

ニューラルネットワークを用いた 市街化過程の基礎的分析*

Application of NN Model to Urbanization Process

佐々木 恵一**、田村 亨***、榎谷 有三****、斉藤 和夫*****

by Keiiti SASAKI **, Tohru TAMURA ***, Yusou MASUYA ****, Kazuo SAITO *****

1. はじめに

市街化過程のモデル化は、計量経済学や都市経済学の分析で、これまでも開発されている。特に、交通網との関係で分析した研究は1970年代に多くなされている¹⁾。しかし、これらの方法は、市街化過程の構造が明確な場合には有効な方法であるが、現在のところ理論モデルの枠を出ていない。本研究で扱うニューラルネットワーク（以下NNと呼ぶ）モデルは、外部環境に合うように自己組織化能力を活用して、過去の入出力の結果のみから自立的に学習を行うという、いわば構造をブラックボックス化して解析する方法である。この手法を地域構造分析に用いた先進研究は清水ら²⁾によってなされている。

本研究は、NNモデルを帯広都市圏の市街化過程分析に用いたものであり、昭和55年、昭和60年、平成2年の3時点について住区単位で集計したデータを用いて分析している。本研究は、この適用可能性を研究した基礎分析であるが、目指すところは、交通基盤整備が市街化過程にどのように影響していくのかを把握したいと考えている。

2. 問題の設定とNNモデル

(1) 問題の設定

本研究は、帯広市を対象としているが、その市街化過程については参考文献3)で既に分析している。ここでは、1950年代後半から始まった土地区画整理事業（4ヶ所）について、建築計画概要書から2,129画地分のデータを分析し、市街化率によって、約40年間にわたる市街化過程を把握した。市街化率は(1)式

で示され、その分析結果の1つを図1に示す。

市街化率(%) =

$$\frac{(\text{市街化面積})}{(\text{全面積}) - (\text{市街化困難面積}) - (\text{公共用地面積})} \quad (1)$$

市街化率(%)

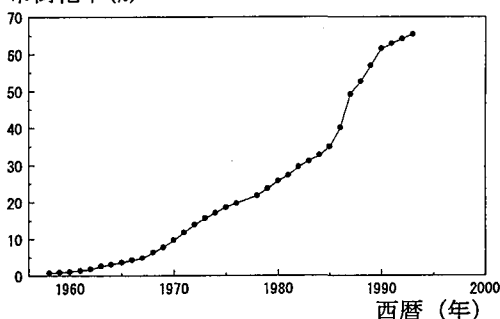


図1 帯広市の4つの土地区画整理事業に見る市街化率の変化

1960年代から1980年代までは緩やかな市街化率の伸びであったが、1980年代後半より、急激な伸びに転じ、市街化率70%前後から頭打ちの傾向を示していることが分かる。

また、図2は4つの区画整理地区内における市街化率と人口変動の関係を示したもので、1960年代の市街化当初は、人口の伸びに対し、市街化率は増加して人口(人)

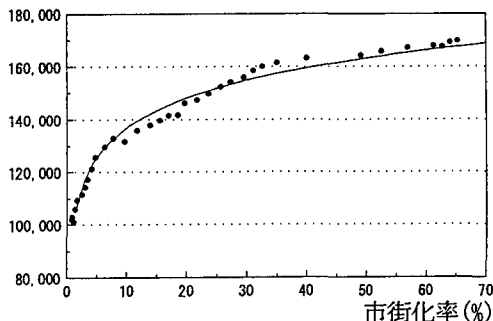


図2 市街化率-人口関係図

* キーワーズ : ニューラルネットワーク、市街化過程、土地利用分析

、*、**** 学生員 正員 室蘭工業大学

(室蘭市水元町 27-1 Tel 0143-47-3419)

**** 正員 専修大学北海道短期大学

いないものの、1970年代頃より、人口の伸びと市街化率とは比例関係を示していることが分かる。

市街化傾向の把握は、線引きの見直しや、インフラ整備など都市計画上重要な検討課題である。特に、都市の「郊外化」傾向は帯広市においても現れてきていると言われ、その動態を把握することが急務となっている。

一般に、都市の郊外化は、①人口の社会増加や核家族化の進行による世帯の自然増加、②家計の所得増に伴う戸建庭付住宅と言った良質な住宅と生活環境に対する需要の高まり、③モータリゼーションの進展によって郊外からの交通費用が低下したこと、④都市中心部の地価高騰などが複雑に関係していると言われる⁴⁾。

本研究では、土地利用の変化から単純に人口の郊外化傾向を把握できると仮定し、これらの問題を立地モデルなどによって定式化する分析方法ではなく、構造を明示しないNNモデルを用いて分析を進めることとした。これは、図1、図2における分析により、土地利用変化と人口変動には関係があると考えたからである。特に、大都市よりも帯広市の様な地方都市で問題となっている沿道商業立地の変化は、商業系土地利用の変化を詳細に分析することで把握され、その傾向と人口変動の関係を把握できると考えたからである。なお、入力条件を土地利用としている点については、用途地域の変更など、土地利用の誘導を通して、市街化を変動できる可能性があると考えてのことである。

(2) NNモデル

本研究で適用する階層型NNモデルは、人間の神経細胞の人工的なモデルであるユニットが、神経繊維に対応する線で結ばれ、網目状のネットワークを形成する。ユニットは多入力1出力で、出力は重みを付けら

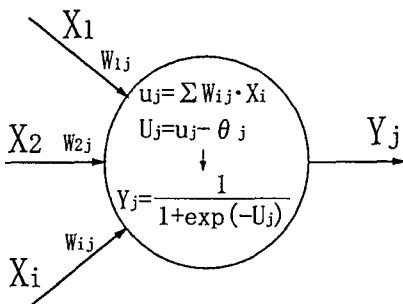


図3 ユニットの構造

れ他の入力になる。ユニット内部では入力の総和がとられ、これを応答関数によって出力する。

NNモデルの学習法はバックプロパゲーション法を用いた。NNモデルの学習とは、出力値と正しい出力値（教師信号）との2乗誤差を最小とするようなネットワークを最適とし、その結合係数を初期値から補正しながら求める過程である。この能力を自己組織化能力と呼び、外部環境に合うように過去の入出力のみから自立的に学習する。このようにNNモデルは、構造をブラックボックス的に扱うもので、本研究においても内部分析は避け、NNモデルの人口推計能力のみを追及することにした。

本研究では、各ゾーンの単位面積当たりの建物用途別延べ床面積から、各ゾーンの人口密度を推定する分析モデルへの階層型NNモデルの適用を行った。具体的な構造は、5層構造であり、各層のニューロン数は14-14-14-14-1とした。

3. 対象地域と分析データ

本研究ではNNモデルにより3つの分析を行った。まず、昭和60年の住区別・用途別延べ床面積を入力し、同年の人口を出力するというNNモデルの現状再現性についての分析である。次に、上記のシステムに昭和55年、平成2年のデータを入れ、モデルの時間移転性についての感度分析を行った。最後に、NNモデルのウェイト値から、どの要因が人口変動に影響するかを見る要因分析を行った。

対象地域は帯広市であり、図4のように22に分けられた帯広市の住区という単位で用途別延べ床面積、人口データの収集を行った。

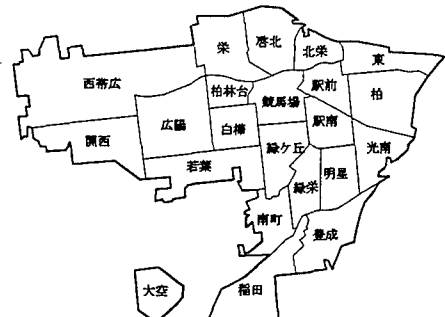


図4 帯広市全域図

建物用途は表1のように大きく5つに分けられてお

り、その5要素は10に分類されている。これをさらに34に分類し、基礎調査をもとに町丁目別で調べられている建築物の建築年度、用途別延べ床面積のデータを収集し、住区別に集計した。表2では東住区についてのデータの集計結果を表している。また、人口は各年度の国勢調査をもとに集計を行った。

表1 建物用途区分表

大分類	中分類
商 業	官公庁施設 専用商業施設 娯楽施設 店舗施設
住 宅	住宅施設
文教厚生	文教施設 厚生施設
工 業	工業施設 都市運営施設
そ の 他	農業施設

表2 分析データ

対象住区：東住区

建物用途別 延べ床面積	対象年度		
	昭和55年	昭和60年	平成2年
専用店舗施設	2,814	7,365	7,720
専用住宅	100,101	117,299	136,897
共同住宅	33,289	44,526	50,355
店舗併用住宅	22,632	22,916	24,196
事務所併用住宅	22,325	22,893	24,858
飲食店併用住宅	3,651	3,651	3,651
作業所併用住宅	5,260	5,379	5,492
教育施設	14,644	15,015	45,015
文化施設	55	55	55
宗教施設	6,870	6,870	6,870
医療施設	8,463	10,393	10,393
運動施設	0	0	0
社会福祉施設	2,303	2,653	2,653
厚生施設	0	0	0
人 口	7,411	6,887	6,317

(単位：面積：㎡、人口：人)

本研究では、表2に示している14要素からの人口推計を行った。これは、工業や農業は全ての住区にあるわけではなく、人口変動への影響は小さいと考えたためである。

4 分析結果

4-1 現状再現性

本研究においては、昭和60年の帯広市21住区（西

帯広住区から分割された開西住区に関しては、データ不備のため西帯広住区と合併、旧西帯広住区とした）に対して、NNモデルの適応を試みた。各住区面積は一定であるため、これは、各住区の単位面積当たりの各要素の構成比から人口密度を推計するという分析問題でもある。計算は誤差の平均が200人/㎡以下となったら打ち切りとした。結果として、学習回数が約15万回に達したところで所定の収束条件を満たした。なお、誤差の絶対値の平均は163人/㎡、最大値は475人/㎡（若葉住区）であった。

実測値とNNモデルの出力値の関係を図5に示す。

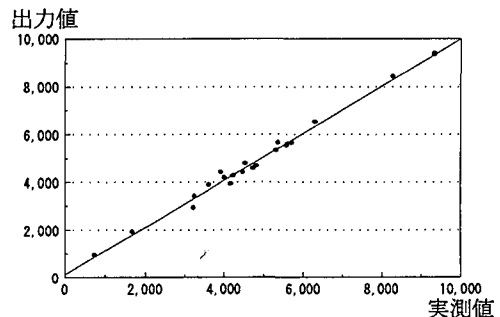


図5 人口推計相関図

相関係数は0.98となった。ネットワークの出力値と実測値は良く合致できており、現状再現ができていることが分かる。

4-2 感度分析

昭和60年のデータによるNNモデルのパラメータを用いて、他の2時点での適合性を検討した。図6はその結果を示したものであり、NNモデルに昭和55年のデータを入力した結果、誤差平均が1,039人/㎡、誤差の最大値が3,705人/㎡（柏林台住区）、

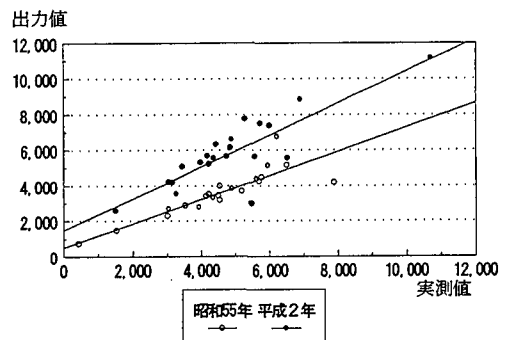


図6 感度分析相関図

相関係数が0.87となった。また、平成2年のデータでは誤差平均1,298人/k㎡、最大値が2,480人/k㎡（稲田住区）、相関係数が0.76であった。相関係数としては比較的高いものの、実際の誤差はまだ大きい。これにより、NNモデルの時間移転性には問題があり、将来予測などにおいては工夫が必要なが分かった。

4-3 影響要因の把握

図7は、NNモデル内の結合係数について、特に強い結合を抽出し示したものであり、ウェイト値の絶対値が1以上になるもののネットワーク内の結合状態を示した。本来、内部構造をブラックボックス化するNNモデルにおいて、このような分析は注意が必要であるが、人口変動に影響を与える土地利用要因のおおよその把握には使えると考えた。

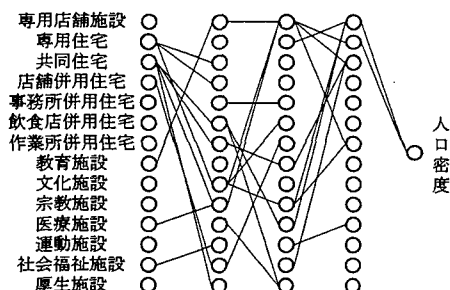


図7 強結合ウェイト値

この図より、第1層から第2層へ強い結合を持つ要因は、専用住宅、共同住宅、店舗併用住宅、教育施設、医療施設、社会福祉施設であった。第1層から第5層へと連結しているのは、専用住宅と教育施設であった。この要因分析に関する裏付け調査などはまだ行っておらず、現段階ではこれ以上の言及はできない。

5. おわりに

本研究では市街化過程の分析にNNモデルの適用を試みた。その分析結果は次のようにまとめられる。

①本研究により、NNモデルの現状再現能力が確認された。しかし、他の年度への時間転移では再現には至らなかった。これは、他の年度の成長傾向がNNモデルが過去に経験したことのない傾向にあることを示している。

②将来の住区別人口変動を推計するためには、現在の

モデルでは問題がある。これを改良する方法としては、分析データの吟味を行うことも重要であるが、時間変動を内生化したNNモデルの構築も意味があると考えられる。具体的にはタイムラグ、タイムリードを入れたシステム構築であり、その方法については、バックプロパゲーションの利用により既に開発済みである。

③本研究で扱った住区という単位でのデータ収集について、面積格差があるという問題があったが、これは人口も延べ床面積も1k㎡あたりに直すことにより解消された。

④本研究の解析にあたっては建物の用途別延べ床面積のみを説明要因として解析を行ったが、交通施設面積や公園緑地など、他の要因についても市街化に与える影響を考えながら取り込む必要がある。

以上の結果から、都市内の建物構成から人口を推計できる可能性があるという結論が得られた。すなわち、一つの地域に集まる人口の上限値は地域内での建物の密度（市街化率）が決め、その伸び率は建物の構成比の変化によって決定されるということである。先行研究として、市街化率が人口を推計できるとしたが、市街化率算出にあたっては、データ収集上の困難があり、都市の代表点の抽出分析にとどまっている。この意味から、都市全体の住区別人口変動を土地利用構成から分析する意味は大きいと考えられる。なお、将来予測とNNモデルの最大の問題点であるモデルの構造についてはまだ問題点が残っており、これらの問題に対しては今後も研究の継続が必要である。

参考文献

- 1) 例えば、肥田野登「開発プロセスを考慮した地域整備過程に関する研究」地域学研究 1979年
- 2) 清水英範「ニューラルネットワークの空間相互モデルへの適用可能性」土木計画学研究・講演集 1993年3月 pp343～348
- 3) 西山浩史「帯広都市圏における市街化過程に関する研究」平土木計画学・講演集 1995年1月 pp143～146
- 4) 宮尾尊弘「現代都市経済学」日本評論社 1985年
- 5) 中野馨、飯沼一元、ニューロンネットグループ、桐谷滋「ニューロコンピュータ 入門と実習」技術評論社