

B-15 アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM)の構築に関する研究

(4) アジア太平洋地域における森林成長モデルの構築に関する研究

研究代表者名 沢田 治雄

農林水産省 林野庁 森林総合研究所

林業経営部

遠隔探査研究室

経済分析研究室

鷹尾 元、平田 泰雅、斎藤 英樹

加藤 隆、古井戸 宏通

平成3～5年度合計予算額 22,959千円
(平成5年度予算額 7,519千円)

[要旨]

まず、アジア・太平洋地域における熱帯林の経年的変化をモデル化するために、東南アジアの国々を対象として、既存の森林資源調査データ、林業統計、農業統計、人口統計などをもとに、熱帯林劣化の現状とそのメカニズムに関する分析を行った。同時に、熱帯林の変動に関する文献調査を行うとともに、熱帯林の消失モデルに関する代表的な研究をレビューし、モデルを考案した。さらに、そのモデルに従って森林消失メカニズムをシミュレートできる計算機ソフトウェアの設計を行い、モデルの部分的な変更にも容易に対応可能であることや、入手可能な情報を因子として構築することとした。なお、言語は FORTRANを使用した。

また、シミュレーションモデルの実行に利用するための既存情報の収集と蓄積と合わせて面的な情報を収集し、地理情報システムGRASS上でデータベースを構築した。モデルの実際の運用と適用のために必要となる森林の動向に関する情報は、できるだけ既存の情報を収集して利用することとしたが、肝心の森林面積の情報が統一的に報告されていないのが現状であった。そこで、地理情報システム上に集積した既存情報に加えて、衛星観測データを利用してより正確な情報を面的に捕えるための手法開発を行った。

これらによって、温暖化防止対策としての造林の位置付けが、それを囲む社会的な因子との絡みで評価・分析できる手法が開発されたと言える。ただし、今後の社会情報の変化や、生活様式の変化などによって、パラメータに修正を加える必要はある。そのためにも、衛星データによる森林監視(モニタリング)と統合化した空間モデルの開発プロジェクトが望まれるところである。

[キーワード] アジア太平洋、熱帯林、温暖化対策、モデル、地理情報システム

[本文]

1. 序

世界の熱帯林は、人口増加と生活様式の改変に起因する様々な欲求の圧力を受けている。熱帯諸国90ヶ国を対象としたFAOの最近の調査では、毎年1540万ヘクタールの熱帯林が激しい変化にさらされていると報告されている¹⁾。その結果、種の絶滅、エロージョンの増加、土着民への脅威などをもたらし、地域的な環境変化のみならずグローバルな気候へも影響を与えるほどにな

っている。

特に、アジアの熱帯地域における森林の減少率は毎年約1.2%であり、中南米の0.8%やアフリカの0.7%と比べても極めて大きくなっている。択伐を行う場合でも伐採の後に天然更新がうまく進まない場合や、火事が発生すると二次林は劣化する。また、択伐後、農耕地や牧草地に利用転換されることもよく行われている。これが続くと、土壌が劣化し、森林再生が極めて困難になる。しかも土壌の劣化で土地生産性が低下するため、農民は新たな土地を求めることになる。このようにして、劣化した土地はますます拡大し、森林の面積は減少するという構図ができています。

一方で、地球の温暖化防止対策の策定において、森林は極めて大きなバイオマスを有するため、二酸化炭素を固定する植生として、最も重要な役割を担うことが期待されている。しかし、上述したように、温暖化防止対策の面で森林を利用する場合、森林を取り巻く状況を人間活動と絡めてその変動を捕えておく必要がある。そのため、森林状況を社会経済的側面と衛星観測等に基づく自然科学的側面から情報収集し、相互の関連をもとにアジア・太平洋地域において温暖化対策の有効性を分析できるモデルを開発することが求められている。

2. 研究目的

アジア・太平洋地域において、人口増加やG N Pの変化など、社会条件の変化がもたらす木材需要及び林地への圧力のメカニズムを分析し、モデルを開発する。また、そのモデルを実際に適用する際に必要となる森林資源や、森林の劣化情報を把握するために、広域の周期的観測能を持つ衛星リモートセンシング技術の利用法を合わせて開発することを目的としている。これらによって、温暖化対策を数値モデルのみならず、面的に分析可能とする手法が構築されることも期待できる。

3. 研究方法

まず、アジア・太平洋地域における熱帯林の経年的変化をモデル化する。そのために、東南アジアの国々を対象として、既存の森林資源調査データ、林業統計、農業統計、人口統計などをもとに、熱帯林劣化の現状とそのメカニズムに関する分析を行う。同時に熱帯林の変動に関する文献調査を行うとともに、熱帯林の消失モデルに関して、これまでの代表的な研究をレビューする。

さらに、収集する熱帯林の情報を基に、これまでの森林消失メカニズムをシミュレートできる計算機ソフトウェアの利用可能性を検討する。ソフトウェアは、モデルの変更にも容易に対応可能であることや、入手可能な情報をもとに構築することとした。言語はFORTRANを使用し、汎用性を高めるため、IBMパソコンのグラフィック画面を用いて図面表示ができるものとする。

また、開発するシミュレーションモデルに利用するための既存情報の収集と蓄積を行い、地理情報システム上でデータベースを構築する。これらの情報はアジア地域をカバーするもので、一般に利用できるデータとする。なお、一連の解析では米国のソフトウェアGRASSを用いる。

モデルの実際の運用と適用のために必要となる森林の動向に関する情報は、できるだけ既存の情報を収集して利用するが、肝心の森林面積の情報が統一的に報告されていないのが現状である。そこで、地理情報システム上に既存情報をできるだけ集積するとともに、衛星観測データを利用して、より正確な情報を面的に捕えるための手法開発を行う。

4. 研究成果

以下の4項目が本研究の成果である

- (1) 熱帯林の変動モデル(数値モデル)
- (2) 森林変動モデルソフトウェアの整備
- (3) データベースの構築
- (4) 衛星データによるモデルのための森林情報取得

(1) 熱帯林の変動モデル(数値モデル)

これまで森林消失モデルに関する代表的な研究としては、Sulford大学の Alan Grainerによるものや、フィンランド森林研究所のMatti Paloによるものなどが見られる²⁾。また、静学的研究では、人口密度と森林率の間に明瞭な負の相関関係が見られることから、FAOなどからは、将来の推計人口に基づく森林消失予測の提案がある。しかし、動的分析を行ってみると人口密度の変動と森林率の変動との間には、明瞭な関係が存在しないことがわかった。これは人口の指標として総人口を取った場合だけでなく、就業人口や農業人口あるいは農家世帯数をとった場合でも同様であった。

このことは、森林消失による社会的損失が極めて大きく、逆に伐採や、火入れ、開墾など森林消失をもたらして行われる人間の諸活動のもたらす利益が十分に大きくない場合が多いために、森林消失が必ずしも人口収容力の拡大につながっていないためと考えられる。立地的にも農業発展が起こっているのは、最近になって森林が伐採開発されたところよりも、むしろ早い時期に森林開発が行われたところを中心となっている現状が多いため、10年程度の期間で見た場合、森林消失が必ずしも生産的農地の拡大をもたらしていない。このことは、将来の推計人口のみに基づく「森林消失予測モデル」は必ずしも有効でないことを示している。

また、これまでの森林消失モデルでは土地利用変動の直接的要因が木材生産や農地開拓、畜産開発等による生産的要因に限られる傾向があったが、上記の分析からもこれは現実をよく表していないことがわかった。森林植生の劣化および森林消失には、木材の伐採のほかに火入れ、あるいは林野火災の影響が大きいことは一般に認められているが、実際に火入れ、あるいは林野火災があった土地のうち、焼畑あるいは常畑として利用されるのは数分の一以下だと推定される。従って森林の変動モデルをより現実に近づけるためには、人口増加や経済発展に伴う木材の生産的要因や林地開発だけでなく、林野火災についてもそのモニタリングに基づいてモデルへ組込んでいく必要があることがわかった。しかし、林野火災とその影響に関する報告は極めて少なく、衛星データによる分析が必要なのが現状である。

(2) 森林変動モデルソフトウェアの整備

森林変動モデルのベースとなるソフトウェアとしてIMAGE (An Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect) の提供を作者J. Rotmansから受け³⁾、その中の森林消失モジュールを本研究用にアレンジして用いることにした。本ソフトウェアはFORTRANで書かれておりIBM・PC上で利用できるVGAグラフィックで作図するものである。このソフトウェアでは、上記4-(1)で問題とした森林火災の要因が組み込まれていない。そこで森林消失モデルの構造を図1のように修正し、火災要因の影響を分析できるようにした。このモデルは生態系のタイプを、熱帯林、

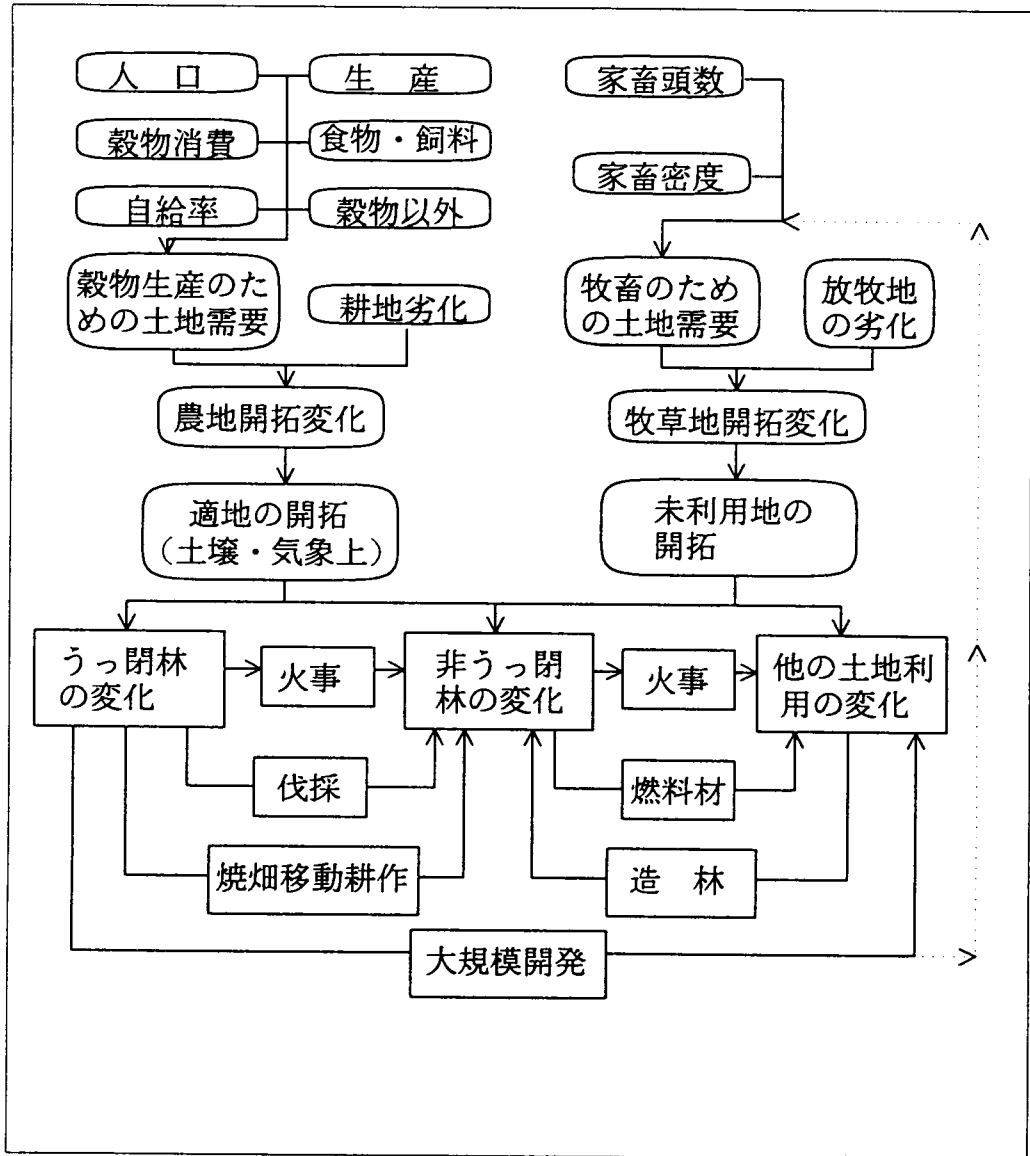


図1 アジア・太平洋地域森林変化モデルの構図

草地、耕地および半乾燥地の4つに区分している。また、熱帯林はうっ閉林と非うっ閉林に細分しているが、二次林や休閑林等は非うっ閉林に含めている。森林は変化を受けて、再造林地になるか、農地や草地または崩壊地等になるものとしている。森林変動は多くの過程を経てもたらされるが、人口増加や経済の成長によって起きる種々の要求と森林火災を主な原因とみなしている。

図1に示したように、モデルは単純化されている。例えば燃料材採集は非うっ閉林のみで考慮されているが、これは、うっ閉林では地域の要求を満たせる自然的な生産力があるため、大きな影響をもたらさないと仮定しているためである⁴⁾。植林は耕地や草地、林地ではなく裸地等で行われるとしており、森林伐採はうっ閉林が対象で、非うっ閉林へ変化するものと仮定している。

ソフトウェアは、相互の関連を単純な算術式で現したものとしている。例えば、本研究課題の大きなテーマである温暖化防止策の対象として考えられる非うっ閉林の面積変化は、初期の面積 $OPNF(T-1)$ と耕地へ変換された面積(耕地の拡大 $DEFAGO$ と焼畑の拡大 $DEFYSH$)、牧草地へ変換された面積 ($DELIVO$) その他へ変換された面積 ($FWOOD$) と造林面積 ($REFOR$) およびうっ閉林から非うっ閉林へ変換された面積(商業伐採 $COMM$ 、焼畑による変化 $YSHFTC$ 、火事 $FIREC$)で次式の様に表されている。

$$OPNF(T) = OPNF(T-1) + (COMM(t) + REFOR(t) + YSHFTC(t) + FIREC(t) - DEFAGO(t) - DELIVO(t) - FWOOD(t) - DEFYSH(t)) \cdot dt$$

また、本モデルに加えた各種の変量に関する検討を以下にまとめる。

定着農業：

耕地の開拓は常に森林破壊の最も重要な原因となってきた。現在、熱帯地域に見られる農地の需要の主要原因は5つある。1) 人口増加、2) 経済発展に供う、食糧、繊維および林産物の消費量増加、3) 土地劣化による面積と生産力低下、4) 農民の貧困により適性な農耕ができないこと、5) 輸出作物の生産。多くの研究は、理論的には現在および将来の人口は耕地拡大と生産性の向上によって食糧を与えられると報告している。しかし、個々の国においては、そうならないと指摘している報告も多い⁵⁾。本モデルでは、個々の地域において耕地の需要を決定するために、人口、一人当たり必要穀物量、ヘクタール当たり穀物生産量、現在の農耕地面積、穀物以外の生産のための土地利用割合、家畜の餌のための穀物割合、食糧自給率等を考慮した。また、耕地の総需要面積を決定するために、土地の劣化状況も考慮しているが、統計的な情報が十分に得られていないため、土地の劣化を負の指数関数と考えている。

焼畑移動耕作：

焼畑移動耕作に関しては、種々の考え方が存在している。炭素循環の面からは伝統的な持続的焼畑移動耕作はさして重要ではない。うっ閉林地域で伝統的焼畑を行うことは、後に森林の構造を変えることになるので、非うっ閉林化と考える。うっ閉林での焼畑の開拓は、この種の農業にかかわる農村人口の割合と休閑期間および家族当たりの必要面積をもとに算出される。コンピュータプログラムでは、この面積を記憶しておき、次のステップで定着農地が拡大する時に、この土地をまず使用するものとしている。

家畜の飼育：

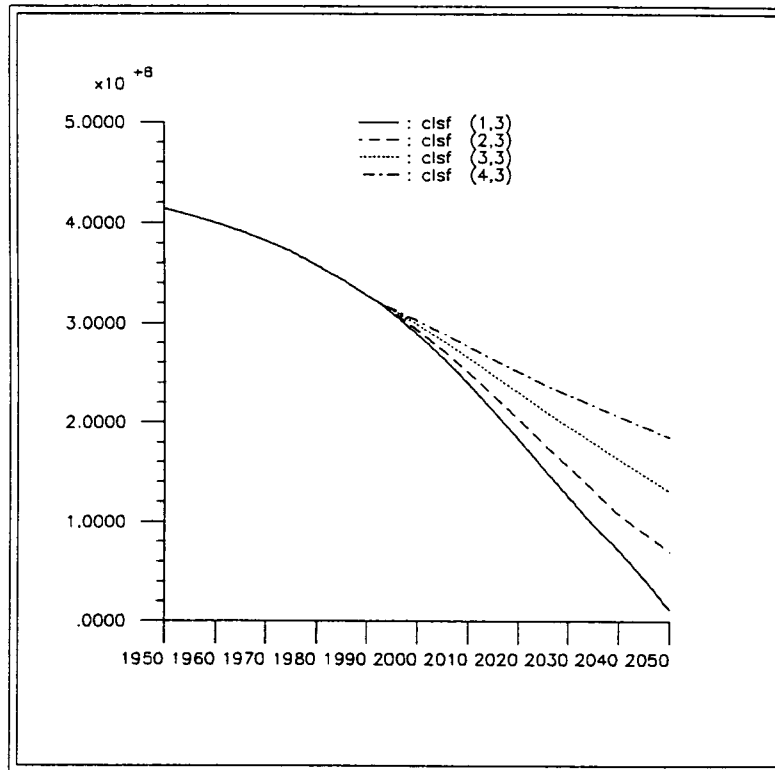


図2 アジアの熱帯うっ閉林の面積変化予測

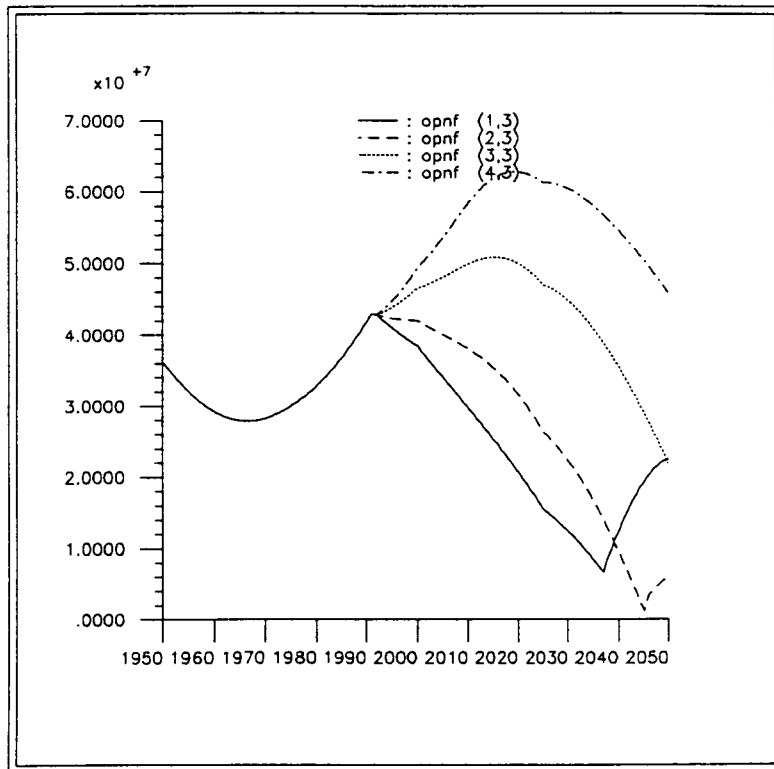


図3 アジアの熱帯非うっ閉林の面積変化予測

発展途上国では、一般に人口増加に伴って家畜の頭数もしだいに増加している。しかし、アジア地域では、肉と乳製品などは近くに大きな市場がないために、あまり重要となっていない。

伐木：

直接的には、商業伐採は他の原因と比較してそれほど大きなものではない。しかし、間接的には、伐採のために道路を森林の中に開設し、農民がその仕上げをする事をもたらす。このモデルでは、この様子を焼畑移動耕作の場合と同様にシミュレートできるようにしている。つまり、ある期間の伐採の後、その地域は農地化するものと考えている。

燃料材採取：

燃料材採取が温室効果に關与するのは、生長量以上の採取を行った場合である。この研究では、うっ閉林は再生能力が十分あるので被害を受けないと仮定し、非うっ閉林がその地域の農村人口の増加に比例して破壊されるものと考えた。また、植林や燃費の向上の影響によって破壊がおさえられる状況には到っていないと考えている。

産業活動：

森林破壊のシステムの中では、産業活動はあまり考慮していない。工場等の建設に絡んで森林が伐採される面積はそれほど広くはないが、原生林の伐採問題や雇用拡大により多数の人間が流入することの影響は含めていない。

植林：

森林消失の減少について、再造林もしばしば気候変動に寄与することとして考慮されている。化石燃料の放出とバランスをとるために必要となる植林面積は植林の評価によることになる。楽観論者は比較的狭い、よく管理されたプロットの資料を用いるし、悲観論者は炭素循環に顕著な影響を与えるほどの広大な植林には、それらの資料の値は使用できないと反論しているのが現状である。

このモデルは、近い将来の森林資源の状況を精度よく推定することを図って作成したのではなく、異なるタイプの開発や、森林再生の努力が持たらずであろう比較的長期間での可能性を示すためのものである。そこで、地球の温暖化対策の分析など、長期の森林変動の様子を推定するために、4つのシナリオを考えた。

- A) 制限を加えない場合
- B) 弱い制限を与える場合
- C) 現在の動向に変化を加える場合
- D) 現在の動向に強い変化を与える場合

AからDになるに従って、森林の保全的側面が強いシナリオである。シナリオAでは、環境問題が経済成長を制限することがない。つまり、短期間の利益追求が長期に渡る場合である。熱帯林では、このことは、森林が鉱物採掘のように、できるだけ速く開発され続けることを意味する。それによって伐採量の増大と農業および工業の進展をもたらすことになる。当然、地球温暖化の対策は考慮されていないもので、対策の評価分析は、この動向との比較がまず第一段階の評価となる。

シナリオBとCは、長期経済効果の導入によって森林開発を制限するものでありITTA（国際熱帯木材協約）とFAOの熱帯林行動計画がそれぞれ該当する。この段階は、まだ経済効果が

ら発展したものであり、地球温暖化防止対策は、これらのシナリオ以上に位置付けられるべきものとする。

シナリオDは、生態学上の観点から森林保全を目指すものである。このシナリオは、森林をそのまま保全するもので、地域の経済的な発展などの社会、経済的な配慮はなされていない。つまり、このシナリオでは、広葉樹の伐採と日常の食肉生産のための牧畜は制限され、再造林が重要とみなしている。

なお、人口増加は全てのシナリオで共通としており、経済発展の直接的影響は含めていない。

このモデルによる計算では、最も悲観的なシナリオAでは、21世紀の半ば前に熱帯アジアのうっ閉林が全て消失することになった(図2)。また、非うっ閉林がいくつかのシナリオで一時的に増加するものの、人口増加に伴って林地への圧力が強まるため、いずれ破綻することが分かる(図3)。なお、この試算では、表1のようなパラメータを用いている。しかし、現段階では、森林火災に関する情報は入手不可能なため、モデルの計算では加味していない。実際はもっと厳しい結果をもたらすことが予測される。

(3) データベースの構築

アジア太平洋地域の森林変動モデルを作成するにあたり、その動向を分析するために必要となる各種のデータをデータベース化して用いた。

森林面積やその変動パラメータ、人口等の社会的パラメータ等は、国別に収集されたワールドデータベースを参照した。しかし森林に関する情報は、実態は農地や居住地となっても、国が「林地」登録の変更を認めないために、行政上「森林変化は無い」と報告されているものを用いざるを得ないなど、矛盾が見られる。

国単位ではなく、メッシュ単位で、自然状況を示すデータとして、NOAA衛星のグローバル植生指数や植生型、標高等のデータを収集し、データベース化した(表2, 図4, 図5)。考案したモデルを適用して温暖化対策の分析・評価を行うために森林の面積やその変化の実態を捕えることが不可欠であることは明らかである。なお、データの集積には地理情報システムARC/INFOとGRASSを用いた。

(4) 衛星データによるモデルのための森林情報取得

① NOAA衛星による季節変化情報

NOAAのGVI(グローバル植生指数)データは、毎週1画像が合成して作成されており、地球規模でのフェノロジー情報を得ることができる。この情報を利用して植生型を分類する手法が開発された。その際にGVIデータから得られる有効な情報は次の10項目であった。

- | | |
|----------------|--------------------|
| a. 最大値を示す週 | f. 植生の生長期間(週) |
| b. 最大値 | g. 生長期間の回数(／年、季節数) |
| c. 最小値を示す週 | h. 年平均GVI値 |
| d. 最小値 | i. 生長期間のGVI平均値 |
| e. 植生が生長を開始する週 | j. 生長期間のGVI積分量 |

ただし、これらの情報では、現存する森林のバイオマスに関連する情報は得られなかった。

表1 シミュレーションに用いたパラメータ

IMAGE DEFORESTATION MODULE DATA SHEET

Tropical Asia 13 countries ¹	in 2100 scenario to			in 2100 scenario to			
	unit	1900	1985	A	B	C	D
remaining closed forest	1000 ha	381000	301344	to be calculated			
remaining open forest	1000 ha	85000	30653	to be calculated			
closed 9 countries	%		92	to be calculated			
open 9 countries	%		98	to be calculated			
fallow tot. AS closed	1000 ha		69225	(+1.25%/a)	15	10	5
swidden cycle closed	years	10	10				
fallow tot. AS open	1000 ha		3990				
swidden cycle open	years	9	9				
population function ²	mln		1274	138988	0.0433	0.0320	3206
percentage rural	%	50	50	70	65	55	50
% swidden farmers closed	%	2	2	4.0	3.0	2.0	1.0
% swidden farmers open	%	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1
number in family	cap/fm	9	9	7	7	8	8
cleared per family	ha/yr	0.7	0.7	1.0	0.8	0.7	0.6
human area (0.05ha/cap)	1000 ha		63700	proportional to population growth			
yield tot. cereals sc. A ²	kg/ha		2500	563	0.095	0.024	6000
yield tot. cereals sc. B ²	kg/ha		2500	348	0.088	0.035	4000
yield tot. cereals sc. C ²	kg/ha		2500	279	0.081	0.041	3500
yield tot. cereals sc. D ²	kg/ha		2500	226	0.075	0.049	3000
consumption food cereals	kg/cap	170	170	230	210	190	170
percentage food (vs. feed)	%	95	80	65	75	85	95
area non-cereals	%	50	50	70	60	50	40
irrigated area	1000 ha		62000	150000	125000	100000	85000
self-sufficiency ratio ³	%	100	95	110	100	90	80
forest plantations sc. A ²	1000 ha	2	7320	62.9	2.5E-3	0.06	25160
forest plantations sc. B ²	1000 ha	2	7320	9.53	1.9E-4	0.08	50200
forest plantations sc. C ²	1000 ha	2	7320	1.65	2.2E-5	0.10	75000
forest plantations sc. D ²	1000 ha	2	7320	0.29	2.9E-6	0.12	100000
cattle number scen. A ²	1000	135000	303000	150000	0.040	8.6E-3	3750000
cattle number scen. B ²	1000	135000	303000	148360	0.099	0.011	1500000
cattle number scen. C ²	1000	135000	303000	109970	0.220	0.023	500000
cattle number scen. D ²	1000	135000	303000	4462	0.013	0.075	350000
cattle productivity	ha/hd	0.10	0.10	0.30	0.25	0.15	0.10
comm. wood prod. index ^{2,5} A	ha/yr.	68160	1755000	0.1846	0.1055	0.0317	1.75
comm. wood prod. index ^{2,5} B	ha/yr	68160	1755000	0.1150	0.0767	0.0408	1.50
comm. wood prod. index ^{2,5} C	ha/yr	68160	1755000	0.0390	0.0300	0.0589	1.30
comm. wood prod. index ^{2,5} D	ha/yr	68160	1755000	1.0E-4	1.0E-4	0.1495	1.00
wood prod. int. index		0.04	1	1.0	1.3	1.6	2.0
affected by fuelwood	ha/yr		1700000	prop. to rural population growth			

For notes see page 80

表2 データベース化したグローバルデータ

月別GVI	(1985.4~1988.12)	10分	
3年平均月別GVI	(1986~1988使用)	10分	
GVI主成分	(1986~1988)	10分	
月別補正GVI	(1985.4~1988.12)	10分	
olson生態	73カテゴリ	10分	WEI.4D
海軍平均標高	(-120~7830)	10分	FNOCMOD
海軍最高標高	(-120~8840)	10分	FNOCMAX
海軍最低標高	(-240~6100)	10分	FNOCMIC
一次表層タイプ	10カテゴリ	10分	FNOCPT
二次表層タイプ	10カテゴリ	10分	FNOCST
陸・海区分	2カテゴリ	10分	FNOCOCM
Ridges数	64カテゴリ	10分	FNOCRDG
Ridges方向	19カテゴリ	10分	FNOCAZM
水域%	0~100	10分	FNOCWAT
都市開発%	0~98	10分	FNOCURB
海岸線	ベクタ	1分	MWCOAST.VEC
国境線	ベクタ	1分	MWNATION.VEC
川	ベクタ	1分	MWRIVER.VEC
湖	ベクタ	1分	MWLAKE.VEC
標高	-10376~7833	5分	ETOPO5
FAO土壌	134カテゴリ	2分	FAOSOIL

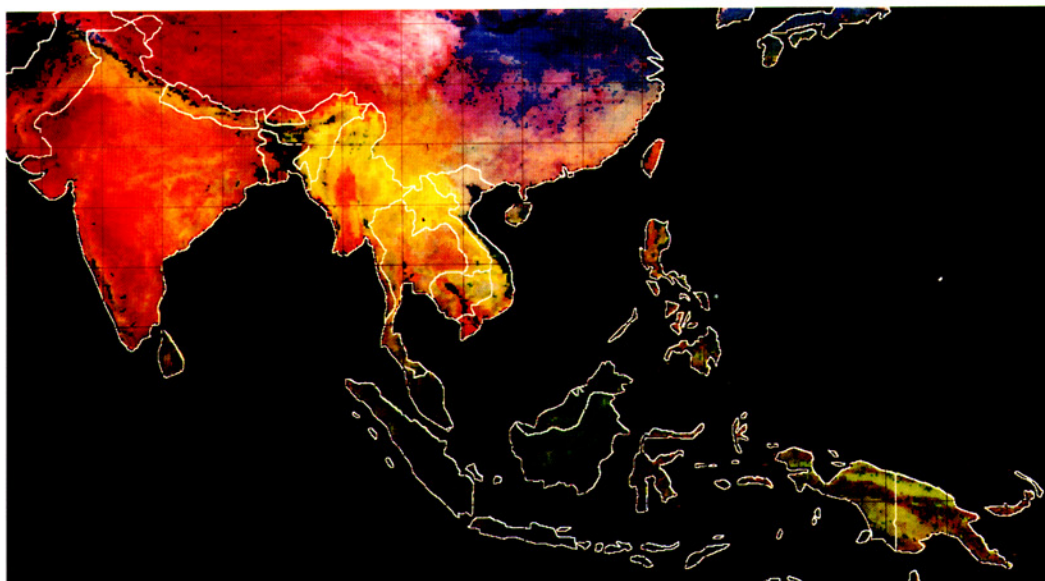


図4 データベース化したNOAA・GVIデータによる主成分画像の例

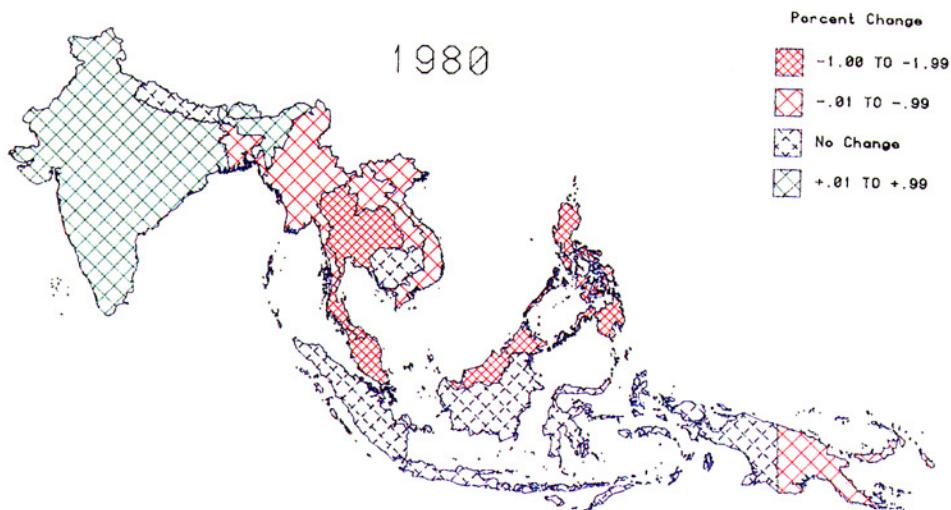


図5 データベース化したポリゴンデータの例（森林面積変化）

②NOAA衛星による国別森林面積の推定法

表2で示したように約5年間分のGVIデータを収集したが、これを時経列的に並べることによって季節変化と経年変化を分析する手法を開発した。森林は草地や農地よりも高いか同程度の植生指数を示すものと仮定するとともに、乾季・雨季の着葉状態の変化が植生指数に現れていると考え、GVIの「いき値」を用いて国別の森林面積を推定する方法を考案した。具体的にはまず、GVIが0.4以上の面積率を月毎に計算し、時経列データとしてプロットし、それにスムージング処理を施して、季節変化の傾向を捕える。次に、その結果をもとに、移動平均を算出することで、森林面積率を推定する。この手法は、季節林地帯でよく当てはまることがタイなどの詳細な分析で明らかになった(図6)。ただし最適な「いき値」は地域的に異なるため、国別の検討が必要である。

5. 考察

アジア太平洋地域で重要な位置を持つ熱帯林の変動モデルが作成された。特に、森林火災のもたらす影響が大きいことから、同モデルに取り入れられているのが特徴である。このモデルによって森林変動をシミュレートするコンピュータソフトウェアも整備されたが、森林火災の影響を示す正確なパラメータが情報として欠如しているのが現状である。また、森林面積等の情報もワールドデータベースなどで一般に利用できる情報は各国からの報告であり、信頼できない場合が多いことも問題となった。そのため、衛星データなどを利用してそれらの現況を正確に押さえておくことが、温暖化防止策を森林の側から評価・分析し、実際に適用する際に不可欠と考えられる。

6. 本研究により得られた成果

改めて、本研究によって得られた成果を要約すると

- (1) アジア・太平洋地域の熱帯林の変動モデルが作成された。
- (2) 変動モデルの数値シミュレーションを行うコンピュータソフトウェアが整備された。
- (3) 変動要因を分析するための各種グローバルなメッシュデータ(10分メッシュ)が整備された。
- (4) 変動を直接監視するとともに、森林の現況をグローバルな視点から推定するためのNOAA・GVIデータの分析法が明らかとなった。

これらによって、温暖化防止対策としての造林の位置付けが、それを囲む社会的な因子との絡みで評価・分析できる手法が開発されたと言える。ただし、今後の社会情報の変化や、生活様式の変化などによって、パラメータに修正を加える必要はある。そのためにも、衛星データによる森林監視(モニタリング)と統合化した空間モデルの開発プロジェクトが望まれるところである。

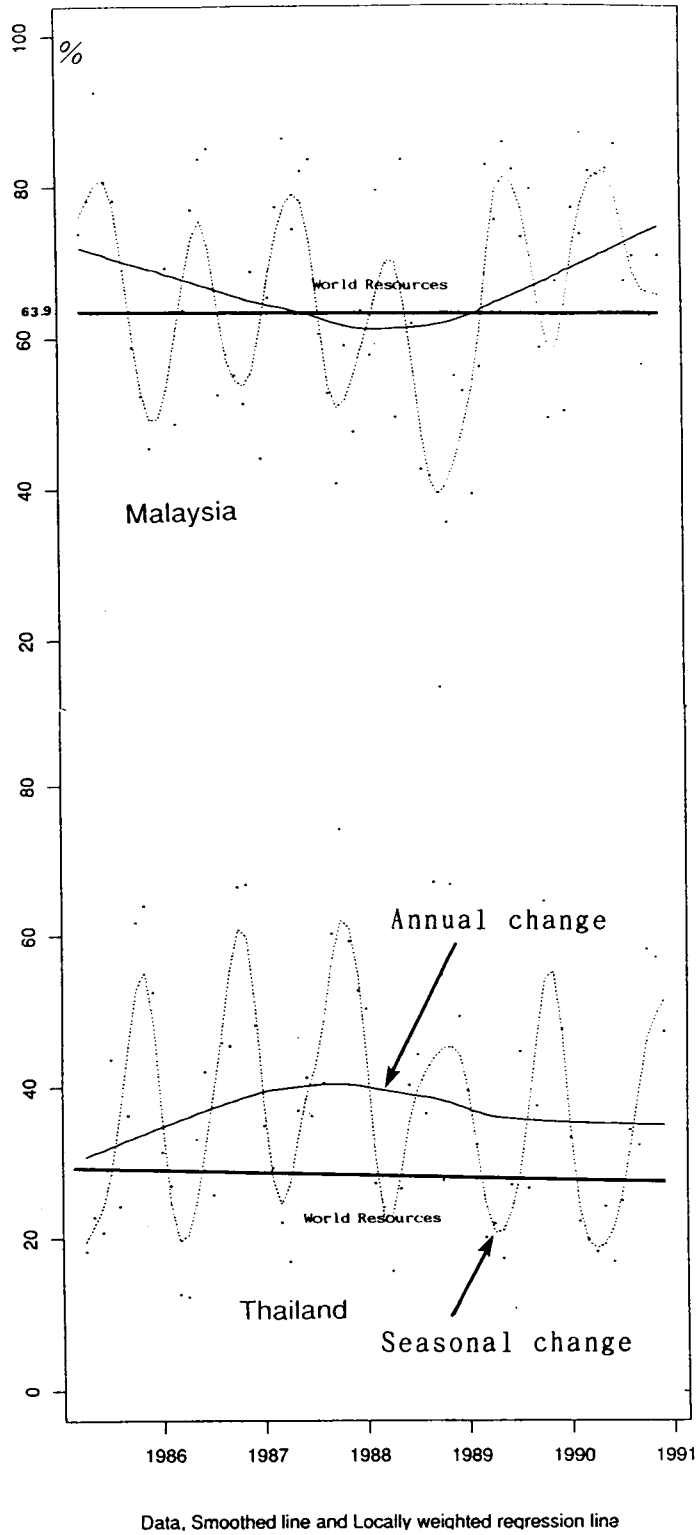


図6 NOAA衛星データによる国別面積推定例

8. 参考文献

- 1) FAO, 1993, Tropical Forest Resources Assessment, FAO Rome
- 2) Matti Palo, 1992, Terms of transition from deforestation into sustainable forestry in Latin America, IUFRO Centennial Meeting
- 3) Jan Rotmans, 1990, IMAGE An Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect, Kluwer Academic Publishers
- 4) Montalembert, M. R. de, and J. Clement, 1983, Fuelwood supplies in the developing countries, FAO Rome
- 5) FAO(1984), 1984, Land, Food and People, FAO Rome

[研究発表の状況]

- (1) 沢田治雄、熱帯圏における広域モニタリング、熱帯農研集報、72、1994
- (2) 沢田治雄、資源・環境のモニタリングと情報システム、森林サイエンスの現状と展望、398-399、1993
- (3) 沢田治雄・岡裕泰・加藤隆、東南アジアの森林変動状況分析GISの開発（I）変動モデルとデータベースの開発、105日林論要旨、227、1994