

H-8 持続可能なコンパクトシティの在り方と実現方策に関する研究

(1) 途上国及び先進国における持続可能なコンパクトシティの在り方に関する研究

① 途上国におけるコンパクトシティの在り方に関する研究

慶應義塾大学

総合政策学部

梶 秀樹・石橋健一

SFC研究所

原 誠宏

立命館大学政策科学部

鐘ヶ江秀彦

平成13～15年度合計予算額 20,848千円

(うち、平成15年度予算額 6,566千円)

※上記の予算額には、間接経費4,812千円を含む

[要旨] 本研究は途上国大都市へのコンパクトシティ政策導入による持続可能な都市の実現方法を探る。欧米諸国で持続可能な都市を実現するコンセプトとして有望視されているコンパクトシティの概念を途上国大都市へ適用する方策を既存研究の分析から探るとともに、アジア途上国大都市での居住水準に関する調査や動的都市シミュレーションおよび都市形態と交通需要に関する理論モデルの試算を通じて政策提言を導き出す。成果として、先進国でなされたコンパクトシティ論をそのまま途上国へ適用するのは難しいこと、途上国では都市成長に応じた開発政策としてコンパクトシティ政策を導入するべきであること、一点集中型や完全分散型の都市開発よりもその中間型が望ましいことが分かった。

[キーワード] コンパクト・シティ、途上国大都市、都市形態、都市居住水準、政策実験シミュレーション

1. はじめに

コンパクトシティの考え方は、持続可能な都市の実現を可能とする一つの方向として、1990年代初頭からヨーロッパを中心とする先進国において着目された。その主な狙いは、①省資源・省エネルギー（土地、移動量、排気・廃棄物）および②インナー都市の活性化であり、限りなく郊外へ拡大する都市形態に対する反論としての一面があった。

1998年にはEU委員会内部の都市環境に関する専門家グループ¹⁾により、「“EUにおける都市アジェンダにむけて”についての意見書」が提出された。意見書では、持続可能な社会を実現するための都市モデルとして、コンパクトシティ・モデルとグリーンシティ・モデルの2つが考察され、結論としてコンパクトシティ・モデルが推奨されている。

また、英国のオックスフォード・ブルックス大学のJenks、Burtonら²⁾は、都市形態は都市の持続可能性に大きな影響を与える基本的な要素であり、エネルギー消費の70%は土地利用の影響を受け、交通からの排出物は土地利用計画や政策によって16%削減可能と考えられる、としてコンパクトシティの優位性を提唱している。

しかし、コンパクトシティがサステイナブルな都市をもたらすかどうかは完全には実証された

ものではなく、今なお多くの議論や疑問点が提出されている。また、途上国の持続可能な開発の一助となる本テーマは、グローバルな協力が必要とされる地球環境問題の分野で国際貢献することにあたり、わが国にとっても深い意義をもつ。

2. 研究の目的

以上より本研究は、今後15～20年間に都市人口の急増が予測される開発途上国において、持続可能な都市開発としてのコンパクトシティ政策の有効性ならびに導入可能性について、理論的かつ実証的に検討することを目的とする。理論的検討においては、コンパクトシティ政策により実現される都市空間が、持続可能な社会の満たすべき生活の質的向上要件の一部しか充足し得ないこと、ならびに途上国における生活の質は「人間安全保障」の充足を先ず達成すべきであることを、既存研究の調査から明らかにする。またそのことを実証的に検討するため、アジア地域の途上国大都市を対象に、ケイパビリティアプローチに基づいて設計した人間安全保障水準に関するアンケート調査を行い、都市間比較と同時に各都市ではどのような居住水準項目が重視されているかを明らかにする。次いで、都市人口の急増に対するコンパクトシティ政策の有効性を実証するために、所与の都市圏における都市成長形態を、一極拡大型から複数のコンパクトコアシティが連担する星状型まで15の理論的パターンを作成し、どのパターンが最も持続可能かを、総交通移動量の最小化の視点から評価する。最後に、政策評価が可能なSDモデルによる都市成長シミュレータを開発し、上記で提案される持続可能なコンパクトシティの実現可能性について検討する。

3. コンパクトシティと持続可能な都市の姿

そもそも1978年にDantzigとSaaty³⁾によって提唱されたコンパクトシティと言う考え方は、

- | | |
|---------|--------------------|
| 空間形態として | ① 高密度居住 |
| | ② 自動車依存が少ない（←高密度） |
| | ③ 複合土地利用 |
| 空間特性として | ④ 生活多様性（←複合土地利用） |
| | ⑤ 明確な境界で周辺部と隔離される |
| | ⑥ それゆえ独自性を持つ |
| 機能として | ⑦ 社会的公平性がある（←近接居住） |
| | ⑧ 日常生活の自足 |
| | ⑨ 自治の自立（←明確な境界） |

といった、都市形態的、空間構造的、社会的特性を持ったものとして提起されている。

一方、持続可能な都市という時の「持続可能性」とは、目下のところ必ずしも普遍的な定義は確立していないが、最大公約数的にまとめると以下の3つの次元で定義される。

- ① 経済的持続可能性：
経済活動が省資源・省エネルギー化を計りつつ、質的転換をしながら安定的に成長してゆく。
- ② 環境的持続可能性：
全ての都市活動において、ゼロエミッションを計り、安全で快適な都市居住環境を保つ。

③ 社会的持続可能性：

富の配分や社会サービスの供給に関し社会的公平性が確保されている。

持続可能な都市とは、したがって、そうした特性を持った都市であり、コンパクトシティ政策はそれを達成する効果的政策としてECにより着目されたものと言える。しかし、具体的なコンパクトシティの形態としては、必ずしもDantzigとSaatyの提案した円形都市にこだわらず、Elkin⁴⁾によれば、

- ① 徒歩、自転車、公共交通機関での移動に適した
- ② 社会的交流を促進するような近接性を持った

規模と形態を持つ都市である事が必要な条件であるという。また、HaughtonとHunter⁵⁾は、より具体的に、「種々の機能が集中したいくつかの稠密地区が公共交通で結ばれて分散配置されている大規模な中心地域から自己完結型の近隣住区へと広がる都市」形態を提案している。確かに、コンパクトな都市の形態と持続可能性とは密接に関係しており、それは、

- ① 自動車交通依存からの脱却
- ② 社会インフラ整備と公共サービスの効率的供給
- ③ 高密度居住による近隣性の復活
- ④ 中心商業地区の活性化

の4点から検討し得る。

これら共通点が存在するとはいえ、厳密には両者が内包する概念の枠組みは完全には重ならない。実際、途上国の大都市の多くを見渡せば、既に極めてコンパクト（高密度）であることに気づく。しかし、素直に全てが持続可能な都市であるとは言えない。というのも途上国の都市のコンパクトさは、極端な住宅の不足による大家族居住や公共交通の未整備による人口拡散の抑制の結果として存在しているものであり、交通渋滞、大気や都市河川の汚染、ごみの残存、スラムなど多くの都市居住上の問題を引き起こしている。逆に、長い歴史を持ちながら開発から取り残されたが故に、高密度ではないが適度な都市規模で、安定した経済活動と緊密な近隣関係を保ち、十分に持続可能と呼べる都市が存在する。

以上より、都市をコンパクトにすることによって持続可能性を達成するためには、単にコンパクトであるという特性以外に、次のような条件が必要となる。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">① 人口の増加がごく緩やかであり都市サービスの整備が追いついて行く事② コンパクト化政策を実施するための強力なリーダーシップがあること |
|--|

既存都市を更新しつつ徐々にコンパクト化を進めるにしろ、人口の増加に合わせてコンパクトな新都市開発を進めるにしろ、人口の成長速度があまりに早い場合は、規制や開発が追いつかない。また、コンパクトシティが持続可能な都市であるためには、住民の生活スタイルもそれに合わせたものとならなければならない。例えば、自家用自動車の利用の抑制とマストラ利用の促進、あるいは、省資源・少排出・リサイクルの促進などであり、それを推し進める強力な体制と市民の合意が必要となる。

先進国ではこれら①②の条件が既に備わっていると考えられ、コンパクトシティ化政策による持続可能な社会の実現性が議論される素地が固まっているとも言える。

4. 途上国におけるコンパクトシティ化政策適用の可能性

コンパクトシティ化政策によって持続可能性を達成することは、前述した条件が整わない途上国においては、極めて困難ではないだろうか。

まず、先進国と途上国との都市人口の成長速度の違いは、コンパクトシティ化政策の適用可能性において検討すべき問題を全く異なった性格にする。先進国の場合、その都市人口比率は、1975～2025年の間に69.8%から84%に増加するが、都市人口で見ると7.3億人から10億人の増加となる。こうした緩やかな変化の過程で環境上問題となるのは、「生活の質の高度化」に伴う資源の浪費と言える。具体的には、

- ① 1人当たりの土地面積増加→人口密度減少
- ② 平均移動距離の増加・生活電化によるエネルギー消費の増加
- ③ 廃棄物・汚染増加→16.7%の人口が53.6%のCO₂排出

などであり、コンパクトシティ化政策はこうした問題を解決するものとして期待されている。

一方、途上国の都市人口比率は、同じ1975～2025年の間に26.7%から57.1%に増加し、都市人口は8億人から40億人になると予想されている。2015年には、100万人を越すメガシティが、26市でき、その内22市が途上国であるとの予測もある。こうした状態での都市環境問題は、

- ① 経済成長を超える人口成長による環境インフラの整備の遅れ
- ② 貧困層の増加により都市環境が悪化、平等の確保が困難

であり、コンパクトシティ化政策によってこれらの問題を解決できるか否かが検討されねばならない。(表4-1)

また、高密度で複合的な土地利用というコンパクトシティの特性が、総体として低コストなインフラ整備を可能とし、かつ必要とする土地資源も少なく済む安価な開発方式をもたらすという意見についても途上国では異論がある。というのも、

- ① 都心部の空地開発や強制的開発権移転は地価の高騰、土地投機を生む。
- ② 低所得者の高密度居住地域にインフラを整備するのは、立ち退きや、移転先の整備も含

表4-1 先進国と途上国の都市化の違い
(UNDPの予測などから筆者ら作成)

先進国の都市化:			
● 人口増(1975～2025)			
- 都市人口率	69.8%	→	84%
- 都市人口	7.3億人	→	10億人
● 目標=生活の質の高度化:			
- 人口あたり土地利用面積の増加		←	人口密度の低下
- 使用エネルギーの増加		←	平均移動距離の増加、電化生活
- 廃棄物や汚染の増加		←	16.7%の人口がCO ₂ 排出量の53.6%を占める
途上国の都市化:			
● 人口増(1975～2025)			
- 都市人口率	26.7%	→	57.1%
- 都市人口	20億人	→	40億人
● 目標=社会サービスの増進と貧困からの脱出:			
- インフラストラクチャの効率的な供給		←	急激な人口増に対応する、都市と農村の良好な関係を保つ
- 貧困		→	都市環境の劣化、社会的公平性の確保

めると却って高コストになる。

- ③ マストラへの投資は費用が莫大で負担しきれない。一方、市民は所得が上がると車を持ちたがり、その気持ちを抑制してマストラ利用を促進するのは極めて困難な状況であるため、整備後の採算が取りにくい。

からである。

リーダーシップに関する問題の面でも、途上国では持続可能性達成のために都市の形態を整えることは極めて難しい。と言うのもそのためには、

- ① Master planning から Strategic planning へ転換
- ② 物的計画から社会経済的計画への転換
- ③ 専門化による都市開発から近隣レベルでの都市再生への転換

などが、不可欠なためである。

こうした基本的条件の欠如だけでなく、途上国でのコンパクトシティ化政策の適用には、以下の疑問点も Jenks⁶⁾ によって指摘されている。

- ① 高密度化：

既に十分に高密度な途上国の都市で、持続可能性を達成するため、さらに高密度化政策を採用するメリットがあるか？途上国では、都市の居住密度としてどの程度が社会的に許容されるかは、文化的・歴史的要素が強く働く。また、都市化可能な土地面積、水の利用可能性、農業用地としての適正、自然災害からの防御、気候も考慮すべきであるといえ一概には決められない。

- ② 土地の有効利用：

高密度化が、放置された土地の有効利用を促進するという議論は途上国では疑問である。と言うのも、途上国の場合、迅速に対応しないと、すぐスクオターに占有される。また、高密度化により農地の侵食が抑制できるというのも、相応の条件付であり、高密度化により緑やオープンスペースは増えるというのも疑問がある。

- ③ 都市活動の活性化：

コンパクトシティは都市活動の活性化に繋がるのであろうか？途上国の都市は既にかんりのmixed-use (street vender, informal sector) となっている。それは規制力が弱いために他ならないが、結果として外部不経済の発生を助長している。

以上のようにコンパクトシティ化政策により持続可能な都市を実現するための条件を整理すると、これまで欧米諸国でなされてきた議論は先進国としての自国の社会背景をベースとしており、そのまま途上国の大都市問題の解決に適用するわけにはいかないことが分かった。しかし、途上国では現在進行中の大都市への急激な人口の集中と増加に対抗して、どうにかして都市の収容人口を増やさなければならない状況にある。増加人口の吸収政策を乱暴を承知で挙げるならば、大きく分けて新都市の建設と既存都市の拡大の二通りが考えられる。国内最大規模の人口を擁する都市を新規に一から建設することは途上国に限らずともあまり現実的ではないため、後者の方法によって人口爆発問題への対処を探ることになるだろう。しかも、上に挙げたさまざまな問題点と対立しない方策が必要になってくる。この時、既存市街地の更新ではなく、拡大する都市圏や新規の開発拠点 (Growth Pole) に形成される新しい都市居住区をコンパクトシティの手法をもつ

て建設するならば、まだコンパクトシティ化政策を検討する価値は幾分残されているのではないだろうか。ただし、途上国では先進国よりも、効率的な社会インフラ整備のあり方、社会の公平性の担保、周辺農村部との連携を考慮した都市圏規模での活動バランスなどといった「持続可能条件」が更に重視される。また、それらをどう達成できるかという観点からこの政策の適用可能性が評価されよう。

より詳細に政策の検討をするためには、政策実験が可能なコンピュータシミュレーションの開発が一つの有効な手段となる。シミュレーションの実装項目は複雑で多岐にわたるため、項目の選定と項目間の関係の調査・分析なども必要となってくる。以降の部分では、このコンパクトシティ化政策の適用可能性について検討するモデルの開発について述べる。

5. コンパクトシティ政策導入のための検証

(1) コンパクトシティ政策を評価するための都市居住水準指標

前述の持続可能条件のもとで望ましい都市形態を考察するためには、右に示す多面的な評価指標を考慮したモデルを定式化しなくてはならない。言葉は“コンパクト”シティではあるが、単に都市人口密度の高低を議論するべきではない。資源的な課題の吟味と共に社会システムの成熟度や都市居住のし易さについての議論も必要である。

UNDPにより提唱されている途上国援助を目的とした概念に「人間の安全保障」があり、これは個人の「人間開発」を達成するための社会の制度的基盤とされる。その理論的背景には、従来個人の受け取る恩恵評価に用いられていた効用概念の欠陥——客観的計測や社会的加算不能——を克服するためにSenにより体系化された「ケイパビリティ」概念がある。

ある都市の人間の安全性がどのくらい保障されているかを求めるための市民へのアンケートを行った場合、個人個人の評価基準の違いが問題となる。ある個人にとっては十分に補償されていると思われることも、別の個人にとっては全く補償されていないとみなされるかもしれない。こうした個人個人の評価における価値基準の違いを統合し、都市全体としての人間安全補償を集計する試みは、単純な世論動向を知る限りにおいては許されても、社会的意思決定のパターンとし

●多面的評価指標

(1) 資源消費量に関わるもの

- 土地資源使用量
- 移動エネルギー消費量
 - 人の移動 通勤・通学、買い物、通院、娯楽
 - 業務交通 物流
 - 公的サービス 廃棄物集配交通、
- 公益サービス配給用資源・エネルギー消費
 - 配電、給水、廃水処理、道路建設

(2) 都市居住水準に関わるもの

- 通勤時間
- 交通混雑度
- 教育施設充実度
- 医療サービス水準
- 行政サービス
- 生活利便度（買い物・娯楽・文化施設）
- 自然への接近性
- 大気の水質、河川の水質
- 交通事故
- 災害脆弱性

(3) 農村との関係にかかわるもの

- 農村人口の都市サービスへの接近性

※ソーシャルサービスはコストをかければ、当然高水準のサービスが提供できる。本研究ではサービス水準を一定と考え、全ての都市形態でコストの差はないものとする。

表5-1 制度的安全保障に対する優先順序

No	質問項目	マニラ	ソウル	東京	北京	香港
1	すべての子供に義務教育が実施されている	1	3	4	1	17
2	社会的に見て、男女が平等に扱われている	4	1	7	7	12
3	公平な警察・保安の体制が整っており、よく機能している	2	5	1	4	4
4	公的な救急・救命サービスが完備している	6	8	5	3	5
5	伝染病の予防に対し公的なサービスが充実している	14	17	14	19	8
6	老後の生活を保障する制度が設けられている	20	3	13	4	14
7	失業した場合の生活を保障する制度が設けられている	3	6	15	2	14
8	低所得者に対する融資制度がある	19	10	20	12	19
9	自由な立場で投票することが保障されている	14	10	17	12	11
10	政治的な弾圧がなく、「言論の自由」が保障されている	8	7	6	8	3
11	非人道的な処罰、処刑、拷問を受けることがなく、人権が保障されている	10	9	2	8	1
12	言語や文化的に異なる民族や部族のアイデンティティが守られている	14	18	11	17	8
13	信教の自由が保障されている	18	18	15	19	19
14	全ての民族・集団が、社会的に見て平等に扱われている	9	2	8	10	8
15	安全な飲料水が供給されている	5	12	3	12	1
16	災害が起こった場合の（迅速な）公的援助体制が整っている	17	15	11	10	6
17	地域の大气・水質などの汚染がない、又は適切な対策がなされている	10	14	9	6	6
18	廃棄物が町の中に放置されることなく適切に処理されている	6	20	18	12	14
19	危険な食料が流通しないよう、食品の安全性が保障されている	13	16	10	12	12
20	食料価格が安定している、又は急激に高騰しないよう調整されている	12	13	18	17	17

て集計する手続きとしては、理論的には存在しないということは、Arrowの「不可能性定理」⁷⁾として知られる。

SenはこのArrowの不可能性定理を再構成するよう努めた代表的学者の一人で、Arrowの準拠した「個人間比較のできない」、「可測性がない」効用情報に代わるものとして、個人の「ケイパビリティ」、すなわち「何かを実現できる能力」を議論の中心に据え、計測と比較を可能にする評価方法の開発を行った⁸⁾。本研究においても、ケイパビリティの視点からアンケート項目を設計し、各都市の人間安全保障水準を計測・評価することとした。

調査の設計に当たり、政治的迫害など上記の人権や生活基本権にからむ問題は、人間安全保障という観点からは省くわけには行かないため、サービスの形態と考えて取り入れることとした。これらと環境の問題などは、社会制度もしくは社会の管理システムとして整備・供給されていさえすれば、個人はすぐ活用でき、Senの言う「機能ベクター（何かができること）」に変換されるため、敢えて「～できますか」という質問になじまない。そこで本研究では、これらを別に分けて二種類の質問項目群を設計した。一群は社会的制度や社会システムとして整備されるべき保安・救命・衛生・政治・人権・環境・防災などの制度的な安全保障であり、もう一群はそれを活用して個人が自らの能力（ケイパビリティ）として備えるべき知識や防備の状態についての個人の安全保障についてである。調査地域はアジア大都市とし、特に、途上国の近い将来を担う大学生がどのような意識を持っているかに焦点を当てるため、ソウル（国立ソウル大学）、北京（清華大学）、上海（同済大学）、香港（香港中文大学）、バンコク（チュラロンコン大学）、マニラ（フィリピン大学）、台北（国立台湾大学）、東京（慶應大学）といった各都市の大学生にアンケートを行った（ただし、学期の開始時期などにより今回はソウル、北京、香港、マニラ、東京のみ実施できた）。調査時期は平成15年3月末から4月にかけて、各大学のカウンターパートへの

表5-2 個人の安全保障に対する優先順位

No	質問項目	マニラ	ソウル	東京	北京	香港
1	病気にかかったとき適切な医師の診断を受けることができる	3	1	1	1	5
2	街頭で犯罪や暴力の危険に晒されたとき、何らかの形で身を守ることができる	4	6	6	5	15
3	生存に必要な最低限のカロリーを確実に毎日採ることができる	6	6	2	11	2
4	伝染病にかからないような予防措置を取ることができる	11	13	11	12	3
5	正しい医学知識により健康を維持することができる	7	10	4	3	12
6	(将来) あなた、またはあなたの妻が安全かつ衛生的な環境の下で出産できる	9	5	7	12	8
7	麻薬の誘惑から逃れることができる	14	15	13	8	13
8	生活に必要な最低限必要な収入を継続的に得ることができる	2	2	2	5	1
9	公的支援以外に、自分の老後を保証することができる	5	3	8	2	6
10	職場での様様な形で嫌がらせを受けた際に、退職や転職といった手段をとることができる	13	10	15	10	13
11	自然災害による被害を受けにくい場所に住むことができる	10	8	12	8	3
12	自然災害による被害を受けにくい住宅に住むことができる	8	9	13	15	6
13	災害に遭っても(死傷)しなければすぐ立ち直ることができる	11	12	8	14	11
14	日頃から事故や災害に備えており、事故や災害による被害を最小限に抑えることができる	15	14	10	4	9
15	(将来) 自分の子供を小学校に通わせることができる	1	4	5	7	9

調査依頼により行った。各大学100票の配布依頼を行ったが、カウンターパートの好意によりそれを超える回収結果を得た。

設問は、制度的な安全保障の都市別比較を行うために、20個の選択肢から重要と思う項目を5つ選択し、さらに優先順位をつけるというものであった。この結果を表したものが表5-1である(ただし、今回は優先順位の重み付けを考慮せず、回答された5つを単純に合計し頻度の多いものから降順に並べている)。表5-1から見て取れるそれぞれの都市に共通していることは、個人安全(教育水準、公的情報接近性、犯罪からの防衛)が制度的に保障されていることについての優先度が比較的高いことである。

同様に個人の安全保障項目では15個の選択肢から5つを選び、優先順位を回答する設問を行った。この結果を表したものが表5-2である(表5-1と同様の集計を行っている)。

制度的安全保障と比較して、個人の安全保障は健康安全に関する項目が上位にきていることがわかる。次いで、個人安全、環境安全が優先されることが示された(調査時期と重なってSARSがアジアを中心に流行したため、健康安全が上位を占める結果に影響を与えたかもしれない)。

これにより、アジアの大都市において制度的安全保障項目と個人の安全保障項目に対する優先順位を明らかにした。今後は、これらの優先順位を構成する要因を分析することが必要である。

(2) 都市空間構造がコンパクトシティ政策に与える影響

さて、優位な構造が確立しているわけではないが、既存のサステイナブルシティならびにコンパクトシティの議論の中では種々の形態と構造をもった空間モデルが提案されている。Frey⁹⁾は持続可能な都市の理想像として提案された幾つかのモデルを分類し(図5-1)、構造的(structural)、空間的(spatial)、形態的(formal)特長を明確に分けて議論することや微視的構造と巨視的構造の両面から検討することの重要性を指摘した。

リニヤー都市、集積した分散都市、交通網で繋がったコア都市ネット等は、都市の拡大を踏まえた都市圏開発政策であり、これらのコンセプトは成長する途上国大都市に適用できる。ただし、その実現には、

- ① 市場経済の動きに対抗しうる計画力
- ② 大都市のもつ成長のエンジンとしての力
- ③ グローバリズムの影響

等の内的、外的圧力があり、困難も少なくない。

ここで、都市形態による影響を分析するため、都市圏内に円形の都市核（コンパクトシティ）が複数存在し、それぞれが交通システムで結ばれているという都市圏の構造を単純化したモデルを利用する。

今、仮に、平坦で一様な土地に人口200万の都市圏が形成される過程を考える（注1）。初期のこの土地は人口25万の農村地帯が広がり、どのように都市核が建設されても、農村人口は25万のまま一定とする。第1期目に、中心に人口25万の都市（都市核）が建設され、以後自然増および社会増により都市圏の人口は毎期25万ずつ増加し、第7期目には人口200万の都市圏が形成される。

最初の都市核が建設されると同時に、60度の角度で6方向に伸びる交通システムも建設され、この交通システムにより都市圏外の他地域や今後建設される圏内の他都市核へアクセスする。交通網はその時々で十分な容量を持つものとする。都市核のさまざまな活動の活発さはこの交通アクセスの多寡により影響を受けるとすると、交通網の中心に位置する最初の都市核はこの都市圏の主要都市となる。（図5-2の上半分）次の期に進むと25万の人口増加があり、最初の都市核をそのまま人口50万に拡大するか、あるいは交通システム上で一定距離（たとえば20km）離れた地点に人口25万の新しい都市核を建設するかの2つのオプションをとることができる（図5-2の下半分）（注2）。

以降同様に、第3期目の25万人の新規増加についても、既存の都市の拡大か、それとは別に一定距離離れた都市核の建設かという二案を選択する。ただし、拡大する場合は古くに建設された都市核ほど優先的に人口増加する。また、3番目の都市核が建設される場合は、既存2都市の吸引力

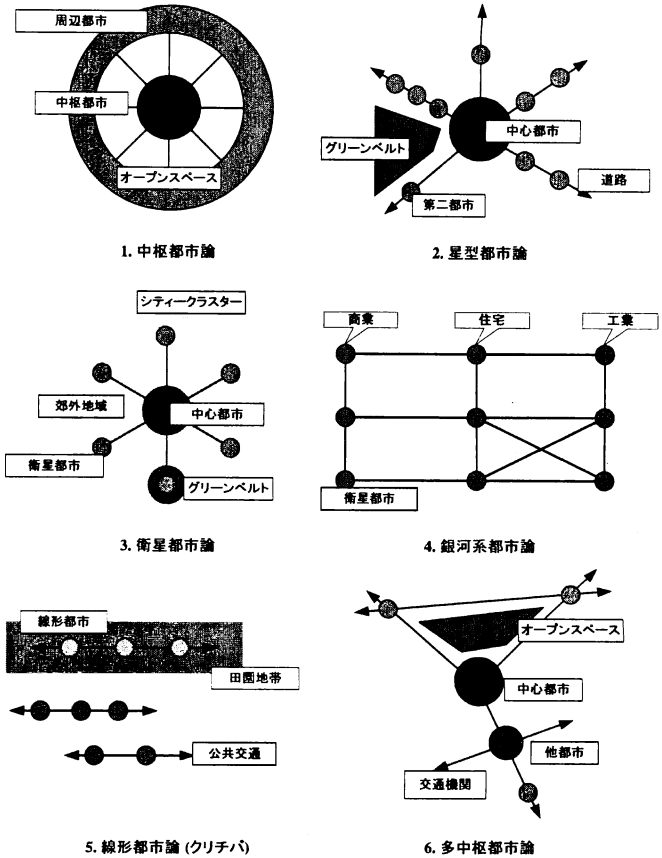


図5-1 空間モデルの提案

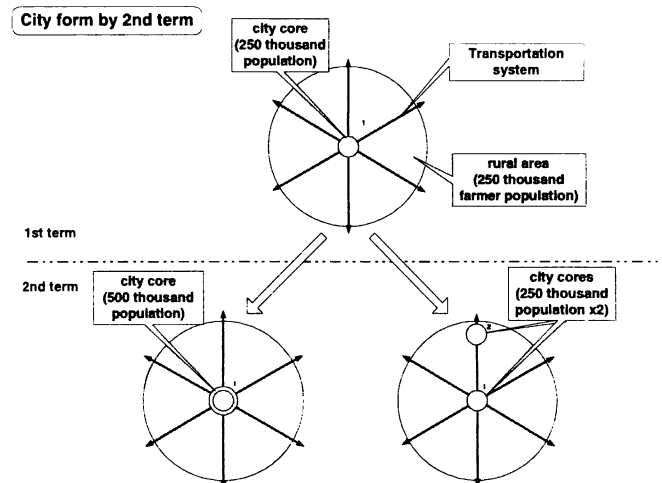


図5-2 第2期における都市の成長パターン

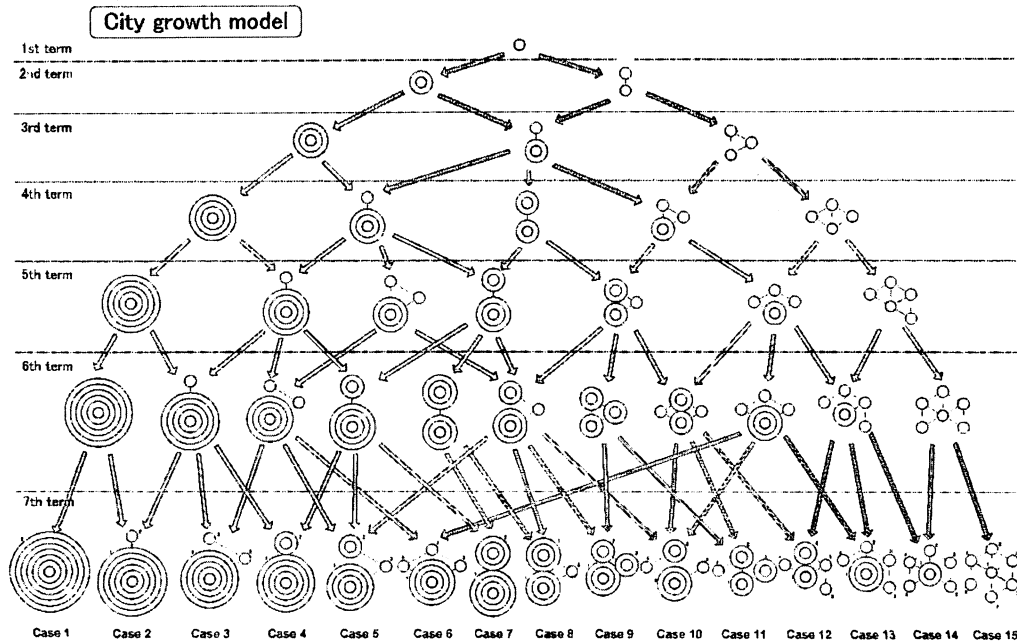


図5-3 第7期目までの都市成長パターン

が等しいものとし、2都市から等距離な正三角形の頂点に建設する。この3番目の都市核も交通システム上に存在することになる。2番目と3番目の都市核間は新たに交通システムで結ぶ。

図5-3は、都市核の人口25万人を1単位と表し、それが7単位まで連結したときの連結構造のパターンを網羅している。都市核の円の大きさは、それぞれの核が何単位の人口を擁しているか分かりやすいように示してある。例えば、4期目の都市圏は、4期目にあるような5つの異なった形態に発展する可能性がある（位相上同じものは同一パターンとするため、5つになる）。従って第7期目の15パターンは、人口200万の都市圏の代表的な都市形態と人口分布を表すと言える。図5-4に第7期の都市形態の例として、case 1, 11, 15のパターンをそれぞれの都市核のリンク数と人口と共に示した。

以上のような都市圏形成モデルを考えると、冒頭で設定した問題は、200万という一定の人口をこの15の都市形態のように分布させた場合、どれが最も望ましいか比較する問題に定式化できる。

注1 この定式化において、総人口規模（200万人）、各年の移住人口（25万人）は一般的にはパラメータとして扱う。ここで当然ながら、総人口規模や各期の移住人口を変化させた場合は、総人口と移住人口の比如何で、最終人口を収容する都市圏のパターンの数は大幅に増えることになる。

注2 ここでの都市間距離（20 km）、外部地域へ接続する交通システムの数（6つ）についても、最終的には

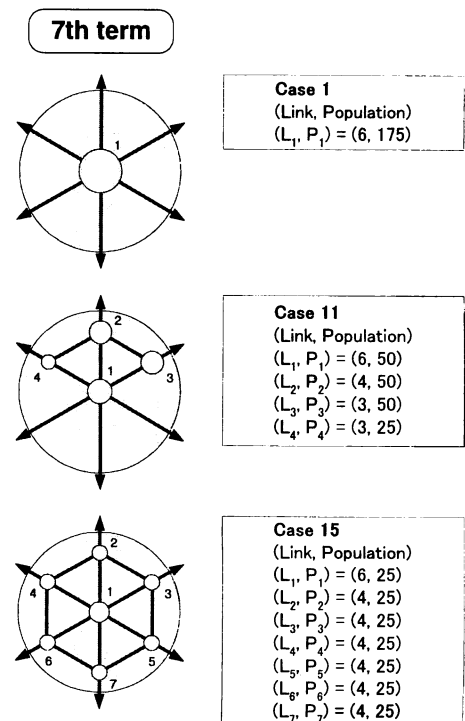


図5-4 第7期目の都市形態の例

パラメータとして一般化する。一般解としては、その全てのパターンを比較して求めることとなる。

このように定式化した15の都市形態において、前述の評価指標のうち、都市核ごとの生産額、就業人口、半径や総外周和、またさまざまな交通移動距離について試算する。試算のために設定したパラメータを表5-3に示す。

これらのパラメータは、一部のものを除き都市圏全体に対して行っており、それは都市圏全体としての平均値に相当する。そのため、各都市核への配分を考慮する配分率 Q_i を次式で定義する。

$$Q_i = \frac{L_i P_i}{L_1 P_1 + L_2 P_2 + \dots + L_{Nd} P_{Nd}}$$

$$(\sum Q_i = 1)$$

- L_i : 各都市核のリンク数
——Caseの図より求める
- P_i : 各都市核の人口
——Caseの図より求める

また、各nodeの半径や交通移動量などの導出計算式および関係図を図5-5、6に示し、計算方法など詳細は付録^{10) 11) 12) 13)}として後添する。

この計算により求められた各caseの都市核のサイズの対比を図5-7に示す。また、交通移動距離の総計は図5-8のように一極集中型のcase 1や完全分散型のcase 15よりも、中間の分散形態のほうが小さくなると予想された。

表5-3 設定パラメータ一覧

項目	値
全人口TP	200万人
i核の人口 P_i	caseの図より求める
i核の交通システムのリンク数 L_i	caseの図より求める
就業人口比 e_T	0.5
産業部門別就業人口比 ($TP_R : TP_V : TP_C$)	0.15 : 0.25 : 0.60
産業部門別就業率 農業 e_R	0.60
工業 e_V	0.50
商業 e_C	0.48
労働生産性 農業 u_R	3.12 (百万円/人)
工業 u_V	12.28 (百万円/人)
商業 u_C	8.68 (百万円/人)
圏域人口密度 ρ_T	0.1 (万人/km ²)
都市核人口密度 ρ_U	3.0 (万人/km ²)
土地生産性 l_m	145.000 (百万円/km ²)
売り場効率 l_c	470.000 (百万円/km ²)
公的サービス一人当たり面積	0.12 (km ² /万人)
都市核間の距離	node間の距離 D_{ij} はcaseの図より求める(20km、15km、10kmと変化させて計算する)
都市内移動速度 v_u	15 (km/h)
都市間移動速度 v_{ij}	20 (km/h)
就学人数 初中等 P_{se}	31.3 (万人)
高等 P_{sh}	2.8 (万人)
通学Trip	2 (Trip/day)

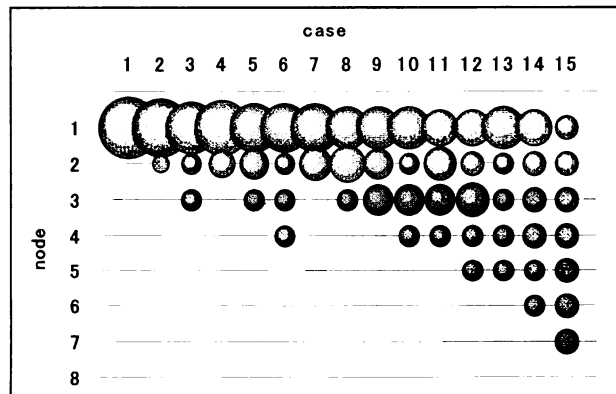


図5-7 各caseの都市核の大きさの比較

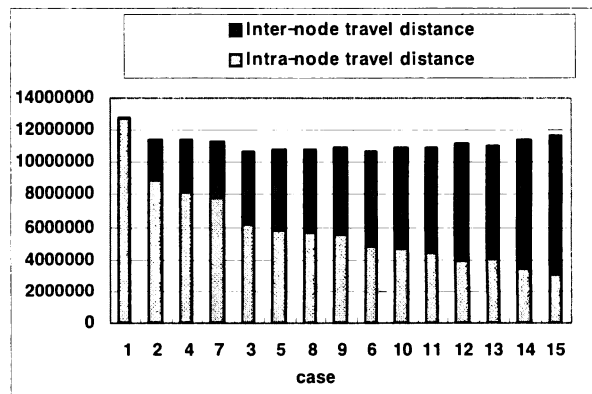


図5-8 各case都市核内・核間移動距離

変数関係図(数式)

- ① $Q_i = \frac{L_i P_i}{L_1 P_1 + L_2 P_2 + \dots + L_n P_n}$
- ② $AH_i = \frac{P_i}{\rho_i} = \frac{P_i}{3.0}$
- ③ $AS_i = 0.12 \cdot \frac{P}{10000} \cdot Q_i$
- ④ $AM_i = \frac{YM_i}{lm}$
 $AC_i = \frac{YC_i}{lc}$
- ⑤ $AR_i = 0.1AM_i + 0.3AC_i + 0.15AH_i + 0.15AS_i$
- ⑥ $A_i = AM_i + AC_i + AH_i + AP_i + AS_i + AR_i$
- ⑦ $r_i = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$
- ⑧ $\left(\sum \frac{2A_i}{r_i} \right)$
- ⑨ $TP \times e_T$
- ⑩ $TYR = u_R \cdot TP_R \times 10,000$
 $TYM = u_M \cdot TP_M \times 10,000$
 $TYC = u_C \cdot TP_C \times 10,000$
- ⑪ $YM_i = TYM \cdot Q_i$
 $YC_i = TYC \cdot Q_i$
- ⑫ $YU_i = YC_i + YM_i$
- ⑬ $EE_{2i} = YM_i / u_M$
 $EE_{3i} = YC_i / u_C$
- ⑭ $\begin{cases} \text{通勤} : T = -1,606 + 0.78 \times EE_{(2+3)} \\ \text{買物} : T = -5,152 + 1.53 \times P + 0.58 \times EE_{(2+3)} \\ \text{業務} : T = -3,035 + 0.85 \times EE_{(2+3)} \end{cases}$
- ⑮ $P_i \times e_T$
- ⑯ $\begin{cases} \text{通勤} : T = 2,566 + 0.62 \times PE_{(2+3)} \\ \text{買物} : T = -5,141 + 1.05 \times P + 1.46 \times EE_0 \\ \text{業務} : T = -3,125 + 0.59 \times EE_{(2+3)} \end{cases}$
- ⑰ $C_{ij} = D_u \cdot \frac{1}{v_u} + D_{ij} \cdot \frac{1}{v_{ij}}$
 $(D_u = r_i + r_j)$
- ⑱ $T_{ij} = k \frac{y_i^{0.45} \cdot x_j^{0.55}}{C_{ij}^{1.5}}$
- ⑲ $T_{ij} = k \frac{y_i^{0.45} \cdot x_j^{0.55}}{C_{ij}^{1.5}}$
- ⑳ $M_c = \sum_i \sum_j T_{ij} \cdot D_{c_{ij}}$
- ㉑ $TA = \frac{TP}{\rho_T}$
- ㉒ $A = \sum A_i$
- ㉓ $\rho_R = \frac{TPR}{TA - A}$
- ㉔ $PR_i = TPR \cdot Q_i$
- ㉕ $AF_i = \frac{PR_i}{\rho_R}$
- ㉖ $\pi \cdot r_{Ri}^2 = AF_i$
- ㉗ $Mr = 0.7 \sum r_{Ri}$
- ㉘ $\begin{cases} \text{通勤} : Dc_{ij} = D_{ij} + \frac{0.9}{2} \times (r_i + r_j) \\ \text{買物} : Dp_{ij} = D_{ij} + 0.7r_i \\ \text{業務} : Dg_{ij} = D_{ij} + \frac{0.9}{2} \times (r_i + r_j) \end{cases}$
- ㉙ $M_{ii} = \sum_i T_{ii} \cdot D_{ii}$
- ㉚ $M_{ij(i^*j)} = \sum_i \sum_{j(i^*j)} T_{ij} \cdot D_{c_{ij}}$
- ㉛ $Dse_i = 0.9r_i$
- ㉜ $Tse_i = 2 \cdot Pse_i$
- ㉝ $Mse_i = 1.8Pse_i \cdot r_i$
- ㉞ $Tsh_i = 2 \cdot Psh_i$
- ㉟ $Tsh_{ij} = \frac{HE_{ij}}{4} \cdot Tsh_i$
- ㊱ $Msh_{ii} = \sum_i (Tsh_{ii} \cdot Dsh_{ii})$
- ㊲ $Msh_{ij} = \sum_{j^*i} (Tsh_{ij} \cdot Dsh_{ij})$
- ㊳ $Ms_{ii} = Mse_i + Msh_{ii}$
- ㊴ $Ms_{ij} = Msh_{ij}$
- ㊵ $Ms = Ms_{ii} + Ms_{ij} = Ms_{ii} + Msh_{ij}$

図5-5 導出計算式一覧

変数関係図(フロー)

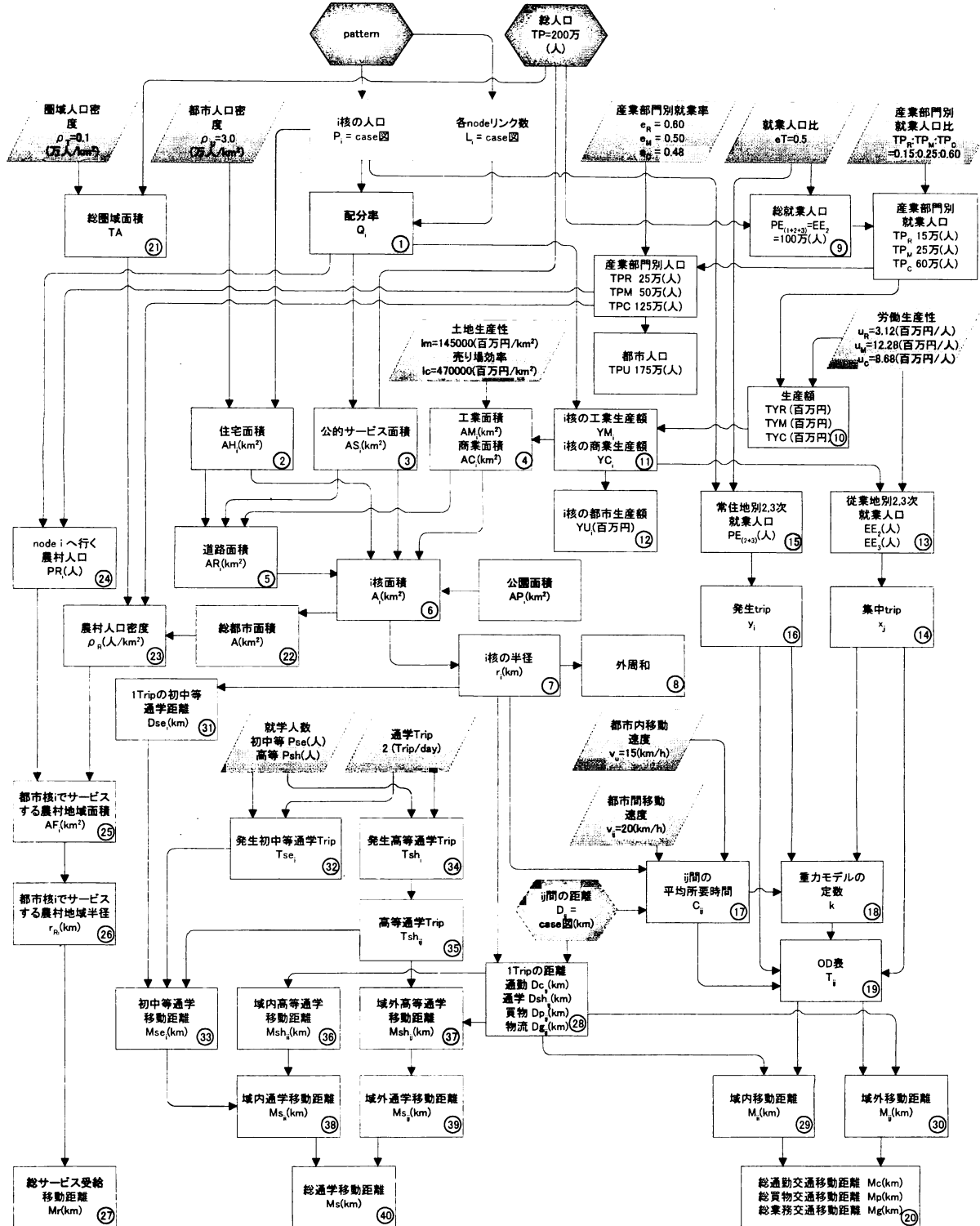


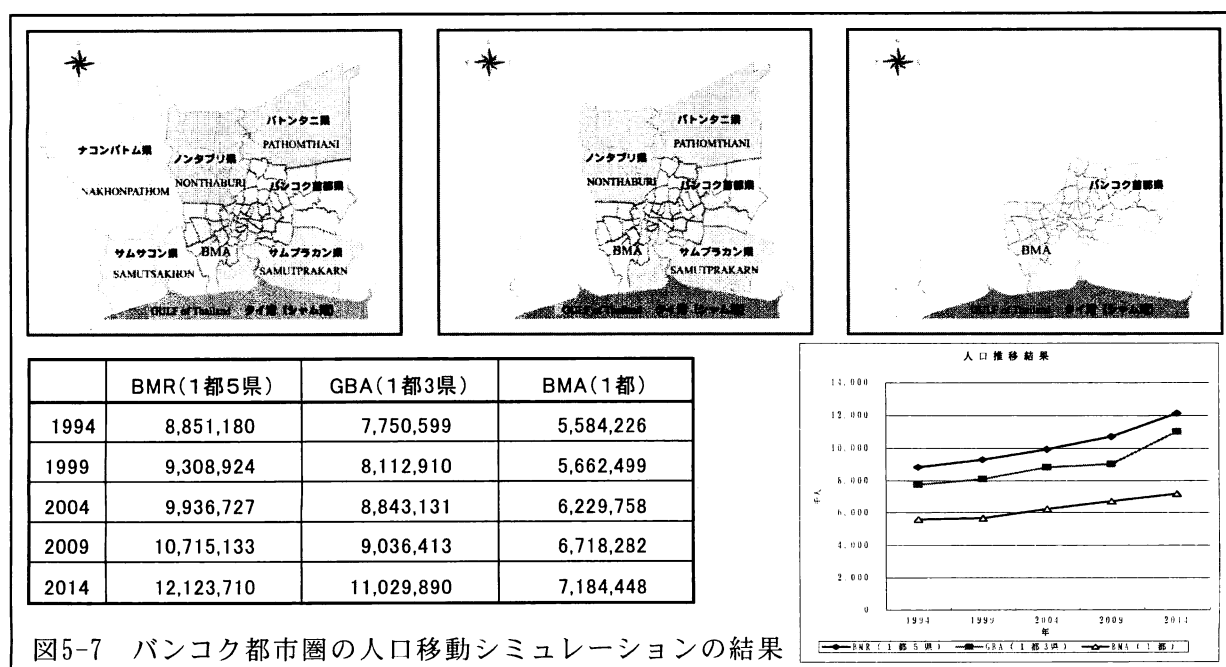
図5-6 導出計算の関係図

(3) バンコクを例としたコンパクトシティ政策と社会・経済動態のシミュレーション

最後に、動的シミュレータを用いて行う、途上国大都市においてコンパクトシティ実現に向けた多様な政策を評価するための実験について述べる。

開発途上国のメガシティが直面するリスクと人間・社会的側面との関連性の分析が可能なように、環境、災害、土地利用を軸に、交通、住居、公衆衛生、健康、人口移動、スラムなどを変数とした経済・社会モデルを設計し、バンコクをケーススタディーとして設計枠組みに従う基礎データをインプリメンテーションした。このモデルは都市圏成長モデルであり、10のセクターからなる318本の偏微分方程式で構成されたシステム・ダイナミクス・モデルである。1ヶ月単位の演算を実施することが可能であり、1994年1月から1999年12月までは内生変数生成等のプレシミュレーションに用い、2000年1月以降の推計を行う。なお現時点で組み込んだ8政策変数（幹線道路建設公共事業費、域内道路整備公共事業費、鉄道・地下鉄整備公共事業費、空港建設公共事業費、上下水道整備公共事業費、公共住宅整備公共事業費、大気汚染規制、産業廃棄物規制）をすべて標準状態として計算を行った2000年1月の推計値と1999年のタイ統計の実測値との比較を「人口・雇用セクター」、「所得・消費セクター」、「産業セクター」の主要16変数で行ったところ、絶対平均誤差率は0.18から39.4と幅があるものの概ね安定挙動を示している。

2014年12月迄の15年間を対象に中順位の試算（基準ケース）を公共事業総計GDP比1%増で行った場合、総人口が6037万人（1999年）から7539万人（2014年）となり、うち1都5県のバンコク地域（BMR）の人口は1103万人（15%）、BMAでは718万人（10%）という推計値となった。都市インフラ整備のための公共事業は都市部での第二次、第三次産業就業世帯所得を押し上げるとともに、バンコク地域内の第二次、第三次産業流動就業者数を減少させる。また他方では、第一次産業従事者数の減少と、農家所得の低下を引き起こすこととなる。その結果バンコク地域への社会的人口移動が生じると予想され、都心部におけるBMAの人口増加は継続するものの、それ以上に周辺3県で人口増加が進むスプロール現象が観測されるであろう。基準ケースにおける試算では15年間でBMAに100万人を越える規模で人口が増加し、住宅需要が高まり土地の高度利用が進むと同時



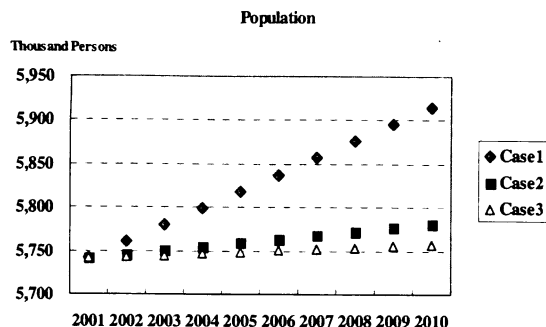


図5-8 BMA登録人口予測

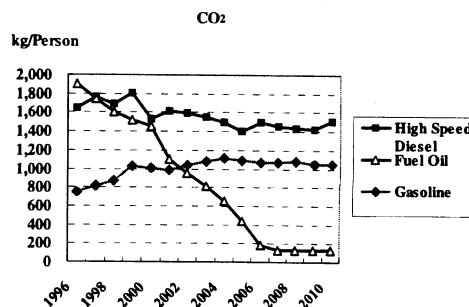


図5-9 BMA登録人口一人当たりのCO₂排出予測 (石油)

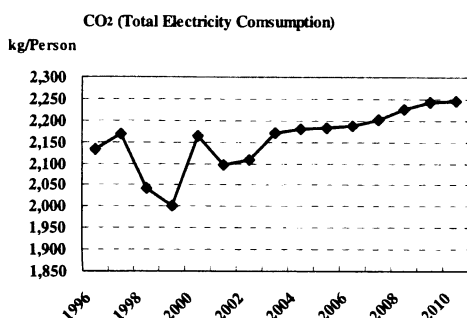


図5-10 BMA登録人口一人当たりのCO₂排出予測 (電力消費合計)

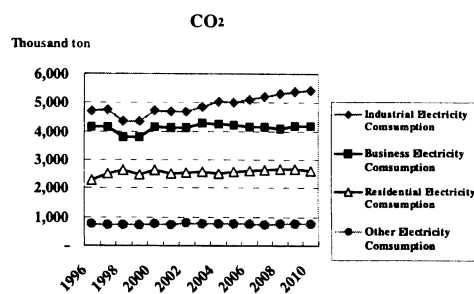


図5-11 BMAセクタ毎CO₂/排人出予測 (電力消費)

表5-4 BMA登録人口一人当たりのCO₂排出量推移予測 (石油)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
High Speed Diesel (kg/Person)	1,648.8	1,762.1	1,685.6	1,812.2	1,529.4	1,617.0	1,596.1	1,551.5	1,502.6	1,405.0	1,492.6	1,457.2	1,429.8	1,424.6	1,512.1
Fuel Oil (kg/Person)	1,901.1	1,740.1	1,600.6	1,522.2	1,452.3	1,096.7	954.9	811.5	653.4	441.6	186.9	127.1	129.6	127.1	124.6
Gasoline (kg/Person)	750.2	810.6	869.9	1,027.7	1,004.5	980.9	1,035.0	1,082.5	1,113.5	1,089.5	1,065.9	1,072.8	1,076.3	1,052.4	1,052.2

に、周辺3県において合計で300万人を超える都市が複数出現することを意味している。(図5-7)

前出のBMR (1都5県)をはじめとするBMAまでの人口推移予測では、スラム等への流入人口動態(非登録人口)をも含んだ推計を行っているが、BMAの人口については登録人口はじめエネルギー関連の政府統計があり、これを基礎として主なエネルギー使用量(石油消費と電力消費量)に関してシミュレータにより推計を行った。図5-8~11と表5-4はこれをさらに登録人口の推計のうちcase2にもとづき登録人口一人当たりの二酸化炭素排出量として変換したものである。軽油をはじめガソリン・灯油の石油消費による登録人口一人当たりのCO₂排出量は大きな伸びがないものの、電力換算ではゆるやかながら年々登録人口一人当たりのCO₂排出量が増加傾向にある。しかし、登録上にあらわれる人口変動にもとづくBMAのエネルギー政策上では一極集中自体による大きな変動とはならないものと推察され、むしろエネルギー面での改善においては都市構造や都市機能再配置による効果を検討すべきものと考えられる。

6. まとめと政策提言

本研究のまとめと政策提言を以下に示す。

- (1) コンパクトシティ化政策は、接続可能な都市開発政策の（弱い）必要条件ではあるが、充分条件ではない
- (2) この事は途上国の都市において明示的に示されている。即ち、途上国の多くの大都市はコンパクトシティの第1条件である高密度居住状態にあり、既にコンパクトと言えるが、持続可能な都市形態であるとは言えない。
- (3) その理由は不十分なinfra整備にあり、今後さらに急激な人口集中が予想される途上国大都市では、単にコンパクトな都市形態のみを追求したのでは、持続可能な都市開発とはならず、インフラストラクチャの整備が同時に検討されねばならない。
- (4) 他方先進国においては、既に十分なinfraが整備されている事、さらに人口の増加が見込まれない事から、充分条件が満たされているが故にコンパクトシティ化政策によって持続可能な都市開発が達成し得る。
- (5) その意味で、先進国においては、既存の都市の再生がコンパクトシティ化政策の中心課題となる。途上国においては大都市の人口爆発への対処という意味合いから増加した新規人口の吸収がコンパクトシティ政策の中心的課題となる。
- (6) 増加人口の吸収政策としてコンパクトシティ政策を捉える場合
 - A. 既存都市の外延的拡大による吸収
 - B. 既存都市の周辺への衛星都市建設による吸収
 - C. 新規都市圏の形成（新都市）の3つの形態が考えられる。
- (7) 途上国の財政的実情を考えれば、A, B が現実的である。
その場合、既存都市内部の再生問題としてよりは、都市圏形成問題としてコンパクトシティ政策を捉える必要がある。
- (8) 都市のコンパクト性を考える場合、日生活圈、週生活圈、月生活圈、年生活圈などによって定義されるが、月、年生活圈に対応したものである。
- (9) そこで本研究では、都市圏を単位に、都市成長モデルを構築し、望ましい都市圏形態を求めた。具体的には、総移動エネルギーの最小化という基準で比較した。
- (10) この結果、一点集中型と均等分散型のいずれもが最適とならず、その中間型が望ましいことが分かった。

7. 引用文献

- 1) The EC Expert Group on the Urban Environment, European Commission Response of the EC Expert Group on the Urban Environment on the Communication 'Towards an Urban Agenda in the European Union', 1998
- 2) M. Jenks, K. Williams and E. Burton, Achieving Sustainable Urban Form, E & FN SPON, London, 2000
- 3) ダンツイク・サーティ, 「コンパクトシティ」, 日科技連出版社, 1974

- 4) Elkin, T., McLaren, D and Hillman, M. Reviving the City: Towards Sustainable Urban Development, Friends of Earth, London, 1991
- 5) Haughton, G. and Hunter, C. Sustainable Cities, Jessica Kinbgsley Publishers, London, 1994
- 6) Jenks, M and Burgess, R. Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries, SPON Press, London, 2000
- 7) 佐伯 胖, 「きめ方の論理—社会的決定理論への招待」, 東京大学出版会, 1980
- 8) アマルティア セン, 「不平等の経済学—ジェームズ・フォスター, アマルティア・センによる補論「四半世紀後の『不平等の経済学』」を含む拡大版」, 東洋経済新報社, 2000
- 9) Hildebrand Frey, Designing the city: Towards a more sustainable urban form, E & FN SPON, London, 1999
- 10) 「民力2002」, 朝日新聞社, 2002
- 11) 「都市計画教科書 第2版」彰国社, 1995
- 12) 松本嘉司, 「交通計画学」, 培風館, 1985
- 13) 「世界国勢図会1998/99年版」, 国勢社, 1998

8. 国際共同研究等の状況

① 協力案件名: Comparative Research on Human Security of Asian Mega-cities

アジア大都市にある大学の教授に学生へのアンケート調査の依頼をした。

1. 北京: (精華大学 建築工学 都市計画設計学部) Zong-bo TAN教授
2. 香港: (香港中文大学) Hui LIN教授
3. 韓国: (国立ソウル大学 工学部 社会都市情報システム学科) Kun-Hyuck AHN教授
4. フィリピン: (フィリピン大学 都市設計研究科) Jose Danilo SILVESTRE教授
5. 上海: (同済大学) De WANG教授
6. バンコク: (チュラロンコン大学) Nopnant TAPANOANONT教授
7. 台湾: (国立台湾大学) Liang-Chun Chen教授

② アジア工科大学 (AIT, バンコク)

Greater Mekong Subregion ASEAN 研究と協力して、今回のバンコク調査は、アジア工科大学大学院環資源開発 (SERD) 研究科と共同調査を行った。

9. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

<学術誌 (査読あり)>

- ① 熊澤輝一, 鐘ヶ江秀彦: 日本計画行政学会誌, 26, 2, 60~72 (2003)

「遺伝的アルゴリズムを用いた『身のまわりの環境』計画の合意形成過程の記述に関する基礎的研究」

<学術誌 (査読なし)>

なし

<書籍>

- ① 鐘ヶ江秀彦：ミネルヴァ書房，政策科学の基礎とアプローチ・村山・川口編（2004）
「1-3 政策科学と計画理論」

<報告書類等>

- ① HDP2003国際シンポジウム「持続可能な科学の形成と都市づくりの計画」プロシーディングスIHDP-UNU-UNEP（2003）
「コンパクトシティと持続可能な都市の姿－開発途上国の大都市政策として－」（梶秀樹，石橋健一，鐘ヶ江秀彦）
- ② 「持続可能なコンパクトシティのあり方と実現方策に関する研究2001年度報告書」（梶秀樹，石橋健一，佐藤哲，鐘ヶ江秀彦，熊澤輝一）

(2) 口頭発表

- ① 梶秀樹，石橋健一，臼井裕美子・清水亮介・吉村輝彦・鐘ヶ江秀彦：日本地域学会第39回年次大会（2002）
「アジア途上国大都市における人間の安全保障指標（Human Security Indicator）の計測－ラオスにおける州レベルのHSIの計測－」
- ② 梶秀樹，石橋健一，鐘ヶ江秀彦，原誠宏：日本計画行政学会26回全国大会パネル（2003）
「持続可能な都市の形状」
- ③ 梶秀樹，石橋健一，鐘ヶ江秀彦，原誠宏：日本環境共生学会（2003）
「持続可能な都市の形状」
- ④ Hideki KANJI, Kenichi ISHIBASHI, Hidehiko KANEGAE, Nobuhiro HARA: The 2003 Open Meeting, Human Dimensions of Global Environmental Change（2003）
“Compact City And Developing Countries－Is Compact City Approach Appropriate as an Urban Development Policy for Cities in Developing Countries?－”

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

10. 成果の政策的な寄与・貢献について

本研究は、主に将来人口爆発が予想される途上国大都市を対象として、都市の数や規模などの都市形態の変化に伴う生活質や資源・エネルギー需要量などの変化を数値シミュレーションによって求めることを可能としている。これらの知見は環境省が中心となって行っている、開発途上地域の環境の保全等に関する国際協力に係る施策への提言や基礎的資料として応用が期待できる。

1 1. 付録（計算式など）

(1) 総圏域面積：

圏域全体の人口と人口密度を設定したので、圏域全体の面積を求めることができる。

$$TA = TP / \rho_T = 2,000 \text{ [km}^2\text{]} \quad (\text{この時、都市圏が円形に広がるとすると、半径は25.2kmになる})$$

(2) 就業人口：

圏域の就業者割合 e_T を設定すると、

$$\text{就業人口} \text{--- } TP \cdot e_T = 100 \text{ 万人}$$

$$\rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{産業部門別就業人口比より} \\ \left. \begin{array}{l} TP_R = 15 \text{ 万人} \\ TP_M = 25 \text{ 万人} \\ TP_C = 60 \text{ 万人} \end{array} \right\} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{産業部門別就業率より} \\ \left. \begin{array}{l} \text{農家人口 } TPR = 25 \text{ 万人} \\ \text{工業人口 } TPM = 50 \text{ 万人} \\ \text{商業人口 } TPC = 125 \text{ 万人} \end{array} \right\} \end{array} \right\} \rightarrow \text{都市人口 } TPU = 175 \text{ 万人}$$

(3) 農村人口：

$$\text{農村人口} = \text{全圏域面積} \times \text{農村人口密度} \quad TPR = TA \cdot \rho_R$$

(4) 生産額：

都市圏全体の生産額（総生産額）を次のように定義する

$$\text{総生産額} = \text{都市生産額} + \text{農村生産額} \quad TY = TYU + TYR$$

$$\text{都市生産額} = \text{工業生産額} + \text{商業生産額} \quad TYU = TYM + TYC$$

具体的な生産額は労働生産性を与えて就業人口から求める（1 1. (8)⑧参照）

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{農業生産額} = \text{農業生産性} \times \text{農業就業人口} \quad TYR = u_R \cdot TPR \\ \text{工業生産額} = \text{工業生産性} \times \text{工業就業人口} \quad TYM = u_M \cdot TPM \\ \text{商業生産額} = \text{商業生産性} \times \text{商業就業人口} \quad TYC = u_C \cdot TPC \end{array} \right.$$

	労働生産性 (億円/万人)	就業人口 (万人)	生産額 (億円/年)
農業	312	15	4680
工業	1228	25	3,0700
商業	868	60	5,2080

また、i核の都市生産額も同様に定めると、配分率 Q_i より、

$$i \text{ 核の都市生産額 } YU_i = YC_i + YM_i \quad \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i \text{ 核の工業生産額 } YM_i = TYM \cdot Q_i \\ i \text{ 核の商業生産額 } YC_i = TYC \cdot Q_i \end{array} \right.$$

(5) i核の面積と半径：

$$\left\{ \begin{array}{l} A_i = AM_i + AC_i + AH_i + AP_i + AS_i + AR_i \\ AM_i : \text{工業} \text{--- } \frac{i \text{ 核の工業生産額}}{\text{土地生産性}} = \frac{YM_i}{lm} \\ AC_i : \text{商業} \text{--- } \frac{i \text{ 核の商業生産額}}{\text{売り場効率}} = \frac{YC_i}{lc} \quad (\text{売場面積と敷地面積を同じと見なす}) \\ AH_i : \text{住宅} \text{--- } \frac{P_i}{\rho_v} = \frac{P_i}{3.0} \\ AP_i : \text{公園} \text{--- } 0.1A_i \quad (\text{1割程度が公園}) \\ AS_i : \text{公的サービス (1 1. (9)①参照)} \text{--- } AS_i = 0.12 \cdot \frac{P}{10000} \cdot Q_i \quad (\text{役所、病院、学校(大学)、文化・スポーツ施設など}) \\ AR_i : \text{道路} \text{--- } AR_i = 0.1AM_i + 0.3AC_i + 0.15AH_i + 0.15AS_i \quad (\text{用途地域により道路率が変わる}) \end{array} \right.$$

$$\therefore A_i = \frac{(1+0.1)AM_i + (1+0.03)AC_i + (1+0.15)AH_i + (1+0.15)AS_i}{1-0.1} \quad \text{総都市面積 } A = \sum A_i$$

・i核の半径 $r_i = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$

i核の内部の移動距離（都市内の移動距離） D_i

→ node内の任意の2点間の距離（距離の期待値）： $0.9 \cdot r_i$

→ nodeの中心点までの距離（距離の期待値）： $0.7 \cdot r_i$

(6) 自然への接近性：

都市部の自然への接近性を各nodeの外周の和とする 各nodeの外周の和 = $\sum \frac{2A_i}{r_i}$

(7) 交通移動

◆移動の種類：

都市部：通勤、通学、買物、物流 農村部：都市 service 受給

つまり、全交通移動距離

$$= \text{通勤移動距離}M_c + \text{通学移動距離}M_s + \text{公共サービス受給移動距離}M_r + \text{買物移動距離}M_p + \text{物流移動距離}M_g$$

◆交通移動の計算準備

・Case毎にOD表を作成する

T_{ij}	Y_i
X_j	

OD表の作成には、集中/発生Tripの回帰式を利用する（1.1. (9)②参照）

i核の人口 P_i $\left\{ \begin{array}{l} \text{常住地別就業人口 } PE_{(2+3)i} \rightarrow \text{発生Trip数 } y_i \\ \text{従業地別就業人口 } EE_{(2+3)i} \rightarrow \text{集中Trip数 } x_j \end{array} \right\} \rightarrow \text{回帰式} \rightarrow \text{ij間のOD Trip数 } T_{ij}$

・常住地別/従業地別就業人口は次のように求める

{	i核の常住地別2次就業人口	$PE_{2i} = e_T \cdot P_i \cdot e_M$	(万人)
	i核の常住地別3次就業人口	$PE_{3i} = e_T \cdot P_i \cdot e_C$	(万人)
	i核の常住地別2次・3次就業人口	$PE_{(2+3)i} = e_T \cdot P_i \cdot (e_M + e_C)$	(万人)
{	i核の従業地別2次就業人口	$EE_{2i} = YM_i / u_M$	(万人)
	i核の従業地別3次就業人口	$EE_{3i} = YC_i / u_C$	(万人)
	i核の従業地別総就業人口	$EE_{(2+3)i} = EE_{2i} + EE_{3i}$	(万人)
	i核の従業地別2次・3次就業人口	$EE_{0i} = EE_{1i} + EE_{2i} + EE_{3i}$	(万人)

・Tripの計算は重力モデルの考えで行う（交通計画学p.76より）

$$T_{ij} = k \frac{O_i^\alpha \cdot D_j^\beta}{C_{ij}^\gamma}$$

T_{ij} : ijゾーン間の分布交通量
 O_i : iゾーンの発生交通量
 D_j : jゾーンの集中交通量
 C_{ij} : ij間の平均所要時間

係数は既存の検定結果より、次のように仮定する（1.1 (10)参照）

(8) γ	(9) α	(10) β
(11) 1.5	(12) 0.45	(13) 0.55

→ 0_i を y_i 、 D_i を x_j と読み換え、 C_{ij} を次のように定義すると

$$C_{ij} = D_u \cdot \frac{1}{v_u} + D_{ij} \cdot \frac{1}{v_{ij}}$$

$D_u = r_i + r_j$: 都市内の移動距離 (km)
 v_u : 都市内の移動速度 (km/時)
 v_{ij} : 都市間の移動速度 (km/時)

$$T_{ij} \text{は } T_{ij} = k \frac{y_i^{0.45} \cdot x_j^{0.55}}{C_{ij}^{1.5}} \text{ --- ①}$$

理論上は各トリップの合計は等しく、 $\sum_i \sum_j T_{ij} = \sum_i y_i = \sum_j x_j$ であるので次式が成立する。(但し、実際の計算では回帰式の誤差のために等号が成立しない。)

$$\sum_i \sum_j T_{ij} = \frac{\sum_i y_i + \sum_j x_j}{2} \text{ --- ②}$$

まず②に①を代入して係数 k を求め、次に①より各 T_{ij} を求める

◆交通移動 (都市部: 通勤) :

— 通勤先はnode内に均等に分散していると仮定、会社 (仕事) での移動は物流を含む
 ij間のTrip数 — 「自宅⇒通勤先」の回帰式より求める

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{域内通勤Trip数 } Tc_{ii} \quad (j \neq i) \\ \text{域外通勤Trip数 } Tc_{ij} \quad (j = i) \end{array} \right.$$

node内移動距離 D_{ij} は2点間の期待値とし、始点 i と終点 j のnode内の距離の半分を加える

$$\rightarrow Dc_{ij} = D_{ij} + D_u = D_{ij} + \frac{0.9}{2} \times (r_i + r_j) \rightarrow \text{総通勤距離 } Mc = \sum_i \sum_j (Tc_{ij} \cdot Dc_{ij}) \rightarrow \text{Caseで比較}$$

◆交通移動 (都市部: 通学) :

— 初中等教育の通学先は同一node内、高等教育は設置されたnodeの中心と仮定

- ・対象者 = 総人口 × 対象者人口比 — 11. (11)②参照
- ・就学人数 (= 通学者数) = 対象者 × 就学率 — 11. (11)①参照

	対象者人口比	対象者 (万人)	就学率	就学人数 (万人)	
初等 (6 - 12)	11.6%	23.2	87%	20.1	Pse
中等 (13 - 18)	10.2%	20.4	55%	11.2	
高等 (19 - 22)	7.1%	14.2	20%	2.8	Psh

・高等教育機関の設置基準

7千人/校 → 4校

主にnode1を中心として、人口が50万人以上のnodeに設置し、都市圏全体で4校になるようnode間の人口バランスに応じて設置していく
 すべてのnodeの学生は各高等教育機関に等しい割合で通学する

各nodeの高等教育機関設置数 HE_i [校]

case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
node	1	4	4	4	3	3	4	2	2	2	3	2	3	4	2	1
	2	-	0	0	1	1	0	2	2	1	1	1	0	0	0	1
	3	-	-	0	-	0	0	-	0	1	0	1	0	0	1	0
	4	-	-	-	-	-	0	-	-	-	0	0	0	0	1	1
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

・node iの高等教育の通学

2.0 [Trip/day人]

node iの発生通学Trip $Tsh_i = 2.0 \times (iの通学者数) = 2 \cdot Psh_i$

ij間の通学Trip $Tsh_{ij} = \frac{jの高等教育機関数}{4} \cdot Tsh_i = \frac{HE_j}{4} \cdot Tsh_i$

$$\begin{cases} \text{域内通学Trip数} & Tsh_{ii} \quad (j=i) \\ \text{域外通学Trip数} & Tsh_{ij} \quad (j \neq i) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{ij間}(j=i)\text{の通学距離} & Dsh_{ii} = D_{ii} + D_u = 0.7r_i \cdots \text{同一 node 内} \\ \text{ij間}(j \neq i)\text{の通学距離} & Dsh_{ij} = D_{ij} + D_u = D_{ij} + 0.7r_i \end{cases}$$

$$\begin{cases} i\text{の高等教育通学域内移動距離} & Msh_{ii} = \sum_i (Tsh_{ii} \cdot Dsh_{ii}) \\ i\text{の高等教育通学域外移動距離} & Msh_{ij} = \sum_i \sum_{j \neq i} (Tsh_{ij} \cdot Dsh_{ij}) \end{cases}$$

・node iの初中等教育の通学

2.0 [Trip/day人]

node iの発生初中等通学Trip $Tse_i = 2.0 \times (iの通学者数) = 2 \cdot Pse_i$

通学距離：同一node内の任意の2点間—— $Dse_i = 0.9r_i$

iの初中等教育通学移動距離 $Mse_i = 2Pse \cdot 0.9r_i = 1.8Pse \cdot r_i$

・通学移動距離

域内通学移動距離 $Ms_{ii} = Mse_i + Msh_{ii}$

総通学移動距離 $Ms = Ms_{ii} + Ms_{ij} = Ms_{ii} + Msh_{ij} \rightarrow \text{Caseで比較}$

◆交通移動（都市部：買物・レジャー）：

—— 目的地は都市核の中心部と仮定、ij間のTrip数は「その他の目的種類」の回帰式より求める

$$\begin{cases} \text{域内買物・レジャーTrip数} & Tp_{ii}(j=i) \\ \text{域外買物・レジャーTrip数} & Tp_{ij}(j \neq i) \end{cases}$$

node内移動距離は中心までの期待値とする： $D_{ii} = 0.7 \cdot \text{半径}$

ij間の距離は D_{ij} ：20km または 40km (Caseの図より求める) に始点iと終点jのnode内の距離の半分を加える

$\rightarrow Dp_{ij} = D_{ij} + 0.7r_i \rightarrow \text{総買物・レジャー距離 } Mp = \sum_i \sum_j (Tp_{ij} \cdot Dp_{ij}) \rightarrow \text{Caseで比較}$

◆交通移動（農村部：都市service受給）：

—— 最も近い都市核へ行くと仮定、全ての都市核は同等のサービスを提供する

node iへ行く農村人口 $PR_i = TPR \cdot Q_i$

農村人口密度 $\rho_R = \frac{(\text{農村人口})}{(\text{圏域面積}) - (\text{総都市面積})} = \frac{TPR}{TA - A}$ [人/km²]

都市核iでサービスする農村地域面積 $AF_i = \frac{PR_i}{\rho_R}$

—— serviceを受ける農村地域が都市核の周囲に円状に広がるとすると

$$\pi \cdot r_{Ri}^2 = AF_i \quad \therefore r_{Ri} = \sqrt{\frac{AF_i}{\pi}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \frac{PR_i}{\rho_R}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot (TPR \cdot Q_i) \cdot \frac{TA - A}{TPR}} = \sqrt{\frac{(TA - A)Q_i}{\pi}}$$

農民のservice受給Trip延長： $Mr = 0.7 \sum_i r_{Ri}$

◆交通移動（都市部：物流・業務）：

—— 始点と終点はnode内に均等に分散すると仮定、会社（仕事）での移動は物流に含む

ij間のTrip数——「その他の目的種類」の回帰式より求める

$$\begin{cases} \text{域内物流・業務Trip数} & Tg_{ii} \quad (j = i) \\ \text{域外物流・業務Trip数} & Tg_{ij} \quad (j \neq i) \end{cases}$$

node内移動距離は2点間の期待値とする： $D_{ii} = 0.9 \cdot \text{半径}$

ij間の距離は D_{ij} ：20km または 40km (Caseの図より求める) に始点iと終点jのnode内の距離の半分を加える

$$\rightarrow Dg_{ij} = D_{ij} + D_u = D_{ij} + \frac{0.9}{2} \times (r_i + r_j) \rightarrow \text{総物流・業務距離 } Mg = \sum_i \sum_j (Tg_{ij} \cdot Dg_{ij}) \rightarrow \text{Caseで比較}$$

(8) 民力2002より熊本県の統計値を参照して各種パラメータを推計した

◆参照した各種統計値は以下の通り

① 産業別就業人口 (p. 474)

2000年人口(人)	就業者総数(千人)	第1次産業(千人)	第2次産業(千人)	第3次産業(千人)
1,840,326	886.9	107.5	218.0	554.9

※統計上の誤差のため、就業者総数は各産業の合計と等しくならない

② 各産業生産額など (p. 460)

2000年農業粗生産額(億円)	2000年工業製品年間出荷額(億円)	1999年小売業年間販売額(億円)
3,358	26,761	48,177

③ 工場用地面積 (p. 478)

18,434 (千 m^2) = 18.4 (km 2)

④ 店舗規模別大規模小売店の店舗数・年間販売額 (p. 494)

面積 (m 2)	500~1,500	1,500~3,000	3,000~6,000	6,000~10,000	10,000~
店舗数	195	69	42	20	21
小売数	437	185	242	270	508
販売額(百万円)	120,510	67,808	73,905	69,797	231,964

◆各種パラメータの推計方法

⑤ 産業部門別就業人口比

農業就業人口：工業就業人口：商業就業人口

= 第1次産業：第2次産業：第3次産業

$$= \frac{107.5}{107.5 + 218.0 + 554.9} : \frac{218.0}{107.5 + 218.0 + 554.9} : \frac{554.9}{107.5 + 218.0 + 554.9} = 12.2\% : 24.8\% : 63.0\%$$

この近似値として、農：工：商 = 0.15：0.25：0.60

⑥ 就業者割合 e_T

(就業者割合) = (就業者総数) ÷ (2000年人口) = (886.9 × 1000) ÷ 1840326 ≒ 0.48

この近似値として、 $e_T = 0.5$

⑦ 土地生産性 lm

(土地生産性) = (2000年効用製品年間出荷額) ÷ (工場用地面積) = 26,761 ÷ 18.4 ≒ 1450 (億円/km 2)

⑧ 産業部門別労働生産性

(産業部門別労働生産性) = (各産業生産額など) ÷ (産業別就業人口)

	農業	工業	商業
金額(億円)	3,358	26,761	48,177
就業人口(万人)	10.75	21.80	55.49
生産性(億円/万人)	312	1228	868

⑨ 売り場効率 lc

店舗規模別大規模小売店の店舗数・年間販売額から、まず店舗規模ごとの平均面積を出してから計算する。10000 m 2 以上は平均が出せないため考察から外した。また、最終的に lc は各規模の売場効率の平均とした。

平均面積の出し方 (店舗規模500~1500m²の場合) → (平均面積) = (500 + 1500) ÷ 2 = 1000

(売場効率) = (販売額) ÷ ((平均面積) × (店舗数))

面積 (m ²)	500~1,500	1,500~3,000	3,000~6,000	6,000~10,000
平均面積 (m ²)	1000	2250	4500	8000
売場効率 (百万円/m ²)	0.618	0.437	0.391	0.436

$$I_c = 0.470507 \text{ (百万円/m}^2) \approx 4700 \text{ (億円/km}^2)$$

(9) 都市計画教科書より公的サービス面積とトリップ回帰式を参照した

① 公的サービス面積

・既存都市の土地利用と構成比 (p.124)

	広島市(1967年)			東京都区部(1980年)		
人口	51万人			835万人		
	面積 (ha)	面積 (m ² /人)	%	面積 (ha)	面積 (m ² /人)	%
道路	623	12.2	16.1	(10) 9,878	11.8	20.8
公園	163	3.2	4.2	3,156	3.8	6.7
宅地	3,085	60.5	79.7	34,300	41.1	72.5
	宅地 (内訳)	官公庁 都市運営施設 文教施設 厚生施設 その他	1.4 7.9 9.7 2.9 78.1	宅地 (内訳)	官公庁 都市運営施設 文教施設 厚生施設 その他	2.1 10.2 1.2 1.7 84.8

→宅地の内訳で上記の公的サービスに関連する項目の単位あたりの面積を計算する

$$\frac{3,085 \times 0.219}{51} \approx 13.2 \text{ [ha/万人]}$$

$$\frac{34,300 \times 0.152}{835} \approx 6.24 \text{ [ha/万人]}$$

・公的サービス一人当たり面積は上記のことを勘案して、次のようにした

東京 834万 6.25 [ha/万人]

広島 51万 13.2 [ha/万人]

↓

200万人の人口では 12 [ha/万人] = 0.12 [km²/万人]

② トリップ回帰式

・東京都市圏における発生/集中トリップの回帰式 (p.142)

	トリップ目的種別	回帰式
発生	自宅 ⇒ 勤務先	$T=2,566+0.62 \times PE_{(2+3)}$
	自宅 ⇒ 通学先	$T=159+0.24 \times P$
	勤務・業務⇄勤務・業務	$T=-3,125+0.59 \times EE_{(2+3)}$
	自宅 ⇄ 業務	$T=-1,555+2.39 \times PE_1+0.22 \times PE_{(2+3)}+0.19 \times EE_{(2+3)}$
	その他の目的種類	$T=-5,141+1.05 \times P+1.46 \times EE_0$
集中	自宅 ⇒ 勤務先	$T=-1,606+0.78 \times EE_{(2+3)}$
	自宅 ⇒ 通学先	$T=652+0.23 \times P$
	勤務・業務⇄勤務・業務	$T=-3,035+0.85 \times EE_{(2+3)}$
	自宅 ⇄ 業務	$T=-1,434+2.37 \times EE_1+0.26 \times PE_{(2+3)}+0.14 \times EE_{(2+3)}$
	その他の目的種類	$T=-5,152+1.53 \times P+0.58 \times EE_{(2+3)}$

T : 発生トリップ数

P : 常住地居住人口 (夜間人口)

PE₁ : 常住地別1次就業人口

PE₍₂₊₃₎ : 常住地別2次・3次就業人口

EE₀ : 従業地別総就業人口

EE₁ : 従業地別1次就業人口

EE₍₂₊₃₎ : 従業地別2次・3次就業人口

- (10) 交通計画学より重力モデル係数を参照した
 ・OD調査結果を用いた重力モデルの係数の検定 (p. 76)

都市圏(年度)	k	γ	α	β
広島(1967)	4.21	0.418	0.294	0.195
広島(1978)	2.06	1.11	0.429	0.475
前橋	95.7	2.68	0.442	0.594
岡山	28.8	2.04	0.386	0.544
マニラ(1970)	2.08	1.16	0.425	0.538
ダバオ(1979)	7.58×10^2	0.650	0.586	0.691

上記の検定結果より、次のように仮定する

(11) γ	(12) α	(13) β
(14) 1.5	(15) 0.45	(16) 0.55

- (11) タイ国の就学状況のデータより就学人数を推計した

① 世界国勢図会より

・タイ国の1995年就学率 (p. 482)

区分	就学率
初等教育	87 %
中等教育	55 %
高等教育	20.1 %

タイ国家経済開発庁 (Office of the National Economic and Social Development Board, Office of the Prime Minister) 統計資料より

・POPULATION PROJECTIONS (1 JULY) BY AGE GROUP AND SEX

2003年

年齢層(歳)	(千人)
5 - 9	5,226
10 - 14	5,366
15 - 19	5,510
20 - 24	5,728
全人口	63,959

初等・中等・高等の各教育区分の就学年齢層を次のように割り当てて考え、各年齢層の対象人数を計算する。初等教育対象人数の計算例を示す。

区分	就学年齢層(歳)
初等教育	6 - 12
中等教育	13 - 18
高等教育	19 - 22

$$(\text{初等教育対象人数}) = 5226 \times \frac{4}{5} + 5366 \times \frac{3}{5} = 7400.4$$

この算出した各区分の就学対象者人数を全人口の63,959(千人)で割って人口全体に対する比を求める。

区分	就学対象者人数(千人)	就学対象者人口比
初等教育	7400.4	11.6%
中等教育	6554.4	10.2%
高等教育	4538.8	7.1%