

都市再生施策評価のためのシナジスティックモデルの開発

Building a Synergistic Model for Evaluating Urban Vigorous Investment

室蘭工業大学
室蘭工業大学
函館工業高等専門学校
室蘭工業大学
室蘭工業大学

○学生員 山 本 英 和 (Hidekazu YAMAMOTO)
学生員 手 塚 雄 治 (Yuji TEDUKA)
正 員 佐々木 恵 一 (Keiichi SASAKI)
学生員 塚 田 建 人 (Tatehito TUKADA)
正 員 田 村 亨 (Tohru TAMURA)

1. はじめに

わが国の人口は21世紀初頭、減少に転ずることが予想されており、多くの地方中核都市において人口増加は期待できない状況にある。また、国土交通省ではこれを受けて、地方部の人口流出防止を目的とした「地方中核都市における都市再生策」の検討を行っている。今後の都市づくりを考えるにあたり、人口の定住、繋ぎ止め、交流人口の招き入れなど都市再生施策にともなう都市及び都市間の人口動態を検討することは重要な課題である。

一方、北海道は広域分散型社会構造と言われ、高速道路による面的連携を考慮した社会基盤整備が行われてきた。しかしながら、時間距離の短縮は地方部から札幌都市圏への人口流入を招き、北海道全体の約40%の人口が札幌都市圏に集中しているのが現状である。

以上のことを踏まえ、本研究では、都市の魅力度が向上することで人口増加がどのくらい見込めるのかを定量分析できるモデル開発を目的とする。具体的には、全国でも高い人口減少率が予想されている北海道の主要中核都市圏を対象として分析を行う。モデルは2つ構築し、それを統合する。1 つめは、都市圏間の人口動態を空間相互作用を取り込んで表現できるマクロモデルである。他の1 つは、都市圏内の施設の空間配置が、都市の魅力度を向上させ、人口増につながることを表すミクロモデルである。しかしながら、現段階ではモデル統合には至っておらず、以下にモデルの内容についてその課題点も含めまとめる。

2. 都市圏

経済活動をとらえる際の単位として都道府県あるいは市町村などの行政区画が多く用いられてきた。しかしながら、東京都市圏に代表されるように、経済活動においては、より大きな行政区画になるほど隣接地域との結びつきは強く、無視できないものとなる。そこで、本研究では都市圏を分析の単位とし、あるA市に通勤する従業者数がB市の全就業者数の10%を超えた場合、B市はA市の都市圏とすることとした(国勢調査従業地別集計を使用)。なお、対象とする都市圏は札幌都市圏をはじめとする全16都市圏である(図-1、2)。これらの都市圏には、地方中核都市と言えない人口規模の都市圏もあるが、支庁所在地として発展の可能性があると考え、設定した。

3. 分析方法と使用データ

モデル開発にあたって、都市マクロモデルにはP. Allenの自己組織化モデル、都市ミクロモデルにはセルラーオ

ートマトン・ニューラルネットワークモデル(以下NN-CAモデルと呼ぶ)を用いた。具体的には①前者を用い、札幌を除く他都市圏の魅力度を恣意的に変化させたときの各都市圏人口増減の推計を行い、②後者を用い、それに対応する都市機能の予測を行うものである。なお、マクロモデル同様、ミクロモデルにおいても全16都市圏を対象とすべきであるが、今回は室蘭市のみの適用を考えた。現在、室蘭市は中島町と中央町の2地区に主な都市機能が分散(図-3)しており、これら2地区の都市機能を1地区に集中させ室蘭市の相対的魅力度を高めた場合の他都市間との人口動態シミュレーションも本モデル開発の目的である。

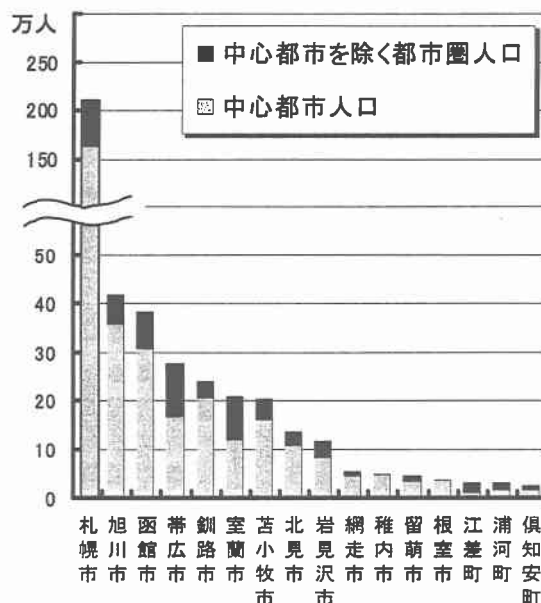


図-1 北海道の主要都市圏人口 (平成2年)



図-2 対象都市圏 (平成2年)

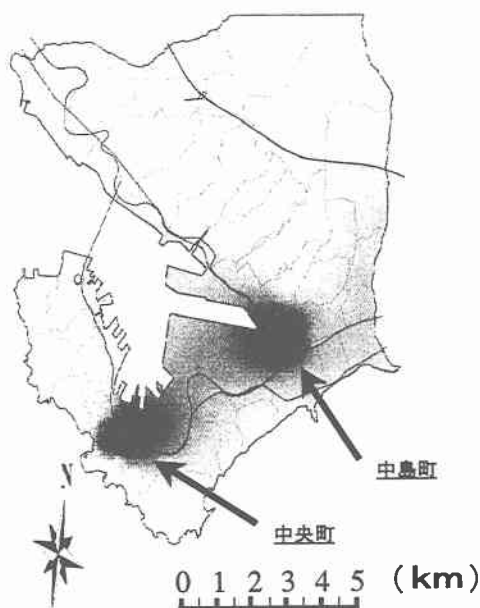


図-3 室蘭市地価状況図（平成 11 年）

3.1 P. Allen の自己組織化モデル^{1),2)}

土地利用変化による人口変化を表現できる都市マクロモデルとして P. Allen の都市モデルがある。このモデルでは、人口配分としてグラビティ型モデルを構築しかつ、都市成長過程を人口集中による雇用発生構造としてモデルに内生化している。地区単位で集計化されたマクロな土地利用データと人口データ、成長過程に関わる都市圏レベルの雇用データがあれば、都市圏(多都市でも可能)の成長過程を把握できる可能性は高く、これまでも数多くの適用例がある。

P. Allen は n 個の都市からなるモデルにおいて、都市間の相互依存関係を明示し、自己組織化原理を組み込んだ都市人口モデルを提案した。これは、混沌とした状況の中から都市の人口分布が形成されていく過程を動学的に扱っている。

P. Allen の自己組織化モデルは以下の 5 つの式から成り立っている。

$$\frac{dx_i}{dt} = b_i x_i \left(J_i^0 + \sum_k J_i^k - x_i \right) - m_i x_i + \tau \left\{ \sum_{j=1}^n x_j^2 \exp(-\beta d_{ij}) - x_i^2 \sum_{j=1}^n \exp(-\beta d_{ij}) \right\}$$

$$\frac{dJ_i^k}{dt} = \alpha J_i^k (M_i^k - J_i^k)$$

$$M_i^k = \lambda_i^k D_i^k$$

$$D_i^k = \sum_{j=1}^n \frac{x_j}{(P_i^k + \phi^k d_{ij})^e} \frac{A_{ij}^k}{\sum_{r=1}^n A_{ir}^k}$$

$$A_{ij}^k = \frac{\left[\gamma - \frac{1}{\delta + \rho^k (x_i - x_k^{\text{th}})} \right]^I}{(P_i^k + \phi^k d_{ij})^I}$$

ここで、

t : 時間変数、 x_i : i 都市人口、

b_i : 出生・転入による人口増加を表すパラメータ

m_i : 死亡・転出による人口減少を表すパラメータ

J_i^0 : i 都市基礎雇用可能量

d_{ij} : i, j 都市間時間距離

x_k^{th} : 都市機能 k を持つための人口閾値

J_i^k : i 都市の機能 k による雇用可能量

M_i^k : i 都市の都市機能 k に対する潜在需要に対応する雇用需要

D_i^k : i 都市の都市機能 k に対する潜在需要

A_{ij}^k : i 都市から見た j 都市の都市機能 k の魅力度

ε^k : 人口人当たりの都市機能サービス k の需要量

ϕ^k : i, j 都市間の距離に関する交通コスト

λ^k : i 都市への都市機能サービス k の単位需要に対応するパラメータ

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \rho^k$: パラメータ

P. Allen のモデルの特徴は動学的に都市の形成過程を再現出来ることに加えて、魅力度から都市形成を説明する点にある。本モデルの目的が都市再生施策の評価であることから、その内生化が容易である P. Allen モデルは有効と考えられる。

3.2 P. Allen モデル式の内容

式 5 は j 都市の住民の i 都市に立地する都市機能 k に対する魅力度の評価である。すなわち遠距離にある都市機能サービスの魅力度は薄れ、その地域の人口が多ければ魅力度は向上することを表している。式 4 は i 都市に立地する都市機能 k に対する潜在需要を表しており、都市の相対魅力度に対応している。式 3 は i 都市に立地する都市機能 k に対する潜在需要を供給するために必要とされている雇用者数を表している。式 2 は式 3 から導かれる潜在需要量 M_i^k と現実の雇用可能量 J_i^k とのギャップから、新たな雇用可能量の増分が決定されることを表している。式 1 は i 都市の人口増分は雇用可能量に応じ、他地域との人口の転出入は人口圧力及び距離によって決まることを表している。

つまり、人口の変化が都市の魅力度を変え、潜在需要に変化が生じる。潜在需要による雇用可能量と実際の雇用可能量とのギャップが新たな雇用を生み出し、都市の人口に変化が生じるということである。

P. Allen モデル式においては、実際のデータを用い、パラメータ推定を行う必要があるが、都市機能の出現については不連続関数となるなど、通常の統計的推計は困難である。そのため、仮想シミュレーションをおこない、パラメータ変化によるモデル変化を調べたのち、パラメータセットを繰り返し計算することでパラメータ値を求めるものとする。

この P. Allen のモデルにおいて、注意すべき点は、魅力度の取り扱いである。本モデルで定義されている魅力度は、人口が閾値を越えた時、新たな産業の創出とともに

に魅力が急増し、雇用の創出から人口が増加するようになっている。しかし、この魅力度については、その裏付けが無く、モデル内部だけでの内生変数として用いられており、その議論はあまりされていない。筆者らは、先行研究より、この魅力度の定式化を行っている³⁾。具体的には、都市内の住環境を示す厚生・交通・商業に関わる変数を抽出し、定式化した。しかし、本研究が論点とする都市再生施策に関しては、都市内の住環境要因の量的な議論とともに、その配置による利用のしやすさと言う質的な要因も考慮しなくてはならない。すなわち、都市内の活動においても施設配置のパターンから人口分布が決まり、その人口分布が次の時点の施設配置を決めると言うサイクルを繰り返す。そして、両者の組み合わせから都市の魅力度が算出されると考える。そのため、都市内における魅力度向上の構造を NN-CA モデルで算出する(4章でまとめる)。

4. NN-CA モデル^{4), 5)}

ニューラルネットワークモデル(以下 NN モデルと呼ぶ)は複雑な入出力関係においても高い現象記述能力を持つものであるが、土地-人口モデルにおいては、土地利用の変動による人口変化が他地区に伝播しない問題点が挙げられる。これは、自地区の土地利用を入力とし自地区の人口を出力とするモデル構造に問題があるとされる。そこで、NN モデルへ空間相互作用を取り込みかつ、土地利用の変化に対応した人口予測を可能とするセルラーオートマトン・ニューラルネットワークモデル(以下 NN-CA モデルと呼ぶ)の適用を考えた。

セルラーオートマトン(以下、CA と呼ぶ)の概念は「独立した細胞(セル)」の相互連関によって全体が構成されるというものである。本研究では、室蘭市を全体とし、それを構成する地区をセルと考える。そして本研究では、空間相互作用の取り込み方を2段階で考える。それは、①1つのセルの構成段階、②セル相互の連関段階である。①の「1つのセルの構成段階で空間相互作用を取り込むこと」は、自らの状態を決定するという CA の基礎概念である局所ルール決定に対応する。本研究では、セルの内部ルールを決定するために、各セル毎に空間相互作用を取り込んだ NN モデルを構築している。また、NN モデルの学習方法は、セルを一部重複させておくことで対応している。②の「セル相互の連関で空間相互作用を取り込むこと」は CA の基礎概念における、フィードバックによる相互作用に対応する。CA における空間相互作用では、あるセルに加えられた刺激がセルとセルの連関により全体に伝播する過程をシミュレーションできるものである。

このように NN-CA モデルでは、従来の NN モデルでは取り込むことができなかった空間情報を、CA におけるセルを用いて表現できる。

4.2 NN-CA モデルの構成

本研究では、セルの独立した振る舞いを NN モデルで学習させ、セル相互の関係はセルを構成する空間的要素(メッシュ)を一部重複させておくことで対応させる。

NN モデルの学習方法はセルを構成する 9 メッシュの土地データとして、人口、地価、土地利用割合(住宅地・商業地・準商業地・工業地・準工業地の 5 つ)の計 7 つを入力とし、セルの中心メッシュの人口を出力とした。なお、CA のフィードバックを構成させるためには、出力が次の入力になっていなければならないため、平成元年、6 年、11 年のデータを準備し、入力を平成元年及び平成 6 年の各データ、出力を平成 6 年及び平成 11 年の人口とした。

セルを構成しているメッシュはセル同士で重複しているため、同一メッシュのデータは 8 回学習データとして使われていることになる。また、NN モデルの学習のさせ方は、対象地域全体で 48 個あるセルを対象として 1 つの NN モデルにより学習を行った。

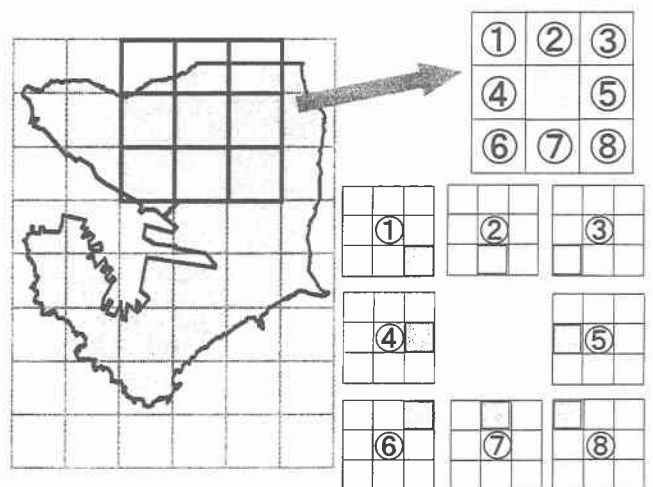


図-4 NN-CA モデルにおけるセル

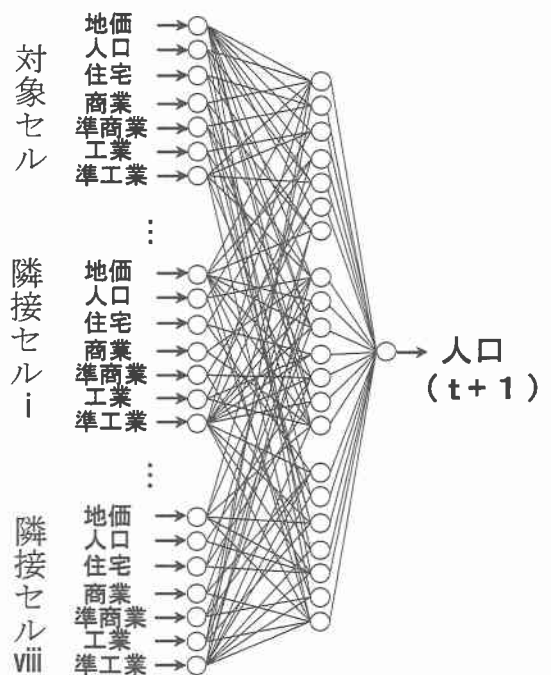


図-5 NN-CA モデルの構成

先にも述べたが、セル相互の関係はセルを構成する空間的要素(メッシュ)を一部重複させておくことで、対応している。NN-CA モデルは、NN モデルで推計されたメッシュ人口を、再度 NN モデルの入力層に用いることの繰り返し作業である。この繰り返しによって、土地利用

の変動による人口変化が対象地域全体に伝播した状況を再現できる。

5. モデル構築上の課題

本研究が目指したモデル構築は、これまで述べてきた P. Allen モデルと NN-CA モデルを連動させることにあった。つまり、現在人口の集中化が続く札幌都市圏を除く他の都市圏について都市機能の魅力度を変化させたときの人口増減量を P. Allen モデルにより推計する。推計された人口増減量を各都市圏における新たな人口分布データととらえ、NN-CA モデルにより人口密度を推計する。これを繰り返し行うことで、都市の土地利用あるいは都市施設の再配置など都市再生施策の評価を段階的に行うものである。

しかしながら、ここで問題点として、都市機能の魅力度があげられる。今回マイクロデータを持つ室蘭市にのみについて NN-CA モデルを適用したため、室蘭市については NN-CA モデルから出力される人口を宅地面積で除した人口密度を魅力度とし、他の都市圏の魅力度は以下に示すロジスティックモデルを採用することとした。

$$A_{ij}^k = \frac{q_{ij}^{k^1}}{(P_j^k + \phi^k d_{ij})^1}$$
$$q_{ij}^k = \frac{1}{1 + e^{-u_{ij}}}$$
$$u_{ij} = a_{ij} \left(\frac{X_i}{x_i} - \frac{X_j}{x_j} \right) + b_{ij} \left(\frac{Y_i}{x_i} - \frac{Y_j}{x_j} \right) + c_{ij} \left(\frac{Z_i}{x_i} - \frac{Z_j}{x_j} \right) + d_{ij}$$

魅力度 = f (病床数、自動車保有台数、小売業販売額)

X_i : i 都市圏の病床数

Y_i : i 都市圏の自動車保有台数

Z_i : i 都市圏の小売業年間販売額

x_i : i 都市圏の人口

a_{ij} , b_{ij} , c_{ij} , d_{ij} : パラメータ

病床数、自動車保有台数、小売業年間販売額は、魅力度の要素となり得る商業、福祉、交通の3要素から抽出されたものである。さらに加えて、NN-CA モデルによる出力を P. Allen モデルの魅力度として用いる際には、数値データでなければならず、現時点では、都市の施設配置などは直接的に入力することは困難である。

6. 結論

近年の公共投資減少下において、広域分散型社会構造は費用に対する効果を追求した場合、非効率的であると指摘されている。一極集中型都市のメリットは、効率性である。これは、投資に対する効果が高い事を示しており、産業においても、福祉・厚生・教育面でも充実している。一方、分散型都市では人口減少下における過疎化に悩む市町村も多い。戦後の高度成長と人口の増加に伴い、この問題は都市集積と過疎化とに雇用面から表面化したのが安定成長期に入った現在、生活質の面から再び問題となっている。

その一方で、人口が大都市へ一極集中することにより、都市の空洞化や治安の悪化、環境問題などの外部不経済

が指摘されており、この是正等として、分散型社会の再構築が必要と考える。また、国土の保全・維持・管理面からもその有効性は高い。

また、都市内に目を向けると、人口規模の増加に伴い、市街地の拡大と郊外化が進んできた。人口の空洞化が起きているにもかかわらず、都心部での地価の高騰、渋滞問題などが発生している。そのため、都市の生活質の低下が見られ、魅力度が減少している。最近、その改善策として、中心市街地の再活性による都心部への人口定住と住環境改善策が議論されている。中心市街地は、都市のシンボリック存在であり、歴史的な見地からもその保全は必要である。

この様に、広域的な人口分布から見た時には多極分散を促すための都市の魅力度増加策を、また局所的には都市再生のための中心市街地再活性という異なる2つの問題が存在している。本研究は両者が独立に議論されるのではなく、影響が互いにフィードバックして発展して行くと言う過程を分析するための有効であると考えている。

7. 今後の課題

本研究は都市再生施策評価のためのモデルの提案を行い、以下の点について問題提起した。

- ① 散型社会構造と都市再生施策の関係を理論化
- ② 市間人口流動マクロモデルと都市内人口分布マイクロモデルの統合

分析の結果は発表会当日に述べる。今後は具体的な施策の提案を行い、本モデルを通してその定量的評価を行う事である。

参考文献

- 1) Allen. P. M and Sanglier. M : Urban Evaluation, Self organization, and Decision-Making, Environment and Planning A, Vol. 13 pp. 167-183, 1981
- 2) 山口宗吾、宮田譲、山村悦夫：地域人口分布の自己組織化モデルについて、土木学会北海道支部 土木学会論文報告集、pp.475-480、1989
- 3) 塚崎宗司、菅亜紀子、田村亨：北海道横断自動車道がもたらす人口のストロー効果について一タ張 - 十勝清水間の開通を対象として一、土木学会北海道支部 土木学会論文報告集 pp.434-437、1999
- 4) 佐々木恵一、田村亨、斎藤和夫：ニューラル・セルラーオートマトンを用いた土地利用一人ロモデルの構築ーフィリピン、メトロマニラ都市圏を対象として一、第 34 回日本都市計画学会学術研究論文、pp.229-234、1999
- 5) 大貝輝、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、第 33 回日本都市計画学会学術研究論文、pp.337-342、1998
- 6) 塚田建人、佐々木恵一、田村亨、枅谷有三：高速道路整備が人口分布に与える影響の把握、土木学会北海道支部 土木学会論文報告集 pp.614-617、2000
- 7) 北海道統計協会：北海道市町村勢要覧、(1988~1999)
- 8) 総務省：国勢調査、1990、1995