

## 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24年 5月23日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560557

研究課題名（和文）地域連携による地域交通ネットワークの効果的整備の可能性に関する研究

研究課題名（英文）A Study on effective provision of transportation infrastructures by interregional cooperation

## 研究代表者

福山 敬（FUKUYAMA KEI）

鳥取大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：30273882

## 研究成果の概要（和文）：

地方分権化社会における地域間交通基盤施設の整備と維持の方策について、地方政府自身が自己財政基盤のもとで主体的に整備の量と質を決定するという「地方分権的な交通基盤整備」について理論モデルを用いてその基本構造を解明した。特に、「ただ乗り」誘因など戦略的行動の構造を明らかにし、整備の非効率性および地域間不均衡性を明らかにした。特に、意思決定のタイミングや投資関数の相補性／代替性の重要性が明らかとなった。

## 研究成果の概要（英文）：

This research focuses on the cooperative provision of inter-regional transport infrastructure by multiple local governments. A theoretical model is developed by employing general equilibrium modeling and non-cooperative game theory. With the model, strategic behaviors and therefore their consequent results such as a provision level of infrastructure are investigated. It is especially shown that decision timing and substitution/compliment characteristics of investment function play key roles.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学，土木計画・交通工学

キーワード：ゲーム理論，地方分権，一般均衡

## 1. 研究開始当初の背景

交通基盤施設の整備が多地域経済に与える影響に関する理論研究は、土木計画学や地域経済学を含んだ地域科学の分野における重要なテーマの1つである（たとえば、Kanemoto and Mera(1985), Sasaki(1992), Morisugi et.al(1995), 上田・松葉(1995), Mun(1997), Fujita et.al(1999), 林・上田(2008)). そこでは伝統的に外生的に与えた交通施設整備が都市構造と多地域経済全体に与える影響を分析しており、2 地域経済（お

よび地域の無名性が成立するヘンダーソン型の多都市モデル）に限っていえばその構造はほぼ解明し尽くされており、現在は（本研究が対象とするような）3 都市以上の経済システムの変容と地域間交通基盤施設整備の理論的關係の解明が、特に「新経済地理モデル」(Fujita, Krugman, Venables (1999)) の枠組みの中で行われつつある(Tabuchi(2006), 尾山(2006), 菅澤・赤松(2008)).

一方、地域間を結ぶ交通基盤施設の「分権的」「内生的」整備決定に関しては、道路ネ

ットワーク整備に限れば、近年の米国の交通科学者による道路利用料金に関する地域間競争の分析が上げられる程度で、本申請者の研究 [田村・福山(2004), Fukuyama(2005), 田村・佐々木・福山(2006), Fukuyama and Tamura(2006), 福山・田村(2007)[日本交通学会賞受賞論文], 倉崎・福山(2008)] を除いてほとんど分析されていない。

最近、以下の3研究により地域間を結ぶ交通基盤施設の内的決定に関する分析が行われはじめた。Takahashi (2006)は経済発展と採用される輸送技術の水準の関係を説明するモデルを構築している。Kondo(2006)は2地域が別々に地域内交通基盤の整備を行う文脈での地域「内」交通基盤整備の内的決定モデルを構築している。Mun and Nakagawa(2006)は2国間の国際交通基盤の整備に関する内的な協力(国間補助金)の効率性を分析している。しかし、これらはすべて2地域モデル(2地域を結ぶ1交通基盤施設)に関する分析であり、整備に関する地域間の連携は本質的に分析することができない。

## 2. 研究の目的

本研究は、我が国で「地方分権化」社会における地域間交通基盤施設(特に地域間/都市間の地方道路ネットワーク)の整備と維持の方策について、自己財政基盤のもとで地方政府自身が主体的に整備の量と質を決定するという「地方分権的な交通基盤整備」の帰結について理論モデルを用いてその基本構造の解明を試みる。理論分析では、特に地域間の個別の整備における「ただ乗り」誘因など戦略的行動の構造を明らかにし、整備の非効率性および地域間不均衡性を明らかにする。

## 3. 研究の方法

多地域による地域間交通基盤施設の分権的整備決定問題を理論モデルとしてモデル化する。多地域の経済的関係を表す部分は地域経済一般均衡モデルの考え方を踏襲する。一方、各地域の交通基盤投資に関する意思決定は非協力ゲーム理論の均衡概念を用いる。2地域のみ、および直列3地域(ただしペアワイズ安定性概念のみ適用)を考えたこのような「地域経済一般均衡+地域のゲーム的意思決定」モデルは、すでに申請者らにより開発されている[田村・福山(2004), Fukuyama(2005), 田村・佐々木・福山(2006), Fukuyama and Tamura(2006), 福山・田村(2007)](ただし、既存モデルは「産業の地域間移動なし」を仮定しているため、厳密な意味での完全一般均衡モデルではない)。これらを基礎に、労働者のみならず産業が地域間を移動可能なモデルへと拡張する。この拡張モデルは、

複雑な非線形連立方程式体系となることが予想されるため、一部はコンピュータシミュレーションによる分析となる。

## 4. 研究成果

### (1) はじめに

小規模な地域・都市を結ぶ交通基盤施設を地域政府が主体となって整備する場面を想定し、地域政府による地域間交通基盤施設整備の意思決定のタイミングの違いが投資水準に与える影響を分析した。具体的には、小地域開放型経済の仮定の下、3地域2期間の部分均衡モデルを構築し、同時ゲームおよびシュタッケルベルクゲームによる分析、またファーストベストな投資水準との比較を行う。そして、それらの結果を踏まえ、地方分権下での小規模な地域・都市間を繋ぐ交通基盤施設整備の意思決定の帰結について検討した。

### (2) モデルの基本設定

小地域開放型経済の仮定の下、3地域2期間の部分均衡モデルを構築し、小規模な2地域政府が当該地域間交通基盤施設への投資水準を同時・逐次的に決定する場面を定式化する。このとき、第一期に各地域政府は地域間交通基盤施設整備への投資水準を決定し、第二期にその効果が発現するものとする。地域経済システム内には、地域A、地域B、その他の経済圏\*(以降、地域\*)の3地域が存在し、各地域は財輸送のために使用される地域間交通基盤施設によって繋がれている。このとき、地域Aと地域Bは小地域の仮定(小国の仮定)に従うものとする。すなわち、小地域である地域Aと地域Bは、地域\*と財の交易を行うが地域\*に比べて規模が小さく、それらの交易量が変化しても地域経済システム全体の交易量にはほとんど影響がない。したがって、地域\*での価格への変化を無視でき、地域Aおよび地域Bは地域\*の交易条件に従うような状況を想定する。地域Aは、地域Bおよび地域\*から財2を移入し、地域Bに財1を移出しており、地域Bは、地域Aおよび地域\*から財1を移入し、地域Aに財2を移出しているものと仮定する。また、地域\*は地域Aに財2を、地域Bに財1を移出しており、財移入はないものとする。地域Aと地域\*および地域Bと地域\*とを繋ぐ地域間交通基盤施設は既に整備されているとする。そして、地域Aと地域Bを結ぶ地域間交通基盤施設の財1単当たり輸送コストは、地域A、地域Bが決定する投資水準によって決定されるものとする。ただし、小地域の仮定より地域Aと地域Bを繋ぐ地域間交通基盤施設整備は地域\*での価格に影響を与えない。

次に、各地域の交易による利益を導出するため、1地域の他地域で生産された財に関す

る超過需要関数を定義する。また、地域間で正の輸送コストを伴って取引される財 1, 財 2 に対し、各地域で生産され輸送コストゼロで取引可能な財 0 の存在を仮定し、消費者一人当りの効用関数を準線形の効用関数を想定する。このとき、財 1, 財 2 は労働と資本によって、財 0 および地域間交通基盤施設は労働のみによって生産されるものとする。このような消費者の選好、生産構造および各地域の人口規模の下で、ある期間に各地域が交易から得る利益(余剰)が定式できることになる。この交易による利益は、各地域政府が決定する投資水準によって決まる地域間交通基盤施設の輸送コストに依存する。そこで、輸送コストと地域間交通基盤施設整備への投資の関係を投資関数として定義する。輸送コストは各地域の投資によって減少すると考えられるため、各地域による投資の減少関数とし、各地域の投資水準に対して凸関数を仮定する。また、投資関数の交叉微分は、地域間交通基盤施設整備への投資に関する補完性・代替性を表わす。交叉微分が正ならば、地域間交通基盤施設整備への投資と輸送コストの関係が代替的であり、これが負ならば、それが補完的であることを示す。なお、これがゼロとなる場合を、本研究では中立的と定義する。ここで、投資関数が補完的・中立的な場合とは、地方分権下での地域間を跨ぐ国道などを整備するような場合であり、各地域が地域間交通施設の自地域部分に対して個別に投資を行うような状況と解釈できる。一方、代替的な場合とは、地域間を跨ぐトンネルや架橋などを整備するような場合で、各地域が共同で原資を出し合い、プールした原資に基づいて整備を行うような状況と解釈できる。

### (3) 同時ゲーム

このような設定のもと、第 1 期での地域政府の行動は、第 2 期での交易による利益の現在価値から第一期での投資額を引いた自地域厚生 of 現在価値が最大になるように投資水準を同時決定するものとする。第 2 期は地域間交通基盤施設の耐用期間と解釈できる。各地域の厚生最大化問題の 1 階条件は、輸送コスト減少における限界便益が地域  $i$  の限界コストに等しいことを表わし、これは地域の最適応答関数となる。ナッシュ均衡解は、両地域最適反応関数が成立する投資水準である。

ここで、地域の投資水準の増加が他地域の最

適な投資水準に与える影響を調べるため、最適反応関数を全微分し整理すると以下を得る。すなわち、一方の地域の投資水準の増加が他地域の投資水準を増加させるか減少させるかは、投資関数の交叉微分の正負に依存し、特に、交叉微分が非正の場合には正となり、一方、これが非負の場合には一意に決まらない。これより、次の定理が成り立つ。すなわち、地域間での交通基盤施設投資に関する補完性・中立性は、戦略的補完性をもつための十分条件である(定理 1)。また、地域間での交通基盤施設投資に関する代替性は、戦略的代替性をもつための必要条件である(定理 2)。

### (4) シュタッケルベルクゲーム

シュタッケルベルクゲームでは、先導者は自分の行動に対する追従者の反応、すなわち最適応答関数を予測した上で自地域の投資水準を決定する。一方、追従者は先導者の投資水準を知った上で自地域の投資水準を決定する。そのため、追従者である地域政府の行動は同時ゲームのときと同じものとなる。本研究では、第一期において先導者・追従者の意思決定がなされると想定し、両者の意思決定のタイムラグは割引率が発生しない程に短いと仮定する。このとき、先導者である地域政府の行動は、他地域の最適反応を制約式とした厚生最大化として定式化でき、1 階条件より最適反応さらにはシュタッケルベルク均衡解が求まる。

### (5) 社会的最適

社会的に最適な投資水準は、各地域厚生の現在価値の総和の最大化問題を解くことにより得られる。

### (6) 均衡投資水準の比較検討

#### ① 関数の特定化

構築したモデルを用いて、各均衡投資水準の比較および各均衡投資水準と社会的最適な投資水準との比較を行うため、超過需要関数と投資関数を特定化した。本モデルの枠組みでは、超過需要関数は各地域の超過供給の側面について考えれば十分である。また、各地域の戦略的行動とその結果である均衡について考える場合、「戦略的補完性・代替性」がより重要となる。そこで、投資関数の特定化に際し、戦略的補完性および戦略的代替性それぞれに対応するものとして、投資が中立的、代替的の 2 つの場合のみを考える。

#### ② 戦略的補完の場合

特定化された関数のもとでの投資水準等を解析的に行った。その結果、2 地域政府がそれぞれ独立に地域間交通基盤施設整備への投資水準を選択するという状況下では、そ

の投資水準はセカンドベストとなる。均衡投資水準はナッシュ均衡ではファーストベストと比べて過少投資に、シュタッケルベルク均衡では過少投資に加えて過大投資となることがわかった。特に、シュタッケルベルクゲームでは、地域間で人口規模が大きく異なるような場合に、過大投資が生じる可能性がある。

一方、ナッシュ均衡とシュタッケルベルク均衡の比較の結果、ナッシュ均衡よりもシュタッケルベルク均衡解のほうが両地域とも均衡投資水準が高くなることが示される。すなわち、各地域政府が同時に決定するよりも逐次的に決定することで、両地域ともに投資水準を増加させることがわかる。これは各地域政府の最適応答関数が戦略的補完性を持つことから、逐次的な意思決定という競争上の差異が地域政府間の競争を促進させるためである。

相手地域の投資水準の増加は自地域の厚生水準を増加させるため、戦略的補完性を有する場合、シュタッケルベルク均衡における各地域の厚生水準は、同時決定の場合と比較して両地域とも自地域の厚生水準を増加させる。これより、各地域の逐次的な意思決定は各地域にとってパレート改善をもたらすことが分かる。しかし、各地域の人口規模が等しい場合、先導者より追随者として行動するほうが自地域の厚生上有利であるため、両地域には追随者として行動するインセンティブが生じることになる。

以上の結果より、各地域が意思決定のタイミングを内生的に決定するような場面を考えると、戦略的補完性を持つ場合には、同時決定よりも逐次的な意思決定によってパレート改善をもたらすが、両地域はお互いに追随者として行動しようとするために均衡が実現せず、地域間交通基盤施設整備が行われない様子見が続くことが示唆される。

### ③戦略的補完の場合

地域間交通基盤施設整備の効果が交易される財価格のみに影響する部分均衡モデルの枠組みであるため、同時ゲームの最適応答関数はその傾きが $-1$ となり、地域間での人口規模が対称な場合には各均衡解は一意に求まらない（この場合、地域間交通基盤施設整備の費用負担に関する交渉問題に帰着する）。そこで、地域間で人口が異なる場合について、結果を求め、各均衡投資水準とファーストベストの比較を行った（ただし地域毎のファーストベストは一意に求まらないため、総均衡投資水準で比較を行った）各総均衡投資水準はファーストベストな総投資水

準に比べて過少投資となることが確認できる。相対的に人口規模の小さい地域が先導者として行動した場合には、ナッシュ均衡の総均衡投資水準よりも低い水準しか達成されないことがわかった。

一方、地域毎の各均衡投資水準についてみると、各地域が同時に投資水準の決定を行う場合では、人口が相対的に大きい地域が、相対的に小さい地域の投資にただ乗りする結果となった。これは、相対的に人口規模の大きい地域は相手地域に移出する財の量が少ないため、当該地域間交通基盤施設整備に対する投資のインセンティブが相対的に小さい地域と比べ低いためである。また、各地域が逐次的に投資水準を決定する場合には、各地域の人口規模とは関係なく先導者として行動する地域が相手地域へただ乗りする結果となる。このとき、ただ乗りによって当該地域の厚生は増加するため、戦略的代替性を持つ場合、各地域には先導者として行動するインセンティブが生じる。

以上の結果より、各地域が意思決定のタイミングを内生的に決定するような場面を考えると、戦略的代替性を持つ場合には、両地域は自らの投資水準ゼロをもって先導者になるうとするため、地域間交通基盤施設整備が行われない様子見が続くことが示唆される。

### (6) まとめ

本研究では、小規模な地域政府による地域間交通基盤施設整備の意思決定のタイミングの違いが投資水準に与える影響について分析し、その結果より地方分権下での地域間交通基盤施設整備の意思決定の帰結について検討した。その結果、小規模な地域・都市間を繋ぐ交通基盤施設整備の地方分権化は、地域政府による自発的な整備をもたらさず、両地域政府は地域間交通基盤施設整備をいつまでたっても行わない様子見状態が続く可能性があることが示された。そのため、このような小規模な地域間交通基盤施設整備の地方分権化においては、信頼性のある第三者機関や上位政府などによる何らかの政策的介入が必要であると考えられる。その際、地域間で戦略的補完性が成立し、特に地域間で人口が対称な場合には、各地域政府の意思決定のタイミングに差異を与えるような地域間での信頼性のある整備ルールが、一方、地域間で戦略的代替性が成立し、特に地域間で人口が非対称な場合には、各地域政府の意思決定のタイミングに差異を生じさせないような地域間での信頼性のある整備ルールが有効であるものとする。

## 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6件)

- ①池田結樹, 福山 敬, 地域政府による地域間道路の分権的整備が産業立地に及ぼす影響に関する分析, 交通学研究, 55, 2011, 225-234.
- ②Kei Fukuyama, Yusuke Sunano, Jun Kimura and Yuki Ikeda, Analyses on duopoly vendors in a small-open city, Procs. IEEE Intl Conf. on Systems, Man, and Cybernetics, 2011, 2714-2719.
- ③ Takahisa Yokoi and Asao Ando, One-directional Adjacency Matrices in Spatial Autoregressive Model: A Land Price Example and Monte Carlo Results, Economic Modelling, 29, 2011, 79-85.
- ④池田結樹, 福山 敬, 地域政府による地域間道路の分権的整備が産業立地に及ぼす影響に関する分析, 54, 2011, 225-234.
- ⑤福山 敬, 地域計量経済分析を通じた地方都市地域問題の解明, 都市計画研究講演集, 8, 2010, 7-12.
- ⑥Atsushi Koike, Lori Tavasszy, Keisuke Sato, Spatial Equity Analysis on Expressway Network Development in Japan-Empirical Approach Using the Spatial Computable General Equilibrium Model RAEM-Light, Journal of the Transportation Research Board, 2133, 2009, 46-55.

[学会発表] (計6件)

- ①池田 結樹, 福山 敬, 高森 一馬, 地域政府による地域間交通基盤施設整備の意思決定タイミングと投資水準に関する分析, 土木学会中国支部研究発表会, 2011年5月21日, 岡山大学 (岡山市).
- ② Kei Fukuyama, Analyses on duopoly vendors in a small-open city, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2011.10.12, Anchorage, Alaska, USA.
- ③Asao Ando and Bo Meng, Spatial Price Equilibrium with Imperfect Substitutes: Towards a Trade-Consistent SCGE Model, 50th Anniversary Meeting, Western Regional Science Association, 2011.2.28, Monterey, CA, USA.
- ④池田結樹, 福山 敬, 地域政府による地域間道路の分権的整備が産業立地に及ぼす影響に関する研究, 日本交通学会第69回研究報告会, 東京都文京区 (東洋大学文京第2キャンパス), 2010年10月3日,
- ⑤福山 敬, 地域計量経済分析を通じた地方

都市地域問題の解明, 招待講演, 都市計画学会中国四国支部, 2010年4月10日, 法華クラブ広島 (広島市).

- ⑥池田結樹, 福山 敬, 徳田翼, 地域間道路の分権整備が産業立地に及ぼす影響に関する分析, 都市計画学会中国四国支部, 2010年5月15日, 徳山工業専門学校 (徳山市).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

福山 敬 (FUKUYAMA KEI)  
鳥取大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 30273882

### (2) 研究分担者

安藤 朝夫 (ANDO ASAO)  
東北大学・大学院情報科学研究科・教授  
研究者番号: 80159524  
小池 淳司 (KOIKE ATSUSHI)  
神戸大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 60262747  
羅 貞一 (NA JONG-IL)  
鳥取大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号: 20612617

### (3) 連携研究者

なし