

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 日現在

機関番号：13904

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656316

研究課題名(和文) 交通ネットワークの内生的生成 - 平面上の都市経済学的アプローチ -

研究課題名(英文) Endogenous Generation of Road Networks -A Two Dimensional Urban Economics Approach-

研究代表者

宮田 譲 (Miyata, Yuzuru)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20190796

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：平面上で企業，家計，財輸送業者，通勤輸送業者，地方政府，不在地主を考える。都市の地理的条件は地点ごとに異なるとし，それゆえ各地点での交通費用は異なるものとなる。このことが様々な形状の輸送ルートを内生的に生成させることになる。企業は同質とし労働，資本ストック，土地を投入して，各々の財を生産する。家計は資本ストックと労働を保有するが，単純化のためそれらは価格に対して完全非弾力的に供給されるものとする。家計は効用が最大となるような財の組み合わせを消費する。企業および家計の土地投入は，他の生産要素，あるいは財消費と代替的であるとする。以上について交通ネットワーク内生化的のシミュレーションを行った。

研究成果の概要(英文)：Behaviors of firms, households, commodity transport agent, labor transport agent, a local government and an absentee land owner are considered in a two dimensional plain city. The geographical condition is heterogeneous on different points. Hence the transportation costs are different at each point. This endogenously generates various shapes of road networks in our model. Each firm is assumed to be homogenous, and produces commodities inputting labor, capital stock and land. Each household endows capital stock and labor, and it perfectly inelastically supply them to firms. Each household is assumed to consume goods so as to maximize its utility function. Land inputs by firms and households are assumed to be substitutive with other factor inputs. Based on the model mentioned above, some numerical simulations were conducted.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木計画学・交通工学

キーワード：平面上の都市経済モデル Beckmann 交通ネットワークの内生化 偏微分方程式 gradient law 新都市経済学 非均質空間 豊橋市

### 1. 研究開始当初の背景

Beckmann は 1952 年に連続型交通モデルを発表し、財の流れは価格が最も高くなる方向へ向かうという、所謂 gradient 法則を提案した。これは Samuelson が発表した空間的価格決定理論と勝るとも劣らない理論的研究であった。その後 30 年を経て彼の研究は Puu との共同研究で偏微分方程式に基づく新たな段階に到達した。

彼らの研究は連続平面上において財が輸送される方向を見出し、財輸送量に関する需給均衡を平面上の都市内で考察するものである。そして藤田・Krugman の空間経済学よりも早く、「どこに都市が形成されるのか」にも言及している。しかしながら交通ネットワークの内生化を試みた形跡はなく、理論・実証の両側面において大きな空白分野と言える。

ところで彼らの先駆的研究が大きな広がりを見せていない理由は(1)ミクロ経済学的基礎を欠いていることにある。特に土地市場については Alonso 流の付け値地代関数が考慮されていないことが挙げられる。(2)偏微分方程式を用いながらも、その一般理論の応用が無いことである。偏微分方程式の一般理論を用いれば、より豊富な考察が蓄積されたと考えられる。

### 2. 研究の目的

(1)本研究の第一歩は Beckmann and Puu 理論の完成である。彼らの理論には立地均衡の概念がない。また偏微分方程式論の豊富な結果も用いていない。これらを検討することにより、確固としたミクロ経済学的基礎を持った理論を完成させることができる。

(2)次にこの新しい理論を用いて、どのように交通ネットワークが形成され、それがどのような都市を生み出すのかを考察する。この理論では偏微分方程式が中心的な役割をし、都市の地理的条件や集積の経済の強さなどが決定的な役割を果たす。そして理論的には無限の都市形態が存在しうる。それらの中で現実的に相応しい都市形態、例えば単一中心都市、非単一中心都市、複数の都市から形成される都市群システムなどが出現する条件を明らかにする。そして豊橋市を始めとする都市を事例に取り、3次元グラフィックソフトを用いて実証研究を行う。

### 3. 研究の方法

平成 23 年度は申請者が提案する理論モデルの完成を目指した。本研究でのモデルは連続平面を考え、その平面上で企業、家計、財輸送業者、通勤輸送業者、地方政府、不在地主を考える。都市の地理的条件は地点ごとに異なるとし、それゆえ各地点での交通費用は異なるものとなる。このことが様々な形状の輸送ルートを内生的に生成させることになる。

企業は同質とし労働、資本ストック、土地を投入して、各々の財を生産する。家計は資

本ストックと労働を保有するが、単純化のためそれらは価格に対して完全非弾力的に供給されるものとする。家計が供給する資本ストックと労働により要素所得が得られ、家計は効用が最大となるような財の組み合わせを消費する。企業および家計の土地投入は、他の生産要素、あるいは財消費と代替的であるとする。

Starrett の空間不可能性定理より、完全競争的な均質空間では正の交通費用を伴う競争的空間均衡は存在しないことになる。したがって本研究のように都市形成を探る場合には外部性などが必要となる。本研究では Fujita and Ogawa によって導入された立地ポテンシャル関数を援用し、集積の経済の存在を仮定する。

財輸送業者は企業から財を購入し、別の企業、家計へ財を売り利潤を得る。通勤輸送業者は家計から企業まで通勤者を輸送する。この時、労働輸送業者は家計に通勤料金を支払い、企業は通勤輸送業者に通勤費用を支払い、その差額として通勤輸送業者は利潤を得る。そして財輸送業者、通勤輸送業者は利潤が最大となるような経路を選択する。この経路は財価格および賃金率が最も高くなる方向として決まり、Beckmann によって提唱された gradient 法則が成立する。

企業の均衡利潤は地点によらずゼロとなり、家計の均衡効用水準は地点によらず一定となる。この時、土地に支払われる最大地代が付け値地代関数となる。不在地主は最も付け値地代の高い経済主体に土地を提供する。閉鎖都市においては人口が変化しないため、均衡効用水準を決めることができる。以上により都市の土地利用パターンが決定される。

企業と家計によって支払われる地代は地方政府の歳入となり、これは家計に均等に再分配される。財および労働が輸送される方向は 1 階偏微分方程式で表されるが、これは数学的に解くことが可能で、財および労働が輸送される経路は特性基礎曲線となる。これより通常の経済学とは異なり、財および労働の均衡条件は都市全体としてではなく、特性基礎曲線上で成立しなければならず、本研究が新しい空間経済学を生み出すことが示される。

財および労働の輸送量も 1 階偏微分方程式を解くことにより得られるが、地理的条件の非均質性、立地ポテンシャル関数に含まれる集積の経済の強さを表すパラメータの選び方により、無数の都市形態が可能であることが示される。参考までに申請者により 1 財、1 都心部、都市内に傾斜がある場合の空間的価格形成の結果を図 1、図 2 に示す。

さらに上記の 1 階偏微分方程式と、2 階波動方程式との関連性を検討し、都市空間で財価格、賃金率がどのような速さ、どのような地理的形状で伝播していくのかも検討する。このような研究は土木計画学、都市経済学において全くなされていないものである。

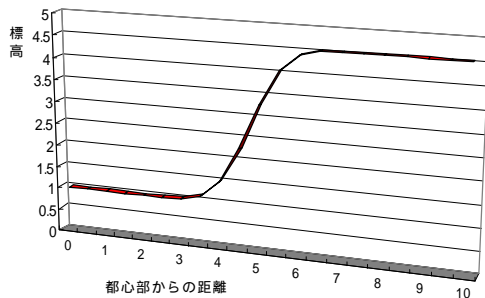


図1 仮想的都市の地理的条件

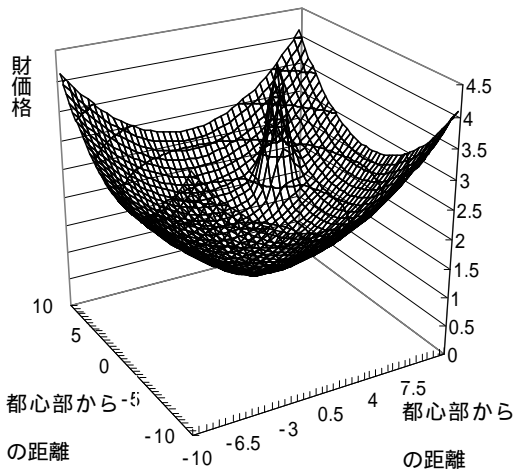


図2 仮想的都市の財価格形成  
(財価格は傾斜によって高くなる)

平成24年度は前年度に完成させた理論モデルについて、仮想数値シミュレーションを行った。これは本研究のモデルが解析的にはかなりの程度解けるものの、具体的な数値までは分らないことと、解の関数型が複雑なため比較静学分析が数学的にはできないことによる。

特に地理条件の非均質性は偏微分方程式を複雑にし、また立地ポテンシャル関数は平面上の2重積分として定義され、具体的な値の予想が付かない。しかしこれらは交通ネットワーク形成に決定的な役割を果たす。

仮想数値シミュレーションはどのような数値を用いても構わないが、より現実的にするために豊橋市のデータをできる限り用いた。データは地価公示のある地点について収集し、地点別データを作成した。そして都市形成パターンを決める偏微分方程式を差分法で数値的に解き、理論との整合性をチェックした。特に交通ネットワークがどのように形成されるのかに焦点をおいてシミュレーションを行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) モデルの前提条件

以上に述べた方法論に基づき、本研究では理論の妥当性を調べるために数値シミュレーションを行った。

シミュレーションは仮想的なものでも可能

であるが、よりリアリティを出すために、愛知県および豊橋市のデータを用いた。そしてコンピュータプログラミングを行い、交通ネットワーク内生のシミュレーションを行った。

シミュレーションに用いた主たるデータは以下のようなものである。企業数50、1企業あたり平均土地投入1000平米、平均労働投入10人、平均資本投入3000万円、平均賃金率500万円、生産関数における資本弾力性パラメータ0.3、労働弾力性パラメータ0.5、土地弾力性パラメータ0.2。

家計については以下のようなものである。人口500人、1人あたり平均所得500万円、平均消費380万円、平均地代120万円、平均宅地面積140平米、効用関数消費弾力性パラメータ0.8、土地弾力性パラメータ0.2。

また都市の形状は円形を仮定し、中心部からの方向を10等分(36度区分)、中心部からの距離を10区分とした(1区分は100mと想定した)。そして偏微分方程式を差分法で解いた。

##### (2) シミュレーション結果

本研究で最も重要となるのは物流である。物流の方向が交通ネットワークとなる。

図3と図4は極座標で方向が0度、距離が0~1000mについて物流コストと通勤コストを若干増加させたシミュレーション結果を示している。その他の方向、距離については交通コストのパラメータは変えていない。

まず図4から都心部周辺で財生産が行われ、郊外部では財消費のみが行われていることが分かる。図的には物流量が都心部から増加傾向を示し、居住区域に入ると物流量が減少している。そして都市境界では物流量がゼロとなり、都市活動が均衡していることが分かる。

極座標で $(r, 0)$ の方向について物流量が減少していることが分かり、その他の方向については変化は見られない。 $(r, 0)$ 以外のルートについては、原点からの放射状の直線となっていることがわかる。

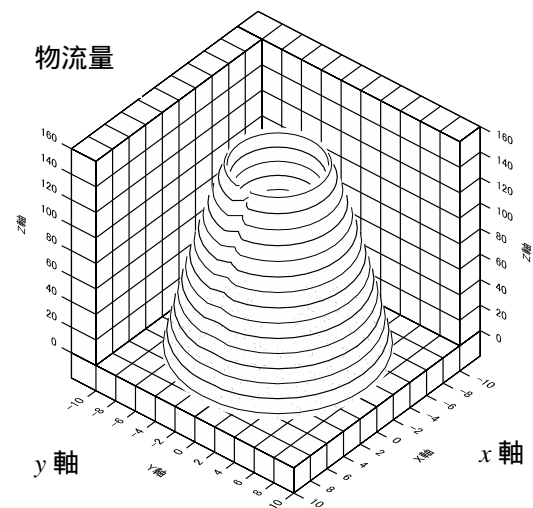


図3 物流量のシミュレーション結果

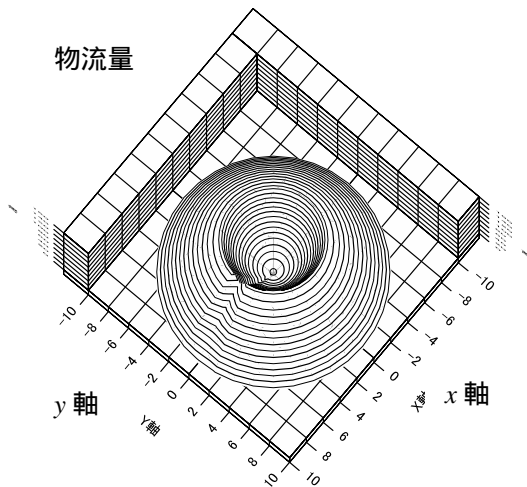


図4 物流量のシミュレーション結果  
(上からの方向)

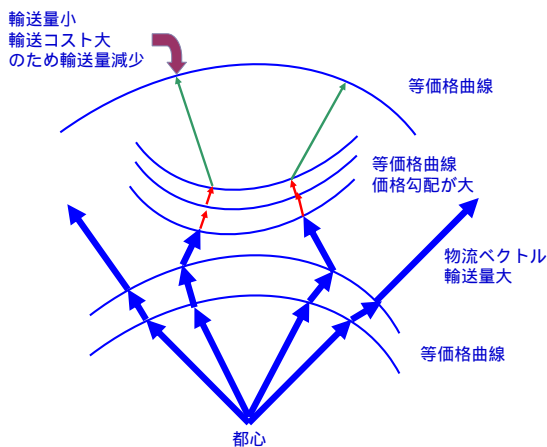


図5 より複雑な交通ネットワーク

本研究では離散的な交通ネットワークを想定しているが、もう少し密なネットワークを想定すれば、 $(r, 0)$ の近傍では $(r, 0)$ の方向に近づくような曲線的ルートが再現できる。

しかしながら $(r, 0)$ の近傍のルートでは交通コストが他のルートよりも高いため、物流量は減少してしまうのである。

このようなことは理論的にも予想されることであるが、本研究では数値計算によってもビジュアルに確認されたことが大きな成果である。本研究のようなモデルは国際的にも研究事例はほとんどなく、新たな分野を切り開いたものと言えよう。

今後、交通費用の地理的条件をより複雑にすることにより、図5のような交通ネットワークの再現を試みていく予定である。

##### 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12件)

Yuzuru Miyata and Indrawan Permana, Analysis of Dynamic Rural-Urban-Natural Environment -An Interactive

Spatial Model-, Proceedings of the 22nd Pacific Regional Science Conference, Seoul, Korea, 査読有, 2011, USB Memory

Yuzuru Miyata, An Urban Economic Model over a Continuous Plane with Spatial Characteristic Vector Field - A Trial of an Asymmetric Land Use Pattern and Internalization of Transport Networks -, Proceedings of the 22nd Pacific Regional Science Conference, Seoul, Korea, 査読有, 2011, USB Memory

Yuzuru Miyata and Indrawan Permana, Analysis of Dynamic Interaction in Rural-Urban-Natural Environmental System -A Spatial Modeling Approach-, Proceedings of 51st European Regional Science Conference, Barcelona, Spain, 査読有, 2011, USB Memory

Yuzuru Miyata, An Urban Economic Model over a Continuous Plane with Spatial Characteristic Vector Field - Consideration of Heterogeneous Geographical Conditions -, Proceedings of 51st European Regional Science Conference, Barcelona, Spain, 査読有, 2011, USB Memory

Indrawan Permana and Yuzuru Miyata, Analysis of Dynamic Rural-Urban-Natural Environment -An Interactive Spatial Model-,日本環境共生学会2011年度学術発表論文集, 査読無, 2011, CD-ROM

Indrawan Permana and Yuzuru Miyata, Comprehensive Studies on Illegal Settlement in Palangkaraya city in Indonesia,日本地域学会第48回(2011年)年次大会学術発表論文集, 2011, CD-ROM

Yasuhiro Hirobata, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, Evaluating Road Network Improvement: Economic Impacts on San-En Region in Japan, Regional Science Inquiry, 査読有, Vol.3, No.2, 2011, pp.61-75

Hiroyuki Shibusawa and Yuzuru Miyata, A Study of Urban Economic Model with Natural Environment, Bangladesh Journal of Regional Science Association, 査読有, Vol.1, 2011, pp. 113-130

Indrawan Permana and Yuzuru Miyata, Analysis of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Parangkaraya City, Indonesia - A General Equilibrium Modeling Approach -, Journal of Human and Environmental Symbiosis, 査読有, Vol.19, 2012, pp. 65-78

Indrawan Permana and Yuzuru Miyata,

An Urban Economic Model of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Palangkaraya City, Indonesia - A Partial Equilibrium Analysis -, Regional Science Inquiry, 査読有, Vol.4, No.1, 2012, pp.29-38

Indrawan Permana and Yuzuru Miyata, The General Equilibrium Model of Illegal Settlements in Palangkaraya City, Indonesia: - A Numerical Simulation -, Proceedings of 52nd European Regional Science Conference, Bratislava, Slovakia, 査読有, 2012, USB Memory Yuzuru Miyata, An Urban Economic Model over a Continuous Plane with Spatial Characteristic Vector Field - Asymmetric Land Use Pattern and Internalizing Transportation Networks -, Regional Science Inquiry, 査読有, Vol.4, No.2, 2012, pp.13-28

〔学会発表〕(計9件)

宮田 譲, 中山恵子, An Urban Economic Model over a Two Dimensional Continuous Space with Spatial Characteristic Vector Field - Asymmetric Land Use Pattern and Internalizing Transport Networks -, 2011年度日本応用経済学会春季大会, 2011年6月25日, 中京大学

Yuzuru Miyata and Indrawan Permana, Analysis of Illegal Settlements in Palangkaraya City, Indonesia: A Rural-Urban-Natural Environmental Modeling, The 3rd Indonesia Regional Science Association International Institute, 2011年7月19日, Padan, Indonesia

宮田 譲, 道路整備効果計測モデルと交通ネットワーク内生モデル, 第2回技科大間研究交流集会, 2011年8月27日, 豊橋技術科学大学

Indrawan Permana and Yuzuru Miyata, Theorizing Residential Land Use in Palangkaraya City, Indonesia: -A General Equilibrium Model-, The 9th World Congress of Regional Science Association International, 2012年5月24日, Timisoara, Romania

Hiroyuki Shibusawa and Yuzuru Miyata, Framework of Dynamic Spatial CGE Model with Transportation Networks: Equilibrium and Optimality, The 9th World Congress of Regional Science Association International, 2012年5月24日, Timisoara, Romania

Indrawan Permana and Yuzuru Miyata, Analysis of Urban Land Configuration in Palang Karaya City, Indonesia: A General Equilibrium Modelling, The 23rd Pacific Regional Science Conference, 2013年7月4日, Bandung, Indonesia

宮田譲, 三遠南信地域の幹線道路整備と

経済再生, 2013年度豊橋技術科学大学公開講座, 2013年11月8日, 豊橋技術科学大学

Yuzuru Miyata, Hiroyuki Shibusawa and Indrawan Permana, A General Equilibrium Urban Economic Analysis of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Palangkaraya City in Indonesia, The 10th World Congress of Regional Science Association International, 2014年5月26日, Ayutthaya, Thailand

Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa, A Rural-Urban-Natural Environment Interactive Spatial Model of Palangkaraya City in Indonesia, The 10th World Congress of Regional Science Association International, 2014年5月26日, Ayutthaya, Thailand

〔図書〕(計1件)

大貝 彰・宮田 譲・青木伸一編著, 朝倉書店, 都市・地域・環境概論, 2013, 214

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮田 譲 (MIYATA Yuzuru)  
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 20190796

(2) 研究分担者

( )  
研究者番号:

(3) 連携研究者

( )  
研究者番号: