

# 固定費用を考慮したSCGEモデルによる リニア中央新幹線整備の経済評価

平林 和樹<sup>1</sup>・武藤 慎一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 大学院医工農学総合教育部工学専攻土木環境工学コース  
(〒400-8510 山梨県甲府市武田 4-3-11)  
E-mail:g17tc012@yamanashi.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 山梨大学准教授 大学院総合研究部工学域 (400-8510 山梨県甲府市武田-3-11)  
E-mail:smutoh@yamanashi.ac.jp.

現在、品川駅から名古屋駅に至るリニア中央新幹線の整備が進められている。そして、その整備には固定費用と呼ばれる多額の建設費用が必要となるが、需要の増減によって簡単に調節ができないため、その取扱いには注意が必要とされる。その中で、リニア中央新幹線の経済的影響や効果を明らかにするために空間的応用一般均衡 (SCGE : Spatial Computable General Equilibrium) モデルを用いた研究が進められてきた。しかし、先行研究では、固定費用も需要に応じた調整ができる可変費用として扱っているという問題があった。そこで本研究では、筆者らがこれまで開発してきたSCGEモデルに固定費用を考慮する。そして、リニア中央新幹線を対象に限界費用料金と平均費用料金によるスキームがリニア中央新幹線整備の経済効果にもたらす影響について明らかにすることを目的とする。

**Key Words :** SCGE model, fixed costs, marginal cost price, average cost price

## 1. はじめに

現在、東京都から山梨県、赤石山脈 (南アルプス) 中南部、長野県、岐阜県、愛知県名古屋市、奈良市付近を経由して大阪市に至るリニア中央新幹線が計画されている。品川—名古屋駅間は、平成26年10月にJR東海の工事実施計画が国土交通大臣に認可され、建設段階に入っており、2027年に開業する予定である<sup>1)</sup>。また、名古屋—新大阪駅間は2045年の開業を目指して整備がなされる計画である。リニア中央新幹線の開業により、東京、中京、阪神の三大都市圏が約1時間で結ばれることにより、業務トリップや観光トリップの円滑化による多大な経済効果が発現すると大きな期待が寄せられている。森杉ら<sup>2)</sup>の試算によれば、東京(品川)—名古屋駅間の開業において、利用者側の時間短縮効果である利用者便益と、鉄道旅客運輸企業の生産要素投入費用の節約分である供給者便益を足し合わせた地域帰着便益は、単年度で4,700億円/年、域内総生産変化は2,100億円/年になるとされている。

しかし、リニア中央新幹線の整備には多額の建設費用が必要となる。これらは固定費用と呼ばれ、需要の増減

によって簡単に調整することができないため、その取扱いには注意が必要とされる。これに対し、先に示した森杉らは、こうした固定費用も需要に応じた調整ができる可変費用として扱っているという問題があった。固定費用が存在する場合、需要(規模)が増大すれば一人当たりの負担額が減少するという意味で規模の経済が生じるとされる。

一般的には、限界費用価格形成原理が社会厚生を最大化させるという意味で、最も効率的とされるが、固定費用が存在する場合には、「限界費用料金」を採用すると、運輸企業は固定費用の回収ができず、損失を被ってしまう。結果として、鉄道事業の継続が困難な状況になる。これに対し鉄道事業の採算割れを避けた独立採算を前提とする料金スキームに「平均費用料金」がある。しかし、平均費用料金は限界費用料金に比べて高い料金設定となるため、利用者が損失を受けるといった問題が出てくる。この関係性が料金決定の難しさを生み、固定費用が存在する事象に対しては、料金をどのようなスキームで決定するのかが重要な問題となる。

これまで、リニア中央新幹線整備の経済的影響や効果を明らかにするためには先の森杉らを含め、空間的応用

一般均衡 (SCGE : Spatial Computable General Equilibrium) モデルを用いた研究が進められてきた。旅客交通を明示したSCGEモデルはそれほど多くないが、宮下、小池、上田<sup>3)</sup>は交通整備による時間短縮によって地域に与える経済効果のみでなく、その経済成長がもたらすCO<sub>2</sub>排出量の増加といった環境への影響まで分析できるSCGEモデルを開発して、アジア高速鉄道の経済・環境影響の国際比較の評価を行っていたり、土谷ら<sup>4)</sup>はフェイス・トゥ・フェイス・コミュニケーションによる生産性の向上を考慮したSCGEモデルを開発し、現実のデータを用いた実証分析により、着地側での外部性による効果がどの程度影響をもたらすのかを評価している。しかし、それらはいずれも固定費用の問題を考慮していない。その他のSCGEモデルにおいても固定費用を考慮したものはほとんどなく、固定費用が存在する場合の料金決定のスキームが確立されていないという問題があった。そこで本研究では、筆者らがこれまで開発してきたSCGEモデルに固定費用を考慮する。そして、リニア中央新幹線を対象に限界費用料金と平均費用料金によるスキームがリニア中央新幹線整備の経済効果にもたらす影響について明らかにすることを目的とする。

## 2. 固定費用が存在する際の料金設定

1章でも述べたが、規模の経済性が存在する場合には、限界費用料金を採用すると交通事業者は固定費用の回収ができず、損失を被ってしまう。これを、ある区間の鉄道交通需要について示したものが図-1である。

図の横軸は一定期間中の延べ利用回数で計った交通量  $X$  を、縦軸は費用ならびに単位交通量あたりの料金を示している。曲線  $DD'$  は交通需要曲線を表す。一方、供給曲線は労働と車両などの増減が容易な資本については規模に関して収穫一定を想定した生産関数を持ち、それに鉄道施設のような固定費用が足し合わされた生産費用を想定する。このとき、限界費用曲線は  $x$  軸に対して平行な直線となり、図-1では  $MC$  で表されたものになる。そして、曲線  $AC$  は線路等の鉄道施設に係る固定費用を含めた平均費用曲線を表している。曲線  $AC$  が右下がりであるのは、交通量  $X$  が増大すれば、単位  $X$  あたりの固定費用の負担額が低減することによる規模の経済が働くことを意味している。

効率的交通量は、需要曲線と社会的限界費用曲線との交点  $E^*$  で与えられる  $X^*$  に等しい。限界費用料金は図の  $p^*$  である。利用者たちは全体として三角形  $Dp^*E^*$  に等しい消費者余剰を得る。したがって、鉄道交通サービスが供給されるかぎり、社会はこれに相当する総余剰を享受する。ただし、これは線路等の鉄道施設の固定費用分を

考慮に入れない場合である。それは、固定費用分については政府等が補助によって負担するような場合であり、その場合も財源調達には、いわゆる公的資金の限界費用が生じないことを前提とした場合である<sup>5)</sup>。しかし、現在のわが国では鉄道事業者等は基本的に独立採算となっている。そのため、鉄道事業者の立場からすれば、限界費用料金による料金収入だけでは固定費用がまかなえない。最善料金である限界費用料金  $p^*$  は平均費用を  $GE^*$  だけ下回るからである。したがって、鉄道事業は採算がとれず、このままでは交通サービスの供給を続けるのは困難となる。規模の経済が著しく働く場合には、限界費用料金では鉄道運輸企業の採算がとれない。

これに対し、受益者負担の原則に従いつつ、鉄道事業の採算割れを避けるための料金設定に「平均費用料金」がある。これは、交通サービス供給にかかわる費用をすべて回収するという制約条件の下で、資源配分の非効率性を最小限に抑える (一律) 料金である。こうした価格は図-1の  $p_r$  に等しい。だが、平均費用料金は限界費用料金に比べて高いので、交通量が  $X_r$  へと減少する。このため、平均費用価格形成原理では、採算割れという事態は回避できるが、同時に消費者余剰の減少も生じることとなる<sup>6)</sup>。平均費用料金のもう一つの問題は、事業者には費用最小化誘因が働かないことである。費用が上昇したと偽って料金をつり上げることが可能だからである。

そこで、本研究では固定費用を考慮したSCGEモデルを開発し、現時点でリニア事業主体が想定している平均費用価格形成原理に基づく料金設定では、どれだけの消費者余剰の減少が生じるのかを定量的に明らかにすることを目的とする。この消費者余剰の減少に対しては、利用者から直接・間接的に補填をしてもらうという考えもある。間接税賦課によって求めることもあるが、この検討は、現実のリニア中央新幹線においてはなされておらず、本研究でも限界費用料金と平均費用料金の経済的影響の違いを明らかにすることを当面の目標とする。

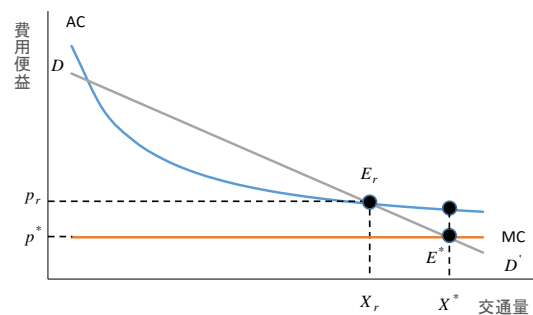


図-1 限界費用料金と平均費用料金

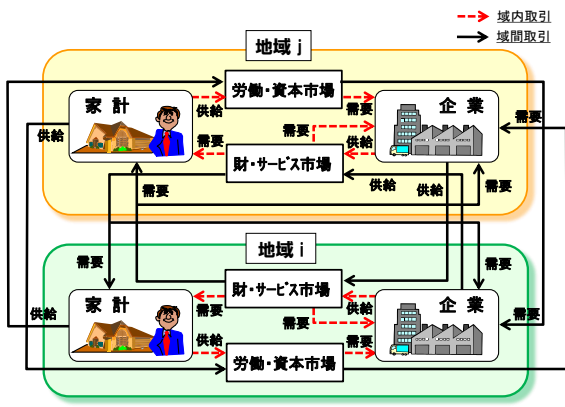


図-2 SCGEモデルの全体構成

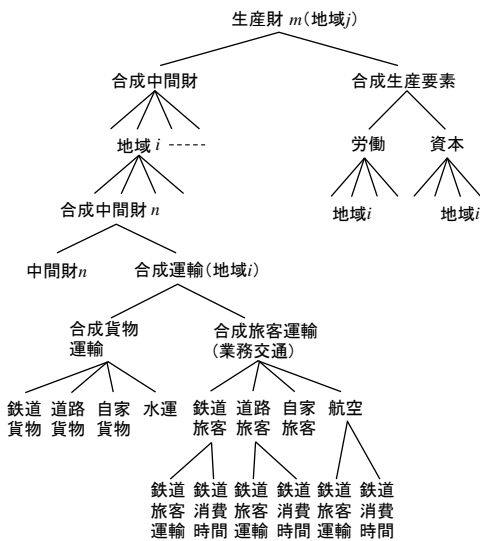


図-3 企業の生産行動のツリー構造

### 3. SCGEモデルの構造

#### (1) モデルの前提条件

本研究のSCGEモデルは、交通サービス生産を明示化したものであるが、大きな枠組みは森杉ら<sup>2)</sup>と同じである。すなわち、**J**地域に分割された社会経済を対象とし、地

域 *j* には代表家計と *m*財を生産する *m*企業、政府、公的投資部門、民間投資部門が存在する (図-2)。これに加えて、運輸企業も存在しているものとし、運輸企業は、貨物と旅客の別、さらにそれぞれ交通機関 (ここでは鉄道、道路、自家、航空、水運を考慮) 別に考慮される。この中の鉄道旅客運輸企業がリニア中央新幹線の運営主体になるものとする。

家計は、生産要素 (労働、資本) を提供することで所得を得て、財、サービスを消費する。企業は、生産要素、中間財を投入して財、サービスを生産し、家計や他企業に供給する。政府は当該地域から徴収する地方税と中央政府から交付される地方交付税を得て、その一部を公的投資部門に回し、残りは政府消費に充てて公共サービス

を供給する。公的投資部門は政府から公共投資費用を受け取り、それを公共投資需要に充てて公共投資を実行する。民間投資部門は、家計貯蓄と域外貯蓄を受け取り、それを民間投資需要に充てて民間投資を行う。

森杉らのSCGEモデルは、運輸部門を明示化し、交通生産を考慮したものになっている。そして、運輸サービス供給がOD別になっている点に特長がある。これに加え、本モデルは鉄道旅客運輸企業が鉄道施設整備のために投じる固定費用の考慮を行う。

次項では、運輸サービス需要者の行動モデルを説明し、その後、運輸サービス供給者の行動モデルを説明する。

#### (2) 運輸サービス需要者の行動モデル

##### a) 企業の生産行動モデル

運輸サービス需要者のうち、まず企業の行動モデルを示す。企業の生産行動ツリーを図-3に示す。企業は、まず合成中間財と合成生産要素の投入量を決定し、合成中間財に対し購入地域の選択を行った後、それぞれの地域別合成中間財投入に対し、*n*財別合成中間財の投入量を決定する。さらに、*n*財別合成中間財の投入に対し、*n*財別中間財と合成運輸サービスの投入量を決定する。これは、中間財の投入には運輸サービスを必要としたことに対応するものであり、運輸サービスは貨物運輸と旅客運輸からなる。貨物運輸は中間財や完成品を輸送するために必要な交通を意味し、旅客運輸は打合せや出張等のための業務トリップを意味する。以上を踏まえ企業は、合成運輸サービスに対しては、合成貨物と合成旅客の各運輸サービス投入量を決定し、合成貨物、合成旅客ともに交通機関選択を行い、交通機関別の運輸サービス投入量を決定するという行動をとる。なお、旅客運輸については、交通消費時間が費やされるものとした。

以上の企業の生産行動モデルは、すべて生産技術制約下での費用最小化行動によって定式化する。本SCGEモデルでは、生産技術を表すのにBarro型CES関数を用いることにした。以上の定式化の基本的な枠組みはすべて同じである。そこで、以下には図-3の最上位の合成中間財、合成生産要素に関する投入量決定の費用最小化問題を示す。残りは紙面の都合により割愛する。

$$p_m^j y_m^j = \min_{z_m^j, cf_m^j} [q_{Zm}^j z_m^j + (1 + \tau_m^j) pf_m^j cf_m^j] \quad (1a)$$

$$\text{s.t. } y_m^j = \gamma_m^j \left[ \alpha_{Zm}^j \left\{ \beta_{Zm}^j z_m^j \right\}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} + (1 - \alpha_{Zm}^j) \left\{ (1 - \beta_{Zm}^j) cf_m^j \right\}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} \right]^{\frac{\sigma_m^j}{\sigma_m^j - 1}} \quad (1b)$$

ただし、 $y_m^j, p_m^j$  : 地域 *j* での財 *m* の生産量と価格、 $z_m^j, q_{Zm}^j$  : 合成中間財投入量とその価格、 $cf_m^j, pf_m^j$  : 合成生産要素投入量とその価格、 $\tau_m^j$  : 純間接税率 (間接

税率-補助率),  $\alpha_{Zm}^j, \beta_{Zm}^j$ : 分配パラメータ,  $\gamma_m^j$ : 効率パラメータ,  $\sigma_m^j$ : 代替弾力性パラメータ.

ラグランジュ未定乗数法により式(1)を解くと, 以下の需要関数が求められる.

$$z_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j (\beta_{Zm}^j)^{1-\sigma_m^j}} \left( \frac{\alpha_{Zm}^j}{q_{Zm}^j} \right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^j \frac{\sigma_m^j}{1-\sigma_m^j} y_m^j \quad (2a)$$

$$cf_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j (1-\beta_{Zm}^j)^{1-\sigma_m^j}} \left( \frac{1-\alpha_{Zm}^j}{(1+\tau_m^j) pf_m^j} \right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^j \frac{\sigma_m^j}{1-\sigma_m^j} y_m^j \quad (2b)$$

ただし,

$$\Psi_m^j = (\alpha_{Zm}^j)^{\sigma_m^j} \left( \frac{q_{Zm}^j}{\beta_{Zm}^j} \right)^{1-\sigma_m^j} + (1-\alpha_{Zm}^j)^{\sigma_m^j} \left( \frac{\{1+\tau_m^j\} pf_m^j}{1-\beta_{Zm}^j} \right)^{1-\sigma_m^j}.$$

式(2)の需要関数を式(1a)に代入することにより, 費用関数は以下のように求められる.

$$C_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j} \Psi_m^j \frac{1}{1-\sigma_m^j} y_m^j \quad (3)$$

式(3)は, 生産量  $y_m^j$  に対して線形関数であることから, 本企業モデルの生産財の均衡価格は利潤ゼロにおいてのみ存在することになる. 企業の利潤は, 収入から費用を差し引くことにより求められることから以下となる.

$$\pi_m^j = p_m^j y_m^j - C_m^j \quad (4)$$

そして, ゼロ利潤条件より  $m$  財価格が以下のように求められる.

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j} \Psi_m^j \frac{1}{1-\sigma_m^j} \quad (5)$$

以上により, 企業行動モデルの最上位の定式化がなされたことになる. これ以降の定式化も図-3のツリーにしたがってなされる. そして, それらは基本的には式(1)~(5)と同じである.

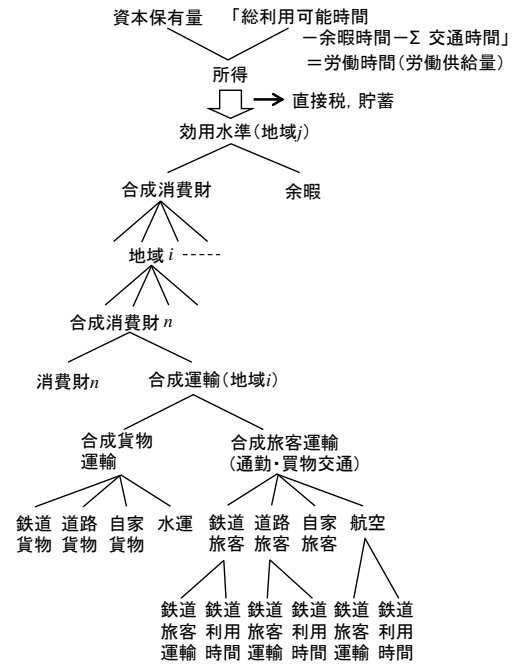


図-4 家計の財消費行動のツリー構造

### b) 家計の消費行動モデル

続いて, 運輸サービス需要者の家計の消費行動モデルを示す. 地域  $j$  に居住する代表家計の消費行動ツリーは図-4のとおりである.

まず, 家計は総利用可能時間に賃金率を乗じて求められる時間所得と, 企業に資本を提供して得られる資本所得からなる総所得を得る. この総所得に対し, 直接税と貯蓄を差し引いた可処分所得を, 家計は各消費に充てる. 家計の可処分所得は以下ようになる.

$$\Omega_H^j = (w^j T_H^j + r^j K_H^j) (1 - \tau_H^j) - S_H^j \quad (6)$$

ただし,  $\Omega_H^j$ : 地域  $j$  の家計の可処分所得,  $T_H^j, w^j$ : 家計の総利用可能時間と賃金率,  $K_H^j, r^j$ : 家計の資本保有量と利率,  $\tau_H^j$ : 直接税率,  $S_H^j$ : 家計貯蓄 (基準年値で固定とする).

この可処分所得を用いて, 家計はまず合成財と余暇の消費量を決定する. 次に, 合成財消費に対し購入地域の選択を行った後, それぞれの地域別合成財消費に対し,  $n$  財別の合成財消費量を決定する. 企業と同様, 財の購入には運輸サービスの投入が必要であることから,  $n$  財別合成財消費に対しては,  $n$  財別消費量と合成運輸サービス消費量を決定する. そして, 合成運輸サービスに対し, 合成貨物と合成旅客の各運輸サービス消費量を決定し, それぞれに対し交通機関選択がなされるとする.

以上の家計の財消費行動モデルは, 効用水準一定制約下での支出最小化問題により定式化する. 図-3の最上位の合成財と余暇の消費量決定モデルに係わる支出最小化問題は以下ようになる.



$$e_H^j = \min_{z_H^j, l_H^j} \left[ q_{ZH}^j z_H^j + w^j l_H^j \right] \quad (7a)$$

$$\text{s.t. } U_H^j = \gamma_H^j \left[ \alpha_{ZH}^j \left\{ \beta_{ZH}^j z_H^j \right\}^{\frac{\sigma_H^j - 1}{\sigma_H^j}} + (1 - \alpha_{ZH}^j) \left\{ (1 - \beta_{ZH}^j) l_H^j \right\}^{\frac{\sigma_H^j - 1}{\sigma_H^j}} \right]^{\frac{\sigma_H^j}{\sigma_H^j - 1}} \quad (7b)$$

ただし、 $e_H^j$ ：地域  $j$  の家計の支出水準、 $z_H^j, q_{ZH}^j$ ：合成財消費量とその価格、 $l_H^j, w^j$ ：余暇消費量と賃金率（余暇価格を意味する）、 $U_H^j$ ：直接効用関数、 $\alpha_{ZH}^j, \beta_{ZH}^j$ ：分配パラメータ、 $\gamma_H^j$ ：効率パラメータ、 $\sigma_H^j$ ：代替弾力性パラメータ。

ラグランジュ未定乗数法により式(7)を解くと、以下の需要関数が得られる。

$$z_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j (\beta_{ZH}^j)^{1 - \sigma_H^j}} \left( \frac{\alpha_{ZH}^j}{q_{ZH}^j} \right)^{\sigma_H^j} \Psi_H^j \frac{\sigma_H^j}{1 - \sigma_H^j} \cdot U_H^j \quad (8a)$$

$$l_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j (1 - \beta_{ZH}^j)^{1 - \sigma_H^j}} \left( \frac{1 - \alpha_{ZH}^j}{w^j} \right)^{\sigma_H^j} \Psi_H^j \frac{\sigma_H^j}{1 - \sigma_H^j} \cdot U_H^j \quad (8b)$$

ただし、

$$\Psi_H^j = (\alpha_{ZH}^j)^{\sigma_H^j} \left( \frac{q_{ZH}^j}{\beta_{ZH}^j} \right)^{1 - \sigma_H^j} + (1 - \alpha_{ZH}^j)^{\sigma_H^j} \left( \frac{w^j}{1 - \beta_{ZH}^j} \right)^{1 - \sigma_H^j}.$$

式(8)を式(7a)に代入すると、支出水準が求められる。

$$e_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j} \Psi_H^j \frac{1}{1 - \sigma_H^j} \cdot U_H^j \quad (9)$$

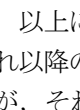
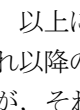
支出水準とはそもそも価格が与えられた下である効用（ここでは  $U_H^j$ ）を実現するために必要な所得を意味する。今、家計所得は式(6)の可処分所得により与えられるため、価格が与えられるとすれば、式(9)の支出水準の式より効用水準  $V_H^j$  は以下ようになる。

$$V_H^j = \frac{\Omega_H^j}{p_V^j} \quad (10)$$

ただし、 $V_H^j$ ：間接効用関数（効用水準）、また簡単化のため  $p_V^j \equiv \frac{1}{\gamma_H^j} \Psi_H^j \frac{1}{1 - \sigma_H^j}$  とおく。

式(10)の効用水準  $V_H^j$  を式(8)の  $U_H^j$  に代入すると、合成財消費量と余暇消費量が求められ、さらに式(9)から支出水準も得られる。すなわち、支出水準は以下ようになる。

$$e_H^j = p_V^j V_H^j \quad (11)$$

以上にて、の最上位の各消費量が求められた。これ以降の定式化も、のツリーにしたがって行われるが、それらは式(7)、(8)と同様であるため、ここでは割

愛したい。

### (3) 鉄道運輸サービス供給者の行動モデル

鉄道運輸サービス供給者である鉄道旅客運輸企業の生産行動モデルを示す。それは、(2)に示した運輸サービス需要者の企業の行動モデルと基本的には同じである。

しかし、前述のリニア中央新幹線のみならず、鉄道整備には固定費用と呼ばれる多額の建設費用が必要となり、これらは需要の増減に対して簡単に調整することができないため、固定費用をどのように回収するのかが料金設定に関する大きな問題となっていた。そこで固定費用を考慮したCGEモデルを開発した細江ら<sup>7)</sup>を参考に、まず鉄道旅客運輸企業において固定費用を考慮した費用最小化問題を考えてみる。それが以下である。

$$C_T^{j,k} = \min_{z_T^{j,k}, cf_T^{j,k}} \left[ q_{ZT}^{j,k} z_T^{j,k} + (1 + \tau_{Fm}^j) p f_T^{j,k} c f_T^{j,k} + p_{Con}^{j,k} \bar{x}_{Con,T}^{j,k} \right] \quad (12a)$$

$$\text{s.t. } y_T^{j,k} =$$

$$\gamma_T^{j,k} \left[ \bar{x}_{Con,T}^{j,k} \right] \left[ \alpha_{ZT}^{j,k} \left\{ \beta_{ZT}^{j,k} z_T^{j,k} \right\}^{\frac{\sigma_T^{j,k} - 1}{\sigma_T^{j,k}}} + (1 - \alpha_{ZT}^{j,k}) \left\{ (1 - \beta_{ZT}^{j,k}) c f_T^{j,k} \right\}^{\frac{\sigma_T^{j,k} - 1}{\sigma_T^{j,k}}} \right]^{\frac{\sigma_T^{j,k}}{\sigma_T^{j,k} - 1}} \quad (12b)$$

ただし、添字  $j, k$ ：地域  $j$  から地域  $k$  への輸送サービス、添字  $T$ ：鉄道旅客運輸、 $p_{Con}^j$ ：建設部門（Con）の価格、 $\bar{x}_{Con,T}^{j,k}$ ：建設投資需要、 $[\bar{x}_{Con,T}^{j,k}]$ ： $\gamma_T^{j,k}$  が [ ] 内の  $\bar{x}_{Con,T}^{j,k}$  によって決定されることを意味する。

式(12a)の建設投資需要  $\bar{x}_{Con,T}^{j,k}$  は線路建設のための建設投資需要を意味する。そして、この投資需要は旅客運輸サービス需要の変化と無関係に固定的に必要なものと想定した。その結果、式(12a)の右辺第3項が固定費用を表すことになる。

式(12)を解いて得られる需要関数は以下となる。

$$z_T^{j,k} = \frac{1}{\gamma_T^{j,k} (\beta_{ZT}^{j,k})^{1 - \sigma_T^{j,k}}} \left( \frac{\alpha_{ZT}^{j,k}}{q_{ZT}^{j,k}} \right)^{\sigma_T^{j,k}} \Psi_T^{j,k} \frac{\sigma_T^{j,k}}{1 - \sigma_T^{j,k}} y_T^{j,k} \quad (13a)$$

$$c f_T^{j,k} = \frac{1}{\gamma_T^{j,k} (1 - \beta_{ZT}^{j,k})^{1 - \sigma_T^{j,k}} \left( \frac{1 - \alpha_{ZT}^{j,k}}{(1 + \tau_{Fm}^j) p f_T^{j,k}} \right)^{\sigma_T^{j,k}}} \Psi_T^{j,k} \frac{\sigma_T^{j,k}}{1 - \sigma_T^{j,k}} y_T^{j,k} \quad (13b)$$

ただし、

$$\Psi_T^{j,k} = (\alpha_{ZT}^{j,k})^{\sigma_T^{j,k}} \left( \frac{q_{ZT}^{j,k}}{\beta_{ZT}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_T^{j,k}} + (1 - \alpha_{ZT}^{j,k})^{\sigma_T^{j,k}} \left( \frac{(1 + \tau_{Fm}^j) p f_T^{j,k}}{1 - \beta_{ZT}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_T^{j,k}}.$$

これを式(12a)に代入すると生産費用関数が以下のとおり求められる。

$$C_T^{j,k} = \frac{1}{\gamma_T^{j,k}} \Psi_T^{j,k} \frac{1}{1-\sigma_T^{j,k}} \cdot y_T^{j,k} + p_{Con}^j \bar{x}_{Con,T}^{j,k} \quad (14)$$

$$\Psi_T^{j,k} = \left( \alpha_{ZT}^{j,k} \right)^{\sigma_T^{j,k}} \left( \frac{q_{ZT}^{j,k}}{\beta_{ZT}^{j,k}} \right)^{1-\sigma_T^{j,k}} + \left( 1 - \alpha_{ZT}^{j,k} \right)^{\sigma_T^{j,k}} \left( \frac{(1+\tau_T^j) p_{JT}^{j,k}}{1-\beta_{ZT}^{j,k}} \right)^{1-\sigma_T^{j,k}}$$

ただし、

まず、限界生産費用により鉄道旅客運輸価格を決定することを考える。これは、以下ようになる。

$$p_T^{j,k} \left( = \frac{C_T^{j,k}}{y_T^{j,k}} \right) = \frac{1}{\gamma_T^{j,k}} \Psi_T^{j,k} \frac{1}{1-\sigma_T^{j,k}} \quad (15)$$

これを以下の利潤関数に代入する。

$$\begin{aligned} \pi_T^{j,k} &= p_T^{j,k} y_T^{j,k} - C_T^{j,k} \\ &= -p_{Con}^j \bar{x}_{Con,T}^{j,k} \end{aligned} \quad (16)$$

以上より、限界費用料金にて鉄道旅客運輸価格を決定する場合、鉄道旅客運輸企業の利潤は負となることがわかる。

そこで、平均生産費用により鉄道旅客運輸価格を決定することを考える。これは、生産費用関数  $y_T^{j,k}$  で除すことにより求められ、以下ようになる。

$$p_T^{j,k} = \frac{1}{\gamma_T^{j,k}} \Psi_T^{j,k} \frac{1}{1-\sigma_T^{j,k}} + \frac{p_{Con}^j \bar{x}_{Con,T}^{j,k}}{y_T^{j,k}} \quad (17)$$

これを利潤関数に代入すると、利潤はゼロになることがわかる。

以上より、鉄道旅客運輸企業に対し、線路建設における固定費用の考慮を行い、さらに限界生産費用原理と平均生産費用原理に基づく料金（モデル上は鉄道旅客運輸価格）の決定について明らかにした。なお、固定費用  $p_{Con}^j \bar{x}_{Con,T}^{j,k}$  の支払先は、建設部門（Con）となる。

#### (4) その他の主体の行動モデル（政府の消費部門、公的投資部門、民間投資部門）

次に、政府の消費部門、公的投資部門、民間投資部門の行動モデルを示す。

政府は、家計の直接税支払いと企業の純間接税支払いからなる税収を得て、その一部を公的投資に回し、残りを政府消費に充てるとする。政府の消費部門が決定する  $n$  財別消費量は、政府消費に充てられる税収に対し一定比率で支出されるものとする以下ようになる。

$$z_{nGC}^j = \frac{\alpha_{nGC}^j}{q_{nGC}^j} (1 - \delta_{Gl}^j) \Phi_G^j \quad (18)$$

ただし、 $x_{nGC}^j, q_{nGC}^j$ ：地域  $j$  の政府の  $n$  財別合成財消費量とその価格、 $\Phi_G^j, \delta_{Gl}^j$ ：政府税収と政府税収に対する公

共投資の占める割合、 $\alpha_{nGC}^j$ ：分配パラメータ。

政府税収は以下のとおりである。

$$\Phi_G^j = \tau_H^j (w^j T_H^j + r^j K_H^j) + \sum_m \tau_m^j p_{JT}^j c_{JT}^j + \Phi_{TF}^j \quad (19)$$

ただし、 $\Phi_{TF}^j$ ：中央政府から地方への地方交付税。

政府の公的投資部門は、公的投資に回された財源を、公的投資需要に充てることにより公共事業を実行する。公的投資部門の  $n$  財別合成財消費も、公的投資財源に対して一定比率で支出されるものとする、以下のように表される。

$$z_{nGl}^j = \frac{\alpha_{nGl}^j}{q_{nGl}^j} \delta_{Gl}^j \Phi_G^j \quad (20)$$

ただし、 $z_{nGl}^j, q_{nGl}^j$ ：地域  $j$  の公的投資部門の  $n$  財別合成財消費量とその価格、 $\alpha_{nGl}^j$ ：分配パラメータ。

民間投資部門は、家計貯蓄と域外貯蓄を財源として、それらを民間投資需要に充てることにより民間投資を実行する。民間投資部門の  $n$  財別合成財消費も、投資額に対して一定比率で支出されるものとする、以下のように表される。

$$z_{nI}^j = \frac{\alpha_{nI}^j}{q_{nI}^j} [S_H^j + S_F^j] \quad (21)$$

ただし、 $z_{nI}^j, q_{nI}^j$ ：地域  $j$  の民間投資部門の  $n$  財別合成財消費量とその価格、 $\alpha_{nI}^j$ ：分配パラメータ、 $S_H^j, S_F^j$ ：それぞれ家計貯蓄、域外貯蓄。

このうち、家計貯蓄は式(4)の  $S_H^j$  を用いる。また、域外貯蓄は「移輸入額－移輸出額」により求められる。なぜなら「収入額－支出額」が貯蓄額であることを踏まえると、域外部門の地域  $j$  に対する収入は地域  $j$  の移輸入であり、域外部門の地域  $j$  に対する支出は地域  $j$  の移輸出と地方交付税であるから、域外貯蓄は以下ようになる。

$$S_F^j = (M_R^j + M^j) - (E_R^j + E^j + \Phi_{TF}^j) \quad (22)$$

ただし、 $S_F^j$ ：地域  $j$  の域外貯蓄額、 $M_R^j$ ：移入額、 $E_R^j$ ：移出額、 $M^j$ ：輸入額、 $E^j$ ：輸出額。

式(22)の移入額  $M_R^j$ 、移出額  $E_R^j$  は以下のとおり求められる。

$$M_R^j = \sum_m \left[ \sum_i \sum_n p_n^i x_{nm}^{ij} + (1 + \tau_m^j) \left\{ \sum_i (w^i l_m^{ij} + r^i k_m^{ij}) \right\} \right] \quad (i \neq j) \quad (23a)$$

$$E_R^j = \sum_n \sum_i \left[ p_n^j \left\{ \sum_n x_{nm}^{ji} + x_{nH}^{ji} + x_{nGC}^{ji} + x_{nGl}^{ji} + x_{nI}^{ji} \right\} \right] \quad (i \neq j) \quad (23b)$$

移入額  $M_R^j$  の第一項は、 $j$  地域における他地域  $i$  からの中間投入額、第二項は  $j$  地域における他地域  $i$  から投入する

付加価値額である。一方、移出額  $E_R^i$  は他地域  $i$  の主体が地域から購入した財・サービスの消費額である。

輸出入額 ( $E^j, M^j$ ) は次項の海外部門のモデル化より導出されるため、そこで説明を行う。

### (5) 市場均衡条件

本SCGEモデルの市場均衡条件式は以下ようになる。

$$n \text{ 財市場} : Q_n^i = \sum_j \left[ \sum_m x_{nm}^{ij} + \sum_k \sum_{Fm} x_{nFm}^{ij,k} + x_{nH}^{ij} + x_{nGC}^{ij} + x_{nGI}^{ij} + x_{nI}^{ij} \right] \quad (36a)$$

$$\text{運輸}Tn \text{ 市場} : Q_n^i = \sum_j \left[ \sum_m x_{nm}^{ij} + \sum_k \sum_{Fm} x_{nFm}^{ij,k} + x_{nH}^{ij} + x_{nGC}^{ij} + x_{nGI}^{ij} + x_{nI}^{ij} \right] \quad (36b)$$

$$\text{労働市場} : T_H^j - \left( l_H^j + \sum_{Pm} \sum_k l_{Pm}^{kj} x_{PmH}^{kj} \right) = \sum_m \sum_j l_m^{ij} + \sum_{Fm} \sum_i l_{Fm}^{ij} + \sum_{Pm} \sum_i l_{Pm}^{ij} \quad (36c)$$

$$\text{資本市場} : K_H^j = \sum_m \sum_j k_m^{ij} + \sum_{Fm} \sum_j k_{Fm}^{ij} + \sum_{Pm} \sum_j k_{Pm}^{ij} \quad (36d)$$

### (6) 等価的偏差による便益定義

交通整備における便益の定義を行う。便益を等価的偏差 (EV : Equivalent Variation) の概念に基づき定義すると、それは以下のように求められる。

$$EV^j = p_U^{jA} \left( U_H^{jB} - U_H^{jA} \right) \quad (37)$$

ただし、添字A,B : それぞれ整備なし、ありを表す。

これに、式(10)の効用水準を代入するとEVが家計の実質所得の差となっていることがわかる。

$$EV^j = \frac{p_U^{jA}}{p_U^{jB}} \Omega_H^{jB} - \Omega_H^{jA} \quad (38)$$

ここで、「実質」とは物価上昇率で除したものと意味である。式(38)では、整備なしの所得においては物価上昇率が1であるためそのままの所得を用いており、整備ありの所得は物価上昇率  $\left( \frac{p_U^{jB}}{p_U^{jA}} \right)$  で除したものとなっている。

## 4. おわりに

リニア中央新幹線の経済的影響や効果を明らかにするために、空間的応用一般均衡 (SCGE : Spatial Computable General Equilibrium) モデルを用いた研究が進められてきた。しかし、リニア中央新幹線の整備には固定費用と呼ばれる多額の建設費用が必要となる。この固定費用は需要の増減によって簡単に調整することができないため、その取扱いには注意が必要とされる。これに対し、森杉らは、こうした固定費用も需要に応じた調整ができる可変費用として扱っており、固定費用が存在する場合の料金決定のスキームが確立されていないという問題があった。そこで本研究では、筆者らがこれまで開発してきたSCGEモデルに固定費用を考慮した。そして、今後はリニア中央新幹線を対象に限界費用料金と平均費用料金によるスキームがリニア中央新幹線整備の経済効果にもたらす影響の違いについて明らかにしたいと考えている。

### 参考文献

- 1) リニア中央新幹線の概要について、長野県建設部リニア整備推進局、長野県、2017  
<http://www.pref.nagano.lg.jp/linear-shin/kurashi/kotsu/linear/gaiyou.html>).
- 2) 森杉壽芳：交通ネットワーク分析を統合した SCGE モデルによるリニア中央新幹線整備の便益評価-便益と実質 GDP 変化との関係の整理を中心に-, 日交研シリーズ A-672, 日本交通政策研究会, 2017.
- 3) 宮下光宏, 小池淳司, 上田孝行：アジア高速鉄道整備の経済・環境影響の国際比較-旅客を考慮した SCGE モデルによる計量分析-, 土木計画学研究・論文集, No.4, pp316-332, 2012.
- 4) 土谷和之, 小池淳司, 上田孝行：地域間のフェイス・トゥフェイス・コミュニケーションによる生産性の向上を考慮した SCGE モデルの検討, 土木計画学研究・論文集 Vol.22, No.1, pp.111-120, 2005.
- 5) 森地茂, 金本良嗣：道路投資の便益評価, 東洋経済新報社, 2008.
- 6) 奥野正寛, 篠原総一, 金本良嗣：交通政策の経済学, 日本経済新聞社, pp18-47, 1989.
- 7) 細江宣裕, 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, pp175-209, 2004.

(2017.7.31 受付)