

# 交通投資の地域間調整 - Coordination Gameによる制度分析\*

## Inter-regional coordination game of transport investment\*

江尻 良\*\*

By Ryo EJIRI\*\*

### 1. はじめに

道路、港湾、鉄道など複数の地域にまたがる交通プロジェクトの投資決定においては、整備地域の財政事情など投資環境の異なる地域間で、プロジェクト投資タイミングなど投資戦略の整合性の如何により整備の進展に大きな差が生ずることから、主体間の投資意思決定の機構解明が重要な問題となっている。本研究では、交通インフラ投資に係る複数主体の意思決定問題をcoordination gameとして定式化し、交通投資の費用と便益が情報の非対称性を有する場合の、各主体が取りうる最適投資行動の有すべき条件を明らかにする。また交通投資が段階的に実施される場合に各投資主体間の意思決定行動の相互作用により、どのような結果がもたらされるかを明示的にモデル化する。これらの分析枠組みを用いて、欧州やわが国の地域間交通インフラ投資政策を事例として、主体間の望ましい調整メカニズムの特徴と課題を明らかにする。

### 2. 地域間調整問題として見た欧州交通投資戦略

1980年代後半以降、欧州における国際経済・国際輸送の変化は、交通インフラ整備の必要性を著しく高めることとなった。また同時に、東西冷戦の終結とともに、成長が遅れてきた東欧諸国を中心に、域内運輸インフラを整備することで、さらなる国際輸送の活性化、欧州経済の発展が見込まれ得るという地域インフラ整備問題も提起された。この際、欧州各国では、自国内インフラの整備による便益の拡大だけでなく、ネットワーク効果、スピルオーバー効果の認識と把握、これに基づく投資戦略を明示的に整備計画に位置付けて交通投資戦略を策定することが、域内全体の成長に極めて大きな効果をもたらすと同時に、計画案の合意と相互調整のために不可欠であるとの認識が示された。

この運輸インフラ整備構想は、複数の構想が運輸イン

\*キーワード：地域間交通計画, 計画基礎論, Coordination

\*\*正員, 博(工), 経営管理大学院

(京都市左京区吉田本町,

E-mail:ejiri@gsm.kyoto-u.ac.jp)

フラネットワークの確立のために相互補完する形態になっており、いくつかの構想は主に EU 諸国と、欧州域内で相対的に後進地域とされる中・東欧諸国の連結に主眼が置かれている。また、欧州レベルでの運輸インフラ構想が国内プロジェクトを含む個別プロジェクトと連動することで、より大きな効果を挙げることができると考えられた。具体的には、域内のミッシングリンクの解消と既存路線の近代化によって物理的なネットワークを強化するとともに、複合輸送に対応しうる運輸インフラを整備することを主な目的としている。

EUは欧州横断運輸ネットワーク政策の中で、域内外の交通連携強化をめざし、TEN-Tと呼ばれる道路、鉄道、空港を中心に優先プロジェクト群の総合的整備計画を策定し、インフラ面でも欧州の競争力強化を図っている。

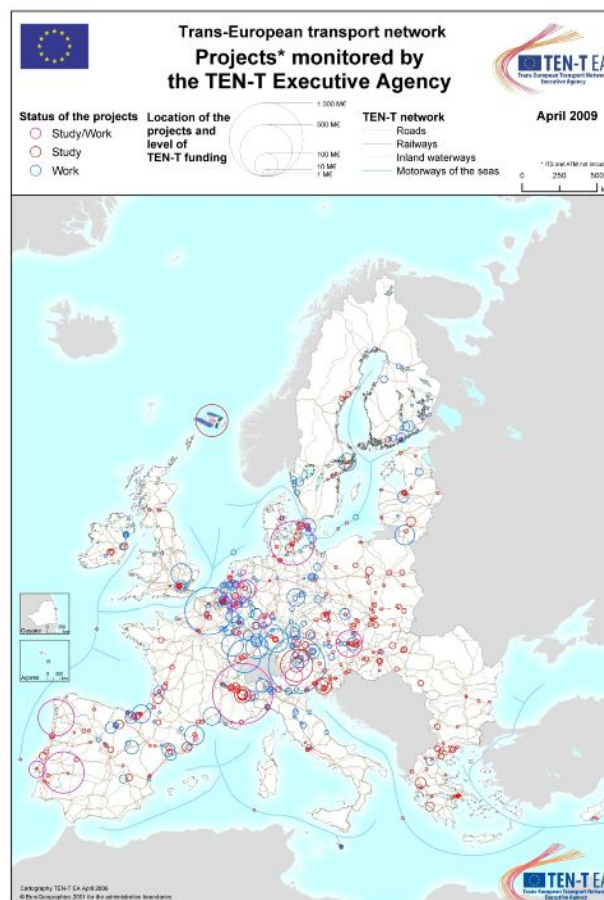


図-1 TEN-Tプロジェクト

### 3. Coordination-Gameゲームとしての地域間交通投資

#### (1) Stag Hunt game

交通インフラの整備主体である地域政府を各々のプレイヤーであるとして、どのような選好と制約を有しているかを、非協力的なプレイヤーの実行可能な利得を決定するモデルとして分析を行う。

いま、地域Aと地域Bとを連結する交通インフラストラクチャー・プロジェクトを考える。議論を単純化するためプロジェクトは対称な便益（効果）をもたらすものと仮定したうえで、図-2のように、主要都市を連結する交通インフラに資金提供するかどうかを決める、という問題を対象として扱う。

このゲームにおいて、各々の地域政府は、当該プロジェクトについて彼らの計画した地域で投資するか、あるいは投資しないかという、2つの可能な行動をする。

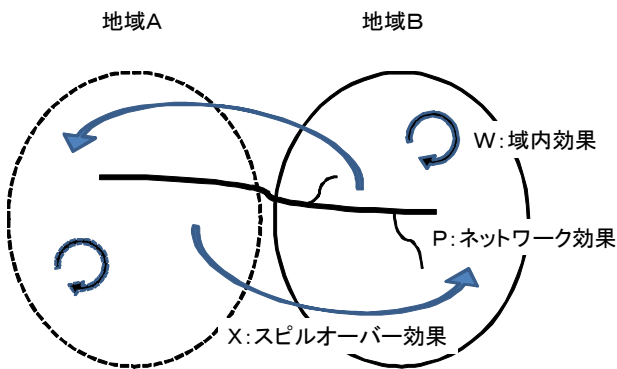


図-2 対象ネットワークと整備効果

いま、ネットワークの整備による費用と便益を以下のように定義する。

- C : 各地域のプロジェクト投資費用
- W : 各地域のインフラ整備によって得られる自地域便益（各地域ごとに他地域と独立して生ずる）  
仮に他地域の投資が実行されなくとも、独立して当該地域が享受する利益を意味する
- X : スピルオーバー効果により各地域に生ずる便益  
一方の地域内の交通インフラ投資によって、他地域に波及する正のスピルオーバー効果を意味する
- P : ネットワーク効果による各々の地域の付加便益。  
Pの大きさは、新たな接続によって実現する交通ネットワークの規模の拡大や、新たな誘発交通量などを意味する

ここで注意すべきは、ネットワーク効果Pに加えて起こる正か負の外部効果と一致するスピルオーバー効果Xは、ネットワーク効果と異なり、他地域の投資によって影響される点である。

このような状況は、図-3に示されるように同時手番のStag Hunt-タイプのコーディネーション・ゲームとしてモデル化することができる。

		B	
		投資しない	投資
A	投資しない	0, 0	X, W - C
	投資	W - C, X	P + W + X - C, P + W + X - C

図-3 費用・便益が対象の場合の利得行列

コーディネーションのメカニズムを明示的に表すため、以下の条件を置く。

条件1 : Wは道路を敷設するコストより小さい。

$$(W - C < 0)$$

条件2 : ネットワーク効果は正で、さらに各地域の投資費用より大きい。

$$(P + W - C > 0)$$

この場合、両地域が共に投資するならば、両地域ともに厚生状態が改善することになる。

しかし、仮に他地域が確実に投資を実行することが事前に保障されていないならば、自地域の投資によって便益を得られない可能性あることから、各々の地域は投資しない、という戦略を取ることを決めるかもしれない。

いま、条件1が満たされないまま、条件2が満たされるとした場合、各地域は自地域内の投資を実行することが支配的な戦略となり、スピルオーバー効果は無視されることになる。

そのような場合、スピルオーバー効果とネットワーク効果がない場合でも、両地域は便益を享受し、投資資金の制約を取り除く方法としてだけ相互に協調する戦略に興味を持っていることになる。

逆に、第2の条件ではなく、第1の条件が満たされる場合、戦略は両プレイヤーに対する支配的な戦略は「投資しない」ということになる。

両地域がともに投資する、あるいは投資しないという組み合わせはナッシュ均衡である。

明らかに、両地域で投資を実行するという均衡は、両地域共より大きな利得を生み出す。

一方、両地域とも投資しないという均衡状態は、両者がともに投資するという戦略よりリスクが小さいとか投げる場合、両プレイヤーによって選ばれることになる。

考慮すべき他の要素がない場合、両地域ともに投資をしないという均衡状態が危険支配であるならば、両地域政府はリスク回避のため、必要なプロジェクトを実行しないのを好むという事態も起こりうる。

#### (2) 便益・費用の何れかが非対称の場合

経済活動の中心地と周辺地域を連絡する交通プロジェクトのように、経済規模が大きく異なる地域間のイン

フラ投資に関するゲームでは、便益と費用に関して非対称的な利得構造を示す。この場合に生ずるコーディネーションの問題を考える。

一般に交通量は地域の経済規模に比例し、規模の異なる地域間の相互連結はしばしば非対称的にそれぞれの地域に便益をもたらす。例えば、小地域は大地域より新販路(市場)へのアクセスに関する多くの便益を受けることが知られている。

しかし、周辺地域が単に、中心地域の財・サービスの他市場への通過地域としてのみ存在している場合は、周辺地域の交通ネットワークは、自地域へのネットワークとしての役割と、最終市場へのアクセスネットワーク機能を持つこととなり、中心地域から見ると、より大きなネットワーク効果を得ることが可能となる。

こうした状況を図-4のゲームとしてモデル化する。地域Aは、地域Bより大きい $\kappa$ で示されるネットワーク効果を受け取ることが出来るとする。

このゲームでは、地域Aが相対的に大きな便益を得る一方、同じ投資を行っても、地域Bはより小さな便益しか得られないという状況を示している。この場合、両地域がともに投資を行わないというナッシュ均衡解が危険支配的になる条件は、

$$(P - \kappa + W - C) \times (P + W - C) < (C - W)^2$$

となる。

		B	
		投資しない	投資
A	投資しない	0, 0	X, W - C
	投資	W - C, X	(P + ?) + X + W - C, P + X + W - C

図-4 便益が非対称の場合の利得行列

一方、各地域のプロジェクト投資費用が非対称となる場合を、図-5に示す。地域Aは投資費用Cを負担し、地域Bはこれに追加費用 $\epsilon$ を負担するものとする。

このケースでは、地域Bは投資の費用の差異があり、地域Bの投資はよりリスクを生じ、利得も小さくなる。

この場合、いかなる $\epsilon > 0$ に対しても、ネットワーク効果Pと地域間交通インフラプロジェクトWから生ずる地域利益が、コストCプラス追加費用 $\epsilon$ より大きいことが必要である。(P + W > C +  $\epsilon$ )

		B	
		投資しない	投資
A	投資しない	0, 0	X, W - (C + $\epsilon$ )
	投資	W - C, X	P + X + W - C, P + X + W - (C + $\epsilon$ )

図-5 投資費用が非対称の場合の利得行列

また、危険支配的なナッシュ均衡(投資しない、投

資しない)のためには

$$(P + W - C) \times (P + W - C - \epsilon) < (C - W) \times (C + \epsilon - W)$$

が、満たされなければならない。

したがって、非対称の利得と費用のケースでは、たとえ両国が当該プロジェクトに関する相互調整を行い投資を実行することによって、より利得を高めることが可能と判っていても、パレート優位な均衡である両地域が、ともに投資するというリスクを増大させ、結果として両地域とも投資しないという下位の均衡解となると結論できる。

### (3) 便益・費用がともに非対称の場合

利得と費用が同時に非対称であるならば、地域間交通インフラプロジェクトは2つのナッシュ均衡解を持たず、両地域とも投資しないという唯一の均衡解を持つ。

例えば、相対的に大きな経済規模と十分に発達したインフラが整備された地域Aと、他の大市場への通過点に位置し、未だ不十分なインフラをもつ地域Bとの間で交通インフラプロジェクト整備を行うケースを考えよう。

地域Bその自地域内ネットワークを改良するために投資を大幅に増やさなければならない、しかし、投資により期待される自地域内およびネットワーク効果が低いと予想されるならば、投資しないことが、両主体にとってより良い結果を生むと予想される。

このケースでは非対称の便益と費用を結合してモデル化することになる。

図-6において、地域Bでは、 $P + W > C + \epsilon$ が満たされないと仮定する。

この例では、地域Bに関しては、投資するという戦略が強支配されることになり、結果として両地域とも投資しないというナッシュ均衡が1つだけ得られる。

		B	
		投資しない	投資
A	投資しない	0, 0	X, W - (C + $\epsilon$ )
	投資	W - C, X	(P + ?) + X + W - C, P + X + W - (C + $\epsilon$ )

図-6 便益・費用が共に非対称の場合

この場合、地域Aから地域Bへと両地域間の利得を再配分するようなメカニズムができるならば、当該プロジェクトに投資することから各地域は共に利益を得ることができる。

## 4. 多期間の意思決定モデル

コーディネーション問題は、逐次的な投資が認められる場合、一方または両方の主体に財政難などプロジェクト完遂のリスクが生じる可能性があるとき、更に複雑なメカニズムとなる。この問題を明らかにするため、投

資期間3期の簡単な投資の逐次決定過程を考える。

最初の投資期間には、地域Aは地域間交通インフラプロジェクトの投資をすべきかどうかを決定する。そして、総費用の半分を払うことを必要とすると仮定しよう。

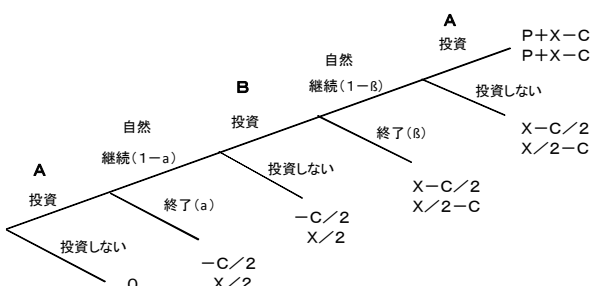
第2の投資期間には、地域Bが投資するべきかどうかを決める。その際、プロジェクトの総費用を払う。

第3の投資期間には、地域Aは再び投資するべきかどうか決めなければならない。その結果、プロジェクトの残りの部分を終了する。

いま、最初の投資期間の終わりに、地域Aまたは地域Bがプロジェクトに投資し続けることが不可能となるようなイベントの生じた場面を考えてみる。加えて第2の投資期間の終わりに、地域Aがプロジェクトを遂行に影響する外生的なイベントにより、プロジェクトを終えることが不可能となる状態を想定する。

こうした2地域の投資逐次決定過程は、初期または第2の投資段階の後、プロジェクトを中断する自然による手番を導入することで、プロジェクトの(外生的な)中断リスクを導入したモデルとして表すことができる。

プロジェクトが最初の投資期間の終わりに中断されるという確率は $\alpha$ 、プロジェクトが第2投資期間の終了時点で中断されるという確率は $\beta$ であるとして、図一7で示される展開型ゲームとして表す。



図一7 投資の逐次決定過程

解の特性を見るため、逐次後退法を用いると、まず両地域が先の2投資期間に投資を実行し、かつ、自然はゲーム(すなわち、地域Aは実際に交通インフラの建設の最後の段階に投資するという選択を与えられる)を中断しなかったとすれば、ネットワーク効果Pが投資費用Cに対して十分に大きい場合には、地域Aは最終期間の投資決定を行うという結果が得られる。

第2投資期間に、地域Bが投資することは支配戦略でない。なぜならば、もしBが投資すると、あとでリスクを冒す可能性が生ずる。これに対して投資しないのであれば、初期段階の地域Aの投資から便益を獲得できる。そのため第2投資期間終了時点でのゲーム終了のリスク $\beta$ が十分に低く、期待利得が初期段階での地域A投資によるスピルオーバー効果により地域Bが受け

る便益より大きな便益が期待される場合だけ、Bは投資を決定する。

初期投資期間では、地域Aは同様の利得計算をする。地域Aはリスク確率 $\beta$ が十分小さければ、地域Bが第2の投資期間に投資するであろうと推測する。ただしこの場合、地域Bが投資するかどうかを決定できるように、ゲームが外生的要因で強制終了する確率 $\alpha$ が十分に低いことが条件となる。

相手地域が投資の後段階に実際に投資をしないという可能性が存在する場合、自地域の投資主体には、常に投資実行を控えるというインセンティブが働くことになるため、コーディネーションの失敗をもたらすことになる。実際、2で述べた欧州の事例のように、多国間の交通整備プロジェクト等では、各国の政治的および経済的な状況が多様かつ著しく変動することが見られ、プロジェクトの投資段階を同期させることが難しいとされる。

## 5. おわりに

本研究では、Coordination Gameの枠組みを用い、地域間交通インフラの投資意思決定問題の構造を分析した。技術的な条件等によって、多国籍あるいは他地域間のプロジェクトの総費用が固定されるとしても、各々の主体が負担すべき費用は固定されず、得られる受益に応じて変化しうるし、また交渉可能であるという点が、本研究で得られた知見である。

地域間交通投資の主体間の利害調整は、同時決定の場合よりも、外生的なイベント構造を取り込むことで、更に複雑化し、これを解決するため、より高度な制度的バックアップが必要となることも予想されよう。

更に、交通インフラ投資の特徴としてもたらされる、ネットワーク効果とスピルオーバー効果の情報を如何に把握するかは、利得行列の作成に直接影響を与えることとなり、具体的な主体間の調整メカニズムの作動を難しくしている。こうした効果の理論的・実証的分析に関しても多くの成果が蓄積されつつあるが、利害が輻輳する交通投資分野では、一層の研究進展が期待される。

### 参考文献

- 1) 中村徹：EU陸上交通政策の制度的展開，日本経済評論社，2000。
- 2) 江尻良他：社会資本の生産性と経済成長：研究展望，土木学会論文集，Vol.668，IV-53，2002。
- 3) Russell W. Cooper：Coordination Games，Cambridge Univ. Press，1998。
- 4) Rodrige Carcamo-diaz：Coordination of public expenditure in transport infrastructure，United Nations Pub.，2007。