

東アジアにおける国際フェリーの船型に関する分析と港湾計画への適用

浦野 真樹¹・安部 智久²

¹非会員 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾計画研究室 研究員
(〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail: urano-m852a@ysk.nilim.go.jp

²正会員 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾計画研究室長
(〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail: abe-t252@ysk.nilim.go.jp

アジア経済との繋がりが深化する中で、速達性に優れた国際フェリー輸送への需要が今後高まる可能性がある。他方港湾施設の計画等ではその規模の目安となる船舶の標準的な諸元（全長，幅，喫水）が必要となり，我が国では船舶データの統計解析によりこれを作成しているが，現在東アジア地域の国際フェリーは就航隻数が少なく諸元分析のためのデータ数が十分とは言い難い。

本研究では，東アジア国際フェリーの実態を欧州地域との輸送ネットワークの比較や，東アジア国際フェリーに関して見られる中古船利用の実態等を把握した。また他地域のフェリー（世界の国際フェリー，日本の国内フェリー）と船型の相違を比較分析し，諸元分析の観点から我が国の港湾計画への適用性の考察を行った。

Key Words : International Ferry, Shipping Network, Ship Dimensions

1. 背景

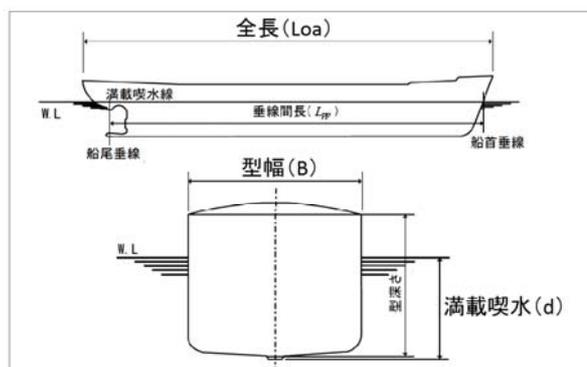
アジア経済の急成長や経済のグローバル化によって我が国と近隣諸国との経済的な繋がりは益々強まり，国際物流にも国内物流と同水準の定時性，速達性，輸送頻度等が求められている。このためにはアジア域内の交易がハード・ソフト両面において継ぎ目なく円滑に連携していること（シームレスアジアの実現）が重要である。

シームレスアジアの実現に向けては，速達性に優れた国際フェリーやRORO船による輸送の活用が注目され，平成23年11月に国土交通省は国際フェリー・国際RORO船輸送を対象機能とする日本海側拠点港6港を選出した¹⁾。今後はこれらの港をはじめとした国際フェリー・RORO船の貨物の増加が期待される。

このような状況では，岸壁や航路といった港湾施設も今後の国際フェリー・RORO船の需要増加に対応する必要がある。港湾施設の計画では，その施設に求められる性能は当該施設の使用を予定する船舶によって設定され，対象船舶が特定できる場合その諸元を用いて計画するが，公共の港湾施設など使用船舶を特定できない場合は「港湾の施設の技術上の基準・同解説³⁾」（以下技術基準）

に示される船種別のトン数，全長（ L_{oa} ），垂線間長（ L_{pp} ），型幅（ B ）及び満載喫水（ d ）の標準化した値を用いることができるとされる（各諸元の示す内容を図-1に表す）。

現行の技術基準において，フェリーの標準的な諸元は表-1である。しかしこれは日本国内に限定されるフェリーを対象に統計解析によって求められた値であり，表内の「総トン数」は「国内総トン数」を指し，国内総トン数を基準としたものである。一方で東アジアを航行する



資料：港湾の施設の技術上の基準・同解説³⁾

図-1 船舶の各種諸元

国際フェリーの総トン数は「国際総トン数」で表され、国内総トン数と国際総トン数は異なる指標であることから、国際フェリーを対象とした港湾施設に表-1は対応していない。

技術基準は概ね10年間の適用を予定して定められるが、現在の技術基準は平成19年改訂版である。次の改訂においては今後10年以上の長期的な動向を勘案する必要がある。その際には今後国際フェリー輸送の需要増加の可能性も高いことから国際フェリーの標準的な諸元を盛り込む必要があり、そのためには東アジアにおける国際フェリーの実態や、国際総トン数を基準とした標準的な諸元を用意しておくことが重要といえる。

本論文では2章で東アジア地域と欧州地域における国際フェリー・RORO船輸送のネットワークの比較を行い、3章で東アジア地域の国際フェリーの過去の就航履歴を調べることで船舶利用の現状を把握した。4章では東アジア国際フェリーの標準的な船型を統計解析で求め、最後にまとめとして得られた結果及び今後の課題を述べる。

2. 東アジアと欧州のネットワーク比較

東アジア地域（日本、中国、韓国及びロシアの一部）におけるフェリー輸送の実態を把握するために、フェリー及びRORO船の輸送の先進地域でもある欧州地域と、それぞれの地域内のフェリー、RORO船、コンテナ船のネットワーク状況を比較する。

(1) 使用データ

分析にはMDS Transmodal社の提供する船舶データ（以下MDSデータ）を用いた。MDSデータは世界に就航する船舶のデータベースであり、船舶の就航するサービス、寄港地、寄港頻度、載荷重量トン（DWT）などの情報を含む。分析には2012.8月時点のデータを用いた。

表-1 フェリーの標準的な諸元

9-1 中短距離フェリー（航海距離300km未満）				
総トン数 GT（トン）	全長L _{oa} (m)	垂線間長L _{pp} (m)	型幅B (m)	満載喫水d (m)
400	56	47	11.6	2.8
700	70	60	13.2	3.2
1,000	80	71	14.4	3.5
3,000	124	116	18.6	4.6
7,000	141	130	22.7	5.7
10,000	166	155	24.6	6.2
13,000	194	179	26.2	6.7

（全て国内総トン数）

9-2 長距離フェリー（航海距離300km以上）				
総トン数 GT（トン）	全長L _{oa} (m)	垂線間長L _{pp} (m)	型幅B (m)	満載喫水d (m)
6,000	147	135	22.0	6.3
10,000	172	159	25.1	6.3
15,000	197	183	28.2	6.9
20,000	197	183	28.2	6.9

（全て国内総トン数）

資料：港湾の施設の技術上の基準・同解説³⁾

分析対象とするのはMDSデータによって2カ国以上の寄港国が確認された国際航路に就航する船舶である。東アジアの国際フェリー及びRORO船は、H24.3月時点の就航状況⁴⁾を基にした。

(2) 分析方法

図-2示すバルト海・北海地域、地中海地域、東アジア地域の3地域についてネットワーク量の比較を行う。欧州地域をバルト海・北海地域と地中海地域に区分したのは、東アジア地域と概ね等しい地理的広さを持った範囲とするためである。

ネットワーク状況は、各地域内の全ての国際船舶の週あたりの貨物輸送能力⁴⁾の合計によって評価する。貨物輸送能力の算出は式(1)による。

$$DF = D \times F \quad (1)$$

DF：週あたりの貨物輸送能力（DWT×週/便）

D：載荷重量トン（DWT）

F：便数（週/便）

(3) 東アジアと欧州のネットワーク量

MDSデータより抽出した各地域における就航航路数を示したのが表-2である。地域外での寄港を含む場合は対象外とする。

就航サービス数では、バルト海・北海地域はRORO船とコンテナ船の航路数が95、90と同程度あり、フェリーはそれらに比べて21と少ない。地中海地域ではフェリーとRORO船の航路数が48、49と同程度であり、コンテナ船がそれを上回る。東アジア地域はフェリーとRORO船の航路数がそれぞれ23、4であり、コンテナ船は航路数が148と最も多い。

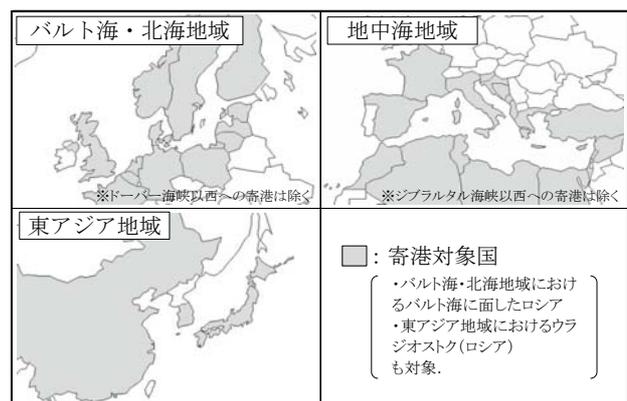


図-2 バルト海・北海地域、地中海地域、東アジア地域

表-2 各地域における船種別就航航路数

地域\船種	（航路数）		
	フェリー	RORO船	コンテナ船
バルト海・北海	21	95	90
地中海	48	49	83
東アジア	23	4	148

これら各航路のデータを基に、就航船の載荷重量トン（DWT）及び便数（週／便）により各地域内のネットワーク量を算出した結果が図-3及び表-3である。あわせて、週あたりの輸送頻度と（図-4）、週あたりの貨物輸送能力を輸送頻度で除した1便あたりの貨物輸送能力も算出した。

週あたりの貨物の輸送能力は、バルト海・北海地域のRORO船によるものがいずれの地域、船種のなかでも最も高い。また、バルト海・北海地域のフェリー、地中海地域のフェリー・RORO船は、週あたりの貨物輸送能力はコンテナ船よりも低いものの、コンテナ船の能力の50%以上に値する。東アジア地域のフェリー・RORO船の貨物輸送能力はコンテナ船と比較して低い。

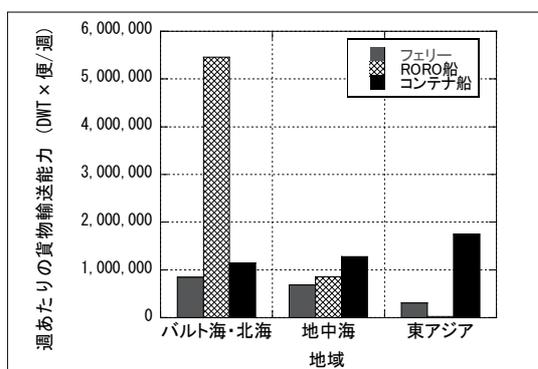


図-3 各地域における船種別貨物輸送能力

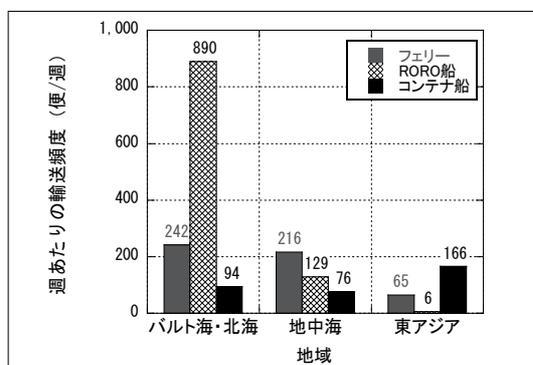


図-4 各地域における船種別輸送頻度

表-3 各地域における船種別貨物輸送能力等

地域		フェリー	RORO船	コンテナ船
バルト海・北海	① 週あたりの貨物輸送能力 (DWT×便/週)	848,002	5,457,454	1,146,092
	② 週あたりの輸送頻度 (便/週)	242	890	94
	③ 1便あたりの輸送能力 (①/②)	3,510	6,129	12,251
地中海	① 週あたりの貨物輸送能力 (DWT×便/週)	689,695	860,925	1,279,491
	② 週あたりの輸送頻度 (便/週)	216	129	76
	③ 1便あたりの輸送能力 (①/②)	3,195	6,698	16,902
東アジア	① 週あたりの貨物輸送能力 (DWT×便/週)	305,388	28,226	1,746,425
	② 週あたりの輸送頻度 (便/週)	65	6	166
	③ 1便あたりの輸送能力 (①/②)	4,716	4,704	10,528

週あたりの輸送頻度は、バルト海・北海地域及び地中海地域ではフェリーの方がコンテナ船よりも多く、航路数とは傾向が逆転している。フェリー輸送の1航路あたりの輸送頻度が高いといえる。

週あたりの貨物の輸送能力、また輸送頻度をみてもバルト海・北海地域や地中海地域のフェリー・RORO船のネットワーク状況は東アジア地域と異なる傾向にある。

このようにフェリーやRORO船が東アジア地域よりもバルト海・北海地域、地中海地域で活用されている背景には、欧州連合（EU）が域内の経済統合の推進や環境問題・道路混雑の深刻化に対応するため、フェリーやRORO船などの短距離海上輸送を活用したマルチモーダル輸送のサービス向上を推進する政策（Motorway of the Sea）をとっていることが挙げられる。さらにEU域内では陸上輸送について車両の規格に関する統一化が進められており、定められた車両寸法・重量以下であればいずれの国でも通行が可能であることもフェリーやRORO船による他国間の輸送を容易にしている。

一方で日本をはじめとする東アジア地域でも、経済的な繋がりの強化による域内相互貨物の増加に対して、それらを円滑に流動させるための取り組みが政府間で開始されている。平成24年7月の第四回日中韓物流大臣会合では、日韓でシャーンシの相互通行実施に向けて協力していくこと、日中では今後実施の可能性について共同研究を推進することが合意された⁹⁾。これら取り組みの更なる推進により、将来的には東アジア地域の国際フェリー・RORO船輸送のネットワーク状況も欧州地域のように発展することが予想される。

3. 東アジア国際フェリー就航船の現状

(1) 東アジア国際フェリーにおける中古船の活用

平成24年3月時点における東アジア国際フェリーの航路は23航路、就航している船舶は計24隻であり、この内の日本に寄港する東アジア国際フェリーの一部は国内フェリーの中古船であることが確認されている⁴⁾。

表-4 東アジア国際フェリーにおける日本国内フェリーへの就航履歴

航路	船名	船籍	建造年(年)	国際総トン数(GT)	国内フェリー就航時の中古船名(旧船名)※1
日本～中国	ゆうとぴあ(UTOPIA)	パナマ	1987	26,906	NEW HANAMASU
日本～韓国	パンスタードリーム(PANSTAR DREAM)	韓国	1997	21,535	SUN FLOWER KUROSHIO
日本～韓国～ロシア	イースタンドリーム(EASTEN DREAM)	パナマ	1993	11,478	QUEEN CORAL
中国～韓国	NGB II (NEW GOLDEN BRIDGE II)	パナマ	1990	26,463	SABRINA
	NGBV (NEW GOLDEN BRIDGE V)	パナマ	1997	29,554	RAINBOW LOVE
	大仁(DA-IN)	パナマ	1988	12,365	VENILIA
	天仁(TIAN REN)	パナマ	1990	26,463	BLUE ZEPHYR
	東方名珠II (ORIENTAL PEARL II)	パナマ	1986	10,648	VEDA
	華東明球VI (HUADONG PEARL VI)	パナマ	1988	19,534	NEW SETO
	RI ZHAO DONG FANG	韓国	1992	24,946	PACIFIC EXPRESS, SECO MARU
	YONG XIA	パナマ	1989	25,151	ERIMO MARU, SAN FLOWER ERIMO, SHUTTLE YOKOSUKA
	C-K STAR	韓国	1989	14,991	FERRY KYOTO, NEW PEGASUS
	Grand Peace	パナマ	1991	24,112	NEW AKASHI

資料：国総研資料No.707¹⁾

※1 中古船名は国総研資料No.707¹⁾及びウェブサイトMarin Traffic等による。

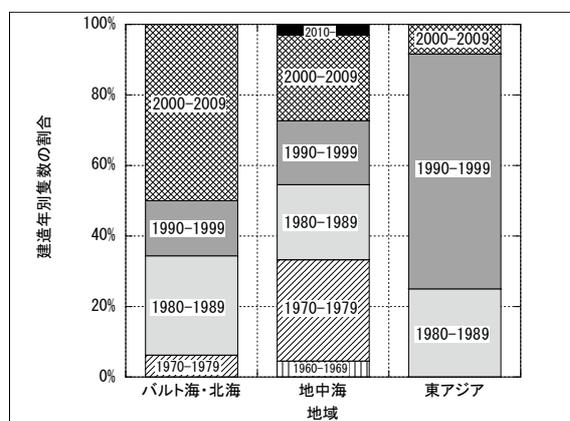


図-5 各地域におけるフェリーの建造年別隻数分布

今回、この平成24年3月時点の東アジア国際フェリー24隻について日本国内フェリーへの就航履歴を調べた結果を表-4に示す。少なくともうち13隻が日本の国内フェリーの中古船であることが確認できた。特に、中韓航路はもともと日中・日韓航路に比べて就航航路数が多いこともあり、中韓航路に就航する14隻のうち10隻が日本の国内フェリーの中古船と広く活用されている。

表-4の日本の国内フェリー中古船は多くが1990年前後に建造されたものであり、およそ20年を経て国際フェリー航路に就いている。2章で比較した北海・バルト海地域、地中海地域と東アジア地域における国際フェリーの建造年別の隻数分布を図-5に示すが、バルト海・北海地域は2000年以降建造された新しい船舶が約半数を占める一方で、東アジア地域は2000年以前に建造された船舶のシェアが高い。

東アジア国際フェリーに中古船が多数利用されている理由には、アジア地域の急激な物流拡大による需要への対応やコスト面における問題が挙げられる。国際フェリ

ーへの需要が十分に顕在化しておらず新造船を利用する場合収入面でのリスクがあるが、中古船を利用することで船価を1/2～1/3に抑えられるというメリットがある。

(2) 中古船利用上の課題

但し、中古船はそのまま国際航行に使用できる訳ではない。日本近傍の海の航行に限られる国内フェリーと国際航行に従事する国際フェリーでは、その構造や設備に対して適用される法規則が異なり、安全や保安面から船舶に求められる要件に差がある。そのため、国内フェリーの中古船を国際フェリーに転用する場合には元の構造によっては改造が必要となる。

例えば「UTOPIA2」の場合、国内船から国際船に転用される際に以下の例をはじめとする改造が行われた⁶⁾。

- ・居住区全室にHI-FOG式自動スプリンクラ設置。
- ・機関室にHI-FOG式局所消火装置（固定式加圧水噴霧装置）設置。
- ・VDR（航海データ記録装置）設置。
- ・高速救助艇や救命艇、救命筏の増設。

これらの改造によって、海上における人命の安全のための国際条約（以下SOLAS条約）に基く国際航行に従事する旅客船に求められる火災安全措施や救命設備、保安設備、通信設備に適合した船舶となる。

船舶は、国際船、国内船への対応の違いの他、船舶安全法によって定められる航行区域の対象の違いによって構造や設備が異なる。航行区域は陸岸に近い順に平水区域、沿海区域、近海区域、遠洋区域と大きく4つに区分され、国内フェリーは「沿海」や「近海」、「限定近海（2000年に新設）」といったようにいずれかの区域の対象とする仕様で建造されている⁷⁾。

国際航行に従事する旅客船の構造や設備が国際海事機

関 (IMO) によるSOLAS条約を基に定められている一方で、国内フェリーの構造や設備は諸法令により定められ、なかには国際フェリーに求められる要件を準用する部分も、航行区域に応じて内容が緩和されているものもある。例えば、船舶には防火構造として規定された防火機能を持つ隔壁を用いて船内を区分する必要があるが、航行区域が「近海」と「沿海」では船舶防火構造規則における居住区への防火構造の要件が大きく異なることから、「沿海」仕様の国内船を国際船に転用する場合は全面的な改造が必要となる。一方「近海」であれば「沿海」よりも改造の負担が小さい。

またフェリーとRORO船でも、我が国ではフェリーは「旅客船」であるが、RORO船は旅客を乗せないことから「貨物船」扱いとされ、フェリーの方が防火や安全に係る規定が厳しい。そのためRORO船からフェリーへ転用する場合も同様に大規模な改造となる。

更に、防火や安全以外の観点から改造を行う場合もある。寄港港の岸壁にあわせて荷役用ランプやデッキ高さを嵩上げする場合などである。

中古船の利用は調達コストが下がるメリットを持つ一方で改造が必要といった課題がある。船社によっては、将来の改造の負担を軽減するため国内フェリー新造時に仕様を国際船舶に近づけることもあり、今後国際フェリーの需要の増加の度合いによっては国際フェリーにも新造船がより投入される可能性もある。

4. 国際フェリー対応の諸元分析とその結果

東アジア国際フェリーの標準的な諸元を求めるために、東アジア国際フェリーの就航実績を持つ船舶を対象に分析を行えば現状の船型が得られるが、平成12年から平成24年3月までの間に東アジア国際フェリー航路に就航していたフェリーの隻数は40隻である（過去に就航実績を持つものを含む）⁴⁾。これは現行の技術基準のための船舶諸元の分析⁸⁾における長距離フェリーの統計解析対象データ数52隻よりも少なく、安定した分析にはデータ数の増加が望ましい。

また今後は、国際フェリーの需要増加によって東アジア国際フェリー航路にも新造船が投入され、その船型が現在東アジア地域に就航する規模（最大で3万GT程度⁴⁾）よりも大型化する可能性もある。この場合、技術基準は概ね10年間の適用を予定していることから、次の改訂時に示す標準的な諸元がこの大型化にも対応する必要があるが、上の40隻を基に分析した場合、3万GTを超える規模の船舶データがなく対応できないという課題もある。

そこで本章では、東アジア国際フェリーの今後の大型化の可能性と現在の国内フェリー中古船の利用状況を考慮して、東アジア国際フェリーの諸元分析を世界の国際フェリー、東アジアの国際フェリー、日本の国内フェリーの全データを対象に行うこととした。但しそれぞれの船型が異なれば統計解析が成り立たないため、本手法では各データを抽出した後、始めにデータ間の船型の違いを確認し、その後一体的に分析を行うこととする。この手順フローを図-6に示す。

(1) 使用データ及び船舶の抽出

各フェリーは、以下に示すデータ及び条件から抽出した。但しいずれの船舶も船齢26年以上のものは対象外とする。これは以下の2つの理由による。

「①世界に周航している船舶は竣工後25年程度から退役をはじめること、一方で、技術基準は概ね10年間で改訂されていることから、技術基準の適用の最終段階において竣工後25年の船舶を対象としているためには、解析時点では船齢 (25-10=) 15年以内とすることが妥当と判断されること。

②減価償却資産の耐用年数等に関する省令（財務省）において、2,000GT以上の鋼船の耐用年数が15年とされていること。」⁸⁾

分析対象として抽出された各船舶の隻数を表-5に示す。

a) 国際フェリー

国際フェリーとは、MDSデータによって2カ国以上寄港するサービスに就航することが確認された世界のフェリーとする。ただし2カ国以上寄港があっても寄港地域が東アジア内（日本、中国、韓国、ロシアの一部）に留まる場合は東アジア域内フェリーとの重複を避けるため対象外とする。

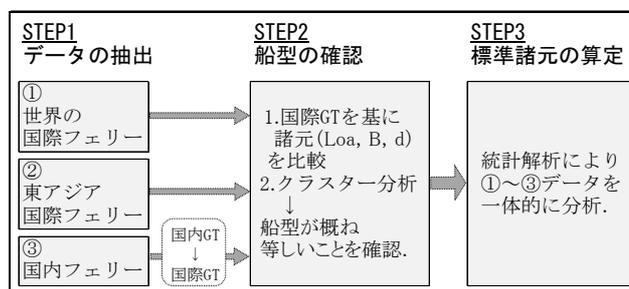


図-6 分析フロー図

表-5 分析対象船舶隻数

フェリー区分	隻数	抽出対象としたデータ
世界の国際フェリー	80	MDSデータ 2013. 8月時点
東アジア国際フェリー	30	東アジア地域就航フェリー ⁴⁾
国内フェリー	83	船舶明細書 I 2013

b) 東アジア国際フェリー

東アジア国際フェリーとは、日本と日本の周辺国を結ぶ航路、中国と韓国を結ぶ国際フェリー航路に就航実績のあるフェリー40隻⁹⁾のうち、船齢が26年以上の船舶をを除いた30隻とする。

c) 国内フェリー

国内フェリーとは、日本船舶明細書 I (2013) より抽出した日本船籍のフェリーとする。日本船舶明細書は(一社)日本海運集会所が発行しており、総トン数が100トン以上の日本国籍を持つ船舶(漁船は500トン以上)について船名、船種、航行区域、国内総トン数、全長、型幅、満載喫水などが収録されている。

d) 諸元データ

抽出された船舶の諸元は、各データにIMO No.で紐付けしたClarksonデータを用いる。ClarksonデータとはClarkson World Fleet Register社の提供する世界の船舶諸元データベースを指し、これには総トン数、全長、型幅、満載喫水といった各諸元や建造年などの情報が含まれる。

(2) 「国際総トン数」と「国内総トン数」

諸元データに用いたClarksonデータにおける総トン数は基本的に国際総トン数である。しかしながら国内フェリーのデータについては国内総トン数の値である場合が多い。その理由は、国際フェリーがその規模を船舶のトン数の測度に関する法律に基き「国際総トン数」によって表す一方で、日本の国内フェリーは規模を我が国独自の指標である「国内総トン数」を用いて表すことによる。国内フェリーに国内総トン数が用いられるのは、日本の港湾では係留施設使用料や入港料が国内総トン数1トンについて定められているためである。

これらの国内総トン数と国際総トン数は共に船舶の大きさを表すものの、異なる指標である。国際総トン数は式(2)及び図-7に示すように算定され、国内総トン数は国際総トン数にその数値に基づく係数を乗じトン数を付すことにより求められる値である(図-8)。

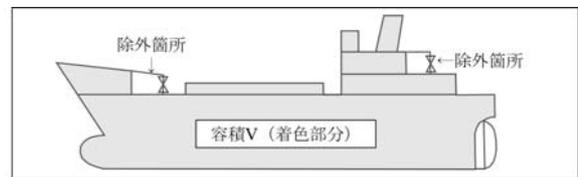
$$t = V \times (0.2 + 0.02 \log_{10} V) \quad (2)$$

t : 国際総トン数

V : 船舶の閉囲場所全容積から除外場所の合計容積を除いた容積(図-7)

国内フェリーの船型を国際総トン数を基準に他のフェリーの船型と比較するためには、国内総トン数を国際総トン数に換算する必要がある。ところが国内総トン数は国際総トン数を基に算出されるものの、その算定式には個々の船型により異なる高さ(図-8におけるAの部分)を用いるため、国内総トン数と国際総トン数の比は一定にならない。一般的には国内総トン数は国際総トン数の0.45~0.50程度といわれる。

そこで2000年以降東アジア地域に就航した国際フェリーのうち国内総トン数及び国際総トン数を共に把握できた船舶(表-6)を対象に、直線回帰によって国際総トン



資料⁹⁾

図-7 国際総トン数の測定方法

	二層甲板船以外の船舶	二層以上の甲板を備える船舶であって運輸省令で定める船舶(二層甲板船)
t < 30	総トン数 = $(0.6 + \frac{t}{10,000}) \times (1 + \frac{30-t}{180}) \times t$	総トン数 = $(0.6 + \frac{t}{10,000}) \times (1 + \frac{30-t}{180}) \times (\frac{B}{A} - 0.25) \times t$
30 ≤ t < 4,000	総トン数 = $(0.6 + \frac{t}{10,000}) \times t$	総トン数 = $(0.6 + \frac{t}{10,000}) \times (\frac{B}{A} - 0.25) \times t$
4,000 ≤ t	総トン数 = t	総トン数 = $(\frac{B}{A} - 0.25) \times t$

備考
t: 法第4条第2項の規定の例により算定した数値(=国際総トン数の数値)
A: 垂線間長の中央における型深さから別表第6に定まる数値(ΔH)を控除して得た数値
B: 垂線間長の中央における型深さの下端から船側における第二甲板の下面までの垂直距離

資料¹⁰⁾

図-8 国内総トン数の算定方法

表-6 東アジア国際フェリーの国際総トン数及び国内総トン数

航路	船社名	船名	国際総トン数 (GT) ①	国内総トン数 (GT) ②	国内総トン数 / 国際総トン数 ③=②÷①
ロシア	Heart Land Ferry	アインズ宗谷(EINS SOYA)	2,628	2,267	0.86
中国	中国国際輪渡有限公司 日中国際フェリー(株) (共同運航)	新鑿真(XIN JIAN ZHEN)	14,543	7,179	0.49
	上海フェリー	蘇州号(SU ZHOU HAO)	9,960	4,482	0.45
	オリエントフェリー	ゆうとぴあ(UTOPIA)	26,906	17,219	0.64
韓国	パンスターフェリー	パンスタードリーム (PANSTAR DREAM)	21,535	9,690	0.45
	釜関フェリー	はまゆう(HAMAYUU)	16,187	7,747	0.48
	関釜フェリー(共同運航)	星希(SEONG HEE)	16,875	8,076	0.48
	グランドフェリー	セコマル(SECOMARU)	24,946	11,582	0.46
	カメラライン	ニューかめりあ(NEW CAMELLIA)	19,961	10,862	0.54
	釜関フェリー	銀河(EUNHA)	10,729	6,590	0.61
	光陽フェリー	カンヤン・ビーチ (Gwangyang Beech)	15,971	8,918	0.56

※Lloyd'sデータ、船舶明細書、Sea-Web等を基に作成

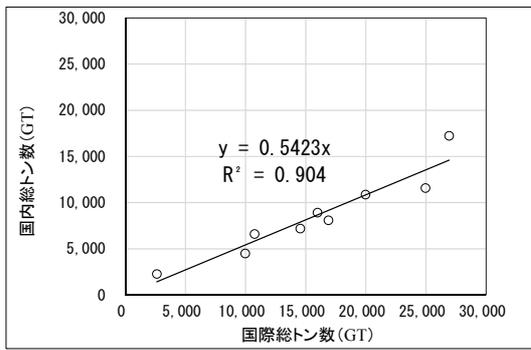


図-9 国際総トン数と国内総トン数の関係

数と国内総トン数の関係式を求めた (図-9) . 結果を式 (3) に示すが, 相関係数Rについても0.951と十分な値を得ている.

$$Y = 0.542x \quad (3)$$

Y : 国内総トン数, x : 国際総トン数

(3) 諸元の比較

抽出したデータより, 国際フェリー, 東アジア国際フェリー, 国内フェリーの主要諸元である全長 (L_{α}), 型幅 (B), 満載喫水 (d) を国際総トン数を基準に比較した結果を図-10~12に表す. 国内フェリーについては, 式 (3) を用いて国内GTを国際GTへ変換している.

東アジア国際フェリーの規模はおよそ10,000~30,000GTに集中しているが, その階級の船型では国際フェリーや国内フェリーと比べて大きな違いはみられない. 全長 L_{α} のみ国際フェリーと比べやや大きい傾向にある.

(4) クラスタ分析による諸元の類似性の確認

図-10~図-12によれば, これら3種類のフェリーの諸元に大きな相違は見られないが, これを統計的に確認するためクラスタ分析を試みた. 具体的には, 3種類のフェリーのデータを一度統合し, 船舶の諸元に関するある変数により分類 (クラスタ化) した際, これらの3種類のフェリーがどのように分類されるかを見ることで類似性を確認した.

クラスタ分析で設定した変数は二つである. 一つ (変数1) は「B (船幅) / d (満載喫水)」であり, これは船舶の幅広度を示す指数として使われている. もう一つは, 以下の式 (4) で得られる変数である.

$$\text{変数 2} = L_{\alpha}(\text{全長}) / (\text{国際GT} / (B \times d)) \quad (4)$$

分母である国際GTを (B×d) で割った値はGTを船の体積とみなした場合の大まかな船の長さを示すものであると考えられる. この数値と実際の L_{α} を比較すれば, 全長を相対的に評価できるものと考えられる. クラスタ分析の手法は, 非階層型のK-MEANS法とし, クラスタ数は3とした. 分析にはエクセル統計ソフトを用いた. 表-7に分析の結果を示す.

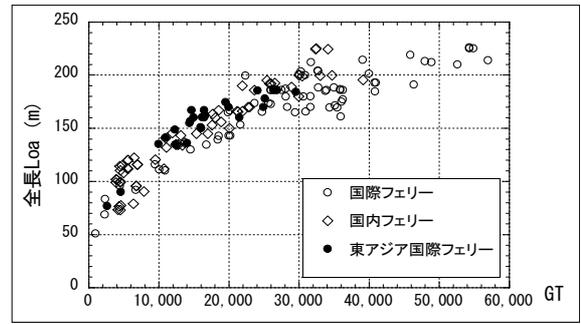


図-10 諸元 (全長 L_{α}) の比較

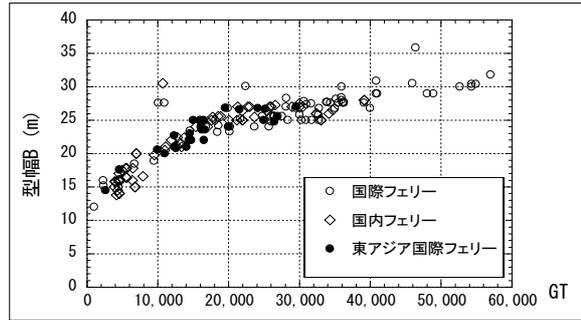


図-11 諸元 (型幅 B) の比較

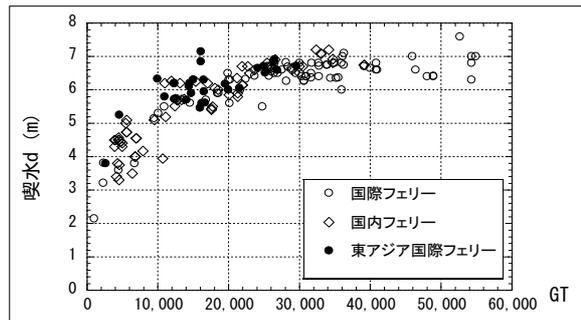


図-12 諸元 (喫水d) の比較

表-7 クラスタ分析の結果

変数	クラスタ		
	1	2	3
変数 1	4.410	3.775	7.741
変数 2	1.073	1.332	1.256
個数	72	115	1
割合	38.3%	61.2%	0.5%

データ数 (船舶数) 188 のうち, クラスタ3に分類されたものは1隻のみであり, 分析対象の船舶は概ね二つのクラスタに分類される. クラスタ1の中心は変数1が4.4, 変数2が1.1の位置にあり, クラスタ2の中心は同じく変数1が3.8, 変数2が1.3である.

図-13 は, 船舶データをクラスタの中心とともにプロットしたものである (ただしクラスタ3は除いている). 変数1が大きくなれば変数2は小さくなりすなわち船舶が幅広になれば船長が短くなる傾向が見られる. このためクラスタ1は幅が相対的に広く船長が短い船, クラスタ2は船幅が相対的に狭く船長が長い船とみる

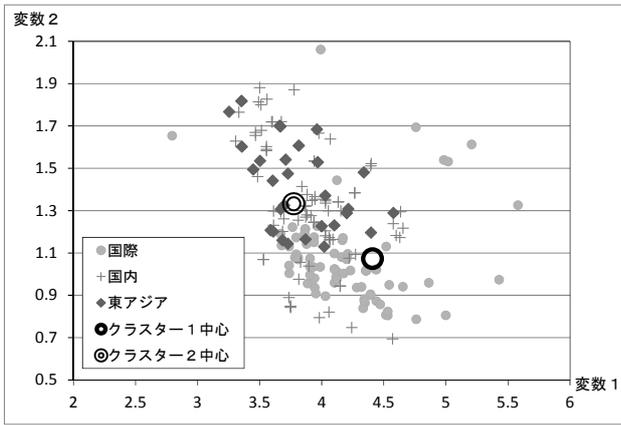


図-13 船舶データ及びクラスターの中心

表-8 3種類のフェリーとクラスターの関係
(船舶数)

フェリー区分	クラスター		
	1	2	3
東アジア	5	25	0
国際	48	31	1
国内	19	59	0

ことができる。

表-8 は3種類のフェリーとクラスターの関係を見たものである。国際フェリーはクラスター1に属するものがやや多い一方、日本の国内フェリーはクラスター2が多い。東アジアの船舶はクラスター2が多く傾向としては日本の国内フェリーに類似する。しかしこれらの船舶は明確に区分されるのではなく、図-13においても3者が重なる部分が存在することから、3種類のフェリーの諸元については互いに異なるものでなく一定の類似性が認められるものと判断される。

(5) 東アジア国際フェリー対応の標準諸元

国際フェリー、東アジア国際フェリー、国内フェリーの船型が互いに大きく違わないことが明らかになったため、(1)の条件より抽出した全フェリーを対象として統計解析によって国際総トン数が基準の東アジア国際フェリーの標準船型を求める。国際フェリー、国内フェリーとあわせて分析を行うことで対象データ数が補われ、更に現在の東アジア国際フェリーには就航していない規模(3万GT以上)の大型船舶の標準的な諸元についても分析可能となった。

統計解析の手法は①対数回帰解析手法、②平均値解析手法、③直線回帰解析手法にて行うものとする⁸⁾。対数回帰解析手法とは、船種毎の船舶の形状が空間的に概ね相似形であり、その主要諸元が船舶規模の1/3乗に近似的に比例するものとし、その関係を式(5)と表わして更にこの両辺を対数化すること(式(6))により、単純な直線回帰式として算定できるとしたものである⁸⁾。平均

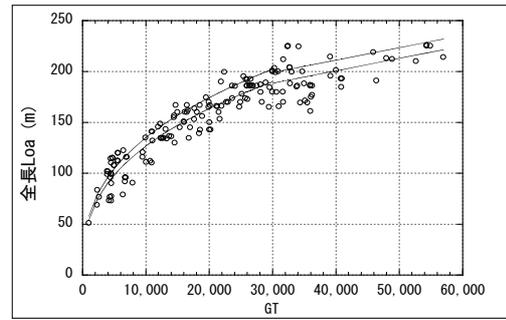


図-14 諸元(全長 L_{ca})の分布及び回帰式

値解析手法や直線回帰解析手法は、諸元の分布が対数回帰解析手法による分析が適当ではない船階級に用いた。

$$Y = \alpha X^\beta \quad (5)$$

$$\log Y = \log \alpha + \beta \log X \quad (6)$$

Y: 諸元値 (L_{ca} , B, D)

X: 国際総トン数 (GT)

諸元値はデータのカバー率が50%と75%の場合を求める。このカバー率とは、各トン数において算出された諸元値がそのトン数に対応した船舶数のうちどれだけの船舶の諸元を包含しているのかその比率を表す。回帰解析における回帰式によって得られる値は平均値(50%値)であり、これは対象とする船舶の総トン数に応じた船舶数のうち50%がこの平均値以下に該当し、残りの50%が平均値以上にあることを意味する。この値のカバー率は50%となる。カバー率75%の値は、回帰式まわりのデータの分布を正規分布と仮定して、平均値(50%)の回帰式を標準偏差より得られる値を用いて平行移動することにより算出している。従来からの技術基準に準じて75%値を設定した。⁸⁾

以下に諸元分析結果の一例(全長(L_{ca}))を示す。

全長(L_{ca})について0~30,000GT未満の船舶に対して対数回帰解析手法を、30,000GT以上の船舶に対して直線回帰解析手法を用いて分析を行い、以下に示す関係式を得た。図-14に諸元の分布状況とあわせて結果を表す。3つの地域のフェリーのデータを一元的に分析したが、R値は十分な数値が得られている。

・ $0 < L_{ca} < 30,000GT$

$$Y = \alpha \cdot X^\beta$$

R = 0.9405

α : 4.2673 (50%), 4.5473 (75%)

β : 0.3682 (50%), 0.3682 (75%)

・ $30,000GT \leq L_{ca}$

$$Y = aX + b$$

R = 0.5190

a: 0.0012 (50%), 0.0012 (75%)

b: 151.84 (50%), 162.30 (75%)

このように国際総トン数と各諸元の間を求めると、任意の国際総トン数に対する諸元値が求められる。

例えばGT=20,000の場合の全長 L_{ca} (カバー率75%)は、約175m (図-14)である。なお他の諸元 (船幅ならびに満載喫水)についても同様の分析を行ったが、R値は十分な数値が得られている。

5. まとめ

本論文では、東アジア地域の国際フェリーの現状を欧州地域とのネットワーク比較や船舶の過去の就航履歴によって把握し、東アジア国際フェリー、国内フェリー、国際フェリーの全船舶を対象とした統計解析を行って今後の東アジア国際フェリーの標準的な船型を求める手法を確認した。分析によって得られた結果は以下の通りである。

- ①東アジア地域と欧州地域の国際フェリー・RORO船による輸送ネットワークについて、両地域の傾向が異なることをネットワーク量 (週あたりの貨物輸送能力や輸送頻度) を基に定量的に確認した。
- ②東アジア地域における国際フェリーの過去の就航履歴を調べ、東アジア国際フェリーには国内フェリーの中古船が広く活用されていることを把握した。また国内フェリーを国際フェリーへ利用するためには、航行区域の違いから船舶の構造や設備を国際仕様へ改造する必要があることが分かった。
- ③東アジア国際フェリー、世界における国際フェリー、日本の国内フェリーについて、それぞれの船型が大きく違わないことを主要諸元の比較やクラスター分析によって確認した。
- ④東アジア国際フェリー、国際フェリー、日本の国内フェリーのデータを一体として行った統計解析より、東アジア国際フェリーの標準的な船型を得ることに妥当性があることが考察できた。

東アジア国際フェリーの標準的な船型を求める手法を検討したが、今後の技術基準改定に向けさらなる検討が必要である。

例えば、本研究での全長に関する統計分析の結果は、

欧州での実績データが含まれることから全長200m以上の船舶が多く含まれる。他方日本では全長が200m以上の船舶は「巨大船」扱いとなり海峡の通過や入港に規制がかかることから、将来的に東アジアに就航する国際フェリーがさらに大型化した際、この長さを超える船長の船舶がどの程度使用されるか不透明である。

このように検討すべき点もあることから、技術基準に国際フェリーの標準船型を盛り込むことを目標として、引き続き船舶投入状況の確認やデータの収集整理など状況に応じた分析を進めたい。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：日本海側港湾のあるべき姿，日本海側拠点港 募集要領添付資料-1，2011。
- 2) 国土交通省港湾局：日本海側拠点港の選定結果について，2011。
- 3) 社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，pp.391-398，2007
- 4) 後藤修一・渡部富博・安部智久・井山繁：国際フェリー・RORO 船による海上輸送の特性に関する基礎的分析，国土技術政策総合研究所資料 No.707，pp1-16，2012。
- 5) 国土交通総合政策局：第4回日中韓物流大臣会合共同声明の概要，2012
- 6) 株式会社 JMU アムテック：カーフェリー改造概要 (<http://www.jmuc.co.jp/amtec/u-hp/index.htm>)
- 7) 商船三井フェリー株式会社：船舶一覧 (<http://www.sunflower.co.jp/corporate/vessellist/index.shtml>)
- 8) 高橋宏直・後藤文子・安部智久：統計解析による船舶諸元に関する研究－船舶の主要諸元の計画基準 (案)－，国土技術政策総合研究所研究報告 No.28，pp31-38，98-108
- 9) 船の豆知識：船の大きさや重さはなぜトンといたのでしょうか (http://www.nexyzbb.ne.jp/~j_sunami76/fr-ton.html)
- 10) 日本小型船舶工業会：通信教育造船科講座 船舶関係法規 (<http://nippon.zaidan.info/seikabutsu/1996/00272/mokuji.htm>)

AN ANALYSIS ON SHIP DIMENSIONS OF INTERNATIONAL FERRIES IN EAST ASIA AND ITS APPLICATION TO PORT PLANNING

Maki URANO and Motohisa ABE

In order to support seamless logistics within East Asia, demand for international ferries are expected to increase. However, standard ship dimensions for such ferries have not been fully examined, due to the lack of data for statistical analysis.

In this study, firstly comparative analysis of shipping network in Europe and East Asia is conducted and the current status of the utilization of ferries including the use of second-hand ferries is grasped. Then similarities of ship dimensions of ferries deployed in East Asia and other region (Japan and Europe) are confirmed from which the application of such analysis to the statistical analysis is examined.