

SOM の非類似度による地域特性の時系列分析
—京阪神大都市圏における 1980～2000 年の居住地域構造の変化を例に—

桐村 喬

Analyzing temporal transitions of areal characteristics based on dissimilarity indices of self-organizing maps: a case study of changing residential structure in the Keihanshin metropolitan area from 1980 to 2000

Takashi KIRIMURA

Abstract: Self-Organizing Maps (SOM) are often used for classification of large datasets including small area statistics. Like other classification methods SOM construct a set of classification category (typology) and then assigns one category for each unit. The assignment of category is carried out by finding the most similar category for each unit based on dissimilarity indices that are defined as distances between weight vectors of neurons and attribute vectors of observation units to be classified. The aim of this paper is to evaluate utility of dissimilarity index rather than assigned categories for understanding changing residential structure by applying SOM to a spatio-temporal set of grid square census data. The dissimilarity index allows us to analyze changes of areal characteristics by taking account of the fuzzy nature of areal typologies. The results of a case study in the Keihanshin metropolitan area from 1980 to 2000 demonstrate that mapping dissimilarity indices provides a useful basis for understanding gradual temporal changes of geographical residential structure.

Keywords: 居住地域構造 (residential structure), 自己組織化マップ (Self-Organizing Maps: SOM), 非類似度 (dissimilarity index), 京阪神大都市圏 (Keihanshin metropolitan area)

1. はじめに

1. 1. 居住地域構造研究と多変量解析

都市地理学において、都市の内部における居住者特性の空間パターンや居住分化に関する研究は、居住地域構造研究と総称され、社会地区分析や因子生態研究を中心にその展開がなされてきた。

社会地区分析は、シェヴキーらによって提唱されたものであり、都市内部の小地域を、社会指標を基準として類型化することで、都市の社会構造を比較分析するものである(樋口, 1985)。社会地区分析から派生した因子生態研究では、社会指標に対して、因子分析や主成分分析などの多変量解析手法を適用

し、クラスター分析などによってその結果の空間パターンが分析されてきた。

日本における因子生態研究は、1970年代から1980年代に盛んに行なわれ、多くの研究事例が蓄積された(山口, 1976; 森川, 1976 など)。しかし、その後は、1970年代と1980年代との比較を行なった研究(高野, 1994, 1995)がみられる程度である。近年では、高野(1994)が指摘するように、多変量解析によって顕在的・具体的な事実が薄められてしまうのではないかという疑問からか、多変量解析による居住地域構造に関する研究は後述するジオデモグラフィクス研究以外にあまりなく、都市社会学を中心に、個別指標に重きを置いた分析がなされている(倉沢, 1986; 倉沢・浅川, 2004; 妻木, 2006)。

しかしながら、個別指標のみでは、分析可能な事象が限られてしまい、かえって居住者特性の限定さ

桐村：〒603-8577 京都市北区等持院北町 56-1
立命館大学大学院文学研究科地理学専修
(日本学術振興会 特別研究員)
E-mail: lg004016@lt.ritsumei.ac.jp

れた側面しか把握できない場合がある。その点、多変量解析による分析では、関連する複数の指標の組み合わせを要約したうえで検討でき、多くの変数を一度に分析できるという利点をもつ。この点を生かして、多変量解析によってジオデモグラフィクスと呼ばれる小地域の地区類型を作成する研究が行なわれている（浅井・矢野，2001）。

ところで、多変量解析の新たな手法として、近年、自己組織化マップ（SOM）が用いられるようになった（Openshaw，1994；中谷，2003；桐村，2006）。SOMは、脳の自己組織化能力をモデル化したアルゴリズムで、入力データセットの構造をサンプリングにより学習するものであり、クラスタリングにも用いられる手法である。SOMは、因子分析では主要因子として抽出されにくいような他の変数と相関のあまりない変数でも、その特徴を把握しやすいという利点を持ち（桐村，2006）、SOMによる分類結果についても、クラスター内平方和を小さくするという点で、一般的なクラスター分析手法である K-means 法よりも優れているとされる（Openshaw，1994）。

1. 2. 居住地域構造研究における時系列分析

近年の居住地域構造研究では、小地域統計データの蓄積が進んだことにより、時系列的な変化に関する分析がなされているものがある（若林，1987；高野，1994，1995；倉沢・浅川，2004；妻木，2006）。倉沢・浅川（2004）では、個別指標の分析のほかに、倉沢（1986）の分析結果と比較することを目的とした、クラスター分析による 1990 年時点の社会指標の類型化を行なっている。このような年次別の比較では、クラスター構成の相対的な変化しか検討できず、地域特性の絶対的な変化は理解できない。これに対して、若林（1987）の用いた時空間ユニットという概念を用いることで、分析対象時点間の絶対的な比較が可能である。時空間ユニットとは、分析対象時点と単位地区の組み合わせからなるもので、同じ地区であっても、時点が異なれば別のユニットとなる。

ところで、クラスター分析によって得られた類型の時系列的な分析では、個別指標の場合のように、各単位地区の変化を絶対量で検討することはできず、

各単位地区の所属類型の変化を検討することになる。しかし、実際の居住地域構造は、所属類型の変化のように特定の時点で変質するものではなく、漸次的な変化を遂げるものである。そのため、類型の時系列的な分析では、各単位地区の性質がどの類型と類似し、どの類型から乖離するのかという視点からの分析が必要となる。

1. 3. SOM の類型と非類似度による時系列分析

SOM は、脳の自己組織化能力をモデル化したアルゴリズムであり、入力データセットからサンプリングを繰り返すことにより、入力データセットの変数群の構造を学習するものである。学習を行なうのは SOM の出力層上に配置されたニューロンであり、各ニューロンは、入力データセットの各変数に対応するウェイトという形で変数のパターンをもっている。これを利用して、入力データセット中の各時空間ユニットの変数パターンとの非類似度を算出し、非類似度が最小のニューロンを各時空間ユニットに割り当てることで、類型化がなされる。

ここで、各ニューロンのもつ変数のパターンは、対応する類型を代表するものであるとともに、入力データセット中の変数パターンの典型例である。すなわち、各時空間ユニットと各ニューロンとの間に求められる非類似度は、各時空間ユニットと典型例との変数パターン間の乖離を示す指標と捉えることができる。その結果、非類似度の時系列的な変化を分析することで、前節で述べたような各典型パターンを基準とした各単位地区の漸次的な性質の変化の検討が可能となる。

1. 4. 研究目的

本研究では、居住地域構造の研究における時系列的な変化の分析において、SOM の非類似度がどの程度利用可能かを検証することを主たる目的として、SOM を用いた居住地域構造の時系列的な変化に関する分析を行なう。分析対象地域は、2000 年の国勢調査に基づく総務省の定義する京阪神大都市圏であり、基準地域メッシュ（1km メッシュ）を用いる。分析対象とする時点は、1980 年、1985 年、1990 年、

1995年、2000年である。

$$d_{ij} = \sum_n (x_{in} - w_{jn})^2$$

2. 分析の準備

2. 1. 非類似度の定義

分析で用いる時空間ユニット*i*とニューロン*j*間の非類似度*d_{ij}*の定義は、以下の式のとおりである。

*x_{in}*は、時空間ユニット*i*の変数*n*の値であり、*w_{jn}*は、ニューロン*j*のもつ変数*n*に相当するウェイトであり、非類似度*d_{ij}*は誤差二乗和である。

2. 2. 分析データセットの概要

分析に利用する変数として、従来の因子生態研究を参考にしつつ、分析対象時点のすべてにおいて利用可能なものとして、表1の32変数を採用する。分析対象時点の各年次における有効なメッシュの数は表2の最下部のとおりであり、分析対象とした時空間ユニット数は34,273である。各変数値は時空間ユニット全体に対して標準化しておく。

2. 3. SOMの適用

SOMでは、いくつかのパラメータの設定が必要である。まず、出力層上におけるニューロンの数は25であり、縦5×横5の格子状に配置される。ニューロンの数は類型数となるが、変数パターンの解釈が容易であるうえに、少なすぎない数として25とした。また、学習回数は10,000回である。

分析データセットに対して、SOMを適用した結果から得られる、25個のニューロンのもつ変数のパターンをもとに、25類型に名称を付与した(表2)。

表1 分析に使用する変数

番号	分類	変数名
1	人口密度	総人口
2	年齢構成	0~14歳人口比率
3		15~24歳人口比率
4		25~34歳人口比率
5		35~44歳人口比率
6		45~54歳人口比率
7		55~64歳人口比率
8		65歳以上人口比率
9	産業・職業・就業	第1次産業就業者比率
10		第2次産業就業者比率
11		第3次産業就業者比率
12		専門・技術的職業従事者比率
13		管理的職業従事者比率
14		事務従事者比率
15		販売従事者比率
16		技能・生産工程・労務従事者比率 (ブルーカラー就業者比率)
17		サービス職業従事者比率
18		自宅従業者比率
19		自営業主比率
20	完全失業者比率	
21	世帯構成	1人世帯比率
22		2・3人世帯比率
23		4・5人世帯比率
24		6人以上世帯比率
25		1世帯当たり人員
26	住居	核家族世帯比率
27		一戸建世帯比率
28		長屋建世帯比率
29		共同住宅世帯比率
30		持ち家世帯比率
31		公営・公団・公社借家世帯比率
32		民営借家世帯比率

表2 25類型の名称と特徴と年次別所属メッシュの割合(%)

名称	年齢構成	産業・職業・就業	世帯構成	住居	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年
前期核家族・ホワイトカラー	若年	ホワイトカラー	前期核家族	戸建	7.61	7.48	4.07	1.77	0.97
前期核家族・ホワイトカラー・販売	若年	ホワイトカラー・販売	前期核家族	賃貸マンション	4.12	4.37	5.45	4.09	3.37
後期核家族・ホワイトカラー	中年	ホワイトカラー	後期核家族	戸建	1.00	1.55	3.49	4.91	3.96
中高年・少人数世帯・サービス・管理	中高年	サービス・管理	少人数	戸建	0.69	0.74	0.96	1.46	2.71
若年・単身・専門・技術・サービス	若年	専門・技術・サービス	単身	賃貸マンション	0.81	1.48	1.55	1.99	2.19
前期核家族・販売	若年	販売	前期核家族	公営マンション	3.44	3.47	3.01	2.58	2.05
後期核家族・販売	中年	販売	後期核家族	公営・賃貸マンション	0.04	0.28	1.30	8.33	15.78
後期核家族・販売・事務	中年	販売・事務	後期核家族	戸建	0.65	1.31	3.42	10.38	14.34
若年・単身・販売・サービス	若年	販売・サービス	単身	賃貸マンション・長屋	3.72	4.85	6.63	8.56	7.10
前期核家族・ブルーカラー・販売	若年	ブルーカラー・販売	前期核家族	賃貸長屋・マンション	9.60	7.80	4.74	0.80	0.04
若年・多人数世帯ブルーカラー・他職種混合	若年	ブルーカラー	多人数	戸建	11.85	11.51	7.93	2.96	0.92
前期核家族・ブルーカラー	若年	ブルーカラー	前期核家族	-	8.54	9.20	10.20	4.17	2.24
前期核家族・ブルーカラー(公営長屋)	若年	ブルーカラー	前期核家族	公営長屋	3.48	2.73	2.01	1.84	0.73
若年・単身・ブルーカラー	若年	ブルーカラー	単身	賃貸マンション	0.68	1.82	3.02	4.49	3.37
若年・多人数世帯・ブルーカラー	若年	ブルーカラー	多人数	戸建	4.57	6.25	8.38	3.72	1.30
中年・多人数世帯・ブルーカラー	中年	ブルーカラー	多人数	戸建	2.27	1.71	3.33	6.91	3.70
高齢・多人数世帯・ブルーカラー	高齢	ブルーカラー	多人数	戸建	0.24	0.87	2.89	8.59	13.73
中高年・少人数世帯・ブルーカラー	中高年	ブルーカラー	少人数	戸建	0.28	0.37	0.70	2.42	6.78
多人数世帯・農林漁業・ブルーカラー混合	-	農林漁業・ブルーカラー	戸建	戸建	10.83	5.91	1.88	1.10	0.29
中高年・多人数世帯・農林漁業・事務混合	中高年	農林漁業・事務	多人数	戸建	1.56	6.46	10.15	7.33	3.74
若年・多人数世帯・農林漁業	若年	農林漁業	多人数	戸建	12.82	7.65	2.77	1.45	0.62
中高年・多人数世帯・農林漁業	中高年	農林漁業	多人数	戸建	4.49	3.94	2.57	1.54	1.02
中年・農林漁業	中年	農林漁業	少人数	戸建	5.43	4.68	2.45	1.23	1.15
中高年・農林漁業	中高年	農林漁業	少人数	戸建	0.81	2.56	5.59	3.88	2.88
老年・農林漁業	高齢	農林漁業	少人数	戸建	0.46	1.00	1.50	3.49	5.02
メッシュ総数					6,778	6,769	6,850	6,901	6,975

3. 非類似度による時系列分析

3. 1. 分析の概要

ここでは、非類似度を用いた類型の時系列的な変化について検討する。

京阪神大都市圏では、1970年から1990年にかけてのホワイトカラー就業者の増加が著しい(富田, 2004)。タイムスパンは異なるものの、この現象は類型の変化にも大きな影響を与えているはずである。そこで、ホワイトカラー就業者の多い類型である、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型に注目して、非類似度の分析を行なう。ホワイトカラー就業者の多い類型は3類型存在するが、この類型は、5時点を通して一定の割合を維持している。

なお、検討の対象とするメッシュは、対象時点すべてにおいて有効な6,211メッシュのみである。

3. 2. 類型分布の変化と非類似度の変化

「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型は、0～14歳人口・核家族世帯が多く、専門・技術・管理的職業および事務従事者(ホワイトカラー就業者)・販売従事者の多い類型である。また、賃貸マンションの居住者が多く、人口密度が高い。

まず、類型分布の変化について検討する。1980年における「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型の分布をみると、明石市付近から京都市西南部にかけての地域、そして奈良・生駒市周辺に集積していることがわかる(図1左)。1990年まではこれらに大きな変化はみられないが、以降は全体的に縮小している。しかし、これと同時期に、草津市や三田市などの郊外において「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型が確認できるようにもなっている。

次に、非類似度の変化について検討する。図1右は、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型に対する非類似度について、各期末年次と各期首年次の差を求めたものであり、非類似度の増減を示している。1980年から1985年にかけては、1980年時点の「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型のメッシュの一部で減少し、それ以外ではあまり変化がない。1985年から1990年では、1985年時点の「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型のメッシュで

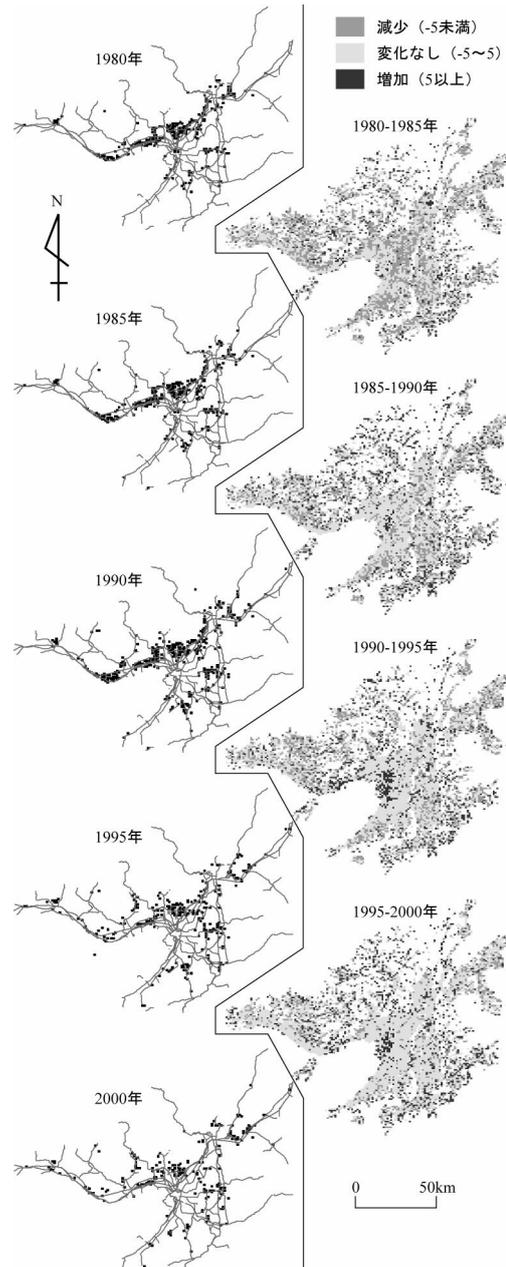


図1 「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型(左)と非類似度の増減(右)の分布の変化

は非類似度の大きな変化はほとんど確認できない。その後も期首年次の「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型のメッシュにおいては、非類似度に大きな変化はみられない。

では、他の類型との非類似度にはどのような変化がみられたのだろうか。1980年時点に「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型に所属していた277メッシュ(以下、当該メッシュ)について、以降の全25類型に対する非類似度の平均値の推移を示したものが表3である。この表からわかるように、「前

表3 「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型メッシュ（1980年時点）における
25類型に対する非類似度の平均値の推移

類型名	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年
前期核家族・ホワイトカラー	33.9	34.8	41.2	53.5	58.1
前期核家族・ホワイトカラー・販売	15.2	12.5	12.2	15.0	16.5
後期核家族・ホワイトカラー	38.0	34.4	31.3	32.1	34.9
中高年・少人数世帯・サービス・管理	75.9	67.3	61.4	58.0	53.6
若年・単身・専門・技術・サービス	51.2	41.0	36.0	32.9	31.6
前期核家族・販売	37.4	36.4	37.5	39.8	41.8
後期核家族・販売	29.6	24.1	20.2	17.4	15.6
後期核家族・販売・事務	43.1	37.8	34.4	34.4	34.5
若年・単身・販売・サービス	31.6	24.6	20.3	18.2	18.8
前期核家族・ブルーカラー・販売	25.2	23.3	24.3	29.8	33.8
若年・多人数世帯ブルーカラー・他職種混合	49.1	47.4	49.7	57.5	60.3
前期核家族・ブルーカラー	30.5	29.4	31.5	38.7	42.1
前期核家族・ブルーカラー（公営長屋）	51.1	51.1	53.2	57.3	61.2
若年・単身・ブルーカラー	40.6	34.1	30.5	30.4	31.5
若年・多人数世帯・ブルーカラー	75.4	73.1	74.7	83.1	85.4
中年・多人数世帯・ブルーカラー	58.3	54.3	52.8	56.9	59.4
高齢・多人数世帯・ブルーカラー	73.2	66.7	63.2	64.7	63.0
中高年・少人数世帯・ブルーカラー	67.2	59.7	54.5	49.7	47.1
多人数世帯・農林漁業・ブルーカラー混合	77.3	76.1	76.6	82.4	83.8
中高年・多人数世帯・農林漁業・事務混合	74.1	68.1	68.2	74.1	73.5
若年・多人数世帯・農林漁業	79.7	78.3	79.8	86.2	86.9
中高年・多人数世帯・農林漁業	124.1	121.2	120.6	125.6	124.9
中年・農林漁業	87.2	84.0	80.6	82.0	80.4
中高年・農林漁業	65.1	59.0	57.4	61.1	57.9
老年・農林漁業	109.0	100.4	94.0	91.7	85.7

期核家族・ホワイトカラー・販売」類型に対する非類似度は、期間を通してあまり変化がない。20年間の変化で、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型と同水準の非類似度となった類型が「後期核家族・販売」類型と「若年・単身・販売・サービス」類型である。特に前者の類型に関しては、2000年において、若干ではあるが「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型との非類似度よりも低い値を示している。

3. 3. 考察

類型分布の変化から、妻木（2006）の指摘と同様に、1980年からの20年間において、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型は、より郊外へと遷移していったことがわかる。特に1990年代には、さらなる郊外への拡大とともに、従来、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型であった地域が他の類型へと変化している。

当該メッシュにおける非類似度の変化の分布をみれば、所属類型の変化とは異なり、20年間を通してあまり大きな変化がみられなかった。一方、当該メッシュにおける他の類型との非類似度の平均値の推移をみれば、2000年までに、他の2類型に対する非類似度が「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類

型に対する非類似度と同水準となるまでに変化した。

居住地域構造の変容において、非類似度の減少は何を意味するのだろうか。ある地区における、ある類型に対する非類似度の減少は、その地区における居住者特性がその類型の示す居住者特性に接近したことを示す。すなわち、その非類似度の減少が続けば、その地区の居住者特性は、その類型のもつ典型パターンへと純化していくことになる。

当該メッシュにおける「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型に対する非類似度は、20年間にわたって、大きな変化はみられなかった。一方で、他の2類型に対する非類似度が「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型とほぼ同水準まで減少していることから、この2類型に対しては純化してきたといえる。しかし、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型を含めた3類型に対して、ほぼ同水準の非類似度を示しているため、純化というよりは3種の典型が混在するようになったと考えるべきである。すなわち、当該メッシュにおいては、20年間に、2類型の示す販売従事者やサービス職業従事者、年齢層の高い核家族の比率などが上昇し、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型の示すホワイトカラー就業者や年齢層の低い核家族の比率などが相対的に低下したことによって、職業階層や年齢構成、家族

構成という点で、混在化が進んだことが指摘できる。

4. おわりに

本研究では、居住地域構造の時系列分析に対する SOM における非類似度の有用性について検討することを目的に、京阪神大都市圏における 1980 年から 2000 年の 5 年ごと 5 時点の居住地域構造の変化に関する分析を行なった。

SOM によって得られた類型のうち、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型を取り上げ、20 年間における類型分布の変化と、非類似度の変化について検討した。

類型分布の変化からは、20 年間における郊外への拡大と、従前に分布していた地域での縮小が指摘された。一方、非類似度の変化としては、20 年間を通して大きな変化はみられなかった。しかし、1980 年時点において「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型に所属していたメッシュについて他の類型に対する非類似度の推移をみると、2000 年までに、「後期核家族・販売」類型と「若年・単身・販売・サービス」類型に対する非類似度が、「前期核家族・ホワイトカラー・販売」類型に対する非類似度と同水準にまで減少したことがわかった。当該メッシュにおいては、3 類型と同水準の非類似度をもつようになったことから、職業階層や年齢構成、家族構成という点で、1980 年から 2000 年までの 20 年で、混在化が進んだといえる。

以上のような非類似度を用いた時系列的な分析を行なうことで、所属類型の変化についての分析だけでなく、どの類型に近づき、どの類型から離れるのかというような各地区の性質の変化に関する、より詳細な検討が可能となる。さらに、この分析結果は、個別指標の検討の際の有用な資料となる。

今後の課題としては、SOM による地区の分類の段階における、分類方法の妥当性の問題が挙げられる。例えば、ある類型に対して、ほぼ同じ非類似度であっても、ある地区はその類型に分類され、他の地区では他の最も類似した類型に分類されるという場合もある。このような場合、分類の境界をファジィなものとして考え、各地区を複数の類型に分類する

ことも考慮する必要がある。

参考文献

- 浅井泰之・矢野桂司 (2001) 1995 年国勢調査によるジオデモグラフィクスの構築,「地理情報システム学会講演論文集」, 10, 279-284.
- 桐村 喬 (2006) 居住地域構造研究に対する自己組織化マップの適用可能性—1970 年の京都市において民族的状況次元は存在するのか?—,「立命館地理学」, 18, 55-67.
- 倉沢 進編 (1986) 『東京の社会地図』, 東京大学出版会.
- 倉沢 進・浅川達人編 (2004) 『新編 東京圏の社会地図 1975-90』, 東京大学出版会.
- 高野岳彦 (1994) 仙台市における近年の住民属性と居住地区分化の変質,「地理学評論」, 67A-11, 753-774.
- 高野岳彦 (1995) 札幌市における住民属性と居住地域構造の変化—1970 年と 1985 年の比較分析,「季刊地理学」, 47-1, 13-33.
- 妻木進吾 (2006) 職業階層からみた京阪神大都市圏の空間構造とその変容,「市政研究」, 150, 118-127.
- 富田和暁 (2004) 三大都市圏における地域変容. (杉浦芳夫編),『空間の経済地理』, 朝倉書店, 80-105.
- 中谷友樹 (2003) ニューラル・ネットワーク. (杉浦芳夫編),『地理空間分析』, 朝倉書店, 175-195.
- 樋口忠成 (1985) 都市の内部構造. (坂本英夫・浜谷正人編),『最近の地理学』, 大明堂, 164-184.
- 森川 洋 (1976) 広島・福岡両市における因子生態 (Factorial Ecology) の比較研究,「地理学評論」, 49-5, 300-313.
- 山口岳志 (1976) 札幌市の社会地域分析—因子生態学的研究,「人文科学紀要」, 62, 83-105.
- 若林芳樹 (1987) 時間・空間における広島都市圏の因子生態分析,「地理学評論」, 60A-7, 431-454.
- Openshaw, S. (1994) Neuroclassification of spatial data. In Hewitson, B. C. and Crane, R. G. eds. *Neural Nets: Applications in Geography*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 53-70.