

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 ～ 東アジアー北米西岸航路について ～

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

渡部 富博* 善見 政和** 加藤 二朗***
Tomihiko WATANABE Masakazu YOSHIMI Jiro KATO

1. はじめに

近年、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は大きく変化している。

我が国の港湾における国際海上コンテナ取扱量をみると、1990年に785万TEUであった取扱量は、1996年には約1.6倍の1238万TEUに増大しているものの、例えばシンガポールが1294万TEU（90年の約2.5倍）、香港が1346万TEU（同2.6倍）¹⁾とアジアの主要港湾のコンテナ取扱量は大きく伸びており、日本のシェアは相対的に低下しつつある。この背景には、アジア各国の経済発展による貨物量の増大、大規模なコンテナターミナル整備の進展、シンガポールや香港等の本船寄港港湾へのフィーダー輸送（支線輸送）貨物の増大等があげられる。

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、4000～6000TEU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、貨物取り扱いの集約化と運航の迅速化・安定化を図ってきている。更に近年は、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。

このように、今や国際コンテナターミナルの整備

を考えるにあたっては、日本のみならず東アジア諸国の今後の経済発展の動向やコンテナターミナルの状況分析、コンテナ船の大型化の動向分析、コンテナ輸送ルート形成に関わる船社行動分析等が不可欠である。

このような状況のなか、本分析は、今後の我が国のコンテナターミナル整備の検討に資する為に、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ようとしたものである。具体的には、特に船社の行動に着目し、その寄港行動やルート選択等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。なお、今回の分析の対象は、荷動きが大きく船社間の競争も激しい東アジアー北米西岸航路（東行）とした。

2. 東アジアー北米西岸航路の概要

(1)コンテナ航路・寄港地数・投入コンテナ

東アジアー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

表-1 アジアー北米西岸のコンテナ航路タイプ^{a)}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

（各年度参考資料 2）より作成）

キートン：物資流動、経路選択、港湾計画

* 正会員：工修 運輸省港湾技術研究所 主任研究官

（〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 TEL/FAX 0468-44-5035）

** 正会員：工修 運輸省港湾技術研究所 計画基準研究室長

（〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 TEL/FAX 0468-44-5035）

*** 正会員：工修（株）三菱総合研究所 研究員

（〒100-0004 千代田区大手町2-3-6 TEL03-3277-0711

FAX 03-3277-3460）

表-2 東アジア-北米西岸航路のコンテナ船と寄港数

	コンテナ船			ルート平均の寄港 港湾数	
	投入隻数	総船腹量	平均船型	日本	アジア計 (日本含)
94年	255隻	679,594TEU	2,676TEU	2.6港	5.1港
97年	271隻	793,721TEU	2,929TEU	2.2港	4.8港

(各年度参考資料 2)より作成)

の各航路タイプのルート数は、表-1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。

また、表-2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。図-1には、その船型構成を示した。

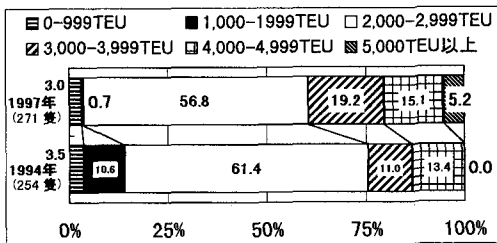


図-1 東アジア-北米西岸のコンテナ船の船型構成
(各年度参考資料 2)より作成)

(2)東アジア-北米西岸航路(東行)のコンテナ貨物流動

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-3に示す。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(以下「フィーダー貨物」と呼ぶ)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、次いで台湾が5.5万TEU、シンガポール4.7万TEU等となっている。

各国の港湾の本船積コンテナ貨物は、自国の背後圏からの貨物(以下「ダイレクト貨物」と呼ぶ)と、他港からフィーダー輸送されてきて当該港湾で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。

各国での発生貨物のフィーダー貨物の割合、ならびに各国の港湾での取り扱い貨物のうちトランシップ貨物の割合を表-4に示す。ASEAN諸国ではフィーダー率が非常に高いこと、またシンガポール、香港では他港からの貨物が集まっているためトランシップ率が高いことがわかる。

表-4 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
日本	1.7%	17.4%
韓国	2.8%	20.7%
台湾	1.1%	34.4%
香港	6.2%	64.0%
シンガポール	28.5%	84.0%
タイ	92.5%	0.0%
マレーシア	79.8%	0.5%
インドネシア	99.5%	0.0%
フィリピン	92.5%	0.0%
中国	81.5%	1.7%

注)フィーダー率 : 各国・地域の発生貨物のうち他国・地域へリボで輸送する貨物の割合
注)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・地域からの積替貨物の割合
(参考資料 4)より作成)

3. 船社の寄港拳動モデルの構築

筆者等は、船社の寄港行動を説明するモデルの検討を行い、各国の貨物がダイレクト貨物として、あ

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

(TEU)

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									
				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	

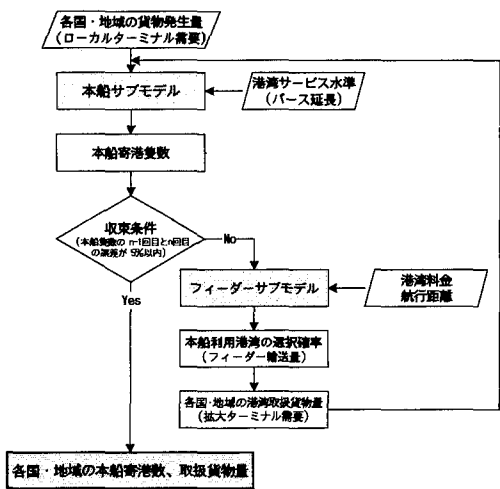
(参考資料 4)より作成)

るいはフィーダー貨物として輸送される状況を説明するモデルを構築している。しかしながら、従来のモデルでは、ルートを選択確率を求めるモデルの説明変数の説明力が弱い、今後の港湾整備のあり方を考える上で不可欠な各種の政策変数の導入が十分ではない等の課題を抱えていた。

そこで、本分析では、それらの点を改良するための検討を行った。

(1)モデルの全体構成

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上での「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。具体的には、モデルは各港湾での本船隻数を予測する「本船サブモデル」と、各港湾の貨物の輸送ルート選択確率を求める「フィーダーサブモデル」の2つのサブモデルから構成される。図－2にモデルの全体フローを示す。



図－2 船社の寄港挙動モデルの全体フロー

(2)分析データ

モデルの検討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－3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⁵⁾、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⁶⁾を準用した。

(3)本船サブモデル

船社が本船を寄港させるかどうかは、集荷できる貨物並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、以下の構造式を考えた。なお、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）をあわせた需要（以下「拡大ターミナル需要」と呼ぶ）を考えた。

なお、本船サブモデルの構築にあたっては、従来モデルでは考慮されていなかった水深区分によるバース延長の他、本船隻数の予測式についても、船型区分を考慮してモデルを構築した。

$$Y_{si} = (\alpha \cdot Xi1 + \beta \cdot Xi2 + \gamma \cdot Xi3) Cs$$

Y_{si} : i 港の船型クラスの本船寄港隻数 (隻)
 $Xi1$: i 港の拡大ターミナル需要
 $Xi2$: i 港の-12m~-14mのコンテナバース延長
 $Xi3$: i 港の-14m以深のコンテナバース延長
 Cs : 東アジア-北米西岸航路の投入コンテナ船型クラスの数比率
($C1$: 2000~4000TEU、 $C2$: 4000TEU以上)
 α 、 β 、 γ : パラメーター

パラメーター推計結果を、表－5に示す。-14m以深のバース延長の t 値が若干低くてではいるが、説明力の高いモデルが構築できた。

表－5 本船サブモデルのパラメーター推計結果

	2000～4000TEU (隻数比率 $t1=0.8$)		4000TEU以上 (隻数比率 $t1=0.2$)	
重相関R	0.92		0.96	
重決定 R^2	0.84		0.92	
説明変数	係数	t 値	係数	t 値
拡大ターミナル需要	8.17 E-4	2.2	2.15 E-3	7.8
-12~-14mバース長	2.15 E-2	2.2	-	-
-14m以深バース長	5.30 E-2	1.7	1.12 E-2	0.7

(4)フィーダーサブモデル

フィーダーサブモデルについては、図－3に示すように i 国の発生貨物が、ダイレクト貨物として輸送されるか、 k 国あるいは j 国へのフィーダー輸送

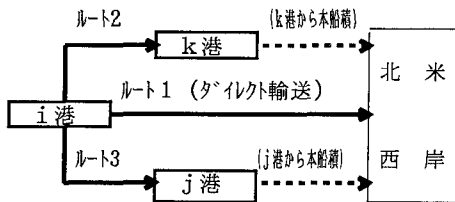


図-3 フィーダーサブモデル構築時の選択ルート例

貨物として輸送されるかという、各ルートの選択確率 P_{ir} を求めるモデル構造を考えた。

$$P_{ir} = \frac{\exp(V_{ir})}{\sum_r \exp(V_i)}$$

$V_{ir} = \alpha_1 \cdot X_{ir1} + \alpha_2 \cdot X_{ir2} + \alpha_3 \cdot X_{ir3} + \dots$
 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

説明変数としては、各港湾での港湾コスト、本船ならびにフィーダー輸送の輸送コスト、ディリーサービスタミー、ならびに多頻度サービスタミー（1日3ルート以上の運航サービス提供の場合1）、中国と香港間の交易条件を勘案する中国香港タミー、本国港湾からのダイレクト輸送のメリット等を勘案するダイレクトタミーを考えた。パラメーターの推計結果は表-6のとおりであり、説明力の高いモデルが構築できた。

表-6 フィーダーサブモデルのパラメーター推計結果

重相関R	モデル1	モデル2
重決定R2	0.83 0.69	0.87 0.76
説明変数	係数 (t値)	係数 (t値)
港湾コスト	-8.24E-3 (-4.5)	-4.23E-3 (-4.4)
輸送コスト	-5.47E-2 (-3.5)	-2.77E-2 (-4.0)
ディリータミー	3.62 (4.6)	4.11 (5.7)
多頻度サービスタミー	7.47 (5.3)	2.77 (6.3)
中国香港タミー	6.35 (2.1)	4.83 (3.2)
ダイレクトタミー	—	1.99 (2.0)

以上の検討により構築できた本船サブモデル並びにフィーダーサブモデル2を用いて、現況再現性のチェックを行うとともに、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取り扱い貨物合計と、トランシップ貨物の比率を表-7に示す。

これより、現況再現性については、日本、韓国、の港湾におけるトランシップ貨物比率が過小推計され、台湾では逆に過大推計となった。なお、我が国

の港湾料金のみ2割下げるケースについて試算をしたところ、日本での貨物量が1万6千TEU増加し、トランシップ貨物の割合も11%から17%に増加することが試算された。

表-7 構築モデルの現況再現と感度分析 (千TEU)

	実績	再現値	日本の港湾コスト2割
日本	172(0.18)	140(0.11)	156(0.17)
韓国	59(0.19)	44(0.10)	40(0.09)
台湾	161(0.34)	203(0.48)	195(0.46)
香港	268(0.64)	345(0.71)	343(0.71)

注) () はトランシップ貨物の比率

4. まとめ

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、運航頻度等で説明するモデルの構築ができた。また、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などもシミュレーションできた。

ただし、特にフィーダーサブモデルについては、現況再現値と実績値に一部乖離が生じていることから、より精度をあげるためのモデルの改良が必要である。また、今後の港湾政策を考える上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知るため、諸外国の施設整備計画の把握や貨物量推計等を行い、モデルを用いて施設整備量や港湾コスト等の政策変数を変化させた場合の分析を行う必要がある。

本研究の実施にあたり、(株)三菱総合研究所 森 浩氏、石川浩章氏の協力をえた。ここに謝辞を表するものである。

参考文献

- 1) The National Magazine Co. Ltd.: Containerization International Year Book 1992, 1998
- 2) オーションコマース社: 国際輸送ハンドブック
- 3) 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
- 4) Journal of Commerce: Piers Port Import Export Reporting Services, 1997.1-1997.3
- 5) 森浩ほか: 土木学会土木計画学研究講演集No.17: 外資コンテナ輸送コストモデルの開発, 1995.1
- 6) (財) 日本海事広報協会: 平成9年日本海運の現況