

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 18 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360202

研究課題名(和文) マルチ・スケール空間における都市・産業の階層的集積原理

研究課題名(英文) Urban Hierarchy Principles in a Multi-scale Spatial Economy

研究代表者

赤松 隆 (Akamatsu, Takashi)

東北大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90262964

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：経済活動の立地集積現象では、様々なスケールの空間的パターンが現れ、「都市階層原理」と呼ばれる頑健な規則性が成立している。本研究は、この規則性が創発するメカニズムを説明する理論モデルを提示した。より具体的には、“ローカル”な市場圏を持つ産業と“グローバル”な市場圏を持つ産業の空間的不完全競争が行われる“マルチ・スケール空間経済モデル”を開発し、その均衡解の分岐解析によって、空間全体を通じて現れる集積パターンの規則性を明らかにした。さらに、この理論を基礎として、集積経済効果とマルチ・スケール空間構造を導入した応用一般均衡モデルを開発し、現実的問題への適用可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：This study presents a theoretical model to explain the mechanism of the formation of hierarchical urban systems. Specifically, we develop multi-industrial core-periphery (CP) models with hierarchical (i.e., multi-scale) spatial structure which introduces the interaction between inter-regional and intra-regional transportation costs explicitly. We then analyze bifurcation phenomena of the equilibrium by the analytical and numerical approaches developed by Akamatsu et al. (2012). The results of our analysis reveal that combinations of inter-regional and intra-regional transport costs can yield a wide variety of agglomeration patterns depending on the transportation parameter values, and that hierarchical industrial location patterns emerge as stable equilibria of the model. Furthermore, we develop multi-scale Computable General Equilibrium (CGE) models with agglomeration economies, and demonstrate their applicability to practical problems.

研究分野：土木計画学・交通工学

キーワード：土木計画 空間経済学 集積経済 人口移動 分岐理論 マルチ・スケール空間

### 1. 研究開始当初の背景

我国をはじめとする経済先進諸国では、経済活動の空間的集積現象に関して2つの規則性が見られる。第一の規則性は、様々な空間スケール下で企業立地の集積パターンが生じ、「階層的な空間構造」が形成されていることである。まず、都市内スケールで見られる集積現象は、都心の存在である。そして、より巨視的な地域内スケールでは、地方中核都市への経済活動の集積と小都市の衰退といった都市間での集積が生じている。さらに巨視的な地域間スケールでは、グローバル経済の進展に伴い首都圏一極集中がさらに進行しつつある。また、近年では、企業の移動は国内にとどまらず、国際スケールでの地域的な集積を生んでいる。第二の規則性は、大規模な都市ほど多様な産業が集積する(小都市に立地する産業の集合は、大都市に立地する産業集合に含まれる)「産業立地の階層性」である。これは都市階層原理とも呼ばれ、最近の実証研究により、その頑健性が確認されている(Mori et al.(2008))。

上記の各空間スケールでの集積現象は互いに独立ではなく、また、上記2つの規則性には密接な関係がある。なぜなら、これらの現象や規則性は、複数の空間スケールを跨ぐ企業の立地・交易行動の結果であり、グローバルな(e.g., 地域間)経済活動とローカルな(e.g., 地域内)経済活動の相互作用が生じているからである(e.g., Brakman et al.(2009))。また、これらの規則性を特徴づける最大の要因は、企業の立地・交易行動に決定的影響を与える技術及び制度の進展と考えられる。従って、社会基盤(交通施設等)整備や交易制度(貿易協定等)の社会・経済的影響を評価するためには、マルチ・スケール空間全体を通じた産業集積パターンの予測、ひいては上記2つの規則性が生じるメカニズムの理解が必要である。

従来、経済活動の空間的集積を説明する理論は、空間スケールに応じて、都市経済学、地域経済学・新経済地理学、国際経済学の各分野で、個別に研究されてきた。まず、都市経済学分野では、Beckmann(1974)を先駆として、都心形成メカニズムに関する理論的研究が蓄積されている(詳細は、Fujita&Thisse(2002), Henderson&Thisse(2004)参照)。しかし、この分野の研究対象は“都市計画スケール”に限定されている。次に、より巨視的な“国土・地域計画スケール”における経済活動の空間的な集積現象は、Krugman(1991)のCore-Periphery(CP)モデルに代表される新経済地理学(NEG)分野で研究されている。しかし、この分野での理論研究の大半は、地域間スケールのみに着目した2地域モデルの分析に留まっている(詳細は、Fujita et al.(1999), Baldwin et al.(2003), Combes et al.(2008)参照)。国際スケールの立地集積は、国際経済学の新貿易理論とNEGが融合したMelitz(2003)以降の“企業選別(sorting)”理論で数

多く研究されている。しかし、この理論も2国モデルの分析に留まっており、単一スケールのみを対象としている。結局、都市経済学・地域経済学・国際経済学のいずれの分野においても、マルチ・スケール空間全体を通じた産業集積パターンの形成メカニズムを説明する体系的理論は確立していない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、大別すると以下の2つである。まず、第一の目的は、経済活動の空間的集積に関する上記2つの規則性(「マルチ・スケール空間構造の形成」や「産業立地の階層性」)を統一的に理解するための理論を構築することである。より具体的には、NEGの基本モデルにスケールの異なる複数空間に跨がる経済活動を導入した“マルチ・スケール空間経済モデル”を開発し、その安定均衡解として現れる多様な空間集積パターンの規則性(生成・変化特性)を明らかにする。

第二の目的は、上記理論モデルを基礎として、現実のマルチ・スケール空間に適用可能なCGE(Computable General Equilibrium)モデルを開発することである。より具体的には、集積経済効果とマルチ・スケール空間構造を導入したCGEモデルを構築し、その数値解析法およびパラメータ推計法を開発する。

### 3. 研究の方法

第一の目的を実現するための方法は、以下の2段階から構成される。まず、第1段階では、「階層的な空間構造」(e.g., 地域間と地域内スケール)を外生的に導入したうえで、各空間スケールでの集積の相互作用を同時に扱う理論を構築する。より具体的には、ローカルな(地域内)市場圏を持つ産業とグローバルな(地域間)市場圏域を持つ産業の空間的不完全競争が行われるマルチ・スケール・モデルを構築する。そして、その安定均衡解のスケール別交易費用パラメータに関する分岐解析により、マルチ・スケール空間における集積パターンの創発・進展条件を解明する。次に、第2段階では、「階層的な空間構造」を内生的に生成する理論を構築する。より具体的には、第1段階で構築するローカル産業-グローバル産業モデルをベースに(初期状態では単一階層の均質な多都市空間構造から)都市間の交易費用が集積規模に応じて内生的に変化するモデルを構築する。その均衡解の交易費用パラメータに関する分岐解析(計算分岐理論を活用した系統的な数値実験)によって、マルチ・スケール空間構造が創発・進展するための条件を解明する。

第二の目的に対しては、まず、従来型の多地域CGEモデルに、マルチ・スケール空間およびNEG理論と同様の集積経済効果を導入したモデルを構築し、安定的均衡解の数値的計算法・分岐解析法・パラメータ推定法を開発する(ここでは、労働/資本の空間/産業間移動に伴う複数種類の集積経済効果を

段階的にモデルに導入し、より一般的なモデルへと発展させる)。そして、入手可能な現実経済データ(国際・地域間 I/O 表, 地域内・都市レベルの経済統計データ等)を用いて、実際の政策評価問題に対する適用可能性や理論との整合性を検証する。

#### 4. 研究成果

H24 年度の研究では、第一の目的に関しては、階層的空間構造を外生的に与えた場合の基本理論を構築した。より具体的には、NEG モデルを一般化したマルチ・スケール集積経済モデルを構築し、系統的な分岐解析によって、地域間・地域内の 2 種類の輸送費用パラメータと均衡集積パターンの安定性の関係を明らかにした。第二の目的に関しては、集積経済効果を導入した多地域 CGE モデルの解析基盤を構築した。より具体的には、従来型の多地域 CGE モデルに Vertical Linkage 型の NEG 理論と同様の集積経済効果を導入した上で、経済変数間の理論的整合性の保証されたモデルを定式化し、均衡解の数値解法、パラメータ推定法を確立した。

H25 年度の研究では、第一の目的に関しては、まず、H24 年度に開発した Global-Local 構造を持つ多産業モデルに対して、都市間交易条件が集積状態に応じて内生的に決まる条件を導入したモデルを定式化した。そして、1 次元対称空間において、上記モデルの均衡解の分岐パターン(特に「階層的空間構造の形成」)の創発・進展条件を整理した。第二の目的に関しては、集積経済効果を導入したマルチ・スケール(国際-地域間および地域間-地域内) SCGE モデルの入力データとして必要とされる地域間 I/O データ、国際 I/O データ等を系統的に整理したデータ・ベースを作成し、モデル・キャリブレーション法を検討した。

H26 年度の研究では、第一の目的に関しては、前年度までに開発したモデルと解析的理論を基礎として、非常に多数の産業・都市が存在する場合に現れる階層的空間構造には頑健な規則性が成立することを数値実験により示した。第二の目的に関しては、まず、新経済地理学の主要なモデル(Footloose Entrepreneur モデル, Footloose Capital モデル, Vertical Linkage モデル)を全て包含したマルチ・スケール SCGE モデルを構築した。そして、そのモデルに対して、安定均衡解の計算法および実データによるキャリブレーション法を開発し、現実的問題への適用可能性を示した。

#### 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 15 件)

(以下に示す 15 件は、すべて「査読有り」論文である)

1. 高山 雄貴, 赤松 隆, 石倉智樹, “新経済地理学に基づく空間応用一般均衡モデルの開発”, 土木学会論文集 D3, Vol. 70, pp.245-258, 2014.  
DOI: 10.2208/jscejpm.70.245
2. 石倉 智樹, “多国多地域型空間的応用一般均衡モデルによるコンテナ港湾整備政策の国別地域別効果分析”, 運輸政策研究, Vol.17, No.3, pp.15-26, 2014.  
[http://www.jterc.or.jp/kenkyusyo/product/tpsr/bn/tpsr\\_vol17.html#a66-02](http://www.jterc.or.jp/kenkyusyo/product/tpsr/bn/tpsr_vol17.html#a66-02)
3. Kiyohiro Ikeda, Kazuo Murota, Takashi Akamatsu, Tatsuhito Kono, and Yuki Takayama, “Self-organizing hexagonal agglomeration patterns in new economic geography models,” *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol.99, pp.32-57, 2014.  
DOI: 10.1016/j.jebo.2013.12.008
4. 赤松 隆, 高山 雄貴, 小坂 直裕, “マルチ・スケール空間構造を持つ Core-Periphery モデルの人口集積パターン”, 土木学会論文集 D3, Vol. 70, pp. 113-130, 2014.  
DOI: 10.2208/jscejpm.70.113
5. Shinya Hanaoka, Mikio Takebayashi, Tomoki Ishikura and Batari Saraswati, “Low-cost carriers versus full service carriers in ASEAN: The impact of liberalization policy on competition,” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 40, pp.96-105, 2014.  
DOI: 10.1016/j.jairtraman.2014.06.008
6. 高山 雄貴, 山本 誠也, 吉井 稔雄, “輸送市場を考慮した都市集積モデルの分岐解析”, 土木学会論文集 D3, Vol. 69, pp. 327-334, 2013.  
DOI: 10.2208/jscejpm.69.I\_327
7. 高山 雄貴, 赤松 隆, 福島 晶子, “一次元空間における都市階層構造の創発: relocation cost を考慮した多産業 core-periphery モデルの分岐解析”, 土木学会論文集 D3, Vol.69, pp. 250-266, 2013.  
DOI: 10.2208/jscejpm.69.250
8. Mikio Takebayashi and Tomoki Ishikura, “Impact of low cost carriers and multiple airport system”, *Asian Transport Studies*, Vol. 2, pp.309-322, 2013.  
DOI: 10.11175/eastsats.2.309
9. 池田 清宏, 赤松 隆, 河野 達仁, 高山

雄貴, 坂本 賢二, Reza Sobhaninejad, “線分都市経済の人口集積メカニズムの分析”, 土木学会論文集 D3, Vol.69, pp.53-63, 2013.

DOI: 10.2208/jscejipm.69.53

10. Takashi Akamatsu, Yuki Takayama and Kiyohiro Ikeda, “Spatial discounting, Fourier, and racetrack-economy: A recipe for the analysis of spatial agglomeration models,” *Journal of Economic Dynamics & Control*, Vol.36, pp.1729-1759, 2012.  
DOI: 10.1016/j.jedc.2012.04.010
11. Kiyohiro Ikeda, Kazuo Murota, and Takashi Akamatsu, “Self-organization of Lösch's hexagons in economic agglomeration for core-periphery models,” *International Journal of Bifurcation & Chaos*, Vol.22, pp.1-29, 2012.  
DOI: 10.1142/S0218127412300261
12. Kiyohiro Ikeda, Takashi Akamatsu, Tatsuhito Kono, “Spatial period-doubling agglomeration of a core-periphery model with a system of cities,” *Journal of Economic Dynamics & Control*, Vol. 36, pp. 754-778, 2012.  
DOI: 10.1016/j.jedc.2011.08.014
13. 石倉 智樹, 坂井 啓一, “港湾・空港都市における空間経済分析のための開放経済型多地域 CGE モデル”, 土木学会論文集 D3, Vol. 68, pp.305-315, 2012.  
DOI: 10.2208/jscejipm.68.305
14. 石倉 智樹, “人口減少に伴う都市の縮退と集積に関する基礎的定量分析”, 都市計画論文集, Vol. 47, pp.68-73, 2012.  
DOI: 10.11361/journalcpj.47.68
15. Tomoki Ishikura, “An open economy spatial general equilibrium model considering the role of trade gateway city,” *Asian Transport Studies*, Vol. 2, pp.109-118, 2012.  
DOI: 10.11175/eastsats.2.109

[学会発表](計21件)

1. Yuki Takayama, “Bottleneck congestion and distribution of work start times: The economics of staggered work hours revisited,” the 21st International Symposium on Transportation and Traffic Theory (accepted for podium presentation), August 6th, 2015, Kobe (Japan).
2. Takashi Akamatsu, Kentaro Wada and Shunsuke Hayashi, “The corridor problem with discrete multiple bottlenecks,” the 21st International Symposium on Transportation

and Traffic Theory (accepted for podium presentation), August 6th, 2015, Kobe (Japan).

3. Kiyohiro Ikeda, Kazuo Murota, Yuki Takayama, “Stable economic agglomeration patterns in two dimensions: Beyond the scope of central place theory”, 第28回 ARSC 研究発表大会, 2014年11月30日, 沖縄産業支援センター(那覇).
4. 石倉 智樹, 高山 雄貴, 赤松 隆, “階層的な空間構造を対象とする FEVL-SCGE モデル”, 第28回 ARSC 研究発表大会, 2014年11月29日, 沖縄産業支援センター(那覇).
5. Tomoki Ishikura, “On the development of the computable footloose entrepreneur model,” the 4th meeting on Integration of Spatial Computable General Equilibrium and Transport Modelling, November 14th, 2014, Brussels (Belgium).
6. Takashi Akamatsu, Tomoya Mori, Yuki Takayama, “Spatial coordinations among industries and the common power law for city size distributions,” the 61st Annual North American Meetings of the Regional Science Association International (9th Meeting of the Urban Economics Association), November 13rd, 2014, Washington D.C. (USA).
7. 高山 雄貴, “ボトルネック渋滞を考慮した出発・始業時刻選択モデル”, 第50回土木計画学研究発表会, 2014年11月3日, 鳥取大学(鳥取).
8. 高山 雄貴, 非凸な空間経済における安定均衡状態の特性分析: 都市集積モデルにおけるランクサイズルールの創発, 第26回 RAMP シンポジウム(招待講演), 2014年10月16日, 法政大学(東京).
9. Takashi Akamatsu, Shota Fujishima, Yuki Takayama, “Stabilization of social optimum in economies with positive and negative Externalities,” 日本経済学会 秋季大会, 2014年10月11日, 西南学院大学(福岡).
10. Tomoki Ishikura, “Transport and Trade system development in Multi-Scaled Spatial Economy,” 54nd European Congress of the Regional Science Association International (ERSA2014), August 28th, 2014, St Petersburg (Russia).
11. 高山 雄貴, 赤松 隆, 石倉 智樹, “新経済地理学に基づく空間応用一般均衡モデ

- ルによる便益評価”, 第 49 回土木計画学研究発表会, 2014 年 6 月 8 日, 東北工業大学 (仙台).
12. 池田 清宏, 室田 一雄, 赤松 隆, 河野 達仁, “2 次元多都市 CP モデルの集積挙動における境界条件の影響評価について”, 第 27 回 ARSC 研究発表大会, 2013 年 12 月 15 日, 京都大学 (京都).
  13. Takashi Akamatsu, Shota Fujishima, and Yuki Takayama, “Limitations of Pigouvian policies in non-convex economy”, 第 27 回 ARSC 研究発表大会, 2013 年 12 月 14 日, 京都大学 (京都).
  14. 石倉 智樹, 赤松 隆, 高山 雄貴, “階層化された空間スケールを持つ空間経済システムにおける経済集積と輸送費”, 第 48 回土木計画学研究発表会, 2013 年 11 月 3 日, 大阪市立大学 (大阪)
  15. Takashi Akamatsu, Shota Fujishima, and Yuki Takayama, “On stable agglomeration equilibria in social interaction models,” Third Asian Seminar in Regional Science, August 8<sup>th</sup>, 2013, National Dong Hwa University (Taiwan).
  16. 池田 清宏, 赤松 隆, 河野 達仁, 高山 雄貴, 坂本 賢二, Reza Sobhaninejad, “線分都市経済の人口集積メカニズム”, 第 26 回 ARSC 研究発表大会, 2012 年 11 月 18 日, 青森公立大学 (青森).
  17. 石倉 智樹, 岡本 信広, 石川 良文, “マルチ・スケール国際経済における交通政策の応用一般均衡分析”, 第 26 回 ARSC 研究発表大会, 2012 年 11 月 17 日, 青森公立大学 (青森).
  18. 中里 純, 坂本 賢二, 池田 清宏, 赤松 隆, 河野 達仁, 高山 雄貴, “線形都市経済の人口集積メカニズム”, 第 46 回土木計画学研究発表会, 2012 年 11 月 4 日, 埼玉大学 (埼玉).
  19. 近藤 直己, 池田 清宏, 赤松 隆, 鈴木 明憲, “2 次元人口分布のパターン形成における分岐メカニズムに関する研究”, 第 46 回土木計画学研究発表会, 2012 年 11 月 4 日, 埼玉大学 (埼玉).
  20. 石倉 智樹, 岡本 信広, 石川 良文, “マルチスケール空間における交通政策評価のための空間的応用一般均衡モデル”, 第 46 回土木計画学研究発表会, 2012 年 11 月 4 日, 埼玉大学 (埼玉).
  21. Tomoki Ishikura, Atsushi Koike and Keisuke

Sato, “An analysis on differences in spatial computable general equilibrium models by market structure assumption: A comparison of perfect competition modeling and monopolistic competition modeling”, 52nd European Congress of the Regional Science Association International (ERSA2012), August 24<sup>th</sup>, 2012, Bratislava (Slovakia).

〔図書〕(計 2 件)

1. Atsushi Koike, Tomoki Ishikura, Mitsuhiro Miyashita, and Kazuyuki Tsuchiya, Chapter 4: Spatial economic analysis for intercity transport policies, in Y. Hayashi et al. (eds.), *Intercity Transport and Climate Change*, Springer, 2015, pp.177- 213.
2. Kiyohiro Ikeda and Kazuo Murota, *Bifurcation Theory for Hexagonal Agglomeration in Economic Geography*, Springer, 2014, 313 pages.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤松 隆 (AKAMATSU, TAKASHI)  
 東北大学・大学院情報科学研究科・教授  
 研究者番号: 90262964

(2) 研究分担者

池田 清宏 (IKEDA, KIYOHIRO)  
 東北大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号: 50168126

石倉 智樹 (ISHIKURA, TOMOKI)  
 首都大学東京  
 ・大学院都市環境科学研究科・准教授  
 研究者番号: 30356050

高山 雄貴 (TAKAYAMA, YUKI)  
 東北大学・大学院工学研究科・助教  
 研究者番号: 90612648