

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 7 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：平成 22 年度 ～平成 24 年度

課題番号：22530242

研究課題名（和文） 都市形成過程を表す複雑系数理経済地理モデルと
その計算機シミュレーション研究課題名（英文） The Construction of a Mathematical Economic and Geographical
Model using the Complex System for an Economic Analysis of the
Urban Formation Process and Its Computer Simulation

研究代表者 高木一郎（TAKAGI ICHIRO）

東海大学・総合経営学部・教授

研究者番号：90226746

研究成果の概要（和文）：

数値計算プログラムを人口密度と地域別実質賃金の計算に利用し、正確に人口密度と実質賃金の時間的空間的変化を追跡して、人口移動モデルに内生的経済成長モデルを様々な形で連立させても、モデルの挙動を追跡することができた。また、プロトタイプモデルの von Thünen model や Dixit-Stiglitz model 等との整合性を数値実験で検証し、クルーグマンが指摘した、自己組織化過程により大都市が中核に位置し、周辺に複数の衛星都市が生まれる Edge City の形成過程が正しく説明できた。

研究成果の概要（英文）：

Based on a population movement model of the socio-dynamics, we built a mathematical economic and geographical model. In this study, I. Takagi, a mathematical economist, and M. Tabata, a mathematician whose specialty is numerical analysis have satisfactorily analyzed the model of the socio-dynamics from the viewpoints of an endogenous economic growth model and numerical analysis.

In a mathematical model of population movement, it is difficult to calculate a population density function directly due to specificity of the distance and time lag effects. Therefore, traditional methods in numerical analysis could not be applied to the study and the research on this topic has been delayed for a long time. On the other hand, by the advancement of the mathematical statistics theory of computation, by using mathematical statistical pan-function of the population density function (capacity and entropy), the algorithm to evaluate latromathematical school agent based model has been developed. In calculating population density and regional real wage in the mathematical economic and geographical model, a program package for numerical analysis incorporated the highest calculation technique was used. Therefore, we could grasp the spatial and temporal change of population density real wages easily and precisely, and a population movement model came to be able to in this way chase the behavior of the model quickly even if we let an endogenous economic growth model be alliance in various form.

We inspected whether the prototype model that we built is consistent with such models as von Thünen model, Dixit-Stiglitz model, and Simon model by a numerical value experiment. Then, we examined whether a big city was located in the core by a self-organization process pointed out by Krugman and whether we could explain in the prototype model that a formation process of Edge City where plural satellite cities were born in the outskirts built.

We repeated a correction of the prototype model that we built and decided the final mathematics model. By a final mathematical model, we were able to explain the birth of the city, self-organization of the many hierarchical structure of the city, and a formation process of Edge City where satellite cities were born around metropolis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
22年度	1,100,000	330,000	1,430,000
23年度	1,200,000	360,000	1,560,000
24年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：経済学

科研費の分科・細目：経済学・応用経済学

キーワード：人口移動，Master 方程式，社会力学，複雑系数理経済モデル，自己組織化，数理統計学的汎関数，人口密度関数

1. 研究開始当初の背景

空間経済学は、人口増加や経済成長という規模と集積の経済と輸送費用との相互作用により、内生的に自己組織化される空間的構造を明らかにすることを目的としている。この集積効果によって資本と人口は互いに影響しあって多階層的な都市構造を形成する。同時にこの都市形成システムは硬直的なものではなく、長期的には変成して都市構造は変化していく。このようなシステムの変成は、経済の集積が持つロックイン効果のために、経路依存的になるが、同時に初期状態が将来の都市の空間構造を決定する。このような自己組織化過程では、中心都市が中核に位置して周辺に複数の衛星都市が生まれる現象が観察される。このような Edge City の形成過程は P. Krugman により指摘されているが、このような空間経済学的な自己組織化現象を表現する包括的な複雑系数理経済地理学モデルは構築されていなかった。

2. 研究の目的

ノーベル経済学賞受賞者 P. Krugman が、著書 (M. Fujita and P. Krugman: *The Spatial Economy*, MIT Press, 2001, 邦訳：空間経済学，東洋経済新報社) で指摘しているように、「どのようなメカニズムで人口が集中し産

業が発展していくのか」、また「どのようにして都市構造が生成されるのか」を解明することは、経済学と地理学の境界分野である経済地理学 (economic geography) の最も中心的な問題である。数理社会学 (mathematical sociology) の一分野である社会力学 (Sociodynamics) では、人口移動現象を表すマルコフ過程の数理モデルが構築されている。しかし、このモデルでは資本の集積効果が全く考慮されていないので、単純な人口集中現象は記述できても、実際の都市形成において中心的な役割を果たしている人口と資本の多階層的集積による自己組織化現象を数理経済学的に記述することはできない。本研究では社会力学の人口移動モデルと内生的経済成長モデルとの融合を試み、エージェント・ベースド・モデルの数値計算プログラムパッケージを用いて新しい数理経済地理モデルを構築し、空間経済学の中心概念である規模と集積の経済と輸送費用との相互作用により、都市という複雑系がどのように内生的に自己組織化されるのかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

人口移動現象について有力な数値計算結果が得られているにも関わらず、人口移動モ

デルと内生的経済成長理論との融合を試みる研究は、Max-Planck 研究所の進化経済学グループによって限定的なモデルが構築されただけで、十分には成功していなかった。これは人口移動モデルの構築には非常に高度な数値解析ツールが必要であり、経済学者だけでは数値計算の実行が困難であったからである。そこで私たちは経済学者（高木）と数学者（田畑）によって研究組織を作った。今日の急速な数値解析学の進歩により、離散力学系数理モデルの一種であるエージェント・ベースド・モデルが開発され、数理経済学の有力な道具と看做されるようになってきた（M. Aoki and H. Yoshikawa: *Reconstructing Macroeconomics : A Perspective from Statistical Physics and Combinatorial Stochastic Processes*, Cambridge University Press, (2006)). 本研究では、このような最新のシミュレーション手法であるエージェント・ベースド・モデルを用いることにより、数理経済地理モデルの挙動を数値解析して、都市の誕生と消滅のプロセス、および都市のクラスター型の多階層構造の内生的変成を解析した。既に行っていた数値計算結果から社会力学のモデルは単階層構造を形成することが分かっていた。このモデルを発展させることにより、今まで数理モデル化が困難であった都市の多階層形成過程を正確に表現することが可能になった。実際いくつかの数値実験では、中心部分に大都市が形成されその周辺に衛星都市が形成されるという Krugman の Edge City の形成発展過程を、von Thünen model 型の球対称モデルの場合に描写することに既に成功しており、この試みは大変有望であると言える。私たちはこのような最先端の数値計算技法を援用する強力な方法により、人口移動モデルと内生的経済成長モデルを融合させ、都市の多階層自己組織化現象を記述する複雑系数理経済地理モデルを構築した。

4. 研究成果

本研究には次の2つの研究成果がある：
(i) 今まで十分な研究がされていない経済地理モデルの中心的な問題の数理モデルを構築した。(ii) 数理経済学の有力な数学的

道具と看做されながら、その数学的な困難さから十分に使われてこなかった最先端の数値解析技法であるエージェント・ベースド・モデルを、使いやすい数値計算プログラムパッケージの形で経済学者に提供し、数理経済地理モデルを構築した。さらに本研究は、このような学術的意義だけでなく、大きな社会的意義を有している。元来 Weidlich-Haag の人口移動モデルは、EU 域内の人口移動予測を目的とした社会貢献指向の実証性重視の数理モデルである。日本では少子高齢化に伴って、地域間の人口移動は緩やかになると、かつては信じられていた。しかし長期に亘る過疎化によって人口減少が続いている。地方、集落が短期間に消滅するような人口流出が起き、それと同時に東京のような大都市では、急激な人口の流入が起きることが確実視されている（石川義孝【著】：人口移動転換の研究，京都大学出版会，2001）。このように都市の人口集中と地方の人口流出は、人口爆発する都市を多く抱える中国や東南アジアは勿論、日本にとっても重要政策課題の一つである。本研究は、このようなアジアの重要政策課題に対して数理経済学的アプローチを試みるものであった。本研究課題はこの政策に対して重要な示唆を与えるものであり、大きな社会的意義を有していると言える。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計5件）

1. M. Tabata and I. Takagi

“An Extension of Krugman’s Core-Periphery Model to the Case of a Continuous Domain: Existence and Uniqueness of Solutions of a System of Nonlinear Integral Equations in Spatial Economics,” Nonlinear Analysis Series B: Real World Applications, to be published. Elsevier Science, 2013. (査読有)

2. M. Tabata, I. Takagi, and N. Eshima

“Three Predictive Power Measures for Generalized Linear Models: Entropy

Coefficient of Determination, Entropy Correlation Coefficient and Regression Correlation Coefficient,” Computational Statistics and Data Analysis, Vol.55, pp.3049-3058. Elsevier Science, Sep., 2011.

(査読有)

3. M.Tabata and I.Takagi

“*A Mathematical Modeling Approach to the Formation of Urban and Rural Areas: Convergence of Global Solutions of the Mixed Problem for the Master Equation in Sociodynamics,*” Nonlinear Analysis Series B: Real World Applications, Vol.12 Issue 6, pp. 3261-3293. Elsevier Science, June 2011. (査読有)

4. M.Tabata, I.Takagi, and N.Eshima

“*Entropy Coefficient of Determination for Generalized Linear Models,*” Computational Statistics and Data Analysis, Vol.54, pp.1382-1389. Elsevier Science, Oct., 2010. (査読有)

5. M.Tabata, I.Takagi, and N.Eshima

“*A Mathematical-Model Approach to Human Population Explosions Caused by Migration,*” Nonlinear Analysis Series B: Real World Applications, Vol.11, pp.4027-42. Elsevier Science, Sep., 2010. (査読有)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木 一郎 (TAKAGI ICHIRO)
東海大学・総合経営学部・教授
研究者番号：90226746

(2) 研究分担者

田畑 稔 (TABATA MINORU)
大阪府立大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70207215

顧 ウェン (GU WEN)
東海大学・総合経営学部・教授
研究者番号：90352400