

ISSN 1346-7301

国総研研究報告 第31号

平成 18 年 11 月

国土技術政策総合研究所 研究報告

RESEARCH REPORT of National Institute for Land and Infrastructure Management

No.31

November 2006

統計解析による船舶の高さに関する研究
－船舶の高さの計画基準(案)－

高橋宏直・後藤文子

Study on Ship Height by Statistical Analysis
-Standard of Ship Height of Design Ship (Draft)-

Hironao TAKAHASHI and Ayako GOTO

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 and Transport, Japan

統計解析による船舶の高さに関する研究 — 船舶の高さの計画基準（案） —

高橋宏直* ・ 後藤文子**

要 旨

本研究では、船舶の高さに関する諸元値が従来の「港湾の施設の技術上の基準」において示されていなかった理由を整理したうえで、第 1 に「港湾の施設の技術上の基準」での船舶の全長や満載喫水等と同水準の諸元値としてキールから船舶の最高点までの高さの値を提示した。

第 2 に 2 種類の統計解析手法を適用することにより、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必要となる海面上から船舶の最高点までの高さについての諸元値を提示した。

キーワード：船舶の高さ，統計解析，港湾の施設の技術上の基準

* 港湾研究部 港湾計画研究室長

** 港湾研究部 港湾計画研究室

〒239-0826 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: takahashi-h92y2@ysk.nilim.go.jp

Study on Ship Height by Statistical Analysis -Standard of Ship Height of Design Ship (Draft)-

Hironao TAKAHASHI*
Ayako GOTO**

Synopsis

This research first examines the reasons why dimensional values for the height of ships were not given in previous “Technical Standards for Port and Harbour Facilities.” Based on this, the first objective of this research is to propose values for the height from the keel to the highest point of the ship as dimensional values of the same level as length over all, full load draft, and similar ship dimensions in the “Technical Standards.”

The second objective is to propose dimensional values for height from the sea surface to the highest point of the ship, which is necessary when designing bridges over fairways, arranging the relationship with the obstruction assessment surface (OAS) in maritime airports, etc. by applying two statistical analysis techniques.

Key Words: ship height, statistical analysis, Technical Standards and Commentaries of Port and Harbor Facilities

* Head of Planning Division, Port and Harbour Department

** Researcher of Planning Division, Port and Harbour Department

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

Phone : +81-468-44-5027 Fax : +81-468-44-5027 e-mail: takahashi-h92y2@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 解析に関する基本的な考え方	2
2.1 船舶の高さに関する諸元値の定義	2
2.2 解析対象データ	2
2.3 船舶種類の区分	2
2.4 解析対象とする船齢	2
2.5 解析対象の船舶データ数	3
3. 解析手法	8
3.1 従来の統計解析手法（対数回帰分析手法）およびカバー率の考え方	8
3.2 従来手法を適用した場合の課題	8
3.3 全高(H_{kt})に適用する新たな統計解析手法	11
4. 船種ごとの全高 (H_{kt}) に関する解析	14
4.1 貨物船	14
4.2 コンテナ船	16
4.3 タンカー	18
4.4 RORO船	20
4.5 PCC船	22
4.6 LPG船	24
4.7 LNG船	26
4.8 旅客船	28
5. 船種ごとの海面上高さ (H_{st}) に関する解析-1	30
6. 船種ごとの海面上高さ (H_{st}) に関する解析-2	37
6.1 貨物船	38
6.2 コンテナ船	40
6.3 タンカー	42
6.4 RORO船	44
6.5 PCC船	46
6.6 LPG船	48
6.7 LNG船	50
6.8 旅客船	52
7. おわりに	54
参考文献	54

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ためて確認した上で、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表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)

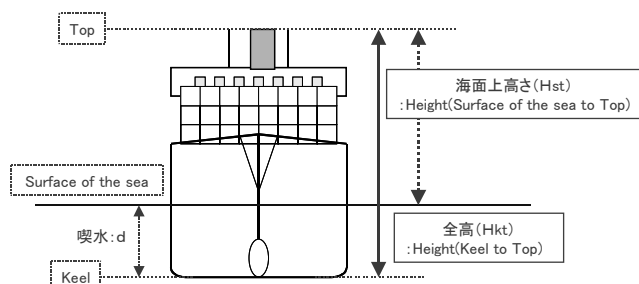


図1 船舶の高さに関する諸元値

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

船種別に船階級別で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 DWT	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	
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:DWT RORO船:GT	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	
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

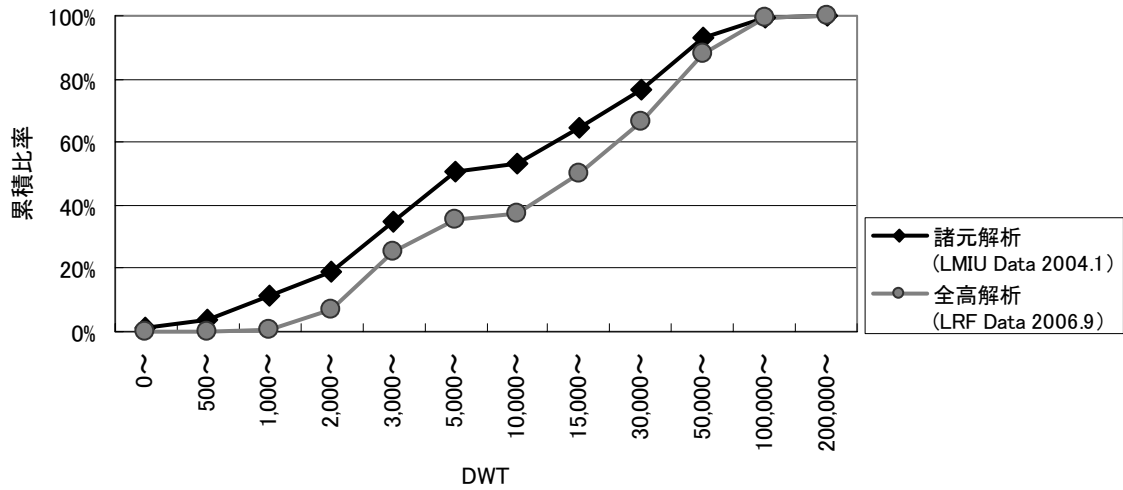


図 2 船階級別の相対比率の比較（貨物船）

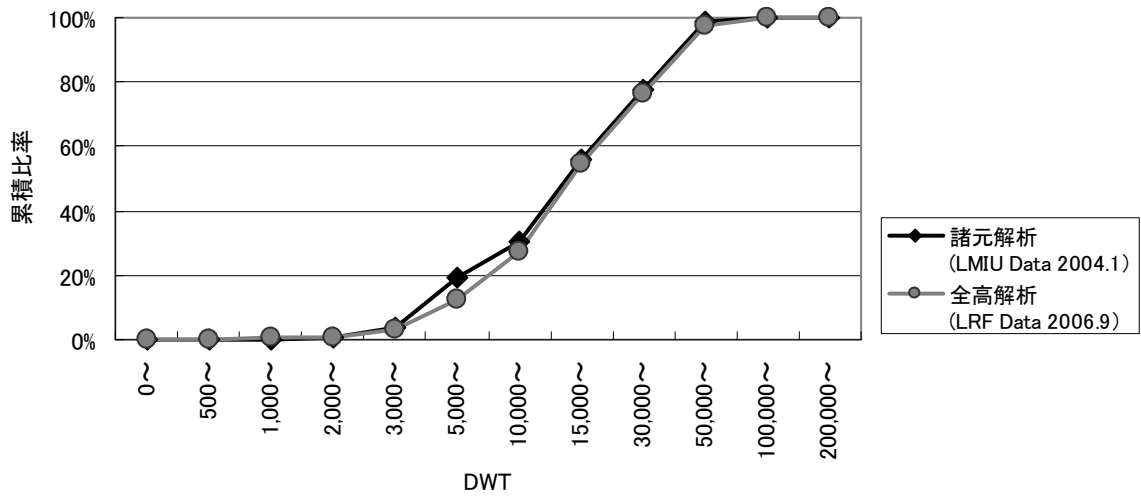


図 3 船階級別の相対比率の比較（コンテナ船）

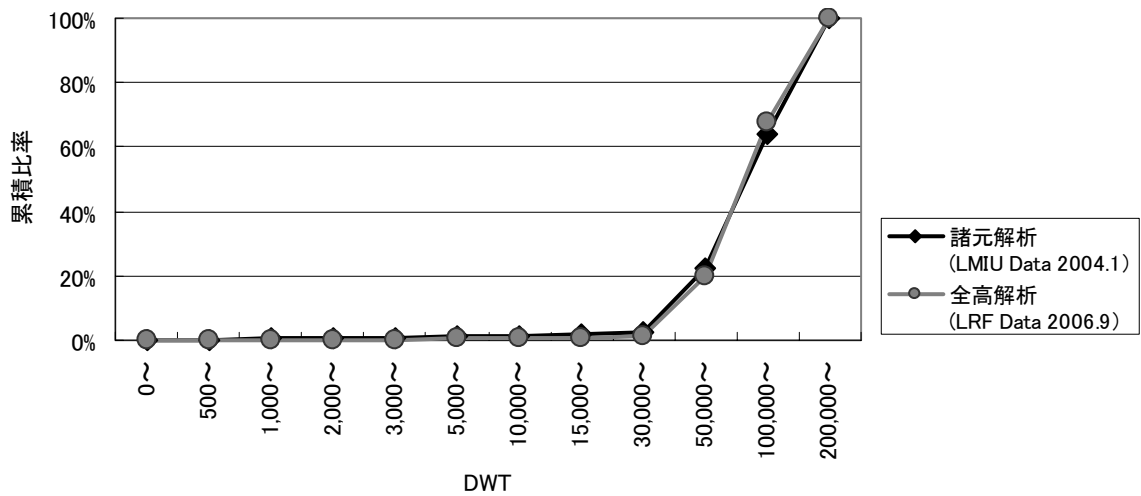


図 4 船階級別の相対比率の比較（タンカー）

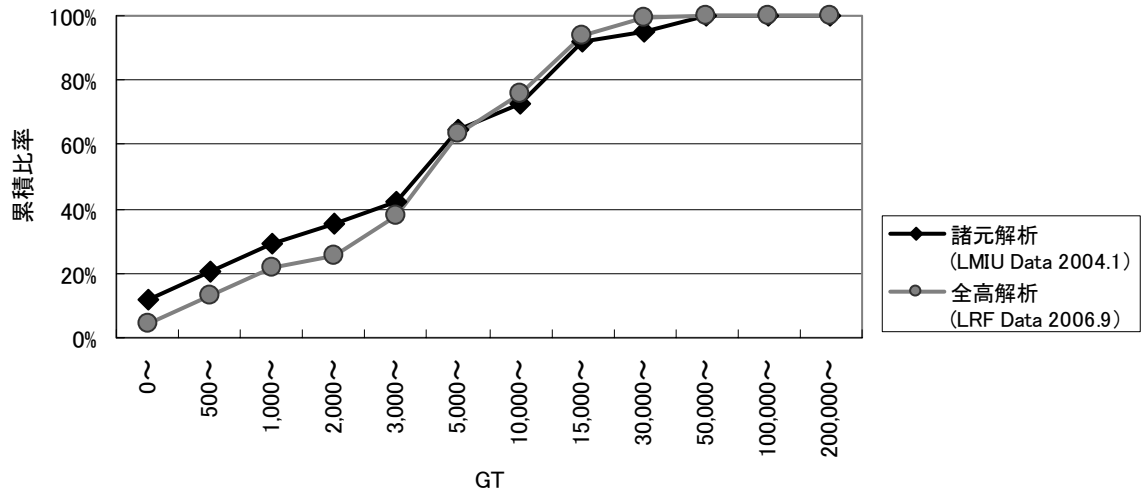


図 5 船階級別の相対比率の比較（RORO 船）

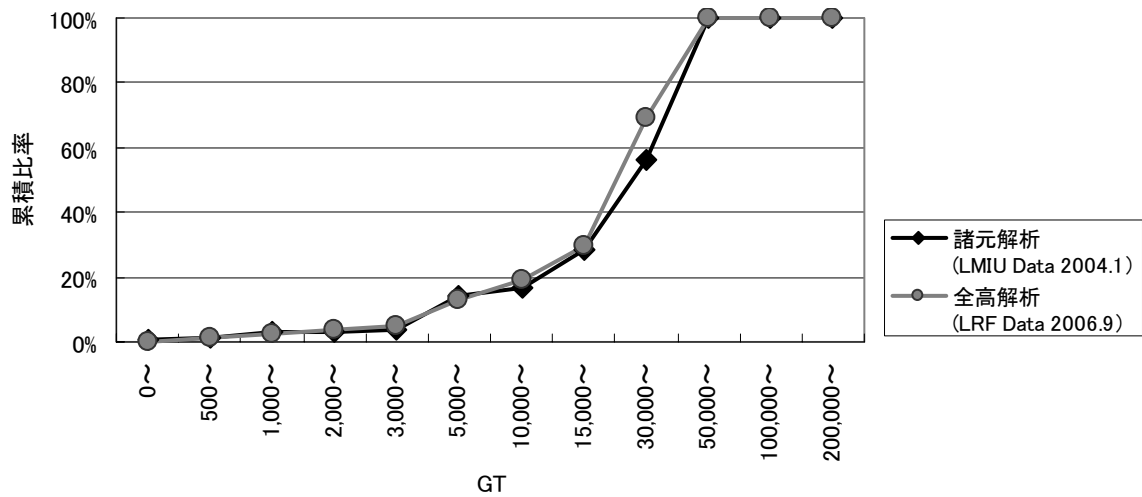


図 6 船階級別の相対比率の比較（PCC 船）

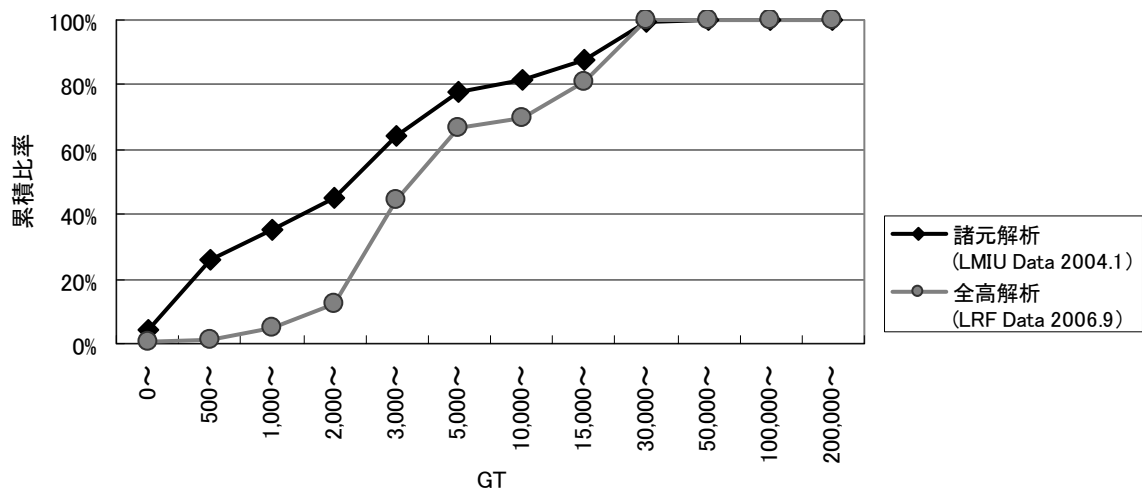


図 7 船階級別の相対比率の比較（LPG 船）

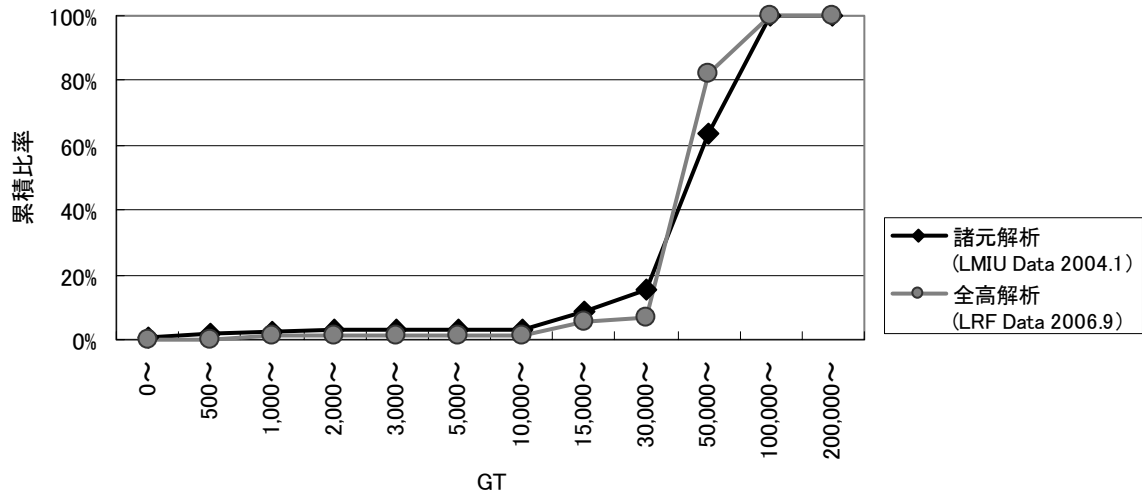


図 8 船階級別の相対比率の比較 (LNG 船)

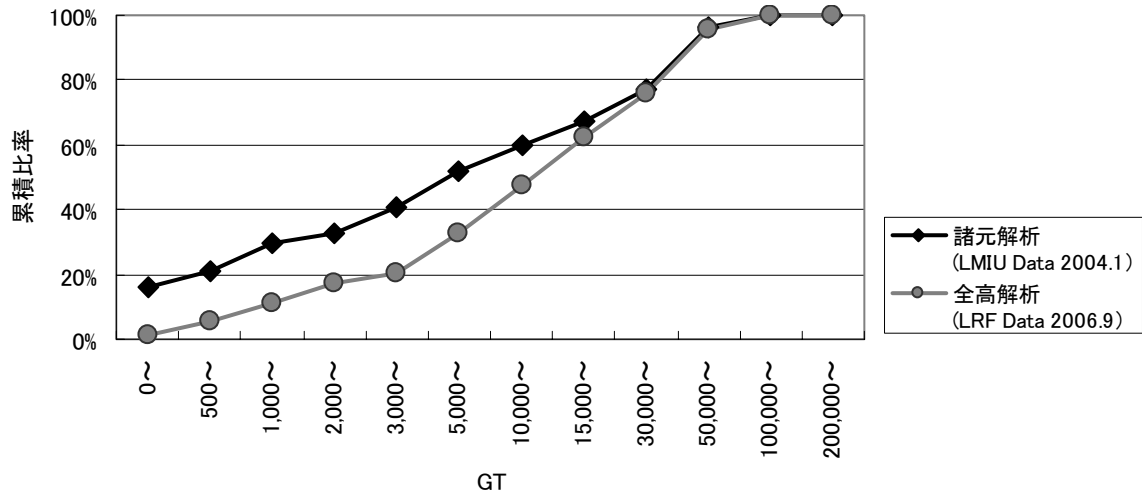


図 9 船階級別の相対比率の比較 (旅客船)

3. 解析手法

3.1 従来の統計解析手法（対数回帰分析手法）およびカバー率の考え方

(1) 全長や満載喫水等に対して対数回帰分析手法を適用する背景

船舶は、船種が同一であれば規模に関係なく空間的に概ね相似形であることから、全長や満載喫水等の主要諸元は船体規模の $1/3$ 乗に近似的に比例すると考えられる。このため、全長や満載喫水等の主要諸元と船体規模との関係は次式により表される。

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

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

ここに

Y : Loa, Lpp, B, d

X : GT, DWT

$\beta \approx 1/3$

この式 (1) は、両辺を常用対数化することにより式 (2) となり、単純な直線回帰分析と σ （標準偏差）の算定等の統計解析を容易に実施することが可能になる。

ここで、標準諸元の解析では底を 10 とする常用対数を用いる。なお、本研究では (log) の表記において ($\log_{10}$) として底の表記をしないが全て常用対数を意味している。

(2) カバー率の考え方および設定

ここでの GT, DWT に応じた単純な直線回帰式から得られる値は平均値（50% 値）である。すなわち統計的には、対象とする船舶数のうち、50% 以下はこの平均値以下であり、50% 以上はこの平均値以上となる。しかしながら、本研究では単純な平均値ではなく必要に応じて対象とする船舶の 50% 以上を包含する諸元値を提示することを目的としている。このため、全体数に対して（統計的に）包含している比率を示す値を「カバー率」とする。

ここで回帰式まわりのデータの分布を正規分布として仮定できることを前提として、 σ （標準偏差）から得られる値により平均値の回帰式を平行移動させることで任意のカバー率に応じた回帰式を設定することができる。ここでは、船階級に対応したデータの分散状況が同程度であることも前提としている。この平行移動の概念を図 10 に示すとともに、この平行移動量は $[k \times \sigma$ （標準偏差）] により算定される。この k 値とカバー率との関係を表 3 に示す。

なお、本研究での図表では、基本となる 50% の結果と「技術基準」において適用されている 75% の結果および

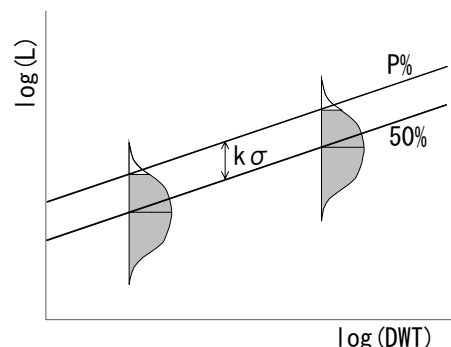


図 10 任意のカバー率による直線

表 3 k 値とカバー率

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

文献 12) で解析されている 95% の結果をあわせて表示している。

3.2 従来手法を適用した場合の課題

「技術基準」で全長等を解析したレベルに比較して全高の解析に用いたデータ数が少なく、信頼性が低いことおよび従来の統計解析手法（対数回帰分析手法）が船舶の高さに適用できないことを以下に示す。ここでは、適用できないことが顕著な例であり、また、港内での橋梁の設計に際しての制約条件となることが多い旅客船を対象とする。

まず、旅客船における全高の分布状況を図 11 に示す。この図 11 から明らかなように、20,000GT 以下でありながら全高が 60m を超えて 70m にも達しそうな旅客船が存在している。一方で、70,000GT 以上でも全高が 40m にも達していない旅客船も存在している。これらのデータを示す旅客船は実際に存在している可能性はあるものの、同様の規模の船舶と比較した場合には異常に大きな値として認識される。

さらに、このデータを対象として対数回帰分析手法を適用した結果を図 12 に示す。この図 12 では両軸を対数として線形回帰分析の結果により得られる回帰式および $\pm 2\sigma$ と $\pm 3\sigma$ の領域を合わせて表示している。ここで、 $\pm 3\sigma$ の領域を超えるデータは一般的な統計処理上からは異常値として排除する。そして、改めて対数回帰分析手法を適用してから両対数の軸で表示した結果を図 13 に、真数の軸で表示した結果を図 14 に示す。図 13, 14 では、先に示したとおりカバー率 50%（平均値）、75%、

95%の回帰式も示している。この図 14 の 95%の回帰式は妥当な結果を示しているとは考えられない。具体的には、最大船階級の 150,000GT 級でのカバー率 95%の値は 90m 以上にも達しており、現実的な 70m よりも 20m 程度も高い結果となっている。貨物船に対する同様の解析結果を図 15 に示す。ここでも、最大船階級の 200,000DWT 級でのカバー率 95%の値は 70m を超えており、現実的な 60m 程度の値よりも 10m 以上も高い結果となっている。

これらの結果から、 $\pm 3\sigma$ の領域を超えるデータの排除および対数回帰分析手法の適用では、妥当な解析結果が得られないことが明らかになる。

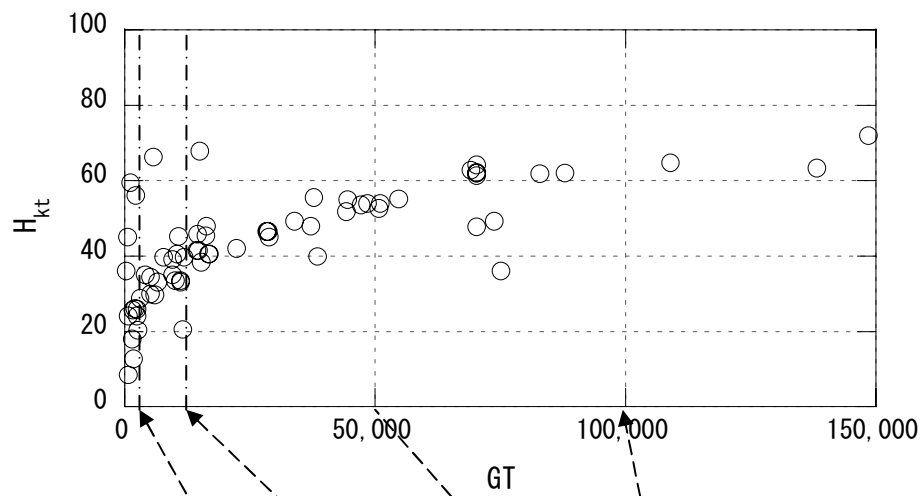


図 11 全高データの分布状況（旅客船）

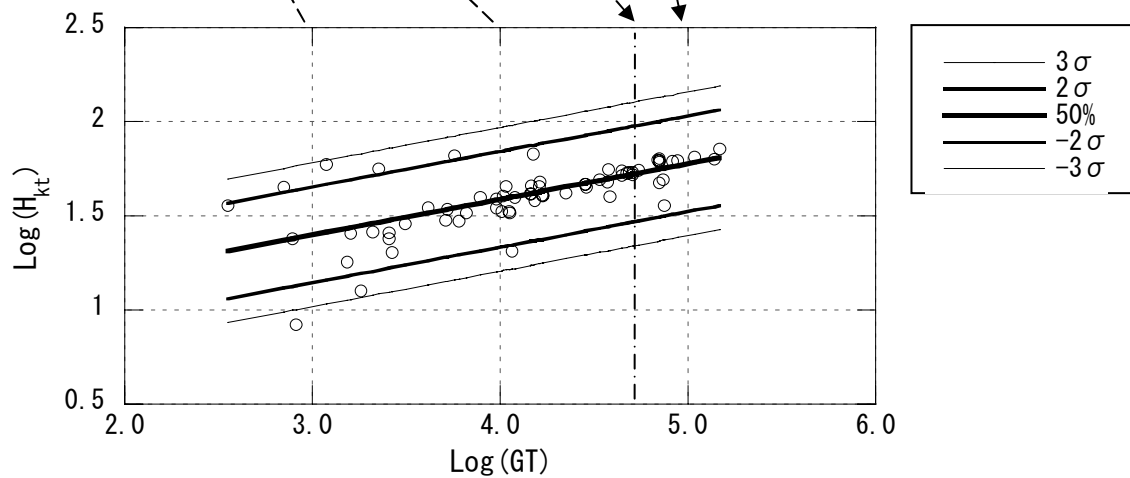


図 12 両対数回帰分析（旅客船）

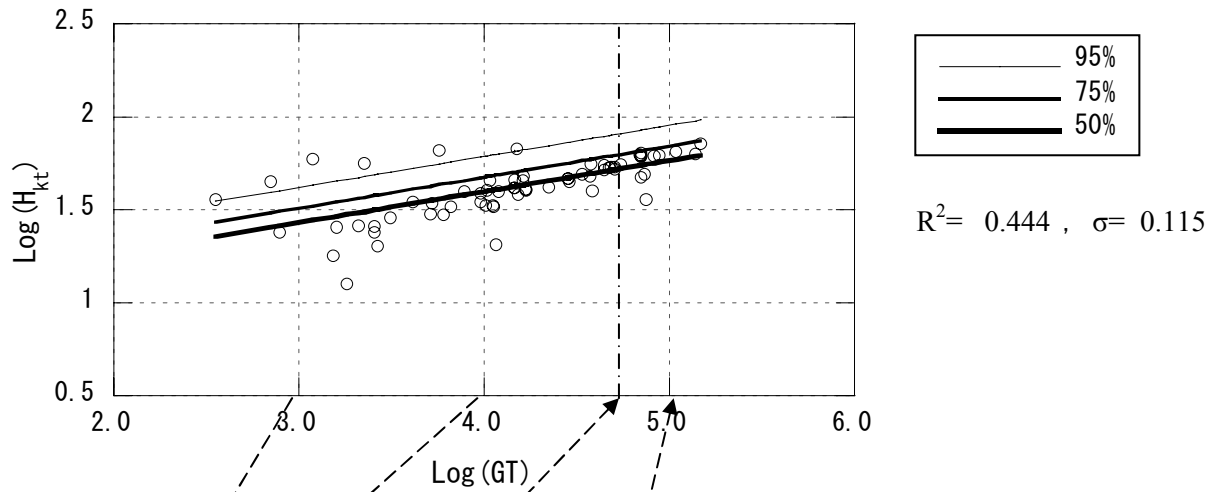


図 13 両対数回帰分析の結果①
: $\pm 3\sigma$ 超データの排除後 (旅客船)

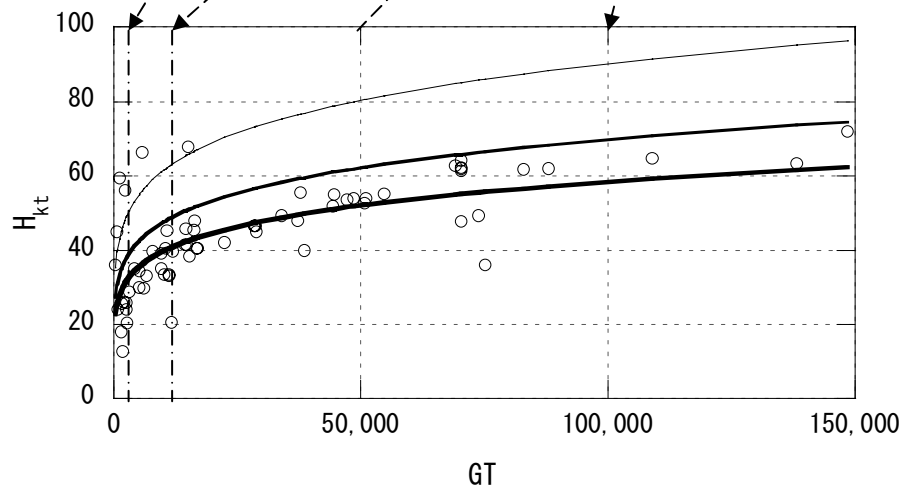


図 14 両対数回帰分析の結果② : $\pm 3\sigma$ 超データの排除後 (旅客船)

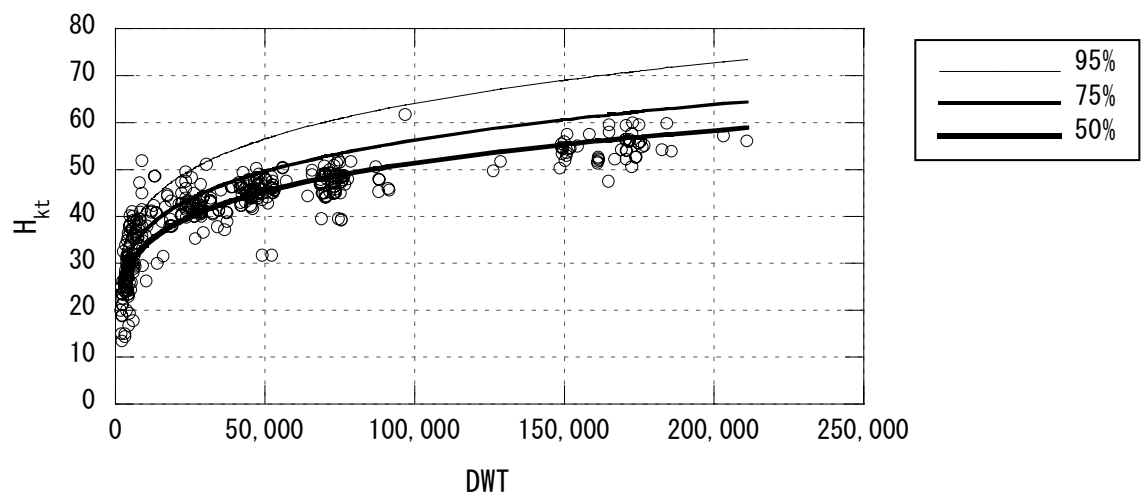


図 15 両対数回帰分析の結果 : $\pm 3\sigma$ 超データの排除後 (貨物船)

3.3 全高(H_{kt})に適用する新たな統計解析手法

旅客船を対象とした3.2での分析結果から、データの排除領域として $\pm 3\sigma$ を超える領域では不十分であることが明らかになった。このためデータをさらに絞り込むために $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除することを試みた。しかしながら、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後に従来とおりの対数回帰分析手法を適用しても、やはり妥当な解析結果が得られなかった。具体的に貨物船を対象として $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除した後に対数回帰分析手法を適用した結果を図16に示す。図16では $\pm 3\sigma$ を超える領域のみを排除した場合の図15よりも妥当な結果になっているものの、やはり最大船階級の200,000DWT級でのカバー率95%での推計結果は現実的な値から大きく乖離している。したがって、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後も従来どおりに対数回帰分析手法を適用することは適切ではないと判断される。

このために、妥当な解析結果が得られるために様々な回帰分析手法の適用を試みた。その結果、両変数を対数とする対数回帰分析手法ではなく、次式で示すようにDWTあるいはGTのみを対数化して回帰分析する片対数回帰分析手法が最も有効であることが明らかになった。

$$Y = a \log X + b \quad (3)$$

ここに

$Y : H_{kt}$

$X : GT, DWT$

具体的に、先の旅客船についてGTのみを対数化した片対数回帰分析手法を適用して、さらに $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除してから解析した結果を図17~19に

示す。この図18, 19でもカバー率50%, 75%, 95%の回帰式を表示している。ここで、図17ではX軸(GT)のみを対数として線形回帰分析結果の回帰式を $\pm 2\sigma$ および $\pm 3\sigma$ の回帰式を合わせて表示している。この結果を踏まえて、 $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除して改めて対数回帰分析手法を適用し、GTのみを片対数で表示した結果を図18に示す。さらに、真数の軸で表示した結果を図19に示す。この図19の結果は、図14では妥当な結果が得られなかった最大船階級の150,000GT級においても推計結果と実存する船舶の最大値と同程度になっていることから、妥当な解析結果が得られていると判断できる。

また、貨物船についてもこの手法を適用した結果を図20に示す。ここでも、図16では妥当な結果が得られなかった最大船階級の200,000DWT級においても推計結果と実存する船舶の最大値と同程度になっており妥当な結果になっている。

したがって、全高の解析では先ず当初のデータに対してDWTあるいはGTのみを対数とした片対数回帰分析手法を適用して、次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除してから解析する片対数回帰分析手法を適用することとする。

ここで $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを削除していることからカバー率95%値を大きく超える実際の船舶が存在している。したがって、4.以下で示す解析結果を活用する場合には、この3.3での解析手法に留意することが必要である。

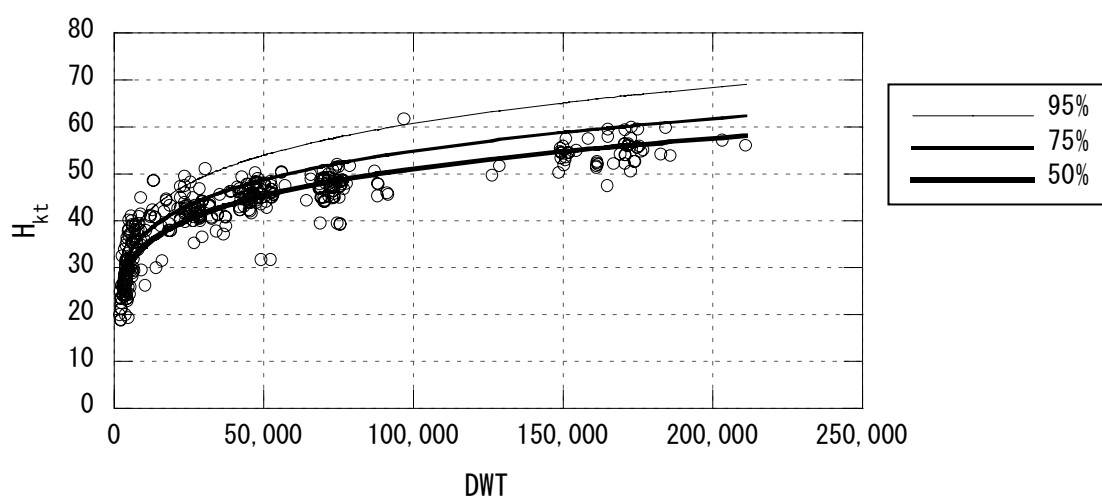


図16 両対数回帰分析の結果： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）

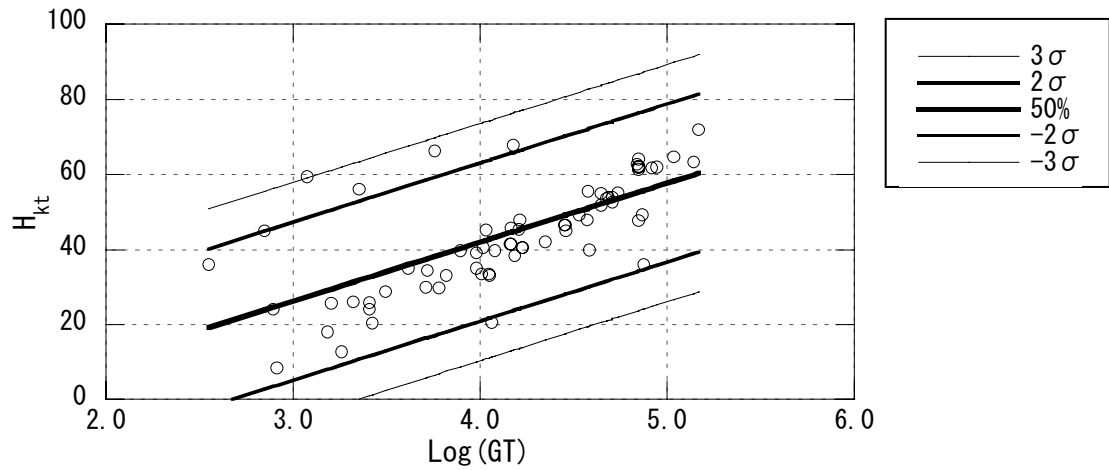


図 17 片対数回帰分析（旅客船）

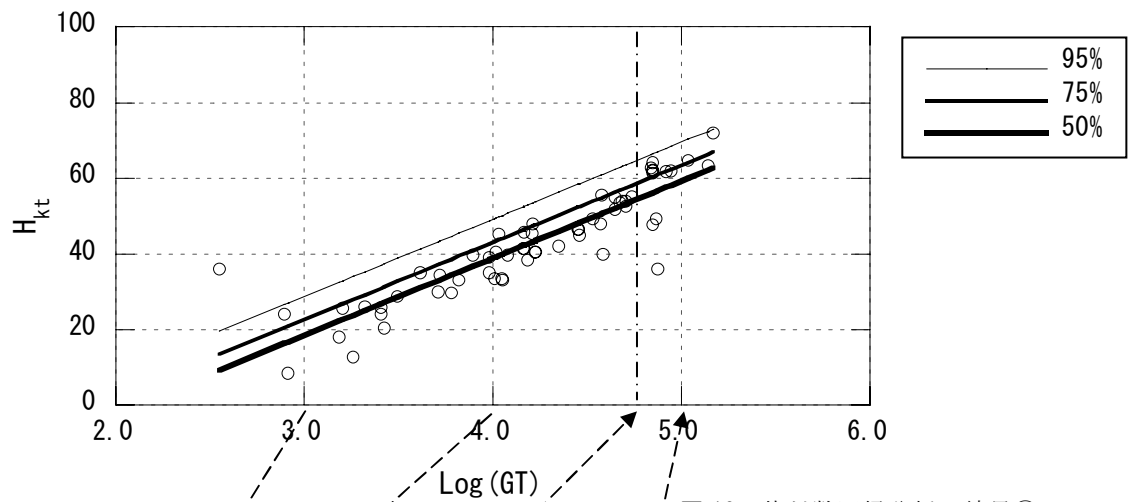


図 18 片対数回帰分析の結果①
： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（旅客船）

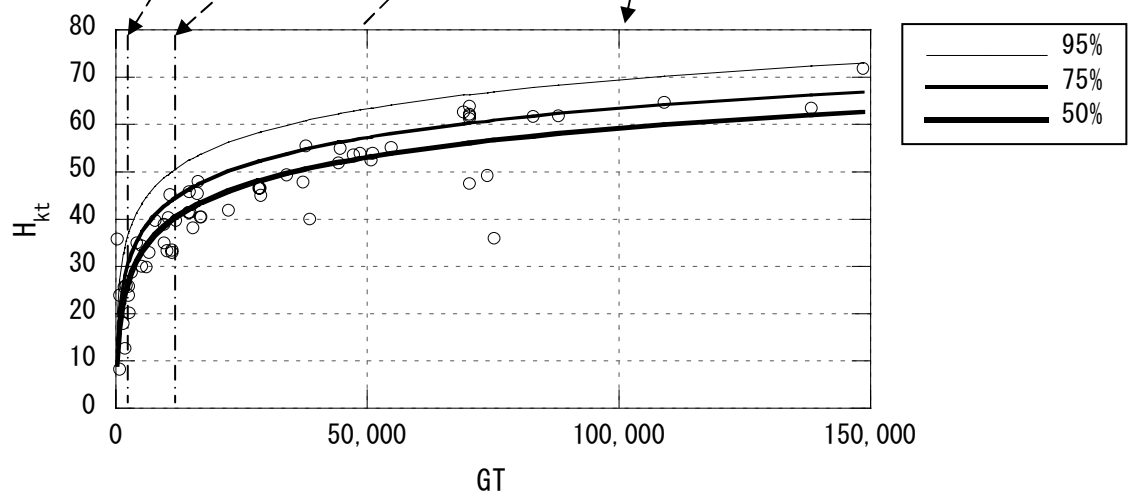


図 19 片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（旅客船）

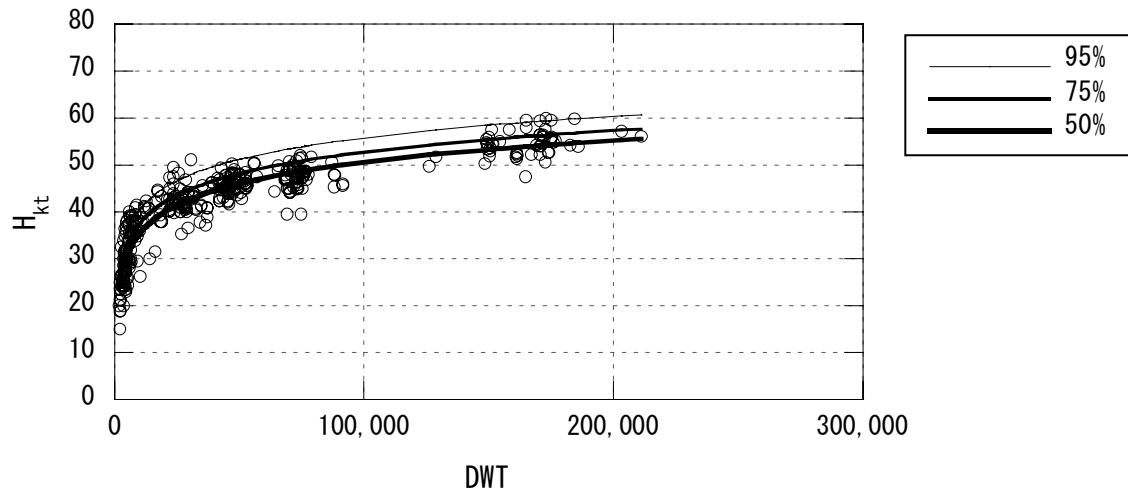


図 20 片対数回帰分析の結果： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）

4. 船種ごとの全高(H_{kt})に関する解析

4.1 貨物船

貨物船の全高(H_{kt})データの分布図を図 21-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 21-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 21-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 21-4 に示す。この図 21-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると

ともに、図 21-3 では決定係数の値 (0.887) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 21-4 から貨物船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 4 に示す。

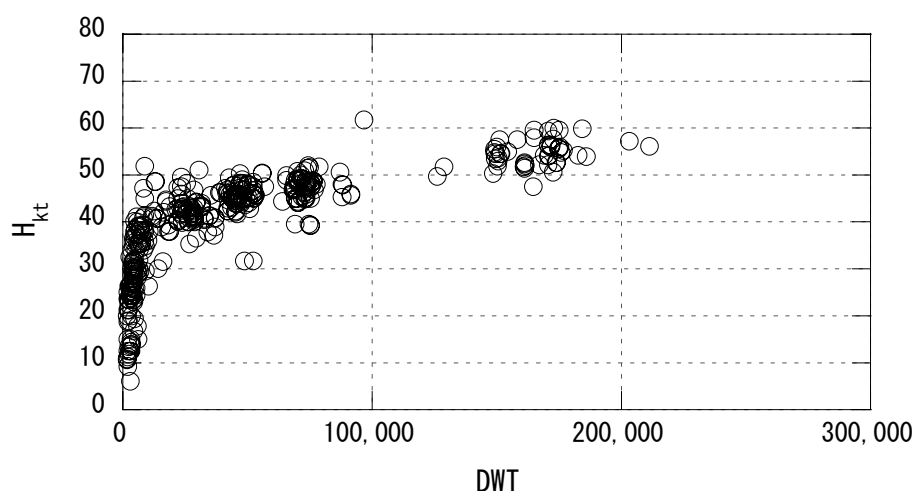


図 21-1 H_{kt} データの分布状況 (貨物船)

表 4 全高 (H_{kt}) の解析結果 (貨物船)

載貨重量トン数DWT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
1,000	20.2	22.3	25.4
2,000	24.8	26.9	30.0
3,000	27.5	29.6	32.6
5,000	30.8	33.0	36.0
10,000	35.4	37.5	40.6
12,000	36.6	38.7	41.8
18,000	39.3	41.4	44.5
30,000	42.7	44.8	47.9
40,000	44.6	46.7	49.8
55,000	46.7	48.8	51.9
70,000	48.3	50.4	53.5
90,000	49.9	52.1	55.1
120,000	51.8	54.0	57.0
150,000	53.3	55.4	58.5

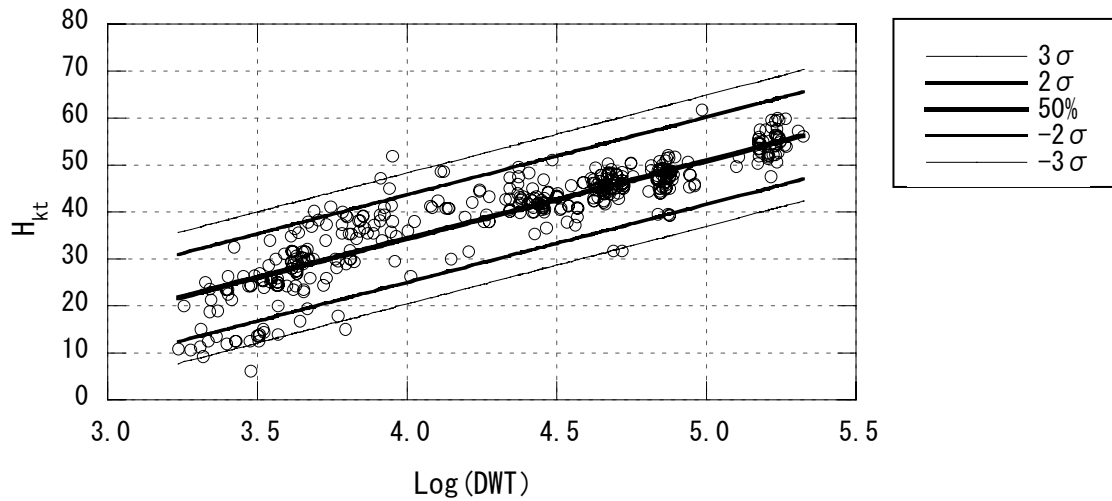


図 21-2 H_{kt} —片対数回帰分析（貨物船）

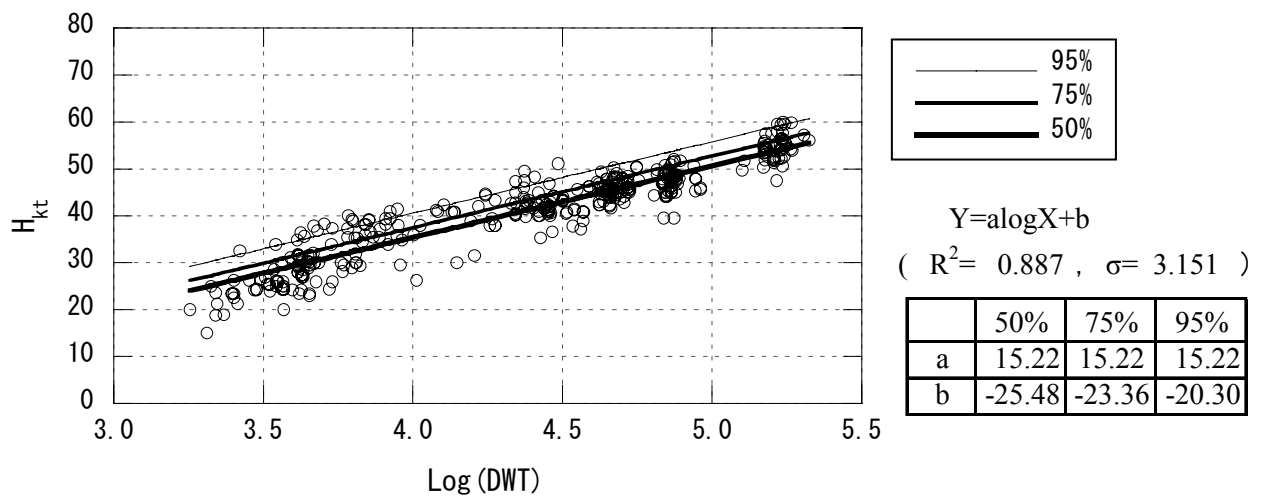


図 21-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）

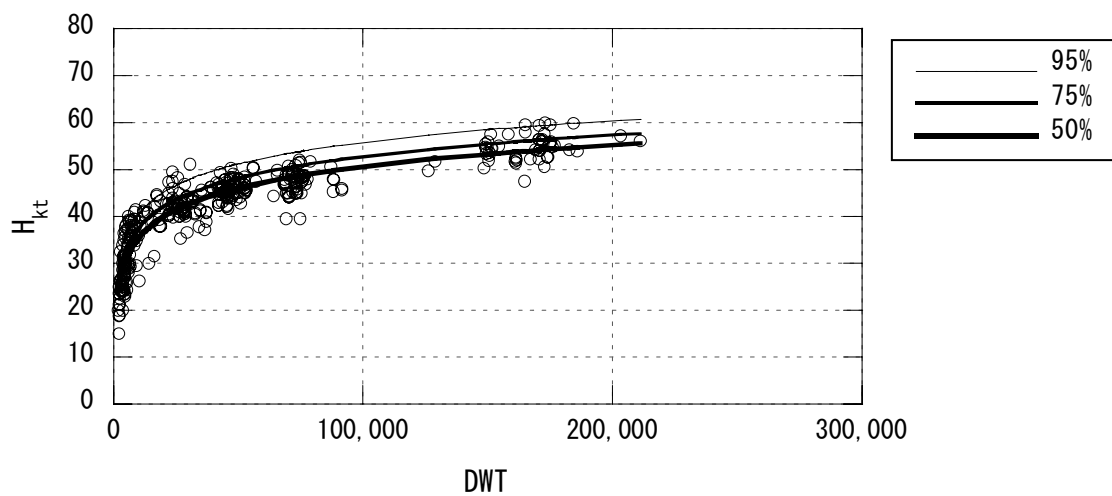


図 21-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）

4.2 コンテナ船

コンテナ船の全高(H_{kt})データの分布図を図 22-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 22-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 22-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 22-4 に示す。この図 22-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 22-3 では決定係数の値 (0.842) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 22-4 からコンテナ船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 5 に示す。

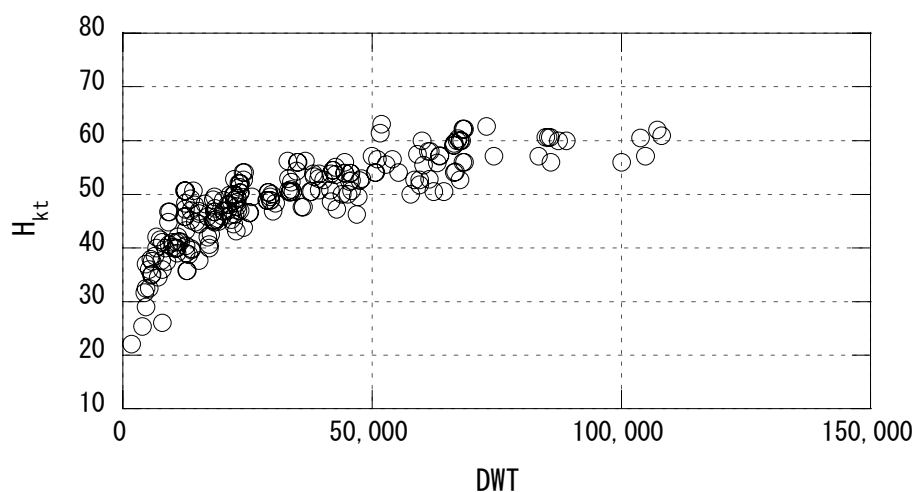


図 22-1 H_{kt} データの分布状況 (コンテナ船)

表 5 全高 (H_{kt}) の解析結果 (コンテナ船)

載貨重量トン数DWT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
10,000	40.5	42.5	45.4
20,000	46.6	48.6	51.5
30,000	50.1	52.1	55.0
40,000	52.6	54.6	57.5
50,000	54.5	56.5	59.4
60,000	56.1	58.1	61.0
100,000	60.5	62.5	65.4

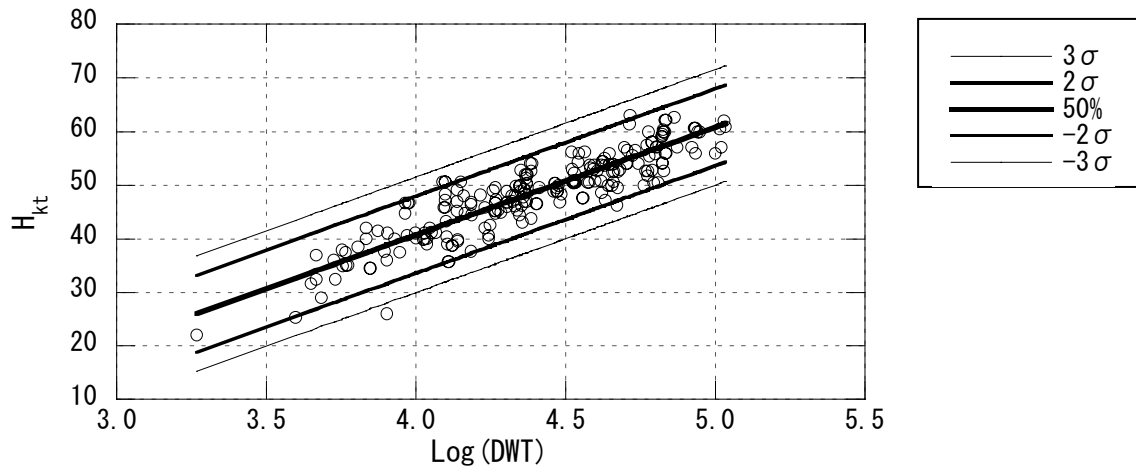


図 22-2 H_{kt} —片対数回帰分析 (コンテナ船)

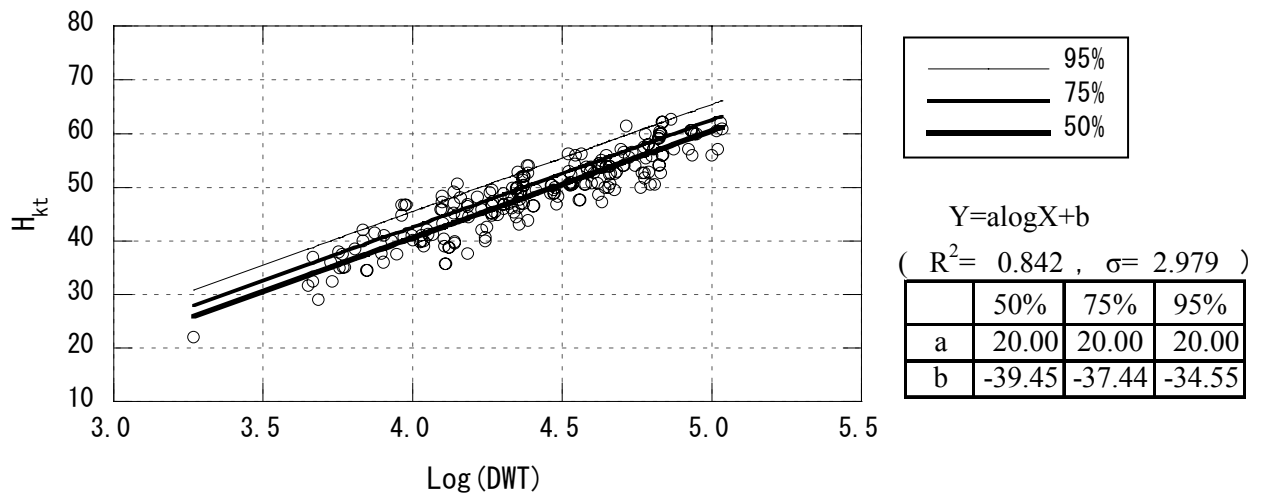


図 22-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果① : $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (コンテナ船)

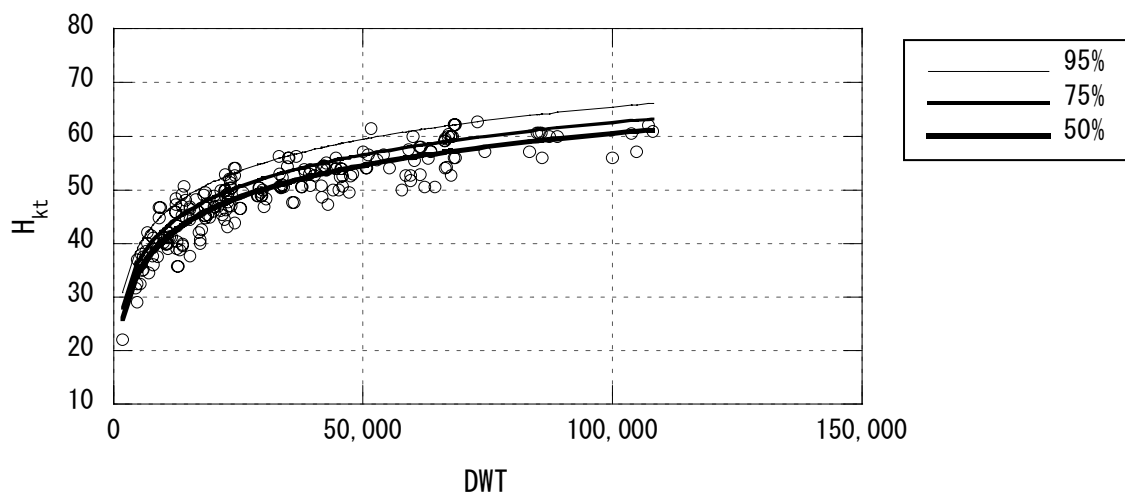


図 22-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果② : $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (コンテナ船)

4.3 タンカー

タンカーの全高(H_{kt})データの分布図を図 23-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 23-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 23-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 23-4 に示す。この図 23-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示しているとともに、図 23-3 では決定係数の値 (0.850) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 23-4 からタン

カーに関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 6 に示す。

なお、タンカーに関する表 6 では、 $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除した後の解析対象データとなる 50,000DWT 以上のみを表示している。

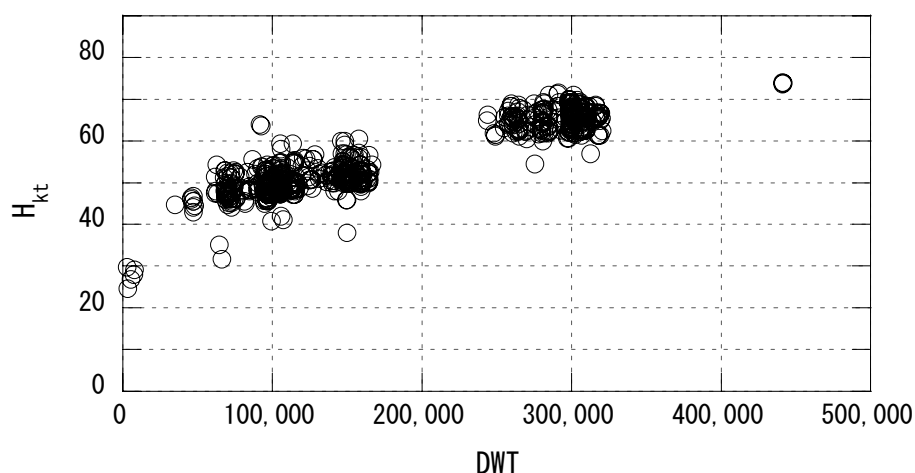


図 23-1 H_{kt} データの分布状況 (タンカー)

表 6 全高 (H_{kt}) の解析結果 (タンカー)

載貨重量トン数DWT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
50,000	39.1	41.1	44.1
70,000	43.9	45.9	48.9
90,000	47.5	49.5	52.4
100,000	49.0	51.0	53.9
150,000	54.8	56.8	59.7
300,000	64.7	66.7	69.6

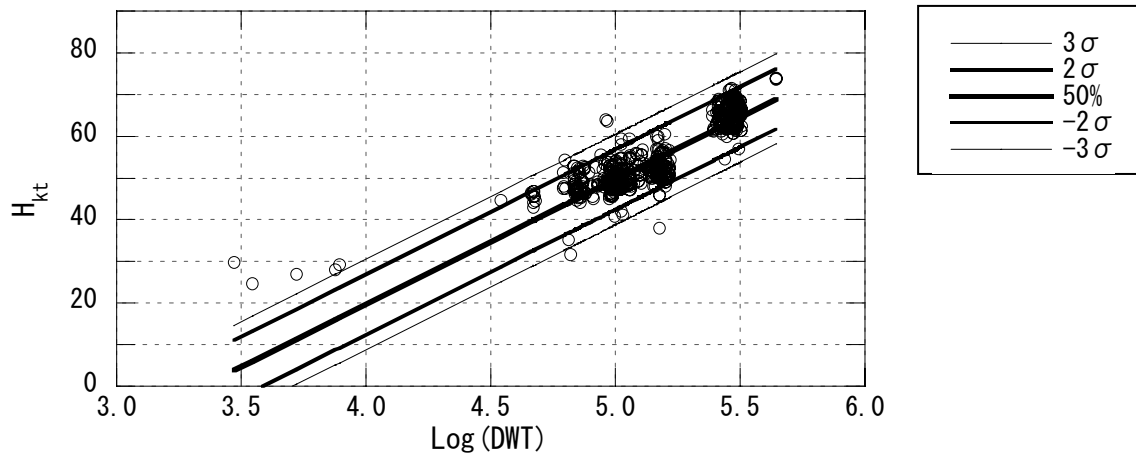


図 23-2 H_{kt} —片対数回帰分析 (タンカー)

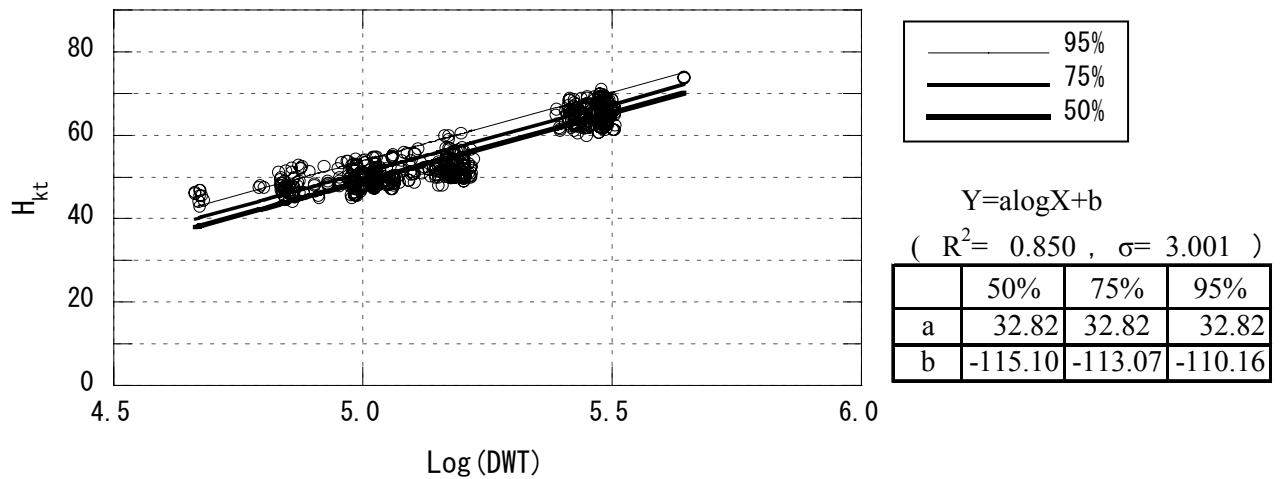


図 23-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (タンカー)

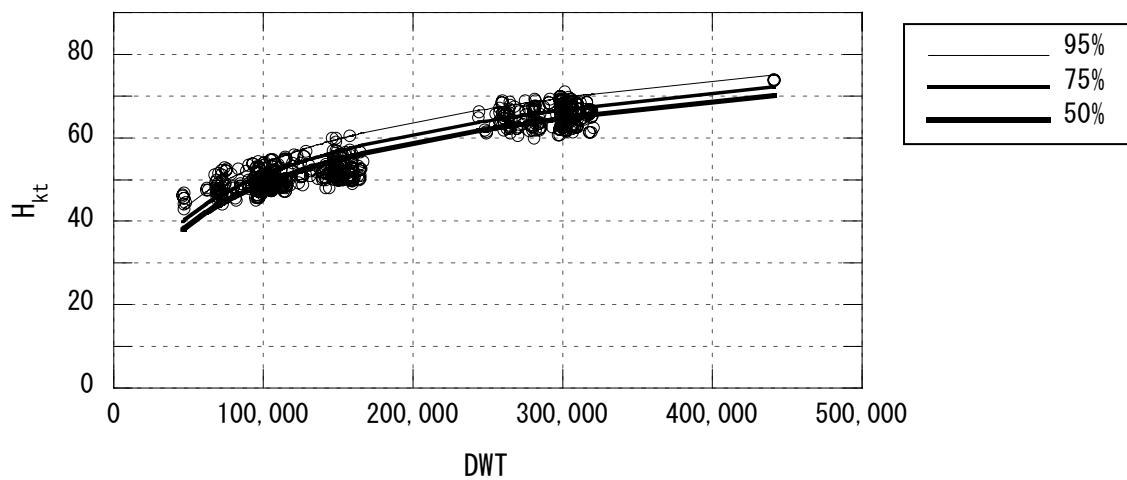


図 23-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (タンカー)

4.4 RORO 船

RORO 船の全高(H_{kt})データの分布図を図 24-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 24-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 24-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 24-4 に示す。この図 24-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示しているとともに、図 24-3 では決定係数の値 (0.797) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 24-4 から RORO 船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 7 に示す。

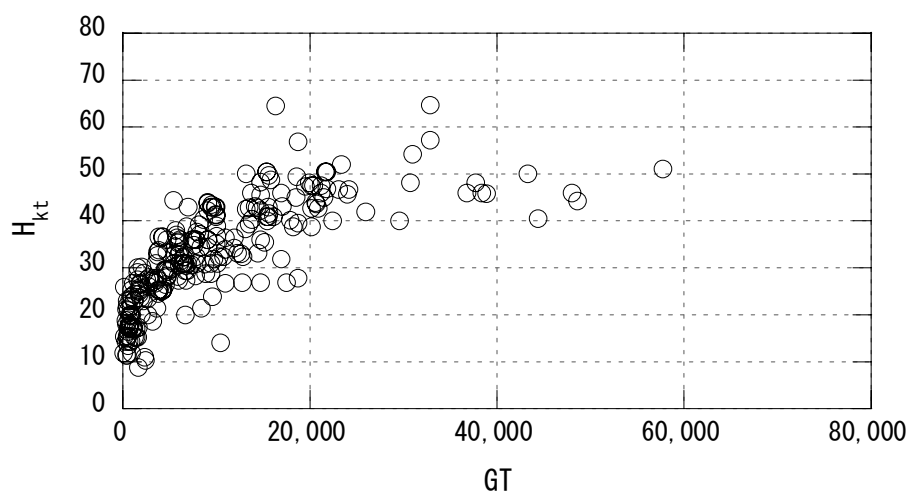


図 24-1 H_{kt} データの分布状況 (RORO 船)

表 7 全高 (H_{kt}) の解析結果 (RORO 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	28.5	31.7	36.3
5,000	32.4	35.6	40.2
10,000	37.7	40.9	45.5
20,000	42.9	46.1	50.7
40,000	48.2	51.4	56.0
60,000	51.3	54.5	59.1

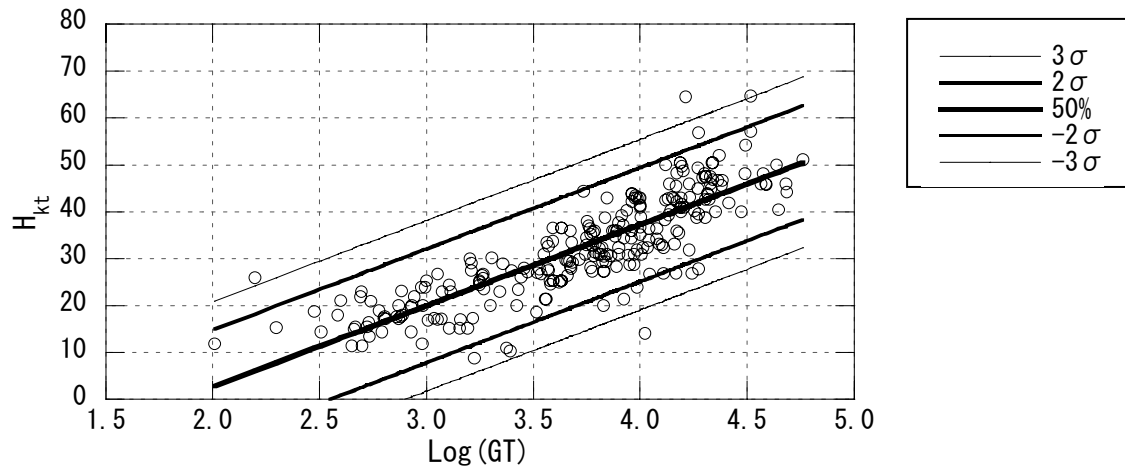


図 24-2 H_{kt} —片対数回帰分析 (RORO 船)

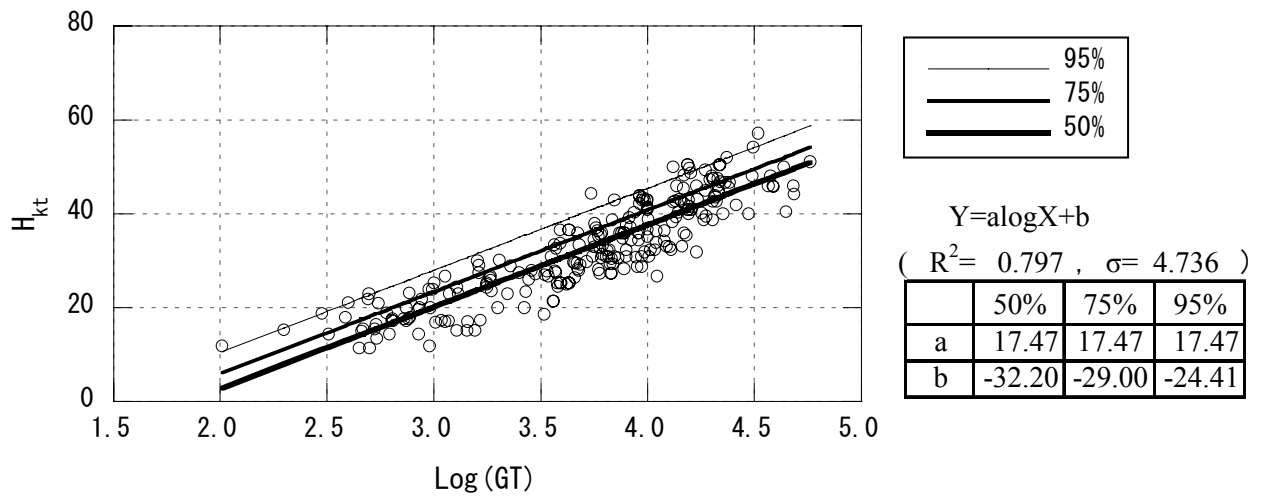


図 24-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (RORO 船)

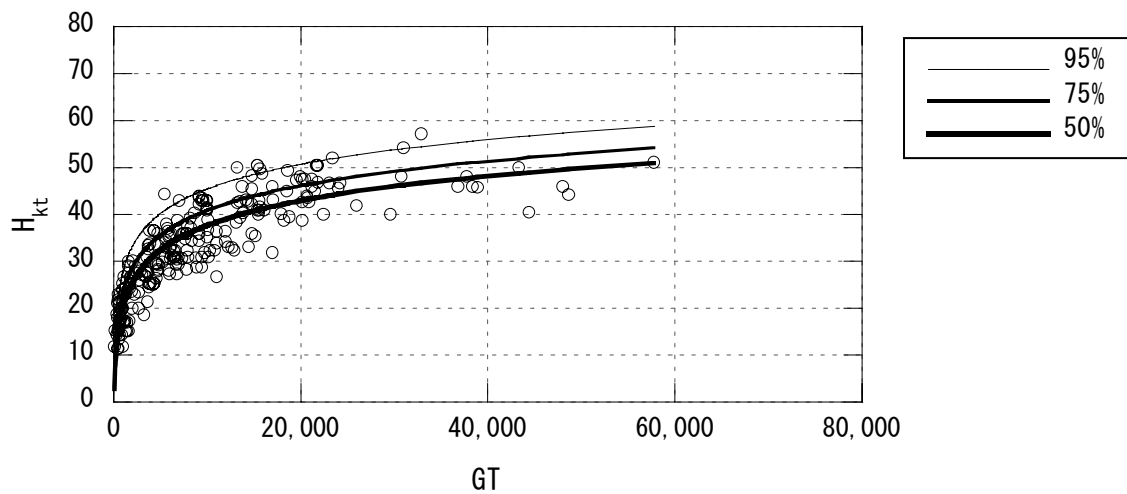


図 24-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (RORO 船)

4.5 PCC 船

PCC 船の全高(H_{kt})データの分布図を図 25-1 に示す。

次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 25-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 25-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 25-4 に示す。この図 25-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示しているとともに、図 25-3 では決定係数の値 (0.746) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 25-4 から PCC 船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 8 に示す。

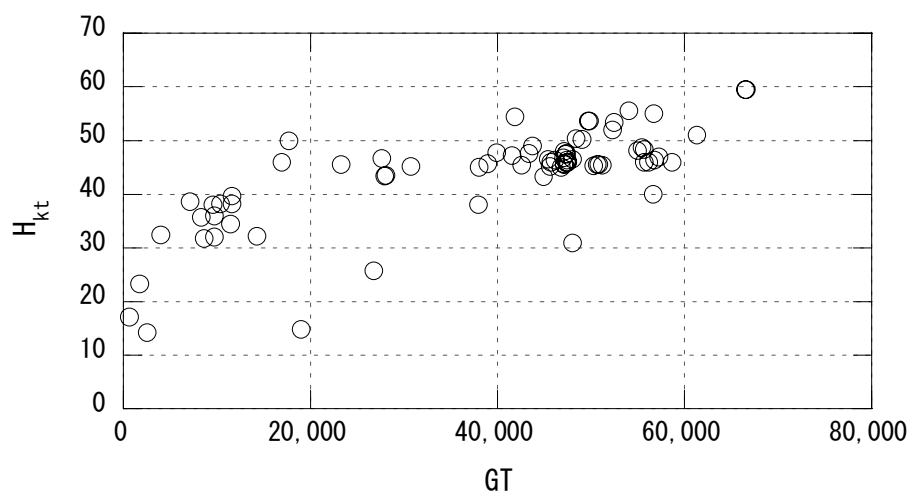


図 25-1 H_{kt} データの分布状況 (PCC 船)

表 8 全高 (H_{kt}) の解析結果 (PCC 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	26.9	29.6	33.5
5,000	30.8	33.5	37.3
12,000	37.4	40.1	44.0
20,000	41.3	44.0	47.8
30,000	44.4	47.0	50.9
40,000	46.5	49.2	53.1
60,000	49.6	52.3	56.2

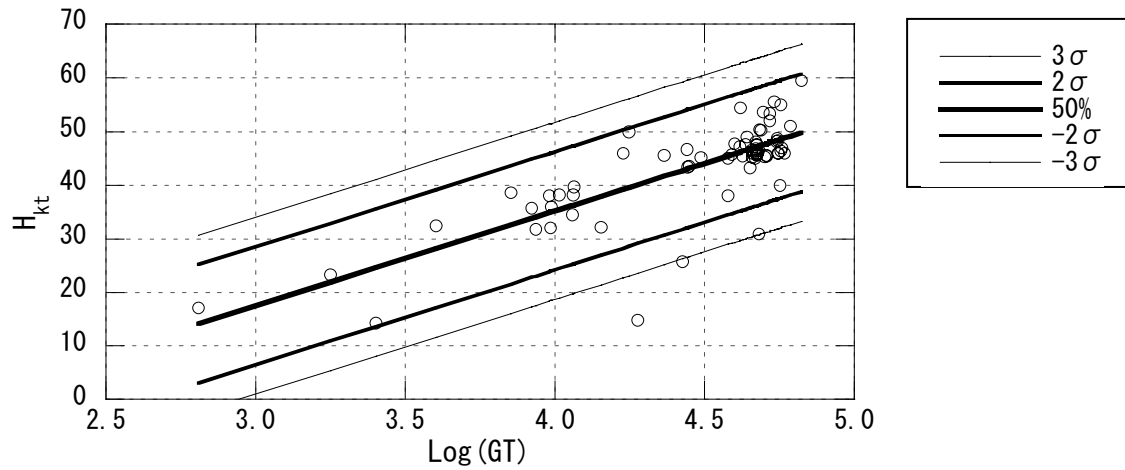


図 25-2 H_{kt} —片対数回帰分析 (PCC 船)

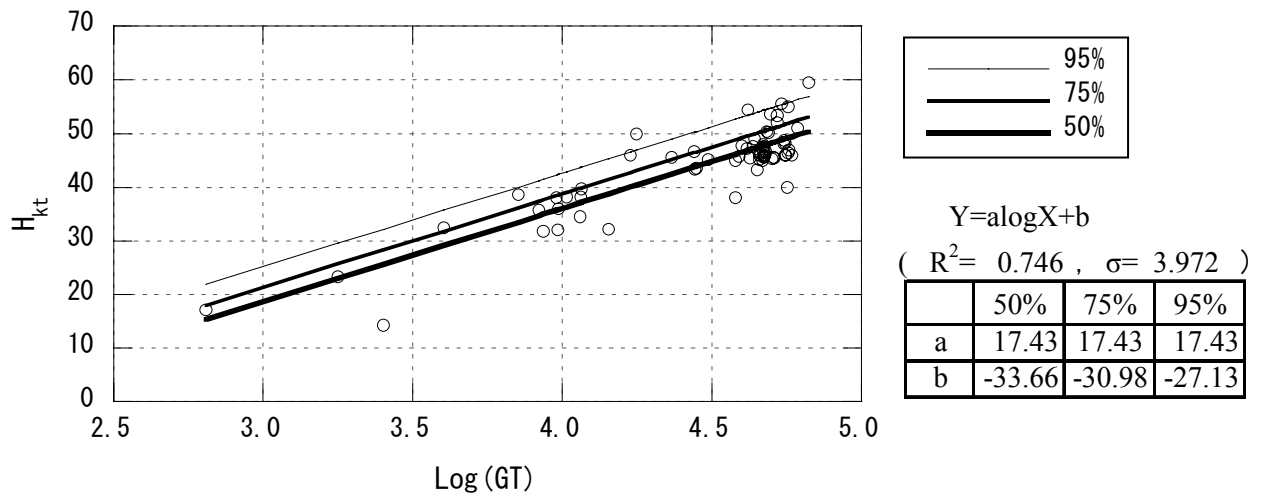


図 25-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (PCC 船)

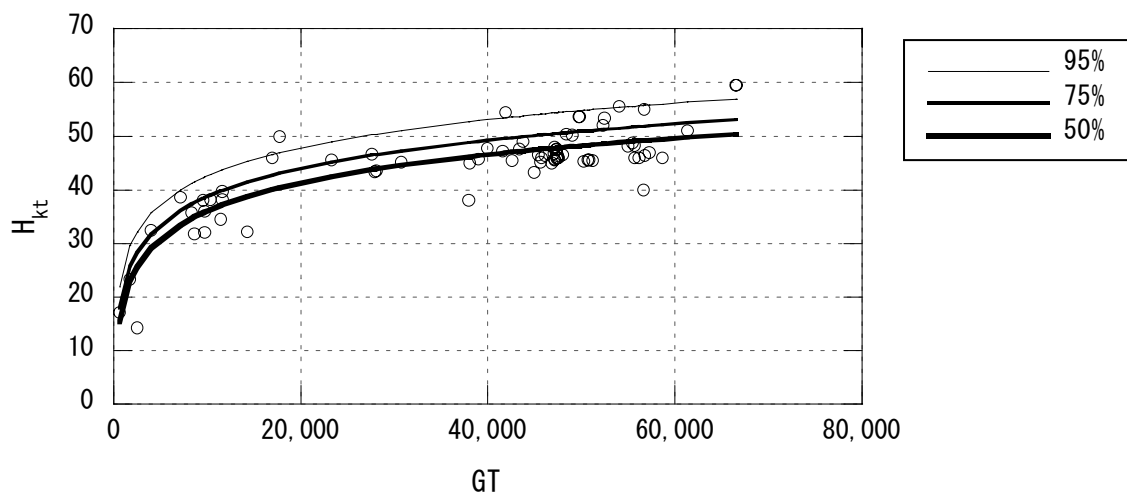


図 25-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (PCC 船)

4.6 LPG 船

LPG 船の全高(H_{kt})データの分布図を図 26-1 に示す。

次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 26-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 26-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 26-4 に示す。この図 26-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示しているとともに、図 26-3 では決定係数の値 (0.928) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 26-4 から LPG 船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 9 に示す。

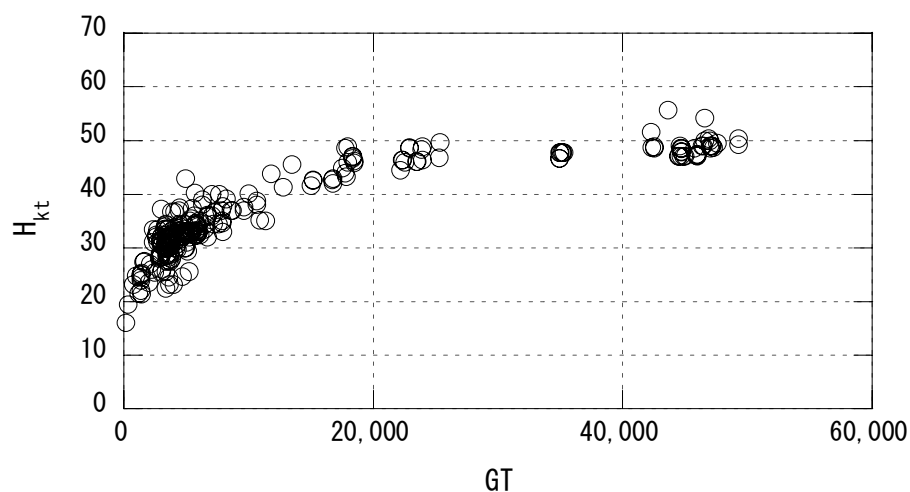


図 26-1 H_{kt} データの分布状況 (LPG 船)

表 9 全高 (H_{kt}) の解析結果 (LPG 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	29.8	31.2	33.3
5,000	33.5	34.9	37.0
10,000	38.4	39.8	41.9
20,000	43.4	44.8	46.9
30,000	46.3	47.7	49.8
40,000	48.3	49.8	51.8
50,000	49.9	51.3	53.4

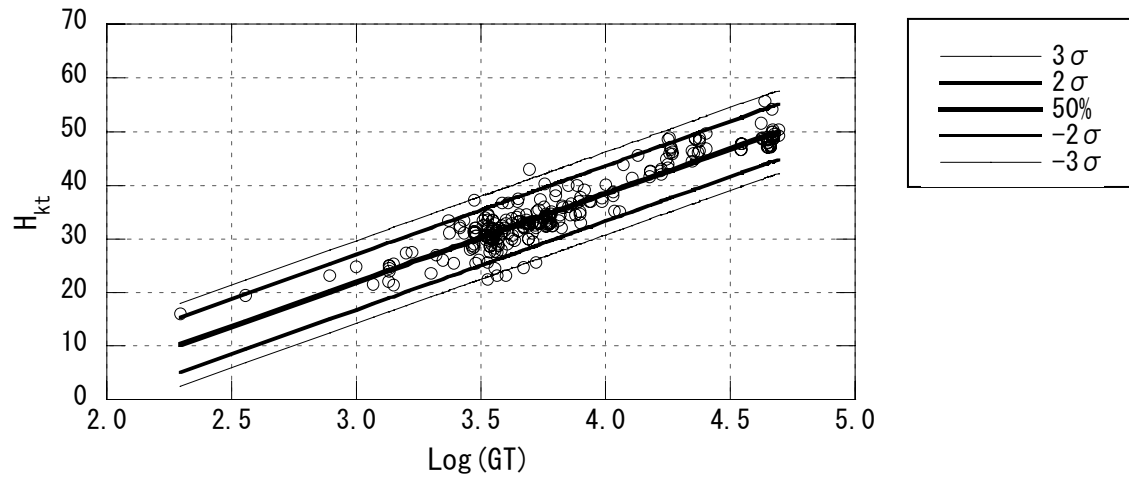


図 26-2 H_{kt} —片対数回帰分析 (LPG 船)

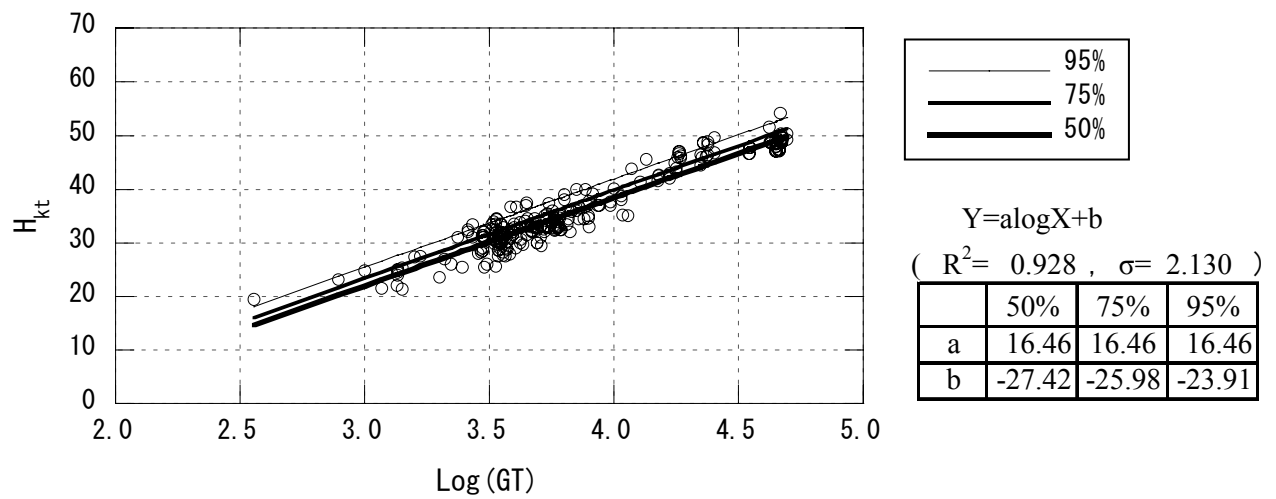


図 26-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (LPG 船)

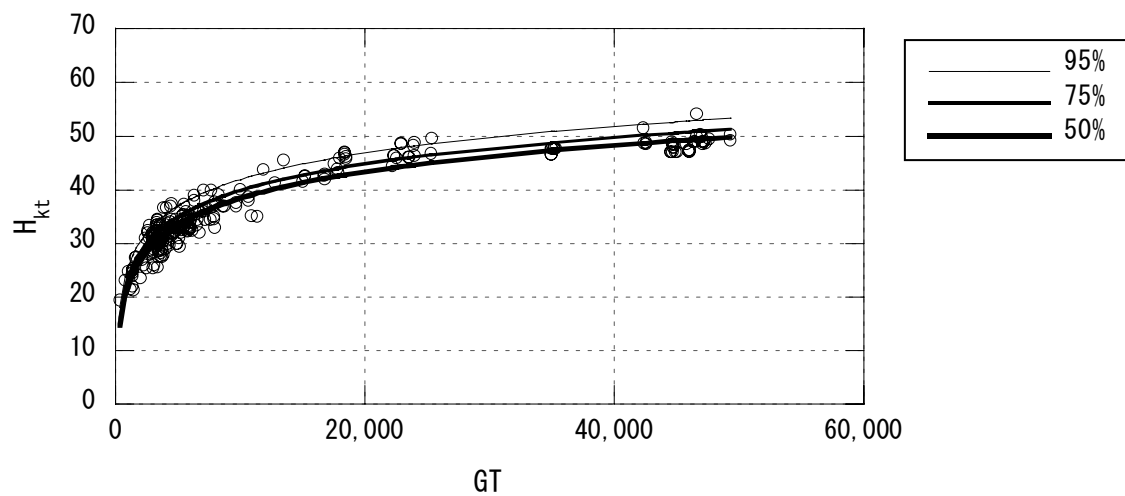


図 26-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (LPG 船)

4.7 LNG 船

LNG 船の全高(H_{kt})データの分布図を図 27-1 に示す。

次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 27-2 に示す。なお、50,000GT以下の船舶はデータ数が少ないため排除した。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 27-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 27-4 に示す。この図 27-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95%の回帰式の結果を表示しているとともに、図 27-3 では決定係数の値 (0.183) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。ここでは、他の船種と異なり決定係数は低いもののこの領域での特性は反映されていると考えられる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95%の全高の値について算定した結果を表 10 に示す。

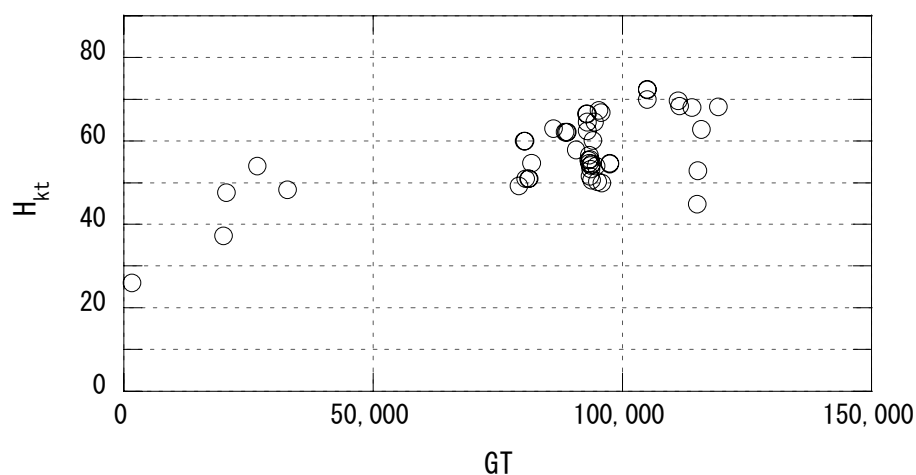


図 27-1 H_{kt} データの分布状況 (LNG 船)

表 10 全高 (H_{kt}) の解析結果 (LNG 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
80,000	54.0	58.3	64.5
100,000	60.9	65.2	71.5
120,000	66.6	70.9	77.1

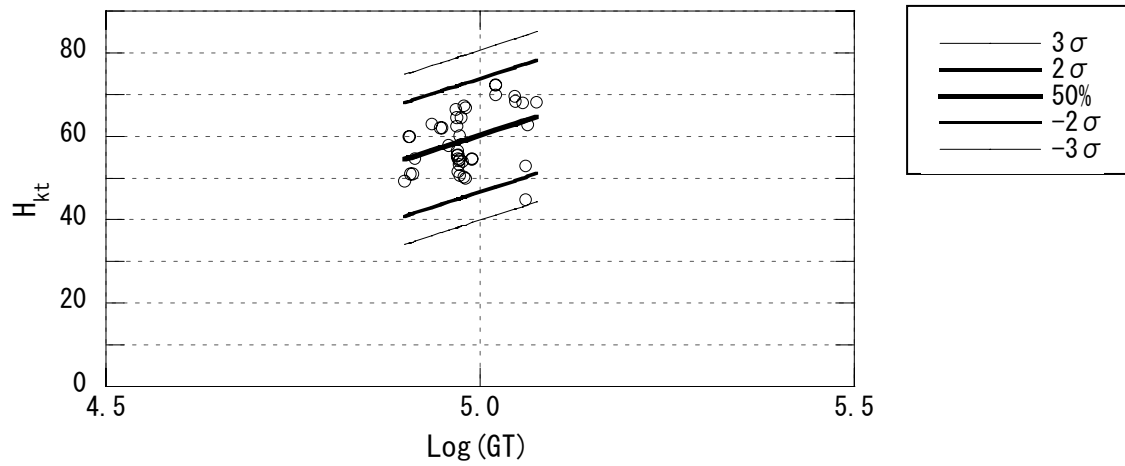


図 27-2 H_{kt} —片対数回帰分析 (LNG 船)

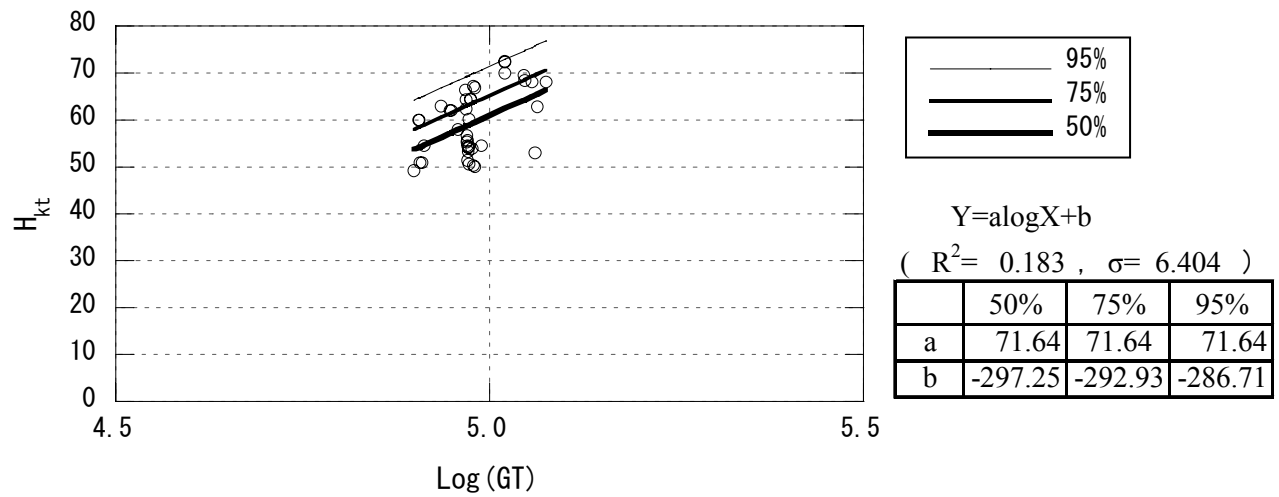


図 27-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果① : $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (LNG 船)

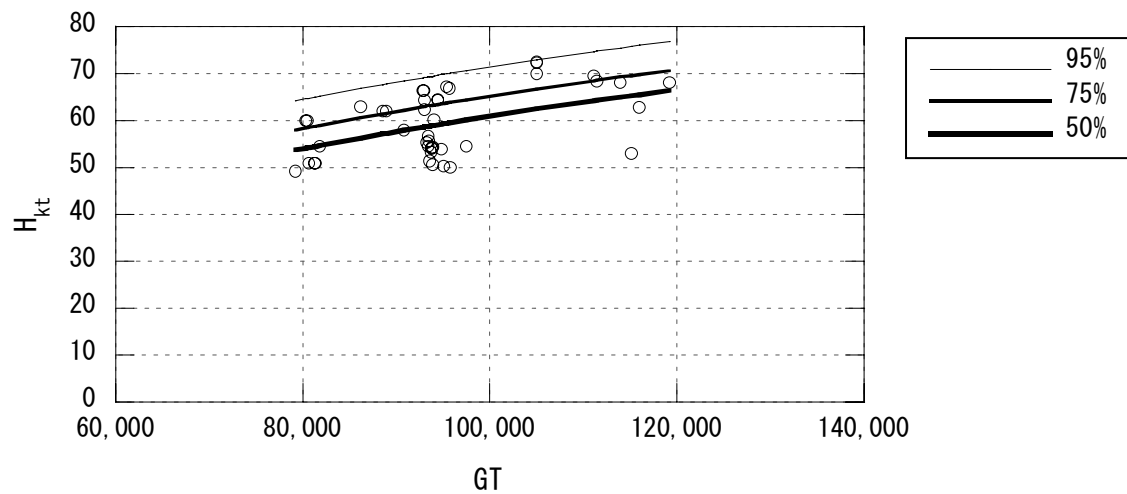


図 27-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果② : $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (LNG 船)

4.8 旅客船

旅客船の全高(H_{kt})データの分布図を図 28-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 28-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 28-3 に示す。この図での DWT の対数表示を真数として表示した結果を図 28-4 に示す。この図 28-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示しているとともに、図 28-3 では決定係数の値 (0.799) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 28-4 から旅客船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 11 に示す。

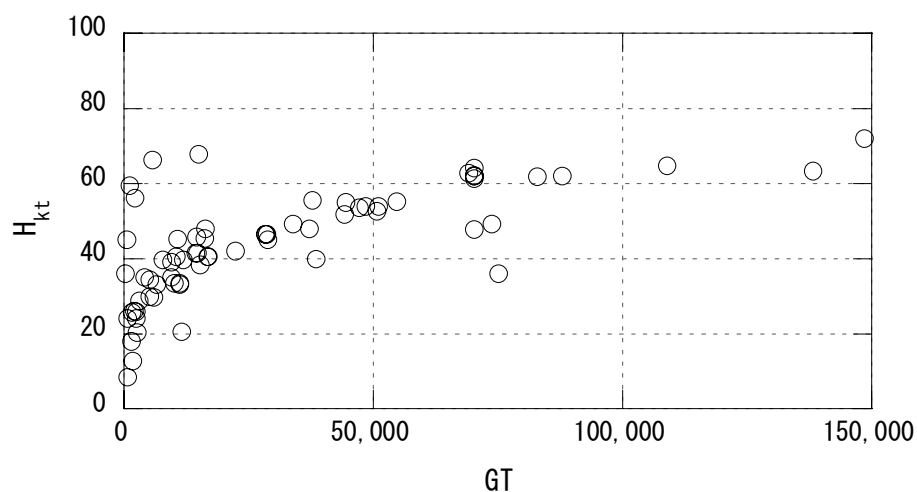


図 28-1 H_{kt} データの分布状況（旅客船）

表 11 全高 (H_{kt}) の解析結果（旅客船）

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	28.2	32.4	38.5
5,000	32.7	36.9	43.0
10,000	38.8	43.1	49.1
20,000	45.0	49.2	55.2
30,000	48.6	52.8	58.8
50,000	53.1	57.3	63.4
70,000	56.1	60.3	66.3
100,000	59.2	63.4	69.5

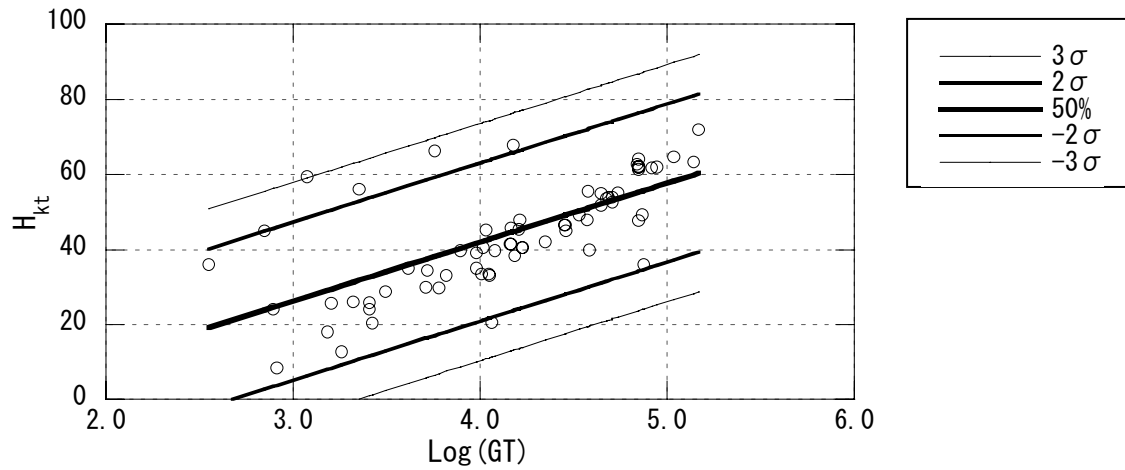


図 28-2 H_{kt} —片対数回帰分析 (旅客船)

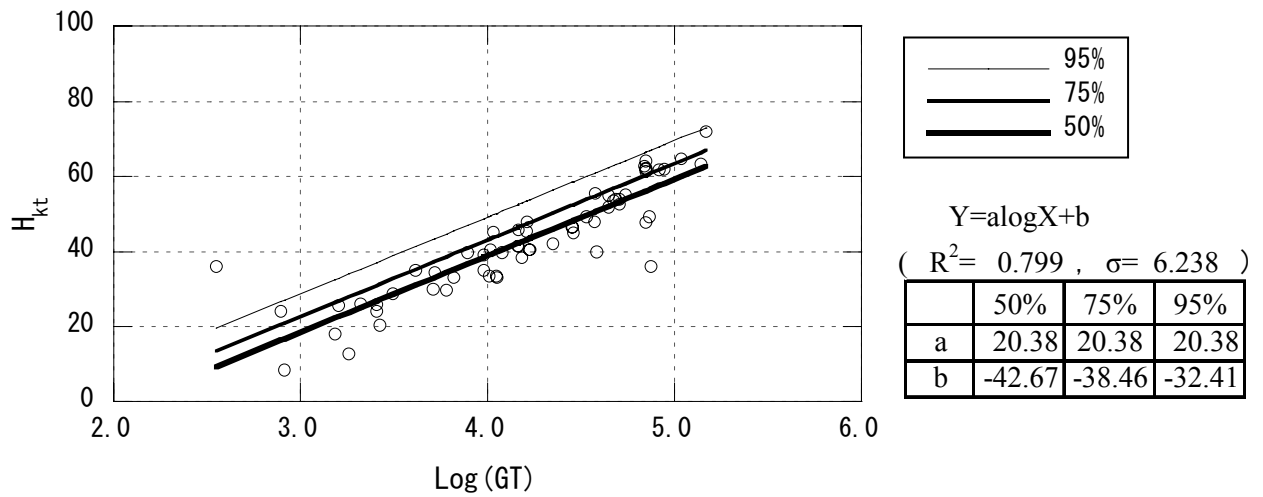


図 28-3 H_{kt} —片対数回帰分析の結果①: $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (旅客船)

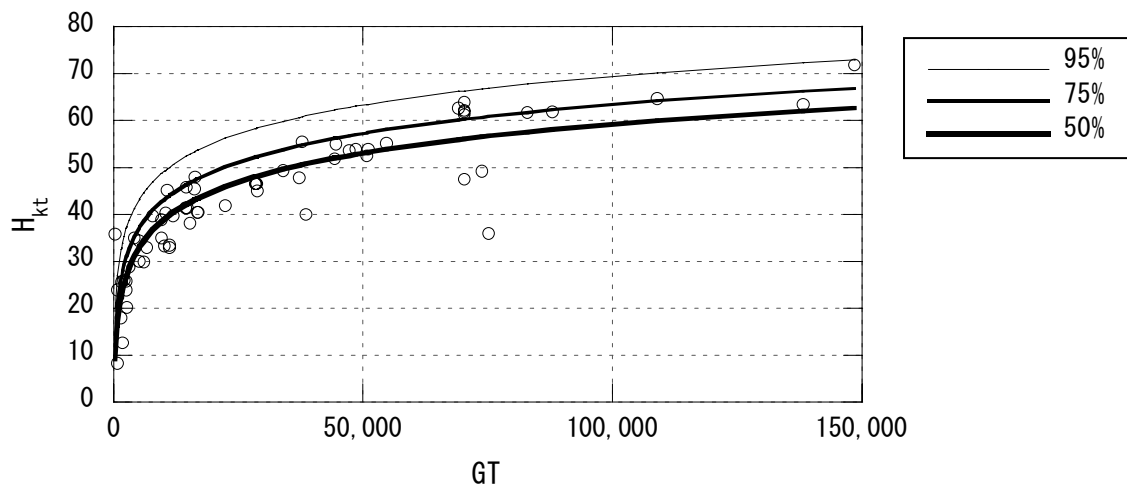


図 28-4 H_{kt} —片対数回帰分析の結果②: $\pm 2\sigma$ 超データの排除後 (旅客船)

5. 船種ごとの海面上高さ (H_{st}) に関する解析-1

航路上における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、すなわち海面上高さ (H_{st}) である。ここでは、この海面上高さ (H_{st}) を次式により算定する。

$$H_{st} = H_{kt} - \beta d \quad (4)$$

ここに

H_{kt} : 全高

H_{st} : 海面上高さ

β : 喫水率

d : 満載喫水

想定した対象船舶における全高 (H_{kt}) と満載喫水 (d) は基本的に不変である。しかしながら、航行中の実際の喫水は、貨物の積載状態等により変動し、その結果として海面上高さ (H_{st}) も変動する。ここで、全高 (H_{kt}) から満載喫水 (d) を引いた場合の海面上高さ (H_{st}) は最小値でしかないことから、この値により橋梁の桁高さや海上空港の制限表面を検討することは危険側の評価となる。

このため貨物の積載状態等により変動する喫水の状態を示す指標として喫水率 (β) を導入する。すなわち、対象船舶が満載状態の場合の喫水率 (β) は最大値 1.0 であり、満載以外の状態では、1.0 以下となる。当然に、図 29 に示すように β が小さいほど、すなわち喫水が浅くなるほど海面上高さ (H_{st}) は高くなり、橋梁等の対象となる構造物に対しては危険な状況となる。

以下の表 12～19 では、船種ごとにカバー率 50%、75%、95% について 4. で示された全高 (H_{kt}) と既往の研究成果¹²⁾ において示されている満載喫水 (d) および喫水率 (β)

を 1.0～0.8 (間隔 0.05) とした場合の海面上高さ (H_{st}) を算定した結果を示す。ただし、貨物船とコンテナ船だけはバラスト状態の影響が大きいことから 1.0～0.5 (間隔 0.1) までとした。

なお、具体的な β の設定は、3.3 で示している解析手法の留意点および貨物の積載状態の実績や計画、さらに船舶の航行時における船首トリム、船尾トリム等を踏まえて適切に設定することが必要である。

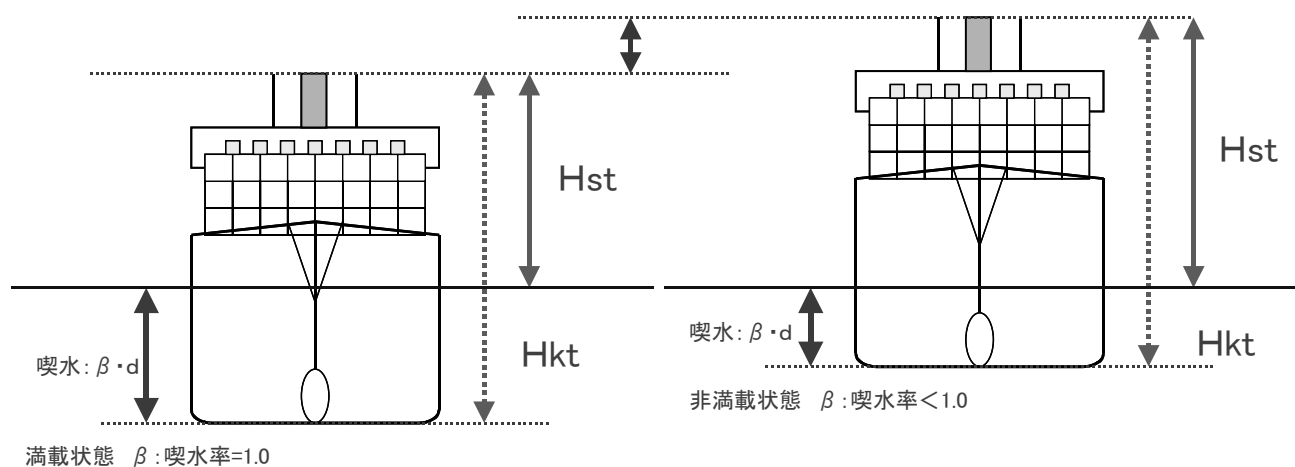


図 29 海面上高さ (H_{st}) と喫水率

表 12 貨物船：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

(単位:m)

カバー率	DWT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$					
				$\beta=1.0$	$\beta=0.9$	$\beta=0.8$	$\beta=0.7$	$\beta=0.6$	$\beta=0.5$
50%	1,000	20.2	3.4	16.8	17.1	17.5	17.8	18.1	18.5
	2,000	24.8	4.3	20.5	20.9	21.3	21.8	22.2	22.6
	3,000	27.5	4.9	22.6	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
	5,000	30.8	5.8	25.0	25.6	26.2	26.8	27.3	27.9
	10,000	35.4	7.3	28.1	28.8	29.6	30.3	31.0	31.8
	12,000	36.6	7.8	28.8	29.6	30.4	31.2	31.9	32.7
	18,000	39.3	8.9	30.4	31.3	32.2	33.1	34.0	34.8
	30,000	42.7	10.0	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.7
	40,000	44.6	11.0	33.6	34.7	35.8	36.9	38.0	39.1
	55,000	46.7	12.2	34.5	35.7	36.9	38.1	39.4	40.6
	70,000	48.3	13.2	35.1	36.4	37.7	39.0	40.4	41.7
	90,000	49.9	14.3	35.6	37.1	38.5	39.9	41.4	42.8
	120,000	51.8	15.7	36.1	37.7	39.3	40.9	42.4	44.0
	150,000	53.3	16.9	36.4	38.1	39.8	41.5	43.2	44.9
75%	1,000	22.3	3.8	18.5	18.9	19.3	19.7	20.0	20.4
	2,000	26.9	4.8	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.5
	3,000	29.6	5.4	24.2	24.7	25.3	25.8	26.3	26.9
	5,000	33.0	6.4	26.6	27.2	27.8	28.5	29.1	29.8
	10,000	37.5	8.1	29.4	30.2	31.1	31.9	32.7	33.5
	12,000	38.7	8.6	30.1	31.0	31.9	32.7	33.6	34.4
	18,000	41.4	9.8	31.6	32.6	33.6	34.6	35.5	36.5
	30,000	44.8	10.5	34.3	35.3	36.4	37.4	38.5	39.5
	40,000	46.7	11.5	35.2	36.4	37.5	38.7	39.8	41.0
	55,000	48.8	12.8	36.0	37.3	38.6	39.8	41.1	42.4
	70,000	50.4	13.8	36.6	38.0	39.4	40.7	42.1	43.5
	90,000	52.1	15.0	37.1	38.6	40.1	41.6	43.1	44.6
	120,000	54.0	16.5	37.5	39.1	40.8	42.4	44.1	45.7
	150,000	55.4	17.7	37.7	39.5	41.3	43.0	44.8	46.6
95%	1,000	25.4	4.4	21.0	21.4	21.9	22.3	22.7	23.2
	2,000	30.0	5.5	24.5	25.0	25.6	26.1	26.7	27.2
	3,000	32.6	6.3	26.3	27.0	27.6	28.2	28.9	29.5
	5,000	36.0	7.4	28.6	29.4	30.1	30.8	31.6	32.3
	10,000	40.6	9.3	31.3	32.2	33.2	34.1	35.0	35.9
	12,000	41.8	9.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9
	18,000	44.5	11.3	33.2	34.3	35.4	36.6	37.7	38.8
	30,000	47.9	11.2	36.7	37.8	38.9	40.0	41.1	42.3
	40,000	49.8	12.3	37.5	38.7	39.9	41.2	42.4	43.6
	55,000	51.9	13.7	38.2	39.5	40.9	42.3	43.6	45.0
	70,000	53.5	14.8	38.7	40.1	41.6	43.1	44.6	46.1
	90,000	55.1	16.0	39.1	40.7	42.3	43.9	45.5	47.1
	120,000	57.0	17.6	39.4	41.2	42.9	44.7	46.5	48.2
	150,000	58.5	18.9	39.6	41.5	43.4	45.3	47.2	49.0

表 13 コンテナ船：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

（単位：m）

カバー率	DWT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$				
				$\beta=1.0$	$\beta=0.95$	$\beta=0.9$	$\beta=0.85$	$\beta=0.8$
50%	10,000	40.5	7.6	32.9	33.3	33.7	34.1	34.5
	20,000	46.6	9.5	37.1	37.5	38.0	38.5	39.0
	30,000	50.1	10.8	39.3	39.8	40.4	40.9	41.4
	40,000	52.6	11.7	40.9	41.5	42.0	42.6	43.2
	50,000	54.5	12.3	42.2	42.8	43.4	44.1	44.7
	60,000	56.1	13.1	43.0	43.6	44.3	45.0	45.6
	100,000	60.5	14.6	46.0	46.7	47.4	48.2	48.9
75%	10,000	42.5	7.9	34.6	35.0	35.4	35.8	36.2
	20,000	48.6	9.9	38.7	39.2	39.7	40.2	40.6
	30,000	52.1	11.2	40.9	41.4	42.0	42.6	43.1
	40,000	54.6	12.1	42.5	43.1	43.7	44.3	44.9
	50,000	56.5	12.7	43.9	44.5	45.1	45.8	46.4
	60,000	58.1	13.4	44.7	45.4	46.1	46.8	47.4
	100,000	62.5	14.7	47.9	48.6	49.3	50.1	50.8
95%	10,000	45.4	8.3	37.1	37.6	38.0	38.4	38.8
	20,000	51.5	10.4	41.1	41.6	42.1	42.6	43.1
	30,000	55.0	11.9	43.1	43.7	44.3	44.9	45.5
	40,000	57.5	12.7	44.8	45.5	46.1	46.7	47.4
	50,000	59.4	13.2	46.3	46.9	47.6	48.2	48.9
	60,000	61.0	13.7	47.3	48.0	48.7	49.3	50.0
	100,000	65.4	14.9	50.6	51.3	52.1	52.8	53.5

表 14 タンカー：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

（単位：m）

カバー率	DWT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$					
				$\beta=1.0$	$\beta=0.9$	$\beta=0.8$	$\beta=0.7$	$\beta=0.6$	$\beta=0.5$
50%	50,000	39.1	10.9	28.2	29.3	30.4	31.5	32.6	33.7
	70,000	43.9	12.3	31.6	32.9	34.1	35.3	36.5	37.8
	90,000	47.5	13.5	34.0	35.4	36.7	38.1	39.4	40.8
	100,000	49.0	14.0	35.0	36.4	37.8	39.2	40.6	42.0
	150,000	54.8	16.4	38.4	40.0	41.7	43.3	44.9	46.6
	300,000	64.7	21.3	43.4	45.5	47.6	49.8	51.9	54.0
75%	50,000	41.1	12.0	29.1	30.3	31.5	32.7	33.9	35.1
	70,000	45.9	12.9	33.0	34.3	35.6	36.9	38.2	39.5
	90,000	49.5	14.2	35.3	36.7	38.2	39.6	41.0	42.4
	100,000	51.0	14.8	36.2	37.7	39.2	40.7	42.1	43.6
	150,000	56.8	17.2	39.6	41.3	43.0	44.8	46.5	48.2
	300,000	66.7	22.4	44.3	46.5	48.8	51.0	53.2	55.5
95%	50,000	44.1	13.8	30.3	31.6	33.0	34.4	35.8	37.2
	70,000	48.9	13.8	35.1	36.4	37.8	39.2	40.6	42.0
	90,000	52.4	15.2	37.2	38.8	40.3	41.8	43.3	44.8
	100,000	53.9	15.8	38.1	39.7	41.3	42.9	44.5	46.0
	150,000	59.7	18.5	41.2	43.1	44.9	46.8	48.6	50.5
	300,000	69.6	24.0	45.6	48.0	50.4	52.8	55.2	57.6

表 15 RORO 船：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

(単位:m)

カバー率	GT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$				
				$\beta=1.0$	$\beta=0.95$	$\beta=0.9$	$\beta=0.85$	$\beta=0.8$
50%	3,000	28.5	3.9	24.6	24.8	25.0	25.2	25.4
	5,000	32.4	4.7	27.7	28.0	28.2	28.4	28.7
	10,000	37.7	5.9	31.8	32.1	32.4	32.7	33.0
	20,000	42.9	7.4	35.5	35.9	36.3	36.7	37.0
	40,000	48.2	9.5	38.7	39.2	39.7	40.1	40.6
	60,000	51.3	9.5	41.8	42.3	42.7	43.2	43.7
75%	3,000	31.7	4.6	27.1	27.4	27.6	27.8	28.1
	5,000	35.6	5.5	30.1	30.4	30.7	30.9	31.2
	10,000	40.9	6.9	34.0	34.3	34.7	35.0	35.4
	20,000	46.1	8.7	37.4	37.9	38.3	38.7	39.2
	40,000	51.4	9.7	41.7	42.2	42.7	43.1	43.6
	60,000	54.5	9.7	44.8	45.3	45.7	46.2	46.7
95%	3,000	36.3	5.9	30.4	30.7	31.0	31.3	31.6
	5,000	40.2	7.0	33.2	33.6	33.9	34.3	34.6
	10,000	45.5	8.8	36.7	37.1	37.6	38.0	38.4
	20,000	50.7	11.0	39.7	40.3	40.8	41.4	41.9
	40,000	56.0	9.9	46.1	46.6	47.1	47.6	48.1
	60,000	59.1	9.9	49.2	49.7	50.2	50.7	51.1

表 16 PCC 船：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

(単位:m)

カバー率	GT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$				
				$\beta=1.0$	$\beta=0.95$	$\beta=0.9$	$\beta=0.85$	$\beta=0.8$
50%	3,000	26.9	4.2	22.7	23.0	23.2	23.4	23.6
	5,000	30.8	4.8	26.0	26.2	26.5	26.7	27.0
	12,000	37.4	6.1	31.3	31.6	31.9	32.3	32.6
	20,000	41.3	7.1	34.2	34.6	34.9	35.3	35.6
	30,000	44.4	7.9	36.5	36.9	37.3	37.7	38.1
	40,000	46.5	8.8	37.7	38.2	38.6	39.1	39.5
	60,000	49.6	9.9	39.7	40.2	40.7	41.2	41.7
75%	3,000	29.6	4.7	24.9	25.2	25.4	25.6	25.9
	5,000	33.5	5.4	28.1	28.4	28.6	28.9	29.2
	12,000	40.1	6.8	33.3	33.7	34.0	34.3	34.7
	20,000	44.0	7.9	36.1	36.5	36.9	37.3	37.7
	30,000	47.0	8.8	38.2	38.7	39.1	39.6	40.0
	40,000	49.2	9.3	39.9	40.4	40.9	41.3	41.8
	60,000	52.3	10.4	41.9	42.4	42.9	43.4	44.0
95%	3,000	33.5	5.5	28.0	28.3	28.5	28.8	29.1
	5,000	37.3	6.4	30.9	31.3	31.6	31.9	32.2
	12,000	44.0	8.1	35.9	36.3	36.7	37.1	37.5
	20,000	47.8	9.3	38.5	39.0	39.5	39.9	40.4
	30,000	50.9	10.4	40.5	41.0	41.5	42.1	42.6
	40,000	53.1	10.0	43.1	43.6	44.1	44.6	45.1
	60,000	56.2	11.2	45.0	45.5	46.1	46.6	47.2

表 17 LPG 船：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

（単位：m）

カバー率	GT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$				
				$\beta=1.0$	$\beta=0.95$	$\beta=0.9$	$\beta=0.85$	$\beta=0.8$
50%	3,000	29.8	5.7	24.1	24.4	24.7	25.0	25.2
	5,000	33.5	6.6	26.9	27.2	27.5	27.8	28.2
	10,000	38.4	8.0	30.4	30.8	31.2	31.6	32.0
	20,000	43.4	9.7	33.7	34.1	34.6	35.1	35.6
	30,000	46.3	10.9	35.4	35.9	36.4	37.0	37.5
	40,000	48.3	11.9	36.4	37.0	37.6	38.2	38.8
	50,000	49.9	12.6	37.3	37.9	38.6	39.2	39.8
75%	3,000	31.2	6.3	24.9	25.3	25.6	25.9	26.2
	5,000	34.9	7.3	27.6	28.0	28.3	28.7	29.0
	10,000	39.8	8.9	30.9	31.4	31.8	32.3	32.7
	20,000	44.8	10.8	34.0	34.5	35.1	35.6	36.2
	30,000	47.7	12.1	35.6	36.2	36.8	37.4	38.0
	40,000	49.8	13.1	36.7	37.3	38.0	38.6	39.3
	60,000	51.3	14.0	37.3	38.0	38.7	39.4	40.1
95%	3,000	33.3	7.3	26.0	26.4	26.7	27.1	27.5
	5,000	37.0	8.4	28.6	29.0	29.4	29.8	30.2
	10,000	41.9	10.3	31.6	32.1	32.6	33.2	33.7
	20,000	46.9	12.5	34.4	35.0	35.6	36.2	36.9
	30,000	49.8	14.0	35.8	36.5	37.2	37.9	38.6
	40,000	51.8	15.2	36.6	37.4	38.1	38.9	39.7
	60,000	53.4	16.2	37.2	38.0	38.8	39.6	40.5

表 18 LNG 船：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

（単位：m）

カバー率	GT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$				
				$\beta=1.0$	$\beta=0.95$	$\beta=0.9$	$\beta=0.85$	$\beta=0.8$
50%	80,000	54.0	11.0	43.0	43.5	44.1	44.6	45.2
	100,000	60.9	11.6	49.3	49.9	50.5	51.1	51.7
	120,000	66.6	12.1	54.5	55.1	55.7	56.3	56.9
75%	80,000	58.3	11.5	46.8	47.4	48.0	48.5	49.1
	100,000	65.2	12.1	53.1	53.8	54.4	55.0	55.6
	120,000	70.9	12.6	58.3	58.9	59.6	60.2	60.8
95%	80,000	64.5	12.3	52.2	52.8	53.5	54.1	54.7
	100,000	71.5	13.0	58.5	59.1	59.8	60.4	61.1
	120,000	77.1	13.5	63.6	64.3	65.0	65.7	66.3

表 19 旅客船：喫水率（ β ）に対応した海面上高さ（ H_{st} ）

(単位:m)

カバー率	GT	H_{kt}	d	$H_{st}=H_{kt}-\beta d$				
				$\beta=1.0$	$\beta=0.95$	$\beta=0.9$	$\beta=0.85$	$\beta=0.8$
50%	3,000	28.2	3.4	24.8	25.0	25.1	25.3	25.5
	5,000	32.7	4.0	28.7	28.9	29.1	29.3	29.5
	10,000	38.8	5.0	33.8	34.1	34.3	34.6	34.8
	20,000	45.0	7.0	38.0	38.3	38.7	39.0	39.4
	30,000	48.6	7.0	41.6	41.9	42.3	42.6	43.0
	50,000	53.1	7.0	46.1	46.4	46.8	47.1	47.5
	70,000	56.1	8.0	48.1	48.5	48.9	49.3	49.7
	100,000	59.2	8.0	51.2	51.6	52.0	52.4	52.8
75%	3,000	32.4	4.3	28.1	28.3	28.5	28.7	29.0
	5,000	36.9	5.0	31.9	32.2	32.4	32.7	32.9
	10,000	43.1	6.4	36.7	37.0	37.3	37.6	37.9
	20,000	49.2	7.8	41.4	41.8	42.2	42.6	42.9
	30,000	52.8	7.8	45.0	45.4	45.8	46.1	46.5
	50,000	57.3	7.8	49.5	49.9	50.3	50.7	51.1
	70,000	60.3	8.1	52.2	52.6	53.0	53.4	53.8
	100,000	63.4	8.1	55.3	55.7	56.1	56.5	56.9
95%	3,000	38.5	6.1	32.4	32.7	33.0	33.3	33.6
	5,000	43.0	7.2	35.8	36.1	36.5	36.9	37.2
	10,000	49.1	9.1	40.0	40.5	40.9	41.4	41.8
	20,000	55.2	8.9	46.3	46.8	47.2	47.7	48.1
	30,000	58.8	8.9	49.9	50.4	50.8	51.3	51.7
	50,000	63.4	8.9	54.5	54.9	55.3	55.8	56.2
	70,000	66.3	8.3	58.0	58.4	58.9	59.3	59.7
	100,000	69.5	8.3	61.2	61.6	62.0	62.4	62.8

6. 船種ごとの海面上高さ (H_{st}) に関する解析-2

5. では、個別に分析された全高(H_{kt})と満載喫水(d)の値を用いて海面上高さ(H_{st})を推計する手法を示した。これに対して、ここでは船舶ごとの全高(H_{kt})と満載喫水(d)から直接に満載状態の海面上高さ(H_{st})を算定して、次にこのデータに対して3. で提示した統計解析手法を適用することで海面上高さ(H_{st})を直接に推計する。

このために、全高(H_{kt})のデータを有する LRF Data と満載喫水 (d) を有する LMIU Data を IMO No.により基礎データの統合を実施した。ここで解析対象となる全高(H_{kt})および満載喫水 (d) のデータを有する船舶隻数を船種ごとに表 20 に示す。この基礎データから、 $H_{st} (=H_{kt}-d)$ の基礎データを独自に構築した。

なお、航路上の橋梁の設計や海上空港の制限表面の設定に際して現実的に用いる場合には、3.3 で示している解析手法の留意点および、ここで示す H_{st} が最小値であることから、対象船舶における満載喫水と航行時の実際の喫水との比率等を踏まえて安全率 γ (≥ 1.0) を適用することが必要である。ここで単純な $H_{st} (=H_{kt}-d)$ の結果は、5. での喫水率 (β) $=1.0$ の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) $=1.0$ の結果との比較を示している。一部の船種で大型船や小型船において不整合がみられるものの概ね一致していることが確認される。

以下に4. と同様に船種ごとの解析結果を示す。

表 20 全高(H_{kt})および満載喫水 (d) を有する船舶隻数

船種	隻数
貨物船	568
コンテナ船	304
タンカー	1,140
RORO船	310
PCC船	84
LPG船	357
LNG船	73
旅客船	73

6.1 貨物船

貨物船の海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 30-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 30-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 30-3 に示す。図 30-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 30-4 に示す。この図 30-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 30-3 では決定係数の値 (0.721) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 30-4 から貨物船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 21 に示す。

この表 21 の結果は、5. の喫水率 (β) = 1.0 の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横

軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 21 の結果を示した結果を図 30-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 21 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (貨物船)

載貨重量トン数DWT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
1,000	18.8	20.9	23.9
2,000	21.4	23.5	26.6
3,000	22.9	25.0	28.1
5,000	24.8	27.0	30.0
10,000	27.5	29.6	32.6
12,000	28.1	30.3	33.3
18,000	29.7	31.8	34.9
30,000	31.6	33.7	36.8
40,000	32.7	34.8	37.9
55,000	33.9	36.0	39.1
70,000	34.8	36.9	40.0
90,000	35.8	37.9	40.9
120,000	36.8	39.0	42.0
150,000	37.7	39.8	42.9

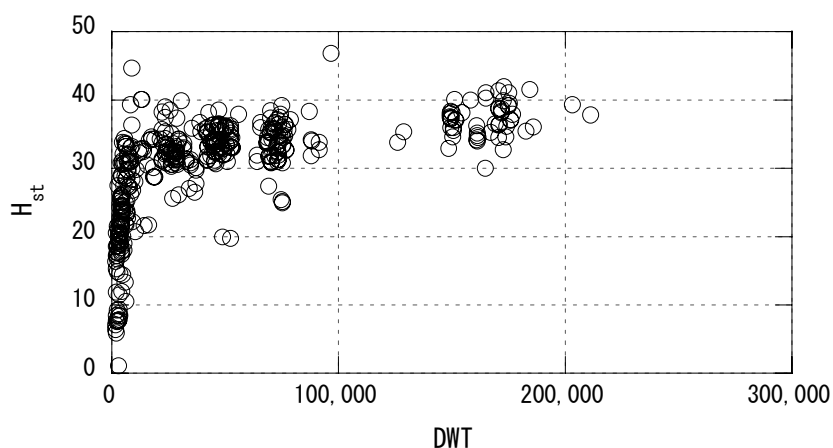


図 30-1 H_{st} データの分布状況 (貨物船)

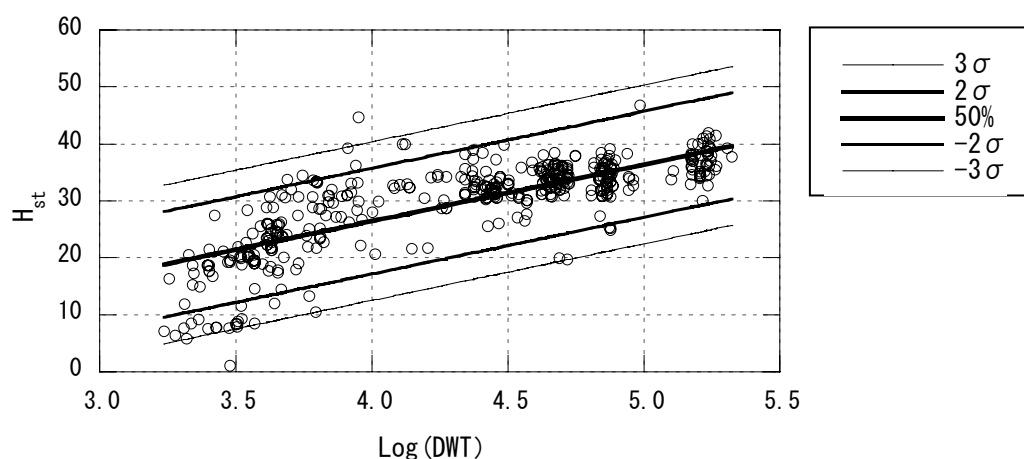


図 30-2 H_{st} —片対数回帰分析 (貨物船)

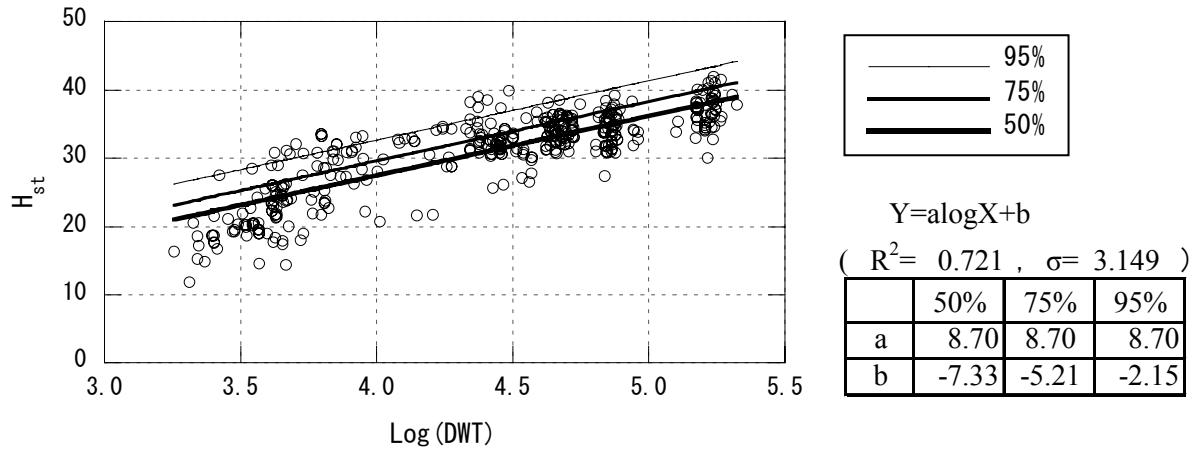


図 30-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）

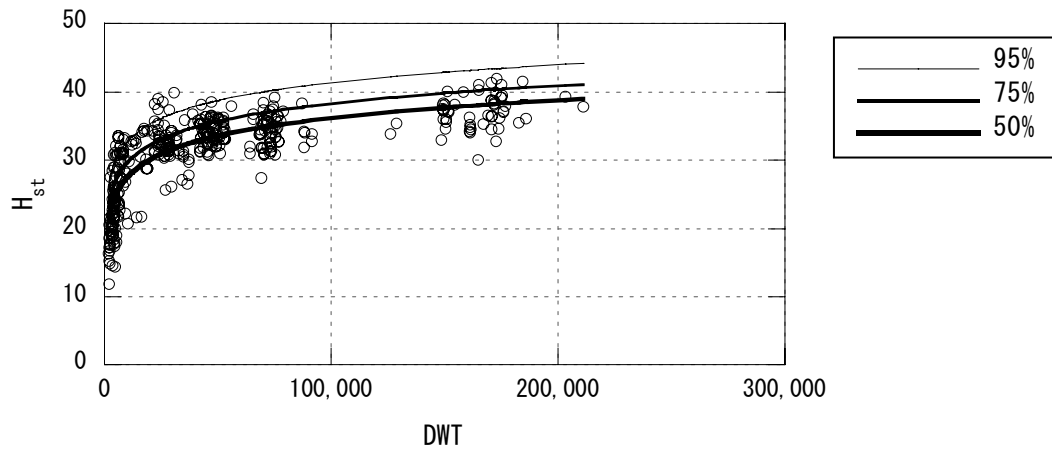


図 30-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）

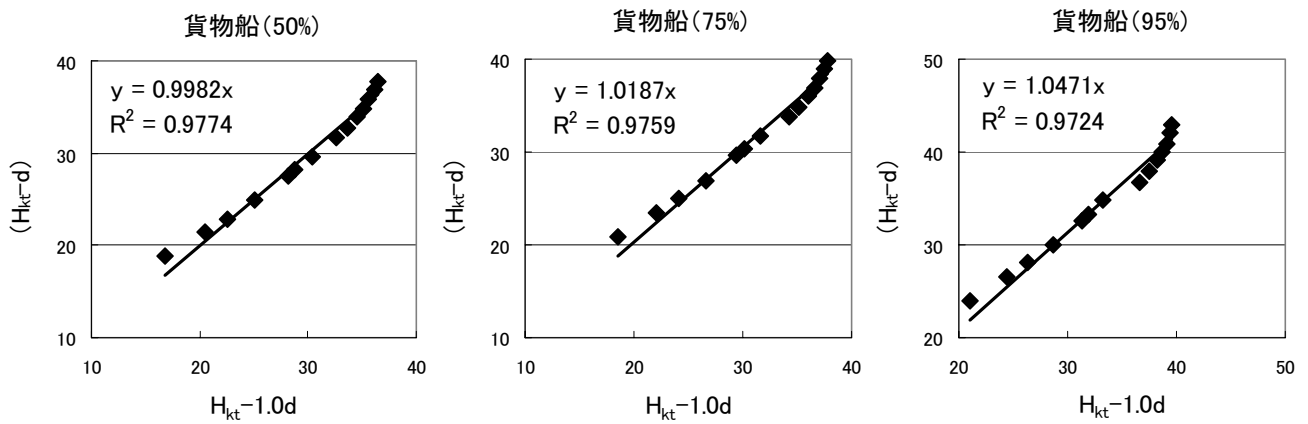


図 30-5 喫水率（ β ）=1.0 との比較

6.2 コンテナ船

コンテナ船の海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 31-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 31-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 31-3 に示す。図 31-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 31-4 に示す。この図 31-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 31-3 では決定係数の値 (0.724) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 31-4 からコンテナ船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 22 に示す。

この表 22 の結果は、5. のでの喫水率 (β) = 1.0 の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 22 の結果を示した結果を図 31-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 22 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (コンテナ船)

載貨重量トン数DWT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
10,000	32.6	34.5	37.4
20,000	36.7	38.7	41.5
30,000	39.1	41.1	43.9
40,000	40.8	42.8	45.6
50,000	42.1	44.1	47.0
60,000	43.2	45.2	48.0
100,000	46.2	48.2	51.1

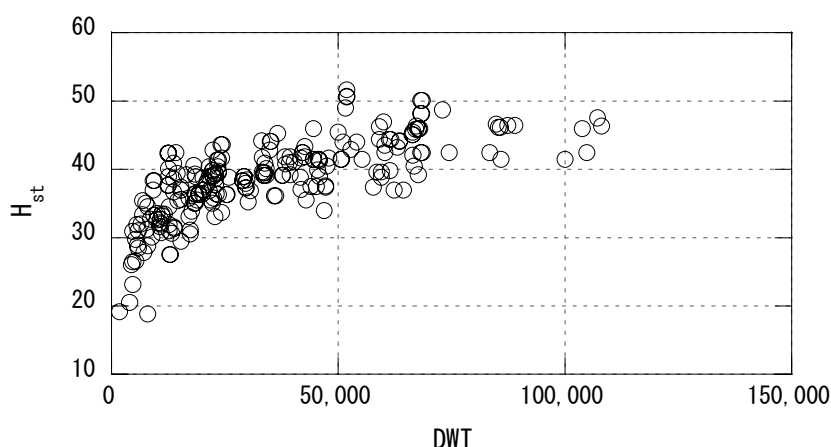


図 31-1 H_{st} データの分布状況 (コンテナ船)

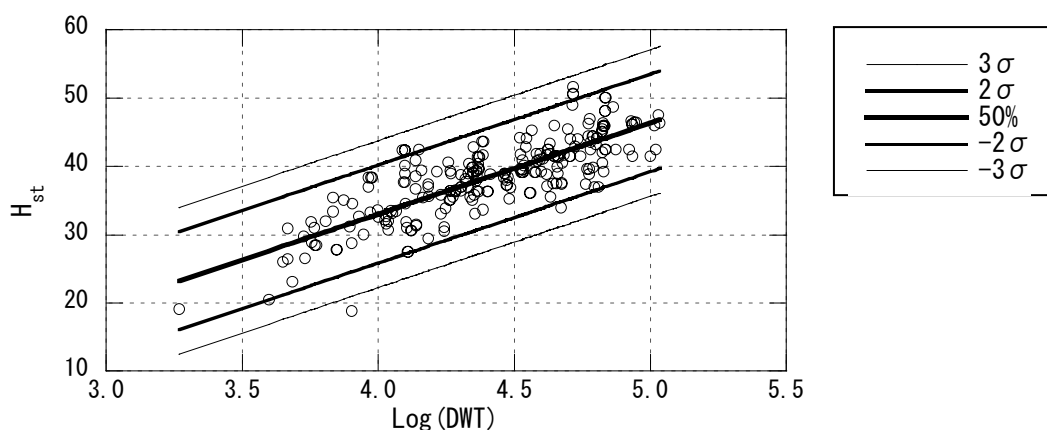


図 31-2 H_{st} —片対数回帰分析 (コンテナ船)

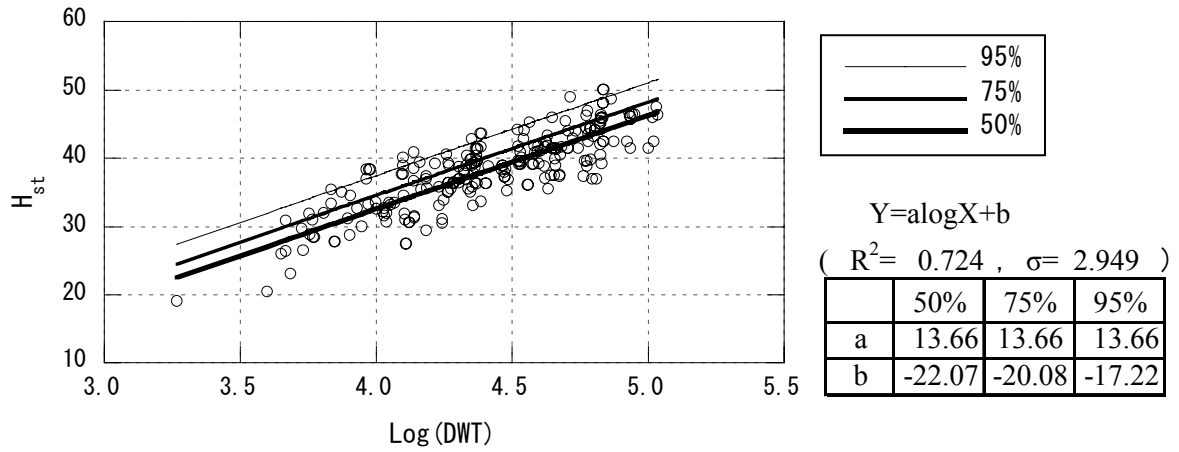


図 31-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（コンテナ船）

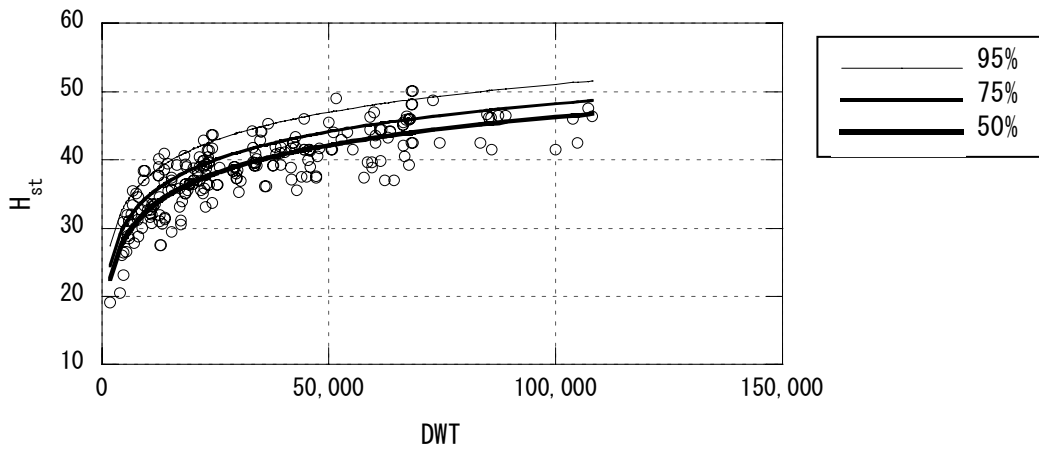


図 31-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（コンテナ船）

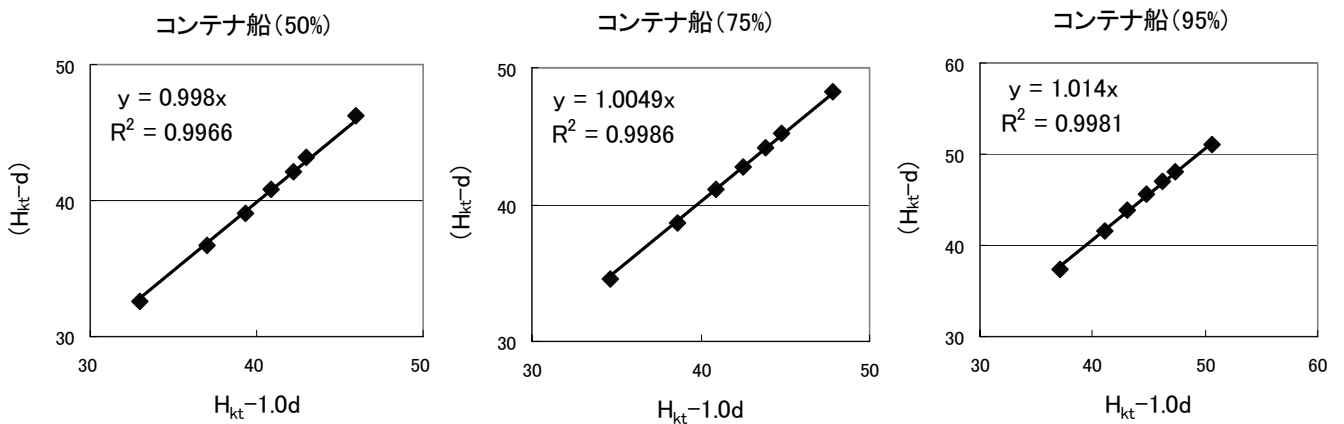


図 31-5 喫水率 (β) = 1.0 との比較

6.3 タンカー

タンカーの海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 32-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 32-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 32-3 に示す。図 32-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 32-4 に示す。この図 32-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 32-3 では決定係数の値 (0.673) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 32-4 からタンカーに関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 23 に示す。

この表 23 の結果は、5. の喫水率 (β) = 1.0 の結

果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 23 の結果を示した結果を図 32-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 23 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (タンカー)

載貨重量トン数DWT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
10,000	16.7	18.6	21.3
15,000	19.9	21.8	24.5
20,000	22.1	24.0	26.8
30,000	25.3	27.2	30.0
50,000	29.3	31.2	34.0
70,000	32.0	33.9	36.6
90,000	33.9	35.8	38.6
100,000	34.7	36.6	39.4
150,000	37.9	39.8	42.6
300,000	43.4	45.3	48.0

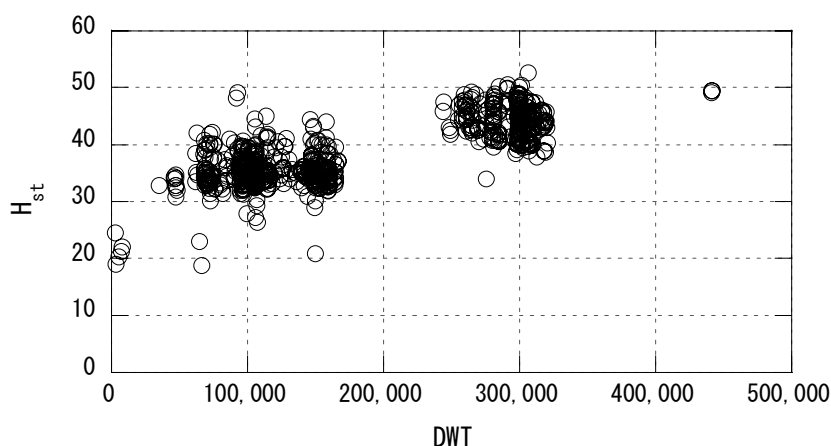


図 32-1 H_{st} データの分布状況 (タンカー)

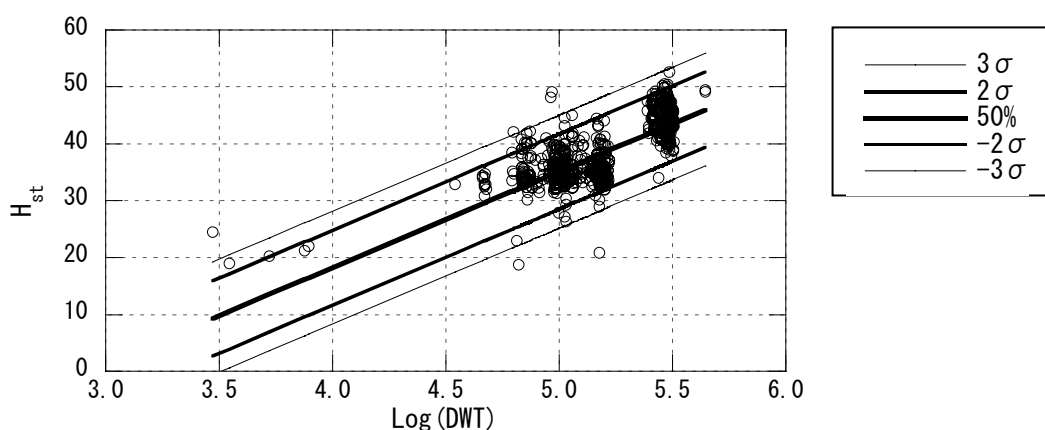


図 32-2 H_{st} —片対数回帰分析 (タンカー)

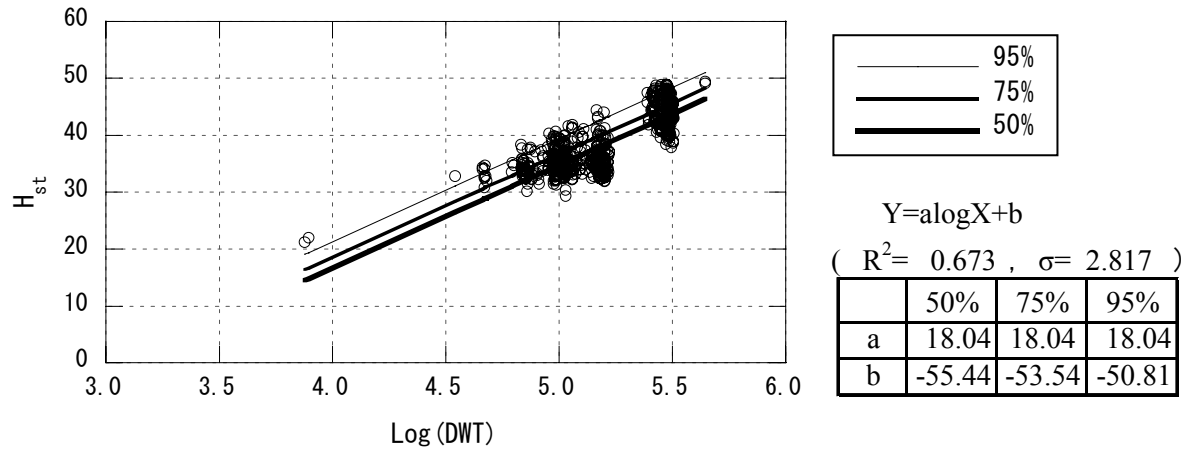


図 32-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（タンカー）

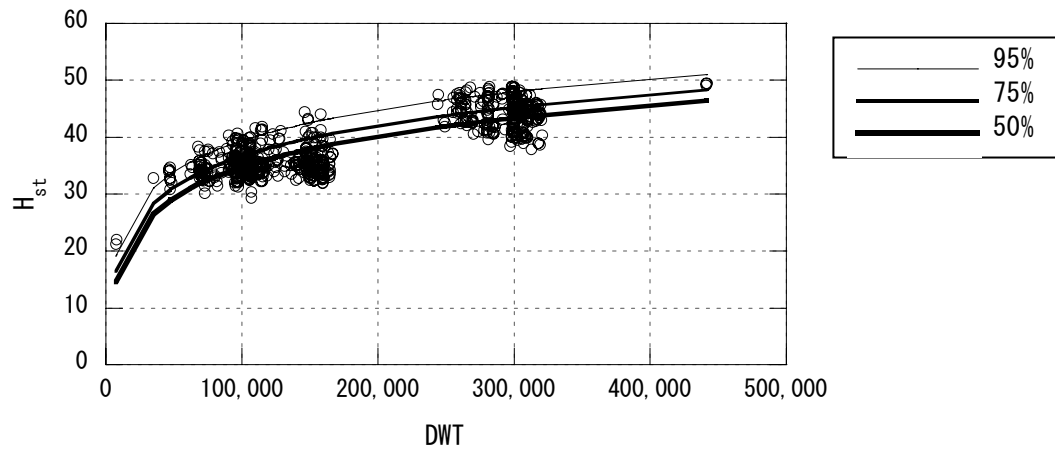


図 32-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（タンカー）

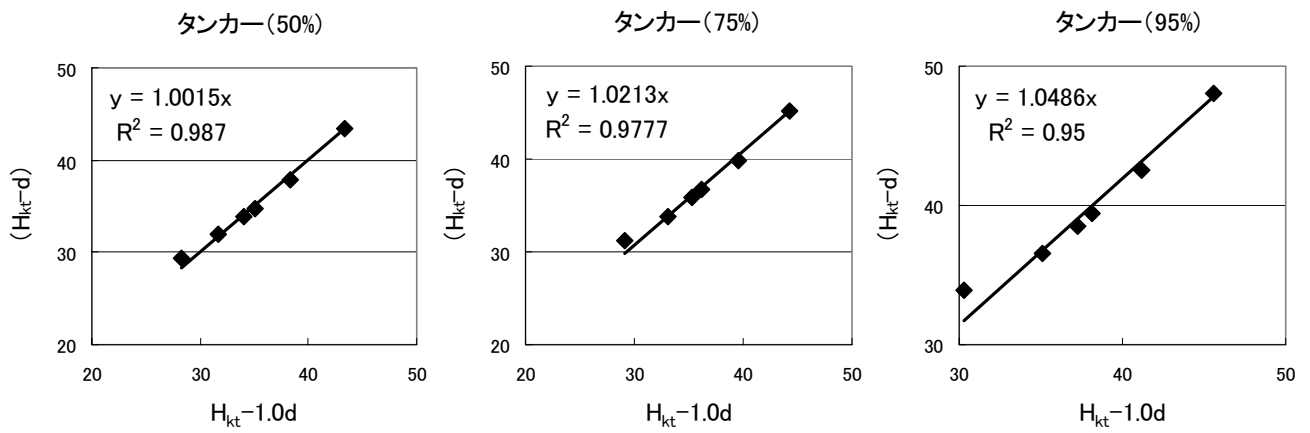


図 32-5 喫水率（ β ）=1.0 との比較

6.4 RORO 船

RORO 船の海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 33-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 33-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 33-3 に示す。図 33-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 33-4 に示す。この図 33-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 32-3 では決定係数の値 (0.725) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 33-4 から RORO 船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 24 に示す。

この表 24 の結果は、5. の喫水率 (β) = 1.0 の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 24 の結果を示した結果を図 33-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 24 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (RORO 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	23.7	26.6	30.9
5,000	26.7	29.7	33.9
10,000	30.8	33.7	38.0
20,000	34.9	37.8	42.1
40,000	39.0	41.9	46.2
60,000	41.4	44.3	48.6

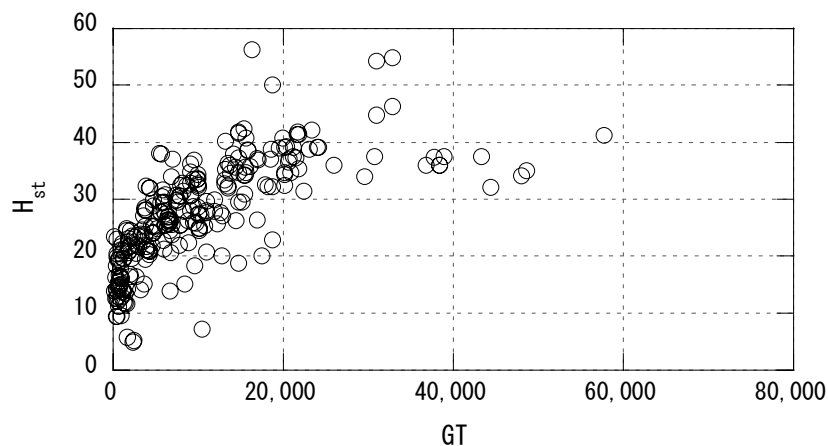


図 33-1 H_{st} データの分布状況 (RORO 船)

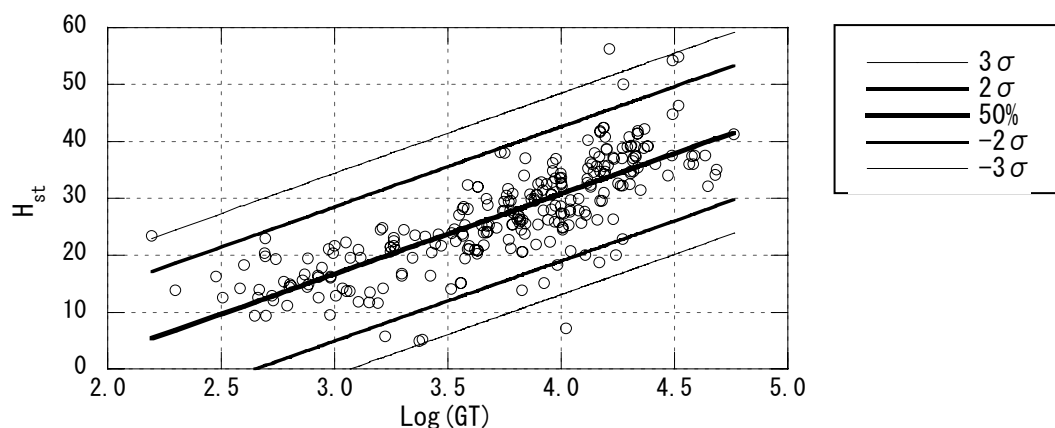


図 33-2 H_{st} —片対数回帰分析 (RORO 船)

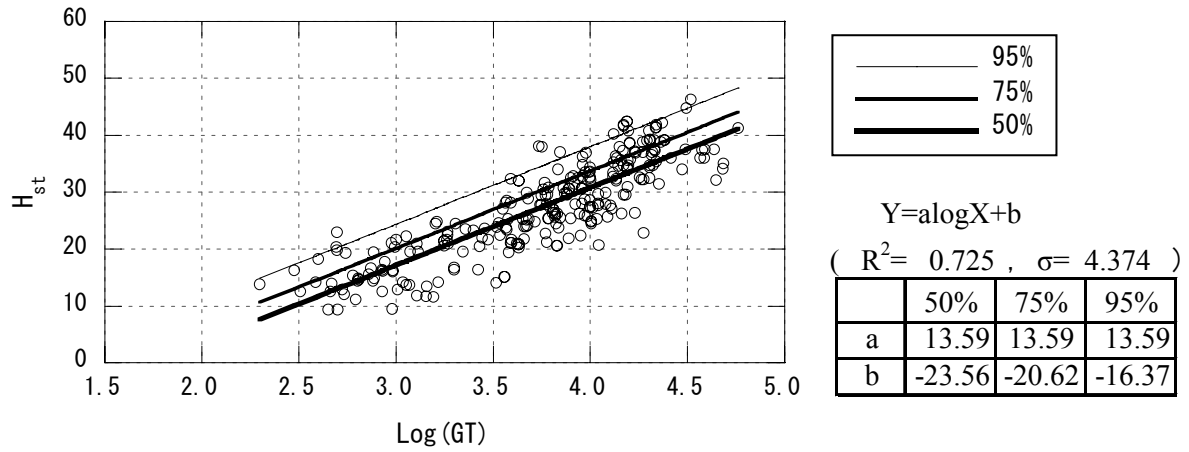


図 33-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（RORO 船）

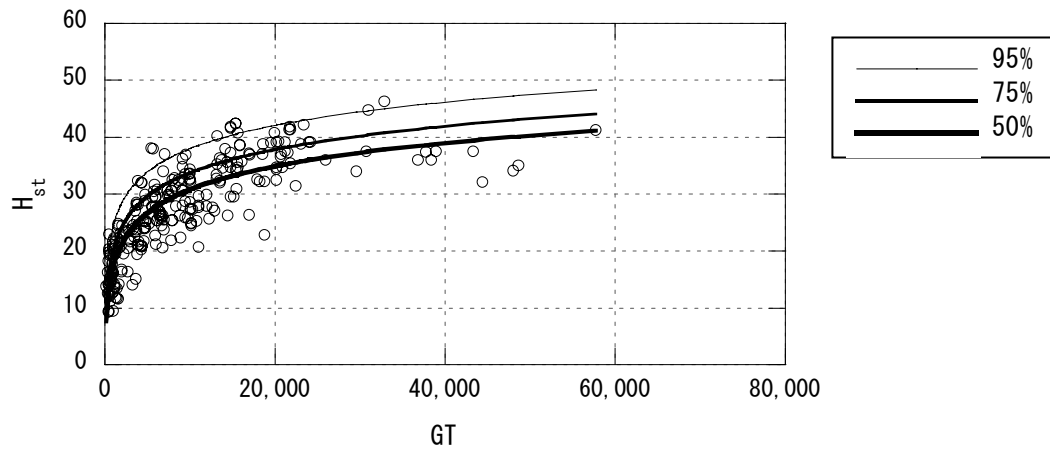


図 33-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（RORO 船）

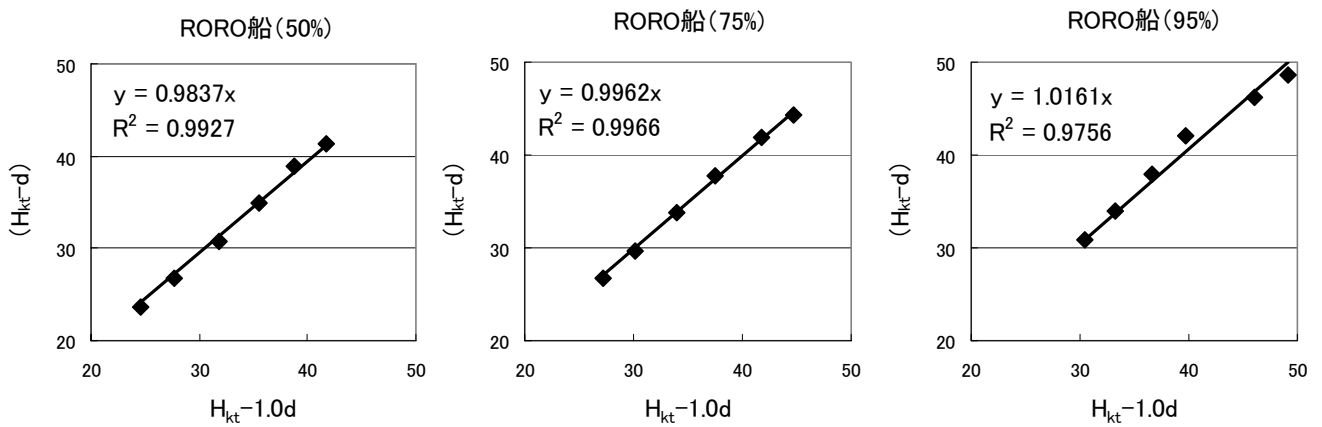


図 33-5 喫水率（ β ）=1.0 との比較

6.5 PCC 船

PCC 船の海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 34-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 34-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 34-3 に示す。図 34-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 34-4 に示す。この図 34-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 34-3 では決定係数の値 (0.573) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 34-4 から PCC 船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 25 に示す。

この表 25 の結果は、5. での喫水率 (β) = 1.0 の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 25 の結果を示した結果を図 34-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 25 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (PCC 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	24.0	26.5	30.2
5,000	26.6	29.2	32.9
12,000	31.1	33.7	37.4
20,000	33.7	36.3	40.0
30,000	35.8	38.4	42.1
40,000	37.3	39.8	43.5
60,000	39.4	41.9	45.6

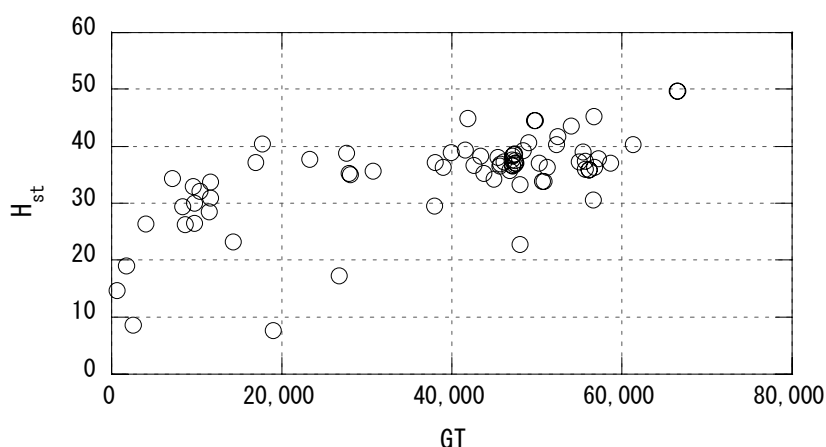


図 34-1 H_{st} データの分布状況 (PCC 船)

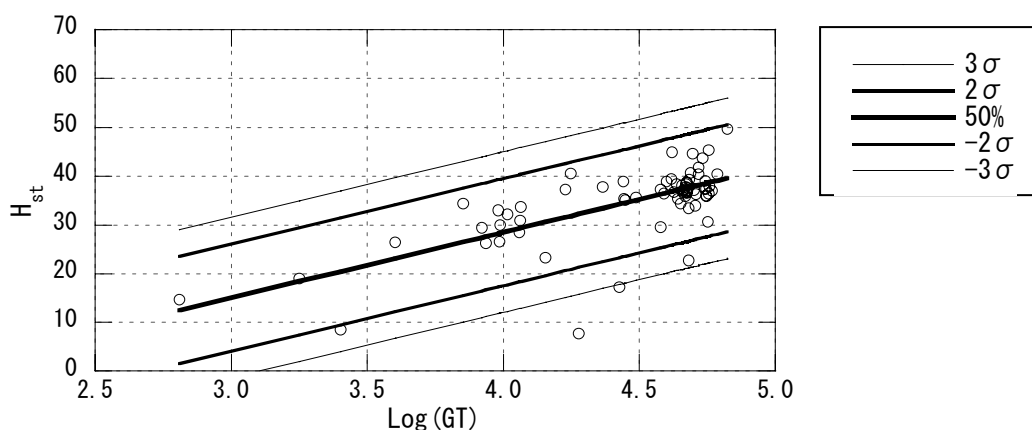


図 34-2 H_{st} 一片対数回帰分析 (PCC 船)

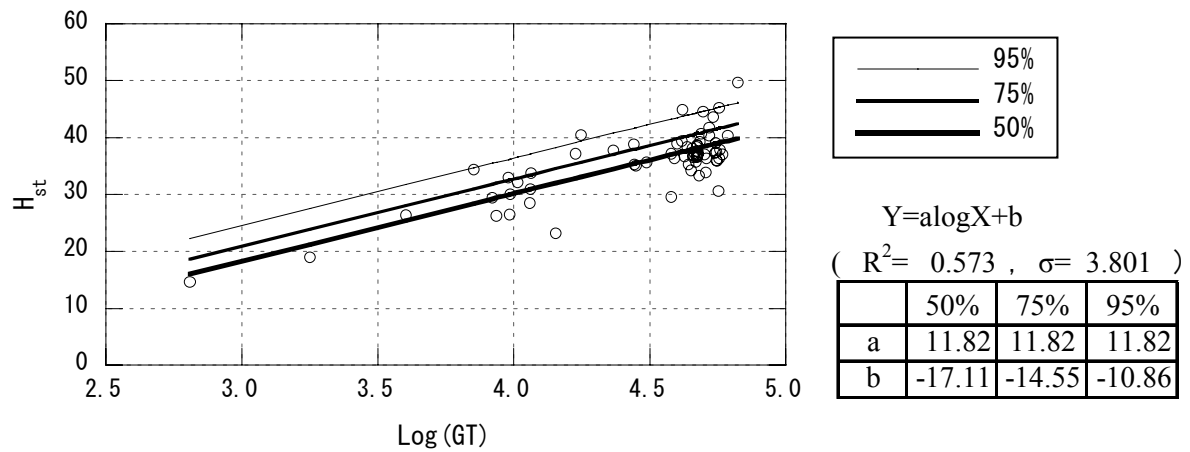


図 34-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（PCC 船）

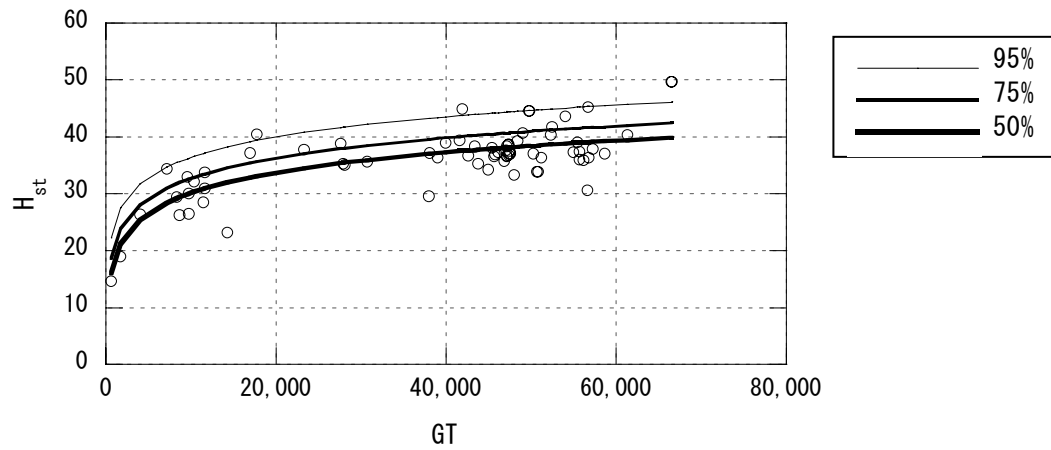


図 34-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（PCC 船）

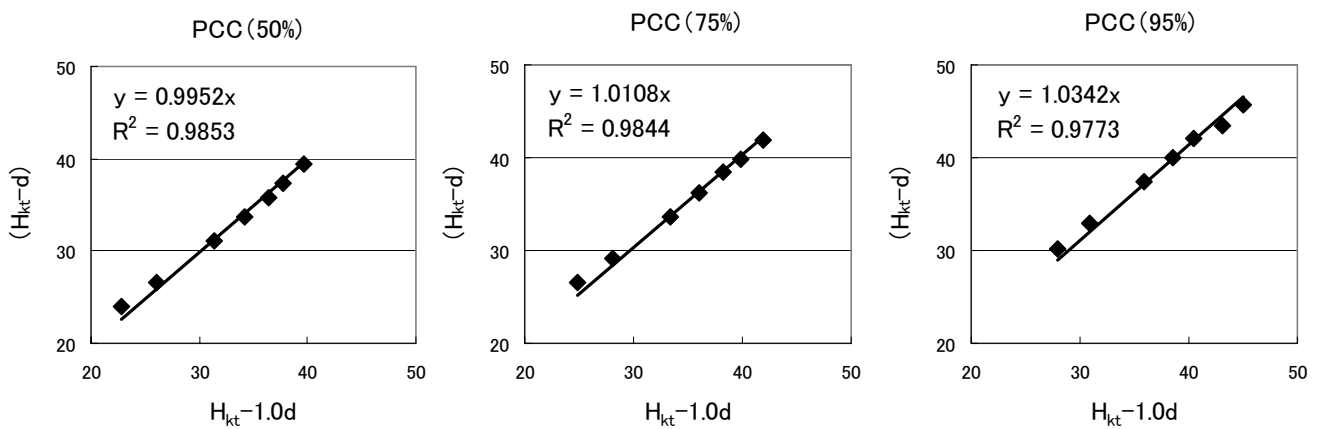


図 34-5 喫水率（ β ）=1.0 との比較

6.6 LPG 船

LPG 船の海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 35-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 35-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 35-3 に示す。図 35-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 35-4 に示す。この図 35-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 35-3 では決定係数の値 (0.878) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 35-4 から LPG 船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 26 に示す。

この表 26 の結果は、5. の喫水率 (β) = 1.0 の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 26 の結果を示した結果を図 35-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 26 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (LPG 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	24.4	25.7	27.6
5,000	26.8	28.2	30.1
10,000	30.2	31.6	33.5
20,000	33.6	34.9	36.9
30,000	35.6	36.9	38.8
40,000	37.0	38.3	40.2
50,000	38.0	39.4	41.3

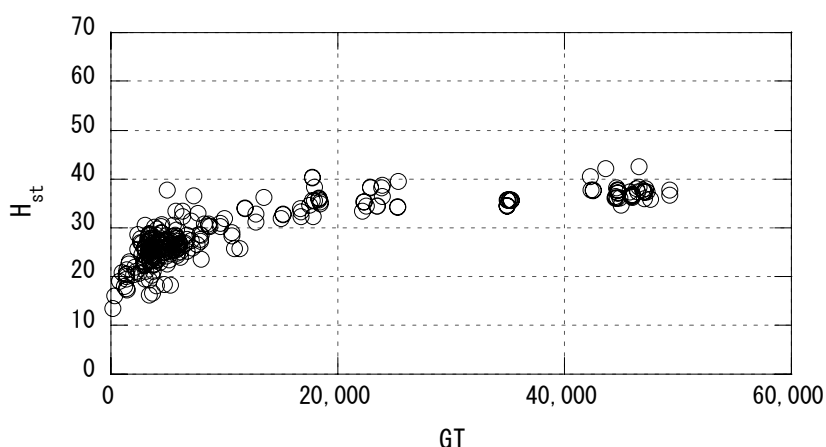


図 35-1 H_{st} データの分布状況 (LPG 船)

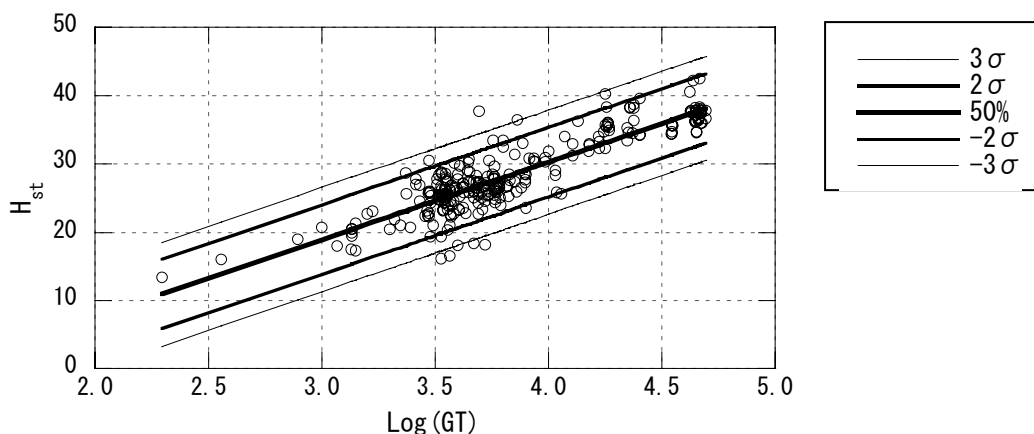


図 35-2 H_{st} 片対数回帰分析 (LPG 船)

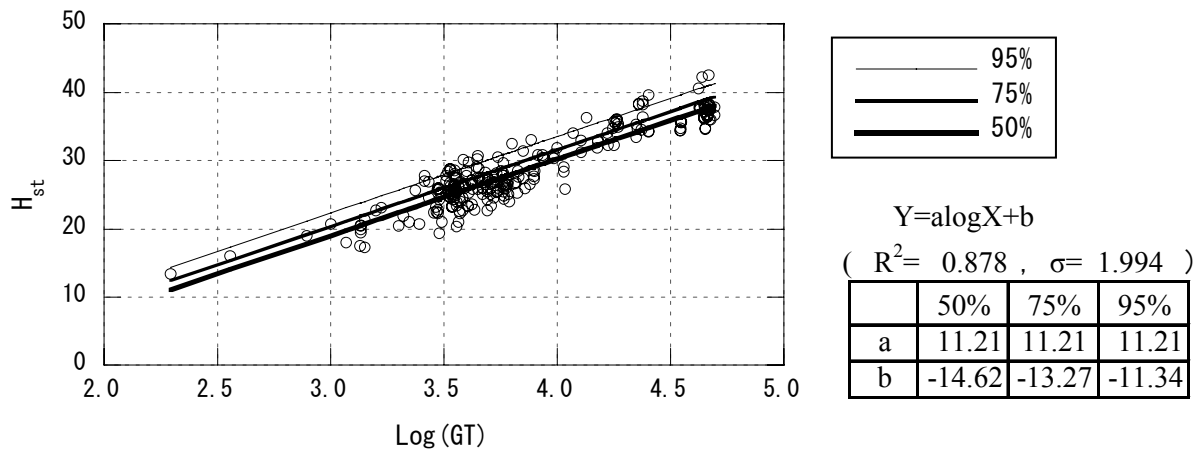


図 35-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（LPG 船）

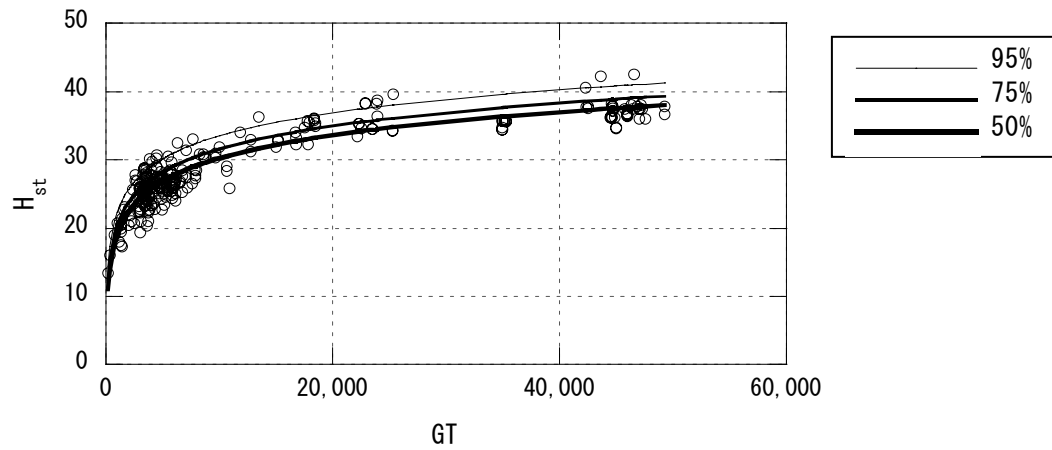


図 35-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： ± 2 超データの排除後（LPG 船）

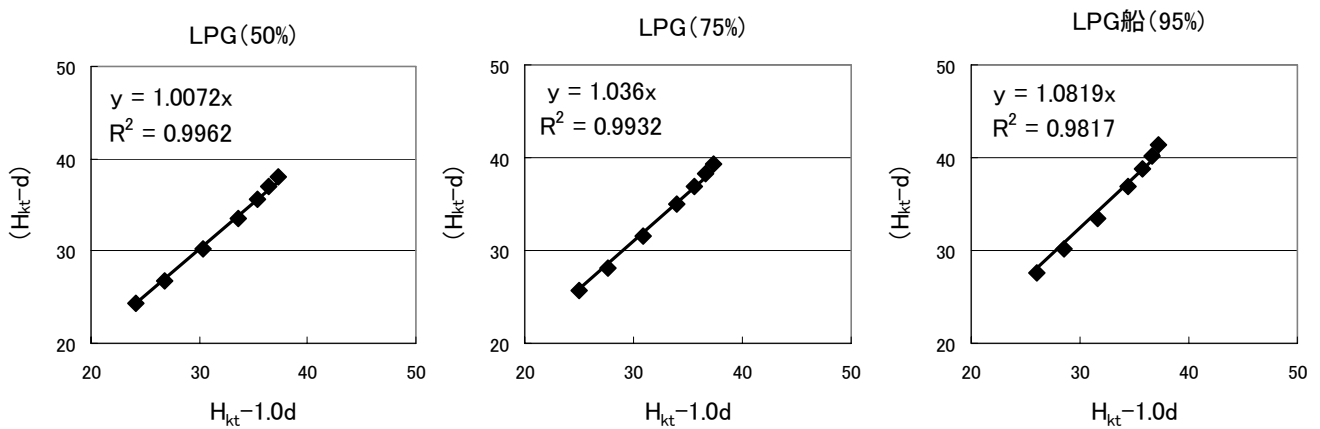


図 35-5 喫水率 (β) = 1.0 との比較

6.7 LNG 船

LNG 船の海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 36-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 36-2 に示す。なお、50,000GT 以下の船舶はデータ数が少ないため排除した。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 36-3 に示す。図 36-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 36-4 に示す。この図 36-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示しているとともに、図 36-3 では決定係数の値 (0.192) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。ここでは、他の船種と異なり決定係数は低いもののこの領域での特性は反映されていると考えられる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基

準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 27 に示す。

この表 27 の結果は、5. の喫水率 (β) = 1.0 の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 27 の結果を示した結果を図 36-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 27 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (LNG 船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
80,000	42.3	46.6	52.8
100,000	49.4	53.7	59.9
120,000	55.2	59.5	65.7

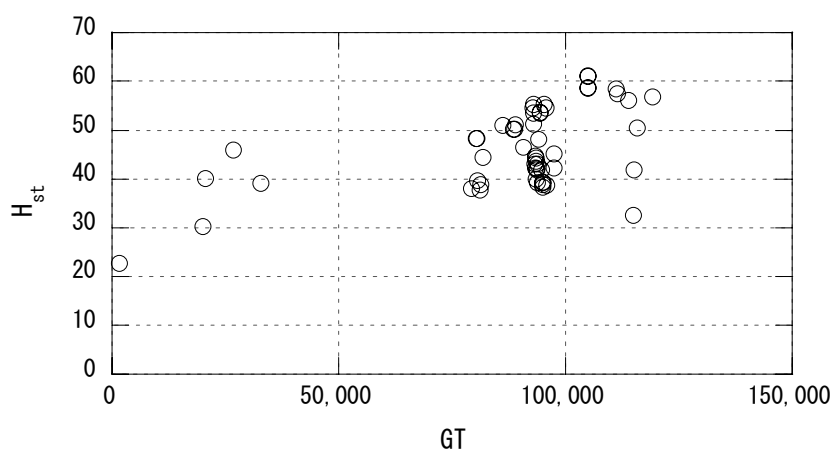


図 36-1 H_{st} データの分布状況 (LNG 船)

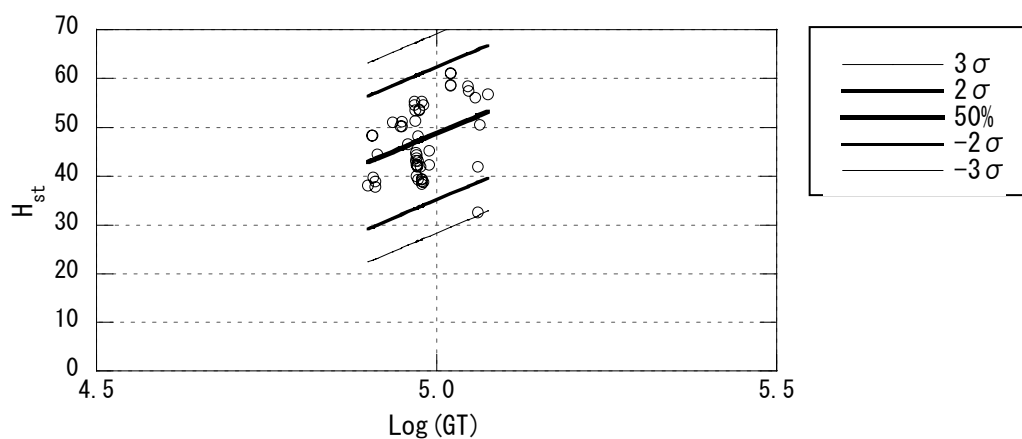


図 36-2 H_{st} —片対数回帰分析 (LNG 船)

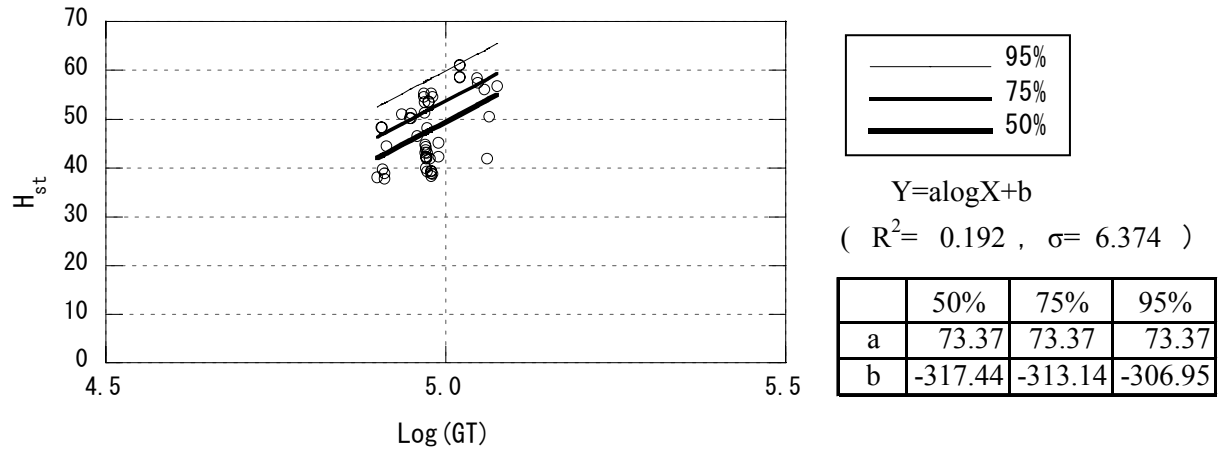


図 36-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（LNG 船）

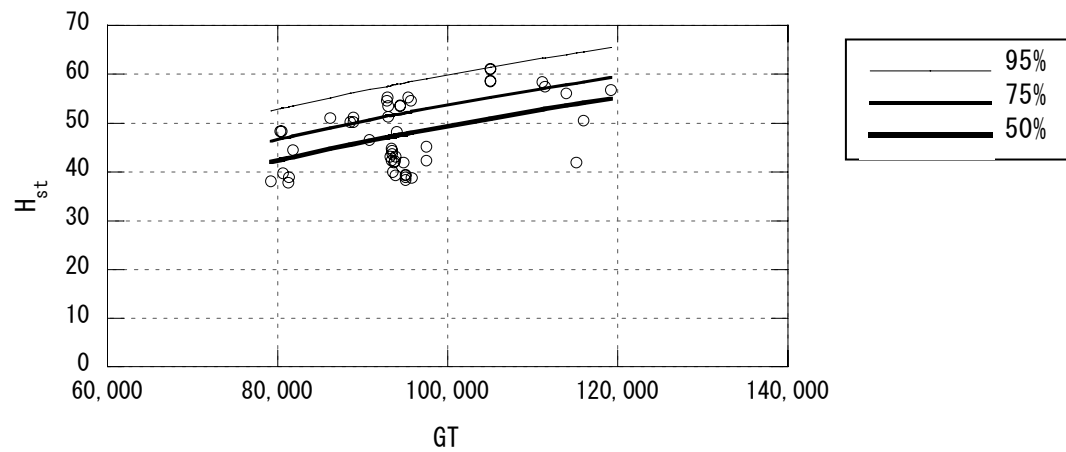


図 36-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（LNG 船）

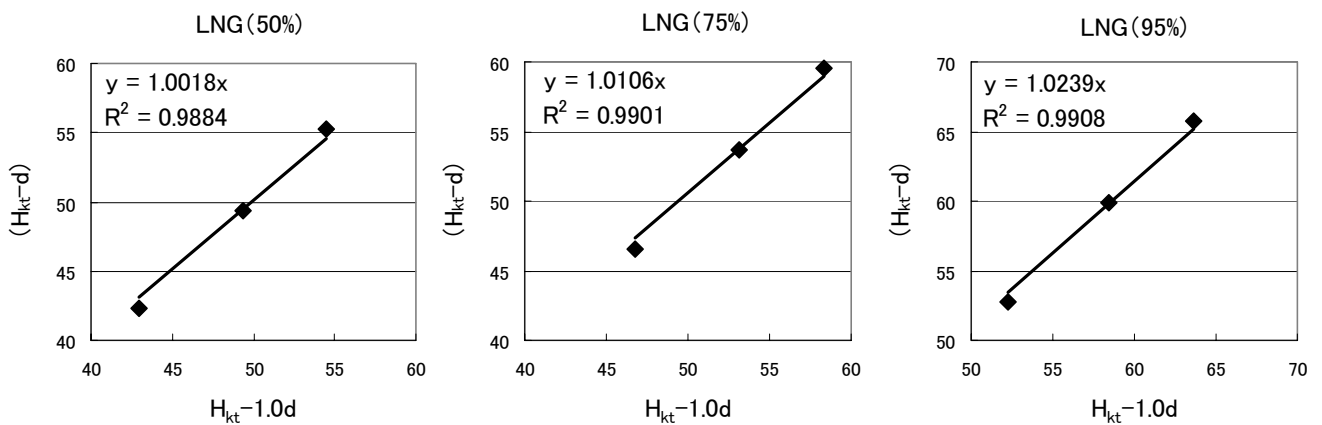


図 36-5 喫水率（ β ）=1.0 との比較

6.8 旅客船

旅客船の海面上高さ(H_{st})データの分布図を図 37-1 に示す。次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除するための片対数回帰分析による結果を図 37-2 に示す。さらに、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後の解析対象データに対して片対数回帰分析手法を適用して得られた回帰分析の結果を図 37-3 に示す。図 37-3 の横軸の対数表示を真数として表示した結果を図 37-4 に示す。この図 37-3, 4 ではカバー率 50%, 75%, 95% の回帰式の結果を表示していると同時に、図 37-3 では決定係数の値 (0.678) と各カバー率の回帰式の係数を併せて示す。この図 37-4 から旅客船に関しては有意な回帰式が得られていると判断できる。

したがって、ここで得られた回帰式をもとに「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表 28 に示す。

この表 28 の結果は、5. の喫水率 (β) = 1.0 の結果と同等の概念である。この両者を比較するために、横軸に喫水率 (β) = 1.0 の結果を示し、縦軸に表 28 の結果を示した結果を図 37-5 に示す。なお、両者の区分を明確にするために横軸での $H_{kt}-1.0d$ の表示に対して、縦軸は ($H_{kt}-d$) と表示している。

表 28 海面上高さ (H_{st}) の解析結果 (旅客船)

総トン数 GT (トン)	50% (m)	75% (m)	95% (m)
3,000	25.7	30.3	37.0
5,000	29.2	33.9	40.5
10,000	34.0	38.6	45.3
20,000	38.8	43.4	50.0
30,000	41.6	46.2	52.8
50,000	45.1	49.7	56.3
70,000	47.4	52.0	58.6
100,000	49.8	54.5	61.1

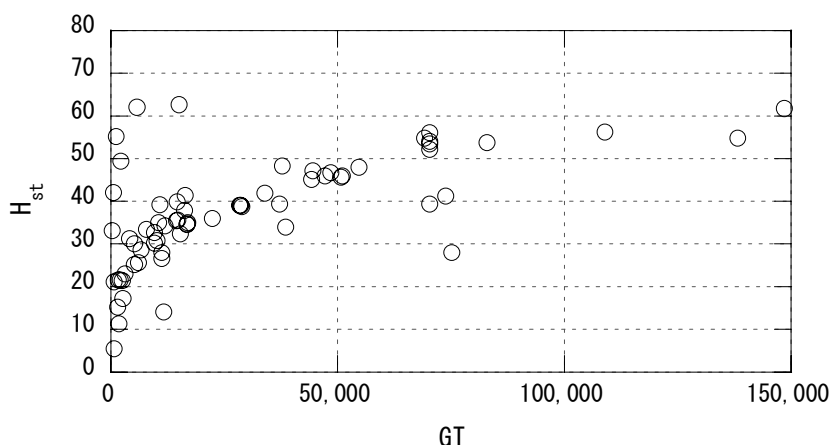


図 37-1 H_{st} データの分布状況 (旅客船)

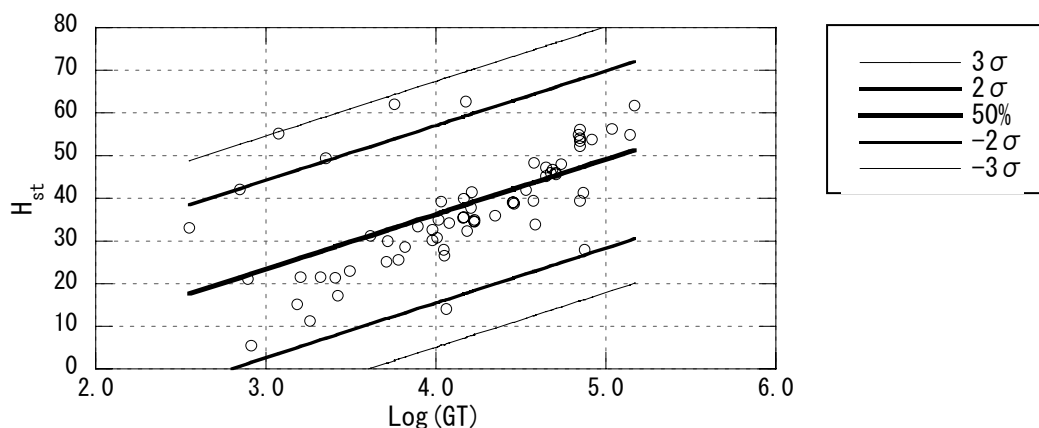


図 37-2 H_{st} —片対数回帰分析 (旅客船)

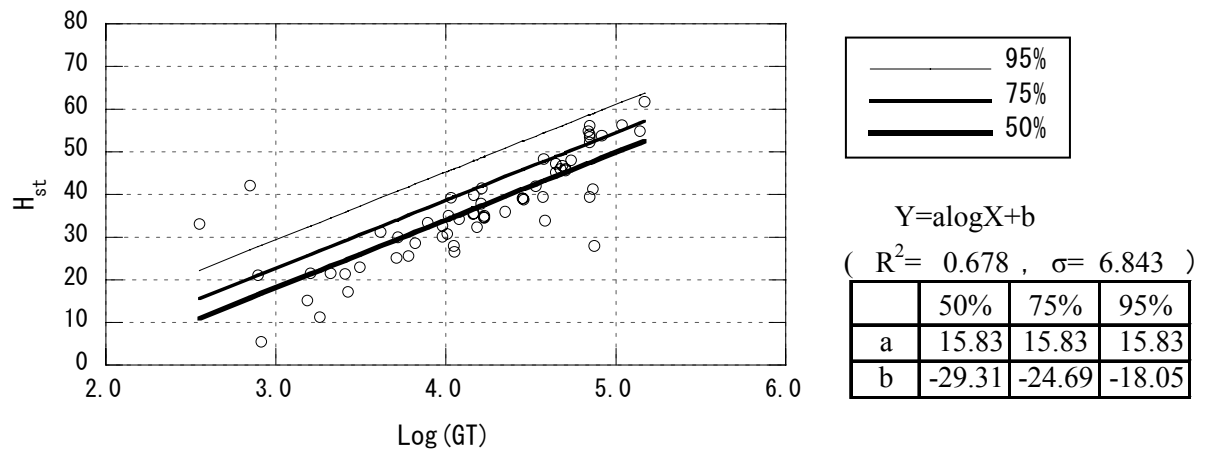


図 37-3 H_{st} —片対数回帰分析の結果①： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（旅客船）

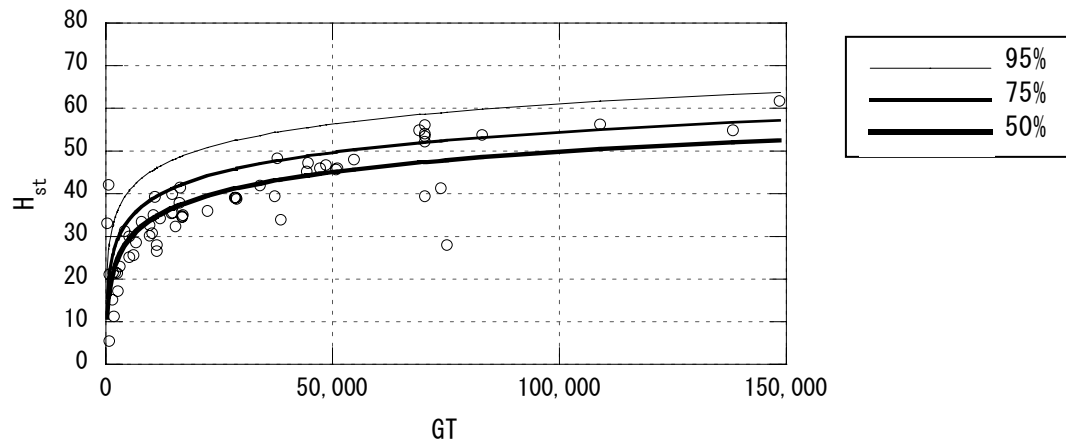


図 37-4 H_{st} —片対数回帰分析の結果②： ± 2 超データの排除後（旅客船）

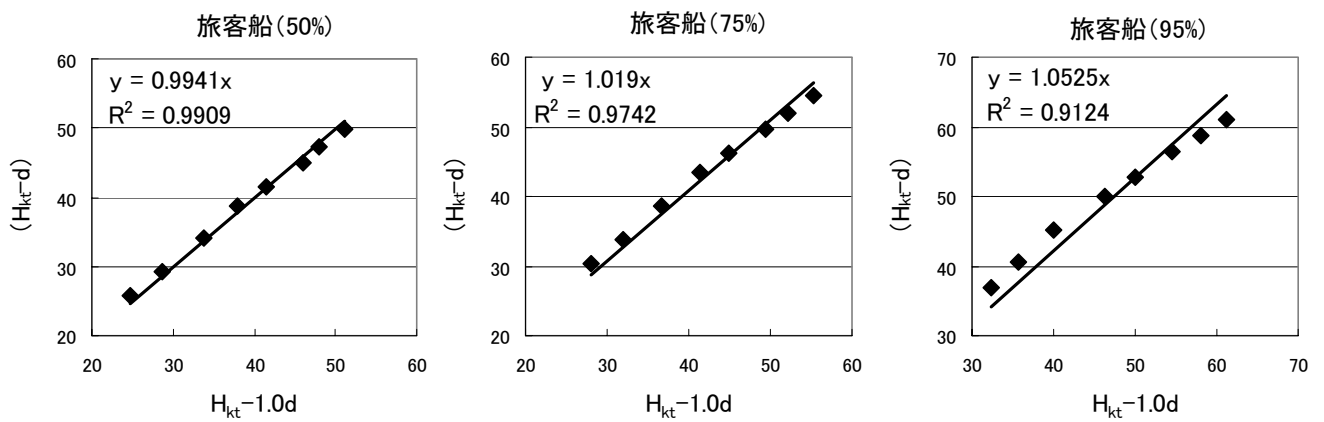


図 37-5 喫水率 (β) = 1.0 との比較

7. おわりに

船舶の高さに関する諸元値が従来の「技術基準」において示されてこなかった理由を整理したうえで、第1に「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。

具体的に、

- ①主要諸元データとの船階級ごとの分散状況を比較分析
 - ②基礎データのデータから統計的に異常値の排除
 - ③新たな統計解析手法の適用
- により、「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の全高の値について算定した結果を表として提示した。

第2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等に際して必要となる海面上から最高点までの高さを「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。

具体的に、

- ①個別に分析された全高(H_{kt})と満載喫水(d)の値を用いて海面上高さ(H_{st})を推計する手法
 - ②船舶ごとの全高(H_{kt})と満載喫水(d)から直接に満載状態の海面上高さ(H_{st})を推計する手法
- により、「技術基準」と同様に設定した船階級に対応したカバー率 50%, 75%, 95% の海面上高さの値について算定した結果を表として提示した。

このような船舶の高さに関する諸元値表の提示は海外においても事例が見られないことから、「技術基準」の今後の改正に反映されることが期待される。一方で、様々な機会に公表して対外的な評価を受けることが必要である。それらの評価を踏まえるとともに「技術基準」を取り巻く情勢の変化に適切に対応するために、今後は全長や満載喫水等の他の主要諸元と合わせて分析を実施することが必要である。

(2006 年 11 月 17 日受付)

(※注) : Lloyd's Register Fairplay 社の概要

Lloyd's Register Fairplay Ltd. (LRF) は Lloyd's Register (LR) の海洋情報出版部と Fairplay Publications Limited が合併して 2001 年に設立された会社である。

Lloyd's Register of Shipping の発祥はロンドンにあったエドワード・ロイドのコーヒーショップで、1760 年に設立された。主な目的は商船をその構造と耐航性の点から分類することであった。最初の Register of Ships(船名録)

は 1764 年に刊行されている。1975 年に LR は慈善団体、すなわち非営利団体として登録されて、現在は約 120 カ国に事務所が存在して世界の商船に等級を定めている。

一方の Fairplay Publications Limited は Tomas Hope Robinson という創業者により 1883 年に出版社として設立された。雑誌が毎週刊行されており現在も LRF から Fairplay International Shipping Weekly として刊行されている。Fairplay はその後 1970 年代に Financial Times の発行者ピアソン・グループに売却された。

2001 年に LR の海洋情報出版部と Fairplay が合併されて、Lloyd's Register-Fairplay Ltd. として世界の海運業界へ情報提供を専門とする会社になった。本社はイギリスにあり、シンガポール、スウェーデン、アメリカに事務所を開いている。

参考文献

- 1) 赤倉康寛, 高橋宏直, 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
- 2) 赤倉康寛, 高橋宏直: Ship Dimensions of Design Ship under Given Confidence Limits 信頼度を与条件とした船舶諸元, 港湾技研資料 No.911, 1998
- 3) (社) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準, 1999 年
- 4) 高橋宏直, 後藤文子, 安部智久: 統計解析による船舶諸元に関する研究—船舶の主要諸元の計画基準（案）—, 国土技術政策総合研究所研究報告 No.28, 2006
- 5) (社) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準, 1979 年
- 6) (社) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準, 1989 年
- 7) Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways EAU 1996 : Issued by the Committee for Water front Structures of the Society for Harbours Engineering and the German Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1996
- 8) Approach Channels A Guide for Design : Final Report of the Joint PIANC-IAPH Working Group II -30 in cooperation with IMPA and IALA, 1997
- 9) TECHNICAL CODES FOR PORT ENGINEERING : SECTOR STANDARDS OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2000
- 10) OBRAS MARITIMAS TECNOLOGIA : Puertos del Estado, 2000

- 11) Guidelines for Design of Fenders Systems : Report of WG
33 of the MARITIME NAVIGATION COMMISSION ,
International Navigation Association PIANC, 2002
- 12) Hironao TAKAHASHI, Ayako GOTO and Motohisa
ABE : Study on Standards for Main Dimensions of the
Design Ship, TECHNICAL NOTE of National Institute
for Land and Infrastructure Management, No.309, 2006

国土技術政策総合研究所研究報告

RESEARCH REPORT of NILIM

No. 31 November 2006

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

〔 7239-0826 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:046-844-5018 〕