

戦略的相補性と交通市場*

STRATEGIC COMPLEMENTARITY AND TRANSPORTATION MARKET*

松島格也**

by Kakuya MATSUSHIMA**

1. はじめに

現代都市においては多くの人々が生活している。人々が都市に集まって生活することのメリットのうちもっとも大きいものは、そこに住む人々がそれぞれ持っている知識やアイデアを交換することにより得るものである。すなわち、多くの人から自分が持っていない知識やアイデアを獲得し、また自らも相手にその相手が持っていない知識やアイデアを与えることで、お互いがそれぞれの効用を高めることが可能となる。様々な価値観を持つ多くの人と接触することで自らの知的満足度を高めることができる。多くの人々が生活している大きな都市には、より多くの数の、そしてより多くの種類の知識やアイデアが集積している。各個人が所有しているアイデアや知識を交換することの容易さが、大都市における集積の経済という外部性を形成している。そしてこのような知識やアイデアの交換のための手段として人々は日々多くの人と出会っている。すなわち、フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションが行われている¹⁾。

フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションを行うためには、個人と個人とがマッチングされる必要がある。このような人々のマッチングの結果として、マッチング相手に会うための交通トリップが発生する。これまでの多くの交通行動研究は、社会・経済システムの現象を個人による独立な行動に還元し、それを集計化するという方法論に基づいている。すなわち方法論的個人主義の立場に立っている。その結果、人々が互いに時間を調整し、同一の場所・時間に集合する個人間の意思決定の相互作用を捨象してきた。一人一人の個人がそれぞれ独立に生活し行動している世界を仮定すれば、このモデル化の方法が適用されるであろう。しかし、現代社会においては、いかにして個人間の意思決定の相互作用を表現しうるかが、複雑に入り組みあっている交通行動を表現する上での重要なポイントとなる。一見、単一の個人の自由意思の結果として生じているように見える交通トリップも、マッチング形成の結果として生じているということに着目しなければならない。交通トリップが生成するメカニズムを検討するためには、個人間のコミュニケーションに焦点をあてた交通行動分析

を行う必要がある。

従来の他人の意思決定の結果が個人行動に及ぼす影響を考慮した研究としては、以下の様なものが挙げられる。確率的ネットワーク均衡^{2),3)}や合理的期待均衡^{4),5)}においては、個人行動の結果はネットワークレベルのパフォーマンスを通じて、集計化された形で個人の効用に影響を及ぼすように取り扱われてきた。さらに、個人の意思決定の相互作用を明示的にモデル化するアプローチがいくつか提案されている。小林等⁶⁾はランダム・マッチングモデルを通じた個人間の意思決定の相互作用をモデル化している。また森川等は他人の効用水準がreference pointとなり自らの効用に影響を及ぼすようなランダム効用モデル^{7),8)}を提案している。だがこれらの研究は個人の交通行動分析のレベルにとどまっており、システム全体での均衡を定義できるような一般的な内容を持ち合わせていない。

表-1は人的ネットワークと交通ネットワークの構成要素を整理したものである。同表からわかるように、交通のネットワークと人的ネットワークとの間には密接な関係が存在する。フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションはミーティングを形成する過程として表現される。人的ネットワークにおいてノードとしての役割をもつ個人は、交通ネットワークのリンクを移動してミーティングを行う。また人的ネットワークにおけるミーティング回数と交通ネットワークにおける交通トリップがともに観測可能変数であることより、交通トリップがミーティング形成の結果として生じることが、この表から見て取れるであろう。このように人的なネットワークと交通ネットワークは密接な関係を持っている。

ひとたび生成する交通トリップの背後にあるコミュニケーションを考えると、従来の交通行動分析が重要な視点

表-1 交通ネットワークと人的ネットワークの構成要素

	交通ネットワーク	人的ネットワーク
ノード	出発地・到着地	個人
リンク	道路	ミーティング
インプット	トリップ需要	アイデア・友情等
アウトプット	実現トリップ	アイデアの進歩・友情等の深化
観測可能変数	交通トリップ	ミーティング回数
状態変数	交通条件	アイデア、友情等の機能
目的変数	旅行時間、コスト	知識、アイデアの交換
メディア	交通手段	議論
活動距離	長距離	短距離

*キーワード：戦略的相補性、マッチング、外部経済
 **正員 博士（工） 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
 （〒606-8501 京都市左京区吉田本町 kakuya@psa2.kuciv.kyoto-u.ac.jp）

（小林¹⁰⁾に加筆修正）

を捨象してきたことがわかる。コミュニケーションを行うために必要なマッチングを形成するためには、参加する主体が事前にマッチング形成に合意する必要がある。個人間の意思決定に相互作用が働く場合、マッチングが形成される過程には外部性が発生する。多くの交通トリップ生成にまつわる外部性に関する研究がこれまでに対象としてきたのは混雑現象である。しかし、混雑以外にも様々な種類の交通行動に関連する外部性が存在する。これまでの交通トリップ生成メカニズムに関する研究において、個人間の意思決定の相互作用から生じる外部性を議論したものはほとんどない。

本論文では、マッチングの派生需要としての交通行動に着目し、マッチング行動に顕著に表れる外部経済性、特に戦略的相補性という概念に着目して公共交通市場の構造を分析することの意義を述べる。さらに外部性が存在するもとでとるべき政策論について論じる。以下、2.では交通が生じる要因となるマッチングに関して説明し、双方合意の必要性がもたらす外部性について述べる。3.では交通市場において生じる外部性を整理する。4.では外部性が要因となって生じる戦略的相補性の概念について説明する。5.、6.では戦略的相補性が働く交通市場の例としてタクシー市場、バス市場をそれぞれとりあげ、そのメカニズムと戦略的相補性が及ぼす影響について述べる。7.では3.、4.で述べた外部性により生じる市場の失敗を解決する方法について考察する。8.では本論文の知見をとりまとめる。

2. マッチングの派生需要としての交通

(1) 交通行動とマッチング

ドライブやサイクリングなどを別として、移動自体を目的とした交通行動はほとんどない。何らかの行動の派生需要として交通行動をとらえるべきである。特に、人々は移動する際に何らかの形で他の人々とミーティングことを目的としていることが多い⁹⁾。ミーティングを行う際には参加する全ての主体が当該ミーティングの開催に合意することが必要となる¹⁰⁾。すなわち一方の主体のみがミーティングの開催に合意したとしても当該のミーティングが必ずしも開催される保証はない。ミーティングが開催されない場合、そのミーティングに付随する交通トリップも生成しない。これは個人が交通トリップを実施するかどうかの意思決定に関して他人の意思が関与することを示している。

ミーティングに参加する両者がミーティングの開催に合意すると、少なくともどちらか一方がマッチング相手と出会うために交通行動を実施する。交通行動のうち最も根元的なものは、移動する主体自ら生産した交通サービスを自ら消費するという形式のものである。しかし、交通サービスを生産する能力は個人によって大きく異なるであろう。自ら移動することが困難な場合や何らかの事情により自分で交通サービスを生産できない場合、他人

もしくは企業が提供する交通サービスを消費することになる。家族や知人による送迎やタクシーの利用などがこのケースに該当しよう。こういった交通行動は、交通サービスの提供主体（供給側）と交通を実施する主体（需要側）とのマッチングが重要な役割を果たす。

さらに人々の交通に対する需要が多様化し、また需要の絶対量が増加すると、個別に自ら生産した交通サービスを消費する、という形のみでは全ての交通に対する需要をまかなえなくなる。そこで交通サービスの供給主体は、複数の個人の交通需要を集計した交通サービスの提供することを考えるであろう。このような不特定多数の需要を集めて提供される交通サービスとして、バスや鉄道、航空機などがある。これらは通常公共交通をよばれているものである。複数の個人の交通に対する需要を集約化した公共交通が実施されるためには、個人間の利害の調整する必要がある。すなわち個人間の交通トリップ生成に対する需要のマッチングを行わなければならない。このとき実際に交通サービスを利用する個人間で直接需要に関する利害の調整（coordination）を行うことには多大な取引費用を必要とする。公共交通サービスの提供にあたって政府が果たす大きな役割の一つは、個人間で対立する利害の調整である。

(2) 空間的マッチングと時間的マッチング

実際に生成している交通トリップを観察すると、このようなマッチングは非常に多くの場面において観察できることが分かる。交通サービスに関する市場取引が成立するためには、市場へ参加する主体が移動費用（取引費用）を支払ってサービス取引が行われる場所へ実際に移動する必要がある。交通サービスに関する市場取引が成立するためには、電話や電子メール等の情報通信手段を用いて取引相手に関する情報を交換する場合もある。しかし、その情報交換の結果、実際に交通トリップを生成させる際には、参加する主体（の少なくとも一方）が移動費用を負担して交通行動を行う。参加する主体が移動して交通サービスに関する取引が行われる場合、事前に取引が行われる場所に関して調整を行い、全ての市場参加主体がその開催場所の決定に合意する必要がある。すなわち取引に参加する主体に関して空間的なマッチングを行わなければならない。このようなマッチングとしては、キスアンドライド型の交通トリップにおける送迎者と被送迎者のマッチングや、過疎地域における公共交通の維持方策としての相乗りシステムに関する複数の交通サービス消費者同士のマッチングなどが該当しよう。

コミュニケーション実施のために生成される交通トリップに関してもう一つ考慮すべきマッチングは、ミーティングを行う時刻の調整である。たとえば、会議や打合せを行うためには日程調整を通じた時間的なマッチングが行われる。また時間的集積の経済性¹¹⁾が働く企業は、自社の従業員を同じ時刻に一齐に労働させるインセンティブを

持つ。すなわち自社の労働者の始業時刻（及び終業時刻）を同一にするほうが当該企業にとって望ましい。また他社との業務上のコミュニケーションを行う場合には、自社内の労働者の始業時刻を一致させるだけにとどまらず、自社の始業時刻を関連する他社の始業時刻と一致させようとするであろう。こういった企業の始業時刻の設定問題は、通勤トリップの出発時刻選択や交通手段選択に影響を及ぼす。すなわち時間的なマッチングが交通の生成に重要な役割を果たすことになる。フレックスタイム制や時差出勤制の導入検討は、このような時間に関するマッチングの集中化と分散化といった観点から分析する必要がある^{12)~14)}。

(3) 主体間のマッチングと主体内のマッチング

もう一つのマッチングに関わる要素として、異なる主体間におけるマッチングと同一主体内におけるマッチングという分類をとりあげる。通常マッチングとして想定されるのは、個人と個人、企業と個人など、異なる主体間のマッチングである。個人間のコミュニケーションは知識の交換に重要な役割を果たすが、コミュニケーションが成立するためには事前にミーティング相手とマッチングされる必要がある。また個人が公共交通を利用する場合には、バスとその利用者、鉄道とその利用者を時間的・空間的にマッチングさせなければならない。

その一方で、ある一人の主体の意思決定に関するマッチングも存在する。たとえばある主体が交通トリップを生成する場合、当該トリップには通常往路と復路が含まれる。主体はトリップを行う前に、往路と復路における交通手段を事前に決定する場合が多い。たとえば往路にバスや鉄道の公共交通を利用してトリップを行った場合、復路に自家用車を利用することはできない。もちろん往路に自家用車を利用した場合には復路においてもその自家用車を利用して自宅まで戻ってくる必要がある。すなわち各主体は往路の交通手段と復路の交通手段とのマッチングをおこなってトリップの実行を決定する。

(4) マッチングと外部性

他人の意思が自らの交通トリップの生起に関与する場合、実現する交通トリップ数はパレートの意味で最適な状態になっていない可能性が高い。自らが行いたいと思うトリップの水準よりも、実現するトリップの水準は低くなっているだろう。個人として、また社会的に望ましい水準のミーティングを実現させるためには、交通政策の導入や新しい技術開発等を通じたミーティング水準適正化のための努力が必要となる。自らの交通行動の決定にミーティング相手など他人の意思に関与することに起因して、ミーティング形成のために実施される交通行動には外部性が存在する。交通に関する外部性の問題は、ともすれば混雑現象と自動車交通がもたらす社会的費用に関する議論に終始していた感が否めない。交通トリップ生成にまつわる外部性に関しては次節で詳しく述べるが、これ

らの外部性をいかに補正するかについてより詳細な分析が必要となる。

3. 交通市場における市場の失敗

(1) 概説

前述したように、ミーティングにおける双方合意の必要性を考慮した場合、各主体は自らの意思だけで交通トリップを発生させることはできない。トリップを行うかどうかの意思決定には、他人の意思に関与する。このような個人間の意思決定の相互性に起因して、交通トリップ生成に関わる市場は必ずしも効率的になるとは限らない。すなわち市場の失敗が生じうる。市場の失敗とは、1) 完全競争、2) 市場の普遍性、3) 凸環境、のうち少なくとも一つが満足されないときに生じる¹⁵⁾、と定義される。これら三つの条件は互いに排他的ではない。本論文ではこれら市場の失敗が生じる要因として、外部性 (externality) と規模の経済 (economies of scale) という二つの概念に着目する。

外部性とは、「市場機構に包摂される経済活動が、市場機構の枠組をはみ出す効果を他の経済主体に対して付随的に及ぼしてしまう現象」¹⁵⁾を指すと定義される。他の経済主体の行動が当該経済主体の技術条件や嗜好を変えることによって生じる外部性を技術的外部性 (technical externalities)、当該経済主体の関係する財・サービスの価格を変えることによって生じる外部性を金銭的外部性 (pecuniary externalities) と呼ぶ。すなわち前者はある経済主体の行動が市場を通じないで他の経済主体に影響を与える外部性、後者はある経済主体の行動が市場を通じて波及する外部性を指す。

一方規模の経済性とは、生産の平均費用が産出量の拡大につれて減少する場合に生じる。生産技術に不可分性が存在する場合、企業の限界生産性が逡増し、生産を増加させるとともに生産性が増大する。規模の経済性は様々な要因により発生するが、本論文では固定費用及び後に説明する手段補完性が要因となるケースについて言及する。

以下では交通行動に関連する市場の失敗を生み出す要因として1) 混雑という技術的外部性、2) 市場厚の外部性という金銭的外部性、3) 固定費用に伴う規模の経済性、4) 手段補完性に伴う規模の経済性、という四つをとりあげて以下に説明を加える。

(2) 混雑

交通に関する研究において考慮されている外部性として混雑がある。近年の環境問題への高まりを背景に、CO₂排出量などの環境に関する外部性を考慮した研究^{16)~18)}などが見受けられるものの、大半の外部性の内部化に関する研究は混雑現象に着目したものであるといえよう。Mohring and Harwitz¹⁹⁾は費用関数のゼロ次同時性などの一定の条件が満たされた場合、混雑料金の徴収により

最適道路整備が実現されることを示している。具体的な徴収方法など技術的な問題はいくつか残されているものの、混雑は適切な課税を行うことにより解消される。すなわち混雑現象という外部性は適切な税金の賦課により内部化することができる。課税による外部性の内部化に関しては、後に7. (1)で言及する。

道路混雑は道路の利用技術に起因して生じる技術的外部性である。道路利用者が増加すれば、走行時間が増加するという外部不経済が発生するが、規模の経済性は存在しない。道路利用者が増加すれば、全ての道路利用者の速度が低下する。道路混雑は、ポジティブフィードバックの原因にはならないが、市場均衡の効率性に影響を及ぼす。

一方個人の意思決定の相互作用に起因する、マッチング行動に付随する外部性としての混雑も存在する。各主体がマッチングを繰り返し行う市場に多数の個人が参加してマッチングをより頻繁に行うようになると、当該市場にマッチング相手となりうる相手が少なくなるという混雑が生じ、結果としてマッチング相手を探索するために必要な費用が高くなる。交通トリップが生成する要因としてのコミュニケーションに着目したとき、この外部性はその本質的なものである。

(3) 市場厚の外部性

市場厚の外部性とは、市場に参加する主体が増えると探索費用が節減できることから生じる外部性である。マッチング市場を考えた場合、市場参加者がより頻繁にミーティング相手を探索するようになると、ミーティング相手と出会う確率も高くなる。そのような状況において他の参加者のとるべき戦略は、自らも探索強度を高めてミーティング相手を探索することである。このような現象はタクシー乗り場の市場²⁰⁾など、マッチング行動を含む多くの交通現象に表れるものである。本節で述べた市場厚の外部性は、後に述べる戦略的相補性^{10), 21)–24)}の考え方と密接に関係している。

市場厚の外部性は市場参加主体による探索行動の結果生じることが多い。Diamond²⁵⁾を始めとした財の交換過程を通じて貨幣の役割を説明する貨幣経済学の分野における研究や、Mortensen²⁶⁾による職の探索モデルに関する先駆的な研究に始まる労働経済学の分野における研究など、関連する多くの研究^{27)–29)}が行われている。これら一連の研究においては、各主体はマッチングを通じて効用を獲得し、そのために必要な探索行動を各主体が行っている。

その一方で、市場参加者が減少することを通じて外部的不利益を被る場合、市場薄の外部性が生じることになる。たとえばフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションに着目した場合、ミーティング相手を選別することから市場薄の外部性が生じる⁹⁾。より魅力的なミーティングを実現しようとすれば、ミーティング相手を発券する

ことは困難となる。これはミーティング市場においてミーティングを取引する相手が少なくなる外部性である。

(4) 固定費用

交通企業の経営には、交通サービスを提供するために必要な固定費用が存在する。交通サービスの可変費用が一定であれば、サービスの利用者の増加により利用者1人当たりが負担する固定費用は減少する。規模の経済性が生じる最も大きな原因は固定費用である。交通企業は経営の合理化を通じて固定費用の削減が可能である。固定費用に対して補助金を支出すれば、固定費用の存在による規模の経済性は解消する。

(5) 手段補完性

通常家計がトリップを行う際、往路と復路で同一の交通手段を選択する³⁰⁾。たとえば出勤の際に自家用車を運転した場合には帰宅時にもその自動車を運転して帰る必要がある。また複数の経路を利用できる一部の都心居住者等をのぞいて、公共交通を用いて通勤を行っている家計の多くは往復のトリップを同じ経路で行っている。こういった往路・復路における交通手段を同時選択することにより、各主体の交通行動には往路、復路トリップにおける交通手段の選択が、いま一方のトリップにおける手段選択に影響を及ぼすという技術的外部性が存在する。すなわち、往路、あるいは復路におけるバスの利用可能性が増加すると、もう一方のトリップにおけるバスの利用可能性も増加するという戦略的相補性が存在する。このような手段選択における戦略的相補性により生じる規模の経済性を手段補完性と呼ぶ。

4. 戦略的相補性と調整の失敗

(1) 概説

前節では交通トリップ生成に関連して発生する市場の失敗を整理したが、そこでの一つの重要なキーワードは戦略的相補性（戦略的補完性）の考え方である。戦略的相補性の概念は経済学のいくつかの分野で用いられている。たとえば、比較制度分析^{31)–39)}の分野においては、「一つの制度が安定的な仕組みとして存在するのは、社会中である行動パターンが普遍的になればなるほど、その行動パターンを選ぶことが戦略的に優位となり、自己拘束的な制約として定着するからである」³²⁾といった形で、制度の戦略的相補性を取り上げている。また協調ゲームを用いたマクロ経済分析²¹⁾においては、他の主体の戦略の変化（特により高い利得をもたらさうな戦略への変化）が、自らが同様の戦略を採用するためのドライビングフォースとなるようなポジティブフィードバックメカニズムの特徴を戦略的相補性と定義し、その考え方に基づいて様々なマクロ経済の現象を説明している。

近年では、たとえばOomes³⁹⁾が雇用における戦略的相

補性を考慮したモデルを用いて、労働市場におけるマッチングの問題を分析している。戦略的相補性の関係を持つゲームについてはまず Topkis^{40),41)}による supermodular game という概念が提案された。複数の経済主体が存在する際に一方の主体の戦略的な行動が他方の主体が獲得する利得に影響を及ぼす場合、戦略的な外部性が生じるといふ。一方の戦略的行動が他方の限界利潤を増加させる場合を戦略的相補的な関係、減少させる場合戦略的代替的な関係にあるという。この戦略的相補性という概念は、マクロ経済学における調整の失敗の問題や寡占市場における問題など、多様な分野において表れる³³⁾。

通常経済学における補完性の定義は、2財の消費を考えるときに「第2財の価格が上昇するとき第1財の需要量が減少するならば、第1財は第2財に対して補完財である」⁴²⁾とされている。この補完的な関係は一方の主体の行動の変更が他の主体の絶対値（この場合は消費量）に影響を及ぼすことになる。それに対して戦略的補完性の概念は、一方の主体の行動の変化が他の主体の限界的な値の変化に影響を及ぼす場合の考え方に基いて定義される。以下に、具体的な定義を見てみよう。

(2) 定義

本項では Bulow *et al.*⁴³⁾にしたがって戦略的相補性を定義しよう。二つの生産企業 A, B を考える。企業 A は財1と財2の二財を、企業 B は財2のみを生産しており、したがって市場1では企業 A が独占企業として振る舞い、市場2は寡占市場として機能している。両企業は各市場における生産量 S_1^A, S_2^A, S_2^B を全て同時に決定する。両企業が獲得する利潤をそれぞれ、 $\pi^A(S_1^A, S_2^A, S_2^B, Z)$ 、 $\pi^B(S_2^A, S_2^B)$ と表そう。ここに Z は市場1における収益性を表す変数であり、外政的に決定される。このとき、もし $\frac{\partial^2 \pi^B}{\partial S_2^B \partial S_2^A}$ が負の符号をもつなら企業 B はその生産を企業 A に対して「戦略的代替」であるとみなし、逆に $\frac{\partial^2 \pi^B}{\partial S_2^B \partial S_2^A} > 0$ が成立するなら企業 B はその生産を「戦略的相補」であるとみなす。したがって戦略的代替の関係にある場合には、企業 A が生産量を増加させたときの企業 B の最適反応は生産量を減らすことであり、一方戦略手相補の関係にある場合には生産量を増加させることが最適反応になる。

(3) Cooper-Jones モデル

前項のように定義された戦略的相補性の考え方をもとに、Cooper and John⁴⁴⁾は調整ゲームを用いて様々なマクロ経済学における現象を説明している。以下では Cooper and John モデルを通じて、具体的に戦略的相補性が経済現象にどのような役割を果たすのかについて考察する。

主体 i ($i = 1, \dots, I$) が戦略 $e_i \in [0, 1]$ を選択する状況を仮定しよう。この戦略 e_i は主体 i の活動レベルを表しており、マッチングモデルにおける探索強度、市場均衡モデルにおける生産量などに該当する。全ての I 人の主体はそれぞれ非協力的に努力水準を選択する。他の全ての主体が

戦略 e_{-i} を採用し、自らが戦略 e_i を採用したとき主体 i が獲得する利得を $\sigma(e_i, e_{-i}, \theta)$ と定義しよう。ここに θ は利得に関するパラメータである。利得は自らの努力水準に関して強凸であるとする。すなわち $\sigma_{11} < 0$ である。以降、下付き文字 j ($j = 1, 2, 3$) はそれぞれ e_i, e_{-i}, θ に関する偏微分を表している。以降では対称的なナッシュ均衡を考え、利得を $\sigma(e_i, e, \theta)$ と表現しよう。このゲームのナッシュ均衡解は以下のように定義される。

$$\xi(\theta) = \{e \in [0, 1] | \sigma_1(e, e, \theta) = 0\} \quad (1)$$

このゲームにおいてももし $\sigma_{12} > 0$ が成立するならば当該ゲームは戦略的相補の関係にあるといい、一方 $\sigma_{12} < 0$ が成立するならば戦略的代替の関係にあるといわれる。ゲームが戦略的相補の関係にあるとき、他の全ての主体が戦略 e_{-i} を増加させた場合の最適反応は自らも e_i を増加させることとなる。この戦略的相補の関係が、複数のナッシュ均衡解が存在するための必要条件となる。また存在する複数の均衡解はそれぞれ、パレートの意味でランク付けすることができる。すなわち、 I 人の全ての主体が努力水準 e を増加させた場合の均衡解の方が、全ての主体がより低いレベルの努力水準を採用した場合の均衡解よりもパレートの意味で上回っていることになる。このようなゲームを考えると、次項において述べる調整の失敗が生じることが分かる。歴史的依存性により、パレート劣位な均衡解にロックインされてしまう可能性が否定できない。

さらに、パラメータ θ が均衡解に及ぼす影響も分析することができる。もしある特定の主体 i の環境に何らかの変化が起こった (θ_i が変化した) 場合、たとえその変化が主体 i のみに対して起こったとしても他の全ての主体の活動水準を変化させる。すなわち戦略的相補性の特徴をもつゲームでは、たとえ状況の変化がごく一部の主体にのみ起こったとしても、結果として全ての主体の活動水準を変化させる可能性があることを示唆している。具体的な政策への適用に関しては既往の文献⁴⁴⁾に譲るが、このような特徴を持つ戦略的相補性を伴ったモデルを用いて、生産関数やマッチング技術、不完全競争市場や複数部門における需要関数など、様々な分野の分析を行うことが可能である。

(4) 交通行動における戦略的相補性

では、本研究で対象としている交通行動を考えたときに、どのような場面において戦略的相補性が表れるのだろうか。交通サービスを消費したいと考えている主体（需要側）と、交通サービスを提供する主体（供給側）とがマッチングされることにより成立する交通を考えよう。交通サービス取引が行われるためには、双方の主体がサービス取引市場に参加する必要がある。ある市場に関して、多くの供給主体が参加しているために、需要側が当該市場を利用すれば容易にサービスを利用できると考えていると仮定しよう。そういった憶測を需要側の主体が抱いている場合、実際に頻繁にその市場を訪れてサービスを

		Player B	
		1	2
Player A	1	1,1	1,0
	2	0,1	2,2

図 1.1 調整ゲーム

享受しようとするであろう。同様に供給側の主体も当該市場を利用すれば容易にマッチング相手である需要側の主体を見いだすことが可能であると想定しているとする。こういった予想をする供給側の主体もやはり当該市場を頻繁に訪れる。

このような供給側と需要側によるマッチング相手の市場参加状況に関する予想は、実際に双方の市場参加者数を増加させる。すなわちより多くの主体が市場に参加すれば容易にマッチング相手を見つけ出すことができる。このような関係が成立するとき、当該の市場における市場参加者の戦略間には戦略的相補な関係が存在している。このような戦略的相補性が働くマッチング市場ではポジティブフィードバックメカニズム²⁰⁾が働き、複数の均衡解が生じる可能性がある。一方低い需給関係に関する予想も同じく自己実現的である。供給側と需要側がともに低調なマッチング相手の市場参加を想定する場合、両主体とも当該市場を訪れないようになる。本論文においては4章でタクシー市場を取り上げて戦略的相補性が生じる交通行動を分析する。

(5) 調整の失敗

複数のナッシュ均衡解が存在する市場を想定した場合、調整の失敗という外部性が生じうる。マッチングを対象として考えてみると、これは自らが望むマッチングの相手と必ずしもマッチングされないことから生じる外部性のことである。図-1に示すような単純な調整ゲームを考えよう。よく知られているように純粋戦略のみを考慮した場合、このゲームには(1,1)と(2,2)の2つのナッシュ均衡解が存在する。また明らかに(2,2)の方がどちらの主体にとっても望ましく、パレート効率的な均衡解である。しかし、いずれの均衡解に達するかはそれぞれの主体の予想や歴史的経緯に依存する。結果生じた均衡解がパレート劣位な均衡解（このゲームのケースでは(1,1)）であった場合、調整の失敗が生じているという。

ミーティングを通じたコミュニケーションを考えてみよう。異質な個人間でのランダムマッチングを想定したゲームにおいては、通常複数の均衡解が生じうる。マッチングが全く行われない均衡解、ある特定のタイプの主体のみがマッチング相手の探索行動を行う場合、全てのタイプの主体がマッチング相手の探索行動を行う場合等、様々な種類の均衡解が存在するが、ミーティングの形成が多いほどパレート効率的な均衡解である。また、マッチングを行いたくないと考えているタイプの主体に対してマッチングの申

し込みを行ってしまう主体が存在するという、非効率な状況が生じる。調整の失敗による外部性を解決する一つの方法は個人に関する情報を提供することである。情報提供が行われればミーティングを行いたくないと考える相手とマッチングされるという、調整の失敗に伴う非効率性は解消される。しかし、社会全体でパレート劣位の均衡に陥るというマクロなレベルでの非効率性を解決するにはいたらないことが示されている⁴⁵⁾。本研究では3章においてミーティング均衡における調整の失敗が生じるメカニズムについて分析する。

以上説明したような戦略的相補性の考え方は、本論文で対象としたい交通問題にどのような形で現れるのだろうか。以降、5.、6.では、松島等のタクシー市場及びバス市場を対象としたモデル^{20),30)}を採り上げて、交通市場における戦略的相補性を説明しよう。

5. タクシー市場モデル

都市内にあるタクシー乗り場を考えよう。乗客とタクシーが共にその乗り場（市場）を訪れてマッチングされることでサービスの取引が成立する。タクシーサービスが提供されるスポット市場においては、乗客とタクシーは共に現在の市場の状況や相手の到着分布などが分からないため、双方がお互いの相手が市場に到着する頻度を想定して行動をとる。すなわちお互いの需給関係に関して不完全な憶測 (imperfect guess) に基づいて行動しなければならない。実際にタクシーサービスが提供されるには、タクシーと乗客の双方がある市場を訪問しなければならない。乗り場に到達するためには、乗客とタクシーの双方が移動費用を負担する必要がある。このような不完全な憶測に基づく行動と取引費用としての移動コストを負担しなければならないという要因により、タクシーサービスを取りする市場においては金銭的な外部性が生じる^{9),22),23)}。

多くのタクシーがある乗り場を訪れるようになり、当該乗り場にたくさんのタクシーが常時いるようになると、当該乗り場を訪れた乗客はあまり待ち時間をかけることなくタクシーサービスを利用することが出来る。同様に乗客がある乗り場を頻繁に訪れれば、そこを訪れるタクシーは少ない待ち時間で乗客を乗せサービスを提供することが出来る。このような減少はタクシーと乗客のそれぞれが乗り場の状況について予想することから始まる。タクシーと乗客がそれぞれ相手の到着率の増加を予想して行動すれば、その予想は現実のものとなり実際の到着率を増加させる。このプロセスには3.(2)で述べた市場厚の外部性が働いている。一方お互いが低い到着率を想定した場合には実際の到着率も減少する。すなわち市場の状態が完全には分からない状況で各主体が行う予想は自己実現的 (self-fulfilling)²⁴⁾になる。このように情報の不完全性と取引費用を要するマッチング市場では、市場厚の外

部性によりポジティブなフィードバックが働く。通常このような外部性が働く市場においては、パレートの意味で順位付けをすることが可能な複数の均衡解が生じる可能性が存在する。

具体的な定式化を考えよう。乗客はある限られたスポット市場でタクシーに乗車すると考える。当該のスポット市場においてのみタクシー・サービスが利用可能であり、スポット市場に到着した乗客にはタクシー以外に利用可能な交通手段は存在しない。乗客・タクシーがそれぞれ単位時間当たり平均到着率 λ, μ でポワソン到着すると考える。伝統的な2重待ち行列モデルに従って、客とタクシーのいずれかにも待ち行列が発生すると考える。若干の計算により、タクシーと乗客が待ち行列を作る定常確率 P_n, Q_m は

$$P_n = \rho^{M+n} Q_M \quad (n = 1, \dots, \infty) \quad (2a)$$

$$Q_m = \rho^{M-m} Q_M \quad (m = 0, \dots, M) \quad (2b)$$

と表される。ここに $\rho = \lambda/\mu$ 、 M はタクシーの最大待ち行列長である。したがって、乗客・タクシーの平均待ち行列長は、それぞれ

$$E(n : \lambda, \mu, M) = \frac{\rho^{M+1}}{1-\rho} \quad (3a)$$

$$E(m : \lambda, \mu, M) = M - \frac{\rho}{1-\rho}(1-\rho^M) \quad (3b)$$

と表せる。一方到着率 (λ, μ) の下での乗客及びタクシーの平均待ち時間 $T(\lambda, \mu, M), S(\lambda, \mu, M)$ は、

$$T(\lambda, \mu, M) = E(n : \lambda, \mu, M)/\lambda \quad (4a)$$

$$S(\lambda, \mu, M) = E(m : \lambda, \mu, M)/\mu \quad (4b)$$

と表せる。

以上の関係を用いてタクシーサービス市場における市場厚の外部性に伴う規模の経済性を説明することができる。式(3a),(3b)より平均待ち行列長 $E(n : \lambda, \mu, M), E(m : \lambda, \mu, M)$ は平均到着率 λ, μ に関してゼロ次同次関数であり、任意の $\mu > \lambda \geq 0$ と $\theta > 0$ に関して

$$E(n : \lambda, \mu, M) = E(n : \theta\lambda, \theta\mu, M) \quad (5a)$$

$$E(m : \lambda, \mu, M) = E(m : \theta\lambda, \theta\mu, M) \quad (5b)$$

が成立する。乗客とタクシーの平均到着率が共に θ 倍になっても待ち行列長は変化しない。一方、式(4a), (4b)より明らかなように、任意の $\mu > \lambda \geq 0$ と $\theta > 1$ に関して

$$T(\theta\lambda, \theta\mu, M) = \frac{1}{\theta} T(\lambda, \mu, M) \quad (6a)$$

$$S(\theta\lambda, \theta\mu, M) = \frac{1}{\theta} S(\lambda, \mu, M) \quad (6b)$$

が成立する。すなわち、乗客、タクシーの平均到着率が増加すれば、全体における客・タクシーの平均待ち時間は減少する。市場に参入する乗客・タクシーの数が多くなればなるほど、市場が効率化していくという市場厚の外部性が存在する。

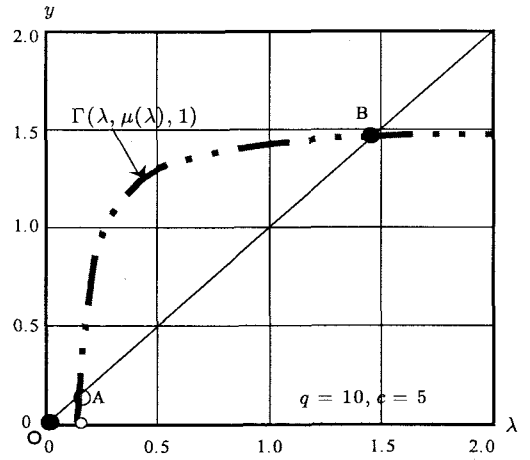


図-2 タクシー市場の複数均衡解

式(6a)(6b)を見れば明らかなように、乗客とタクシーの双方の到着率が増加すればそれぞれの期待待ち時間は減少する。そのようなタクシー乗り場にはより多くの客とタクシーが集まるようになる。このように、タクシー・サービスのスポット市場における市場取引では、乗客あるいはタクシーの到着率の増加が市場取引を通じて互いに他方の到着率の増加をもたらすという金銭的外部経済が存在している。このような金銭的外部経済性が一方の到着率の増加(減少)が他方の到着率の増加(減少)をもたらすというポジティブ・フィードバックとして機能することになる。スポット市場の構造は、このような金銭的外部経済と混雑という外部不経済の相互作用によって内生的に決定されることとなる。

図-2は以上の関係式を用いて数値計算を行った一例である。なお、しゅうさいについては参考文献²⁰⁾を参照されたい。横軸には乗客の到着率、縦軸は均衡解を定義する式より求められる関数 $\Gamma(\lambda, \mu(\lambda), M)$ を表しており、関数 $\Gamma(\lambda, \mu(\lambda), M)$ と45度線との交点が均衡解を示している。均衡解として原点 O 以外に点 A 、点 B の2つが存在している。このうち点 A は不安定均衡解であり、点 B のみが安定均衡解となる。いま、初期時点における客の到着率が何らかの理由により点 A における客の到着率より大きかった場合を想定しよう。この場合、 λ の値が大きくなれば、タクシーの期待利潤が増加し均衡が成立するまでタクシーの到着が増加する。タクシーの到着率が増加すれば客の到着率も増加する。このような市場厚の外部経済性が働くため、最終的に点 B において市場均衡が成立する。一方、初期時点において到着率が均衡 A の到着率以下の場合を考えよう。この場合、初期時点より λ が減少する。客の到着が減少すればタクシーの到着率も減少し、最終的には $(\lambda, \mu) = (0, 0)$ が成立する。このような市場薄の外部不経済性が存在する場合、スポット市場は成立しなくなる。

初期時点において乗客の到着率がある臨界的水準以下にとどまっている場合には、 $(\lambda, \mu) = (0, 0)$ というタクシ

一も客も到着しない均衡解に収束しスポット市場は消滅する。しかし、到着率がある臨界的水準を超えた場合には、市場厚の外部経済性が機能しスポット市場均衡解に到達する。したがって、スポット市場としてのタクシー・ターミナルを整備する場合、初期時点においてある一定レベルの客の到着率を確保する施策を講じることが必要となる。

6. バス市場モデル

次にバス市場を考えよう。バス市場には往路、復路トリップにおける交通手段の選択が、いま一方のトリップにおける手段選択に影響を及ぼすという技術的外部性が存在する。すなわち、往路、あるいは復路におけるバスの利用可能性が増加すると、もう一方のトリップにおけるバスの利用可能性も増加するという戦略的相補性^{20)–23)}が存在する。このような手段選択における戦略的相補性により生じる規模の経済性を手段補完性と呼ぶ。

手段補完性がもたらす規模の経済性を説明するために、目的地まで同一区間を往復する家計を考えよう。簡単のために、交通手段としてバス、自家用車のみが利用可能であるとする。往路にバスを利用すれば、復路でもバスを利用せざるを得ない。自家用車に関しても同様である。往路でバス利用を考えている家計でも、復路にバス利用が不可能であればバス利用を往復とも諦める。家計は往路と復路の双方における交通手段の利用可能性を考慮に入れて、トリップチェーン全体の交通手段を選択する。このように家計の交通行動には、往路と復路のいずれかのトリップにおける手段選択に関する制約が、いま一方のトリップの手段選択に制約条件として機能するという技術外部性（以下、手段的技術外部性と呼ぶ）が存在する。また、家計がバスを利用する場合、バスの到着を待つための待ち時間という取引費用が発生する。この場合、家計はトリップチェーンにおける総待ち時間だけに着目して、トリップチェーンにおける手段選択を行うわけではない。往路と復路の内、いずれか一方の待ち時間が長くなれば、いま一方の待ち時間の長短に関わらず、バス利用を諦める。待ち時間に対する不効用はそれぞれのトリップにおける待ち時間に対して定義される。このように往路と復路の待ち時間は、相互に完全代替的ではなく不完全に代替可能である。このような待ち時間（取引費用）に対する不効用の性質を、不完全代替性と呼ぶ。

家計の交通行動には、上述のように手段的技術外部性と不完全代替性が存在する。そのため、往路と復路の内いずれか一方のトリップにおいてバスの待ち時間が長くなれば、そのトリップにおけるバス利用がとりやめるだけでなく、いま一方のトリップにおけるバス利用もとりやめられる。往路と復路のバス利用確率をそれぞれ P とおこう。バス利用確率が互いに独立であれば、往路・復路を通じたバスの利用確率は P^2 と表される。このようにバ

ス利用トリップには、一方のトリップにおけるバス選択確率の増加（減少）が、いま一方のトリップにおける選択確率の増加（減少）をもたらすという戦略的相補性⁴⁴⁾が存在する。自家用車には取引費用が存在しないため戦略的相補性は存在しない。本研究では、前述したように家計のバス選択行動に機能する戦略的相補性を手段補完性と呼ぶ。個人のバス選択行動に手段補完性が存在する場合、バス企業によるバス運行本数の増加（減少）は、往路・復路における利用者数を同時に増加させ、バス企業の採算性を通じて運行本数の増加（減少）に繋がるというポジティブフィードバック^{22),23)}が発生する。

具体的なモデル化を考える。いま、家計の目的地までの往復トリップを考えよう。トリップの手段としてバスと自動車の双方が利用可能であると仮定する。家計が利用可能な往路と復路の交通手段は互いに手段補完的であり、家計が往路と復路に異なる交通手段を利用する場合、交通費用が禁止的に高くなると考えよう。したがって、家計は往路、復路共に同じ交通手段を用いる。各家計にはそれぞれ自らが希望する往路と復路の希望出発時刻が存在する。家計がバスを利用する場合、希望出発時刻後の最初の出発時刻を持つバスを選択する。希望出発時刻とバスの出発時刻との間に差異が存在する場合、待ち時間による不効用が発生する。一方、自動車を利用する場合には待ち時間は発生しない。家計は、往復トリップにバスを利用した場合と自動車を利用した場合の効用を比較して、効用の大きい交通手段を選択する。バス企業は独占企業であり、利潤を最大にするように運賃とバスダイヤを決定する。運賃は時刻を通じて均一料金に設定されている。家計の希望出発時刻の確率分布は、往路と復路に対して対称的であり、バス企業は往路と復路に対して同一の運賃とバスダイヤを設定すると仮定する。

適切な家計の効用関数形を仮定すると、希望出発時刻が t_1, t_2 の家計が獲得する効用水準は

$$U^*(t_1, t_2; h) = \max\{U_{bus}(t_1, t_2; h), U_{car}\} \quad (7)$$

と表される。若干の計算により、家計のバス重要関数は以下のように表される。

$$\begin{aligned} m(p, s^*(n)) &= \alpha \int_0^{n\Delta} \int_0^{n\Delta} f(t_2)f(t_1)dt_1dt_2 \\ &= \alpha \{F(n\Delta)\}^2 \\ &= \frac{\alpha}{T^4} \{T^2 - (T - n\Delta)^2\}^2 \end{aligned} \quad (8)$$

ただし、関数 F は家計の希望出発時刻の分布関数であり、家計のバス利用確率を表す。また α は家計の総数、 T はもっとも遅い家計の出発希望時刻、 n, Δ はそれぞれバスの運行本数及び運行間隔を表している。バス需要関数(8)が往路、復路の利用確率 $F(n\Delta)$ の2乗で表されることに留意して欲しい。すなわち、ある家計にとって往路（復路）におけるバス利用が便利であっても、復路（往路）における待ち時間が長い場合には、当該の家計はバスを利用しな

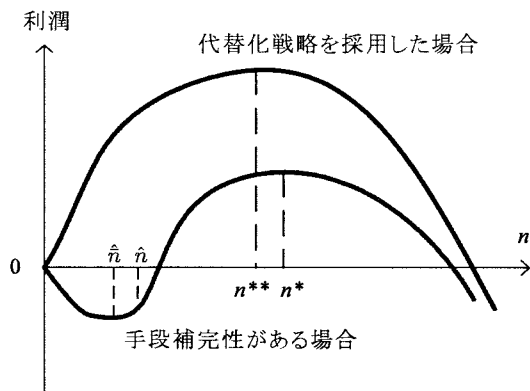


図-3 バス市場の均衡解

い。このような往路と復路における交通手段の補完性が、規模の経済性を生み出す源泉となっている。バス企業の運賃と運行頻度に関する利潤最大化行動を仮定すると、市場均衡解は

$$4p^*F(n^*\Delta(p^*))\frac{\partial F(n^*\Delta(p^*))}{\partial \Delta(p^*)}\frac{d\Delta(p^*)}{dp^*} + 2\{F(n^*\Delta(p^*))\}^2 = 0 \quad (9a)$$

$$p^*\alpha\{m(p^*, s^*(n^*)) - m(p^*, s^*(n^* - 1))\} \geq c \quad (9b)$$

$$p^*\alpha\{m(p^*, s^*(n^* + 1)) - m(p^*, s^*(n^*))\} < c \quad (9c)$$

を同時に満足するような p^*, n^* として求める。

以上の市場均衡解を分析すると、バスの運行費用が十分小さいときには複数の市場均衡解が生じることが分かる。往路と復路の交通手段が補完的であるバス市場では手段補完性に伴う規模の経済が機能し、バス企業のサービス水準（運行本数）とサービスを利用する家計数との間にポジティブフィードバックのメカニズムが機能する。すなわち家計による需要の減少（増加）はバス企業のサービス水準の減少（増加）をもたらす。その結果、初期時点に状態に応じてバス市場は、正の運行本数をもつ市場均衡解 $(p, n) = (p^*, n^*)$ かもしくは全くサービスが提供されない均衡解 $(p, n) = (0, 0)$ が現れる。数値計算による均衡解の一例を図-3に示す。同図の横軸はバス企業がサービスを提供する運行本数、縦軸はバス企業の利潤を示している。同図には交通手段の代替化戦略を採用した場合（図中の上側の曲線）も描かれているが、これについては後述する。手段補完性が働く場合、 $n = 0$ と $n = n^*$ の複数の均衡解（局所最適解）が存在する。 $n = n^*$ の方が利潤は大きく、また詳しい導出は省略するが社会的厚生も高くなることが示されている。バス企業が仮に低い運行本数 $\hat{n}$ でバスを運行したとしよう。この場合、負の利潤しか得られない。バス会社が近視眼的に行動し、運行本数を $\hat{n}$ まで減少させれば、利潤はさらに減少する。バスの運行本数を減少させる限り、常に利潤は負となり、バス会社は当該路線を廃止するだろう。しかし、バス企業がある一

定本数以上の頻度でバスを運行した場合、規模の経済性が働き運行本数が $n = n^*$ の時に利潤が極大となる。

以上導かれた複数の均衡解のうちどちらの均衡解が実現するかは歴史的な経緯に依存する。たまたま現状においてサービスが提供されない均衡（もしくはその近傍にあつて負の利潤しか生み出さない状況）にある場合、手段補完性に伴う外部性による市場の失敗を解決する方策が必要となろう。

7. 市場の失敗の解決法

(1) 概説

これまで述べてきたような外部性が生じたり規模の経済性が働く市場においては、市場メカニズムのみではパレート効率的な均衡解が達成されない。すなわち外部性や規模の経済性に起因する市場の失敗が生じうる。市場が失敗する状況においては、政府の果たす役割が重要となる。本節では市場の失敗を内部化する方策について検討する。

(2) 外部性の内部化

市場において生じる外部性を内部化するために、外部性が生じている部分に税金を課すことにより、市場の失敗を解消する方法である。すなわち外部性を生み出す生産要素にビグー税⁴⁶⁾を課すことで市場機構を補正するものである。交通問題において最も顕著な例は混雑料金⁴⁷⁾である。

道路利用者は通常自らの参加による他の道路利用者への影響を考慮せずに行動する。ある主体が私的便益を獲得するために当該の道路を走行するとその結果社会的費用が増加し、他の主体へは負の影響を及ぼす。結果として社会的限界便益が私的限界費用と一致する水準まで交通量は増加する。通常社会的限界費用曲線と私的限界費用曲線との間には乖離があり、均衡点においてはこの乖離に起因する死荷重（デッドウェイトロス）が発生している。この死加重を取り除き、社会的限界便益と私的限界便益とが一致するように賦課すべき料金が混雑料金である。

混雑料金の導入により利用者は混雑料金分を余計に負担する一方道路混雑が緩和されることにより便益を得る。通常混雑料金による負担が混雑緩和の便益を上回るため、利用者にとっての厚生は低下する。しかし、混雑料金による料金収入がこの低下分を上回るため社会全体で考えれば厚生が改善される。混雑料金導入に伴って発生する料金収入の適切な使い道を検討することが混雑料金導入のための重要な鍵となる。混雑料金の導入による外部経済性の内部化に関しては多くの先行研究⁴⁸⁾が行われており、本研究では取り上げない。

(3) 情報提供

市場がパレート効率的ではない状況にある場合、何らかの形で市場参加主体へ情報提供を行うことによりその

非効率性を解消できる可能性がある。情報提供が交通行動に及ぼす影響については数多くの研究が行われているが、それらの結論として必ずしも情報提供が社会的に望ましい状況をもたらすとは限らないことが指摘されている⁴⁹⁾。ここではマッチングに関する情報提供の問題を考えてみよう。マッチング相手を探索している状況で、当該主体は潜在的に自らのマッチング相手となる主体に関する全ての情報を持つわけではない。通常きわめて限定合理的な判断のもとに探索行動を行っているであろう。そのため必ずしも当該主体にとって最適なマッチング相手とマッチングできるわけではない。

そこで政府がマッチング相手に関する情報提供を行うことにより、参加主体の探索行動を助けることを考えよう。もし潜在的なマッチング相手に関する完全情報が手に入ったとすると、当該主体にとって最も望ましい相手を知ることができる。しかし、自らにとって最も望ましい相手が分かったからといってその相手と必ずマッチングできる保証はない。マッチング相手の探索行動は、参加する主体がどのような期待を持つかに影響される。もしある市場に参加する全ての主体が、他の主体が探索をほとんど行わないであろう、という期待を持っていたとすると、当該主体に自ら探索行動を起こすインセンティブは存在しない。なぜならば当該市場において自分一人だけが探索行動を行ったとしてもマッチング相手を見つけ出すことは不可能だからである。

このように情報提供は必ずしも主体の交通行動へ望ましい影響をもたらすわけではない。本研究においては3章において、異質な主体が参加するマッチング均衡において情報提供が及ぼす影響について分析する。

以上の2つは外部性の内部化のための方策である。一方で、直接的に政府が市場構造を変化させる方策を導入することも考えられる。すでに述べたように、外部性が存在するために戦略的相補性が働く市場においては、通常複数の均衡解が存在する。いずれの均衡に落ち着くかは、外部パラメータの初期条件によって決定される。いったん劣位の均衡に陥った場合、自然にそこから抜け出すことは難しい。前節で述べた外部性を内部化するためのビグー税の導入も政府の役割の一つであるが、このような状態にある場合によりパレート効率的な状態へ移行させるのが政府のもつ大きな役割である。ここでいう政府の役割としては、複数の均衡間での移動する場合と、根本的に市場の構造を変化させる場合の2つが存在する。

(4) 複数均衡間の移動

前章で述べた外部性が存在する市場の場合、通常複数均衡解が存在する。複数均衡のうちの劣位均衡にロックインされている場合、市場のメカニズムを通じて劣位の均衡から優位の均衡へ移動するのは難しい。もう一度図-2を見てみよう。何らかの歴史的経緯により初期状態が均衡OとAとの間にあると仮定しよう。このとき両主体は互い

に相手の到着率が今後減少するだろうと想定する。その想定は実現し到着率は次第に減少して均衡Oの水準まで達する。同様にして初期状態が均衡A以上の状態の場合にはBの水準になることが分かる。すなわち、いったん安定均衡に落ち着くと多少その値から変化したとしてもその均衡から離れることはなく、そこから離脱することはない。

そこで政府が何らかの施策を導入することによりよりパレート効率的な均衡へ移行させることが想定される。ここでは政府が社会実験を通じてしばらくの間強制的により多くのタクシーを到着させる状況を考えよう。いったん臨界的な水準Aより大きな値まで到着率が増加すると、以降は当該市場のメカニズムに従って到着率はBの水準まで増加し、もう一方の安定均衡に落ち着く。いったん安定均衡Bに落ち着くと、乗客とタクシーの双方はお互いの到着率が以前の状態とは異なってより多くのマッチング相手が到着すると想定するため、仮にその社会実験を終了したとしても均衡到着率は変化しないであろう。

(5) 構造変化

行政的介入によるもう一つの外部性解消の手段は、市場構造そのものを変えてしまうことである。再びバス市場モデル³⁰⁾を考えよう。6.で述べたように、往路と復路の交通手段選択に戦略的相補性の関係があるバス市場においては、複数の局所解が存在する。大域的な最適解は一つであり、大局的な観点から当該企業が行動すれば利潤最大化を果たすことができる。しかし通常企業は近視眼的に行動する。仮にいま負の利潤を獲得している状況だとすると、運行頻度を微小に変化させても利潤の符号は変化しない。こういったケースでは複数の局所解の存在が市場の構造に大きなインパクトを与えると共に当該市場がうまくいかない大きな要因となっている。

この場合政府のとりうる政策としてはどのようなものがあるだろうか。たとえば利潤規制を行うと社会的厚生は増加する可能性があるものの複数の局所解の解決にはつながらない。そこで複数の局所解が存在する要因となっている手段補完性自体を解消することを目的とする交通手段の代替化戦略を考えよう。具体的には往路・復路において自由に待ち時間なしで利用できる交通手段が存在すると仮定する。このような交通手段としては自動車や自転車の共同利用などが考えられ、往路（または復路）にバスを利用したとしても復路にバス以外の交通手段を利用できる状況を想定している。復路（もしくは往路）に利用できる代替交通機関が存在した場合、各家計にとって往路の交通手段選択と復路の交通手段選択の間には手段補完性が存在せず、したがって複数均衡解を生み出す推進力がない。すなわち利潤最大化を果たす最適運賃及び最適運行本数は一意に決定される。このような市場においてはバスの運行費用の大きさのみによって市場の成立可能性が決定され、複数均衡間の移行の問題は生じない。

もう一度図-3を見てみよう。同図の上側の線は、交通手段の代替化戦略を採用した場合の利潤を示している。同図より、手段補完性が働く状況とは異なり、単一の局所解 n^{**} （この場合は大域解と一致）のみが存在することが分かる。手段代替化施策を導入することにより、手段的技術外部性が消滅し複数均衡解は存在しなくなる。また、基本市場均衡と代替化戦略を採用した場合の市場均衡におけるバス運行本数を比較した場合、基本市場均衡の方がバスの運行本数は多い。すなわち、基本市場均衡では、運行本数に関して規模の経済性が働くため、企業はより多くのバスサービスを提供することとなる。

ただし、手段補完性に伴う規模の経済性を解消したとしても、資源配分上の非効率性の問題は依然残されており、それを解消するための政策介入は別に必要となる。本節で紹介したバス市場モデルでは、手段補完性が存在しなくなり運行本数の増加がバスの利用確率に及ぼす規模の経済性が機能しなくなるため、運行企業は代替化施策を導入する以前よりも運行本数を減らして利潤を増加させる可能性がある。それを防ぐためにはすでに紹介した外部性の内部化に関わる政策の導入が必要となろう。

8. おわりに

本論文では、マッチングの派生需要としての交通に着目して交通市場のメカニズムを分析し、その市場で生じる様々な外部性を整理した。本論文でまとめた外部性はそれぞれ交通市場の分析を行う上で重要な役割を果たす。交通行動を行う主体間に働く相互作用が存在し、またこれらの外部性の存在に伴って、戦略的相補性の関係が生じうる。戦略的相補性が存在する市場では通常複数の均衡解が存在する。外部性の存在に伴う市場の失敗や、戦略的相補的な関係から起こりうる複数均衡のうちの劣位均衡に陥ってしまう現象を解決するために、政府の果たす役割は大きいことを示した。

本論文で取り上げたトピックは土木計画学における交通問題のほんの一部を切り出したにすぎない。しかし取り上げた戦略的相補性の概念は交通市場の問題を考える上で、これまで忘れ去られていた重要な要素の一つであると筆者は考える。今後は市場の分析のみならず、戦略的相補性の考え方を考慮した交通行動モデルの開発を行う必要があろう。本論文がこれらの考え方を考慮する一つのきっかけとなれば幸いである。

謝辞

本招待論文を執筆する機会を与えていただいた土木計画学委員会（岡田憲夫委員長）ならびに土木計画学研究編集小委員会（新田保次委員長）に感謝の意を表します。京都大学大学院の小林潔司教授には、筆者が8年前に修士課程に進学して以降一貫して熱心なご指導をいただいている。また本論文の内容についても小林教授との共同論文や議論から生まれたものが多い。ここに感謝いたします。また平成14年度土木学会論文奨励賞を受

賞した論文「利他的支払い意思を考慮したバリアフリー施設の経済便益評価とその調査法」は小林教授、京都大学（現（財）関西空港調査会）の吉川和広名誉教授、関西大学（現日本技術開発（株））の肥田野秀晃氏、日本スキャンジナビリティサーチセンターの土屋啓志氏との共著によるものである。ここに深謝いたします。

参考文献

- 1) 小林潔司編著：知識社会と都市の発展，森北出版，1999.
- 2) Daganzo, C. F. and Y. Sheffi: On Stochastic Models of Traffic Assignment, *Transportation Science*, Vol. 11, pp. 253-255, 1977.
- 3) Fisk, C.: Some Developments in Equilibrium Traffic Assignment, *Transportation Research*, Vol. 14, B(3), pp. 243-255, 1980.
- 4) 小林潔司：不完備情報下における交通均衡に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.8，pp. 81-88，1990.
- 5) Kobayashi, K.: Information, Rational Expectations and Network Equilibria, *The Annals of Regional Science*, Vol. 28, pp. 369-393, 1994.
- 6) 小林潔司，喜多秀行，多々納裕一：送迎・相乗り行動のためのランダム・マッチングモデルに関する研究，土木学会論文集，No. 536/IV-31，pp. 49-58，1996.
- 7) 森川高行：個人選択モデルの再構築と新展開，土木計画学研究・論文集，No. 12，pp. 15-27，1995.
- 8) 森川高行，田中小百合，荻野成康：社会的相互作用を取り入れた個人選択モデル—自動車利用自乗行動への適用—，土木学会論文集，No.569/IV-36，pp.53-63，1997.
- 9) 小林潔司，福山敬，松島格也：フェイス・ツウ・フェイスのコミュニケーション過程に関する理論的研究，土木学会論文集，No.590/IV-39，pp. 11-22，1998.
- 10) 小林潔司：知識社会における交通行動：課題と展望，土木計画学研究・論文集，No.12，pp.1～13，1995.
- 11) Hall, R.: *Booms and Recessions in Noisy Economy*, Yale University Press, 1991.
- 12) Mun, S. and M. Yonekawa: The Effects of Flex Time on Traffic Patterns with Bottleneck Congestion, in Kobayashi et al. eds, *Structural Change in Transportation and Communications in the Knowledge Economy: Implications for Theory, Modeling and Data*, Edward Elgar, 2003.
- 13) 小林潔司，奥村誠，永野光三：鉄道通勤交通における出発時刻分布に関する研究，土木計画学研究・論文集，No. 14，pp. 895-906，1997.
- 14) 吉村充功，奥村誠：鉄道通勤における最適フレックスタイムパターンに関する研究，土木計画学研究・論文集，No. 18，pp. 779-786，2001.
- 15) 奥野正寛，鈴木興太郎：ミクロ経済学Ⅰ，Ⅱ，岩波書店，1988.
- 16) Bourger, B. and S. Wouters: Transport Externalities and Optimal Pricing and Supply Decisions in Urban Transportation: a Simulation Analysis for Belgium, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.28, pp.163-197, 1998.
- 17) Nash, C., T. Sansom, and B. Still: Modifying Transport Prices to Internalize Externalities: Evidence from European Case Studies, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.31, pp.413-431, 2001.
- 18) Pedersen, P. A.: On the Optimal Policies in Urban Transportation, *Transportation Research Part B*, Vol.37, pp.423-435, 2003.
- 19) Mohring, H. and M. Harwitz: *Highway Benefits - An Analytical Framework*, Northwestern University Press, Chicago, 1962.
- 20) 松島格也，小林潔司：タクシー・サービスのスポット市場均衡に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.16，pp.591-600，1999.
- 21) Cooper R. W.: *Coordination Game - Complementarities*

- and *Macroeconomics*, Cambridge University Press, 1999.
- 22) Howitt, P. W.: *The Keynesian Recovery*, Prentice Hall, 1990.
 - 23) Howitt, P. W. and R.P. McAfee: Costly Search and Recruiting, *International Economic Review*, Vol. 28, pp. 89-107, 1987.
 - 24) Farmer, R.E.A.: *The Macroeconomics of Self-Fulfilling Prophecies*, The MIT Press, 1993.
 - 25) Diamond, P.A.: Aggregate Demand Management in Search Equilibrium, *Journal of Political Economy*, Vol.90(5), pp.881-894, 1982.
 - 26) Mortensen, D.T.: Property Rights and Efficiency in Matching, Racing, and Related Games, *American Economic Review*, Vol.72(5), pp.968-979, 1982.
 - 27) Shimer, R. and L. Smith: Matching, Search, and Heterogeneity, *Advances in Macroeconomics*: Vol. 1: No. 1, Article 5, <http://www.bepress.com/bejm/advances/vol1/iss1/art5>, 2001.
 - 28) Hosios, A.: On the Efficiency of Matching and Related Models of Search and Unemployment, *Review of Economic Studies*, Vol.57(2), pp.279-298, 1990.
 - 29) Shi, S.: Frictional Assignment, *Journal of Economic Theory*, Vol.98(2), pp.232-260, 2001.
 - 30) 松島格也, 小林潔司: 手段補完性を考慮したバス市場構造の分析, 土木学会論文集, 投稿中.
 - 31) Aoki, M.: *Towards a comparative institutional analysis*, MIT press, 2001. (瀧澤弘和, 谷口和広訳: 比較制度分析に向けて, NTT出版, 2001.)
 - 32) 青木昌彦, 奥野正寛: 経済システムの比較制度分析, 東京大学出版会, 1996.
 - 33) Milgrom, P. and J. Roberts: Rationalizability, Learning, and Equilibrium in Games with Strategic Complementarities, *Econometrica*, Vol.59, pp.1255-1277, 1990.
 - 34) Milgrom, P. and J. Roberts: *Economics, Organizations and Management*, Englewood, Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1992. (伊藤秀史, 今井晴雄, 奥野正寛訳: 組織の経済学, NTT出版, 1997.)
 - 35) Vives, X.: Nash Equilibrium with Strategic Complementarities, *Journal of Mathematical Economics*, Vol.19, pp.305-321, 1990.
 - 36) Morris, S. and H.S. Shin: Unique Equilibrium in a Model of Self-fulfilling Currency Attacks, *American Economic Review*, Vol.88, pp.587-597, 1998.
 - 37) Eichberger, J. and D. Kelsey: Strategic Complements, Substitutes, and Ambiguity: The Implications for Public Goods, *Journal of Economic Theory*, Vol.106, pp.436-466, 2002.
 - 38) Frankel, D. M., S. Morris, and A. Pauzner: Equilibrium selection in global games with Strategic Complementarities, *Journal of Economic Theory*, Vol.108, pp.1-44, 2003.
 - 39) Oomes, N.: Local Trade networks and Spatially Persistent Unemployment, *Journal of Dynamics and Control*, Vol.27, pp.2115-2149, 2003.
 - 40) Topkis, D.M.: Equilibrium Points in Nonzero-sum n -person Supermodular Games, *Journal of Control and Optimization*, pp.773-787, 1979.
 - 41) Topkis, D.M.: *Supermodularity and Complementarity*, Princeton University Press, 1998.
 - 42) Varian, H.R.: *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach*, 5th edition, W.W. Norton and Company, 1999. (佐藤隆三監訳: 入門ミクロ経済学, 勁草書房, 2000.)
 - 43) Bulow, J., Geanakoplos, J., and Klemperer, P.: Multi-market Oligopoly: Strategic Substitutes and Complementarities, *Journal of Political Economy*, Vol.93, pp.488-511, 1985.
 - 44) Cooper, R. and J. Andrew: Coordinating Coordination Failures in Keynesian Models, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 103, pp. 441-463, 1988.
 - 45) 松島格也, 福山敬, 小林潔司: 個人選好の異質性とミーティング均衡, 応用地域学研究, No.3, pp.151-164, 1998.
 - 46) Pigou, A. C., *Economics of Welfare*, London, Macmillan, 1920.
 - 47) たとえば, 山田浩之編: 交通混雑の経済分析-ロードプライシング研究-, 日本交通政策研究会研究双書15, 勁草書房, 2001.
 - 48) たとえば, Mun, S.: Peak-load Pricing of Bottleneck with Traffic Jam, *Journal of Urban Economics*, Vol.46, pp.323-349, 1999.
 - 49) 小林潔司, 太田勝久, 都明植: 不完全情報下における状況依存的混雑料金に関する理論的研究, 土木学会論文集, No.611/IV-42, pp.57-68, 1999.