

論文の内容の要旨

論文題目 人工社会モデルを用いた集落形成過程の研究

氏 名 田村 順子

都市は、個人のミクロな動機が引き起こす行動の流動性に膨張と縮小をうながされ、複雑なリズムを刻みながら常に変化している。こうした人間社会の現象は、その主体である個人のユニークさと、不完全な情報に基づく行動のため、「複雑」な科学とされている。もし、この人間社会で起こる現象の原理を追求しようとするならば、人はなぜ移動するのか、あるいはなぜ集団を形成するのかといったことに自問自答できなければならず、つまり、個人の特異性や不完全性といった特性をも考慮して考えなければその本質に迫ることはできない。しかし、今わかっていることもある。それは都市あるいは集落にはスケール（面積や人口の多少など）に関係なく共通して、1)システムが存在し、2)そのシステムにはルールが組み込まれているということである。つまり、このシステムとそのルールを組み込んだモデルを構築すれば、都市・集落で起きている様々な現象を理解することができるかもしれないのである。

本研究は、人間社会の現象を対象とした際にしばしば利用される「エージェントベースモデル（或いはマルチエージェントシステム）」（以下 ABM）を採用した人工社会のコンピュータモデリング技術を用いて、「個」の単純な局所ルールを設け、シミュレーションを行うことで、ボトムアップ的アプローチから巨視的レベルで起きている複雑な社会現象及び社会構造の創発に焦点をあてるものである。

しかし、都市の要素は複雑に絡み合い、その数も膨大で、都市モデルを構築することは極めて困難である。そこで本研究では、まず、人（エージェント）・環境（ランドスケープ）の関係を考えた時に最もプリミティブである状態を想定する。つまり、農民（エージェント）が作物を栽培しながら生き続ける集落スケールの孤立した農地（ランドスケープ）を想定し、そのエージェントとランドスケープに属性を与え、更にエージェントには行動ルールを設け、エージェントの移動と集積をシミュレートすることで集落形成過程を観察する。そして、この過程を通して社会システムとしての都市を理解することが本研究の目的であり、単純なルールから発生する複雑な現象の「発見」に期待する。

本論は、序章と終章を含め、全9章及び APPENDIX の四部構成になっている。第一部は導入部分で、第二部では接近方法の説明及びモデルを構築し、第三部ではモデルの応用を図り、第四部は結論である。以下に各章の概要を記す。

第一部の序章は導入部分であり、本研究の研究背景及び目的を明示する。

第二部の第1章から第4章では、本研究における接近方法である人工社会と ABM のシミュレーション方法に関して概要を説明し、モデルを確立するためにパラメータを徐々に増やしながら、シミュレーションを実行することによって各々の影響を観察する。そのために、エージェントが動き回る環境を規定し、エージェントに属性と行動ルールを与え、シミュレーションを行う。

第1章では、まず、社会システムとしての都市の概念について述べる。本研究は、エージェントと環境との相互作用による人間社会の現象を、「エージェントベース」のコンピュータモデリング技術を用いてシミュレートするために、その基礎理論として用いる人工社会と ABM のシミュレーション方法に関して理解を深める。更に、これらのシミュレーション方法を社会科学的に関連づけたシェリングの分居モデルと *Sugarscape* モデルの説明を行う。

第2章から第4章ではモデルの開発を段階的に説明し、ケーススタディーを実施することによってシミュレーションを行い、その結果を観察する。

第2章では、本研究の分析で用いる *SK² Simulator (Shuraku Keisei Katei Simulator, 以下 SK²)* の基礎的な構成要素を挙げ、モデルの基本的な構造を紹介する。最初に、エージェントが動き回るランドスケープ（環境）を規定し、エージェントに属性と行動ルールを与える。ランドスケープパラメータの設定を変えると異なる環境が生成されるが、エージェントが異なるランドスケープに置かれた時に、その異なる環境がエージェントの集積パターンと貯蔵量（貯蔵量とはエージェントが土地を耕し、栽培した作物の収穫量のこと、これを増やすことを目標としている）にどのような影響を与えるかを観察する。また、共通するランドスケープにエージェントを置き、エージェントの属性である技量と消費量が貯蔵量にどのような影響を与えるかを観察する。

第3章では、エージェントの土地所有のルールと小作人を雇用するルールを設定する。これらのルールを導入することで、エージェントは貯蔵量がある基準に達すれば土地代を支払い、土地を購入して自分の領域を作り、同時に小作人を雇用する。この時、社会には異なるルールに従い行動するエージェントが存在することになるが、そのルールがエージェントの定住・雇用状況にいかなる影響を与えるかを観察する。

第4章では、エージェントにストラテジーを与え、更にモデルを発展させる。ストラテジーとは、エージェントが選択する作物の栽培方法と農法の組合せのことで、6通りのストラテジーのいずれかをエージェントの属性に加える。エージェントは貯蔵量を増やすという目的に向かって行動するが、それぞれのエージェントは同じ目的に向かって異なるストラテジーを取るというルールを導入し、それぞれのストラテジーがエージェントの行動パターン及び集落形成過程にどのような影響を与えるかを観察する。

第二部において SK^2 を段階的に発展させ、パラメータを変更しながらシミュレーションを繰り返し行うことで、エージェントが目的に向かって行動するために与えられている属性の中から有効なパラメータとそうでないものが区別できる。また、エージェントの属性や環境パラメータに関して考察する上で、モデルの設計段階で想定されないエージェントの行動パターンや集落形成過程を観察することができる。

第三部では、第二部で構築された SK^2 を用いてモデルの応用を3つ行う。

第5章では、 SK^2 を用いながらランドスケープに標高を与える。第4章までは平野の農耕地を前提にシミュレーションが行われるが、作物の収穫量は標高によって大きく左右されるものである。収穫量は標高が高くなれば減少することを踏まえると、エージェントは今までのランドスケープの設定と標高の両方を考慮して行動しなければならない。そこで、標高を掛け合わせた新たなランドスケープを考え、それがエージェントの行動パターン及び集落形成過程に与える影響を観察する。

第6章では、 SK^2 を用いてモデルに気候変動を与える。第5章までは理想的な気候を基準に作物の収穫量が決定されるが、気候条件は作物の生育に影響を与えるためにこれを考慮し、 SK^2 に気候変動を加え、社会に異常災害（カタストロフィー）を発生させる。カタストロフィーには4種類あり、各々には強弱があるとする事で社会には8通りのカタストロフィーが存在することになり、これらに属性を与えることで作物の生育に異変が生じた場合のエージェントの貯蔵量を観察する。

第7章では、 SK^2 を用いたモデルに障害物を設ける。まず、この障害物を河川と想定し、第5章の標高が設定されたランドスケープを用いてシミュレーションを行う。次に、障害物及び標高が設定されたランドスケープに第6章のカタストロフィーを合わせることで社会に洪水が発生した場合のシミュレーションを行う。そして、障害物が与えるエージェントの行動パターンと、洪水によって集落が消滅することがある場

合の集落形成過程を観察する。

終章では、本論全体の結論と展望を総括する。本研究で行われたシミュレーションに関して考察し、得られた新しい知見、課題とその対応策を今後の展開で明示し、最後に本研究の意義について述べる。本研究の意義は次の点にある。 SK^2 のシミュレーションで得られた結果からは、世界のどこかに存在するいくつかの集落を連想することができる。これは SK^2 が集落形成過程をシミュレートするモデルとしては有用であることを意味しており、集落で起きている様々な現象を理解することができるモデルである。よって、同じ手法を用いれば、都市モデルを構築することも可能であることを示唆している。 SK^2 の結果は、パラメータを変えながらシミュレーション実験を繰り返したことで初めて共通するパターンを認識することができたもので、これが社会の原理の発見へと結びつき、こうした方法論を提示することができたことに本研究の独創性を示す。

APPENDIXには、パラメータを変更しながら行われたケーススタディーのシミュレーション結果を掲載する。また、シミュレーションで使用したパラメータ及びルールは、基礎モデルと応用モデルに分けてまとめられてある。