

多次元尺度構成法による地価変動の地域間波及分析

Analysis of Spatial Land Price Variation by Multi-dimensional Scaling Method

廣瀬 義伸*, 青山 吉隆**, 近藤 光男***, 井上 雅晴****

Yoshinobu HIROSE, Yoshitaka AOYAMA, Akio Kondo, Masaharu INOUE

1. はじめに

最近十数年の地価は、昭和60年頃の暴騰期の後、近年はかつてない下落期に入っており、非常に大きな変動がみられる。このような大幅な地価変動が生じた背景については、様々な文献¹⁾²⁾³⁾⁴⁾によって示されているが、上昇および下落局面ともに、明らかに我が国の経済情勢・土地制度が大きく関与している。また、内田・安藤⁵⁾は、地価を温度、土地市場への資金供給を熱供給と見立てた熱伝導の一次元拡散モデル、肥田野・山村・樋口⁶⁾は、回帰式に直接空間的自己相関係数項を取り入れたネットワーク自己相関モデルで、ともに首都圏を対象として地価変動の空間波及の実証分析を行っているが、全国を対象として地価変動の空間波及を取り扱った研究はほとんど見られない。我々はこれまでに、東京都都心部で発生した地価変動が、首都圏、大都市圏を経て地方圏の順に時間的遅れを伴いつつ波及した現象について実証分析を続けてきており、都道府県間の地価変動の時空間波及構造における地域間の関連性をパネルデータを用いた一般化最小自乗法モデル⁷⁾や同時連立方程式モデル⁸⁾を用いて実証してきた。しかし、地価変動の時空間波及においては地理的な距離の遠近だけではなく、指向性のような別の関連性に基づく波及のメカニズムが存在していたと考えられるが、既存の研究では未だ十分明らかにされていない。

本研究は、最近十数年の地価変動の時空間波及における空間的な指向性の構造を明らかにすることを目的としており、まず基礎的な情報を得ることを目的として、現実の空間座標を変換してデータの潜在的構造の探索を行う多次元尺度構成法(Multi-Dimensional Scaling Method:以下、MDSとする)を用いた分析を行い、考察を加えている。

2. 分析の手法⁹⁾

MDSとは、ある尺度指標すなわち2点間の認知尺度距離に基づいて、その情報の損失を最小限にとどめながら出来るだけ低次元の空間に再配置することにより、なるべく少数のデータで、データが持つ潜在的構造を表現するための手法である。この手法については、林・鮑戸¹⁰⁾の文献が詳しいが、地理学では、杉浦¹¹⁾の研究があるほか、心理学の分野での研究も数多い。また、土木計画の分野では、時間距離地図に関する清水¹²⁾の研究があげられる。

本研究では、我々が従来の研究で用いている都道府県別の用途別地価変動率を尺度指標として、データがメトリックである場合に比較的容易に適用できるMDSの一手法であるToblerの手法¹³⁾を用いて地価の空間波及構造の分析を行うこととした。

分析には、都道府県別の1983～1994年の地価公示データのうち、対象期間を通じて連続して公示された地点を抽出したパネルデータを用いている。パネルデータを用いたのは、地点の更新が地域の地価変動にもたらす影響を除去することが目的である。分析の対象とした用途地域は、我々の従来からの分析の区分と同じく、第一種住居専用地域、第二種住居専用地域、住居地域を住居系、商業地域を商業系とし、それぞれ用途系として設定した。こうして、都道府県別用途系別の地価公示地点の各々の地点における対前年変動率を算出し、その平均値を平均変動率として、MDSに適用する尺度指標とした。

本研究で用いたMDSの計算手順は、図-1の通りである。また、MDSによる座標の変換の適合度の評価には、Kruskal¹⁴⁾のストレス式を用いた。

また、実際にMDSを適用するためには、尺度となる指標が、表-1の距離の公理を満足する、すなわちメトリックである必要がある。このため、1984～1994年の都道府県別用途系別対前年地価変動率平均値によるユークリッド距離について検討し、全てのデータが表-1の条件を満足したので、Tobler

キーワード：地価分析，時空間波及，多次元尺度構成法

*正会員 工修 徳島大学工学部建設工学科助手

(〒770 徳島市南常三島町2-1, Tel. 0886-56-7340, FAX. 0886-56-7341)

**正会員 工博 京都大学大学院工学研究科教授

***正会員 工博 徳島大学大学院工学研究科教授

****正会員 工修 (株)ニュージェック

のMDSが適用可能であることが明らかになった。

表-1 距離の公理

1	$d(x, x)=0$ かつ $d(x, y)=0$ ならば $x = y$
2	$d(x, y) = d(y, x)$
3	$d(x, y) + d(y, z) \geq d(x, z)$

3. MDSに対する初期座標の影響

本研究では、MDSによる地価変動の分析に先立って、分析結果の客観性および普遍性を検証するために、データの初期座標がMDSの適用結果に及ぼす影響について、表-2の3つのケースの比較による検討を加えた。

ケース別の初期配置を図-2～図-4に、それぞれにMDSを適用した後の配置を図-5～図-7に示す。(図中の数字は、都道府県行政コードを表す。)計算には商業系の平均変動率による距離を用いた。

MDSの収束の判定には、先に述べたように、(式-1)の Kruscal のストレス式を用いており、この4種類のストレス値の(t-1)回目の値 E_{t-1} と t 回目の値 E_t との変化率を(式-2)により求め、 S_1 , S_2 , T_1 , T_2 の4種類のストレス値が全て収束許容条件 $\varepsilon = 10^{-10}$ 未満になったときに収束したと判定することとした。

$$S_1 = \frac{\sum (d_{ij} - \bar{d}_{ij})^2}{\sum (d_{ij})^2}, S_2 = \frac{\sum (d_{ij} - \bar{d})^2}{\sum (d_{ij} - \bar{d})^2} \quad (\text{式-1})$$

$$T_1 = \sqrt{S_1}, T_2 = \sqrt{S_2}$$

$$\left| \frac{E_t - E_{t-1}}{E_{t-1}} \right| < \varepsilon \quad (\text{式-2})$$

表-2 検討した初期座標のケース

ケース①	円周上に都道府県を等間隔に配置
ケース②	都道府県を乱数によって配置
ケース③	県庁所在地の正規座標を利用

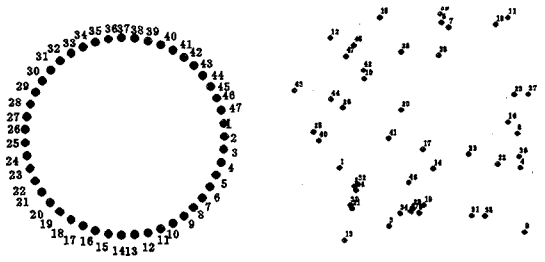


図-1 ケース①の初期座標 図-2 ケース②の初期座標

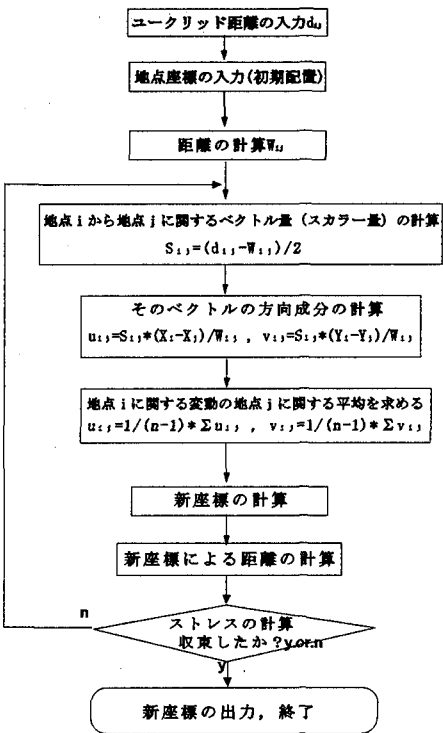


図-3 本研究で用いたMDSの計算手順



図-4 ケース③の初期座標

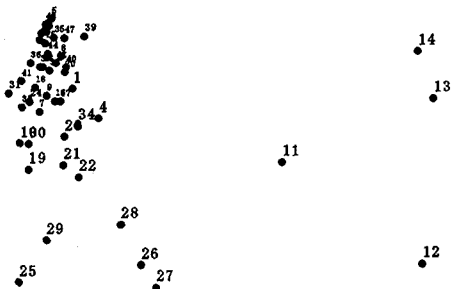


図-5 ケース①の円周座標を用いた場合の結果

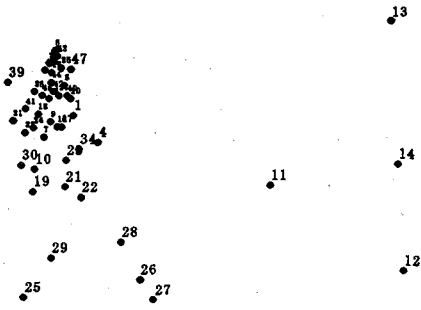


図-6 ケース②の乱数座標を用いた場合の結果

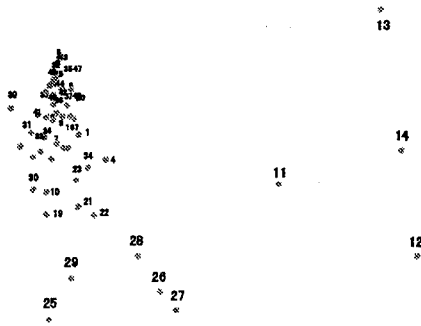


図-7 ケース③の正規座標を用いた場合の結果

図-5～7をみると、3つのケース共に、ほぼ同じ結果が得られている。ここで、それぞれのケースに対して、平均変動率によるユークリッド距離と、MDS適用後の点間距離との相関分析を行ったところ、どのケースでもほとんどの県で0.97以上の値が得られた。このため、本研究で用いたMDSの手法は、初期配置として用いる座標の影響はあまり受けておらず、分析に用いる尺度指標の情報もほとんど損なわない手法であることが確認できた。特に、一部相関係数の値が低くなった首都圏の結果を抜粋して表-3に示す。

表-3 変換前距離尺度と変換後距離との相関係数

		ケース①	ケース②	ケース③
		円周座標	乱数座標	正規座標
11	埼玉県	0.848	0.692	0.848
12	千葉県	0.992	0.939	0.992
13	東京都	0.868	0.963	0.868
14	神奈川県	0.978	0.846	0.978

表-3より、ケース③の結果が全般的に最も高い相関を示すことと、具体的な分析における客観的な座

標の得易さのことを考慮して、実際の分析には、正規座標を初期配置に用いることとした。

この正規座標を用いてMDSによる座標の変換を行う前後の距離指標の関係を散布図を用いて表現した図を図-8、図-9に示す。図の縦軸が、変換前の地価変動率による都道府県間の距離であり、横軸がMDSによる変換後の都道府県間の距離である。

これらの図をみると、全体的に、若干下に凸の右上がりの曲線の分布型となっていることがわかる。また、図-9の商業系の図に比べて、図-8の住居系の図の方が、図の左上部分にばらつきが多いが、これらの点は、首都圏の都県であり、それだけ特異な変動をしていたことがここからも明らかになる。

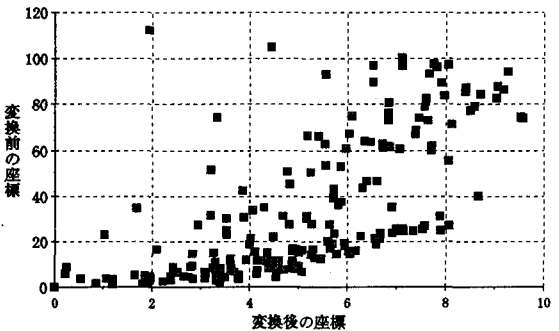


図-8 住居系の変換前後の座標に関する散布図

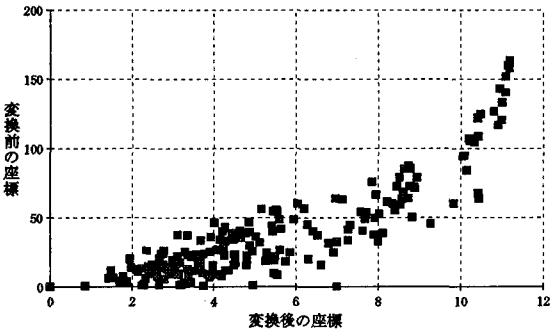


図-9 商業系の変換前後の座標に関する散布図

4. 地価変動率を用いたMDSの適用結果

図-10、図-11は、各都道府県の県庁所在地の正規座標を初期座標として、MDSを用途系別に適用した結果に、従来の我々の研究¹⁵⁾においてしばしば地域の類型化に用いてきた、用途系別地価対前年平均変動率によるクラスター分析の結果(表-4)を書き加えたものである。

これらの図は、横方向に2倍に引き延ばしている。

図-10では、右端に上から順に東京、神奈川、千葉

と並び、やや離れて左に埼玉が位置している。埼玉の左下に少し離れて、京都、大阪、兵庫の近畿の大都市圏が位置している。さらに左側には、その他の近畿の県と、宮城、岐阜、静岡、愛知、広島の中京大都市圏と地方の中核都市を含む県が位置している。その他の地方圏の県は、左上方に大きな塊を形成しているのがわかる。また、ここで、クラスター分析の結果をみると、クラスターの重なりを生じることなく、分割することができた。また、図-11についても、一部の地域的位置がやや異なるものの同じ解釈が可能である。

図-12～図-14は、用途系間の平均先行年数を用いて表現したものである。平均先行年数は、当該地域に対して最大の相関を示す年次とその時の相関係数の加重平均によって求められる。これらの結果では、図の右上の東京都および右下の首都圏が、他の地域に対して2年ないし3年先行しており、近畿圏および地方中核都市を有する県が、1年先行してい

るという結果が得られた。また、図-15、図-16は、東京都の用途系に対して他府県の相関係数が最大になったタイムラグを示しているが、やはり図の右から左へと円弧を書くように地価変動が空間的に伝播した流れが明確に表現されている。これは、我々が過去¹⁶⁾に明らかにした、地価変動が東京都を発端として、首都圏、近畿圏、地方の主要都市のある県、その他の地方圏へと順に遅れを伴いながら波及した地価変動の空間波及構造と一致した。

また、図-18は住居系と商業系とを同時に用いてMDSを適用した結果であるが、東京・首都圏・近畿圏では住居系が商業系の下に位置しており、上に述べた地価変動が時計回りに円弧状に波及したとすると、同じ地域内では商業系が住居系に先行して地価変動が発生したこととなり、先の地価高騰時に見られ、我々が過去の分析¹⁷⁾で実証した商業系の地価変動が住居系に先行していたという事実と合致している。

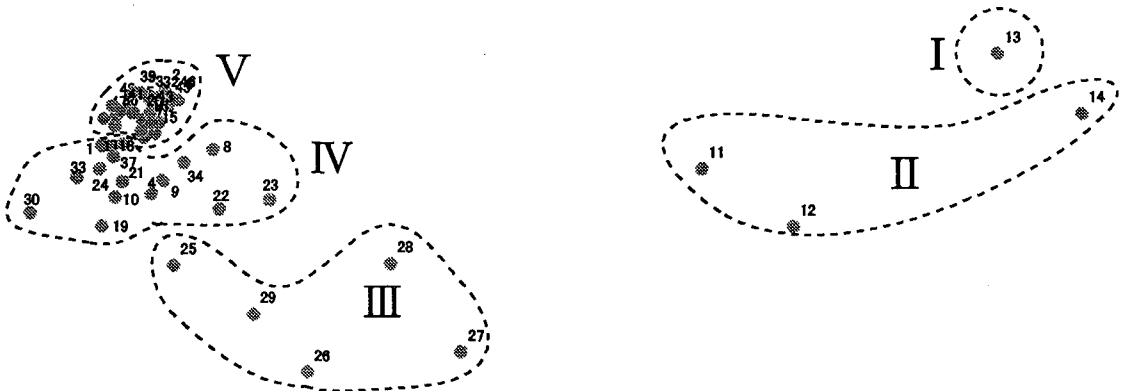


図-10 住居系の地価変動率へのMDSの適用結果(横倍率×2)

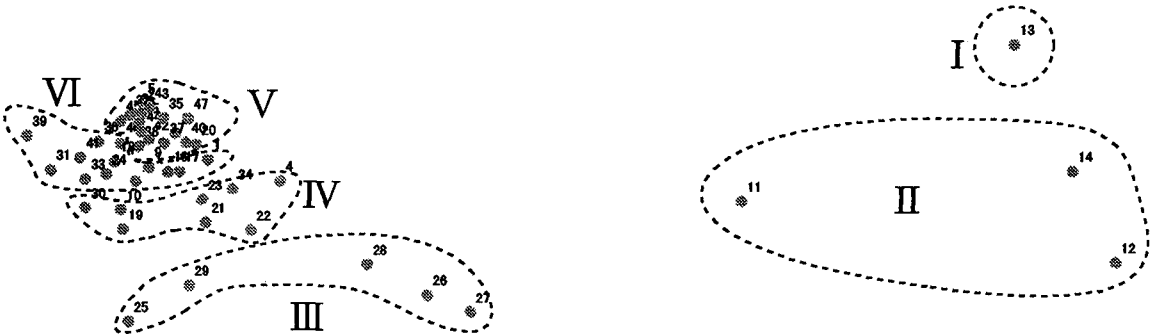


図-11 商業系の地価変動率へのMDSの適用結果(横倍率×2)

表-4 クラスター分析の結果

商業系→住居系				商業系→住居系				商業系→住居系			
1	北海道	VI	IV	17	石川県	VI	IV	33	岡山県	VI	IV
2	青森県	V	V	18	福井県	VI	V	34	広島県	IV	IV
3	岩手県	V	V	19	山梨県	IV	IV	35	山口県	V	V
4	宮城県	IV	IV	20	長野県	V	V	36	徳島県	VI	V
5	秋田県	V	V	21	岐阜県	IV	IV	37	香川県	V	IV
6	山形県	V	V	22	静岡県	IV	IV	38	愛媛県	VI	V
7	福島県	VI	V	23	愛知県	IV	IV	39	高知県	VI	V
8	茨城県	V	IV	24	三重県	VI	IV	40	福岡県	V	V
9	栃木県	IV	IV	25	滋賀県	Ⅱ	Ⅱ	41	佐賀県	V	V
10	群馬県	VI	IV	26	京都府	Ⅱ	Ⅱ	42	長崎県	V	V
11	埼玉県	Ⅱ	Ⅱ	27	大阪府	Ⅱ	Ⅱ	43	熊本県	V	V
12	千葉県	Ⅱ	Ⅱ	28	兵庫県	Ⅱ	Ⅱ	44	大分県	V	V
13	東京都	I	I	29	奈良県	Ⅱ	Ⅱ	45	宮崎県	V	V
14	神奈川県	Ⅱ	Ⅱ	30	和歌山県	IV	IV	46	鹿児島県	VI	V
15	新潟県	V	V	31	鳥取県	VI	V	47	沖縄県	V	V
16	富山県	VI	V	32	島根県	V	V				

凡例

商業系→住居系		
I	東京都	東京都
Ⅱ	首都圏	首都圏
Ⅲ	近畿大都市圏	近畿大都市圏
Ⅳ	地方中核部	地方中核部
V	地方圏1	地方圏
VI	地方圏2	

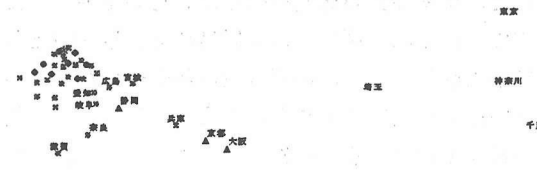


図-16 対東京都商業系の各県住居系の最大相関年

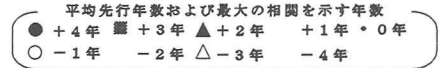


図-17 図-12～図-16の凡例

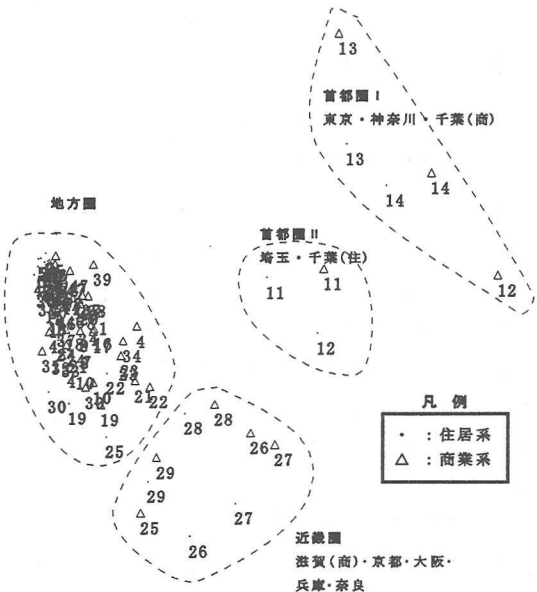


図-18 両用途系同時にMDSを適用した結果

5. MDSによる地価変動空間波及構造の分析

4章では、MDSを適用した結果が、既に我々が明らかにした地価変動の空間波及構造と視覚的に一致していることについて述べたが、ここではMDSを適用した結果に対し、統計的な検討を加えた結果について述べる。

MDSでは、目的関数に適合度の指標であるストレス値を用いて、空間座標を変換しつつデータに隠された潜在的な構造を明らかにする分析手法であるが、その結果についての検討には、他の統計解析手法を用いることが可能である。

本研究では、はじめに4章で得られた地価変動の空間波及構造に関する仮説の検証を目的として、地価に関連する指標あるいは様々な社会・経済指標を

図-12 「商業系→商業系」の平均先行年数

図-13 「商業系→住居系」の平均先行年数

図-14 「住居系→住居系」の平均先行年数

図-15 対東京都商業系の各県商業系の最大相関年

用いて、相関係数の比較を行った。その結果、X軸方向については、平均先行年以外にも、最高地価および平均地価といった地価関連指標の幾つかで相関の高い指標が見いだされた。さらに、ここでは仮説の主要な根拠である平均先行年を用いて、相関係数を最大にするようにX軸の回転を反時計回りに行った。その結果を表-5示す。

表-5 平均先行年との相関を最大にするX軸の回転角

	相 関 係 数		反時計回りの回転角
	回転前	回転後	
住 居 系	0.7765	0.8824	31°
商 業 系	0.8809	0.8819	4°
両用途系	0.8504	0.8632	12°

表-5より、商業系・両用途系に比べると住居系の回転角が比較的大きいのは、図-11からもわかるように、住居系では、他の用途系の配置結果と比べて明らかなように、近畿圏が出現する位置が地方圏に寄っているためである。このことから、近畿圏の住居系は商業系よりも地方圏に近い変動の性質を持っていることがわかる。また、X軸の回転を行った後の相関係数は概ね0.86~0.88と高い値が得られ、回転角も商業系では4°、住居系では31°とX軸に近かったことから、4章で述べたように、X軸方向の成分を地価変動の先行年でとらえることができると考える。さて、本研究ではX軸方向の他にX軸に直交するY軸、あるいはY軸以外の卓越する成分の抽出を目的として、地価に関連する指標あるいは様々な社会・経済指標を用いて、上に述べた軸の回転、主成分分析等を行ったが、特に有意な結果を得ることができなかった。この理由として、本研究で得られた地価変動の波及構造が、右上にある東京都を起点として、時計回りに波及していくという、いわば馬蹄型に分布する構造として得られたことによると考えられる。MDSによる結果が、馬蹄型になる現象はMDSではしばしば生じることとして知られているが、その原因はまだ完全に解明されてはいない。^{18), 19)}この馬蹄型の分布は、馬蹄の湾曲した次元を考えれば一次元での解釈が可能である。

ここで本研究では、MDSによって得られた配置の結果に対して、極座標系を考え、座標平面上で、

回転角が平均先行年との相関係数を最大にするような、ある一点を原点とする極座標系を探索した。図-10の住居系および図-11の商業系におけるMDSの適用結果に対し、上に述べた極座標系の原点を探索した結果が図-19および図-20である。この図中の丸印が探索した極座標系の原点であり、いずれも、地方圏のクラスターの右上に原点が位置しており、最も右上の東京を始点として、曲率を増やしながら原点の方向に螺旋型に分布する形状が得られた。

このときの平均先行年との相関を求めたところ、住居系で-0.94、商業系で-0.90と、直交座標系の時よりもさらに高い相関係数を得ることができた。なお、極座標系は、反時計回りが正の回転方向となっているため、相関係数は負の値を取ることになる。

このように、極座標系をとることにより、馬蹄型に配置された地価変動の空間分布の特徴を地価変動の空間波及に関する指標によって、さらに簡潔に説明することができた。

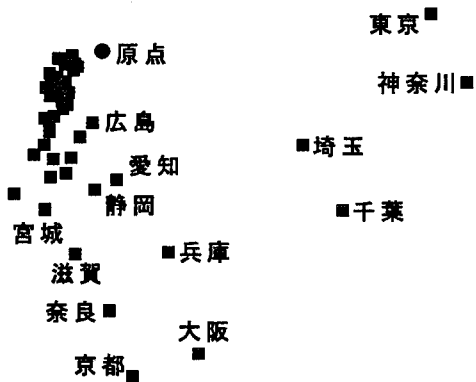


図-19 極座標系の原点を探索した結果(住居系)

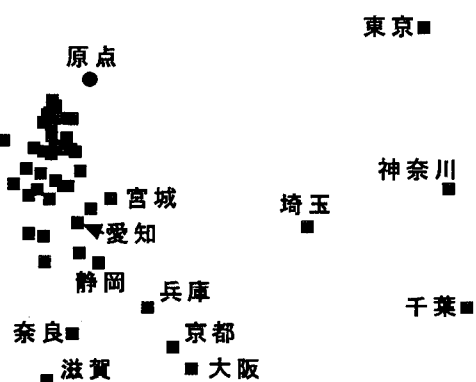


図-20 極座標系の原点を探索した結果(商業系)

6. おわりに

本研究では、地理学の分野で用いられてきたMDSを用いることにより、地価変動の波及パターンを、地価変動空間とも呼ぶべき二次元平面上に示すことにより、地価変動の時空間波及構造を解明するための基礎的な情報を得ることを試みた。

その結果、地価変動が空間的に東京から首都圏、近畿圏、地方圏へと波及した地価変動構造を視覚的に表現することができた。次に、地価変動の全国に対する時間のずれを表す指標である平均先行年数、東京都との最大の相関係数を示す最大相関年および地域区分の類型を表すために行ったクラスター分析の結果を重ね合わせて表示することにより、近年の地価変動が東京から地方圏へと遅れを伴いつつ波及したことを明らかにすることができた。さらに、MDSで配置された座標を用いて、空間軸の要因を明らかにする分析を行い、東京から地方圏に向かう水平方向の軸には、地価変動の空間波及を表す指標である平均先行年によって説明できることを明らかにした。また、MDSによる地価変動の空間分布が馬蹄型に表現されたことから、極座標系を用いて、回転角と平均先行年との相関係数を求めたところ、直交座標系のときよりも、さらに高い相関係数が得られたことから、MDSによる地価変動の空間波及の構造を、平均先行年を要因とするほぼ一次元の極座標空間で説明することによって、東京から首都圏、その他の大都市圏、地方中枢都市部、地方圏の順に地域的に不連続に地価変動が波及した現象における、地価変動の地域的な指向性を明らかにすることができた。

ただし、本研究の今回の分析のように、地価変動の空間分布の構造が馬蹄型となった理由については、さらに詳細な分析が必要であるものの、おそらく、我々が既に連立方程式モデル²⁰⁾で明らかにしたように、都道府県間の地価変動の空間波及においては、現象としては、東京から首都圏、近畿圏、地方圏といった順に地価変動が生じていたものの、それが単純に順番に波及したのではなく、たとえば近畿圏では、東京都と首都圏からの変動の影響を同時に、また、地方圏では近畿圏の変動の影響を受けながら、同時に東京都と首都圏の変動の影響を受けていたために、線形ではなく、馬蹄型に配置されたと考える。

本研究では、地価公示データによる地価変動の空

間波及構造に関する分析にとどまっているが、今後は、今回の分析で明らかになった結果について、さらに経済学的な要因を含めた地価変動の時空間波及の構造に関する検討を加え、要因分析を行っていく必要があると考えている。

《参考文献》

- 1) 野村総合研究所: 地価と詳細都市計画, pp. 42~48, 1991.
- 2) 吉野直行: ノンバンクの融資と地価, 住宅土地経済学, pp. 10~18, 1991.
- 3) 国土庁土地局編: 土地白書, 大蔵省印刷局, pp. 74~94, 1991.
- 4) たとえば日本経済新聞社: 日本経済新聞, 9月20日朝刊, 1991.
- 5) 内田隆一・安藤朝夫: 東京圏における地価変動の時空間波及—拡散モデルによる実証分析—, 日本不動産学会誌, Vol. 11-2, pp. 37~48, 1996. 8.
- 6) 肥田野登, 山村能郎, 樋口洋一郎: ネットワーク自己相関モデルを用いた首都圏における地価動向モデルの構築, 日本不動産学会誌, Vol. 9-2, pp. 53-63, 1994. 8.
- 7) 廣瀬義伸・青山吉隆・井上雅晴: 地価の空間波及と要因に関するパネルデータ分析, 土木計画学研究・論文集, No. 12, pp. 187~194, 1995. 8.
- 8) 廣瀬義伸・青山吉隆・井上雅晴: 同時連立方程式による地価変動波及メカニズムに関する研究, 土木計画学研究・論文集, No. 13, pp. 295~302, 1996. 8.
- 9) P. Arabie, J. D. Carroll, W. S. DeSarbo: Three-way scaling and clustering, Sage Publications, 1987.
- 10) 林知己夫・鮑戸弘: 多次元尺度構成法—その有効性と問題点, サイエンス社, 1976. 11.
- 11) 杉浦芳夫: 多次元尺度構成法(MDS)による空間分析とその拡散問題への応用, 地理学評論, Vol. 53-10, pp. 617~635, 1980.
- 12) 清水英範: 時間地図の作成手法と応用可能性, 土木計画学研究・論文集, No. 10, pp. 15~29, 1992.
- 13) 吉本剛典: 全国主要都市間時間距離の地図化の試み, 地理学評論, Vol. 54-11, pp. 605~620, 1981.
- 14) J. B. Kruskal, M. Wish, 高橋: 多次元尺度法, 朝倉書店, 1980.
- 15), 16), 17) たとえば前掲7), 8)
- 18), 19) 前掲9), 10)

多次元尺度構成法による地価変動の地域間波及分析

廣瀬 義伸, 青山 吉隆, 近藤 光男, 井上 雅晴

本研究では、近年の地価の急騰およびその後の下落という、地域間の地価変動の空間波及構造を明らかにすることを目的として、都道府県別の対前年平均地価変動率を指標として、多次元尺度構成法(MDS)を用いて分析を行った。その結果、地価変動が東京都を発端として、首都圏、近畿圏、地方中枢都市を含む県、その他の地方圏へと、順に遅れを伴いながら波及したこと、商業系の地価変動が住居系に若干先行して生じていたことなどが明らかになり、従来から一般に言われていた地価変動の波及の傾向であり、既に我々が研究を行って実証した結果と一致する結果を得た。また、MDSの適用によって得られた地域の空間分布について、多変量解析による要因の検討を行い、地価変動の波及における遅れの要因が最も強く関連していることを明らかにした。

Analysis of Spatial Land Price Variation by Multi-dimensional Scaling Method

Yoshinobu HIROSE, Yoshitaka AOYAMA, Akio Kondo, Masaharu INOUE

Japan had experienced the sudden rise and fall of land price for last ten years, which had never occurred before. The sudden change in land price caused many social and economical problems.

This study aims to explain the mechanism of the repercussion in land price variation between regions. By using multi-dimensional scaling method to land price data, we found that there was a phenomenon of spatial repercussion in land price variation. The result is the same as the result of which we found in former study. We also analysed the factors of spatial variation by some statistical approach.
