

# 非単調性を考慮した商業地の盛衰構造の推定手法に関する研究\*

## A Study on Inferring the Mechanism of Growth or Decline in Shopping Agglomerations Considering Non-Monotonicity

紀伊雅敦\*\*, 土井健司\*\*\*, 井橋英蔵\*\*\*\*

Masanobu KII, Kenji DOI, Eizo Ihashi

### 1. はじめに

モータリゼーションの進展に伴う消費者行動の広域化, 人口の郊外移転に伴い大型商業施設の郊外展開など商業機能の郊外化, 分散化が進んでいる. このような状況の下で, 郊外商業集積と中心部の既成商業地との競合が生じ, その結果, 既成商業地の衰退のみならず中心市街地全体の機能低下が問題視されるに至っている. 中心市街地法が掲げているように, その活性化は地域・地区計画における重要課題である. しかし, 商業地の成長・衰退は, 地域固有の特性, 後背圏の特性, 他地域との競合性等に依存して一概には説明され得ない多様性をもち, 分析上もその配慮が必要である.

商業地の盛衰に関する近年の研究として, 田中ら<sup>1)</sup>は東京都心部の近隣型商店街の動向を詳細に調査し, 実証的な立場から影響要因の把握を試みている. また, 奥村ら<sup>2)</sup>は小売店の魅力更新を商店街活性化の重要な要因と捉え, 最適更新行動のモデル化を試みている. ただし, 立地や量的な魅力要因の考慮は今後の課題とされ, 政策上の具体的示唆を与えるには至っていない. 大貝ら<sup>3)</sup>は小売業売場面積の推計のために人工ニューラルネットワーク(Artificial Neural Network:以下 ANN)<sup>4)</sup>を適用し, 精度の高いモデルを得ている. ただし ANN は単に写像を与えるブラックボックスとして扱われており, 盛衰構造の解釈はなされていない.

東京都区部を例とすれば, 図-1 に示すように, 成長している商業地と衰退している商業地が混在しており, 一概に郊外の商業集積との競合により既成の商業地が衰退しているとは言えない. このことは郊外集積との競合関係といういわば外的要因は無視できないものの, 商業地やそれをとりまく中心市街地の内的要因によっても盛衰動向が左右されることを示唆している. 本研究では主として内的要因に起因した既成商業地の盛衰動向に着目し, その背後にあるメカニズムの特定を試みるものである. そのために本研究で開発する方法論は, ANN により盛衰メカニズムを非線形関数として近似し, さらにこれを論理式として解釈し, 構造知識を得るものである.

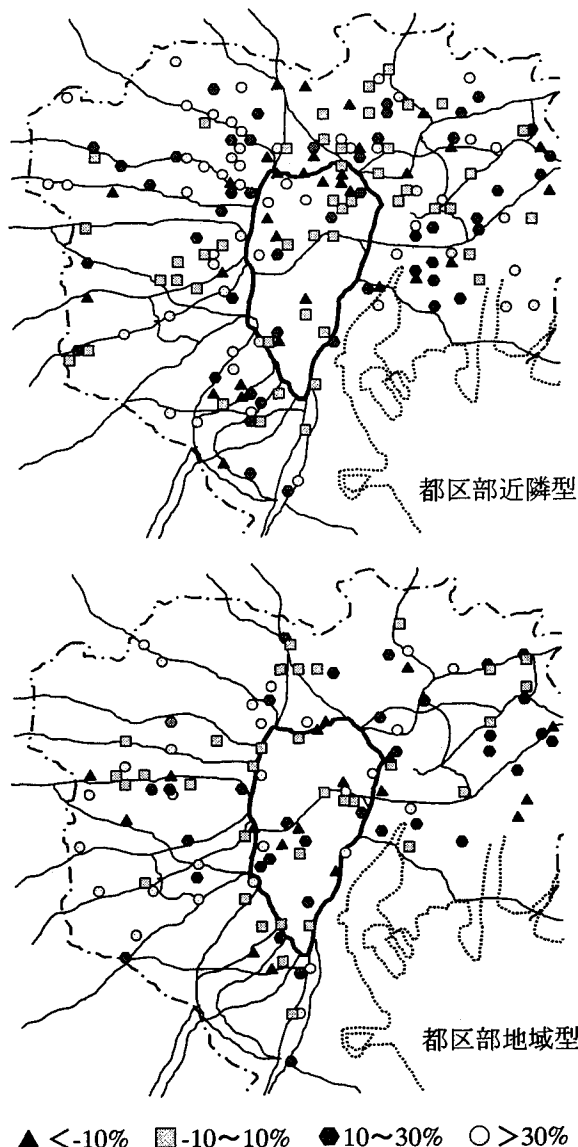


図-1 年間販売額変化率で見る商業地の盛衰(1989~94)

ANN は現象に関する構造を仮定せずに, データに基づき入出力を近似する写像を高精度に求めることが可能な方法である. ただしモデル分析の立場からは, ANN はブラックボックス的に用いられているとの指摘が多い<sup>5)</sup>. 一方, 知識ベース分野では現象を表す論理式を導くツールとして ANN の適用も試みられている<sup>6)</sup>. 土木計画分野においても, 複雑な現象メカニズムを得るために ANN を用いた論理式の獲得手法<sup>7)</sup>が提案されているが, 本研究では, 多様性の高い地域分析への適用を意図し, より一般化された方法

\* キーワーズ: 情報処理, 開発技術論

\*\* 学生員, 工修, 東京工業大学大学院 博士課程  
(〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1,

TEL 03-5734-2695, FAX 03-3726-2201)

\*\*\* 正員, 工博, 東京工業大学大学院情報環境学専攻

\*\*\*\* 正会員, あさひ銀行渋谷支店

表—1 本研究で用いる ANN の概要

|                                                      |                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 学習目的関数;                                              | $F(\Phi) = f(\Phi) + \mu\Omega(\Phi)$                                                                                 |
| 誤差関数;                                                | $f(\Phi) = \sum_{n=1}^N (y(\mathbf{x}_n; \Phi) - z_n)^2 / 2$                                                          |
| 正則化項;                                                | $\Omega(\Phi) = \sum_{i=1}^M \phi_i^2 / 2$                                                                            |
| パラメータ;                                               | $\Phi = (\phi_1, \dots, \phi_M)^T = (\mathbf{w}_{31}^T, \mathbf{w}_{21}^T, \dots, \mathbf{w}_{2l}^T)^T$               |
|                                                      | $\mathbf{w}_{2i} \in R^{m+1} (i=1 \sim l)$ ; 全入力-中間ユニット $i$ 間のパラメータ<br>$\mathbf{w}_3 \in R^{l+1}$ ; 全中間ユニット-出力間のパラメータ |
|                                                      | $N$ ; サンプル数, $l$ ; 中間ユニット数,<br>$M$ ; 全パラメータ数 $(=l(m+1)+l+1)$                                                          |
| ANN の出力;                                             | $y(\mathbf{x}_n; \Phi) = \sigma(w_{30} + \sum_{i=1}^l w_{3i} \sigma(\mathbf{w}_{2i}^T \mathbf{x}_n))$                 |
| 入力データ;                                               | $\mathbf{x}_n \in R^m$                                                                                                |
| 出力データ;                                               | $z_n \in R^1 (n=1 \sim N)$                                                                                            |
| $\sigma$ はシグモイド関数; $\sigma(x) = 1/(1+\exp(-x))$ を表す。 |                                                                                                                       |

の開発を目的とする。

なお、現象構造の多様性は影響要因の不特定性と要因の影響の非単調性に分けられるが、本研究は特に後者の非単調性に着目し現象の分析を行うものである。

以下、2章では構造知識の獲得手法 ANN-GKT の拡張方法について説明する。3章では本手法を東京都区部における商業地の成長・衰退現象の分析へと適用しその構造把握を行う。

## 2. ANN-GKT に基づく構造知識の獲得手法

本研究では、商業地の成長・衰退現象が構造上の非単調性を有する場合の分析手法の開発を行う。筆者らは ANN により特定された構造を論理式により解釈する方法 GKT(Generalized Knowledgeatron)<sup>8)</sup>を開発した。この ANN-GKT は単調な構造には適用可能であったが、非単調な構造については矛盾した解釈をもたらす可能性があった。例えば、入力(特定の影響要因)に対して出力(商業地の成長率)が凸型の変化を示す場合がその例である。そこで本研究では、非単調な構造を論理式として獲得する、拡張 ANN-GKT を開発する。

本研究で用いる ANN はパーセプトロン<sup>9)</sup>であり、学習には2次学習アルゴリズム BPQ<sup>11)</sup>を用いる。また、パラメータの発散を押さえるために、表—1に示すように正則化項<sup>10)</sup>を学習目的関数に加えた。

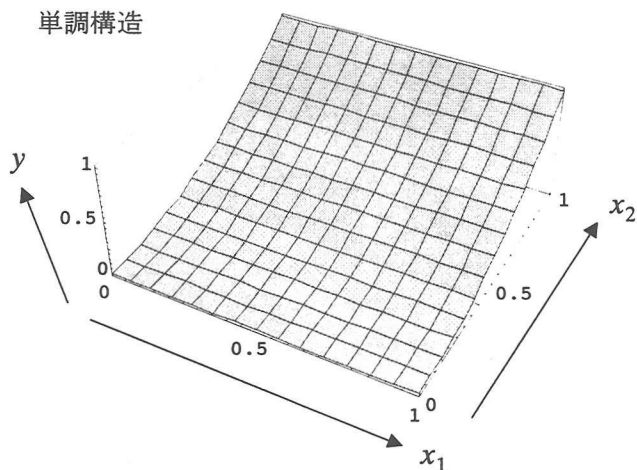
表—2に GKT における ANN と論理式の対応付けを示す。ここで要因  $i$  の値  $x_{ik}$  が1であることを示す命題を  $P_i$ 、0であることを示す命題を  $\neg P_i$  とする。2値化された任意の要因ベクトルは、これらの命題を演算子  $\wedge$ (and)で結びつけた論理式である連言(conjunction)  $A_k$  により表される。ここで

表—2 GKT による論理式の獲得

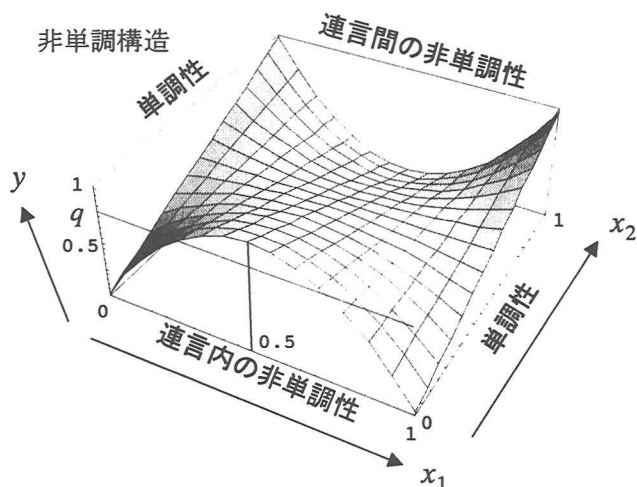
|        | 学習済 ANN                                    | GKT による論理表現                                                                          |
|--------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 各要因    | $x_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$   | $P_i$<br>$\neg P_i$                                                                  |
| 要因ベクトル | $\mathbf{x}_k = (x_{1k}, \dots, x_{mk})^T$ | $A_k \equiv \bigwedge_{i \in I_{pk}} P_i \wedge \bigwedge_{i \in I_{nk}} (\neg P_i)$ |
| 構造     | $y(\mathbf{x}_k) \geq q$                   | $A_k \rightarrow P_g$                                                                |

$I_{pk}$ ; 値が1となる要因の集合,  $I_{nk}$ ; 値が0となる要因の集合  
 $q$ ; 真偽判断のための閾値

単調構造



非単調構造



図—2 論理式獲得における単調構造と非単調構造

「成長」、すなわち  $y$  がある閾値  $q$  を上回ることを表す命題を  $P_g$  とすると、ある要因ベクトル  $\mathbf{x}_k$  が  $y(\mathbf{x}_k) > q$  を満たすことは、論理式により含意  $A_k \rightarrow P_g$  として表される。ただし2値化とは各要因の取りうる値を0または1に限定することを意味する。また、 $q$  は商業地の成長を判断する閾値といえる。

ここで、表—2に示すように GKT ではあり得る論理式の探索を、各要因の値が0または1のみを取るものとして行うため、図—2に示す2つの構造を同一とみなすことになる。言い換えれば、上図の単調な構造に対しては適切な論理式が獲得できるが、下図の非単調な構造に対しては適切な

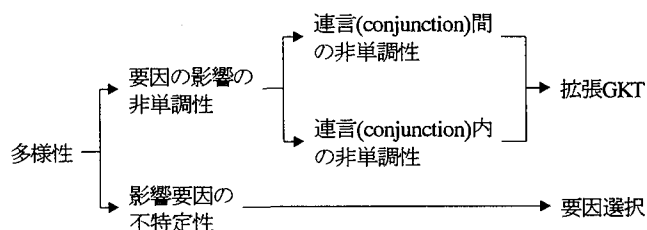


図-3 拡張 GKT における多様性の取り扱い

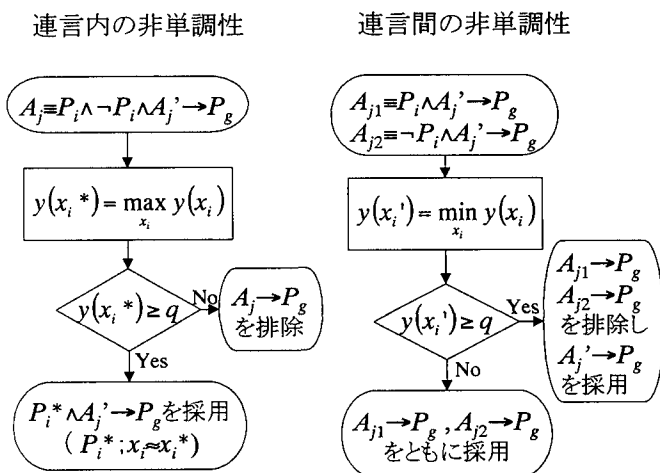


図-4 非単調構造の論理式獲得アルゴリズム

論理式を獲得できない。本研究で開発する手法は、GKT をベースとして非単調な構造を表現する論理式を獲得するものである。拡張 GKT における多様性の位置づけを図-3 に示す。

従来の GKT の非単調構造への適用限界を図-2 の下図を用いて示す。ここで、要因は  $x_1, x_2$  の2つであり、商業地の成長率を  $y$  とする。また、 $x_1=1, x_2=1$  を表す命題をそれぞれ  $P_1, P_2$  とし、 $x_1=0, x_2=0$  を表す命題をそれぞれ  $\neg P_1, \neg P_2$  とする。図において  $x_2=0$  における非単調構造を論理式で表すと、前件は  $A_1 = P_1 \wedge \neg P_1 \wedge \neg P_2$  となる。これは  $P_1 \wedge \neg P_1$  (常に偽) より論理的な矛盾として排除される。すなわち、この構造を表す論理式は連言内に論理的な矛盾を含むため、 $x_1$  は影響を与えないと解釈される。しかし、特定の閾値  $q$  に対しては、 $x_1=0.5$  において  $y$  はこの閾値を上回り、 $P_g$  は真と判断されることから、この成長構造を得るためには  $x_1$  の非単調性を考慮しなくてはならない。このように、連言内に矛盾を生じさせる非単調性を、ここでは連言内の非単調性と定義する。また、 $x_2=1$  の軸においては、 $A_2 = \neg P_1 \wedge P_2, A_3 = P_1 \wedge P_2$  である。この2つの連言は、 $x_1$  の値によらず  $x_2=1$  であればいずれかが正しいことから  $A_4 = P_2$  とまとめられる。すなわち、GKT ではこの場合も  $x_1$  は影響を与えないと解釈される。しかし、やはり  $x_1 \approx 0.5$  において  $y < q$  であることから  $A_2, A_3$  は異なる構造として獲得されなくてはならない<sup>[2]</sup>。このように、連言間で相異なる命題を生じさせる非単調性を、ここでは連言間の非単調性と定義する。

これらの非単調性が存在する場合、GKT では適切な構

表-3 使用データ

| 要因            | 出典                                |
|---------------|-----------------------------------|
| 周辺人口変化率       | 「住民基本台帳」(1989,1994)               |
| 商業地の形態指標      | 周辺長と商業地面積より算定；<br>周辺長；デジタイザーにより取得 |
| 商店数密度の変化率     | 商店数と商業地面積より算定                     |
| 商圈交差面積        | GIS より取得                          |
| ターミナル駅までの時間距離 | 駅スパート                             |
| 買い回り店の割合      | 「東京の商業集積地域」<br>(1989,1994)        |
| 大店数の変化率       |                                   |
| 年間販売額の変化率     |                                   |
| サンプル数         |                                   |
| 地域型商業地        | 173                               |
| 近隣型商業地        | 110                               |

造を得ることができない。そこで本研究では新たに非単調な構造を論理式として獲得しうる拡張 GKT を開発する。

図-4 にそのアルゴリズムを示す。ただし、図では GKT により非単調性が検出された後の処理を示している。まず連言内の非単調性が検出された場合、図左を用いる。ここで論理式は一般に  $A_k = P_i \wedge \neg P_i \wedge A_k' \rightarrow P_g$  と表される。この  $P_i$  に対応する  $x_i$  以外の要因の値を  $A_k'$  に対応する値に固定し、ANN の近似関数  $y(\mathbf{x})$  を  $x_i$  のみの関数  $y(x_i)$  とする。ここで、 $y(x_i)$  を最大化する  $x_i$  を  $x_i^*$  とする。 $y(x_i^*) \geq q$  ならば「 $x_i \approx x_i^*$ 」を表す命題を  $P_i^*$  として、 $P_i^* \wedge A_k' \rightarrow P_g$  を構造を表す論理式として採用する。 $y(x_i^*) < q$  ならば、構造は  $x_i$  に関して常に偽であるとして、 $A_k \rightarrow P_g$  を排除する。次に連言間の非単調性が検出された場合、一般に2組の論理式  $A_{k1} = P_i \wedge A_k' \rightarrow P_g, A_{k2} = \neg P_i \wedge A_k' \rightarrow P_g$  が得られている。ここで同様に、 $x_i$  以外の  $\mathbf{x}$  を  $A_k'$  に対応する値に固定し、 $y(\mathbf{x})$  を  $x_i$  のみの関数  $y(x_i)$  とする。ここで、 $y(x_i)$  を最小化する  $x_i$  を  $x_i'$  とする。 $y(x_i') \geq q$  ならば構造は  $x_i$  に無関係であるとし  $A_{k1} \rightarrow P_g, A_{k2} \rightarrow P_g$  の2式を排除し、 $A_k' \rightarrow P_g$  を採用する。 $y(x_i') < q$  ならば、 $A_{k1} \rightarrow P_g, A_{k2} \rightarrow P_g$  をそれぞれ構造を表す異なる論理式として採用する。この拡張により非単調な現象構造を論理式として表すことが可能となる。

### 3. 商業地の成長衰退現象への適用

ここでは、「東京の商業集積地域」<sup>[10]</sup>に掲載されている都区部に存在する地域型、近隣型<sup>[3]</sup>の商業地を対象とし拡張 ANN-GKT によるその成長・衰退構造の把握を試みる。

#### (1) 使用データ

ここで使用するデータについて、表-3に示す。商業地の成長を表す指標として年間販売額の変化率を用いる。この年間販売額、および大規模小売店舗(以下大店)数変化率、買い回り店の割合については文献 10)のデータを用いた。

商圏人口については、商圏を商業地中心から半径 500m と設定し<sup>1)</sup>、その商圏と交差するすべての町丁目の人口の和として算定している。町丁目の人口は住民基本台帳により把握した。図—5に 1989 年から 1994 年までの近隣型商業地域における商圏人口の変化率をクラスごとにプロットしたものを示す。また、商業地域の形態指標としては、商業地域の周辺長をその地域面積で割ったものを用いた。この指標が小さい程、商業地域が円に近いコンパクトな形を示し、逆に大きい程、線状あるいは歪な形状を示すことになる。商圏交差面積とは当該商業地の重心を中心とした半径 500m の円と、近傍の他の商業地の重心を中心とする半径 500m の円との交差する面積を用いた(図—6)。このデータは GIS を利用して作成した。また、ターミナル駅までの時間距離は駅すぱあとを用いた。ターミナル駅とは山手線上の駅と定義している。また、各商業地は販売品目の構成により近隣型商業地と地域型商業地とに分類される。ここではそれぞれについて分析を行う。サンプル数は近隣型 173、地域型 110 である。

(2) ANN による学習

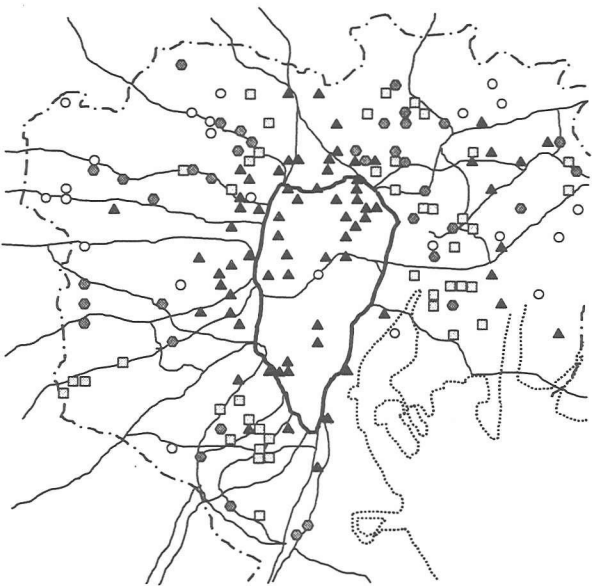
2. で示した ANN に(1)のデータを用いて学習を行わせた。入力データは上述の7要因であり、出力データは年間販売額の変化率である。中間ユニット数は 4~13 まで、正則化係数は  $2^{-4}$  から  $2^{-20}$  まで変化させてそれぞれ学習を行わせた。ここではモデルの情報量を MDL 基準<sup>4)</sup>を用いて比較し、最適な中間ユニット数を決定した。この結果、近隣型、地域型ともに中間ユニット数 12、正則化係数  $2^{-12}$  の ANN が最適であると判断した。学習は  $\nabla F(\Phi)$  の最大の値が 0.0005 以下になるか、計算時間が 100 秒を越えたときに終了させた。実測値と推計値の相関係数は地域型 0.968、近隣型 0.941 であり、高い再現性が得られている。

(3) 拡張 GKT による論理式の獲得

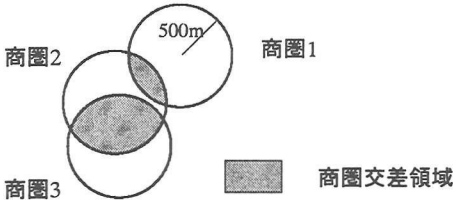
ここでは前節で得られた ANN の結合パラメータ  $\Phi$  より、拡張 GKT を用いて盛衰構造の把握を行う。

まず商業地の成長を判断するための閾値  $q$  を、得られる論理式数の感度から 0.4 とした。次に得られた論理式を表の形に整理したものが表—4である。この表は各列がそれぞれ構造を表す論理式であり、セルはその行の入力変数を表す命題に対応する。セル内の記号は列に対応する論理式中の命題の持つ意味であり、「+」はその要因が正の影響、「-」は負の影響を与えることを意味する。また、空欄は明確な影響を与えない事を意味する。その他の記号は +, - のみでは表せない非単調な影響を与えることを意味する<sup>5)</sup>。その意味については表の下に記述する。

近隣型商業地では、1)周辺人口が増加し、商店数密度が増加することが成長の条件となる構造と、2)周辺人口が増加し、大店数が減少し、ターミナル駅に近いことが成長の条件となる構造に二分される。前者においては、大店数の変化は近隣商業地の成長に関して非単調な影響を与えており、大店が既存商店との競合により商業地全体の衰退を



▲ <-5% □ -3~-5% ● 0~-3% ○ >0%  
図—5 商圏人口変化率(1989~94)



図—6 商圏交差面積の算出

表—4 成長構造を表す論理式

| 近隣型           | 構造 |   |   |
|---------------|----|---|---|
|               | 1  | 2 | 3 |
| 周辺人口変化率       | +  | + | + |
| 商業地の形態指標      |    |   |   |
| 商店数密度の変化率     |    | + | + |
| 商圏交差面積        |    |   |   |
| 大店数の変化率       | -  | - | + |
| 買い回り店の割合      |    |   |   |
| ターミナル駅までの時間距離 | -  |   |   |

| 地域型           | 構造  |     |     |     |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
|               | 1   | 2   | 3   | 4   |
| 周辺人口変化率       | +   | +   | +   | Pp  |
| 商業地の形態指標      |     |     | +   | +   |
| 商店数密度の変化率     |     | -   |     |     |
| 商圏交差面積        | +   | +   | +   | Pa  |
| 大店数の変化率       | +   |     |     | +   |
| 買い回り店の割合      | Ps1 | Ps2 | Ps2 | Ps3 |
| ターミナル駅までの時間距離 | +   | +   | +   | Pt  |

Pp ; 人口増加率約 2%を境界として、それ以下ならば「+」、それ以上ならば「-」  
Pa ; 商圏交差面積約 47ha を境界として、それ以下ならば「+」、それ以上ならば「-」  
Ps1,Ps2,Ps3; それぞれ買い回り店の割合各約 6 割, 5 割, 4 割を境界として、それ以下ならば「+」、それ以上ならば「-」  
Pt ; ターミナル駅までの時間約 30 分を境界として、それ以下ならば「+」、それ以上ならば「-」

もたらずよりも、むしろ集客効果を高める補完的な役割を担っている場合もあり、その影響は一樣ではないと解釈できる。

一方、地域型商業地では概ね周辺人口が増加しており、ターミナル駅まで遠く、商圈交差面積が大きく、なおかつ買い回り店の割合が 4～6 割であることが、成長の条件となっている。商圈交差面積が大きいことは他の商業地との近接度が高く、地域として商業機能の集積度が高いことを指す。また、買い回り店の割合に関しては 4～6 割であることが適切であり、その割合から離れるに従い成長の条件を満たさなくなる。この条件は、この要因が非単調性を持つことを意味している。また、構造 3、4 では商業地の形態特性が成長要因として抽出されている。

また、両者を比較すると、近隣型においては非単調性を示す要因は見あたらない。また、影響を与える要因も限られている。こうした傾向から、地域型の成長構造は近隣型と比較してより多様であることが示唆される。

なお、近隣型商業地を例として商業地の盛衰構造の違いを示したものが図—7である。これを見ると構造の分布は東西方向でばらつきが大きく、東部地域では構造2を示す商業地が比較的多く存在する。

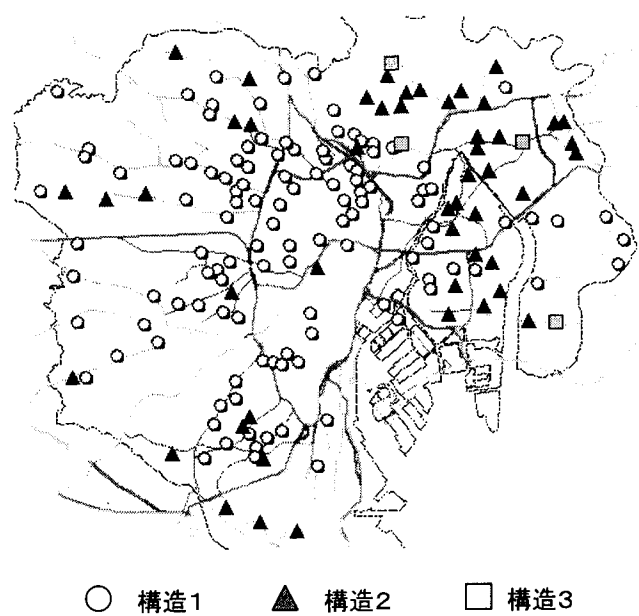
4. まとめ

本研究では、学習済み ANN の構造を論理式として獲得する GKT を拡張し、非単調な現象構造に対しても適用可能な ANN-GKT を開発した。この方法は、現象構造が複雑な場合に、これを適切に表しうる構造の仮説を発見するための方法であり、従来のアプリオリな構造を仮定する空間経済学的手法を補完しうるものと言える。

本研究では、この手法を東京都区部の近隣型、地域型の商業地の盛衰構造の分析に適用した。その結果、近隣型については周辺人口の増加、高い商店数密度が成長に寄与していることが示された。また、成長衰退に対する大店数の変化の影響の多様性が示唆された。地域型については周辺人口の増加、ターミナル駅までのアクセス、買い回り店の割合、商業地相互の近接性が成長に影響していることが示された。ここで、この近接性が成長の条件となっていることから、商業地間の補完性や集積の効果は、個々の商業地の魅力向上に寄与しうるものが推察される。

また、近隣型について構造ごとに商業地を分類した結果、成長構造には空間的な偏りがあることが示された。

今後の課題としては、中心市街地の内的特性のみならず、郊外商業集積との競合関係を明示的に考慮したより広い枠組みでの盛衰構造の解明があげられる。



図—7 商業地の盛衰構造とその地理的分布

補注

- [1]BPQ(Backpropagation based on partial Quasi-Newton)<sup>12)</sup>は準ニュートン法に基づく学習アルゴリズムであり、従来の一次学習アルゴリズムと比較して、解近傍での収束性能が高い。
- [2]連言間の非単調性が存在する場合、A2, A3 は論理的にはv(or)ではなくは xor(排他的論理和)で結びつけられる。
- [3]中小企業庁による商業地域の分類
- [4]MDL(Minimum Description Length)基準<sup>13)</sup>はデータに

|     | 地理的特徴             | 商品構成         |
|-----|-------------------|--------------|
| 広域型 | 大都市中心部            | 買回り品主体       |
| 地域型 | 中小都市の中心部, 大都市の中間部 | 買回り品と最寄品が同程度 |
| 近隣型 | 住宅地域を後背圏にもつ地域     | 最寄品主体        |

対するモデルの再現誤差の持つ情報量とモデル自体を記述するための情報量の和で表される情報量基準である。その値が小さいほど期待される推定誤差が小さいモデルであると考えられ、次式で与えられる。

$$MDL = -2 \sum_{i=1}^N \log p(\phi; z_i | \mathbf{x}_i) + M(\log N + 1)$$

ただし、N; サンプル数, M; パラメータ数

$p(\phi; z_i | \mathbf{x}_i)$ ; パラメータ  $\phi$ , 入力  $\mathbf{x}_i$  の時、モデルの出力が  $z_i$  となる確率

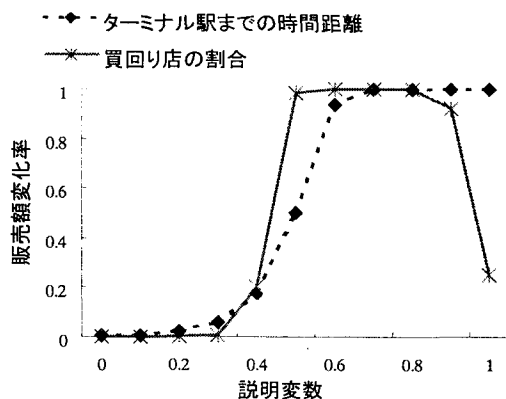


図-8 非単調な構造(地域型構造1)

- [5] 単調な構造と非単調な構造の例を図-8に示す。これは表-4の地域型1列目の論理式に対応する入力に基づいて2つの要因に関する感度を見たものである。縦軸と横軸はそれぞれ[0,1]に基準化された年間販売額の変化率と説明変数の値である。ここでターミナル駅までの時間距離については影響は単調であり、1番下のセルの「+」に対応する。一方、買回り店の割合については0.7付近で出力が最大となり、その点から離れるに従い出力が下がる。従って、この要因の影響は非単調であり、表の「Ps1」に対応する。GKT ではこのような非単調な構造は矛盾を含むため偽として扱われていたが、拡張 GKT により「要因の値は最大点を与える値の近傍である」という意味の命題を用いることで、この非単調構造を論理式として獲得している。

## 参考文献

- 1) 田中宏育, 中井検裕: 東京都心の近隣型商店街の動向に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.31, pp.517-522, 1996
- 2) 奥村誠, 松村憲一: 小規模小売店の最適更新行動に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp. 257-264, 1996
- 3) 大貝彰, 河合修治: メッシュデータを用いた小売業売場面積推計ニューラルネットワークモデルの開発, 日本都市計画学会学術研究論文集, No. 33, pp.337-342, 1998
- 4) 豊田秀樹: 非線形多変量解析, 朝倉書店 1996
- 5) 清水英範, 平谷浩三: ニューラルネットワークの選択行動モデルへの応用可能性, 土木計画学研究・講演集, pp. 127-134, No.17, 1995
- 6) LiMin Fu: Rule Generation from Neural Networks, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, pp.1114-1124, Vol. 24, No. 8, 1994
- 7) 土井健司, 紀伊雅教: ニューラルネットワークを用いた知識獲得手法の開発と土地利用分析への適用, 土木学会論文集 IV, pp. 31-42, No. 590, IV-39, 1998
- 8) 紀伊雅教, 土井健司: 多様性を前提とした多層パーセプトロンに基づく現象の構造化手法に関する研究, 土木計画学研究・論文集, pp.57-62, No.15, 1998
- 9) 甘利俊一: 神経回路網モデルとコネクショニズム, 東京大学出版会, 8章, 1991
- 10) 東京都: 東京の商業集積地域, 1989, 1994
- 11) 斉藤和巳, 中野良平: 二乗値ペナルティ項を用いた2次学習アルゴリズム, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 11, pp. 2149-2156, 1997
- 12) Kazumi Saito, Ryohei Nakano: Partial BFGS Update and Efficient Step-Length Calculation for Three Layer Neural Networks, Neural Computation 9, pp. 123-141, 1997
- 13) Jorma Rissanen: Stochastic Complexity and Modeling, The annals of Statistics, Vol. 14, No. 3, pp.1080-1100, 1986

## 非単調性を考慮した商業地の盛衰構造の推定手法に関する研究

紀伊雅教, 土井健司, 井橋英蔵

中心市街地における商業集積の成長・衰退の構造は多様であり、影響要因は非単調性を有する可能性がある。本研究では、現象構造の仮説を論理式として与える GKT の拡張として、ANN から非単調性を表現する論理式の獲得手法を開発した。この手法を用い東京都区部における近隣型、地域型商業地の成長衰退に関する構造分析を行った。その結果、複数の構造が得られ、地域型の商業地についてはいくつかの非単調な影響を与える要因が存在することが捉えられた。

## A Study on Inferring the Mechanism of Growth or Decline in Shopping Agglomerations Considering Non-Monotonicity

by Masanobu KII, Kenji DOI, Eizo IHASHI

The growth and decline of shopping agglomerations in inner cities are varied in mechanism. In the causal relations, the mechanism of growth or decline may be non-monotonic so that the effects of contributing factors are diversified. In this paper, we developed a method that can adopt a well-formed formula defined in propositional logic, and the formula could represent the non-monotonicity of the Artificial Neural Network. We applied this method to the analysis of shopping agglomerations. The result of the analysis found out that there are some factors, such as the share of neighbor shops, which show non-monotonicity in the Tokyo Metropolitan area.