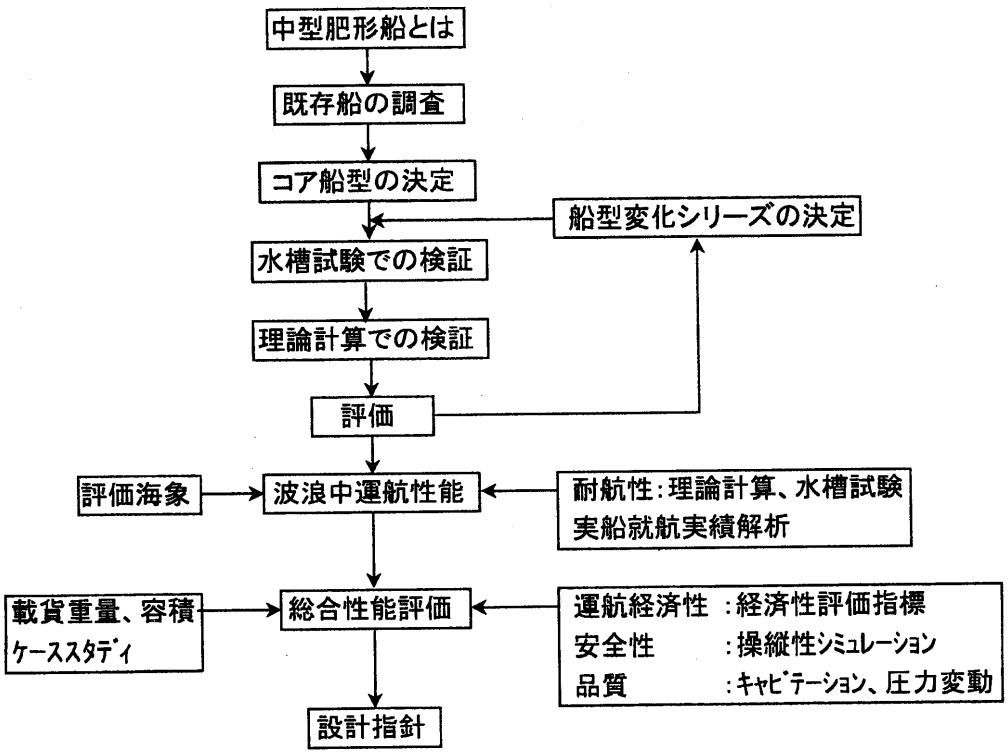
Japan Ship Technology Research Association

1．研究の目的

中型肥形船においては、その航路、港湾条件により船長や吃水に制限があることから、船幅、幅／吃水比を増して載貨重量、載貨容積の増加を図るいわゆる幅広浅吃水が運航上必要な条件として求められている。しかし、このような船型では、粘性抵抗成分が卓越し、船型の微妙な差異や変化が船体周りの流れに大きな影響を与え剥離や渦を発生させて推進性能や進路安定性を劣化させ、プロペラ起振力にも問題を生じひいては波浪中耐航性能に大きく影響を及ぼす可能性が少なくなく、船型の決定には多くの流体力学的性能と載貨重量・容積、推進プラント配置等の総合的諸性能のバランスがますます厳しく要求されるようになってきている。

本研究では、既存中型肥形船のデータ範囲を超える肥大度や幅／吃水比の大きな肥形船を対象にコアとなる船型及びその船型パラメータを変化させた船型変化シリーズの船型について、その基本性能を水槽試験と理論計算によって検証し評価を行い、推進性能及び実海域運航性能の評価にとって重要な波浪中性能及び操縦性能が、どのように船型の相違の影響を受けるかを調査し、併せて理論計算手法が設計ツールとして利用できる可能性及び利用法の改善について検討する。さらに運航経済性、安全性等を考慮した総合性能の評価を行った上で、載貨重量・容積、推進プラント配置等との優れたバランスを満たし、実海域運航性能に優れた中型肥形船の基本計画において実用上問題のない船型計画及び性能評価を可能とする設計指針を得ることを目的とする。



NII-Electronic Library Service

Japan Ship Technology Research Association

2．研究の目標

既存肥形船データの範囲を超える幅広浅吃水肥形船の基本設計において実用上問題のない船型計画・性能評価を可能とする設計指針を得るための研究要素としては　1)船型変化と主要性能の関係の把握　2)理論計算による主要性能推定法の検証　3)基本設計面からの評価　4)波浪中運航性能評価　5)総合性能評価がある。

これらの要素を満足する為に本研究部会では以下の研究項目を目標にした。

(1) コア船型及び船型変化の計画と主要性能の把握

既存船のデータの外縁に相当する主要目比、肥大度を有するコア船型を設定し、その値をもとに主要目、肥大度等の船型パラメータを変化させて、船型変化シリーズを構築し、水槽試験により主要性能を把握する。

(2) 主要性能推定手法の精度評価と改善

既存の理論計算ツールを用いて主要性能を推定し、水槽試験結果と比較検証し、その精度を評価するとともにその利用法の改善を図る。

(3) 載貨重量、機関室配置、容積等の評価

流体力学的性能に加え、基本設計面からの評価を行う。

(4) 波浪中運航性能(シーマージン)の評価

実海域性能評価のため、正面向波状態での不規則波中短波頂海面での抵抗増加を推定し、シーマージンの評価を行う。

(5) 総合性能の評価

運航経済性、安全性、品質を総合した性能の評価を行う。

これらの研究項目を目標にすることにより、本研究部会の目的とする「総合的運航性能に優れた中型肥形船の基本計画において実用上問題のない船型計画及び性能評価を可能とする設計指針」が得られる。

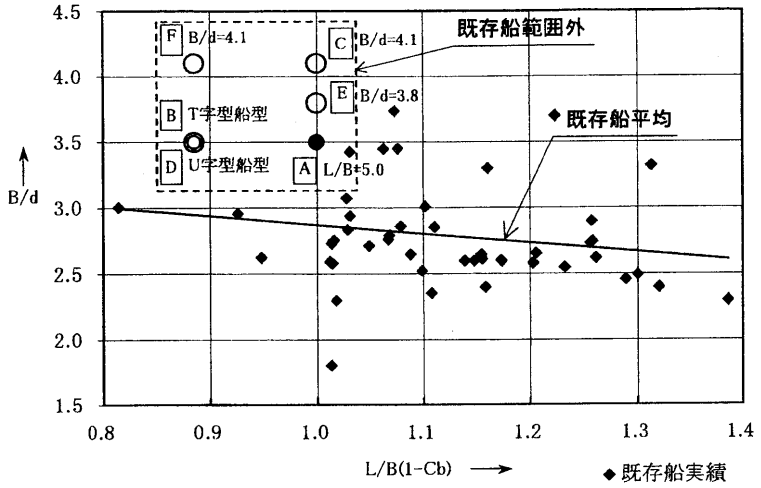
NII-Electronic Library Service

Japan Ship Technology Research Association

3．研究の内容

3．1　コア船型及び船型変化の計画と主要性能の把握

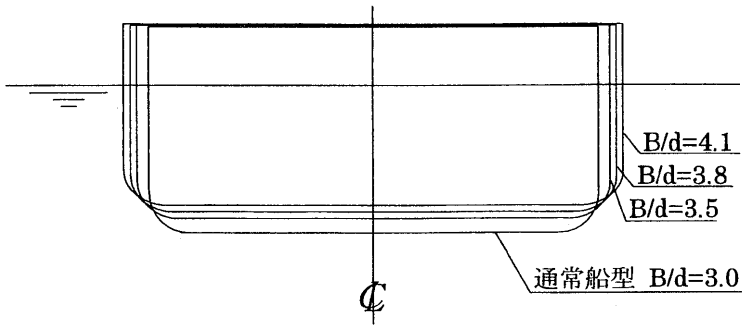
既存中型肥形船実積調査に基づき、その限界近くに相当するコア船型を設定し、その主要性能(推進性能、操縦性能、船尾流場、キャビテーション特性、規則波中船体運動・抵抗増加)を水槽試験により把握した後、幅／吃水比、船首尾肥大度、フレームライン等を変化させた船型変化シリーズを計画し、水槽試験により主要性能の把握を行った。



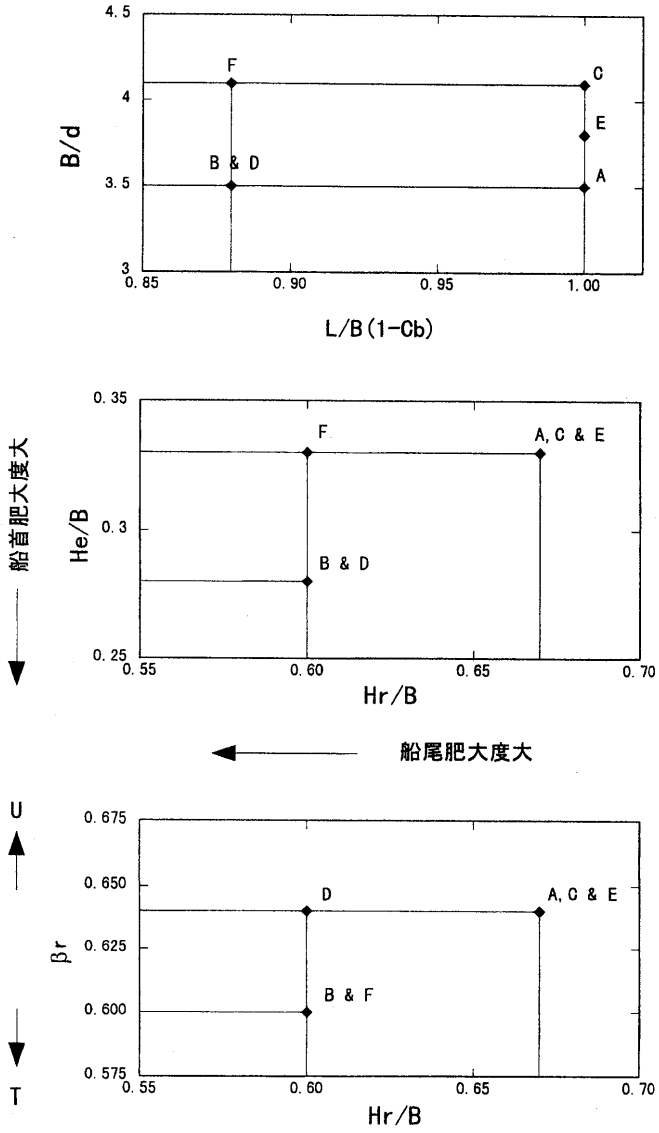
既存船実積とＳＲ２３１研究船の関係

主要目、肥大度及び船型パラメータ比較表

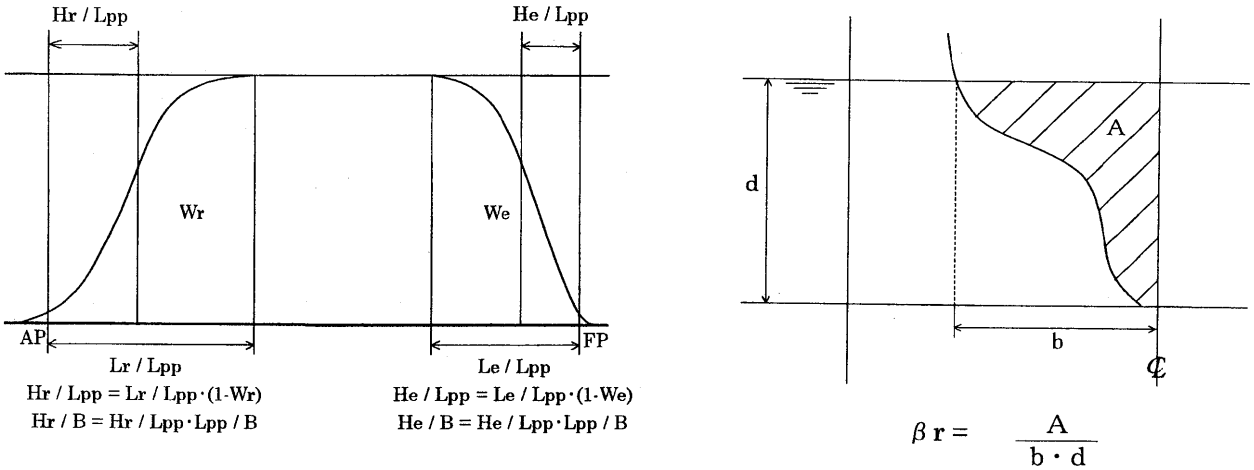
	平成８年度研究		平成９年度研究		平成10年度研究	
Hull Form	SR231A	SR231B	SR231C	SR231D	SR231E	SR231F
Lpp (m)	225.00	225.00	237.00	225.00	231.00	237.00
B (m)	45.00	45.00	47.50	45.00	46.20	47.50
D (m)	22.00	22.00	20.60	22.00	18.00	20.60
d (m)	12.85	12.85	11.55	12.85	12.19	11.55
L/B	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
B/d	3.50	3.50	4.10	3.50	3.80	4.10
He/B	0.33	0.28	0.33	0.28	0.33	0.33
Hr/B	0.67	0.60	0.67	0.60	0.67	0.60
βr	0.64	0.60	0.64	0.64	0.64	0.60



NII-Electronic Library Service



研究船と船型パラメータの関係



船型パラメータ解説

NII-Electronic Library Service

水槽試験結果による主要性能の比較（満載）

		SR231A	E	C	B	D	F	備　考
L/B(1-Cb)		1.0	1.0	1.0	0.88	0.88	0.88	
B/d		3.5	3.8	4.1	3.5	3.5	4.1	
Hr/β		0.67	0.60	0.67	0.67	0.60	0.60	
βr		0.64	0.64	0.64	0.64	0.60	0.60	
DW		93,980	96,880	92,180	93,220	96,920	94,865	
推進性能	Vs	14.70	14.67	14.48	14.33	14.17	14.30	DW,B/d 増加で推進性能低下
	$\Delta^{2/3}\cdot Vs^3/PS$	543.7	539.5	519.5	513.2	496.1	508.4	
	MO／△·Vs	0.01070	0.01075	0.01087	0.01068	0.01080	0.01075	
	MO／DW·Vs	0.01216	0.01228	0.01259	0.01210	0.01224	0.01238	
操縦性能	旋回径							IMO 暫定基準
	アドバンス／Lpp	3.09	3.11	3.17	3.07	2.97	2.97	＜ 4.5
	タクティカルダイヤ／Lpp	3.17	3.10	3.18	3.06	2.92	2.95	＜ 5.0
	第２オーバーシュート角	17.3	17.4	16.0	25.1	19.3	19.3	＜ 35
								船尾肥大度増加で低下、B/d 増加で向上
船尾流場 伴流分布	プロペラディスク内中心上方のピーク	0.5～0.6	≒0.6	0.6～0.7	≒0.6	0.6～0.7	0.6	B/d の増加、フレームライン U 型化により船尾流場劣化
	チップ上方の w_t	0.5～0.6	≒0.6	＞0.7	≒0.6	＞0.7	0.6～0.7	
船尾流場 タフト挙動	プロペラ前方	M	M	E	M	E	M	
	プロペラ上方	M	M	M	M	H	M	M:Moderate E:Expensive H:Heavy
プロペラ	キャビテーション	M	E	E	—	—	—	伴流分布に対応して劣化
	変動圧力(Tip)	130	180	220	—	—	—	
規則波中船体運動		既 存 船 並						—
規則波中抵抗増加 (短波長)		0.400	0.472	0.504	0.540	0.576	0.740	B/d の増加、肥大度の増加で抵抗増加

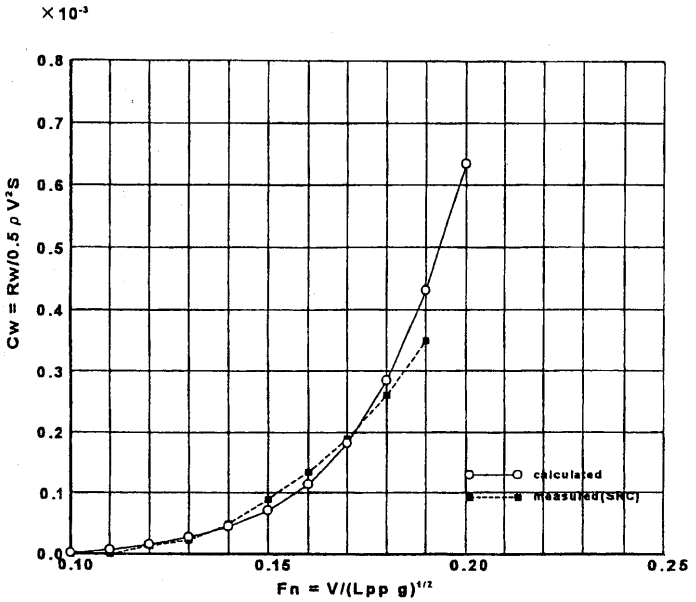
３．２　主要性能推定手法の精度評価と改善

既存の理論計算ツールを用いて、各船型の主要性能を推定し、水槽試験結果と比較検証し、精度評価を行うとともに精度向上の為の利用法の改善を検討した。

(1) 推進性能

a) ランキンソース法

九大法、梶谷-川島法、横浜国立大法によりそれぞれ造波抵抗係数、波紋等高線図を計算し、実験値と比較し、問題点を把握して精度向上を図った。

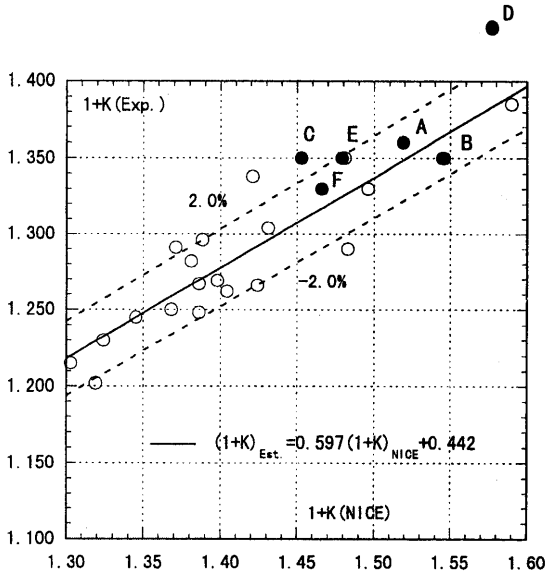


ランキンソース法(横浜国大法)による造波抵抗係数の実験値との比較(SR231E)

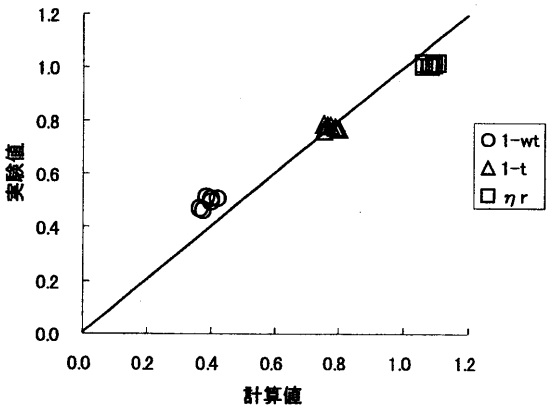
NII-Electronic Library Service

b) C.F.D

niceコードにより形状影響係数、自航要素の計算を行い、実験値と比較検証した。また船尾周り流場の計算を行い、船型差の反映度を検証した。



NICE 法による Form Factor(1 + K)の計算と水槽試験結果の相関(SR222成果報告書より)



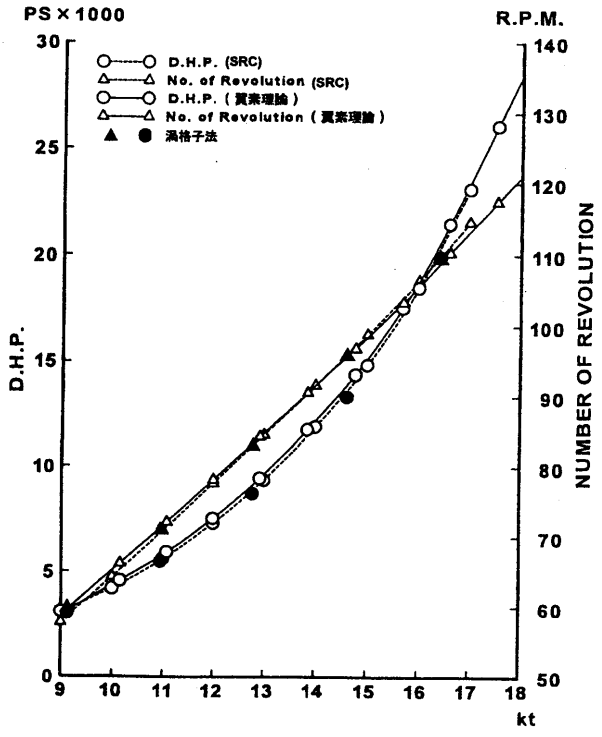
ＣＦＤによる計算値と実験値との比較(自航要素)

c) 境界層理論

ポテンシャル流線、運動量厚さ、摩擦応力分布を計算し、船長方向に積分した摩擦抵抗係数により精度を検証した。

d) 翼素理論及び渦格子法

水槽試験によって得られたプロペラ面内伴流データ、抵抗値等を用い、自航状態のシミュレーション及びSpeed-馬力推定を行い、両方法での計算結果の差異、水槽試験結果との差異を比較検証した。



翼素理論、渦格子法、計算結果の比較(SR231A)

NII-Electronic Library Service

Japan Ship Technology Research Association

(2) 操縦性能

流体力微係数が操縦性能に及ぼす感度調査を行い、中型浅吃水肥形船の流体力微係数を求める簡易推定式を貴島の式をベースに検討した。また、保針性能、停止性能について参加各社の保有データ及び本研究船データを基にパラメトリックスタディを行い、簡易推定法を検討した。

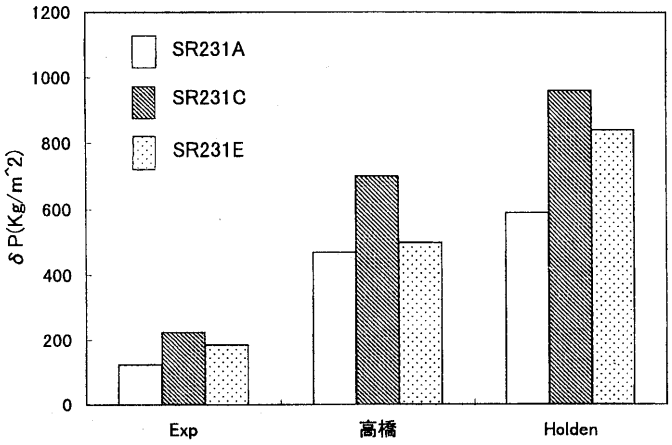
(3) 耐航性能

船体運動(縦揺れ、上下揺れ)の応答をストリップ法で、規則波中抵抗増加を丸尾の方法に藤井・高橋の方法を加味した方法及びSTFMに藤井・高橋の方法を加味した方法でそれぞれ計算し、実験結果と比較検証した。

また、短波長域抵抗増加についてブラントネス係数と抵抗増加係数の関係及び船幅／吃水比と抵抗増加の関係を検討した。

(4) プロペラ

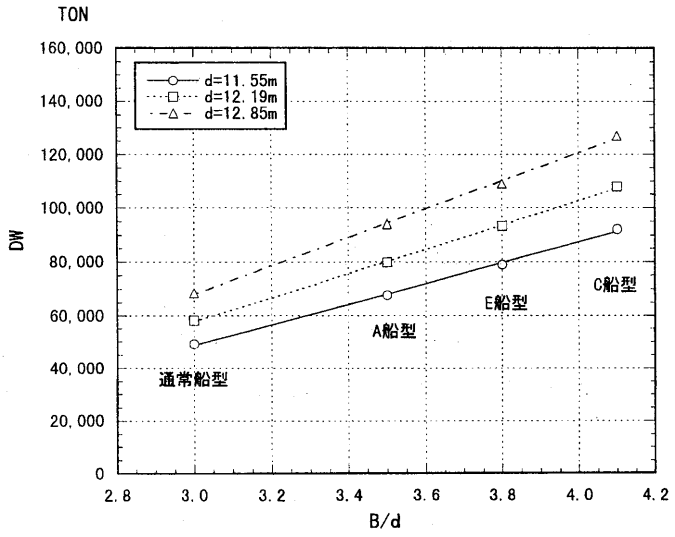
揚力面渦格子法を用いたプロペラ単独性能推定値及び非定常プロペラ理論による推定プロペラキャビテーションパターン及び簡易推定式による変動圧力それぞれについて実験結果と比較検討した。



変動圧力推定結果の比較 Full Load

3.3 載貨重量、機関室配置、容積等の評価

A～F各船型について基本設計を行い、流体力学性能以外の諸性能について比較評価した。

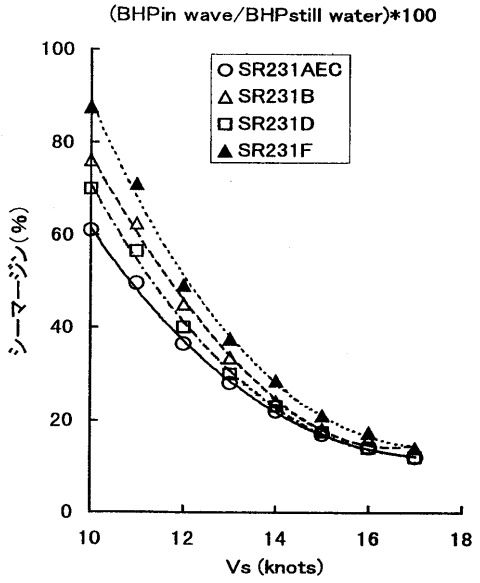


3ケースの吃水でのA, C, E船型のDW比較

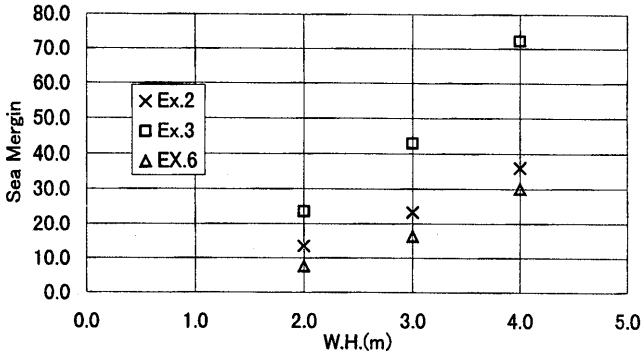
NII-Electronic Library Service

３．４ 波浪中運航性能の評価

運航性能を評価する評価海象(有義波高３m，平均波周期８秒，不規則波，正面向波，短期予測)を設定し、評価海象下での抵抗増加を各船型について算出し、それを基に波浪シーマージンを推定し船型間の差異を把握した。また、本研究船に近い実船就航船データの解析を併せて行い本研究会のシーマージン推定値の妥当性について検証した。



船型別波浪シーマージン推定値の比較



実船就航実積解析例
波浪による Sea Mergin(向風中)

３．５ 総合性能の評価

推進性能、操縦性能、耐航性能等流体力学的性能と関連させて運航経済性、安全性、品質をそれぞれの評価指標で表して総合性能評価を行った。

総合性能評価表

	Ship	Convent.Ship	SR231A	SR231E	SR231C
	Lpp (m)	214.00	225.00	231.00	237.00
	B (m)	42.80	45.00	46.20	47.50
	d (m)	14.25	12.85	12.19	11.55
	DW (t)	95025	93980	93220	92180
	L/B(1-Cb)	1.00	1.00	1.00	1.00
	B/d	3.00	3.50	3.80	4.10
	βr	0.64	0.64	0.64	0.64
平水中	K1as	543.0	545.0	542.0	505.0
平水中	K1bs	0.0119	0.0120	0.0121	0.0132
平水中	K1cs	-0.0100	0.0000 (base)	0.0100	0.0420
	K2	1	1	1	1
	K3	1	1	1	1
波浪中	K1aw	446.0	460.0	458.0	421.0
波浪中	K1bw	0.0126	0.0123	0.0125	0.0140
波浪中	K1cw	-0.0010	0.0000	0.0100	0.0470

Ship	SR231B	SR231D	SR231F
Lpp (m)	225.00	225.00	237.00
B (m)	45.00	45.00	47.50
d (m)	12.85	12.85	11.55
DW (t)	96920	96880	94865
L/B(1-Cb)	0.88	0.88	0.88
B/d	3.50	3.50	4.10
βr	0.60	0.64	0.60
K1as	511.0	474.0	503.0
K1bs	0.0126	0.0136	0.0131
K1cs	-0.0050	0.0200	0.0210
K2	0*	0*	1
K3	1	1	1
K1aw	423.0	394.0	405.0
K1bw	0.0132	0.0142	0.0141
K1cw	0.0010	0.0260	0.0370

*：IMO暫定基準をクリアーしていないが差は小さい

K1a アドミラリティ係数 ： $\Delta^{2/3}\cdot Vs^3/PS$
K1b 運航性能指標 ： MO／(Vs･DW) ， K1c ： 運航費／運賃収入比のコア船型に対する変化
K2 安全性指標 ： 操縦性能シミュレーションがIMO暫定基準を満足するか否か(満足する 1,しない 0)
K3 品質指標 ： プロペラキャビテーション,変動圧力レベルを総合して船尾振動問題発生の可能性の有無 (無 1,有 0)

３．６ 設計指針

以上の研究を総合して、既存の中型肥形船の主要目比や肥大度の実積を超えた幅広浅吃水肥形船を船型計画するに当たってのガイダンスをまとめた。

NII-Electronic Library Service

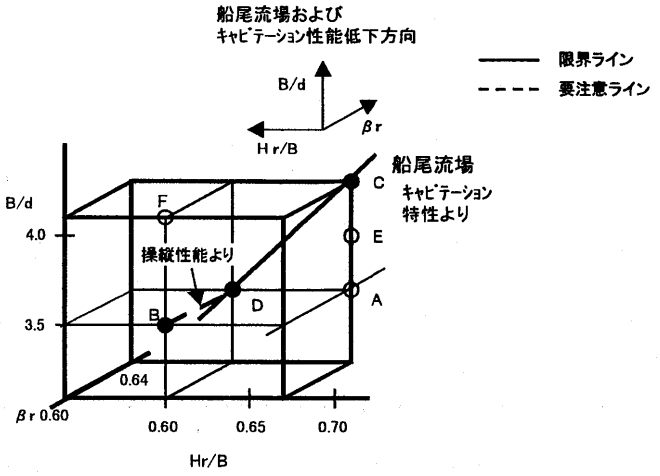
Japan Ship Technology Research Association

4．得られた成果

本研究では水槽試験、理論計算、基本設計等、種々の検討を行うことで、中型肥形船の基本計画において実用上問題のない船型計画及び性能評価を可能とする設計指針を得た。以下にその内容を示す。

(1) 船型パラメータ選定指針

中型浅吃水肥形船を計画する上で特に問題となる操縦性能、船尾流場の可否を目安に船型パラメータの選定指針を作成し、問題のない船型を選定できる様にした。



(2) 理論計算の精度評価

既存の理論計算ツールの精度と使用上の留意事項等についてまとめ、ガイダンスとした。

既存理論計算ツールの精度評価表

	計算項目	定量的精度 (実験値との比較)	定性的精度	留意点等
ランキンソース法	rW	◎	◎	改良 横浜国立大法 (自由表面パネルO型)
CFD	K	△	◎	
	1-w	△	○	
	1-t	△	△	
	ηR	△	△	プロペラ計算モデルの改良が必要
	船尾周り流場	—	○	
境界層理論	1+K	△	○	
翼素理論及び 渦格子法	1-w	△	△	翼素理論と渦格子法の精度はほぼ同等 計算時間が短い翼素理論は有用
	1-t	◎	◎	
	ηR	◎	◎	
	DHP	◎	◎	
	RPM	◎	◎	
ストリップ法	縦揺れ,上下揺れ	◎	◎	B/d 大 ,ブラントネス係数大の船型では計算結果に注意を要する
丸尾+藤井・高橋法 Salvessen+藤井・高橋法	規則波中抵抗増加	○	○	
揚力面格子法	プロペラキャビテーション	—	○	
高橋,Holden 法	プロペラ変動圧力	△	△	

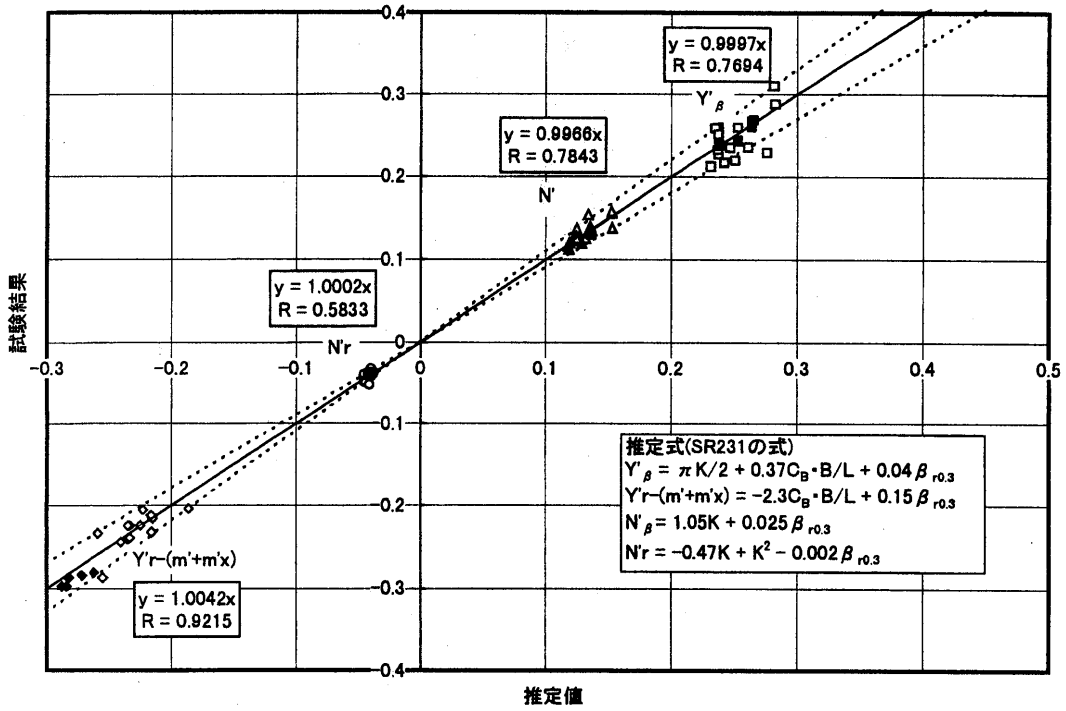
◎ 優　　○ 良　　△ やや悪い

NII-Electronic Library Service

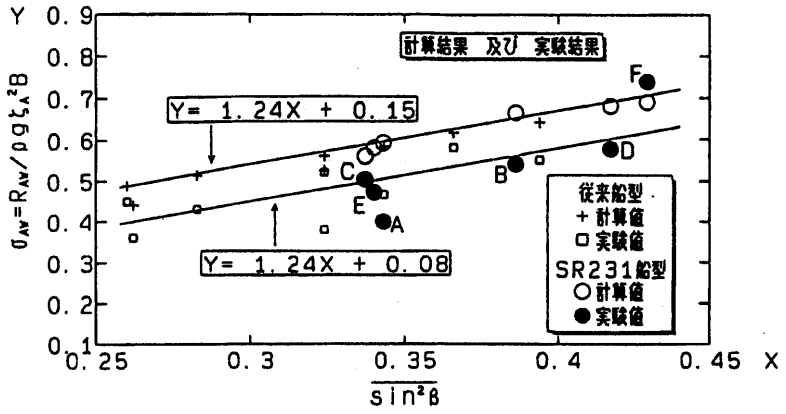
Japan Ship Technology Research Association

(3) 簡易推定式

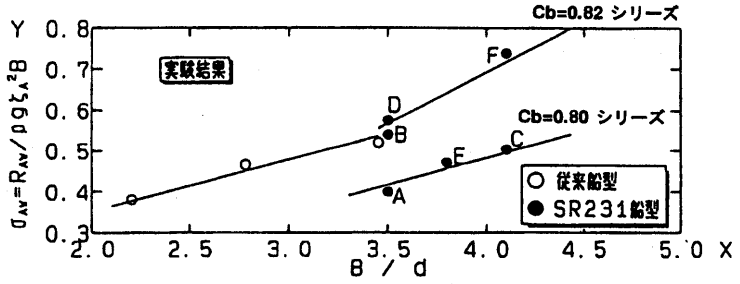
操縦性能、耐航性能に関する簡易推定式を作成し、基本設計時に容易に推定できる様にした。



線形微係数の推定値(SR231 の式)と試験結果の比較

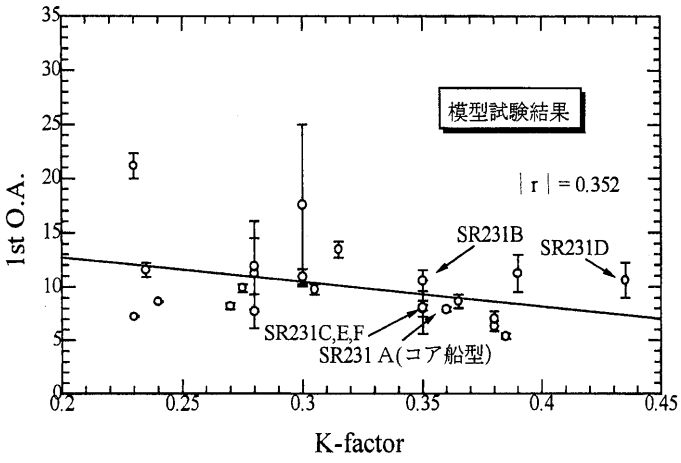


従来船型と SR231 船型のブラントネス係数 $\overline{\sin^2\beta}$ と造波抵抗係数 σ_{AW} の関係図

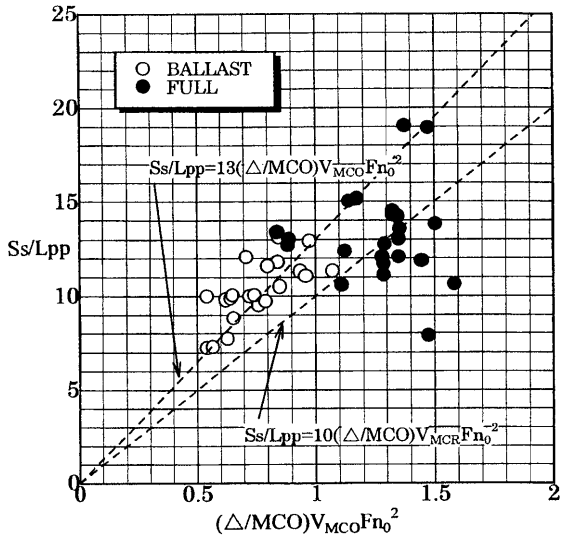


船幅／吃水(B/d)変化と抵抗増加係数 σ_{AW} の関係図

NII-Electronic Library Service



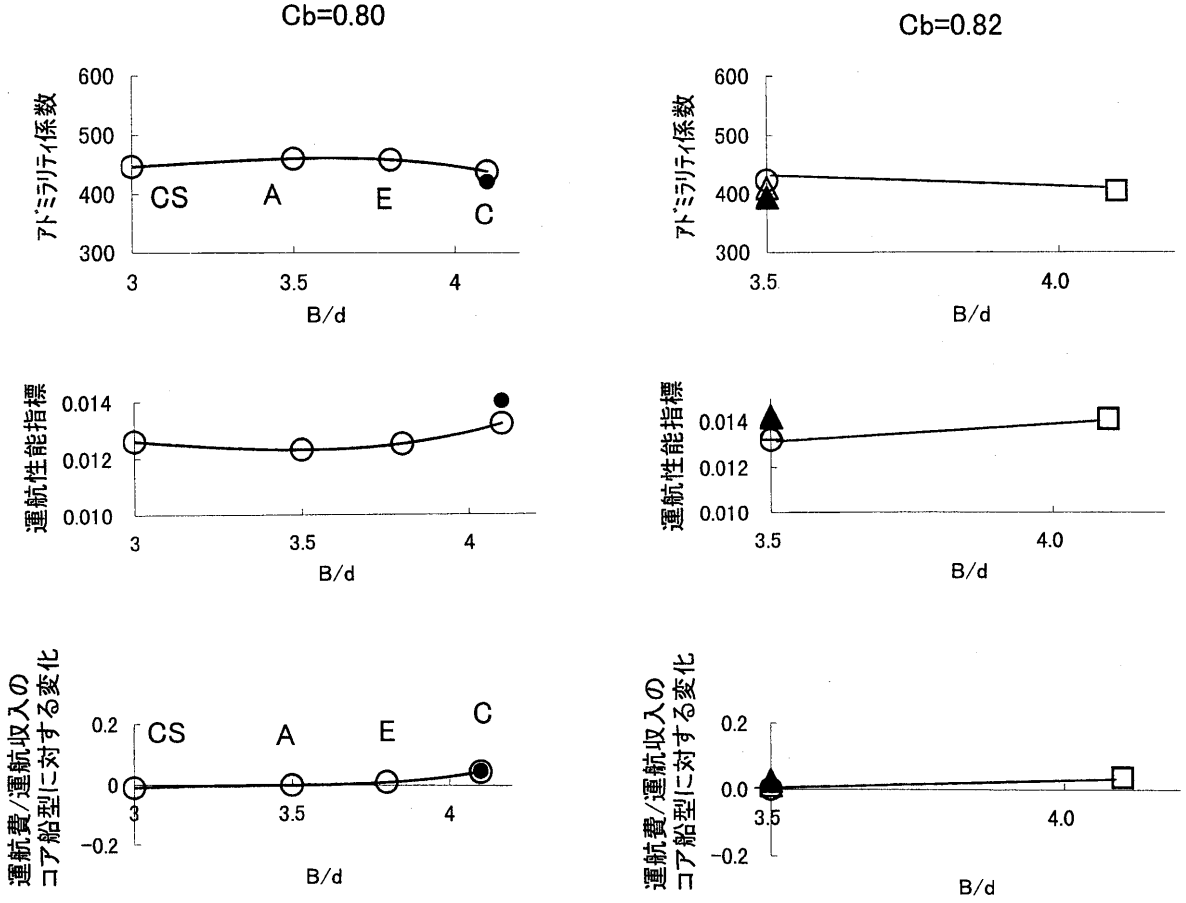
K-FACTOR と±10度／10度± Zig-ZAG 試験の１ stO．Aとの関係図



船体停止距離

(4) 総合性能評価

流体力学的諸性能と関連させて運航経済性、安全性、品質をそれぞれの評価指標で表わして総合性能評価を行い、中型浅吃水肥形船の船型選定のガイダンスとした。



波浪中運航性能評価

NII-Electronic Library Service

Japan Ship Technology Research Association

5. 成果の活用

我国造船界は未曾有の世界的経済不安の中で苦境に立たされている。こういう時こそいかに商品価値の高い競争力のある船型を市場に提供できるかが重要な課題となる。タンカーやバルクキャリア等の中型肥形船においては航路、港湾条件により船長や吃水に制限があることから、より幅広浅吃水化が志向されている。ところがそれに伴う諸性能上の問題、載貨重量、容積等を含んだ総合的性能については検証及び評価がなされていない。

本研究会ではトータルバランスのとれた中型浅吃水肥形船の基本計画において実用上問題のない船型計画、性能評価を可能とする為の種々の研究を行なってきた。残された課題は有るが現時点での研究成果の活用について以下に述べる。

(1) 最新中型肥形船の船型や推進性能に関するパラメータでの解析を行ったことは今後このような肥形船型開発にあたっての有用なガイダンスとして活用が期待できる。

(2) 船型パラメータが主要性能へ及ぼす影響を知る為、本研究では既存データの外縁にコア船型を設定し、これを中心に各種船型パラメータを変化させた船型変化シリーズを計画して主要性能と船型パラメータとの関係を把握した。これらのデータは港湾条件等の制限により浅吃水を不可欠とする船型計画をする上で船型パラメータと諸性能の関係を把握する為の有用なデータとして活用できるであろう。

(3) 主要性能推定の為のツールとして利用可能な、流力理論に基づく性能推定手法による推定値と実験値を、シリーズ試験した種々船型について比較検証することは一中手造船所では不可能に近い。本研究で行なった比較検証・精度評価及び改善についての提起は理論計算により初期の諸性能推定を行う上での貴重なデータとして活用できるであろう。

(4) 本研究では載貨重要・容積、機関室配置等の船型間での比較評価を流体力学的諸性能評価と併せて行ったことに意味が有り、基本設計を行う上での総合判断データとして活用が期待できる。

(5) 船型の総合性能評価を行う為、本研究では運航経済性、安全性、品質について評価指標を提起し、総合評価を行った。評価指標についてはその重みづけ等に課題が残るが評価手法としては十分活用出来るものであり、造船所・海運会社で船型を評価する上でのツールとして活用が期待できる。

(6) 既存船実積を大きく超えた幅／吃水比の船型において実用可能な性能を得たことは、今後更なる超浅吃水化を研究する上で有用なデータとして活用が期待できる。

以上の様に本研究成果は中型浅吃水肥形船を計画する上での必要なデータを網羅しており、総合性能に優れた船型を市場に提供する上でのツールとして大いに役立って行き、我が国造船・海運界の国際競争強化に大きく貢献して行くことであろう。

NII-Electronic Library Service

Japan Ship Technology Research Association

6. 結　言

中手造船会社において最も優先度の高い幅広浅吃水の中型肥形船の研究は委員各位の鋭意努力により、発足にあたって設定した研究目標を達成し、貴重な成果を得ることができた。推進性能等諸性能評価に留まらず経済性を考慮した総合性能評価手法を提起した３年間の研究は今後の中型肥形船を計画する上での有用なツールとなり得るであろう。これらの研究成果が設計の現場で有効に活用され更に発展することを願うとともに我が国造船・海運業界の国際競争力の向上に寄与することを期待する。

最後に本研究の実施を支援していただいた日本財団にお礼を申し上げるとともに３年間積極的な研究討論を行って頂いた参加委員各位に、また研究の実施に始終努力を払われた日本造船研究協会の方々に心より感謝する次第である。

NII-Electronic Library Service