

形態的特性の表現を中心とした土地利用分析手法について

1. はじめに
2. 土地利用による地区分類
3. 土地利用の秩序性
4. 土地利用を見る単位
5. おわりに—今後の課題と展望

玉川英則*

要 約

都市を分析する際に重要なテーマの一つに土地利用がある。本稿は、メッシュデータを前提とした、その形態的側面の分析手法について3つの観点から方法論の提示・考察を行い、またこの側面での今後の土地利用分析の展望を示したものである。

上記の観点とは、①土地利用による地区分類とその変化の比較分析；②同種用途の集塊性・異種用途間の隣接性といった秩序性；③土地利用をメッシュデータ化する際の最適メッシュ規模の3点である。①については、クラスタリングと判別分析を併用する手法の有効性について考察し、高崎市および東京23区を対象としたケーススタディを示した。②については、Join、Clump、エントロピーといった、統計学や情報理論で扱われている概念で、ミクロなレベルでの土地利用パターンの違いを表現できることを示した。さらに、③については、メッシュデータを一種の多項分布モデルとみることにより、AIC(赤池情報量基準)を用いて、土地利用の同質性という観点から最適メッシュ規模を定めることが可能であることを示した。

1. はじめに

都市を分析するあるいは解析するというときの解析あるいは分析とは、ある側面とかある断面で物事を切り落として見せること、ということができる。一方、都市は、かなり複雑な集合体、すなわち、物もあれば人もいて、いろいろなものが流動しているという場であり、ある断面だけを切り

落として都市を捉えることは果してよいことなのか、という問題は残るところである。だが、あえてそういうことをやってみる必要もあるように思う。ある断面でどこまで都市現象が切れるか、ということをつきつめておくことは、運がよければ本質を失わない単純化ということにつながっていくだろうし、そうでなくても、その有効性の限界を見極め、それ以外の断面の必要性を明示することにもつながると思うからである。

*新潟大学工学部建設学科

この小論では、その一つとして土地利用の分析を考える。その中でも土地利用パターンとか、土地利用の形態的な秩序といったものをどう客観的に、特に計量的に捉えるか、ということはなかなか頭の痛い問題であり、以下、それらのいくつかの側面について述べてみることにする。なお、本稿は、既に著者が都市計画学会等で発表した論文（後述の5つの文献）の内容を土地利用分析という一本の軸に沿って補足・解説するものである。

2. 土地利用による地区分類

まず、第一に、土地利用による地区分類・地区の性格付けということについて考えてみたい。都市、例えば、何々市、あるいは、東京都、東京23区といった地理的集合体があって、それを何等かの形、何等かの基準でもって分類するというようなことがしばしばなされる。これは、都市を理解するためには非常に重要な方法論である。これには、単独の指標でいくつかの地区に分類していくという方法論がとられた時代もあったが、1960年代頃から、多変量解析の一手法である因子分析を応用することが行われた（Johnston (1976) にその流れが述べられている）。都市の複雑な様相をいくつかの変量に束ね、その変量の大・小をいくつかのランクに分け、都市を性格付けて地区分類を行うというものである。

しかしながら、この手法を、土地利用分析で試みるとあまりクリアな結果が得られない。表一1に示すのは、群馬県高崎市の都市計画基本調査で作成された土地利用現況図を資料として、25mポイントサンプリングデータをつくり、それをもとに500mメッシュごとの土地利用比率を求め、それを使って因子分析（主因子法による）を行った結果（因子負荷量および寄与率）である。カテゴリーとしては、住居、商業、工業、公共、農業、運輸・供給施設地、道路、鉄道、河川、未利用地、山林・原野・荒地・湿地の11個を用いている。昭和45年の土地利用について行った表一1の寄与率を見ると、第一因子、これは一番説明力の強い因子にもかかわらず24.21%という非常に低いパー

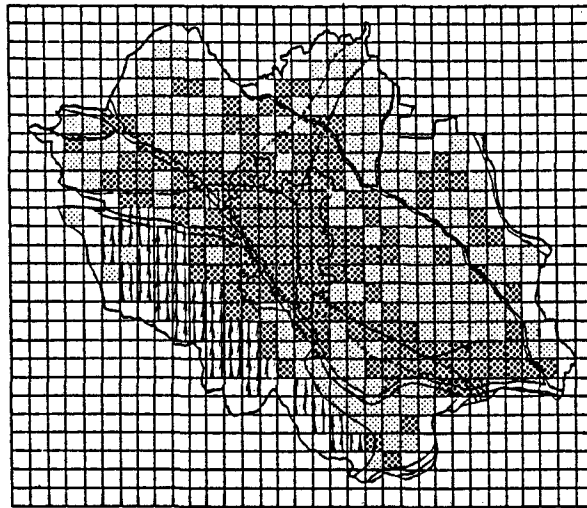
表一1 高崎市における土地利用の因子分析
(昭和45年の500mメッシュ376個について)

カテゴリー	因子負荷		
	I	II	III
住居用地	-.66	-.34	.17
商業用地	-.72	.05	.13
工業用地	-.21	.31	-.38
公共用地	-.57	.09	.39
農業用地	.51	-.79	-.24
運輸・供給	-.36	.26	-.56
道路	-.83	-.25	.10
鉄道	-.23	.22	-.69
河川	.15	.07	.19
未利用地	-.12	.17	-.21
山林・原野	.36	.78	.37
個有値	2.66	1.70	1.44
寄与率(%)	24.21	15.52	13.15

センテージでしかない。3因子合わせた寄与率(累積寄与率)でも、ようやく半分程度ということで、非常に低く出てしまうことがわかる。

この原因として、いくつかのことが考えられるが、一番大きいのは、土地利用比率は、足して100%であり、どれかが多ければどれかが低いというような逆相関がすでに変数中に組み込まれているということであろう。また、このようにカテゴリーを10個以上も細かく割ると、それぞれのポイント数が非常に少なくなるものが出てきて、あまりデータの相関性がうまく検出されない。こういった理由で、因子分析的な方法論がうまく適用できないのである。

この欠点を解消するため、因子分析以外の方法として、非常に素朴な方法であるが、クラスター分析を試みる。これは、簡単にいえば、土地利用比率の似ている部分をくっつけていくということである。各メッシュについて計算されているカテゴリー別の土地利用比率について、比率構成の近い500mメッシュ同士を順次アグリゲートしていくという方法である。



		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1		20.6	4.6	8.9	5.9	33.2	1.2	8.6	1.7	3.0	3.2	9.1
2		10.0	0.7	0.7	1.3	71.5	0.2	5.7	0.1	2.5	1.0	6.2
3		3.1	1.0	0.0	1.0	14.2	0.1	3.0	0.0	0.9	2.1	74.6

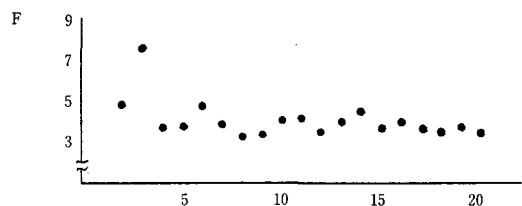
但、運供：運輸・供給施設用地、未利：未利用地、山原：山林・原野・荒地・湿地

図一 高崎市昭和45年土地利用のクラスター分析結果及びクラスター別土地利用比率 (%)

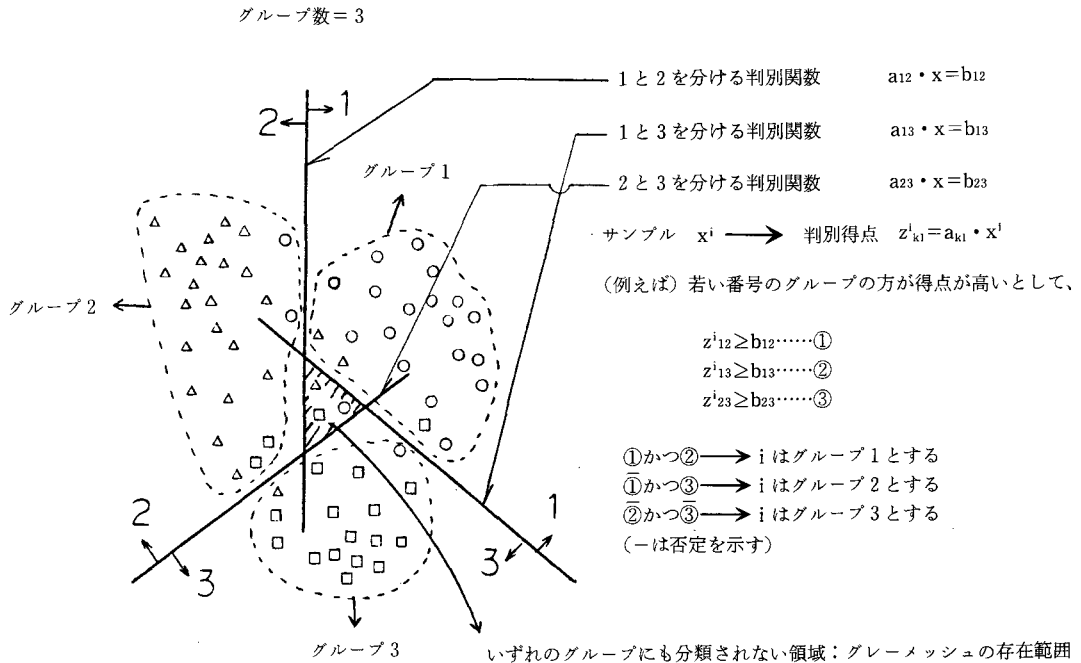
図一に昭和45年のデータについてクラスター分析をかけた結果を示す。様々な手法があるがここではWard法(矢島・王(1971)参照)を用いている。高崎市域について、3つの群に分かれている。いくつに分けるのが最もよいかについては、柳沢・大隅(1979)によれば、クラスター数基準という指標、VRCとか、BealeのFとか、MarriottのCとか、Marrona & Jacovkisの Ψ などがある。この中で、対象データについて言えば、BealeのFの動きが最もわかりやすく、図二に示したように、飛び上がっているところが最適クラスターを与える点である。これに対応する分類が、図一の1、2、3の3地区分類であるが、図中のクラスター別土地利用比率表をみればわかるとおり、1番は、住居用地が多い所、2番は、農業用地の比率が一番高い所、3番は、山林・原野である。当然と言えば当然の結果ではあるが、

このような客観的分類が、一応はできるということになる。

ここで、群がどのように変わったかとか、同質的な地域というのがどのように変化していったかという年度間比較をやりたいという場合どうしたらいいかという問題がでてくる。例えば、高崎市域の45年のクラスターを分けたのと同じ基準で



図二 対象データについてのBealeのFの動き



図一三 クラスタリングと判別分析を併用する手法のクラスター数3の場合の模式図

もって54年の分類を考えたいということである。昭和45年の土地利用比率と54年の土地利用比率を別々にクラスターをかけると分ける基準が変化してしまうし、両年度をプールしてクラスターをかけるとどちらの年度にとっても中途半端な基準で分けてしまうというおそれがある。そこで考えられるのは、一方を分けておいて、その基準を求め、それを用いて他方を分けるということである。

すなわち、判別関数（ここでは線形判別関数に限定）を応用した以下のような手順（詳細は玉川（1984））が有効となる。

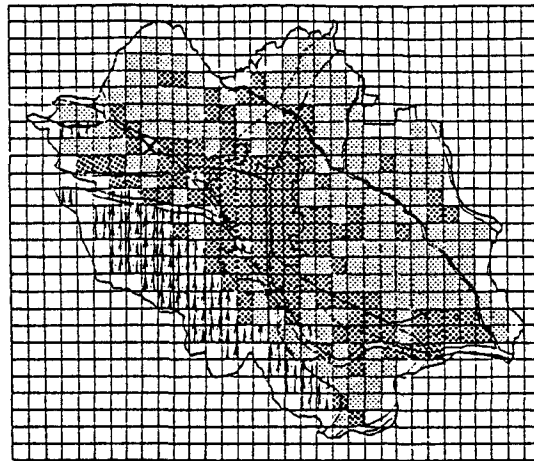
- ① クラスタリングにより、一方を分類する。
- ② ①で得られたクラスターについて2群毎に判別関数（各カテゴリーの重み付け）を求める。
- ③ ②で得られた判別関数を基準として用いて比較したい双方を分類する。

例えば、クラスターが3つの場合の模式図を図一三に示す。第1群と第2群を分ける基準、第2

群と第3群を分ける基準、第3群と第1群を分ける基準を求め、それらを用いて分類を行うことになる。どの分類にも属さない部分（グレーメッシュと呼ぶ）を認めることがこの手法の特徴である。

実際に、昭和45年の最適クラスターから判別関数を求め、それによって昭和45年のメッシュを再分類した分類図を図一四、さらに比較したい昭和54年のメッシュを分類したものを図一五に示す。これにより45年での3つの地域は昭和54年でどういう広がりになってきているかということがわかる。1番のグループ、すなわち宅地化している地域が外延化している様子がこういった図で表現できるとことになる。

一方、昭和35年 DID 内すなわち既成市街地に限定した地域を全体として分類した場合、興味深い結果が得られている。この範囲において昭和45年の土地利用と54年のそれを比較する。この比較で意外なことが出てくる。地域分類としては、先の

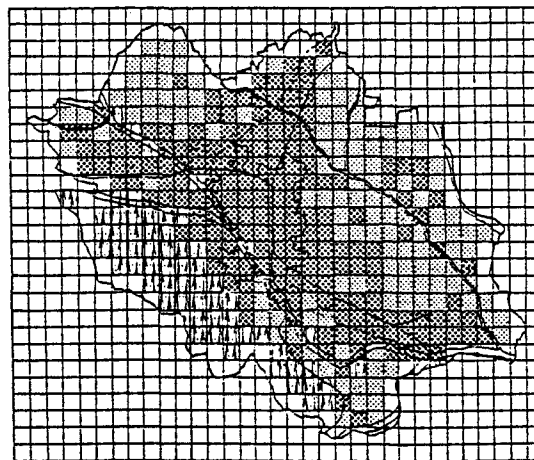


(☒はグレーメッシュ)

		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	☒	22.1	4.8	9.2	6.1	31.0	1.2	8.9	1.9	3.1	3.4	8.2
2	☒	10.4	1.1	1.6	1.5	71.4	0.2	5.8	0.1	2.3	1.0	4.5
3	☒	4.7	1.0	0.2	1.9	21.0	0.5	3.7	0.1	1.6	2.1	63.3

但、運供：運輸・供給施設用地、未利：未利用地、山原：山林・原野・荒地・湿地

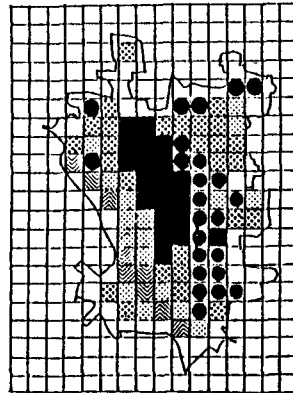
図一四 判別基準による高崎市昭和45年土地利用の再分類及びグループ別土地利用比率 (%)



		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	☒	26.2	5.3	7.1	6.8	25.9	1.9	11.2	1.5	2.7	4.1	6.7
2	☒	12.1	1.2	1.5	2.3	63.7	0.6	9.2	0.1	2.6	1.3	4.6
3	☒	6.8	1.0	0.4	3.0	15.5	0.4	4.7	0.1	1.6	2.9	63.5

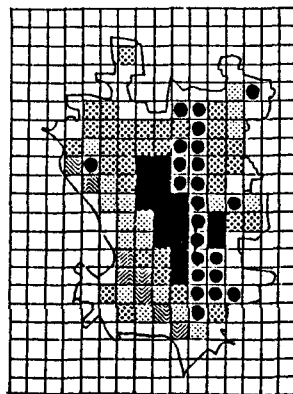
但、運供：運輸・供給施設用地、未利：未利用地、山原：山林・原野・荒地・湿地

図一五 判別基準による高崎市昭和54年土地利用の分類及びグループ別土地利用比率 (%)



		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	■	23.8	36.6	4.3	12.9	0.3	2.8	17.1	0.0	0.3	1.8	0.1
2	▨	45.6	11.1	5.8	8.7	9.1	1.1	12.7	1.0	1.2	2.3	1.1
3	▧	21.6	5.5	4.9	38.3	9.1	0.8	10.5	0.0	3.1	1.0	5.1
4	●	23.8	8.6	27.3	4.3	3.3	7.5	12.0	8.5	0.8	2.5	1.3
5	▩	8.8	2.7	2.4	13.6	3.7	1.0	4.4	0.0	18.2	0.8	39.4

図一 6 高崎市昭和35年 DID 内の昭和45年土地利用による地域分類及び土地利用比率 (%)



		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	■	27.9	32.7	2.4	10.0	0.0	3.5	19.5	0.1	0.3	2.9	0.1
2	▨	50.6	8.3	5.4	8.9	4.3	1.6	15.1	0.2	1.0	2.7	0.7
3	▧	21.5	5.2	2.9	40.5	6.8	0.9	11.2	0.1	2.4	2.5	5.7
4	●	23.9	7.3	22.4	2.1	2.6	7.0	12.5	8.7	0.6	11.5	0.8
5	▩	9.5	1.8	1.9	11.8	4.4	0.1	9.3	0.0	12.6	1.8	46.9

図一 7 高崎市昭和35年 DID 内の昭和54年土地利用による地域分類及び土地利用比率 (%)



		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	米	15.4	27.8	3.4	12.1	0.0	3.3	27.9	2.7	2.0	4.9	0.0
2	田	49.8	7.5	2.5	9.5	4.2	1.3	16.1	1.6	0.5	6.1	0.4
3	中	19.7	4.4	4.5	26.8	2.3	3.0	13.9	1.7	11.5	8.9	1.2
4	☆	22.2	6.2	12.1	7.0	2.5	8.1	17.1	4.8	3.6	15.2	0.4
5		2.1	0.4	1.5	4.7	0.2	1.8	4.0	1.2	66.0	7.1	2.3

図一 8 高崎市昭和35年 DID の分類基準・東京23区昭和56年土地利用による地域分類

BealeのFの基準でいくと、5つに分けるのが最適となり、上記のプロセスで得られた図-6に示すとおり、1番は商業用地の一番卓越している所、2番は商業もある程度あれば住居用地もある所、3番は公共用地が多い所、4番は工業用地が卓越している所、それから最後の5番が山林・原野や河川を含む所と分類される。これを、9年後の昭和54年の図-7と比較すると、1番の部分が2次元的な広がりとして縮小していることが示されていることに気づく。高崎駅を中心とした商業集積地が形成される一方で、周辺商業地が衰退している状況が推測される分析結果である。

また、参考までに上記の高崎市昭和35年DIDの分類基準で、東京23区を分けた分類図を図-8に示す。このような都市間比較もこの手法により可能となるわけである。

3. 土地利用の秩序性

次に、よりマイクロなレベルでの土地利用のパターン、とくに用途の集塊・分散、隣接・排反といった側面について考えてみよう。

例えば、図-9のような簡単な3つのメッシュデータをつくってみる。いずれも全体が16個のセルに分かれており、黒用途と白用途だけで全体ができています。この場合、図の3つとも土地利用比率は全く同じである。左側の図も、まん中の図も、右側の図も、黒用途半分、白用途半分というような形の土地利用比率を構成するということである。従って、比率だけでは捉えきれないものが土地利用のパターンという場合にはあることがわかる。

このように、パターンの違いをどう捉えるかということで、ほかの分野で行われている研究などを参考にして分析したのが以下に示す、Clumpとか、Joinとか、エントロピーということである。

まず、Roach(1968)が提起したClumpというアイデアがある。塊の数ということである。約束事として、縦、横方向にメッシュが連結して、斜め方向には連結しないと見ると、例えば、図-9の左の図では、黒い塊1個、白い塊1個、まん中

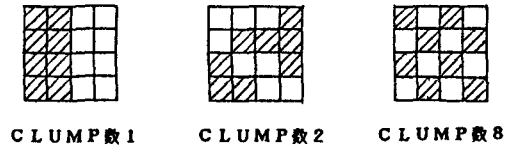
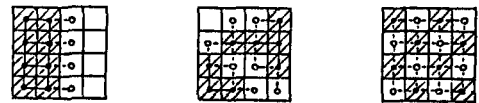


図-9 メッシュデータにおける Clump の概念



黒-黒 JOIN=10 黒-黒 JOIN=6 黒-黒 JOIN=0
黒-白 JOIN=4 黒-白 JOIN=12 黒-白 JOIN=24

図-10 Join の概念

では、黒の塊2個、白の塊2個である。そして、一番右の図では、黒、白それぞれ8個である。それぞれ塊の数には違いが見られる。そういう形で、秩序性、集塊性が捉えられることになる。すなわち、このClumpの数を勘定して、パターンの違いが捉えられるということが一つある。なお、この際、用途の生起確率を固定した条件のもとで、黒、白用途がランダムに生起する場合のClumpの数が一つの基準となる。玉川(1987a)は、Roachの研究が無限に広がったメッシュを仮定してこの数の上下限を推定していたのに対して、有限メッシュに適用する場合の差異等について考察を行っている。

もう一つには、黒セルと黒セルが隣接しているところへ一本線を引っ張ってみるという方法もある。この線の本数が示すのは、黒と黒の隣接しているペアの数である。これを黒-黒Joinという。図-10の左の図では、黒-黒Joinが10個ということである。まん中の図では、同じように引くと、黒-黒Joinが6個あるということになる。一番右では、斜めには連結せず左右と縦にしか連結しないという約束ごとに従うと、黒-黒Joinはない、ということになる。同様に、黒と白の間のJoin

を引っ張ってみると、点線のようになるが、一番左の図では、黒と白の間の Join は4本ある。まん中では、黒と白の Join は12本、一番右では、黒と白の間の Join は24本、これは、隣接するメッシュを結んだものは全て黒と白の Join になってしまう。このようにパターンの違いが、非常に明確に示される。

この概念は、1940年代頃から、Moran (1948) とか、Krishna Iyer (1950) といった統計学の専門家達が言い出したことであり、都市計画サイドでは、現在東京大学先端科学研究センターの小出 (1977) らの先駆的な研究がある。特に、用途の生起確率が与えられた条件のもとでの Join 数の分布は、メッシュのセル数を多くすれば正規分布に近付くことになり、

実際の Join 数 - Join 数の期待値
Join 数の期待標準偏差

がいわば偏差値的な意味をもつことになる。玉川 (1987a) はこれを Join のクラス値と呼び、理論的な検討を行っている。

第3に、エントロピーという指標についてみておく。これは、Clump や Join のように特定の用途が集塊しているかどうか、あるいは特定の用途のペアが隣接しているかどうかということではなくて、総合的に用途間の隣接性とか、集塊性に秩序があるのかないのかということをはかるものである。

いままでのようなメッシュセル型の土地利用データがあったとし、カテゴリーとして n 用途が考えられるとする。第 i 用途の生起確率を p_i とおき、エントロピー H_1 を、

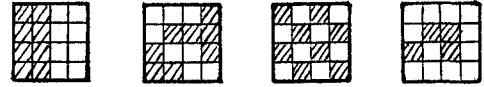
$$H_1 \equiv - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (\text{但, } \sum_{i=1}^n p_i = 1)$$

と定義する。知られているとおり、 H_1 の最大、最小は、

$$H_{1\max} = \log_2 n \quad (\text{if } p_i = \frac{1}{n} \quad (i=1, \dots, n))$$

$$H_{1\min} = 0 \quad (\text{if } p_i = 1, p_j = 0 \quad (j \neq i))$$

と与えられる。すなわちすべての用途が等確率で生起するときエントロピー H_1 は最大となり、特定用途が卓越するとき H_1 は最小となる。いわば H_1



H_1	1.00	1.00	1.00	0.81
H_2	0.65	1.00	0.00	0.90
$H_{(2)}$	1.65	2.00	1.00	1.71
R_1	0.00	0.00	0.00	0.19
R_2	0.35	0.00	1.00	0.10
$R_{(2)}$	0.18	0.00	0.50	0.15

図一11 エントロピーおよび冗長さの計算例

は生起確率の多様性の指標である。さらに、i 用途のセルに j 用途が生起する確率を q_{ij} と書き、エントロピー H_2 を、

$$H_2 \equiv \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i q_{ij} \log_2 q_{ij} \quad (\text{但, } \sum_{j=1}^n q_{ij} = 1)$$

で定義する。 H_2 の最大、最小は、

$$H_{2\max} = \log_2 n \quad (\text{if } q_{ij} = \frac{1}{n} \quad (i, j=1, \dots, n))$$

$$H_{2\min} = 0 \quad (\text{if } q_{ij} = 1, q_{ik} = 0 \quad (k \neq j, i=1, \dots, n))$$

と与えられる。すなわち、用途のペアの隣接する確率がペアの種類によらず等しいとき、 H_2 は最大となり、ある用途には必ずある特定用途が隣接するときすなわち隣接するペアが限定されているとき、 H_2 は最小となるわけである。また、エントロピー $H_{(2)}$ として、

$$H_{(2)} \equiv - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i q_{ij} \log_2 p_i q_{ij}$$

を定義すると、生起確率と隣接確率を合成した系総体のエントロピーと考えることができるが、実際、

$$H_{(2)} = H_1 + H_2$$

となることは容易に示される。以上の $H_1, H_2, H_{(2)}$ が、上記のそれぞれの意味での土地利用パターンの無秩序性を計量する指標と言える。また、冗長さといわれる量 R 、

$$R = 1 - \frac{H}{H_{max}}$$

は、最大エントロピーからの隔たりを示す量で、いわば秩序性を表す指標として使うことができ、上記の3つのエントロピーに対してそれぞれ R_1 、 R_2 、 $R_{(2)}$ が考えられる。これらの指標を使っての計量例を図-11に示す。

なお、紙面が煩雑になりすぎるので、実際の都市におけるケーススタディは割愛させていただく。興味のある方は、高崎市と東京23区をスタディした玉川(1987a)または東京都内の3地区について扱った玉川(1982)を参照していただきたい。

4. 土地利用を見る単位

上記2章で土地利用のメッシュデータを扱ったわけだが、最後に、この土地利用をメッシュで切る単位をどれくらいにすればよいか、またそれを決める基準としてどのようなことがあるのかということを考えてみよう。

メッシュで切るということは、一種の同質的な分類をやっていることに相当するのではないかと考えられる。そうであるなら、メッシュで切ったここを1区画とし、隣接するところを別の1区画とする場合の同質性と、それらを2つ合わせたものを1区画とする場合の同質性とどちらがほんとうに同質なのかということのをうまく計量してやればよいということになる。

具体的な定式化のプロセスを図-12をもとにしてみよう。左の図では、一番細かい単位のメッシュすなわち 1×1 のサイズのメッシュがあり、この単位で各メッシュに対する、特定用途(例えば住居用地)の土地利用比率 p_{ij} がはかられている。それを幾つかまとめると、右の図のように寸法 $a \times b$ のメッシュごとの土地利用比率 P_{kl} が算出される。このとき、どの程度のAあるいはBが土地利用の同質性という観点からみて確からしいかということになる。ここで、このメッシュのサイズを定め P_{kl} を算出するということは、住宅用地に属するポイントの全体を P_{kl} の確率でそれぞれのメッシュに配分するという、一種の多項分布

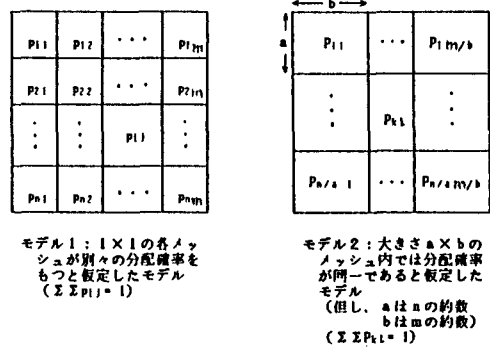


図-12 メッシュデータのモデル化

を仮定した確率モデルということができる。

ところで、こういった確率モデルのあてはまりの良さを考えるには、次の式で示される AIC という指標(詳細は坂元・石黒・北川(1983))が有効となる。

$$AIC = (-2) \times \text{最大対数尤度} + 2 \times \text{自由パラメータ数}$$

AIC とは Akaike Information Criterion の略で、文部省統計数理研究所の赤池弘次氏によって考案されたものである。この値が小さいモデルほどよいモデルとされる。第一項の尤度とは、当該のモデルを仮定した場合に観測されたデータの得られる確率であり、その最大値の対数をとったものが最大対数尤度である。ところで、この最大対数尤度は、パラメータ数(モデルに含まれる変数)が増えれば増えるほど一般的に大きくなるが、パラメータが多すぎるモデルというのは予測に対して不安定でよくない。それを補正している項が第二項の自由パラメータの部分であり、最大対数尤度が大きくてもパラメータ数が多すぎるようなモデルは、AIC 最小のものからは除かれるという仕掛になっている。

土地利用メッシュデータの場合には、上記の最大対数尤度は、各メッシュにおける当該土地利用比率と多項分布モデルの仮定から容易に計算され、また自由パラメータ数は「メッシュ数-1」

表一 2 全域一律とした場合の土地利用カテゴリー別最適メッシュ (高崎市・昭和45年)

用途 カテゴリー	ポイント数 (比率)	無制約長方形 最適メッシュ (縦×横)*	正方形 最適メッシュ
住居	15696(15.3%)	125m×200m	125m×125m
商業	3302(3.2%)	200m×250m	250m×250m
工業	3665(3.6%)	200m×250m	250m×250m
公共	4138(4.0%)	250m×200m	200m×200m
農業	46624(45.5%)	125m×125m	125m×125m
運輸供給	725(0.7%)	400m×500m	500m×500m
道路	7420(7.2%)	200m×250m	250m×250m
鉄道	1075(1.0%)	400m×500m	400m×400m
河川	2650(2.6%)	250m×250m	250m×250m
未利用地	2218(2.2%)	250m×250m	250m×250m
山林原野	14790(14.4%)	125m×200m	200m×200m

*) 縦が南北方向、横が東西方向に対応。以下の表も同様。

(注) 全用途カテゴリーから「その他」を除いて示した。

(従って、用途比率の合計は100%にはなっていない)

表一 3 全域一律とした場合の土地利用カテゴリー別最適メッシュ (高崎市・昭和54年)

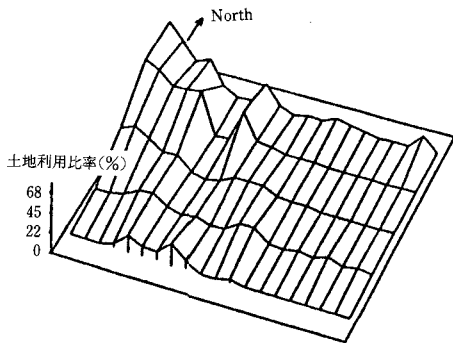
用途 カテゴリー	ポイント数 (比率)	無制約長方形 最適メッシュ (縦×横)	正方形 最適メッシュ
住居	20995(20.5%)	125m×125m	125m×125m
商業	4017(3.9%)	250m×200m	250m×250m
工業	4350(4.2%)	200m×250m	200m×200m
公共	5025(4.9%)	250m×125m	200m×200m
農業	35238(34.4%)	125m×125m	125m×125m
運輸供給	1518(1.5%)	250m×400m	250m×250m
道路	9786(9.6%)	200m×250m	250m×250m
鉄道	1098(1.1%)	400m×500m	400m×400m
河川	2503(2.4%)	200m×250m	250m×250m
未利用地	3056(3.0%)	250m×250m	250m×250m
山林原野	14165(13.8%)	125m×250m	200m×200m

表一四 サブエリア(2 km メッシュ)ごとに算出した最適メッシュ(高崎市・昭和45年)

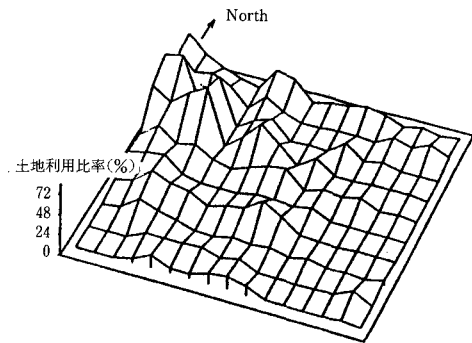
用途 カテゴリー	2 km メッシュ コード No.	ポイント数 (左メッシュ 内比率)	無制約長方形 最適メッシュ (縦×横)	正方形 最適メッシュ
住居	1	873(13.6%)	125m×100m	125m×125m
	2	933(14.6%)	200m×125m	125m×125m
	3	1013(15.8%)	100m×200m	125m×125m
	4	1836(28.7%)	125m×125m	125m×125m
	5	1709(26.7%)	100m×125m	100m×100m
	6	701(11.0%)	250m×100m	125m×125m
	7	334(5.2%)	125m×250m	200m×200m
	8	1045(16.3%)	200m×100m	200m×200m
	9	1700(26.6%)	100m×125m	100m×100m
	10	911(14.2%)	200m×125m	125m×125m
	11	695(10.9%)	100m×200m	125m×125m
	12	787(12.3%)	200m×125m	125m×125m
	13	816(12.8%)	125m×125m	125m×125m
	14	1050(16.4%)	125m×125m	125m×125m
	15	761(11.9%)	125m×200m	200m×200m
	16	532(8.3%)	125m×200m	200m×200m
商業	1	13(0.2%)	400m×2km	2km×2km
	2	342(5.3%)	200m×200m	200m×200m
	3	77(1.2%)	400m×500m	400m×400m
	4	537(8.4%)	200m×250m	250m×250m
	5	493(7.7%)	200m×200m	200m×200m
	6	17(0.3%)	500m×1km	500m×500m
	7	31(0.5%)	500m×400m	500m×500m
	8	318(5.0%)	250m×200m	200m×200m
	9	681(10.6%)	400m×100m	200m×200m
	10	51(0.8%)	200m×1km	400m×400m
	11	25(0.4%)	500m×400m	400m×400m
	12	172(2.7%)	500m×250m	250m×250m
	13	141(2.2%)	250m×250m	250m×250m
	14	236(4.1%)	200m×200m	200m×200m
	15	118(1.8%)	250m×250m	250m×250m
	16	23(0.4%)	400m×400m	400m×400m
農業	1	4567(71.4%)	125m×200m	200m×200m
	2	3316(51.8%)	200m×125m	125m×125m
	3	2960(46.3%)	100m×200m	100m×100m
	4	1500(23.4%)	125m×125m	125m×125m
	5	2173(34.0%)	125m×250m	125m×125m
	6	4540(70.9%)	250m×125m	200m×200m
	7	1314(20.5%)	100m×250m	125m×125m
	8	1330(20.8%)	125m×200m	125m×125m
	9	1047(16.4%)	125m×200m	200m×200m
	10	4234(66.2%)	200m×125m	200m×200m
	11	4364(68.2%)	250m×200m	200m×200m
	12	1420(22.2%)	125m×100m	100m×100m
	13	3419(53.4%)	125m×100m	125m×125m
	14	2834(44.3%)	125m×125m	125m×125m
	15	3663(57.2%)	200m×100m	125m×125m
	16	3943(61.6%)	125m×125m	125m×125m

表一五 サブエリア(2 km メッシュ)ごとに算出した最適メッシュ(高崎市・昭和54年)

用途 カテゴリー	2 km メッシュ コード No.	ポイント数 (左メッシュ 内比率)	無制約長方形 最適メッシュ (縦×横)	正方形 最適メッシュ
住居	1	1205(18.8%)	125m×125m	125m×125m
	2	1528(23.9%)	200m×100m	125m×125m
	3	1307(20.4%)	100m×200m	125m×125m
	4	2393(37.4%)	200m×125m	125m×125m
	5	2201(34.4%)	125m×125m	125m×125m
	6	819(12.8%)	250m×100m	125m×125m
	7	462(7.2%)	125m×250m	200m×200m
	8	1538(24.0%)	200m×100m	125m×125m
	9	1925(30.1%)	100m×200m	125m×125m
	10	1773(27.1%)	125m×125m	125m×125m
	11	769(12.0%)	100m×200m	125m×125m
	12	1061(16.6%)	125m×250m	125m×125m
	13	952(14.9%)	125m×125m	125m×125m
	14	1434(22.4%)	100m×125m	125m×125m
	15	1015(15.9%)	125m×200m	125m×125m
	16	653(10.2%)	250m×125m	200m×200m
商業	1	41(0.6%)	500m×400m	500m×500m
	2	355(5.5%)	200m×200m	200m×200m
	3	310(4.8%)	250m×200m	200m×200m
	4	484(7.6%)	250m×125m	200m×200m
	5	542(8.5%)	250m×100m	125m×125m
	6	182(2.8%)	250m×200m	250m×250m
	7	33(0.5%)	500m×400m	500m×500m
	8	360(5.6%)	250m×200m	200m×200m
	9	665(10.3%)	200m×125m	200m×200m
	10	182(2.8%)	250m×250m	250m×250m
	11	151(2.4%)	200m×500m	200m×200m
	12	181(2.8%)	500m×200m	250m×250m
	13	146(2.3%)	400m×250m	250m×250m
	14	215(3.4%)	125m×400m	200m×200m
	15	147(2.3%)	200m×250m	250m×250m
	16	23(0.4%)	500m×400m	400m×400m
農業	1	3988(62.3%)	100m×200m	200m×200m
	2	1890(29.5%)	200m×100m	100m×100m
	3	2084(32.6%)	125m×125m	125m×125m
	4	892(13.9%)	200m×125m	125m×125m
	5	1180(18.4%)	125m×125m	125m×125m
	6	4004(62.6%)	125m×200m	200m×200m
	7	991(15.5%)	100m×250m	125m×125m
	8	679(10.6%)	200m×125m	125m×125m
	9	601(9.4%)	125m×250m	250m×250m
	10	2910(45.5%)	200m×100m	200m×200m
	11	3867(60.4%)	200m×125m	200m×200m
	12	878(13.7%)	100m×125m	125m×125m
	13	2820(44.1%)	125m×100m	125m×125m
	14	2252(35.2%)	125m×125m	125m×125m
	15	2906(45.4%)	100m×200m	125m×125m
	16	3296(51.5%)	125m×125m	125m×125m



図一13 最適メッシュを用いてつくった昭和45年商業用地比率のヒストグラム



図一14 最適メッシュを用いてつくった昭和54年商業用地比率のヒストグラム

に対応している（詳細は玉川（1987b））わけで、AICを用いて最適メッシュを判出することができるということになる。

ケーススタディにおいては、前々章で扱った高崎市のデータについて、一番小さいポイントサンプリングの単位のメッシュ（25 m×25 m）から2 km×2 kmまでを限度とし、考えられ得るサイズのうちで最適なのはどれかというのを求めてみた。結果は、表-2～5に示されるとおりで、全体一律のメッシュで切る場合と、2 kmごとのサブエリアに分けて切っていく場合との2とおりの結果が昭和45年、54年の2時点について示されている。用途の種類により様々な結果が得られているが、一般的な分析でよく用いられる1 kmあるいは500 mの正方形メッシュは、最適メッシュに比してやや粗いように思われる。

また、その中の一部、高崎駅を右端に含み、旧市街地をほぼ包含するサブエリアのみを取り出し、商業用地について注目してみると、図-13、14に示すように、両年度間の商業用途のフォーメーションを反映したものとなっていることがわかる。すなわち、図-13の昭和45年の場合は、南北に伸びる街路沿いの商業地が浮かび上がって来るのに対し、昭和54年になると、路線式商店街のパターンが崩れていることが実証される。

なお、玉川・樋口・アグス（1988）は同様の手法を用い、土地利用ということからはちょっとはずれるが、アンケート調査を通じて得られた主成分スコアという連続変量についても最適メッシュの検討を行っている。また、吉川（1993）は、同様な土地利用メッシュデータについて、別の多項分布モデルを想定することにより、用途比率の同質性をカテゴリー別ではなく全体としてとらえる方法を提示しており、実際の場面での適用性の高い手法として注目される。

5. おわりに—今後の課題と展望

以上、カテゴライズされた土地利用データ、特にメッシュデータの形態的特徴をとらえる、3種類の解析手法を提示した。

最初に述べたように都市的事象には様々な側面がある。土地利用においても、例えば、中出（1987）は、土地利用分析と計画との接点を包括的に扱った研究において、メッシュ化された土地利用データについての利点・問題点および都市計画への利用可能性を指摘しており、また、濱田（1985）は、土地利用分析に関する既往の研究をレビューする中で、土地利用というものの定義すらコンセンサスが得られていない状況を指摘し、さらには、実

態分析ならびに経済的分析の必要性を強調している。また、彼が独自に定義したように土地利用とは「土地、人、資産の結合」であるとするならば、五十嵐・小川（1993）の指摘するように、物的規制からは抜け落ちてしまう、規制を受ける側すなわち都市を構成する主体の問題も当然視圏に含まれてくるだろう。

しかしながら、物的・形態的な内容に限定してさえも、考えていくべきことは極めて多いのである。計画に直接つながる話題で言えば、例えば、土地利用の配分比率を予測するといったテーマがあり、古くはLowryモデルの拡張等から始まると言えるが、木下ら（1980）のエントロピーモデルのように、何等かの基準で“最適化”を行うモデルが近年開発されてきている。よりミクロなレベルでの土地利用予測、いわばパターンシミュレーションについては、CG（コンピュータ・グラフィクス）が発達した昨今、例えば、奥平（1976）の提示した、隣接関係を考慮に入れてシミュレートする発想などはもう一度見直されてよいのではないだろうか。また、青木ら（1993）のニューラル・ネットワークを用いた地域分類法は、新しいパターンの最適化手法として興味深い。

また、GIS（地理情報システム）の浸透に伴い、メッシュによらない方法論、あるいはメッシュデータとGISデータとのリンクということも研究課題としては重要性を帯びてくると言えよう（腰塚・栗田（1984）の研究がその一つのあり方を示している）。さらに、衣袋ら（1993）が行っているような3次元メッシュマップが、今後一般化していくことも考えられよう。

最後に、Alexander（1965）は、計画された都市が重複性・多様性を認めない構造になっていることを批判したが、同時に、そのようなことが起こるのは、計画する人間の空間認識の方法に大きな原因があることを指摘している。このように認識と計画が密接に関連していることからしても、土地利用パターンの形態的側面に限定した認識方法の追究も、計画論にむけて一定の意義があると考えられるのではないだろうか。

文 献 一 覧

- Alexander, Ch. (1965) "A city is not a tree" The Architectural Forum, Vol. 122, No. 1, pp. 58-62 and No. 2, 58-61
- 青木義次、永井明子、大佛俊泰(1993)「ニューラルネットワークによる地域分類法」、GIS—理論と応用、Vol. 1、pp. 11-22
- 濱田学昭(1985)「都市的土地利用分析上の研究課題」、都市計画論文集、Vol. 20、pp. 463-468
- 五十嵐敬喜、小川明雄（1993）都市計画—利権の構図を超えて、岩波新書294
- 衣袋洋一、上島進、関益巳(1993)「3次元メッシュマップ方法による階層別空間利用に関する切態調査研究と評価」、GIS—理論と応用、Vol. 1、pp. 1-10
- Johnston R. J. (1976) "Residential Area Characteristics: Research Method for Identifying Urban Sub-areas—Social Area Analysis and Factorial Ecology", Social Areas in Cities Vol. 1, John Wiley & Sons, pp. 193-235
- 木下久昭、青山吉隆、大谷博、芝原靖典(1980)「エントロピー法による土地利用の予測モデルに関する研究」、都市計画論文集、Vol. 15、pp. 103-108
- 小出治（1977）「土地利用混合度の適用並びにその検定」、都市計画論文集、Vol. 12、pp. 79-84
- 腰塚武志、栗田治(1984)「メッシュデータを用いた人口推定と平均距離算出」、都市計画論文集、Vol. 19、pp. 319-324
- Krishna Iyer, P. V. (1950) "The theory of probability distributions of points on a lattice", Annals of Mathematical Statistics, Vol. 21, pp. 198-217
- Moran, P. A. P. (1948) "The interpretation of statistical maps", Journal of the Royal Statistical Society, Vol. B-10, pp. 243-251
- 中出文平(1987)「メッシュ情報の土地利用情報の利用可能性と問題点」、都市計画論文集、Vol. 22、pp. 457-462
- 奥平耕造（1976）：都市工学読本、pp. 79-109
- Roach, S. A. (1968) : THE THEORY OF RANDOM CLUMPING, METUEN & Co., Ltd., pp. 73-94
- 坂元慶行、石黒真木夫、北川源四郎（1983）情報量統

- 計学、共立出版、pp.155-170
- 玉川英則(1982)「土地利用の秩序性の数理的表現に関する考察」、都市計画論文集、Vol. 17、pp. 73-78
- 玉川英則(1984)「都市内における土地利用パターン及び変化の計量的分析」、都市計画論文集、Vol. 19、pp. 343-348
- 玉川英則(1987 a)「都市内における土地利用の秩序性の計量的表現に関する研究」、博士学位論文(東京大学)
- 玉川英則(1987 b)「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」、都市計画論文集、Vol. 22、pp. 229-234
- 玉川英則、樋口忠彦、アグス・ブディ・プルノモ・イサク (1988)「連続変量の最適メッシュ区分について」、都市計画論文集、Vol. 23、pp. 37-42
- 矢島敬二、王硯夫(1971)「クラスター・アナリシス(1)、オペレーションズ・リサーチ、Vol. 16、No. 7、pp. 57-64
- 柳沢幸雄、大隅昇(1979)「Single Linkage 法と Complete Linkage 法の特性とクラスター数評価基準」、応用統計学、Vol. 8-2、pp. 51-69
- 吉川徹(1993)「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」、GIS—理論と応用、Vol. 1、pp. 109-119

Key Words (キー・ワード)

Land Use (土地利用), Morphological Characteristics (形態的特性), Cluster Analysis (クラスター分析), Agglomeration and Contiguity (集塊・隣接), AIC (赤池情報量基準)

On the Quantitative Analyses of Morphological Characteristics of Urban Land Use

Hidenori TAMAGAWA

Department of Civil Engineering and Architecture, Niigata University
Comprehensive Urban Studies, No. 50, 1993 pp. 121—136

Analyzing urban land use is an important theme of urban analysis. This article proposes the methods to analyze the three aspects of morphological characteristics of urban land use and shows some perspectives for future studies.

These three aspects are: 1) classification of regions by using a mesh data system of land use; 2) measuring the order of land use patterns with respect to agglomeration and contiguity between categories of land use; and 3) estimating the optimum mesh size of mesh data systems of land use.

For the first aspect, the serial method of clustering and discriminant analysis is introduced and the case studies of Takasaki City and the Tokyo ward area are given. For the second aspect, statistical concepts such as join, clump and entropy are introduced to express the order of land use patterns numerically. Finally, for the third aspect, considering the mesh data system to be a kind of multinomial stochastic model, AIC (Akaike Information Criterion) is applied to determine the optimum mesh size in view of the homogeneity of land use ratios.