土地利用構成比関数：ミクロな土地利用混合を把握する一手法

Land Use Ratio Function : a Tool to Analyze Land Use Mixture Closely

吉川 徹 (東京都立大学教養部)

Toru YOSHIKAWA (General Education Department, Tokyo Metropolitan University)

Abstract

The aim of this study is to develop a method to analyze land use mixture closely based on geographical information systems (GIS). To this end, a function that indicates land use mixture closely (land use ratio function) is proposed. First, land use ratio function is formulated. It is defined at each point of a region as land use ratio vector of the area within a circular window with center at the point. Second, the implication of the function is discussed. The function can be viewed as the differential of land use ratio when marginal problems are considered, and as an estimate of the probability vector of a model to simulate urban land use transition. In this model, the land use of each parcel has a multinomial distribution, of which the probability vector can be estimated by land use ratio function of the parcel. Third, two methods to determine the appropriate radius of the circular window based on Akaike information criterion are proposed.

Keywords：土地利用混合、土地利用構成比関数、円集計、赤池情報量基準

Land Use Mixture, Land Use Ratio Function, Circular Window, Akaike Information Criterion

1. はじめに

この論文の目的は、詳細な土地利用情報に立脚して都市のミクロな土地利用混合状況を把握する一手法として、土地利用構成比関数(各点で円集計を行なって求めた土地利用構成比)を提案することにある。

近年、都市問題や環境問題の解決のために都市のミクロな土地利用状況を把握する必要性はますます強まっていると思われる。その一方で地理情報システムの実用化や土地利用情報の整備によって、今日ではこれまでよりはるかに詳しく土地利用が分析できるようになってきた。したがって、これらの土地利用情報を活用して土地利用混合を把握する手法の開発が期待される。

土地利用混合の分析方法としては、町丁目

や500mメッシュなどの集計単位領域で土地利用を集計して土地利用構成比を求めるものが基本的である。しかしこの方法だけではミクロな土地利用混合状態は把握できるがミクロな混合状態はうまく把握しきれない。これを解決する方法としてまず考えられるのは、町丁目ではなく街区、500mメッシュではなく100mメッシュといったように集計単位領域を小さくすることである。では、なるべく詳しくミクロな土地利用混合を把握しようとして集計単位領域を可能な限り小さくすると何が起ころうか。この極限では個々の敷地が集計単位領域となり、土地利用構成比を計算する意味がなくなってしまう。したがって集計単位領域を小さくするだけではミクロな土地利用混合は調べられない(増田、1987)。こ

例からわかるように、集計単位領域ごとに土地利用構成比を求める作業は、土地利用図の単なる簡略化作業であるだけでなく、土地利用図そのものではつかみにくい混合に関する情報をわかりやすく抽出する作業でもある。そこでここでは集計作業の長所を生かしてミクロな土地利用混合を調べる方法として、土地利用構成比関数を提案する。

本論文はこの序章を含めて7章からなっている。まずはじめに、例として仮想市街地の土地利用図をモンテカルロシミュレーションで作成する(第2章)。つづいてこの市街地のミクロな土地利用混合を調べるふたつの具体的な解析事例を通じて、ミクロな土地利用混合の分析にあたっての問題点を検討する(第3章)。この検討をもとにしてこれらの事例に適用できる分析手法として土地利用構成比関数を定義して、その数学的性質をまとめる(第4章)。つづいて土地利用構成比関数の第3章の解析事例への適用について検討する(第5章)。さらに、実際に土地利用図から土地利用構成比関数を計算するときの問題になる、集計する円の半径の決定について議論する(第6章)。最後にまとめと今後の課題について述べる(第7章)。

なお本稿は、岡部篤行(東京大学都市工学科)と著者の共同研究のうち、著者の担当作業を自らの責任でまとめたものである。

2. 仮想市街地の土地利用図

この論文では仮想の市街地の土地利用図を例として検討を進めよう。土地利用図には、国土地理院の土地利用図のように地域を完全に塗り分けたもの、都市計画基礎調査の建物

用途図のように建築物について用途を表示するもの、敷地の中心点(土地利用点と呼ぶ)とその土地利用区分が記録されたもの(土地利用点分布図と呼ぶ)などが考えられる。ここでは取り扱いが簡明な土地利用点分布図を使うこととして、モンテカルロシミュレーションで仮想市街地の土地利用図を作成しよう(図1)。

図1の市街地は、東西・南北おのおの2.5Kmの正方形であり、内部に12500個の敷地(点で位置を表わす)が立地している。これらは計算機によって一様ランダムな点として発生させたものである。これらの敷地は商業、工業、住宅のいずれかの用途に供されているとしよう。この用途はやはりランダムに各敷地に与えることにするが、実際の市街地状況に似せるためには、用途の分布に地域的な偏りが生じるようにしたい。そこで、市街地を500mメッシュに区切ったときに各メッシュの土地利用の混合状態が異なるようにしよう。このため、仮想市街地を500mメッシュに区切ってメッシュごとに500個の敷地を発生させ、各敷地の用途を表1の多項分布に従ってランダムに決定することにする。この結果として決定されたおのおの敷地の用途が図1に記号(+商業、◇工場、×住居)で示されている。

3. ミクロな土地利用混合の分析事例

図1の市街地で、ミクロな土地利用混合を調べる解析事例は数多く考えられる。ここでは次のふたつの事例について検討しよう。

(1) 住居の立地環境の解析

図1の住居a、bの立地環境を比較することを考えよう。住居aはほぼ住宅に特化した地域の中心部にあるのに対して、bは工場に

Figure 1. Land use map generated by Monte-Carlo simulation
図1 仮想市街地の土地利用図（+商業、◇工場、×住居）

表1 仮想市街地の用途決定のための多項分布確率

商業0.0	商業0.0	商業0.1	商業0.1	商業0.0
工業0.2	工業0.2	工業0.0	工業0.0	工業0.0
住宅0.8	住宅0.8	住宅0.9	住宅0.9	住宅1.0
商業0.0	商業0.0	商業0.1	商業0.1	商業0.1
工業0.2	工業1.0	工業0.0	工業0.0	工業0.0
住宅0.8	住宅0.0	住宅0.9	住宅0.9	住宅0.9
商業0.1	商業0.1	商業0.2	商業0.2	商業0.2
工業0.4	工業0.4	工業0.1	工業0.0	工業0.0
住宅0.5	住宅0.5	住宅0.7	住宅0.8	住宅0.8
商業0.1	商業0.1	商業0.3	商業0.4	商業0.2
工業0.5	工業0.5	工業0.3	工業0.0	工業0.0
住宅0.4	住宅0.4	住宅0.4	住宅0.6	住宅0.8
商業0.1	商業0.1	商業0.3	商業0.3	商業0.2
工業0.5	工業0.5	工業0.3	工業0.1	工業0.0
住宅0.4	住宅0.4	住宅0.4	住宅0.6	住宅0.8

特化した地域との境界の近くにある。したがって、両者の住居の立地環境は異なっていると考えられる。しかし、この違いを調べるために、例えば図1の500mメッシュを集計単位領域として土地利用構成比を計算したとすれば、aとbの属するメッシュはともにほぼ商

業0.1、住居0.9の土地利用構成比になる。したがってこれだけでは両者の差は把握できない。

これと同様な問題として次の例が考えられる。図2のa、bのおおの中央にある町丁目の土地利用状況を分析することを想定しよう。aでは中央の町丁目は住居に囲まれているのに対して、b

は工場に囲まれており、両者の土地利用状況には違いがある。しかし、a、bでは中央の町丁目はともに住居が100%を占めているので、土地利用構成比だけでは両者の違いを区別できない。また、図3のa、bでは、町丁目内の土地利用構成比は等しいが、aでは町

Figure 2. Comparison of districts of different characteristics of land use mixture (1)
図2 町丁目の土地利用状況の比較（1）

Figure 3. Comparison of districts of different characteristics of land use mixture (2)
図3 町丁目の土地利用状況の比較（2）

丁目の縁に工場があるのに対して、bでは中央に工場がある。aの方が工場が町丁目内の住居に及ぼす影響が小さいので、両者の土地利用状況居住は区別されるべきであるが、土地利用構成比だけではその差はわからない。

(2)市街地の敷地の土地利用転換の予測

市街地においては急速に土地利用が転換されてゆくことも多いが、この転換結果を予測できれば、都市の計画・研究において意義があると考えられる。例えば金ら(1991)は、神奈川県川崎市と福岡県福岡市において、全市あるいは市街化区域、市街化調整区域を集計単位領域として計算した土地利用構成比の経年変化を土地利用遷移行列で表わして、将来の土地利用転換の予測について議論している。また青木ら(1992)は、市街地で空地がどのような土地利用に転換されるかを周囲の世帯数、人口、工場などとの空間的相関関係から判別する方法を検討している。

一般に土地利用更新後の土地利用が商業、工場、住居などのいずれになるかは確定的ではなく確率的な事象であると考えられる。例えば永井ら(1992)は、上記の金ら(1991)の研究などが使っている土地利用遷移行列を確率行列とみなしてその推定誤差について検討している。したがって、転換結果の予測のためには転換の過程を確率モデルで表わす必要があると考えられる。

この確率モデルとして最も基礎的なものとして、市街地の土地利用転換の最小単位である敷地を単位とした次のモデルが考えられる。簡単のため土地利用区分が商業、工業、住居の三種類であるとしよう。市街地の各敷地はある時に土地利用の更新を迎えるが、このモ

デルでは更新後の土地利用が何になるかは、例えば商業になる確率が0.3、工業になる確率が0.2、住居になる確率が0.5といったように確率的に決定される。この確率は敷地の規模、交通アクセス、従前の土地利用、所有形態など数多くの要因に左右される。なお第2章の仮想市街地はこの確率モデルに立脚して生成したものである。

実際の市街地にこのモデルを適用するには、確率(土地利用区分の数の次元を持ったベクトル)の値を決定する必要がある。この確率ベクトルの値は、上記の多数の要因に左右されるが、一般にはこれらの条件の多くは近隣の敷地では似かよっていると予想される。したがって、確率ベクトルの推定値として、その敷地が属している町丁目や500mメッシュなどで全敷地数のうち各用途の敷地が占める割合を使用することが考えられる。これは、集計単位領域内のすべての敷地が同一の確率ベクトルに従って土地利用が転換される場合には、各用途の敷地数がこの確率ベクトルによる多項分布の実現値になることに立脚している。しかしここでも(1)と同様に、問題の敷地が集計単位領域の境界線に近い場合には、必ずしもその集計単位領域の敷地数構成比が確率ベクトルの推定値として妥当とは限らない。

なお、上記の議論は敷地利用の更新過程が定常状態にあるときにのみ成り立つので、更新過程が定常状態でない場合については第5章で述べる。

また、この確率の推定に関連した研究として、玉川(1987)の研究が挙げられる。玉川は、ここで採用したモデルとは異なったモデルであるが、やはり土地利用を多項分布の実現値

と見なしたモデルを組み立てて、集計単位領域としてメッシュを採用して、多項分布確率を推定するために最適なメッシュ規模を赤池情報量基準(例えば坂元ら、1983)を用いて決定する手法を提案している。玉川の手法はこの論文のモデルにも修正を加えることによって適用できるが、モデルの違いなどのため、この論文のモデルではメッシュ境界線近くの問題は完全には解消できない。

以上の検討から、都市のミクロな土地利用混合状況を集計単位領域による土地利用構成比で分析しようとする、集計単位領域の境界が問題になることがわかる。

4. 土地利用構成比関数

このように、集計単位領域を単位とした集計では境界の問題のために都市のミクロな土地利用混合をうまく把握しきれない理由のひとつとして、おのおの集計単位領域に対してひとつの土地利用構成比しか計算しないことが挙げられる。例えば図1の領域Aで土地利用構成比を計算した場合、領域A内ではどこでも土地利用構成比は同一であると思われている。しかし実際には、領域A内でも場所によって土地利用の混合状態に差異がある。

この例から、領域A内のすべての地点でそこでの土地利用構成比に当たるものが定義できれば、都市のミクロな土地利用混合を調べられると予想できる。この「ある地点での土地利用構成比に当たるもの」として自然に思いつくのは、その地点の周囲のある範囲内の土地利用構成比を円集計で求めるものである。例えば、木島ら(1983)、山家ら(1985)、堀場ら(1986)、上田ら(1990)、文ら(1991)などがこの

円集計を使用して土地利用の特性を分析している。ここで、円集計を使用して対象とする領域のすべての地点で土地利用構成比にあたるものを定義するためには、すべての地点からそこを中心としてある半径の円を描いて、その内部の土地利用構成比を計算すればよい(走査円集計と呼ぶ)。

走査円集計の結果、対象地域のすべての点でその点の周囲の土地利用構成比のベクトルが定義される。したがって、走査円集計は平面の地図上に「土地利用分類数」次元のベクトル関数を定義する作業である。このベクトル関数を土地利用構成比関数と呼ぶことにしよう。ただし、集計円内に敷地の点がない地点ではこの関数は定義されない(これは高々有限個の有限連続領域である)。図4に、図1の市街地の土地利用構成比関数の値が示されている。ただし、図1の隅の部分では集計円が対象地域をはみ出るので、図1の中心部の1.5km 四方について計算してある。

ここで、土地利用構成比関数の基本的な性質をまとめよう。土地利用構成比関数は2次元平面上の領域である対象地域上に定義された「土地利用分類数」次元の実数値ベクトル関数になる。ただし、ベクトルの要素の合計値は必ず1になるので、独立な要素は「土地利用分類数-1」個である。各要素は0から1までの値をとる。したがって、土地利用構成比関数の値域は、「土地利用分類数」次元の空間内で、すべての座標の値の合計値が1になる「土地利用分類数-1」次元超平面上で、すべての座標が正になる領域である。土地利用点分布図から計算した土地利用構成比関数は、円をずらすと、ある範囲まで円内の

Figure4. Land use ratio function of the central area of figure 1
図4 図1の中心部の土地利用構成比関数

点が変わらないため関数値が不変であり、その範囲を越えたところで円内の点が外に出るか新しい点が入るために関数値が不連続に変化する。

5. 土地利用構成比関数による土地利用混合の分析

第3章の解析事例に土地利用構成比関数を適用しよう。

(1) 住居の立地環境の解析(吉川、1992a)

図1の住居aとbの居住環境の違いは、両地点の土地利用構成比関数の比較によって把

握できる。

一方、図2、図3のように町丁目などある程度の広がりを持った領域の居住環境を比較するときには、第3章(1)で述べた問題点(境界問題と呼ぶ)を考慮して修正を加えた土地利用構成比を計算する必要がある。この値としては、町丁目の中心部、町丁目の辺縁部、町丁目の周囲の順に小さくなる重みを各点につけて計算された土地利用構成比が考えられる。こうすれば、図2の場合には、町丁目の周囲が工場か住居かが勘案された値が得られる。また図3の場合には、工場が町丁目の縁に近

いほどその重みが減るので、工場が町丁目に与える影響が考慮された値を得ることができる。この重みとして最も簡明なものは、各点を中心にある半径の円を描いたときに、円が町丁目と重なる部分が円全体に占める割合である(図5)。この円による重みをつけた土地利用構成比は、土地利用構成比関数を町丁目全体で積分することによって簡単に計算できる。したがって、土地利用構成比関数は境界問題を考慮した土地利用構成比の導関数であると解釈できる。

Figure 5. Weights for calculation of land use ratio considering the marginal problem
図5 境界問題を考慮した土地利用構成比計算のための重み

(2) 確率ベクトルの推定(吉川, 1992b)

第3章(2)における敷地の土地利用の転換の確率ベクトルの推定値としては、その地点の土地利用構成比関数を使用できる。したがって、図4は表1の確率の推定値という意味も持っている。この推定法はuniform kernelを使用したkernel法による確率密度関数の推定法(例えば Fukunaga, 1990, p254)の援用になっている。

なお、第3章で触れた通り、この方法による確率ベクトルの推定は、土地利用の転換が定常状態になっている場合にのみ可能である。

土地利用の転換の確率が土地利用構成比と異なっていると予想される場合には、例えば最近5年間にあらたに生じた土地利用のみをピックアップして土地利用図を作成し、これから土地利用構成比関数を計算するなどが考えられる。

6. 集計円の半径に関する検討

実際に土地利用構成比関数を計算するには集計円の半径を決定することが必要である。適切な半径の値は、土地利用構成比関数をどの問題に適用するかによって異なってくる。そこでここでは第3章、第5章で論じたふたつの解析事例について適切な半径の値を検討しよう。

(1) 住居の立地環境の解析

この場合には、解析の目的に応じて、実際の都市計画や都市の分析の立場からある半径が決定されることが多いと考えられる。工場が住居の立地環境に及ぼす影響に着目する場合には、騒音、あるいは臭気の到達範囲をとること考えられる(例えば浅見ほか, 1988)。用途地域指定に着目する場合には、用途地域の路線指定の幅員(20m, 30m あるいは50m など)などが半径の基準となる。

(2) 確率ベクトルの推定

この場合には、なんらかの意味で最もよく確率ベクトルを推定できる半径を採用すべきである。

この検討を行なうため、まず図4で集計円の半径を変えると土地利用構成比関数の形がどう変化するかを調べよう。この図より、半径が小さいときには多項分布の確率が大きく異なるところが明瞭になるが、円内の点数が

小さいために土地利用構成比関数の値が不安定であることがわかる。一方、半径が大きくなるにつれて土地利用構成比関数の値は安定してゆくが、一方で多項分布の確率が大きく変化するところが明瞭には読み取れなくなる。このことから、半径の決定は土地利用構成比関数の安定性とエッジのシャープさのトレードオフの問題であることがわかる。

第5章(2)で述べたkernel法による確率密度関数の推定法では、この問題を解決するため、推定された確率密度関数と真の確率密度関数との差の二乗和(Mean Square Error)を最小化する半径を最適とする方法が提案されている(例えばFukunaga、1990、p261)。ただし、実際にはこうして決められる半径は我々には決してわからない真の確率密度関数によって左右される。kernel法では確率密度関数として正規分布を仮定することが多いが、土地利用構成比関数の場合には真の多項分布の確率の空間での形に一定の関数を想定できないので、Mean Square Error の最小化を行なうことができない。

一方、やはり確率論に立脚して円集計の最適な半径を求める方法として、萩島ら(1988)はエントロピーを最大化する半径を採用する方法を提案している。しかし、この論文のモデルの場合には、エントロピーを最大化する半径が最も確率をよく推定できる半径とはすぐには結論付けられない。そこでこの論文では、対数尤度の観点から最もよい確率モデルを選択する指標である赤池情報量基準を適用することによって、最適な半径を選択する方法を提案する。

ここで提案する方法は、いくつかの半径の

候補があるときに小さい方から次々に半径を広げていく方法と、同時に複数の半径を比較する方法のふたつである。

1)半径を広げていく方法

例として、地点pの土地利用構成比関数の値を計算するために、半径200mと半径300mの集計円のどちらを採用すべきかを検討しよう(図6)。このとき、もし地点pと立地条件が類似していて土地利用転換の確率ベクトルの値が似ている地域が半径200m以内におさまっているのであれば半径200mを採用すべきであり、一方半径300m以内で立地条件が似ているために確率ベクトルが似ているのであれば半径として300mを採用すべきである。このように考えると、半径決定問題は、下記の表2のふたつのモデルA、Bのうちどちらを採用すべきかという問題になる。

Figure 6. The two models to compare
図6 比較すべきふたつのモデル

表2 半径決定のためのモデル

		多項分布確率 $p(i, j)$ の最尤推定量	
		モデルA：半径200m	モデルB：半径300m
領域	a	$p(a, j) = \frac{n(a, j)}{n(a)}$	$p(a, j) = p(b, j) = \frac{n(a, j) + n(b, j)}{n(a) + n(b)}$
	b	$p(b, j) = \frac{n(b, j)}{n(b)}$	

$n(i, j)$: 領域*i*内の土地利用区分*j*の敷地数
 $n(i)$: 領域*i*内の総敷地数
 $p(i, j)$: 領域*i*、土地利用区分*j*の多項分布確率の両モデルでの最尤推定量

このモデルの選択は、坂元ら(1983、pp71-77)が論じた多項分布の分布の同一性の判断の問

題になる。したがって、赤池情報量基準として次式をとればよい。

$$-2 \{ K + \sum_i \sum_j n(i,j) \cdot \log p(i,j) \} + 2C \quad [1]$$

ただし

$$K = \log \{ \prod_i n(i)! / \prod_i \prod_j n(i,j)! \}$$

$\sum_i, \prod_i$: 図6の領域 $a \cdot b$ に関する和および積

$\sum_j, \prod_j$: 土地利用区分に関する和および積

C : 最尤推定される独立なパラメータの数

である。 $p(i,j)$ に表2のモデルA、Bで示した値を代入して、A、Bのうち式[1]の値が小さい方の半径を採用すればよい。このとき、上記式のKは両モデルに共通であり無視できるので、比較には次式[2]で充分である。

$$-2 \sum_i \sum_j n(i,j) \cdot \log p(i,j) + 2C \quad [2]$$

候補となる半径が複数ある場合には、小さい方から順次比較していく方法が考えられる。例えば候補となる半径が100m、150m、200m、250m、300mである場合を考えよう。このときにはまず100mと150mを[2]式で比較して、もし100mの方が望ましい(100mの方が[2]式の値が小さい)のであれば100mを採用し、そうでなければ150mと200mをふたたび[2]式で比較する。こうして、これ以上半径を広げない方がよくなるまで計算を続ければよい。

なお、この方法で半径を決定すると地点ごとに最適な半径が異なる。これは、都市においてはある地点ではその周囲が広く類似の条件下にあるが、別の地点では類似の条件下にある地域が狭い範囲に限られることに対応していると考えられる。

図7に、図1の中心部の1.5km四方(3×3メッシュ)で半径を100mから500mまで50mづつ

増加させながら上記の方法で半径を決定した結果を示す(赤池情報量基準の値の差が5以上の場合を有意とした)。この図から、土地利用構成比が激変するところ(例えば図7の左上の工場みのメッシュの周囲部分)では半径が小さく、土地利用構成比が変化ないところ(例えば図7の右上)では半径が大きいことがわかる。また、図7の左上の工場メッシュとその右どりの住宅メッシュの境界線上では、半径をどのように変えても集計円の半分が工場地帯で残り半分が住宅地帯にかかるため、境界線上だけ半径が大きくなっている。

2)同時に複数の半径を比較する方法

上記の1)の方法は、計算が簡単である利点があるが、候補となるすべての半径を調べる前に計算が終了することが多いと予想されるので、この点では利用できるすべての情報を使用していないと考えられる。そこで、すべての情報を使用する方法として、候補となるすべての半径について同時に比較することが考えられる。

たとえば、候補となる半径が100m、150m、200m、250m、300m、350mであるとしよう。このときには、土地利用混合状況が類似している領域に区切るための半径として、150mと200mと250m、100mと200mと250mと300mなどさまざまな組合せが考えられる。これらの組合せは、100mから300mまでの5個の半径のおのおのについてそこで区切るか区切らないかの選択があることから、25つまり32通りある。そのすべてを上記1)の式[2]で比較すれば、その32通りのなかの最善の区切り方が決定できる。このときの最も内側の半径を集計円の半径として採用すればよい。こうす

れば、上記1)の方法では内側からふたつの半径の情報しか考慮されないのに対して、その外側の情報も考慮される。

図8に、図1の中心部の1.5km 四方(3×3メッシュ)で半径を100mから500mまで50m 刻みに半径候補を設定して、この方法で半径を決定した結果を示す。図7と比較すると、土地利用が激変するところ(例えば左上の工場のみのメッシュの周囲部分)で半径が小さくなることや、激変境界で半径が大きくなることは共通しているが、それ以外のところでは、一般に図7より半径が小さくなる。これは、1)の方法に比べて周囲の広い範囲を比較するため、局所的に周囲と異なる土地利用構成比を持った領域があると、それを分離した方が赤池情報量基準からみれば有利であると判断されるためと思われる。

7. おわりに

本稿では土地利用混合のミクロな分析のための道具としての土地利用構成比関数について検討した。

将来の課題としてはまず土地利用構成比関数を確率と考えた際の半径決定法に関するさらなる検討が挙げられる。上記6.の方法では、あらかじめ決められた半径の候補からの選択は可能であるが、本来であれば連続的に半径を変化させて最善の半径を選択できることが望ましい。半径の候補を細かくすることによってこの問題にはある程度の対応が可能であるが、その時には計算量が大きくなるので、効率的な算法の開発が必要である。

また、土地利用構成比関数を確率ベクトルの推定値と考えた場合の、確率ベクトルの推定誤差についても検討が必要である。特に5章で触れたように、土地利用の転換が定常状

Figure 7. The radiuses determined by the first method
図7 第一の方法で決定された半径

Figure 8. The radiuses determined by the second method
図8 第二の方法で決定された半径

態に達していない時には、永井ら(1992)のよう
に時間軸でみた確率の推定誤差を論じる必
要があり、これは将来への課題である。

謝辞

この論文をまとめるにあたっては、共同研
究者である岡部篤行氏を始め、浅見泰司氏(東
京大学都市工学科)、伊藤恭行氏(東京都立大
学建築学科)、原科幸彦氏(東京工業大学社会
工学科)、望月仁氏(明星大学)、吉田幸雄氏(パ
スコ株式会社)、匿名査読者から有益な助言を
得た。またこの研究は文部省科学研究費重点
領域研究「近代化と環境変化の地理情報シス
テム」の援助を受けている。

参考文献(欧字順)

- 浅見泰司、吉川徹(1988) 土地利用と騒音：川
崎市を例として、「日本不動産学会学
術講演会梗概集」4, 119-122.
- 青木義次、大佛俊泰(1992) カテゴリー変量を
被説明変量とする空間影響関数モデ
ル、「日本建築学会計画系論文報告集」
433, 111-117.
- Keinosuke Fukunaga (1990) *Introduction to
Statistical Pattern Recognition* (Second
Edition), Academic Press, Cambridge, MA.
U.S.A.
- 萩島哲、大貝彰、今里雅裕、小牟田保、横屋克昌
(1988) 混合土地利用の評価指標の設定
に関する研究 その1・2、「日
本建築学会学術講演梗概集」No.7126、
7127, 分冊F 251-254
- 堀場弘、原広司、藤井明、伊藤恭行、日色真帆
(1986) 都市の街区構成に関する研究—
その2. 個体数(建物数)による分析、「尾
日本建築学会大会学術講演梗概集」、
No.7137 分冊F 273-274.
- 金俊栄、萩島哲、大貝彰、岩尾襄、黒瀬重幸
(1991) 土地利用遷移行列による都市の
土地利用用途転換の分析、「日本建築
学会計画系論文報告集」424, 69-78.
- 木島安史、両角光男、佐伯謙介(1983) 微視的単
位を用いた土地利用の動的解析手法

- 「日本建築学会九州支部研究報告」27,
357-360.
- 増田聡(1987) 都市解析のための地理情報シス
テムの開発とその地区区分クラスタリ
ングへの応用に関する一連の研究、「東
京大学大学院都市工学専攻博士論文」
- 文泰憲、萩島哲、大貝彰(1991) 土地利用混合度
指標に関する研究、「日本都市計画学
会学術研究論文集」2, 505-510.
- 永井朋子、青木義次、大佛俊泰(1992) 土地利用
転換予測における誤差評価法、「日本
建築学会大会学術講演梗概集」, No.
7090, 分冊F 179-180.
- 坂元慶行、石黒真木夫、北川原四郎(1983) 「情
報量統計学」共立出版(東京)。
- 玉川英則(1987) 土地利用比率の同質性からみ
た最適メッシュ規模に関する考察、「日
本都市計画学会学術研究論文集」22,
229-234.
- 上田和徳、佐藤誠治(1990) 階層別床利用から
見た都心部の立体的土地利用解析、「日
本都市計画学会学術研究論文集」、25
385-390.
- 山家京子、原広司、藤井明、小嶋一浩、曲淵英邦
(1985) 都市領域の様相論的研究—その
2. 都市の局所論的把握、「日本建築
学会大会学術講演梗概集」No.7044, 分
冊F 87-88.
- 吉川徹(1992a) ミクロな土地利用混合の分析
手法としての土地利用構成比関数に関
する一考察、「日本建築学会大会学術
講演梗概集」No.7092, 分冊F 183-184.
- 吉川徹(1992b) 土地利用混合の解析手法とし
ての土地利用構成比関数、「日本都市
情報学会全国大会予稿集」7, 52-55.