

多地域動学的CGEモデルによる 新幹線・高速道路の整備効果の計測

東山 洋平¹・森杉 壽芳²・福田 敦³

¹学生会員 日本大学大学院 理工学研究科社会交通工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail: csyo13015@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学客員教授 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail: morisugi.hisayoshi@nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

CGEモデルは家計及び企業の行動を定式化して、ミクロ経済学的視点から厳密に便益を計測できるが、一般的な静学モデルでは将来時点での均衡状態を表現することができない欠点がある。そこで、時間的視野を考慮するため伴が作成したモデル（多地域動学的CGEモデル）を採用することによって動学化を図り、日本における2000年までに建設された新幹線・高速道路が将来に与える全国の便益をGDP増加額として、地域ごとの便益をGRP（域内総生産）増加額として推計した。その結果、交通インフラ整備によって全地域間の所要時間が2割減少と仮定した場合、GDP増加額は2030年時点で6.0兆円が示された。さらに交通インフラの整備水準が全地域で一律であってもGRP増加率は地方圏より大都市圏の方が高いことが示された。

Key Words : CGE, Ramsey Growth Models, infrastructure, GDP, GRP, benefit,

1. はじめに

交通インフラの整備効果を経済学的視点から定量的に計測する方法としてCGE分析を利用することが増えている。しかし、現在、広く使われているCGEモデルは、ある一時点における均衡状態を求める静学モデルであるため、家計および政府の投資によって生じる資本の蓄積を考慮できない課題があり、より厳密に整備効果を計測するためには動学化を図る必要がある。これに対して、伴¹⁾は資本の蓄積を内生変数として明示的に扱うことで動学化を図った多地域動学的CGEモデルを開発し、経済環境の変化によって与える影響を時間的視野で数値シミュレーションを行っている。CGE分析のもうひとつの課題は、交通インフラ整備の表現方法である。この点に関して例えば、武藤ら²⁾は交通インフラ整備による交通所要時間の短縮を、運輸企業の生産関数における効率性パラメータの増大として定式化している。

そこで、本研究では動学的に均衡状態を計算できる伴が開発した多地域動学的CGEモデルを用い、この中で新幹線および高速道路のインフラ整備（以下、高速交通網の整備）による交通所要時間の短縮を武藤らの研究をも

とに定式化する、そして、わが国における過去から現在までに建設された高速交通網が将来に与える便益をGDP増加額として推計する。

2. 多地域動学的CGEモデルの概要

(1) CGEモデルの動学化

一般に静学的なCGEモデルでは資本を外生変数として取り扱う。しかし、それでは動学的な表現ができないため、CGEモデルの動学化においては資本を内生変数として、これをラムゼイ型最適成長モデルで表し、家計の総効用現在価値（無限年にわたる効用の現在価値の和）を最大にするように資本を決めるものとする。1部門の動学モデルは以下の通りである。

$$V = \max_{C_t} \sum_{t=0}^{\infty} \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^t u(C_t) \quad (1)$$

$$Y_t = f(K_t, L_t) \quad (2)$$

$$I_t = Y_t - C_t \quad (3)$$

$$K_{t+1} = I_t + (1 - \delta)K_t \quad (4)$$

$$L_t = (1 + n)^t L_0 \quad (5)$$

V : 総効用現在価値 (無限年に渡る効用の現在価値の和)

$u(C_t)$: t 年の1年間の効用

C_t : t 年家計の財消費量

ρ : 時間選好率

Y_t : t 年の所得

K_t : t 年の資本

L_t : t 年の効率単位の労働力人口

I_t : t 年の投資

δ : 資本減耗率

n : 効率単位の労働力増加率

式(1)は無限年に渡って財消費から得られる効用の割引現在価値を最大にするように各期の消費を決定することを表している。式(2)は所得を資本と効率単位の労働力人口の関数で表している。式(3)は投資は所得から家計の財消費量を差し引いたものとして表している。式(4)は次年の資本は今年の投資と今年の減耗を考慮した資本を足し合わせた和として表している。式(5)は効率単位の労働力人口は初年の労働力人口から労働力増加率を毎年増分するとして表している。

式(1)から式(5)を解くと式(6)から式(8)が得られる。

$$P_t = \left(\frac{1}{1 + \rho} \right)^t \frac{\partial u(C_t)}{\partial C_t} \quad (6)$$

$$PK_t = (1 - \delta)PK_{t+1} + P_t \frac{\partial f(K_t, L_t)}{\partial K_t} \quad (7)$$

$$PK_t = P_{t+1} \quad (8)$$

P_t : 一般物価水準

PK_t : 資本の限界生産力の割引現在価値

(2) 多地域動的CGEモデル

伴は、CGEモデルにラムゼイ型最適成長モデルを取り入れて動学化を図り、地域間産業連関表を用いることで地域間の交易関係を明示化して、地域ごとに生じる経済効果を将来予測できる多地域動的CGEモデルを作成した。このモデルは数値計算ソフトのGAMSでプログラムが組み立てられ、ソルバーのMPSGEを用いて計算を実行する。

多地域動的CGEモデルを企業の生産構造、家計の消費構造、政府の消費・投資構造の3つに分けて説明する。なお、財もしくは生産要素の合成にはCES型関数を、財の分割にはCET型関数を用いる。

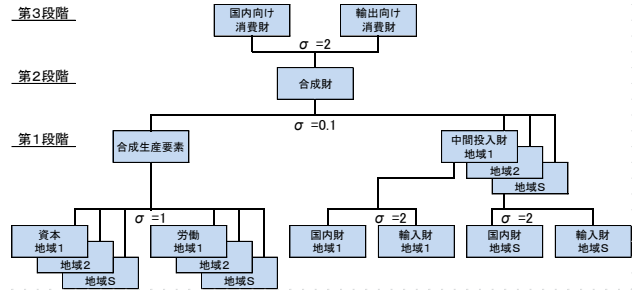


図-1 企業の生産構造ツリー

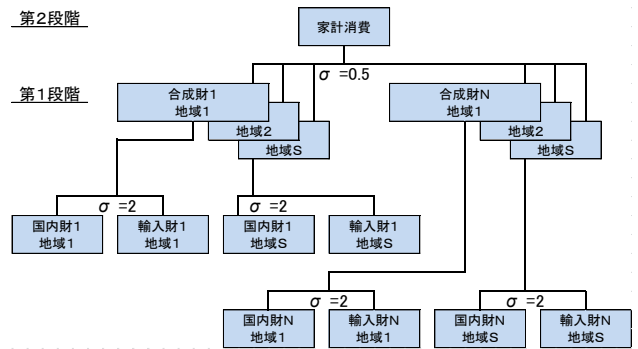


図-2 家計の消費構造ツリー

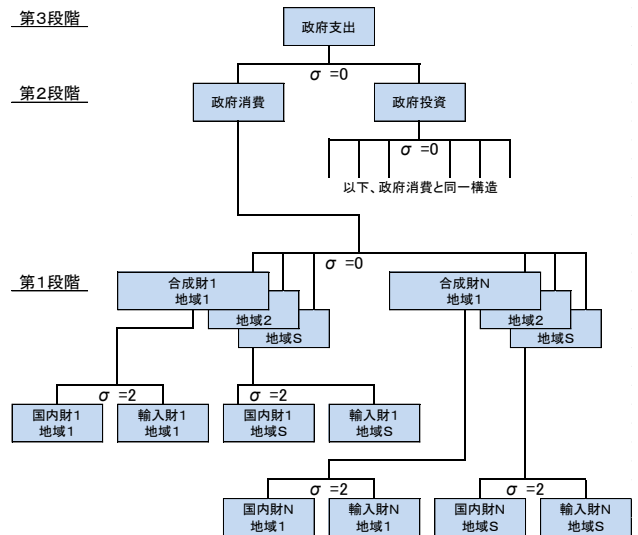


図-3 政府の消費・投資構造ツリー

a) 企業の生産構造

企業の生産構造は図-1のとおり第1段階で地域ごとの資本と地域ごとの労働を合成して合成生産要素を供給する。ここで、資本と労働は自地域だけではなく他地域からも投入するとして、多地域化を明示的にモデルに組み込んでいる。したがって、対価としての資本レントと賃

金は自地域だけではなく他地域へも支払われる。それとは別に、国内材と輸入財を合成して中間投入財を供給する。第2段階で合成生産要素と中間投入財を合成して合成財を供給する。第3段階で合成財から国内向け消費財と輸出向け消費財に分割する。

b) 家計の消費構造

家計の消費構造は図-2のとおり第1段階で国内材と輸入財を合成して合成財を供給する。第2段階で全地域のすべての合成財を合成して家計消費に供給する。

c) 政府の消費・投資構造

政府の消費構造と投資構造は図-3のとおり第1段階と第2段階は同じである。第1段階で国内材と輸入財を合成して合成財を供給する。第2段階で全地域のすべての合成財を合成して政府消費または政府投資に供給する。第3段階で政府消費と政府投資を合成して政府支出に供給する。

(3) 所要時間短縮のCGEモデル上の表現方法

武藤らは、高速道路の所要時間短縮をCGEモデルで表現する方法として、運輸部門の生産活動に投入される労働と資本を減少させている。これは、整備無しの場合に比べて所要時間が短縮された整備有りの場合は、同一の時間でより多くの運輸サービスを提供できるようになって労働と資本の回転率が高まるからである。すなわち、整備有りの場合は少ない労働と資本で整備無しの場合と同一水準の運輸サービスを提供できることを表現している。本研究でも高速交通網の整備による所要時間の短縮に武藤らの表現方法を採用する。

3. 新幹線・高速道路整備有無の表現方法

わが国における過去から現在までの高速交通網の整備効果の計算には、新井ら³⁾が作成した2000年の地域間産業連関表を用いる。なお、2000年時点でのデータを使って計算するため、2000年までに建設された高速交通網の整備水準を基準に、2000年から将来にかけてのGDP増加額を計算するものとする。高速交通網の整備によって全地域間で所要時間が一律2割短縮すると仮定して、以下の2つの均衡状態を仮定した。

①基準均衡時（整備有り）

過去から2000年まで高速交通網が整備された実際の経済環境。なお、2000年の地域間産業連関表は交通整備された状態の産業構造を表しているため基準均衡時とした。

②仮想均衡時（整備無し）

過去から2000年まで高速交通網が整備されなかった

仮想的な経済環境。運輸部門の効率性パラメータを基準均衡時から2割低下と設定。

ここで、産業の生産構造における運輸部門の労働と資本を合成した合成生産要素関数を式(9)と式(10)に記す。

$$p_{ipts}^f f_{ipts} = \min_{l_{ipts,s}, k_{ipts,s}} \left(\sum_s w l_{ipts,s} + \sum_s r k_{ipts,s} \right) \quad (9)$$

$$s.t. \quad f_{ipts} = \gamma_{ipts} \left(\sum_s \alpha_{ipts,s}^l l_{ipts,s}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \sum_s \alpha_{ipts,s}^k k_{ipts,s}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (10)$$

p_{ipts}^f : 運輸部門の合成生産要素の価格

f_{ipts} : 運輸部門の合成生産要素

w : 賃金率

$l_{ipts,s}$: s 地域の運輸部門の労働

r : 資本レント

$k_{ipts,s}$: s 地域の運輸部門の資本

γ_{ipts} : 運輸部門の効率性パラメータ

$\alpha_{ipts,s}^l$: 運輸部門の労働の投入割合係数

$\alpha_{ipts,s}^k$: 運輸部門の資本の投入割合係数

σ : 労働と資本の代替弾力性

式(9)と式(10)は、労働と資本の賦存量の制約のもとで、運輸部門での合成生産要素に関して費用最小化行動を表している。

整備無しの効率性パラメータは式(11)のとおり整備有りの効率性パラメータの0.8倍とする。

$$\gamma_{ipts}^{wo} = 0.8 \gamma_{ipts}^w \quad (11)$$

γ_{ipts}^{wo} : 整備無しの運輸部門の効率性パラメータ
(仮想均衡時)

γ_{ipts}^w : 整備有りの運輸部門の効率性パラメータ
(基準均衡時)

計算は、GAMSを用いて行った。パラメータの設定は表-1の通りである。効率単位の労働力人口増加率は0.1%として、労働力が毎年0.1%ずつ増加すると仮定した。計算期間は50年とした。

4. 分析結果

(1) GDP増加額

整備有りの場合のGDPから整備無しの場合のGDPを差し引いた値が高速交通網の整備で生じたGDP増加額である。GDP増加額は表-2より2030年時点で約6.0兆円、2050年時点で6.5兆円である。また、GDP増加額を整備無し

表-1 パラメータの設定

ラムゼイ型最適成長モデル	
時間選好率: ρ	0.05
効率単位の労働力人口 L_t 増加率: n	0.001
資本減耗率: δ	0.04
異時点間の代替弾力性: σ^t	0.5
産業の生産構造	
資本と労働の代替弾力性: σ	1
国内財と輸入財の代替弾力性: σ	2
合成生産要素と中間投入財の代替弾力性: σ	0.1
合成財の変形代替弾力性: σ	2
家計の消費構造	
国内財と輸入財の代替弾力性: σ	2
アーミントン合成財の代替弾力性: σ	0.5
政府の消費・投資構造	
国内財と輸入財の代替弾力性: σ	2
アーミントン合成財の代替弾力性: σ	0
政府消費と政府投資の代替弾力性: σ	0

の場合のGDPで割ったGDP増加率は2030年時点で1.21%、2050年時点で1.28%である。GDP増加額は年次経過によって上昇するが、上昇の程度は逡減している。これは年次が経過するにしたがって経済状態が安定して定常均衡状態に近づいているためだと考えられる。

実際に計算した2000年から2050年までの50年間のGDP増加額の結果を二次曲線で近似して、過去へ延長して2000年以前のGDP増加額を予測する。2000年を基準年として0年とおき、それからの経過年（過去はマイナス）を説明変数として、GDP増加額を目的変数として図4のとおり二次の近似曲線を描いた。

GDP増加額が0となる年は1956年（-44年の経過年）を示す。これは、GDPの増加が始まる年、すなわち高速交通網の整備による効果が生じ始めた年と解釈すると、わが国の新幹線および高速道路の整備が始まったのは1960年代なので、これに近い結果となった。したがって、過去におけるGDP増加額は図4の点線の部分で表現していると解釈できる。過去のGDP増加額は表-3のとおりであり、GDP増加額は1990年で3.6兆円、1980年で2.7兆円、1970年で1.7兆円である。

(2) 地域別のGRP増加額

地域別の総生産額であるGRP（域別総生産）増加額は図-5のとおりである。なお、将来時点（2030年）での値を示すことにする。GRP増加額は関東で最も多く、次に近畿、中部が多いことを示し、対して北海道、東北、四国では少ないことを示している。これは関東や近畿などの大都市圏で人口が多いことから産業が集中して規模が大きいためGDP増加額が多いと考えられる。

次に、地域ごとの産業規模の大きさを考慮した高速交通網の整備の効果を比較するため、GPR増加額をGRP（整備無し）で除したGRP増加率を計算する。このGRP増加率はGRP一単位当たりの増加額の程度を表している。

表-2 将来におけるGDP増加額と増加率の年次推移

	交通整備無 GDP [兆円]	交通整備有 GDP [兆円]	差額 (=GDP増加額) [兆円]	GDP増加率 [%]
2000年	484.4	488.8	4.4	0.91
2030年	497.7	503.7	6.0	1.21
2050年	507.4	513.9	6.5	1.28

表-3 過去におけるGDP増加額の年次推移

過去における推計 GDP増加額[兆円]	
1960年	0.5
1970年	1.7
1980年	2.7
1990年	3.6

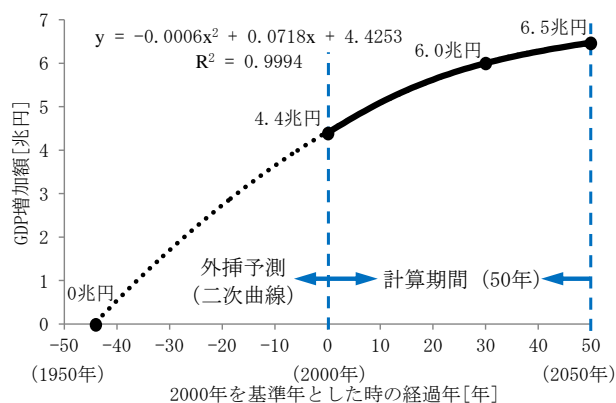


図-4 GDP増加額の年次推移

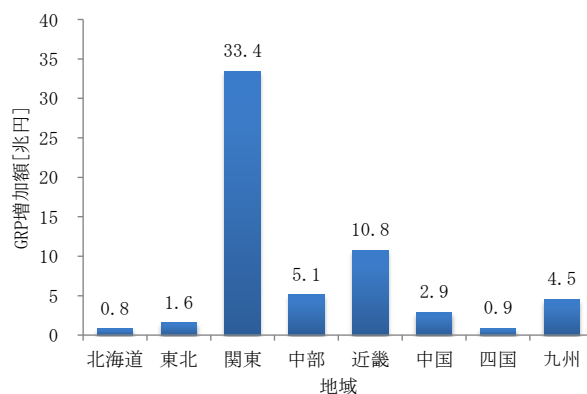


図-5 GRP増加額

ここでは、2030年におけるGRP増加率を図-6に示す。GRP増加率は関東、近畿で高く、北海道、東北、四国で低いことがわかる。これは、高速交通網の整備による所要時間の短縮を全地域間で一律2割と仮定して計算しているため、高速交通網の整備が全国で同一の水準であってもGRP増加率は大都市圏に高く表れることを示している。すなわち、高速交通網の整備による経済効果は一企業当たりで見ても、地方圏より大都市圏の方が高いことを示している。

(3) 産業別の生産量変化

CGEモデルの利点として産業連関表をベースに計算しているため産業別の生産量変化を捉えられることである。2030年の産業別の生産量変化率は図-7のとおり、運輸部門が最も増加し、続いて化石燃料部門が増加している。対して、電気機械部門や輸送機械部門は生産量が減少またはほとんど変化無しである。これは、運輸部門は高速交通網の整備によって、今までに投入されていた労働と資本からより多くの運輸サービスの生産ができるよう効率が上昇したため生産量が増加している。化石燃料部門は運輸部門の生産量が増加することで、輸送で使用される燃料が増加するため生産量が増加する。いわば、化石燃料部門は運輸部門の波及効果が高いことを示している。対して電気機械部門や輸送機械部門は運輸部門の効率化によって投入される資本が減少する。これより運輸部門の電気機械及び輸送機械の需要が減少して、生産量が減少またはほとんど変化無しとなったと考えられる。

(4) 賃金率の変化

2030年時点の賃金率は図-8のとおり、高速交通網の整備により運輸部門の効率化によって投入される運輸部門の労働が減少する。これより、労働の供給が超過することから賃金率が全国的に低下している。その低下の割合は地域で異なり、関東や近畿、中部の大都市圏で比較的低下が小さく、特に関東では低下がわずかである。対して、それ以外の地域である地方圏は比較的低下が大きく、特に北海道の低下が著しく大きい。

(5) 地域別の労働投入増減額

労働投入増減額とは高速交通網の整備によって生じる地域ごとの労働投入額が増加または減少したかを表す指標である。なお、地域間での家計の移動は生じないものとモデルで仮定しているため、労働投入増減額は住む地域は変わらずに労働する地域（勤務地）が変わる、いわば通勤移動によって生じるものとして扱う。2030年時点の労働投入増減額は図-9のとおり、関東のみで増加して、近畿はほぼ横ばい、それ以外の地域は減少している。これは、整備によって他の地域から関東へ労働が移転して

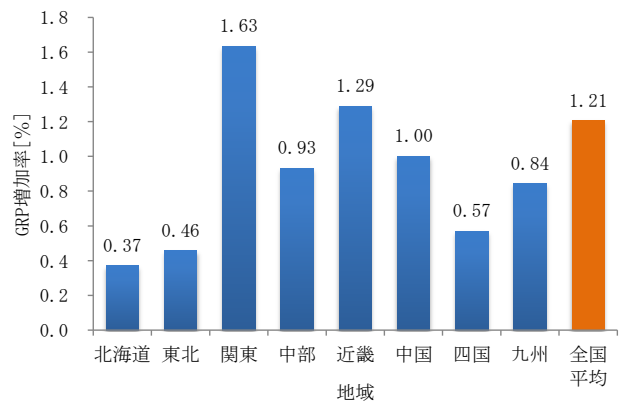


図-6 GRP増加率

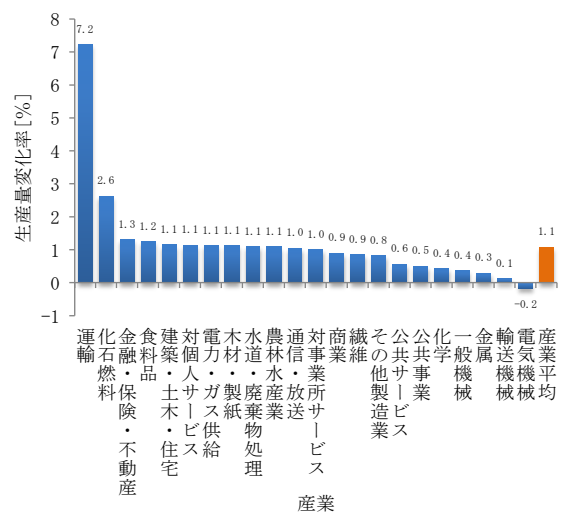


図-7 産業部門別の生産量変化率

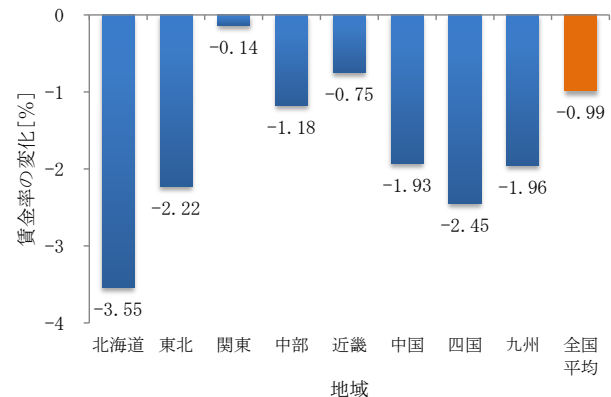


図-8 地域別の賃金率変化

いることを表している。したがって、高速交通網の整備によって関東に労働力が集中することを示唆している。

5. 考察

(1) 高速交通網整備がGDPを増大させることへの考察

高速交通網の整備がGDPを増大させるプロセスは図-10のとおりである。まず、整備によって運輸部門が効率化して、運輸サービスを生産するのに投入する労働と資本が減少する。次に運輸部門の労働需要が低下することから労働の超過供給が生じ、賃金率が低下する。また、運輸部門の労働と資本が減少する分、運輸部門の財価格（運輸サービス価格）が低下する。賃金率の低下と運輸部門の財価格の低下により、企業は今までより安価な賃金と運輸部門の財（運輸サービス）を使うことができるので、企業（すべての部門）の生産費用が低下する。次に、生産費用の低下はその企業が生産する財の価格を低下させ、それに伴い家計の最終需要と企業の間投入に用いられる財の需要が増大する。需要の増大に対応するため、今までより多く財を生産することになるので、企業の生産水準が増大して、生産量が増えた分だけGDPが増大する。このようなプロセスによって運輸部門の効率化がGDPの増大につながっていく。

(2) GRP増加率が地域によって異なることへの考察

高速交通網の整備の水準が全国一律であってもGRP増加率が地域によって異なることについては図-11のプロセスで説明できる。まず、運輸部門の効率化は投入する労働を減少させるが、全部門に占める運輸部門の労働需要シェアは地域によって異なり、地方圏ではシェアが高く、大都市圏では低い。すなわち地方圏では労働者のうち運輸部門で働く割合が高く、大都市圏では低いということである。これにより、労働の超過供給が地方圏では多く生じ、大都市圏では小さく生じる。したがって、賃金率は地方圏では大きく低下し、大都市圏では小さく低下する。次に、賃金率の格差が生まれることによって、賃金率が安い地方圏から賃金率が高い大都市圏へと労働力が通勤として移動する。労働力が減少する地方圏では生産水準が低下して、高速交通網の整備によって生じる生産量増加が抑制され、労働力が増加する大都市圏では生産量増加が促進される。したがってGRP増加率は地方圏では小さく、大都市圏では大きくなる。このようなプロセスによってGRP増加率が地域によって異なるが生じる。

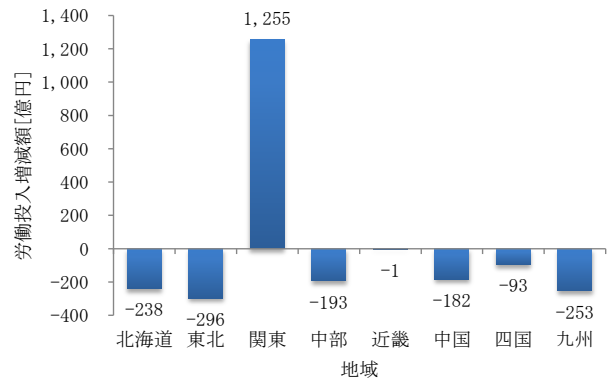


図-9 地域別の労働投入増減額

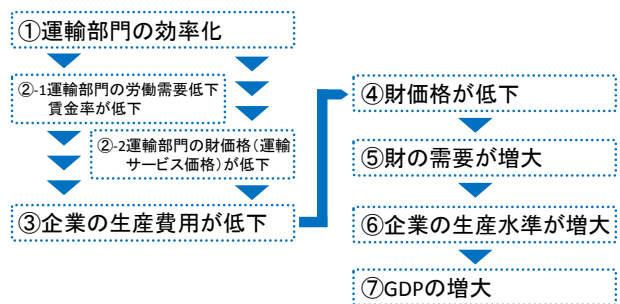


図-10 高速交通網整備がGDPを増大させるプロセス

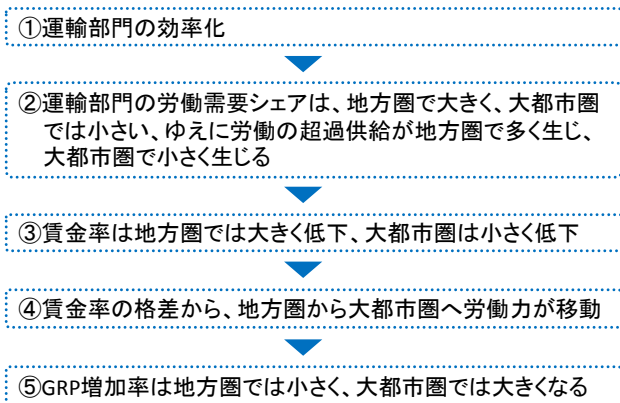


図-11 GRP増加率が地域によって異なることへのプロセス

6. 結論

本研究では、伴が作成した多地域動学的CGEモデルに、高速交通網による時間短縮を明示的に組み込むことで、わが国において2000年までに建設された新幹線および高速道路が将来に与える便益を、GDP増加額として計測した。この計算より明らかとなったことを以下に記す。

- ①整備によって所要時間が2割削減したと仮定した場合のGDP増加額は2030年時点で6.0兆円と推計した。
- ②将来に渡って計算したGDP増加額を二次曲線で近似して過去へ外挿することで2000年以前のGDP増加額を推計した。
- ③整備が全国で同一の水準であってもGRP増加率は地方圏では低く、大都市圏では高く表れることを示した。
- ④整備による生産量の増加は運輸部門の他に化石燃料部門で特に高く現れることを示した。
- ⑤整備による賃金率は、地方圏で大きく低下し、大都市圏では小さいことを示した。
- ⑥整備によって労働力が地方圏から大都市圏へと移動することを示した。

また、高速交通網の整備がGDPを増大させる理由を、運輸部門の効率化によって生じる賃金率と運輸サービス価格の変化から、企業および家計の行動を通して説明した。さらに、GDP増加率が地域によって異なる理由を賃金率の格差によって生じていることを説明した。

GRP増加率を経済効果とすれば、高速交通網の整備は全国一律に実施したとしても、地方圏より大都市圏でより多く経済効果が表れることが計算で求められた。実際には、新幹線や高速道路の整備は関東、中部、近畿の大都市圏に集中し、地方圏では整備が乏しいため、大都市

圏でより多くの経済効果が表れ、地方圏では経済効果より小さいことが想定される。これは、現在の高速鉄道網の整備が大都市圏の一極集中と地方圏の衰退を招いていることを示唆している。今後の高速交通網整備において、公平性の観点からいえば、経済効果を地域で等しくするため、地方圏での高速交通網整備を積極的に進めればよい。しかしながら、効率性の観点でいえば、大都市圏の方が人口が多いため、大都市圏で高速交通網の整備をした方が生み出される経済効果は高い。地方圏と大都市圏のどちらを積極的に整備すればよいかは、公平性と効率性の相反する難しい問題である。

今後の課題として、高速鉄道網の整備による所要時間の短縮の程度を地域間ごとに精査して入力することと、交通機関によって所要時間の短縮の程度が異なるので、交通機関別に分けて計算することが挙げられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり山梨大学の武藤慎一先生には多大なるご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 伴金美：日本経済の多地域動学的応用一般均衡モデルの開発 Forward Looking の視点に基づく地域経済分析, RIETI Discussion Paper Series 07-J-010, 2007.
- 2) 武藤慎一, 岸昭雄, 森杉壽芳, 河野達仁, 上泉雅雄, 青木優：SCGE モデルに新東名高速道路整備の便益評価, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.45, 2012.
- 3) 新井園枝, 尾形正之：平成 12 年試算地域間産業連関表の概要, 経済統計研究 34-3 1-22, 2006.
- 4) 細江宣弘, 我澤賢之, 橋本日出男：テキストブック 応用一般均衡モデリング プログラムからシミュレーションまで, 東京大学出版会, 2004.

(2013.5.7 受付)