

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760415

研究課題名(和文)空間経済システムにおける輸送拠点・産業集積の同時形成メカニズムに関する研究

研究課題名(英文)Self-organization of hierarchical urban and transportation systems

## 研究代表者

高山 雄貴(Takayama, Yuki)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：90612648

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、輸送拠点・産業集積の形成メカニズムを含む理論を構築することである。そのために、輸送規模の経済・空間的集積の経済を含む新経済地理学(NEG)モデルを構築し、分岐理論に基づく理論・数値解析により、その基本特性を明らかにした。さらに、構築した枠組みが、現実の都市システムにおいて頑健に成立する規則性(産業立地の階層構造、都市規模分布のべき乗則)と整合的であることを示した。

研究成果の概要(英文)：This study aims to understand the mechanisms of formation of hierarchical urban and transportation systems. To this end, I extend a new economic geography (NEG) model in order to incorporate scale economies of transportation and interactions between industries, and analytically and numerically show its bifurcation properties. Some of the major findings of this study are 1) hierarchical industrial location patterns emerge as stable equilibria of an NEG model with multiple industries, 2) in an NEG model with sufficiently many locations and a sufficiently large industrial diversity, population distributions that are consistent with a power law for city sizes emerge as stable equilibria.

研究分野：工学

キーワード：空間経済学 集積の経済学 輸送規模の経済 階層原理 べき乗則

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 一般的背景

近年の経済のグローバル化は、都市間競争を激化させている。先進諸国では企業の海外移転が相継いでおり、国家・都市の国際競争力強化が各国の重要課題となっている。我が国では、港湾・空港などの交通基盤を集中的に整備し、輸送拠点を形成・強化する取り組みが戦略的に実施されようとしている。この輸送拠点の整備は、シンガポールや香港でみられるように、都市の国際競争力を大きく高めうる強力な施策である。実際、輸送拠点の強化は輸送費用の削減を図った産業・人口の集積を生む。それと同時に、産業集積に伴う輸送需要の増大が輸送拠点をより強化させる。このように、輸送拠点の形成・強化と産業・人口集積にはポジティブ・フィードバックが働き、この効果が輸送拠点の形成・強化と産業・人口集積を雪玉式に進めてゆく。

このメカニズムで形成される都市や輸送拠点では、その優位性から、輸送需要や産業・人口集積をロックインする効果 (i.e., 慣性力) が働く。すなわち、既存の拠点 (e.g., 釜山・シンガポール) から輸送需要や企業を移動させることが非常に困難になる。この事実は、阪神・淡路大震災により神戸港が国際海運拠点の地位を失って以来、未だ、その地位を取り戻すことができていない現状を見れば明らかであろう。それゆえ、この効果を無視した政策の評価・影響の予測には、大きなバイアスが生じる可能性が高い。したがって、土木計画学分野の重要課題である輸送拠点形成・産業集積のための適切な政策を考えるには、産業・人口集積と輸送拠点の形成・強化メカニズムを同時に扱った経済理論が必要となる。

### (2) 従来研究

輸送拠点の形成・強化を説明する研究は、土木計画学分野を含めた様々な分野で古くから数多く蓄積されている。しかし、その分析は、輸送の OD 需要を固定した短期的視野のものが殆どである。さらに、産業・人口集積を同時に扱ったものは存在しない。一方、新経済地理学 (NEG) 分野では、輸送費用減少に伴う産業集積を説明する理論が構築されてきた。その中でも、Behrens による一連の研究 (e.g., Behrens et al., 2009; Behrens and Picard, 2011) は、輸送拠点が形成される主要因の一つである、輸送規模 (または密度) の経済を考慮した NEG モデルを提案している。しかし、その分析対象が2都市モデルに限られているため、輸送拠点の形成・強化を説明するまでには至っていない。以上で示したように、従来の理論は、輸送拠点を形成・強化させる政策の長期的経済効果の予測・評価には適用できない。このような政策評価に利用可能な理論を構築するためには、以下に示すような NEG 理論の大幅な発展が不可欠である。

- 多数の都市・産業からなる経済システム下で産業集積と輸送拠点の形成を同時に扱う。
- 定型化された事実と整合的な都市・輸送拠点の空間パターンが得られる。特に、都市・輸送システムが持つ共通の特徴である、階層構造・べき乗則に従った都市・輸送の規模分布の創発を表現できる。

このような理論を構築するには、NEG 理論を (i) 多都市・多産業の枠組みに一般化し、(ii) 輸送規模の経済を含んだモデルを開発した上で、(iii) その一般特性を解明することが必須となる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、輸送拠点の形成・強化と産業・人口集積を同時に扱う理論を構築することである。そのために、NEG の枠組みに輸送規模の経済を導入した、新たな集積経済モデルを開発する。そして、輸送拠点形成と産業集積の相互作用により創発する都市・輸送システムの一般特性を明らかにする。さらに、この理論を実際の政策評価にも適用可能なものとするために、現実の都市システムにおいて頑健に成立する規則性の成立メカニズムの解明を目指す。そのために、分岐理論に基づくモデルの理論・数値解析により、都市システムが階層構造を成し、かつその規模分布がべき乗則に従うための鍵となる条件を明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究では、上記の目的を達成するために、以下の3課題を設定した:

- 輸送拠点の形成・強化と産業・人口集積現象を同時に扱う基本モデルの構築
- 都市階層構造の形成メカニズムの理解
- 都市規模分布のべき乗則との整合化

そして、これらの課題に関する研究を、次の3つの phase に分けて実施した。

### [phase 1] 基本モデルの構築

輸送拠点の形成・強化と産業・人口集積現象を同時に扱う基本モデルを構築する。より具体的には、都市集積の経済および輸送規模の経済を考慮した、都市・輸送システムの自己組織化をモデル化する。そして、分岐理論に基づく理論・数値解析手法を応用し、産業が1種類の場合の分析を行う。その結果から、モデルの基本特性を明らかにする。

### [phase 2] 都市階層構造の形成メカニズム

基本モデルを複数種類の産業が存在する枠組みに拡張する。そして、理論・数値解析を併用し、拡張

モデルにおいて安定均衡状態として創発する都市集積パターンを示す。その結果から、都市システムの階層構造が形成されるメカニズムを明らかにする。

さらに、階層的な空間・輸送費用構造が産業集積パターンに与える影響を明らかにする。そのために、階層構造をなす都市システムをモデル化し、その構造の特徴が産業集積パターンにどのような変化をもたらすのかを phase 1 と同様の解析により示す。

### [phase 3] 都市規模分布のべき乗則との整合化

phase 2 の知見を基盤として、多産業型の NEG モデルと都市規模分布のべき乗則との整合化を図る。より具体的には、非常に多くの地点・多種類の産業を含む NEG モデルを構築し、このモデルで創発する安定均衡状態の特性を、系統的大規模数値実験により示す。そして、その結果から、都市規模分布のべき乗則と整合的な都市システムが形成されるメカニズムを理解するための知見を得ることを目指す。

## 4. 研究成果

本研究の各 phase において得られた成果は、以下のとおりまとめられる。

### [phase 1] 基本モデルの構築

(論文 [6], 学会発表 [1, 10])

NEG モデルに輸送セクターを加えることで、都市集積の経済・輸送規模の経済を含む基本モデルを構築した。そして、分岐により創発する安定均衡状態を理論解析により示した。その結果から、輸送セクターの競争環境と産業集積パターンとの関係に関する次の 2 点が明らかにされた: 1) 輸送市場に参入規制がない場合、産業集積による輸送需要の増加は、輸送企業の新規参入・競争激化をもたらし、運賃を低下させる。そのため、さらなる産業集積が進展する。2) 参入規制の下での輸送需要の増加は、輸送企業の市場支配力の増大・運賃の上昇を生むため、一度形成された産業集積を崩壊させる可能性がある。

### [phase 2] 都市階層構造の形成メカニズム

(論文 [2, 4, 5], 学会発表 [8])

現実の都市システムには、様々な階層構造が存在する。その一つである階層原理 (hierarchy principle) と呼ばれる規則性は、「小都市に立地する産業集合は大都市の産業集合の部分集合となる」こと意味したものであり、長年に渡り成立し続けていることが数多くの実証研究により確認されている。そこで、本研究では、複数種類の産業が存在する NEG モデルにより、階層的な産業立地構造が形成されるための条件を調べた。そして、労働者の地域間移住費用・産業間の非対称な相互作用が、階層構造を生み出し得ることを明らかにした。

さらに、本研究では、階層的な空間・輸送費用構造が地域間・地域内の産業集積パターンに与える影響を明らかにした。より具体的には、(階層構造をなす) スケールの異なる複数の空間単位 (e.g., 東北ブロック~宮城県域~仙台都市圏) における経済活動の相互作用により形成される産業集積パターンの特性を示した。この特性は、地域間・地域内といった複数の空間スケールを表現した、階層的な空間・輸送費用構造を有する NEG モデルの分析により得られており、地域間輸送費用の減少が特定の地域への産業集積を崩壊させ、地域間再分散現象を引き起こすことを明らかにしている。この他にも、地域間・地域内輸送費用の組み合わせに応じて、非常に多様な産業集積・分散パターンが創発することが示されている。

### [phase 3] 都市規模分布のべき乗則との整合化

(学会発表 [5])

都市システムの規模分布は、長年に渡り頑健にべき乗則に従うことが確認されている。そこで、本研究では、多都市・多産業 NEG モデルの大規模な系統的数値実験を実施し、べき乗則と整合的な集積パターンが創発する条件を調べた。そして、十分多くの立地点・十分多様な産業が存在すれば、輸送費用などのパラメータ値・立地空間構造に依らず、安定均衡状態において都市規模分布のべき乗則が成立することを明らかにした。

本研究では、上記に加え、以下の 3 点に関する研究も実施することができた:

- 基本モデルの結果が空間構造に依存しないことを明らかにするための研究  
(論文 [3, 7, 8], 学会発表 [2])
- 都市集積に関する理論的枠組みが NEG 理論と同様の都市集積・分散特性を有するための条件に関する研究  
(論文 [5], 学会発表 [3, 6])
- NEG 理論と整合的な空間応用一般均衡モデルの開発に関する研究

(論文 [1], 学会発表 [4, 7, 8, 9])

これらの研究成果は、phase 1-3 で構築した理論的枠組みを実務に応用するために必要となる研究である。当然、今後もさらなる研究進展が必要となるものの、本研究によりその足がかりとなる成果を数多く得ることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 8 件) ※ 全て査読あり

- [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 (土木計画学), Vol.70, No.4,

pp.245-258, 2014.

DOI: 10.2208/jscejipm.70.245

- [2] 高山 雄貴, 赤松 隆, 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** (土木計画学), Vol.70, No.1, pp.113-130, 2014.  
DOI: 10.2208/jscejipm.70.113
- [3] Ikeda, K., Murota, K., Akamatsu, T., Kono, T., and Takayama, Y., Self-organization of hexagonal agglomeration patterns in new economic geography models, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol.99, pp.35-52, 2014.  
DOI: 10.1016/j.jebo.2013.12.008
- [4] 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** (土木計画学), Vol.69, No.3, pp.250-266, 2013.  
DOI:10.2208/jscejipm.69.250
- [5] 高山 雄貴, 空間経済システムにおける経済集積のパターン形成メカニズム, 土木学会論文集 **D3** (土木計画学), Vol.69, No.5, pp.31-46, 2013.  
DOI: 10.2208/jscejipm.69.I\_31
- [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** (土木計画学), Vol.69, No.5, pp.327-334, 2013.  
DOI: 10.2208/jscejipm.69.I\_327
- [7] 池田 清宏, 赤松 隆, 河野 達仁, 高山 雄貴, 坂本 賢二, Sobhaninejad, R., 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** (土木計画学), Vol.69, No.1, pp.53-63, 2013.  
DOI: 10.2208/jscejipm.69.53
- [8] Akamatsu, T., Takayama, Y., and Ikeda, K., Spatial discounting, Fourier, and racetrack economy: A recipe for the analysis of spatial agglomeration models, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.36, No.11, pp.1729-1759, 2012.  
DOI: 10.1016/j.jedc.2012.04.010

【学会発表】 (計 10 件)

※ 査読あり

- [1] Takayama Y. and Yoshii, T., Transport market structure effect on economic geography, The 1st European Symposium on Quantitative Methods in Transportation Systems, Lausanne (Switzerland), 2012.9.6.

※ 査読なし

- [2] Ikeda, K., Murota, K., and Takayama, Y., Stable economic agglomeration patterns in two dimensions: Beyond the scope of central place theory, 応用地域学会 研究発表大会, 沖縄産業支援センター (沖縄・那覇), 2014.11.30.
- [3] 大澤 実, 赤松 隆, 高山 雄貴, Harris & Wilson (1978) モデル再訪: 集積の経済を考慮した商業立地モデルの分岐解析, 応用地域学会 研究発表大会, 沖縄産業支援センター (沖縄・那覇), 2014.11.30.
- [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, 応用地域学会 研究発表大会, 沖縄産業支援センター (沖縄・那覇), 2014.11.29.
- [5] Akamatsu, T., Mori, T., and Takayama, Y., Spatial coordinations among industries and the common power law for city size distributions, The Annual North American Meetings of the Regional Science Association International (The Annual Meetings of the Urban Economics Association), Washington, D. C. (US), 2014.11.13.
- [6] 大澤 実, 赤松 隆, 高山 雄貴, Harris & Wilson (1978) モデル再訪: 集積の経済を考慮した商業立地モデルの分岐解析, 土木計画学研究発表会, 鳥取大学 (鳥取・鳥取), 2014.11.1.
- [7] 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, 土木計画学研究発表会, 東北工業大学 (宮城・仙台), 2014.6.7.
- [8] 石倉 智樹, 高山 雄貴, 赤松 隆, 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, 土木計画学研究発表会, 大阪市立大学 (大阪・大阪), 2013.11.3.
- [9] 麻生 雅之, 高山 雄貴, 吉井 稔雄, 集積の経済を考慮した SCGE モデルにおける地域細分化の影響評価, 土木計画学研究発表会, 広島工業大学 (広島・広島), 2013.6.1.
- [10] 山本 誠也, 高山 雄貴, 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, 土木計画学研究発表会, 京都大学 (京都・京都), 2012.6.2.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

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