

# 料金無料化を考慮した 中部横断自動車道整備の経済効果計測

田村 昂<sup>1</sup>・武藤 慎一<sup>2</sup>・高井 彬名<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 山梨大学 工学部土木環境工学科 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: t19ce032@yamanashi.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 山梨大学 大学院総合研究部工学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: smutoh@yamanashi.ac.jp (Corresponding Author)

<sup>3</sup>学生会員 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

(〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

E-mail: g21tc006@yamanashi.ac.jp

高速道路の料金体系に関する研究はされているものの、経済効果の分析では有料道路の支払いに対する抵抗は表現できていない。そこで、本研究では、高速道路料金の支払いを明示的に考慮し、料金抵抗を踏まえた SCGE 分析を行う。中部横断自動車道は、新直轄方式による一部無料区間が設けられている道路である。この料金無料化による効果を南部区間と北部区間でそれぞれ計測し、料金無料化の影響を明らかにする。さらに、中部横断自動車道の開通による立地変化を考慮するため、SCGE モデルに生産要素の地域間移動を組み込む。これは、家計の居住地選択を内生化するにより実施する。

**Key Words:** Toll-free expressway, SCGE Model, benefit evaluation residential choice behavior

## 1. はじめに

中部横断自動車道は、長野県の佐久小諸 JCT から山梨県の長坂 JCT、中央自動車道を経て双葉 JCT から静岡県の新清水 JCT 間を結ぶ全長約 132km の高速道路である。中部横断自動車道が開通すれば、上信越自動車道、中央自動車道、新東名高速道路までが縦に結ばれることになる。2021 年 8 月 29 日に、山梨県の下部温泉早川 IC—南部 IC 間が開通し、山梨県—静岡県は全線が開通した。一方、山梨県と長野県を結ぶ北部区間の長坂 JCT—八千穂高原 IC 間は未だ開通していない。

中部横断自動車道の開通に伴う効果は、時間短縮によるものが大きいものの、中部横断自動車道の南部区間の一部は新直轄方式により建設され、その結果、南部区間のうち六郷 IC—富沢 IC 間は高速道路料金が無料になっている。また、北部区間の佐久小諸 JCT—長坂 JCT 間も新直轄方式による建設が計画されている。この中部横断自動車道の一部無料区間を有する高速道路の効果は大きいとされている。しかし、

この点については、十分な検証がなされていない。また、経済効果の分析では、一般道や高速道路等の全道路において、料金を課さないで計測されることが多く、高速道路の料金体系に関する研究はされているものの、料金の影響を考慮した経済効果分析の研究は少ない。

本研究では、高速道路料金の支払いを明示的に考慮し、料金抵抗を踏まえた経済効果分析を行う。そして、大規模交通整備の経済波及効果の計測を行える空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルを用いて、中部横断自動車道の南部区間と北部区間のそれぞれにおいて経済効果計測を行う。さらに、中部横断自動車道の開通による立地変化を考慮するため、SCGE モデルに生産要素の地域間移動を組み込む。具体的には、家計の居住地選択を内生化するにより実施する。

本稿では第 2 章において既往研究を整理し、本研究の位置づけを述べる。第 3 章では、料金抵抗を考慮した一般化所要時間の概要についてまとめる。第 4 章では、本研究の SCGE モデルの概要について述べ、新た

に構築した居住地選択行動の概要も述べる。第 5 章では、SCGE モデルによる中部横断自動車道の整備と料金無料化の評価結果を示す。第 6 章では、結論および今後の課題について述べる。

## 2. 既往研究の整理

### (1) 高速道路料金の考慮

阿部らは高速道路整備がもたらす多様なインパクトのうち、地域間貨物流動に対する利便性の改善効果を取り上げたもので、所要時間短縮と貨物流動の利便性改善との関係を消費者余剰の概念に基づく指標で分析している<sup>1)</sup>。所要時間の短縮には、各リンクの都道府県間所要時間が用いられ、ノード間の最短所要時間で計測が行われている。そこで、阿部らの研究ではフェリーの運賃や高速道路通行料を考慮した所要時間の算出している。

$$l_{ij} = D_{ij} + \frac{HC_{ij}}{\omega} \quad (1)$$

ただし、 $l_{ij}$ は高速道路料金を含む所要時間、 $D_{ij}$ は所要時間、 $HC_{ij}$ は普通貨物車の高速道路料金(フェリー運賃)、 $\omega$ は普通貨物車の時間価値としている。本研究では、高速道路料金を時間に換算した一般化所要時間として計測を行う。なお、時間価値を貨物と乗用車(旅客)に分けて計測を行う。

### (2) 居住地選択の考慮

本研究の SCGE モデルは、CES 型関数で定義されている。CES 型関数による制約条件のもと、支出最小化問題を解くことで、最適解が得られる。従来、土地利用モデルや応用都市経済 (CUE) モデルでの立地選択行動には、ロジットモデルが用いられてきた。しかし、SCGE モデルでもロジットモデルを用いる場合、CES 型関数モデルと不整合になるとの問題がある。例えば、1)支出関数により等価変分や補償変分が定義できる等の経済理論との整合性を保ちながら比較的容易に便益計測が出来なくなること、2)基準データセットを用いたキャリブレーションが出来なくなること、3)応用一般均衡モデルの開発に用いられる既存の数値計算プログラムを活用することが出来なくなること等が挙げられる。そこで、奥田の研究では、消費行動と消費地選択行動を同時に表現した CES 型土地利用モデルが開発された。この考え方を用いて、本研究では、居住地選択行動の構築を検討した<sup>2)</sup>。

奥田の先行研究を踏まえて、武藤らは立地への影

響を考慮した一般均衡型 CUE モデルを開発した<sup>3)</sup>。従来の CUE モデルでは、土地市場のみを考慮したものであったり、ロジット型モデルによる目的地選択や交通機関選択が用いられているものの、財消費行動には CES 型関数等のモデルが用いられていたりした。そこで、CUE モデルを一般均衡化にすることで、前者では財・サービスおよび生産要素(労働や資本)の各市場が考慮されるようになり、企業生産や家計所得の拡大効果等の間接効果が評価されるようになった。後者では、奥田が開発した CES 型の土地利用モデルを参考に、立地選択や交通行動での選択モデルを CES 型として定式化できることを明らかにした。しかし、一般均衡型 CUE モデルでは、地域内の詳細ゾーンのみを対象にしている。そこで、本研究では地域間の評価を行う SCGE モデル分析に、居住地選択行動を導入し定式化を行うことを検討した。

## 3. 料金抵抗を考慮した一般化所要時間の計測

まず、料金抵抗の考慮方法を説明する。阿部らの用いている高速道路料金を考慮した所要時間である一般化所要時間をここでも用いる。それは以下の式で表される。

まず、ゾーン間距離を求める。これは、GIS により道路ネットワークを作成し求めた。さらに、そのリンク距離を、リンクごとに設定した速度で除して所要時間を求める。それらより、一般化所要時間が以下のように求まる。

$$\tilde{t}_{ij}^s = t_{ij} + \frac{p_T l_{ij}^T}{w^s} \quad (2)$$

ここで、 $\tilde{t}_{ij}^s$ は車種  $s$  別のゾーン間一般化所要時間、 $t_{ij}$ はゾーン間所要時間、 $p_T$ は単位距離あたり高速道路料金、 $l_{ij}^T$ は高速道路のゾーン間距離、 $w^s$ は車種  $s$  別の時間価値、 $T$ は高速道路を表す添え字である。

この中の単位距離あたり高速道路料金  $p_T$  は、以下の式で求めた。高速道路料金は、ターミナルチャージと呼ばれる、利用距離とは関係なく課せられる料金(一律 150 円/回)と利用距離に応じた料金からなる。本来ならば、ターミナルチャージ  $z$  は距離に応じず利用料金に足されるものだが、本研究では利用者の平均高速道路利用距離を 100 km と仮定して、ターミナルチャージ 150 円を 100 km で除して、計算を行った。

$$p_T = \left( \frac{z}{100} + q_T \right) \times 1.1 \quad (3)$$

$z$ はターミナルチャージ(一回当たりの利用料金(150円/回)),  $q_T$ は高速道路の利用距離に応じた料金(24.6円/km),  $1.1$ は消費税である. 車種  $s$ 別の時間価値は, それぞれ旅客と貨物の時間価値を用いて計算している. 以上より, 高速道路の料金抵抗を加味した一般化所要時間を定義した. これらを用いて, 所要時間と一般化所要時間の二つの結果を示していく.

#### 4. SCGE モデルの概要

本研究で用いる SCGE モデルは, 武藤らによって開発された交通生産内生型 SCGE モデルを参考にした<sup>5)</sup>. 交通整備による交通所要時間短縮が, 運輸企業の生産性を向上させ, それが運輸価格の低下を通じて利用者にもたらす効果が計測できる. 交通整備による所要時間短縮が企業生産や家計消費に及ぼす影響, さらにそれが人の動き(人流)を介して市町村間へ波及的にもたらされる効果も計測できる.

SCGE モデルは, 複数の地域から構成される社会経済を対象とする. 各地域には代表家計,  $m$ 財を生産する  $m$ 企業, 財や人を輸送する運輸企業が存在する. 代表家計とは, その地域全体の家計消費を決定する仮想主体のことである. 家計は, 生産要素である労働と資本を企業に提供することで所得を得て, 財・サービスを生産する. 企業は生産要素(労働・資本), 中間財を投入して財・サービスを生産する. 図に企業の生産行動モデルのツリーを, 図に家計の消費行動モデルのツリーを示す. 運輸企業の生産行動モデルツリーは図に示した企業と基本的に同様の生産行動モデルとなる.

##### (1) 企業の生産行動モデル

地域  $j$  で,  $m$ 財を生産する企業の生産行動モデルは図で示したとおりである.  $m$ 企業は, まず合成中間財と不動産サービスと合成生産要素を投入して  $m$ 財を生産する. このうち合成中間財に対しては, どの地域から  $m$ 財を投入しているのかを決定する. 合成中間財には合成旅客交通サービスが含まれており, この合成中間財  $m$  に対しての合成中間財  $n$  と合成旅客交通サービスの投入量を決定する. 合成中間財  $n$  に対しては, 地域  $i$  の中間財  $n$  と  $ij$  間の合成貨物交通サービスの投入量を決定する. 合成貨物交通サービスは, それぞれ鉄道貨物, 道路貨物, 自家貨物, 水運に分けられ, それぞれの投入量を決定する. 一方, 合成旅客交通サービスに対しては, 鉄道旅客, 道路旅客, 自家旅客, 航空に分けられ, それぞれの投入

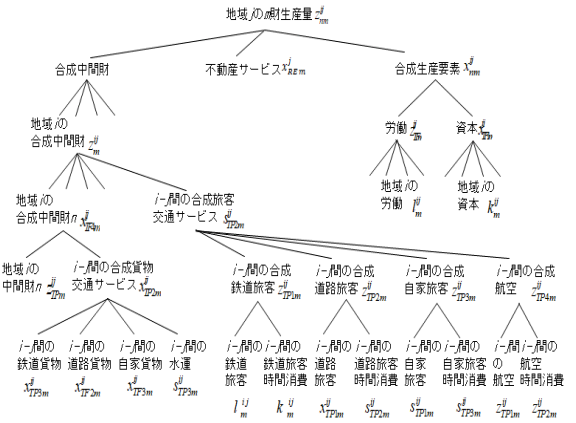


図-1 企業の生産行動モデルツリー

量を決定する. 不動産サービスでは, 地域間での投入はないとしているため, 地域ごとで投入量は決定する. 合成生産要素に対しては, 労働や資本の投入量を決定する. さらに, 労働と資本は, どの地域から投入しているかを決定する. 以上の各段階の行動は, 生産関数を Barro 型 CES 関数で特定化し, それを一定の生産基準に保つことを制約条件とした費用最小化問題により定式化される.

合成中間財と不動産サービスと合成生産要素の投入に係る費用最小化問題は以下ようになる.

$$p_m^j y_m^j = \min_{z_m^j, x_{REm}^j, cf_m^j} \left[ q_{zm}^j z_m^j + q_{REm}^j x_{REm}^j + (1 + \tau) p_{fm}^j cf_m^j \right] \quad (4)$$

$$s.t. \quad y_m^j = \gamma_m^j \left[ \alpha_{zm}^j \{ \beta_{zm}^j z_m^j \}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} + \alpha_{REm}^j \{ \beta_{REm}^j x_{REm}^j \}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} + \alpha_{fm}^j \{ \beta_{fm}^j cf_m^j \}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} \right]^{\frac{\sigma_m^j}{\sigma_m^j - 1}} \quad (5)$$

$y_m^j, p_m^j$ は地域  $j$  での財  $m$ の生産量と価格,  $z_m^j, q_{zm}^j$ は合成中間財投入量とその価格(不動産は除く),  $x_{REm}^j, q_{REm}^j$ は不動産サービス投入量とその価格,  $cf_m^j, p_{fm}^j$ は合成生産要素投入量とその価格,  $\tau_m^j$ は純間接税率(間接税率-補助率)である. ラグランジュ未定乗数法により式(4)と式(5)を解くと, 以下の需要関数が求められる.

$$z_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j (\beta_{zm}^j)^{1 - \sigma_m^j}} \left( \frac{\alpha_{zm}^j}{q_{zm}^j} \right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^j \frac{\sigma_m^j}{1 - \sigma_m^j} y_m^j \quad (6)$$

$$x_{REm}^j = \frac{1}{\gamma_m^j (\beta_{REm}^j)^{1-\sigma_m^j}} \left( \frac{\alpha_{REm}^j}{q_{REm}^j} \right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^j \frac{\sigma_m^j}{1-\sigma_m^j} \gamma_m^j \quad (7)$$

$$cf_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j (\beta_m^j)^{1-\sigma_m^j}} \left( \frac{\alpha_m^j}{(1+\tau_m^j)pf_m^j} \right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^j \frac{\sigma_m^j}{1-\sigma_m^j} \gamma_m^j \quad (8)$$

ただし、

$$\begin{aligned} \Psi_m^j &= (\alpha_{zm}^j)^{\sigma_m^j} \left( \frac{q_{zm}^j}{\beta_{zm}^j} \right)^{1-\sigma_m^j} \\ &+ (\alpha_{REm}^j)^{\sigma_m^j} \left( \frac{q_{REm}^j}{\beta_{REm}^j} \right)^{1-\sigma_m^j} \\ &+ (\alpha_{zm}^j)^{\sigma_m^j} \left( \frac{(1+\tau_m^j)pf_m^j}{\beta_m^j} \right)^{1-\sigma_m^j} \end{aligned}$$

式(7)~式(9)を式(5)の目的関数に代入すると、 $m$ 財価格が求められる。

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j} \Psi_m^j \frac{1}{1-\sigma_m^j} \quad (9)$$

これ以降の定式化も行ったが、ここでは割愛する。これ以降の定式化は、各段階の費用最小化問題、需要関数、価格式を示している。

## (2) 家計の居住地選択行動モデル

ここでは、家計が居住地  $j$  を選択する居住地選択行動モデルを考える。この居住地選択行動は、日本全体で家計が獲得する効用水準  $v_H$  を、居住地  $j$  で獲得(消費)する効用水準  $v_H^j$  に配分する問題としてモデル化する。これは、家計が各財の消費量を決定する際に、効用水準(所得)を個別財や余暇などの各消費量に配分

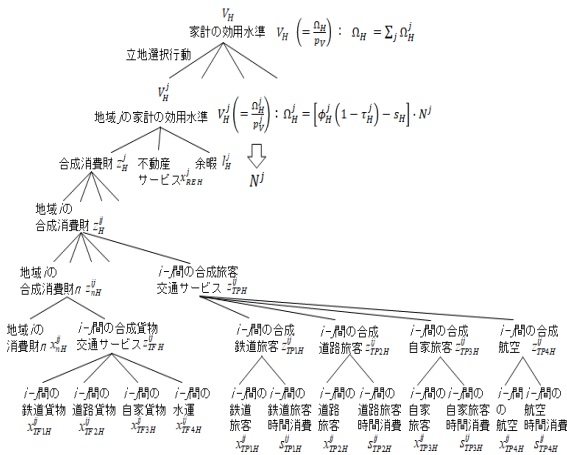


図-2 家計の消費行動モデルツリー

する問題と同様に考えたものである。その具体的な定式化は次に示す。

$$e_H = \min_{u_H^j} \left[ \sum_j p_V^j u_H^j \right] \quad (10)$$

$$s. t. u_H = \gamma_{LH} \left[ \sum_j \alpha_{LH}^j \{ \beta_{LH}^j u_H^j \}^{\frac{\sigma_{LH}-1}{\sigma_{LH}}} \right]^{\frac{\sigma_{LH}}{\sigma_{LH}-1}} \quad (= v_H) \quad (11)$$

$u_H^j$  はゾーン  $j$  に居住地選択した家計が獲得する効用関数、 $p_V^j$  は効用水準-支出水準変換係数(以降にて決定)、 $\alpha_{LH}^j, \beta_{LH}^j$  は分配パラメータ ( $\sum_j \alpha_{LH}^j = 1, \sum_j \beta_{LH}^j = 1$ )、 $\gamma_{LH}$  は効率パラメータ、 $\sigma_{LH}$  は代替弾力性パラメータである。式(10)と式(11)は、日本全国で家計が獲得する効用水準  $v_H$  を一定とする制約下での支出最小化行動により居住地  $j$  で獲得(消費)する効用関数  $u_H^j$  を決定する問題である。これに、 $v_H$  を代入することにより、家計が居住地  $j$  で獲得(消費)する効用水準  $v_H^j$  が求められる。

式(10)と式(11)を解くと  $u_H^j$  が求められ、それに  $u_H = v_H$  を代入し、 $v_H^j$  が以下のとおり得られる。

$$v_H^j = \frac{1}{\gamma_{LH} (\beta_{LH}^j)^{1-\sigma_{LH}}} \left( \frac{\alpha_{LH}^j}{q_V^j} \right)^{\sigma_{LH}} \Psi_{LH}^j \frac{\sigma_{LH}}{1-\sigma_{LH}} v_H \quad (12)$$

ただし、

$$\Psi_{LH} = \sum_j (\alpha_{LH}^j)^{\sigma_{LH}} \left( \frac{p_V^j}{\beta_{LH}^j} \right)^{1-\sigma_{LH}}$$

式(12)を式(10)に代入すると、日本全国の支出水準  $e_H$  が以下のとおり得られる。

$$\begin{aligned} e_H &= \frac{1}{\gamma_{LH}} \Psi_{LH} \frac{1}{1-\sigma_{LH}} \cdot v_H \\ &= p_V \cdot v_H \end{aligned} \quad (13)$$

ただし、簡単化のため  $p_V = \frac{1}{\gamma_{LH}} \Psi_{LH} \frac{1}{1-\sigma_{LH}}$  とおき、この  $p_V$  を効用水準-支出水準変換係数と呼ぶことにする。式(13)で求められた  $e_H$  は、日本全国の代表家計の支出水準である。そして、この支出水準は、家計の所得制約条件より日本全国の家計所得  $\Omega_H$  と一致する。したがって、日本全国の家計水準は式(13)より、以下のとおり求められる。

$$v_H = \frac{\Omega_H}{p_V} \quad (14)$$

日本全国の家計所得は、次項にて求められる地域  $j$  の家計所得の総和として求めることにする。ただし、本論文では居住地選択行動モデルを検討しただけで、本論文の計測結果に組み込めていないことに注意したい。

### (3) 家計の消費行動モデル

続いて、居住地  $j$  を選択した家計は、居住地  $j$  にて財消費を行う。その財消費行動モデルは、通常どおり効用水準  $v_H^j$  を一定とする制約下での支出最小化行動により定式化される。

$$p_V^j v_H^j = \min_{z_H^j, x_{REH}^j, l_H^j} [q_H^j z_H^j + p_{RE}^j x_{REH}^j + w^j l_H^j] \quad (15)$$

$$s.t. v_H^j = \gamma_H^j \left[ \begin{array}{l} \alpha_{ZH}^j \{\beta_{ZH}^j z_H^j\}^{\frac{\sigma_H^j - 1}{\sigma_H^j}} \\ + \alpha_{REH}^j \{\beta_{REH}^j x_{REH}^j\}^{\frac{\sigma_H^j - 1}{\sigma_H^j}} \\ + \alpha_{LH}^j \{\beta_{LH}^j l_H^j\}^{\frac{\sigma_H^j - 1}{\sigma_H^j}} \end{array} \right]^{\frac{\sigma_H^j}{\sigma_H^j - 1}} \quad (16)$$

ただし、 $z_H^j, q_H^j$  は合成消費・サービス財投入量とその価格、 $x_{REH}^j, p_{RE}^j$  は不動産サービス消費量と不動産サービス価格、 $l_H^j, w^j$  は余暇消費量と賃金率、 $\alpha_{ZH}^j, \alpha_{REH}^j, \alpha_{LH}^j$  と  $\beta_{ZH}^j, \beta_{REH}^j, \beta_{LH}^j$  は分配パラメータ ( $\alpha_{ZH}^j + \alpha_{REH}^j + \alpha_{LH}^j = 1$ ,  $\beta_{ZH}^j + \beta_{REH}^j + \beta_{LH}^j = 1$ )、 $\gamma_H^j$  は効率パラメータ、 $\sigma_H^j$  は代替弾力性パラメータである。

式(15)と式(16)を解くと、以下の需要関数が求められる。

$$z_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j (\beta_{ZH}^j)^{1 - \sigma_H^j}} \left( \frac{\alpha_{ZH}^j}{q_H^j} \right)^{\sigma_H^j} \Psi_H^{j, 1 - \sigma_H^j} \cdot v_H^j \quad (17)$$

$$x_{REH}^j = \frac{1}{\gamma_H^j (\beta_{REH}^j)^{1 - \sigma_H^j}} \left( \frac{\alpha_{REH}^j}{p_{RE}^j} \right)^{\sigma_H^j} \Psi_H^{j, 1 - \sigma_H^j} \cdot v_H^j \quad (18)$$

$$l_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j (\beta_{LH}^j)^{1 - \sigma_H^j}} \left( \frac{\alpha_{LH}^j}{w^j} \right)^{\sigma_H^j} \Psi_H^{j, 1 - \sigma_H^j} \cdot v_H^j \quad (19)$$

ただし、

$$\Psi_H^j = (\alpha_{ZH}^j)^{\sigma_H^j} \left( \frac{q_H^j}{\beta_{ZH}^j} \right)^{1 - \sigma_H^j} + (\alpha_{REH}^j)^{\sigma_H^j} \left( \frac{p_{RE}^j}{\beta_{REH}^j} \right)^{1 - \sigma_H^j} + (\alpha_{LH}^j)^{\sigma_H^j} \left( \frac{w^j}{\beta_{LH}^j} \right)^{1 - \sigma_H^j}$$

式(17), 式(18), 式(19)を式(15)に代入すると、効用水準—支出水準変換係数が得られる。

$$p_V^j = \frac{1}{\gamma_H^j} \Psi_H^{j, 1 - \sigma_H^j} \quad (20)$$

式(15)の  $p_V^j v_H^j$  は、地域  $j$  に居住する家計の支出水準である。そして、この支出水準は、家計の所得制約条件より地域  $j$  の家計所得  $\Omega_H^j$  と一致する。

### (4) 運輸企業の行動モデル

運輸サービス供給者である運輸企業の運輸サービス生産行動モデルの枠組みは、企業の生産行動モデルと全く同じである。ただし、OD 別の運輸サービスを生産するとしている点と、交通政策が運輸企業の生産行動に与える影響が評価できるようにモデル化している点に差異がある。

OD 別の運輸サービスを生産するという点に関して、運輸サービス価格は以下のように得られる。

$$p_{Fm}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{Fm}^{j,k}} \Psi_{Fm}^{j,k, 1 - \sigma_{Fm}^{j,k}} \quad (21)$$

ただし、

$$\Psi_{Fm}^{j,k} = (\alpha_{ZFm}^{j,k})^{\sigma_{Fm}^{j,k}} \left( \frac{q_{ZFm}^{j,k}}{\beta_{ZFm}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_{Fm}^{j,k}} + (1 - \alpha_{ZFm}^{j,k})^{\sigma_{Fm}^{j,k}} \left( \frac{pf_{ZFm}^{j,k}}{1 - \beta_{ZFm}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_{Fm}^{j,k}}$$

$q_{ZFm}^{j,k}$  は貨物輸送サービスの価格、 $pf_{ZFm}^{j,k}$  は貨物運輸の価格、 $\alpha_{ZFm}^{j,k}, \beta_{ZFm}^{j,k}$  は分配パラメータ、 $\gamma_{Fm}^{j,k}$  は効率パラメータ、 $\sigma_{Fm}^{j,k}$  は代替弾力性パラメータ、添字  $jk$  は地域  $j$  から地域  $k$  への貨物輸送サービス、添字  $Fm$  は交通機関別の貨物運輸を表す。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。

交通政策が運輸企業の生産行動に与える影響に関しては、運輸企業の労働と自動車などの輸送機械が

主である資本を投入し、交通路を移動してものや人を輸送するという運輸サービスを生産している。まず、運輸企業の生産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交通所要時間と労働、資本に関してゼロ次同次性を有する合成生産要素関数は以下のように表される。なお、ここでも貨物運輸  $Fm$  のモデル化を示す。

$$cf_{Fm}^{j,k}(t_{Fm}^{j,k}, l_{Fm}^{j,k}, k_{Fm}^{j,k}) = cf_{Fm}^{j,k}(\lambda t_{Fm}^{j,k}, \lambda l_{Fm}^{j,k}, \lambda k_{Fm}^{j,k}) \quad (22)$$

$t_{Fm}^{j,k}$  は交通機関  $Fm$  の地域  $j-k$  間の交通所要時間、 $l_{Fm}^{j,k}, k_{Fm}^{j,k}$  は労働投入量、資本投入量である。

式(22)の $\lambda$ を以下のようにおく。

$$\lambda = \frac{t_{Fm}^{j,k^A}}{t_{Fm}^{j,k}} \quad (23)$$

ただし、添字 A は交通整備なしを表す。

式(23)を式(22)に代入すると、合成生産要素関数は以下のようになる。

$$cf_{Fm}^{j,k} = cf_{Fm}^{j,k}(eff_{Fm}^{j,k} \times l_{Fm}^{j,k}, eff_{Fm}^{j,k} \times k_{Fm}^{j,k}) \quad (24)$$

$eff_{Fm}^{j,k} : \left[ \frac{t_{Fm}^{j,k^A}}{t_{Fm}^{j,k}} \right]$  であり、運輸企業の生産要素投入の効率性を表す指標と解釈できる。

式(24)に従えば、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。

$$pf_{Fm}^{j,k} cf_{Fm}^{j,k} = \min_{l_{Fm}^{j,k}, k_{Fm}^{j,k}} [w_{Fm}^{j,k} l_{Fm}^{j,k} + r_{Fm}^{j,k} k_{Fm}^{j,k}] \quad (25)$$

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

$$= \gamma_{CFm}^{j,k} \begin{bmatrix} \alpha_{LFm}^{j,k} \\ \left\{ \begin{array}{l} \beta_{LFm}^j \\ eff_{Fm}^{j,k} \times l_{Fm}^{j,k} \end{array} \right\} \frac{\sigma_{CFm}^j - 1}{\sigma_{CFm}^j} \\ + (1 - \alpha_{LFm}^{j,k}) \\ \left\{ \begin{array}{l} (1 - \beta_{LFm}^j) \\ eff_{Fm}^{j,k} \times k_{Fm}^{j,k} \end{array} \right\} \frac{\sigma_{CFm}^j - 1}{\sigma_{CFm}^j} \end{bmatrix}^{\frac{\sigma_{CFm}^j}{\sigma_{CFm}^j - 1}} \quad (26)$$

式(25)と式(26)を解くと、以下の需要関数が得られる。

$$l_{Fm}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{CFm}^{j,k} (\beta_{LFm}^{j,k} eff_{Fm}^{j,k})^{1 - \sigma_{CFm}^{j,k}}} \left( \frac{\alpha_{LFm}^{j,k}}{w_{Fm}^{j,k}} \right)^{\sigma_{CFm}^{j,k}} \Psi_{CFm}^{j,k} \frac{\sigma_{CFm}^{j,k}}{1 - \sigma_{CFm}^{j,k}} \times cf_{Fm}^{j,k} \quad (27)$$

$$k_{Fm}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{CFm}^{j,k} (\{1 - \beta_{LFm}^{j,k}\} eff_{Fm}^{j,k})^{1 - \sigma_{CFm}^{j,k}}} \left( \frac{1 - \alpha_{LFm}^{j,k}}{r_{Fm}^{j,k}} \right)^{\sigma_{CFm}^{j,k}} \Psi_{CFm}^{j,k} \frac{\sigma_{CFm}^{j,k}}{1 - \sigma_{CFm}^{j,k}} \times cf_{Fm}^{j,k} \quad (28)$$

ただし、

$$\Psi_{CFm}^{j,k} = (\alpha_{LFm}^{j,k})^{\sigma_{CFm}^{j,k}} \left( \frac{w_{Fm}^{j,k}}{\beta_{LFm}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_{CFm}^{j,k}} + (1 - \alpha_{LFm}^{j,k})^{\sigma_{CFm}^{j,k}} \left( \frac{r_{Fm}^{j,k}}{\{1 - \beta_{LFm}^{j,k}\} eff_{Fm}^{j,k}} \right)^{1 - \sigma_{CFm}^{j,k}}$$

式(27)と式(28)を式(25)と式(26)に代入すると合成生産要素価格が求められる。

$$pf_{Fm}^{j,k} = \frac{1}{\gamma_{CFm}^{j,k}} \Psi_{CFm}^{j,k} \frac{1}{1 - \sigma_{CFm}^{j,k}} \quad (29)$$

この合成生産要素価格が、OD 間交通所要時間に依存して決定される生産要素投入効率性の関数となっており、本 SCGE モデルは、交通整備等の影響の一部はこの合成生産要素価格の変化から波及していく構造となっている。

## 5. 中部横断自動車道整備の評価結果

### (1) 交通所要時間の計測方法

中部横断自動車道整備有無に対するゾーン間所要時間の計測方法を述べる。まず、ArcGIS を用いて道路ネットワークを構築した。各リンクに対し、道路種別ごとの速度を設定し、リンク所要時間を求めた。その上で、南部区間(増穂 IC-新清水 JCT)の整備有無と北部区間(佐久小諸 JCT-長坂 JCT)の整備有無のそれぞれについて、最短経路探索によりゾーン間所要時間を算出した。このゾーン間所要時間を用いて、SCGE モデルによる分析を行った。

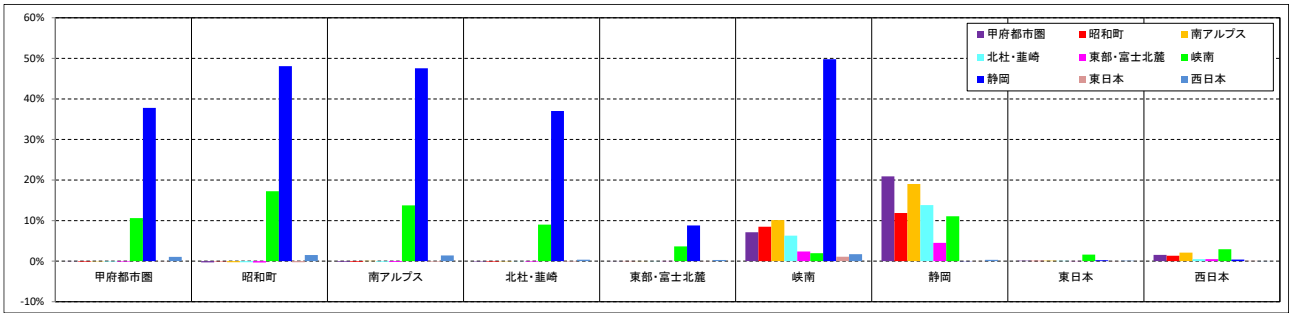


図-3 南部区間の旅客交通量変化率

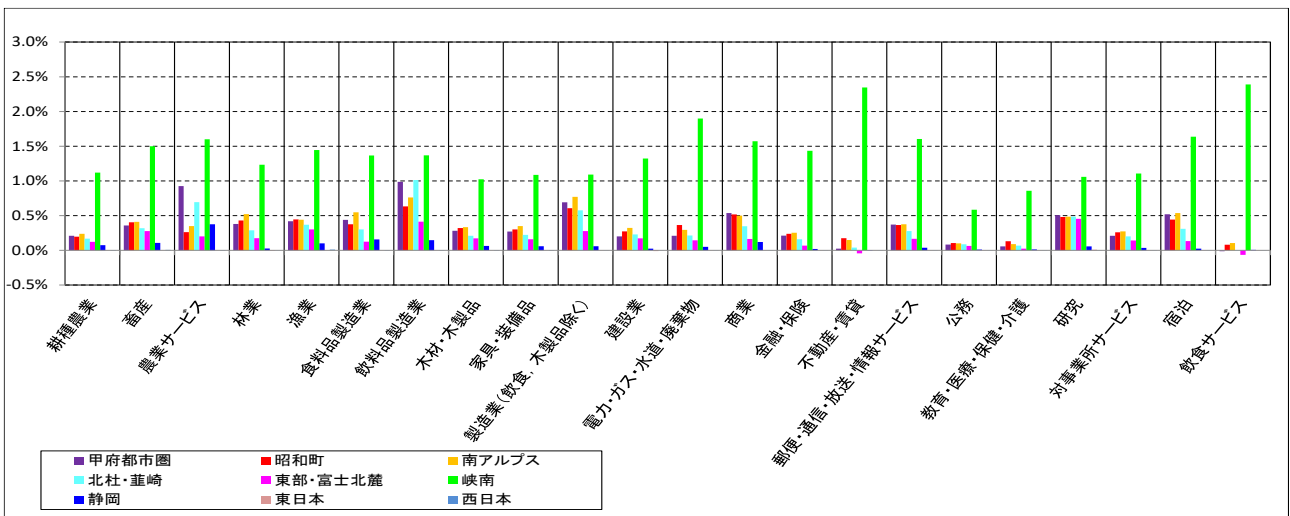


図-4 南部区間の地域別産業別生産量変化率

(2) 南部区間の交通量変化率と生産量変化率

南部区間の開通により、目的地までの移動時間が短縮されるため、運輸企業による物流の活性化や家計の時間費用節約による観光の活性化が考えられる。SCGE 分析による交通量変化は、これらの活性化効果を表す一つの指標である。下図は、旅客交通量変化率と生産量変化率を表した図である。なお、料金抵抗を考慮した一般化所要時間での分析を示している。旅客交通量変化は、9つの地域それぞれにどの程度の交通量分布が発生したのかを表しており、生産量変化では、産業ごとの各地域にどれほど生産増加が見込まれるのかを表している。

旅客の場合、山梨県内の各地域から静岡への OD 交通量変化が非常に大きいことが分かった。また、静岡から山梨県内各地への OD 交通量変化もある程度増加している。

生産量の変化では、峡南地域に顕著な変化が見られた。交通量の変化率が大きい静岡だったが、生産量の変化率はそれほど大きくなかった。峡南地域は、

元々の生産額が静岡と比べて少なく、そのため生産変化率は大きくなったものと考えられる。一方、静岡は、静岡県全体が一地域となっていることから、静岡県全体では元々の生産額が大きく、そのため変化率は大きくならなかったものと考えられる。

(3) 北部区間の旅客交通量変化率と生産量変化率

南部区間と同様に、北部区間の開通による旅客交通量変化率や生産量変化率を図に示した。旅客の交通量変化は、上田から山梨や静岡への OD 交通量が非常に大きい。また、山梨県内各地と静岡からは上田への OD 交通量変化の大きいことが分かった。

生産量変化率では、飲食料品や宿泊などの生産量変化の大きいことが分かった。特に、北部区間の開通によって、山梨県内各地での宿泊の増加が期待されることが示唆された。

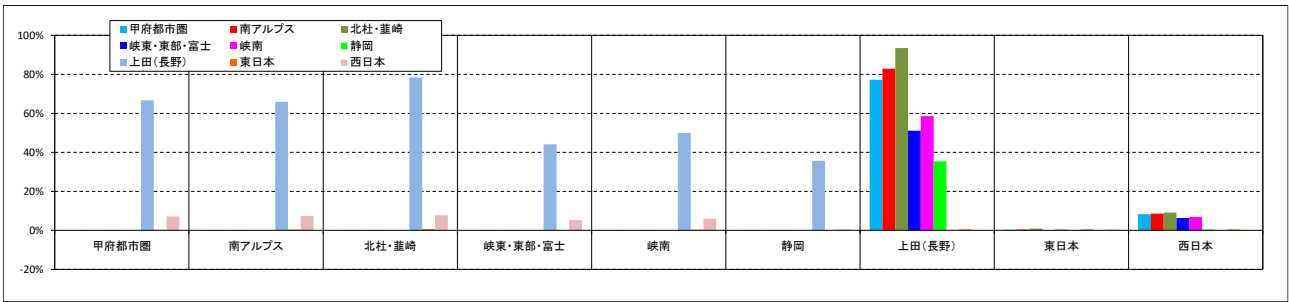


図5 北部区間の旅客交通量変化率

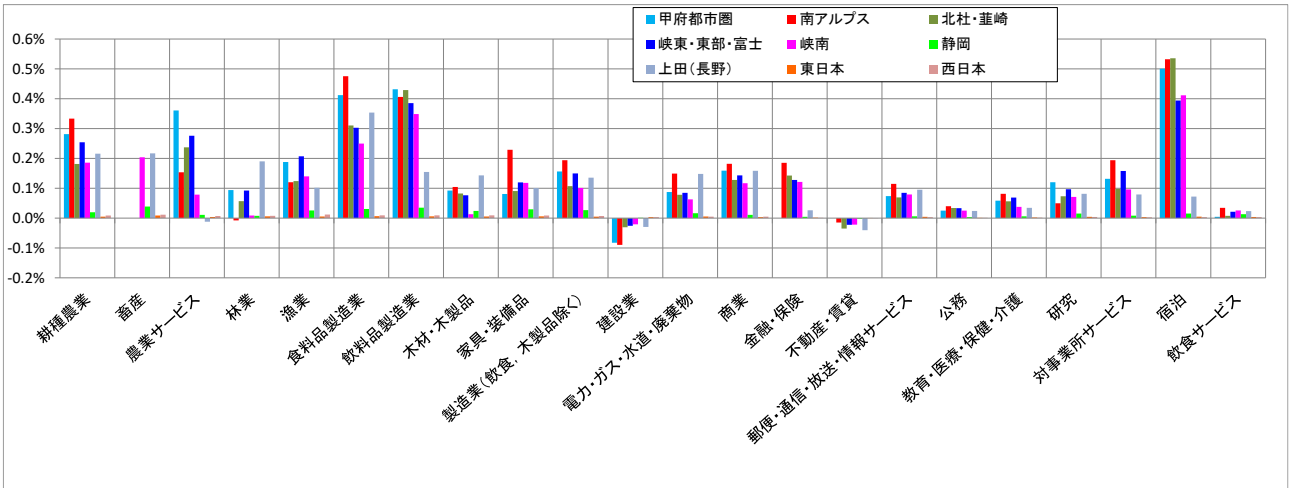


図6 北部区間の地域別産業別生産量変化率

#### (4) 便益計測

ここでは、所要時間と高速道路の料金抵抗を考慮した一般化所要時間により計測したそれぞれの便益の結果を示す。

一般化所要時間での南部区間の地域帰着便益は、甲府都市圏 52.5(億円/年)、昭和町 7.6(億円/年)、南アルプス 11.3(億円/年)、北杜・韮崎 11.5(億円/年)、東部・富士北麓9.9(億円/年)、峡南 16.5(億円/年)、静岡 101.9(億円/年)、東日本 25.9(億円/年)、西日本 37.8(億円/年)という結果になった。年間あたりの地域帰着便益は、274.8 億円となり、50 年換算の便益で計測すると、6178 億円であった。

一般化所要時間での北部区間の地域帰着便益は、甲府都市圏 39.1(億円/年)、南アルプス 7.1(億円/年)、北杜・韮崎 7.7(億円/年)、峡東・東部・富士 17.6(億円/年)、峡南 2.0(億円/年)、静岡 21.0(億円/年)、上田(長野)48.3(億円/年)、東日本 57.3(億円/年)、西日本 97.0(億円/年)という結果になった。年間あたりの地域帰着便益は 297.0 億円となり、50年換算の便益で計測すると、6678 億円であった。

図から、南部区間と北部区間も同様に所要時間よりも一般化所要時間で計測した方が全体的に便益は大きいことが分かった。これは、所要時間に高速道路の料金抵抗を加味した分が上乗せされるため、便益が大きくなった。

また、一人当たり便益は南部区間では昭和町や峡南、北部区間では上田や南アルプス、北杜・韮崎といった箇所に大きな便益が生じている。これは、中部横断自動車道の沿線では、一人当たりでみた場合に大きな便益を生む可能性があると考えられる。

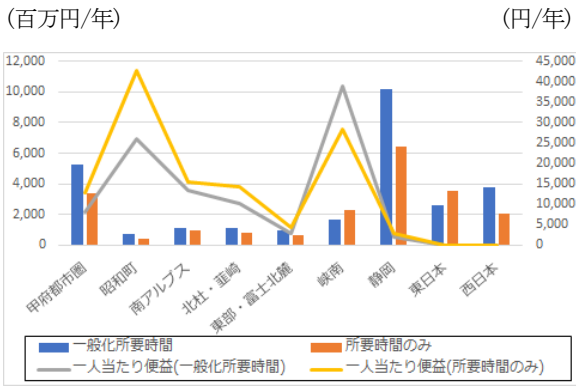


図-7 南部区間の地域帰着便益

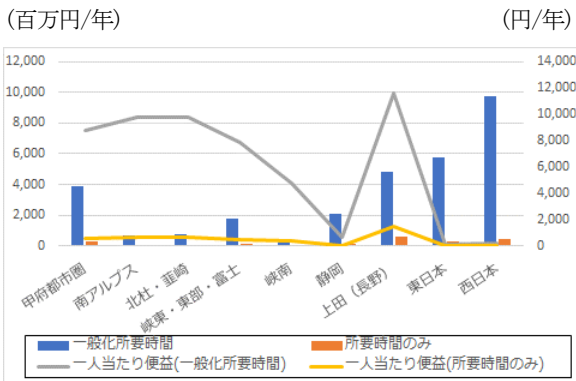


図-8 北部区間の地域帰着便益

## 6. おわりに

本研究では、中部横断自動車道整備の経済評価を南部区間と北部区間に分けて、料金抵抗を考慮した上で、料金無料化の効果も含めて計測した。また、居住地選択行動を定式化し、SCGEモデルに組み込むことも検討した。

居住地選択行動では、家計が日本全体で獲得する効用水準 $v_H$ を、居住地 $j$ で獲得(消費)する効用水準 $v_H^j$ に配分する問題としてモデル化した。この細分化された効用水準を、従来のSCGEモデルに組み込むことにより波及的效果を計測できるように検討した。ただし、本研究の計測結果には、この点が考慮できていない。その計測は今後の課題としたい。

料金抵抗を考慮した一般化所要時間は、高速道路料金を貨物や旅客の時間価値でそれぞれ除し、それを所要時間に加えることにより求めた。

料金抵抗を考慮した場合の便益は、料金抵抗を考慮していない場合よりも、大きな便益を生むことが分かった。料金抵抗を考慮した分析が必要であることが明らかにできた。

北部区間の料金抵抗有無による便益差が非常に大きい東日本、西日本には、中部横断自動車道沿線ではない地域が多く含まれている。この結果から、目的地までの長い距離を走行する貨物や旅客では、料金抵抗が重要であり中部横断自動車道の無料区間は費用が節約できるため、選択されやすいものと考えられる。それに対して、中部横断自動車道沿線地域では、料金抵抗の影響はそれほど大きくはなく、それらの有無に対して便益が大きく変化する結果にはならなかったものと思われる。

今後の課題として、まず、居住地の選択行動モデルを考慮したSCGEモデルにより数値計算を実施すること、また、本研究の料金設定が最適な設定であったのか検討していくことが必要である。

## 謝辞:

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(C) [課題番号 19K04658] (研究代表者: 南山大学 石川良文教授) の研究成果の一部である。また、山梨経済同友会 (長澤重俊代表幹事, 入倉要代表幹事) のリニア・中央横断道部会 (五領田周司部会長) の皆様から貴重なご意見をいただいた。ここに記して感謝の意を表したい。

## REFERENCES

- 1) 阿部宏史, 谷口守, 新家誠憲, 岸田康治: 高速道路整備による都道府県間所要時間の短縮と地域間貨物流動への影響, 地域科学研究, 第34巻第1号, pp. 185-201, 2003. [Abe, H., Taniguchi, M., Shinke, T and Kishida, Y.: Shortening of inter-prefecture travel times and impact on inter-regional freight flows due to expressway development, Regional Science Research, Vol. 34, Issue 1, pp. 185-201, 2003.]
- 2) 奥田隆明: CES型土地利用モデルの開発, 土木学会論文集 D, Vol. 65, No. 4, pp. 493-502, 2009.12. [Okuda, T.: Development of CES-type land use model, Civil Engineering Society Proceedings D, Vol. 65, No. 4, pp. 493-502, 2009.12.]
- 3) 武藤慎一, 宮下光弘, 右近崇, 水谷洋輔, 猪狩祥平: 都市内交通整備評価のための一般均衡型CUEモデルの開発, 土木学会論文集 D3, Vol. 75, No. 5, (土木計画学研究・論文集第34巻) pp. 163-181, 2017. [Muto, S., Miyashita, M., Ukon, T., Mizutani, Y. and Igari, S.: Development of a general equilibrium CUE model for the evaluation of intra-urban transportation improvements, Civil Engineering Society Proceedings D3, Vol. 75, No. 5, (Journal of Civil Engineering and Planning, Transactions, Vol. 34.) pp. 163-181, 2017.]
- 4) 武藤慎一, 東山洋平, 河野達仁, 福田敦: 交通生産内生型SCGEモデルの開発, 土木学会論文集, Vol. 75, No. 3, pp. 139-157, 2019.

[Muto,S.,Higashiyama,Y.,Kono,T.,Hukuda,A.:Development of an endogenous SCGE model for transportation production, Civil Engineering Society Proceedings,

Vol.75, No.3, pp.139-157, 2019.]

(Received March 6, 2023)