

# フェイス・トゥ・フェイスの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\*

SCGE Model Introducing Productivity Improvement by Face-to-Face Communication\*

土谷和之\*\*・小池淳司\*\*\*・上田孝行\*\*\*\*

By Kazuyuki TSUCHIYA\*\*・Atsushi KOIKE\*\*\*・Taka UEDA \*\*\*\*

## 1. はじめに

交通プロジェクトの費用便益分析は、原則的にまず旅行者が時間短縮便益等享受し、その便益が市場メカニズムを介して波及し、最終的に世帯や企業に帰着するというメカニズムを想定して行われてきた。しかしながら、日常の業務トリップや私用・帰省トリップ等の性質を考えると、旅行者のみならず、着地において利用者とコミュニケーションする側にもトリップの便益が外部効果として及んでいると考えられる。業務トリップであれば、着地側の企業が旅行者とフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションをとることにより、業務に関する新たな情報を得て、生産効率を向上させることが考えられる。また、帰省トリップであれば、着地側の家族が都市圏から帰ってくる家族と対面することにより、大きな効用を得ていると考えられる。

これまで、交通基盤整備による地域間交易（物流による交易）の活性化が交通発生地域産業の生産拡大に及ぼす影響については、通常の空間的応用一般均衡モデル（Spatial Computable General Equilibrium Model、以下 SCGE モデルと表記）で取り扱われてきた。一方、新経済地理学（New Economic Geography、以下 NEG と表記）では生産財あるいは中間財の集中が、交通

集中地域の企業生産性を外部的に効率化することをモデル化しており<sup>1)</sup>、Venables<sup>2)</sup>はそのメカニズムを空間的応用一般均衡分析に適用している。一方、人流に関しては、Koike and Ueda<sup>3)</sup>が発生地の生産拡大効果を SCGE モデルとしてモデル化しており、さらに家計生産関数を用いてトリップ集中地域における需要拡大効果の計測を試みている。しかしながら、人流に関して交通集中地域への外部的な効果をモデル化したものは、2地域一般均衡モデルを用いてミーティング外部性に関する理論的検討を行った松島・小林<sup>4)</sup>等に限定されている（表 - 1）。

また、小林ら<sup>5)</sup>および小林・福山・松島<sup>6)</sup>等の一連の研究において、こうしたフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションによる効果やその形成メカニズムについての検討がなされているが、SCGEモデルの枠組みの中での実証的な検討はまだ行われていない。

そこで、本稿では、まず業務トリップに関する効果に着目し、業務トリップの集中による生産性向上効果を生産関数に取り込んだSCGEモデルを提案する。また、本モデルに即した形で便益帰着構成表を記述し、本モデルの枠内においては、これまで考えられてきた利用者便益に加えて、「着地側でのコミュニケーションによる生産性向上の便益」を交通プロジェクトの便益として計測することが可能であることを示す。また、具体的な関数形を想定した上で簡単な数値シミュレーションを行う。

\*キーワード：コミュニケーション，技術的外部効果，SCGEモデル，費用便益分析

\*\*正員，工修，（株）三菱総合研究所社会システム研究本部 政策・事業評価研究チーム（東京都千代田区大手町2-3-6 e-mail: kazuyuki@mri.co.jp）

\*\*\*正員，工博，鳥取大学工学部社会開発システム工学科

\*\*\*\*正員，工博，東京工業大学工学部開発システム工学科

表 - 1 既存研究と本研究の位置づけ

効果の発現する地域	物流	人流
交通集中地域	NEG, Venables	松島・小林，本研究
交通発生地域	通常の SCGE モデル	Koike and Ueda

## 2. SCGEモデルの定式化

本稿で紹介する SCGE モデルの構成を図 - 1 に示す．本モデルでは Koike and Ueda の定式化に従い，業務トリップを企業の投入要素の1つとして取り扱っている．さらに，企業の生産性と業務トリップ集中量を関連づけることにより，業務トリップ集中量の増加に伴うコミュニケーション増大の効果を計測可能としている点が大きな特徴である．

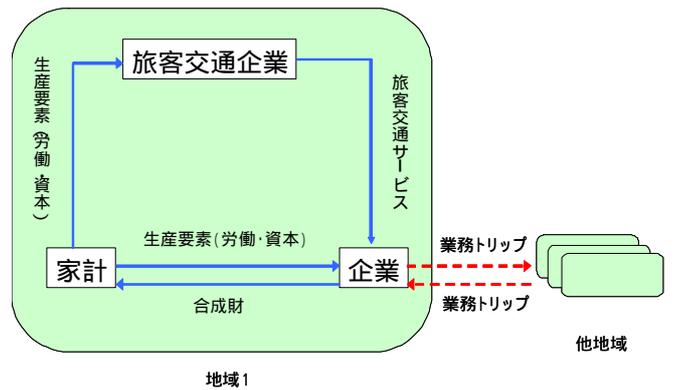


図 - 1 モデルの構成

### (1) モデルの主な仮定

- 1) S個に分割され，かつ閉じた国土空間を考慮する．
- 2) 経済主体は各地域毎に企業，家計，旅客交通企業の3主体より構成されている．各地域にそれぞれ1つの企業，家計，旅客交通企業が存在する．
- 3) 合成財市場は完全競争市場である．
- 4) 旅客交通サービス市場において交通サービスの価格は外生的に与えられ，旅客交通企業については利潤（あるいは赤字）が発生する．発生した利潤あるいは赤字は交通企業内に留保される．
- 5) 社会は長期的均衡状態にある．

### (2) 各経済主体の行動原理

#### (a) 家計

家計は企業および旅客交通企業に生産要素（労働，資本）を提供し対価を受け取り，各地域で生産される合成財および余暇を消費することにより，効用を最大化する．具体的には以下のように定式化される．

$$V_s = \max_{X_s, Le_s} U_s(X_s, Le_s) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & p_s X_s \leq w_s L_s + r_s K_s \\ & L_s + Le_s \leq \Omega_s \end{aligned} \quad (2)$$

$V_s$  : 地域  $s$  の家計の間接効用関数

$U_s$  : 地域  $s$  の家計の効用関数

$X_s$  : 地域  $s$  の家計の合成財需要量

$Le_s$  : 地域  $s$  の家計の余暇需要量

$p_s$  : 地域  $s$  における合成財価格

$w_s$  : 地域  $s$  における労働価格（賃金率）

$L_s$  : 地域  $s$  の家計が企業・旅客交通企業に提供する労働

働

$r_s$  : 地域  $s$  における資本価格（資本レント）

$K_s$  : 地域  $s$  の家計の資本の初期保有量

$\Omega_s$  : 地域  $s$  の家計の労働の初期保有量

#### (b) 企業

企業は自地域の家計から提供される労働，資本，および自らが行う業務トリップを生産要素として，財を生産し，利潤を最大化する．ここで，当該地域への業務トリップ集中量が増加すれば，トリップに伴うフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションの増加により，その地域における生産性が向上すると仮定する．ここでは簡便のため，以下のようにヒックス中立型の技術外部性として定式化を行う．

$$\Pi_{pfs} = \max_{K_{pfs}, L_{pfs}, O_s} p_s Y_s - (r_s K_{pfs} + w_s L_{pfs} + q_s O_s) \quad (3)$$

$$s.t. \quad Y_s = \Phi(D_s) \cdot F_{pfs}(K_{pfs}, L_{pfs}, O_s) \quad (4)$$

$\Pi_{pfs}$  : 地域  $s$  における企業の利潤

$Y_s$  : 地域  $s$  における合成財生産量

$K_{pfs}$  : 地域  $s$  における企業の資本需要量

$L_{pfs}$  : 地域  $s$  における企業の企業内労働需要量

$q_s$  : 地域  $s$  における業務トリップ合成財価格

$O_s$  : 地域  $s$  における企業の業務トリップ合成財需要量

$\Phi$  : 地域  $s$  における企業の生産性を表す関数

$D_s$  : 地域  $s$  における業務トリップ集中量

$F_{pfs}$  : 地域  $s$  における企業の生産関数（1次同次）

ここで，業務トリップ合成財は各地域への業務トリップ量の関数として以下のように表される．

$$O_s = \max_{f_{s1}, \dots, f_{sr}, \dots, f_{sR}} F_{bts}(f_{s1}, \dots, f_{sr}, \dots, f_{sR}) \quad (5)$$

$$s.t. \quad q_s O_s = \sum (q_{sr} + w_s t_{sr}) f_{sr} \quad (6)$$

$F_{bts}$  : 業務トリップ合成財生産関数

$f_{sr}$  :  $s$  地域から  $r$  地域への業務トリップ量

$q_{sr}$  :  $s$  地域から  $r$  地域への交通費用  
 $t_{sr}$  :  $s$  地域から  $r$  地域への交通所要時間

(c) 旅客交通企業

自地域の家計からの資本，労働を生産要素として，旅客交通サービスを生産し，企業に対して提供する．ここで，旅客交通企業は企業から需要される分だけ旅客交通サービスを生産するものとし，その行動は費用最小化原理に基づくと仮定する．

$$\min_{K_{tfs}, L_{tfs}} r_s K_{tfs} + w_s L_{tfs} \quad (7)$$

$$s.t. O_s = F_{tfs}(K_{tfs}, L_{tfs}) \quad (8)$$

$K_{tfs}$  : 地域  $s$  における旅客交通企業の資本需要量  
 $L_{tfs}$  : 地域  $s$  における旅客交通企業の労働需要量  
 $F_{tfs}$  : 地域  $s$  における旅客交通企業の生産関数

(3) 市場均衡条件

本モデルにおける各市場（合成財市場，労働市場，資本市場）における市場均衡条件は下式のようなになる．なお，交通サービス市場では旅客交通企業の行動原理から自動的に需給均衡は成り立つ．

$$\text{合成財市場: } X_s = Y_s \quad \text{for each } s \quad (9)$$

$$\text{労働市場: } L_{pfs} + \sum_r t_{sr} f_{sr} + L_{tfs} = \Omega_s - Le_s \quad \text{for each } s \quad (10)$$

$$\text{資本市場: } K_{pfs} + K_{tfs} = K_s \quad \text{for each } s \quad (11)$$

(4) 便益帰着構成表の作成

これまで示した定式化のもとで，交通基盤整備等により地域rs間の所要時間  $t_{sr}$  が変化した場合の便益帰着構成表を表 - 2 に示す．なお，導出の過程については紙面の都合上割愛する．

この表から分かるように，本モデルにおいては利用者便益  $-\sum_r w_s dt_{sr} f_{sr}$  および交通企業の収入変化  $\sum_r d(q_{sr} f_{sr})$  に加えて集中トリップの増加に伴う技術的外部効果  $\frac{\Pi_{pfr}}{D_r} dD_r$  が、コミュニケーションによる生産性向上便益として計上される点が特徴的である．

3. 数値シミュレーション

(1) 関数形の設定

2. の定式化において設定された各関数を以下のように特定化する．

$$U_s(X_s, Le_s) = X_s^{\alpha_{s1}} Le_s^{\alpha_{s2}} \quad (12)$$

$$(\alpha_{s1} + \alpha_{s2} = 1)$$

$$\Phi(D_s) = D_s^{\beta_{sD}} \quad (13)$$

$$F_{pfs}(K_{pfs}, L_{pfs}, O_s) = K_{pfs}^{\beta_{s1}} L_{pfs}^{\beta_{s2}} O_s^{\beta_{s3}} \quad (14)$$

$$(\beta_{s1} + \beta_{s2} + \beta_{s3} = 1)$$

$$F_{bts}(f_{s1}, \dots, f_{sr}, \dots, f_{sR}) = \prod f_{sr}^{\gamma_{sr}} \quad (15)$$

$$(\sum \gamma_{sr} = 1)$$

表 - 2 便益帰着構成表

項目 \ 主体	地域 s				地域 r			
	世帯	企業	交通企業	小計	世帯	企業	交通企業	小計
交通企業の収入変化			$\sum_r d(q_{sr} f_{sr})$	$\sum_r d(q_{sr} f_{sr})$			$\sum_s d(q_{rs} f_{rs})$	$\sum_s d(q_{rs} f_{rs})$
利用者便益		$-\sum_r w_s dt_{sr} f_{sr}$		$-\sum_r w_s dt_{sr} f_{sr}$		$-\sum_s w_r dt_{rs} f_{rs}$		$-\sum_s w_r dt_{rs} f_{rs}$
コミュニケーションによる生産性向上便益		$\frac{\Pi_{pfs}}{D_s} dD_s$		$\frac{\Pi_{pfs}}{D_s} dD_s$		$\frac{\Pi_{pfr}}{D_r} dD_r$		$\frac{\Pi_{pfr}}{D_r} dD_r$
財・サービスの価格変化	$-X_s dp_s$	$Y_s dp_s$		0	$-X_r dp_r$	$Y_r dp_r$		0
賃金変化	$L_s dw_s$	$-L_{pfs} dw_s$ $-\sum_r t_{sr} f_{sr} dw_s$	$-L_{tfs} dw_s$	0	$L_r dw_r$	$-L_{pfr} dw_r$ $-\sum_s t_{rs} f_{rs} dw_r$	$-L_{tfr} dw_r$	0
資本配当変化	$K_s dr_s$	$-K_{pfs} dr_s$	$-K_{tfs} dr_s$	0	$K_r dr_r$	$-K_{pfr} dr_r$	$-K_{tfr} dr_r$	0
合計	$-X_s dp_s + L_s dw_s + K_s dr_s$	0	$\sum_r d(q_{sr} f_{sr}) - L_{tfs} dw_s - K_{tfs} dr_s$	$\sum_r d(q_{sr} f_{sr}) - \sum_r w_s dt_{sr} f_{sr} + \frac{\Pi_{pfs}}{D_s} dD_s$	$-X_r dp_r + L_r dw_r + K_r dr_r$	0	$\sum_s d(q_{rs} f_{rs}) - L_{tfr} dw_r - K_{tfr} dr_r$	$\sum_s d(q_{rs} f_{rs}) - \sum_s w_r dt_{rs} f_{rs} + \frac{\Pi_{pfr}}{D_r} dD_r$

注) 線積分の記号は省略している．

表 - 3 パラメータの設定

関数	設定値
効用関数	$\alpha_{11}=0.9, \alpha_{12}=0.1$ $\alpha_{21}=0.8, \alpha_{22}=0.2$
全要素生産性	$\alpha_D=0.2, \alpha_{2D}=0.4$
企業の生産関数	$\alpha_{11}=0.6, \alpha_{12}=0.3, \alpha_{13}=0.1$ $\alpha_{21}=0.5, \alpha_{22}=0.3, \alpha_{23}=0.2$
業務トリップ合成財	$\alpha_{11}=0.333, \alpha_{12}=0.667$ $\alpha_{21}=0.5, \alpha_{22}=0.5$
旅客交通企業の生産関数	$\alpha_{11}=0.6, \alpha_{12}=0.4$ $\alpha_{21}=0.5, \alpha_{22}=0.5$

表 - 4 外生変数の設定

外生変数	設定値
初期保有量	$K_1=78.34, K_2=1.31$ $\alpha_1=204.16, \alpha_2=4.53$
交通費用	$q_{11}=1, q_{12}=20, q_{21}=20, q_{22}=1$
交通所要時間	$t_{11}=5, t_{12}=100, t_{21}=100, t_{22}=10$

$$F_{yfs}(K_{yfs}, L_{yfs}) = K_{yfs}^{\delta_{s1}} L_{yfs}^{\delta_{s2}} \quad (16)$$

$$(\delta_{s1} + \delta_{s2} = 1)$$

(2) 各パラメータおよび外生変数の設定

対象地域を2地域とし、地域1を大都市圏、地域2を地方中小都市と想定した上で、各パラメータおよび外生変数を表-3, 4のように設定する。

(3) 数値シミュレーションの結果

(2)の設定をwithoutとし、withにおいてある交通プロジェクトにより地域1・2間の交通所要時間が10%低下したと想定し、数値シミュレーションを行った。なお、シミュレーションに際しては地域1の賃金率をニューメレルとした。

表-2に従い作成した便益帰着構成表を表-5に示す。この表からわかるように、各地域においては交通所要時間が低下することに伴う利用者便益だけでなく、業務トリップの集中に伴うコミュニケーション増加による生産性向上の便益が発生し、それらが財・サービスの価格変化、賃金変化および資本配当変化を通じて家計

表 - 5 便益帰着構成表

項目	地域1				地域2			
	世帯	企業	交通企業	小計	世帯	企業	交通企業	小計
交通企業の収入変化			0.26	0.26			0.01	0.01
利用者便益		1.48		1.48		0.02		0.02
コミュニケーションによる生産性向上便益		0.04		0.04		0.08		0.08
財・サービスの価格変化	1.34	-1.34		0.00	0.00	0.00		0.00
賃金変化	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	-0.07	0.00	0.00
資本配当変化	0.18	-0.18	0.00	0.00	0.03	-0.03	0.00	0.00
合計	1.52	0.00	0.26	1.79	0.10	0.00	0.01	0.11

に帰着していることがわかる。本モデルにおいては、これまで考えられてきた利用者便益に加えて、コミュニケーション増加による生産性向上の便益も交通プロジェクトの効果として計測することが可能である。

4. おわりに

今後は、現実のデータを用いてモデルの推定およびシミュレーションを行うことにより、着地先でのコミュニケーションによる便益が利用者便益と比してどの程度のオーダーであるか等について、実証的な研究を積み重ねていくことが課題となる。また、本来、コミュニケーションを行うためにはトリップ費用のみならず、ミーティング施設の確保に要する費用、ミーティング時間の機会費用など各種費用を伴うと考えられる。こうした点を明示化した実証的なSCGEモデルの開発も大きな課題である。これらの諸課題に関する検討の方向性についての詳細な議論は、講演時に譲る。

参考文献

- 1) Fujita, M., Krugman, P. and Venables, A. : The spatial economy: cities, regions and international trade, The MIT Press.
- 2) Venables, A. : Equilibrium location of vertically linked industries, International Economic Review 37, 341-359, 1996.
- 3) Koike, A. and Ueda, T. : SCGE model for passenger transport investment, Proceedings of 9th World Congress of Transport Research, CD-ROM, 2001.
- 4) 松島格也・小林潔司：ミーティング外部性を考慮した最適道路整備，土木計画学研究・講演集, No.26, CD-ROM, 2002.
- 5) 小林潔司・文世一・奥村誠・渡辺晴彦：知識社会と都市の発展，森北出版，1999.
- 6) 小林潔司・福山敬・松島格也：フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション過程に関する理論的研究，土木学会論文集, No. 590/IV-39, pp.11-22, 1998.