

港湾取扱貨物量を考慮した応用一般均衡モデル「RAEM-Light」 による道路ネットワーク評価*

Evaluation of Highway Network Projects by Computable General Equilibrium Model “RAEM-Light” in the context of the Intra Trade by Ports *

小池淳司**・川本信秀***・佐藤啓輔****

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

1. はじめに

東アジア諸国が目覚しい経済発展をしていく中、わが国は、国際競争力を一層強固にしていくとともに、生産体制の水平分業化などにより、東アジア諸国の発展を日本国内にうまく循環させることで、アジア地域全体として相乗的に活力を養うことが求められている。そのためにも、わが国の道路ネットワークをはじめとした社会資本整備の評価にあたっては、上述のような視点を踏まえた評価が必要となる。特に、道路ネットワークは、様々な物流施設と生産拠点をリンクする機能を有するという意味において、国際的な物流貨物の国内運搬を効率的かつ効果的に支援する役割があると言える。

しかし、従来の経済モデルによる道路ネットワーク評価においては、主に国内の地域間陸上物流を対象に評価が行われており、港湾と各地域の港湾取扱貨物の輸送額を考慮した評価はなされていなかった。つまり、港湾とその背後圏に広がる地域経済の関係性を明示化していなかったため、本来、道路ネットワークが機能として有する港湾取扱貨物輸送の背後圏への物流支援の視点での評価が欠けていたといえる。

そこで、本稿では、港湾と背後圏の経済的繋がりを明示化した上で、港湾取扱貨物輸送を考慮した国内の道路ネットワーク整備の評価を行う。具体的には、地域間陸上物流を対象にモデル化されたRAEM-Lightモデル（小池・川本，2006）に対して、港湾取扱貨物量を考慮できるようモデルの再構築を行う。なお、本稿で対象とする便益は、道路ネットワーク整備による「地域間陸上物流の物流効率化」および「港湾取扱貨物輸送の背後圏への物流効率化」の2点である。港湾施設の整備による物流効率化などは対象としていない。

*キーワード：道路計画，経済評価

**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

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)

****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)

2. 港湾取扱貨物量を考慮したRAEM-Lightモデル構造

図-1で示す社会構造を設定し、社会経済に対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）を投入して、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消費を行う。
- ④家計へ供給する財の交通抵抗をIce-berg型で考慮する。
- ⑤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。
- ⑥移輸出・移輸入財の量は政策前後で一定とする。
- ⑦移輸出・移輸入に関わる国内陸上移動費用はIceberg型で仮定し、その費用は企業が負担する。
- ⑧移輸出・移輸入に関わる国内陸上移動費用分、限界費用から価格がマークアップする。

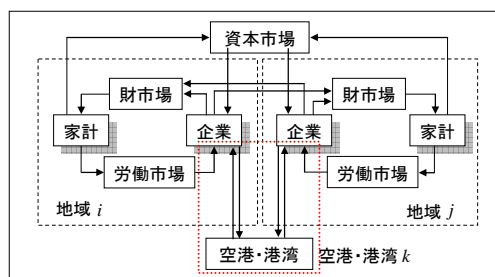


図-1 モデルの概略

以下で港湾取扱貨物量を考慮したRAEM-Lightの定式化を行う。モデルの定式化において以下のサフィックスを導入する。

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

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

(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コブダグラス型で仮定すると以下のようになる。

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

ただし、 y_i^m ：生産量， 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)

生産に関する最適化問題は以下のように生産技術制約下での利潤最大化行動となる. なお, 港湾との交易に関する交通費用は固定費用として扱う.

$$\max q_i^m y_i^m - w_i L_i^m - r K_i^m - \sum_{k \in I} \psi_{ki}^m t_{ki} (E_{ki}^m + I_{ki}^m) \quad (2)$$

$$s.t. y_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m}$$

ただし, w_i : 賃金率, r : 資本レント, q_i^m : 生産者価格, E_{ki}^m : 移輸出される財, I_{ki}^m : 移輸入される財, $\psi_{ki}^m t_{kj}^m$: 移輸出, 移輸入 1 単位あたりの交通抵抗 (費用)

上式より, 生産要素需要関数 L_i^m , K_i^m と生産者価格 q_i^m が, 限界費用に生産一単位あたりの固定費用を加えた形で定義できる.

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

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

$$\begin{aligned} q_i^m (N_i, w_i, r) + M_i^m &= C_i^m (N_i, w_i, r) + M_i^m \\ &= \frac{w_i^{\alpha_i^m} r^{1-\alpha_i^m}}{A_i^m \alpha_i^m (1-\alpha_i^m)^{1-\alpha_i^m}} + \frac{\sum_{k \in I} \psi_{ki}^m t_{ki} (E_{ki}^m + I_{ki}^m)}{y_i^m} \quad (5) \\ &= (1 + \gamma_i^m) C_i^m \end{aligned}$$

ただし, M_i^m : 財 1 単位あたりに含まれる港湾取扱貨物輸送コスト, C_i^m : 限界費用, γ_i^m : マークアップ率

(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.

$$\max U_i(x_i^1, x_i^2, \Lambda, x_i^M) = \sum_{m \in M} \beta_i^m \ln x_i^m \quad (6)$$

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

ただし, U_i : 効用関数, x_i^m : 財 m の消費水準, β_i^m : 消費の分配パラメータ ($\sum_{m \in M} \beta_i^m = 1$), p_i^m : 消費者価格, \bar{K} : 資本保有量, T : 総人口 ($T = \sum_{i \in I} N_i$), \bar{l}_i : 一人あたりの労働投入量 ($\bar{l}_i = \sum_{m \in M} L_i^m / N_i$)

上式より, 消費財の需要関数 x_i^m が得られる.

$$x_i^m = \beta_i^m \frac{1}{p_i^m} \left(\bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} \right) \quad (7)$$

(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.

$$s_{ij}^m = \frac{y_i^m \exp[-\lambda_i^m q_i^m (1 + \psi_{ij}^m t_{ij}^m)]}{\sum_{l \in I} y_l^m \exp[-\lambda_l^m q_l^m (1 + \psi_{lj}^m t_{lj}^m)]} \quad (8)$$

ただし, s_{ij}^m : 購入先選択確率, t_{ij}^m : 交通抵抗 (所要時間), λ_i^m, ψ_{ij}^m : 交易パラメータ

こ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される.

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

ただし, z_{ij}^m : 地域間の財の交易量, N_i : 地域人口

また, 消費者価格は次の式を満たしている.

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

(4) 市場均衡条件式

港湾取扱貨物量を考慮したRAEM-Lightでは以下の市場均衡条件が成立する.

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

$$\text{経常収支均衡} \quad r \left(\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} K_i^m - \bar{K} \right) = 0 \quad (12)$$

$$\text{財市場 (需要)} \quad N_j x_j^m = \sum_{i \in I} z_{ij}^m \quad (13)$$

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

ただし, \bar{L}_i : 地域 i の労働保有量

(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.

$$EV_i = \left(\bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} \right) \left(\frac{e^{U_i^1} - e^{U_i^0}}{e^{U_i^0}} \right) \quad (15)$$

ただし、 EV_i ：一人あたりのEV， $0,1$ ：道路整備の有り無しを表すサフィックス

3. 実証分析

(1) 対象範囲・ネットワーク・港湾

分析対象範囲は、中国・四国地方を中心とした地域とし、中国・四国地方を2次生活圏でゾーニングをおこなった。対象とする道路ネットワークについては、現況はH19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-2参照) また、対象とする港湾については、港湾統計(陸上出入貨物調査)において対象としている港湾と鳥取港を対象とした。(表-1参照)

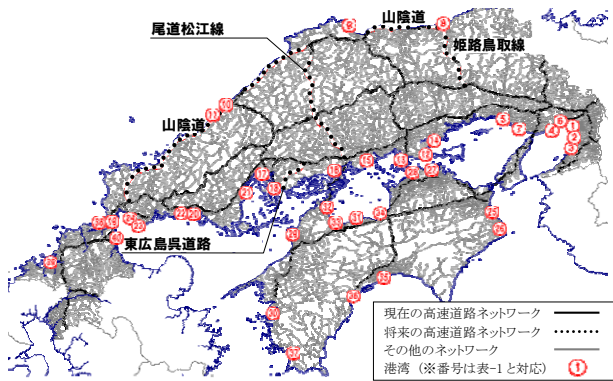


図-2 対象ネットワーク

表-1 対象港湾

| No. | 対象港湾 | No. | 対象港湾 |
|-----|---------|-----|--------|
| 1 | 大阪港 | 22 | 三田尻港 |
| 2 | 堺泉北港 | 23 | 宇部港 |
| 3 | 阪南港 | 24 | 小野田港 |
| 4 | 神戸港 | 25 | 徳島小松島港 |
| 5 | 姫路港 | 26 | 橋港 |
| 6 | 尼崎西宮芦屋港 | 27 | 高松港 |
| 7 | 東播磨港 | 28 | 坂出港 |
| 8 | 鳥取港 | 29 | 松山港 |
| 9 | 境港 | 30 | 宇和島港 |
| 10 | 浜田港 | 31 | 新居浜港 |
| 11 | 三隅港 | 32 | 今治港 |
| 12 | 宇野港 | 33 | 東予港 |
| 13 | 水島港 | 34 | 三島川之江港 |
| 14 | 岡山港 | 35 | 高知港 |
| 15 | 福山港 | 36 | 須崎港 |
| 16 | 尾道糸崎港 | 37 | 宿毛湾港 |
| 17 | 広島港 | 38 | 北九州港 |
| 18 | 呉港 | 39 | 博多港 |
| 19 | 下関港 | 40 | 苅田港 |
| 20 | 徳山下松港 | 41 | 三池港 |
| 21 | 岩国港 | | |

(2) 港湾データ

本モデルで用いる港湾データは、港湾地域間の港湾搬出入額、港湾取扱貨物の輸送コストである。それぞれの導出方法を下表に示す。

表-2 港湾データの導出方法

| データ | 導出方法 |
|--------|---|
| 港湾搬出入額 | 港湾搬出入量に1フレートトンあたりの搬出入額(総移輸出額/総搬入量, 総移輸入額/総搬出量)を乗じて算出。 |

| | |
|-------------|--|
| | ※総移輸出入額は産業連関表の移輸出入額に物流センサスの海運輸送シェアを乗じて算出。 ※港湾搬出入量は、港湾統計(H17・18陸上出入調査) |
| 港湾取扱貨物輸送コスト | 地域間輸送コストと港湾地域間輸送コストが同じものとし、財1単位あたりの輸送コストを所要時間にロジットパラメータ ψ_i^m を乗じた値として設定。 |

(3) 基準均衡データ

本モデルで用いる基準均衡データを下に示す。

表-3 基準均衡データ

| 基準均衡データ | 根拠資料等 |
|------------|---|
| y_i^m | H16市町村経済計算 純生産額 ※市町村経済計算が存在しない地域では、産業連関表の付加価値を事業所企業統計調査従業者数、あるいは工業統計調査付加価値額で按分し算出。 |
| N_i | H17国勢調査 市町村別人口 |
| t_{ij}^m | H17DRM, H17道路交通センサス速度を用いて所要時間を算出。 |

(4) パラメータ

地域間交易モデルのパラメータは、道路整備時に消費者価格を減少させるように財を選択するよう条件を設け、グリッドサーチにより算出した。パラメータ算出結果を下表に示す。

表-4 交易モデルのパラメータ

| | 1次産業 | | 2次産業 | |
|----|---------------|------------|---------------|------------|
| | λ_i^m | ψ_i^m | λ_i^m | ψ_i^m |
| 山陰 | 10 | 1 | 9.98 | 0.88 |
| 山陽 | 3.03 | 0.164 | 2.23 | 0.155 |
| 四国 | 0.99 | 0.536 | 6.46 | 0.109 |
| 関西 | 9.93 | 0.855 | 1.29 | 0.422 |
| 福岡 | 2.17 | 0.65 | 2.41 | 0.115 |

(5) 設定シナリオ

設定シナリオは、1ケースとし、現況道路ネットワークに対して、将来の「中国地方内の高規格幹線道路ネットワーク(姫路鳥取線, 尾道松江線, 東広島呉道路, 山陰道)を整備」を実施したケースを想定する。

(6) 計算結果および考察

ここでは、小池・川本(2006)において構築したRAEM-Light(以下、ベースモデル)と本稿で構築したRAEM-Light(以下、港湾モデル)の比較分析を行う。図-3で示すように、それぞれのモデルでの各地区の帰着便益は増加するケースと減少するケースがみられ、総便益では、ベースモデルが794億円に対して、港湾モデルが1,180億円となっており、386億円(約1.5倍)増加する結果になっていることが分かる。

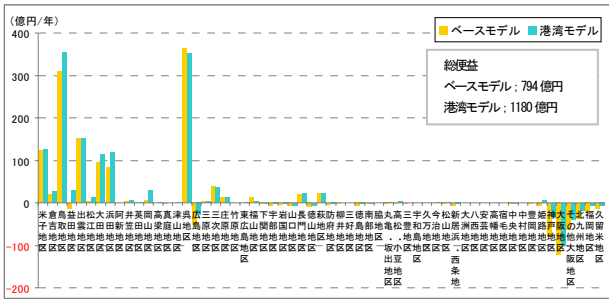


図-3 ベースモデルと港湾モデルの帰着便益比較

そこで、便益が向上する地区と減少する地区に分けて、その要因を分析する。ベースモデルと港湾モデルの最大の相違点は、取り扱う物流コストにあり(表-6参照)、港湾モデルでは、表内の2つのコストが複合的に関係することで、便益に影響を与える結果となっている。

表-6 対象とする物流コストの相違

| モデル | 対象とする物流コスト |
|--------|-------------------------------|
| ベースモデル | 地域間陸上貨物輸送コスト |
| 港湾モデル | 地域間陸上貨物輸送コスト + 港湾取扱貨物輸送コスト |

各地区と港湾との取引の関係性を考慮しながら、代表的な現象別に整理すると、以下ようになる。

現象①：ベースモデルに対して便益が増加する地区①

【山陰地区(鳥取、松江、益田、浜田地区など)において見られる現象】

当該地区の主な取引先の港湾が、自地域内ではなく、比較的遠方の他地域に存在することから(図-4参照)、姫路鳥取線や山陰道などの高規格幹線道路整備により、地域間陸上貨物輸送コストおよび港湾取扱貨物輸送コストの両コストが減少することで、ベースモデルに比べて港湾モデルで便益が増加する結果となっている。

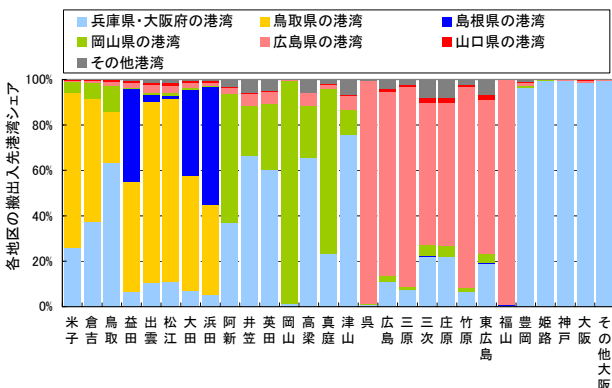


図-4 各地区の搬出入先港湾シェア (港湾統計; H17・18陸上出入貨物調査結果 対象港湾のシェア)

現象②：ベースモデルに対して便益が増加する地区②

【関西・広島・岡山地区などにおいて見られる現象】

当該地区の主な取引先の港湾が、近隣の自地域内にあ

る(図-4参照)ことから、港湾取扱貨物輸送コストの減少があまり存在しない。しかし、当該地域のような大規模な消費地においては、山陰地方など港湾取扱貨物輸送コスト減少による便益増加(ベースモデルに対して)地域との取引があることから、その影響を間接的に受けることで、結果的に、ベースモデルと比較して便益が増加する結果となっている。

現象③：ベースモデルに対して便益が低下する地区

【呉・福山地区などにおいて見られる現象】

当該地区においては、道路整備により時間が短縮するものの、取引先港湾が近隣にある(図-4参照)ため、港湾取引に対する道路整備の影響度合いが少なく、単に地域間陸上貨物輸送コストのみを対象としているベースモデルに対して港湾モデルは港湾取扱貨物輸送コストを負荷していることから物流コストが増加する。また、当該地区が現象②の対象地区のような大規模消費地でないため、他地区での便益増加を間接的に受けることもないため、結果的に便益が低下する結果となっている。

4. おわりに

本稿では、港湾取扱貨物量を考慮したRAEM-Lightモデルを用いることで、「地域間の陸上貨物物流」および「港湾取扱貨物の背後圏への物流」の2つの視点から、道路ネットワーク整備による物流コスト減少を明示化し、帰着便益を計測した。また、実証分析により、他地域の港湾に依存している山陰地方などにおいては、港湾取扱貨物量を考慮することで、考慮しない場合に比べて便益が増加することが確認できた。

一方、本稿で構築した港湾モデルでは、港湾と背後圏の取引量を固定としているため、地域間物流と港湾取扱貨物物流の代替性を加味していない。そのため、今後の課題として、各地区の港湾選択変化をモデル内で設定することで、より現実的な評価が可能になると考える。また、道路ネットワーク整備と港湾整備は相互に複合的に関係していることから、政策シナリオとして、道路ネットワーク整備のみならず、港湾施設の整備による物流効率化(例えば、貨物仕分け速度の向上等)をあわせて検討可能なモデルを構築する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) 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.
- 3) Harker, P. T.: Predicting Intercity Freight Flows, VNU Science Press BV, 1987.
- 4) 市村眞一・土井正幸, 港湾と地域の経済学, 多賀出版, 2003.