

1. はじめに

係留施設、航路等の港湾の施設及び港湾施設を計画・設計する場合には、対象船舶の船長、満載喫水等の諸元値は重要な条件となる。このために、国土技術政策総合研究所港湾研究部（以下 国総研）では船舶の諸元データを統計解析し、船種ごと・船階級ごとに主要諸元としての全長（Loa）、垂線間長（Lpp）、型幅（B）、満載喫水（d）等の値を提示¹⁾²⁾している。また、その結果は現行の「港湾の施設の技術上の基準」³⁾（以下「技術基準」）に引用されているとともに、平成19年度からの適用が予定されている改正においても、国総研の新たな研究成果⁴⁾からの引用が予定されている。

しかしながら、現行およびこれまでの「技術基準」⁵⁾⁶⁾においても船舶の高さに関する諸元値は示されていない。また、「技術基準」と同様に全長や満載喫水の標準的な諸元値を示している海外の文献^{7)~11)}においても、船舶の高さに関する諸元値は示されていない。

このように、国総研のみならず他の機関等においても船舶の高さに関する諸元値の解析を実施し得なかった理由として以下の諸課題が考えられる。

①全長、満載喫水等の他の諸元と比較して、得られるデータが著しく少ないこと

例えば分析対象隻数が最多となる貨物船では、海外の基礎データでは全長、満載喫水等のデータに対して船舶の高さに関して得られるデータは10%程度でしかないことから、全長、満載喫水等の諸元と同等に解析結果を提示することに疑義が生じる。

②船舶の高さに関して基礎データから得られる値の信頼性が低いこと

基礎データから得られるデータはバラツキが多く、明らかに異常値と判断されるデータも多く存在している。この要因の一つとして船舶の長さにおける全長のようその概念が明確では無いためにデータ提供者における記載ミス等が想定される。このため、この基礎データに基づいて統計解析した結果に対して疑義が生じる。

③全長や満載喫水等に関する統計解析手法（対数回帰分析手法）が船舶の高さに適用できないこと

船種ごとに船舶の形状は空間的に概ね相似形であるとして、全長や満載喫水等は船体規模（DWTあるいはGT）の1/3乗に近似的に比例することを前提として統計解析を実施している。しかしながら、船舶の高さは船体規模との相関性は低いために、従来の対数回帰分析手法の適用では大型船における解析結果と実際の船舶の値との乖離が過大になる等の解析結果に対して疑義が生じる。

一方で、この船舶の高さに関する諸元値は航路上の橋梁の設計や海上空港の制限表面との関係調整等に際して非常に重要であることから、「技術基準」における全長や満載喫水と同様に船舶の高さに関する諸元値が提示されることが従来から強く求められている。

このため、本研究での第1の目的としてこれまでの課題に次のように対処することで、「技術基準」での全長や満載喫水等の主要諸元と同精度での船舶の高さの諸元を提示することを目指した。

①他の諸元のデータと船舶の高さに関するデータの船階級ごとの分散状況を分析し、船舶の高さに関するデータの船階級に対応した分布に偏りが無いことを確認した。

これにより、船舶の高さに関するデータが著しく少なくても他の諸元と同程度の精度を得られることを目指した。

②基礎データから異常値を統計的に排除することで、具体的な諸元値を解析するためのデータを新たに構築した。この結果によりある程度のデータが減少しても、信頼性の高い解析結果が得られることを目指した。

③統計解析に際しては、全長や満載喫水等での統計解析手法を船舶の高さに適用することは妥当ではないことをあらかじめ確認した上で、妥当な解析結果が得られる新たな統計解析手法の適用を目指した。

さらに、航路上の橋梁の設計や海上空港の制限表面との関係調整に際して現実的に必要な値は、海面上から船舶の最高点までの高さである。このために本研究での第2の目的として海面上からの船舶の高さに関する諸元値を提示することを目指した。具体的には、第1の目的への対応から得られる研究成果と既往の研究¹²⁾における満載喫水に関する研究成果を併せて分析することで海面上から船舶の最高点までの高さを解析する手法と当初から海面上の高さに関する基礎データを構築してから直接に解析する手法の2種類を適用して信頼性の高い解析結果が得られる事を目指した。

なお、実際の適用に際しては、「技術基準」においても明記されているように対象船舶を特定できる場合には、特定された船舶の諸元値を適用すべきである。対象船舶を特定できない場合には、本研究成果を参考にすることができる。

2. 解析に関する基本的な考え方

2.1 船舶の高さに関する諸元値の定義

船舶の高さに関する諸元値としては、図1に示すように、キール(Keel: 船底の竜骨≒最低点)からトップ(Top: 最高点)までの高さ、海面上からトップまでの高さ(Air Draft とよばれる場合がある)の2種類がある。これらの概念を明確にし、用語としての混乱を避けるために本研究において以下のように定義する。

- ・全高 : H_{kt} (Height - Keel to Top)
- ・海面上高さ : H_{st} (Height - Surface of the sea to Top)

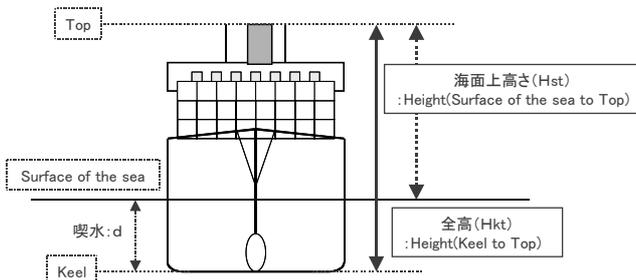


図1 船舶の高さに関する諸元値

2.2 解析対象データ

統計解析に用いた基礎データは、Lloyd's Register Fairplay Data 2006.9(以下 LRF Data)である。Lloyd's Register Fairplay 社(*注)では新造船、既存船、廃船を含む100GT以上、158,000隻の船舶データ、200,000件の海運会社、海難情報、港湾情報などの基礎データを保有している。この約800項目の中から、本研究ではShip Height Dataとして、キールから最も高い定点(マスト、あるいは煙突等の最高点)まで測定された高さに関するデータを入手した。このShip Height Dataは、本研究での全高(H_{kt})に相当する。このLRF Dataは「技術基準」において示されている全長、垂線間長、型幅、満載喫水等の主要諸元を解析するために用いた基礎データである文献4)12)のLloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data(以下 LMIU Data) 2004.1とは異なる。

2.3 船舶種類の区分

本研究では「技術基準」での全長や満載喫水等の主要諸元と同精度での船舶の高さの諸元を提示することを目指していることから、「技術基準」に準じて船舶の種類を設定することを基本とする。ただし、フェリーについては、基礎データとしてLRF Dataを用いたことから対象が外国船となるため国内フェリーとは諸元特性が大きく異

なる。このためフェリーを対象外として、以下の8種類の区分を設定する。ここで、「貨物船」は、「一般貨物船」、「バルク船」、「鉱石専用船」を対象としている。

- ①貨物船
- ②コンテナ船
- ③タンカー
- ④ロールオン・ロールオフ船(以下 RORO 船)
- ⑤自動車専用船(Pure Car Carrier: 以下 PCC 船)
- ⑥LPG 船
- ⑦LNG 船
- ⑧旅客船

2.4 解析対象とする船齢

「技術基準」に関連した研究¹⁾²⁾⁴⁾⁸⁾では、船齢15年以下の船舶を対象として統計解析を実施している。この理由は、以下のとおりである。

①世界に就航している船舶は竣工後25年後程度から退役をはじめめるものの、「技術基準」は概ね10年間で改正されることから、基準適用の最終時期において竣工後25年の船舶までを対象としていることが望ましいと考えられる。したがって、解析時点では船齢(25-10=)15年以内とすることが妥当であると考えられる。

②日本の財務省における減価償却資産の耐用年数等に関する規定では、2,000GT以上の鋼船の耐用年数は15年とされている。

なお、旅客船については一般の船舶と比較して退役時点での船齢が高いことから、船齢30年以下の船舶を対象としている。

ここで本研究での第2の目的は、船舶の高さに関する諸元値と既に解析を実施した満載喫水を併せて分析することで海面上高さ(H_{st})を提示することである。そこでは満載喫水を対象とした統計解析を実施した既往の研究成果¹⁾²⁾⁴⁾⁸⁾を活用することを一つの手法としていることから、これらの結果と整合させるために本研究においても船齢15年以下の船舶を対象として統計解析を実施する事を基本とした。

しかしながら、LRF Dataから得られるデータは元々少なく、さらにこの船齢15年以下の条件を設定することでデータが少なくなる。このため、基々のデータが100隻以下の3船種(PCC船、LNG船、旅客船)および船齢の条件を設定した場合のデータ数が一つの閾値として100隻以下となる船種(RORO船)の計4船種については、この船齢による制限を設定せずに全ての船齢の船舶を対象として統計解析を実施する。この結果による統計解析の基礎データとなる具体的な隻数を次の2.5で示す。

2.5 解析対象の船舶データ数

船種別に船階級別の解析対象とした船舶データ数を表1に示す。表1での「諸元解析(A)」には、全長、垂線間長、型幅、満載喫水を解析した文献4)で示されている基礎データ数を引用し、「全高解析(B)」には2.4で整理した船齢条件から得られる基礎データ数を示している。この表1では文献4)で示されている表に準じて船階級を小さな規模では密に、大きな規模では粗く設定し、船階級ごとにデータ数と累積比率を示している。ここで、船舶の種類区分にはLMIU Dataでの表2に示すVessel Type Decodeを用いた。

ここでは、他の諸元値のデータと船舶の高さに関するデータの船階級ごとの分散状況を分析し、船舶の高さに関するデータに船階級に対応した分布に偏りが無いことを船種ごとに確認するために両者の比較を実施している。

両者の分布に偏りが無いことを船種ごとに確認するために、「諸元解析(A)」に対する「全高解析(B)」の比率[(B)/(A)]を算定した。この結果、船種ごとにデータ数が少ない船階級では特異的な値がみられるものの全体的には船階級に応じて同程度の値となっており、小型船に集中しているなどの著しい偏りは生じていないと判断される。

さらに、表1でのそれぞれの累積比率の比較を図2~9に示す。この結果からも著しい偏りは生じていないと判断される。

表1 船種別および船階級別船舶データ数

船種	貨物船					コンテナ船				
	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)
	データ数	累積比率	データ数	累積比率		データ数	累積比率	データ数	累積比率	
DWT										
0 - 499	74	1.3%	0	0.0%	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	—
500 - 999	136	3.6%	0	0.0%	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	—
1,000 - 1,999	462	11.5%	3	0.5%	0.6%	1	0.0%	2	0.7%	200.0%
2,000 - 2,999	425	18.8%	35	6.7%	8.2%	7	0.3%	0	0.7%	0.0%
3,000 - 4,999	946	34.9%	108	25.6%	11.4%	82	3.8%	7	3.0%	8.5%
5,000 - 9,999	902	50.4%	56	35.4%	6.2%	371	19.6%	29	12.5%	7.8%
10,000 - 14,999	159	53.1%	12	37.5%	7.5%	259	30.5%	46	27.6%	17.8%
15,000 - 29,999	673	64.6%	71	50.0%	10.5%	592	55.6%	83	54.9%	14.0%
30,000 - 49,999	687	76.4%	94	66.5%	13.7%	520	77.7%	66	76.6%	12.7%
50,000 - 99,999	971	93.0%	122	87.9%	12.6%	499	98.9%	64	97.7%	12.8%
100,000 - 199,999	382	99.5%	67	99.6%	17.5%	27	100.0%	7	100.0%	25.9%
200,000 -	29	100.0%	2	100.0%	6.9%	0	100.0%	0	100.0%	—
総数	5,846		570		9.8%	2,358		304		12.9%

船種	タンカー					RORO船				
	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)
	データ数	累積比率	データ数	累積比率		データ数	累積比率	データ数	累積比率	
タンカー:DWT										
RORO船:GT										
0 - 499	0	0.0%	0	0.0%	—	59	11.8%	14	4.4%	23.7%
500 - 999	0	0.0%	0	0.0%	—	44	20.5%	28	13.3%	63.6%
1,000 - 1,999	4	0.4%	0	0.0%	0.0%	42	28.9%	26	21.5%	61.9%
2,000 - 2,999	2	0.6%	1	0.1%	50.0%	33	35.5%	13	25.6%	39.4%
3,000 - 4,999	3	0.8%	1	0.2%	33.3%	35	42.4%	38	37.7%	108.6%
5,000 - 9,999	5	1.3%	3	0.4%	60.0%	110	64.3%	82	63.6%	74.5%
10,000 - 14,999	1	1.4%	0	0.4%	0.0%	41	72.5%	39	75.9%	95.1%
15,000 - 29,999	7	2.1%	0	0.4%	0.0%	96	91.6%	57	94.0%	59.4%
30,000 - 49,999	4	2.4%	10	1.3%	250.0%	17	95.0%	18	99.7%	105.9%
50,000 - 99,999	212	22.4%	214	20.0%	100.9%	25	100.0%	1	100.0%	4.0%
100,000 - 199,999	446	64.3%	544	67.6%	122.0%	0	100.0%	0	100.0%	—
200,000 -	380	100.0%	371	100.0%	97.6%	0	100.0%	0	100.0%	—
総数	1,064		1,144		107.5%	502		316		62.9%

船種 GT	PCC船					LPG船				
	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)
	データ数	累積比率	データ数	累積比率		データ数	累積比率	データ数	累積比率	
0 - 499	1	0.5%	0	0.0%	0.0%	46	4.5%	2	0.6%	4.3%
500 - 999	1	1.0%	1	1.2%	100.0%	218	26.1%	2	1.1%	0.9%
1,000 - 1,999	4	2.9%	1	2.4%	25.0%	94	35.3%	13	4.8%	13.8%
2,000 - 2,999	0	2.9%	1	3.6%	—	101	45.3%	27	12.3%	26.7%
3,000 - 4,999	1	3.4%	1	4.8%	100.0%	191	64.2%	114	44.3%	59.7%
5,000 - 9,999	22	14.1%	7	13.1%	31.8%	138	77.8%	79	66.4%	57.2%
10,000 - 14,999	5	16.5%	5	19.0%	100.0%	35	81.2%	11	69.5%	31.4%
15,000 - 29,999	24	28.2%	9	29.8%	37.5%	62	87.4%	40	80.7%	64.5%
30,000 - 49,999	58	56.3%	33	69.0%	56.9%	123	99.5%	69	100.0%	56.1%
50,000 - 99,999	90	100.0%	26	100.0%	28.9%	4	99.9%	0	100.0%	0.0%
100,000 - 199,999	0	100.0%	0	100.0%	—	1	100.0%	0	100.0%	0.0%
200,000 -	0	100.0%	0	100.0%	—	0	100.0%	0	100.0%	—
総数	206		84		40.8%	1,013		357		35.2%

船種 GT	LNG船					旅客船				
	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)	諸元解析(A)		全高解析(B)		相対比率 (B)/(A)
	データ数	累積比率	データ数	累積比率		データ数	累積比率	データ数	累積比率	
0 - 499	1	0.6%	0	0.0%	0.0%	61	16.0%	1	1.4%	1.6%
500 - 999	2	1.9%	0	0.0%	0.0%	18	20.7%	3	5.4%	16.7%
1,000 - 1,999	1	2.5%	1	1.4%	100.0%	34	29.6%	4	10.8%	11.8%
2,000 - 2,999	1	3.1%	0	1.4%	0.0%	13	33.0%	5	17.6%	38.5%
3,000 - 4,999	0	3.1%	0	1.4%	—	29	40.6%	2	20.3%	6.9%
5,000 - 9,999	0	3.1%	0	1.4%	—	42	51.6%	9	32.4%	21.4%
10,000 - 14,999	0	3.1%	0	1.4%	—	31	59.7%	11	47.3%	35.5%
15,000 - 29,999	9	8.7%	3	5.5%	33.3%	30	67.5%	11	62.2%	36.7%
30,000 - 49,999	11	15.5%	1	6.8%	9.1%	37	77.2%	10	75.7%	27.0%
50,000 - 99,999	77	63.4%	55	82.2%	71.4%	72	96.1%	15	95.9%	20.8%
100,000 - 199,999	59	100.0%	13	100.0%	22.0%	15	100.0%	3	100.0%	20.0%
200,000 -	0	100.0%	0	100.0%	—	0	100.0%	0	100.0%	—
総数	161		73		45.3%	382		74		19.4%

表 2 Vessel Type Decode

Type	Vessel Type Decode	
Cargo Ship	bulk	BBU
	ore carrier	BOR
	general cargo	GGC
Container Ship	container carrier	UCC
Oil Tanker	crude oil tanker	TCR
Roll-on/Roll-off Ship	ro/ro	URR
Pure Car Carrier	vehicle carrier	MVE
LPG Ship	lpg	LPG
LNG Ship	lng	LNG
Passenger Ship	passenger	MPR

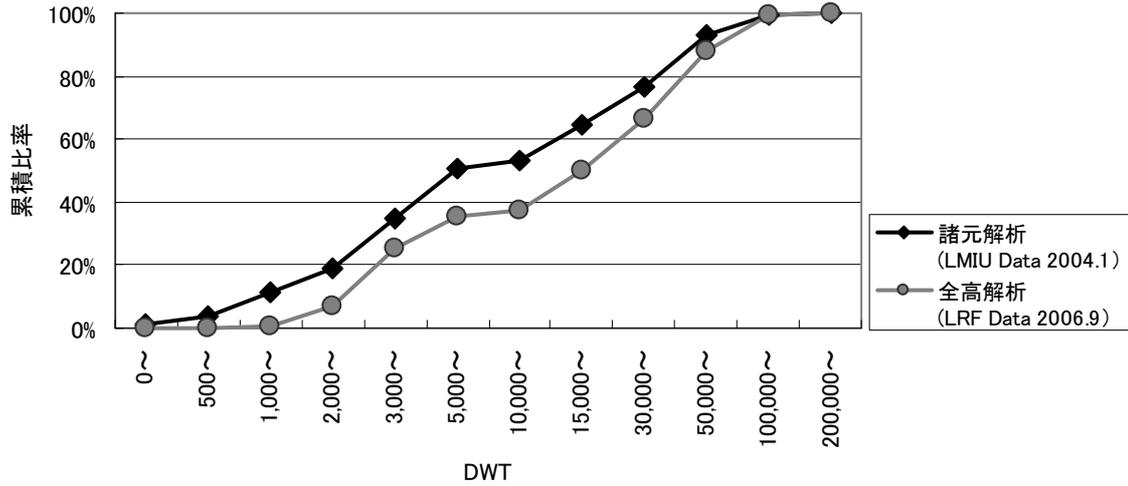


図2 船階級別の相対比率の比較（貨物船）

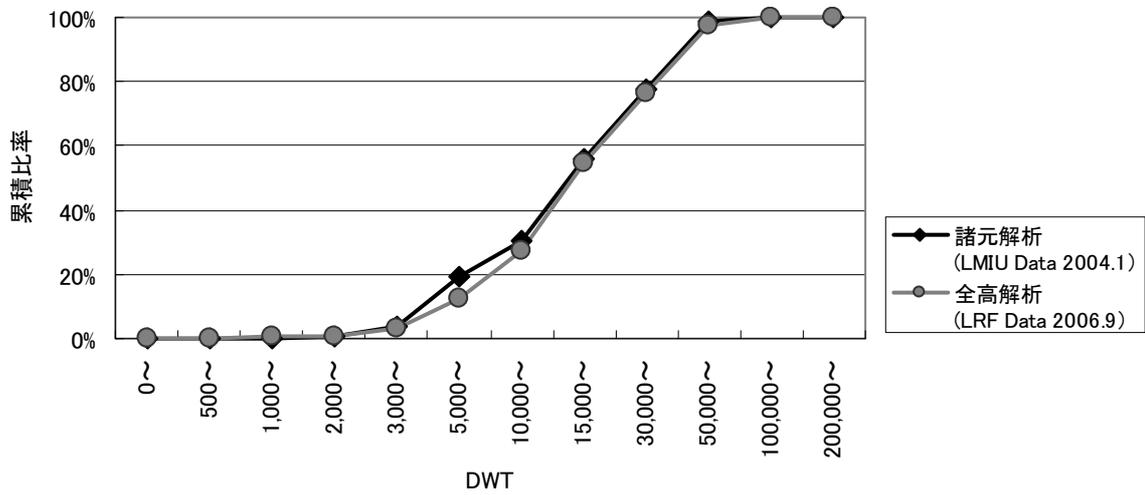


図3 船階級別の相対比率の比較（コンテナ船）

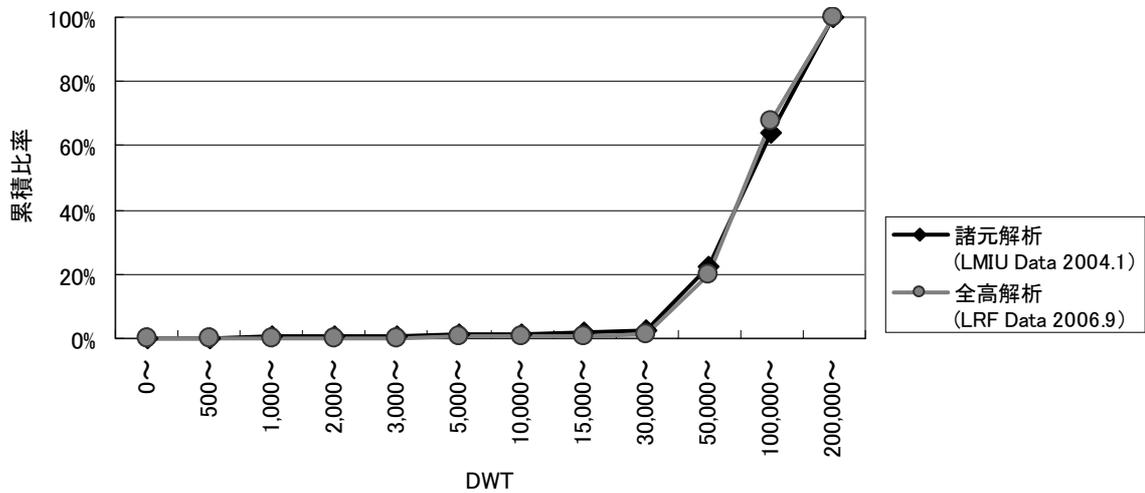


図4 船階級別の相対比率の比較（タンカー）

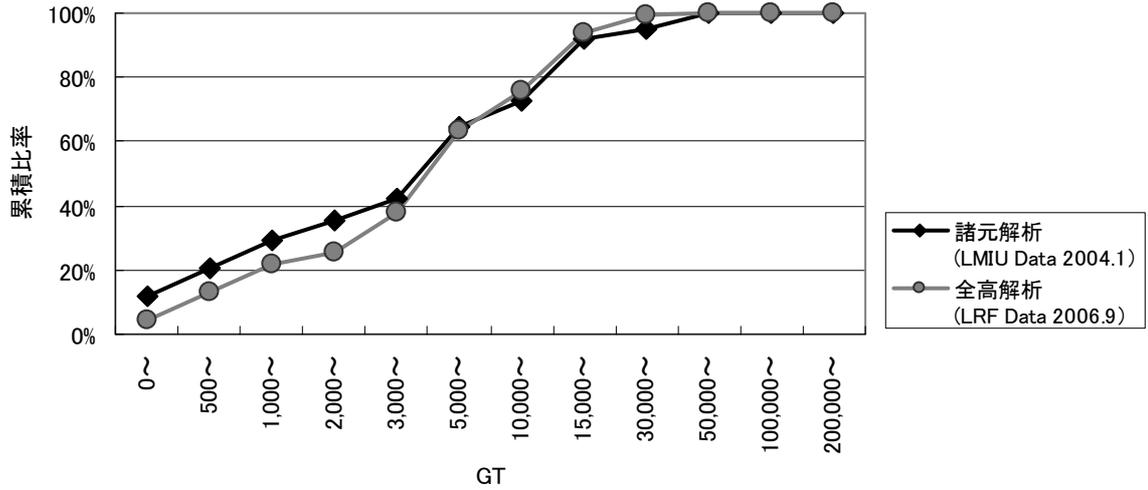


図5 船階級別の相対比率の比較 (RORO 船)

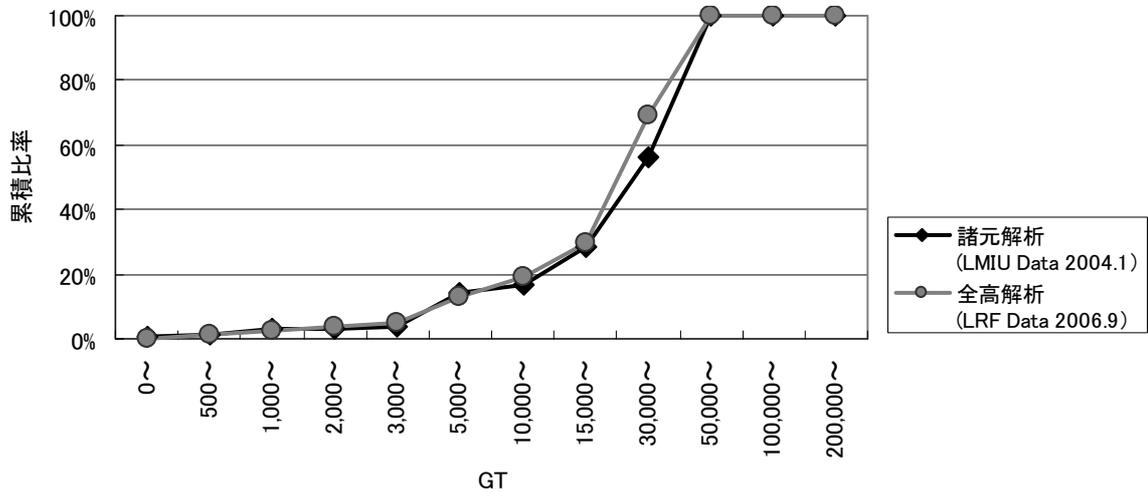


図6 船階級別の相対比率の比較 (PCC 船)

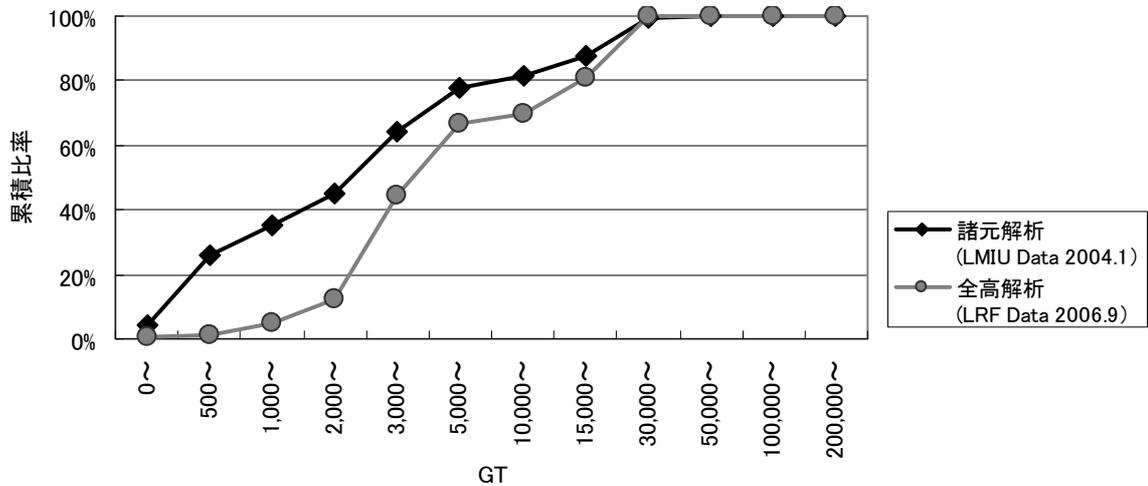


図7 船階級別の相対比率の比較 (LPG 船)

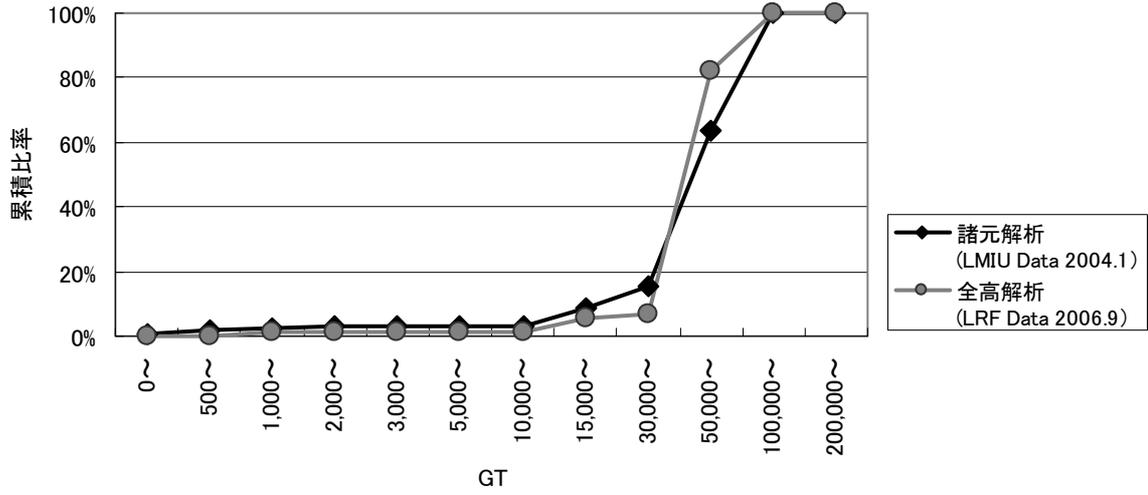


図8 船階級別の相対比率の比較 (LNG 船)

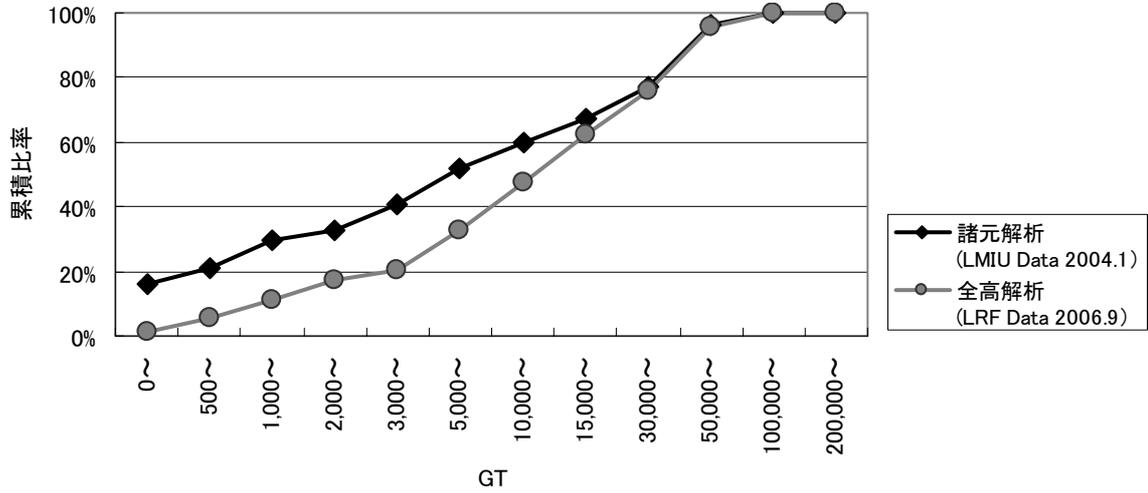


図9 船階級別の相対比率の比較 (旅客船)