

船社別寄港パターンを考慮した超大型コンテナ船就航可能性の検討*

Mega-containership Operation based on the Carrier's Calling Pattern of Large-Scale Seaport*

花岡伸也**・石黒一彦***・小坂浩之****・赤倉康寛*****

By Shinya HANAOKA, Kazuhiko ISHIGURO, Hiroyuki KOSAKA and Yasuhiro AKAKURA

1. はじめに

コンテナ船の大型化は、船社による規模の経済性の追求と造船技術の進化によって進展し続けている。1990年代後半に始まった、外航船社の吸収合併、協調配船、アライアンスの形成はそれをより強く押し進めた。大型化の流れを加速させたのは、1996年にMaersk Lineの建造した「Regina Maersk（積載能力6,000TEU）」の登場であり、基幹航路に投入された。その後、大手船社、造船所、機関メーカー、港湾管理者を交えて、積載能力10,000TEU以上も想定された超大型コンテナ船（以下、メガシップ）の開発競争が繰り広げられている¹⁾。

国際輸送ハンドブック²⁾によると、1990年代後半から激しく変化し続けた船社の吸収合併やアライアンス形成は、2001年までに落ち着きを見せた。そして、同じ2001年頃から、積載能力が5,000-6,000TEUクラスのポストパナマックス船（以下、PPM船）を、多くの大手船社が基幹航路に就航させ始めた。以後、2003年までの3年間、大手船社の定期航路運航体制や各航路の寄港パターンに著しい変化は見られない。

基幹航路におけるコンテナ船の寄港パターンは、船社間や港湾間の競合、そして荷主の挙動といった国際コンテナ輸送市場の影響を受けて成立している。ただし、PPM船の登場以降、各船社における船舶大型化への姿勢・戦略は一樣ではない。また、船社と港湾の連携も強化されていることから、寄港パターンは大手船社やアライアンスによって独自に形成され、棲み分ける傾向が強くなっている。こうした状況下では、近い将来、ある船社がメガシップの投入を検討するとき、その寄港パターンはPPM船のそれをある程度踏襲すると予想される。も

ろ、この船社が競合する船社に先行してメガシップを投入した場合、競合他社の航路運航体制が激変する可能性はある。しかし、他社に先んじてメガシップ投入を考えている船社は、PPM船との経済効率性比較の観点から、メガシップの就航可能性を検討するであろう。

以上のような考え方を基本として、本研究は船社別の大型コンテナ船の寄港パターンに着目し、メガシップの就航可能性について検討することを目的とする。

基幹航路に投入するコンテナ船のサイズの判断には、アライアンス内での調整が必要とされている。そこで、世界の代表的な大手単独配船社・アライアンス（以下、船社グループ）を対象に、PPM船の寄港パターン（寄港地の組み合わせ）を分析し、大規模港湾間の競合関係を明らかにする。またPPM船の寄港パターン分析結果から、メガシップ導入時に想定される寄港パターンについて考察する。さらに、船社の船型別寄港パターン別輸送費用推定モデルを用いて、基幹航路である北米航路と欧州航路を対象に、寄港パターンをシナリオとしてPPM船とメガシップの輸送費用の比較を試みる。その結果を踏まえ、メガシップの就航可能性を検討する。

2. 超大型コンテナ船に関する従来研究

本章では、メガシップの就航可能性について検討した既往の研究成果についてレビューする。

Ashar³⁾はパナマ運河の拡張を条件として、15,000TEUのメガシップによる世界一周航路の有用性を主張している。シャトル型サービスの端部における積載率の低下に着目し、世界一周航路の優位性を示している。造船における効率性やネットワーク形状を考慮して、15,000TEUが最適との結論を得ている点は注目に値する。ただし、世界一周航路には地域間の需要の多寡が少なからずあるにも関わらず、劇的に効率的な運用が可能としているところが問題点と言える。

UN/ESCAP⁴⁾は12,000TEUのメガシップを当面の最大級の船舶と位置づけ、2011年を対象として世界の船型構成の予測を行っている。2通りの予測を行っており、①基本ケース：6,000TEU以上が470隻就航、そのうち10,000TEU以上が30隻、②大型化進展ケース：同490隻のうち130隻、との結果を得ている。いずれのケースにおいても、基幹航路における主力は4,000TEUから

*キーワード：港湾計画、超大型コンテナ船、寄港パターン

**正会員 博(情報科学) アジア工科大学院土木工学研究所

PO Box 4, Klong Luang, Phatumthani 12120, THAILAND

TEL: +66-2-524-5681; E-mail: hanaoka@ait.ac.th

***正会員 修(情報科学) 神戸大学海事科学部

〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1

TEL: 078-431-6314; E-mail: ishiguro@maritime.kobe-u.ac.jp

****正会員 博(工) 中央大学理工学部土木工学科

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

TEL: 03-3817-1817; E-mail: kosaka@kc.chuo-u.ac.jp

*****正会員 博(工) 沖縄総合事務局港湾計画課

〒900-0016 沖縄県那覇市前島 2-21-7

TEL: 098-860-1214; E-mail: akakura710@obg.cao.go.jp

6,000TEU の船舶となっているが、メガシップの就航可能性について否定的ではない。

Wijnolst et al.^{5,6)} は船舶サイズが18,154TEU のMalacca-max 型コンテナ船を想定し、経済性の評価を行っている。2010年にアジアから欧州へのコンテナ貨物が144,000TEU/週(2000年の約1.6倍)となった場合、基幹航路をすべてMalacca-max型船で輸送すると、頻度は週10便となり、荷主の要求に応え得るレベルであるとしている。また、スロット当たりの費用は、現状最大のコンテナ船であるMaersk S-classと比較して約15%低減できると試算している。Malacca-max 型船を導入すると荷役時間が増大するため、港湾間の輸送時間を現在並にするためには、ハブ&スポーク型ネットワークの導入が必要となる。しかしハブ&スポーク型にするとトランシップ貨物が大幅に増大し、現状よりも費用が増大する。そのためトランシップの効率化が不可欠であるとしている。

以上の研究は、いずれも具体的な需要や費用構造を考慮してメガシップの効率性を検討したもののだが、船社個別には分析されておらず、また寄港パターンも特に考慮していない。本研究はこれまでと異なる観点から、メガシップの就航可能性を検討するものである。

3. 大型コンテナ船の寄港パターン分析

(1) 船社グループの分類

表-1は、北米航路と欧州航路の別に、2002年末時点の船社グループを分類したものである²⁾。両航路のグループ分類は概ね同じであるが、欧州航路ではCMA-CGMとMSC (Mediterranean Shipping Company) が大手船社として名を連ねている。両船社は北米航路にも就航しているが、PPM船クラスの大型コンテナ船は欧州航路にのみ投入されている。また、The Grand Alliance (TGA) には、欧州航路においてMISC (Malaysia International Shipping Corporation) が加わっている。なお、United Allianceは2002年に解消された。以下、表-1の船社グループ単位で分析を進める。

(2) ポストパナマックス船の寄港パターン

ここでは、2003年版の国際輸送ハンドブックを用いて、各船社グループのPPM船(5000TEU以上)の寄港パターンを明らかにし、港湾間の競合関係について分析する。

表-2に、5000TEUの船舶を中心に運航している航路と6000TEU以上を中心としている航路の別に、その航路数をまとめた。表-1の船社グループの合計で、27航路においてPPM船が就航している。欧州航路は北米航路の2倍あり、両航路とも5000TEUと6000TEU以上がほぼ半々となっている。また、各航路への平均投入隻数は、Weeklyサービスを維持するため航路長に比例している。

表-1 大手単独船社/アライアンスの分類

北米航路		欧州航路	
①	CKYH Group	①	CKYH Group
	COSCON (中国)		COSCON (中国)
	Hanjin (韓国)		Hanjin (韓国)
	K-Line (川崎汽船)		K-Line (川崎汽船)
	YangMing (台湾)		YangMing (台湾)
②	The Grand Alliance	②	The Grand Alliance
	Hapag-Lloyd (ドイツ)		Hapag-Lloyd (ドイツ)
	NYK (日本郵船)		NYK (日本郵船)
	OOCL (香港)		OOCL (香港)
	P&O Nedlloyd (イギリス)		P&O Nedlloyd (イギリス)
	MISC (マレーシア)		MISC (マレーシア)
③	The New World Alliance	③	The New World Alliance
	APL (アメリカ)		APL (アメリカ)
	Hyundai (韓国)		Hyundai (韓国)
	MOL (商船三井)		MOL (商船三井)
④	Maersk Sealand (デンマーク)	④	Maersk Sealand (デンマーク)
⑤	Evergreen (台湾)	⑤	Evergreen (台湾)
		⑥	CMA-CGM
			CMA-CGM (フランス)
			Norasia (スイス)
		⑦	MSC (スイス)

表-2 ポストパナマックス船就航状況

	5000TEU	6000TEU以上	合計	平均投入	アジア内寄港数	
	航路数	航路数			二重なし	二重あり
世界一週	2	1	3	12	7.0	11.7
北米	4	4	8	5.5	4.5	5.5
欧州	9	7	16	8	6.2	8.2
合計	15	12	27	-	-	-

表-2には、東アジアから東南アジアの港湾に寄港している港湾数も示した。単純に港湾数だけで見ると、北米航路で平均4.5港、欧州航路で平均6.2港である。しかし、ループ型の航路では、仕向地への所要日数増を防ぐ意味から、北米や欧州へ向かう前にアジア内で同じ港湾に再度寄港することがある(これを二重寄港と呼ぶ)。この二重寄港を加えると、PPM船は一航路中、北米航路で平均5.5港、欧州航路で平均8.2港、アジア内の港湾に寄港している。

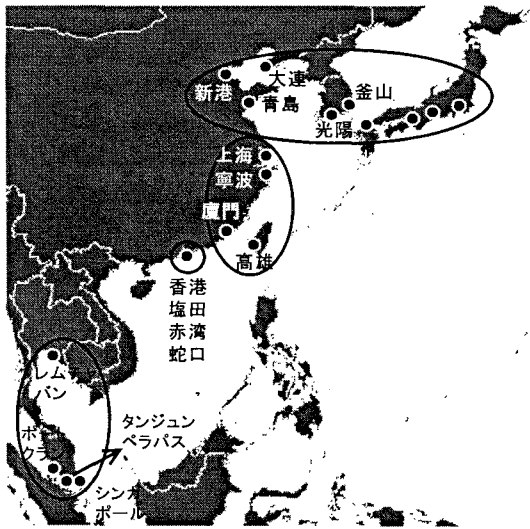
この27航路において、アジア内で寄港している港湾の総数は24ある。その分布を図-1に示す。本研究では、各港湾の地理的な位置関係と、次に説明する表-3に示す船社グループ別の寄港パターンから、アジア内の寄港地を4地域に分類して港湾間の競合関係について分析を行う。

表-3は、2002年時点におけるPPM船のアジア内での寄港パターンを、船社グループ別に示したものである。船社名の下にある数字は各社がPPM船を利用している航路数であり、[]内はそのうち6000TEU以上のPPM船が就航している航路数を示している。航路数は、CKYH, TGA, The New World Alliance (TNWA)と単独船社よりもアライアンスの方が多い。

日本と韓国と中国北部が含まれる東アジア地域では、27航路中19航路が地域内のいずれかの港湾に寄港している。このうち、日本にはPPM船の寄港する港湾が7つもあり分散している。内訳は、神戸港8航路、東京港5航路、横浜港・名古屋港が4航路、清水港・博多港が2航路、大

表-3 船社グループ別ポストパナマックス船の寄港パターン ([]内は6000TEU以上)

地域	地域内 港湾数(24港)	航路数 27 [12]	CKYH	TGA	TNWA	Maersk	Evergreen	CMA	MSC
			7 [0]	6 [4]	6 [2]	3 [3]	3 [1]	1 [1]	1 [1]
東アジア	日本 (7港)	19 [8]	3 [0]	2 [2]	2 [1]	2 [2]	1 [0]	0	0
	韓国 (2港)		2 [0]	2 [0]	2 [1]	1 [1]	0	0	1 [1]
	中国北部(3港)		2 [0]	1 [0]	0	0	0	0	1 [1]
東シナ周辺	中国中部(3港)	24 [10]	3 [0]	2 [2]	1 [0]	1 [1]	1 [0]	1 [1]	1 [1]
	台湾(1港)		3 [0]	3 [1]	4 [1]	2 [2]	3 [1]	0	0
香港	(4港)	25 [11]	6 [0]	5 [3]	6 [2]	3 [3]	3 [1]	1 [1]	1 [1]
東南アジア	(4港)	21 [9]	4 [0]	5 [3]	5 [1]	3 [3]	2 [0]	1 [1]	1 [1]



*日本の港湾名表記は省略

図-1 ポストパナマックス船の就航港湾と地域分類

阪港1航路となっている。多くの大規模港湾を有する日本特有の事情からこうした分散が生じているが、メガシップの就航可能性を考えると、この分散状況は日本にとって好ましいとは決して言えないであろう。

日本と韓国(釜山港と光陽港)の両国に寄港している航路は19航路中わずか1航路であり、しかもこの航路の日本での寄港地は博多港である。このように、日本と韓国はPPM船の就航においてほぼ競合している。一方、中国北部の3港(青島港、新港港(天津)、大連港)のうち、4航路が青島港に寄港しているが、その前後では同時に釜山港にも寄港していることから、韓国と中国北部は特に競合しているとは言えない。

東シナ周辺地域には、コンテナ貨物取扱量が急激に上昇している中国中部の上海港と、台湾の高雄港がある(他は寧波港と廈門港)。中国と台湾間の直接往来は三通問題によって規制されているため、上海港と高雄港の両方に寄港する航路は一つだけである(香港港を経由)。27航路中、高雄港に15航路、上海港に8航路が寄港しているが、上海港のコンテナ貨物取扱量は2002年に高雄港を追い抜いていることから、PPM船の寄港航路数の関係

表-4 ポストパナマックス船が一航路中に寄港する地域数とアジア内就航期間

	合計	寄港地域数			アジア内就航期間(週)				
		2	3	4	1	1.5	2	2.5	3
世界一週	3	0	0	3	2*	4*	0	0	0
北米	8	2	5	1	4	2	2	0	0
欧州	16	1	5	10	0	1	2	11	2

*世界一周航路はアジア内を往路と復路で2度通過

は近い将来逆転する可能性がある。寧波港・廈門港に寄港する航路は同時に上海港にも寄港していることから、PPM船の就航において、高雄港と中国中部の港湾が競合関係にあると言える。

香港地域には、香港周辺にPPM船の寄港する港が4港(香港港、塩田港、赤湾港、蛇口港)ある。香港港には27航路中25航路が寄港しており、大型コンテナ船の寄港するハブ港湾としての地位が確立されていると言える。香港港と塩田港の両方に寄港する航路は、塩田港に寄港する16航路中15航路であり、非常に近い位置にありながらPPM船の就航では競合していない。

東南アジア地域はシンガポール港が中心であるものの、航路数は16航路と高雄港とほぼ同じであり、香港よりも少ない。これは、Maersk SealandとEvergreenが拠点港をタンジュンペラパス港(マレーシア)に移したためである。タンジュンペラパス港は、PPM船の就航においてシンガポール港と競合する関係にまで至っていないが、今後の船社の動向次第では大きく成長する可能性を秘めている。その他、この地域にはレムチャバン港(タイ)とポートクラン港(マレーシア)が含まれる。

なお、5000TEUの航路と6000TEU以上の航路の間には、特徴的な差は見られなかった。

(3) メガシップの寄港パターンに関する考察

船社がメガシップの就航およびその航路を検討する際には、規模の経済性を生かすため、また荷役時間の増大を相殺するため、PPM船と比較して1航路あたりの寄港数を減少させることが予想される。その一方で、荷主は少なくとも従来と同様のサービスレベルを求める、つまり仕向地までの輸送時間の維持を要求すると考えられる。

そのため、PPM船が寄港している港湾に対して、メガシップの就航後も寄港頻度等のサービスレベルを一定に保つことが求められる。

以上の考え方から、ここではPPM船航路の特徴を分析することにより、メガシップ導入後の寄港パターンについて考察する。表-4に、PPM船が一航路中に寄港する地域数とアジア内の就航期間をまとめた。

前節でアジア内の大規模港湾を4つの地域に分類した。このうち、2地域にしか寄港しないPPM船航路は3つあるが、そのうちの2つはエクスプレスサービスという特殊な目的を持つ。よって、PPM船航路においては3地域以上の寄港が主流と言える。ただし、北米航路は主に3地域に寄港しているのに対し、欧州航路は4地域のすべてに就航している航路の方が多い。これはPPM船航路のアジア内の就航期間に関係している。世界一周航路と北米航路では、アジア内で平均1～2週間滞在しているのに対し、欧州航路は2.5週間以上の滞在が主流である（16航路中13航路）。

以上から、メガシップを導入した場合、アジア内でこの滞在期間が維持されるとすれば、1航路あたりの寄港数は北米航路で2～3港、欧州航路では4～6港になると考えられる。この結果を見る限り、北米航路にメガシップが就航する可能性は欧州航路より低いと言える。本船の寄港する港湾が極端に減少することによってフィーダー輸送費用が増大し、結果的に経済性が非効率となる可能性があるからである。

表-3において、東アジア地域は8航路で、東南アジア地域は6航路で扱われている。北米航路においては、このどちらかの地域の港湾が扱われる可能性が大きい。その一方で、PPM船の就航地として香港港に競合するコンテナ港は存在しないことから、仮にメガシップが就航しても、香港港のハブ港湾としての地位は大きく揺るがないであろう。

最後に、実現可能性のあるメガシップの寄港地の組み合わせ（寄港パターン数）を表-5にまとめる。これは、前節のPPM船の寄港パターン分析によって明らかになった、港湾間の競合関係を考慮して作成したものである。

地域名の下の港湾は、メガシップの寄港する候補となるであろう港湾を仮に定めたものである。香港地域を除き、各地域から2港選んだ。日本は横浜とした。北米航路の場合は1～2週間で、欧州航路の場合は2～3週間でこれらの港湾を回ることになる。表-2において、北米航路ではPPM船でも二重寄港は少ないことから、メガシップの二重寄港は欧州航路でのみあるものとした。それを表-5では、「×2」として示している。ただし、横浜（東京）、釜山、上海の二重寄港は欧州航路でもほとんど見られないことから、その分は組み合わせから除くこととした。

表-5 メガシップの寄港地の組み合わせ

	寄港数	組合 せ数	東アジア		東シナ	香港	東南アジア	
			横浜 釜山	上海 高雄	シンガポール タンジュンペラパス			
北米	3港	4	●	●	●			
		4		●	●	●		
		4	●		●	●	●	
	2港	2	●		●			
		2		●	●			
		2			●	●	●	
欧州	6港	40	●	●×2	●×2	●×2	●×2	
		32	●	●×2	●×2	●×2	●×2	
	4港	8	●	●	●	●	●	
		12	●		●×2	●×2	●×2	
		16		●×2	●×2	●×2	●×2	
		8	●	●×2	●×2	●×2		

組み合わせ数とは、表の各行における寄港パターン数を意味している（寄港順序は区別していない）。例えば、北米航路の1行目の場合、 $2 \times 2 \times 1 = 4$ となる。欧州航路の場合、二重寄港があるため組み合わせ数の計算は多少複雑になる。欧州航路の1行目の場合、 $2 \times 2 \times 1 \times 2 = 8$ と地域別の基本組み合わせと、二重寄港する組み合わせが5通り（総寄港数が6港のため別々の地域から2港を二重寄港する港湾として選択。なお上海は二重寄港がないものとしていることに注意）あるため、両者を乗じて総数が40となる。メガシップの寄港パターンは、表-5の組み合わせの中で検討可能である。

(4) フィーダー輸送に与える影響

一般に、フィーダー輸送の航路の決定は基幹航路の場合と異なる。たとえアライアンスを組んでいる船社であっても、アライアンスとしてではなく単独の船社としてフィーダー輸送船社と取引し、航路が決定される。すなわち、フィーダー輸送はフィーダー輸送船社が最小費用（または最大利潤）で運航できる環境が整えられていることを意味する。

メガシップが就航すればアジア内のフィーダー輸送は確実に再編されるが、PPM船の寄港していた港湾にメガシップも同様に寄港すれば、さほど大きな変化にはならないだろう。従前との最大の変化は、今までPPM船が寄港していた港湾が、メガシップ就航によりフィーダー輸送港に位置づけられた場合となる。

4. 船型別寄港パターン別輸送費用の比較

(1) モデルの概要

本章では、船型別寄港パターン別にコンテナ船の輸送費用を求めるモデルを構築する。PPM船の寄港パターンは現状（表-3）に基づいたものを、メガシップの寄港パターンは表-5の組み合わせを、それぞれのシナリオとし、両者の輸送費用を消席率一定という仮定もとで比較する。その結果から、メガシップの就航可能性について船社グループ別に検討する。船型は一律に、PPM船は6,000TEU、

メガシップは12,000TEUと仮定する。

図-2にモデルの概要を示す。PPM船については、表-3を基本として、各港湾の貨物需要が全て流動するように寄港パターンを設定する。そして各船社グループ内の全航路の輸送費用を合計した総輸送費用を求める。メガシップについては、表-5の組み合わせの1つをシナリオとして寄港する港湾を定め、メガシップ（本船）の輸送費用をまず求める。寄港順序は、二重寄港も含め最短距離になる場合を選ぶ。次に、フィーダー輸送港に位置づけられる港湾（つまりPPM船は就航するが、メガシップには抜港される港湾）間を最小費用で輸送する航路を最適化問題として定式化し、その航路の費用を求める。抜港される港湾数は多くないことから、解法は総当たり法を用いる。そして、本船とフィーダー輸送の輸送費用の合計値をそのシナリオの総輸送費用とする。ここでは、フィーダー輸送費用も同一の船社グループが負担すると仮定する。

船社はメガシップの就航後も荷主に対するサービスレベルを一定に保つよう努力すると考えられることから、メガシップの一周回の就航期間はPPM船就航時と変わらないものとする。ただし、同じ船社グループの同じ基幹航路でも、PPM船の航路は複数ある。例えばTGAは、北米航路が2つ、欧州航路が4つある。本研究では、PPM船とメガシップの基幹航路別の消席率を一定と仮定していることから、PPM船と消席率が同じとなるように、メガシップの総投入船腹量および投入隻数を定める（そのため投入隻数は整数ではなく実数となる）。

なお、ある船社グループにとっての潜在荷主は固定的と仮定し、船社グループ別の総貨物需要は与件とする。また、PPM船就航時における、既存のフィーダー航路とその貨物需要は変化しないものと考え、PPM船就航時の基幹航路の貨物需要を分析の対象とする。

(2) 定式化

輸送費用関数の費用項目については、黒川ら⁷⁾を参考として、燃料費 C_{fuel} 、入出港費 C_{port} 、荷役費 $C_{handling}$ 、船費 C_{ship} に分けて定式化する。黒川ら⁷⁾は、コンテナ船の船型別の費用関数を、回帰分析によって実証的に導いている。本論文の目的は、計算によってPPM船とメガシップの費用差を算出して比較することにあることから、このモデルを参考とした。

本船の輸送費用はシナリオに応じて各数値を代入して求めるため、最適化問題として定式化されるのはフィーダー輸送のみとなる。なお、黒川ら⁷⁾で定式化されている船舶修繕費、船舶利子は船型別の差が小さく、輸送費用全体に対しても小さな割合であることから、本研究では考慮しないこととした。

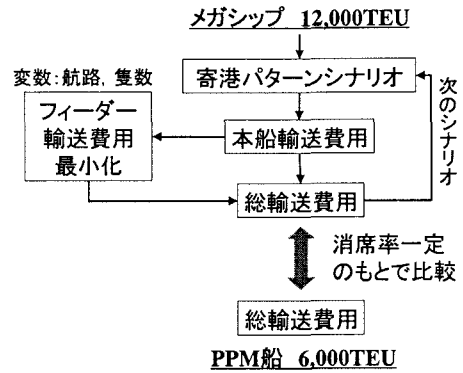


図-2 評価モデルの概要

$$\text{Min. } C^k = C_{fuel}^k + C_{port}^k + C_{handling}^k + C_{ship}^k \quad (1)$$

$$C_{fuel}^k = c1 \sum_{i,j} \left\{ \left(\frac{d_{ij}}{24 \cdot v_k} \right) \cdot c2 \cdot (c3 w_k)^{2/3} \cdot v_k^3 \right\} n_{ij}^k \quad (2)$$

$$C_{port}^k = \sum_{i,j} (c4_i \cdot w_k + c5_i) n_{ij}^k \quad (3)$$

$$C_{handling}^k = \sum_{i,j} h_j OD_{ij} \quad (4)$$

$$C_{ship}^k = \sum_{i,j} (c6 \cdot p_k + sd_k \cdot w_k) m_{ij}^k \quad (5)$$

$$\text{s. t. } OD_{ij} \leq \sum_{i,j} \sum_k w_k n_{ij}^k, \quad n_{ij}^k \geq 0 \quad (6)$$

ここで、

i, j : 港ノード, k : 船型

d_{ij} : リンク(i, j)の距離 (マイル)

v_k : 船型 k の航海速度 (ノット)

w_k : 船型 k の最大積載量 (TEU)

n_{ij}^k : リンク(i, j)の船型別年間運航回数

m_{ij}^k : リンク(i, j)の船型別投入隻数

h_j : 港湾別荷役料金 (円/TEU)

OD_{ij} : リンク(i, j)の貨物需要 (TEU/年)

p_k : 船型別船員数 (人)

sd_k : 船型別減価償却費 (円/TEU/年)

$c1$: 燃料油単価 (円/トン)

$c2$: 燃料消費量係数

$c3$: 排水量換算係数 (トン/TEU)

$c4$: 入出港費係数 (傾き) (円/TEU)

$c5$: 入出港費係数 (切片) (円)

$c6$: 年間船員費 (円/人/年)

式(2)の $d_{ij}/24 \cdot v_k$ は輸送日数であり、 $c2 \cdot (c3 w_k)^{2/3} \cdot v_k^3$ は燃料消費量 (トン/日) である。式(3)の()内は、黒川ら⁷⁾によって求められた船型別港湾別の入出港費の回帰式である。式(4)の港湾別荷役料金 h_j はTEU単位であるが、実際はFEUのコンテナも利用さ

れている。そこで本研究では、FEUの荷役単価はTEUの2倍と仮定して計算する。またデータの制約上、船型の違いによる差はないものとする。なおメガシップ就航時に生じるフィーダー輸送に対しては、トランシップ料金として発港湾の荷役料金が式(4)に基づいて追加される。式(5)の()内の第1項は船員費、第2項は減価償却費を表す。

ここで、式(4)は需要が決まればコストが定まり、また式(5)は投入隻数が決まると値が固定される。よって、フィーダー輸送における最適化問題として考えるときには、 n_{ij}^k を決定変数とした式(2)と式(3)が目的関数となり、式(4)と式(5)は前提条件によって定まることとなる。また、式(6)の制約条件は、貨物需要を満たすまでの最低運航回数を定める制約と、運航回数の非負制約である。

黒川ら⁷⁾の定式化と異なるのは、黒川ら⁷⁾は貨物需要(コンテナ数)のうち、空コンテナ数を明示的に定式化に含めているのに対し、本研究ではそれを考慮せず、コンテナ数を一括して貨物需要と扱っている点である。

(3) ケーススタディ

(a) 貨物需要の推定

貨物需要は、赤倉ら⁸⁾の方法により、国土技術政策総合研究所所有のLMISデータを用いて、北米、欧州の両基幹航路の船社グループ別港湾別貨物需要データを推計した。1999年時点のデータのため、3章で示した一部港湾の取扱貨物量が極端に小さい。そこで、京浜(東京・横浜)、名古屋、神戸、釜山、天津、上海、高雄、香港、塩田、レムチャバン、ポートクラン、シンガポールの計12港の需要を推計した。このため、表5のメガシップの寄港パターンでは、タンジュンペラパス港に寄港する組み合わせは除かれる。赤倉ら⁸⁾では、表1のうち、The Grand Alliance (TGA)、The New World Alliance (TNWA)、Maersk Sealand (MSK)の3つを対象としていることから、本研究でもこれらの船社グループを対象とする。ここで、貨物需要推計値の信頼性について確認するため、アメリカを相手国とした各港湾の取扱量をPIERSデータ⁹⁾と対比した結果を図3に示す。決定係数は0.893と概ね良好であり、各船社グループに対し妥当な推計値が得られていると言える。

ただし、現状では本船の全てがPPM船ではなく、5,000TEU未満のコンテナ船も本船として利用されている。表6に、対象とした船社グループの2002年時点における年間投入船腹量をまとめた。航路別の投入船腹量は、各航路に投入されているコンテナ船の積載容量の平均値に、52週の往路復路で104を乗じて求めた(国際輸送ハンドブック²⁾を利用)。北米航路では5,000TEU未満のコンテナ船が60%以上利用されている一方で、欧州航路では5,000TEU未満のコンテナ船はほとんど投入されていない。

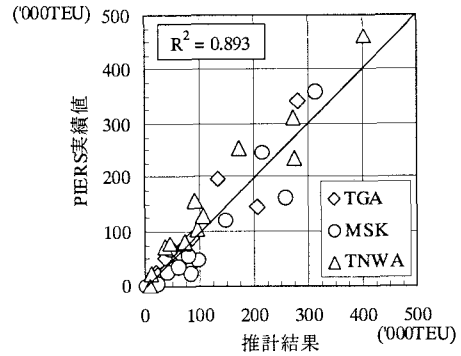


図-3 港湾別貨物需要推計結果とPIERSデータの対比

表-6 船型別年間投入船腹量

	船型	北米航路		欧州航路	
		5000TEU未満	5000TEU以上	5000TEU未満	5000TEU以上
TGA	投入船腹量	2,433,600	1,193,608	376,376	2,541,448
	シェア	0.67	0.33	0.13	0.87
TNWA	投入船腹量	1,986,608	1,205,048	0	1,702,584
	シェア	0.62	0.38	0.00	1.00
MSK	投入船腹量	1,360,112	686,400	0	1,991,912
	シェア	0.66	0.34	0.00	1.00

そこで北米航路では、メガシップの導入後も5,000TEU未満のコンテナ船が基幹航路で就航されているものとし、先に推計した貨物需要のうちの4割が、PPM船以上の大型コンテナ船で運航される貨物需要と仮定する。残りの6割の航路は、メガシップ就航時にも変化しないものとする。

その他の各種係数は、若干情報は古いが全て黒川ら⁷⁾の値をそのまま用いる。また、メガシップ就航時のフィーダー輸送の船型は1500TEUとし、フィーダー船の必要隻数は、式(7)を使って求める。

$$r = d_{ij} / v_k / (7 * 24) \quad (7)$$

(b) 計算結果と考察

表7に計算結果を示す。MSKは北米航路にPPM船を就航させていないことから計算対象から除外する。輸送費用の絶対値は、定式化における費用項目、また需要や係数によって大きく変化することから、費用の相対的な関係が重要であることに注意する必要がある。

TGAとTNWAではメガシップの総費用がPPM船の総費用を下回るシナリオが少なからずあり、TNWAの欧州航路に関しては、半数のシナリオでPPM船より低い輸送費用となった。一方、MSKに関してはメガシップの費用がPPM船より低くなるシナリオはなかった。この理由は、MSKで取り扱っている貨物需要構造が既に大型コンテナ船に対応しているため、寄港数の減少によるメガシップの輸送費用の削減が大きく見込めなかったことが一因と

表-7 輸送費用計算結果

単位 [百万円]	PPM船 総費用	メガシップ 寄港数	メガシップ総費用			PPM船以下 の割合
			平均	最大値	最小値	
TGA	北米	2港	23,341	24,700	20,858	23.1%
			22,245	24,202	18,975	
	欧州	4港	43,520	47,060	39,023	
			43,539	46,852	39,991	
TNWA	北米	3港	27,515	29,526	23,417	38.5%
			26,092	28,984	22,214	
	欧州	4港	21,747	23,782	19,116	
			21,767	23,840	19,643	
	6港	21,986	24,000	19,918		
		32,596	35,206	28,415		
MSK	欧州	5港	32,404	35,364	29,345	0.0%
			32,624	35,524	29,620	

表-8 輸送費用項目別割合

単位[%]			費用 割合	燃料費	入出 港費	荷役費	船費
P P M 船	TGA	北米		27.8	10.0	49.2	13.0
		欧州		8.0	7.6	71.8	12.6
	TNWA	北米		25.0	11.2	48.9	14.9
		欧州		9.7	12.3	58.6	19.4
MSK	欧州		5.5	6.8	77.4	10.3	
	メガ シ ッ プ	TGA	北米	本船	67.5	20.1	4.4
フィーダー			32.5	3.5	6.9	82.8	
欧州		本船	78.7	3.4	3.2	85.0	
		フィーダー	21.3	2.1	5.2	87.8	
TNWA	北米	本船	66.2	17.5	3.8	72.7	
		フィーダー	33.8	3.0	5.7	85.7	
	欧州	本船	78.2	6.9	6.5	75.3	
		フィーダー	21.8	4.1	10.2	76.0	
MSK	欧州	本船	76.6	4.7	4.5	84.9	
		フィーダー	23.4	2.5	6.5	85.0	

推察される。

メガシップの寄港数の点から考察すると、北米航路では明らかに2港より3港寄港の方が費用は低い。これは、寄港数を必要以上に削減したことにより、本船輸送費用の低下以上にフィーダー輸送費用が高くなるためである。欧州航路の場合、メガシップの寄港数の違いによって費用は大きく変化していない。TGAとTNWAでは、小さいながら傾向として寄港数の少ない方が費用も減少している。欧州航路では寄港数を削減してメガシップを就航する余地が十分にあることを示している。

次に、輸送費用項目別の割合を表-8に示す。一見してわかるように、どの場合においても荷役費用が最大の割合を占めている。ただし、北米航路の場合、寄港回数が少ないために入出港費と荷役費の割合が下がり、燃料費の割合が高くなっている。また、メガシップ就航時の本船とフィーダー船の費用割合は、北米航路は67:33、欧州航路は78:22となった。先述の考察と同様、北米航路のフィーダー輸送費用割合の高いことが、この表からもわかる。

メガシップのシナリオ別の費用は、メガシップの寄港地によって顕著に違いが表れた。すなわち、どの船社グ

ループにおいても、京浜港（横浜港）に寄港するシナリオで最大値を示し、高雄港に寄港するシナリオで最小値を示した。これは、輸送費用項目の中で荷役費が大きな割合を占めていることと関係がある。京浜港の荷役単価は対象港湾の中で最も高い一方で、高雄港の荷役単価は京浜港の約3分の1となっている（黒川ら⁷⁾のデータによる）ことから、この影響が輸送費用に反映される結果となった。メガシップの輸送費用がPPM船を下回るシナリオは高雄港か釜山港を寄港地とする場合であり、京浜港や上海港を寄港地とするシナリオは逆に輸送費用が高くなっている。

5. おわりに

本研究ではポストパナマックス船の寄港パターンを分析することにより、アジア内の寄港地を4つの地域に分類し、各地域内での大規模港湾の競合関係を明らかにした。また、ポストパナマックス船とメガシップの輸送費用を比較した結果、次のような知見を得た。

- ・ 船社グループによって異なるものの、メガシップの輸送費用がポストパナマックス船より低いケースは少なくなく、メガシップは十分就航可能性がある。
- ・ 輸送費用の中では荷役費の影響が大きい。そのため、メガシップが京浜港（横浜港）を寄港する場合は輸送費用が大きくなり、逆に高雄港や釜山港に寄港する場合は小さくなる。

本研究の計算仮定は、基幹航路の貨物需要が固定のもので、PPM船がメガシップに入れ替わることを想定している。実際には、船社は規模の経済性を高めるため、より多くの貨物需要をメガシップに集中させると考えられる。このような需要の変化の扱いについて今後考慮していく必要がある。しかし、こうした計算仮定においても、さらには1999年時点の需要推計値を用いたにもかかわらず、メガシップの輸送費用がPPM船のそれより下回る可能性を示したのは、メガシップの実現可能性に対して大きな示唆となるだろう。

その一方で、本研究ではフィーダー輸送の定式化を単純化しており、フィーダー輸送の航路は実情を反映したものとはなっていない。フィーダー輸送費用はメガシップ就航の検討において重要な要因であることから、今後実情を反映したモデルを構築する必要がある。

さらに、本研究の輸送費用関数の各種係数は黒川ら⁷⁾の値を用いている。その多くは新しくても1999年時点のものであり、荷役料金や入出港費の相対関係は変化している。また、荷役料金の単価を船型に関わらず一定としている。これらの係数は費用関数の推定結果に大きな影響を与えることから、現実に近い係数を用いて費用関数を推定することも課題である。これにより、現在実施中

のスーパー中樞港湾プロジェクト¹⁰⁾において目標の一つとされている港湾費用の低減（釜山，高雄並み）に対し，メガシップ就航のための輸送費用低減効果も期待できると思われる。

謝辞

本研究は，神戸大学の今井昭夫教授が中心となって発足した「メガシップ研究会」の研究成果の一環である。研究の機会を与えて頂いた今井教授を始めとする研究会のメンバーに謝意を表す。また同研究会の東京海洋大学の黒川久幸助教授には各種データを快くご提供頂いた。深く感謝する。ただし，本研究に関する一切の責任は筆者に帰するものである。

参考文献

1) 池田良穂：コンテナ船の大型化の歴史，超大型コンテナ船シンポジウム，関西造船協会，pp.2-10，2001。

- 2) オーシャンコマース社：国際輸送ハンドブック各年版。
- 3) Ashar, A.: The Fourth Revolution – The Liner Shipping of 2020, The IFPCD 6th Regular Conference, 2002.
- 4) UN/ESCAP: Regional Shipping and Port Development Strategies Under a Changing Maritime Environment, 2001.
- 5) Wijnolst, N., Scholtens, M., Waals, F.: Malacca-Max. – The Ultimate Container Carrier, Delft University Press, 1999.
- 6) Wijnolst, N., Waals, F., Bello F., Gendronneau, Y. and van Kempen, D.: Malacca-max [2] – Container Shipping Network Economy, Delft University Press, 2000.
- 7) 黒川久幸，鶴田三郎，嶋邦彦：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，pp.259-269，1999.
- 8) 赤倉康寛，高橋宏直：主要アライアンスの外貿コンテナ流動量及び基幹航路の消席率の推計，土木学会論文集，No.737/IV-60，pp.175-188，2003.
- 9) The Journal of Commerce: Port Import Export Reporting Service (PIERS)
- 10) 国土交通省港湾局：平成16年度港湾局関係予算概要，pp.16，2004.

船社別寄港パターンを考慮した超大型コンテナ船就航可能性の検討

花岡伸也・石黒一彦・小坂浩之・赤倉康寛

本研究は大型コンテナ船の寄港パターンに着目し，超大型コンテナ船（メガシップ）の就航可能性について検討した。ポストパナマックス船の基幹航路における寄港パターンを分析した結果，アジア内の寄港地を4つの地域に分類し，各地域内で大規模港湾が競合関係にあることを明らかにした。また，寄港パターン別にポストパナマックス船とメガシップの輸送費用を比較した結果，次のような知見を得た。1. メガシップの輸送費用がポストパナマックス船より低いケースは少なくなく，メガシップは十分就航可能性がある。2. 輸送費用の中では荷役費の影響が大きいため，メガシップが京浜港を寄港する場合は輸送費用が大きくなり，逆に高雄港や釜山港に寄港する場合は小さくなる。

Mega-Containership Operation based on the Carrier's Calling Pattern of Large-Scale Seaport

Shinya HANAOKA, Kazuhiko ISHIGURO, Hiroyuki KOSAKA and Yasuhiro AKAKURA

This paper discusses mega-containership operation based on the calling patterns of large-scale seaports. We divided the Asian area into four regional groups and described that each group has some competitive seaports inside, from the analysis on physical calling patterns of post-panamax containerships by mega carriers or alliances. Comparative analysis of shipping cost between post-panamax containership and mega-containership, based on the scenarios of the calling patterns, gave that many scenarios on the mega-containership showed less shipping cost than that of post-panamax containership. It also clarified that handling cost is one of significant factors for shipping cost.
