

IV-78 並列処理型 NN モデルによる都市成長過程の把握

函館工業高等専門学校 正員 ○佐々木 恵一
室蘭工業大学 正員 田村 亨
専修大道短大 正員 榊 谷 有三

1. はじめに

最近注目を集めている複雑系は、自然科学、社会科学の分野で今までモデル化が困難であった現象の再現という点で多くの成果をあげている。その特徴は、ある簡単な動作をする要素が数多く集まり形成されたシステムが新しい性質や能力を生み出し(創発)、予測が困難な現象を生み出すというものである。現段階の複雑系研究は現状再現に力を置いているが、複雑系解明には創発の情報論的原理の解明が進んでいるため、複雑な現象を把握して予測するための一手法となる可能性を内包している。本研究では複雑系の一つであるとされているセルラーオートマトン(Cellular Automaton、以後 CA と略す)を用い、都市モデルの構築を目的とする。また都市成長を複雑系と捉える際、空間相互作用の把握にはニューラルネットワーク(Neural Network、以下 NN と略す)モデルを適用する。

2. 空間相互作用と都市モデル

従来型のマクロ都市モデルの基本構造は、商業地・就業地を魅力度、距離を抵抗パラメータとし、居住地へ人口を配分する方法が取られてきた。例えば、ピーターアレンは都市に人口が集中することにより雇用が発生し、人口増がもたらされ、その様な都市が相互に影響し合いながら成長するという多都市モデルを開発した。これらの理論モデルはモデル構築上の仮定を中心に議論され、多くの場合現実への適用可能性は重要視されていない。

ここ数年、経済学の分野では収穫一定とする伝統的な国際経済学・地域経済学に対して、「新しい空間経済学」の研究が発展してきている。この分野は規模の経済と輸送費用との交互作用により内生的に生じる集積力と自己組織化を中心として、あらゆるレベルにおける空間・地域経済システムの形成と発展を、統一的に理解しようとするものである。この方法は一般均衡理論を中心とする伝統的な数理経済学の拡張として独自に発展してきたものである。

一方、ミクロモデルは合理的経済人を前提とするモデ

ルから限定合理性を導入するモデルまで発展してきているが、これを都市モデルへと拡大することは緒についたばかりである。例えば北村論文では、一人一人の活動をシミュレーションして都市活動を再現している。

3. 複雑系における CA¹⁾

複雑系とは、エレメント(要素)がたくさん集まって出来た一つのシステムであり、そこでエレメントが集まった時、新しい性質や能力が生まれるシステムである。現在の状況が決まれば、未来の状況が一意に決まるシステム(決定論的系)においても未来の予測が困難な運動(カオス)が生じる時があり、このカオスの存在は力学的世界観に大きな影響を与えた。一方、複雑系では要素間の関係から個々の要素の性質からはただちに予測できない創発を考える。この創発は、系のすべての現象はそれぞれを構成している要素の性質から説明できるとする要素還元主義の限界を示す複雑系の重要なキーワードである。これを社会現象に置き換えると、人が集まると人間関係(=局所的なルール)が生まれ、それが広がると社会が構成され(=創発)、そして自ら構成した社会規範が個人の行動原理(=ルール)に影響を与える(=フィードバック)というシステムである。すなわち、局所ルールからはただちに分からない創発の情報論的な原理の解明が、複雑系科学の主要な課題となってきた。しかし、複雑な系を理解する適切な方法を、現在の物理学は持っていない。

このような複雑なシステムと関連して何故かその答えが分からない現象を説明しようとする理論として「複雑適用系」が誕生した。

近年、自然科学の分野で注目されている CA は、簡単なルールに従って時間とともに機械的に発展する細胞状の要素の集まりのことであり、CA の時間発展するルールはごく単純であるのに、挙動がフラクタルやカオスになる。この性質は複雑適用系を理解するにあたり有効と考えられ、注目を集めている。また、複雑系とは別の見地から発展してきたシステムの中に NN モデルがある。人間の脳を

keyword : Cellular Automaton, Neural Network Model, 土地利用, 人口予測

〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 TEL : 0143-46-5287 FAX : 0143-46-5288

モデリングすることを目的として発展してきたNNモデルは、内部をブラックボックス的に扱うため、構造の把握は出来ないが、その優れた現状再現能力は複雑な現象のモデリングに多く適用されている。

4. NN-CA を用いた都市モデル

NN モデルを都市計画の分野に適用した例は多い。清水²⁾らは、2 層 NN モデルを空間相互作用モデルに適用し、集計ロジックモデルとの比較を行っている。大貝³⁾らはメッシュデータを用い、NN モデルによる商業立地の予測モデルを構築した。これは従来のグラビティモデルとは異なり、空間相互作用を周囲の状況とのパターン認識として扱っている。また、荒木⁴⁾らは市街地の発展を、都市が各時点に有する都市のポテンシャルが、それまでの面整備ストックと都市内に新たな土地地区画整理事業を実施するかによって左右されるとし、パターン分析を行い土地地区画整理事業の効果を推計している。

本研究では、都市のポテンシャルを人口と考え、都市内の面整備ストックにより人口分布が決まり、新たな土地利用変化が人口分布に影響を与えることを仮定して、モデルを構築した。すなわち土地利用変化を受け面整備のストック量が更新されると、新たな人口分布が形成され、これが平面的に広がりを持ちながら繰り返され、都市が時間発展すると仮定する。ここで、面整備ストックと人口の関係の定式化に NN モデルを用いた。具体的には、対象地域とその周辺の土地利用、人口データを入力し、将来の人口を出力するように学習を行う。そして得られた NN モデルを CA 上で動作し、そのマクロなふるまいから都市の成長過程を分析する(図1)。具体的には、9つの地区からなる1セルを NN モデルの基本推計単位とし、全地域にわたって並列的に NN モデルのパラメータを推計する。

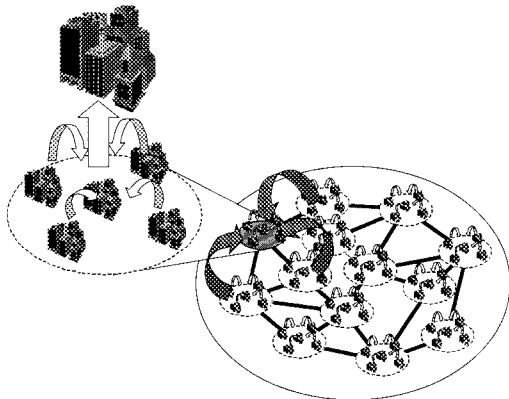


図1 NN-CA 都市モデル

本研究ではフィリピンマニラ首都圏を対象に、従来型の NN モデルと NN-CA モデルを適用した。図 2 は両モデルの相関図である。これより、NN-CA モデルの方が従来型の NN モデルよりも高い相関がえられた⁵⁾。

予測値(人/ha)

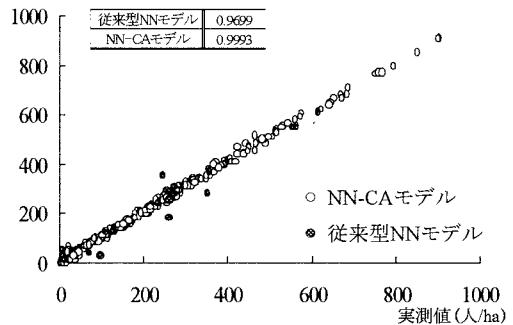


図2 相関図

5. おわりに

現在、モデルのシミュレーションを行い、土地利用と人口の関係を再現する試みを続けている。今後は創発現象に注目し、そのメカニズムを分析することで、土地利用の変化と人口の関係を明らかにする。本研究が目指すものは、市街化地域の線引き見直し、社会基盤整備順位の決定、施設配置の量とそのタイミングの評価などを議論出来るモデルの構築である。

本研究は日本学術振興会「メトロマニラ環境保全」プロジェクトの研究助成を得て管領したものである。

参考文献

- 1) 加藤恭義, 光成友孝, 築山洋: セルオートマトン法・複雑系の自己組織化と超並列処理, 森北出版株式会社, 1998 年
- 2) 清水, 宮城, 森: ニューラルネットワークの空間相互作用モデルへの適用可能性, 土木計画学研究・講演集 No.16(1), pp343~348, 1993 年 12 月
- 3) 大貝, 河合: 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, pp337~342, 1998 年
- 4) 荒木, 宮下, 木村: 地方中核都市・中核都市の土地地区画整理事業施行パターンに関する基礎的研究, 第 32 回日本都市計画学会学術研究論文, pp211~216, 1997 年
- 5) 佐々木, Noriel C. Tiglaio, 田村: ニューラルネットワークモデルを用いたマニラ都市圏の土地利用モデルの構築, 土木計画学研究・講演集 No.21(1), pp165~168, 1998 年 11 月