

港 湾 技 研 資 料

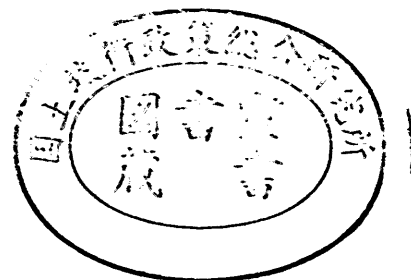
TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 910 Sept. 1998

統計解析等による対象船舶の諸元

赤	倉	康	寛
高	橋	宏	直
中	本		隆

運輸省港湾技術研究所



目 次

1. まえがき	4
2. 解析対象	4
2. 1 解析対象データ	4
2. 2 対象船舶の分類	5
3. 解析項目	7
3. 1 船舶諸元の定義	7
3. 2 計画・設計における必要項目	8
4. 統計解析	9
4. 1 解析手法	9
4. 2 解析結果	10
4. 3 信頼性評価	12
5. 船型制約条件	14
5. 1 運河による型幅の制限	14
5. 2 旅客船の喫水限界	15
5. 3 フェリーの船型	16
5. 4 貨物船の区分	17
5. 5 小型貨物船	17
6. まとめ	18
7. あとがき	18
謝辞	19
参考文献	19

Statistical Analysis of Ship Dimensions for the Size of Design Ship

Yasuhiro AKAKURA*
Hironao TAKAHASHI**
Takashi NAKAMOTO***

Synopsis

In planning or designing port facility, the dimensions of Design Ship are one of the most important conditions. Design Ship is the largest ship among ships that are expected to use the facility. If Design Ship has been specified previously, the dimensions of the specified ship are used. In other case, the dimensions are calculated by the ship type and DWT / GT of Design Ship.

In this paper, statistical analysis of ship dimensions were done to decide the size of Design Ship's length over all, breadth, maximum draft, displacement and length between perpendicular. This paper shows the method to calculate the size, and enables to calculate in other condition. The data processing in statistical analysis are Lloyd's Register of ships (1995.6) and Register of Japanese Shipping (1995).

Key Words: Ship Dimensions, Statistical Analysis, Design Ship, Lloyd's Register of Ships, Register of Japanese Shipping

* Systems Laboratory, Planning and Design Standard Division

** Chief of Systems Laboratory, Planning and Design Standard Division

*** Engineering Section, First District Port Construction Bureau (former Systems Laboratory)

Address: 3-1-1, Nagase, Yokosuka, Kanagawa, Japan Tel./Fax.: +81-468-44-5036

E-mail: akakura@cc.phri.go.jp

統計解析等による対象船舶の諸元

赤倉 康寛^{*}
高橋 宏直^{**}
中本 隆^{***}

要 旨

港湾の諸施設を計画・設計する際に、対象船舶の諸元は最も重要な条件の一つである。対象船舶とは、その施設を利用すると想定される船舶のうち最大のものである。対象船舶が特定される場合は、その諸元をそのまま用いればよいが、特定されない場合には、対象船舶の船種と DWT / GT から船舶諸元を算定しなければならない。

本資料は、以上の観点に基づき、世界及び日本で現在就航中の船舶を分類し、それらの対象船舶の諸元である全長、型幅、満載喫水、さらには構造設計で必要とされる諸元である排水トン、垂線間長を統計解析等により算定し、港湾の施設の計画・設計における基礎資料を提供するものである。本資料により、対象船舶の諸元の算定方法が明らかになるとともに、必要に応じて算定条件を変更した場合の結果を得ることが可能となる。なお、使用した船舶データは、「Lloyd's Register of Ships (1995.6.)」及び「日本船舶明細書(1995)」である。

キーワード：船舶諸元、統計解析、対象船舶、標準諸元、Lloyd's Register of Ships、
日本船舶明細書

^{*} 計画設計基準部 システム研究室

^{**} 計画設計基準部 システム研究室長

^{***} 第一港湾建設局 工務課(前 計画設計基準部 システム研究室)

所在地：〒239 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 Tel./Fax.: 0468-44-5036

E-mail : akakura@cc.phri.go.jp

1. まえがき

港湾法¹⁾に依れば、港湾は“交通の発達及び国土の適正な利用と均衡ある発展に資する”ために建設・維持される。そのため、重要港湾の港湾管理者は、基本方針に適合した港湾計画を策定し、その中で“港湾の能力に応ずる水域施設、係留施設その他の港湾施設の規模及び配置”を定めることとされている（港湾法第三条の三及び同施行令第一条の五）。この“港湾の能力”は港湾計画書マニュアル²⁾では取扱貨物量、入港最大標準船型及び港湾利用者数であると解釈されている。すなわち、港湾計画における取扱貨物量、入港最大標準船型及び港湾利用者数に、自然、経済、社会条件等を考慮し港湾施設の規模及び配置が決定されるのである。ここで入港最大標準船型とは、当該港湾に入港が想定される最大規模の船舶である。

具体的には、水域施設・係留施設については、当該施設の取扱貨物量・船舶乗降旅客数、当該施設の利用が想定される最大規模の船舶（以下、“対象船舶”という：港湾の施設の技術上の基準を定める省令³⁾より）に、静穏度、荷役方式等の条件を加味することにより決定される。この対象船舶のうち最大の船舶が入港最大標準船型に該当する。

対象船舶の設定は次の二種類に分類される。一つが、ある特定の船舶が対象船舶となる場合で、当然船舶の諸元（全長、型幅、満載喫水等）が全て固定した値として設定される。もう一つが、対象船舶自体は特定されない場合で、この場合当該施設の取扱貨物量・船舶乗降旅客数から対象船舶の規模（総トン、重量トン等）を算定し、さらにその規模に応じた船舶諸元を設定することになる。

港湾の施設の建設、改良及び維持は、港湾法第五十六条¹⁾において港湾の施設の技術上の基準³⁾（以下、“技術上の基準”という）に適合するものでなければならないとされている。さらに、港湾の施設の技術上の基準を定める省令²⁾においては、水域施設及び係留施設の中の諸施設について対象船舶の諸元を考慮して規模を設定すべきであるとされている。「技術上の基準」³⁾は、港湾において船舶の安全かつ円滑な利用を確保し、港湾の能力を十分に発揮させることを目的としていると考えられることから、対象船舶の諸元はその目的に照らして、適正なものでなければならないことになる。港湾施設を利用すると想定される船舶諸元の設定は、最終的には当該施設的设计・計画の策定者にゆだねられるべきと考えられるが、上記目的の達成

を全国の港湾で統一的に確保するためには、「技術上の基準」³⁾において対象船舶の標準的な諸元を示すことが必要になる。

さらに、「技術上の基準」³⁾においては、係留施設的设计計算において、船舶諸元が必要とされており、この算定においても前述の理由から対象船舶の標準的な諸元が必要とされる。

本資料は、以上の状況を踏まえ、世界あるいは日本において現在就航している船舶を、その積載方法・積載貨物等により分類し、それぞれの船舶の規模（総トン、重量トン）から全長、型幅、満載喫水、排水トン等を求めるための統計解析等を実施したものである。同種の研究は、文献4)～8)等においてすでに実施されているものであるが、船舶の船型は経済社会情勢の変化、造船技術の進歩等により移り変わっていくものであるため、適切な期間毎に更新をしていく必要があると考えられ、「技術上の基準」³⁾の改訂（平成12年度予定）に合わせてとりまとめたものである。

2. 解析対象

解析対象は「技術上の基準」³⁾に必要とされる船舶とし、その船舶の積載貨物の種類、積載形態等を鑑み分類を行った。

2.1 解析対象データ

まず、統計解析等を行ったデータについて述べる。用いた船舶データは以下の2種類である。

・Lloyd's Register of Ships 1995.6.

：Lloyd's Maritime Information

・日本船舶明細書 1995：（社）日本海運集会所
船舶は物理的には世界中のどこへでも寄港可能であることから、日本に寄港する船舶が限定される場合を除いて世界で就航中の全ての船舶データを用いることが妥当と考えられる。そこで、基本的には、船舶データは「Lloyd's Register of Ships」を用いることとした。しかし、日本固有の自動車運搬船（PCC）や国内船が国外に出たり国外船が日本に来ることがほとんどないフェリー、ロールオン・ロールオフ船については「日本船舶明細書」を用いた。また、日本船籍で日本を中心に航行するものと他国船籍であるが日本にも寄港するものの二種類がある旅客船については、世界と日本で分けて解析を行った。

これらの船舶データにおいて掲載されている船舶に

ついて、その全て統計解析の対象とすることも考えられるが、本解析の結果を用いる「技術上の基準」³⁾は概ね10年間隔での改訂を考えており、したがって解析結果等が10年後においてもおおよそ妥当であるように解析データの母集団をとる必要があることから、竣工年により母集団を限定することとした。具体的には、減価償却資産の耐用年数等に関する省令（大蔵省）第一条において総トン数二千トン以上の鋼船の耐用年数が15年とされていることから、竣工後15年以内すなわち1980年以降竣工した船舶のみを解析対象とした。この大蔵省令による耐用年数は、一般的な使用年数より短めに設定されているため、このデータを10年間使用しても問題はないと考えられる。

図-1は、「Lloyd's Register of Ships」に掲載されている全船舶の竣工年を示したものである。1995年は6月までのデータのため、1995年のデータは年間データとしてみる事が出来ないが、1994年以前のデータからは、1994年と1960年代後半の隻数が同程度であることから、1960年代後半以前の船舶は順次退役していつている、つまり退役を始めるのは竣工後25年程度からと判断される。したがって、現時点での解析では竣工後15年以内の船舶データを用い、10年後の時点において竣工後25年までの船舶を考慮するようにすることは妥当であると考えられる。

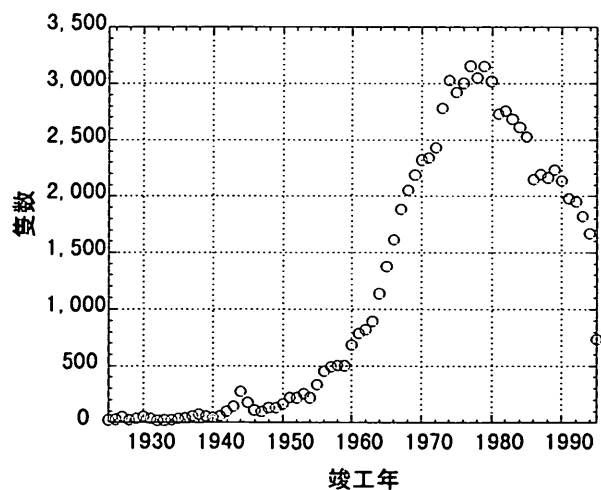


図-1 全船舶の竣工年

ただし、旅客船については、一般の船舶より寿命が長いことが知られており⁷⁾、そのことは「Lloyd's Register of Ships」の旅客船の竣工年を示した図-2からも読み取ることが出来る。図-2においては、ピークが竣工後5年に出ているものの、それ以前でも概ね年

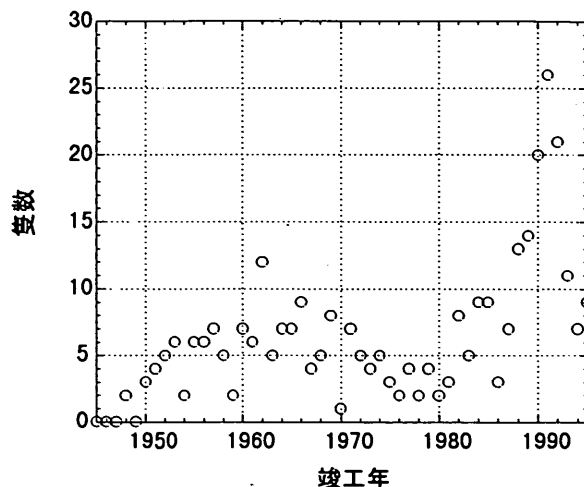


図-2 旅客船の竣工年

間5~10隻程度が就航しており、この傾向が無くなるのは1950年程度からである。そのため、旅客船のみは、竣工後30年以内の船舶を解析対象とすることとした。図-2から、退役を始めるのは竣工後40年程度からと考えられるからである。

2.2 対象船舶の分類

船舶はその積載貨物や積載方法等により、船型が大きく異なっている。解析を行う際、使用目的の異なる船舶を区分しなければ、誤解を与える結果が導かれる恐れがある。一方、船舶はそれぞれの船社が特定の目的を持って建造・使用しているものであるから、完全に同一の船型はなく、集団として捉える場合に積載貨物の分類、積載方法、航路等々によりどこまで細分化するかが問題になる。すなわち、細分化すればするほど船舶の性格を一致させることが出来る一方、解析の母集団をある程度以上大きくないと精度が低下するため、両者を折衷した分類としなければならないということである。以上の考え方を基に、本研究においては表-1のように分類することとした。大きく貨物運搬船、旅客船及びフェリーの3分類とし、そのなかで貨物運搬船については、さらに貨物船、コンテナ専用船、タンカー、ロールオン・ロールオフ及び自動車専用船舶に区分した。これらの区分は、「技術上の基準」³⁾において取り扱うものである。貨物船は、「Lloyd's Register of Ships」のship typeにおいて一般貨物船（箱詰め、樽詰め、カートン等で運搬される貨物を対象とする）、バルク船（散積運搬船）、鉾石専用船に細分されるが、統計解析上は同一集団として取り扱った（ただし、それぞれの細分の隻数のみ表-2に示し

た)。バルク船については、さらに主要な積載貨物によって木材運搬船、穀物運搬船等に細分することが考えられるが、母集団が小さくなること及び「Lloyd's Register of Ships」の分類においてバルク船の積載貨物は sub type としての取扱しかなくバルク船で積載貨物不明とのデータが多数存在すること、さらにはバルク船は複数の貨物を対象としているものが多いことか

らこれ以上の細分は行わないこととした。さらに、鉱石兼油槽船 (Ore/Oil Carrier), 鉱石/撤積兼油槽船 (Ore/Bulk /Oil Carrier) 等の兼用船は母集団が少ないため解析対象から除外した。

以上の分類に該当する船舶データ数を表-2 にその規模別に示す。

表-1 船種区分

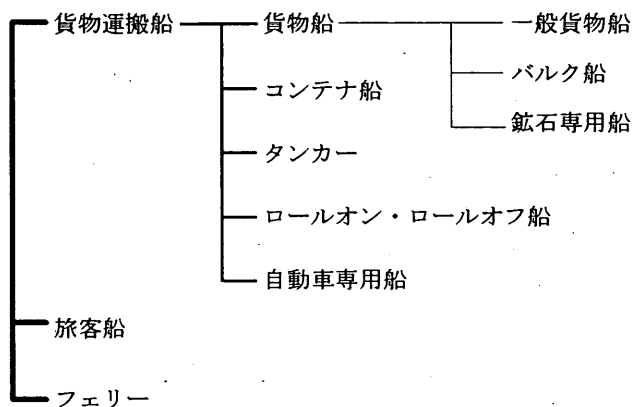


表-2 分類別規模別船舶データ数 (1/2)

DWT	船種	貨物船			コンテナ船			タンカー		
		データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数
0 - 499		524	0.0609	0.0609	0	0.0000	0.0000	205	0.0771	0.0771
500 - 999		855	0.0994	0.1603	1	0.0009	0.0009	181	0.0681	0.1452
1,000 - 1,999		1,333	0.1549	0.3152	6	0.0054	0.0062	396	0.1490	0.2942
2,000 - 2,999		599	0.0696	0.3849	5	0.0045	0.0107	217	0.0816	0.3758
3,000 - 4,999		1,059	0.1231	0.5080	32	0.0285	0.0393	228	0.0858	0.4616
5,000 - 9,999		1,064	0.1237	0.6316	172	0.1534	0.1927	200	0.0752	0.5369
10,000 - 14,999		272	0.0316	0.6633	134	0.1195	0.3122	29	0.0109	0.5478
15,000 - 29,999		1,082	0.1258	0.7890	303	0.2703	0.5825	189	0.0711	0.6189
30,000 - 49,999		931	0.1082	0.8972	345	0.3078	0.8903	240	0.0903	0.7092
50,000 - 99,999		570	0.0663	0.9635	123	0.1097	1.0000	432	0.1625	0.8717
100,000 - 199,999		277	0.0322	0.9957	0	0.0000	1.0000	160	0.0602	0.9319
200,000 -		37	0.0043	1.0000	0	0.0000	1.0000	181	0.0681	1.0000
総数		8,603	1.0000		1,121	1.0000		2,658	1.0000	

DWT/GT	船種	ロールオン・ロールオフ船			自動車専用船			旅客船 (日本)		
		データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数
0 - 499		10	0.2000	0.2000	1	0.0115	0.0115	239	0.8723	0.8723
500 - 999		6	0.1200	0.3200	5	0.0575	0.0690	13	0.0474	0.9197
1,000 - 1,999		3	0.0600	0.3800	7	0.0805	0.1494	3	0.0109	0.9307
2,000 - 2,999		1	0.0200	0.4000	12	0.1379	0.2874	4	0.0146	0.9453
3,000 - 4,999		16	0.3200	0.7200	23	0.2644	0.5517	4	0.0146	0.9599
5,000 - 9,999		14	0.2800	1.0000	10	0.1149	0.6667	5	0.0182	0.9781
10,000 - 14,999		0	0.0000	1.0000	2	0.0230	0.6897	1	0.0036	0.9818
15,000 - 29,999		0	0.0000	1.0000	21	0.2414	0.9310	5	0.0182	1.0000
30,000 - 49,999		0	0.0000	1.0000	6	0.0690	1.0000	0	0.0000	1.0000
50,000 - 99,999		0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000
100,000 - 199,999		0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000
200,000 -		0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000
総数		50	1.0000		87	1.0000		274	1.0000	

表-2 分類別規模別船舶データ数 (2/2)

GT	船種	旅客船 (世界)			フェリー (長距離)			フェリー (中短距離)		
		データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数
0 - 499		24	0.1039	0.1039	0	0.0000	0.0000	127	0.4123	0.4123
500 - 999		18	0.0779	0.1818	0	0.0000	0.0000	87	0.2825	0.6948
1,000 - 1,999		48	0.2078	0.3896	0	0.0000	0.0000	37	0.1201	0.8149
2,000 - 2,999		6	0.0260	0.4156	2	0.0339	0.0339	23	0.0747	0.8896
3,000 - 4,999		24	0.1039	0.5195	2	0.0339	0.0678	15	0.0487	0.9383
5,000 - 9,999		24	0.1039	0.6234	17	0.2881	0.3559	15	0.0487	0.9870
10,000 - 14,999		7	0.0303	0.6537	26	0.4407	0.7966	4	0.0130	1.0000
15,000 - 29,999		37	0.1602	0.8139	12	0.2034	1.0000	0	0.0000	1.0000
30,000 - 49,999		22	0.0952	0.9091	0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000
50,000 - 99,999		21	0.0909	1.0000	0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000
100,000 - 199,999		0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000
200,000 -		0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000	0	0.0000	1.0000
総数		231	1.0000		59	1.0000		308	1.0000	

DWT	船種	一般貨物船			バルク船			鉱石専用船		
		データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数	データ数	相対度数	累積度数
0 - 499		524	0.0849	0.0849	0	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000
500 - 999		854	0.1384	0.2234	0	0.0000	0.0000	1	0.0357	0.0357
1,000 - 1,999		1,332	0.2159	0.4393	0	0.0000	0.0000	1	0.0357	0.0714
2,000 - 2,999		595	0.0964	0.5357	3	0.0012	0.0012	1	0.0357	0.1071
3,000 - 4,999		1,051	0.1704	0.7061	8	0.0033	0.0046	0	0.0000	0.1071
5,000 - 9,999		1,050	0.1702	0.8763	14	0.0058	0.0104	0	0.0000	0.1071
10,000 - 14,999		219	0.0355	0.9118	53	0.0220	0.0324	0	0.0000	0.1071
15,000 - 29,999		458	0.0742	0.9861	624	0.2594	0.2918	0	0.0000	0.1071
30,000 - 49,999		86	0.0139	1.0000	842	0.3500	0.6417	3	0.1071	0.2143
50,000 - 99,999		0	0.0000	1.0000	566	0.2352	0.8770	4	0.1429	0.3571
100,000 - 199,999		0	0.0000	1.0000	268	0.1114	0.9884	9	0.3214	0.6786
200,000 -		0	0.0000	1.0000	28	0.0116	1.0000	9	0.3214	1.0000
総数		6,169	1.0000		2,406	1.0000		28	1.0000	

注) 解析において、旅客船 (世界, 日本) と、フェリー (長距離, 中短距離) は分類を行ったが、これについては5. を参照のこと

3. 解析項目

解析の対象となる船舶諸元の内容と、その船舶諸元の港湾施設の計画・設計における使用箇所を述べる。

3.1 船舶諸元の定義

解析を行う船舶諸元データについて、その正式名称と内容の定義を行う。まず、船舶の主要寸法項目を下に示す^{9),10)}。

- ・全長 (Length Over All) : 船首最前端より船尾最後端までの水平距離。航海関係の国際条約や国内法において使用される。本解析の対象項目の一つで、以下 Length (L) という。
- ・登録長 (Length Registered) : 船首材前面から船尾材後面までの水平距離で、上甲板下面で測定する。船舶法の船舶原簿に登録される長さ。
- ・垂線間長 (Length Between Perpendicular) : 前部垂線から後部垂線までの水平距離。前部垂線とは満

載喫水線上の船首材前端で、後部垂線とは舵柱 (舵を支えるための船体の一部) または舵頭材 (舵の軸で、これを中心に舵が動く) の中心である。本解析の対象項目の一つで以下 L_{PP} という。

- ・最大幅 (Breadth Extreme) : 船体の最大幅部における船体外側より外部までの横断面の水平距離。国内法等において使用される。
 - ・型幅 (Breadth Molded) : 船体最大幅部における外板内面間の横断面の水平距離。造船用語として使用される。本解析の対象項目の一つで、以下 Breadth (B) という。
 - ・型深 (Depth Molded) : 垂線間長中央部での上甲板下面からキール上面までの垂直距離。
 - ・満載喫水 (Full Load Draft) : 夏期満載喫水線からキール上面までの垂直距離。本解析の対象項目の一つで、以下 draft (d) という。
- 以上について、図-3 にその概略を図示する。

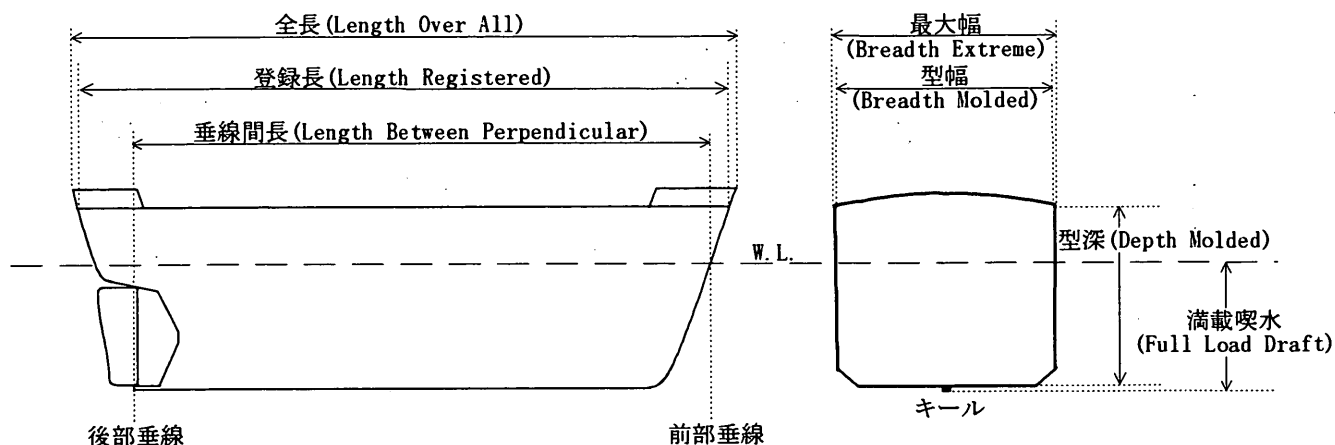


図-3 船舶寸法の名称

さらに、船舶の規模である重量や容積を表す項目を以下に列挙する^{3),8)}。

- ・総トン数 (Gross Tonnage) : 船舶のトン数の測度に関する法律で規定された密閉区画の容積トン数。わが国における海事に関する制度において船舶の大きさを表す指標として用いられる「総トン数」と、条約等の規定に従い主として国際航海に従事する船舶について、その大きさを表すための指標として用いられる「国際総トン数」がある。両者の値は異なる場合があり、相互の関係は船舶のトン数の測度に関する法律第五条に定められている。本解析における説明変数の一つで、以下 GT という。
 - ・純トン数 (Net Tonnage) : 総積載量から船の運航に必要な区画の部分を除いた容積。旅客または貨物の運送の用に供する場所の合計面積を示し、主に税金徴収の基準とされている。
 - ・排水トン数 (Displacement Tonnage) : 静止状態で浮いている船体が排除する水の量のトン数。その喫水の状態により、満載排水トン数、軽荷排水トン数等が算定される。軍艦の大きさを表すほか、船舶の運動性能の計算にも用いられる。満載排水量は本解析の対象項目の一つであり、以下 D_{SP} という。
 - ・載荷重量トン数 (Dead Weight Tonnage) : 船舶が載荷し得る貨物の最大重量をトン単位で表した数。船舶の満載状態と軽荷状態の重量の差。貨物船で最も使用されるトン数。航路の長短等により異なるが、概ね載荷重量トン数の 90% の貨物が積載できる。本解析における説明変数の一つで、以下 DWT という。
- 以上、本統計解析において、説明変数及び目的変数と

なる項目についての概略を示した。なお、船舶区分と説明変数の関係は、表-3 のとおりである。

表-3 船種と説明変数

船 種	説明変数
貨物船	重量トン数
コンテナ船	〃
タンカー	〃
ロールオン・ロールオフ船	〃
自動車専用船	総トン数
旅客船	〃
フェリー	〃

なお、それぞれの船種における GT と DWT の関係は以下のとおりである。

貨物船	: GT=0.541DWT
コンテナ船	: GT=0.880DWT
タンカー	: GT=0.553DWT
ロールオン・ロールオフ船	: GT=0.808DWT
自動車専用船	: GT=1.477DWT
旅客船 (日本)	: GT=4.949DWT
旅客船 (世界)	: GT=7.657DWT
フェリー	: GT=2.247DWT

3. 2 計画・設計における必要項目

港湾の施設の計画・設計においては、様々な場面で船舶の諸元が使用される。これを、まず、設計・計画の「技術上の基準」³⁾の基となる「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」¹⁾から抜粋する。

第一章 総則

第一条 (定義)

- 2 「対象船舶」とは、港湾の施設を使用することが予定される船舶のうち、その総トン数が最大のものをいう。

第二章 水域施設

第四条 (航路)

航路の幅員は、対象船舶の長さ及び幅に照らし、船舶が行き会う可能性のある航路にあつては対象船舶の長さ以上の、船舶が行き会う可能性のない航路にあつては対象船舶の長さの二分の一以上の適切な幅とする。

- 2 航路の水深は、～対象船舶の満載喫水以上の適切な深さとする。

第五条 (泊地)

- 一 停泊又は係留の用に供される泊地であつて、岸壁、係船くい、さん橋及び浮きさん橋の前面の泊地以外のものにあつては、対象船舶の長さ～を半径とする円を上まわる広さであること。
- 二 停泊又は係留の用に供される泊地であつて、岸壁、係船くい、さん橋及び浮きさん橋の前面のものにあつては、～その長さ及び幅がそれぞれ対象船舶の長さ以上及び対象船舶の幅以上の適切な広さであること。
- 三 船舶の船首の回転の用に供される泊地にあつては、対象船舶の長さ～に一・五を乗じて得た値を半径とする円を上まわる広さであること。
- 2 泊地の水深は、～船舶の満載喫水以上の適切な深さとする。

第六条 (船だまり)

前条第二項の規定は、船だまりの水深について準用する。

第四章 係留施設

第十条 (係留施設の附帯設備)

- 一 ～対象船舶の長さ、幅、深さ及び総トン数に照らし、十分に使用に耐える強度を有すること。
- 二 係留する船舶の長さ、幅、深さ及び総トン数に照らし、適切な場所に設置すること。

以上より、水域施設及び係留施設の計画・設計において特に対象船舶の長さ、幅及び満載喫水が必要であることが分かる。

また、係留施設の附帯設備については、実際の構造

設計において船舶の接岸による衝撃力を算定しなければならず、「技術上の基準」³⁾の改定案によれば接岸エネルギー E_f (J) は以下の式で示されている (変数表示は本論文に合わせた)。

$$E_f = [M_s \cdot V^2 / (2g)] \times C_e \times C_m \times C_s \times C_c \quad (1)$$

- ここに、 M_s : 船舶の質量 (kg) [=1000 D_{SP}]
 D_{SP} : 排水トン (t)
 V : 船舶の接岸速度 (m/s)
 g : 重力加速度 (m/s²)
 C_e : 偏心係数
 C_m : 仮想質量係数
 C_s : 柔軟性係数
 C_c : パースの形状係数

さらに、質量係数 (満載時) は、

$$C_m = 1 + (\pi/2C_b)(d/B) \quad (2)$$

- ここに、 C_b : ブロック係数 [= $M_s / (L_{PP} B d \rho_0)$]
 d : 満載喫水 (m)
 B : 型幅 (m)
 L_{PP} : 垂線間長 (m)
 ρ_0 : 海水の密度 (kg/m³)

となり、満載喫水、型幅に加え、排水トンと垂線間長が必要となる。

このように、水域施設・係留施設の計画・設計において広く必要とされる全長、型幅及び満載喫水と、係留施設の附帯施設の構造設計においてのみ必要とされる排水トン及び垂線間長との二種類の諸元があるが、いずれも港湾の施設の計画・設計においては必要なものであり、これらが対象船舶規模から算定される必要がある。

4. 統計解析

これまで述べてきた船舶データ、船舶諸元についての解析手法、解析結果及びその解釈について述べる。

4. 1 解析手法

本解析においては、船舶諸元である寸法項目を目的変数 Y 、トン数を説明変数 X として、関数系

$$Y = \alpha X^\beta \quad (3)$$

ここに、 Y : 目的変数

X : 説明変数

α, β : 回帰係数

により回帰分析を行った。これは、既往の船型解析^{4)~8)}においても使用されてきた関数系であり、それは次の理由によるものと考えられる。①船舶の形状が、その規模に係わらず相似形を示すとすると、Length, Breadth, draft 等長さの次元の諸元は DWT, GT の 1/3 乗に比例する。よって、(3)式の関数系では、回帰係数 β は長さの次元に対しておおよそ 1/3 をとるものと考えられること。②(3)式は、両辺対数をとれば、

$$\log Y = a + b \log X \quad (4)$$

ここに、回帰係数 $a = \log(\alpha)$, $b = \beta$

となり、この関数系は、直線回帰で非常に簡便であり、かつ、回帰式まわりの分布形を考える場合、標準偏差も対数値について算定されるため、船型規模(トン数)の大きさに対して単純増加の標準偏差が得られること、の二つの理由である。この考え方による回帰係数の具体的な算定方法は、次のとおりである。

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n \log y_i - \frac{S_{xy}}{S_x} \sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \quad (5)$$

$$B = \frac{S_{xy}}{S_x} = \frac{n \sum_{i=1}^n \log x_i \log y_i - \sum_{i=1}^n \log x_i \sum_{i=1}^n \log y_i}{n \sum_{i=1}^n (\log x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \log x_i \right)^2} \quad (6)$$

ここに、A, B : a, b の推計値

S_{xy} : 変数 x, y の共分散

S_x : 変数 x の分散

n : データの個数

また、回帰式まわりの分布形は(7)式より求めた。

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{S_{y,x}}{n-2}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \left(S_y - \frac{S_{xy}^2}{S_x} \right)} \quad (7)$$

ここに、 $\hat{\sigma}$: 回帰式まわりの標準偏差

$S_{y,x}$: 回帰式まわりの分散

S_y : 変数 y の分散

さらに、回帰式の有効性を検定するため、相関係数を算定した。相関係数 R は、(8)式より算定される。

$$R = \sqrt{\frac{S_{xy}}{S_x S_y}} \quad (8)$$

4.2 解析結果

4.1 で述べた方法による解析結果をタンカーを例に示す。まず、図-4 は、タンカーの重量トン (DWT)

と満載喫水 (d) の関係をプロットしたものである。

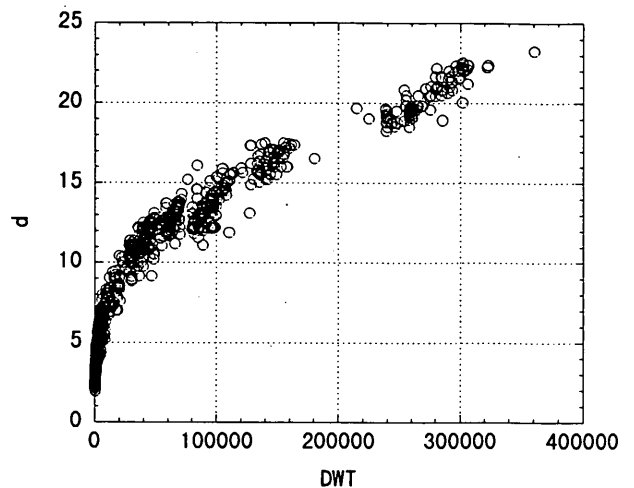


図-4 DWT-d (タンカー)

この状態では、回帰させる最適な関数系の判別は困難である。そこで、この両軸を常用対数としたのが図-5である。図-5によれば、 $\log(d)$ は $\log(DWT)$ により直線回帰されることが明らかである。つまり、両対数座標系で直線により回帰されるということは、元の座標系ではべき乗により回帰されることになる。

以上はタンカーの例であるが、これを各船種、各諸元について行った解析結果が表-4である。表-4では、データ数、回帰係数、標準偏差及び相関係数をそれぞれ列挙した。ただし、単純に回帰分析を行うだけでは実際の船型を表現できない場合があり、その場合は表-4では注釈を加えるとともに、その内容については5.で詳しく述べる。

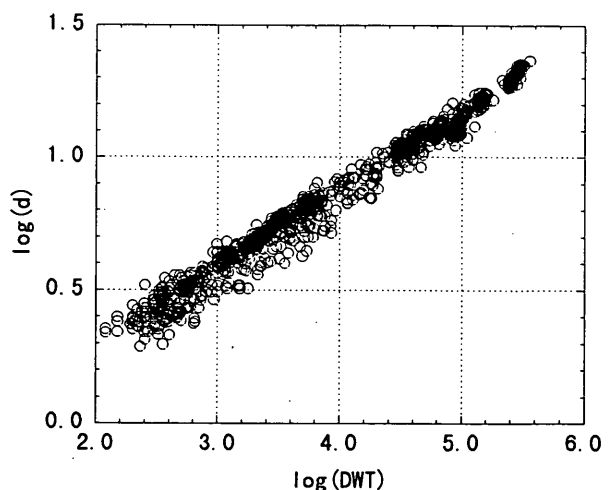


図-5 $\log(DWT)$ - $\log(d)$ (タンカー)

表-4 解析結果

船種		諸元	N of data	α	β	R	a	b	σ
貨物船	1万DWT以上	L	3,078	10.851	0.272	0.973	1.035	0.272	0.022
		B*	2,089	1.249	0.296	0.971	0.097	0.296	0.025
		d	3,124	0.673	0.267	0.972	-0.172	0.267	0.022
		D _{SP}	1,200	3.116	0.913	0.997	0.494	0.913	0.050
		L _{PP}	3,125	8.906	0.285	0.977	0.950	0.285	0.022
	1万DWT未満	L	4,562	7.944	0.300	0.927	0.900	0.300	0.042
		B	2,299	1.619	0.268	0.929	0.209	0.268	0.035
		d	4,867	0.413	0.314	0.931	-0.384	0.314	0.053
		D _{SP}	1,109	3.327	0.899	0.990	0.522	0.899	0.042
		L _{PP}	4,842	6.811	0.310	0.901	0.833	0.310	0.050
コンテナ船		L	1,069	3.542	0.394	0.958	0.549	0.394	0.035
		B*	742	1.762	0.272	0.954	0.246	0.272	0.024
		d	1,099	0.474	0.303	0.969	-0.324	0.303	0.024
		D _{SP}	602	2.203	0.953	0.991	0.343	0.953	0.032
		L _{PP}	1,111	3.098	0.401	0.957	0.491	0.401	0.037
タンカー		L	2,299	6.637	0.315	0.994	0.822	0.315	0.031
		B*	1,298	1.140	0.310	0.991	0.057	0.310	0.029
		d	2,470	0.510	0.291	0.991	-0.293	0.291	0.035
		D _{SP}	983	1.968	0.956	0.999	0.294	0.956	0.057
		L _{PP}	2,539	5.859	0.322	0.993	0.768	0.322	0.038
ロールオン・ロールオフ船		L	50	7.885	0.332	0.956	0.897	0.332	0.050
		B	50	2.586	0.242	0.936	0.413	0.242	0.049
		d	50	0.528	0.290	0.946	-0.277	0.290	0.046
		D _{SP}	9	4.245	0.909	0.964	0.628	0.909	0.043
		L _{PP}	49	6.373	0.349	0.952	0.804	0.349	0.052
自動車専用船		L	87	12.670	0.268	0.966	1.103	0.268	0.031
		B*	86	2.230	0.261	0.978	0.348	0.261	0.028
		d	87	0.855	0.233	0.956	-0.068	0.233	0.037
		D _{SP}	30	74.405	0.588	0.795	1.872	0.588	0.064
		L _{PP}	87	10.585	0.280	0.968	1.025	0.280	0.032
旅客船(日本)		L	274	5.128	0.354	0.973	0.710	0.354	0.065
		B	274	2.127	0.247	0.894	0.328	0.247	0.072
		d**	268	0.378	0.285	0.709	-0.423	0.285	0.125
		D _{SP}	18	0.904	0.981	0.946	-0.044	0.981	0.103
		L _{PP}	265	4.331	0.359	0.974	0.637	0.359	0.063
旅客船(世界)		L	210	5.464	0.346	0.990	0.738	0.346	0.043
		B	179	2.030	0.250	0.980	-0.602	0.250	0.038
		d**	211	0.126	0.395	0.859	-0.403	0.395	0.186
		D _{SP}	48	1.818	0.891	0.959	-0.050	0.891	0.120
		L _{PP}	220	5.555	0.330	0.979	0.745	0.330	0.063
フェリー	長距離***	L	37	—	—	0.918	0.006	99.573	7.369
		B	37	—	—	0.887	0.001	17.343	1.024
		d	35	—	—	0.661	0.000	5.022	0.377
		D _{SP}	50	22.678	0.683	0.916	1.356	0.683	0.048
		L _{PP}	34	—	—	0.933	0.006	94.620	6.218
	中短距離****	L	291	4.292	0.395	0.943	0.633	0.395	0.060
		B	291	2.590	0.241	0.927	0.413	0.241	0.043
		d	287	0.702	0.226	0.850	-0.154	0.226	0.067
		D _{SP}	77	2.726	0.904	0.873	0.436	0.904	0.105
		L _{PP}	245	3.789	0.401	0.951	0.579	0.401	0.051

*) Panamaxを設定(5.1を参照)

***) 喫水限界を設定(5.2を参照)

****) D_{SP}を除く全諸元の限界を設定すると共に直線回帰: y=ax+b(5.3を参照)

*****) D_{SP}を除く全諸元の限界を設定(5.3を参照)

注) N of dataは回帰分析を行った隻数であり、限界値を設定し分析から除いたデータ数は含まれていない

4. 3 信頼性評価

これまで述べてきた解析方法は、回帰分析であり、したがってその得られた結果は各諸元の平均値ではない。船型規模 (GT, DWT) に応じた船舶諸元 (L, B, d, D_{SP}, L_{PP}) の平均値ということは、当該船型規模において 50%の船舶は回帰分析で得られた平均的諸元 (L, B, d, D_{SP}, L_{PP}) より大きな値を持っているということである。

3. で述べたとおり、本研究は対象船舶が限定されない場合の船型規模に応じた船舶諸元を求めるものである。この際、対象船舶とは前述のように船型規模が最大の船舶を指すのだが、その船型規模に対してどれだけの大きさの諸元を採用すべきなのかとの考え方はどこにも設定されていない。船型規模に対して、95%の船舶が包含される諸元を用いることも 60%の諸元を用いることも制度上可能である。本来的には、この設定はその港湾のサービス水準を決定付ける一つの要因となるため、各港湾管理者が港湾施設の設計・計画の策定時においてそれぞれの考え方に従い設定すべきものである。すなわち、入港が予想される船舶規模に対して、港湾整備の費用節減の観点から小さめの値を使用し、それ以上の大きさの諸元を持つ船舶が実際に入港する場合には安全性を随時検討し対応策を採ったり、潮待ちをしてもらうことも一つの方法であれば、対象規模の船舶であれば他のどの港よりも入港環境が良いことをポートセールスの前面に出すことを考え、大きめの値を使用することも一つの手であろう。

以上の内容を、模式図で説明をする。図-6 は、回帰分析の結果とその結果に対する信頼度即ちサービス水準を模式化したものである。まず、例として、両対数軸上でLがDWTにより直線回帰される。これは対象船舶に対しての平均値ではない。これに対し、回帰直線まわりの分布形を仮定すれば、信頼度すなわちサ

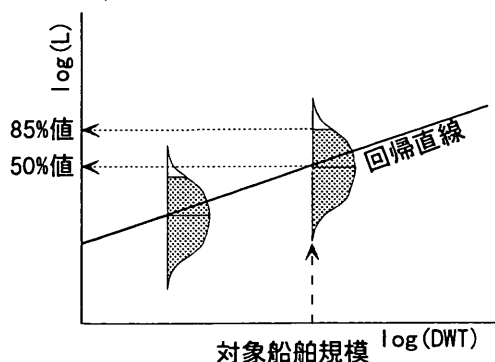


図-6 信頼度模式図

ービス水準を上下させた結果を得ることが出来る。例えば、対象船舶規模に対応する 50%値が回帰直線から求まり、これに分布形の情報を加味することにより 85%値が求まるわけである。この際、回帰直線まわりの分布形とは、回帰直線と実際の値との誤差の分布を指し、ここでは正規分布により近似する。この近似された分布形により、任意の信頼度の直線を描く方法を示したのが図-7 である。回帰直線まわりの分布形は、全データの回帰直線からの誤差の分散により一意に決定される。したがって、任意の信頼度による直線は回帰直線を平行移動したものになる。

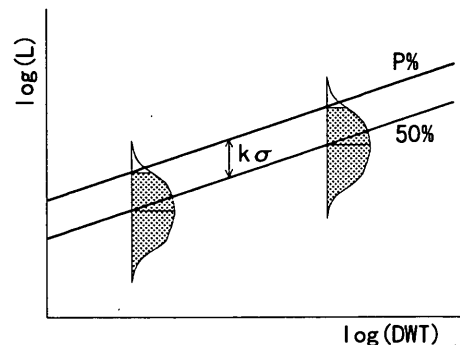


図-7 任意の信頼度による直線

ここでは、一番扱いやすかつ一般的な正規分布を考えているため、直線の平行移動量 $k\sigma$ の k と信頼度 $P\%$ との関係は表-5 の様になる。なお、 σ は誤差の標準偏差である。

表-5 平行移動量と信頼度

P	50%	60%	75%	90%	95%	99%
k	0.000	0.253	0.674	1.282	1.645	2.326

港湾施設の設計・計画の策定者は、表-5 を使い、当該施設のサービス水準から規定される信頼度に対応する船舶諸元を計画・設計に用いればよいことになる。しかし、1. でも述べたように、「技術上の基準」³⁾ は港湾において船舶の安全かつ円滑な利用を確保し、港湾の能力を十分に発揮させることを目的としているため、ここで設定される信頼度すなわちサービス水準も上記目的に照らして十分な値でなければならない。そのための一つの基準値として、港湾局においては信頼度 75%を推奨してきた。これは、安全性確保の目安となる値であって、決してこの信頼度でなければならないということではない。なお、この信頼度 75%を用

いてきた理由の一つとして以下を考えることができる。

4. 1で述べたとおり、両対数座標系の回帰曲線の傾きは概ね1/3をとる。さらに、隻数の多い貨物船(1万DWTを境に分割)、コンテナ船及びタンカーの3つの諸元の誤差の標準偏差を見てみると、その平均値は0.315である(表-4参照)。この傾き1/3と標準偏差0.315を前提にすると、対象船舶規模における信頼度75%の諸元は、船舶規模を上下させると表-6の信頼度に該当する値となる。

表-6 信頼度と船舶規模

信頼度	1%	10%	20%	25%	40%
船舶規模	1.921	1.530	1.391	1.341	1.224
信頼度	99%	90%	80%	75%	60%
船舶規模	0.698	0.876	0.964	1.000	1.096

注) 船舶規模の数値は、対象船舶に対する比率を示す

例えば、対象船舶規模が10,000GTの場合の信頼度75%値は、その1.391倍すなわち13,910GTの船舶に対し信頼度20%の値に相当するというのである。これを簡略化して図示したのが図-8である。図-8のとおり、対象船舶規模において信頼度75%の諸元は、対象船舶規模の7割の船舶規模において信頼度99%に相当することを示している(表-6中、信頼度99%→船舶規模0.698と同値)。

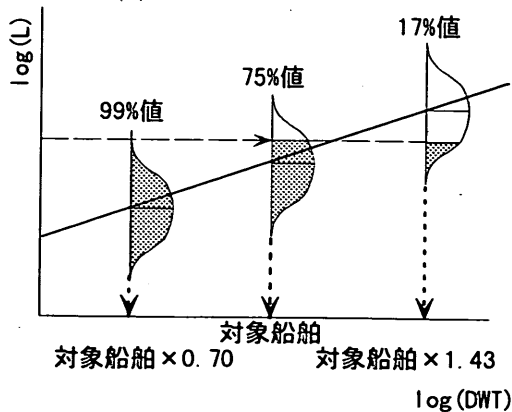


図-8 信頼度と船舶規模の模式図

ここで現行の「技術上の基準」³⁾では、標準的な船舶諸元は階級値で示されている。例えば、貨物船であれば、DWTで700, 1,000, 2,000, 3,000, 5,000, 8,000, …との階級をとっている。この階級値の前後の比率(例えば、700/1,000=0.700)の平均値をとってみると表-

7の様になる。

表-7 階級値間の比率

船種	貨物船	コンテナ船	タンカー	平均
比率	0.691	0.739	0.705	0.702

表-7から、階級値間の比率は、概ね0.70であることが分かる。したがって、ある階級値から一つ下の階級値は0.70倍、一つ上の階級値は1.43(=1/0.70)倍となる。ここで、もう一度図-8に戻ると、対象船舶規模の0.70倍においては信頼度99%に相当するとされている。つまり、これは、対象船舶規模における信頼度75%の諸元は、その一つ下の階級値では信頼度99%に相当する諸元となり、ほぼ全ての船舶に対し対応が可能な諸元であることを示している。港湾の施設は、対象規模の船舶のみでなく、当然それより小さい規模の船舶にも使用される。その場合に、安全上設定すべきラインとして対象船舶より一つ下の階級値に対してはほぼ完全に対応できると共に、対象船舶に対しても許容できる範囲で対応できることが求められる。その条件を満たす水準として信頼度75%を採用したものと考えることができる。

なお、「技術上の基準」³⁾の標準的な諸元の階級は計画・設計される港湾施設の大きさの階級から設定されたものである。したがって、この船舶諸元の階級設定は港湾施設の階級設定と同値であり、大きな意味を持つものであり、階級値以外の船舶規模を対象船舶に選定する場合でも、その意味が消えるものではない。設定された対象船舶の0.70倍の規模の船舶に対しては、ほぼ完全に対応可能であり、この0.70が港湾の施設の標準的な階級の間隔を示すのである。

また、図-8より、対象船舶規模の一つ上の階級の船舶に対しては、その信頼度は17%となっている。階級の上の船舶に対しては、施設は全く対応できないと考えがちであるが、そのようなことは決して無く、多くはないもののある程度対応できる船舶も存在するというのである。

この、信頼度75%曲線及び回帰曲線を図-4に書き込んだものが図-9である。回帰曲線と信頼度75%曲線との距離はDWTが大きくなるほど大きくなっている。これは、4.1で述べたように誤差を対数で評価したため、実際の船型の分布を良く表現できていると考えられる。

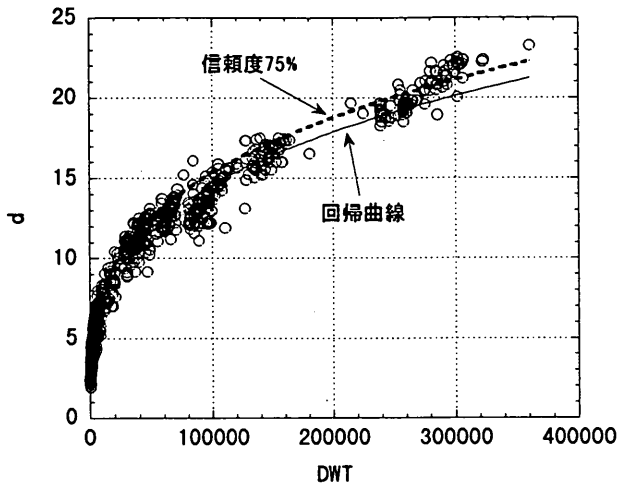


図-9 信頼度 75% 曲線と回帰曲線 (タンカー)

5. 船型制約条件

船型は、積載貨物形態、貨物量といった条件の他に、運河や港湾施設といった運航上の制約条件、租税制度等の法制度上の制約条件等により、決定される。ここでは、船型分析上考慮すべき制約条件について概略を述べる。

5.1 運河による型幅の制限

閘門式運河を通行する船舶の場合、閘門 (Lock) の大きさにより船型が決定される。閘門とは、水位の高低差の大きい運河、河川で船舶を通過させるために水をせき止めておく装置であり、これを通過する船舶は船型諸元が制限値以下であることを求められる。船舶を建造する際、この閘門式運河を通過するかどうかで、船型が異なるものとなってくる場合がある。一般的に良く知られているのがパナマ運河であり、この運河を通行する際は Pedro Miguel Locks により船型が制限される。この一連の閘門のうち最南端のものは最小で、長さ 304.8m、幅 33.53m、深さ 12.4m となっている。そのため、通過船舶は最大全長 274.3m (旅客船及びコンテナ船は 289.5m)、最大幅 32.30m、最大喫水 11.28m とされている¹¹⁾ (最大喫水は季節等により変動する)。パナマ運河は、両アメリカ大陸の東海岸と西海岸を結び付ける非常に重要な点に位置している。したがって、船舶を設計する際に、パナマ運河を通航することによりその船型に制限を加えるのか、パナマ運河を通航しないことを前提とするのかのどちらかを

選択することになる。パナマ運河を通航せずにアメリカ大陸を水路により横断する場合は、最南端の Cape Hone を通る以外に手はなく、特に北米大陸からの場合、二度赤道を超えなければならないとの条件も加わる。このように、航海上重要な位置にある運河は、船型を決定付ける要因となり得るものであり、船型分析を行う場合はこの影響を考慮しなければならない。

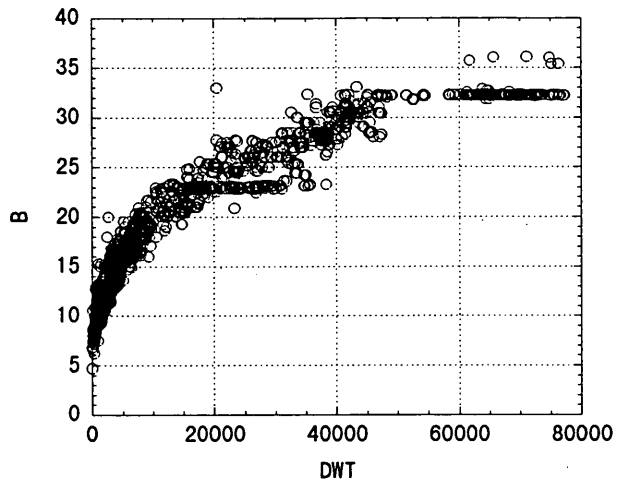


図-10 DWT-B (貨物船)

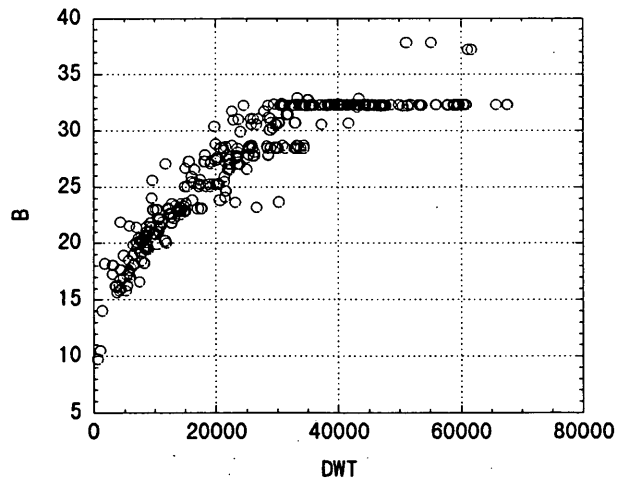


図-11 DWT-B (コンテナ船)

図-10, 11 はコンテナ船と貨物船の DWT-B の関係である。どちらも $B=32\text{m}$ 程度の所に大きな集団がある。これが、パナマ運河の制約が船型に現れているものである。一般に、パナマ運河通航の最大船型は Panamax 型と呼ばれている (コンテナ船においては幅が最大制約幅の場合を Panamax 型、加えて全長が

最大制約長の場合 Panamax-max 型と分けて呼称する
 場合がある¹²⁾。この Panamax を考慮せずに、回帰
 分析の結果をそのまま適用すると、実際の船型と大き
 く異なる結果となる。貨物船においては、 $B=23\text{m}$ 程
 度の所にも集団が形成されているが、これはアメリカ
 五大湖セントローレンス河による制約であり、パナマ
 運河より局地的なものである。そのため、パナマ運河
 の制約幅のように明確な区分としては現れていない。
 そこで、このセントローレンス河の制約は特段考慮す
 る必要はないと判断し、回帰分析の結果に従った。な
 お、貨物船の船型制約条件・分類については、文献 13)
 を参照されたい。

パナマ運河の制約は、ここで確認した貨物船、コン
 テナ船の他、タンカー、自動車専用船の船型にも現れ
 ており、回帰分析の結果を修正する必要がある。

また、タンカーについては、ULCC, VLCC, Suezmax,
 Aframax 等の船型分類が存在するが、特定の船舶諸元
 を決定付ける要因とまではなっていないと判断される
 ため(例えばスエズ運河の場合、全長の制限はない。
 幅と喫水の制約は、個別に値が設定されているのでは
 なく、両者の関係により決定される¹¹⁾ため幅や喫水で
 一つの値に集団が出来ていない)、これらについても
 回帰分析の結果にそのまま従った。

5. 2 旅客船の喫水限界

世界で就航している大型旅客船、通称クルーズ船は
 10 万 GT クラスまで存在している。これらの GT-d
 の関係を見ると図-12 の様になっている。回帰曲線自
 体は問題がないように見えるが、信頼度 75% 曲線は 4
 万 GT 以上で実際の船型と大きくかけ離れている。

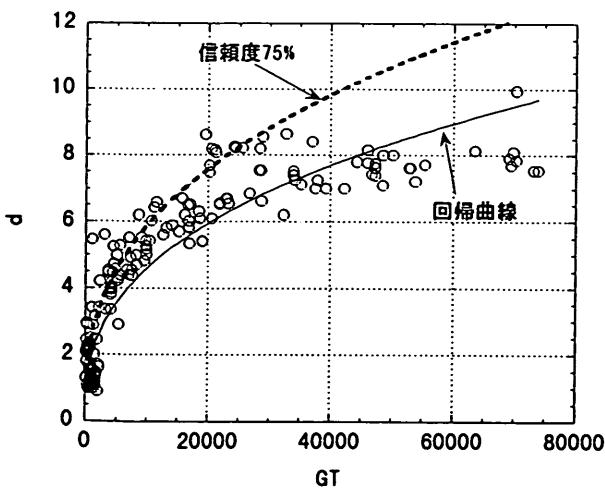


図-12 GT-d (旅客船, 世界)

これは、実際には d が GT の増加に対し 2 万 GT 以上
 で頭打ちとなっているためである。よく見てみると、
 実際の船型は、(70,327GT, 9.945m) にある一点を
 除き 8m 前半が限界となっている。これには以下の二
 つの理由によるものと考えられる。

まず、旅客船は積載するものが人であるため非常に
 軽いということである。一般に船舶の貨物積載能力を
 増加させる場合、積載量の増加に応じて積載貨物の重
 量も増加する。したがって、水面上の重量・体積と水
 面下の重量・体積のバランスをとるためには、満載喫
 水を深くしていく必要が生じる。ところが旅客船は、
 搭載する旅客数が増加しても、重量ではほとんど増加
 しない。そのため、船体自重の水面上下のバランスが
 取れるだけの満載喫水があれば、あとは搭載旅客数が
 増加しても長さ・幅を増やして容積だけを增加させる
 ことで十分対応が可能ということである。ただし、こ
 れだけでは満載喫水を増加させなくとも可能というだ
 けで、増加させないとの制約条件にはならない。そこ
 に、さらにもう一つの理由として、旅客船バースの水
 深がある。世界の旅客船バースは、貨物と異なり特に
 アクセス条件を重視する必要があるためか、長い間使
 用され続けているものが多く、バース水深が深くなっ
 ていない場合がある。そのため、数多くの港に寄港可
 能とするためには何より満載喫水を抑える必要が生じ
 る。以上の二つの理由から、船体自重の水面上下のバ
 ランスが取れる概ね 2 万 GT 以上においては、長さ
 と幅を確保することにより積載旅客数を増加させてい
 るものと考えられる。

ここで、一つはずれたデータ (70,327GT, 9.945m)

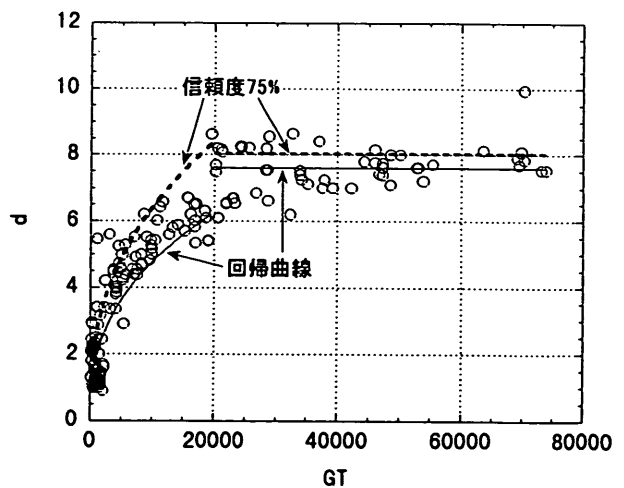


図-13 2万GTで分割した場合の分析結果
 (旅客船, 世界)

は有名な Queen Elizabeth II であり、1969 年に建造されている。よって、同クラスの他の旅客船とは建造された年代が大きく異なっている。

以上の状況を考慮し、世界の旅客船の満載喫水の分析については、2 万 GT までを回帰分析で、それ以上を定数とした。その場合の結果は、図-13 である。

同様のことが、日本の旅客船についても当てはまる。つまり、船型規模の増加に対し満載喫水が頭打ちになっている。ただし、日本においてはいわゆる大型クルーズ船はないため、全体として船型が小さめであり、そのため満載喫水が頭打ちになる規模も 1 万 GT 程度である。そこで、世界の旅客船と同様に 1 万 GT 未満では回帰分析を、1 万 GT 以上では定数を用いることとした。

5.3 フェリーの船型

フェリーは一般の貨物船より高速運航し、車両乗降用のランプを備えており、強力なサイドスラスタを保持し、停泊時間が極端に短いことが多い等、他の船舶と比較し特殊な装備や運航方法が取られている。それゆえ、船型も特殊なものとなっている。

まず、フェリーには離島と本州・四国・九州・北海道とを結ぶ短距離航路と都市圏間を結び陸上交通の競合する長距離航路、さらにその中間の中距離航路がある。一般的に用いられている考え方では、航路距離 100km 未満が短距離、同 300km 未満が中距離、同 300km 以上が長距離であるが、中距離の船型は短距離に類似していることから、これをひとまとめにし、航路距離 300km を中短距離と同 300km 以上を長距離と

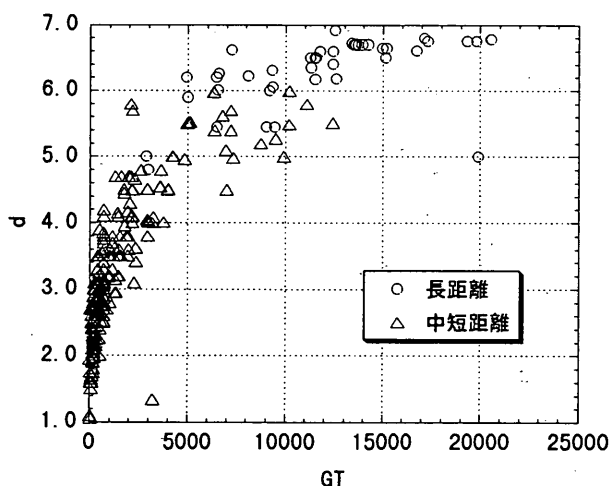


図-14 GT-d (フェリー)

に区分した。図-14 にフェリーの GT-d の関係を長距離と中短距離に示すが、両航路距離の船が存在する 5,000~10,000GT において、中短距離の方が d が小さくなっていることが分かる。このように、長距離と中短距離の船型は大きく異なっている。そのために、分けて解析を行ったものである。

図-15 は長距離フェリーの GT-L の関係であるが、1 万 3 千 GT 程度以上は、船型が大きくなっても 200m 弱で頭打ちになっている。これは、船型が 200m を超えると巨大船として東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海で航行上の制約を受けるため、タイムスケジュールが採算性に大きく影響し、航行上の制約をなるべく減らさなければならぬフェリーでは、この 200m が船型制約条件となっている。満載喫水についても、フェリーバースの水深は 7.5m が多いことから、6m 後半で頭打ちになっている。さらに、この二つの制約条件と運航速度の関係から、1 万 3 千 GT より大きい範囲では、幅はほとんど 27m 弱か 29m 強のどちらかになっている(船内の車線数による)。したがって、L, B, d のどれについても、限界値が設定されている。

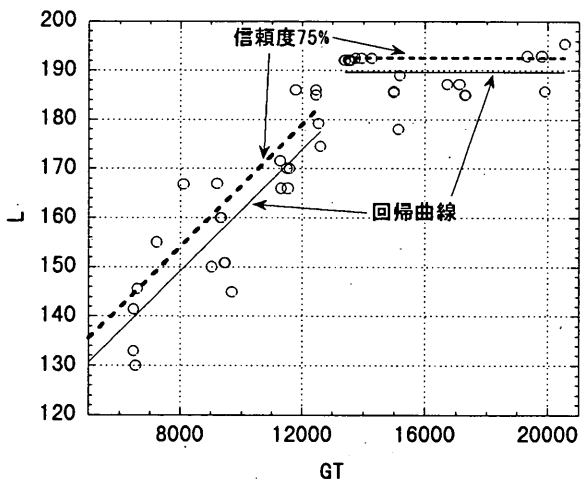


図-15 GT-L (フェリー, 長距離)

そこで、1 万 3 千 GT より大きい範囲では L, B, d, L_{PP} が定数を取るものとした。ただし、 D_{SP} は GT の増加に対して頭打ちになることはないので (L, B, d が一定で GT が増加するのは形状の変化によると考えられるため)、限界値は設定しなかった。また、1 万 3 千 GT 以下については、長距離が概ね 5 千 GT 以上しか存在しないため、べき乗関数での回帰より直線回帰の方が精度が高くなる。そのため、この部分については直線回帰とした。

しかし、1995年時点では存在していなかった、満載状態で7.5mのバースに着船することが出来ないフェリーが1997年に就航している(満載喫水:7.2m)。これは、就航する航路を限定し、その航路上のフェリーバースでは水深が8m以上あることを確認の上、より高速性を確保するために建造されたものであり、今後このような船型のフェリーが多数就航するかどうかは現時点では疑問がある。例えば、瀬戸内海を通るフェリーの場合、これ以上の速度増は航走時の周辺への影響等から困難であるといわれている。ただし、高速道路網の整備に対抗し、フェリーの速達性を求める動きもあるため、敢えて上記の制限値を超える船型を一つ設定した。この船型を用いて計画・設計を行う場合には、そのようなフェリーが就航する航路であるのかどうか、慎重な検討と多方面への確認が必要である。

中短距離フェリーについても、長距離フェリーと同様に制限値が存在する。これは、車線数、速度等長距離フェリーと同様の制約条件によるものと考えられる。

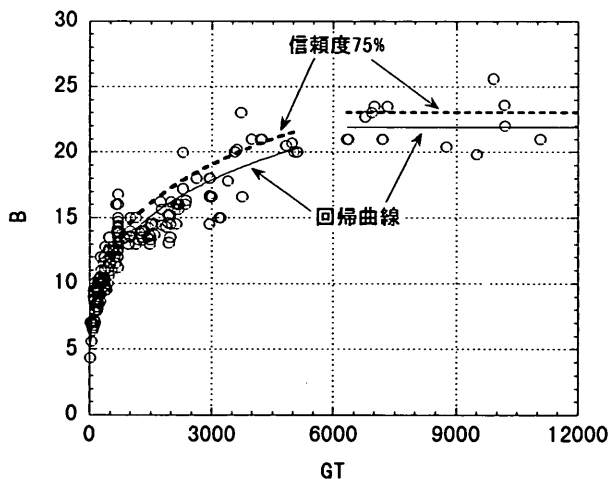


図-16 GT-B (フェリー, 中短距離)

図-16は、中短距離フェリーのGT-Bの関係であるが、6千GTより大きい範囲で頭打ちとなっている。このような状況を考慮し、6千GTより大きい範囲では定数、6千GT以下では通常回帰分析により船型を決定した(D_{SP}を除く)。

5.4 貨物船の区分

本解析における貨物船は2.2で述べたように、通常Lloyd's Register of Ships等の分類では一般貨物船(General Cargo Ship)、バルク船(Bulk Carrier)及び鉱石専用船(Ore Carrier)と呼ばれる船種を一つ

にしたものである。これらをひとまとめにした理由は、搭載貨物の種類が重複・類似しているからである。例えば穀物は袋詰めして一般貨物船で輸送する場合もあれば、バルク船で輸送する場合もある。鉄鉱石もバルク船で軽量貨物と積み合わせたりジャンピング・ロードをしたりしてバルク船に積むことがあれば、当然鉱石専用船で輸送する場合もある。さらに、現行の「技術上の基準」³⁾においても一括して扱っている。一方、一般貨物船とバルク船・鉱石専用船は輸送形態が異なるため、船型が異なっていることは事実である。したがって、港湾施設の整備との観点からすると、船種としてひとまとめに扱うものの、船型としては分類をすることが好ましくなる。そこで、一般貨物船の船舶規模がバルク船・鉱石専用船と比較して小さいことを用いて、船型分析を実質的に分類をすることとした。具体的には、3船種を統括した貨物船を一律に10,000DWT未満と以上で分けると、10,000DWT未満はほぼ一般貨物船、10,000DWT以上はほぼバルク船・鉱石専用船となるのである。表-8は、10,000DWTを境にした場合の各船種の隻数を示したものである。

表-8 10,000DWTによる貨物船の区分

区分	10,000DWT未満	10,000DWT以上	合計
一般貨物船	5,406	763	6,169
バルク船	25	2,381	2,406
鉱石専用船	3	25	28
合計	5,434	3,169	8,603

表-8によれば、一般貨物船の90%弱は10,000DWT未満であり、これは10,000DWT未満の貨物船の99%以上を占める。一方、バルク船の99%以上は10,000DWT以上であり、これは10,000DWT以上の貨物船の75%を占めている。DWTで完全に船種を分別しきることは不可能である以上、妥当な区分点であると考えられる。以上の考えの基に、10,000DWTで分けて解析を行った。

5.5 小型貨物船

貨物船のデータは「Lloyd's Register of Ships」に依っているが、小型貨物船については、国内船のみを母集団とするべきと考えられるため、「日本船舶明細書」の1,000DWT以下の貨物船を母集団とした。このデータによりまず回帰分析を行ったが、その結果は非常に精度が悪く、特にBとdについては相関係数が0.6程度となった。これは、小型船は大きな船舶制約条件もなければ、速度も大きくなく、ある程度自由に船型を

設定できるため、非常に分散が大きくなっているからと考えられる。一方、船型規模については、法制度上から 199GT, 499GT, 699GT に集中しており、DWT では 699DWT (←199GT) に集中している。この様に、小型貨物船は通常の船種と同様の回帰分析によっては、その船型分布を十分に捉えることが出来ないと判断される。そこで、小型貨物船については特定の DWT の階層に存在するデータを直接取りだし、その船舶諸元データの中の上位75%値をそのまま用いることとした。

図-17 は、小型貨物船の船型規模 DWT に対する累積分布曲線である。この図から、700DWT 弱に大きな集中があることが分かる。この集中している部分として 690DWT~700DWT を一つの階層として取り出した。また、その下の階層としては、500DWT を中心に 450~550DWT のデータを取り出した。いずれも隻数は

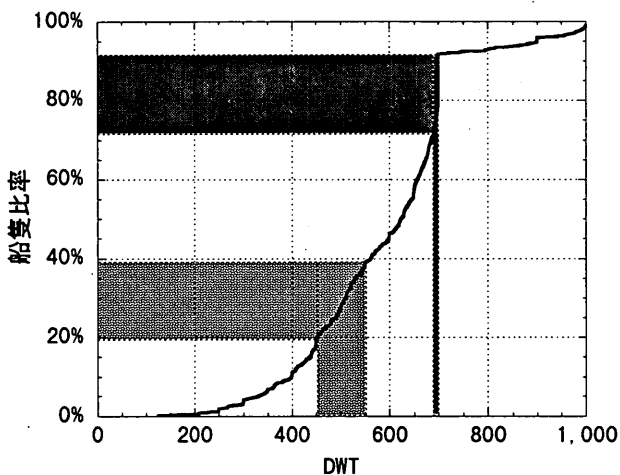


図-17 小型貨物船の船型の累積分布曲線

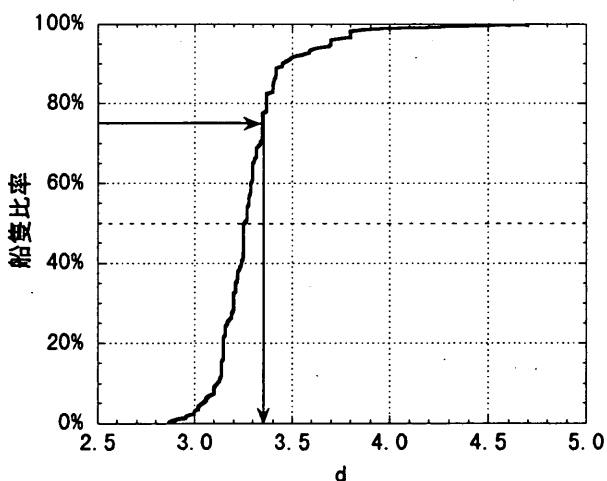


図-18 小型貨物船の d の累積分布曲線

は 200 隻弱である。これらの階層における船舶諸元のうち、例として 690DWT~700DWT での d の分布を図-18 に示す。

本来、船舶諸元の分布型は平均値をはさんで対象になっているはずである。しかし、図-18 においては船舶隻比率 50%以下と以上では分布形が明らかに異なっている。この状態で単純に誤差の標準偏差をとり、正規分布を仮定すると、実際の船型分布による結果と大きく異なる結果が導かれることになる。そこで、図-18 の様に累積分布において 75%となる値を直接用いることとした。これにより、大きくゆがんだ船型分布に対し、実態を反映させた結果が得られるものと考えられる。

6. まとめ

これまでの解析結果、船型制約条件を含めた各船種・各諸元の信頼度 75%値を総括して表-9 に示す。表-9 を用いることにより、簡便に信頼度 75%値の船舶諸元を得ることが出来、「技術上の基準」改訂のとりまとめとなるだけでなく、港湾計画策定者の負担軽減に資するものと考えられる。

本研究により得られた結論は以下のとおりである。

- (1)船舶諸元 (L, B, d, D_{SP} , L_{PP}) は、船型規模 (DWT, GT) のべき乗により精度良く回帰される。
- (2)対象船舶の船舶諸元の設定として信頼度 75%を用いることは、一つ下の階級の港湾施設に対応する船型に対して信頼度 99%値の船舶諸元を用いていることと同義であり、このことが港湾局が継続して信頼度 75%を用いてきた理由の一つと考えられる。なお、信頼度 75%値は一つ上の階級の港湾施設に対応する船型に対しては信頼度 17%値に相当する。
- (3)対象船舶の船舶諸元の設定に際し、運河、港湾施設、法制度等の制約条件を考慮する必要がある場合がある。これらについては、回帰分析の結果とは別に考慮する必要がある。

7. あとがき

現在、従来の社会資本の整備手法について、新たな在り方を模索する段階に来ている。社会の大きな流れとして、規制緩和、地方分権があり、これらに従えば、社会資本は全国一律の基準により計画・設計されるの

ではなく、必要とされる安全性・利便性等の機能が確保されるとの前提の下、その地域のニーズに合わせる事が可能な自由度の高い整備手法へと転換されて行くべきであると考えられる。社会資本は、可能な限り整備される地域の実情を反映し、その地域住民のコンセンサスを得たものでなければならないからである。

これまで、港湾施設の計画・設計に必要とされる船舶諸元については、「技術上の基準」³⁾に数値が掲載されていたものの、この数値の算定根拠が詳細に示されたことはなかった。したがって、これを用いて計画・設計を行おうとする際、その地域の実情に合わせて、船舶諸元の算定条件を変更することは困難であったと言わざるを得ない。そこで、今回の改訂に際しては、「技術上の基準」³⁾において対象船舶の諸元は信頼度75%値であることを明記し、さらにこの信頼度の変更を可能にするために、本資料を作成したものである。これは、仕様規範から性能規範への流れ、その背後にある規制緩和、地方分権の流れに沿うものであり、本資料により各港湾施設の設計・計画策定者の自由度が大きく上昇するものと考えられるものである。

(1998年6月26日受付)

謝辞

本研究の実施にあたり、矢部計画設計基準部長に全般的な助言をいただくとともに、奥田国土庁計画・調整局特別調整課専門調査官（前 計画設計基準部主任研究官）、酒井第四港湾建設局下関調査設計事務所技術開発課長（元 計画設計基準部システム研究室研究官）にご協力をいただきました。さらに、港湾局計画課西島審査官、辻補佐官、前計画課補佐官の石井鹿児島県土木部港湾課長及び計画班の方々、港湾局技術課の方々、各港湾建設局企画課及び北海道開発局・沖縄総合事務局港湾計画課の方々にも「技術上の基準」のとりまとめ作業を通しご助力をいただきました。ここに記し、深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 港湾六法，成山堂書店，平成6年版
- 2) 港湾計画書作成マニュアル，港湾研究会編，（社）日本港湾協会，平成9年7月
- 3) 港湾の施設の技術上の基準・同解説，（社）日本

港湾協会，平成元年2月

- 4) 片山猛雄，降旗健一，本浩司，早藤能伸：船舶諸元の相互関係，港湾技研資料 No.101，1970.6
- 5) 寺内潔，吉田行秀，奥山育英：船舶の主要寸法に関する解析，港湾技術研究所報告 Vol.17 No.4，pp.265～328，1978.12
- 6) 寺内潔，吉田行秀：船舶の主要寸法と力学的諸量の関係，港湾技術研究所資料 No.348，1980.6
- 7) 阿式邦弘，根木貴史，村田利治：船舶の主要寸法の統計解析，港湾技研資料 No.652，1989年6月
- 8) 浜田賢二，松本英雄，黒田祐一，早藤能伸：外力算定のためのマスト高の解析，港湾技術研究所資料 No.741，1991.6
- 9) 月岡角治：新訂船型百科—各種船舶の機能と概要—，成山堂書店，平成6年5月
- 10) 池田宗雄：船舶知識のABC，成山堂書店，平成3年7月
- 11) Ports of the world 1995，Lloyd's of London Press
- 12) 高橋宏直，赤倉康寛：最近のコンテナ動向 その1 ～コンテナ船の大型化傾向と大型コンテナ船の寄港動向～，港湾 1997.8，Vol.74，No.8
- 13) 赤倉康寛，高橋宏直：バルク船に係る動向 ～バルク船の船型分析とバルク貨物の流動～，港湾 1997.11，Vol.74，No.11

表-9 標準的な船舶諸元一覧 (1/4)

船種	重量トン DWT (t)	全長 L (m)	型幅 B (m)	満載喫水 d (m)	排水トン D _{SP} (t)	垂線間長 L _{PP} (m)
貨物船	1,000	67	10.9	3.9	1,760	62
	1,200	71	11.4	4.2	2,080	66
	1,500	76	12.2	4.5	2,540	71
	2,000	83	13.1	4.9	3,290	77
	2,500	89	13.9	5.2	4,020	83
	3,000	94	14.6	5.6	4,730	88
	4,000	102	15.8	6.1	6,130	96
	5,000	109	16.8	6.5	7,490	103
	6,000	115	17.6	6.9	8,820	109
	8,000	125	19.0	7.6	11,400	119
	10,000	137	19.9	8.2	14,000	127
	12,000	144	21.0	8.6	16,400	134
	15,000	153	22.4	9.1	20,100	143
	20,000	166	24.4	9.8	26,000	155
	25,000	176	26.0	10.4	31,800	165
	30,000	185	27.5	11.0	37,500	174
	40,000	200	29.9	11.8	48,500	189
	50,000	212	32.3	12.6	59,300	202
	60,000	223	32.3	13.2	69,900	212
	小型貨物船	500	51	9.0	3.3	-
700		57	9.5	3.4	-	-
コンテナ船	7,000	123	20.3	7.2	10,700	115
	10,000	141	22.4	8.0	15,100	132
	15,000	166	25.0	9.0	22,200	156
	20,000	186	27.1	9.9	29,200	175
	25,000	203	28.8	10.6	36,100	191
	30,000	218	30.2	11.1	43,000	205
	35,000	231	31.5	11.7	49,800	219
	40,000	244	32.3	12.2	56,500	231
	45,000	256	32.3	12.6	63,200	242
	50,000	266	32.3	13.0	69,900	252
	60,000	286	36.5	13.8	83,200	271

表-9 標準的な船舶諸元一覧 (2/4)

船種	重量トン DWT(t)	全長 L(m)	型幅 B(m)	満載喫水 d(m)	排水トン D _{SP} (t)	垂線間長 L _{PP} (m)
タンカー	1,000	61	10.2	4.0	1,580	58
	1,200	65	10.8	4.2	1,880	61
	1,500	70	11.5	4.5	2,330	66
	2,000	76	12.6	4.9	3,070	72
	2,500	82	13.5	5.3	3,800	77
	3,000	87	14.3	5.5	4,520	82
	4,000	95	15.6	6.0	5,950	90
	5,000	102	16.8	6.4	7,360	97
	6,000	108	17.7	6.8	8,760	103
	8,000	118	32.3	7.4	11,500	113
	10,000	127	20.8	7.9	14,300	121
	12,000	135	22.0	8.3	17,000	128
	15,000	144	23.6	8.9	21,000	138
	20,000	158	25.8	9.6	27,700	151
	25,000	170	27.6	10.3	34,300	163
	30,000	180	29.2	10.9	40,800	173
	40,000	197	31.9	11.8	53,700	189
	50,000	211	32.3	12.6	66,400	204
	60,000	223	32.3	13.3	79,100	216
	80,000	245	39.6	14.4	104,000	237
100,000	263	42.5	15.4	129,000	254	
120,000	278	44.9	16.3	153,000	270	
150,000	298	48.1	17.4	190,000	290	
200,000	327	52.6	18.9	250,000	318	
250,000	350	56.4	20.1	309,000	342	
300,000	371	59.7	21.2	368,000	363	
ロールオン・ ロールオフ船	1,000	85	14.8	4.2	2,420	77
	1,200	90	15.5	4.4	2,850	82
	1,500	97	16.4	4.7	3,500	89
	2,000	107	17.5	5.1	4,540	98
	2,500	115	18.5	5.5	5,560	106
	3,000	122	19.3	5.8	6,570	113
	4,000	134	20.7	6.3	8,530	125
	5,000	144	21.9	6.7	10,400	135
	6,000	154	22.9	7.0	12,300	144
	7,000	162	23.7	7.4	14,200	152
	8,000	169	24.5	7.7	16,000	160
9,000	176	25.2	7.9	17,800	166	
10,000	182	25.9	8.2	19,600	173	

表-9 標準的な船舶諸元一覧 (3/4)

船種	総トン GT(t)	全長 L(m)	型幅 B(m)	満載喫水 d(m)	排水トン D _{SP} (t)	垂線間長 L _{PP} (m)
自動車専用船	1,000	85	14.1	4.5	4,790	77
	1,200	89	14.8	4.7	5,330	81
	1,500	94	15.7	5.0	6,080	86
	2,000	102	16.9	5.3	7,200	93
	2,500	108	17.9	5.6	8,210	99
	3,000	114	18.8	5.8	9,140	105
	4,000	123	20.3	6.2	10,800	113
	5,000	130	21.5	6.6	12,400	121
	6,000	137	22.5	6.8	13,700	127
	8,000	148	24.3	7.3	16,300	138
	10,000	157	25.7	7.7	18,600	146
	12,000	165	27.0	8.0	20,700	154
	15,000	175	28.6	8.5	23,600	164
	20,000	189	30.8	9.1	27,900	178
	25,000	200	32.3	9.5	31,800	189
30,000	210	32.3	10.0	35,400	199	
旅客船 (日本)	1,000	65	13.1	3.3	929	57
	1,200	70	13.7	3.5	1,110	61
	1,500	75	14.5	3.7	1,380	66
	2,000	83	15.6	4.0	1,830	73
	2,500	90	16.4	4.3	2,280	79
	3,000	96	17.2	4.5	2,730	85
	4,000	107	18.5	4.9	3,620	94
	5,000	115	19.5	5.2	4,500	102
	6,000	123	20.4	5.5	5,380	109
	8,000	136	21.9	5.9	7,140	120
	10,000	147	23.2	6.6	8,890	130
	12,000	157	24.2	6.6	10,600	139
	15,000	170	25.6	6.6	13,200	151
	20,000	188	27.5	6.6	17,500	167
	25,000	204	29.1	6.6	21,800	181
30,000	217	30.4	6.6	26,100	193	

表-9 標準的な船舶諸元一覧 (4/4)

船種	総トン GT(t)	全長 L(m)	型幅 B(m)	満載喫水 d(m)	排水トン D _{SP} (t)	垂線間長 L _{PP} (m)
旅客船 (世界)	1,000	64	12.1	2.6	1,030	60
	1,200	68	12.7	2.8	1,210	63
	1,500	74	13.4	3.0	1,480	68
	2,000	81	14.4	3.4	1,910	75
	2,500	88	15.3	3.7	2,330	81
	3,000	93	16.0	4.0	2,740	86
	4,000	103	17.2	4.4	3,540	94
	5,000	112	18.2	4.8	4,320	102
	6,000	119	19.0	5.2	5,080	108
	8,000	131	20.4	5.8	6,570	119
	10,000	142	21.6	6.4	8,010	128
	12,000	151	22.6	6.8	9,420	136
	15,000	163	23.9	7.5	11,500	146
	20,000	180	25.7	8.0	14,900	160
	25,000	195	27.2	8.0	18,100	173
	30,000	207	28.4	8.0	21,300	183
	40,000	229	30.6	8.0	27,500	202
50,000	248	32.3	8.0	33,600	217	
60,000	264	33.8	8.0	39,500	231	
70,000	278	35.2	8.0	45,300	243	
80,000	291	36.4	8.0	51,000	253	
フェリー (長距離)	5,000	136	21.6	5.9	8,190	124
	6,000	142	22.3	6.0	9,280	130
	7,000	148	23.0	6.1	10,300	136
	8,000	154	23.7	6.2	11,300	142
	9,000	160	24.5	6.3	12,200	148
	10,000	167	25.2	6.4	13,200	154
	12,000	179	26.6	6.7	14,900	166
	13,000	185	27.3	6.8	15,700	172
	14,000	192	28.2	6.9	16,500	178
	16,000	192	28.2	6.9	18,100	178
	18,000	192	28.2	6.9	19,600	178
20,000	192	28.2	6.9	21,100	178	
23,000	200	28.2	7.2	23,200	185	
フェリー (短距離)	1,000	72	14.7	3.7	4,790	77
	1,200	78	15.3	3.9	5,330	81
	1,500	85	16.2	4.1	6,080	86
	2,000	95	17.3	4.3	7,200	93
	2,500	104	18.3	4.6	8,210	99
	3,000	111	19.1	4.8	9,140	105
	4,000	125	20.5	5.1	10,800	113
	5,000	136	21.6	5.3	12,400	121
	6,000	146	22.6	5.6	13,700	127
	7,000	148	23.0	5.7	15,100	132
	8,000	148	23.0	5.7	16,300	138
	10,000	148	23.0	5.7	18,600	146
12,000	148	23.0	5.7	20,700	154	

港湾技研資料 No. 910

1998. 9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 あんざい

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright © (1998) by P.H.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。