

中間投入財を考慮したSCGEモデル (RAEM-Light) の構築

鳥取大学 正会員 小池 淳司
復建調査設計(株) 正会員 川本 信秀
鳥取大学大学院 学生会員 ○片山慎太郎

1. 背景と目的

地方行政の財政赤字により、公共事業に費やす費用は減少し、地方部での公共事業は年々減少している。しかしながら、道路・公共施設は、地域住民・企業といった経済主体にとってなくてはならないものであり、地域経済を支える重要な資源である。

その中で重要なことは、その公共事業が本当にその地域に必要なものなのかを判断する「事業評価」である。我が国ではこれまで、公共事業を行う際には、費用便益分析が行われてきており、現在でも事業評価を行う際に用いられる評価方法である。費用便益分析とは、公共事業に必要な社会的費用と、その政策から得られる効果（社会的便益）を比較し、費用よりも便益の方が大きければ、その事業を実施するというものである。しかしながら、従来の費用便益分析は、その事業が地域全体に与える便益、つまり社会全体での効率性を判断するものであり、どの地域にどれだけ便益が帰着するのかという公平性の観点からの事業評価はされていない。これから事業評価を行っていく中で、公平性と効率性を分けて考えていくことは必要であり、地域別帰着便益を定量的に分析することは重要であると考えられる。

そのような背景のもと、より小さな空間スケールに応じた地域別帰着便益を計測し、空間的な経済活動を整合的に分析可能なSCGEモデル (RAEM-Light) の構築、公共事業評価への実用化・実務化が可能となってきている。既存研究¹⁾では、オランダの交通渋滞による影響評価を行っており、比較的規模の小さな地域の帰着便益まで計測している。一方で、それらの既存研究では、企業間の財の取り引きを表した中間投入財を考慮しておらず、より現実の経済を表現するためには、この中間投入財を考慮する必要があると考えられる。そこで、本研究では、中間投入財を考慮したRAEM-Lightモデルの構築を行うことで、地域別帰着便益を計り、便益額の波及構造をみていく。また、従来モデルとの比較を行うことで、モデルの特徴を明ら

かにすることを目的とする。

2. モデルの概説

モデル構築に際して以下の仮定を設ける。

- ① 多地域多産業で構成された経済を想定する。
- ② 財生産企業は、家計から提供される生産要素（資本・労働）、他の財生産企業が生産した生産物を投入して、新たな生産財を生産する。
- ③ 家計は企業に生産要素（資本・労働）を提供して所得を受け取る。そして、その所得をもとに財の消費を行う。
- ④ 交通抵抗をIce-berg型で考慮する。

また、本モデルでは、以下のサフィックスで変数を表す。

- ・地域を表すサフィックス： $I \in \{1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, I\}$
- ・産業を表すサフィックス： $M \in \{1, 2, \dots, m, \dots, n, \dots, M\}$

(1) 企業行動モデル

各地域には生産財ごとに1つの企業が存在することを想定し、地域*i*において財*m*を生産する企業の生産関数をレオンチェフ型で仮定すると以下のようなになる。

$$Y_i^m = \min \left\{ \frac{v_i^m}{a_i^{0m}}, \frac{x_i^{1m}}{a_i^{1m}}, \dots, \frac{x_i^{nm}}{a_i^{nm}}, \dots, \frac{x_i^{Nm}}{a_i^{Nm}} \right\} \quad (1)$$

ただし、

Y_i^m : 地域*i*財*m*の生産量

v_i^m : 地域*i*財*m*の付加価値

x_i^{nm} : 地域*i*の産業*n*から産業*m*への中間投入

a_i^{nm} : 地域*i*の産業*n*から産業*m*への投入係数

a_i^{0m} : 地域*i*財*m*の付加価値比率

さらに、付加価値関数をコブダグラス型で仮定すると以下のようなになる。

$$v_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m} \quad (2)$$

ただし、

L_i^m : 地域 i 財 m の労働投入
 K_i^m : 地域 i 財 m の資本投入
 α_i^m : 分配パラメータ
 A_i^m : 効率パラメータ

付加価値生産に関する最適化問題は以下のように費用最小化行動となる。

$$\begin{aligned} \min . & w_i L_i^m + r_i K_i^m \\ \text{s.t.} & v_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m} \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、

w_i : 地域 i の賃金率
 r : 資本レント

上式より、生産要素需要関数 L_i^m 、 K_i^m と付加価値 cv_i^m が超過利潤ゼロの条件から平均費用として得られる。

$$L_i^m = \frac{\alpha_i^m}{w_i} a_{0i}^m q_i^m Y_i^m \quad (4)$$

$$K_i^m = \frac{1-\alpha_i^m}{r} a_{0i}^m q_i^m Y_i^m \quad (5)$$

$$cv_i^m = \frac{w_i^{\alpha_i^m} r^{1-\alpha_i^m}}{A_i^m (\alpha_i^m)^{\alpha_i^m} (1-\alpha_i^m)^{1-\alpha_i^m}} \quad (6)$$

ただし、

cv_i^m : 地域 i 財 m の 1 単位生産あたりの付加価値

(2) 家計行動モデル

各地域には家計が存在し、自己の効用が最大になるよう自地域と他地域からの財を消費するとする。このような家計行動が以下のような所得制約下での効用最大化問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} \max . & U_i(d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^M) = \sum_{m \in M} \beta^m \ln d_i^m \\ \text{s.t.} & \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} = \sum_{m \in M} p_i^m d_i^m \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、

U_i : 地域 i の効用関数
 d_i^m : 地域 i 財 m の消費水準
 p_i^m : 地域 i 財 m の消費者価格
 β^m : 財 m の消費の分配パラメータ ($\sum_{m \in M} \beta^m = 1$)

\bar{K} : 資本保有量

\bar{l}_i : 一人当たりの労働投入量 ($\bar{l}_i = \sum_{m \in M} L_i^m / N_i$)

上式より、消費財の最終需要関数 d_i^m が得られる。

$$d_i^m = \beta_i^m \frac{1}{p_i^m} \left(\bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} \right) \quad (8)$$

(3) 地域間交易モデル

Harkerモデルに基づいて、各地域の需要者は消費者価格 (c.i.f.price) が最小となるような生産地の組み合わせを購入先として選ぶとする。地域 j に住む需要者が生産地 i を購入先として選択したとし、その誤差項がガンベル分布に従うと仮定すると、その選択確率は、次式のLogitモデルで表現できる。

$$s_{ij}^m = \frac{Y_i^m \exp[-\lambda^m q_i^m (1 + \psi^m t_{ij})]}{\sum_{k \in I} Y_k^m \exp[-\lambda^m q_k^m (1 + \psi^m t_{kj})]} \quad (9)$$

ただし、

t_{ij} : 交通抵抗 (費用)
 λ^m : ロジットパラメータ
 ψ^m : 価格にしめる輸送费率

また、消費者価格は次の式を満たしている。

$$p_j^m = \sum_{i \in I} s_{ij}^m q_i^m (1 + \psi^m t_{ij}) \quad (10)$$

ただし、

q_i^m : 地域 i 財 m の生産者価格

(4) 市場均衡条件式

本モデルでは、以下の市場均衡条件が成立する。

$$\text{労働市場} \quad \sum_{m \in M} L_i^m = \bar{L}_i \quad (11)$$

財市場 (需要)

$$\begin{bmatrix} 1-a_i^{11} & \dots & 0-a_i^{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0-a_i^{M1} & \dots & 1-a_i^{MN} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} N_i d_i^1 \\ \vdots \\ N_i d_i^m \\ \vdots \\ N_i d_i^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i^1 \\ \vdots \\ X_i^m \\ \vdots \\ X_i^M \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$z_{ij}^m = X_j^m s_{ij}^m \quad (13)$$

$$\text{財市場（供給） } Y_i^m = \sum_{j \in J} (1 + \psi^m t_{ij}^m) z_{ij}^m \quad (14)$$

生産者価格体系

$$q_j^n = a_{0i}^n c v_j^n + \sum_{m \in M} a_j^{mn} \sum_{i \in I} s_{ij}^n q_i^n (1 + \psi^n t_{ij}^n) \quad (15)$$

ただし、

z_{ij}^m : 財 m の地域 i から地域 j の交易量

X_j^m : 地域 i 財 m の消費量

a_j^{mn} : 地域 j の産業 m から産業 n への投入係数

(5) 便益の定義

本モデルでは、施策の効果を計測する指標として経済的効果を等価変分 (EV: Equivalent Variation) を用いて以下のように定義した。

$$EV^i = \left(w_i^0 L_i^0 + r K_i^0 \right) \left(\frac{e^{U_i^1} - e^{U_i^0}}{e^{U_i^0}} \right) \quad (16)$$

ただし、

0,1 : 道路整備の有り無しを表すサフィックス

3. 実証分析

本研究では、近畿圏の2府5県（福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県）を対象とし、京都府内に整備予定の高速道路整備評価を例に、従来モデルとの比較を行う。従来モデルとは、中間投入財を考慮していないSCGEモデルのことである。つまり、中間投入の部分を含め、付加価値の合計によって生産量が決定されるというものである。これら従来モデルでの計測結果と、中間投入財を考慮したモデルでの計測結果とを比較していく。具体的な事業については、図-1に示すように、京都第二外環状道路（赤点線部分）、および丹波綾部道路（青点線部分）が整備されたときの評価をおこなっている。本研究の分析では、上記の2府5県を生活圈レベルに分割し、各地域の帰着便益を分析していく。ただし、対象産業は、第一次産業・第三次産業に加え、第二次産業をより細かく分析するために11分類（一般的な3区分（基礎・加工・生活）と、製造業の品目の高速道路利用率を考慮した分類案）で分析を行った。

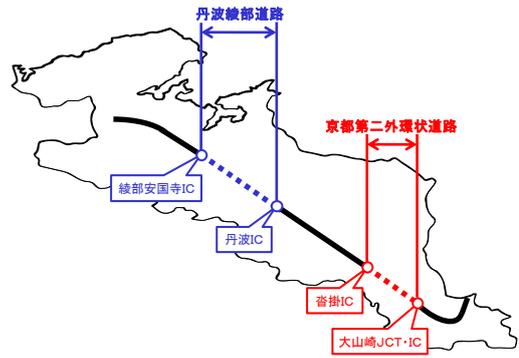


図-1 京都府内に整備予定の路線図

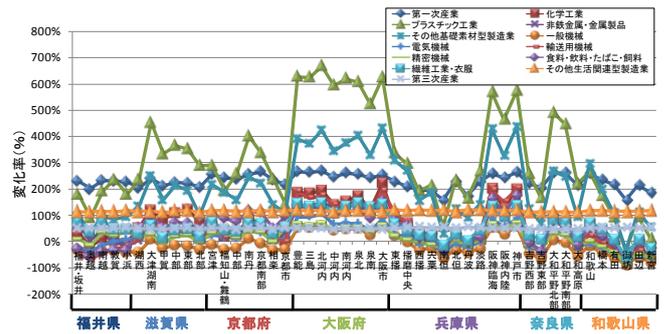


図-2 発地ベース交易量変化率

図-2は、発地ベースでの交易量の変化を表している。ここでの変化とは、整備なしの状態での従来モデルと、本研究のモデルで計測した交易量を比較したものである。まず、全体の交易量は、従来モデルと比較して大きく伸びていることが分かる。特に、整備地域の京都府、それに隣接する大阪府、兵庫県南部で交易量が従来モデルに比べ増加している。また、産業別にみると、プラスチック工業、その他基礎素材型製造業で大きく変化していることが分かる。これら第二次産業の県内自給率は、第一次産業・第三次産業に比べると低く、従来モデルに中間財を考慮したことで、地域間での交易が活発になったのではないかと考えられる。

しかし、今回の分析では、中間投入比率を県内地域では全て一定として計測している。これは、中間投入財のデータは生活圈レベルでは整備されておらず、都道府県レベルでしか存在しないためである。高速道路整備に伴い、地域の産業構造は変化し、地域間の交易に大きく影響すると考えられるが、それらは、地域ごとの立地条件などに依存しており、同じ県内でも異なっている。例えば、同じ兵庫県でも、南部と北部で産業構造は異なっており、それに伴い、中間投入比率も

異なっていると考えられる。この中間投入財の扱いについては、今後も検討していく必要がある。

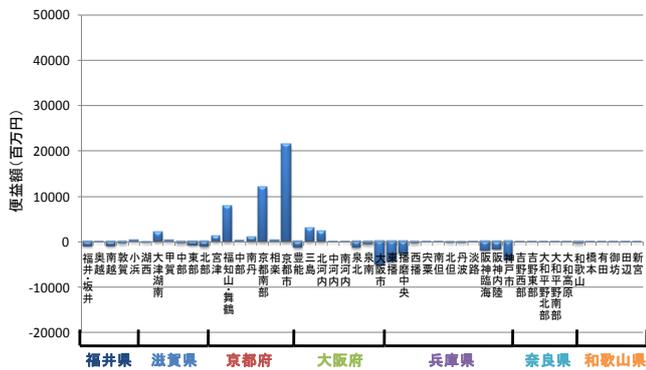


図 - 3 従来モデルでの帰着便益

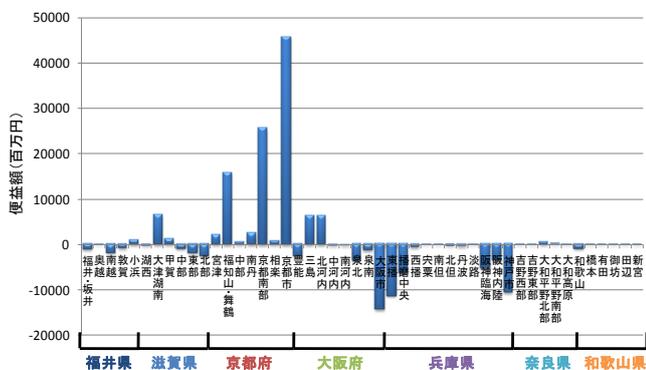


図 - 4 本研究での帰着便益

図 - 3、図 - 4は、(16)式より算出した各地域の帰着便益である。まず、両モデルとも、便益の出方の傾向は同じであることが分かる。高速道路が整備される京都府内の地域に経済効果が計測され、逆に、京都府に隣接する大阪府、兵庫県の各地域では、マイナスの効果が計測される。これは、京都府内に高速道路が整備されることで、大阪府、兵庫県内の生産が減少し、消費が減少するからであると考えられる。また、従来モデルでの地域全体の便益額は約230億円に対し、本研究での地域全体の便益額は約441億円と、約1.8倍大きく計測されている。これは、中間投入財を考慮したことにより、従来モデルに比べ地域間の交易量が増加し、より多くの財を需要するようになったからであると考えられる。

しかし、従来モデル、本研究とも福知山・舞鶴地域での便益額が地域人口に対して過大に算出されている可能性がある。これは、交易パラメータを、産業別

には推定しているが、地域別には推定しておらず、全地域で同じ値を用いて分析しているためであると考えられる。より精緻化された地域別帰着便益を計るためには、交易パラメータを産業別に加え、地域別にも推定する必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、中間投入財を考慮したSCGEモデル(RAEM-Light)の構築を行い、既存のSCGEモデルとの比較を行った。その結果、既存のモデルに比べ、地域間の交易量、消費量が増加したことで、地域全体の便益額に違いが見られることが確認できた。しかし、課題点として以下のことが挙げられる。まず、本研究では生活圈レベルに地域を分割し、帰着便益を計測している。しかし、本研究で用いている中間投入財のデータは、生活圈レベルでは存在せず、都道府県産業連関表の値を用いている。つまり、中間投入比率は、県内の地域は全て一定という仮定で分析をおこなっている。実際には、地域ごとに産業構造が異なるため、中間投入比率は異なっていると考えられる。この中間投入財の扱いについては、今後も検討していく必要があると考えられる。次に、交易パラメータについて、今回の分析では、産業別には推定しているが、地域別に分けて推定しておらず、全ての地域で一定としている。地域によって、交易パターンも異なるため、産業別・地域別にパラメータ推定をおこない、分析をすすめることで、モデルの精度は向上すると考えられる。以上の課題点を踏まえ、今後もモデルの精緻化、実証分析をすすめていく必要がある。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、社団法人システム科学研究所より交通データの提供をして頂きました。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 小池淳司・川本信秀：集積の経済性を考慮した準動的SCGEモデルによる都市部交通渋滞の影響評価，土木計画学研究・論文集，Vol.23，2006。
- 2) 小池淳司・細江宣弘・下村研一・片山慎太郎：独占的競争モデルによる災害の空間的応用一般均衡分析，国民経済雑誌196(4)，1-18，2007。