

第1章 研究の背景と体系

近年、中国をはじめとする東アジア諸国の急速な経済成長により国際物流が飛躍的に増大している。また、これらの国・地域では国家的戦略として港湾・空港機能の強化に取り組んでいる。さらに、東アジアでは ASEAN 諸国を中心に二国間あるいは多国間での自由貿易協定 (FTA)^{注1)}、経済連携協定 (EPA)^{注2)} 等の経済連携の進展により、貿易構造の変革と国際物流のさらなる増大が当然に予想される。

このような動向を踏まえて、国土技術政策総合研究所ではプロジェクト研究「東アジア経済連携時代の国際物流ネットワークとインフラ整備政策に関する研究」(平成17年度～20年度)を港湾研究部・空港研究部・道路研究部が共同して実施した。

このプロジェクト研究では、第1に国際物流動向の予測や各種政策による経済効果算定のための分析システムの開発を行うことを目的とした。第2に経済連携の進展状況、政策の将来シナリオに基づいて、東アジアにおける国際物流インフラ等に関する条件に応じた国際貨物流動量を予測することを目的とした。なお、プロジェクト研究での政策の将来シナリオの検討や貿易・物流ネットワークに関するモデルの開発などについては土木学会の国際交通ネットワーク戦略研究小委員会等と連携した。

プロジェクト研究の体系を図1.1に示す。この図に示すように、プロジェクト研究は3つの段階によって構成されている。第1段階では、経済発展などの将来シナリオ、FTA等の各国の経済(統合)シナリオ、国際交通に関わる各種シナリオ等を検討する。第2段階では、貿易サブモデルを構築し、経済連携の進展による各国・地域の貿易(輸出・輸入)額の変動を推計する。例えば、EPA締結がなされれば関税率が低減し、その結果としての貿易額の増減量を推計する。第3段階では、この貿易額の推計結果を貨物量に変換することで国際貨物流動量を予測する。この金額ベースから重量ベースに変換する段階で、国際海上貨物と国際航空貨物に区分する。さらに、国内の道路輸送経路を設定し、その結果に基づいて国際貨物流動量を推計する。

また、第1段階のシナリオ作成は非常に重要な作業であるために、国総研、国土交通本省、大学等の学識経験者による意見交換会等を開催し、本研究に関連する様々なテーマについて情報交換を行った。

以下、本研究の成果の概要を取り纏めた結果を示す。なお、各章の執筆者は次のとおりである。

第1章	高橋宏直	港湾研究部	部長
第2章	渡部富博	港湾研究部	港湾システム研究室長
第3章	柴崎隆一	港湾研究部	主任研究官
第4章	笹山博	港湾研究部	主任研究官
第5章	柴崎隆一	港湾研究部	主任研究官
第6章	上坂克巳	道路研究部	道路研究室長
	関谷浩孝	道路研究部	主任研究官
第7章	丹生清輝	空港研究部	空港計画研究室長

なお、プロジェクト研究の実施において、各段階での成果を国総研報告・資料、学会論文等として数多く発表した。これらの一覧を示すので、研究内容の詳細については個別の報告・論文等を参照して頂きたい。

注1) 自由貿易協定 (FTA : Free Trade Agreement)

協定した地域間あるいは国との間で関税の撤廃など通商上の障壁を除去して自由な取引活動の実現をめざすものである。NAFTA (北米自由貿易協定) や EU (ヨーロッパ連合) のような地域的な統合の場合と二国間の場合がある。

注2) 経済連携協定 (EPA : Economic Partnership Agreement)

特定の2国間又は複数国間で、モノやサービスの貿易の自由化だけではなく、投資や人の行き来、知的財産の保護や経済政策そのものの調和・一体化など幅広い分野での連携を目的とした協定のことをいう。一般にFTA (自由貿易協定) よりも対象範囲が広い概念。

(「貿易業務に役立つ用語サイト」: http://www.boueki.jp/sa_gyo/free_trade_agreement.html より)

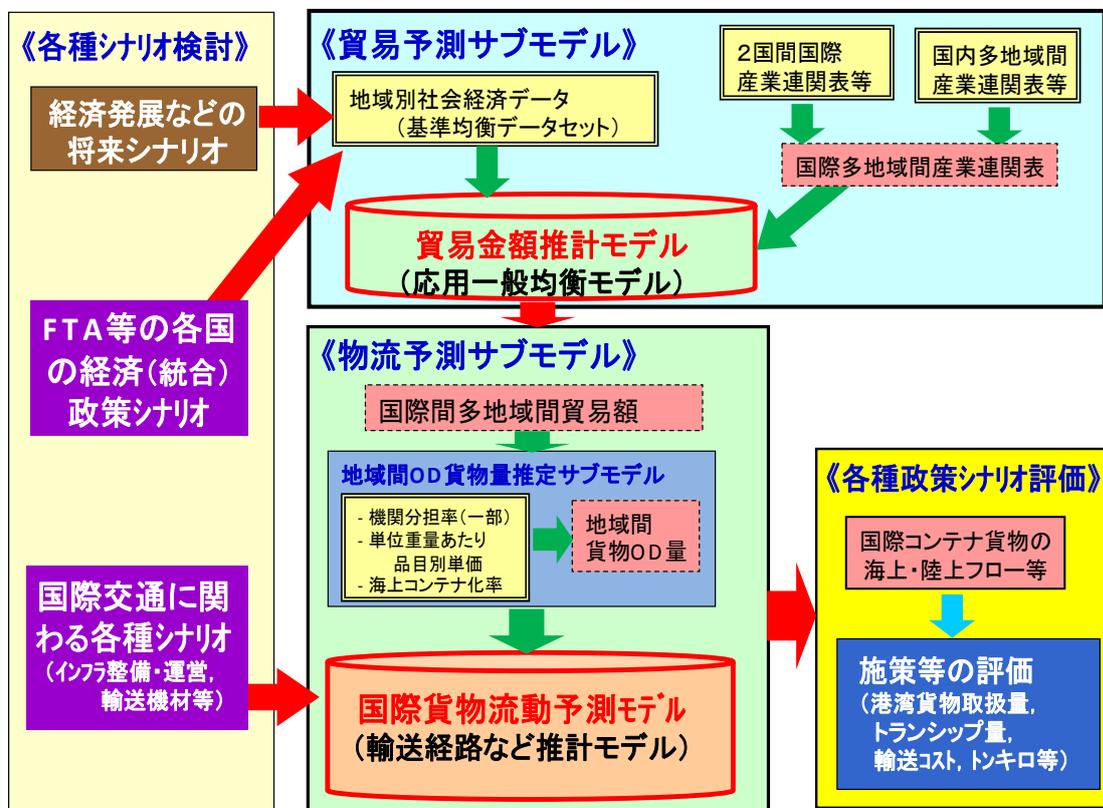


図 1.1 プロジェクト研究の体系

－ 対外発表一覧 －

【国総研報告・資料】

- ①柴崎隆一・渡部富博（2009）：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報告 No.37.
- ②石倉智樹・柴崎隆一・米本清（2007）：輸送機関分担と単価に着目した国際貿易の品目間類似性および異質性に関する分析，国土技術政策総合研究所資料 No.422.
- ③米本清・柴崎隆一・渡部富博（2008）：日中地域間アジア国際産業連関表を用いた貿易・開発政策の地域別影響分析，国土技術政策総合研究所資料 No.451.
- ④柴崎隆一・石倉智樹・安部智久・渡部富博・山根隆行・吉田恒昭・阿部一知・根本敏則・花岡伸也・小野憲司（2008）：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.
- ⑤石倉智樹・丹生清輝（2009）：東アジアの航空ネットワークにおける国際航空貨物流動変化に関するシナリオ分析，国土技術政策総合研究所資料 No.498.
- ⑥高橋宏直・笹山博・石倉智樹・柴崎隆一・渡部富博・丹生清輝（2009）：経済連携の進展による貿易・経済動向の予測結果，国土技術政策総合研究所資料 No.501.
- ⑦高橋宏直・柴崎隆一・笹山博・渡部富博（2009）：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.
- ⑧柴崎隆一・笹山博（2009）：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.
- ⑨柴崎隆一・渡部富博（2009）：東・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.

【シナリオ関係】

- ①T.YOSHIDA, R.SHIBASAKI, K.ABE, H.ONODERA, Future Scenario of International Economics Based on Questionnaire Survey by the Delphi Method, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 7, 2009.11
- ②T.YOSHIDA, R.SHIBASAKI, T.NEMOTO, S.HANAOKA, K.ONO, H.ONODERA, Future Scenario of International Transport Based on Questionnaire Survey by the Delphi Method, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 7, 2009.11

【GTAP 分析関係】

- ①R.SHIBASAKI, L.MA, T.KADONO, T.ISHIKURA, H.IEDA, An Estimation Of International Maritime Container Volume Among Asian Countries By GTAP Model And Simulation On FTA And Transport Improvement Scenario, Annual Conference on Global Economic Analysis, 8, Lubeck, 2005.6
- ②L.MA, R.SHIBASAKI, T.KADONO, T.ISHIKURA, H.IEDA, An Estimation Of The International Container Shipping Transport Volumes Among Asian Countries By Global Trade Analysis Project Model And Its Applications On FTA And Transport Improvement Scenarios, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6, pp.920-935, 2005.9（査読あり）
- ③米本・柴崎・石倉・渡部，日中地域間産業連関表を用いた貿易自由化政策の地域間交易への影

響分析, 応用地域学会, 2007.12

④R.SHIBASAKI, K.YONEMOTO, T.WATANABE, On the effects of trade liberalization policies on regional economies based on "Transnational Interregional Input-Output Table between China and Japan", Annual Conference on Global Economic Analysis, 11, Helsinki, 2008.6

⑤小野寺・柴崎・荒木, 国際経済シナリオに基づく将来貿易額の推計, ~応用一般均衡モデル (G T A P モデル) を用いた予測~, 土木計画学研究・講演集, 39, 2009.6

【OD 貨物量推計, 輸送機関分担関係】

①R.SHIBASAKI, L.MA, Y.KANNAMI, H.IEDA, T.KADONO, Regional Based International Maritime Container Cargo Flow Estimation Between East Asian Nations, 1st International Conference on Transportation Logistics, Singapore, 2005.7 (査読あり)

②神波・柴崎・後藤, 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・論文集, 22(3), pp.651-658, 2005.10 (査読あり)

③石倉・神波・柴崎, 東アジアの貿易における貨物単価特性と機関分担に関する基礎的分析, 土木計画学研究・講演集, 34, 15, 2006.12

④神波・柴崎・石倉・小野寺, 国際貿易・貨物統計の比較分析と輸送機関別貨物流動から見た品目特性に関する考察, 土木計画学研究・講演集, 37, 65, 2008.6

【道路ネットワーク関係】

①関谷浩孝・奥谷正・小林正憲・南部浩之, 国内における貨物流動ODの推計, 土木計画学発表会, 2008.6

【物流モデル構築】

①R.SHIBASAKI, H.IEDA, T.WATANABE, An International Container Shipping Model in East Asia and Its Transferability, Global Competition in Transportation Markets - Analysis and Policy Making (Kanafani and Kuroda ed.), Research in Transportation Economics vol.13, Elsevier, pp.299-336, 2005.7 (査読あり)

②R.SHIBASAKI, H.IEDA, T.KADONO, Model Improvement Of International Maritime Container Cargo Flow And Policy Evaluation For International Logistics In Eastern Asia, 1st International Conference on Transportation Logistics, Singapore, 2005.7 (査読あり)

③ R.SHIBASAKI, L.MA, Y.KANNAMI, H.IEDA, T.YOSHIDA, L.MIAO, Model Expansion Of International Container Cargo Simulation For Cross-Border Transport Policy In Southeast Asia, 2nd International Conference on Transportation Logistics, Shenzhen, China, 2007.7 (査読あり)

④R.SHIBASAKI, Y.KANNAMI, H.ONODERA, J.LI, L.MIAO, Impact Of Chinese Port Policy Using The Model For International Container Cargo Simulation, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol.7, pp.1083-1098, 2007.12 (査読あり)

⑤柴崎, 東アジアを中心とした国際海上コンテナ貨物流動のシミュレーションモデル, 日本 OR 学会 2009 春季研究発表会, 1-F-8, pp.110-111, 2009.3

⑥R.SHIBASAKI, T.WATANABE, D.ARAKI, 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, 2009.11

⑦石倉, 東アジア航空ネットワークにおける国際航空旅客流動分析のためのモデル開発, 土木計画学研究・論文集, 23(2), pp.479-488, 2006.9 (査読あり)

【その他物流の現状分析】

①柴崎, 欧米における国際海上コンテナの背後輸送に関する一考察とわが国の輸送環境への示唆, 海運経済研究, 40, pp.167-176, 2006.10 (査読あり)

② R.SHIBASAKI, H.NAKAJIMA, S.MAESAKI, T.WATANABE, Several Analyses For Foreign Transshipment Of International Maritime Container Cargo Imported To/ Exported From Japan, Annual Conference on International Association for Maritime Economists, Melbourne, 2006.7 (査読あり)

第2章 各種シナリオ設定と評価の概要

本章では、研究の全体概要を理解して頂くことを目的として、4章の経済連携の進展と貿易・経済動向の予測、5章の国際海上コンテナ貨物量の予測、6章の国際海上コンテナ貨物車の道路上の交通流推計、7章の国際航空貨物の流動推計モデルなどを踏まえて、将来の経済連携や、港湾、空港といった国際物流インフラのハード・ソフト面、さらには港湾や空港と国内の生産消費地とを結ぶ道路ネットワークに関して、我が国の貿易や貨物取扱量、貨物流動にどのような影響がでるのかを、いくつかのシナリオを設定して検討した結果を示す。4章～7章においても、経済連携に関わるシナリオ分析、港湾貨物流動に関わるシナリオ分析、道路ネットワーク変化に関わるシナリオ分析、航空貨物流動に関わるシナリオ分析をいくつか実施しているが、本章では、それらを組み合わせた経済連携、国際物流インフラに関わる評価を実施している。

さらに、本章では、3章の国際経済・交通に関わる将来シナリオの設定での検討結果も踏まえて、将来の貿易額に関するいくつかの将来シナリオを設定して、将来の世界の主要国・地域間の貿易額の予測をG T A Pモデルにより推計するとともに、その将来貿易量・貨物量を元に、わが国の主要港湾でのコンテナ貨物取扱量の予測を行った結果を示す。

以下、2.1では設定したシナリオを、2.2ではシナリオに基づくシミュレーションの結果などを、そして2.3では本章のまとめを記載する。

2.1 シナリオ設定

(1) 経済連携に関わるシナリオ

経済連携（FTA や EPA など）による関税率の引き下げなどに伴い、今後の貿易額の増大や、貿易相手国・地域の変化、太宗品目の変化などが想定され、その影響により、我が国の国際貿易、さらには航空貨物や港湾での取扱貨物量にも大きな影響を及ぼすことが想定される。

したがって、今後の国際物流インフラに関わる検討にあたっては、まずは、この経済連携状況を将来どう捉えるかという点について、4章に述べるとおりいくつかのシナリオを設定することとした。具体的には、本章における国際物流インフラに関わる評価に関しても、4章で設定する経済連携シナリオを用いることとした。設定した経済連携に関わるシナリオを、表 2.1 に示す。

経済連携に関わるシナリオE 1 からE 3については、2007年12月現在において、FTA（自由貿易協定）やEPA（経済連携協定）の進展状況を各種関連資料などにより設定したものである。E 1シナリオについては、日本と韓国、インド、ベトナムなど、インドとEUや韓国など、中国とオーストラリアなどとの経済連携が含まれ、E 2シナリオについては、日本と中国、EUや、中国とインドや韓国との経済連携が含まれることとなる。詳細な国、地域間の設定は、表 4.1 に示すとおりである。

なお、本分析においては、2001年の貿易データを基本とするG T A PのV e r. 6データをもとに貿易額の算定を行っていることから、2001年時点での経済連携が締結されている状況が、経済連携に関わる表 4.1の「シナリオ0（経済連携は現状どおり）」ということとなる。ただし、5章の国際海上コンテナの流動予測モデルなどでは、貨物流動データの実態データの所在などを勘案して2003年での貨物流動予測モデルが構築されている。

具体的には、主要国・地域間の貿易額を算定する際に必要となる関税率をシナリオ毎に設定し、それに伴う貿易額の変化などを4章で述べるG T A Pモデルを用いて分析する。設定する関税率は、4章と同様に、経済連携のある国・地域間での関税率は0という設定とした。これは、進行中あるいは構想段階の経済連携もあり、詳細な品目別の関税率などの把握・設定が困難であること、我が国においては、貿易額ベースで9割以上となる品目について関税率撤廃を目標にFTAなどを推し進めていることなどに基づくものである。

表 2.1 経済連携に関わるシナリオ (E 0～E 3)

	シナリオ概要	備考
シナリオ 0 (E 0)	経済連携は現状どおり	
シナリオ 1 (E 1)	FTA (自由貿易協定), EPA (経済連携協定) が、「発行・署名済」あるいは「交渉段階」の国・地域は経済連携が進むと設定	表 4-1 における、「1」, 「2」の国, 地域
シナリオ 2 (E 2)	・上記のシナリオE 1に加えて, FTA, EPA が「構想段階」までの国・地域について経済連携が進むと設定	表 4-1 における「3」, 「4」の国, 地域
シナリオ 3 (E 3)	・分析対象とした全ての国・地域間で, FTA や EPA が進み, 経済連携が進むと設定	表 4-1 の全ての国, 地域

(2) 国内道路ネットワークに関わるシナリオ設定

国内の道路ネットワークは、港湾で積み卸しされるコンテナ貨物などの国内の生産消費地への輸送にあたっては、輸送時間や輸送コストに大きく関わるため、その利用港湾選定などにも大きく影響する。よって、国内の道路ネットワークに関しても、国際物流を支える国内の重要なインフラであることに鑑み、6章で設定するいくつかのシナリオの中から、下記のシナリオを設定することとした。

表 2.2 国内道路ネットワークに関わるシナリオ (R 0～R 1)

		シナリオ概要	備考
道路ネットワークに関するシナリオ	シナリオ 0 (R 0)	現状の道路ネットワーク	平成 17 年の道路ネットワーク
	シナリオ 1 (R 1)	将来道路ネットワーク (平成 42 年までに計画されている高規格幹線道路, 一般国道, 主要地方道が完成するとするケース)	関東圏の将来の想定道路ネットワークは 図 6-2 参照

(3) 国際交通インフラに関わるシナリオ設定

港湾、空港などの国際物流を支える国際交通インフラに関しても、コンテナ船や航空機の大型化をはじめとした輸送機材の変化や、周辺の韓国や中国におけるハブ港湾やハブ空港整備などの進展などを背景に、国際貨物の流動には非常に大きな影響を及ぼす。また、ハード面のインフラ整備だけではなく、スーパー中枢港湾プロジェクトによる港湾でのリードタイムの短縮や港湾諸料金の低減といったソフト面での施策についても貨物流動には大きく影響を及ぼす。

これらを勘案して、港湾ならびに、空港に関して、下記のシナリオを設定することとした。

表 2.3 国際物流インフラに関わるシナリオ (P0~P1, A0~A1)

		シナリオ概要	備考
港湾に関するシナリオ	シナリオ 0 (P0)	現状の港湾サービス (港湾での諸費用, リードタイムは現状のまま)	
	シナリオ 1 (P1)	スーパー中枢港湾 (東京湾, 大阪湾, 伊勢湾) において, 港湾諸料金, リードタイムが施策の展開により縮減されると設定	・三大湾において, 港湾諸料金は3割削減され, リードタイムは24時間になると想定.
空港に関するシナリオ	シナリオ 0 (A0)	現状の空港サービス, 空港整備状況のまま	
	シナリオ 1 (A1)	羽田空港の再拡張により, 羽田空港の国際化 (国際定期路線乗り入れ) が進むとするケース	表 7-2 の羽田空港国際緩和ケース (TYO)

(4) 将来の貿易額推計に関わるシナリオ設定

わが国をはじめとする将来の貿易額を推計し、将来の交易量増大、貨物増大などによる港湾取扱量の増加などを分析するために、3章における国際経済の今後の動向などに関わる分析結果をもとに、将来の貿易に関わる各種の変数の設定を表 2.4 のとおり、ベースライン、高位 (楽観) ケース、中位ケース、低位 (悲観) ケースとして設定した。各ケースの設定対象とする変数などの詳細については、2.2 で述べる。

表 2.4 将来の貿易額推計に関わるシナリオ

		シナリオ概要	備考
将来の貿易額推計に関するシナリオ	シナリオ 0 (ベースライン)	過去のトレンド等に基づき変数の将来値を設定するケース	
	シナリオ 1 (高位ケース (楽観ケース))	各種の変数をアンケート調査結果に基づき, 高位に設定するケース	
	シナリオ 2 (中位ケース)	各種の変数をアンケート調査結果に基づき, 中位に設定するケース	
	シナリオ 3 (低位ケース (悲観ケース))	各種の変数をアンケート調査結果に基づき, 低位に設定するケース	

2.2 シナリオ設定に基づくシミュレーション分析

2.1 で設定した経済連携、国際インフラ、道路ネットワークに関わるシナリオに関して、4章～7章で述べるモデルなどを用いて、貨物流動変化などのシミュレーション、施策評価などを行った。さらに、将来の貿易額推計に関わるシナリオ別に主要国・地域間の将来貿易額推計を行うとともに、それに伴うわが国の主要港湾におけるコンテナ貨物取扱量の推計を行った。その結果を下記に示す。

(1) 経済連携に関わるシナリオ分析

経済連携（FTA や EPA など）による関税率の引き下げなどに伴い、世界や各国の GDP や貿易額がどのように変化するかについて検討を行った。経済連携シナリオについては、表 2.1 に示したシナリオ E 0～シナリオ E 3 の 3 つのシナリオについて検討を行うこととし、経済連携が進むとした場合には、関税率は 0 とし、シナリオ E 0（現状どおり）との実質 GDP の変化や、貿易額の変化を分析した。その結果を図 2.1、図 2.2 に示す。

現在、締結済み、交渉中の経済連携が実施されるとしたシナリオ E 1、構想段階の経済連携も含めてさらに経済連携が進むとするシナリオ E 2、さらには、全世界の経済連携が進みすべての関税率をゼロとするシナリオ E 3 についてそれぞれの結果を見ると、世界全体の実質 GDP では、シナリオ E 1 では 0.11%、シナリオ E 2 では 0.16%、シナリオ E 3 では 0.31% の成長となった。主要国・地域別にみると、日本の GDP は、シナリオ E 1 では 0.09%、E 2 では 0.12%、E 3 では 0.24% と、世界全体の GDP 成長率と大きな差はなかった。米国や EU についても、シナリオ E 3 においても、米国が 0.03%、EU が 0.12% とその成長率は小さい結果となった。逆に、中国や韓国、インドについては、大きな経済成長が見込まれる結果となり、シナリオ E 3 で、中国では 1.9%、韓国では 2.95%、インドでは 1.49% という成長率となった。シナリオ E 1 やシナリオ E 2 においても、中国のシナリオ E 2 で 0.55%、韓国のシナリオ E 1 で 1.19%、シナリオ E 1 のインドで 1.13% などと、これらの国においては、大きな経済成長が見込まれるという結果となった。

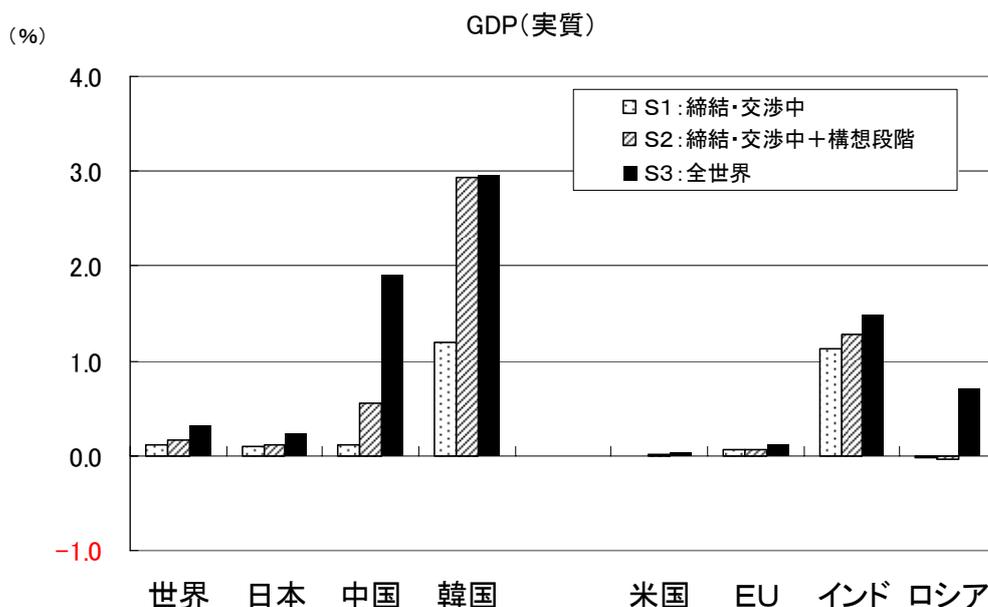


図 2.1 経済連携に関わるシナリオ別分析による GDP（実質）の変化

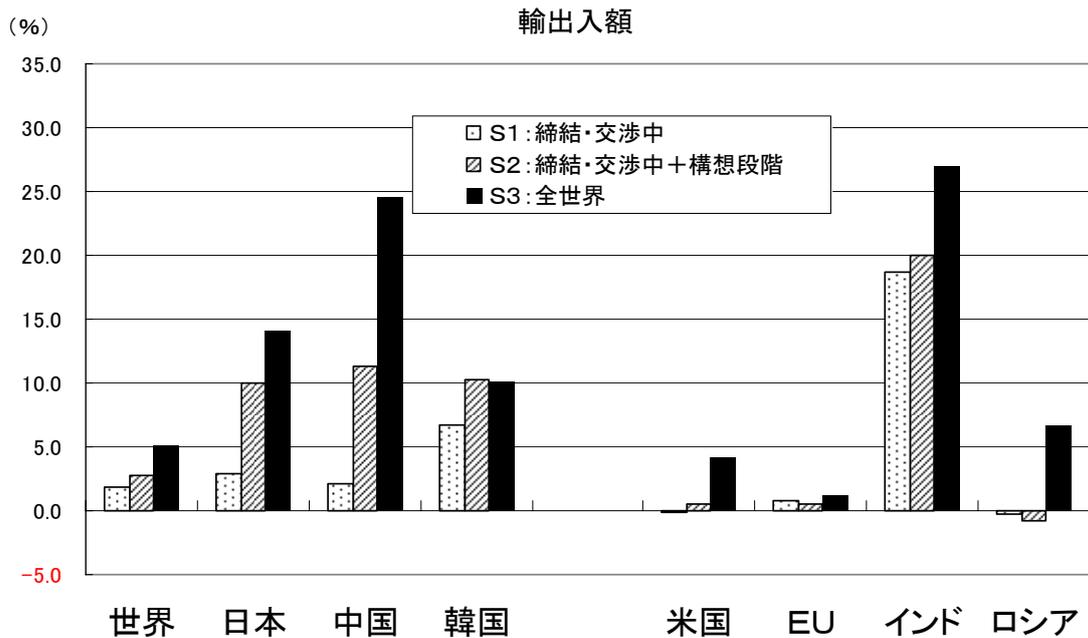


図 2.2 経済連携に関わるシナリオ別分析による貿易額の変化

貿易額、各国の輸出入額については、世界全体では、シナリオE 1では1.9%、シナリオE 2では2.8%、シナリオE 3では5.2%の増加となり、米国やEUあまり貿易額が増大しないのに対して、日本ではシナリオE 1で2.9%、シナリオE 2で10.0%、シナリオE 3で14.1%、中国ではシナリオE 1で2.1%、シナリオE 2で11.3%、シナリオE 3で24.5%、韓国ではシナリオE 1で6.7%、シナリオE 2で10.2%、シナリオE 3で10.1%、インドではシナリオE 1で18.7%、シナリオE 2で20.0%、シナリオE 3で27.0%など、アジア諸国では世界平均に比べて、大きな貿易額の増大となることが予測された（図 2.2）。

(2) 道路ネットワーク変化に関わるシナリオ分析

わが国の国内道路ネットワークの変化が、港湾貨物の流動にどのように変化を及ぼすかについて、現状の道路ネットワークとするシナリオR 0と、平成42年の道路ネットワークを想定するシナリオR 1の双方のケースについて検討し、道路ネットワークの拡充により、海外とのコンテナ貨物の取扱港湾の貨物量がどのように変化するかを分析した。

経済連携について、現況どおりのシナリオE 0とし、港湾についても現状どおりのシナリオP 0とするケースについての検討結果を図 2.3 に、また、港湾については現状どおりのP 0とするものの、経済連携については連携がより進むとしたシナリオE 2のケースについての検討結果を図 2.4 に示す。

経済連携、港湾の状況は現状のままとする図 2.3 のケースでは、三大湾の東京港、横浜港、名古屋港、大阪港の取扱貨物量が減少するほか、三大湾以外において比較的取扱量が多い博多港、清水港、苫小牧港、仙台港などでの貨物量も減少するという結果となった。それに対して、下関港、金沢港、石狩湾新港、長崎港、松山港、常陸那珂港（現在の「茨城港」）などの地方の港湾での取扱量は増大することとなった。

また、道路ネットワークの拡充とともに、経済連携もさらに進むとする図 2.4 のケースでは、経済連携によって貿易量が増大することから、一部の港湾で貨物量が減少するとの試算結果になったものの、三大湾の各港湾や地方のほとんどの港湾において、取扱貨物量が増大するとの結果となった。

以上より、道路ネットワークの進展により貨物の生産消費地と港湾との輸送コストや時間が短縮され、地方の港湾についての利用が高まることから、また、経済連携などが進み、貿易量、貨物量が増大すると、地方のみならず、三大湾などの日本の各港湾での取扱貨物量が増大するということが定量的に示された。

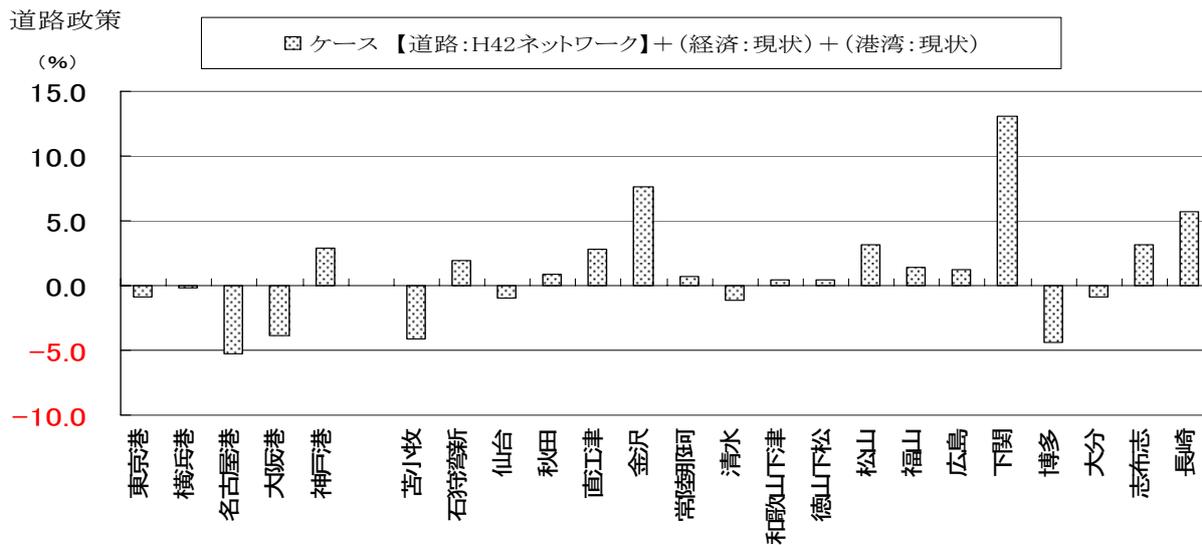


図 2.3 道路ネットワークに関わるシナリオ別分析による港湾貨物取扱量の変化 (経済連携, 港湾は現状どおり)

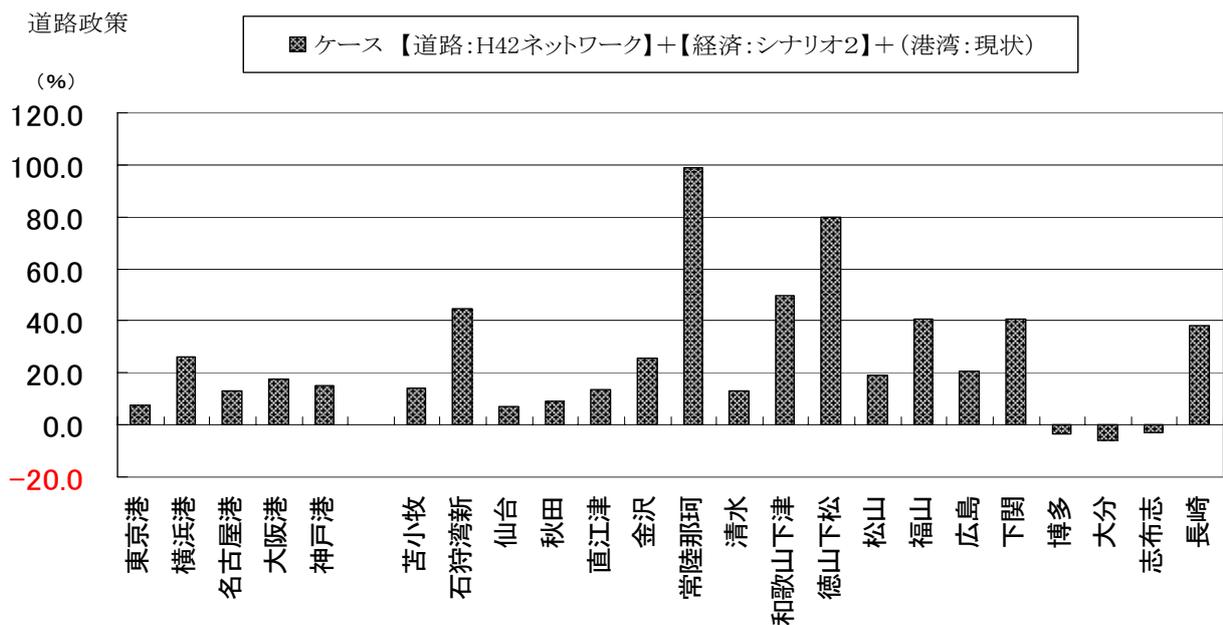


図 2.4 道路ネットワークに関わるシナリオ別分析による港湾貨物取扱量の変化 (経済連携はシナリオ2 (E2), 港湾は現状どおり)

(3) 国際物流インフラに関わるシナリオ分析

わが国の国際物流インフラである港湾や空港の整備や施策展開によって、どのような貨物流動変化となるかをシナリオ別に分析した。

①空港に関わるシナリオ分析

羽田空港の再拡張により、羽田空港の国際化（国際定期路線乗り入れ）が進むとするシナリオA1について、現状どおりとするシナリオA0との貨物流動の変化を分析した。その結果を図2.5に示す。なお、経済連携については、現況どおりのシナリオE0とするケースと、経済連携などがより進むとしたシナリオE2のケースの2パターンを実施した。道路ネットワークについては、現状どおりのシナリオR0という条件下での結果である。

経済連携は現状のままで、羽田空港の国際化が進むとしたケース（図2.5のケース1）では、東京（羽田+成田）の国際航空貨物取扱量は、1.5%増であるが、羽田空港の国際化が、東アジア地域における航空ネットワークの関係で東アジア地域の他空港の貨物取扱量にも大きく影響を及ぼし、シンガポール（チャンギ空港）が4.7%増、香港が24.5%増との結果となった。

また、羽田の国際化に加えて経済連携も進むとしたケース（図2.5のケース2）では、東京における国際航空貨物取扱量は、21.9%増となったほか、大阪（関西国際空港）においても、15.9%の増、アジア近隣諸国の空港でも、台北20.9%、上海27.3%、香港9.2%などの取扱量の増となった。

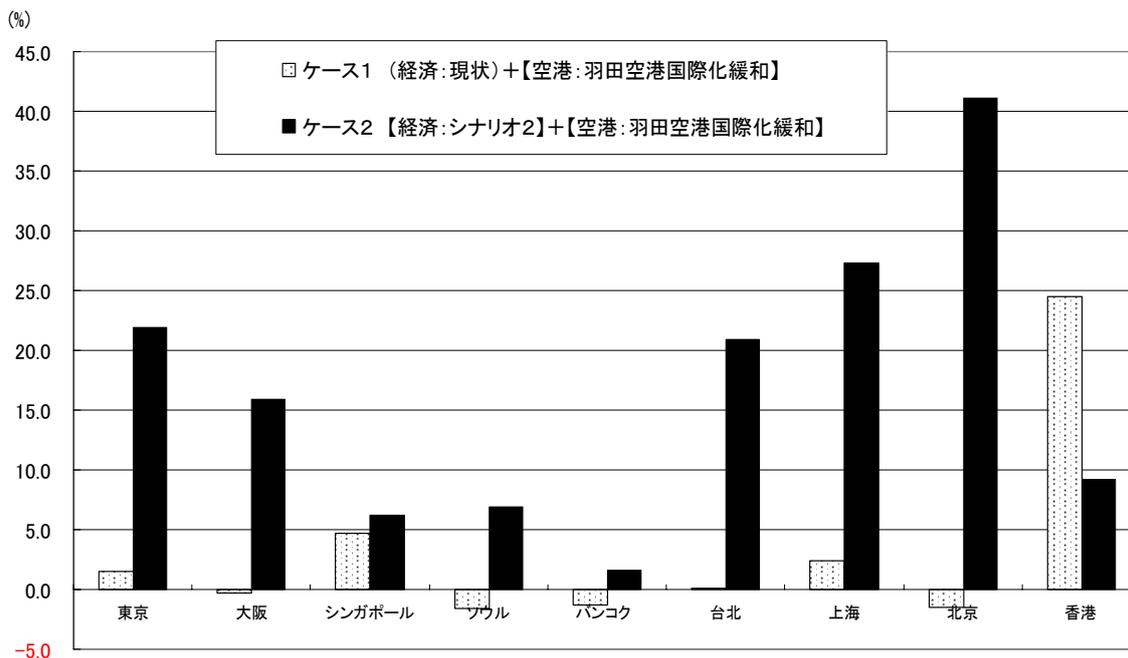


図 2.5 空港と経済連携の双方のシナリオによる空港別国際航空貨物取扱量の変化

②港湾に関わるシナリオ分析

港湾については、東京湾、伊勢湾、大阪湾において推進されているスーパー中枢港湾プロジェクトの実施により港湾コストなどが削減されるとするシナリオP1により、貨物の流動が現

状どおりとするシナリオP0からどう変化するかを分析した。その結果を図2.6に示す。なお、経済連携については、現況どおりのシナリオE0とするケースと、経済連携などがより進むとしたシナリオE2のケースの2パターンを実施した。道路ネットワークについては、現状どおりのシナリオR0という条件下での結果である。

なお、シナリオP1のシナリオの具体的な設定にあたっては、港湾の貨物の積み卸しや通関など貨物がコンテナ船から積み卸しされてコンテナターミナルのゲートを出るまでにかかる時間、あるいはコンテナターミナルに貨物を搬入してからコンテナ船に積み込むまでの時間（港湾でのリードタイム）が、現状よりもさらに短くなり、シンガポール並みの24時間に短縮され、かつ、貨物の積み卸しなどに関わる荷役費や船の入港料などの港湾諸費用も現状よりも3割削減されるとした。

経済連携は現状のまま、スーパー中枢港湾施策が進むとしたケース（図2.6のケース1）では、三大湾の東京港、横浜港、名古屋港、大阪港、神戸港の貨物量は約3割～5割程度増加となる一方で、清水港、広島港、常陸那珂港（現在は「茨城港」）などの地方の港湾における取扱量は減少することとなった。

また、経済連携も進み、さらにスーパー中枢港湾施策も進むとしたケース（図2.6のケース2）においては、三大湾の東京港、横浜港、名古屋港、大阪港、神戸港の貨物量の増加幅が大きくなり、4～7割程度の貨物増となった。地方の港湾においては、博多港や北九州港の貨物量は増加との結果となったが、清水港、広島港、常陸那珂港の貨物量は減少となった。ただし、貨物量の減少幅は、経済連携を現状どおりとするケースよりは小さくなった。

港湾政策

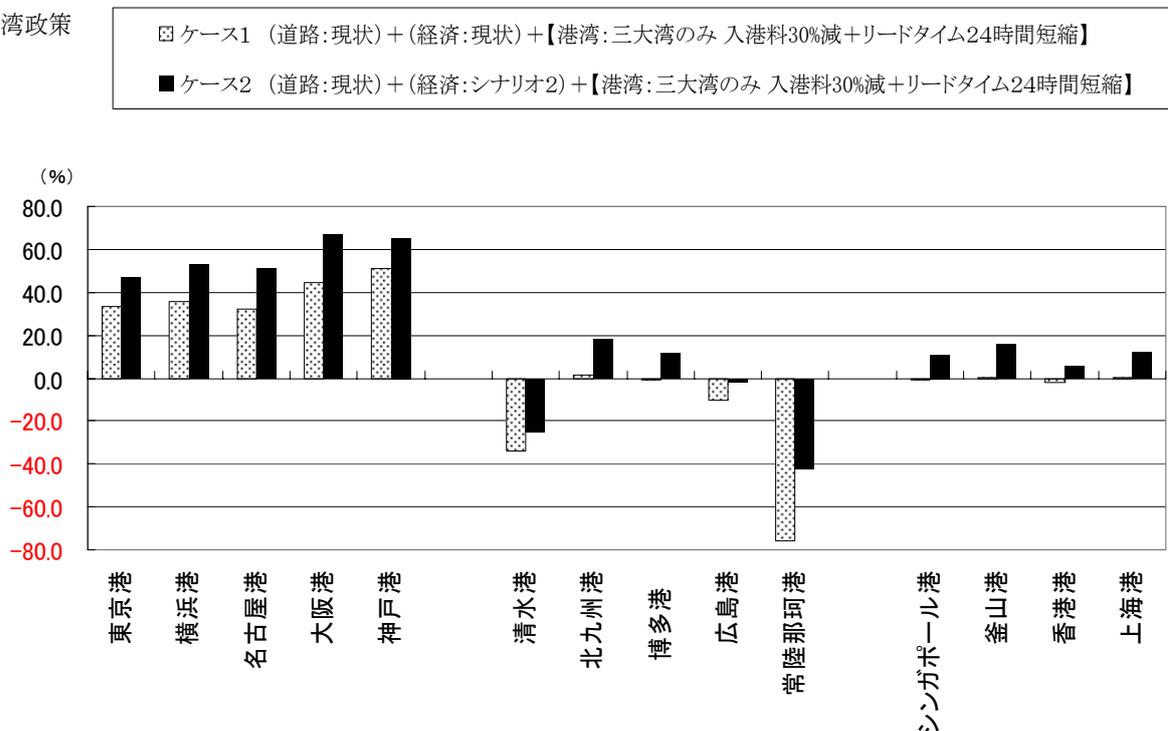


図 2.6 港湾と経済連携の双方のシナリオによる港湾貨物取扱量の変化

(4) 将来経済シナリオに基づく将来貿易額分析

世界貿易を対象とした代表的な応用一般均衡モデルであるG T A P（世界貿易分析プロジェクト）モデルを用いて、各国・地域における貿易額やG D Pなどの予測を行う。将来の予測スパンについては、G T A Pモデルの基準年である2001年から2005年の貿易額を推計した上で、2005年の実績値との比較を行い、さらに5年おきに、2010年、2015年、2020年、2025年における貿易額を推計する。

G T A Pモデルに入力する将来の各種条件については、表 2.4 に示したベースライン、高位ケース（楽観ケース）、中位ケース、低位ケース（悲観ケース）の4ケースとし、具体的には、各国地域における下記の変数について、ベースラインでの値や、高位、中位、低位の各ケースでの値を設定し計算を行う。

(G T A Pモデルでの検討において設定した変数)

- ・ 人口
- ・ 生産要素（土地、熟練労働者、非熟練労働者、資本ストック、天然資源）
- ・ 全要素生産性（生産要素の技術進歩率）
- ・ 関税率（輸入税率）
- ・ 輸出補助金（輸出税率）
- ・ 国際輸送費用低減率（国際輸送の技術進歩率）
- ・ 輸入財と国内財の弾力性に関するパラメータ（アーミントンパラメータ）

上記のうち、関税率の設定については、表 2.1 において設定した経済連携のシナリオと関係するが、その設定が少し異なる。すなわち、ベースラインケースでは、2005年現在で、発効済み、署名済みの各国ペア間で、全品目の関税率をゼロとした。高位ケースでは、2010年には構想段階のものやAPEC域内の先進国間での関税をゼロ、2020年にはさらにAPEC内のすべての国間での関税をゼロとした。中位ケースでは、2010年までには交渉中の国間の関税をゼロ、2020年までには構想段階のものも関税率をゼロとした。さらに、低位ケースでは、2010年までに交渉中のものまで関税率がゼロとなるが、その後は特に経済連携は進まないとの設定をした。

各国地域での輸出入額の予測検討結果を、図 2.7 に示す。

全世界の輸出入額総額では、ベースラインでは2025年に280、高位（楽観）ケース、中位ケース、低位（悲観）ケースでは、それぞれ472、341、229となり、2001年からの年平均伸び率にすると、それぞれ、4.4%、6.7%、5.2%、3.5%となった。また、5年毎の増加率（年率換算）については、2005年から2010年までの伸び率がそれぞれ3.3%、6.2%、4.2%、2.5%であるのに対して、2020年から2025年までの年増加率は、それぞれ4.6%、7.8%、5.7%、3.8%となっており、全体として年を追う毎に増加率が拡大する傾向となった。

国・地域別にみると、日本では、ベースライン、高位、中位、低位のそれぞれで、輸出入額総額が、2025年で、224、334、254、168となり、世界全体よりも低い伸びとなっている。米国についても、2025年の輸出入額総額は、ベースライン、高位、中位、低位の各ケースで、235、361、269、188となり、日本と同様に、世界全体の伸びよりも小さくなるなど、先進国では、伸び率が小さくなった。これに対して、中国では、2025年の輸出入額の総額は、ベースライン、高位、中位、低位の各ケースで、1049、1956、1282、723と非常に大きな伸びとなったのをはじめとして、インドなどでも大きな伸びとなった。

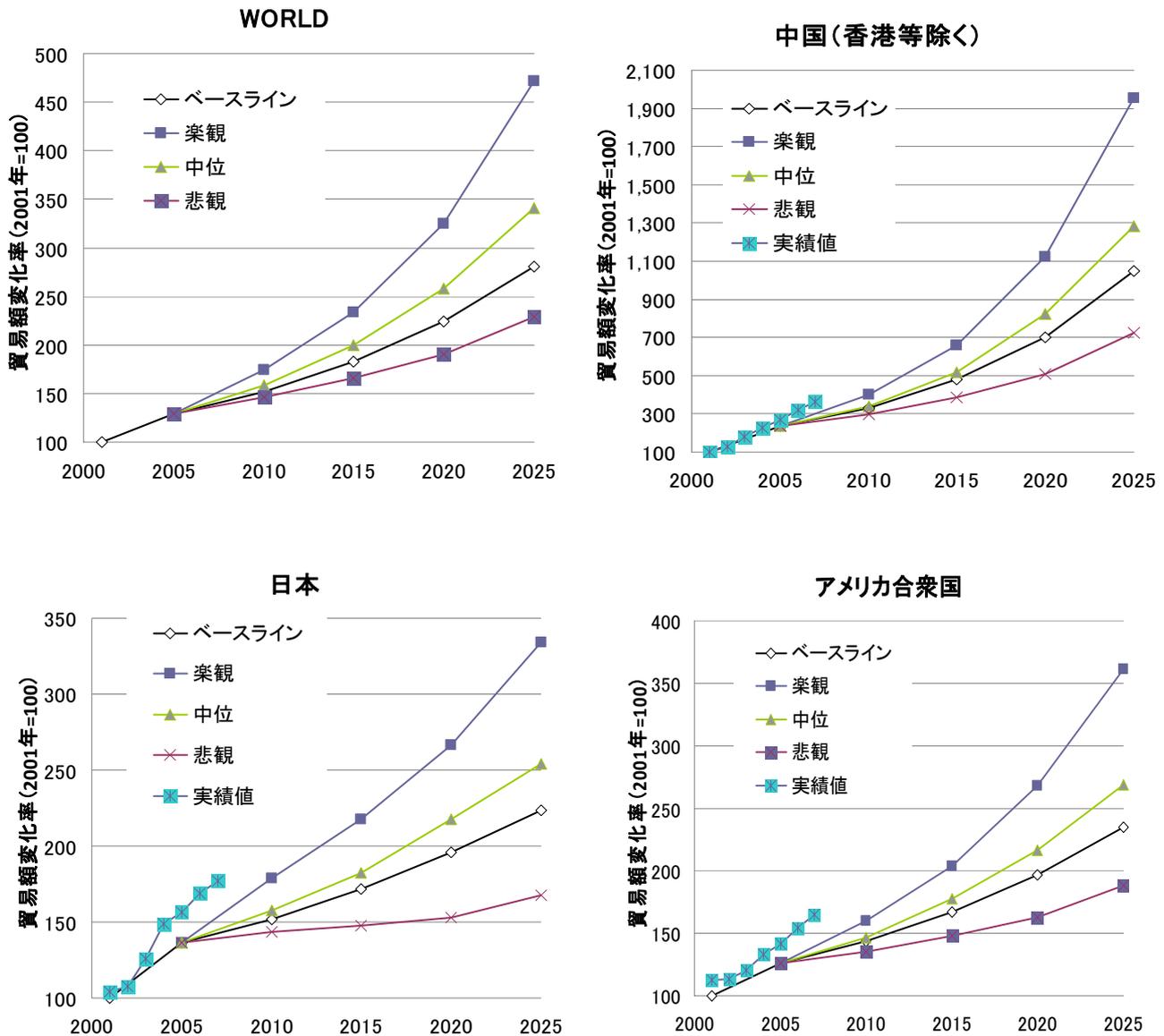


図 2.7 将来のシナリオ設定に基づく主要国などの将来貿易額の予測結果

(5) 将来の経済成長シナリオに基づく港湾貨物の変化分析

上記(4)での将来の貿易額の予測結果を踏まえ、2020年時点における中位ケースと、低位ケースの双方のケースについて、貿易額の増加に伴い、現況よりも我が国の港湾貨物の取扱いがどの程度変化するかについて検討を行う。なお、道路ネットワークはシナリオR1（平成42年の道路ネットワーク）、港湾についてはシナリオP1（スーパー中枢港湾においてコストやリードタイムが削減）の双方のシナリオが同時に実施されるとして、将来の貿易額の増大が港湾取扱貨物量にどう影響するかを5章の国際海上コンテナの予測モデルを用いて分析した。

各港湾における貨物量の増加率（現状からの貨物の増加分の割合）の推計結果を、図2.8に示す。グラフでの100%が、貨物量が倍増を意味することから、中位ケース、低位ケースの各ケースにおいて、三大湾における東京港、横浜港、名古屋港、大阪港、神戸港だけではなく、地方の清

水港，広島港，常陸那珂港などにおいても，その取扱貨物量が増加，中位ケースでは200%に近い伸び率との結果となる港湾も多く，貨物量が現状の3倍となるとの試算結果を得た。

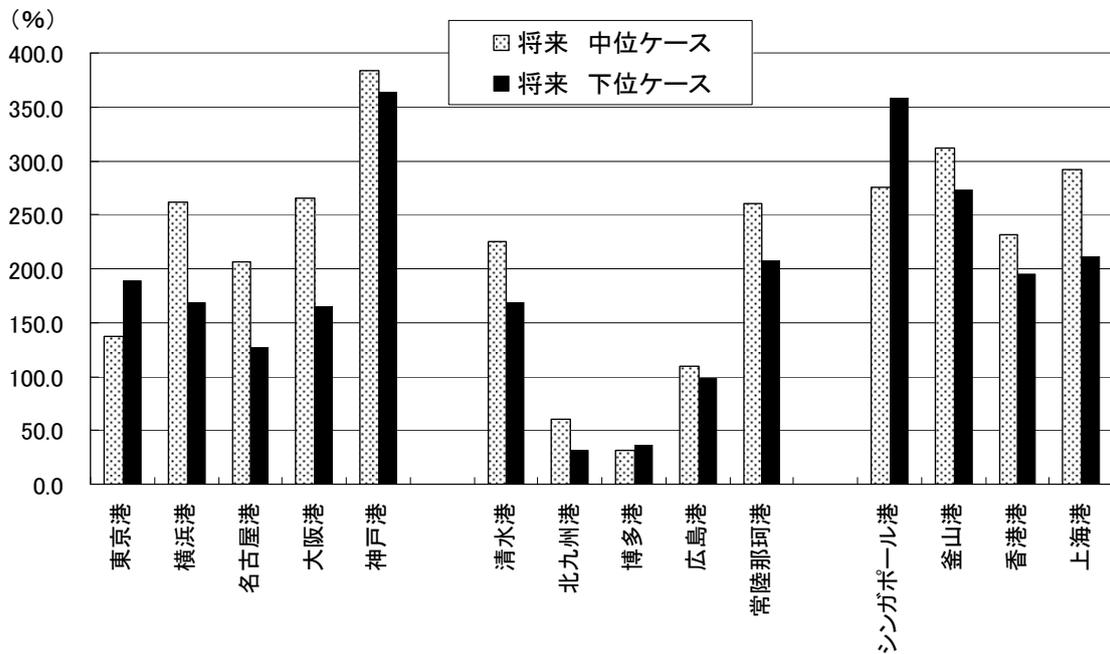


図 2.8 将来の貿易予測のシナリオ別の港湾貨物取扱量の伸び率変化

2.3 まとめ

本章では，3章～7章でその詳細を示す将来シナリオ設定や，貿易予測，国際海上コンテナ貨物や航空貨物流動に関わる予測モデルなどをもとに，経済発展やFTA等の経済統合に関わるシナリオ，国際交通のインフラ整備等に関わるシナリオなどによって，貨物流動などにどのような変化がでるかなどを分析した結果を示した。本研究の実施により，国際交通に関わる港湾，空港，道路の連携を考慮し，また国際交通に大きく関わる経済連携の進展なども組み込んだ評価ツールが開発できたと考えている。

ただし，以降の各章で述べるとおり，評価ツールを構成する各モデルなどには，課題もまだまだ抱えていることから，今後は，各モデルの更なる精度向上や，シナリオの確度をあげるなど，評価ツールの更なる高度化に取り組む必要がある。

第3章 国際経済・交通に関する将来シナリオの設定

国際交通インフラの将来像やそのあり方に関する議論を行ったり、またその一環として国際貿易額や貨物流動量といった貨物需要の将来予測を行う際には、これらの前提条件となる社会経済やインフラの状況に関する諸変数（人口、GDP、関税等の貿易障壁、港湾開発や船舶大型化の進捗状況、燃料費等のコスト等）に関する将来予測値が必要となる。その簡便な予測方法としては、過去のトレンドに基づき、そのトレンドをそのまま外挿するか、あるいは計量経済学的手法を適用することなどが考えられる。このうち、人口については、他の変数に比べれば比較的確定的な予測が行えるとの指摘もある¹⁾ものの、全般的に言えば、これら諸変数の将来予測値は、経済政策を含む多数の要因が複雑に影響することもあり、非常に大きな不確実性を有していると考えられる。特に、長期的な予測を行う際や、大きな時代趨勢の変化（ギャップ）が生じると予想される状況下においては、上記のような手法で将来予測を行うことには大きな困難が伴う。

そこで本章では、上記のような、東アジア地域を中心とした国際経済や交通のあり方に関する議論や、将来予測を行う際の一助となることを目的に、専門家へのアンケートを複数回繰り返すデルファイ法に基づき調査を実施し、国際経済・交通分野において将来起こり得る状況を探るものである。

3.1 アンケート調査の概要

本調査は、土木学会国際交通ネットワーク戦略研究小委員会（委員長：黒田勝彦神戸大学名誉教授）内に設置された将来シナリオ・ライティングWG（主査：吉田恒昭東京大学教授および阿部一知東京電機大学教授）との連携・協力のもと、実施したものである。調査概要を表3.1に示す。調査方法としては、同一の回答者に複数回アンケートを繰り返すことによって、回答者が有する将来見通しの明確化と意見の収斂等を図るデルファイ法を採用した。デルファイ法の最大の特色は、2回目以降のアンケートで、前回の調査結果を回答者にフィードバックし、回答者が全体の意見の傾向を見ながら設問を再評価する点にある。なお、デルファイ法は、1950年代にアメリカの研究機関によって初めて採用され、その名は、古代ギリシャで神託地として栄えたデルフォイに因んでいる。本調査では、合計2回の調査を実施し、2回目の調査においては、設問ごとに1回目の集計結果を提示し、必要に応じて各自の回答を修正する形式とした。

設問内容については、「東アジア地域を中心とした国際経済や交通のあり方に関する議論や、将来予測を行う際の一助となること」を目的としていることから、著者らや同分野の研究者らが開発している国際経済モデルや国際交通モデルを参考に、それらのモデルにおける入力として活用したり、出力結果を検証する際に利用することを念頭に置いて設定する必要がある。同時に、モデル構築の背景として、あるいはより幅広く一般的（定性的）な議論を行う際にも参照できるように、国際経済・交通分野全般にわたって多数の設問（表3.1に示すように、国際経済分野において全81問、国際交通分野において小問も含め全103問の合計184問）を用意した。なお、設問の大項目・中項目については表3.2を参照されたい。なお、本調査では、特に断りがない限り、「アジア地域」とは国連定義のアジア全域を指し、一方、「東アジア地域」とは北東・東南・中央・南アジア地域（ロシアのシベリア地方・カザフスタン・トルクメニスタン・アフガニスタン・パキスタン以東）を指すものとした。

表 3.1 アンケート調査概要

1. 実施時期	第1回：2008年2月，第2回：2008年3月
2. 設問数	・国際経済分野（政治・経済全般，貿易・経済連携政策等）81問 ・国際交通分野（荷主，港湾・海運，空港・航空，陸上輸送，共通政策）103問 合計184問
3. 回答方法	電子メールで依頼しエクセルファイル上で回答（一部郵送調査も実施）
4. 調査時配布資料	・調査依頼状および前提条件（付録Aに掲載） ・設問文兼回答用紙（サンプルを図3.1に掲載） ・参考資料（紙幅の都合上省略）
5. 設問形式（図3.1および付録Aの依頼文も参照）	・最も標準的な設問においては，短期（2010年頃）・中期（2015年頃）・長期（2020年頃）・超長期（2020年以降，概ね30-40年後）の4つの時期ごとに，「大いに進展（または，設問により，加速・拡大・増加・上昇・正方向へ影響）する」から「大いに後退（または，減速・縮小・減少・下落・負方向へ影響）する」までの5段階で回答 ・アンケートの中項目ごとに，専門度（大・中・小・なしの4段階）を自己申告により回答
6. 回答者数	93名 （うち大学：20名，官公庁：37名，公的機関：11名，民間：25名）

表 3.2 アンケート調査における質問項目

<p>A 国際経済に関するシナリオ</p> <p>A-1 政治経済全般</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アジア地域の政治・経済・外交 ・経済成長 ・地域開発 <p>A-2 貿易・経済連携政策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・貿易進展および円滑化 ・FTA・EPA <p>A-3 その他の経済政策・動向</p> <ul style="list-style-type: none"> ・政府支出・資本形成 ・財政・金融・為替 ・教育・労働 ・環境 ・産業動向 	<p>B 国際交通に関するシナリオ</p> <p>B-1 荷主関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SCM・DCMの高度化、生産拠点立地動向、その他の物流動向など <p>B-2 港湾・海運関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東アジアを中心とした海上輸送需要の動向 ・船会社の戦略 ・国際RORO船・国際フェリー輸送の進展 ・超大型コンテナ船の建造・就航等 ・コンテナターミナル整備・拡張やメガオペレーターの動向 ・旅客需要（客船クルーズ） ・海上輸送の安全性・セキュリティ ・日本・アジアの港湾・海運政策 <p>B-3 航空関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東アジア地域における航空市場の動向 ・東アジア地域における航空政策 ・航空輸送におけるセキュリティ ・日本における空港・航空関連の動向 <p>B-4 内陸輸送・インターモーダル輸送関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ・クロスボーダー輸送の進展 ・内陸交通インフラへの投資 <p>B-5 その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東アジア地域における運輸政策の連携・共通政策の可能性
---	---

設問の形式としては，最も標準的な設問においては，短期（2010年頃）・中期（2015年頃）・長期（2020年頃）・超長期（2020年以降，概ね30-40年後）の4つの時期ごとに，「大いに進展（または，設問により，加速・拡大・増加・上昇・正方向へ影響）する」から「大いに後退（または，減速・縮小・減少・下落・負方向へ影響）する」までの5段階から，設問文の内容がどの段階に相当するかの予想を，選択して回答するものである。また，いくつかの設問においては順位（スペースの都合上，4位

まで記入するものとした)を尋ねる形式となっており、これらの設問では、2020年時点を想定して回答するものとした。その他にも、一部の設問では、時期ごとに便数や船舶サイズ等を尋ねる形式となっている。また、アンケート調査の中項目(表3.2において箇条書きで示された各項目に相当)ごとに、当該項目に関する専門度について、自己申告により4段階(大・中・小・なし;「専門度なし」の回答は無回答と同一とみなした)で回答するものとした。

以上で述べたように設計されたアンケート調査について、国際交通や国際経済を専門とする200~300名程度の研究者・実務者に広く協力を呼びかけた結果、最終的に93名から回答を得ることができた。回答者属性の内訳については、表3.1を参照されたい。なお、電子メール等を通じて多数の専門家に調査依頼を行ったため、回答率は算出していない。

3.2 アンケート調査の集計結果

以上の方法に基づき実施したアンケート調査の最終結果(2回目調査の集計結果)を図3.1に示す。なお、設問の数が多いため、ここでは主要な設問に対する結果を記載することとどめている。全設問の回答結果や、詳細な分析については、柴崎・石倉²⁾を参照されたい。

ここで、結果の集計においては、アンケート調査の中項目ごとに尋ねた専門度に基づいた、重み付き集計を行った。すなわち、専門度「大」として回答された結果を3倍、「中」を2倍、「小」を1倍、「なし」は0倍(=集計対象とせず)として集計した。また、順位を尋ねる問題においては、1位を4点、2位を3点、3位を2点、4位を1点として上記専門度も加味して点数を集計した。結果として、ほとんどの設問においては、1回目と2回目の結果に大きな差異は見られなかった。また、図3.1のグラフにおいてピークが2つに分かれるなどといった設問はあまり多くなく、全体的に回答者間のばらつきはあまり大きくなかった。

3.3 アンケート調査結果に基づく将来シナリオ

前節の結果に基づき、国際経済・交通全般において最も蓋然性の高い将来シナリオを設定した。また、設定したシナリオについて、各項目・分野間で整合性が図られているかについても検討を行った。その結果を以下に示す。

3.3.1 国際経済シナリオ

(1) アジア地域の政治・外交

アジア地域全体の政治・外交的な状況は関係各国の忍耐強い対話によって、例えば北朝鮮の核放棄のための6カ国協議に見られるように、短・中期的には急激な改善変化は見られないが、長・超長期的には少なからず地域安定化への改善がみられるというのが基本シナリオである。個別地域ごとに見ると、ASEAN¹⁾は引き続き改善が進行し、北東および南アジアは超長期的にわずかながら改善する。

日本を取り巻く個別懸案の北方領土、朝鮮半島、中台、ミャンマー問題に関しては、ミャンマー問題を除いて、短・中・長期での解決には否定的であるが、超長期的に朝鮮半島が統一に向かう可能性が幾分ある。また、ミャンマーの民政移行と開放経済への移行は短期的には難しいが、中・長期的には可能

¹⁾ ASEAN(Association of South East Asian Nations)東南アジア諸国連合：インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ブルネイ、ベトナム、ラオス、ミャンマー、カンボジアの10カ国で構成され、総人口5億6千700万人(2006年推計)。

性がある。北方領土問題は超長期的にみても日本への返還や何らかの政治的決着の可能性は低く、さらに中台統一の可能性は超長期にみても可能性は低い、1国2制度成立の可能性は否定できない。よって、EUのように政治・経済的な地域統合がアジア地域全体において実現する可能性は超長期的にみても大きくはなく、将来30-40年のスパンでみても可能性はほとんどない。しかし、局地的部分的な経済地域統合が通貨統合も含めて実現する可能性を否定できない。

2020年ごろの時点で、北東アジア、ASEAN、中央アジア、南アジア地域のそれぞれに対して、総体的に政治経済外交に影響を与える国は、北東アジアとASEANに対しては中国、アメリカ、日本の順である。一方、中央アジアへはロシア、中国、アメリカの順に影響がある。南アジアに対してはインド、アメリカ、中国の順である。日本は上述のように北東アジア、ASEANに対して、3番目に影響を与える国で、中央アジアと南アジアに対してはいずれも6番目以降で、影響力は小さい。このように、日本の対外的な影響力は、中国、ロシア、インドなどに比べて相対的に下がっていく。

以上を基本シナリオとしてまとめると、アジア全体として政治的な安定度は少しずつ増し、地域の政治的安定を脅かす個別懸案事項も時間とともに解決方向へ向かう。しかし、EUのような共同体への実現可能性は数十年後であっても少ない。

基本シナリオのリスクとしては、中国における所得格差、少数民族、民主化という大きな政治的課題解決に伴うリスクがある。この“中国リスク”はアジア地域全体の政治外交の安定、引いては経済成長に決定的な影響を与えるものである。

(2) 経済成長

東西冷戦崩壊後における東側の開放型市場経済の導入を契機として、世界経済は貿易の活性化を伴う成長であった。これからも世界各国が原則としてグローバル経済を志向し、グローバル経済に伴って生じる負の側面に対して適切な対処ができれば、今後の世界経済は順調に推移する。世界経済の成長は、環境と資源制約が厳しくなる中でも、短期から超長期に至るまでBRICs²によって引き続き牽引され、これに続いてASEAN、NEXT11³が牽引役となる。中国と日本を除く東アジア諸国の実質経済成長率は短・中期では現状（4%から6%）よりも増加傾向であるが、長・超長期的には幾分減速する。一方、中国の成長率は短・中期は10%前後で持続するが、長・超長期的には幾分減速する。日本の経済成長はおおむね現状維持（1%から2%）が続き、長・超長期には構造改革と技術革新によりわずかに上昇する可能性がある。

まとめると、日本は現状維持傾向が続くが、中国及びASEANはしばらく堅調に推移し、超長期的には環境・資源・実質賃金上昇制約などにより減速が始まる。こうした傾向は、開発途上国において、資本蓄積と生産性上昇に伴って高まった所得の上昇が、中長期的には鈍化していく収斂仮説とも符合している。なお、東アジアの途上国（特に中国）では、少子高齢化が中長期的に進行する。基本シナリオは、こうした成長への負の要因にもかかわらず、経済成長を支える技術進歩（構造改革と技術革新）が持続することを前提としている。日本の経済成長率が、他の東アジア諸国よりも低いことが、日本の対外的な影響力の相対的な低下の一因となっている。

上述した基本シナリオとしての楽観的な経済成長予測は、あくまでもアジアの政治的外交的安定性が

² ブラジル(Brazil)、ロシア(Russia)、インド(India)、中国(China)の4カ国。

³ NEXT11：韓国、バングラデッシュ、エジプト、インドネシア、イラン、ナイジェリア、パキスタン、フィリピン、トルコ、ベトナム、メキシコ。

持続することを前提としていることに留意されたい。グローバル経済によるアジア域内先進国における労働のダンピングに伴う反グローバル運動の展開、後発途上国における極端な所得格差拡大、途上国特有の民主化の失敗などに伴う統治崩壊のリスクは決して低くない。とりわけ中国とインド国内における政治的課題の克服がスムーズに行われるか否かはアジア全体の経済成長に大きな影響を与えることに留意すべきである。

(3) 地域開発

アジア域内での主な地域開発の動向に関しては、GMS⁴は各種連携プログラムの進展により持続的に成長を加速させる可能性が高い、中央アジアでは経済政治統合化が長・超長期的に実現する。一方、図們江地域開発の実現は早期には期待できず、超長期的には多少進展が期待される。

中国国内の西部大開発による東西地域格差は短・中期的には縮小される傾向にあるが、長・超長期的には、地域所得格差の縮小と拡大の意見が5分5分で、この地域所得格差と人々の間での所得格差の急激な拡大は民族問題と結びつき、情報化と民主化の進展に伴って、中国の大きな政治的リスクとなってくる。このリスクはGMS、中央アジア、図們江などの近隣の地域開発に大きな影響をもたらすことに留意されたい。

(4) 貿易の進展および円滑化

世界全体として、開放経済・市場化開発戦略の共有化は引き続き継続する。これを支援する貿易の効率化、すなわちシームレス化は、輸出入手続きの簡素化、非関税障壁の低減、関税同盟の締結、WTO体制の推進・普及、そして国際輸送コストの削減などを通して引き続き進展し、超長期的にも持続する。しかしながら、グローバル化に伴う負の側面である国内外の所得格差是正に十分留意し、テロなどの社会不安を制御し、安定した統治が持続的成長にとって不可欠の前提である。加えて環境資源制約の観点から超長期的には成長が減速するリスクもある。これらのリスクが適切に制御できれば、今後も貿易額の伸び率が経済成長率を上回る傾向が世界全体および東アジア地域において中長期的にも継続する可能性が高い。したがってリスク制御に与る政治の役割が国内外ともに極めて重要となる。

(5) 経済連携

世界全体および東アジア地域において関税率は穏やかに低下するが完全撤廃には至らない。東アジア諸国と欧米間の関税率も穏やかに低下する。一方、米国と欧州間の関税率は相対的にみて既に低い(約4%)こともあり、さらなる関税率の引き下げまでに若干の時間を要するが、超長期的にはさらに進展する。

日本のFTA/EPA⁵に関しては、日韓間および日中間の関税率は短期的には現状維持、中長期的には多少の低下、超長期的にはかなり進展するが、日中間のそれは超長期的には日韓と比べてより限定的である。日本のFTA/EPAの相手国として最も重要な国は中国、ASEAN、韓国、インド、豪州の順序である。日本のFTA/EPA等の締結による貿易円滑化を一層推進するための課題は、農業分野の市場開放、輸出入手続きの簡素化、国際輸送コストの削減である。

⁴ Greater Mekong Subregion (大メコン圏) : メコン川下流国(タイ、ミャンマー、ラオス、カンボジア、ベトナム)に中国の雲南省と広西チワン族自治区を加えた地域で、地域開発協力を進めている。

⁵ FTA: Free Trade Agreement (自由貿易協定), EPA: Economic Partnership Agreement (経済連携協定)。

他国間（中国と ASEAN、米国と韓国）の FTA 締結について、当然のことながら当事国間の貿易は進展するが、我が国との貿易に与える影響についてはいずれも限定的である。

(6) 政府支出・資本形成

日本の GDP に占める政府支出の割合は短・中期的には現状維持であるが、長・超長期的には減少傾向となる。一方、中国においては今後とも持続的に増加する。

日本における総固定資本形成は現在 GDP 比で約 24% で、今後も減少傾向が続く。中国のそれは GDP 比で約 43% と高く、短・中期的には増加傾向であるが、長・超長期的には増加に歯止めがかかる。中期的な資本蓄積と、それに基づく高度成長の過程は、長期的には減少するということである。その他の東アジア途上国諸国の総固定資本形成の GDP 比率も、短・中期的には増加傾向、長・超長期的にはその比率を維持する。世界全体でも東アジアほどではないが資本形成は旺盛である。

東アジア途上国への ODA 総額は次第に減少する。外国資本の実質ベースの流入は日本と中国を含め東アジア全域で増加傾向が継続する。東アジア諸国（特に中国）の貿易収支黒字の縮小に伴う資本収支の改善が背景となっているほか、これらの諸国の対外投資の活発化も背後にあるのであろう。

日本における交通インフラ投資は次第に減少するが、東アジア途上国全般における交通インフラ投資は引き続き増加傾向が継続する。その追加的財源は民間資金に依存する傾向が続く。東アジア諸国の交通インフラ投資推進の財源調達として重要度の高い方法は PPP/PFI⁶、交通企業による投資、公債等による政府投資、ODA 等の順である。

(7) 財政・金融・為替

日本の財政赤字額は引き続き拡大するが超長期的には現状を下回る。東アジア諸国の中で、金融危機に陥る可能性の高い国としては中国、フィリピン、インドネシア、北朝鮮が挙げられる。米国ドル安傾向は他の主要通貨に対して当面続き、長期的に見ても現状よりドル安に推移する、とりわけ人民元の切り上げが行われる可能性が高い。東アジアで通貨統合が実現する可能性は 10-20 年スパンでは皆無であるが、超長期的には地域の一部で実現の可能性はある。

(8) 教育・労働

東アジア諸国全体で高等教育到達率は引き続き上昇を続け、労働の質は向上し、国際労働移動も活性化するが、超長期的にみて大幅に流動化するとはいえない。中国の実質賃金は今後も引き続き上昇傾向が続き、戸籍管理制度は 10-20 年後には廃止される。日本で移民受け入れが進むのは 5-10 年後で超長期的には大幅な受け入れの可能性はある。中央教育審議会で提言された留学生の大幅増加政策（現在の 14 万人から 2025 年には 100 万人へ）はこの労働移入の前触れとも捉えられる。

(9) 環境

地球温暖化対策への合意形成の努力が引き続き図られるが、東アジア全体で短期的に具体的成果は期待できない。中期的には日本が環境税を導入し、その後東アジア諸国が 10 年後くらいから段階的に導入される。一方、CO₂ の排出権取引が部分的に進展し、10-15 年後には全面的に導入され、超長期的には大きな対策効果が期待される。

(10) 産業の動向

鉄鋼の生産量と価格はともにここ数年に急激に上昇するが、その後は沈静化し、現状水準に回帰する。農産物は生産量・価格ともに上昇する。自動車・IT・電機製品の生産と消費は現状より高い水準で推移する。

原油供給量は中・長期的には増加するが、超長期的には現状よりも減少する可能性が高い。一方、原油価格は短期的に上昇し、超長期的には現状（\$100 ドル）レベルを維持するか、若干下がる可能性もある。超長期的に代替エネルギーの価格が相対的に低下し、そのシェアが従来型エネルギーと同程度に増加する。

3.3.2 国際交通シナリオ

(1) 荷主関連

FTA/EPA の進展に後押しされ、アジア域内で生産拠点、物流拠点の再編が進んでいる。それら拠点の立地に際しては、市場としての魅力、関税率、労働者人件費、労働の質などのほか、各種インフラ整備状況、物流サービスの入手可能性、政治的安定などの要素が総合的に判断されている。

2001 年末の中国の WTO 加盟以降、中国への投資は増えているが、この傾向は短期的には（2010 年まで）続くと思われる。近年では ASEAN（特にタイ、マレーシア、ベトナム）も改めて投資先として見直されるようになってきている。さらにインドも市場として着目されており、中長期的には（2020 年まで）、相対的に ASEAN、インドへの投資が増加すると思われる。

また、これらの国々は投資を呼び込む手段として、税制上の優遇措置を講じる特区、特に物流園区や輸出加工区などのロジスティクスに関連した特区を導入しているが、それらは当面は増加していくものと思われる。長期的には地場企業も力をつけ外資優遇の必然性が薄れること、超長期的には域内での産業競争政策の調和化などから、特区の果たす役割は小さくなっていくと思われる。

アジアに展開する多国籍企業は、立地した国の地場企業だけでなく近隣諸国の企業からも原材料、部品などを調達し、当該国内および域内に製品を出荷している。企業は最終消費需要にあわせ域内に広がったサプライチェーン全体を最適管理していく必要がある。例えば自動車産業では国際部品調達にあたり、生産に必要な部品だけをミルク・ラン集荷⁷しコンテナに混載し、迅速に組立工場に輸送することが求められている。荷主ニーズに応える高度な物流サービスは、これまで欧米系、日系の物流事業者が提供してきているが、中国、ASEAN の現地資本の物流事業者も 3PL⁸事業者として、同種のサービスを提供しようと試み始めている。中長期的には現地資本物流事業者の提供する物流サービスの質も高まっていくと思われる。

(2) 港湾・海運関連

a) 東アジアを中心とした海上貨物・旅客輸送需要の動向

世界の国際海上コンテナ貨物需要は、今後も少なくとも現状並みのペース（年率約 10%）で拡大を続けると予想される。短・中期的には、増加のペースがさらに一時的に強まることも考えられる。東アジア

⁶ PPP: Public Private Partnership, PFI: Private Financing Initiatives.

⁷ 製造業者自身、あるいは委託された輸送業者が決められたルートに従って発荷主を回って集荷を行う。

⁸ 3PL: Third Party Logistics とは、企業の物流業務を包括して受託し遂行すること、またその物流事業者をさす。

ア地域を発地または着地とし、欧米を中心とする世界の他地域を発地または着地とする国際海上コンテナについても、全世界流動の約 2/3 を占めることもあり、同様の傾向となるだろう。一方、東アジア域内を発着する国際海上コンテナについては、短期的にも長期的にも、現状の増加ペースが続く可能性が高い。また、コンテナ化は、生鮮食料、スクラップ、木製品、穀物などを中心に今後も進展すると予想されるが、超長期的には若干のゆり戻しがある可能性も考えられる。

20ft, 40ft, 40ft 背高コンテナに続き、2005 年に ISO 規格化された 45ft コンテナは、現在は全体の 2% 程度を占めるに過ぎないが、ISO 規格化を契機として今後順調に増加するものと考えられる。一方で、日本においては、さまざまな制約により、一般道路上の通行は、将来的に部分的には可能となるかもしれないが、全面的に通行可能となるのは将来的にも難しいだろう。

また、客船クルーズ需要についてみると、東アジア地域においては将来にわたり逡増傾向と予想される。

b) 船会社の戦略・超大型船の就航・セキュリティ問題

近年、外航コンテナ船社は、大手同士でアライアンスを組んでスケールメリットを追求するスタイルと、合併等を通じて単独の巨大船社となるスタイルが並存している。ここ数年は、Maersk・MSC・CMA-CGM のように単独の巨大船社方式の方が勢いがあつたが、Maersk が P&O-Nedlloyd 合併のメリットを生かせず赤字になるなど、最近では勢いが冴りつつある。このような状況から、ここ暫く（10 年程度）はアライアンス方式が主流となる可能性も高いものの、長期的にはどちらが有力とも予想しがたい状況にある。一方、東アジア域内のローカル航路でも、最近では大手も進出するなど、系列化・アライアンス化が進むと予想される。

また、燃料費高騰等による輸送費の上昇圧力への対処（コスト削減）や、規模拡大やディスカウント等の船社間の過当競争への対処（競争力の向上）が、今後の船会社の主要な課題となり、EU 等では外航海運に対する競争法適用除外規定の除外見直しの動きが進んではいないものの、船社間協定の役割は今後ますます増加するものと考えられる。さらに、近年大きな課題となっている空コンテナについても、ディスカウント等によって帰り荷を確保するという当面の対策に加え、船社間の融通をさらに進め、インランドデポや空コンテナデポ等を整備し、有効に活用する施策が導入されるであろう。

コンテナ船大型化の波は現在も継続しており、2006 年 9 月にはじめて 10,000TEU を超える船が竣工し、2007 年 10 月には、韓国造船大手のサムスン重工が、コンテナ積載個数 1 万 6,000TEU の世界最大のコンテナ船を開発したと発表している。今後も、10,000 TEU を超える大型コンテナ船の就航隻数は増加すると考えられるが、長・超長期的にみると、インドやブラジルが次の時代の生産拠点となり北米・欧州への輸送距離が減少する等に起因し、就航隻数が若干減少する可能性もある。

今後のコンテナ船の想定される最大積載量は、短期的には 16,000TEU、5 年後くらいには 18,000-20,000 TEU 程度、その後は頭打ち傾向が予想される。超長期的には 30,000TEU 程度の船が出現する可能性もあるが、港湾での荷役等において船が大きすぎることによる規模の不経済が発生する可能性もあること等から、今回の調査では慎重な予想が多数を占めている。なお、2014 年に予定されるパナマ運河の拡張により、超大型船の通行も可能となることから、東アジア・北米東岸航路の（北米西岸航路に対する）シェアは、2020 年頃にはある程度拡大すると考えられるだけでなく、各外航コンテナ船社の路線計画にも大きな影響を与えるものと考えられる。また、これにより、超大型船が、アジア-欧州航路だけでなくアジア-北米航路にも同程度に就航すると予想される。東アジア地域における寄港地数は、1 ループ

あたり 3-5 港、将来的にはやや減少する可能性もある。寄港地としては、上海・シンガポール・香港が有力、ついで釜山・深センなどが考えられる。

海上輸送におけるセキュリティの観点からすると、主要なトピックのひとつは海賊対策であり、もうひとつはテロ対策である。東アジア地域における海賊事件は、今後も、マラッカ海峡・フィリピン近海などを中心に発生し、保安対策費用も物流コストの一定割合を占め続けるものと考えられるが、その発生頻度は、将来にわたりあまり変化しないと考えられる。一方、米国コンテナセキュリティー対策の強化（貨物の全量検査義務化等）により、港湾でのリードタイムは短期的には2、3日程度増加するものと考えられるが、長期的には、技術進歩等によりリードタイムは減少し、最終的には現状程度に戻ると考えられる。

c) 国際 RORO 船・国際フェリー輸送の進展

最近、わが国の周辺でも、博多・上海間の上海スーパーエクスプレスや、日本海を横断する国際フェリー航路新設の動きなど、コンテナ輸送や航空輸送を補完する機能として国際 RORO 船や国際フェリーを利用した物流が注目されている。今後、東アジア地域における国際 RORO 船・フェリー航路は、電気・機械、生鮮食品、雑貨などの品目を中心に、将来にわたって順調に路線数も増加していくものと予想される。特に、航路開設・拡充が予想されるのは、九州－韓国・中国や、北陸－シベリアなどである。また、九州－韓国や韓国－中国航路などの短距離路線では、積替えの必要性がないというメリットが、九州－中国や九州－台湾航路などの中距離路線では、コストや輸送時間がコンテナ輸送と航空輸送の中間に位置するという補完的な要素が、シベリア－北陸航路では、ホットデリバリーサービスの拡充や日系企業の進出などに伴うメリットが挙げられる。利用拡大のための課題としては、2 国間のシャーシ相互乗り入れなどのシームレス化、より安定的な貨物需要の確保に向けた大口顧客等の確保、国際航路開設に関わる各種手続きの規制緩和などが重要と考えられる。

d) コンテナターミナル整備・拡張やメガオペレータの動向、わが国や東アジア諸国の港湾・海運政策

東アジア地域における近年のコンテナ流動量・取扱量の著しい伸びにも後押しされ、各国で大規模な港湾開発が計画されている。その中では、やはり最近最も成長している中国諸港湾（特に上海港、ついで深セン港）で、当初計画を上回るペースで整備が進むことも考えられ、メガオペレータの進出や、現在ではほとんど見られないトランシップ貨物の取扱いも、上記港湾や渤海湾沿岸港湾等を中心に今後は増加するものと考えられる。一方で、中国周辺の既存の大港湾・ハブ港湾（を旨とした港湾）の将来は押しなべて厳しい。この観点からすると、内需も依然として大きいわが国の港湾よりも、韓国の釜山（新）港・光陽港、台湾の高雄港、香港港などの立場はより危うい。一方で、シンガポール港は、若干地理的に離れていることもあり、今後も順調に成長を続けるものと考えられる。また、今はまだ目立たないものの、長期的に見て成長力のある港湾としては、ホーチミン・ハイフォンを代表とするベトナム諸港、およびインドがあげられる。これらの港湾や、極東ロシアの港湾においては、今後、ターミナルオペレータの進出も進むものと考えられる。

わが国では、数年前から、港湾の国際競争力強化を目的とし、「選択と集中」的な施策として、スーパー中枢港湾施策が実施されている。ここでは、2010 年頃までに、港湾コストの3割削減や通関時間をシンガポール並みの1日程度にすることが目標とされているが、両者とも、2015-20 年頃には達成されると予想されるものの、2010 年の目標年次における達成は厳しいと考えられる。また、日本の港湾の国

際競争力の維持・強化のために今後必要な施策としては、24 時間ゲートオープン・背後輸送機関と港の連携強化・港湾間の連携促進・大規模ターミナルの整備等、現在のスーパー中枢港湾施策のメニューにあげられている事項のさらなる追求はもちろんであるが、それにも増して、港運関連の規制緩和が重要と考えられる。また、東アジア地域におけるカボタージュ規制の緩和についても、長・超長期的にみれば、部分的に進展する可能性もある。

(3) 航空・空港関連

a) 東アジアの航空市場

北米や欧州を始めとして、世界各地で航空自由化が進展している。東アジア域内では、ASEAN 域内（東南アジア）において 2008 年までに域内の首都間路線の制限が撤廃され、2015 年には域内航空の完全自由化および外資規制の撤廃が予定されている。これは同年に実現を目指している ASEAN 経済共同体の発足に合わせた動きである。一方、北東アジアにおいて短期的に航空自由化は十分に進展しないだろう。ただし、中長期的には段階的な自由化として輸送力の規制緩和⁹が進むと期待される。

こうした状況下で、東アジア地域の国際旅客需要は短中長期的に緩やかに伸び続ける一方、国際貨物需要は短期的に大きく増加し、以後も、電子通信機器を中心に高い増加率を維持し続けると考えられる。ローコストキャリア（LCC）やリージョナルキャリアによる国際線運航は短期的にも長期的にも増加し、それに合わせ座席数が 100～200 席の中型機材（B737, A320 クラス）の利用が増加する。リージョナルジェットのような座席数 100 席未満の小型機材（CRJ, Embraer クラス）の利用も継続的に増加するだろう。総 2 階建ての超大型機 A380 の登場で、大型機材の利用も長期的に緩やかに増加すると予想されるが、超長期には徐々に大型化の傾向が弱まっていくと考えられる。航空アライアンスに加入する航空会社は長期的に増加し、アライアンス間の吸収合併も中長期的に進行すると予想される。

b) 東アジアの空港

上海の浦東空港とソウルの仁川空港では、航空機材の性能向上による北米直行便の増加、空港容量の拡大、航空会社と空港の戦略的な協力関係などを背景に、旅客輸送と貨物輸送のどちらにおいても短中期的にハブ空港化が進展する。同様の理由で、香港空港、北京空港、広州白雲空港もハブ空港として成長するかもしれない。沖縄の那覇空港は貨物輸送のハブ空港として期待されている。

空港整備の面では、浦東空港や仁川空港、さらに近年需要が伸び続けている北京空港やバンコクのスワンナプーム空港でも新しい滑走路、空港ターミナルが整備されるだろう。需要急増中の中国やインドでは、新空港の建設も進むと予想される。

2001 年の米国での同時多発テロ以降、航空分野のセキュリティ対策は年々強化されている。セキュリティ対策の一層の強化により空港ターミナルでの諸手続に時間を要し、混雑が増すこともあり得る。長期的にはセキュリティ対策費が航空運賃に転嫁されるかもしれない。

c) 日本の航空・空港

人口減少の始まった日本では、国内航空需要および国際線出国（アウトバウンド）需要について、2015 年頃までは緩やかに増加するが、それ以降は需要の停滞、あるいは減少が始まると予想される。少

⁹国際線の輸送力（機材と便数）は二国間協定によって定められるが、規制緩和により航空会社が自由に決定できるようになる。

子高齢化により、短中期的には若年層の旅客需要が減少し、高齢層による需要は増加する。国際線インバウンド需要については、ビザ無し渡航の認可や観光誘致政策により徐々に増加することが期待される。特に中国や韓国などアジアの近隣諸国からの需要が増加し、LCC やリージョナルキャリアも参入するだろう。

首都圏の航空需要増に対応するため、航空管制・空域の効率化によって空港容量は増加する。超長期では首都圏第3空港の整備も考えられる。羽田空港の4本目滑走路の完成後には、近隣諸国を中心とした世界の大都市との国際線定期便が就航するだろう。日本全体では、空港整備特別会計の制度改革や、空港管理主体の法人化や民営化が進むと思われる。長期的には空港管理主体の再編が生じる可能性もある。

(4) 内陸輸送・インターモーダル輸送関連

a) クロスボーダー輸送の進展

アジア地域でクロスボーダー輸送の最も進展しているのが東南アジア（ASEAN+中国雲南省と広西省）地域で、今後も引き続き進展が期待されている。さらに北東アジアと中央アジアの越境抵抗が長期的には減少し、さらに南アジア地域が続くと期待されている。

越境抵抗縮減に貢献する施策を重要な順に挙げると、越境手続きの簡素化、交通ハード・インフラ整備や出入国管理施設整備、貨物積み替え施設改善や相互乗り入れ制度の促進、通関手続き簡素化と職員の訓練、需要喚起とインターモーダル推進施策導入である。

アジア諸国の経済成長加速化において、アジア途上国の比較優位性を世界の市場と連結した港湾機能の働きが特筆されるべきである。港湾は流通拠点に留まらず、生産と消費の巨大拠点を形成してきた。主なアジア諸国は1980年代から開放市場型開発戦略を共有し、巨大都市とその周囲に形成された産業拠点同士は、次第に国境を越えて経済回廊を経て連結するようになってきている。特にASEAN諸国は世界市場に対して地域内連携を強化することによって国際競争力をつけることを共通の目的としている。この地域の共通の目的達成のためには越境抵抗の削減が不可欠であり、越境抵抗削減は沿岸部と内陸部の間での地域所得格差是正の観点からも望ましい動きである。

b) 大陸横断インフラ整備

ユーラシア横断鉄道で最も需要が大きいと期待されるルートはシベリア・ランドブリッジで、これにチャイナ・ランドブリッジが続き、さらにモンゴル・天津ルートとなる。その他のルートの需要は小さい。また、話題の多い個別ルートである韓国・北朝鮮間の朝鮮半島縦断鉄道とシンガポール・昆明間の鉄道運用開始は共に短・中期的には望めず、超長期的には展望がある。

大メコン圏（GMS）のいくつかの内陸交通回廊の中で、最も経済効果が大きい回廊は南北回廊、次が東西回廊、そして南部回廊の順である。超長期的には中国とインド経済圏を結ぶ内陸回廊結節点として、ミャンマーとタイの役割は大きくなるものと考えられる。

アジア・ハイウェイとアジア鉄道網の整備に関しては、共に整備が加速する傾向にあるが、鉄道に比べてハイウェイは整備優先度が高く、その整備速度も速い。中国、ASEAN、インドの各地域において、鉄道と内航水運のシェアの増大は短期的には期待できないが、長期的には増えていくと思われる。これは国境を越えた長距離輸送の需要拡大が期待されるとともに、エネルギー価格の上昇や環境問題への対応に関しては、道路に対し比較優位性があるからである。

c) 内陸拠点の整備

クロスボーダー輸送の進展や大陸横断インフラ整備の進展に合わせて不可欠な内陸拠点整備はすぐには進展しないが、中・長期的にはさまざまな施策（デポ施設整備、インターモーダル結節点整備、積み合わせや通関手続き代行によるリードタイム短縮、空コンテナ融通などによるコスト縮減など）の導入によって将来的には進展がかなり期待できる。

東アジア地域における巨大都市間を連結する国境を越えた経済回廊を中心に幾つかのモード（道路・鉄道・河川航路・空路）を跨ぐドアトゥドアの一貫輸送需要の増大が短期的にも長期的にも見込まれる。

(5) 共通交通政策

欧州における交通共通政策の下で推進されている TEN-T プロジェクトは、2015 年頃には半数程度のプロジェクトが実現するが、ほぼすべてのプロジェクトが実現するのは 2020 年以降になるものと予想される。

一方、アジアにおけるシームレスな交通環境（シームレスアジア）の実現は、アジア交通ネットワークを構成する道路・鉄道・河川航路・港湾・空港等のハード・インフラストラクチャー整備の遅れの他、交通インフラの円滑な運営のためのソフトウェア（ソフト・インフラストラクチャー）として重要な自動車・列車・船舶・航空機等の構造・安全・環境規格の相違、更には税関・入国管理・検疫等の越境上の行政手続、保険制度等のソフト面での国間の相違にも起因する様々な越境交通障害（クロスボーダー・バリア）が課題となっている。

これらの課題克服に向けて、欧州の共通交通政策に習い、東アジアの域内外との交通流動やインフラストック等のデータに関する仕様の共通化や共同データベース等の整備・公表に始まり、東アジアの大学・研究機関・実務グループの研究交流・協働の強化・発展や東アジアが共有すべき社会経済シナリオおよびフレームの設定等の東アジア地域における運輸政策の連携・共通政策の策定に向けた取り組みが今後ますます必要となるものと考えられる。

3.3.3 各シナリオの整合性とリスクに関する考察

(1) 国際経済シナリオ各項目の整合性とリスク

国際経済編のアンケート結果の多数意見から作成された各分野のシナリオの間で大きな齟齬はなく、全体的におおむね一貫性があるものとなっている。

アジアの経済成果を左右する主な要因は、政治外交の安定性、統治能力、開放市場経済運営政策の共有化、グローバル経済に伴う負の影響を調整する政治的能力、人口動態（労働力率）、教育投資、技術進歩吸収力、資本蓄積などで、これらの大まかな方向性とアンケート結果から得られた基本シナリオ（多数意見）はおおむね整合的であると言えよう。ただし、超長期における環境と資源制約にかかわるリスクの影響が多く分野で過小評価されているかもしれない。

基本シナリオを大きく覆すと考えられるリスクは、超大型自然災害リスク、例えば気象変動をもたらすような大規模火山噴火やメガ・シティ直下型地震などに加えて、反グローバル経済の大衆運動が域内先進諸国と途上国の双方から急激に台頭することで、各国の開放市場経済運営が頓挫停滞することである。すなわちグローバル経済による負の影響に対する政治的失敗の域内連鎖というリスクである。また、世界経済、とりわけアジア経済は中国经济と急速に深く連携を進めており、中国の政治リスクと、不均衡なマクロ経済運営によるバブル崩壊などの経済リスクはアジア経済全体に決定的な影響を与える見逃

せないリスクである。

(2) 国際交通シナリオ各項目の整合性とリスク

国際交通編のアンケート結果の多数意見から作成されたシナリオは、国際経済編と同様、荷主、海運・港湾、航空・空港、内陸輸送、インターモーダル輸送など各分野の動向とも大きな齟齬はなく、おおむね一貫性があるものとなっている。ただし、超長期的にはコンテナ化率がやや低下する、物流特区は長期的にも存続する、超長期的には大型船の数は減少する等、超長期的な傾向を中心に異なる意見が表明された設問も若干見られた。

また、具体的な将来予測において必要となる、「タイミング」については、ここまで見てきた基本シナリオからずれる可能性も存在するだろう。たとえば、航空機を使ったテロが発生して航空需要が大幅に落ち込み、回復するのにしばらくの時間を要すると2001年9月以前に予想した人はいなかっただろう。あるいは、1997年のアジア通貨危機でも、アジアの貿易は一時的にせよ混乱に陥った。このような不測の事態が起こると、国際交通の成長過程にも大きな影響を及ぼす。最近でいえば、原油価格のあまりに急激な上昇が、どの程度のスパンで国際交通流動に影響を及ぼすか（短期的なものか、長期的なトレンドに影響を与えるか）、まさに分岐点にあると言えるだろう。

(3) 国際経済シナリオと国際交通シナリオの間の整合性

全体的にみて、両シナリオの間には大きな齟齬は見られず、おおむね一貫性がある。ただし、各種の交通インフラ政策、なかでもクロスボーダー関係の政策は、当該地域の国際政治が安定化しなければ政策効果の発揮は期待できないだろう。また、貨物や旅客需要は、当然のことながら各国の経済成長やFTA等の国際経済政策、あるいは地域開発政策に左右されるものである。このような因果関係や実現時期の順序の問題については、必要に応じて各種のモデル等を用いながら慎重に検討されなければならない。

環境・資源問題の深刻化や、リスク・シナリオについても、国際経済と国際交通に同時に影響を与えるだろう。たとえば、Aのまとめで取り上げた超大型自然災害やテロなどは、当然のことながら国際交通流動にも大きな影響を及ぼす。また、気候変動については、災害発生頻度の増大や沿岸地域の浸水リスク増大等に対し、逆に北極圏の開発により、エネルギー供給の増加や北極航路利用による大幅な輸送コスト削減などが実現される可能性もある。

このように、本シナリオをもとにモデル構築や派生シナリオの検討を行う際は、一部の事象のみに着目するのではなく、本シナリオで取り上げたあらゆる項目について影響が波及していく、という点に十分留意して議論を進める必要がある。

3.4 まとめ

本章では、国際経済・交通分野において将来起こり得る状況を探るため、デルファイ法に基づき専門家へのアンケート調査を実施し、集計結果に基づき最も蓋然性の高いシナリオを設定した。また、調査項目相互の結果の整合性や、国際経済シナリオと国際交通シナリオの整合性についても検討した。結果として、回答者数の割には回答のばらつきが比較的小さかった設問が多かったこともあり、全体的にみれば、集計結果についても、それを受けて設定されたシナリオについても、常識的な範囲に落ち着いたといえるだろう。

今後は、調査実施目的のひとつである将来予測モデルへの活用に向けて、本調査結果をもとに定量的な将来シナリオについても構築する必要がある。そのうえで、モデル入力値としての利用や出力結果の妥当性検証における活用、さらにはモデル構築時において指針や方向性を決める際にモデル作成者が共有すべき基礎的認識事項として参照するなど、多様な用途で利用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 小峰隆夫・日本経済研究センター編：超長期予測・老いるアジア，日本経済新聞出版社，2007，243p.
- 2) 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.
- 3) 文部科学省科学技術政策研究所・（財）未来工学研究所編：文部科学省デルファイ調査・2035年の科学技術，未来工学研究所，2005，1158p.

国際経済・交通シナリオに関するアンケート調査最終結果 ～A. 国際経済に関するシナリオ～

A-1. 政治・経済全般

①アジア地域の政治・経済・外交

回答者数 81名

専門度 ◎大 ○中 △小
 7名 12名 62名

アジアにおける政治的安定(広域)

A1	アジア地域は、全体的に見てより安定化に向かうと考えられますか。	
A2	北東アジア(日本・中国・韓国・北朝鮮・ロシア)地域は、概ね安定化に向かうと考えられますか。	
A3	ASEAN(10国)地域は、概ねより安定化に向かうと考えられますか。	
A4	南アジア(インド・バングラデシュ・パキスタン・スリランカ・ネパール・ブータン)地域は、概ね安定化に向かうと考えられますか。	
A5	東アジア地域において、EUのような政治・経済的統合が実現すると思いますか。	

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その1)

②経済成長		回答者数	82名		
専門度		◎大	○中	△小	
		9名	12名	61名	
東アジア地域の実質経済成長					
A14	東アジア諸国の実質経済成長率は、中国を除いて近年4~6%で推移しています。今後、成長率は現状と比較してどのように推移すると考えられますか。				
A15	中国の実質経済成長率は、近年約10%で推移しています。今後、どのように推移すると考えられますか。				
日本の実質経済成長					
A16	日本の経済成長率は近年実質1~2%で推移しています。今後、どのように推移すると考えられますか。				

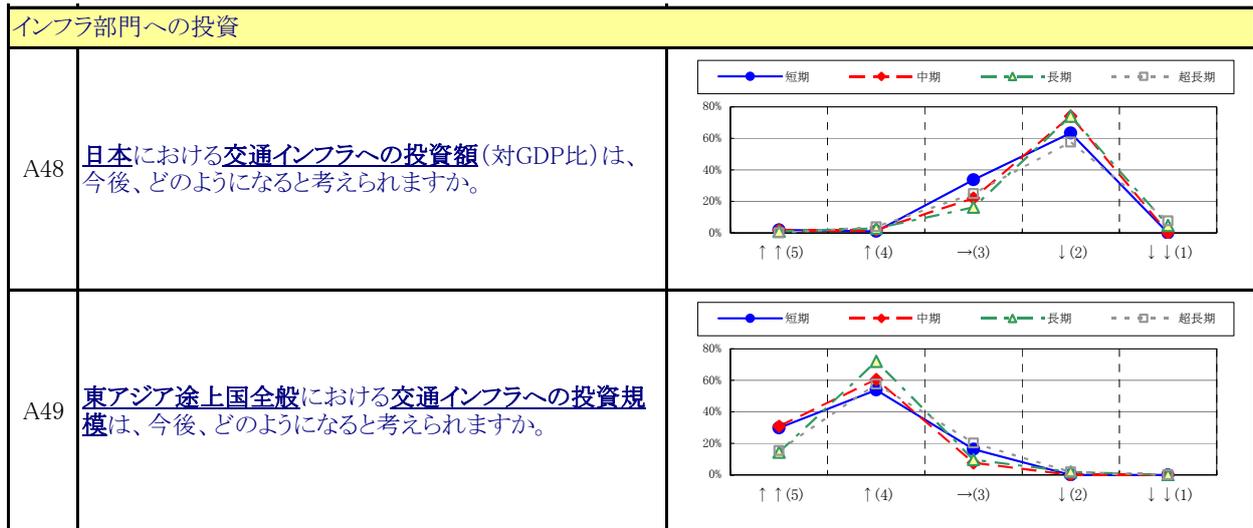
A-2. 貿易・経済連携政策

①貿易進展および円滑化		回答者数	79名		
専門度		◎大	○中	△小	
		10名	15名	54名	
世界とアジア地域の貿易					
A23	世界全体の貿易額の伸び率は経済成長率を上回っています。今後、この傾向はどのようにになると考えられますか。				
A24	東アジア地域における貿易額の伸び率は経済成長率を上回っています。今後、この傾向はどのようにになると考えられますか。				

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その2)

②FTA・EPA		回答者数	73名
専門度		◎大	○中
		8名	14名
		△小	51名
世界と東アジアのFTA			
A28	<p>今後、世界貿易機関(WTO)交渉の成功などにより、世界全体の関税率が減少すると考えられますか。 (関税率が「低下する」と予想される場合は「↓緩やかに減少する」を、「ほぼゼロ」と予想される場合は「↓↓大きく減少する」をご選択ください)</p>		
A29	<p>東アジア地域は全体として約9%の関税率ですが、今後、関税率が低下(減少)すると考えられますか。 (関税率が「低下する」と予想される場合は「↓緩やかに減少する」を、「ほぼゼロ」と予想される場合は「↓↓大きく減少する」をご選択ください)</p>		
A30	<p>東アジア諸国全般として、今後欧米とのFTAの締結が進むなどして、これらの地域との間の関税率が低下(減少)すると考えられますか。 (関税率が「低下する」と予想される場合は「↓緩やかに減少する」を、「ほぼゼロ」と予想される場合は「↓↓大きく減少する」をご選択ください)</p>		
A31	<p>米国とヨーロッパ(EU25か国)のMFN単純平均関税率は、それぞれ約4%(非農業品目では約3%)、約5%(非農業品目では約4%)です。今後、両地域のFTAが締結するなどして、これらの間の関税率が低下すると考えられますか。 (関税率が「低下する」と予想される場合は「↓緩やかに減少する」を、「ほぼゼロ」と予想される場合は「↓↓大きく減少する」をご選択ください)</p>		
日本のFTA・EPA			
A32	<p>日本と韓国のMFN単純平均関税率は、それぞれ約6%(非農業品目では約3%)、約12%(非農業品目では約7%)です。今後、日韓自由貿易協定の成立などにより、両国の関税率の低下は進展すると考えられますか。(発効時期ベース)でお答えください。また、関税率をほぼゼロと予想される場合に、「↓↓大きく減少する」をご選択ください。以下同様)</p>		
A33	<p>日本と中国のMFN単純平均関税率は、それぞれ約6%(非農業品目では約3%)、約10%(非農業品目では約9%)です。今後、日中自由貿易協定の成立などにより、両国の関税率の低下は進展する考えられますか。</p>		

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その3)



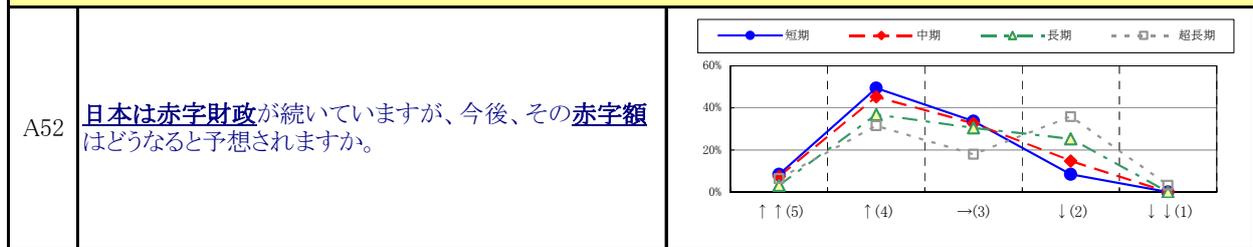
②財政・金融・為替

回答者数 73名

専門度 ◎大 ○中 △小

9名 4名 60名

財政・金融



A53 東アジア各国のうち、今後、金融危機に陥る可能性の国があるとすれば、どこと考えられますか。(ワースト4国を記入)

順位	回答	スコア
1位	中国	147
2位	フィリピン	138
3位	インドネシア	125
4位	北朝鮮	59
5位	韓国	45

為替

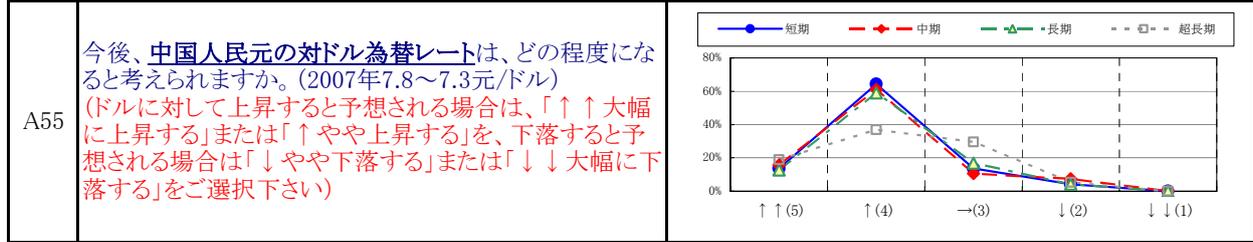
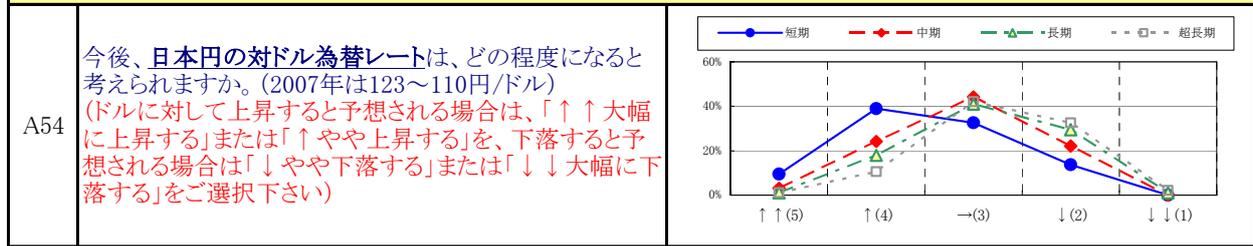
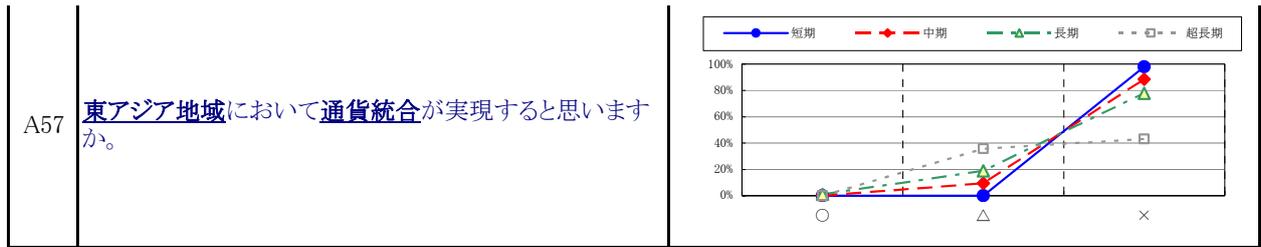
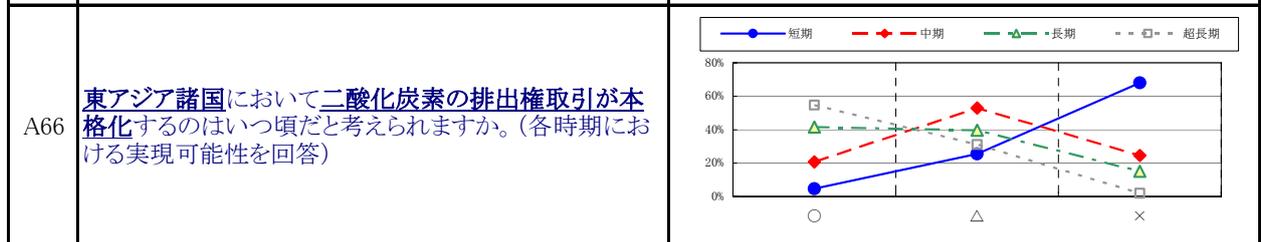
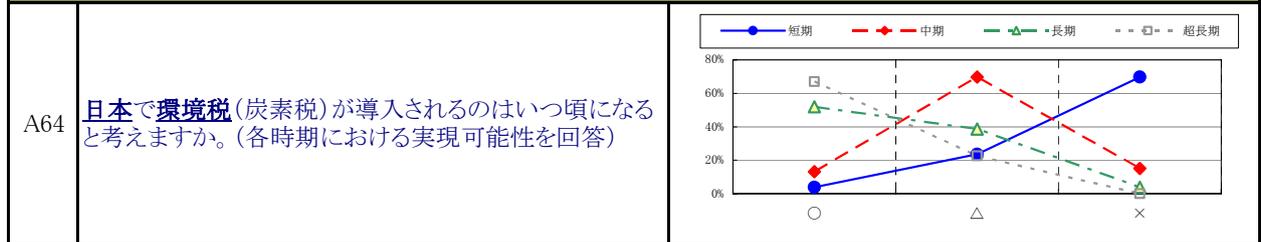


図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その4)



④環境	回答者数	83名
専門度	◎大	○中
	6名	11名
	△小	66名

環境税・排出権取引等



エネルギー(原油・代替エネルギー)

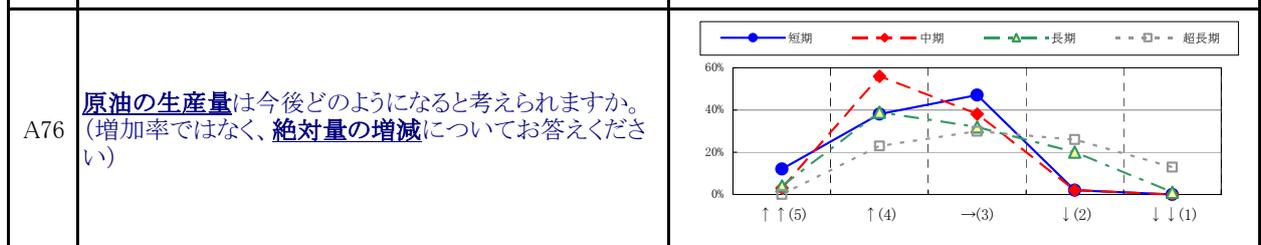
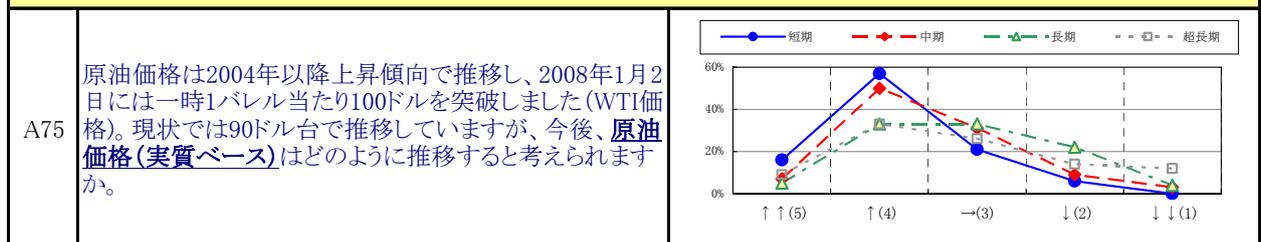


図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その5)

国際経済・交通シナリオに関するアンケート調査最終結果 ～B. 国際交通に関するシナリオ～

B-1. 荷主関連

①SCM・DCMの高度化、生産拠点立地動向、その他の物流動向など	回答者数	81名
専門度	◎大	○中
	△小	
	13名	24名
	44名	

SCM・DCMの高度化

B1	<p>今後、<u>中国やASEAN地域</u>の電子電気機器や自動車製造等の製造業種において、<u>欧米並みのサプライチェーンマネジメント(SCM)の高度化</u>(在庫管理、ジャストインタイム輸送、多頻度小ロットでの輸送の導入など)が進展すると考えられますか。</p>	
B2	<p>今後、<u>中国やASEAN地域</u>において、消費者の求める流通サービスのレベルが日本や米国並みに高くなり、<u>流通ディマンドチェーン・マネジメント(DCM)の高度化</u>が進展すると考えられますか。</p>	

生産拠点の立地

B3	<p>日本企業による<u>中国</u>での<u>生産拠点機能</u>の整備や機能強化は、今後どのようにになると考えられますか。</p>	
B4	<p>日本企業による<u>インド</u>での<u>生産拠点機能</u>の整備や機能強化は、今後どのようにになると考えられますか。</p>	
B5	<p>日本企業による<u>ASEAN地域</u>での<u>生産拠点機能</u>の整備や機能強化は、今後どのようにになると考えられますか。</p>	

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その6)

B-2. 港湾・海運関連

①東アジアを中心とした海上輸送需要の動向		回答者数	83名
専門度	◎大	○中	△小
	20名	24名	39名

コンテナ・バルク貨物の需要		
B11	<p>世界の国際海上コンテナ貨物需要は、2006年に約9,269万TEU(純流動ベース)となるなど、近年(過去5年間)では年平均11%程度の伸びを示しています。今後、この増加率は現状と比較してどのように推移すると考えられますか。</p>	
B12	<p>東アジア地域を発地または着地とし、欧米を中心とする世界の他地域を発地または着地とする国際海上コンテナ需要は、世界全体の流動量のおよそ2/3を占めており、近年(過去5年間)では年平均12%程度の伸びを示しています。世界の中で大きなシェアを占めていることもあり、世界平均の伸びを若干上回る程度ですが、今後、これらの貨物の増加率は世界平均の伸びと比較してどのように推移すると考えられますか。</p>	
B13	<p>東アジア地域内を発着する国際海上コンテナ需要は、世界全体の流動量のおよそ2割弱を占めており、近年(過去5年間)では年平均13%程度の伸びを示しています。数年前までは年平均15-20%の増加率でしたが、ここ数年は10%程度と世界平均並みとなっています。今後、これらの貨物の増加率は世界平均の伸びと比較してどのように推移すると考えられますか。</p>	

②船会社の戦略		回答者数	74名
専門度	◎大	○中	△小
	12名	22名	40名

船会社の今後の戦略、アライアンス・同盟		
B18	<p>アジアと欧米を結ぶ基幹航路において、コンテナ船社のアライアンスは、今後拡大する(=寡占化が進む)と思いますか。それともアライアンスは縮小し、船社合併などにより個別の少数船社が競争する時代が到来すると思いますか。</p>	
B19	<p>東アジア地域の域内航路においても、コンテナ船社の系列化が進展し、アライアンスや基幹航路を運航する主要船社のシェアが拡大すると思いますか。それとも、多数のローカル船社による競争が続くと思いますか。</p>	

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その7)

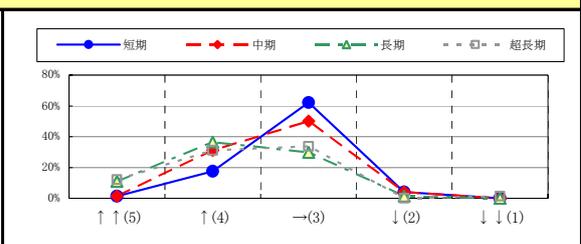
航路形成(トランシップ、空コンテナ輸送)				
B22-1	現在、東アジア地域における主要なトランシップ港湾(内外積替を含む)としては、釜山、高雄、香港、シンガポール、タンジュンペラパス、コロンボなどがあげられます。また、中国本土の港湾においても、貨物量自体の急激な増加や積極的な港湾投資などにより、今後トランシップ率が上昇することが予想されます。①今後、 トランシップ率が増加 すると考えられる港湾をあげてください。(上位4港まで)	順位	回答	スコア
		1位	上海	301
		2位	シンガポール	163
		3位	釜山	100
		5位	香港	100
		5位	深圳	88

B22-2	②今後、 トランシップ率が減少 すると考えられる港湾をあげてください。(上位4港まで) なお、トランシップ率減少の要因としては、港勢の衰退のほか、地元発着貨物(ローカルカーゴ)の増加も考えられます。	順位	回答	スコア
		1位	釜山	210
		2位	香港	143
		3位	高雄	135
		4位	コロンボ	81
		5位	シンガポール	66

B23	東アジア・北米間輸送にみられるように、コンテナ貨物のインバランスに起因して 空コンテナの世界的な回送・輸送 が大きな課題となっています。これについて、 最も実効性のある解決策 は何だと思われますか。	順位	回答	スコア
		1位	船社間融通の拡大	164
		2位	ディスカウント等による帰荷の確保	124
		3位	インランドデポや空コンテナデポの整備・活用	100
		4位	高度なコンテナ回送計画	79
		5位	世界的な貨物需要バランスの変化	73

パナマ運河拡張による影響

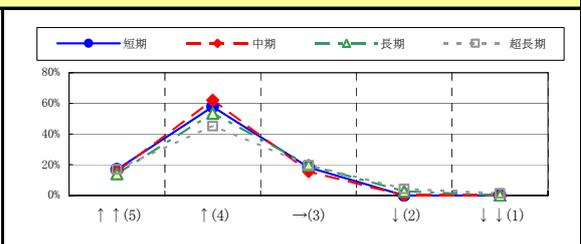
B24 東アジア・北米間の貨物は、約75%が北米西岸航路、残りの約25%が北米東岸航路を利用して輸送されています。現在、パナマ運河では拡張工事が進められており、2014年には12,000TEUクラスのコンテナ船の通航が可能となります。一方で、運河通航料金が大幅に値上げされるとの観測もあります。この**パナマ運河拡張**により、**東アジア・北米東岸航路のシェア**はどのように変化すると考えられますか。また、その他に考えられる影響がありましたらコメント欄にお書きください。



③国際RORO船・国際フェリー輸送の進展		回答者数	68名
専門度	◎大	○中	△小
	16名	20名	32名

国際RORO船航路・国際フェリー航路の形成

B25 博多・上海間の上海スーパーエクスプレスや、日本海を横断する国際フェリー航路新設の動きなど、コンテナ輸送や航空輸送を補完する機能として国際RORO船や国際フェリーを利用した物流が注目されています。今後、**東アジア地域における国際RORO船・フェリー航路の路線数**は増加すると思いますか。



B26-1	①今後、 国際RORO船・フェリー航路が開設・拡充されると考えられる路線 をお答えください。(上位4路線まで。発着国、できれば地域・港湾レベルでお願いします。)	順位	回答	スコア
		1位	韓国-九州	112
		2位	中国-九州	101
		3位	シベリア-北陸	60
		4位	台湾-九州	44
		5位	中国-韓国	41

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その8)

④超大型コンテナ船の建造・就航等		回答者数 73名		
専門度		◎大	○中	△小
		17名	18名	38名
超大型コンテナ船の建造、就航航路				
B28	コンテナ船の大型化が進展しており、現在、1万TEUを超える超大型コンテナ船が100隻以上発注されています。今後、 <u>1万TEUを超える超大型コンテナ船の就航隻数</u> はどのように推移すると考えられますか。			
B29	2009年前半には1万6千TEUクラスの超大型コンテナ船の就航が予定されていると言われています。今後、 <u>コンテナ船の大型化</u> はどの程度まで進むと考えられますか。(各時期において <u>想定される最大積載量(TEU)</u> を記入)			
B30	上記の超大型コンテナ船は、どのような <u>航路</u> を中心に投入されると考えられますか。(投入船舶数が多いと考えられる順に記入)	順位	回答	スコア
		1位	アジア～北米航路	205
		2位	アジア～欧州航路	204
		3位	欧州～アジア～北米(振り子航路)	142
B31-1	東アジア地域における <u>寄港地</u> について、 ① <u>1ループあたり何港</u> 程度となると考えられますか。			
B31-2	②また、 <u>主要な寄港地</u> としてはどこが考えられますか。(寄港数が多いと考えられる順に、上位4港まで)	順位	回答	スコア
		1位	上海	345
		2位	シンガポール	272
		3位	香港	182
		4位	釜山	89
5位	深圳	83		

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その9)

⑤コンテナターミナル整備・拡張やメガオペレーターの動向		回答者数	59名	
専門度		◎大	○中	△小
		15名	20名	24名

東アジアにおけるコンテナターミナル整備・拡張計画

B32-1	日本の近隣諸国では、上海港、釜山新港、光陽港などに代表されるハブ機能を有する港湾の整備・拡張が進められています。東アジア地域における港湾整備量(現状および将来計画のバース数など)や、将来の貨物需要を勘案した場合、 ①相対的に 港湾整備計画の実現性が高い (または、前倒して整備される)と想定される港をお答えください。(上位4港まで)	順位	回答	スコア
		1位	上海	385
		2位	釜山新港	108
		3位	深圳	92
		4位	シンガポール	63
B32-2	②相対的に 港湾整備計画の実現性が低い (または、予定よりも整備が遅れる)と想定される港をお答えください。(下位4港まで)	順位	回答	スコア
		1位	光陽	165
		2位	釜山新港	120
		3位	高雄	65
		4位	釜山	47
B32-3	③また、ハブ港湾を目標としてはいませんが、 周辺地域におけるローカル貨物需要増加への対応や途上国開発の観点から、今後特にコンテナターミナルの整備・拡張が重要と考えられる港湾(または国) をお答えください。(上位4港または国まで)	順位	回答	スコア
		1位	インド	194
			ベトナム	194
		3位	タイ	52
		4位	ホーチミン	47
5位	インドネシア	34		

⑧日本・アジアの港湾・海運政策		回答者数	78名	
専門度		◎大	○中	△小
		25名	14名	39名

スーパー中枢港湾施策

B39-1	日本の港湾の国際競争力強化に向けたスーパー中枢港湾施策は、2010年頃までに、港湾コスト3割削減、通関時間をシンガポール並みの1日程度を目標に実施されており、現時点で物流コストの13%削減、通関時間の約1~2日の短縮など一定の成果を上げています。 ① 港湾コスト3割削減 の目標は達成されると思いますか。	
B39-2	② 通関時間を1日程度に短縮 するという目標は達成されると考えられますか。	

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その10)

B-3. 航空関連

①東アジア地域における航空市場の動向		回答者数	63名
専門度	◎大	○中	△小
	8名	10名	45名

東アジア地域における航空需要

B41	北東アジア(日本・中国・韓国等)地域の国際航空“旅客”需要の年平均増加率は、今後はどのように推移すると考えられますか。	
B42	北東アジア(日本・中国・韓国等)地域の国際航空“貨物”需要の年平均増加率は、今後はどのように推移すると考えられますか。	
B43	東南アジア(ASEAN)地域の国際航空“旅客”需要の年平均増加率は、今後はどのように推移すると考えられますか。	
B44	東南アジア(ASEAN)方面の国際航空“貨物”需要の年平均増加率は、今後はどのように推移すると考えられますか。	

航空会社のアライアンス

B45	今後、各アライアンスを構成するエアラインはどのように再編されると考えられますか(あるいは安定して変化しないと考えられますか)。(回答番号)①安定して変化しない、②スターアライアンス中心、③1つ増えて四大アライアンスへ、④四大アライアンスのまま、⑤1つ潰れて三大アライアンスへ、⑥One WorldとSky Teamの統合(2大アライアンス時代へ)、⑦スターアライアンスとスカイチームの2極化、⑧米国、欧州での再編、中国の会社のアライアンスへの新規加盟、⑨Sky Teamから脱退する会社が増加、⑩中国東方航空がワンワールドに加入、マレーシア航空がスカイチームに加入、⑪米国、欧州での再編、⑫集約が進む、⑬2極化、⑭2大アライアンス時代(スターアライアンスともう一つのアライアンス)、⑮現在の3大アライアンスで推移、⑯3大アライアンスから2大アライアンスへ再編	順位	短期	中期	長期	超長期
		1位	①	①	①	①
		2位	⑩、⑮	⑬、⑭、⑮	⑬、⑭、⑮	⑬、⑭、⑯
		3位				
		4位	⑧			
5位	②	⑨、⑪	⑥、⑦	⑤、⑦、⑫		

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その11)

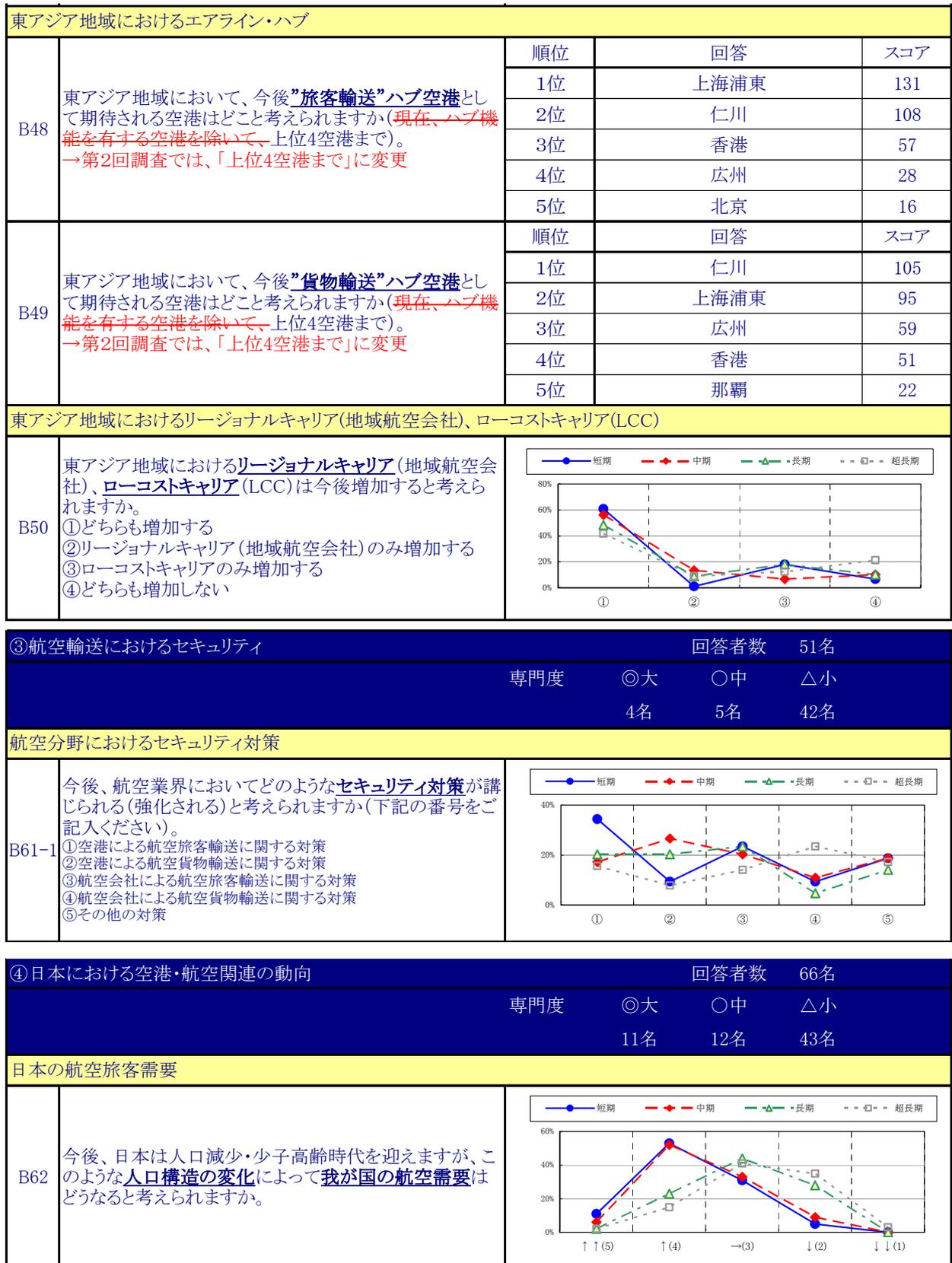
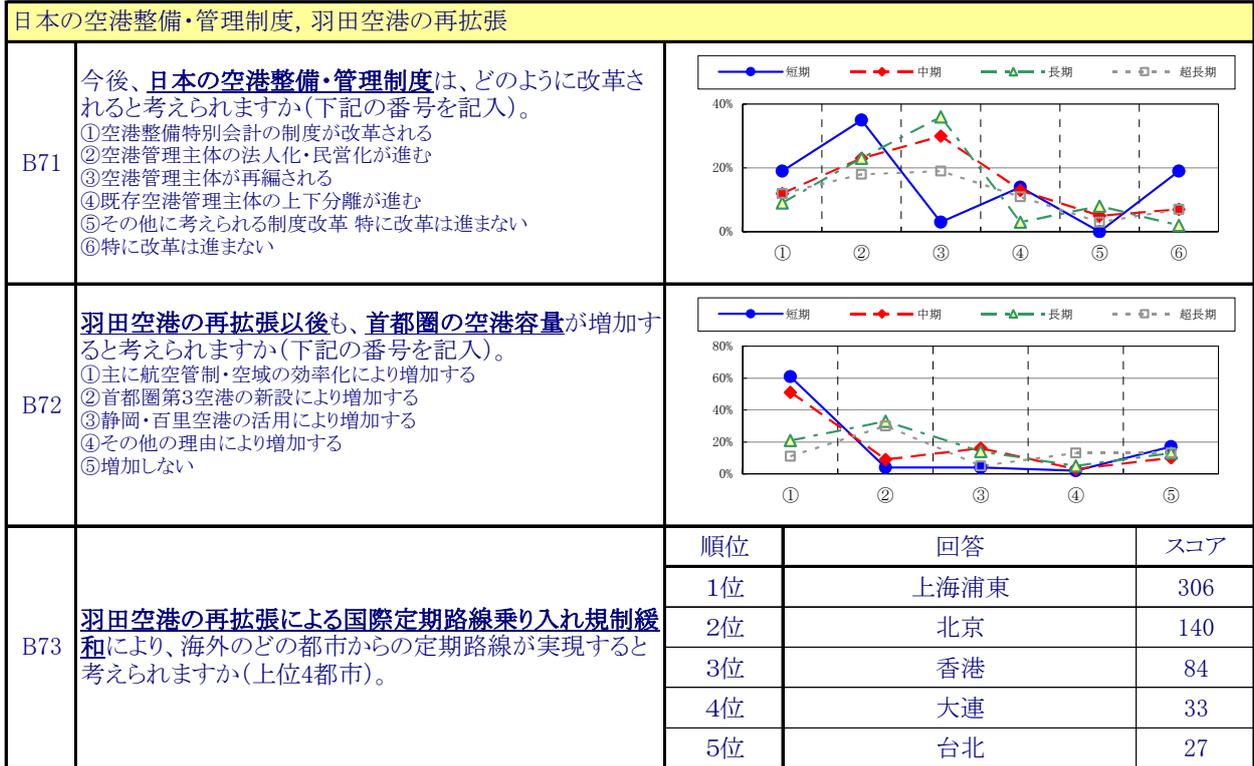


図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その 12)



B-4. 内陸輸送・インターモーダル輸送関連

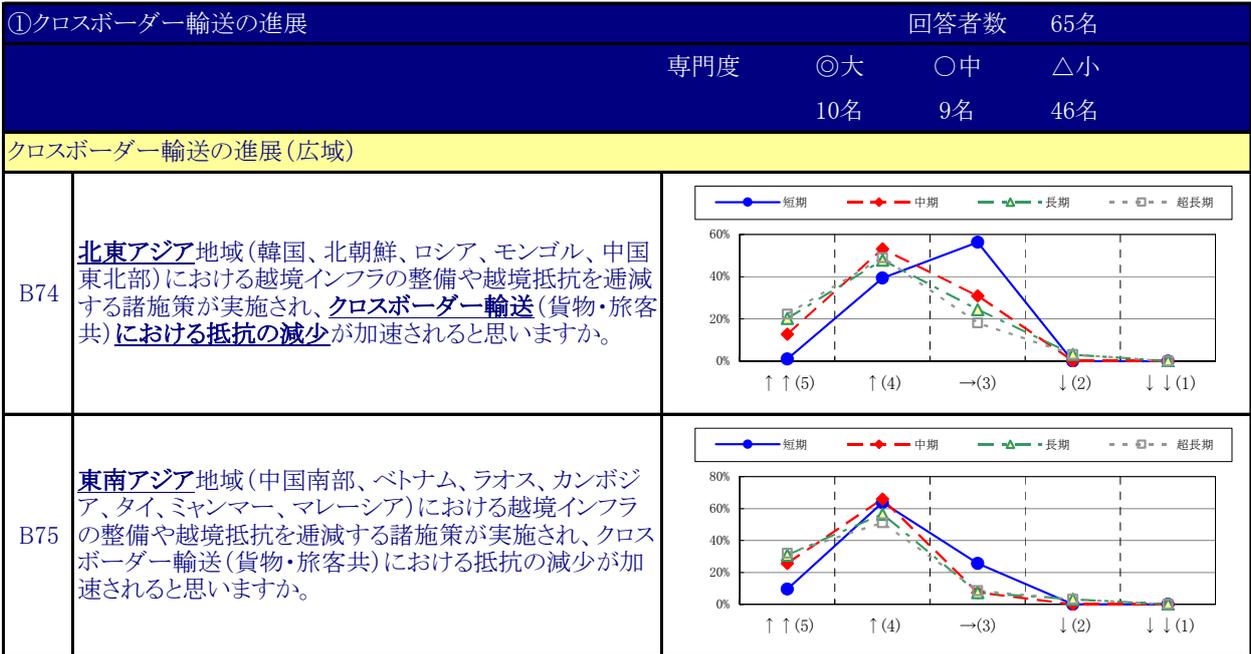


図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その13)

B76	<p>中央アジア地域(中国西部、ロシア、カザフスタン、ウズベキスタン、トルクメニスタン、キルギス、タジキスタン)における越境インフラの整備や越境抵抗を減減する諸施策が実施され、クロスボーダー輸送(貨物・旅客共)における抵抗の減少が加速されると思いますか。</p>																			
B77	<p>南アジア地域(中国西南部、ネパール、ブータン、インド、バングラデシュ、パキスタン)における越境インフラの整備や越境抵抗を減減する諸施策が実施され、クロスボーダー輸送(貨物・旅客共)における抵抗の減少が加速されると思いますか。</p>																			
B78	<p>クロスボーダー輸送の進展を図るにあたり、最も鍵となる要因をお答えください。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>順位</th> <th>回答</th> <th>スコア</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1位</td> <td>越境手続きに要する時間・費用の短縮(ワンストップサービスの実施、ITによる効率化)</td> <td>248</td> </tr> <tr> <td>2位</td> <td>交通インフラや出入国に関する施設の整備</td> <td>184</td> </tr> <tr> <td>3位</td> <td>貨物積替に要する費用・時間軽減(トラックの相互乗り入れ協定の締結、鉄道軌道幅の改善)</td> <td>169</td> </tr> <tr> <td>4位</td> <td>税関職員派遣に関する対策(事前通関、税関職員の恒常的な配置、モラルの向上等)</td> <td>119</td> </tr> <tr> <td>5位</td> <td>需要の喚起・拡大、インターモーダル輸送の推進施策等</td> <td>84</td> </tr> </tbody> </table>	順位	回答	スコア	1位	越境手続きに要する時間・費用の短縮(ワンストップサービスの実施、ITによる効率化)	248	2位	交通インフラや出入国に関する施設の整備	184	3位	貨物積替に要する費用・時間軽減(トラックの相互乗り入れ協定の締結、鉄道軌道幅の改善)	169	4位	税関職員派遣に関する対策(事前通関、税関職員の恒常的な配置、モラルの向上等)	119	5位	需要の喚起・拡大、インターモーダル輸送の推進施策等	84
順位	回答	スコア																		
1位	越境手続きに要する時間・費用の短縮(ワンストップサービスの実施、ITによる効率化)	248																		
2位	交通インフラや出入国に関する施設の整備	184																		
3位	貨物積替に要する費用・時間軽減(トラックの相互乗り入れ協定の締結、鉄道軌道幅の改善)	169																		
4位	税関職員派遣に関する対策(事前通関、税関職員の恒常的な配置、モラルの向上等)	119																		
5位	需要の喚起・拡大、インターモーダル輸送の推進施策等	84																		
クロスボーダー輸送の進展(個別ルート)																				
B79	<p>韓国と北朝鮮を結ぶ鉄道は2路線あります(一つはソウルから平壤を経由する西部の京義線、もう一つは朝鮮半島の東海岸沿いをロシア方向に向かう東海線)。この南北を結ぶ鉄道は、一部では定期便が運行を開始していますが、完全に運行が開始する時期はいつ頃になると考えられますか。</p>																			

B-5. 共通交通政策

①東アジアにおける共通交通政策		回答者数 93名																		
※全回答者対象項目																				
シームレスアジアの実現																				
B91	<p>日本をはじめとするアジア各国の持続的発展や連続的な国際交通ネットワークの形成など、シームレスアジアの実現のために、早急に対応すべき問題・課題にはどのようなものがあると考えられますか。(上位4つまで)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>順位</th> <th>回答</th> <th>スコア</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1位</td> <td>②道路・鉄道・港湾・空港等のハード・インフラストラクチャー整備の遅れ</td> <td>203</td> </tr> <tr> <td>2位</td> <td>④自動車・列車・船舶・航空機等の構造・安全・環境規格の相違に起因する越境交通障害</td> <td>196</td> </tr> <tr> <td>3位</td> <td>⑤税関・入国管理・検疫等の越境上の行政手続、保険制度等の相違に起因する越境交通</td> <td>191</td> </tr> <tr> <td>4位</td> <td>③インフラ整備・改良の遅れに伴う国内交通網および越境交通基盤の不連続性の存在</td> <td>166</td> </tr> <tr> <td>5位</td> <td>①交通・運輸セクターにおける競争原理導入の遅れ</td> <td>74</td> </tr> </tbody> </table>	順位	回答	スコア	1位	②道路・鉄道・港湾・空港等のハード・インフラストラクチャー整備の遅れ	203	2位	④自動車・列車・船舶・航空機等の構造・安全・環境規格の相違に起因する越境交通障害	196	3位	⑤税関・入国管理・検疫等の越境上の行政手続、保険制度等の相違に起因する越境交通	191	4位	③インフラ整備・改良の遅れに伴う国内交通網および越境交通基盤の不連続性の存在	166	5位	①交通・運輸セクターにおける競争原理導入の遅れ	74
順位	回答	スコア																		
1位	②道路・鉄道・港湾・空港等のハード・インフラストラクチャー整備の遅れ	203																		
2位	④自動車・列車・船舶・航空機等の構造・安全・環境規格の相違に起因する越境交通障害	196																		
3位	⑤税関・入国管理・検疫等の越境上の行政手続、保険制度等の相違に起因する越境交通	191																		
4位	③インフラ整備・改良の遅れに伴う国内交通網および越境交通基盤の不連続性の存在	166																		
5位	①交通・運輸セクターにおける競争原理導入の遅れ	74																		
B92	<p>東アジア地域における運輸政策の連携・共通政策の策定に向けて、今後どのような取り組みが必要であると考えられますか。重要と思われるものから順にお答えください。</p> <p>①東アジアの大学・研究機関・実務グループの研究交流・協働の強化・発展、②東アジアの域内外との交通流動やインフラストック等のデータに関する、仕様の共通化や共同データベース等の整備・公表、③東アジアが共有すべき社会経済シナリオおよびフレームの設定、④交通需要や流動の予測、⑤顧客(旅客・荷主)の視点からのアウトカム指標体系やパフォーマンス指標体系の構築、プロジェクト実施効果のモニタリング・評価</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>順位</th> <th>回答</th> <th>スコア</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1位</td> <td>②交通流動やインフラストック等のデータ等</td> <td>243</td> </tr> <tr> <td>2位</td> <td>①研究交流・協働の強化・発展</td> <td>205</td> </tr> <tr> <td>3位</td> <td>③東アジアが共有すべき社会経済シナリオ等</td> <td>146</td> </tr> <tr> <td>4位</td> <td>④交通需要や流動の予測</td> <td>113</td> </tr> <tr> <td>5位</td> <td>⑤顧客(旅客・荷主)の視点からのアウトカム指標体系等</td> <td>91</td> </tr> </tbody> </table>	順位	回答	スコア	1位	②交通流動やインフラストック等のデータ等	243	2位	①研究交流・協働の強化・発展	205	3位	③東アジアが共有すべき社会経済シナリオ等	146	4位	④交通需要や流動の予測	113	5位	⑤顧客(旅客・荷主)の視点からのアウトカム指標体系等	91
順位	回答	スコア																		
1位	②交通流動やインフラストック等のデータ等	243																		
2位	①研究交流・協働の強化・発展	205																		
3位	③東アジアが共有すべき社会経済シナリオ等	146																		
4位	④交通需要や流動の予測	113																		
5位	⑤顧客(旅客・荷主)の視点からのアウトカム指標体系等	91																		

図 3.1 アンケート調査の集計結果 (抜粋・その14)

第4章 経済連携の進展と貿易・経済動向の予測

本章での分析の基本ツールとしてGTAP（Global Trade Analysis Project）データ・モデルを利用する。GTAPデータは米国Purdue大学に本拠地を置くGTAPチームにより各国の公的データ等を中心として収集・整理された産業連関・貿易データであり，GTAPモデルはこれらのデータを基に将来貿易変化などの予測を行うために作成されたシミュレーションモデルである。

前者すなわちGTAPデータは，現在，世界規模の国際産業連関表体系としては最も信頼性が高いとされているデータのの一つであり，最新のVersion 6は基準年を2001年とし，世界87の国・地域について，貿易財産業42分類および非貿易（サービス）財産業15分類の投入・産出・最終需要および各国・地域間の貿易状況をまとめたものである。東アジア周辺では，日本・韓国・中国（本土）・香港・台湾を含む各国・地域がそれぞれ個別に取り扱われており，本研究では，日中地域間アジア国際産業連関表などを用いて，このうち日本および中国（本土）に関するデータを各国内の複数地域に分割して地域間交易シミュレーションの基本データ（基準年2001年）とする。なお，本研究でのGTAPデータ構成の詳細については国総研資料No. 451¹⁾を参照にされたい。

次に，GTAPモデルの基本的な構造を図4.1に示す。このモデルの概要を角野⁵⁾，米本¹⁾から以下に引用する。

GTAPモデルでは，民間家計，政府家計，国際銀行セクターの3部門を統括する地域家計という概念が導入されている。民間家計と政府家計は，概念上は地域家計から収入を得て，生産者から財やサービスを購入する。一方，地域家計は生産者に労働や土地などの生産要素を提供して対価

各経済主体の関係と貨幣の流れ：すべての経済主体について収支が均衡

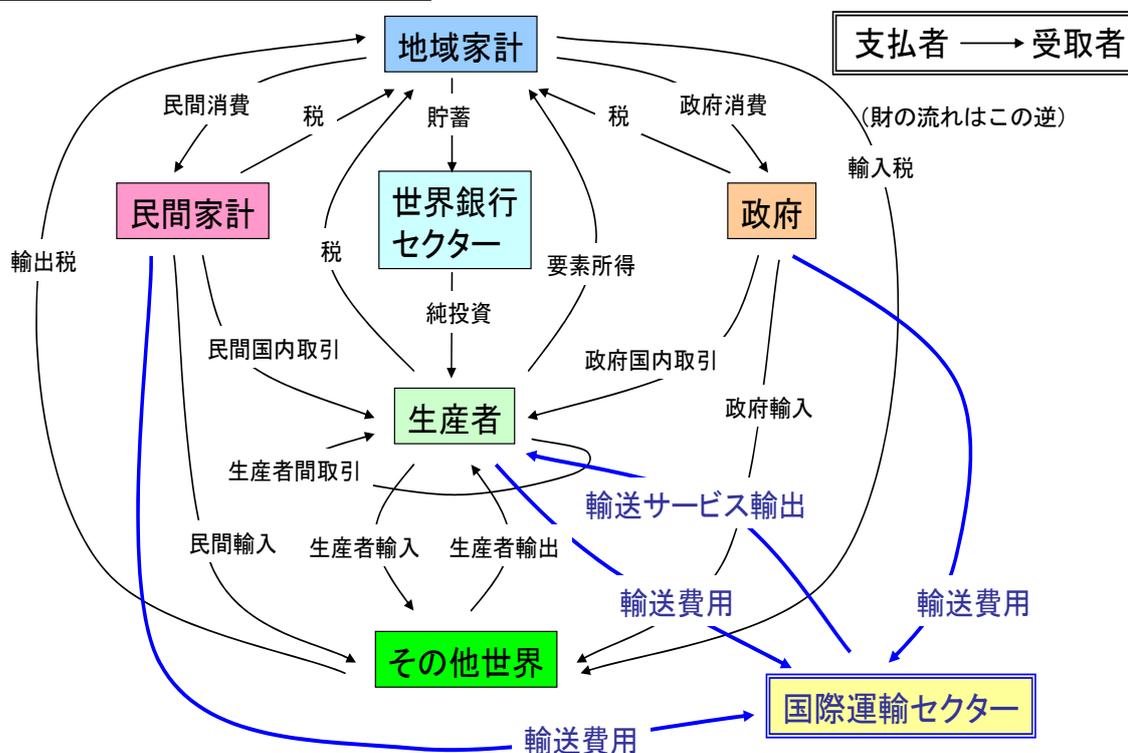


図 4.1 GTAPモデルの基本的な構造

を得る。また、唯一の国際銀行セクターが各地域の地域家計から貯蓄を集めて各地域の生産者に投資を行う。このモデルの信頼性については既往の研究によりさまざまな地域や変数について検討し、モデルの細部については改善点があるものの、貿易分析において一般に十分な有効性を持つことが確認されている⁵⁾。

GTAPモデル・データを用いた分析としては、わが国においても、経済企画庁(1997)⁶⁾、角野他(2005)⁵⁾や、伴他(1998)⁷⁾、Itakura他(2002)⁸⁾、堤・清田(2002)⁹⁾、Kawasaki(2003)¹⁰⁾、阿部(2003)¹¹⁾、中島(2003)¹²⁾、安藤(2006)¹³⁾などがFTA・EPA等、貿易自由化政策の影響を検討している。また、GTAPモデル・データの概要やFTA・EPA等の影響を分析する際に留意すべき点については、Hertel(1997)¹⁴⁾、経済企画庁(1997)⁶⁾、角野他(2005)⁵⁾に詳しい¹⁾。

4.1 FTA・EPAに関する条件設定

4.1.1 シナリオ設定と対象となる国・地域

GTAP元データ・モデルでは87ヶ国・地域を取り扱うことが可能であるが、締結・交渉・構想状況での演算についてはシステムの処理制約から、主要国以外の国々についてグループ化した。したがって、4.2での図表では(地域：世界)では35地域、(地域：日本)ではさらに日本を図4.2に示す8地域に区分した42地域(34国・グループ+日本8地域)の結果を示している。さらに、後述のシナリオ3の場合に限り、世界の全ての関税率をゼロとおくことで処理制約レベルが下がることから(地域：世界【詳細】)では87ヶ国・地域及び94ヶ国・地域(86ヶ国+日本8地域)の結果も併せて示している。

なお、国々をグループ化したため、FTA・EPAの締結がグループ内の一部の国々のみに関わる場合もあるが、国数または貿易額において過半数の国々に関わる場合にはそのグループがFTA・EPAを締結したとみなした。

これらの地域間におけるFTA・EPAの進展状況については、外務省、経済産業省、JETRO等の資料に基づいて2007年12月時点を基準として、「発効・署名済」、「交渉段階まで」、「構想段階まで」の3レベルに整理した。その結果を表4.1に示す。この表4.1を基に、次の3段階のシナリオ設定を行った。

シナリオ1 「発効・署名済」・「交渉段階まで」の国・地域間を対象とする。

シナリオ2 「発効・署名済」・「交渉段階まで」および「構想段階まで」の国・地域間を対象とする。

シナリオ3 表4.1で示す全ての国・地域間を対象とする。

ここで、日本に関連するシナリオ1およびシナリオ2の対象となる国・地域を以下に示す。

シナリオ1 (「発効・署名済」・「交渉段階まで」)の対象となる国・地域

- 日本-タイ
- 日本-マレーシア
- 日本-シンガポール
- 日本-メキシコ
- 日本-チリ
- 日本-フィリピン

- 日本－ブルネイ
- 日本－インドネシア
- 日本－ASEAN（全体）
- 日本－韓国
- 日本－ベトナム
- 日本－インド
- 日本－オーストラリア
- 日本－スイス

*日本は中東のGCC（湾岸協力会議）ともEPA交渉中であるが、GTAP上で完全に対応する国・地域項目がないため、本分析では省略した。

シナリオ2（「発効・署名済」・「交渉段階まで」に加え「構想段階まで」）の対象となる国・地域

- 日本－中国
- 日本－ニュージーランド
- 日本－EU

日本	北海道	北海道
	東北	青森・岩手・宮城・秋田・山形・福島
	関東	茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川・新潟・山梨・長野・静岡
	中部	富山・石川・岐阜・愛知・三重
	近畿	福井・滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山
	中国	鳥取・島根・岡山・広島・山口
	四国	徳島・香川・愛媛・高知
	九州	福岡・佐賀・長崎・熊本・大分・宮崎・鹿児島・沖縄



図 4.2 日本の地域分割

表 4.1 日本関連および第三国間の FTA・EPA の設定

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35				
	kor	chn	chn	hkg	tw	phl	vnm	tha	mys	sgp	idn	bdg	ind	lka	usa	can	mex	xem	per	chl	xcp	sae	med	eur	rus	afj	aus	nzl	xoc	xea	xse	xsa	xna	xsu	xme				
1 jpn																																							
2 1. 日本	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
3 2. 韓国																																							
4 3. 中国																																							
4 hkg																																							
5 tw																																							
6 phl																																							
7 vnm																																							
8 tha																																							
9 mys																																							
10 sgp																																							
11 idn																																							
12 bdg																																							
13 ind																																							
14 lka																																							
15 usa																																							
16 can																																							
17 mex																																							
18 xem																																							
19 per																																							
20 chl																																							
21 xcp																																							
22 sae																																							
23 med																																							
24 eur																																							
25 rus																																							
26 afj																																							
27 aus																																							
28 nzl																																							
29 xoc																																							
30 xea																																							
31 xse																																							
32 xsa																																							
33 xna																																							
34 xsu																																							
35 xme																																							

2007年までに原産物したFTA・EPAおよびその他包括的な関税協定
 2007年までに締結(署名)されたFTA・EPAで、原産効待ちのもの
 2007年時点で交渉中のもの(JETROがWTO・他協定加盟状況)において交渉中としているもの
 2007年時点で締結されているもの(JETROがWTO・他協定加盟状況)において把握しているもの

※18 ベリー・コススタリカ、エルサルバドル、グアテマラ、ホンジュラス、ニカラガ、パナマ、カリブ諸国
 ※22 コロンビア、ベネズエラ、アルゼンチン、ブラジル、ウルグアイ、その他南米(ララガアイなど)
 ※23 キリニュー・イリア、ポルトガル、スペイン、その他欧州(ボスニアヘルツェゴビナ、マケドニア、モナコ等)、アルバニア、ブルガリア、クロアチア、キプロス、ルーマニア、アルバニア、トルコ、モルドバ、リトベニア、エストニア、ラトビア、リトニア
 ※24 オーストラリア、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、英国、アイスランド、ルクセンブルク、オランダ、スウェーデン、スイス、その他FTA(ルウェーニア、ラトビア、エストニア、スロバキア、スロバキア、エストニア、ラトビア、リトニア)
 ※26 ポリネシア、南アフリカ、その他南南協同国(ナミビア、レソト、スワジランド)、マラウイ、モザンビーク、タンザニア、ザンビア、ジンバブエ、その他南南開発共同体(コンゴ民、アンゴラ、モザンビーク、ジンバブエ、モーリシャス、セインセル)、マダガスカル、ウガンダ、

4.1.2 関税率の設定

日本に関わるFTA・EPAで、「発効・署名済」についての関税率は確認できるものの、「交渉段階」・「構想段階」での関税率を設定することはできない。さらに、第三国間のFTA・EPAについては「交渉段階」・「構想段階」のみならず、「発効・署名済」のものについても詳細な関税率を把握することは困難である。このため、全てのシナリオにおいて関税率をゼロとした。特に、設定の非対称性をなくすため、日本に関わる「発効・署名済」での関税率もゼロとした。

なお、関税率を特定の値ではなくゼロとすることは、WTOがFTA等について「関税その他の制限的通商規則を構成地域間の実質上全ての貿易について廃止すること」を条件に認めていること、さらに外務省経済局EPA交渉チーム（2007）が「日本としては、EPA・FTA締結に当たっては貿易総額の9割以上を10年以内に関税撤廃することがWTO整合性を判断する上で一つの重要な基準になると考えている」としていることを念頭においている。

4.2 貿易・経済動向の予測結果

4.1で示したFTA・EPAに関する条件設定により、対象とする地域は世界と日本について、対象とする指標は輸出入額、輸移出入額（日本のみ）、GDP（またはGRP）（名目）、GDP（またはGRP）（実質）、便益について、対象とする単位は全体額（10億US\$（図の場合）または百万US\$（表の場合））、増減額（百万US\$）、増減率（%）について実施した。なお、GRP（Gross Regional Product：地域内総生産）は、一地域内で一年間に生み出された付加価値の合計である。

予測時期はGTAPデータの基準年次（2001年）であり、この基準年次において各シナリオが実施された場合の結果を示している。主な予測結果を図4.3～4.12および表4.2～4.9に示し、以下、それぞれの指標について計算された結果を整理する。

4.2.1 世界一輸出入額

(1) 全体額

図4.3および表4.2は、世界各国・地域における輸出入額の全体額である。各シナリオを通じてEUが最も高い全体額を示しており、シナリオ1で4.65兆US\$、シナリオ2で4.64兆US\$、シナリオ3で4.67兆US\$に達している。次いでアメリカ合衆国が、シナリオ1で2.15兆US\$、シナリオ2で2.16兆US\$、シナリオ3で2.24兆US\$、さらにその他欧州・北アフリカが、シナリオ1で1.37兆US\$、シナリオ2で1.37兆US\$、シナリオ3で1.41兆US\$と続いている。また、世界計ではシナリオ1で14.1兆US\$、シナリオ2で14.2兆US\$、シナリオ3で14.6兆US\$となっている。

(2) 増減率

図4.4、4.5および表4.3は、世界各国・地域における輸出入額の増減率である。図4.4では、各シナリオを通じてインドが最も高い増減率を示しており、シナリオ1で19.7%、シナリオ2で20.0%、シナリオ3で27.0%に達している。インド以外の国・地域としては、シナリオ1でタイ（13.7%）、ベトナム（13.5%）、シナリオ2でベトナム（13.8%）、タイ（13.1%）、シナリオ3で中国（24.5%）、その他北米（23.4%）が続いている。また、世界計ではシナリオ1で1.9%、シナリオ2で2.8%、シナリオ3で5.6%となっている。

さらに、図4.5では、シナリオ3の場合の（地域：世界【詳細】）の各国・地域における輸出入

額の増減率を示す。日本を1国とした場合はインド、その他北米、中国、バングラデシュ、モロッコの順が続いている。日本を8地域でみた場合ではインド、その他北米、北海道（日）、中国、バングラデシュの順となっており、これらの中で北海道（日）が3番目に位置している。

4.2.2 世界—GDP（実質）

(1) 全体額

図 4.6 および表 4.4 は、世界各国・地域におけるGDP（実質）の全体額である。各シナリオを通じてアメリカ合衆国が最も高い全体額を示しており、シナリオ1で10.1兆US\$, シナリオ2で10.1兆US\$, シナリオ3で10.1兆US\$に達している。次いでEUが、シナリオ1で6.79兆US\$, シナリオ2で6.79兆US\$, シナリオ3で6.80兆US\$, さらに日本が、シナリオ1で4.18兆US\$, シナリオ2で4.18兆US\$, シナリオ3で4.19兆US\$と続いている。また、世界計ではシナリオ1で31.3兆US\$, シナリオ2で31.3兆US\$, シナリオ3で31.4兆US\$となっている。

(2) 増減率

図 4.7, 4.8 および表 4.5 は、世界各国・地域におけるGDP（実質）の増減率である。図 4.7 では、シナリオ1でベトナム(3.9%), マレーシア(1.5%), タイ(1.4%), シナリオ2でベトナム(4.0%), 韓国(2.9%), マレーシア(1.5%), シナリオ3でその他北米(12.0%), ベトナム(4.5%), その他オセアニア(4.0%)の順が続いている。また、世界計ではシナリオ1で0.1%, シナリオ2で0.2%, シナリオ3で0.3%となっている。

さらに図 4.8 では、シナリオ3の場合の（地域：世界【詳細】）の各国・地域におけるGDP（実質）の増減率を示す。日本を1国とした場合はその他北米、ベトナム、その他北アフリカ、その他オセアニア、チュニジアの順が続いている。日本を8地域でみた場合でも同様の順となっており、これらの中で北海道（日）が26番目に位置している。

4.2.3 日本—輸出入額

(1) 全体額

図 4.9 および表 4.6 は、日本各地域における輸出入額の全体額である。各シナリオを通じて関東が最も高い全体額を示しており、シナリオ1で3,790億US\$, シナリオ2で4,010億US\$, シナリオ3で4,130億US\$に達している。次いで近畿が、シナリオ1で1,560億US\$, シナリオ2で1,710億US\$, シナリオ3で1,750億US\$, さらに中部が、シナリオ1で1,330億US\$, シナリオ2で1,410億US\$, シナリオ3で1,470億US\$と続いている。また、日本計ではシナリオ1で8,720億US\$, シナリオ2で9,320億US\$, シナリオ3で9,670億US\$となっている。

(2) 増減率

図 4.10 および表 4.7 は、日本各地域における輸出入額の増減率である。各シナリオを通じて北海道が最も高い増減率を示しており、シナリオ1で5.8%, シナリオ2で15.1%, シナリオ3で25.1%に達している。北海道以外の地域としては、シナリオ1で四国(4.6%), 東北(4.2%), シナリオ2で近畿(12.6%), 四国(11.8%), シナリオ3で四国(20.6%), 東北(20.4%)が続いている。また、日本計ではシナリオ1で2.9%, シナリオ2で10.0%, シナリオ3で14.1%となっている。

4.2.4 日本—GRP（実質）

(1) 全体額

図 4.11および表 4.8は、日本各地域におけるGRP（実質）の全体額である。各シナリオを通じて関東が最も高い全体額を示しており、シナリオ1で1.79兆US\$、シナリオ2で1.79兆US\$、シナリオ3で1.80兆US\$に達している。次いで近畿が、シナリオ1で7,060億US\$、シナリオ2で7,070億US\$、シナリオ3で7,080億US\$、さらに中部が、シナリオ1で4,870億US\$、シナリオ2で4,870億US\$、シナリオ3で4,880億US\$と続いている。また、日本計ではシナリオ1で4.18兆US\$、シナリオ2で4.18兆US\$、シナリオ3で4.19兆US\$となっている。

(2) 増減率

図 4.12および表 4.9は、日本各地域におけるGRP（実質）の増減率である。各シナリオを通じて北海道が最も高い増減率を示しており、シナリオ1で0.4%、シナリオ2で0.5%、シナリオ3で0.8%に達している。北海道以外の地域としては、シナリオ1で四国（0.2%）、東北（0.2%）、シナリオ2で四国（0.2%）、東北（0.1%）、シナリオ3で四国（0.3%）、中国（0.2%）が続いている。また、日本計ではシナリオ1で0.1%、シナリオ2で0.1%、シナリオ3で0.2%となっている。

4.3 まとめ

本章では、プロジェクト研究の第1段階の将来シナリオ等の検討に引き続き、第2段階としてFTA、EPA等の経済連携の進展に伴う世界各国・地域および日本各地域の国際貨物流動量を推計するための貿易・経済動向についてGTAPモデルを用いて分析し、いくつかのシナリオに基づく貿易・経済動向の予測結果を示した。

これらの予測結果を踏まえ、第3段階として貿易額を貨物量に変換し、国際海上貨物と国際航空貨物に区分して国際貨物流動量を推計することとなる。

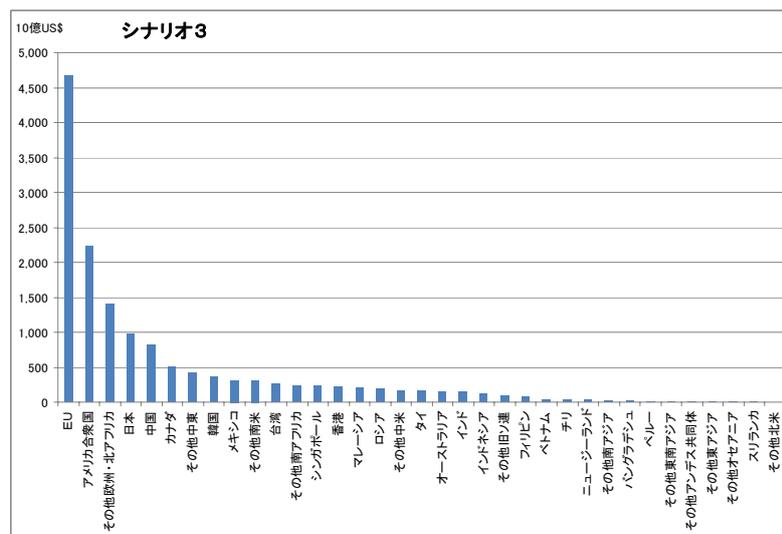
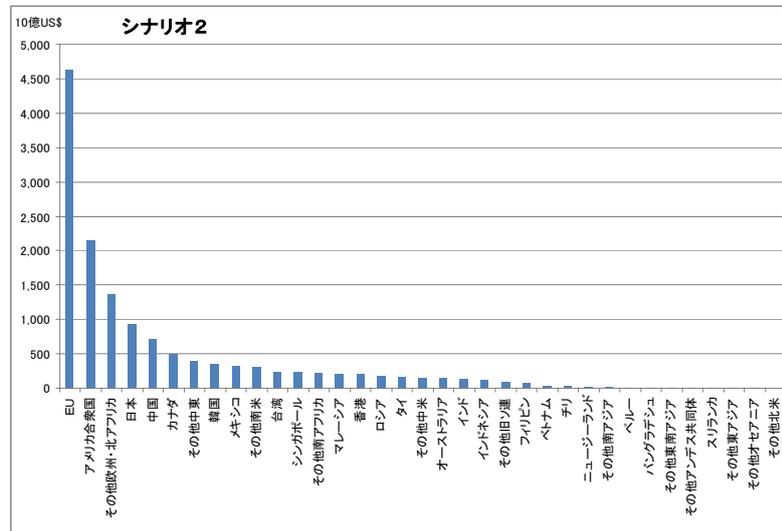
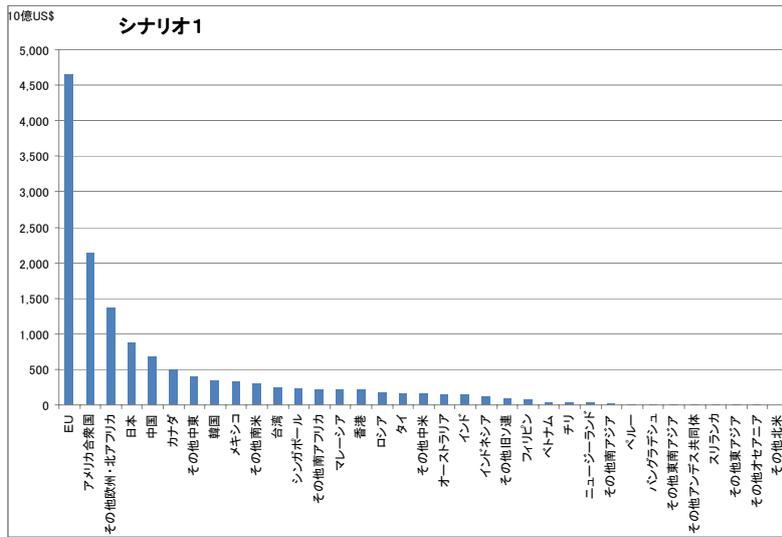


図 4.3 予測結果 A-1 地域：世界 指標：輸出入額 単位：全体額【10億 US\$】

表 4.2 予測結果 a-1 地域：世界 指標：輸出入額 単位：全体額【10 億 US\$】

輸出入(世界)										(百万US\$)
シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3		シナリオ3		シナリオ3		
国名	全体額	国名	全体額	国名	全体額	国名	全体額	国名	全体額	
EU	4,651,518	EU	4,637,976	EU	4,669,173	アメリカ合衆国	2,234,618	アメリカ合衆国	2,234,618	
アメリカ合衆国	2,147,619	アメリカ合衆国	2,161,034	アメリカ合衆国	2,238,963	ドイツ	1,179,130	ドイツ	1,179,130	
その他欧州・北アフリカ	1,373,301	その他欧州・北アフリカ	1,366,055	その他欧州・北アフリカ	1,407,554	日本	967,085	中国	814,407	
日本	872,485	日本	832,398	日本	967,321	中国	814,407	イギリス	719,813	
中国	669,773	中国	730,392	中国	817,155	イギリス	719,813	フランス	681,823	
カナダ	505,257	カナダ	504,160	カナダ	506,082	フランス	681,823	イタリア	554,811	
その他中東	407,099	その他中東	408,317	その他中東	430,116	イタリア	554,811	カナダ	505,999	
韓国	355,301	韓国	366,876	韓国	366,586	カナダ	505,999	その他中東	428,839	
メキシコ	322,995	メキシコ	322,710	メキシコ	321,832	その他中東	428,839	開東(日)	413,243	
その他南米	302,144	その他南米	311,285	その他南米	321,814	韓国	365,834	韓国	365,834	
台湾	244,894	台湾	242,657	台湾	265,632	ベルギー	362,546	ベルギー	362,546	
シンガポール	235,711	シンガポール	233,759	その他南アフリカ	234,753	スペイン	336,059	スペイン	336,059	
その他南アフリカ	217,041	その他南アフリカ	215,938	シンガポール	229,297	オランダ	321,787	オランダ	321,787	
マレーシア	210,599	マレーシア	209,277	香港	212,963	メキシコ	321,728	メキシコ	321,728	
香港	210,482	香港	209,157	マレーシア	207,753	台湾	265,600	台湾	265,600	
ロシア	176,673	ロシア	174,699	ロシア	187,747	シンガポール	229,197	シンガポール	229,197	
タイ	161,326	タイ	160,483	その他中米	161,818	香港	212,697	香港	212,697	
その他中米	157,753	その他中米	159,665	タイ	161,471	マレーシア	207,541	マレーシア	207,541	
オーストラリア	152,821	オーストラリア	155,553	オーストラリア	156,062	スイス	202,366	スイス	202,366	
インド	143,416	インド	144,987	インド	153,394	ロシア	187,391	ロシア	187,391	
インドネシア	119,908	インドネシア	119,125	インドネシア	120,514	オーストリア	181,552	オーストリア	181,552	
その他旧ソ連	93,553	その他旧ソ連	92,794	その他旧ソ連	98,741	スウェーデン	172,291	近畿(日)	175,066	
フィリピン	83,801	フィリピン	83,947	フィリピン	83,509	アイルランド	161,777	スウェーデン	172,291	
ベトナム	45,114	ベトナム	45,212	ベトナム	45,581	タイ	161,237	アイルランド	161,777	
チリ	44,267	チリ	44,010	チリ	43,414	ブラジル	160,018	タイ	161,237	
ニュージーランド	33,717	ニュージーランド	34,070	ニュージーランド	35,461	オーストラリア	155,971	ブラジル	160,018	
その他南アジア	30,232	その他南アジア	29,955	その他南アジア	34,237	インド	153,071	オーストラリア	155,971	
ベルギー	18,061	ベルギー	18,831	ハンガリー	21,266	デンマーク	122,845	インド	153,071	
ハンガリー	17,981	ハンガリー	17,909	ベルギー	19,090	インドネシア	120,249	中部(日)	147,192	
その他東南アジア	16,727	その他東南アジア	16,638	その他東南アジア	17,537	その他欧州自由貿易連合	110,352	デンマーク	122,845	
その他アンデス共同体	15,445	その他アンデス共同体	16,298	その他アンデス共同体	16,239	その他サハラ以南アフリカ	101,827	インドネシア	120,249	
スリランカ	12,940	スリランカ	12,921	その他東アジア	14,089	ポーランド	98,701	その他欧州自由貿易連合	110,352	
その他東アジア	12,725	その他東アジア	12,596	その他オセアニア	14,050	その他旧ソ連	98,185	その他サハラ以南アフリカ	101,827	
その他オセアニア	11,817	その他オセアニア	12,077	スリランカ	13,851	トルコ	89,959	ポーランド	98,701	
その他北米	2,991	その他北米	2,971	その他北米	3,747	フィンランド	87,563	その他旧ソ連	98,185	
世界計	14,076,488	世界計	14,206,732	世界計	14,598,814	フィリピン	83,562	トルコ	89,959	
						その他北アフリカ	83,518	フィンランド	87,563	
						チェコ	83,404	フィリピン	83,562	
						ポルトガル	74,708	その他北アフリカ	83,518	
						南アフリカ	73,628	チェコ	83,404	
						ハンガリー	72,044	九州(日)	75,957	
						ギリシャ	71,260	ポルトガル	74,708	
						中央アメリカ	70,211	南アフリカ	73,628	
						その他米州自由貿易地域	67,499	ハンガリー	72,044	
						アルゼンチン	63,603	ギリシャ	71,260	
						ベトナム	45,713	中央アメリカ	70,211	
						ベネズエラ	45,274	その他米州自由貿易地域	67,499	
						チリ	43,392	中国(日)	63,873	
						ニュージーランド	35,380	アルゼンチン	63,603	
						その他南アジア	34,247	東北(日)	48,379	
						ルーマニア	32,168	ベトナム	45,713	
						スロバキア	30,795	ベネズエラ	45,274	
						コロンビア	29,433	チリ	43,392	
						モロッコ	27,770	ニュージーランド	35,380	
						スロベニア	25,218	その他南アジア	34,247	
						ルクセンブルグ	24,028	ルーマニア	32,168	
						その他カリブ海	23,245	スロバキア	30,795	
						チュニジア	22,050	コロンビア	29,433	
						その他南部アフリカ開発共同体	21,634	モロッコ	27,770	
						ハンガリー	21,362	四国(日)	26,852	
						その他ヨーロッパ	20,342	スロベニア	25,218	
						ベルギー	19,001	ルクセンブルグ	24,028	
						クロアチア	18,905	その他カリブ海	23,245	
						その他東南アジア	17,526	チュニジア	22,050	
						ブルガリア	17,201	その他南部アフリカ開発共同体	21,634	
						その他アンデス共同体	16,118	ハンガリー	21,362	
						その他東アジア	14,128	その他ヨーロッパ	20,342	
						その他オセアニア	13,893	ベルギー	19,001	
						スリランカ	13,835	クロアチア	18,905	
						リトアニア	12,601	その他東南アジア	17,526	
						エストニア	10,426	ブルガリア	17,201	
						キプロス	10,125	北海道(日)	16,523	
						その他南アメリカ	9,281	その他アンデス共同体	16,118	
						ラトビア	8,218	その他東アジア	14,128	
						ウルグアイ	7,855	その他オセアニア	13,893	
						マルタ	7,524	スリランカ	13,835	
						その他南アフリカ	7,042	リトアニア	12,601	
						ボツワナ	5,104	エストニア	10,426	
						ジンバブエ	4,648	キプロス	10,125	
						タンザニア	4,099	その他南アメリカ	9,281	
						その他北米	3,775	ラトビア	8,218	
						ザンビア	2,982	ウルグアイ	7,855	
						アルバニア	2,819	マルタ	7,524	
						モザンビーク	2,793	その他南アフリカ	7,042	
						マダガスカル	2,393	ボツワナ	5,104	
						ウガンダ	2,154	ジンバブエ	4,648	
						マラウイ	1,469	タンザニア	4,099	
						世界計	14,536,271	その他北米	3,775	
								ザンビア	2,982	
								アルバニア	2,819	
								モザンビーク	2,793	
								マダガスカル	2,393	
								ウガンダ	2,154	
								マラウイ	1,469	
								世界計	14,536,271	

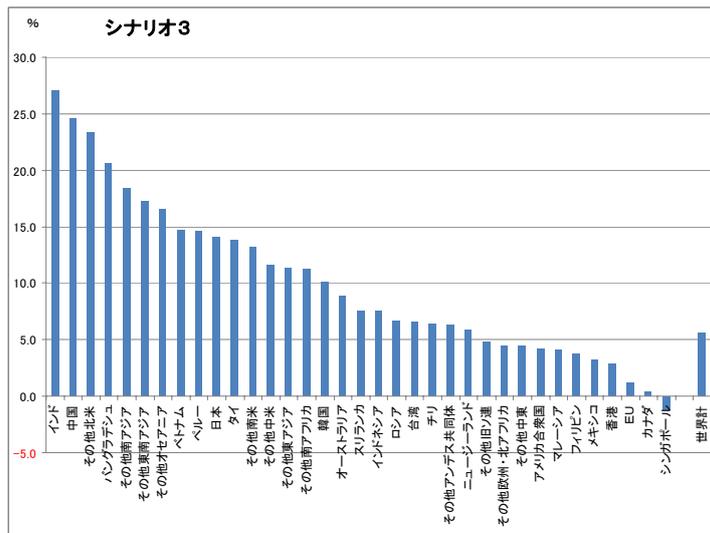
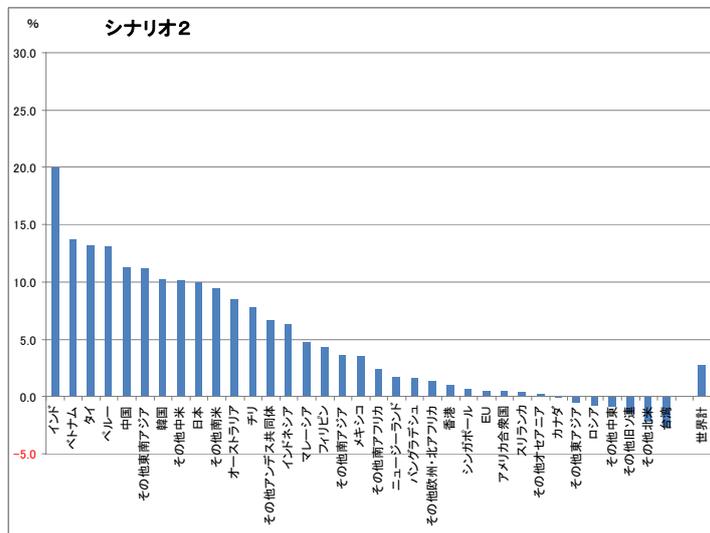
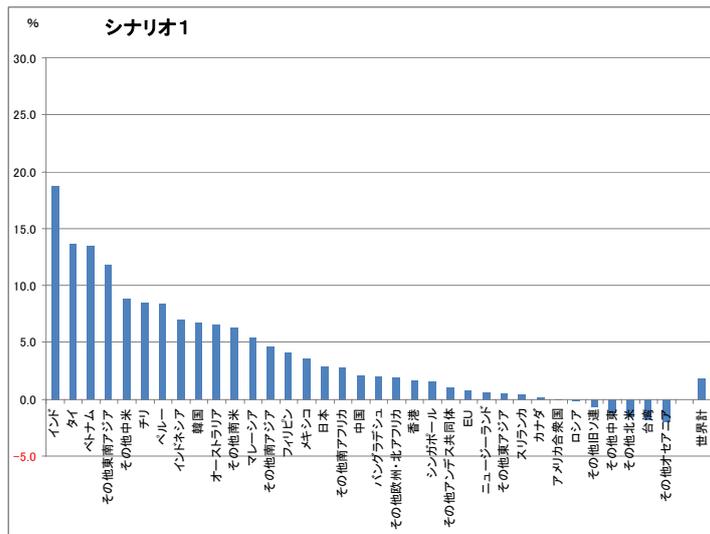


図 4.4 予測結果 A-2 地域：世界 指標：輸出入額 単位：増減率

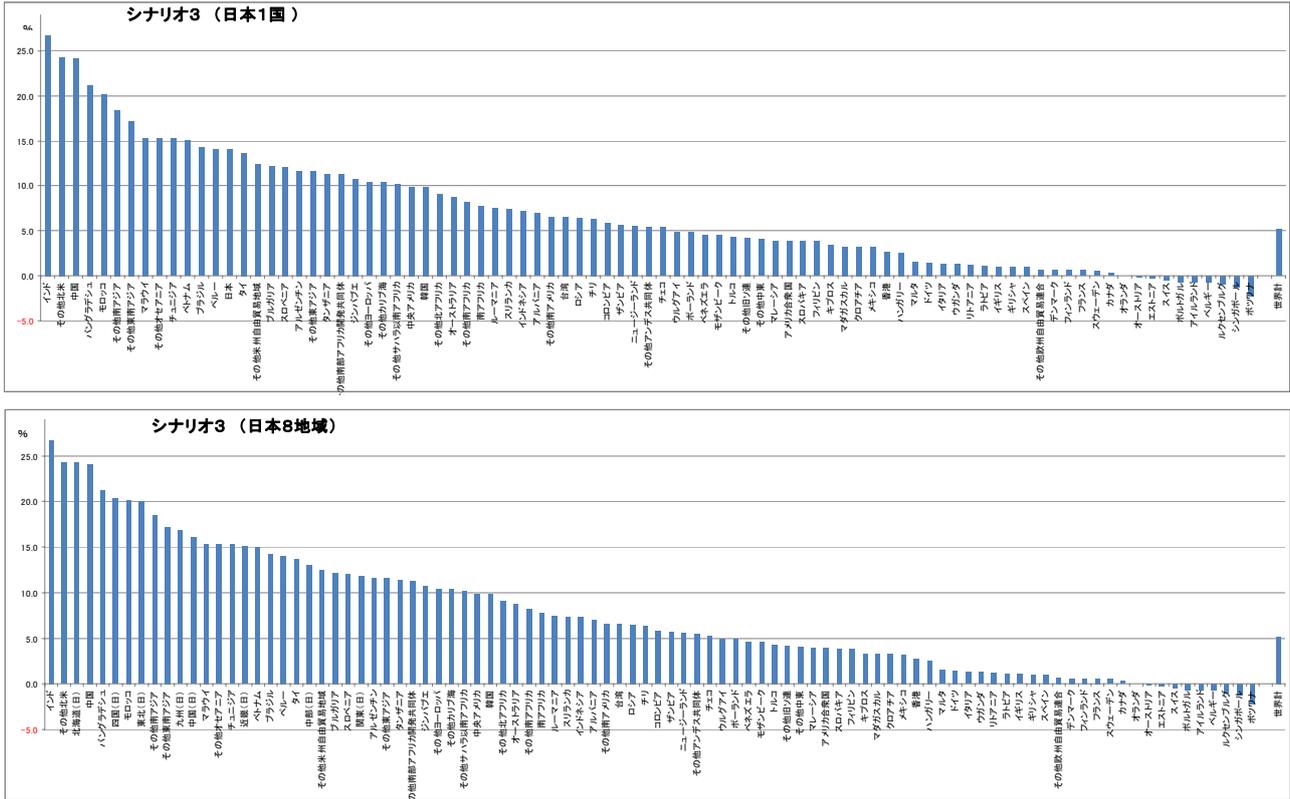


図 4.5 予測結果 A-3 地域：世界 指標：輸出入額 単位：増減率

表 4.3 予測結果 a-2 地域：世界 指標：輸出入額 単位：増減率

輸出入(世界)											
シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3		シナリオ3		シナリオ3		(96)	
国名	増減率	国名	増減率	国名	増減率	国名	増減率	国名	増減率	国名	増減率
インド	18.74	インド	20.04	インド	27.01	インド	26.74	インド	26.74	インド	26.74
タイ	13.74	ベトナム	13.75	中国	24.54	その他北米	24.31	その他北米	24.31	その他北米	24.31
ベトナム	13.50	タイ	13.14	中国	23.38	中国	24.12	北海道(日)	24.27	北海道(日)	24.27
その他東南アジア	11.85	ペルー	13.05	バングラデシュ	20.66	バングラデシュ	21.20	中国	24.12	中国	24.12
その他中米	8.83	中国	11.31	その他南アジア	18.44	モロッコ	20.15	バングラデシュ	21.20	バングラデシュ	21.20
チリ	8.47	その他東南アジア	11.25	その他東南アジア	17.26	その他南アジア	18.47	四国(日)	20.35	四国(日)	20.35
ペルー	8.43	韓国	10.20	その他オセアニア	16.59	その他東南アジア	17.19	モロッコ	20.15	モロッコ	20.15
インドネシア	6.99	その他中米	10.15	ベトナム	14.67	マラウイ	15.38	東北(日)	20.02	東北(日)	20.02
韓国	6.72	日本	9.96	ペルー	14.60	その他オセアニア	15.29	その他南アジア	18.47	その他南アジア	18.47
オーストラリア	6.56	その他南米	9.50	日本	14.08	チュニジア	15.28	その他東南アジア	17.19	その他東南アジア	17.19
その他南米	6.28	オーストラリア	8.46	タイ	13.84	ベトナム	15.01	九州(日)	16.80	九州(日)	16.80
マレーシア	5.50	チリ	7.84	その他南米	13.20	ブラジル	14.28	中国(日)	16.08	中国(日)	16.08
その他南アジア	4.58	その他アンデス共同体	6.68	その他中米	11.63	ペルー	14.07	マラウイ	15.38	マラウイ	15.38
フィリピン	4.14	インドネシア	6.29	その他東アジア	11.32	日本	14.05	その他オセアニア	15.29	その他オセアニア	15.29
メキシコ	3.63	マレーシア	4.84	その他南アフリカ	11.27	タイ	13.67	チュニジア	15.28	チュニジア	15.28
日本	2.89	フィリピン	4.33	韓国	10.11	その他米州自由貿易地域	12.46	近畿(日)	15.07	近畿(日)	15.07
その他南アフリカ	2.87	その他南アジア	3.62	オーストラリア	8.82	ブルガリア	12.22	ベトナム	15.01	ベトナム	15.01
中国	2.07	メキシコ	3.53	スリランカ	7.56	スロベニア	12.10	ブラジル	14.28	ブラジル	14.28
バングラデシュ	2.02	その他南アフリカ	2.35	インドネシア	7.53	アルゼンチン	11.66	ペルー	14.07	ペルー	14.07
その他欧州・北アフリカ	1.89	ニュージーランド	1.68	ロシア	6.65	その他東アジア	11.63	タイ	13.67	タイ	13.67
香港	1.68	バングラデシュ	1.61	台湾	6.57	タンザニア	11.34	インド(日)	13.05	インド(日)	13.05
シンガポール	1.56	その他欧州・北アフリカ	1.35	チリ	6.38	その他南部アフリカ開発共同体	11.30	その他米州自由貿易地域	12.46	その他米州自由貿易地域	12.46
その他アンデス共同体	1.09	香港	1.04	その他アンデス共同体	6.29	ジンバブエ	10.78	ブルガリア	12.22	ブルガリア	12.22
EU	0.84	シンガポール	0.71	ニュージーランド	5.84	その他ヨーロッパ	10.44	スロベニア	12.10	スロベニア	12.10
ニュージーランド	0.63	EU	0.55	その他旧ソ連	4.82	その他カリブ海	10.43	関東(日)	11.80	関東(日)	11.80
その他東アジア	0.55	アメリカ合衆国	0.53	その他欧州・北アフリカ	4.43	その他サハラ以南アフリカ	10.19	アルゼンチン	11.66	アルゼンチン	11.66
スリランカ	0.48	スリランカ	0.34	その他中東	4.40	中央アメリカ	9.90	その他東アジア	11.63	その他東アジア	11.63
カナダ	0.18	その他オセアニア	0.22	アメリカ合衆国	4.16	韓国	9.89	タンザニア	11.34	タンザニア	11.34
アメリカ合衆国	-0.09	カナダ	-0.04	マレーシア	4.07	その他北アフリカ	9.08	その他南部アフリカ開発共同体	11.30	その他南部アフリカ開発共同体	11.30
ロシア	-0.21	その他東アジア	-0.47	フィリピン	3.78	オーストラリア	8.76	ジンバブエ	10.78	ジンバブエ	10.78
その他旧ソ連	-0.68	ロシア	-0.76	メキシコ	3.25	その他南アフリカ	8.21	その他ヨーロッパ	10.44	その他ヨーロッパ	10.44
その他中東	-1.19	その他中東	-0.90	香港	2.87	南アフリカ	7.77	その他カリブ海	10.43	その他カリブ海	10.43
その他北米	-1.51	その他旧ソ連	-1.49	EU	1.22	ルーマニア	7.48	その他サハラ以南アフリカ	10.19	その他サハラ以南アフリカ	10.19
台湾	-1.75	その他北米	-2.18	カナダ	0.35	スリランカ	7.43	中央アメリカ	9.90	中央アメリカ	9.90
その他オセアニア	-1.93	台湾	-2.65	シンガポール	-1.21	インドネシア	7.30	韓国	9.89	韓国	9.89
世界計	1.85	世界計	2.79	世界計	5.63	アルバニア	6.98	その他北アフリカ	9.08	その他北アフリカ	9.08
						その他南アメリカ	6.57	オーストラリア	8.76	オーストラリア	8.76
						台湾	6.55	その他南アフリカ	8.21	その他南アフリカ	8.21
						ロシア	6.45	南アフリカ	7.77	南アフリカ	7.77
						チリ	6.33	ルーマニア	7.48	ルーマニア	7.48
						コロンビア	5.84	スリランカ	7.43	スリランカ	7.43
						ザンビア	5.71	インドネシア	7.30	インドネシア	7.30
						ニュージーランド	5.59	アルバニア	6.98	アルバニア	6.98
						その他アンデス共同体	5.50	その他南アメリカ	6.57	その他南アメリカ	6.57
						チェコ	5.38	台湾	6.55	台湾	6.55
						ウルグアイ	4.97	ロシア	6.45	ロシア	6.45
						ポーランド	4.97	チリ	6.33	チリ	6.33
						ベネズエラ	4.56	コロンビア	5.84	コロンビア	5.84
						モザンビーク	4.56	ザンビア	5.71	ザンビア	5.71
						トルコ	4.36	ニュージーランド	5.59	ニュージーランド	5.59
						その他旧ソ連	4.23	その他アンデス共同体	5.50	その他アンデス共同体	5.50
						その他中東	4.09	チェコ	5.38	チェコ	5.38
						マレーシア	3.97	ウルグアイ	4.97	ウルグアイ	4.97
						アメリカ合衆国	3.96	ポーランド	4.97	ポーランド	4.97
						スロバキア	3.90	ベネズエラ	4.56	ベネズエラ	4.56
						フィリピン	3.85	モザンビーク	4.56	モザンビーク	4.56
						キプロス	3.40	トルコ	4.36	トルコ	4.36
						マダガスカル	3.28	その他旧ソ連	4.23	その他旧ソ連	4.23
						クロアチア	3.25	その他中東	4.09	その他中東	4.09
						メキシコ	3.22	マレーシア	3.97	マレーシア	3.97
						香港	2.75	アメリカ合衆国	3.96	アメリカ合衆国	3.96
						ハンガリー	2.59	スロバキア	3.90	スロバキア	3.90
						マルタ	1.54	フィリピン	3.85	フィリピン	3.85
						ドイツ	1.47	キプロス	3.40	キプロス	3.40
						イタリア	1.34	マダガスカル	3.28	マダガスカル	3.28
						ウガンダ	1.32	クロアチア	3.25	クロアチア	3.25
						リトアニア	1.23	メキシコ	3.22	メキシコ	3.22
						ラトビア	1.18	香港	2.75	香港	2.75
						イギリス	1.05	ハンガリー	2.59	ハンガリー	2.59
						ギリシャ	1.02	マルタ	1.54	マルタ	1.54
						スペイン	1.00	ドイツ	1.47	ドイツ	1.47
						その他欧州自由貿易連合	0.73	イタリア	1.34	イタリア	1.34
						デンマーク	0.65	ウガンダ	1.32	ウガンダ	1.32
						フィンランド	0.64	リトアニア	1.23	リトアニア	1.23
						フランス	0.64	ラトビア	1.18	ラトビア	1.18
						スウェーデン	0.57	イギリス	1.05	イギリス	1.05
						カナダ	0.33	ギリシャ	1.02	ギリシャ	1.02
						オランダ	0.01	スペイン	1.00	スペイン	1.00
						オーストリア	-0.14	その他欧州自由貿易連合	0.73	その他欧州自由貿易連合	0.73
						エストニア	-0.19	デンマーク	0.65	デンマーク	0.65
						スイス	-0.53	フィンランド	0.64	フィンランド	0.64
						ポルトガル	-0.69	フランス	0.64	フランス	0.64
						アイルランド	-0.72	スウェーデン	0.57	スウェーデン	0.57
						ベルギー	-0.76	カナダ	0.33	カナダ	0.33
						ルクセンブルグ	-1.03	オランダ	0.01	オランダ	0.01
						シンガポール	-1.25	オーストリア	-0.14	オーストリア	-0.14
						ボツワナ	-2.25	エストニア	-0.19	エストニア	-0.19
								スイス	-0.53	スイス	-0.53
								ポルトガル	-0.69	ポルトガル	-0.69
								アイルランド	-0.72	アイルランド	-0.72
								ベルギー	-0.76	ベルギー	-0.76
								ルクセンブルグ	-1.03	ルクセンブルグ	-1.03
								シンガポール	-1.25	シンガポール	-1.25
								ボツワナ	-2.25	ボツワナ	-2.25
								世界計	5.18	世界計	5.18

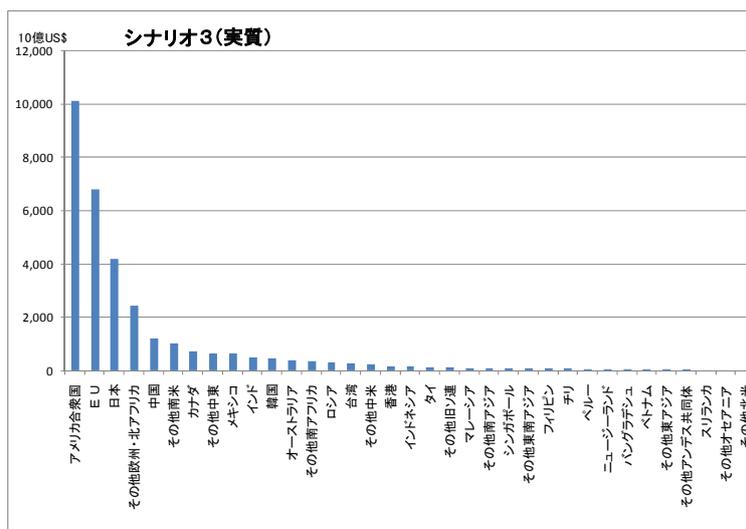
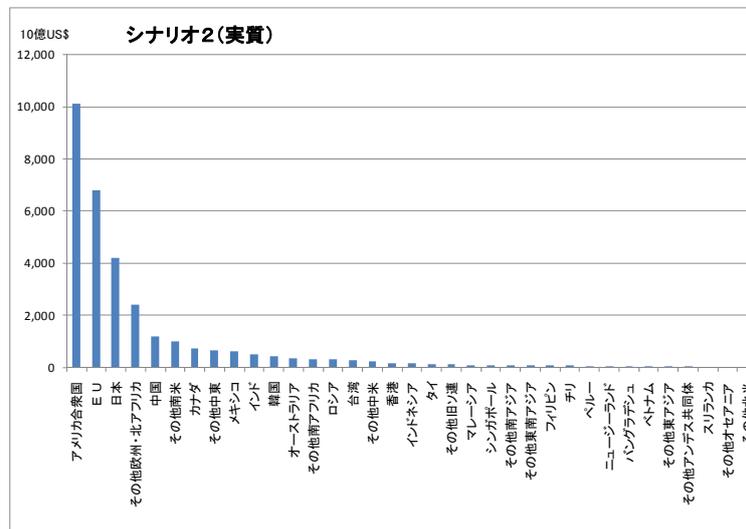
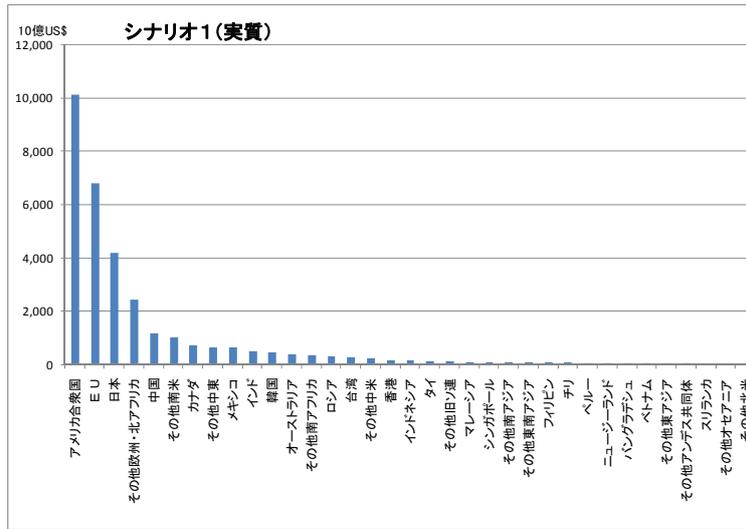


図 4.6 予測結果 B-1 地域：世界 指標：GDP (実質) 単位：全体額【10 億 US\$】

図 4.4 予測結果 b-1 地域：世界 指標：GDP（実質） 単位：全体額【10 億 US\$】

GDP(実質)(世界)				(百万US\$)			
シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3		シナリオ3	
国名	全体額	国名	全体額	国名	全体額	国名	全体額
アメリカ合衆国	10,082.155	アメリカ合衆国	10,083.163	アメリカ合衆国	10,085.180	アメリカ合衆国	10,085.180
EU	6,792.387	EU	6,793.066	EU	6,796.460	日本	4,188.649
日本	4,181.255	日本	4,182.556	日本	4,187.787	ドイツ	1,856.903
その他欧州・北アフリカ	2,413.441	その他欧州・北アフリカ	2,413.200	その他欧州・北アフリカ	2,417.542	イギリス	1,433.568
中国	1,160.366	中国	1,165.405	中国	1,181.062	フランス	1,322.148
その他南米	1,008.714	その他南米	1,009.620	その他南米	1,010.627	中国	1,180.432
カナダ	715.016	カナダ	715.016	カナダ	715.588	イタリア	1,089.995
その他中東	644.252	その他中東	645.090	その他中東	646.637	カナダ	715.588
メキシコ	620.662	メキシコ	620.785	メキシコ	621.712	その他中東	647.024
インド	482.736	インド	483.452	インド	484.455	メキシコ	621.774
韓国	432.735	韓国	440.176	韓国	440.262	スベイン	583.895
オーストラリア	358.151	オーストラリア	358.294	オーストラリア	358.330	ブラジル	504.965
その他南アフリカ	322.243	その他南アフリカ	322.146	その他南アフリカ	324.849	インド	484.550
ロシア	309.886	ロシア	309.855	ロシア	312.118	韓国	440.262
台湾	281.323	台湾	281.295	台湾	282.365	オランダ	385.771
その他中米	227.493	その他中米	227.607	その他中米	227.946	オーストラリア	358.366
香港	162.761	香港	162.761	香港	162.924	ロシア	312.087
インドネシア	145.713	インドネシア	145.699	インドネシア	145.713	台湾	282.449
タイ	116.333	タイ	116.298	タイ	116.677	アルゼンチン	269.363
その他旧ソ連	104.266	その他旧ソ連	104.255	その他旧ソ連	104.819	イス	252.620
マレーシア	89.370	マレーシア	89.317	マレーシア	89.335	ベルギー	228.207
シンガポール	84.932	シンガポール	84.906	その他南アジア	85.317	スウェーデン	218.983
その他南アジア	84.482	その他南アジア	84.465	シンガポール	84.889	オーストラリア	190.120
その他東南アジア	79.172	その他東南アジア	79.179	その他東南アジア	79.251	その他北アフリカ	189.794
フィリピン	71.738	フィリピン	71.659	フィリピン	71.680	その他欧州自由貿易連合	179.103
チリ	66.603	チリ	66.596	チリ	66.576	ポーランド	177.472
ペルー	54.172	ペルー	54.263	ペルー	54.301	香港	162.875
ニュージーランド	50.584	ニュージーランド	50.620	ニュージーランド	50.670	デンマーク	159.171
バングラデシュ	46.739	バングラデシュ	46.734	バングラデシュ	47.416	トルコ	148.288
ベトナム	34.005	ベトナム	34.019	ベトナム	34.185	インドネシア	145.699
その他東アジア	29.248	その他東アジア	29.245	その他東アジア	29.289	その他サハラ以南アフリカ	142.714
その他アンデス共同体	25.936	その他アンデス共同体	25.998	その他アンデス共同体	26.030	ベネズエラ	125.461
スリランカ	15.921	スリランカ	15.924	スリランカ	16.037	その他米州自由貿易地域	123.067
その他オセアニア	13.793	その他オセアニア	13.799	その他オセアニア	14.384	フィンランド	121.857
その他北米	2.985	その他北米	2.982	その他北米	3.360	タイ	116.791
世界計	31,311,568	世界計	31,329,447	世界計	31,375,772	ギリシャ	116.726
						南アフリカ	114.032
						ポルトガル	110.968
						その他旧ソ連	104.850
						アイルランド	102.719
						マレーシア	89.520
						その他南アジア	85.326
						シンガポール	84.881
						コロンビア	82.576
						その他東南アジア	79.290
						フィリピン	71.695
						中央アメリカ	70.844
						チリ	66.576
						チェコ	66.509
						ペルー	54.296
						ハンガリー	52.305
						ニュージーランド	50.665
						バングラデシュ	47.444
						ルーマニア	39.012
						モロッコ	35.301
						その他カリブ海	34.435
						ベトナム	34.231
						その他東アジア	29.292
						その他アンデス共同体	26.040
						その他ヨーロッパ	24.173
						チェンジア	20.779
						スロバキア	20.531
						その他南部アフリカ開発共同体	20.478
						クロアチア	20.356
						ルクセンブルグ	19.270
						スロベニア	19.034
						ウルグアイ	18.793
						スリランカ	16.045
						その他オセアニア	14.414
						ブルガリア	13.760
						リトアニア	12.003
						その他南アメリカ	9.947
						キプロス	9.787
						タンザニア	9.399
						ジンバブエ	9.128
						ラトビア	7.575
						ウガンダ	6.879
						エストニア	5.534
						その他南アフリカ	5.254
						ボツワナ	5.243
						マダガスカル	4.611
						アルバニア	4.152
						ザンビア	3.661
						マルタ	3.642
						モザンビーク	3.627
						その他北米	3.404
						マラウイ	1.775
						世界計	31,397,076
						アルバニア	4.152
						ザンビア	3.661
						マルタ	3.642
						モザンビーク	3.627
						その他北米	3.404
						マラウイ	1.775
						世界計	31,397,076

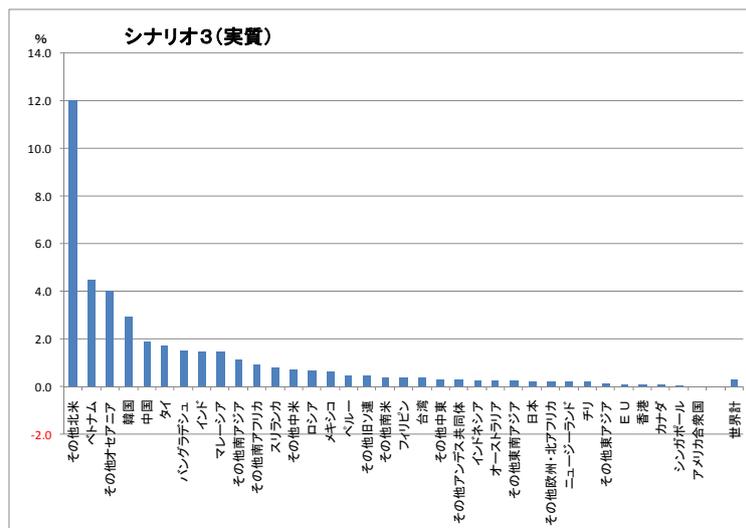
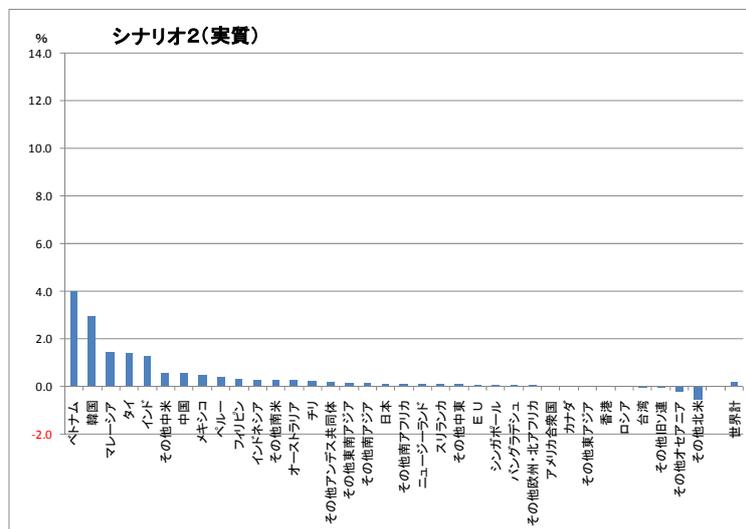
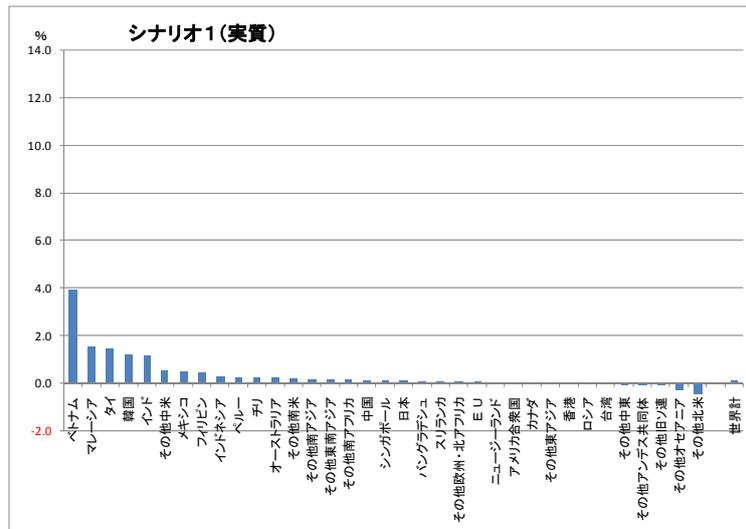


図 4.7 予測結果 B-2 地域：世界 指標：GDP (実質) 単位：増減率

表 4.5 予測結果 b-2 地域：世界 指標：GDP (実質) 単位：増減率

GDP(実質) (世界)										(%)
シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3		シナリオ3		シナリオ3		
国名	増減率	国名	増減率	国名	増減率	国名	増減率	国名	増減率	
ベトナム	3.92	ベトナム	3.96	その他北米	12.03	その他北米	13.49	その他北米	13.49	
マレーシア	1.51	韓国	2.93	ベトナム	4.47	ベトナム	4.61	ベトナム	4.61	
タイ	1.44	マレーシア	1.45	その他オセアニア	4.00	その他北アフリカ	4.42	その他北アフリカ	4.42	
韓国	1.19	タイ	1.41	韓国	2.95	その他オセアニア	4.22	その他オセアニア	4.22	
インド	1.13	インド	1.28	中国	1.90	チュニジア	3.95	チュニジア	3.95	
その他中米	0.52	その他中米	0.57	タイ	1.74	その他南部アフリカ開発共同体	3.80	その他南部アフリカ開発共同体	3.80	
メキシコ	0.46	中国	0.55	バングラデシュ	1.52	モロッコ	3.16	モロッコ	3.16	
フィリピン	0.42	メキシコ	0.48	インド	1.49	韓国	2.95	韓国	2.95	
インドネシア	0.28	ベルー	0.40	マレーシア	1.47	スイス	2.71	スイス	2.71	
ベルー	0.23	フィリピン	0.31	その他南アジア	1.15	その他ヨーロッパ	2.14	その他ヨーロッパ	2.14	
チリ	0.23	インドネシア	0.27	その他南アフリカ	0.95	その他南アフリカ	2.00	その他南アフリカ	2.00	
オーストラリア	0.22	その他南米	0.26	スリランカ	0.79	中国	1.85	中国	1.85	
その他南米	0.17	オーストラリア	0.26	その他中米	0.72	タイ	1.84	タイ	1.84	
その他南アジア	0.16	チリ	0.22	ロシア	0.70	マレーシア	1.68	マレーシア	1.68	
その他東南アジア	0.15	その他アンデス共同体	0.18	メキシコ	0.63	キプロス	1.59	キプロス	1.59	
その他南アフリカ	0.14	その他東南アジア	0.16	ベルー	0.47	バングラデシュ	1.58	バングラデシュ	1.58	
中国	0.12	その他南アジア	0.14	その他旧ソ連	0.47	ブルガリア	1.53	ブルガリア	1.53	
シンガポール	0.09	日本	0.12	その他南米	0.36	インド	1.51	インド	1.51	
日本	0.09	その他南アフリカ	0.11	フィリピン	0.34	マラウイ	1.50	マラウイ	1.50	
バングラデシュ	0.07	ニュージーランド	0.10	台湾	0.33	その他サハラ以南アフリカ	1.38	その他サハラ以南アフリカ	1.38	
スリランカ	0.06	スリランカ	0.08	その他中東	0.32	スロベニア	1.19	スロベニア	1.19	
その他欧州・北アフリカ	0.06	その他中東	0.08	その他アンデス共同体	0.30	その他南アジア	1.16	その他南アジア	1.16	
EU	0.06	EU	0.07	インドネシア	0.28	その他南アメリカ	1.13	その他南アメリカ	1.13	
ニュージーランド	0.03	シンガポール	0.06	オーストラリア	0.27	中央アメリカ	0.99	中央アメリカ	0.99	
アメリカ合衆国	0.00	バングラデシュ	0.06	その他東南アジア	0.25	アルバニア	0.92	アルバニア	0.92	
カナダ	0.00	その他欧州・北アフリカ	0.05	日本	0.24	ボツワナ	0.90	北海道(日)	0.91	
その他東アジア	0.00	アメリカ合衆国	0.01	その他欧州・北アフリカ	0.23	マルタ	0.88	ボツワナ	0.90	
香港	-0.02	カナダ	0.00	ニュージーランド	0.20	その他カリブ海	0.87	マルタ	0.88	
ロシア	-0.02	その他東アジア	-0.01	チリ	0.19	その他米州自由貿易地域	0.85	その他カリブ海	0.87	
台湾	-0.04	香港	-0.02	その他東アジア	0.14	スリランカ	0.84	その他米州自由貿易地域	0.85	
その他中東	-0.05	ロシア	-0.03	EU	0.12	ボルトガル	0.80	スリランカ	0.84	
その他アンデス共同体	-0.06	台湾	-0.05	香港	0.08	ジンバブエ	0.79	ボルトガル	0.80	
その他旧ソ連	-0.06	その他旧ソ連	-0.07	カナダ	0.08	ルーマニア	0.76	ジンバブエ	0.79	
その他オセアニア	-0.27	その他オセアニア	-0.23	シンガポール	0.04	ハンガリー	0.73	ルーマニア	0.76	
その他北米	-0.46	その他北米	-0.58	アメリカ合衆国	0.03	ポーランド	0.69	ハンガリー	0.73	
世界計	0.11	世界計	0.16	世界計	0.31	ロシア	0.69	ポーランド	0.69	
						ウルグアイ	0.68	ロシア	0.69	
						南アフリカ	0.67	ウルグアイ	0.68	
						メキシコ	0.64	南アフリカ	0.67	
						タンザニア	0.62	メキシコ	0.64	
						ザンビア	0.62	タンザニア	0.62	
						モザンビーク	0.55	ザンビア	0.62	
						その他旧ソ連	0.50	モザンビーク	0.55	
						ブラジル	0.49	その他旧ソ連	0.50	
						クロアチア	0.47	ブラジル	0.49	
						ベルー	0.46	クロアチア	0.47	
						ベネズエラ	0.41	ベルー	0.46	
						その他欧州自由貿易連合	0.41	ベネズエラ	0.41	
						トルコ	0.41	その他欧州自由貿易連合	0.41	
						オランダ	0.39	トルコ	0.41	
						その他中東	0.38	オランダ	0.39	
						台湾	0.36	その他中東	0.38	
						フィリピン	0.36	台湾	0.36	
						スロバキア	0.35	フィリピン	0.36	
						ラトビア	0.35	スロバキア	0.35	
						その他アンデス共同体	0.34	ラトビア	0.35	
						チェコ	0.31	その他アンデス共同体	0.34	
						その他東南アジア	0.30	チェコ	0.31	
						ベルギー	0.29	四国(日)	0.31	
						オーストラリア	0.28	その他東南アジア	0.30	
						インドネシア	0.27	ベルギー	0.29	
						アルゼンチン	0.27	オーストラリア	0.28	
						日本	0.27	インドネシア	0.27	
						イギリス	0.26	アルゼンチン	0.27	
						フィンランド	0.23	イギリス	0.26	
						コロンビア	0.20	東北(日)	0.26	
						ニュージーランド	0.19	中国(日)	0.26	
						チリ	0.19	関東(日)	0.24	
						アイルランド	0.17	近畿(日)	0.24	
						エストニア	0.16	フィンランド	0.23	
						マダガスカル	0.16	九州(日)	0.22	
						その他東アジア	0.15	中部(日)	0.21	
						ギリシャ	0.14	コロンビア	0.20	
						スウェーデン	0.12	ニュージーランド	0.19	
						ルクセンブルグ	0.11	チリ	0.19	
						オーストリア	0.09	アイルランド	0.17	
						リトアニア	0.09	エストニア	0.16	
						カナダ	0.08	マダガスカル	0.16	
						ドイツ	0.07	その他東アジア	0.15	
						スペイン	0.07	ギリシャ	0.14	
						ウガンダ	0.06	スウェーデン	0.12	
						香港	0.05	ルクセンブルグ	0.11	
						フランス	0.05	オーストリア	0.09	
						イタリア	0.05	リトアニア	0.09	
						シンガポール	0.03	カナダ	0.08	
						アメリカ合衆国	0.03	ドイツ	0.07	
						デンマーク	-0.04	スペイン	0.07	
								ウガンダ	0.06	
								香港	0.05	
								フランス	0.05	
								イタリア	0.05	
								シンガポール	0.03	
								アメリカ合衆国	0.03	
								デンマーク	-0.04	
								世界計	0.38	

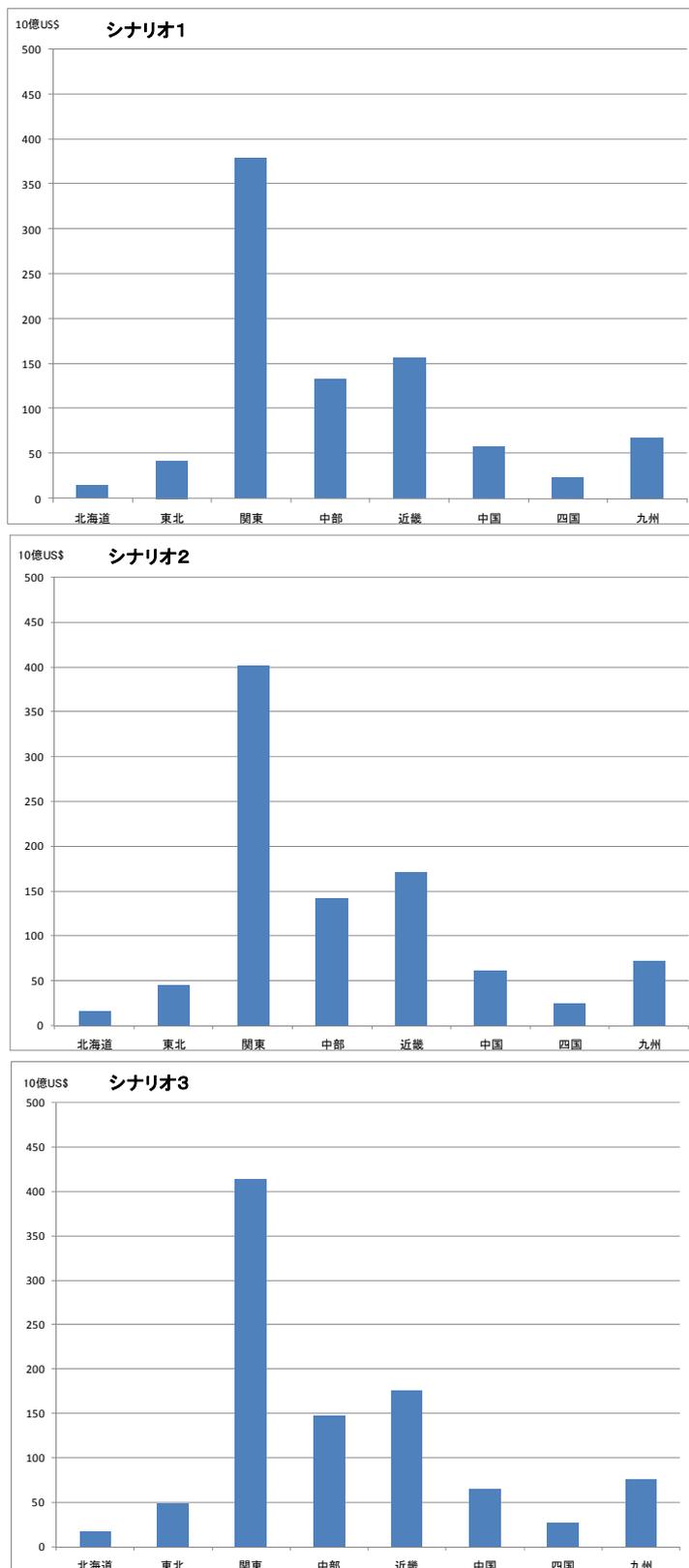


図 4.9 予測結果 C-1 地域：日本 指標：輸出入額 単位：全体額【10 億 US\$】

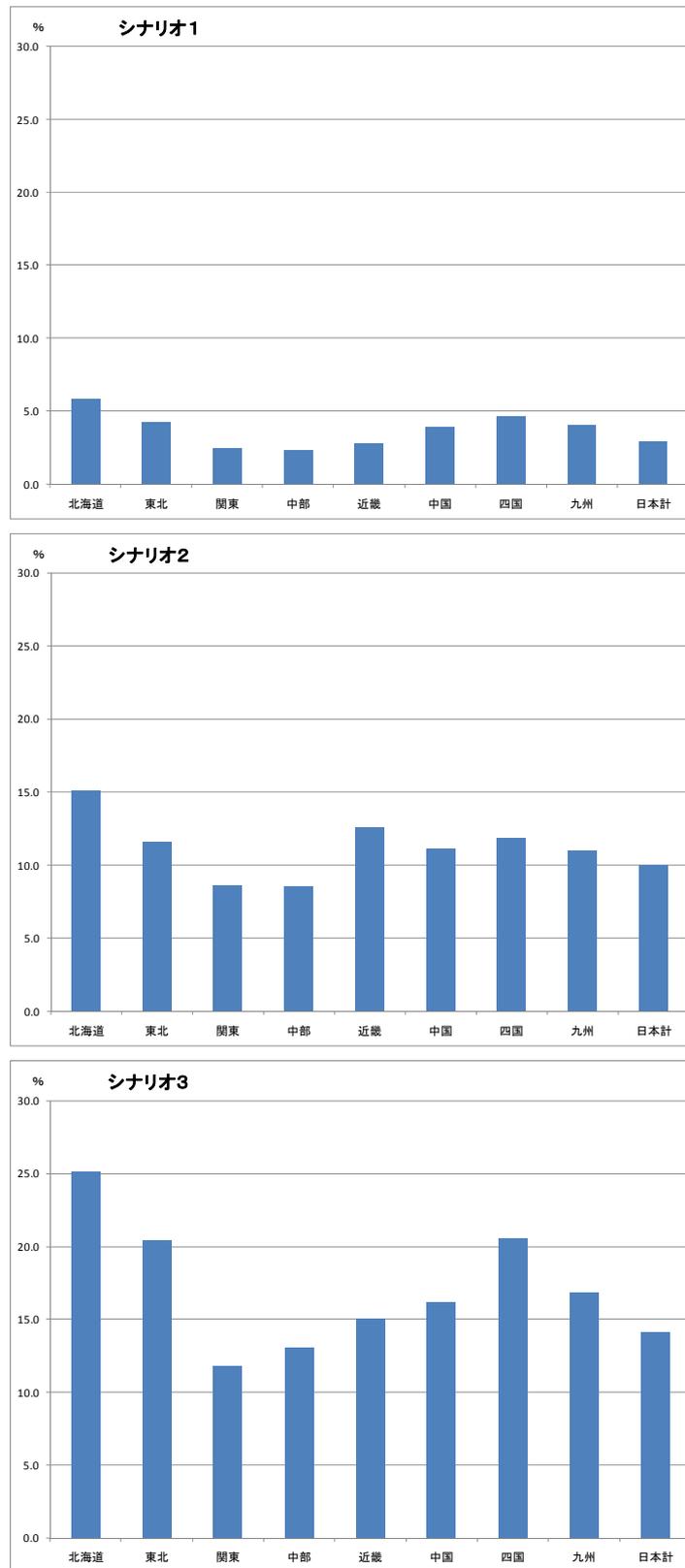


図 4.10 予測結果 C-2 地域：日本 指標：輸出入額 単位：増減率

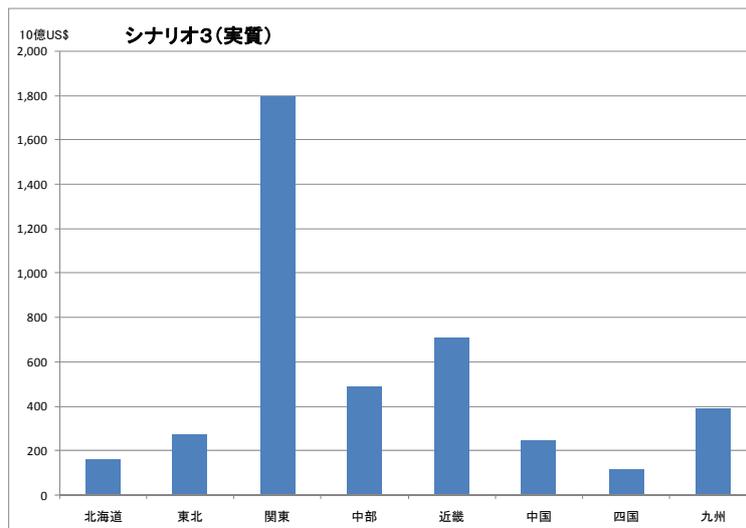
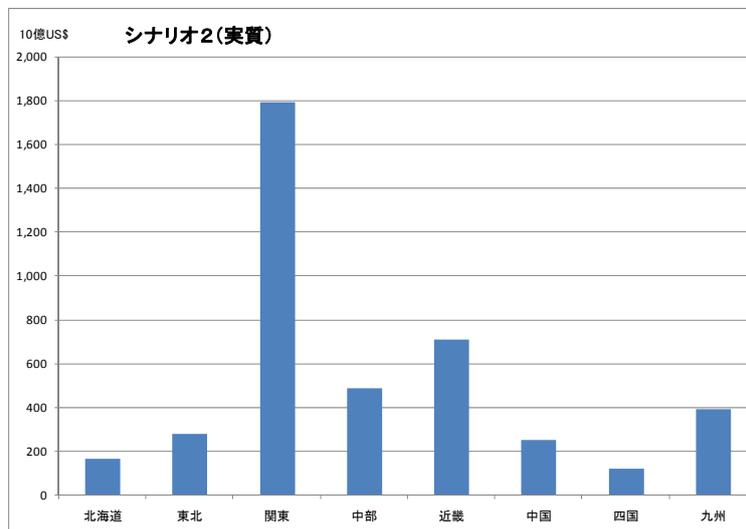
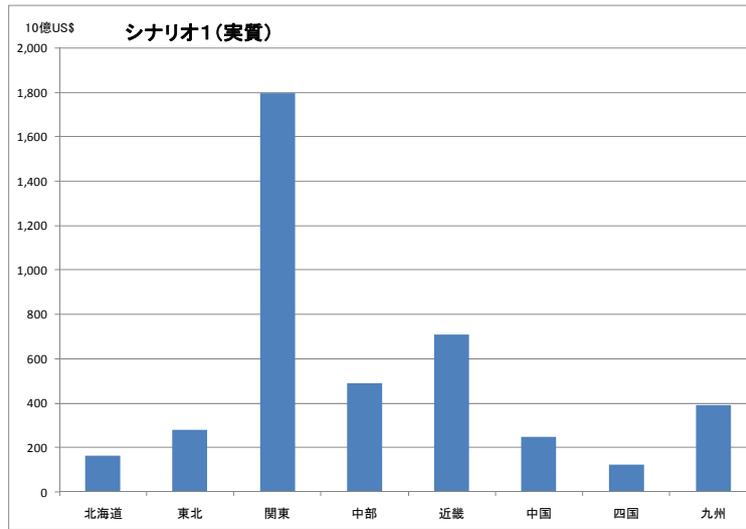


図 4.11 予測結果 D-1 地域：日本 指標：GRP（実質） 単位：全体額【10 億 US\$】

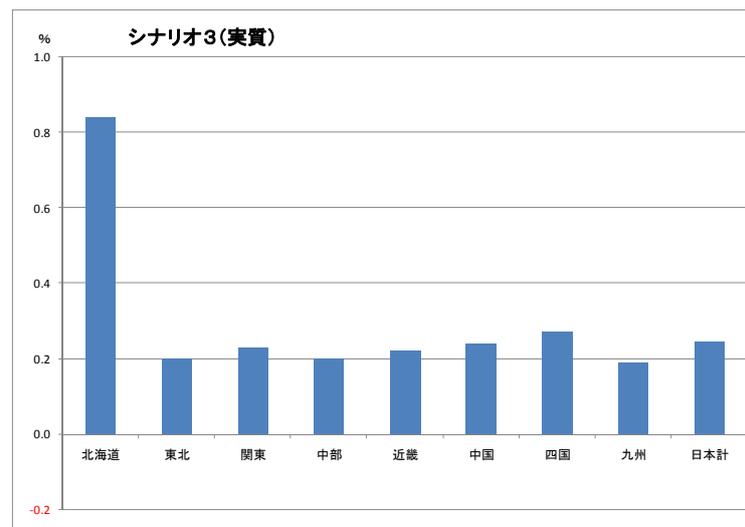
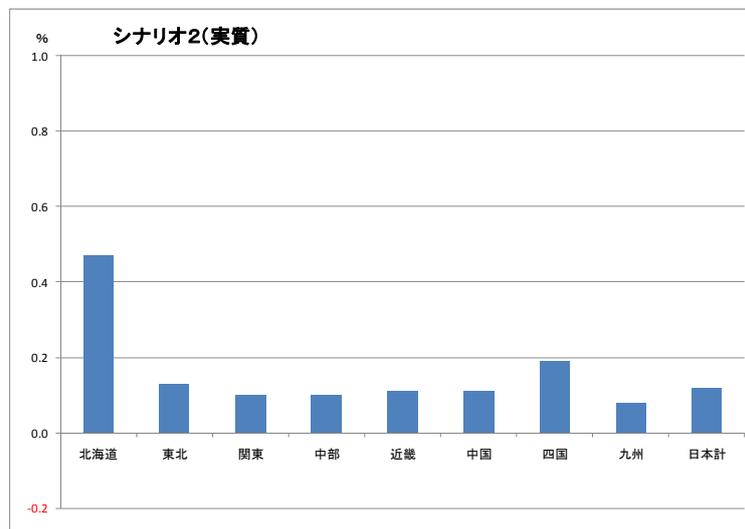
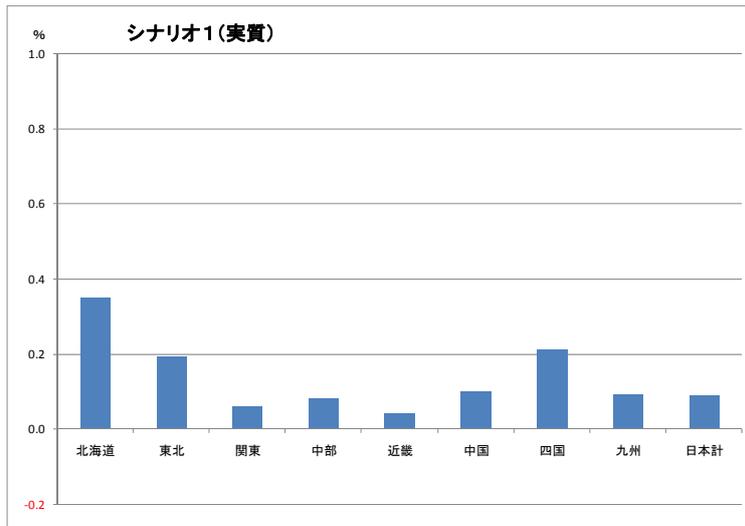


図 4.12 予測結果 D-2 地域：日本 指標：GRP（実質） 単位：増減率

表 4.6 予測結果 c-1 地域：日本 指標：輸出入額 単位：全体額【10億US\$】
輸出入(日本) (百万US\$)

シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3	
地域	全体額	地域	全体額	地域	全体額
北海道	14,066	北海道	15,297	北海道	16,637
東北	42,004	東北	44,962	東北	48,530
関東	378,770	関東	401,397	関東	413,149
中部	133,137	中部	141,249	中部	147,165
近畿	156,352	近畿	171,273	近畿	175,029
中国	57,164	中国	61,122	中国	63,935
四国	23,345	四国	24,948	四国	26,896
九州	67,646	九州	72,150	九州	75,980
日本計	872,485	日本計	932,398	日本計	967,321

表 4.7 予測結果 c-2 地域：日本 指標：輸出入額 単位：増減率
輸出入(日本) (%)

シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3	
地域	増減率	地域	増減率	地域	増減率
北海道	5.79	北海道	15.05	北海道	25.13
東北	4.21	東北	11.54	東北	20.40
関東	2.47	関東	8.59	関東	11.77
中部	2.26	中部	8.49	中部	13.03
近畿	2.77	近畿	12.57	近畿	15.04
中国	3.88	中国	11.08	中国	16.19
四国	4.63	四国	11.82	四国	20.55
九州	4.02	九州	10.95	九州	16.84
日本計	2.89	日本計	9.96	日本計	14.08

表 4.8 予測結果 d-1 地域：日本 指標：GRP (実質) 単位：全体額【10億US\$】
GRP(実質)(日本) (百万US\$)

シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3	
地域	全体額	地域	全体額	地域	全体額
北海道	163,136	北海道	163,331	北海道	163,932
東北	275,325	東北	275,160	東北	275,353
関東	1,792,714	関東	1,793,430	関東	1,795,760
中部	487,394	中部	487,492	中部	487,979
近畿	706,300	近畿	706,794	近畿	707,571
中国	248,020	中国	248,045	中国	248,367
四国	118,663	四国	118,639	四国	118,734
九州	389,702	九州	389,663	九州	390,092
日本計	4,181,255	日本計	4,182,556	日本計	4,187,787

表 4.9 予測結果 d-2 地域：日本 指標：GRP (実質) 単位：増減率
GRP(実質)(日本) (%)

シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3	
地域	増減率	地域	増減率	地域	増減率
北海道	0.35	北海道	0.47	北海道	0.84
東北	0.19	東北	0.13	東北	0.20
関東	0.06	関東	0.10	関東	0.23
中部	0.08	中部	0.10	中部	0.20
近畿	0.04	近畿	0.11	近畿	0.22
中国	0.10	中国	0.11	中国	0.24
四国	0.21	四国	0.19	四国	0.27
九州	0.09	九州	0.08	九州	0.19
日本計	0.09	日本計	0.12	日本計	0.24

参考文献

- 1) 米本清・柴崎隆一・渡部富博 (2008) : 日中地域間アジア国際産業連関表を用いた貿易・開発政策の地域別影響分析, 国土技術政策総合研究所資料第451号.
- 2) 柴崎隆一・石倉智樹・安部智久・渡部富博・山根隆行・吉田恒昭・阿部一知・根本敏則・花岡伸也・小野憲司 (2008) : 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第479号.
- 3) 柴崎隆一 (2008) : 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報告第37号.
- 4) 石倉智樹・丹生清輝 (2008) : 東アジアの航空ネットワークにおける国際航空貨物流動変化に関するシナリオ分析, 国土技術政策総合研究所資料第498号.
- 5) 角野隆・柴崎隆一・石倉智樹・馬立強 (2005) : 応用一般均衡モデルを用いた東アジア地域における経済・交通連携政策が国際海上コンテナ輸送にもたらす影響の試算, 国土技術政策総合研究所資料第258号.
- 6) 経済企画庁調整局編 (1997) : APEC貿易自由化の経済効果.
- 7) 伴金美・大坪滋・川崎研一・小野稔・松谷萬太郎・堤雅彦・木滝秀彰・小野博 (1998) : 応用一般均衡モデルによる貿易・投資自由化と環境政策の評価, 経済分析第156号, 経済企画庁経済研究所, 1998.
- 8) ITAKURA, K., HERTEL, T. W. and REIMER, J. J. (2002) : Free Trade Agreements in East Asia: Implications for Trade, Production, and Welfare, in Research Report on Promoting Economic Partnership between Japan, ASEAN, and East Asia, edited by Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI) and Institute of Developing Economies-JETRO, Chiba, Japan. pp. 27-97.
- 9) 堤 雅彦・清田耕造 (2002) : 日本を巡る自由貿易協定の効果 : CGEモデルによる分析, JCER Discussion Paper No.74, 日本経済研究センター.
- 10) KAWASAKI, K. (2003) : The Impact of Free Trade Agreements in Asia, RIETI Discussion Paper Series, 03-E-018.
- 11) 阿部一知 (2003) : 予備的長期マクロ経済ビジョンおよび3国間FTAの経済効果 : NIRA政策研究, 12月, 総合研究開発機構.
- 12) 中島朋義 (2003) : 日本のFTA 政策と農業支援, 日本国際経済学会第62回全国大会報告論文.
- 13) 安藤光代 (2006) : 2020年の東アジア経済 : CGEモデルシミュレーション分析, 慶応義塾大学経済学研究科・商学研究科連携ディスカッションペーパーDP2006-22.
- 14) HERTEL, T. W. (1997) : Global Trade Analysis Project: Modeling and Applications, Cambridge University Press.

第5章 国際海上コンテナ貨物量の予測

5.1 はじめに

本章では、前章で推計された2国間貿易額や輸出入貨物量を所与として、我が国を中心とするアジア圏における国際海上コンテナ貨物の流動を再現するモデルを構築する。本モデルにより、我が国の各地域の荷主が貨物の輸出入においてどの港湾を利用し、また、各外航コンテナ船社が貨物の輸送において、各港にどのようなサイズの船舶をどのような頻度で配船するか、等を再現することが可能となる。また、構築したモデルを用いて、我が国の主要港湾におけるリードタイムの短縮等の施策実施により、貨物流動パターンがどのように変化するかについてのシミュレーションを行う。

5.2 モデルの概要

5.2.1 モデルの全体構成

本モデルは、図 5.1に示すように、地域間貨物輸送需要（OD量）や水深別バース数や利用料金などの各港湾のサービスレベル、さらには輸送ネットワークに関する情報（輸送費用・時間など）を所与として、海上および陸上のコンテナ貨物の輸送パターンを出力するものである。この出力を、港湾ごとに集計すれば、港湾別の取扱量やトランシップ貨物量が算出できる。

図 5.2 に本モデルの全体構成を示す。本モデルにおいては、国際海上コンテナ貨物輸送市場の主たる行動主体である「荷主」と「外航船社」の行動に着目する。両者は、図 5.2 に示されるように、地域間貨物輸送需要を所与として、航路ごとの運賃・所要時間や需要等によってたが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、各外航船社グループが提示する航路別運賃や所要時間も参照しながら、費用や輸送時間にくわえ、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、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。そこで、モデル構築者が観測できない要因も誤差項として含めることが可能な確率配分型のモデルを採用し、輸出入利用港湾の選択と外航船社グループの選択の2段階の選択行動モデルを構築する。このうち、第1段階（下位問題）の外航船社グループ選択問題においては、ロジットモデルを適用する。また、第2段階（上位問題）の港湾選択問題においては、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適用する。なお、第2段階では、第1段階（下位問題）の船社グループ選択の行動結果が、全船社合計の合成された航路別費用として組み込まれる、いわゆるネスティッド・ロジット型のモデルとなっている。

一方、「外航船社」は、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）ごとに利潤が最大となるよう行動するものと仮定し、自ループの利潤（＝収入－費用）が最大となるように、他グループの行動（運賃等）や荷主の船会社選択行動を考慮しながら、海上輸送経路（寄港地やトランシップ港）や輸送船舶サイズ、航路別運賃等を決定するものとする。ここでは、後で述べるように、利潤最大化行動を直接解くことが難しいため、航路別の収入最大化問題と総費用最小化問題に分割して解くものとする。収入最大化問題については、各グループの航路別輸

送費用・時間や他グループの運賃，荷主の船社選択行動を所与として自グループの収入が最大となる運賃を決定する．これは，サービスレベルが異なるという差別化された財における寡占市場下の価格競争モデル（ベルトラン均衡モデル）と位置づけられる．また，総費用最小化問題については，各グループの航路別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．この問題には，リンクフロー依存型コストを持つシステム最適ネットワーク均衡配分モデルを適用する．

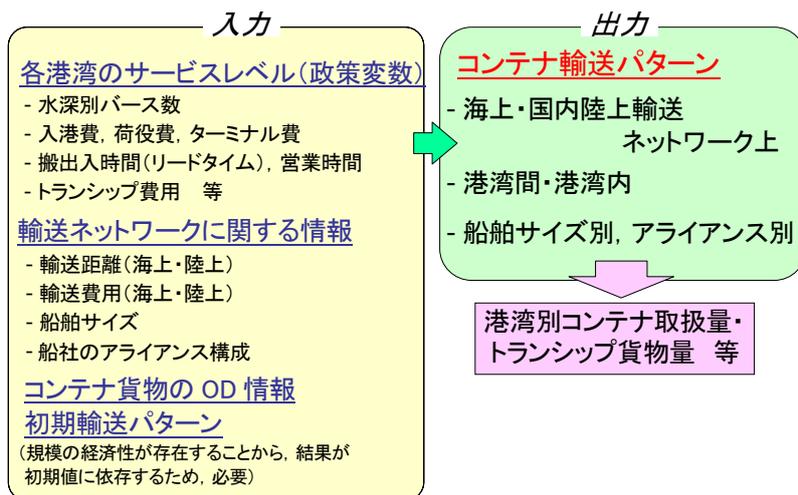


図 5.1 本モデルの入力と出力

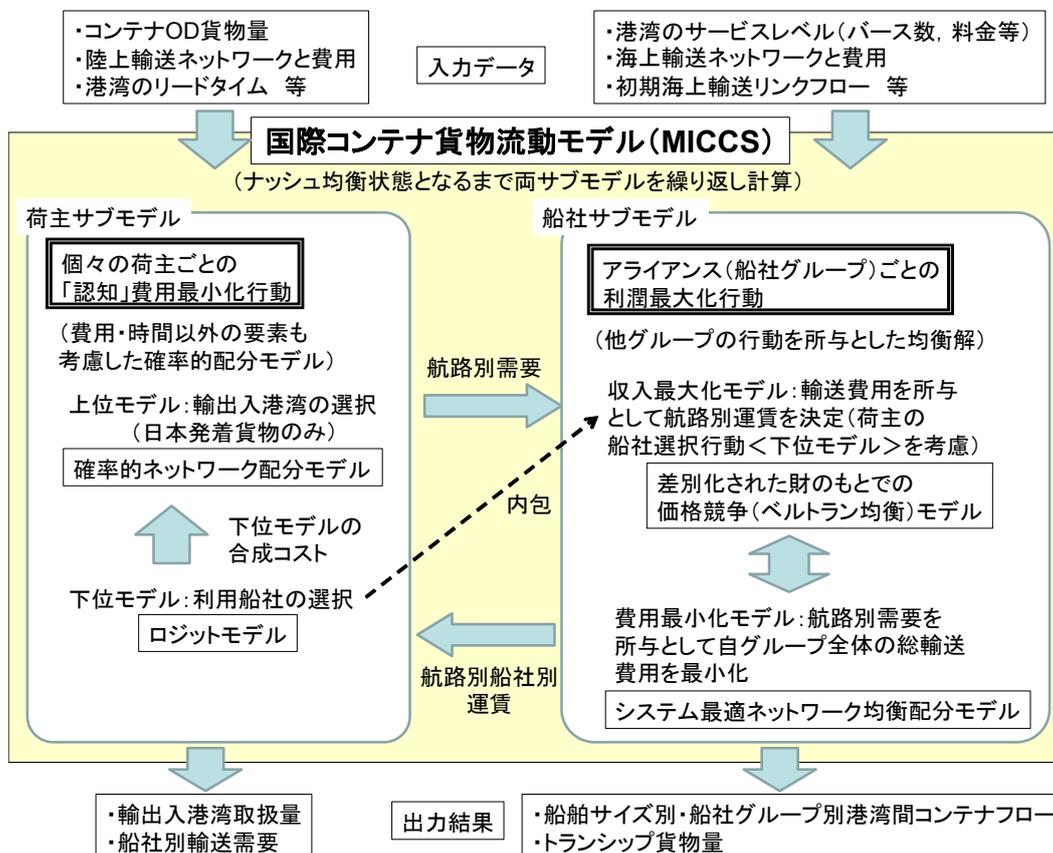


図 5.2 本モデルの全体構成

5.2.2 既往の関連研究と本モデルの特徴

本モデルのような、貨物輸送需要（OD量ともよばれる）を所与とし、輸送ルートやその一環としての各港湾の取扱量を出力することを目的とするモデルは、交通需要予測における4段階推定法のうち、最後の配分モデル（経路選択モデル）に該当するものである。

港湾取扱貨物量の予測手法として最も基本的なのは、配分モデルには該当しないものの、これまでのトレンドを外挿して将来推計値とするものである。港湾貨物取扱量と各国や地域のGDPの間には、比較的強い相関関係が存在することが多いため、精度的にみればかならずしも悪い手法とはいえない場合もあるものの、説明変数がGDPなどの社会経済状況を示す指標などに極端に限られるため、本研究の目的でもある、さまざまな政策実施効果のシミュレーションが困難であるという問題点がある。同様の問題は、より多くの説明変数を考慮可能な、多変量解析等の計量経済的手法に基づく予測においても指摘できる。これは、これらのモデルが、投資やソフト的施策によってインフラの利便性が向上した際に、荷主や船会社がどのように行動を変えるのかという点を考慮していないことに起因する。

そこで、荷主や船会社の行動を考慮可能なモデルが、先に述べた配分モデルの主流となる。最も単純な配分モデルは、費用（あるいは所要時間など）が最小となるルートにすべての貨物が配分されるという、最短経路探索に基づく考え方である。これは、ルートごとに、すべての貨物が配分されるか、ゼロとなるかという二者択一のため、All or nothing配分、あるいは確定的配分とよばれることもある。この場合、モデル化は非常に簡単であるものの、何らかの政策が実施された結果、あるルート（港湾）の費用が他のルート（港湾）よりも、ほんの僅かでも有利になっただけですべての貨物が改善されたルートを利用することになり、政策シミュレーションとして用いるには不十分であることが多い。

貨物流動パターンがこのように極端に変化しないよう工夫されたものが、ロジットモデルに代表される確率的配分モデルや犠牲量モデル等の重ね合わせの配分モデルである。確率的配分モデルは、モデル構築者が観測できない要因などにより、各貨物は、最少費用のルートだけでなく、ある一定の確率で多少費用の高いルートも流れると仮定するものである。また、犠牲量モデルは、たとえば貨物の時間価値にばらつきを認めることで、様々なルート選択パターンを産み出すものである。これらのモデルは、構成がシンプルで直観的に理解しやすいうえ、場合によっては高い再現精度を実現することも可能であることから、港湾局における需要予測など、特に実務において用いられることが多かった。しかしながら、予め選択肢（予想利用ルート）を与える必要があることから、部分的（地域限定的）な分析にとどまることが多く、政策実施によりどの程度遠方まで効果が波及するかなど、大規模な計算には不向きである。また、これらはあくまで荷主側のモデルであり、船社の行動は考慮されないかアプリアリ（先験的）に与えられる程度であることから、船社の行動に影響を与えるような政策のシミュレーションには不十分であり、計算も煩雑になる、などの課題がある。

一方で、船社の行動モデルに着目した研究としては、寄港地選択問題を整数計画法などを用いて厳密に解くことや、あるいはGA（遺伝的アルゴリズム）等のいわゆるヒューリスティックな解法を用いて解くことなどが試みられている。しかしながら、これらのモデルについても、大規模な計算を行おうとすると、モデルの構造的に選択肢が非常に多くなってしまいうことなどから、困難が多いものと思われる。

以上で見たように、実問題への適用を念頭に置いたモデル化においては、①実務上有効であ

るために、ある程度まとまった数の政策変数や対象地域をカバーし、②モデル系全体がなるべく理論的に整合しているという条件のもとで、③現実的な所要時間内で計算可能であること、が必要となる。国際海上コンテナ輸送市場は、輸送会社（船社）の数が程度限定されており（＝寡占市場）、輸送会社数に依存する部分の計算量が少なく済むことから、荷主と輸送業者の双方の行動を考慮したネットワークモデルが、広範な対象地域かつ政策変数を多く含む実現可能なモデルとして有効と考えられる。

実際の国際コンテナ貨物流動を対象に、上記のようなネットワークモデルによって表現することを試みた研究として、稲村ら¹⁾、家田・柴崎ら^{2),3)}、黒田・竹林ら⁴⁾などがある。このうち、稲村ら¹⁾においては荷主と船社の均衡の概念は存在せず、家田・柴崎ら^{2),3)}は、同一のネットワークに対し荷主と船社のいずれか一方の行動原理を仮定して比較することとどまっている。また、黒田・竹林ら⁴⁾においては、荷主と船社の同時均衡をモデル化しているものの、無数の船社による完全競争市場を仮定した計算となっており、国際コンテナ貨物輸送市場は寡占状態であるという現状を反映していない。

本モデルは、家田・柴崎ら^{2),3)}において構築された輸送ネットワークをベースとしつつ、無数の荷主と少数の船社グループから構成される国際コンテナ貨物市場において、荷主による各自の貨物輸送コストの最小化行動と各船社グループによる自グループの利潤最大化行動の結果、相手の行動を変えることなしに自分の行動をこれ以上最適化することができない、いわゆるナッシュ均衡状態にあると想定し、コンテナ貨物を配分するモデルと位置づけられる。

5.2.3 荷主サブモデル

(1) 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。このため、モデル構築者が観測できない要因も誤差項として含めることが可能な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配分モデルを構築する。

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。これらのモデルは、下位問題の船社選択モデルの結果（合成された航路別費用）が、上位問題におけるコストとして組み込まれる、いわゆるネスティッド・ロジット型のモデルとなっている。

(2) 上位モデル：輸出入港湾選択モデル

a) 前提

この段階では、**図 5.3** に示されるようなネットワーク上における貨物量の配分を考える。ここで、海上輸送リンクは、実際の海上輸送経路や利用船社に関わらず、輸出港と輸入港を直接結ぶものと定義する（本モデルにおいては、この海上リンク一本一本に相当するものを、「航路」と定義する）。なお、本モデルにおいて、モデル構築者の観測できない要因も考慮可能な確率的交通配分モデルとして、広く利用されているロジットモデルではなく、確率的ネットワーク配分モデルを用いたのは、本モデルや今後の拡張モデルで想定するような大規模な輸送ネットワークにおいては、輸送経路を予め列挙する必要のあるロジットモデルでは、選択肢数が膨大になり計算

が困難になると考えられるためである。

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。図 5.3 で省略されている、各港湾内のネットワーク構成を図 5.4 に示す。ここでは、各港湾のリードタイム（搬入時・搬出時）を考慮するため、搬入・搬出リンクが設定されている。また、荷主サイドで意思決定する中継地での積替を考慮するため、船社間積替リンクも設定する。

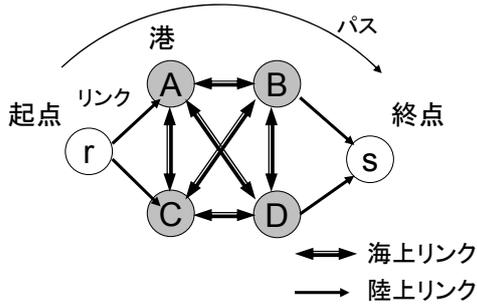


図 5.3 荷主サブモデル・上位モデルのネットワーク構成（概念図）

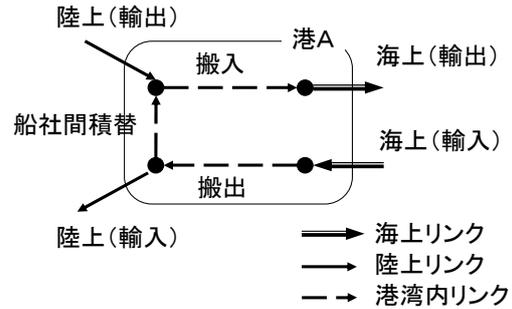


図 5.4 荷主サブモデル・上位モデルの港湾内ネットワーク構成

b) 定式化

本モデルにおける荷主の選択行動を定式化すれば以下のように表される。

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

ここで、

f_{rsk} : OD ペア rs 間の経路（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，TEU），

θ : 分散パラメータ、

c_{rsk} : OD ペア rs 間の経路（パス） k の輸送コスト（円/TEU），

K_{rs} : OD ペア rs 間の経路選択肢集合

である。このうち、OD ペアごとの地域間貨物輸送需要 Q_{rs} は、本モデルでは常に所与（外生変数）である。以下では、外生変数には*をつけて区分し、5.3 でその設定方法について述べる。また、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後ほど推計される。

経路ごとの輸送コスト c_{rsk} については、以下の式で表される。

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

ここで、 Λ_a は、経路 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）であり、後述の低位モデルの選択結果を反映したログサム変数である。具体的には、

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

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），
 G :船社グループの集合★，
 ζ :ログサム変数が負とにならないための調整項

である．

また， CL_b は，経路 k に含まれる陸上リンク b の輸送コスト（一般化費用）であり，以下の式で表される．

$$CL_b = CLcost_b + vt_{shpr} \cdot CLtime_b \quad (4)$$

ただし，

$CLcost_b$:陸上リンク b の輸送運賃★（円/TEU），
 $CLtime_b$:陸上リンク b の輸送時間★（時），
 vt_{shpr} :荷主の時間価値★（円/TEU・時）．

さらに， CP_i は，経路 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）のコストであり，以下の式で表される．

i) 搬入リンクの場合

$$CP_i = vt_{shpr} \cdot LTL_i \quad (5)$$

ただし，

LTL_i :港湾 i の搬入時リードタイム★（時）．

ii) 搬出リンクの場合

$$CP_i = vt_{shpr} \cdot LTU_i \quad (6)$$

ただし，

LTU_i :港湾 i の搬出時リードタイム★（時）．

iii) 船社間積替リンクの場合

$$CP_i = CTcost_i + vt_{shpr} \cdot CTime_i \quad (7)$$

ただし，

$CTcost_i$: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）．

c) 解法

以上で見たように，本モデルは，確率的ネットワーク配分問題となるため，Dial⁵⁾のアルゴリズムによって各リンクの輸送量 y を求める．

(3) 下位モデル：外航船社アライアンス選択モデル

a) 前提

この段階では，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。なお、荷主は各グループの提供するサービスレベル（運賃、頻度、所要時間等）に基づいた選択を行い、各船社グループが実際にどのような運航（輸送ルートや使用船舶など）を行うかについては関知しないと想定する。

b) 定式化

本モデルは、次式で表される通常のリジットモデルで表現される。

$$q_{ag} = d_a \cdot prob_{ag} \quad (8)$$

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,

$prob_{ag}$: 航路 a における船社グループ g の選択確率

であり、 $prob_{ag}$ は以下の式で表わされる。

$$prob_{ag} = \frac{\exp(-\theta \cdot CM_{ag})}{\sum_{g \in G} \exp(-\theta \cdot CM_{ag})} \quad (9)$$

また、各航路の貨物輸送需要 d_a は、次式で上位モデルの配分結果と結び付けられる。

$$d_a = \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K_{rs}} \delta_{rsk}^a \cdot f_{rsk}, \quad \forall a \in A \quad (10)$$

ただし、

δ_{rsk}^a : クロネッカーのデルタ（OD ペア rs 間の経路 k にリンク a が含まれるとき 1, 含まれないとき 0）,

Ω : OD ペアの集合*,

A : 航路の集合*（港湾数 \times (港湾数 - 1) の次元）。

また、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。

$$CM_{ag} = p_{ag} + vt_{shpr} \cdot CMtime_{ag} \quad (11)$$

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）,

$CMtime_{ag}$: 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）。

これら両変数 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、荷主サブモデルにおいては外生的に与えられる。ここで、金銭的費用として、船社が実際に各航路の運航でかかった費用ではなく、次節で述べる船社の収入最大化行動によって決定された運賃 p_{ag} を用いている点に、特に注意されたい。

c) 解法

(8)式より、航路 a における船社グループ g の輸送量 q_{ag} を得る。

5.2.4 外航船社サブモデル

(1) 概要

a) 前提

外航船社は、アライアンス（船社グループ）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 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。

ここで、モデル計算を可能とするために、国際海上コンテナ輸送市場を構成する外航船社アライアンスについて、さらに以下のような仮定を置くものとする。

- 1) 国際海上コンテナ輸送市場における寡占市場を想定し、外航船社は、かならずいずれかのグループに属するものとする。なお、単独で運航を行う船社については1船社で1グループとする。この仮定は、特に長距離（基幹）航路を念頭に置いたものであり、アジア圏と欧米を結ぶ基幹航路を中心とした分析には適していると考えられるものの、特に近距離航路については、実際には多数の船社が競争している状況にあることから、近距離の国際海上コンテナ貨物輸送市場における供給者の影響力については過大評価されていると考えられる。これに対応したモデルへの改良については、今後の課題としたい。
- 2) グループ内の各船社は、配船やスペースの融通、運賃戦略などにおいて完全に一体となった最適化行動を行う。そういった意味では、各船社グループは、その構成船社をすべて統合した巨大船社とみなすこともできる。一方で、異なるグループ間においては、スペースの融通等も含め、一切の協力的行為は行われぬものと仮定する。
- 3) 各港湾の全コンテナバースについて、すべての船社グループが使用可能であると仮定する。一般には、大船社ほど専用バースを使用する傾向にあるものの、モデルが相当に複雑になると予想されることから、専用バースは存在しないものとして取り扱う。したがって、入港待ち混雑（船混み）が発生するかどうかは、当該港湾に入港する全船社グループの総入港隻数に依存することとなる。

b) 定式化

船社グループごとの利潤最大化行動は、以下のように表される。

$$\max_{p,x} \pi_g, \quad \forall g \in G \quad (12)$$

$$s.t. \pi_g = \sum_{a \in A} p_{ag} \cdot q_{ag}(p_{a1}, \dots, p_{ag}, \dots, p_{aG}) - \sum_{v \in V} x_{vg} \cdot t_{vg}(x_{11}, \dots, x_{vg}, \dots, x_{VG}) \quad (13)$$

すなわち、各グループ g の利潤 π_g は、総収入（(13)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,

$t_{vg}(x_{11}, \dots, x_{vg}, \dots, x_{VG})$: グループ g , リンク v のコスト,

V : リンクの集合

である。なお、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や他グループのリンクのフローにも依存する可能性があることに注意されたい。

また、(13)式に含まれる貨物輸送需要 q_{ag} と輸送量 x_{vg} については、全貨物を輸送する必要があるので、以下の関係が成立する。

$$q_{ag} = \sum_{k \in K_{ag}} h_{akg} \quad (14)$$

$$x_{vg} = \sum_{a \in A} \sum_{k \in K_{ag}} \lambda_{akg}^v h_{akg} \quad (15)$$

ここで,

h_{akg} : 航路 a , グループ g の OD 貨物量における経路 (パス) k の経路貨物量,

λ_{akg}^v : クロネッカーのデルタ (航路 a , グループ g の OD の経路 k にリンク v が含まれるとき

1, 含まれないとき 0),

K_{ag} : 航路 a , グループ g の OD の選択肢集合

である.

c) 解法

通常, (12)式を解く際は, $\frac{\partial \pi_g}{\partial x} = 0$ や $\frac{\partial \pi_g}{\partial p} = 0$ などにより解くものの, $p(q(x))$ ($= q^{-1}(p(x))$: 逆需要関数) を x について微分したり, $t(x)$ 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, 本モデルでは, 緩和的解法として, (13)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. 具体的な手順は以下の通りである.

Step 0. $n = 0$ とし, 初期の船社グループ別航路別貨物輸送需要 $\{q_{ag}^{(0)}\}$, および運賃 $\{p_{ag}^{(0)}\}$ を計算する. なお, 運賃の初期値 (現状推計値) を直接与えることは難しいため, 初期フロー $\{x_{vg}^{(0)}\}$ において定義される各リンクコスト $\{t_{vg}^{(0)}\}$ 下での最少費用経路における金銭費用の総和で代用する.

Step 1. $n = n + 1$

Step 2. 一期前の貨物輸送需要 $\{q_{ag}^{(n-1)}\}$ および運賃 $\{p_{ag}^{(n-1)}\}$ を固定して費用最小化問題を解く. すなわち,

$$\max_{p, x} \pi_g$$

$$s.t. \pi_g = \sum_{a \in A} p_{ag}^{(n-1)} \cdot \bar{q}_{ag}^{(n-1)}(p_{a1}^{(n-1)}, \dots, p_{ag}^{(n-1)}, \dots, p_{aG}^{(n-1)}) - \sum_{v \in V} x_{vg}^{(n)} \cdot t_{vg}^{(n)}(x_{11}^{(n)}, \dots, x_{vg}^{(n)}, \dots, x_{VG}^{(n)})$$

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

Step 3. Step 2 で得られたフロー $\{x_{vg}^{(n)}\}$ およびコスト $\{t_{vg}^{(n)}\}$ を固定して収入最大化問題を解く.

すなわち,

$$\max_{p, x} \pi_g$$

$$s.t. \pi_g = \sum_{a \in A} p_{ag}^{(n)} \cdot q_{ag}^{(n)}(p_{a1}^{(n)}, \dots, p_{ag}^{(n)}, \dots, p_{aG}^{(n)}) - \sum_{v \in V} \bar{x}_{vg}^{(n)} \cdot t_{vg}^{(n)}(\bar{x}_{11}^{(n)}, \dots, \bar{x}_{vg}^{(n)}, \dots, \bar{x}_{VG}^{(n)})$$

$$\Leftrightarrow \max_p \left\{ \sum_{a \in A} p_{ag}^{(n)} \cdot q_{ag}^{(n)}(p_{a1}^{(n)}, \dots, p_{ag}^{(n)}, \dots, p_{aG}^{(n)}) \right\}$$

$$\Leftrightarrow \max_p \left\{ p_{ag}^{(n)} \cdot q_{ag}^{(n)}(p_{a1}^{(n)}, \dots, p_{ag}^{(n)}, \dots, p_{aG}^{(n)}) \right\} \quad \forall a \in A, \forall g \in G$$

ここで、2段目から3段目への変換は、各グループとも各航路の運賃を他の航路の運賃とは独立に決定することを示している。

Step 4. Step 3 で得られた貨物輸送需要 $\{q_{ag}^{(n)}\}$ を一期前の輸送需要 $\{q_{ag}^{(n-1)}\}$ と比較して収束

$$\left(\frac{\sqrt{\sum_g \sum_a \{q_{ag}^{(n)} - q_{ag}^{(n-1)}\}^2}}{\sum_g \sum_a q_{ag}^{(n)}} < \varepsilon_G, \varepsilon_G \text{ は収束判定基準となる微小な正の数} \right) \text{ しているか, 繰り返し}$$

回数 n が上限値に達していれば終了, 収束していなければ Step1 へ戻る.

以上のような手順により収束が確認されれば, そのときのフロー $\{x_{vg}^{(n)}\}$ や輸送需要 $\{q_{ag}^{(n)}\}$ のもとでは, 各船社グループの収入最大化と費用最小化が同時に実現されていることとなり, 利潤が (少なくとも局所的には) 最大化されていることを意味する.

以下では, 各航路の収入最大化行動モデルと, 全航路を対象とした総費用最小化行動モデルについて述べる.

(2) 収入最大化行動モデル: 航路別運賃の決定

a) 前提

前述のように, 本モデルでは, 国際海上コンテナ輸送市場は複数少数の外航船社および船社グループ (アライアンス) による寡占市場であると想定する. また, 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状況を想定する. 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輸送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 (具体的には, (8), (9)式に示したように, 供給量 q が価格 p を説明変数とする確率モデルで表わされる). すなわち, 運賃以外の要素で差別化された財におけるベルトラン均衡 (価格競争) モデルの一種となる.

b) 定式化

各船社グループ g は, 航路 (輸出港と輸入港の組み合わせを指す) ごとの総輸送需要 d_a を所与として, 荷主の船社選択行動や同一航路の他グループ g' ($\forall g' \in G, g' \neq g$) の運賃 p_{ag} も参考にしながら, 航路ごとの収入が最大となるよう運賃 p_{ag} を決定する. すなわち,

$$\max_{p_{ag}} \left\{ p_{ag} \cdot q_{ag}(p_{a1}, \dots, p_{ag}, \dots, p_{aG}) \right\} \quad \forall a \in A, \forall g \in G \quad (16)$$

$$s.t. \quad q_{ag} = d_a \cdot prob_{ag} \quad ((8)式の再掲)$$

c) 解法

具体的な解法は、以下の通りである。本手順によって得られた収束解も、他社の行動を所与として互いに最適化されたナッシュ均衡解である。

Step 0. $n = 0$ とし、 p_{ag} の初期値 $\{p_{ag}^{(0)}\} (\forall g \in G)$ を与える。

Step 1. $n = n + 1$

Step 2. 任意のグループ g について、自社の運賃以外を所与（1期前の運賃に固定、すなわち、

$\bar{p}_{ag}^{(n-1)}, \forall g' \neq g$ ）としたとき、1階の収入最大条件

$$\frac{\partial \{p_{ag}^{(n)} \cdot q_{ag}(\bar{p}_{a1}^{(n-1)}, \dots, p_{ag}^{(n)}, \dots, \bar{p}_{aG}^{(n-1)})\}}{\partial p_{ag}^{(n)}} = 0 \quad (17)$$

を準ニュートン法に基づいて解き、 n 期の自社運賃 $p_{ag}^{(n)}$ を得る。

Step 3. すべての船社の運賃 $p_{ag}^{(n)}, \forall g \in G$ に関する収束条件 $(\sum_g \{prob_{ag}^{(n)} - prob_{ag}^{(n-1)}\}^2 < \varepsilon_R)$ を満

たしているか、繰り返し回数 n が上限値に達していれば終了、そうでなければ Step 1 へ戻る。

(3) 総費用最小化行動モデル：海上輸送パターンの決定

a) 前提

5.2.4 1) c) Step 3 に示される総費用最小化問題は、総収入最大化問題と異なり、航路別の最適化ではなく、輸送システム系全体の最適化問題である。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ネットワーク均衡配分モデルとして定式化される。また、本モデルも、5.2.4(1)a)前提の3)で述べたような入出港時における船混みや、総取扱量に依存する1貨物あたりのターミナル利用料を通じて、収入最大化モデルと同様、他グループの行動結果に影響を受けると仮定される。

b) 定式化

船社グループごとの総費用最小化行動は、以下のようにならわされる。

$$\min_x \left\{ \sum_{v \in V} x_{vg} \cdot t_{vg}(x_{11}, \dots, x_{vg}, \dots, x_{rG}) \right\} \quad \forall g \in G \quad (18)$$

これは、交通ネットワーク均衡配分手法におけるシステム最適配分 (System Optimum) に相当する。ここで、既述のように、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 $x_{v'g}, \forall v' \in V$ や他グループのリンクのフロー $x_{vg'}, \forall g' \in G$ 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。

c) ネットワーク構成

図 5.5 に船社総費用最小化行動モデルのネットワーク構成を示す。これらのネットワークが、船社グループごとに設定されている。以下に各リンクの概要を述べる。

- i) 航走リンク：港と港を結ぶリンクである。すべての港湾の組み合わせについて結ばれる。また、船舶サイズ別に設定されており、通過したリンクをみれば輸送船舶サイズがわかる。さらに、港湾内リンクとのネットワーク構成上、以下の4種類に分けられる。
- ① 停泊-航走-停泊リンク：前後の港どちらにおいても荷役されず、船舶に積まれたままとなる貨物が通過するリンクである。前後の港においてそれぞれ停泊リンクを通過し、船卸・船積リンクは通過しないように設定される。
 - ② 船積-航走-船卸リンク：出発港で荷役されて船積され、到着港でも荷役され船卸される貨物が通過するリンクである。出発港においては船積リンクを通過し、到着港においては船卸リンクを通過するように設定される。
 - ③ 停泊-航走-船卸リンク：出発港では荷役されず船舶に積まれたままであるが、到着港では荷役され、船卸される貨物が通過するリンクである。出発港においては停泊リンクを通過し、到着港においては船卸リンクを通過するように設定される。
 - ④ 船積-航走-停泊リンク：出発港で荷役され、船積されたが、到着港では荷役されずに船舶に積まれたままとなる貨物通過するリンクである。出発港においては船積リンクを通過し、到着港においては停泊リンクを通過するように設定される。
- ii) 入港リンクおよび出港リンク：各港湾における船舶の入出港を表現するリンクである。航走リンクと同様、船舶サイズごとに設定される。また、航走リンクを4種類に区分したのと同様の考えに基づき、港湾内で荷役されるか否かによって、①入港停泊（停泊出港）リンク、②入港船卸（船積出港）リンクの2種類に分けられる。なお、入港リンクおよび出港リンクのコストにおいて、専用バースは想定していないため、他船社の入港および出港フローにも影響される。また、当該港湾に入出港可能な水深のバースが存在しない場合、当該サイズ以上の船舶は原則として入出港できない。
- iii) 停泊リンク：入港停泊リンクと停泊出港リンクを結ぶ。船舶サイズごとに設定される。
- iv) 船卸リンク：各サイズの入港船卸リンクと搬出リンクおよび同一船社内積替リンクを結ぶ。船舶サイズごとに設定される。ただし、終点の船卸荷役ノードは各港湾に一つの設定である。
- v) 船積リンク：船卸リンクと逆で、搬入リンクおよび同一船社内積替リンクと各サイズの船積出港リンクを結ぶ。船舶サイズごとに設定される。ただし、起点の船積荷役ノードは各港湾に一つの設定である。
- vi) (同一船社内) 積替リンク；船卸荷役ノードを起点とし、船積荷役ノードを終点とする。各港湾に1本ずつ設定される。
- vii) 搬出リンクおよび搬入リンク；搬出リンクは、船卸荷役ノードを起点とし、D（集中）ノードを終点とする。搬入リンクは、O（発生）ノードを起点とし、船積荷役ノードを終点とする。すなわち、当該港湾を発地または着地とする貨物は必ず通過する。各港湾にそれぞれ1本ずつ設定される。

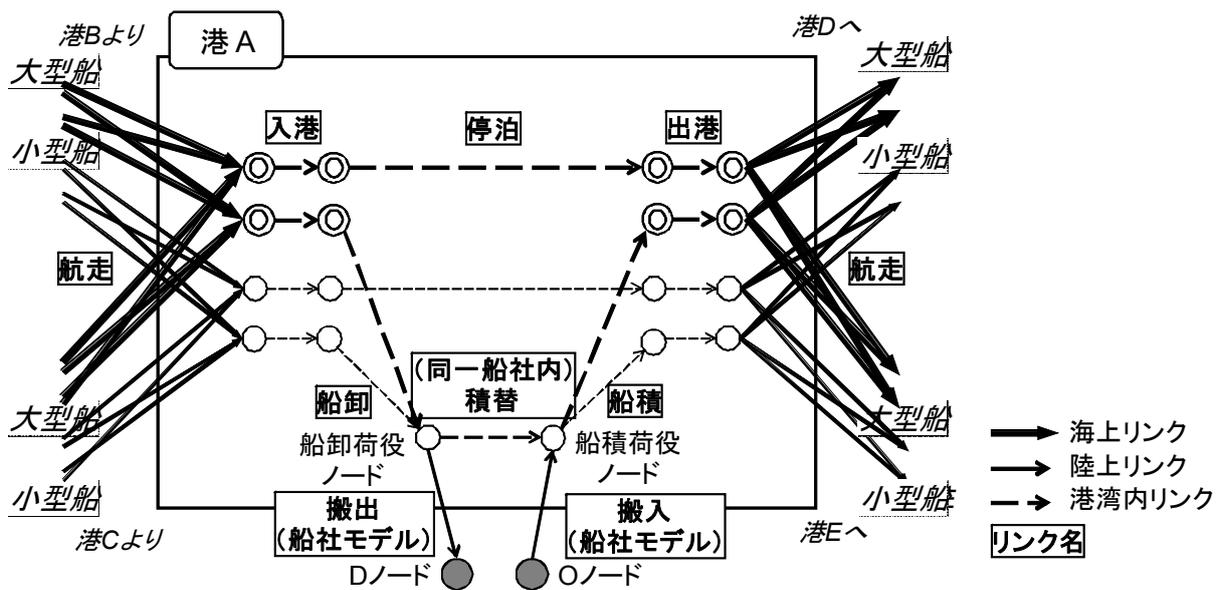


図 5.5 船社総費用最小化モデルのネットワーク構成

d) リンクコスト関数

各リンクのコスト関数は、基本的に、各リンクに関する金銭費用と時間費用から構成される。ここで、各船社グループの費用最小化行動の対象となる費用について、金銭的費用だけでなく、時間費用（所要時間×金銭時間換算係数）も含めるのは、保険料など、輸送時間に比例して発生する費用もあるものと考えられるためである。なお、以下で示す各リンクのコスト関数において、金銭時間換算係数（船社にとっての時間価値） vt_{carr} は、各船社グループ間で同じ数値と仮定する。さらに、実態に基づき実際の数値を特定することは困難と考えられるため、荷主サブモデルの分散パラメータ θ と同様、未知パラメータとしてモデルに含め、現状を最もよく再現する値のちほど推計することとする（詳細は 5.4 のパラメータ推計を参照）。

i) 航走リンク

海上輸送時の金銭費用と時間費用を考える。出発港や到着港において船積・船卸されるか、あるいは船に積まれたまま停泊しているかで異なるのは、サービス頻度に関わる項を考慮するか否かという点である。貨物が当該港で船積・船卸される際は、海上輸送時間に加え、（頻度の逆数×1/2）で表される期待待ち時間を考慮する。すなわち、海上輸送全体の所要時間には、出港するまでの待ち時間も含めることとする。一方、貨物が当該港において船に積まれたまま停泊している場合は、荷役の要する時間だけ停泊した後、直ちに出发すると考えられることから、出港までの待ち時間は考慮しない。これは、一度船に積まれた貨物は、船社の船舶スケジュールリング等の都合で当該貨物の船卸地でない港湾に入港することがあっても、サービス頻度に依存する出港待ち時間は、2回以上加算されないことを意味している。

① 停泊-航走-停泊（Passing-Cruising-Passing: PCP）リンク

$$GPCP_{vg} = \left\{ \frac{CR_{wg}}{lf_{ijwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right\} \cdot \frac{l_{ij}}{vl_w} \quad (19)$$

ここで、

$GPCP_{vg}$: リンク v ($=ijw$) , 船社グループ g のコンテナ 1TEU あたりの停泊-航走-停泊リンクコスト (円/TEU) ,

w : 船舶サイズを表す変数,

i : 出発港を表す変数,

j : 到着港を表す変数,

CR_{wg} : 船舶サイズ w , グループ g の単位時間あたり航行時費用* (円/時/隻) ,

lf_{ijwg} : 出発港 i , 到着港 j , 船舶サイズ w , グループ g の消席率 (ロードファクター, 4種類の航走リンク共通) ,

cap_w : 船舶サイズ w の船腹量* (キャパシティ, TEU/隻) ,

vt_{carr} : 金銭時間換算係数 (船社の時間価値) (円/時/TEU) ,

l_{ij} : 港湾 ij 間の距離* (カイリ) ,

vl_w : 船舶サイズ w の船速* (ノット)

である。

(19)式右辺{ }内の第1項は、海上輸送に関わる運航費用、第2項は時間費用を表す。運航費用は、1隻あたり単位時間あたりの航行時費用として定義される CR_{wg} を、1隻あたりのコンテナ輸送量 ($lf_{ijwg} \times cap_w$) で除することで、1 TEU あたりのコストを算出する。また、輸送時間は (リンク距離/船速) で表されている。

上記変数のうち、 CR_{wg} , cap_w , l_{ij} , vl_w は、外生的に与えられるものの、消席率 lf_{ijwg} については、当該船社・船舶サイズ・港湾間の4種類の航走リンクコストの和が最小となるよう、内生的に決定されるものとする (ただし、 $0.1 \leq lf_{ijwg} \leq 0.9$)。詳細については、柴崎・渡部^④を参照されたい。

②船積-航走-船卸 (Loading-Cruising-Unloading: LCU) リンク

$$GLCU_{vg} = \left\{ \frac{CR_{wg}}{lf_{ijwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right\} \cdot \frac{l_{ij}}{vl_w} + vt_{carr} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{XC_{ijwg}}{lf_{ijwg} \cdot cap_w} \quad (20)$$

$$XC_{ijwg} = XLCU_{ijwg} + XPCU_{ijwg} + XLCP_{ijwg} + XPCP_{ijwg} \quad (21)$$

ここで、

$GLCU_{vg}$: リンク v , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの船積-航走-船卸リンクコスト (円/TEU) ,

XC_{ijwg} : 出発港 i , 到着港 j , 船舶サイズ w , グループ g における、全航走リンクフローの合計値 (TEU/時) ,

$XLCU_{ijwg}$, $XPCU_{ijwg}$, $XLCP_{ijwg}$, $XPCP_{ijwg}$: 出発港 i , 到着港 j , 船舶サイズ w , グループ g における、船積-航走-船卸リンクフロー, 停泊-航走-船卸リンクフロー, 船積-航走-停泊リンクフロー,

停泊-航走-停泊リンクフロー (TEU/時) .

(20)式で表される船積-航走-船卸リンクコスト $GLCU_{vg}$ は, (19)式で表される停泊-航走-停泊リンクコスト $GPCP_{vg}$ に, 船積出港時の平均待ち時間を表す第2項を追加した形になっている. すなわち, 単位時間あたりフローを, 1隻あたりのコンテナ輸送量で除することで, 単位時間あたりのサービス頻度 ($\frac{XC_{ijwg}}{lf_{ijwg} \cdot cap_w}$) が算出される. これの逆数の $1/2$ が, 船積出港時において必要な平均待ち時間となる. なお, ここで, 単位時間あたりフロー XC_{ijwg} は, 当該リンク (船積-航走-船卸リンク) フロー $XLCU_{ijwg}$ だけでなく, 同一港湾間, 同一サイズ, 同一船社グループのフローの総計となることに注意が必要である.

③停泊-航走-船卸 (PCU) リンクおよび④船積-航走-停泊 (LCP) リンク

$$GPCU_{vg} = GLCP_{vg} = \left\{ \frac{CR_{wg}}{lf_{ijwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right\} \cdot \frac{l_{ij}}{vl_w} + vt_{carr} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{XC_{ijwg}}{lf_{ijwg} \cdot cap_w} \quad (22)$$

ここで,

$GPCU_{vg}$: リンク v , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの停泊-航走-船卸リンクコスト (円/TEU) ,

$GLCP_{vg}$: リンク v , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの船積-航走-停泊リンクコスト (円/TEU) .

基本的には(20)式と同様の考え方に基づく. ただし, リンクコストの対称性をもたせるため, 出港待ち時間を船積側と船卸側に等分する. すなわち, 各リンクの期待出発待ち時間が

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{XC_{ijwg}}{lf_{ijwg} \cdot cap_w} \text{ となる.}$$

ii) 入港リンクおよび出港リンク

入出港時にかかる港湾費用と船混みによる入出港待ち時間を考える. 航走リンクと停泊, 船積, 船卸の各リンクを結ぶリンクのため, 図 5.5 に示されるように, 入港リンクは入港停泊リンクと入港船卸リンク, 出港リンクは停泊出港リンクと船積出港リンクのそれぞれ2つに分けられる. ただし, これらのリンクのコスト関数は同一である.

①入港停泊 (Arriving-Passing: AP) リンクおよび②入港船卸 (Arriving-Unloading: AU) リンク

$$GAP_{vg} = GAU_{vg} = \frac{CE_{iw}/2}{lfa_{iwg} \cdot cap_w} + \left(\frac{CA_{wg}}{lfa_{iwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right) \cdot TWA_{iw} \cdot \frac{24}{op_i} \quad (23)$$

ここで,

GAP_{vg} : リンク v ($=iw$) , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの入港停泊リンクコスト (円/TEU) ,

GAU_{vg} : リンク v , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの入港船卸リンクコスト (円/TEU) ,

CE_{iw} : 港湾 i , 船舶サイズ w の入出港費用* (円/隻) ,

CA_{wg} : 船舶サイズ w , グループ g の単位時間あたり停泊時費用* (円/時/隻) ,

\overline{lfa}_{iwg} : 港湾 i に入港する船舶サイズ w , グループ g の船舶の平均消席率,

op_i : 港湾 i のターミナル内荷役における一日あたり平均オペレーション時間* (時/日) ,

TWA_{iw} : 港湾 i , 船舶サイズ w の船混みによる平均入港待ち時間 (時).

(23)式最右辺第1項は, コンテナ船の入港費を表す. 1隻あたりの入港費として定義される $CE_{iw}/2$ を, 1隻あたりのコンテナ輸送量で除することで, 1 TEU あたりのコストを算出する.

また, 港湾 i に入港する船舶サイズ w , グループ g の平均消席率 \overline{lfa}_{iwg} は, 各航走リンクの消席率 lfi_{iwg} (i' は直前の寄港地) を用いて以下のように表される.

$$\overline{lfa}_{iwg} = \frac{\sum_{i'} \{XC_{i'iwg} \cdot lfi_{i'iwg}\}}{\sum_{i'} XC_{i'iwg}} \quad (24)$$

(23)式最右辺第2項は, 入港待ち混雑による費用を表す. 待ち時間に関係する費用としては, 単位時間あたり停泊時船舶費用 $\frac{CA_{wg}}{\overline{lfa}_{iwg} \cdot cap_w}$ およびその他の時間費用 (金銭時間換算係数 vt_{carr}) が含まれる. また, 一日のうち荷役作業を行う時間 (平均オペレーション時間) に応じて, 実際の入港待ち時間が増大する.

船混みによる平均入港待ち時間 TWA_{iw} は, 待ち行列理論等から厳密解を算出するという方法も考えられるものの, 計算の簡便のため, ここでは, (25)式に示されるべき乗形の関数で表現する.

$$TWA_{iw} = \gamma_1 \cdot \left\{ \varphi(NVA_{iw}, TU_{iw}, NB_{iu}^{-1}) \right\}^{\gamma_2} \quad (25)$$

ここで,

γ_1, γ_2 : 入港待ち時間関数に関するパラメータ*,

NVA_{iw} : 港湾 i , 船舶サイズ w の単位時間あたりの入港隻数 (隻/時) ,

TU_{iw} : 港湾 i , 船舶サイズ w の一隻あたりの船卸荷役時間 (時/隻) ,

NB_{iu} : 港湾 i , バース水深カテゴリ u のバース数*,

$\varphi(NVA_{iw}, TU_{iw}, NB_{iu}^{-1})$: バース処理能力に関する関数.

(25)式に表されるように, 入港待ち時間は, 単位時間あたりの入港隻数 NVA_{iw} と一隻あたりの船卸荷役時間 TU_{iw} に比例し, バース数 NB_{iu} に反比例するものと考えられる. このうち, 単位時間あたりの入港隻数 NVA_{iw} は以下のように表される.

$$NVA_{iw} = \sum_g \left(\frac{XAP_{iwg} + XAU_{iwg}}{\overline{lfa}_{iwg} \cdot cap_w} \right) \quad (26)$$

XAP_{iwg}, XAU_{iwg} : 港湾 i , サイズ w , グループ g の入港停泊リンクフローおよび入港船卸リンクフロー (TEU/時)

ここで, 前述のように, 各港湾の全バースにおいて, すべての船社グループが共同で使用するという仮定に基づき, NVA_{iw} は全グループの合計値として定義されていることに注意されたい.

また、一隻あたりの荷役時間 TU_{iw} は以下の式で表される。

$$TU_{iw} = TAU_{iw} + \frac{\overline{lfag}_{iw} \cdot cap_w}{prod_i \cdot NC_{iw}} \cdot \frac{XU_{iw}}{XU_{iw} + XP_{iw}} \quad (27)$$

ここで、

TAU_{iw} : 港湾 i における船舶サイズ w の入港時に最低限必要な時間* (時) ,

\overline{lfag}_{iw} : 港湾 i に入港する船舶サイズ w の船舶の平均消席率,

$prod_i$: 港湾 i における 1 クレーンあたりの荷役効率* (プロダクティビティ, TEU/時) ,

NC_{iw} : 港湾 i におけるサイズ w の船舶の荷役における使用クレーン数*,

XU_{iw}, XP_{iw} : 港湾 i における船舶サイズ w の船卸および停泊貨物量 (TEU/時)

である。なお、 \overline{lfag}_{iw} は、

$$\overline{lfag}_{iw} = \frac{\sum_g \sum_{i'} \{XC_{i'iwg} \cdot lf_{i'iwg}\}}{\sum_g \sum_{i'} XC_{i'iwg}} \quad (28)$$

と表わされる。

(27)式は、一隻あたりの荷役時間が、入港時にパイロットや接岸作業等で最低限必要な時間 TAU_{iw} と、荷役個数に比例する荷役作業時間の和で表されることを意味している。また、荷役作業時間は、1隻あたりの平均船卸貨物個数 $\overline{lfag}_{iw} \cdot cap_w \cdot \frac{XU_{iw}}{XU_{iw} + XP_{iw}}$ を単位時間・1バースあたりの処理能力 $prod_i \cdot NC_{iw}$ で除することで得ている。

さてここで、(25)式において、バース処理能力に関する関数を明確化せず $\varphi(NVA_{iw}, TU_{iw}, NB_{iu}^{-1})$ と記述したのは、状況によって関数形が異なると考えられるためである。具体的には、バースの水深ランクとサイズ別の入港船舶数が1対1関係ではないことに起因する。すなわち、大水深のバースには大型・小型のサイズを問わず船舶が入港可能であるが、水深が浅いバースには小型船舶しか入港できない。この関係を2種類の船舶サイズおよびバース水深ランクにおいて模式的に表したものが図 5.6 である。この状況において、大型バースの方が相対的に混雑している場合 $(\frac{NVA_{iL} \cdot TU_{iL}}{NB_{iL}} > \frac{NVA_{iS} \cdot TU_{iS}}{NB_{iS}})$ には、大型船は大型バース、小型船は小型バースに入港するため、それぞれのバース処理能力は以下のように表される。

$$\varphi_L(NVA_{iL}, TU_{iL}, NB_{iL}^{-1}) = \frac{NVA_{iL} \cdot TU_{iL}}{NB_{iL}},$$

$$\varphi_S(NVA_{iS}, TU_{iS}, NB_{iS}^{-1}) = \frac{NVA_{iS} \cdot TU_{iS}}{NB_{iS}}.$$

一方で、小型バースの方が相対的に混雑している場合 $(\frac{NVA_{iL} \cdot TU_{iL}}{NB_{iL}} < \frac{NVA_{iS} \cdot TU_{iS}}{NB_{iS}})$ は、混雑が均等化されるように一定割合 α の小型船が大型バースを利用し、結果として両バースの混雑待ち時間は等しくなる。すなわち、

$$\varphi_L(NVA_{iL}, TU_{iL}, NB_{iL}^{-1}) = (NVA_{iL} + \alpha \cdot NVA_{iS}) \cdot \frac{TU_{iL}}{NB_{iL}},$$

$$\varphi_S(NVA_{iS}, TU_{iS}, NB_{iS}^{-1}) = (1 - \alpha) \cdot NVA_{iS} \cdot \frac{TU_{iS}}{NB_{iS}},$$

$$\varphi_L = \varphi_S$$

より α を消去して,

$$\varphi_L = \varphi_S = (NVA_{iL} + NVA_{iS}) \cdot \frac{TU_{iL} + TU_{iS}}{NB_{iL} + NB_{iS}}$$

となる.

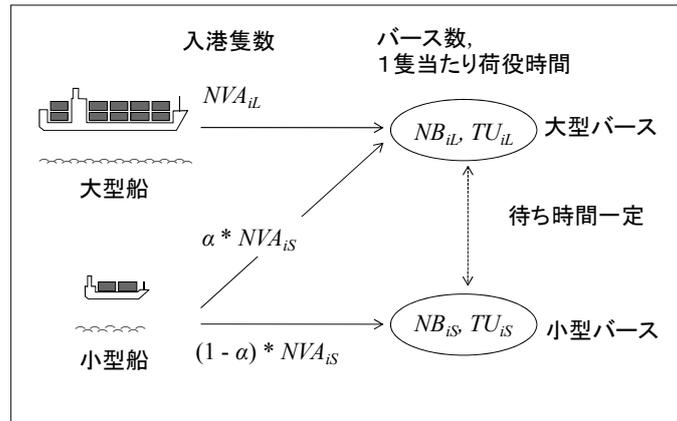


図 5.6 バース水深と入港待ち混雑の関係

なお、ここで示した式は2つの船舶サイズを考慮した場合の結果であり、船舶サイズのカテゴリ数が3以上の場合は、より複雑な手順が必要となる。詳細は柴崎・渡部⁶⁾を参照されたい。

③停泊出港 (Departing-Passing: DP) リンクおよび④船積出港 (Departing-Loading: DL) リンク
入港停泊リンクおよび入港船卸リンクと同様に定義する。

$$GDP_{vg} = GDU_{vg} = \frac{CE_{iw}/2}{lfd_{iwg} \cdot cap_w} + \left(\frac{CA_{wg}}{lfd_{iwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right) \cdot TWD_{iw} \cdot \frac{24}{op_i} \quad (29)$$

ここで、

GDP_{vg} : リンク v ($=iw$) , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの停泊出港リンクコスト (円/TEU) ,

GDU_{vg} : リンク v , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの船積出港リンクコスト (円/TEU) ,

$\overline{lfd_{iwg}}$: 港湾 i を出港する船舶サイズ w , グループ g の船舶の平均消席率,

TWD_{iw} : 港湾 i 船舶サイズ w の船混みによる平均出港待ち時間 (時)

であり、このうち $\overline{lfd_{iwg}}$, TWD_{iw} はそれぞれ,

$$\overline{bfd}_{iwg} = \frac{\sum_{i'} \{XC_{ii'wg} \cdot lf_{ii'wg}\}}{\sum_{i'} XC_{ii'wg}}, \quad (30)$$

$$TWD_{iw} = \gamma_1 \cdot \left\{ \phi(NVD_{iw}, TL_{iw}, NB_{iu}^{-1}) \right\}^2, \quad (31)$$

ここで,

NVD_{iw} : 港湾 i , 船舶サイズ w の単位時間あたりの出港隻数 (隻/時),

TL_{iw} : 港湾 i , 船舶サイズ w の一隻あたりの船積荷役時間 (時/隻)

と表わされる. またこれらは,

$$NVD_{iw} = \sum_g \left(\frac{XDP_{iwg} + XDU_{iwg}}{\overline{bfd}_{iwg} \cdot cap_w} \right) \quad (32)$$

ただし,

XDP_{iwg}, XDU_{iwg} : 港湾 i , サイズ w , グループ g の停泊出港リンクフローおよび船積出港リンクフロー (TEU/時),

と表わされ, 一方,

$$TL_{iw} = TAL_{iw} + \frac{\overline{bfd}_{iw} \cdot cap_w}{prod_i \cdot NC_{iw}} \cdot \frac{XL_{iw}}{XL_{iw} + XP_{iw}} \quad (33)$$

ただし,

TAL_{iw} : 港湾 i における船舶サイズ w の出港時に最低限必要な時間* (時),

\overline{bfd}_{iw} : 港湾 i を出港する船舶サイズ w の船舶の平均消席率,

XL_{iw} : 港湾 i におけるサイズ w の船積貨物量 (TEU/時),

ここで,

$$\overline{bfd}_{iw} = \frac{\sum_g \sum_{i'} \{XC_{ii'wg} \cdot lf_{ii'wg}\}}{\sum_g \sum_{i'} XC_{ii'wg}} \quad (34)$$

と表わされる.

iii) 停泊 (Passing) リンク

停泊中の船舶費用およびその他の時間費用を考慮する. また荷役時間は, 船社グループ別の船卸に要する時間 TUG_{iwg} と船積に要する時間 TLG_{iwg} の合計である.

$$GP_{vg} = \left(\frac{CA_{wg}}{\overline{bfd}_{iwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right) \cdot TUG_{iwg} + \left(\frac{CA_{wg}}{\overline{bfd}_{iwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right) \cdot TLG_{iwg} \quad (35)$$

ここで,

GP_{vg} : リンク v ($=iw$), グループ g のコンテナ 1TEU あたりの停泊リンクコスト (円/TEU),

$$TUG_{iwg} = TAU_{iw} + \frac{\overline{lfa}_{iwg} \cdot cap_w}{prod_i \cdot NC_{iw}} \cdot \frac{XUG_{iwg}}{XUG_{iwg} + XPG_{iwg}},$$

$$TLG_{iwg} = TAL_{iw} + \frac{\overline{lfd}_{iwg} \cdot cap_w}{prod_i \cdot NC_{iw}} \cdot \frac{XLG_{iwg}}{XLG_{iwg} + XPG_{iwg}}.$$

iv) 船卸 (Unloading) リンク

船卸に要する時間 TUG_{iwg} に関係する費用 (停泊時の船舶費用およびその他の費用) に加え、ターミナルの利用に伴う費用 (ターミナル費) も考慮する. 具体的には, 下式で表される.

$$GU_{vg} = \frac{CT_i}{XH_i} + \left(\frac{CA_{wg}}{\overline{lfa}_{iwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right) \cdot TUG_{iwg} \quad (36)$$

ここで,

GU_{vg} : リンク $v (=iw)$, グループ g のコンテナ 1TEU あたりの船卸リンクコスト (円/TEU),

CT_i : 港湾 i の単位時間あたりターミナル費用* (円/時),

XH_i : 下式で定義される港湾 i の総取扱量 (TEU/時)

$$XH_i = \sum_w XL_{iw} + \sum_w XU_{iw} \quad (37)$$

本リンクでは, 取扱量によらず予め決められている固定的な施設利用料をターミナル費と定義し, 貨物 1 個を取り扱うごとに発生する荷役費用と区別する. 本モデルでは各コスト関数は 1 TEU あたりのコストとして定義されるため, 1 TEU あたりターミナル費用についてみれば, 取扱量が増えるほど減少するという, 規模の経済が働く.

v) 船積 (Loading) リンク

船卸リンクと同様の考え方による.

$$GL_{vg} = \frac{CT_i}{XH_i} + \left(\frac{CA_{wg}}{\overline{lfd}_{iwg} \cdot cap_w} + vt_{carr} \right) \cdot TLG_{iwg} \quad (38)$$

ここで,

GL_{vg} : リンク $v (=iw)$, グループ g のコンテナ 1TEU あたりの船積リンクコスト (円/TEU).

vi) 積替 (Transshipment) リンク

$$GT_{vg} = 1.5 \cdot CH_i + vt_{carr} \cdot TT_i \quad (39)$$

ここで,

GT_{vg} : リンク $v (=i)$, グループ g のコンテナ 1TEU あたりの積替リンクコスト (円/TEU),

CH_i : 港湾 i における搬出・搬入貨物の 1TEU あたり荷役費用* (円/TEU),

TT_i : 港湾 i における積替作業時間* (時).

なおここで, 積替貨物の荷役費用は, 港湾投資の評価に関する解説書 2004⁷⁾の記述等に基づき,

搬出・搬入貨物の荷役費用の 1.5 倍と仮定している。

vii) 搬出リンクおよび搬入リンク

$$GO_{vg} = GD_{vg} = CH_i \quad (40)$$

ここで、

GO_{vg} : リンク v ($=i$) , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの搬入リンクコスト (円/TEU) ,
 GD_{vg} : リンク v , グループ g のコンテナ 1TEU あたりの搬出リンクコスト (円/TEU) .

e) 解法

一般的なフロー依存型システム最適ネットワーク均衡配分の計算手法に基づき各リンクフローの計算結果を得る。ただし、d)でみたように、各リンクにおいてリンク間の相互干渉（あるリンクのコストが、当該リンクのフローだけでなく、他リンクのフローにも依存する状況）があるため、緩和法によって求める。

また、配分計算の単位は船社グループであるものの、入出港リンクや船積・船卸・停泊リンクにおいては、全船社合計の入出港船舶数や貨物取扱量に依存したコスト関数となっているため、各船社グループについて、他グループのフローを固定して配分計算を行い、これを順に繰り返すことにより、グループ間のフローの干渉を考慮するものとする。具体的な手順は、以下のとおりである。

Step 0. $n = 0$ とし、初期フロー $\{x_{vg}^{(0)}\}$ に対するリンクコスト $\{t_{vg}^{(0)}\}$ を求める。

Step 1. $n = n + 1$

Step 2. 自グループ g 以外の各グループ g' ($g, g' \in G, g \neq g'$) のフローを一期前のフロー

$\{x_{vg'}^{(n-1)}\}$ に固定して自グループの費用最小化問題を解く。すなわち、

$$\min_x \left\{ \sum_{v \in V} x_{vg}^{(n)} \cdot t_{vg}^{(n)} \begin{pmatrix} x_{11}^{(n-1)}, \dots, x_{11}^{(n-1)}, \\ \dots, \\ x_{1g}^{(n)}, \dots, x_{vg}^{(n)}, \dots, x_{vg}^{(n)}, \\ \dots, \\ x_{1G}^{(n-1)}, \dots, x_{1G}^{(n-1)} \end{pmatrix} \right\}, \quad \forall g \in G$$

これを全グループについて行う。

Step 3. Step 2 で得られたフロー $\{x_{vg}^{(n)}\}$ を一期前のフロー $\{x_{vg}^{(n-1)}\}$ と比較して収束

$\left(\frac{\sqrt{\sum_g \sum_v \{x_{vg}^{(n)} - x_{vg}^{(n-1)}\}^2}}{\sum_g \sum_v x_{vg}^{(n)}} \right) < \varepsilon_C$, ε_C は収束判定基準となる微小な正の数) しているか、繰り返

し回数 n が上限値に達していれば終了、収束していなければ Step1 へ戻る。

なお、航走リンクや船積・船卸リンクのように、リンクコストがフローに対して反比例の関係（すなわち、規模の経済性が働いている状況）となっているリンクもあることから、ネットワーク均衡配分計算上の凸性が保障されず、得られる解は局所解であり、最適解とは限らない。そのため、本モデルにおいては、現状のリンクフローを初期値として与え、これを起点に配分計算を行うことで、現状を出発点とした場合の（現状の近傍にある）最適解を得るものと位置づけられる。

5.2.5 荷主サブモデルと船社サブモデルの相互関係および収束計算の方法

(1) 概要

以上で、荷主サブモデルと船社サブモデルの構成について述べた。荷主は、船社サブモデルの出力である船社グループ別の港湾間運賃 p_{ag} や所要時間 $CMtime_{ag}$ を参照して、港湾や船社の選択を行う。ここで、船社グループ別航路（輸出入港湾ペア）別所要時間 $CMtime_{ag}$ は、総輸送費用最小化行動の結果、船社別航路別に荷主にとっての（＝荷主の時間価値を用いて計算された）一般化費用を最小にするルート上の所要時間とする。一方、外航船社は、荷主の選択行動 ((8)式) や、その結果としての船社グループ別港湾間 OD 貨物量 q_{ag} を所与として、利潤が最大となるよう行動する。

最終的に本モデル計算において到達したい状況は、すべての荷主にとっても、またすべての外航船社グループにとっても、自らの目的関数（輸送費用や利潤など）が最適化されているパレート効率的状況であるが、そのような究極の解を得ることは容易でないため、ここでは、すべての荷主とすべての外航船社にとって、他者の行動を所与とした場合に自らの目的関数をこれ以上高めることができない、というナッシュ均衡解を得ることを目標とする。

また、荷主サブモデルと船社サブモデルの両者を含めたモデル全体の最適化計算においても、前節で述べた外航船社の費用最小化行動モデルの計算と同様の考え方により、現状を出発点とし、両サブモデルの計算を繰り返しながら局所解としての収束解を得ることとする。

(2) 収束計算の方法

図 5.7 に計算手順の概要を示す。荷主サブモデルが港湾と船社の 2 段階選択モデル、船社サブモデルが収入最大化と輸送費用最小化の 2 つのモデルから成っていることから、やや複雑な手順となっている。すなわち、図 5.7 中の①に示される、荷主の第 1 段階選択（港湾選択）は、(3)式に示された航路別の期待最小コスト（当該航路における各船社の運賃や所要時間の合成変数）や陸上輸送コストを参照しながら、実行される。この結果を受け、②に示されるように、得られた各航路の貨物輸送需要 d_a （船社別輸送需要 q_{ag} ではないことに注意）に対し、各外航船社は航路別の収入が最大となるように運賃 p_{ag} を決定する。この際、船社の収入最大化行動には、荷主の船社選択行動 ((8)式) が内包化されている。これによって決定された船社グループ別港湾間 OD 貨物量 q_{ag} を所与として、③で各船社グループが総費用最小となるよう輸送パターンを決定し、船社グループ別航路（輸出入港湾ペア）別所要時間 $CMtime_{ag}$ や運航費用 $CMcost_{ag}$ を出力する。

ここで、繰り返し計算の手順として、単純に①→②→③→①→…と繰り返していくと、船社の収入最大化行動モデルと費用最小化行動モデルの間に必ず荷主の港湾選択モデルが挟まることになり、船社サブモデルのおおもとの行動原理である利潤最大化が、より実現されにくくなることが考えられる。また、船社の運賃や輸送パターンの決定、荷主の船社選択行動に比べると、荷主

の港湾選択行動は、実際に利用港湾を変更する際には、事務拠点や倉庫などを移す必要があるなど、様々な手続きや費用がかかると考えられることから、他の決定に比べ、やや長期的なスパンで行われるものと考えられる。以上より、ここでは、1 か月～四半期程度の短期的スパンを念頭に置いた、船社の運賃や輸送パターンの決定および荷主の船社選択行動の計算（図 5.7 中の②、③に相当）と、半年～1 年程度の中期的スパンを念頭に置いた、荷主の港湾選択行動の計算（図 5.7 中の①に相当）を入れ子の構造とした計算を行う。具体的には、以下の手順で計算する。

Step 0. $n = 0$ とし、初期フロー $\{x_{vg}^{(0)}\}$ に対するリンクコスト $\{t_{vg}^{(0)}\}$ および船社グループ別港湾間

OD 貨物量（航路別需要） $\{q_{ag}^{(0)}\}$ の初期値（現状値）を与え、船社サブモデルの Step 1～4 に示した解法にしたがって、初回のモデルの計算を行う。これにより、船社グループ別航路別の所要時間 $\{CMtime_{ag}^{(0)}\}$ や運賃 $\{p_{ag}^{(0)}\}$ を求める。なお、この段階ではあくまで初期解を求めることが目的のため、ここでの繰り返し計算は3回を上限とする。

Step 1. $n = n + 1$

Step 2. 前回計算された船社グループ別航路別の所要時間 $\{CMtime_{ag}^{(n-1)}\}$ や運賃 $\{p_{ag}^{(n-1)}\}$ に基づき、

荷主の輸出入港湾選択モデルの計算を行う。これにより、船社グループ合計の航路別貨物輸送需要 $\{d_a^{(n)}\}$ を得る。

Step 3. Step 2 で得た船社グループ合計の航路別貨物輸送需要 $\{d_a^{(n)}\}$ 、および前回計算された運賃 $\{p_{ag}^{(n-1)}\}$ を初期値とし、船社の収入最大化行動モデルの解法にしたがい、船社グループ別の貨物輸送需要 $\{q_{ag}^{(n)}\}$ を求める。

Step 4. Step 3 で得た船社グループ別航路別貨物輸送需要 $\{q_{ag}^{(n)}\}$ 、および前回計算された運賃

$\{p_{ag}^{(n-1)}\}$ を初期値とし、船社サブモデルの Step 1～4 に示した解法にしたがって、計算を行う。船社サブモデルの計算が収束するか、繰り返し計算回数の上限に達するまで計算を繰り返す。これにより、船社の費用最小化モデル・ネットワークにおけるリンクフロー $\{x_{vg}^{(n)}\}$ や、船社グループ別航路別の所要時間 $\{CMtime_{ag}^{(n)}\}$ や運賃 $\{p_{ag}^{(n)}\}$ を得る。

Step 5. Step 4 で得られた船社の費用最小化モデル・ネットワークにおける4種類の航走リンクフローの和 $\{XC_{ijsg}^{(n)}\}$ を一期前のリンクフローの和 $\{XC_{ijsg}^{(n-1)}\}$ と比較して収束

$$\left(\frac{\sqrt{\sum_g \sum_s \sum_j \sum_i \{XC_{ijsg}^{(n)} - XC_{ijsg}^{(n-1)}\}^2}}{\sum_g \sum_s \sum_j \sum_i XC_{ijsg}^{(n-1)}} < \varepsilon, \varepsilon \text{ は収束判定基準となる微小な正の数} \right) \text{ している}$$

か、繰り返し回数 n が上限値に達していれば終了、収束していなければ Step1 へ戻る。

表 5.1 に、モデル計算における試行錯誤を通じて最終的に決定した、各収束計算における計算条件（繰り返し計算回数の上限、収束判定の対象とする変数、判定条件）を示す。

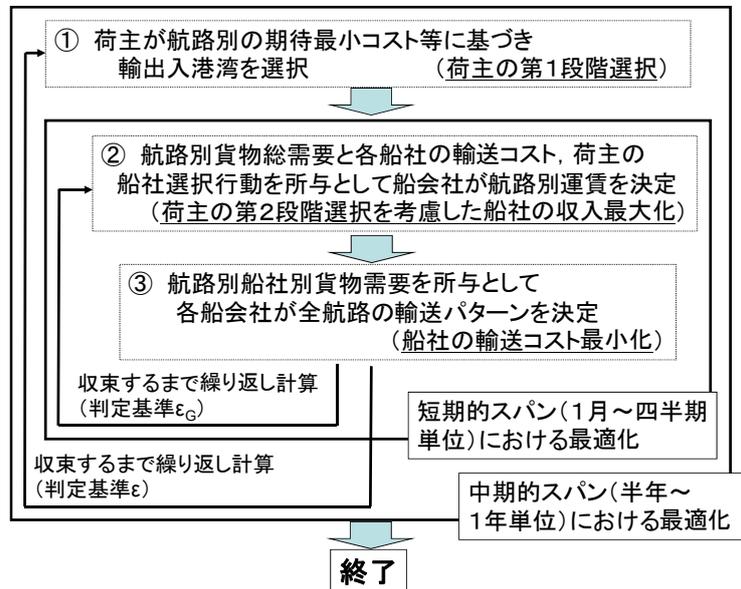


図 5.7 モデル全体の計算手順の概念図

表 5.1 本モデルの各収束計算における計算条件

○船社の収入最大化行動モデル	
繰り返し計算回数の上限	10
収束判定対象となる変数	prob_{ag}
収束判定基準 ϵ_R	1.0×10^{-10}
○船社の総費用最小化行動モデル	
船社グループ別配分計算の繰り返し計算回数の上限	10
収束判定対象となる変数	x_{vg}
収束判定基準 ϵ_C	1.0×10^{-6}
○船社サブモデル全体 (図-3における②と③の繰り返し計算)	
繰り返し計算回数の上限	10
収束判定対象となる変数	q_{ag}
収束判定基準 ϵ_G	1.0×10^{-4}
○モデル全体 (図-3における①と②・③の繰り返し計算)	
繰り返し計算回数の上限	5
収束判定対象となる変数	$X C_{ijSG}$
収束判定基準 ϵ	1.0×10^{-4}

5.3 入力データの準備

本節では、本モデルの計算にあたって必要な、さまざまな入力データの作成方法について述べる。5.2 で説明した様々な変数のうち、外生的に与える必要のある変数、および現状に最も合うように後ほど推計する未知パラメータについて、表 5.2 に示す。そのほかの変数は、モデルの中で内生的に決められる。

5.3.1 モデル対象港湾・地域

貨物輸送需要（OD 貨物量）の対象ゾーンは、日本は 47 都道府県ベースとする。また、日本以外の諸国については、国際海上輸送のみを取り扱い背後の陸上輸送等は考慮しないこととし、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。

表 5.2 本モデルにおいて外生的に与えられる変数の一覧

○モデルの外生変数		
変数	説明	初出の式
Q_{rs}	ODペア rs 間の貨物需要(OD貨物量)	1
G	船社グループの集合	3
$CLcost_b$	陸上リンク b の輸送運賃(円/TEU)	4
$CLtime_b$	陸上リンク b の輸送時間(時)	4
vt_{shpr}	荷主の時間価値(円/TEU・時)	4
LTL_i	港湾 i の搬入時リードタイム(時)	5
LTU_i	港湾 i の搬出時リードタイム(時)	6
$CTcost_i$	船社間積替リンク i の輸送費用(円/TEU)	7
$CTtime_i$	船社間積替リンク i の輸送時間(時)	7
Ω	ODペアの集合	10
A	航路の集合	10
CR_{sg}	船舶サイズ s 、グループ g の単位時間当たり航行時費用(円/時/隻)	19
cap_s	船舶サイズ s の船腹量(キャパシティ)(TEU/vessel)	19
l_{ij}	港湾 i 間の距離(NM)	19
vl_s	船舶サイズ s の船速(knot)	19
CE_{is}	港湾 i 、船舶サイズ s の入出港費用(円/隻)	23
CA_{sg}	船舶サイズ s グループ g の単位時間当たり停泊時費用(円/時/隻)	23
op_i	港湾 i のターミナル内荷役に関する平均業務時間(時/日)	23
γ_1, γ_2	入港待ち時間関数に関するパラメータ	25
NB_{iu}	港湾 i 、バースカテゴリ u のバース数	25
TAU_{is}	港湾 i における船舶サイズ s の入港時に最低限必要な時間(時)	27
$prod_i$	港湾 i における1クレーンあたりの荷役効率(TEU/時)	27
NC_{is}	港湾 i におけるバースカテゴリ s の1バースあたりクレーン数	27
TAL_{is}	港湾 i における船舶サイズ s の出港時に最低限必要な時間(時)	33
CT_i	港湾 i の単位時間あたりターミナル費用(円/時)	36
CH_i	港湾 i における搬出・搬入貨物の1TEUあたり荷役費用(円/TEU)	39
TT_i	港湾 i における積替作業時間(時)	39
○未知パラメータ		
変数	説明	初出の式
θ	分散パラメータ	1
ξ	ログサム変数の調整項	3
vt_{carr}	金銭時間換算係数(船社の時間価値)(円/時/TEU)	19

モデル対象港湾は、多くの港湾を含めることが可能な点が、本シミュレーションモデルの特徴のひとつであることを考慮しつつも、計算時間短縮のためあまり数が増えすぎないように、わが国については図 5.8 に示す 17 港を、わが国以外の東・南アジア地域については図 5.9 に示す 23 港を、その他の地域については図 5.10 に示す 10 港を対象とする。ただし、アジア以外の 10 港は、地域代表港として便宜的に設定するものであり、対象となる港湾の個別情報（バース数など）はほとんど考慮しない。

5.3.2 地域間 OD 貨物量

(1) 2 国間国際海上コンテナ貨物輸送量

基本的な方針としては、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、本モデルにおけるデータ作成の基準年は、コンテナ流動調

査⁸⁾の実施年である 2003 年とする。出発点となる 2 国間貿易額は、前章で用いた GTAP モデルの出力結果を用いる。

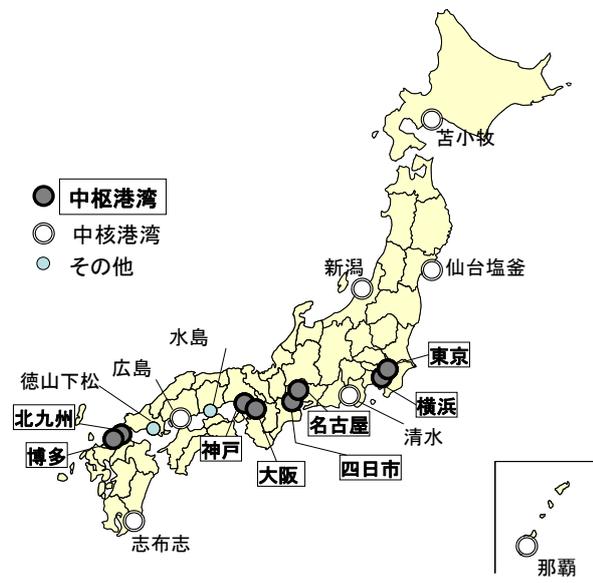


図 5.8 モデル対象港湾（日本）

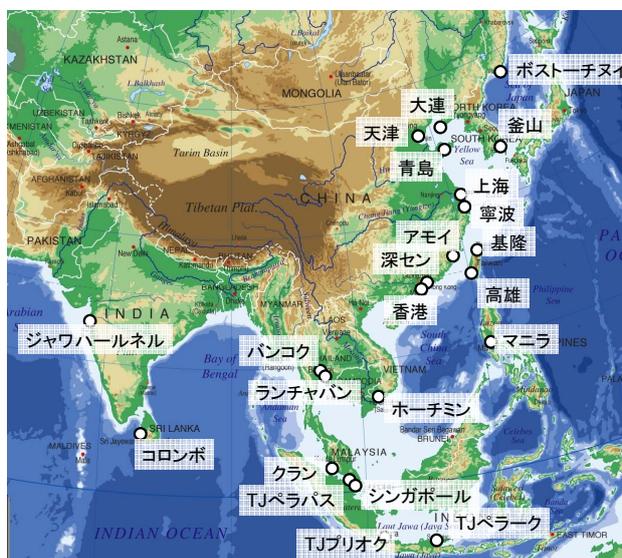


図 5.9 モデル対象港湾
(日本以外の東・南アジア諸国)

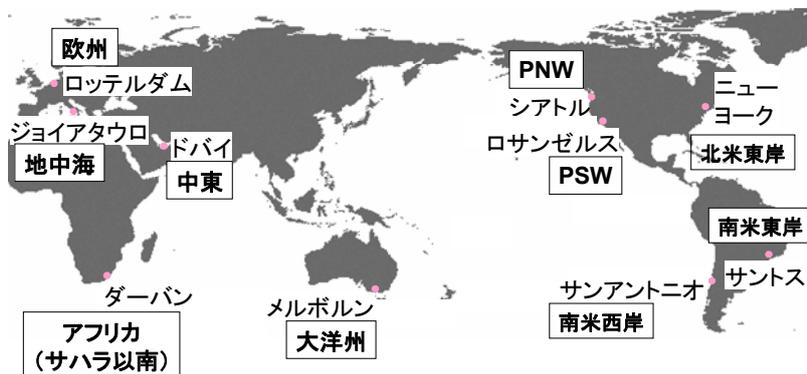


図 5.10 モデル対象港湾（その他地域）

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⁹⁾から得られる、2 国間貿易額、輸送機関別 2 国間貿易額、2 国間輸出入貨物量を用いて、2003 年ベースの 2 国間国際海上コンテナ貨物輸送量データを作成する。具体的な手順は以下のとおりである。

- ① GTAP データベースより得られる 2001 年ベースの品目別 2 国間貿易額に、Global Trade Navigator データの 2001 年と 2003 年の貿易額データより得られる品目別輸出入国別¹⁾の貿易額の伸び率を乗じることにより、2003 年ベースの品目別 2 国間貿易額（31 カ国・地域²⁾、5 貿易財品目）を得る。
- ② ①の品目別 2 国間貿易額（2003 年ベース）を、Global Trade Navigator データより得られる品

¹⁾ Global Trade Navigator データは全世界 70 カ国・77 品目データを対象としており、このデータを上記 GTAP ベースの貿易額データと整合するように集計して用いる。

²⁾ 本研究の計算対象とならない国については、全世界 48 ヶ国・地域の GTAP データベースを、GTA データ¹⁰⁾等を用

目別輸出入国別の、海上輸送分担率³、海上輸送貨物のトン・金額換算係数、海上コンテナ分担率⁴、TEU・トン換算係数を順に乗じることにより、2国間国際海上コンテナ貨物輸送量データ（2003年、TEUベース）を作成する。なお、本モデルのデータベースは、原則としてFOB価格で構築するものとし、輸出国側と輸入国側でデータが一致しない場合には、輸出国側のデータを採用するものとする。

(2) 地域間貨物量への変換

以上で、2国間の国際海上コンテナ貨物輸送量データは作成できたものの、Global Trade Navigator データを含め、国より細かい各地域レベルにおける、2地域間貿易額や2地域間輸出入貨物量に関するデータは存在しない。せいぜい、日本のコンテナ貨物流動調査データ⁸や、あるいは中国¹¹やアメリカ¹²の税関データのように、自国地域別相手国別の輸出入コンテナ貨物量や貿易額がわかる程度である。しかも、多くの国においては、このようなデータも存在しない。そこで、本モデルでは、上記で得られた2国間国際海上コンテナ貨物輸送量をベースに、以下の手順で地域間貨物輸送需要（地域間OD貨物量） Q_{rs} を推計する。

- ① 日本発着貨物については、上述のように、コンテナ貨物流動調査⁸により、自国地域別相手国別輸出入コンテナ貨物量が得られるため、このシェアを用いて、日本8地域別の発着相手国別コンテナ貨物量を、都道府県別相手国別貨物量に比例配分する。
- ② アジア各港発着貨物については、自国のコンテナ貨物取扱量（ただしトランシップ貨物量は除く。港湾取扱量の推計方法については、5.3.6を参照のこと）に占める自港のシェア⁵を用いて、2国間国際海上コンテナ貨物輸送量を比例配分することで、自国港湾別相手国別（日本が相手国の場合は47地域別）輸出入コンテナ貨物量を推計する。なお、相手国側も日本を除くアジア各港である場合は、相手国側についても同様の操作を行い、自国港湾別相手国港湾別輸出入コンテナ貨物量を得る。
- ③ アジア地域外発着貨物については、当該地域に含まれるすべての国の貨物を集計し、相手国が日本の場合は、大陸別日本47地域別貨物量を、相手国が日本以外の東・南アジア諸国の場合は大陸別相手港湾別貨物量を作成する。なお、アジア地域外同士を発着する貨物は本モデルの計算対象外とし、ゼロとする。また、北米（本モデルでは、パナマ以北を指す）については、各国を最大でPNW、PSW、北米東岸の3地域に分割した貨物量データを作成する必要があるため、各国の主要港の取扱量を参考にして、上記3地域のシェアを各国別に算出し、それを集約することとする。

5.3.3 海上・陸上輸送ネットワーク

(1) 海上輸送ネットワーク

海上ネットワークデータとしては、本モデルの対象港全50港間相互の距離 l_{ij} (NM)を用意する必要がある。すなわち、必要データ数は、 $50 \times 49 \div 2 = 1225$ となる。これらのデータについては、

いて分割するなどしたうえで、データベースから除外する。

³ Global Trade Navigator データには、海上、航空、陸上およびその他、の3種類の輸送機関別の貿易額データが収録されている。

⁴ Global Trade Navigator データには、4種類（Dry Bulk, Liquid Bulk, General Cargo/Neo Bulk, Container）の輸送形態別の海上輸送貨物量データが収録されている。

⁵ 本モデルの対象港湾のみを集計の対象とする。したがって、ある国のモデル対象港が1港しかない場合は、その国に

距離表¹³⁾や Netpas Distance¹⁴⁾等を用いて整理した。

本モデルにおいて考慮する船舶サイズとしては、表 5.3 に示すような4区分（すなわち、 $W = 4$ ）とする。また、これらのサイズに対応するバース水深カテゴリと、その関係についても表 5.3 に示す。

さらに、計算対象とする船社グループとしては、表 5.4 に示す8グループ（ $G = 8$ ）とする。これは、モデル計算対象年である 2003 年時点のアライアンス構成等を参考に設定したものである。

表 5.3 本モデルで設定するコンテナ船サイズとバース水深カテゴリ

○コンテナ船				○バース	
w	サイズ (TEU)	平均サイズ cap_w (TEU)	入港可能なバースカテゴリ	u	水深 (m)
1	- 1000	500	1-4すべて	1	11.0以下
2	1000 - 2500	1750	2,3,4	2	11.0 - 13.0
3	2500 - 4000	3250	3,4	3	13.0 - 14.0
4	4000 -	6000	4	4	14.0以上

表 5.4 本モデルで設定する船社グループ

グループ	アライアンス名	主な構成船社
A	単独	Maersk
B	単独	Evergreen, LT
C	単独	MSC
D	Grand Alliance	MOL, APL, Hyundai, NOL
E	New World	HAPAG-LLOYD, MISC, NYK, OOCL, P&O
F	CKYH	COSCO, KL, Yang Ming, Hanjing
G	(その他アジア系)	Cho Yang, CSAV, Heung-A, Namsung, UASC, Sinotrans, Wan Hai
H	(その他アジア以外系)	CMA-CGM, PIL, ZIM, Wilhelmsen

(2) 陸上輸送ネットワーク

陸上ネットワークデータについては、本モデルにおいて背後輸送ネットワークを考慮するのは日本だけなので、日本のデータのみ用意する必要がある。筆者ら¹⁵⁾は、これまでに、わが国の国内道路輸送ネットワークデータを作成し、一般化費用が最小となる経路探索等を行ってきた。本モデルにおいて、この既往ネットワークをそのまま利用することは、7万リンク以上というネットワークの規模や、今回のモデルでは、対距離低減型⁶⁾の陸上リンクコスト関数を設定することから考えると、やや不適切である。そこで、あらかじめ、既往ネットワークにおいて、以下に示す条件のもとで、生産消費地である都道府県（47）とモデル対象港湾（17）間の経路探索を行い、全都道府県と対象港湾の組み合わせ（47×17）におけるトラック走行距離 lg_b 、所要時間 tm_b 、および有料道路料金 tl_b を算出し、このマトリックスを仮想的陸上輸送ネットワークとして今回のモデル計算ネットワークに組み込むこととする。

- ・対象ネットワーク：平成 16 年度道路情報便覧データ¹⁶⁾に基づくネットワークに、筆者らが独自に設定した臨港道路を追加したネットワーク。ここで、海上コンテナ貨物の約半数は海上コンテナ以外の形態で輸送されていることを考慮し、海上コンテナ搭載車両の通行可能ネットワークではなく、全ネットワークを対象とした検索を行っている。

占める当該港のシェアは 100%となる。

⁶⁾ 輸送距離が長くなるにつれて、距離の増加率に対する運賃の増加率の比が小さくなることをさす。

- ・探索条件：一般化費用（時間評価値×所要時間＋有料道路料金）を最小とする経路をダイクストラ法で探索した。ここで、時間評価値としては、国土交通省道路局で使用されている 101 円／分（普通貨物車，平成 11 年価格）を用いた⁷。また，有料道路料金や走行速度についても，各道路や種別，地域によって異なる値を設定している。

5.3.4 輸送費用

(1) 海上輸送費用

海上輸送費用については，黒川ら¹⁷⁾，森ら¹⁸⁾等に基づき，以下のように設定する。なお，ここでは，船社グループ g によらず費用は同一と仮定する。

a) 航行時運航費用 CR_w

変動費用である運航時燃料費 $CRFU_w$ (円/時) と固定費用である船費 CSP_w (円/時) に分けられる。

$$CR_w = CRFU_w + CSP_w \quad (41)$$

$$CRFU_w = c1 \cdot c2 \cdot (c3 \cdot cap_w)^2 \cdot vl_w^3 \quad (42)$$

$$CSP_w = (c4_w + c5_w + c6_w + c7 + c8 + c9 + c10_w + c11_w) \cdot (1 + re) / D / 24 \quad (43)$$

ここで，変数 $c1 \sim c11$, re , D の説明およびここでの設定値について表 5.5 にまとめる。

また，サイズ別の船速 vl_w については，実際のコンテナ船のデータに基づき推計した以下のような近似式を用いる。

$$vl_w = 5.836 \cdot cap_w^{0.167} \quad (44)$$

b) 停泊時運航費用 CA_w

航行時運航費用と同様に，変動費用である停泊時燃料費 $CAFU_w$ (円/時) と固定費用である船費にわけられる。このうち，船費については，航行時運航費用における船費と一致する。すなわち，

$$CA_w = CAFU_w + CSP_w \quad (45)$$

$$CAFU_w = 0.17 \cdot (PS_w \cdot 0.09) \cdot 0.98 \quad (46)$$

ここで， PS_w は補機出力であり，

$$PS_w = 1.2 \cdot GT_w^{0.6} \cdot 2 \quad (47)$$

と表わされる。

⁷ ここでの経路探索における時間評価値は，上記一般化費用の定義をみてもわかるように，貨物の時間評価値に加え運賃等の金銭費用も含まれ，本研究の荷主サブモデルにおける，純粋な輸送時間に対する時間評価値とは性格が異なるものである。

表 5.5 海上輸送費用式 ((41)-(43)式) における変数の設定値一覧

変数	説明	単位	設定値
c1	燃料油単価	円/t	8925 (=85US\$/t*105円/US\$)
c2	燃料消費量係数	-	$2.380 \cdot 10^{-7}$
c3	排水量換算係数	DWT/ TEU	19.07
c4 _w	船価 (元利均等払)	円/年	総額: $\{-6.966 \cdot \ln(GT) + 89.36\} \cdot GT \cdot 10^4$ (ここで, $GT_w = (\text{cap}_w + 15.13) / 0.0680$) 耐用年数14年, 年率4.5%の複利計算 により年間定期支払額を算出
c5 _w	船員費	円/年	船員数×船員給与×12 船員数: $2.959 \cdot \ln(GT_w) - 8.477$ 船員給与: 58.3万円 (=185(US\$/日)*105*30(日))
c6 _w	船用品費	円/年	$624.7 \cdot GT_w + 2108$
c7	修繕費	円/年	毎年, 船価総額の2%
c8	船舶保険費	円/年	毎年, 船価総額の0.3%
c9	固定資産税	円/年	船価総額*1.1/耐用年数/2*税率(1.4%)
c10 _w	雑費	円/年	$648.6 \cdot GT_w - 1574$
c11 _w	投滑油費	円/年	必要燃料油(t/時)*1.0%*24*稼働日数D *単価(20万円) 必要燃料油: $c2 \cdot (c3 \cdot \text{cap}_w)^{2/3} \cdot v_w^3$
re	営業経費率	-	9.0%
D	年間稼働日数	日/年	350

(2) 港湾費用

本モデルの港湾費用は, 1TEU あたりの費用として定義される荷役費 CH_i (円/TEU), 1隻あたりの費用として船舶サイズ別に定義される入出港費 CE_{iw} (円/隻), 1ターミナルあたりの費用として定義されるターミナル費 CT_i (円/時) の3種類にわけられる。これらの入力値については, 各種資料を参考に, 表 5.6 の通り設定した。なお, これらの数値は, あくまで筆者らによる想定値である。また, 荷主サブモデルにおける船社間積替費用 $CTcost_i$ については, ターミナル間の短距離ドレージ費用を想定し, 陸上輸送費用における「輸送距離 10km 以下の際の固定費用」である 24,475(円/TEU)を適用することとする。

(3) 陸上輸送費用

我が国におけるトラック輸送による輸送費用 $CLcost_b$ (円/TEU) については, 港湾投資の評価に関する解説書 2004⁷⁾の記載をもとに, 以下のように設定した。なお以下の各式で, 輸送距離を2倍するのは, トラックが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)と想定しているためである。

i) 往復輸送距離 ($2 \cdot l_{g_b}$) が 10km 以下の場合

$$CLcost_b = 1116 \cdot (2 \cdot l_{g_b}) + 24475$$

ii) 往復輸送距離が 10~100km の場合

$$CLcost_b = 877.7 \cdot (2 \cdot l_{g_b}) + 26846$$

iii) 往復輸送距離が 100~200km の場合

$$CLcost_b = 568.8 \cdot (2 \cdot l_{g_b}) + 57735$$

iv) 往復輸送距離が 200~500km の場合

$$CLcost_b = 405.3 \cdot (2 \cdot l_{g_b}) + 90453$$

iv) 往復輸送距離が 500km より大きい場合

$$CLcost_b = 272.0 \cdot (2 \cdot lg_b) + 157100$$

表 5.6 本モデルにおける各港湾の費用の設定値（本文中と表記単位が異なる点に注意されたい）

i	港湾名		荷役費 CH _i (千円 /TEU)	入出港費 (千円/隻)				ターミ ナル費 CT _i (百万 円/年)
				CE _{i1}	CE _{i2}	CE _{i3}	CE _{i4}	
1	日本	苫小牧	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
2	日本	塩釜	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
3	日本	東京	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
4	日本	横浜	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
5	日本	新潟	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
6	日本	清水	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
7	日本	名古屋	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
8	日本	四日市	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
9	日本	大阪	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
10	日本	神戸	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
11	日本	水島	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
12	日本	広島	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
13	日本	徳山下松	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
14	日本	博多	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
15	日本	北九州	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
16	日本	志布志	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
17	日本	那覇	15.0	1,762	2,054	2,492	3,369	1,080
18	韓国	釜山	8.0	650	942	1,380	2,257	690
19	ロシア	ヴォストチーヌイ	2.0	746	1,038	1,477	2,353	500
20	中国	大連	5.0	675	967	1,405	2,282	500
21	中国	天津	5.0	675	967	1,405	2,282	500
22	中国	青島	5.0	675	967	1,405	2,282	500
23	中国	上海	5.0	675	967	1,405	2,282	500
24	中国	寧波	5.0	675	967	1,405	2,282	500
25	中国	廈門	5.0	675	967	1,405	2,282	500
26	中国	深セン	5.0	675	967	1,405	2,282	500
27	中国	香港	10.0	1,577	1,869	2,307	3,184	2,262
28	台湾	基隆	12.0	1,237	1,529	1,968	2,844	870
29	台湾	高雄	12.0	1,237	1,529	1,968	2,844	870
30	フィリピン	マニラ	3.0	655	947	1,385	2,262	500
31	ベトナム	ホーチミン	7.2	646	938	1,377	2,253	150
32	タイ	ランチャバン	8.4	731	1,024	1,462	2,339	160
33	タイ	バンコク	8.4	731	1,024	1,462	2,339	160
34	マレーシア	TJペラパス	4.0	965	1,258	1,696	2,573	350
35	マレーシア	ポートケラン	6.0	965	1,258	1,696	2,573	500
36	シンガポール	シンガポール	7.0	1,008	1,300	1,738	2,615	622
37	インドネシア	TJペラーク	5.0	774	1,066	1,504	2,381	500
38	インドネシア	TJプリオク	5.0	774	1,066	1,504	2,381	500
39	インド	ジャワハールネル	5.0	746	1,038	1,477	2,353	351
40	スリランカ	コロンボ	8.0	746	1,038	1,477	2,353	500
41	PNW		27.0	1,650	1,942	2,381	3,257	500
42	PSW		27.0	1,650	1,942	2,381	3,257	500
43	北米東岸		27.0	1,650	1,942	2,381	3,257	500
44	南米西岸		5.0	746	1,038	1,477	2,353	500
45	南米東岸		5.0	746	1,038	1,477	2,353	500
46	中東		5.0	746	1,038	1,477	2,353	500
47	地中海		13.0	1,309	1,602	2,040	2,917	500
48	欧州		13.0	1,309	1,602	2,040	2,917	500
49	アフリカ		5.0	646	938	1,377	2,253	500
50	大洋州		11.0	931	1,223	1,661	2,538	500

5.3.5 輸送時間

(1) 海上輸送時間

海上輸送時間を算出するための変数 (l_{ij} , v_{lw} 等) については、ここまでにすべて説明されている。

(2) 港湾内における必要時間

入港・出港混雑待ち時間の算出に必要な、各港湾におけるカテゴリ別のバース数 NB_{iw} については、Containerisation International Yearbook¹⁹⁾や各港 HP などを参考に表 5.7 に示すとおり設定した。

また、各港湾における搬入時および搬出時リードタイム LTL_i , LTU_i (時) , 船社間積替時間 $CTime_i$ (時) , ターミナル内荷役に関する平均業務時間 op_i (時/日) , 入港時および出港時に最低限必要な時間 TAU_{iw} , TAL_{iw} (時, ここでは、船舶サイズによらず一定と仮定する) , (同一船社内) 積替作業時間 TT_i (時) については、個別の港湾についての情報が少ないことから、以下のような手順で設定した。すなわち、はじめに、港湾の規模や発展段階、あるいはトランシップ貨物の比率 (トランシップ貨物を重視したオペレーションを行っているかどうかの代理指標とみなす) 等に基づいて総合的に勘案し、各港湾のサービスレベルを、表 5.7 に示す4段階に設定した。そして、上記各変数について、このサービスレベルごとに、表 5.7 下段に示すように試行錯誤的に設定した。

さらに、1クレーンあたりの荷役効率 $prod_i$ (TEU/時) , バースカテゴリ別の1バースあたりクレーン数 NC_{iw} についても、データが少ないため、各港共通の設定 ($prod_i = 45$, $NC_{iw} = w + 1$) とした。また、入港待ち時間関数に関するパラメータ γ_1 , γ_2 は、筆者らのこれまでの試行錯誤的計算に基づき、 $\gamma_1 = 120.0$, $\gamma_2 = 5.0$ で固定した。

(3) 陸上輸送時間

陸上輸送時間 $CLtime_b$ については、 t_j をそのまま用いることとする。また、荷主の時間価値 vt_{shpr} については、港湾投資の評価に関する解説書 2004⁷⁾を参考に、全貨物共通で 1,348 (円/TEU・時) に設定した。

表 5.7 本モデルで設定した港湾諸元（費用に関する変数を除く）

i	港湾名		サー ビス レベル	パース数			
				NB _{i1}	NB _{i2}	NB _{i3}	NB _{i4}
1	日本	苫小牧	3	0	0	0	1
2	日本	塩釜	3	0	1	0	1
3	日本	東京	3	3	2	0	10
4	日本	横浜	3	0	7	10	6
5	日本	新潟	3	4	1	0	0
6	日本	清水	3	0	5	0	1
7	日本	名古屋	3	3	6	0	2
8	日本	四日市	3	0	2	0	0
9	日本	大阪	3	3	4	5	3
10	日本	神戸	3	5	8	5	10
11	日本	水島	3	5	0	0	0
12	日本	広島	3	7	0	0	1
13	日本	徳山下松	3	0	1	0	0
14	日本	博多	3	0	1	2	1
15	日本	北九州	3	3	4	0	0
16	日本	志布志	3	4	0	0	0
17	日本	那覇	3	0	0	1	0
18	韓国	釜山	2	0	7	2	11
19	ロシア	ヴォストチーヌイ	4	0	2	2	0
20	中国	大連	4	0	3	4	0
21	中国	天津	4	0	1	4	3
22	中国	青島	4	0	2	0	6
23	中国	上海	4	7	6	5	4
24	中国	寧波	4	0	0	3	3
25	中国	廈門	4	0	2	3	0
26	中国	深セン	4	0	1	0	10
27	中国	香港	1	0	0	0	23
28	台湾	基隆	3	0	14	0	0
29	台湾	高雄	2	4	5	0	10
30	フィリピン	マニラ	4	19	7	2	1
31	ベトナム	ホーチミン	4	10	6	2	0
32	タイ	ランチャバン	3	0	0	0	7
33	タイ	バンコク	4	21	0	0	0
34	マレーシア	TJペラパス	1	0	0	0	6
35	マレーシア	ポートケラン	1	0	0	0	19
36	シンガポール	シンガポール	1	6	15	4	18
37	インドネシア	TJペラーク	4	11	0	0	0
38	インドネシア	TJプリオク	4	2	4	0	6
39	インド	ジャワハールネル	4	0	5	0	0
40	スリランカ	コロンボ	2	4	1	2	4
41	PNW		2	0	0	0	100
42	PSW		2	0	0	0	100
43	北米東岸		2	0	0	0	100
44	南米西岸		2	0	0	0	100
45	南米東岸		2	0	0	0	100
46	中東		2	0	0	0	100
47	地中海		2	0	0	0	100
48	欧州		2	0	0	0	100
49	アフリカ		2	0	0	0	100
50	大洋州		2	0	0	0	100

サービス レベル	搬入時 リード タイム	搬出時 リード タイム	同一 船社内 積替 時間	船社間 積替 時間	ターミナル内 荷役に関する 平均オペレー ション時間	入港時および 出港時に最低限 必要な時間*
	LTL _i (時)	LTU _i (時)	TT _i (時)	CTtime _i (時)	op _i (時/日)	TAU _{iw} TAL _{iw} (時)
1	24	24	12	24	24	1
2	48	24	24	48	24	1
3	48	48	48	96	24	1
4	72	72	72	144	24	1

*船舶サイズによらず共通

5.3.6 現状フロー・港湾間の OD 等

本モデルが何らかの状態を起点に収束計算を行う必要があることや、サブモデルのなかに初期依存性を持つものがあることから、いくつかの内生変数については初期値が必要となる。具体的には、1回目の船社サブモデル計算において外生的に与える必要のある航路別・船社グループ別の貨物輸送需要（船社別港湾間 OD 貨物量） $q_{ag}^{(0)}$ 、および船社の総費用最小化行動モデルにおいて、フロー依存型のコスト関数を持つリンクのフロー（4種類の各航走リンクのフロー $XPCP_{ijsg}^{(0)}$ 、 $XL CU_{ijsg}^{(0)}$ 、 $XPCU_{ijsg}^{(0)}$ 、 $XLCP_{ijsg}^{(0)}$ および港湾総取扱量 $XH_i^{(0)}$ ）である。以下では、手順の関係から、港湾総取扱量、航走リンクフロー、船社別港湾間 OD 貨物量の順に推計方法を説明する。

(1) 港湾総取扱量

5.3.2 で推計方法を述べた地域間 OD 貨物量 Q_{rs} は、日本発着貨物については 47 都道府県別、日本以外の発着貨物については港湾別の貨物量であった。ここでは、日本発着貨物についても、コンテナ貨物流動調査データ⁸⁾を用いて、日本以外発着貨物と同様の考え方（2 国間貨物量データを港湾別シェアで比例配分する。ただし、ここでは日本 8 地域別データではなく、日本全体の貨物量を比例配分するものとする）により、本モデルの対象港湾 17 港を発着地とする港湾別の貨物量データを作成する。これを、港湾間（全船社合計）OD 貨物量とよぶ。これを港湾別に集計したものが、モデルの初期値としての各港湾の輸出・輸入貨物量となる。これに対し、各港の統計等より別途推計した各港のトランシップ貨物率を考慮することで、総取扱貨物量（＝輸出入貨物量／（1－トランシップ貨物率））が得られる。このようにして設定された港湾別貨物量を、表 5.8 に示す。ここで、表に示された取扱量が、実際の各港の 2003 年における実入りコンテナ取扱貨物量と多少異なるのは、①地域間 OD 貨物量推計時点での誤差（特に GTAP データベースと Global Trade Navigator の貿易額データの間には多少の相違があることに起因する誤差）、②モデルで考慮されていない国々との輸出入貨物を考慮していないことに起因する誤差（過小推計）、③モデルで考慮されている国については、逆に、モデルに含まれない中小港湾の取扱貨物もモデル対象港湾で取り扱われる、と仮定されていることに起因する誤差（過大推計）等が存在するためである。

表 5.8 本モデルで設定した各港の初期取扱量とその内訳

i	港湾名		貨物量(千TEU, 2003年)				トランシ ップ 率
			総取 扱量 XH _i	輸出	輸入	ト ラ ン シ ッ プ	
1	日本	苫小牧	101	36	65	0	0%
2	日本	塩釜	68	39	29	0	0%
3	日本	東京	2,538	905	1,324	308	12%
4	日本	横浜	1,831	776	837	218	12%
5	日本	新潟	82	20	62	0	0%
6	日本	清水	411	254	157	0	0%
7	日本	名古屋	2,017	1,071	946	0	0%
8	日本	四日市	147	82	65	0	0%
9	日本	大阪	1,193	320	829	44	4%
10	日本	神戸	1,554	784	730	40	3%
11	日本	水島	70	38	32	0	0%
12	日本	広島	111	71	41	0	0%
13	日本	徳山下松	70	49	20	0	0%
14	日本	博多	308	123	185	0	0%
15	日本	北九州	310	165	145	0	0%
16	日本	志布志	19	3	16	0	0%
17	日本	那覇	29	4	25	0	0%
18	韓国	釜山	12,102	4,212	2,805	5,084	42%
19	ロシア	ウオストチーヌイ	449	348	102	0	0%
20	中国	大連	1,314	803	511	0	0%
21	中国	天津	2,265	1,384	880	0	0%
22	中国	青島	3,302	2,019	1,284	0	0%
23	中国	上海	8,829	5,397	3,432	0	0%
24	中国	寧波	2,050	1,253	797	0	0%
25	中国	廈門	1,963	1,200	763	0	0%
26	中国	深セン	6,558	4,008	2,549	0	0%
27	中国	香港	14,499	370	1,441	12,687	88%
28	台湾	基隆	2,322	1,045	1,206	71	3%
29	台湾	高雄	7,656	2,482	2,863	2,312	30%
30	フィリピン	マニラ	2,332	574	1,024	733	31%
31	ベトナム	ホーチミン	1,635	897	738	0	0%
32	タイ	ランチャバン	2,650	1,662	877	112	4%
33	タイ	バンコク	1,182	746	393	43	4%
34	マレーシア	TJペラパス	5,257	139	98	5,020	95%
35	マレーシア	ポートケラン	9,282	2,545	1,787	4,950	53%
36	シンガポール	シンガポール	12,985	1,482	986	10,518	81%
37	インドネシア	TJペラーク	1,658	1,058	600	0	0%
38	インドネシア	TJプリオク	2,812	1,795	1,017	0	0%
39	インド	ジャワハールネル	3,186	1,577	1,609	0	0%
40	スリランカ	コロンボ	1,450	229	217	1,003	69%
41	PNW		3,140	1,091	2,049	0	0%
42	PSW		9,313	2,633	6,680	0	0%
43	北米東岸		4,307	1,234	3,072	0	0%
44	南米西岸		465	266	199	0	0%
45	南米東岸		839	482	357	0	0%
46	中東		4,767	3,120	1,647	0	0%
47	地中海		2,615	587	2,028	0	0%
48	欧州		8,589	3,221	5,368	0	0%
49	アフリカ		1,382	633	749	0	0%
50	大洋州		2,097	1,250	847	0	0%

(2) 航走リンクフロー

船舶サイズ別船社グループ別の港湾間輸送実績は、MDS Transmodal 社の航路別船社別寄港実績データ²⁰⁾から明らかとなる寄港地順・頻度・船舶サイズを整理することで、船舶サイズ別船社グループ別港湾間年間就航船腹量 (TEU ベース) を求め、これに消席率を乗じることで得られる。ここで、消席率については実績データが得られないため、外航船社へのインタビュー調査等によ

り、アジア域内航路については全区間 0.8，アジア域内と域外を結ぶ航路については，そのうちアジア域内区間は 0.4，その他の区間（アジア域内外を跨ぐ区間およびアジア域外相互間）は 0.8 と設定した⁸。図 5.11 に，全世界の港湾間リンクフロー（サイズ・船社合計，往復も合計）の推計図を示す（なお，各リンクの具体的な推計値については，膨大なデータとなるため本論文への掲載は省略した）。

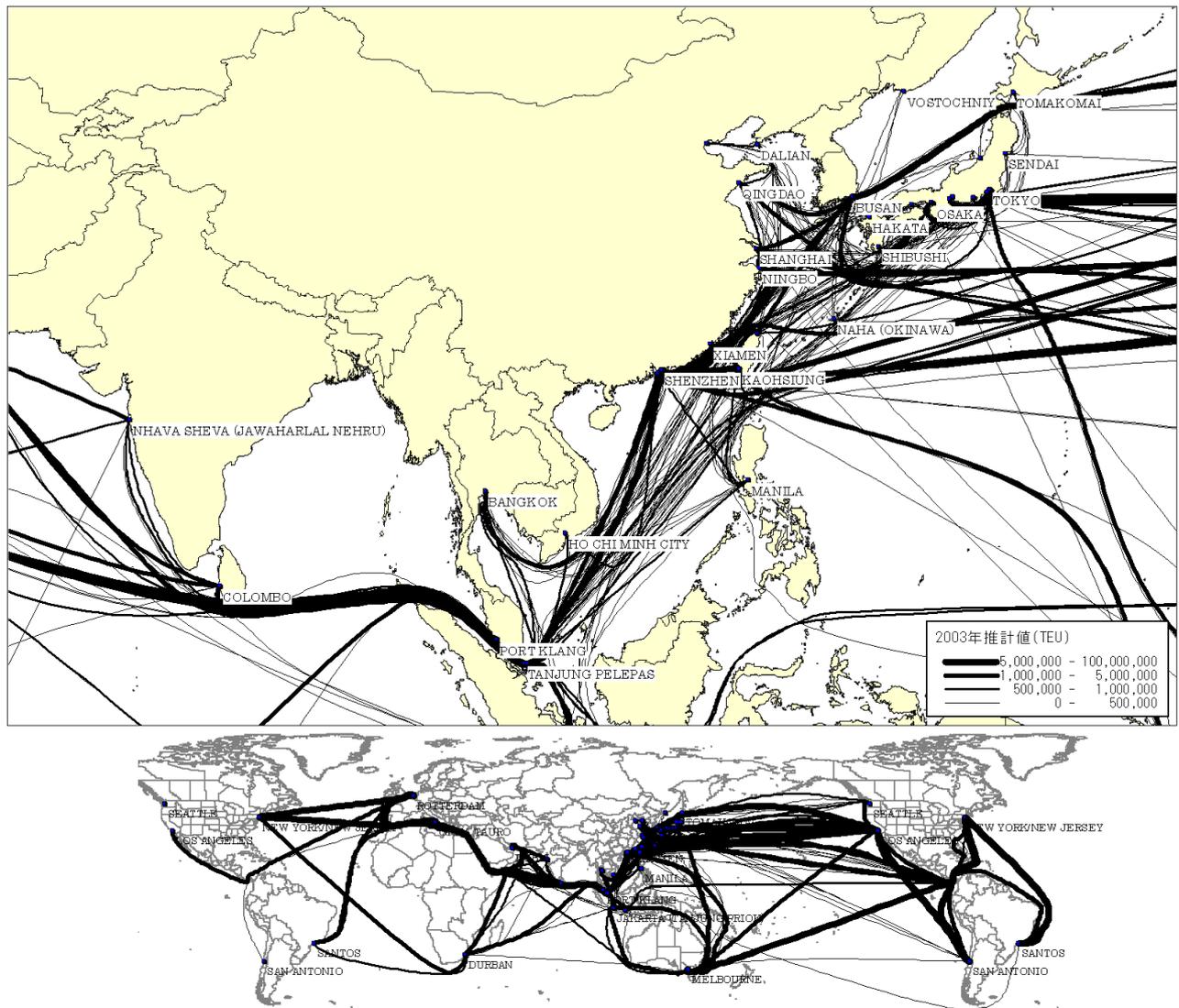


図 5.11 港湾間リンクフロー現状推計図（2003 年年間値）

このようにして得られたフローを，4種類の航走リンクフロー（①停泊-航走-停泊リンク，②船積-航走-船卸リンク，③停泊-航走-船卸リンク，④船積-航走-停泊リンク）へ分割する方法については，実績データを収集することは困難であることから，以下の方法で推計する。

- i) 当該港湾間の推計フロー XC_{ijwg} に対する，4種類のフローのシェアをそれぞれ r_{1ij} , r_{2ij} , r_{3ij} , r_{4ij} （ただし， $0 \leq rn_{ij} < 1, n = 1, 2, 3, 4$ ）とする。このとき，以下の式が成り立つのは自明であ

⁸ アジア域内外を結ぶ航路のアジア域内区間における消費率を 0.4 と設定したのは，アジア域内外を結ぶような長距離航路では，アジア域内の各港で順に貨物を積み（または順に貨物を卸し），アジア域内外を跨ぐ際の消費率が 0.8 となるようなルーティングを想定しており，最初の区間の消費率 0 と最後の区間の消費率 0.8 の平均をとったためである。

る.

$$r1_{ij} + r2_{ij} + r3_{ij} + r4_{ij} = 1 \quad (48)$$

ii) 発港 i の出港フローの合計を F_i , 着港 j の到着フローの合計を F_j とする. すなわち,

$$F_i = \sum_g \sum_w \sum_j XC_{ijwg} \quad (49)$$

$$F_j = \sum_g \sum_w \sum_i XC_{ijwg} \quad (50)$$

また, (1)より得られる発港 i の船積貨物量 (輸出貨物量+トランシップ貨物量/2) を Y_i , 着港 j の船卸貨物量 (輸入貨物量+トランシップ貨物量/2) を Y_j とする.

iii) このとき, 停泊リンクフローと船積または船卸リンクフローの関係より, 下式を仮定する.

$$r2_{ij} + r4_{ij} = \frac{Y_i}{F_i} \quad (51)$$

$$r2_{ij} + r3_{ij} = \frac{Y_j}{F_j} \quad (52)$$

上式は, 全取扱貨物量に対する船積・船卸貨物量の比 (右辺) が, 各航路 (相手港湾別) にも相似的に成り立つ (左辺) との仮定に基づくものである.

iv) さらに, 停泊-航走-停泊リンクと船積-航走-船卸リンクの関係にも同様の相似関係を仮定する.

$$\frac{r2_{ij}}{r1_{ij} + r2_{ij}} = \frac{Y_i + Y_j}{F_i + F_j} \quad (53)$$

v) (48), (51), (52), (53)式の連立方程式より, $r1_{ij}, r2_{ij}, r3_{ij}, r4_{ij}$ を求める.

vi) ただし, v)で求めた $r1_{ij}, r2_{ij}, r3_{ij}, r4_{ij}$ のいずれかが $0 \leq rn_{ij} < 1$ を満たさない場合には, 以下の方法で解を得る.

① $Y_i/F_i < Y_j/F_j$ の場合, $r4_{ij} = 0$ とし, (53)式の仮定を除く. すなわち,

$$\begin{aligned} r1_{ij} &= 1 - Y_j/F_j (> 0) \\ r2_{ij} &= Y_i/F_i (> 0) \\ r3_{ij} &= Y_i/F_i - Y_j/F_j (> 0) \\ r4_{ij} &= 0 \end{aligned}$$

② $Y_i/F_i > Y_j/F_j$ の場合は, $r3_{ij} = 0$ とし, (53)式の仮定を除く. すなわち,

$$\begin{aligned} r1_{ij} &= 1 - Y_i/F_i (> 0) \\ r2_{ij} &= Y_j/F_j (> 0) \\ r3_{ij} &= 0 \\ r4_{ij} &= Y_i/F_i - Y_j/F_j (> 0) \end{aligned}$$

なお、(51)、(52)、(53)式の仮定は非常に強いものであるが、他に推定の方法がないため便宜的に置いているものであることに注意されたい。

(3) 船社別港湾間 OD 貨物量

(1)で作成した全船社合計港湾間 OD 貨物量を初期値とし、同じく(1)で作成した輸出入港湾取扱貨物量（トランシップ貨物量は除く）を船社グループ別の入出港フローで比例配分した、船社グループ別港湾別輸出・輸入貨物取扱量をコントロールトータルとして、フレーター法により、船社グループ別港湾間 OD 貨物量を算出する。

5.4 未知パラメータの推計とモデルパフォーマンスの検証

5.4.1 未知パラメータの推計方法と結果

(1) 推計方法

本モデルに含まれるパラメータ（表 5.2 参照）のうち、荷主の選択行動モデル（(1)式および(8)式）に含まれる分散パラメータ θ 、荷主の下位モデルの選択結果を反映するログサム変数（(3)式）が負とならないための調整パラメータ ζ 、および船社の費用最小化行動モデルに含まれる金銭時間換算係数（船社にとっての時間価値） vt_{carr} の3つは、外生的に与える必要がある変数の中でも、どのような値を設定すればよいかの根拠材料に乏しいことから、未知パラメータとして、モデルの計算結果が現状をもっともよく再現するように決定することとする。

このうち、分散パラメータ θ は、確率配分型モデルにおける誤差項の分布形を規定するもので、(1)式や(9)式を見ても明らかなように、値が大きいほど、各選択肢（ルート）の費用差がより反映されるようになり、最少費用ルートに流れるフローが大きくなるなど、確定的配分に近づく。一方、値が小さくなると、ルート間の費用差が重要でなくなり、どのルートも同程度に選ばれやすくなる。

また、ログサム変数の調整パラメータ ζ は、(3)式で表わされる各航路 a のログサム変数 A_a が、「当該航路における各船社グループのサービスレベルを考慮した全体的な使いやすさ（に反比例するコスト）」を表しており、調整パラメータを考慮しない場合、各グループのサービスレベルが全体的に向上すると負になることもあり得ることから、便宜的に導入するものである。ただし、輸出入事務にかかわる手続き費用や諸経費など、荷主が国際海上輸送を利用する際にならざる発生する費用と解釈することもできるだろう。

さらに、船社にとっての時間価値 vt_{carr} についてみれば、 $vt_{carr} = 0$ の場合は、各船社にとっては、どんなに時間がかかっても、輸送費用を安くすることへのインセンティブが働くことを意味し、直観的に考えてやや非現実的な状況となる。一方で、荷主と比べれば、時間のウェイトはより小さくなる（すなわち、5.3.5 で設定した荷主の時間価値 $vt_{shpr} = 1,348$ 円/TEU/時よりは小さい）ことが予想される。

ここで、未知パラメータ推計において比較対象とする現状値としては、4 種類の船社グループ別船舶サイズ別のアジア地域を発地または着地とする航走リンクフローの和を用いる。この現状値と推計値の誤差二乗和の平方の、現状のフローに対する比を目的関数値とし、これが最小となるパラメータの組み合わせを求める。ここで、上記の3つの未知パラメータのうち、ログサム変数の調整パラメータ ζ については、最も A_a が小さい航路において、 A_a が実際のコスト（運賃+時間費用）とおおむね等しくなることも考慮し、試行錯誤的に $\zeta = 200,000$ （円）と設定した。残り

の2つの未知パラメータについては、両者が目的関数値に対して比較的トレードオフの関係にあることも考慮し、以下に示す最急降下法（最適勾配法）によって求めることとする。

- i) パラメータの探索範囲を設定する。探索範囲は適切に設定することが必要である。範囲が広すぎると解が非現実的な値となったり、計算が不可能になることもあり、また、計算時間もかかる。一方で、範囲が狭すぎると適切な解が見つけられない可能性がある。
- ii) 格子探索（グリッドサーチ）によって、探索範囲内で目的関数が最小となるパラメータの組み合わせを求める。これを初期解とする。
- iii) 初期解を起点とした1次元（直線的）探索方向を決定する。最急降下法では、通常、初期解における目的関数の微分値を計算することにより降下方向（最急勾配方向）を求めるが、本モデルにおいては微分計算が不可能であるため、各パラメータについて、それぞれ初期解から微小変化させた場合の目的関数の変化量を求め、これらを合成することにより探索方向を決定する。
- iv) 初期解を片方の端点とし、探索方向と i) で設定した探索範囲の交点をもう一方の端点とした直線上において、目的関数値が最小となる点を求める。ここでは、計算速度を速めるため、黄金分割法を用いて探索した。
- v) iv) で得た点を新たな初期解として、目的関数値が収束判定基準（表 5.10 参照）以下となるか、予め決めておいた繰り返し計算回数の上限に達するまで、iii) に戻り計算を繰り返す。この際、繰り返し回数が進むにつれて、1次元探索の距離を徐々に短くすることで収束を早める。

(2) 推計結果

上記手順 ii) の格子探索を、 $2.0 \times 10^{-6} \leq \theta \leq 1.0 \times 10^{-5}$ (円) , $10 \leq vt_{carr} \leq 1,000$ (円/TEU/時) の範囲で行った結果を表 5.9 に示す。表に示されるように、 $\theta = 6.0 \times 10^{-6}$ (円) , $vt_{carr} = 100$ (円/TEU/時) のとき目的関数が最小となった。

次に、この点を出発点に、試行錯誤的に決定した表 5.10 に示す条件のもとで、手順 iii) ~ v) にしたがって推計計算を行った。その結果、 $\theta = 5.98 \times 10^{-6}$ (円⁻¹) , $vt_{carr} = 97.1$ (円/TEU/時)⁹ のとき目的関数が 4.190×10^{-2} となり最小となった。

表 5.9 未知パラメータに関する格子探索結果（目的関数値、 10^{-2} ）

θ (10^{-6}) \ vt_{carr}	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
10	5.228	4.978	4.696	4.495	4.449	4.539	4.762	4.870	4.903
100	4.652	4.484	4.342	4.245	4.208	4.224	4.293	4.355	4.428
1000	4.559	4.527	4.438	4.342	4.305	4.347	4.309	4.346	4.405

表 5.10 未知パラメータ推計計算における計算条件

1次元探索における探索計算(黄金分割法)回数の上限	15
1次元探索の打ち切り基準(前回の航走リンクフローとの誤差二乗和の平方の、前回リンクフローの和に対する比)	1.0×10^{-4}
最急降下計算の繰り返し回数の上限	3
目的関数値の収束判定基準	1.0×10^{-4}

⁹ 荷主の時間価値の約 7.2%に相当する。

5.4.2 モデル計算における収束状況の確認

これまで述べてきたように、本モデルは、何重もの収束計算が入れ子構造になっており、これを繰り返して最終的な均衡解（ナッシュ均衡解）を求めるものである。いずれの収束計算においても、理論的に必ず収束するという保証はなく、実際に解が収束し、ナッシュ均衡状態となっているか、事後的に確認する必要がある。

以下では、1) 船社の収入最大化モデルにおける各船社の航路別運賃、2) 船社の総費用最小化モデルにおける各船社の入港リンクフロー、3) 船社サブモデル全体の収束計算（収入最大化モデルと総費用最小化モデルの交互計算）における船社別航路別貨物輸送需要、4) モデル全体収束計算（荷主サブモデルと船社サブモデルの交互計算）における航走リンクフローについて、計算の収束状況を確認する。なお、以下の検証にあたっては、前節で推計した最終的な均衡（と思われる）解周辺における収束状況を確認することとする。

(1) 船社の収入最大化モデルにおける収束状況

船社の収入最大化モデルにおいては、各船社グループは、他グループの運賃を参照しながら自グループの運賃を決定する。

図 5.12 に、一例として、収束解における、横浜－香港航路（貨物輸送需要：77,598 TEU/年）の各船社グループの運賃と年間収入の関係を示す。ここでは、直感的に理解しやすいよう、モデル計算で得られた運賃を基準にその変化率と収入の関係を示している。図より、いずれの船社グループにおいても、現在の運賃において収入が最大となっており、ナッシュ均衡状態にあることがわかる。他の航路についても、同様の状況である。

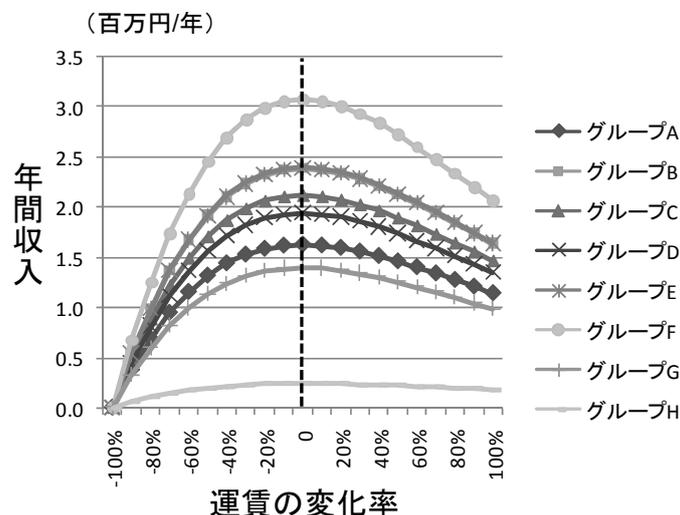


図 5.12 横浜－香港航路（貨物輸送需要：77,598 TEU/年）における各船社グループの運賃と年間収入

(2) 船社の総費用最小化モデルにおける収束状況

船社の総費用最小化モデルにおいては、航走リンクフローの和 XC_{iwig} を含む、船積・航走・船卸、停泊・航走・船卸、船積・航走・停泊の3つの航走リンクや、総港湾取扱量 XH_i を含む船卸・船積リンクなど、フローの減少関数となるコストをもつリンクに加え、入港リンクフロー $XAP_{iwig} + XAU_{iwig}$ や出港リンクフロー $XDP_{iwig} + XDL_{iwig}$ を含む入港停泊・入港船卸リンクおよび出港停泊・出港船積リン

クや、船卸貨物量 $XUG_{i_{wg}}$ や船積貨物量 $XLG_{i_{wg}}$ を含む船卸リンクや船積リンクなど、フローの増加関数となるコストを持つリンクも含まれる。さらに、入港停泊・入港船卸リンクおよび出港停泊・出港船積リンクにおいては、他船社 g' の入港リンクフロー $XAP_{i_{wg}}+XAU_{i_{wg}'}$ や出港リンクフロー $XDP_{i_{wg}}+XDL_{i_{wg}'}$ も含まれる。

このため、5.4.1 で得られたパラメータのもとでのモデル計算における、各船社の総費用最小化モデルの収束状況を図 5.13 に示す。図より、船社の総費用最小化モデルにおいては、おおむね 5～10 回程度の繰り返し計算で収束することがわかる。

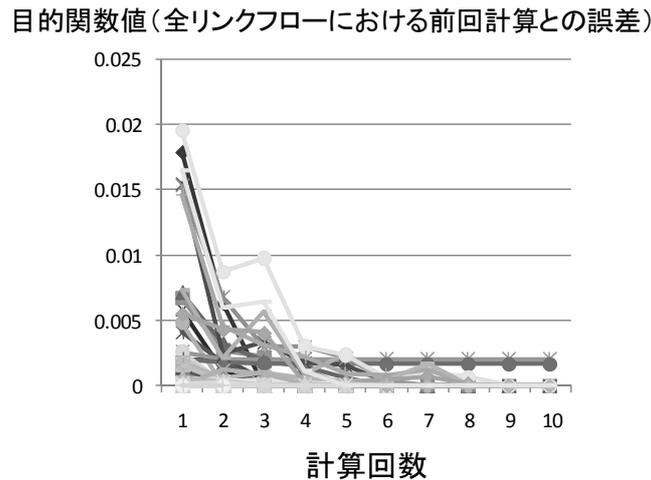


図 5.13 船社の総輸送費用最小化モデルにおける収束状況

(3) 船社サブモデル全体の計算における収束状況

図 5.14 に、目的関数値（航路別船社別需要 q_{ag} の前回計算結果との誤差二乗和の平方の、需要の総和に対する比）の収束状況を示す。図より、2～3回の繰り返し計算で目的関数値が 10^{-3} 以下とはなるものの、計算回数を増やしてもそれ以上はあまり収束しない傾向がよみとれる。図 5.15 に、繰り返し計算の初回および最終回における、航路別船社別貨物輸送需要の一期前との比較を示す。図より、計算の最終段階においては、貨物輸送需要は一期前の計算結果からほとんど変化せず、図 5.14 に示される状況（目的関数値が $10^{-4} \sim 10^{-3}$ 程度）でも十分収束しているといえることがわかる。

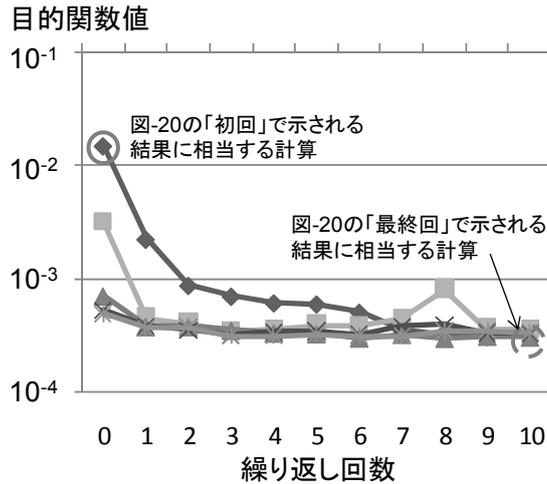


図 5.14 船社サブモデル全体計算における収束状況

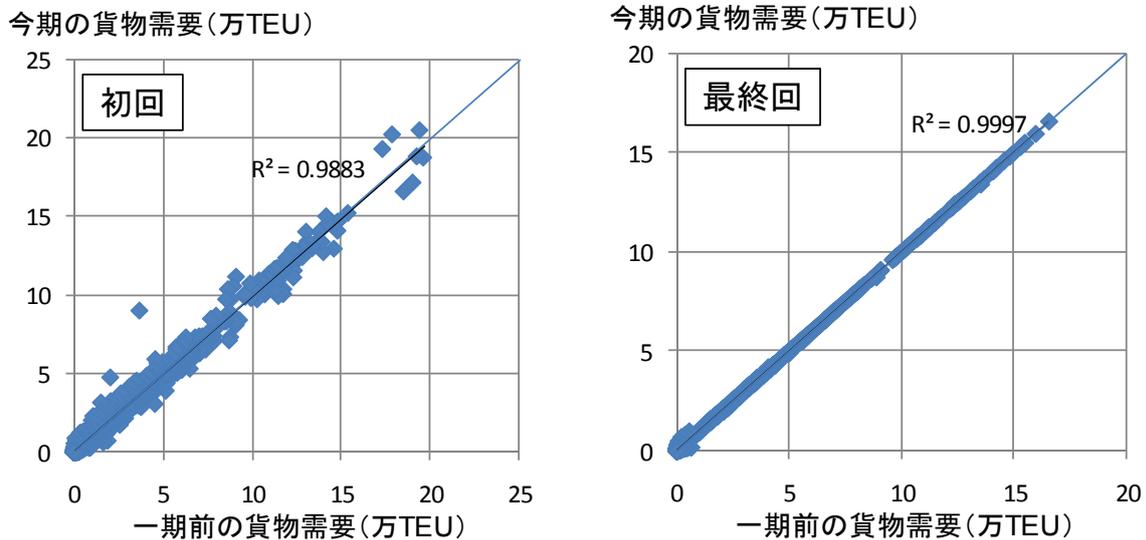


図 5.15 船社サブモデル繰り返し計算における一期前の航路別船社別貨物輸送需要との比較

(4) モデル全体の計算における収束状況

図 5.16 に、目的関数値（船社別航走リンクフロー XC_{ijwg} の前回計算結果との誤差二乗和の平方の、リンクフローの総和に対する比）の収束状況を示す。なお、図 5.16 には、参考として、未知パラメータ推計計算の初期値（ $\theta = 6.0 \times 10^{-6}$, $vt_{carr} = 100$ ）における収束状況も示す。図より、4～5回の繰り返し計算で目的関数値が 10^{-3} 以下となり、その後は船社サブモデルの全体計算と同様に頭打ちとなる傾向がわかる。図 5.17 に、繰り返し計算の初回および最終回（5回目）における、船社別航走リンクフローの一期前との比較を示す。図より、船社サブモデルの全体計算と同様、計算の最終段階においては、航走リンクフローは一期前の計算結果からほとんど変化していないことがわかる。

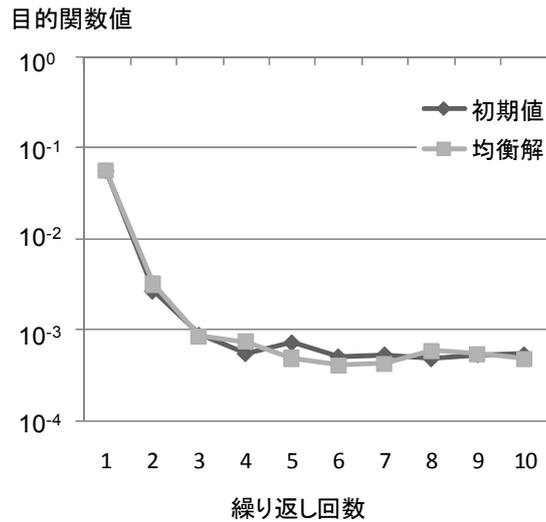


図 5.16 モデル全体計算における収束状況

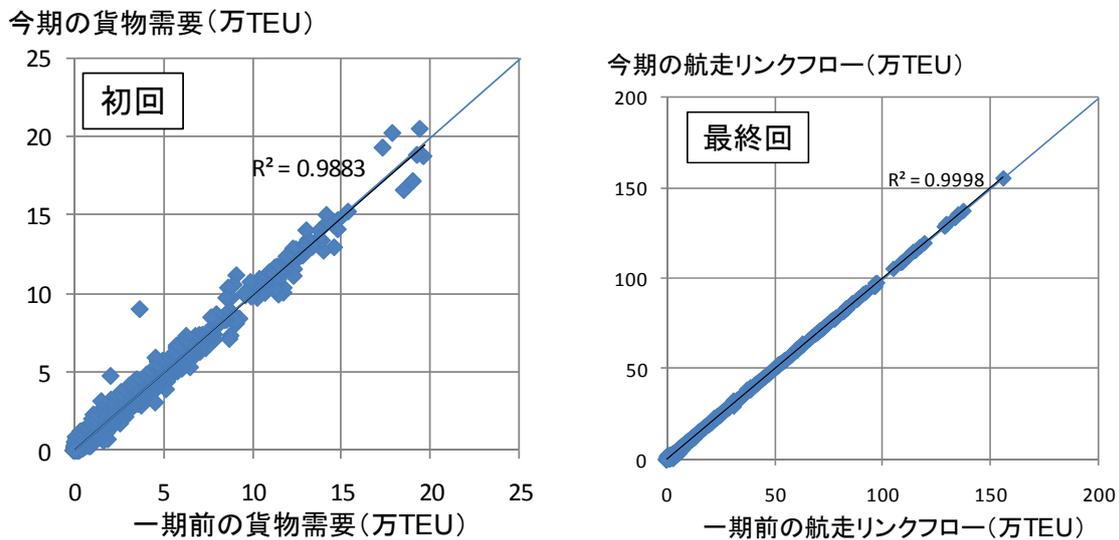


図 5.17 モデル全体の繰り返し計算における一期前の船社別航走リンクフローとの比較

5.4.3 モデル現状再現性の確認

本章で構築したモデルに対して、前節まで作成・推計したパラメータを代入した計算の結果について、現状値と比較することで、モデルの再現性を確認する。

(1) 港湾取扱量

図 5.18 に、日本の各港における輸出入貨物取扱量の合計値における現状値とモデル推計値の比較を示す。図に示されるとおり、東京・横浜・神戸港をはじめとして、おおむね現状を再現する結果となっていることが確認できる。ただし、名古屋や仙台塩釜・新潟・那覇港等、いくつか港湾で現状に対して過小な推計値となっており、大阪や北九州港で現状に対して過大な推計値となっている。

また、図 5.19 に、アジア各港におけるトランシップ貨物取扱量の現状値とモデル推計値の比較を示す。これまで、この種のモデルでは、このトランシップ貨物の再現性（特にシンガポールやタンジュンペラパスなどトランシップ貨物率の高い港湾において）が低いことが多かったこと

に比べると、本モデルの推計結果は、なお多少の誤差は存在するものの、主要港湾のトランシップ貨物量において、高い再現性（重相関係数も高く、また近似直線もほぼ45度線に一致する）を得ることができた。また、図の左下部分を見ると、現状では統計上トランシップがゼロとなっている港湾においても、計算結果においては、いくらかのトランシップ貨物量が推計されている。特に深センや上海をはじめとする中国の港湾でこの傾向がみられ、この原因としては、実際には国内フィーダー輸送への積替等、トランシップ貨物取り扱いの実績が多少あっても統計上把握されていないという可能性も考えられる。あるいは、これら中国の港湾の今後のトランシップ貨物取り扱いのポテンシャルを表していると解釈することもできるだろう。

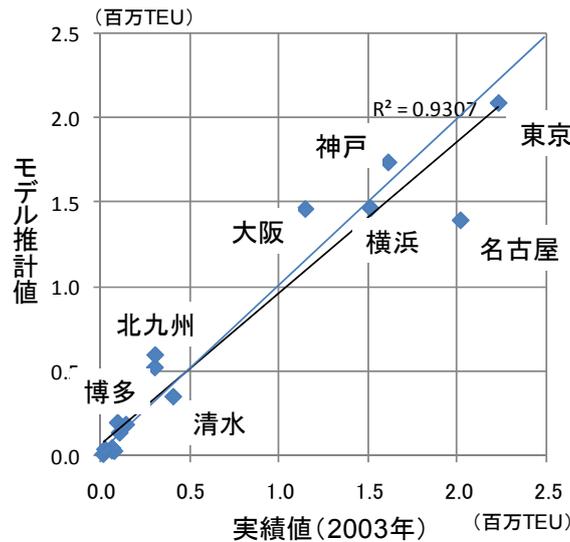


図 5.18 日本の港湾における輸出入貨物取扱量の現状値（2003年）とモデル推計値の比較

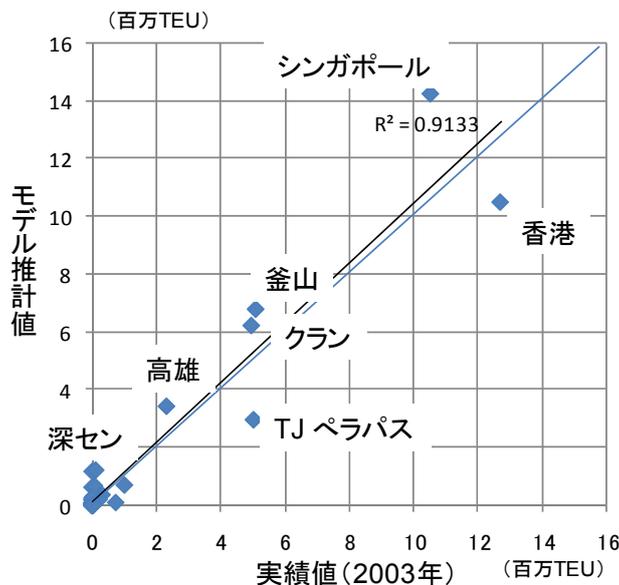


図 5.19 アジア各港におけるトランシップ貨物取扱量の現状値（2003年）とモデル推計値の比較

(2) 日本発着貨物の利用港湾シェア

本モデルにおいて、日本については47都道府県を貨物の発着ゾーンとし、各ゾーンごとに輸出入港湾が選択される。各都道府県発着貨物における、東京湾諸港（東京・横浜）および大阪湾諸

港（大阪・神戸）を利用する貨物のシェアの、現状値とモデル推計値の比較を、**図 5.20** および **図 5.21** に示す。本モデルにおける各港湾の利用確率は、分散パラメータ θ を含む(1)式で一元的に表わされ、また θ の値が比較的小さいことから、現状に比べやや利用港湾が分散傾向にあるものの、東京湾諸港の利用シェアは関東をはじめとして東北・甲信越地方等で大きく、また大阪湾諸港の利用シェアは近畿をはじめとして、北陸・中国・四国地方で大きいなど、現状とモデル推計結果でおおむね同様の傾向であった。

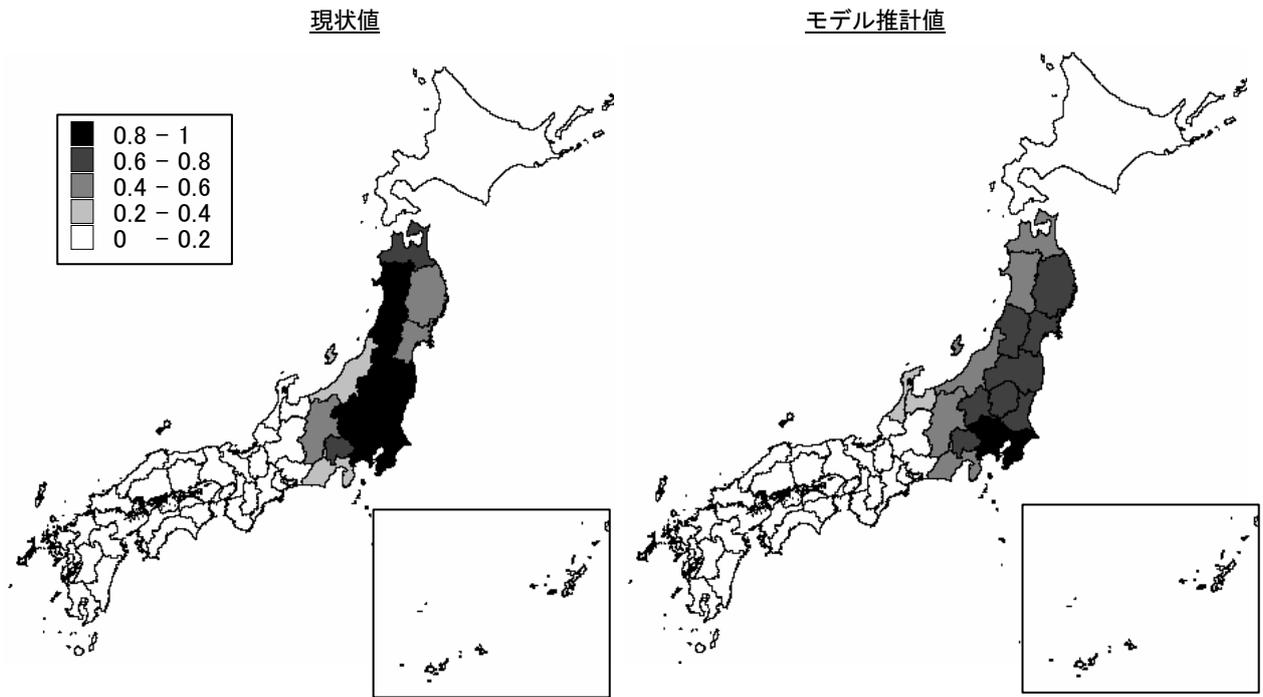


図 5.20 都道府県別東京湾諸港（東京・横浜）利用貨物シェア（輸出入合計）

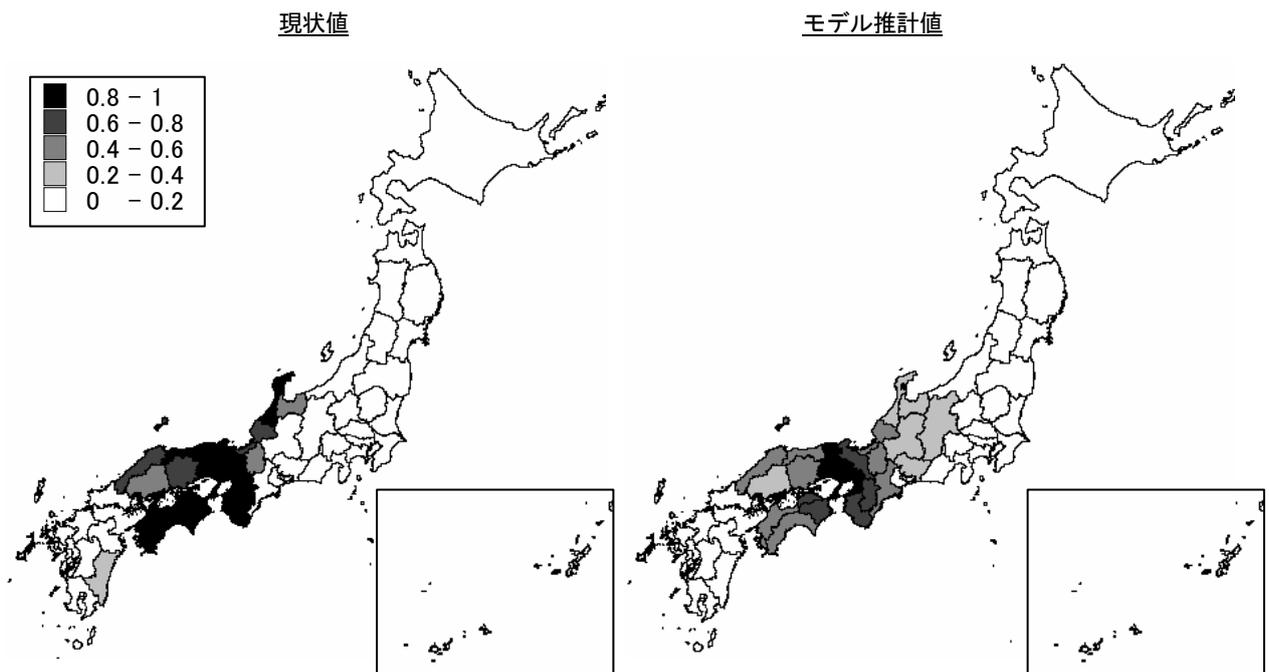


図 5.21 都道府県別大阪湾諸港（大阪・神戸）利用貨物シェア（輸出入合計）

5.5 モデルを用いた政策シミュレーション例

本節では、モデルの感度分析的な政策シミュレーションとして、ここまでに設定・推計されたパラメータに基づき、日本や海外の主要港湾（ここでは3大湾の6港：東京、横浜、名古屋、四日市、大阪、神戸を対象とする）を対象とした港湾搬出入時間（リードタイム）の短縮等に関するシミュレーションを行う。

5.5.1 日本の主要港湾における搬出入時間等の短縮

(1) シナリオの設定

日本の主要港湾（東京、横浜、名古屋、四日市、大阪、神戸）を対象に、以下のシナリオについてシミュレーションを行った。

シナリオ0：現況再現値

シナリオ1：同一船社内積替時間 TT_i および船社間積替時間 $CTime_i$ を釜山・高雄港並み（表 5.7 参照）に短縮

シナリオ2：シナリオ1に加え、港湾からの搬出時（輸入時）リードタイム LTU_i も釜山・高雄港並みに短縮

シナリオ3：シナリオ2に加え、港湾への搬入時（輸出時）リードタイム LTL_i を香港・シンガポール港並みに短縮

(2) シミュレーション結果

上記各シナリオにおける、シミュレーション結果の比較を、我が国の港湾における輸出入貨物量について図 5.22 に、我が国の港湾を含むアジア各国の主要港湾におけるトランシップ貨物量について図 5.23 に示す。図 5.22 より、上記施策を実施することにより、実施対象となった港湾においては、輸出入貨物量がおおむね増加することがわかる。特に、輸出入貨物の輸送時間に直接影響するシナリオ2、3において、現状よりも、東京湾合計で1%程度、伊勢湾合計・大阪湾合計でそれぞれ3～5%程度貨物量が増加する。一方で、施策実施対象でない日本の港湾においては、ほとんどの港湾で輸出入貨物量が減少する。

また、図 5.23 より、日本の施策実施港湾においては、トランシップ貨物量が、各シナリオごとに段階的に2～4倍程度増加する。一方、周辺諸国のハブ港湾についてみると、釜山はほぼ横ばい、香港・高雄・シンガポール等で2～5%程度の段階的な減少となった。

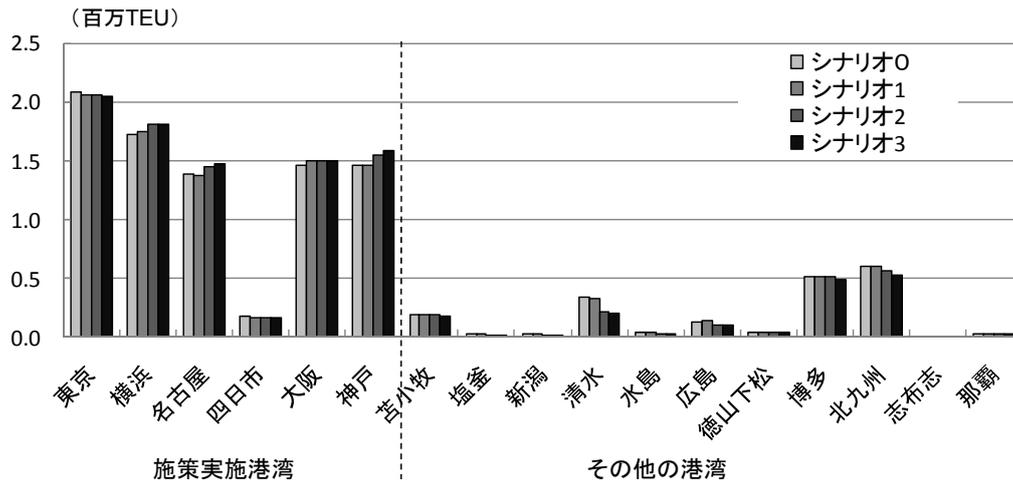


図 5.22 日本の主要港湾における搬出入時間等短縮シミュレーションの結果
(日本各港の輸出入貨物量)

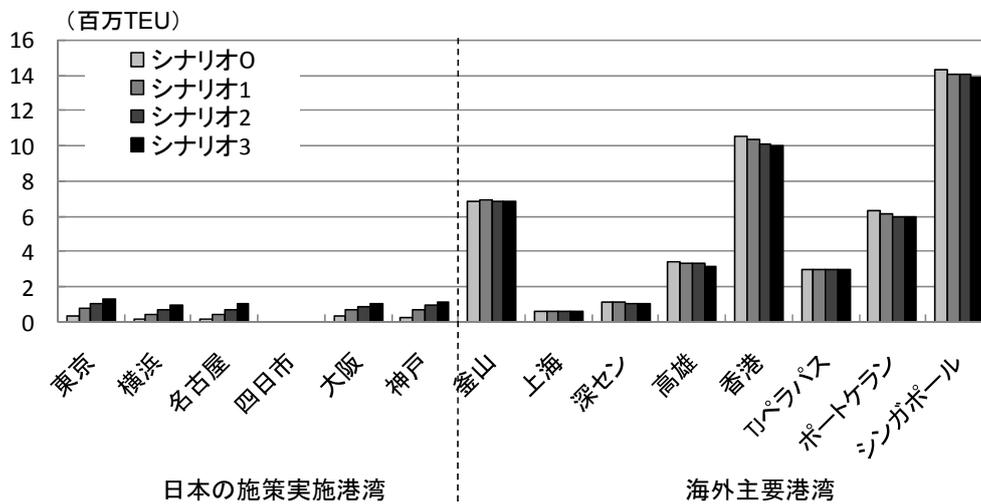


図 5.23 日本の主要港湾における搬出入時間等短縮シミュレーションの結果
(アジア各港のトランシップ貨物量)

5.5.2 日本および海外の主要港湾における搬出入時間等の短縮

(1) シナリオの設定

5.5.1 で示した日本の主要港湾に加え、アジアの主要港湾（釜山，上海，深セン，高雄）を対象に，以下のシナリオについてシミュレーションを行った。

シナリオ3'：日本およびアジアの主要港湾について，同一船社内積替時間 TT_i ，船社間積替時間 $CTime_i$ ，港湾からの搬出時（輸入時）リードタイム LTU_i を釜山・高雄港並みに短縮，搬入時（輸出時）リードタイム LTL_i を香港・シンガポール港並みに短縮

(2) シミュレーション結果

シナリオ0，3および上記シナリオ3'における，アジア主要港湾のトランシップ貨物量を，図 5.24 に示す。日本の各港湾については，シナリオ3にくらべ，シナリオ3'において5～10%程度トランシップ貨物量が減少する。一方で，シナリオ3'で新たに施策実施対象となったアジアの港湾においては，特に中国の2港（上海・深セン）でトランシップ貨物量が急激に増加

している。また、施策実施対象でないアジアの主要港湾についてみると、香港やシンガポールにおいてトランシップ貨物量がさらに減少していることがわかる。

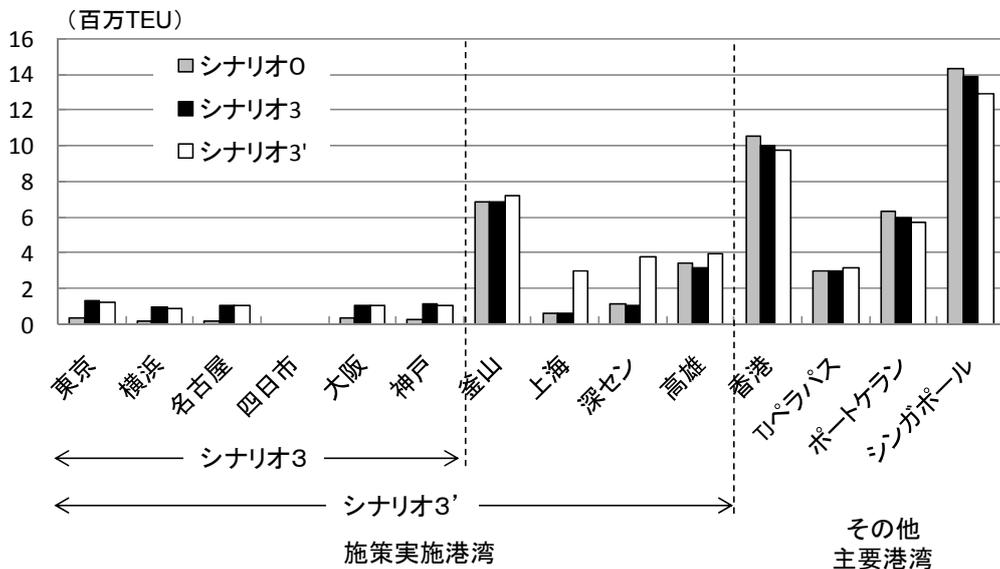


図 5.24 日本および海外の主要港湾における搬出入時間等短縮シミュレーションの結果 (アジア各港のトランシップ貨物量)

5.5.3 荷主の時間価値変化のシミュレーション

(1) シナリオの設定

本章の最後に、荷主の時間価値 vt_{shpr} の変化が、モデル推計結果に与える影響についてのシミュレーション結果を示す。ここまでのモデル計算においては、荷主の時間価値 vt_{shpr} は、港湾投資の評価に関する解説書 2004⁷⁾を参考に、全貨物共通で 1,348 (円/TEU・時) に設定されていた。最近では、コンテナ化の進展に伴い、コンテナ内の貨物単価が低下しているといわれている。そこで、荷主の時間価値が、上記設定値よりも 10%低下した場合 ($vt_{shpr} -10\%$)、および比較対象として 10%上昇した場合 ($vt_{shpr} 10\%$) のシミュレーションを行った。

(2) シミュレーション結果

我が国の港湾における輸出入貨物量について図 5.25 に、アジア各国のトランシップ貨物量について図 5.26 に示す。図 5.25 より、荷主の時間価値低下に伴い、東京・大阪・神戸港等の輸出入貨物量が減少し、横浜・名古屋・新潟・北九州港等の貨物量が増加する。また、時間価値が増大した場合は、おおむね逆の傾向となっている。さらに、図 5.26 をみれば、荷主の時間価値が低下するに従って、多くの港湾でトランシップ貨物量が増加することがわかる。すなわち、荷主の時間価値が低下すると、輸送時間が多少かかってもより金銭費用の安い航路やルートに貨物がシフトし、トランシップ貨物の増加などが観察されるものと考えられる。

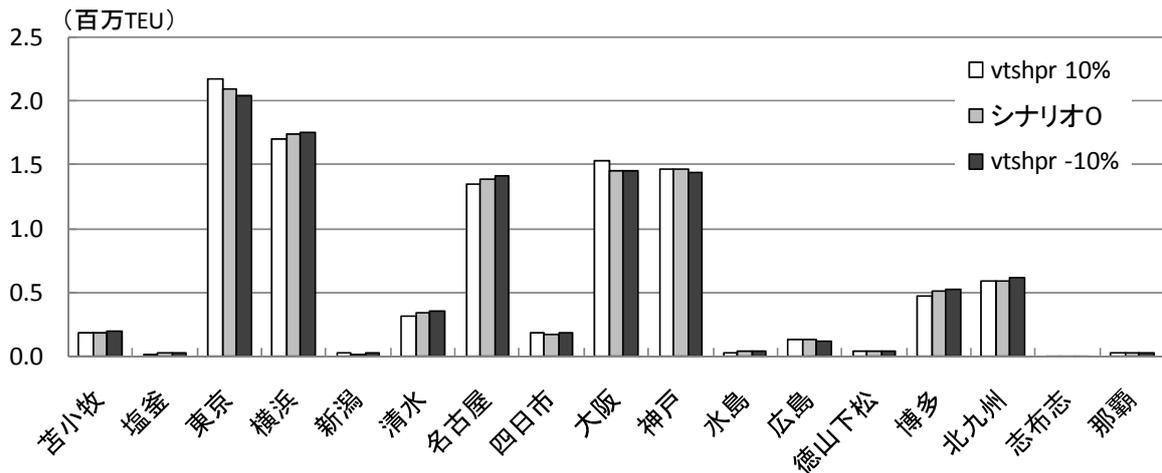


図 5.25 荷主の時間価値変化シミュレーションの結果（日本各港の輸出入貨物量）

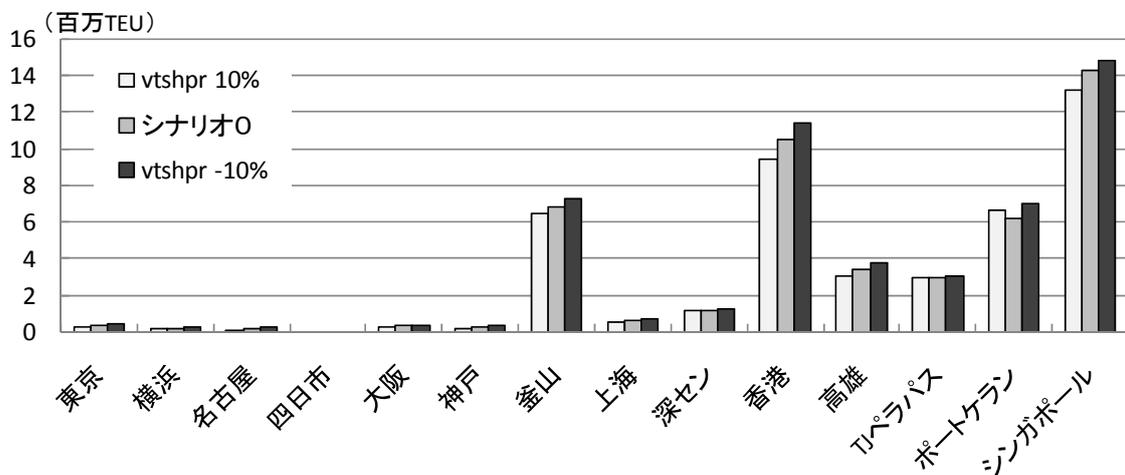


図 5.26 荷主の時間価値変化シミュレーションの結果（アジア各港のトランシップ貨物量）

5.5.4 シミュレーション結果まとめ

5.5.1 で示した港湾の搬出入時間や積替時間の短縮シミュレーションにおいて、搬出入時間を短縮すると輸出入貨物量が増加し、また段階的な時間短縮により、施策実施港湾においてはトランシップ貨物量が段階的に増加し、その他の主要港湾においては段階的に減少するなどの結果が得られた。これは、モデルの振る舞いを確認するための感度分析としてみれば、おおむね妥当な結果といえる。また、5.5.2 で示したように、海外の主要港湾においても同様の施策を実施した場合は、日本の施策実施港湾においては効果がやや減少することや、特に中国の港湾において効果が大きいこと等が確認できた。

また、5.5.3 に示した荷主の時間価値変化のシミュレーションのように、政策変数以外のモデル内の主要パラメータの変化によっても、貨物の集中・分散の傾向が変化することが明らかとなった。今後は、発着地域別や品目別に時間価値を設定するなどして、よりきめ細かいシミュレーションを行うことが課題である。

5.6 まとめ

5.6.1 本章の成果

本章では、港湾投資や料金割引などハード・ソフト両面の様々な政策の実施により、東アジア

圏を中心とした国際海上コンテナ貨物の流動がどのように変化するかシミュレーションが可能なモデルの構築を行った。また、モデル計算に必要なさまざまな入力データおよび未知パラメータを作成・推計し、これをモデルに入力することで、本モデルの計算結果が、少なくとも港湾取扱量やトランシップ貨物量においては、現状をおおむね再現できることを確認した。さらに、港湾のリードタイムや利用料金などの政策変数を変化させることによって、各港の取扱貨物量の変化を分析した。得られた結果は、おおむね妥当と評価できるものであった。

このモデルの最大の特徴は、多くの政策変数（表 5.2 に示されたすべての変数を変化させてシミュレーションすることが可能である）を含み、また、比較的ネットワークが大規模になっても計算可能な点にある。したがって、5.5.2 で示したような、アジア各国で同時に政策を実施したり、あるいは陸上輸送ネットワーク改善等も含めたさまざまな政策オプションの効果について比較するような場合に最も強みを発揮するものと思われる。近年では、わが国においても、アジア地域との結びつきが強まり、他国の政策がわが国の経済活動や物流に与える影響について考慮する必要がある、今後ますます高まるものと考えられる。また、政策実施の効果を議論する際にも、今まで以上に、たとえば港湾分野にとどまらないようなより広い範囲を対象に、効率的な施策の実施を議論しなければならない状況となることが予想され、本モデルのような、広範な政策オプションを同じ条件でシミュレーションできるようなモデルの必要性はますます高まるものと考えられる。

5.6.2 今後の課題

今後の課題を以下に述べる。

(1) モデルの再現精度向上

本モデルは、アジア地域の主要港湾における港湾取扱量やトランシップ貨物量といったレベルでは、おおむね現状を再現することが可能となったが、中小の港湾やフローのレベルではさらなる再現精度の向上が必要である。特に、一回の運航で多数の寄港地を巡るようなループの再現性に乏しく、大きな課題となっている。改良の方向としては、本文中でも述べたように、入港船舶数と出港船舶数が一致するという制約条件を追加したモデルの構築等を検討する必要がある。また、今回のモデル再現性の検証は海上フローを中心に行ったものの、同様に、陸上フロー（各地域ごとの輸出入港湾選択の結果）についても再現性の検討が必要である。

(2) モデル対象範囲の拡張

対象範囲拡張の具体的方向としては、①港湾の追加等による全世界海上輸送ネットワークモデルへの拡張、②輸送機関の追加（特に日本以外のアジア地域の内陸ネットワークの追加）、の2つがある。いずれについても、すでに拡張追加作業に着手しており、たとえば、中国やその特定地域（広東省珠江デルタ地方）、あるいは東南アジアなどを対象に、これらの地域の道路・鉄道・内航水運のネットワークも含めた総合的な国際物流モデルの構築・政策シミュレーションを実施している。このようなモデルにより、たとえば内陸国境地域における越境輸送抵抗の削減政策（CBTA: Cross Border Transport Agreement）の効果のシミュレーションなどが可能となる。これらのモデルについても、今後、機会を改めて発表していきたい。

参考文献

- 1) 稲村・中村・具：海上フィーダー輸送を考慮した外貿コンテナ貨物の需要予測モデル，土木学会論文集，No.562/IV-35，1997，pp.133-140.
- 2) 家田・柴崎・内藤：日本の国内輸送も組み込んだアジア圏国際コンテナ貨物流動モデル，土木計画学研究・論文集，16，1999，pp.731-741.
- 3) Ieda, H., Shibasaki, R., Naito, S., Mishima, D.: Model Development for East Asian Container Shipping Considering Multifarious Use of Vessels and Ports, *World Conference on Transportation Research Proceedings*, Vol.8, No.3, 2000, pp.213-226.
- 4) 黒田・竹林・武藤・大久保・辻：外航定期コンテナ流動予測モデルの構築とアジア基幹航路への適用，土木学会論文集，No.653/IV-48，2000，pp.117-131.
- 5) Dial, R.: A probabilistic multipath traffic assignment algorithm which obviates path enumeration. *Transport Research*, vol. 5, 1971, pp. 83-111.
- 6) 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第37号，2008，54p.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) IHS Global Insight Inc.: Global Trade navigator.
- 10) Global Trade Information Services, Inc. : Global Trade Atlas Navigator.
- 11) Goodwill China Business Information Limited: China Trade Information Import & Export Database, 2003.
- 12) Commonwealth Business Media, Inc.: Port Import Export Reporting Service Data, 2003.
- 13) 日本航海士編：世界港間距離図表（二訂版），海文堂，1993.
- 14) Seafuture, Inc.: Netpas Distance, 2007.
- 15) 柴崎・渡部・角野：国際海上コンテナ貨物の国内自動車輸送における通行上の制約と経済損失に関する分析，国土技術政策総合研究所研究報告，No.18，2004，57p.
- 16) (財)日本道路交通情報センター：道路情報便覧 72004年 CD-ROM版.
- 17) 黒川・鶴田・嶋：海上コンテナ輸送ネットワークの設計に関する研究—東・東南アジアの中心として—，日本航海学会論文集，Vol.101，1999，pp.259-269.
- 18) 森・石川・川上：外貿コンテナ輸送コストモデルの開発，土木計画学研究・講演集，Vol.17，pp.1075-1078，1995.
- 19) Informa UK Ltd: Containerisation International Yearbook 2005（および各年版），informa trade & energy.
- 20) MDS Transmodal Ltd.: MDS Containership Databank November 2003.

第6章 国際海上コンテナ貨物車の道路上の交通流推計

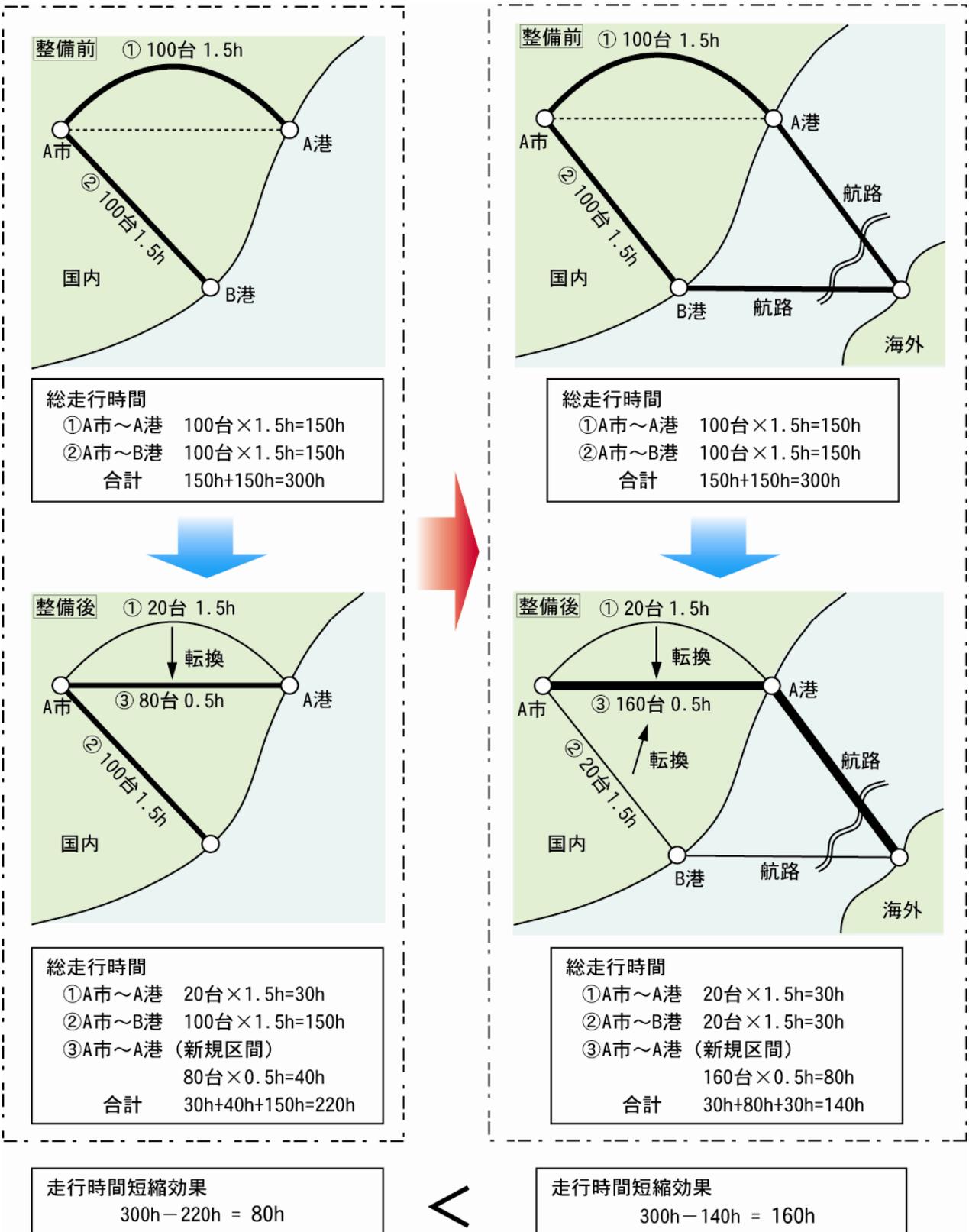
6.1 研究の背景・目的

我が国では国際物流の進展に伴い、国際海上コンテナ車が増加傾向にある。さらに、1993年に設計自動車荷重が20トンから25トンに引き上げられたことを契機に貨物車の大型化が進んでいることから、国際海上コンテナ貨物車等の大型貨物車交通に対応した道路施策が積極的に展開されている。施策を検討する際には、施策を実施することによる交通流の変化を高い精度で推計することにより、施策の効果を適切に評価することが重要である。

従来、道路整備による交通流変化の推計は、**図 6.1(1)**に示すとおり、貨物の国内OD交通量は道路整備後でも変化しないという条件のもとで行われることがほとんどである。これは、国内に起終点を持つ貨物であれば、大きな土地利用や産業立地の変化が起こらない程度の短期間を想定した推計においては問題ない。

ところが、輸出貨物の場合、国内の港湾はあくまで中継地点であり、最終的な目的地は海外の港湾等であるため、国内の輸送条件が変化すると利用する国内港湾もそれに応じて変化するはずである。例えば、**図 6.1(2)**に示すように、B港を利用していた貨物車が、道路整備によりアクセス性の高まったA港を利用するようになり、結果A市-A港間のOD交通量が道路整備後に増加することが考えられる。道路整備効果を評価する際に用いる指標の一つである走行時間短縮効果等は対象とするOD交通量に比例することから、従来のODを固定した推計手法は道路施策効果を過小に評価していることになる。なぜなら、従来の手法は道路施策実施前の少ないOD交通量を対象として推計しているためである。

そこで、施策による国際海上コンテナ貨物車の道路上の交通流変化をより適切に推計するために「各種施策による利用港湾の変化を考慮した国内ODを用いた交通流推計手法（新たな手法）」を提案し、この手法を用いることによって推計結果にどのような影響があるかについて明らかにすることを目的として本研究を実施した。



(1) 従来の手法 (国内 OD 固定)

(2) 新たな手法 (国内 OD 変化)

図 6.1 道路整備による交通流変化の推計方法についての比較

6.2 既存研究のレビュー

新たな手法を用いて交通流推計を行うモデルを構築する必要があるため、国際海上コンテナ貨物流動の推計モデルに関する既存研究についてレビューを行った。

国内の各種施策によって国際海上コンテナ貨物量がどのように変化するかについて推計するモデルは、柴崎ら¹⁾ (2009) によって構築されている。これは、施策によって輸送に関する条件を変化させ、国内陸上輸送 (47 都道府県-17 国内港湾) 及び海上輸送 (17 国内港湾-33 国外港湾) における輸送時間及び輸送コスト並びに港湾施設における積替え時間及びコスト等から一般化費用を算出し、これに基づき各々の国内港湾における国際海上コンテナ貨物取扱量を推計するモデルである。

また、同モデルにおけるリンクデータは道路情報便覧²⁾ をもとに作成されている^{3) 4)}。道路情報便覧は、特殊車両の通行許可申請用に作成されていることから大型貨物車の走行が想定される道路を網羅している。さらに、上記リンクデータは、走行空間高さ不足や耐荷力不足等のコンテナ貨物車の走行に影響を与える道路構造に関する情報をリンク属性として有していることから、様々な条件のもとでの推計を行うことが可能である。これらのことから、上記リンクデータは、コンテナ貨物車の交通流推計に用いる道路ネットワークデータとして適している。

ところが同モデルは、道路交通に関する施策ではなく、主要港湾における搬出入時間の短縮や港湾利用料金の低減等、港湾施設や海上輸送条件に関する施策による貨物量の変化を推計するように設計されているため、本研究に適用するには次が課題となる。

- ✓モデルにおける国内道路ネットワークのリンクデータは、現況道路のみを対象としており、将来の計画道路についてのリンクデータを有していない。このため、将来の道路整備による貨物流動の変化を推計することができない。
- ✓モデルが推計の対象としている国内港湾は主要な 17 港湾のみである。全国様々な地域における道路整備による交通流変化を推計するためには、主要な港湾以外も推計の対象とする必要がある。

6.3 データの構築

上記の既存研究のレビュー結果を受け、柴崎らによって作成されたモデルをもとに、新たな手法を用いて交通流推計を行うために必要となるデータを構築した。

6.3.1 将来計画道路リンクを含む道路ネットワークデータ

将来計画道路についてのリンクデータ (将来リンクデータ) を作成し、6.2 に記したモデルにおけるリンクデータに追加することにより、道路ネットワークデータを構築した。

(将来リンクデータ)

将来リンクデータは、平成 42 年までに計画されている高規格幹線道路、一般国道及び主要地方道を対象とした。

6.3.2 道路整備による利用港湾の変化を考慮した OD データ

(ゾーニング・対象港湾)

国内の OD のゾーニングは第 4 回全国幹線旅客純流動調査 (2005 年) で設定されている 207 ゾーンの地域生活圏ゾーンをベースとした。このうち、重要港湾が同一ゾーンに 2 つ以上含まれる場合はゾーンを分割し、計 251 ゾーンとした。国内対象港湾は、スーパー中枢港湾、特定重要港湾及び重要港湾の計 65 港湾とした (図 6.2)。国外の対象港湾は、図 6.3、6.4 のとおり 33 港湾を対象とした。

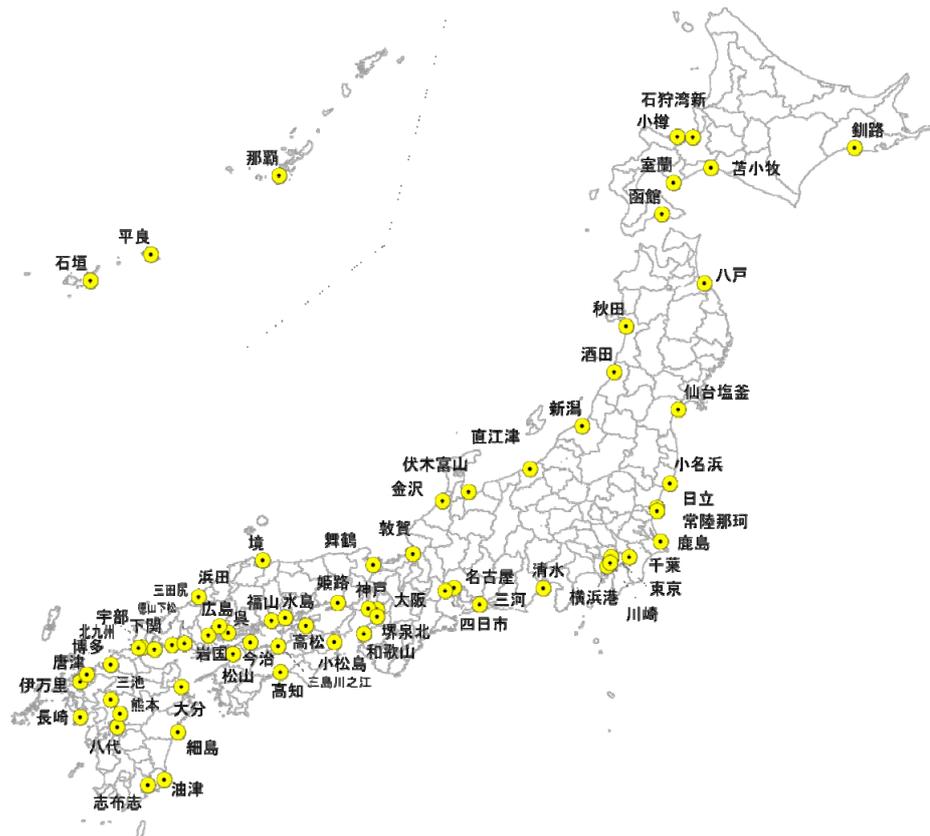


図 6.2 国内の対象港湾

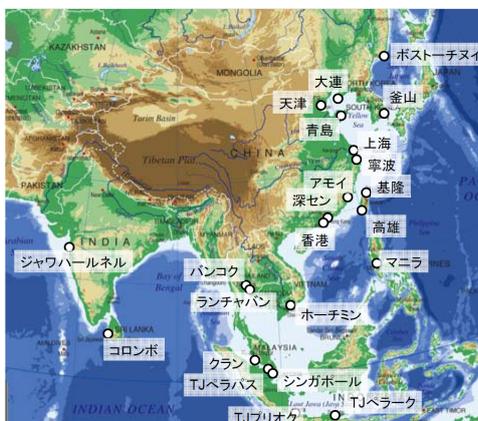


図 6.3 国外の対象港湾
(東・南アジア諸国)



図 6.4 国外の対象港湾
(アジア諸国以外)

(道路施策シナリオ毎のODデータ)

道路施策シナリオを次のとおり設定した。

シナリオ0：平成17年時点（北関東自動車道及び首都圏3環状道路 一部区間完成）

シナリオ1：北関東自動車道及び首都圏3環状道路完成

図6.5に示す道路ネットワークにおいてグレーの太線でハイライトされた区間がシナリオ1による新規整備区間である。



図 6.5 道路ネットワーク図（シナリオ1による新規整備区間）

国際海上コンテナ貨物流動モデル（MICCS）¹⁾を用いて、それぞれのシナリオについてODデータを作成した。作成の手順は、下記ステップ0～3及び図6.6のとおりである。なお、実際の計算では荷主の船社選択行動についての要因等を考慮しているが、ここでは、説明を簡単にするため省略した。詳細は、第5章を参照にされたい。

<ステップ0-0> 国内-国外ODの貨物輸送量の設定

全国輸出入コンテナ貨物流動調査⁵⁾をもとに、国内251ゾーン-国外33港湾間の貨物輸送量を設定。

<ステップ0-1> 港湾のコンテナの積替え等についての一般化費用

国内 65 港湾及び国外 33 港湾それぞれについて、港におけるコンテナの積替え等についての一般化費用を算出。

<ステップ0-2> 海上輸送の一般化費用算出

国内 65 港湾-国外 33 港湾間の組み合わせ 2,145 通りについて、海上輸送の一般化費用を算出。

<ステップ1>

道路施策シナリオに応じた道路ネットワークデータを作成。例えば、道路施策シナリオ1については、北関東自動車道についての将来リンクデータを現況リンクデータに追加することにより道路ネットワークデータを作成。

<ステップ2>国内陸上輸送の一般化費用算出

国内陸上輸送経路における国内 251 ゾーン-国内 65 港湾ポイント間の組み合わせ(16,315(=251×65)通り)それぞれについて一般化費用(所要時間×時間価値+有料道路料金)の最小値を算出。なお、時間価値は大型貨物車の走行経路モデル分析⁶⁾をもとに設定し、75 円/分とした。

<ステップ3>

ステップ0-1、ステップ0-2及びステップ2における一般化費用を合計すると、国内のあるゾーンから国外のある港湾間の一般化費用が、国内 65 港湾を経由する経路の数、即ち 65 通り得られる。モデル全体で一般化費用を最小にする収束計算¹⁾を行い、国内 251 ゾーン-国内 65 港湾間の OD 交通量を算出する。

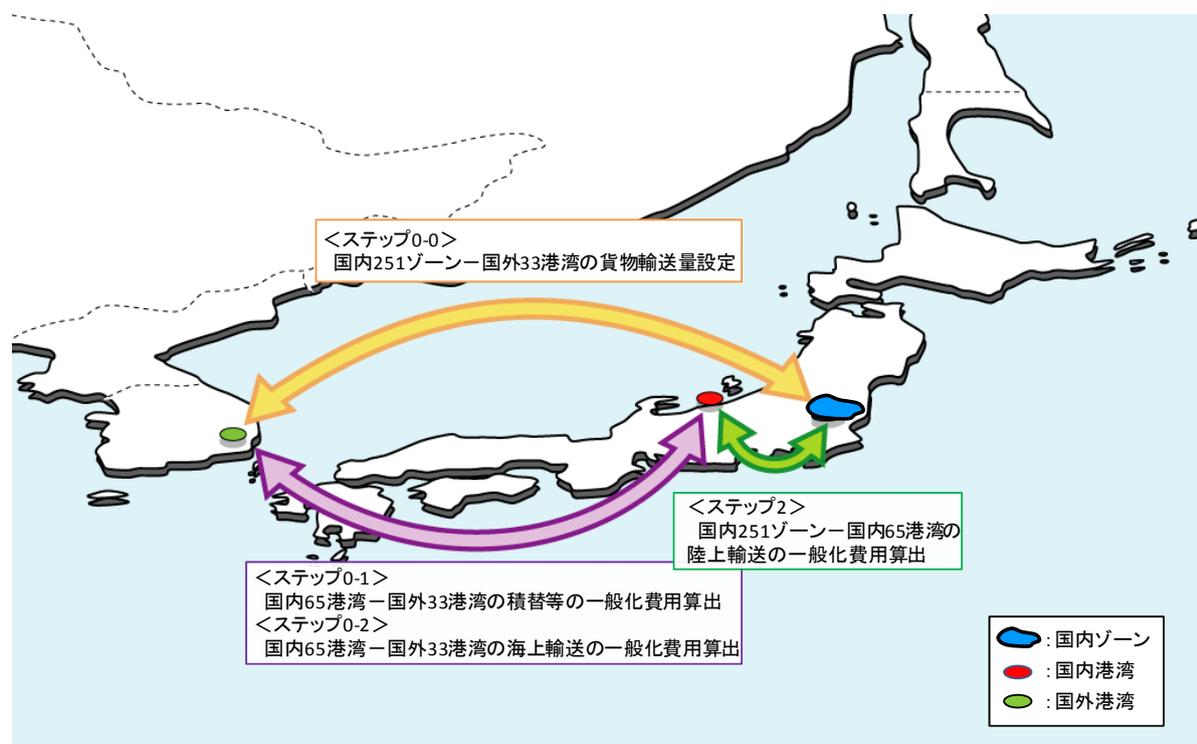


図 6.6 国内 251 ゾーン-国内 65 港湾間 OD の作成

(台数ベースへの換算)

上記で得られた OD 交通量は TEU※によって整理されているため、交通流推計に用いることができるよう、これを車両台数に換算する必要がある。そこで、次の考え方により TEU ベースの OD を台数ベースの OD に換算した。

20ft コンテナ1つが1 TEU, 40ft コンテナ1つが2 TEU であること、また 20ft コンテナの個数と 40ft コンテナの個数はほぼ等しいこと³⁾ から、輸送量を N (TEU) とすると、以下のことがいえる。

$$20\text{ft コンテナ個数} \times 1 + 40\text{ft コンテナ個数} \times 2 = N (\text{TEU})$$

$$20\text{ft コンテナ個数} = 40\text{ft コンテナ個数}$$

これらより、 $20\text{ft コンテナ個数} = 40\text{ft コンテナ個数} = 1/3 \times N (\text{TEU})$ となり、コンテナ個数 = 台数 と考え、次のとおりとした。

$$20\text{ft コンテナトレーラ台数} = 40\text{ft コンテナトレーラ台数} = 1/3 \times N (\text{TEU})$$

※: TEU とは、コンテナ船の積載能力を示す単位であり、1TEU は、20 フィートコンテナ1個分を示す。

これらをまとめると図 6.7 のとおりとなる。

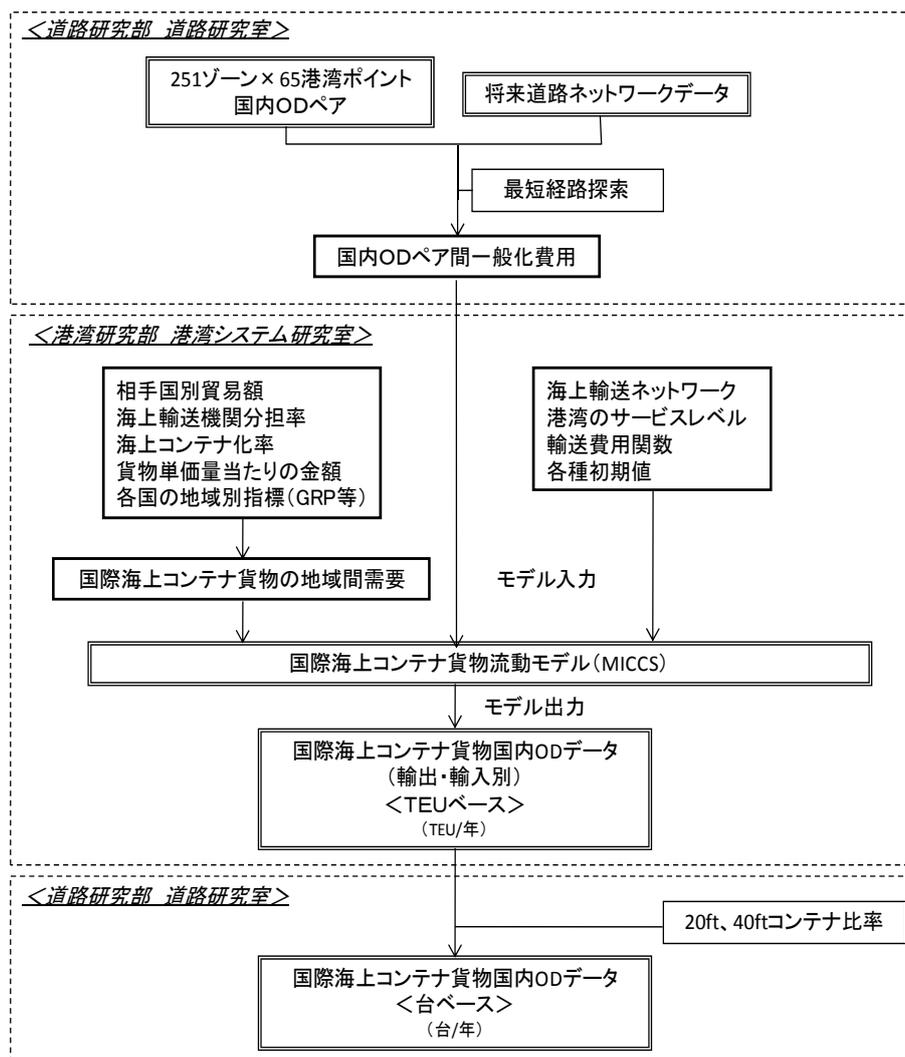


図 6.7 国際海上コンテナ貨物 OD データ作成フロー

6.4 交通流推計結果の比較

従来の手法（国内 OD 固定）及び新たな手法（国内 OD 変化）を用いて国際海上コンテナ貨物車の交通流推計を行い，結果を比較した。

① 港湾取扱量の比較

シナリオ0（平成17年）及びシナリオ1（北関東自動車道及び首都圏3環状道路完成）における港湾の取扱貨物量を比較したものを図 6.8 に示す。日立港，千葉港，川崎港，横浜港，常陸那珂港においては，シナリオ1はシナリオ0に比べてそれぞれ1.7%，1.1%，1.0%，0.3%，0.2%増加した。これは，シナリオ1の道路整備によってこれらの港湾へのアクセスが高まったためである。東京港においては2.5%減少した。これは，環状道路整備によるバイパス効果で，東京港を利用していた貨物が周辺の川崎港や横浜港利用に転換したためである。

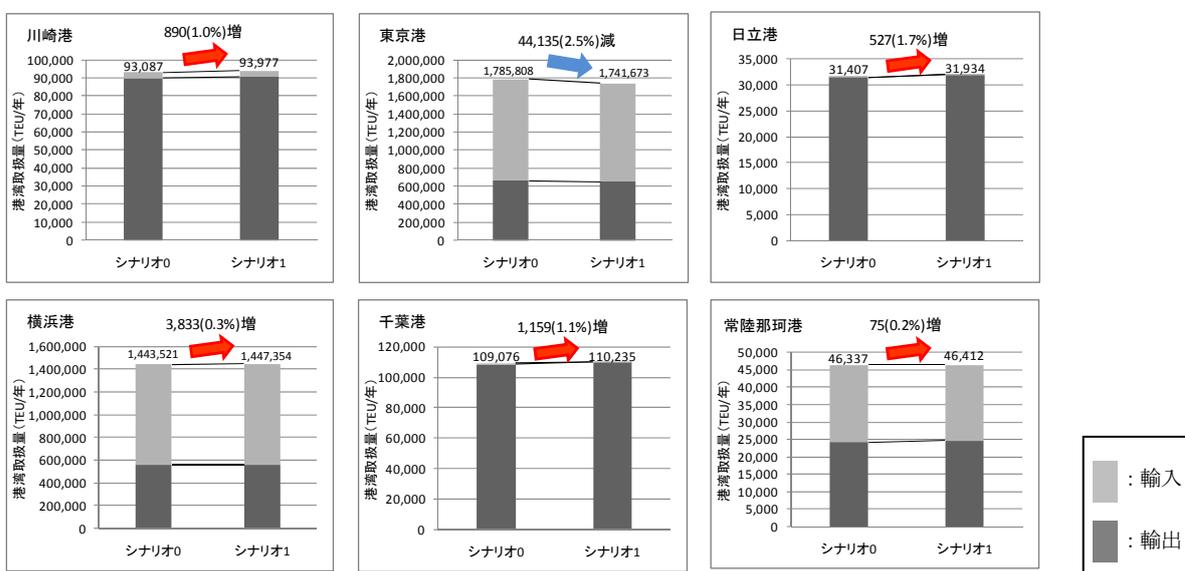


図 6.8 主要な港湾の取扱貨物量の変化（シナリオ0－シナリオ1）

② 断面交通量の比較

従来の手法（国内 OD 固定）及び新たな手法（国内 OD 変化）を用いてシナリオ1における交通流を推計した。これらの結果を図 6.9 及び図 6.10 に示す。また、両者の差をとったものを図 6.11 に示す。

同図における主要な道路の断面交通量を図 6.12 に示す。北関東自動車道における断面交通量は，従来の手法（国内 OD 固定）では4,536台，新たな手法（国内 OD 変化）では6,481台となり，約42%の差が確認された。

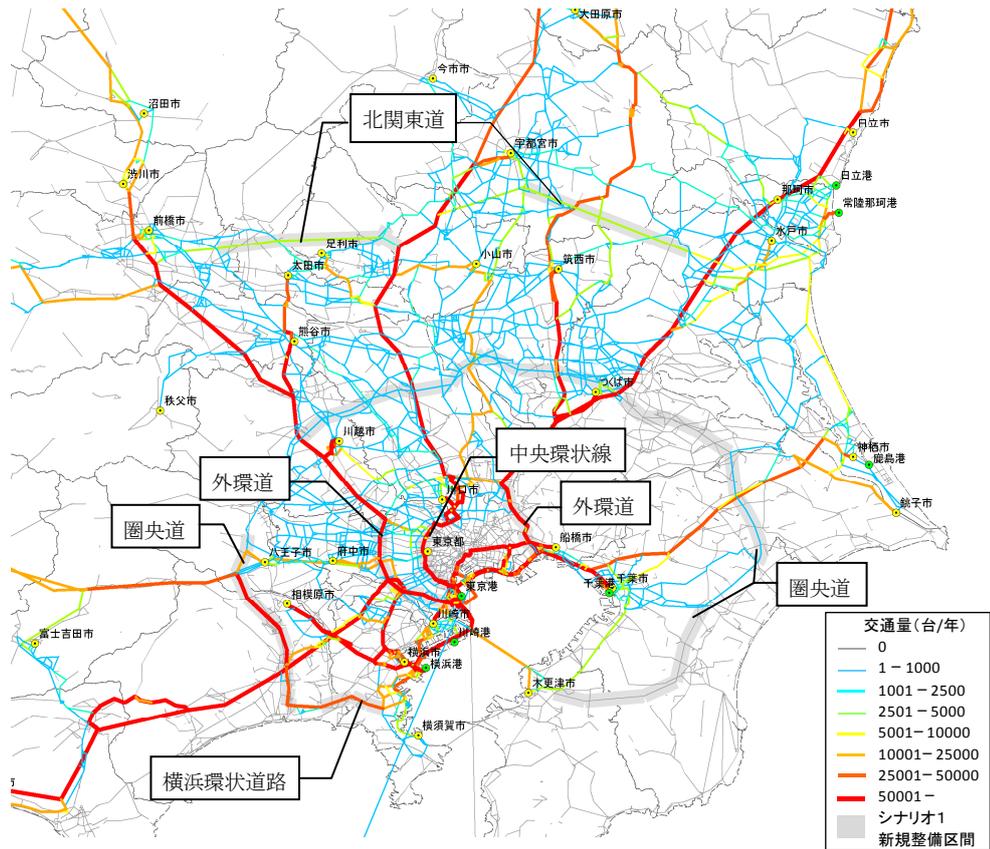


図 6.9 国際海上コンテナ貨物車交通流推計結果 (従来手法)

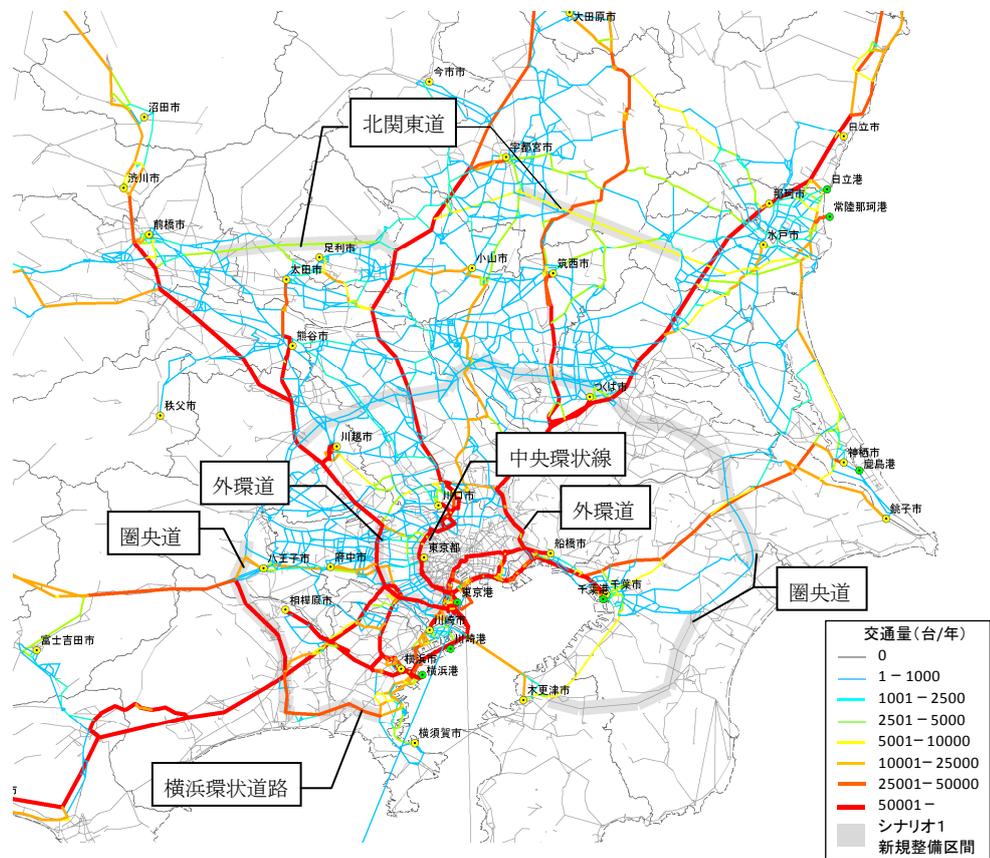


図 6.10 国際海上コンテナ貨物車交通流推計結果 (新手法)

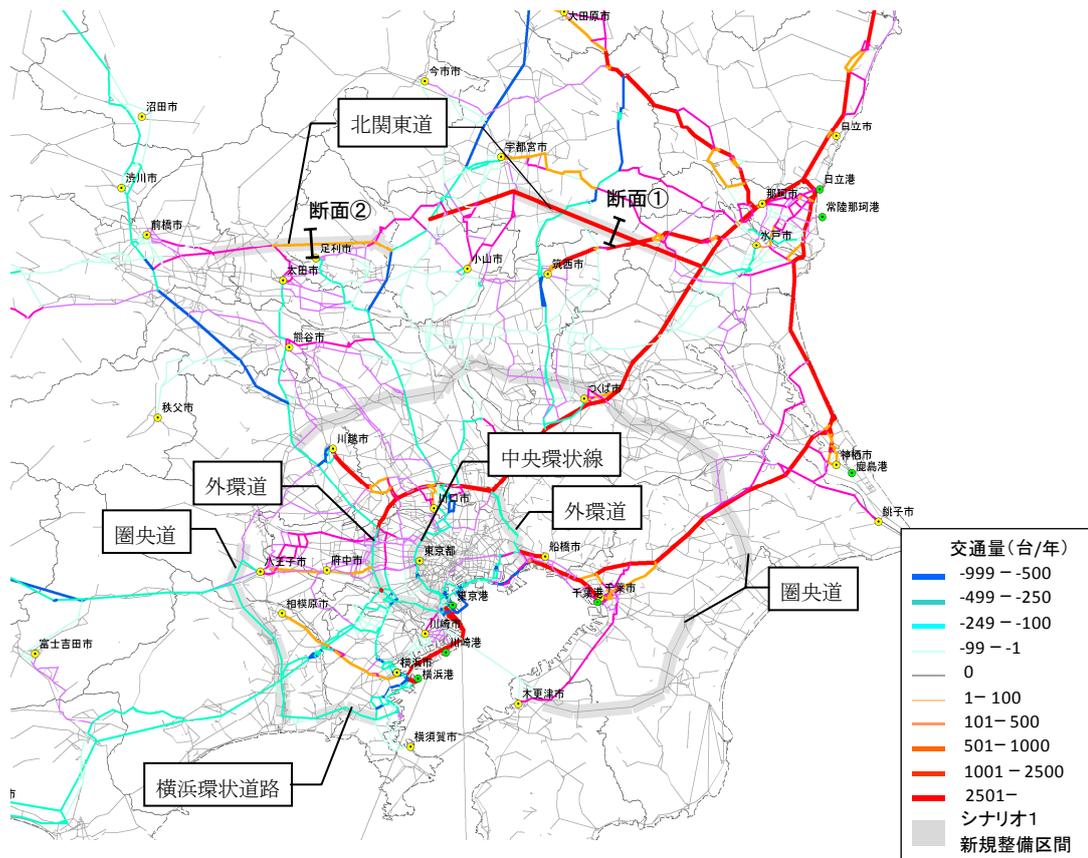


図 6.11 国際海上コンテナ貨物車交通流推計結果比較（新手法－従来手法）

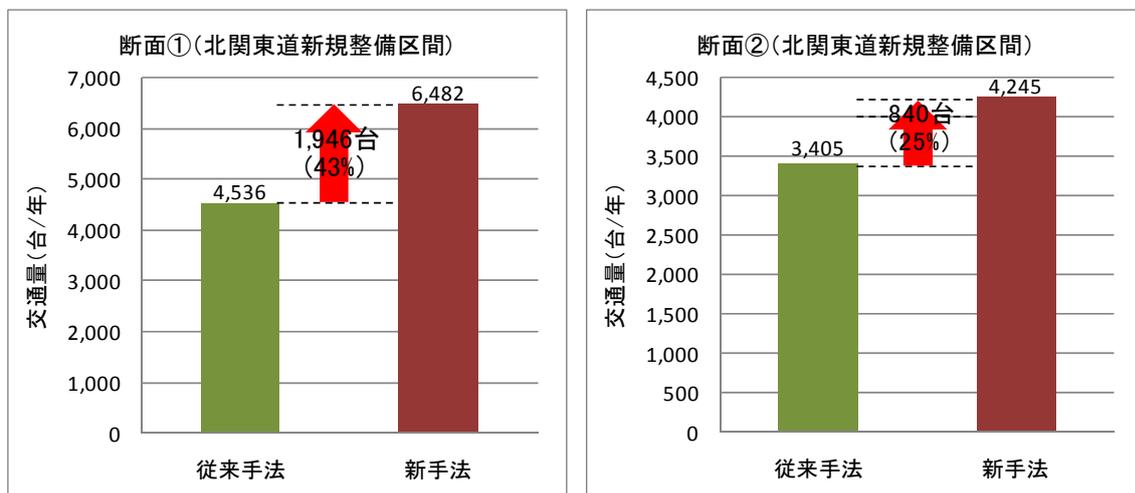


図 6.12 国際海上コンテナ貨物車の断面交通量比較

③一般化費用及び走行時間短縮量の比較

道路整備効果の指標の一つである一般化費用及び走行時間の短縮量が、従来の手法（国内 OD 固定）を用いた場合と新たな手法（国内 OD 変化）を用いた場合とでどれだけ異なるかについて算定を行った。

従来手法及び新手法により、シナリオ1における交通流を推計し、それぞれ一般化費用及び走

行時間を算出し、シナリオ0における値との差を求めた（図 6.13）。推計に用いた OD は、道路整備の対象エリアの両端に位置する神奈川県及び茨城県とした。また、従来手法及び新手法では対象となる OD 交通量が異なるため、一般化費用及び走行時間は1台あたりの平均値とした。

道路整備による一般化費用の短縮量は、従来手法では1,131円であるが、新手法では1,436円となり、新手法の方が27%大きく推計された。また、走行時間の短縮量は、新手法の方が従来手法より25%大きく推計された。

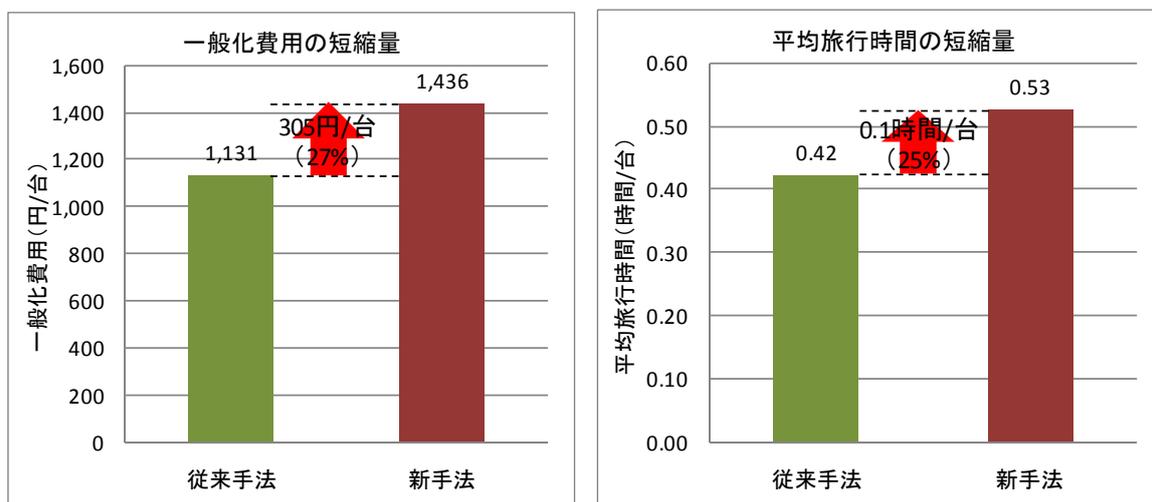


図 6.13 一般化費用及び走行時間短縮効果の比較 (従来手法—新手法)

6.5 考察

一般化費用及び走行時間の短縮量を従来の手法（国内 OD 固定）と新たな手法（国内 OD 変化）を用いて推計したところ、両者の結果にはそれぞれ27%及び25%の差がみられ、手法の違いによって推計結果に大きな差が生じることが確認された。

本来は、施策実施に伴う実際の交通量変化を計測して精度検証を行ったうえで、各手法の優劣を評価することが望ましいが、本研究ではそれを行うまでには至っていない。ただし、新たな手法は、まず施策の効果として変化する OD を算定し、さらにその OD を用いて交通流を推計する等、推計を2回行っている。このことから、新たな手法を用いることにより、従来の手法より詳細な推計結果を得ることが可能になると考える。

今後、精度検証も含めて研究を行い、新たな手法を交通流推計及び施策評価に用いることについての有効性の検討を進める必要がある。

6.6 まとめ

各種施策による利用港湾の変化を考慮した国内 OD を用いた交通流推計手法（新たな手法）を提案し、これを用いた交通流推計を行うモデルを構築した。また、同モデルにより従来の手法と新たな手法による推計結果を比較した結果、新たな手法を用いることで、施策による国際海上コンテナ貨物車の交通量変化をより適切に推計することができるようになったことが確認された。

参考文献

- 1)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，2009年
- 2) (財) 日本道路交通情報センター：道路情報便覧
- 3)柴崎・渡部・角野：国際海上コンテナ貨物の国内自動車輸送における通行上の制約と経済損失に関する分析，国土技術政策総合研究所研究報告，No.18，2004，57p.
- 4)柴崎・山鹿・角野・小島：国際海上コンテナの陸上輸送ネットワークと経路選択行動，土木計画学研究・講演集，31-76，2005.
- 5)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年
- 6)兵藤・シドニー・高橋：東京都市圏物資流動調査を用いた大型貨物車走行経路のモデル分析，土木計画学研究・講演集 Vol.34，2006

付録2 シナリオ1の国内251ゾーンー国内65港湾のOD (台/年)

表 6.5 シナリオ1の国内251ゾーンー国内65港湾のOD表 (1/4)

		苫小牧	室蘭	函館	石狩湾新港	小樽	網走	八戸	塩釜	秋田	酒田	小浜	日立	宇都宮	新潟	千歳	東京	川崎	横浜	新潟	東横田	金沢	敦賀	清水	三河	名古屋	四日市	舞鶴	境東	大阪	神戸	姫路			
北海道	旭川市	196	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	稚内市	666	56	0	114	0	66	2	2	6	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	稚内市	2,702	172	0	120	0	88	2	2	6	4	0	0	0	0	0	4	0	4	2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0		
	旭川市	36,956	2,004	0	1,036	0	1,124	100	72	144	0	0	0	0	6	0	48	2	42	44	0	6	0	0	12	0	12	4	0	0	0	0	0	0	
	旭川市	5,714	310	0	130	0	258	18	14	26	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0		
	稚内市	74	6	0	18	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	余市町	218	24	0	42	0	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	小樽市	7,628	366	0	392	0	372	46	30	50	0	0	2	0	0	18	0	20	18	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	5,182	68	0	10	0	582	6	10	32	0	0	0	0	4	0	10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚小牧市	24,838	2	0	576	0	0	32	12	14	0	0	0	0	2	0	22	0	24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	室蘭市	3,772	336	0	110	0	38	18	20	24	0	0	0	0	0	0	10	0	8	6	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	名寄市	170	8	0	56	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	1,075	50	0	312	0	108	6	2	8	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	42	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	152	18	0	40	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	128	10	0	40	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	386	24	0	108	0	80	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	1,754	50	0	616	0	956	40	6	12	0	0	0	0	0	0	4	0	6	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	稚内市	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	稚内市	2,328	334	0	370	0	70	158	90	162	0	0	0	0	0	2	6	2	14	48	4	8	2	0	20	0	20	4	0	0	0	0	0	0	8
稚内市	7,304	156	0	866	0	4,882	72	22	60	0	0	0	0	0	4	0	0	18	2	74	12	0	2	0	0	4	0	4	2	0	0	0	2	2	0
稚内市	964	4	0	152	0	1,788	16	2	6	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
稚内市	3,438	60	0	464	0	3,732	52	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
稚内市	416	2	0	88	0	0	1,224	1,480	3,760	0	138	74	32	0	82	862	120	690	584	154	118	30	0	246	6	212	88	0	0	0	0	0	0	0	
稚内市	230	76	0	12	0	8	602	376	532	0	2	2	6	0	14	200	20	176	162	10	38	4	0	48	0	48	0	2	14	0	0	0	0	0	0
稚内市	918	36	0	16	0	24	12,914	930	1,180	0	12	16	98	0	6	14,006	34	1,350	374	16	68	6	0	214	4	276	90	0	0	0	0	0	138	138	0
稚内市	2	0	0	0	0	0	42	10	12	0	0	2	0	0	2	4	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
稚内市	22	2	0	0	0	0	488	66	82	0	2	4	2	0	4	44	6	38	36	4	0	0	0	0	8	0	8	4	0	0	0	6	4	0	
稚内市	10	0	0	2	0	0	100	36	48	0	4	2	2	0	18	2	14	10	2	0	0	0	0	4	0	2	2	0	2	0	2	2	2	2	
稚内市	88	6	0	10	0	4	842	1,294	1,786	0	38	34	168	0	34	790	64	648	410	56	72	18	0	180	8	138	56	0	0	0	54	64	0	0	
稚内市	12	0	0	0	0	0	328	34	44	0	4	6	0	0	10	38	6	30	22	6	4	0	0	8	0	4	2	0	0	0	2	2	0	0	
稚内市	8	0	0	0	0	0	76	80	84	0	4	2	14	0	8	38	4	32	20	4	2	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
稚内市	2	0	0	0	0	0	30	58	23	0	4	4	2	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
稚内市	2	0	0	0	0	0	46	154	46	0	8	18	6	0	12	80	8	38	32	6	8	2	0	14	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
稚内市	54	2	0	4	0	4	410	1,198	1,076	0	16	22	184	0	22	818	34	778	328	34	50	0	192	8	102	40	0	0	0	0	56	68	0	0	
稚内市	6	0	0	0	0	0	100	472	156	0	24	30	14	0	30	204	28	174	94	16	22	4	0	48	0	32	16	0	0	14	14	0	0		
稚内市	18	2	0	0	0	0	204	3,124	402	0	84	88	60	0	78	878	84	822	436	52	80	10	0	196	4	122	48	0	0	0	46	48	0	0	
稚内市	56	4	0	2	0	2	372	7,862	808	0	126	110	266	0	200	2,546	200	2,264	1,290	84	232	12	0	554	16	344	142	0	0	158	158	0	0		
稚内市	120	2	0	2	0	4	630	40,530	2,458	0	624	444	996	0	496	8,860	580	7,858	5,096	414	614	70	2	1,828	22	1,356	500	0	0	584	614	0	0		
稚内市	182	32	0	16	0	8	710	588	1,956	0	12	12	48	0	14	434	38	374	322	32	66	12	0	114	2	104	38	0	0	48	50	0	0		
稚内市	8	2	0	0	0	0	74	218	402	0	10	6	12	0	12	138	14	130	122	18	22	4	0	34	0	38	12	0	0	18	16	0	0		
稚内市	184	62	0	18	0	0	1,444	308	4,818	0	2	4	8	0	6	578	50	498	1,000	4	172	38	0	208	28	188	88	0	0	110	102	0	0	0	
稚内市	98	2	0	8	0	0	4	304	954	8,088	0	38	54	24	0	48	1,044	24	1,298	994	64	194	14	0	474	4	474	98	0	0	199	222	0	0	
稚内市	0	0	0	0	0	0	8	10	62	0	2	2	0	0	2	8	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
稚内市	16	0	0	2	0	0	108	624	564	0	30	46	28																						

第7章 東アジアの航空ネットワークにおける国際航空貨物の流動推定モデルとシナリオ分析

FTA（自由貿易協定）に代表される国際間での経済政策や、各国の経済成長によって、国際貿易のパターンに変化がもたらされる。そして、貿易財の実際の国間移動である国際物流に関しては、輸送手段の技術的特性に依存して、流動パターンが変化する。すなわち、国際輸送手段である航空や海上輸送のネットワーク形状、空港や港湾などのインフラのスペック、輸送コストや輸送規制環境等が、国際物流に大きく影響を与える要因となる。インフラ整備や交通政策の検討にあたっては、物流予測が大きな役割を果たすが、単純予測のみではなく、上記のような貿易・物流への影響要因を考慮した物流変化の予測も求められる。

従来の国際航空貨物の流動推定においては、航空以外の輸送モード（例えば海上輸送）を考慮しない手法が用いられている。航空貨物は、単価や品目の偏りなど、他輸送モードを利用する貨物と物流特性が大きく異なるため、複数の輸送機関を同時に扱う物流モデルを適用することが困難であることは事実である。しかし、一般的な国際物流予測モデルではOD需要（貿易量）を推定した後に、機関分担率を用いて機関別OD需要量を推定する手法を用いているにも関わらず、統一的なOD需要推定の方法を用いていなかった。そこで、本研究プロジェクトでは、統一的に国際貿易を推定し、そこから輸送機関別貿易量、輸送機関別物流予測を行う枠組みを構築した。

本章では、この全体枠組みのうち、国際航空貨物の流動推定モデルの概要および分析事例を紹介する。

7.1 航空貨物輸送に関する既存研究

国土技術政策総合研究所空港研究部では、先行研究として、航空貨物フォワーダー業者へのヒアリング・アンケート調査を基にした輸送経路選択要因の抽出（石倉ら（2003））や、AHP手法を用いた経路選択要因重要度の定量分析（石倉ら（2004））など、経路選択に着目した研究を行ってきた。これらは、統計データを利用せず意識調査データのみを基にしていることや、貨物の品目特性を考慮していないという課題を持つ。

航空と同様に国際物流の手段である海上コンテナ貨物輸送の経路決定要因について、荷主の行動に着目した花岡ら（2000）、岡本（1999）の研究実績がある。花岡ら（2000）は、港湾特性、荷主特性、貨物特性のそれぞれに関わる要因を抽出し、荷主の業種別に選択行動が異なることを示した。岡本（1999）は、海上および陸上費用、寄港頻度等を用いた非集計ロジットモデルにより、荷主の港湾選択行動をモデル化した。

海上コンテナ輸送における港湾選択においては金銭的費用の影響が卓越する。しかし、輸送スピードが海上輸送と大きく異なる航空輸送においては、海上コンテナ貨物荷主の選択行動が当てはまるとは限らない。この点について、浅野ら（1989）による輸出航空貨物の空港選択に関する回帰的な要因分析により、距離、時間、運行頻度が抽出され、特に運行頻度が国際航空貨物に大きな影響を及ぼすことが示された。しかし、浅野ら（1989）の結果は、国内における空港選択という、物流経路の一部分に限定されたものであり、荷送人から荷受人までの輸送経路特性を把握するには、対象部分を広げる必要がある。

国際航空貨物の輸送は、混載輸送が中心であるため、流動特性の概略を把握するには航空貨物フォワーダーの行動に着目した分析が有効である。福田ら（2000）は、地方空港におけるフォワ

ーダーによる輸出航空貨物の経路選択特性分析を行い、貨物の搭載スペースや通関の利便性などが輸送経路決定に影響する要因となることを発見した。しかし、福田ら（2000）の結果は、地方空港における輸送経路選択行動を対象としたものであり、一般的な航空貨物輸送経路決定過程の特性を明らかにしたとは言い難い。

こうした国際航空貨物輸送の実態を踏まえ、国際航空輸送ネットワークにおける流動を推定する手法を開発した試みとして、Ishikura and Inamura(2001)が、交通ネットワーク配分手法を国際航空貨物流動に適用した手法を開発しており、本研究と最も近い性格を持つものである。本章では、Ishikura and Inamura(2001)のコンセプトに基づき、さらにネットワークの概念をより精緻に表現できるように発展させ構築した手法（モデル）と流動推定結果について述べる。

7.2 ネットワークモデル

7.2.1 モデルにおけるネットワークの概念

一般的な交通ネットワーク配分モデルを航空貨物輸送ネットワークにおけるモデルへと拡張するためには、航空輸送の特性を反映する改良が必要となる。特に、ネットワークの定義が最も重要な課題となる。本モデルにおいては、国際旅客を対象とした石倉(2006)による手法と同様に、航空輸送ネットワークを、以下のようなノードとリンクから構成されるネットワークとして表現する。

ノードについては、以下の4属性ノードを定義する。

- ①Departure ノード：空港から出発（離陸）する際の発地
- ②Arrival ノード：空港に到着（着陸）する際の着地
- ③Origin ノード：トリップが発生するノード
- ④Destination ノード：トリップが吸収されるノード

リンクについては、以下の3属性リンクを定義する。

- ①Flight リンク：航空輸送を表すリンク(旅客便であるか貨物専用便であるかという属性情報も持つ)
- ②Transit リンク：空港におけるトランジットを表すリンク
- ③Generation および Concentration リンク：セントロイド (Origin および Destination ノード) と空港との間のトリップを表すリンク

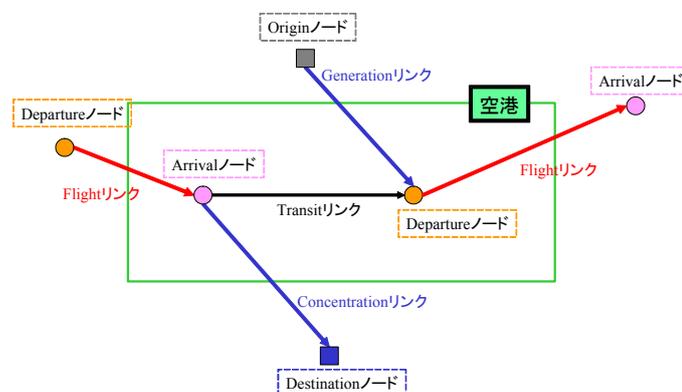


図 7.1 モデルにおけるネットワークの概念

以上のネットワーク構成の概念を図 7.1 に示す。図 7.1 は、空港における旅客フローを中心として示している。

航空貨物の流動は、ネットワーク上のリンクを流れるフローとして表される。任意の地点間の OD 貨物流動は、Origin ノードから Destination ノードへの総フローとして定義される。都市間直行フライトによる貨物流動は、Origin ノード → (Generation リンク) → Departure ノード → (Flight リンク) → Arrival ノード → (Concentration リンク) → Destination ノードというパスフローとなる。途中でトランジットを行う貨物流動は、1 回のトランジットの場合を例とすると、Origin ノード → (Generation リンク) → Departure ノード 1 → (Flight リンク 1) → Arrival ノード 1 → (Transit リンク) → Departure ノード 2 → (Flight リンク 2) → Arrival ノード 2 → (Concentration リンク) → Destination ノード、のようなパスフローとして表される。

このような簡略化は現実的なネットワークを精緻に再現するものではないが、巨視的なシナリオ・政策分析においては、簡便に効果を予測することが可能という利点を持つ。

本研究では、与件の航空ネットワークにおける貨物流動を、ロジット型の需要固定型確率的利用者均衡 (SUEFD) 問題として捉え、貨物流動の分析を行う。本研究のモデルにおいても一般的な SUEFD 問題と同様に、貨物流動は、以下の最適化問題の解として得ることができる。

$$\min_{h_{ij}^k} TC = \sum_{a \in A} \int_0^{q_a} C_a(x) dx - \frac{1}{\theta} \sum_{ij} H_{ij} Z(h_{ij}^k) \quad (1)$$

subject to

$$Z = - \sum_{ij} \sum_k \frac{h_{ij}^k}{H_{ij}} \ln \frac{h_{ij}^k}{H_{ij}} \quad (2)$$

$$H_{ij} = \sum_{k \in K} h_{ij}^k \quad (3)$$

$$q_a = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \delta_{akij} h_{ij}^k \quad (4)$$

$$h_{ij}^k \geq 0 \quad (5)$$

$$q_a \geq 0 \quad (6)$$

C_a : リンク a のリンクコスト関数

h_{kij} : OD ペア ij 間の OD 貨物量のうち経路 k を通過するフロー

δ_{akij} : クロネッカーのデルタ (リンク a が OD ペア ij の経路 k に含まれるとき 1, そうでないとき 0 をとる)

q_a : リンク a のリンクフロー

H_{ij} : OD ペア ij 間の OD 貨物量

θ : 分散パラメータ

7.2.2 リンクコスト関数の定義

国際航空輸送の所要時間をリンクコスト指標と見なしてモデル化を行う。航空貨物の経路選択要因として、時間指標だけではなく、運賃などの金銭的費用も重要な要因と考えられる。しかし、通常の国際航空運賃は OD (パス) 毎に設定されており、リンク (フライト) 毎の運賃を特定し

推定することが困難，パス毎の航空貨物輸送運賃のデータを得ることすらも困難，等の理由により，金銭費用を考慮しないこととした．この点は，データ制約によるものであるが，モデル発展のための大きな課題である．

Flight リンクにおけるリンクコスト関数を以下のように想定する

$$C_a = (1 - \alpha_3 \cdot DF) \left(LT_a + \frac{T}{2F_a} \right) f(q_a) \quad (7)$$

$(a \in \text{Flight})$

C_a : リンク a のリンクコスト (Flight リンク)
 LT_a : リンク a のラインホール時間
 F_a : リンク a の航空便数
 T : 利用可能時間 (=1年 : 定数)
 q_a : リンク a のリンクフロー
 DF : フレイター輸送を表すダミー
 α_3 : フレイターによる抵抗減を表すパラメータ

(7)式では，フレイター（貨物専用便）による輸送と旅客機ベリ－輸送によるリンクコストの違いを，ダミー変数を用いて表現している．開口部の大きさ，長尺物の搭載可能性，旅客の超過手荷物との混載リスク軽減，貨物スペース確保の容易性など，フレイター輸送がベリ－輸送に対して有する利点は様々である．このような定性的要素を，定量的に表現することは難しく，本研究では，ベリ－輸送に対して一定率のリンクコスト軽減があるものとして簡便に扱った．

また，(7)式における $f(q_a)$ は混雑によるコスト増加効果を表す項である．これは，不搭載などのリスクを，リンクコストとして表したものである．混雑項は以下のように想定する．

$$f(q_a) = \left[1 + \alpha_1 \cdot \left(\frac{q_a}{\beta \cdot \text{Capa}_a} \right)^{\alpha_2} \right] \quad (8)$$

Capa_a : リンク a の輸送容量 (ペイロード容量)
 $\alpha_1, \alpha_2, \beta$: パラメータ

式(8)において， α_1 と α_2 は混雑によるリンクコスト増加の度合いを表すパラメータである．同様に， β は，混雑効果が顕在化するロードファクターに関連するパラメータである．

Transit リンクにおいては，以下のようにリンクコスト関数を想定する．

$$C_a = TR_a \quad (a \in \text{Transit}) \quad (9)$$

C_a : リンク a のリンクコスト (Transit リンク)
 TR_a : リンク a のトランジット時間

本モデルでは，トランジットの際に要する時間コスト要因として，トランジット時間のみを対象とした．ここでは，全ての空港において120分と仮定した．したがって，このリンクコストは，

Transit リンクにおけるリンクフローに依存しない。

Generation と Concentration リンクについては、コストが生じないものと仮定している。すなわち、空港へのアクセス・イグレスは無視され、これらの属性のリンク a においては、 $C_a=0$ となる。

7.2.3 モデルのパラメータ推定および再現性

上記のモデルを SUEFD 問題として捉え、リンクコスト関数のパラメータ推定を行う。パラメータ推定のためには、国際航空輸送ネットワークにおけるリンク情報データと OD データが実績値として必要となる。

本研究は、リンク情報のデータとして国際民間航空輸送機関(以下 ICAO)発行の Traffic by Flight Stage 統計 (以下 TF) データより、路線距離、路線便数実績、ペイロード容量、貨物輸送実績を用いた。TF データは、ICAO によるエアラインへの質問調査を基に作成されるため、未報告エアラインがある場合、データ欠損が生じる。このため、本研究では、TF データの欠損部分を、OAG 時刻表を用いて、週間運航情報を年間拡大することにより補完した。

国際貨物 OD データとしては、ICAO 発行の On Flight Origin and Destination 統計 (以下 OFOD) データによる OD 需要パターンを用いた。一般に、TF データと OFOD データでは、各空港の総発着需要が整合していない。そこで、本研究では、TF データから算出される各空港発着貨物需要を条件として、OFOD データの OD パターンを再現するよう、フレーター法を用いて OD データを作成した。なお、各統計データの年次は全て 2003 年におけるものである。

モデルの対象となる空港は、ミャンマー以東のアジア地域諸国において、国際路線が就航する空港とした。パラメータ推定において、国際旅客 OD を SUEFD 配分し、各 Flight リンクのリンクフローを推定し、残差自乗和を最小にするパラメータの組合せを探索する方法を用いた。

α_1 , α_2 , α_3 , θ は、整数計画問題のメタ戦略解法である、多スタート法とシミュレーテッド・アニーリング法を併用することにより、パラメータベクトルを離散的に探索し、ヒューリスティックに推定した。 β に関しては、0.9 と設定した。表 7.1 にそれらのパラメータ値を示す。

表 7.1 Flight リンクのパラメータ

パラメータ	値
α_1	3.699
α_2	4.613
α_3	0.598
β	0.9
θ	0.859

Transit リンクを設定するにあたり、トランジット可能な国際空港を前提条件として与えた。トランジット可能な空港の条件は、2003 年において年間発着便数が 50,000 便以上である空港 (17 空港) とした。

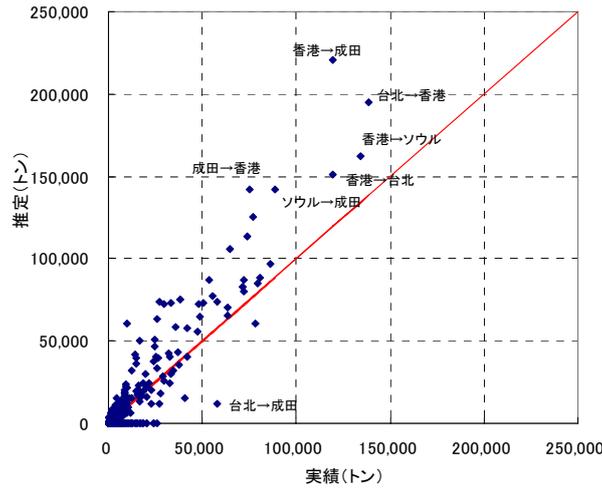
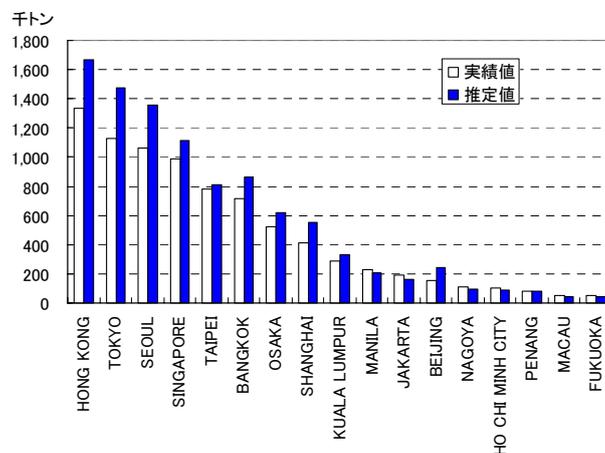


図 7.2 アジア域内国際航空路線フローの再現性

現状再現性の検証は、2003年TFデータ（航空路線）の旅客数実績と推定リンクフロー（Flightリンク）を比較することによって行った。アジア域内国際航空路線ベースで見た実績値と推定値のプロットを図7.2に示す。残差が大きいリンクは、クアラルンプール、シンガポール、バンコク、香港等を結ぶリンクに集中している。対象とするネットワークが複雑であるため、リンク毎での残差の原因を特定することは困難であるが、ネットワーク全体としての残差は最小化されていることをあらためて述べておく。



※アジア域内国際航空路線の発着貨物量集計値による比較
 ※実績値はTFデータ

図 7.3 空港単位での国際航空貨物需要の再現性

Flightリンクのフローを発着空港毎に集計し、各空港における発着国際航空貨物需要の推定値を算出した。取扱い実績における上位空港を対象に、推定値とTFデータの空港別集計値（発着空港毎にリンクフローを集計した値）に基づく国際貨物需要実績値を比較した結果を図7.3に示す。ただし、本研究は、アジア域内における国際航空貨物流動に重点を置いているため、図7.3で対象とした路線は、発着地ともアジア域内の空港である国際航空路線のみである。なお、実績値として用いるTFデータは、エアラインからICAOへの申告データに基づいて作成されており、

空港管理主体により作成されるデータと必ずしも整合しない場合がある。本研究では、TF データの航空路線需要を再現するようにモデルを構築しているため、空港単位での需要についても、路線需要の集計値を実績値として見なすこととしている。

7.3 東アジアにおける国際航空貨物流動のシナリオ分析

本節は、OD 航空貨物需要および東アジアの航空貨物輸送ネットワークについて、幾つかのシナリオを用意し、シナリオの変化が国際航空貨物の空港別需要・空港間需要にどのように影響するかを分析する。

7.3.1 シナリオの設定

本研究の分析では、国際航空貨物の OD 需要に変化をもたらす要因としての経済連携シナリオと、航空貨物輸送ネットワークの形状に変化をもたらす要因としての空港シナリオを考慮した。分析にあたっては、これらのシナリオの組み合わせによる入力データを作成し、それぞれのケースにおける航空貨物流動を推定する。各ケースの推定結果を比較することにより、各々のシナリオが、国際航空貨物流動にどのように影響を及ぼしたのかを考察する。

本研究で考慮したシナリオと、ケース毎の計算に用いたこれらの組み合わせを表 7.2 に示す。

経済連携シナリオについては、現況値に対応したシナリオ A と、構想段階にある FTA が締結された状況を想定したシナリオ B を考える。シナリオ B に対応する OD 航空貨物需要は、多国間応用一般均衡モデルの一つである GTAP モデルを用いて貿易額を推定し、さらに、品目別航空分担率や単価を用いて国・地域間の航空貿易重量を推定することにより与えた。

空港シナリオとしては、現況を表す AP0、羽田空港への国際定期路線乗り入れ後を想定した TYO、近隣国の主要空港である上海・ソウルにおいて空港のハブ機能が発展した状況を想定した HUB シナリオの三つを想定した。

表 7.2 シナリオと計算ケース

経済連携 \ 空港	現況 (AP0)	羽田空港 国際緩和 (TYO)	上海・ソウル ハブ機能強化 (HUB)
現況 (A)	A-AP0	A-TYO	A-HUB
構想含む FTA 締結 (B)	B-AP0	B-TYO	B-HUB

TYO シナリオは、羽田空港の再拡張後に予定されている、国際定期航空路線の乗り入れによる影響を想定したものである。本モデルでは、TF データに依存するという制約から、都市単位をノードとする航空ネットワークを定義しており、東京を例とすると、羽田空港と成田空港は無差別としている。したがって、TYO シナリオでは、東京を発着地とする航空路線の入力データを変化させることにより、羽田空港発着の国際航空路線の増加を表現することとした。具体的には、羽田空港への乗り入れの実現可能性が高いと考えられる、韓国および中国の東北、河北、河東各地区方面の路線を対象に、貨物輸送容量と路線便数が AP0 シナリオの 1.5 倍となるように設定した。

HUB シナリオは、今後東アジア地域におけるハブとして重要度が増していくと予想されている上海（浦東）とソウル（仁川）において、輸送能力が向上した状況を想定したものである。具体的には、これら二都市を発着地とする路線において、既存路線での便数及び輸送容量を 1.3 倍とした入力データを設定した。これは、現在と同様の機材によって、供給便数が増加する状況を表している。なお、国際航空路線だけではなく、国内航空路線もシナリオによる輸送能力向上の対象とした。

7.3.2 経済連携シナリオに対する国際航空物流変化のシミュレーション分析

本項では、経済連携シナリオを適用したケースにおける国際航空貨物流動の変化について分析する。FTA 等の経済連携政策により、各国経済の状態と国際貿易のパターンに対して影響が及ぶ。しかし、本分析では、経済連携政策によって、内生的に国際航空ネットワークが変化することを想定していない。したがって、経済連携政策は、国際航空貨物輸送への外生的ショックとして、OD 需要の変化のみをもたらす要因となる。そこで、まず OD 需要に生じる変化について分析する。

表 7.3 は、経済連携シナリオ A と B について、主な東アジアの都市を対象に、OD 航空貨物需要を発着都市別に集計し比較したものである。経済連携シナリオによる影響の概略を簡単にまとめると、下記のような特性が確認できる。

- ・大きく OD 貨物需要が増加する都市は、中国（特に上海）および日本に見られる。
- ・逆に、台北と香港では減少している。
- ・シンガポールには大きな変化がない。

中国と香港、台北に関して、このような変化が生じた背景については、中国本土発着の貿易が増加し、香港、台湾の貿易量が減ったためと考えられる。また、結果的に日中韓の間での OD 需要の増加率が大きくなっている。

表 7.3 主な都市の OD 貨物量の変化（発生地別，集中地別）

	発貨物量の計		着貨物量の計	
	A	B	A	B
上海	337,466	440,426	162,605	215,676
北京	136,364	171,490	149,834	189,781
ソウル	758,448	829,090	734,802	790,723
台北	373,566	364,644	198,982	184,597
大阪	307,837	366,692	331,675	376,853
東京	783,967	922,238	949,901	1,066,892
シンガポール	657,157	673,092	699,839	710,351
香港	927,401	780,132	333,517	321,527

	B/A		B/A
上海	131%		133%
北京	126%		127%
ソウル	109%		108%
台北	98%		93%
大阪	119%		114%
東京	118%		112%
シンガポール	102%		102%
香港	84%		96%

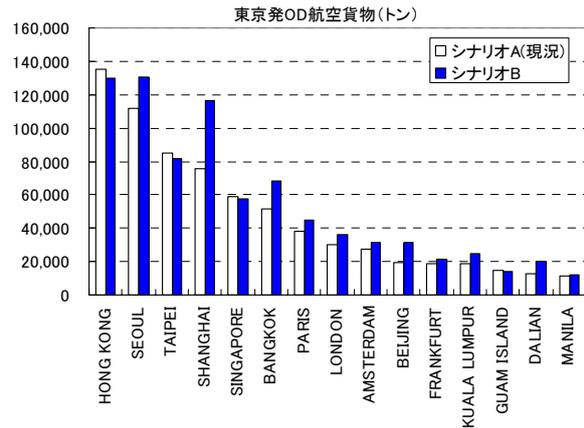
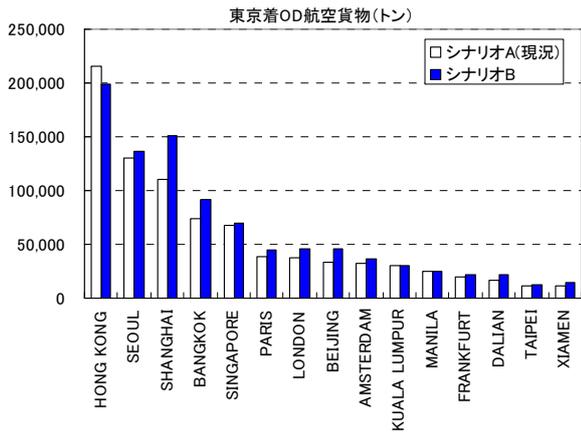


図 7.4 東京発着のOD需要変化

このような変化は、ODの組み合わせ毎に比較すると、特徴がより明確となる。図 7.4 は、東京を発地（発生地）または着地（集中地）とする OD 需要の変化を示したものである。上海、ソウル、バンコク、北京などを相手先とする航空貿易需要が、特に増加していることが明らかである。

次に、上記の OD 需要変化を入力値として、航空貨物ネットワーク流動モデルにより推定された、航空物流変化について分析を行う。図 7.5 に、東アジアの国際航空貨物需要上位空港について、経済連携シナリオの適用前後における、国際航空貨物発着需要の変化を示す。ただし、ここでの国際航空貨物の集計値は、対アジア域内の国際航空路線のみを対象としたものである。

空港単位では、上海、北京、東京（成田）、名古屋（中部）、大阪（関西）の増加が大きい。増加率では、中国における大連、広州、廈門、青島などの空港において大きい。減少が見られたのは、台湾とマニラであった。

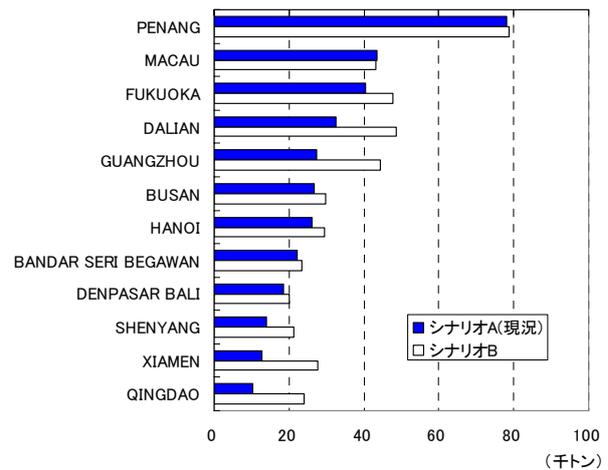
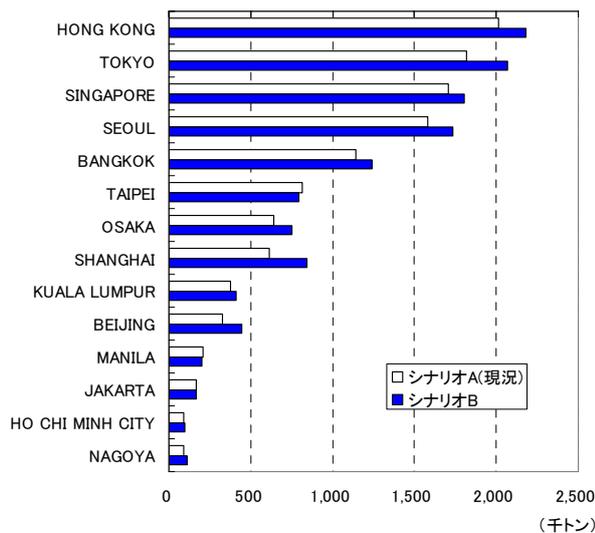


図 7.5 経済連携シナリオ毎の空港別国際航空貨物取扱量（対アジア域内の国際路線集計値）

こうした空港単位での国際航空貨物取扱い貨物量変化は、基本的には OD 需要の変化が大きい空港において大きい傾向がある。しかし、発着需要の変化だけではなく、航空路線ネットワーク

における混雑外部性の変化によって、最小時間コストが実現される経路が変化するため、直行経路とトランジット経路の代替関係の変化や、トランジット空港のシフトが生じる。中国の空港間で貨物量変化の差異が大きいものは、このような経路変化によるものと考えられる。

次に、主に我が国の空港に着目し、路線（空港間）毎の国際航空貨物需要の変化を分析する。

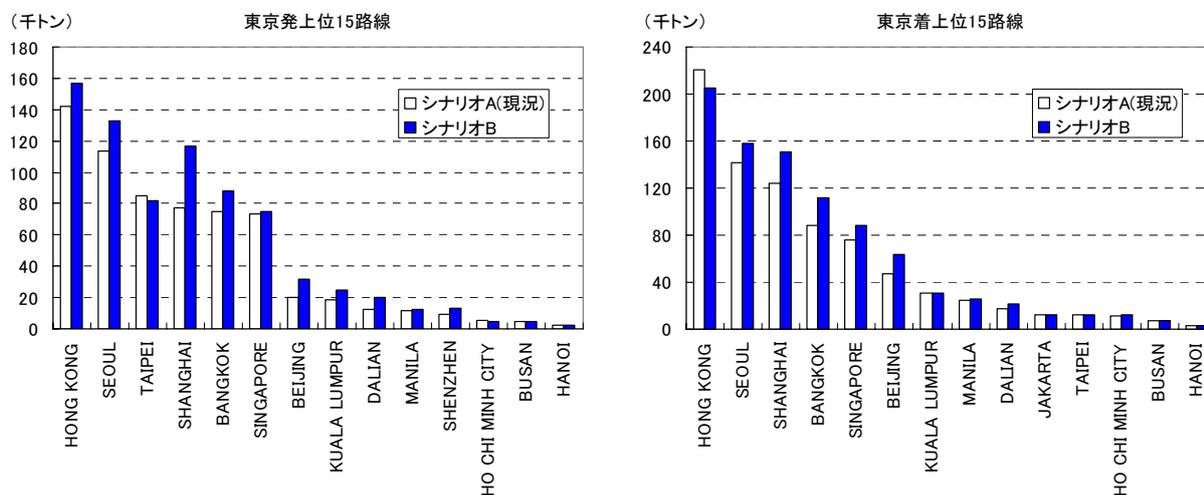


図 7.6 主な東京発着路線の変化

東京を発着地とする国際航空路線の需要変化（図 7.6）を見ると、ソウル、上海、バンコクなどの方面については、発着とも需要が増加している。台北向け、および香港からの航空貨物については、減少が見られるが、これらは OD 貨物需要の減少による影響と考えられる。OD 貨物需要が減少しているにも関わらず路線需要が増加している東京発香港着の路線については、シナリオ A では台北を利用していた貨物が、香港を利用する経路へシフトしたためと考えられる。

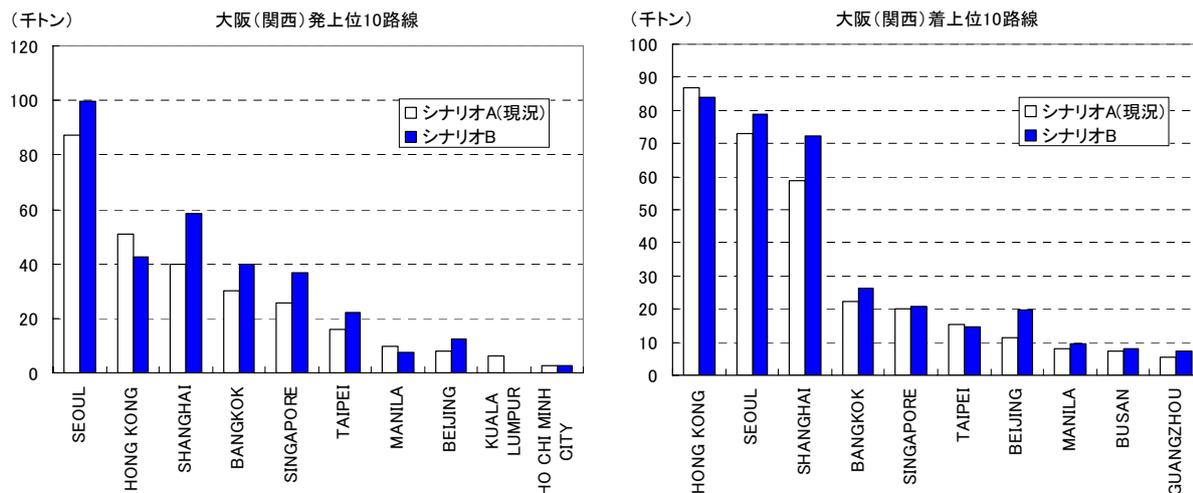


図 7.7 主な大阪（関西）発着路線の変化

同様に、大阪を発着地とする国際航空路線の需要変化を図 7.7 に示す。全体的な傾向は、東京発着路線の場合と類似しているが、大阪発着では、香港路線では発着方向とも需要が減少してお

り、台北路線では台北向け方向の貨物需要が増加している。

こうした結果は、今後想定される経済連携協定により、航空物流の相手先空港としてソウルや上海の重要度がより高まってくるであろうという洞察を支持するものである。

7.3.3 空港シナリオに対する国際航空物流変化のシミュレーション分析

本項は、空港シナリオを適用したケースにおける国際航空貨物流動の変化について分析する。経済連携政策は、航空市場にとっては外的要因（完全に外部要因とも言い切れないが）として、OD 需要を変化させる影響を持つ政策である。これに対し、空港シナリオで想定する状況は、国際航空貨物輸送のネットワーク形状を変化させるため、特に路線間の代替関係に対する変化をもたらす要因となる可能性がある。

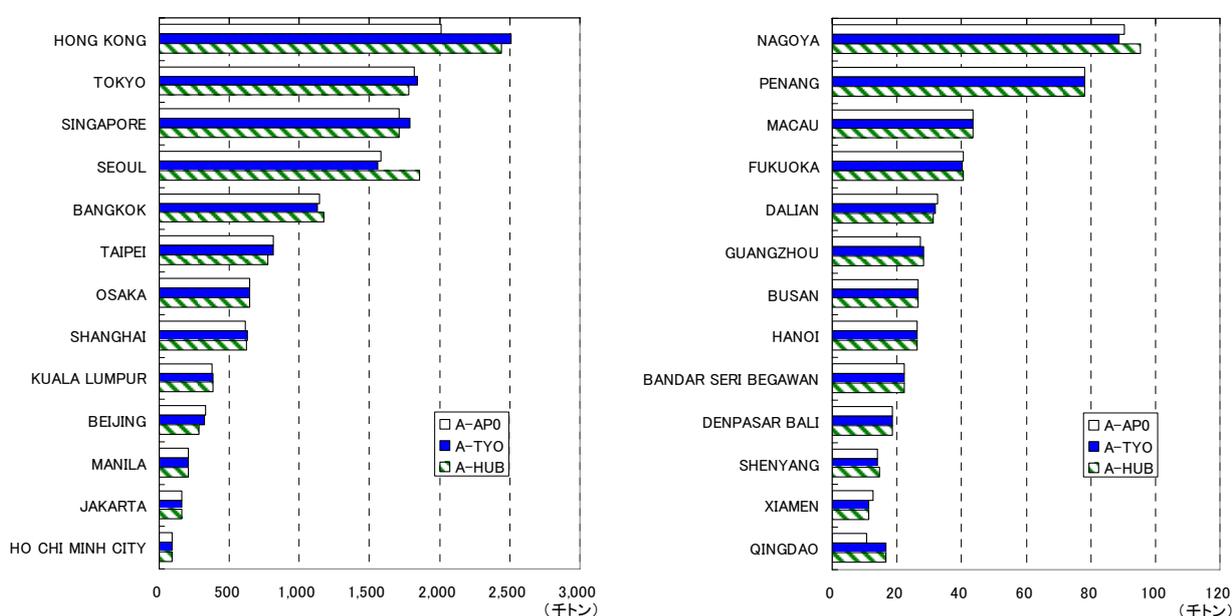


図 7.8 空港シナリオ毎の空港別国際航空貨物取扱量（対アジア域内の国際路線集計値）

まず、前項と同様に、空港単位で見た、各空港シナリオに対する国際航空貨物発着需要の推定値を示す。ここでも、国際航空貨物の集計値は、対アジア域内の国際航空路線のみを対象としたものである（図 7.8）。東京発着国際路線の容量増加がもたらされる TYO シナリオでは、東京ばかりではなく、香港、シンガポール、上海における貨物取扱い需要も増加させている。A-AP0 の結果に対する変化の大きさ（図 7.9）を見ると、東京よりも香港、シンガポールでの増加率が大きく、東アジア全域に対する影響が及ぶことが予想される。

また、上海とソウルのハブ化を想定した HUB シナリオでは、上海とソウル以外でも、香港、バンコク、クアラルンプール、名古屋（中部）などで需要が増加する結果となった。東京、台北、北京、ジャカルタなどでは、輸送経路変化に伴う、空港での国際航空貨物取扱量減少が見られる。

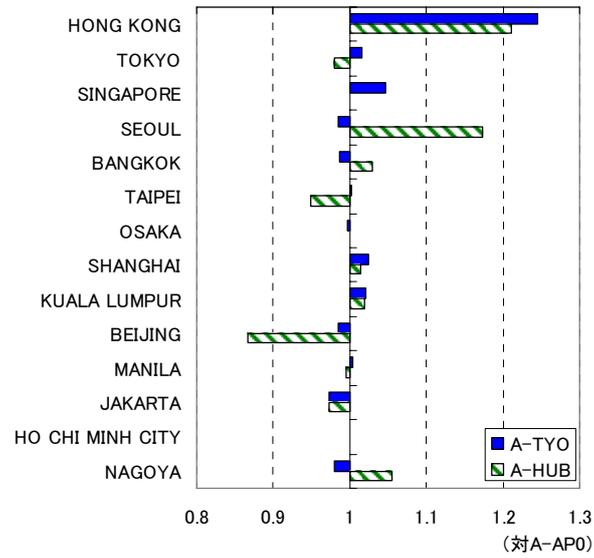


図 7.9 空港別国際航空貨物取扱量の対 A-AP0 シナリオ変化率
(対アジア域内の国際路線集計値：上位空港のみ)

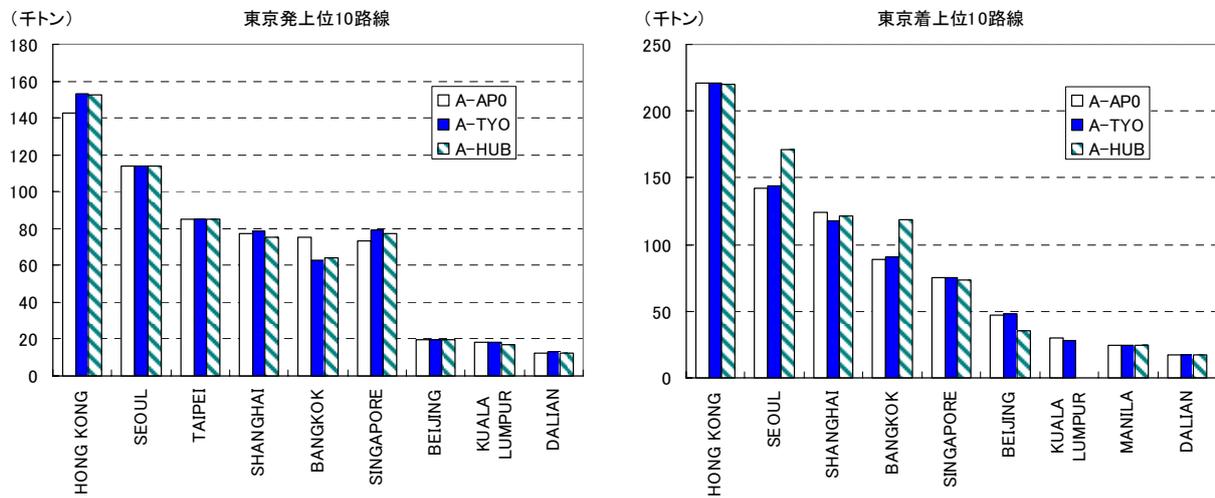


図 7.10 主な東京発着路線の変化

次いで、我が国の空港における、路線（空港間）毎の国際航空貨物需要の変化について分析する。東京発着路線の結果（図 7.10）からは、自空港が有利になる TYO シナリオにおいても、劇的な需要増加が生じる路線は見られない。香港向け、上海向け、シンガポール向けの路線においては需要が増加しているが、バンコク向け、上海発、クアラルンプール発の路線では減少している。これら減少路線の需要は、容量拡大による混雑緩和効果がより大きく表れた他経路にシフトしており、直行路線における新たな需要創出などの現象が確認された。

近隣国の主要空港であるソウル・上海を発着地とする路線の供給能力を向上させた HUB シナリオの場合、ソウル発東京着路線と上海発東京着路線では、需要が増加している。しかし、東京発路線では、ソウル向けでは変化が見られず、上海向け路線では、需要減少が生じていた。この要因としては、上海を発着地とする航空貨物の輸送経路が、東京経由の経路から他経路にシフトしたことなどが考えられる。また、ソウル、上海以外の方面の路線においても、こうした輸送経路変化にともなう需要変化が生じていることが確認される。

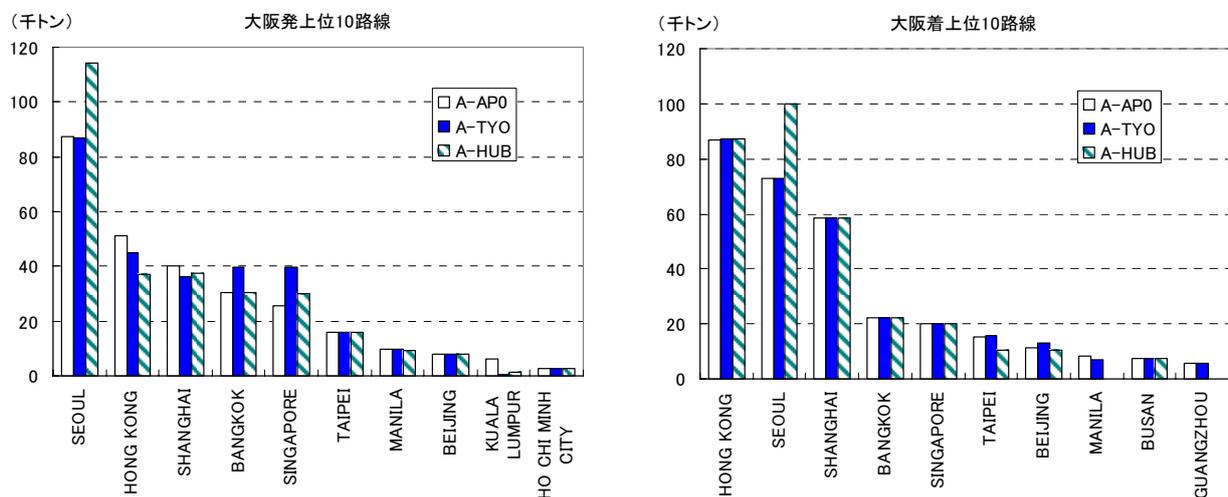


図 7.11 主な大阪（関西）発着路線の変化

大阪発着路線における、空港シナリオの適用結果を図 7.11 に示す。

TYO シナリオの結果を見ると、同じ日本国内の空港である東京発着路線の供給量拡大は、香港向け、上海向け路線での需要減少をもたらしている。一方、長距離アジア路線であるバンコク向け、シンガポール向け路線では、大きく需要が増加した。流動パターンの変化が、各路線での混雑外部性を変化させ、様々な OD における最小コスト経路に影響を及ぼし、結果的にこのような変化がもたらされたと言えよう。

HUB シナリオにおける航空貨物流動推定の結果は、対ソウル路線では、大阪発着ともに需要が増加することを示している。しかし、上海路線ではどちらの方面も需要が減少している。したがって、上海のハブ化は、大阪（関西空港）以外の就航地に対して、より大きな効果をもたらし、結果として、相対的に大阪路線の需要が他路線にシフトしたという現象が生じたと考えられる。

なお、アジア域内の国際航空リンクの航空貨物フローの全シナリオ別推定結果一覧表を、付録 A に示す。

7.4 まとめ

本研究で開発したモデルは、標準的な確率的利用者均衡配分問題の概念を利用し、ネットワークとリンクコストの考え方について、国際航空貨物輸送を反映するよう応用したものである。本モデルには、供給側であるエアラインの行動を外生としているという課題があるが、国際航空輸送市場は多くの規制により自由競争市場ではないという背景がある。需要者側の行動に特化した分析を目的とする場合には、供給側である航空ネットワークを外生的シナリオ化することは一定の妥当性を持つと考えられる。本研究は、このような視点から、東アジアの航空ネットワークにおける貨物流動について、今後生じうる状況をシミュレーションしたものである。

モデルの現況再現性については、手法の構造自体の改良と、入力値として用いる OD 需要データ精度の向上の点において、改善の必要があると考えている。

参考文献

- 1)石倉智樹, 丹生清輝: 我が国の国際航空貨物輸送における現況と課題, 国土技術政策総合研究所資料, No.130, 2003
- 2)石倉智樹, 滝野義和, 杉村佳寿: 国際航空貨物輸送における輸送経路選択要因の分析, 国土技術政策総合研究所資料, No.174, 2004
- 3)花岡伸也, 石黒一彦, 菊地竜也, 稲村肇: 業種別の貨物流動からみた国際コンテナ貨物取扱荷主の港湾選択行動分析, 土木計画学研究・論文集, No.17, 835-840, 2000
- 4)岡本直久: 中核国際港湾整備の効果と今後の方向, 運輸政策研究, vol.2 No.3, 2-8, 1999
- 5)浅野順司, 鹿島茂: 国際航空貨物航空貨物需要の発生・集中及び空港選択に関する分析, 土木計画学研究講演集, No.12, pp459-464, 1989
- 6)福田和光, 石倉智樹, 稲村肇: フレイトフォワードの行動に着目した輸出航空貨物の輸送経路特性, 土木計画学研究・講演集, No.23(2), 617-620, 2000
- 7)Ishikura, T. and Inamura, H.: An Evaluation of International Air-Cargo System Applying Network Flow Assignment Model, Proceedings of The 9th World Conference on Transport Research, CD-ROM, 2001
- 8)石倉智樹: 東アジア航空ネットワークにおける国際航空旅客流動分析のためのモデル開発, 土木計画学研究・論文集, vol.23, No.2, pp.479-488, 2006
- 9)International Civil Aviation Organization: Traffic by Flight Stage 2003, 2003
- 10)International Civil Aviation Organization: On Flight Origin and Destination 2003, 2003
- 11)OAG: OAG Flight Guide, 2003
- 12)OAG: OAG Cargo Guide, 2003

付録 A : 計算結果

表 A.1 国際航空リンク（アジア域内）の航空貨物フロー推定結果(1)

リンク(発地 - 着地)	計算ケース					
	A-AP0	A-TYO	A-HUB	B-AP0	B-TYO	B-HUB
HONG KONG - TOKYO	220,965	220,967	220,510	204,796	204,774	201,191
TAIPEI - HONG KONG	195,091	267,288	260,899	288,568	203,911	200,110
HONG KONG - SEOUL	162,571	165,284	166,978	133,235	134,423	135,445
HONG KONG - TAIPEI	149,418	167,409	150,359	148,196	150,357	146,779
TOKYO - HONG KONG	142,401	153,100	152,522	156,911	172,007	175,010
SEOUL - TOKYO	141,828	143,651	171,333	157,486	221,372	163,534
SHANGHAI - TOKYO	123,919	117,915	121,760	150,554	155,940	165,217
TOKYO - SEOUL	113,759	113,724	113,759	133,117	133,061	133,117
SEOUL - HONG KONG	103,108	142,567	116,811	139,709	116,830	99,847
BANGKOK - TOKYO	88,384	90,343	118,391	111,896	108,410	100,665
OSAKA - SEOUL	87,281	86,752	114,092	99,586	105,668	114,574
HONG KONG - OSAKA	86,986	87,373	87,373	83,817	83,675	83,675
TOKYO - TAIPEI	85,105	85,105	85,105	81,639	81,639	81,639
HONG KONG - SINGAPORE	82,517	174,106	172,032	154,707	98,733	75,280
HONG KONG - BANGKOK	79,953	80,515	75,319	63,173	63,675	57,528
TOKYO - SHANGHAI	77,558	78,544	75,460	116,487	179,612	116,487
SINGAPORE - TOKYO	75,440	75,440	73,750	87,758	159	80,417
TOKYO - BANGKOK	74,948	62,799	64,135	88,228	69,328	68,211
TOKYO - SINGAPORE	73,624	79,471	77,122	75,189	75,197	71,323
SEOUL - OSAKA	72,987	72,989	99,762	78,909	78,911	95,073
SINGAPORE - JAKARTA	72,253	68,056	68,056	69,859	66,254	66,254
TAIPEI - SINGAPORE	72,221	0	0	0	77,763	77,763
BANGKOK - SINGAPORE	70,576	91,133	73,651	71,770	74,985	71,653
JAKARTA - SINGAPORE	70,189	70,189	70,189	74,160	74,160	74,160
BANGKOK - HONG KONG	69,010	87,390	109,559	75,875	77,175	76,087
SINGAPORE - BANGKOK	65,593	65,594	65,614	76,917	76,930	76,930
TAIPEI - BANGKOK	64,594	58,418	57,011	49,837	69,902	42,103
KUALA LUMPUR - HONG KONG	60,552	60,552	60,552	60,738	60,685	60,960
SINGAPORE - HONG KONG	60,080	146,861	146,818	61,233	136,968	135,484
SHANGHAI - OSAKA	58,596	58,583	58,583	72,328	81,585	81,585
SEOUL - BANGKOK	58,339	54,400	62,675	58,972	50,835	68,020
SHANGHAI - SEOUL	58,026	75,028	56,198	84,681	77,937	77,937
SEOUL - SINGAPORE	55,445	55,857	59,639	50,727	51,104	54,869
OSAKA - HONG KONG	51,074	44,801	37,124	42,655	49,550	45,459
BEIJING - SEOUL	49,876	29,958	34,180	68,954	42,116	44,548
BEIJING - TOKYO	46,821	48,036	35,593	63,127	75,721	46,697
BANGKOK - SEOUL	43,386	43,405	43,642	46,837	39,454	47,199
SEOUL - SHANGHAI	42,502	42,446	43,767	85,803	0	60,132
SEOUL - BEIJING	40,656	44,619	47,168	64,523	72,548	61,563
SHANGHAI - SINGAPORE	40,446	34,933	37,385	43,546	41,254	38,643
SINGAPORE - SEOUL	40,161	40,161	45,609	41,549	41,549	44,955
OSAKA - SHANGHAI	40,058	36,359	37,345	58,462	57,068	58,462
SEOUL - KUALA LUMPUR	39,505	0	39,623	0	39,514	39,625
KUALA LUMPUR - SINGAPORE	38,490	47,784	40,115	43,036	43,128	49,073
HONG KONG - KUALA LUMPUR	36,522	78,063	39,114	69,363	31,373	31,816
TAIPEI - SEOUL	35,254	35,254	41,530	28,997	28,997	35,546
SINGAPORE - TAIPEI	33,551	33,551	29,796	31,383	111,800	27,978
PENANG - HONG KONG	32,031	32,035	32,026	34,794	23,398	25,144
SINGAPORE - KUALA LUMPUR	31,930	37,667	36,749	40,347	39,618	35,227
OSAKA - BANGKOK	30,294	39,712	30,294	39,859	19,794	39,570
KUALA LUMPUR - TOKYO	30,272	28,278	0	30,550	30,550	30,550
SEOUL - TAIPEI	29,792	29,792	29,792	26,533	26,533	26,533
SINGAPORE - SHANGHAI	28,336	28,184	27,820	41,078	40,865	40,865
OSAKA - SINGAPORE	25,739	39,562	30,122	36,545	36,281	30,043
MANILA - TOKYO	24,608	24,608	24,608	25,284	25,284	25,284
MANILA - SEOUL	24,541	24,541	36,812	22,593	22,593	22,593
MANILA - HONG KONG	24,325	24,325	24,325	22,077	22,076	22,076
SEOUL - NAGOYA	23,368	21,545	28,330	34,033	20,254	36,708
HONG KONG - MANILA	23,244	23,244	23,244	19,992	19,992	19,992
MACAU - TAIPEI	22,410	22,410	19,678	23,434	23,434	23,434

表 A.2 国際航空リンク（アジア域内）の航空貨物フロー推定結果(2)

リンク(発地 - 着地)	計算ケース					
	A-AP0	A-TYO	A-HUB	B-AP0	B-TYO	B-HUB
BANGKOK - OSAKA	22,237	22,217	22,210	26,424	26,424	26,424
BANGKOK - TAIPEI	21,658	3,278	15,919	9,134	6,974	7,671
SHANGHAI - BANGKOK	20,865	21,985	24,556	21,999	19,277	25,959
NAGOYA - SEOUL	20,442	20,442	27,570	23,837	23,837	31,875
BEIJING - HONG KONG	20,297	22,933	16,221	35,916	41,553	30,829
SINGAPORE - OSAKA	20,201	20,201	20,201	20,879	20,879	20,879
TOKYO - BEIJING	19,736	19,952	19,736	31,388	31,864	31,388
SEOUL - MANILA	19,684	19,684	20,095	20,322	20,322	20,794
PENANG - SINGAPORE	18,540	18,536	14,146	18,817	30,213	23,650
TOKYO - KUALA LUMPUR	18,449	18,448	16,770	24,518	24,515	24,450
KUALA LUMPUR - BANGKOK	18,316	20,313	48,590	22,368	22,370	22,370
BANGKOK - KUALA LUMPUR	17,719	17,732	17,639	27,463	17,557	17,417
SINGAPORE - MANILA	17,304	17,304	16,892	17,173	17,173	16,702
DALIAN - TOKYO	17,040	17,061	16,866	21,946	22,205	21,946
SINGAPORE - PENANG	16,955	16,921	17,007	17,189	17,686	17,795
SHANGHAI - KUALA LUMPUR	16,917	16,625	17,661	20,629	20,629	21,616
OSAKA - TAIPEI	16,052	16,052	16,052	22,270	35,441	15,642
TAIPEI - OSAKA	15,229	15,807	10,679	14,559	16,754	14,789
TAIPEI - NAGOYA	15,102	15,102	11,347	14,657	14,657	11,252
MANILA - SINGAPORE	15,044	15,045	15,045	15,494	15,497	15,494
SEOUL - FUKUOKA	13,810	13,905	18,575	17,148	16,595	20,344
SINGAPORE - BEIJING	13,544	13,544	13,544	15,730	15,054	16,068
HO CHI MINH CITY - SEOUL	13,286	13,314	14,696	13,171	13,199	13,341
TOKYO - DALIAN	12,696	12,839	12,696	20,391	20,615	20,391
FUKUOKA - SEOUL	12,321	12,440	17,587	14,311	14,494	19,971
JAKARTA - TOKYO	12,265	12,265	12,262	12,313	12,313	12,313
TAIPEI - MACAU	12,173	12,173	12,173	10,922	10,922	10,922
HONG KONG - BEIJING	12,013	12,554	11,950	19,720	19,537	18,132
TAIPEI - TOKYO	11,824	18,022	11,820	12,412	92,828	12,412
TOKYO - MANILA	11,780	11,780	11,780	12,520	12,520	12,520
DENPASAR BALI - SINGAPORE	11,495	11,495	11,498	13,464	13,464	13,464
SINGAPORE - BANDAR SERI BEGAWAN	11,343	11,373	11,352	11,169	11,238	11,214
BEIJING - OSAKA	11,165	13,303	10,611	19,857	15,767	13,781
HO CHI MINH CITY - TOKYO	11,056	11,056	11,056	12,247	12,247	12,247
BEIJING - SINGAPORE	10,739	10,523	10,523	11,829	11,588	11,588
SEOUL - HO CHI MINH CITY	10,624	10,624	10,646	14,919	14,919	14,925
HONG KONG - PENANG	10,366	10,366	10,366	7,799	7,799	7,799
SHANGHAI - NAGOYA	10,235	10,235	10,235	14,736	14,736	16,185
OSAKA - MANILA	9,685	9,685	9,320	7,709	7,710	8,295
TOKYO - SHENZHEN	9,504	9,504	338	13,095	13,095	13,095
BANGKOK - SHANGHAI	9,438	8,289	8,289	14,401	13,331	15,982
NAGOYA - HONG KONG	8,959	8,959	5,697	9,799	9,799	5,469
SHANGHAI - MACAU	8,865	8,865	8,865	8,879	8,879	8,879
BANDAR SERI BEGAWAN - SINGAPORE	8,835	8,835	8,835	9,103	9,103	9,103
BANGKOK - BEIJING	8,700	8,700	8,700	9,943	10,803	10,049
SEOUL - GUANGZHOU	8,699	5,979	5,979	8,875	7,863	7,863
HO CHI MINH CITY - TAIPEI	8,601	8,601	8,541	7,493	7,493	7,423
MANILA - OSAKA	8,102	7,137	0	9,516	7,321	9,286
OSAKA - BEIJING	7,757	7,757	7,757	12,438	12,438	12,438
PUSAN - OSAKA	7,229	7,229	7,229	7,881	7,881	7,881
BUSAN - OSAKA	7,229	7,229	7,229	7,881	7,881	7,881
SHENYANG - SEOUL	7,223	7,225	7,720	10,978	10,337	10,981
NAGOYA - SHANGHAI	7,095	7,095	7,410	10,961	10,961	11,555
PUSAN - TOKYO	7,061	7,317	6,103	7,415	7,803	6,360
BUSAN - TOKYO	7,061	7,317	6,103	7,415	7,803	6,360
SEOUL - SHENYANG	6,743	6,743	6,743	10,427	10,427	10,427
TAIPEI - HO CHI MINH CITY	6,741	6,741	6,727	4,870	4,870	4,870
SINGAPORE - XIAMEN	6,528	6,112	6,592	7,709	7,709	7,709
BANGKOK - HANOI	6,515	6,515	6,515	7,253	7,253	7,253
HO CHI MINH CITY - BANGKOK	6,234	6,234	4,913	10,672	10,672	10,600

表 A.3 国際航空リンク（アジア域内）の航空貨物フロー推定結果(3)

リンク(発地 - 着地)	計算ケース					
	A-AP0	A-TYO	A-HUB	B-AP0	B-TYO	B-HUB
SINGAPORE - DENPASAR BALI	6,193	6,193	6,193	5,502	5,502	5,502
BANGKOK - HO CHI MINH CITY	6,141	6,141	6,141	6,632	6,632	6,632
MANILA - BANGKOK	6,060	6,060	6,060	7,065	7,063	7,066
OSAKA - KUALA LUMPUR	6,034	249	1,437	2	267	3,773
SEOUL - QINGDAO	5,694	7,049	7,049	10,605	10,787	10,787
GUANGZHOU - OSAKA	5,541	5,541	0	7,218	7,218	7,218
BANGKOK - MANILA	5,422	5,838	5,359	7,747	7,747	7,747
TOKYO - HO CHI MINH CITY	5,052	5,052	5,052	4,993	4,993	4,993
FUKUOKA - TAIPEI	5,004	5,004	0	5,267	5,267	14
MANILA - TAIPEI	4,938	5,904	775	4,000	6,195	4,230
QINGDAO - SEOUL	4,789	4,789	9,621	13,449	6,823	13,466
KUALA LUMPUR - JAKARTA	4,788	4,661	4,661	4,625	4,502	4,502
HO CHI MINH CITY - OSAKA	4,705	4,705	4,705	5,291	5,291	5,291
GUANGZHOU - BANGKOK	4,585	3,294	3,294	6,604	4,764	4,764
TAIPEI - MANILA	4,579	4,579	4,579	4,317	4,317	4,317
TAIPEI - FUKUOKA	4,531	4,531	63	3,784	3,784	834
HO CHI MINH CITY - SINGAPORE	4,386	4,386	4,386	4,427	4,427	4,427
TOKYO - PUSAN	4,347	4,576	4,347	4,919	5,282	4,629
TOKYO - BUSAN	4,347	4,576	4,347	4,919	5,282	4,629
JAKARTA - KUALA LUMPUR	4,182	4,182	4,182	4,701	4,701	4,701
PUSAN - NAGOYA	3,961	3,961	3,961	4,473	4,473	4,473
BUSAN - NAGOYA	3,961	3,961	3,961	4,473	4,473	4,473
SINGAPORE - HO CHI MINH CITY	3,929	3,929	3,929	4,259	4,259	4,259
MANILA - XIAMEN	3,452	3,868	3,024	3,160	3,161	3,746
KUNMING - BANGKOK	3,239	2,914	2,906	4,653	4,277	4,310
HANOI - TOKYO	3,080	3,080	3,080	3,412	3,412	3,412
HANOI - BANGKOK	3,080	3,092	3,201	5,627	5,627	5,627
HONG KONG - HO CHI MINH CITY	2,938	2,938	2,930	211	211	205
OSAKA - HO CHI MINH CITY	2,704	2,704	2,704	2,751	2,751	2,751
GUANGZHOU - SEOUL	2,633	2,633	8,174	4,704	3,558	3,558
DALIAN - OSAKA	2,622	484	0	3,511	3,511	0
SHANGHAI - FUKUOKA	2,586	2,488	2,488	4,055	3,544	3,544
TOKYO - HANOI	2,577	2,577	2,577	2,548	2,548	2,548
OSAKA - PUSAN	2,493	2,493	2,493	2,901	2,901	2,901
OSAKA - BUSAN	2,493	2,493	2,493	2,901	2,901	2,901
SINGAPORE - HANOI	2,334	2,334	2,334	2,547	2,547	2,547
HO CHI MINH CITY - HONG KONG	1,853	1,853	1,853	1,666	1,666	1,666
BANGKOK - KUNMING	1,771	1,797	1,797	2,699	2,739	2,739
YANTAI - SEOUL	1,677	1,675	1,675	2,399	2,396	2,396
SURABAYA - SINGAPORE	1,668	1,668	1,668	2,407	2,459	2,184
HONG KONG - HANOI	1,611	1,610	1,609	482	643	482
FUKUOKA - SHANGHAI	1,596	1,334	1,334	2,426	2,019	2,019
KUALA LUMPUR - BANDAR SERI BEGAWAN	1,461	1,431	1,452	2,424	2,354	2,379
GUANGZHOU - SINGAPORE	1,386	1,386	1,386	1,522	1,522	1,522
GUANGZHOU - KUALA LUMPUR	1,380	1,673	1,380	1,645	2,094	1,644
SURABAYA - KUALA LUMPUR	1,355	1,355	1,355	565	512	788
HANOI - SINGAPORE	1,304	1,304	1,304	1,207	1,207	1,207
XIAMEN - SINGAPORE	1,269	0	0	1,843	0	0
SEOUL - HANOI	1,220	1,221	1,222	1,716	1,555	1,716
BANGKOK - GUANGZHOU	1,150	1,150	1,150	2,107	1,826	1,826
SEOUL - YANTAI	1,123	1,123	1,123	1,701	1,701	1,701
HANOI - HONG KONG	999	999	999	1,097	1,842	947
JEJU - OSAKA	985	0	985	1,394	0	1,394
TOKYO - XIAMEN	982	982	1,347	4,927	4,926	4,342
HANOI - SEOUL	902	902	902	745	0	894
MANILA - NAGOYA	811	811	806	838	838	838
PUSAN - SHANGHAI	791	534	1,748	1,144	756	2,199
BUSAN - SHANGHAI	791	534	1,748	1,144	756	2,199
HIROSHIMA - SEOUL	736	736	736	838	838	838
SINGAPORE - GUANGZHOU	723	723	723	1,007	1,007	1,007

表 A.4 国際航空リンク（アジア域内）の航空貨物フロー推定結果(4)

リンク(発地 - 着地)	計算ケース					
	A-AP0	A-TYO	A-HUB	B-AP0	B-TYO	B-HUB
KUALA LUMPUR - HO CHI MINH CITY	712	712	712	819	819	819
HO CHI MINH CITY - MANILA	673	673	673	1,375	1,375	1,375
GUANGZHOU - HO CHI MINH CITY	620	620	620	1,088	1,088	1,088
KOTA KINABALU - BANDAR SERI BEGAWAN	599	599	599	625	625	625
FUKUOKA - PUSAN	541	541	541	629	629	629
FUKUOKA - BUSAN	541	541	541	629	629	629
OSAKA - DENPASAR BALI	522	522	522	614	614	614
KUALA LUMPUR - GUANGZHOU	497	493	493	731	724	724
SHANGHAI - MANILA	473	473	677	638	638	915
SEOUL - HIROSHIMA	422	422	422	542	542	542
NAGOYA - BEIJING	374	374	0	594	594	0
DENPASAR BALI - KUALA LUMPUR	349	349	349	392	392	392
BEIJING - PUSAN	291	43	43	408	61	61
BEIJING - BUSAN	291	43	43	408	61	61
KUALA LUMPUR - XIAMEN	269	269	269	395	395	395
KUALA LUMPUR - HANOI	242	242	242	292	292	292
CHANGCHUN - SEOUL	235	235	235	338	338	338
SEOUL - ULAN BATOR	226	226	226	210	210	210
XIAMEN - MANILA	204	204	0	278	278	0
BEIJING - ULAN BATOR	198	198	198	199	199	199
HO CHI MINH CITY - KUALA LUMPUR	186	186	186	178	178	178
SINGAPORE - KUCHING	169	169	169	146	146	146
SEOUL - HARBIN	161	161	161	248	248	248
MANILA - HO CHI MINH CITY	154	154	154	165	165	165
OSAKA - DALIAN	142	1,620	0	2,646	2,646	0
ULAN BATOR - BEIJING	140	140	139	214	214	213
SEOUL - CHANGCHUN	135	135	135	209	209	209
KUALA LUMPUR - PHUKET	134	134	134	163	163	163
KUALA LUMPUR - DENPASAR BALI	107	107	107	103	103	103
HO CHI MINH CITY - GUANGZHOU	107	79	79	167	139	139
MANILA - SHANGHAI	97	97	97	143	143	143
KUCHING - SINGAPORE	67	67	67	66	66	66
ULAN BATOR - SEOUL	40	40	41	27	27	28
DALIAN - SEOUL	21	0	6	259	0	3,770
HANOI - KUALA LUMPUR	20	20	20	19	19	19
BANDAR SERI BEGAWAN - KOTA KINABALU	19	19	19	12	12	12
FUKUOKA - WUHAN	9	9	9	14	14	14
PHUKET - KUALA LUMPUR	9	9	9	11	11	11
TAEGU - SHANGHAI	6	5	5	9	7	7
LANGKAWI - SINGAPORE	2	2	2	2	2	2
SHANGHAI - KWANGJU	2	2	2	2	2	2
SEOUL - YANJI	1	1	1	1	1	1
SHANGHAI - CHEONGJU	1	1	1	1	1	1
CHENGDU - BANGKOK	0	943	943	20	1,387	1,387
SHANGHAI - PUSAN	0	0	217	0	0	301
SHANGHAI - BUSAN	0	0	217	0	0	301
GUANGZHOU - TOKYO	0	4,845	4,845	6,137	6,137	6,137
PENANG - SEOUL	0	0	4,398	0	0	4,817
BANGKOK - CHENGDU	0	1,157	1,157	0	1,082	1,082
OSAKA - GUANGZHOU	0	0	0	2,570	0	0
BANGKOK - PUSAN	0	0	0	46	0	0
BANGKOK - BUSAN	0	0	0	46	0	0
SEOUL - SHENZHEN	0	0	9,165	0	0	0
SEOUL - DALIAN	0	0	1,763	0	0	2,870
MACAU - SHANGHAI	0	0	2,733	0	0	0
HARBIN - SEOUL	0	431	431	620	620	620
JEJU - TOKYO	0	985	0	0	1,394	0
QINGDAO - TOKYO	0	4,832	0	0	6,643	0
SEOUL - NANJING	0	0	2,549	0	3,606	3,606
KUALA LUMPUR - SURABAYA	0	2,252	2,252	0	1,758	1,758

表 A.5 国際航空リンク（アジア域内）の航空貨物フロー推定結果(5)

リンク(発地 - 着地)	計算ケース					
	A-AP0	A-TYO	A-HUB	B-AP0	B-TYO	B-HUB
SEOUL - HANGZHOU	0	72	72	0	102	102
SHANGHAI - TAEGU	0	140	140	0	194	194
TOKYO - QINGDAO	0	41	41	0	62	62
SEOUL - SANYA	0	1	1	0	1	1
NANJING - SEOUL	0	0	10,811	0	0	0
SINGAPORE - SURABAYA	0	2,072	2,072	0	1,970	1,970
HANGZHOU - SEOUL	0	0	292	0	281	393
SEOUL - XI'AN	0	0	57	0	0	90
TOKYO - JEJU	0	944	0	0	1,309	0
XIAMEN - OSAKA	0	0	0	9,260	0	0