

日本船舶振興会昭和52年度補助事業
“海上幹線輸送システムに適する双胴船船型に関する調査研究”

研究資料No.304

第176研究部会

海上幹線輸送システムに適する双胴船船型に 関する調査研究

報 告 書

昭和53年3月

社 団 法 人
日 本 造 船 研 究 協 会

今後のわが国の陸上輸送には多くの制約要因が考えられるので海路利用を促進して内航海運を貨物の発生地から目的地までの一貫輸送システムの一部としてとらえた海上幹線輸送システムを導入する必要があるが、これに適合する船型として甲板面積を大きくとりうる双胴船船型が最も有力なものと考えられる。

しかし、航洋双胴船船型については現在技術的に未知の点が多いので、本研究はその推進・運動性能及び構造強度等を明確に把握することを目的とし、本年度はそのうち文献調査、船型計画及び非対称船型の性能計算プログラムの改造等を行った。

はしがき

本報告書は、日本船舶振興会の昭和52年度補助事業「海上幹線輸送システムに適する双胴船船型に関する調査研究」として、日本造船研究協会が第176研究部会においてとりまとめたものである。

第176研究部会委員名簿(敬称略、順不同)

部会長	横尾 幸一(日本造船技術センター)	
委員	阿部 孝夫(日本海重工業)	井上 徹(日立造船)
	大久保 広海(日本郵船)	岡野 芳樹(川崎重工業)
	荻野 繁之(佐野安船渠)	菅 信(船舶技術研究所)
	日下 幹生(大阪造船所)	黒井 昌明(日立造船)
	高津 浩治(来島どっく)	小山 健夫(東京大学)
	郷田 国夫(船舶技術研究所)	篠原 喜代美(函館ドック)
	須藤 正信(日本鋼管)	田崎 亮(石川島播磨重工業)
	田代 新吉(日本海事協会)	田中 拓(船舶技術研究所)
	田村 欣也(三菱重工業)	千葉 新一(日本造船技術センター)
	中岡 資行(昭和海運)	永松 秀一(住友重機械工業)
	平野 雅祥(三井造船)	藤井 斎(三菱重工業)
	藤本 亮典(日本鋼管)	不破 健(船舶技術研究所)
	三浦 富雄(かもめプロペラ)	毛利 武弘(大阪商船三井船舶)
	山崎 芳嗣(佐世保重工業)	吉野 信治(三井造船)

小委員会委員名簿(敬称略、順不同)

主査	横尾 幸一(日本造船技術センター)	
委員	小山 健夫(東京大学)	郷田 国夫(船舶技術研究所)
	須藤 正信(日本鋼管)	田崎 亮(石川島播磨重工業)
	田中 拓(船舶技術研究所)	田村 欣也(三菱重工業)
	千葉 新一(日本造船技術センター)	不破 健(船舶技術研究所)
	吉野 信治(三井造船)	

目 次

1. 緒 言	1
2. 文 献 調 査	2
2.1 要 約	2
(1) Catamaran Study	2
(2) 双胴船について	8
(3) Über Widerstandsverhältnisse von Zweikörperschiffen	10
(4) A Note on Wavemaking Resistance of Catamaran	12
(5) On Resistance Tests of A Catamaran	14
(6) The Resistance of Large Powered Catamarans	16
(7) 高速双胴船型の基礎的研究	20
(8) Catamaran Hull-Form Design	22
(9) The Design of Catamarans	24
(10) The Force and Moment on a Twin-Hull Ship in a Steady Potential Flow	25
(11) Multihull Ship の波の中の運動について	28
(12) Ocean Catamaran Seakeeping Design Based on the Experiences of USNS Hayes	30
(13) 双胴船の耐航性	33
(14) 非対称双胴体の横波中の理論計算および模型実験	34
(15) Method for Estimating Load on Catamaran Cross-Structure	37
2.2 文献リスト	40
3. 対称船型に関する研究	60
3.1 双胴船の推進性能に関する調査、検討	60
3.1.1 双胴船の推進性能に関する基本的な考え方	60
3.1.2 航洋双胴船の問題点	61
3.1.3 対称船型の船型計画方針	63
3.2 対称船型の船型計画	63
3.2.1 設計条件と主要目的の選定	63
3.2.2 Demi-Hull船型の計画	65
3.2.3 Rolling 周期の検討	65
3.3 船体及びプロペラの設計	68
4. 非対称船型に関する研究	76
4.1 まえがき	76
4.2 流速分布の対称化による双胴船型の改良	78
4.3 双胴船の流場計算プログラム	78
5. 結 言	85

1. 緒 言

我が国は、北緯46度東経146度より北緯31度東経129度にわたって細長くのびた4つの島を主たる領土としており、面積に較べて海岸線が非常に長いばかりでなく、陸地には山地が多く、貨物を輸送する道路の面積には限度がある。一方、貨物の輸送量は、昭和49年の石油危機を境として我が国の経済は高度成長より安定成長へと大きく転換したのにも拘わらず、年々増大の一途を辿っている。昭和51年から昭和55年までの実質国民総生産の伸長率は年平均6%強で、昭和41年から昭和47年までの年平均1.08%に比べて大幅な鈍化となっているが、今後の経済成長率を6%程度と想定した試算によると、昭和60年頃には国内貨物輸送量は現在の2倍の量になるといわれ、しかも雑貨のウェイトが増していくことが予想される。

以上のようなことを考えれば、将来の国内貨物輸送としては海路を利用しなければならないものと思われるが、現状のまゝの船や陸上施設ではそのような状勢に対応することができない。年とともに混雜する陸上輸送より海上輸送へと切換えることを促進するためには、内航海運を貨物の発生地から目的地までの一貫輸送システムの一部としてとらえることにより、これに適合した全く新しい形式の船舶及び関連施設の技術開発が必要である。

この新しい海上幹線輸送システムを開発するには、そのシステムに適合した新形式の船舶の開発が必ず行われるべきものと思われ、しかも、かなりの高速が要求されるであろうことから、第一段階として双胴船を考えた。

双胴船の研究はかなり以前から行われてきているばかりでなく、多数の実船が就航しているが、その用途としては限られていて、貨物輸送の手段としてこの船型を考えたことはなかった。双胴船の特徴としては、双胴船間の間隔を適当に選定することによって良好な推進性能が高速時に得られること、広い甲板面積をとり得ることであって、客船等には適当と思われるが、排水容積が小さいことと、2つの胴体に分れていることから、一般貨物船としては不向きなものと思われる。最近は貨物輸送の手段としてコンテナ化が進んでいるが、コンテナを甲板上に積むことは双胴船としては適当なことと思われるが、重心位置が高くなり易い等の欠点は考えられるが、この船型の各種性能を検討する必要があるものと思われる。

本研究においては、双胴船の船型として、demi-hullを対称とした大・中・小の船型を考えるほか、demi-hullとしての非対称船型も考え、4船型について推進性能の研究を行うとともに、代表的な2船型について操縦性、耐航性、強度等の検討を行うこととした。

研究期間としては約3年を必要とするが、初年度においては、現在までに行われてきた双胴船に関する研究成果について調査するとともに、実用化の可能性が最も大きいと考えられる中型船について船型設計を行うことにした。双胴船のdemi-hullが対称船型である場合には従来の資料によって設計を行うことができるが、非対称船型の場合には従来の船型性能計算プログラムを改造する必要があるので、このプログラムの改造を行うことにした。

以下に、章を分けて、調査および設計に関して行ったことの詳細を述べることにする。

2. 文 献 調 査

双胴船の研究に関する文献を時間の許す限り広範囲に調査した。

少しでも双胴船に関係したものを拾えば約270篇の多数にのぼるが、今回の調査研究に多少とも関係のあるものに限って170篇を選び、その文献リスト中には一般、推進抵抗、運動性能、構造関係の分類を参考のために示した。

この数多くの文献の内容を記載することは頁数の制限や時間の関係から考えても無理なので、文献リストに示した文献中の主要なものについて要約を作成した。

以下に、その要約および文献リストを示す。

2.1 要 約

(1) Catamaran Study

ジェネラル・ダイナミックス社、1969年4月30日

米国商務省海運局の依頼により、コンテナやトレーラあるいは、その両方を輸送する双胴型貨物船の経済性と開発上の問題点を調査した、5部からなる報告書である。まず、広汎な文献調査により、双胴船研究の状況と設計上の問題点が明らかになり、基礎資料の検討と、開発に必要な研究課題が示された。

また、既存の資料の確認や、必要な新しい知見を得るための船体抵抗、運動性能の実験が行なわれた。

荷役方法についても、新方式の検討と、荷役時間、コスト等の基礎データの蓄積のためシミュレーションが行なわれた。

具体的にはLO/LO（リフト・オン・リフト・オフ）式コンテナー、RO/RO（ロール・オン・ロール・オフ）式トレーラ、あるいは、その両方を輸送する双胴型の大型貨物船と在来型の貨物船との比較が行なわれている。載貨重量1万～2.5万トン、輸送距離2000～7000海里船速18～28ノットの貨物船での、二港間あるいは多港間輸送を対象としている。調査研究の結果、当時の情況を基に次の結論が得られた。すなわち、双胴船型と在来船型の比較では、ほぼ全ての分野で、在来型が優れている。唯一、RO/RO型トレーラ輸送について、双胴船が、在来船型に匹敵する経済性をもつ。この分野での優劣判定は貨物重量、船殻重量、港湾荷役設備、待ち時間等の条件に大きく左右される。上述の範囲内では、双胴船は在来船型に一步譲るが、軽量貨物を高速輸送する小型貨物船としては、十分に利用価値があると言える。

報告書は5部よりなり、第1部は総論、第2部は技術的な検討、第3部は経済性、第4部は荷役、第5部は流体力学上の研究、にあてられている。ただし、第4部は第3部の基礎資料つくりのためのシミュレーション、また、第5部は第2部のための水槽試験についてまとめたものである。以下、社会情勢の変化等によってあまり影響されない工学的な分野の報告に限り、要約を行なう。

双胴船の特徴

双胴船の特徴は、その安定性の良さと、甲板面積の広さにある。その為、全貨物の甲板積みも可能であり、この事が、荷役時間を短縮し、荷役方法を変え、貨物の規格化を促し、船舶輸送の方式まで変える可能性をもつ。また、船殻中に貨物倉が無いので、機関室の配置や、水密区画別の自由度も増すし、損傷時の安全性の向上も期待出来る。従って、構造上、および推進性能、運動性能上の問題点が解決されれば船体設計上の自由度は飛躍的に増大するので、その意味で、双胴船が在来船型より優秀な性能をもつ可能性は十分にある。

双胴船の抵抗についての理論的研究

完全流体中の造波抵抗については、双胴間の造波干渉により、单胴の抵抗値の2倍よりは小さくなる事が理論的に示され、そのための条件も検討されている。理論的研究の結論は以下のとおりである。

- 干渉による造波抵抗減少のための条件は、船型、船速、および、双胴間隔に依る。そして、船型が与

えられた時に、すべての船速に対して造波抵抗を最小にするような最適双胴間隔は存在しない。しかし全般的に言えば、双胴間隔と船長の比 $k = 0.3 \sim 0.4$ の場合に極小の造波抵抗が得られる。

(Fig. 2.5 参照)

2. 双胴間隔によらず、一般的に、フルード数 $F_n = 0.33 \sim 0.34$ の時に、造波抵抗は極小値を与える。

(Fig. 2.4 参照)

3. 摩擦抵抗の増加は、造波抵抗の減少を相殺する事が多い。
4. 双胴船の場合には通常船のように、船長の長い船が良い抵抗特性を持つとは限らない。
5. 非対称船型を demi-hull とする双胴船のもつ優秀な抵抗特性を理論的に説明する事は出来ない。
6. 干渉波の粒子運動を考慮して、船殻効率を高める事は原理的に可能であるが、その手法は、今のところ不完全である。
7. 船首尾のバルブやフィンによる船体抵抗に対する効果も十分に推定する事は出来ない。

双胴船の抵抗の実験データ

平水中の抵抗試験の結果は、理論推定値と定性的に一致するが、実験値の方が抵抗値が高く、また、位相ずれがある。これは、理論がミッチャエルの薄い船の仮定と完全流体の仮定に基づいている事にも原因する。また、実験データは、個々の模型船について、特定の目的に沿い求められており、総合的な検討はなされていない。過去の実験は、双胴間隔の影響、非対称性、船首尾のバルブの効果等を調べる事を目的にしている。既存の実験データから得られる結論は以下のとおりである。

1. 双胴船の抵抗は、各单胴としての抵抗値と、干渉項との和に分けて考える事が出来る。
2. 優秀な双胴船設計の第一段階は、優秀な单胴船を求める事であり、その組み合せて双胴船を設計する。
3. 抵抗値を極小にする双胴間隔は、船速に依存する。
4. 船長の 18~20% 以下の狭い双胴間隔では、良い結果が得られないので、それ以上の間隔が必要である。
5. 双胴間隔の最適値を求める設計資料にも例外があるがその理由を説明するに十分な実験データはない。
6. 船首尾とともに、非対称な船型は、抵抗試験で良い結果を与えない。
7. 船首部が非対称で、船尾部が対称な船型は、良好な抵抗試験結果を与える事があるが、船速、排水量分布に影響される。

双胴船の運動性能

双胴船の運動性能についての研究は非常に少ない。

通常船とは異なり連成運動の影響が無視出来ないので、单胴の場合より扱いが複雑にならざるを得ない。また、連結部に翼型をもつ場合には、縦揺れ、上下揺れ、横揺れに対する影響が大きく、その推定法確立は重要な問題である。一方、左右揺れ、前後揺れ、船首揺れについては双胴船であるための特別な考慮は必要ない。

数少ない運動特性の研究によれば、短い波に対する上下揺れは、双胴船でも、在来型の单胴船でも、その性能に大きな差はないが、長い波に対しては、双胴船が優れている。縦揺れの固有周期は、双胴船と在来船との差は小さい。この場合、比較の対象は、長さ、幅、排水量、水線面積や排水量分布が双胴船と同じ、“相当单胴船”である。この関係は、連結部の翼型がある場合でもそれが水面に現われるまでの範囲で成り立ち、それより大角度縦揺れの場合には、非線形性が強くなり、推定は困難になる。理論的な研究も散見するが、実海面での船体運動の推定に適した計算式はない。また、横揺れ固有周期についてもこれを推定する簡便な表式は存在しない。過去の模型実験も、特定の模型船の性能を検討するに留まり、一般的な結論を得るには不十分と言わざるを得ない。

操縦性に関しては、二枚の小アспект比の平板翼を用いた、モデル化により計算が行なわれている。その結果、次の結論が得られている。すなわち、双胴間隔が小さくなるにつれて、旋回の縦距は小さくなり、方向安定性は劣化する。しかし双胴間隔の変化が旋回性に及ぼす影響は、極めて小さい。実験例はご

く少數であるが、それによれば、双胴船は、十分に方向安定であり、保針性も優れ、操舵に対する応答も良い。舵面積を定める基準は、今のところ存在しない。

双胴船の強度

強度上の問題は、連結部に働く力の推定と、スラミングである。船級協会の規則は設計基準としては不十分であり、NSRDCに於ける実験データが唯一の信頼のおけるものである。これは、長さ230フィートの双胴船に対するものであるが、8000トンの双胴船に外挿して検討した結果によれば船長が25%長い、同じ排水量をもつ在来船型に比べ、双胴船は鋼材重量で20%も重くなる。スラミングに関しては、1000psiの設計基準が提案されている。また、潜水艦救助艇(ASR)の設計には、内側の船殻については、1500psfの水圧が基準に採用されている。

報告書の第5部は、新たに実施された水槽試験の結果がまとめられている。この実験の目的は、双胴間の干渉を定量的に評価する為のデータ集積、過去の研究結果の確認、および、波浪に対する応答を求める事である。実験は、平水中抵抗試験、規則波中向波状態および不規則波中(向波と船速のない場合の横波)の応答試験が実施された。抵抗試験については、前述の結論とほぼ同じ結果を得て、過去のデータの確認がされた。運動性能については、Beckのプログラムを用いた理論計算値と比較された。定性的には計算値と実験値は一致するが、定量的な一致は良くない。しかしこの計算値は、初期設計のデータとして使用出来、構造強度や、船首の相対水位、スラミングの発生推定に応用出来る。

第2部の巻末には、総計102件の文献リストが載せてあり、重要なデータは再録されている。また将来の研究についての勧告も示されている。それに依れば

1. 流体力学の分野では、船速と馬力、耐航性と操縦性が重要であり、模型試験と理論計算が必要である。
2. 構造面では、縦強度、連結部の構造の研究が必要である。
3. 推進系統の面では、機関の寸法、重量と配置の検討、および高馬力に耐える軸系の研究が必要である。
4. 建造面では、建造ユニットの最大寸法、進水方式や結合部の工作についての検討が必要とされる。
5. 操船面その他では、航海上の問題、港湾設備市場調査が必要である。

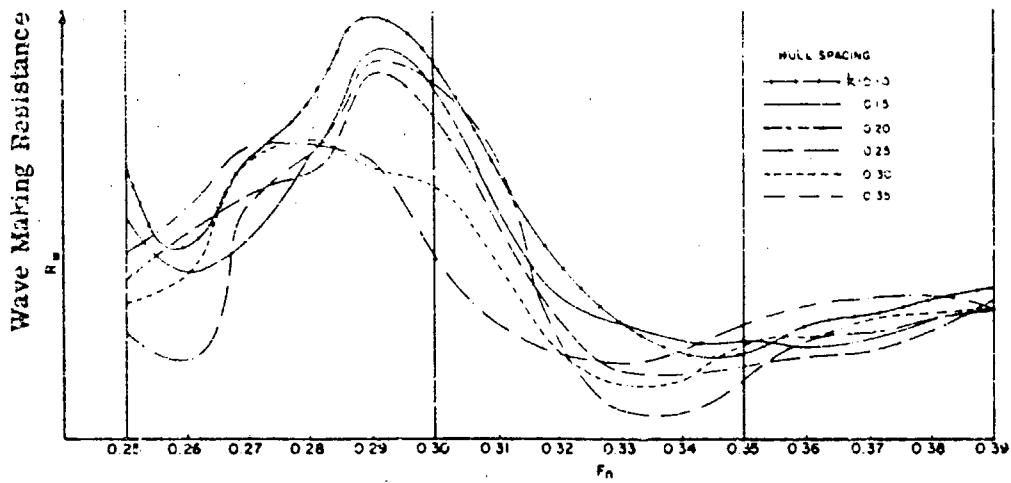


Fig. 2-4 Wave-Making Resistance as a Function of Froude Number for Several Hull Spacings

双胴間隔を変えた場合の船速に対する造波
抵抗値の変化（理論値）

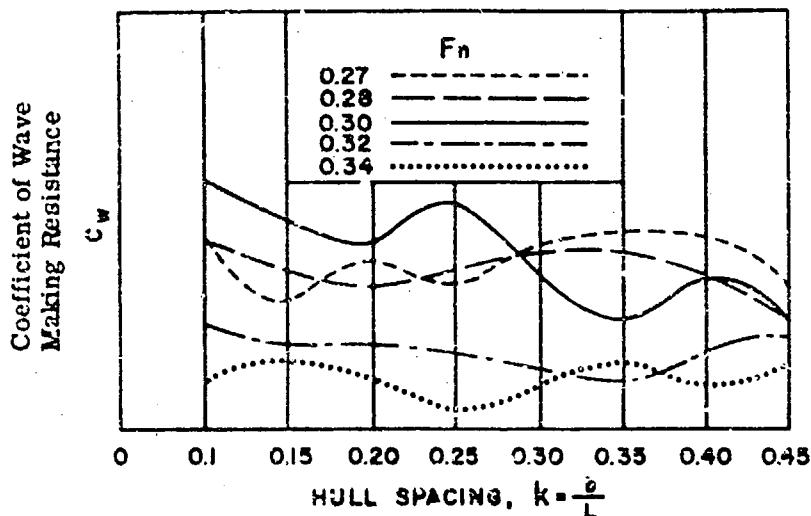


Fig. 2-5 Effect of Hull Spacing at Several Froude Numbers

船速を一定とした場合の双胴間隔に対する
造波抵抗係数の変化（理論値）

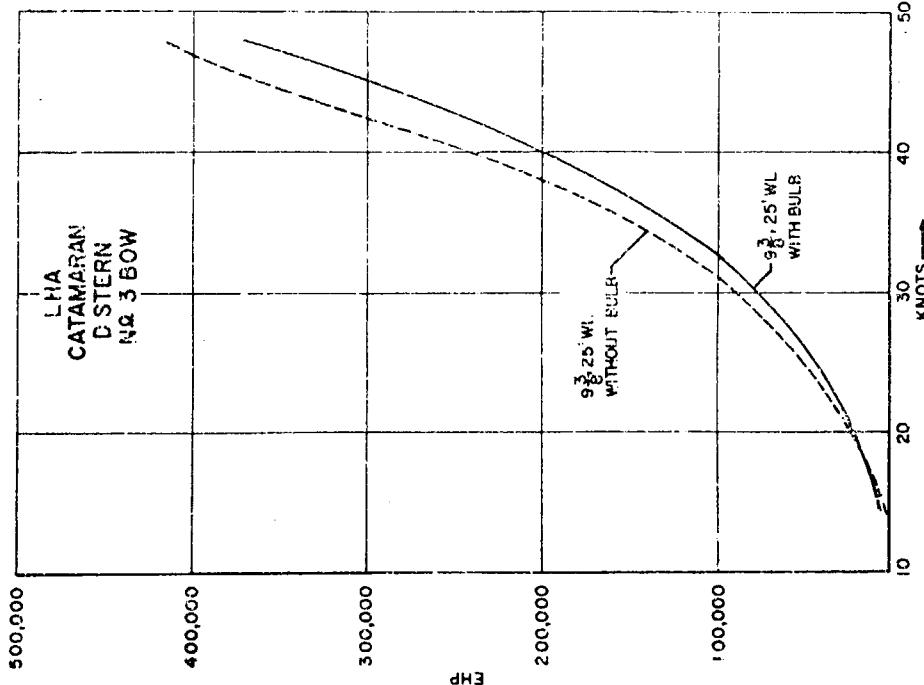


Fig. 2-7 Effective Horsepower, LHA Model With Laterally Symmetrical Bow and Bulb
バルブの有無による馬力推定曲線の変化(対称船型)

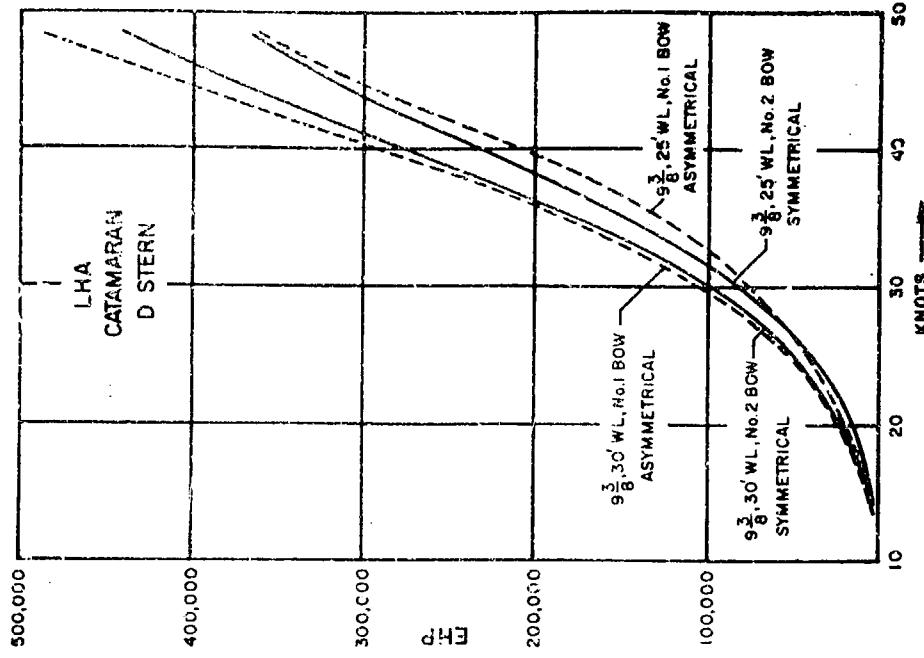


Fig. 2-8 Effective Horsepower, LHA Model with Laterally Asymmetrical Bow with Flat Sides Inboard
船首形状を変えた場合の馬力推定曲線の変化

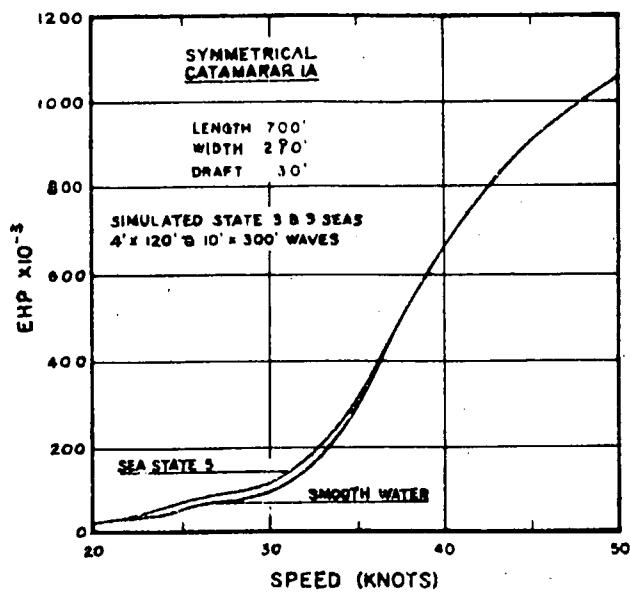


Fig. 2-11 Resistance of the General Dynamics FDL Catamaran Concept in Smooth Water and in Waves

波浪中の馬力増加

(2) 双胴船について

横尾幸一、田崎亮

(第一報) 運輸技術研究所報告 第1巻第1号 1951

(第二報) 運輸技術研究所報告 第3巻第3号 1953

(第一報)においては、双胴船の抵抗性能を理論的に検討するとともに実用船型を利用しての模型試験の結果について述べている。理論計算としては、造波抵抗の面から、船の長さ、2船の間隔および船速との関係を吟味し、次にこれを用いて簡単な船型について、船の長さ、喫水および排水量を一定として、単一船型と双胴船との抵抗の比較を行った。この結果によると、双胴船は2船間の間隔を適当にすれば比較的高速においては摩擦抵抗の増加を償い得る可能性がある。適当な間隔は双胴船の中心線間の距離を $2k$ とすれば $2k/L = 0.25 \sim 0.29$ である。

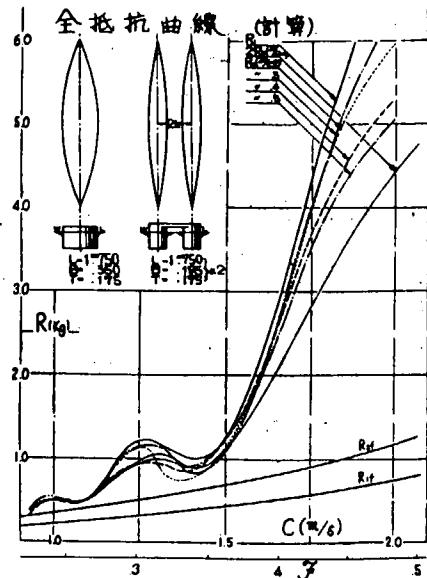
実験としては、実用船型の3m模型を使うことし、船体後半部にも船体前半部形状を使った前後対称のものとした。双胴船としてはこの船型を中央縦断面より半載二分し、これを適当な間隔に連結したものを用いた。ただし、平面が内側にくるものと外側にくるものとの両状態について試験を行った。

試験の結果、予想外に大きな抵抗が得られ、その抵抗増大の理由としてはデミハルの左右非対称性にあることが考えられた。

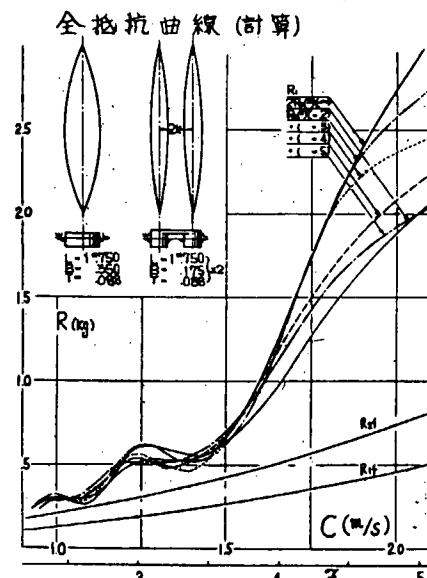
(第二報)においては、理論計算と実験結果が一致するかどうかを確かめるためと、デミハルが左右対称の時は大きな抵抗を与えないかどうかを調べるために、 $d/L = 1/20$ のミッケル船型について計算と実験を行った。2船の中心線間の間隔と船長との比としては $0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ および ∞ に変化させた。ただし、 ∞ の時の値はデミハルの抵抗の2倍をとった。

実験結果によれば、理論計算で予期されたほどの抵抗減少は得られなかった。 $f_n = 0.35$ の造波抵抗のホールのところで、2船間の間隔 $2k/L$ を0.3より大きくとった場合、双胴船の抵抗は普通型の船の抵抗に等しいかあるいは少くなる。しかし、抵抗の少くなる速度範囲はきわめて小さかった。

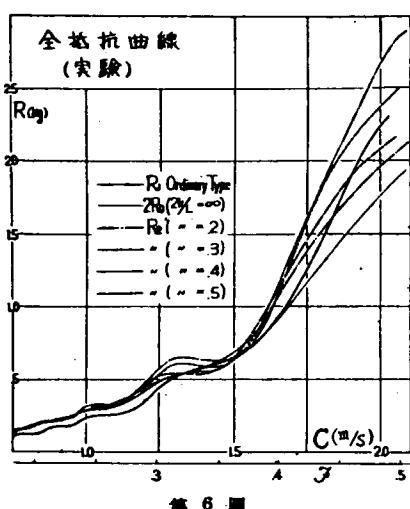
理論計算の結果を第1、第2図に、実験結果を第6、8図に示す。



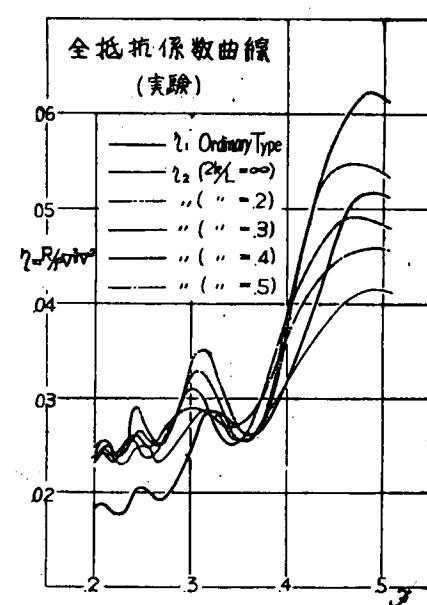
第 1 圖



第 2 圖



第 6 圖



第 8 圖

(3) Über Widerstandsverhältnisse von Zweikörperschiffen

K. Eggers JSTG vol. 49, 1955年(23頁)

Lundによって明確な形にまとめられた Michell, Havelock, Sretensky 等による造波抵抗理論(SNAME 1951)を拡張し Deep water, Shallow water 及び制限水路中で任意の位置に配置した 2隻の船の造波抵抗式を導いた。第1篇で実験値と理論計算結果との比較を行い理論が定量的にも実験値にあうことことが述べられている。第2篇では理論式の展開又第3篇では造波抵抗の数値計算について述べている。

第1篇 実験結果

模型船は巾を変え 2隻作成した。巾広型が $L/B = 8$ で $L \times B \times d \times C_w \times C_p = 2.0 \text{m} \times 0.25 \text{m} \times 0.1 \text{m} \times 0.9 \times 0.667$ であり、一方巾狭型は $L/B = 1.6$ で巾広型を横方向に $1/2$ に縮めたものである。又いずれも

$$\eta = [1 - (x/2L)^2] \times [1 - (Z/d)^6]$$

で数式表示される船形である。

a) Deep water の時

横配置、縦配置、斜配置につき、模型の全抵抗及び理論計算による全抵抗(摩擦抵抗は Schoenherr の係数をつかって相当平板の抵抗を加えた)の各々の単独時に対する割合(R/R_∞)が模型船の相対位置を横軸にとって $\tau_0 = gL/2v^2 = 2$ 及び 5 について図示されている。これによると横配置の時 $\tau_0 = 2$ ($F_N = 0.5$) では相互干渉は正で単独時より常に大きいが ($R/R_\infty > 1$)、 $\tau_0 = 5$ ($F_N = 0.316$) では単独時より全抵抗の減少する ($R/R_\infty < 1$) 相対位置が存在する。実験と計算との差の原因として船首波の交点に生ずる飛沫、船首波が相手の船の舷側にあたること、両舷間の流速が増加して摩擦抵抗が増加すること等の影響が挙げられている。

縦配置では R/R_∞ は波状に変化しその波長は計算によるものに大体一致する。

Kelvin 角 ($19^\circ 28'$) 上に斜に配置した時 $2P/L = 0.7$ (2P は双胴間隔) で R/R_∞ が大きく減少しており実用的に有利な配置と思われる。

b) 浅水の時

1. 単独模型

水深影響により $F_h = v/\sqrt{gh} = 1$ (h は水深) の時造波抵抗曲線は鋭い隆起を示す。同一水深の時水路巾が狭くなると隆起の高さが減じ巾が広くなる。更に $F_h > 1$ となると急激なトリムの沈下の変化が起り、狭水路ではこれによる大きな抵抗減少が生ずる。これらは理論の示す通りであり抵抗減少量は理論値にほぼ一致している。

抵抗曲線と船尾トリム量曲線はよく似た形状を示す。

造波抵抗は B^2 に比例するので本実験の如く巾を $1/2$ にした模型では巾の狭い模型の 2隻の合計は巾広模型の $1/2$ となるが実験によると B^n に比例し n は v_1/h により変るが一般に 2 より小さい。

2. 双胴(横配置)

造波抵抗曲線が急上昇する速力は水路巾と船巾との関係ではなく水路巾と船の長さとの関係から決定することが確かめられた。更に双胴による相互干渉が $F_h = 0.83$ では比較的小さく、 $F_h = 1$ では大きくなり、 $F_h = 1.275$ では $2P/L$ と共に急に減ることが理論により導かれるが実験結果もこれを確認した。

3. 排水量の分割

一隻の排水量を 2隻の並列船に分割することが実用面から有利か否かを巾広単独船、巾狭単独船及び $2P/L = 3B$ の巾狭双胴船の 3種の全抵抗/排水量曲線から判断する。

Deep water の時 (図 13 参照) $F_N > 0.4$ の高速を除いて巾広単独船が R/Δ が少さい。双胴船は R/Δ が一番大きい。双胴間隔を大きくして相互干渉を有利に利用することは実用的に見て意義がうすい。斜配置で抵抗を約 $1/3$ 減し得たことから 3 艇船は検討する価値があると思われる。

Shallow water で狭水路の時は (図 11 参照) $F_h > 1.5$ になって、双胴が有利となって来る。又図 11 は $F_h = 1$ に於ける造波抵抗の急上昇及び $F_h = 1.275$ に於ける急減を明確に示している。なお B/d のもっと大きな船では分割による浸水面積の増加の割合が小さいので双胴にする効果が大きいと想像される。

第 2 篇、第 3 篇は省略する。

なお、本論文の詳細は抄訳が田宮教授により造船協会誌 3.3.2 号に紹介されている。

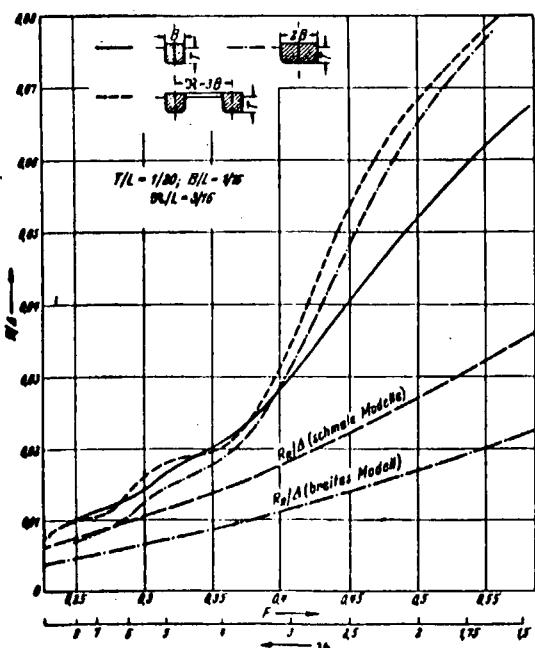


Bild 13 Vergleich des gemessenen Widerstandes von schmalem Doppelmodell, schmalem modell und dickem modell auf tiefem Wasser bezogen auf die jeweilige Verdrängung

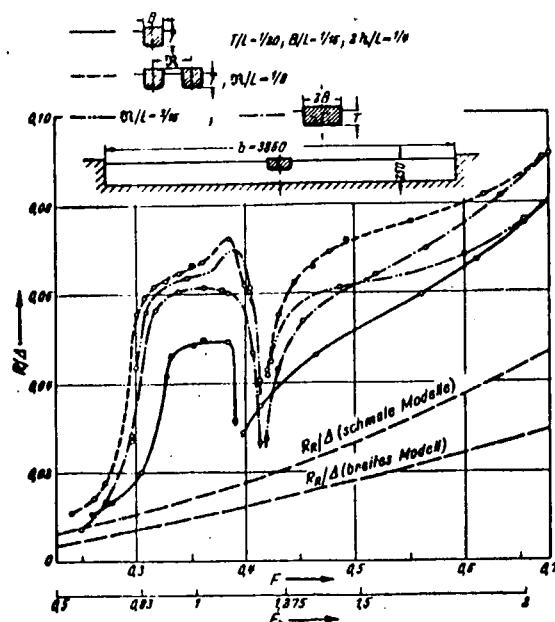


Bild 11 Vergleich des gemessenen Widerstandes von schmalem Doppelmodell, schmalem Einzelmodell und dickem modell in flachem Kanal ($b/l = 1.93$) bezogen auf die jeweilige Verdrängung

(4) A Note on Wavemaking Resistance of Catamaran

Tasaki R Tech. Rep. 04836. ORA, Univ. of Michigan, 1962

本論文は著者らの別論文（文献No.162、163、横尾、田崎、双胴船について）で一般的に検討された双胴船の造波抵抗の性質を更に詳細に述べたものである。第1近似として、双胴船の造波抵抗は、二つの船体の波形の速度ボテンシャルを重畠して得られ、お互いの船体の存在で境界条件は乱されないと仮定する。理論船型は船体中心線面に深さ方向に均一な吹出しを分布し、その分布は速度のパラメータ($K_0 \sec \theta$)のべき級数で与えられ、*demi-hull*および双胴船の造波抵抗、二胴間の干渉を表わす式が導びかれている。

双胴船の造波抵抗は、(1) 速度に対して単調に増加する項と、(2) 速度の増加または二胴間の間隔の減少に対して振動的に変化する項とに分けられる。この第2の項は造波抵抗に対する二船体の干渉の影響を表わしているが、この項は更に二つの部分に分けられる。すなわち(1) 速度のパラメータ K_0 ($= 1/2 F^2$ F はフルード数) と、二胴間の間隔のパラメータ k ($= d/L$ 、 d は*demi-hull* の中心間の間隔、 L は船長) の積の増加に対して単調に減少する正の項と、(2) 二胴間の間隔の変化に対しては余り急激に変化せず、速度のパラメータ K_0 に対して振動する項である。

第1の項は第2の項より顕著であり、造波抵抗の増加に大きく寄与している。以上の各成分を無限吃水の場合について計算した結果がFig. 2 および Fig. 3 である。Fig. 2 は造波抵抗の基本項で*demi-hull*の場合も全く同じである単調増加の項であり、Fig. 3 は速度一定の場合の振動項を二胴間の間隔をベースに表わしたものである。以上の各項の造波抵抗に対する寄与は、Fig. 6 に示されている。計算例によれば、抵抗の減少は、夫々の船体の造波抵抗の最大 50% を期待出来る。

また夫々の船体の干渉による造波抵抗の増加の割合は、吃水の変化によっては、余り大きな影響は受けない。Fig. 7 (a) は被積分函数の吃水による差を表わしている。

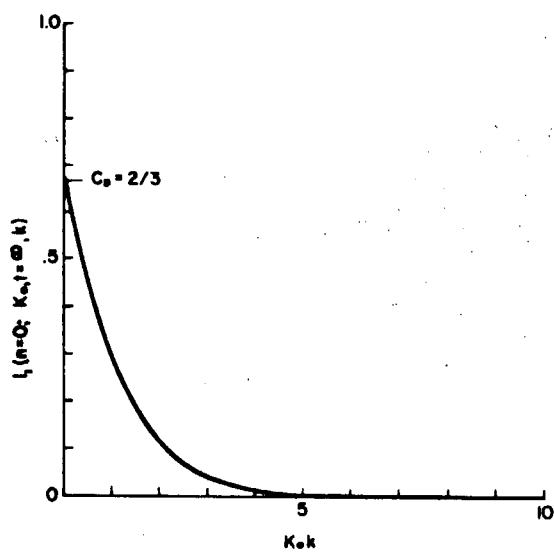


Fig. 2 Monotonically Increasing Term,
 $I_1(n=0; K_0, t=\infty, k)$

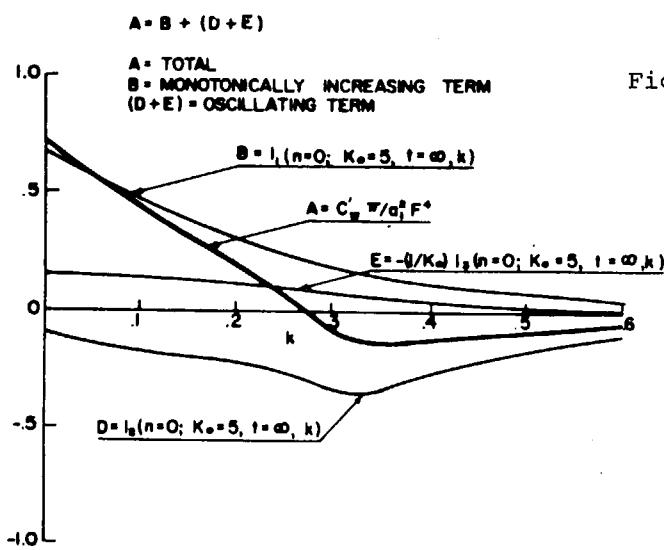


Fig. 3 Contribution of I_1 , I_2 , and I_3 to the Resistance Increase due to Interference for a Given Advance Speed

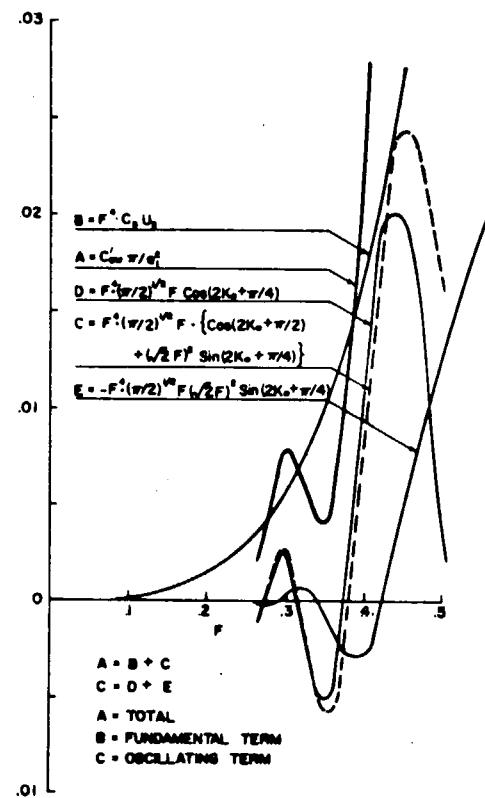


Fig. 6 Fundamental Term, Oscillating Term, and Total Wave-making Resistance Coefficient of Each Hull

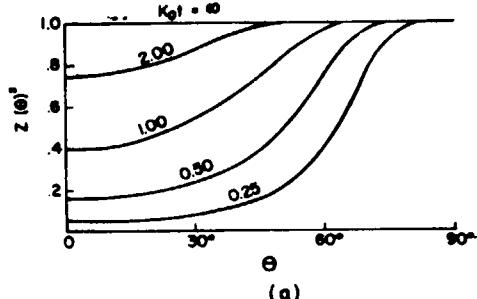


Fig. 7(a) Factor Representing the Draft Effect:
 $Z^2(\theta) = (1 - e^{-K_0 t} \sec \theta)^2$.

(5) On Resistance Tests of Catamaran

Tasaki R. Tech. Rep. 04886, ORA Univ. of Michigan, 1963

著者の別論文(文献No.145、A Note on Wavemaking Resistance of Catamarans)で簡単な理論船型について計算された結果を実用船型(通常の单一船体としての設計による)の双胴船の抵抗試験結果と比較したものである。計算結果から分かるように二つの船体で作られた波形の干渉による抵抗への影響が、双胴船の抵抗を論ずる場合の最も大切な点である。

試験は 8 feet の模型船を使用して、排水量を二状態(Full および Light)、二船体の間隔を五種類($k = b/L = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6$)変えて行なった。

船体の主要目は次の通りである。

	Full	Light
L_{BP}	: 8 ft	8 ft
B_{max}	: 0.535 ft	0.521 ft
B	: 0.519 ft	0.500 ft
H	: 0.417 ft	0.250 ft
∇	: 1.0408 ft ³	0.5085 ft ³
C_p	: 0.672	0.605
C_B	: 0.583	0.488
C_M	: 0.868	0.806

試験結果は二胴間の間隔および速度をベースに整理されており、干渉による造波抵抗の増加分 R_w の单胴船の場合の造波抵抗 R_{ow} に対する比 (R_w/R_{ow}) で示されている。Fig. 5, Fig. 9 は夫々 Full, Light 状態の全抵抗、Fig. 8, 12 は二胴間の間隔による干渉の影響を示し、二船体の波形の干渉は余り有効ではなく、有益な干渉効果が得られるのはフルード数 0.33、船体間隔 35%L の範囲に限られている。また、船体間隔 20%L 以下の所では、造波抵抗に対する干渉効果は非常に大きい。

Fig. 13, Fig. 15 は抵抗増加量を単調増加の項と振動項に分割して示したもので、振動項の振幅から船体間隔が大きくなると、干渉効果が減少する様子が分かる。

Taylor chart を参照してみると、双胴船においては、排水量長比が通常の单胴船に使われるよりも小さな所では、demi-hull の prismatic coefficient を小さくすることにより、全体の造波抵抗を大幅に減らすことも可能である。つまり船幅の大きい所での单胴船の排水量当りの抵抗より、幅の小さい demi-hull を持つ双胴船の抵抗の方が小さくなり得る。(chart省略)

また横復原性の問題は、双胴船の場合には非常に軽減されるので幅、吃水比は最小造波抵抗の観点から決定することが出来る。

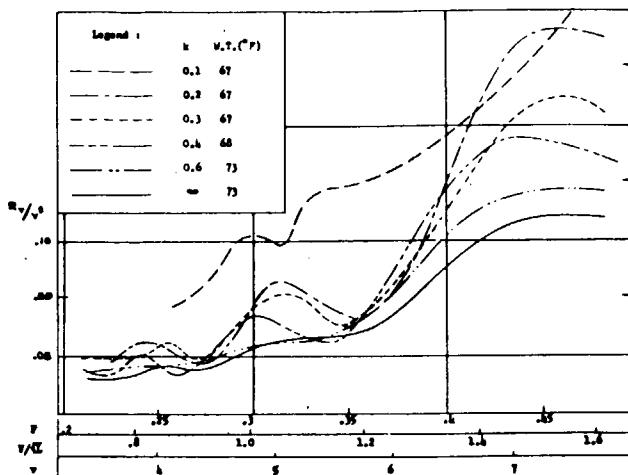


Fig. 9 Total Model Resistance for Heavy Displacement Condition

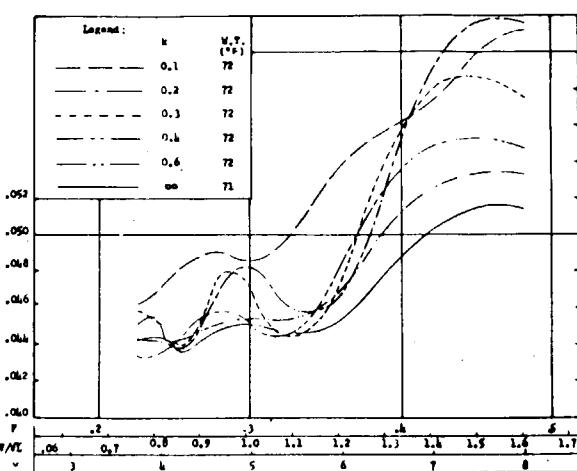


Fig. 5 Total Model Resistance for Light Displacement Condition

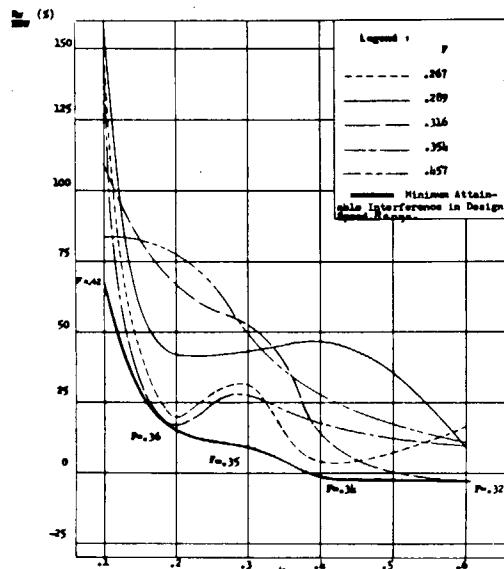


Fig. 12 R_w/R_{w0} (%) Plotted against the Spacing Parameter, k . Heavy Displacement

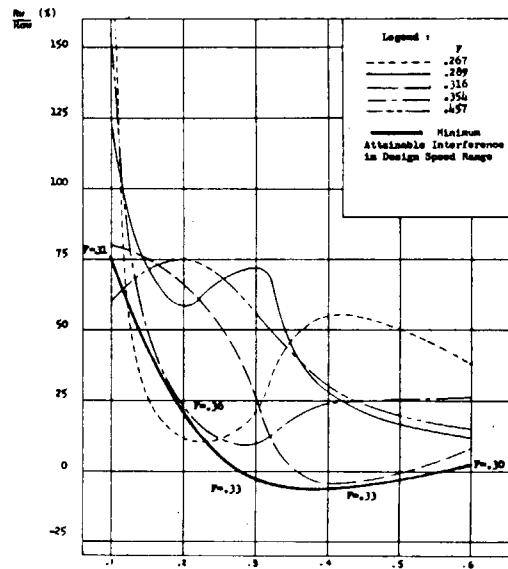


Fig. 8 R_w/R_{w0} (%) Plotted against the Spacing Parameter, k . Light Displacement Condition

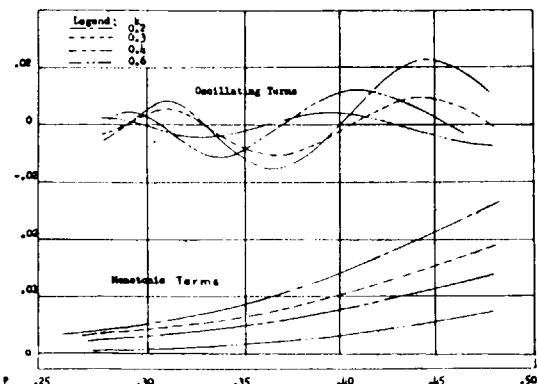


Fig. 15 Separation of Resistance Increase Due to Interference into Two Terms. Heavy Displacement Condition

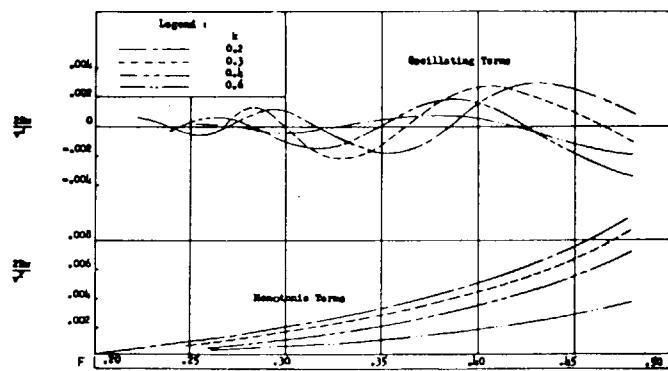


Fig. 13 Separation of Resistance Increase Due to Interference into Two Terms. Light Displacement Condition

(6) The Resistance of Large Powered Catamarans

by H. Turner and A. Taplin, SNAME Vol. 76, 1968

表1に示す700 ftの大型双胴船と230 ftの潜水艇救助船(ASR)の排水量型双胴船々型の模型試験による船体抵抗の諸性質を次の項目について報告している。

- (1) 双胴の干渉による剩余抵抗の増減の特性
- (2) demi-hull(片胴)の非対称性が抵抗増加ならびに双胴間の波面の盛り上りに及ぼす影響
- (3) demi-hullの中心線が双胴の中心線に対して傾斜した場合の抵抗性能に及ぼす影響

表1 供試模型船

Model No	demi-hull		排水量 (双胴)	船体前半部		備考
	L _p	B × d		対称	対称	
1 A	700	65 × 30	23,400 t	対称	対称	双胴間距離の影響調査
1 B	"	"	"	非対称	非対称	非対称性の影響調査
1 C	"	"	"	"	"	
5060	210	24 × 18	2,794	対称	対称	双胴間の波面の盛り上り調査
5061	"	"	"	非対称	対称	
5093	210	26 × 19	3,200	非対称	対称	自航試験実施
5094	210	26.03 × 17.9	"	非対称	非対称	船首の開き角度の影響調査
5116	230	26 × 19	3,540	非対称	対称	ASRの最終船型

Fig.5は双胴の干渉による剩余抵抗の増減の一般的な特性を $(W - 2B)/L$ と V/\sqrt{L} で表現したものである。ここでWは双胴の喫水線における全幅であり、Bはdemi-hullの全幅である。

$V/\sqrt{L} = 1.05$ において $\Delta R_{RS}/2DR_{RS}$ が負になる場合があることに注目している。ここで

ΔR_{RS} : 双胴船の剩余抵抗 - 2DR_{RS}

$2DR_{RS}$: demi-hullの剩余抵抗の2倍の値

Fig.10は船首尾とも対称な1Aと非対称な1Bおよび1C(内側が平面になっている)のdemi-hull単独のEHPを比較したもので、非対称船型は高いEHPを与えている。Fig.13は双胴状態であるがやはり対称船型の方がよい。ただし、非対称な1B、1Cは双胴の干渉量が少なく、Vs=25kn付近で対称船型と同等の性能となっている。Fig.17はASR船型についてであるが、やはり対称船型M5060がやや良い性能となっている。

Fig.19は船体全半部が対称なM5060と非対称なM5061の内外の船側波形を示したもので、船体前半部内側のエントランス角を小さくした非対称船型M5061の方が内側の波高が小さくなる傾向にあることを示し、連結部構造のスラミング対策として非対称船首の方が良いと考えている。ASRの最終船型M5116においても、Fig.32に示す通り内側の船側波高が船首付近で小さくなっている。

Fig.22は船首の開き角度を1°づつ変えたときの各胴に作用する横力を求めたものである。横力は各胴を揚力体としたときの揚力に相当するので、それに伴う誘導抵抗は揚力が小さい程、小さくなるのではないかと考えた。しかし抵抗試験の結果では横力の大きいBow inの方が、平行状態よりわずか抵抗が低く、Bow outの方がわずか高い値を与えた。このことから揚力が小さい方が船体抵抗が小さくなるとはいえないという結果になった。

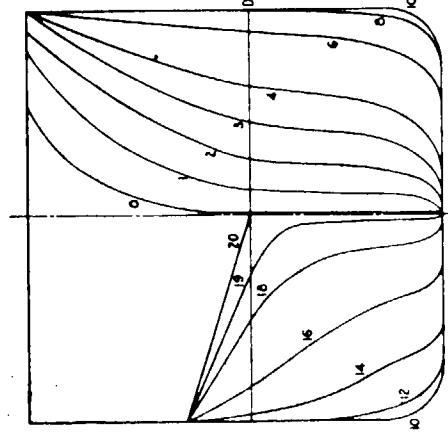


Fig. 6 700-ft Demi-hull 1A Body Plan

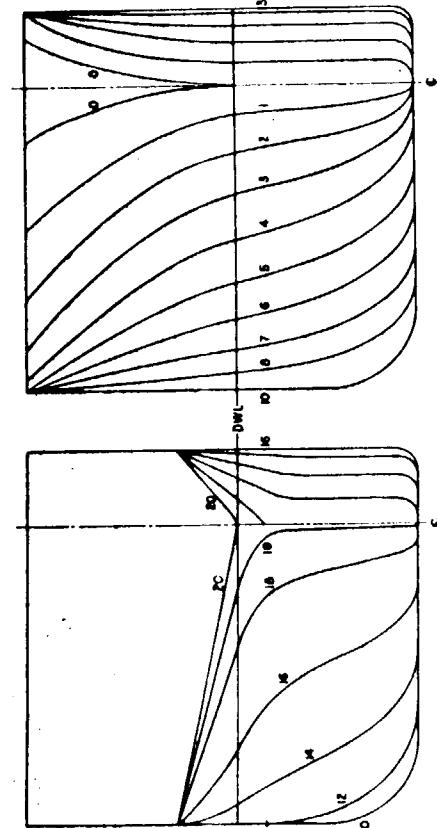


Fig. 7 700-ft Demi-hull 1B Body Plan

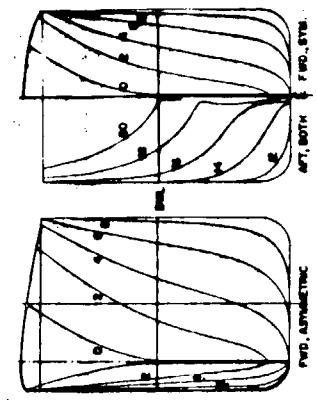


Fig. 15 ASR Body Plans,
Models 5060 and 5061

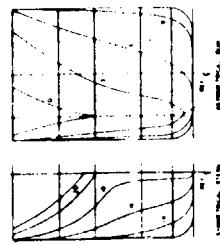


Fig. 20 ASR Model 5093, Ship
and Model Data

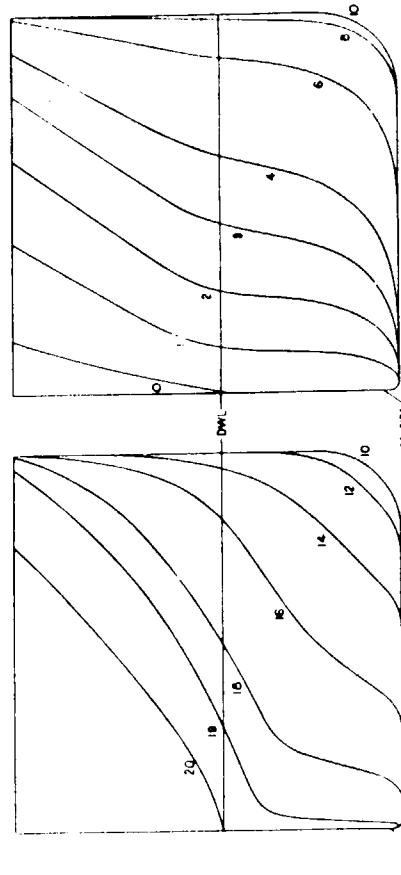


Fig. 27 Lines for ASR 21
(Used on Model 5116)

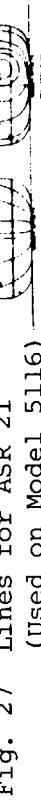


Fig. 21 ASR Model 1 5094, Ship
and Model Data

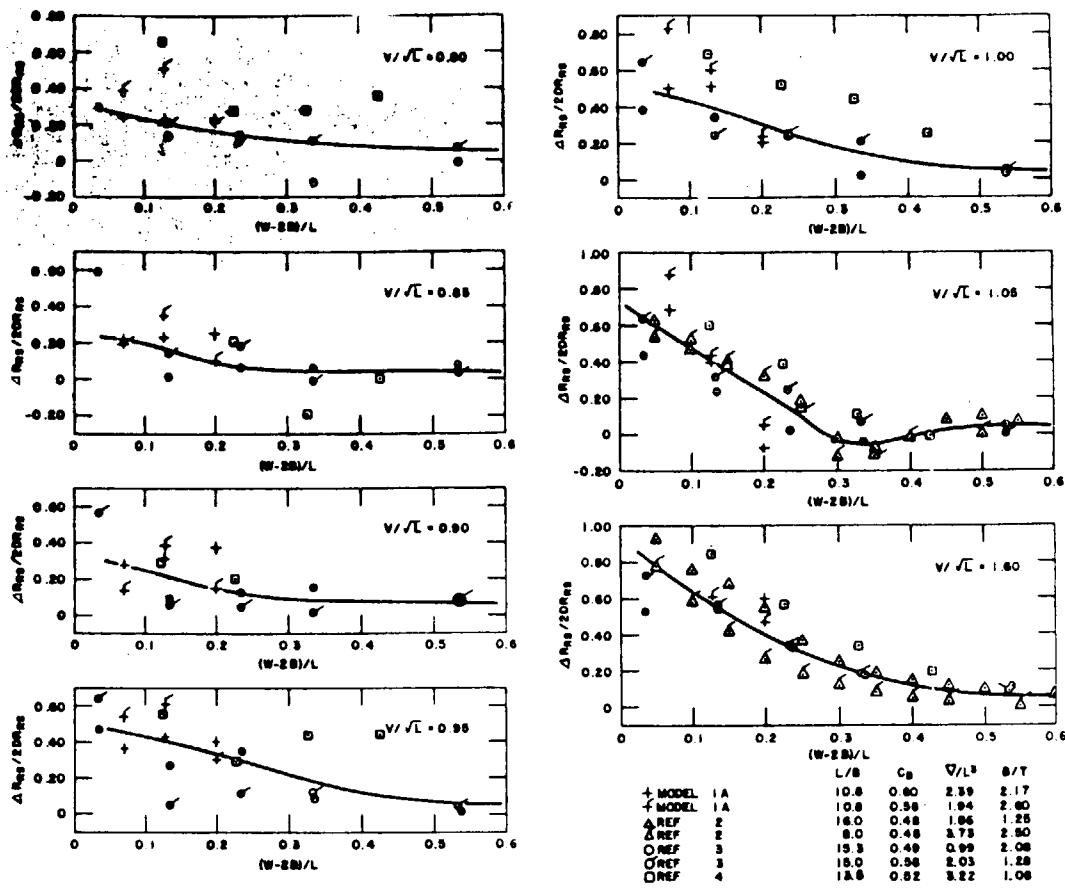


Fig. 5 700-ft Catamaran 1A, Interference Factors Versus $(W - 2B)/L$ for Various Speed-length Ratios

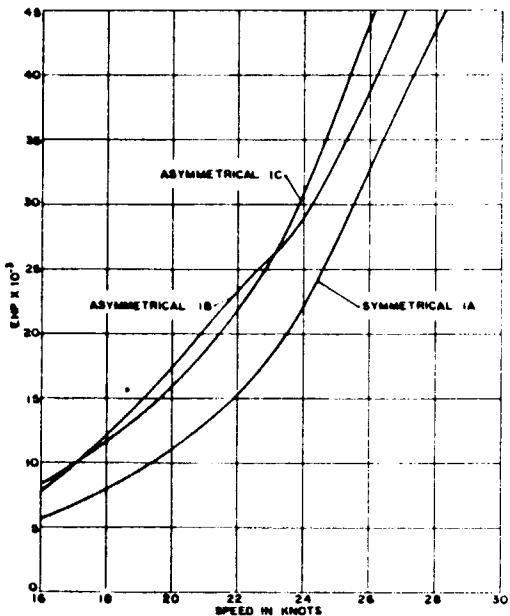


Fig. 10 700-ft Demi-hulls 1A, 1B, and 1C at 30-ft Draft, EHP Versus Speed

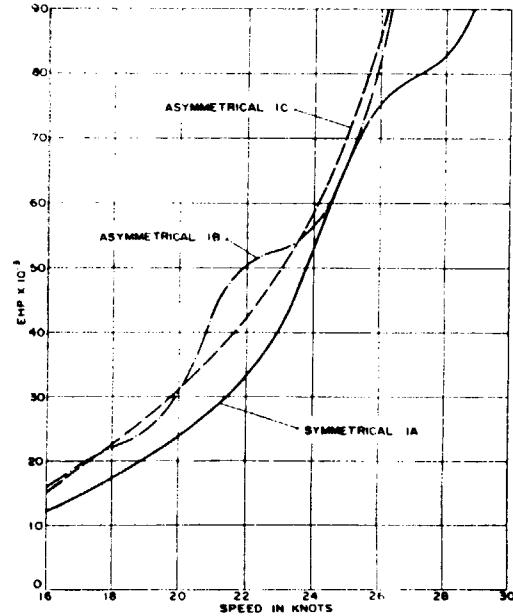


Fig. 13 700-ft Catamarans, 1A, 1B, and 1C at 30-ft Draft, 270-ft Width, EHP Versus Speed

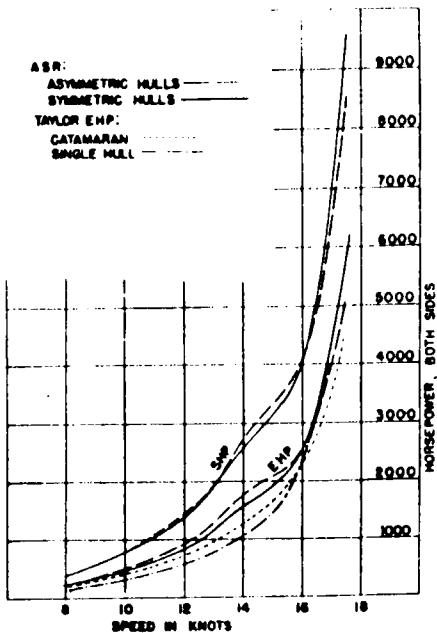


Fig. 17 Comparison of Catamaran Power,
Model 5060 Symmetrical, Model
5061 Asymmetrical

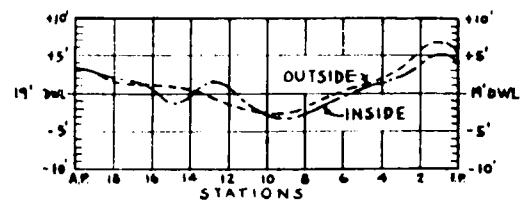


Fig. 32 Wave Profiles at 16 Knots,
ASR Model 5116

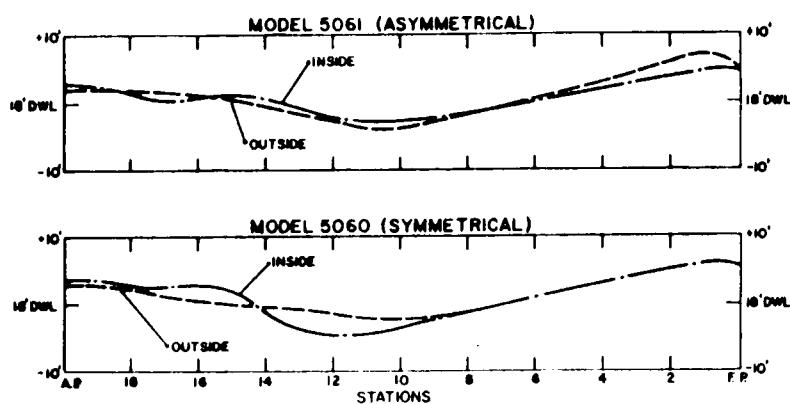


Fig. 19 Wave Profiles at 16 Knots for
ASR Models 5060 and 5061

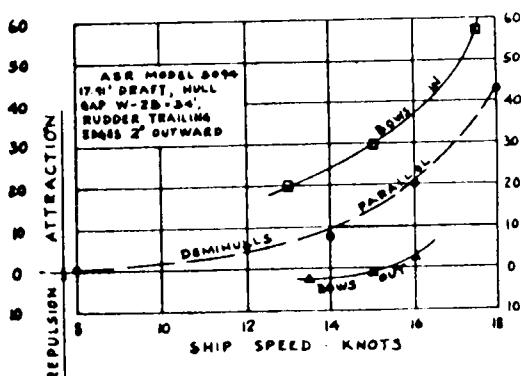


Fig. 22 ASR Model 5094, Interaction
Force between Demi-hulls (Kips)
Versus Speed for Three Initial
Settings

(7) 高速双胴船型の基礎的研究 —— 造波抵抗および運動性能に関する検討 ——

井上、堤、早坂、 石川島播磨技報、16卷、1号、1976

本論文は丸尾による極小造波抵抗理論を双胴船に応用し、高フルード数の領域 ($F_n > 0.30$) での極小造波抵抗の双胴船型を求め、抵抗試験および波浪中の運動試験を行なって理論計算値と比較している。数式モデルは *demi-hull* 中心線面上に x 軸に平行な二重吹出しを、前端および後端に夫々吹出しおよび吸込を分布させ、また船首および船尾には二重吹出しにより形成されるバルブを付け加えた。計算手順としては *demi-hull* に対して最適な船首尾バルブを与えて、極小造波抵抗の主船体の二重吹出し分布を求めた。その結果を单胴船型と比較したものが第2図であるが、極小造波抵抗の横載面積曲線（二重吹出し分布）は双胴船の間隔 (η) によって、ほとんど変わらないと言える。

次に双胴船間隔 (η) を変えて造波抵抗の計算をした結果、双胴間の干渉の影響は小さく、極小造波抵抗の双胴船の抵抗は、極小造波抵抗の单胴船とほとんど一致すると言う結果が得られた。（第3図）

第2図の横載面積曲線と極小造波抵抗 *demi-hull* の船首尾バルブの大きさを元にして Lewis 近似で船図を決定し、模型試験を行なった。

供試模型の要目は次の通りである。

L _{pp}	:	2.000 m
B (<i>demi-hull</i>)	:	0.200 m
双胴間隔	:	1.000 m
D	:	0.700 m
d (吃水)	:	0.400 m
△	:	216 Kg

抵抗試験結果は第6図に示される。満載条件における r_w 、 r_R の傾向は理論計算とよく一致し、計画速度 ($F_n = 0.4$) 付近で造波抵抗係数が非常に小さくなっているが、バラスト条件では定性的にも全く違った曲線となっている。（第6図(b))

運動計算はいわゆる大桶法によっており、[*demi-hull* の流体力] + [双胴の干渉] として求めている。双胴間の干渉は個々の *demi-hull* の動搖によって発生する進行波によってのみ誘起されるとし、*demi-hull* より離れた点での定常波の干渉影響は無視する。

第10、11図に実験結果と対応して計算結果が示されている。干渉を無視した計算結果も、実験値とかなり近い傾向を示し、この種の船型では造波抵抗のみならず運動による発散波も小さく、双胴間の流体力干渉は少ないと言える。

また、実験および理論計算から、運動の同調点における振幅応答は非常に大きいことが分かる。一方、上下揺に対する縦揺の固有周期はかなり長く、海洋波と同調しないようにするために *damping fin*などを設ける必要があることを示唆している。

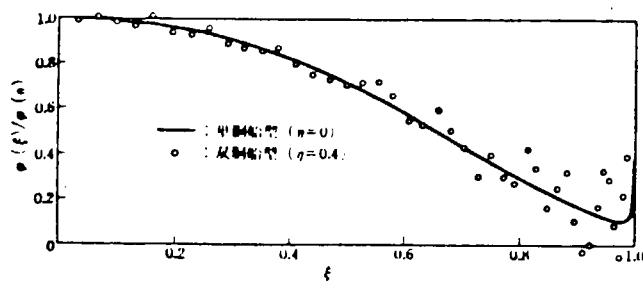


Fig. 2 Optimum Doublet Distribution
極小造波抵抗の2重吹出分布

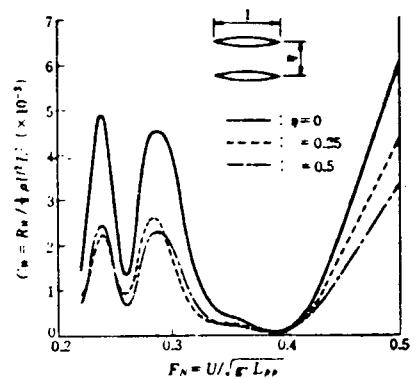


Fig. 3 Comparison of Wave Resistances
造波抵抗の比較

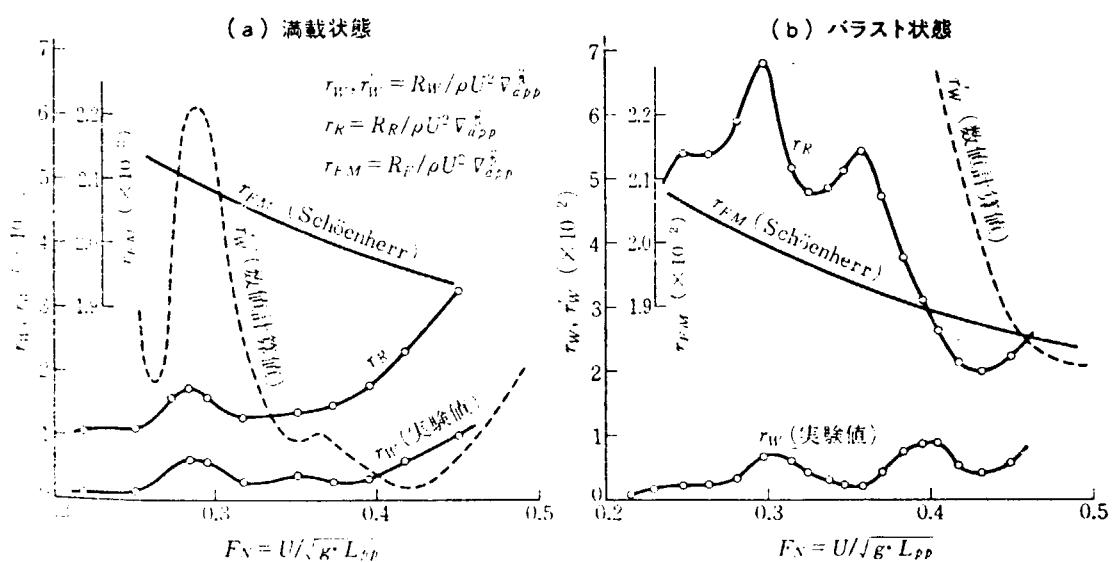


Fig. 6 Resistance Test Results
(Full Load & Ballast Condition)

抵抗試験結果

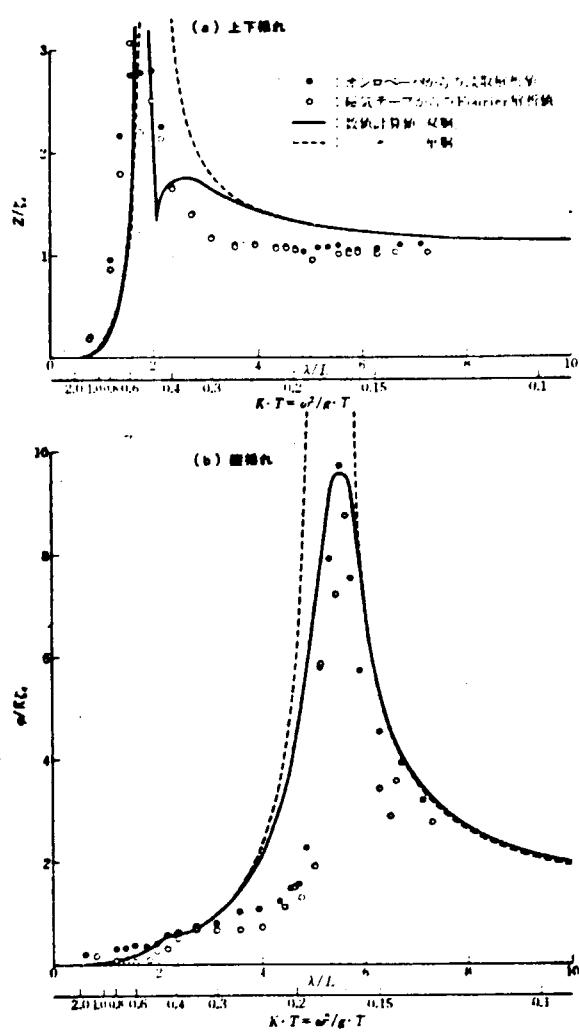


Fig. 10 Heave & Pitch Amplitudes
in Head Sea
向い波中の上下揺れおよび横揺れ

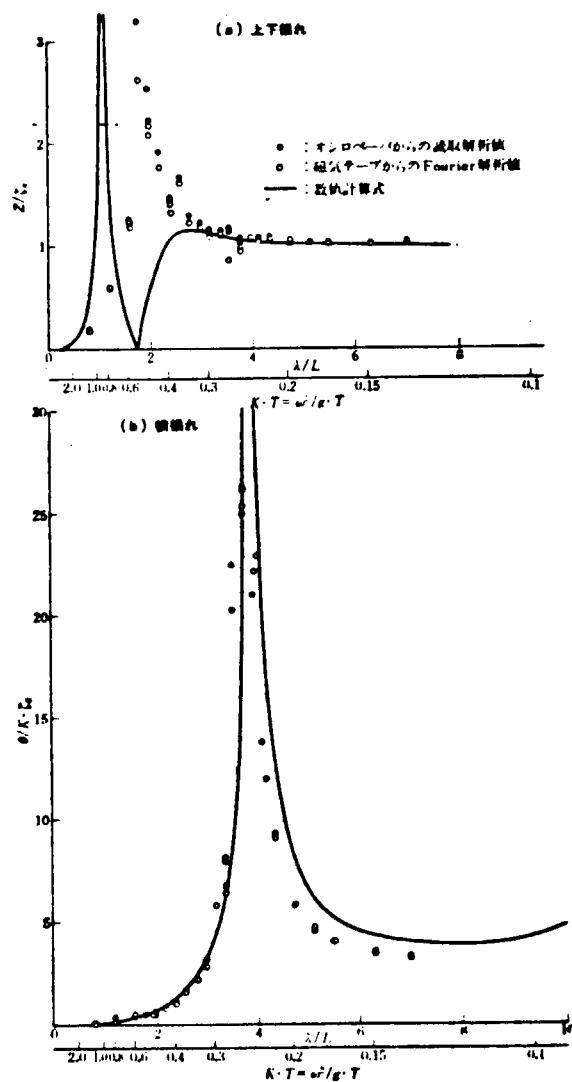


Fig. 11 Heave & Roll Amplitudes
in Beam Sea
横波中の上下揺れおよび横揺れ

(8) CATAMARAN HULL-FORM DESIGN

P.C PIEN (NSRDC U.S.A)、INTERNATIONAL SEMINOR ON WAVE
RESISTANCE, SESSION V-2 FEB. 1976, TOKYO

1. INTRODUCTION (及び ABSTRACT)

本論文は 3 つの部分に分かれている。

最初に双胴船の抵抗問題の複雑さと、これを解く論理を明らかにする為に、双胴船の流体力学が要約して述べられている。

次に双胴船船型設計法が述べられている。

この方法は、先ず双胴船の片側の胴について従来の单胴船の設計法と本質的には同じ手法により effective hull form を設計し、次にその本質的流力特性は変えること無く effective hull を双胴船の demi-hull に変換する手法がとられている。

第 3 の部分では双胴船の設計例が数例紹介されている。

又附録には、船体表面ダブルット分布による船型表現とその造波抵抗計算について述べられている。

2. BACKGROUND AND CATAMARAN HYDRODYNAMICS

双胴船の抵抗現象は单胴船に比してはるかに複雑である。これは、2つの胴の造波干渉による造波抵抗の増減や、船体干渉による cross flow drag 及び造渦抵抗の増加という 2 種類の干渉効果が作用する為である。造波干渉については既に或る程度研究されているが、船体干渉は殆んど論じられたことが無い。船体干渉を減らす為には、一様流中を航走する单胴船の状態と同じになる様に、双胴船の胴に camber 或いは yaw angle をつけて捩れた形状にして、反対側の胴の存在により曲げられた流れに沿わせて走らせればよい。この様な捩れた船体の抵抗を予測することは極めて難しい。船体形状や胴間距離の変化に応じ 2 種の干渉効果が複雑に変化するので船型シリーズ試験等の実験的アプローチもあまり有効では無く、解析的手法によても信頼出来る抵抗予測を行うことは難しい。この様な困難が有るとしても双胴船の好ましい特質を feasibility study 等で正しく評価する為には、良い抵抗性能をもつ双胴船試験船型を設計し得る漸定的な手法が必要である。こゝに述べられている双胴船船体形状の設計方法は、双胴船船型研究計画をスタートさせる為の漸定的手段であり、幸いにもこの方法は良い抵抗性能をもつ双胴船試験船型を生み出しているが、さらに将来もっと良い方法が案出されることを望んでいる。

3. CATAMARAN HULL FORM DESIGN PROCEDURE

双胴船の設計手順は 2 つの部分に分かれれる。最初に effective hull を通常の单胴船と同様の方法で設計し、次にそれを曲げられた流れの中に置かれた demi-hull の流力特性が、基本的には一様流中に置かれた effective hull と同一になる様に胴形状を変形する。

effective hull form は次の手順で説明する。第 1 段階では船体主要寸法や肥瘦係数に適合する特異点分布を計算する。造波抵抗及び波振巾を計算する。流線追跡により概略船体形状を得る。第 2 段階では概略船体形状を図形化し、船尾形状等を適正になる様修正する。第 3 段階では修正された船型の特異点分布を計算し、理論的造波抵抗値及び波振巾を計算する。もし造波抵抗値が適正で他の形状決定条件も満足していたならば、この形状で試験模型を作成し水槽巾が第 1 段階のものより大きい場合はさらに船型の修正及び計算を繰り返す。この設計手順では第 2 段階を除き造波抵抗理論計算法が用いられている。

demi-hull 形状の計算は次の手順による。

starting point として先ず与えられた单胴について Hess Smith や表面 doublet 分布により船体表面の Source 分布を求める。2 隻の与えられた船体を、一様流中に或る距離離して双胴船を形成する様に置く。そのうちの 1 隻を特異点分布で置き換え、他方を船体中央の位置に船体 body plan で置き換える。body plan 断面上のいくつかの点を流線追跡の出発点として選ぶ。midship に置いた各 section 断面から生じた流線がその section 位置と交る点が求める demi-hull の形状を決める。胴前半は一様流の方向と特異点分布の付号を逆にして計算する。demi-hull の keel Line は流線をたどってきめられているので cross flow は無し。この様にして与えられた mono-hull からその基本的流力特性は変えないで demi-hull に変換することが出来る。

4. DESIGN EXAMPLE

104,000 ton 30 kts の通常型双胴船 (MODEL 5228) 、半没水型双胴船 (MODEL 5266) 、高速コンテナ船 MOD-CAT 、多目的低速船 MOD-CAT に関する設計例が示されている。

APPENDIX A

流れの中を動く胴にかかる力とモーメントを Inner-potential doublet distribution を用いて計算する方法等が述べられている。

(9) THE DESIGN OF CATAMARANS

by M. Unozawa and K. Shimizu

Proceeding of PRADS, Tokyo, Oct. 1977

本論は、筆者らが関係する造船所で、1961年以来、建造された40隻余の双胴船の設計経験にもとづき、双胴船の基本設計を行なうまでの問題点を各種の試験結果や建造実績資料をもとに説明しており、さらに、実際的な指針を与えている。本論で取扱っている双胴船は、一般的な通常の排水量型双胴船でありいわゆる半没水型ではない。

ぎ装を除き、主要寸法の選定から構造設計の考え方まで、基本設計全般に渡って双胴船の特長が記述されており、1) 甲板面積、2) 主要寸法など、3) 重量、4) 馬力推定と船型設計、5) 復原性、6) 動揺、7) 操縦性、8) 耐航性、9) 胴間連結部材強度などの項目を含んでいる。

双胴船の特長の一つに広い甲板面積を採り得ることがある。したがって、双胴船は旅客船やカーフェリーなど広い甲板面積を必要とする船型に採用されることが有効であり、また、積付率 (stowage factor) が200以上になるような極めて軽い貨物を搭載する船にも有効である。なお、垂線間長、排水量、軽荷重量と甲板面積との関係図を与え、基本設計者の用に供している。

demi-hull の幅と関連して、船の全幅は、抵抗、動揺、胴間連結材強度と密接な関係があるが、船の長さや幅は单胴船に比して比較的自由に選定することができる。筆者らの実績では L/B がほぼ 1.9 ~ 3.1 程度にある。

乾舷は胴間連結材に対する波浪衝撃を考慮して充分に大きくする必要がある、しかし、上部構造を含めた水線上面積と水中面積の比は 4 : 1 程度が、良好な操縦性能を保持するための限度と考えている。

抵抗上から見ると、双胴船は、单胴船に比して浸水表面積が大きく、低速船には不向きである。したがって、双胴船型を採用する場合は常用速力がフルード数にして 0.35 程度になるように選定することが望ましいとしている。しかも、船型設計にあたっては、まず demi-hull の造波抵抗を出来るだけ少なくすることが先決であり、それが全抵抗を小さくすることになると述べている。demi-hull の造波レベルを低くさえすれば胴間の波高は小さくなり、設計値が最適胴間隔（必ずしも抵抗上から決まるものではないが）より少し離れても抵抗が急激に悪くなるようではなく、設計に自由度が生れると云っている。

双胴船は初期復原力が大きいので、重量物を積卸しを行なうような船にとって、過大な船体傾斜を避けるのに好都合であるとし、初期復原力を与える近似式を示している。

双胴船 (D/W の大きな船でないことに注意) の横揺環動半径は、单胴船のそれより大きく、実船計測によると $0.5B \sim 0.6B$ である。また、横揺減衰力が大きく、胴間隔が大きくなるにしたがって大きくなる。それゆえ、ビルジキールを付けていない船が多い。一方、有効波傾斜係数の値が小さく、しかも波長と船幅比により大きく変ることを指摘している。縦揺周期は单胴船のそれと大差がないが、横揺周期が小さく縦揺周期に近くなるので、cork screw motion (ミソ入り運動) が生じ易く、居住性を悪くするので注意が肝要であるとしている。

筆者らの模型試験によると、双胴間隔を船の長さの 28% ~ 44% の範囲で変化させても旋回径は殆んど変わらない。したがって、通常の双胴船では胴間隔の影響を考慮する必要がなく、片胴を一つの单胴船と考えて旋回性を考察すれば良いとしている。実船の旋回試験結果を解析し、操舵角 35 度時の定常旋回半

径を求める簡便法を図表で示している。

航洋双胴船の設計に際し、真先に検討されねばならない波浪中の動搖性能の推定は理論計算で行なうことができ、*demi-hull* 形状の異なる2船型の理論計算値と模型試験結果を対比し、良い一致を示すことを述べている。

双胴船の船体強度として、双胴船固有のクロスデッキ部の強度問題を探り上げ

1) 波浪が衝撃圧力として直接この部分に働く場合の強度の検討

2) 波浪が夫々の*demi-hull*に作用し、*demi-hull*間の相対的運動に起因する強度の検討に分けて概説している。とくに2項の問題に対して、横波による曲げモーメント、斜波による振りモーメントの概算式を紹介し、その妥当性について実験との対比で考察を加えている。さらに、航洋双胴船の設計については、波浪外力の統計的推定値を用いFEMによる詳細計算の必要性を強調している。

最後に、航洋双胴船々型としては、その対凌波性の観点から、半没水型あるいはSWATH型船型が主流となるのではないかと述べている。

10 The Force and Moment on a Twin-Hull Ship in a Steady Potential Flow

Wen-Chin Lin, 第10回 船舶流体力学シンポジウム(1974)

近年SWATH(Small-Waterplane-Area Twin-Hull)型半潜水船の開発に関して多数の研究開発がおこなわれているが、本研究は一般的に双胴船型に加わる流体力を研究したもので、最後にSWATHについての応用を述べる。

これまでの双胴船に加はる力は、船体を*thin ship*で扱い、独立した2面のHavelock sourceによって計算されている。しかし実際には両舷の船体はかなり近い距離にあり、船体周りの流れも各舷の内、外で対称でないと考えられる。このため本研究では船体を一对のsource分布面とこの面に垂直な軸をもつdoublet分布で表わすことを試みた。非対称な*demi-hull*をもつ双胴船に加わる諸力を計算する方法を一般的に示すのが、本研究の目的になっている。

双胴船の左右各舷の船体のcamber $C(x, z)$ とhalf-thickness $t(x, z)$ の関数が与えられている時、船体の内側と外側の船型 f^+ 、 f^- は次式で示すことができる。

$$f^+(x, z) = c(x, z) + t(x, z)$$

$$f^-(x, z) = c(x, z) - t(x, z)$$

擾乱potentialを ϕ とすると船体表面の境界条件は

$$\begin{aligned} \frac{\partial \phi}{\partial y}(x, +0, z) &= -U \frac{\partial f^+}{\partial x} = -U \left\{ \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial x} \right\} \\ \frac{\partial \phi}{\partial y}(x, -0, z) &= -U \frac{\partial f^-}{\partial x} = -U \left\{ \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial t}{\partial x} \right\} \end{aligned} \quad (2.7)$$

となるが、これらは、camberとthicknessについて線型な式であるから、非対称双胴船の問題は次の2段階に分解して扱うことができる。

(1) 反対舷の船体が無い状態で、 $y=0$ の面を対称面とする船体周りの流れを調べる(Thickness Problem)。

(2) 反対舷の船体の影響下で、船体の幅を0の極限で考えて、camberだけがある場合の船体周りの流れを調べる(Lifting Problem)。

すなわち、 ϕ_σ 、 ϕ_μ をそれぞれsource分布およびdoublet分布の擾乱potentialとすると、

Thickness Problemの境界条件

$$\frac{\partial \phi_{1\sigma}}{\partial y}(x, \pm 0, z) = \mp U \frac{\partial t}{\partial x} \quad (2.9)$$

Lifting Problemの境界条件

$$\frac{\partial \phi_{1\mu}}{\partial y}(x, o, z) + \frac{\partial \phi_{2\mu}}{\partial y} = U \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial \phi_{2\sigma}}{\partial y} \quad (2.9)$$

に分解できる(添字2は、反対舷船体によるもの)。

この結果、Thickness Problemは在来の thin ship 船型と同様に扱えるので、検討を要するのは Lifting Problem に限られる。

G を Havelock Source の Green 関数とすると、doublet 分布による potential ϕ_μ は次式で示される。

$$\phi_\mu(x, y, z) = \iint_{S_b+S_w} \mu(x_0, z_0) \frac{\partial}{\partial y} G(x, y, z; x_0, o, z_0) dx_0 dz_0 \quad (2.19)$$

ただし S_b は camber 上の面 S_w は伴流中にも分布させた doublet 面を示す。 S_w は伴流中の渦度の流出を考えたものであるが、本論文中では具体的な関数形は示していない。

$\mu(x, z)$ は、thin ship における $\sigma(x, z)$ のように船体形状に対して簡単に表わすことはできないので、先に記した Lifting Problem における境界条件式を書き換えて、次式によって解くこととする。

$$\begin{aligned} & \lim_{y \rightarrow 0} \iint_{S_b+S_w} \mu(x_0, z_0) \frac{\partial^2}{\partial y^2} \{ G(x, y, z; x_0, 0, z_0) - G(x, y, z; x_0, 2b, z_0) \} dx_0 dz_0 \\ &= U \frac{\partial c}{\partial x} + \iint_{S_b} \sigma(x_0, z_0) \frac{\partial}{\partial y} G(x, 0, z; z_0, 2b, z_0) dx_0 dz_0 \end{aligned} \quad (2.29)$$

この式で右辺は既知量であるから、原理的には解くことが可能であるが、Green 関数は厳密には扱えないので以下 0-Froude 数(0次の解)の問題として考える。ただしこの論文中には Hu (1961) による G の漸化式を示し、高次の解についての検討は行なっている。

$H/L \ll 1$ (H は奥水)、 $2b/L \ll 1$ (b は双胴間隔) の条件で 0次の $\mu(x, z_0)$ を定める積分方程式として上式を書きなおすと次式のようになる。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial y} \int_{-H}^H \mu(x, z_0) \left[\left(\frac{\partial}{\partial y_0} \log \sqrt{(y-y_0)^2 + (z-z_0)^2} \right)_{y_0} = 0 \right. \\ & \quad \left. - \left(\frac{\partial}{\partial y_0} \log \sqrt{(y-y_0)^2 + (z-z_0)^2} \right)_{y_0} = 2b \right] dz_0 \\ &= -\frac{U}{2} \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} \int_{-H}^H \sigma(x, z_0) \left(\log \sqrt{(y-y_0)^2 + (z-z_0)^2} \right)_{y_0} = 2b dz_0 \end{aligned} \quad (2.53)$$

この式から、 x を一定とすると μ は各断面で定り、 μ は slender body のような 2 次元的性格をもつことがわかる。

次に双胴船の demi-hull が上記によって source および doublet で表される時、この船体に加わる 6 自由度の流体力の計算式を Lagally の式を拡張した形で示した。しかしこの式はかなり形式的な表現なので、抵抗成分(造波抵抗)のみ下記のように直接計算できる式を与えている。

$$R_w = 2(R_{\sigma\sigma} + R_{\mu\sigma} + R_{\sigma\mu} + R_{\mu\mu})$$

$$\begin{aligned} R_{\sigma\sigma} &= 16\pi PK_0^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sec^3 \theta \left| 1 + \cos(2bK_0 \sec^2 \theta \sin \theta) \right| \\ &\quad \times \left| P_\sigma^2 + Q_\sigma^2 \right| d\theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\sigma\mu} = R_{\mu\sigma} &= 32\pi PK_0^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sec^3 \theta \sin(2bK_0 \sec^2 \theta \sin \theta) \\ &\quad \times \left| P_\sigma Q_\mu + P_\mu Q_\sigma \right| d\theta \end{aligned}$$

$$R_{\mu\mu} = 16\pi PK_0^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sec^3 \theta |1 + \cos(2bK_0 \sec^2 \theta \sin \theta)| \times |P_\mu^2 + Q_\mu^2| d\theta$$

ただし

$$\begin{aligned} P_\sigma &= \iint_s \sigma(x, z) e^{K_0 \sec^2 \theta} \begin{cases} \cos \\ \sin \end{cases} (K_0 x \sec \theta) dx dz \\ Q_\mu &= K_0 \sec^2 \theta \sin \theta \iint_s \mu(x, z) e^{K_0 \sec^2 \theta} \begin{cases} \sin \\ \cos \end{cases} (K_0 x \sec \theta) dx dz \end{aligned}$$

さらに、demi-hull 相互の影響が無視できる camber の形状として、先に述べた (2.2.9) 式の右辺を 0 とする条件を提案し、これを no-cross-flow の仮定とした。すなわち

$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{1}{2\pi} \iint (\frac{\partial t}{\partial x_0}) \frac{\partial}{\partial y} G(x, 0, z; x_0, 2b, z_0) dx_0 dz_0 \quad (4.7)$$

が no-cross-flow の条件を満たし、若し $H/L, 2b/L \ll 1$ ならば camber 形状として

$$C(x, z) = \frac{2b}{\pi} \int_{-H}^H \frac{t(x, z_0)}{4b^2 + (z - z_0)^2} dz_0 \quad (4.10)$$

が得られ、この場合造波抵抗は各 demi-hull の source 分布によるものだけで、doublet も寄与しない。すなわち $R_w = 2 R_{\sigma\sigma}$ で $\mu(x_0, z_0) = 0$ である。

理論式の応用は、造波抵抗について模型試験結果と計算値の比較によって示されている。模型は SWATH 型半潜水船で、対象船の主要目は船速 32 Knot, $C_p = 0.758$ (主船体), 排水量約 3800 トン, 船長約 88m となっている。

Fig. 4 は camber のない主船体をもつ半潜水船の demi-hull 単独の場合と双胴の場合の比較で、Fig. 5 は (4.10) 式による no-cross-flow の仮定を満足する camber をもつ半潜水船の例を示している。理論式は 0-Froude 数の前提で組立てられているが、図示のようにかなり高速までよい一致を示し、理論の実用性が評価できる。

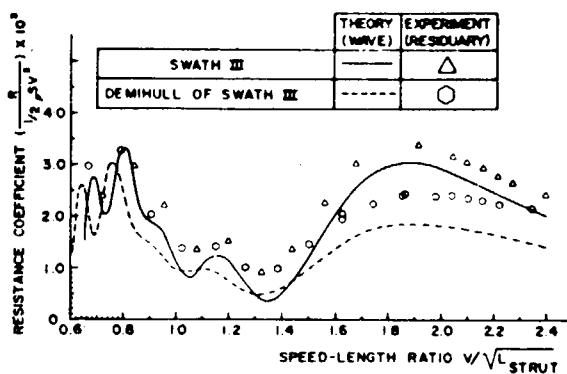


Fig. 4 Effect of Twin-Hull Interference on Resistance Characteristics

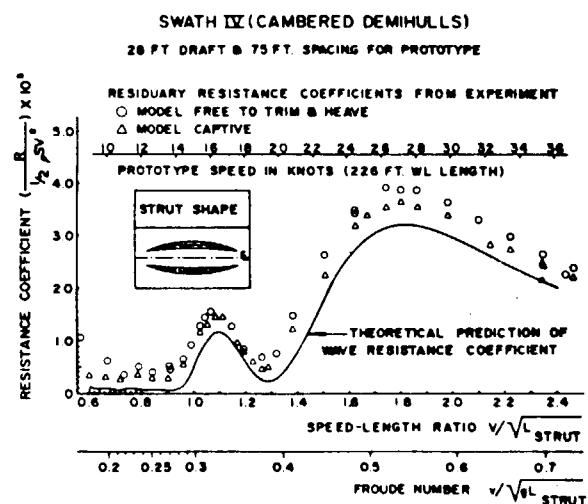


Fig. 5 Comparison between Theoretical Prediction and Data from Two Experimental Techniques

(1) Multihull Ship の波の中の運動について

大楠丹、西部造船会々報 第40号、1970

2次元双胴体に作用する動揺流体力を、近似的ではあるが厳密解に近い高精度で計算できるいわゆる「大楠法」について書かれた original paperである。

まづ、2本の円筒の上下揺について Ursell-田才法を拡張して、双胴間の相互干渉を厳密に考慮した計算と、実験とを比較して相互干渉の無視できないことが示されている。Fig. 3。

次に、双胴間の相互干渉は、各胴が起す流体擾乱のうち進行波成分のみによって起り、各胴の近傍に存在する定常波は相互干渉に影響を及ぼさないという近似的な考え方を導入すると、相互干渉を表す項は、各胴の単胴としての造波特性だけがわかっているれば、それらを使った無限等比級数の和として解析的に求められることが示されている。これは物理的には、例えば右胴の造る擾乱のうち進行波だけが、左胴に右からの入射波として作用し、一部は透過波として左へ透過し一部が右へ反射する。この右への反射成分は、次に右胴に左からの入射波として作用し一部が右へ透過し、一部が左へ反射する。この反射を無限にくり返したものが各胴への入射波として作用すると考えられる。単胴への入射波に対する反射波成分、透過波成分は Kochin 関数を用いて表わされるので結局無限回のくりかえしは Kochin 関数を使った等比級数の無限和として表わされることになる。

この近似法による計算と厳密解との比較を行ない、この近似解法が極めて有効なものであることが示されている。Fig. 7。また、この近似法は桁落ちによる数値計算精度の問題から、厳密解法より精度が高い case も起りうることが指摘されている。

この方法は実は3胴以上の多胴体にも使って、4本円筒、2本、3本 Lewis form 柱体の計算も示されている。

また、この方法で計算された流体力を使ったストリップ法による横波中の運動計算が、実験との良い一致を示している。Fig. 18。

文献リスト No. 104 の同著者による論文には、縦波中の計算、実験も含まれている。

なお、附録に、radiation potential と diffraction potential の Kochin 関数の関係を示す、いわゆる別所の関係の正しい表示式が与えられている。

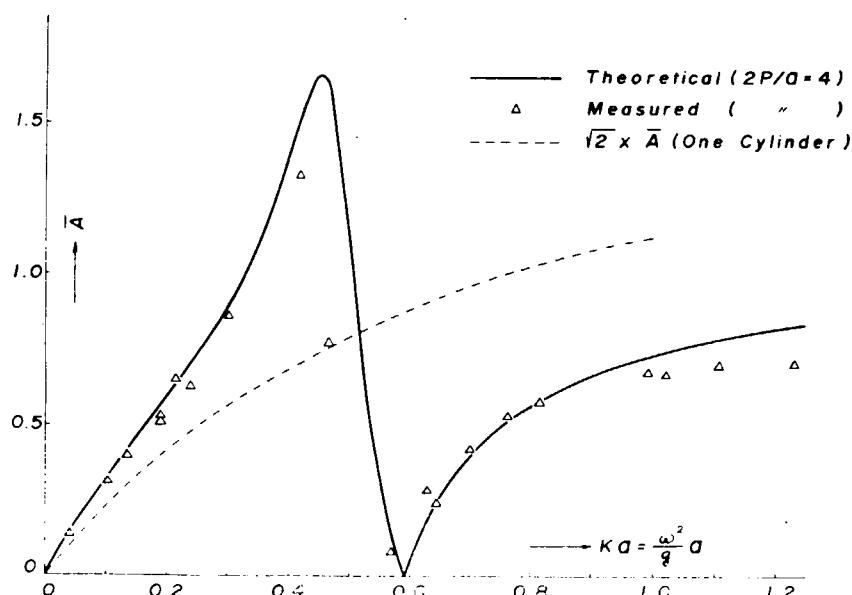


Fig. 3 \bar{A} , Ratio of Wave Amplitude to Amplitude of Heaving Motion

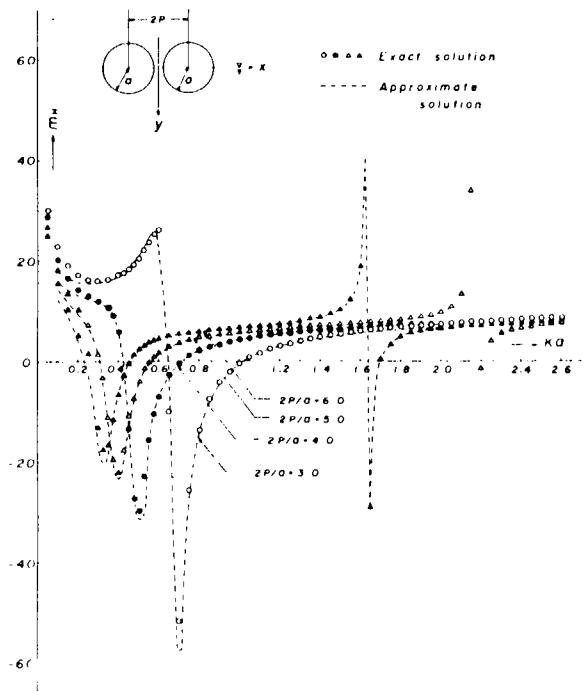


Fig. 7 m_H , Added Mass Coefficient of Heaving Motion for Two Circular Cylinders

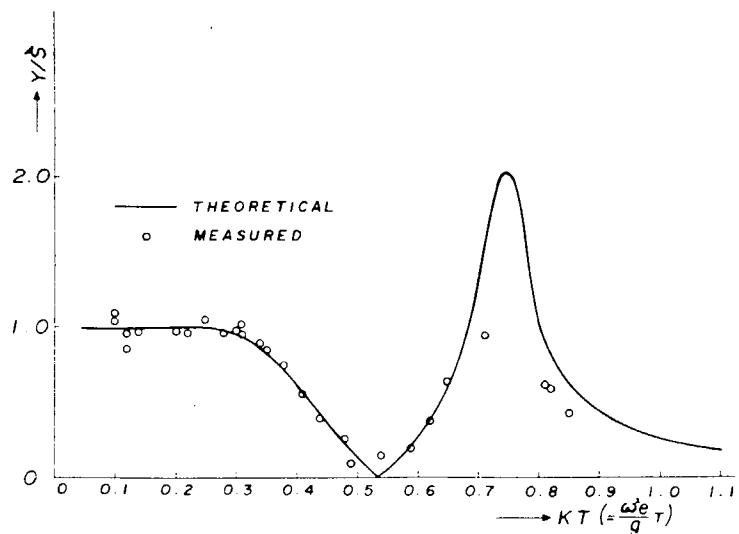


Fig. 18 Heaving Amplitude of a Catamaran in Beam Seas

(12) Ocean Catamaran Seakeeping Design, Based on the Experiences of
USNS Hayes by J. B. Hadler, C. M. Lee, J. T. Birmingham and H. D. Jones
SNAME Vol 82, 1974

船長 220 ft (67.1 m) の初の排水量型航洋双胴船 Hayes の実船実験の経験及び模型実験をもとに、耐航性能面からみた双胴船の設計のガイダンスを与えていた。建造当初の Hayes は極めて乗り心地が悪く、双胴連結部に激しいスラミングを受けたのであるが、船首部船底に付設した水中翼により耐航性能が改善され、所期の性能を達成した。この経緯が詳述されている。

Hayes は Fig. 5 の body plan にみられるように船体前半部は非対称船型で、後半部は対称船型となっている。heaving ならびに pitching motion の軽減のために付設した船首水中翼は Fig. 3 に示すように船底付近に固定して、水中翼が水上に露出することをできるだけ避けるよう配慮されている。水中翼の迎角を Fig. 6 に示すように種々変え、有効馬力の増加が最小となる迎角を調べた。船尾の水中翼も試みているが、最終的には船首水中翼のみを付設し、迎角は 0° にしている。水中翼は推進性能面からなるべく小型のものを採用すべきことが強調されている。

本論文では双胴船の運動及び波浪荷重の予測計算のための理論が展開され、実船計測結果や模型船の試験結果と比較している。Fig. 13, Fig. 14 にみられるように運動の予測は極めて良好である。また水中翼の効果が大きいことが分る。

建造当初の Hayes は Fig. 4 の上段に示すように双胴連結部にスラミングにより極めて大きな衝撃圧が発生していたが、船首水中翼により船首相対運動が減少し、それに伴って衝撃圧が大幅に軽減された。この波浪荷重予測計算と実測値の比較を Table 4 に示すが、予測は良好である。ただし、水中翼がある場合や精度が落ちている。これは水中翼が付設されたときの相対速度の推定精度が落ちたためであると説明されている。連結部のスラミング対策として連結部の波面からの高さも重要な要素であり、構造重量の慎重な管理のもとになるべく高くすることが重要であるとしている。

建造当初の Hayes は Table 8 でみられるように rolling と pitching の固有周期が近く、両者が連成した、いわゆる corkscrew motion があり、乗り心地が悪かったが、船首水中翼の付設で周期の差がやや増加し、乗り心地は改良された。Fig. 22 に示すような加速度の限界曲線を参考にして、Hayes の場合 横加速度 0.4 g 程度を耐え得る限界と設定して船型要目比が変わったときの性能調査も行っている。

双胴船の耐航性能は今回の論文の方法で相当程度まで予測可能であるが、模型試験による確認は不可欠であることも強調している。

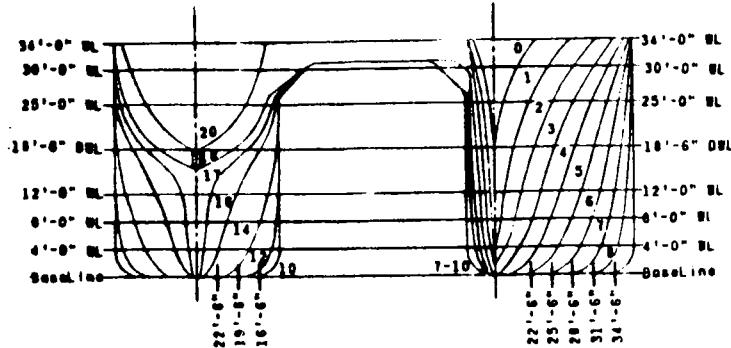


Fig. 5 Hayes Body Plan

- LONGITUDINAL HULL STRESS
- △ TRANSVERSE AXIS BULKHEAD STRESS
- CROSS STRUCTURE BOTTOM PRESSURE
- VERTICAL ACCELERATION
- ROLL ANGLE AND PITCH ANGLE
- WAVE HEIGHT
- FULL SCALE PRESSURE GAGES
- MODEL PRESSURE GAGES

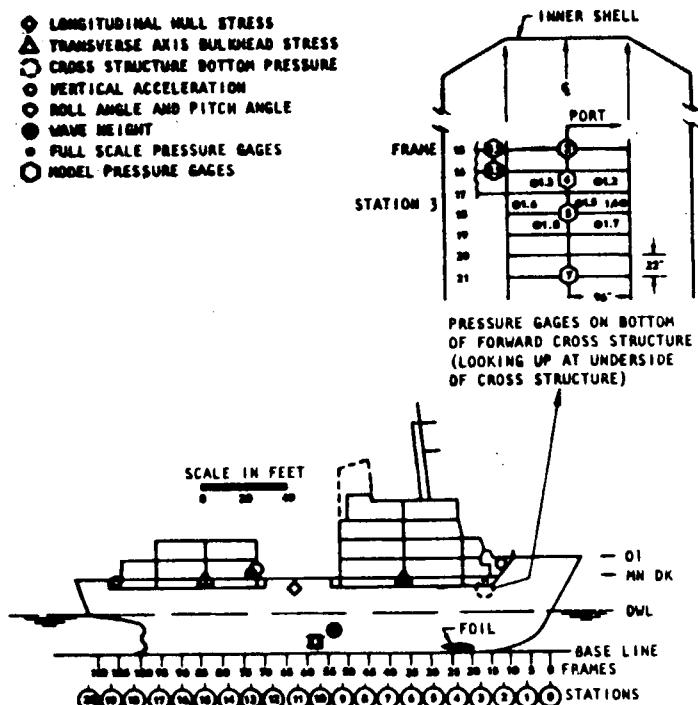


Fig. 3 Profile Showing Transducer Locations

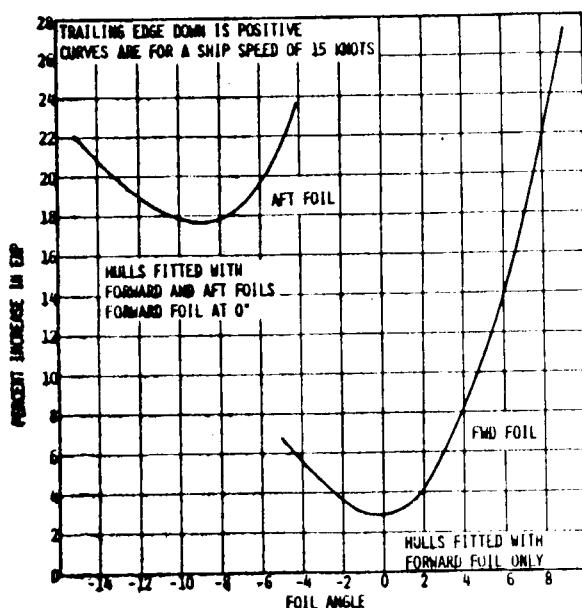


Fig. 6 Effect of Hydrofoil on Resistance

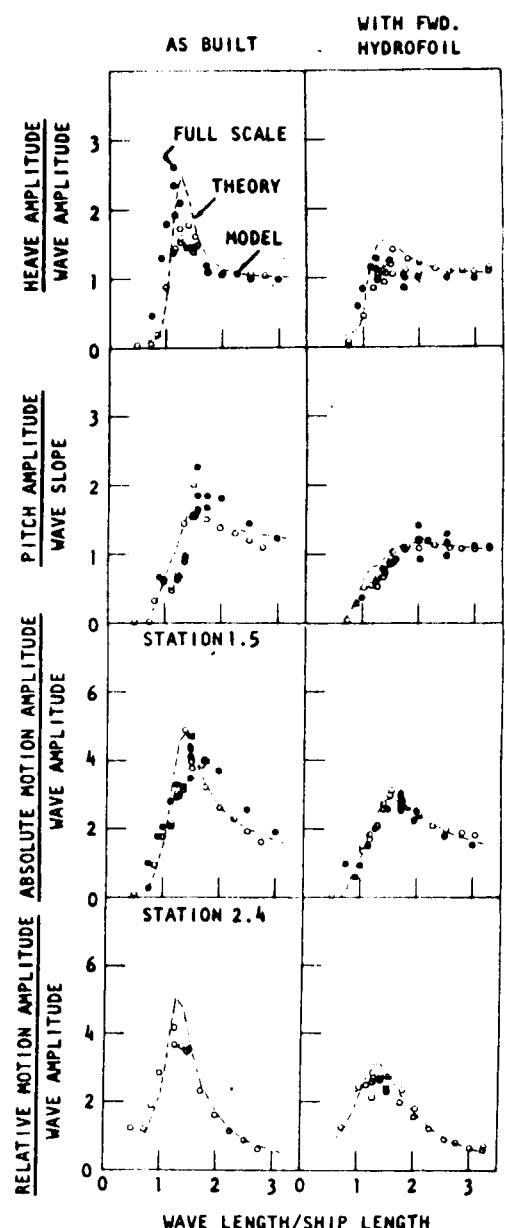


Fig. 13 Correlation of Motion Transfer Function for Hayes in Head Seas, 10 Knots

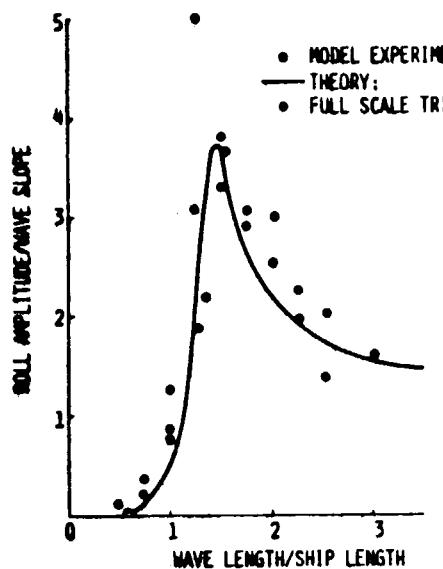


Fig. 14 Comparison of Roll Motion in Beam Waves for Hayes as Built

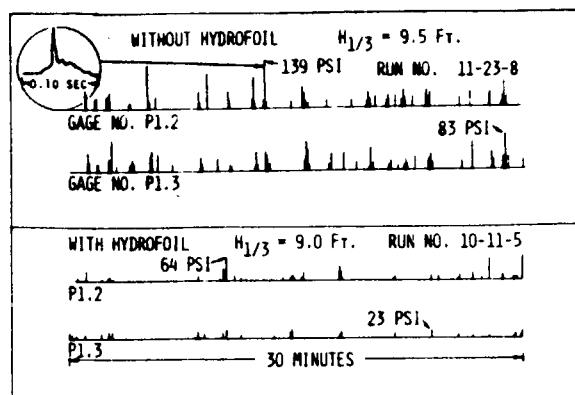


Fig. 4 Wave Impact Pressure on Bottom of Cross Structure in Head Seas, 12 Knots

Table 4 Impact Pressure

CONDITION	Knots	Fwd	Aft	SIGNIFICANT WAVE HEIGHT, ft	CLEARANCE AT STATION 2.4, ft	C_s	$P_{1/3}$ (psi)		WATER CONTACT/Hr	
							measured	predicted	measured	predicted
Hayes as built	12	18.0	18.0	9.5	10.3	46.6	45.37	124	130	
Hayes with hydrofoil	12	18.7	20.1	9.0	8.9	14.64	23.60	100	46	
Model as built	10	17.5	20.5	19.0	11.0	45.97	44.67	92	93	
Model with hydrofoil	10	17.5	20.5	18.5	10.6	33.80	35.80	97	84	

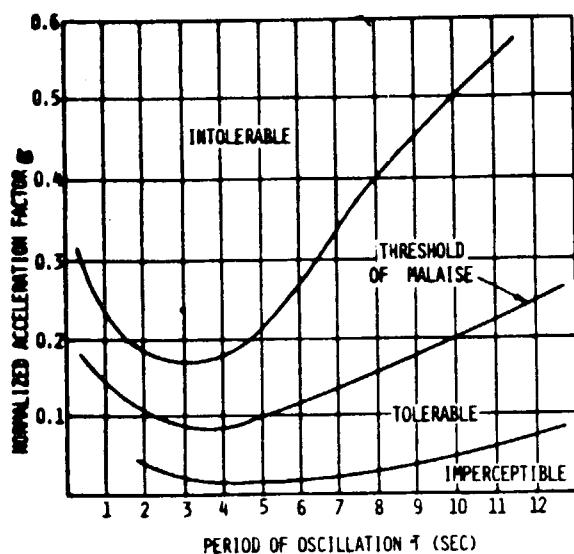


Fig. 22 Human Tolerance

Table 8 Roll and Pitch Period

CONDITION	ROLL PERIOD, sec	PITCH PERIOD, sec	DIFFERENCE, sec
Measured full scale as built	7.4	5.9	1.5
Measured full scale with hydrofoil	8.5	6.4	2.1
Predicted			
$L/B = 1.20 \times Hayes$	7.0	5.8	1.2
$1.40 \times Hayes$	6.6	5.6	1.0
$B/H = 1.60 \times Hayes$	7.0	5.3	1.7
$2.20 \times Hayes$	6.2	4.8	1.4
$\Delta = 0.80 \times Hayes$	8.8	6.1	2.7
$1.20 \times Hayes$	7.6	6.1	1.5
Hull separation			
$- 0.75 \times Hayes$	9.9	6.1	3.8
$1.25 \times Hayes$	7.3	6.1	1.2
$1.50 \times Hayes$	6.6	6.1	0.5

(13) 双胴船の耐航性

大楠丹、第2回耐航性に関するシンポジウム、日本造船学会 1977

第2回耐航性シンポジウムの「設計に関するトピックス」の中で独立した1章として書かれたものである。

耐航性に関わりのある双胴船の設計の問題点として

- (1) 両端の demi-hull を結合する cross-structure に作用する荷重（横曲げ、せん断、ねじりなど）の正確な推定。
- (2) Cross-structure 下面と波面の衝突によるスラミングの問題。
両側の demi-hull の間の水面では、船体のつくる波が重複して高い波がつくられており、水が両側に逃げないなどのためスラミングの頻度や衝撃圧が大きくなる。この頻度は、demi-hull の船首におけるそれよりずっと大きく、船速の制御は cross-structure のスラミングの頻度によって決定される例がある。
- (3) GM が大きいため横揺の固有周期が短かく、同調時の加速度が大きくなり乗心地の点からも問題がある。さらに細長い demi-hull や小水線面積の demi-hull の採用によって、上下揺や縦揺の固有周期が長くなり、横揺固有周期に近くなるため乗り心地が非常に悪くなる。また、上下揺、縦揺の減衰力が小さいことから同調時の運動が大きくなり、何らかの対策が必要となる。
- (4) 小水線面積型では、上下方向の復原力が小さいため定常的な外力に対して不安定であるので、fin などが必要になる。
- (5) 小水線面積型では、重量軽減のため波浪荷重を軽減する必要があり、耐航性能に十分な考慮を払う必要がある。
- (6) demi-hull の大きな質量を比較的柔い cross-structure で結合しているため振動も問題になる。などがあげられる。これらの問題点を前提として、双胴船の耐航性能の理論的な推定方法の現状について次の3項目①、②、③にわけて概説がされている。

① 双胴船の波浪中の動揺

2次元流体力については、双胴間の干渉を考えた造波ボテンシャル理論による計算法が開発されており、それらと実験との一致は比較的良好だが、没水部分の大きい小水線面積型では、造波減衰力は小さいので粘性や揚力による減衰力を考慮する必要がある。その一方法が紹介されている。

これらの2次元流体力を使って、ストリップ法で運動計算をすることができる。縦波、横波中の計算は行なわれており、実験との比較もある。斜波中の研究が今後望まれる。

2次元双胴体の特徴は、双胴間の干渉により、造波減衰力が零になったり、附加質量が負になったりする周波数が存在することでこれが運動にも反映する。しかし、双胴間の波の逃げ場のない2次元の干渉効果は実際の3次元の干渉効果とは異なり、一般に過大である。特に前進速度のある場合は実際の干渉は小さく2次元の干渉効果は非現実的であり、この点をどう考慮するかが今後の課題である。

この他、運動の理論計算で注意すべきこととして、① 小水線面積型で粘性による減衰を考慮すること。② 普通型（排水量型）では、横揺の造波減衰が十分大きいので单胴船の横揺計算と違って粘性減衰を考慮しなくてもよい。ビルジキールの効果も非常に小さい。③ 縦波中の波浪強制力の計算では、双胴船では巾が広くなるため、波の orbital motion を断面内の1点で代表させる方法は精度が悪いので Has kind の関係式で計算すべきである。また、2点（各 demi-hull で1点づつ）で代表させる精度の高い方法が斜波でも有効な方法として著者によい開発されている。

双胴船の運動の特徴としては、① 向波中では縦運動の同調時の動揺振巾が非常に大きく鋭いピークをなす。これは双胴間の造波干渉により同調点付近で減衰係数が小さくなるためである。前進速度

が増大すると、造波干渉が弱くなり減衰力が増すための鋭いピークはなくなってくる。② 横波中では2次元的な干渉効果が強く現われるため、双胴間隔の動揺に対する影響は非常に大きい。③ 横揺応答曲線に、単胴船のような鋭いピークが現われるとは限らない。④ 横揺に対する速度影響が大きい。普通型では速度が大きくなると横揺は小さくなるが、小水線面積型では逆になることがある。

② Cross - structure に作用する動的荷重

双胴船の船体運動が求まったものとして、cross - structure に作用する荷重のうち、重要なものとして次の4つの力 (Fig. 5.4) の計算法が示されている。

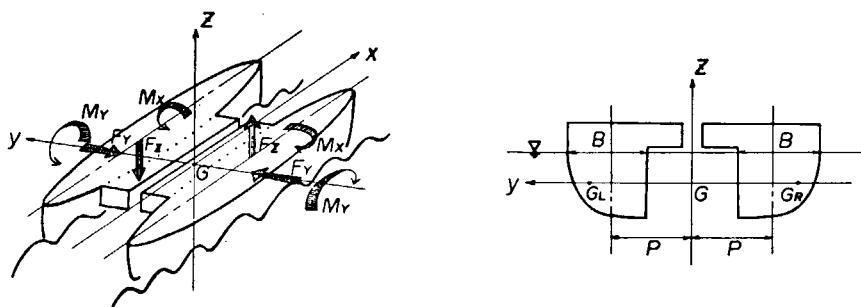


Fig. 5.4 Coordinate System

- ① F_z (Vertical shear force) … 2つのdemi-hullを互いに反対の方向に上下揺させるような力
 - ② M_x (Vertical bending moment) … 2つのdemi-hullを互いに反対の方向に横揺させるようなモーメント
 - ③ M_y (Pitch connecting moment) … 2つのdemi-hullを互いに反対の方向に縦揺させるようなモーメント
 - ④ F_y (Horizontal force) … 2つのdemi-hullを互いに引き離したり、おしつけたりする力
 - ⑤ Cross - structure 下面のスラミング
- 水面との相対変位の推定にあたっては、運動の他に双胴間の水面の盛り上りを、複雑な造波現象を考慮して推定しなくてはならない。単胴の場合、入射波の水位だけ考えればよいのと違う点である。

(14) 非対称双胴体の横波中の理論計算および模型実験

日根野元裕、小林正典、三井造船技報 No. 96 1976

著者らはすでに非対称断面を持つ柱状体（単胴）の2次元動揺流体力を特異点分布法で計算する方法を開発しているが、この方法で得られた値を使って、いわゆる大桶法（双胴間の干渉を、各胴からの発散波による造波干渉だけと考える近似法）を拡張して全く任意の断面形状を有する非対称双胴体に働く流体力を計算する方法を示している。次いで得られた流体力を使って横波中の運動方程式を解いている。

数値計算は、Fig. 3に示すような対称双胴体を含む5種類の双胴体について、上下揺、左右揺、横揺の3つのモードの附加質量（附加慣性モーメント）、発散波振幅比及びその位相、横波中の波強制力、透過波、反射波、横波中の運動の振幅などが計算されている。数値計算と比較するための実験は、3つのモードの強制動揺試験、横波中の波浪強制力ならびに透過波の測定実験及び横波中の前進速度のない場合で

の動揺試験が行なわれている。

得られた結果は次のようなものであるが、非対称双胴体の外側と内側の断面形状と流体力学的な特性との関連についての(3)、(4)、(5)は興味のある新しい知見である。

- (1) 非対称双胴体に働く動揺流体力および透過係数、反射係数の計算式を大楠法を応用して導き、これらの計算結果は、実験結果とよく一致することがわかった。
- (2) この流体力を用いて、非対称双胴体の横波中の運動方程式を導き、動揺振巾の計算結果は、実験結果と一致した。
- (3) 本計算から、附加質量は上下揺の場合、非対称双胴体の外側よりも内側の断面形状の影響を強く受け左右揺、横揺の場合には、断面形状の影響は顕著ではないが、附加質量（附加慣性モーメント）の値が不連続になる周波数は、やはり内側の断面形状の影響を強く受けることがわかった。Fig. 4、Fig. 5。
- (4) これと反対に、発散波高は、内側よりも外側の断面形状の影響を強く受ける。しかし、波無し周波数の値は、内側の断面形状の影響を受けることがわかった。Fig. 7。
- (5) このため非対称双胴体の横波中の運動も、各断面形状の影響を受け、とくに、上下揺の場合には、同調周期は、外側よりも内側の断面形状の影響を受ける。逆に同調振巾は、内側よりも外側・断面形状の影響を受ける。Fig. 13。

なお、本文献は同著者による文献リスト No. 5 の文献 “非対称双胴体の横波中の運動について”（西部造船会々報第 51 号、1976）と同じものである。

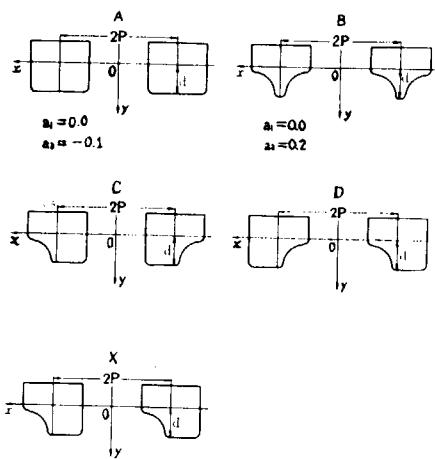


Fig. 3 Forms of Cross Section
断面状況

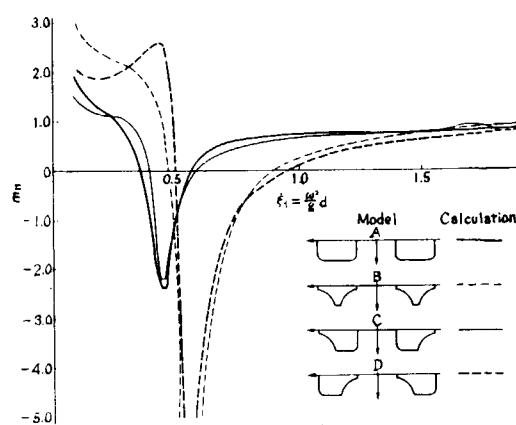


Fig. 4 Added Mass Coefficient of Heaving Motion
上下揺れの付加質量係数

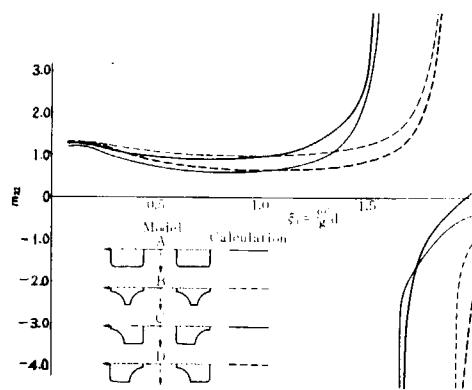


Fig. 5 Added Mass Coefficient of Swaying Motion
左右揺れの付加質量係数

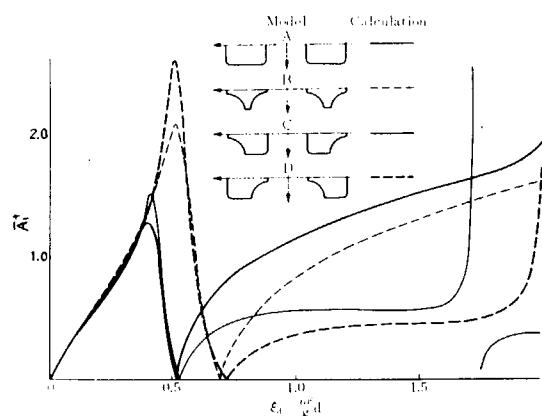


Fig. 7 Ratio of Wave Amplitude to the Amplitude of Heaving Motion
上下揺れの発散波の振巾比

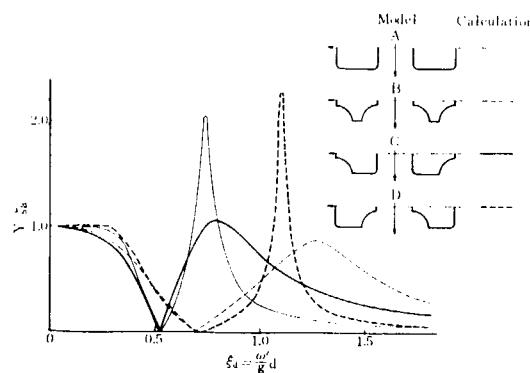


Fig. 13 Amplitude of Heaving Motion
上下揺れ振巾

(15) A Method for Estimating Loads on Catamaran Cross-Structure

by A. L. Dinsenbacher, Marine Technology, oct. 1970

双胴船の feasibility study を行なうためには、連結部構造の重量を見積ることが一つの条件である。連結部構造重量はそれに作用する荷重の関数である。本論文は連結部に作用する荷重の推定法について述べたものである。

1965年にH. A. Schadeによってこの荷重の推定法が示されているが、本論文はその推定法にならへ、さらに模型実験結果と、通常の船の設計荷重の根拠とを参考にして新しい推定法を提案している。

先づ規則波中において双胴船連結部に働く荷重をFig. 3に示すような軸力P、曲げモーメントM、剪断力Q、および振りモーメントTの計算式を与える。船型は箱船とし、規則波中でFig. 1とFig. 2に示すような状態にある場合を最も苛酷なLoad Condition とし、これらをそれぞれLoad condition 1、Load condition 2とする。Load condition 1は横波の場合で、波長Lwがdemi-hullの中心間距離の2倍で、波の谷又は山が双胴船の中心線上にある場合である。Load condition 2は斜波の場合で、波の山および谷が船の端からL/4(L:船長)の点にある場合である。船体に働く水圧は波表面からの深さに比例する静水圧である。またFig. 1、Fig. 2の状態において上下方向の加速度を±0.4g(g:重力の加速度)にとる。船体重量分布は一様とする。このように仮定すると連結部に働く軸力P、曲げモーメントM、剪断力Q、振りモーメントTは簡単に計算出来て、それらは波振巾Aと双胴船の各部寸法L、b、B、D_o、H₁、d(Fig. 1、Fig. 2参照)の関数として計算式が与えられる。

次の段階は、荷重P、M、Q、Tの設計値をどのように与えるかということである。

これは前述の計算式における波振巾Aをどのように与えるかということと同等であるが、それを次のようにして決定する。

海象として風速40ノットのNeumann spectrumの海象を想定する。そしてこの海象の発現確率を0.002とする。船の寿命を20年、就航日数を1年に180日とする。また横波状態の確率を0.15、斜波の状態の確率を0.40とする。

このようにすると、曲げモーメントMの推定最大値M_{max}^Pは

$$M_{\max}^P = \sqrt{E_b} \sqrt{\ln N_b}$$

で与えられる。ここで $\sqrt{E_b}$ は風速40ノット Neumann spectrumの海象における曲げモーメントの root-mean-square であり、N_bは一生のうち上記海象に出会ったなかでの曲げモーメントのくりかしひ回数で例えばASRでは

$$N_b = 20 \text{ 年} \times 180 \frac{\text{日}}{\text{年}} \times 24 \frac{\text{時間}}{\text{日}} \times 730 \frac{\text{回}}{\text{時間}} \times 0.15 \times 0.002 = 18900$$

である。 $\sqrt{E_b}$ はASRについての不規則波中模型実験から求めた値を考える。こうして求めたASRについてのM_{max}^Pを前述のMの計算式にASRの諸数値を入れて求めた曲げモーメント(波振巾Aは未定)に等値して設計値決定のための波振巾Aを求める。

振りモーメントT等の設計値計算式も同様の考え方で与えられる。

以上のようにして双胴船連結部に働く軸力P、曲げモーメントM、剪断力Q、振りモーメントTの設計値を与える計算式が、双胴船の諸寸法のみの関数として与えられている。

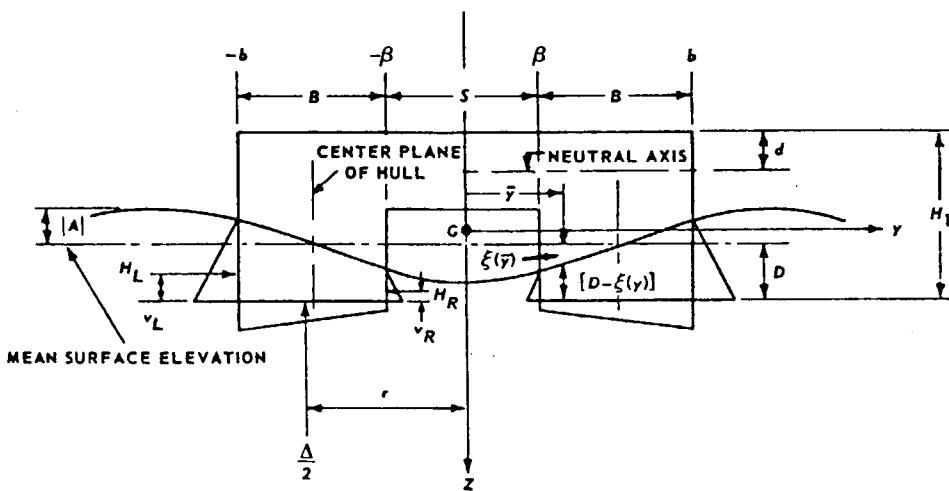
以上に述べたP、M、Q、Tの設計値計算式は、これらそれぞれの荷重の設計値を与えるもので、応力計算においてはP、M、Q、Tの設計値を同時に応力計算に入れるものではない。すなわち設計値はある種の最大値であるからP、M、Q、Tをそれぞれの最大値が同時に連結部に作用するわけではない。そこでこれらP、M、Q、Tをどのような割合で応力計算の荷重とすればよいかが検討され、三種類のLoading Scheduleが与えられ、応力計算の場合の荷重配分が指定されている。

NOTES: View looking forward from stern

Coordinate system fixed on ship with origin at center of gravity (*G*) of ship

Wave length, $L_w = 2(b+\beta) = 2(S+B)$

A is wave amplitude (if *A* negative, crest between hulls)



D is height of wave surface above keel at center plane of hull (also distance from keel to mean surface elevation)

$\xi(\bar{y})$ is vertical location of wave surface from mean elevation, at transverse coordinate \bar{y} (ξ positive in trough)

For wave surface: let $\xi(\bar{y}) = A \cos \frac{\pi \bar{y}}{(b+\beta)}$

Immersion of hull at $\bar{y} = D - \xi(\bar{y}) = D - A \cos \frac{\pi \bar{y}}{(b+\beta)}$

Fig. 1 Loading Condition 1

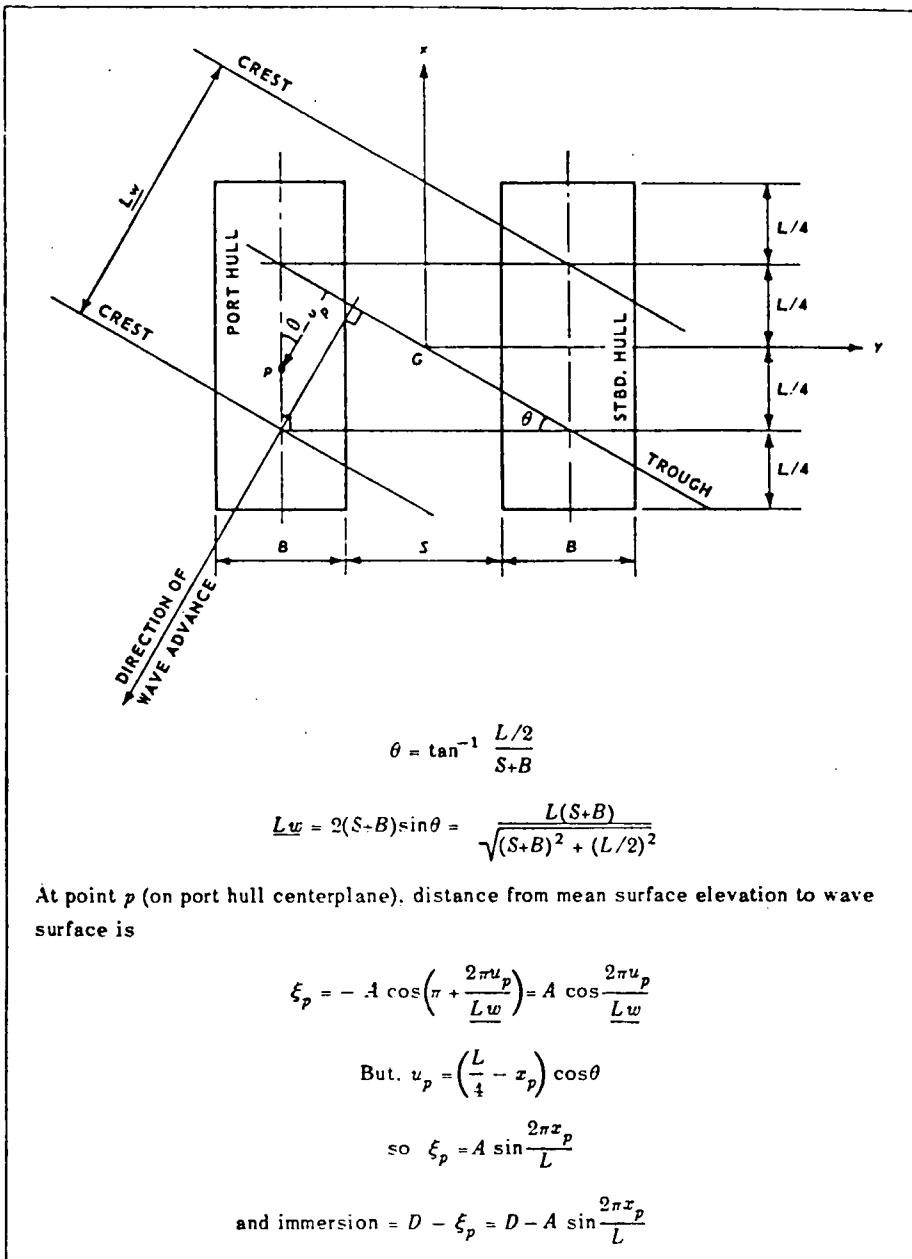


Fig. 2 Loading Condition 2

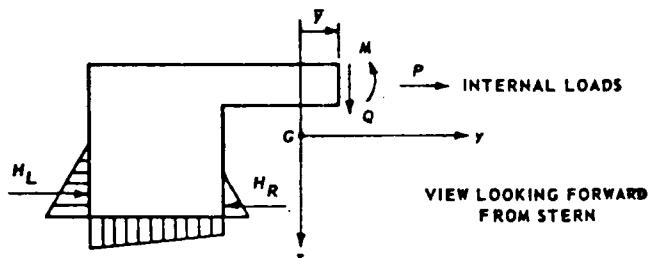


Fig. 3 Positive Internal Loads

2.2 文献リスト

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運	構
G	P	M	S		
1	Abel, W. Csuper, S.C. Some Suggestions for Modern Ferry Design The Motor Ship		G		
2	Aronne, E.L., Lev, F.M., and Nappi, N.S. "Structural weight determination for SWATH ships", <u>AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicles Conf.</u> Paper No. 74-326, Feb. 25-28, 1974. San Diego, Calif.			S	
3	Benen, L. Resistance and EHP of a "Foil-maran" Configuration as Predicted from Smooth Water DTMB Hydro. LAB. Rep. No. 2118		P		
4	Barr, R.A., and Robert J, Etter "Selection of Propulsion Systeme for High Speed Advanced Marine Vehicles" SNAME Marine Technology. Vol. 12. No. 1.		P		
5	Barillon, E.G. <u>Comptes Rendues, Acad. Sci.</u> , Paris, Vol 182, 1926, pp. 46-48.		P		
6	Boericke, H. "Unusual displacement-hull forms for higher speeds", <u>Intern. Shipbuilding Progress</u> , Vol 6, 1959, pp. 249-265.	G	P		
7	Bond, J. R. "Catamaran - Dream or reality?", <u>Naval Engineers Journ.</u> Vol 82, 1970, pp. 95-109.	G			
8	Catamaran Study Vol. V.-Cargo Catamaran Hydro- dynamics. Report of General Dynamics. April (1969)	*	G	P	M S
9	Chapman, R. B. "Sinkage and trim of SWATH demihulls", <u>AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicle Conf.</u> Paper No. 74-327, Feb. 25-28, 1974. San Diego	*	P		

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		G	P	M	S
10	Chapman, R. B. "Hydrodynamic Drag Measurements on SWATH Ship Components" Naval Undersea Center. NUC TP 406, 1974 July.		P		
11	Chiang Wei-chohg Catamaran Resistance Chinese J. of Shipbuilding No. 3 Shanghai 1965.		P		
12	Clement, E. P. Graphs for Predicting the Ideal High-Speed Resistance of Planing Catamarans DTMB Rep. No. 1573 1961 Nov. I.S.P. Vol. 9. No. 99		P		
13	Christensen, G. F. et al. "The new submarine rescue ship ASR-21 Class", <u>Marine Tech.</u> Vol 7, 1970.		G		
14	Chuang, S. L. "Experimental Investigation of Catamaran Cross-Structure Slamming". N.S.R.D.C. Sept. 1975.			S	
15	Collatz, G. "Potential-theory investigation on the hydrodynamic interaction between two hulls", <u>Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft</u> , Vol 57, 1963, p. 281.		P		
16	Corlett, E. C. B. "Twin-Hull ships", <u>Trans. Roy. Inst. Naval Architects</u> , Vol 111, 1969, p. 401.		G		
17	Day, W. G. Jr., Lin, W. C. 1974 The still water resistance and propulsion characteristics of small water plane twin-hull ships Pap. Am. Inst. Aeronaut. & Astronaut. No. 74-325		P		
18	de Jong, B. The Hydrodynamic Coefficients of Two Parallel Identical Cylinders Oscillating in the Free Surface. Rep. No. 268 Shipbuilding Lab. Delft			M	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運動	構造
G	P	M	S		
19	Dinsenbacher, A. L. "A method for estimating loads on catamaran cross structure", <u>Marine Tech.</u> Vol 7, No. 4.				S
20	A. L. Dinsenbacher, J. N. Andrews, and D. S. Pinkus "Model Test Determination of Sea Loads on Cata-maran Cross Structure," Naval Ship Research and Development Center, Report No. 2378, Washington, D.C., 1967.			M	S
21	Dufrouski J, V. A. Verfahren zur Berechnung des Widerstandes eines Katamarans mit dickem Rumpfen. <u>Schiffbauforschung</u> 9		P		
22	Eggers, K. Uber Widerstandsverhaltmissen von "Zweikorper-schiffen", Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft. Vol 49, 1955, pp. 516-539.	*	o	P	
23	Eggers, K. Resistance Conditions of Two-Body Ships BSRA Translation 1960			P	
24	Eggers, K. Uber die Ermittlung des Wellenwiderstandes eines Schiffsmodell durch Analyse Seines Wellensystems <u>Schiffstechnik</u> 9 1962			P	
25	Everest, J. T. "Some research on the hydrodynamics of catamarans and multi-hulled vessels in calm water", <u>Trans. N.E. Coast Inst. of Engineers and shipbuilders</u> , Vol 84, 1968, p. 129.	*		P	
26	Everest, J. T. Some Components on the Performance in Calm Water of a Single-Hull Trawler Form and Corresponding Catamaran Ships Made Up from Symmetrical and Asymmetrical Hulls NPL Ship Report No. 129 1969 Feb.			P	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類					G	P
		一般	推進	運輸	構	G		
27	Fisher, P. A., Praught, M. W., & Soden, J. E. A Catamaran Container Ship for Trans-Atlantic Trade SNAME, Gulf Section Meeting, 1969					G		
28	Frankel, E. G. "A study of a minimum motion response displacement vessel". <u>Marine Systems</u> 1 (1964) 8 - (Aug. - Sept.).						M	
29	Friedrichs, K. Querkrafte und Momente infolge der Bewegung von Katamaranen und Untersuchung ihrer dynamischen Gierstabilitat und Steuerbarkeit Schiffbauforshung 9 1970						M	
30	Fry, E. D., Graul, T. Design and Application of Modern High-Speed Cata- marans. <u>Marine Technology</u> , 1972.					G		
31	Giannotti, J. G. Prediction of Slamming Loads for Catamarans Offshore Technology Conference						M	S
32	Glauert, H. "The Interference of A Wind Tunnel on A Symmet- rical Body". R.A.E. Report 1933 April.						P	
33	Gramlich, J. L. Turning and Maneuvering Characteristics of a Cata- maran-Type Submarine Rescue Ship(ASR) Determined from Tests with M.5060 TMB Tst Report 122-H-03, Jan. 1966	*					M	
34	Gramlich, J. L. Turning and Maneuvering Characteristics of Final * Design of a Catamaran-Type Submarine Rescue Ship . (ASR) From Tests with M. Model 5116 TMB Test Rep. 122-H-10, Feb. 1967						M	
35	Haciski, E. K. & Weibel, R. A. "Semi-Submerged Platform Stability in Comparison with Conventional and Catamaran Containership Hull Forms". AIAA/SNAME/USN Advanced Marine Vehicles Meeting. No. 72-607. 1972 July.					G	M	

*=Experiment incl.

=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運動	構造
G	P	M	S		
36	Haciski, E. K., Weil, R. A. Semi-Submerged Platform Stability in Comparision with Conventional and Catamaran Container Hull Forms AIAA/SNAME/USN Advanced Marine Vehicles Meeting, 1972			M	
37	J. B. Hadler, C. M. Lee, J. T. Birmingham & H. D. Jones: Ocean Catamaran Seakeeping Design Based on the Experience of USNS Hayes. SNAME (1974. 11)		G	M	
38	Halad, Z. Comparision of a Catamaran with a Single-Body-Ship Lodini Stavitselski (in Czech)	G			
39	Hamlin, Cyrus The Catamaran as a Seagoing Work Platform 1965 Marine Technology Society, Ocean Sci. & Eng. Conf.	G			
40	Hankley, D. W. Powering Charactristics for an ASR Catamaran with * Symmetrical and Asymmetrical Hull Forms Represented by Model 5060 and 5061 TMB Test Report 122-H-01 Dec. 1965		P		
41	Hankley, D. W. Propulsion Data for an ASR Catamaran with Symmetrical and Asymmetrical Hull Forms Represented by * Models 5060 & 5061 TMB Report 122-H-02 Jan. 1966		P		
42	Hahler, J. B., Lamb, G. R. The Challenges of Big Catamarans Astronautics & Aeronautics	G			
43	Hankley, D. W. Effective Horsepower Prediction for an ASR Catamaran Model 5093 Tmb Test Report 122-H-04 June, 1966	*	P		
44	Hankley, D. W. Powering Characteristics for an ASR Catamaran Model 5093 TMB Test Report 122-H-05 June, 1966	*	P		

*=Experiment incl.

=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推	運	構
G	P	M	S		
45	Hankley, D. W. Effective Horsepower Prediction for an ASR Cata- maran Model 5094 TMB Test Rep. 122-H-06 June, 1966	*	o	P	
46	Hankley, D. W. Powering Characteristics for a Submarine Rescue Ship (ASR) Represented by Model 5116 TMB Rep. 122-H-11 Jan. 1967	*	o	P	
47	Hankley, D. W. Powering Characteristics for an ASR Catamaran Model 5094 TMB Test Report 122-H-08	*	o	P	
48	Hart, A. S. C. The twin-hull vessel - its development-its future Copenhagen offshore craft conf. 1975			G	
49	Havelock, T. H. Wave resistance: the mutual action of two bodies. <u>Proc. Roy. Soc. London A</u> , Vol 155, 1936, pp. 460-471.			P	
50	Hawkins, S., Sarchin, T. 1974 The small watwerplane-area twin hull (SWATH) program..... A status report AIAA Pap. No. 74-324			G	
51	Heller, S. R. JR. "The Outlook for Lighter Structures in High Performance Marine Vehicles" AIAA, SNAME, USN Advanced Marine Vehicles Conference. No. 74-330. 1974 February.			S	
52	Henry, C. J., Robillard, G. L., Villaflor, J. N. The Effects of Wave Interference of Catamaran Hulls Student Thesis, MIT 1955	*	o	P	
53	Herbich, J. B. and Lou, Y. K. "Stable catamaran hulls for cutterhead dredge." Prep. Annu. Offshore Technology Conf. Vol. 7 No. 2, 1975 PP.433-439			G	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類				
		一般	推進	運動	構造	
G	P	M	S			
54	Hart, A. C. "The twin-hull Vessel, its development, its future Day One Paper No. 6".			G		
55	日根野・小林, "非対称双胴体の横波中の運動について" 西部造報, 51号 1976			M		
56	日根野・小林, "非対称双胴体の横波中の理論計算および模型実験" 三井造船技報, № 96, 1976, P. 1~12			M		
57	井上・提・早坂, "高速双胴船の基礎的研究" - 造波抵抗および運動性能に関する検討 - 石川島播磨技報, 第16巻第1号 昭51年1月		P	M		
58	Jones, H. D. "Catamaran motion prediction in regular waves", NSRDC Rept. 3700, 1972.			M		
59	Jones, H. D. and Gerzina, D. M. "Motions and hull-induced bridging-structure loads for a SWATH CVA in waves", NSRDC Rept. 3819, 1973.			M	S	
60	Kim, C. H. Motions and loads of a catamaran ship of arbitrary shape in a seaway J. of Hydronautics Vol. 10 No. 1 1976			M		
61	Kim, K. H. "Determination of Damping Coefficients of SWATH Catamaran Using Thin Ship Theory". MIT Department of Ocean Engineering Report. No. 75-4 January 1975			M		
62	Lackenby, H., Slater, C. The Case for Multihull Ships with Particular Reference to Resistance Characteristics SNAME No. 14. SNAME 1968 Diamond Jubilee International Meeting		P			

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運搬	構造
G	P	M	S		
63	Lang, T. G. & Higdon, D. T. "S ³ Semisubmerged Ship Concept and Dynamic Characteristics". AIAA/SNAME/USN advanced marine vehicles meeting. No. 72-604. 1972 July.	G	P		
64	Lang, T. G. "A new look at semisubmerged ships for the Navy". Internal NUC Report, TN 251, 1969.	G			
65	Lang, T. G. "S ³ - New type of high-performance semisubmerged ship". <u>Trans. ASME J. Eng. for Industry</u> . 1972, pp. 1171-1178.	G			
66	Lang, T. G. and Higdon, D. T. "Hydrodynamics of the 190-ton Stable Semisubmerged PlatfOrm (SSP)". <u>AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicle Conf Paper</u> No. 74-328, Feb. 25-28, 1974. San Diego, Calif.	G			
67	Lang, T. G. "Hydrodynamic design of an S ³ semisubmerged ship". <u>9th Symposium on Naval Hydrodynamics</u> , Paris, August 1972.	G			
68	Lang, T. G. "S ³ semi-submerged ship concept and experimental hydrodynamic coefficients", <u>Naval Engineers' Journal</u> . Vol. 84, 1972, p.33.	G			
69	Lankford, B. W. Jr. "The structural design of the ASR catamaran cross structure". <u>Naval Eng. Journ.</u> Vol. 79, 1967, pp. 625-635.			S	
70	Lee, C. M., Jones, H. D. and Curphey, R. M. "Prediction of motion and hydrodynamic loads of catamarans." <u>Marine Tech.</u> Vol.10, 1973, pp. 392-405.			M	
71	Lee, C. M., Jones, H. D. Prediction of Wave-Induced Motion and Loads for Catamarans SNAME Chesapeake Sect. Meeting 1973			M	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運動	構造
G	P	M	S		
72	Lee, C. M. et al. Added mass and damping coefficient of heaving twin cylinders in a free surface NSRDC Rep. 3695 1971			M	
73	Leopold, R., Johnson, R. S. Low-Water Plane Multihull Ship Principles, Status, and Plans for Naval Development J. of Hydronautics 7-1, Jun, 1973			G	
74	Leopold, R. "A new hull form for high-speed volume-limited displacement-type ships", SNAME Spring Meeting, Paper No. 8, 1969			G	
75	Lewis, E. V. "Ship speeds in irregular waves", <u>Trans. SNAME</u> , Vol. 63, 1955, p. 134.			P	
76	Lewis, E. V. "High-speed ships". <u>Intern. Sci. Tech.</u> Vol. 16, 1963, pp. 38-45.			G	
77	Lewis, E. V. and Odenbrett, C. "Preliminary evaluation of a semi-submerged ship for high-speed operation in rough seas", <u>J. Ship Res.</u> Vol. 3, 1960, pp. 1-8.			G	
78	Lewis, E. V. and Breslin, J. P. "Semi-submerged ships for high-speed operation in rough seas", Proc. <u>Third ONR Symp. Naval Hydro-dyn.</u> , 1960.			G	
79	Lin, W. C. and Day, W. G. Jr. "The still-water resistance and powering characteristics of SWATH ships", AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicle Conf. Paper No. 74-325, Feb. 25-28, 1974. San Diego, Calif.	*		P	
80	Lin, W. C. The Force and Moment on a Twin-Hull Ship in Steady Potential Flow 10th Sympo. on Naval Hydro. 1974			M	

*=Experiment incl.

=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運動	構造
G	P	M	S		
81	Lunde, J. K. "On the linearized theory of wave resistance for displacement ships in steady and accelerated motion", <u>Trans. SNAME</u> , Vol. 59, 1951, pp. 25-85.			P	M
82	Lang, T. G., Hightower, J. D. & Strickland, A. T. "Design and Development of the 190-Ton Stable Semisubmerged Platform (SSP)". an ASME Publication. Paper No. 73-WA/october-2.			G	
83	Lewis, E. V. "Research Toward More Efficient Transportation by Sea". SNAME. Vol. 69. 1961 November 16-17.			G	
84	Mandel, P. "Subcritical and Supercritical Operation of Ships in Waves and the Coincidence of Maximum Damping" Journal of Ship Research 1960 June			M	
85	Mandel, P. "A comparative evaluation of novel ship types", <u>Trans. SNAME</u> , Vol. 70, 1962, pp. 128-191.	*	G	P	
86	Mandel, P. "The potential of semi-submerged ships in rough water operation", <u>SNAME. New England section meeting</u> (March 1960).	G		M	
87	Maniar, N. M. & Chiang, W. P. Catamarans-Technological Limits to Size and Appraisal of Structural Design Information and Procedures. SSC-222 1971.	G			
88	Mansour, A. and Fenton, P. H. "Structural analysis and design of a catamaran cross-structure", <u>Naval Eng. Journ.</u> Vol. 85, 1973, pp. 33-42.			S	
89	Maruo, H. "The semi-submerged ship theory", <u>Motor Ship</u> Vol. 57, 1966, pp. 106-114.			P	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運搬	構造
G	P	M	S		
90	Maruo, H. "Theory and application of semi-submerged ships of minimum wave resistance", <u>Japan Shipbuilding and Marine Eng.</u> Vol. 4, 1969, pp. 5-16.			P	
91	Maruo, H. and Ishii, M. "Semi-submerged ship with minimum wavemaking resistance", <u>J. Soc. Nav. Arch. Japan</u> , Vol 116, 1964, pp. 22-30.			P	
92	McLear, F. R. Catamarans as Commercial Fishing Vessels <u>Fishing Boats of the World</u> Vol. 3 London 1967	G			
93	Meeks, T. L. & Mantle, P. "The Advanced Naval Vehicle Concept Evaluation" AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicles Conference No. 76-846 1976 Sept.	G			
94	Meier, H. A. "Preliminary design of a catamaran submarine rescue ship (ASR)", <u>Marine Tech.</u> Vol. 5, 1968, p. 72.	G	M		
95	Meyer, J. R. & King, J. H. "The Hydrofoil Small Waterplane Area Ship (HYSWAS)" AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicles Conference No. 76-875 1976 Sept.	G			
96	Michel, W.H. "The sea-going catamaran ship - Its features and its feasibility", <u>Intern. Shipbuilding Progress</u> , Sept. 1961.	G	P		
97	Moss, J. Resistance Test Results for 1/12 Scale Models of Three Planing Catamaran Ship Hydrodynamics Lab. Univ. of Michigan, 1967	P			
98	Murray, J. M. "Centenary Meeting 1960. Merchant Ships, 1860-1960". The Centenary Meeting of The RINA. 1960 May 17.	P			

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類
		一般 推運構 G P M S
99	Murthy, T. K. S. "SSACV-A New Type of Advanced Marine Vehicle for Speed and Stability" AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicles Conference No. 76-879 1976 Sept.	D
100	Myess, H. Theory of Sailing with Application to Modern Catamarans Marine Technology 1964 Oct.	
101	日本造船研究協会調査部会“半潜水船”資料, 昭和38年	G
102	Nordenstrom, N., Faltinsen, O. Prediction of Wave- Induced Motion and Loads for Catamarans OTC Paper No. OTC-1418	M
103	Nordenstrom, N., Faltinsen, O. and Padersen, B. "Prediction of wave-induced motions and loads for catamarans", Offshore Tech. Conf. Paper No. OTC 1418, Houston, Texas, 1971.	M
104	大楠丹・高木幹雄, “双胴船の運動について”造学論第129号, 1971	M
105	大楠丹, “Multihull Ship の波の中の運動について” 西部造報第40号, 1970	M
106	大楠他, “波無し断面を有する多胴体の運動について” 西部造報第44号, 1972	M
107	大楠丹, “双胴船の耐航性”第2回耐航性シンポジウム 1977	M

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運動	構造
G	P	M	S		
108	Ohkusu, M. 1969 On the Heaving Motion of Two Circular Cylinders on the Surface of a Fluid Rep. of Res. Inst. for Appl. Mech. Vol.17, No. 58			M	
109	Ohkusu, M. and Takaki, M. "On the motion of multihull ships in waves", <u>Kyushu University Appl. Mech. Rept.</u> Vol.18, No.60, Vol.19, No.62.			M	
110	ア.イ.パブロフ, "双胴船(カタマラン)の構造"			S	
111	Paith, L.C., Plata, P. Motions of ASR Catamaran (Asymmetrical) in Ir- regular Waves at various Headings TMB Test Rep. * 122-H-07, 1966 °			M	
112	Perkins, W.F. "Discussion Notes for Review of Progress in Design of Large SES". SNAME Marine Technology. Vol 12. No. 3. 1975 July.		G		
113	Pien, P.C. Catamaran Hull Form Design NSRDC, 1976-2 ISWR Tokyo			P	
114	Pien, P.C. and Lee, C. M. "Motion and resistance of a low-waterplane-area catamaran", <u>9th ONR Symp. Nav. Hydrodyn.</u> , Paris, 1972.			P M	
115	Pien, P. C. Catamaran Hull Forms: A Tentative Design Procedure NSRDC Report No. 3674		G	P	
116	K. Puchstein and A. Schimke "Tertrachtungen zur Wirtschaftlichkeit von Kleineren Fischerei-katamaranen". Schiffbautechnik, Vol.16, 1966.				

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運搬	構造
G	P	M	S		
117	Raley, F. C. & Wilson F. W. "Test and Evaluation of U.S. Navy 100-ton Surface Effect Ships" AIAA/SNAME Advanced Marine Vehicles Conference. No. 76-860 1976 Sept.			G	
118	Salvesen, N. A Note on the Seakeeping Characteristics of Small-Waterplane -Area- Twin-Hull Ships AIAA Paper No. 72-606			M	
119	菅井和夫・山本徳太郎, "三胴型半潜水商船の回流水槽における模型実験" * 船研講演集(第28回) 1976. 12			P	
120	A. Schimke, "Zur Wahl des B/T Verhältnisse für Zwei Katamaranformen", Schiffbautechnik, Vol.16, 1966			P	
121	A. Shimke and K. Punchstein "Ein Beitrag zum Problem des Katamaran Widerstandes", Schiffbauforschung, Vol. 6, 1967			P	
122	Schimke, A., Punchstein, S. K. Wideratandsschleppversuche mit Katamaran-Modellen Schiffbautechnik 16 °	*		P	
123	Schimke, A., Punchstein, K. Der Katamaran und seine Eigung fur die Fischerei Schiffbautechnik 16, 1966.			G	
124	R. Schubert "Widerstand von Doppelrumpfschiffen", Institut für Entwerfen von Schiffen, Universität Rostock (Thesis), 1963.			P	
125	Seo, T. et al. Ship Motions of Waveless Type Catamaran NKK Tech. Rep. 1974			M	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般 G	推進 P	運搬 M	構造 S
126	瀬尾敏一・須藤正信・成田秀明・大越章三郎：三胴船の抵抗特性， 造船学会論文集 第134号 1973年11月P. 31-41		P		
127	菅井和夫，“半潜水型船舶の技術開発”最新技術情報		G		
128	Sharma, S. D. "Der Wellenwiderstand eines flach getauchten Körpers und seine Beeinflussung durch einen aus dem Wasser herausragenden Turmaufbau". Schiffstechnik. Heft 78. Band Ir.		P		
129	Sheng Tsu-yin The Maneuverability of Catamarans Chinese J. of Shipbiuld. 4 (Tech. Rep. No. 2186, British Ship Rec. Ass.) 1964		M		
130	Sorkin, G. Pohler, C. H. Stavovy, A. B. & Borriello, F. F. "General Considerations Regarding the Structural Design of High-performance ships" SNAME Marine Technology. Vol.12, No. 3 1975 July	G		S	
131	Stevens , R., Carson, B. H. and Krida, R. H. "Technological and Operational Constraints in Ad- vance Marine Vehicle Design" AIAA/SNAME/USN Ad- vanced Marine Vehicles Conference. No. 74-329, 1974 February.	G			
132	Stevens, R. M. "New dimensions for naval catamarans", <u>NAVAL</u> <u>Engineers Journ.</u> Vol.84, 1972, pp. 13-27.	G			
133	Stretensky, L. N. <u>Phil. Mag. London</u> Vol.22, 1936, pp. 1005-1013.		P		

*=Experiment incl.

=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		G	P	M	S
134	竹沢誠二・前田久明・白木東・江口純弘：双胴船に作用する流体力について 造船学会論文集 第131号 1972年5月 P. 65-76			M	
135	竹沢・神宮, "水槽側壁を利用した双胴船の縦運動に関する実験的研究" 造船論 138号 1975			M	
136	田富真, "半没水船の抵抗" 第1部会資料 昭38. 6. 21.			P	
137	田中拓・黒田七郎, "潜水船研究の展望" 造船協会誌第455号 昭42. 6			G	
138	田中拓・高橋桂一, "船舶の高速化に伴う船型の推移, -新型式船舶研究の序として-" 造船学会誌 第521号 昭. 47. 11				
139	田中拓 "新型式高速船舶について(その1半潜水船)" 創立10周年記念超高速船講演会講演概要 1973. 10			G	
140	Tanaka, Hiraku "A Study of Resistance of Shallow-Running Flat Submerged Bodies". J.S.N.A. Japan Vol.136, 1974 December.			P	
141	田中拓, "扁平没水体の浅深度抵抗について" 日本造船学会論文集第136号 昭49. 11			P	
142	田中拓, "米国における新型式船舶の研究" 日本造船学会誌第567号昭和51年9月			G	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般 推進構造 G P M S			
143	田中拓・高橋桂一, "半潜水船の推進性能の研究(総合報告)" 第24回船研究発表会講演集, 1974. 12	G	P		
144	田才・根本, "Semi-Submersible Catamaran-Hull の規則波中の運動について" 西部造船 第40号			M	
145	R. Tasaki "A Note on Wave-Making Resistance of Catamarans", Technical Report 04886-2-T, Office of Research Administration, University of Michigan, October 1962.			P	
146	R. Tasaki On Resistance Tesis of a Catamaran. Technical Report, 04886, Office of Research Administration, Univercity of Michigan, March 1963.	*		P	
147	Tasaki, R. On Motions, Forces and Moments on a Catamaran in Regular Seas Office of Res. Admi. Univ. of Michigan, 1962			M	
148	Tasaki, R., Takahei, T. and Moss, J. L. "Wave-making resistance interference effects on a catamaran model", U. Michigan DNAME Report 04886-4-T, 1963.	*		P	
149	Thomas, Geoffrey O. "Structural Analysis of Catamarans" outline notes for lecture, Short Course, Univ. of Calif. Berkeley, Sept. 14-16, 1970.			S	
150	Turner, H. and Taplin, A. "The resistance of large powered catamarans", <u>Trans. SNAME</u> Vol.76, 1968, pp. 18-213	*		P	
151	Unoza, M. and Shimizu, K. "The design of catamarans". PRADS, International symposium on practical shipbuilding, Tokyo, 1977.			G	

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運輸	構造
G	P	M	S		
152	Uram, E. M. "Study of The Design And Behavior of a Hydrofoil Semi-Submarine" Davidson Laboratory. Report Io23, 1964 August.		G	P	
153	Voevodskaya, E. N. Assessment of Resistance and Propulsive Characteristic of Catamaran Ship Sudostrocnic Vol.30, No. 7, 1964	*		P	
154	Wahab, R., Pritchett, C. and Ruth, L. C. "On the behaviour of the ASR Catamaran in waves", <u>Marine Tech</u> , Vol.8, 1971.	*		M	
155	R. Wahab et al. "Model Tests with a Catamaran Seaplane in Waves, * Netherlands Ship Model Basin, 1966.	*		M	
156	R. Wahab. "The Oscillation of a Catamaran at Sea", Netherlands Ship Model Basin, Publication. No. 230.	*		M	
157	Wang, S. and Wahab, R. "Heaving oscillations of twin cylinders in a free surface". Journal of Ship Research, Vol.15, No. 1, 1971.			M	
158	Warren, N. F. "What future for the semi-submersible twin-hull ship?" The Naval Architect 1977 March		G		
159	E. N. Wojewodskaja "Evaluation of the Propulsion Characteristics of Catamarans", (Russian). Sudostrocnic, Vol.30, 1964.	*		P	
160	Woodward, J. B., Benford, H. & Nowacki, H. "Systems Analysis Marine Transport". SNAME, (Diamond Jubilee International Meeting). 1968 June 18-21		G		

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運搬	構造
G	P	M	S		
161	Wu, T. Y. "Catamaran and semi-submersible ships. - A literature survey". Int. Towing Tank Conf. 14th. No. 3, pp. 12C - 127. 1976.			G	
162	横尾・田崎, "双胴船について(第一報)" 運研報告第1巻第1号 1951	*		P	
163	" " 双胴船について(第二報)" 運研報告第3巻第3号 1953	*		P	
164	Experience from Japan in the Design and Construction of Catamaran Ships The Naval Arch. May, 1976			G	
165	Some Experiments on the moment and motions of a Catamaran Model in Oblique Regular Waves Ship Research Inst. 1964.			M	
166	"Experience from Japan in the design and construction of catamaran ships" Naval Archit. Vol.No. 3 pp. 80-82, 1976			G	
167	Discussion on Some Research on the Hydrodynamics of Catamarans and Multi-Hulled Vessels in Calm Water			P	
168	第160研究部会報告 "氷海商船に関する研究" 日本造船研究協会 昭和51. 3			G	
169	解説 "Semi-submarine Tanker for Arctic Waters" The result of a detailed, design analysis by the Norwegian Aker Group THE NAVAL ARCHITECT			G	S

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

番号	著者名 文 献 名	分類			
		一般	推進	運搬	構造
G	P	M	S		
170	Panel MS-1 (High Speed Surface Craft) of Marine Systems Committee. "Glossary for High-speed Surface Craft". SNAME, Technical & Research Report R-17. 1974 June.				G

*=Experiment incl.

°=Catamaran Study

3. 対称船型に関する研究

3.1 双胴船の推進性能に関する調査、検討

3.1.1 双胴船の推進性能に関する基本的な考え方

双胴船の特徴は次の諸点にあると考えられる。

- 1) 長さや排水量が同一の単胴船に比べて甲板面積が大きい。したがって広い甲板面積あるいは積載容積を必要とする船にとっては双胴船が有利となる。
- 2) 幅が広いのでGMが大きい。したがって重量物の揚げ下しを行う作業船などに適しているほか、貨物の搭載にあたっても重量配分をあまり気にする必要がないなどの利点がある。しかし一方GMが大きいことによりrolling周期が短くなり、船がstiffになる。さらにまた、rolling周期とpitching周期が短くなり、船がstiffになる。さらにまた、rolling周期とpitching周期が接近することによって、いわゆる“corkscrew motion”（らせん運動またはみそり運動）を生ずる可能性が大きくなり、乗り心地を悪くする欠点を生ずる。
- 3) 各demi-hullが細長くなるため造波抵抗を小さくすることが出来る。しかし双胴体としての造波干渉が生じ、また単胴体に比べて船体表面の浸水面積が増加し、このため摩擦抵抗が増加する。したがって双胴船が推進性能上単胴船に匹敵し得る速度領域は比較的高速の、しかも造波干渉の面でも有利な範囲である。

このように、双胴船は種々の特徴を有するもの、特に航洋双胴船の実用化のためには、なお研究開発をする事項が山積しているのが実情である。

双胴船の利用を考えるにあたって常に問題となるのが、単胴船との推進性能の優劣如何と云うことである。もちろんこの問題を検討するに当ってまず必要なのは如何なる前提条件、設計条件において両者を比較するかと云うことである。その条件次第で回答が異なるのは当然のことであって、今回の文献調査によつても、これまで双胴船の推進性能に関して相当数の調査研究が行なわれていることが示されたが、その結論が必ずしも一定していないのはこの点に由来している。そしてこの問い合わせに対する適確な回答を与えるためには、双胴船そのもの特性を十分には握しなければならない。

双胴船の推進性能に関して、我が国で最初に系統的に理論ならびに実験的研究を実施したのは横尾、田崎1) 2)である。この研究内容については2.1に要約を示しているが、sink-sourceを船の全長にわたって直線的に分布させた理論船型によって構成された双胴船と、これと同一のsink-sourceの分布を採用し、その強さを2倍にした単胴船々型とを用いて抵抗試験を実施した。その結果フルード数(V/\sqrt{gL})が0.34~0.36付近の造波抵抗のhollowの位置において双胴船、単胴船の全抵抗はほど等しくなり、双胴間の間隔(W-B)/Lが0.3より大きい場合には、双胴船の方が若干有利になることを示し、この範囲を双胴船の利用域として選定すべきであるとしている。ここでWは双胴船の全幅、Bはdemi-hullの幅、Lは船長である。また双胴体の造波抵抗は造波干渉によって抵抗が大幅に減少することは余り望めないので、双胴船の抵抗減少はdemi-hull自体の造波抵抗の減少によるべきであると結論している。

さらに同氏等は、単胴船型の船体をその中心線で二つ割りとして双胴船を形成した場合についても広範囲な実験を行い、このような二つ割り船型を使用する限り対称demi-hullを用いた双胴船より抵抗減少を試みるのは困難であることを示した。

以上の横尾・田崎の結論は、その後の双胴船の推進性能に関する種々の研究(例えば代表的なものとして文献3))によって裏付けられており、いわゆるvessel型の双胴船の設計速力は、フルード数0.34~0.36の範囲に選定する考え方がほど定着するに至った。また船型計画にあたっても、推進性能上の見地からは第一義的に対称船型を考えることで良く、そのdemi-hullの船型を出来るだけ抵抗の少い船型

とすることによって、双胴船としてもまた良好な性能を得ることが出来る。そして推進性能上の見地のみから云えば、双胴間隔は $(W-B)/L \geq 0.3$ とすることが好ましいことになる。

Table 3.1 にこれまで国内で建造された双胴船 4) の主要目比を示すがこれらの demi-hull はいずれも対称船型であり、使用速力も特別のものを除けばいずれもフルード数 0.34 ~ 0.36 の近くに集まっている。またフルード数 0.34 ~ 0.36 の範囲において demi-hull 自体の造波抵抗を出来る限り減少させようすれば、そのブロック係数は $C_b \leq 0.6$ に選定するのが妥当である（例えば文献 5）が、Table 3.1 は実績もほゞその傾向にあることを示している。たゞ双胴の間隔は配置、構造強度や使用上の問題もあって、必らずしも $(W-B)/L \geq 0.3$ とはなっていない。

3.1.2 航洋双胴船の問題点

前節に述べたように vessel 型双胴船の推進性能に関する基本的な考え方はすでに確立されており、現在までに建造された双胴船はいずれもこの考え方沿って計画されているように考えられる。しかしながらこれらの既建造船の大部分は平水域で使用されるものであり、本研究部会のテーマである海上幹線輸送システムに使用することを目的とする双胴船においては、さらに耐航性能に関しても考察を進めて、その船型計画および推進性能に対する影響を織込むことが必要である。

双胴船の耐航性能については、52年12月の耐航性能シンポジウム（において大楠 6）によって詳細に解説され、その要約が 2.1 にまとめられている。また本研究部会においても、第 2 年度以降耐航性能に関する調査研究を行うことになっているので、具体的な判断はその結果を待つことになるが、航洋双胴船の見地より見た場合、推進性能上の見地から好ましいと考えられる双胴間隔 $(W-B)/L \geq 0.3$ を採用することは、殆どの場合難しいと云うことを承知しておく必要がある。これは rolling 同期を出来るだけ長くして乗心地を改善し、同時に “corkscrew motion” の発生を避けるためと、双胴間の連結部に過大な応力が作用するのを避けるためであるが、この結果推進性能面からは必らずしも必要ではなかった非対称船型が、検討の対象として再び浮び上って来ることになる。

すなわち Fig. 3.1 (Turner, Taplin 3) による A S R 双胴船に関する試験結果を示すが、対称船型 M、5060 は hull gap $(W-2B)$ が 34 フィート、すなわち $(W-B)/L = 0.276$ 附近で有効馬力 EHP が最小になっており、これより hull gap が小さくなると EHP が急増している。これに対して船体前半部を非対称とした M 5061 では、gap の減小による EHP の増加はゆるやかで、gap の小さい所では両者の優劣は逆転している。1976 年に開催された国際造波抵抗セミナーにおいても Pien 7) は同様の見解を述べ、船首尾ともわずかに非対称とした船型を推しようしている。

また航洋双胴船においては連結部下面に対する波浪衝撃の問題があり、これを少しでも緩和する見地から、双胴間に生ずる波面の高さを出来るだけ小さくしておくことが好ましいと考えられるが、この点からも特に船体前半部は船体中心線を或る程度内側に寄せた非対称船型とするのがよいとの考え方がある。北大西洋で使用される双胴型海洋調査船として、世界で初めて建造されたアメリカ海軍 U S N S Hayes 8) も、船体前半部が非対称となっている。

したがって、これらの点から見て、航洋双胴船は非対称船型とする必要があるのではないかとも考えられるが、一方双胴船を建造する立場から見た場合、非対称とすることは構造・配置をいちじるしく複雑とし建造コストの上昇をまねくこととなる。それ故、性能上許し得る範囲にあるのであれば、出来るだけ対称船型とすることが望ましい。また現在非対称双胴船型を計画するための理論的なガイダンスは明確ではなく、わずかに Pien 7) によってその指針が与えられているに過ぎない。しかも Pien の与える非対称度はわずかで、船体中心線がいくらか内側に寄るのみである。

このような点から本研究部会においては、実用上の見地に立ち、まず研究の対象を対称船型に置き、その推進、耐航および操縦性能を明らかにして問題点を把握すると共に、これと平行して非対称船型を計画するに必要な理論的ガイダンスの調査検討を実施することとしたものである。

Table 3.1 国内で建造された双胴船の主要目(文献4)より)

船名	船種	L_{pp}^P (m)	L_{pp}/B	B/d	C_{bpP}	航海速力 $v/\sqrt{gL_{pp}}$	$\frac{W-B}{L_{pp}}$	$\frac{W-2B}{B}$	$10^2 \frac{\nabla/2}{L_{pp}^3}$	$\frac{Vs^3 \Delta^{2/3}}{0.739BHP}$	主出力 (PS)
Kurakake-Maru	客船	22.0	6.11	1.8	0.618	0.350	0.364	0.200	1.222	0.919	145
Sea Palace	カーフェリ	38.0	10.56	1.44	0.593	0.373	0.242	0.147	1.556	0.370	159
Akatsuki	"	38.0	7.17	2.25	0.572	0.346	0.282	0.142	1.019	0.495	155
King Pair	"	34.0	6.94	1.44	0.603	0.366	0.271	0.153	1.300	0.709	186
Myujo	ブイ補給船	24.0	6.49	1.55	0.577	0.359	0.346	0.192	1.243	0.882	110
Hiryuu	消防船	25.5	7.73	1.57	0.641	0.429	0.278	0.149	1.152	0.683	53
Rokko-Maru	カーフェリ	78.0	11.14	1.50	0.512	0.350	0.231	0.141	1.571	0.276	271
Wakashio	海洋調査船	28.0	7.00	1.21	0.580	0.279	0.286	0.143	1.000	0.977	110
Cobalt	カーフェリ	38.0	8.44	1.45	0.565	0.354	0.276	0.158	1.333	0.546	153

航洋双胴船の計画を行う上でもう一つの重要な問題は、船首部水中 foil の要否である。Hadler 等⁸⁾によれば、海洋調査船 Hayes は北大西洋における就航後連結部下面の波浪衝撃に悩まされ、船首部（商船の場合の S.S. 8 附近）の底面近くに固定水中 foil を設置して運動を抑制し、これによって問題が解決したと報告している。またこの水中翼の抵抗は取付迎角によって大幅に変化するが最良の取付迎角における foil の抵抗は船体全抵抗の 3 % であった。したがって、本研究部会の対象船においても水中 foil の要否が問題となるが、これは供試船型の耐航性能と、その使用海面の海象とのかね合いで判断すべきことなので、当面は水中 foil は使用しない前提で船型計画を行い、研究の課程で必要と判断された場合には、あらためてその検討を行うことを考えたい。

3.1.3 対称船型の船型計画方針

すべて 3.1.1 で述べた如く、推進性能の良好な双胴船を得るには、その demi-hull を出来るだけ抵抗の少い船型とすることが必要である。双胴船の使用速力範囲はフルード数 0.34 ~ 0.36 と高速であり、また demi-hull 自体は L/B が大きく、 B/d が小さいので理論を適合し易い形状となっているので、造波抵抗の減少を目的に線型理論に基づいて開発された、最小造波抵抗船型を適用するのが良いであろう。この点については、すでに井上等⁹⁾によても双胴船への適用が試みられ、良好な結果が得られている。

たゞし今回の研究は実用船型を対象としており、耐航性能を重視した船型とする必要があることから、sectional area curve に最小造波抵抗船型を採用すると共に、フレーム・ライン形状は水面上も含めて出来るだけ V 型の形状を採用するべきであろう。

また実用船型として自航性能を含めた性能評価を行うものであるから、プロペラ、舵およびそれ等の船尾での配置についても、出来るだけ実際に則したものとする必要がある。

3.2 対称船型の船型計画

3.2.1 設計条件と主要目的の選定

本研究部会の研究対象である、海上幹線輸送システムに使用する内航船に対する要求性能は、おもよそ payload 1,000 ~ 3,000 t、速力 20 kn となっている。

一方内航船としての使用条件から考えて、国内の港湾規模より吃水(d) 6 ~ 7 m、全船幅(W) 3.2.2 m 以下に、また中速 Diesel エンジンを採用することとする、demi-hull の幅(B) は 9 ~ 10 m が必要と考えられる。

このような前提のもとに、3.1 における調査検討結果を加味すると大型、中型、小型の双胴船々型として次のようなシリーズが考えられる。

	L _{pp}	B	d	L _{pp} /B	B/d	C _b	$\frac{\text{速力 } V_s (\text{kn})}{F_n = 0.35 \quad F_n = 0.33}$		Δmld (total)
							25.2	23.8	
大型	14.0 m	10 m	7 m	1.40	1.429	0.58			11,650 t
中型	10.0 m	10 m	6 m	1.00	1.667	0.58	21.3	20.1	7,130 t
小型	7.0 m	10 m	5 m	7.0	2.000	0.58	17.8	16.8	4,160 t

このうち大型船は内航船としてはやゝ大きすぎる寸法であり、また小型船は貨物輸送の目的に対しても小さすぎるようと思われるが、設計データを整備する上からは、両端を押さえて内挿して使用する方が良いため、このように選定したものである。

したがって船型計画は中型船を対象に実施のこととする。

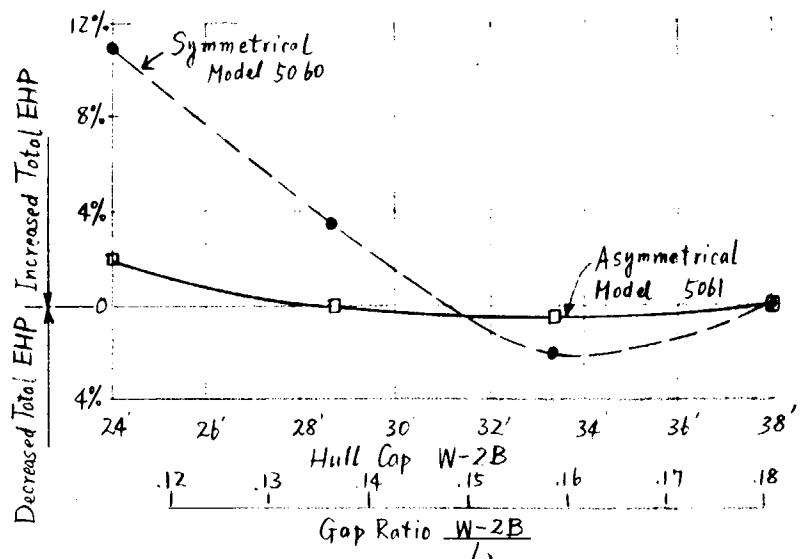


Fig. 3.1 ASR-Effect of Hull Gap on 16kn
($F_n = 0.329$) Total EHP (文献3)より)

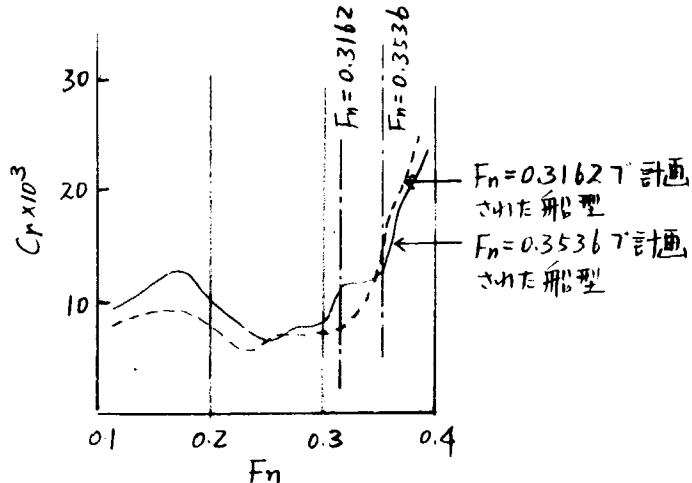


Fig. 3.2 船首バルブ付最小造波抵抗船型の
水槽試験結果 (文献5)より)

3.2.2 Demi-Hull 船型の計画

平均外板厚さを 1.4 mm と仮定し、また既存の船型に関するデータを参考に中央横切面形状を定めると、本船の主要寸法は次のようになる。

$L_{pp} = 100\text{m}$	bilge radius, $r = 2.7\text{m}$
$W = 30\text{m}$ または 32.2m	rise of floor, $h = 0$
$B (\text{mid}) = 10\text{m}$	$C_b = 0.58$
$d (\text{mid}) = 6\text{m}$	$C_m = 0.948$
$\Delta (\text{外板を含む}) = 7,170\text{t}$	$C_p = 0.612$

section area curve は、丸尾 5) によって与えられた船首 point doublet bulb 付最小造波抵抗船型の doublet 分布を採用することとする。doublet 分布が与えられているのは計画フルード数、 $F_n = 0.2887$ 0.3162、0.3536、0.4082 に対してあるが、横浜大学における水槽試験結果によると、Fig. 3.2 に示されるごとく殆んどの速度領域で $F_n = 0.3162$ で計画された船型が良好な結果を示しているので、これを採用することとした。ただし本船の C_p の値は厳密には最小造波抵抗船型のそれとは一致していないので、主として船体前半部の sectional area curve と doublet 分布とを一致させ（多少前後に動かした上で一致させた）、船体後半部は設計条件に合せて多少修正を行った。

$F_n = 0.3162$ で計画された最小造波抵抗船型の point doublet の強さは $\mu = 0.01017$ と与えられる。したがって、これを丸尾等 5) と同一の手法で長軸と短軸の比が 2 対 1 の回転椭円体で置きかえると、短軸の半径が 1.91m となり、この椭円体の中心を F.P. に置くとその大きさは $A_{F.P.}/A_m = 0.200$ となり、非常に大きな bulb を持つことになる。しかしこのよう大きな bulb は B/d の小さい双胴船の場合主船体とうまくつながらないので適宜減少することとし、さらに耐航性能の面からもあまり大きい bulb は好ましくないと考えられたため、最終的には $A_{F.P.}/A_m = 0.10$ とした。bulb の突出量は $2\%L_{pp}$ とした。

また船尾形状は、本船の主機出力を MCR において

$$10,550 \text{ PS} \times 210 \text{ rpm} \times 2 \text{ 基}$$

と仮定し、これに対するプロペラが十分な clearance を持つて船尾に収まるよう計画した。

舵は hanging type とし、舵面積を 1 舵当たり $A_R/L_{pp} \times d = 1/60$ とした。

本船型に対する推定有効馬力を Fig. 3.3 に示すが、上記主機出力の 90% rating 25% sea margin において航海速力約 20 kn が達成出来る計画となっている。

以上の計画にもとづいて船体およびプロペラの設計を行った結果を 3.3 に示す。

3.2.3 Rolling 周期の検討

本船の rolling 周期の検討を行うため、重量配分およびその重心位置（高さ）を次の通り仮定した。ただし本船の free board (deck clear height) を宇野沢、清水 4) の報告を参照して 3.5 m とし、本船の depth (D) を 9.5 m とした。

	重量配分比	重 量	重心高さ (KG)
leight weight	0.625	4,481 t	0.94 D
FO、FW & BW	0.125	896 t	0.3 D
cargo	0.250	1,793 t	1.5 D (2 t コンテナ 1000~1200 箱)
合 計	1.0	7,170 t	1.0 D

このようにして KG = 9.5 m を得る。一方前節の demi-hull の計画によって得られた計画吃水における水線面積係数は $C_w = 0.732$ であるから、宇野沢、清水 4) の報告記載の次式および Fig. 3.4 の関係を用いて rolling 周期を求めることができる。

$$KB = \frac{C_w}{C_w + C_b} d \quad (3.1) \quad BM = \frac{B^2}{d \cdot C_b} \cdot C_w \left[\frac{1}{4} \cdot \frac{(W-B)^2}{B^2} + 0.06 \right] \quad (3.2)$$

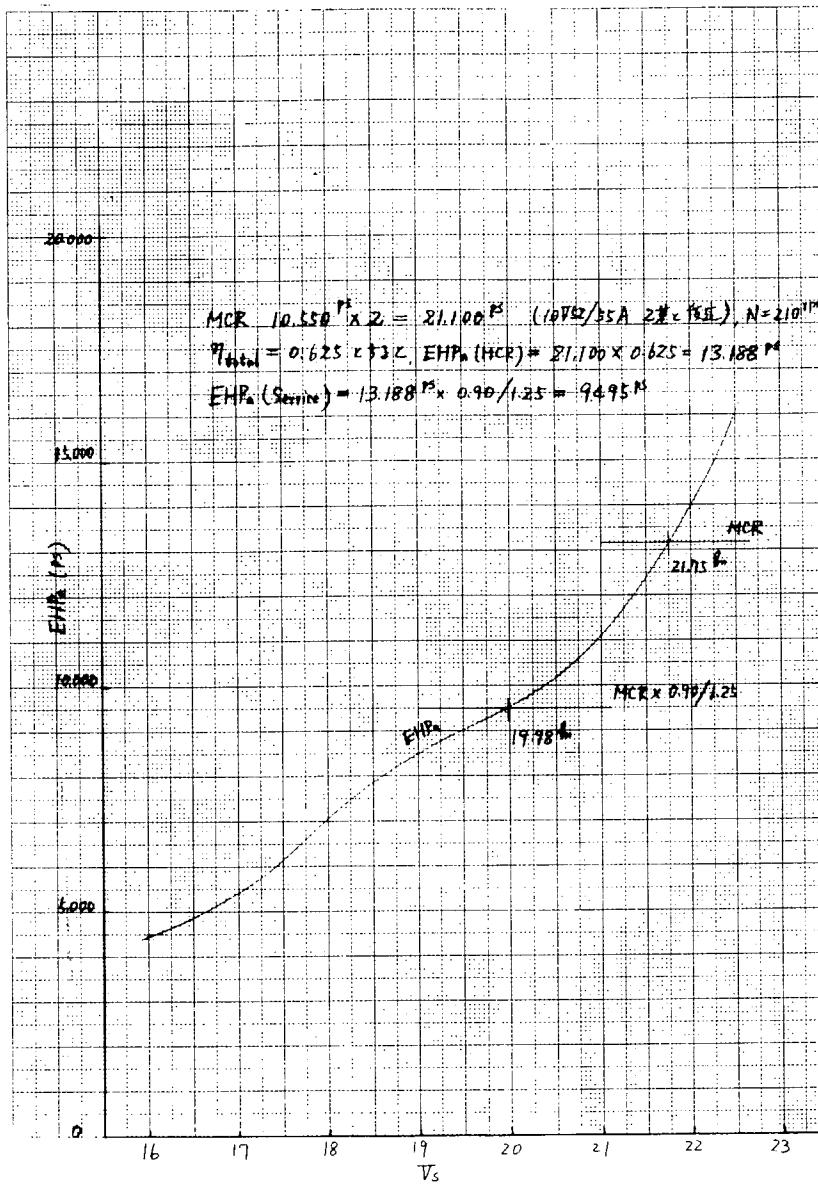


Fig. 3.3 有効馬力 (EHP) 推定結果 (中型船)

$K/W = 0.55$ と仮定した場合の rolling 周期を Table 3.2 に示す。

以上の計算は双胴船全幅 W を 3.22m、3.0m、2.8m と変えて行ったが当然のことながら W が小さいほど rolling 周期が大きくなり、耐航性能上は好ましい方向になる。しかし逆に推進性能上は W が減少するほど干渉による抵抗増加が増大するため、両者の妥協点を求める必要がある。したがって一応 $W = 3.0\text{ m}$ を本船の全船幅として選定し、試験実施時に W を変化させてその影響を調査することしたい。Table 3.2 に与えられる rolling 周期 8.2 sec と云う値は乗心地の点からみて小さすぎるようと思われる所以、出来得ればもっと周期を大きくしたいところである。

C_w を減少させる $\bar{B}\bar{M}$ が減少し rolling 周期は増加するが、vessel type の船型においては C_w の減少にも限界があり、具体的に demi-hull の body plan を作成してみると、通常の船型を用いる限り $C_w \approx 0.65$ 程度が下限となっている。しかし一方このような船型は上下動に対する damping が小さくなるので、その兼ね合いで難しく今後調査を要する所である。参考として Table 3.2 に $C_w = 0.65$ の場合の rolling 周期を併記している。たゞしこの場合 C_w の相違にもとづく重心高さ KG の変化は無視している。

Table 3.2 中型船の Rolling 周期推定

W	3.22m		3.0m		2.8m	
C_w	0.732	0.65	0.732	0.65	0.732	0.65
KG	9.5m	9.5m	9.5m	9.5m	9.5m	9.5m
GM_T	2.10m	1.78m	1.62m	1.35m	1.22m	0.99m
$TR \sqrt{g/W}$	4.27	4.65	4.70	5.15	5.24	5.79
Rolling 周期 T_R	7.7 sec	8.4 sec	8.2 sec	9.0 sec	8.9 sec	9.8 sec

T_R : Natural Roll Period

K : Transverse Gyroradius

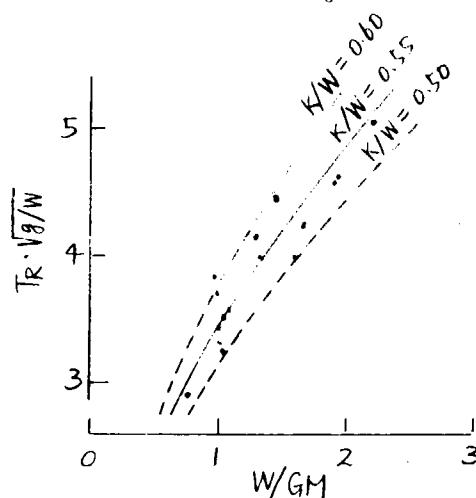


Fig. 3.4 実船動揺試験で求められた固有 Rolling 周期
(文献 4) より)

3.3 船体およびプロペラの設計

3.3.1 船体線図の設計

前節で求められた横截面積曲線とフレーム・ライン形状を基としてフェアリングを行い、Fig. 3.5, Fig. 3.6に示すような横截面積曲線、水線面形状および線図が得られた。

その結果として得られた船体諸係数は $C_B = 0.580$ 、 $C_P = 0.612$ 、 $C_M = 0.948$ 、 $\ell_{ob} = +1.381\% L_{pp}$ で、計画値と僅かばかり相違している。

船体の要目を Table 3.3 に示す。

船体バルプとしては、大きさ $f = 10\%$ 、突出量 $\ell = 2.0\% L_{pp}$ 没水深度 $I/d_{FULL} = 0.75$ である。

船尾形状はマリナー型で L_{WL} における船尾の張出しを、 $2.5\% L_{PP}$ としている。

また、プロペラのチップクリアランスは約 $0.253D$ とした。

舵はハンギング舵で、その形状および取付法、位置については、文献等を参考にして次のように定めた。

舵面積比 = $1/60$ 、バランス比 = 0.30

厚さ幅比 = 0.20、縦横比 = 0.70

舵形状図は Fig. 3.7 に示されている。

ビルジ・キールは双胴船であるということでつけていない。

この模型船は波浪中のテストも行われるので、波の中の運動のことも考えて上部構造物をきめる必要があるが、今年度製作する模型船としては上甲板までを考えて線図を作成することにした。

日本近海の波についての統計的資料 10) を見ると、波高として 2.0m ぐらいを考えておけばよいということで、本船の波浪中の運動量を考え、F.P.における乾舷を 6.50m、中央横断面における clear water height を 3.5 m とした。

静水中試験用の模型船としては、大きな乾舷を必要としないので、波浪中の試験のためには上部構造物を含めて改造を行うこととし、試験のしやすい高さとして 9.5 m の深さをとることにし、この面を双胴連結用の下面とした。

3.3.2 プロペラ設計

プロペラ設計の条件として与えられた状態は、機関要目として、MCR で $10550 \text{ BHP} \times 2$ 、 210 RPM の際の速力として 21.75 kt が期待された。

自航要素の推定値としては、在来の資料を考慮に入れて、 $t = 0.16$ 、 $w_s = 0.184$ 、 $\eta_R = 1.0$ とした。

プロペラとしては 4 翼で、 $D = 3.9 \text{ m}$ 、 $a_E = 0.70$ 以下になることが希望された。

以上の条件でプロペラ設計を行ったが、 $D = 3.90 \text{ m}$ とすると a_E が 0.78 となることが分ったので、 a_E を 0.70 に近づけるために $D = 4.0 \text{ m}$ として再設計を行った。

その結果得られたプロペラの要目を Table 3.4 に、形状図を Fig. 3.8 に示す。

結果的には a_E は 0.71 を若干オーバーして、0.718 となっているが、この値で満足することにした。

Table 3.3 船体の主要目

	MODEL	ACTUAL
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (L _{pp})	4.5000	100000
BREADTH	0.4500	10000
DEPTH	0.4500	10000
DRAFT (DESIGN)	0.2700	6000
RADIUS OF BILGE CIRCLE	0.1215	2700
C _B		0.580
C _{BA}		0.613
C _{BF}		0.547
C _P		0.612
C _{PA}		0.647
C _{PF}		0.578
C _W		0.742
C _M		0.948
ℓcb (L _{pp} %)		+1381

Table 3.4 プロペラの主要目

	MODEL	ACTUAL
DIAMETER	180.00 MM	4000 M
BOSS RATIO	0.18	
PITCH (CONST.)	163.40 MM	
PITCH RATIO	0.9080	
EXPANDED AREA RATIO	0.7180	
MAX. BLADE WIDTH RATIO	0.4060	
BLADE THICKNESS RATIO	0.0500	
ANGLE OF RAKE	10.00	
NUMBER OF BLADES	4	
BLADE SECTION		M A U - TYPE
DIRECTION OF TURNING		HANDED

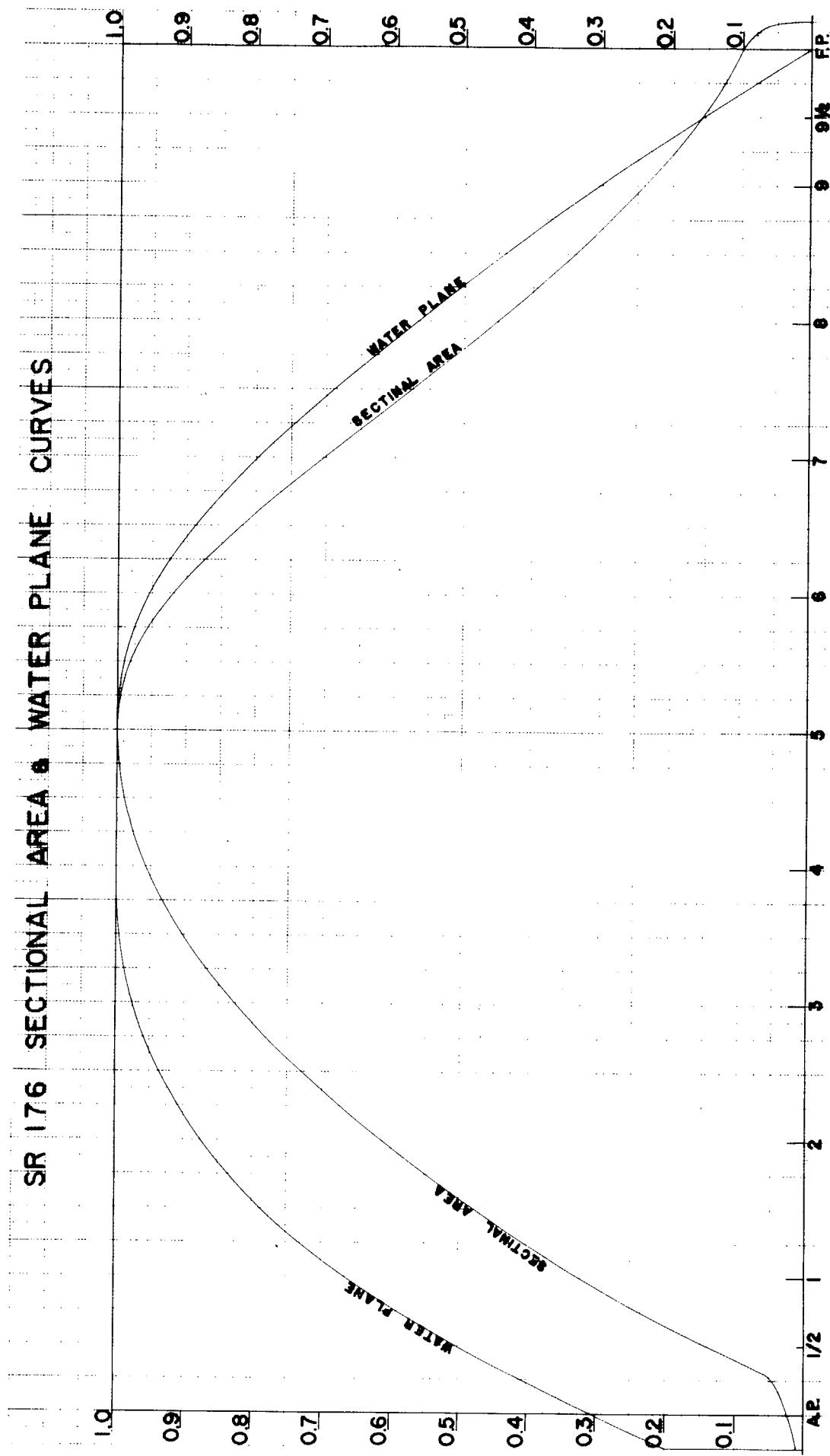


Fig. 3.5 橫載面曲線及び水線面曲線

SR 176 BODY PLANE

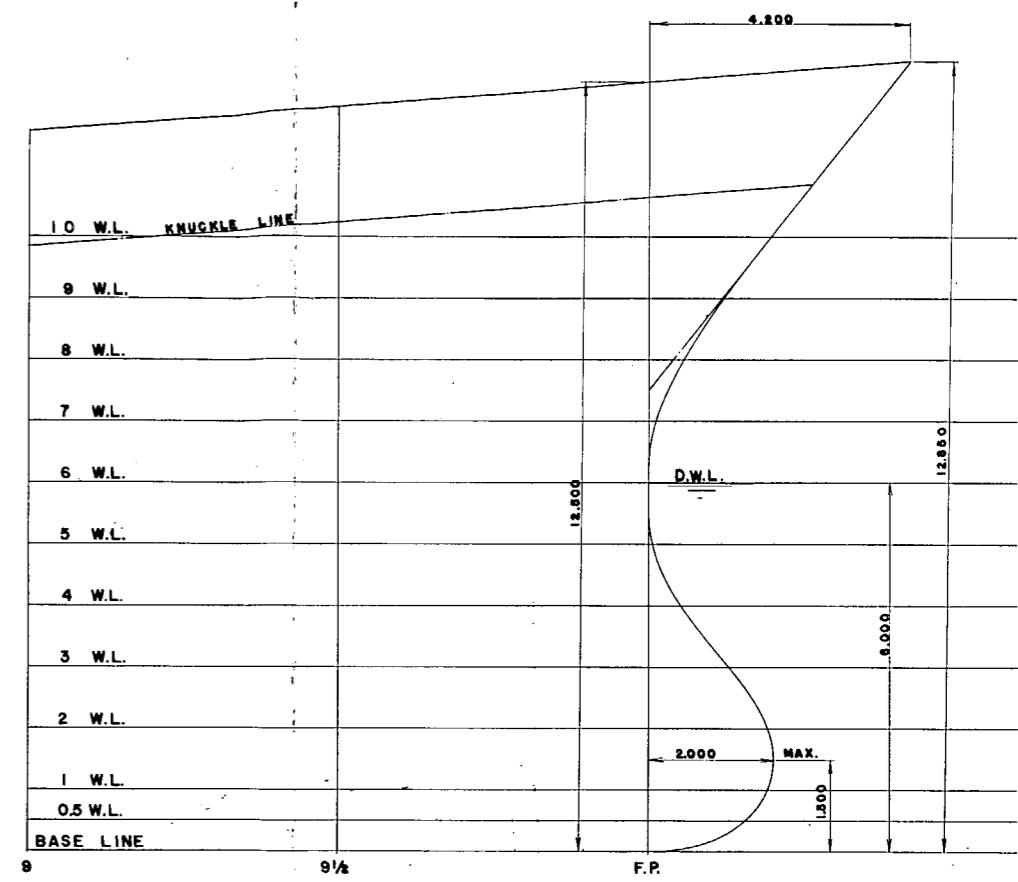
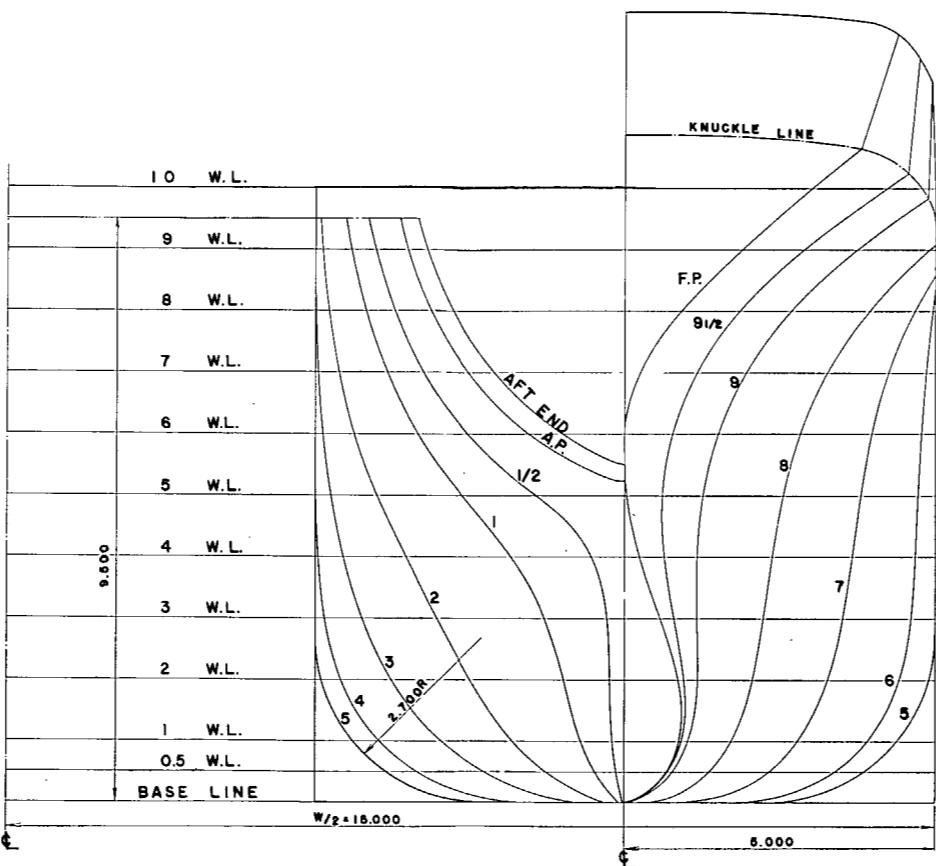
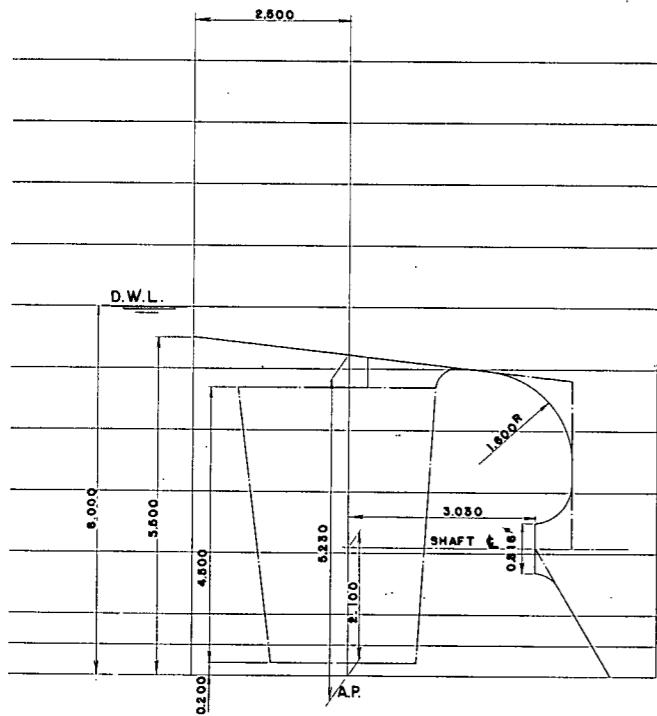


Fig. 3.6

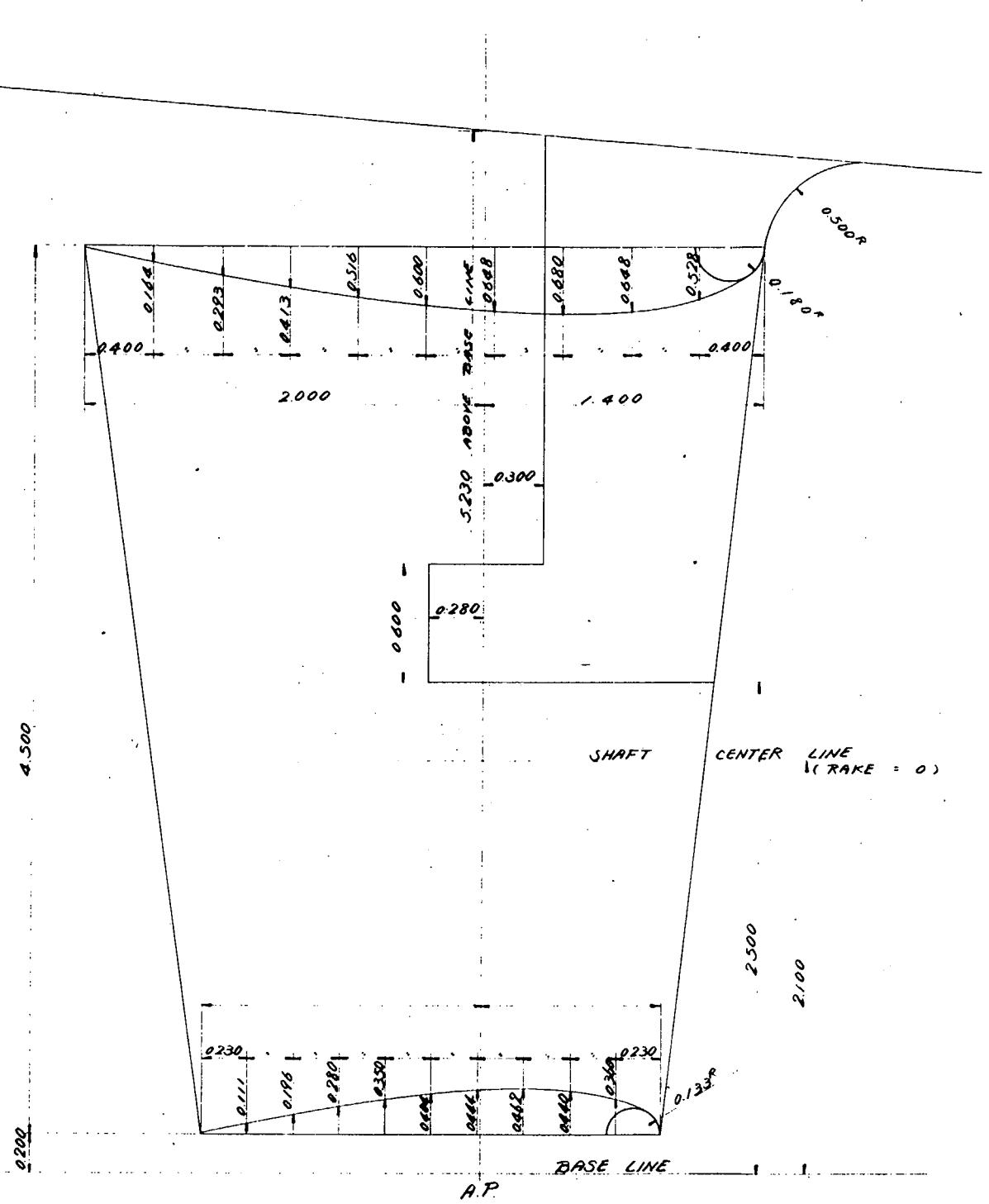


Fig. 3.7 舵形状図

SR / 76 MODEL PROPELLER

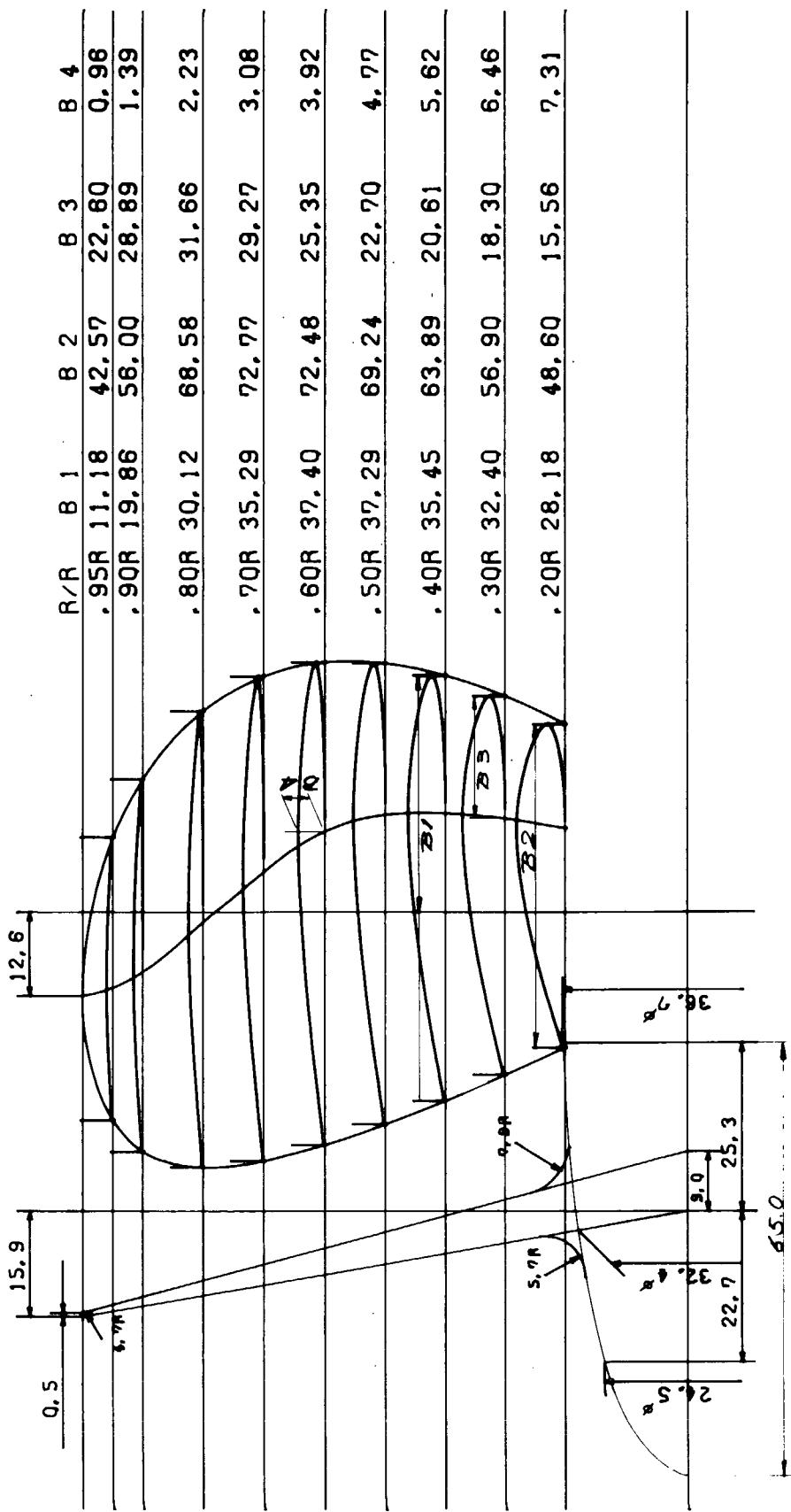


Fig. 3.8 模型プロペラ形状図

文 献

- 1) 横尾幸一、田崎 亮、「双胴船について(第一報)」、運研報告第1巻第1号、1951
- 2) 横尾幸一、田崎 亮、「双胴船について(第二報)」、運研報告第3巻第3号、1953
- 3) Tuyner, H. and Taplin, A., The Resistance of Large Powered Catamarans, Trans-SNAME Vol. 76, 1968
- 4) Unoza wa, M. and Shimizu, K., The Design of Catamarans, PRADS Symposium Tokyo, 1977
- 5) 丸尾 孟、笠原和子、鈴木和夫、河原武彦、「船首バルブ付極小造波抵抗船型について」、造船学会論文集第138号、1975
- 6) 大楠 丹、「双胴船の耐航性」、第2回耐航性能に関するシンポジウム、神戸、1977
- 7) Pien, P. C., Catamaran Hull-Form Design, ISWR-Tokyo, 1976
- 8) Hadler, J. B. et al., Ocean Catamaran Seakeeping Design, Based on the Experiences of USNS Hayes, Trans. SNAME Vol. 82, 1974
- 9) 井上義行、提 孝行、早坂貞彦、「高速双胴船基礎研究—造波抵抗および運動性能に関する検討」石川島播磨重工技報第16巻第1号、1976
- 10) 「北太平洋および日本近海の波浪統計調査」造船研究第7巻第8号、1965

4. 非対称船型に関する研究

4.1 まえがき

双胴船は、広い甲板面積を必要とする船舶、安定性能が特に要求されている船などに古くから応用されてきた。しかしこれらは、特殊な船種や比較的小型の船が多かったので、推進性能の研究は造波抵抗理論などの基礎的なものに留り、総合的な推進性能の研究が行なわれるようになつたのは近年のことである。

双胴船に最適な船型を追求すると、必然的に左右両舷の船体の干渉を検討しなければならないが、その結果各 *demi-hull* (片舷船体) は非対称な船型になることも考えられる。このようない、非対称な *demi-hull* をもつ双胴船（以下非対称双胴船）の研究が、近年の双胴船研究の特徴になっており、3つの分野で重要な成果が見られる。

その一つは通常の双胴船が次第に大型化される傾向の中で推進性能の改善が重要となり、開発的な研究が行なわれている。この研究の例として、Turner 等(1)は、700 feet の双胴船試設計と 230 feet の潜水艦救助船 (ASR) の建造に関連して実施された研究を報告した。この研究では設計面が重視され、非対称双胴船の船型試験の結果が検討されている。

また双胴船の新しい応用の分野として、高速双胴船には通常非対称な船型が用いられている。近年近距離旅客輸送が水中翼船、ホーバークラフトで著しく高速化しているが、船価、技術面で一般化していく要素を含んでいる。同様な目的の滑走船は耐航性と大型化に難点があるため、高速双胴船は Froude 数 0.7 以上の over-hump operation 可能な耐航性のよい大型客船および貨物船として用いられるようになった。この船型は、低速の双胴船と異り造波抵抗の改善の必要性は少ないが船体間の干渉が著しい。特に船体間のカスプ波の波高が著しく高くなるのを防ぐには、非対称化が有効である。このような高速双胴船の研究例が Fry (2) 等によって報告されている。

非対称双胴船研究の第3の分野として、SWATH (Small-Waterplane-Area Twin-Hull) 型半潜水船開発に伴う研究の成果を無視することができない。SWATH は本来の双胴船とは異なるが、DTNSRDC の Pien (3)、Lin (4) は SWATH 研究の中で双胴船型を一般的に研究し、非対称化の意味を理論づけると共に、双胴船の *demi-hull* に作用する諸力の計算法、設計法、相互に干渉のない *demi-hull* 船型などを求め、実験と比較した。

本研究は、大型双胴船が研究される機会に、推進性能改善の一部として、双胴船 *demi-hull* の非対称化の効果を確かめようとするものであるが、研究が短期に限定されているので、実用化の際に参考となる資料の収集および基礎的な考え方の整理を目標にしている。

非対称双胴船の推進性能の研究には、通常の船型と同様、造波抵抗と粘性抵抗特に形状抵抗の2つの視点が考えられる。ただし、非対称双胴船の形状抵抗の研究は、通常の船型における船尾形状または3次元境界層理論に基く粘性流場の問題だけでなく、それ以前に双胴干渉に基く形状抵抗の問題を検討しなければならない。この形状抵抗は *demi-hull* 間の揚力による誘導抵抗すなわち *demi-hull* 周りの流れの非対称に基くことは明かで、この抵抗成分の算定と消去の方法が研究の主題となる。

この形状抵抗は、potential 流場の問題として扱えるものであるから、造波抵抗との関連も無視できないが、これは後の問題として当面は扱わない。最初は造波抵抗については、対称の双胴船研究のグループの資料によつてすすめ、非対称化をすすめる過程で検討を加えたいと考えている。

本研究で予想される研究の主要な流れを Fig. 4.1 に示した。この研究を双胴船型の最適化の一つの step と考えると、各 *demi-hull* の最適化によって対称双胴船を設計する段階を 0 次の step とし、これを非対称化して推進性能を改善する段階を 1 次の step とした。最初から、非対称性を前提とした最適な船型が得られることができが望ましいが、設計に応用されるようになるには本研究の期間では困難と思われる。

非対称双胴船
の研究

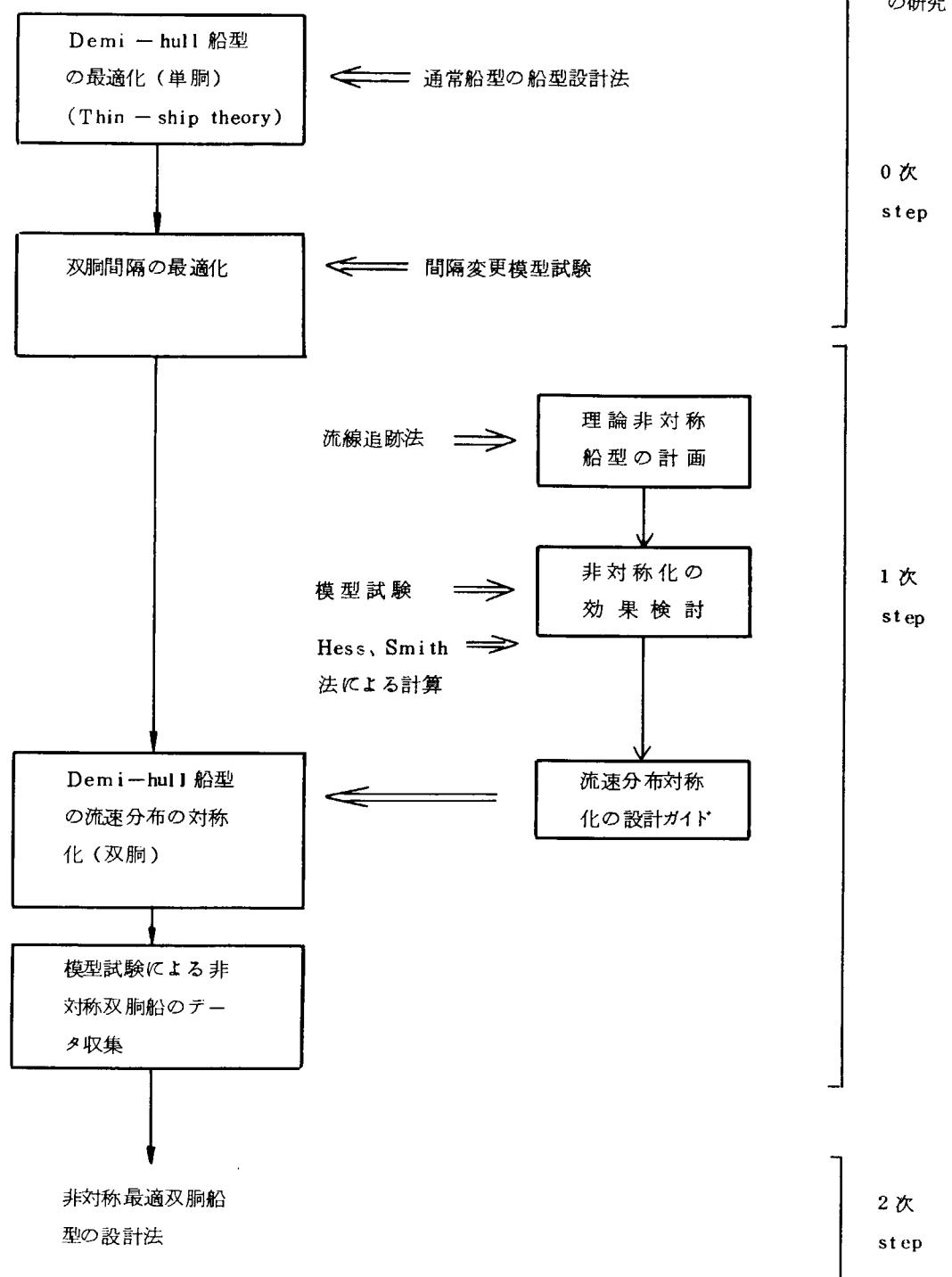


Fig.4.1 非対称双胴船研究の概略の流れ図

4.2 流速分布の対称化による双胴船型の改良

Lin(4)は thin ship を前提として、1対の source 分布面としてその分布面に垂直な軸をもつ1対の doublet 分布（doublet 分布は伴流中にも延長されている）によって表される双胴船を一般的に扱い、非対称化の効果と相互干渉のなくなる船体の反り（camber）の条件（no-cross-flow assumption）を求めた。また Pien(3)は最適 source 分布をもつ、demi-hull 船型を双胴化して流線を計算し、これによって得られる船型を最適の双胴船と考えた。Linも解析上の困難から 0-Froude 数の問題に留めているので両者の内容は類似している。

田中(5)も、水面を壁面とした場合、同じ source 分布をもつ没水体の形状が水面との距離によって歪む様子を流線追跡法によって調べた。この問題も Pien の研究と同じ内容を含み双胴船に応用できるが、この結果によると双胴化の影響は、source 分布による单胴船型を一つの camber line に沿って変形させると同じ効果があり、船首尾端部は変形しないことがわかる。流線追跡によって得られる双胴单純船型を Fig. 4.2 に示した。

Fig. 4.2 の正面線図には流線が記入してあるが、計算結果によると、この研究で予期しているように demi-hull の内側と外側の対応する流線の進行方向の流速成分(u)は完全に一致しており流れが対称化されたことがわかる。このことを Fig. 4.3 に示した。

また双胴化に伴う船型の歪 (distortion) の例を、双胴間隔の逆数 (L/b , b は双胴間隔) を横軸に Fig. 4.4 に示した。この図は、双胴間隔が無限大時の midship section² を原型として、この時の対称面から内側と外側の demi-hull の半幅、 B_I および B_O の変化を示したもので、同時に全幅 ($B_I + B_O$) の変化も示した。この図から双胴間隔が極端に近くなると、demi-hull の全幅もやや細くなることがわかる。

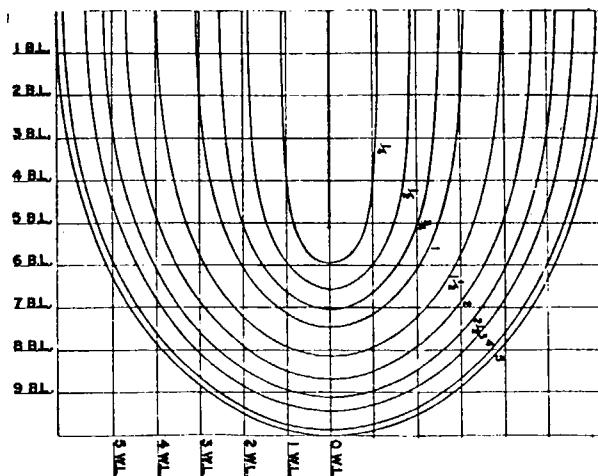
これらのことから、双胴干渉のない demi-hull を求め、形状抵抗の改善によって最適船型を求めるようとする本研究の目的は、demi-hull が単独である場合の source 分布を最適化し、この双胴影響を流線追跡法によって求めれば一応達成されることがわかる。またこの方法で得られる camber line は Lin の研究による no-cross-flow の条件による camber line に近いものであることが予想される。

しかしながら、上記の実例は単純船型によるものであり、Pien、Lin の計算例も主に半潜水型の双胴船を対象としているので、船型はかなり単純化されている。したがって大型の実用双胴船型を対象とした本研究に効果的に応用するには、なお検討する必要のある問題は少なく、理論的な詰めも残されている。

したがって、この研究では次年度より双胴船の非対称化の効果を水槽試験で確かめながら実用化の方法を検討するが、このために必要な計算プログラムなど当面必要な技術の開発から着手しなければならない。

4.3 双胴船の流場計算プログラム

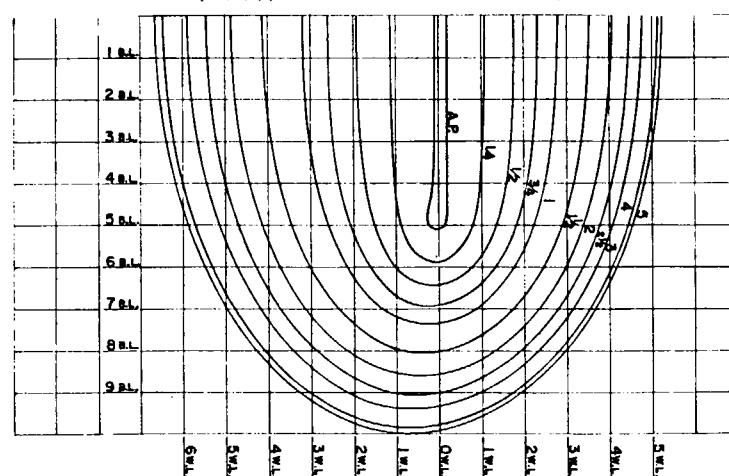
双胴船の推進性能の向上が、流速分布の均一化に由来する形状抵抗の減少として、demi-hull 形状の非対称化によって達成出来るとするならば、船体まわりの流場解析は、直接、船型改良に結びつき、重要な役割をはたす。優れた対称双胴船を基に、船体の反りを変える事で、さらに優秀な非対称双胴船を設計する事は、単純な船型の場合の実績から見ても十分に期待出来る。複雑な形状をもつ実用船型を設計する場合には、総合的な評価試験のみならず、設計資料の収集についても、水槽試験に多く頼らざるを得ない。しかし自由表面での造波現象と粘性の影響を無視して、完全流体中の 0-Froude 数の問題とすれば、流場の理論的解析が可能である。非揚力物体まわりの potential 流場解析には、Hess & Smith 法(6) が広く利用されているが、本研究でも、この方法を使って、双胴間隔、船体の反りをはじめ、船体形状の変化が、流速分布などの流場の様子に及ぼす影響を詳細に検討できる。Hess & Smith 法は、船体表面に分布する特異点で、流場を表現するもので、設計された船体形状に対する解析用の手法であるから、これを設計に応用する場合には、系統的に船体形状を変化させた結果を比較検討する必要がある。また、流場の非対称性を考慮すると、入力データ数が膨大になる事が予想される。従って、流場解析プログラムの入力データ作成の自動化は、実



対象船型

(外側)

(内側)



非対称船型

Fig. 4.2 単純非対称双胴船の船型例
(双胴間隔 20% LPP)

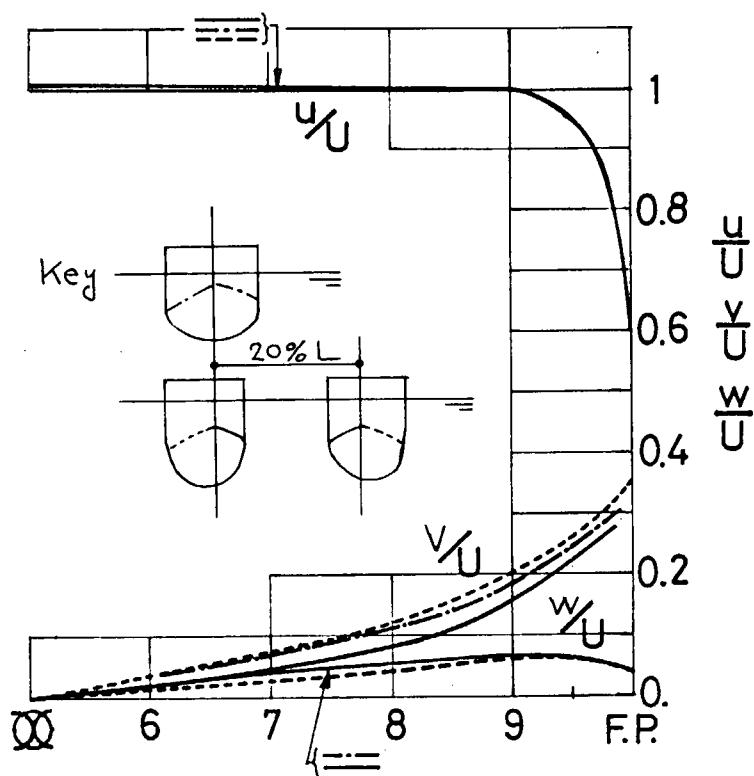


Fig. 4.3 単純非対称双胴船の流速分布
(Fig. 4.2 と同船型)

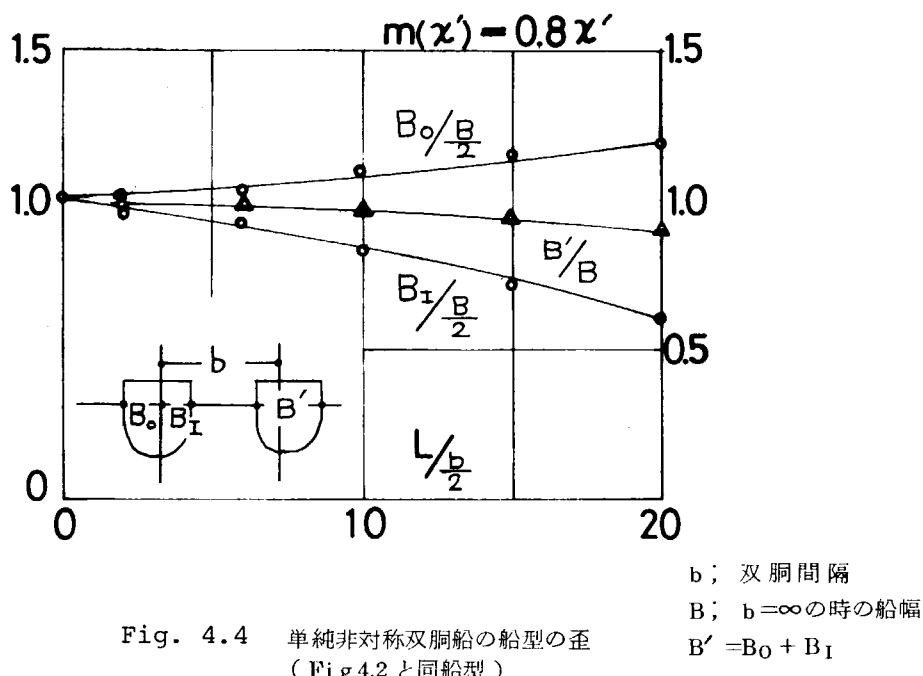


Fig. 4.4 単純非対称双胴船の船型の歪
(Fig. 4.2 と同船型)

用上、重要な問題となる。さらに、船体まわりの流線や、圧力分布の作図、*demi-hull* ではたらく流体力の計算など、解析結果の処理法、表現法についても、本研究の主題に沿うよう工夫する必要がある。以上の点に留意して、下記のような、双胴船まわりの流場解析用プログラムの開発を計画した。

基礎式

流体の粘性を無視し、非回転を仮定すると流場は Laplace の式を満す速度 potential Φ より支配される。

$$\Delta \Phi = 0 \quad (4.1)$$

$$\Phi = \varphi_\infty + \varphi \quad (4.2)$$

φ_∞ : 船体に流入する流れによる速度 potential

φ : 船体による擾乱速度 potential

流場は、船体表面条件、自由表面条件などの境界条件により定まり、速度 potential の境界値問題として定式化される。擾乱が小さく、線形化して扱える場合には、その解は、Green関数 $G(P, Q)$ を用いて (4.3) 式のように表わせる。

$$\varphi(p) = \int_S G(P, Q) \sigma(Q) dS_Q \quad (4.3)$$

$$\varphi_\infty = Ux + Vy + Wz \quad (4.4)$$

ここで P : 流体中の任意の点

Q : 船体表面上の点

S : 船体表面

$\sigma(Q)$: 船体表面上で与えられる関数 (吹き出し等の分布密度)

U, V, W : x, y, z 方向の一様流成分

Green関数 $G(P, Q)$ は、Laplace の式 (4.1) と自由表面条件、無限遠の条件等を満たすが、0 - Froude 数では、吹き出しの potential に相当する次式を用いれば良い。

$$G(P, Q) = \frac{1}{r_{PQ}} \quad (4.5)$$

r_{PQ} : P, Q 間の距離

ただし、自由表面は、固定壁となるので、船体も、それに対する鏡像を合わせた、二重模型で考え無限流体中の問題となる。すなわち、(4.3) 式は流場が船体表面に分布した吹き出しによって表わされることを示す。この吹き出しの分布密度 $\sigma(Q)$ は、船体表面条件を満足するように、次の積分方程式の解として求められる。

$$2\pi\sigma(P) - \int_S \frac{\partial}{\partial n(P)} \left(\frac{1}{r_{PQ}} \right) \sigma(Q) dS_Q = -n(P) \cdot V_\infty \quad (4.6)$$

ここで $n(P)$ は点 P における船体表面の法線 vector $V_\infty = (U, V, W)$ は一様流を表わす流速 vector である。

Hess & Smith 法は船体表面 S を有限個の四辺形面素に分割して、各面素上では吹き出し分布密度が一定であると近似して解くもので、その結果、(4.6) の積分方程式が、連立一次方程式になり容易に解ける。

吹き出し分布密度 $\sigma(Q)$ が求まれば、任意の点 P での擾乱流速は、次式で計算出来る。

$$v_k(P) = \frac{\partial \varphi}{\partial x_k}(P) = \int_S \sigma(Q) \frac{\partial G}{\partial x_k}(P, Q) dS_Q \quad k = 1, 2, 3$$

ただし $x_k, k = 1, 2, 3$ は x, y, z に対応し、 v_k は x_k 方向の擾乱流速である。圧力は

$$p = \rho \sum_{k=1}^3 v_k (v_\infty k + \frac{1}{2} v_k) \quad (4.8)$$

また、各面素にはたらく流体力は、Lagallyの定理を用いれば(4.9)式で表わせる。

$$f_k(P) = 4\pi\rho\sigma(P)v'_k \cdot dS(P), k=1, 2, 3 \quad (4.9)$$

ここで

v'_k は面素の代表点Pに誘起されるk方向の流速である。ただし、P点を含む面素による誘起速度は含まず、一様流成分は加味する。

この流体力の積分値および、1次momentが船体にはたらく流体力とそのQ'点まわりのmomentを与える。

$$F_k = \int_{S'} f_k(P) dS(P) \quad (4.10)$$

$$M_{k Q'} = \int_{S'} f_k \cdot \ell_{Q'} dS(P) \quad (4.11)$$

ここで

S' は、船体表面の一部または全部、 $\ell_{Q'}$ はQ'点を基準とした、moment leverである。

プログラムの概要

Fig.4.5に双胴船の流場計算プログラムの概略を流れ図で示す。入力としては、基本となる船型のoff-setsと、双胴間隔およびdemi-hullの非対称性を示す、船体の反り、そして載貨状態やtrim等、船の状態である。出力としては、船体表面流線と圧力分布である。その他に面素分割に関する指定や、流向の指定も行なう。また必要に応じて、任意点での流速や圧力、およびdemi-hullにはたらく流体力も計算する。

プログラムは、3つの部分から構成される。すなわち、船体形状等の入力から、流場計算用の入力を生成する段階、連立方程式を解き、流場を計算する段階、および、船体表面流線、圧力分布等を求める段階である。

第一段階では、水線を基準としたoff-setsから、流場計算用の四辺形要素入力を与えられた指定に従って作成する。この場合、指定された双胴間隔や、船体の反りとともに、双胴船のoff-setsを作り、吃水やtrim状態に応じた座標変換を行ない、吃水面を基準にして再分割する。さらに、off-sets点を結び、流場計算用の、四辺形要素をつくる。この場合に、吃水面に平行な直線を辺にもつ要素や、矩形に近い要素を数多く作り精度の良い計算が可能になるよう工夫している。また、船底部はRise of floor Bilge circle等の形式で与えられる事も多いので、この場合には指定された方式に従って、分割点を求める。

第二段階では、各四辺形面素の代表点の座標、方向、余弦を求め、各面素から各代表点に対する影響関数を計算する。流向の指定を用いて、一様流により代表点に生ずる法線速度を計算し、連立一次方程式の右辺成分とする。次に、連立方程式を解いて、吹き出し分布密度を定める。この場合、影響マトリックスの性質を考慮して、SOR法を用いている。そして求められた、吹き出し分布密度を用いて、各代表点における流速、圧力分布を計算する。

第三段階では、流速分布の均一化の評価基準となる船体表面流線と圧力分布を求めていく。また、必要に応じてdemi-hullにはたらく流体力も計算する。

非対称双胴船の場合は、面素数も多くなる必要があると思われ、また、流れの非対称性から、対称面利用による有効分割数の減少も期待出来ない。従って、連立方程式の次元数が大きくなるので、in-Coreで処理出来るプログラム容量との関係から、プログラムに当って種々の工夫をする。最大分割数は1000分割である。

potential流の流線は境界層計算にも利用され、また吹き出し分布からは、造波抵抗が計算される。従って、このプログラムは、双胴船の関数研究の第2stepに対しても有用である。

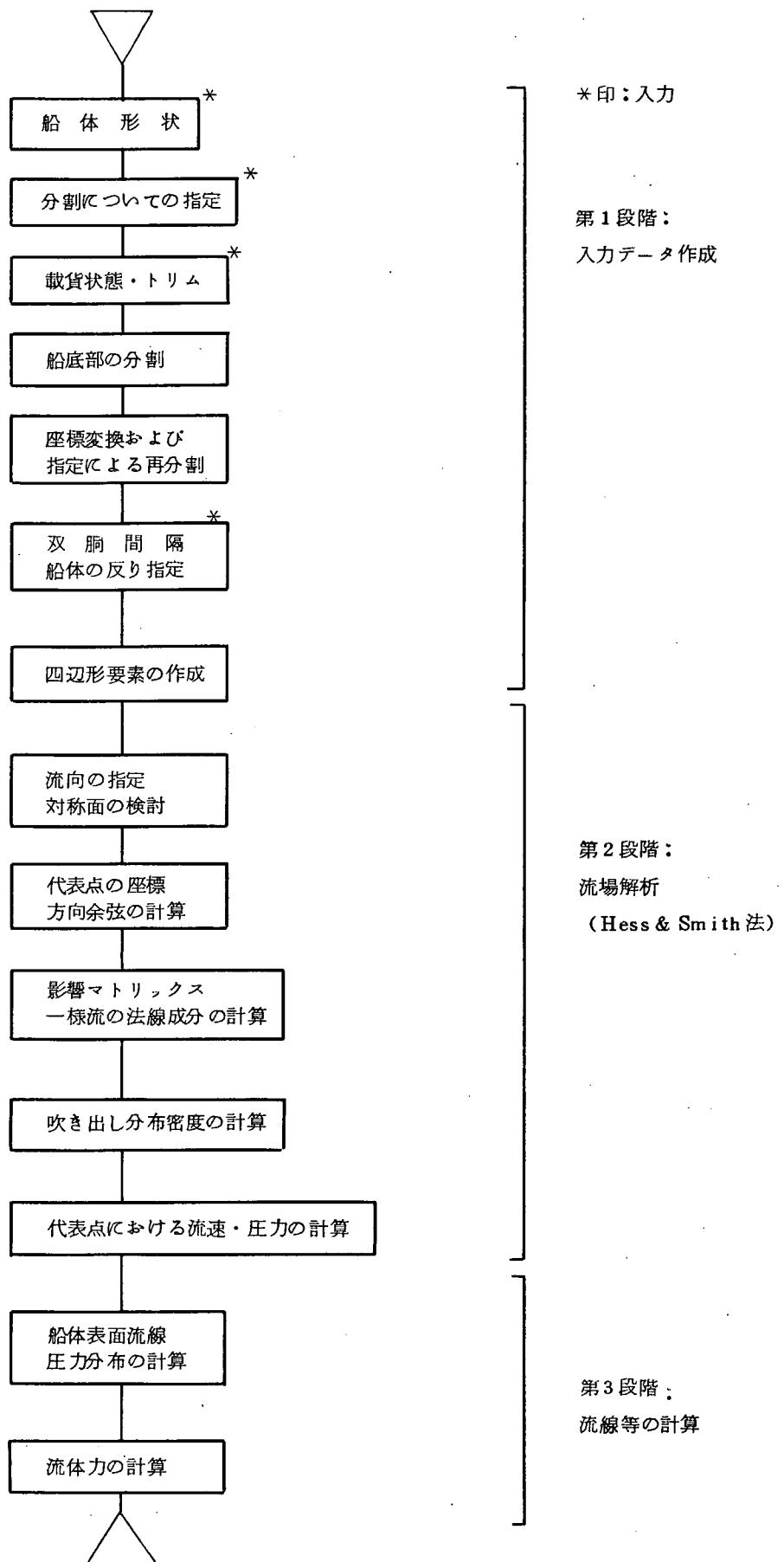


Fig. 4.5 双胴船の流場計算プログラム概要

参 考 文 献

- (1) Turner, H. and Taplin, A ; "The Resistance of Large Powered Catamarans" T, SNAME vol.76 , 1968
- (2) Fry, E. and Graul, T. ; "Design and Application of Modern High - Speed Catamarans" Marine Technology July 1972
- (3) Pien, P. C. ; "Catamaran Hull - Form Design" Inter. Seminar on Wave Resistance, Feb. 1976
- (4) Lin Wen-Chin ; "The Force and Moment on a Twin - Hull Ship in a Steady Potential Flow" The 10th Symposium on Naval Hydrodynamics, June 1974
- (5) 田中 拓 ; "扁平な没水体の浅深度抵抗について" 日本造船学会論文集第136号、昭和49年11月
- (6) Hess, J. L. and Smith A. M. O. ; "Calculation of Non - Lifting Potential Flow about Arbitrary Three - Dimensional Bodies" Douglas Aircraft Rep. NO. E. S. 40622 , 1962

5. 結 言

以上に述べてきたように、本年度は研究開始の時も遅かったので、双胴船に関する文献の調査、*demi-hull* が対称な中型船の船型計画線図及びプロペラの設計、模型の製作ならびに非対称船の船型性能計算プログラムの改造を行っただけである。

53年度には、52年度に設計製作した中型船の模型について、静水中および波浪中の試験を行うとともに、非対称船の性能計算プログラムによる計算および解析を行う予定である。この研究によって双胴船に関する問題点の幾つかが明らかになることが期待される。