

土地利用・交通・環境に関わる総合計画分析のための 地理情報システムの構築

(課題番号 09555162)

平成9・10年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2)) 研究成果報告書

平成11年3月

東北大学図書



00021004050

附属図書館

研究代表者 宮本 和明

(東北大学東北アジア研究センター教授)

土地利用・交通・環境に関わる総合計画分析のための 地理情報システムの構築

(課題番号 09555162)

平成9・10年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2)) 研究成果報告書

平成11年3月

研究代表者 宮本 和明

(東北大学東北アジア研究センター教授)

研究組織

- 研究代表者：宮本 和明（東北大学東北アジア研究センター 教授）
研究分担者：内田 敬（東北大学大学院工学研究科 助教授）
同上：北詰 恵一（東北大学東北アジア研究センター 助手）
同上：大伴 真吾（朝日航洋株式会社システム開発センターシステム部 GIS 開発グループリーダー）
研究協力者：杉木 直（東北大学大学院 博士後期課程）
同上：アントニオ・パエズ（東北大学大学院 博士後期課程）
同上：中野 光治（東北大学大学院 博士前期課程）
同上：谷後 義雄（東北大学大学院 博士前期課程）

研究経費

- 平成 9 年度：2, 800 千円
平成 10 年度：1, 300 千円
計：4, 100 千円

研究発表

1. 杉木直・宮本和明・内田敬：統合型都市圏GISのためのデータ統合管理システム，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集，vol. CS，pp.326-327，1997.9.
2. Kazuaki MIYAMOTO, Nao SUGIKI, Takashi UCHIDA, Antonio Paez: A GIS BASED LAND-USE MODEL DEALING WITH BUILDING TYPES BY SMALL UNIT OF LAND IN A METROPOLITAN AREA, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.2, No.6, pp.1943-1959, 1997.10.
3. 宮本和明・杉木直・内田敬：建物タイプを考慮した即地的土地利用モデルの構築，土木計画学研究・講演集，No.20(1)，pp.223-226，1997.11.
4. Antonio Paez・宮本和明・内田敬：Analysis of Urbanization-related Environmental Impacts from Their Spatial Dimension，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，pp.748-749，1998.3.
5. 谷後義雄・内田敬・杉木直・宮本和明：詳細な土地条件に基づく土地利用分析，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，pp.390-391，1998.3.
6. 杉木直・内田敬・谷後義雄・宮本和明：詳細な土地情報に基づく即地的土地利用モデル，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，vol. 4，pp.324-325，1998.10.
7. 杉木直・谷後義雄・内田敬・宮本和明：詳細土地利用モデルにおけるパラメータ推定，土木計画学研究・講演集，No.21(2)，pp.129-132，1998.11.
8. Antonio Paez・内田敬・宮本和明：Urbanization and the Urban Heat Island Effect from a Spatial Descriptive Approach，都市計画論文集，No.33，pp.67-72，1998.11.
9. 谷後義雄・杉木直・内田敬：筆単位の付け値分析による建物立地モデル，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，pp.508-509，1999.3.

【目次】

第1章 序論	1
第2章 建物タイプを考慮した即地的土地利用モデルの構築	3
2.1 背景と目的	3
2.2 即地的土地利用モデルの構築	4
2.3 街区モデルの構築	6
2.4 パラメータ推定	9
2.5 仙台都市圏における適用	11
2.6 結果及び考察	14
2.7 まとめ	21
第3章 都市解析における時空間データ変換の誤差評価法	22
3.1 背景と目的	22
3.2 既存研究	23
3.3 データ空間（データモデル）	24
3.4 データ変換	30
3.5 誤差の定式化	37
3.6 変換アルゴリズムの構築	41
3.7 適用	43
3.8 結論	46
第4章 結論	51
参考文献	52
発表論文	

第1章 序論

都市における土地利用および交通問題は多様かつ複雑であり、都市を分析あるいは計画する上では両者を統合的に考える必要がある。一方で、都市環境問題に対する意識が高まってきたことから、環境問題に十分配慮した都市計画が望まれてきている。都市環境問題は、土地利用や交通と密接な関わりがあることから、土地利用と交通とともに、総合的に捉えることが必要である。しかし、現状では、これらの土地利用、交通、環境の3つの問題は、行政の現場でも個別に取り扱われている状況であり、学術分野においても総合的検討は十分でない。とりわけ、分析および計画するシステムのソフトなども個別に存在するとともに、都市指標データの仕様やスキームがそれぞれ異なり、それらを統合することは簡単ではない。

地理情報システム（Geographical Information System: GIS）は、近年、急速な発展を見せており、行政・学術分野での普及も進んでいる。GISは、非常に多様で大量の都市情報を管理し、コンピューターの画面上で分析、計画できるシステムとして有効である。また、多くの組織や部署で個別に管理しているデータを総合的に取り扱うためのプラットフォームとしての役割を担うことができる可能性を有している。

このような背景から、本研究では、土地利用・交通・環境の総合計画のために、GISの構築を目指して、それに関わる諸問題に取り組むこととする。本研究で検討を行う問題点は、以下の2点である。

- 1) 従来、土地利用と交通、さらに環境問題を統合的に分析できるモデルは、例えば、1 km メッシュ単位といったような比較的広いエリアを分析単位としていた。しかし、より多くの課題に答えていくためには、さらに詳細な分析単位である区画や筆単位での分析を必要とする場合が想定される。ここでは、従来のモデルの下位モデルとして詳細な分析単位の土地利用モデルを構築し、その適用可能性を検討することとする。その際、特に土地利用変化に影響をもたらすと考えられる建物タイプに着目し、できるだけ即地的な土地利用を表現できるものを目指す。
- 2) 都市を分析および計画するためには、多様な都市情報データを用いる必要があるが、そのデータの仕様やスキームは、それぞれ異なっている。欲しいデータの時間、空間、属性と、存在するデータの時間、空間、属性は、異なっていることが多く、何回かのデータ変換を通して、欲しいデータを作成することになる。その変換経路は、一般に複数存在するが、どの経路が最も誤差の少ないもの

のかは明らかでない。多様なデータを用いて土地利用、交通、環境の総合的な分析システムを構築する上で、このような最も誤差の少ないデータ変換経路を明確にすることは極めて重要である。ここでは、データ変換の一般的なモデルを検討し、誤差評価法を構築して、実際のデータに適用する。

第2章 建物タイプを考慮した即地的土地利用モデルの構築

2.1 背景と目的

交通施設計画、土地利用規制等の計画分析を支援するための土地利用モデルはこれまでも多く作成されてきた。しかし、これらのモデルは、その集計単位が、小さいものでも1km²グリッド程度のようなゾーンによる分析であったため、我が国の都市のように土地条件が細かく複雑で多様な土地利用状況においては、現実の土地利用と十分な対応がとれず、(1) 施設整備の環境への影響分析にとっては分析単位が過大で、その本質的な評価が不可能である、(2) 物理的な建物の立地状況に依存する施設整備効果の計測が困難である、(3) 局所的な土地条件や開発余地、制度的な制約が考慮できないために妥当な分析結果を提示できない、等の限界があった。

以上の背景のもと、本研究では総合計画支援において、より現実的な政策評価を行うため、「詳細な土地区画情報に基づいた即地的土地利用モデルの構築」を目的とする。モデルの構築に際し、必要な基礎情報の取得および分析支援のためのツールとしては、地理情報システム(GIS)に着目し、そのデータベースに基づいたモデルの構築を行う。本モデルは、また、基本式は従来の都市経済学分野における基礎モデルの成果に基づくが、本質的には現状の土地利用状況を再現することを第一義に考える統計モデルとして位置づけられる。

具体的には、街区レベルの詳細な分析単位による土地利用分析モデルの具体的な定式化及びパラメータ推定アルゴリズムを確立し、さらに、仙台都市圏において実際にパラメータ推定を実行することによって、有効な説明変数の選択、サンプリング方針の検討を行った上で、パラメータ推定方法の妥当性の検証を行い、モデルの有効性を確認する。

2.2 即地的土地利用モデルの構築

2.2.1 基本的な考え方

従来提案されてきた土地利用モデルは、都市の活動量を効用理論や付け値理論などの都市経済理論等に基づく規範に従って配分するものである。その分析単位は小さいものでも1 km²グリッド程度と現実の土地利用と乖離した大きな集計単位へ配分するものがほとんどであり、建物タイプを考慮したモデルにおいても、その中に存在する土地利用規制をはじめとする詳細な土地の条件は考慮されない。このようなモデルでは、我が国のように土地制約の大きな都市においては現実の土地条件との十分な対応がとれず、土地利用モデルと呼ばれながらも、実際には土地から乖離したモデルとなっている。このために、予測においては配分値が現実の土地の物理的および制度的な開発「余地」、あるいは「制約」と必ずしも整合したものとはならず、実際の計画策定業務での利用という重要な目的を妨げる原因の一つとなっていると言える。

そこで本研究では従来のモデルにおいて算定された各ゾーンの活動量配分値を、土地制約を考慮した上で街区以下の単位へ建物量として再配分するモデルを構築する。

しかし、このような詳細なモデル構築に際しては、データの入手可能性が最大の問題である。この点に従来の土地利用分析モデルが抽象的であり、実用的でなかった大きな原因があるものと思われる。したがって、このような分析に際しては、データ入手をモデルの機能の一部としてとらえる必要がある。本研究では、この機能を詳細な空間データを効率よく記述・分析することが可能であるGISによって行うことで実用的なモデルの実現を図る。本研究のモデルはこの様にGISの実用モデルへの活用を探ったものでもあるといえる。

2.2.2 モデル構造

本研究で提示する土地利用モデルについて概要を図 2-1 に示す。本研究のモデルは、基本的には2段階の配分モデルである。ゾーンモデルは従来型の土地利用モデルであり、人口や従業者といった「活動量」を「ゾーン」に配分する。街区モデルは、ゾーンモデルにより算定された人口や従業者といった「ゾーンへの配分値」を建物量へと変換し、詳細情報により「ゾーン内の土地区画」へ土地制約を考慮した上で「再配分」するものである。

ゾーンモデルにおけるシミュレーションの初期値及び各種ゾーン条件はGISから加工、推定、集計化して入力される。街区モデルにおける物理的及び制度的な土地制約の考慮もまた、GISの詳細データベースに基づいて行う。

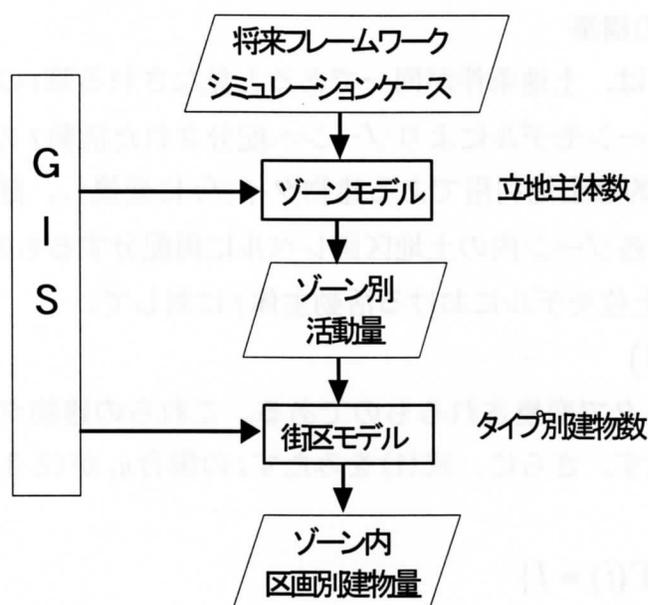


図 2-1 詳細情報に基づくモデル構造の概要

2.2.2.1 ゾーンモデル

ゾーンモデルは、従来からの土地利用モデルを利用し、新規交通プロジェクトの実施による利便性の変化や、土地利用規制の変更によって生じる主体立地量の変化を、都市経済原則に基づき予測分析するものである。従来型の土地利用モデルとしては、効用関数や付け値関数またはそれらの組み合わせによるものなど、様々なものが提唱されている。ゾーンモデルとしては様々なモデルが利用可能であるが、本研究では、ランダム効用理論およびランダム付け値理論を用いた土地利用モデルである R U R B A N モデルによる活動量の配分を行う。

2.2.2.2 街区モデル

街区モデルでは、立地活動を物理量である建物に変換し、これらの建物の詳細な筆単位での立地を考える。配分においては、土地条件が同一であると見なされる筆 l の集合を土地区画 k_s として取り扱い、GISの詳細データ及び地価を用いてゾーンモデルによってゾーン S へ配分された立地活動量を、土地区画単位へ再配分する。具体的には、立地転換の際の抵抗として、建物の建設費用を考慮した付け値分析に基づいて、土地区画単位での各建物の立地比率を表す配分関数を作成し、必要に応じて同時確率最大化法を用いることにより、ゾーン内特性とゾーン制約値に基づく最尤分布を求める。街区モデルでの配分は、予測的というよりは、街区モデルでの配分値を前提とした場合、物理的にどのように実際の土地区画に配置され得るのを見るためのものであり、ゾーンへの活動量配分の妥当性を検討することにより現実の土地条件との対応を取ることを第一義と考えている。

2.3 街区モデルの構築

「街区モデル」は、土地条件が同一であると見なされる筆 l の集合を土地区画 k_s として取り扱い、ゾーンモデルによりゾーンへ配分された活動 I のゾーン S に対する配分値 N_{IS} を、物理的な土地利用である建物タイプ i に変換し、詳細な土地条件を考慮した上で統計的に各ゾーン内の土地区画レベルに再配分するものである。

建物タイプ i は上位モデルにおける活動主体 I に対して、

$$I = \Gamma(i) \tag{2.3.1}$$

のようなオペレータで変換されるものである。これらの建物タイプと都市活動量の関係を表 2-1 に示す。さらに、式(1)をみたます i の集合 u_I が(2.3.2)のように定義される。

$$u_I = \{i | \Gamma(i) = I\} \tag{2.3.2}$$

表 2-1 活動量の建物タイプへの変換

		建物タイプ i																	
		空き家	戸建て商業施設	中規模商業混在施設	商店街施設	中高層業務ビル	商店・業務混在ビル	戸建て住宅	小規模アパート	鉄筋アパート	マンション	商業併用戸建て住宅	商業併用小規模アパート	商店・住宅混在ビル	業務・住宅混在ビル	重化学工業施設	軽工業施設	農家	公共施設
都市活動主体 I	商業																		
	近隣商業		○	○	○														
	中心商業			○		○	○												
	業務					○	○												
	住宅																		
	家族世帯							○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	単身世帯								○	○			○	○	○				
	工業																		
	小規模工業																	○	
	都市型工業																	○	
製造業															○	○			
農業																		○	
公共																			
交通																		○	
空地	○																		

分析対象となる地域に関しては、上位モデルの分析単位であるゾーン s は土地条件が均一であると見なされるいくつかの土地区画 k_s から構成されるものとする。また個々の土地区画は物理量である建物が立地する筆 l ($l = 1, \dots, L_{k_s}$) の集合であると見なす。

街区モデルの配分は、個々の「筆」(土地区画)における各建物の付け値分析による立地確率に基づいた配分である。付け値関数は、前期における建物タイプを考慮し、変更があったものに関しては、建設に要する費用を考慮する。前期に立地している建物タイプを i' 、詳細な土地条件を X_l 、パラメータベクトルを a_i として筆 l における建物タイプ i の付け値 b_{il} は(2.3.3)のように表現される。

$$b_{il} = (a_i X_l - h_i^c \delta(i, i')) V(LP_{il}) \quad (2.3.3)$$

$$a_i = \{\alpha_{im}\} \quad (m = 1, \dots, M)$$

$$X_l = \{X_{lm}\}'$$

h_i^c : 新規の建物の単位床当たり建設費用

$V(LP_{il})$: 実容積関数

$$\delta(i, i') = \begin{cases} 0: i = i' \\ 1: i \neq i' \end{cases}$$

ここで、 $V(LP_{il})$ は、建物の高度利用を表す実容積関数であり、実容積は地価と相関が高いので、地価 LP_{il} の関数として表現する。

(2.3.3)における i に関して最も高い付け値が地価として顕在化し、立地密度関数は地価の関数として外生的に与えられるので、付け値 b_{il} が内生的に一義に定められる。(2.3.3)の付け値関数に I I G D を仮定すると、ランダム付け値モデルより、 l において i が最大付け値を付ける確率は、ロジットモデルを用いて

$$P_{il} = \frac{\exp \mu_i b_{il}}{\sum_{j \in u_l} \exp \mu_j b_{jl}} \quad (2.3.4)$$

$$s.t. V(b_{jl}) \leq V_l^{cap} \quad \forall j \in u_l$$

V_l^{cap} : 筆 l における指定容積率規制

のように求められる。(2.3.4)における制約条件は、立地密度関数における容積率規制でありこの制約を満たさない建物タイプは付け値競争に参加しないことを意味している。区画 k_s における建物タイプ i の立地比率を表す配分関数は、区画内では土地条件が均一であると見なされるので(2.3.4)において l を k_s に置き換えて、

$$P_{ik_s} = \frac{\exp \mu_i b_{ik_s}}{\sum_{j \in u_l} \exp \mu_j b_{jk_s}} \quad s.t. V(b_{jk_s}) \leq V_{k_s}^{cap} \quad \forall j \in u_l \quad (2.3.5)$$

ここで、区画 k_s における建物タイプ i の立地する筆数を n_{ik_s} とすると、その配分パターン $\{n_{ik_s}\}$ の同時確率は (2. 3. 5) の配分関数を用いて (2. 3. 6) のように表される。

$$P = \prod_{k_s} \left(\frac{L_{k_s}!}{\prod_{i \in U_1} n_{ik_s}!} \prod_{i \in U_1} p_{ik_s}^{n_{ik_s}} \right) \quad st L_{k_s} = \sum_{i \in U_1} n_{ik_s} \quad (2. 3. 6)$$

L_{k_s} : 区画 k_s 内筆数

(2. 3. 6) における制約は、区画内の筆数の総量条件である。次に (2. 3. 6) の同時確率最大化を行う際の制約条件を考えると、配分パターンに関してゾーンモデルの立地量 N_{IS} に対する総量条件が (2. 3. 7) で与えられる。

$$N_{IS} = \sum_{k_s} \sum_{i \in U_1} \beta_i V(b_{ik_s}) n_{ik_s} \quad (2. 3. 7)$$

β_i : 活動量変換係数

$V(b_{ik_s})$: 立地密度関数

ゾーンモデルにおいては世帯数、商店数、従業員数といったものが活動量として配分されるため、建物へと変換することが必要であり、 β_i はその単位床面積当たりの活動量を表す。また、各々の区画における配分値の物理的、制度的な制約を (2. 3. 8) で与える。

$$G_r(n_{ik_s}) \leq C_{k_s r} \quad (r = 1, \dots, R) \quad (2. 3. 8)$$

(2. 3. 7)、(2. 3. 8) の制約条件の下に、配分関数に対して (2. 3. 9) の同時確率最大化を行う。

$$P = \prod_{k_s} \left(\frac{L_{k_s}!}{\prod_{i \in U_1} n_{ik_s}!} \prod_{i \in U_1} p_{ik_s}^{n_{ik_s}} \right) \rightarrow \max \quad (2. 3. 9)$$

$$st L_{k_s} = \sum_{i \in U_1} n_{ik_s}$$

$$N_{IS} = \sum_{k_s} \sum_{i \in U_1} \beta_i V(b_{ik_s}) n_{ik_s}$$

$$G_r(n_{ik_s}) \leq C_{k_s r} \quad (r = 1, \dots, R)$$

最大化問題 (2. 3. 9) より建物タイプ i の土地区画 k_s での立地量 n_{ik_s} が求められ、これを用いてゾーンモデル配分の妥当性の検討及びプロジェクトの環境評価が行われる。

2.4 パラメータ推定

パラメータ推定はGISの詳細情報より筆 l のサンプリングを行い、収束計算を用いた最尤推定法によって行う。

繰り返し回数を k として、まず各サンプルの実容積関数に用いる地価 LP_{il}^k ($k=1$)を、GISデータベースのよって入手される最近傍の地価公示点の地価 LP_i^* によって初期化する。

$$LP_{il}^k = LP_i^* \quad (2.4.1)$$

各サンプルに対する付け値関数が(2.4.2)で与えられ、

$$b_{il} = (\mathbf{a}_i \mathbf{X}_l - h_i^c \delta(i, i')) V(LP_{il}^k) \quad (2.4.2)$$

ロジットモデルを用いて配分関数は(2.4.3)のように表される。

$$p_{il} = \frac{\exp \mu b_{il}}{\sum_j \exp \mu b_{jl}} \quad (2.4.3)$$

(2.4.4)の対数尤度関数の同時確率最大化により、パラメータ $\mu a_i, \mu h_i^c$ が推定される。

$$\ln P = \sum_l \sum_i \ln p_{il} \delta(i, i') \rightarrow \max \quad (2.4.4)$$

$$\delta(i, i') = \begin{cases} 1: i = i' \\ 0: i \neq i' \end{cases}$$

次に、地価公示地点をサンプルとして取得し、推定されたパラメータを用いて各サンプル地価ポイントの付け値を計算し、これにより(付け値-地価)関数を推定する。

$$LP_{smp}^* = \alpha_k (\mu b_{smp}) + \beta_k \quad (2.4.5)$$

(付け値-地価)関数のパラメータの収束を(2.4.6)を用いて判定し、

$$\begin{aligned} |\alpha_k - \alpha_{k-1}| / \alpha_k < 1\% \\ |\beta_k - \beta_{k-1}| / \beta_k < 1\% \end{aligned} \quad (2.4.6)$$

収束していない場合には、(2.4.7)より各筆サンプルに対し、各建物タイプの付け値を計算し、

$$\mu b_{il} = (\mathbf{a}_i \mathbf{X}_l - h_i^c \delta(i, i')) V(LP_{il}^k) \quad (2.4.7)$$

(2.4.8)より、最大のものを(付け値-地価)関数を用いて地価に換算し、

$$LP_{il}^{k+1} = \max_i (\alpha_k (\mu b_{il}) + \beta_k) \quad (2.4.8)$$

次回の繰り返し計算における実容積関数に用いる。収束した場合にはその際に求められているモデルパラメータを採用する。パラメータ推定アルゴリズムの概要を図2-2に示す。

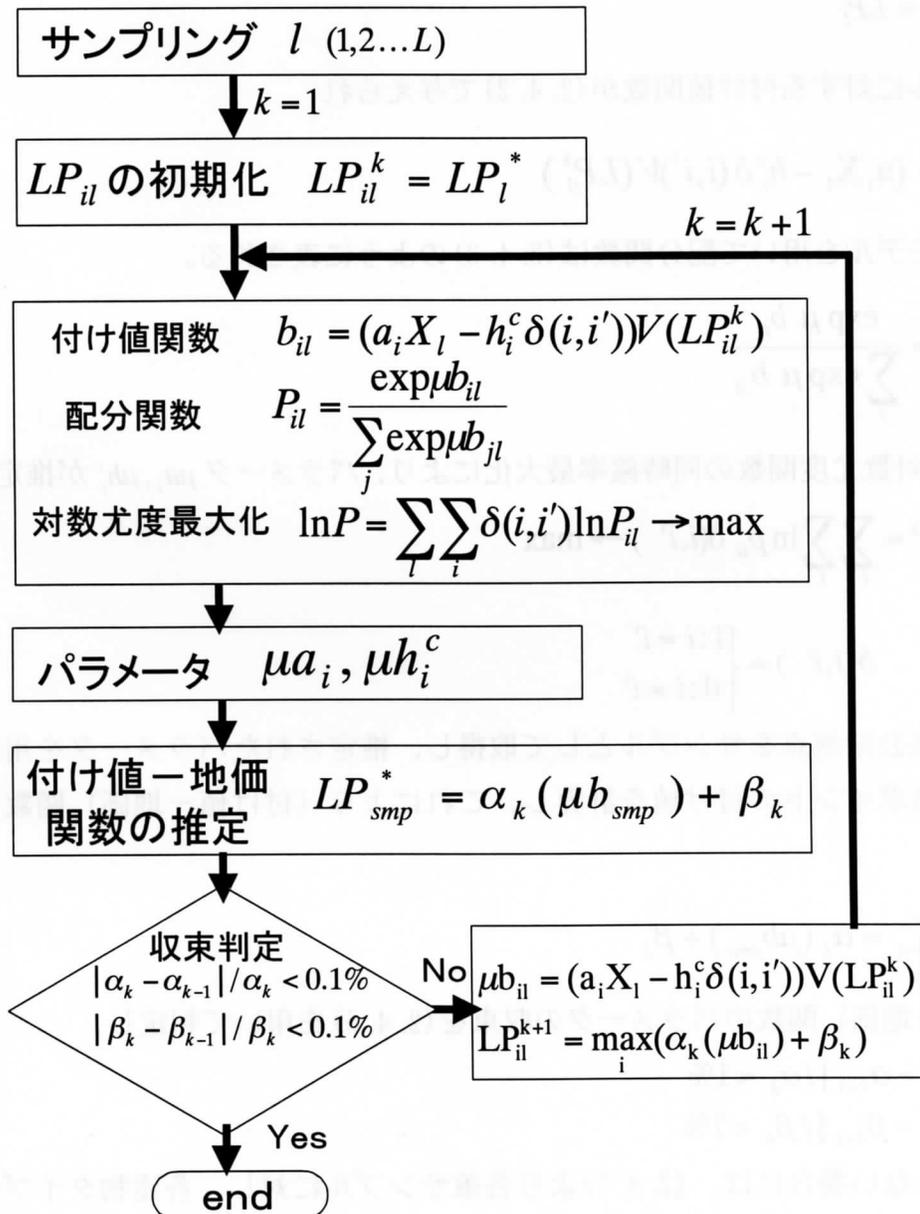


図 2-2 パラメータ推定アルゴリズム

2.5 仙台都市圏における適用

以上の定式化及びパラメータ推定法に基づき、仙台都市圏を対象としてデータベースの整備を行い、モデルの適用を行う。分析の基礎となるGISデータベースとしては、GISエンジンATOM（朝日航洋）を用いたシステムの構築をWindows 95環境で行っている。

2.5.1 パラメータ推定用データセットの作成

パラメータ推定を実行するに際して、以下の2つのデータセットを作成し、モデル推定を行った。

①商業地域モデル

青葉区木町通（都心部）及び泉区泉中央（郊外）における地価ポイントから半径500メートルをサンプリングエリアとした1932サンプルを得た。（①②のプールデータセット）

②仙台市全域モデル

地価マップより、30ポイントをランダムに抽出し、地価ポイントから半径125メートルをサンプリングエリアとし、3411サンプルを得た。

各データセットにおいては、H7年におけるサンプリングエリア内の土地利用について、建物タイプと、土地条件（土地属性）を、GISの詳細データより加工し入手した。建物タイプの種類およびその定義を表2-2に示す。また、土地条件としては、以下の7種類についてデータ化した。

- 角地か否か
- 接道条件（表の筆か否か）
- 沿道条件（主要な道路に面しているか）
- 主要な道路までの距離
- バス停までの距離
- 規制容積率（用途規制）
- 地積

サンプルのうち付け値競争に参加しないと思われる建物タイプ（寺、神社、畑、役所など）については分析の対象から除いた。建て替わりについてはH2年度のデータとの比較により判定している。

2.5.2 パラメータ推定アルゴリズムの適用

仙台都市圏全域に適用するに際してのサンプリング方針としては、(1)都心までのアクセスにかかる時間(2)用途地域の2要因によって層別標本抽出法を用いるものとした。今回は有効な説明変数の選択、およびパラメータ推定アルゴリズムの妥当性の検討を行うという点から、データセット①を用いて替わりの多い商業地区を対象として、パラメータ推定の実行とモデル再現性の検討を行っている。H2年度及びH7年度の各建物タイプ毎のサンプル数を表2-3に示す。

ここで、実容積関数としては、(1)建物なし(空き地、駐車場)、(2)低度利用系(戸建住宅、アパート、低層商業)、(3)高度利用系(マンション、中高層商業)の3種類を用いた。(付け値—地価)関数推定に用いるサンプル地価公示地点としては、サンプリングエリアの近傍より12地価ポイントを選定した。

表2-2 建物タイプおよびその定義

建物タイプ	定義
①空き地	具体的な利用のされていない土地
②戸建住宅	1戸建て住宅
③アパート	3階以下の低層住宅
④マンション	4階以上の中高層住宅
⑤低層商業	4階以下の低層建物
⑥中・高層商業	5階以上の中高層建物
⑦郊外型商業	敷地の2/3以上を駐車場が占める商業施設
⑧駐車場	有料駐車施設

表2-3 建物タイプ別サンプル数

建物タイプ	H2年	H7年
空き地	198	22
戸建住宅	620	590
アパート	101	135
マンション	74	105
低層商業	599	614
中高層商業	59	98
郊外型商業	32	46
駐車場	249	322
合計	1932	

2.5.3 用途地域によるモデルパラメータの差異の検証

工業地域や住宅地域、商業地域などあらゆる用途を含む仙台市全域を対象としたモデルと、各用途地域ごとを対象にしたモデルとの間には、土地利用の決定過程において違いが存在すると考えられる。そこで、それらの差異を検証するために、データセット①による商業地域モデルと、データセット②による仙台市全域モデルについてパラメータを推定し、比較を行った。

それぞれのモデルから得られたパラメータ推定結果を用いて、(2.5.1)の漸近標準統計試験を行い、パラメータの同質性の検定を行った。

$$\left| \frac{\hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2}{\sqrt{V(\hat{\alpha}_1) + V(\hat{\alpha}_2)}} \right| \leq 1.96 \quad (2.5.1)$$

$\hat{\alpha}_1$: 都心部データセットによる推定パラメータ

$\hat{\alpha}_2$: 郊外データセットによる推定パラメータ

2.5.4 地区によるモデルパラメータの差異の検証

開発時期や都心からの距離などのマクロ条件の異なる地区においては、開発余地や周囲の環境などにより、土地利用を決定する際の制約や、要因も異なると考えられる。そこで、同じ用途地域における地区による土地利用決定プロセスの差異を示すために、商業地域に関するモデル推定において、都心部と郊外各々のサンプルによってモデル推定を行った。

得られた結果をもとに、(2.5.1)の漸近標準統計試験を用いて同様の検定を行った。また、(2.5.2)に示す尤度比統計試験を用いて、都心部、郊外それぞれ別々に推定した際のパラメータセットと、データをプールして推定した際のパラメータセットの同質性の検定を行った。

$$-2(L_R - L_U) \quad (2.5.2)$$

L_R : 制限モデルの対数尤度

L_U : 非制限モデルの対数尤度

この試験統計は自由度 ($K_U - K_R$) のカイ2乗分布であり、 K_U と K_R は非制限モデルと制限モデルにおいてそれぞれ推定されたパラメータの数である。

2.6 結果及び考察

2.6.1 パラメータ推定アルゴリズムの適用結果

商業地域モデルにおける(付け値-地価)関数の推定結果を表 2-4 に示す。(付け値-地価)関数推定の際には、郊外及び都心の2地区における空地地価の差異を表現するために、都心部のサンプル地価公示ポイントデータに関してダミー変数を設けた。12カ所の地価ポイントサンプル地点データに対して、収束計算9回で付け値-地価関数は収束し、その際の決定係数は0.64であった。また、モデルパラメータ自体も収束している。また、(付け値-地価)関数に関するパラメータの収束状況を図 2-3 に示す。これより、繰り返し計算によりパラメータが安定化し収束していくことがわかる。これらにより、本研究のパラメータ推定アルゴリズムの妥当性が確認された。また、パラメータ推定結果を表 2-5 に示す。尤度比0.72であり、各建物タイプの説明変数に対するパラメータの推定値は妥当なものが得られており、ロジットモデルによる付け値分析の有効性が示されている。次に、モデル的中率を表 2-6 に示す。全体で87%、良好なものでは98%とモデルの説明力の高さが示されている。しかし、表 2-7 に示すように、建て替わったもののみに対する中率においては、全体でも26%と低く、建て替わりを表現する新たな説明変数の考慮が必要であると考えられる。

表 2-4 (付け値-地価)関数推定値(商業地域モデル)

推定結果	$LP = 5.15b + 2.77$ (都心地区ダミー = 29.17)
決定係数	0.64

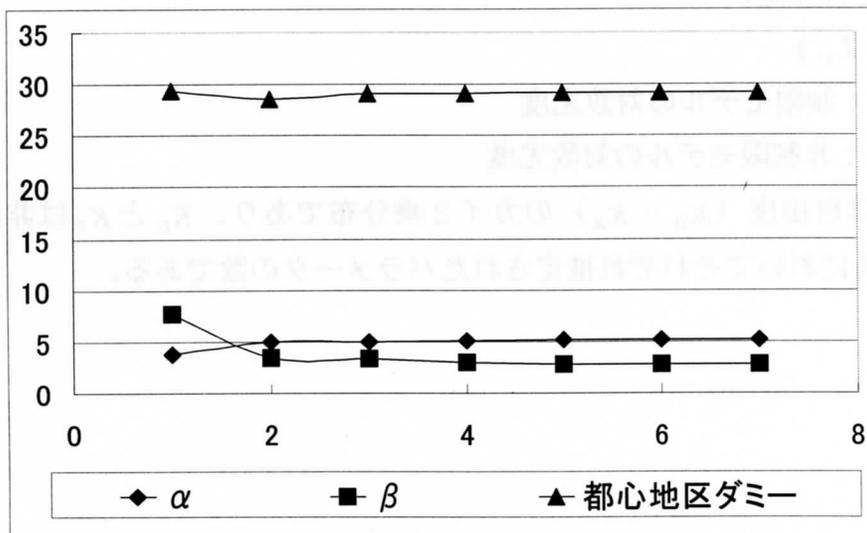


図 2-3 (付け値-地価)関数パラメータ収束状況(商業地域モデル)

表 2-5 パラメータ推定結果（商業地域モデル）

	戸建住宅	アパ ート	マン ション	低層 商業	中高層 商業	郊外型 商業	駐車場	
土地条件	角地 ダミー	0.0109 (1.04)	0.0054 (0.45)	0.0403 (1.82)	0.0085 (0.72)	0.0369 (1.41)	0.8832 (2.04)	
	幹線沿道 ダミー	-0.0226 (-1.31)	-0.0192 (-0.90)	-0.0239 (-0.77)	0.0035 (0.22)	0.0379 (0.99)	-0.7866 (-1.25)	
	接道条件 ダミー	-0.0139 (-0.82)	-0.0032 (-0.17)	0.0054 (0.13)	-0.0067 (-0.33)	-0.0183 (-0.47)	-0.5108 (-0.76)	
	規制容積 率					0.0883 (6.53)		
	幹線道路 までの 距離	-0.0184 (-2.00)	-0.0243 (-2.27)	-0.1220 (-5.42)	-0.0333 (-3.19)	-0.0437 (-1.13)	-0.0516 (-1.53)	-1.4737 (-3.81)
	バス停ま での 距離	0.0382 (3.86)	0.0502 (4.21)	0.0594 (2.16)	0.0269 (2.14)	-0.0648 (-1.13)	0.0052 (0.17)	
	地積	-0.0270 (-3.56)	-0.0147 (-1.72)	0.0482 (2.88)	-0.0164 (-2.07)	0.0004 (0.02)	0.020 (2.18)	-0.0199 (-0.07)
建設費	0.1284 (28.89)	0.1284 (28.89)		0.1322 (19.24)		0.1322 (19.24)	3.7257 (12.38)	
定数項	0.2011 (5.26)	0.1282 (2.96)	-0.0119 (-0.13)	0.2000 (4.62)	-0.3724 (-2.55)	0.1749 (1.93)	7.4647 (5.48)	
尤度比	0.72							

表 2-6 モデル的中率（全体）

	実選択	的中数	的中率（%）
空き地	22	0	0
戸建住宅	590	576	98
アパート	135	93	69
マンション	105	74	70
低層商業	614	561	91
中高層商業	98	64	65
郊外型商業	46	34	74
駐車場	322	273	85
合計	1932	1675	87

表 2-7 モデル的中率（建て替わりのみ）

	実選択	的中数	的中率（%）
空き地	7	0	0
戸建住宅	14	0	0
アパート	42	0	0
マンション	32	1	3
低層商業	68	15	22
中高層商業	40	6	15
郊外型商業	14	2	14
駐車場	109	60	55
合計	326	84	26

2.6.2 用途地域による差異の検証結果

商業地域モデルとしてはパラメータ推定アルゴリズムの適用の際に推定されたものを用いた。全域モデルにおいては、付け値地価関数の推定の際に、異なる用途地域による空地地価の違いを考慮し、用途地域ダミー変数を用いて推定を行った。全域モデルにおける付け値地価関数の推定結果を表 2-8 に示す。決定係数は 0.36 であり、収束計算は 9 回で終了した。また、パラメータ推定結果を表に示す。モデルの尤度比は、全域モデル 0.70 であった。

全域モデル及び商業地区モデルのパラメータ同質性判定結果を表 2-9、2-10 に示す。大部分のパラメータについては同質性が示されているが、棄却されたもののうち、建設費に関しては、商業地域においては開発余地が少ないため、元々ある建物を壊して建設されるのに対して、全域モデルは住専地域等を含み、元々空地であるところに建設される傾向があるため、差異が生じるものと考えられる。また、地積に関して、全域モデルでは、商業地域モデルよりも、マンションや中高層商業に関して地積が有効な説明変数として効いていないため、パラメータの差異として棄却されるものと考えられる。

表 2-8 付け値－地価関数推定結果（全域モデル）

推定結果	LP = 6.25b + 39.35 (住専地域ダミー = -56.47) (住居地域ダミー = -55.19) (近隣商業、準工地域ダミー = 0.036)
決定係数	0.36

表 2-9 パラメータ推定結果（全域モデル）

		戸建住宅	アパ ート	マン ション	低層 商業	中高層 商業	郊外型 商業	駐車場
土地条件	角地 ダミー	0.0109 (1.04)	0.0054 (0.45)	0.0403 (1.82)	0.0085 (0.72)	0.0369 (1.41)		0.8832 (2.04)
	幹線沿道 ダミー	-0.0226 (-1.31)	-0.0192 (-0.90)	-0.0239 (-0.77)	0.0035 (0.22)		0.0379 (0.99)	-0.7866 (-1.25)
	接道条件 ダミー	-0.0139 (-0.82)	-0.0032 (-0.17)	0.0054 (0.13)	-0.0067 (-0.33)		-0.0183 (-0.47)	-0.5108 (-0.76)
	規制 容積率					0.0883 (6.53)		
	幹線道路 までの 距離	-0.0184 (-2.00)	-0.0243 (-2.27)	-0.1220 (-5.42)	-0.0333 (-3.19)	-0.0437 (-1.13)	-0.0516 (-1.53)	-1.4737 (-3.81)
	バス停 までの 距離	0.0382 (3.86)	0.0502 (4.21)	0.0594 (2.16)	0.0269 (2.14)	-0.0648 (-1.13)	0.0052 (0.17)	
	地積	-0.0270 (-3.56)	-0.0147 (-1.72)	0.0482 (2.88)	-0.0164 (-2.07)	0.0004 (0.02)	0.020 (2.18)	-0.0199 (-0.07)
建設費	0.1284 (28.89)	0.1284 (28.89)		0.1322 (19.24)		0.1322 (19.24)	3.7257 (12.38)	
定数項	0.2011 (5.26)	0.1282 (2.96)	-0.0119 (-0.13)	0.2000 (4.62)	-0.3724 (-2.55)	0.1749 (1.93)	7.4647 (5.48)	
尤度比	0.72							

表 2-10 各パラメータの同質性検定結果（全域モデル／商業地域モデル）

		戸建住宅	アパ ート	マン ション	低層 商業	中高層 商業	郊外型 商業	駐車場
土地条件	角地 ダミー	1.800 ○	2.805 ×	0.102 ○	0.780 ○	1.036 ○		3.195 ×
	幹線沿道 ダミー	0.209 ○	0.073 ○	0.687 ○	0.096 ○		0.004 ○	1.241 ○
	接道条件 ダミー	0.597 ○	0.583 ○	0.102 ○	0.925 ○			
	規制容積 率					4.968 ×		
	幹線道路 までの 距離	1.455 ○	2.027 ×	3.540 ×	2.261 ×	1.096 ○	1.045 ○	1.764 ○
	バス停ま での 距離	2.374 ×	1.745 ○	1.605 ○	1.633 ○	1.516 ○	0.139 ○	
	地積	0.034 ○	0.261 ○	1.349 ○	0.120 ○	0.537 ○	2.183 ×	0.982 ○
建設費	3.156 ×	3.156 ×		5.896 ×		5.896 ×	2.427 ×	
定数項	0.781 ○	0.570 ○	0.511 ○	1.311 ○	2.182 ×	1.470 ○	1.824 ○	

2.6.2 地区による差異の検証結果

地区別のパラメータ推定結果を、表 2-11 に示す。このうち、郊外地区のデータセットにおいては、中高層商業の接道条件ダミーがすべて1であり定数項に吸収されるため、またマンションおよび中高層商業の建設費項が建て替わりデータとして得られていないため、パラメータ推定の際に除外している。都心部の推定では6回、郊外の推定では5回で（付け値－地価）関数は収束した。また尤度比はそれぞれ0.79、0.54であった。

次に、これらの推定パラメータを用いて行った各パラメータの同質性の検定結果を、表 2-12 に示す。また、プールと地区別の結果による尤度比検定結果を表 2-13 に示す。

表 2-12 に示されるように、大部分のパラメータについては両地区における同質性が示されている。棄却されたもののうち、中高層商業については、郊外地区のサンプル数が十分でないため有効なパラメータが推定されず同質性が棄却されたと考えられる。しかし、他のものに関してはその地区の土地利用決定プロセスの違いが考察される。マンションについては、土地制約の少ない郊外では容積が高く交通等の便宜も良い幹線沿道に立地するが、都心地区では容積、交通等の条件に差が少ないため幹線沿道以外への立地傾向が見られる。また、駐車場の建設費用は土地制約の少ない郊外地区の方が都心に比べて少ない。

また、表 2-13 に示すように、プールデータセットと地区ごとのデータセットによるパラメータセットの同質性はカイ2乗分布の5%有為において棄却された。以上より、現在のモデルでは、これらの地区間に同一のモデルを仮定することが困難であり、建物タイプによっては、地区によって異なる開発状況、土地制約等をマクロ条件としてモデルに取り込む必要があると考えられる。

表 2-11 地区別パラメータ推定結果

<上段：都心部モデル 下段：郊外モデル> (t 値)

		戸建住宅	アパート	マンション	低層商業	中高層商業	郊外型商業	駐車場
土地条件	角地 ダミー	-0.027 (-1.14)	-0.042 (-1.44)	-0.035 (-0.75)	-0.002 (-0.09)	0.020 (0.79)		-0.655 (-0.87)
		-0.014 (-0.95)	-0.037 (-2.58)	-0.017 (-1.17)	-0.006 (-0.59)	0.016 (0.71)		-0.929 (-2.16)
	幹線沿道 ダミー	-0.005 (-0.21)	-0.024 (-0.63)	-0.111 (-2.42)	-0.013 (-0.74)		-0.018 (0.00)	-0.116 (-0.17)
		-0.071 (-1.75)	-0.035 (-0.91)	0.014 (-0.44)	0.029 (1.27)		0.028 (1.26)	0.326 (0.34)
	接道条件 ダミー	-0.012 (-1.08)	0.002 (0.10)	0.044 (1.40)	0.015 (1.22)	0.103 (2.07)		
		-0.039 (-1.36)	-0.039 (-1.40)	-0.023 (-0.54)	-0.042 (-1.52)			
	規制容積 率					0.024 (2.44)		
						0.054 (2.74)		
	幹線道路 までの距離	0.011 (0.36)	-0.006 (-0.15)	-0.090 (-1.68)	-0.007 (-0.24)	0.004 (0.13)	-0.103 (0.00)	-0.876 (-0.78)
		-0.057 (-1.76)	-0.023 (-0.80)	0.014 (0.38)	-0.020 (-0.75)	-0.037 (-0.99)	-0.047 (-1.66)	-0.451 (-0.42)
	バス停ま での距離	0.001 (0.06)	0.044 (1.37)	-0.002 (-0.05)	-0.021 (-1.03)	-0.028 (-0.90)	-0.004 (0.00)	
		-0.015 (-0.61)	0.008 (0.37)	0.097 (3.04)	0.013 (0.83)	-0.014 (-0.37)	-0.012 (-0.58)	
	地積	-0.025 (-2.06)	-0.016 (-1.22)	0.061 (2.45)	-0.011 (-1.02)	0.032 (2.04)	-0.020 (0.00)	0.288 (0.68)
		-0.024 (-1.97)	-0.033 (-2.83)	0.024 (1.63)	-0.025 (-2.25)	-0.018 (-0.95)	0.001 (0.10)	0.451 (0.99)
	建設費	0.124 (11.09)	0.124 (11.09)	0.155 (4.07)	0.105 (11.09)	0.155 (4.07)	0.105 (11.09)	2.992 (8.92)
		0.126 (11.44)	0.126 (11.44)	0.088 (11.23)	0.126 (11.44)	0.088 (11.23)	0.126 (11.44)	1.385 (3.90)
定数項	0.159 (2.32)	0.087 (1.07)	0.131 (0.99)	0.194 (2.82)	-0.047 (-0.44)	-0.456 (0.00)	5.55 (2.37)	
	0.384 (3.95)	0.304 (3.37)	-0.263 (-1.96)	0.248 (3.09)	-0.006 (-0.04)	0.150 (1.63)	3.037 (1.08)	
尤度比	0.79							
	0.54							

表 2-12 各パラメータの同質性検定結果（都心部モデル／郊外モデル）

		戸建住宅	アパート	マンション	低層商業	中高層商業	郊外型商業	駐車場
土地条件	角地ダミー	0.465	0.164	0.360	-0.202	-0.126		-0.316
		○	○	○	○	○		○
	幹線沿道ダミー	-1.403	-0.200	2.228	1.460		0.000	0.376
		○	○	×	○		○	○
	接道条件ダミー	-0.872	-1.282	-1.251	-1.882			
		○	○	○	○			
	規制容積率					1.385		
						○		
	幹線道路までの距離	-1.514	-0.374	1.605	-0.319	-0.830	0.000	0.274
		○	○	○	○	○	○	○
	バス停までの距離	-0.494	-0.960	1.799	1.320	0.287	0.000	
		○	○	○	○	○	○	
	地積	0.002	-0.518	-1.268	-0.870	-2.039	0.000	0.260
		○	○	○	○	×	○	○
建設費	-0.129	-0.129		1.394		1.394	3.290	
	○	○		○		○	×	

表 2-13 パラメータセットの同質性検定結果

$L(\hat{\beta})$	プール	-949.911
	都心	-434.794
	郊外	-464.850
	検定値	100.534
	自由度	47
	$\chi^2_{0.05}$	67.505
	判定	×

2.7 まとめ

本研究では、GISの詳細データに基づく詳細な土地条件を考慮した、筆単位による付け値分析による建物立地モデルについて、その構造と、配分の定式化及びパラメータ推定方法の提示を行った。また、提案されたパラメータ推定アルゴリズムを用いて、仙台都市圏を対象として適用を行い、ロジットモデルによる付け値分析の有効性およびパラメータ推定アルゴリズムの妥当性について確認を行った。さらに仙台市全域、商業地区を対象にパラメータ推定を行い、得られた結果を元に、各データセットにおけるパラメータの差の検定を行うことで、建物タイプによっては全域と、用途別の間、土地利用決定の要因が異なることを示した。また、商業地域について都心部と郊外、それぞれの推定を行い、パラメータの差の検定を行うことで、都心部と郊外では開発状況等により差異が存在することを示した。さらに、パラメータセットの同質性の検定を行うことで、異なる地域に同じモデルを仮定するのは困難であり、モデルの改善の必要性を示した。

今後はサンプル地区を仙台都市圏全域に拡張し、同時に地区により異なるマクロ条件を考慮したセグメント化サンプリングについて検討していく予定である。また、周辺土地利用を組み込むなど、モデルの改良についても検討する予定である。さらに、仙台都市圏において推定されたモデルパラメータを用いて、具体的なプロジェクトに対して「ゾーンモデル」により配分された都市活動量を基に、「街区モデル」の適用を行い、パフォーマンスの検討、街区モデル妥当性の検討、環境評価等を行っていく予定である。

第3章 都市解析における時空間データ変換の誤差評価法

3.1 背景と目的

近年、多くの都市モデルの開発・適用がなされている。が、そのような都市モデルの開発が進んだ現在の状況においても、それに用いるデータ不足は大きな問題である。必ずしも都市モデルが必要とするデータが存在しているとは限らない。そのため、都市モデルの適用に際しては、存在するデータから何らかの操作を施して、必要とするデータを作成することが多い。例えば、必要な年代のデータが存在しないために、他年代のデータを近似して代用したり、町丁目単位のデータが存在しないために、3次メッシュのデータから配分するなどの操作がなされている。このような操作を、本研究ではデータ変換と呼ぶことにする。都市モデルの評価を行う際に、都市モデルの予測値の誤差をもって評価を行うならば、図3-1に示すように、この予測値の誤差の原因として、データの観測誤差によるもの、モデル自体に起因する誤差との他に、データ変換による誤差も含まれている。データの観測誤差、モデルに起因する誤差については、これまで多くの議論があった。ところが、このデータ変換による誤差は、データの観測の際に生じる誤差ではなく、モデルに起因する誤差でもなく、これまで十分な議論がされてこなかった。

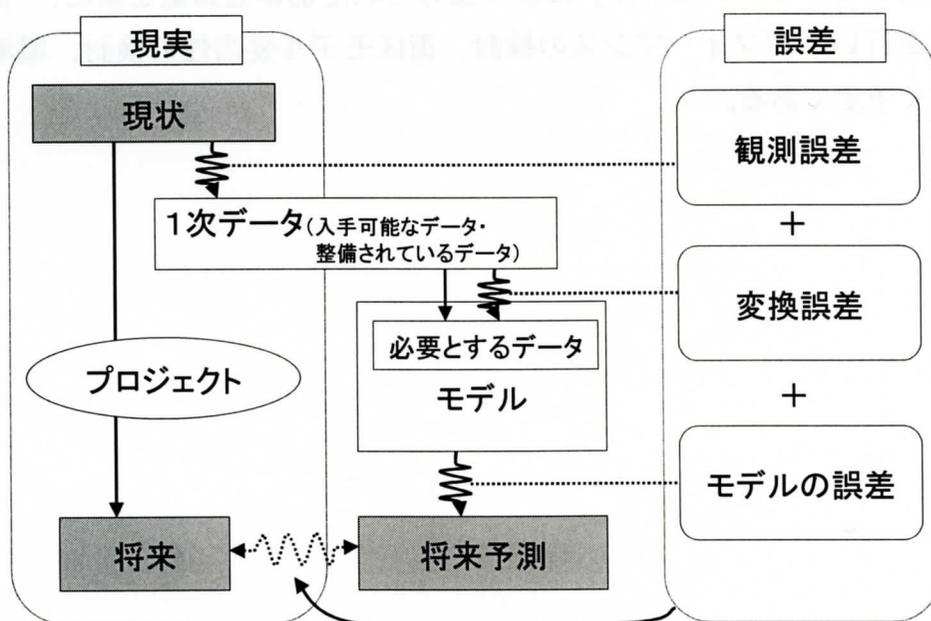


図3-1 都市モデルの適用時における誤差の分類

一方で、GIS の進歩により、これまでのような単純な代用の他に、精度の高いさまざまな種類のデータ変換が可能になった。しかし、都市モデルを扱うに際して、どのデータを用いて、どのようなデータ変換を用いるかは、都市モデルを扱う者の経験的な判断に委ねられており、必ずしも最適なデータ変換とは言えないのが現状である。

本研究では、最良なデータを導き出すためのデータ変換アルゴリズムの構築を目的とする。そのためには、都市モデルで扱うあらゆるデータが、同様に表現される必要がある。データ空間のモデル化、データ変換の一般化、変換誤差の構築の手順をとる。

3.2 既存研究

変換誤差についての着目は、最近いくらか見られるようになった。例えば貞広は、代表点内包法をもちいて面補間における誤差に着目している。また、古谷らは、Kriging 補間法と回帰モデルとを統合した空間補間についての研究を行っている。しかし、これらは一部の変換誤差に着目したもので、最良のデータを得るための体系的なアルゴリズムの構築にまでは至っていない。

また、一般的なデータモデルについては、現在、ISO/TC211 を中心に、GIS における空間データの標準化が行われている最中である。都市モデルで扱うデータの空間上の単位は、ゾーンやメッシュであり、ふつう GIS が単位として扱う地物とは異なるが、空間データ交換標準に関するスキーマや用語法については、できるだけ参考にした。

3.3 データ空間（データモデル）

都市モデルが扱うデータを統一的に扱うために、次のようなデータモデルを用いた一般的表現を考える。

都市モデルで扱われるデータについて、データが、その対象を特定化するためにはいくつかの要素が存在し、その要素は、「時間属性」「空間属性」「主題属性」に分類される。また一般に、データは何らかの集計単位を持って集計されている。例えば、年間売上高における年間という集計の単位や、都市計画基礎調査の基礎調査区ゾーンは、集計の単位である。そのため、データの一般化を考える上で、「位置情報」と「サブスキーマ」を次のように考え、それぞれの属性を、「位置情報」と「サブスキーマ」に分類して、データモデルの枠組みを考える。

- ・ 位置情報

属性の参照系の中で特定の位置を表現する情報を表す

- ・ サブスキーマ

属性の参照系の中での領域の取り方を表す。

（「GISの標準化に関する調査報告書」では、地物のもつ属性を定義するものとして定義されているが、ここでは位置情報の集合としてまで拡大解釈をした。）

以下、この概念を、それぞれの属性について適用する。

3.3.1 時間属性

データの収集に際して、データはある時間単位に基づいて測定されている。例えば、国勢調査の人口であれば5年おきの年度単位であるし、都道府県の各産業労働者数であれば、月単位のデータが存在する。また、大規模店舗の商業売上げのように月間という期間の幅を持って集計された単位のデータも存在する。図 3-2 に示すように、「時間位置情報」はこれらの単位の中の一時点もしくは一期間を表すもので、「時間サブスキーマ」は、年度・月度・月間などのように、時間領域の取り方を決めるものとする。

このとき、図 3-3 に示すように、「時間サブスキーマ」と「時間位置情報」との間には、集合とその集合に含まれる一つの元との関係があり、また、式(3.3.1)のように、「時間サブスキーマ」は、対象期間を一つの集合としたときの、そのベキ集合の部分集合である。

$$t_i \in S_k(T) \subset \beta(T) \quad (3.3.1)$$

T : 対象期間

t_i : 時間位置情報

$S_k(T)$: 時間サブスキーマ

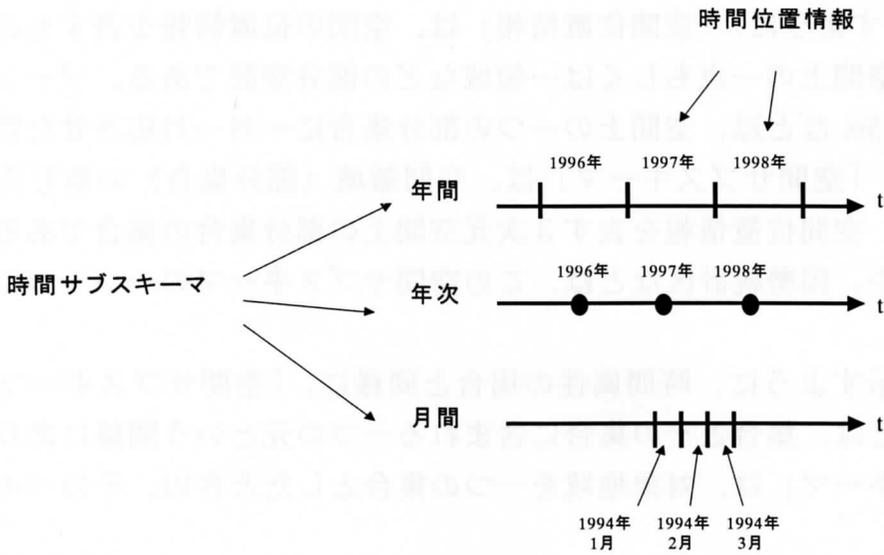


図 3-2 時間位置情報と時間サブスキーマ

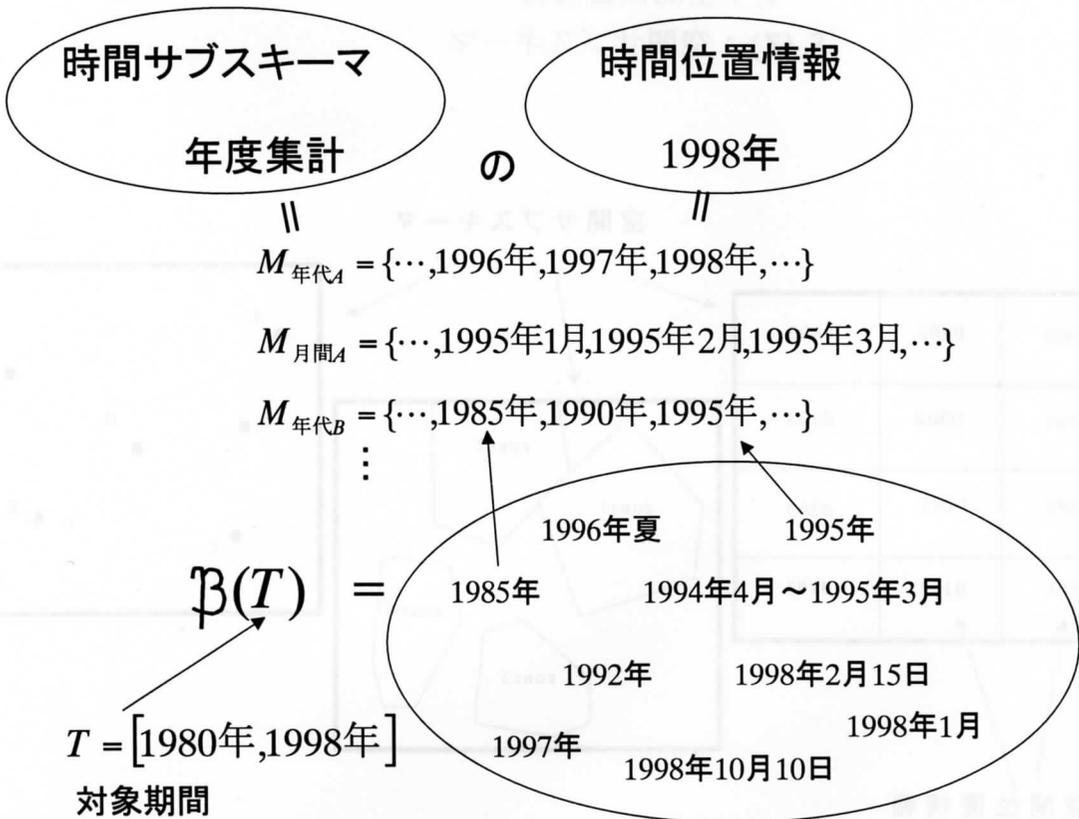


図 3-3 時間サブスキーマと時間位置情報の関係

3.3.2 空間属性

図 3-4 に示すように、「空間位置情報」は、空間の位置情報を表すもので、概念上は、3次元空間上の一点もしくは一領域などの部分空間である。ゾーンコード、地価公示地点 No.などは、空間上の一つの部分集合に一対一対応させた数値表現であると考えられる。「空間サブスキーマ」は、空間領域（部分集合）の取り方を決定するものであり、空間位置情報を表す3次元空間上の部分集合の集合である。都市計画基礎調査区や、国勢統計区などは、この空間サブスキーマの一つ一つにつけられた名称である。

式(3.3.2)に示すように、時間属性の場合と同様に、「空間サブスキーマ」と「空間位置情報」とは、集合とその集合に含まれる一つの元という関係にあり、また、「空間サブスキーマ」は、対象地域を一つの集合としたときの、そのベキ集合の部分集合である。

$$z_i \in S_k(Z) \subset \beta(Z) \quad (3.3.2)$$

Z : 対象地域

z_i : 空間位置情報

$S_k(Z)$: 空間サブスキーマ

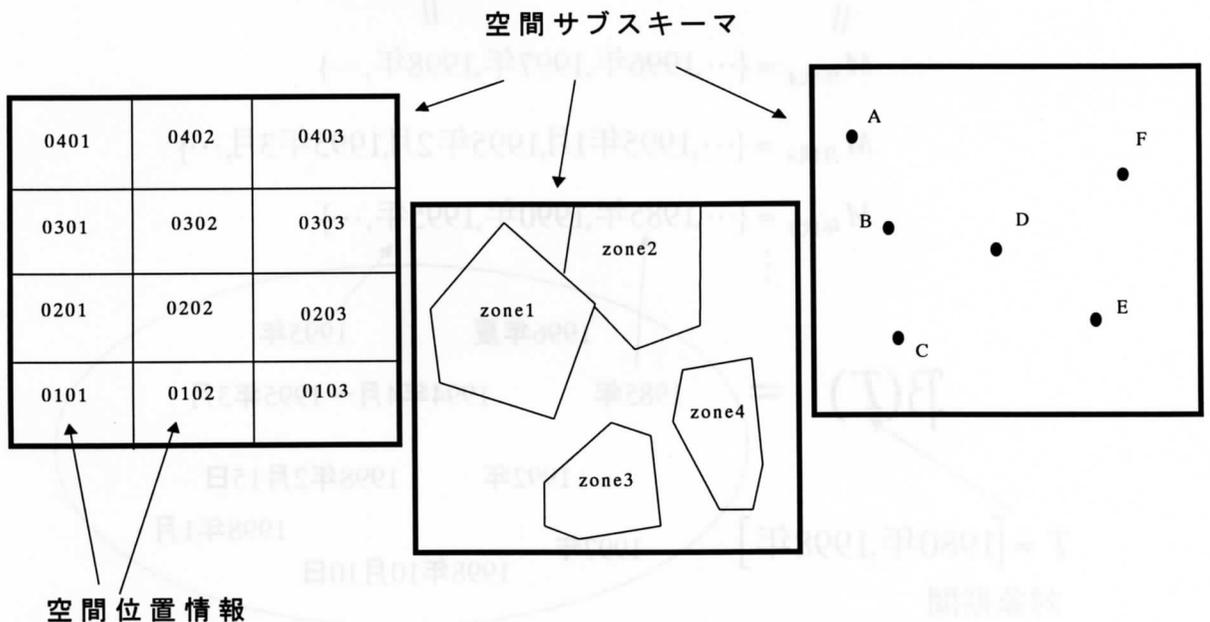


図 3-4 空間位置情報と空間サブスキーマ

3.3.3 主題属性

主題についても、同様な表現となるように主題サブスキーマを考える。図 3-5 に示すように、具体的には、対象主題を人口としたときに、男人口という主題は、人口に性別というサブスキーマをかけているものと考えられる。また、個々の主題が時間・空間の位置情報に相当するものになる。

本研究では都市モデルで用いられるデータのみを考えるので、それらについての分類表を描くと図 3-6 のようになる。

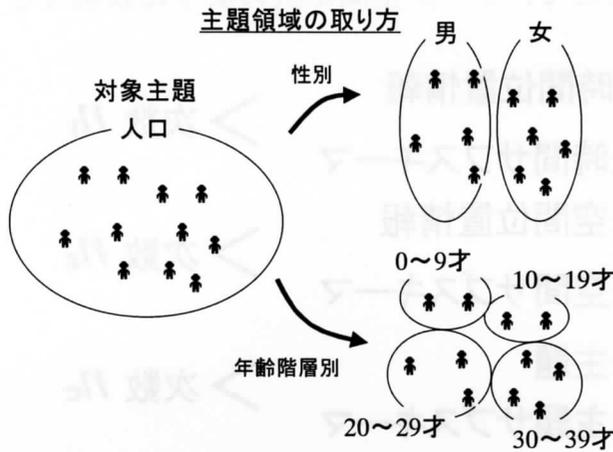


図 3-5 主題領域の捉え方

都市活動の要素			対象	敷地面積	人数	
大分類	中分類	小分類				
立地主体	第1次産業	農業	農地・山林等面積	農地面積	第1次産業就業者数	
		林業		山林面積	農業人口 林業労働者数	
		...				
	第2次産業			第2次産業事業所敷地面積		第2次産業就業者数
		木材製造業			木材製造業事業所敷地面積	木材製造業就業者数
		パルプ製造業			パルプ製造業事業所敷地面積	パルプ製造業就業者数
		...				
	第3次産業			第3次産業事業所敷地面積		第3次産業就業者数
		卸売業			卸売業事業所敷地面積	卸売業就業者数
		金融業			金融業事業所敷地面積	金融業就業者数
		...				
	居住			住宅建物床面積		夜間人口
	道路	道路		道路面積		

図 3-6 主題と主題サブスキーマ

3.3.4 属性の次数

以上の3つの属性に加えて、さらに都市解析において扱われるデータには、0D 交通量などのように、複数の空間属性を持ったものもあれば、人口増加量のように、複数の時間属性を持ったものも存在する。このような属性の数を、属性の次数として捉える。例えば、0D 交通量の空間属性の次数は2次である。

3.3.5 データモデル

以上の考えをもとに、それぞれの属性の位置情報とサブスキーマをそれぞれ形式的に一つの軸に並べることで、データ空間が次のように表現できる。

t	:時間位置情報	>	次数 n_t
S(T)	:時間サブスキーマ		
z	:空間位置情報	>	次数 n_z
S(Z)	:空間サブスキーマ		
e	:主題	>	次数 n_e
S(E)	:主題サブスキーマ		

$$(\mathbf{t} \times \mathbf{S(T)})^{n_t} \times (\mathbf{z} \times \mathbf{S(Z)})^{n_z} \times (\mathbf{e} \times \mathbf{S(E)})^{n_e} \quad (3.3.3)$$

すなわちデータ空間は、式(3.3.3)で表される $2 \times n_t + 2 \times n_z + 2 \times n_e$ 次元の空間で表現される。このとき、このデータ空間上の格子点が、それぞれ異なる対象を指し、式(3.3.4)に示すように、データはこのデータ空間上の格子点からの対応ととらえる。これを図で示すと、図3-6、図3-7のようになる。

$$x = (t_{i_t}, S_{k_t}(T), z_{i_z}, S_{k_z}(Z), e_{i_e}, S_{k_e}(E)) \in (\mathbf{t} \times \mathbf{S(T)})^{n_t} \times (\mathbf{z} \times \mathbf{S(Z)})^{n_z} \times (\mathbf{e} \times \mathbf{S(E)})^{n_e}$$

$$y = d(x) \quad (3.3.4)$$

ただし、 y : データの値
 d : データへの変換関数

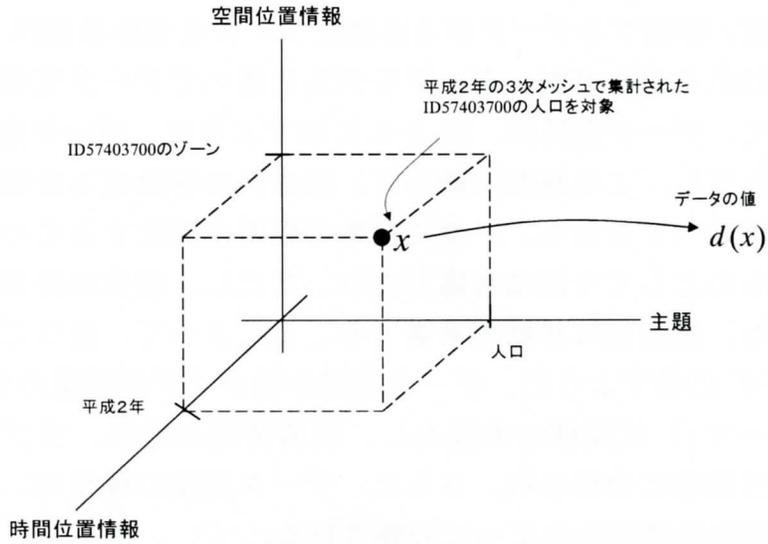


図 3-6 データ空間のイメージ図

(ただし、この図の x は6次のベクトルで、6次元空間上の一点であるが、図化できないので、時間位置情報、空間位置情報、主題だけを取り出した。)

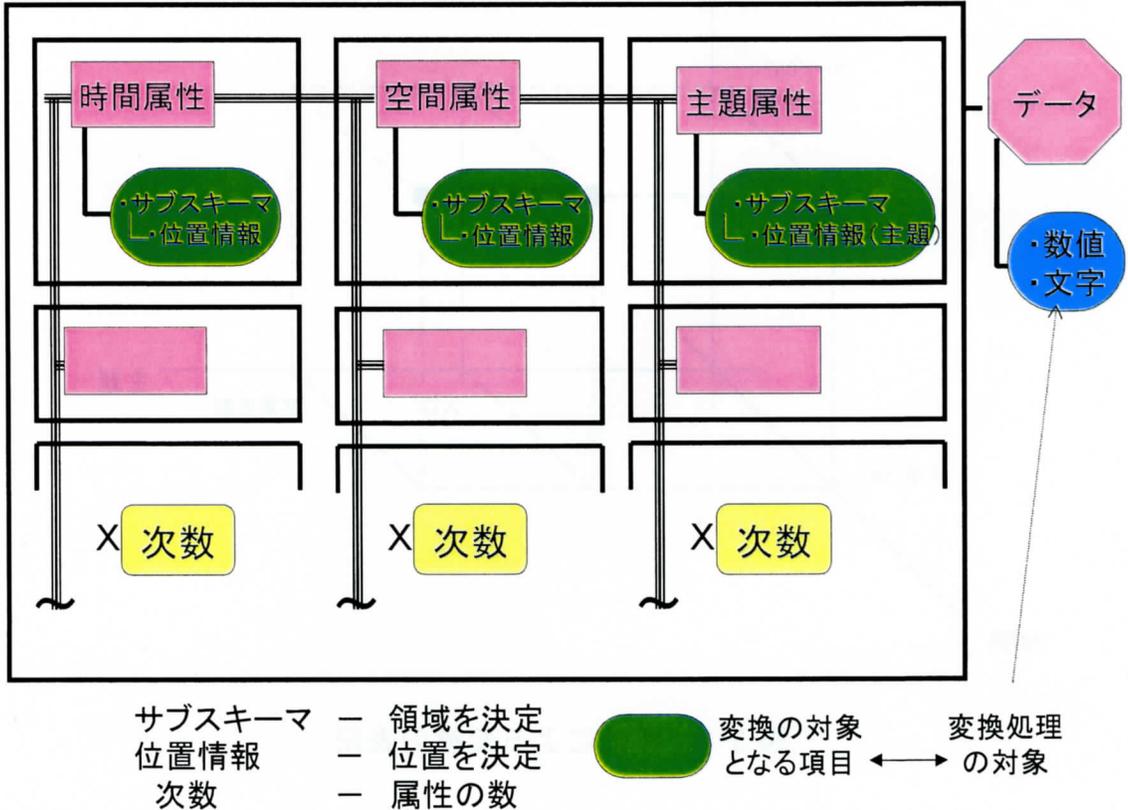


図 3-7 データモデルのイメージ図

3.4 データ変換

データ変換は、存在するデータから必要なデータを求める操作である。すなわち、都市解析で扱われるデータが、データモデルを用いてデータ空間上の一点で表されたことによって、データ変換は、図 3-8 に示すように、データ空間上の移動として表現できる。ただし、この移動に際して、軸方向の移動のみを扱い、いずれの軸とも平行でない移動（すなわち、一度に複数の要素が変化するもの）は、一つのモデルを適用したものとして今回は考慮しない。ただし、複数の要素が異なるものへの移動についても、複数回の移動を考慮することによって、扱うことができる。この移動は、図 3-9 に示すように、データ空間の軸タイプが同種のもの（「位置情報」か「サブスキーマ」）は同様の表現をし、位置情報の変換、サブスキーマの変換、次数の変換の三種類に分類され、さらに、データ変換の種類は、変換をするデータの種類が集計値か特性値かによって分類される。

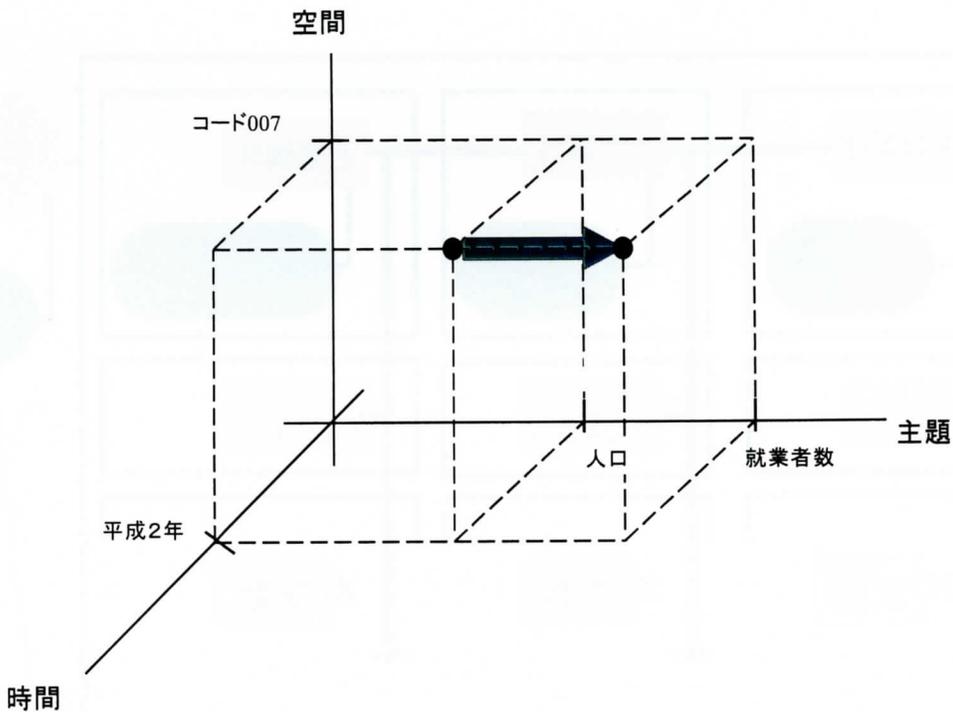


図 3-8 移動による変換の表記

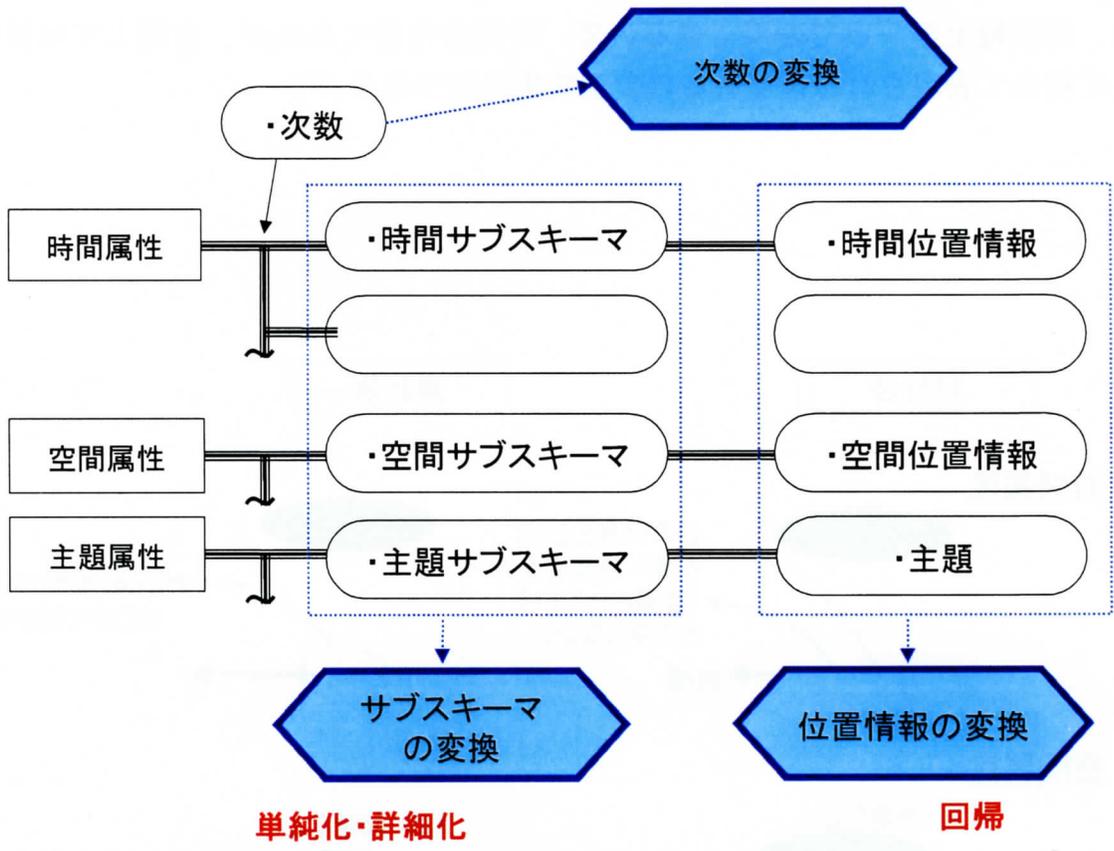


図 3-9 データモデルに基づくデータ変換の分類

3.4.1 特性値と集計値

時間もしくは空間における一点で表現できるようなデータを特性値、領域を持って初めて表現できるデータを集計値と呼ぶことにする。これは、図 3-10 に示すように、それぞれのデータについて、時間・空間と個別に定義される。(例えば人口は、時間軸上の一点で表現できるので、時間特性値であるが、空間上では領域を持って初めて表現される値であるので空間集計値である。)

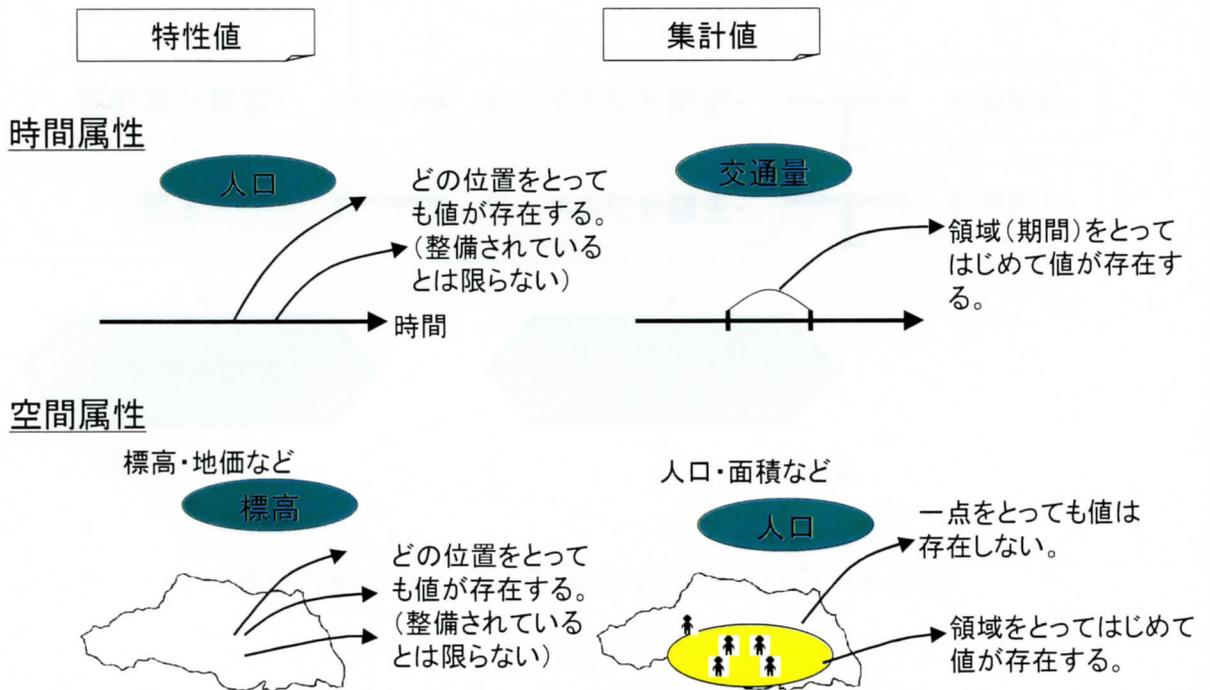


図 3-10 特性値と集計値

3.4.2 位置情報の変換

時間位置情報、空間位置情報の変換を行う際には、一般に、お互いに近い位置間では、離れている位置間よりもよく似た特性値を持っているという極めて一般的な観測に基づいて推定される。その具体的に行われているものが、時間位置情報の変換では時系列回帰であり、空間位置情報の変換は空間内挿などである。これらは、いずれも回帰式による変換とまとめることができる。一方で主題の変換については、他の変量から回帰を行うことで、推定値を求めるの操作を行うので、同様に、回帰式による変換とまとめることができる。変換式 f を、一般式で表すと、例えば、線形回帰の場合は (3.4.1) である。

$$d(x) = f(m(x)) = a_0 + \sum a_n m(x)^n \quad (3.4.1)$$

ここで m は、データ空間上の一点 x における測度である。
簡単のため、一次式で表すと (3.4.2) になる。

$$d(x) = f(m(x)) = a + m(x)b \quad (3.4.2)$$

測度 m として用いられるものとしては、表 3-1 のようなものが挙げられる。

表 3-1 回帰に用いられる測度の例

時間属性	年代、月間など	年代であれば、 t : 年代 として $m(x) = t$	$d = a + tb$
空間属性	都心からの距離など	都心を x_0 とすると、 $m(x) = dis(x - x_0)$	$d = a + dis(x - x_0)b$
主題属性	相関の高い他の主題のデータ	例えば、就業者数を求めたいとき、 x' : 主題が人口などをもちいて $m(x) = d(x')$	$d(x) = a + d(x')b$

3.4.3 サブスキーマの変換

サブスキーマの変換を行う際には、その変換の前後の各々の領域は必ず包含関係があるものと仮定する。すなわち、変換前後のどちらか一方のサブスキーマを $S_k^1(X) = \{x_1^1, x_2^1, x_3^1, \dots\}$ 、他方を $S_k^2(X) = \{x_1^2, x_2^2, x_3^2, \dots\}$ とすると、

$$\forall x_i^1 \in S_k^1(X), \exists (j_1, j_2, \dots, j_n) : x_i^1 = \bigcup_{j=j_1, j_2, \dots, j_n} x_j^2 \quad (3.4.3)$$

が成り立つと仮定する。しかし、実際にはこの仮定の成り立たない変換も行われている。図 3-11 がその例である。図 3-11 は、PT 小ゾーンから、都市計画基礎調査中ゾーンに、発生交通量を配分する変換を表したものである。この場合、変換前後の両方のサブスキーマの各ゾーンで存在するデータ（図では面積）を配分指標とした変換が行われる。このような変換は、図 3-12 のように、変換前後のどちらのサブスキーマよりも詳細なサブスキーマを中間において変換したものと読み替えることができる。サブスキーマの変換は、集計値と特性値によって異なる。また、以後、図 3-13 に示すように、変換前後の包含関係の向きに応じて、変換の名称を単純化・詳細化と名付ける。

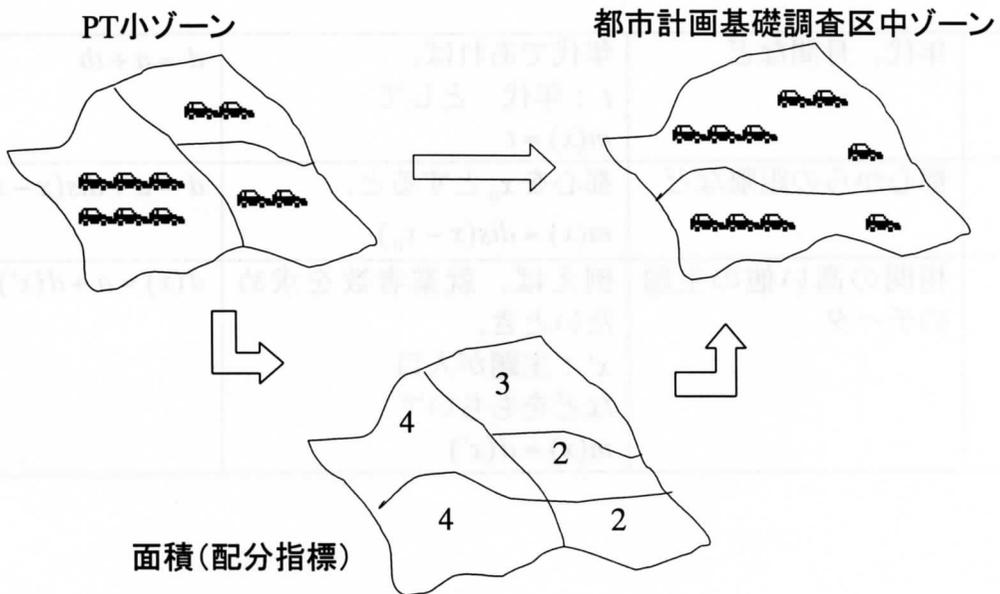


図 3-11 変換前後に包含関係のないサブスキーマの変換

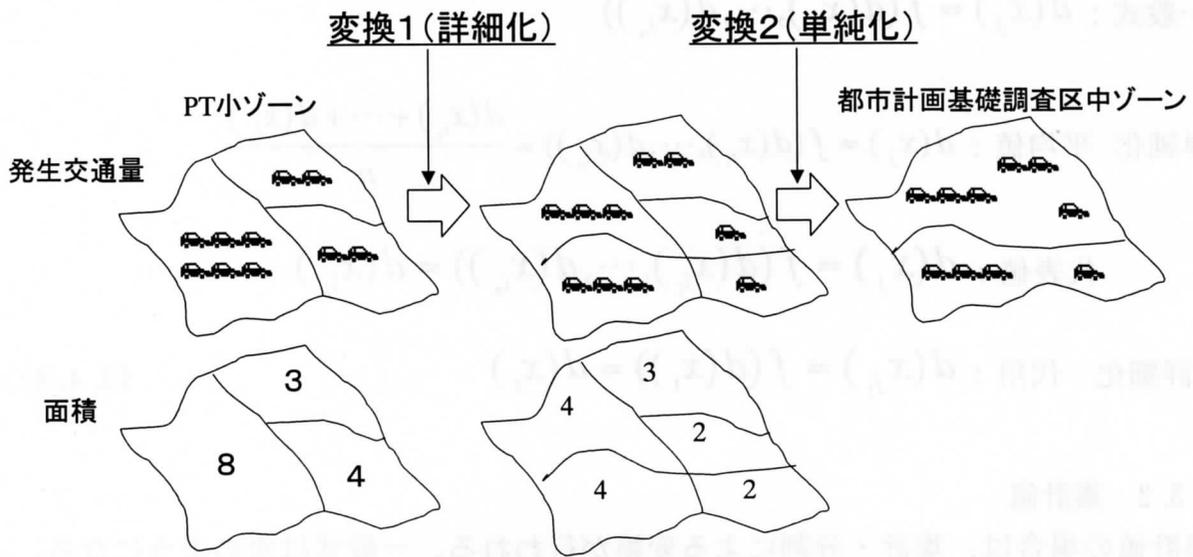


図 3-12 変換前後に包含関係のないサブスキーマの変換の読み替え

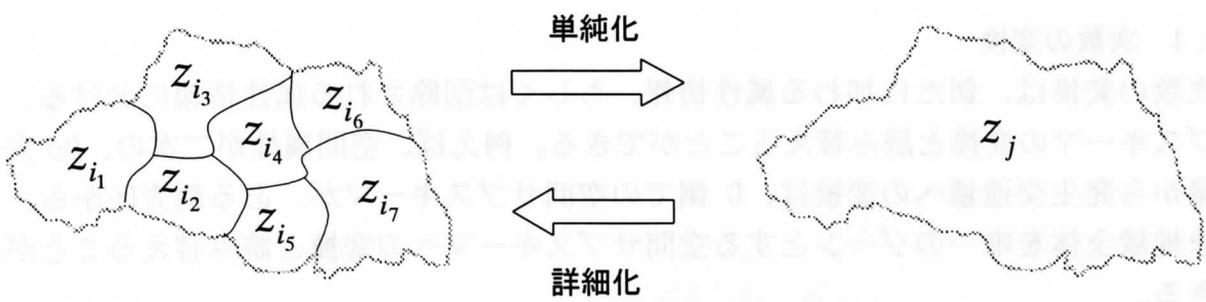


図 3-13 単純化と詳細化

3.4.3.1 特性値

特性値の変換は、単純化であれば代表値・平均値などをとるような変換であり、詳細化では代用である。変換式 f は次のように表される。

$$\text{一般式： } d(x_j) = f(d(x_{i_1}), \dots, d(x_{i_n}))$$

$$\text{単純化 平均値： } d(x_j) = f(d(x_{i_1}), \dots, d(x_{i_n})) = \frac{d(x_{i_1}) + \dots + d(x_{i_n})}{n}$$

$$\text{代表値： } d(x_j) = f(d(x_{i_1}), \dots, d(x_{i_n})) = d(x_{i_k})$$

$$\text{詳細化 代用： } d(x_{j_1}) = f(d(x_i)) = d(x_i) \quad (3.4.4)$$

3.4.3.2 集計値

集計値の場合は、集計・分割による変換が行われる。一般式は次のようになる。

$$\text{単純化 集計： } d(x_j) = \sum_{x_i \in \Omega} d(x_i)$$

$$\text{詳細化 分割： } d(x_{j_1}) = \frac{c(x_{j_1})}{c(x_i)} d(x_i) \quad (3.4.5)$$

ただし、 c は配分指標

3.4.4 次数の変換

次数の変換は、新たに加わる属性情報、もしくは削除される属性情報における、サブスキーマの変換と読み替えることができる。例えば、空間属性が二次の、0D 交通量から発生交通量への変換は、D 側での空間サブスキーマが、ある調査区から、対象地域全体を唯一のゾーンとする空間サブスキーマへの変換と読み替えることができる。

3.5 誤差の定式化

3.5.1 誤差の伝播法則

変量 z, x, y, \dots, k について、 z と (x, y, \dots, k) との間に、

$$z = f(x, y, \dots, k) \quad (3.5.1)$$

のような関係があるとき、 x, y, \dots, k の母分散を、それぞれ $\sigma_x^2, \sigma_y^2, \dots, \sigma_k^2$ とすると、 z の母分散 σ_z^2 は、

$$\sigma_z^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)_0^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)_0^2 \sigma_y^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial k} \right)_0^2 \sigma_k^2 \quad (3.5.2)$$

で近似することができる。

本研究では、誤差は、母平均を中心に正規分布していると仮定し、観測誤差の伝播を、この誤差の伝播法則を用いて表現する。

3.5.2 観測誤差の伝播と変換誤差の定式化

本研究では観測誤差については所与のものであり、メタデータに記述されているものとして扱う。データ変換を行う際に、この観測誤差が誤差伝播の法則に従って誤差が伝播することで、変換誤差が生じる。したがって、誤差の伝播式 (3.5.2) より、変換式が求まれば、誤差が評価できる。以下、変換式の種類毎に考察する。

3.5.2.1 位置情報の変換—回帰

位置情報の変換は、(3.4.1) 式で表されるような変換式を推定し、必要な位置 x のデータを推定する。この (3.4.1) 式の係数 $a_n (n=1, 2, \dots)$ は、最尤法によって求められる¹⁾。また、時間位置情報・空間位置情報の変換は、どちらもその測度の誤差は無視できるほど十分小さいが、主題の変換に用いられる測度の誤差は無視できない。よって、これらは別々に考える。以下、一次式の場合 (3.4.2) について考える。

・ 時間位置情報・空間位置情報の変換

データ空間上の点 x_1, x_2, \dots, x_n のデータを用いて回帰を行った場合、求める $d(x)$ の誤差は、誤差の伝播法則 (3.5.2) より、

$$\sigma_{d(x)}^2 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial a}{\partial d(x_j)} + x \frac{\partial b}{\partial d(x_j)} \right)^2 \sigma_j^2 \quad (3.5.3)$$

ただし、 σ_j^2 は、 $d(x_j)$ の分散

最小二乗法の正規方程式は、

$$\begin{aligned} a \sum \frac{1}{\sigma_i^2} + b \sum \frac{m(x_i)}{\sigma_i^2} &= \sum \frac{d(x_i)}{\sigma_i^2} \\ a \sum \frac{m(x_i)}{\sigma_i^2} + b \sum \frac{m(x_i)^2}{\sigma_i^2} &= \sum \frac{m(x_i)d(x_i)}{\sigma_i^2} \end{aligned} \quad (3.5.4)$$

となり、これらを解いた式

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{\Delta} \left(\sum \frac{m(x_i)^2}{\sigma_i^2} \sum \frac{d(x_i)}{\sigma_i^2} - \sum \frac{m(x_i)}{\sigma_i^2} \sum \frac{m(x_i)d(x_i)}{\sigma_i^2} \right) \\ b &= \frac{1}{\Delta} \left(\sum \frac{1}{\sigma_i^2} \sum \frac{m(x_i)d(x_i)}{\sigma_i^2} - \sum \frac{m(x_i)}{\sigma_i^2} \sum \frac{d(x_i)}{\sigma_i^2} \right) \\ \Delta &= \sum \frac{1}{\sigma_i^2} \sum \frac{m(x_i)^2}{\sigma_i^2} - \left(\sum \frac{m(x_i)}{\sigma_i^2} \right)^2 \end{aligned} \quad (3.5.5)$$

を、 $d(x_j)$ で偏微分した式

$$\begin{aligned} \frac{\partial a}{\partial d(x_j)} &= \frac{1}{\Delta} \left(\frac{1}{\sigma_j^2} \sum \frac{m(x_i)^2}{\sigma_i^2} - \frac{m(x_j)}{\sigma_j^2} \sum \frac{m(x_i)}{\sigma_i^2} \right) \\ \frac{\partial b}{\partial d(x_j)} &= \frac{1}{\Delta} \left(\frac{m(x_j)}{\sigma_j^2} \sum \frac{1}{\sigma_i^2} - \frac{1}{\sigma_j^2} \sum \frac{m(x_i)}{\sigma_i^2} \right) \end{aligned} \quad (3.5.6)$$

を (3.5.3) に代入したものが、 $d(x)$ における誤差である。

・ 主題の変換

主題の変換では、 $m(x_i)$ の誤差も考慮しなければならないので、係数 a, b は、

$$a \sum \frac{1}{\sigma_{di}^2} + b \sum \frac{m_0(x_i)}{\sigma_{di}^2} = \sum \frac{d(x_i)}{\sigma_{di}^2}$$

$$a \sum \frac{m_0(x_i)}{\sigma_{di}^2} + b \sum \frac{m_0(x_i)^2}{\sigma_{di}^2} = \sum \frac{m_0(x_i)d(x_i)}{\sigma_{di}^2} \quad (3.5.7)$$

$$\frac{1}{\sigma_{mi}^2} (m(x_i) - m_0(x_i)) + \frac{b}{\sigma_{di}^2} (d(x_i) - a - bm_0(x_i)) = 0$$

ただし、 $\sigma_{mi}^2, \sigma_{di}^2$ は、 $m(x_i), d(x_i)$ の誤差、 $m_0(x_i)$ は、 $m(x_i)$ の真の値

の解であるが、これは一般には求められない。そこで、(3.5.6)式で、

$$\sigma_i^2 = \sigma_{di}^2 + b^2 \sigma_{mi}^2 \quad (3.5.8)$$

とにおいて、近似的に誤差を算出する¹⁰⁾。

3.5.2.2 サブスキーマの変換－特性値

単純化・詳細化共に、(3.4.4)で与えられた式に、誤差の伝播式(3.5.2)を代入することで、観測誤差の伝播が得られる。すなわち、平均値であれば、

$$\sigma_{dj}^2 = \frac{1}{n^2} (\sigma_{i1}^2 + \dots + \sigma_{in}^2) \quad (3.5.9)$$

代表値であれば、

$$\sigma_{dj}^2 = \sigma_{ik}^2 \quad (3.5.10)$$

となる。ここで、これらはそれぞれ、平均値・代表値の誤差であるので、もとの主題との誤差を考えなければならない。これは、何らかの方法で、他から持ってくる必要がある。

3.5.2.3 サブスキーマの変換－集計値

集計値における観測誤差の伝播は、(3.4.5)に誤差の伝播式(3.5.2)を代入することで、求められ、単純化の場合は、

$$\sigma_{dj}^2 = \sum_{x_i \in \Omega} \sigma_{di}^2 \quad (3.5.11)$$

となり、詳細化の場合は、

$$\sigma_{dj}^2 = \frac{c(x_{j_1})^2}{c(x_i)^2} \sigma_i^2 \quad (3.5.12)$$

となる。変換誤差は、この場合も同様に、何らかの方法で他から持ってくる必要がある。

3.5.2.4 次数の変換

次数の変換は、サブスキーマの変換に形を変えることで、観測誤差の伝播と変換誤差が考えられる。

3.6 変換アルゴリズムの構築

3.6.1 変換の数式による表記

以後、データ空間上の一点 x におけるデータの値 $d(x)$ を y と表記する。

3.6.1.1 位置情報の変換の表記

位置情報の変換は、データ空間上のいくつかの点のデータを用いて回帰を行う。この回帰に用いる点を x_1, x_2, \dots, x_n 、それらそれぞれの点のデータの値を y_1, y_2, \dots, y_n としたとき、

$$y = F^R(y_1, y_2, \dots, y_n) \quad (3.6.1)$$

と表記する。また、データ空間上では、この変換を図 3-14 のように図示する。

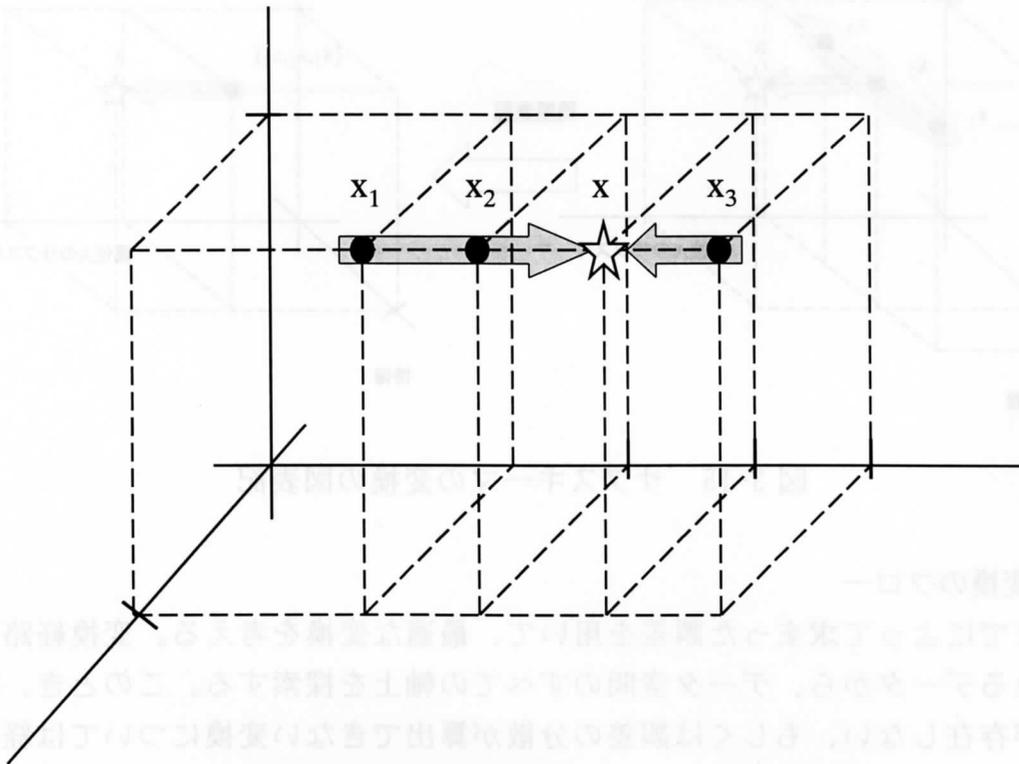


図 3-14 位置情報の変換の図表記

3.6.1.2 サブスキーマの変換の表記

サブスキーマの変換は、サブスキーマ間で一対一の変換であるが、位置情報も考慮すると、多対一の変換となる。すなわち、サブスキーマ $S(X^1)$ におけるデータ空間上の点 $x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1$ (データの値は $y_1^1, y_2^1, \dots, y_n^1$) から、サブスキーマ $S(X^2)$ におけるデータ空間上の点 x_1^2 (データの値 y_1^2) への変換は、

$$y_1^2 = F^S(y_1^1, y_2^1, \dots, y_n^1) \quad (3.6.2)$$

と表記する。また、データ空間上では、この変換を図 3-15 のように図示する。図で左図は位置情報の軸を同時に表記したもので、右図は位置情報をかくし、簡略表記したものである。

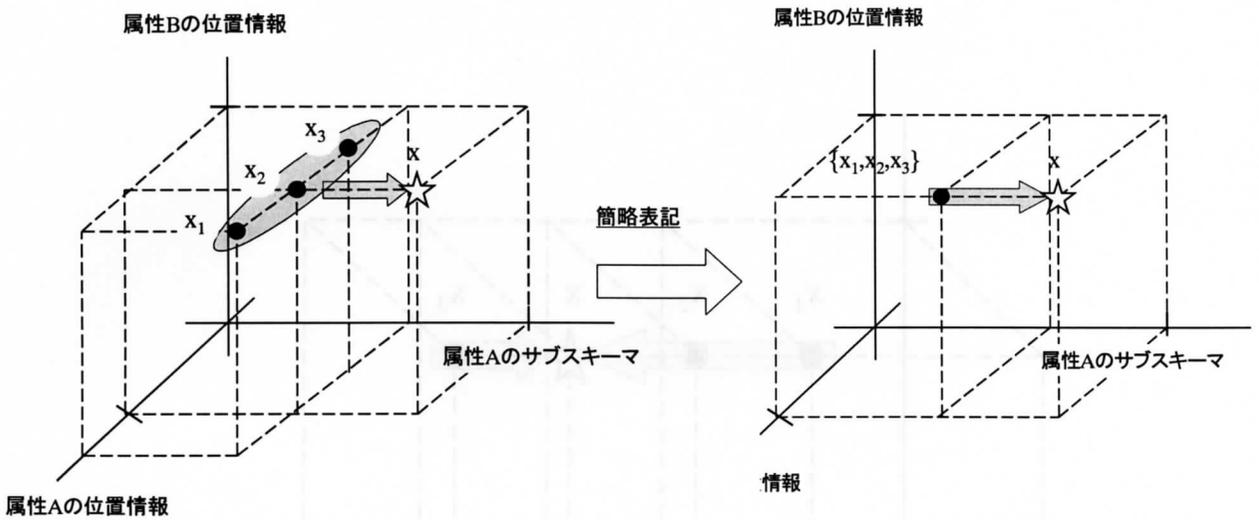


図 3-15 サブスキーマの変換の図表記

3.6.2 変換のフロー

前章までによって求めた誤差を用いて、最適な変換を考える。変換経路は、必要とされるデータから、データ空間のすべての軸上を探索する。このとき、軸上にデータが存在しない、もしくは誤差の分散が算出できない変換については経路を断ち切る。探索する軸上に、さらにデータ変換により求められるデータがあれば、さらにその点を中心に、データ空間の軸方向に探索する。この操作を繰り返して選ばれた変換経路のうち、最終的に最も誤差の小さな経路を選択して推測値の算出を行うことで、最適な変換が行われる。

3.7 適用

アルゴリズムの適用として、1992年の仙台都市計画基礎調査区の就業者数のデータを求めた。その際、80, 85, 90年の国勢調査の人口・世帯数・就業者数のデータと、都市計画基礎調査区の85, 90年のデータを用いた。その他、システムとしてATOM(朝日航洋(株)のGIS)を用い、都市計画基礎調査区と3次メッシュ、さらにこれらを重ね合わせたゾーン図の面積のデータを作成した。対象地域としては、仙台都心部の5km四方を選んだ。図3-16の“●”は、データ空間上のデータの存在している点を示す。

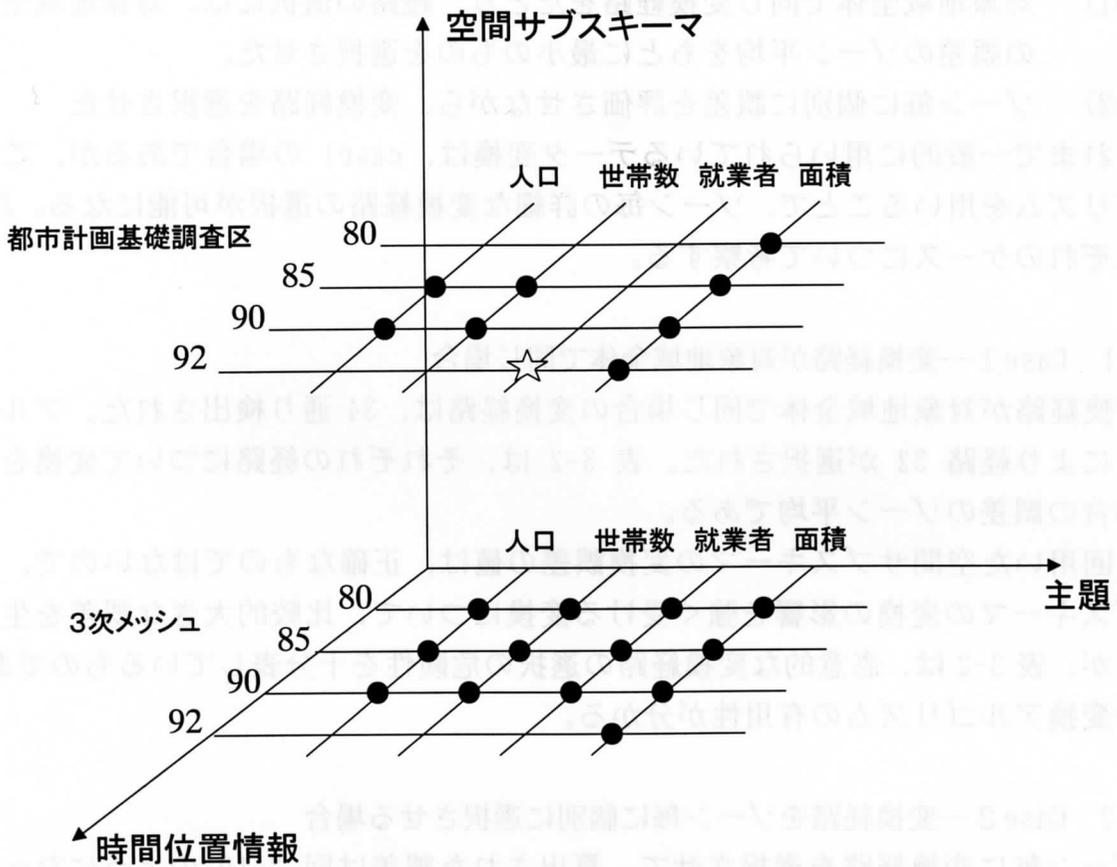


図 3-16 データ空間上における整備されているデータ

データ変換を考える上で、面積についてはそれぞれの年代ですべて同じ値を持つため、面積の時間位置情報の変換は不可能であるが、その他の軸の変換は、所与であるべき変換誤差が与えられていれば変換可能である。今回の適用に関しては、必ずしも正確な値ではないが、できるだけ多くの変換経路を試すことで、変換アルゴリズムによる変換を分析することが目的であるので、次のように変換誤差を与えた。

- ・空間サブスキーマの変換

変換誤差はデータの値の $1/1000$ とする。

- ・主題の変換

人口もしくは世帯数から就業者数への主題の変換について、本来なら、データ空間上の時間位置と対象地域が同じ部分空間におけるデータを用いることが望ましいが、他方の空間サブスキーマにおけるデータが存在しない 80 年と 92 年については、それぞれ 85 年と 90 年のデータで回帰式を推定した。

変換アルゴリズムの適用に関しては、次の二つの方法を試みた。

Case1) 対象地域全体で同じ変換経路をたどり、経路の選択には、対象地域全体での誤差のゾーン平均をもとに最小のものを選択させた。

Case2) ゾーン毎に個別に誤差を評価させながら、変換経路を選択させた

これまで一般的に用いられているデータ変換は、case1 の場合であるが、このアルゴリズムを用いることで、ゾーン毎の詳細な変換経路の選択が可能になる。以下、それぞれのケースについて考察する。

3.7.1 Case 1—変換経路が対象地域全体で同じ場合

変換経路が対象地域全体で同じ場合の変換経路は、34 通り検出された。アルゴリズムにより経路 32 が選択された。表 3-2 は、それぞれの経路について変換を行った場合の誤差のゾーン平均である。

今回用いた空間サブスキーマの変換誤差の値は、正確なものではないので、空間サブスキーマの変換の影響を強く受ける変換について、比較的大きな誤差を生み出したが、表 3-2 は、恣意的な変換経路の選択の危険性を十分表しているものであり、この変換アルゴリズムの有用性が分かる。

3.7.2 Case 2—変換経路をゾーン毎に個別に選択させる場合

ゾーン毎に変換経路を選択させて、算出された誤差は図 3-19 のようになった。このときの変換誤差の平均は 1.043 となり、Case 1 で選択された場合よりも小さくなった。図 3-20 は選択された経路を明示したものである。対象地区北西部において、一部、変換経路 32 以外の経路が選択されている。この地域は、3 次メッシュにおける人口から就業者数への主題の変換において、最も回帰が上手くあてはまっ

たメッシュであったために、空間サブスキーマの影響を比較的強く受ける地域でありながら、最適な変換経路として残った。この結果から、対象地域がさらに広くなれば、対象地域内で、こういった地域特有の特徴をもった地域がさらに多く表れることが予想される。このような場合に、ゾーン毎に個別に経路を選択させることの有意性が高まることが予想される。

表 3-2 それぞれの変換経路におけるゾーン平均誤差

変換経路	誤差の平均	変換経路	誤差の平均
1	5.854	18	1.493
2	5.83	19	6.038
3	6.214	20	1.213
4	6.771	21	1.508
5	1.515	22	6.785
6	1.732	23	1.526
7	5.942	24	1.743
8	1.188	25	5.978
9	1.488	26	1.191
10	5.988	27	1.493
11	1.209	28	6.021
12	1.503	29	1.212
13	6.79	30	1.507
14	1.529	31	6.03
15	1.745	32	1.045
16	5.997	33	6.03
17	1.191	34	1.312

3.8 結論

3.8.1 本研究の成果

本研究では、都市モデルをもちいて将来予測をする際に発生する予測値の誤差について、観測誤差、データ変換による誤差、モデルに起因する誤差に分離した上で、データ変換による誤差に着目し、この誤差を体系的に表現するためのシステムを構築した。さらにそのシステムを用いた変換経路探索のアルゴリズムを仙台市都心部のデータに適用した。その結果、データ変換の際の、変換経路の不用意な選択の危険性が示された。また、このアルゴリズムを用いることで、地域の特徴に応じた最適な変換を行うために変換経路をゾーン毎に選択させるという新たな変換手法の提案を試みた。

3.8.2 今後の課題

今回、データ変換を表現するためのデータモデルの構築、変換の一般化など、概念的なものに終始するにとどまり、実際に適用する段階に発生する問題について、深く議論するには至らなかった。すなわち、サブスキーマの変換に際する変換誤差の算出法や、回帰に用いる主題の選択手法などの実際の適用段階での具体的な手法の議論が、今後、必要になってくるであろう。また、データ不足のため、実在のデータとの残差による評価を行うことができなかった。そのため、選択された経路の正当性を捉えることができなかった。また、今回は、対象地域を小さくとったために、個別の変換経路の選択の特性を十分に認識するには至らなかった。今回の結果では、面補間による誤差が大きく効いたことから、今後、3次メッシュと都市計画基礎調査区のゾーンの大きさが逆転する程度の広域な対象地域を用いた適用を行うなどして、変換経路の選択に関する特性を捉える必要がある。

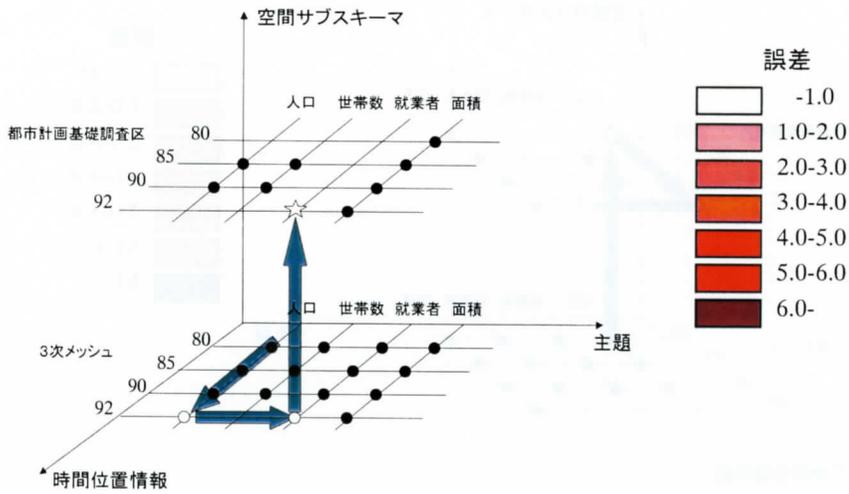
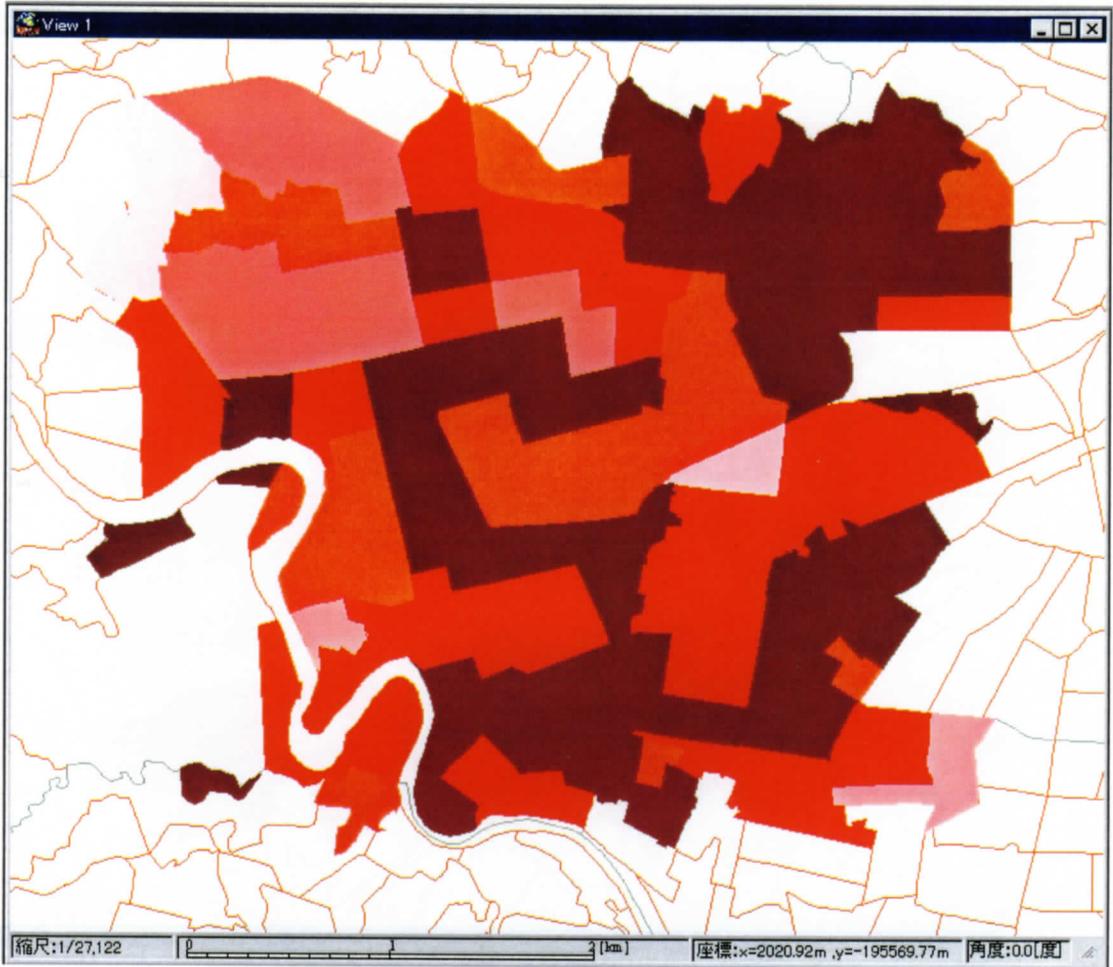


図3-17 変換経路2とその誤差

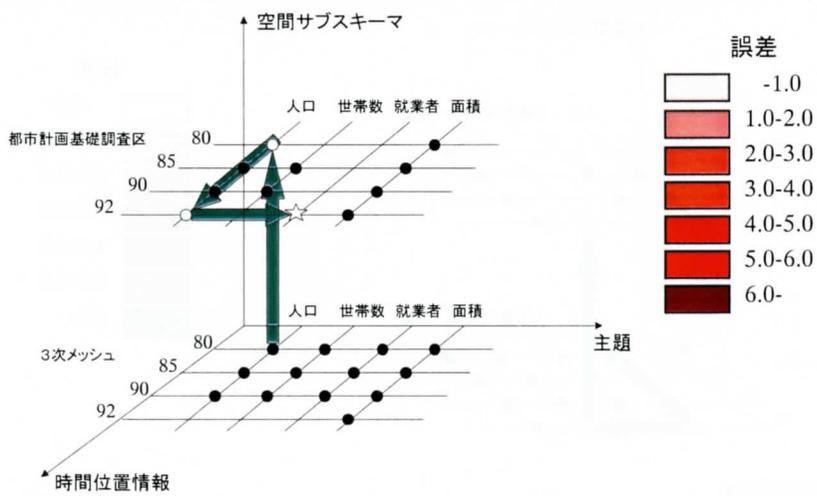
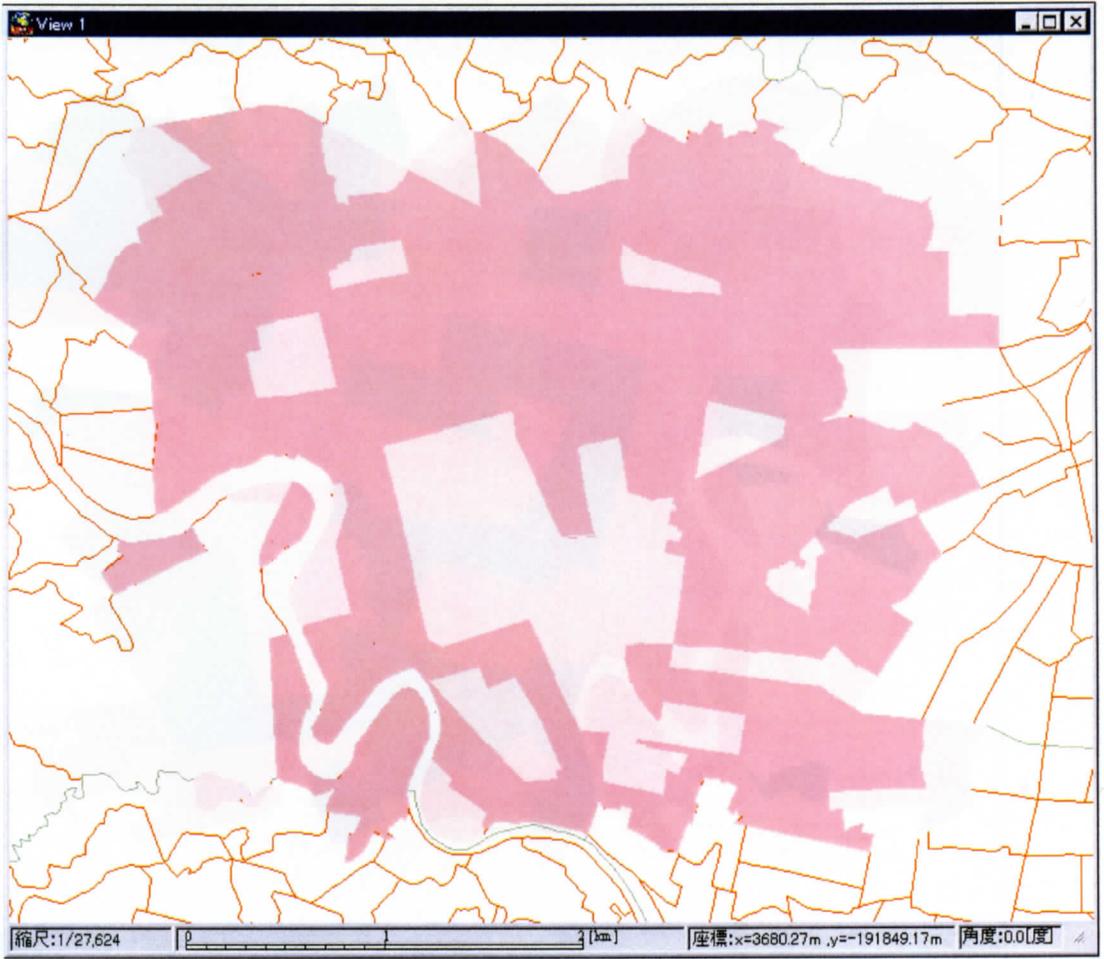
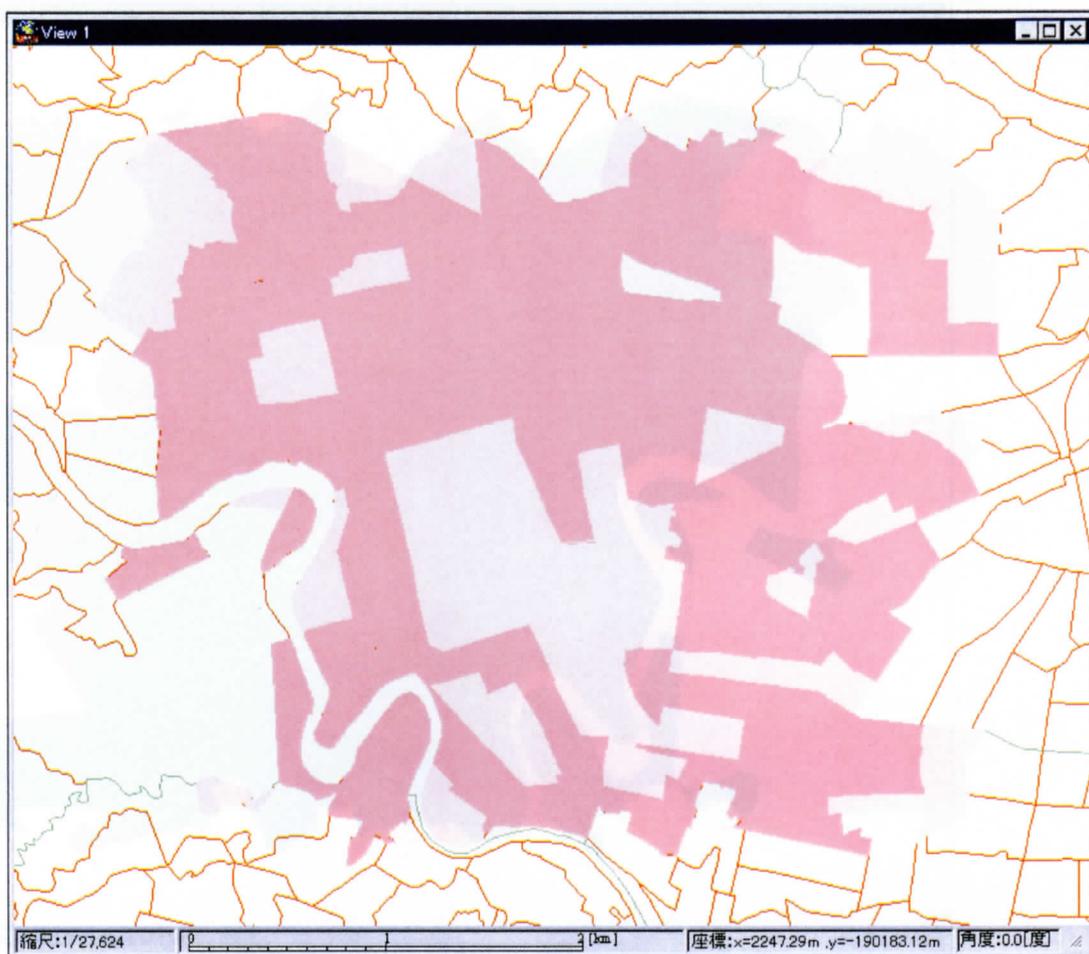


図3-18 変換経路32とその誤差



誤差

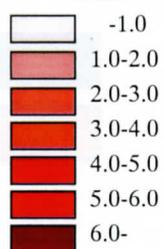
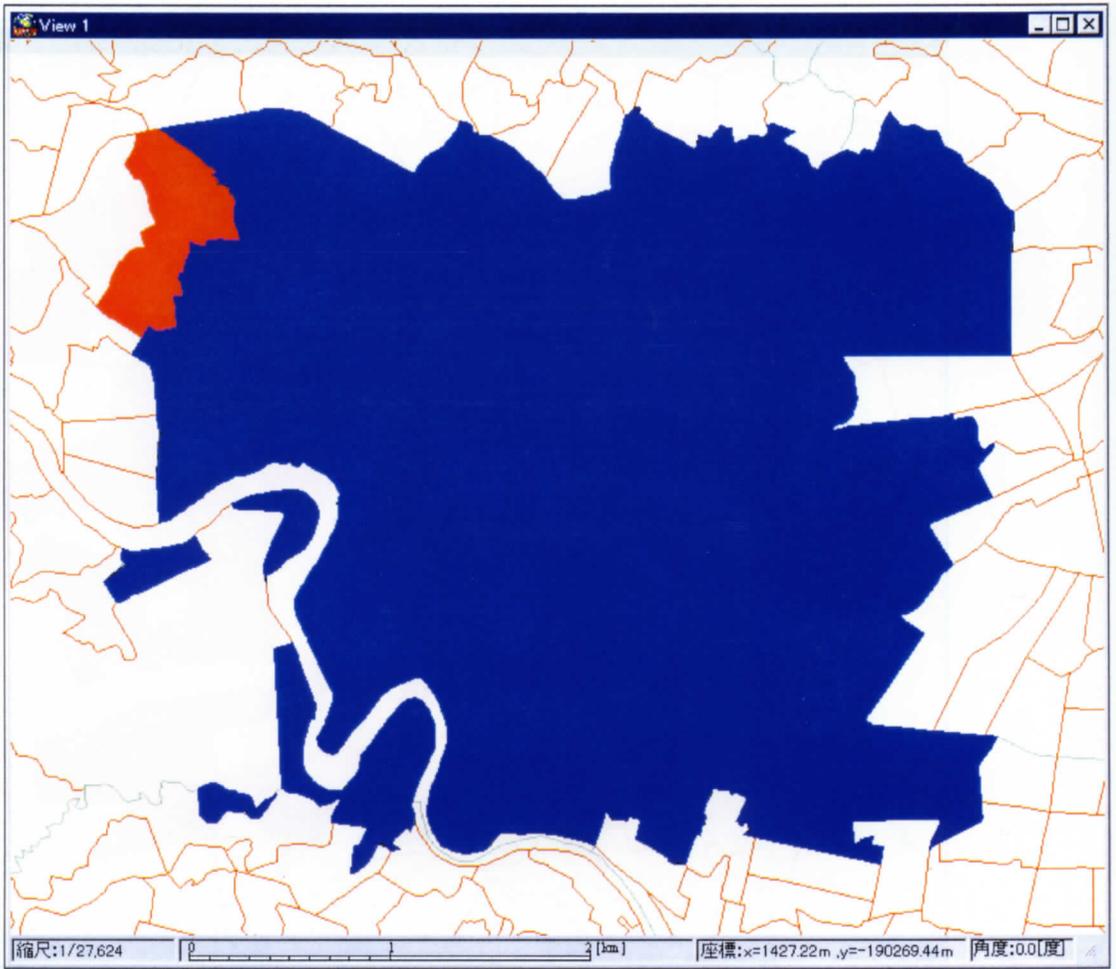


図3-19 ゾーン個別の最適変換経路の誤差



- 変換経路32
- 変換経路2

図3-20 ゾーン個別の最適変換経路

第4章 結論

都市において互いに複雑に関連しあう土地利用・交通・環境間の関係をふまえ、それらを総合的に計画・分析できるツールとしてのシステムを開発することを目指して研究を進めた。その結果、総合分析にむけて、次の2点の問題について、成果を得ることができた。

第一に、従来ある土地利用・交通モデルが、一般に1 km メッシュ程度の比較的大きなゾーン単位で土地利用状況を分析するのに対し、さらに詳細な区画単位まで推計可能なものにするためのモデルを構築した。ここでは、筆を分析単位とし、除却、建設費用を考慮して、事前の土地利用からの建物変化を選択する付け値モデルをつくり、これを用いて上位モデルでゾーンに割り当てられた都市活動量を配分するモデルとして構築した。同時に、付け値と観測される地価の関係を示す付け値-地価関数をアルゴリズムの中に含み、全体としてパラメータを推定する枠組みとしている。さらに、仙台市の実際の詳細土地利用に適用し、有効性としては未だ改善の余地はあるものの、詳細モデルとしては説明度の高いことを確認した。

第二に、複数のデータから分析に必要なデータへの変換アルゴリズムを構築した。総合分析を行うためにはさまざまな地理情報を用いるが、一般に、分析に必要な時間、空間、属性のデータは直接的には無く、既存のさまざまな仕様で整備された複数のデータを何段階も変換することによって得ることになる。その時には、いくつかの変換経路があり、最小の誤差となる最適経路を選ぶことが望ましい。ここでは、誤差伝搬式を援用したデータ変換モデルを構築し、一般的なデータ変換モデルを構築した。実際のデータを用いてさまざまな変換経路で変換したデータを比較し、変換数が少ない経路が最小誤差を与えるわけではなく、分析者が選びがちな変換経路が、必ずしも最適では無いことがわかった。

これらのモデル構築により、都市に関わる土地利用・交通・環境などの各分野、マクロからミクロな状況にわたる総合的な分析を可能とするシステム開発を進めることが可能になるものと考えられる。今後、これらの成果をふまえ、実際に地理情報システムを用いた総合都市計画システムを構築し、さまざまな都市の問題に対する施策立案に際して、柔軟でアカウントビリティの高い計画プロセスを実行していくことが、強く望まれる。

[参考文献]

- A.ANAS, Dynamics of Urban Residential Growth, **J. Urban Econom.**, 5(1), p66-87, 1978.
- A.ANDO, A Location Model of Urban Activities: An Application with a Metropolitan a Land Use Simulation System, **Studies in Regional Science**, Vol.17, p33-p53, 1987.(in Japanese)
- ECHENIQUE, M., The Use of Integrated Land Use and Transport Models, in: M. Floran (ed.), **The Practice of Transportation Planning**, 1985.
- F. J. MARTINEZ, The Bid-Choice Land-Use Model: An Integrated Economic Framework, **Environment and Planning A**, Vol.24, pp.871-885, 1992.
- Kazuaki MIYAMOTO, Keiichi KITAZUME, A LAND-USE MODEL BASED ON RANDOM UTILITY / RENT-BIDDING ANALYSIS (RURBAN), **Selected Proceedings of the Fifth World Conference on Transport Research**, IV, 107-121, 1989.
- Kazuaki MIYAMOTO and Rungsun UDOMSRI., Present Situation and Issues of Planning and Implementation Regarding Land-use and Transport in Developing Metropolises. **J. Infrastructure Plan and Man**, No.482/IV-22, p87-97, 1994.
- Kazuaki MIYAMOTO and Rungsun UDOMSRI, An Analysis System for Integrated Policy Measures regarding Land-Use, Transport and the Environment, **Transport, Land-Use and the Environment**. Kluwer, p259-280, 1996.
- Kazuaki MIYAMOTO and Sathindra SATHYAPRASAD, An Estimation System of Urban Land-Use and the Environment for Metropolitan Areas in Developing Countries. **Journal of the Japan Section of the Regional Science Association**, Vol. 25 (1) , 1995.
- Kozo Amano, Tsunekazu Toda and Hirofumi Abe, Development and Application of a Hierarchical Land-use Model, **Mem. Fac. Eng., Kyoto Univ.** Vol 49, No.4, pp.326-357, 1987.
- M. WEGENER, Operational Urban Models. **Journal of America Planning Association**, Vol.60, No.1. Japan Technology Science , Winter, 1994.

M. WEGENER, Reduction of CO₂ Emissions of Transport by Reorganisation of Urban Activities. **Transport, Land-Use and the Environment**. Kluwer, p103-124, 1996.

浅見均・高久寿夫・金山洋一, 鉄道と都市の計画支援システムとして有効な新しい需要予測法, J.Rail, 1998.

貞広幸雄, 代表点内包法を用いた個数データ推定における誤差, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.7, pp.187-192, 1998

「GISの標準化に関する調査報告書(第1年次)―空間データ交換標準― 第3部」, 国土地理院技術資料, E・1-No.247

高沢信司, 空間データ交換標準の開発について, 地理情報システム研究集会資料, pp.11-26, 1998.

P.A.バーロー著: 地理情報システムの原理, 古今書院, pp.173-195

古澤康和, 新しい誤差論, 共立出版, pp.177-207.

古谷知之・表明栄・室町泰徳・原田昇・太田勝敏, 交通需要の空間的非集計化に関する研究, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.7, pp.85-90, 1998

発 表 論 文

1. Kazuaki MIYAMOTO, Nao SUGIKI, Takashi UCHIDA, Antonio Paez: A GIS BASED LAND-USE MODEL DEALING WITH BUILDING TYPES BY SMALL UNIT OF LAND IN A METROPOLITAN AREA, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.2, No.6, pp.1943-1959, 1997.10.
2. Antonio Paez・内田敬・宮本和明: Urbanization and the Urban Heat Island Effect from a Spatial Descriptive Approach, 都市計画論文集, No.33, pp.67-72, 1998.11.
3. 杉木直・谷後義雄・内田敬・宮本和明: 詳細土地利用モデルにおけるパラメータ推定, 土木計画学研究・講演集, No.21(2), pp.129-132, 1998.11.

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録していません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。