_t)^{k_e}$ is used in this part to determine the way the population

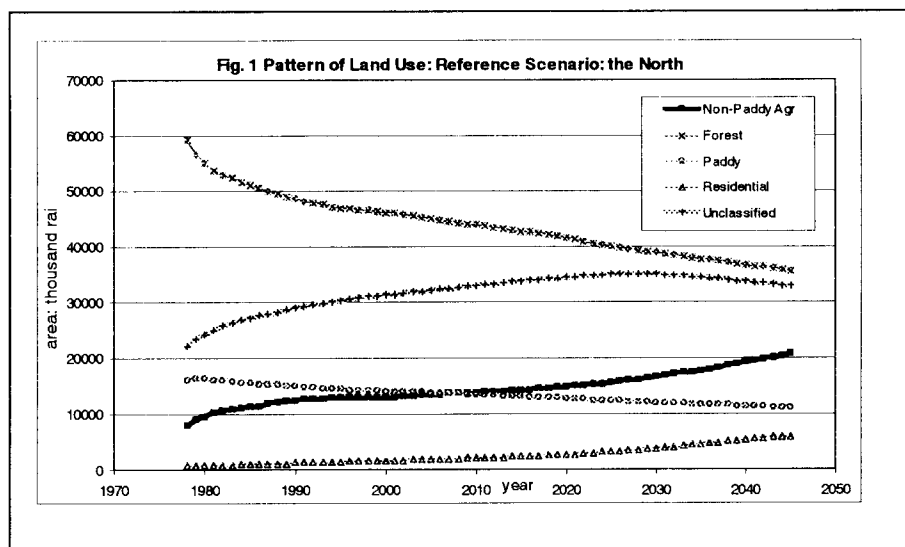
and GRP influences land use change.

In the second part, the function $w2_{i,t} = (v_i + \sum \oplus) / (v_i + \sum \otimes)$ is used to deal with interaction among land use categories that are dealt with as interior variables. It is very important to build function $w1_{i,t}$ and $w2_{i,t}$ based on which the projection is excused. After setting the parameters in function $w1_{i,t}$, the reference land use scenarios can be obtained when GKSIM's mechanism simulates the two basic terms. In projection of the alternative land use scenarios, firstly the particular scenario conditions are conducted outside GKSIM. Meanwhile, the national level policy is introduced for all regions. The national forest land at 22 percent of total land in the year 2050 is calculated. Next, the regional level policies for particular regions are introduced. In the Northeast, the amount of paddy land at the year 2050 is computed targeting at the current national average of 348 kg per rai. The Central case is quite simple. The depletion rate of paddy land is set as zero (0) at the year 2010 and the declining rate at the beginning year is 1.5 percent per annum. In the South, the increasing rate of 5 percent per annum at the beginning year is applied with higher to lower rate of productivity upgrading.

3.4 Simulation Results

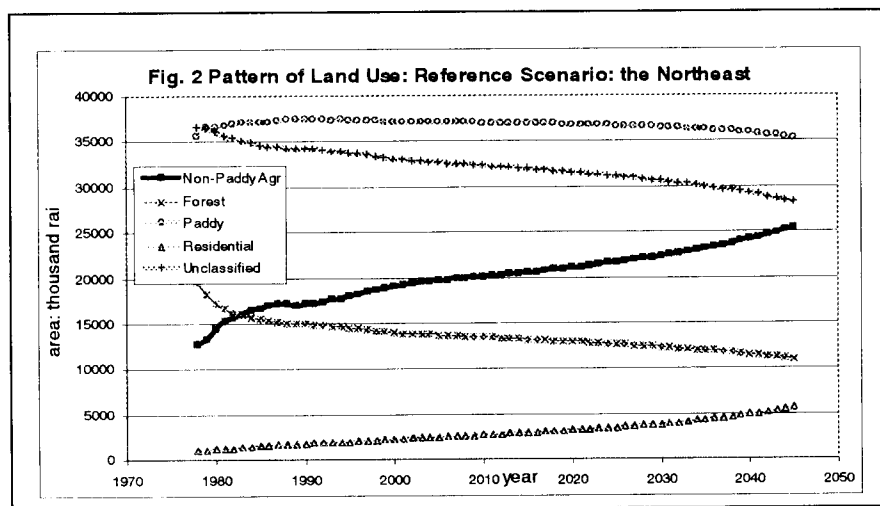
3.4.1 The North

In Fig 1, the observed patterns during the year 1978 to 2050. The reference scenario shows a decrease trend of forest to the year 2050. The 44 percent of forest of the total at the year 1993 will decrease to 33.0 percent at the year 2050. Agricultural land use (exc. paddy) has increased from 12.8 percent of total land use of the region to 20 percent in the same period. As expected, residential land will increase continuously while paddy land will decline. In the alternative scenario, similar patterns of land use change are obtained in different degrees of change. Forest land will remain at 36.6 percent in the year 2050. Agricultural land (exc. paddy) increases to 19.5 percent while residential and paddy lands are apparent a marginal change from the reference one. Due to their similarity, only the projection of the alternative scenario is shown.



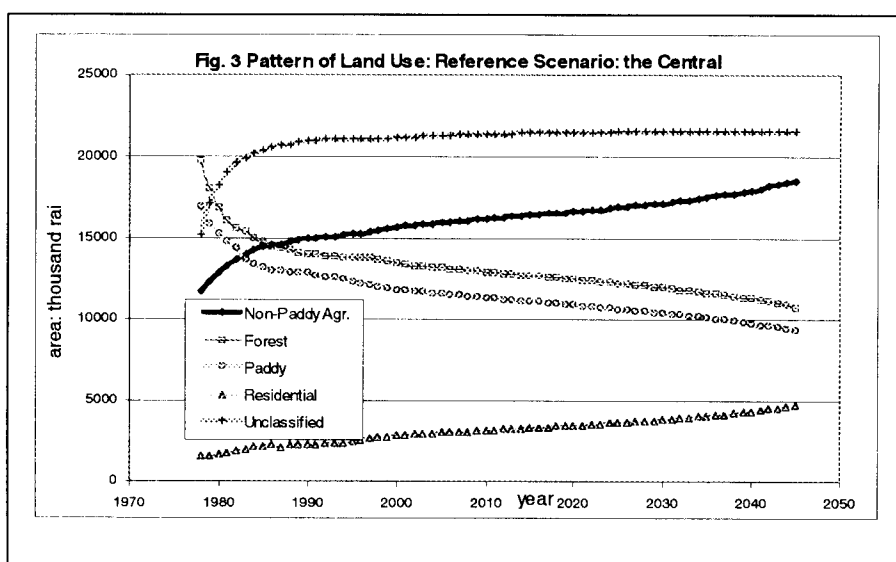
3.4.2 The Northeast

Reference scenario shows a stagnant pattern of paddy from the beginning year and little drop in the later years (see Fig. 2). Surprisingly, the land use projection is contrast to the pattern during 1980s since the agricultural land (exc. paddy) during this period had increased continuously. In the alternative scenario, the drastically drop of paddy land to offset the assumed target of the policy scenario on productivity upgrading is clearly envisaged. At the year 2050, the amount of paddy land will remain at 22.6 percent of total land, drops from 37 percent of the year 1993. The forest land will decrease gradually as expected to constitute 11 percent of the total land at the year 2050. The drastically drops of paddy land and forest land in the alternative scenario are replaced mainly by the agricultural land other than paddy.



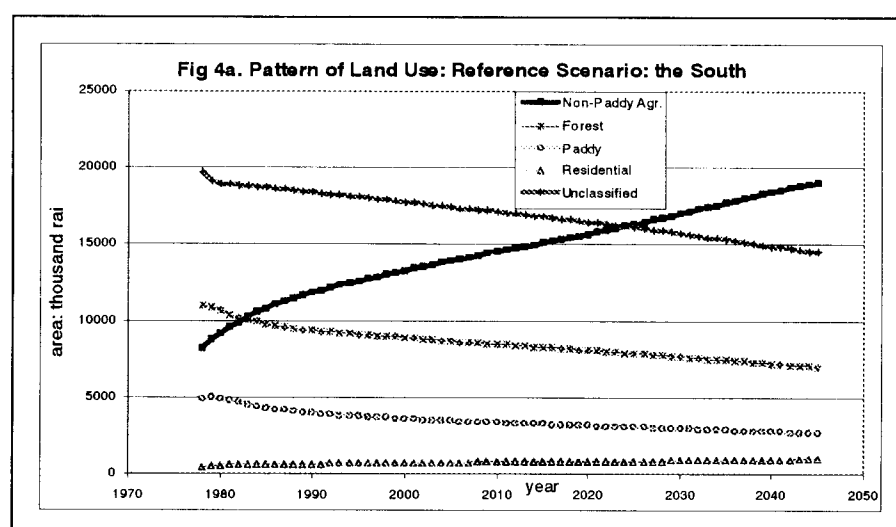
3.4.3 The Central

Fig. 3 shows the land use change projection of reference scenario. Paddy land will decrease continuously to constitute 14.3 percent of the total land at the year 2050. It drops from 18.7 percent of the year 1993. Next, the forest land will decrease to constitute 15.8 percent of the total land, drop from 23 percent of the year 1993. Agricultural land (exc. paddy) will drastically increase to 28.6 percent in parallel with the residential land that will meet 7.3 percent in the year 2050. In alternative scenario where the pattern of land use change is not depicted here, paddy land will stop conversion at the year 2010. Forest land will decrease in lesser degree than the reference one to meet the least amount of national forest policy.

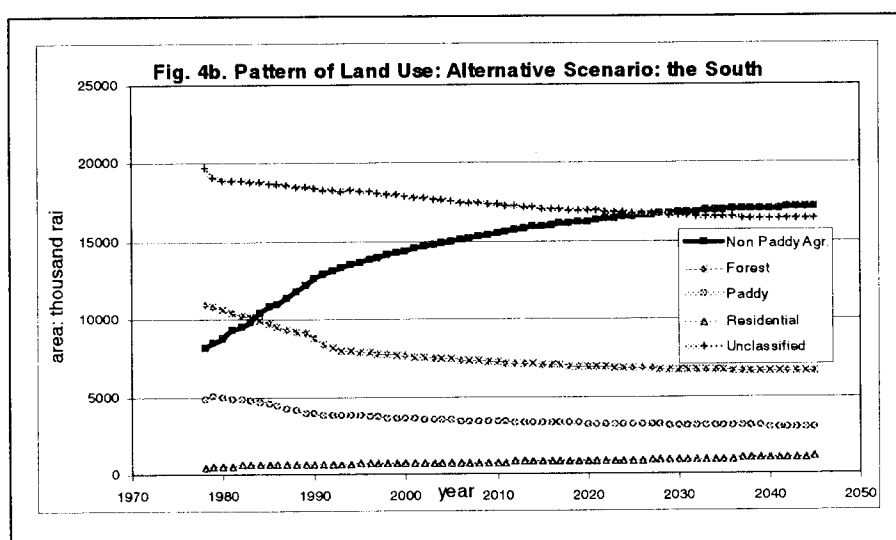


3.4.4 The South

Fig. 4a shows the reference scenario. The agricultural land (exc. paddy) will steadily increase up to the year 2020.



It will constitute 43 percent of the total land at the year 2050. This pattern is largely governed by a tremendously increase of agricultural land (exc. paddy) in the past. At the same time, the forest land will decrease continuously to remain at 18 percent of the total. Paddy land will also decrease to remain at 15.0 percent. Residential land will increase continuously. In alternative scenario, the similar patterns to the reference one are obtained except for the agricultural land (exc. paddy) which will increase in slower rate to hit 38.7 percent of the total at the year 2050. This pattern comes from the assumed policy scenario of productivity upgrading in para-rubber to offset the strong expansion of cultivated land in the past. Besides, forest land will decrease in a lesser degree to remain 14 percent of the total (Fig. 4b).



3.4.5 The Country

The results from the regional projections indicate the pattern of land use change in national level (Table 2). Under the reference scenario, forest land of 26 percent in the year 1993 will remain at 20 percent of the total at the year 2050. Paddy land will gradually drop from 21 percent in the year 1993 to remain at 18.2 percent while the agricultural land (exc. paddy) and the residential land will increase from 18.5 percent to 26.1 percent and from 2.0 percent to 5.5 percent of the total, respectively. When the three regional land use policies were introduced in the alternative scenario, forest land will decrease in a lesser degree to remain 22 percent at 2050. Rice farming in the inferior land area will decrease tremendously to remain at 15.2 percent. In the meanwhile, the agricultural land (exc. paddy) will increase to the same level as the reference scenario. It will constitute 26.0 percent of the total land at the year 2050. This result comes mainly from the land productivity improvement. Similarly, residential land will increase in the same degree as the reference scenarios.

Table 2 Percentage of Land Use at 2050

Land Use	Reference	Alternative
Forest	20.0	22.0
Agric.(exc. paddy)	26.1	26.0
Paddy	18.2	15.2
Residence	5.5	5.5

Table 3 Differences between Projected and Observed

Land Use	North	Northeast	Central	South
Forest	4.23	6.94	8.77	10.27
Non Paddy Ag.	-4.97	-5.26	9.98	-11.51
Paddy	-5.61	-9.88	-6.15	5.48
Residential	2.27	2.11	-3.23	-6.11
Unclassified	2.70	6.06	-9.37	-1.87

3.5 Discussions

GKSIM enables to project the pattern of land use change in the future under the limited number of variables of time series dataset. The modeling structure and its mechanism are simple, making ease to project the change at a designated time. The modeling mechanism is also flexible to allow the user formulates the options and conditions to project the scenarios other than the basic requirement structure. This flexibility is worthwhile for the policy makers and planners to forecast the land use change in the future under particular policy options. The application on

Thailand's cases also indicates that the scenario can be formulated in several levels. The linkage between higher and lower scenario levels is existed. However, the linkage does not exist automatically in the model mechanism since some parts of projection in the alternative scenario are computed outside GKSIM.

Similarly to other simulation models the projected results contain the error terms. Table 3 shows the percentage of differences between the projected and the observed amount at the year 1993. In particular categories, about 10 percent differences are obtained. The degree of differences at the beginning year could largely be appreciated at the later year. The task on error suppression in GKSIM is not simple since the relevant $w1_{i,t}$ and $w2_{i,t}$ can not easily be achieved.

3 . 6 Concluding Remarks

Despite a certain erratic problem in the applications of GKSIM on the cases of Thailand, the overall performance of land use projection is relatively high with a simple framework and modeling mechanism to tackling with a comprehensive land use interaction.

References

- 1) Gong, J., Development of the land use/change dataset of China, Development of GIS aided data-scaling procedure for land use/cover change in the Asia- Pacific region, EFF annual report 1997.
- 2) National Statistical Office of Thailand, Statistical Reports of Region, 1993/1994/1995

第5節 その他の国々

第1項 各国の土地利用変化の概要

今日アジア地域は急速な発展を遂げており、農林業や工業の展開、都市化等の人間活動による土地利用の改変が著しいと言われている。また土地利用の改変は様々な形で地球環境に直接的な影響を及ぼすものである。したがって土地利用変化のプロセスを解明し、その将来を予測する上ではアジア地域は適切な研究フィールドと考えられる。LU/GEC プロジェクトでは、近年変化の著しいアジア諸国について、土地利用等に関する経年的なデータの解析を行い、1970年代から1990年代にかけてのアジア諸国における土地利用変化の特徴について考察した。

土地利用変化のメカニズムについてはその解明は十分ではないが、平成8年度には、土地利用を被説明変数、社会・経済・自然等の各種因子を説明変数にとり、両者の統計学的な関係の記述を試みた。

1.1 研究手法

1.1.1 対象地域

ここでは、アジア地域の21ヶ国（インド、インドネシア、カンボジア、ラオス、マレーシア、ミャンマー（ブルネイ）、スリランカ、バングラデシュ、ネパール、ブータン、タイ、韓国、北朝鮮、台湾、中国、日本、パキスタン、ミャンマー、フィリピン、ベトナム、モンゴル）を対象とする。データの詳細については参考文献1)の第8部第5章に詳しくまとめている。平成8年度には、データが比較的豊富な地域に限定して解析結果を示した。

1.1.2 対象年次及び解析項目

対象21ヶ国における1970年、1980年、1990年の3時点（もしくはそれらの前後）について、説明変数としては人口密度を、被説明変数としては土地利用比率（対象地域の陸地面積全体に占める当該土地利用種面積の割合）を用いた。土地利用種としては農地（水田、畑地、果樹園の和）、水田、畑地、森林・林地、牧畜地、宅地（住宅地、その他建物用地など）がある。データの空間的な解析単位は、国内における多様性を考慮して州級行政単位とした。説明変数としては様々な社会・経済・自然因子が考えられるが、人口密度のデータのみが対象国に属する多くの州級行政単位において得られていたため、ここでは人口密度のみを説明変数として用いた。

1.1.3 研究のフロー

上記の対象地域について、

- 1)10年毎（1970年、1980年、1990年）に国を単位とし、人口密度と土地利用比率の関係について州級行政単位毎のデータを散布図化し、その関係が時間とともに変化する様子を調べる。なお、ここでいう土地利用比率とは2.2に示したものである。本章に示す散布図には、他の州級行政単位の値から大きく外れる値を示すデータを除外している。
- 2)人口密度により各州級行政単位をいくつかのグループに分類し、グループ毎に地点毎の経年変化（1970年→1980年→1990年）を調べる。

具体的な解析結果については、参考文献1)の第7部第1章を参照されたい。

第2項 適用したモデル

2.1 対象国

韓国、北朝鮮、インド、バングラデシュ、マレーシア、ミャンマー（ブルネイ）、ネパール、フィリピン、スリランカ、カンボジア、パキスタン、ブータン、ベトナム、ラオス、モンゴル、台湾 以上16カ国を対象とする。

2.2 適用したモデル

全域拡張グループは、平成7年度にアジア全域（インドネシア、中国、タイを除く）の土地利用変化の将来予測に必要な自然科学的要因に関するデータと社会・経済的要因に関するデータを収集し、各国のデータベースの構築を行った。さらに、構築したデータベースの内容に応じて、一般化 KSIM 法もしくはマルチロジスティック・モデルの適用を試みた。

一般化 KSIM 法は、複数年次のデータがあれば、それが国レベルのデータであっても土地利用の将来予測が可能となる。

一方、マルチロジスティック・モデルは国レベルの土地利用変化を議論するためには州単位での土地利用関連のデータベースが必要となる。このため、本モデルを適用できる国は開発途上国では限られる。今回データを整備した範囲ではインドのみに適用の可能性があり、土地利用変化における因果関係を分析して土地利用変化の将来予測を行うための土地利用比率関数 f の決定を試みた。

2.2.1 一般化 KSIM 法

LU/GEC プロジェクトで開発された一般化 KSIM(GKSIM)法を利用し、上記各国の土地利用・被覆変化の長期的な予測を行った。本検討で使用されている GKSIM 法は、昨年度インドに適用したマルチロジスティック・モデルと異なり、国レベルの土地利用面積の変化率及びそれに関わる社会・経済的要因の変化率によって、将来の土地利用変化を予測するモデルであり、以下の構造式を有する（詳細については、第 1 章第 5 節を参照のこと）。

$$y_{i,t+1} = b_i - \Delta_i q_i \left(\frac{b_i - y_{i,t}}{\Delta_i} \right)^{S_i W_{i,t} dt} \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{i,t+1} = A \dots\dots\dots (2)$$

但し、

n : 土地利用の項目数

$y_{i,t}$: t 時点項目 i の土地利用の面積

a_i, b_i : 項目 i の土地利用面積の最小値、最大値

Δ_i : $b_i - a_i$

q_i 及び S_i : 最小二乗法によって求められるパラメータ、 $0 < q_i \leq 1$, $S_i > 0$

A : 定数で、対象地域の国土面積

dt : 式 (2) を成立させるための調整係数、 $dt > 0$

$W_{i,t}$: $y_{i,t}$ に与える相互影響、 $W_{i,t} > 0$

2.2.2 マルチロジスティック・モデル

マルチロジスティック・モデルの基本式は以下のようである（詳細は第 1 章第 2 節を参照のこと）。

$$P_i = \exp\left(\sum_k \beta_{ik} \cdot X_k + C_i\right) / \sum_i \exp\left(\sum_k \beta_{jk} \cdot X_k + C_j\right) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 j : 土地利用形態を選ぶ選択肢全体、 i : 選択肢 j の中から選択する i 番目の選択肢、 P_i : 選択肢 j のなかで i 番目の選択肢の土地利用形態の比率、 C : 定数、 β : パラメータ、 k : 説明変数全体の中の k 番目の説明変数、である。

第 3 項 予測結果

3.1 一般化 KSIM 法による結果

3.1.1 データ収集

GKSIM 法は、上記に示すモデルの構造上、原則的に 3 時点の土地利用に関するデータ及び予測時点までのドライビングフォースに関する推定データがあれば、土地利用の変化率を用いて統計的に解析して、予測結果を計算することが可能である。しかし、適用するデータは多いほど過去のトレンドを的確に把握することができるほか、より精度の高い予測結果を得るため、国レベルデータが長期的なデータベースを構築した。そのため、以下に示すように新たにデータの調査、収集を行った。

社会・経済データ : 検討対象の国において土地利用・被覆変化のドライビングフォースとなりうる社会・経済的要因に関する国レベルデータ

土地利用・被覆関連データ : 農地、森林、草地、宅地、その他などの土地利用に関連する国レベ

ルデータ

(1) 主な調査資料等

土地利用及び被覆変化のドライビングフォースとなる重要な要因について調査し、それらに関するデータを入手するため、国連機関のデータベースをはじめ、政府レベルで提供している国レベルデータを収集した。調査は、主にアジア経済研究所統計資料室やインターネット等を利用して行い、研究に有用な以下のデータソースを入手した。

1) 土地利用・被覆関連データ

FAO (Food Agricultural Organisation、国際食糧農業機関) : FAO のホームページ (<http://apps.fao.org>) からダウンロードした土地利用・被覆関連データ

ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and Pacific、国際連合アジア・太平洋経済社会委員会) : Statistical Yearbook for Asia and Pacific 1995

AICAF (Association for International Co-operation of Agriculture & Forestry、国際農林業協力協会) 各国別の農林業統計書等

2) 社会・経済関連データ

ADB (Asian Development Bank、アジア開発銀行) : Asian Development Outlook 1996 and 1997

UN (United Nations、国際連合) : World Resource Data 1996-1997

WB (World Bank、世界銀行) : World Atlas 1995

(2) データベースの構築

上記に示すデータソースから入手したデータをもとに、各国別のデータベースを作成した(表 1 参照)。なお、データベースを作成する際に、数種類のデータソースからデータが選ばれた場合には、データ値を比較・検討し、より精度の高いデータベースの構築を試みた。

1) 土地利用・被覆関連データ

昨年度に 1880 年から 1980 年までの土地利用関連データ¹を入手していたので、そのデータとの結合を考慮しながら、データの収集・整備を図った。(1)で示すとおり、複数のデータソースを入手することができたが、それらのデータは、CDIAC のデータと異なるカテゴリーを有し、統一したデータベースを不可能であった。一方、新たに入手した FAO は、入手したデータの中でももっとも新しい時期に作成されたデータであり、長期的な土地利用のデータを提供していたので、本検討では FAO データのみを使用した。詳細については、参考文献 2) を参照。

FAO データを用いて作成した国レベルの土地利用関連データは、「農地」、「草地」、「森林」及び「その他」の 4 種である。「農地」は Arable land area に Permanent crops land area (2 期作などによる耕地面積のダブルカウントは行われていない。)を加えた面積、「草地」は Permanent pasture area、「森林」は Forest area、「その他」は上記以外の土地利用の面積の合計である。なお、「その他」は、「宅地」(住宅地、その建物用地など)に近い概念で用いるが、その算出方法により耕作放棄地などの「その他」以外のカテゴリーに属さない土地利用を含んでいるため、国によっては「その他」面積が、「宅地」面積の値と大きくかけ離れている可能性がある。

2) 社会・経済データ

アジアは、世界の成長ポイントといわれるように、世界の経済動向を左右する重要なファクターとなっており、その経済成長や人口増加の動向が注目されている。このような点を踏まえて、特に、経済や人口に関するデータに着目し、モデルに適用するために利用可能なデータベースを構築した。人口や GDP 以外の社会・経済的要因についても検討したが、それらと同様なレベルで予測データを整備することは不可能であった。

¹ CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) は、アジア諸国の 1880-1980 年の土地利用関連データを提供している。詳細は、平成 8 年度国立環境研究所委託業務報告書参照。

i) GDP データ

経済レベルを評価するための指標には、GNP や GDP を代表的としてさまざまなものがある。そのなかで、各国の経済的豊かさをより適切に評価しうる指標として、ドルベースにおける実質 GDP per capita²が適切と考えられるが、試行段階でもう一つのドライビングフォースである人口データとの間で相殺関係を生じ、予測結果に影響をもたらすことが明らかになったため、ここでは GDP 値を使用した。使用した GDP 値については、表 1 に示す。

経済予測は、各政府機関や国際機関などで行われており、それらの情報やデータを入手し、各国の経済予測データセットを構築することを試みた。しかし、入手した経済予測に関するデータや関連情報は、2010 年程度までの短期的なもので本検討に利用することは不可能であった。そこで、根拠づけの可能な長期的な予測データを算出するために、アジア経済研究所の専門家の指導のもと、以下に示す予測手法を検討し、対象国における 2050 年までの GDP 予測値を推計した。

表 1 入手したデータの期間

	土地利用・被覆関連データ	人口データ	GDP データ
Bangladesh	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Bhutan	1961-1995*	1960-2050	1980-1994
Brunei	1961-1995*	1960-2050	1974-1993
Cambodia	1961-1995*	1960-2050	1960-1974; 1987-1994
India	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Korea DPR	1961-1995*	1960-2050	1975;1980;1985;1990-93
Korea Rep.	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Laos	1961-1995*	1960-2050	1984-1994
Malaysia	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Mongolia	1961-1995*	1960-2050	1980-1994
Myanmar	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Nepal	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Pakistan	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Philippines	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Sri Lanka	1961-1995*	1960-2050	1960-1994
Taiwan			1975-1994
Viet Nam	1961-1995*	1960-2050	1984-1994

* 土地利用・被覆関連データにおける 1995 年値は、Arable land area 及び Permanent crop area に関するデータのみが実測値であり、利用可能であった。

<経済シナリオの考え方>

現実的な発展過程においては、一時的なインフレーションなど変動要因があり、今後著しい成長が予測される途上国の発展過程は、必ずしも日本や韓国と全く同じではないと予想される。しかし、GDP per capita の成長をみると、両国が酷似した成長過程を経ていることから、他の国々も同様な軌跡 (path) をたどると仮定した。また、現実的には、各国の経済成長速度には差があるが、成長過程において、後発の発展途上国が先発の発展途上国を追い抜くことはないものと仮定した。

² 三和総合研究所国際事業部 松村寛一郎氏は、世界銀行が提供している 1960 年から 1993 年までの GDP per capita (at market price) をベースに、資本ストック、為替レート、物価デフレーターなど経済予測に置ける影響要因を考慮し、システムダイナミックモデルによりアジアの国々における 1963 年から 1993 年までの実質 GDP per capita を計算している。本検討では、アジア各国の GDP 予測値を推計するため、日本と韓国のデータを利用させていただいた。

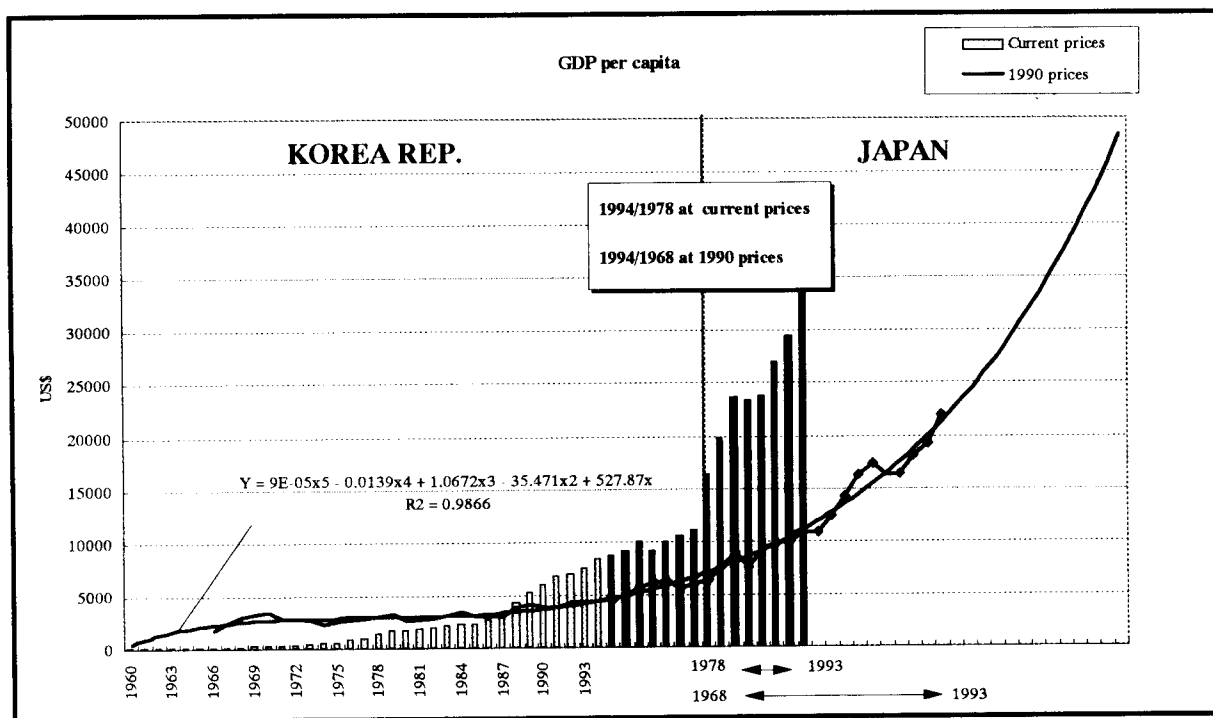


図 1 日本と韓国のデータを用いて構築した GDP 予測

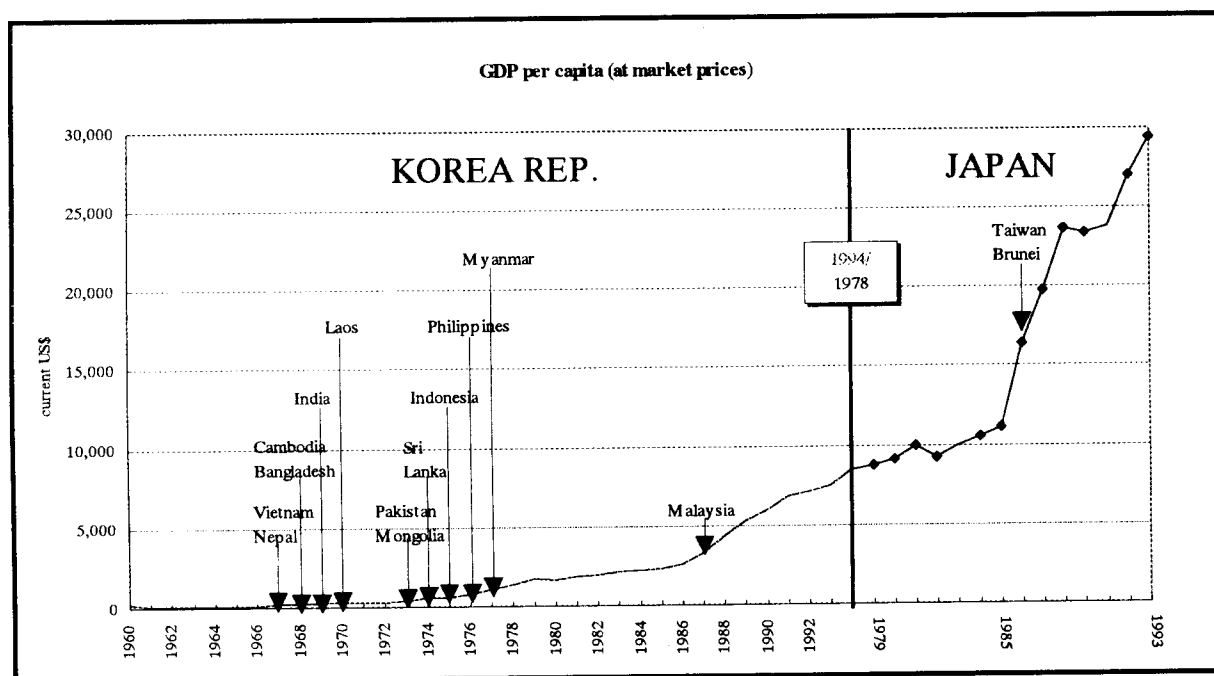


図 2 アジア各国の経済レベル

< GDP 予測データの推定 >

上記のような仮定から、以下のような手法を採用し、アジアの国々における 2050 年までの経済発展の将来予測値を求めた。まず、日本及び韓国のドルベースの GDP per capita (at market price) データを結合し、経済成長曲線を構築した（図 1 参照）。さらに、その経済成長曲線を利用し、図 2 に示すように、各国の 1993 年のデータ値をプロットすることにより、各国の発展段階を把握するとともに、各国の 2050 年までの予測値を推計した。

ii) 人口データ

国際連合経済社会局の World Resource Data（前掲）は、2050 年までの人口予測データを提供していたため、これを用いた。

3.1.2 モデルのためのデータセット作成

(1) データのチェック・補正

GKSIM 法に適用する土地利用関連のデータセットは、土地利用間の相互関係を決定する基礎となるデータであるので高い精度が求められる。原則的には入手したデータをそのまま利用するが、長期間のトレンドやデータの作成時期から判断して、データの精度が疑わしく、モデルの実行上問題を生じる可能性のあるデータについては、十分精査したうえで抽出期間を変更したり、統計的補正を加えた。例えば、時点間のデータの変化がデータ全体の平均変化の3倍を超える場合は、予測結果に著しい影響を及ぼしたり、プログラムを実行した際にエラーを生じるため、そのような特異な値を示すデータに関しては、統計的な手法を用いて補正を行なった。

(2) 基準年の設定

GKSIM 法では、予測の基準となる時点を設定する必要がある。モデルを適用した際に、基準年の値に大きな誤差を包含している場合は、予測の際に誤差を累積し、適切な予測結果が得られない。基本的に、基準年は一番直近の年が望ましいが、そのデータ値が実際との間に大きな誤差があると推察される場合には、信頼性の高い直近の年を基準年とした。本検討で利用した FAO の土地利用・被覆関連データでは、1995 年のデータが直近のデータであったが、その多くが推計値であったり、信頼性に乏しかったため、上記考え方に基づき、データを精査した上で、基準年を決定した。

(3) PFM の設定

下記 (6) 式で示されるように、GKSIM 法は、PFM 表により特定されたドライビングフォースと土地利用との相互関係を設定するように構築されている。(5) 式における係数 C_p 、 K_p 及び K_e の設定は、各国の土地利用の変化の状況を考慮し、それに沿った値を設定した。

$$W_{i,t} = W_{1,t} * W_{2,t} \dots\dots\dots (4)$$

$$W_{1,t} = C_p \left(\frac{P_{t+1}}{P_t} \right)^{K_p} + (1 - C_p) \left(\frac{e_{t+1}}{e_t} \right)^{K_e} \dots\dots\dots (5)$$

$$W_{2,t} = \frac{1 + \sum \oplus \frac{V_i + \sum \{ |C_{ij,t}| + C_{ij,t} \}}{1 + \sum \otimes \frac{V_i + \sum \{ |C_{ij,t} - C_{ij,t}| \}}}{\dots\dots\dots (6)}$$

1) C_p の値の設定

ドライビングフォース(人口、GDP)の予測結果への影響力の強さを設定する係数で、 $0 < C_p \leq 1$ の範囲で設定される。本検討の場合、両者の影響力を均等に設定するため $C_p=0.5$ に設定した。

2) K_p 値の設定

人口増加が土地利用へ与える影響力を設定する係数で、 $-1 \leq K_p \leq 1$ の範囲で設定される。人口増加が土地利用面積を増加させる場合は、 K_p を「1」と設定し、逆に減少する場合には、「-1」と設定した。また、双方の間に影響力がないと考えられる場合には、「0」と設定した。

3) K_e 値の設定

経済成長が土地利用へ与える影響力を設定する係数で、 $-1 \leq K_e \leq 1$ で設定される。 K_p と同様の考え方で、GDP と土地利用変化の関係について設定した。

(4) 最大値及び最小値の設定

本モデルにおける土地利用種ごとの最大値及び最小値は、人口や GDP などの社会・経済的要因や気候や地形等自然的要因に基づき、実質的に変化し得る値を設定することを想定している。GKSIM 法を

構築するためにモデルケースとなった中国の場合には、政府が提供している資料等にもとづき、各土地利用種毎の最大値及び最小値を設定している。しかしながら、本検討で取り扱うアジア各国16ヶ国(前掲)において、将来の土地利用計画に関して入手できた情報は乏しく、中国のように十分な情報と科学的なデータをもとに、最大値と最小値を算定することは不可能であった。そこで、過去のトレンドを反映させた妥当性の高い予測結果となる最大値及び最小値の設定を行なうため、高位、中位、低位の3ケースを想定し、その検討の中から望ましい値を推定する手法を採用した(表2参照)。3ケースの予測結果を比較検討した結果、中位の最大値及び最小値を設定した場合に、過去のトレンドとの誤差が少なく、合理的に説明可能な予測結果が得られたのでこれを利用した。

表 2 最大値及び最小値の3ケース

	MAX1(高位)	MAX2(中位)	MAX3(低位)
農地	入力データ ³ の最大値 + 1/2 × (森林+草地)	高位と中位の間値	入力データの最大値
森林	入力データの最大値 + 1/2 (農地+草地)	同じ	同じ
草地	入力データの最大値 + 1/2 (農地+森林)	同じ	同じ
その他	2倍	同じ	同じ

	MIN1(高位)	MIN2(中位)	MIN3(低位)
農地	入力データの最小値	高位と中位の間値	入力データの最小値の 1/2
森林	同じ	同じ	同じ
草地	同じ	同じ	同じ
その他	同じ	同じ	同じ

3.1.3 予測結果

上記手順及び手法にしたがって、上記アジア各国(16ヶ国)に対してGKSIM法の適用を行い、2050年までの土地利用変化を予測した。紙面の関係上、本報告ではインド及び韓国の2ヶ国についてのみ記載する(その他の国々については、参考文献2)を参照)。

(1) 韓国における予測結果の考察

GKSIM法による韓国の土地利用変化予測結果を下図3に示す。予測結果は、韓国における各土地利用変化の過去のトレンドを再現しており(図4)、また、韓国の土地利用に関する政策との整合性が高く、妥当性が高いと推察される。

経済成長に伴う人口集中や工業化による都市域の拡大は、「農地」や「森林」などの土地利用に大きな影響を及ぼしている。予測結果で、特に著しい変化が見られるのは、「その他」と「森林」の土地利用で、2015年前後から「その他」の土地利用面積は、著しく増加する一方、「農地」や「森林」の土地利用面積が減少している(図3)。特に、「森林」の土地利用面積は、政府の積極的な植林政策の影響を受け、2020年頃まで微増を続けるが、その後減少傾向に転じている(図3)。その理由としては、日本と同様に平地が少ない韓国では、都市域の拡大によって、都市周辺部において「森林」から「宅地」等への土地利用転換が促進されることによると推察される。しかしながら、2030年頃から人口増加が漸減していることから(図5)、2050年以降において「宅地」の著しい拡大は見込めず、他の土地利用に対する影響についても減少すると考えられる。

また、「農地」は持続的に減少し、2050年にほぼ半減する(図3)。このような「農地」の減少に加えて、韓国の総人口は2050年には1993年の1.2倍程度に増加するため(図5)、食糧供給を自国の農業生産物で補うことはより難しくなる。今後食糧輸入への依存度が一層高まると考えられる。

³ モデルに適用するために作成した土地利用種ごとの時系列データを示す。

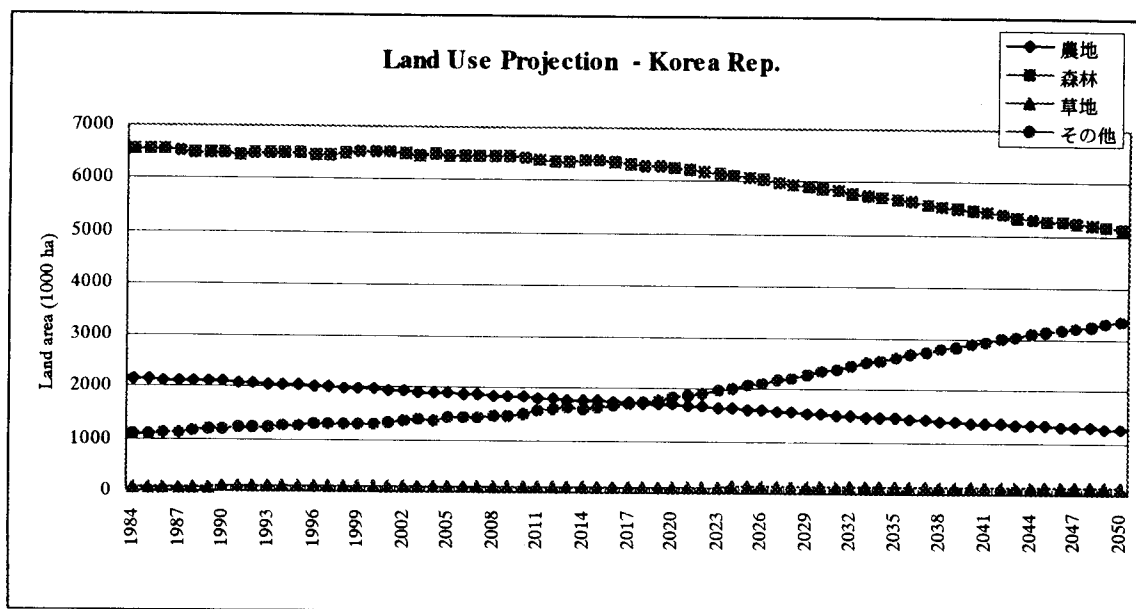


図 3 土地利用変化の予測結果 (韓国)

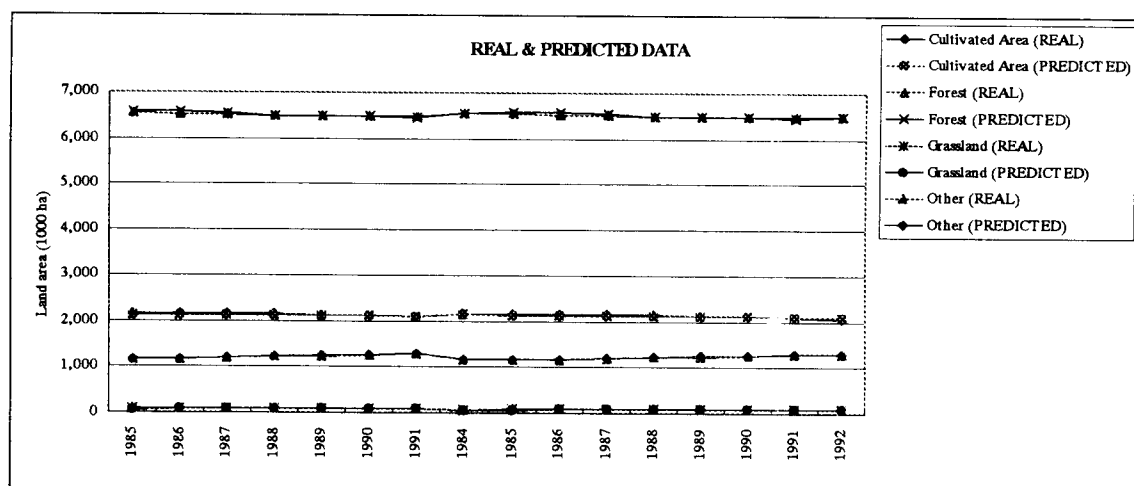


図 4 実測値と予測値の比較 (韓国)

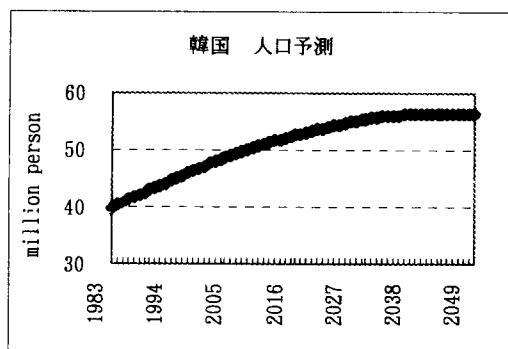


図 5 人口予測 (韓国)

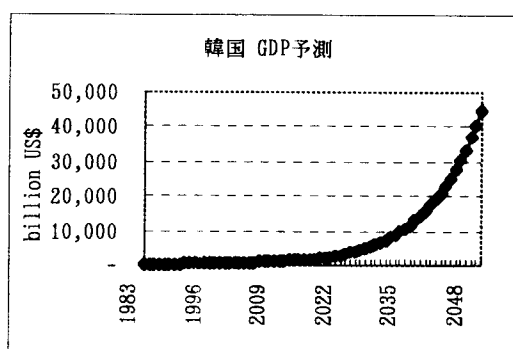


図 6 GDP予測 (韓国)

「草地」の土地利用面積は、他の土地利用の面積に比して小さいが、2050 年まで持続的に増加し、その面積は 2 倍に増加すると予測されている（図 3）。考えられる主な原因としては、人口増加（図 5）や生活水準の向上（図 6）に伴い食生活が肉食へと変化し、その結果、耕作放棄地などから牧草地への土地利用転換が拡大するためと推察される。地理的条件を鑑みると、土地利用変化には限界が想定されるものの、このような土地利用の転用は、2050 年以降においても、中山間地域を中心としてある程度まで拡大すると予測される。

（2） インドにおける予測結果の考察

下図 7 は、インドの土地利用変化予測結果である。予測結果は、各土地利用変化の過去のトレンドを再現しており（図 8）、また、土地政策との整合性も高く、妥当性の高いと推察される。

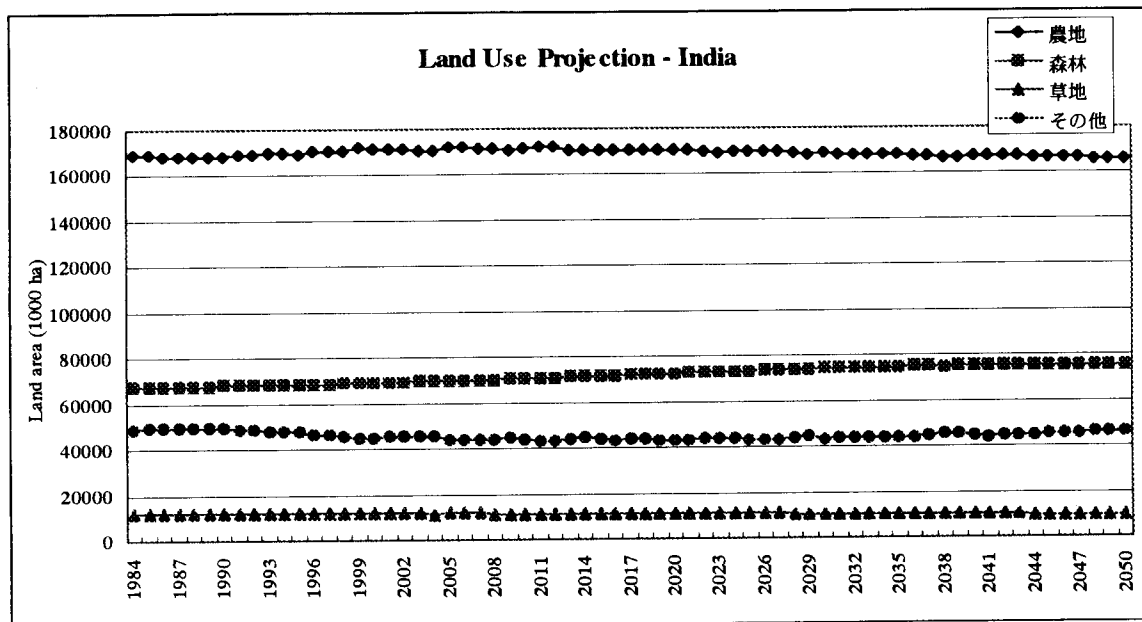


図 7 土地利用変化の予測結果（インド）

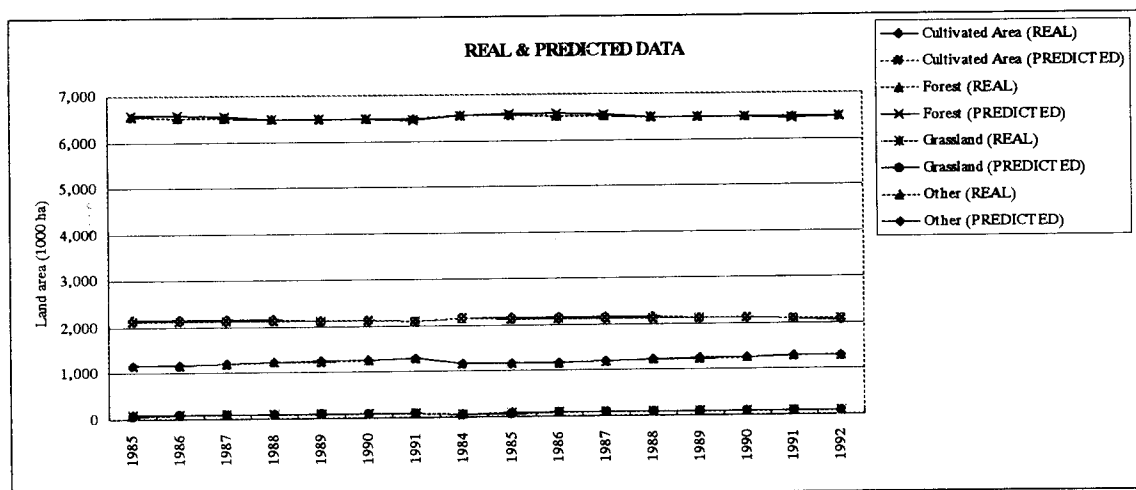


図 8 実測値と予測値の比較（インド）

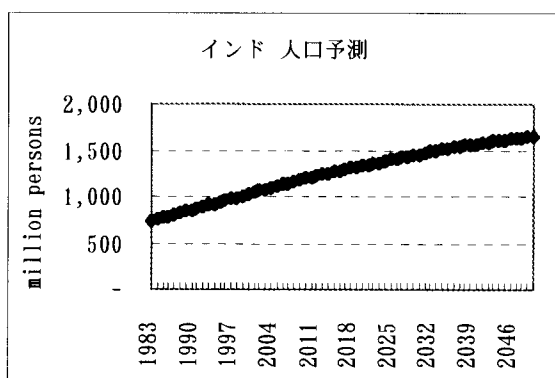


図 9 人口予測 (インド)

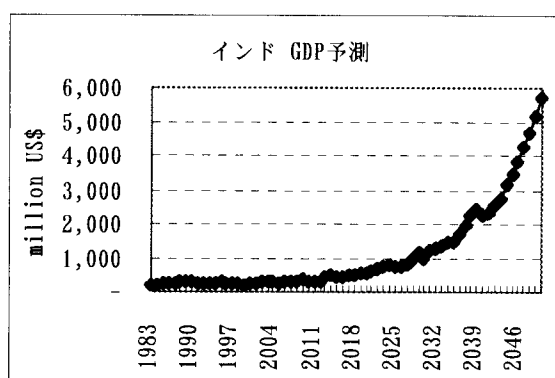


図 10 GDP 予測 (インド)

インドにおける「森林」及び「その他」の土地利用は、韓国と比して異なる変化を示している。「森林」の土地利用面積は、増加傾向を示し 2050 年には 1993 年の 10% 増となっている(図 7)。このような増加傾向は、政府が推進している「植林プログラム」が影響していると考えられる。一方、「その他」の土地利用面積は、一時的に減少傾向し、その後増加する傾向を示している(図 7)。このような傾向を示す理由としては、広大な国土を有するインドにおいては、「その他」の土地利用面積に含まれる耕作放棄地など利用に供されていない土地利用面積が他国と比して大きく、「宅地」の土地利用の変化が「その他」の土地利用に対する影響が少ないことが考えられる。2014 年前後から「その他」の土地利用が増加する傾向を示すのは、政府が実施している森林や耕地の拡大政策により、このような宅地以外の土地利用が「森林」や「農地」に転換され、減少したため、都市域の拡大が「その他」の土地利用面積の変化に直接的に影響するようになったからと推察される。

「農地」は、政府の耕地の拡大政策により一時的に拡大する傾向にあるが、森林面積の増加や人口の増大及び都市域の拡大に伴い、減少に向かうと予想される(図 7)。このような「農地」面積の減少により食糧問題が懸念されるが、2050 年における「農地」面積は 1994 年と同程度が確保されており、図 9 のように 2050 年には人口は倍増することを想定した場合でも、インドにおける米の土地生産性が、日本の 3 分の 1 程度(約 2 Mt/ha、1993 年現在)であり、将来的に技術発展による生産性向上が見込まれことを鑑みると、食糧事情はさほど悪化しないとの憶測が可能であろう。

また、図 10 に示すように、2050 年には GDP 値が 1993 年の 7 倍近くに増加し、著しい経済成長を想定した場合には、生活水準はかなり向上するものの、宗教上の理由から食生活における質的变化はさほどないと考えられるべきであろう。したがって、「草地」に関しては、2050 年以降においてもさほど著しい変化は見込まれないと推察することができる。

3.1.4 考察

各国の予測結果としては納得のいくものが得られたが、以下の点についての検討が必要と考えられる。本検討において、経済的な要因が土地利用変化に与える影響を考える際に、アジアにおける幾つかの国が直面している経済危機をどのように考慮するかが重要な問題点となった。経済予測の専門家によると、韓国の場合における経済危機は、経済構造の問題が引き金となる経済危機とは異なり、一時的なものであるとの見方がある。そのような場合には、経済的動向が直接的に土地利用にまで影響するとは考えにくいと、本検討ではそのような経済状況を考慮には入れなかった。一方、モンゴルで生じているような経済構造の変革は、経済活動ならびに土地利用変化に対しても影響を与えられている。したがって、このような場合には、経済動向による影響を十分に分析し、土地利用変化予測に反映させる必要があると考えられる。しかしながら、経済的な混乱の継続期間に関して、必ずしも一致した予測結果は得ることができないため、そのような予測自身が難しい状況にある。また、経済動向による影響も必ずしも明確でないため、それを土地利用変化に反映させることが難しい。本

検討では、各国の経済予測を日本と韓国の経済成長で示された軌跡と仮定したので、このような視点からの考察を無視した。今後、精度の高い土地利用変化の将来予測を行なうためには、このような問題をどのように解決していくかが重要な課題となるであろうと考えられる。

また、本検討では、GDP 及び人口を各国一様に重要なドライビングフォースと考え、これらの予測値に基づく土地利用変化を予測した。しかしながら、必ずしもこれらの要因のみが重要なドライビングフォースとは限らず、各国の社会・経済的な状況を踏まえ適当な要因をドライビングフォースを設定する必要がある。GKSIM 法は、モデルの構造上、考慮するドライビングフォースを増加させることができ、他の社会・経済的な要因についても考慮することが可能となっている。その場合、モデルの基本設計ならびに新たなドライビングフォースの予測値の推計手法についても検討が必要である。これらについても今後の課題であろうと考えられる。

3.2 マルチロジスティック・モデルによる結果

3.2.1 必要データ

マルチロジスティック・モデルは、統計的因子分析を行なうモデルであり、適用する際に基本的に以下のようなデータセットが必要となった。

- 1) 2 時点以上の時系列データ
- 2) 土地利用・被覆関連データ (従属変数)
- 3) 従属変数を説明する社会・経済データ (説明変数)

アジア地域における国々について、以下の仕様で関連データを収集し、データベースを構築した。

- 1) 単位：州 (国の下のレベル)
- 2) 年次：1970, 1980, 1990
- 3) データの種類：従属変数 (農地、林地、宅地、その他)

説明変数 (上記土地利用に関連する変数)

詳細については、「平成 8 年土地利用・被覆関連データセット構築業務」報告書を参照。この検討では、上記仕様で収集した土地利用関連データ及び社会・経済データを用いて、土地利用変化における因果関係を分析するとともに、土地利用比率関数 f の構築を試みた。しかしながら、データの整備状況等以下で述べる理由から、インドのみの適用にとどまった。

なお、インドにおいては、収集したデータをモデルへの適用し、土地利用比率関数 f の構築を行なったが、構築した関数 f は、その妥当性を十分評価できなかったため、ドライビングフォース予測モデル関数 g の構築及びそれに基づくシミュレーションについては行っていない。

3.2.2 うまく適用できなかった理由

アジア地域における対象国について、モデルの適用が不可能で、土地利用比率関数 f を構築することができなかった理由について、以下に整理する。その主な理由は、主に「データ上の理由」と「アプリケーション上の理由」の 2 つに大別できる。

3.2.3 データ上の問題

(1) 州境の変更や州の分割・統合

対象としたアジアの国々では、州 (国の下のレベル) の分割・統合に伴う行政界の変更が顕著に見られ、州レベルで一貫した統計データを入手することは不可能であった。モデルに適用するため、統計的な手法により、3 時点の州を統一することを試みた。しかしながら、その多くは複雑な州の分割・統合を行なっており、1970 年、1980 年、1990 年の 3 時点で一貫したデータセットを作成することは不可能であった⁴。その結果、土地利用関連データ、社会・経済データともに十分に入手することができたが、上記のように一貫したデータセットを作成することができなかったため、モデルへ適用する

⁴ 韓国は、妥当性の高い予測結果を算定しうる十分な説明変数のデータを入手することができたが、1970 年～90 年の間に複雑に行政区の統合・分割を行なっていたため、その 3 時点とも行政区の統計上の取り扱いが異なっていた。その結果、一貫したデータセットを作成することができず、モデルへの適用が不可能であった。

ことが不可能であった。

(2) データにおけるカテゴリーの変更

ベトナムやカンボディアなどでは、各州で土地利用や社会・経済に関する統計上のカテゴリーが異なっていた。そのため入手した統計資料等から一貫したデータベースの作成することが不可能であった。

(3) データの欠損

データの欠損が1時点だけの場合は、統計的手法によりデータ補完を行ない、3時点(1970年, 1980年, 1990年)のデータセット作成したが、一部の国以外では、収集したデータの多くは、1時点(主に1990年)のデータのみの場合が多く、そのような手法によって3時点のデータを整備することが不可能であった。

(4) 乏しい社会・経済データ

ロジスティックモデルはインプットされたデータを統計的分析し、抽出する統計モデルである。インプットされるデータは、基本的にドライビングフォースとして目される変数であり、数十種類程度確保されることが望ましい。しかしながら、本検討で対象となっているアジアの諸国は、主に発展途上の国々であり(第2項 1.1 参照)、政府レベルでもこの種のデータは統計書として十分に整理されていない。特に、入手できた説明変数に関するデータは、インドや韓国など一部の国に限定され、ほとんどの国が数種類程度しか説明変数に関するデータを入手することができなかった。そのような国においては、統計解析によって妥当なドライビングフォースを特定し、土地利用関数 f を構築することは不可能であった。

3.2.4 アプリケーション時における問題

本モデルに適用できるようにデータを整備することができたインドにおいても、予測結果は、必ずしも妥当なものと評価できなかった。その原因と目されるものについて、以下に記述する。

(1) 多様なデータに起因するキャリブレーションのオーバーフロー

インドは、40の州から構成されている。その数は、他のアジアの国々と比較しても著しく多い。また、各州の自然条件や社会的状況も多様であり、説明変数として収集したデータ値についても各州によって大きく異なっていた。例えば、自動車台数や道路長等の値は、州の経済レベルにより著しい相違があったため、キャリブレーション時にオーバーフローを生じさせた。それを回避するために、そのような原因となるデータを州の面積や人口で除するなどの方法により規準化したため、変数間の相関にも影響し、有力なドライビングフォースの特定においても影響を与えたと考えられる。

(2) 有力なドライビングフォースの除外

キャリブレーションの試行段階に、説明変数間の相関や重共線性を示す変数があることが確認された。そのような関係を示す変数は、キャリブレーション結果に影響し、適切な結果が得られないことが知られているため、ドライビングフォースとして目されるものであってもあらかじめ除外した。特に、説明変数間の相関関係においては、ドライビングフォースと目される変数が複数の変数と相関関係にある場合が多く、削除せざるを得ない場合があった。そのような結果、予測結果において十分な説明力を有する変数を残すことができなかった。

(大坪国順、荻原 朗)

参考文献

- 1)大坪国順編(1996) LU/GEC プロジェクト報告書 ―アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (II) , pp61-69.
- 2)平成8年度 国立環境研究所委託業務報告書「国レベルデータを用いたアジア諸国の土地利用・被覆変化の長期予測」

第6節 まとめ

第2節から第6節の予測結果を見ると、外部変数としての人口、GDPが増加し、土地政策は転換がないとするシナリオ（Business As Usual）に対して、インドネシア、タイでは耕地面積の増加、森林面積の減少、その他の土地利用面積の微小変化が特徴である。一方、中国ではむしろ、耕地は若干減少、森林が増加、草地の減少傾向が出ている。モデルの中で、過去の10数年から20数年の土地利用変化のトレンドを最小の誤差で再現するように関係パラメータが決められているので、上記の傾向は、東南アジアと中国では過去10数年間の土地利用変化トレンドが異なることが反映されているに過ぎない。

ここでは、中国における土地利用変化のトレンドの背景を踏まえて、土地生産性と食糧供給の面から若干の考察を加え、LU/GECプロジェクトの第二期のねらいについて述べる。

本章第3節の図6を見ると、同節、図3および図4で与えられた人口、GDPの増加予測にもかかわらず、耕作地は微減し続ける。このようなことが可能なためには、食糧を輸入するか土地生産性の継続的な向上を実現させるしかない。

まず、中国政府が食糧自給策を継続すると仮定して2050年までに実現すべき土地生産性について試算してみる。簡単のため1995年において中国全体で食糧の需要と供給が釣り合っているとする。総供給量は、全耕地面積と土地生産性のかけ算で求め、国民の総食糧摂取量は、総人口と一人当たりの摂取量のかけ算で求まる。よって、実現すべき土地生産性は、 $([総人口] \times [一人当たりの摂取量]) / [耕地面積]$ で求まる。今、一人当たりの摂取量が2050年まで一定とし、人口の将来変化（外部変数として与えた）と耕地面積の将来予測変化から土地生産性を計算すると、図1となる。図1によれば、1995年時点で全国平均約4,200kg/haの土地生産性が年々増加し続け、2050年には6,000kg/haを越えることが期待される。全国平均でこの値を達成することはかなり困難と考えられる。中国政府は、自給を堅持するため2020年と2050年に目標土地生産性を設定している。それら値はここでの試算値より低いものの、その他利用地をそのような高い生産性の耕地に転換できるかという議論がある。

次に、中国の平均的土地生産性は現在がほぼ限界という見方もあるので、土地生産性が1995年から横這いの場合を考える。この場合、第3節の図3の人口増加シナリオに対処するには、輸入に頼らざるを得なくなる。一人当たりの摂取量が2050年まで増大しないとして輸入量を試算したのが図2である。この試算では、国内生産量は耕地面積の微減に伴い減少するためダブルで輸入量は増加し、2050年頃には食糧需要の30%を輸入に頼らざるを得ない事になる。

図3は中国政府が食料需給政策を継続し、今後、土地生産性の向上が見込めず、かつ、華東地域等の穀倉地帯で耕地が減少し、その分を北部・東北部等での耕地転用で補わざるを得ないとした場合の土地利用変化の予測結果である。この計算では、北部・東北部の土地生産性は華東地域等の6分の1とした。また、華東地域等での耕地減少分は、第3節図6における都市的利用地の増加で与えた。人口増加分を賄うために年を経るに連れて、大幅に草地の耕地転用が進む予測となった。転用面積は2050年頃には1995年の全耕地面積に匹敵する程になるが、北部で長期的にそれが可能であるかは大きな問題である。

以上、3つの極端なシナリオでの試算を行ったが、実際には、土地生産性の向上、耕地の増加、穀物輸入の組み合わせで対処していくことになる。今後は、3者のバランスが非常に大きな問題になる。バランスが悪いと、地域の環境破壊、世界の食糧危機に直結し、深刻な問題となる。

例えば、環境破壊として危惧される点として、北部・東北部での無理な耕地転用は、地下水の涸渇、土壌劣化、および、牧畜限界地への家畜の追いだしに伴うより深刻な over grazing（砂漠化）の問題がある。また、中国が大量穀物輸入国に転落すれば、世界市場で穀物価格の高騰が起こり、アフリカを中心に様々な食糧問題が発生しうる。

次期のLU/GECプロジェクトでは、華東地域の耕地面積、穀物生産量の減少の将来予測、北部・東北部による耕地転用面積の将来予測、および、それに伴う環境破壊問題の解明に焦点を絞る。

（大坪国順）

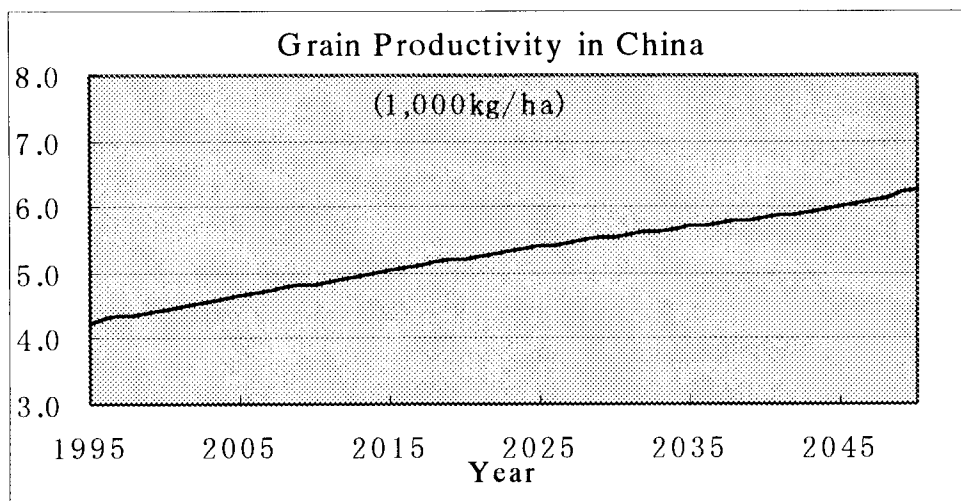


図 1 第3節図6で自給政策を堅持した場合に必要な土地生産性

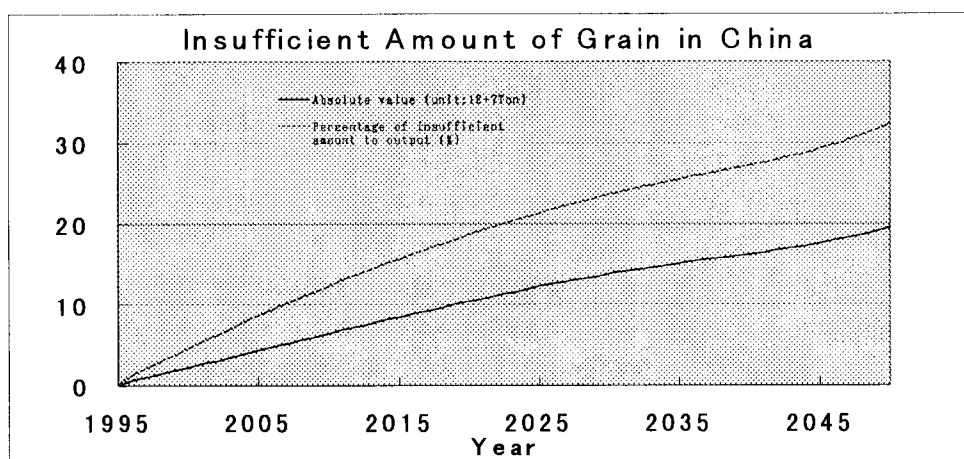


図 2 第3節図6で土地生産性は向上しない場合の穀物不足量（輸入量）

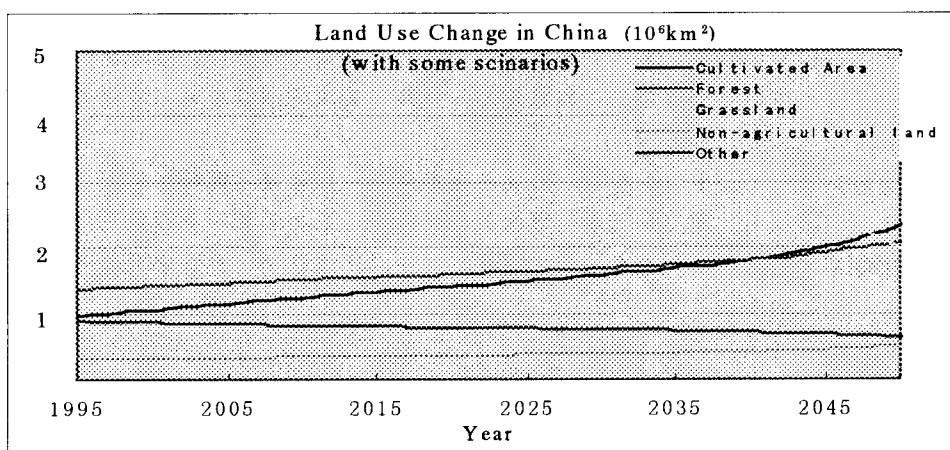


図 3 穀倉地帯での耕地の減少分を北部・東北部で補填するシナリオに対する土地利用変化

第3章 地域レベルで見た土地利用・被覆変化

第1節 はじめに

本章では、3年間の LU/GEC プロジェクト第I期の中で、地域を対象とした土地利用・被覆変化に関する研究成果をまとめた。それぞれ、第2節で日本、第3節で中国、第4節でインドネシアについて、第1項では対象とした地域の土地利用・被覆変化の概説、第2項で適用したモデルとその理由、および予測結果について述べる。

対象とした地域レベルは各国で必ずしも統一がとれておらず、各担当グループの自主性を尊重した。従って適用したモデル（手法）も対象とした地域より異なっている。

第2節の日本では、第1項において、マルチ・ロジスティックモデルにおける土地利用変化誘導変数を抽出するための因子分析について詳しく述べる。しかし、第2項の予測結果については、平成7、8年度の報告書に詳説されているので簡単にふれるのみとした。

第3節の中国では、第1項で2つの異なるアプローチによる地域の土地利用・被覆変化研究調査について述べる。一つは、地図化に基づくアプローチで北部、華北地域、華東地域および広東省の2（or 3）時点のメッシュ化地図データを基に変化の特徴を述べる。もう一つは、マルチ・ロジスティックモデルの適用を前提としたもので、華東地域、内モンゴル地域、広東省の現地調査結果について述べ、その結果を踏まえて今後の起こりうるべきシナリオについて述べる。第2項では、上記2つのアプローチで適用したモデルについて述べ、ケーススタディの対象域毎にモデル結果について述べる。第4節のインドネシアについては、第1項ではジャワ島、スマトラ島、カリマンタン島について島毎に土地利用・被覆変化の特徴について述べ、第2項では、チューネンモデルを用いた予測結果について島毎に述べる。

一般にあるレベル（例えば国）で土地利用・被覆変化を議論する際には、そのレベルより1つ下（州）もしくは2つ下（地区）レベルでのケース・スタディが必要である。それでないとな国内で起こっている現象を誤解することになる。中国を例にとりて説明する。第2章第3節で中国全体の土地利用・被覆変化を議論したが、過去10年間のトレンドからは、都市的利用地は3万 km²の増加、耕作地は約1.8万 km²の減少、森林は約20万 km²の増加、草地は約5万 km²の減少、その他の面積が約16.2万 km²の減少ということしか読みとれない。しかし、実際には過去10年間で華東地域だけで約1万 km²以上の耕地の減少があったことに代表さえるように、経済発展地域で耕地の都市的利用がかなり進んだ。一方、北部・東北部等で耕作地への転用が進んだため、全体として耕地は微減という結果が出てくるわけで、決して中国での耕地の利用状態は安定しているわけではない。地域レベルで見ると大きな土地利用変化が起こっているわけで、これは地域レベルでの現地調査を通じて始めて把握できることである。

近年、衛星画像を用いたりリモートセンシングによる土地利用・被覆変化解析が盛んであるが、この場合もグラントルース収集も、電気信号を物理情報に変化するためのデータ収集だけでなく、何が何故起こったかを解明するためのデータも併せて収集（ケース・スタディ）が必要と考える。

（大坪国順）

第2節 日本

第1項 土地利用変化誘導因子の地域差とスケール効果

1.1 分析の枠組み

1.1.1 分析のねらいと基本的なアプローチ

従来の土地利用モデルの多くは、比較的小さな都市地域を対象とする都市的土地利用モデルであった。一方、グローバルな環境問題との関係で土地利用モデルに具備されるべき特性は、①広域性、②中長期の予測、③農林地を含む包括性などである¹。このような土地利用モデルの開発にあたっては、かかる特性を念頭において、土地利用変化のメカニズムが解明されねばならない。本節のねらいは、土地利用を規定する要因を明らかにすることであり、かかる広域土地利用モデル構築のための基礎的研究と位置づけられる。また、全国事例では、中山間地域、都市地域等の地域類型別分析も併せて実施しており、土地利用変化要因の地域特性についても考察する。

ところで、土地利用はその空間で繰り返される社会的・経済的諸活動を地面に投影した姿である。通常、社会的・経済的諸活動の空間的分布は立地論の課題である。しかるに、第一に全ての土地利用を対象としており(包括性)、一つ一つの土地利用カテゴリーの意味も広い。第二に広域を対象とすること及び統計資料の入手が容易であることなどを考えると、分析単位は市町村が適当であるが、このスケールは立地論の分析単位としては粗すぎる。よって、立地理論に基づく精緻なモデルを先験的に仮定し、検証することは適当でない。そこで、土地利用データの関係構造を素直に引き出すために、「データをして語らしめる」ことを分析の基本的な考え方(アプローチ)とした。具体的には、後述するように、土地利用とそれを規定する要因にオーソドックスな統計モデルを適用する。

1.1.2 土地利用分析のターゲット指標

分析のターゲットとなる土地利用指標として、「ある時点の土地利用の面積シェア」と「2 時点間の土地利用変化量」の2指標を設定した。

土地利用とその要因間の長期的に蓄積された静態的關係の解明を課題とする場合には、ある時点の土地利用シェアに注目することになる。後述するように、利用可能な土地利用データの調査年次は2時点であり、それぞれの年次において土地利用構造を明らかにする。

一方、土地利用変化がいかなる要因によってもたらされるかという、変化要因の抽出を課題とする場合には、一定期間の土地利用の変化量に注目することになる。ここで、留意すべき点は、変化量の計算式である。変化した実面積、面積の増減率、面積率の差など、いくつかの変化指標が考えられる。どのような変化指標を選択するかによって、当然、結果は異なる。変化した実面積の場合は市町村の規模の影響を強く受け、増減率の場合は期首の面積が小さいと増減率が極端な数値を取りやすいという問題がある。若干の試行錯誤の結果、次式で示した面積率の差を採用した。

i 種の土地利用変化指標 = i 種の期末の土地利用面積率 - i 種の期首の土地利用面積率

また、期間の長短によっても抽出される要因の組み合わせが異なることが予想されるが、2 時点のデータしか利用できないので、分析期間は自動的に定まる。

上記2つのタイプの分析のうち、前者を土地利用構造分析、後者を土地利用変化要因分析と呼ぶことにする。

1.1.3 土地利用を規定する条件

土地利用を規定する条件には、場所に固有の立地条件と非即地的な条件がある。前者には、自然的条件、社会経済的条件、交通立地条件に加えて、土地利用を制御する計画規制や土地利用を誘導する社会基盤整備などの政策的条件も含まれる。また、後者には技術革新や景気動向などが含まれる。

¹ グローバルな環境問題を念頭においた広域土地利用モデルでは、地球全体ないしその一部分(たとえばアジア地域など)をカバーする必要があるが、経済・社会・行政システム、国境措置などは国別に大きく異なるので、モデルの範囲を国レベルとすることが妥当であろう。また、予測目標年次は2050年が望ましいが、中間時点の2020年あたりが当面の目標となろう。

自然的条件では傾斜、標高、地形などに関する指標を、社会経済的条件では、人口・世帯構造、就業構造、産業別の経済活動水準などに関する指標を用いた。ただし、交通立地条件および政策的条件の指標に関しては、不完全にしか分析に取り入れることが出来なかった。

1.1.4 統計モデルの選択

目的変数と従属変数をそれぞれ説明してきたが、ここで両者をつなぐ統計モデルについて簡単に説明する。土地利用構造分析のターゲットは土地利用面積率であったが、この指標の間には相互に相関関係があるので、正準相関モデルを適用した。単独の目的変数を扱う重回帰モデルよりも複数の目的変数を同時に扱う正準相関モデルの方が有意な情報を損なわずに土地利用とその要因の構造を抽出することが期待できるためである。正準相関モデルでは、*criterion variables* の線形結合と *predictor variables* の線形結合の間で、相関が最大になるように、*a*、*b* の係数が定められる。 x_i の個数 *m* と y_j の個数 *p* の小さい方の数と同じだけ、正準変量を定めることができる。なお、同種の正準変量間の相関は 0(無相関)である。

$$X_i^* = \mathbf{a}' \mathbf{x} = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots + a_{im}x_m$$

$$Y_j^* = \mathbf{b}' \mathbf{y} = b_{j1}y_1 + b_{j2}y_2 + \cdots + b_{jp}y_p$$

$$\rho_{X_i^*, Y_j^*} = r(X_i^*, Y_j^*) \rightarrow \text{Max}$$

$$\text{但し、} \rho_{X_i^*, X_j^*} = r(X_i^*, X_j^*) = 0 \text{ and } \rho_{Y_j^*, Y_i^*} = r(Y_j^*, Y_i^*) = 0, \text{ for } i \neq j$$

図 1 は、関西地方事例の土地利用構造分析と土地利用構造の時間的安定性分析の枠組みを示したものである。後者は 2 時点間の土地利用構造分析を比較するものである。関東地方事例と日本全国事例でも、期首の年次が異なる以外は同じである。

一方、土地利用変化の要因分析のターゲットは変化量である。実は、この変化指標は一般に余り強い相関関係がみられないので、正準相関モデルを適用する意義は小さい。多項ロジットモデルも適用可能であったが、要因の選択が手順化されている重回帰モデルを適用した。ステップワイズ法によって、有意な要因を統計的に選択する。図 2 は、関西地方事例の土地利用変化要因分析の枠組みを示したものである。

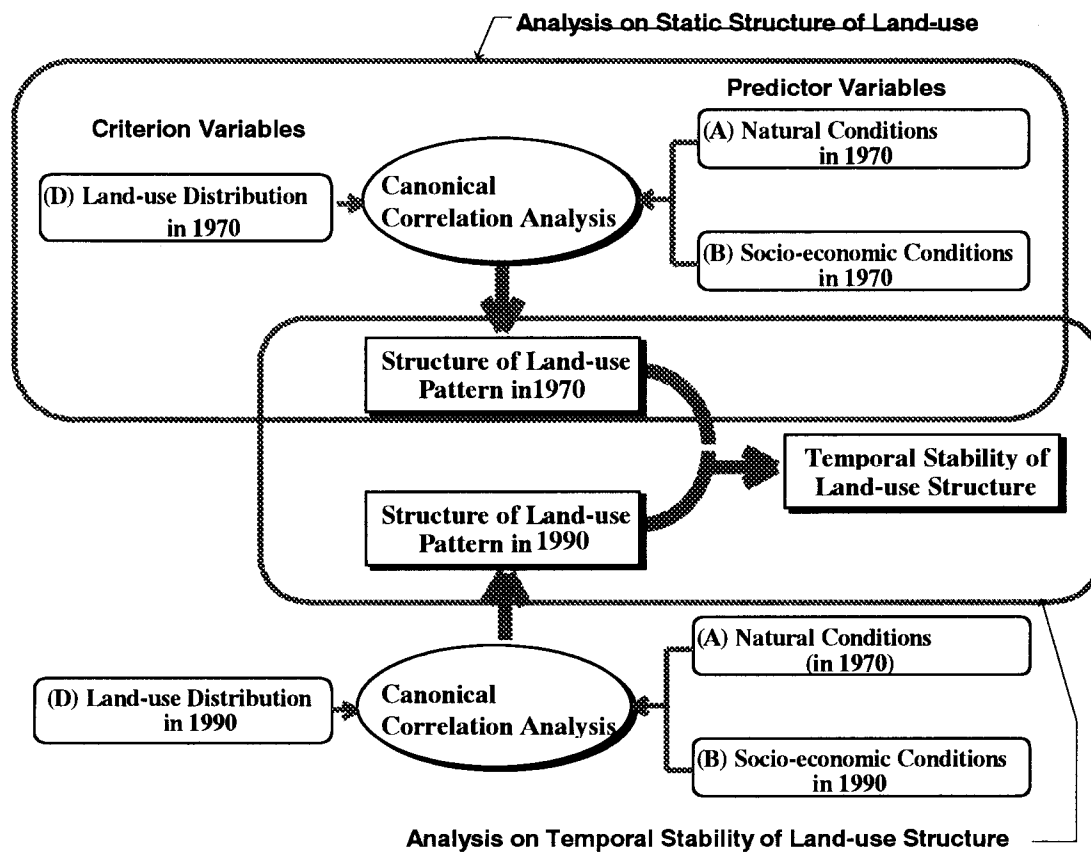
$$y = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n = \sum_{i=1}^n c_ix_i$$

1.1.5 対象事例の位置づけ

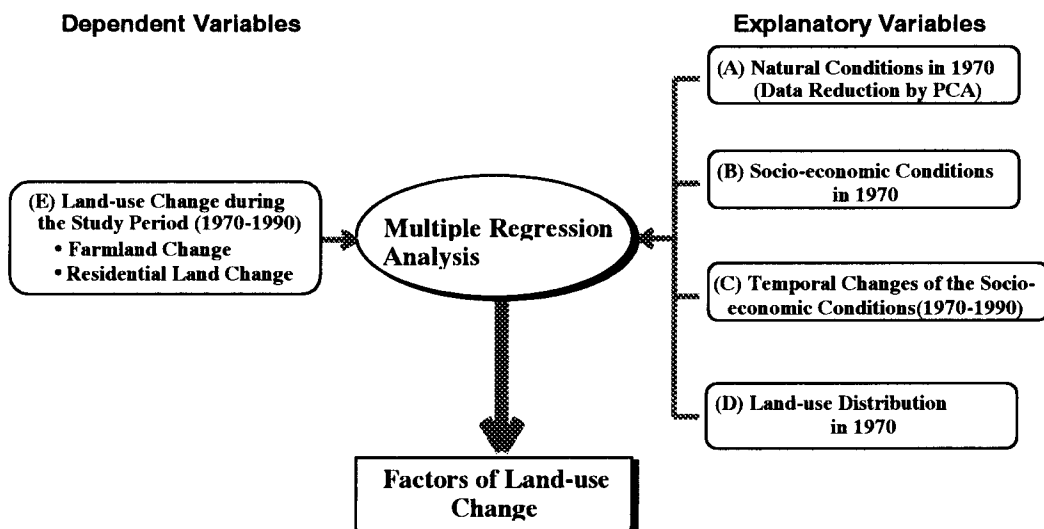
関西地方と関東地方と日本全国の 3 つの対象地域を設定した。土地利用分析に関する限り(そして、土地利用モデルにもおおむね当てはまるが)、研究のオリジナリティは関西地方の事例研究にある。第 2 項では、この関西地方事例の結果を報告する。データに若干の問題を抱えているが、もっとも丁寧に分析結果を検討しているので、関西地方事例の解説を重点的に解説したい。

関東地方事例は、関西地方で開拓した手法の適用事例である。関東地方と関西地方は、共に大都市と郊外を含む都市地域である。関西地方事例の結果と類似した結果をきれいに示している。第 3 項では、関西事例との類似性に重点を置いて簡潔に紹介する。

日本全国事例では、上記 2 事例と同じ分析方法を採用した。ただし、土地利用変化の要因分析では、全国市町村を対象とするケースだけでなく、中山間地域(北海道除く)、都市地域(北海道除く)、北海道地域の 3 つのサブグループを設定し、かかる地域類型ごとに土地利用変化の要因を明らかにした。第 4 項では、日本全国の結果を紹介する。



☒ 1 Framework of Analysis for Land-use Distribution (Kansai District).



☒ 2 Framework of Analysis for Land-use Change (Kansai District).

1.2 関西地方事例の結果

1.2.1 データと指標

関西地方の対象地域は、京都府、大阪府、滋賀県の3府県から構成される。サンプル数は138である。この事例では、国土地理院の土地利用データが入手できなかったため、異なるソースのデータを用いた。このため、1970年と1990年の土地利用カテゴリーが異なり、両者を整合させるために、やむを得ず、農地、林地、宅地その他の4カテゴリーにまとめた。土地利用を規定する要因のデータ年次も1970年と1990年に揃えた。9種類の自然的指標と27種類の社会経済的指標を用意した。

1.2.2 土地利用構造分析の結果

土地利用面積率を Criterion variables、自然的及び社会経済的指標を Predictor variables とする正準相関分析を行った²ところ、良好な結果が得られた。第1正準相関係数は0.99、第2正準相関係数は0.96、第3正準相関係数は0.72と高率であった。

表 1 Land-use structure : Summary of the canonical loadings (the Kansai District, 1970).

	-	-	0	+	++
	<-0.7	-0.5 - -0.7		0.5 - 0.7	> 0.7
1 st variat e	Y	Forestry land		Farmland**	residential land
	X	% of mountain / volcano area	farm-household ratio	Land for public use & others	
		% of >200m elevation area	% of 8-15 degree slope distance to Kyoto, Osaka	# of employees per farmland	% of 0-3 degree slope area
		% of >15 degree slope area	per capita gross farm products	# of agr. Laborers per farmland	% of 0-100m elevation area
		% of population over 65		gross farm product per farmland*	population density
2 nd variat e	Y		residential land*		farmland
	X		# of agr. Laborers per farmland	per capita farmland area	average farm size
			% of part-time farm hh. (type 2)	per capita gross farm product	
			population density	farm-household ratio	
				% of 100-200m elevation area	
3 rd variat e	Y				land for public use & others
	X			% of 3-8 degree slope area	
				% of hill area	

Remarks: □ : Land-use variables, ◇ : Geophysical indicators, ◆ : Socio-economic indicators. Indicators with underline are related to agriculture. * : Value of the canonical loading is 0.49. ** : Value of the canonical loading is 0.43.

表1は、正準負荷量(正準変量と元の指標との間の相関係数)の値が0.5以上の指標である。Criterion variables 及び predictor variables の負荷量から次の点が読みとれる。第1正準変量の X_1 は、自然的な性格の強い林地かあるいは人為的な性格の強い宅地および農地・その他公共用地かの相違を示している。それに対応する Y_1 は、山間地と平坦地の地形的な相違を示す強固な自然的要因と都市地域と農村地域の間に横たわる人口構造及び経済活動の相違を示す中程度の社会経済的要因が組み合わさった成分であった。この第1正準変量が、土地利用とその要因との間のもっとも基本的な関係(土地利用構造)を示している。第2正準変量の X_2 は、農地か宅地かの相違を示していた。それに対応する Y_2 は、農業経営レベルおよび地域農業レベル両面で、農業生産の水準を示す社会経済的要因であった。この第2正準変量は、人為的な土地利用内部の相違を説明する要因である。そして、第3変量の X_3 は、その他・公共用地を代表する要因であった。それに対応する Y_3 は、中傾斜と丘陵地形を代表する自然的要因であった。以上、3組の正準変量のもつ意味について検討した。3つの変量はいずれも

² 厳密に言うと、農地、林地、宅地の3指標を用いて正準相関分析を行い、得られた正準相関変量とその他・公共用地の相関係数を計算して、擬似的に正準負荷量を算出した。

意味整合性の高い構造を備えていたといえる。図 3 はこれらの正準変量の構造を示した図である。

1.2.3 土地利用構造の時間的安定性

図 4 は、1990 年のデータを用いて、正準相関分析を行い、抽出された第 1 正準負荷量を 1975 年の第 1 正準負荷量と比較したものである。2 時点の正準負荷量は、非常に近似している。同様の図は、第 2 および第 3 正準変量についても描くことができる。したがって、本事例の土地利用構造は 20 年間の期間を経ても安定していた。

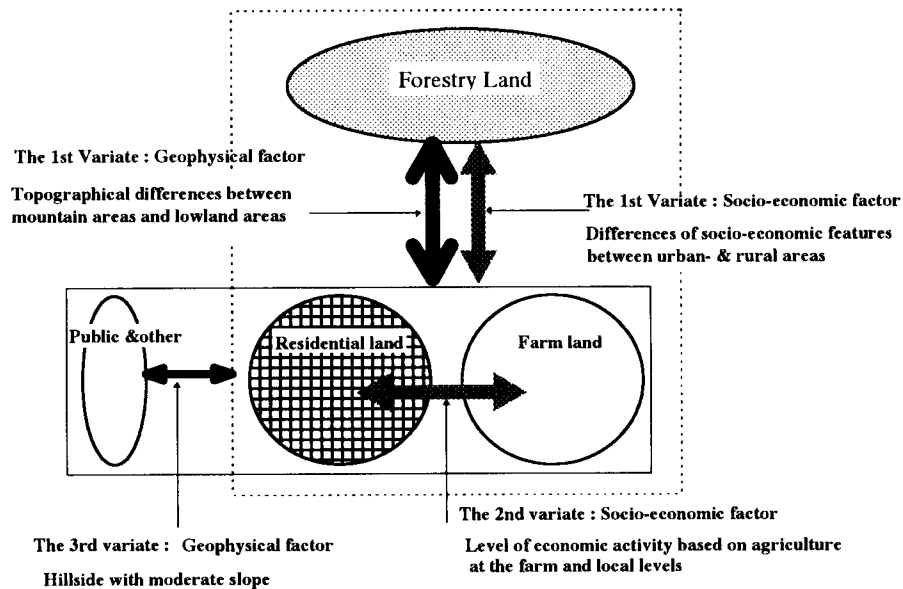


図 3 Structure of land-use distribution extracted by canonical correlation analysis

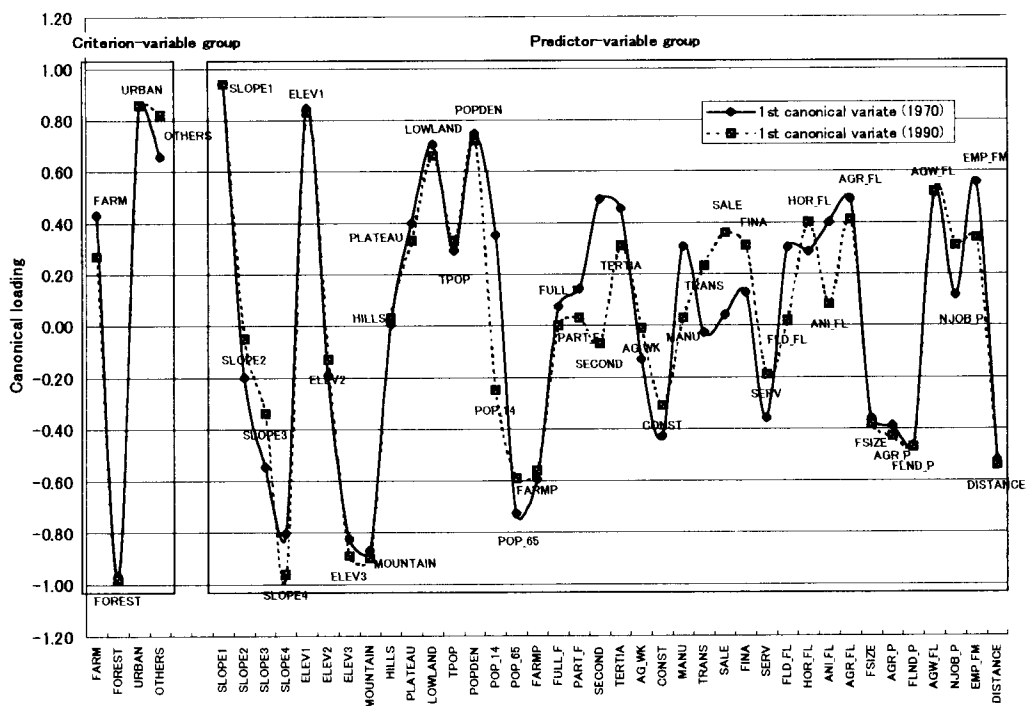


図 4 Comparison of the first canonical loadings between 1970 and 1990 (the Kansai district).

1.2.4 土地利用変化要因分析の結果

前掲図2にしたがって、土地利用の要因分析を行った。対象とした土地利用変化は農地変化と宅地変化である。モデルの決定係数は、農地変化で最高 0.70、宅地変化で最高 0.75 に達した。選択された指標の中には、意味づけが困難な指標も含まれていたが、詳細に検討したところ、経験的知見と矛盾しない解釈が可能であることが明らかになった。モデルの高い説明力と係数の高い合理性により、土地利用変化要因の抽出に成功したと言える。分析結果を要約した図5と図6は、事例地域の土地利用モデルの設計に基礎的知見を提供するものである。

自然条件、社会経済条件、同期間変化、土地利用シェア(同じ土地利用種の期首の面積率のみ)の4つの指標グループは、いずれもそれなりに農地と宅地の変化に貢献していたが、特に社会経済条件がグループ総体としてもっとも大きく貢献していた。

要因分析の結果を踏まえて、土地利用変化要因の枠組みを提案した。この中で、土地利用変化を生み出すドライビング・フォースに加えて、そのような変化のインパクトに対する地域的対応の差異を示す要因(カウンター・フォース)の存在を示した。後者はこれまで明示的に取り扱われてこなかった要因群であるが、今回の分析は、かかる内発的な要因群が土地利用の変化に関与していることを強く示唆している。土地利用を変化させる外発的要因のみならず、地域性のある内発的要因を丁寧に抽出し、それを土地利用モデルに適切に反映させることが重要であるといえる。

1.3 関東地方事例による補足

1.3.1 データと指標

関東地方事例は、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、東京都、神奈川県、埼玉県、山梨県の1都7県を対象とする。サンプル数は513である。国土地理院の土地利用データの年次は、1976年と1989年であり、その他の統計データもその近傍に合わせた。

関東地方事例は、以下の特徴を備えている。第一に大都市とその周辺に広がる近郊地帯であり、地域特性が関西事例と共通していること。第二におおむね、同じ指標と同じ手法で分析されたこと。特に林地、農地、宅地、その他の4種の土地利用カテゴリーが関西事例と共通していること。第3土地利用データの精度が高いこと。以上の特性により、関東地方事例の結果は大変に興味深いものである。

1.3.2 土地利用構造分析とその時間的安定性

土地利用構造分析の結果は、関西地方事例と驚くほど一致していた。第1正準変量の X_1 は、自然的な性格の強い林地かあるいは人為的な性格の強い宅地および農地・その他公共用地かの相違を示し、第2正準変量の X_2 は、農地か宅地かの相違を示し、第3変量の X_3 は、その他・公共用地を代表する要因であった。また、これら土地利用パターンを規定する要因は、第3変量の Y_3 を除き、よく類似していた。しかも、2時点の正準変量は、時間的にきわめて安定していた。なお、詳細は1996年度LU/GECプロジェクト報告を参照のこと。

以上の結果は、関西地方事例で得られた土地利用構造が少なくとも都市地域において一定の普遍性を有することを強く示唆するものであった。

1.4 日本全国事例の結果

1.4.1 データと指標

日本全国事例では、社会経済的データは、関西地方および関東地方の事例分析よりもやや簡略化している。データの年次は、土地利用データに合わせて、1975年と1990年とした。サンプル数は3203であるが、東京周辺から過疎山村・島嶼漁村までかなり異質なサンプルを含んでいるため、個々にチェックした上、極端な指標は欠損値扱いとした。有効サンプル数は、3100あまりである。

1.4.2 土地利用の概要

ここでは、分析に用いた土地利用指標の概要に限定して説明する。分析に用いた指標は、総面積に占める水田面積率(以下同様)、畑地面積率、樹園地面積率、林地面積率、荒れ地面積率、建設用地面積率、交通用地面積率の7指標である(実際には、その他の土地利用があつて、全部で8カテゴリーとなる)。

意味整合性の高い構造を備えていたといえる。図 3 はこれらの正準変量の構造を示した図である。

1.2.3 土地利用構造の時間的安定性

図 4 は、1990 年のデータを用いて、正準相関分析を行い、抽出された第 1 正準負荷量を 1975 年の第 1 正準負荷量と比較したものである。2 時点の正準負荷量は、非常に近似している。同様の図は、第 2 および第 3 正準変量に関しても描くことができる。したがって、本事例の土地利用構造は 20 年間の期間を経ても安定していた。

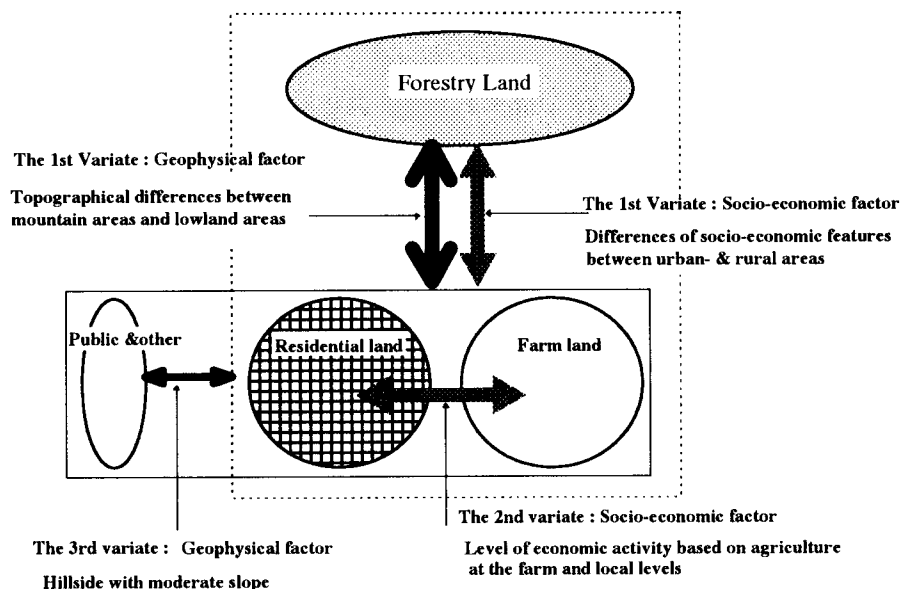


図 3 Structure of land-use distribution extracted by canonical correlation analysis

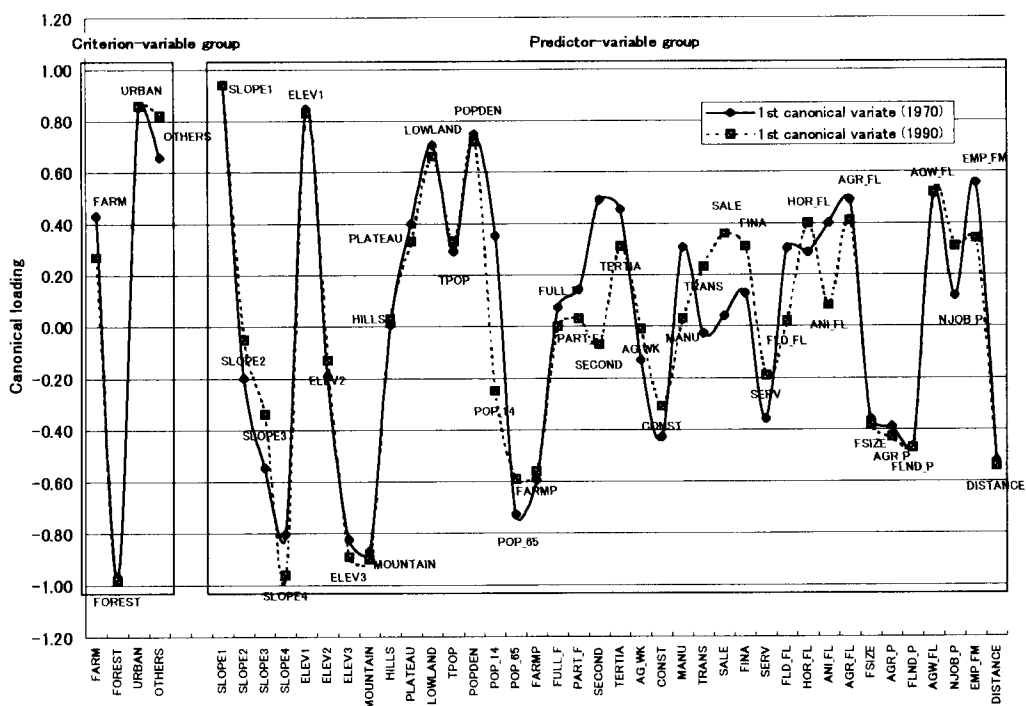


図 4 Comparison of the first canonical loadings between 1970 and 1990 (the Kansai district).

1.2.4 土地利用変化要因分析の結果

前掲図2にしたがって、土地利用の要因分析を行った。対象とした土地利用変化は農地変化と宅地変化である。モデルの決定係数は、農地変化で最高 0.70、宅地変化で最高 0.75 に達した。選択された指標の中には、意味づけが困難な指標も含まれていたが、詳細に検討したところ、経験的知見と矛盾しない解釈が可能であることが明らかになった。モデルの高い説明力と係数の高い合理性により、土地利用変化要因の抽出に成功したと言える。分析結果を要約した図5と図6は、事例地域の土地利用モデルの設計に基礎的知見を提供するものである。

自然条件、社会経済条件、同期間変化、土地利用シェア(同じ土地利用種の期首の面積率のみ)の4つの指標グループは、いずれもそれなりに農地と宅地の変化に貢献していたが、特に社会経済条件がグループ総体としてもっとも大きく貢献していた。

要因分析の結果を踏まえて、土地利用変化要因の枠組みを提案した。この中で、土地利用変化を生み出すドライビング・フォースに加えて、そのような変化のインパクトに対する地域的対応の差異を示す要因(カウンター・フォース)の存在を示した。後者はこれまで明示的に取り扱われてこなかった要因群であるが、今回の分析は、かかる内発的な要因群が土地利用の変化に関与していることを強く示唆している。土地利用を変化させる外発的要因のみならず、地域性のある内発的要因を丁寧に抽出し、それを土地利用モデルに適切に反映させることが重要であるといえる。

1.3 関東地方事例による補足

1.3.1 データと指標

関東地方事例は、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、東京都、神奈川県、埼玉県、山梨県の1都7県を対象とする。サンプル数は513である。国土地理院の土地利用データの年次は、1976年と1989年であり、その他の統計データもその近傍に合わせた。

関東地方事例は、以下の特徴を備えている。第一に大都市とその周辺に広がる近郊地帯であり、地域特性が関西事例と共通していること。第二におおむね、同じ指標と同じ手法で分析されたこと。特に林地、農地、宅地、その他の4種の土地利用カテゴリーが関西事例と共通していること。第3土地利用データの精度が高いこと。以上の特性により、関東地方事例の結果は大変に興味深いものである。

1.3.2 土地利用構造分析とその時間的安定性

土地利用構造分析の結果は、関西地方事例と驚くほど一致していた。第1正準変量の X_1 は、自然的な性格の強い林地かあるいは人為的な性格の強い宅地および農地・その他公共用地かの相違を示し、第2正準変量の X_2 は、農地か宅地かの相違を示し、第3変量の X_3 は、その他・公共用地を代表する要因であった。また、これら土地利用パターンを規定する要因は、第3変量の Y_3 を除き、よく類似していた。しかも、2時点の正準変量は、時間的にきわめて安定していた。なお、詳細は1996年度LU/GECプロジェクト報告を参照のこと。

以上の結果は、関西地方事例で得られた土地利用構造が少なくとも都市地域において一定の普遍性を有することを強く示唆するものであった。

1.4 日本全国事例の結果

1.4.1 データと指標

日本全国的事例では、社会経済的データは、関西地方および関東地方の事例分析よりもやや簡略化している。データの年次は、土地利用データに合わせて、1975年と1990年とした。サンプル数は3203であるが、東京周辺から過疎山村・島嶼漁村までかなり異質なサンプルを含んでいるため、個々にチェックした上、極端な指標は欠損値扱いとした。有効サンプル数は、3100あまりである。

1.4.2 土地利用の概要

ここでは、分析に用いた土地利用指標の概要に限定して説明する。分析に用いた指標は、総面積に占める水田面積率(以下同様)、畑地面積率、樹園地面積率、林地面積率、荒れ地面積率、建設用地面積率、交通用地面積率の7指標である(実際には、その他の土地利用があつて、全部で8カテゴリーとなる)。

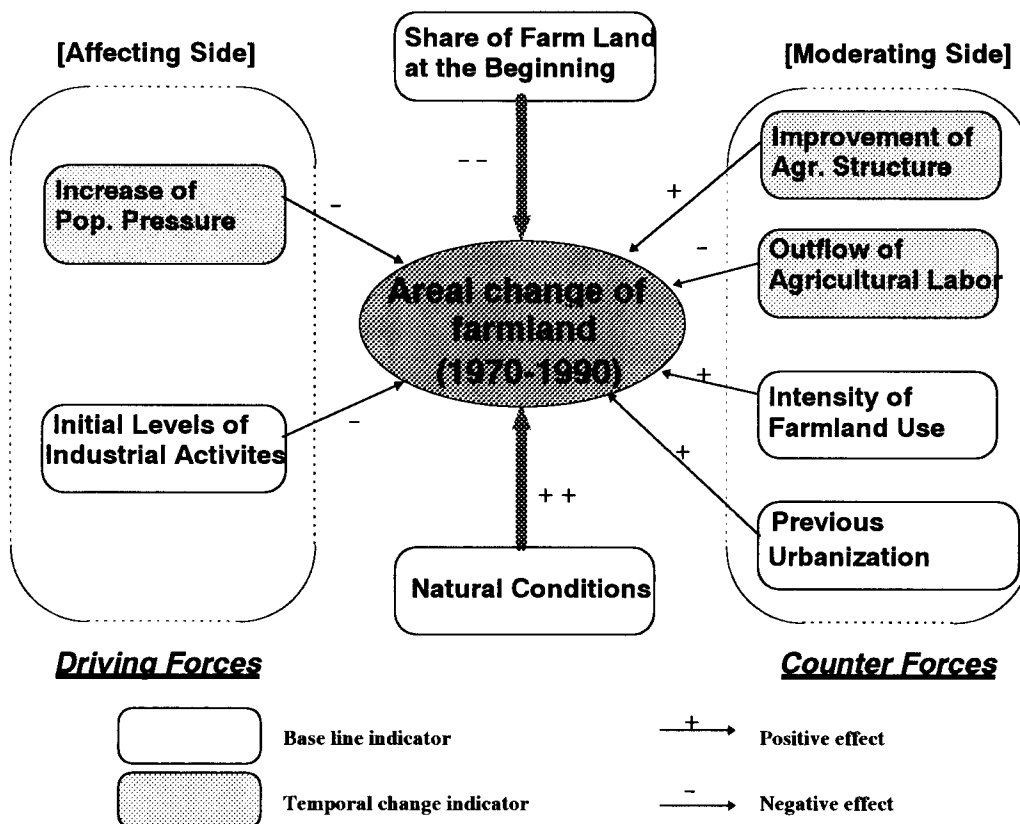


図 5 Factors of farmland change in the Kansai district.

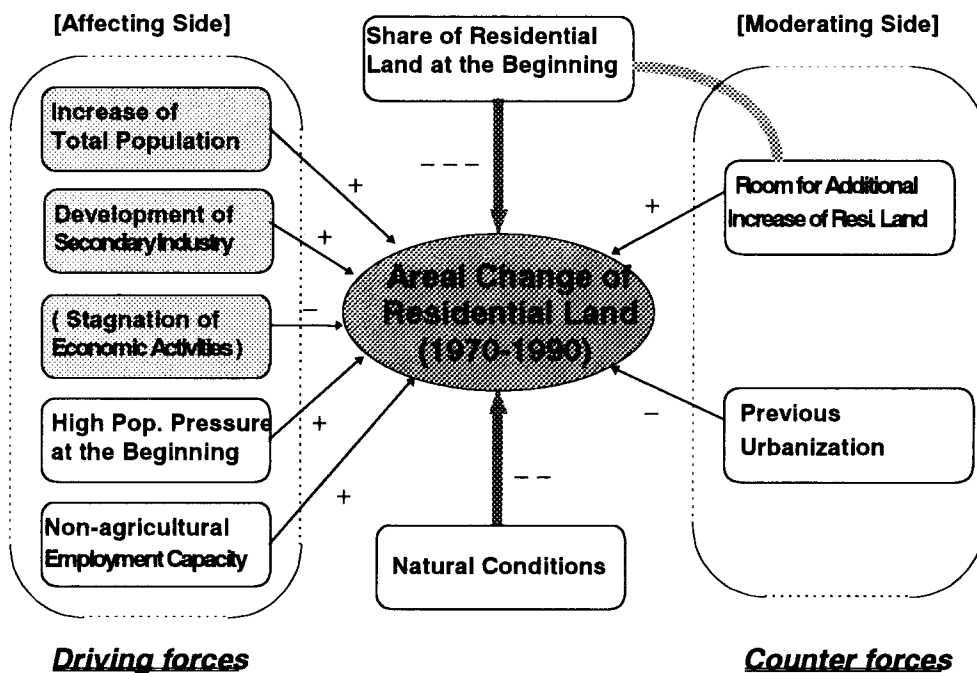


図 6 Factors of residential land change in the Kansai district.

表 2 は 2 時点の土地利用指標の単純平均と 1975 年の相関行列である。およそ 6 割弱が林地、3 割弱が農地、残りの 1 割強が都市的土地利用と荒地地となっている。1975 年から 1990 年までの 15 年間に、水田、畑地が減少し、建設用地が増加したが、あまり著しい変化はみられない。高度成長が終わり安定成長へ転換したこと、1960 年代末以降、土地利用の計画・規制が強化されたことなどの一

般的な要因がうかがえる。

建設用地面積率と交通用地面積率には強い正の相関がある。林地面積率は、建設用地面積率および水田面積率と比較的強い負の相関関係にあり、また、荒れ地面積率以外の指標とも弱い負の相関がある。なお、サンプル数が多いので、相関係数値が小さくても有意水準は高くなっている。

表 2 Average values for the land-use indicators and correlation coefficients (1975).

	PADDY75	UPLAND7 5	ORCH75	WOODS75	BARREN7 5	CONSTL7 5	TRANSP7 5
Ave. % 1975	18.3%	7.3%	3.6%	56.3%	3.2%	8.1%	0.4%
Ave. % 1990	17.4%	6.8%	3.8%	56.3%	3.3%	9.2%	0.5%
PADDY75	1.000						
UPLAND75	-.050*	1.000					
ORCH75	-.009	-.073*	1.000				
WOODS75	-.687*	-.375*	-.211*	1.000			
BARREN75	-.264*	.088*	-.129*	.077*	1.000		
CONSTL75	.220*	.119*	.037	-.701*	-.171*	1.000	
TRANSP75	.004	-.036	-.028	-.359*	-.098*	.686*	1.000

*印は 1%水準で有意(両側)を示す。

1.4.3 全国版の土地利用構造分析

図 7 は 1975 年の土地利用構造分析の結果である。正準相関係数は、大きいものから順に 0.956、0.892、0.730、0.470、0.423、0.292、0.252 であった。4 番目以降の正準相関係数の値が大きく落ち込むだけでなく、正準変量の意味も解釈しにくい。そこで、上位 3 変量以下に解釈する。

第 1 正準変量の X_1 は、[自然的な性格の強い林地] かあるいは [人為的な性格の強い建設用地、交通用地そして農地] かの相違を示している。それに対応する Y_1 は、[高標高、急傾斜、山間地形と低標高、平坦、低地の相違を示す強固な地形的要因] と [農村・都市地域間の人口構造及び経済活動の相違を示す中規模の社会経済的要因] が組み合わさった成分である。

第 2 正準変量の X_2 は、[水田、畑地] か [宅地] かの相違を示していた。それに対応する Y_2 では、地形的要因よりも社会経済的要因の負荷量の方が大きい。農業就業者の農業生産性(粗生産額/就農者)が高く、かつ、都市化(人口密度)、混住化(農家率)、兼業化(2 種兼率)が比較的進んでいない地域で、農地のシェアが高いことを示している。

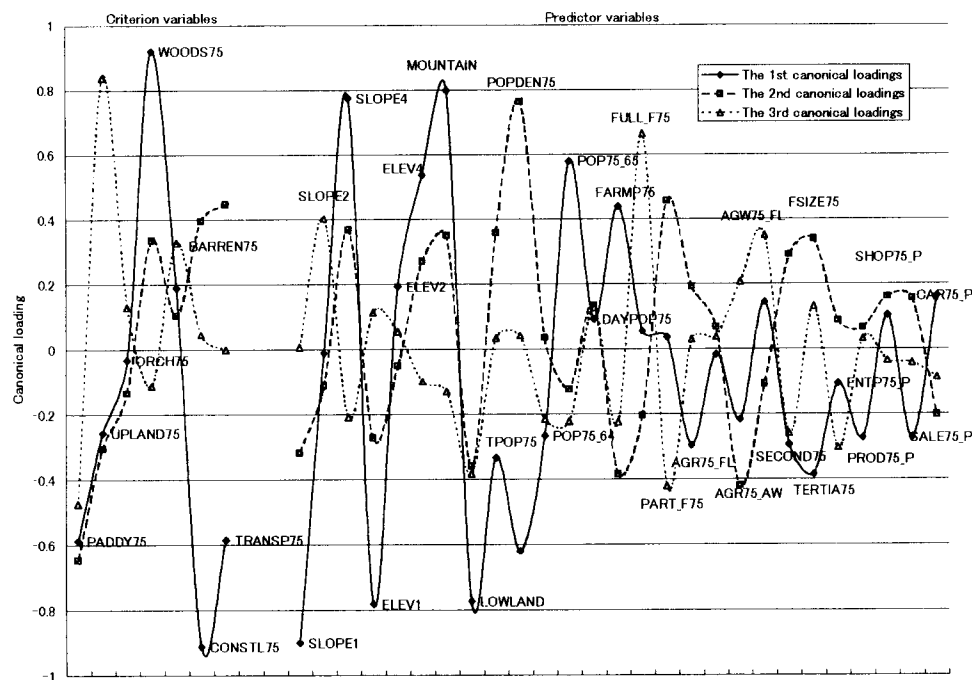


図 7 Loadings of the three major canonical variate (1975, the whole Japan).

そして、第3変量の X_3 は、[水田] か [畑地] かの相違を示している。それに対応する Y_3 をみる。水田か畑地かを決定する要因は、農地適性、なかんずく、水資源の利用可能性であるが、predictor variables の中に直接、これを代表する指標はない。しかし、低地面積率の負荷量が負で比較的大きく、緩傾斜(3-5 度)地面積率の負荷量が正で比較的大きい点は、水資源の利用可能性と関連していることが推察される。また、第2次兼業農家率の負荷量は負であり、専業農家率の負荷量は正であった。これは、水田農業地帯では水稻の機械化栽培技術体系が確立しているため、水稻部門の省力化を図り、余剰労力を兼業部門に回して農家所得を増大させることが可能であることに対応している。

7 つの土地利用指標と 27 の自然的・社会経済的指標を用いて、全国を対象に正準相関分析を行ったが、第1正準変量と第2正準変量の意味は関西・関東地方事例とかなり共通していた点が注目される。なお、土地利用を4指標にした場合には、第3正準変量までがかなり一致する。

1.4.4 全国版の土地利用構造の時間的安定性分析

1990 年データの分析結果を図 7 に示した 1975 年の分析結果と比較したところ、正準負荷量のパターンが著しく類似していた。(ただし、結果は省略する。)

1.4.5 土地利用変化の要因分析

農地(=水田+畑地+樹園地)率および宅地(=建築用地)率の 1975 年から 1990 年までの 15 年間の変化量を目的変数にして、上述の事例分析と同様にして重回帰モデルを適用した。この際、表 3 の基準に従って4つのケースを設定した。比較のために中山間地域と都市地域を設定した。北海道地域を分離した理由は、経営規模指標をはじめとする各指標の平均が内地と大きく異なるためである。表 4 は、重回帰分析の結果を示している。係数はすべて、標準回帰係数である。この表から、読みとれる点は以下の通りである。

表 3 Setting of four region types

ケース	定 義
1: 全市町村(内地)	北海道を除く全市町村
2: 中山間地域(内地)	北海道を除く中山間地域。具体的には、1975 年時点で林地率>50%かつ農地率<20%を満足する。
3: 都市近郊地域(内地)	北海道を除く都市地域。具体的には、1990 年次点で DID 面積率>0%を満足する。
4: 北海道地域	北海道内の全市町村

表 4 地域類型別にみた土地利用変化要因の分析結果

目的変数 ケース選択	農地変化				宅地変化			
	内地 全市町村	内地 中山間地 域	内地 都市地域	北海道 全市町村	内地 全市町村	内地 中山間地 域	内地 都市地域	北海道 全市町村
サンプル数	2955	1161	907	205	2972	1158	901	204
重相関係数	0.549	0.635	0.595	0.771	0.693	0.729	0.693	0.811
決定係数	0.301	0.403	0.354	0.594	0.480	0.531	0.481	0.657
slope1		0.11		0.70	0.24		0.37	
slope2					0.06		0.12	0.10
slope3	-0.06							
slope4				0.25				
elev1		-0.15			0.05	0.12		0.17
elev2			-0.06					
elev3								
elev4								
Mountain		-0.14		-0.32			-0.13	
Hillpla					0.07		*	-0.15
Lowland				-0.34			-0.10	

tpop75	0.05							
popden75	0.28	-0.10	0.43		0.31			
pop75_14								
pop75_64		-0.15			0.10			
pop75_65	-0.11	-0.26			0.17	0.08		-0.18
didpop75		-0.10	-0.16			0.16		
daypop75								-0.18
farm75	0.49	0.41	0.31		-0.27		-0.11	
full_f75	-0.14							
part_f75	-0.32	-0.26			0.12		0.09	
primar75			0.22	0.32				
second75								
tertia75						0.21		0.15
agr75_fl			0.25	0.13				
fsize75	-0.13	-0.17		-0.31				
agw75_fl	0.10				-0.07			
agr75_aw		-0.08	-0.22		0.11		0.11	
entp75_p	-0.08							
prod75_p								
shop75_p	0.11	0.08			-0.12	-0.15	-0.10	
sale75_p		-0.06						0.21
car75_p	0.04					-0.06		
did75_a	-0.39		-0.46		0.41		0.49	
s_tpop	-0.06				0.10	0.09	0.10	
s_popden	0.15		0.24			0.15		
s_pop_14		0.10	0.07		-0.14			
s_pop_64								
s_pop_65	-0.08							
s_farm75	0.22	0.23	0.27		-0.05			
s_didpop	0.07	-0.05	0.11			0.16		
s_daypop	-0.06		-0.09		0.09	-0.05	0.15	
s_full_f	-0.09	-0.10			-0.04		-0.09	
s_part_f	-0.07				0.05	0.11		
s_primar	0.26	0.23	0.41		-0.10			
s_second								
s_tertia								
s_agr_fl	-0.29	-0.28	-0.44		0.25	0.07	0.24	
s_fsize	0.25	0.26	0.25	0.59	-0.08		-0.11	
s_agw_fl	-0.06	-0.29	0.10					
s_agr_aw	0.23	0.22	0.35	0.20	-0.16		-0.12	
s_entp_p								
s_prod_p								
s_shop_p			-0.08					
s_sale_p	-0.08							
s_car_p							-0.07	
s_did_a	-0.21		-0.31		0.10	-0.07	0.10	0.09
farm75	-0.27	-0.27	-0.29	-0.56	*	*	*	*
urban75	*	*	*	*	-0.23	0.16	-0.47	0.43

1.4.6 農地変化の要因

(1) 内地に共通する要因

内地3ケースとも説明変数に採択され、しかも、その標準化回帰係数が比較的大きいものを拾い上げてみると、上から順に、期首(1975)の農家率(farm75)、農家率の変化(s_farm75)、第1次産業就業人口シェアの変化(s_primar)、農地面積あたり農業粗生産額の変化(s_agr_fl)、平均経営規模の変化(s_fsize)、農業従事者あたり農業粗生産額の変化(s_agr_aw)、そして、期首の農地面積率(farm75)が挙げられる。

農家数の維持(farm75, s_farm75)が、農地保全につながっている点は興味深い。離農という形でスク

ラップされた各種の経営資源(中でも農地)が地域(他の農家)によって再ビルドされないままに消失していることが、農地減少を加速している。ところで、一般に零細農家から離農してゆくと考えられるので、結果的に平均的な経営規模が上昇する。よって、見かけ上、平均経営規模の上昇(s_fsize)が農地保全に貢献している³。農業従事者の労働生産性(s_agr_aw)が向上し、農業労働力が良好に保持されたところ(s_primar)で農地が維持されている。逆に、農地利用の集約化(s_agr_fl)が農地面積の減少を促進させている点も興味深い。なお、期首の農地面積率は、農地保全にマイナスに作用している。

(2) 中山間地域に固有の特徴

必ずしも全ての要因が解釈可能であるわけではない。そこで、合理的な解釈のできる要因を中心にみてゆきたい。地形条件が比較的恵まれたところ、つまり、平坦地(slope1)が多く、山地(mountain)が少ないところで、農地の減少が小さい。期首の時点ですでに高齢化(pop75_65)と兼業化(part_f75)がある程度進んでおり、その後、専業農家(s_full_f)がむしろ増加⁴したところで、農地減少が著しい。このことは、担い手の高齢化が農地減少の契機となっていることを示唆している。なお、期首の平均経営規模(fsize75)と農地面積あたりの農業就業者数の変化(s_agw_fl)がどちらもマイナスの要因となっている。これらの指標の解釈は難しいのであるが、次のような理解が、可能な解釈のひとつであろう。つまり、中山間地域では、土地利用型農業が明らかに不利である。集約化に展望を見いだそうとした地域では、つまり、共通要因で示した農地面積あたりの粗生産額(s_agr_fl)や投入労働力(s_agw_fl)が上昇した地域では、利用しきれない農地が荒廃したと。ただし、結論を出すためには慎重な検討が必要であろう。

(3) 都市近郊地域に固有の特徴

都市近郊地域の場合に明らかな点は、要因として DID 面積率(did75_a)、DID 人口率(didpop75)、人口密度(popden75)およびそれらの期間変化(s_did_a, s_didpop, s_popden)が要因として残っている点である。たとえば、人口密度及びその期間変化の回帰係数の符号は正であった。これらの指標が農地保全に貢献している等、今後、さらに検討すべき点もあるが、いずれにせよ、都市近郊地域では、都市化および都市的土地利用との競合が農地変化の主たる要因となっていることは間違いない。

(4) 北海道地域の特徴

北海道地域の場合には、自然条件の貢献が著しい点を指摘できる。

1.4.7 宅地変化の要因

(1) 内地に共通する要因

宅地変化の場合、強い共通要因はみられない。3 ケースとも採用された指標は、期首の商店数(shop75_p)と総人口の増加(s_tpop)、そして、農地面積あたりの農業粗生産額の変化(s_agr_fl)であった。平凡ではあるが、人口増加が宅地拡大をもたらしたといえる。

(2) 中山間地域と都市近郊地域の比較

上述のように共通する要因が少ないということは、中山間地域と都市近郊地域では宅地拡大の理由が異なることを示唆している。それは、たとえば、中山間地域では、期首の人口密度(popden75)や第3次産業就業人口シェア(tertia75)が宅地拡大に貢献しているのに対して、都市近郊地域では、DID 面積率の寄与が大きい。また、宅地面積率の係数が中山間地域ではプラスであるのに対して、都市近郊のそれは逆にマイナスになっている。中山間地域では、都市機能があり、宅地の集積しているところで宅地が増加している。都市近郊地域では、DID に連担して宅地が増加している。このような結果の背景には、都市計画の線引き等の計画規制があることも考えられるが、今回の分析では、土地利用計画規制に関する指標が準備できていない。

³ 「平均経営規模の上昇」指標には、「離農農家あるいは規模縮小志向の農家の保有する農地を残存農家にうまく流動化させることができるか」という対応能力の相違もある程度反映されている。ただし、影響力という点では、本文に書いた理由(零細農家の離農)の方が大きいであろう。

⁴ いったん、兼業化が進んでからの専業率増加は、高齢者専業農家の増加であると思われる。

(3) 北海道地域の特徴

北海道地域では、中山間地域と同様、宅地集積のあるところで、さらに宅地が増加した点が特徴的である。

1.4.8 広域土地利用モデルに関する若干の示唆

地域別にみた土地利用変化要因の分析結果は、必ずしも満足できるものではない。現時点で解釈不能の係数も含まれている。しかし、このような検討の不十分さを認めた上でも、変化要因には明確な地域差が存在していた点に注目する必要がある。図 8 は、農地の場合の土地利用変化要因をまとめたものである。

本 LU/GEC では、当初、地域別モデルの開発が提唱されていたが、対象地域が都市近郊地域であったために、基本モデルは一本の地域モデルで全てを代表させた。しかし、当初から予想できたとはいえ、土地利用変化要因は、ローカルな特性を備えたものであった。したがって、特に広域土地利用モデルの開発に当たっては、ローカルな土地利用変化メカニズムを取り込む必要があり、マルチ・リジョン・モデルの展開を視野においた研究開発が必要となろう。

(星野 敏)

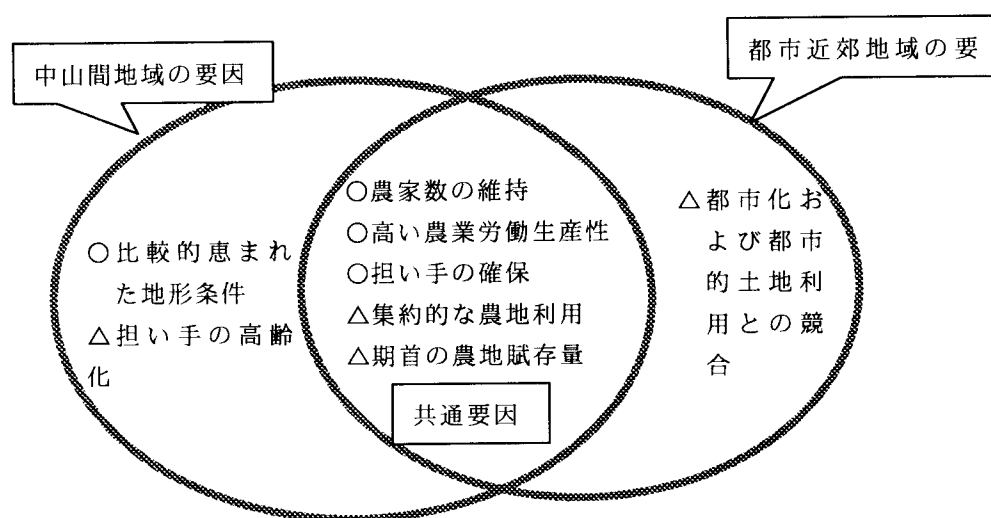


図 8 中山間地域と都市近郊地域における土地利用変化の要因

第2項 予測結果

2.1 関西地方

2.1.1 はじめに

LU/GEC 基本モデル (LU/GEC-I) は、土地利用変化のドライビングフォース値を与件として土地利用種別シェアを予測するモデル" f "と、政策案を与件としてドライビングフォースの時系列変化を予測するモデル" g "との2つのサブモデルからなり、この2つのサブモデルを連動することにより、将来的な政策案に基づく土地利用分布を予測するものである。関西地方への LU/GEC 基本モデルの適用は幾多の試行錯誤を経てきたが、サブモデル g の違いに着目すると、1995 年度版 (Version1) と 1996 年度版 (Version2) に区分できる。前者は KSIM により関西 (対象地域) 全域の将来値を予測し、これを過去の実績に基づいて各市町村に按分するものである。後者は新たに階層的配分モデル (リンケージモデル) を構築し、KISM との連動により各市町村値を予測するものであり、より、客観性・信頼性が増している。サブモデル f としては一貫して多項ロジスティックモデルを用いてきた。関西地方では、市町村を地区単位とし地区数は 138 とした。データは、1979 年と 1989 年の 2 時点について得られたので、これらをプールしたものをデータセットとした。なお、両年度のモデルの適用結果に関しては 1995 年度報告書¹⁾及び 1996 年度報告書²⁾に詳述されているので、ここでは両者を簡潔に紹介

する。

2.1.2 Version1(1995 年度版モデル)

(1) 土地利用シェア予測モデル f (多項ロジスティックモデル) のキャリブレーション

4つの土地利用種（農地、林地、宅地、その他）別の地区内シェアを従属変数とし、社会経済及び地形に関する 35 変数を説明変数とした。変数の有意性検定において有意水準を厳しくすると、重要と考えられる多くの変数が外れてしまうので、有意水準を $t=0.2$ とし、これを満たし、かつ、符号条件の合う変数を採用した。採択された説明変数は 21 変数であり、モデルの適合度は $r^2=0.965$ であった。

(2) ドライビングフォース予測モデル g のキャリブレーション

サブモデル f において採択され変数に加えて、政策変数として不可欠と考えられる 2 変数を新たに追加し KSIM のキャリブレーションを行った。このようにサブモデル f において採用されなかった変数に関しても、これを KSIM に組み込むことにより、間接的に土地利用変化への影響を反映できる。

2.1.3 Version2(1996 年度版モデル)

(1) 土地利用シェア予測モデル f (多項ロジスティックモデル) のキャリブレーション

5つの土地利用種（水田、水田以外の農地、林地、宅地、その他）別の地区内シェアを従属変数とし、社会経済及び地形に関する 19 変数(1995 年度の変数から将来的に不変と仮定できる変数及び政策的に操作可能と仮定できる変数に絞ったもの)を説明変数とした。有意水準は 1995 年度より厳しくし、 $t=1.0$ とした。これを満たし、かつ、符号条件の合う 8 変数を採用した。適合度は $r^2=0.959$ であった。

(2) ドライビングフォース予測モデル g のキャリブレーション

1) 地域間配分モデル

日本全体での量を与件とし、これをコントロールトータルとして、地域全域での量を予測するモデルである。人口と米については重回帰型の配分モデルで予測し、他の 3 変数は KSIM により予測した。

2) 地区間配分モデル

地域間配分モデルの出力をコントロールトータルとして、市町村値を予測するモデルである。予測対象となる説明変数全てについて重回帰型のモデルにより各市町村値を予測した。

2.1.4 おわりに

スペースの制約上、予測結果の記述は割愛する。過去の報告書^{2),3)}をご参照頂ければ幸いである。

(守田秀則)

2.2 関東地方

関東地方では、1都7県（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県）の 513 市町村をサンプルとし、マルチロジスティックモデルを用いて、将来予測を行った。土地利用分類は、宅地、農地、林地そして、その他の土地利用の 4 分類である。マルチロジスティックモデルによる土地利用比率関数を作成する前段階として、重回帰分析と正準相関分析により、土地利用と要因の関係を把握した。

2.2.1 土地利用変化誘導因子

マルチロジスティックモデルに採択された要因を次に示す。各要因のパラメータについては、参考文献 3) をの pp.44 を参照のこと。

(1) 宅地

(正要因) 人口密度

(負要因) 傾斜 15 度以上の比率

(2) 農地

(正要因) 農家率、戸当り経営耕地面積、農振農用地面積率

(負要因) 市街化区域面積率

(3) 林地

(正要因) 林家率（対総世帯）、傾斜 15 度以上の比率、山地(地形)の比率

(負要因) 人口密度、市街化区域面積率、傾斜 0~3 度の比率、低地(地形)の比率

(4) その他

マルチロジスティックモデルの構造上、変数は採択されない

2.2.2 結果の概要

自然的要因は 1976 年時点から 2015 年まで不変と仮定し、そして社会経済的要因は、1976 年から 1989 年の変化傾向を 2015 年まで延長することにより、2015 年の予測値を求め、それらをマルチロジスティックモデルによる土地利用比率関数に代入して将来予測を行った。将来予測の結果は次のようにまとめられる。(1989 年および 2015 年の各土地利用比率の図については、前述の LU/GEC プロジェクト報告 P.48、49 を参照)

(1) 宅地

1989 年時点で宅地率の高かった地域(東京 23 区とその周辺部)において、さらに宅地率が上昇し、それら地域を取り囲むように宅地率の高い地域が拡大した。

(2) 農地

農地率の高い地域は、利根川、鬼怒川のような大規模な河川沿いの地域に広がっている。東京都の市部、そして埼玉県北部から群馬県南部までの利根川流域において減少が見られる。

(3) 林地

林地率の特に高い地域は、関東地方の外縁部に広がっている。2015 年において、千葉県北部から茨城県の中央部にかけて広い範囲で減少がみられる。この地域は、傾斜が緩く、標高が低いという自然地理的特質を持つため、これら地域の林地は、平地林と呼ばれる。したがって、平地林の減少が幅広い範囲で見られたことがわかる。

(4) その他

宅地率が高い地域において、その他の土地利用比率も高い傾向にあるが、1989 年と比較すると 2015 年には全地域が 0.2 以下となっている。その他の土地利用には、人口造成地や空地を含むため、それらが宅地化することによって、その他の土地利用比率が下がったものと考えることができる。

(清水 庸)

参考文献

- 1) Satoshi Hoshino(1996): Statistical Analysis of Land-use Change and Driving Forces in Kansai District, Japan, WP-96-120, International Institute for Applied Systems Analysis, pp. 1 - 40.
- 2) 北村貞太郎・星野敏・加賀爪 優・守田秀則(1996) :第 1 部基本モデル、LU/GEC プロジェクトチーム平成 7 年度報告書ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (I)ー (大坪国順編), pp. 1 - 45.
- 3) 星野 敏(1997) :第 4 章 土地利用変化の要因に関する統計的分析、LU/GEC プロジェクト報告ーアジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(II)ー (大坪国順編), CGER-REPORT CGER-I027-'97, pp. 25 - 40.
- 4) 星野 敏(1997) : 土地利用変化の要因に関する統計的分析ー広域土地利用モデル開発のための基礎的研究ー, 土木学会 環境システム研究, Vol. 25, pp. 277 - 286.
- 5) Teitaro Kitamura, Masaru Kagatsume, Satoshi Hoshino and Hidenori Morita(1997) : A Theoretical Consideration on the Land-use Change Model for the Japan Case Study Area, IR-97-064, International Institute for Applied Systems Analysis, pp. 1-16.
- 6) Hidenori Morita, Satoshi Hoshino, Masaru Kagatsume and Kei Mizuno (1997) : An Application of the Land-Use Change Model for the Japan Case Study Area. IR-97-065, International Institute for Applied Systems Analysis, pp. 1-27.

第3節 中国

第1項 地域別土地利用・被覆変化の特徴

1.1 地図化に基づく考察

1.1.1 東北地域

中国東北部はかつて我国で満州と呼ばれ、戦前戦中は我国による侵略と植民地経営の舞台となったところである。遼寧省、吉林省、黒竜江省と内蒙古自治区東部がこれに含まれる。本稿でいう東北地域とはその中の、長春市とその周辺の概ね 200km×200km の重点研究地域を含む吉林省の全域を指す。重点研究地域においては、1930 年代と 1990 年代の土地利用データファイルを作成し、それらの比較分析を行なった。前者は我が国が戦前作成した 10 万分 1 地形図を基に作成し、後者は中国科学院長春地理研究所の万教授・張柏教授のグループに依頼し作成していただいた。両データファイルは、第4章第2節第2項で紹介する地図データ処理システム LUIS-C により、様々な方法で地図化したり集計したりすることができる。図 1 と図 2 は LUIS-C により作成した 1930 年代及び 1995 年頃の長春付近の土地利用概況図である。これらの図は 2km メッシュの中で最も広い面積を占める土地利用を表現したものである。

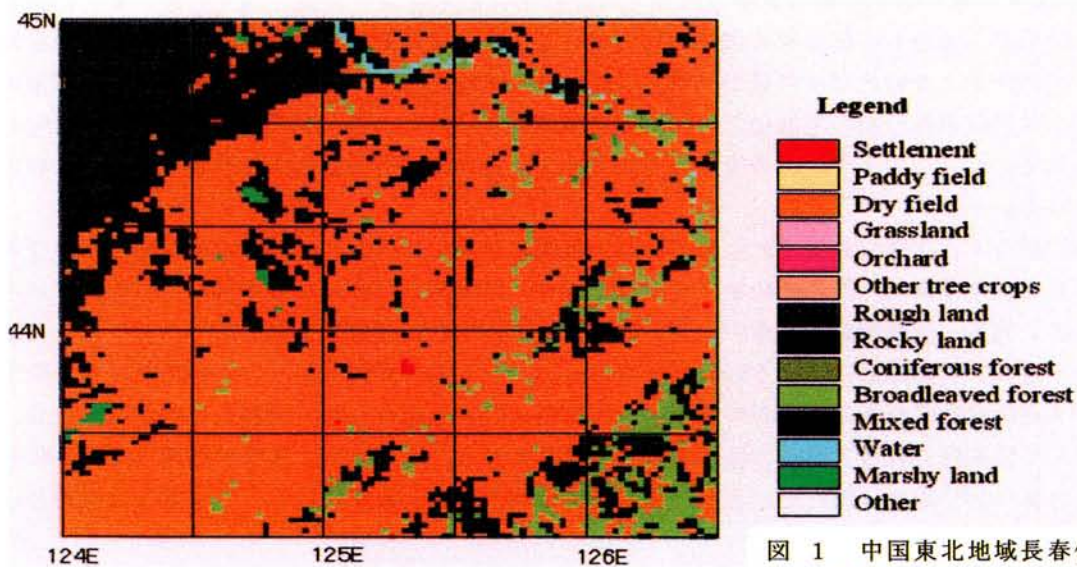


図 1 中国東北地域長春付近の 1930 年代の土地利用

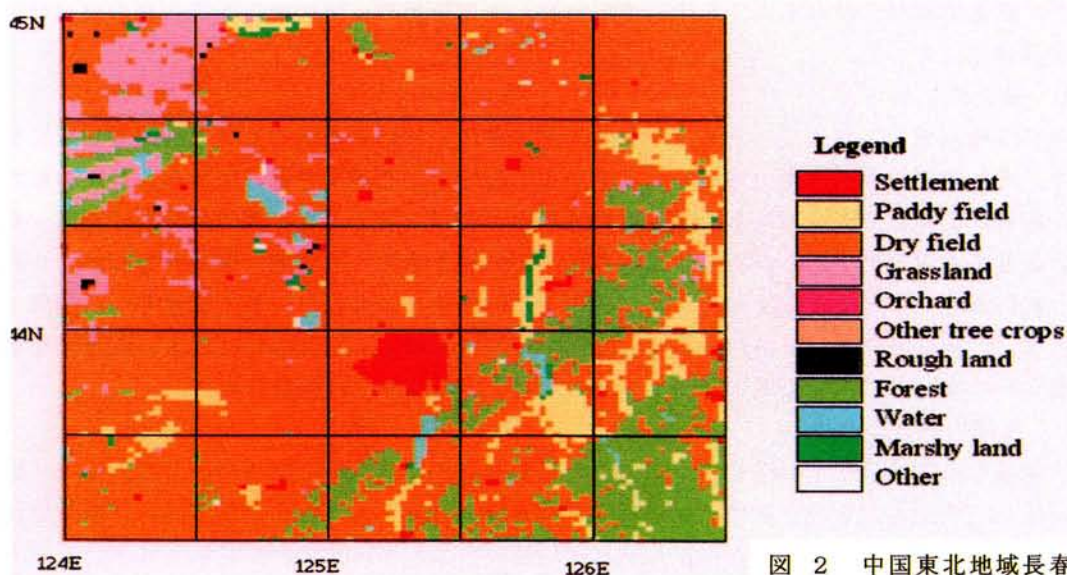


図 2 中国東北地域長春付近の 1990 年頃の土地利用

(1) 変化の特徴

上で得た 2 時点の土地利用概況図の比較、および統計・資料・文献分析、現地調査の結果、土地利用変化について次の点が明らかとなった：

1) 都市・集落の著しい拡大と周辺の土地利用の変化

特に中心都市である長春市の拡大が著しく、1930 年代にはわずか 20km²程度であった市街地が、1995 年頃には 500km²程にまでなっている。中小都市群の拡大も明瞭である。それらのほとんどは 1930 年代の図では姿を現していないが、その時点で既に市街地が一定程度形成されていたことが、外邦図で確認されている。都市地域の急速な人口増加を背景として、都市近郊地域においては園芸農業化が顕著である。このような園芸農業化は需要に対応する生産という点では市場原理に基づくものであるが、実際の個々の農地における園芸農業化の意志決定は、市場原理というよりも、政府の指導・援助による政策的要因が大きいに思われる。その結果、園芸農業化は都市縁辺地域に集中している。長春市近郊の事例では 1980 年代初頭から、松原市の事例では 90 年代になってから園芸農業化され、特に独特の形状を持つ温室を利用した温室栽培は、寒冷地であるにも関わらず、暖房施設との併用により通年出荷が可能で、農家所得の上昇に貢献している。

また、市街地縁辺部の宅地化は次のように類型化できる。第一は計画的な大規模開発で、長春市では、1980 年代後半から外国からの投資も期待して長春経済技術開発区が開発されている。また、新官庁街などの公的施設の建設も市街地縁辺部で行われている。第二は非計画的宅地化で、旧来の農業集落を核とした宅地化で、計画的な中高層のアパート群はみられないが、市街地と農業地帯で境界が明瞭である。第三は幹線道路沿線の宅地化で、国道など幹線道路沿いに工場、レストラン、軍施設などの建設が行われている。このように、市街地縁辺部では市街地の同心円的な拡大とリボン状宅地化が同時進行している。

長春市に限らず、中国の諸城市では都市内部の再開発が盛んに行われている。再開発によって新たに創出される機能は商業・業務機能や住居機能であり、再開発の対象となる地域は古い低層アパート地域である。商業・業務機能は都市中心部で顕著で、その中には高層建築物も見られる。また、住居機能の多くは国営再開発会社による既成市街地内のアパートの再開発であり、長春市内にも十数カ所のアパート再開発地区がある。近年中国では住宅の個人所有が認められ、売買も可能となったが、このようにして再開発されるアパートは個人所有の対象であることが多い。通常の職場（単位）所有のアパートと比べ居住環境に優れているが、購入価格は高額で、一般市民にとっては購入は困難といわれる。

2) 南東部の山地における森林の拡大

これは主に荒地の植林によるものである。その一方、東北平原の、特に松花江等の河川流域において、森林が農地化している。

3) 農地の拡大

北東部の半乾燥地域に広がっていた荒地や東北平原に散在していた荒地の大半が畑地や草地に転換されており、それが都市の拡大や山地縁辺の劣悪農地の植林による減少を補っている。ただし草地に関しては、定義が 2 時点で多少異なるので、更に厳密な比較が必要である。農地開発には湿地・草地の農地化と畑地の水田化の 2 通りがある。松原市など吉林省北西部には湿地・草地が多いが、これらの土地は一般に湿性・アルカリ性で地力は低く、馬や羊の放牧がなされていることが多い。湿地・草地の農地化は 10 年ほど前から行われるようになり、草原中央部のような水はけの悪い低湿地を避けて、縁辺部のやや高いところが農地化されている。畑地の一部は水田に転換された。

4) 水田の著しい増加

特に河川流域や山地に近く水の得やすい地域での拡大が目立つ。畑地の水田化は 1960 年代以降進んでいる。松花江や伊通河などの流域では灌漑水路の整備により、水田化がなされた。灌漑用水路から水が利用できる低いところでは水田が、それより高いところではメイズが栽培されている。

5) 孤立水面の増大と河川水面の減少

前者は灌漑用や都市用水用に貯水池が各地に造られたことによるものであり、後者は松花江等の大河川の護岸整備が進み、流路が狭まったことによる。

また、草地が水田化される場合、農民への米作指導は地方政府や研究機関の指導員が行っている。

6) 山地斜面の荒地における植林

かつて豊かな山林であった山地斜面は解放前と1950～60年代の大躍進政策期に急速に伐採が進み、荒廃化していった。その後植林政策が実施され、1960年代以降は山地斜面への植林が進展している。大黒山山系（標高300～400m、長春市南方）では、山麓（丘陵）の上部では松などの植林が進み、中腹から山麓部にかけてはメイズ畑が、山麓部の谷底では水田や野菜畑の、3段階の垂直的な土地利用の分化が見られる。また、長白山山系では21万haの長白山保護区が1960年代に指定され、自由な伐採ができず、97%が森林である。しかし保護区以外では許可により伐採が可能であり、現在、森林伐採が進んでいる。

7) 煉瓦用粘土採掘地の拡大

改革開放政策の結果、農村部の所得水準は急速に上昇している。その結果、農村部では住宅建設が盛んで、その建設材料として煉瓦への需要が高まり、各地に煉瓦工場が建設されている。聞き取り調査を行った農安県高家店鎮子小碗鋪村の事例工場は、1975年に人民公社が開始した煉瓦工場が1978年に個人経営になったものであり、1年に50～70cmくらいずつ粘土を掘り下げている。粘土の採取は地方政府の許可により、地方政府に払う煉瓦税は地域により異なる。この工場の場合は煉瓦税が高いため、近く養魚場に転換する計画であるが、その理由は税金がないこと、粘土を掘った窪地を養魚池として利用できること、魚の需要が高いことなどである。

(2) 変化の模式図

図3は、以上の議論を基に吉林省の1950～1985年頃の土地利用変化メカニズムの概要を模式的に示したものである。

(水見山幸夫・土居晴洋・張 柏)

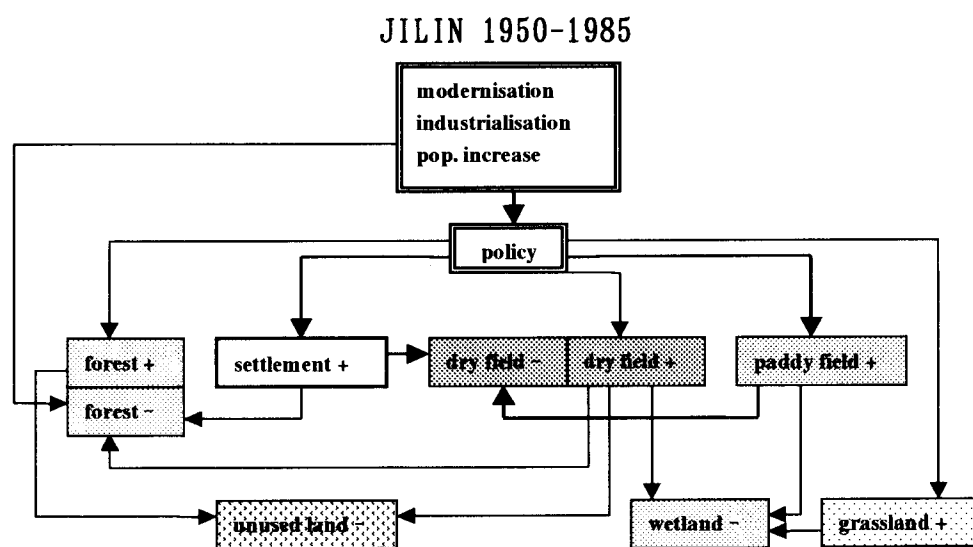


図3 吉林省の1950～1985年頃の土地利用変化メカニズム模式図

参考文献

- 1) 水見山幸夫・伊藤啓之・菊地隆明・本間寿豪（1995）：1930年代の中国東北部の土地利用，北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告第30号，25-35.

1.1.2 華北地域

(1) 華北地域の概要

研究対象の華北地域は北京市と天津市を含み、西には太行山脈が連なり、その山脈から東に向かうにつれて高度が低くなり、地域の東端は渤海に面している。したがって、地域全体の地形は西から東に向かって緩やかに傾斜し、山地・丘陵地・洪積台地・沖積平野などの地形が西から東に向かって規則的に配列されている。沖積平野は地域全体の約 40% を占め、そこでは食料作物・油料作物・野菜などが盛んに栽培されている。一方、低位山地や丘陵は起伏が緩やかで、斜面の多くが南向きで日照条件が良好であるため、果樹栽培に適している。高位山地になると、森林が卓越するようになり、林業が発達している。また、華北地域の気候条件は小麦・トウモロコシ・アワ・落花生・コウリヤンなどの栽培に適し、平野では小麦とトウモロコシの輪作が年 2 作ないし 2 年 3 作で行われている。他方、山間部は気温が比較的低く、無霜期間も短いので、作物栽培は年 1 作で行われている。年降水量は比較的多いが、その約 70% が夏季に集中している。そのため、春小麦や春播き作物の栽培は灌漑に多く依存している。しかし、近年の都市化や工業化の進展により、農業用水は工業用水や生活用水と競合するようになり、灌漑農地の拡大は停滞している。

この地域の中心都市の北京市における 1994 年現在の市域人口は 1,164.3 万人で、全国の総人口の 0.97% を占めている。人口密度は 1 Km² 当たり 646.4 人であり、北京市は全国でも高い人口密度をもつ地域である。また、北京市の人口のうち、都市人口（都市戸籍人口）は 64.4%、農村人口（農村戸籍人口）は 35.6% であり、北京市は都市人口の割合の高い地域の 1 つ（全国平均は 28.6%）である。北京市の人口分布をみると、総人口は都心地区で多く、近郊から遠郊に向かうにつれて少なくなる傾向にある。特に、北京市北部では南部に比べて総人口が少なく、その多くが農村人口になっている。一方、北京市の南部から西部にかけての、および南部から東部にかけてのセクターでは総人口が相対的に多く、総人口と常住人口の差も大きくなっている。このような差は地方から都市に流入する人口を示しており、人口の「盲流」現象は土地利用変化を引き起こす要因にもなっている。

(2) 1935 年における土地利用とその特徴

1935 年に作成された外邦図に基づいて華北地域における土地利用の諸相を検討してみると（図 4）、北京市と天津市の 2 つの大都市が平野部に立地しているが、全体として畑地の土地利用が卓越していたことがわかる。これは、土地が石灰質や砂質の乏水性土壌であるため、畑地以外の農業的土地利用に適していないためであった。

2 つの大都市は典型的な囲郭都市の景観を呈し、都市的土地利用と農村的土地利用との境界は明確であった。このことは、都市域が広いが、郊外域（近郊や近郊外縁部）が狭いといった今日における都市と農村の土地利用の特徴の要因にもつながっている。このように、北京市と天津市は囲郭都市であったため、都市的土地利用が無秩序に拡大することは城壁に制約されてほとんどなかった。2 つの大都市以外では、小都市や農村中心地がランダムに分布していた。それらの多くが塊村パターンを呈しており、それらに基づく周辺農村の土地区画の多くは当時の地主制を背景にして大規模集団制になっていた。一方、平野部の大半は洪積台地と沖積低地であり、それらには畑地が発達していた。また、西部の山麓斜面には森林が展開し、主に落葉広葉樹林が卓越していた。これらの落葉広葉樹林は主に薪炭林として利用されたため、薪炭利用の森林伐採により荒地化した場所も少なくなかった。このような荒地の土地利用は、山地斜面の傾斜が 20 度以上と農林業の土地利用に適さないことと、カルスト地形のため植生の再生に時間がかかることも反映していた。山麓地斜面の西側は山地で荒地が卓越し、経済的な土地利用は認められなかった。

畑地における代表的な土地利用は小麦・大麦・トウモロコシ・モロコシ（コウリヤン）・豆類などの栽培であり、そのうち商品作物は小麦である。一般的には、小麦は 2 年 3 作の小麦－小麦－大麦・トウモロコシ・コウリヤンの輪作体系で生産され、3 作のうち 2 作が小麦栽培となった。小麦以外の作物は主に自給作物であり、この地域の人々の重要な主食になっていた。農村集落の周囲には、自家菜園や果樹園が小規模に分散して分布していた。自家菜園では野菜類が、果樹園ではリンゴやアンズ

が栽培されていた。また、南向きの山麓斜面の一部にも果樹園が立地していた。いずれにしても、畑地の利用は当該地域の土地条件に対応しており、畑地は傾斜地や沼沢地、あるいは乏水地など土地条件の劣悪地に立地していない。つまり、この時期の大きな特徴の1つは、土地条件を改変してまで農地を拡大して農業を立地させようとせず、土地条件に適応して農業を立地させる自然調和型の土地利用が展開していたといえる。

(3) 1982 年の土地利用とその特徴

中国科学院が 1980 年代に作成した 100 万分の 1 土地利用図によれば、華北地域における農業的土地利用と非農業的土地利用は総土地面積のそれぞれ 83.9%と 10.9%を占めていた。農業的土地利用においては、農地が農業的土地利用面積の 33.1%を占め最も広く、そのわり割合は増加する傾向にあった。農地に次いで森林と牧草地がそれぞれ農業的土地利用の 28.9%と 28.4%を占めて広がったが、それらは農地造成や都市化・工業化の影響により減少する傾向を強くしていた。一方、非農業的土地利用のなかでは、都市や集落の面積が最も広く、非農業的土地利用面積の 43.4%を占めていた。次いで、農業施設用地と交用地がそれぞれ非農業的土地利用の 20.5%と 15.3%を占めて広がった。都市的土地利用においては、住宅用地と工業用地が最も広く、それぞれ都市的土地利用面積の 23.1%と 16.3%を占め、1930 年代の土地利用と比較して増加する傾向にあった。例えば、北京市では城壁跡に環状道路が建設されたため、都市的土地利用が都心を中心に外延的に拡大しするようになった。さらに、都市周辺には独立集積区が都市的機能の分散を図って計画的に建設されたが、それらは結果として飛地的都市化を引き起こした。

華北地域の沖積低地で

は水田の土地利用が多く見られるようになった。特に永定川の沖積地と後背湿地には水田を主体とする土地利用が卓越するようになった。これは、食料増産を図って未利用地の開田が進み、人口支持力の高い水稻が多く栽培されるようになったことに起因している。また、都市間のインフラストラクチャーの整備にともなう道路建設の採土跡地の水田化や、灌漑施設の整備にともなう畑地の水田化も水田の土地利用の発展を支えていた。また地域西部における低位丘陵や山麓斜面では、畑地を中心とする土地利用の分布域が拡大しており、それは畑地が緩斜面の平準化やテラシングによって造成されたことを示唆している。同様に、山麓や

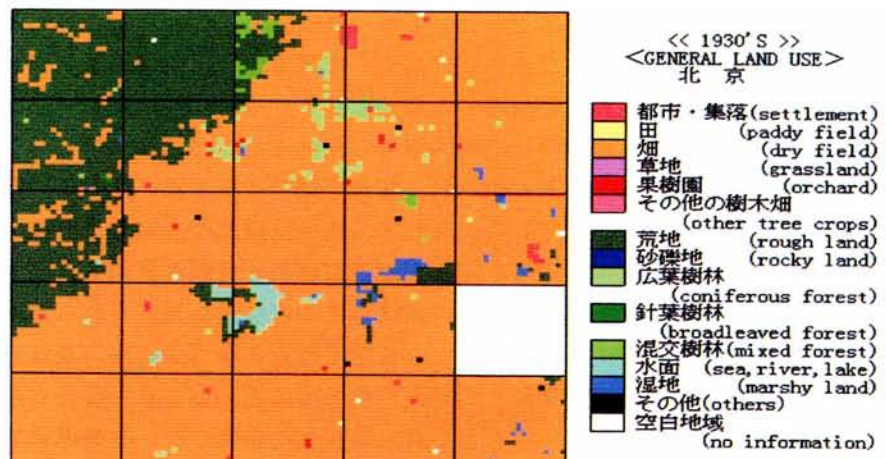


図 4 1935 年の華北地域における土地利用 (資料：外邦図)

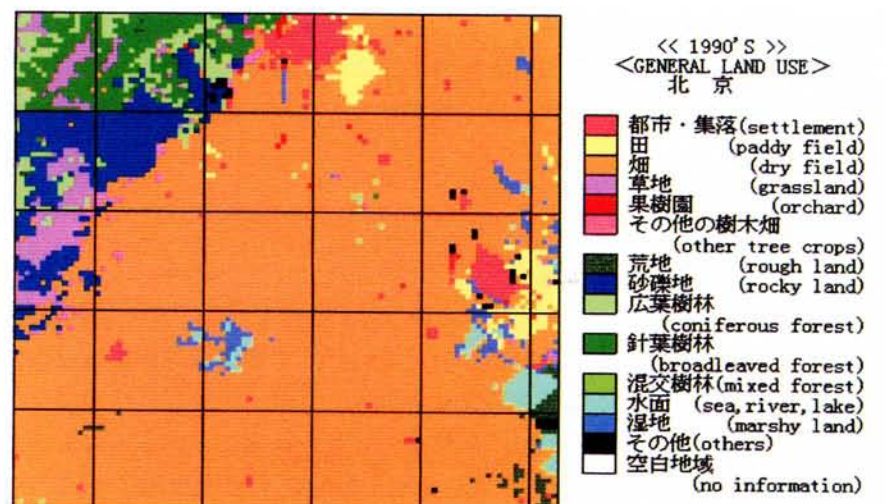


図 5 1995 年の華北地域における土地利用 (資料：中国科学院北京地理研究所)

丘陵地の南向き斜面では果樹園を主体とする土地利用が目立つようになり、その分布パターンはかつての点的なものから面的なものに変化しつつあった。そして、地域西部の高位丘陵や山地では、草地や森林を主体とする土地利用が植林や草地造成により卓越するようになり、荒地の土地利用は減少する傾向にあった。全体的には、社会主義経済の下で低湿地の水田化や低位丘陵の農地化など自然改変型の農地開発が多く行われた。特に、中国共産党の重農業政策は農地規模の拡大と水稻作の導入により食料の増産と安定供給を図るもので、そのための農業投資が盛んに行われた。この重農政策により、山麓斜面や丘陵では地形の平準化やテラシングが行われ、平地では農地の灌漑や土地基盤整備が進んだ。他方、高位丘陵や山地では荒地の草地化や森林化が土壌侵食を防ぐために行われ、環境保全の投資も少なくなかった。

(4) 1995 年の土地利用とその特徴

1990 年代になると、華北地域では北京市や天津市を中心にして都市的土地利用が加速的に拡大し、それぞれの市街地はスプロール状に広がり農業的土地利用を縮小させている(図 5)。市街地周辺には独立集積区が分散して分布し、それらを中心にして都市域が広がって既成の市街地と連坦するようになった。そのため、独立集積区は都市域のさらに遠郊に飛地的に建設される傾向を強くするようになった。都市的土地利用の拡大が目立つ北京市周辺では、都市的土地利用が都心を中心に東西方向に拡大する傾向にあった。これは、都心の西部や東部に大規模工業団地や研究所・大学などの政府機関が分散して立地するようになり、それが都市的土地利用の拡大の契機となったことを反映している。

他方、農業的土地利用では、水田主体の土地利用が全体的に減少し、永定川などの沖積地や後背湿地などに分布するだけになった。これは、農業用水が人口増加にともなって不足してきていることと、園芸農業が市場経済的な商品生産として都市周辺で台頭してきたことに起因している。水田主体の土地利用の減少や園芸農業の発達だけでなく、農業生産責任制の普及を契機に小農的自作農が増加したため、畑地主体の土地利用は漸増する傾向にある。しかし、小農的自作農が耕作を放棄することも少なくなく、荒地の土地利用が社会的休閒地の性格をもって都市周辺に分布する傾向にある。また、低位丘陵地や山麓斜面はもちろんのこと、都市周辺でも果樹園の土地利用が多くなり、その分布パターンは面的なものとして展開している。そして、高位丘陵地や山地では植林が進み、森林の土地利用は増加する傾向にある。全体的には、社会主義市場経済は農業を計画的な食料生産から市場経済的な商品生産へと変化させ、さまざまな土地利用は地代や収益性に規定されるようになった。また、農業的土地利用の担い手も農業生産責任制により農業者個人となった結果、農業経営は従来の集団農場や企業経営の利点を生かした協業経営と、地方から都市に流入してきた農民に請負耕作させる経営と、個人で小規模な農地を多角的に利用する小農的自作農に分化した。協業経営では収益性の高い農作物が、請負耕作では従来からの食料作物が、個人経営ではさまざまな作物が小規模に栽培されている。なかでも典型的なものは、流入した地方農民による請負耕作であり、地元農民は郷鎮企業で働き、小作物を含めてより多くの収入を得ている。また、協業経営は農業的土地利用の集約化・高度化に、請負耕作は従来からの農業的土地利用を維持することに寄与している。しかし、小規模・零細な個人経営は都市的土地利用の拡大や農村人口の流出にともなって農業的土地利用の枠組みを崩す要因の 1 つにもなっている。

(菊地俊夫・張 貴民)

1.1.3 華東地域

ここでは華東地域の 1930 年代および 1990 年代初期の土地利用を考察する。1930 年代における華東地域の土地利用を考察するに当たり、資料として参謀本部陸地測量部作成の 10 万分の 1 地図を用いている。この地図は外邦図と呼ばれている。なお、使用した外邦図としては、東京大学理学部地理学教室が所蔵する長江下流地域の外邦図のうち、欠落している地図を除く 30 枚を用いている。つぎに 1990 年代の場合には、衛星写真画像や、1980 年代後半以降に中国で発行された 100 万分の 1 土地利用図などの地図資料のほかに、現地調査を加えて、土地利用を表している。土地利用のコンピュー

タ処理の際には、北海道教育大学旭川校地理学教室が作成した LUIS-C (Land Use Information System for China) を使用している。これにより土地利用を図で示し、これをもとに土地利用状況を考察している。

華東地域では長江により形成された三角州などの平野部が広がる。長江三角州の南側には太湖平野が広がる。太湖平野では長江の堆積作用により形成された低湿地帯が広く分布する。ここでは、太湖をはじめ、多くの湖沼が分布し、これらを結びつけるようにクリークが稠密にのびている。太湖平野の南側では銭塘江が形成した三角州がみられる。

華東地域は中国で経済的に最も発展している地域といわれる。その中心都市である上海市は世界的な大都市で、その中心部では多数の高層建築物が林立している。さらに、上海市郊外地域でも都市化が著しい。一方、華東地域は中国で最も肥沃で、水利条件のよい地域でもある。ここでの農業生産性は高く、田が広がり、大都市近郊では野菜生産などが行なわれている。長江下流地域の平均人口密度は、中国の統計資料によれば $940 \text{ 人}/\text{km}^2$ で、中国の平均人口密度の 8 倍以上である。『中国年鑑』1) によれば、1993 年の上海市の人口は 1,349 万人に達している。他に江蘇省南部で無錫市(人口 96 万人)・蘇州市(同 87 万人)・浙江省北部で杭州市(同 138 万人)・寧波市(同 112 万人)・湖州市(同 104 万人)などの大都市が立地している。

(1) 1930 年代の土地利用

1930 年代において中国東部で卓越する土地利用状況を図 6 に示している。この図は、各外邦図の図幅を 20×20 のメッシュで区切り、各メッシュの左上の格子点の土地利用をそのメッシュの代表値として示したものである。この図 6 の範囲は北緯 29 度 40 分～31 度 40 分、および統計 119 度 30 分～122 度 30 分の範囲であるが、地図資料の関係で、紹興の図幅が欠けている。なお、この図で示した華東地域の面積は、河川・湖沼・海の部分を含めて $35,237.3 \text{ km}^2$ となっている。以下、1930 年代の土地利用を考察しよう。

1) 都市的土地利用

図 6 で示した都市的土地利用のうち都市・集落の面積は 726.7 km^2 で、これは対象地域全体の 2.1% に達している。一方、道路の占める面積は 20.5 km^2 で、これは全体の 0.1% を占めるにすぎない。この図では上海市の市街地が広いのが注目され、他に蘇州・無錫・杭州・紹興・寧波などの都市が立地しているのが読みとれる。

2) 農業的土地利用

農業的土地利用のうちで最大の面積を占めているのは田である。対象地域における田面積は $13,815.3 \text{ km}^2$ で、これは全体の 39.2% を占めている。田は対象地域のほぼ全域に分布しているが、なかでも長江右岸から太湖平野にかけてや、杭州湾の北側地域に広く分布している。これらの地域は長江や銭塘江などの堆積作用により形成された平坦部である。また、図 6 の南部に示されている江南丘陵地域では田が谷底部に分布している。つぎに、対象地域における畑の面積は $3,833.2 \text{ km}^2$ で、これは全体の 10.9% を占めている。畑は、対象地域の全域にわたってわずかずつみられるが、とくに太湖の東側から南側にかけて多くみられる。畑では主に野菜・小麦・綿花・菜種などが栽培されていた。

図 6 では読み取れないが、この地域では桑畑が多く分布する。桑畑は太湖の南側で多い。対象地域における桑畑面積は $1,109.9 \text{ km}^2$ で、全体の 3.1% を占めている。この地域は古くからの養蚕地域であり、養蚕業は 4000 年以上の歴史を有している。中国における繭の主産地として知られる浙江省嘉興地区と江蘇省蘇州地区が図 6 に含まれている。さらに、茶畑面積は 144.3 km^2 で、全体の 0.4% にすぎない。茶は杭州湾の南側の地域に多く分布している。

3) 森林的土地利用

森林は広葉樹林・針葉樹林・混交樹林・竹林が混在している。対象地域における森林面積は $5,101.1 \text{ km}^2$ となっており、全体の 14.4% を占めている。このうち、広葉樹林面積は 566.9 km^2 で、全体の 1.6%、針葉樹林面積は $1,806.0 \text{ km}^2$ で、全体の 5.1%、混交樹林面積は $2,372.8 \text{ km}^2$ で、全体の 6.7% を占めて

いる。また、竹林面積は 355.40km² で、全体の 1.0%を占めている。森林は主に南西部の丘陵地帯に分布しており、亜熱帯性の常緑広葉樹林や針葉樹林地帯となっている。図 6 では表されていないが、竹林の多くはモウソウ竹である。これは、人工的に栽培されていることが多く、家具や高層建築物の建設現場の足場などに使用されている。

(2) 1990 年代の土地利用

1990 年代初期の中国東部の卓越する土地利用状況を図 7 に示している。図 7 は、100 万分の 1 の中国土地利用図をもとに、衛星写真や現地調査をもとにして、1930 年代の場合とほぼ同様の地点の土地利用を代表値として処理して、図化したものである。1990 年代初期の図 7 の範囲は、資料やコンピュータ処理の関係から、1930 年代の場合よりも狭くて、北緯 30 度 20 分～31 度 40 分、東経 119 度 30 分～122 度 30 分の範囲であり、この図で示した範囲の面積は、河川・湖沼・海の部分を含めて、30,169.4km² となっている。地図の図幅からしてこの面積はやや広すぎるように感じられるが、北海道教育大学旭川校地理学教室にコンピュータ処理を依頼した結果、上記のような数値となっている。以下、1990 年代初期の土地利用の特色を考察しよう。

1) 都市的土地利用

図 7 で示した都市的土地利用のうち都市・集落の面積は 1,374.9km² で、これは対象地域全体の 4.6%に達している。一方、道路の占める面積は 61.8km² で、これは全体の 0.2%を占めているにすぎない。都市の面積は 1990 年代初期には大幅に増加している。とくに、上海市の市街地拡大が著しく、蘇州や無錫をはじめとする各都市の市街地も拡大しているのが目立つ。聞き取りによれば、比較的大きな都市は一般に中国では 36km ごとに立地しているといわれ、これらの都市はほぼ等間隔に立地している。

2) 農業的土地利用

農業的土地利用のうちで最大の面積を占めているのはが田である。対象地域における田面積は 14,885.9km² で、これは全体の 49.3%を占めている。田は対象地域のほぼ全域に分布しており、これは 1930 年代の場合よりも 1990 年代初期にはさらに広い面積を占めるに至っている。つぎに、対象地域における畑面積は 1,061.1km² で、これは全体の 3.5%を占めている。畑は崇明島や上海市街地周辺でみられる。畑では主に野菜類が多く栽培されている。図 7 では読み取れないが、華東地域では桑畑面積が大幅に減少し、1990 年代初期におけるその面積は対象地域で 13.8km² にすぎない。さらに、茶畑面積は対象地域で 68.6km² を占め、全体の 0.2%にすぎない。果樹園面積は 1990 年代にはやや増加し、対象地域で 133.7km² を占めている。

3) 森林の土地利用

対象地域における森林面積は 4,930.5km² となっており、全体の

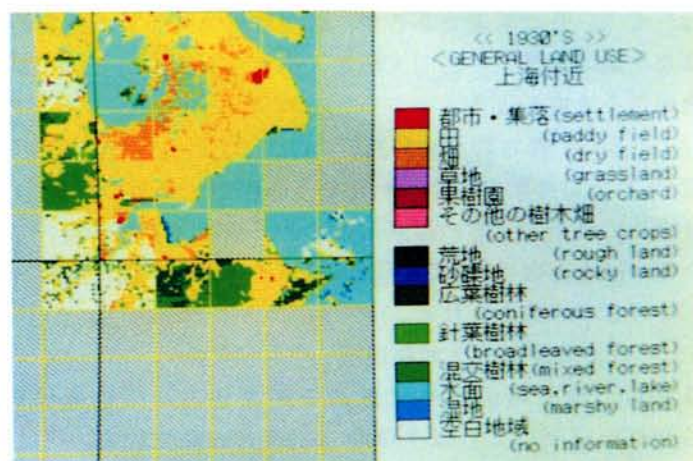


図 6 1930 年代の上海周辺の土地利用 (資料：外邦図)

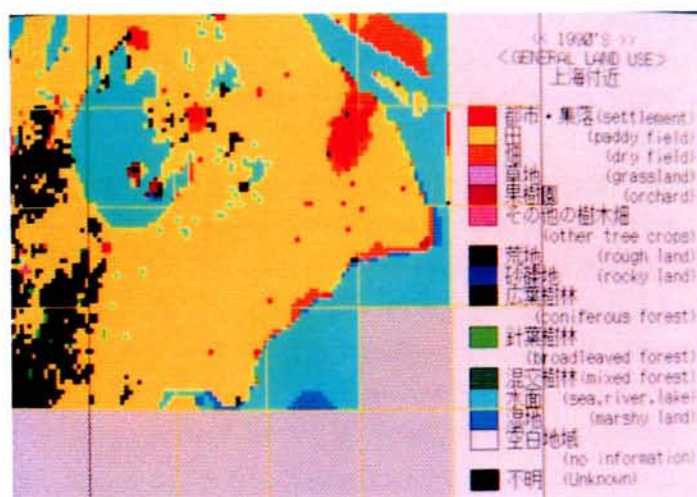


図 7 1990 年頃の上海周辺の土地利用

16.3%を占めている。1990年代には1930年代に比べてやや森林面積が減少している。森林のうち最も広い面積を占めているのが針葉樹林で、その面積は3,482km²となっている。ついで竹林面積が1,210.8km²となっている。

(内山幸久・松井秀郎)

参考文献

- 1) 社団法人中国研究所：『中国年鑑』大修館書店あるいは新評論。この年鑑は1984年まで『新中国年鑑』という名称であった。また、その発行所は1994年まで大修館書店であった。しかし、1995年版から発行所は新評論に変わった。
- 2) 衛傑文・楊関ニ・陸旦中・王効乾・楊伯震編、河野通博・青木千枝子訳（1988）：『現代中国地誌』、古今書院、272p。

1.1.4 広東省

本報告の対象地域、珠江デルタ・香港地区は、広東省の中央南部に位置する。この地域は、華南の中心部として、古くから産業が発展してきた地域である。改革開放政策、とくに1980年の深センの経済特区化は、この地域の急速な経済の発展と土地利用の変貌を促した。この趨勢は、1997年の香港の返還によりさらに促進され、将来にわたる激しい土地利用の変化が予想される。

この地域の土地利用の変化の方向は、現在の時点で判断すると必ずしも望ましいとばかりはいえない側面をもつ。それは、過剰な投資や急速な人口の増加による工場や住宅の開発と、林地や耕地など緑被の無秩序といえるほど急速な潰廃であり、生活環境の悪化などである。本報告では、1930年前後の土地利用として、旧日本軍が1929年から1931年にかけて編集した、「南支那10万分1」地形図を使用した。さらに同じ地形図に、広東省広州地理研究所の協力を得て1990年（前後3年のデータを含む）の土地利用の状況を描画した。両年代の図面には、2×2キロメートルのメッシュをかけ、各メッシュ内の土地利用を数量化した。数量化は、2×2キロメートルに25個の点を均等に配置したテンプレートを用いて、各土地利用にあたる点の数をかぞえて行なった。メッシュ内の1点は平均して16ヘクタールにあたるから、これをもとにほぼ正確な土地利用の面積を算出すること

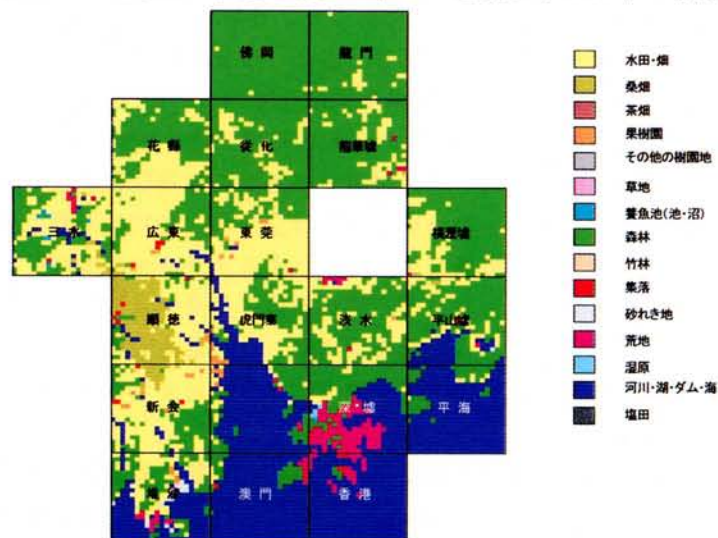


図8 1930年前後最大面積の土地利用

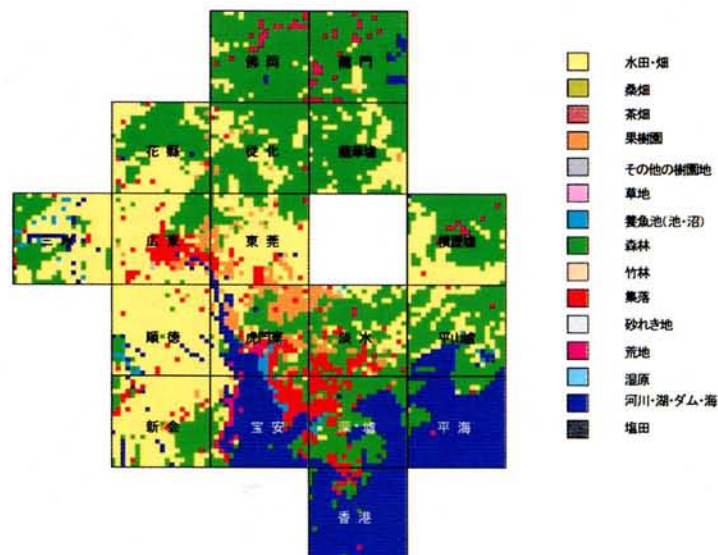


図9 1990年前後最大面積の土地利用

ができる。

この結果にもとづいて、各メッシュの最大面積の土地利用を描いたのが図 8（1930年前後）および図 9（1990年前後）である。

両年代の間で、土地利用の区分が異なるため、比較可能なように区分を単純化してある。たとえば、1930年前後の地形図では、森林は針葉樹林、広葉樹林、混交林の区分されているが、1990年前後のデータでは「有林地」のみの記載となる。一方、1930年前後の地形図では、かつて日本国内の地形図で畑を表していた地類記号のない土地利用の大部分が広葉樹林および混交林に用いられている可能性がきわめて濃厚である。そのため、両年代ともに、耕地は水田と畑をあわせて表記し（実際は、この地域は畑はきわめて少い）、1930年前後の地形図の広葉樹林、針葉樹林、混交林および地類記号のない土地利用をあわせたもの、および1990年前後の有林地を森林と表記した。なお、1930年前後の地形図に顕著な香港島周辺の荒地が1990年前後の図で森林に変化しているのは、荒地と森林の基準が異なるためであることも判明した。

1930年前後のこの地域の土地利用（図 8）のパターンはかなり単純である。北部の南嶺山脈につづく地域と南部の海岸山（香港島北方の地域）に森林がひろく広がる。森林面積は上記の方法で計算すると、全対象地域の約45%、ほぼ130万ヘクタールにおよぶ。耕地は珠江デルタを中心として広がるが、西部の順徳図幅では桑畑の分布が顕著である。全地域で耕地は約26%（75万ヘクタール）、桑畑は2.7%（8万ヘクタール）であった。香港島および深セン付近には荒地が多い（約5万ヘクタール）。一方、集落はきわめて小面積で、広州（広東図幅の中央）でも、集落が最大面積となっているメッシュはわずか3個である。集落面積は全地域の約1.4%（4万ヘクタール）である。

これに対して、1990年前後の土地利用図では、まずパターンの複雑化、多様化が指摘できる。また、集落および果樹園面積の増大が顕著である。集落は総面積の8.5%（25万ヘクタール）に増加する。広州市の拡大、深センの出現が特に目立つが、1930年前後に耕地や森林であった地域の中にも点的に多くの集落を最大面積の土地利用とするメッシュが現れた。集落について、果樹園も増大し4.8%（14万ヘクタール）となった。果樹園は広州市の東に接した地域および虎門図幅などに多い。

一方、順徳図幅にあった桑畑は消滅した。最大面積の土地利用として桑畑をもつメッシュ自体まったく見出されない。北部の森林の中に荒地が目立つようになる。これは、森林の伐採によるものだと考えられる。

このような土地利用の変化を、さらに数量的に把握するために表 1 を作製した。

この表では、土地利用変化として森林の減少がもっとも顕著で、2つの時期の間に約27万ヘクタール（20%）の森林が消滅した。これについて顕著なのは集落の増加で、約21万ヘクタールの面積の増

表 1 珠江デルタ・香港・深せん地区の土地利用変化と各土地利用の総面積(ha)(1930-1990)

図幅名	水田・畑	桑畑	茶畑	果樹園	樹園地	草地	養魚地	森林	竹林	集落	荒地	砂れき地	湿地	塩田	水界
佛 岡	9888	0	160	1536	0	48	0	-27424	-592	2960	10432	0	0	0	2992
龍 門	-896	0	48	944	0	0	0	-27392	-192	2688	16432	0	0	0	8368
花 縣	-1488	-320	240	6928	0	400	784	-20672	-496	9424	2560	0	0	0	2640
從 化	5872	0	160	9408	0	0	0	-22656	-1408	4512	3312	-48	32	0	816
龍華墟	6528	-192	0	1600	0	0	64	-10048	-352	2816	-1072	0	0	0	656
三 水	2816	-6064	64	2800	0	16	10000	-15088	-864	9408	-2480	0	-80	0	-528
広 東	-14048	-3824	48	8784	960	0	1936	-20784	-1664	29472	752	0	0	0	-1632
東 莞	-15600	-96	128	20688	16	0	1776	-24976	-112	17472	2320	-16	0	0	-1600
横瀝墟	11472	-1040	0	688	1200	80	-16	-25408	-1712	8848	5072	-128	-96	0	1040
順 徳	53936	-58512	0	-2176	128	208	3408	-8032	-880	15696	48	0	0	0	-3824
虎門寨	-34384	-96	0	31712	0	480	5488	-21744	-208	16368	2416	0	0	0	-32
淡 水	-17536	0	0	18800	0	112	736	-21152	-320	18512	-288	0	240	0	896
平山墟	7360	-1312	0	288	0	64	1952	-11904	-144	5824	672	-864	-96	624	-2464
新 会	6976	-8896	0	-640	160	0	880	-8544	-656	12928	240	0	-48	0	-2400
宝 安	1072	80	0	2592	48	0	2976	-13280	-32	17520	5776	0	0	0	-16752
深・墟	-5792	0	0	4080	-272	80	1808	5584	-80	27488	-30784	-128	-576	0	-1408
平 海	-768	0	0	592	0	80	128	-2352	-304	656	2080	-384	-80	336	16
香 港	208	0	0	0	0	0	-80	8016	0	4768	-10544	0	0	0	-2368
総変化面積	15616	-80272	848	108624	2240	1568	31840	-267856	-10016	207360	6944	-1568	-704	960	-15584
総面積(1930)	764624	80400	0	28656	288	0	5872	1296896	10256	38704	75136	1568	1488	0	576112
総面積(1990)	780240	128	848	137280	2528	1568	37712	1029040	240	246064	82080	0	784	960	560528

加があり、集落面積は6倍強となった。果樹園は約11万ヘクタールが増加し、5倍近くの面積となった。桑畑は8万ヘクタールあまりあったものがほぼすべて消滅した。

森林の減少は、すべての地域に起こっている。数字で見れば深セン・墟図幅と香港図幅で森林の増加が見られるが、これは土地利用の基準が変化し、1930年前後に荒地とされていた地表が1990年前後では森林とされるようになったことによるところが大きい。しかも、両地域の森林面積の増加は、荒地面積の減少におよばないところから見ると、ここでも明らかに森林面積は減少している。佛岡・龍門図幅では、森林の減少は荒地の増加につながる。それに対して、三水から香港にいたる図幅（平海をのぞく）では、森林面積の減少が集落面積の増加につながると考えられる。花縣図幅では、果樹園と集落の増加が、従化図幅では水田・畑と果樹園の増加が森林の減少に見合う。

平海図幅は、すべての土地利用に変化が少い。この地域は1990年前後までは、他地域とくらべ開発が遅れていたためである。

集落の面積は、すべての図幅にわたって増加している。とくに広州市のある広東図幅と深・墟図幅で増加が大きい。しかし、詳細に見ると、花縣図幅をのぞく北部の図幅、すなわち佛岡・龍門・従化・龍華墟図幅、さらに南部の平山墟・平海図幅では、集落の増加は少い。北部の地域は、南嶺山脈に連なる丘陵地、南部の2図幅は南岸山の丘陵地であり、ともに開発が遅れている。南岸山の丘陵地は最近になって開発が進行し始めたが、北部の丘陵地の開発はまだ進んでおらず、開発の進んだ珠江デルタ諸地域との間に、かなり顕著な貧富の格差が生じている。

果樹園も、わずかな例外を除き、全地域で面積が増加しているが、特に珠江デルタの広東・東莞・虎門寨・淡水図幅および従化図幅で増加が著しい。従化は、温泉地で広州市とのつながりが強い。即ち、果樹園は中国の他地域と同じく、ここでも都市の発展とともにその郊外に急速に発展したものである。作目は、珠江デルタ沿岸でバナナが栽培されるほかはレイシが多い。この地域のレイシは品質がよく、さらに需要もあるが、現在は食糧確保のために、耕地から果樹園への転用は禁止されている。

桑畑の消滅とともに、養蚕は珠江の西からの支流西江流域の徳慶や高要、同じく北からの支流北江流域の清遠や永徳に移動した。これは主に人件費の高騰により、労働集約的な養蚕から、より労働力を必要としない水田栽培や果樹栽培に経営が変化したためで、1970年代末、改革解放以降の傾向である。この地域の桑畑は、主として養魚池と組み合わされた複合的な経営である「桑基魚塘」によって行なわれてきた。養魚池との複合経営は、このほかに果樹との複合である「果基魚塘」、蔬菜との複合である「菜基魚塘」、サトウキビとの複合である「甘基魚塘」などがあるが、いずれも最近急速に姿を消している。

以上述べた諸土地利用に対して、水田・畑の面積はあまり変化がない。むしろ微増である。しかしこの微増にもっとも大きく寄与したのは順徳図幅の上述した桑畑の減少で、図から見ても桑畑がすべて水田・畑（実際は水田）に変化している。また、横瀝墟図幅ではかなりの増加がみられ、佛岡・従化・龍華墟・平山墟・新会図幅で多少増加している。しかし趨勢としては、これらよりも、広東・東莞・虎門寨・淡水にみられる大幅な減少が目をはく。これら4図幅で実に8万ヘクタール（1930年前後の面積の10%強）の耕地が減少している。

この傾向は、最近つまり1990年後半になってさらに著しく、統計はないが、この表で水田・畑の減少の見られない三水・順徳・新会図幅の地域でも、多くの水田が工業団地や住居用地に転用されている。これは、この珠江デルタ・深セン・香港地区の人口の急増と相まって、深刻な食糧不足を引き起こしかねない。また、転用された用地およびそこに建設された工場・住居が引き締め政策とも相まって、著しい供給過剰を引き起こし、広大な更地やきわめて多数の空き家となって放置されている。空き家となった巨大な工場や高層ビルは、今後の土地政策にとって重大な負の資産となることが予想される。空き家の撤去をせずにさらに耕地の転用が行なわれる可能性もある。

乱開発による耕地や林地の潰廃、空き家など負の資産の増大、水質や大気の汚染はこの地域の21世紀初頭の土地政策にとって大きな問題となるであろう。

（牧田 肇）

1.2 現地調査に基づく考察

改革開放政策の導入により経済発展が著しい揚子江下流域、内蒙古自治区の草原地域、広東省南嶺産地の森林地帯、それぞれにおける土地利用・被覆変化の実態を把握すべく現地調査を行った。

1.2.1 揚子江下流域の土地利用・被覆変化

「揚子江下流の上海・南京・杭州地域の都市人口は1,700万人に近いと推定されているが、その45%を上海が占め」¹⁾、「各都市ともに上海との間の移動が多く、その他の都市間では移動数が少ない」

¹⁾ ことから容易に判断されるように、上海が揚子江下流域の中心都市として機能し、「上海の肥大化は今後も進むものと予想される」¹⁾ 状況にある上海を中心とする都市化の下に生起している土地利用・被覆変化の実態を把握することを狙いとして行われた現地調査では、浦東開発計画による都市開発を一例として、都市拡大のすさまじいばかりの勢いに圧倒される思いを抱いた。改革開放政策のより深くより広い推進を背景とするこうした都市開発の勢いは、「1985年に土地管理局の設立による土地管理の強化」²⁾ といくつかの土地利用に関する法律の制定が、土地利用の変化、とりわけ、耕地の減少に大きな歯止めをかけたとはいえ、土地利用のコントロールを困難にし、「耕地転換の厳しい制限にもかかわらず、耕地が減少する一方となっている。」²⁾

1970年代終わりから1980年代始めにかけての中国全土における耕地面積減少の大半(60~70%)は、環境保護のために耕地を森林や湖に戻すことによって生じた減少であり、さらに、農業構造調整のための農業関連施設の建設による減少である。1979年における上海の耕地減少についてみると、後者の原因による減少は全減少の40%を占めていた。²⁾

しかし、1984年以降は、経済建設のための用地、すなわち、国家建設用地、地方自治体建設用地、農民住宅用地、なかでも国家建設用地が耕地減少の決定的要因と考えられる。例えば江蘇省の場合、経済建設用地に占める国家建設用地の割合は70~80%であったが、国家自らが経済発展を強力に推進している様子をこの数字は如実に示している。上海にみる耕地減少でも、国家建設用地を原因とする減少面積の割合は耕地減少戦績の40%以上を占めていた。²⁾ 揚子江下流域における1979年~1992年までの土地利用データを用い建成区(市街地)面積と耕地面積の変化について行ったZhaiの分析によれば、土地利用変化を引き起こす主要なドライビングフォースは産業化、都市化、資本投入の3つであることを明らかにしている。²⁾

江蘇省の都市全てを対象にして市街化率(市区面積に占める建成区面積の割合)がどのような要因によって影響を受けているかをモデル分析した谷口の結果では、社会基盤関係(舗装道路広さ、鉄道拠点とし、揚子江海運機能)、所得・投資関係(資本密度、住宅投資)の変数が安定的規定要因となっていることが明らかにされた。が、産業高度化に関わる変数(サービス産業従事者密度、工業生産額)は多重共線性の問題から容易にモデルに取り込むことはできなかった³⁾

これらの分析結果が示すように、揚子江下流域における都市拡大とそれに伴う耕地減少は、経済発展の基盤を建設するための国家投資に大きく規定されている。

1.2.2 内蒙古自治区草原地域の土地利用・被覆変化

内蒙古自治区118万haの内、草地面積が約8,700万haと土地利用の多数を占め、現在、6,800万haが利用下にある。耕地面積は約550万haであるが、農地開発可能地が約590万haがあると見込まれている。⁴⁾ 清朝末年の開墾移民政策に始まりその後の時代を通じ度々行われた漢族開拓農民による農地拡大に伴い砂漠化地域が見られるが、他方で、穀倉地帯と呼ばれる土地に変容した地域も出現した。

内蒙古自治区において過去40年の間に4回の開墾期があった。第1回の開墾期は1950年代中頃である。人口増加に対応するために共産党政権は食糧増産を政策に掲げ、その政策のもとに開墾が進められた。第2回は1960年から1963年の自然災害による食料不足に対処すべく食糧増産が図られ、大規模な開墾が行われた。その面積は約20万haに上り、この開墾によって砂漠化が進んだと言われている。開墾された土地の約11万haが後に草地に戻ったといわれている。1960年代後半の文化大革命時代が開墾の第3期である。政府の統制が及ばない無政府状態の中で開墾が進められた。そして

1990 年代の現在が第 4 期に当たる。この期における開墾は、中国の主要な食糧生産地帯である江蘇省を始めとする沿海諸州における工業化が進み、食糧が不足基調へと転じた状況下で、中央政府は食糧の増産を北部地域で進める政策をとっていることと関連している。内蒙古自治区政府としても税収が増大が期待できることから草地の耕地化を進める方針を取っているので、草地から耕地への転換傾向は今後も一層進むものと見られている。⁴⁾

こうした開墾は多くの問題を内包している。第 1 に、二年一作という耕地利用効率の悪さである。耕地利用率の全国平均は 193% であるのに対し、内蒙古自治区は 93% で、最も耕地利用率の低いグループに属している。第 2 は、低い生産力にもかかわらず畑作のために優良な牧草地が失われることである。第 3 は、開墾にあたっては防風林の植林が義務づけられているが、必ずしも守られていないように、土地の保全が十分に行われていないことである。⁵⁾

気候条件から見れば馬鈴薯が適作物であるが耕地での栽培作物は小麦である。その主要な理由は、小麦価格の方が馬鈴薯より高く利益が多いことにある。転換に当たっては、優良草地を優先的に耕地に転換させる方針がとられている。草地から転換された耕地も、収穫量が低下すると草地に戻される。通常、5 年～10 数年程度で耕作放棄される。

1960 年代の開墾期を迎えるまでは毎年約 10 億 kg の食糧が域外、殊に東部地域から内蒙古自治区に移入されていたが、この開墾期以降は自給できるまでの水準に生産力が増大した。

経済発展に伴うエネルギー需要の増大は、露天掘りの中国 4 大炭鉱の内の 2 つが内蒙古自治区にあり、産炭量の増大とそのための労働力人口の増加をこの地にもたらしているが、さらには、野菜等農作物に対する需要も増大させている。

1.2.3 広東省南嶺山地の土地利用・被覆変化

広東省の林地は 1958 年、1968 年、1978 年の 3 回の大躍進に伴う乱伐によって減少した。1983 年時点での林地は、有林地約 464 万 ha、その他林地約 215 万 ha、合計 679 万 ha で、森林被覆率は約 27% の状況にあったが、1990 年までに、それぞれ、約 708 万 ha、約 263 万 ha、合計約 971 万 ha、森林率 48% の水準にまで回復するに至った。これは第 7 次 5 年計画（1986～1990）による省政府の政策のもとに重点的に植林が行われてきたことの成果である。森林は全て国家の所有であるが、その利用と経営は農民に委ねられている。西暦 2000 年における森林被覆率を 54% にまで高めることが計画目標として設定されている。植林の樹種は、今のところ、成長が早いユーカリ、杉・松、竹などであり、ユーカリは促成林と位置づけられているが、ゆくゆくは、針葉樹林を減らし、用材林 50%、防護林 30%、経済林 20% が一つの目標として示されている。「将来とも森林を耕地に変えることはない」とされている。⁶⁾

広東省では 1990 年時点で農地面積は約 253 万 ha であったが、1981 年から 1990 年までの過去 10 年間に毎年約 2 万 ha の農地が失われた。しかし改革開放以降、水利施設の建設により農地に占める水田の割合は 67% から 76% へと上昇した。平野部では 1 年 3 作の栽培形態が一般的であるが、山間部では 1 年 2 作である。耕地利用率は減少傾向にあり、この「利用率を上げることが今後の広東省の土地利用の鍵となる。」⁶⁾

将来の土地利用政策として、1) 耕地面積 200 万 ha の確保、2) 都市・社会基盤施設関連の建設用地の確保、3) 荒地、湿地の開発、4) 環境保全、汚染防止、5) 耕地利用率の向上と生産力の向上、が掲げられている。

1.2.4 3 地域の現地調査から予想され土地利用変化のシナリオ

都市化地域、草原地域、森林地域をそれぞれ代表する 3 つの地域、揚子江下流地域、内蒙古自治区、広東省南嶺山地地域において、それらの地域において現在生起している土地利用上の各種変化、また、各地の土地利用にこれまで生起した変化、さらには今日の土地利用政策の下に現在進められている土地利用に関わる施策などなどに関する現地調査から、上に要約したように、現時点で捉えられる土地利用の変化についての一定の方向性あるいは傾向を読みとることができた。

(1) シナリオ1

これは、現地調査から判断して、現時点で最も起こり得ると思われるシナリオである。森林については、広東省に見るように、荒れ地、無林地に植林（用材林、防護林、経済林）を一層進め、森林被覆率を高める。森林の農地開発など、森林を耕地に変えることはしないという施策を原則に、森林面積の増加は図られる。他方、農地は、揚子江下流地域に見るように、沿海諸州における経済発展が、これまでのように高度成長ではないにしても、継続されることを考えると、各種社会基盤施設の整備のための公共投資（国家、地方政府など）、さらにはそれにより誘発される民間投資によって、都市拡大は止むところなく、それは必然的に農地の壊廃を継続する。

こうした沿海諸州に見られる都市拡大は、揚子江下流地域の代表例である上海周辺農村地域を例に挙げるまでもなく、沖積平野の肥沃な農地が展開する地域で行われていることを考慮に入れるならば、土地開発によって消滅する農地は極めて高い生産性を有する優良農地である。この農地に代替しうる優良農地を他に求めることは困難であることを考慮するならば、広東省で進められているように、まずは既耕地の利用率を高めることによって食糧の産出量を増大させるということが不可欠となる。しかしそれだけでは失われた優良農地の生産力を補うことはできないので、失われた食糧供給能力を補い得るだけの農地を外延的に拡大する必要がある。また、都市化は都市周辺農村地域の農業経営を、それまでの穀類を中心とする農業から園芸へと、換金作物中心とするいわゆる近郊農業へと変わる。したがって、穀類等を栽培する土地利用型農業の振興にとっては農地の外延的拡大が必須条件となる。

農地の外延的拡大の余地は、灌漑施設の整備を伴うならば半乾燥地域も視野に入れることは可能であろうが、既に知らるように、それは深刻な環境問題を引き起こし、また、灌漑施設網を一挙に敷設することは容易でない。そこで、現に見られるように、土地利用型の農業振興による糧食の確保によって、中国東北部の草原地帯は農地開発のための魅力ある候補地の一つとなること必定である。内蒙古自治区内には約 590 万 ha の農地開発可能地があると見込まれているが、それらを対象とする農地開発がこれまで以上に進められることになる。

(2) シナリオ2

これは、沿海諸州を中心とする経済成長が一息つき、経済成長の基調が、高度成長から安定成長に変わる場合である。都市開発の勢いはすぼみ、内陸部から沿海諸州への人口流入の流れは止まるところを知らないといえども、都市拡大も安定成長に変わる。その結果、農地壊廃は低水準へと転じる。都市周辺農村地域の農業は、以前の穀類主体の土地利用型農業から近郊農業へと、主として園芸作物を都市に供給する基地へと農業地域の性格転化が生じ、都市から更に外遠の地が土地利用型農業が展開する地域となる。穀類など糧食の確保は、広東省では既に高収量のハイブリッド米の普及が米の全品種の4割程度に達しているとのことであったが、こうした高収量品種米の普及、耕地利用率の向上、灌漑施設の整備など、土地利用の集約度を高め農地の内延的な拡大に向けた施策を進めることに重点が置かれる。糧食確保を狙いとする土地利用型農業の振興のための農地の外延的拡大は、農業政策の中ではその達成目標水準をずっと引き下げたものとして位置づけられる。

森林については、荒れ地、無林地に植林を一層進め、森林被覆率を高める。森林の農地開発など、森林を耕地に変えることはしないという施策を原則に、森林の保全を図る。

以上のシナリオにおいては、その前提となるべき将来の人口規模を無視している。人口の増加率如何は、当然に食糧需要に影響を及ぼすのであるから、需要サイドの条件を無視して供給サイドのみのシナリオを書くこと自体誤りであるが、とりあえずここでは、これまでの傾向を暗黙の前提としている。また、都市へ流入する人口に対する政策についても現在とられている政策の下での人口流入があるということを暗黙の前提としている。ずいぶん荒っぽいシナリオであるが、統計データを駆使して分析した結果に基づくものではなく、限られた現地調査によって観察された事実のみ依拠して組み立てられているのであるから、そこにはおのずと限界があることを了承頂きたい。

(佐藤洋平)

参考文献

- 1) 新井正(1996): 研究対象地域の概要、アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (I)、LU/GEC プロジェクトチーム、pp.47-54.
- 2) 池田三郎、Zhai 国方(1997): 長江下流域の土地利用変化、LU/GEC プロジェクト報告書 - アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (II)、地球環境センター、pp.190-200.
- 3) 谷口守(1996): 揚子江下流域市街地モデルの構築結果と考察、長江下流域の土地利用変化、アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (I)、LU/GEC プロジェクトチーム、pp.72-85.
- 4) 佐藤洋平(1997): 内蒙古自治区の土地利用、LU/GEC プロジェクト報告書 - アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (II)、地球環境センター、p.172.
- 5) 新井正(1997): 内蒙古の気候と土地利用の概要、LU/GEC プロジェクト報告書 - アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (II)、地球環境センター、pp.185-186.
- 6) 新井正(1998): 広東省の自然環境と土地利用の概要、LU/GEC プロジェクト報告書 - アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測 (III)、地球環境センター、pp.1-8.

1.3 広東省の自然環境と土地利用の概要

1.3.1 広東省の地形と気候

広東省はおよそ北緯 20 度から 25 度の間にあり、亜熱帯・熱帯の気候である。省の面積は 17.84 万 km² で、地形的な内訳は、中山 6.22%、低山 14.89%、丘陵 41.32%、台地 13.50%、盆地 12.67%、沖積平原 4.54%、沿海平原 5.97%、その他である。広東省は平地が少なく、山地や丘陵が卓越する地域である（六山二水二分田と言われる）。平地は珠江三角洲に集中している。珠江は東江、北江、西江がそれぞれの最下流部で合流した後の名称で、珠江自体の延長距離は短いが全体の流域面積は広く、これら 3 河川沿岸の沖積地を含めて珠江三角洲と呼んでいる。

図 10 に示したように省北部は中亜熱帯、中部は南亜熱帯、南部の一部が熱帯である。ここで言う気候区の名称は中国式のもので、次のように定義されている。

北亜熱帯 $\Sigma T_{10} = 5,100 \sim 6,100^{\circ}\text{C}$: ΣT_{10} は 10°C 以上の日平均気温の積算温度

中亜熱帯 $\Sigma T_{10} = 6,100 \sim 7,000^{\circ}\text{C}$

南亜熱帯 $\Sigma T_{10} = 7,000 \sim 8,200^{\circ}\text{C}$

熱帯 $\Sigma T_{10} = 8,200^{\circ}\text{C}$ 以上 $9,000^{\circ}\text{C}$ 位

広東省の中亜熱帯では 10°C 積算温度は $5,960 \sim 6,960^{\circ}\text{C}$ 、年平均気温は $18.7 \sim 20.8^{\circ}\text{C}$ 、年降水量は $1,500 \sim 2,100\text{mm}$ 、水稻生育可能期間は $225 \sim 251$ 日である。南亜熱帯では 10°C 積算温度は $6,250 \sim 8,040^{\circ}\text{C}$ 、年平均気温は $20.5 \sim 22.4^{\circ}\text{C}$ 、年降水量は $1,600 \sim 1,800\text{mm}$ 、水稻生育可能期間は $251 \sim 299$ 日である。熱帯(北熱帯)では 10°C 積算温度が $8,150 \sim 8,460^{\circ}\text{C}$ 、年平均気温は $22.8 \sim 23.4^{\circ}\text{C}$ 、年降水量は $1,300 \sim 1,800\text{mm}$ 、水稻生育可能期間は $296 \sim 306$ 日である。いずれの気候条件でも 1 年 3 作が可能で、そのうち 2 作は水稻が可能である。水稻の作付が年 2 回行われている地域が多いが、冬の作物に関しては地域差が大きい。

1.3.2 広東省の土地利用の概要

広東省の 1990 年における土地利用の比率は表 2 のとおりである。森林率は約 48% で、中国全体の中では高い値を示している¹⁾。これは温暖な気候であることと山地が多いためである。

1990 年の農業生産は、粮食 1896 万トン、蔗糖 2094 万トン、落花生 58 万トン、果物 329 万トン、水産品 208 万トン、肉 202 万トンである。人口は

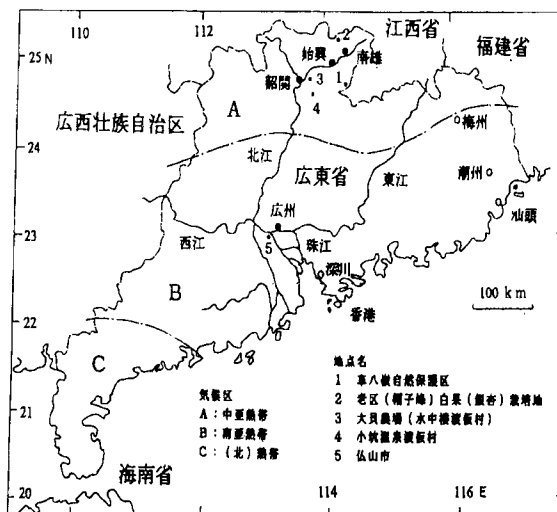


図 10 広東省調査地点および気候分布

登録人口の 7,000 万人弱に加えて、流動人口が 1,000 万人以上と推定されている。1 人当たりの耕地面積は極めて少なく、0.32mu にすぎない（1 mu=0.066ha）。1 mu 当たりの稲の収穫量（籾重量で年 2 回の収量の合計）は、平野部で 1 トン、山間部で 0.6~0.8 トンである。

1950 年頃、省の人口は約 3,000 万人で農地面積は約 290 万 ha であった。これ以降、農地は減少しており、1978 年には 277.88 万 ha、1990 年には 252.88 万 ha になった。1981 年から 90 年までの 10 年間に、毎年 2.08 万 ha の農地が失われている。しかし改革解放以降、水利施設の建設により水田率はそれ以前の 67% から 76% へと上昇した。現在、省内の土地利用率は 86%（林地を含む）であるが、1987 年には 67% であった。土地利用率の上昇は、主として森林の拡大によるものである。現在の年間の耕地利用率（作付け回数を%で示す）は約 220% であるが、過去の最高は 260% であり、利用率を上げることが今後の広東の土地利用の鍵となる。

農地の利用方法は 4 月から 7 月に早稲、7 月から 10 月に晩稲、10 月から翌年の 2 月までは畑として麦、野菜などを栽培する。2 月から 4 月までは土を干す。北回歸線以南の平野部では以上のような形態の年 3 作が行われているが、北部の山地では冬の温度が低いために 2 作となる。水稻の 3 作は普通は行われないが、熱帯では可能である。

耕地減少の理由として、①他の第一次産業への転用：7.93 万 ha、内訳は果樹へ 3.73 万 ha、養魚池へ 3.41 万 ha など、②住宅、工場、道路などの非農業用地の建設：3.47 万 ha、③自然災害による消滅：1.07 万 ha、④その他：7.5 万 ha があげられている。改革解放以前にはかなり粗雑な土地利用であったが、1980 年代後半以降は管理が行われるようになった。2000 年の土地利用目標は表 1 に示されているが、耕地の減少は継続するものとされている。増加する部分としては、森林、住宅などの都市的利用、水域があげられる。水域には、農業用貯水池などの水利施設の面積も含まれている。

今後の開発可能面積は 60 ないし 70 万 ha と見込まれているが、これの全てが耕地に適するわけではない。次の値がその内容である²⁾。

荒れ地、荒れ山 45.20 万 ha

内訳：耕地可能 5.9 万 ha、園地可能 8.1 万 ha、林地可能 25.8 万 ha、牧草地可能 1.1 万 ha

河岸湿地 3.2 万 ha

内陸水面 7.6 万 ha（耕地化は無理）

海岸湿地 17.33 万 ha

省内の 2000 年時点での農地と食糧のバランスとしては、次の数値が示されている。

粮食耕地面積 174 万 ha、収量は約 190 億 kg、自給率は 70%

油料耕地面積 18 万 ha、収量は 8.1 億 kg 位、自給率は 55%

蔬菜など 15 万 ha

サトウキビ 30 万 ha

その他キャッサバ、甘藷、茶、果物、きのこなどの栽培、養豚、養鶏、牛の飼育などが行われている。米は現在でも不足である。省政府としては省内に登録された人口分についてのみ食糧の確保をする（流動人口分は省政府としては手当をしない）。不足分は東北地方とタイから輸入している。

将来の土地利用政策として、①耕地面積が 200 万 ha を下回らないこと、②都市・インフラ関連の建設用地を確保すること；ただし、住宅などの面積の制限が行われるであろう、③荒れ地、湿地の開発、④環境保全、汚染防止、⑤耕地の利用率の向上と生産力の向上、があげられている。農地に関して広東省でさし当たり実施可能項目は、耕地利用率の向上である。先に示したように現在の利用率は 220% で、過去の最大値には及ばない。現在のところ約 100 万 ha が冬に有効利用されていないと推定されているので、この利用効率を上げることが重点的に取り上げられる予定である。

省内の土地の有効利用法として立体的な利用が実施されている。すなわち低地、丘陵、高山にそれぞれ適した土地利用を行う方法である。これは各種の規模で考えられており、後で述べる大貝農場はその小規模例である。省内での気候条件にもかなりの差があるので、気候を利用して季節をずらせた野菜栽培等がすでに行われている。

林地は 1958、1968、1978 年の 3 回の大躍進に伴う乱伐により 1983 年には有林地 463.8 万 ha、その他林地 215.2 万 ha、合計 679.0 万 ha（森林被覆率 27.2%）であった。第 7 次 5 年計画（七五：1986～1990 年）により 1985 年以降、省の政策として重点的に植林が行われ、1990 年にはそれぞれ 707.7 万 ha、263.1 万 ha、970.8 万 ha（森林被覆率約 48%）となった。第 7 次 5 年計画中、荒れ山の開発が 46.5 万 ha、造林 280 万 ha、新規開墾 4 万 ha が行われたほか、湿地の改良による内水面漁業池が 3.8 万 ha 開発された。土砂流出防止も 2,000km² を対象に行われた。なお、土砂流失危険面積は省内の 6.3% とされている。森林は全て国有地であるが、利用と経営は農民に任されている。林地の増加は顕著で、さらに今後 2000 年には森林被覆率を 54% にまで引き上げることが計画されている¹⁾。

広州から北へ向かい列車が丘陵地に入ると、松やユーカリの若い林地が多く見られる。これは植林が 1985 年以降に集中的に行われたためである。樹種は成長が早いユーカリ（10 年で伐採可能）、杉・松（15 年で伐採可能）、竹（3 年で利用可能）などである。ユーカリは速成林と位置づけられている。これらの材はパルプ材としても利用されている。しかし急な造林の問題点も指摘されている。すなわち現在では樹齢が若く樹種が少なく、蓄材量、伐採量ともに中国の平均値よりはるかに低い。将来は針葉樹を減らし、用材林 50%、防護林 30%、経済林 20% とすることが目標として示されている。なお、将来とも森林を耕地に変えることはないとされている。

広東省の林地は、次のように分類されている。①生態公益林：河岸、鉄道・道路などにそう並木、都市の街路樹、防風・防砂林、水源かん養林、砂防林などで、これらは伐採禁止；②商品経済林：各種用材林；高収入、高産出、高投入の三高の対象となる；③生態経済林：環境保全を兼ねた経済林、一般用材、薪炭林など、荒れ地の植林なども含まれる；④自然保護林。

全国レベルでは 1977 年以降 5 年おきに森林調査が行われ、1993 年には第 4 次調査が完了した⁽¹⁾。ここでは林業用地が次のように分類されている。有林地（天然林、人工林）、疎林地（被度が低いもの）、未成林造林地（3～5 年未満のもの）、灌木林、苗圃地、無林地（伐採後、山火事跡、森林に適した荒れ山および沙荒地）。中国全土の林業地は 26,743 万 ha（全土の 27.85%）、うち有林地は 12,465 万 ha で森林被覆率は 12.98% である。有林地の内訳は、いわゆる林地が 86.04%、経済林（果樹、工業・薬品材料など）が 11.03%、

表 2 広東省土地利用の現状と予測（資料：中国自然双書広東

竹林が 366 万 ha である。

南嶺山地は 4 省にまたがる山地であるが、森林被覆率は山地全体（1360 万 ha）の 44.47% でかなり高い価を示している。その内容は、用材林 74.42%、竹林 8.05%、経済林 8.68%、各種防護林 5.57%、薪炭林 3.28% となっている。荒れ地は全体の 28.13% で、そのうち林地に適する面積は 45.2%、草地に適するもの 14.7%、傾斜 25 度以上で利用不可能面積が 40.1%

		1990年		2000年		1990-2000 面積増減
		面積	%	面積	%	
1	耕地	252.88	14.2	249.58	13.98	-3.3
2	園地	84	4.72	102.33	5.73	18.33
3	林地	970.76	54.51	1000	56.03	29.24
4	專業牧草地	3.07	0.17	6	0.34	2.93
5	住宅・鉱工業	82.96	4.66	104.47	5.85	21.51
6	交通用地	24.24	1.36	31.34	1.76	7.1
7	水域	119.69	6.72	131.1	7.35	11.41
8	未利用土地	243.2	13.66	159.98	8.96	-83.22
合計		1780.8	100	1784.8	100	4

単位：万ha

となっている。なお経済林には果樹、茶などが含まれる。

1.3.3 南嶺山地調査記録

(1) 南嶺山地の概要

南嶺山地は広東省、江西省、広西壮族自治区、湖南省にまたがり、東西 640km、南北 310km にわたり、最高点は 2,141m である。この地域は山と丘陵が 71.9% を占め、水資源、鉱山資源は豊富であるが、人口が少ないために十分には利用されていない。鉱産物としては鉛、錫、ウラン、石炭などがあるので、将来は工業化に期待が持てる地域である。森林被覆率は広東省北部山地で 48.8% に達しているほか、隣接する他の省、自治区でも 40% 以上である。森林の垂直分布のおよその見当は、標

高 800m 以下が常緑闊葉樹、800～1,300m が常緑闊葉樹・落葉闊葉樹・針葉樹の混合林、1,300m 以上が草地である。

(2) 韶関市および車八嶺自然保護区 (8月19、20日)

1) 韶関市の農業

韶関市は8県3区よりなり、面積は18,000km²である。中亜熱帯にあり年平均気温はおよそ20℃、10℃以上積算温度は6,800ないし7,600℃、降水量は1,300～2,400mmである。山地のために森林が広く、森林面積は112万haで森林被覆率は65%に近い。木材蓄積量は5,000万m³以上で、林業では全国でも重要な位置にある。自然保護林(保護区)として乳源県動物区、車八嶺森林区、石坑空保護区がある。貴重動物としては河南虎、雲豹がいるが、前者は絶滅寸前の状態である。市の人口は300万人で、そのうち農村人口は200万人であるが、農林業ともに純粋な専門家はほとんどいない。人口密度は150人/km²である。韶関市の中心部は、最近発展した工業都市である。

農地面積は13.2万haで、そのうち9.2万haが水稲の2毛作田であり、その93%が標高500m以下に分布する。粮食作物の年2作は限界に近いが、畑では年3作も行われている。作付け面積としては、粮食作物17.2万ha、うち水稲14.5万haである。全ての作物の作付け面積の合計は33万ha(500万mu)で、作物としては、水稲、トウモロコシ、サツマイモ、キャッサバ、落花生、サトウキビ、茶、果物、タバコ、漢方薬材料などである。最近は三高農業(量、質、値段が高いこと)をめざし、サトウキビや野菜類が増加している。野菜は季節はずれものに目をつけている。

農地の分布は主として標高50～1,100mの間にあり、1,100m以上は未開発である。水田は50～200mの間に多く、標高400m以下では水稲2作、その他1作の計年3作が可能である。冬期には緑肥を栽培し、水田に鋤込むことも行われている。標高500m以上では水稲1作、その他1作の年2作になる。畑は標高200m以上に多い。水田は収量が多いが、畑は灌漑率が75%程度であり収量は多くない。米の収量は900kg/mu(籾を含む)で、多い年は1.1トンに達する。農民1人当たり年収は2,300円である。農家は40万戸あるが、一般的には若い人は町へ出ている。

東の山地に入った始興付近では年2作となり、そのうち1作は水稲である。現在の耕作体系で、県内の食糧の自給は可能である。米の政府買い入れ価格は50kg当たり50円であるが、これに20円の補助金を付けて70円にしているので、農家の収入は悪くはない。なお政府の買い入れは籾付きのため、精米の段階で30%弱のロスが生じる。

2) 車八嶺保護区

車八嶺保護区には始興を通り、南部の山岳地帯に入る。韶関から北江の支流の貞江に沿い走ると、草とわずかな灌木しかない荒れ山が点々と分布するが、丘陵のユーカリの速成林、杉林、竹林など最近作られた林地もかなり広く見ることができる。新しい林地は、1958年以前は禿げ山であった。この付近は砂岩地域で、塔状に侵食された見事なbutteあるいはtor地形が数多く見られる。谷沿いの平地や段丘面は水田になっている。

我々には珍しい林業として、松ヤニの採取が行われていた。これは松の木の皮の一部分はがし、しみ出す松ヤニを採取するものである。松ヤニ採取は車八嶺の山地でも行われており、ドラム缶に詰めて送り出している。これは化学原料として使うとのことであった。

韶関より1時間程の小さな村では、道路で米、落花生の乾燥をしていた。ここでは稲2作のほか落花生を作っている。その他ミカンを栽培しており、これが良い現金収入になる。丘陵や川沿いの平地の一部でもミカン栽培が多い。始興から山に入ると次第に森林地帯となり、中国では珍しい澄んだ谷川が流れている。

車八嶺自然保護区の集落と博物館は標高300mの位置にあるが、区内の最高点は1,256m、総面積は7,545haである。樹種はシイ、タブ、楠などのいわゆる照葉樹である。樹齢は500年以内で、過去にかなり人口が加わった森林である。この地区は少数民族瑶族の地区で、瑶族との協調の上で保護区が運営されている。保護区の一部にはミカン、茶が栽培されている。ちなみに、見学したミカン園は標高380m付近の谷間にあり、茶園は380から450mの急斜面に広がっていた。

保護区には博物館があり、虎（現在生存は2頭のみ）のほか動物、植物の標本が展示されている。観光客の入り込み数は年間2ないし3万人である。この保護区には年間50万円の補助が出ている。

（3） 南雄市のタバコ栽培、銀杏栽培（8月21日）

南雄の地質・地形の特徴としては、部分的に分布する第三紀の暗紅色の砂岩があげられる（恐竜の卵があるとのこと）。途中の村には砦のような、窓が非常に小さい石造り四階建ての大きな住宅がある。これはかつて盗賊の襲撃を防ぐために作ったものであるが、現在は使われていない。すでに廃墟となった砦形住宅も見られた。この付近で目に付いた農林業は松ヤニ採取の林地、地層に沿った棚田式の畑の落花生栽培であった。わずかな高低差で水田と畑が分かれていることが観察された。

南雄の町は始興より大きく、よく整備されている。市内にはタバコ工場があり、アパート群が見られる。南雄は客家の故郷であり、多少異なった雰囲気を持つ町である。南雄市は24鎮、210管理区からなる。面積は2,300km²、人口は47万人、うち農村人口は38万人である。農地面積は2.9万ha（44万mu）、うち水田が2.2万ha（33万mu）である。山地面積は18.5万ha（280万mu）である。耕作体系はタバコと水稻の組み合わせの年2作が代表的である。タバコは早稲の季節（3月～7月末）に栽培するが、かつては25万muあったタバコ栽培面積は現在では18万muになった。しかし7.5万戸の農家の殆どが何らかの形でタバコを栽培している。タバコは砂岩が風化した紫色の土壌が適しているが、地力の消耗が激しいので連作を避け、他の作物との輪作を行う。タバコを栽培しない場合、水稻の年2作となる。落花生は水田を使わずに畑で栽培する。畑はタバコと落花生の年2作、タバコと野菜の年2作などのパターンがあるが、畑でも年2作が普通である。タバコ作付けの18万muのうち畑を利用するものが7～8万mu、水田を利用するものが10万muである。タバコ会社、工場が市内にあり、南雄の重要な産業になっている。

水稻の作付けは早稲が15万mu、晩稲が32万muで、これが国による生産割り当てになる。早稲が少ないのはタバコの植え付けのためである。政府の供出割り当ては、1muあたり470kgの出荷が必要であるが、良い田では1トンくらいの収量があるので問題はない。

南雄の銀杏栽培は歴史があり、品質も良い。現在では大特産地になり、独占的に香港やアジア諸国に輸出している。銀杏の収入は1本のイチヨウで2,000元～4,000元、場合によっては1万元にもなり、まさに金のなる木である。銀杏の生産は1992年より本格化し、1995年には市が独自の政策を立てた。イチヨウの栽培面積は9～10万muであるが、この面積は耕地に含まれていない。銀杏は山地を利用しており、水田は使っていない。1980年代までは家の周辺で小規模に栽培していたが（面積を合計すると5,000mu位になる）、1989年以降は山地を開発して大規模に栽培するようになった。銀杏の管理体制は市レベル、鎮または郷レベル、管理区レベル、個人、会社のあらゆるレベルで行われている。管理区は人民公社時代の組織を使い、かつての生産大隊に相当する。生産管理のために、①管理能力の向上、すなわち生育1割、管理9割（一生九管）を目標とし、②必要な資金を投入し、③技術指導のために研究所・管理センターを作った。生産管理としては根を1m以上の深さに植え、肥料を施すことを重視している。

現地では、江西省との境に近い谷間の帽子峰林場にある老区（帽子峰）の生産地を見学した。帽子峰村付近の峠では、山林を階段状に切りイチヨウを植えた地点が複数見られた。これらはまだ木が若く、収穫には至っていない。老区には現在2.8万本のイチヨウがあるが、1997年には7,000本が植えられ、1998年には5,000本の植え付けが予定されている。最終的には4万本、1,000muのイチヨウ林になる。広い中国でも銀杏に関しては競合する産地がないので、独占的な有望産業である。

一方、タバコは世界的な禁煙運動もあり、将来的には不安がある。見学した客家系統のタバコ集荷場では、農民が持ち込んだ葉を若い女性が検査し、40階級に分けていた。入り口には検査の順番を待つ農民がたむろし、暗い倉庫の中にはタバコの強烈な臭いが充満していた。

（4） 曲江県の開発区（8月22日）

南雄から韶関への沿道には川に沿い低い段丘があり、その背後は浸食が進んだ古い砂岩の丘陵地帯となっている。砂岩はかなり風化が進んでおり、これがタバコに適した紫土にもなる。丘陵地は地層

に沿った階段耕作が行われている。丘陵には水利施設が見られないので、畑と思われる。丘陵地は全体的に badland の特徴があり、butte や tor は砂岩地帯に現れる。沿道を注意深く見るとミカン園がかなり多いことに気づく。曲江の町自体は新興工業地区でセメント工場、金属工場や炭坑があるが、県としては山林が多い。

1) 大貝農場

曲江県大貝農場（立体開発区、水中楼渡假村）は韶関の東にあり、丘陵地を立体的に使った広東省のモデル開発区である。面積は 12,000mu (792ha) で、そのうち柚子（ブンタン、ボンタン）1,000mu、ミカン 1,500mu、養魚池 1,060mu、養鶏場 8,000m² などである。竹林ではタケノコを収穫する。立体的な土地利用とは、丘陵の山頂は林地（植林）、中腹は果樹園、山麓は養鶏、池は養魚、平地は水田や畑というように使い分けるもので、総合的な経営を行っている。また麓では食堂、ホテル（休暇村）を経営している。1996 年の収穫は温州ミカン 10 万 kg、柚子 17 万個、鶏 15 万羽、魚 15 万 kg であった。労働者は定住者 120 人（60 戸）と雇いの労働者 100 人（30 戸）で、管理者は 6 名であるが県からの支援メンバーがいる。農地の経営権は個人にあるが、農民は開発区に一定の金額を納入する。開発区の種目別の最低収入目標は、柚子 31 万元、鶏 21.6 万元、魚 25 万元、ミカン 1.5 万元、ホテル 9 万元、合計 90 万元である。単価は魚 1 kg 5 元、鶏 1 羽 8 元、柚子 1 個 6 元、ミカン 1 kg 1.4 元である。開発区に支払った残りは農民個人の収入になる。

初期投資のうち 30% はモデル農場として県が出し、残りは借り入れ金である。合計 600 万元の借り入れがあるが、返済できない年もある。

2) 小坑温泉

小坑温泉渡假村は曲江の市街地より東南の山にあり、小坑ダムを中心とし林業と観光を目指す村である。ここも立体開発の例である。林場は 1972 年に、鎮政府は 1983 年に成立している。現在、小坑鎮の産業は林業で、1992 年には国家森林公园に指定された。国家森林公园は国家が直接指導し（省は関係しない）知名度があがること、銀行融資が得やすいことなどの利点がある。鎮の面積は 167km² で人口は 5,500 人である。森林率は 86% で、鎮経営林（林場）は 0.53 万 ha（8 万 mu）、個人経営林は 1.41 万 ha（16 万 mu）である。樹種は杉を中心として 100 種程度、現在の利用可能量は 10 万 m³ で毎年 1 万 m³ の伐採を行っている。未利用面積は 5 万 mu である。天然林は 24 万 mu のうちの 20% 程度である。

杉は 10 ないし 15 年で伐採する。年 1 万 m³ の伐採量は生活のために必要な量であるが、これは持続的な管理の面でも適切な量である。伐採基準は高さ 4 m の位置での直径 14cm としている。伐採する森林では 1 mu あたり 12~15m³ の木材量がある。杉 1 本あたりでは、およそ 0.2m³ である。現在の利用可能蓄材量は 10 万 m³ であるから、利用可能本数は 50 万本になる。年間 7,000 ないし 1 万 mu の伐採量は適当な値である。現在のところ林業関係の企業も集まりつつあり、若者も定着している。伐採作業の繁忙期には労働者を雇い入れている。賃金は伐採量 1 m³ あたり 50 元程度が相場で、熟練労働者は一日で 1~2 m³ の作業をこなしている。

観光はダムが中心となる。水資源は豊富であり、ダムのほかに鎮内には 15 の小型水力発電所があり 7,000kw の発電を行っている。電力は売却し、鎮の収入としている。ダムは堰堤高 60m、貯水量は 1 億 m³ で、発電所に水を送るほか、下流の工場（鉄、銅）に 1 トンあたり 0.2 円で売水している。このダムサイトは非常に狭く効率の良い堰堤である。治水のための水位調整は行わないとのことであり、利水のためのダムであるが農業用水はわずかである。観光地としては年間 3 ないし 4 万人の入り込みがあり、シーズンは 5 月から 10 月である。観光客は広州のほか香港、マカオからも来ており、将来性が見込まれている。

農業面に関しては、水田は 3,000mu しかないが、これが国家の生産割当量の基準となっているので問題はない。畑は 1,000mu（甘藷、トウモロコシ、大豆、落花生）、果樹園は 3,000mu（桃、スモモ、ミカン、ナシ）、竹林・畜産 40,000mu である。農業従事者は 4,000 人である。

森林公園は鎮が直接経営し、1,500 人（家族を含む）が従事している。家具、竹箸（日本へも輸出）

などの加工も行っている。曲江市の道路沿いには家具の店舗も見られたが、木材工業がかなり行われていると考えられる。

1.3.4 広州市と仏山市の土地利用（8月24日、25日）

珠江デルタでは dike-pond システムとよばれる池を掘った土を池の間に盛り土して、農業と漁業を行う方式がある。かつては堤の部分に桑を植え、カイコのさなぎを魚の餌にする循環方式が行われていたが、現在では堤は花卉と野菜栽培に、池はアヒル・鴨の養殖に変わった。かつてはサトウキビもあったが今は無い。養蚕は省北部の山地へ移った。Dike-pond システムの典型地は順徳市であり、順徳での見学を予定したが交通渋滞のため見学地を仏山市に切り替えた。仏山市は盆栽・花卉園芸が盛んな所でもあり、この点で見応えがあった。

仏山市・順徳市では道路に沿い、10km 以上にわたって園芸農家が連続している。広州では普通の市民が毎年1度花市で盆栽を購入する習慣があるということだが、園芸農家の多さと広さには圧倒された。園芸地の元は水田で、同じく元水田に建つアパート群の前景を作っている。近代的な建築の一部は農家である。黒いシートで覆った栽培や、温室栽培も少なくない。1鉢1万元の高価な盆栽から1鉢5元の安い葉物まで揃っているが、圧倒的に多いのは小さなミカンの盆栽である。路地にも小さなミカンが多く見られた。これだけ多くの盆栽が果たして売れるのだろうか心配になるほどの盆栽農家（花場、園芸場、花木場などと呼ぶ）の集まりであった。広州近郊では野菜栽培が多いことも特色である。地下水位が高い湿地においても、土を集めて島畑状にして栽培している所が多い。

この付近では2カ所の dike-pond システムを見学した。一つは堤にミカン、野菜などを植えた所で、一つは仏山市街地の運河岸の旧河道であった。後者はほとんど池で、堤の部分は非常に少なかった。後者の場合、池にはエアレーターがつき、またアヒルが大量に飼育されていたことから、むしろ純粋な池と考えるべきであろう。予定変更のため典型的な例を見ることはできなかったが、一応の理解は得られた。

仏山市は新興工業都市で、アパート群が立ち並んでいる。仏山はまた伝統的な陶器の町でもあり、町の中心部には陶器店が並んでいる。

広州市内では旧市内の中心部と、東部の新市街を見学した。旧市街地の建物は、道路に二階が張り出し、歩道が廊下になっている。夏に夕立のような雨が多い広州では、このような構造が伝統的に用いられているが、現在古い建物はかなり取り壊され、新しい（伝統を無視した）町に変わりつつある。特に地下鉄工事関係による町の変化が大きいようである。広州の新市街は東部に広がっている。東部には多くの大学や研究所、会社が移動し、香港との連絡列車の始発駅も広州東駅に移るとのことであった。広州付近の都市化は急速に進んでいる。今回主に調査を行った広東省北部の山地と珠江デルタとでは、全く対照的な土地利用変化である。列車から見た印象では、南から押し寄せる都市化を広州がしっかりと吸収しているように見える。土地利用変化の点では、北部山地と珠江デルタとでは異なった変化をたどると考えられる。

（新井 正）

参考文献

- 1) 中国自然資源双書編撰委員会（1995）「中国自然資源双書、森林巻」、中国環境科学出版社。
中国自然資源双書編撰委員会（1996）「中国自然資源双書、広東巻」、中国環境科学出版社。

1.3.5 深セン・急速な成長を遂げる都市

1997年8月27日に経済特区である深セン（Shenzhen）市へ向かった。今日の広東省の発展は、このような経済特区の存在によるところが大きく、周辺地域に与える影響も非常に大きいものと思われる。広東省の土地利用変化を考える上では、深センをはじめとするこの地域の経済特区群の役割を無視するわけにはいかないだろう。

深センは、広州とはほぼ南北に走る高速道路で結ばれており、約1時間の道程である。途中、東莞市などを通過する。周囲の丘陵斜面では一面にライチを栽培している。毎年6月にはライチ節が

行われているほど、この地域のライチ栽培は盛んである。一方平地にはバナナ畑が展開している。また改革開放政策が取られる以前には、平地は水田として利用されていたが、現在ではより収益のあげられるエビの養殖池に変化している。深セン郊外の黄田付近には、地方からの出稼ぎ労働者のための仮設住宅（木造バラック）が目立つ。これは高速道路の東側（山側）に集中しており、西側（海側）は農家の点在するバナナ畑となっている。

深セン市に入るためには通行証の提示（日本人はパスポート）が必要である。陸路香港に入るためには、このように二重の関門をくぐらなければならない。一方出るのは全く自由である。市内を走行してまず気がつくのは、ここが中国か、と思えるくらい街の雰囲気が垢抜けていることである。その理由はいくつかある。まず、道路がアスファルトで舗装されている。一般に中国の道路はコンクリートで舗装されており、アスファルトはまず見かけない。定性的なデータを確認してはいないが、コンクリート舗装の場合メンテナンスが大変であり、道路は傷みやすいはずである。その分、舗装起源の粉塵が大気中を漂うことになる。また、市内のエネルギー消費のほとんどは電力（原子力発電による）及びガソリンである。石炭があまり消費されていないことから、硫黄酸化物や粉塵などの大気汚染はひどくない。よって、中国の地方都市にありがちな埃っぽいイメージは、この街では微塵も感じられない。建物の壁も汚れていない。さらに、沿道の緑化も丁寧に行われており、街の明るさに色を添えている。裏通りこそ、北京を思わせる風情があるものの、表通りに面した建物の外装は東京並にこざいである。

我々一行はまず、市の西部にある南山区政府を訪問し、政治協商委員会の陳女史（副主席）、深セン大学の李副教授（経済学）らに南山区の都市開発について聞き取りを行った。南山区には、世界の窓、民族文化村などのテーマパークや野生動物園（サファリパーク）など、観光の目玉が集中する一方、建築中の高層ビル群が林立し、深センの新しい発展中心となっている。

ひきつづき、深セン湾及び香港遠景を望む福田内伶自然保護区へと向かった。深セン湾は最深でも20m程度である。海岸は紅樹林（マングローブ林）の干潟（300m×9km）となっており、ラムサール条約にも登録されている。保護区管理処の葉主任によれば、香港科技大学や中山大学との共同研究により、世界のマングローブ種を集めて生育試験を行い、マングローブ林の保全を行っているという。マングローブ林の周辺には湿地上の劣悪な居住環境にも関わらず漁民が生活しており、彼らの移転対策が懸案事項となっている。

深セン（面積は2,020km²）の発展速度は驚異的であり、この15年間に7万人だった人口が380万人へと急増した。中国では、「深セン速度」という言葉も使われ始めているくらいだ。これは世界でも他に例を見ない速度ではないだろうか。しかし定住人口として登録されているのはわずか90万人にすぎず、中国の公式統計資料が実態と乖離したものであることを示す典型といえる。人口もさることながら、林立する高層ビル群に象徴される社会基盤整備を短期間に成し遂げたこともまた驚異的である。なぜこのような驚異的な成長が可能であったのだろうか。聞き取り及び帰国後の文献調査によれば、資本は世界の華僑同胞がもたらし、それをもとに中央政府がトップダウンで開発させたようである。都市建設には計画・設計が不可欠であるが、北京清華大学などの研究者（建築家）が動員された。また、施工には八一（人民解放軍）工程部隊が昼夜兼行で従事した。その一方で、地震の多い地域ではとうてい考えられないような手抜き工事をしている心配も拭えない。

このように、日本の建設市場とは全く異なるメカニズムのもとに急速な都市建設が進められたのであり、その成長過程を時系列的に追跡することは都市の成長を研究する上でも大変興味深いものである。リモートセンシングによる都市インフラストラクチャ蓄積状況の経年変化の追跡（SPOT衛星画像の実体視、夜間の発光面積計測など）を現在進めているところである。

（一ノ瀬俊明）

第2項 地域別土地利用・被覆変化予測

2.1 適用したモデル

本節で適用を試みたモデル（手法）は2種類であった。一つは、第1章第7節で紹介した土地利用空間分析変化予測モデルである。この適用例については、次の2.2.1～2.2.5で展開される。もう一つは、江蘇省を対象として地区（市もしくは複数の県）レベルのデータを用いたマルチロジスティックモデル。これについて2.2.6で展開されるが、現在では江蘇省の現状認識に留まりマルチロジスティックモデルの適用までに至らなかった。2.2.1～2.2.5で対象とした地域は本節第1項で紹介した4つのケース・スタディ地域である。この4つの全地域において土地利用変化予測モデル図を得たほか、東北地域（長春付近）に対しては実際にHIMSIMプログラムを適用し、2020年頃の2kmメッシュレベルの土地利用概況予測図を得た。土地利用変化のシナリオは、数式や言語で表現するだけでは変化メカニズムの全容を把握することがむずかしいが、土地利用変化連関図は各種土地利用の間の関係及びそれらとDriving Forceとの因果関係を分かりやすく表現するものである。このように、地図の作成を前提とするモデルでは、異なった土地利用種の間の力関係を明示することが、とりわけ重要である。土地利用連関図と土地利用概況メッシュ図に基づき将来の土地利用概況予測図を作成するためのシミュレーション・プログラムHIMSIMも先に紹介したように開発済みである。

通常の傾向予測や構造予測の方法では、このようなパターン予測は困難であり、特に統計データの信頼性が低く、データの取得そのものが必ずしも容易ではない中国においては、上記の土地利用空間分布変化予測モデルの方法は、少なくとも現時点では最良の方法であると判断した。

（大坪国順・氷見山幸夫）

2.2 予測結果

第1章第7節の土地利用変化説明モデルの方法を、第3章第3節第1項で説明した中国の4ケーススタディ地域に適用した。その結果、それぞれの地域について、以下の土地利用変化シナリオと土地利用変化メカニズムの模式図が得られた。

2.2.1 東北地域（長春付近）の土地利用空間分布変化予測

シナリオ：

ア）人口増大、経済成長、近代化により、都市・集落が拡大する。これまでは政策的に実施され

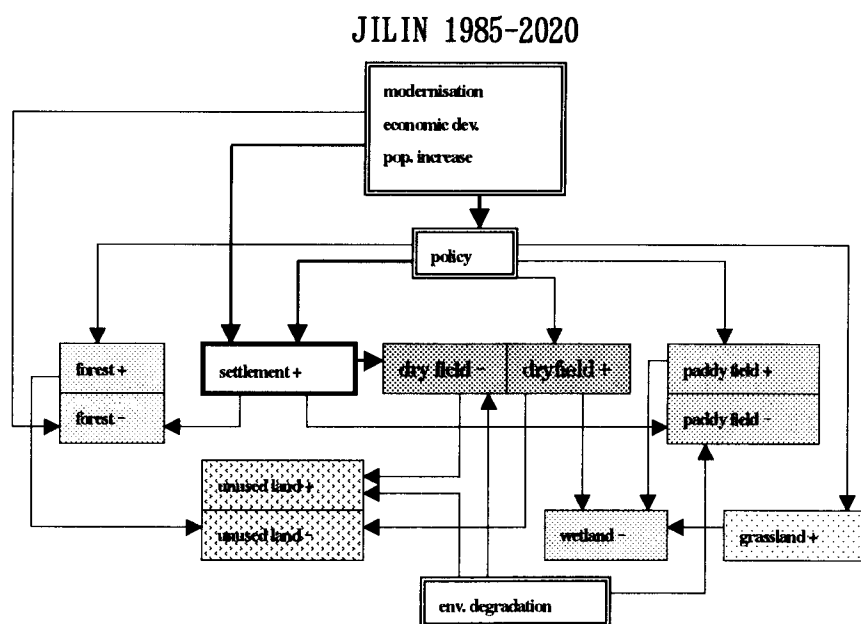


図 11 東北地域（長春付近）の土地利用空間分布変化予測

る側面が強かったが、これからは日本と同様、これらの Driving Force がより直接的に都市・集落の拡大に結びつく。その勢いは非常に強い。

- イ) 畑は政策的に若干の拡大が図られるものの、一部の湿地を除き既に開発適地はほとんど残されておらず、その勢いは弱い。逆に都市・集落の拡大や道路建設などで失われる所が多く、全体としては減少に転ずる。傾斜地などの条件の悪いところでは、耕作放棄地も出現する。
- ウ) 水田は政策的に若干の拡大が図られるものの、一部の湿地を除き既に開発適地はほとんど残されておらず、その勢いは弱い。これまで無理に水田に転換した畑や草地の一部は元の利用に戻され、あるいは環境悪化のため放棄される。
- エ) 畑の中でも野菜果物などの生産は、需要の著しい増大に応えようとする地方政府の誘導もあり、拡大する。
- オ) 草地は政策的に若干の拡大が図られるものの、面的な拡大よりは質的な向上が優先される。
- カ) 森林は農地や傾斜地の保護のため政策的に若干の拡大が図られるものの、都市化や伐採により減少する所の方が多い。

(氷見山幸夫)

2.2.2 華北地域（北京付近）の土地利用空間分布変化予測

1935 年と 1982 年の土地利用を比較すると、都市的土地利用へ変化傾向が大都市周辺で面的に、独立集積区で点的に卓越しているのがわかる。このような変化傾向は大都市を中心とする交通網の整備や開発重点地区の設定、あるいは独立集積区の計画的配置などにより支えられていた。畑地への土地利用変化の傾向についてみると、その分布は山麓斜面や低位丘陵地、あるいは森林や荒地で目立っている。このような場所の農地化は重農政策や農業投資の拡大、傾斜地のテラシング、農業の技術革新や土地基盤の整備に支えられていた。これらの条件は沖積地や後背湿地、あるいは採土跡地の水田化も支えていた。特に、水田への変化傾向は水稻作を主体とする食料安定供給政策と耐冷品種のジャポニカ米の普及に強く支えられ、沖積地や後背湿地の未利用地から水田への、あるいは灌漑化された畑地から水田への転換が目立った。また、果樹園への変化傾向は山麓斜面や低丘陵地に分散して分布し、それは南向き緩斜面のテラシングや大都市の住民の果物需要の増大と関連していた。他方、林地への変化傾向は森林のあった場所を核にして周辺に広がる傾向にあり、それは土壌侵食を防ぐ植林の結果として生じている。急傾斜地やガレ地でも土壌侵食を防ぐため、草地化が行われた。そのため、草地への変化傾向は急傾斜地やガレ地で多くみられた。

次に、1982 年と 1995 年の土地利用を比較すると、都市的土地利用の変化傾向が従来の都市域の周辺で卓越していることに変わりがなく、都市的土地利用は特定のセクターの方向に向かって拡大する傾向にあった。このような都市的土地利用の扇形構造は工業団地や独立集積区や経済解放区の立地、および交通網の整備と人口流入による市街地の拡大と関連しており、それは経済政策が農業重視から工業重視に転換されたことを背景としている。農業的土地利用への変化では、畑地や果樹園への変化傾向が目立つ反面、水田への変化傾向はほとんど見られなくなった。このことは、農業用水の不足により水田から畑地への変化が多かったことを直接の起因としているが、商品生産の発達や農業の技術革新、および都市住民の食生活の変化などを間接的に反映している。また、林地への変化傾向は引き続き山地域で卓越し、草地から林地への変化が目立った。これは、土壌侵食を防止するための植林が継続して行われていることを示している。他方、荒地への変化傾向が大都市の市街地の周辺で顕在化してきており、そのような荒地は社会的休閒地の性格を強くしている。

3つの時点の土地利用を比較することにより、1930 年代以降における華北地域の土地利用変化は大きく2つの時期に区分できることがわかった。1つは新中国建国後から 1970 年代中頃かけての時期で、その時期には社会主義経済の下で規模の経済を利用し、森林や草地を農地に転換する自然改変型の土地利用変化が展開された。特に、中国共産党の重農農業政策は農地規模の拡大により食料の増産を図るものであり、食料の自給と安定供給を最大の目的としていた。この重農主義的な政策により、

山麓斜面や丘陵地では地形の平準化や階段耕作化が行われ、農地の拡大が土地利用変化を特徴づけることになった。また、平野部においても農地の灌漑や土地基盤整備が進み、農地の質的向上が図られた。したがって、この時期の土地利用は農業基盤に対する投資に支えられて、農業的土地利用を拡大しないし維持する方向で変化していたといえる。土地利用変化に関するもう1つの時期は開放経済が浸透しはじめる1970年代以降であり、土地利用は資本主義的で経済人的な意思決定によって方向づけられるようになった。その結果、農地の個人利用が普及し、農地の利用規模を農家数で頭割りにしたため、零細規模の小農経営が数多く出現した。開放経済と経済成長が進展した時期には、都市と農村の所得格差が農家規模の零細性と相まって拡大した。人々はより多くの現金収入を得ようと大都市に集まり、北京市や天津市、および唐山市の都市域が拡大した。このような農村から都市への人口移動や近代化による農家兼業の深化は、農地や農業的土地利用の減少につながった。また、都市域の拡大や都市的土地利用の需要増大は、都市近郊の農業的土地利用が減少する契機ともなった。そして大都市近郊では、近郊農業や輸送園芸農業が集約的な土地利用として現れるようになった。

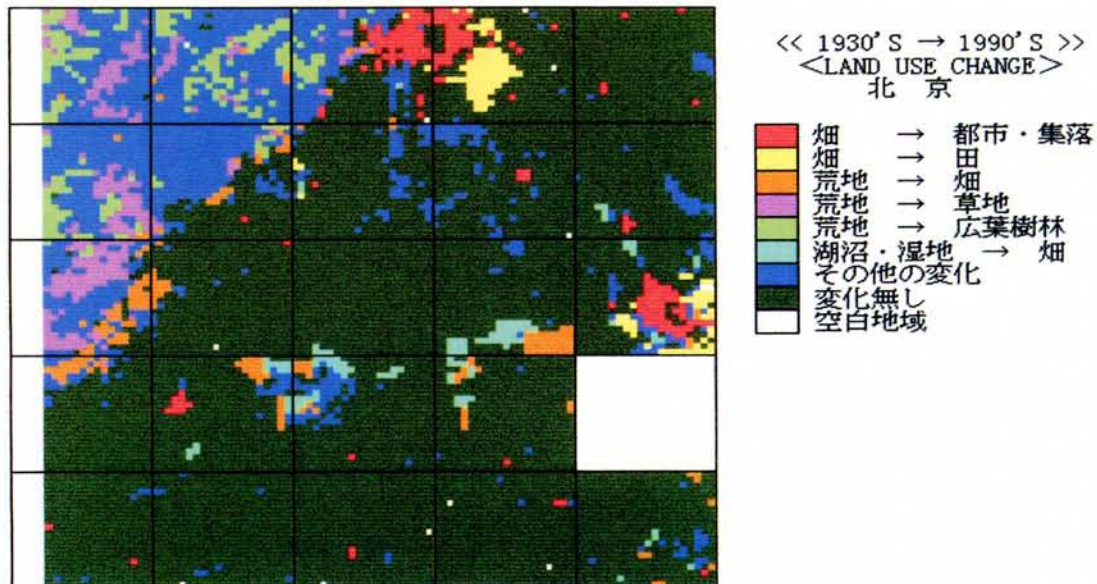


図 12 華北地域における土地利用変化 (1935-1995 年)

表 3 華北地域における土地利用変化のクロス集計 (1935-1995 年)

	90s																
	田	畑	果樹園	草地	広葉樹林	針葉樹林	わい松地	都市・集落	役所	鉄道	荒地	砂礫地	湿地	湖沼	その他	空白	計
田	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
畑	114	6480	19	65	31	5	21	28	161	1	21	80	76	13	20	196	7331
桑畑	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
茶畑	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
果樹園	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
広葉樹林	2	99	1	0	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	1	108
30s 針葉樹林	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
混交樹林	0	8	0	4	13	6	7	0	0	0	0	4	0	0	6	0	48
都市・集落	0	10	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	34
道路	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
荒地	1	186	3	265	234	8	371	0	5	0	5	496	10	4	2	305	1893
湿地	0	69	0	1	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0	0	0	75
河川	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
湖沼	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	9	0	0	72
空白	27	290	0	1	0	0	1	0	4	0	0	0	36	52	0	0	411
計	144	7210	23	338	279	17	401	28	196	1	27	562	143	76	28	502	10000

以上に述べてきた土地利用変化の諸相を 1935 年と 1995 年の土地利用図を重ね合わせ、その結果を図 12 に示した。これによれば、大都市周辺における畑地から都市的土地利用への変化と、畑地から水田への土地利用変化が目立っていた。また、山麓斜面や低湿地の荒地から、あるいは沼沢地から畑地への土地利用変化が地域西部や中央部で特徴的に現れている。山地においても荒地から森林への土地利用変化が比較的多く見られる。つまり、空間的に大きな土地利用変化がみられた場所は大都市周辺と山地や山麓斜面、および沼沢地や低湿地であった。このような土地利用変化を定量的に把握するため、2つの土地利用図の変化をメッシュを基準にしてクロス集計し（表 3）、土地利用変化の頻度を明らかにした。これによれば、対象となるメッシュ数は 10,000 であり、そのうち 6,520 メッシュは変化がなかった。変化なしのメッシュの大半は畑地の土地利用であり、それは当該地域における畑地利用の安定性と卓越性を示している。土地利用変化の件数の多いものは荒地から草地と広葉樹林への変化であり、それぞれ 265 メッシュと 234 メッシュ存在した。これらの土地利用変化は土壤侵食や土地の劣悪化を防ぐ目的があり、新中国成立後の土地保全や植林事業が反映されている。他方、荒地から畑地への、および低湿地・沼沢地から畑地への土地利用変化はそれぞれ 186 メッシュと 112 メッシュであり、メッシュの件数的には多くない。同様に、畑地から水田への土地利用変化も 114 メッシュであり、全体に占めるその割合は低い。にもかかわらず、それらの土地利用変化が目立つのは、変化したメッシュが大都市周辺や山麓斜面など特定の場所に集積しているからである。

以上に述べてきた分析を踏まえて、華北地域における土地利用変化の要因を抽出することができる。すなわち、土地利用変化は土地制度、農業政策、農業生産基盤の整備、自然改造事業、農業技術の革新、都市化・工業化、人口増加・人口流入、食料構成、自然資源、経済発展のレベルの 10 の要因によって規定されてきた。これらの要因は制度・政策、人口、都市化、技術、資源の 5 つのサブシステムにまとめることができ、それらの体系的で有機的な結びつきにより土地利用変化が引き起こされている。社会主義経済以前では制度・政策－技術－資源のサブシステムが結びついて、また社会主義経済では制度・政策－技術－資源－都市化が結びついて土地利用変化を引き起こしてきた。さらに社会主義市場経済になると、土地利用変化は制度・政策－技術－資源－都市化－人口のサブシステムの結びつきにより引き起こされている。このようなサブシステムの結びつきは、今後の土地利用変化が人口分布や都市化の進展、および技術革新や制度・政策の影響をさらに強く受けることを示唆している。つまり、このようなサブシステムの結びつきが強く展開する場所での土地利用変化が予想できる。特に、大都市圏周辺では都市化や人口増加、および交通輸送や建築土木の技術革新を、さらに制度や政策の再構築などを通じて、土地利用変化が加速的に生じてくるであろう。1935 年から 1995 年にかけて都市的土地利用に変化したメッシュは 190 であり、一次関数的には年 6.3 メッシュの割合で都市的土地利用が増えてきたことになる。この数字に基づけば、都市的土地利用は 1995 年から 2020 年までに 158 メッシュ（632Km²）増えることになる。しかし、大都市周辺の土地利用変化が二次関数的に生じれば、都市的土地利用へ変化するメッシュ数は約 400 とさらに多くなる。

（菊地俊夫・張 貴民）

2.2.3 華東地域（上海付近）の土地利用空間分布変化予測

シナリオ：

- ア）人口増大、経済成長、近代化により、都市・集落が急速に拡大する。これらの Driving Force は今後、政策に左右されず直接的に都市・集落の拡大を惹起する傾向を強める。都市・集落の拡大により最も多く失われる土地利用は水田で、次が畑である。
- イ）水田は海岸や湖岸の湿地において政策的に若干の拡大が図られるものの、都市・集落の拡大により失われる所の方が多く、全体としては減少する。
- ウ）果樹園は需要の増大と政策的生産奨励のために拡大するが、一方で都市化により失われる所もある。

SHANGHAI 1985-2020

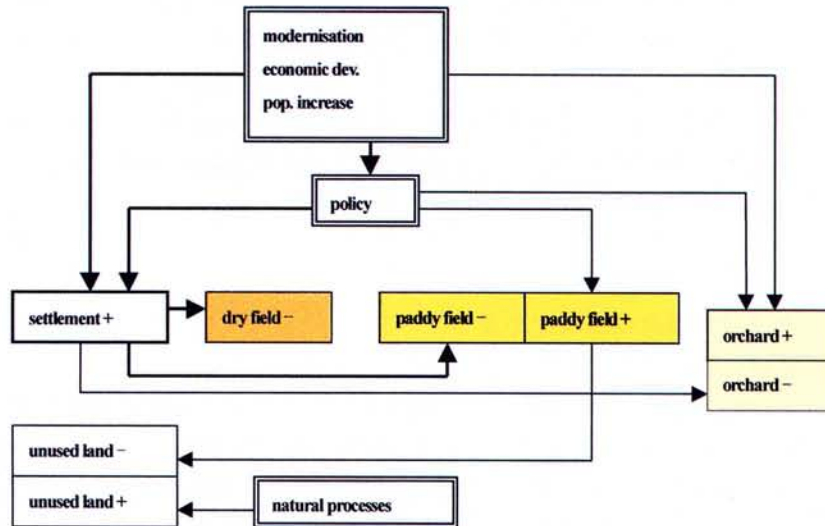


図 13 華東地域（上海付近）の土地利用空間分布変化予測

2.2.4 広東省の土地利用空間分布変化予測

シナリオ：

- ア) 人口増大、経済成長、近代化により、都市・集落が拡大する。これまでは政策的に実施される側面が強かったが、これからはこれらの Driving Force の直接的な効果が強くなる。この勢いは非常に強い。
- イ) 耕地（水田+畑）は政策的に若干の拡大が図られるものの、一部の未利用地と森林を除き開発適地はほとんど残されておらず、その勢いは弱い。逆に都市・集落の拡大や道路建設などで失われる所が多く、全体としては減少する。
- ウ) 茶畑などの樹木畑は政策的に若干拡大が図られる。その多くは畑からの転換である。
- エ) 傾斜地にある一部の草地は環境保全のため、森林に戻される。
- カ) 森林は草地や未利用地における植林で若干拡大するが、一方都市・集落の拡大により失われる所もある。

GUANGDONG 1985-2020

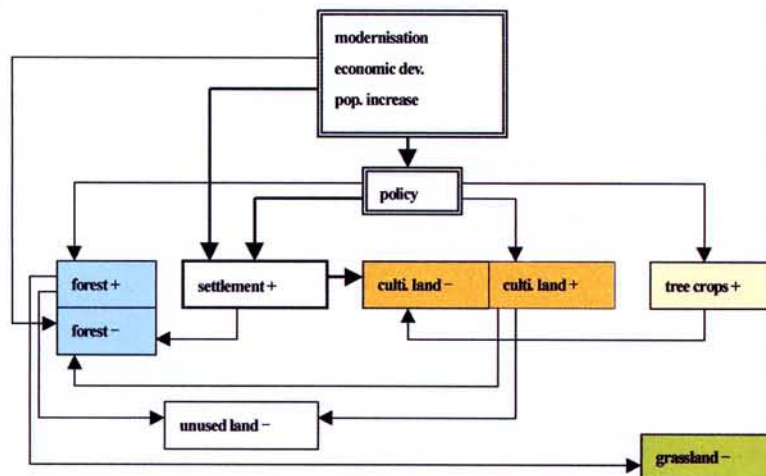


図 14 広東省の土地利用空間分布変化予測

2.2.5 東北地域（長春付近）の2020年代の土地利用概況予測

上の2.2.1で得た東北地域の土地利用空間分布変化予測の中で特に重要なのは都市・集落の拡大とそれに伴う畑等の減少である。そこでこの点に焦点を絞り、HIMSIM シミュレーションにより2020年代の土地利用概況予測図を作成した（図15）。ここで、次の仮定をおいた：

ア）都市・集落以外の土地利用、即ち水田、畑、草地、森林、水面等はいずれも拡大しない。

イ）都市・集落の拡大は、地形その他の地域自然・社会条件の制約を受けない。

これらの仮定は、第3章第3節第1項で検討したように、第一次近似としては、当該地域において充分合理的なものである。

予測図作成のプロセスは概略次の通りである：

Step 1：人口増加の見通しを立てる

吉林省の人口は1949年の建国以来ほぼ滑らかで幾分ロジスティックな増加曲線を描いており、1970年には1860万人、1995年には2550万人で、この25年間に約37%増加している。1995年から2020年までの25年間の人口増加率はこれを若干下回ると予想される。なおここでは都市人口ではなく省人口を用いているが、それは主に、前者の場合定義の変更や行政域の変更などの影響が大きく、長期的分析に利用することが困難であることによる。

Step 2：居住密度低下の見通しを立てる

対象地域内で際立って大きい都市が長春市である。長春市の1人当たり居住面積は経済発展と全般的な生活環境改善の流れを反映して、1985年の4.96平方メートルから1990年の5.89平方メートルに拡大している。^{1) 2) 3)} このトレンドは、日本の1960年代以降の経験に照らしても、1995年～2020年の間続くことが予想される。従って1995年～2020年の増加率は68%程度と推定される。

Step 3：都市・集落拡大の見通しを立てる：

Step 1とStep 2の結果を総合すると、1995年～2020年の間に都市・集落は $1.37 \times 1.68 = 2.30$ 倍を多少下回る広がりをもつようになると予想される。

HIMSIM シミュレーションでは、都市・集落は段階を追って拡大してゆく。実際にプログラムをはしらせた結果、拡大のレベルが1の段階では、都市・集落の広がりが1995年時点の157%、2の段階では214%となった。これはStep 3で得られた230%に比べるとやや低いが、Step 1の人口予測がやや高めになっているであろうことを考慮すれば、両者は概ね一致すると見てよい。結果は図15に示

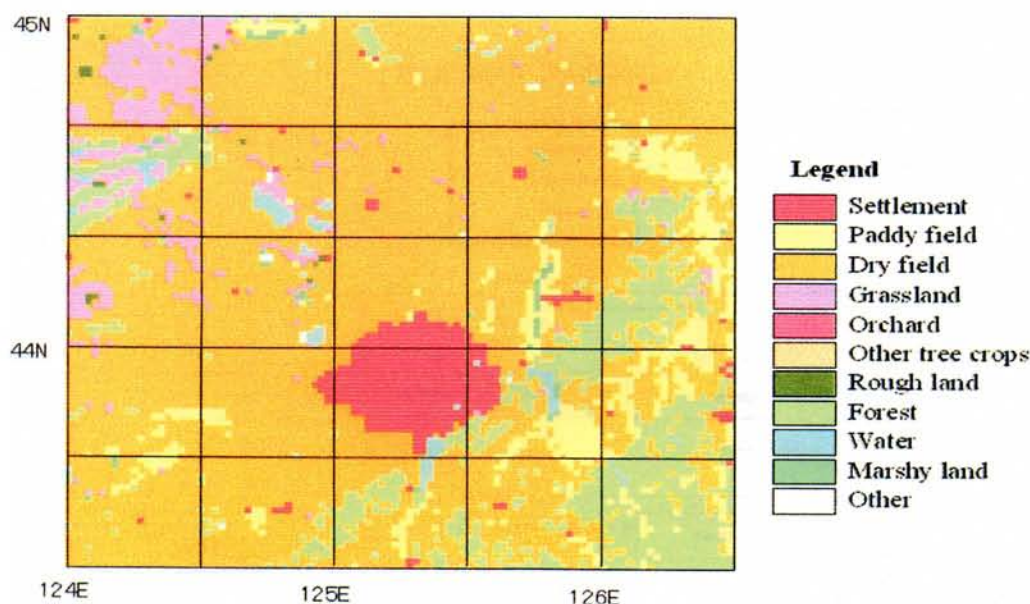


図15 東北地域（長春付近）の2020年代の土地利用概況予測

す通りである。

HIMSIM は、このような都市・集落の拡大により、他のどの土地利用種がどれだけ減少したかを数値で与えることができる。それによれば、東北地域において 1985 年～2020 年に都市・集落の拡大により失われると予想される土地利用の内訳は畑 93%、水田 4%、森林 3%で、畑の被る影響が非常に高いことがわかる。都市周辺の農地が一般的に高い生産性をもつことを考えると、都市化によるこのような農地の減少を他の地域で埋め合わせることはあまり容易ではないであろう。

(水見山幸夫)

参考文献

- 1) 中国国家统计局総合司編 (各年度)：中国城市統計年鑑，中国統計出版社。
- 2) 東北経済区統計信息中心編 (各年度)：東北経済区統計年鑑，中国統計出版社。
- 3) 王勝今,早瀬保子,劉雲徳,陳勝利,伊豪 (1994)：中国の都市人口と生活水準,アジア経済研究所。

2.2.6 マルチロジットモデル構築へのアプローチ (江蘇省)

(1) 概況

江蘇省は中国の東部地域に位置し、華北平原の一部と揚子江デルタ地域の一部から組み合わされて、黄海に臨み海岸線は 1,000 km におよぶ。北隣は山東省、西は安徽省、南は浙江省と上海市である。清の時代に江蘇省を置き、その名前は江寧と蘇州 2 府の頭文字をとって名付けられた。土地面積は、10.2 万 km² 人口は 6700 万 (1992 年現在) で、人口密度が中国の中で一番高い。(670 人/km²) 1992 年現在「地区」レベルの市は 11、県レベルの市は 17、県は 47、省の行政府は、南京にある。11 の地区レベルの市、およびその傘下の県および県レベルの市は、以下の通りとなる。

- ① 徐州市 (6)：沛県、豊県、銅山、新沂、邳県、睢寧、② 連雲港市 (3)：贛榆、東海、灌雲、③ 淮陰市 (11)：淮陰、泗陽、泗洪、洪澤、淮安、漣水、宿遷、沐陽、灌南、金湖、盱眙、④ 塩城市 (7)：响水、濱海、阜寧、射陽、建湖、大豊、東台、⑤ 南通市 (6)：海安、如東、如皋、南通、海門、啓東、⑥ 揚州市 (10)：宝応、高郵、興化、泰州、泰県、泰興、江都、靖江、邗江、儀徴、⑦ 南京市 (5)：江寧、六合、江浦、溧水、高淳、⑧ 鎮江市 (4)：揚中、丹徒、丹陽、句容、⑨ 常州市 (3)：武進、金壇、溧陽、⑩ 無錫市 (3)：無錫、江陰、宜興、⑪ 蘇州市 (6)：張家港、常熟、太倉、昆山、呉県、呉江、合計 64 (県および市)

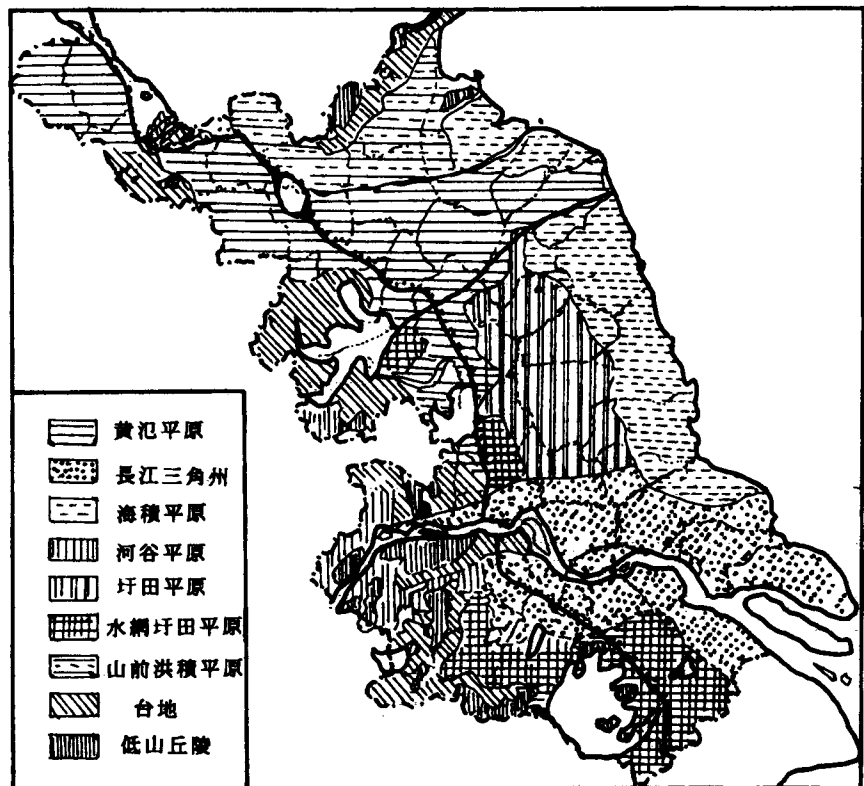


図 16 江蘇省地形類型図

(2) 地形

江蘇省は、海拔が中国で一番低い省である。ほとんどのところは、標高 50m 以下である。低山、丘陵は、全面積の 5% しか占めていない。その中で蘇北の黄淮平原は、通揚運河（南通－楊州）の北、華北平原の一部である。平原には、黄河の堆積物が広く分布し、河道付近がやや高くなっており、その両側は窪地になっている。沿海地域は土壌の塩分濃度が高くかつアルカリ土壌が多い。蘇北灌溉総渠の以南、（京杭）大運河と串場河の間にひろい平原があり、それは里下河地区という。その地区の周囲は高く、中心部は低くなっており、海拔は 2m 以下である。俗称は、鍋底という。平原の北部に、徐州と連雲港付近は丘陵が点在し、それは山東丘陵の南の延長である。徐州付近の丘陵が海拔 100 m 程度、連雲港付近の丘陵が 200m、その付近に雲台山があつて、高さは 625m で、江蘇省の最高峰である。

揚子江デルタ地域は、西から鎮江に始まり、北の方は、蘇北平原に接し南は省境を越えて、杭州湾に及ぶ。江蘇省内の南部分は、揚子江の堆積物で構成され、海拔は 2m～8m、西部はやや高くなり、丘陵が散在している（図 16）。

(3) 河川、湖と湿地

江蘇省内における揚子江は、全体から見て下流域になる。それは安徽省から流れ込んで、寧鎮丘陵に押される形で狭くなり、河幅は 1～2 km になっている。江陰に入ってから、次第に河幅が広がり、南通から河口までは、河幅が 18 km 以上にまで広がり、海域との区別がつかなくなる。淮河は、本来は東に向かって流れ、海に注いでいたが、黄河の河道によってせき止められ、その結果、淮河の水系が乱され、洪澤湖（コウサイコ）を形成して、南流して揚子江に合流した。（洪澤湖の西の方に明皇帝朱元璋の故郷、鳳陽があり、かつて南京を真似て城郭を作ったが、洪澤湖の発生によって湖底に沈んだ。現在この遺跡が発掘されて、史跡、観光名所になるといわれている。）その他の主な河川は、沂河（イガ）、沭河（ジュッカ）、泗水（シスイ）、中運河、蘇北灌溉総渠、串場河、通揚運河、秦淮河などがある。

湖の多くは、あまり深くはなく、一番大きな湖は、太湖である。その面積は、2425 km² におよぶ。ついで洪澤湖は、1960 km² である。

(4) 農業

江蘇省の農業開発は歴史的に古くから行われている。近代になって、産業が発達につれて、農業面でも基盤整備が行われ、農業技術の普及も進み、農耕の集約化が高まり、これによって都市・工業面へ大量の食料品と原材料を提供してきた。都市の近郊では、たくさんの蔬菜園芸、果樹園、水産養殖場、家畜家禽

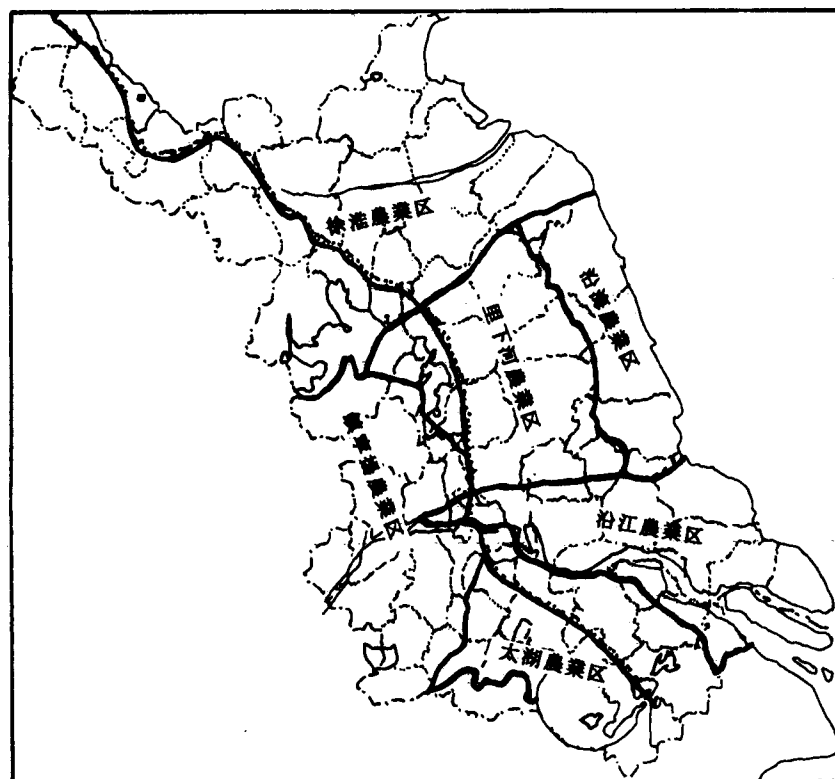


図 17 江蘇省農業区画図

の生産団地が、生まれて、顕著な近郊農業の特徴を示している。近年観光業の発展に伴って、観光用地の開発も急速に行われて、観光土産物の生産基地としての土地利用も盛んになっている。江蘇省の土地の大部分は、沖積平原と洪積平原からなり、地勢が平坦であり、土層が深い。土地資源の質が高いといえる。農業生産、特に耕作農業に適しており、利用できない土地がない（図 17）。

江蘇省の土地総面積 10.26 万 km^2 うち、農業用地はその 60 % 以上を占めている。人口が多いため、1 人当たりの土地面積は少ない。全省で農業人口一人当たりの耕地面積は僅か 1.33 亩 (0.09 ha)、養殖可能な水域は 0.5 亩である。しかも、人口は次第に増加し、工業、交通、農業、林業など様々な産業領域の用地も増え、よって人口と土地の矛盾がさらに厳しくなると考えられる。

土地利用構造の多様化、耕地の比重が大きいのにに対して、林地および牧草地の比重が過小である。統計によれば、耕地、林地、淡水養殖の面積はそれぞれ土地総面積の 49.2 %、2.2 %、4.8 % を占めている。また、漁労可能な淡水面積はその 9 % である。一方、工業、鉱山、道路、都市と農村の居住用地など非農業用地は、全体の 14.2 % になっている。近年、土地利用はさらに多様化の方向へ進み、海水・淡水養殖用地、浅い水域の栽培用地（ハス、ヒシ等）、果樹園、茶園、桑園、林特産用地などが次第に広がっている。1949 以前には、水害と干ばつが頻繁におこり、蘇北の淮河流域は、最もひどい被害を被った地区であった。その中でも里下河地域は、洪水常襲地帯で、農業生産に悪影響を与えていた。

1949 年以降の経済復興期に当たって、洪水防止を目的にして、沂河と沭河の 2 本の河川を改修した。新しい放水路を掘削し、旧河川堤防および湖岸堤防、海岸堤防を強化した。江都で揚子江の水を機械的に京杭大運河と淮河に大流量の水を流入させている（「南水北調」、「引江济淮」）。これらの総合プロジェクトの実施によって、洪水や干ばつの被害を防ぎ、その効果は江蘇省の 2/3 に及んでいる。

また、沿海地域の塩分濃度が高くて耕作不可能であった地域も、改良されて耕地になった。江蘇省の耕地面積は、7000 万畝 (470 万 ha)、一年 2 作が多い。中国の重要な食糧（米、小麦）と綿花の主産地である。換金作物として、大豆、落花生、菜種、桑の栽培が発達している。食糧作物は、水稻、小麦を中心として、それは全耕地面積の 70%を占めている。水稻は、1970 年代までは、主に蘇南にとどまっていたが、それ以後蘇北にも広がってきている。麦類は、小麦、大麦、元麦の 3 種類があり、徐淮地区に集中している。蘇北はまたトウモロコシ、高粱（こうりゃん）などがあり、経済作物は、綿花を中心に、ピーナッツと菜種などがある。ピーナッツは、徐淮地区に集中し、菜種は、太湖流域が多い。江蘇省は、全国重要な綿花産地の 1 つである。反収は非常に高い。綿花の生産地区は、揚子江沿岸地域、沿海地域、徐淮地域である。その中で、沿海地域は新たに開発された綿花生産地域である。その他に、麻の栽培地域も広がっている。南通（ナツ）、海門（カイモン）の辺りは中国の特殊経済作物である薄荷（ハッカ、漢方薬の材料）、留蘭香（オランダハッカ、漢方薬の材料）の主産地である。太湖流域は、中国・養蚕の三大産地の一つである。養蚕業は、近年徐淮地区も盛んになっている。宜溧（イリ）山地は、竹、松、杉の生産地であり、雲台（ウンダイ）山地は、用材林、黄河古道は、果樹、洪澤湖周辺地域は、トンネルの支保工に使う用材を生産している。寧鎮（ネン）丘陵は茶、栗、竹、果物、野生薬材を出産する。畜牧業は、豚の養殖を中心に、肉用牛、酪農、養鶏、牧羊なども行われている。特に、名産物として、高郵（県名）アヒル（コウユダック）の卵（ピータン）と如東（県名）の狼山鶏（鶏の一種）がある。水産物としては、江蘇省は中国における有数の淡水魚の産地であり、太湖の銀魚、揚子江のシュ魚（シュキョ）と刀魚、そして陽澄湖の蟹、が非常に有名である。真珠の養殖も、盛んになっている。沿海漁業も発達し、有名な漁港として、呂四、キョウ港、連雲港がある。

江蘇省の土地利用率は高い。土地開発は古くから行われ、開墾可能な土地が基本的に開発・利用されてきた。間作や年二作、三作など耕作システムの実行によって、多毛作指数は 200 % 以上にもなっているのである。非農業用地の比率も、比較的高い。全面積の 14.2%を占めている。近代化が進むにつれて、工場、鉱山、鉄道、道路、港、埠頭または倉庫などの建設および都市域の拡大、そし

て郷鎮企業の増加、都市および農村部の住宅用地の増加などによって、非農業用地の割合を増している。土地の開墾指数（原野を開墾して耕地化した比率）も高く、土地の利用も相対的に合理的といえるが、無視できない問題も抱えている。例えば、農業用地は、非農業用地に転用され、耕地面積は年々減少している。その過程で、適切な計画性が整っていない場合が多い。

（５） 工業

江蘇省の鉱山資源は、種類が多い。徐州の石炭、連雲港の燐鉱山、沿海淮北の製塩、宜興（イウ）の陶土、また一部の丘陵地域の鉄鉱石、マンガンなど有色金属がある。1950年代には、江蘇省の工業は、紡績、食品工業などが発達し、それは主に蘇南の都市に集中していた、現在は軽工業、重化学工業が共に発達している地域になった。工業の生産高は、江蘇省の全生産高の2/3以上を占めている。蘇北地方の工業の発展は、全省の工業の発展のバランスを均衡させた。南京、無錫（ムジャク）、蘇州、常州、南通、徐州が工業の中心である。淮北塩場（会社名）は、全国最大の製塩企業の1つである。そして工芸美術品は、種類が多い。蘇州の刺繍、南京の雲錦、常熟の花辺（刺繍）、無錫の人形、揚州の漆器と玉彫、また宜興の陶磁器、これらすべては、世界的に有名である。

（６） 交通

江蘇省は、中国における交通の非常に便利な地域の1つである。水運業はとくに発達している。揚子江は東西に貫通し、京杭（キョウカウ）大運河は、南北に縦断する。河、内陸運河、湖は、すべて船が通過でき、四方八方に運河で繋がってネットワークを形成している。水上運送業は、蘇南には太湖を中心とし、蘇北には里下河地区を中心とする。水運は全省の運量の三分の二を担っている。徐淮地区及び丘陵地区以外は、ほぼすべての郷鎮は船が通過できる。南京、鎮江、張家港、南通は、中国の重要な河港であり、連雲港は、国家的な貿易海港である。鉄道は京滬（キョウゴウ）線、寧銅（ネイドウ）線があり、南京と徐州は重要な鉄道の要（かなめ）であり、東西南北、四方八方に繋がっている。道路建設は、蘇北と丘陵地域に重点を置き、全省のすべての郷鎮にはバス路線が繋がっている。90年代に入って、滬寧（ゴウネイ）高速道路（上海－南京）をはじめとして、南京と周辺主要都市との高速道路建設が、盛んに行われている。南京、上海航空路線は、南京を中心に国内の重要な都市に繋がっている一方、海外のいくつかの都市とも繋がっている。

（７） 重要都市と人口

① 南京市 略称は寧、江蘇省の西南部に位置し、京滬、寧銅線の交差点にある。揚子江に臨み、江蘇省の政治、経済、文化、交通の中心である。重化学工業は、全国においても重要な位置を占めている。この歴史的な古都において、名勝、旧跡が多い。有名なのは、石頭城、六朝古墳、棲霞山石刻、明孝陵（明の始皇帝の墓）、太平天国天王府、中山陵（孫文の墓）、玄武湖、莫愁湖、などがある。全国最大の天文台（紫金山）、中国最大の鉄道道路両用の南京長江大橋（長さ 6,700m）、がある。

② 無錫 太湖の北側に位置し、京滬線上にある。太湖流域の総合的な工業都市と水陸交通要所である。名所はエン頭渚、リ園、梅園、などがある。特産は、惠山人形が国際的にも有名である。

③ 蘇州は、太湖の東側に位置し、京滬線上にある。明の時代から、中国の刺繍紡績工業の中心になってきている。伝統の工芸品は、蘇繡、宋錦、檀香扇、などは有名である。江南の名城として、蘇州の園林（庭園）は非常に有名であり、中には滄浪亭、獅子林、拙政園、留園、などがそれぞれ宋、元、明、清時代の代表的な建築である。その他の名所は、虎丘、寒山寺、天平山、雲岩寺塔など、がある。

④ 徐州、江蘇省の西北部に位置し、京滬と瀧海（リュカイ）鉄道の交差点にある。古くから軍事・交通の要所である。市の南郊には、雲龍山という名山がある。

⑤ 連雲港、黄海に臨み、瀧海鉄道の出発点である（いわゆるユーラシア大陸を横断する大鉄道の東端）。連雲港という都市は、海州、新浦、連雲港の3つの町によって形成されている。漁業、製塩業が発達している。連雲港は、水深が深く、水域が広く、中国有数の天然良港である。名所としては、花果山という有名観光地がある。

⑥ その他の大都市として揚州市、常州市、南通市、鎮江市などがの主要都市がある（図 18）。

(8) モデル構築へ向けて

江蘇省に関して、耕地、水田、旱田、食料・綿花等の栽培面積、農業生産高、林業、牧畜業、漁業生産高、工業生産高、運輸業生産高、土地面積、人口、労働力、所得、等の項目について、県単位で1978年から1994年まで17年間のデータが集められている。本来ここでこれらのデータを用いてモデル化を行う予定であった。しかし、江蘇省の現状認識が進まず、モデル化の作業を行えなかった。今後は、GIS手法によってこのデータと県域のポリゴンを結びつけること、衛星画像とリンクして、土地被覆を

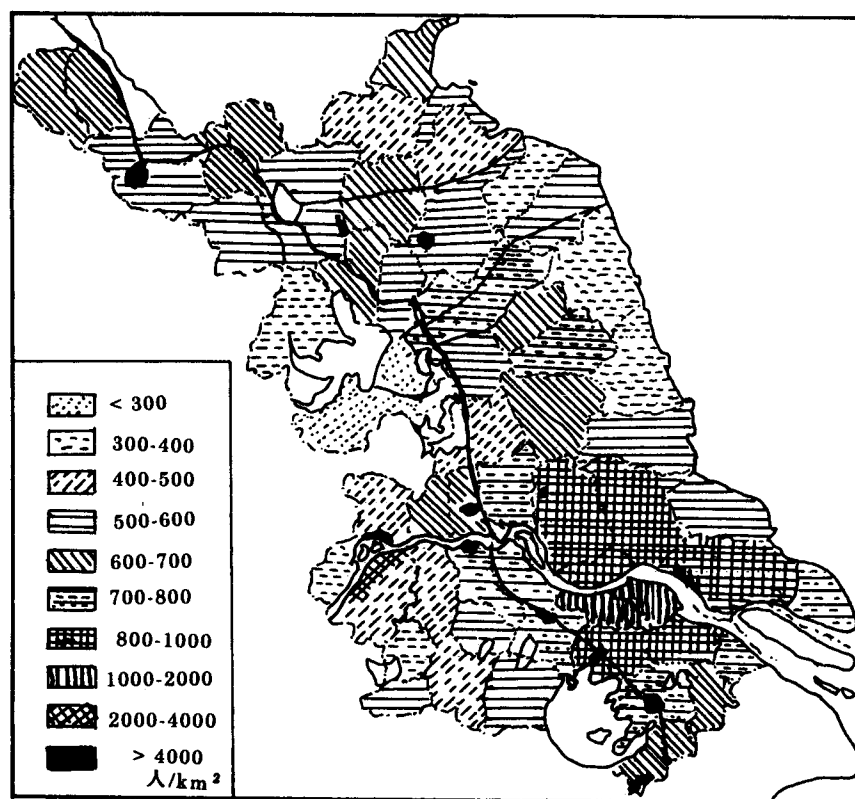


図 18 江蘇省人口密度図

考えながら、今回果たせなかったモデル化へ向けて、作業を進めて行きたいと考えている。ここで利用した資料は、中華人民共和国分省地図集（中国地図出版社）、中国土地利用（科学出版社）、中華人民共和国地図集（中国地図出版社）、江蘇省経済地理（新華出版社）、中国の砂漠化（大明堂）、中国の諸都市（大明堂）等である。また、中国図書の翻訳は、張玉林君（京都大学大学院（農））の助力を得た。記して関係各位にお礼申し上げる。

（鳥井清司）

第4節 インドネシア

第1項 島レベルでの土地利用・被覆変化の特徴

本項では、島ごとに都市的土地利用（U）、農地的土地利用（A）、林地的土地利用（F）に着目して、土地利用の競合関係とその背景を述べる。

1.1 ジャワ島

80年に、西ジャワの平均は、 $U=7.6\%$ 、 $A=55.8\%$ 、 $F=36.6\%$ 、中部ジャワの平均は、 $U=14.5\%$ 、 $A=60.8\%$ 、 $F=24.6\%$ 、と農地が卓越する集約的農業地域である。

90年には、西ジャワの平均が、 $U=8.1\%$ 、 $A=62.0\%$ 、 $F=29.9\%$ 、中部ジャワの平均は、 $U=14.3\%$ 、 $A=62.2\%$ 、 $F=23.7\%$ 、と西ジャワで農地がかなり増加して中部ジャワとともに約6割が農地となった。ジャワではすでに林地はかなり失われているので、いわゆる「中間地帯」に属するところが少なく、林地の大規模で劇的な減少は少ない。したがって林地→農地の大きな転用も少ない。ただしジャカルタ都市圏の周辺県で農地→都市的土地利用の転換が多くみられる。これは、都市人口の面では、ジャカルタとバンドンが突出して急速に増加していることに対応する。特にジャカルタ首都圏（ジャボタベック Jabotabek という）の郊外であるブカシ、タンゲラン、ボゴールの3県や、さらに外側にある拡大首都圏のセラン、カラワン、プルワカルタなどが都市化の影響を強く受けるようになった（図1）。

1.2 スマトラ島

スマトラ島の8つの州別に80年→90年の変化をみた場合、アチエ州はさほど変化がない他は、いずれも林地の減少と農地の増加がかなり見られる。すなわち農地－林地境界が大きく移動しており、これはすでにスマトラモデルで述べたとおりである。例としてA:Fの変化をみると、北スマトラ州が30.9:68.1から37.9:61.0に、西スマトラ州が12.9:85.9から15.2:82.5に、リアウ州が9.2:89.7から13.7:85.3に、ジャンビ州が17.5:82.3から25.6:

74.1に、南スマトラ州が19.3:80.2から24.6:74.7に、ベンクル州が9.8:89.2から16.5:81.8に、ランブン州が29.8:66.6から35.6:59.8へと、林地→農地の転換が相当著しい。

これは「中間地帯の仮説」として既に述べたが、現在林地率が40%から60%程度のところで激しい林地の減少が見られる。スマトラ島で、林地が10%以上の減少を示した県・市は14あるが、うち9までがこの「中間地帯」にあたる。都市からやや離れた周辺に位置する。したがって「中間地帯の仮説」は、各島のなかで都市化された中心部からやや離れた（100キロ～200キロ程度）部分で激しい林地の減少と、農地や宅地への転換が起こっていることに他ならない。このことは特に、第1位都市である北スマトラ州のメダント、第2位都市である南スマトラ州のバレンバン周辺のリング状部分で顕著である。

1.3 カリマンタン島

カリマンタン島の4つの州別に80年→90年の変化を見た場合、中部カリマンタン州はさほど変化がない他は、いずれも林地の減少と農地の増加がかなり見られる。すなわち農地－林地境界が大きく移動しており、この点スマトラと類似している。例としてA:Fの変化をみると、西カリマンタン州が7.5:92.4から14.5:84.8に、南カリマンタン州が17.5:81.1から20.1:77.7に、東カリマンタン州が1.8:98.0から7.7:91.9へと変化している。

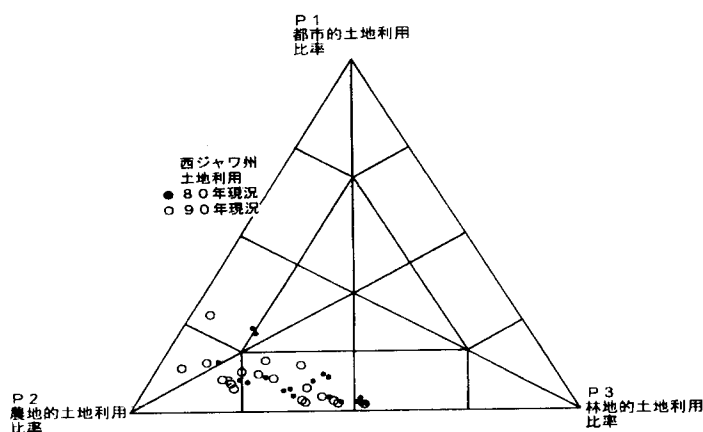


図1 ジャワ島での土地利用比率変化

ただし、より細かく県・市単位で見ると、スマトラとの違いが明瞭になる。カリマンタン島では、林地比率が 10%以上減少を示した県・市は、都市化された地点からやや離れて立地している点ではスマトラ島と共通しているが、80 年時点では、中間地帯と純粋林地帯に属しているものが多い。カリマンタンでは純粋な林地（林地比率 60%以上の県）が減少している点に問題があるといえよう。

第2項 島別土地利用・被覆変化予測

2.1 適用したモデル

インドネシアの島別土地利用に対しては、第1章第4節の一般チューネンモデルを適用した。以下では、次の表示を用いる。

i : 地区番号 ($i=1\cdots M$)、

M : 地区数

α : 都市番号 ($\alpha=1\cdots N$)、

N : 都市数

t : 土地利用カテゴリー番

号 ($t=1\cdots T$)、 T : 土地利用総カテゴリー数

被説明変数は、

$P^{(t)}_i$: 地区 i の t カテゴリーの土地利用比

土地利用カテゴリーは、都市的土地利用 ($t=1$)、農業的土地利用 ($t=2$)、林地的土地利用 ($t=3$) の3-カテゴリーモデルを考えるので、 $T=3$ となる（ただしスマトラについては2カテゴリーモデルとした： $T=2$ ）。

説明変数（独立変数）は以下の二つである。

q_α : 都市 α の人口 ($\times 10000$ 人)

$d_{i\alpha}$: 地区 i と都市 α 間の距離 (km)

2.2 予測結果

2.2.1 ジャワ島

(1) モデルの構成

ジャワについては、土地利用データに信頼性がある西ジャワを対象とする。土地利用を考える対象地区は、西ジャワの 19 県であり、 $M=19$ となる。土地利用に影響を与える都市は、西ジャワの 5 都市であり、 $N=5$ となる。

(2) 1980 年の結果

GA（遺伝的アルゴリズム）によってキャリブレートされたパラメータは、 ${}^{80}a^{(1)}=0.46$ 、 ${}^{80}c^{(1)}=0.77$ ； ${}^{80}a^{(2)}=0.71$ 、 ${}^{80}c^{(2)}=0.35$ ； ${}^{80}a^{(3)}=0.59$ 、 ${}^{80}c^{(3)}=0.19$ であり、モデルは、

$${}^{80}P^{(1)}_i = K_i[0.46; 0.77] / \{K_i[0.46; 0.77] + K_i[0.71; 0.35] + K_i[0.59; 0.19]\}$$

$${}^{80}P^{(2)}_i = K_i[0.71; 0.35] / \{K_i[0.46; 0.77] + K_i[0.71; 0.35] + K_i[0.59; 0.19]\}$$

$${}^{80}P^{(3)}_i = K_i[0.59; 0.19] / \{K_i[0.46; 0.77] + K_i[0.71; 0.35] + K_i[0.59; 0.19]\}$$

$$K_i[0.46; 0.77] = \sum_{\alpha} \exp(0.46 \cdot q_{\alpha} - 0.77 \cdot d_{i\alpha})$$

$$K_i[0.71; 0.35] = \sum_{\alpha} \exp(0.71 \cdot q_{\alpha} - 0.35 \cdot d_{i\alpha})$$

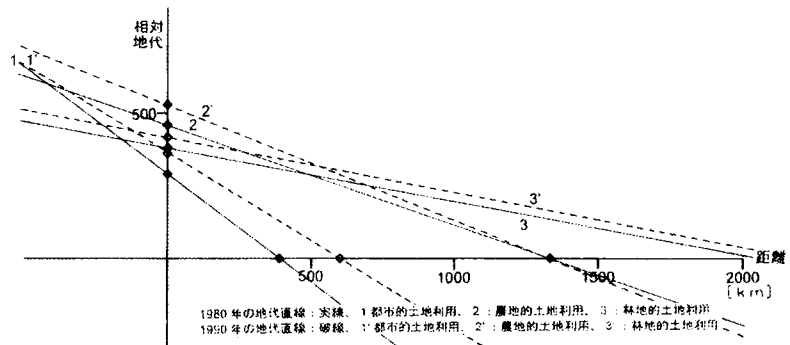


図 2 ジャワでの土地地代直線

表 1 2025 年の予測結果（西ジャワ）

県	都市的土地利用比 (%)	農地的土地利用比 (%)	林地的土地利用比 (%)
1 Pandeglang	6.51	64.77	28.72
2 Bogor	8.96	65.39	25.65
3 Sukabumi	7.40	64.79	27.80
4 Cianjur	7.45	64.60	27.95
5 Bandung	7.42	64.30	28.28
6 Garut	6.69	64.12	29.20
7 Tasikmalaya	5.54	63.07	31.40
8 Ciamis	5.11	62.61	32.28
9 Kuningan	4.98	62.48	32.54
10 Cirebon	5.78	63.18	31.04
11 Majalengka	6.21	63.64	30.15
12 Sumedang	6.77	64.06	29.18
13 Indramayu	6.50	64.10	29.40
14 Subang	7.52	64.73	27.75
15 Purwakarta	8.11	64.99	26.90
16 Karawang	8.46	65.34	26.20
17 Bekasi	9.26	65.59	25.15
18 Tangerang	8.87	65.62	25.51
19 Serang	7.70	65.37	26.93

$$K_i[0.59;0.19] = \sum_{\alpha} \exp(0.59 \cdot q_{\alpha} - 0.19 \cdot d_{i\alpha})\}$$

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.83$ 、 $SRMSE=0.27$ である。モデルを解釈する仮想地代直線を図 2 に実線で示した。

(3) 1990 年の結果

GA (遺伝的アルゴリズム) によってキャリブレートされたパラメータは、 ${}^{90}a^{(1)}=0.42$ 、 ${}^{90}c^{(1)}=0.61$;
 ${}^{90}a^{(2)}=0.64$ 、 ${}^{90}c^{(2)}=0.33$; ${}^{90}a^{(3)}=0.51$ 、 ${}^{90}c^{(3)}=0.20$ であり、モデルは、

$${}^{90}P^{(1)}_i = K_i[0.42;0.61] / \{K_i[0.42;0.61] + K_i[0.64;0.33] + K_i[0.51;0.20]\}$$

$${}^{90}P^{(2)}_i = K_i[0.64;0.33] / \{K_i[0.42;0.61] + K_i[0.64;0.33] + K_i[0.51;0.20]\}$$

$${}^{90}P^{(3)}_i = K_i[0.51;0.20] / \{K_i[0.42;0.61] + K_i[0.64;0.33] + K_i[0.51;0.20]\}$$

$$K_i[0.42;0.61] = \sum_{\alpha} \exp(0.42 \cdot q_{\alpha} - 0.61 \cdot d_{i\alpha})\}$$

$$K_i[0.64;0.33] = \sum_{\alpha} \exp(0.64 \cdot q_{\alpha} - 0.33 \cdot d_{i\alpha})\}$$

$$K_i[0.51;0.20] = \sum_{\alpha} \exp(0.51 \cdot q_{\alpha} - 0.20 \cdot d_{i\alpha})\}$$

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.85$ 、 $SRMSE=0.30$ である。モデルを解釈する仮想地代直線を図 2 に破線で示した。

(4) 結果

上記の 2 時点の結果から、
ジャワモデルにおいては、以下
のことが言える。

1) わずかの説明変数による良い適合度、

2) パラメータの時間的一定性

特に 2) の点から、パラメータの時間的変化をさらに複

雑な社会経済的關係から推論することなく一定とみなし、人口成長モデルのみと組み合わせて安定した予測をおこなうことが正当化される。2025 年までの人口変化をトレンドで予測 (ただし DKI ジャカルタだけは 1200 万人で固定) し、1980 年、1990 年の土地利用面積の平均値をモデル中のパラメータに代入して得られた 2025 年における各土地利用面積の予測結果を表 1 に示した。

2.2.2 スマトラ島

(1) モデルの構成

土地利用を考える対象地区は、スマトラ島の 48 県であり、 $M=48$ となる。土地利用に影響を与える都市は、スマトラ島の 21 都市であり、 $N=21$ となる。スマトラに関しては、2 カテゴリー (農地と林地) モデルを適用した結果を述べる。

(2) 1980 年の結果

GA (遺伝的アルゴリズム) によってキャリブレートされたパラメータは、 ${}^{80}a^{(1)}=0.003$ 、 ${}^{80}c^{(1)}=0.012$;
 ${}^{80}a^{(2)}=0.002$ 、 ${}^{80}c^{(2)}=0.004$ であり、モデルは、

$${}^{80}P^{(1)}_i = K_i[0.003;0.012] / \{K_i[0.003;0.012] + K_i[0.002;0.004]\}$$

$${}^{80}P^{(2)}_i = K_i[0.002;0.004] / \{K_i[0.003;0.012] + K_i[0.002;0.004]\}$$

$$K_i[0.003;0.012] = \sum_{\alpha} \exp(0.003 \cdot q_{\alpha} - 0.012 \cdot d_{i\alpha})\}$$

$$K_i[0.002;0.004] = \sum_{\alpha} \exp(0.002 \cdot q_{\alpha} - 0.004 \cdot d_{i\alpha})\}$$

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.85$ 、 $SRMSE=0.25$ である。モデルを解釈する仮想地代直線を図 3 に実線で示した。

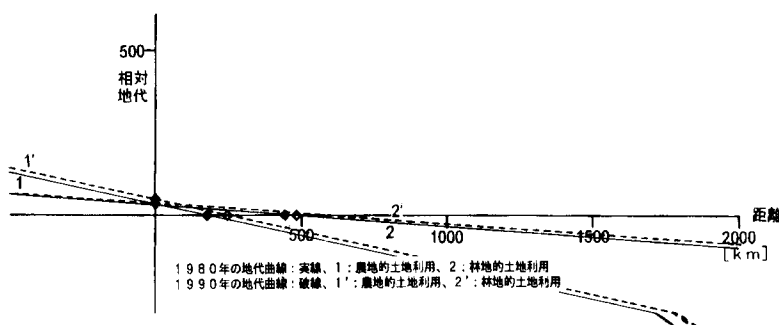


図 3 スマトラでの仮想地代直線

(3) 1990 年の結果

GA (遺伝的アルゴリズム) によってキャリブレートされたパラメータは、 ${}^{90}a^{(1)}=0.002$ 、 ${}^{90}c^{(1)}=0.008$;
 ${}^{90}a^{(2)}=0.001$ 、 ${}^{90}c^{(2)}=0.002$ であり、モデルは、

$${}^{90}P^{(1)}_i = K_i[0.002;0.008] / \{K_i[0.002;0.008] + K_i[0.001;0.002]\}$$

$${}^{90}P^{(2)}_i = K_i[0.001;0.002] / \{K_i[0.002;0.008] + K_i[0.001;0.002]\}$$

$$K_i[0.002;0.008] = \sum_{\alpha} \exp(0.002 \cdot q_{\alpha} - 0.008 \cdot d_{i\alpha})$$

$$K_i[0.001;0.002] = \sum_{\alpha} \exp(0.001 \cdot q_{\alpha} - 0.002 \cdot d_{i\alpha})$$

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.70$ 、 $SRMSE=0.32$ である。モデルを解釈する仮想地代直線を図 3 に破線で示した。

(4) 結果

スマトラモデルは 2 カテゴリーのためパラメータが安定ではなかった。そこで単純な予測は省略した。この点についてはあらためて 3 カテゴリーモデルとして触れる予定である。

2.2.3 カリマンタン島

(1) モデルの構成

土地利用を考える対象地区は、カリマンタン (いわゆるボルネオ島のインドネシア領) の 24 県であり、 $M=24$ となる。土地利用に影響を与える都市は、カリマンタンの 5 都市であり、 $N=5$ となる。

(2) 1980 年の結果

GA (遺伝的アルゴリズム) によってキャリブレートされたパラメータは、 ${}^{80}a^{(1)}=-0.38$ 、 ${}^{80}c^{(1)}=2.11$;
 ${}^{80}a^{(2)}=2.72$ 、 ${}^{80}c^{(2)}=0.89$;
 ${}^{80}a^{(3)}=1.02$ 、 ${}^{80}c^{(3)}=0.00$ であり、モデルは、

$${}^{80}P^{(1)}_i = K_i[-0.38;2.11] / \{K_i[-0.38;2.11] + K_i[2.71;0.89] + K_i[1.02;0.00]\}$$

$${}^{80}P^{(2)}_i = K_i[2.71;0.89] / \{K_i[-0.38;2.11] + K_i[2.71;0.89] + K_i[1.02;0.00]\}$$

$${}^{80}P^{(3)}_i = K_i[1.02;0.00] / \{K_i[-0.38;2.11] + K_i[2.71;0.89] + K_i[1.02;0.00]\}$$

$$K_i[-0.38;2.11] = \sum_{\alpha} \exp(-0.38 \cdot q_{\alpha} - 2.11 \cdot d_{i\alpha})$$

$$K_i[2.71;0.89] = \sum_{\alpha} \exp(2.71 \cdot q_{\alpha} - 0.89 \cdot d_{i\alpha})$$

$$K_i[1.02;0.00] = \sum_{\alpha} \exp(1.02 \cdot q_{\alpha} - 0.00 \cdot d_{i\alpha})$$

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.93$ 、 $SRMSE=0.32$ であり、極めて良い。モデルを解釈する仮想地代直線を図 4 に実線で示した。

(3) 1990 年の結果

GA (遺伝的アルゴリズム) によってキャリブレートされたパラメータは、 ${}^{90}a^{(1)}=-0.84$ 、 ${}^{90}c^{(1)}=2.22$;
 ${}^{90}a^{(2)}=2.16$ 、 ${}^{90}c^{(2)}=0.90$;
 ${}^{90}a^{(3)}=0.94$ 、 ${}^{90}c^{(3)}=0.09$ であり、モデルは、

$${}^{90}P^{(1)}_i = K_i[-0.84;2.22] / \{K_i[-0.84;2.22] + K_i[2.16;0.90] + K_i[0.94;0.09]\}$$

$${}^{90}P^{(2)}_i = K_i[2.16;0.90] / \{K_i[-0.84;2.22] + K_i[2.16;0.90] + K_i[0.94;0.09]\}$$

$${}^{90}P^{(3)}_i = K_i[0.94;0.09] / \{K_i[-0.84;2.22] + K_i[2.16;0.90] + K_i[0.94;0.09]\}$$

$$K_i[-0.84;2.22] = \sum_{\alpha} \exp(-0.84 \cdot q_{\alpha} - 2.22 \cdot d_{i\alpha})$$

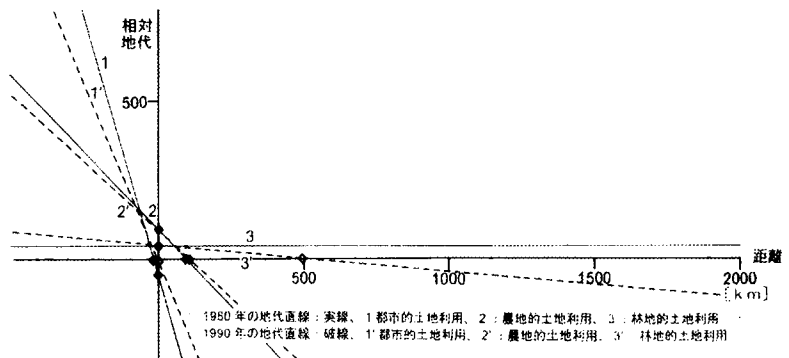


図 4 カリマンタンでの仮想地代直線

$$K_i[2.16;0.90] = \sum_{\alpha} \exp(2.16 \cdot q_{\alpha} - 0.90 \cdot d_{i\alpha})$$

$$K_i[0.94;0.09] = \sum_{\alpha} \exp(0.94 \cdot q_{\alpha} - 0.09 \cdot d_{i\alpha})$$

となる。モデルの適合度は、 $R^2=0.95$ 、 $SRMSE=0.25$ であり、極めてよい。モデルを解釈する仮想地代直線を図 4 に破線で示した。

(4) 結果

上記の 2 時点の結果から、カリマンタンモデルにおいては、以下のことが言える。

1) わずかの説明変数による良い適合度（あらゆるモデル中最も良い適合度）、

2) パラメータの時間的一定性

特に 2) の点から、パラメータの時間的变化をさらに複雑な社会経済的關係から推論することなく一定とみなし、人口成長モデルのみと組み合わせて安定した予測をおこなうことが正当化される。2025 年までの人口変化をトレンドで予測し、1980 年、1990 年の土地利用面積の平均値をモデル中のパラメータに代入して得られた 2025 年における各土地利用面積の予測結果を表 2 に示した。

表 2 2025 年の予測結果（カリマンタン）

県	都市的 土地利用比 (%)	農地的 土地利用比 (%)	林地的 土地利用比 (%)
1 Sambas	0.56	12.07	87.37
2 Pontianak	4.66	24.99	70.35
3 Sanggau	0.59	12.50	86.90
4 Kotapang	0.15	8.17	91.69
5 Sintang	0.05	6.22	93.73
6 Kapuas Hulu	0.01	3.71	96.28
7 Kotawaringin Barat	0.06	6.39	93.56
8 Kotawaringin Timur	0.75	12.00	87.24
9 Kapuas	3.75	21.21	75.04
10 Barito Selatan	1.17	21.90	76.93
11 Barito Utara	0.16	11.05	88.79
12 Tanah Laut	2.41	26.10	71.48
13 Kota Baru	0.52	19.19	80.29
14 Banjar	3.04	28.64	68.31
15 Barito Kuala	4.99	32.58	62.44
16 Tapin	2.26	27.32	70.42
17 Hulu Sungai Selatan	1.55	25.23	73.22
18 Hulu Sungai Tengah	1.00	23.21	75.79
19 Hulu Sungai Utara	0.85	22.62	76.53
20 Tabalong	0.82	22.12	77.06
21 Pasir	1.61	24.84	73.54
22 Kutai	0.57	16.68	82.74
23 Berau	0.03	5.53	94.44
24 Bulungan	0.00	2.35	97.65

(小長谷一之)

第3項 局地スケールで見られる土地利用・被覆変化

3.1 Land Use Change Pattern in Jakarta Suburb: The Case of Bekasi District

3.1.1 Introduction

The knowledge on how fast the urbanization process is and how it relates to its determinants will contribute to how the land use planner could make their plan and policy more accurately. This study introduces a new approach on making the model of the land use change process. In an effort on describing the urban land uses' distribution in the surrounding area of a city, gravitational model is applied and then, a statistical approach is also employed as the empirical test. The study is focussing on (1) finding the best model for analyzing the dynamic of urban land ratio and its growth rate as the distance change, and (2) analyzing the spatial pattern on the distribution of urban land use in the suburb area of city.

The three years' (1969/1970, 1981/1982, and 1993) land use data and others data of every desa in Kabupaten Bekasi, West Java provinces, have been collected. The 1969/1970's land use maps are 1:50,000 scale, and the 1981/1982's and 1993's land use maps are 1:25,000 scale maps

3.1.2 Modeling

(1) Trends of land use change in the suburbs

The urbanization growth rates in the suburb areas (suburbanization) are affected by push factor from the city core, pulls factors from the attractiveness of the regions in the suburb^{1,2,3)} and also by the accessibility to the city. The *urban land ratio* is proposed for describing the proportion of urban land use in one region or mathematically formulated as A_u/A or σ_u ^{4,5)}. The *urban land ratios* of every *desas* in the study area are influenced by many factors. The accessibility to the Jakarta city is a major factors on suburbanization process. The of *urban land ratio* to be proposed in this study is formulated as follows:

$$\sigma_i = \frac{A_u}{A} = G_u \frac{M(t)^c T_i^d}{r_i^b} \quad \dots\dots(2), \quad PD_i = G_u \frac{M(t)^c T_i^d}{r_i^b} \quad \dots\dots(3)$$

where σ_i is *urban land ratio* of *desa*^{*} i of year t , G_u is constant, $M(t)$ is mass variable or push factor describing the Jakarta's magnitude of year t , T_i is attractiveness or pull force of *desa* i , r_i is distance from *desa* i to Jakarta City, c and b , respectively are the exponent of A_i and r_i of year t . For the analogy, with an assumption of a similar distribution pattern of population, it is also possible to formulate the population density (PD) model by equation (3)

The agglomeration factors is considered as attractive or pull factors of the *desa* affecting its *urban land ratio*. Some formulation of attractiveness/pull factors are proposed: population density of *desa* i (PD_i), population density of the urban area in *desa* i (MU_i), and accumulation of total population or urban area of region i and its surrounding regions j , called as *population agglomeration* (Pg_i) and *urban area agglomeration* (Ug_i), as described by equation (4)

$$Pg_i = \frac{P_i + \sum_{j=1}^n P_j}{A_i + \sum_{j=1}^n A_j}, \text{ and } Ug_i = \frac{A_{ui} + \sum_{j=1}^n A_{uj}}{A_i + \sum_{j=1}^n A_j} \quad \dots\dots(4)$$

Pg_i and Ug_i are population and urban agglomeration force of *desa* i , P_i and A_{ui} are population and total of urban area of *desa* i , j is *desa* which directly bordered with and surrounding the *desa* i , P_j and A_j are population and total area of *desa* j , and A_i is the total area of *desa* i .

The third determinants group, accessibility factors could be described in many ways of measurements,

^{*}*desa* is the smallest administrative unit in Indonesia, which corresponds to *shuraku* in Japan

such as straight-line distance to the region in the suburbs measured from the center of Jakarta City (MONAS, National Monument, R_s , and from the Jakarta's main road exit point at its border with Bekasi, R_{ds} . Here the following road distance measurements are applied and tested statistically:

$$-r_i = Rm_i; r_i = Rd_i; r_i = Rtot_i = Rm_i + Rd_i; r_i = \alpha Rm_i + \beta Rd_i$$

(2) The spatial pattern of suburbanization

The land use change patterns of the study area are described by some parameters.

- 1) *Spatial mean* is obtained as an ordered pair that takes into account the position of the centroid of each region and the weight associated with the centroid. On describing the *spatial mean of urbanized area* and *spatial mean of population distribution* of a certain area, the following equations are proposed:

$$\overline{X_U} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ui} X_i}{\sum_{i=1}^n A_{ui}} \quad \text{and} \quad \overline{Y_U} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ui} Y_i}{\sum_{i=1}^n A_{ui}} \quad \dots\dots(6); \quad \overline{X_P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad \text{and} \quad \overline{Y_P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad \dots\dots(7)$$

where (X_i, Y_i) is geographical position of center (centroid) of desa i , A_{ui} is total urbanized area of desa i , and $(\overline{X_U}, \overline{Y_U})$ and $(\overline{X_P}, \overline{Y_P})$ are *spatial mean of urbanized area* and *spatial mean of population distribution*.

The movement of spatial mean could indicate the process whether the suburbanization is rather an agglomeration or degglomeration process. The movement of spatial mean toward the center indicating agglomeration, in the contrary, the movement to a distance (outward the center) indicating the degglomeration. The speed or growth of agglomeration or degglomeration V_g could formulated as:

$$V_{gu_{112}} = \frac{\sqrt{(\overline{X_{u12}} - \overline{X_{u11}})^2 + (\overline{Y_{u12}} - \overline{Y_{u11}})^2}}{t_2 - t_1} \quad (8); \quad V_{gp_{112}} = \frac{\sqrt{(\overline{X_{p12}} - \overline{X_{p11}})^2 + (\overline{Y_{p12}} - \overline{Y_{p11}})^2}}{t_2 - t_1} \quad (9)$$

where $V_{gu_{112}}$ and $V_{gp_{112}}$ are the speed the movement of spatial mean of urbanized area and population distribution, respectively, or the growth of agglomeration of urbanized area and population.

- 2) The second parameter is *dispersion index of urbanized area*, formulated as:

$$S_{UX} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ui} X_i^2}{\sum_{i=1}^n A_{ui}}, \quad S_{UY} = \frac{\sum_{i=1}^n [A_{ui} (Y_i - \overline{Y})^2]}{\sum_{i=1}^n A_{ui}} \quad (10); \quad S_{PX} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i^2}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad S_{PY} = \frac{\sum_{i=1}^n [P_i (Y_i - \overline{Y})^2]}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (11)$$

where S_{UX} is dispersion of urban area distribution index for axis X direction, and S_{UY} for abscise Y direction. The higher the S_{PX} and S_{PY} the more disperse the suburbanization, the small value of S_{PX} and S_{PY} indicate the stronger agglomeration process rather than degglomeration.

- 3) The third spatial pattern parameters is the distance r position of the 25th percentile (first quartile) ordered set of urban area, $r(QiU)$ and population, $r(QiP)$. The absolute value of Qi is not much meaningful, but its change during a certain period is more meaningful. If Qi is increasing by time, it is indicating the phenomenon of degglomeration and *vice versa*. In case of suburbanization in three years of $t1$, $t2$ and $t3$, the agglomeration process indicated when:

$$r(QiU)_{t1} > r(QiU)_{t2} > r(QiU)_{t3}, \text{ and degglomeration process when } r(QiU)_{t1} < r(QiU)_{t2} < r(QiU)_{t3}$$

3.1.3 Results

Rd , is the best predictor on describing the significant of distance to *urban land ratio*. In 1969/1970, the *urban land ratios* of all *desas* in the study area were relatively similar compared with 1981/82 and 1993.

Desas that are located in the closest distance to the main road (regions with the smallest R_s) tend to be more urbanized and changed faster than the desas that are located farther. Considering that phenomenon of relation between urban land ratio and distance is non-linear relation, it is need to acknowledge its non-linear relation also.

Table 1. Coefficients of regression and t-ratio of urban land ratio model of 1969

Predictors	1 st equation	2 nd equation	3 rd equation	4 th equation
1. Constant	5.06 (14.92)***	4.62 (12.91)***	4.76 (13.28)***	5.03 (16.42)***
2. $\ln Rds$				-0.071 (-2.88)***
3. $\ln Rs$	-0.091 (-2.15)**			
4. $\ln Rm$		NS		
5. $\ln Rd$		NS		
6. $\ln Rtot$			NS	
7. $\ln PD$	0.993 (31.15)***	0.995 (29.40)***	0.990 (30.17)***	0.995 (31.94)***
8. $\ln Pgl$	NS	NS	NS	NS
9. $\ln Ugl$	NS	NS	NS	NS
10. $\ln MU-r$	-0.970 (-41.51)***	-0.972 (-39.82)***	-0.972 (-40.21)***	-0.968 (-42.30)***
R^2	98.7%	98.6%	98.6%	98.7%
$R^2(\text{adj})$	98.6%	98.5%	98.5%	98.7%

According to equation (3) the *urban land ratio* model is not bivariate functions, it is rather a multivariate function. Distance is not a single predictor of urban land ratio function, there are some more variables which could be assumed as predictors. Therefore, urban land ratio function should be a multivariate model. By employing Least Square Method, several possible models are tested as multivariate regression functions. To make it as linear function, all variables

Table 2. Regression coefficients and t-ratio of urban land ratio model of 1981

Predictors	1 st equation	2 nd equation	3 rd equation	4 th equation	5 th equation	6 th equation	7 th equation	8 th equation
1. Constant	-4.40 (-3.27)***	-7.43 (-5.73)***	-5.73 (-4.34)***	-6.19 (-5.07)***	3.64 (2.76)***	4.21 (3.16)***	3.81 (2.93)***	2.83 (2.24)**
2. $\ln Rds$				NS				-0.23 (-2.34)**
3. $\ln Rs$	-0.329 (-1.82)*				-0.52 (-3.01)***			
4. $\ln Rm$		NS				-0.099 (-2.05)**		
5. $\ln Rd$		0.11 (1.74)*				-0.19 (-3.16)***		
6. $\ln Rtot$			NS				-0.32 (-3.28)***	
7. $\ln PD$	0.85 (9.95)***	0.92 (10.5)***	0.87 (10.0)***	0.88 (10.3)***				
8. $\ln Pgl$	-0.27 (-2.35)**	NS	-0.25 (-1.97)*	-0.22 (-1.79)*	0.43 (3.95)***	0.304 (2.50)**	0.35 (3.00)***	0.42 (3.69)***
9. $\ln Ugl$	0.35 (3.90)***	0.32 (3.42)***	0.35 (3.85)***	0.35 (3.78)***	NS	NS	NS	NS
10. $\ln MU-r$					-0.86 (-10.7)***	-0.93 (-11.6)***	-0.89 (-11.2)***	-0.89 (-11.1)***
R^2	59.3%	59.4	58.5	58.4%	61.9%	62.8%	62.3%	60.9%
$R^2(\text{adj})$	58.2	58.0	57.3	57.2%	60.8%	61.5%	61.2%	59.9%

are transformed to linear-logistic ($\ln$) variables. Base on statistical test, the best subsets of these models for each year are showed in Table 1, 2 and 3.

During 1969-1993, many *desas* have grown to be more urbanized, especially the closer (better access) *desas* to Jakarta City. In order to analyze urban land ratio model, Least Square Method is employed, and several alternatives of distance r , and attractiveness factors T_i for the year 1969 are used. The best subset combinations are showed in Table 5a. The best-fit equations reach 98.7% of total sum squares (variability). The results show that road distance is not good proxy of distance in 1969/70 case. Straight-line distance R_s and Rds show significant effect to suburbanization. In 1981/82 case (Table 5c), all of distance measurements influence the suburbanization process, significantly, but in the last year 1993 (Table 3), only Rd (distance from the main road) is significantly influence suburbanization process.

The statistical tests also show that desa's population density PD_i and urban area's population density

Table 3. Regression coefficients and t-ratio of urban land ratio model of 1993

Predictors	1 st equation	2 nd equation	3 rd equation	4 th equation
1. Constant	NS	NS	NS	NS
2. In Rds				NS
3. In Rs	NS			
4. In Rm		NS		
5. In Rd		-0.012 (-2.62)***		
6. In Rtot			NS	
7. In PD	1.000 (147.6)***	0.994 (143.39)***	0.996 (140.83)***	0.998 (147.02)***
8. In Pgl	NS	NS	NS	NS
9. In Ugl	NS	NS	NS	NS
10. In MU-	-1.000 (-186.32)***	-0.997 (-188.98)***	-1.000 (-192.68)***	-1.000 (-191.41)***
R ²	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%
R ² (adj)	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%

1. In: linear logistics; Rds: straight-line distance from Jakarta-Bekasi Border on outlet road of Jakarta city to the region i , km; Rs: straight-line distance from Jakarta City center (MONAS) to the region i , km; Rm: main road distance to the region i (km); Rd: road distance from the main road to the region i ; Rtot = Rm + Rd (total main road), km;

Table 4. Regression coefficients and t-ratio of the best three subset of population density (PD) function

Predictors		coefficient and t-ratio					
		1 st equation	2 nd equation	3 rd equation	4 th equation	5 th equation	6 th equation
1	Constant	-2.00 (-1.72)*	0.62 (1.78)*	1.01 (3.94)***	NS	1.05 (4.26)***	NS
2	In Rds						
3	In Rs						
4	In Rm	0.021 (1.68)*	0.0208 (1.67)*	0.021 (1.67)*	0.021 (1.69)*	0.021 (1.67)*	0.021 (1.67)*
5	In Rd	-0.131 (8.80)***	-0.131 (-8.81)***	-0.131 (-8.81)***	-0.131 (-8.78)***	-0.131 (-8.80)***	-0.131 (-8.81)***
6	In Rtot						
7	In Pg	0.765 (27.34)***	0.765 (27.29)***	0.765 (27.30)***	0.766 (27.34)***	0.765 (27.27)***	0.765 (27.27)***
8	In JP	0.25 (27.34)***					
9	In JG		0.073 (3.08)***				
10	In JGP			0.10236 (3.08)***			
11	In JPD				0.29151 (2.99)***		
12	In JGA					0.07635 (3.0)***	
13	In JGA						0.05849 (3.07)
R ²		60.4%	60.4%	60.4%	60.4%	60.4%	60.4%
R ² (adj)		60.3%	60.3%	60.3%	60.3%	60.3%	60.3%

In: linear logistics; Rds: straight-line distance from Jakarta-Bekasi Border on outlet road of Jakarta city to the region i , km; Rs: straight-line distance from Jakarta City center (MONAS) to the region i , km; Rm: main road distance to the region i (km); Rd: road distance from the main road to the region i ; Rtot = Rm + Rd (total main road), km; Pg: Population Agglomeration index; Ug: Urban area agglomeration index; MU: population density of urban area; JP: population of Jakarta city; JG: GDP of Jakarta; JGP: GDP per capita of Jakarta; JGA: GDP/km² of

parameters for describing the land use pattern in the study area. On the first period, the position of *spatial mean of urbanized area* moved toward west-south direction to be closer to the city and then toward east-south direction in the second period. On the other side, the position of spatial mean of population distribution moved toward west-south direction, consistently. *Dispersion index of urbanization* on abscise x (west-east direction) S_x , has been also becoming smaller in the first period and then increased in the second period, but in the contrary S_y moved toward the opposit direction. Dispersion index of population distribution on S_x and S_y have becoming smaller constantly in the two periods.

The result shows suburbanization process on term of the expansion of urban land uses and on the term of population expansion have different distribution pattern. In the first period (1969/70-1981/82, the general phenomenon shows the process of agglomeration or concentration of urban activity toward Jakarta rather than dispersion process deg-glomeration process). On the second period (1981/82-1993), the phenomenon of

MU_i are the best proxies for describing attractiveness of region for suburbanization. Table 4 shows the best subsets for describing the function of PD (population density) in the suburbs, which include several alternatives of push factors (the mass of Jakarta City) as explanatory variables. The statistical tests show the significant impact of Rd , distance from the main road, indicating the significant role of main road facility on population distribution in the suburb area. The population

agglomeration has also increases population in the suburbs, indicating that most of areas in the suburbs are still relatively unsaturated. The more populated area tends to be more attractive rather than pushing the people to move out. On the contrary, the population and economic growth of Jakarta city has been resulting significant impact to increase population in Jakarta suburbs.

Table 5 shows some

urban land uses expansion has becoming more disperse rather than concentrating process, but concentration of population has not changed. The phenomenon of population distribution is still an agglomeration process for these two periods.

Table 5. Spatial urban and population distribution parameters for 1969/70, 1981/82 and 1993

Parameters	1969/1070 (t ₁)	1981/1982 (t ₂)	1993 (t ₃)	growth	
				(t ₁ - t ₂)	(t ₂ - t ₃)
1 ispatial mean of					
a. Urban area ($\overline{X_u}$, $\overline{Y_u}$)	(28.5, -7.2)	(27.0, -8.6)	(29.1, -8.5)	0.17	0.19
b. Population distribution ($\overline{X_p}$, $\overline{Y_p}$)	(30.1, -7.3)	(28.4, -7.4)	(25.6, -7.9)	0.14	0.26
2 Dispersion index of					
a. urbanized area S_{ux} , S_{uy}	933.5, 41.2	845.2, 163.8	949.0, 150.0		
b. population S_{px} , S_{py}	1013.8, 155.1	918.7, 140.7	759.9, 129.7		
3 Spatial border of the closest 25% area of:					
a. urban land $R_{ds}(Q_iU)$, $R_m(Q_iU)$, $R_d(Q_iU)$	11.1, 6.1, 2.3	11.4, 6.1, 3.6	9.8, 6.8, 1.6		
b. population $R_{ds}(Q_iP)$, $R_m(Q_iP)$, $R_d(Q_iP)$	12.0, 8.0, 2.3	10.0, 6.1, 1.7	7.8, 4.2, 1.6		

(Ernan Rustiadi)

References

- Jansen, J.C. and J.H.P. Paclinck.1981. *The urbanisation of phenomenon in the process of development: some statistical ecidence*. Dynamic of Urban Development. Klaasen, L.H., W.M. Molle, and J.H.P. Paelinck (Eds). Gower. p 31-46.
- Kaida, Yoshihiro, 1992. *Integrated Rural Development and Land Use, General Discussion 1*. Proceeding of International symposium rural land use in Asian Countries. Japan National For Rural Planning. p 220.
- Mazumdar, Dipak. 1987. *Rural-Urban Migration in Developing Countries*. Handbook of Regional Economics. Vol. 2 (Urban Economics). p. 1097-1128.
- Gong, Jianxin and Teitaro Kitamura. 1994. *Analysis of Urbanized Land-Use of Villages Surrounding Central Place in Flat Area - The case of Nagahama City, Shiga Prefecture. Japan* (in Japanese). J. Rural Planning Ass.vol. 13, No. 1. p 19-27.
- Kitamura, K and Ernan R. 1995. Land Use change in the surrounding Area of a local city. Case Study on Nagahama City, Shiga Prefecture, Japan. J. Rural Planning Ass. (Proceeding)

第4章 LU/GEC データベース

LU/GEC プロジェクトは、アジア・太平洋地域の 2025、2050 年時点の土地利用状況を予測しようとするというものであり、そのツールとしてはモデルを採用している。しかし、LU/GEC で開発するモデルは、データ依存型である。即ちデータ・オリエンティド・アプローチを基本方針としている。そのため、対象とする国々に対して、過去の複数時点（できれば 1940 年時代から 5 年毎に現在まで）の州レベル（小さな国では郡レベル）での土地利用データや、土地利用変化に大きな影響を及ぼす自然因子や社会・経済的因子のデータを収集・整備することが望ましい。

LU/GEC プロジェクトの各グループでは、できるだけ多くの過去の時点数で、できるだけ細かな空間スケールでのデータ収集およびデータベースの整備を目指すこととした。しかし、現実には、なかなか望ましいデータは存在せず、最もデータが整備されているわが国ですら、空間的には市町村レベルのデータは存在するが、土地利用図も含めると、土地利用変化に関するデータベースがきっちり揃うのは、1980 年と 1990 年の 2 時点しかない。他の国は推して知るべしという状況である。このような厳しい状況下でも、各グループとも最大限の努力でデータの所在調査、収集整備にあたった。

この章では、各グループが現在までに収集、整備したデータセットを、国別にまとめて紹介する。データセットのフォーマットについては、計画段階ではグループ間での統一を考えたが、対象とする地域間でデータの整備状況が様でないこと、データのユーザー側の要望が様でないことなどから、機械的にフォーマットを揃えても「労多くして益なし」と判断し、フォーマットの統一にはこだわらなかった。今回紹介するデータベースは、デジタル化された統計資料と地図（グラフィック）情報に限定している。第 1 節では、統計資料を日本、中国、インドネシア、タイ、その他の国々について順に紹介し、第 2 節では、地図情報を中国、タイ、その他の国々について紹介する。地図情報に関しては、紙面の都合上、1，2 例の画像を紹介するに留めた。

（大坪国順）

第1節 統計資料

第1項 日本

データ出典

表1にデータ項目とその出典を示す。データは基本的には市町村単位で取得した。土地利用データは、1976年および1989年の2時点のデータである。自然的要因および社会経済的要因(ドライビングフォース)は、土地利用データに対応するように1976年および1989年に最も年次の近いものを使用した。

表 1 データ項目とその出典

項目名	単位	出典	項目名	単位	出典
宅地	km2	国土数値情報	商店数	店舗数	商業統計表
農地	km2	国土数値情報	年間販売額	千万円	商業統計表
林地	km2	国土数値情報	サービス業事業所数	事業所数	事業所統計調査報告
その他	km2	国土数値情報	サービス業従業者数	人	事業所統計調査報告
土地利用面積計	km2	国土数値情報	製造業事業所数	事業所数	工業統計表
傾斜0～3度	km2	経済期悪長土地分類 付属資料	製造品出荷額	千万円	工業統計表
傾斜3～8度	km2	県統計	乗用車登録台数	台	地域経済総覧
傾斜8～15度	km2	県統計	電気・ガス・水道業就業者数	人	国勢調査報告
傾斜15度以上	km2	県統計	都市計画区域面積	km2	日本都市年報
傾斜合計	km2	県統計	市街化区域面積(UPA)	km2	日本都市年報
標高0～100m	km2	県統計	市街化調整区域面積(UCA)	km2	日本都市年報
標高100～200m	km2	県統計	総農家数	戸数	世界農業センサス
標高200m以上	km2	県統計	専業農家	戸数	世界農業センサス
標高合計	km2	県統計	第1種兼業農家	戸数	世界農業センサス
地形山地	km2	県統計	第2種兼業農家	戸数	世界農業センサス
地形丘陵地	km2	県統計	農業就業人口	人	世界農業センサス
地形台地	km2	県統計	男子農業就業人口	人	世界農業センサス
地形低地	km2	県統計	女子農業就業人口	人	世界農業センサス
地形合計	km2	県統計	経営耕地総面積	ha	世界農業センサス
人口総数	人	国土数値情報	農業粗生産額	千万円	生産農業所得統計
世帯総数	戸数	国土数値情報	耕種生産額	千万円	生産農業所得統計
面積	km2	国土数値情報	畜産生産額	千万円	生産農業所得統計
歳入総額	百万円	市町村財政状況調査	農振面積	km2	農業振興地域整備総覧
			農振農用地面積	km2	農業振興地域整備総覧
			林家数	戸数	世界農林業センサス

データベースの内容

表2にデータベースの整備状況を示す。土地利用に関しては、海水面のような水域に関わる土地利用区分を除き、宅地、農地、林地、その他の4種類に区分して整理した。各要因(ドライビングフォース)に関する項目は、土地利用データが土地利用比率で表されるため、それに対応するように密度単位および比率に加工した。また、データの桁数を揃えるために単位の修正を行っている。

表 2 データ整備状況

ファイル名	シート名	データ項目(行)	データレベル	備考
kanto_mod.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照)	県	関東地方
gunma.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照、但し、地形関連データを除く)	市町村	群馬県
ibaraki.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照、但し、地形関連データを除く)	市町村	茨城県
kanagawa.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照、但し、地形関連データを除く)	市町村	神奈川県
saitama.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照、但し、地形関連データを除く)	市町村	埼玉県
tochigi.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照、但し、地形関連データを除く)	市町村	栃木県
tokyo.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照、但し、地形関連データを除く)	市町村	東京都
yamanashi.xls	1976, 1989	宅地面積、… (表1を参照、但し、地形関連データを除く)	市町村	山梨県

(大坪国順・清水 庸)

第2項 中国

中国に関する統計資料のデータベースについては、表 3（江蘇省）、表 4（華東地域の六省一市）、および表 5（中国全土）にまとめた。データファイルは全て Microsoft Excel のワークシートである。

（大坪国順・ゴン建新）

表 3 江蘇省データの整備状況

江蘇省各県				
	File Names	Sheets	Items	Periods
1	JS-LU-Cultivated Area	土地面積	土地面積	78 - 94
		耕地面積	耕地面積	78 - 94
		水田面積	水田面積	78 - 94
		畑面積	畑面積	78 - 94
		作付け面積	作付け面積	78 - 94
		食料面積	食料面積	78 - 94
		棉面積	棉面積	78 - 94
		油作物面積	油作物面積	78 - 94
		野菜面積	野菜面積	78 - 94
		瓜類面積	瓜類面積	78 - 94
		緑肥面積	緑肥面積	78 - 94
		桑園面積	桑園面積	78 - 94
		茶園面積	茶園面積	78 - 94
		果樹園面積	果樹園面積	78 - 94
2	JS-LU-Forest(2)	造林面積	造林面積	78 - 94
		年末林地	年末林地	78 - 94
3	JS-SE-Income(2)	一人当たりの純収入	一人当たりの純収入	78 - 94
		一人当たりの支出(衣, 食用等)	一人当たりの支出(衣, 食用等)	78 - 94
4	JS-SE-Labour(8)	総人口	総人口	78 - 94
		非農業人口	非農業人口	78 - 94
		人口(農村人口)	人口(農村人口)	78 - 94
		労働力(農, 林, 牧, 副, 漁)	労働力(農, 林, 牧, 副, 漁)	78 - 94
		労働力(工業)	労働力(工業)	78 - 94
		労働力(建築)	労働力(建築)	78 - 94
		労働力(運輸)	労働力(運輸)	78 - 94
		労働力(商業)	労働力(商業)	78 - 94
5	JS-SE-Mechanize(6)	農業機械総動力	農業機械総動力	78 - 94
		大, 中型トラック	大, 中型トラック	78 - 94
		小型トラック	小型トラック	78 - 94
		電力用量	電力用量	78 - 94
		化肥用量(実物量)	化肥用量(実物量)	78 - 94
		化肥用量(純量)	化肥用量(純量)	78 - 94
6	JS-SE-Output Value(9)	農業	農業	78 - 94
		林業	林業	78 - 94
		牧業	牧業	78 - 94
		副業	副業	78 - 94
		漁業	漁業	78 - 94
		工業	工業	78 - 94
		建築業	建築業	78 - 94
		運輸業	運輸業	78 - 94
		商業	商業	78 - 94

表 4 華東地域のデータの整備状況

華東六省一市(江蘇,福建,浙江,安徽,山東,江西,上海)			
HD: 華東六省一市(江蘇,福建,浙江,安徽,山東,江西,上海)			
AP: Agricultural Products			
LU: Land Use			
SE: Social Economy			
(*): Number of Sheets in the Files			
File Names	Sheets	Items	Periods
1 HD-AP-Output(1)	農作物生産量	食料生産量, 棉生産量, 油作物生産量	70,75,78,80,85,90,94
2 HD-LU-Cultivated Area(1)	土地面積と耕地面積	土地面積, 耕地面積	70,75,78,80,85,90,94
3 HD-LU-City(2)	住宅建設 土地利用	住宅投資, 住宅建設面積, 住宅建設済み面積 建成区, 園林, 林地面積, 路辺植樹面積	70,75,78,80,85,90,94 86, 90
4 HD-SE-Income(2)	収入 税金金額	地方財政収入, 工商業税金収入, 職員平均工資, 一人当たり生活費収入 税金金額	70,75,78,80,85,90,94 86,90
5 HD-SE-Invest(2)	資産投資 資産	固定資産投資, 非生産性建設投資, 住宅投資, 利用外資金額 資本金, 固定資産額	70,75,78,80,85,90,94 86,90
6 HD-SE-Labour(2)	社会労働力-1 社会労働力-2	全労働者数, 第一産業労働者数, 第二産業労働者数, 第三産業労働者数 職員総数, 工業従業員数	70,75,78,80,85,90,94 86,90
7 HD-SE-0thers(2)	その他-1 その他-2	商品小売り価格指数, 万人当たりの科技者, 年末住宅面積, 貨物運量, 全商品小売り高 郵便業務総量, 鋪装道路面積, 工場数, 商店数, ガス使用量, 液化ガス使用量, 水道総長度, 下水道総長度	70,75,78,80,85,90,94 86,90
8 HD-SE-Output Value(2)	総生産額-1	国内総生産, 第一産業生産額, 第二産業生産額, 第三産業生産額, 工業総生産額, 軽工業生産額, 重工業生産額, 農、林、牧、副、漁総生産額	70,75,78,80,85,90,94
	総生産額-2	農業生産額, 林業生産額, 牧畜生産額, 副業生産額, 漁業生産額, 国営工業生産額, 民営工業生産額, その他生産額	86,90
9 HD-SE-Population(1)	人口	年末総人口, 非農業人口, 出生率, 死亡率	70,75,78,80,85,90,94
10 HD-SE-Trade(1)	輸入・輸出	輸入額, 輸出額	70,75,78,80,85,90,94
11 HD-SE-Transport(1)	輸送量	郵便業務総量, 貨物運量, 沿岸貨物運量, 河川貨物運量, バス客運量	86,90

第3項 インドネシア

インドネシアに関する統計資料のデータベースについては、Table 6 にまとめた。ファイル管理の構造は図 1 のようである。フォルダ data は統計資料を電子ファイル化したデータ部分である。フォルダ Document には、データファイルの管理情報、土地利用変化に関連する文献、図書に関する情報が文書情報としてファイル化されている。

(大坪国順・スンスンサエフルハキム)

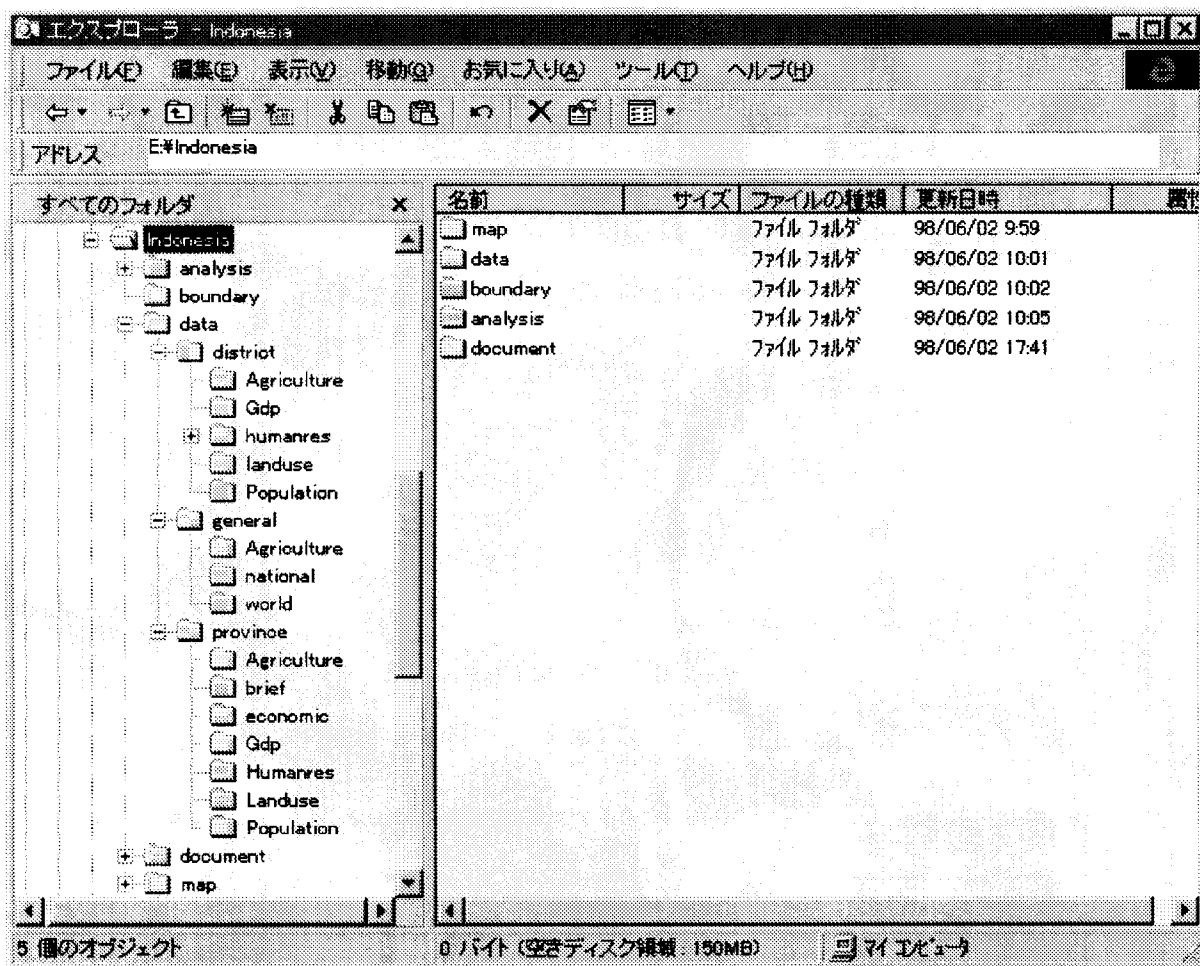


図 1 インドネシアの土地利用・被覆変化関連データセットのツリー構造

Table 6 List of PC-Files Related to LUGEC Research Works for Indonesia

DIRECTORIES	FILE NAMES	BRIEF DESCRIPTION OF THE FILE CONTENTS	REFERENCE
Indonesia data			
\district			
\Agriculture	kab-lst.wk1	List of Indonesia's districts; No. of sub-districts, urban villages, and rural villages; Land Use 1980 and 1990; Lotus 123	
	kabpadi1.wk1	District-wise progress of rice harvested areas, production and yields (paddy, dryland and aggregate); Lotus 123WJ	
	kab-fcrp.wk1	District-wise progress of non-rice harvested areas, production, and yields in Indonesia; Lotus 123WJ	
\Gdp	gdpsectv.wk4	Gross Domestic Products of AGRICULTURE Sector by Districts in Java (Current Price; Millions Rupiahs)	
	gdpdatav.wk4	GDP Related Data Availability for Java's Districts	1sheet
\humanre	age8093a.wk4	Labor Forces (Population of 10 years or more) by Districts and Age Groups in Java (1980 and 1993)	
	edu8093a.wk4	Labor Forces (Population of 10 years or more) by Districts and Education Levels in Java (1980 and 1993)	
	jbe8093a.wk4	Labor Forces (Population of 10 years or more) by Districts and Job States in Java (1980 and 1993)	
	kabincur.wk4	Gross Domestic Regional Product by District at Current Market Price	
	kablabor.wk4	Number of Population aged 10 years and over, who work and seek job (Labor Forces) of every Kabupaten in 1990	
	seo8093a.wk4	Labor Forces (Population of 10 years or more) by Districts and Sectors in Java (1980 and 1993)	
	sjb8093a.wk4	Labor Forces (Population of 10 years or more) of No Answer Sector by Districts and Job States in Java (1980)	
	wkh8093a.wk4	Labor Forces (Population of 10 years or more) by Districts and Working Hours in Java (1980 and 1993)	
\Landuse	KAB-LU80-WK1	District-wise land use data 1980 (Agraria, 1984); Lotus 123 WJ	
	KAB-LU90-WK1	District-wise land use data 1990 (BPN, 1992); Lotus 123 WJ	
	LUM80M90-WK1	Same as LU-80M90 WK1 but with adjusted areas (total 1980=total, 1990); Shift-Share Analysis; Lotus 123 WJ	
	LU-80M90-WK1	District-wise land use data (matched 1980 and 1990); inland water body and critical land aggregated into others; Lotus	4sheets
\Population	jlu8393.wk4	Land Area by Utilization in Java 1983	
	kab-pop.wk1	District-wise population data (1961-1993); Lotus 123WJ	
	pop-6193.wk4	Population Data of Kabupaten and Kotamadya in Indonesia (1961-1993)	
	pop80m90.wk1	District-wise Population 1980, 1990, change rate (not finished); compare with adjusted total and settlement areas; Lotus	
\general			
\Agriculture	kabfcrp.wk1	District-wise and Provincial progress of non-rice harvested areas, production, and yields in Indonesia; Lotus 123WJ	
	kab-padi.wk1	District-wise and Provincial progress of rice harvested areas, production, and yields (paddy, dryland and aggregate); Lotus 123 WJ	
\Province			
\Agriculture	provfcrp.wk1	Provincial progress of non-rice harvested areas, production and yields (6 commodities); Lotus 123 WJ	
	propadi.wk1	Provincial progress of rice harvested areas, production and yields (paddy, dryland and aggregate); Lotus 123 WJ	
	provdbcr.wk4	Gross Domestic Product at Current Prices by sector (in million Rp)	
\Gdp	pdtrbcr.wk4	Gross Domestic Product at Current Prices by sector (in million Rp)	
	ppdbcr66.wk4	Gross Domestic Product, Regional Income and Income percapita at Current Prices from 1966-1974	
	ppdbcr66.wk4	Gross Domestic Product at Current Prices by sector (in million Rp)	
\Humanite	incomcur.wk4	Gross Domestic Product, Regional Income and Income percapita at Current Prices	
	provfabo.wk4	Number of Population aged 10 years and over who work, seek job and economically active in 1971	
	llandusi.wk4	Province-wise land area distribution by crop suitability categories in Indonesia	
\Landuse	lu-prov.wk3	Land Use Areas by Province in 1993 (ha)	
\Population	prop-pop.wk1	Province-wise population data (1941-1993); Lotus 123WJ	
	prov10yr.wk4	Number and percentage of Population aged 10 years and over	
\Document			
\Research \Recap			
	datavall.wk3	Additional description to the Table of "District-wise tabulated data of Indonesia"; Data availability; Lotus 123WJ	
	filelist.wk3	List of PC-Files related to LUGEC Research Works (and description of the contents); Lotus 123 WJ	
	kod-list.wk1	List of municipal districts split by islands and provinces; No. of sub-districts, urban villages, and rural villages; Lotus	
	lu-books.wk3	LUGEC Related statistical books for land use data of Indonesia available at the TONANKEN Kyoto Univ. (ask Mr. Mizuno); Lotus 123WJ	
	lugedat.wk1	List of most necessary variables for LUGEC modelling according to Research Meeting at Okayama Univ. Nov. 3 1995; Lotus 123 WJ	
	provval.wk3	Province-wise tabulated data of Indonesia related to LUGEC research; data availability; Lotus 123 WJ	
	rekapdat.wk3	District-wise tabulated data of Indonesia related to LUGEC research; data availability; Lotus 123 WJ	
	booklist.wp5	List of Statistical Books of Indonesia for LUGEC Research works; WPWIN6.0aJ	
	datlist.wp5	List of Contents of the "Province in Figures" books; Indonesia (not yet finished); WPWIN6.0aJ	
	kodya.wp5	List of municipal districts split by islands and provinces; WPWIN6.0aJ	

第4項 Thailand Dataset

Thailand data set is categorized into two folds, one is country and regional dataset, another one is provincial and district dataset. There are three directories, the first is namely **country** which the files are contained with the country and regional level dataset. The second names **province** which the files are contained with the provincial and district level dataset. The third is named **description** that contain a file listed all the data files existed in the two sub-directories above. Figure 2 shows the schematic figure of tree structure of Thailand data set on land use/cover change. The data set contain both time series and cross-sectional types. The lists of main and sub directories, files, included tables' titles with briefly describing contents of data and the year(s) of the data are summarized below.

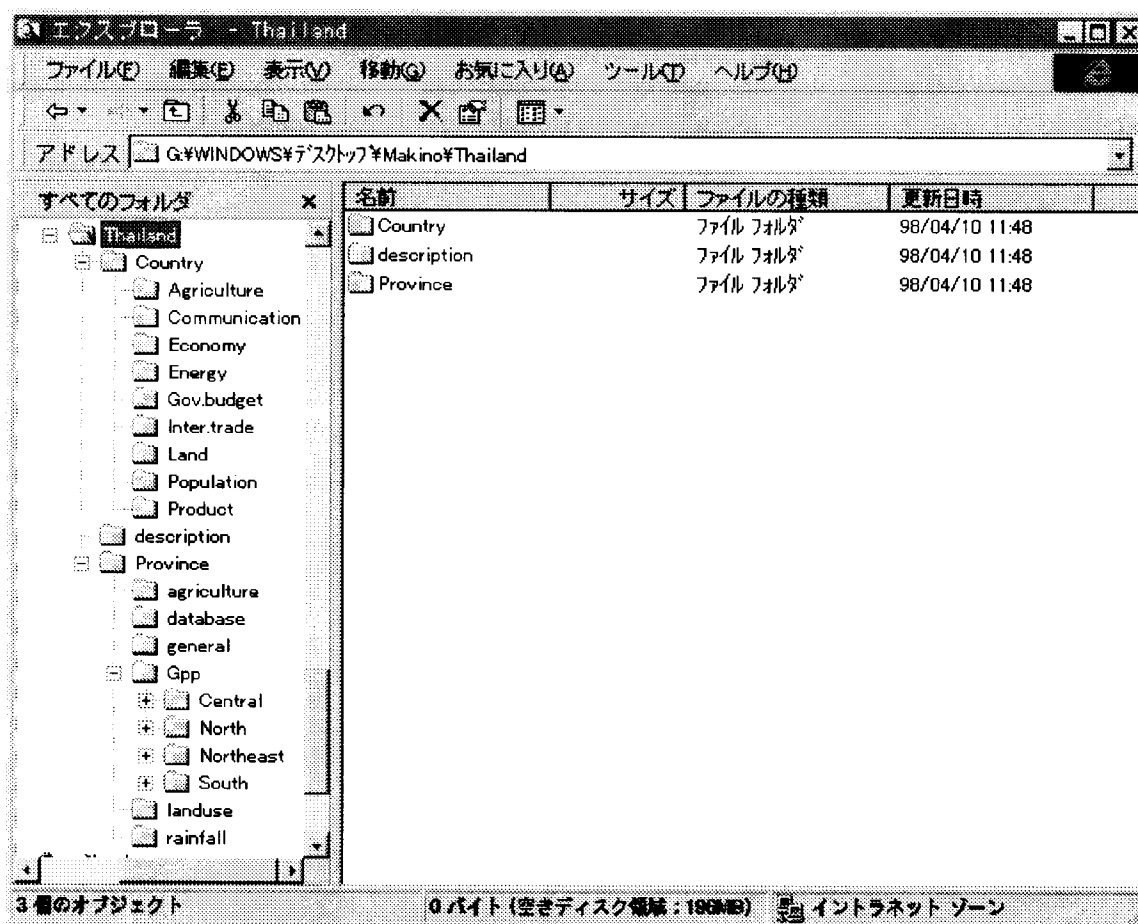


Fig. 2 Tree structure of Thailand data set on land use/cover change

4.1 Country and regional level data set:

From the directory **country** as mentioned above, it contains with 9 sub-directories as follows,

- agriculture
- communication
- economy
- energy
- gov.budget
- inter.trade
- land
- population
- product

From each sub-sub directories, there are several files in a variety of dataset, both cross-sectional and time series data. Please find the lists of all file name(s) in a file name :**\description\content.xls**.

4 . 2 **Provincial and district dataset:**

In the directory namely **province**, there are 6 sub-directories as follows;

- agriculture
- database
- general
- gpp
- landuse
- rainfall

Similarly to country dataset, the dataset are contained with varieties of both cross-sectional and time series types. Please find also the lists of all file name(s) of provincial data in a file name :**\description\content.xls**.

When you have some questions about the dataset, please feel free to contact me on my e-mail address as follow;
e-mail address: Veasae@kku.ac.th

4 . 3 **Thailand Dataset Compilation**

4 . 3 . 1 Dataset in Country and Regional Level

1) *File:\Thailand\country\agriculture\agprod01.xls*

- Table 1 Rice Cultivation, (Major and Second rice), 1986-1996
- Table 2 Rice Cultivation, (major rice), 1986-1996
- Table 3 Rice Cultivation, (second rice), 1986-1996
- Table 4 Rice Cultivation, (major rice), by region, 1992-1996
- Table 5 Rice Cultivation, (second rice), by region, 1992-1996
- Table 6 Cassava Cultivation, 1987-1996
- Table 7 Cassava cultivation, by region, 1993-1996
- Table 8 Sugar cane Cultivation, 1987-1996
- Table 9 Sugar cane Cultivation, by region, 1993-1996
- Table 10 Mung bean Cultivation, 1987-1996
- Table 11 Mung bean Cultivation, by region, 1993-1996
- Table 12 Para-Rubber Cultivation, 1987-1996
- Table 13 MaizeCultivation, 1987-1996
- Table 14 Oil-palm Cultivation, 1987-1995
- Table 15 Soy bean Cultivation, 1987-1996
- Table 16 Kenaf Cultivation, 1987-1996
- Table 17 Sorghum Cultivation, 1987-1996
- Table 18 Maize Cultivation, by region 1992-1996
- Table 19 Soy bean Cultivation, by region 1992-1996
- Table 20 Sorghum Cultivation, by region 1992-1996
- Table 21 Production of timber and forest product, 1987-1993
- Table 22 Livestock Production, 1991-1996
- Table 23 Livestock production by region, 1993-1995
- Table 24 Agricultural Use of Chemical Fertilizer, 1986-1995
- Table 25 Modern Inputs in Agriculture, 1983-1994
- Table 26 Farm machineries, by region, 1992-1995

- 2) *File:\Thailand\country\commonication\communication.xls*
 Table 1 Length of highways and road by type: fiscal year 1981-1994
 Table 2 Number of motor vehicle registered by type, 1988-1994
 Table 3 Number of main telephone station by type of subscriber: fiscal year 1989-1994
- 3) *File:\Thailand\country\economy\bank.xls*
 Table 1 Deposit and Credit of Commercial Bank, 1987-1994
- 4) *File:\Thailand\country\economy\econ.xls*
 Table 1 Personal Income, Personal Outlay and Personal saving, 1989-1994
 Table 2 Savings and gross capital formation, 1990-1995
- 5) *File:\Thailand\country\economy\econ01.xls*
 Table 1 Average Monthly Income and Expenditure of Household, 1975-1994
- 6) *File:\Thailand\country\economy\econ02.xls*
 Table 1 Percentage of Average Monthly Income of Household by Type of Income, 1975-1994
- 7) *File:\Thailand\country\economy\econ03.xls*
 Table 1 Percentage of Average Monthly Income of Household by Source of Income, 1975-1994
- 8) *File:\Thailand\country\economy\econ04.xls*
 Table 1 Percentage of Average Monthly Expenditue of Household by type of Expenditure, 1975-1994
- 9) *File:\Thailand\country\economy\econ05.xls*
 Table 1 Percentage of Average Monthly Expenditure of Household by Expenditure Group, 1975-1994
- 1 0) *File:\Thailand\country\economy\econ06.xls*
 Table 1 Current Income Share of Households by Quintile Groups of Households and the Gini Coefficient, 1990-1994
- 1 1) *File:\Thailand\country\economy\econ07.xls*
 Table 1 The Gini Coefficient of Household Income Distribution by Region and Community Type, 1975-1994
- 1 2) *File:\Thailand\country\economy\hh01.xls*
 Table 1 Average Monthly Income and Expenditure of Household, 1975-1994
- 1 3) *File:\Thailand\country\economy\hh02.xls*
 Table 1 Percentage of Average Monthly Expenditue of Household by type of Expenditure, 1975-1994
- 1 4) *File:\Thailand\country\economy\hh03.xls*
 Table 1 Gini Coefficient of Household Income Distribution by Region and Community Type 1975-1994
- 1 5) *File:\Thailand\country\economy\employment.xls*
 Table 1 Statistic of Employment by occupation, aged 13 years and over, by region 1990-1994-1995
- 1 6) *File:\Thailand\country\economy\index.xls*
 Table 1. Thailand key economic indicators, 1993-1997
- 1 7) *File:\Thailand\country\energy\energy01.xls*
 Table 1 Final energy consumption by sources, 1984-1994
 Table 2 Final energy consumption by economic sector, 1984-1994
 Table 3 Energy consumption by type of petroleum product, 1984-1994
 Table 4 Electricity consumption by economic sector, 1984-1994
 Table 5 Electricity consumption by Area, 1985-1994
- 1 8) *File:\Thailand\country\gov\budget\gov01.xls*
 Table 1 Government budget expenditure by programme structure, Fiscal year 1991-1996
 Table 2 Government Income by source: Fiscal year 1990-1995
 Table 3 General government items, revenue and expense, 1990-1995

- 1 9) *File:\Thailand\country\inter.trade\trade01.xls*
 Table 1 Export-Import and Balance of trade, 1986-1995
 Table 2 Export, and agricultural and agroindustry product in total export, 1986-1994
 Table 3 Value of principle agric. products and value of export products:1988-1993
 Table 4 Percentage of export values by type of products:1987-1995
 Table 5 Export of Major Agricultural Commodities, 1994-1995
 Table 6 External transaction (the rest of the world), 1990-1995
- 2 0) *File:\Thailand\country\land\landus01.xls*
 Table 1 Land utilization of the Northeast, 1975-1993
 Table 2 Land utilization of the North, 1975-1993
 Table 3 Land utilization of the Central, 1975-1993
 Table 4 Land utilization of the South, 1975-1993
- 2 1) *File:\Thailand\country\land\landus02.xls*
 Table 1 Number of agricultural holding, average area per holding, percentage of holding by tenure by tenure, 1963, 1978, 1983, 1988, 1993
- 2 2) *File:\Thailand\country\land\agland01.xls*
 Table 1 Type of Farm holding land by Province-1993
 Table 2 Statistic of major field crops and tree planted land by Province, 1988/9-1994/95
- 2 3) *File:\Thailand\country\population\pop01.xls*
 Table 1 Percentage of Employed persons by industry, 1987-1994
 Table 2 Percentage of Population by activity, 1987-1994
 Table 3 Number of Housing by region, 1987-1994
 Table 4 The year 1984 Survey of the migration to Bangkok Metropolis and Vicinity, by age group and by regions
 Table 5 1990 population census
 Table 6 Migration of population by previous place of residence by region, census 1990
 Table 7 Average household size by regions, 1988-1992
 Table 8 Total Population of Thailand During the Census Year 1909 - 1990
 Table 9 Age and Sex Structure of Population and Dependency Ratio (Census Year 1960-1990)
 Table 10 Density of Population per 1 Square Kilometer, by Region 1960, 1970, 1980, 1990
 Table 11 Percentage of Pupulation Resided in Municipal Area and Non-Municipal Area and Percentage of Population Engaged in Argricultural Sector 1960, 1970, 1980. 1990
 Table 12 Average Number of Children ever born per ever Married Women Aged 15 Years and Over, 1960, 1970, 1980, 1990 by year 1960, 1970, 1980, 1990
 Table 13 Percentage Literate Population Aged 10 and 15 Years and over by Sex, 1960-70-80-90
 Table 14 Percentage of Population by Educational Level, 1960-70-80-90
 Table 15 Percentage of Household by Standard of Living, 1970, 1980, 1990
 Table 16 Percentage of Household by Construction Material, 1970, 1980, 1990
- 2 4) *File:\Thailand\country\population\pop02.xls*
 Table 1 Statistic of Population, Number of Birth by region
 Table 1 Statistic of Population, Number of Death by region
- 2 5) *File:\Thailand\country\population\pop03.xls*
 Table 1 Population, number, sex by Region, 1975-1996
- 2 6) *File:\Thailand\country\product\agric.xls*
 Table 1 Gross domestic product originating from crops at 1988 prices, 1990-1995

2 7) *File:\Thailand\country\product\agric03.xls*

Table 1. Gross domestic product originating from agricultural services and simple agricultural processing products at 1988 prices, 1990-1995

2 8) *File:\Thailand\country\product\gdp01.xls*

Table 3. Gross national product at 1988 prices by industrial origin, 1990-1995

2 9) *File:\Thailand\country\product\ind01.xls*

Table 1. Gross domestic product originating from manufacturing at 1988 prices, 1990-1995

3 0) *File:\Thailand\country\product\ind02.xls*

Table 1. Gross domestic product originating from construction at 1988 prices, 1990-1995

4 . 4 Dataset in Province Level

1) *File:\Thailand\Province\agriculture\animal.xls*

Table 1 Animal Production by region and by Province, 1995

2) *File:\Thailand\Province\agriculture\irrigat.xls*

Table 1 Accumulated Irrigated Area by Region, and by Province-1991-1995:

3) *File:\Thailand\province\database\01-76.xls*

Table 1-76. General profile and vital statistic of province, ... district level: 76 files= 76 provinces

4) *File:\Thailand\Province\general\general.xls*

Table 1 Area, Production of Rice by Region and Province, crop year 1994/1995

Table 2 Agricultural Land Holder, Area, Classified by Land Use, by Province 1993

Table 3 Car Registration, by Region and Province, 1995

Table 4 Polulation and Housing, by region and by province, 1995

Table 5 Statistics of Junior High and High School, by Province, 1995

Table 6 Meteorological Data, by Meeteorological Provincial Stations, 1995

Table 7 Area and Administrative Boundary, administrative unit by Region and Province 1996

5) *File:\Thailand\Province\general\time01.xls*

Table 1 Gross Regional Product and Gross Provinical Products (by provinces) 1984-1994

Table 2 Statistic of Employment by occupation, aged 13 years and over, by region and province, year 1990-1994-1995

Table 3 Population Census 1980, 1990 by provinces

6) *File:\Thailand\province\gpp\provincial name.....xls*

Table 1-76 Gross Regional Product and Gross Provinical Products (by industrial origin) 1989-1994 76 files = 76 provinces

7) *File:\Thailand\province\landuse\landus01.xls*

Table 1 Land Utilization by Province, 1975, 1980, 1985, 1990, 1993/ unit: rai

8) *File:\Thailand\Province\rainfall\rain.xls*

Table 1 Rainfall by major Provinces, 1991-1995

(Kuninori Otsubo, Veerapong Saenjan)

第5項 その他の国々

その他の国々に関するデータの整備状況を表 7 にまとめた。データ項目の内訳やデータは表 8 のフォーマットで整理されている。

(大坪国順・荻原 朗)

表 7 各国のデータの整備状況

ファイル名	シート名	データ項目	データレベル	備 考
インド.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州（又は直轄地）	30州、比較的データがそろっている。
韓国.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州（又は特別区）	11州、州の分割、統合は著しく、3時点とも州区分は異なる。
カンボジア.xls	1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	11州、データに乏しい。
北朝鮮.xls	-	-	-	データの収集が不可能であった。
スリランカ.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	26州、1984年から27州。
台湾.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州（26州）	3時点とも州区分は異なる、福建省も含む。
ネパール.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	14州
パキスタン.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州（又は特別区）	4州+3特別区
バングラデシュ.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	4州
フィリピン.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	13州、1990年にAdministrative Regionが追加され、14州となる。
ブータン.xls	1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	17州、1970はデータなし。
ミャンマー.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	4州
ベトナム.xls	1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	11州
マレーシア.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州（又は自治区）	13州+2自治区
ラオス.xls	1970、1980、1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	18州、1982年のみ19州。
モンゴル.xls	1990	農地面積、水田面積、畑地面積 など.....	国及び州	22州

注1) 項目については、表 8を参照。

注2) 州は、国の下のレベルの行政界を示す。

表 8 データの詳細設計

			全国	単位	単位	年	州1	州2	州3	Total	出典	備考
従属家数		農地率										データの定義 ↑ など、留意すべき 点を記入する。
		農地面積										
		水田面積										
		畑地面積										
		表層地面積										
		農地率										
		林地面積										
		林地率										
		宅地面積										
		草地率										
従属家数		牧草地率										↑ この列は、国内 の州の数に応じて増 減する。
		その他率										
		水域面積(湖沼、河川)等										
		道路面積										
		堆積面積										
		その他面積										
		人口										
		人口密度										
		所得数										
		就業人口										
従属家数		1次就業率										↑ データの出典 文献名、頁数な どを記入する。
		1次就業率										
		2次就業率										
		3次就業率										
		鉱工業就業率										
		建設就業率										
		求人倍率										
		求人率										
		失業率										
		失業率										
従属家数		国内総生産										↑ データの作成年が、70、80、 90年以外のものしかない場合があ るため、この列に利用したデータの 作成年を記入する。
		米小売り価格										
		消費物価指数(全品目)										
		消費物価指数(食品)										
		米生産量										
		米以外農産物生産量										
		その他農産物生産量										
		鉱物生産量										
		木材生産量										
		畜産物生産量										
従属家数		工業生産量										↑ データの作成年が、70、80、 90年以外のものしかない場合があ るため、この列に利用したデータの 作成年を記入する。
		賃金										
		1次就業賃金										
		2次就業賃金										
		3次就業賃金										
		テレビ普及率										
		テレビ台数/世帯										
		テレビ台数/地域										
		テレビを所有する世帯数										
		ラジオ普及率										
従属家数		ラジオ台数/世帯										↑ データの作成年が、70、80、 90年以外のものしかない場合があ るため、この列に利用したデータの 作成年を記入する。
		ラジオ台数/地域										
		ラジオを所有する世帯数										
		電話普及率										
		電話台数/世帯										
		電話台数/地域										
		電話契約世帯数										
		電化世帯率										
		電化世帯数										
		冷暖房所有数										
従属家数		エアコン所有数										↑ データの作成年が、70、80、 90年以外のものしかない場合があ るため、この列に利用したデータの 作成年を記入する。
		電力使用量										
		舗装道路長										
		舗装道路率										
		道路長										
		非舗装道路長										
		自動車保有率										
		自動車台数										
		バイク台数										
		自転車保有台数										
従属家数		水田不灌地率										↑ データの作成年が、70、80、 90年以外のものしかない場合があ るため、この列に利用したデータの 作成年を記入する。
		水田不灌地面積										
		灌漑された地域										
		灌漑率(水田)										
		水田灌地率										
		水田灌地面積										
		畑地不灌地率										
		畑地不灌地面積										
		灌漑された地域										
		灌漑率(畑地)										
従属家数		畑地灌地率										↑ データの作成年が、70、80、 90年以外のものしかない場合があ るため、この列に利用したデータの 作成年を記入する。
		畑地灌地面積										
		家畜頭数/面積										
		家畜頭数										
		年平均気温										
		1月平均気温										
		2月平均気温										
		3月平均気温										
		4月平均気温										
		5月平均気温										
従属家数		6月平均気温										↑ データの作成年が、70、80、 90年以外のものしかない場合があ るため、この列に利用したデータの 作成年を記入する。
		7月平均気温										
		8月平均気温										
		9月平均気温										
		10月平均気温										
		11月平均気温										
		12月平均気温										
		年間降水量										
		気候に関するデータについては、最高・最低気温、 平均気温など、多数の情報があるため、表示に当たっ てはアウトライン化を行う必要がある。従って、ここ では具体的な数値は表示しない。										

第2節 地図情報

第1項 中国

1.1 LUIS-C (中国土地利用情報システム)

長期プロセスグループでは、中国の4ケーススタディ地域の中の重点研究地域について、1930年代と1990年代の土地利用メッシュデータを作成した。1930年代のデータファイルは、日本が当時中国で作成した10万分1外邦図を基礎資料としている。また1990年代のデータファイルは、中国の研究協力者により、衛星データ等を基に作成されている。いずれのデータファイルも、各ケーススタディ地域の日本側研究担当者の責任において作業を進めた。

一方、これらのデータファイルを地図化したり土地利用区分別面積を算出したりするため、北海道教育大学旭川校地理学研究室において必要なプログラムを開発している。それらのプログラムとデータファイルは、LUIS-C(Land Use Information System for China)というシステムにまとめられている。このシステムは漸次新しいデータやプログラムを加え、更新されている。最も新しい Ver2.4 には全4地域の1930年代のデータと1990年代のデータが入っている。

このシステムには次の機能がある：

- ア) 各地域の1930年代および1990年代の土地利用概況図の表示
- イ) 各地域の1930年代および1990年代の特定の土地利用の存在・卓越図の表示
- ウ) 各地域の1930年代～1990年代の土地利用概況変化図の表示
- エ) 各地域の1930年代および1990年代の土地利用種別面積の集計・表示

なお土地利用は都市・集落、田、畑、広葉樹林、針葉樹林など32種類に分類されている。データはMS-DOSのテキストファイル形式で作成されているため、それらを加工したり、自作のプログラムで処理したりすることも可能である。面積集計については、結果をMS-DOSファイルとして出力し、一太郎などのエディターで見ることができる。プログラムはDOS-BASICで書かれている。

データファイルはまず、基礎となる10万分1地形図1枚毎に作られ(これを「図幅データファイル」と呼ぶ)、それらは50万分1図の範囲ごとに25図幅分ずつ接合されている(これを「接合データファイル」と呼ぶ)。接合データファイルには、A-BB-CC.DATという形のファイル名がつけられている。LUIS-Cに入っているのはこの接合データファイルである。ここで、

A=接合データファイルを年代毎に区別する。古いデータから順にA,B,Cとなっている。

BB=50万分1図の南北方向の座標。50万分の1図の南端の緯度に3/5をかけたもの。

CC=50万分1図の東西方向の座標。50万分の1図の西端の経度に2/5をかけたもの。

各接合データファイルの中身は以下のようになっている：

- ア) 1行目には、そのデータファイルが代表する年次とファイル名が書かれており、土地利用データは2行目からはじまる。
- イ) 50万分1地形図内のメッシュ100×100個のデータが、西から東へ、北から南へ、(00,00)、(00,01)、(00,02)、・・・(99,99)の順に並べられている。
- ウ) データの各行にはメッシュのY座標、X座標、省番号(表1)、土地利用番号(表2)が、間にスペースをおいて順に入力されている。土地利用番号は、メッシュの左肩格子点の土地利用(「ポイント土地利用」と呼ぶ)、メッシュ内で最も面積の大きい土地利用(「卓越土地利用」と呼ぶ)、以下概ね面積の大きいものから順にメッシュ内にある全ての土地利用(「存在土地利用」と呼ぶ)が入力されている。学校や役所等の施設は全てトレース(微細種目)として末尾に入力されている。

(氷見山幸夫)

1.2 中国全土 20kmメッシュデータ

山梨大学教育人間科学部尾藤研究室と北海道教育大学旭川校氷見山研究室は、共同で中国科学院が1990年に発刊した「1:1000000 中国土地利用図」のメッシュ化作業を行った。メッシュ化の目的は、中国全土の土地利用の現況を知り基礎資料を得るためであり、今後の変化予測シナリオなどに基づいて土地利用がどのように変わっていくかを視覚的に把握しやすいようにするためである。以下データの内容について解説する。

1.2.1 データフォーマット

データファイルの形式は、テキスト形式でデータの配列は以下の通りである。例として H-46.dat の場合：

```
1行目 H-46 1980 LHASA
2行目 00 00 30 30 34 66 68 84
3行目 00 01 30 30 34 66 68
4行目 12 22 30 30 34 66 68 84 →→以下に説明
      (中略)
```

1行目は、中国土地利用図のH-46図副のデータで、1980年の地図から作製、図副名がLHASA(ラサ)であることを示す。2行目以後は、すべて共通。

例として4行目の場合

```
12 22 30 30 34 66 68 84
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ .....
```

最初の4桁(①と②)は図副上のメッシュの位置を示す座標値である。この座標値は、それぞれの図副を緯線10分、経線15分ごとに区分し、それぞれの区分された区画を以下のように順序づけたものである。

H-46 LHASA									
00,00	00,01	00,02		00,21	00,22	00,23			
01,00	01,01	01,02		01,21	01,22	01,23			
02,00	02,01	02,02		02,21	02,22	02,23			
.									
.									中略
22,00	22,01	22,02		22,21	22,22	22,23			
23,00	23,01	23,02		23,21	23,22	23,23			

結果として1図副は24*24で576メッシュ(東西、南北約20KM)に分割されることになる。次の2桁(③)は該当するメッシュ内の左上隅の土地利用種目の番号を示す。例えば、30、は高山帯、亜高山帯ステップであることを示す。以下2桁づつ、③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ は、該当するメッシュ内で面積の多い順に並べた土地利用種目の番号を示す。つまり、③は区画の中で面積が最大の土地利用種目、④は2番目に面積の多い土地利用種目の番号を示す。

1.2.2 表現上の例外事項

(1) 凡例に★印を付けた土地利用項目については、各メッシュ内に、該当する土地利用項目が存在するか否か(有無)だけを示すものとし、その面積などを考慮しない。また海港については、指定のマークがつけられているものに限る。このような土地利用種目は、各区画のデータの最後にまとめて示す。(例：66 68 84)

(2) 海や他国の領土についてはその面積も考慮し、他の土地利用項目と同様に扱う。

(3) 貯水池は、その範囲を河川と区別できないので、図副上にその旨の記載(〇〇水庫など)があるものに限る。

1.2.3 中国全土20kmメッシュメッシュデータの土地利用凡例

番号	土地利用種目	凡例英訳
I	耕地	CULTIVATED LAND
	水田	PADDY
0 1	平野水田	PLAIN PADDY
0 2	陸田	TERRACED PADDY
	灌漑農地	IRRIGATED FIELD
0 3	平野の灌漑畑	PLAIN IRRIGATED FIELD
0 4	段丘上の灌漑畑	TERRACED IRRIGATED FIELD
	非灌漑農地	NON-IRRIGATED FIELD
0 5	平地の非灌漑農地	PLAIN NON-IRRIGATED FIELD
0 6	傾斜非灌漑農地	SLOPE NON-IRRIGATED FIELD
0 7	野菜畑	VEGITABLE PLOT
II	樹園地	GARDEN
0 8	果樹園	ORCHARD
0 9	茶園	TEA GARDEN
1 0	桑園	MULBERRY FIELD
1 1	熱帯作物	TROPICAL CROPS
1 2	池	DIKED POND
III	林地	FOREST
	用材林	TIMBER FOREST
1 3	針葉樹林	CONIFEROUS FOREST
1 4	広葉樹林	BROAD-LEAF FOREST
1 5	混交林	MIXED FOREST
1 6	竹林	BAMBOO
1 7	伐採地	SLASH
	経済林	ECONOMIC FOREST
1 8	木の実と樹脂油林	WOODY GRAIN AND OIL
1 9	櫟林	OAK FOREST
2 0	疎林	SPARSE WOODS
2 1	薪炭林及び灌木林	FIREWOOD AND BUSH
2 2	防災林	SHELTER BELT
IV	牧草地と草地	PASTURELAND AND GRASSLAND
2 3	人口草地及び改良草地	PLANTED AND IMPROVED PASTURELAND
	天然草地	NATURAL PASTURELAND
2 4	湿草地	MEADOW
2 5	湿草ステップ	MEADOW STEPPE
2 6	乾燥草地	DRY STEPPE
2 7	砂漠草地	DESERT STEPPE
2 8	高山帯、寒帯砂漠草地	HIGH COLD DESERT STEPPE
2 9	高山帯、亜高山帯湿草地	ALPINE AND SUB-ALPINE MEADOW
3 0	高山帯、亜高山帯ステップ	ALPINE AND SUB-ALPINE STEPPE
3 1	傾斜草地	SLOPE GRASSLAND

3 2 河川, 湖沼, 海浜及び低湿草地	LOW MEADOW AROUND WATER BODIES
V 水域及び湿地	WATER BODIES AND WETLAND
<u>河川</u>	<u>RIVER</u>
6 8 河 ★	PERENNIAL RIVER
6 9 水無し川 枯れ川, ワジ ★	SEASONAL STREAM
<u>海, 湖沼</u>	<u>LAKE</u>
3 3 淡水湖	FRESH WATER LAKE
3 4 塩水湖, 塩湖	SALT WATER LAKE, SALT LAKE
7 5 貯水池	RESERVOIR
7 6 海	OCEAN
<u>潮汐平底</u>	<u>TIDAL FLAT</u>
3 6 砂碓	SANDY FLAT
3 7 泥碓	MUDDY FLAT
3 8 草碓	GRASS FLAT
3 9 マングロブの林でできた碓	MANGROVE COAST
7 7 珊瑚礁 ★	CORAL REEF
<u>養殖場</u>	<u>BREEDING PLOT</u>
4 0 淡水養殖場	FRESH WATER BREEDING PLOT
4 1 海水養殖場	SEA WATER BREEDING PLOT
4 2 沼沢地	MARSHES
4 3 葦のはえた沼沢地	REED MARSHES
VI 市街地	URBAN AND TOWN LAND
8 2 大城市	BIG CITY
8 3 中小城市 ★	MEDIUM AND SMALL CITY
8 4 城鎮 ★	TOWN
VII 鉱工業地	INDUSTRIAL AND MINING AREA
4 4 鉱工業地域	INDUSTRIAL AND MINING AREA
4 5 塩田	SALT PAN
VIII 交通用地	COMMUNICATION LAND
6 7 鉄道 ★	RAILWAY
6 6 幹線道路 ★	HIGHWAY
7 9 海港 ★	SEAPORT
8 6 空港 ★	AIRPORT
IX 特殊用地	LAND FOR SPECIAL USE
8 9 自然保護区	NATURAL RESERVE
X その他の用地	OTHER LAND
4 6 氷河, 永久雪地	GLACIER, PERMANENT SNOW
4 7 砂地	SANDY LAND
4 8 砂砂漠, ゴビ, 岩石砂漠	SANDY DESERT, GOBI, GRAVEL DESERT
5 0 アルカリ土地	SALINE-ALKALI LAND
<u>裸地</u>	<u>BARE LAND</u>
5 1 裸岩	EXPOSED ROCK
5 2 裸土	BARE GROUND
9 0 9 1 中国以外の国の領土	OTHER COUNTRY'S LAND

(注 : 原著からの凡例の日本語訳、英訳の文責は、山梨大学教育人間科学部 尾藤章雄)

1.3 その他の利用可能なデータセット

(1) 気象データ

中国 160 ヶ所の標準気象ステーションの気温と降水量 (1950-1993)。データの形式は Microsoft-Excel (.xls)、Database (.dbf)、Text (.txt) など。

(2) 土壌データ :

FAO のデジタル土壌類型図 (中国部分作成)。データの形式は Arcview GIS (.shp と .grd)、Database (.dbf) など。

(3) 土地利用データ

1) USGS の 1km メッシュの土地被覆図

中国東北部分作成、21 の土地利用タイプ。

2) IGBP の 1km メッシュの土地被覆図

中国東北部分作成、17 の土地利用タイプ。

データの形式は Arcview GIS (.shp と .grd)、Database (.dbf)、Image (.img、.gif と .jpg) など。

(4) 統計データ

1) CIESIN の中国人口、経済と社会統計データ (County-Level)

1990-91 年、全部で 1679 の項目。

データの形式は Microsoft-Excel (.xls)、Database (.dbf)、Text (.txt)、Arcview GIS (.shp と .grd)、Image (.img、.gif と .jpg) など。

(5) 衛星データ

1) NASA の AVHRR データ

1km 解像度、1990-1995、8km 解像度、1980-1990。

データの形式は Image (.img)、Binary (.bin) など。

(データに関する問い合わせ先：北海道教育大学旭川校氷見山研究室 王 勤学

E-mail: qinxue@yahoo.com または qinxue@hotmail.com)

1.4 中国地図データの出力例

中国土地被覆図

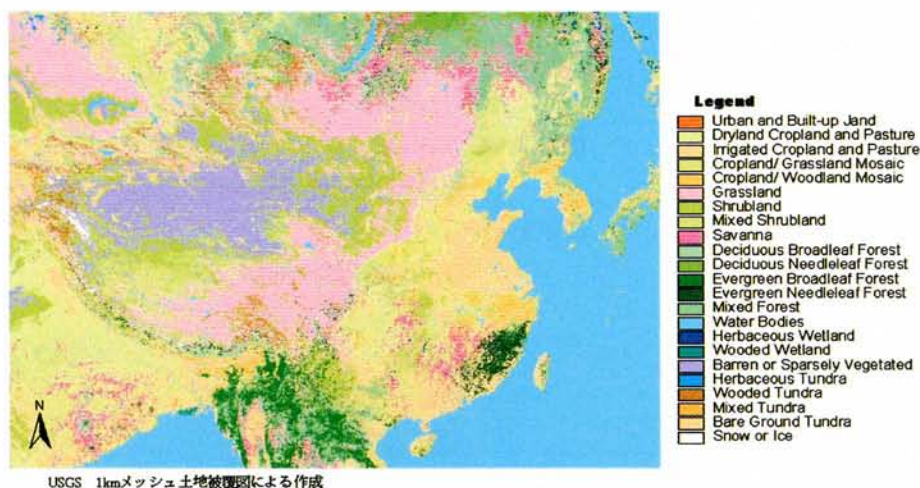


図 1 USGS の 1km メッシュの土地被覆図

第2項 タイ

2.1 地図データ項目

タイ国を対象に収集された地図データ項目、及びそのソース（データ提供機関名称）を以下に示す。

2.1.1 地図データとそのソース

Map 1:250,000 from Mapping Department, MOD
Map 1:50,000 from Mapping Department, MOD
District Map 1:50,000 from NSO
Road Map 1:1,000,000 from MOC
Irrigation Map 1:1,000,000 from MOAC
Public Agency Inventory of Thailand: from MOD
Statistical Data 1994: from NSO
Local Inventory Book: from MOI
Local Administrative Boundary: from the legislative of 31 December 1994

2.1.2 境界データの凡例

Country Boundary
Provincial Boundary
District, Lower Ordered District Boundary
Sub District Boundary
Municipal Boundary

2.1.3 地域レベル名称

Province
District
Sub District
North

2.1.4 地物に関する凡例

Road
National Highway, Trunk Road with Road Number
Provincial Road with Road Number
Railway
Waterway, River
Coast
Dam and Reservoir
Island
Pond, Lake
District Location, Lower Ordered District Location

2.2 地図データの出力例

図 2 はプロビンス境界データに土地利用データを重ね合わせたものである。

（柴崎亮介）

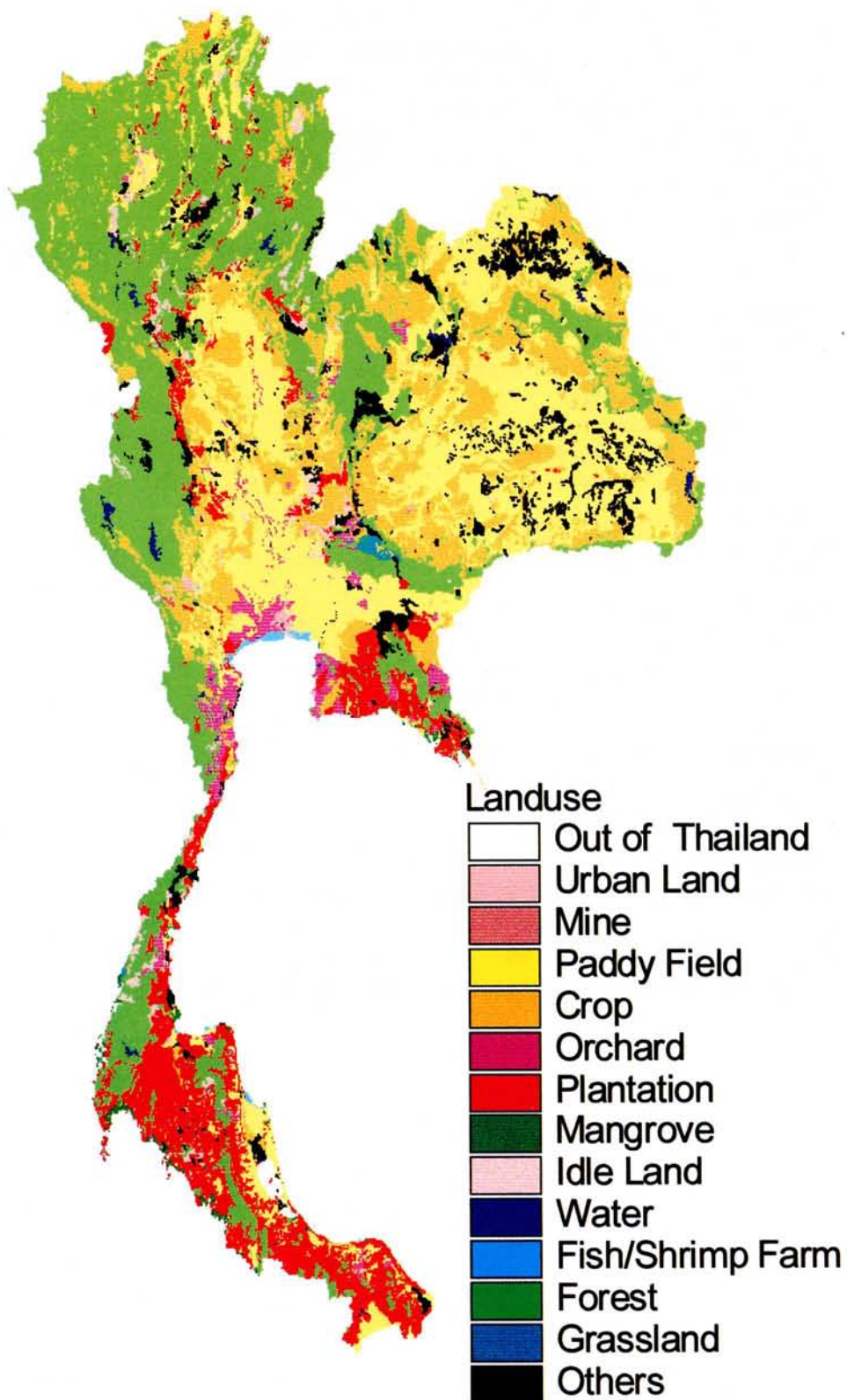


図 2 タイの土地利用デジタル地図（1990年）

第3項 その他の国々

3.1 地図データの項目

LU/GEC 関連で収集、整備したデジタル地図情報について、その対象地域、ソース（データの提供機関名称等）、所在等を表 1 に示す。

3.2 地図データの出力例

表 1 に示したデジタル地図データの出力例を以下に示す。

3.2.1 World Data Bank II の地図情報

アジア地域は、4つのファイルに分割して収録されている。図 3 は、provincial boundaryを付して出力した南アジア地域の例である。

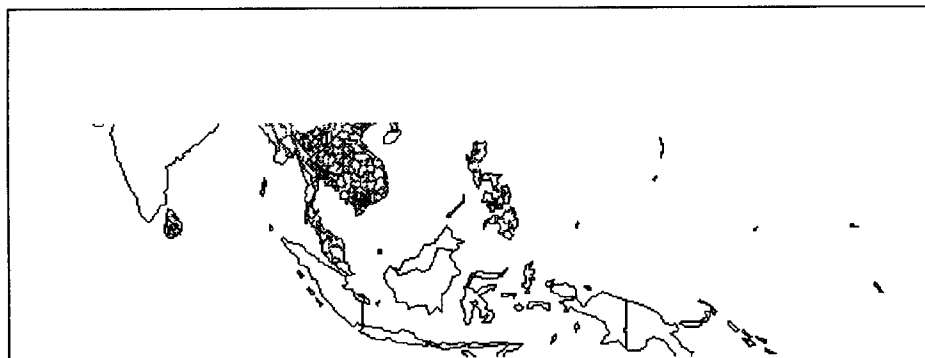


図 3 南アジア地域の例

3.2.2 Digital Chart of the World の地図情報

収録されているアジア全域の境界線情報を図 4 に示す。

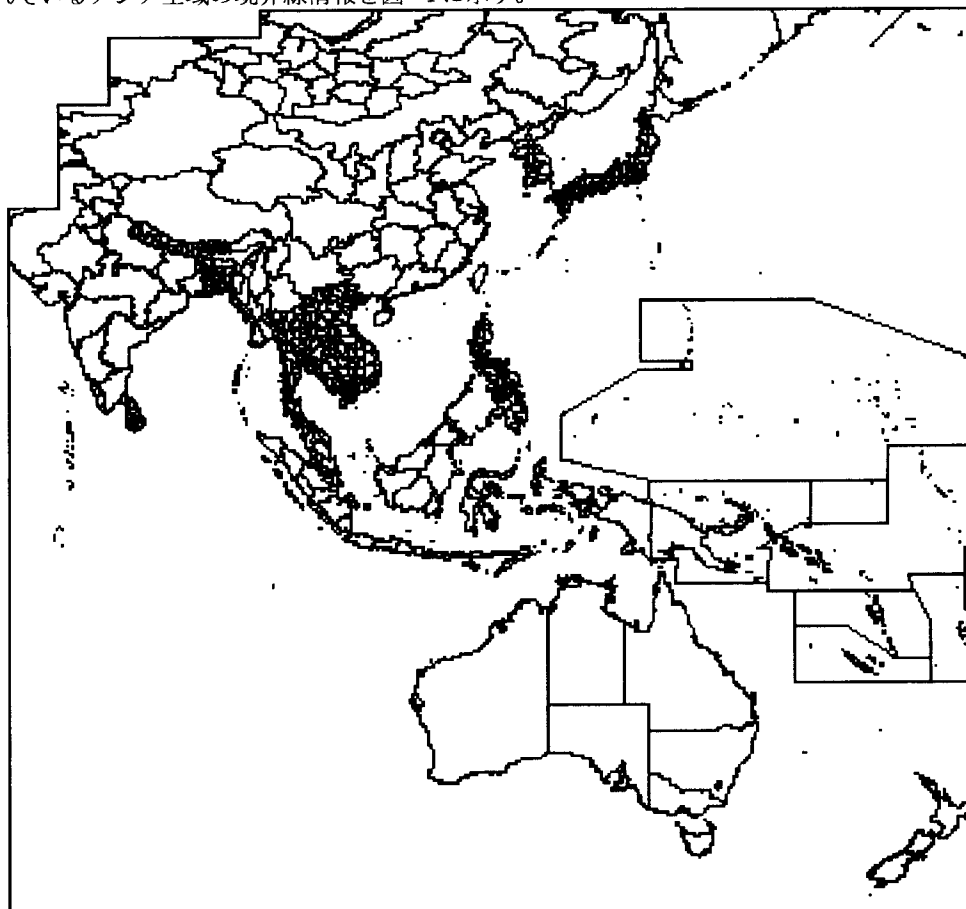


図 4 アジア全域の例

表 1 地図データの整備状況

レベル	対象	地図データ	ソース	所在	境界データの凡例	地物に関する凡例	使用ツール
国	タイ		1/120万地図 (National Statistic Office)	NIES CGER	Country & Provincial Boundary	なし	Arc/Info, Arc View
	韓国		1/105万地図 (入手先不明)	NIES CGER	Country & Provincial Boundary	なし	Arc/Info, Arc View
	台湾		1/35万地図 (入手先不明)	NIES CGER	Country & Provincial Boundary	なし	Arc/Info, Arc View
	中国	1/100万 Digital Map	Griffith University	NIES CGER	Country & Provincial Boundary	50種の土地利用	Arc/Info
	中国	1/100万 Digital Map (長江、黄河流域)	Griffith University	NIES CGER	Country & Provincial Boundary	50種の土地利用	Arc/Info, Arc View
	インド	India Map		NIES CGER PCKK	Country Boundary State Boundary	Town Road Rail road Air port Wild area	Arc/Info
インド	AgroMap	1/4万	ML INFOMAP PRIVATE LIMITED	NIES CGER	International land boundary International sea boundary State boundary District boundary	Major rivers, with annotations Stream and canals Rainfall contours Meteorological stations & climatological data State level livestock & implements data State level crop yeild data District level land use and crop data District level data on cereals	Arc/Info, Arcview, Mapinfo, Atlas
世界		Digital Chart of the World	US. Defense Map Agency	NIES CGER PCKK	Country Boundary Provincial Boundary District Boundary Lower Ordered DistrictBoundary	Political / Oceans Populated Places Railroads Roads Utilities Drainage Drainage - Supplemental Land Cover Ocean Features Physiography Aeronautical Cultural Landmarks Transportation Structure Vegetation	Arc/Info
		World Data Bank II	ComGrafix Inc. (USA)	NIES CGER PCKK	First order Second order Third order Special boundaries Other Special boundaries		Map Grafix, Arc/Info

LU/GEC プロジェクト報告

－アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測(III)－

平成10年6月発行

発行 環境庁 国立環境研究所
水圏環境部

照会先： 大坪 国順

〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2

電話：(0298)-50-2417; Fax: (0298) 50-2576

e-mail: lugec@nies.go.jp