

インドシナ諸国におけるアジアハイウェイ整備に伴う影響分析

ー地域内総生産および炭素排出による負の便益に着目してー*

The impacts analysis of the Asian Highway in the Mekong Subregion countries
- Focused on the gross regional domestic products and the minus benefit of carbon emission -*

大島英幹**・古谷知之***・福井弘道****

By Hideki OSHIMA**・Tomoyuki FURUTANI***・Hiromichi FUKUI****

1. はじめに

(1) 研究の背景

現在、インドシナ諸国の多くの国境では、未舗装で狭隘な山道が連続しているうえ、国境で自国トラックの積荷を相手国トラックに積み替えたり、両国の税関で別々に二回通関検査を行ったりする必要がある。このため、JETRO¹⁾によると、精密機械機器や貴金属など商品単価が高く主に空輸される貨物以外の、商品単価の安い貨物の国際輸送は、インドシナ半島を迂回する海路がほとんどを担っている。

これに対し、国際高速道路「アジアハイウェイ」の整備の一環として、これら道路の舗装や拡幅、直線化が行われている。さらに、トラックの他国乗り入れ協定や、通関手続き簡略化も進められている¹⁾。これら施策により陸路が利用しやすくなると、海路と比べて移動距離が大幅に削減され、他地域との物流の利便性が高まるため、生産性が向上し、地域内総生産（GRDP）が増加することが期待される。陸路の整備が行われた地域の外でも、分業や技術移転によりGRDPの増加が空間波及（スピルオーバー）する。その一方で、海路よりも陸路の方が、輸送距離あたりの炭素排出量は大きい。

このような、アジアハイウェイの整備・利用促進施策の効果について、輸送費用や輸送量の推計²⁾は行われているが、GRDP・炭素排出量の増加を推計した例は少ない。

(2) 研究の目的

本研究では、現在インドシナ諸国間を海路で輸送されている、商品単価の安い貨物の一定割合が、アジア

ハイウェイを利用した陸路輸送に転換するとした仮想シナリオについて、周辺国を含めたGRDPの増加量と、陸路への転換で生じる炭素排出による負の便益を、空間計量経済モデルを用いて推計する。これにより、今後のアジアハイウェイの整備・利用促進施策に有用な知見を示すことを目的とする。

2. 本研究の分析方法の特徴

本研究では、生産関数に空間的自己回帰モデル（SARモデル）を用いる。これにより、近隣地域のGRDPが当該地域のGRDPに及ぼす影響を表現する。地域間で法制度や生産技術水準に大きな違いがないときは、近隣地域の影響は、当該地域と近隣地域の間の移動コストが小さいほど強い。したがって、交通ネットワーク整備により移動コストが減少すると、近隣地域の影響が強まる。

これまで、交通ネットワーク整備による移動コスト低減に起因する経済成長の分析には、計量経済分析³⁾や一般均衡経済分析⁴⁾、空間計量経済モデル⁵⁾が用いられてきた。一般均衡経済分析では、市場均衡を前提としており、産業連関表等多くのデータが必要である。これに対し、空間計量経済モデルは交通市場に着目した部分均衡経済分析であるため、市場均衡条件は不要で、少ないデータで簡便に分析できる。また、計量経済分析では時系列データが必要であるのに対し、本研究の方法では不要である。このため、過去のデータや産業連関表が整備されておらず、規制の多い発展途上国でも分析できる。

大島ら⁵⁾は空間計量経済モデルを用いて、航空路線開設による航空利用物流経路の転換による影響を推計した。これに対し、本研究では、アジアハイウェイ整備による海運利用物流の陸運利用への転換による影響を推計する。

3. モデル構築の方法

本研究では、発展途上国も対象とするが、これらの国では、過去のデータや産業連関表が整備されておらず、また、市場に対する規制が多いため市場が均衡し

*キーワード：公共事業評価法、GIS、物流計画

**正員、修（工）、慶應義塾大学グローバルセキュリティ研究所（東京都港区三田2-15-45、

TEL：03-5427-1379、E-mail：oshimapanda@gmail.com）

***正員、博（工）、慶應義塾大学総合政策学部

****非会員、理博、慶應義塾大学総合政策学部

ていない。このような状況下では、計量経済分析や一般均衡経済分析の適用は困難であるため、大島ら⁵⁾と同様の空間的自己回帰モデルを適用した。なお、一般均衡経済分析でないため、各地域のGRDPが地域間の輸送量に及ぼす関係は考慮していない。

GRDPは、移動コストモデルにより各地域間の移動コストから地域間重み付け行列を作成し、これをSAR生産関数モデルに用いて推計した。一方、炭素排出量は、炭素排出による負の便益推計モデルにより各地域間の輸送距離から推計し、GRDPとの比較ができるよう、貨幣価値に換算した。

1. (1) で述べたように商品単価の安い貨物の国際輸送を海路がほとんどを担っている現状と、これら貨物のうち一定割合が、特定の国間でアジアハイウェイを利用した陸路輸送に転換する場合について、GRDPおよび炭素排出の貨幣価値を算出した（図－1）。

(1) モデル

a) 移動コストモデル

商品単価の安い貨物輸送の所要時間（走行・航行時間および通関時間）と運賃を移動コストとし、所要時間は時間価値で貨幣換算した。複数の経路がある場合は、最小のものを採用し、海路と陸路の両方が使われる場合は、海路と陸路の移動コストを、海路と陸路の分担率で加重平均した。大島ら⁵⁾では陸路・海路・空路のネットワークを用いているが、本研究では商品単価の安い貨物輸送を対象とするため、輸送単価の高い空路は利用しないものとした。なお、同一地域内相互発着の移動コストは0とした。所要時間は時間価値で貨幣換算した。分担率は i, j に依存せず一定と仮定した（使用した変数は表－1）。

$$AQ_{ij} = \sum_l (P_l Q_{ijl}) \quad (1a)$$

地域間重み付け行列は、地域間の結びつきが移動コストに反比例すると考え、移動コストの逆数から、要素 w_{ij} からなる地域間重み付け行列 W を作成した。ただし、 $i = j$ のとき w_{ij} は0とした。

$$\begin{cases} w_{ij} = \frac{1/AQ_{ij}}{\sum_i \sum_j (1/AQ_{ij})} & (i \neq j) \\ w_{ij} = 0 & (i = j) \end{cases} \quad (1b)$$

b) SAR生産関数モデル

コブ・ダグラス型生産関数を基本としたSARモデルで、地域労働力・固定資本形成額よりGRDPを説明した。発展段階が他と大きく異なる日本の各地域に、日本ダミーを

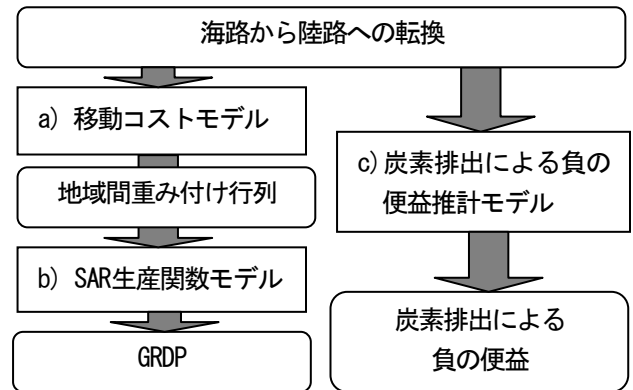
加えた。なお、一般的な生産関数では、労働力と固定資本ストックで総生産を説明するが、固定資本ストックは国によりデータの制約がある。このため、日本の県別の固定資本ストック（固定資本形成額を、平均的な耐用年数である、過去40年間分積算）と相関（相関係数0.995）がある、固定資本形成（投資）額を代理変数とした。

c) 炭素排出による負の便益推計モデル

各地域間の輸送距離から炭素排出量を推計し、炭素排出による影響の貨幣価値原単位により、貨幣価値に換

$$\ln Y = \rho W \ln Y + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln C + \gamma_1 D_{JP} + \varepsilon \quad (2a)$$

$$\beta_1 + \beta_2 = 1 \quad (2b)$$



図－1 分析のフロー

表－1 使用した変数

AQ_{ij} : 地域 i, j 間の加重平均した移動コスト
P_l : 交通機関 l の分担率
Q_{ijl} : 地域 i, j 間の交通機関 l を用いた移動コスト
i, j : 地域を示す添字
l : 交通機関を示す添字
W : 地域間重み付け行列
w_{ij} : W の地域 i, j 間の行列要素
Y : 各地域のGRDPベクトル
L : 各地域の労働力ベクトル
C : 各地域の固定資本形成額ベクトル
$\rho, \beta_1, \beta_2, \gamma_1$: パラメータ
D_{JP} : 日本ダミーベクトル
ε : 誤差項ベクトル
E : 炭素排出の貨幣価値
U : 走行距離あたり炭素排出量原単位
D : 走行距離
MV : 炭素排出による影響の貨幣価値原単位

算し、炭素排出による負の便益を算出した。

$$E_i = U_i * D_i * MV \quad (3)$$

(2) 対象地域

東アジア・東南アジア諸国（日本・中国・台湾・韓国・ASEAN10カ国）の最も大きい行政区分を用いた。日本は都道府県、中国は省・自治区・直轄市・特別行政区、韓国は道・広域市、フィリピンはRegionである。但し、データの制約から、これ以外の国は、国単位とした。合計で123地域である（図－2）。これら地域全体でみると、労働力あたりGRDPの地域差が大きいが、インドシナ諸国に限ってみると、地域差は小さくなっている（図－3）。

(3) 使用データ

a) 移動コストモデル

所要時間は、GIS上に主要なアジアンハイウェイおよび定期国際コンテナ船航路のネットワークを構築し、各地域の中心都市（省道県庁所在都市または首都）を代表点とし、GISソフト(ArcGIS Network Analyst)で検索した。所要時間は、GIS上に主要なアジアンハイウェイおよび定期国際コンテナ船航路のネットワークを構築し、各地域の中心都市（省道県庁所在都市または首都）を代表点とし、GISソフト(ArcGIS Network Analyst)で検索した。アジアンハイウェイネットワークは、UN ESCAP資料^(注1)から得た路線・区間別設計最高速度データと、Global Mapping^(注2)、Digital Chart of the World Data^(注3)から得た中心都市・道路の位置データを統合して構築し、設計最高速度の1/2で走行するとして所要時間を計算した。ただし、アジアンハイウェイだけでは到達できない中心都市および定期国際コンテナ船発着港については、アジアンハイウェイに接続する道路を追加した。また、定期国際コンテナ船航路のネットワークは、国際輸送ハンドブック⁶⁾および定期国際コンテナ船運航事業者各社のホームページから得た路線・所要時間データから構築した。インドシナ諸国間については、現況では、定期国際コンテナ船航路および中心都市と定期国際コンテナ船発着港間の道路ネットワークのみ利用可能とした。通関時間は、International Exhibition Logistic Associates^(注4)およびJETRO¹⁾⁷⁾を用いた。

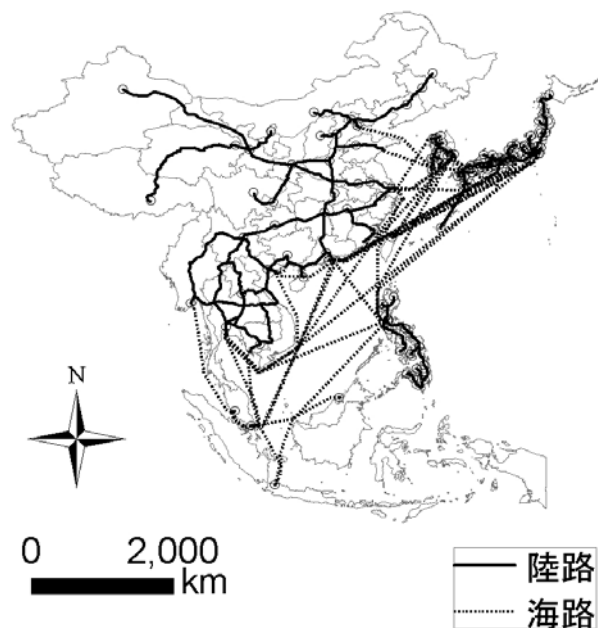
インドシナ諸国間の海路の貨物輸送量は、神波らの推計値⁹⁾を用いた。海路と空路の分担率は、データの制約から日本の値を用いることとし、外国貿易概況⁹⁾の海路と空路による輸出入金額の割合（海路71.4%，空路28.6%）を用いた。

時間価値は、JETRO⁷⁾の物流実態調査のサンプルから設定した。運賃は、JETRO⁷⁾の物流実態調査のサンプルから輸送トンキロ当たり運賃を算出したところ、サン

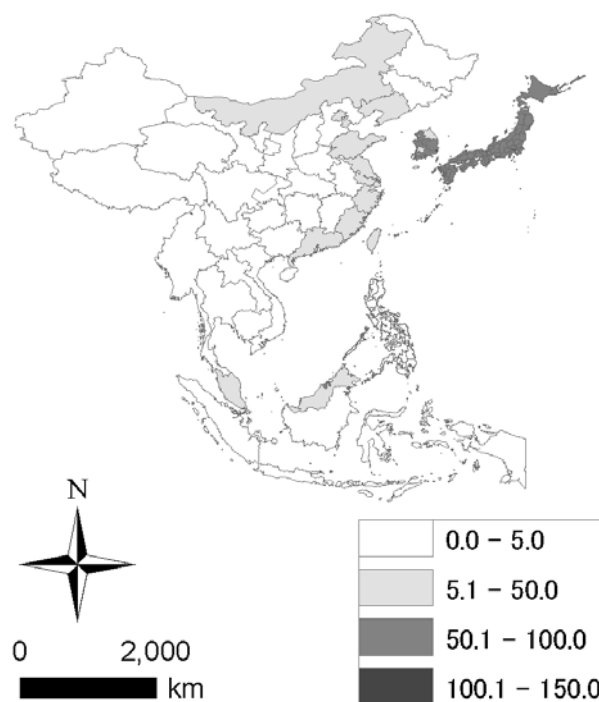
ルによって値が倍以上異なっていた。そこで、入手が容易な統計として物流センサス¹⁰⁾を用い、海路と陸路の両方で輸送されている地域間の輸送トンキロ当たり運賃の平均を、同様にTEUあたりの米ドルに換算して用いた。この値はサンプルによる差は小さかったが、物流センサスは日本国内のサンプルであるため、対象地域全体の運賃水準よりも高い可能性がある。

b) SAR生産関数モデル

地域別のGRDP、労働力および固定固定資本形成額は、



図－2 対象地域および交通ネットワーク



図－3 対象地域の労働力あたりGRDP (M\$/千人)

各国統計年鑑の 2005 年の値を用いた。貨幣単位は米ドルとし、財務省報告省令レートで換算した。

c) 炭素排出による負の便益推計モデル

炭素排出量原単位は、交通部門環境年次報告書¹¹⁾を用いた。輸送tキロあたりの自動車と船舶の炭素排出量原単位は、それぞれ48g-C・16g-Cである。自動車の炭素排出量原単位は、船舶の3倍になっている。炭素排出による影響の貨幣価値原単位は、道路投資の評価に関する指針（案）¹²⁾の2,300円/t-Cを米ドル換算して用いた。

4. SAR生産関数モデルのパラメータ推計

SAR生産関数モデルのパラメータは、固定資本投資額が0.513、労働力が0.487となった。R²は0.913、AICは233.01であり、ともにOLSを用いた場合よりも改善されている。（表－2）。

5. 仮想シナリオ分析

（1）シナリオ分析の前提条件

a) 整備区間の設定

インドシナ諸国相互間で商品単価の安い貨物輸送が一定量ある区間のうち、陸路と比べ海路が大幅に遠回りにもかかわらず、陸路の国境通過が困難なため、現在ほとんどが海路で輸送されている¹⁾4区間を対象とした（図-4、表－3）。

b) 分担率の設定

各対象区間でのアジアンハイウェイの整備・利用促進施策の実施により、各対象区間で、現況ではほとんど海路で輸送されている貨物が、長期的には、日本のうち陸海両方で輸送されている地域間の平均分担率（陸 66.0%、

海34.0%；物流センサス）と同程度の分担率になると想定した。対象区間以外での分担率は、対象区間を通過する場合も含めて、変化しないとした。これは、対象区間を陸路、その前後を従来どおり海路とする、ランドブリッジ的な輸送を行うには、本研究で想定した以上の施策が必要になるためである。

（2）GRDPおよび炭素排出による負の便益の増加の推計結果

SAR 生産関数モデルで推計した各地域の労働力あたりGRDP に、各地域の労働力を乗じ、各地域の GRDP を算出し、その増加を集計した。したがって、労働力あたりGRDP の増加が同じでも、労働力の多い地域ほど、GRDP の増加は大きくなる。

SAR 生産関数モデルで推計した各地域の労働力あたりGRDP に、各地域の労働力を乗じ、各地域の GRDP を算出し、その増加を集計した。したがって、労働力あたりGRDP の増加が同じでも、労働力の多い地域ほど、GRDP の増加は大きくなる。

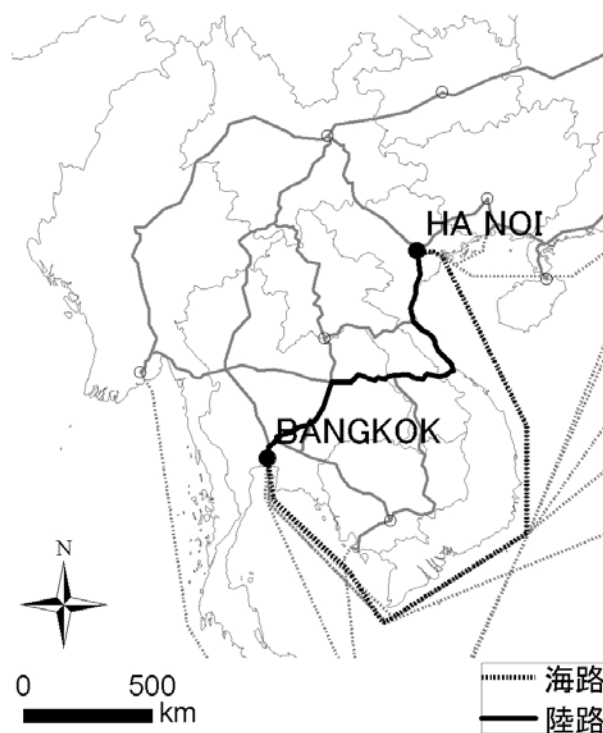


図-4 海路および陸路（Case1）

表－2 SAR生産関数モデルのパラメータ推計結果

	OLS	SAR
固定資本投資額	0.607 (16.52)	0.513 (10.42)
労働力	0.393 (16.52)	0.487 (10.42)
日本ダミー	0.812 (5.47)	0.618 (3.86)
定数項	1.767 (24.71)	0.937 (3.54)
ρ	—	0.328 (3.00)
R ²	0.852	0.913
AIC	236.90	233.01

（ ）内は、SAR は z 値、OLS は t 値。

表－3 対象区間の輸送量、海路および陸路の距離

Case	1	2	3	4
区間	タイ ベトナム	タイ ミャンマー	タイ カンボジア	ベトナム カンボジア
輸送量 Mt/年	1,140	180	220	120
海路距離 km	2,459	3,273	2,657	4,602
陸路距離 km	1,344	740	601	1,457

GRDP の増加額が最も多い区間は Case1（ベトナム～タイ）で、対象地域全体で 1,344M\$増加する。これは、対象地域全体の GRDP の 0.014%に相当する（表-4）。このうち、沿道国のベトナムとタイが 1,260 M\$を占める。これは、ベトナムとタイの間の移動コストが減少したことで、分業や技術移転がしやすくなり、タイの労働力あたり GRDP がベトナムに空間波及するため、ベトナムの労働力あたり GRDP が高くなること、同時にベトナム経由のタイと中国南部・香港の間の移動コストが減少したことで、タイの労働力あたり GRDP が高くなることの結果である。一方、残り 83M\$は、中国南部・マレーシア等の沿道以外の近隣地域の増加である。これら地域は、もともとベトナム・タイよりも労働力あたり GRDP が高いが、ベトナム・タイが底上げされると、その影響を受け、これら地域でも一層高くなる。

他 Case でも、同様に沿道国以外の近隣地域でも GRDP が増加している。労働力あたり GRDP の増加が同じでも、労働力の多い地域ほど、GRDP の増加は大きくなるため、Case4 のように、沿道国の増加が大きくない場合でも、インドネシアや中国各省のように、労働力の多い近隣地域では一定の増加が見られる。

労働力あたり GRDP の増加率の分布を見ると、沿道国の増加率が高いが、沿道国以外の近隣地域の広い範囲でも GRDP の増加が見られる（図-5）。

一方、炭素排出量の増加が最も多い区間も Case1 で、27,267t-C増加する。これは、海路よりも陸路の方が輸送距離あたりの炭素排出量が多いことによる。ただし、カンボジア～タイでは、海路よりも陸路の方が大幅に輸送距離が短いため、炭素排出量は-730t-C減少している。一方、炭素排出量の増加が最も多い区間も Case1 で、27,267t-C増加する。これは、海路よりも陸路の方が輸送距離あたりの炭素排出量が多いことによる。ただし、カンボジア～タイでは、海路よりも陸路の方が大幅に輸送距離が短いため、炭素排出量は-730t-C減少している。炭素排出による負の便益の増加は、どの区間でも、GRDP の増加額と比べると微小な値となっている。

6. まとめ

本研究では、インドシナ諸国でのアジアハイウェイの整備・利用促進施策の実施により、現在インドシナ諸国間で海路で輸送されている、商品単価の安い貨物の一定割合が、アジアハイウェイを利用した陸路輸送に転換する場合の、GRDP と炭素排出による負の便益の増加を、空間計量経済モデルを用いて推計した。

この結果、海路輸送から陸路輸送に転換することで、GRDP を最も大きく増加できる区間は、ベトナム～タイで

あること、どの区間も、沿道国以外の近隣地域でも GRDP が増加していることが明らかになった。また、炭素排出による負の便益の増加は、どの区間でも、GRDP の増加額と比べると微小な値となった。

このことから、アジアハイウェイの整備・利用促進施策による経済効果は整備区間によって異なり、整備区間の沿道国以外にも波及すること、環境負荷の増加はほとんどないことが明らかとなった。

本研究では貨物輸送のうち、海路または陸路をつかう、単価の安い商品の輸送を対象としたが、今後は、空

表-4 GRDPおよび炭素排出による負の便益の増加

Case	1	2	3	4
区間	タイ ベトナム	タイ ミャンマー	タイ カンボジア	ベトナム カンボジア
GRDP 増加額 M\$	1,344	330	736	695
(沿道国) M\$	1,260	275	655	618
(その他) M\$	83	55	81	76
GRDP 増加率	0.014%	0.003%	0.007%	0.007%
炭素排出増加量 t-C	27,267	296	-730	1,024
炭素排出による負の便益の増加 M\$	0.570	0.006	-0.015	0.021

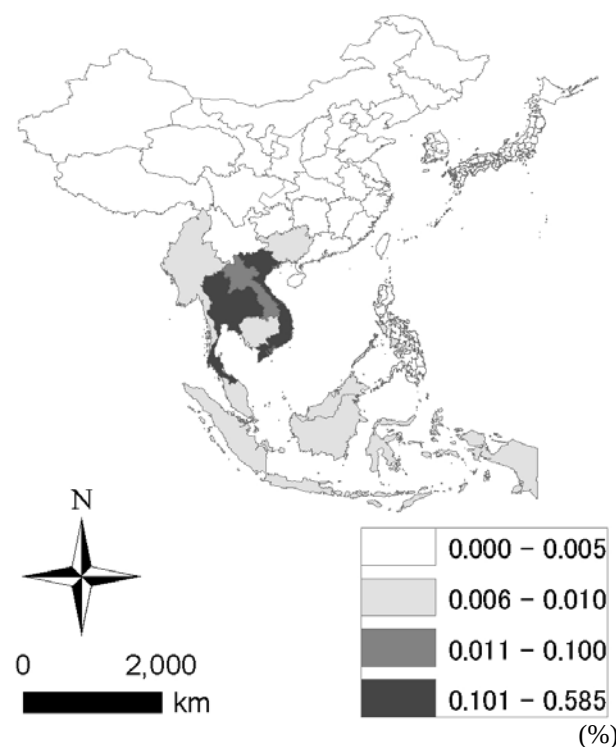


図-5 労働力あたり GRDP の増加率の分布 (Case1)

路をつかう高価な商品の輸送や、Sea & Air, ランドブリッジ等の陸海空にまたがる複合一貫輸送も考慮する必要がある。また、GRDP の増加による炭素排出量の増加は、GRDP が増加する産業部門によって大きく異なるが、今回は産業部門別の安定した SAR 生産関数モデルがつけられなかった。分担率は一定としたが、実際は移動距離や海路の有無で異なる。これらも、今後の課題としたい。

注

(注1) UN ESCAP, "Asian Highway Database", <http://www.unescap.org/ttdw/common/tis/ah/Member%20countries.asp> [2008. 3. 1閲覧]

(注2) International Steering Committee for Global Mapping, "Global Mapping", <http://www.iscgm.org/cgi-bin/fswiki/wiki.cgi> [2008. 3. 1閲覧]

(注3) Pennsylvania State University, "Digital Chart of the World Data", <http://www.maproom.psu.edu/dcw/> [2008. 3. 1閲覧]

(注4) International Exhibition Logistic Associates, "Custom Manuals", <http://www.iela.org/iela09/CustomInfoDisplay.aspx?refer=4&countryname=&id=mainLnk4> [2009. 12. 1 閲覧]

参考文献

1) JETRO : メコン開発がインドシナ物流を変える, ジェ

トロセンサー, 2月号, pp. 13-23, 2006.

- 2) 柴崎隆一, 渡部富博 : 東・南アジア地域におけるマルチモード国際物流モデルの構築とアセアン物流インフラ施策の評価, 国土技術政策総合研究所研究報告, No. 40, 2009.
- 3) 平石和昭 : 新幹線と地域振興 新幹線をより有効に活用するために, 交通新聞社, 2002.
- 4) 佐藤徹治 : 生産要素の時系列変化を考慮した動学的応用一般均衡モデル, 土木計画学研究・講演集, 29, pp. 220-223, 2004.
- 5) 大島英幹, 古谷知之, 福井弘道 : 国際航空路線開設自由化の地域内総生産・炭素排出量への影響分析, 運輸政策研究, Vol. 12, No. 2, pp. 26-32, 2009.
- 6) オーシャンコマース : 国際輸送ハンドブック, 2006.
- 7) JETRO : ASEAN 物流ネットワーク・マップ, 2007.
- 8) 神波泰夫, 柴崎隆一, 後藤淳 : 国際海上コンテナの OD 貨物量の推定に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, 29, pp. 173-176, 2004.
- 9) 財務省 : 外国貿易概況, 2006.
- 10) 国土交通省 : 全国貨物純流動調査 (物流センサス), 2003.
- 11) 交通エコロジー・モビリティ財団 : 交通部門環境年次報告書, 2001.
- 12) 道路投資の評価に関する指針検討委員会 : 道路投資の評価に関する指針 (案), 1998.

インドシナ諸国におけるアジアハイウェイ整備に伴う影響分析

ー地域内総生産および炭素排出による負の便益に着目してー*

大島英幹**・古谷知之***・福井弘道****

本研究では、インドシナ諸国でのアジアハイウェイの整備・利用促進施策の実施により、現在インドシナ諸国間で海路で輸送されている、商品単価の安い貨物の一定割合が、アジアハイウェイを利用した陸路輸送に転換する場合の、GRDP と炭素排出による負の便益の増加を、空間計量経済モデルを用いて推計した。この結果、海路輸送から陸路輸送に転換することで、GRDP を最も大きく増加できる区間は、ベトナム～タイということ、どの区間も、沿道国以外の近隣地域でも GRDP が増加していることが明らかになった。また、炭素排出による負の便益の増加は、どの区間でも、GRDP の増加額と比べると微小な値となった。

The impacts analysis of the Asian Highway in the Mekong Subregion countries

- Focused on the gross regional domestic products and the minus benefit of carbon emission -*

By Hideki OSHIMA**・Tomoyuki FURUTANI***・Hiromich FUKUI****

The construction and promotion of the Asian Highway in the Mekong Subregion countries will make a part of lower price cargo by ship convert to by land. In this paper, the increase of gross regional domestic products (GRDP) and the minus benefit of carbon emission in this case are estimated with spatial econometrics model (SAR model). The route that can increase GRDP most is Vietnam – Thailand. GRDP is increased not only in the regions along route but also in neighboring regions on each route. The minus benefit of carbon emission is quite smaller on each route.
