

Dynamic Benefit Analysis of Large Scale Railway Network by a System of Cities Model

奥村 誠*・トゥンチェル・メヒメット・アリ**・小林潔司
Makoto OKUMURA, Mehmet Ali TUNCER and Kiyoshi KOBAYA

The development of nation-wide rapid transport systems, providing the increased human contact possibilities among cities, may change the topology of economic geography of city systems. In the long-run, their existence regulates growth rates of city economies, and turns to further reinforce the structural change of the systems. In this paper, benefit calculation methods are presented to assess the long-run impacts of the rapid transport systems upon economic geography. This paper illustrates some simulation experiments to show how the impacts of network improvement appear in the long-run.

Transportation Network, Cost Benefit Analysis, System of Cities Model
交通網、費用便益分析、都市群モデル

1. はじめに

従来より、大規模な交通プロジェクトの便益を計測するために数多くの研究が蓄積されてきた。これらの研究は、大別して部分均衡分析をフレームとするものと一般均衡分析をフレームとするものがある¹⁾。交通プロジェクトが小規模な場合、初期交通量と交通費用節約を掛け合わせたもので交通改善便益を定義でき、部分均衡分析で十分であるとされる²⁾。しかし、プロジェクトが交通以外の市場へ与える影響を考慮するには、一般均衡分析による便益評価を行う必要がある。

一般均衡理論に基づいた交通プロジェクトの便益評価法に関しても、すでに様々な研究が進展してきた。しかし、プロジェクトが大規模な場合、プロジェクトの実施が価格や需要体系に影響を及ぼすため、価格の経路依存性が便益評価を困難にするという問題が生じる。この問題に対して、一般均衡需要関数を定義し、消費者余剰から社会的純便益を求める方法が提案されている³⁾。しかし、これらの既存の研究は静学的な状況を想定したものであり、動学的な状況の下でのプロジェクトの便益評価に関する研究例はそれほど多くない。本研究では、大規模な交通プロジェクトが交通費用の削減という短期的な影響だけでなく、長期的に資本や知識の蓄積過程や家計の余暇選択行動をも長期的に変化させることに着目する。その上で、都市システムの経済成長モデルを定式化するとともに、大規模な交通プロジェクトの整備便益の長期的な変化を計測しうる方法を提案する。なお、本研究では交通プロジェクトとして高速鉄道の整備を想定しており、都市間のフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション

費用の変化の長期的効果の計測に分析の焦点を絞るとする。以下、2. で、本研究の基本的な考え方を述べる。3. で都市システムの成長モデルを定式化し、で便益計測方法を説明する。5. ではシミュレーションを用いた分析事例を示す。

2. 本研究の考え方

(1) 都市システムモデルに関する既存の研究
複数都市によって構成される都市システムに関する研究は、新都市経済学の分野において蓄積されてきており、都市集積を内生的に取り扱ったものとして藤田(1993)の独占的競争モデル⁴⁾ Krugman(1991)の貿易理論によるモデル⁵⁾、小林・奥村(1996)の知識のスピルオーバー効果を取り入れたモデル⁶⁾が開発されている。高速鉄道網が客輸送に用いられ、知識や情報の交換を効率化する効果を考えれば、その便益評価に当たっては知識の交換・蓄積過程を考慮することが必要である。本研究では、この3. で言及するように小林らのモデルを拡張し、都市間の高速鉄道の動的な便益発生過程を分析することとする。

(2) 交通プロジェクトの短期的な整備効果
都市間の交通コスト及び所要時間を軽減するような大規模な鉄道施設整備の効果を考えよう。簡単のため供出の事業効果は考えない。また、経済全体での物的資本ストック及び各都市の人的資本のストック量は固定されていると考える。ある都市の企業は自都市だけでなく、都市に蓄積された知識を生産に投入することが可能であると考える。人的資本がスピルオーバー効果を持つと仮定しよう。プロジェクトが実施されると都市間の交通コ

* 正会員 広島大学工学部第4類(建設系)(Hiroshima Univ.)

** 外国人会員 京都大学大学院工学研究科(Kyoto Univ.)

が削減される。交通費用が削減されれば、都市間のフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションが容易になり、生産に投入できる知識サービスの量が増加して、各都市の企業の生産性が向上するとともに、資本レントや賃金率が変化する。その結果、労働力と資本が都市間を移動する。労働力の流入が起これば都市の混雑が増加する。このような資本や労働力の移動は、各都市の資本レントや家計の間接効用値が都市間で均衡するまで継続するだろう。

このように大規模な交通プロジェクトが都市システムの市場均衡に及ぼす影響を、以下では施設効果と呼ぶこととする。さらに、長期的には施設効果に加えて、次節で言及するような物的資本・知識資本の蓄積効果が現れる。

(3) 交通プロジェクトの長期的な整備効果

交通プロジェクトは知識・資本の蓄積過程に長期的な影響を及ぼす。労働者は生産を通じた学習過程や他の都市とのフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションを通じて人的資本として知識を蓄積する。その結果、賃金率・時間価値が増加し、労働時間が短縮される。また、生産量の増加に応じて都市システム全体に蓄積される物的資本の量も増加する。ある時点で蓄積された知識は、それ以降のすべての時点におけるフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション行動の生産性や知識の蓄積過程に影響を及ぼす。すなわち、ある時点における各都市の知識ストックの変化がそれ以降のすべての時点における都市システムの成長過程に持続的な影響を及ぼすという時間的外部経済性が存在する。

交通プロジェクトの整備はこのような時間的外部経済性の形成に影響を及ぼすことにより、都市システムの成長過程に長期的な影響を及ぼす。知識の蓄積は都市システムの経済成長にとって本質的であり、交通施設整備の長期的な効果を分析するためには、交通施設整備が各都市における知識の蓄積過程に及ぼす影響を分析することが不可欠である。

3. 都市システムモデルの定式化

(1) モデルの基本的な仮定

本研究で用いるモデルの基本的な仮定を説明する。なお本モデルは小林らのモデル⁶⁾に準拠しているため、その詳細については参考文献を参照されたい。高速鉄道で連結された都市システムを考える。各都市の生産活動はCBDに集積し、家計はその外側に円形に広がる住宅地から通勤する。住宅地面積は各都市を通じて一定に区画化され、農業は存在せず都市端における地代はゼロである。都市システムは閉じており、外国との貿易は考えない。経済は

由に交易され、最終的に家計消費、資本蓄積およびサービスの生産に利用される。都市システム全体での人口は外生的に与えられ、家計はいずれかの都市に居住都市間の人口移動は自由である。労働市場は都市別在し、都市ごとに完全雇用が達成されるように賃金決定される。

以上の仮定は参考文献と同一であるが、2. で言及したようなネットワークの整備効果を分析するために、下の拡張を試みる。企業は労働力を通常業務に要する内労働力と都市間の人的コミュニケーションのための通労働に配分する。社内労働力の人的資本は、交通を通じた知識交換と生産における学習過程を通じて蓄積される。経済は人的資本の蓄積を通じて成長するが、人口移動を通じて人的資本は他の都市にも伝播する。

企業は各時点において myopic な利潤最大化行動を取る。これは非常に限定的な仮定であるが、企業が人口移動の効果をも考慮にいれながら、人的資本の蓄積過程に最適に制御しようという仮定も現実的でないだろう。時に、家計も各時点ごとに myopic な効用最大化行動を採用すると考える。企業・家計の myopic な行動を仮定することにより、各時点の労働市場、財市場において動的な市場均衡が達成される。都市システムの成長は人的資本の蓄積過程によって制御されることになる。後に、都市間・都市内交通企業はゼロ利潤規制され、一般企業の生産物のみを投入し交通サービスを提供すると考える。

(2) 都市システムモデルの定式化

本モデルは、都市の知識蓄積による集積の経済性と過密による外部不経済性を内生化した多都市成長モデルとなっている。小林らのモデル⁶⁾からの改善に触れつつ、モデル式を示す。

本モデルにおける外生変数は、 $N(t)$: 総人口、 T : 総可能時間、 $l = 1$: 宅地面積、および交通条件を表す政変数の c_i : 都市内単位通勤費用、 m_i : 都市内単位通勤時間、都市間旅行費用、 v_{ij} : 都市間旅行時間である。一方内変数は、 $K(t)$: 時点 t における総資本量、 $Z_i(t)$: 各都市知識水準、 V_i : 効用水準、 e_i : 余暇時間、 j_i : 労働時間、 J_i : 労働量、 P_i : 総地代収入、 Y_i : 生産額、 r_i : 利子率、 w_i : 賃金水準、 F_i : 内労働時間、 R_{ij} : コミュニケーション回数、 H_i : コミュニケーション労働時間、 y_i' : 非賃金所得、 N_i : 都市人口、 K_i : 物的ストックおよび、 \bar{r} : 均衡利子率、 \bar{V} : 均衡効用水準である (家計の行動)

CBD から距離 u_i に居住する家計は所得制約と時間制約の下で直接効用関数を最大化し、合成財と余暇時間を内生的に決定する。地代を $p_i(u_i)$ とすれば、

予算制約 $x_i + p_i(u_i) + c_i u_i = y'_i + w_i(T - e_i)$ (2)

時間制約 $j_i + e_i + m_i u_i = T$ (3)

立地点に関する均衡条件を考慮すると、合成財・余暇時間に対する需要は立地地点にかかわらず一定となり、都市端までの距離 L_i を用いて次式で表される。

合成財需要 $x_i = \frac{(\frac{c}{aw_i})^{\frac{1}{\rho-1}}}{\{(\frac{c}{aw_i})^{\frac{1}{\rho-1}} + w_i\} (w_i T + y'_i - (c_i + w_i m_i) L_i)}$ (4)

余暇時間 $e_i = \frac{(\frac{c}{aw_i})^{\frac{1}{\rho-1}} + w_i}{(w_i T + y'_i - (c_i + w_i m_i) L_i)}$ (5)

(集計的關係)

都市規模 $N_i = \int_0^{L_i} 2\pi u_i du_i = \pi L_i^2$ (6)

総地代収入 $P_i = \frac{1}{3}(c_i + w_i m_i) \pi^{-\frac{1}{2}} N_i^{\frac{3}{2}}$ (7)

労働供給量 $J_i = (T - e_i) N_i - \frac{2}{3} \pi^{-\frac{1}{2}} N_i^{\frac{3}{2}} m_i$ (8)

間接効用 $V_i = \Phi(w_i)^\sigma$
 $\{w_i T + y'_i - (w_i m_i + c_i) \pi^{-\frac{1}{2}} N_i^{\frac{1}{2}}\}^\sigma$
 $\Phi(w_i) = b^{\frac{1-\sigma}{\sigma}} \left(\frac{c}{w_i}\right)^{\frac{1}{\sigma}} \left\{ \left(\frac{aw_i}{c}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} + w_i \right\}^{\frac{1-\sigma}{\sigma}}$ (9)

(生産活動)

都市ごとに集計的な企業を仮定する。企業は、資本、労働時間単位で計測される社内労働力、コミュニケーション活動によって得られる知識を用いてニューメーラ財を生産する。収穫一定の技術を仮定し、パラメータ間に $\alpha + \beta + \gamma\xi = 1$ の関係を仮定する。

生産量 $Y_i = \eta K_i^\alpha (Z_i F_i)^\beta G_i^\gamma$
 知識投入 $G_i = \sum_j Z_j N_j \left(\frac{R_{ij}}{Z_j N_j}\right)^\xi$ (10)

交通労働 $H_i = \sum_j R_{ij}(\tau + v_{ij})$ (11)

利潤最大化条件より、以下の関係を得る。

資本 $r_i K_i = \alpha Y_i$ (12)

社内労働 $w_i F_i = \beta Y_i$ (13)

交通回数 $R_{ij} = \gamma\xi Y_i \frac{Z_j N_j (d_{ij} + w_i(\tau + v_{ij}))^{-\frac{1}{1-\xi}}}{\sum_k Z_k N_k (d_{ik} + w_i(\tau + v_{ik}))^{-\frac{1}{1-\xi}}}$ (14)

(要素所得分配)

土地所有は都市ごとの public ownership を仮定する。都市システム内の全ての家計は同等額の貯蓄を行い、その蓄積である資本ストックも同等に所有され均衡利子率 r に従う配当を受けると仮定する。 ι は貯蓄性向である。

非賃金所得 $y'_i = -\frac{\iota \sum_j Y_j}{\sum_j N_j} + \frac{\bar{r} \sum_j K_j}{\sum_j N_j} + \frac{P_i}{N_i}$ (15)

(均衡条件)

労働市場 $J_i = F_i + H_i$ (16)

資本市場 $r_1 = \dots = r_M = \bar{r}, \sum_i K_i = K(t)$ (17)

人口移動 $V_1 = \dots = V_M = \bar{V}, \sum_i N_i = N$ (18)

(資本蓄積過程)

都市システム全体で利用可能な資本ストック $K(t)$ は計の貯蓄行動により式 (19) のように蓄積され、式 (17) もとで各都市に配分される。 δ_k は資本の減耗率であ

資本蓄積 $\frac{dK}{dt} = \iota \sum_i Y_i - \delta_k K$

人的資本蓄積 (人口が流入するとき)

$\frac{d(Z_i N_i)}{dt} = g N_i \left\{ \sum_j Z_j N_j \left(\frac{R_{ij}}{Z_j N_j}\right) \right\}^\gamma + \frac{f Y_i}{1 + h Z_i} - \delta_Z (Z_i N_i) + \frac{\sum_l Z_l \frac{dN_l}{dt}}{\sum_l \frac{dN_l}{dt}} \frac{dN_i}{dt}$

人的資本蓄積 (人口が流出するとき)

$\frac{d(Z_i N_i)}{dt} = g N_i \left\{ \sum_j Z_j N_j \left(\frac{R_{ij}}{Z_j N_j}\right) \right\}^\gamma + \frac{f Y_i}{1 + h Z_i} - \delta_Z (Z_i N_i) + Z_i \frac{dN_i}{dt}$

式 (20), (21) の右辺第 1 項から第 3 項は、参考文献様に知識交換による効果、学習による知識蓄積、知識陳腐化を表している。本研究ではこれらに加え、人口に伴う影響を表す第 4 項をつけ加えた。すなわち、(20) において、 $\sum_l Z_l \frac{dN_l}{dt} / \sum_l \frac{dN_l}{dt}$ は都市間を移動する資本の平均水準であり、人口流入により総人的資本を増加する。一方、式 (21) では $\frac{dN_i}{dt}$ は負であり、人口により総人的資本は減少する。ここでは必要以上の陳腐化を避けるため、移動を開始した人々を一度集計化し知識水準の均等化を行ってから目的の都市への移住をさせるものと仮定した。

4. 交通プロジェクトの便益評価

(1) 動学的な便益指標

動学的な便益評価を行う場合、異時点の状況を集計的に評価することが必要となる。その際、1) 将来の各時点において便益を定義するとともに、その現在価値の総和を求める方法⁷⁾、2) 各主体の行動を通時的な最適化問題として定式化するとともに、各主体が現時点において得る便益を計測する方法⁸⁾がある。異時点間の外部性存在しなければ、Ramsey 価格により最適な成長経路分権的に達成できるため、2) の方法に基づく費用便益分析ルールが望ましいことが明らかにされている⁹⁾。しかし、高速鉄道網の整備は都市システムは都市システムの基本的な構造を変化させる。都市システムモデルの長は歴史的経路依存性を有しており、ある時点における鉄道網整備は人口移動や知識の伝播を通じて、その後の人的資本の蓄積過程に影響を及ぼすこととなる。2) 言及したように、高速鉄道の整備はその後の都市システムの発展に対して時間的な外部経済性を及ぼすこととなる。知識の蓄積は、人口が流入する都市から流出する都市へ

の成長過程では、便益の都市間及び時点間の移転構造が複雑であり、最適成長のための投資ルールが簡単に導出できるわけではない。

本研究で用いた都市システム成長モデルは、各時点において土地・労働・財・資本・交通市場において市場均衡が達成されるとともに、資本・知識の蓄積を通じて都市システムが成長する過程をシミュレートしうる構造を持っている。そこで、以下では、上述の1)の立場から、各時点における便益を一般均衡モデルで計測するとともに、動学的な便益指標を定義してその時間的変化を追跡するという方法を採用する。

(2) 各時点における便益計測

本モデルにおいて企業、交通企業の利潤はゼロである。厳密には、交通企業は交通施設の固定費用に該当する生産者余剰を持つ。また、固定費用の負担、それに伴うデッドウェイトロスの問題を考慮する必要がある。本研究では交通プロジェクトの整備がもたらす便益の動的発生過程に焦点を絞り、交通資本の財源調達の問題はとりあげないこととする。そこで、交通施設は歴史的資産（海外からの gift）として初期時点において無償で賦与されたと考える。従ってプロジェクトの便益は各都市の家計に最終的に帰着することとなる。ここで、都市 i の t 期における家計の支出総額 $E_i(t)$ は

$$E_i(t) = w_i(t)T + y_i^l(t) - (w_i(t)m_i + c_i)\pi^{-\frac{1}{2}}N_i(t)^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

で表される。ただし、 $w_i(t)$, $y_i^l(t)$, $N_i(t)$ はそれぞれ都市 i の t 期における賃金率、非賃金所得および人口を表している。これよりプロジェクト無、プロジェクト有の状態での効用水準、人口をそれぞれ $V_i^o(t)$, $V_i^w(t)$, $N_i^o(t)$, $N_i^w(t)$ とすると

$$V_i^o(t) = \Phi(w_i^o(t))^\sigma \{E_i^o(t)\}^\sigma \quad (23)$$

$$V_i^w(t) = \Phi(w_i^w(t))^\sigma \{E_i^w(t)\}^\sigma \quad (24)$$

である。等価変分を用いて支払い意思額を計測しよう。 t 期における等価変分 $EV_i(t)$ は

$$\begin{aligned} EV_i(t) &= \frac{\Phi(w_i^w(t))}{\Phi(w_i^o(t))} E_i^w(t) - E_i^o(t) \\ &= \frac{1}{\Phi(w_i^o(t))} (\{V_i^w(t)\}^\sigma - \{V_i^o(t)\}^\sigma) \end{aligned} \quad (25)$$

と定義される。各家計の等価変分を集計化することにより、都市システム全体の総等価変分 $TEV(t)$ を得る。

$$TEV(t) = \sum_{i=1}^M EV_i(t) \cdot N_i^o(t) \quad (26)$$

(3) プロジェクト便益の動的変化

都市システムモデルは各時点における市場均衡が総資本と各都市の知識資本の蓄積により長期的に変化する過程を記述する。2. で考察したように、交通施設の整備便益には、交通プロジェクトによる交通費用の削減がもたらす施設効果と経済全体の知識資本の蓄積による時間

間的な外部経済効果が存在する。

交通施設が供用された時点 ($t=0$) においては、知識蓄積過程が影響を受けていないため、プロジェクトの施設効果は発生便益に等しい。しかし、 $t'(>0)$ 期において生じる便益には、交通施設整備により $t-t'$ 間にた資本・知識蓄積過程の変化による効果も含まれる。ま、 $t'(>0)$ 期における施設効果便益を t' 期に初めてプロジェクトを実施したと仮定した場合に生じる便益として定義しよう。すなわち、都市システムは t' 期までの交通ネットワークの下で成長する。その時に、 t' 期において実現される経済全体の資本量と各都市の知識水準を所与として、その時点にプロジェクトが実施されると考える。 t' 期にプロジェクトを実施した場合に当該施設効果便益を式 (26) で求めた結果を $TEV'(t)$ とする。この時、 t 期における施設効果は

$$FE(t) = TEV'(t)$$

と定義できる。

ある時点に実現した資本ストック量の増分は、その後のすべての時点の生産活動に影響を及ぼす。いま、本蓄積効果を考えるに当たり、知識蓄積の効果を取ったような効果指標を定義する。まず、プロジェクトが実施しない場合に実現する各都市の知識水準をシミュレーションにより求める。次に以上で求めた知識水準を動的パラメータとして与え、式 (20),(21) を除去したモデルを用いて都市成長過程をシミュレートした。 t 期における資本蓄積効果便益は、以上のシナリオのもとで求めた総等価変分 $TEV''(t)$ から、交通費用削減効果 $FE(t)$ を差し引いた残りとして定義される。

$$PE(t) = TEV''(t) - FE(t)$$

本モデルでは、知識が公共財的性格を持つ非市場位置づけられ、その蓄積が都市システムの経済成長をもたらしている。交通施設の長期的な効果を把握する知識蓄積効果は本質的な役割を果たす。本研究では、長期的な経済効果から、前述の施設効果、資本蓄積効果と差し引いた残りを、交通施設の整備が知識の蓄積過程に影響を及ぼした経済成長効果と定義する。

$$KE(t) = TEV(t) - FE(t) - PE(t)$$

5. シミュレーション分析

(1) 分析の方針

シミュレーション分析では5つの都市が番号順に鉄道より直列に連結された都市システム（以下、国土軸）を想定する。首都である都市3が線形システムの中央に位置する。鉄道リンクを高速化するプロジェクトを考える。プロジェクトの財源は外国からの供与による。高速鉄道の整備がもたらす便益は、

表-1 計算に用いたパラメータ値

初期人口	$N_i = 10$	初期人的資本	$Z_i = 1.5$
初期資本	$K_i = 100$	都市内交通費用	$C_i = 1.0$
都市内交通時間	$m_i = 0.5$		

効用関数	$a=0.5, b=0.3, c=0.2,$	$=0.3, =0.5$
生産関数	$=0.4, =0.4, =0.4,$	$=0.5, =0.12$
ミーティング時間	$=0.4$	
利用可能時間	$T=24$	
貯蓄率	$=0.2$	
知識減耗率	$k=0.025$	
資本減耗率	$z=0.10$	
学習関数	$f=0.01, g=0.1, h=0.1$	

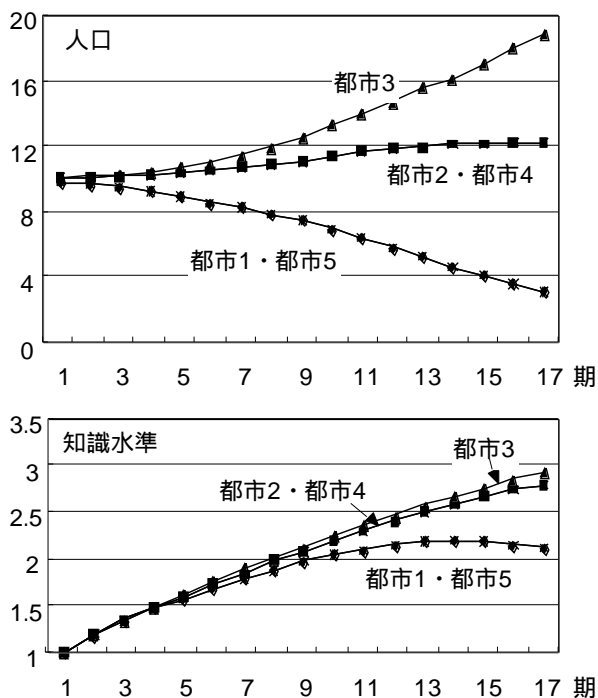


図-1 基本ケースにおける人口と知識水準の推移

及び交通時間が 10%、30%削減されるような 2 つのレベルを想定する。プロジェクトの割引率はプロジェクトの期間を通じて一定の値 ($\mu = 0.05$) を仮定する。本分析で用いたパラメータ値については表-1 に示すとおりである。

基本ケースとして、都市間の交通費用を $d_{ij} = d_{ji} = 0.5 + |i - j|$ 、所要時間を $v_{ij} = v_{ji} = 5 + 10|i - j|$ と設定し、初期人口を各都市均等の $N_i = 10$ とおいてシミュレーションを行った。その結果、各都市の人口、知識水準は図-1 のように推移する。すなわち、国土軸の中央に位置する都市 3 の知識水準が最も顕著に増加し労働力を吸収するため、一極集中的な構造を持つ都市システムが形成される。国土軸の末端に位置する都市 1・都市 5 の人口減少は著しく、知識資本の蓄積もやがて停止する。

(2) 交通プロジェクトの便益評価

(i) 都市 1・2 間の交通コストの 10%削減

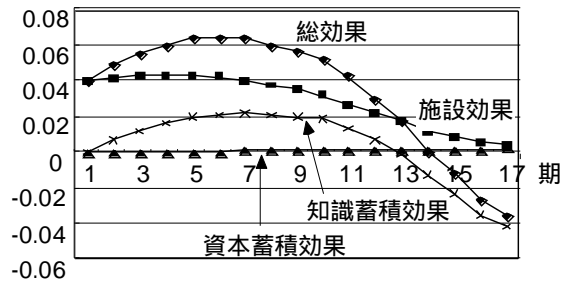


図-2 都市 1・2 間の交通コストの 10%削減による便

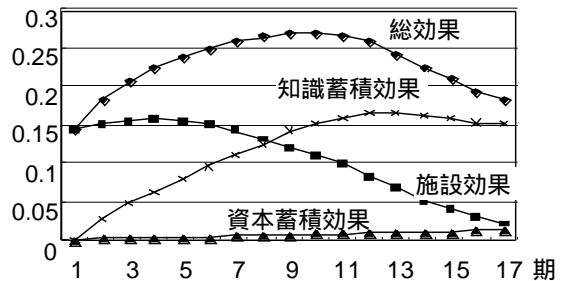


図-3 都市 1・2 間の交通コストの 30%削減による便

都市 1・2 間の交通費用と交通時間をそれぞれ 10%する場合を考える。本ケースにおいて各時点に発生便益の時間的な変化を図-2 に示している。第 6 期まで総便益 $TEV(t)$ は増加するがそれ以降は減少する。7 期から 14 期にかけて負に転じた後はずっと減少する。これを各効果に分解すると施設効果は 5 期までほぼ一定であるが、それ以降は減少している。資本蓄積効果は微増しているが他の効果に比べて非常に小さい。知識蓄積効果については 8 期までは増加しているがそれ以降は減少し、12 期から 13 期にかけて負となる。7 期から 6 期においては交通コストが低下したことによってコミュニケーション回数の増加と人口移動によって知識アクセシビリティが上昇することによって総便益は増加したが、7 期以降においては人口移動によって都市 3 の一極集中が弱まる。その結果、知識アクセシビリティ減少し、生産性が低下し総便益も減少している。7 期から 14 期以降はプロジェクトがない場合の方がより多便益が発生する。

(ii) 都市 1・2 間の交通コストの 30%削減

都市 1・2 間の交通費用と交通時間をそれぞれ 30%削減するようなプロジェクトを考える。図-3 に示すように便益 $TEV(t)$ は 9 期まで増加した後、17 期まで微増している。施設効果は 4 期まで微増の後、減少に転じている。資本蓄積効果は微増である。知識蓄積効果は 1 期までほぼ一定の割合で増加するが、12 期以降に微増している。これは都市 2 と都市 3 の集積力が均衡していたため一極集中が形成されない状態であり、その結果、知識が分散して利用されるためと考えられる。

(iii) 都市 1・2 間の交通コストの 10%削減

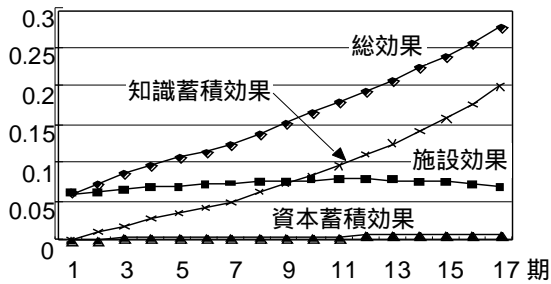


図-4 都市2・3間の交通コストの10%削減による便益

都市2・3間の交通コスト・交通時間を10%低減させるような整備水準を考える。これに伴い、数多くの都市間の交通条件が同時に改善される。図-4に示すように、知識蓄積効果により総便益は常に増加している。すなわち、都市3への人口集中が進むことによって都市3の知識アクセシビリティが成長し、都市システム全体からみた生産性が向上した結果である。なお、当該の整備水準を30%とした場合も、便益の絶対量が異なることを除けば整備水準10%の場合とほぼ同様の傾向が見られた。

(3) 分析結果のとりまとめ

高速鉄道の整備が都市システムの構造を変化させない短期では、いずれのケースでもプロジェクトが正の便益をもたらす。しかし、都市1・2間に整備水準10%の高速鉄道を整備した場合、便益が長期的には負に転じる。整備水準が同じであれば、いずれのケースにおいても短期的にはほぼ同程度の施設効果が現れている。このことは、短期的な便益評価（施設効果のみを用いた評価）では誤った政策判断を行う可能性があることを示唆している。また、都市1・2間のみを整備する場合でも、整備水準の違いにより便益の時間的な発生パターンにかなりの違いが生じる。10%の整備水準では、長期的には各都市の労働力がより均等に分散されるが、30%の整備水準では都市2が新しい中核都市として成長する。

つぎに、都市1・2間を整備した場合と都市2・3間を整備した場合の整備便益を比較してみよう。整備レベルを10%とした場合、前者では後者の場合よりも労働力分布の均等化が図られるが、それが逆に知識アクセシビリティの増加を抑制する結果となる。そのため、時間の経過とともにプロジェクトの整備効果が減少し、最終的には負に転じる結果となる。これに対し、後者のプロジェクトではプロジェクトの総便益はつねに増加する。整備レベルを30%とした場合、都市1・2間の交通プロジェクトの総便益は長期的にはほぼ一定で推移するのに対して、都市2・3間を整備した場合の便益は時間とともに増加していく。以上の結果は、国土軸という線形のネットワークの性質と密接に関連している。すなわち、線形ネット

多くの都市間ペアに及ぶこととなる。その結果、一部に位置している都市群に集積の効果を発揮させることとなる。

本実験に関する限り、線形の国土軸システムは労働力の集中化傾向をもたらす結果となったが、特定のモデルによる限られた数値計算の結果から一般的な結論を導くことは危険であり、この結果の頑健性に関しては、多方面から思考実験を重ねる必要がある。一方、短期的な便益と長期的な便益の不一致という現象は本モデルに関わらず発生すると考えられ、長期的な便益評価が重要であることが理解できる。

6. おわりに

本研究では、動学的システムにおける大規模交通プロジェクトの便益評価法を提案し、シミュレーションによりその重要性を明らかにした。以下に、今後に向けた課題をとりまとめる。本モデルでは都市内・都市間交通施設は初期時点において歴史的な資産（海外がgift）により整備され、家計はその建設費用を負担しない。この仮定は交通プロジェクトによる便益の動的発生過程のみを追跡するために便宜的に設定したものである。しかし、交通施設の整備のための財源が問題となる場合には、財源調達の方法が都市システムの成長及び影響を分析する必要がある。また、計算例では集中型の構造の方が知識アクセシビリティが高くなる混雑による外部不経済を考慮してもなお有利である結果が得られた。この結果の一般性・頑健性に関しては、今後実証分析をはじめ、多角的な分析が必要である。また、インターネットなどの他の情報通信手段の進歩の影響を取り入れることは重要な課題である。

参考文献

- 1) J.O.Johansson:An introduction to modern welfare economics, Cambridge Univ. Press,1991, 金沢哲雄訳, 厚生経済学入門, 勤草書房,1995.
- 2) Foster,C.D. and Beesley,M.E. :Estimating the Social Profit of Constructing an Underground Railway in London *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol.26(1), 113,1963.
- 3) Kanemoto, Y. and Mera K.: General equilibrium analysis of the benefit of large transport improvements, *Regional Science and Urban Economics*, 14(13),343-363, 1985.
- 4) Fujita, M.: Monopolistic competition and urban systems *European Economic Review*, 37: 308-315, 1993.
- 5) Krugman, P.: *Geography and Trade*, The MIT Press, 1991.
- 6) 小林潔司, 奥村誠:高速交通体系が都市システムの発及ぼす影響に関する研究, 土木計画学研究・論文集,1, 66,1996.
- 7) Blackorby,C., Donaldson,D. and Moloney,D. : Consumption surplus and welfare change in a simple dynamic model *Review of Economic Studies*, 51,171-176, 1984.
- 8) Johansson,P.O. :*Cost-benefit Analysis of Environmental Change*, Cambridge Univ. Press, 1993.
- 9) Aronsson,T., Johansson,P.O. and Lofgren, K.G. : *Welfare Measurement, Sustainability and Green National Accounting*, Edward Elgar, 1997.