

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

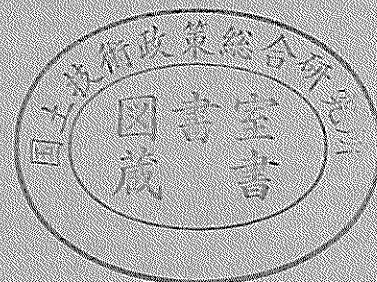
No. 922 Dec. 1998

船社の寄港挙動モデルによる国際コンテナ航路体系の分析

—— 東アジア—北米西岸航路について ——

渡 部 富 博
善 見 政 和
末 次 広 児

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
2. 東アジア-北米西岸航路の概要	5
2.1 積国別コンテナ貨物	5
2.2 コンテナ船舶の運航ルートと寄港地	5
2.3 港湾別コンテナ貨物取扱量とフィーダー輸送の分析	7
3. 船社の寄港挙動のモデル化	9
3.1 モデルの考え方	9
3.2 モデルの全体構造	10
3.3 フィーダーサブモデルの構造	11
3.4 本船サブモデルの構造	11
4. モデルの検討結果	11
4.1 分析データ	12
4.2 フィーダーサブモデルのパラメータ推計	13
4.3 本船サブモデルのパラメータ推計	14
4.4 モデル全体系での97年の現況再現性の検討	15
4.5 モデルの適用性の検討	15
4.6 モデルの感度分析	15
5. 2010年における航路体系の分析	16
5.1 分析データ	16
5.2 ケーススタディ	17
6. おわりに	18
参考文献	18

A modeling of Carriers' Behavior of Container Ship Calling at Ports — Routes between East Asia and West Coast of North America —

Tomihiro WATANABE*

Masakazu YOSHIMI**

Kohji SUETSUGU***

Synopsis

Maritime transport is one of the most important activities in Japanese cargo moving, which supports Japanese economy. Container shipment in East Asia is changing its ship size and routes year by year due to the use of larger ships and the establishment of container ports in East Asia.

In this paper, container routing systems are analyzed to forecast future container ship calling at ports. First, container demand and ship routings from East Asia to the West coast of North America (east bound) are analyzed. Then port facilities and behavior of ship owners are studied to find the relationship between them and ship routing.

Model to explain the number of callings and feeder routings are constructed. The main explanatory factors are port fees, facility levels, and transport costs. This model shows that containers in feeder routes between Tokyo Bay or Osaka Bay and other countries will increase if the port fee in Japan is discounted.

This model can also be used to show routing in East Asia in 2010. It is confirmed that reduction port fees and development of deep berths are key factors in establishing the Japanese container routing system.

Key Words: containerized cargo, container ship calling, trunk route, feeder service

* Senior Research Engineer, Planning and Design Standard Division

(3-1-1, Nagase, Yokosuka, 239-0826, JAPAN, Tel/Fax 81-468-44-5035 E-mail:watanabe_t@cc.phri.go.jp)

** Chief of Port Planning Laboratory, Planning and Design Standard Division

*** Member of Port Planning Laboratory, Planning and Design Standard Division

船社の寄港挙動モデルによる国際コンテナ航路体系の分析 — 東アジア—北米西岸航路について —

渡部 富博 *
善見 政和 **
末次 広児 ***

要 旨

我が国の社会経済活動は、世界各国との多様で円滑な交流により支えられており、中でも物的な交流である物流に関しては、海上貨物輸送が主流をなしている。中でも海上コンテナ貨物輸送については、東アジア諸国の経済的発展とも相俟ってその進展が近年特に著しいが、より効率的な輸送をめざし大型コンテナ船の投入、寄港港湾数の削減、コンソーシアムの形成がなされる等、その状況も大きく変化している。

このような背景のもと、本研究は、今後の我が国のコンテナターミナル整備を考える際に必要となる船社の将来の寄港行動の検討に資するために、東アジア—北米西岸航路（東行）を対象に、日本を中心とした東アジア地域でのコンテナ貨物の流動状況を国・地域間といったマクロな視点で捉え、特にコンテナターミナル整備と船社の行動に着目し、その寄港地選択を説明するモデル構築を行い、国際コンテナ航路体系の分析を行ったものである。

分析では、船社の行動の結果としての国際コンテナ航路の寄港隻数、フィーダー輸送貨物等を港湾料金、港湾施設、輸送コスト、運航頻度等で説明するモデルの構築ができた。また、構築したモデルにより、現在においても、日本の港湾料金を下げることにより、東京湾、大阪湾を中心に、他国・地域からのフィーダー貨物が増加することや、2010年における東アジア地域でのコンテナ貨物流動、大型船の本船寄港の状況等を様々なケースによりシミュレーションできた。

これにより、港湾料金や船舶の大型化、大水深バースの整備等により、コンテナ船の寄港やコンテナ流動が大きく変化することがモデルの上で検証でき、今後の港湾整備を考えていく上での重要なファクターであることが確認された。

キーワード：コンテナ貨物、コンテナ寄港、基幹航路、フィーダー輸送

* 計画設計基準部 主任研究官

(〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 Tel/Fax 0468-44-5035 E-mail:watanabe_t@cc.phri.go.jp)

** 計画設計基準部 計画基準研究室長

*** 計画設計基準部 計画基準研究室員

1. はじめに

我が国の社会経済活動は、世界各国との多様で円滑な交流により支えられている。物的な交流である輸出入貨物については、国際海上貨物輸送がその主流をなしており、その中でもコンテナ貨物輸送の進展が近年特に著しい。1990年に785万TEUであった我が国の国際海上コンテナ取扱量は、1996年には約1.6倍の1,238万TEUに増大している¹⁾。

また、これらの我が国の国際海上コンテナ貨物は、北米、欧州幹線航路や東アジア地域等との近隣航路など多様な定期航路を有する東京湾、大阪湾および伊勢湾の3大湾地域で約9割が取り扱われているが、地方の港湾においても、アジア地域への航路を中心に国際海上コンテナ航路の開設が近年相次いでおり、従来以上に全国各地域とアジア諸国との直接的な交流が進んできている。

このような背景には、我が国の貿易構造が、産業構造の高度化、国際的な産業の水平分業の進展、内需拡大策、輸入促進政策の推進等により大きく変化してきたことなどがある。従来の資源輸入・製品輸出の構造であった我が国の貿易が、経済のグローバリゼーションの進展により原材料・製品・半製品(資本財、中間投入財、消費財)が相互に国境を越えて輸送される構造へと大きく変化し、食料品や日用雑貨をはじめとした消費財等の輸入も急増している。このような状況変化のもと、これらの貨物輸送に適した形態であるコンテナ輸送が大きく進展した。さらに近年は、アジアの主要港湾での国際コンテナ貨物の取扱量の増大、コンテナ船の大型化、コンソーシアム(企業連合)の再編等、我が国の国際海上コンテナ輸送をとりまく環境が大きく変化している。

アジアの主要港湾での1996年のコンテナ取扱量についてみると、シンガポールが1,294万TEU(90年の約2.5倍)、香港が1,346万TEU(同2.6倍)等と大きく伸びており²⁾、アジア全体における日本の取扱量シェアが相対的に低下しつつある。(図-1参照)

これら香港、シンガポールをはじめとする東アジア諸国の港湾では、大規模な港湾施設整備が進み、アジア地域諸国の経済的発展に伴う貨物量の急増とあいまって、自国の貨物のほか、他国からのフィーダー貨物も取り扱い、世界一周や欧米等の基幹定期航路の大型コンテナ船の寄港が頻繁になされるいわゆるハブ(Hub)港湾化が進んできた。

また、世界の大手定期船会社は、国際海上コンテナ輸送の更なる合理化・効率化のために、4,000~6,000TEU

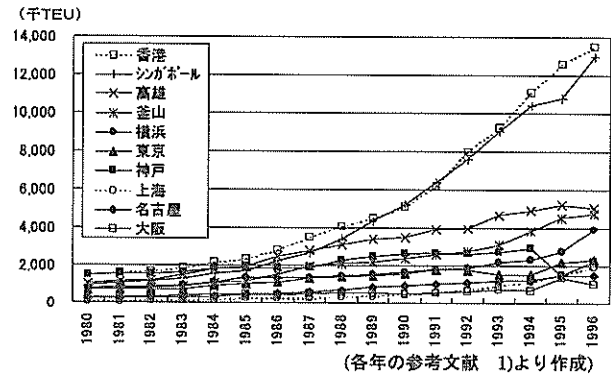


図-1 東アジアの主要港湾におけるコンテナ貨物取扱量の推移

以上のコンテナを運ぶことができる大型外航コンテナ船を相次いで投入し、主要港のみに寄港させ、貨物取扱の集約化と運航の迅速化・安定化を図ってきており、より一層のサービス向上やコスト削減のためにコンソーシアムの再編も盛んである。

このような状況のもと、運輸省港湾局は、1995年6月に港湾長期政策「大交流時代を支える港湾」を策定し、人・物・情報が、国境を越えて公正な競争と連携のなかで交流する時代の港湾整備の基本的方向を明らかにした。その中では、島嶼国家日本では、大交流時代における豊かな国民生活と活力ある産業活動を支えるため、国際ゲートウェイとしての港湾が、根幹的な社会資本として一層その重要性を増しているとした。また、国際海上輸送の基軸をなすコンテナ輸送に関しては、前述のコンテナ船の超大型化や東アジア諸国の港湾のハブ化等の環境変化のなかで、我が国の経済的地位にふさわしい整備を進めるために、国際競争力を有する港湾を国土に拠点的に配置することとした。具体的には、3大湾地区と北部九州地区の4地区において、5,000~6,000TEU級の超大型コンテナ船の出現と大規模荷役施設、情報技術の高度化にも対応した中核的な国際コンテナターミナルを整備することとしている³⁾。(図-2参照)

基幹定期コンテナ航路においては、効率化を求めてコンテナ船は大型化し、寄港地を集約する傾向が強いことから、これら中核国際港湾等におけるコンテナターミナルの整備にあたっては、日本のみならず東アジア諸国の今後の経済発展やコンテナターミナルの状況、コンテナ船の大型化の動向等を勘案したうえで、船社の行動分析を行う必要がある。

船社の寄港挙動の分析としては、木村³⁾が同盟船社と非同盟船社の競争を考慮し、船社の運航採算性を考慮した寄港地選択モデルを開発している。また、郭等は⁴⁾、国家レベルでのいくつかの経済主体が、ゲーム理論に基

づいた合理的な行動をとるとして評価モデルを構築し、東アジア-北米航路の国際コンテナネットワーク形成について分析している。黒田等は⁹⁾コンテナ船の寄港挙動を港湾整備主体、船社、荷主をゲームの参加者とするゲームの理論のなかでとらえ、シュタッケルベルグ均衡解を求めることにより、船社の行動を分析している。家田等は⁶⁾、港湾内および港湾間の貨物流動をネットワーク配分問題としてモデル化し、船社グループのコスト最小化や貨物全体の流動コストの最小化等の配分原理の違いが現象再現に及ぼす影響等を分析している。

これら研究は、船社の挙動を運送費用等の最適化等に基づくものとしてとらえることが基本となっているが、港湾整備とコンテナ貨物輸送体系の関連分析など、今後の我が国の港湾整備を考えるうえで不可欠な事項を必ずしも十分に取り込んだモデルとはなっていない。

そこで、本分析は、今後の我が国のコンテナターミナル整備を考える際に必要となる船社の将来の寄港行動の検討に資するために、荷動き量が大きく、船社間競争が激しい東アジア-北米西岸コンテナ航路(東行)を対象に、日本を中心とした東アジア地域でのコンテナ貨物の流動状況を国・地域間といったマクロな視点でとらえ、特にコンテナターミナル整備と船社の行動に着目し、その寄港地選択を説明するモデル構築を行い、国際コンテナ航路体系の分析を行ったものである。



図-2 中枢国際コンテナ港湾の配置構想⁹⁾

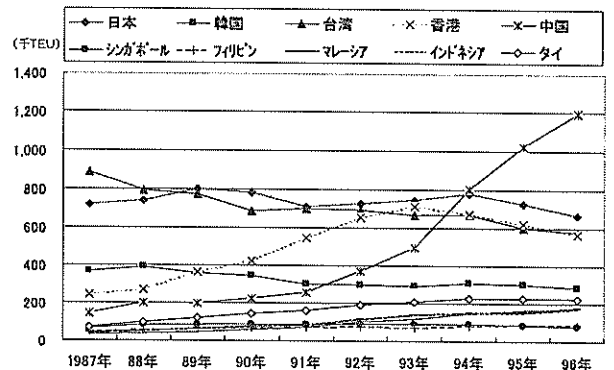
2. 東アジア-北米西岸航路の概要

2.1 積国別コンテナ貨物

東アジア-北米西岸航路(東行)の各国別のコンテナ貨物の推移をみると、図-3のとおりとなる。日本については

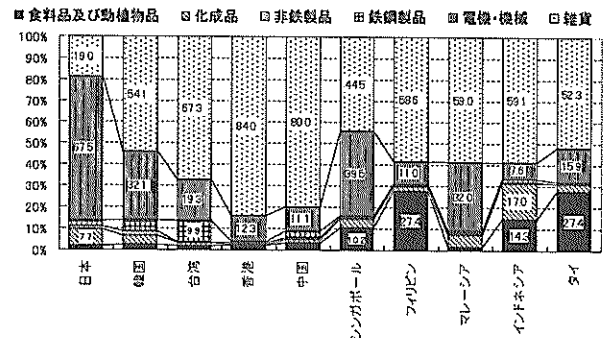
70万TEU程度で、他の国も近年ではほぼ横這いあるいは微減、微増状況であるのに対し、中国のコンテナ貨物が92~93年頃から大きく伸びていることがわかる。

この各国コンテナ貨物の品目構成を示したのが図-4である。我が国では、電機・機械(家電や自動車および部品等)が全体の7割弱を占めているのに対し、他の国では雑貨(繊維製品、玩具、家具等)の比率が高いことが伺える。



(資料：参考文献 7)より作成)

図-3 東アジア-北米航路(東行)の積国別のコンテナ貨物の推移



(資料：参考文献 7)より作成)

図-4 東アジア-北米航路(東行)の積国別の品目構成 (1996年：TEUベース)

2.2 コンテナ船舶の運航ルートと寄港地

船社は、単独で、または複数船社がコンソーシアムを組んでコンテナ船を運航している。また、荷主に対する運航サービスを向上させるため、各ルートで各港に一週間に一度寄港(ウィークリーサービス)することが一般となっている。

船社がウィークリーサービスを提供しようとする場合、例えば東アジア-北米航路のあるルートでの周回日数がいま5週間(35日)であるとする、船舶は5隻必要となる。現在の我が国からの欧米への航路別の投入隻数と1ラウ

ンドあたりの所要日数をみると、北米西岸航路では、5隻35日あるいは6隻42日が、欧州航路では8隻56日のパターンが多くなっている⁹⁾。

このルートの寄港地を増減させるとなると、船舶の投入隻数と寄港港数はトレード・オフの関係となり、必要船舶数が変わる。例えば、一般に大型コンテナ船の経済的運航速度は20～23ノットであることから、現在よりも多くの港に寄港するとすれば、周回日数が35日以上となり、ウィークリーサービスの維持のためには、船舶数を追加することが必要となる。船舶の建造費は4,000TEU積のコンテナ船では60～80億円、6,000TEU積ともなると120億円程度にもなり、さらに、コンテナパンそのものや、寄港地での受入れ施設等に関する投資額も巨額となるから、新規寄港地におけるコンテナ貨物需要等を勘案し、周回日数に見合った寄港港数と寄港地を選択することが求められる。

以下、コンテナ船の運航ルートや寄港地に関して、「国際輸送ハンドブック(オーシャンコマース)」等の資料をもとに状況を分析する。

(1) 東アジア-北米西岸航路の運航ルートの特徴

1997年末時点で東アジア-北米西岸航路は、世界一周ルートやカリブ海や地中海等に至るルートも含めると37ルートある。1970年代までは、アメリカ中東部と東アジアとの間のコンテナ輸送は、主に北米東岸航路により行われていたが、80年代半ば頃から大陸横断コンテナ輸送用にコンテナ2段積み列車DST (Double Stack Train)が導入され、東アジア-北米東岸航路は減少した。それにかわり、北米西岸のロサンゼルス、シアトル、オークランド等で荷揚げをして、港湾に引き込まれた鉄道にコンテナを載せて、鉄道輸送によってアメリカ中東部に運送するシステムが今や一般的となっている。

表-1は、前出の東アジア-北米西岸航路37ルートについて、就航隻数と寄港港湾数、寄港国・地域を示したものである。

世界一周航路や地中海、北米東岸、カリブ海等の航路との接続をしている航路については、就航コンテナ隻数が10隻を越えるルートがあるものの、東アジア-北米西岸航路のみのルートに関しては、5あるいは6隻のコンテナ船を投入しているルートがほとんどであることがわかる。

また、寄港港湾数については、アジア全体で4～6寄港が多くなっていることがわかる。日本への寄港は、東京湾が29ルート、伊勢湾16ルート、大阪湾27ルートとなっており、東京湾と大阪湾には7～8割の航路の船舶が寄港していることがわかる。また、3大湾のいずれに

表-1 東アジア-北米西岸航路の就航隻数と寄港地(97年)

アジア寄港港数	就航コンテナ隻数	アジア地域での寄港港湾(注1)										
		日本	韓国	台湾	香港	中国	シンガポール	アジアの他の国				
		東京湾	伊勢湾	大阪湾	その他	プサン	高雄	基隆				
11	12	○	○	○	◎	○	◎	○			○	○
7	15	○	○	○	◎	○	○	○			○	○
7	14	○	○	○	○	○	○	○			○	○
7	9	○	○	○	○	○	○	○			○	○
6	7	○	○	○	◎	○						
6	6	○	○	○			○	○				○
6	6	○	○	○	○	○		○	○		○	○
6	6	○	○	○			○	○	○		○	○
6	6	○	○	○		○	◎	○				
6	5	○	○	○	◎						○	
5	16	○	○	○		○	○	○				
5	13	○	○	○			○	○				
5	13	○	○	○		○	○	○			○	
5	11	○	○	○			○	○				
5	6	○	○	○			○	○				○
5	6	○	○	○			○	○			○	
5	6	○	○	○			○	○			●	
5	5	○	○	○	○			○			○	
5	5	○	○	○				○			◎	
5	5	○	○	○			○	○				
5	5	○	○	○			○	○				
5	5	○	○	○			○	○				
4	11					○	○	○			○	
4	7						○	○			○	○
4	6	○		○			○	○				
4	6							○			○	○
4	6						◎	○			○	
4	5	○	○		○	○		○				
4	5	○	○	○				○				
4	5	○	○	○			○	○				
4	5	○	○	○			○	○			○	
3	8	○		○			○					
3	5						○	○				
3	5						○	○				
2	5							○			○	
1	5							○				
ルート数		29	16	27	8	15	23	26	9	11	6	

注1)寄港港湾の○は1寄港港湾、◎は2寄港港湾、●は3寄港港湾を表す。
注2)東京湾=東京・横浜港、伊勢湾=名古屋港、大阪湾=大阪・神戸港
(参考文献 9)より作成)

も寄港するルートが14ルート、博多港、清水港、仙台港等の地方の港湾にも寄港するルートが8ルートとなっている。そのほか、東アジアの主要国への寄港をみると、香港への寄港が26ルート、台湾への寄港が23ルートと、多くのルートがこれらの国に寄港していることが伺える。中国については、近年寄港ルートが増加しており、9ルートが寄港している。なお、シンガポールについては、北米西岸航路に関しては、11ルートにとどまっている。

東アジア-北米西岸航路においては、アジアの主要港湾である日本の3大湾、プサン、高雄、香港、シンガポールの7地域/港湾のすべてに寄港するといったルートはわずかに2ルートだけであり、各ルートとも寄港地数と寄港地を選択したうえで、周回日数と投入隻数に見合ったルート形成がなされている。

次に、東アジア-北米西岸のコンテナ航路タイプを日本を中心に考え、米国との往復路とも日本に寄港する「往復航」タイプ、北米への往路の航路のみが日本にある「往航のみ」タイプ、逆に北米から日本への復路の航路のみが日本にある「復航のみ」タイプ、日本には寄港しない「アジア直航」タイプの4タイプに分類すること

とした。1994年ならびに1997年での各航路タイプのルート数は、表-2のとおりとなり、往航タイプの減少、アジア直航タイプの増加等の状況が伺える。

表-3は投入されたコンテナ船と、ルート平均の寄港地数である。これより、1994年と1997年では、コンテナ船の大型化が進んでおり、日本をはじめとした各ルートの寄港地数も減少していることが伺える。なお、コンテナ船の大型化に関しては、(3)においてその詳細を述べる。

表-2 アジア-北米西岸のコンテナ航路タイプの変化

	日本寄港(往復航)	日本寄港(往航のみ)	日本寄港(復航のみ)	アジア直航	計
'94年	18ルート	8ルート	6ルート	5ルート	37
'97年	17ルート	4ルート	8ルート	8ルート	37

(各年参考文献 9)より作成

表-3 東アジア-北米西岸航路のコンテナ船と寄港地数

	コンテナ船			ルート平均の寄港地数	
	投入隻数	総船腹量	平均船型	日本	アジア計(日本含)
'94年	254隻	679,594TEU	2,675TEU	2.6港	5.1港
'97年	271隻	793,721TEU	2,929TEU	2.3港	4.9港

(各年参考文献 9)より作成

(2) 寄港地の選定要因

船社からのヒアリングに基づき寄港地の選定要因を分析した事例を図-5¹⁰⁾に示す。それによれば、寄港地の選定要因は、地理的位置、貨物量の確保、荷役機械使用料(ターミナル費用)の低廉なこと等があげられる。また、船社の所属国および拠点とする港湾への寄港を重視する傾向がほとんどの船社で見られる(貨物集貨の容易さが示す結果とも考えられる)。さらに、寄港の実態から、運航航路から地理的に拠点となる港湾にはほとんどのルートの船舶が寄港することがいえる。

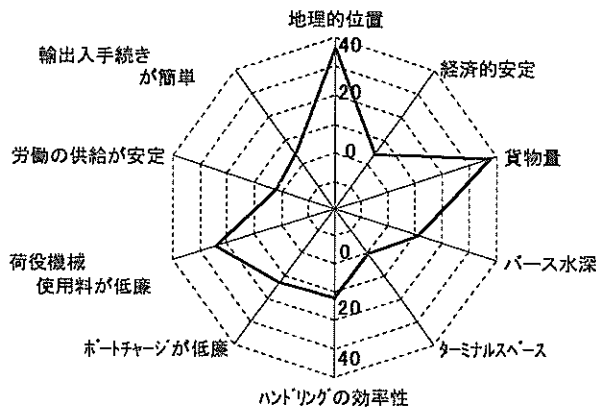


図-5 幹線航路における船社の寄港要因¹⁰⁾

つまり、船社は投入隻数の条件のなかで、寄港に見合った貨物が集荷でき、船舶が効率的に運航できるように寄港地を選定しているといえる。

(3) 投入船型

図-6には、東アジア-北米西岸航路に就航しているコンテナ船の船型構成を示す。1994年と97年を比較すると、1,000~1,999TEUクラス、2,000~2,999TEU積みのコンテナ船の比率が減少し3,000~3,999TEUや4,000~4,999TEU、更には5,000TEU積みを超える大型コンテナ船の構成比率が大きくなっていることが伺える。

コンテナ船の大型化は急激に進みつつあり、最近になって幹線航路では、6,000TEU積みの船舶の運航も開始されている。現在建造中の船舶も6,000TEU積みを超える超大型船が多く、これらの船舶が東アジア-北米西岸、東アジア-欧州などの貨物量の多い航路に集中的に投入されるものと予想される。また、コンソーシアムにより、船社間の効率的な配船が可能となり、集貨体制との関連のなかで自由度が増加し、船舶の大型化をより進めることになると考えられる。船型の大型化は、一隻あたりの港湾でのコンテナ貨物取扱量を増加させることから、荷役能力を現状程度とすれば、荷役に要する時間増加となり、また、船舶の運航費用も高くなるので、周回日数・船舶の運航スピードを現状とする制約条件下では、寄港港数の減少をもたらすことになると考えられる。

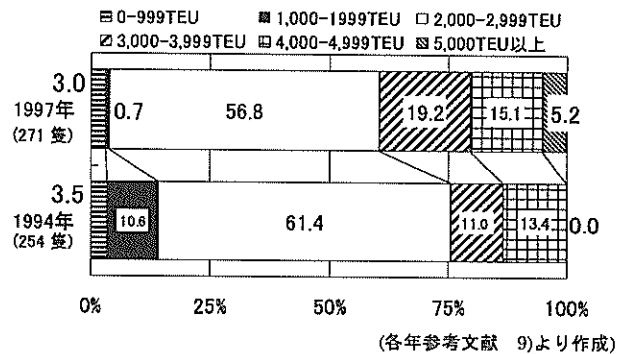


図-6 東アジア-北米西岸のコンテナ船の船型構成

2.3 港湾別コンテナ貨物取扱量とフィーダー輸送の分析

(1) 分析対象データ

コンテナ船の寄港地の選択は、寄港地における獲得貨物量(積み・揚げコンテナ数)によるところが大きい。そのため、コンテナ船の港湾寄港モデルの開発にあつては、航路における国際コンテナ輸送量と港湾ごとの取扱量の実態を把握することが必要となる。

国際コンテナ貨物輸送においては、港湾毎の取扱量は比較的容易に入手することができるが、各航路ごとのコ

ンテナ輸送量は船社等の情報をもとに集計することが必要とされるため、詳細データを手に入れないことが多い。

このような状況のなか、対米国とのコンテナの動きについては、米国税関のデータの利用が可能である。これは、米国の税関が、ACS(Automated Commercial System)と呼ばれる通関業務処理システムを用いて、船社等の船荷証券(B/L: Bill of Lading)をもとに情報処理していることから、そのデータをもとにした資料¹¹⁾が公表されていることによる。この資料により、アメリカの港湾に入港した船舶ごとの取扱コンテナ数を把握することができる。また、貨物の発地と最終的な積み港とが把握できるので、発地における本船積みとフィーダー貨物を区分することができる。

本分析では、フィーダー輸送を含めたコンテナ輸送を分析するため、同資料を用いて検討を進めることとした。

(2) 東アジア-北米西岸(東行)におけるコンテナ貨物流動

1997年1月～3月の3ヶ月間における東アジア-北米西岸航路(東行)のコンテナ貨物の流動状況を表-4に示す。

各国地域から発生するコンテナ貨物は、自国・地域の港湾から北米西岸向けの本船に積み込まれる貨物(以下「ダイレクト貨物」と呼ぶ)と、他の国・地域の港湾へ小型・中型船等でフィーダー輸送される貨物(以下「フィーダー貨物」と呼ぶ)に分かれる。また、ある港湾を中心に考えると、当該港湾で北米向けの本船に積み込まれる貨物は、自国の背後圏からの貨物であるダイレクト貨物と、他の国・地域等から小型・中型船等でフィーダー輸送されてきて、当該港湾で北米向けの本船に積み込まれる貨物(以下「トランシップ貨物」と呼ぶ)からなる。

例えば、表-4において、シンガポールについてみると、自国から北米西岸向けの貨物が12,445TEUあり、そのうちダイレクト貨物が8,897TEU、残りの3,548TEUは、台湾や東京湾等にフィーダー輸送されていることがわかる。

また、シンガポールの港湾においては、上記のダイレ

クト貨物8,897TEUとインドネシアやマレーシア等の他国・地域からのフィーダー輸送されてきてシンガポール港で本船に積み込まれる46,785TEUのトランシップ貨物の、合計55,682TEUの本船積貨物が取り扱われていることがわかる。ここで、表-4の1997年の1月～3月の貨物輸送実績データをもとに、各国・地域からの発生貨物のうち他国・地域へフィーダー輸送される貨物の割合(以下「フィーダー率」と呼ぶ)と、各国・地域の港湾における本船積込貨物量のうち他国・地域からの積替え貨物の割合(以下「トランシップ率」と呼ぶ)を、各国・地域別に表-5のとおり算出した。

表-4および表-5より、東アジア-北米西岸(東行)航路におけるコンテナ貨物流動の状況は、次のようにまとめることができる。

- 1)この期間にアジア諸国から北米西岸には77.9万TEUの貨物が輸送されており、うち59%にあたる46.1万TEUの貨物が自国の港湾から北米西岸向けの本船に積み込まれ、残りの31.8万TEUが他の国・地域の港湾にフィーダー輸送されている。フィーダー輸送先としては、香港が最も多く17.2万TEU、ついで台湾が5.5万TEU、シンガポール4.7万TEU、東京湾2.2万TEU等となっている。
- 2)自国で本船積みされず他国・地域の港湾にフィーダー輸送される貨物の比率であるフィーダー率をみると、我が国をはじめ、NIES4の韓国、台湾、香港ではほとんどの貨物が、自国の港から本船積みとなっているのに対し、ASEAN4の各国ならびに中国ではフィーダー率が高いことがわかる。なお、94年と97年のフィーダー率を比較すると、中国、マレーシア、韓国、シンガポール等の国でフィーダー率が大きく減少し、自国からのダイレクト貨物の比率が多くなっていることがわかる。

表-4 東アジア-北米西岸航路(東行)におけるコンテナ貨物の流動 (1997年1月～3月)

輸出国	北米西岸 輸出貨物	輸出国の 本船積	フィーダー 貨物	本船積みを行う国・地域 (TEU)								
				東京湾	大阪湾	伊勢湾	北部九州	韓国	台湾	香港	シンガポール	その他
日本	149,728	147,217	2,511	0	0	0	0	1,643	142	172	74	479
NIES4 小計	271,815	259,375	12,440	3,404	1,257	10	0	86	6,400	840	292	152
韓国	49,500	48,115	1,385	641	509	10	0	0	94	67	56	8
台湾	106,829	105,680	1,149	309	143	0	0	28	0	421	163	85
香港	103,041	96,682	6,359	1,281	564	0	0	4	4,382	0	73	55
シンガポール	12,445	8,897	3,548	1,173	41	0	0	54	1,923	352	0	4
ASEAN4 小計	118,247	10,285	107,962	7,303	1,521	0	0	1,580	42,356	8,866	46,191	145
タイ	38,741	2,913	35,828	3,186	1,110	0	0	786	17,053	4,685	8,996	13
マレーシア	27,662	5,588	22,074	1,445	164	0	0	4	3,819	1,156	15,479	6
インドネシア	29,820	142	29,678	1,459	176	0	0	48	5,380	1,213	21,394	8
フィリピン	22,024	1,642	20,382	1,214	71	0	0	742	16,103	1,811	322	119
中国	239,608	44,223	195,385	11,039	6,501	75	0	9,248	6,484	161,801	228	9
Total	779,397	461,099	318,298	21,746	9,279	85	0	12,557	55,381	171,679	46,785	785

(参考文献 11)より作成

3)アジア各国の貨物のうち、他国の港湾でトランシップされる貨物31.8万TEUのトランシップ港湾については、香港が最大で17.2万TEU(53.9%)、ついで高雄港が5.5万TEU(17.4%)である。我が国の港湾でトランシップされる貨物は、3.1万TEU(9.8%)で、このうち東京湾でのトランシップ貨物取扱いが約7割を占める。

4)我が国で本船に積まれる貨物は、自国発本船積貨物14.7万TEUと、フィーダー輸送されてきた貨物3.1万TEUの合計の17.8万TEUであり、トランシップ貨物の比率は17.4%である。香港では、自国(地域)発で本船積貨物9.7万TEUとトランシップ貨物17.2万TEUの合計26.8万TEUが本船に積まれ、トランシップ比率は64.0%である。同様に、シンガポールについては、本船積貨物の84.0%がトランシップ貨物となる。

94年と97年のトランシップ率を比較すると、香港、シンガポール、韓国のトランシップ率が増大しており、他国・地域からの貨物の比率が増大していることが伺える。逆に、日本については、トランシップ率が減少していることがわかる。

5)フィーダー先をみると、中国では香港、韓国では日本の各港湾、そして、フィリピン・香港では高雄港が卓越している。一方、タイ、マレーシア、インドネシアでは、シンガポール港・高雄港・香港に相手港が分散している。

表-5 各国・地域でのフィーダー率とトランシップ率

	フィーダー率			トランシップ率		
	1997年	1994年	増減	1997年	1994年	増減
日本	1.7%	0.6%	1.1%	17.4%	20.6%	▲3.2%
韓国	2.8%	23.1%	▲20.3%	20.7%	18.1%	2.6%
台湾	1.1%	2.7%	▲1.6%	34.4%	35.1%	▲0.7%
香港	6.2%	9.5%	▲3.3%	64.0%	54.2%	9.8%
シンガポール	28.5%	45.2%	▲16.7%	84.0%	79.5%	4.5%
タイ	92.5%	100.0%	▲7.5%	0.0%	0.0%	0.0%
マレーシア	79.8%	93.9%	▲14.1%	0.5%	0.5%	0.0%
インドネシア	99.5%	99.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
フィリピン	92.5%	89.4%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%
中国	81.5%	100.0%	▲18.5%	1.7%	1.3%	0.4%

注1)フィーダー率:各国・地域の発生貨物のうち他国・地域へフィーダー輸送する貨物の割合
注2)トランシップ率:各国・地域の港湾取扱量(本船積)のうち他国・地域からの積替え貨物の割合
(参考文献 11)より作成

ここで、フィーダー先の港湾における一週間あたりの北米西岸へのルート数を示したものが表-6である。これによると、寄港ルート数が多い港がフィーダー先として選択されることが多いことがわかる。

表-6 各港湾/地域の1週あたりの寄港ルート数(97年)

港湾/地域	ルート数	港湾/地域	ルート数
東京湾	29	台湾	23
伊勢湾	16	香港	26
大阪湾	27	シンガポール	11
韓国	15		

(参考文献 9)より作成

3. 船社の寄港挙動のモデル化

以上の分析を踏まえ、東アジア-北米西岸航路(東行)における寄港地を説明するモデルを検討する。

3.1 モデルの考え方

本分析では、本船の寄港とフィーダーによる集荷に注目してモデルを検討した。先に述べたように、ある港湾に本船が寄港するか否かは、その港湾での集荷量に依存する。

一般にコンテナ貨物の生産量は、背後圏のGDP、交易関係、生産品目(コンテナ貨物としての適性)等により大きく変わり、これが、コンテナ航路形成を考えるうえで、重要な因子となるが、本分析では、各国・地域のコンテナの生産・消費量自体の要因を分析するのではなく、海上輸送に注目して各港で取り扱われる貨物量についてその要因を分析した。

ある港湾で取り扱われるコンテナ貨物量のうち当該港湾で本船に積み込まれる貨物量は、①その港の立地する当該国・地域で生産・消費される貨物量(以下「ローカルターミナル需要」と呼ぶ)のうち当該港湾で本船積みされるダイレクト貨物と、②当該港湾周辺の国・地域で生産・消費され、当該港湾にフィーダー輸送され当該港湾で本船に積み込まれるトランシップ貨物の合計(以下、両者の合計を「拡大ターミナル需要」と呼ぶ)となる。

よって、当該港湾での本船積みの貨物取扱量は、ローカルターミナル需要ではなく、ダイレクト貨物とトランシップ貨物の合計である拡大ターミナル需要を考えなければならぬ。

図-7には、ダイレクト貨物、フィーダー貨物、トランシップ貨物の区分を示す。この図-7において、A港の拡大ターミナル需要は、A港から本船に積み込まれる「①のダイレクト貨物」と、「③のB港からのトランシップ貨物(=③)」の合計となる。

一般に、生産地では、①自国の港で本船に載せるか、②他港にフィーダーするか、の2つの選択の余地がある。①を行う条件には、自国に本船が寄港することがある。そして、本船運航において、コンテナ輸送の需要に応じたサービス(例えば頻度、目的地への寄港)を有する必要がある。一方、一般にフィーダー輸送は小型・中型船等で行い、フィーダー先の港湾で本船への積替えが行われるため、輸送日数が長くなり、しかも輸送費用も高くなる。更に、貨物の破損の可能性等も高くなる。

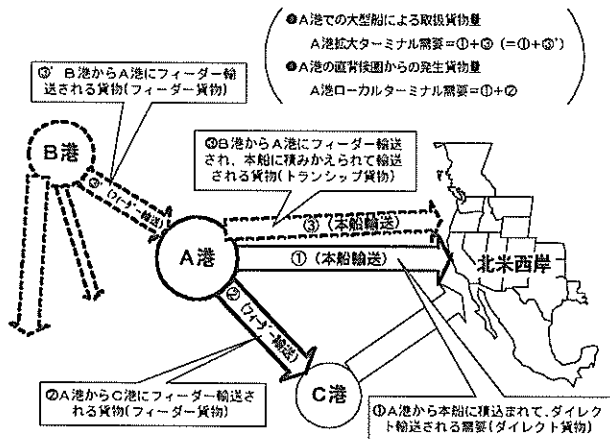


図-7 ダイレクト・フィーダー・トランシップ貨物と拡大ターミナル需要の定義

したがって、本船とフィーダー船の両方の候補があって、出発、到着の条件が同じであれば本船を選択することになると考えられる。しかしながら、実際には港によっては本船サービスの水準が低く、フィーダー船を選択しなければならない状況も多い。

表-4あるいは表-5からわかるように、港が十分整備されておらず、本船の寄港が少ない中国、タイなどでは、自国発生貨物をフィーダー化せざるを得ない。一方、日本や台湾など、港が整備され、本船が多く寄港している港では、フィーダー率が低く、ダイレクト貨物が多い。もっとも、シンガポールのようにフィーダー貨物を多く受入れている(すなわちトランシップ率が高い)港湾であっても他の港湾へのフィーダーがあり、単純に本船寄港数のみでは定まらない場合もある。

以上の検討は、出発港における本船積み(ダイレクト貨物)とフィーダー輸送(フィーダー貨物)の選択である。次に、フィーダー船を用いる場合に、どの港湾を用いるかという選択がある。フィーダー船利用に関しても、港湾が整備され、多くの本船が寄港している港湾が利用されやすい。したがって、そのような港がフィーダー先の港湾として選択されることが多い。ただし、本船寄港数が多い等の条件を満足しても、目的地から大きくはずれ迂回を余儀なくされる港湾や、フィーダー距離が総輸送距離に比して大きくなる港湾が選択される可能性は少ない。これは、一般にフィーダー船は速度が遅く、フィーダー先の港湾での積替えの費用や時間等がかかることが多いため、トータルの輸送時間や費用が大きくなり、そのデメリットが顕著になることによる。

このことは、表-4の各国からフィーダー輸送される貨物についての主要なフィーダー先の港湾をみても読みとることができ、近くて大きな港湾にフィーダー貨物を輸送していることがわかる。

3.2 モデルの全体構造

これまでの分析結果をもとに、「本船寄港地は、当該港湾のターミナルの需要規模、港のサービス水準(港湾施設整備量等)によって決定される」、「需要発生地の港湾からコンテナを輸送する場合に、需要発生地の港湾に寄港する本船航路と、周辺港湾に就航している本船航路(結果的には、対応港へのフィーダー輸送となる)のいずれを選択するかは、運航サービスレベルや輸送時間や費用等によって大きく左右される」こと等を考慮して、モデルの全体構造を図-8のとおりとした。

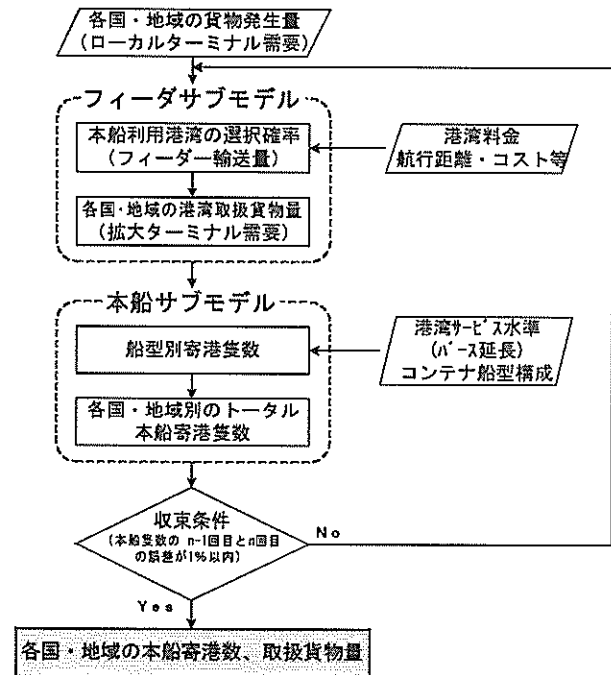


図-8 本モデルの全体構造

ここでは、本船積込港湾選択を検討するモデル(以下「フィーダーサブモデル」と呼ぶ)と本船寄港隻数を算定するモデル(以下「本船サブモデル」と呼ぶ)の2つのサブモデルを考え、図-8のように組み合わせることで全体モデルとしている。また、図-8に示したとおり、今回の検討モデルは、各国・地域からの発生貨物量、バースの整備延長、港湾料金等を入力条件とし、最終的な出力を、各国貨物のフィーダー輸送等を考慮したうえでの「各国・地域の本船寄港隻数・取扱貨物量」としたモデルである。本モデルは、フィードバックループを有しているのが特徴であり、本船寄港数とフィーダー船を用いて集められる貨物量の均衡のもとに、各国・地域の本船寄港数と取扱貨物量がアウトプットとして得られるモデルとなっている。

3.3 フィーダーサブモデルの構造

本分析で用いた貨物流動データによると、需要発生地の港湾に本船(北米西岸までのダイレクト航路)が寄港している場合でも、周辺他国の港湾へフィーダー船で輸送し、フィーダー先の港湾から本船に積み込みを行っている実績がかなりある。

すなわち、船社は需要発生地からの貨物輸送に際して、①需要発生地の港湾からのダイレクト航路を利用するか、②周辺他国の港湾へフィーダー輸送しフィーダー先の港湾で本船に積み込むか、またそのフィーダー先の港湾としてはどこを選択するのかについて、様々な要因を比較検討しいずれかのルートを選択しているものと考えられる。例えば、図-9に示すとおり、I港、J港、K港の3つの港湾があり、I港から北米西岸への輸送ルートを考えてみると、I港から北米西岸へのルートとしては、I港において本船に積み込むルートと、K港あるいはJ港まで小型・中型船等でフィーダー輸送して、K港あるいはJ港において北米西岸向けの本船に積替えるルートの合計3つのルートが存在し、各ルートの様々な要因を比較検討したうえで、どのルートで運ぶかが選択されることとなる。

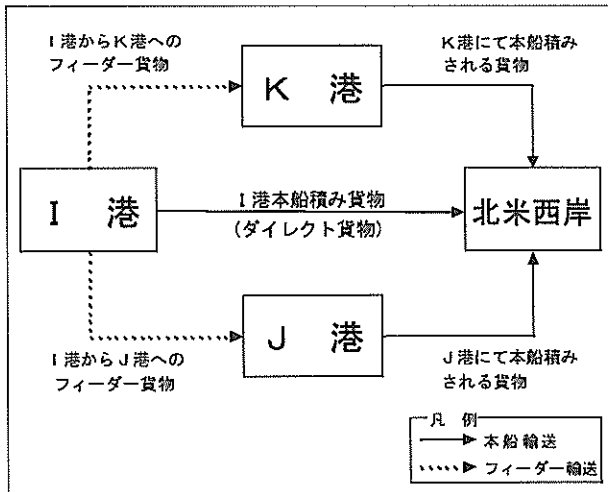


図-9 フィーダーモデルにおけるI港の選択ルート例

フィーダーサブモデルの構造式は、下記の式(1),(2)に示したように、当該港湾のローカル需要がどの港湾において本船積みされるか、すなわち、ダイレクト貨物や他港へのフィーダー輸送貨物の比率がそれぞれどのようになるかという本船積み港湾別の貨物量比率 P_{ir} を被説明変数とする集計ロジット型モデルとした。なお、説明変数としてはルートのサービス水準や輸送コスト等を考えた。具体的な説明変数は後述する。

$$P_{ir} = \frac{\exp(V_{ir})}{\sum_r \exp(V_{ir})} \quad \text{式(1)}$$

$$V_{ir} = \alpha_1 \cdot X_{ir1} + \alpha_2 \cdot X_{ir2} + \alpha_3 \cdot X_{ir3} + \dots \quad \text{式(2)}$$

P_{ir} : i港におけるルートrの選択確率

V_{ir} : i港におけるルートr選択時の効用関数

$X_{ir1}, X_{ir2}, X_{ir3}, \dots$: 説明変数

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$: パラメーター

3.4 本船サブモデルの構造

船社が本船を寄港させるかどうかは、集荷できる貨物ならびに入港に必要な施設が十分整備されているかが大きな要因であることから、本船寄港隻数を説明変数とする式(3)のようなモデル式を考えた。なお、ターミナルの需要量としては、ダイレクト貨物に加え、他国・地域からフィーダー輸送され当該港湾で本船に積み込まれる貨物(トランシップ貨物)をあわせた拡大ターミナル需要を考えた。更に、本船サブモデルの構築にあたっては、水深区分によるバース延長の他、船型区分も考慮してモデルを構築した。

$$Y_{si} = (\alpha \cdot X_{i1} + \beta \cdot X_{i2} + \gamma \cdot X_{i3}) C_s \quad \text{式(3)}$$

Y_{si} : i港の船型クラスSの本船寄港隻数(隻)

X_{i1} : i港の拡大ターミナル需要

X_{i2} : i港の-12m~-14mのコンテナバース延長

X_{i3} : i港の-14m以深のコンテナバース延長

C_s : 東アジア-北米西岸航路の投入コンテナ船型クラスSの隻数比率

(C_1 : 2,000~4,000TEU, C_2 : 4,000TEU以上)

α, β, γ : パラメーター

4. モデルの検討結果

上記の3のモデル構造を考え、モデルのパラメーター推計ならびに現況再現性のチェック、感度分析を下記のとおり行った。

4.1 分析データ

今回のモデル検討にあたっては、図-10に示した主要国・地域を分析の対象とした。日本については、三大湾と北部九州の4地域に、また中国については、北部（東北・華北）、中部（華中）、南部（華南）の3地域に分割して分析を進めた。

モデルの構築にあたっての使用データは、コンテナ貨物の流動状況については、表-4に示したデータを、また本船寄港隻数も同データからの実績値を用いた。更に97年現在の港湾整備量については各港の資料から97年1月

現在のコンテナバースの整備延長を整理して用いた。そのほか、モデルの検討にあたり必要となった運航コストについては運輸省で検討した輸送コストモデル¹²⁾、港湾料金については運輸省でのモデルケースでの料金計算結果¹³⁾を準用した。

なお、モデルの適合性をみるために、97年データを用いて検討したモデルを94年データに適用してモデルの再現性のチェックを行うにあたっては、上記のコンテナ貨物流動状況・本船寄港隻数については94年1月～3月の実績データを、また港湾料金やコンテナバース延長については、94年1月現在のデータを用いた。

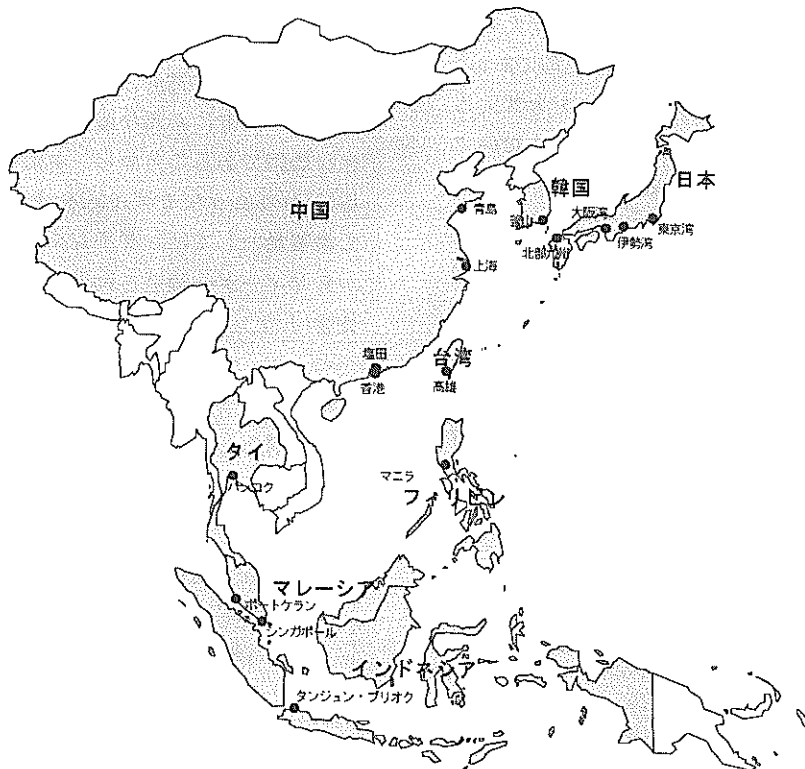


図-10 東アジアの対象国と各国・地域の代表港湾の位置図

表-7 東アジアの主要国・地域間ならびに北米西岸との運航距離

国・地域 (代表港湾)	北米西岸への本船距離	フィーター先の港湾までの距離 (単位: sea mile)								
		北部九州	伊勢湾	大阪湾	東京湾	韓国	台湾	香港	シンガポール	
日本 北部九州 (門司)	5,234	-	-	-	-	123	943	1,184	2,523	
〃 伊勢湾 (名古屋)	4,990	-	-	-	-	548	1,238	1,479	2,791	
〃 大阪湾 (神戸)	5,137	-	-	-	-	367	1,141	1,382	2,694	
〃 東京湾 (横浜)	4,849	-	-	-	-	671	1,361	1,602	2,908	
韓国 (プサン)	5,235	123	548	367	671	-	912	1,153	2,492	
台湾 (台湾)	6,115	943	1,238	1,141	1,361	912	-	342	1,611	
中国 北部 (青島)	5,731	575	995	814	1,123	510	870	1,111	2,448	
〃 中部 (上海)	5,704	532	921	776	1,041	478	603	844	2,183	
〃 南部 (塩田)	6,385	1,214	1,509	1,412	1,632	1,183	372	30	1,458	
香港 (香港)	6,355	1,184	1,479	1,382	1,602	1,153	342	-	1,428	
シンガポール (シンガポール)	7,675	2,523	2,791	2,694	2,908	2,492	1,611	1,428	-	
インドネシア (TJブリーク)	8,008	2,864	3,117	3,028	3,234	2,833	1,893	1,723	528	
マレーシア (PTケラン)	7,958	2,771	3,027	2,942	3,156	2,740	1,859	1,676	248	
フィリピン (マニラ)	6,544	1,442	1,660	1,578	1,777	1,421	548	633	1,329	
タイ (バンコク)	7,782	2,626	2,897	2,816	3,020	2,595	1,714	1,527	817	

資料: 「Distance Tables for World Shipping ((社) 日本海運協会) 」, 「World-wide Distance Chart (日本航海士会) 」より作成

(1) 主要国・地域との運航距離

分析対象とした東アジアの主要国・地域、その各国・地域の代表港湾間ならびに北米西岸とのコンテナ船の運航距離を、図-10および表-7に示す。

(2) バース延長

港湾サービス水準として、大型コンテナ船寄港に対応可能な水深(-12m以上)を備えた岸壁の総延長、すなわち、2,000~4,000TEUクラスのコンテナ船対応として水深-12~-14mのバースを、また近年増加している4,000TEUを超えるコンテナ船対応としては、-14m以深のバースを考えた。具体的な施設整備量は表-8のとおりである。

表-8 東アジアの主要国・地域におけるバース延長

国・地域	1994年の整備状況		1997年の整備状況	
	水深-12~14m	水深-14m以深	水深-12~14m	水深-14m以深
日本	5,780	1,300	6,020	2,350
東京湾	1,350	350	1,650	350
伊勢湾	8,850	1,050	9,690	2,450
大阪湾	720	0	1,020	0
北部九州	647	0	647	0
中国	0	0	784	0
北部	0	0	0	700
中部	0	0	0	0
南部	0	0	0	0
台湾	3,756	3,200	4,396	3,605
香港	3,587	1,100	3,587	2,380
インドネシア	0	0	0	0
韓国	1,262	900	1,262	1,200
マレーシア	1,280	0	1,280	0
フィリピン	900	0	900	0
シンガポール	2,143	1,974	2,143	1,974
タイ	0	900	0	900

(資料：参考文献 1)、各港の港湾関係資料等より作成)

(3) 輸送コスト

運輸省で検討した参考文献12)によるコンテナ船の運航コスト(下記の式(4)参照)を用いることとした。

式中のパラメーターαは、固定費(千円/FEU)であり、船の償却費用、税金、人件費などから構成される船費のうち航行距離にかかわらずかかるコストと停泊中の燃料等の合計を、またパラメーターβは距離に比例する船費ならびに燃料費等の費用の単価(千円/sea mile・FEU)を表している。

コンテナ船の運航コストモデル (参考文献 12)より抜粋)

$$\text{輸送コスト} F = \frac{\alpha + \beta \times D \times 10^{-3}}{R} \quad \text{式(4)}$$

(千円/FEU)

α, β : パラメーター
 D : 航行距離(sea mile)
 R : 消席率 (80%)

(パラメーターの値)

	300TEU船	2,000TEU船	4,000TEU船
α	13.40	4.07	2.56
β	37.40	10.10	5.96

なお、東アジア域内のフィーダー輸送については、就航船舶の実績などを考慮し今回の検討では300TEU積み船舶を、また、北米西岸向けの船舶については、2,000TEUクラス、4,000TEUクラスの2タイプの船を想定し、所要の運航コストを算出した。

(4) 港湾料金

港湾料金については、運輸省が試算したモデルケースでの試算値を、為替レートで修正した値を用いることとした。(表-9参照)

表-9 東アジアの主要国・港湾の港湾料金

国	(US \$ /FEU)	
	1997年	1994年
日本	316	374
香港	347	348
シンガポール	177	172
韓国	140	165
台湾	158	172

(資料：参考文献 13)より作成)

(5) 大型船比率

東アジア-北米西岸に就航しているコンテナ船の船型構成については、94年ならびに97年については、実際のコンテナ船の就航状況から表-10のように設定した。

表-10 東アジア-北米西岸のコンテナ船の船型構成

	2,000~4,000TEU	4,000TEU以上
1994年	0.90	0.10
1997年	0.81	0.19

(資料：各年の参考文献 9)より作成)

4.2 フィーダーサブモデルのパラメーター推計

フィーダーモデルのパラメーター推計にあたっては、各国・地域から発生するコンテナ貨物がどの国・地域の港湾にフィーダーするかあるいは自国の港湾から本船に積み込まれダイレクト輸送されるかという状況を、本船への積込港湾の本船寄港隻数や、ダイレクト便にて北米西岸まで輸送した場合とフィーダー輸送を利用して他港湾から本船積込して輸送した場合の輸送コストや港湾コスト、あるいは中国と香港や台湾等との特殊な交易事情を表すダミー変数等の説明変数を導入することにより検討した。なお、本船寄港隻数については、隻数をそのまま変数とするのではなく、そのサービスレベルを多段階でとらえ、ウィークリーサービス、ディリーサービス、そして更には1日3寄港程度のサービスがある場合の多頻度サービスとの3つのレベルを考え、それぞれダミー変数の形でモデルへの導入を試みた。

表-11 フィーダーサブモデルのパラメーター推計結果

	モデル1		モデル2		モデル3		モデル4		モデル5	
重相関係数R	0.820		0.813		0.790		0.796		0.803	
重決定係数R2	0.673		0.662		0.624		0.633		0.645	
説明変数	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
輸送コスト	-4.69E-02	-5.73	-4.86E-02	-5.90	-5.19E-02	-6.05	-5.15E-02	-6.05	-4.39E-02	-5.22
港湾コスト	-1.39E-02	-4.66	-1.28E-02	-4.33	-1.10E-02	-3.61	-1.53E-02	-4.88	-1.33E-02	-4.29
ウィークサービス	7.40E+00	2.80	7.10E+00	2.66	7.92E+00	2.84	8.42E+00	3.04	-	-
デイリーサービス	6.80E+00	6.70	6.94E+00	7.07	6.72E+00	6.27	8.25E+00	8.53	7.42E+00	7.25
多頻度サービス	1.78E+00	3.36	1.94E+00	3.67	1.40E+00	2.66	-	-	1.95E+00	3.58
中国台湾ダミー	-2.06E+00	-2.42	-2.61E+00	-3.26	-	-	-1.06E+00	-1.26	-2.33E+00	-2.65
中国香港ダミー	3.90E+00	1.77	-	-	-	-	5.16E+00	2.26	3.50E+00	1.54

表-11に、フィーダーサブモデルのパラメーター推計結果を示す。表-11のモデル1~5のように、どのモデルも重相関係数Rが比較的高く、パラメーターの符号条件やt値からみて、説明力の大きなモデルが構築できた。特に、説明変数としては「輸送コスト」と1日1便のサービスを表す「デイリーサービス」が大きな説明力を有していることがわかる。ここで、表-11のフィーダーサブモデル1について、その現況再現性を検証した。

その結果を図-11に示す。図-11より、フィーダーサブモデル1については、香港、台湾において拡大ターミナル需要が若干過大推計、シンガポールや中国中部、大阪湾で若干過小推計とはなるものの、概ね良好な現況再現ができるモデルが構築されていることが確認された。

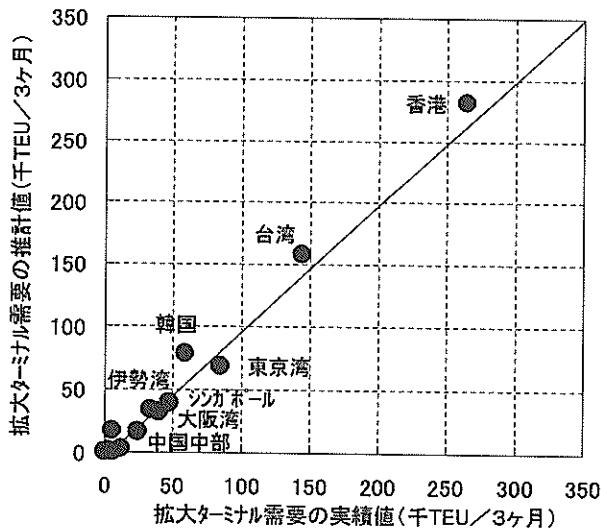


図-11 フィーダーサブモデルの現況再現性

4.3 本船サブモデルのパラメーター推計

本船サブモデルのパラメーター推計にあたっては、他国・地域からフィーダー輸送され当該港湾で本船に積み込まれるトランシップ貨物も考慮した「拡大ターミナル需要」と港湾施設のサービス水準(水深別バース延長)を

説明変数として考えた。

パラメーター推計結果を表-12に示す。表-12によると、各港の本船隻数は、説明変数の「14m以深のバース延長」のt値が若干小さいものの、当該港のターミナル背後需要とサービス水準(バース延長)で説明できることがわかる。なお、港湾料金や運営時間等のソフト面のサービスレベルをモデルに取り組みことを検討したが、データの制約もあり、今回は定量化が十分に行えなかった。

ここで、表-12の本船サブモデルの現況再現性を検討した。その検討結果を図-12に示す。これより、各港湾について、2,000~4,000TEUクラスの寄港隻数モデルにおいて、伊勢湾ならびに韓国の本船隻数が実績値に比べて過小推計となったものの、ほぼ良好な現況再現性を有するモデルが構築できた。

表-12 本船サブモデルのパラメーター推計結果

	2000~4000TEU		4000TEU以上	
重相関 R	0.926		0.949	
重決定 R2	0.857		0.901	
	係数	t値	係数	t値
拡大ターミナル需要	8.93E-04	2.73	2.06E-03	6.78
12-14mバース長	2.14E-02	2.43	-	-
14m以深バース長	4.51E-02	1.73	2.29E-02	1.40

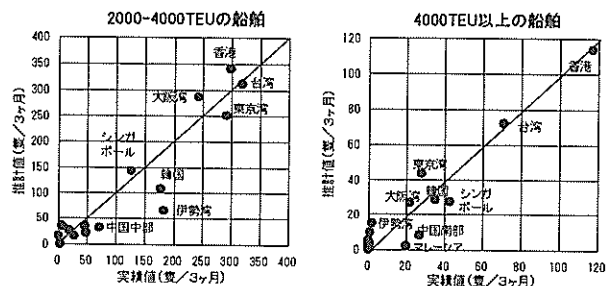


図-12 本船サブモデルの現況再現性

4.4 モデル全体系での97年の現況再現性の検討

今回検討したモデルは、フィーダーサブモデルと本船サブモデルの両モデルを組み合わせたモデルであり、本船の寄港と各国・地域間の貨物の動きが均衡するまで繰り返し計算を行うモデルとなっている。したがって、モデルの適合性を判断するには、上記4.2.4.3のそれぞれのサブモデルの現況再現性のみならず、繰り返し計算を行った後のモデル全体系での現況再現性のチェックも不可欠となる。

そこで、ここでは各国・地域から発生するローカル貨物を初期条件とし、図-8のモデルの全体構成フローにしたがい、表-11のフィーダーサブモデル1と表-12の本船サブモデルを用いて、本船寄港隻数と各国・地域の拡大ターミナル需要を算出した。その結果を表-13、図-13に示す。

表-13 モデル全体系での1997年値の現況再現性の検討結果

	本船の寄港隻数(97年1~3月) (単位:隻)		各国の港湾の拡大ターミナル需要 (単位:TEU)	
	実績値	推計値	実績値	推計値
中国	135	54	43,327	554
台湾	390	424	144,242	180,220
香港	416	483	264,253	289,951
韓国	213	184	58,829	101,828
シンガポール	170	168	47,349	45,511
北部九州	49	18	5,114	63
伊勢湾	185	44	33,612	1,109
大阪湾	265	312	40,290	39,724
東京湾	320	278	84,553	69,546
日本合計	819	652	163,569	110,442
インドネシア	3	0	142	0
マレーシア	38	23	5,588	440
フィリピン	0	16	0	96
タイ	46	38	2,906	1,122
計	2,230	2,042	730,205	730,205

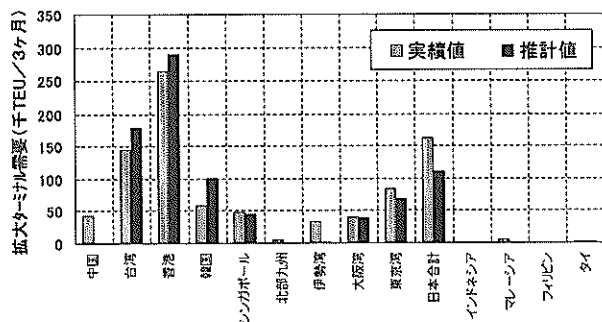


図-13 モデル全体系での拡大ターミナル需要の1997年値の現況再現性

これより、本船隻数ならびに拡大ターミナル需要とも、中国、伊勢湾の隻数ならびに拡大ターミナル需要が過小推計、台湾、韓国の拡大ターミナル需要が若干過大推計等とはなっているものの、概ね良好な現況再現性を有しているモデルが構築されたことがわかる。

4.5 モデルの適用性の検討

ここでは、上記のモデルを用いて将来推計などを行うに先立ち、モデルの移転性についての検討を行うこととした。具体的には、4.4と同様に表-11のフィーダーサブモデル1と表-12の本船サブモデルのパラメーターを用いて、1994年1月~3月の実績データの再現性を検討した。

表-14にその検討結果を示す。表より、本船隻数が台湾、香港、シンガポールで若干過大推計、伊勢湾で過小推計、また拡大ターミナル需要に関しては、韓国で若干過大推計、伊勢湾、大阪湾等で若干過小推計とはなっているものの、97年データで構築したモデルのパラメーターを94年実績データに適用しても、94年値をある程度表現できるモデルが構築できた。よって、以下ではこのモデルを用いて、現況での感度分析や、将来予測などを行うこととした。

表-14 モデル全体系での1994年値の現況再現性の検討結果

	本船寄港隻数 (隻/3ヶ月)		拡大ターミナル需要 (単位:TEU/3ヶ月)	
	94年1~3月実績	推計値	94年1~3月実績	推計値
中国	1	0	2	0
台湾	286	396	173,977	185,042
香港	265	310	184,382	193,114
韓国	139	140	41,745	76,737
シンガポール	129	175	35,795	47,835
北部九州	41	14	3,337	62
伊勢湾	147	43	28,245	1,369
大阪湾	222	253	54,910	34,817
東京湾	232	225	73,949	57,167
日本合計	642	535	160,441	93,415
インドネシア	12	0	143	0
マレーシア	19	23	1,482	441
フィリピン	8	18	28	139
タイ	1	40	1	1,272
計	1,502	1,639	597,996	597,996

4.6 モデルの感度分析

以上の検討により構築できたフィーダーサブモデルのモデル1ならびに本船サブモデルを用いて、現行の我が国の港湾料金を下げた場合の貨物流動の変化等を分析した。各国・地域での港湾における本船寄港隻数と拡大ターミナル需要の分析結果を表-15、図-14に示す。

日本の港湾料金を現行の8割(316→253 \$/FEU)に下げたケースと、日本の港湾料金をプサン並まで下げたケース(316→140 \$/FEU)の双方のケースにおいて、大阪湾、東京湾については、港湾料金の変化により拡大ターミナル需要が増大し、港湾料金8割の場合には大阪湾26%増、東京湾10%増、またプサン並の港湾料金の時には、大阪湾132%増、東京湾53%増(いずれも現況再現値に対する増加率)となるのが計算された。これら、東京湾や大阪湾の貨物量増大に伴い、香港や韓国の拡大ターミナル需要が減少することとなったが、この要因としては、中国からのフィーダー輸送が日本に多少シフトしたこと、

表-15 97年モデルにおける日本の港湾料金の感度分析結果

	本船寄港隻数				拡大ターミナル需要(TEU)			
	97年1~3月実績値	97年1~3月の現況再現値	日本港湾料金8割のケースの推計結果	日本料金釜山並のケースの推計結果	97年1~3月実績値	97年1~3月の現況再現値	日本港湾料金8割のケースの推計結果	日本港湾料金釜山並のケースの推計結果
中国北部	29	11	11	11	6,722	0	0	0
中国中部	73	14	14	14	24,224	485	444	271
中国南部	33	29	29	29	12,381	69	69	67
中国合計	135	54	54	54	43,327	554	513	338
台湾	390	424	422	393	144,242	180,220	178,112	152,651
香港	416	483	471	421	264,253	289,951	279,470	234,812
韓国	213	184	179	136	58,829	101,828	97,438	58,633
北部九州	49	18	18	18	5,114	63	66	78
伊勢湾	185	44	44	90	33,612	1,109	1,115	42,160
大阪湾	265	312	324	371	40,290	39,724	50,009	92,290
東京湾	320	278	286	319	84,553	69,546	76,842	106,508
日本合計	819	652	672	798	163,569	110,442	128,031	241,036
シンガポール	170	168	168	164	47,349	45,511	44,976	41,281
マレーシア	38	23	23	22	5,588	440	435	399
フィリピン	0	16	16	16	0	96	93	74
インドネシア	3	0	0	0	142	0	0	0
タイ	46	38	38	38	2,906	1,162	1,137	980
計	2,230	2,042	2,043	2,042	730,205	730,205	730,205	730,205

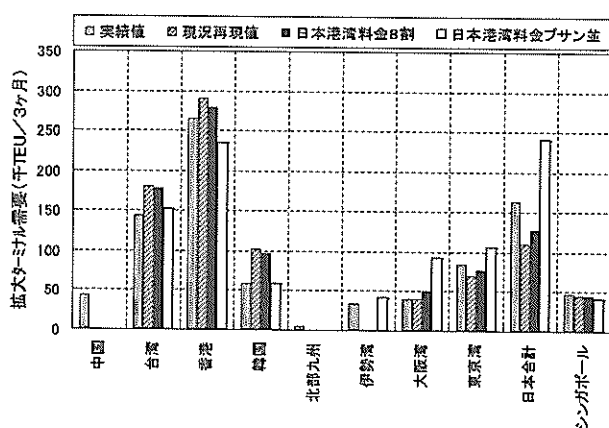


図-14 日本の港湾料金変化の感度分析結果

また韓国については、ダイレクト貨物が若干減少して東京湾や大阪湾へのフィーダー輸送へシフトしたことが分析された。

5. 2010年における航路体系の分析

将来における我が国のコンテナターミナル検討に資するために、2010年における東アジア-北米西岸の航路体系の検討を行った。

5.1 分析データ

(1) 2010年のローカル需要推計

2010年における東アジアの主要国から北米西岸向けのローカル需要については、下記の手順により簡便な計算を行い設定した。

具体的には、東アジア主要国のトータルGDPと北米向けコンテナ輸送貨物量との相関が高いことから、両者の近年の状況から、回帰式を式(5)のとおり算出し、経

済企画庁の発表している東アジア諸国の2010年までの経済成長率をもとにアジア全体のGDPを算出し、先ほどの回帰式から東アジアと北米との2010年のコンテナ輸送量を計算した。

こうして求めた東アジア-北米(東行)のコンテナ貨物量を、四半期の貨物量ならびに北米西岸のみの貨物量に換算し、東アジア諸国への配分は、各国の現行シェアを各国のGDP成長率を勘案して2010年のシェア算出し配分するという簡便法で算出した。その検討結果を、表-16に示す。

なお、日本のローカル需要の4大中枢港湾地域への配分に関しては、今後の北部九州地区におけるコンテナターミナル整備をはじめとして現状の構成比率が変化することが想定されるが、今回はその構成比率変化の検討までは行わず、現状の構成比率で4大中枢港湾地域に配分することとして計算を行った。

東アジア-北米(東行)のコンテナ貨物量とGDPの相関式
(相関係数R=0.96)

$$\text{コンテナ貨物量 (千TEU/年)} = 9.55E-2 \times (\text{東アジア全体GDP}) - 900 \quad \text{式(5)}$$

(億\$)

表-16 2010年の東アジア-北米西岸(東行)の各国のローカル需要(四半期：概算値)

	①97年1~3月輸送実績(千TEU)	②2010年1~3月の0-4半需要予測値(千TEU)	③貨物の伸び(=②/①)	④貨物の年平均伸び率	(参考)1996年~2010年実質GDP年平均成長率
日本	149.7	177.8	1.19	1.33%	2.2%
韓国	49.5	93.5	1.89	5.01%	3.9%
台湾	106.8	206.3	1.93	5.19%	4.3%
香港	103.0	190.6	1.85	4.85%	4.0%
中国	239.6	618.2	2.58	7.56%	7.2%
シンガポール	12.4	27.8	2.24	6.41%	4.8%
フィリピン	22.0	32.2	1.47	2.98%	5.1%
マレーシア	27.7	95.6	3.45	10.00%	8.1%
インドネシア	29.8	56.8	1.91	5.09%	5.4%
タイ	38.7	91.6	2.37	6.86%	6.2%
Total	779.2	1590.5	2.04	5.64%	

(2) パース延長

2010年における各国・地域のコンテナパース延長については、各港の将来計画資料等をもとに表-17のとおり設定した。

表-17 2010年の各国・地域のコンテナパースの整備延長想定値

国・地域	将来計画(2010年)			(参考)1997年現況		
	水深-12~14m	水深-14m以深	パース比率	水深-12~14m	水深-14m以深	パース比率
日本	3,220	8,650	72.9%	6,020	2,350	28.1%
東京湾	1,650	3,350	67.0%	1,650	350	17.5%
伊勢湾	6,000	9,800	62.0%	9,690	2,450	20.2%
北部九州	2,550	1,690	39.9%	1,020	0	0.0%
中国	1,521	4,250	73.6%	647	0	0.0%
北部	3,284	225	6.4%	784	0	0.0%
中部	471	4,350	90.2%	0	700	100.0%
台湾	5,656	6,545	53.6%	4,396	3,605	45.1%
香港	3,587	7,500	67.6%	3,587	2,380	39.9%
インドネシア	490	900	64.7%	0	0	-
韓国	1,262	8,270	86.8%	1,262	1,200	48.7%
マレーシア	1,079	1,523	58.5%	1,280	0	0.0%
フィリピン	900	1,300	59.1%	900	0	0.0%
シンガポール	2,143	11,399	84.2%	2,143	1,974	47.9%
タイ	0	1,200	100.0%	0	900	100.0%

(資料：参考文献 1)、各港の港湾計画関係資料等より作成)

5.2 ケーススタディ

上記の5.1のローカルターミナル需要、パース延長等を初期条件として、2010年における各国・地域の本船寄港隻数、拡大ターミナル需要を計算した。計算にあたっては、パース延長については表-17のとおり各国の計画どおりとするケースの他、日本では新たに水深-14m以深の大水深パースを整備しないケース、更には日本の港湾料金を8割やプサン並に下げるケース、4,000TEUを超

える大型コンテナ船の比率を変えるケース等について、試算を行った。

なお、ここで「日本は大水深を整備しないケース」については、将来の日本のコンテナパース総延長は変えないものの、その内訳である水深-14m以深のパース整備については、すべて水深-12~14m以浅のパースとして整備するとして計算を行った。試算結果を表-18と図-15および図-16に示す。表-18および図-15,16より、以下のことがわかる。

- a)97年実績値とケース1を比較すればわかるように、大型船比率が現状どおり2割であり、かつ各国・地域がパース整備を計画どおり進めた場合には、中国、台湾、韓国、シンガポール等、日本以外の国でのコンテナ貨物取扱量が飛躍的に増大するが、日本については現状より14%程度の増にとどまることがシミュレーションされた。
- b)また、今後の船舶の大型化を想定して4,000TEU以上の船舶の比率を4割、6割としたケース2およびケース3では、2010年における大水深パースの比率が高い韓国やシンガポールでは大型化の進行にともない取扱量が増大するものの、大水深パース比率の低い台湾では取扱量が減少、日本においても大型化に伴い貨物量が減少することがシミュレーションされた。
- c)特に、日本についてみると、大型船比率が2割から4割に増大しても貨物の取扱量は微減程度であるものの、

表-18 2010年の東アジア-北米西岸(東行)航路の主要国・地域の本船寄港隻数と拡大ターミナル需要推計結果

	パース整備条件	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	(参考) 97年1~3月実績
		将来計画どおり 97年現況どおり 大型船比率 2割(現状)	将来計画どおり 97年現況どおり 4割	将来計画どおり 97年現況どおり 6割	日本大水深無し 97年現況どおり 4割	将来計画どおり 日本は8割 4割	将来計画どおり 日本は釜山並 4割	
		推計値	推計値	推計値	推計値	推計値	推計値	実績値
寄港 隻数 (隻)	中国	665	648	633	650	644	631	135
	台湾	741	752	751	757	750	737	390
	韓国	684	708	763	739	694	630	213
	マレーシア	82	69	58	69	69	69	38
	フィリピン	69	59	49	59	59	59	0
	香港	828	887	947	892	878	831	416
	シンガポール	690	684	693	684	684	677	170
	インドネシア	46	40	34	40	40	40	3
	北部九州	121	103	75	54	106	123	49
	伊勢湾	212	199	186	128	201	211	185
	大阪湾	559	497	419	307	510	578	265
	東京湾	508	475	427	314	484	533	320
	日本	1,400	1,274	1,107	803	1,301	1,445	819
	タイ	49	44	39	44	44	44	46
合計	5,254	5,165	5,074	4,737	5,163	5,163	2,230	
拡大 ターミナル 需要 (TEU/ 3ヶ月)	中国	195,159	193,560	195,262	194,324	191,999	182,085	43,327
	台湾	337,190	325,483	310,672	328,406	323,798	313,935	144,242
	韓国	290,983	288,317	306,989	310,945	278,789	231,110	58,829
	香港	411,122	418,641	425,476	422,420	411,808	377,426	264,253
	シンガポール	168,239	179,234	196,219	179,575	178,627	174,471	47,349
	インドネシア	492	443	413	444	441	429	142
	北部九州	7,188	6,688	19	16	9,091	21,813	5,114
	伊勢湾	41,640	41,223	41,075	40,942	42,627	49,752	33,612
	大阪湾	48,580	47,527	34,959	34,318	57,172	107,642	40,290
	東京湾	88,938	88,315	78,106	78,035	95,286	130,836	84,553
	日本	186,346	183,753	154,158	153,312	204,177	310,043	163,589
	マレーシア	490	423	396	424	422	414	5,588
	フィリピン	169	147	146	149	143	119	0
	タイ	210	400	689	401	398	388	2,908
合計	1,590,400	1,590,400	1,590,400	1,590,400	1,590,400	1,590,400	730,205	

大型船比率が6割になると東京湾、大阪湾、北部九州の各港湾で大幅な貨物減となることがシミュレーションされた。

- d) また、大型船比率4割のケース2の条件を変え、日本に大型バースを整備しないとしたケース4では、大型船バース整備を行わなければ日本の貨物が約17%減となり、我が国のローカル需要が他国・地域にフィーダー輸送されるということがシミュレーションされた。
- e) さらに、ケース2の条件のうち、日本における港湾料金のみ現行の8割に下げるとしたケース5では、日本全体で11%の貨物増(港湾別には北部九州36%増、大阪湾20%増、東京湾8%増等)、逆に韓国貨物が3%減となる。また、日本における港湾料金をプサン並に下げるとしたケース6では、日本全体で69%の貨物増(港湾別には北部九州226%増、大阪湾126%増、東京湾48%増等)、逆に韓国貨物が20%減となることがシミュレーションされた。
- f) 寄港隻数についても、大型船比率が2割、4割、6割と増大するにつれアジア全体では減となること、国・地域別には、韓国や香港等では増大、日本では減少することがシミュレーションされた。また、日本に大水深バースがない場合の日本の大型コンテナ船の寄港数は、ケース2とケース4の比較により、約37%減となることがシミュレーションされた。

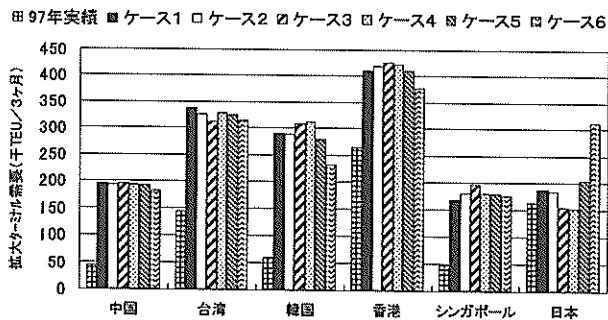


図-15 2010年の東アジア-北米西岸(東行)航路の主要国の拡大ターミナル需要推計結果

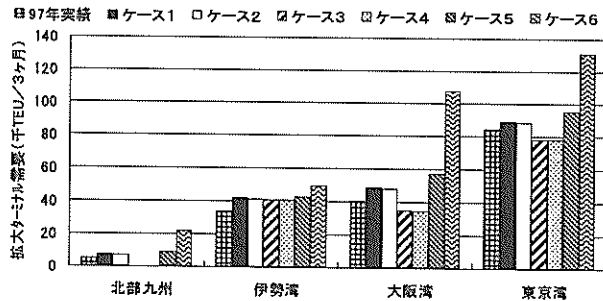


図-16 2010年の東アジア-北米西岸(東行)航路の日本の4大中枢港湾地域の拡大ターミナル需要推計結果

6. おわりに

今回の検討では、船社の行動結果としての国際コンテナ船の寄港隻数やフィーダー輸送による貨物量等を、港湾料金、港湾施設の整備状況、輸送コスト、運航頻度等でマクロにとらえ、その状況を説明するモデルの構築ができた。

これにより、我が国の港湾料金を下げた場合の貨物流動の変化や、将来2010年における東アジア地域内でのフィーダー輸送も含めたうえでの各国・地域のコンテナ貨物取扱量を、バースの整備や港湾料金、大型船の構成比率の変化等によりシミュレーションすることができ、今後の船舶の大型化や大水深コンテナバースの整備如何によって、我が国のコンテナ貨物取扱量や大型コンテナ船の寄港隻数が大きく変化することがモデルのうえで検証できた。

ただし、今回の分析に関しては、本船サブモデル・フィーダーサブモデルとも、より精度をあげるためのモデルの改良が必要であるとともに、今回は検討が行えなかった我が国の将来ローカル需要の4大中枢港湾地域への配分問題、北米西岸-東アジア(西行)航路を含めた航路体系・貨物流動の分析、空コンテナの問題、各港湾におけるコンテナの積み取り量と寄港との問題等、解決すべき課題も多い。

さらに、今回、定量的に検討することを試みたがデータの制約等によって具体的な分析を行えなかった項目である「港湾におけるソフト面のサービス」や「船社ターミナルと寄港の関係」等についての分析も進める必要があると考えている。

今後は、本モデルをさらに改良・発展させ、今後の港湾政策を考えるうえでの基礎資料となる将来の本船寄港やコンテナ貨物流動状況をより正確に予測ができるよう、引き続き分析を進めたいと考えている。

(1998年9月30日受付)

参考文献

- 1) The National Magazine Co. Ltd. : Containerization International Year Book 1992, 1998
- 2) 運輸省港湾局: 大交流時代を支える港湾, 大蔵省印刷局, 1995.10
- 3) 木村東一: 外貿港湾選択評価手法とその応用に関する研究, 京都大学博士論文, 1985.11

- 4)郭子堅,長尾義三,榛沢芳雄:国際コンテナ輸送ネットワークの再編に関する基礎的研究,港湾経済研究 No.33. 1995.3,pp255-269
- 5)黒田勝彦,楊賛:国際ハブ・コンテナ・ターミナルの最適ネットワーク計画,地域応用科学研究会発表論文, 1994.12
- 6)家田 仁,柴崎隆一,内藤智樹:アジア圏国際コンテナ貨物流動モデルとその配分原理に応じた特性比較,土木計画学研究・講演集20, 1997.11
- 7)(財)海事産業研究所:世界の主要地域間定期船荷動き量調査報告書, 1998.3
- 8)(財)日本海事広報協会:数字でみる日本の海運・造船'98, 1998.7
- 9)オーシャンコマース社:国際輸送ハンドブック
- 10)運輸省港湾局:コンテナ航路網の再編による港湾への影響調査報告書, 1992.3
- 11) Journal of Commerce:Piers Port Import Export Reporting Services, 1997.1-1997.3, 1994.1-1994.3
- 12)森浩ほか:土木学会土木計画学研究講演集No.17:外貿コンテナ輸送コストモデルの開発, 1995.1
- 13)(財)日本海事広報協会:平成9年日本海運の現況
- 14)SHIPPING GUIDES LTD: GUIDE TO PORT ENTRY 1997/98 EDITION
- 15)経済企画庁:グローバリゼーション・ワーキンググループ報告書,1998.4
- 16)経済企画庁:グローバリゼーションと21世紀経済の課題, 1997.5
- 17)村田利治ほか:幹線コンテナ定期航路における船社の寄港挙動モデル:日本沿岸域学会論文集, 1998.3
- 18)(社)日本港湾協会:数字でみる港湾'97, 1997.7
- 19)日本郵船調査部編:世界のコンテナ船隊および就航状況,(社)日本海運集会所, 1995.11

港湾技研資料 No.922

1998.12

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 昭和情報プロセス(株)

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright ©(1998) by P.H.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。