

## 港湾取扱貨物量の変化が中国地方の 道路ネットワーク整備効果へ与える影響 —東アジアの経済成長を視野に入れた検討—

佐藤啓輔\*

小池淳司\*\*

川本信秀\*\*\*

港湾と背後圏の物流を通じた経済的関係性を明示的に表現できるSCGEモデル「RAEM-Light」を用いることで、道路ネットワーク整備にあわせて港湾取扱貨物量に変化した場合に、背後圏にどのような影響が及ぼされるかを分析した。その結果、相対的に港湾拠点の少ない山陰側の地域にとっては、港湾取扱貨物の陸上物流が広域的であることから所要時間を多く要する現状となっており、背後圏の道路ネットワーク整備は港湾取引における経済価値を山陰側の地区全体に効率的に伝播させる役割を担っていることを明確にした。

### Road Network Investment Analysis in Chugoku Area in the Context of Changing of Shipping Freight Traffic : Under the Economic Growth in East Asia

Keisuke SATO\*

Atsushi KOIKE\*\*

Nobuhide KAWAMOTO\*\*\*

Spatial Computable General Equilibrium model (RAEM-Light) which can describe economic relationship between port and backland area was applied to analyze the effect of road network investment in the context of changing of shipping freight traffic. As a result, Sanin region on few ports require the large distribution time for the shipping freight traffic, and the road network development for backland area clarified that the role to spread the economic value in the ports.

#### 1. はじめに

道路ネットワーク整備による効果の分析は多く存在するが、基本的には、社会的効率性の視点からの

分析と地域間公平性の視点からの分析の二つに大別できる。公共経済学的には、社会的効率性と地域間公平性の議論を切り離し、仮説的補償原理を前提とすれば、社会的効率性のみを重視したプロジェクトを実施することが効率的であるということになるが、社会規範上、このようなプロジェクトのみが許容されることは考えられない。

そのため、社会資本整備の評価を行う際は、社会的効率性のみならず、地域間公平性の視点からの評価を行うことが求められる。この地域間公平性の評価を行う際に重要となる視点が、道路ネットワーク整備効果の空間的帰着状況の把握にある。つまり、

\* 復建調査設計㈱地域経済戦略チーム主任研究員  
Senior Consultant, Regional Economic Planning,  
FUKKEN co., Ltd.

\*\* 鳥取大学社会開発システム工学科准教授  
Associate Professor, Dept. of Social System Engineering,  
Tottori University

\*\*\* 復建調査設計㈱地域経済戦略チーム研究員  
Researcher, Regional Economic Planning,  
FUKKEN co., Ltd.  
原稿受理 2008年12月22日

効果がどの地域にどの程度帰着しているのかを定量化する視点である。近年では、土木計画分野における経済モデル技術の発展とともに、空間的应用一般均衡(Spatial Computable General Equilibrium:SCGE)モデルを活用した効果の空間的帰着状況の把握が実務において蓄積されつつある。しかし従来の道路ネットワーク評価を目的とした実務的SCGEモデル(例えば小池、佐藤、川本<sup>1)</sup>)は、主に国内の陸上地域間の取引に対する影響分析に主眼があり、将来的な貿易取引変化が道路ネットワークを介して地域経済に及ぼす影響の分析視点については明示的に考慮されていなかった。

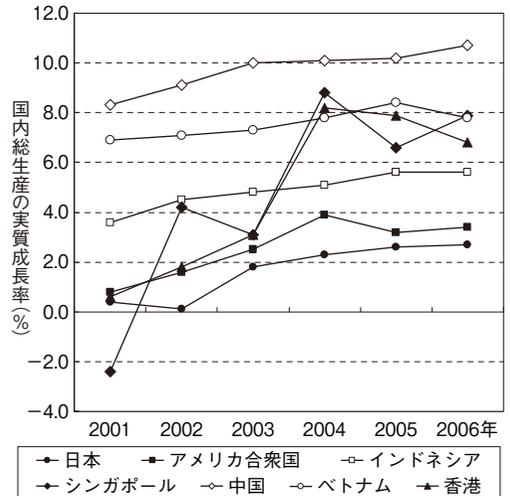
一方で、近年の東アジア地域を中心とした経済的発展は、わが国の産業構造にも大きな影響を及ぼすものと考えられる。H17年産業連関表(速報)のデータによると、わが国の製造業の生産額に対する輸出・輸入額はそれぞれ約2割程度存在することがわかっており、近年の生産工場の海外移転の増加などを考えると、わが国の生産体制における貿易取引の重要性は今後一層高まることが予想される。

このような背景のもとで、土井<sup>2)</sup>は、貿易拠点としての港湾について拠点毎の取扱量に着目した拠点間競争の分析だけでなく、その背後圏の地域経済との産業的連関性を考慮した一体的な政策分析の必要性を指摘するとともに、港湾取扱貨物の二次輸送である陸上物流の所要時間が荷主の港湾選択行動に重要な影響を及ぼしている点についても指摘している。

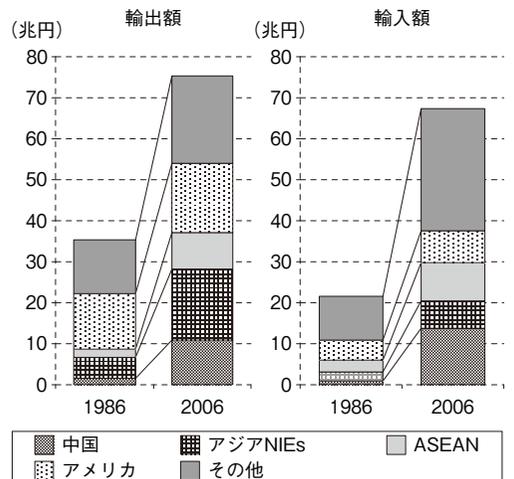
そこで本稿では、東アジア地域の経済発展とわが国の貿易状況を概観した後、中国地方における港湾取扱貨物の陸上物流の特性に着目した分析を行い、SCGEモデル「RAEM-Light(ラーム・ライト)」を用いることで、道路ネットワーク整備効果に対して港湾取扱貨物の陸上物流がどのような影響を及ぼすかを把握するとともに、港湾の取扱貨物量が増減した場合に背後圏はどのような影響を受けるのかについてもシナリオ分析を行う。

## 2. 東アジア地域の経済成長と中国地方の港湾取扱貨物の状況

Fig.1を見ると、中国の国内総生産の実質成長率は2006年時点で10%を超えており、わが国を大きく上回っている状況にある。このような傾向は、ベトナム、香港、シンガポールなどの東アジア地域でも同様であり、いずれもわが国を上回る成長率となっている。



出典) 国民経済計算(総務省統計局)より。  
Fig. 1 国別の国内総生産実質成長率(対前年比)の推移



注) アジアNIEs: 韓国、台湾、香港、シンガポール。  
出典) 貿易統計(財務省)「金額ベースの内訳」より。  
Fig. 2 日本の輸出入相手先内訳(1986年、2006年)

一方、わが国の金額ベースの輸出入相手先内訳(Fig.2)を見ると、1986年時点ではアメリカに依存していた貿易体系が、2006年時点ではASEAN諸国およびアジアNIEs諸国に依存した貿易体系にシフトしており、その依存度はアメリカとの取引を超える程度にまで拡大している。Fig.1のような東アジア地域の経済発展が今後も継続することを想定すると、わが国の貿易取引における東アジア地域の存在は、ますます重要になるものと思われる。

次に、中国地方の港湾の輸出入相手先の内訳(Fig.3、4)を見ると、全国の傾向と同様に、アジア

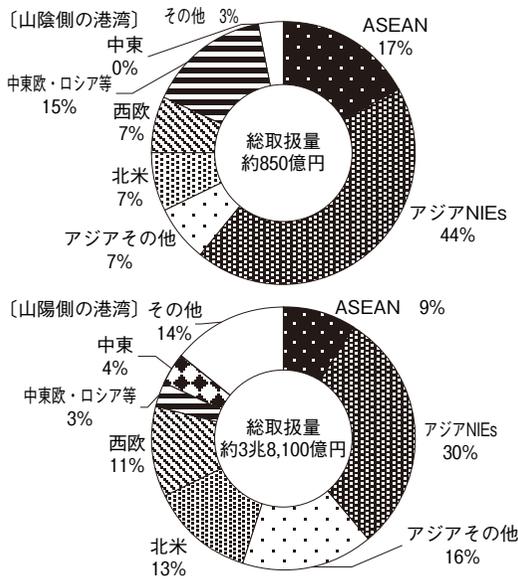
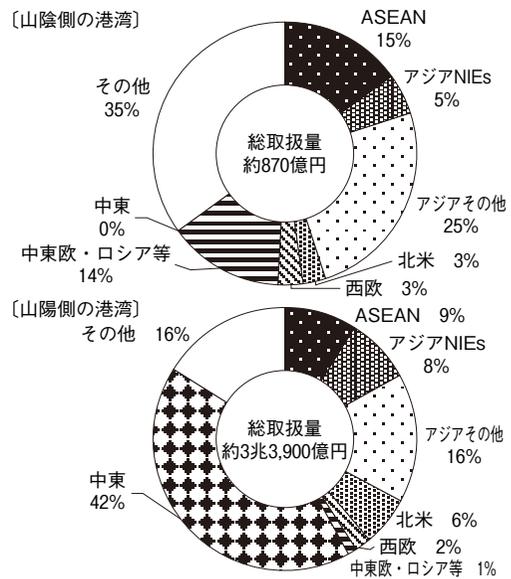


Fig. 3 中国地方の港湾の輸出相手先内訳 (2007年)

方面との取引が多いことがわかる。取扱規模で見ると山陽側の港湾が圧倒的に多いものの、取引先割合で見ると、輸出入ともに、山陽側の港湾に比べて山陰側の港湾の方がアジア方面との取引の占める割合が高くなっている。特に輸出に関しては、山陰地方の港湾は、アジア地域全体との取引が約7割となっており、その依存度の高さがうかがえる。

### 3. 中国地方における港湾取扱貨物と背後圏の関係

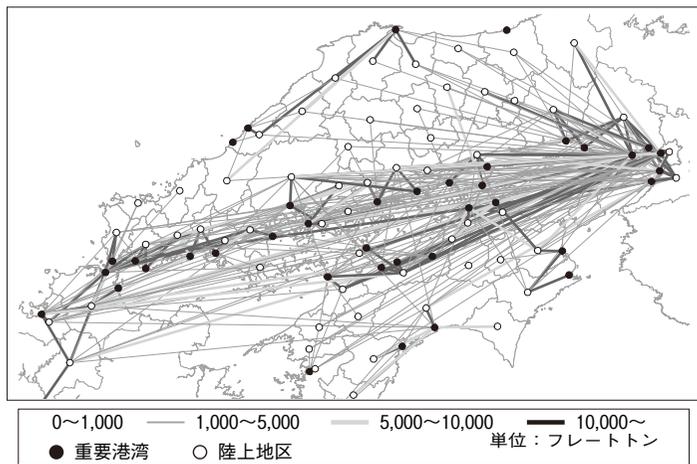
上述した中国地方における港湾取扱貨物は、陸上交通を介して背後圏の地域経済と結びつくことになる。この背後圏との取引状況を把握するためのデータには、全国輸出入コンテナ貨物流動調査(最新データは平成15年調査)および港湾統計の陸上出入貨物調査(最新データは平成17・18年調査)の二つの調査がある。前者は純流動を把握できるものの輸出入のみの取扱となり、後者は輸出入に加えて移出入の取引を考慮できるものの施設間流動しか把握できない。本稿では港湾取扱貨物の二次輸送に着目した分析を行うことから、港湾の全ての取扱貨物の陸上流動が考慮されている港湾統計の陸上出入貨物



注1) 山陰側の港湾：浜田港、境港。山陽側の港湾：呉港、広島港、水島港、福山港、尾道糸崎港、竹原港、下関港、宇部港。  
注2) アジアNIEs：韓国、台湾、香港、シンガポール。  
出典) 貿易統計(神戸税関・門司税関)「金額ベースの内訳」より。  
Fig. 4 中国地方の港湾の輸出相手先内訳 (2007年)

調査を用いた分析を行う。

そこで、まずFig.5、6で示すように各港湾の背後圏との搬出入量状況を整理した。なお、対象とする港湾は重要港湾以上の港湾であり、陸上地域のゾーニングは、中国・四国地方は二次生活圏、それ以外の地域は二次生活圏を更に集約し集計を行った。また港湾施設の立地県外のゾーンについては調査結果



資料) H17/18港湾統計(陸上出入貨物調査結果)より作成。  
Fig. 5 港湾取扱貨物の陸上物流量(搬出入計)

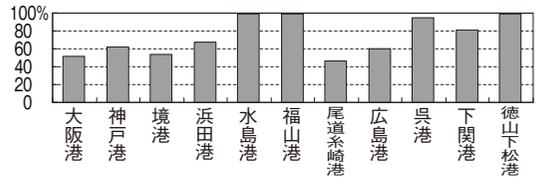
のデータが県レベルに集約されていたことから、本稿では簡易的に生産額で按分することでODデータを作成した。

Fig.5には全品目の陸上物流のトリップ図を示しているが、高速道路ネットワークが充実している山陽側において、スーパー中枢港湾である大阪・神戸港を起終点とした東西の取引が活発であることがわかる。またFig.6からは、大阪・神戸港および山陰側の主要港湾である境港・浜田港などで、港湾取扱貨物の陸上物流の自地区内での取引割合が低く、広域的に陸上物流がなされていることがわかる。一方で山陽側の港湾は、広島港、尾道糸崎港で同様の傾向が見られるものの、その他の多くの港湾で自地区内との取引が大半になっている。これは、港湾に隣接する基礎素材型産業を中心とした工業地帯との取引によるものと考えられ、山陽側港湾の特徴的な点であると言える。

なお、陸上出入貨物調査結果は施設間物流として調査されていることから、港湾区域外の倉庫に搬出入される財については、データ上、港湾と倉庫間のトリップしか計測されていない。そのため、倉庫からさらに背後圏へ搬出入される財を考慮出来ないことから、純物流ベースで見ると、背後圏へのトリップの長い物流がより一層増加するものと思われる。

次に、各地区の主な取引先港湾を整理したものをTable 1に示す。山陰側については、浜田地区は浜田港、鳥取地区は大阪港が主要取引先となっているものの、その他の山陰側の全ての地区は境港に依存した取引を行っていることがわかる。一方で山陽側は、岡山県内の中山間地域の地区が神戸港に依存しているが、広島・山口の両県の多くの地区は自地区内等の周辺に立地する港湾と主な取引を行っていることがわかる。このことから、相対的に山陰側の地区および岡山県内の中山間地域の地区が遠方港湾との取引を強いられていることがわかる。

次に、港湾取扱貨物の陸上物流に要する所要時間（陸上地区と港湾間）を地区別に港湾取扱貨物量で加重平均したものを、Fig.7に示す。黒色は山陰側の地区、灰色はそれ以外の中国地方内の地区を示す。全体的に広域的な長トリップの陸上物流を強



資料) H17/18港湾統計（陸上出入貨物調査結果）より作成。  
Fig. 6 主な港湾の全取引に対する港湾立地区内との取引割合（搬出入計）

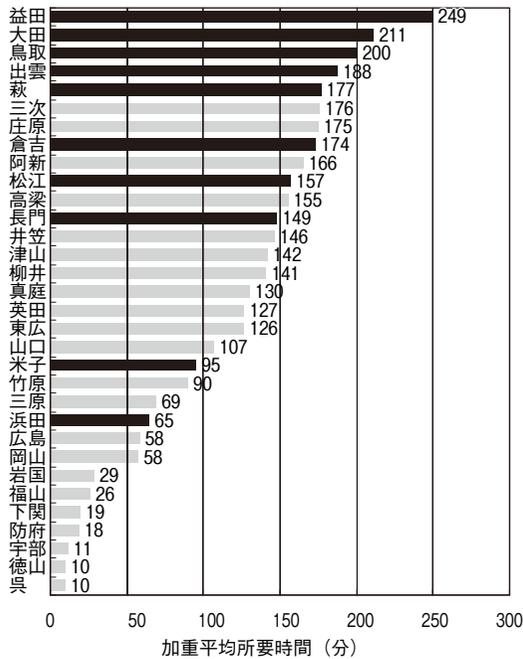
いられる山陰側の地区は非常に多くの所要時間がかかっており、所要時間が最大の益田地区は、所要時間最小の呉地区に比べて約25倍の時間を要していることがわかる。

このような陸送の所要時間の格差は、平等な競争機会のもとで生じているのであれば問題視する必要はないが、インフラ環境の相違等により平等な競争

Table 1 地区別の主要取引先港湾（搬出入計）

県名	地区名	地区内に立地する 港湾施設 (重要港湾)	地区別の主要取引先港湾			
			依存度1位		依存度2位	
			施設名	依存度(%)	施設名	依存度(%)
鳥取県	米子	境港	境港	89	神戸港	4
	倉吉		境港	48	神戸港	20
	鳥取		大阪港	27	神戸港	26
島根県	益田	境港	境港	54	浜田港	33
	出雲		境港	79	神戸港	9
	松江		境港	80	神戸港	9
	大田		境港	57	浜田港	29
	浜田		浜田港・三隅港	浜田港	59	境港
岡山県	阿新	水島港・岡山港・宇野港	神戸港	43	水島港	27
	井笠		神戸港	49	水島港	13
	英田		神戸港	48	水島港	22
	岡山		水島港	90	宇野港	8
	高梁		神戸港	58	大阪港	10
	真庭		宇野港	51	神戸港	26
	津山		神戸港	56	大阪港	11
広島県	呉	呉港	呉港	98	広島港	1
	広島	広島港	広島港	76	神戸港	8
	三原	尾道糸崎港	尾道糸崎港	64	福山港	12
	三次	尾道糸崎港	尾道糸崎港	39	神戸港	18
	庄原	尾道糸崎港	尾道糸崎港	30	神戸港	21
	竹原	福山港	福山港	52	呉港	17
	東広島	広島港	広島港	37	呉港	28
山口県	福山	福山港	福山港	98	尾道糸崎港	1
	下関	下関港	下関港	92	北九州港	4
	宇部	宇部港	宇部港	80	小野田港	17
	岩国	岩国港	岩国港	98	北九州港	1
	山口	宇部港	宇部港	66	三田尻港	12
	長門	下関港	下関港	52	北九州港	24
	徳山	徳山・下松港	徳山下松港	99	北九州港	1
	萩	北九州港	北九州港	42	博多港	11
	防府	三田尻港	三田尻港	94	徳山下松港	2
	柳井	北九州港	北九州港	36	徳山下松港	27

注) 依存度は (対象港湾との取引量) ÷ (全港湾との取引量) × 100%。  
資料) H17/18港湾統計（陸上出入貨物調査結果）より作成。



資料) H17/18港湾統計(陸上出入貨物調査結果)およびH17道路交通センサスより作成。

Fig. 7 中国地方の各地区の港湾取引時間(加重平均値;搬出入計)

機会が与えられていない状況下で生じている場合は、地域間公平性の視点から大きな問題となる。中国地方においては、陰陽間で背後圏の道路ネットワークの整備水準に大きな格差があることを考えると、山陰側の地区にとっては海外企業との港湾を介したビジネス取引に対して大きな障壁があるものと考えられる。

そこで、本稿では、上述の状況を踏まえ、道路ネットワーク整備による「陸上地域間物流の時間短縮効果」に加えて「港湾と陸上地域間の時間短縮効果」を考慮した空間経済モデルを用いることで、以下のシナリオ分析を行う。

- (1) 現在計画されている中国地方の将来道路ネットワーク整備を分析する際に、港湾取扱貨物を考慮したケースと考慮しないケースを比較することで、整備効果の分布状況にどのような変化が生じるのかについて分析を行う。
- (2) さらに、道路ネットワーク整備にあわせて、港湾の取扱貨物量が増加した際、その影響は背後圏へどのように波及するのかについて分析を行う。

#### 4. SCGEモデル「RAEM-Light」を用いた

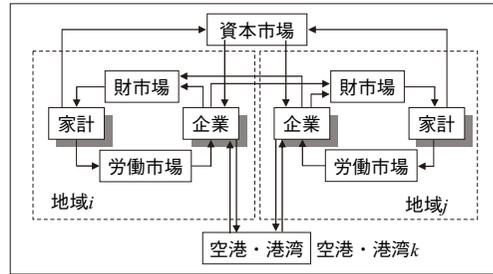


Fig. 8 モデルの概略

#### シナリオ分析

##### 4-1 RAEM-Lightの概略

空間的応用一般均衡(Spatial Computable General Equilibrium; SCGE)モデルとは、ミクロ経済学における一般均衡理論をベースに経済統計データを用いることで、プロジェクト実施の効果を実証的に分析することが可能なモデルである。最大の特徴は、地域別の経済効果の分布状況として帰着便益を計測可能な点にある。

そこで本稿では、SCGEモデルの中でも小地域のゾーニングに対応可能なモデルであるRAEM-Lightを用いたシナリオ分析を行う。なお通常のRAEM-Light(以下RAEM-Light<sup>3)</sup>)は、陸上地域間の物流に対する道路ネットワーク整備の効果を計測する構造になっているが、本稿ではこの通常モデルに対して、港湾と背後圏の陸上地域との港湾取扱物流に対する効果を計測可能なRAEM-Light(以下RAEM-Light sf<sup>4)</sup>)を併せて活用する。以下に、RAEM-Lightに対してRAEM-Light sfにおいて変更した箇所を示しながら、モデルの構造を示す。

##### 4-2 モデル構造

Fig.8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。なお⑦および⑧がRAEM-Light sfで新規に追加した仮定である。

- 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。中間投入財は考慮していない。
- 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Iceberg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。

RAEM-Light sf 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： $I \in \{1, 2, \Lambda, i, \Lambda, k, l\}$   
 財を表すサフィックス： $M \in \{1, 2, \Lambda, m, \Lambda, M\}$

1) 企業行動モデル

各地域には生産財ごとに一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。

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

ただし、

- $y_i^m$  : 生産量
- $L_i^m$  : 労働投入
- $K_i^m$  : 資本投入
- $\alpha_i^m$  : 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RAEM-Light sfでは、港湾との交易に関する交通費用を固定費用として扱う。

$$\begin{aligned} \max q_i^m y_i^m - w_i L_i^m - r K_i^m - \sum_{k \in I} \psi_{ki}^m t_{ki} (E_{ki}^m + I_{ki}^m) \dots\dots(2) \\ \text{s.t. } y_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m} \end{aligned}$$

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
- $\psi_{ki}^m t_{ki}$  : 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当たりの固定費用を加えた形で定義できる。なお(5)式の右辺第2項が、RAEM-Light sfで考慮した港湾取扱貨物の物流コストになる。

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

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

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

ただし、

- $M_i^m$  : 財1単位当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
- $\gamma_i^m$  : 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。家計の行動については、RAEM-LightとRAEM-Light sfで変更点はない。

$$\begin{aligned} \max U_i(x_i^1, x_i^2, \Lambda, x_i^M) &= \sum_{m \in M} \beta_i^m \ln x_i^m \\ \text{s.t. } \bar{I}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} &= \sum_{m \in M} p_i^m x_i^m \dots\dots(6) \end{aligned}$$

ただし、

- $U_i$  : 効用関
- $x_i^m$  : 財の消費水準
- $\beta_i^m$  : 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 ( $T = \sum_{i \in I} N_i$ )
- $\bar{I}_i$  : 1人当たりの労働投入量 ( $\bar{I}_i = \sum_{m \in M} L_i^m / N_i$ )

上式より、消費財の需要関数 $x_i^m$ が得られる。

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

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。

$$s_{ij}^m = \frac{y_i^m \exp[-\lambda_i^m q_i^m (1 + \psi_i^m t_{ij}^m)]}{\sum_{i \in I} y_i^m \exp[-\lambda_i^m q_i^m (1 + \psi_i^m t_{ij}^m)]} \dots\dots(8)$$

ただし

$s_{ij}^m$ : 購入先選択確率

$t_{ij}^m$ : 交通抵抗 (所要時間)

$\lambda_i^m, \psi_i^m$ : 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 $j$ から地域 $i$ へ供給される地域間交易量は次のように表される。

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

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。なお、次式の  $(1 + \gamma)$  が港湾取扱貨物を考慮したことによってマークアップされた項である。

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

4) 市場均衡条件式

RAEM-Light sf では以下の市場均衡条件が成立する。なお(14)式の  $(1 + \gamma)$  は、(10)式と同様に港湾取扱貨物を考慮したことによってマークアップされた項である。

Table 2 基準均衡データ

基準均衡データ ・港湾データ	出典
$v_i^m$ (付加価値)	H16年市町村民経済計算。ただし、市町村民経済計算が存在しない県においては、一次と三次産業はH16年事業所企業統計調査の従業員数で検分し、二次産業はH16年工業統計の付加価値額で検分
$L_i^m, K_i^m$ (労働と資本の初期保有量)	H12年産業関連表 (各県) の投入係数を地域別の付加価値に乘じることで算出
$N_i$ (人口)	H17年国勢調査
$t_{ij}^m$ (地域間交通所要時間)	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。所要時間算出時のリンク旅行速度は、H17年道路交通センサスにおける混雑時旅行速度を使用
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) を乘じて算出。ただし、総移輸出入額は産業関連表の移輸出入額に物流センサスの海運輸送シェアを乘じて算出。また港湾輸出入額は港湾統計 (H17/18陸上出入調査) を使用
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 $\psi_i^m$ を乘じた値として設定

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

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

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

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

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。便益定義については、RAEM-Lightと同様である。

$$EV_i = \left[ \bar{L}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} \right] \left[ \frac{e^{U_i^t} - e^{U_i^t}}{e^{U_i^t}} \right] \dots\dots(15)$$

ただし

$EV_i$ : 1人当たりのEV

0, 1: 道路整備の有無を表すサフィックス

4-3 パラメータの設定とモデルの現況再現性

基準均衡データとして、付加価値、労働・資本投入量、人口分布、地域間交通所要時間を用いた。また港湾データについては、港湾搬出入額と港湾取扱貨物コストをTable 2のように設定した。なお産業分類は簡便化のため3分類 (第一次産業、第二次産業、第三次産業) として集計した。

分配パラメータ  $\alpha_i^m$  および効率パラメータ  $A_i^m$  については、H12年産業関連表 (各県) を用いたキャリブレーションにより県別に設定し、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。なお、地域間交易モデルのパラメータ推定にあたっては、H17年道路交通センサスODデータを用いた。ただし第三次産業については、統計情報が存在していないことから、本研究では地域内交易のみとして、地域間交易は行わないものとした。

以上のパラメータ設定のもとでの本モデルの現況再現性は、統計上の地域別生産額と本モデルにおけるシミュレーション値が相関係数1.0と非常に高い再現となっている。

4-4 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・四国地方を二次生活圏でゾーニングし、その他の関西、九州については二次生活圏をもとに

各県2～3ゾーン程度に集約した。対象とする道路ネットワークについては現況はH19年時点のものとし、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。港湾については、港湾統計（陸上出入貨物調査）において調査対象としている港湾とした（Fig.9）。

4-5 設定するシナリオ条件と分析結果

1) シナリオ①の設定条件（Table 3）

道路ネットワーク整備の効果を分析する上で、従来の「陸上地域間物流を対象としたRAEM-Light」と「陸上地域間の物流に港湾取扱貨物の陸上物流を明示的に考慮したRAEM-Light sf」による効果（帰着便益）の分布状況の変化を把握する。

2) シナリオ①の分析結果

中国地方と関西地方の一部における各地区のモデル別帰着便益の状況をFig.10に示す。

まずは両モデルともに、現在計画されている道路ネットワークによる整備効果は、沿線地域を中心に帰着していることがわかる。その一方で、広島地区や関西地方の地区ではマイナスの効果も帰着しているが、このことは、広島や関西の地区を取引相手としていた多くの地区が、道路ネットワーク整備によって取引先を多様化させたことで、これらの地区の生産需要が低下した結果を示している。

次にモデル間の結果の比較をすると、港湾取扱貨物の陸上物流を考慮したRAEM-Light sfでは、RAEM-Lightに対して、山陰側を中心に帰着便益が拡大していることがわかる。これは山陰地方が港湾取扱貨物の陸上物流が相対的に広域的でアクセス時間を要することを反映した結果となっており、山陰

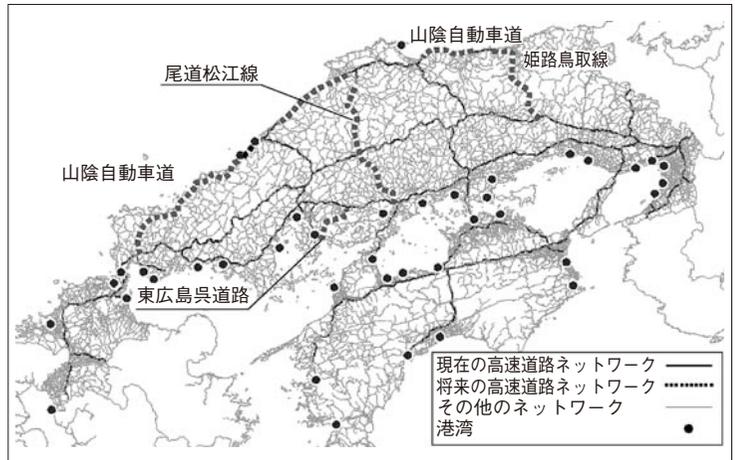


Fig. 9 対象とする道路ネットワークと港湾

側の地区にとっては、港湾取扱貨物の陸上物流を考慮したネットワーク整備評価が重要であることを示している。

中でも益田地区は、RAEM-Lightでマイナスの便

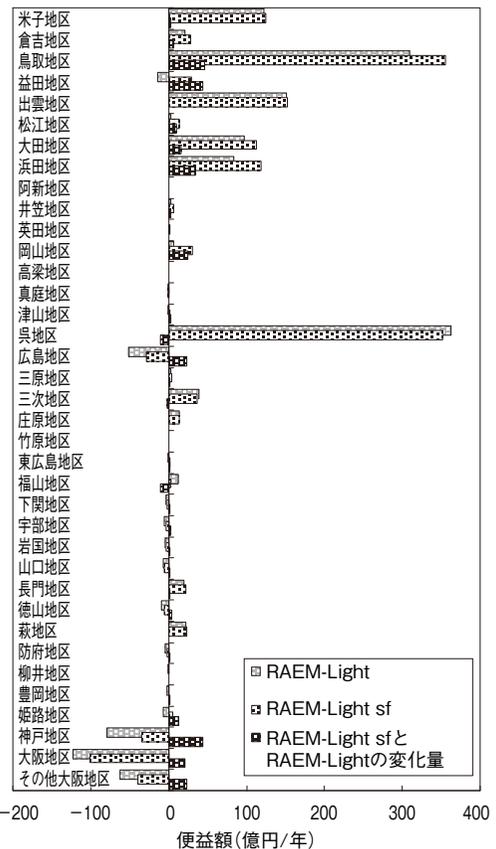


Fig. 10 シナリオ①の分析結果：帰着便益の分布状況

Table 3 シナリオ①（道路ネットワーク整備シナリオ）の設定条件

時点	シナリオ設定条件
現況	H19年の現況道路ネットワーク（DRM1900における基本道路網）
将来	現況道路ネットワークに対して、山陰自動車道、姫路鳥取線、尾道松江線、東広島・呉自動車道の4路線を追加したケース

Table 4 シナリオ②（道路ネットワーク整備+港湾取扱貨物増加シナリオ）の設定条件

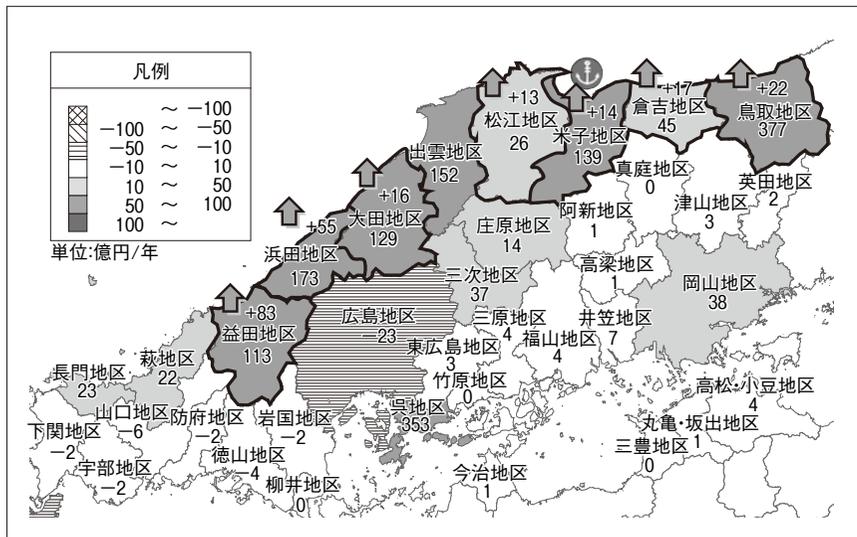
時点	シナリオ設定条件
現況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H19年の現況道路ネットワーク（DRM1900における基本道路網）</li> <li>・港湾取扱貨物量は、H17/18陸上出入貨物調査結果</li> </ul>
将来	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現況道路ネットワークに対して、山陰自動車道、姫路鳥取線、尾道松江線、東広島・呉自動車道の4路線を追加したネットワークをベースに以下の港湾の取扱貨物量をそれぞれ増加したシナリオを設定</li> <li>ベースケース：港湾の取引変化なし</li> <li>ケース1：境港港の取引増加</li> <li>ケース2：神戸港・大阪港の取引増加</li> <li>ただし取引増加額は、現況の取引量に対して4倍（過去20年間のわが国の貿易取引増加量）の増加を想定</li> </ul>

益が帰着していたのに対して、RAEM-Light sf ではプラスの便益が帰着している。RAEM-Lightで便益がマイナスになる要因は、益田地区の通常の陸上地域間の物流が、隣接する浜田地区および萩地区と多くなされていたのに対して、道路ネットワーク（山陰自動車道）整備によって、浜田地区は松江方面、萩地区は下関方面へ交易取引がシフトしたことにより、益田地区の生産需要が低下したことによるものである。しかしそれに対してRAEM-Light sf では、益田地区の港湾取扱貨物の陸上物流がTable 1でも示したように境港への広域物流が多いことから、この物流を考慮した場合、道路ネットワーク整備による益田地区への帰着便益がプラスに転じるという結果になっている。

また、山陰側の地区以外にも広島地区、岡山地区、神戸・大阪地区などの大都市圏においてもRAEM-Lightに対してRAEM-Light sfで便益が増加している。この現象は上述の山陰側の地区とは異なっている。大都市圏地区の港湾取扱貨物の取引先は、主に自地区内の港湾であり、その間の道路ネットワーク整備も本シナリオには入れていないため、直接的には港湾取扱貨物の陸上物流に対する時間短縮効果による増加ではない。しかし大都市圏地区は、多くの生産・消費を担っていることから、陸上地域間の物流上、山陰側の地区と一定の取引関係にある。そのため、この結果は、山陰側の港湾取扱貨物考慮による便益の向上が、陸上地域間の物流を介してこれらの地区にスピルオーバーした結果であることを示している。

最後に、RAEM-Lightに対してRAEM-Light sf において便益が縮小している呉地区および福山地区は、上述の広島・岡山地区と同様に、自地区内の港湾との取引が非常に多い地区である一方で、陸上地域間の物流上は、山陰側と密接な関係にある地区ではない。そのため、RAEM-Light sf において港湾取扱貨物の陸上物流に関わる物流コストを負荷したことによって便益が縮小したといえる。

以上をまとめると、RAEM-Light sf において従来は考慮できていない港湾取扱貨物の陸上物流を明示的に考慮することで、特に山陰側のように港湾アクセスに多くの時間を要する地区にとっては従来計測



できていない便益を追加的に計測可能になることを示した。このRAEM-Light sfをベースにして、次のシナリオ分析では、港湾の取扱貨物量が増加した際にどのような便益の変化がおきるのかについて分析を行う。

### 3) シナリオ②の設定条件 (Table 4)

本シナリオでは、RAEM-Light sfを用いてシナリオ①と同様の将来道路ネットワーク整備に加えて、境港、神戸港および大阪港の港湾の取扱貨物量が増加した場合にその影響が背後圏へどのように波及するのかについて分析を行う。

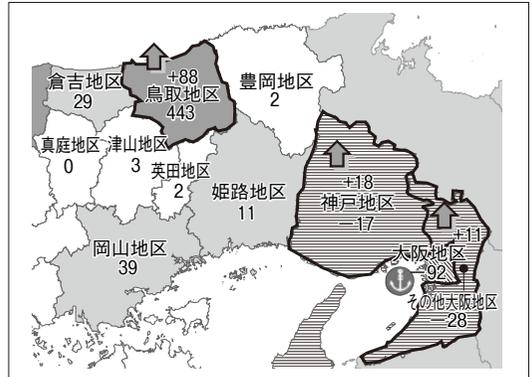
### 4) シナリオ②の分析結果

まずケース1 (境港港の取引増加) の分析結果 (Fig.11)であるが、Table 1でも整理したように、山陰側の地区にとって境港の存在は大きいため、道路ネットワーク整備にあわせて境港の港湾取扱貨物が増加することは、山陰側の多くの地区にとって便益が向上する結果となっている。

便益の向上度合いで見ると、境港に対する時間短縮効果の大きい地区である益田地区や浜田地区の伸びが顕著である。鳥取地区についても山陰自動車道整備による時間短縮効果が大きいですが、Table 1でも示したように主な取引先が大阪港であることから、そこまで大きな変化は見られない。

一方、出雲地区については便益の変化がない結果になっている。これはすでに山陰自動車道がある程度供用されており、境港との時間短縮効果が少ないため生じている。また同様に、山陰自動車道が供用している区間である松江地区および米子地区においても境港への時間短縮効果は少なくなるが、両地区においては便益が向上する結果となっている。この現象は両地区が山陰側の交易の中心を担う地区であり、山陰側の他地区の影響 (例えば大田地区、倉吉地区などにおける港湾取扱貨物量増加による便益向上) が陸上地域間の物流を介して影響していることを示している。

次にケース2 (神戸港・大阪港の取引増加) であるが (Fig.12)、鳥取地区が大阪港への依存度が高いことから、姫路鳥取線の供用によって港湾取扱貨物の陸上輸送が効率化され、便益が向上する結果となっている。その一方で、神戸、大阪地区においても便益の向上が見られるが、この影響は鳥取地区での港湾取扱貨物の陸上輸送効率化によるプラスのインパクトが陸上地域間の物流を介してスピルオーバーした結果であり、直接的に道路ネットワーク整備を



注) 図面内の (↑数字) はベースケースに対する増分 (10億円以上)。

Fig. 12 シナリオ②・ケース2の分析結果：帰着便益の分布状況

行っていない関西方面へも効果が波及していることがわかる。

以上より、道路ネットワーク整備の評価にあたって港湾取扱貨物の陸上物流を考慮した分析を行うことで、今後の貿易環境の変化が、道路ネットワーク整備の効果を通して、背後圏の地域経済に空間的にどのような影響を及ぼすのかを明確にした。

### 5) 算出結果の解釈

なお、上述の算出結果を解釈する上での前提条件を以下に示す。

- (1)道路ネットワーク整備による物流活動の変化を表現しているため、人流の変化 (例えば観光行動の変化など) は考慮していない。
- (2)第一次産業および第二次産業の交易変化のみを対象にしており、第三次産業の交易変化による影響は考慮していない。
- (3)労働者の就業先はすべて地区内としており、通勤移動は加味していない。つまり、居住地と従業地は同地区内にあるものとしている。しかし生活圏単位で地区をゾーニングしていることから、地区を越えた通勤行動は多くないものと考えられる。
- (4)本モデルは静学モデルであるため、評価結果はある一時点でのwith-without分析であり、経済成長、人口変化・移動などの動学的な要素は考慮していない。つまり算出結果は、動学的な社会経済変化の影響を排除した各道路ネットワーク体系別の整備効果である。
- (5)本研究での政策シナリオは道路ネットワーク整備のみであるため、その他の社会資本整備 (港湾など) との複合的な関係性は明示化していない。
- (6)中間投入財は考慮していない。なお中間投入財を

考慮したRAEM-Lightは別途検討しており、今後、両モデルを融合させていく必要がある。

(7)道路ネットワーク整備に伴う荷主の港湾取引先の選択変化はないものとしている。

## 5. まとめ

本稿では、港湾と背後圏の物流を通じた経済的関係性を明示的に表現できるモデルを用いることで、道路ネットワーク整備にあわせて、港湾取扱貨物量が増加した場合に、背後圏にどのような影響が及ぼされるかを分析した。

その結果、相対的に港湾拠点の少ない山陰側の地域にとっては、港湾取扱貨物の陸上物流が広域的であることから所要時間を多く要する現状にあり、背後圏の道路ネットワーク整備は港湾取引における経済価値を山陰側の地区全体に効率的に伝播させる役割を担っていることを明確にした。このことは今後の東アジア経済の成長を中国地方内の各地域にバランスよく帰着させることを検討する際に重要な分析視点になると言える。

なお本稿で示したRAEM-Lightに関する最新の情報は、RAEM-Light Committee Official Homepage (<http://www.raem-light.jp/>) をご覧頂きたい。

## 参考文献

- 1) 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年
- 2) 土井正幸『港湾と地域の経済学』多賀出版、2003年
- 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年
- 4) 小池淳司、川本信秀、佐藤啓輔「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」第38回土木計画学研究発表会、2008年