

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 ~*
 A Spatial Benefit Incidence Analysis of Highway Network Project
 -An Empirical Approach by using Computable General Equilibrium model “RAEM-Light”-.*

小池淳司**・佐藤啓輔***・川本信秀****

By Atsushi KOIKE**・Keisuke SATO****・Nobuhide KAWAMOTO****

1. はじめに

道路ネットワークをはじめとした社会資本整備は、本来、社会的効率性と地域間公平性の両視点を加味した上で計画される必要がある。しかし、財政的な制約条件に加えて、東西に細長く山地が多いわが国の地形条件下では、上記の両視点を加味したネットワーク整備を一度に整備することは、現実的に不可能である。

そのため、わが国では、戦後の経済復興および国力増強を目的に社会的効率性の高い事業を優先的に行ってきた。その結果、目覚ましい経済発展をとげることができたものの、経済的規模の小さな地域においては、道路ネットワークが不十分な地域があるなど、地域間公平性の観点からは、必ずしも望ましい状況にあるとは言えない。

現在、道路ネットワークの必要性を議論するにあたっては、費用便益分析マニュアルに基づいた事業区間単位の厳格な社会効率性評価が求められている。その一方で、地域間公平性の観点からは情緒的な評価になってしまうことから、社会的効率性の議論と同レベルで、議論されることが少ない。このことは、本来、我々が目指すべき社会的効率性と地域間公平性のバランスのとれた道路ネットワークを構築するにあたって、大きな障害となっているものと考えられる。

そこで、本研究では、上述のような状況の中で、地域間公平性の議論を客観的かつ科学的に支援するためのツールとして、応用一般均衡モデルのひとつであるRAEM-Lightモデルを提示するとともに、中国地方を対象とした実証分析を通して、モデルの実務的有効性について検証を行う。

*キーワード：公共事業評価法、交通ネットワーク分析

**正員，工博

鳥取大学工学部社会開発システム工学科 准教授
(鳥取市湖山町南4-101、TEL0857-31-5313、FAX0857-31-0882)

***正員，工修，技術士(建設部門)

復建調査設計(株)地域経済戦略チーム 主任研究員
(広島市東区光町2-10-11、TEL082-506-1853、FAX082-506-1893)

****正員，工修

復建調査設計(株)地域経済戦略チーム 研究員
(広島市東区光町2-10-11、TEL082-506-1853、FAX082-506-1893)

2. RAEM-Light (ラーム・ライト) モデルの概説

RAEM-Light は、先行研究である Mun¹⁾²⁾によるSCGE モデルから人口移動および集積の経済を除いた構造を想定し、人口分布、各企業の生産技術を外生変数とした多地域多部門の SCGE モデルである。なお、従来の RAEM-Light³⁾では、中間投入財が加味されていなかったため、本研究では現実性を向上させるという意味で、中間投入を加味したモデルをベースに実証分析を行う。

(1) モデルの前提条件

RAEM-Light は、社会経済に対して主に以下の仮定を設ける。

多地域多産業で構成された経済を想定する。

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。

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消費を行う。交通抵抗を Ice-berg 型で考慮する。

労働市場は地域で閉じているものの、資本市場は全地域に開放されているものとする。

なお、モデル式内のサフィックスは、以下のとおりとする。

地域を表すサフィックス： $I \in \{1, 2, \dots, i, \dots, I\}$

財を表すサフィックス： $M \in \{1, 2, \dots, m, \dots, M\}$

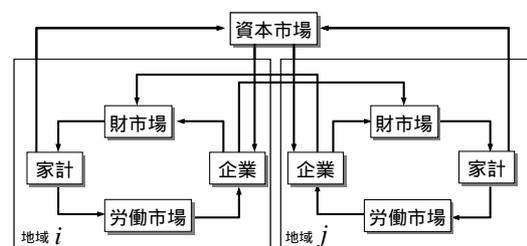


図 - 1 モデル構造

(2) 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。

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

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。

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

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

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

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

(3) 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。

$$\max. U_i(d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^M) = \sum_{m \in M} \beta^m \ln d_i^m \quad (7)$$

$$\text{s.t.} \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} = \sum_{m \in M} p_i^m d_i^m$$

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。

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

(4) 地域間交易モデル

Harker⁴⁾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 : 価格にしめる輸送費率

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

(5) 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)

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

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

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

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

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

(6) 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效果を等価変分 (EV : *Equivalent Variation*) を用いて以下のように定義した。

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

ただし、 $0, 1$: 道路整備の有り無しを表すサフィックス

(7) パラメータの設定

基準均衡データとして、表 - 1 で示す労働・資本投入量、付加価値、人口分布、地域間所要時間を用いた。

表 - 1 基準均衡データ

基準均衡データ	出典
L_i^m, K_i^m (労働と資本)	各県産業連関表
v_i^m (付加価値)	市町村民経済計算
N_i (人口)	国勢調査
t_{ij}^m (地域間所要時間)	Digital Road Map 1900 をベースにダイクストラ法によるゾーン間最短経路探索により算出

以上のデータセットを用いて各種パラメータの推計を行った。産業分類は、3 分類とした。

分配パラメータ α_i^m および効率パラメータ A_i^m につい

ては、産業連関表を用いたキャリブレーションにより各県別に設定し、地域間交易モデルにおけるパラメータについては、グリッドサーチにより地域別に推定した。グリッドサーチの推定結果を表 - 2 に示す。なお、第 3 次産業は、交易を行わないものとして設定した。

表 - 2 交易モデルのパラメータ

		山陰	山陽	四国	近畿	九州
第 1 次産業	λ^m	4.14	5.02	3.94	5.82	9.89
	ψ^m	0.12	0.10	0.10	0.09	0.09
第 2 次産業	λ^m	6.10	2.29	6.77	4.76	7.31
	ψ^m	0.11	0.15	0.10	0.26	0.53

(8) 現況再現性の確認

表 - 3 に、本モデルにおける産業別の生産額の現況再現結果を示す。

表 - 3 現況再現性 (生産額)

	相関係数	%RMS
第 1 次産業	0.99	0.69
第 2 次産業	0.98	0.69
第 3 次産業	1.00	0.23
GRP	1.00	0.04

3. シナリオ分析

(1) 対象範囲・対象ネットワーク

分析対象範囲は、中国・四国地方を中心とした地域とし、基本的に 2 次生活圏レベルでゾーニングを行った。また、道路ネットワークは、現況は H 19 時点のものとし、将来については、高規格幹線道路ネットワークとして計画されている路線を対象とした。(図 - 2)

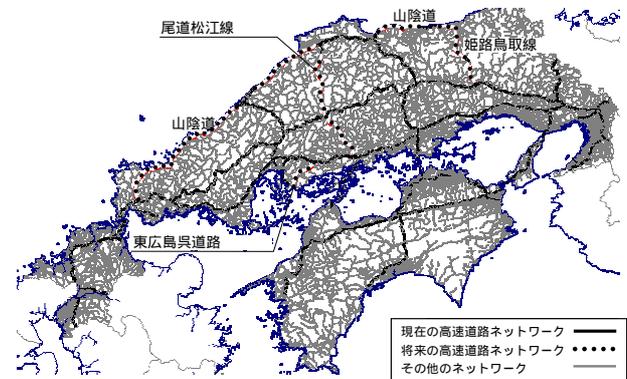


図 - 2 対象ネットワーク

(2) 設定シナリオ

表 - 4 に示す設定シナリオに基づいて、シナリオ分析を行った。

表 - 4 設定シナリオ

シナリオ	現在の高速道路ネットワークを基準とした効果	高速道路は全て未整備の状況を基準とした効果
現況シナリオ	-	シナリオ (現在のネットワーク)
将来シナリオ	シナリオ (既存のネットワークに加えて、姫路鳥取線、尾道松江線、東広島・呉自動車道を追加した際のネットワーク)	シナリオ (現在のネットワーク)
	シナリオ (シナリオ に山陰道を追加した際のネットワーク)	

(3) 分析結果

まず、現在の高速道路ネットワークの整備状況を基準とした便益比較を図 - 3 に示す。ここでは、中国地方内を日本海側の山陰地方と瀬戸内海側の山陽地方に分けて帰着便益の推移を示している。この結果からは、シナリオ・ともに、山陰側に大きな便益が帰着しており、両シナリオともに、山陰側にとって非常に効果のある高

速道路ネットワークであることを示している。

しかし、本分析のみでは、地域間公平性の観点から、シナリオの整備でよいのか、もしくは、シナリオの整備まで行すべきかを判断することは難しい。

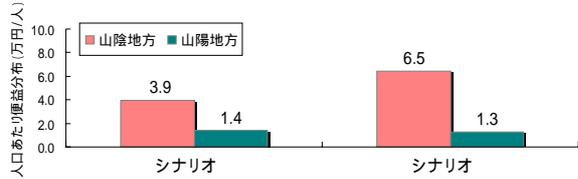


図 - 3 現在の高速道路ネットワーク整備状況を基準とした便益比較

そこで、基準時点を含めた高速道路ネットワークが未整備の時点として分析した結果を図 - 4 に示す。あわせて、各シナリオの詳細な帰着便益の分布状況を図 - 5 ~ 7 に示す。

図 - 4 からは、シナリオの時点で生じていた山陰地方のマイナスの便益がシナリオの時点では、プラスに転じていることが分かる。仮に、地域間公平性の判断基準を各地方単位でマイナスの便益が帰着しない状況とすれば、シナリオの結果は、地域間公平性の観点からは望ましい状況にあると言える。

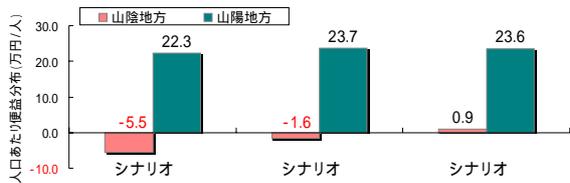


図 - 4 高速道路ネットワークが全て未整備の状況を基準とした便益比較

一方、図 - 5 ~ 7 で示すように、地方単位ではなく、地区単位に詳細に帰着便益の状況を見ると、シナリオの時点で、山陰側の多くの地区で、マイナス便益が緩和されていることが分かる。しかし、必ずしも山陰地方の全地区でプラスの便益が帰着しているわけではないことから、どのような状況を地域間公平性の観点から望ましいとするかは議論の分かれるところである。

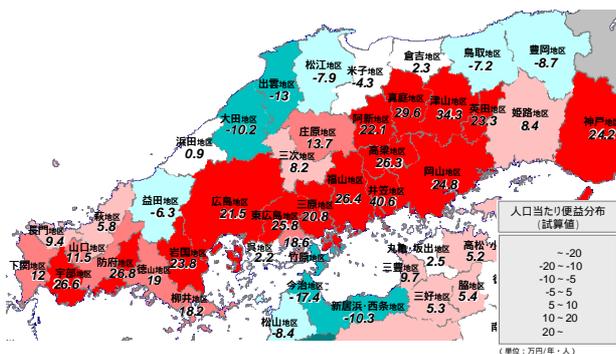


図 - 5 シナリオ : 現況ネットワークの効果

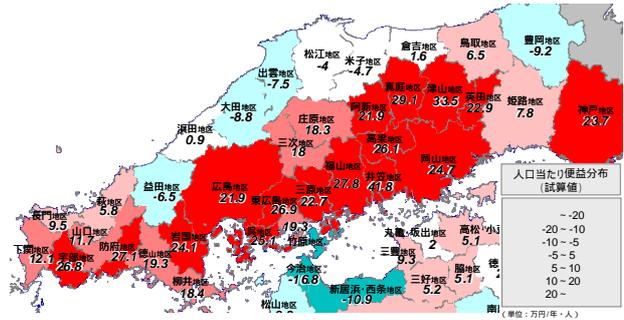


図 - 6 シナリオ : 将来ネットワークの効果

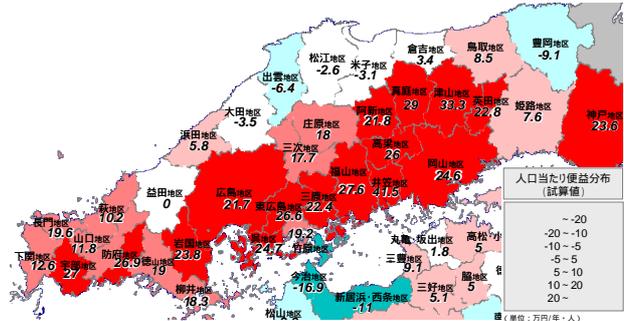


図 - 7 シナリオ : 将来ネットワークの効果

以上のような帰着便益の分析結果からは、地域間公平性の議論を行うにあたって、時間軸の設定の仕方(比較基準時点)・空間軸の設定の仕方(ゾーニング規模)によって結果の意味合いが異なるものの、帰着便益を把握することは、客観的な地域間公平性の議論を行う上で非常に有益であることが分かる。

4. まとめ

本稿では、RAEM-Light を活用することで、地域間公平性の観点から、過去から将来にわたる高速道路ネットワーク整備の効果を同一の理論モデルで定量評価可能であることを実証的に示した。今後は、従来の情緒的な地域間公平性の議論に対する客観的な判断材料を提供することに加えて、時間を越えたネットワーク全体での評価と国土計画の意義を考察していく必要があると考える。

参考文献

- 1) Mun S.I.: Transport network and system of cities, Journal of Urban Economic, pp.205-221, 1997.
- 2) 文世一: 地域幹線道路網整備の評価 -集積の経済にもとづく多地域モデルの適用, 土木計画学ワンデーセミナー・シリーズ 15, 応用一般均衡モデルの公共投資評価への適用, 1998.
- 3) 小池淳司・川本信秀, 集積の経済性を考慮した準動学 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, pp.179-186, 2006.
- 4) Harker, P. T.: Predicting Intercity Freight Flows, VNU Science Press BV, 1987.