

旅客トリップを明示したSCGEモデルの構築とその応用

SCGE model for passenger transport improvement

小池淳司*¹⁾・上田孝行*²⁾・宮下光宏*³⁾

Atsushi KOIKE, Takayuki UEDA and Mitsuhiro MIYASHITA

1. はじめに

近年、応用一般均衡分析（CGEあるいはAGE分析）のプロジェクト評価への適用が積極的に研究・開発されてきている¹⁾。これは社会資本投資に対する事業の正当性、予算配分の合理性、そして、意思決定過程の透明化などが社会的に強く求められ、プロジェクト評価手法に対して理論的基礎を持つ実証分析が要求されている背景がある。

本来、応用一般均衡分析は経済構造政策の定量的な評価のための分析道具として理論的実証的に発展してきた。その発展は1960年代半ばのScarfによる均衡価格の近似的算出のアルゴリズムにより、従来のWalras型一般均衡モデルを解くことが可能になったことに始まる。その後、欧米では政策分析の有効なツールとして租税、国際貿易（Shoven and Whalley(1992)²⁾）、そして、地球環境（Greenaway et al.(1993)³⁾）の分野で応用されてきた。わが国では橋本・市岡他(1990)⁴⁾により公共投資、社会保証制度、直間比率、消費税にかかわる公共政策の分析が実施されてきた。

このような応用一般均衡分析の理論的・実証的發展を受けて、わが国では応用一般均衡モデルを社会資本整備の評価手法として応用する試みが、1980年代半ばから、土木計画学の分野を中心に行われてきた。図-1は土木計画学の分野でのプロジェクト評価のための応用一般均衡分析の発展を概念的にまとめたものである。これらのモデルの発展経緯は対象プロジェクトの違いにより、主に非空間モデルと空間モデルに大別できる。また、対象プロジェクトは交通整備をはじめ地域開発・環境政策など幅広く適用されてきている。

ここで、応用一般均衡モデルをプロジェクト評価に適用にすることの利点をまとめると①産業連関表など既に整備されている社会経済データを利用することが可能②パラメータのキャリブレーション手法がある程度確立されており、現況再現性が高い③プロジェクト便益をはじめ総生産、付加価値など各種経済指標を整合的に計測可能などがあげられる。

さらに、土木計画学の分野でも特に、交通整備評価における地域間交易の変化や、他地域への波及効果に着目した研究の開発は著しく、空間的応用一般均衡（SCGE）モデルと呼ばれ、都市間物流を表現するモデルが数多く開発されてきている（Miyagi(1997)⁵⁾）。しかし、従来の交通整備評価のためのSCGEモデルは、その理論的背景が空間価格均衡理論⁶⁾にあるため、旅客トリップを表現することができない。すなわち、新幹線整備計画のように業務トリップや自由トリップに影響を及ぼす都市間人流整備を評価することが不可能である。

そこで、本研究ではこれら旅客トリップを明示した空間的応用一般均衡モデルの構築を試み、新幹線整備などの旅客トリップにおける交通整備評価を行うことを目的としている。なお、都市間人流整備の経済効果に関して実証研究を行ったものに森杉・林山⁷⁾、山内・上田・河合⁸⁾などがある。これらのフレームも一般均衡理論に基づいているが、複数の産業を考慮していないという意味で、厳密な応用一般均衡モデルでないため、上記の3つの特徴を有していない。また、空間的モデルでないため、交通整備のネットワーク構造を正確に表現する事が出来ない。

本研究のモデルは以下のような特徴を有している。まず、従来から、企業の業務トリップを、生産関数（あるいは、付加価値関数）に取り込む手法として、業務トリップにより獲得可能な人的資本財水準を生産投入要素とする考え方がある⁹⁾。本研究では、このモデル化と同様の考え方で、業務トリップを投入要素の1つと

Key Words : 旅客トリップ、空間的応用一般均衡モデル

*¹⁾正会員 工博 鳥取大学 社会開発システム工学科

*²⁾正会員 工博 東京工業大学 開発システム工学専攻

*³⁾正生員 工修 東海総合研究所 調査研究部

(〒680-8552鳥取市湖山南4-101e-mail: koike@sse.tottori-u.ac.jp)

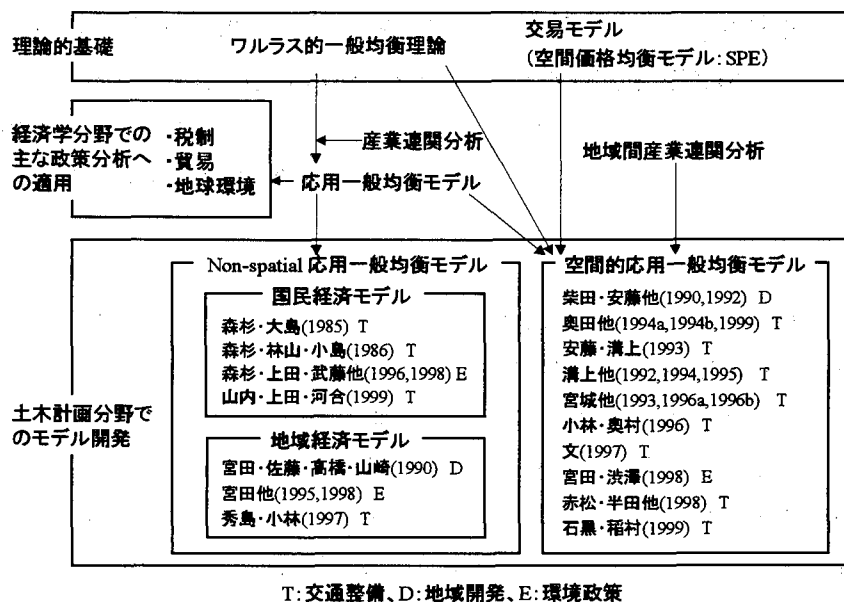


図-1 土木計画学分野での応用一般均衡モデルの開発経緯の概略(出典：小池、上田(2000)¹¹⁾)

して捉えることで、企業の旅客行動をモデル化している。さらに、世帯の自由トリップにおいては家計生産関数¹⁰⁾として表現することを試み、自由トリップを家計生産の投入要素として捉えることで、世帯の旅客行動をモデル化している。このモデル化によりトリップ先での財消費水準を内生的に決定する事が可能となっている。最後に、新幹線整備プロジェクトを事例に実証分析への応用をおこなっている。なお、本研究の対象としているトリップは以下の表-1に示す通りである。

表-1 本研究の位置付け

トリップの種類	土地利用交通モデル	SCGEモデル(既存)	本研究
出勤・登校トリップ	○(地域内)		
帰宅トリップ	○(地域内)		
帰社トリップ		△(物流)	△(人流)
業務トリップA(物の運搬を伴わない)			○(地域間)
業務トリップB(物の運搬を伴う)		○(地域間)	
自由トリップ(家事・買物A: 日常的)	○(地域内)		
自由トリップ(家事・買物B: 非日常的)			○(地域間)
自由トリップ(社交・娯楽)			○(地域間)
自由トリップ(観光・レクリエーション)			○(地域間)

2. モデルの前提条件

まず、以下のように変数を設定する。

$s \in S = \{1, \dots, s, \dots, S\}$: 地域を表すラベル

$i \in I = \{1, \dots, i, \dots, I\}$: 財の種類を表すラベル

$k \in K = \{1, \dots, k, \dots, K\}$: 投入要素の種類を表すラベル

また、モデル構築に際して以下のような仮定をおく。

1) S個に分割された国土空間を考える。

2) 経済主体は各地域毎に企業、世帯、交通企業の3主体より構成されている。各地域の各産業(アクティビティベース)毎に企業が1つ存在する。また、世帯・交通企業は各地域毎に1つ存在する。

3) 企業は、中間投入財と資本、労働および業務トリップを生産要素として生産を行う。また、その行動は利潤最大化行動に従う。

4) 世帯は企業に生産要素を提供し、対価を受け取る。そして、これらの所得から自地域で生産された財サービスに加えて、他地域で生産する財サービス、レクリエーション時間、交通サービスを同時に消費する(なお、この消費行動をトリップ投入型消費と呼ぶ)。また、その行動は効用最大化行動に従う。

5) 交通企業は、資本、労働を生産要素として、交通サービスを生産する。また、その行動は利潤最大化行動に従い、超過利潤は世帯に分配される。

6) 市場は各地域毎に閉じているものとする。また、社会は長期的均衡状態にある。

3. 企業の行動モデル

地域 s に立地し財 i を生産する企業は、自地域で生産された中間投入財 x_{ii}^s と労働力、資本、業務トリップにより構成される生産要素 f_i^s を使い、図-2に示すようなネスティドCES型の生産構造の生産技術を用いて商品 Q_i^s を生産するとする。

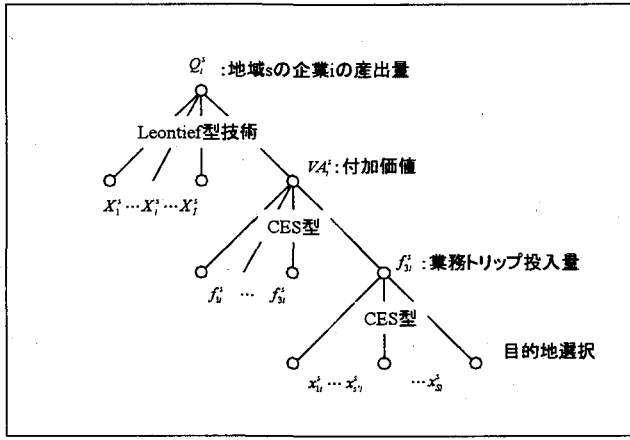


図-2 企業の生産関数構造

したがって、企業の生産関数は以下のように定式化できる。

$$Q_i^s = \min \left[\frac{VA_i^s}{a_{v_i}^s}, \frac{X_{1i}^s}{a_{1i}^s}, \dots, \frac{X_{ni}^s}{a_{ni}^s} \right] \quad (1)$$

$$VA_i^s = \phi_{1i} \left[\sum_{k \in K} \delta_k f_{ki}^s \right]^{\frac{\sigma_{1i}-1}{\sigma_{1i}}} \quad (2)$$

ただし、 VA_i^s ：付加価値関数、 $a_{v_i}^s$ ：投入係数、 $a_{v_i}^s$ ：付加価値係数、 ϕ_{1i} ：効率パラメータ、 δ_k ：分配パラメータ ($0 < \delta_k < 1$)、 σ_{1i} ：代替パラメータ

上式より、付加価値1単位あたりの生産要素需要 cf_k^s が以下のように求まる。

$$cf_k^s = \frac{f_{ki}^s}{VA_i^s} = \phi_{1i}^{-1} \delta_k \sigma_{1i} w_k^s \left[\sum_{k \in K} \delta_k \sigma_{1i} w_k^{s, 1-\sigma_{1i}} \right]^{\frac{\sigma_{1i}}{1-\sigma_{1i}}} \quad (3)$$

ただし、 w_k^s ：生産要素価格

ここで、生産要素を $k=1$ ：労働力、 $k=2$ ：資本、 $k=3$ ：業務交通とする。

次に、業務交通による生産投入要素は各地域への業務交通量の関数として表現され、その選択行動は以下の最小化問題として定式化できる。

$$\min_{x_{ji}^s} \sum_{s \in S} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) x_{ji}^s \quad (4)$$

$$\text{s.t. } f_{3i}^s = \phi_{2i} \left(\sum_{s' \in S} A_{s'i}^s x_{ji}^s \right)^{\frac{\sigma_{2i}-1}{\sigma_{2i}}}$$

ただし、 $p_{s'}^s$ ： $s'(\in S)$ までの交通費用、 $t_{s'}^s$ ： s' までの交通所要時間、 x_{ji}^s ： s' までの業務交通量（トリップ）、 $A_{s'i}^s$ ：目的地選択に関するシェアパラメータ、 ϕ_{2i} ：効率パラメータ、 σ_{2i} ：代替パラメータ

上式より、業務交通1単位あたりの各地域への業務交通需要 cx_{ji}^s が以下のように求まる。

$$cx_{ji}^s = \frac{x_{ji}^s}{f_{3i}^s} = \phi_{2i}^{-1} A_{s'i}^s \sigma_{2i} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s)^{-\sigma_{2i}} \left[\sum_{s' \in S} A_{s'i}^s (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s)^{-\sigma_{2i}} \right]^{\frac{\sigma_{2i}}{1-\sigma_{2i}}} \quad (5)$$

さらに、その時の業務交通1単位あたりの費用は業務交通の生産要素価格 w_3^s と等しくなり、以下のように求まる。

$$w_3^s = (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) cx_{ji}^s \quad (6)$$

なお、ここで得られる交通需要関数には、CES型生産関数の特徴として、総交通費用に占める各地域への交通費用の割合が以下になるという特徴がある。

$$\frac{(p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) cx_{ji}^s}{\sum_{s' \in S} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) cx_{ji}^s} = \frac{A_{s'i}^s \sigma_{2i} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s)^{-\sigma_{2i}}}{\sum_{s' \in S} A_{s'i}^s \sigma_{2i} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s)^{-\sigma_{2i}}} \quad (7)$$

すなわち、上式の両辺を交通費用で割ることで、従来の交通需要予測モデルで用いられている重力モデルと同様の形であることが確認できる。また、企業の生産構造をより階層的にモデル化することにより、交通機関選択、経路選択も同様にモデル化が可能である。

ここで、企業の技術は規模に関して収穫一定であるため、企業の提供する生産財の価格は単位生産量あたりの生産費用に等しい水準となる。すなわち、以下の式が成立する。

$$P_i^s = a_{v_i}^s \left[\sum_{k=1,2} w_k^s cf_k^s + \sum_{s' \in S} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) cx_{ji}^s \right] + \sum_{i \in I} P_i^s a_{i_i}^s \quad (8)$$

さらに、上式を全ての財に対して行列表現すると以下になる。

$$\begin{bmatrix} P_1^s \\ \vdots \\ P_i^s \\ \vdots \\ P_I^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{v_1}^s \left\{ \sum_{k=1,2} w_k^s cf_k^s + \sum_{s' \in S} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) cx_{j1}^s \right\} \\ \vdots \\ a_{v_i}^s \left\{ \sum_{k=1,2} w_k^s cf_k^s + \sum_{s' \in S} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) cx_{ji}^s \right\} \\ \vdots \\ a_{v_I}^s \left\{ \sum_{k=1,2} w_k^s cf_k^s + \sum_{s' \in S} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) cx_{jI}^s \right\} \end{bmatrix} [I - A]^{-1} \quad (9)$$

ただし、 I ：単位行列、 A ：投入係数行列

すなわち、生産財価格が上式を満たしている場合、全ての企業において超過利潤が発生しない。

4. 世帯の行動モデル

地域 s に立地する世帯は、自地域に立地する企業に生産要素（労働力、資本）を提供して、自地域の企業が生産した財 d_i^s およびトリップ投入型消費の合成財 Z^s （旅行先への交通需要 $x_{s'h}^s$ 、旅行先でのレクリエーション時間 $t_{s'R}^s$ 、旅行先での財消費 $d_{s'}^s$ の関数）、図-3に示すようなネスティッドCES型の効用関数を持つとする。

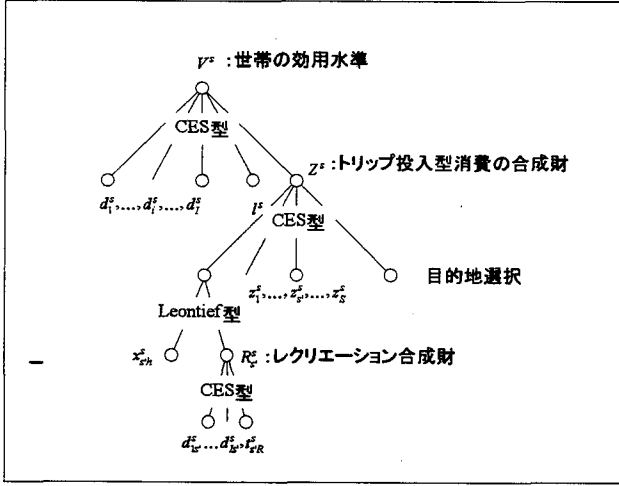


図-3 世帯の効用関数構造

したがって、世帯の効用最大化行動は以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned}
 V^s = & \\
 \max & \left[\sum_{i \in I} \left(\gamma_{1i}^s \right)^{\frac{1}{\rho_1}} \left(d_i^s \right)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} + \left(\gamma_{12}^s \right)^{\frac{1}{\rho_1}} \left(Z^s \left(d_{s1}^s, x_{s1}^s, t_{s1}^s \right) \right)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \right]^{\frac{\rho_1}{\rho_1-1}} \\
 \text{s.t.} & \sum_{i \in I} P_i^s d_i^s + \sum_{s \in S} \sum_{i \in I} P_i^s d_{is}^s + \sum_{s \in S} P_{sz}^s x_{sz}^s = \sum_{k=1,2} w_k^s F_k^s + \pi_0^s \\
 & T^s = F_1^s + \sum_{s \in S} t_{s1}^s x_{s1}^s + \sum_{s \in S} t_{sR}^s
 \end{aligned} \quad (10)$$

ただし、 V^s ：間接効用関数、 γ_{1i}^s ：最終需要に関するシェアパラメータ、 ρ_1 ：消費財の代替弾力性、 F_k^s ：世帯が所有する資本 $k=1,2$ 、 T^s ：世帯の総利用可能時間、 π_0^s ：交通企業からの分配所得

なお、制約条件の第一式は所得制約、第二式は時間制約を表している。これらは一般化価格での制約条件として以下のようにまとめることができる。

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i \in I} P_i^s d_i^s + \sum_{s \in S} \sum_{i \in I} P_i^s d_{is}^s + \sum_{s \in S} (P_{sz}^s + w_1^s t_{s1}^s) x_{s1}^s + t_{sR}^s \\
 & = w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + \pi_0^s
 \end{aligned} \quad (11)$$

上式より、各財の需要関数が以下のように求まる。

$$d_i^s = \frac{\gamma_{1i}^s (w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + \pi_0^s)}{P_i^{s \rho_1} \left[\sum_{i \in I} \gamma_{1i}^s P_i^{s(1-\rho_1)} + \gamma_{12}^s P_{sz}^{s(1-\rho_1)} \right]} \quad (12)$$

$$Z^s = \frac{\gamma_{12}^s (w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + \pi_0^s)}{P_{sz}^{s \rho_1} \left[\sum_{i \in I} \gamma_{1i}^s P_i^{s(1-\rho_1)} + \gamma_{12}^s P_{sz}^{s(1-\rho_1)} \right]} \quad (13)$$

ただし、 P_{sz}^s ：トリップ投入型消費の合成財価格

次に、世帯はトリップ投入型消費の合成財消費 Z^s （各地域毎のトリップ投入型消費の合成財 z_{sz}^s の関数）をどの地域で消費するかを選択する。その選択行動は以下の最大化問題として定式化できる。

$$\begin{aligned}
 Z^s = \max_{z_{sz}^s} & \left\{ \sum_{s \in S} \left(\gamma_{2s}^s \right)^{\frac{1}{\rho_2}} \left(z_{sz}^s \right)^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \right\}^{\frac{\rho_2}{\rho_2-1}} \\
 \text{s.t.} & P_{sz}^s Z^s = \sum_{s \in S} P_{sz}^s z_{sz}^s
 \end{aligned} \quad (14)$$

ただし、 γ_{2s}^s ：目的地選択に関するシェアパラメータ、 P_{sz}^s ：地域毎のトリップ投入型消費の合成財価格

上式より、各地域毎のトリップ投入型消費の合成財の需要量が以下のように求まる。

$$z_{sz}^s = \frac{P_{sz}^{s-\rho_2} \gamma_{2s}^s (P_{sz}^s Z^s)}{\sum_{s \in S} \gamma_{2s}^s P_{sz}^{s(1-\rho_2)}} \quad (15)$$

さらに、この最適化条件に付随するラグランジュ乗数より、トリップ投入型消費の合成財の価格 P_{sz}^s が以下のように求まる。

$$P_{sz}^s = \left[\sum_{s \in S} \gamma_{2s}^s P_{sz}^{s(1-\rho_2)} \right]^{\frac{1}{1-\rho_2}} \quad (16)$$

次に、世帯は各地域毎のトリップ投入型消費 z_{sz}^s （各地域への交通需要 x_{s1}^s とレクリエーション合成財 R_{s1}^s の関数）の交通費用とそれ以外の費用にどれくらい割り振るかを選択する。その選択行動は以下のトリップ投入型消費に必要な費用 C_{sz}^s の最小化行動として定式化できる。なお、ここでの選択に際してはレオンチェフ型を採用する。

$$\begin{aligned}
 C_{sz}^s = \min & \left[(P_{sz}^s + w_1^s t_{s1}^s) x_{s1}^s + P_{sR}^s R_{s1}^s \right] \\
 \text{s.t.} & z_{sz}^s = \min \left\{ \frac{x_{s1}^s}{b_1}, \frac{R_{s1}^s}{b_2} \right\}
 \end{aligned} \quad (17)$$

ただし、 b_1, b_2 ：消費割合を表すパラメータ、 P_{sR}^s ：レクリエーション合成財の価格

上式より、交通需要量と各消費地でのレクリエーション合成財の需要量が以下のように求まる。

$$x_{s1}^s = z_{sz}^s b_1, \quad R_{s1}^s = z_{sz}^s b_2 \quad (18), (19)$$

さらに、各地域毎のトリップ投入型消費の合成財 z_{sz}^s の価格 P_{sz}^s は 1 単位あたりの費用として以下のように求まる。

$$P_{sz}^s = P_{s1}^s b_1 + P_{sR}^s b_2 \quad (20)$$

最後に、世帯はレクリエーション合成財 R_{s1}^s （旅行先で消費する財消費 d_{s1}^s と旅行先で費やす余暇時間 t_{sR}^s の関数）における各財と余暇時間の消費水準を決定する。この段階での世帯の旅客行動は、そこへ出かけた際に、世帯が自ら消費財を生産し消費していると解釈する、家計生産関数（household production function）¹⁰⁾ の概念を用いるとする。この場合、世帯行動は以下の費用最小化行動として定式化できる。

$$\min_{d_{is}^s, t_{sR}^s} \left(\sum_{i \in I} P_i^s d_{is}^s + w_1^s t_{sR}^s \right) \quad (21)$$

$$\text{s.t. } R_s^s = \phi_s \left[\sum_{i \in I} \delta_{ih} d_{is}^s \frac{\sigma_h - 1}{\sigma_h} + \delta_{0h} t_{sR}^s \frac{\sigma_h - 1}{\sigma_h} \right]^{\frac{\sigma_h}{\sigma_h - 1}}$$

ただし、 δ_{ih}, δ_{0h} ：家計生産関数における分配パラメータ、 σ_h ：家計生産関数におけるシェアパラメータ

上式より、レクリエーション合成財1単位あたりの当該地域での財消費量および余暇時間消費量が以下のように求まる。

$$d_{is}^s = R_s^s \cdot \phi_s^{-1} \delta_{ih} P_i^s P_s^{s-1-\sigma_h} \left[\sum_{i \in I} \delta_{ih} \sigma_h P_i^s P_s^{s-1-\sigma_h} + \delta_{0h} \sigma_h w_1^s P_s^{s-1-\sigma_h} \right]^{\frac{\sigma_h}{1-\sigma_h}} \quad (22)$$

$$t_{sR}^s = R_s^s \cdot \phi_s^{-1} \delta_{0h} \sigma_h w_1^s P_s^{s-1-\sigma_h} \left[\sum_{i \in I} \delta_{ih} \sigma_h P_i^s P_s^{s-1-\sigma_h} + \delta_{0h} \sigma_h w_1^s P_s^{s-1-\sigma_h} \right]^{\frac{\sigma_h}{1-\sigma_h}} \quad (23)$$

さらに、レクリエーション合成財の価格 P_{sR}^s はレクリエーション合成財1単位あたりの生産費用と等しくなり、以下のように求まる。

$$P_{sR}^s = \sum_{i \in I} \left(P_i^s \frac{d_{is}^s}{R_s^s} \right) + w_1^s \frac{t_{sR}^s}{R_s^s} \quad (24)$$

5. 交通企業の行動モデル

地域 s に立地する交通企業は、自地域の世帯からの労働力 f_{10}^s 、資本 f_{20}^s を生産要素として、交通サービス Q_0^s を生産するものとする。また、その生産関数を以下のように定式化する。

$$Q_0^s = \min \left[\frac{f_{10}^s}{c_1^s}, \frac{f_{20}^s}{c_2^s} \right] \quad (25)$$

ただし、 c_1^s, c_2^s ：交通企業の投入係数

上式より、交通企業における生産要素需要関数は以下のように求まる。

$$f_{k0}^s = c_k^s Q_0^s \quad \text{ただし、} k=1,2 \quad (26)$$

また、交通企業は規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため、常に、需要に見合うだけの供給を生産し、超過利潤が以下ようになる。

$$\pi_0^s = \sum_{s \in S} P_s^s \left(\sum_{i \in I} x_{is}^s + x_{sR}^s \right) - \sum_{k \in 1,2} w_k^s f_{k0}^s \quad (27)$$

ただし、 $Q_0^s = \sum_{s \in S} \sum_{i \in I} x_{is}^s + x_{sR}^s$

6. 経済均衡の表現

本モデルは、企業の生産に対して、規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため、企業は常に需要に見合うだけの生産を行う。すなわち、本モデルの均衡条件としては生産要素市場に関する均衡条件が満たされればよい。また、全ての市場は地域内で閉じている

ため、地域 s での生産要素市場に関する均衡条件は以下ようになる。

$$\begin{aligned} \sum_{i \in I} w_i^s (a_{is}^s Q_i^s(P^s) f_{1i}^s) + w_1^s (c_1^s Q_0^s(P^s)) &= w_1^s \left[T^s - \sum_{s \in S} t_{sR}^s x_{sR}^s(P^s) - \sum_{s \in S} t_{sR}^s(P^s) \right] \\ \sum_{i \in I} w_2^s (a_{is}^s Q_i^s(P^s) f_{2i}^s) + w_2^s (c_2^s Q_0^s(P^s)) &= w_2^s F_2^s \end{aligned} \quad (28), (29)$$

ただし、 D^s ：地域 s の消費ベクトル、 P^s ：地域 s の生産財価格ベクトル

また、業務交通に関する生産要素需要は式(27)から、常に満たされる。さらに、企業の生産量は地域内最終需要と地域外からトリップを伴う消費の関数として以下のように表現できる。

$$\begin{bmatrix} Q_1^s \\ \vdots \\ Q_i^s \\ \vdots \\ Q_s^s \end{bmatrix} = [I - A]^{-1} \begin{bmatrix} d_1^s + \sum_{s \in S} d_{1s}^s \\ \vdots \\ d_i^s + \sum_{s \in S} d_{is}^s \\ \vdots \\ d_s^s + \sum_{s \in S} d_{ss}^s \end{bmatrix} \quad (30)$$

なお、このフレームにおいて交通整備事業などを評価する場合には、整備前後の所要費用および所要時間を外生的に与え、均衡計算の結果から効用水準の変化を計測することで旅客トリップにおける交通整備を評価することが可能である。

7. 旅客交通便益の定義

本モデルにおける政策変数は交通整備前後における交通所要費用と交通所要時間である。すなわち、旅客交通整備の便益は整備前後の状態における世帯の効用水準の変化量として定義する。そこで、地域別便益 EV^s は間接効用関数に等価的偏差EVの概念を用いると以下のように定式化できる¹²⁾。

$$\begin{aligned} EV^s &= e(P^s, V^{s*}) - e(P^0, V^{s*}) \\ &= I^{s*} \left[\frac{V^{s*} - V^{s*0}}{V^{s*0}} \right] \end{aligned} \quad (31)$$

ただし、 e ：支出関数、 P ：全地域の価格ベクトル、 I ：可処分所得 ($= w_1^s T^s + w_2^s F_2^s + \pi_0^s$)、 w_{k0} ：それぞれ交通整備前後の状態を表す。

また、総社会的便益 SNB は以下ようになる。

$$SNB = \sum_{s \in S} EV^s \quad (32)$$

8. 新幹線整備への応用

対象路線は図-4に示す北海道・東北新幹線、北陸新幹線、九州新幹線の3路線とする。点線は対象とする新

幹線、実線は既存新幹線、●は各地域の代表都市を示す。本研究が対象としている新規路線を通過する主な都市は以下の通りである。

【整備新幹線のルートと総延長】		
北海道・東北新幹線（盛岡－青森－函館－札幌）	総延長 540km	
北陸新幹線（長野－富山－金沢－福井－京都－大阪）	総延長 410km	
九州新幹線（博多－佐賀－長崎，博多－熊本－鹿児島）	総延長 410km	

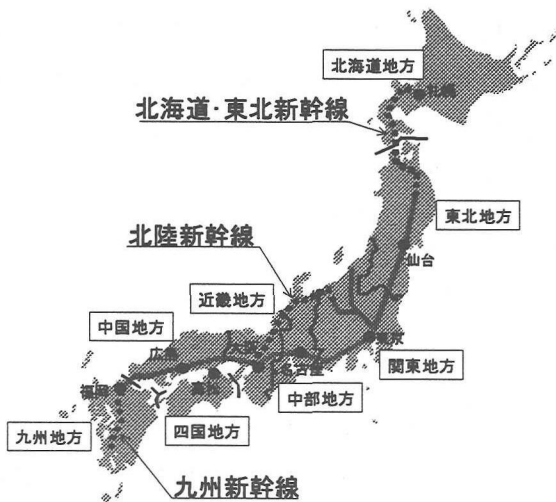


図-4 地域区分および対象路線

本研究では、地域区分は地域間産業連関表に基づいて9地域の国土空間を考えた。産業区分は国内産業連関表¹²⁾を用いて、表-2のように7部門に区分した。ただし、運輸業を除いている。

表-2 産業区分

産業区分名	産業名
農林水産業	農林水産業
製造業	製造業、鉱業
建設業	建設業
電力・ガス・水道	電力・ガス・水道
商業	商業
金融・保険	金融・保険、不動産
サービス	サービス、通信・放送、公務、分類不明

(1) パラメータの設定

実証分析をおこなうため、パラメータの設定をおこなう。パラメータの設定方法は、応用一般均衡モデルにおいて一般的に適用されているキャリブレーション手法を用いる。

本研究が対象とする生産要素は労働、資本、業務交通の3部門である。企業の生産要素である労働部門は地域間産業連関表の粗付加価値部門の「雇用者所得」、資本部門は「営業余剰」、業務交通部門は運輸業における「中間投入額」とした。また、交通企業の生産要

素は運輸業における付加価値部門の「雇用者所得」を労働部門、「営業余剰」を資本部門とした。なお、表-3～5はパラメータおよび外生変数の導出方法と出典をまとめたものである。

表-3 パラメータの設定（企業）

パラメータ	導出方法	出典
ϕ_{li}	$\phi_{li} = \frac{\sum_{k \in K} w_k^i f_k^s}{\left[\sum_{k \in K} \delta_k^s f_k^s \frac{\sigma_{li}^{-1}}{\sigma_{li}} \right]^{\frac{\sigma_{li}}{\sigma_{li}-1}}}$	地域間産業連関表 ¹³⁾
ϕ_{2i}	回帰分析	地域間産業連関表 ¹³⁾ 、幹線旅客純流動調査 ¹⁵⁾
$\phi_h, \sigma_{li}, \sigma_h$	既存研究より	
δ_{ki}	労働：雇用者所得、資本：営業余剰、業務交通：運輸業の内生部門計の比率	地域間産業連関表 ¹³⁾
c_k^s	運輸業の付加価値の労働と資本の比率	
A^s a_{vi}^s	内生部門/生産額 付加価値/生産額	
$\sigma_{2i},$	1.0	既存研究 ¹²⁾

表-4 パラメータの設定（世帯）

パラメータ	導出方法	出典
γ_{li}^s γ_{1Z}^s	地域内消費：地域外消費の比率 10大消費項目、地域外消費：外食、交通、宿泊料、バック旅行費、地域内消費：地域外消費以外	家計調査年報 ¹⁶⁾
ρ_1	0.8	既存研究 ¹²⁾
$A_{s'i}^s$	旅行目的別(秋期,日)仕事目的	幹線旅客純流動 ¹⁵⁾
$\gamma_{2s'}^s$	旅行目的別(秋期1日)観光目的	
δ_{ih}, δ_{oh}	旅行費用 一費用内訳— $\sum \delta_{ih}$: その他の費用/総費用, $\delta_{oh} : 1 - \sum \delta_{ih}$	
b_1, b_2	交通費用：総費用	観光の実態と志向 ¹⁸⁾
ρ_2	1.0	既存研究 ¹²⁾

表-5 外生変数の設定

外生変数	導出方法	出典
T^s	総労働時間、余暇時間、交通消費時間の合計×地域の人口比率	日本人の生活時間 ¹⁷⁾
F_k^s	付加価値部門の各地域の資本量	地域間産業連関表 ¹³⁾
$p_{s'}^s, t_{s'}^s$		時刻表 ¹⁹⁾

(2) 計算結果

以上で決定されたパラメータを用いて、整備新幹線の整備前後における旅客トリップの変化、価格の変化

を計測した（表-6～9）。

(a) 旅客トリップの変化

表-6～8は業務・自由トリップおよび旅行先での財消費水準の変化割合を示す。なお、灰色のODペアは整備前に比べ減少したトリップを示している。表に示すように、新幹線整備によってトリップ量が増加するODペアと減少するODペアが確認された。すなわち、新幹線が整備された地域間の旅客トリップは増加し地域の活性化を促進させ、逆に整備されていない地域間は減少し地域の衰退を促していると考えることができる。

特にトリップ水準が大きく増加しているODは中部-

近畿であり業務トリップでは約4%増加している。一方、整備が実施されない地域間の多くはトリップの減少を示している。しかし、新幹線整備により国内全体における旅客トリップは業務トリップでは0.43%、自由トリップおよびトリップ先での財消費量では0.51%の増加を示している。すなわち、交通整備による交通費用の低下は、一般消費財の需要水準を下げ、交通需要およびトリップ先での財消費需要に関する誘発需要を発生させていることがわかる。また、同様に旅行先の財消費水準の変化も旅客トリップについても読み取ることができる。

表-6業務トリップ変化率（単位：%）

O \ D	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	計
北海道	0.51	0.46	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	0.38
東北	0.27	0.56	0.90	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	0.61
関東	-0.02	1.17	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	0.02
中部	-0.46	-0.46	-0.46	0.00	4.20	-0.41	-0.38	-0.46	-0.46	0.92
近畿	-0.23	-0.23	-0.29	4.43	0.23	-0.23	-0.22	-0.23	-0.23	0.61
中国	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
四国	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
九州	-0.76	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	2.04	-0.75	1.52
沖縄	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
計	0.42	0.66	-0.07	1.25	0.70	-0.13	-0.07	1.47	-0.31	0.43

表-7 自由トリップ変化率（単位：%）

O \ D	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	計
北海道	0.49	0.47	-0.05	-0.06	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	0.00	0.46
東北	0.44	0.69	1.02	-0.08	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.10	0.73
関東	0.00	1.08	0.01	0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
中部	-0.07	-0.06	0.02	0.41	3.99	0.00	0.03	-0.06	-0.07	0.91
近畿	-0.07	-0.07	-0.11	3.82	0.38	-0.03	-0.01	-0.05	-0.07	0.62
中国	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
四国	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
九州	-0.34	-0.33	-0.30	-0.31	-0.29	-0.21	-0.28	2.23	-0.30	2.09
沖縄	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
計	0.47	0.70	0.04	1.00	0.70	-0.02	0.00	1.98	-0.07	0.51

表-8トリップ先での財消費量の変化率（単位：%）

O \ D	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	計
北海道	0.49	0.47	-0.05	-0.06	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.13	0.46
東北	0.44	0.69	1.02	-0.08	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.10	0.73
関東	0.00	1.08	0.01	0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
中部	-0.08	-0.07	0.01	0.40	3.98	-0.01	0.02	-0.07	-0.08	0.90
近畿	-0.08	-0.08	-0.11	3.82	0.37	-0.04	-0.02	-0.06	-0.08	0.61
中国	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
四国	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
九州	-0.33	-0.33	-0.30	-0.31	-0.30	-0.22	-0.29	2.22	-0.30	2.08
沖縄	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
計	0.47	0.70	0.04	1.00	0.70	-0.02	0.00	1.97	-0.07	0.51

表-9 計算結果

【付加価値額（億円／年）】

	整備前	整備後	変化率(%)
北海道	18.0	18.0	0.21
東北	37.5	37.6	0.41
関東	166.7	166.8	0.04
中部	46.9	47.2	0.69
近畿	62.6	62.8	0.44
中国	24.1	24.1	0.00
四国	13.5	13.5	0.00
九州	53.6	54.1	0.88
沖縄	2.7	2.7	0.00
計	425.6	427.0	0.31

【可処分所得（億円／年）】

	整備前	整備後	変化率(%)
北海道	3.08	3.08	-0.03
東北	5.18	5.18	-0.03
関東	24.74	24.74	0.00
中部	6.67	6.67	-0.07
近畿	10.79	10.78	-0.03
中国	4.07	4.07	0.00
四国	2.20	2.20	0.00
九州	6.99	6.98	-0.13
沖縄	0.68	0.68	0.00
計	64.40	64.37	-0.04

【生産財価格】

	整備前	整備後	変化率(%)
北海道	0.001	0.001	-0.38
東北	0.001	0.001	-0.61
関東	0.001	0.001	-0.05
中部	0.001	0.001	-0.99
近畿	0.002	0.002	-0.55
中国	0.002	0.002	-0.01
四国	0.002	0.002	-0.02
九州	0.001	0.001	-0.67
沖縄	0.002	0.002	0.00
計	0.014	0.014	-0.22

表-10 各地域における便益（億円／年）

	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
等価的偏差	73	238	92	495	524	0.5	0.5	752	0	2175

(b) 各種経済変数の変化

表-9は付加価値額、可処分所得、生産財価格の変化を示している。付加価値額の変化率は新幹線が整備された九州地方でもっとも増加している。可処分所得の変化は全体的に低下しているが、生産財価格のより大きな価格の低下により、実質的には可処分所得は増加していると考えられる。また、生産財価格は沖縄を除くすべての地域で財価格が低下していることがわかる。これは、交通整備により交通費用が低下することで、企業の投入要素である業務交通の単位あたりにかかる費用が低下したためと考えられる。

(c) 総社会的便益の計測

整備新幹線が整備されたことに伴う各地域の便益を表-10に示す。表-10に示すように、整備新幹線の整備が実施される地域で便益が大きいという結果が得られた。九州地方の便益が752億／年で最も大きく、つづいて近畿地方の524億／年、中部地方の495億／年の順になっている。

最後に、表-10で示された総社会的便益は2,175億年／年となり、プロジェクトライフ30年の場合の総社会的便益は以下ようになる。

総社会的便益＝3兆7,689億円

9. おわりに

本研究では旅客トリップを明示した空間的応用一般均衡モデルを構築した。さらに、整備新幹線プロジェクトを対象に事例研究を実施し、交通行動関連のパラメータキャリブレーション手法を提案した。

モデルの特性として、本モデルを用いることで旅客

交通整備による業務トリップおよび自由トリップの需要変化を表現できると同時に便益の計測をおこなうことができた。また、モデルの特色として、世帯の行動に家計生産関数を用いたことで、旅客交通整備による効果が観光需要を促進し、さらに、観光施設での最終需要を誘発するという効果も表現することができた。さらに、目的地選択に関するシェアパラメータを当該地域での産業活動あるいは観光魅力度の関数とすることで、地域開発の誘発交通量、あるいは、地域開発と交通整備の一体開発による便益計測が可能になるという特徴を有している。

また、事例研究として整備新幹線プロジェクトの便益計測事例を紹介した。しかし、本研究のモデルフレームが地域後に閉じた経済を想定していること、あるいは、人口移動を明示的に扱っていないことから、本研究で得られた便益試算結果がどの程度妥当であるかに関してはモデルの改善を含めて検討する必要がある。

【参考文献】

- 1)土木学会：応用一般均衡モデルの公共投資評価への適用，土木計画学ワンデーセミナーシリーズ15，1998。
- 2)Shoven, J. B. and J. Whally : Applying General Equilibrium, Cambridge University Press, 1992. (「応用一般均衡分析：理論と実際」，小平裕訳，東洋経済新報社，1993.)
- 3)Greenaway, D., S. L. Leybourne, G. V. Reed and J. Whally : Applied General Equilibrium Modeling: Applications, Limitations and Future Development, HMSO.
- 4)橋本俊詣・市岡修・中島栄一：応用一般均衡モデルと公共政策，経済分析第120号，経済企画庁経済研究所，1990。
- 5)Miyagi T. : Recent Development in Multiregional General Equilibrium Modeling: Economic-Transport Interaction Models, Studies in Regional Science, Vol.27, pp.213-228, 1997.
- 6)Takayama, T. and G. Juge : Equilibrium among separated markets; A

- reformulation, *Econometrica* 32, pp.510-524, 1964.
- 7) 森杉壽芳・林山泰久：明治・大正期鉄道網形成の社会的便益，土木学会論文集，No.440/IV-16，pp.71-80，1992.
- 8) 山内弘隆・上田孝行・河合毅治：一般均衡モデルによる高速道路の費用便益分析，高速道路と自動車，第42巻，第5号，pp.22-30，1999.
- 9) 例えば，小林潔司・奥村誠：高速交通体系が都市システムの発展に及ぼす影響に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.18，221-224，1995.
- 10) Gary S. Becker：The Economic Approach to Human Behavior, The University of Chicago Press, 1978.」
- 11) 小池淳司・上田孝行：旅客トリップを明示したSCGEモデルの試み，日交研シリーズA-280，日本交通研究会，2000.
- 12) 市岡修：応用一般均衡分析，有斐閣，1991.
- 13) 総務庁：平成2年国内産業連関表，総務庁，1994.
- 14) 運輸省鉄道局：数字で見る鉄道'97，1997.
- 15) 運輸省運輸政策局・国土庁計画調整局：幹線旅客純流動調査，1992.
- 16) 総務庁統計局：平成6年家計調査年報，1994.
- 17) NHK放送文化研究所：日本人の生活時間，日本放送出版協会，1996.
- 18) 社団法人日本観光協会：観光の実態と志向，第16回(平成6年度)，1997.
- 19) JTB：JTB時刻表，1999.

旅客トリップを明示したSCGEモデルの試み

小池淳司・上田孝行・宮下光宏

本論文は、新幹線整備の評価のために旅客トリップを明示した空間的一般均衡モデルのフレームを構築した。具体的に、企業における業務トリップは企業の生産要素として、また、世帯における自由トリップは家計生産関数の概念を用いることでモデル化している。このモデル化により、旅客トリップにおける交通整備の効果を応用一般均衡分析の枠組みで捉えることが可能となる。また、本モデルを整備新幹線整備評価に応用することで、実証分析の可能性を検討した。

SCGE model for passenger transport improvement

By Atsushi KOIKE, Takayuki UEDA and Mitsuhiro MIYASHITA

The spatial computable general equilibrium (SCGE) models which are the extended CGE model, have been applied in order to estimate the spatial and economic impacts of transport policies. However, these model are developed for only freight transport improvement. Because, theoretical background of these models is based on spatial price equilibrium theory. So, the purpose of this study is development of a SCGE model for passenger transport improvement and applied this model for evaluation of Japanese new-Shinkansen project.
