

1. はじめに

直近の世界的な経済危機でやや下火になった感もあるものの、近年、東・東南アジア地域における経済統合・連携に向けた動きや、それを支える円滑な輸送システムの構築の動きが活発化している。その代表が、アジア開発銀行（ADB）のイニシアチブによって進められている大メコン圏（GMS: Greater Mekong Subregion）開発プログラムである。ここでは、港湾・空港・道路・鉄道などの交通インフラ整備だけでなく、越境輸送における抵抗の軽減を目標とした協定（CBTA: Cross-border Transport Agreement）も含まれ、円滑な国際輸送の実現を目指し、関係者の努力が継続されている。

我が国でも、最新の国土形成計画（平成20年7月閣議決定）に「シームレスアジアの実現」が盛り込まれたり、経済産業省の主導で東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）がインドネシアに設立されるなど、上記情勢に呼応した動きが多く見られるようになってきた。著者らも参画した土木学会国際交通ネットワーク戦略研究小委員会においても、「シームレス化が進展するアジアの持続的な発展に向けた国際交通戦略」と題した提言¹⁾を行い、汎アジア共通交通政策の策定や、その検討にあたって必要となる様々な学術課題に対応するための国際学術連携などを提案している。

このように様々な交通政策が提案・実施されるなか、それら政策の実施により、国際輸送の流れや地域の社会経済にどのようなインパクトがもたらされるのかについて、具体的な数値をあげて定量的な検討を行った例は少ない（いくつもの例外については次章で取り上げる）。特に、東アジア全域のインターモーダル輸送を対象として、政策評価を目的としたシミュレーションモデルを構築した研究は、筆者の知る限り、世界的に見ても皆無である。

定量的検討が少ない最大の原因は、必要なデータがそろわない点にあることから、データの整備や整合性の確保が重要かつ差し迫った課題であることに疑いはない。しかしながら、実務への適用・支援を目的とする工学研究の観点からいえば、入手できる範囲の情報やデータに基づき、可能な範囲の精度で、定量的評価を行うツールを構築することが求められている。そこで本研究は、主に海上輸送（国際海上コンテナ輸送）の再現や政策シミュレーションを目的として、著者らがこれまでに構築したシミュレーションモデル²⁾を拡張し、東・東南アジア地域の陸上輸送や越境輸送を含めたマルチモードの国際貨物流動シミュレーションモデルを構築する。また、構築したモデルを用いて、ア

セアン事務局が策定した「物流インフラ主要プロジェクト」や前出の越境交通政策の実施による影響や効果（輸送パターンの変化、輸送費用の削減、社会経済への影響等）を定量的に把握することとする。

以下では、2. で既往の関連研究についてレビューを行い、3. で著者らがこれまでに構築したモデル（既存モデルとよぶ）の概要について述べる。つづいて、4. で本研究におけるモデルの拡張・修正の内容を説明し、5. で入力データの準備とモデルの現状再現性について述べたあと、6. で2020年を目標年次とした将来国際物流シミュレーションを行い、7. で、アセアン物流インフラ主要プロジェクト等のアセアン地域の物流施策の評価を行う。最後に、8. で本研究の成果と今後の課題について取りまとめる。

2. 既往の関連研究と本研究の特徴

東・東南アジア地域における国際輸送円滑化の重要性は、これまでも様々な場面で指摘されている。ただし従来は、この地域の地理的中心に（北米や欧州と異なり）海洋があるため、海上輸送や港湾に関する議論が多かった。最近になって、東南アジアのGMSやこれを含むインドシナ半島内、あるいは中国・インドシナ半島間などの国際陸上輸送にも注目が集まっている。これらの地域における国際陸上交通（道路・鉄道）や、海上・航空輸送も含めた各モードにおける国際物流の現況については、ジェトロ³⁾、NNA⁴⁾、加藤⁵⁾、石田⁶⁾、池上・大西⁷⁾などに詳しい。また、関連する雑誌・新聞（一般紙含む）記事も最近では非常に多くなっている。

しかしながら、当該地域における国際陸上貨物輸送に関して定量的な分析検討まで行っている文献は少ない。たとえば、UN-ESCAP⁸⁾や上述のジェトロ³⁾などでは、現地踏査やインタビュー等に基づき、主要都市間の標準的な貨物輸送コスト・時間などがまとめられている。また、JICA⁹⁾では、インドシナ半島を対象に国際陸上輸送貨物のネットワーク配分モデルを構築し、地域経済へのインパクトを推計している。一方、当該地域における国際海上輸送（特に国際海上コンテナ輸送）に関しては、様々な観点から構築された様々なモデルが提案されている（一部については、柴崎・渡部²⁾に紹介されている）。本稿で構築するモデルは、東・東南アジア地域における国際海上貨物輸送および国際陸上貨物輸送を、マルチモードネットワーク上で同時に取り扱うものである。このように広域にわたって海上と陸上を同時に考慮した貨物輸送モデルは、著者らの知る限り存在しない。著者らは、これまでに、柴崎・渡部²⁾において、国際海上輸送

ネットワークに加え日本の陸上輸送ネットワークも含めており、また、これを拡張した柴崎¹⁰⁾において、中国の背後陸上輸送も考慮した。しかしながら、陸上での国境を越えた輸送を考慮し、(海上輸送されない)国際陸上輸送貨物を含めたモデルは、本稿で初めて構築するものである。

3. 既存モデルの概要

本稿でいう「既存モデル」とは、柴崎・渡部²⁾で述べられたモデルを基本とし、高橋・柴崎ら¹¹⁾の付録で述べた追加・修正を行ったモデルを指す。

3.1 モデルの全体構成

図-1 にモデルの全体構成(既存モデル、拡張モデル共通)を示す。本モデルにおいては、「荷主」と「輸送業者(外航船社)¹⁾」の行動に着目する。両者は、図に示されるように、地域間国際貨物輸送需要(OD 貨物量)を所与として、外航航路ごとの運賃・所要時間や輸送需要等によって互いに関係付けられるなか、それぞれ異なる原理(目的関数)にしたがって最適化行動をとり、相手の行動を所与とした場合、最終的に自己の目的関数をこれ以上最適化することのできない、ナッシュ均衡状態に至ると仮定される。

「荷主」は、個別の貨物ごとに、輸送業者(各外航船社グループ)が提示する海上航路運賃や所要時間も参照しながら、費用や輸送時間だけでなく、モデル構築者が観測できない要因も含めた「認知された一般化費用」が最小となるように、陸上輸送機関やルート、および海上輸送を利用する場合は輸出入時の利用港湾や海上輸送における外航船社を選択する。

一方、「外航船社」は、荷主が利用する港湾を選択した結果として得られる各航路の貨物輸送需要を所与として、アライアンス(外航船社グループ)ごとに、自グループの利潤が最大となるように、他グループの運賃や荷主の船会社選択行動を考慮しながら、海上輸送パターン(輸送時間)や運賃を決定する。

実際のモデル計算においては、現状を出発点とし、荷主サブモデルで出力された海上航路別の輸送需要を船社サブモデルに入力して計算し、船社サブモデルで出力された各航路の船社別運賃や所要時間を荷主サブモデルの

入力として計算するというようにして、収束解(ナッシュ均衡解)を得るまで両サブモデルの繰り返し計算を行う。

3.2 荷主サブモデルの概要

荷主は、自己の貨物における「認知された一般化費用」が最小となるように、輸出入時の利用港湾や海上輸送における外航船社を選択すると仮定する。確率配分型のモデルを採用し、利用港湾と利用船社の選択を2段階の選択行動として記述する。

下位問題の船社選択モデルとしては、ロジットモデルを用いる。上位問題の港湾選択モデルにおいては、通常のロジットモデルでは選択肢が膨大になり計算が困難になることから、確率的ネットワーク配分モデルを用いる。

3.2.1 上位モデル：輸出入港湾選択モデル

荷主は、陸上および海上輸送の運賃や所要時間を所与として、期待輸送費用が最小となるルートを選択する。

$$f_{rsk} = Q_{rs} \cdot \frac{\exp(-\theta \cdot c_{rsk})}{\sum_{k \in K_{rs}} \exp(-\theta \cdot c_{rsk})} \quad (1)$$

ここで、

- f_{rsk} : OD ペア rs 間のパス k の経路貨物量、
- Q_{rs} : OD ペア rs 間の貨物輸送需要(OD 貨物量)、
- θ : 分散パラメータ、
- c_{rsk} : OD ペア rs 間のパス k の輸送コスト、
- K_{rs} : OD ペア rs 間の経路選択肢集合

である。このうち、分散パラメータ θ は、モデル内の未知パラメータとして扱われ、現状を最も良く再現するように推計される。パスごとの輸送コストは以下で表される。

$$c_{rsk} = \sum_{a \in k} \Lambda_a + \sum_{b \in k} CL_b + \sum_{i \in k} CP_i \quad (2)$$

ここで、

- Λ_a : パス k に含まれる海上リンク a の期待最小コスト(合成コスト)、
- CL_b : パス k に含まれる陸上リンク b の輸送コスト(一般化費用)、
- CP_i : パス k に含まれる港湾内リンク i (搬出・搬入・船社間積替リンク)のコスト

である。このうち Λ_a は、下位モデルの選択結果を反映したログサム変数であり、具体的には、以下の式で表わされる。

$$\Lambda_a = -\frac{1}{\theta} \cdot \ln \sum_{g \in G} \exp(-\theta \cdot CM_{ag}) + \zeta \quad (3)$$

¹⁾ ここでは、輸送業者として外航船社(国際海上輸送船社)しか考慮しない。陸上輸送については、業者が比較的零細であることを念頭に、モデル簡略化のため、各荷主が自ら輸送を行う(手配する)ものと仮定する。

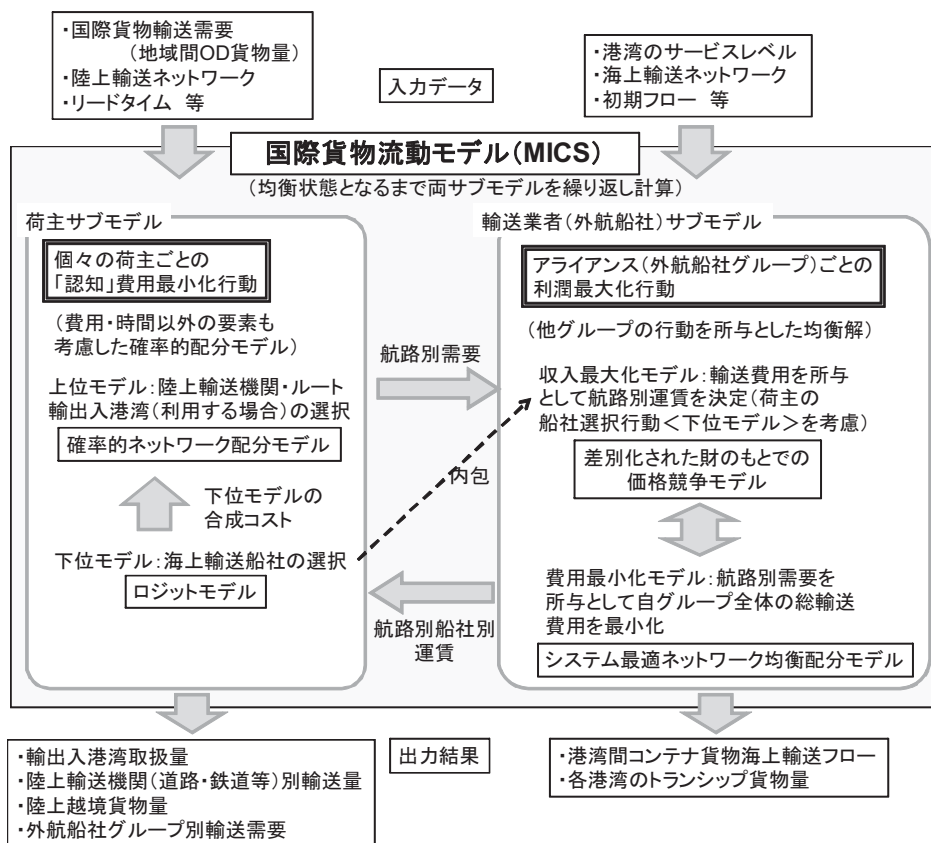


図-1 モデルの全体構成

ただし、

CM_{ag} : 海上航路 a において船社グループ g を利用した際の費用 (運賃+時間費用, 円/TEU, (5)式参照),

G : 外航船社グループの集合,

ζ : ログサム変数が負とならないための調整項である。

3.2.2 下位モデル：外航船社アライアンス選択モデル

この段階のモデルでは、輸出・輸入港湾 (起点・終点港湾) を所与として、荷主が船社グループを選択する。

$$q_{ag} = d_a \cdot \frac{\exp(-\theta \cdot CM_{ag})}{\sum_{g \in G} \exp(-\theta \cdot CM_{ag})} \quad (4)$$

ここで、

q_{ag} : 航路 a における船社グループ g の輸送量,

d_a : 航路 a の貨物輸送需要

である。海上航路 a において船社グループ g を利用した際の費用 CM_{ag} は、以下の式で表される。

$$CM_{ag} = p_{ag} + vt_{shpr} \cdot CMtime_{ag} \quad (5)$$

ただし、

p_{ag} : 航路 a において船社グループ g が提示する運賃 (円/TEU),

vt_{shpr} : 荷主の時間価値 (円/TEU・時),

$CMtime_{ag}$: 航路 a における船社グループ g の総輸送時間 (待ち時間等も含む, 時)。

ここで p_{ag} , $CMtime_{ag}$ は、次節の外航船社サブモデルのアウトプットとして、荷主サブモデルでは外生的に与えられる。

3.3 外航船社サブモデルの概要

外航船社は、アライアンスごとに、荷主の選択行動や、その結果としての船社グループ別港湾間OD貨物量を所与として、利潤が最大となるように航路ごとの運賃や輸送パターン (輸送経路・寄港地、積替港、使用船舶サイズ) を決定する。

$$\max_{p,x} \pi_g, \quad \forall g \in G \quad (6)$$

$$s.t. \pi_g = \sum_{a \in A} p_{ag} \cdot q_{ag}(p_{a1}, \Lambda, p_{ag}, \Lambda, p_{aG}) - \sum_{v \in V'} x_{vg} \cdot t_{vg}(x_{11}, \Lambda, x_{vg}, \Lambda, x_{VG}) \quad (7)$$

各グループ g の利潤 π_g は、総収入 ((7)式右辺第1項)

と総費用（同第2項）の差で表される。ここで、

x_{vg} ：グループ g リンク v のフロー、

t_{vg} ：グループ g リンク v のコスト、

A ：航路の集合、

V ：リンクの集合

である。通常は、(6)式の一階の条件等から解くものの、 $q(p(x))$ や $t(x)$ を x や p について微分するのは、きわめて困難であるため、緩和的解法として、(7)式の第1項で表される総収入の最大化と、第2項で表される総費用の最小化を、それぞれ個別に解くこととする。

3.3.1 収入最大化行動モデル：航路別運賃の決定

ここでは、各船社グループが、他グループの運賃を参考にしながら自グループの運賃を決定するという、いわゆるベルトラン均衡的なモデルを想定する。ただし、ここで供給される輸送サービスは、価格指標以外のさまざまな要素も考えられるため、当該航路における運賃の最も安いグループが全需要を総取りするのではなく、運賃が相対的に高いグループにもある程度の需要が見込まれるものと想定する。

$$\max_{p_{ag}} \{ p_{ag} \cdot q_{ag}(p_{a1}, \Lambda, p_{ag}, \Lambda, p_{aG}) \} \quad \forall a \in A, \forall g \in G \quad (8)$$

s.t. (4)式

任意のグループ g について、自社の運賃以外を所与として、1階の収入最大条件を準ニュートン法に基づいて解くことを繰り返して解を得る。

3.3.2 総費用最小化行動モデル：海上輸送パターンの決定

各船社グループは航路別の貨物輸送需要を所与として、自グループの総輸送費用が最小となるように、輸送経路やサイズなどの輸送パターンを決定する。この問題は、リンクフロー依存型コストを持つシステム最適 (SO) ネットワーク均衡配分モデルとして定式化される。

$$\min_x \left\{ \sum_{v \in V} x_{vg} \cdot t_{vg}(x_{11}, \Lambda, x_{vg}, \Lambda, x_{VG}) \right\}, \quad \forall g \in G \quad (9)$$

ここで、各リンクのコスト関数 t_{vg} は、当該リンクのフロー x_{vg} だけでなく、同じグループの他のリンク $x_{v'g}$ や他グループのリンクのフロー $x_{v'g'}$ にも依存する場合があることに注意が必要である。すなわち、他のリンクのフローの干渉があるネットワーク均衡配分問題となる。

3.4 入力値の一部見直しとパラメータの再推定

以上で概要を述べた既存モデルについて、以下に示すような入力値の一部見直しを行い、3種類の未知パラメータの再推定を行った。

3.4.1 海上輸送ネットワーク

既存モデルに示された海上輸送ネットワークについて、データソースを統一し、データ全体の整合性を図った。見直した結果については、追加する港湾も含めて付表-1に示す。

3.4.2 日本の陸上輸送ネットワーク

柴崎・渡部³⁾の4.3.2に示された考え方と同様であるが、海上コンテナ搭載車両（ノーマル海コン車）の通行可能ネットワークを対象とし、時間価値を75円/分/台（普通貨物車、平成17年価格）とした、トラック1台あたりの一般化費用の最小経路探索を行った。見直した結果については、追加する発生集中ゾーン・港湾も含めて付表-2に示す。

3.4.3 日本の陸上輸送費用

柴崎・渡部³⁾の4.4.3に示された我が国におけるトラック輸送による輸送費用 $CLcost_{b,jap}$ (円/TEU) について、1TEUあたりの費用で定義されることを念頭に、次のように修正する。

$$CLcost_{b,jap} = \alpha_1 \cdot (2 \cdot lg_b) + \alpha_2 + \alpha_3 \cdot tl_b \quad (10)$$

ここで、

lg_b ：陸上リンク b のトラック走行距離 (km) ,

tl_b ：陸上リンク b の有料道路料金 (円/台) ,

α_1 ：国際海上コンテナの国内トラック輸送に関して輸送距離ごとに設定される、距離変動費用に関するパラメータ (円/km/TEU) ,

α_2 ：国際海上コンテナの国内トラック輸送に関して輸送距離ごとに設定される、固定費用に関するパラメータ (円/TEU) ,

α_3 ：1TEUあたりの有料道路料金への換算パラメータ (台/TEU) .

lg_b , tl_b については、付表-2を参照されたい。 α_1 , α_2 については、港湾投資の評価に関する解説書2004¹⁶⁾の記載をもとに、表-1に示すように、往復輸送距離に応じて設定した。 α_3 については、我が国における20ftコンテナ(1個の輸送につき1TEUとカウントされる)と40ftコンテナ(1個の輸送につき2TEUとカウントされる)の比率がおおむね1:1であることから、ここでは

0.75 と想定した。

表-1 往復輸送距離ごとの陸上輸送費用パラメータ

往復輸送距離 ($2 \cdot l_{ij}$)	α_1 (円/km/TEU)	α_2 (円/TEU)
10kmまで	558	12,200
10~100km	439	13,400
100~200km	284	28,900
200~500km	203	45,200
500km以上	136	78,500

3.4.4 未知パラメータの推計

以上の修正を踏まえ、既存モデルにおける3種類の未知パラメータ θ (荷主モデルの確率的選択行動を規定する分散パラメータ)、 vt_{carr} (外航船社にとっての貨物の時間価値)、 β (荷主の期待出港待ち時間に関する割引係数)の値を、高橋・柴崎ら¹¹⁾に示した方法と同様の方法により、再度推定する。はじめに、 β を1に固定して θ および vt_{carr} を求める(格子探索→最急降下法)。その結果を表-2に示す。次に、得られた vt_{carr} を固定して θ および β を求め、最終的な結果とした。その結果を表-3に示す。

表-2 θ と vt_{carr} の再推定結果 ($\beta = 1$)

○格子探索結果 (目的関数値, 10^{-2})

θ (10^{-6}) \ vt_{carr}	5.0	6.0	7.0	8.0
10	5.205	5.045	4.953	5.085
100	4.579	4.414	4.439	4.466
1000	4.892	4.790	4.703	

○最急降下法による推計値

$\theta = 6.00 \cdot 10^{-6}$, $vt_{carr} = 99.7$ (目的関数値: $4.402 \cdot 10^{-2}$)

表-3 θ と β の推計結果 ($vt_{carr} = 99.7$)

○格子探索結果 (目的関数値, 10^{-2})

θ (10^{-6}) \ β	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
0.05				3.830	3.815	3.824	3.853	3.869
0.1				3.847	3.830	3.806	3.845	3.872
0.2				3.821	3.793	3.812	3.832	3.857
0.3				3.804	3.812	3.843	3.870	3.913
0.4				3.831	3.836	3.851	3.904	3.990
0.6	3.982	3.911	3.877	3.858	3.887	3.974	4.038	4.157
0.8	3.994	3.905	3.898	3.927	3.991	4.108	4.153	4.227

○最急降下法による推計値

$\theta = 9.07 \cdot 10^{-6}$, $\beta = 0.257$ (目的関数値: $3.787 \cdot 10^{-2}$)

3.4.5 再現性の確認

図-2 および図-3 に、日本各港湾における輸出入貨物取扱量と、アジア諸港におけるトランシップ貨物取扱量

における、実績値とモデル推計値の比較を示す。図より、高橋・柴崎ら¹¹⁾の図A-3, 4で示された結果と同程度の再現性が得られていることがわかる。

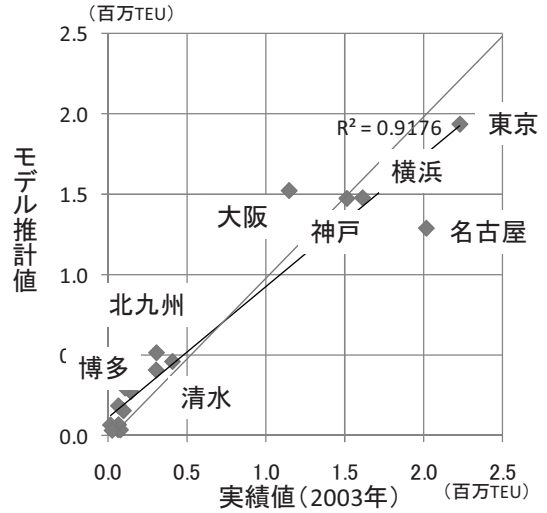


図-2 日本の港湾における輸出入貨物取扱量の現状値(2003年)とモデル推計値の比較

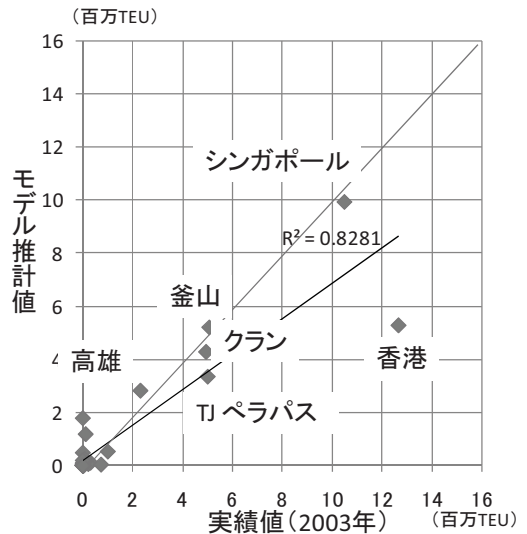


図-3 アジア各港におけるトランシップ貨物取扱量の現状値(2003年)とモデル推計値の比較

4. モデルの拡張

本稿において、前章 3. で述べた既存モデルのうち、3.2.1 で示した荷主サブモデルの上位モデルについて、日本以外の東・東南アジア地域における陸上・フェリー輸送ネットワークを、越境輸送を含めた形で新たに考慮するなどの追加・修正を行う。

なお、中国については、柴崎¹⁰⁾において、道路・鉄道・フェリーから成る背後輸送ネットワークを考慮済みであるものの、東・東南アジア全域の陸上・フェリー輸送ネットワークを考慮することを念頭に、リンクコスト式および関数中のパラメータ等について大きく見直しているため、以下では、すべてのリンクコスト関数について改めて記述している。

4.1 荷主サブモデルにおけるネットワーク構成

4.1.1 日本

日本については、既存モデルと同様、道路ネットワーク（本州－北海道間など一部フェリーを含む）のみを考慮し²⁾、国内の生産消費地と港湾のすべての組み合わせについて、一般化費用が最小となる経路を別途探索した結果¹²⁾をもとに、生産消費地－港湾間の仮想ネットワークを構築する。図-4 にその模式図を示す。

図-4 に示されるネットワークのうち、道路リンクのコストについては、基本的に 3.4.3(10)式に示した通りであるものの、3.2.1(3)式に含まれる調整項 ζ と同様の考え方にに基づき、各貨物の輸送に関わる総不効用が負とならないための調整項 ζ' を導入する。

$$CLcost_{b_jap} = \alpha_1 \cdot (2 \cdot lg_b) + \alpha_2 + \alpha_3 \cdot tl_b + \eta' \quad (10')$$

なお、調整項 ζ' は、次章で輸送費用削減効果を算出する際に必要となるもので、後述のように、全 OD 貨物に対して発生・集中時の合計 2 回等しく課されるため、貨物流動パターンの計算結果には影響をおよぼさない。

図-4 に示されるコンテナ船リンクのコストについては、外航船社サブモデルの出力結果をもとに、3.2.2(5)式に定義される CM_{ag} として表現されることとなる。また、図中「P」と表わされる港湾ノードは、いくつかのノードとリンクに細分化される。詳細については、4.3.2 を参照されたい。

²⁾ 内航コンテナ船によるフィーダー輸送は、既存モデルと同様、外航船社サブモデルの方に含まれている（ただし、カボタージュ規制は考慮されていない）。その他の我が国における内航フェリーや RORO 船の考慮については、今後の課題としたい。

4.1.2 日本以外の東・東南アジア地域

日本以外の東・東南アジア地域（韓国・北朝鮮・モンゴル・中国（香港含む）・台湾・アセアン 10 カ国（フィリピン・ベトナム・ラオス・カンボジア・タイ・マレーシア・シンガポール・ミャンマー・インドネシア・ブルネイ）・東チモール）については、道路輸送だけでなく、鉄道およびフェリー・RORO 船による輸送も考慮することとして、図-5 に示すようなネットワーク構成を想定し、各リンクのコスト関数を設定する（4.2 参照）。ここで、陸上・フェリー輸送における国境通過（越境リンク）を考慮し、本地域内については、海上コンテナ輸送を利用しない国際貨物（国際陸上輸送貨物、国際フェリー・RORO 船輸送貨物）もモデル計算対象貨物に含めるものとする。

なお、本モデルにおいて、航空貨物輸送およびユニットロード輸送以外の海上輸送（バルク、一般船等）については、他のモードとやや特徴が異なるため、考慮しない。また、鉄道フェリーについては、通常の鉄道輸送とダイヤ等を連動させて運航されていると考えられることから、鉄道リンクに含めるものとする。

4.1.3 東・東南アジア以外の地域

東・東南アジア以外の地域については、既存モデルと同様、陸上・フェリー輸送ネットワークは考慮せず、港湾直背後に貨物の発生集中点を想定し、図-6 に示すように、港湾ノードと貨物の発生集中点をアクセス・イグレスリンクで直接結ぶものとする。なお、アクセス・イグレスリンクのコストについては、4.2 で述べる東・東南アジア地域の陸上・フェリーネットワークにおけるアクセス・イグレスリンクと同様に定義される。

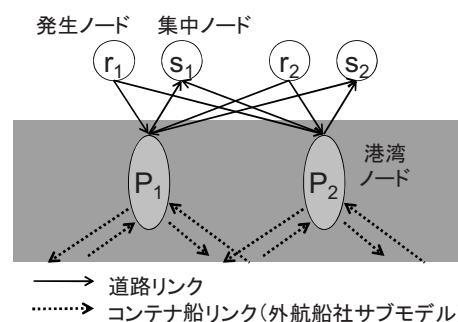


図-4 本研究の荷主サブモデルで想定する日本の陸上輸送ネットワーク

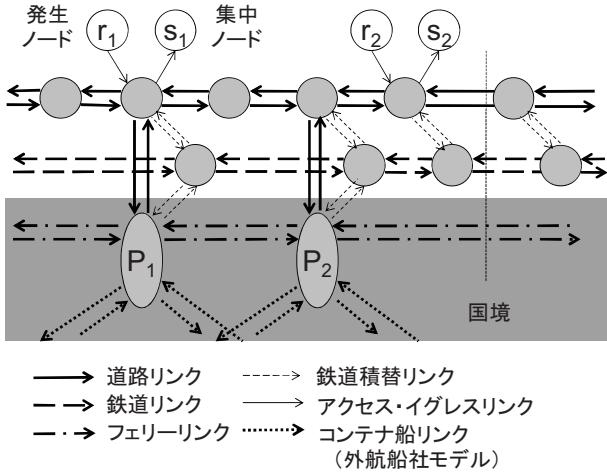


図-5 本研究の荷主サブモデルで想定する東・東南アジア地域の陸上・フェリー輸送ネットワーク

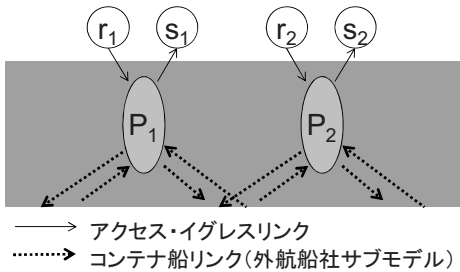


図-6 本研究の荷主サブモデルで想定する東・東南アジア以外の地域における陸上輸送ネットワーク

4.2 東・東南アジア地域の陸上・フェリー輸送ネットワークにおけるコスト関数の設定

本節では、図-5 に示した日本以外の東・東南アジア地域における陸上・フェリー輸送ネットワークにおける各リンクのコスト関数の設定について述べる。なお、越境リンクおよび港湾内ネットワークの設定については次節で述べる。

4.2.1 道路リンク

道路を利用したトラック輸送のコスト CL_{b_road} は、柴崎¹⁰⁾と同様に定義される。

$$CL_{b_road} = CLcost_{b_road} + vt_{shpr} \cdot CLtime_{b_road} \quad (11)$$

ただし、

- $CLcost_{b_road}$: 道路リンク b の輸送運賃 (円/TEU) ,
- $CLtime_{b_road}$: 道路リンク b の輸送時間 (時) ,
- vt_{shpr} : 荷主の時間価値 (既存モデルと同様, 1,348 円/TEU・時に設定) .

このうち、トラック輸送による輸送運賃 $CLcost_{b_road}$ は、以下の式で表わされる。

$$CLcost_{b_road} = k_1 \cdot (2 \cdot lg_b) \quad (12)$$

ただし、

- lg_b : リンク b の距離 (km) ,
- k_1 : トラック輸送の距離変動費用に関する係数 (円/TEU/km) .

ここで、リンク距離 lg_b を 2 倍しているのは、既存モデルと同様、国際海上コンテナを輸送するトラックは、1 回の輸送で生産消費地と輸出入港湾間を往復する (すなわち、片道は空) ものが多いことから、これを基本としているためである。また、トラック輸送の固定費用 k_2 (円) については、1 回のトラック輸送で固定費用を一度だけ考慮することを念頭に、中間リンクである本リンクでは考慮せず、後述のアクセスリンクや鉄道積替リンク、港湾内輸入リンクにおいて考慮することとする。

また、輸送時間 $CLtime_{b_road}$ は以下の式で表わされる。

$$CLtime_{b_road} = lg_b / v_{b_road} \quad (13)$$

ここで、

- v_{b_road} : 道路リンク b の平均走行速度 (km/時)
- である。輸送時間は貨物の中身を輸送する時間にかかるものであるため、輸送運賃と異なり片道分 (実入り輸送時) のみ考慮する。

4.2.2 鉄道輸送リンク

鉄道輸送コスト CL_{b_rail} は、以下の式を仮定する。

$$CL_{b_rail} = CLcost_{b_rail} + vt_{shpr} \cdot CLtime_{b_rail} \quad (14)$$

ただし、

- $CLcost_{b_rail}$: 鉄道リンク b の輸送運賃 (円/TEU) ,
- $CLtime_{b_rail}$: 鉄道リンク b の輸送時間 (時)

である。

鉄道輸送による輸送運賃 $CLcost_{b_rail}$ は、以下の式で表わされる。

$$CLcost_{b_rail} = k_3 \cdot (2 \cdot lg_b) \quad (15)$$

ただし、

- k_3 : 鉄道輸送の運賃に関する係数 (円/km)
- である。ここでは、鉄道事業者が提供する予め決められたサービスを利用することを想定していることから、固定費用は考慮しない。

輸送時間 $CLtime_{b_rail}$ は、以下の式で表わされる。

$$CLtime_{b_rail} = lg_b / v_{b_rail} \quad (16)$$

ここで、

v_{b_rail} : 鉄道リンク b の平均走行速度 (km/時)
である。

4.2.3 鉄道積替リンク

鉄道積替リンクについては、乗車リンクにおけるコスト $CL_{b_trans_on}$ と降車リンクにおけるコスト $CL_{b_trans_off}$ に分けて設定する。乗車リンクにおいては、鉄道の運航頻度にかかる期待待ち時間の項が考慮されている点が、降車リンクと異なる。

$$CL_{b_trans_on} = CLcost_{b_trans} + vt_{shpr} \cdot \left(CLtime_{b_trans} + \beta \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{CLfreq_{b_rail}} \right) \quad (17)$$

$$CL_{b_trans_off} = CLcost_{b_trans} + vt_{shpr} \cdot CLtime_{b_trans} \quad (18)$$

ただし、

$CLcost_{b_trans}$: 鉄道積替リンク b の金銭費用 (円/TEU) ,

$CLtime_{b_trans}$: リンク b の所要時間 (時) ,

$CLfreq_{b_rail}$: サービス頻度 (便/時) ,

β : 荷主の期待出発待ち時間に関する割引係数

である。

鉄道積替に関わる金銭費用 $CLcost_{b_trans}$ は、乗車リンク・降車リンクとも、積替リンクの距離に依存する項だけでなく、トラック輸送の固定費用も計上する。これは、鉄道降車時にはトラックをかならず新規に利用するとの想定に基づく。乗車リンクにおいても固定費用を考慮するのは、4.2.1 と同様、コンテナについて往復輸送を前提としており³、帰路の輸送を想定しているためである。すなわち、

$$CLcost_{b_trans} = k_1 \cdot (2 \cdot lg_b) + k_2 \quad (19)$$

鉄道積替に関わる所要輸送時間 $CLtime_{b_trans}$ としては、積替リンクの距離に関わる所要時間と、荷役に要する時間 k_4 (時) の合計を想定する。すなわち、

$$CLtime_{b_trans} = lg_b / v_{b_trans} + k_4 \quad (20)$$

ここで、

v_{b_trans} : 鉄道積替リンク b の平均走行速度 (km/時)

である。

(17)式の()内第2項は、鉄道輸送の期待待ち時間に関

³ 鉄道輸送されるコンテナは、往復とも鉄道を利用するものと想定する。フェリー利用についても同様に想定する。

わる項である。ここでは、既存モデルにおける海上輸送費用と同様の考え方にに基づき、輸送頻度の逆数で表わされる運航間隔の半分を、平均的な期待待ち時間として考慮することとする。また、高橋・柴崎ら¹¹⁾で国際海上コンテナ輸送に対して導入した、荷主が船舶の寄港スケジュールに応じて物流や生産のパターンを変化させる場合があることを考慮した、期待待ち時間の割引係数 β を、鉄道輸送についても導入している。

4.2.4 フェリー輸送リンク

フェリー輸送コスト CL_{b_ferry} については、以下の式を仮定する。ここで、フェリー (RORO 船含む) は、基本的にトラックからの積み替えなしに利用されることから、積替リンクは特に設定せず、また2港間の直航輸送が基本と考えられることから、フェリー輸送リンクに運航頻度も含める (フェリーを乗り継ぐ場合は、乗り継ぐ度に出発待ち時間を想定する) こととする。

$$CL_{b_ferry} = CLcost_{b_ferry} + vt_{shpr} \cdot \left(CLtime_{b_ferry} + \beta \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{CLfreq_{b_ferry}} \right) \quad (21)$$

ただし、

$CLcost_{b_ferry}$: フェリーリンク b の輸送運賃 (円/TEU) ,

$CLtime_{b_ferry}$: フェリーリンク b の輸送時間 (時) ,

$CLfreq_{b_ferry}$: フェリーリンク b のサービス頻度 (便/時)

である。

ここで、フェリー輸送運賃 $CLcost_{b_ferry}$ については、以下の式を仮定する。

$$CLcost_{b_ferry} = 2 \cdot (k_5 \cdot lg_b + k_6) \quad (22)$$

ここで、

k_5 : フェリー輸送運賃に関する距離比例項 (円/km) ,

k_6 : フェリー輸送運賃に関する定数項 (円)

である。

輸送時間 $CLtime_{b_ferry}$ については、以下を仮定する。

$$CLtime_{b_ferry} = lg_b / v_{b_ferry} + 2 \cdot k_7 \quad (23)$$

ここで、

v_{b_ferry} : フェリーの平均航行速度 (km/時) ,

k_7 : 荷役1回あたりの所要時間 (時)

である。荷役の所要時間については、出発港と到着港の2回分を考慮している。

また(21)式の()内第2項に示される期待待ち時間については、鉄道と同様、期待待ち時間の割引係数 β を考慮する。

4.2.5 アクセス・イグレスリンク

貨物の発生ノードと道路ノードを結ぶアクセスリンク、道路ノードと貨物の集中(到着)ノードを結ぶイグレスリンクのコスト CL_{b_acc} および CL_{b_igr} は、以下で定義される。

$$CL_{b_acc} = CLcost_{b_acc} + vt_{shpr} \cdot CLtime_{b_acc} + \zeta' \quad (24)$$

$$CL_{b_igr} = CLcost_{b_igr} + vt_{shpr} \cdot CLtime_{b_igr} + \zeta' \quad (25)$$

ただし、

$CLcost_{b_acc}$: アクセスリンク b の金銭費用(円/TEU),

$CLtime_{b_acc}$: アクセスリンク b の所要時間(時),

$CLcost_{b_igr}$: イグレスリンク b の金銭費用(円/TEU),

$CLtime_{b_igr}$: イグレスリンク b の所要時間(時),

ζ' : 調整項((10')式参照)

である。アクセス・イグレス輸送に関わる金銭費用 $CLcost_{b_acc}$, $CLcost_{b_igr}$ および所要輸送時間 $CLtime_{b_acc}$, $CLtime_{b_igr}$ としては、道路ノードと発生・集中ノードのネットワーク上の物理的な距離に関わる金銭費用と所要時間を想定し、またアクセスリンクの場合は、トラック輸送を開始するリンクとなることから、固定費用 k_2 を考慮することとする。すなわち、

$$CLcost_{b_acc} = k_1 \cdot (2 \cdot lg_b) + k_2 \quad (26)$$

$$CLcost_{b_igr} = k_1 \cdot (2 \cdot lg_b) \quad (27)$$

$$CLtime_{b_acc} = lg_b / v_{b_acc} \quad (28)$$

$$CLtime_{b_igr} = lg_b / v_{b_igr} \quad (29)$$

ここで、

v_{b_acc} : アクセスリンクの速度(km/時),

v_{b_igr} : イグレスリンクの速度(km/時)

である。

4.3 越境輸送抵抗の考慮

陸路・海路にかかわらず、国境を越えて貨物を輸送する場合には、さまざまな抵抗(金銭的抵抗、時間的抵抗)が存在する。また、これらの抵抗には、実際に越境輸送を行う際に越境地点で遭遇する「狭義の越境抵抗」だけでなく、越境地点以外や輸送開始以前の準備段階等

で発生するコスト等の「広義の越境抵抗」も含まれる。

このうち、越境地点で発生する「狭義の抵抗」としては、国境通過に要する所要時間、越境手続きに要する費用、国境ゲートのオープン時間等があげられるだろう。これらの抵抗について調査したいくつかの文献^{3), 8), 13)}や著者らの現地調査等によれば、東・東南アジア地域において、国境通過に要する所要時間としてはおおむね2時間から半日程度、越境手続きに要する費用はおおむね数十～百米ドル程度、国境ゲートは日中のみオープンすることが一般的、などとなっている。なお、筆者らが行った現地調査の概要を、付録Aに収録した。これらの文献・調査の結果は、あくまで個別の国境地点に関する情報であり、場所によって大きく異なることが予想される。しかしながら、すべての国境地点について情報を収集することは難しいため、本研究では、狭義の越境抵抗を表現するために、5段階からなる国境抵抗レベルを設定し、上記文献・調査結果や各国の社会経済状況を参考に、国境地点ごとに抵抗レベルを仮定したうえで、レベルごとに想定された越境抵抗値(金銭費用・時間費用)を適用するものとする。

一方、越境地点以外や国際貨物輸送の準備段階で発生する「広義の抵抗」としては、上記文献の記述や著者らの見聞した範囲だけでも、シャーシ交換(貨物積替)等に関する費用(金銭費用・時間)、税関職員派遣に関する費用や心付け、越境輸送の事前準備・諸手続きにかかる費用、およびこれらの事項に起因する越境手続きに対する心理的抵抗など、様々な項目があげられる。これらの抵抗を、すべて金銭費用や時間費用として定量化することは非常に困難であるものの、本研究では便宜的に、「手続き準備費用」、「手続き準備時間」、「通関費用」、「通関時間」の4種類に分けて考慮することとする。

4.3.1 道路・鉄道・フェリー輸送における国境抵抗

以上の越境抵抗を、国境を通過するリンクに設定する。道路・鉄道・フェリー輸送ネットワークについては、このうち国境を通過するリンクにおいて、前節で定義されたリンクコスト CL_{b_road} , CL_{b_rail} , CL_{b_ferry} に対し、越境コスト CB が上乘せされ、最終的なリンクコスト CL'_{b_road} , CL'_{b_rail} , CL'_{b_ferry} となる。すなわち、

$$CL'_{b_road} = CL_{b_road} + CB_b \quad (\text{if } b \in B) \quad (30)$$

$$CL'_{b_rail} = CL_{b_rail} + CB_b \quad (\text{if } b \in B) \quad (31)$$

$$CL'_{b_ferry} = CL_{b_ferry} + CB_b \quad (\text{if } b \in B) \quad (32)$$

ここで、

B : 国境リンクの集合

である。

越境コスト CB_b は、ここまでの議論により以下のように表わされる。

$$CB_b = CN_l + (CDX_r + CCX_r + CDM_s + CCM_s) + vt_{shpr} \cdot \left\{ \frac{24}{OP_l} \cdot TN_l + (TDX_r + TCX_r + TDM_s + TCM_s) \right\} \quad (33)$$

ここで、

$l(b)$: リンク b の国境レベル ((33)式では (b) を省略、以下同様) ,

$r(b)$: リンク b の起点側所属国 (輸出国) ,

$s(b)$: リンク b の終点側所属国 (輸入国) ,

CN_l : 国境レベル l における狭義の国境抵抗に関する金銭費用 (円/TEU) ,

CDX_r : 輸出国 r における輸出手続き準備 (document preparation) に関する金銭費用 (円/TEU) ,

CCX_r : 輸出国 r における輸出通関 (custom clearance and technical control) に要する金銭費用 (円/TEU) ,

CDM_s : 輸入国 s における輸入手続き準備に関する金銭費用 (円/TEU) ,

CCM_s : 輸入国 s における輸入通関に要する金銭費用 (円/TEU) ,

TN_l : 国境レベル l における狭義の国境抵抗に関する所要時間 (時) ,

OP_l : 国境レベル l における国境ゲートオープン時間 (時/日) ,

TDX_r : 輸出国 r における輸出手続き準備に関する所要時間 (時) ,

TCX_r : 輸出国 r における輸出通関に要する所要時間 (時) ,

TDM_s : 輸入国 s における輸入手続き準備に関する所要時間 (時) ,

TCM_s : 輸入国 s における輸入通関に要する所要時間 (時) ,

である。狭義の越境抵抗は国境ごとに、広義の越境抵抗は国 (輸出国・輸入国) ごとに定義されることに注意されたい。

4.3.2 海上コンテナ輸送における国境抵抗

海上コンテナ輸送においては、第3国のターミナルにおいてトランシップを行う場合に当該国の通関手続き等が省略されることから、海上リンクではなく、港湾内の輸出入リンクにおいて越境抵抗を設定する⁴。本モデルの荷主サブモデル (上位モデル) で想定する港湾内ネットワーク構成 (図-4~6中で「P」と表記されるノード内を細分化したものを) を図-7に示す。なお、図中の陸上リンクは、日本および日本以外の東・東南アジア地域については道路リンクをさし、その他の地域についてはアクセス・イグレスリンクをさす。

図-7において、柴崎・渡部²⁾の図-4に示される既存モデルのネットワーク構成と異なるのは、越境抵抗を考慮するための輸出・輸入リンクが追加されている点にある。港湾 i における輸出リンクおよび輸入リンクのコスト CPX_i および CPM_i は、以下で定義される。

$$CPX_i = CDX_r + CCX_r + vt_{shpr} \cdot (TDX_r + TCX_r) \quad (34)$$

$$CPM_i = CDM_r + CCM_r + k_2 + vt_{shpr} \cdot (TDM_r + TCM_r) \quad (35)$$

ここで、 $r(i)$ は港湾 i の属する国を表す (上式では (i) は省略されている)。上式において、(33)式と異なり狭義の越境抵抗 CN が含まれていないのは、次に述べる搬入・搬出リンクで考慮されるリードタイム、および外航船社モデルで考慮される港湾諸費用が、それぞれ海上コンテナ輸送における狭義の越境抵抗に関する所要時間および金銭費用に相当するためである。また、輸入の場合は、トラック輸送を開始するリンクとなることから、トラック輸送の固定費用 k_2 を考慮していることに注意されたい。

なお、搬入・搬出リンクおよび船社間積替リンクのコスト CPI_i 、 CPO_i 、および $CPTR_i$ は、既存モデルと同様、以下のように表わされる。

$$CPI_i = vt_{shpr} \cdot LTL_i \quad (36)$$

$$CPO_i = vt_{shpr} \cdot LTU_i \quad (37)$$

$$CPTR_i = CTcost_i + vt_{shpr} \cdot CTime_i \quad (38)$$

⁴ この場合、厳密には、内貿コンテナ輸送についても越境抵抗が設定されることとなるが、本モデルにおける海上コンテナ輸送は国際輸送を前提としていることから、このように仮定

ここで、

- LTL_i : 港湾 i の搬入時リードタイム (時),
- LTU_i : 港湾 i の搬出時リードタイム (時),
- $CTcost_i$: 船社間積替リンク i の輸送費用 (円/TEU),
- $CTime_i$: 船社間積替リンク i の輸送時間 (時)

である。

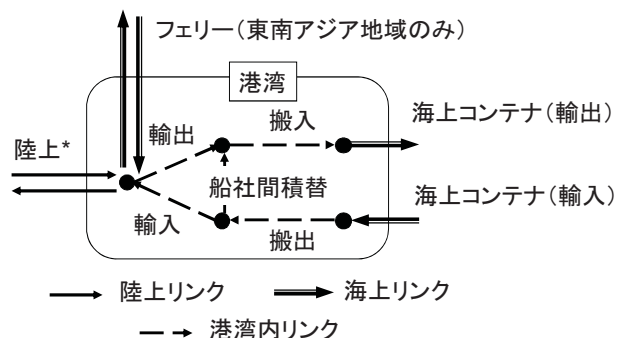


図-7 本研究の荷主サブモデルで想定する
港湾内ネットワーク

5. 入力データの準備と再現性の確認

5.1 海上輸送ネットワークの作成とパラメータ設定

5.1.1 海上コンテナ輸送ネットワーク

本モデルで対象とする国際海上コンテナ港湾は、日本については既存モデルと同様の図-8 に示す 17 港、中国（香港を含む）については、他地域とのバランスを考慮し、柴崎¹⁰から汕頭・珠海・湛江の 3 港を除いた図-9 に示す 17 港、その他の東・東南・南アジア地域については、2003 年時点で未開業の 4 港を含め、柴崎¹⁰より 13 港多い図-10 に示す 47 港⁵、その他の地域については柴崎¹⁰と同様の図-11 に示す 11 港の、合計 92 港（本章の計算で対象とする 2003 年時においては 88 港）とする。なお、本モデルの計算時間（1 ケース 3 時間程度）を考慮すると、現在のネットワーク構成のまま、対象港湾数をこれ以上大幅に増やすことは難しい状況である。

以上の港湾を対象に、既存モデルと同様、すべての港湾同士を結んだネットワーク⁶を構成し、Netpas

する。

⁵ 4. における東・東南アジア地域の定義には含まれず、したがって陸上・フェリー輸送ネットワークが考慮されていない。極東ロシアの 2 港（ポストチヌイ・ウラジオストック）および南アジア地域の 4 港（チッタロン・JNPT・コロンボ・カラチ）を含む。これらの港湾については、その他地域と同様、貨物の発生集中点は港湾直背後に設定される（図-6 参照）。

⁶ 既存モデルと同様、4 種類のコンテナ船舶サイズ別（カテゴリ 1: 1000TEU 以下, カテゴリ 2: 1000-2500TEU, カテゴリ 3: 2500-4000TEU, カテゴリ 4: 4000TEU 以上）に構成

Distance 等により港湾間距離を与えた。その結果を付表-1 に示す。また、各港湾の諸元を、付表-3 に示す。各パラメータは、基本的に既存モデルと同じ値か、同様の考え方にに基づき設定した。ただし、4.3.2(36), (37) 式で示された各港湾 i の搬入・搬出時のリードタイム LTL_i , LTU_i , および外航船社モデルに含まれる港湾荷役費用 CH_i については、5.3 で述べる越境コストとデータソースの整合性を図るため、世界銀行の Doing Business¹⁴ データベースにおける Trading Across Borders - Ports and terminal handling データを用いて大幅な見直しを行った⁷。また、同一船社内積替時間 TT_i については、搬入・搬出時のリードタイムの平均を基本とし、たとえば中国ではトランシップへの対応が遅れている等の各国・個別港湾の事情によって、変化させることとした。さらに、船社間積替費用 $CTcost_i$ および積替時間 $CTime_i$ については、港湾における積卸荷役費用や搬入・搬出時のリードタイムに追加される、ヤード内や隣接ターミナル間のドレージ輸送に関するコスト等を念頭に置き、本研究で設定したトラック輸送費用の固定費等も参考に設定した。

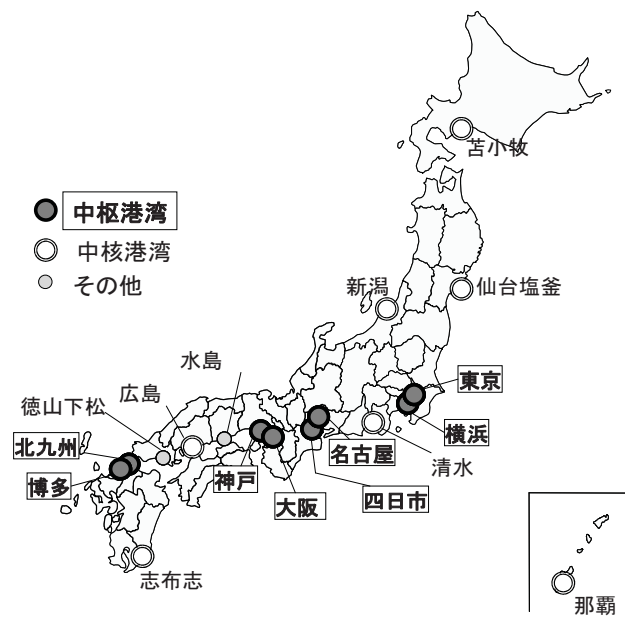


図-8 モデルの対象となるコンテナ港湾（日本）

されている。

⁷ 搬入・搬出時のリードタイム LTL_i および LTU_i については、Doing Business データベースの Ports and terminal handling に要する時間（輸出入別）をそのまま適用した。また、港湾荷役費用 CH_i については、データベースから得られる Ports and terminal handling に要する 1TEU あたりの費用から、取扱貨物量実績を踏まえた 1TEU あたりのターミナル費用 (CT_i / XH_i) を差し引くことで得た。



図-9 モデルの対象となるコンテナ港湾（中国）



図-10 モデルの対象となるコンテナ港湾（日本・中国以外の東・東南・南アジア諸国）



図-11 モデル対象となるコンテナ港湾（その他地域）

5.1.2 フェリー輸送ネットワーク

本モデルにおいては、東南アジア島嶼部と、中国本土－海南島間のみを対象とする。東南アジア島嶼部のうち、フィリピン国内については、後述の方法で作成した道路

ネットワークを補完するように、文献¹⁵⁾等を参考にし、合計 23 本のリンクを設定した。また、マレーシア・インドネシア・シンガポール・ブルネイにおけるフェリー・RORO 輸送ネットワークについては、詳細な情報が得られなかったため、図-12 に示す港湾を対象に、内貿については、他島（マレーシアの場合、マレー半島を含む）のすべての港湾との間を結んだ（合計 119 リンク）。また、外貿については、地理的・社会経済的特性を考慮し、シンガポール港とマレー半島を除く全対象港との間、およびマレー半島西岸とインドネシア・スマトラ島間のすべての港湾同士を結ぶものとした（合計 32 リンク）。この他に、インドネシア・ジャワ島－スマトラ島間およびジャワ島－バリ島間の国道フェリー、マレーシア・ボルネオ島（サンダカン）－フィリピン・ミンダナオ島（ザンボアンガ）間の国際フェリー、および上述の中国本土－海南島間フェリーを合わせ、合計 178 本のリンクを設定した。このうち、インドネシアのポジョネガラ港は 2003 年時点で未開業であるため、関係する 12 本のリンクを除く 166 本が、2003 年時点でのフェリー・RORO 輸送ネットワークとなる。

また、4.2.4 で定式化したフェリー輸送リンクのパラメータは以下のように設定した。フェリー輸送運賃に関するパラメータについては、港湾投資の評価に関する解説書 2004¹⁶⁾を参考に、 $k_5 = 75$ (円/TEU/km), $k_6 = 3,000$ (円/TEU) と設定した。フェリーの平均航行速度 $v_{b, ferry}$ は 20 (km/h) と設定した。また、フェリーターミナルにおいて荷役に要する時間 k_7 については、 $k_7 = 4$ (時間) と設定した。フェリーのサービス頻度 $CLfreq_{b, ferry}$ は、リンク（航路）ごとに頻度を設定するほど情報が入手できていないことから、一律週 1 便、すなわち $CLfreq_{b, ferry} = 1 / (24 \times 7)$ (便/時) と設定した。

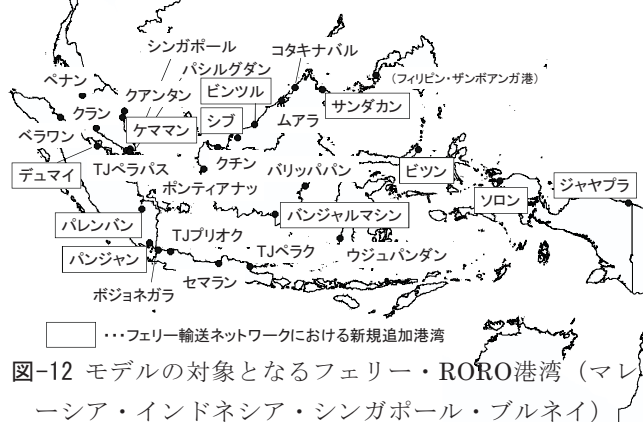


図-12 モデルの対象となるフェリー・RORO 港湾（マレーシア・インドネシア・シンガポール・ブルネイ）

表-4 リンク種別ごとのネットワーク構成概要

種別		合計		一般リンク			アセアン物流インフラ 主要プロジェクト対象リンク			アジアンハイウェイの 問題区間 (UN-ESCAP ⁸⁾ による) ^{***}			
		リンク 数	延長 (km)	リンク 数	延長 (km)	リンク設定 速度(km/h)	リンク 数	延長 (km)	リンク設定 速度(km/h)	リンク 数	延長 (km)	リンク設定 速度(km/h)	
道路	日本*	799	601,208	799	601,208	23~68				0	0	-	
	日本以外												
	の東・東南アジア	Motorways	1,807	38,164	1,794	36,952	60	10	169	20~60	3	1043	20
	Primary Routes	2,144	38,481	2,066	35,549	50	48	2,132	20~50	30	800	20	
	Important Routes	2,729	66,789	2,696	64,992	40	25	1,428	20~40	8	369	20	
	Main Routes**	485	10,415	463	9,533	30	3	69	20	19	814	20	
	Other Routes**	148	4,270	127	3,652	20	7	187	20~40	14	431	20	
その他追加リンク	120	5,097	99	4,210	20~40	21	887	20~40	0	0	-		
	アクセス	182	18	182	18	20	0	0	-				
	イグレス	182	18	182	18	20	0	0	-				
	鉄道	1,196	60,018	1,158	58,247	20	38	1,771	20				
	鉄道積替	649	3,157	634	3,129	20	15	28	20				
	フェリー	166	237,443	164	236,689	20	2	754	20				

(注) 表中の数字は片方向のみの集計値。(実際には、アクセス・イグレスリンク以外は両方向に設定される)
 アクセス・イグレスリンクは全世界の発生集中ノードが対象。鉄道・鉄道積替・フェリーリンクは日本以外の東・東南アジア地域のみが対象。
 *:詳細は付表2を参照のこと。**:東南アジア地域のみが対象。***:アセアン物流インフラ主要プロジェクト対象リンクを除く。

5.2 陸上輸送ネットワークの作成とパラメータ設定

日本の陸上輸送（道路）ネットワークについては、3.4.2で述べたとおりである。以下では、日本以外の東・東南アジア地域における陸上輸送ネットワークについて述べる⁸。

5.2.1 道路輸送ネットワーク

道路輸送ネットワークは、基本的には、柴崎¹⁰と同様に、MapInfo上で起動するADC World Mapデータ¹⁷)に収録されるネットワークデータからリンク座標や距離、リンク種別を抽出して作成した。ここで、5種類の道路リンクのうち、中国については柴崎¹⁰)に示されたようにMotorways, Primary Routes, Important Routesの上位3カテゴリを抽出対象としたものの、ネットワーク密度の関係から、その他の対象国・地域については、すべての道路リンクを抽出対象とした。また、アジアン・ハイウェイやアセアン・ハイウェイに示されるネットワーク⁹や、次章で設定する物流インフラ主要プロジェクトに示されるネットワークを参考に、一部地域においてネットワークを手入力で追加した。以上より、東・東南ア

ジア地域全体（日本を除く）で、7,499リンク・約163,200kmのネットワークとなっている¹⁰。なお、道路種別ごとのリンク数や延長の内訳については、表-4を参照されたい。さらに、アクセス・イグレスリンクについては、ゾーン代表都市の実際の位置座標（政府・自治体所在地）に地理的に最も近い既存の道路ノードから、一律0.1kmの距離であるものと仮定した。

4.2.1で定式化した道路輸送リンクのパラメータは以下のように設定した。トラックの距離変動費用係数 k_1 および固定費用 k_2 については、ジェットロ³)に示された、いくつかの東南アジア地域主要都市間の貨物輸送における費用例と距離をもとに、 $k_1 = 100$ (円/TEU/km) , $k_2 = 20,000$ (円)と設定した(図-13参照)。リンク速度 v_{b_road} は、表-4に示すように、道路種別ごとに設定することを基本とするものの、6.で述べるアセアン物流インフラ主要プロジェクトの該当リンクについては、アンケート調査の回答等を基に個別に設定した。また、UN-ESCAP⁸)にまとめられているアジアン・ハイウェイの問題区間については、一律20 (km/h)と設定した。

4.2.5で定式化されたアクセス・イグレスリンクコスト

⁸ ネットワークの作成対象国・地域のうち、モンゴル・ラオス・東チモールは港湾の設定がない。また、東チモールは5.4に示すように発生集中ノードも設定されないため、本稿における計算の段階では実質的な意味はない。

⁹ アジアン・ハイウェイ Asian Highway は、UN-ESCAPによって定められた全長約14万kmの幹線道路ネットワークである。アセアン・ハイウェイ ASEAN Highway は、アセアンによって定められたネットワークであり、アセアン地域内においてはアジアン・ハイウェイよりも密に設定されている。本モデルのネットワークにおいては、2598リンク(約52,490km)のアジアン・ハイウェイと、14リンク(約3,170km)のアセアン・ハイウェイ(アジアン・ハイウェイとの重複分を除く)が含まれる。

¹⁰ 東・東南アジア地域には、5.1.2のフェリー・RORO船ネットワーク構築で述べた個所以外にも、河川の渡河地点に橋梁がない等のため、フェリー利用が必要な箇所も多いが、本道路ネットワークにおいては橋梁の有無等のデータは入手できないため、これらの地点におけるフェリー利用による追加的コストについては、原則として無視する。ただし、プノンペン~ホーチミンルートにおけるカンボジア国内のメコン川渡河地点(2箇所)については、6.のアセアン物流インフラ主要プロジェクトに橋梁の新設が含まれていることから、現状(2003年時点)においてフェリー利用を想定し、通常のリンクコストにフェリー利用コスト(運賃1,300円、営業時間16時間/日、所要1時間(待ち時間含む))を上乗せする。

トについては、平均輸送速度 v_{b_acc} , v_{b_igr} は、表-4に示すように、いずれも 20 (km/h) と設定した。また、調整項 α については、ODペアごとの最終的な輸送費用が負とならないよう、400,000 (円) と設定した。

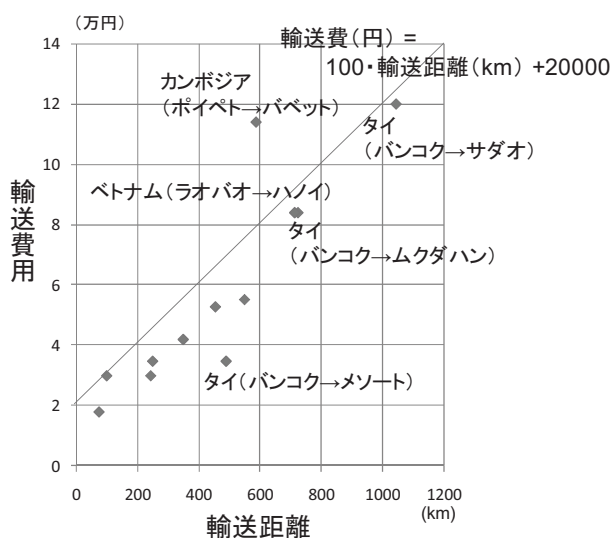


図-13 東南アジア地域における道路輸送距離と輸送費用の関係 (ジェトロ³⁾に記載されたデータを基に筆者推計, 1US\$ = 120円で換算)

5.2.2 鉄道輸送ネットワーク

鉄道ネットワークについては、道路ネットワークと同じデータソースである ADC World Map データ¹⁷⁾に収録される、すべてのリンクを抽出対象とし、リンクが欠落している箇所を一部補った。この結果、表-4に示すように、東・東南アジア地域の鉄道リンクは、合計 1,196 本 (約 60,000km) のネットワークとなっている。

また、鉄道積替リンクについては、発生集中ノードや港湾に近い鉄道駅と、直近の道路ノードや港湾ノードとの間を結ぶものとし、ノード間の直線距離をリンク距離とした。この結果、表-4に示すように、東・東南アジア地域の鉄道積替リンクは、合計 649 本 (約 3,160km) のネットワークとなっている。

4.2.2 および 4.2.3 で定式化した鉄道輸送リンクおよび鉄道積替リンクのパラメータは以下のように設定した。鉄道輸送の運賃に関する距離比例係数については、道路輸送リンクとの機関分担の再現状況も勘案し、 $k_3 = 90$ (円/TEU/km) と設定した。また、リンク速度 v_{b_rail} は、表-4にも示すように、一律 20 (km/h) と設定した。荷役に要する時間 k_4 は、6 (時間) と設定した。サービス頻度 $CLfreq_{b_rail}$ は、リンク (路線) ごとに頻度を設定することが難しいため、一律週 2 便、すなわち、

$CLfreq_{b_rail} = 1 / (24 * 3.5)$ (便/時) と設定した。

5.3 越境抵抗の設定

5.3.1 道路・鉄道・フェリー輸送における狭義の越境抵抗

前節までに構築したネットワークにおいて、国境を通過するリンクは、道路・鉄道・フェリー輸送リンクの別に、それぞれ 52, 26, 34 の合計 112 本 (うち将来リンク 16) となっている。なお、鉄道積替リンクについては、国境を通過するような設定は行わないものとする。

4.3.1で述べたように、道路・鉄道・フェリー輸送における狭義の越境抵抗については、5段階の国境レベル I ごとに、金銭費用 CN_I , 所要時間 TN_I , 国境ゲートオープン時間 OP_I を想定する。付表-4に、各国境通過リンクにおいて設定した国境レベルを示す。また表-5に、各レベルにおいて想定した CN_I , TN_I , OP_I を示す。なお、国境レベル 5 は、紛争等により国境が閉鎖されている状況を表しており、本研究の対象地域では韓国-北朝鮮間が該当する。

5.3.2 広義の越境抵抗

広義の越境抵抗については、4.3.1および4.3.2に示したように、輸出入別の、「手続き準備費用」、「手続き準備時間」、「通関費用」、「通関時間」の別に定義される。ここでは、世界銀行の Doing Business¹⁴⁾ データベースにおける Trading Across Borders - Document Preparation に示される国別の金銭費用と時間を、手続き準備費用と手続き準備時間、同じく Custom Clearance and Technical Control に示される国別の金銭費用と時間を、通関費用と通関時間とする。表-6に、本モデルで必要となる各国・地域における輸出入別の手続き準備費用、手続き準備時間、通関費用、通関時間を示す。

5.4 地域間OD貨物量の推計

前節までで設定したネットワークに基づき、国際貨物流動のシミュレーションを行うためには、国・地域単位ではなく、可能な範囲でなるべく細かい単位 (ゾーニング) で貨物輸送需要 (OD 貨物量) を与える必要がある。そこで、本節では、5.4.1 で各国・地域のゾーニングについて述べたあと、5.4.2 で国レベルの OD 貨物量の推計方法を説明し、5.4.3 で OD 貨物量の地域分割の方法について述べる。

表-5 国境レベル別の越境抵抗設定値

国境レベル <i>l</i>	金銭費用 CN_l (円/TEU)	所要時間 TN_l (時)	国境ゲートオープン 時間 OP_l (時/日)
1	50	0.5	24
2	100	1	18
3	200	2	12
4	400	4	8
5	∞	∞	0

表-6 国・地域別の広義の越境抵抗
(世界銀行Doing Business¹⁴⁾データベースによる)

通し 番号	国名 <i>r</i>	手続き準備費用 (1000円/TEU)		通関費用 (1000円/TEU)		手続き準備 時間(日)		通関時間 (日)	
		輸出	輸入	輸出	輸入	輸出	輸入	輸出	輸入
		CDX_r	CDM_r	CCX_r	CCM_r	IDX_r	IDM_r	ICX_r	ICM_r
1	日本	24.0	24.0	7.0	13.9	4	5	2	2
2	韓国	10.4	10.4	3.6	1.2	2	3	2	2
3	北朝鮮	60.0	60.0	60.0	60.0	25	25	6	8
4	モンゴル	17.4	17.3	15.1	6.0	15	16	2	4
5	中国	25.2	31.2	8.4	8.4	14	15	2	4
6	香港	14.4	15.4	4.8	4.8	2	2	1	1
7	台湾	29.2	30.6	11.6	11.6	7	7	2	1
8	フィリピン	22.7	22.4	22.4	22.4	9	8	2	3
9	ベトナム	13.8	8.4	12.0	12.0	12	12	5	5
10	ラオス	14.4	14.4	1.2	2.4	21	21	3	8
11	カンボジア	26.4	25.2	31.4	31.8	14	19	3	3
12	タイ	32.4	36.0	6.0	9.0	8	8	1	2
13	マレーシア	10.2	10.2	7.8	7.8	10	9	2	1
14	シンガポール	12.6	10.6	3.7	3.7	1	1	1	1
15	ミャンマー	32.4	36.0	31.4	31.8	21	21	6	8
16	インドネシア	25.2	25.2	20.3	15.0	14	15	2	4
17	ブルネイ	22.8	17.0	6.0	9.6	17	16	6	1
18	東チモール	60.0	60.0	60.0	60.0	25	25	6	8
19	バングラデシュ	34.8	54.6	14.4	16.2	14	22	6	4
20	インド	42.0	46.8	14.4	14.4	8	8	2	4
21	スリランカ	37.2	40.8	34.2	34.2	12	12	3	3
22	パキスタン	11.5	15.6	24.0	24.0	11	11	3	2
23	ロシア	60.0	60.0	60.0	60.0	25	25	3	4
24	北米	22.8	22.8	6.0	10.2	2	2	1	1
25	南米西岸	16.2	22.2	6.0	6.0	11	12	2	3
26	南米東岸	48.0	46.2	12.0	18.0	8	10	2	3
27	中東	24.7	21.0	12.0	12.0	5	6	1	1
28	地中海	37.9	37.9	18.4	18.4	10	10	3	2
29	欧州	15.6	36.0	10.8	10.8	3	3	1	1
30	アフリカ	32.6	47.6	9.0	9.0	15	14	4	4
31	豪州	36.0	39.5	6.6	18.0	5	5	1	2

5.4.1 各国・地域のゾーニング

本モデルでは、東・東南アジア各国・地域を、表-7に示すように、最大の行政単位または地方単位等に分割するものとする。各ゾーンの具体名については、付表-5等を、ゾーン代表都市の位置については図-20, 21等を参照されたい。

また、上記以外の諸国・地域については、4.1.1 および5.1.2で述べたように、国際海上輸送のみを取り扱い陸上輸送等は考慮しないため、貨物の発着地は各港湾に一致するものとする。すなわち、各港湾を代表地とするゾーン設定とする。

5.4.2 国間貨物量

基本的な方針としては、既存モデルと同様、2国間貿易額データを出発点に、輸送機関分担率やコンテナ化率を乗じることによって作成する。ここで、本研究におけるデータ作成の基準年も、既存モデルと同様に2003年とする。

出発点となる2国間貿易額は、今後の経済政策シミュレーションや将来予測実施との整合性を考慮し、GTAPデータベース²⁸⁾の貿易額データ(ver 6.0, 2001年ベース)を用いる。ここでも、既存モデルと同様、米本・柴崎ら²⁹⁾に示される日本8地域・中国7地域への分割を含む全世界48ヶ国・地域、10品目(うち貿易財5品目)の貿易額データを用いることとする。この品目別2国間(日本・中国については地域別、以下同様)貿易額をもとに、Global Insight社のGlobal Trade Navigatorデータ³⁰⁾から得られる、2国間貿易額、輸

表-7 東・東南アジア諸国・地域のゾーン分割数

国・地域名	ゾーン数	設定根拠	OD表作成における参考資料	備考
日本	47	都道府県	全国輸出入コンテナ貨物流動調査	
韓国	16	道・広域市	韓国統計庁 ¹⁹⁾	
北朝鮮	1	貨物量が少ないため分割せず		
モンゴル	1	貨物量が少ないため分割せず		
中国	31	省・自治区・直轄市	CCSデータベース ²⁰⁾	香港・マカオ除く
香港	1	国土面積が小さいため分割せず		
台湾	4	北部・中部・南部・東部	中華民国内政部 ²¹⁾	25直轄市・県
フィリピン	6	ルソン島4地域・中部・南部	フィリピン統計調整委員会 ²²⁾	17地方ブロック, 142州市
ベトナム	8	地方ブロック	ハノイ統計出版社 ²³⁾	64省・直轄市
ラオス	3	北部・中部・南部	JICAデータ	17都県
カンボジア	5	北東・北西・中央・南東・南西	縫製工場分布数	24州・特別市
タイ	7	地方ブロック	Alpha Research ²⁴⁾	76府県
マレーシア	13	州	マレーシア統計局 ²⁵⁾	
シンガポール	1	国土面積が小さいため分割せず		
ミャンマー	14	州・管区	ミャンマー国家計画・経済開発省 ²⁶⁾	
インドネシア	6	ジャワ島3地域・スマトラ・カリマンタン・東部地方	Badan Pusat Statistik ²⁷⁾	33州・特別州
ブルネイ	1	国土面積が小さいため分割せず		
東チモール	-	OD表作成対象外		

送機関別2国間貿易額（航空・陸上・海上コンテナ，海上その他），2国間輸出入貨物量を用いて，年次補正・機関分担・量単位への変換・コンテナ貨物の分離等を行い，2003年ベースの2国間国際陸上貨物および国際海上コンテナ貨物輸送量データを作成する．ここで，陸上貨物については，10トン = 1台 = 1 TEUと換算した．なお，既述のように，航空貨物および海上非コンテナ貨物輸送については，本モデルにおける計算の対象外とする．

5.4.3 地域間貨物量への分割

5.4.2で作成した，2国間の国際陸上貨物および国際海上コンテナ貨物輸送量データを，5.4.1で作成した各ゾーンへ分割する．

本来であれば，OD貨物量の正確な地域分割を行うためには，①自国各ゾーンにおける，相手国ゾーン別の貿易額（または国際貨物量）データが必要である．しかし，そのようなデータは世界のどの国においても整備・公表されていないため，次善の策として，以下の優先順位でデータを利用することとする．

- ②自国ゾーン別相手国別国際貨物量：日本¹⁸⁾，米国³¹⁾等のデータが入手可能である¹¹⁾．相手国側はゾーン別にはわからないので，相手国側の統計によりゾーン別シェアを算出し，上記データを比例配分する必要がある．
- ③自国ゾーン別相手国別貿易額：中国²⁰⁾がこれに該当する．自国側データが国際貨物量ではなく貿易額でしかわからないため，このデータより自国ゾーン別相手国別貿易額シェアを算出し，これを前項の2国間国際貨物量に乗じるという，比例配分を行う．相手国側については，②と同様である．
- ④自国ゾーン別総貿易額：ベトナム²³⁾がこれに該当する．このデータより自国ゾーン別貿易額シェアを算出し，これを前項の2国間国際貨物量に乗じる．相手国に関する情報がない分だけ③より情報量が落ちる．
- ⑤自国ゾーン別地域総生産（GRP）：ゾーン別の貿易額も不明の場合，代替指標として地域別総生産（GRP）を用いる．本データは，分割対象国の中では，韓国¹⁹⁾・フィリピン²²⁾・タイ²⁴⁾・マレーシア²⁵⁾・インドネシア²⁷⁾で入手可能である．また，ラオスについても公式の統計は存在しないが，本研究においては，

JICA⁹⁾によって推計された値を用いる．GRPは各ゾーンの経済力を表す指標であるため，貿易額とも何らかの関連性があるものと考えられるが，バルク系の海上貨物が本モデルの対象外であること等により，たとえばインドネシアのような資源産出国では，GRPと海上コンテナ貨物量の地域バランスが異なることが予想される等，注意が必要である．

- ⑥国際貨物量と関連性があると考えられるその他のゾーン別指標：ゾーン別工業出荷額や家計消費額データなどが該当する．カンボジアにおいては，輸出の主力が縫製品であることから，その地域別工場数をゾーン別指標として用いる．
- ⑦自国ゾーン別人口：特に発展途上国においては，各ゾーンの人口と国際貨物量のような地域経済力にはほとんど相関がないものと推察されるものの，他に何のゾーン別指標も入手できない場合には，やむを得ない措置として人口を代理指標として用いる．本モデルの分割対象国では，台湾²¹⁾・ミャンマー²⁶⁾がこれに該当する¹²⁾．

以上で推計した地域間貨物量（全182ゾーン）を，付表-5に示す．

5.5 モデルの現状再現性

4.において拡張・修正を行ったモデルに対し，5.1～5.4で整理したネットワークや地域間OD貨物量を入力し，モデルの現状再現性について確認した結果を以下に示す．なお，本計算においては，パラメータ θ ， vt_{carr} ，および β を新たに推定することは行わず，3.4.4で推計された結果を用いる．また，モデル計算の初期値として必要な，外航船社モデルにおける初期航走リンクフローや船社別港湾間OD貨物量については，既存モデルと同様の方法により推計を行い，入力値とする．ただし，外航船社グループ数については，柴崎・渡部²⁾の8グループに，中小船社系グループ（グループI）を追加し，9グループとした．

なお，本モデルの計算時間は，Dell Precision T7400（CPU: クワッドコア・インテル Xeon プロセッサー（2x6MB L2 キャッシュ，3.16GHz，1333MHz FSB）x2，メモリ 16GB）を使用した場合で，1ケースにつき3時間程度である．

¹¹⁾ 米国については，既存モデルと同様，本モデルにおいてゾーンが3地域（PNW，PSW，北米東岸）に分割されているため，その分割に自国港湾別相手国別貨物量データが必要となる．

¹²⁾ なお，ミャンマーの地域分割の有無によるモデル計算結果の違いについては，Shibasaki et al.³²⁾で考察を行っており，たとえ人口しかわからなかったとしても，地域分割を行うことが重要であるとの結論を得ている．

5.5.1 港湾取扱量の再現性

図-14 に、日本を含む東・東南アジア地域各港の輸出入貨物取扱量（トランシップ貨物は含まない）における、実績値とモデル推計値の比較を示す（なお、具体的な推計値については、付表-6 を参照されたい）。図より、深圳と広州、高雄と基隆など、同一ゾーン内または隣接ゾーン同士の港湾において一部再現性が低い港湾が見られるものの、全般的にはおおむね良好に実績値を再現できているものと考えられる。

図-15~17 に、日本・中国¹³・東南アジアの各地域別の輸出入貨物取扱量の再現性を示す。図-15 より、日本港湾の輸出入貨物取扱量の再現性については、図-2 に示される既存モデルより若干低下するものの、おおむね同程度の再現性が得られている。なお、名古屋港貨物が清水や四日市港に流れる傾向が引き続き観察されており、この点の改善は今後の課題としたい。図-16、17 に示される中国や東南アジア諸港の再現性をみれば、全体的にはおおむね良好といえるものの、上海やクラン、ジャカルタ（TJ プリオク）、スラバヤ（TJ ペラク）、マニラ港等で過小推計、大連・南京やシンガポール、ペナン、ソクラ港等で過大推計となっており、改善の余地があるといえる。特に、図-17（東南アジア）における過大・過小推計港湾は、マレー半島～シンガポール～インドネシア・ジャワ島地域の港湾が多く、陸上・フェリー輸送を含めたこの地域の貨物流動の再現が比較的難しいことを示している。

次に、図-18 に、日本を含む東・東南アジア地域各港のトランシップ貨物取扱量における、実績値とモデル推計値の比較を示す。図より、シンガポール、釜山、クラン、TJ ペラパス、高雄港などで実績値と推計値がほぼ一致するなど、一般にトランシップ貨物の再現は輸出入貨物より難しいと考えられていることを踏まえれば、全体として良好な再現性が得られているといえる。また、中国本土主要港においては、柴崎¹⁰と同様、相当量のトランシップ貨物量が推計されており、統計では把握されていないものの、実際にはトランシップ（内貿・外貿間の積替を含む）が行われていることが推察される。一方で、この影響で香港のトランシップ貨物量は過小推計となっている。

図-19 に、東・東南アジア地域各港の港湾総取扱量（輸出入貨物＋トランシップ貨物）における、実績値と

モデル推計値の比較を示す。図より、輸出入貨物とトランシップ貨物を個別に比較するよりも、両者の和についてはさらに再現性が高いことがわかる。

5.5.2 陸上輸送フローの再現

図-20 に、本モデルによって推計された東・東南アジア地域における陸上貨物輸送フロー（道路・鉄道、2003 年値）を示す。また、東南アジア地域の拡大図を図-21 に示す。なお、フローの表示単位は TEU であるが、5.4.2 で述べたように、トラック台数と読み替えることも可能である。柴崎¹⁰と同様に、国際貨物のみを対象とした陸上輸送交通量の実績値に関するデータは入手できないため、本図を実績値と比較することはできないが、著者らによる現地調査やインタビュー調査の結果から判断する限りは、おおむね妥当な流動となっているものと推察される。

なお、得られたリンクフローの推計値から算出した、フェリー・RORO 輸送を含む輸送機関別のシェアは、TEU キロベースで、道路輸送（積替リンク含む）が約 300 億 TEU・km、鉄道輸送が 10.4 億 TEU・km、フェリー・RORO 輸送が 38.3 億 TEU・km となり、シェアに換算すると 86.0%、3.0%、11.0%であった。国別（国内輸送に限る）にみると、鉄道については、中国で 7.3%、タイで 0.1%を占めた以外はほぼゼロであった。フェリー・RORO 輸送については、フィリピンで 17.3%、マレーシアで 33.0%、インドネシアで 41.8%を占めた。マレーシア・インドネシアでフェリー・RORO 輸送のシェアが大きいのは、島嶼間輸送の距離が長いことが理由としてあげられる。

5.5.3 越境交通量の再現性

一部の国境については、貨物車の通過台数等の実績値が入手可能である。付表-4 に示した道路・鉄道・フェリー輸送における国境通過リンクについて、同表には、モデル推計値と実績値（判明しているリンクのみ）も示されている。実績値の入手可能な国境についても、乗用車との合計台数であったり、国境地域周辺のきわめてローカルな交通も多く含まれていたりするため、完全に一致させることは難しい。実績値の入手できない地点も含め、既往の文献や著者らの現地調査から判断する限りは、多少の情報が得られる地点については、おおむね通過台数のオーダー（桁数）は一致しているものと推察される。

¹³ 図-16 では、中国広東省珠江デルタの 3 港（深圳・広州・中山）については、港湾の取扱量を合計して表示している。なお、珠江デルタ地域については、ゾーニングとネットワークをより詳細にした国際貨物流動モデルを別途構築する予定である。

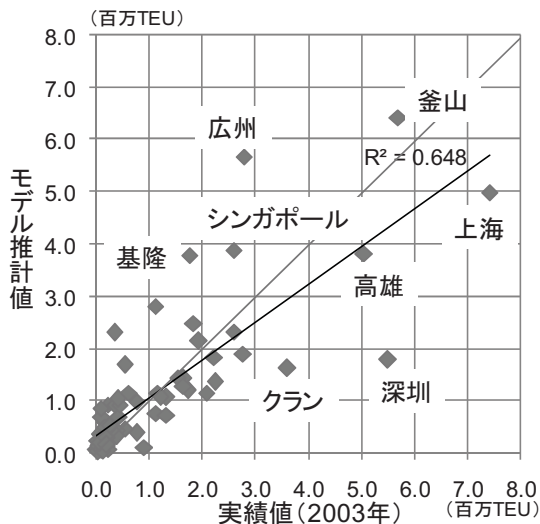


図-14 東・東南アジア地域の港湾における輸出入貨物取扱量の実績値とモデル推計値の比較

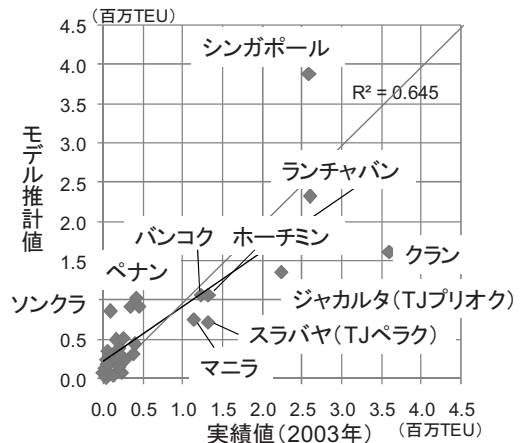


図-17 アセアン諸国の港湾における輸出入貨物取扱量の実績値とモデル推計値の比較

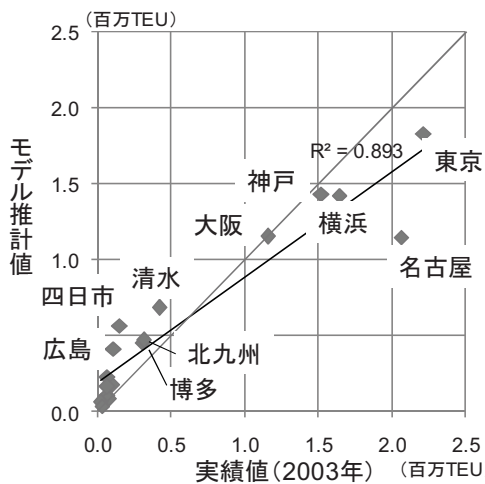


図-15 日本の港湾における輸出入貨物取扱量の実績値とモデル推計値の比較

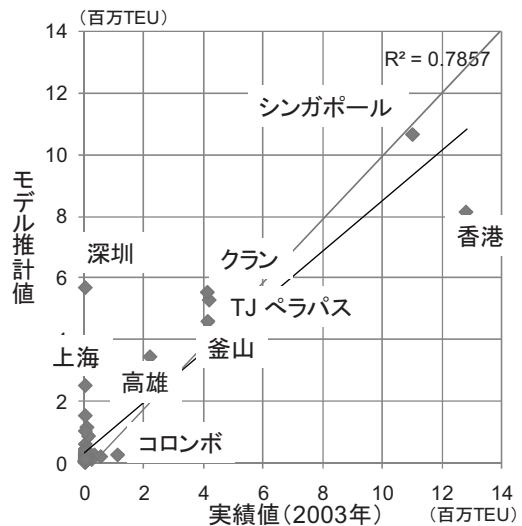


図-18 東・東南アジア地域の港湾におけるトランシップ貨物取扱量の実績値とモデル推計値の比較

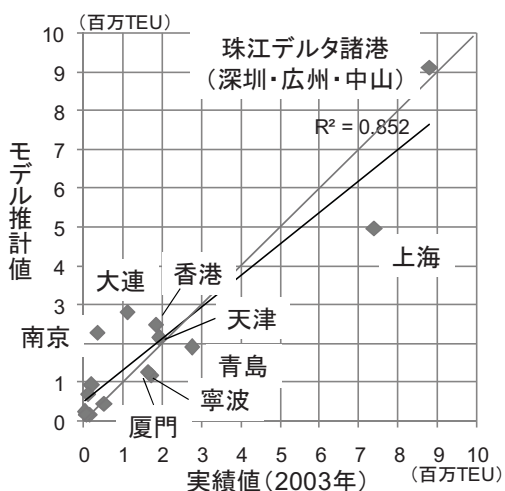


図-16 中国の港湾における輸出入貨物取扱量の実績値とモデル推計値の比較

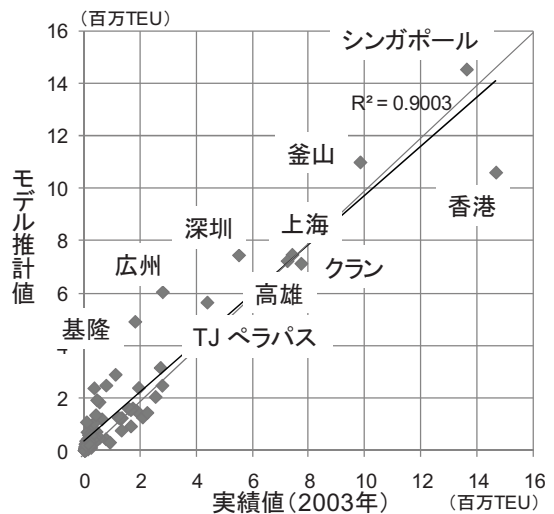


図-19 東・東南アジア地域の港湾における総取扱量（輸出入+トランシップ）の実績値とモデル推計値の比較

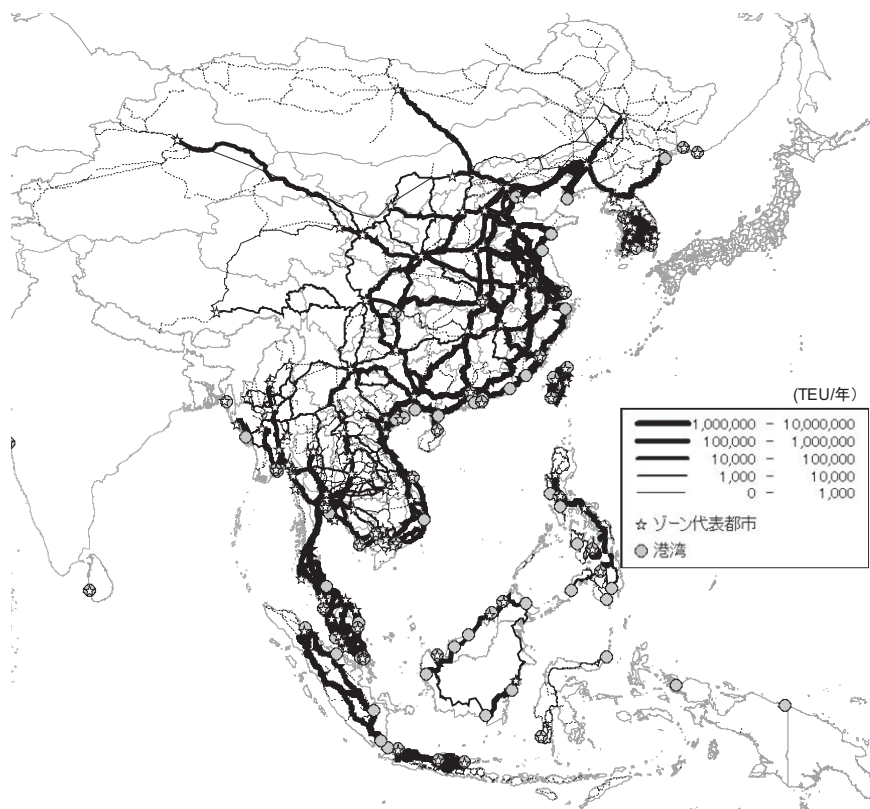


図-20 東・東南アジア地域の陸上輸送リンクフローの再現図 (2003年, TEU)

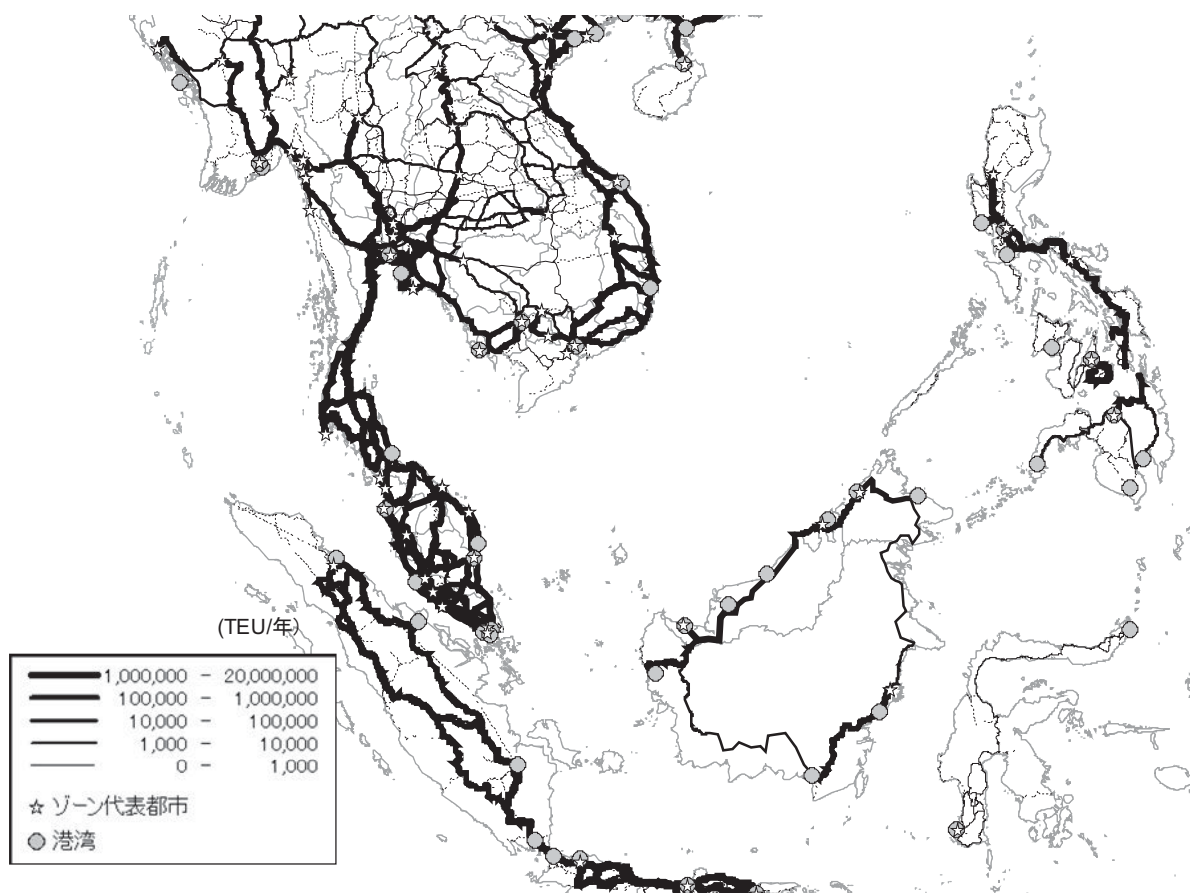


図-21 東南アジア地域の陸上輸送リンクフローの再現図 (2003年, TEU)

6. 東・東南アジア地域における将来国際物流シミュレーション

本章では、前章までで 2003 年時点の現状再現性を確認したモデルを用いて、2020 年時点におけるインフラ整備状況も考慮した東・東南アジア地域の国際物流シミュレーションを行う。

6.1 将来シミュレーションの方法

ここでは、将来シミュレーション対象年次である 2020 年時点の地域間 OD 貨物量と、2020 年までの港湾・道路・鉄道インフラの整備状況を反映した輸送ネットワークを与え、前章 5.5 で示した 2003 年再現値における推計結果（港湾取扱量、外航船社グループ別港湾間輸送フロー、外航船社グループ別港湾間 OD 貨物量等）を出発点に、解が収束するまで繰り返し計算を行い、2020 年時点の国際貨物流動パターンを求めることとする¹⁴。なお、 θ 、 vt_{carr} 、 β を含め、その他のモデルパラメータについては、2003 年時点から変化しないものと仮定する。

ここで、2020 年までに新規開業する 4 港（カイラン、バンフォン、チャピュー、ボジョネガラ）については、計算開始時点での初期フローや初期取扱量をゼロとすると、将来時点においても貨物が集まらないため、開業時に就航する可能性が高い外航船社グループ・船舶サイズ・航路を想定し、計算開始時点において、これら初期値を予め設定するものとする。

6.2 将来地域間 OD 貨物量の推計

2020 年時点の地域間貨物輸送需要（OD 貨物量）は、柴崎・笹山³³⁾において推計された、各国・地域間貿易額の 2020 年ミドルケース推計値¹⁵を、5.4 と同様の方法によって変換する¹⁶ことで得る。推計された 2020 年時点の地域間貨物量について、2003 年時点の推計値とあわせて付表-5 に示す。

¹⁴ この方法は、柴崎¹⁰⁾において、1998 年と 2003 年時点のデータを用いて、ある程度妥当な結果が得られることが確認されている。

¹⁵ 本推計値には、著者らが実施した将来アンケート調査³⁴⁾に基づき設定された FTA・EPA の進展や、各生産要素・全要素生産性等の伸長が考慮されている。2 国間貿易額の将来推計における設定条件の詳細については、柴崎・笹山³³⁾を参照されたい。

¹⁶ ここで、貿易額から貨物量への変換パラメータや機関分担率、コンテナ化率等のパラメータ、地域分割に用いた経済指標等については、2020 年値の予測が難しいため、便宜的に、2003 年時点の数値をそのまま用いた。

6.3 インフラ整備を考慮した将来ネットワークの作成

本章のシミュレーション対象とする、2003 年以降 2020 年までのインフラ整備施策や越境抵抗低減施策による輸送ネットワークの変化は、大別して、アセアン事務局が策定した「物流インフラ主要プロジェクト」によるものと、その他の資料等から想定される施策によるものに分けられる。以下では、6.3.1 においてアセアン事務局が策定した「物流インフラ主要プロジェクト」の概要について述べ、6.3.2 以降において、その他の施策の実施も念頭に、各輸送機関別リンクおよび国境通過リンクにおける具体的なネットワーク作成方法について述べる。

6.3.1 アセアン物流インフラ主要プロジェクトの概要

アセアン事務局は、各国の合意のもとに、アセアン全体の発展や、域内の複数国の発展に資するという観点から、2007 年に、77 の物流インフラ主要プロジェクト（Major Projects on ASEAN Logistics Development）を策定した³⁵⁾。そのリストを表-8 に示す。なお、表-8 では、その後リストに追加された 12 のプロジェクトを含め、合計 89 のプロジェクトについて整理されている。これらのプロジェクトは、道路や鉄道の新設や複線化等の改良、港湾や空港の新設やアクセス道路の改善、インランドデポ（ICD）の設置等の物流施設整備など、多岐に渡っており、その輸送機関別内訳は、海上輸送 20（コンテナ 17、フェリー 2、その他 2）、道路 38、鉄道 13、物流施設 11、空港 9 となっている¹⁷⁾。

このうち、海上輸送のうちその他と空港を除いた、合計 79 のプロジェクトを、本シミュレーションで考慮する対象とする。これら 79 のプロジェクトの位置を図-22 に示す。図より、プロジェクトはアセアン域内に広く分布しているが、特に、インドシナ半島中心部と、フィリピンルソン島中心部（マニラとその近郊）に多いことがわかる。

なお、プロジェクト策定の報告書^{35),36)}によれば、選定されたプロジェクトは、各国におけるインタビュー調査や主要輸送回廊上に位置するかどうか等に基づき、総合的見地から定性的に抽出されたものであり、実施効果等に関する定量的な検証は、特に行われていない。

¹⁷ 複数モードを含むプロジェクトが存在するため、モード別内訳の単純な合計とプロジェクト総数は一致しない（海上輸送の内訳についても同様）。

表-8 アセアン物流インフラ主要プロジェクト一覧 (ASEAN³⁵)等に基づき著者ら作成、網掛部は本研究の対象外)

国名	通し 番号	国別 番号	プロジェクト名	輸送モード						
				コンテナ 17	フェリー 2	道路 38	鉄道 13	ICD等 11	その他海上輸送 2	空港 9
フィリピン	1	P01	Metro Manila Skyway (2 & 3)							
	2	P02	R10/C3/R9 Expressway (Port Access)							
	3	P03	Subic-Clark-Tarlac Expressway							
	4	P04	STAR Expressway (2)							
	5	P05	SLEX Extension (to Sto. Tomas)							
	6	P06	Manila-Cavite Expressway (2&3)							
	7	P07	Batangas Port Improvement (2)	○						
	8	P08	World Class Subic International Port	○						
	9	P09	Manila North Harbor Modernization	○						○
	10	P10	NAIA Terminal 3 Completion							○
	11	P11	Freight Terminal at NAIA							○
	12	P12*	Diosdado Macapagal International Airport (DMIA)							○
	13	P13*	Northrail Project Phase 1				○			
ベトナム	14	V01	HCMC-Trung Luong Expressway			○				
	15	V02	HCMC-Dau Giay Expressway			○				
	16	V03	Dau Giay-Vung Tau Expressway			○				
	17	V04	Hanoi-Hai Phong Expressway			○				
	18	V05	Trans-Asia Highway (HCMC -Loc Ninh)			○				
	19	V06	Loc Ninh-HCMC Railway Link				○			
	20	V07	Bien Hoa - Vung Tau Railway				○			
	21	V08	Lach Huyen Deep Seaport	○						
	22	V09	Cai Mep-Tai Vai Seaport	○						
	23	V10	Thi Vai (Saigon) Port	○						
	24	V11	TSN International Airport Upgrading							○
	25	V12	Noi Bai Airport Upgrading							○
	26	V13	Da Nang Port Phase 2	○						
	27	V14	NH1: Quang Tri - Hue - Danang			○				
	28	V15	Hanoi Ring Road 4 HAIDEP (JICA)			○				
	29	V16*	Van Phong International Transshipment Port	○						
	30	V17*	NH1: Danang - Quang Ngai			○				
ラオス	31	L01	Friendship Bridge-Thanaleng Railway Link				○			
	32	L02	Expansion of Thanaleng Freight Hub					○		
	33	L03	NH9: Xano - Dansavanah			○				
	34	L04	NH10: Vientiane - Phonhong			○				
	35	L05*	Vientiane Logistics Park					○		
	36	L06*	Vientiane Industrial Park/Vientiane Export Processing Zone					○		
	37	L07*	Savannakhet Logistics Park					○		
カンボジア	38	C01	NR5: Poipet-Sisonphone			○				
	39	C02	NR5: Sisophon-PP			○				
	40	C03	Phnom Penh Ring Road			○				
	41	C04	NR1: P-Neak Leoung			○				
	42	C05	NR1: Neak Leoung Bridge Project			○				
	43	C06	NR1: Neak Leoung-Bavet			○				
	44	C07	Logistics Hub (Bavet, Poipet and PP)	○				○		
	45	C08	Poipet-Sisophon Railway Link				○			
	46	C09	Track Rehabilitation and Upgrading				○			
	47	C10	Phnom Penh-Loc Ninh Railway Link				○			
	48	C11	NR7: Road Rehabilitation and Improvement			○				
	49	C12	Upgrading of Phnom Penh-Sihanoukville Highway			○				
	50	C13	5-year Road Rehabilitation Program			○				
タイ	51	T01	Bangkok and Vicinities Expressway Road Project			○				
	52	T02	Industrial Ring Road Project			○				
	53	T03	Expansion of Lat Krabang ICD					○		
	54	T04	Double Tracking: Laem Chabang- Kaeng Khoi				○			
	55	T05	Surat Thani-Hat Yai 4 Lane Widening Project			○				
	56	T06	Bangkok-Hat Yai/Songkla Inter-city Motorway			○				
	57	T07	Double tracking: Chachoengsao-Nong Pladuk				○			
	58	T08	Double Tracking (i) Petchaburi-Hua Hin; (ii)Prachuab Khirikhan-Chumpon; (iii) Surat Thani-Nasan; (iv) Khao-Chum Thong				○			
	59	T09	Track Rehabilitation Program (i) Thong Sung-Ban Ton Don; (ii) Kaeng Khoi-Bun Yai; (iii) Bua Yai-Nong Khai; (iv) Thanon Jira-Bua Yai				○			
	60	T10	Bangkok-Aranva Phathet Inter-city Motorway			○				
	61	T11	Hinkhong-Cambodia 4-lane Widening Project			○				
	62	T12	Development of Laem Chabang Port (2)	○						
マレーシア	63	T13*	Srinagarin-Bangna-Samut Prakam Expressway Project			○				
	64	Ma01	KL-KLIA Dedicated Highway			○				
	65	Ma02	Rail Track to Port of Tanjung Pelapas				○			
	66	Ma03	Construction of 2nd Penang Bridge			○				
シンガポール	67	Ma04	Expansion of Port Klang North Port	○						
	68	Ma05	Upgrading of KLIA to Accommodate A380							○
	69	S01	Pasir Panjang New Container Terminal (2)	○						
ミャンマー	70	S02	Changi Airport Expansion							○
	71	My01	Tatong-Miyawady Highway Improvement			○				
インドネシア	72	My02	Upgrading of Railway Links to Ports				○			
	73	My03	Rehabilitation of Highways to Gateways			○				
	74	My04*	Development of Kyaukpyu Deep Sea Port	○						
	75	My05*	Development of Dry port at Mandalay					○		
	76	I01	Ti. Priok Access Road Project (2)			○				
ブルネイ	77	I02	Ti. Priok Port Rehabilitation	○						
	78	I03	Bojonegara International Port	○						
	79	I04	Ti. Perak Container Terminal at Lamong Bay	○						
	80	I05	Jakarta Car Terminal							○
	81	I06	Logistics Park at Soekarno Hatta Airport							○
	82	I07	Development of New Medan Airport							○
	83	I08	Upgrading of Roads from Pontianak-Entikong			○				
	84	I09	Development of Dry Port at Entikong					○		
	85	B01	Muara ICD	○				○		
インドネシア-マレーシア	86	B02*	Kuala Belait ICD					○		
	87	B03*	Kuala Lurah ICD					○		
	88	Ot01	Ro-ro Ferry Service (Medan-Penang)		○					
89	Ot02	Promotion of Sub-regional Liner System		○						

*追加プロジェクト

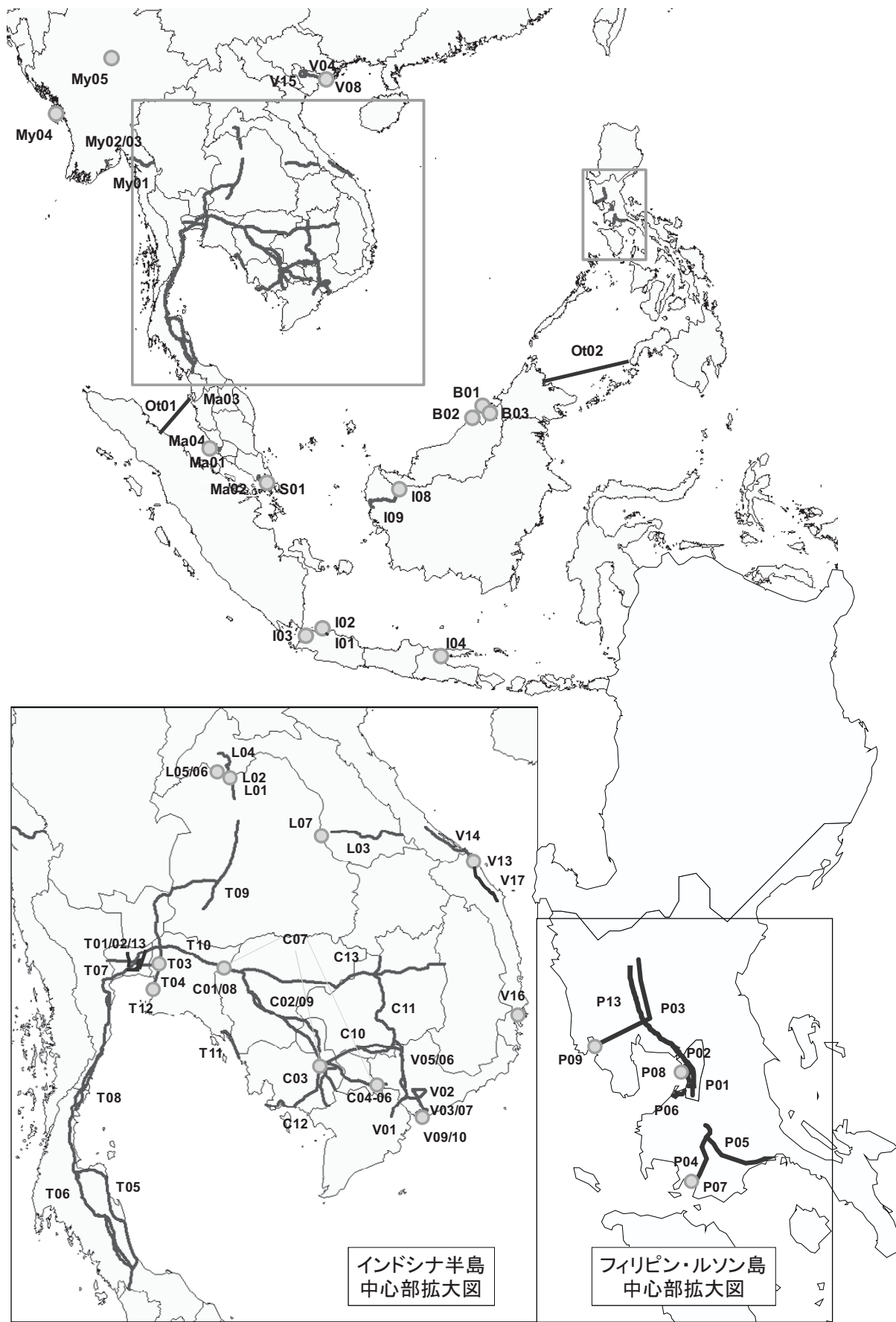


図-22 アセアン物流インフラ主要プロジェクトの位置 (本シミュレーションの対象とするプロジェクトのみ)

6.3.2 将来海上輸送ネットワークの作成

(1)国際海上コンテナ輸送ネットワーク

本モデル計算の対象とする東・東南アジア地域（日本を含む）の既存コンテナ港湾 77 港および新規開業 4 港における、2003 年以降のコンテナバース新設・増深の進捗状況および将来計画を反映する。具体的には、現在までのバース新設・増深については、国際輸送ハンドブック³⁷⁾や Containerisation International Yearbook³⁸⁾の最新版等により把握し、今後の計画については、各港のホームページや雑誌・新聞記事等により可能な範囲で収集することとする。また、東南アジア諸国については、次に述べる将来陸上輸送ネットワークのアンケート調査実施時に、コンテナ港湾についてもあわせて情報を収集し、上記で得たデータを補完することとした（詳細については、付録 B を参照されたい）。なお、既存港湾におけるバース新設を反映する際でも、原則として港湾のネットワーク上の位置は変更しないものとするが、大幅なターミナルの移転がある場合には、陸上・フェリー輸送ネットワーク上の港湾の位置を変更するとともに、港湾間の海上輸送距離も変更する¹⁸⁾。

以上の手順により、各港湾における水深別バース数の将来値についてはある程度把握できるものの、その他のパラメータ（料金やリードタイム等）については、将来値の把握や予測は非常に困難である。そこで、本シミュレーションにおいては、港湾諸料金（荷役費・入出港費・ターミナル費・船社間積替費用）や海上輸送費用については、2003 年時点から変化しないものと仮定した。一方で、ターミナル搬出・搬入時リードタイム LTL_i 、 LTU_i 、および同一船社グループ内積替荷役時間 TT_i については、2003 年から現在までの状況変化も踏まえ、以下の通り仮定する。すなわち、日本のスーパー中核港湾（東京・横浜・名古屋・四日市・大阪・神戸）については、ターミナル搬出・搬入時リードタイム、同一船社グループ内積替荷役時間ともそれぞれ 24 時間分の減少、中国本土の 8 大港（大連・天津・青島・上海・寧波・厦門・深圳・広州）についてはそれぞれ 48 時間まで減少、またアセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象港湾についても、それぞれ 48 時間まで減少（2003 年値が 48 時間以下の場合は 24 時間まで減少）するもの

と仮定した。

以上の設定を踏まえた、2020 年時点での港湾諸元（2020 年 with ケース）を付表-3 に示す。

(2)フェリー輸送ネットワーク

フェリー輸送リンクについては、就航船舶の近代化やオペレーションの効率化等により、すべてのリンクにおいて平均航行速度 v_{b_ferry} が 30 (km/h) に増加すると想定した。またこれに加え、アセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象リンク（付表-7 参照）については、荷役時間が半減、すなわち $k_7 = 2$ (時間)、サービス頻度 $CLfreq_{b_ferry}$ が倍増の週 2 便、すなわち $CLfreq_{b_ferry} = 1 / (24 \times 3.5)$ (便/時) と仮定した。なお、費用については、海上コンテナ輸送と同様に変化しないと仮定した。

6.3.3 将来陸上輸送ネットワークの作成

(1)道路輸送ネットワーク

将来道路輸送ネットワークにおいてあらたに追加・修正されるリンクは、原則としてアセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象リンクのみとする。アセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象リンクについては、各プロジェクトごとに、報告書^{35),36)}等の記述をもとに、既存リンクの改良かリンクの新設かを判断し、既存リンク改良プロジェクトについては該当リンクを特定し、リンク新設プロジェクトについては適切と思われる個所にリンクを新設した¹⁹⁾。そのうえで、プロジェクトごとにシートを作成して各国政府担当者に対してアンケート調査を行い、位置の確認およびプロジェクト内容（距離、速度、所要時間、完成目標年次等）の問い合わせを行った。回答のあった国については、回答結果をできるだけ尊重した形で²⁰⁾、改良前後あるいは新設後のリンク速度や距離を設定し、回答のなかった国については、一般的と思われる値を設定した。その結果、表-8 に示される 38 の道路プロジェクト合計で、70 本の新設リンク（約 1,025km）と 114 本の改良リンク（約 4,870km）が、プロジェクト対象リンクとなった。各プロジェクト対象リンクの諸元を、付表-7 に示す。また、作成した各プロジェクトのシート（回答のあった国については回答結果を含む）を、付録 B に示す。

なお、C05（カンボジア）のメコン川架橋プロジェク

¹⁸⁾ 本研究のシミュレーションにおいては、ホーチミン港（外洋沿いのカイメップ地区への移転）がこれに該当する。正確には、カイメップターミナル開業後も、市中心部にもコンテナ取扱いの機能は残るとされているが、ここでは取扱量の大半がカイメップ地区に移ると想定し、ホーチミン港の陸上輸送ネットワークにおける港湾ノードの位置を変更する。また、他の世界各港との海上輸送距離についても、ホーチミン中心

部までの河川輸送部分（42 カイリ）を一律差し引く。

¹⁹⁾ 1 つのプロジェクトで既存リンク改良とリンク新設の両者を含む場合もある。

²⁰⁾ たとえば、本研究で必要となるのは各道路の平均走行速度であるが、設計速度等が記入されていると推測されるケースでは、回答結果を適宜修正しながら入力値とする場合もある。

トについては、実施前において5.2.1の脚注10で述べたように加算されていたフェリー利用コストを、実施後は除外し、通常の道路リンクとして扱うものとする。

(2) 鉄道輸送ネットワーク

将来鉄道輸送ネットワークにおいても、アセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象リンクについては、道路リンクと同様の手順で、既存リンク改良・リンク新設の設定を行った。その結果、表-8に示される13の鉄道プロジェクト合計で、10本の新設リンク（約500km）と38本の改良リンク（約1770km）が、プロジェクト対象リンクとなった。

また、港湾との結節を目的とした鉄道新設・改良プロジェクトや、鉄道と道路の結節を目的とした物流施設整備・改良プロジェクトについては、鉄道積替リンクの改良や新設の設定を行った²¹。その結果、3本の新設リンク（2.1km）と15本の改良リンク（27.9km）が、プロジェクト対象リンクとなった。

これらプロジェクト対象リンクの諸元を、道路リンクと同様、付表-7に示す。また、鉄道リンクについては、上記以外に、アセアン・レイルウェイに指定された計画路線²²についても、新設リンク（43本、約7,040km）として追加した。これらの新設リンクについては、リンク速度 $v_{b,rail}$ を40km/hと仮定した。

また、アセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象リンクについては、利用の促進やターミナル施設の充実・オペレーションの効率化等に伴い、効率的な鉄道輸送が達成されるものと想定し、往復輸送（片道は空）でなく、片道輸送のみのコストを考慮するものとする。すなわち、①運賃における片道輸送距離の適用（(15)式を $CLcost'_{b,rail} = k_3 \cdot lg_b$ (15')に修正）、②鉄道積替時におけるトラックの連続的な利用による固定費用の除外（(19)式を $CLcost'_{b,trans} = k_1 \cdot (2 \cdot lg_b)$ (19)に修正）、③ターミナルにおける荷役時間の半減（ $k_4 = 3$ 時間）を仮定した。さらに、東・東南アジア地域において、全般的に鉄道貨物輸送の利用が進むことを念頭に、すべての鉄道積替リンクにおいて、サービス頻度が一律1日1便（週7便）、すなわち、 $CLfreq_{b,rail} = 1 / 24$ （便/時）となるものと想定した。

²¹ 前者については、V07（ホーチミン・カイメップ港へのアクセス、以下同じ）、Ma02（TJペラパス港）、My02（ティラワ港）等が該当し、後者については、L02（ビエンチャン）、C09（プノンペン等）、T03（Lat Krabang：バンコク郊外）等が該当する。

6.3.4 越境抵抗の低減

ここでは、道路・鉄道・フェリー輸送リンクにおける越境抵抗の低減施策について考慮するものとする。狭義の越境抵抗については、すべての国境地点において国境レベルが1段階改善される（ただし、上限はレベル1とする）ものと仮定する。さらに、国境地帯の物流施設がアセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象である場合²²には、さらに1段階改善されるものと仮定する。

また、広義の越境抵抗については、すべての国境地点において所要時間（手続き準備時間と通関時間の合計）が20%短縮される一方で、費用は変化しないと想定する。さらに、上記と同様、国境地帯の物流施設がアセアン物流インフラ主要プロジェクトの対象である場合には、さらに所要時間が20%短縮されるものと仮定する。

6.4 将来シミュレーションの結果

以上の条件に基づき、2020年時点における将来シミュレーションを行った結果を、以下に示す。

6.4.1 各港のコンテナ貨物取扱量

各港における国際海上コンテナ貨物取扱量の推計値について、付表-6（2020年 with ケース）に示す。日本を含む東・東南アジア地域において、取扱量（輸出入＋トランシップ）が多いと予想される順に、シンガポール（約6,880万TEU）、上海（約5,920万TEU）、釜山（約4,980万TEU）、香港（約3,170万TEU）などとなっている。またこれら港湾のトランシップ貨物率は、それぞれ65%、37%、46%、75%と推計された²³。また、東南アジア諸国において新規追加された4港においても貨物取扱が予想される一方で、羅津港（北朝鮮）の取扱いはゼロと予測された。これは、2020年時点において北朝鮮を取り巻く越境抵抗が軽減され、港湾の立地条件（国際貨物の多くを占めるのは対中国貨物であるのに対し、羅津港は日本海に面している）と相俟って、すべての貨物が陸上国境を経由して輸送されると推計されたためである。

図-23に、2003年からの各国国際貨物の伸びと、各港の輸出入貨物量の伸びの関係を示す。なお、図は輸出入貨物量の伸び率が10倍以内の港湾（新規開業港湾除く）について示しており、この他に、連雲港（13.1

²² 付表-7において国境抵抗レベルが記入されているリンクが該当する。

²³ なお、本研究においては、その定義上、香港の再輸出貨物は、（実際の香港の統計とは異なり）トランシップ貨物に含まれる。

倍), 福州 (10.8 倍), ダバオ (16.4 倍), クアンタン (22.4 倍), クチン (66.4 倍) の各港が 10 倍を超える取扱量の伸びとなっている。すなわち, 上記港湾や図中に港湾名を示した港湾は, 取扱量の伸びが当該国の貨物量の増加率を大きく上回っていることから, そもそも 2003 年値が過小推計であったダバオ, クアンタン, クチンを除けば, 今後成長のポテンシャルを持つ港湾と言えるだろう。

始めるといふ予測結果となっている。特にラオスでは, アセアン・レイルウェイの計画路線である中国との間の鉄道が年間 30,000TEU 以上利用されるとの予測となるなど, 今後の鉄道輸送ニーズ (ポテンシャル) が高いことがうかがえる。また, フェリー・RORO 船輸送については, フィリピン 13.3%, マレーシア 37.1%, インドネシア 61.6%などとなっており, もっぱらマレーシア・インドネシア国内, および域内の国際フェリー・RORO 船輸送が成長するという予測結果となった。

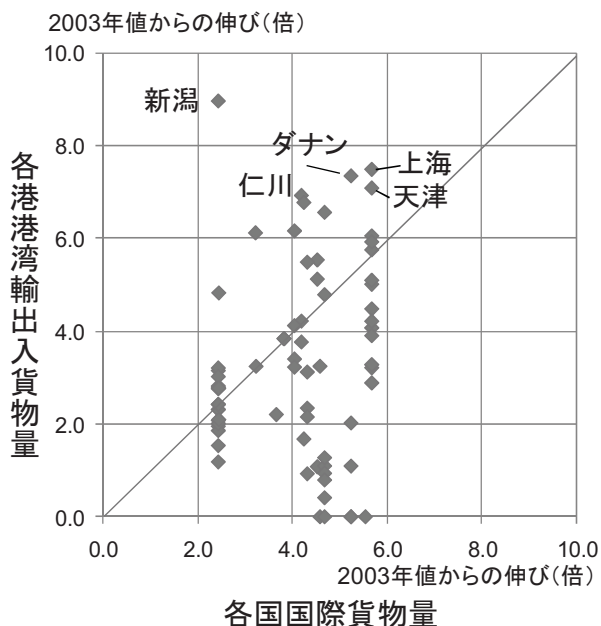


図-23 国際貨物の伸び率と港湾輸出入貨物量の伸び率の関係

6.4.2 陸上およびフェリー輸送フロー

図-24 に, 本モデルによって推計された東・東南アジア地域における陸上貨物輸送フロー (道路・鉄道, 2020 年値) を示す。また, 東南アジア地域の拡大図を図-25 に示す。

TEU キロベースの輸送機関シェアは, 道路輸送 (鉄道積替リンク含む) が約 1,490 億 TEU・km, 鉄道輸送が 73.8 億 TEU・km, フェリー・RORO 輸送が 319 億 TEU・km となり, シェアに換算するとそれぞれ 79.1%, 3.9%, 16.9%であった。これは 5.5.2 で述べた 2003 年シェアより, それぞれ 6.9%ポイントの減少, 0.9%ポイントの増加, 5.9%ポイントの増加となっている。また, 国別のシェアをみると, 鉄道については, 全体では 0.9%ポイントの増加にとどまり, 中国では 6.0%と 2003 年推計値よりシェアが減少するものの, ラオス 22.3%, カンボジア 4.0%, タイ 10.4%, ミャンマー 0.5%, インドネシア 2.4%など, 各国で鉄道が利用され

6.4.3 越境交通量

道路・鉄道・フェリー輸送の各国境通過リンクにおける交通量について, 2003 年値と同様, 付表-4 (2020 年 with ケース) に示す。表より, 特に越境輸送量の多い区間として, 中国-香港間を除けば, マレーシア・ジョホール-シンガポール間 (約 1,460 万 TEU/年), 中国・友誼関-ベトナム・ドンダン間 (約 730 万 TEU/年), マレーシア・ペナン-インドネシア・セマラン間 (約 333 万 TEU/年), タイ-マレーシア間 (2 地点合計約 370 万 TEU/年) などがあげられる。年間 200~300 万 TEU というのは, 1 日 1 万台, 24 時間ゲートが開いていたとしても 1 時間数百台というレベルであり, 現実的にはそれ以上の取扱いは難しい可能性もある。本研究では, 道路輸送や通関における混雑を考慮していないため, ポテンシャルの高い区間において過度に集中するという予測結果になったものと考えられる。すなわち, 今後, 越境交通量に特化して予測を行う等の場合には, 混雑関数の考慮などさらなるモデルの改良が必要といえるだろう。ただし, 言い換えれば, 本推計結果は, 越境輸送の潜在的ニーズの大きさを示唆しているともいえる。

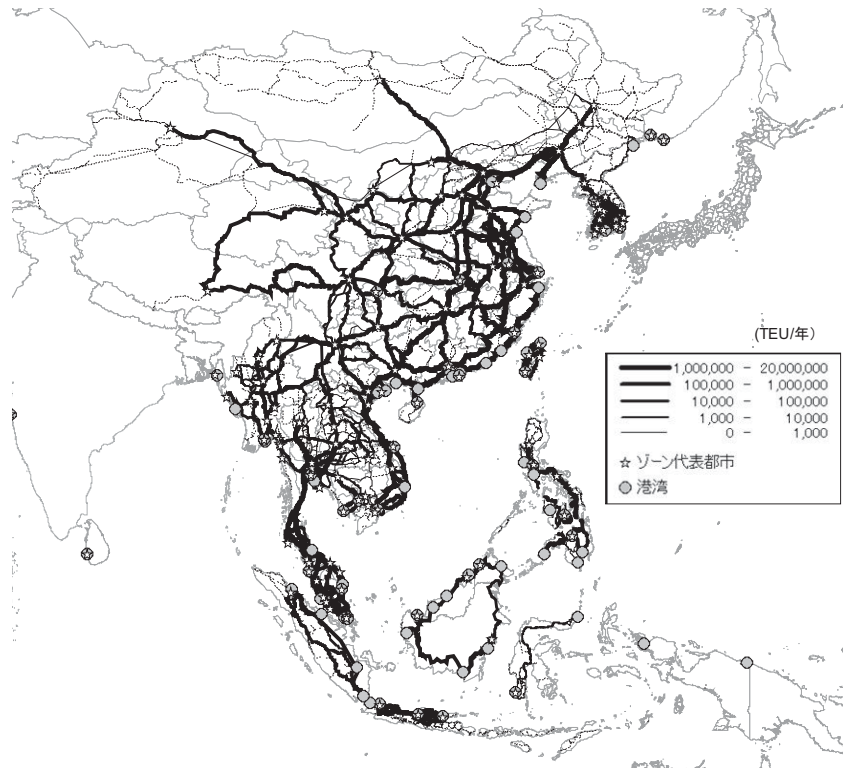


図-24 東・東南アジア地域の陸上輸送リンクフローの推計図 (2020年, TEU)

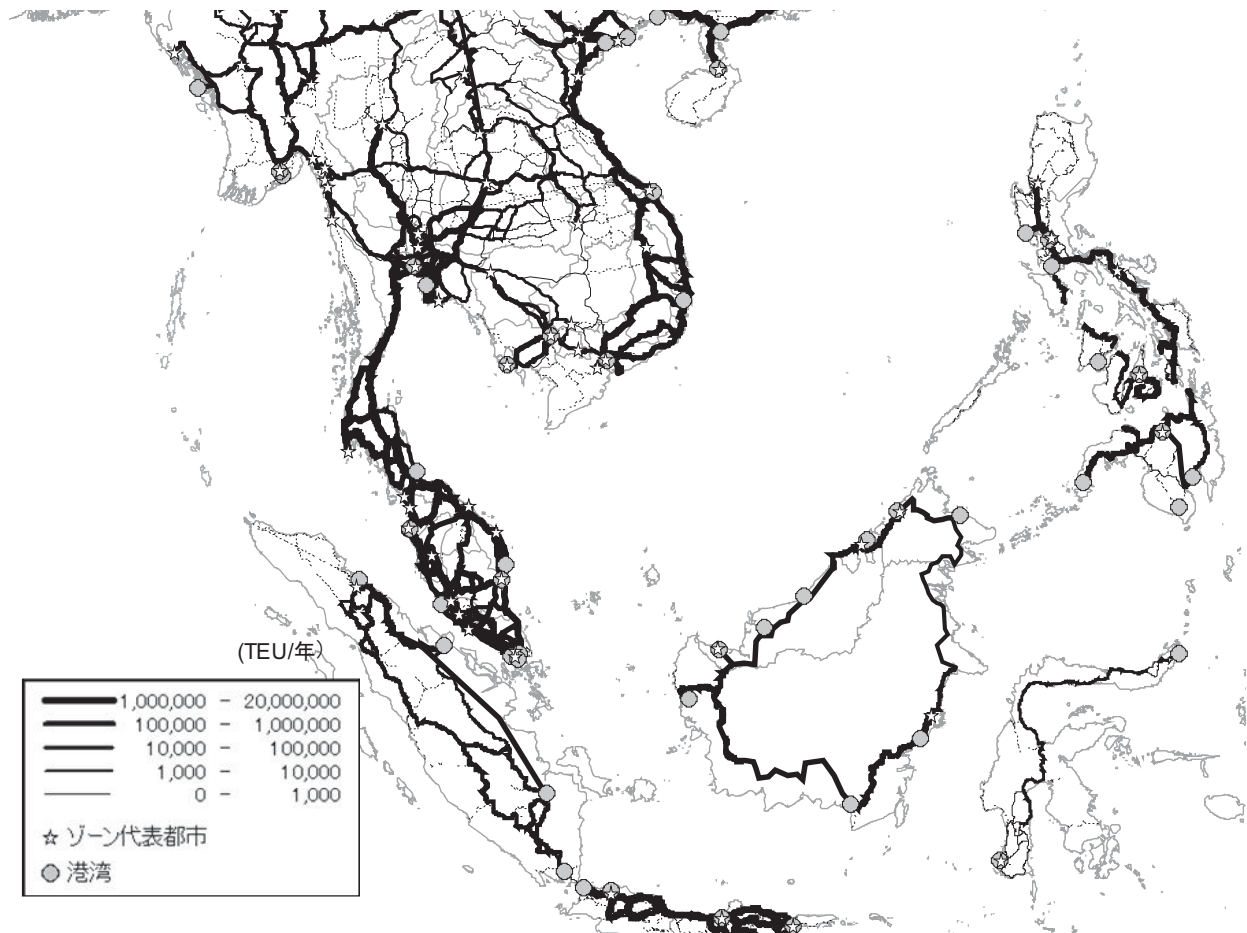


図-25 東南アジア地域の陸上輸送リンクフローの推計図 (2020年, TEU)

7. アセアン地域における物流施策評価

本章では、前章で行った東・東南アジア地域における将来国際物流シミュレーションを応用し、アセアン諸国における物流インフラ主要プロジェクトや越境交通提言施策実施の有無による、貨物流動パターンや輸送費用の差異を算出し、これら施策の効果を定量的に計測する。はじめに、7.1 でアセアン全域を対象とした評価シミュレーションの結果を示し、次に7.2 で各国別に施策の評価を行う。

7.1 アセアン全域を対象とした評価

6. で示したシミュレーション結果を、評価対象施策がすべて実施された場合の結果ととらえ、「2020 年施策実施ケース（以下 2020 年 with ケース、または誤解の恐れがない場合は単に with ケースとよぶ）」と定義する。一方、アセアン加盟 10 カ国について、6.3 で示したすべての施策（アセアン物流インフラ主要プロジェク

ト、越境抵抗の低減、および 6.3 で述べた他のすべての施策を含む）を全く考慮しなかったとした場合のシミュレーションを実施し、「2020 年アセアン施策実施なしケース（以下 2020 年アセアン without ケース、または単に without ケースとよぶ）」と定義することとする。なお、2020 年アセアン without ケースにおいても、アセアン 10 カ国以外の施策については、6.3 で示した施策がすべて実施されるものと仮定する。

7.1.1 全施策同時実施の効果

(1) 輸送費用の削減効果

表-9 に、各国・地域別発着貨物の、with ケースおよび without ケースにおける輸送費用合計額、および両者の差異を示す。この差額が、施策実施による輸送費用の削減額である。表より、アセアン地域における物流施策の実施により、世界全体で総輸送費の約 1.9%（年間約 13.9 兆円）の削減効果があるものと推計された。また、アセアン発着貨物に限定すれば、約 8.8%（約 15.7

表-9 アセアン地域の物流施策実施による輸送費用削減効果

国・地域名	2020年withケース における輸送費用(兆円/年)			2020年アセアンwithoutケース における輸送費用(兆円/年)			輸送費用差(without-with) (兆円/年)			輸送費用削減率		
	輸出	輸入	合計	輸出	輸入	合計	輸出	輸入	合計	輸出	輸入	合計
日本	20.4	27.0	47.3	20.7	27.3	48.1	0.35	0.38	0.73	1.7%	1.4%	1.5%
韓国	32.4	20.2	52.6	32.6	20.6	53.2	0.16	0.39	0.55	0.5%	1.9%	1.1%
北朝鮮	0.6	2.3	2.9	0.6	2.3	3.0	0.00	0.01	0.01	0.0%	0.6%	0.4%
ロシア(極東)	16.5	1.3	17.8	16.5	1.3	17.8	-0.03	0.00	-0.03	-0.2%	0.0%	-0.1%
モンゴル	0.1	0.7	0.8	0.1	0.7	0.8	0.00	0.00	0.00	-0.3%	-0.2%	-0.2%
中国	207.2	163.9	371.1	207.8	168.0	375.7	0.59	4.04	4.63	0.3%	2.5%	1.2%
香港	4.9	10.9	15.8	4.9	11.0	15.9	0.00	0.10	0.10	0.0%	0.9%	0.6%
台湾	17.4	14.8	32.1	17.4	15.2	32.6	0.03	0.48	0.51	0.2%	3.2%	1.6%
フィリピン	4.1	8.6	12.6	4.2	8.9	13.1	0.16	0.30	0.46	3.9%	3.5%	3.7%
ベトナム	17.6	10.3	27.9	20.2	11.0	31.3	2.63	0.78	3.41	15.0%	7.6%	12.3%
ラオス	0.1	0.5	0.6	0.2	0.6	0.8	0.03	0.12	0.14	19.0%	23.6%	22.6%
カンボジア	0.4	1.9	2.4	0.4	2.0	2.5	0.03	0.07	0.10	6.4%	3.8%	4.3%
タイ	23.1	15.7	38.8	25.9	17.8	43.8	2.82	2.17	4.99	12.2%	13.9%	12.9%
マレーシア	30.1	22.4	52.5	32.2	23.7	55.9	2.12	1.34	3.46	7.0%	6.0%	6.6%
シンガポール	10.9	10.5	21.4	11.6	11.3	22.9	0.72	0.75	1.46	6.6%	7.1%	6.8%
ミャンマー	1.2	2.1	3.3	1.3	2.2	3.5	0.09	0.10	0.18	7.3%	4.6%	5.6%
インドネシア	23.4	19.2	42.6	27.0	21.0	48.1	3.61	1.84	5.45	15.4%	9.6%	12.8%
ブルネイ	0.5	1.0	1.4	0.5	1.1	1.5	0.00	0.13	0.13	0.1%	13.2%	9.0%
バングラデシュ	2.1	2.4	4.6	2.2	2.5	4.7	0.06	0.04	0.09	2.6%	1.6%	2.1%
インド	37.5	34.5	72.0	37.8	34.6	72.4	0.29	0.07	0.36	0.8%	0.2%	0.5%
スリランカ	1.8	1.2	3.0	1.8	1.3	3.1	0.01	0.04	0.05	0.4%	3.6%	1.7%
パキスタン	2.6	17.3	19.9	2.6	17.3	19.9	0.00	0.01	0.02	0.2%	0.1%	0.1%
ロシア・中央アジア	14.2	17.6	31.8	14.2	17.6	31.8	-0.02	0.02	0.00	-0.2%	0.1%	0.0%
PNW	22.4	24.1	46.5	22.3	23.9	46.3	-0.04	-0.22	-0.26	-0.2%	-0.9%	-0.6%
PSW	46.4	69.9	116.3	46.4	70.2	116.6	0.06	0.27	0.32	0.1%	0.4%	0.3%
北米東岸	27.2	42.8	70.0	27.3	43.0	70.2	0.05	0.13	0.19	0.2%	0.3%	0.3%
南米西岸	7.0	5.9	13.0	7.1	6.0	13.0	0.02	0.03	0.05	0.3%	0.6%	0.4%
南米東岸	16.6	17.9	34.6	16.7	17.8	34.4	0.02	-0.16	-0.14	0.1%	-0.9%	-0.4%
中東(除地中海)	26.5	24.9	51.5	26.5	25.0	51.5	0.00	0.10	0.09	0.0%	0.4%	0.2%
地中海	27.0	47.4	74.4	27.1	47.6	74.7	0.07	0.20	0.27	0.2%	0.4%	0.4%
欧州(除地中海)	52.2	72.8	125.0	52.3	73.2	125.5	0.10	0.46	0.56	0.2%	0.6%	0.4%
アフリカ(除地中海)	32.8	18.4	51.3	32.7	18.4	51.1	-0.10	-0.06	-0.15	-0.3%	-0.3%	-0.3%
大洋州	11.7	8.6	20.3	11.8	8.6	20.4	0.13	0.01	0.14	1.1%	0.1%	0.7%
世界計	739.1	739.1	-	753.0	753.0	-	13.9	13.9	-	1.9%	1.9%	-
アセアン発着貨物*	111.5	92.0	179.0	123.7	99.6	194.7	12.2	7.6	15.7	10.9%	8.3%	8.8%

*アセアン域内発着貨物が存在するため、「合計欄」に記載されたアセアン発着貨物全体の費用と、輸出貨物費用と輸入貨物費用の和は一致しない。

兆円)の輸送費用削減効果となることが推計された。

当事国であるアセアン 10 カ国についてみると、輸送費用削減率が大きい国はラオス(22.6%)、タイ(12.9%)、インドネシア(12.8%)、ベトナム(12.3%)等であり、削減率が小さい国はフィリピン(3.7%)、カンボジア(4.3%)、ミャンマー(5.6%)であった。また、タイ、インドネシア発着貨物では輸送費用削減額が年間 5 兆円前後、ベトナム、マレーシア発着貨物でも 3.5 兆円前後となる一方、ラオス、カンボジア、ミャンマー、ブルネイ発着貨物の削減額は年間 1000 億円台と推計された。

さらに、アセアン以外の国・地域についてみても、ほとんどすべての国・地域において、正の輸送費用削減効果が予想され、日本・韓国・中国・台湾・バングラデシュ・スリランカ発着の貨物については、削減率が 1%を超える結果となっている。一方で、アセアン発着貨物に限定した場合の輸送費用削減額が、世界全体の削減額を上回ることから、アセアン以外の国・地域間同士を輸送

される貨物については、輸送費用が増加することがわかる。したがって、アセアン以外の多くの国・地域において正の輸送費用削減効果が予想されたのは、これらの国・地域とアセアン諸国間の貨物の輸送費用削減効果が大きいことを意味している。

(2) 国際海上コンテナ貨物取扱量

各港における国際海上コンテナ貨物取扱量の推計値は、without ケースについても、with ケースと同様に付表-6 に示される。図-26 および図-27 に、with ケースおよび without ケースにおけるアセアン各港の輸出入コンテナ貨物取扱量、および東・東南アジア主要港のトランシップコンテナ貨物取扱量を示す。

図-26 に示されるアセアン地域の輸出入コンテナ貨物量については、陸上輸送やフェリー・RORO 船輸送において、ネットワークが充実し国境抵抗が低減されていること等により、with ケースにおける全 34 港の合計取扱量は約 8,300 万 TEU となっており、without ケー

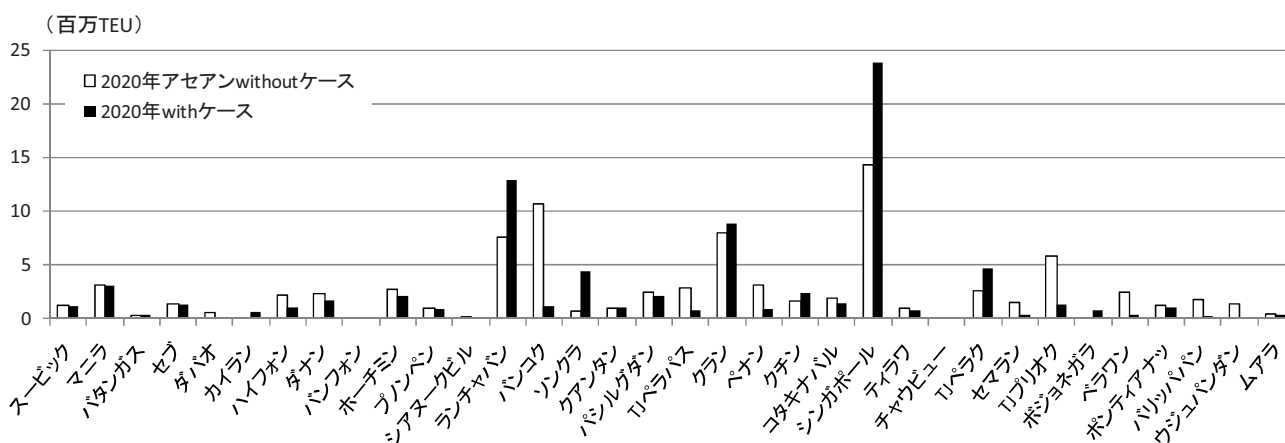


図-26 施策の有無による輸出入コンテナ貨物取扱量推計値の比較 (アセアン諸国港湾)

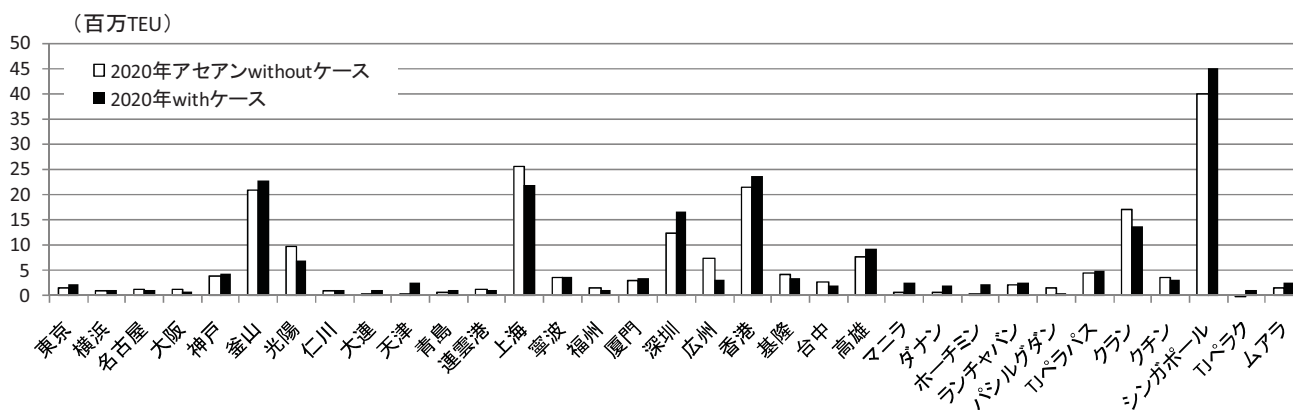


図-27 施策の有無によるトランシップコンテナ貨物取扱量推計値の比較 (東・東南アジア主要港湾)

スの約 8,670 万 TEU に比べ、約 370 万 TEU 少ない。特に、ベトナム（ハイフォン・ダナン・ホーチミン港等）やインドネシア（ベラワン・パリップパン・ウジュパンダン港等）など、地理的に周縁部に位置する地域・港湾において、with ケースで輸出入コンテナ貨物量が少ないのは、上記理由によるものと思われる。一方、with ケースにおいて without ケースよりも輸出入コンテナ貨物量が増加する港湾は、新規開業港湾を除けば、ランチャバン・ソククラ・クラン・クチン・シンガポール・TJ ペラク等となっている。これらの港湾の多くに共通する点としては、①当該港湾が物流インフラ主要プロジェクトの対象であること（ランチャバン・クラン・シンガポール・TJ ペラクが該当）、②地域の中心的港湾であり、利便性の高まった陸上輸送やフェリー輸送とのハブ（結節点）となるポテンシャルを有すること（ランチャバン・クラン・シンガポール・TJ ペラクが該当）、③国境に近接しており、国境抵抗低減施策の恩恵を受けやすいこと（ソククラ・クチン・シンガポールが該当）、などがあげられる。ただし、これらの条件を満たしても with ケースにおいて輸出入コンテナ貨物量が増加するとは限らず（たとえばホーチミン港²⁴）、個別の港湾の置かれた状況により施策実施の影響が異なることがわかる。

また、図-27 に示される東・東南アジア主要港のトランシップコンテナ貨物取扱量についてみると、アセアン地域については、with ケースで概ね取扱量が増加しているものの、クラン港のように取扱量が減少する港湾も見られ、周囲の港湾との相対的な関係等によって、施策実施の影響が一様でないことがわかる。また、アセアン以外の港湾についても、釜山・深圳・香港・高雄港等では、with ケースにおいてトランシップ貨物量が増加するのに対し、光陽・上海・広州・基隆港等では減少するなど、影響は一様ではない。

(3) 陸上およびフェリー輸送フロー

図-28, 29 に with ケースと without ケースにおける陸上輸送フローの差異を示す。without ケースにおける TEU キロベースの輸送機関シェア（道路・鉄道・フェリー）は、それぞれ 85.2%、3.3%、11.5%と算出され、6.4.2 で述べた with ケースのシェアの方が、それぞれ

-6.1%ポイント、0.6%ポイント、5.4%ポイント大きい結果となった。すなわち、施策の実施によって、鉄道とフェリー輸送のシェアが増加し、道路輸送のシェアが減少すると予測された。図からも、中国-ラオスおよびミャンマー間や、マレー半島部（タイ-マレーシア間）、スマトラ島などで、with ケースにおいて、鉄道リンクのフローが増加し道路リンクのフローが減少する傾向にあることがわかる。

国別のシェアをみると、ラオス・カンボジア・タイでは without ケースにおいては鉄道のシェアが 0%であり、施策の実施によってはじめて鉄道が利用されている。また、without ケースにおけるフェリー・RORO 船輸送のシェアについてみると、フィリピン（13.1%）やマレーシア（36.5%）では with ケースとほとんど変わらないのに対し、インドネシアでは 48.1%と 10%ポイント以上の差がみられ、施策実施の影響が大きい。

(4) 越境交通量

without ケースにおける、道路・鉄道・フェリー輸送の各国境通過リンク交通量について、with ケースと同様に、付表-4 に示す。表より、アセアン地域内や中国との国境などの多くのリンクで、with ケースに比べ交通量が少ないことがわかる。特に、(3)で見たように鉄道・フェリーリンクにおける差異が大きい。また、中国-香港間でも両者の差異が大きく、アセアン地域における施策の実施が、他地域へも影響していることがわかる。

7.1.2 施策別の実施効果

以下では、ここまで見てきたような全施策を同時に実施した場合の効果ではなく、6.3.2~6.3.4 で述べた海上輸送、陸上輸送、越境抵抗に関する施策の効果を個別に推計する。たとえば、海上輸送に関する施策の効果は、6.3.2 で述べた海上輸送に関する施策のうち、アセアン地域における施策のみが実施されなかったと想定した場合について、2020 年アセアン海上輸送 without ケースとして計算を行い、2020 年 with ケースの計算結果と比較することで、その効果を推計するものである。

海上輸送、陸上輸送、越境抵抗に関する各施策の効果（輸送費用削減効果）についての推計結果を、表-10 に示す。表より、それぞれの施策の実施により、世界全体の輸送費用はそれぞれ年間約 4.8 兆円（総輸送費の 0.6%）、7.8 兆円（同 1.1%）、6.6 兆円（同 0.9%）削減されると推計された。また、アセアン発着貨物に限定すれば、輸送費用の削減額は、それぞれ年間約 6.9 兆円（該当貨物の総輸送費の 3.9%）、8.0 兆円（同 4.5%）、

²⁴ ホーチミン港については、脚注 18 に述べたように、物流インフラ主要プロジェクト実施（カイメップ港の開業）により、市中心部のコンテナターミナルから約 80km 離れた沿岸部に移転することを想定しており、これによる陸上輸送距離の増加が、with ケースにおいて輸出入コンテナ貨物量が減少することの一因となっているものと考えられる。

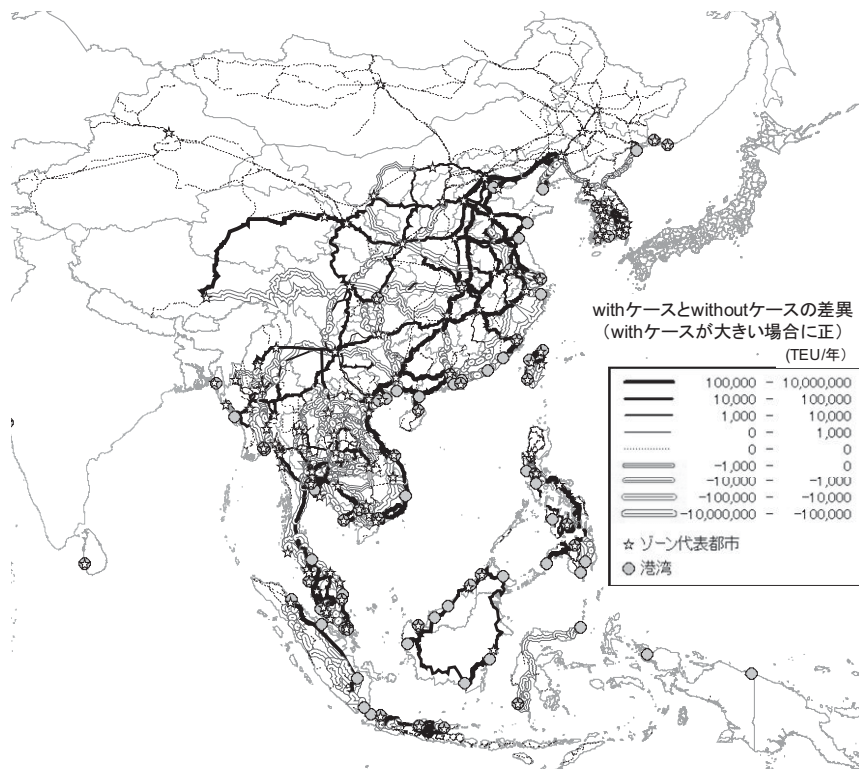


図-28 東・東南アジア地域における陸上輸送リンクフローのアセアン地域の物流施策実施有無による差異

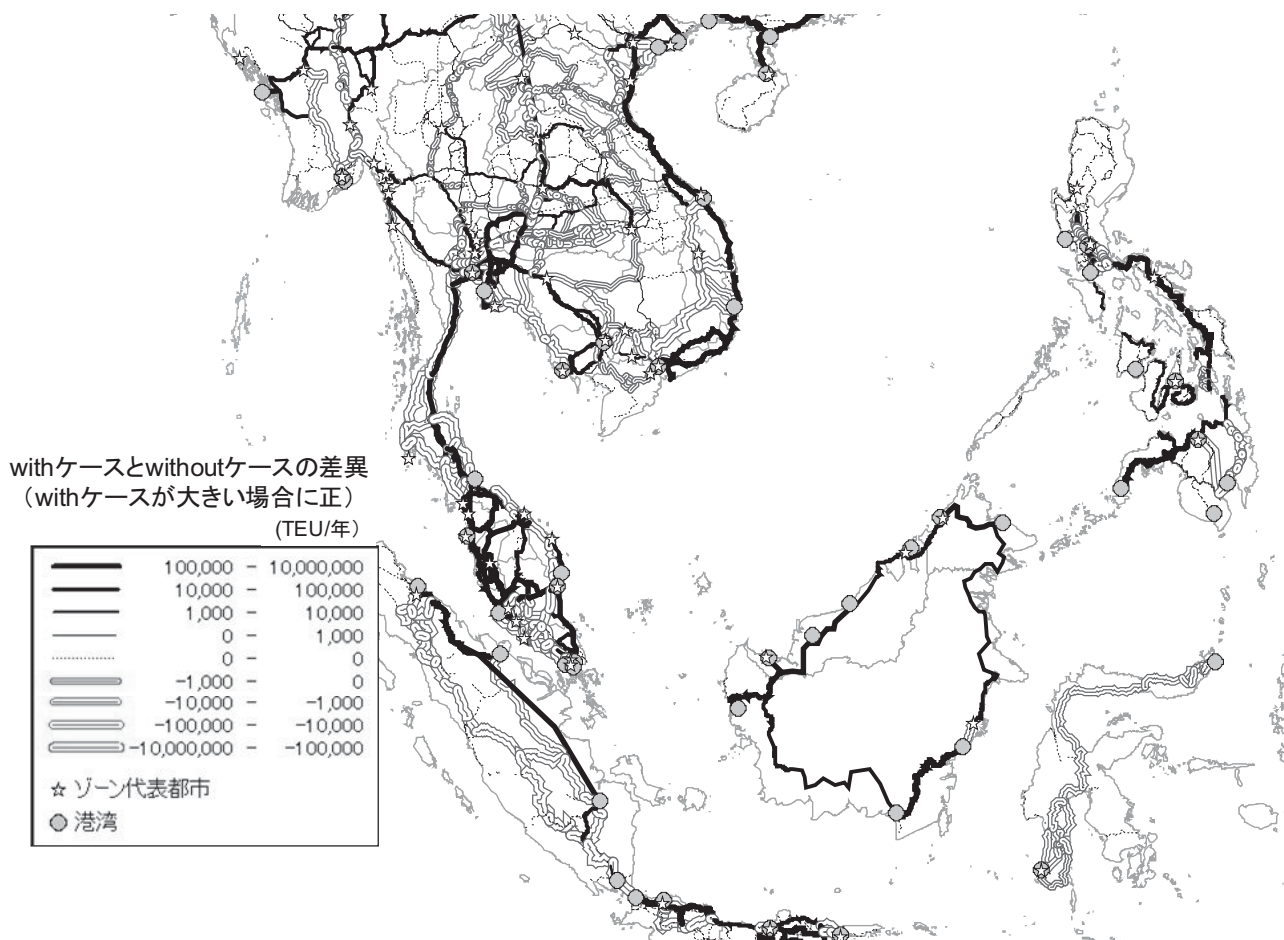


図-29 東南アジア地域における陸上輸送リンクフローのアセアン地域の物流施策実施有無による差異

表-10 施策種類別の輸送費用削減効果

国・地域	輸送費用削減額(億円/年)			輸送費用削減率		
	海上	陸上	越境	海上	陸上	越境
日本	4,055	5,601	2,425	0.9%	1.2%	0.5%
韓国	3,939	4,055	1,886	0.7%	0.8%	0.4%
北朝鮮	42	34	52	0.1%	0.1%	0.2%
ロシア(極東)	-215	1,325	256	-0.1%	0.7%	0.1%
モンゴル	-22	-1	-25	-0.3%	0.0%	-0.3%
中国	5,556	34,855	26,753	0.1%	0.9%	0.7%
香港	652	431	317	0.4%	0.3%	0.2%
台湾	3,411	1,385	-2,223	1.1%	0.4%	-0.7%
フィリピン	2,972	3,109	1,099	2.3%	2.5%	0.9%
ベトナム	4,900	19,882	14,933	1.8%	7.1%	5.4%
ラオス	136	-14	1,221	2.1%	-0.2%	19.2%
カンボジア	69	95	660	0.3%	0.4%	2.8%
タイ	27,486	41,036	15,450	7.1%	10.6%	4.0%
マレーシア	7,460	11,357	32,297	1.4%	2.2%	6.2%
シンガポール	4,283	4,092	9,093	2.0%	1.9%	4.2%
ミャンマー	437	483	1,165	1.3%	1.5%	3.6%
インドネシア	35,394	9,227	24,154	8.3%	2.2%	5.7%
ブルネイ	6	129	1,100	0.0%	0.9%	7.8%
バングラデシュ	1,073	570	684	2.4%	1.2%	1.5%
インド	-268	4,085	2,347	0.0%	0.6%	0.3%
スリランカ	299	260	453	1.0%	0.9%	1.5%
パキスタン	-66	30	-10	0.0%	0.0%	0.0%
ロシア・中央アジア	-521	-126	-1,128	-0.2%	0.0%	-0.4%
PNW	-2,438	1,099	-41	-0.5%	0.2%	0.0%
PSW	-103	4,708	2,011	0.0%	0.4%	0.2%
北米東岸	348	1,833	614	0.0%	0.3%	0.1%
南米西岸	265	254	282	0.2%	0.2%	0.2%
南米東岸	-1,529	3	-484	-0.4%	0.0%	-0.1%
中東(除地中海)	-2,161	552	-2,662	-0.4%	0.1%	-0.5%
地中海	1,332	1,074	928	0.2%	0.1%	0.1%
欧州(除地中海)	1,302	1,386	-851	0.1%	0.1%	-0.1%
アフリカ(除地中海)	-1,882	1,438	-115	-0.4%	0.3%	0.0%
大洋州	-503	2,138	-726	-0.2%	1.1%	-0.4%
世界計	47,855	78,192	65,957	0.6%	1.1%	0.9%
アセアン発着貨物	68,996	80,432	74,607	3.9%	4.5%	4.2%

(注)各国・地域の数値は輸出入合計、世界計の数値は輸出または輸入の全世界合計額。

7.5 兆円 (同 4.2%) となる。

以上より、これら 3 種類の施策は、ほぼ同程度の削減効果が期待できること、また、個別の施策の効果を積み上げると 7.1.1 でみた全施策同時実施の場合の効果を上回ることから、これらの施策間には効果を互いに打ち消しあう部分があることがわかる。また、いずれの施策についても、アセアン発着貨物に限定した場合の輸送費用削減額が世界全体の貨物の費用削減額を上回ることから、アセアン地域の物流施策は、アセアン地域外の国・地域間同士の貨物輸送費にとっては負の効果をもたらすことがわかる。特に、海上輸送政策実施の場合はその差が大きく、アセアン地域への港湾・海上輸送投資は、自地域の貨物にとっては有益であるが、他地域港湾の競争力を相対的に低下させることで、他地域間相互の貨物輸送費用を増加させる働きがあるものと推察される。

また、各国発着貨物別の輸送費用削減効果を見ると、当事国であるアセアン 10 カ国については、他国・地域発着貨物よりも全般的に輸送費用削減率は大きいものの、海上輸送施策におけるカンボジア (削減率 0.3%) ・ブルネイ (同 0.0%)、陸上輸送施策におけるラオス (同

-0.2%) ・カンボジア (同 0.4%) ・ブルネイ (同 0.9%)、越境抵抗施策におけるフィリピン (同 0.9%) など、施策と国の組み合わせによっては効果のあまりない場合もある。たとえばラオスは、海岸線を持たない内陸国であり、越境抵抗の改善なしにはプロジェクトの恩恵を得にくいことが推察される。逆にフィリピンは、周囲を海に囲まれ陸上の国境を持たないため、越境抵抗施策の効果があまり期待できない。このように、施策の効果を種類別にみると、必ずしもすべてのアセアン加盟国に平等とはいえず、全施策をバランスよく実施することで、輸送費用削減効果が比較的平準化することがわかる。

また、カンボジアのように、各施策の効果はいずれもあまり大きくない (海上: 0.3%、陸上: 0.4%、越境抵抗: 2.8%) にもかかわらず、全施策を同時実施すると、3 つの施策の個別の効果を積み上げるよりも大きい効果 (4.3%) が期待できる場合もある。これは、たとえば、越境抵抗の引き下げと鉄道整備を同時に行うことによって、鉄道の利用が促進され、輸送費用が削減されるというような構図となっているものと考えられ、異なる種類の施策の同時実施 (合わせ技) の重要性が、端的に示されているといえる。

7.2 アセアン各国別の評価

最後に、6.3 で述べた物流施策を各国別に実施した場合の輸送費用削減効果²⁵について、表-11 に示す。表より、ベトナム・タイ・マレーシア・シンガポール・インドネシアにおける施策実施の効果が大きいことがわかる。また、フィリピン・シンガポール・ミャンマー・ブルネイでは、当該国の施策実施によるアセアン発着貨物の輸送費用削減効果が、全世界貨物の削減効果を上回り、アセアン以外の国・地域相互間発着の貨物には負の効果をもたらしていることがわかる。特に、フィリピン・ブルネイでは、全世界貨物の削減効果が負となっている。逆に、残りの国々については、全世界貨物の輸送費用削減効果が、アセアン発着貨物の輸送費用削減効果を上回り、アセアン以外の国・地域相互間発着の貨物に対しても正の効果をもたらしている。

また、アセアン域内他国への影響度合いをみると、タイの施策によるラオス発着貨物への効果 (輸送費用削減率 20.6%) や、マレーシアの施策によるブルネイ発着貨物への効果 (同 8.2%) が特に大きい。他についても、

²⁵ ある 1 国における施策 (アセアン物流インフラ主要プロジェクト、越境抵抗の低減、および 6.3 で述べた他のすべての施策を含む) のみが全く実施されなかったと想定した場合の計算を行い、2020 年 with ケースの計算結果と比較することで、当該国の施策の効果を推計する。

表-11 アセアン各国における物流施策の実施による輸送費用削減効果

施策実施国→ ↓貨物発着国・地域	輸送費用削減額(億円/年)									
	フィリピン	ベトナム	ラオス	カンボジア	タイ	マレーシア	シンガポール	ミャンマー	インドネシア	ブルネイ
日本	1,315	4,196	2,319	1,498	6,349	2,325	2,955	1,483	3,351	455
韓国	1,641	2,822	2,644	1,555	4,021	3,058	2,525	1,913	5,435	2,399
北朝鮮	-5	121	14	-24	47	40	42	-2	62	-16
ロシア(極東)	341	685	35	156	921	722	1,547	127	954	624
モンゴル	-16	-18	-6	-15	-12	3	-27	-9	-4	-19
中国	929	30,804	14,481	7,744	27,341	17,999	12,184	8,199	11,794	2,655
香港	-65	323	334	-84	525	209	257	91	247	-152
台湾	-6,611	-1,509	-3,033	-2,509	1,786	-1,614	782	-4,034	-3,938	-5,673
フィリピン	1,878	380	-490	221	357	1,508	897	-485	1,703	-867
ベトナム	549	34,083	1,152	-645	907	1,774	1,036	1,149	50	643
ラオス	-19	54	1,225	-3	1,307	200	-8	11	2	3
カンボジア	-134	4	-651	496	349	457	106	43	12	-372
タイ	-2,849	9,096	9,920	1,080	53,051	10,760	1,777	3,226	1,617	-1,507
マレーシア	-763	-1,306	1,233	-2,376	11,756	33,284	19,231	4,918	11,899	494
シンガポール	-214	2,971	991	-346	2,909	9,994	8,852	1,419	3,799	614
ミャンマー	-124	693	5	2	549	355	539	1,275	280	142
インドネシア	3,739	-2,901	6,996	3,854	8,736	9,543	17,115	7,295	51,417	2,332
ブルネイ	-35	-23	-123	-32	11	1,163	-44	-19	-4	1,111
バングラデシュ	-226	1,636	-37	-54	427	313	503	274	166	-98
インド	-1,281	10,484	658	957	4,406	4,779	777	3,120	3,826	-879
スリランカ	-103	988	52	115	297	327	296	347	354	-8
パキスタン	-253	460	20	-154	46	243	-78	46	329	-154
ロシア・中央アジア	-760	167	-219	-361	102	39	-576	-230	-411	-830
PNW	113	382	749	265	1,029	1,365	104	392	902	51
PSW	582	1,440	2,031	1,555	3,354	5,211	1,699	1,257	4,282	497
北米東岸	152	23	558	616	1,443	1,958	776	373	1,939	183
南米西岸	46	14	40	58	105	263	259	17	506	33
南米東岸	-322	232	-148	-117	299	201	-59	-128	-1,260	-332
中東(除地中海)	-3,285	2,190	-1,800	-3,034	1,372	655	293	-1,553	-634	-2,841
地中海	-1,044	4,870	245	-146	2,407	912	803	419	2,363	-514
欧州(除地中海)	-2,568	980	-339	-1,636	2,758	2,122	568	-380	1,276	-3,084
アフリカ(除地中海)	-1,549	-1,281	-199	-1,342	-36	1,684	-2,801	906	-1,431	-380
大洋州	305	2,145	1,164	-775	-229	3,347	-1,105	1,518	-1,753	-1,074
合計	-5,317	52,603	19,910	3,261	69,346	57,598	35,612	16,491	49,566	-3,283
アセアン発着貨物	1,400	39,441	17,966	2,503	62,210	48,724	39,148	17,912	58,957	2,147

施策実施国→ ↓貨物発着国・地域	輸送費用削減率									
	フィリピン	ベトナム	ラオス	カンボジア	タイ	マレーシア	シンガポール	ミャンマー	インドネシア	ブルネイ
日本	0.3%	0.9%	0.5%	0.3%	1.3%	0.5%	0.6%	0.3%	0.7%	0.1%
韓国	0.3%	0.5%	0.5%	0.3%	0.8%	0.6%	0.5%	0.4%	1.0%	0.5%
北朝鮮	0.0%	0.4%	0.0%	-0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	-0.1%
ロシア(極東)	0.2%	0.4%	0.0%	0.1%	0.5%	0.4%	0.9%	0.1%	0.5%	0.4%
モンゴル	-0.2%	-0.2%	-0.1%	-0.2%	-0.1%	0.0%	-0.3%	-0.1%	0.0%	-0.2%
中国	0.0%	0.8%	0.4%	0.2%	0.7%	0.5%	0.3%	0.2%	0.3%	0.1%
香港	0.0%	0.2%	0.2%	-0.1%	0.3%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	-0.1%
台湾	-2.1%	-0.5%	-0.9%	-0.8%	0.6%	-0.5%	0.2%	-1.3%	-1.2%	-1.8%
フィリピン	1.5%	0.3%	-0.4%	0.2%	0.3%	1.2%	0.7%	-0.4%	1.3%	-0.7%
ベトナム	0.2%	12.2%	0.4%	-0.2%	0.3%	0.6%	0.4%	0.4%	0.0%	0.2%
ラオス	-0.3%	0.8%	19.3%	0.0%	20.6%	3.1%	-0.1%	0.2%	0.0%	0.0%
カンボジア	-0.6%	0.0%	-2.8%	2.1%	1.5%	1.9%	0.5%	0.2%	0.1%	-1.6%
タイ	-0.7%	2.3%	2.6%	0.3%	13.7%	2.8%	0.5%	0.8%	0.4%	-0.4%
マレーシア	-0.1%	-0.2%	0.2%	-0.5%	2.2%	6.3%	3.7%	0.9%	2.3%	0.1%
シンガポール	-0.1%	1.4%	0.5%	-0.2%	1.4%	4.7%	4.1%	0.7%	1.8%	0.3%
ミャンマー	-0.4%	2.1%	0.0%	0.0%	1.7%	1.1%	1.6%	3.9%	0.9%	0.4%
インドネシア	0.9%	-0.7%	1.6%	0.9%	2.0%	2.2%	4.0%	1.7%	12.1%	0.5%
ブルネイ	-0.2%	-0.2%	-0.9%	-0.2%	0.1%	8.2%	-0.3%	-0.1%	0.0%	7.9%
バングラデシュ	-0.5%	3.6%	-0.1%	-0.1%	0.9%	0.7%	1.1%	0.6%	0.4%	-0.2%
インド	-0.2%	1.5%	0.1%	0.1%	0.6%	0.7%	0.1%	0.4%	0.5%	-0.1%
スリランカ	-0.3%	3.3%	0.2%	0.4%	1.0%	1.1%	1.0%	1.1%	1.2%	0.0%
パキスタン	-0.1%	0.2%	0.0%	-0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	-0.1%
ロシア・中央アジア	-0.2%	0.1%	-0.1%	-0.1%	0.0%	0.0%	-0.2%	-0.1%	-0.1%	-0.3%
PNW	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.3%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%
PSW	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.3%	0.4%	0.1%	0.1%	0.4%	0.0%
北米東岸	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%
南米西岸	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	0.4%	0.0%
南米東岸	-0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	-0.4%	-0.1%
中東(除地中海)	-0.6%	0.4%	-0.3%	-0.6%	0.3%	0.1%	0.1%	-0.3%	-0.1%	-0.6%
地中海	-0.1%	0.7%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%	-0.1%
欧州(除地中海)	-0.2%	0.1%	0.0%	-0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.1%	-0.2%
アフリカ(除地中海)	-0.3%	-0.2%	0.0%	-0.3%	0.0%	0.3%	-0.5%	0.2%	-0.3%	-0.1%
大洋州	0.2%	1.1%	0.6%	-0.4%	-0.1%	1.7%	-0.5%	0.7%	-0.9%	-0.5%
合計	-0.1%	0.7%	0.3%	0.0%	0.9%	0.8%	0.5%	0.2%	0.7%	-0.0%
アセアン発着貨物	0.1%	2.2%	1.0%	0.1%	3.5%	2.7%	2.2%	1.0%	3.3%	0.1%

フィリピンを除けば、ある国における物流施策の実施が、別のアセアン域内他国の発着貨物の輸送費用に負の効果をもたらすという組み合わせはあまり多くなく、正の波及効果が卓越しているといえる。

また、日本発着貨物における輸送費用削減の効果が大きいのは、タイ、ベトナムなどで、表-10に示されるように、越境抵抗削減施策よりは、港湾・海上輸送施策や陸上輸送施策の影響が大きい。

8. おわりに

本研究では、著者らがこれまでに構築したモデルを拡張し、東・東南アジア地域の陸上輸送や越境輸送を含めたマルチモードの国際貨物流動シミュレーションモデルを構築し、現状再現性を確認した。さらに、構築したモデルを用いて、2020年時点における将来国際物流シミュレーションを行い、アセアン地域における物流インフラ主要プロジェクトや越境抵抗削減施策の実施による影響や効果を定量的に把握することができた。

1. および2. で述べたように、本研究で構築したモデルのように、東・東南アジア全域という広域を対象に、海上コンテナ・フェリー・道路・鉄道を含むマルチモードネットワーク上で国際貨物流動を表現したモデルはこれまで存在しなかったことから、データの入手可能な範囲で、このようなモデルを構築し、政策シミュレーションを行うことができることを示した意義は大きいと考えている。

今後は、入力データとモデル再現性の精度向上を図り、個別のプロジェクトについての施策シミュレーションにも耐え得るようなモデルを構築するとともに、さらに対象範囲を拡張し、アジア全域や世界全域の国際物流シミュレーションを行うことのできるモデルも構築していきたいと考えている。同時に、輸送費用の削減による各国経済への波及効果についても計測を行っていきたい。

(2009年8月31日受付)

謝辞

本研究の実施にあたり、研究の端緒となるアイデアをいただき、また常日頃さまざまな支援をいただいた、東京大学新領域創成科学研究科の吉田恒昭教授をはじめとする関係者の皆様方に感謝申し上げます。また、アセアン物流インフラ主要プロジェクトの評価シミュレーションを行うにあたっては、竹村前国際協力官をはじめとする国土交通省総合政策局国際業務室や関係者の方々、およびアセアン各国政府の方々には、日アセアン交通連携の物流WG等で貴重なコメントをいただいたり、ア

ンケート調査や現地調査にご協力いただくなど、ご支援いただきました。さらに、高橋部長をはじめとする港湾研究部の皆様にも貴重なご意見をいただきました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 土木学会国際交通ネットワーク戦略研究小委員会：シームレス化が進展するアジアの持続的な発展に向けた国際交通戦略，2007，9p.
- 2) 柴崎・渡部：東アジア圏を中心とした国際海上コンテナ貨物流動シミュレーションモデルの構築，国土技術政策総合研究所研究報告，No.37，2008，54p.
- 3) ジェトロ：アセアン物流ネットワークマップ 2008，ジェトロ，314p.
- 4) NNA アセアン編集部：ドキュメント・アジアの道－物流最前線のヒト・モノ群像－，NNA，2008，332p.
- 5) 加藤（監修）：チャイナ・プラスワン－ボーダレス化進むアジアビジネスのダイナミズム－，NNA，2007，289p.
- 6) 石田（編）：メコン地域開発－残された東アジアのフロンティア－，アジア経済研究所（アジア研選書No.1），2005，387p.
- 7) 池上・大西（編）：東アジア物流新時代－グローバル化への対応と課題－，アジア経済研究所（アジア研選書No.8），2007，224p.
- 8) United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UN-ESCAP): Transit Transport Issues in Landlocked and Transit Developing Countries, New York, 2003, 95p.
- 9) （独）国際協力機構（JICA）：クロスボーダー交通インフラ対応可能性プロジェクト研究 フェーズ2 ファイナルレポート，2007.
- 10) 柴崎：中国におけるコンテナターミナル整備と輸送費用削減効果～国際貨物流動モデルの拡張とシミュレーション分析～，国土技術政策総合研究所研究報告，No.39，2009，44p.
- 11) 高橋・柴崎・笹山・渡部：経済連携の進展によるコンテナ貨物量の予測結果，国土技術政策総合研究所資料，No. 539，2009，105p.
- 12) 関谷・小林・上坂・古川・奥谷・南部・柴崎：物流分析基盤の構築，国土技術政策総合研究所資料，執筆中.
- 13) Tamura, K., Yoshida, T.: Regionalization and Cross-Border Transport –Empirical Study on Thailand and Malaysia–, Proceedings of the Eastern Asia Society for

- Transportation Studies, Vol.7, 2009.
- 14) World Bank: Doing Business –Measuring business regulations- <http://www.doingbusiness.org/>
 - 15) JICA: The feasibility study on the development of road RO-RO terminal system for mobility enhancement in the Republic of the Philippines: Final report, 2007.
 - 16) 港湾事業評価手法に関する研究委員会編：港湾投資の評価に関する解説書 2004, (財) 港湾空間高度化環境研究センター, 2004.
 - 17) American Digital Cartographu Inc.: ADC World Map version 4.0, 2005.
 - 18) 国土交通省港湾局：平成 15 年度全国輸出入コンテナ貨物流動調査, 2003.
 - 19) Korea National Statistical Office: Social Indicators in Korea 2006.
 - 20) Goodwill China Business Information Limited: China Trade Information Import & Export Database, 2003.
 - 21) 中華民国内政部戸政司 (Department of Household Registration, M.O.I.) HP http://www.ris.gov.tw/web_eng/eng_index.html
 - 22) Philippine National Statistical Coordination Board: Philippine Statistical Yearbook.
 - 23) Statistical Publishing House Ha Noi: Socio-Economic Statistical Data of 64 Provinces and Cities 2005.
 - 24) Alpha Research: Thailand in Figures 2007-2008.
 - 25) Department of Statistics Malaysia: Bank Data Negeri/ Daerah State/District Data Bank Malaysia 2004.
 - 26) Central Statistical Organization, Ministry of National Planning and Economic Development, the Government of the Union of Myanmar: Statistical Yearbook 2003.
 - 27) Badan Pusat Statistik: Statistik Indonesia -Statistical Yearbook of Indonesia- 2005/2006.
 - 28) Dimaranan, B. V., Ed.: Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 6 Data Base, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2006.
 - 29) 米本・柴崎・渡部：日中地域間アジア国際産業連関表を用いた貿易・開発政策等の地域別移輸出入額への影響分析, 国土技術政策総合研究所資料, No.451, 2008, 34p.
 - 30) IHS Global Insight Inc.: Global Trade navigator.
 - 31) Commonwealth Business Media, Inc.: Port Import Export Reporting Service Data, 2003.
 - 32) Shibasaki, R., Watanabe, T., Araki, D.: How Model Accuracy is Improved by Usage of Statistics? - An Example of International Freight Simulation Model in East Asia -, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, 2009.
 - 33) 柴崎・笹山：国際経済シナリオと応用一般均衡モデル (GTAPモデル) に基づく将来貿易額の予測 (2001年ベース版) 国土技術政策総合研究所資料, No.550, 2009, 58p.
 - 34) 柴崎・石倉・安部・渡部・山根・吉田・阿部・根本・花岡・小野：デルファイ法に基づく国際経済・交通に関する将来シナリオの設定, 国土技術政策総合研究所資料, No.479, 2008, 244p.
 - 35) ASEAN: Policy Report for ASEAN Logistics Development Study, 2007.
 - 36) ASEAN: Development Framework Report for ASEAN Logistics Development Study, 2007.
 - 37) オーシャンコマース社：国際輸送ハンドブック 2009 および各年版.
 - 38) Informa UK Ltd: Containerisation International Yearbook 2009 および各年版, informa trade & energy.