

ISSN 1346-7328

国総研資料 第600号

平成22年6月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.600

June 2010

貨物船・コンテナ船・タンカーの船舶諸元分析に関する 基礎的研究

井上 岳・赤倉康寛

Study on Ship Dimensions by Statistical Analysis

Gaku INOUE, Yasuhiro AKAKURA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

貨物船・コンテナ船・タンカーの船舶諸元分析に関する基礎的研究

井上 岳*・赤倉康寛**

要 旨

新興国の需要増やパナマ運河拡張工事の進展等に伴い、Emma Maersk 等の大型新造コンテナ船の投入が相次いでいる。また、300,000DWT を超える超大型鉱石運搬船の出現が確認されている。これらのように、近年、載貨重量トン数の平均的な増加をはじめとする船舶の大型化と代替が著しいため、本研究は、至近の船舶諸元データ (2008 年) による船舶諸元分析を行い、その結果を 2004 年の船舶諸元データに基づいて行った前回分析のものと比較し、両者の結果が大きく乖離することがないことを確認した。また、コンテナ船の船舶の規模を表す指標として、載貨重量トン数 (DWT) のほか、当該船舶に積載可能なコンテナ個数 (TEU) が考えられるため、当該分析の適用可能性について検討し、船階級を適切に設定する等の措置を講じれば適用可能であることを確認した。

キーワード: 船舶の主要諸元, 統計解析

* 港湾研究部主任研究官

** 港湾研究部港湾計画研究室長

239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話:046-844-5027 Fax: 046-844-5027 e-mail: inoue-g23i@ysk.nilim.go.jp

Study on Ship Dimensions by Statistical Analysis

Gaku INOUE*
Yasuhiro AKAKURA**

Synopsis

Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan were just revised in 2007, in which main dimensions of Design Ship was estimated using shipping data published in 2004 and representative values of the demensions is shown.

After the publication, large scale vessels such as *Emma Maersk* and supersized ore carrier were launched and small-size vessels were replaced prominently.

In light of this trend, this study replicated statistical analysis using shipping data as of 2008 and compared the result with the previous study. We first shows that there is little difference between the two analysis. Accordingly, we also shows that it is possible to make ship dimensions analysis for container vessels, which takes TEU(Twenty-foot Equivalent Unit) as an explanatory variable instead of adopting DWT(Dead Weight Tonnage).

Key Words: Main Dimensions of Design Ship, Statistical Analysis

* Senior Research Engineer, Port and Harbor Department

** Director of Port Planning Division, Port and Harbor Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka 239-0826 Japan

Phone: +81-46-844-5027 Fax: +81-46-844-5027 e-mail: inoue-g23i@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. 序論	1
1.1 背景及び目的	1
1.2 船種区分について	1
1.3 本稿の構成	1
2. 船舶の大型化	1
2.1 バルク船	2
2.2 コンテナ船	2
2.3 タンカー	2
3. 分析手法の概要	3
3.1 分析手法	3
4. 分析結果	3
4.1 貨物船	3
4.2 コンテナ船	6
4.3 タンカー	12
5. TEU を説明変数とした分析	15
5.1 分析手法	15
5.2 分析結果	15
6. 船舶の諸元分析に関するその他の留意事項について	18
6.1 船階級の設定について	18
6.2 標準諸元と大きく異なる船舶の存在について	22
7. 結論	22
謝辞	23
参考文献	23

1. 序論

1.1 背景及び目的

国土交通省は、港湾法第五十六条の二の二の第一項の規定に基づき、港湾の施設の技術上の基準及び同解説（以下「技術基準・解説」という。）を定めるとともに、水域施設、外郭施設、係留施設その他の政令で定める港湾の施設の設置者等は、当該基準に適合するよう、港湾の施設を建設、改良又は維持しなければならないものとしている。

同基準においては、自然状況、利用状況等港湾の施設が置かれる諸条件に照らし、対象船舶が安全かつ円滑に航路の航行、係留施設への係船ができるよう、港湾の施設が船舶の諸元に応じた所要の水深、長さ等を有し、かつ、供用期間中において施設の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないよう構造上の要件等を満たすことを求めている。

これら港湾の施設の設計、施工及び維持における諸条件の設定にあたっては、まず初めに、当該施設を利用する船舶の諸元を設定することが必要となるが、対象船舶を特定できる場合にあっては、当該船舶の諸元とし、特定できない場合にあっては、船舶の諸元に関する統計的解析により適切に設定するものとしている。公共の港湾の施設のように、具体的な特定の対象船舶を事前に特定できない場合も想定し、船種別のトン数、全長、垂線間長、型幅及び満載喫水の標準化した値を事前に与えることとしている。

この標準化した値は、造船技術の進展、海運の動向変化等を踏まえ、一定期間毎に見直しが行われてきた。最近の見直しは、2004年のデータに基づく分析により行われたが [1]、この年以降も大型船を中心に新造船の投入が相次いでいる。

そこで、本研究は、至近の船舶諸元データ（2008年）による船舶諸元分析を行い、その結果を2004年の船舶諸元データに基づいて行った分析（以下「前回分析」という。）と比較する。

また、コンテナ船の船舶の規模を表す指標として、載貨重量トン数（DWT）のほか、当該船舶に積載可能なコンテナ個数（TEU）が考えられるため、TEUを説明変数とする分析の適用可能性について検討する。

これらの分析によって、本研究は、現行の技術基準・解説 [1] に掲げる船舶諸元の有効性を確認するとともに、次の技術基準・解説の改訂に向けて、最新の船型動向より、検討が必要と考えられる点を明らかにする。

1.2 船種区分について

本稿で言及する船種区分は、現行の技術基準・解説に倣い、以下のとおりとする。

(1) 貨物船

Lloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data 上で“general cargo”，“Bulk”及び“ore carrier”と分類される船舶を総称して本稿中の「貨物船」とする。コンテナ船、RORO船、LPG船、LNG船等はこれに含まれない。

なお、貨物船のうち、大型船となる“Bulk”及び“ore carrier”のみを「バルク船」とする。

(2) コンテナ船

Lloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data 上で“container carrier”に分類される船舶を本稿中の「コンテナ船」とする。

(3) タンカー

Lloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data 上で“crude oil tanker”に分類される船舶を本稿中の「タンカー」とする。所謂ケミカルタンカーはこれに含まれない。

1.3 本稿の構成

2章では、本研究の前提となる船舶の大型化及び代替傾向について、船舶データにより、確認する。3章では、本研究で適用する統計解析手法を概説する。高橋ら [2]、赤倉、高橋 [3][4] と同一の手法である。4章では、至近の船舶諸元データ（2008年）により、貨物船、コンテナ船、タンカーの船舶諸元分析を行う。5章では、コンテナ船の標準諸元の設定に関し、TEUを説明変数とする分析の適用可能性について検討する。6章では、船舶諸元設定に係るその他留意事項について言及する。7章は本研究のまとめである。

2. 船舶の大型化

本章では、載貨重量トン数の平均的な増加をはじめとする船舶の大型化傾向について確認する。

技術基準・解説では、竣工後15年間の船舶を統計分析の対象としているため、前回分析（2004年）は1989～2004年に竣工した船舶のデータを、今回分析（2008年）は1993～2008年に竣工した船舶のデータを用いて分析することになるが、ここでは、両分析で用いるデータに重複のない、①1989～1992年に竣工した船舶のデータと、②2005～2008年に竣工した船舶のデータを対照する（図-1参照）。当該データの出典は、Lloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data である。

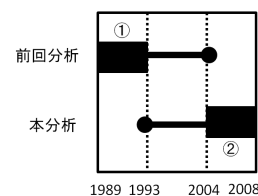


図-1 分析に使用するデータ

2.1 バルク船

貨物船のうちバルク船のデータについて、①1989～1992年に竣工した船舶のデータと②2005～2008年に竣工した船舶のデータを相互に対照する。図-2は、バルク船の累積度数分布であり、表-1は、載貨重量トン数(DWT)について、平均、標準偏差、上位25%値等基本統計量をまとめたものである。これらにより、新造されるバルク船の大型化傾向が読み取れる。

また、300,000DWTを超える超大型鉱石運搬船(全長332～340m、型幅58～60m、満載喫水21～23m)の就航が確認されている。なお、4章以降の分析はN=6,768隻の貨物船を対象として分析した。

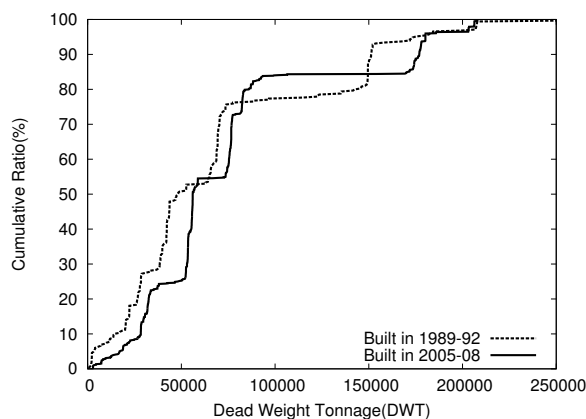


図-2 バルク船の累積度数分布

表-1 バルク船データの基本統計量(DWT)

	1989～92年	2005～08年
標本数	N=349	N=1,193
平均	69,500	75,100
標準偏差	55,300	51,300
上位10%値	151,000	177,000
上位25%値	73,500	82,300
上位50%値	48,300	56,100
上位75%値	28,500	48,500

2.2 コンテナ船

コンテナ船のデータについて、①1989～1992年に竣工した船舶のデータと②2005～2008年に竣工した船舶のデータを相互に対照する。図-3は、コンテナ船の累積度数分布であり、表-2は、載貨重量トン数(DWT)について、平均、標準偏差、上位25%値等基本統計量をまとめたものである。これらにより、新造されるコンテナ船の大型化傾向が読み取れる。

また、載貨コンテナ個数10,000TEUを超える超大型コンテナ船(例えば、Emma Maersk(全長396m、型幅59m、満載喫水16.0m))の就航が確認されている。なお、4章以降の分析はN=3,606隻のコンテナ船を対象として分析した。

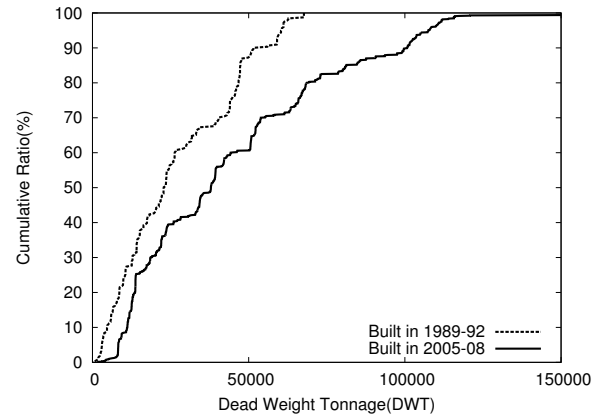


図-3 コンテナ船の累積度数分布

表-2 コンテナ船データの基本統計量(DWT)

	1989～92年	2005～08年
標本数	N=321	N=1,431
平均	26,800	44,300
標準偏差	18,600	32,500
上位10%値	51,500	100,700
上位25%値	44,000	65,900
上位50%値	22,800	37,900
上位75%値	10,600	17,800

2.3 タンカー

タンカーのデータについて、①1989～1992年に竣工した船舶のデータと②2005～2008年に竣工した船舶のデータを相互に対照する。図-4は、タンカーの累積度数分布であり、表-3は、載貨重量トン数(DWT)について、平均、標準偏差、上位25%値等基本統計量をまとめたものである。これらにより、新造されるタンカーの大型化傾向が読み取れる。なお、4章以降の分析はN=1,345隻のタンカーを対象として分析した。

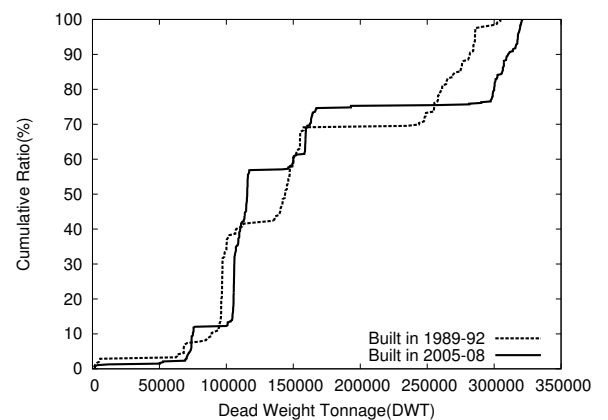


図-4 タンカーの累積度数分布

表- 3 タンカー船データの基本統計量 (DWT)

	1989～92 年	2005～08 年
標本数	N=243	N=473
平均	160,600	162,300
標準偏差	80,000	88,200
上位 10%値	281,800	310,400
上位 25%値	255,300	193,000
上位 50%値	143,900	115,600
上位 75%値	96,800	105,700

3. 分析手法の概要

3.1 分析手法

本研究の目的の 1 つは、至近の船舶諸元データ (2008 年) データによる分析結果を、2004 年の船舶諸元データに基づいて行った前回分析と比較分析することにある。このため、現行基準の分析手法 [2][3][4] と同一の手法を適用する。概要は以下のとおりである。

(1) 回帰式の算定

船種ごとの船階級に応じた主要諸元を求めるために適用する統計解析手法は次の 3 種類であり、各データの分布特性に応じて最適と判断される手法を適用する。ここで被説明変数は主要諸元 (全長、垂線間長、型幅、満載喫水)、説明変数は船舶規模 (総トン数、載貨トン数) である。

a) 対数回帰解析手法

船種ごとの船舶の形状は概ね相似形であり、主要諸元は船舶規模 (総トン数、載貨トン数) の $\frac{1}{3}$ 乗に比例することを踏まえ、被説明変数と説明変数の両辺の対数を取り、最小二乗法 (OLS) により、線形回帰するものである。

即ち、被説明変数を Y 、説明変数を X とした場合、

$$Y = \alpha X^{\beta} \quad (1)$$

を

$$\log Y = \log \alpha + \beta \log X + \varepsilon \quad (2)$$

として線形回帰するものである。本稿では特に断らない限り対数の底を 10 として記載する ($\log X \equiv \log_{10} X$)。

b) 平均値解析手法

何らかの説明変数の増加にも関わらず諸元が一定値を示す場合には、対象となる標本について平均値及び平均値まわりの標準偏差を算定する。例えば、パナマ運河の通行制限のため、船舶規模の増大に関わらず型幅 B が一定値を示す場合等に適用する。

c) 直接回帰解析手法

被説明変数と説明変数の間に直線的な対応関係が見られる場合には、両変数を対数変換することなく、そのまま線形回帰する。例えば、コンテナ積載可能個数 (TEU) と載貨トン数 (DWT) の関係が、これにあたる。

(2) 上位 25%値の推計

船舶諸元分析は、具体的な特定の対象船舶を事前に特定できない場合を想定し、予め船種別のトン数、全長、垂線間長、型幅及び満載喫水の標準化した値を事前に与えることを目的として行っている。国土交通省では従来から、これらの基本諸元について船舶規模毎に上位 25%値を推計し、これを船舶の基本諸元の標準値としてきた。船舶の基本諸元は、航空機と異なり、載貨重量トン数等船舶規模がほぼ同一とみなせる場合にあっても、船舶毎に多様な値を取り得るため、様々な船舶が港湾施設を安全かつ効率的に利用できるよう、同一の規模を有する船舶の概ね 75%が利用可能な値としてこれを定めるものである。

上位 25%値は、上記回帰分析による残差 ε がガウス分布 $N(0, \sigma)$ に従うものとみなして推計する。

(3) 分析の対象とするデータ

Lloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data のデータのうち、船齢 15 年以下のものを対象として分析する。船種区分は 1.2 節で述べたとおりである。

なお、船齢 15 年以下の船舶を対象として分析する。つまり、今回分析は 1993～2008 年に竣工した船舶のデータを、前回分析は 1989～2004 年に竣工した船舶のデータを用いて行っている。船齢 15 年以下の船舶データのみを分析に利用する理由は、

- 世界に就航する船舶は竣工後 25 年程度経過してから退役をはじめる傾向が強いこと
- 技術基準・解説は概ね 10 年毎に改訂していること

等の事情を勘案し、次の技術基準・解説の改訂直近 (概ね 10 年後) の時点において有効な船舶データを分析に用いるべき、との考え方によるものである。

4. 分析結果

船種毎に上記の分析手法を適用した結果を以下に示す。

4.1 貨物船

載貨重量トン数 (DWT) を説明変数とした分析結果を以下の図表に示す。

表は回帰分析の結果 (50%値) を示したものである。上位 25%値は回帰分析により推計された σ により、3 章の方法により求める。次節以降も同様である。

それぞれの図の太線は至近の船舶諸元データ (2008 年) による結果, 点線は前回分析の結果 (2004 年の船舶データによる分析結果) を示している. それぞれについて 2 本ずつの曲線が描かれているが, 下方にあるのは回帰分析結果 (50%推計値), 上方にあるのは回帰分析の結果に基づいて推計した上位 25% 値である. 次節以降も同様である.

(1) 各諸元の結果

a) 全長 (Loa), 垂線間長 (Lpp)

全船階級を対象として, 対数回帰解析手法を適用した. その結果, 表-4 及び表-5, 並びに, 図-5 及び図-6 の結果を得た.

b) 型幅 (B)

全船階級を対象として, 対数回帰解析手法を適用した. その結果, 表-6 及び図-7 の結果を得た.

c) 満載喫水 (d)

船階級を 30,000DWT で区分して, それぞれ対数回帰解析手法を適用した. その結果, 表-7 及び表-8, 並びに, 図-8 の結果を得た.

表- 4 全長 (Loa) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.8838	327.34
β	.3003	480.85
σ	.0309	
R^2	.9717	

表- 5 垂線間長 (Lpp) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.8240	286.74
β	.3088	465.01
σ	.0327	
R^2	.9701	

(2) 小括

設定した船階級に応じた主要諸元の分析結果の総括表を表-9 に示す. 同表には, 回帰分析により推計した上位 25% 値を記載している. ただし, 55,000DWT 及び 70,000DWT の型幅 (B) は, 前回分析に倣い, パナマ運河の可航制限 (32.3m) としている.

10,000DWT 以下の全長 (Loa) 以外, 今回の分析結果と前回分析の変化率は概ね 3% 以内となっており, 両者の結果に大きな差は見られない. 回帰曲線及び上位 25% 値を推計した曲線もほぼ一致する. また, 総ての諸元で, 変化率は微減傾向を示している.

しかしながら, 200,000DWT 以上の型幅 (B) については, 実際の船舶データと回帰曲線及び上位 25% 値を推計した曲線からの乖離が見られる.

その他の諸元及び項目については, 今回分析と前回分析の結果に大きな隔たりは認められないため, 係る型幅の乖離のみをもって, 船舶諸元値全般を直ちに改訂する必要性までは認められないものの, 海運・造船を巡る世界情勢の変化により, 現行基準の見直しを図る必要が生じた場合には, 型幅 (B) について, 一定の DWT を閾値として標本を分割した解析を行う等の対応が必要である.

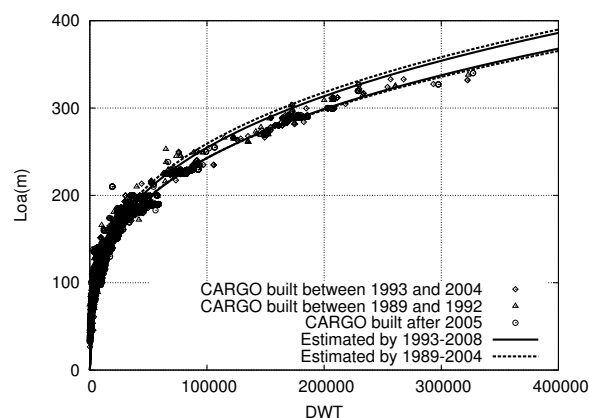


図- 5 貨物船 Loa-DWT

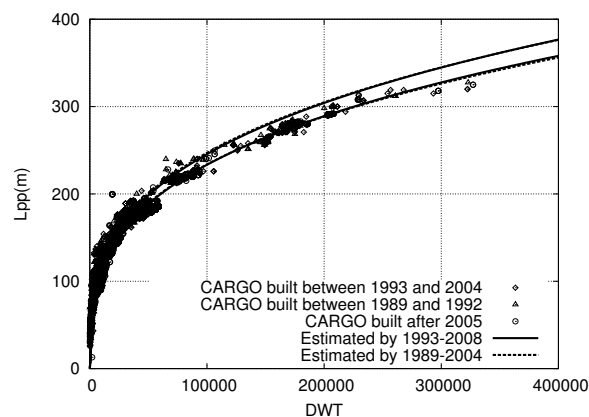


図- 6 貨物船 Lpp-DWT

表- 6 型幅 (B) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.1131	35.28
β	.2925	394.51
σ	.0366	
R^2	.9589	

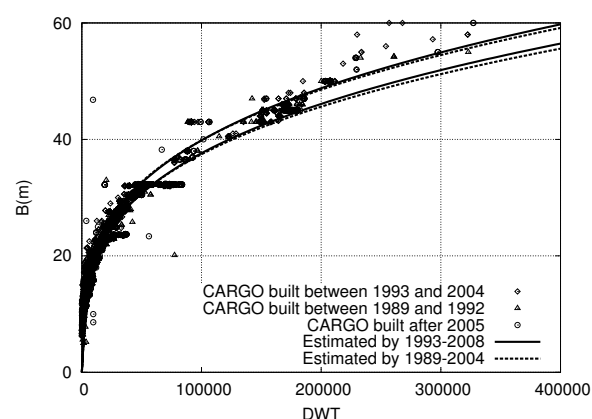


図- 7 貨物船 B-DWT

表- 7 満載喫水 (d) の分析結果 (30,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.4637	-50.98
β	.3225	139.94
σ	.0526	
R^2	.8439	

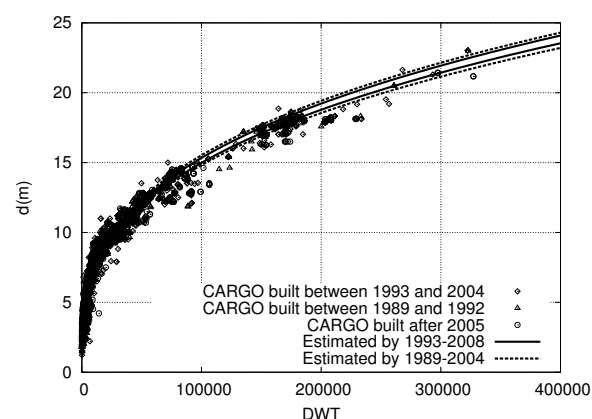


図- 8 貨物船 d-DWT

表- 8 満載喫水 (d) の分析結果 (30,000DWT 以上)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.4540	-77.19
β	.3259	268.86
σ	.0149	
R^2	.9593	

表- 9 主要諸元の分析結果 (貨物船上位 25%推計値)

DWT	全長 Loa(m)				垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)				満載喫水 d(m)			
	'95	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'95	'04	'08	変化率	'95	'04	'08	変化率
1,000	67	67	64	-4.7%	61	59	-2.9%	10.9	10.7	10.4	-3.2%	3.9	3.8	3.7	-2.4%
2,000	83	82	79	-4.1%	75	73	-2.2%	13.1	13.1	12.7	-3.1%	4.9	4.8	4.7	-2.7%
3,000	94	92	89	-3.4%	85	83	-2.2%	14.6	14.7	14.3	-2.8%	5.6	5.5	5.3	-2.8%
5,000	109	107	104	-3.2%	99	97	-1.7%	16.8	17.0	16.6	-2.4%	6.5	6.4	6.3	-1.1%
10,000	137	132	128	-3.4%	123	121	-2.0%	19.9	20.7	20.3	-1.8%	8.2	8.1	8.0	-1.6%
12,000	144	139	135	-3.1%	130	128	-1.9%	21.0	21.8	21.4	-1.7%	8.6	8.6	8.5	-1.5%
18,000	161	156	152	-2.5%	147	145	-1.6%	23.6	24.4	24.1	-1.1%	9.6	9.8	9.7	-1.1%
30,000	185	182	177	-2.5%	171	169	-1.0%	27.5	28.3	28.0	-1.0%	11.0	10.5	10.4	-1.4%
40,000	200	198	193	-2.3%	187	185	-1.1%	29.9	30.7	30.5	-0.7%	11.8	11.5	11.4	-1.1%
55,000	218	217	213	-1.9%	206	204	-0.9%	32.3	32.3	32.3	0.0%	12.9	12.8	12.6	-1.4%
70,000	233	233	229	-1.8%	222	220	-0.9%	32.3	32.3	32.3	0.0%	13.7	13.8	13.7	-1.1%
90,000	249	251	247	-1.7%	239	238	-0.6%	38.1	38.7	38.6	-0.1%	14.7	15.0	14.8	-1.2%
120,000		274	269	-1.8%	261	260	-0.5%		42.0	42.0	0.1%		16.5	16.3	-1.4%
150,000	286	292	288	-1.5%	279	278	-0.3%	44.3	44.7	44.9	0.4%	16.9	17.7	17.5	-1.1%

1)'95 は 1999 年改訂の技術基準・解説による船舶諸元値 (上位 25%, 1995 年船舶データによる分析)。垂線間長の標準値はない。

2) 表の変化率は今回の分析結果について、前回分析からの変化率を表す

3) 次節以降の同様の表も同じ記載方法による

4.2 コンテナ船

コンテナ船の解析については、前回分析(2004年)を踏まえ、

- 全船を一括対象とした分析
- コンテナ船のタイプ(Under-Panamax, Panamax, Over-Panamax)に分割した分析

の両方を行った。

(1) 全船を一括対象とした解析

前回分析と同様、載貨重量トン数 35,000DWT 未満の船舶に対しては、対数回帰解析手法を適用する。また、35,000DWT 以上の船舶に対しては、35,000～45,000DWT、45,000～55,000DWT、... と 10,000DWT 単位毎に船階級規模を区分して分析し、40,000DWT、50,000DWT、... の代表値とする。

a) 全長 (Loa), 垂線間長 (Lpp)

表-10, 表-11, 表-12 及び表-13, 並びに、**図-9 及び図-10**の結果を得た。

b) 型幅 (B)

表-14 及び表-15, 並びに、**図-11**の結果を得た。

c) 満載喫水 (d)

表-16 及び表-17, 並びに、**図-12**の結果を得た。

d) 小括

全船一括解析による主要諸元の分析結果をまとめたものを**表-18**に示す。比較的最新のデータ(2008年)を用いた分析結果と前回分析(2004年)の結果の変化率は、以下の項目を除き、概ね3%以下となっており、概ね微減傾向を示した。

- 30,000DWT における満載喫水 (d)
- 40,000DWT における全長 (Loa) 及び垂線間長 (Lpp)
- 100,000DWT における全長 (Loa), 垂線間長 (Lpp) 及び型幅 (B)

なお、現行基準の見直しを図る際には、船型の変化により、上記のように、局所的に諸元値が変化することを踏まえる必要がある。

e) 30,000DWT における満載喫水 (d)

30,000DWT 級における満載喫水 (d) の値が前回分析と今回分析で乖離する理由として、2005～2008年に新造されたコンテナ船の満載喫水 (d) が、前回分析(2004年)のデータ(1989～2004年の新造船のデータ)と比較して、著しく大きいことが考えられる。これを確認するため、今回分析及び前

回分析で用いた新造船データのうち、船舶の規模を示す載貨重量トン数が 25,000～30,000DWT の範囲にあるものを抜き出し、母平均の差に関する検定 (Welch's Test) を実施した。当該検定の結果を**表-19**に示す。

これにより、上記の仮定は妥当であることが分かった。

f) 40,000DWT における全長 (Loa) 及び垂線間長 (Lpp)

40,000DWT 級における全長 (Loa) 及び垂線間長 (Lpp) の値が前回分析と今回分析で乖離する理由としては、次の2つが考えられる。

- 2005～2008年に新造されたコンテナ船の Loa(Lpp) の値が、前回分析(2004年)のデータ(1989～2004年の新造船のデータ)と比較して、著しく小さい。
- 2005～2008年に新造されたコンテナ船の Loa(Lpp) の分散が、前回分析(2004年)のデータ(1989～2004年の新造船のデータ)と比較して、著しく小さい。

これらを確認するため、今回分析及び前回分析で用いた新造船データのうち、船舶の規模を示す載貨重量トン数が 35,000～45,000DWT の範囲にあるものを抜き出し、母平均の差に関する検定 (Welch's Test) 及び等分散検定を実施した。ただし、Loa と Lpp は同様の傾向を示すものとみなし、ここでは Loa に関する検定のみ行った。当該検定の結果を**表-20**に示す。

これらの結果、上記の仮定は妥当であることが分かった。

g) 100,000DWT における全長 (Loa), 垂線間長 (Lpp) 及び型幅 (B)

前回分析時以降に出現した 100,000DWT のフルコンテナ船については、従前より全長 (Loa) 及び垂線間長 (Lpp) が抑制された船舶の投入が相次ぎ、全長 (Loa)335m 前後、垂線間長 (Lpp)319 m前後のものが卓越している。型幅 (B) については、前回分析時には見られなかった型幅 45.6～45.8m を有する船舶が出現し、当該船階級の新造船 86 隻中 23 隻がこれに該当した。

これが、100,000DWT における全長 (Loa), 垂線間長 (Lpp) 及び型幅 (B) の変化率が大きい理由と考えられる。

表- 10 全長 (Loa) の分析結果 (35,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.7300	91.71
β	.3490	183.40
σ	.0228	
R^2	.9422	

表- 11 全長 (Loa) の分析結果 (35,000DWT 以上)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
40,000	222.1	12.6
50,000	262.3	13.4
60,000	285.8	11.0
70,000	285.1	8.3
80,000	301.9	5.1
90,000	306.3	9.1
100,000	334.4	7.1

表- 12 全長 (Lpp) の分析結果 (35,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.6752	84.34
β	.3551	185.55
σ	.0228	
R^2	.9443	

表- 13 全長 (Lpp) の分析結果 (35,000DWT 以上)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
40,000	209.3	12.1
50,000	248.6	12.8
60,000	271.3	11.2
70,000	271.7	9.3
80,000	287.4	5.2
90,000	293.0	9.4
100,000	318.9	7.1

表- 14 型幅 (B) の分析結果 (35,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.1511	19.42
β	.2937	157.90
σ	.0223	
R^2	.9239	

表- 15 型幅 (B) の分析結果 (35,000DWT 以上)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
40,000	31.4	1.1
50,000	32.2	0.2
60,000	33.7	2.8
70,000	37.1	3.8
80,000	40.6	1.1
90,000	41.5	2.0
100,000	43.4	1.1

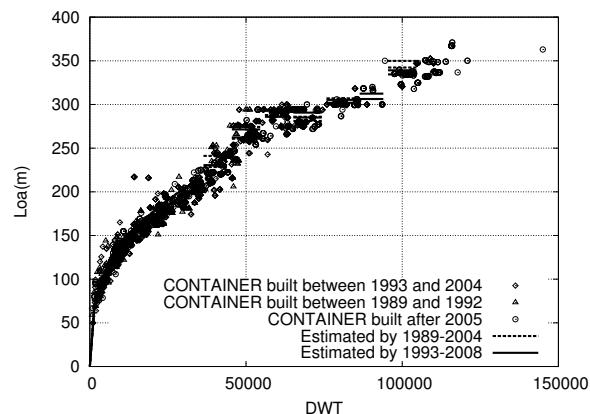


図- 9 コンテナ船 Loa-DWT

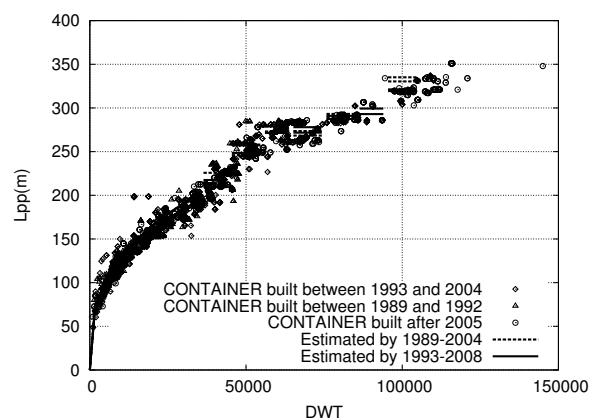


図- 10 コンテナ船 Lpp-DWT

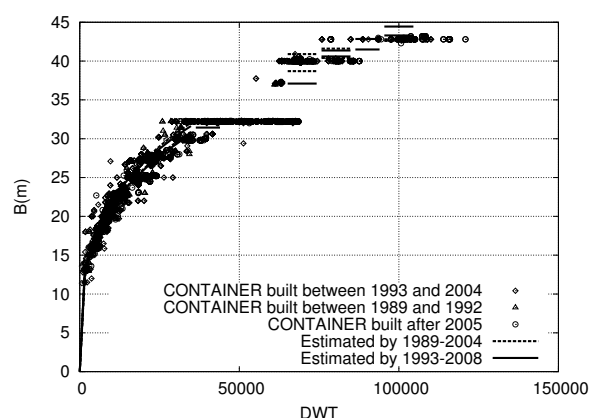


図- 11 コンテナ船 B-DWT

表- 16 満載喫水 (d) の分析結果 (35,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.5074	-55.21
β	.3471	158.02
σ	.0263	
R^2	.9237	

表- 17 満載喫水 (d) の分析結果 (35,000DWT 以上)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
40,000	11.9	0.4
50,000	12.5	0.3
60,000	13.1	0.4
70,000	13.8	0.4
80,000	14.0	0.4
90,000	14.3	0.4
100,000	14.4	0.3

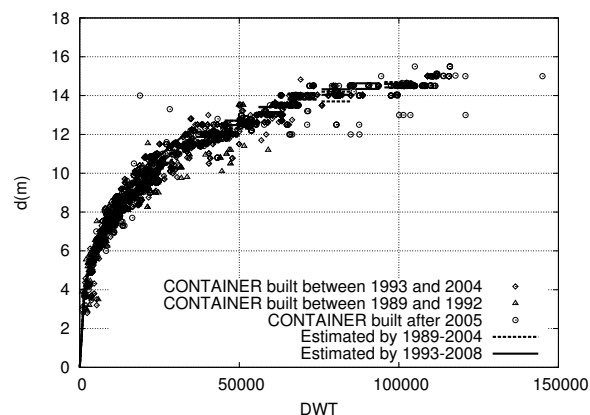


図- 12 コンテナ船 d-DWT

表- 18 主要諸元の分析結果 (コンテナ船上位 25%推計値: 全船一括解析)

DWT	全長 Loa(m)				垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)				満載喫水 d(m)			
	'95	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'95	'04	'08	変化率	'95	'04	'08	変化率
10,000		139	138	-0.7%	129	129	0%		22.0	21.9	-0.5%		7.9	7.9	0%
20,000		177	176	-0.6%	165	165	0%		27.1	26.9	-0.7%		9.9	10.1	2.0%
30,000	218	203	203	0%	191	191	0%	30.2	30.6	30.3	-1.0%	11.1	11.2	11.6	3.6%
40,000	244	241	231	-4.3%	226	217	-4.0%	32.3	32.3	32.3	0%	12.2	12.1	12.1	0%
50,000	266	274	271	-1.0%	258	257	-0.4%	32.3	32.3	32.3	0%	13.0	12.7	12.7	0%
60,000	286	294	293	-0.3%	279	279	0%	36.5	35.9	35.6	-0.8%	13.8	13.4	13.4	0%
100,000		350	339	-3.2%	335	321	-4.2%		42.8	44.1	3.0%		14.7	14.6	-0.7%

表- 19 喫水に関する Welch's Test (結果)

竣工年	N	平均 μ	標準偏差 σ
1989~2004 年	78	$\mu_{8904}=10.7$	.700
2005~2008 年	30	$\mu_{0508}=11.2$	.513
$H_0: \mu_{0508} - \mu_{8904} > 0$		$Pr(T > t) = .0001$	

表- 20 全長に関する Welch's Test 及び等分散分析 (結果)

竣工年	N	平均 μ	標準偏差 σ
1989~2004 年	185	$\mu_{8904}=226.2$	18.2
2005~2008 年	178	$\mu_{0508}=222.0$	7.1
$H_0: \mu_{8904} - \mu_{0508} > 0$		$Pr(T > t) = .0022$	
$H_0: \mu_{8904}/\mu_{0508} = 1$		$2Pr(F > f) = .0000$	

(2) コンテナ船のタイプ (Under-Panamax, Panamax, Over-Panamax) に分割した分析

パナマ運河の可航制限 (32.2m) による船型制約を考慮した分析を行うため, コンテナ船のタイプ (Under-Panamax, Panamax, Over-Panamax) に分割した分析を行った。

a) Under-Panamax を対象とした分析

基本諸元のすべてについて, 対数回帰解析手法を適用した。ただし, 型幅については, 載貨重量トン数 30,000DWT 未満の船舶にのみ同手法を適用し, 40,000DWT 以上の規模の船舶に対しては, 平均値解析手法を適用した。その結果を表-21~表-26 及び図-13~図-16 に示す。

比較的最新のデータ (2008 年) を用いた分析結果は, 前回

分析 (2004 年) の結果との間に大きな差は認められず, その変化率は概ね 2%以下となっている。

表- 21 全長 (Loa) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.7137	94.06
β	.3530	195.29
σ	.0225	
R^2	.9476	

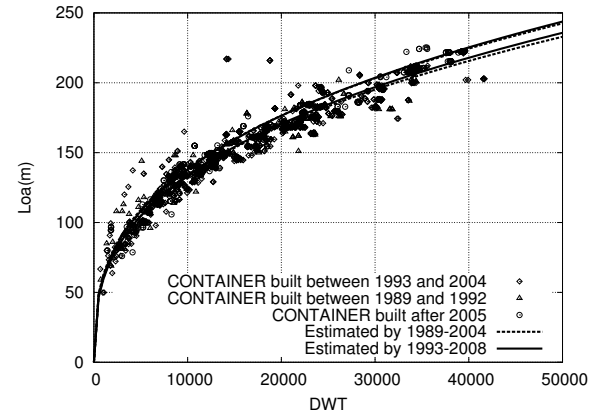


図- 13 コンテナ船 (Under-Panamax)Loa-DWT

表- 22 垂線間長 (Lpp) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.6558	85.86
β	.3599	197.77
σ	.0225	
R^2	.9496	

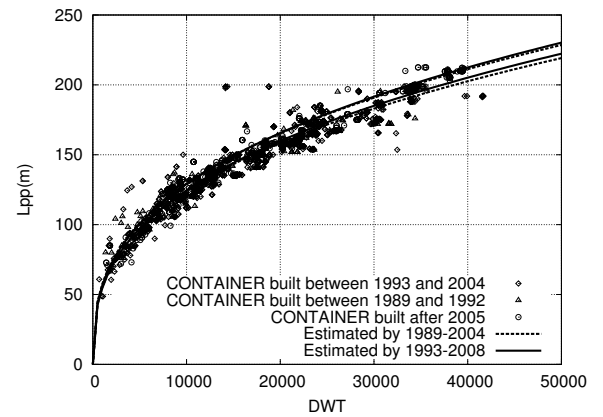


図- 14 コンテナ船 (Under-Panamax)Lpp-DWT

表- 23 型幅 (B) の分析結果 (30,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.1650	17.16
β	.2902	124.35
σ	.0233	
R^2	.8990	

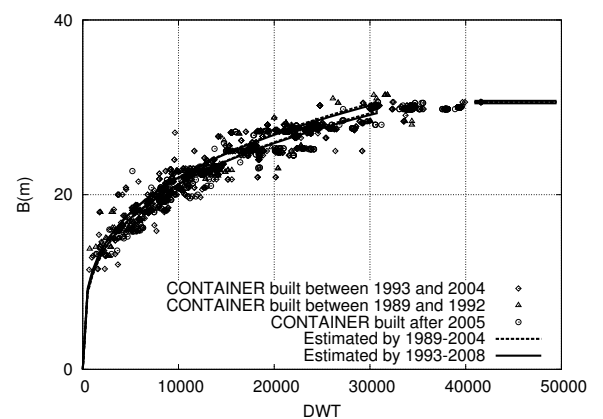


図- 15 コンテナ船 (Under-Panamax)B-DWT

表- 24 型幅 (B) の分析結果 (40,000DWT 以上)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
40,000-	30.5	0.4

表- 25 満載喫水 (d) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.4866	-56.43
β	.3420	166.51
σ	.0256	
R^2	.9292	

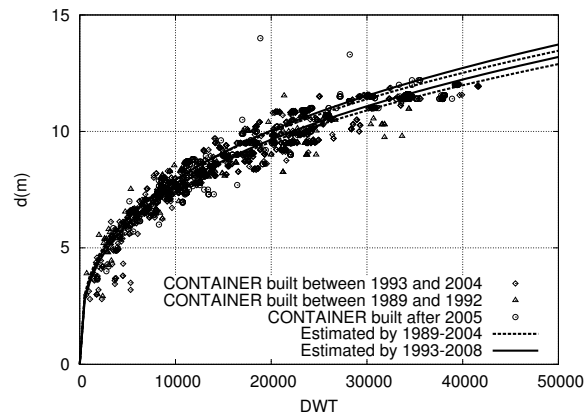


図- 16 コンテナ船 (Under-Panamax)d-DWT

表- 26 主要諸元の分析結果 (コンテナ船上位 25%推計値: Under-Panamax)

DWT	全長 Loa(m)			垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)			満載喫水 d(m)		
	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率
5,000	109	108	-0.7%	101	100	-0.5%	17.9	18.0	0.3%	6.3	6.2	-0.8%
10,000	139	138	-0.5%	129	129	0.0%	22.0	22.0	0.0%	7.9	7.9	0.0%
20,000	177	177	-0.2%	165	165	0.3%	27.0	26.9	-0.6%	10.0	10.0	0.0%
30,000	203	204	0.4%	191	191	0.2%	30.4	30.2	-0.6%	11.4	11.5	1.2%
40,000	225	226	0.3%	211	212	0.6%	30.6	30.7	0.3%	12.5	12.7	1.8%

b) Panamax を対象とした分析

前回分析に倣い、全長 (Loa) 及び垂線間長 (Lpp) については、対数回帰解析手法を適用し、型幅 (B) については、平均値解析手法を適用し、満載喫水 (d) については、直線回帰手法を適用した。

i 全長 (Loa)

表-27, 図-17 の結果を得た。

ii 垂線間長 (Lpp)

表-28, 図-18 の結果を得た。

iii 型幅 (B)

表-29, 図-19 の結果を得た。

iv 満載喫水 (d)

表-30, 図-20 の結果を得た。

v 小括

Panamax 型を対象とする主要諸元の分析結果をまとめたものを表-31 に示す。比較的最新のデータ (2008 年) による分析結果と前回分析の変化率は概ね 3%以内であり、両者に差は殆どなく、回帰曲線の間にも大きな乖離は見られない。船舶の主要諸元は、30,000~50,000DWT の満載喫水 (d) を除き、概ね減少傾向を示している。

c) Over-Panamax を対象とした分析

すべての基本諸元について、55,000~65,000DWT, 65,000~75,000DWT, 75,000~100,000DWT の区分に分割し、それぞれの区分において上位 25%値をデータから取り出し、60,000DWT, 70,000DWT, 80,000~100,000DWT の船階級における標準値とした。前回分析の手法に倣い、平均値解析手法は適用していない。

その結果を表-32 に示す。

80,000~100,000DWT において、全長 (Loa) 及び垂線間長 (Lpp) の値が大きい船舶の出現が確認された。そのため、係る項目における変化率は大きくなっている。他の項目は、至近の船舶データ (2008 年) による分析と前回分析の間で差は殆どみられない。

表- 27 全長 (Loa) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.2547	-7.82
β	.5666	81.71
σ	.0187	
R^2	.8889	

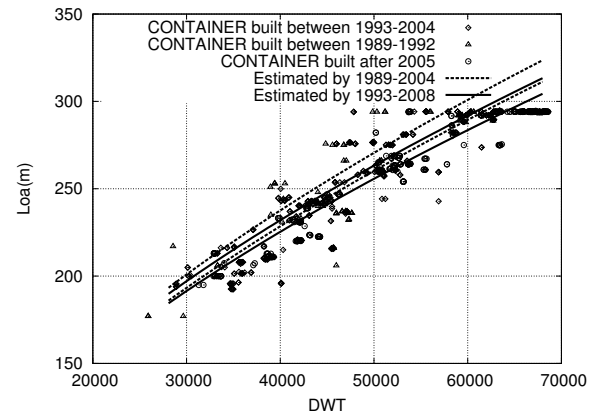


図- 17 コンテナ船 (Panamax)Loa-DWT

表- 28 垂線間長 (Lpp) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.4251	-12.67
β	.5980	83.72
σ	.0188	
R^2	.8968	

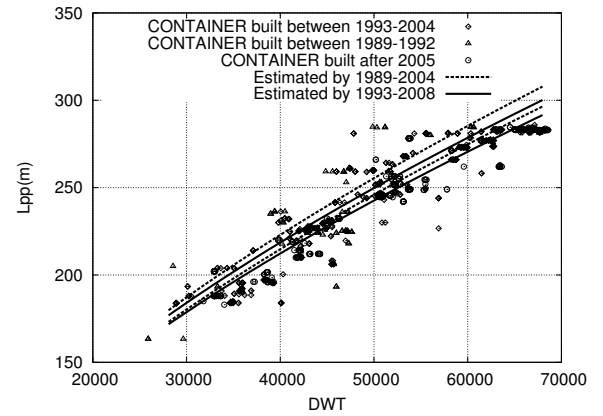


図- 18 コンテナ船 (Panamax)Lpp-DWT

表- 29 型幅 (B) の分析結果

船階級	50%推計値	標準偏差 (σ)
全船階級	32.2	0.0

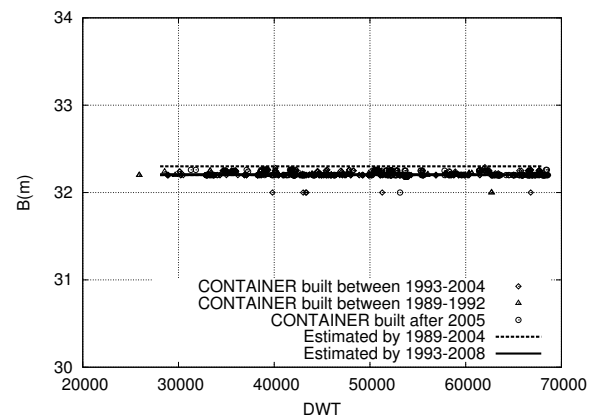


図- 19 コンテナ船 (Panamax)B-DWT

表- 30 満載喫水 (d) の分析結果

パラメタ	50%推計値	t 値
α	9.45270	155.53
β	.0000604	51.84
σ	.3562	
R^2	.7629	

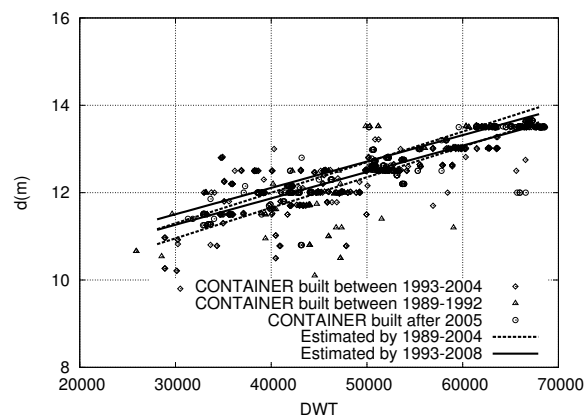


図- 20 コンテナ船 (Panamax)d-DWT

表- 31 主要諸元の分析結果 (コンテナ船上位 25%推計値: Panamax)

DWT	全長 Loa(m)			垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)			満載喫水 d(m)		
	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率
30,000	201	197	-1.9%	187	184	-1.6%	32.3	32.2	-0.2%	11.3	11.5	1.8%
40,000	237	232	-2.1%	223	219	-1.9%	32.3	32.2	-0.2%	12.0	12.1	0.9%
50,000	270	263	-2.5%	255	250	-2.0%	32.3	32.2	-0.2%	12.7	12.7	0.1%
60,000	300	292	-2.7%	285	279	-2.2%	32.3	32.2	-0.2%	13.4	13.3	-0.6%

表- 32 主要諸元の分析結果 (コンテナ船上位 25%値: Over-Panamax)

DWT	全長 Loa(m)			垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)			満載喫水 d(m)		
	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率
60,000	285	285	0.0%	268	268	0.0%	40.0	40.0	0.0%	13.8	13.5	-2.2%
70,000	280	280	0.0%	266	266	0.0%	40.0	40.0	0.0%	14.0	14.0	0.0%
80,000-100,000	304	318	4.6%	292	302	3.4%	42.8	42.8	0.0%	14.5	14.5	0.0%

4.3 タンカー

(1) 全長 (Loa) 及び垂線間長 (Lpp)

前回分析に倣い、8,000DWT 及び 200,000DWT を閾値として、船階級を 3 区分する。8,000DWT 未満及び 8,000～200,000DWT の船階級に対しては、対数回帰解析手法を適用し、200,000～400,000DWT の船階級に対しては、平均値解析手法を適用した。その結果、表-33～表-38 及び図-21 及び図-22 の結果を得た。

(2) 型幅 (B)

全長 (Loa) と同様の解析手法を適用した。これにより、表-39～表-41 及び図-23 の結果を得た。

(3) 満載喫水 (d)

前回分析に倣い、50,000DWT を閾値として船階級を 2 区分し、それぞれ対数回帰解析手法を適用した。これにより、表-42～表-43 及び図-24 の結果を得た。

(4) 主要諸元の分析結果

タンカーを対象とする主要諸元の分析結果をまとめたものを表-44 に示す。

a) 50,000～100,000DWT における型幅 (B)

50,000～100,000DWT の型幅 (B) は総じて減少傾向を示している。特に 50,000DWT における諸元の変化率は-4.4%と大きい。

2005～08 年の新造船データをみたところ、50,000～100,000DWT の船階級に属するタンカー総数 52 隻のうち 1 隻を除く残り 51 隻すべての型幅が 32.2～32.3m の範囲にあった。その一方、1989～92 年に竣工したタンカーであって、その載貨重量トン数が 50,000～100,000DWT にあるものは全部で 75 隻あるが、その太宗 (62 隻) は型幅 40m 以上あった。このことから、当該船階級における新造船の型幅は、過去のものより小さくなる傾向があることが分かった。

現行基準の見直しにあたり、このような船型の変化について

て留意する必要がある。

b) 1,000～30,000DWT における基本諸元全般

今回の分析結果と前回分析の結果の間に大きな乖離が見られた。その理由は、分析の対象としたタンカーの船階級の分布にあるものと考えられる。

タンカーの船階級の分布は離散的であり、70,000～80,000DWT, 90,000～120,000DWT, 150,000～170,000DWT の範囲の船階級が卓越する。その一方、1,000～30,000DWT の船階級にある船舶は僅少（22 隻、全体の 1.6%程度）であり、かつ、当該船階級は標本平均（172,000DWT）から乖離しているため、回帰曲線の当てはまりが悪くなったものと考えられる。

6.2(3) で詳細に検討するが、当該船階級に属する船舶データが非常に少ないことによる精度低下への対応を、現行基準

の見直しをする際には、検討する必要がある。

c) その他の諸元

その他の諸元項目については、今回の分析結果と前回分析の結果の変化率は概ね 3%以内であり、全長 (Loa)、垂線間長 (Lpp) 及び型幅 (B) については微減傾向、満載喫水 (d) については、70,000～150,000DWT 級で微増、他は概ね微減傾向を示した。

表- 33 全長 (Loa) の分析結果 (8,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.4961	2.85
β	.4050	8.23
σ	.0321	
R^2	.8585	

表- 34 全長 (Loa) の分析結果 (8,000～200,000DWT)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	1.050	93.38
β	.2668	119.58
σ	.0101	
R^2	.9403	

表- 35 全長 (Loa) の分析結果 (200,000～400,000DWT)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
300,000	332.4	2.4

表- 36 垂線間長 (Lpp) の分析結果 (8,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.4186	2.50
β	.4195	8.83
σ	.0299	
R^2	.885	

表- 37 垂線間長 (Lpp) の分析結果 (8,000～200,000DWT)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	1.018	85.53
β	.2695	114.10
σ	.0105	
R^2	.9349	

表- 38 垂線間長 (Lpp) の分析結果 (200,000～400,000DWT)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
300,000	319.3	2.9

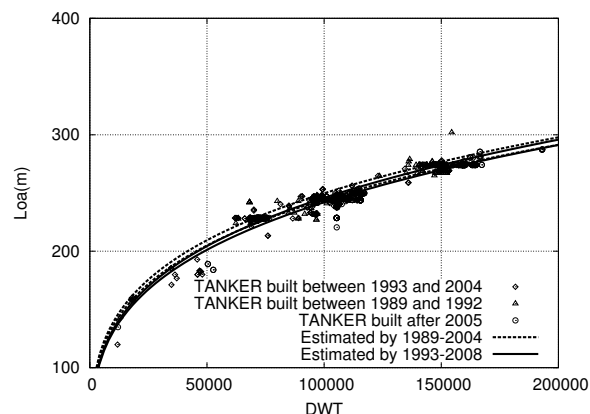


図- 21 タンカー Loa-DWT

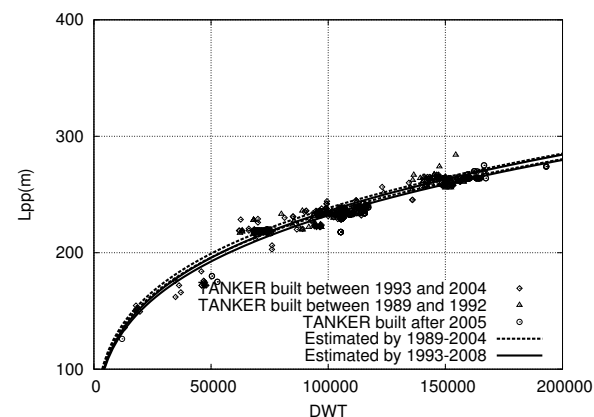


図- 22 タンカー Lpp-DWT

表- 39 型幅 (B) の分析結果 (8,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.2294	2.36
β	.2618	9.53
σ	.0179	
R^2	.8999	

表- 40 型幅 (B) の分析結果 (8,000～200,000DWT)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.2115	-8.82
β	.3645	76.57
σ	.0215	
R^2	.8669	

表- 41 型幅 (B) の分析結果 (200,000～400,000DWT)

DWT	50%推計値	標準偏差 (σ)
300,000	59.0	1.4

表- 42 満載喫水 (d) の分析結果 (50,000DWT 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.3462	-4.87
β	.3006	17.84
σ	.0188	
R^2	.9444	

表- 43 満載喫水 (d) の分析結果 (50,000～400,000DWT)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.6051	-49.05
β	.3533	148.83
σ	.0188	
R^2	.9439	

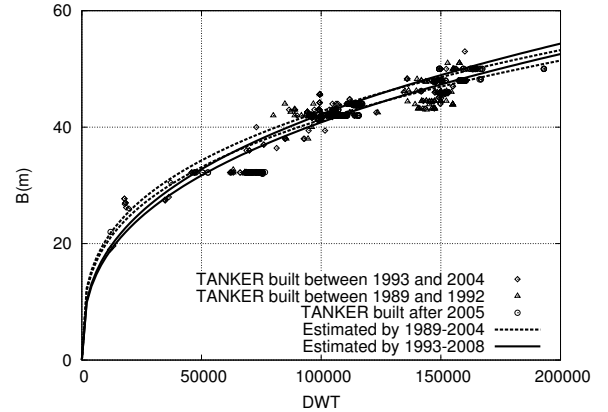


図- 23 タンカー B-DWT

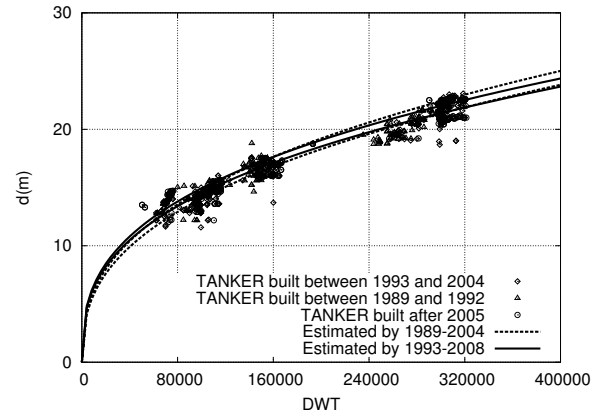


図- 24 タンカー d-DWT

表- 44 主要諸元の分析結果 (タンカー上位 25%推計値)

DWT	全長 Loa(m)				垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)				満載喫水 d(m)			
	'95	'04	'08	変化率	'04	'08	変化率	'95	'04	'08	変化率	'95	'04	'08	変化率
1,000	61	63	54	-14.2%	57	50	-12.7%	10.2	11.0	10.6	-3.3%	4.0	4.0	3.9	-2.9%
2,000	76	77	72	-7.0%	72	67	-7.5%	12.6	13.2	12.8	-3.4%	4.9	4.9	4.8	-2.4%
3,000	87	86	84	-1.9%	82	79	-3.7%	14.3	14.7	14.2	-3.5%	5.5	5.5	5.4	-1.8%
5,000	102	100	104	3.7%	97	98	0.8%	16.8	16.7	16.2	-2.9%	6.4	6.4	6.3	-1.6%
10,000	127	139	133	-4.3%	131	127	-3.2%	20.8	20.6	18.2	-11.5%	7.9	7.6	7.8	2.1%
15,000	144	154	148	-3.7%	146	141	-3.1%	23.6	23.4	21.1	-9.6%	8.9	8.6	8.8	1.9%
20,000	158	166	160	-3.6%	157	153	-2.7%	25.8	25.6	23.5	-8.3%	9.6	9.3	9.6	2.7%
30,000	180	184	178	-3.1%	175	170	-2.6%	29.2	29.1	27.2	-6.5%	10.9	10.4	10.8	3.8%
50,000	211	209	204	-2.2%	199	196	-1.7%	32.3	34.3	32.8	-4.4%	12.6	12.0	11.7	-2.6%
70,000	235	228	224	-1.9%	217	214	-1.3%	38.0	38.1	37.1	-2.7%	13.9	12.9	13.2	2.0%
90,000	254	243	239	-1.6%	232	229	-1.2%	41.1	41.3	40.6	-1.6%	15.0	14.2	14.4	1.3%
100,000		250	246	-1.6%	238	236	-0.9%		42.7	42.2	-1.1%		14.8	14.9	0.9%
150,000		277	274	-1.1%	265	263	-0.8%		48.6	48.9	0.7%		17.2	17.2	0.2%
300,000		334	334	0.0%	321	321	0.1%		59.4	59.9	0.8%		22.4	22.0	-1.7%

5. TEU を説明変数とした分析

コンテナ船の船舶の規模を表す指標として、載貨重量トン数 (DWT) のほか、当該船舶に積載可能なコンテナ個数 (TEU: Twenty-foot Equivalent Units) を考えることが可能である。実務上、フルコンテナ船の船舶規模は積載可能コンテナ個数により評価することが多いため、積載可能コンテナ個数 (TEU) を基にした船舶諸元値の設定の可能性について検討する。

5.1 分析手法

3章の手法に準ずるものとするが、載貨重量トン数を説明変数として分析する代わりに、載貨可能コンテナ個数を説明変数として分析を行う。コンテナ船を対象とした分析として、全船を一括対象とした分析とコンテナ船のタイプ (Under-Panamax, Panamax, Over-Panamax) に分割した分析の2通りが考えられるが、本稿は前者のみを実施し、TEU を説明変数とする分析の可能性について検討することとする。なお、分析に用いるデータは Lloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data のうち、2008 年データ (1993~2008 年に竣工した船舶のデータ) を使用する。

上記の方法で回帰分析を行い、分析による推計値と船階級毎に実際値 (上位 25% 値) を対照して比較したところ、TEU を説明変数としても、諸元値を程よく推計できた。ただし、7,000TEU 級の全長 (Loa) について 6% 程度の乖離が見られた。

当該船階級にある船舶のデータを調べたところ、特定の船社 (Maersk Line) が運航する船舶について、積載可能コンテナ数がほぼ同一の他の船舶と比較した場合、全長 (Loa)、垂線間長 (Lpp) 及び載貨重量トン数 (DWT) が過大であることが分かった。具体的には、当該船階級に属する船社が運航する船舶すべてにおいて、全長は 345m を超えており (346~352m の範囲)、載貨重量トン数 (DWT) も 104,000DWT を超えた (104,400~110,000DWT)。これらの理由としては、船社固有の何らかの理由により、過少な積載コンテナ数 (TEU) を敢えて公称している可能性が考えられる。例えば、森 (2006)[5] は、あるコンテナ船について、7,060TEU を公称 TEU としているにもかかわらず、実際には最大 8,736TEU のコンテナが積載可能である事例を紹介している。また、別の例として、Emma Maersk (全長 396m、型幅 59m、満載喫水 16.0m) の積載可能コンテナ個数は、Lloyd's の 2008 年船舶データ上では 12,508TEU と公称登録しているが、その一方で、Maersk 社ホームページ上の積載可能コンテナ個数を本稿執筆時点で、14,770TEU としている。

このため、Lloyd's データを、当該船社がホームページ上に公表している船舶データと置換し、再分析を行った。次節にその結果を示す。

5.2 分析結果

(1) 各諸元の分析

各諸元の分析結果を以下の図表に示す。各分析においては、対照のため、それぞれの船階級 (TEU) による回帰分析により上位 25% 値を推計した結果と載貨重量トン数 (DWT) による回帰分析により上位 25% 値を推計した結果を併せて同一のグラフに記載する。

その際、2008 年の船舶データを用いて、TEU を被説明変数、DWT を説明変数とする直線回帰分析により、TEU と DWT の関連付けを行った。その関係式は、

$$\begin{aligned} TEU &= 0.08197 \times DWT - 163.25 \\ R^2 &= .9079 \end{aligned} \quad (3)$$

である。

a) 全長 (Loa)

4.2(1) の分析では、35,000DWT 未満の船舶に対し対数回帰解析手法を適用するとともに、当該規模以上の船舶に対し平均値解析手法を適用した。これに準じ、以下の分析では、載貨重量トン数 35,000DWT に相当する積載可能コンテナ個数 2,500TEU を閾値として、この規模を下回る船舶に対し対数回帰解析手法を適用し、この規模を上回る船舶に対し平均値解析手法を適用した。2,500~3,500TEU、3,500~4,500TEU、... と 1,000TEU 単位毎に船階級規模を区分して分析し、それぞれ 3,000TEU、4,000TEU、... の代表値とした。

これにより、表-45 及び表-46、並びに図-25 の結果を得た。

b) 垂線間長 (Lpp)

全長 (Loa) と同様の分析を行うことにより、表-47 及び表-48、並びに図-26 の結果を得た。

c) 型幅 (B)

全長 (Loa) と同様の分析を行うことにより、表-49 及び表-50、並びに図-27 の結果を得た。

d) 満載喫水 (d)

全長 (Loa) と同様の分析を行うことにより、表-51 及び表-52、並びに図-28 の結果を得た。

表- 45 全長 (Loa) の分析結果 (2,500TEU 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	1.145	163.68
β	.3424	148.64
σ	.0254	
R^2	.9193	

表- 46 全長 (Loa) の分析結果 (2,500TEU 以上)

TEU	50%推計値	標準偏差 (σ)
3,000	219.6	15.0
4,000	267.8	16.8
5,000	289.0	9.5
6,000	287.0	12.5
7,000	301.3	2.2
8,000	332.8	9.5
9,000	343.7	11.4
10,000	343.6	6.4

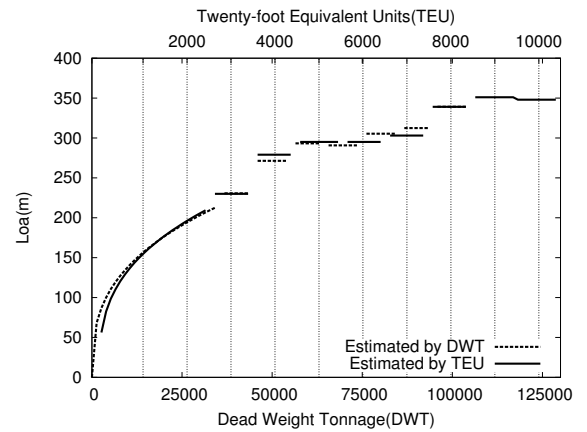


図- 25 Loa の結果 (説明変数:DWT, TEU)

表- 47 垂線間長 (Lpp) の分析結果 (2,500TEU 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	1.099	157.29
β	.3478	151.14
σ	.0253	
R^2	.9229	

表- 48 垂線間長 (Lpp) の分析結果 (2,500TEU 以上)

TEU	50%推計値	標準偏差 (σ)
3,000	207.4	14.4
4,000	253.8	17.0
5,000	276.0	10.8
6,000	272.9	12.6
7,000	286.8	2.5
8,000	317.6	9.7
9,000	328.2	11.6
10,000	327.7	6.2

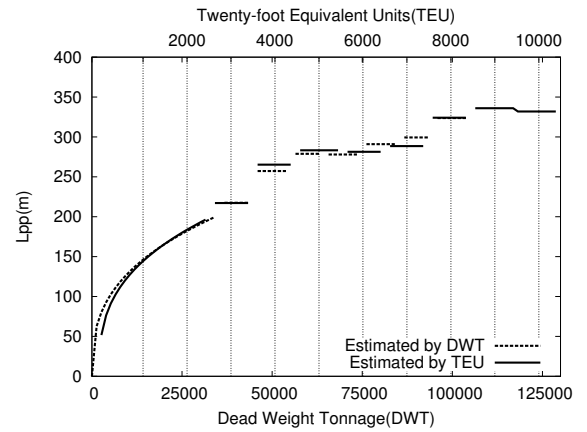


図- 26 Lpp の結果 (説明変数:DWT, TEU)

表- 49 型幅 (B) の分析結果 (2,500TEU 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	.5035	69.64
β	.2873	120.72
σ	.0262	
R^2	.8832	

表- 50 型幅 (B) の分析結果 (2,500TEU 以上)

TEU	50%推計値	標準偏差 (σ)
3,000	31.2	1.1
4,000	32.4	1.0
5,000	33.6	2.9
6,000	40.1	0.6
7,000	41.0	1.3
8,000	43.2	0.9
9,000	44.1	1.4
10,000	45.1	1.1

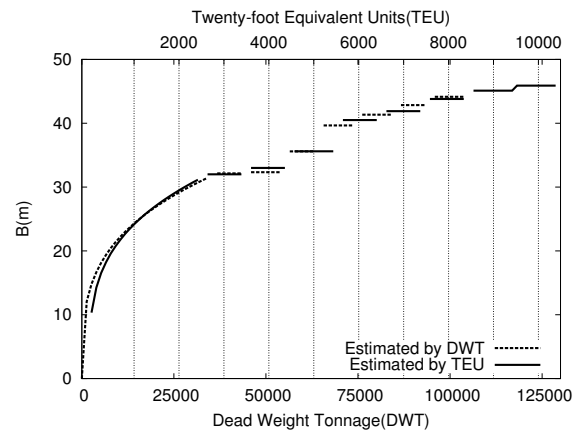


図- 27 B の結果 (説明変数:DWT, TEU)

表- 51 満載喫水 (d) の分析結果 (2,500TEU 未満)

パラメタ	50%推計値	t 値
$\log \alpha$	-.0813	-8.80
β	.3364	110.99
σ	.0334	
R^2	.8641	

表- 52 満載喫水 (d) の分析結果 (2,500TEU 以上)

TEU	50%推計値	標準偏差 (σ)
3,000	11.8	0.4
4,000	12.7	0.5
5,000	13.4	0.4
6,000	13.9	0.5
7,000	14.3	0.2
8,000	14.5	0.3
9,000	14.8	0.3
10,000	14.7	0.5

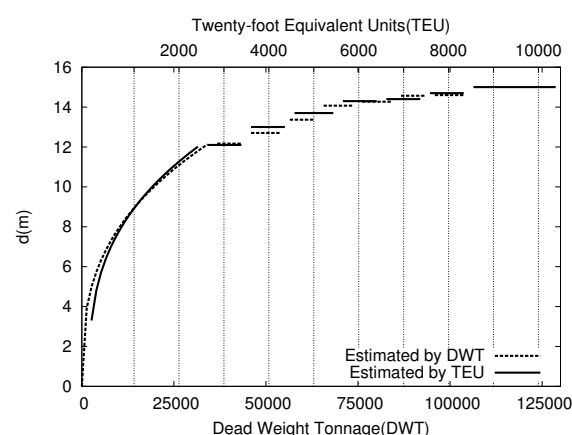


図- 28 d の結果 (説明変数:DWT, TEU)

表- 53 主要諸元の分析結果 (コンテナ船:TEU を説明変数とする分析)

TEU	全長 Loa(m)			垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)			満載喫水 d(m)		
	推計値	実際値	差	推計値	実際値	差	推計値	実際値	差	推計値	実際値	差
750	140	139	0.6%	131	130	0.5%	22.2	22.5	-1.1%	8.1	8.2	-1.3%
1,000	155	155	-0.3%	144	145	-0.4%	24.2	24.5	-1.4%	8.9	8.8	1.3%
2,000	196	196	0.0%	184	186	-1.2%	29.5	29.8	-1.1%	11.3	11.4	-1.3%
3,000	230	223	3.0%	217	212	2.4%	32.0	32.2	-0.8%	12.1	12.0	0.7%
4,000	279	281	-0.7%	265	266	-0.3%	33.0	32.3	2.3%	13.0	13.0	-0.2%
5,000	295	294	0.5%	283	283	0.1%	35.6	32.3	10.1%	13.7	13.5	1.4%
6,000	295	299	-1.2%	281	284	-0.9%	40.5	40.0	1.3%	14.3	14.0	1.9%
7,000	303	304	-0.4%	289	288	0.2%	41.9	42.8	-2.1%	14.4	14.5	-0.6%
8,000	339	335	1.3%	324	319	1.6%	43.8	43.0	1.9%	14.7	14.5	1.0%
9,000	351	349	0.7%	336	333	0.9%	45.1	45.6	-1.1%	15.0	15.0	-0.1%
10,000	348	349	-0.3%	332	334	-0.6%	45.9	45.6	0.6%	15.0	15.0	0.2%

(2) 分析結果

a) 推計値と実際値の比較

設定した船階級に応じた主要諸元の分析結果を表-53に示す。結果の対照のため、分析による推計値（上位25%値）とともに、船舶データから直接得られる実際値（上位25%値）を示す。

5,000TEUにおける型幅(B)以外、推計値と実際値の間の乖離は3%以内に収まっており、TEUを説明変数とする分析は、各船階級において上位25%値を程よく推計できることが分かる。

5,000TEUの型幅(B)における推計値と実際値が乖離した理由を船舶データにより確認した。太宗の船舶の型幅が32.2m付近に集中し、ほんの僅かな例外的な船舶に限り型幅37mを超えるものが認められ、また、型幅が33~36mのコンテナ船はない。残差 ε が正規分布になることを前提とする平均値解析手法の適用には、注意を要する。

b) DWTを説明変数とする分析結果との比較

①TEUを説明変数とする分析の結果と②DWTを説明変数とする分析の結果を比較対照したものを表-54に示す。表のT, Dはそれぞれ、①, ②による推計結果（上位25%値）を示す。6,000TEU及び7,000TEUにおける全長(Loa)及び垂線間長(Lpp)において、両分析による推計値の差が3~3.5%程度乖離するほかは、概ね差が3%未満となり、DWTによる回帰分析結果と差はあまり見られない。従って、TEUを説明変数とする分析の適用は可能と考えられる。

ただし、本研究で行ったTEUを説明変数とする分析は、船階級を2,500~3,500TEU, 3,500~4,500TEU, ...と1,000TEU単位毎に便宜的に設定して、分析したものである。技術基準・解説の改訂時にこの手法を適用しようとする場合には、標準とする船階級の設定方法（何TEUを船階級の境界値とするか）について別途検討する必要がある。

表- 54 TEU を説明変数とする分析と DWT を説明変数とする分析による上位 25%推計値の比較

TEU	対応する DWT	全長 Loa(m)			垂線間長 Lpp(m)			型幅 B(m)			満載喫水 d(m)		
		T	D	差	T	D	差	T	D	差	T	D	差
750	11,142	140	144	-2.6%	131	134	-2.6%	22.2	22.6	-1.7%	8.1	8.2	-1.6%
1,000	14,192	155	156	-1.2%	144	146	-1.2%	24.2	24.3	-0.6%	8.9	8.9	-0.3%
2,000	26,392	196	194	0.8%	184	182	0.8%	29.5	29.2	1.1%	11.3	11.1	1.4%
3,000	38,592	230	231	-0.4%	217	217	-0.1%	32.0	32.2	-0.6%	12.1	12.1	-0.4%
4,000	50,792	279	271	2.9%	265	257	3.1%	33.0	32.3	2.2%	13.0	12.7	2.0%
5,000	62,992	295	293	0.8%	283	279	1.6%	35.6	35.6	-0.3%	13.7	13.4	2.0%
6,000	75,192	295	305	-3.2%	281	291	-3.3%	40.5	41.4	-2.1%	14.3	14.3	-0.4%
7,000	87,392	303	312	-3.1%	289	299	-3.6%	41.9	42.9	-2.3%	14.4	14.6	-1.5%
8,000	99,592	339	339	0.0%	324	321	0.9%	43.8	44.1	-0.6%	14.7	14.6	0.3%
9,000	111,792	351			336			45.1			15.0		
10,000	123,992	348			332			45.9			15.0		

T:TEU を説明変数とする分析による上位 25%推計値

D:DWT を説明変数とする分析による上位 25%推計値

6. 船舶の諸元分析に関するその他の留意事項について

6.1 船階級の設定について

技術基準・解説においては、10,000DWT, 30,000DWT, ... 等、対象とする船舶の規模（載貨重量トン数）を離散的に定め、それぞれの船舶規模に対応する船舶諸元の標準値を与えることとしている。技術基準・解説の改訂の際の船舶規模の設定にあたっては、過去に用いられた船舶規模（船階級の境界値）をそのまま準用する場合が多い。このような取扱をしているのは、港湾施設の水深設定を念頭に、船階級を離散的に定めているためであるが、載貨重量トン数の平均的な増加をはじめとする船舶の大型化と代替が進んでいる現下の状況にかんがみ、例えば、卓越する船舶規模の近傍に本来設定されるべき船階級の境界値が実際には設定されていない、等の問題が生じていないか、つまり、現行の技術基準・解説で採用する船階級の境界値の設定方法の適切性について確認する必要がある。

そこで、次項において、船階級の設定の留意点について概説するとともに、船階級設定の適切性を評価するための指標を新たに導入する。また、次々項において、当該指標を用い、船種毎の船階級設定の適切性評価を行う。

(1) 船階級の設定の留意点とその評価指標

船階級の設定の留意点を、図-29 及び図-30 により説明する。

図-29 のような載貨重量トン数の領域と分布を考える。当該船舶規模を有する入港船舶を対照とした港湾の施設の計画及び設計を行おうとする場合、当該入港船舶の載貨重量トン数が境界値 DWT1 と至近になる場合を除き、船舶の効率的かつ安全な航行、係留等の利用を担保すべく、境界値 DWT2 を参照しながら、施設諸元の決定を行うことが想定される。一般に、一の船階級における船型の分布は図-30 の①、②及

び③のような場合が考えられるが、①及び②のケースでは、当該船階級に属する船舶のうち相当数が境界値 DWT2 を参照して施設諸元を決定することとなるため、境界値 DWT2 は適切と判定することが可能である。

問題は③のような場合である。当該船階級に属する船舶のうち相当数が、境界値 DWT2 よりも境界値 DWT1 の近くに分布しており、DWT1 と DWT2 の間に別の境界値を設定することを検討すべきと判断されるからである。

③のようなケースの有無を判定するため、以下のような平準化指標 G を定義する。類似の指標として、例えば一国内における国民所得の格差を評価するために指標として用いるジニ係数がある。

$$G = \frac{\int_{F(DWT1)}^{F(DWT2)} (dwt - DWT1) dF}{\frac{1}{2} \Delta DWT \Delta F} \quad (4)$$

dwt : 各船の載貨重量トン数 (DWT)

$F()$: 累積度数 ($0 \leq F() \leq 1$)

$\Delta DWT = DWT2 - DWT1$

$\Delta F = F(DWT2) - F(DWT1)$

式 (4) 右辺の分子は図-31 の (A) の領域の面積に相当し、右辺の分母は図-31 の (B) の領域の面積に相当することになる。1 の船階級において、船型が DWT1 に偏っている（③の場合）程、平準化指標 G の値は小さくなる。例えば、図-32 のように、全体の $\frac{1}{3}$ の船舶が、当該船階級の下から $\frac{1}{3}$ の領域に均一に分布し、残りの船舶について、当該船階級の上から $\frac{2}{3}$ の領域に均一に分布する場合の平準化指標 G の値は $\frac{2}{3}$ となる。

船階級が完全に均一に分布する場合の平準化指標の値は、 $G = 1$ となる。ただし、 $G = 1$ であっても、図-33 のような場合もあり得るので、累積度数分布曲線を適宜併用して参照

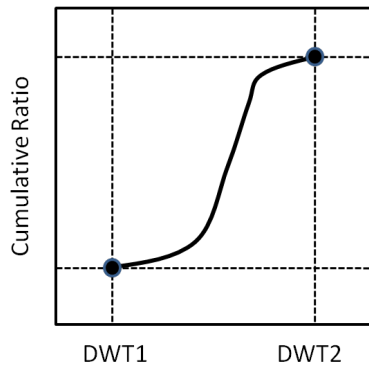


図- 29 卓越する DWT に船階級の境界値 図- 30 1 の船階級における船型の分布 (簡
が設定されていない例 略図)

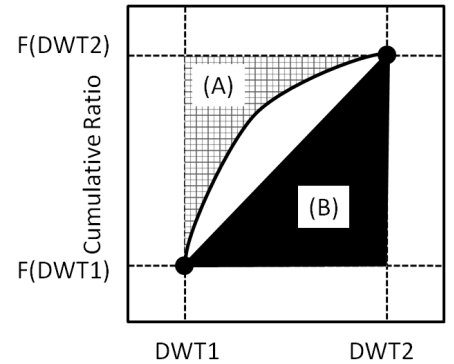
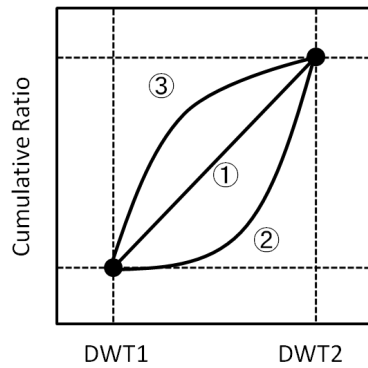


図- 31 平準化指標の概念図 (1)

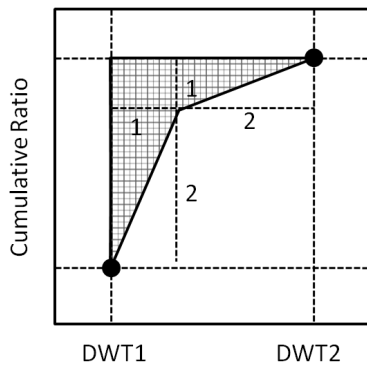


図- 32 平準化指標の概念図 (2)

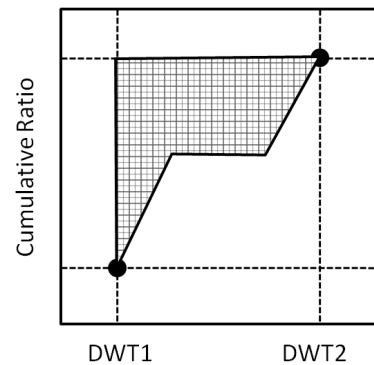


図- 33 平準化指標の概念図 (3)

する等の注意が必要である。

また、船型が DWT2 に偏る (②の場合) 程、平準化指標 G の値は大きくなる。

ところで、実際の船舶データは離散的であるので、式 (4) を直ちに計算することが出来ない。平準化指標 G は以下のように近似して計算する。

$$\begin{aligned} G &\approx \frac{\sum_j (dwt_j - DWT1) \left(\frac{\Delta F}{N} \right)}{\sum_j \left(\frac{\Delta DWT}{N} \right) j \left(\frac{\Delta F}{N} \right)} \\ &= \frac{\sum_j (dwt_j - DWT1)}{\left(\frac{N+1}{2} \right) \Delta DWT} \quad (5) \\ N &: \text{当該船階級の船舶数} \end{aligned}$$

各船階級において、上記で定義した平準化指標 G を計算し、過少に低い値となっている領域がないかを確認することにより、船階級の設定の適切性について評価することが可能となる。

(2) 船階級設定の適切性の検討

前節で定義した平準化指標 G の計算により、貨物船、コンテナ船、タンカーの船階級設定の適切性について検討する。

Lloyd's Maritime Intelligence Unite Shipping Data のうち、1993～2008 年に竣工した船舶のデータを使用する。

a) 貨物船

貨物船の累積度数分布曲線及び技術基準・解説に対応する船階級の境界値を図-34～図-37に示す。図-34は200,000DWT以下を対象とした累積度数分布曲線、図-35～図-37は、0～10,000DWTの領域、0～60,000DWTの領域及び70,000～90,000DWTの領域を拡大したものである。また、表-55は、船舶数及び平準化指標を各船階級毎にまとめたものである。

表-55を参照すると、3,000～5,000DWT、5,000～10,000DWT、40,000～55,000DWT及び70,000～90,000DWTの領域で船舶の隻数が他に比べて過大であることが分かる。更に70,000～90,000DWTにおける平準化指標 G の値は0.59と小さい。図-37を見ると、70,000～78,000DWTの領域に船舶が集中していることが分かるので、70,000～90,000DWTの間に船階級の境界値を設けることを検討する必要があると考えられる。90,000～120,000DWTにおける平準化指標 G の値は0.30と更に小さくなるが、当該船階級に属する船舶隻数は少ないため、直ちに境界値を設けるべきとまでは言えない。

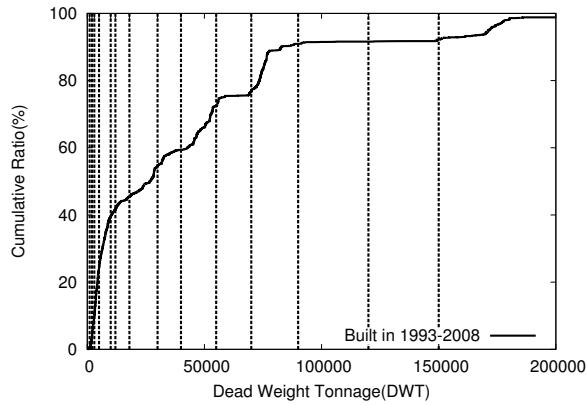


図- 34 貨物船の累積度数分布 (1)

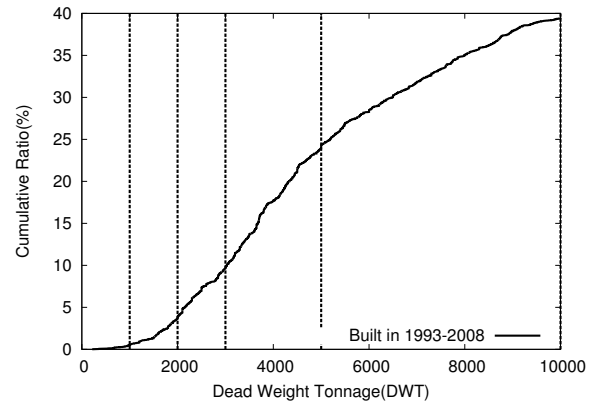


図- 35 貨物船の累積度数分布 (2)

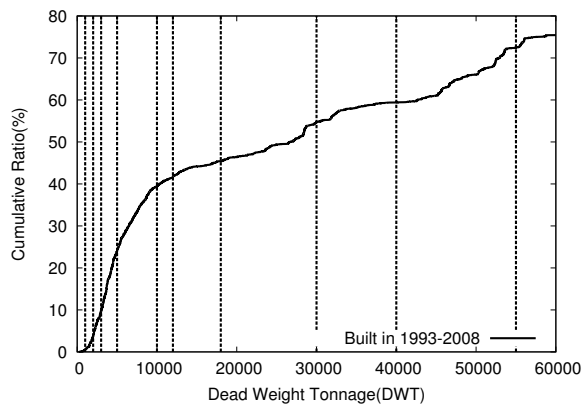


図- 36 貨物船の累積度数分布 (3)

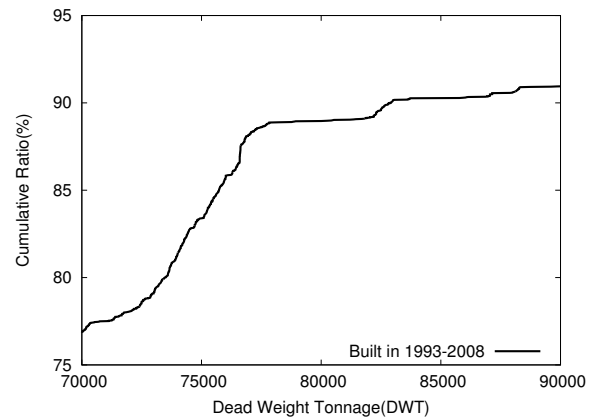


図- 37 貨物船の累積度数分布 (4)

また、現行基準では 150,000DWT を超える船舶に対応する標準諸元値を特に与えていないが、超大型鉱石専用船等の出現を踏まえ、更に上位の船階級を設定することを検討すべきである。

表- 55 各船階級の船舶数及び平準化指標 (貨物船)

DWT	隻数 N	割合	平準化指標 G
1,000 未満	38	0.6%	
1,000～2,000	224	3.3%	1.28
2,000～3,000	394	5.8%	0.95
3,000～5,000	990	14.6%	0.95
5,000～10,000	1,027	15.2%	0.85
10,000～12,000	146	2.2%	0.89
12,000～18,000	255	3.8%	0.77
18,000～30,000	630	9.3%	1.25
30,000～40,000	315	4.7%	0.69
40,000～55,000	888	13.1%	1.21
55,000～70,000	294	4.3%	0.72
70,000～90,000	954	14.1%	0.59
90,000～120,000	44	0.7%	0.30
120,000～150,000	43	0.6%	1.54
150,000～	526	7.8%	

b) コンテナ船

コンテナ船の累積度数分布曲線及び技術基準・解説に対応する船階級の境界値を図-38～図-40 に示す。図-38 は 200,000DWT 以下を対象とした累積度数分布曲線、図-39 及び図-40 は、60,000～100,000DWT の領域及び 20,000～30,000DWT の領域を拡大したものである。また、表-56 は、船舶数及び平準化指標を各船階級毎にまとめたものである。

表-56 を参照すると、10,000～20,000DWT 及び 60,000～100,000DWT の領域で船舶の隻数が他に比べて過大であることが分かる。更に 60,000～100,000DWT における平準化指標 G の値は 0.62 と小さい。図-39 をみると、60,000～70,000DWT の領域に船舶数が集中していることが分かる。これらより、60,000～100,000DWT の間に船階級の境界値を設けることを検討する必要があると考えられる。20,000～30,000DWT における平準化指標 G の値は 0.69 と同じく小さくなっており、図-40 の曲線の形状をみても、20,000～25,000DWT の領域に船舶が集中していることが分かるので、

この領域にも境界値を設定することを検討すべきである。

また、現行基準では 100,000DWT を超える船舶に対応する標準諸元値を特に与えておらず、具体的な船舶諸元値を与えているのみであるが、昨今の超大型フルコンテナ船の出現を踏まえ、更に上位の船階級を設定することを検討すべきと考えられる。

c) タンカー

タンカーの累積度数分布曲線及び技術基準・解説に対応する船階級の境界値を図-41 に示す。2 節で既に示したとおり、2005～2008 年において、100,000～120,000DWT、150,000～170,000DWT、300,000～320,000DWT の載貨重量トン数を有するタンカーの新造が相次いだ、これを反映した船階級が設定されているとはいえない。ちなみに 100,000～110,000DWT の船舶数は 301 隻（全体の 22.4%）、110,000～120,000DWT の船舶数は 136 隻（同 10.1%）、150,000

～170,000DWT の船舶数は 136 隻（同 13.7%）、300,000～320,000DWT の船舶数は 239 隻（同 17.8%）となっている。また、表-57 による平準化指標 G の値は、70,000～90,000DWT 及び 100,000～150,000DWT の船階級で小さい。150,000～300,000DWT の平準化指標 G は 1 に近いが、図-33 のような形状の分布になっているので留意を要する。これらのことから、新造船の動向を踏まえた 100,000～150,000DWT の船階級の設定、320,000DWT 近傍における船階級の設定の検討が必要である。70,000～90,000DWT については当該船階級の船舶数が過大ではないので、検討に留意を要する。

また、30,000DWT 未満における船舶データの数が僅少であることが示唆される。基準を見直す際には、我が国への寄港動向等を踏まえ、船階級の見直し及び 30,000DWT 未満における船舶データの補完方法（例えば、内航船の船舶諸元データも解析対象に含め、標本数を増やす等）を検討する必要があると考えられる。

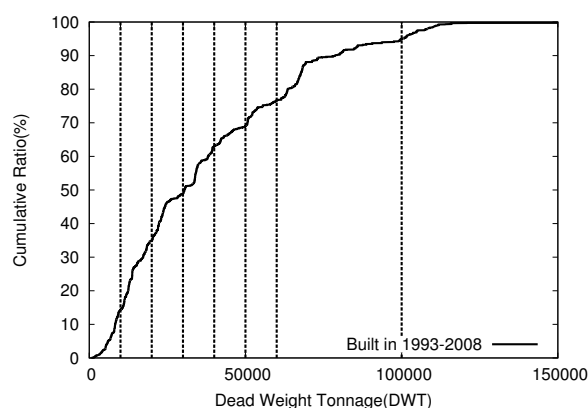


図- 38 コンテナ船の累積度数分布 (1)

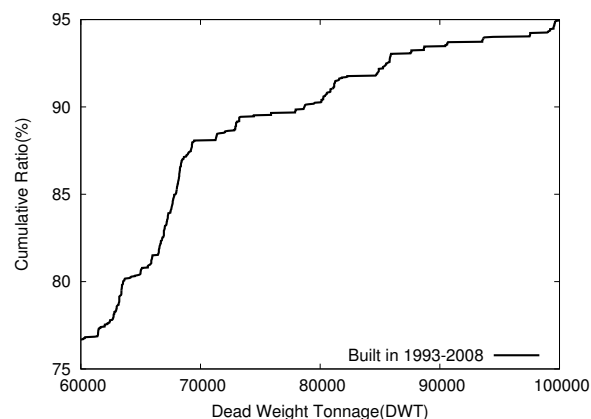


図- 39 コンテナ船の累積度数分布 (2)

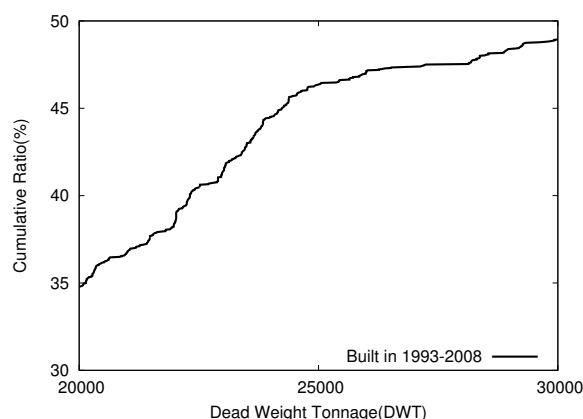


図- 40 コンテナ船の累積度数分布 (3)

表- 56 各船階級の船舶数及び平準化指標 (コンテナ船)

DWT	隻数 N	割合	平準化指標 G
10,000 未満	515	14.3%	
10,000～20,000	739	20.5%	0.86
20,000～30,000	510	14.1%	0.69
30,000～40,000	507	14.1%	0.99
40,000～50,000	219	6.1%	0.81
50,000～60,000	275	7.6%	0.67
60,000～100,000	658	18.2%	0.62
100,000～	183	5.1%	

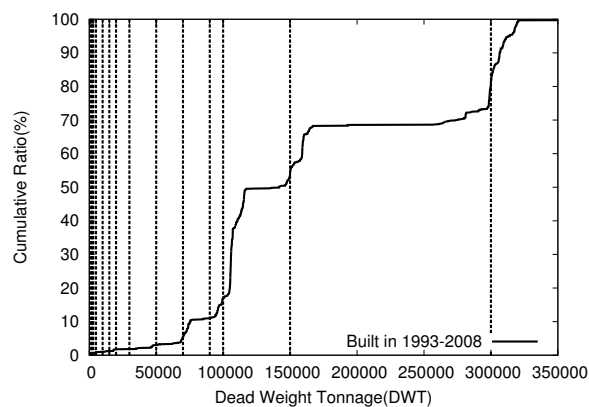


図- 41 タンカーの累積度数分布

6.2 標準諸元と大きく異なる船舶の存在について

船舶諸元の分析は、船種ごとの船舶の形状が概ね相似形であることを前提として行っている。その一方、貨物船において、運航上の要請から、同一規模の船舶と比較して全長 (Loa) を短くした船型の船舶が竣工する等、必ずしも相似形とみなすことができない類の船舶が、対象船舶に含まれる。これらの船舶の数は、貨物船全体の隻数からみれば僅少であり、統計解析の結果に大きく影響を及ぼすことはないと考えられるものの、今後、基準を見直す際には、幅広浅喫水船など標準諸元と大きく異なる船舶諸元データの取扱方法について検討することが必要であると考えられる。また、幅広浅喫水船など、我が国港湾への寄港実績があるものについては、港湾計画の策定等の際には、入港予定の船舶を具体的に特定して計画を行う等の注意が必要である。

(1) Laker(20 隻程度)

北米のセントローレンス運河を通り、五大湖を運航する船をレイカー (Laker) という。大西洋から五大湖のスペリオール湖に至るセントローレンス海路を通航できるよう、全長約 230m、全幅約 24 m に制限した船舶である。貨物船全体と比較して隻数が僅少であるため、特段の考慮を行う必要はないものと考えられる。

参考のため、Laker の代表的な船舶の諸元を表-58 に示す。

(2) 幅広浅喫水船 (30 隻程度)

輸送のスケールメリットを享受しつつ、水深の浅い日本の港湾に入港できるよう、満載喫水を押さえ、型幅を広くした、日本の電力炭輸入等に用いられる船舶である。表-59 に示すとおり、幅広浅喫水船は、ほぼ同一の載貨重量トン数となる他の船舶と比較して、型幅 (B) が大きく、航路幅が標準的な 90,000DWT 船より大きくなる (標準的な 90,000DWT 船で施設を設計すると過少になる)。

表- 57 各船階級の船舶数及び平準化指標 (タンカー)

DWT	隻数 N	割合	平準化指標 G
～1,000	0	0.0%	
1,000～2,000	3	0.2%	1.27
2,000～3,000	3	0.2%	0.77
3,000～5,000	6	0.4%	1.09
5,000～10,000	1	0.1%	0.56
10,000～15,000	3	0.2%	0.70
15,000～20,000	8	0.6%	1.18
20,000～30,000	0	0.0%	
30,000～50,000	16	1.2%	1.25
50,000～70,000	33	2.5%	1.55
70,000～90,000	76	5.7%	0.44
90,000～100,000	81	6.0%	1.34
100,000～150,000	504	37.5%	0.55
150,000～300,000	362	26.9%	0.96
300,000～	249	18.5%	

(3) その他の船舶 (14 隻)

自力推進装置のついた石炭用バージや海軍補給船がデータに混入しており、分析には留意が必要である。

表- 58 Laker の代表的な船舶諸元 (例)

船舶	DWT	Loa(m)	B(m)	d(m)
船舶 A	56,047	190	23.4	12.6
船舶 B	37,058	200	23.7	11.3

表- 59 幅広浅喫水船の諸元 (上位 25% 値) と現行基準の比較

	DWT	Loa(m)	B(m)	d(m)
幅広浅喫水船	92,000	250	43.0	12.9
現行基準 (貨物船)	90,000	251	38.7	15.0

7. 結論

本研究は、前回分析時以降、載貨重量トン数 300,000DWT を超える超大型鉱石運搬船や、載貨コンテナ個数 10,000TEU を超えるフルコンテナ船の出現、及び、載貨重量トン数の平均的な増加等、船舶の大型化及びその代替が顕著に進んだことを踏まえ、至近の船舶諸元データ (2008 年) を用いて前回分析と同じ手法による船舶諸元分析を行った。また、コンテナ船の標準諸元設定にするにあたり、積載可能コンテナ個数 (TEU) を説明変数とした分析による算定することが適当であるか、その可能性について検討した。更に、次期技術基準・解説の改訂において考慮すべき事項について記述した。主要な結論は以下のとおりである。

1. 載貨重量トン数の平均的な増加をはじめとする船舶の大型化及びその代替が顕著に進んだにもかかわらず、至近の船舶諸元データによって分析した結果は、殆どの項目で変化率が 3% 未満となる等、概ね前回分析の結果と大きく乖離することはなかった。このため、技術基準・解説のうち、船舶諸元に係る事項について、船舶の大型化及びその代替の進展を理由とした見直しを喫緊

に行う必要性は現時点でないものと思慮される。なお、全般的に、貨物船、コンテナ船及びタンカーの船舶諸元は微減傾向であると認められた。

また、30,000DWTのコンテナ船（全船一括解析）における満載喫水（増加率+3.6%）等、局所的に変化率が大きい項目も一部に見られたため、船舶の安全な航行や係留に支障が出ないように、海運・造船を巡る世界情勢の変化等を見据えつつ、同様の分析・検討を定期的に進める必要があるものと考えられる。

更に、貨物船における200,000DWT以上の型幅(B)については、実際の船舶データと回帰曲線及び上位25%値を推計した曲線からの乖離が見られた。貨物船の現行基準では、150,000DWT船までにしか、諸元値を設定していないが、技術基準・解説の見直しを図る際には、一定のDWTを境界値として標本を分割した解析を行う等の対応が必要と考えられる。

2. コンテナ船の船舶の規模を表す指標として、載貨重量トン数(DWT)のほか、当該船舶に積載可能なコンテナ個数(TEU)を考えられるが、平均値解析手法を適用する船階級を適切に設定すれば、TEUを説明変数とする分析の適用は可能と考えられる。
3. 次期技術基準・解説の改訂においては、過去の技術基準・解説との整合性、港湾の施設の水深の設定を踏まえつつ、以下を検討すべきと考えられる。

・貨物船については、70,000～90,000DWT, 150,000DWT以上における船階級の境界値の設定の検討、及び、幅広浅喫水船など標準諸元と大きく異なる船舶諸元データの取扱方法の検討が必要である。

・コンテナ船については、20,000～30,000DWT, 60,000～100,000DWT, 100,000DWT以上における船階級の境界値の設定の検討が必要である。

・タンカーについては、70,000～90,000DWT, 100,000～150,000DWT, 150,000～300,000DWT, 300,000DWT以上における船階級の境界値の設定の検討、及び、30,000DWT未満における船舶データの補完方法の検討が必要である。

(受付 2010 年 5 月 31 日)

謝辞

本研究の実施にあたり、国土技術政策総合研究所港湾研究部の方々から多大なご支援と貴重なご助言を頂きました。ここに記し、感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 国土交通省港湾局:港湾の施設の技術上の基準・同解説, (社) 日本港湾協会, 2007
- [2] 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, 国土技術政策総合研究所研究報告第 28 号, 2006
- [3] 赤倉康寛, 高橋寛直, 中本隆:統計解析等による対象船舶の諸元, 港湾技研資料 No.910, 1998
- [4] 赤倉康寛, 高橋宏直:Ship Dimensions of Design Ship under Given Confidence Limits 信頼性を与条件とした船舶諸元, 港湾技研資料 No.911, 1998
- [5] 森隆行:定期船の運航と採算, 日本船舶海洋工学会誌, 日本船舶海洋工学会誌 (5)pp.1-9,2006

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 600

June 2010

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019