

交通サテライト勘定を前提とした SCGE モデル による中部横断自動車道のストック効果計測

平林 和樹¹・武藤 慎一²・東山 洋平³・福田 敦⁴

¹ 学生員 山梨大学 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

² 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.

³ 学生員 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)

⁴ 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)

現在、新清水 JCT を起点として、佐久小諸 JCT に至る総延長約 132km の中部横断自動車道の整備が進められている。このような高速道路の整備評価において、空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルの適用が有効とされている。SCGE モデルは地域間社会会計行列 (SAM) 表をデータベースとしてパラメータ推定がなされるが、現在利用可能な地域間 SAM は運輸部門が詳細化されていなかった。そこで本研究では、交通サテライト勘定を整備し、それを用いて運輸部門を詳細化した地域間 SAM を作成し、SCGE モデルによる中部横断自動車道整備の便益評価を実施した。

Key Words: *transport satellite accounts, SCGE model, inter-regional SAM, benefit evaluation*

1. はじめに

現在、静岡県を起点として、山梨県を通り長野県に至る中部横断自動車道の整備が進められている。詳細には、新東名高速道路との接続部である新清水 JCT (静岡県静岡市清水区) を起点として、双葉 JCT (山梨県甲斐市) で中央自動車道と接続し重複区間を経て、長坂 JCT (山梨県北杜市) で分岐し、最終的には上信越自動車道との接続部となる佐久小諸 JCT (長野県小諸市) に至る総延長約 132km の自動車道である¹⁾。

新清水 JCT - 双葉 JCT 間は、先行開通している増穂 IC (山梨県南巨摩郡富士川町) - 双葉 JCT 間と合わせて 2019 年度までに開通する予定であり、中部横断自動車道の南部区間が全線開通することになる。この整備により、沿道の人々が安心して暮らせるネットワークの構築はもちろんのこと、その開通に伴う経済効果の発現に大きな期待が寄せられている。

交通整備の経済的影響や効果を明らかにするために、これまで空間的応用一般均衡 (SCGE: Spatial Computable General Equilibrium) モデルを用いた研究が精力的に進められてきた (Bröcker²⁾, 宮城, 本部³⁾, 小池ら^{4,5)}など)。

SCGE モデルの適用により、交通整備が地域経済にもたらす影響や効果が明らかになり、最終的にはそれら便益によって統一的に評価できる。特に、地域別および経済主体 (家計, 企業, 行政(国, 地方公共団体)) 別の帰着便益が計測できる点に特長がある^{6,7)}。しかし、従来の SCGE モデルは交通サービス生産が組み込まれていないか、組み込まれていても交通整備が交通生産技術に及ぼす影響までは考慮されていなかった。そのため、交通整備が交通生産費用を変化させて交通サービス価格が変化し、さらにそれが市場を通じてもたらす経済波及的影響は評価できていなかった。これに対し、森杉⁸⁾あるいは武藤, 桐越⁹⁾は、交通生産を明示的に考慮した SCGE モデルを開発した。これらの SCGE モデルでは、交通整備と交通生産技術変化との関係を適切にモデル化することに注力し、その結果交通整備が運輸企業の生産技術改善を通じてもたらす交通整備効果の計測が可能となった。また、整備効果を精緻に計測するために、OD 別の交通生産まで考慮している点、自家輸送についても明確に分離して考慮した点に特長がある。中部横断自動車道の整備効果の計測においても、本 SCGE モデルは非常に有効になると考えられる。特に、SCGE モデルで計測される

整備効果は、ストック効果と呼ばれているもののうち市場を介して波及する効果については、二重計測等の問題を生じさせない正確な計測が可能となっている。

SCGEモデルは、地域間産業連関 (IO : Input-Output) 表をデータベースとし、それを社会会計行列 (SAM : Social Accounting Matrix) に変換したものをを用いてパラメータ推定を行い、整備有無に対する均衡計算を実施して便益の計測がなされる。しかし、従来の地域間IO表、例えば経済産業省が作成し、公表している9地域間IO表では、運輸部門はまとめて一つの部門となっており詳細化されていない⁹⁾。そこで本研究は、筆者らがこれまで開発してきた交通生産を考慮したSCGEモデルに対して、データベースとなる運輸部門を詳細化した地域間SAMの作成を、交通サテライト勘定を利用して実施することが目的である。交通サテライト勘定は、まず1)貨物、旅客の別と交通機関を分離した詳細運輸部門投入産出表を作成し、2)その中では、自家輸送部門の考慮も行う。特に、自家輸送部門の付加価値の推計を試みることに意義がある。3)さらに、各運輸部門が提供する運輸サービスのOD別交通の考慮を行う。4)作成した交通サテライト勘定を基に、運輸部門を詳細化した地域間SAMの作成を行う。本研究では、以上の地域間SAMを用いて、中部横断自動車道の整備効果を計測した結果まで示す。

2. 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、大きな枠組みは標準的な(SCGE)モデル (例えば、細江¹⁰⁾ら、上田¹¹⁾など) 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。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。

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提供する。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。なお、

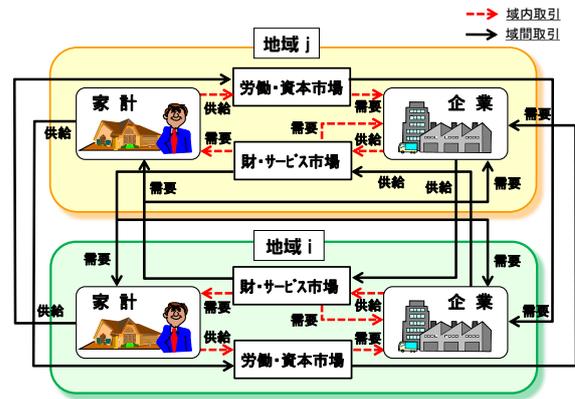


図-1 SCGEモデルの全体構成

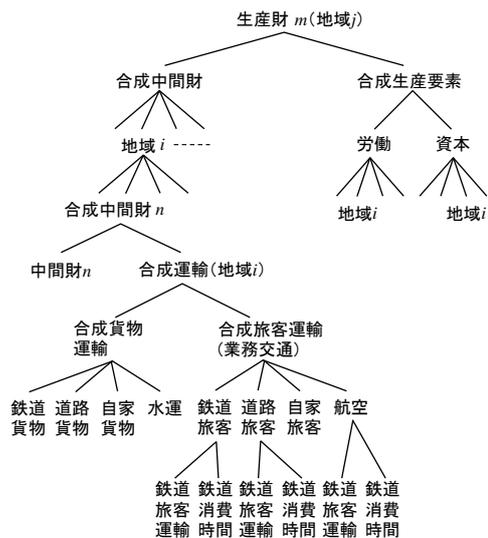


図-2 企業の生産行動のツリー構造

SCGEモデルでは図-1のように、財、サービスは他地域からも購入できるとし、さらに企業は生産要素も他地域から投入できるとしている点に特長がある。

本SCGEモデルは、以上の基本的枠組みに加えて、運輸部門を現実に即した形でモデル化する。SCGEモデルでは、購入する財の地域選択が考慮されるが、その購入には運輸サービスの投入が必要であるとし、その結果、運輸サービスは地域間投入量、すなわちOD別に決定されることになる。そして、この運輸サービスは、貨物と旅客に分けられ、それぞれ交通機関選択まで考慮される。一方、運輸サービスの供給は各地域に存在する運輸企業によってなされるとするが、運輸サービス投入がOD別に求められることから、運輸サービス供給もOD別になされるものとする。これが本SCGEモデルの最大の特長である。

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。

(3) 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。それらは、基本的には標準的な(S)CGEモデル^{10,11}と同様である。

企業の生産行動ツリーを図-2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する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。

図-2のとおり、本SCGEモデルでは交通機関に自家輸送を含めている。自家輸送とは、自身で保有する交通手段を用いて、財あるいは人の輸送を行うものである。全国の産業連関表には自家輸送部門が存在し、生産額などが示されているが、地域間産業連関表にはそうした部門はなく、そのためこれまでのSCGE分析では自家輸送を分離して扱っている例がほとんどない。しかし、自家輸送が現在の交通において占める役割は大きく、本研究ではそれらを明示的に考慮することとした。なお、ここで対象とする自家輸送は、社用車や家計のマイカーなど自動車とする。そして、全国産業連関表で想定されているように、仮説部門として貨物、旅客それぞれに対し自家（自動車）輸送部門を設け、当該部門が自家輸送サービスを生産し、それを企業および家計が消費するものとした。なお、自家輸送サービスの生産については次節以降にて改めて説明する。

最後に、旅客運輸については、鉄道、道路（バス、タクシー、ハイヤーなど）、航空の別を考慮し、それぞれ交通消費時間が費やされるものとした。これらの旅客輸送では、利用者自らが運転するということがないため、移動においては運輸サービスだけでなく、時間資源も投入すると想定したものである。なお、自家輸送は運転者のみの乗車をここでは想定し、さらに運転者の交通時間は自家輸送サービスを生産する際の労働投入により考慮するものとし、利用側の消費時間としては考慮しないものとした。

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 and Sara-i-Martin¹²で示されたCES関数（Barro型CES関数）を用いることにした。Barro型CES関数は、代替弾力性をゼロとした際、正確にLeontief型関数が導出される点に特長がある。詳細は、武藤、桐越²を参照されたい。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-2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。

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

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

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、 τ_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、 γ_m^j ：効率パラメータ、 σ_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、

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

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、本企业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。

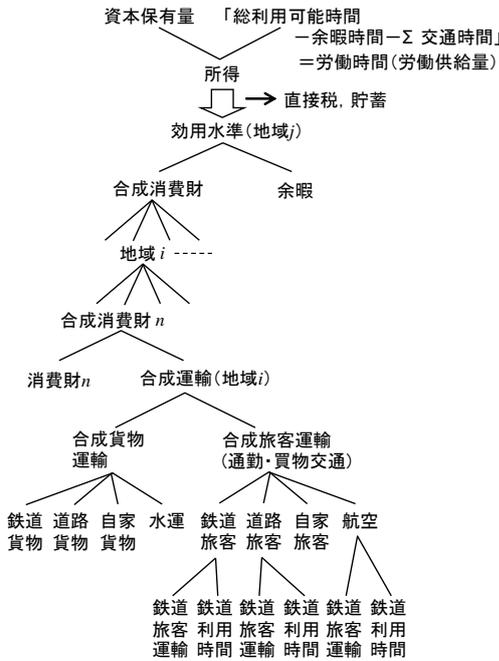


図-3 家計の財消費行動のツリー構造

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

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-2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。

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-3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、 Ω_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子率、 τ_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。

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

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

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、 γ_H^j : 効率パラメータ、 σ_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、支出水準は以下のようになる。

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

以上にて、図-3の最上位の各消費量が求められた。これ以降の定式化も、図-3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。

(4) 運輸サービス供給者（運輸企業）の生産行動モデル

運輸サービス供給者である運輸企業の生産行動モデルを示す。それは、(3)a)に示した企業の生産行動モデルと基本的には同じであるが、OD別の運輸サービスを生産するとしている点、交通政策が運輸企業の実行行動に与える影響が評価できるようにしている点が異なる。

a) OD別運輸サービス生産

OD別の運輸サービスを生産する点に関しては、企業モデルの式(1)が以下のように変更される。なお、以下では貨物運輸 F_m を例に示すが、添字を旅客運輸 P_m に変更すれば旅客運輸企業の行動モデルとなる。

$$p_{F_m}^{j,k} y_{F_m}^{j,k} = \min_{z_{F_m}^{j,k}, cf_{F_m}^{j,k}} \left[q_{ZF_m}^{j,k} z_{F_m}^{j,k} + (1 + \tau_{F_m}^j) pf_{F_m}^{j,k} cf_{F_m}^{j,k} \right] \quad (12a)$$

$$\text{s.t. } y_{F_m}^{j,k} = \gamma_{F_m}^{j,k} \left[\alpha_{ZF_m}^{j,k} \left\{ \beta_{ZF_m}^j z_{F_m}^j \right\}^{\frac{\sigma_{F_m}^j - 1}{\sigma_{F_m}^j}} + (1 - \alpha_{ZF_m}^j) \left\{ (1 - \beta_{ZF_m}^j) cf_{F_m}^j \right\}^{\frac{\sigma_{F_m}^j - 1}{\sigma_{F_m}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{F_m}^j}{\sigma_{F_m}^j - 1}} \quad (12b)$$

ただし、添字 j, k ：地域 j から地域 k への貨物輸送サービスを表す、添字 F_m ：交通機関 m の貨物運輸を表す。

式(12)を解いて得られる需要関数は、式(2)の添字を変えたものとなる。運輸サービス価格も同様であるが、価格は特に重要であるので以下に示しておく。

$$p_{F_m}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{F_m}^{j,k}} \Psi_{F_m}^{j,k} \frac{1}{1 - \sigma_{F_m}^{j,k}} \quad (13)$$

$$\text{ただし、 } \Psi_{F_m}^{j,k} = \left(\alpha_{ZF_m}^{j,k} \right)^{\sigma_{F_m}^{j,k}} \left(\frac{q_{ZF_m}^{j,k}}{\beta_{ZF_m}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_{F_m}^{j,k}} + (1 - \alpha_{ZF_m}^{j,k}) \sigma_{F_m}^{j,k} \left(\frac{pf_{F_m}^{j,k}}{1 - \beta_{ZF_m}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_{F_m}^{j,k}}$$

以上より、本SCGEモデルでは、運輸価格はOD別に導出されることになる。

b) 運輸企業の生産要素投入行動モデル

次に、交通政策のうち交通整備政策が運輸企業の実行行動に与える影響を評価できるように、運輸企業の実行要素投入行動モデルを修正する。

運輸企業は、労働および自動車などの輸送機械からなる資本を投入し、交通路を移動して物や人を輸送する交通サービスを生産している。このとき、交通整備等により交通所要時間が短縮されると、その労働および資本の投入効率が向上することになる。なぜなら、時間短縮が生じれば、同じ距離を移動するのに、より早く目的地に到達できるため、同じ運輸サービスを生産するために投入される労働時間および拘束時間で捉えた資本投入量を節約できるからである。

以上の運輸企業の実行行動が反映できるように、運輸企業の実行要素投入行動モデルにおいて、生産技術制約となる合成生産要素関数が、労働と資本に加えて地域間交通所要時間の関数になっているとし、さらにそれらにはゼロ次同次性が成立しているとする。それは、交通整備政策が実施され地域間交通所要時間が半分になった場合、そのゾーン間を移動して輸送サービスを生産する運輸企業の投入する労働および資本の投入量も半分で済むということを考慮したものである。既に述べたとおり、交通所要時間が半分になれば、同じ運輸サービスを生産するための時間も半分で済むため、労働と資本の投入量も半分になる。これが、交通路を移動することで交通サービスを生産している運輸企業の特長を示しているといえる。そして、合成生産要素関数に対するゼロ次同次性の仮定は、以下のように表される。

$$cf_{F_m}^{j,k} (t_{F_m}^{j,k}, l_{F_m}^{j,k}, k_{F_m}^{j,k}) = cf_{F_m}^{j,k} (\lambda t_{F_m}^{j,k}, \lambda l_{F_m}^{j,k}, \lambda k_{F_m}^{j,k}) \quad (14)$$

ただし、 $t_{F_m}^{j,k}$ ：貨物運輸 F の交通機関 m の地域 $j-k$ 間の交通所要時間、 $l_{F_m}^{j,k}, k_{F_m}^{j,k}$ ：労働投入量、資本投入量。

式(14)の λ を以下のようにおく。

$$\lambda = \frac{t_{F_m}^{j,k A}}{t_{F_m}^{j,k}} \quad (15)$$

ただし、添字 A ：交通整備なしを表す。

式(15)を式(14)に代入すると、合成生産要素関数は以下のようになる。

$$cf_{F_m}^{j,k} = cf_{F_m}^{j,k} (eff_{F_m}^{j,k} \cdot l_{F_m}^{j,k}, eff_{F_m}^{j,k} \cdot k_{F_m}^{j,k}) \quad (16)$$

ただし、 $eff_{F_m}^{j,k} : \left[\equiv \frac{t_{F_m}^{j,k A}}{t_{F_m}^{j,k}} \right]$ であり、運輸企業の実行要素投入の効率性を表す指標である。

式(16)にしたがえば、運輸企業の労働、資本の投入量決定モデルは以下のようになる。

$$pf_{Fm}^{j,k} cf_{Fm}^{j,k} = \min_{l_{Fm}^{j,k}, k_{Fm}^{j,k}} \left[w_{Fm}^{j,k} l_{Fm}^{j,k} + r_{Fm}^{j,k} k_{Fm}^{j,k} \right] \quad (17a)$$

s.t. $cf_{Fm}^{j,k} =$

$$\gamma_{CFM}^{j,k} \left[\alpha_{LFm}^{j,k} \left\{ \beta_{LFm}^j \text{eff}_{Fm}^{j,k} \cdot l_{Fm}^{j,k} \right\}^{\frac{\sigma_{CFM}^{j,k}-1}{\sigma_{CFM}^{j,k}}} + (1-\alpha_{LFm}^{j,k}) \left\{ (1-\beta_{LFm}^j) \text{eff}_{Fm}^{j,k} \cdot k_{Fm}^{j,k} \right\}^{\frac{\sigma_{CFM}^{j,k}-1}{\sigma_{CFM}^{j,k}}} \right]^{\frac{\sigma_{CFM}^{j,k}}{\sigma_{CFM}^{j,k}-1}} \quad (17b)$$

式(17)を解くと、以下の需要関数が得られる。

$$l_{Fm}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{CFM}^{j,k} \left(\beta_{LFm}^j \text{eff}_{Fm}^{j,k} \right)^{1-\sigma_{CFM}^{j,k}}} \quad (18a)$$

$$\left(\frac{\alpha_{LFm}^{j,k}}{w_{Fm}^{j,k}} \right)^{\sigma_{CFM}^{j,k}} \Psi_{CFM}^{j,k} \frac{\sigma_{CFM}^{j,k}}{1-\sigma_{CFM}^{j,k}} \cdot cf_{Fm}^{j,k}$$

$$k_{Fm}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{CFM}^{j,k} \left\{ (1-\beta_{LFm}^j) \text{eff}_{Fm}^{j,k} \right\}^{1-\sigma_{CFM}^{j,k}}} \quad (18b)$$

$$\left(\frac{1-\alpha_{LFm}^{j,k}}{r_{Fm}^{j,k}} \right)^{\sigma_{CFM}^{j,k}} \Psi_{CFM}^{j,k} \frac{\sigma_{CFM}^{j,k}}{1-\sigma_{CFM}^{j,k}} \cdot cf_{Fm}^{j,k}$$

$$\text{ただし, } \Psi_{CFM}^{j,k} = \left(\alpha_{LFm}^{j,k} \right)^{\sigma_{CFM}^{j,k}} \left(\frac{w_{Fm}^{j,k}}{\beta_{LFm}^j \text{eff}_{Fm}^{j,k}} \right)^{1-\sigma_{CFM}^{j,k}} + (1-\alpha_{LFm}^{j,k}) \left(\frac{r_{Fm}^{j,k}}{(1-\beta_{LFm}^j) \text{eff}_{Fm}^{j,k}} \right)^{1-\sigma_{CFM}^{j,k}}.$$

式(18)を式(17a)に代入すると合成生産要素価格が求められる。

$$pf_{Fm}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{CFM}^{j,k}} \Psi_{CFM}^{j,k} \frac{1}{1-\sigma_{CFM}^{j,k}} \quad (19)$$

この合成生産要素価格が、地域間交通所要時間に依って決定される生産要素投入効率性の関数となっている。したがって、本SCGEモデルは交通整備の影響がこの合成生産要素価格の変化から波及する構造になっていることがわかる。

(5) その他の主体の行動モデル

a) 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のようになる。

$$z_{nGC}^j = \frac{\alpha_{nGC}^j}{q_{nGC}^j} (1-\delta_{Gl}^j) \Phi_G^j \quad (20)$$

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、 Φ_G^j, δ_{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、 α_{nGC}^j : 分配パラメータ。

政府税収は以下のとおりである。

$$\Phi_G^j = \tau_H^j (w^j T_H^j + r^j K_H^j) + \sum_m \tau_m^j pf_m^j cf_m^j + \Phi_{TF}^j \quad (21)$$

ただし、 Φ_{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。

$$z_{nGl}^j = \frac{\alpha_{nGl}^j}{q_{nGl}^j} \delta_{Gl}^j \Phi_G^j \quad (22)$$

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、 α_{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。

$$z_{nI}^j = \frac{\alpha_{nI}^j}{q_{nI}^j} [S_H^j + S_F^j] \quad (23)$$

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、 α_{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、域外貯蓄は以下のようになる。

$$S_F^j = (M_R^j + M^j) - (E_R^j + E^j + \Phi_{TF}^j) \quad (24)$$

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(24)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。

$$M_R^j = \sum_m \left[\sum_i \sum_n p_n^i x_{nm}^{ij} + (1+\tau_m^j) \left\{ \sum_i (w^i l_m^{ij} + r^i k_m^{ij}) \right\} \right] \quad (i \neq j) \quad (25a)$$

$$E_R^j = \sum_n \sum_i \left[p_n^j \left\{ \sum_n x_{nm}^{jj} + x_{nH}^{jj} + x_{nGC}^{jj} + x_{nGl}^{jj} + x_{nI}^{jj} \right\} \right] \quad (i \neq j) \quad (25b)$$

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

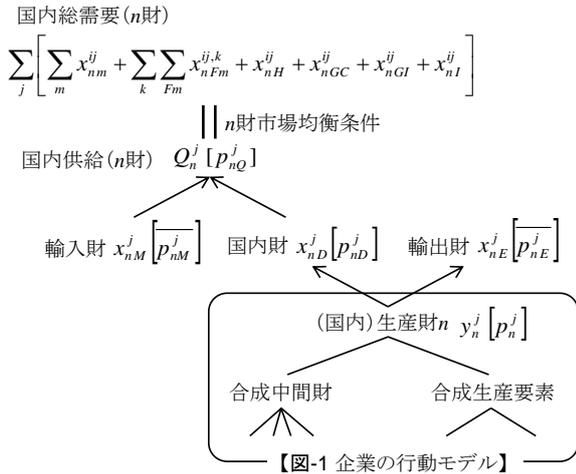


図-4 輸出入モデル

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 j 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。

b) 海外部門

海外部門の行動は、細江ら¹⁰⁾にしたがって図-4のようにモデル化する。すなわち、まず企業の生産行動モデルより得られる m 財生産量 y_m^j (式(1b)) を輸出財と国内財に分け、その国内財と輸入財から国内供給財の生産を行うものとする。そして、この国内供給財を各経済主体(家計、企業、政府、公的投資部門、民間投資部門)が需要する。この結果、本SCGEモデルの財 n の市場均衡条件式は以下のように表される。

$$Q_n^j = \sum_j \left[\sum_m x_{nm}^{ij} + x_{nH}^{ij} + x_{nGC}^{ij} + x_{nGI}^{ij} + x_{nI}^{ij} \right] \quad (26)$$

ここで、 m 財生産量 y_m^j の輸出財と国内財への配分は、Barro型CET関数にしたがって収入が最大化されるように決定されるものとし、国内財と輸入財から国内供給財を生産する行動は、Barro型CES関数にしたがって費用を最小化するように決定されるものとする。それぞれの具体的な定式化は以下のとおりとなる。

【生産量の輸出財、国内財への配分】

$$p_m^j y_m^j = \max_{x_m^{Dj}, x_m^{jE}} \left[p_m^{Dj} x_m^{Dj} + \overline{p_m^{jE}} x_m^{jE} \right] \quad (27a)$$

$$\text{s.t. } y_m^j = \gamma_m^{jE} \left[\left(1 - \alpha_m^{jE} \right) \left\{ \left(1 - \beta_m^{jE} \right) x_m^{Dj} \right\}^{\frac{\sigma_m^{jE} + 1}{\sigma_m^{jE}}} + \alpha_m^{jE} \left\{ \beta_m^{jE} x_m^{jE} \right\}^{\frac{\sigma_m^{jE} + 1}{\sigma_m^{jE}}} \right]^{\frac{\sigma_m^{jE}}{\sigma_m^{jE} + 1}} \quad (27b)$$

ただし、 x_m^{Dj}, x_m^{jE} : 国内財供給量, 輸出財供給量, p_m^{Dj} : 国内財価格, $\overline{p_m^{jE}}$: 輸出財価格 (固定),

$\alpha_m^{jE}, \beta_m^{jE}$: 分配パラメータ, γ_m^{jE} : 効率パラメータ, σ_m^{jE} : 代替弾力性パラメータ, y_m^j, p_m^j : m 財の生産量と財価格。

式(27)を解くと以下の供給関数が得られる。

$$x_m^{Dj} = \frac{1}{\gamma_m^{jE} (1 - \beta_m^{jE})^{1 + \sigma_m^{jE}}} \left(\frac{1 - \alpha_m^{jE}}{p_m^{Dj}} \right)^{-\sigma_m^{jE}} \Psi_m^{jE} \frac{-\sigma_m^{jE}}{1 + \sigma_m^{jE}} y_m^j \quad (28a)$$

$$x_m^{jE} = \frac{1}{\gamma_m^{jE} (\beta_m^{jE})^{1 + \sigma_m^{jE}}} \left(\frac{\alpha_m^{jE}}{p_m^{jE}} \right)^{-\sigma_m^{jE}} \Psi_m^{jE} \frac{-\sigma_m^{jE}}{1 + \sigma_m^{jE}} y_m^j \quad (28b)$$

ただし、

$$\Psi_m^{jE} = (1 - \alpha_m^{jE})^{-\sigma_m^{jE}} \left(\frac{p_m^{Dj}}{1 - \beta_m^{jE}} \right)^{1 + \sigma_m^{jE}} + (\alpha_m^{jE})^{-\sigma_m^{jE}} \left(\frac{p_m^{jE}}{\beta_m^{jE}} \right)^{1 + \sigma_m^{jE}}$$

式(28)を式(27)の目的関数に代入すると、 m 財価格が求められる。

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_m^{jE}} \Psi_m^{jE} \frac{1}{1 + \sigma_m^{jE}} \quad (29)$$

式(29)より Ψ_m^{jE} に含まれる国内財価格 p_m^{Dj} は以下のように導出される。

$$p_m^{Dj} = (1 - \beta_m^{jE}) \frac{1}{(1 - \alpha_m^{jE})^{1 + \sigma_m^{jE}}} \left[\left(\gamma_m^{jE} p_m^j \right)^{1 + \sigma_m^{jE}} - (\alpha_m^{jE})^{-\sigma_m^{jE}} \left(\frac{p_m^{jE}}{\beta_m^{jE}} \right)^{1 + \sigma_m^{jE}} \right]^{\frac{1}{1 + \sigma_m^{jE}}} \quad (30)$$

式(30)中の m 財価格 p_m^j は式(5)にて導出されており、輸出財価格は固定であることから式(30)が求められる。

【国内財、輸入財からの国内供給財生産】

$$p_m^{Qj} Q_m^j = \min_{x_m^{Dj}, x_m^{Mj}} \left[p_m^{Dj} x_m^{Dj} + \overline{p_m^{Mj}} x_m^{Mj} \right] \quad (31a)$$

$$\text{s.t. } Q_m^j = \gamma_m^{Mj} \left[\left(1 - \alpha_m^{Mj} \right) \left\{ \left(1 - \beta_m^{Mj} \right) x_m^{Dj} \right\}^{\frac{\sigma_m^{Mj} - 1}{\sigma_m^{Mj}}} + \alpha_m^{Mj} \left\{ \beta_m^{Mj} x_m^{Mj} \right\}^{\frac{\sigma_m^{Mj} - 1}{\sigma_m^{Mj}}} \right]^{\frac{\sigma_m^{Mj}}{\sigma_m^{Mj} - 1}} \quad (31b)$$

ただし、 x_m^{Mj} : 輸入財投入量, $\overline{p_m^{Mj}}$: 輸入財価格 (固定), $\alpha_m^{Mj}, \beta_m^{Mj}$: 分配パラメータ, γ_m^{Mj} : 効率パラメータ, σ_m^{Mj} : 代替弾力性パラメータ, Q_m^j, p_m^{Qj} : 国内供給財の供給量とその価格。

式(31)を解くと以下の需要関数が求められる。

$$x_m^{Dj} = \frac{1}{\gamma_m^{Mj} (1 - \beta_m^{Mj})^{1 + \sigma_m^{Mj}}} \left(\frac{1 - \alpha_m^{Mj}}{p_m^{Dj}} \right)^{-\sigma_m^{Mj}} \Psi_m^{Mj} \frac{-\sigma_m^{Mj}}{1 + \sigma_m^{Mj}} Q_m^j \quad (32a)$$

$$x_m^{Mj} = \frac{1}{\gamma_m^{Mj} (\beta_m^{Mj})^{1+\sigma_m^{Mj}}} \left(\frac{\alpha_m^{Mj}}{p_m^{Mj}} \right)^{-\sigma_m^{Mj}} \Psi_m^{Mj} \frac{-\sigma_m^{Mj}}{1+\sigma_m^{Mj}} Q_m^j \quad (32b)$$

ただし、

$$\Psi_m^{Mj} = (1 - \alpha_m^{Mj})^{\sigma_m^{Mj}} \left(\frac{p_m^{Dj}}{1 - \beta_m^{Mj}} \right)^{1 - \sigma_m^{Mj}} + (\alpha_m^{Mj})^{\sigma_m^{Mj}} \left(\frac{p_m^{Mj}}{\beta_m^{Mj}} \right)^{1 - \sigma_m^{Mj}}$$

式(32)を式(31)の目的関数に代入すると、 m 財の国内供給財価格が求められる。

$$p_m^{Qj} = \frac{1}{\gamma_m^{Mj}} \Psi_m^{Mj} \frac{1}{1 - \sigma_m^{Mj}} \quad (33)$$

以上の定式化より、 n 財生産量と輸出財、国内財および n 財国内供給量と輸入財、国内財との間には以下の関係式が成立する。

$$p_n^i y_n^i = p_n^{Di} x_n^{Di} + \overline{p_n^{iE} x_n^{iE}} \quad (34a)$$

$$p_n^{Qi} Q_n^i = p_n^{Di} x_n^{Di} + \overline{p_n^{Mi} x_n^{Mi}} \quad (34b)$$

式(32)から $p_n^{Di} p_n^{Di}$ を消去すると以下が得られる。

$$p_n^i y_n^i = p_n^{Qi} Q_n^i + \left(\overline{p_n^{iE} x_n^{iE}} - \overline{p_n^{Mi} x_n^{Mi}} \right) \quad (35)$$

ここで、式(26)の両辺に p_n^{Qi} を乗じ、その左辺に式(35)を代入すると以下のような財生産量 y_n^i に係る条件式が求められる。

$$p_n^i y_n^i = \sum_j \left[p_n^{Qi} \left\{ \sum_m x_{nm}^{ij} + x_{nH}^{ij} + x_{nGC}^{ij} + x_{nGI}^{ij} + x_{nI}^{ij} \right\} + \overline{p_n^{iE} x_n^{iE}} - \overline{p_n^{Mi} x_n^{Mi}} \right] \quad (36)$$

式(26)と式(36)はともに n 財の市場均衡条件式を表しているとして解釈できる。

また、本節にて輸出と輸入に関するモデル化を行ったことから、式(24)の輸出額および輸入額は以下より求められる。

$$M^j = \sum_m \overline{p_m^{Mj} x_m^{Mj}} \quad (38a)$$

$$E^j = \sum_m \overline{p_m^{jE} x_m^{jE}} \quad (38b)$$

(6) 市場均衡条件

本SCGEモデルの市場均衡条件式は以下のようになる。

$$n \text{ 財市場} : Q_n^i = \sum_j \left[\sum_m x_{nm}^{ij} + \sum_k \sum_{Fm} x_{nFm}^{ij,k} + x_{nH}^{ij} + x_{nGC}^{ij} + x_{nGI}^{ij} + x_{nI}^{ij} \right] \quad (39a)$$

$$\text{運輸}Tn\text{市場} : Q_n^i = \sum_j \left[\sum_m x_{nm}^{ij} + \sum_k \sum_{Fm} x_{nFm}^{ij,k} + x_{nH}^{ij} + x_{nGC}^{ij} + x_{nGI}^{ij} + x_{nI}^{ij} \right] \quad (39b)$$

$$\text{労働市場} : T_H^j = \left(l_H^j + \sum_{Pm} \sum_k l_{Pm}^{kj} x_{PmH}^{kj} \right) = \sum_m \sum_j l_m^{ij} + \sum_{Fm} \sum_i l_{Fm}^{ij} + \sum_{Pm} \sum_i l_{Pm}^{ij} \quad (39c)$$

$$\text{資本市場} : K_H^j = \sum_m \sum_j k_m^{ij} + \sum_{Fm} \sum_j k_{Fm}^{ij} + \sum_{Pm} \sum_j k_{Pm}^{ij} \quad (39d)$$

(7) 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。

$$EV^j = p_U^{jA} \left(U_H^{jB} - U_H^{jA} \right) \quad (40)$$

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。

$$EV^j = \frac{P_U^{jA}}{P_U^{jB}} \Omega_H^{jB} - \Omega_H^{jA} \quad (41)$$

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(41)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 $\left(\frac{P_U^{jB}}{P_U^{jA}} \right)$ で除したものとになっている。

3. 交通サテライト勘定と地域間SAM

2.で構築したSCGEモデルを計算するためには、SCGEモデルのパラメータを推定する必要がある。SCGEモデルでは、地域間IO表を地域間SAMに変換し、それをデータベースとしてキャリブレーションによりパラメータを推定する方法が一般的である。

しかし、現在公表されている地域間IO表には、これまで運輸部門が詳細化されたものは存在しておらず、2.で示したSCGEモデルのパラメータを推定することは基本的に不可能であった。そこで、運輸部門の詳細化を図るために交通サテライト勘定を整備し、それを利用して運輸部門を詳細化した地域間SAMを作成しようというのが本研究の目的である。

サテライト勘定は、これまでいくつかの分野で作成が試みられている。交通サテライト勘定を整備するためにも、まず他の分野でどのようなサテライト勘定がどのように整備されているのかを整理し、その後、交通サテラ

イト勘定の提案およびそれに基づく運輸部門を詳細化した地域間SAMを作成する。

(1) 交通以外の分野のサテライト勘定

これまでサテライト勘定は、内閣府が中心となり整備がされてきた。現在、環境関係、無償労働関係、非営利関係、介護・保育関係、R&Dの5分野において、試作版を含めたサテライト勘定が作成されている。

環境関係のサテライト勘定は、内閣府経済社会総合研究所が中心となり、環境経済統合勘定体系（SEEA：System of Environmental-Economic Accounting）として整備が進められてきた¹³。SEEAとは、経済活動の中での環境保護活動費の明示的考慮、経済活動による環境悪化の把握等が目的であり、それを国民経済計算体系 SNA

（System of National Accounts）と整合的に行うところに意義がある¹⁴。現在では、水の SEEA の整備まで行われている¹⁵。無償労働関係は、家事、介護、育児、買物等の家庭内労働を、賃金払いがなされたとの仮定の下で、貨幣評価したものである¹⁶。実際には賃金払いが発生していない家庭内労働がどの程度の付加価値を生みだしているのかを明らかにしたものと見える。しかし、それらは SNA の体系に組み込まれるまでは至っていなかった。

非営利関係は、医療法人、学校法人、対企業民間非営利団体、対家計民間非営利団体という非営利組織の経済活動を SNA 体系と整合的な形で表現したものである¹⁷。介護・保育関係は、「政府が社会福祉として提供する介護・保育サービス」、「事業者が有償で提供する介護・保育サービス」、「家族がその老親や子供のために無償で行う介護・保育」といった社会全体の介護・保育サービスを貨幣単位で統一的に表現し、その生産と消費、費用負担の状況等を明らかにするとともに、併せて介護・保育のための資本形成（介護・保育施設の建設など）等も把握し、介護・保育に関する経済的側面の理解、分析に資することを目的に整備されたものである¹⁸。これは、本研究で整備しようとする交通サテライト勘定と非常に近い。本研究でも、「政府が提供する交通サービス」、

「事業者が有償で提供する交通サービス」、「家庭内あるいは企業内での無償の交通サービス（いわゆる自家輸送サービス）」を貨幣単位で統一的に表現し、その生産と消費、負担の状況を明らかにするものである。特に、「家族による無償の介護・保育サービス」についても、「無償労働の貨幣評価」の手法を使って貨幣評価額を推計しているところが重要である。この貨幣評価額は、家計が生産し、自己消費する介護・保育サービス額であり、交通の場合の自家輸送サービスの評価において参考になると思われる。最後の、R&D は、R&D の資本化を行ったものであり¹⁹、研究開発が人的資本の蓄積につながる点を SNA 体系の中に取り入れたものと考えられる。

(2) 交通サテライト勘定と地域間SAMの作成

a) 運輸部門の詳細化

経済産業省では、9 地域（北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州、沖縄）を対象にした地域間産業連関（IO：Input-Output）表を公表している⁹。SCGE モデルによる政策あるいは整備評価では、このような地域間 IO データに基づきパラメータが推定され、政策あるいは整備の有無に対する均衡計算が実行される。

しかし、経済産業省が公表している 9 地域間 IO 表をはじめ、通常地域間 IO 表では、運輸部門はまとめて一部門となっていた。そこで、まず運輸部門の詳細化を実施する。具体的には、9 地域間 IO 表等を基に、貨物と旅客を分け、さらにそれぞれ交通機関を分離した詳細運輸部門投入産出表を交通サテライト勘定として作成する。その作成方法は、経済産業省が 9 地域間 IO 表とは別に公表している、各地域ごとの地域産業連関表の中の基本分類表より、必要な運輸部門の投入額および産出額を抜き出し、詳細運輸部門投入産出表を作成するというものである。この詳細運輸部門投入産出表は、そのまま地域間 IO 表に組み込むことができ、それより運輸部門を詳細化した地域間 SAM が完成する。

以上の地域間 SAM は、運輸部門が詳細化されているものの、OD の考慮はなされていなかった。OD 交通が考慮されない場合、政策や整備評価を行うためには OD 別に得られる入力変数を平均化して、O あるいは D ごとの値に変換して入力することになり、OD 別の情報が利用されなくなるという問題があった。そこで、以下では運輸部門の OD 別生産の考慮を行う。ただし、その方法は、営業輸送部門と自家輸送部門では異なっており、それぞれについて説明することにする。

b) 営業輸送部門でのOD交通の考慮

まず営業輸送部門でのOD交通の考慮方法を説明する。ここでは、簡単化のため、表-1、表-2のような2地域3部門（合成財(M)企業、営業輸送(TB)企業、家計(H)）の地域間IO表を考える。表-1は従来の地域間SAMを表している。従来の地域間IO表では、各地域に一つのTB企業が存在し、運輸サービスを生産している。このとき、この運輸サービスをどの主体がどのような目的で投入、消費しているのかが問題となる。例えば、地域1のM企業であれば、地域1のM企業から中間財を投入する際に、地域1のTB企業の生産する運輸サービス（○印）を投入する。すなわち、地域1の運輸企業に頼んで地域1までの輸送を行うと考えられる。また、地域2のM企業が地域1のM企業の中間財を投入する際も、地域1のTB企業の運輸サービスを投入する（△印）を投入する（本来、自地域からの運輸サービスを投入している可能性もあるが、それらの識

表-1 従来の地域間 SAM

		地域1					地域2					合計
		M	TB	H	L	K	M	TB	H	L	K	
地域1	M											
	TB	○	○	○			△	△	△			●+▲
	H											
	L											
	K											
地域2	M											
	TB	×	×	×			□	□	□			✖+■
	H											
	L											
	K											
合計			●+▲					✖+■				

表-2 営業輸送部門の OD 交通を考慮した地域間 SAM

		地域1					地域2					合計	
		M	TB ₁	TB ₂	H	L	K	M	TB ₂	TB ₁	H		L
地域1	M												
	TB ₁	○	○	○	○			△	△	△	△		●
	TB ₂												▲
	H												
	L												
地域2	M												
	TB ₁	×	×	×	×			□	□	□	□		✖
	TB ₂												■
	H												
	L												
合計			●	▲				✖	■				

別が困難であるため、ここでは域外からの中間財投入に対しては当該地域の運輸サービスを投入して輸送を行うものとする。従来の地域間SAMでは、○印と△印の運輸サービスは同質財として扱われていた。しかし、上の例で分かるように、○印は1地域から1地域への輸送を表す運輸サービスであり、△印は1地域から2地域への輸送を表す運輸サービスである。これはODが異なっていることを意味し、それらを明確に考慮する必要がある。

そこで、本研究では表-2のように、ODが異なる運輸サービスは同一地域に存在する運輸企業であっても別の企業が供給すると想定する。すなわち、表-2のように地域1に存在する運輸企業であっても、地域1から地域1への輸送サービスを生産する運輸企業 $TB^{1 \rightarrow 1}$ と、地域1から地域2への輸送サービスを生産する運輸企業 $TB^{1 \rightarrow 2}$ とは別の運輸企業であるとする。そして、それぞれの運輸企業の生産する運輸サービスが、どの地域の主体によって投入されているのかまで明示化したものが表-2である。表-2では、運輸企業 $TB^{1 \rightarrow 1}$ と $TB^{1 \rightarrow 2}$ の運輸サービス生産量が、それぞれの投入量の合計によって求められることもわかる。

次に、これらの運輸サービス生産を行うための中間投入および生産要素投入を推計する。産業連関表では横計と縦計が必ず一致するという条件があるため、運輸企業 $TB^{1 \rightarrow 1}$ 、 $TB^{1 \rightarrow 2}$ それぞれの中間投入と生産要素投入の合

計は、表-2に示した●、▲になる。これに合うように、各運輸企業の中間投入および生産要素投入をそれぞれ推計することになる。これは、表-1のTB企業の中間投入および生産要素投入を、●：▲の比率にて配分することにより原則求める。この方法は、表-1のTB企業の中間投入係数および付加価値係数を用いて、 $TB^{1 \rightarrow 1}$ 、 $TB^{1 \rightarrow 2}$ の中間投入および生産要素投入をそれぞれ求めていると考えても良い。

ところが、 $TB^{1 \rightarrow 1}$ 、 $TB^{1 \rightarrow 2}$ の生産する運輸サービスはODが異なるため、OD間の距離あるいは輸送時間の違いによって投入割合の変わる財あるいは生産要素が存在する。具体的には、燃料や労働、資本などの生産要素投入である。燃料は、 $TB^{1 \rightarrow 1}$ 、 $TB^{1 \rightarrow 2}$ の運輸企業がそれぞれ一単位の運輸サービスを生産する場合、地域1から1への輸送より、地域1から2への輸送の距離が長いこと、燃料投入量も地域1から2への輸送の方が割格的に多くなる。労働、資本投入も、地域1から2への輸送時間が長くなるため、労働投入時間、資本投入時間も長くなり、その分投入割合も大きくなる。そこで、燃料、労働、資本の投入に対しては、まず(OD交通×燃費×ゾーン間距離)から求められるOD別燃料消費データ、(OD交通×ゾーン間所要時間)から得られるOD別走行時間データ、(OD交通×単位資本投入×ゾーン間所要時間)から得られるOD別資本投入時間データ、をそれぞ

表-3 従来の地域間 SAM (自家輸送 TS の場合)

		地域1					地域2					合計
		M	TS	H	L	K	M	TS	H	L	K	
地域1	M											
	TS	○	○	○								○
	H											
	L											
	K											
地域2	M											
	TS						□	□	□			□
	H											
	L											
	K											
合計			○					□				

表4 自家輸送部門の OD 交通を考慮した地域間 SAM

		地域1					地域2					合計		
		M	r_{21}	r_{12}	H	L	K	M	r_{22}	r_{21}	H		L	K
地域1	M													
	r_{21}	○	○	○	○									●
	r_{12}	△	△	△	△									▲
	H													
	L													
地域2	M													
	r_{21}							x	x	x	x			x
	r_{22}							□	□	□	□			■
	H													
	L													
合計			●	▲				x	■					

れ交通サテライト勘定として整備する。そして、これらのデータの比率から、 TB^{1-1} 、 TB^{1-2} の燃料、労働、資本投入量を求める。しかし、この結果は必ずしも地域間 SAM の縦計と横計を一致させるとは限らない。そこで、RAS 法により調整計算を行い、OD 別の運輸サービスを生産する運輸企業を明示的に考慮した地域間 SAM を完成させる。表-2 の水色部が、ここで求められた OD 別に考慮された営業輸送部門の投入産出表となっている。

c) 自家輸送部門での OD 交通の考慮

次に自家輸送部門を考える。ただし、自家輸送部門は従来の地域間 IO 表では考慮されていないため、その組み込みから考える。これについては、武藤²⁰⁾は経済産業省の9地域間 IO 表に対し、太田ら^{21,22)}の既存研究を参考にしながら、自家輸送部門の組み込みを行った。その詳細な方法は武藤を参照されたいが、ここでは簡単にその方法を説明する。1) 全国 IO 表から、産業別の全国自家輸送サービス消費量データを取得、2) その中には、家計の自家輸送サービス消費は含まれていないため、道路施設提供サービスの企業と家計の消費量データ比率から、家計の自家輸送サービス消費量を求める、3) 全国の産業別自家輸送サービス消費量データを、9 地域間 IO 表の中の地域別道路施設提供サービス消費量データにより地域按分する、4) 3) で求めた地域別産業別自家輸送サービス消費量を、家計も含めた全ての主体の合計をとることにより、地域別の

自家輸送サービス生産量を求める、5) 全国の自家輸送部門の中間投入係数を用いて、地域別自家輸送部門の中間投入量を求める、6) 地域別自家輸送部門の付加価値は、(乗用車 OD 交通×所要時間×地域別賃金率)より地域別労働投入額を求め、(輸送機械資本ストック額×乗用車 OD 交通×所要時間×利子率)より地域別資本投入額を求めることにより算出、7) RAS 法にて調整計算、のようにして求める。なお、自家輸送サービスは、自地域からのみ投入されるものとする。

以上により、表-3 の自家輸送部門を考慮した地域間 SAM が完成する。ここでも、先ほどの営業輸送と同様に、簡単化のため2地域3部門(合成財(M)企業、自家輸送(TS)企業、家計(H))としている(営業輸送も当然考慮すべきであるが、ここでは自家輸送部門に焦点を絞るため、運輸部門は自家輸送のみとしている)。表-1 の営業輸送部門を考慮した地域間 SAM と似ているが、自家輸送サービスは自地域のみから投入される点が異なる。

次に、自家輸送サービスにおいて、OD 交通を考慮する方法を説明する。表-3 では、地域1から地域1への移動と、地域1から地域2への移動に係わる自家輸送サービスは同質財として扱われ、まとめて○印により表されている。これを、営業輸送のケースと同じように、OD 別の自家輸送サービスに分けて表現する。そこで、乗用車の OD 交通量を交通サテライト勘定として整備し、その交通量の OD 別比率を用いて自家輸送サービスを

OD別に分ける。これにより、表-4に示したような地域1から地域1への移動は○印、地域1から地域2への移動は△印で表されるOD別自家輸送サービスを明示した地域間SAMが作成できる。その結果、○印の合計である●、△印の合計である▲がOD別自家輸送サービス生産量となり、それらはいずれも地域1に存在するが $TS^{1 \rightarrow 1}$ 、 $TS^{1 \rightarrow 2}$ という別の自家輸送企業がそれぞれ生産していることになる。

続いて、 $TS^{1 \rightarrow 1}$ と $TS^{1 \rightarrow 2}$ の地域1の各自家輸送企業の中間投入量および付加価値投入量を推計する。その方法は、営業輸送のケースと全く同様である。すなわち、まず表-3のTS企業の燃料を除く中間投入を、 $TS^{1 \rightarrow 1}$ 、 $TS^{1 \rightarrow 2}$ のそれぞれの自家輸送サービス生産量の比率●：▲により配分し、 $TS^{1 \rightarrow 1}$ 、 $TS^{1 \rightarrow 2}$ それぞれの中間投入を求める。また、燃料と労働、資本の生産要素は、OD間距離、OD間所要時間の影響を考慮して配分して求める。最後にRAS法により調整計算を行い、OD別の自家輸送サービスを明示化した地域間SAMが完成する。

5. 中部横断自動車道のストック効果計測

2.の交通生産を考慮したSCGEモデルを、3.で交通サテライト勘定を利用しながら作成した運輸部門を詳細化した地域間SAMをデータベースとしてパラメータ推定を行い、中部横断自動車道（新清水JCTー双葉JCT間、約74.5km）整備によるストック効果を便益の概念に基づき計測した。

(1) 交通所要時間変化の算定

交通所要時間は、簡単な高速道路ネットワークを作成し、最短経路探索により中部横断自動車道の整備有無に対するゾーン間所要時間の計測を行った。それを、交通量にて重み付けした平均所要時間変化率を図-5に示す。これより、山梨ー静岡、静岡ー長野間などで大きく所要時間が短縮されていることがわかる。

(2) 便益結果

式(7)に基づく家計の地域帰着便益を図-6に示す。折れ線は、一人あたりの便益である。なお、参考までにOD交通量とゾーン間所要時間変化にマニュアルに基づく時間価値を乗じて時間短縮便益を算出した結果も併せて示している。

次に、便益帰着分析を実行し、その各項目の便益をそれぞれ求めた。なお、便益帰着分析については、森杉²⁾にて詳細に実施しており、式展開等の詳細は森杉を参照されたい。ここでは、台形近似により計測した各便益項目の結果を図-7に示す。

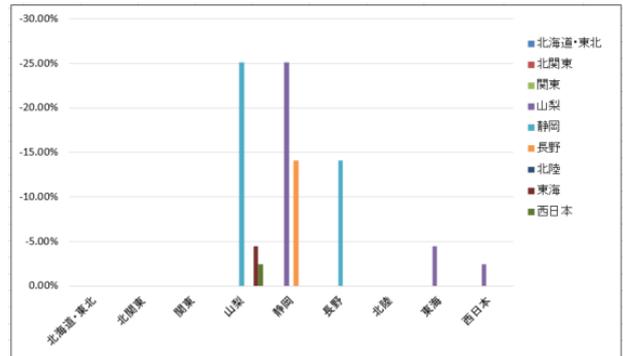


図-5 旅客交通所要時間変化率

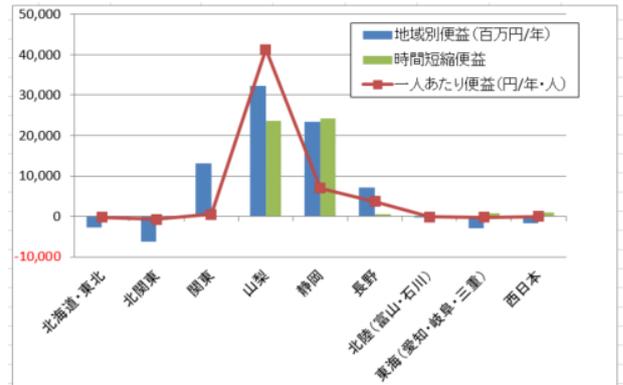


図-6 地域別便益計測結果

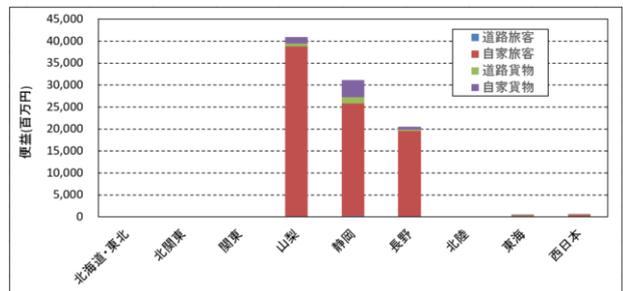


図-7 便益帰着分析結果

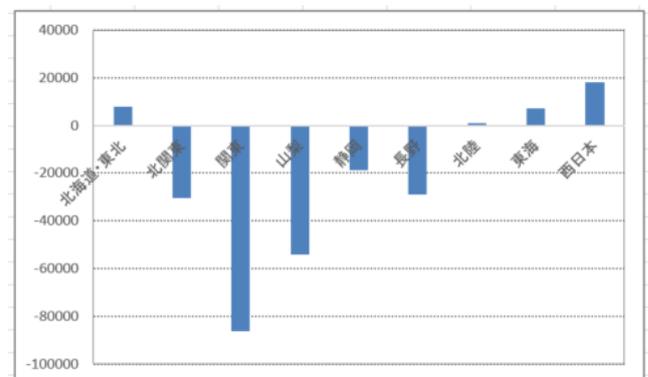


図-8 地域別実質 GRP 変化

これより自家旅客部門において大きな便益の発生していることがわかる。

(3) 域内総生産 (GRP) 変化

最後に GRP 変化の結果を図-8 に示す。

これを見ると GRP 変化はマイナスとなっている。

GRP には自家旅客の付加価値と余暇が含まれないため、便益が正值で GRP 変化が負値ということは自家旅客の付加価値変化と余暇には効果が非常に大きいものと想像される。

5. おわりに

SCGEモデルを計算するために地域間IO表がデータセットとして用いられるが、従来の地域間IO表は運輸部門がまとめて一部門となっていた。これでは、筆者らが開発してきた交通生産を内生化したSCGEモデルに適用することは困難であった。そこで本研究では、詳細化した運輸部門の投入、産出構造を交通サテライト勘定として整備し、さらにOD別の運輸サービス生産を考慮するための交通サテライト勘定として何が必要かを明らかにし、運輸企業を詳細化した地域間SAMを作成した。さらに、以上の地域間SAMおよび交通生産内生化したSCGEモデルを用いて、中部横断自動車道のストック効果計測を行った。

その結果、山梨県において、便益は正值で算出される一方、実質GRP変化は負値との結果になった。これは、図-7に示した項目別の便益を見ると、自家旅客輸送部門に起因する便益が大きいことがわかり、それより山梨県民は中部横断自動車道が完成したことにより、観光等の私事トリップを静岡、中京圏に発生させるとともに、中部横断自動車道利用により節約された時間を余暇に回したのではないかと考えられる。しかし、これらについては今後さらに慎重に検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 山梨県県土整備部高速道路推進課, 山梨県, 2017 (<http://www.pref.yamanashi.jp/kousoku-douro/chyuubuoudann.html>)
- 2) Bröcker J.: Operational Spatial Computable General Equilibrium Modeling, *The Annals of Regional Science*, Vol.32, pp.367-387, 1998.
- 3) 宮城俊彦, 本部賢一: 応用一般均衡分析を基礎にした地域間交易量モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.31-40, 1996.
- 4) 小池淳司, 佐藤啓輔, 川本信秀: 空間的応用一般均衡モデル「RAEM-Light」を用いた道路ネットワーク評価—地域間公平性の視点からの実務的アプローチ—, 土木計画学研究・論文集, No.26, pp.161-168, 2009.
- 5) 小池淳司, 川本信秀, 佐藤啓輔: 港湾取扱貨物量を明示化した道路ネットワーク評価モデルの構築—応

- 用一般均衡モデル「RAEM-Light」をもちいたアプローチ, 土木計画学研究・論文集, No.26, pp.189-196, 2009.
- 6) 森杉壽芳: SCGE モデルによる道路整備効果計測と効果の便益帰着表による整理, 日交研シリーズ A-578, 日本交通政策研究会, 2013.
 - 7) 青木優, 武藤慎一, 桐越信, 森杉壽芳: 大規模幹線道路の SCGE モデルによる整備効果の計測と便益帰着構成表による整理—東海環状自動車道を例として—, 高速道路と自動車, Vol.55, No.3, pp.27-34, 2012.
 - 8) 武藤慎一, 桐越信: Barro型 CES 関数に基づく空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルの一般性向上-交通モデルを中心に-, 交通学研究/2010 年研究年報, pp.255-264, 2011.
 - 9) 経済産業省経済産業政策局調査統計部: 平成 17 年地域間産業連関表, 経済産業省, 2010.
 - 10) 細江宣裕, 我澤賢之, 橋本日出男: 『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.
 - 11) 上田孝行編著: Excel で学ぶ地域・都市経済分析, コロナ社, 2009.
 - 12) Barro, R.J. and X. Sala-i-Martin: *Economic Growth*, the MIT Press, 2003 (大住圭介訳: 内生的経済成長論 I, 九州大学出版会) .
 - 13) 茂野正史: 環境経済勘定中心的枠組のあらまし, 季刊国民経済計算, No.154, pp.89-101, 2014.
 - 14) 内閣府経済社会総合研究所: 環境・経済統合勘定の推計作業 報告書, 季刊国民経済計算, No.140, 2009.
 - 15) 内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部: 平成 24 年度水に関する環境・経済統合勘定の推計作業報告書, 内閣府経済社会総合研究所, 2012.
 - 16) 内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部: 無償労働の貨幣評価の調査研究<報告書>. 内閣府経済社会総合研究所, 2009.
 - 17) 内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部: 平成 19 年度非営利サテライト勘定に関する調査研究報告書, 内閣府経済社会総合研究所, 2009.
 - 18) 経済企画庁経済研究所: 介護・保育サテライト勘定の研究結果, 経済企画庁, 2000.
http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/sonota/satelite/kaigo/contents/kaigo_000627.html
 - 19) 内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部: R&D サテライト勘定の調査研究 報告書, 季刊国民経済計算, No.144, pp.1-222, 2011.
 - 20) 武藤慎一: 自家輸送を明示化した地域間産業連関表の作成, 交通学研究, Vol.57, pp.89-96, 2014.
 - 21) 太田和博, 加藤一誠, 小島克巳: 交通の産業連関分析, 日本評論社, 2006.
 - 22) 太田和博: 交通サテライト勘定: 産業連関分析の自家輸送への応用, 運輸政策研究, Vol.2, No.3, pp.44-45, 1999.
 - 23) 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.

(2017.4.28 受付)