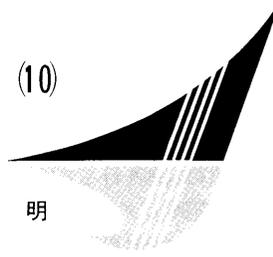


船型学 50年 (10)

— 新しい流れ —

乾 崇 夫 ・ 宮 田 秀 明



9月号の訂正とおことわり

10月号は筆者の個人的な事情で休載させて頂いた。9月号の訂正は次の2ヶ所で、いずれも筆者の校正ミス。

p.45 右 上から4行目：変成波 → 素成波

p.47 図9・11：計測波紋(1) → 計算波紋(1)

さて今回(第10回)のサブ・タイトルは“新しい流れ”で、ポイントは“嬉しい次世代の創意と成果”である。宮田さんには昭和52年(1977)4月から東大水槽に復帰して頂いて、以来約15年、素晴らしい仕事を精力的に進めて下さった。それをご紹介するのが今回の目的であるが、宮田さんの原稿を一読して、これは“直接話法”の方がよいと判断した。オリジナリティの生まれる経緯がナマの形で読者に伝わるからだ。以下宮田さんの書かれた原稿をそのまま掲載する。

なお、この連載は年初に12回を予定していたが、1回追加して、計13回で来年の2月号で完結ということにしたい。それは、いまひとつの“新しい流れ”である船舶高速力学研究室での成果を、今回と同じような形で、“続・新しい流れ”としてご紹介することにつき、加藤洋治教授のご協力を頂けることになったからである。

自由表面衝撃波

1977年頃、それまでの造波抵抗理論と東大水槽の多数の波紋写真、それに船型設計現場での疑問点を総合して考えてみると、船体造波問題には、更に本質的な現象理解の問題点がありそうなのが判ってきた。垂直舷側船などの単純模型船を使って、多数の実験を積み重ねていくと、船首まわりの造波現象は、かなり典型的な衝撃波の特性を持っていることが判った。フルード数と船首水線入角によって系統的に波頂角が変化すること、60°以上の勾配を持つ波傾斜を示し、明確な不連続線を形成することなどである。写真10・1に代表的な写真を示す。自由表面衝撃波(Free Surface Shock Wave, FSSW)と命名し、研究の重心を移していった。非常に新鮮な現象

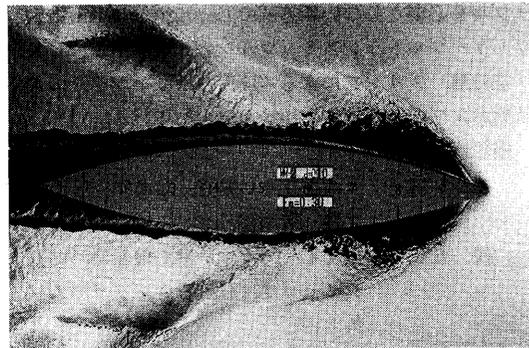


写真10・1 典型的な自由表面衝撃波

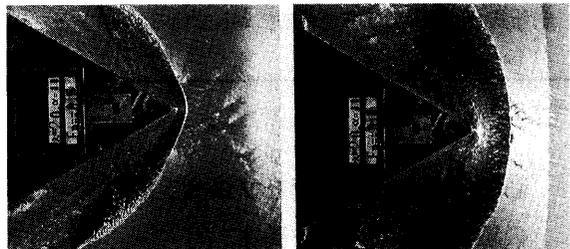


写真10・2 規則波中での自由表面衝撃波



写真10・3 HBFの効果 ($F_n = 0.24$)

左：HBFなし 右：HBFあり

だったので、広く一般の理解を得るまでに時間がかかった。しかし、視野の広い一流の研究者（例えば J. Wehausen 教授）からは強い賛同と激励が寄せられた。

規則波中を進行する船首の場合は、もっと微妙な自由表面衝撃波の変化が見られる。数値計算が可能になってから実施した研究であるが、典型的な波形を写真10・2に示す。現象が浅水衝撃波と似ているので、当初は等価な水深を仮定していたが、非線形な散逸を含む現象として、数値的な取り扱いの必要性が感じられた。

(文献 116, 130, 142, 187 など)

SEB・HBF

船体は非線形な造波現象に取り囲まれていると考えれば、船体造波を抑制する付加物にもいろいろなものがありうる。SEB(Stern-End-Bulb, 船尾端バルブ)は当初、船尾バルブの延長線上の研究として開始した。多数のバルブを手製し、試行錯誤で行った。プロペラ軸心延長線上の舵に付加した回転体が、自航要素の改善に役に立つこと、造波抵抗を減らすだけなら意外と簡単で、総合的に良いものを探すのが難しいことなどが明らかになっていったが、結局、船尾水面貫通部の薄い船尾バルブとして製品化された。定期航路の貨客船やフェリーでの長期間に亘る実績調査で、7%近い燃費節減効果が確認された。実績が10隻程度で止まっているのは、最適形状の設計の難しさによる。

HBF(Horizontal Bow-Fin)は、体積を持たない平板状フィンを船首水線近くに取り付けることによって造波抵抗を大幅に減らすものである。効果を写真10・3に示す。船首バルブの場合と同じように、HBFは船首波を弱め、波頂角を小さくする。船首ランプを持つフェリー船型などでは効果が大きい。

(文献 136, 143, 170 など)

長突出薄型バルブ

自由表面衝撃波の物理的特徴を十分に理解すれば、この波を弱くする方向も自然に明らかになる。1980年頃の中低速船のバラスト状態の水線形状と造波現象を見てみると、それは、あまりにも明らかなすぎた。多くの船が垂直自由表面衝撃波または波頂角の大きい斜め自由表面衝撃波を強調して生成していた。水面に半露出した球状バルブ、大きい船首水線入角(1970年代の過度の肩落しの強調の影響も大きかった)が主な原因である。

当時、このような船型のバラスト状態の造波抵抗を10~30%減らすことは、非常に簡単であった。理論計算も何も行わないで、突出量4%程度の薄いバルブで水線入

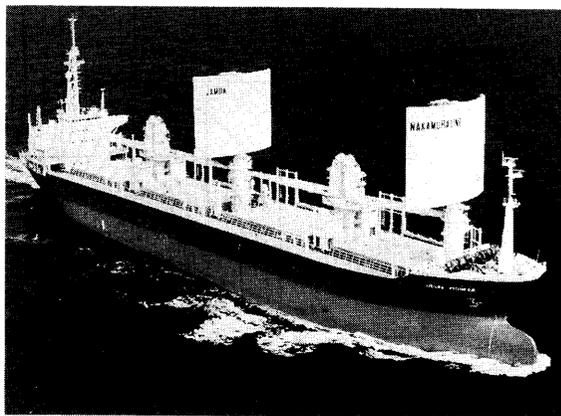


写真10・4 “USUKI PIONEER”

角を小さくし、船速によって付け根の hollow を加減すれば容易に実現できた。写真10・4(1983年2月設計、本船の船尾形状には本稿で触れない船尾波や推力減少率の研究結果が生かされている)や499型内航船が、直接東大水槽の担当した例である。その後6,7年の間に、各社の工夫を加えて、長突出薄型バルブは急速に普及していった。本誌グラビア頁上で、10年前と現在の中低速船型と、その船首波を比較すると、意外と大きな変化に驚かされるだろう。各社各様の船型改良が進められているが、基本的には長突出薄型バルブに近い方向に変化し、激しい船首波が見られることが少なくなった。この間、旅客機の場合などと比較すると、船の世界ではより大きな流体力学的形状改良が進められたと言ってもよさそうである。

(文献 142, 146, 163, 202 など)

船首波シミュレーション

1979年秋に Wehausen 教授から FSSW はどのように攻めるのかと聞かれたとき、数値計算しかないと思うと答えた。この年の夏、修士1年になったばかりの鈴木嗣君と2人で、数値計算の研究に着手したばかりだった。その後、増子、青木、西村と4人の修士論文を都合4年間継続して、TUMMAC-IVという船首波シミュレーション法を確立した。筆者自身に何も土台がなく、東大工学部の中でも、数値流体力学に組織的に取り組んでいたのは、物理工学科の高見研究室だけという状態だったし、修士課程の学生諸君の研究期間は1年余りである。ただただ体力とチームワークで突き進んだという時期であった。最後の年1983年の秋に、東大初のスーパーコンピュータ HITAC S-810 が導入されたので、計算機の進歩の一步先を歩む開発であったということもできる。いき

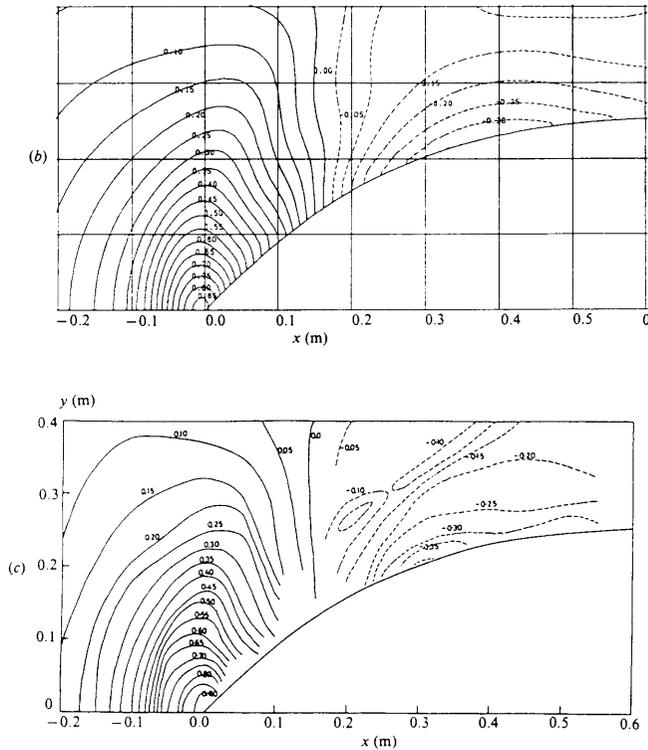


図10・1 満載状態のタンカーの船首波等高線

(上)：TUMMAC-IVシミュレーション，(下)：実験

(文献145, 198, 201, 203, 283など)

なり3次元の造波を数値解析するという、かなり乱暴な取り組みだったが、図10・1に見るように、この方法は波形における精度が高くまた船型の優劣判断を間違えることが少なく、LINECという研究会を通してソース・コードがリリースされ、現在いくつかの企業の設計現場で有効利用されている。水槽試験の労力を減らすことに成功しているので、船首波に関しては、1983年に「計算水槽」が、回流水槽のレベルで完成したと言える。

砕波シミュレーション

差分法を中心とした数値計算は、自由表面衝撃波を原点として、船型設計の tool 作りを中心テーマとしたが、研究の進行とともに、計算流体力学の可能性の高さを強く認識するようになり、色々な方面に伸ばして、船舶海洋工学分野の研究に新しい方向を加えるべきと考えられるようになった。原理的には計算流体力学の有用性は非線形性が強くなるほど高くなるので、多層(相)流や砕波などの海洋工学で重要性のある問題は、大学で取り組むべき、格好のチャレンジングなテーマでもあると思えた。

修士論文で3次元の船体造波を取り扱った時期に、平行して卒業論文で取り扱ったのが、2次元波のシミュレーションで、初めて砕波の差分シミュレーションに成功したり、渦放出との混合問題へ発展させたりして、非常に多数の論文を書いた。海岸土木・河川水理系の研究者に注目され西ドイツのある研究所から招待を受けたりしたが、なぜか海洋工学者の興味は強くないように見受けられた。

3次元砕波と二層流という問題に、同時に挑戦した結

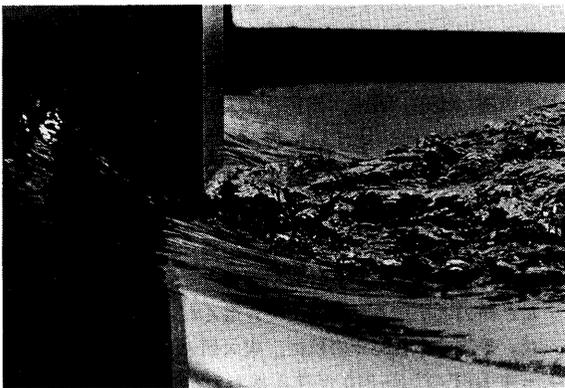


写真10・5 角柱まわりの流れ

果、TUMMAC-Ⅵという方法の開発に成功した。写真10・5に見えるような激しい水波・乱流現象の数値シミュレーションが可能になった。結果の一部を図10・2に示す。3次元の碎波シミュレーションは、現在でも他に見られない。将来、セミ・サブ型海洋構造物のサバイバル状態のシミュレーションを行えることを目標に計画したので、空気流も同時に解いている二層流シミュレーションとなっている。物理定数と計算条件を変更すると洗堀のシミュレーションとしても使えることが確認できた。大手情報処理会社が興味を示すほど、応用性の高い技術であるが、計算容量の大きさなどがネックになって、数年放置してしまった。そろそろ出番であろう。(文献182, 202, 207, 217, 246など)

船体粘性流シミュレーション

数値シミュレーションで船体まわりの流れを研究していると、造波と粘性、抵抗と運動といった従来の研究分野の分類が不要のものに見えてくる。すべて流体運動とそれによる流体力を問題とし、すべての流体運動はナビエ・ストークス式に支配されている。SEBと船尾波の研究から得られた一つの結論は、「船尾波の船尾粘性流と切り離した解決はあり得ない」で、切り離さない方法は結局ナビエ・ストークス式の解法しかなく、中間的な方法は失敗に終わるということであった。船尾波の解決のために、船体粘性流の解決は不可欠な通過点であるが、しかし、これは結局乱流シミュレーションである。乱流シミュレーションの工学的利用は、現在まだ発展途上の困難の多いテーマである。自由表面下の伴流の構造を計算で明らかにすることは、計算流体

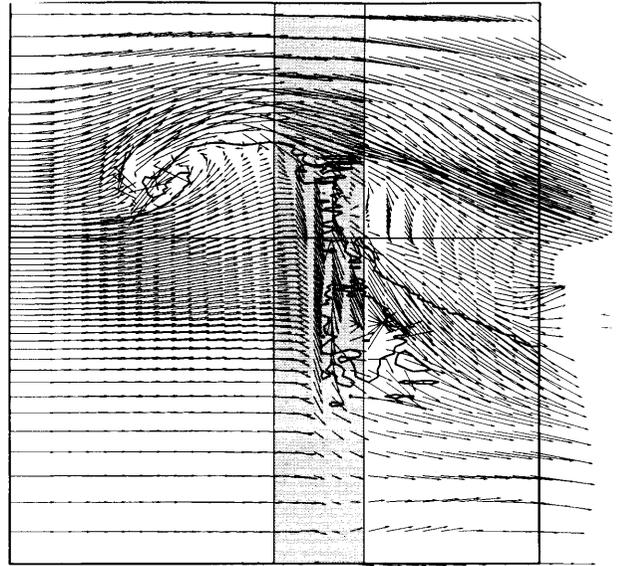


図10・2 角柱まわりの流れのシミュレーション
(TUMMAC-Ⅳによる、角柱側面を通る断面)

力学全体の中でも、最も高級な問題のうちの一つである。なるべく長い生命を持った近似度の低い高精度の方法を開発しようという方針と、計算機能力の限界との妥協から生まれたのがWISDAM-V法である。乱流モデルの取り扱いを中心に予想以上の時間を要したが、現在、格子移動による水面波のシミュレーションも取り入れた状態で、他の方法では解像できない縦渦の発達(図10・3)をシミュレートできる形にまとまっており、徐々に工学的な応用に使っていきそうである。乱流モデルの改良、自由表面乱流モデルの創出などとともに、格子生成技術の向上が現在の課題である。(文献220, 232, 279, 未発表など)

三次元剥離渦シミュレーション

進行物体まわり流れの研究のかかなりの部分は乱流研究に占められる。乱流の体系的理解を進めないと、形状設計の新しい道を拓けない。しかし工学的に重要な乱流運動の規模は0.1mmから100mにまで広がっている。ある程度以下の規模の運動をモデルで表現していいのか、どのようなモデルがいいのか、まだ明確な答えが得られていないのが現状である。そこで、まず比較的大規模の渦構造を明らかにするための研究を進めた。現在でも

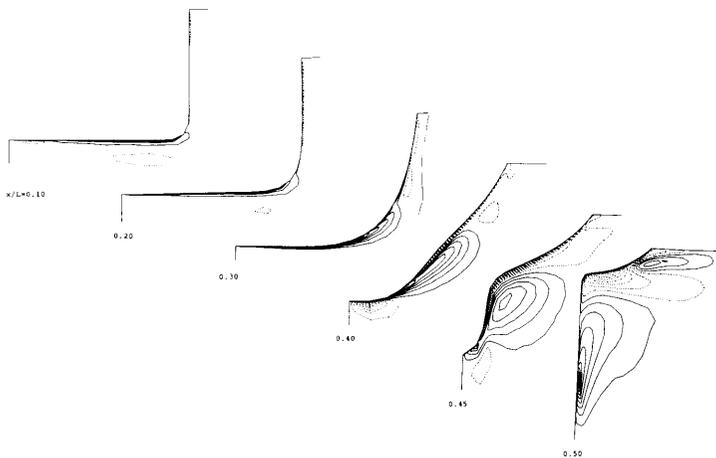


図10・3 HSVAタンカー後半部の縦渦等高線

船の科学



写真10・6 One-Box-Car 後方断面での縦渦等高線

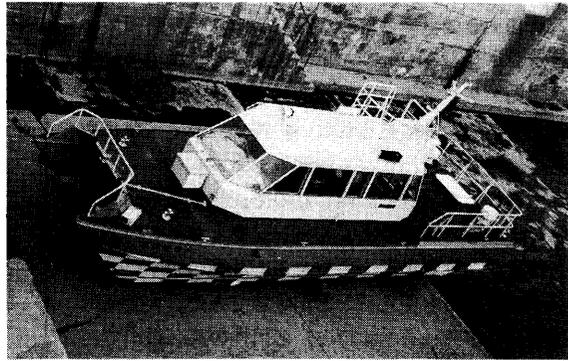


写真10・8 HC実験船“エクセラー”

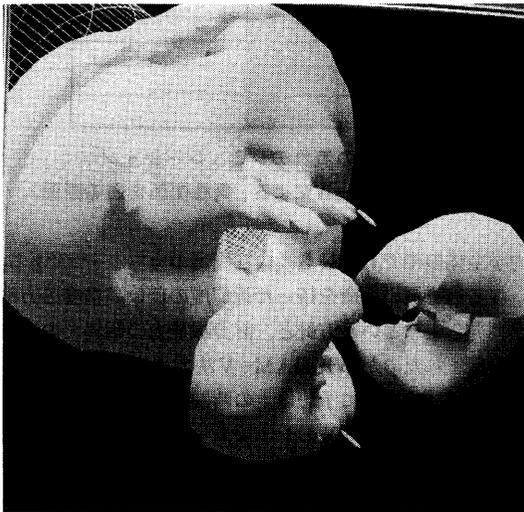


写真10・7 回転体からの剥離渦（圧力の等値面）



写真10・9 航走波中の“エクセラー”

球をすぎる流れの構造が不明である。球をすぎる流れの理解がなくて、車のような鈍な形の物体をすぎる流れの最適化（車の形状の最適化）ができるであろうか。写真10・6, 10・7はTUMMAC-VIIとWISDAM-Vという東大水槽の代表的な数値シミュレーション手法を、ワンボックスカーと回転体という比較的単純な形をした進行物体まわりの大規模3次元剥離渦の問題に応用した例である。上下左右から発生する縦渦の複雑な構造や、ドーナツ状の剥離渦の縦渦の放出と関連した3次元変形など興味ある結果が得られている。コンピュータ・グラフィックスの活用により、大規模な渦構造が徐々に明らかにされていくだろう。

（文献 280, 288, 289, 未発表など）

HCの開発

東大水槽における球状船首の開発も、流体力学的形状設計の研究とすることができる。流体力学的な側面を中心にして形状設計することを、システム全体にまで広げた時、新しい高速船システムの設計が視野に入ってくる。一方では、大型輸送船を中心とした研究の行き詰まりは、客観的に明らかだし、造船設計者は、輸送システムに限らない、多様な大型システム開発のできる技術者へ脱皮するべきとも思われた。タンカーはゼネコンの道路工事に対応するのかもしれない。長く継続しなくてはならない重要な仕事だが、産業界の将来を引っ張っていく核になるものではないだろう。1985年頃、数多くの卒業生の不幸な転針のニュースに接して、産業界に論文と解析技術の提供を越えた貢献のできる新しいシステム計画的な研究を始めるべきと考えた。

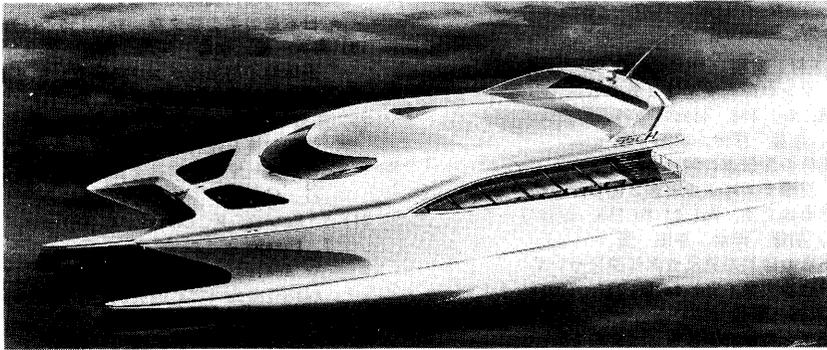


写真10・10 SSTH実験船完成予想図

1986年度の卒論論文で初めて取り扱ったのが双胴水中翼船 (Hydrofoil Catamaran, HC) である。多様な高速船の形状システムの中で、鋭い形状のカタマランを複数の翼で結合した形が一つの新しい道を拓けそうに思えた。卒業生らの作った第1号の模型船HC 200 Aの抵抗性能、耐航性能は予想以上に優れていた。その後、実用船型も含め合計10隻の模型船を使った研究を継続した。このような研究の最終成果は権威のある雑誌に載った論文ではなく、製品である。近い将来どこかの企業が開発を継続してくれることを期待している間に3年が経過していた。積極的に民間企業との共同研究を模索したが、仲仲うまくいかず、結局1990年になって、ようやく実験船エクセラー(瀬戸内クラフト建造, 12m, 7総トン, 195PS×2, 補助翼8枚付)の誕生となった。実験船とその模型船の建造が、前後逆になってしまったほど、果敢な決断と実行であった。1990年には、進水直後8月1日に全く無制御による姿勢変更試験, 速力試験に成功してから、同年12月, デジタル制御による運動制御試験まで都合4回の実船実験を東大の学生中心で実施し, 本年もより高度化のための実験を継続中である。

中小企業と大企業と大学の連携による全く新しい研究開発は色々な意味で刺激的であった。大学内でも, このシステムの制御, 構造応答をそれぞれ別研究室が担当し, 1990年と1991年には, それぞれ3組6名の卒業生が実船実験を含めた研究開発に従事し, システム計画的な学科にふさわしい新しい研究教育パターンが試みられた。これと同時に, HCの特性のいい面が徐々に明らかになり, 実船実験で確認されていった。乗り物工学を学ぶ我々は, 新しい乗り物を作って, それに乗ったり, 操縦してみるべきであるということ, 苦しくて楽しい実船実験で認識し合った。写真10・8にドック内のエクセラーを, 写

真10・9に1990年8月の第2回実験時の航走状態を示す。(文献230, 256, 268など)

SSTHの開発

今, 造船界が必要とするものは多いが, 例えば, SP-IRIT (情熱) を取り戻すことと, 新しい製品 (新システム) を作り出し, 同時にそのためのSYNTHESISの能力を高めることも大きなテーマであろう。このために新しい産学協同の形が役に立つこともありえるだろう。大学での研究環境は劣悪で, 施設維持費集め, 研究費集めに苦労が多いが, 高い自由度と, 未完成ではあるが豊かな人材を与えられている。SPIRITは若い人のものほど高級な場合が多い。

SSTH (Super Slender Twin Hull) は, 1988年より大手企業と共同開発を進めている細長双胴船型を持った高速船で, 500トンから10,000トンの範囲の高速フェリー需要に応えるものである。排水量型であるが, 船型全体を全く新しい考え方で設計したものである。外觀設計にも新しい設計手順を導入した。

SSTHの開発はHCと違って, ある段階からは民間企業の独自開発のウエイトが非常に高くなってきており, 大学の基本的なアイデアと設計が企業の方で発展されるという比較的オーソドックスな産学協同の形に変わりつつある。写真10・10は, 本年10月に実施された実海域実験用実験船の完成予想図である。全長30mの本格的なものである。解析技術の開発に甘んじてきた大学研究者と, タンカーなどの類型の製品の製造に甘んじてきた企業研究者・設計者とが協力して, 新しい開発の道筋を試みようとしている。

(文献, 未発表, 一部1991年発表)

船の科学

別表B: 船舶高速力学研究室(現 流体工学研究室)関係

- 1) 田宮 真, 矢村 家利 :
二重壁ケーソンの静的安定性(その1)
造船協会誌, Vol.458, (1967) 359
- 2) 西脇 仁一, 加藤 洋治, 平田 賢 :
超臨界圧流体の熱伝達に関する研究
(第1報 炭酸ガスによる実験と簡易計算法の提案)
日本機械学会論文集, Vol.33 No.255, (1967)
- 3) 西脇 仁一, 加藤 洋治, 平田 賢 :
垂直平板からの自然対流乱流熱伝達について
日本機械学会論文集, Vol.34 No.257, (1968) 116
- 4) 田宮 真, 矢村 家利 :
二重壁ケーソンの静的安定性 (その2)
日本造船学会誌, Vol.465, (1968) 112
- 5) H. Kato, et al. :
Studies on the Heat Transfer of Fluids at a
Supercritical Pressure
Bulletin of JSME, Vol.11 No.46, (1968)
- 6) H. Kato, et al. :
On the Turbulent Heat Transfer by Free
Convection from a Vertical Plate
International J Heat Mass Transfer, Vol.11,
(1968) 1117-1125
- 7) 加藤 洋治 :
強制対流と自然対流の共存した乱流熱伝達
日本機械学会第782回熱工学講演会, (1968) 21
- 8) 加藤 洋治, 元良 誠三 :
フラップつき舵の研究
日本造船学会論文集, Vol.124, (1968) 93
- 9) 加藤 洋治 :
船舶と伝熱
機械の研究, Vol.21 No.1, (1969) 271
- 10) 田宮 真, 渡辺 弥幸 :
転覆に関する実験
日本造船学会論文集, Vol.125, (1969) 89
- 11) 田宮 真 :
非線形非対称横揺れの計算
日本造船学会論文集, Vol.126, (1969) 85
- 12) 加藤 洋治 :
タンカー荷油の放熱に対する動揺の影響
日本造船学会論文集, Vol.126, (1969)
- 13) S. Tamiya :
On the Characteristics of Unsymmetrical
Rolling of Ships
Selected Papers from the J. Soc. Nav. Archi.
Japan, Vol.4, (1970) 76
- 14) 加藤 洋治, 岩崎 隆 :
固体粒子用気泡ポンプの研究(単独粒子の場合)
日本機械学会講演論文集, No.700-15, (1970) 13
- 15) 田宮 真, 宮田 秀明, 宮沢 徹 :
箱型船の転覆限界
日本造船学会論文集, Vol.128, (1970) 205
- 16) 元良 誠三, 高木 又男, 国米 昭久, 加藤 洋治,
小山 健夫 :
異常現象を伴う船の操縦性の一解析
日本造船学会論文集, Vol.128, (1970)
- 17) 小沢 宏臣, 田宮 真, 加藤 洋治 :
A. C. V. の揚力に対する前進速度の影響
日本造船学会論文集, Vol.130, (1971)
- 18) 右近 良孝, 田宮 真, 加藤 洋治 :
非定常Cavitationについて
日本造船学会論文集, Vol.130, (1971)
- 19) 宮沢 徹, 加藤 洋治, 田宮 真 :
固体粒子用気泡ポンプの研究(第2報)
日本機械学会講演論文集, No.710-15, (1971)
- 20) 加藤 洋治 :
強制対流と自然対流の共存した乱流熱伝達(第2報)
日本機械学会講演論文集, 熱工学講演会, No.710-
17, (1971)
- 21) S. Matora, M. Takagi, A. Kokumai, H. Kato and
T. Koyama :
An Analysis of the Manoeuvrability of a Ship
Associated with Unusual Characteristics Under
Steerage
Selected Papers from J. of SNAJ, (1972)
- 22) 宮田 秀明, 田宮 真, 加藤 洋治 :
部分キャビテーション翼の特性
日本造船学会論文集, Vol.132, (1972) 99
- 23) 宮田 秀明, 田宮 真, 加藤 洋治 :
振動翼の圧力特性とキャビテーション
日本造船学会論文集, Vol.132, (1972) 107
- 24) 田宮 真, 小村 隆士 :
高速航走時の横揺特性
日本造船学会論文集, Vol.132, (1972) 159
- 25) 加藤 洋治 :
強制対流と自然対流の共存した乱流熱伝達(第3報)
第9回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1972)
281
- 26) 加藤 洋治, 宮沢 徹, 田宮 真 :
固体粒子用気泡ポンプの研究(第3報)
日本機械学会講演論文集, No.720-15, (1972) 33
- 27) H. Kato et al. :
On the Transient Cavitation
Written Contribution to 13th ITTC, (1972)
- 28) H. Kato et al. :
Some Characteristics of a Partially-
Cavitating Hydrofoil
Written Contribution to 13th ITTC, (1972)
- 29) H. Kato et al. :
Cavitation on a Pitching Hydrofoil
Written Contribution to 13th ITTC, (1972)
- 30) S. Tamiya, H. Kato and Y. Watanabe :
A Treatment of the Equilibrium of an Oil
Layer on Water Flow
Proc. of 22nd Jap. Nat. Cong. for Applied
Mech., (1972) 36
- 31) 佐藤 隆一, 田宮 真, 加藤 洋治 :
キャビテーション侵蝕の研究
日本造船学会論文集, Vol.134, (1973) 53
- 32) 加藤 洋治 その他 :
プロペラの非定常キャビテーションについて
日本造船学会誌, No.530, (1973)
- 33) 加藤 洋治 :
翼のキャビテーションの観察
流れの可視化に関するシンポジウム(第1回)
(1973) 81
- 34) 加藤 洋治 :
船舶における伝熱問題
日本船舶機関学会誌, Vol.9 No.3, (1974)
- 35) S. Tamiya, H. Kato, Y. Watanabe and T. Komura :
A Treatment of the Equilibrium of Oil Layer

- on Water Flow
J. Soc. Nav. Archi. Japan, Vol.135, (1974) 71
- 36) 加藤 洋治, 宮沢 徹, 田宮 真, 岩崎 隆 :
固体粒子用気泡ポンプの研究
日本機械学会論文集, Vol. 40 No. 335, (1974)
- 37) 加藤 洋治 :
キャビテーション入門
日本造船学会誌, No. 544, (1974)
- 38) R. Sato, S. Tamiya and H. Kato :
Study on Cavitation Erosion
Selected Papers from the J. Soc. Nav. Archi.
Japan, Vol.12, (1974) 21
- 39) H. Kato, T. Miyazawa and S. Tamiya :
A Study of an Air-Lift Pump for Solid
Particles and its Application to Marine
Engineering
2nd Symp. on Jet Pumps & Ejectors and Gas
Lift Techniques, BHRA, (1975)
- 40) H. Kato, T. Miyazawa, S. Tamiya and
T. Iwasaki :
A Study of an Air-Lift Pump for Solid
Particles
Bulletin of the JSMA, Vol. 18, (1975) 286
- 41) S. Tamiya :
Capsize Experiment of Box-Shaped Vessels
International Conference on Stability of
Ships and Ocean Vehicle (1975)
- 42) 加藤 洋治 :
船用プロペラにおけるキャビテーション侵蝕
キャビテーションに関するシンポジウム (第1回),
(1975)
- 43) 田宮 真 :
流体力学の船舶への応用
日本造船学会夏季講座, (1975)
- 44) R. Latorre and S. Tamiya :
An Experimental Technique for Studying the
Planning Boat Spray and Deriving the Pressure
Resistance Component
Proceedings of 14th ITTC, Vol.1, (1975) 562
- 45) H. Kato :
A New Cavitation Erosion Test Method with a
Pure Aluminium Test Piece
Proceedings of 14th ITTC, Vol.2, (1975) 236
- 46) Y. Ukon, S. Tamiya and H. Kato :
Pressure Distribution and Cavity Model on a
Partially Cavitating Hydrofoil of Finite Span
Proceedings of 14th ITTC, Vol.2, (1975) 266
- 47) H. Kato :
A New Cavitation Erosion Test Method and its
Application to a Ducted Propeller
International Shipbuilding Progress, Vol. 22
No. 253, (1975) 291
- 48) H. Kato :
A Consideration on Scaling Laws of Cavitation
Erosion
International Shipbuilding Progress, Vol. 22
No. 253, (1975) 305
- 49) S. Takagawa, S. Tamiya and H. Kato :
Effect of Size of Stream Nuclei on Inception
of Cavitation
J. Soc. Nav. Archi. Japan, Vol.138, (1975) 87
- 50) H. Kato :
On the Prediction Method of Cavitation Erosion
from Model Test
Symp. Grenoble 1976, IAHR, (1976)
- 51) 加藤 洋治 :
キャビテーション入門 (その2) - 侵蝕について -
日本造船学会誌, (1976)
- 52) H. Kato, et al. :
On the Effect of Film Cooling at the Separated
Zone behind a Fence
5th All-Union Heat and Mass Transfer
Conference USSR, (1976)
- 53) 加藤 洋治 その他 :
フェンス後方の剥離域における膜冷却の効果
第13回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1976)
- 54) 加藤 洋治 その他 :
フェンス後方熱伝達率の推定法
第13回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1976)
- 55) J. Suhara, H. Kato and T. Kurihara :
Experimental Studies on the Rolling Effect on
Heat Losses from Oil Tanker Cargoes
Rep. of Research Inst. for Applied Mech.
Kyushu Univ. Vol. 23, No. 76, (1976)
- 56) S. Tamiya :
Topics on Ship Capsize
Special Lectures on Ship Motion, Masan,
Korea, (1977)
- 57) H. Kato and H. Tanibayashi :
Cavitation Testing and Prediction of Erosion
- State of the Arts
Proc. Int. Symp. on Practical Design in Ship
building, (1977) 335
- 58) H. Kato :
An Experimental Study of the Pressure
Fluctuation on a Propeller Blade in the Wake
Symp. on Hydrodynamics of Ship and Offshore
Propulsion Systems, det Norske Veritas, (1977)
- 59) 前田 俊夫, 田宮 真, 加藤 洋治 :
2次元翼のキャビテーション侵蝕
日本造船学会論文集, Vol.143, (1978) 78
- 60) H. Kato, et al. :
Effect of Film Cooling at the Separated Zone
6th Int. Heat Transfer Conference, (1978)
- 61) 児玉 良明, 武 直行, 田宮 真, 加藤 洋治 :
キャビテーションの初生に関する研究 (第1報)
日本造船学会論文集, Vol.144, (1978) 78
- 62) H. Kato, T. Maeda and A. Magaino :
Mechanism and Scaling of Cavitation Erosion
12th Symposium on Naval Hydrodynamics, (1979),
452-469
- 63) 泉田 泰弘, 田宮 真, 加藤 洋治, 前田 正二 :
粘性影響を考慮した2次元翼型の翼特性の研究
日本造船学会論文集, Vol.146, (1979) 73
- 64) 泉田 泰弘, 田宮 真, 加藤 洋治, 山口 一 :
2次元翼型に発生するキャビテーションの研究
日本造船学会論文集, Vol.146, (1979) 82-92
- 65) 児玉 良明, 田宮 真, 加藤 洋治 :
キャビテーションの初生に関する研究 (第2報)
- シートキャビテーションの初生
日本造船学会論文集, Vol.146, (1979) 93