

課題番号 jh160015-NAH

## 空間経済学における秩序形成:産業・人口集積のコーディネーションと都市規模・空間パターン におけるフラクタル構造の創発

研究課題代表者 森知也 (京都大学経済研究所)

概要 多くの国の間で国内の都市の人口規模分布が類似したべき乗則を示すことが知られている。さらに、この秩序は、国内の空間的に近接した都市群で構成される地域経済圏において、空間的なフラクタル構造を持って発現することが、研究課題代表者らによって実証されている。本研究は、異なる規模の経済に従う多数の産業を含む空間経済をモデル化し、これらの集積行動の相互作用の結果として、この事実を理論的に再現する。特に、このような高次非線形モデルでは多数の安定均衡が存在するため、大型計算機を用いてそれらの内から多数を無作為に抽出し、同秩序形成が、抽出された安定均衡群の一般的な性質であることを示す。

### 1. 共同研究に関する情報

#### (1) 共同研究を実施した拠点名

京都大学

#### (2) 共同研究分野

- 超大規模数値計算系応用分野
- 超大規模データ処理系応用分野
- 超大容量ネットワーク技術分野
- 超大規模情報システム関連研究分野

#### (3) 参加研究者の役割分担

**森知也 (京都大学・経済研究所)** 理論モデル開発・研究統括・実証分析

**高山雄貴 (金沢大学・理工研究域)** プログラム開発・数値解析

**中島浩 (京都大学・学術情報メディアセンター)** プログラム高度化・最適化

### 2. 研究の目的と意義

「集積」は今日の経済立地の代表的形態であり、先進国、及び、途上国における先進地域においては、人口の80%以上が都市に集中する。この事実は、国内に限らず、国際地域における経済地理を理解する上で、経済集積原理の解明が鍵であることを意味している。経済集積の特徴的な性質は、その規模の多様性である。例えば、2010年の日本では、人口の90%以上が住む200余りの都市の人口は、平均が55万人であるのに対し、3500万人の東京から2万人の倶知安まで幅広い。

森らは、一国内の都市システムが、大都市の周囲に小都市群が集積する、都市の「空間結束性」の再帰的生起による空間的フラクタル構造と、国・地域レベルの都市規模分布が極めて類似した冪乗則に従う秩序形成で特徴づけられることを、日米独のデータを用いて示している。

都市経済学では、都市の多くの経済的性質が、その人口規模と極めて高い相関を持つことが知られている。従って、都市規模分布に関して、上述のような冪乗則を伴う空間フラクタル構造が安定的に維持される事実は、産業構造や人口構成と強く相関する都市の人口規模が、極めて安定的な内生的秩序に支配されていることを意味し、それは経済政策の策定において無視できない事実である。

都市経済学を含むより一般的な空間経済学において、1970年代より、規模/外部経済を集積の主要因とする実証結果が蓄積され、対する理論モデルが提案されてきた。しかし、殆どの場合、立地空間の単純化で集積は極端に抽象化され、現実の集積規模の多様性は十分に説明されない。その理由は、集積規模の多様性を内生化するには、異なる規模の経済に直面する多様な経済活動と多数の地域を含む高次非線形モデルを要し、解析が困難なためである。

本研究では、異なる規模の経済に従う多様な経済活動を含む多地域モデルに円環立地空間と適切な均衡探索規則体系を組み合わせた上で、大型計算機を用いることで、従来不可能であった高次非線形モデルの下でモンテカルロ実験を実現する解析環境を整備し、この問題を解決する。この解析環境により、上述の、都市規模分布の冪乗則を伴う空間経済のフラクタル構造を、マイクロレベルから理論的に再現することを目的としている。

### 3. 当拠点公募型共同研究として実施した意義

本研究が対象としている高次非線形モデルの解析は、経済学においては前例が少なく、効率的な計算を実現するためのプログラムのチューニング、及び、基本ケースにおける均衡のサンプリングを終了させるために、1 年間の個人レベルの研究費では不可能であった計算資源を利用できたことは、極めて有益であった。また、既存の最先端の大型計算機において、現実的な時間で計算可能な仮想経済の規模について具体的な見当をつけることができた点も、今後の研究で対象とし得る仮想経済の規模の決定において、多いに参考になり、意義があった。

### 4. 前年度までに得られた研究成果の概要

理論面では、一国内の都市システムが、大都市の周囲に小都市群が集積する、都市の「空間結束性」の再帰的生起による空間的フラクタル構造と、国・地域レベルの都市規模分布が共通の冪乗則に従う秩序形成で特徴づけられることを、日米独のデータを用いて示し、本研究で検証する基本的仮説に関して、実証的な根拠となっている(Hsu他, 2014)。

実証面では、地図上で個々の産業の集積群を同定するクラスター検出手法を開発し(Mori and Smith, 2014)、これを用いて、個々の産業が固有の空間的周期で集積し、複数の産業の集積周期が同期することにより、フラクタル構造が生ずることを示す実証結果を得た (Mori他, 2008, 2011)。これらは、現実の都市の規模・空間配置及び産業構造が、規模の経済による内生要因で決まることを示唆し、本研究で用いた理論モデルのマイクロメカニズムの定式化において、実証的基礎を与えている。

#### 引用文献：

Hsu, W., Mori, T., Smith, T.E. (2014) Spatial patterns and size distributions of cities. Discussion Paper No.882, Institute of Economic Research, Kyoto University.

Mori, T., Nishikimi, K., Smith, T.E. (2008) The number-average size rule: A new empirical relationship between industrial location and city size. *Journal of Regional Science* 48: 165-211.

Mori, T., Smith, T.E. (2011) An industrial agglomeration approach to central place and city size regularities. *Journal of Regional Science* 51: 694-731.

Mori, T., Smith, T.E. (2014) “A probabilistic modeling approach to the detection of industrial agglomerations.” *J. of Economic Geography* 14: 547-588.

### 5. 今年度の研究成果の詳細

理論面では、多地域円環立地空間とフーリエ解析を用いて、規模の経済・輸送費用と経済集積の空間周期の関係に関する解析枠組を構築し、特に、個々の産業の集積形成が、規模の経済の程度により決まる産業固有の空間的周期を示し、規模の経済の程度が大きい産業ほど集積の空間的周期が大きくなる実証事実に対して、マイクロ経済学的基礎を築いた。研究成果は、本年8月を目処にディスカッション・ペーパーとしてまとめる予定である。

また実証面では、経済集積に特化した統計的クラスター検出手法により同定した産業集積群を用いて、個々の産業が異なる空間的頻度で集積し、かつ、異なる産業間で共集積する傾向が統計的に極めて顕著であることを示した (Mori, 2017)。これらの結果は、大型計算機を用いた経済地理モデルの理論・実証的基礎となっている。

大型計算機を用いた数値解析では、1次元円環立地空間の下で、現実の国レベルの現象として最も一般的な、(日本・アメリカ・ドイツなどのような)一極経済において約1000の都市形成が起こるケースを基本ケースとして、プログラムの高度化・チューニングを行い、安定均衡の無作為標本を1000個算出した。さらに、これらについては、上述の冪乗則を伴う空間フラクタル構造の発現に成功している。より現実的な2次周期境界空間についても計算を試みたが、現状、現実的な計算時間で、実経済と同等な規模の仮想経済を扱える水準に至っていない。

### 6. 今年度の進捗状況と今後の展望

本研究でチューニングした数値解析プログラムを用いて、1次元円環立地空間の下で、(中国・インドのような)複数極経済の場合を含め、基本ケースの結果の頑健性を検証し、現実経済で観察される典型的な状況について理論的再現を試みる。十分な標本数の確保が見込めない2次元立地空間に関しては、数値例を構築し、1次元立地空間で得られた結果について最低限の頑健性の検証を行う。実証研究では1kmメッシュレベルの詳細人口分布データを用いて、個々の国レベルから、地球規模を対象を広げ、同様な秩序形成について実証分析を行う。

### 7. 研究成果リスト

#### (1) 学術論文

Mori, T. (2017) “Evolution of sizes and industrial structure of cities in Japan from 1980 to 2010: Constant churning and persistent regularity.” *Asian Development Review* (近刊).

(2) 国際会議プロシーディングス

無し

(3) 会議発表(口頭, ポスター等)

森知也, “Evolution of size and industrial structure of the urban system in Japan: 1980-2014”, (アジア開発銀行主催) Asian Development Review Conference on Urban and Regional Development in Asia, Seoul, July 1-2, 2016.

(4) その他(特許, プレス発表, 著書等)

無し