

汎用型空間経済モデル（RAEM-Light）と 交通需要予測による道路整備便益の比較分析

小池 淳司¹・片山 慎太郎²・古市 英士²

¹正会員 鳥取大学准教授 工学部社会開発システム工学科（〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101）
E-mail: koike@sse.tottori-u.ac.jp

²正会員 （社）システム科学研究所 調査研究部（〒604-8223 京都市中京区新町通四条上ル小結棚町 428）
E-mail: katayama@issr-kyoto.or.jp

我が国での社会資本整備評価は、費用便益分析による定量評価が定着しており、「費用便益分析マニュアル」に沿った利用者便益の計測が行われている。一方で、社会資本整備による詳細な帰着便益分析を可能にする汎用型空間経済モデル（RAEM-Light）は、社会資本整備の効果を帰着便益の観点から分析できる特徴を有しているため、近年では、実務においても様々な調査検討業務で用いられるようになってきた。しかし、計算事例やデータが蓄積される一方で、実務にかかる課題もいくつか指摘されるようになってきている。本研究では、こうした課題のうち、「費用便益分析マニュアル」により算出される利用者便益とRAEM-Lightで計測される便益について、複数の事業を対象に比較分析を行い、両手法より算出される便益の違いについて整理を行う。

Key Words : *Benefit based on a Cost Benefit Analysis Manual, Benefit based on a SCGE Model*

1. 背景と目的

社会資本整備評価の手法として、費用便益分析があり、我が国でも「費用便益分析マニュアル¹⁾」（以下、マニュアルという）が整備されて以来、実務において、対象とする事業の費用および便益の算定による定量評価が行われている。このマニュアルに沿って計測される便益は、走行時間短縮便益・走行経費減少便益・交通事故減少便益のいわゆる3便益を対象としており、基本的には事業実施後の道路利用者による直接便益を計測している。一方、小池他（2008）²⁾において構築された汎用型空間経済モデル（RAEM-Light）では、道路ネットワーク整備による効果の帰着状況（帰着便益）を分析できる特徴を有しており、近年、実務においても様々な調査検討業務で用いられるようになってきた。このRAEM-Lightでは、事業実施前後の地域間所要時間を分析シナリオとして与えているため、マニュアルでの走行時間短縮便益（利用者便益）を着ベースで計測しているといえる。

しかし、利用者便益とRAEM-Lightで計測される帰着便益の比較を行った研究等はほとんどなく、理論的には両手法より計測される便益は同値といわれているが³⁾、モデルそのものの違い、インプットデータの違い、また実務においては、対象エリアやゾーニング等の前提条件

の違いにより、必ずしも一致するとはいえず、これらを比較し、実務での留意点を確認しておくことは、RAEM-Lightを扱う上で重要であるといえる。

そこで、本研究では、「平成23年度予算に向けた個別公共事業評価及び総点検について⁴⁾」で挙げられている近畿エリアの62事業を対象とし、利用者便益とRAEM-Lightでの帰着便益を、実証研究を通じて比較分析することを目的とする。また、対象とする事業の性質により、両手法で算出される便益がどのように違うのかについて整理を行い、RAEM-Lightの分析に適した事業について検証を行う。

2. 経済モデルの概説

分析に用いたRAEM-Lightモデルの体系を以下に示す。

(1) 社会経済モデルと前提条件

モデル構築に際して以下の仮定を設ける。なお、モデルの構造は、図-1に示す通りである。

- 多地域多産業で構成された経済を想定する。
- 企業は、家計から供給される生産要素（労働・資本）、他の企業が生産した生産物を投入して、新たな財を生産する。

- c) 財市場および生産要素市場のうち資本市場は地域で開放されており、生産要素市場の労働市場は地域内で閉じている。
- d) 生産される財により輸送費用が支払われるとし、アイスバーグ型の交通抵抗を用いる。

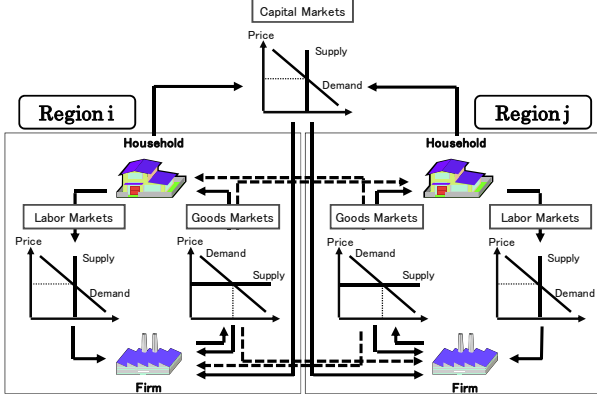


図-1 RAEM-Lightモデルの概略

モデルの定式化においては、以下のサフィックスを導入する。

$$\begin{aligned} \text{地域} : I &\in \{1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, I\} \\ \text{財} : M &\in \{1, 2, \dots, m, \dots, n, \dots, M\} \end{aligned}$$

(2) 企業の行動モデル

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Leontief型で仮定すると以下ようになる。

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

ただし、 Y_i^m : 生産量、 v_i^m : 付加価値、 x_i^{nm} : 中間投入、 a_i^{0m} : 付加価値比率、 a_i^{nm} : 投入係数

企業の付加価値に関する最適化問題は、付加価値1単位当たりの要素費用最小化行動として定式化する。

$$\begin{aligned} \min . \quad & w_i L_i^m + r_i K_i^m \\ \text{st.} \quad & v_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m} \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 w_i : 賃金率、 r : 資本レント、 L_i^m : 労働投入、 K_i^m : 資本投入、 α_i^m : 分配パラメータ、 A_i^m : 効率パラメータ (全要素生産性)

式(2)より、生産要素需要関数 (労働・資本) L_i^m 、 K_i^m と、生産者価格 q_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。

$$L_i^m = \frac{\alpha_i^m}{w_i} a_i^{0m} q_i^m Y_i^m \quad (3)$$

$$K_i^m = \frac{1 - \alpha_i^m}{r} a_i^{0m} q_i^m Y_i^m \quad (4)$$

$$q_i^m(N_i, w_i, r) = \frac{a_i^{0m} w_i^{\alpha_i^m} r^{1-\alpha_i^m}}{A_i^m (\alpha_i^m)^{\alpha_i^m} (1 - \alpha_i^m)^{1-\alpha_i^m}} \quad (5)$$

(3) 家計の行動モデル

各地域には代表的な家計が存在し、自己の効用が最大になるように自地域と他地域からの財を消費すると仮定する。このような家計行動は、以下のような所得制約条件下での効用最大化問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} \max . \quad & U_i(d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^M) = \sum_{m \in M} \beta^m \ln d_i^m \\ \text{st.} \quad & \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} - \frac{IT_i}{N_i} = \sum_{m \in M} p_i^m d_i^m \end{aligned} \quad (6)$$

ただし、 U_i : 効用関数、 d_i^m : 消費水準、 p_i^m : 消費者価格、 β^m : 消費の分配パラメータ、 \bar{K} : 資本保有量、 $(\bar{l}_i = \sum_{m \in M} L_i^m / N_i)$: 一人当たりの労働投入量、 $T = \sum_{i \in I} N_i$: 総人口、 IT_i : 所得移転額

式(6)より、消費財の需要関数を求めることができる。

$$d_i^m = \beta^m \frac{1}{p_i^m} \left(\bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} - \frac{IT_i}{N_i} \right) \quad (7)$$

(4) 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。

$$s_{ij}^m = \frac{Y_i^m \exp[-\lambda_j^m q_i^m (1 + \psi_j^m t_{ij})]}{\sum_{k \in I} Y_k^m \exp[-\lambda_j^m q_k^m (1 + \psi_j^m t_{kj})]} \quad (8)$$

ただし、 s_{ij}^m : 選択確率、 t_{ij} : 地域間所要時間、 λ_j^m : ロジットパラメータ、 ψ_j^m : 価格に占める輸送比率

式(8)の選択確率を用いることで、財 m が地域 i から地域 j へ供給される地域間交易量は次のように表すことができる。

$$z_{ij}^m = N_j d_j^m s_{ij}^m \quad (9)$$

ただし、 z_{ij}^m : 地域間交易量

また、消費者価格は次式を満たしている。

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

(5) 市場均衡条件

RAEM-Lightモデルでは、以下の市場均衡条件が成立する。

<労働市場>

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

<経常収支均衡>

$$\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} r K_i^m = r \bar{K} \quad (12)$$

<財市場 (需要) >

$$\begin{bmatrix} 1 - a_i^{11} & \cdots & 0 - a_i^{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 - a_i^{M1} & \cdots & 1 - a_i^{MN} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} N_i d_i^1 \\ \vdots \\ N_i d_i^m \\ \vdots \\ N_i d_i^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i^1 \\ \vdots \\ X_i^m \\ \vdots \\ X_i^M \end{bmatrix} \quad (13a)$$

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

<財市場 (供給) >

$$Y_i^m = \sum_{j \in J} (1 + \psi_j^m t_{ij}) z_{ij}^m \quad (14)$$

<生産者価格体系>

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

(6) 便益定義

本モデルでは政策実施による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。

$$EV_i = \left(w_i^0 \bar{l}_i^0 + r \frac{\bar{K}^0}{T} \right) \left(\frac{e^{U_i^1} - e^{U_i^0}}{e^{U_i^0}} \right) \quad (16)$$

ただし、 EV_i : 一人当たりの等価変分、0,1 : 政策実施の有無を表すサフィックス (0:without, 1:with)

3. 便益算出の前提条件等の整理

表-1で、マニュアルによる便益算出の諸条件と、RAEM-Lightによる便益算出の諸条件について整理を行う。まず、分析の前提条件である対象エリアとゾーニングは、マニュアルでは全国を対象エリアとし、ゾーニングは市区町村よりも小さなレベルとしているのに対し、RAEM-Lightでは対象エリアは近畿地方で閉じ、ゾーニングは市区町村レベルである。インプットデータは、マニュアルでは交通量配分結果により求められるリンク所要時間とリンク交通量を利用しているのに対し、RAEM-Lightでは交通量配分結果により求められるリンク所要時間を用いて算出したゾーン間所要時間と経済データを用いる。さらに、アウトプットデータについては、マニュアルでは3便益が算出されるのに対して、RAEM-Lightでは帰着便益に加え、生産額の変化等の便益以外の様々な指標も算出される。

表-1 各手法の条件等の違い

	費用便益分析 マニュアル	RAEM-Light
分析の 前提条件	<u>エリア</u> 全国を対象 <u>ゾーニング</u> 町丁字レベル	<u>エリア</u> 近畿管内を対象 <u>ゾーニング</u> 市区町村レベル
INPUT データ	リンク所要時間 リンク交通量	ゾーン間所要時間 経済データ
OUTPUT データ	走行時間短縮便益 走行経費減少便益 交通事故減少便益	帰着便益 総生産 …etc

4. 比較分析の視点

両手法により算出される便益の差が、事業の性質によってどのような傾向を示すのかを明らかにする。事業の分類の視点を以下に整理する。

(1) ゾーン内・ゾーン間の事業による比較

RAEM-Lightで設定しているゾーンは市町村レベルとマニュアルに比して大きいため、対象事業がゾーン内にあるのか、ゾーンを跨ぐのかに分類し、比較を行う。

(2) 対象エリア内の事業の位置による比較

RAEM-Lightは対象エリアを近畿地方に限定しているため、事業がエリアの端にある場合、便益が過小評価される可能性がある。そこで、エリア内の位置により比較を行う。なお、この点については、RAEM-Lightの対象エリアを拡大した場合の便益評価も行うものとする。

(3) 事業の種類による比較

事業の規模により、種類を高規格道路とそれ以外に分類し、便益の比較を行う。

(4) 利用交通特性による比較

交通量配分結果から事業を利用する交通の平均トリップ長で事業を分類し、便益の比較を行う。

(5) 事業の規模による比較

事業の沿線地域の経済規模や、人口規模で事業を分類し、便益の比較を行う。

5. まとめ

本研究では、マニュアルでの利用者便益とRAEM-Lightでの帰着便益の比較分析の視点についてまとめた。詳細な分析結果は当日の発表時に報告するが、ここでは筆者らが想定する分析結果のイメージについて述べる。

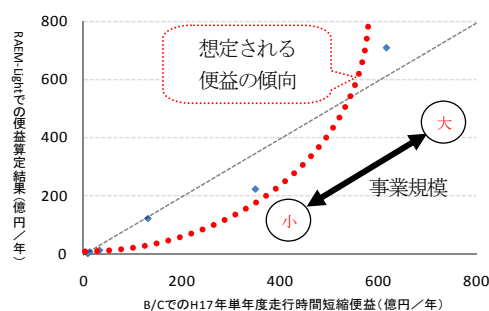


図-2 分析結果のイメージ

まず、マニュアルによる利用者便益は、交通量配分のOD表を固定して算出しているため誘発需要を考慮していないのに対し、RAEM-Lightでは、経済活動による誘発需要を考慮しており、両手法により算出される便益の扱う範囲は異なっている。規模の大きな事業では、長距離トリップ交通の利用が多いことから地域間交易量の変化が大きく、誘発需要による便益が多く発生するものと考えられる。したがって、このような事業の場合、誘発需要を考慮しているRAEM-Lightでの便益の方が大きく計測される傾向になることが予想される。一方で、規模の小さな事業の場合は、ゾーンの小さな利用者便益の方が交通の影響をより細かく捉えることができるため、マニュアルでの便益の方が大きく計測される傾向になることが予想される。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 都市・地域整備局：費用便益分析マニュアル，平成20年11月。
- 2) 小池淳司，佐藤啓輔，川本信秀：帰着便益分析による道路ネットワーク評価～応用一般均衡分析モデル「RAEM-Light」による実務的アプローチ～，第37回土木計画学研究発表会，2008。
- 3) 中村英夫 編：道路投資の社会経済評価，pp.76-99，東洋経済新報社，1997。
- 4) 国土交通省：平成23年度予算に向けた個別公共事業評価及び総点検について，http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000122.html，平成23年2月1日。

(?)

COMPARISON OF THE BENEFIT EVALUATION OF ROAD INVESTMENTS BETWEEN RAEM-Light AND TRAVEL DEMAND FORECASTING

Atsushi KOIKE, Shintaro KATAYAMA and Eiji FURUICHI

A road network projects are evaluated by measuring user benefits based on Cost - Benefit analysis manual in Japan. On the other hand, to evaluated a road network projects, the spatial computable general equilibrium model was employed commonly. We proposed the RAEM-Light as a SCGE model last decade. This model can deal a detailed region in the analysis. However, no one compare the benefits of both approaches. The purpose of this study is that comparison of the benefit evaluation of road investments between RAEM-Light and Travel Demand Forecasting.