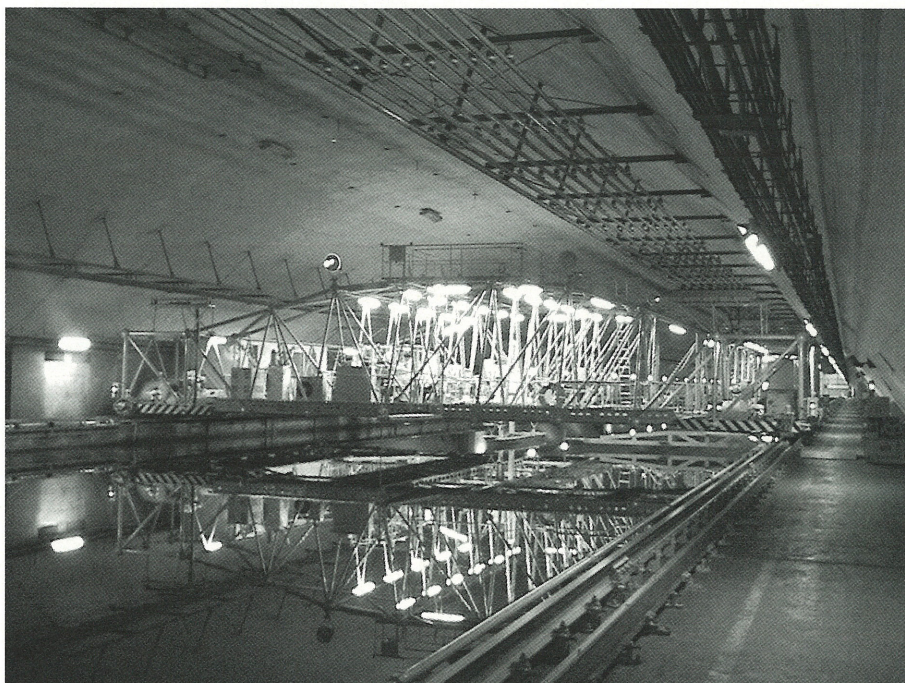


●目次●

高速船の将来動向と技術課題	page 2
氷海船舶について	page 4
試験水槽の四季	page 6
東京商船大学19GT型調査研究船 「やよい」について	page 8
速度ポテンシャルと流れ関数に ついて (その4)	page 10

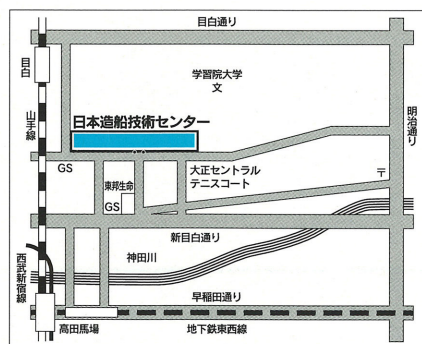
三鷹第二船舶試験水槽について

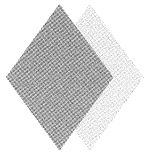


三鷹の第二船舶試験水槽は、船舶の大型高速高機能化に対処する研究のため、世界最大規模の曳航水槽として昭和41年に船舶技術研究所（現在は海上技術安全研究所）の三鷹地区内に建設されました。三鷹地区内に80m角水槽の次に建設されたことから、三鷹第二水槽ともまた、長さ400mであることから400m水槽とも呼ばれてきました。ちなみに、本水槽の長さ、幅、水深は400m、18m、8mで、英国のロンドンにあったNational Physical Laboratoryの曳航水槽を参考にしております。建設後半世紀の海運造船産業を取り巻く環境から、兄弟のNPL水槽は既にありませんが、本水槽にあっては21世紀への新たな展開を目指して、設備更新と

機能増強工事が平成13、14年度の2年間にわたり実施されました。最新技術適用による従来機能の向上に加え、Y台車増設による操縦性能試験機能と造波装置や曳引車機能増強により大型の高速船模型の波浪中高速走行試験機能が追加・補強されました。平成15年度から造船技術センターの目白水槽にて実施されてきた造船各社を主とする委託試験の実施を引き継ぎますが、試験精度と信頼性の維持、試験効率の向上やビジネスとして成立しうる合理化などの課題に取り組む必要があります。

新たな体制のもと、設備の機能を十分に発揮して我国造船産業の発展に役立つよう努める所存です。





高速船の将来動向と技術課題

1. はじめに

高速船の分野では近年、特に欧州ではRoRo、RoPax、などの相次ぐ建造に加え、英海軍により、Trimaran船型の実験船が建造された。更にEU域内のプロジェクトに関連して実用船としてのMonohull船型やPentamaran船型の高速RoRo船の提案がなされているなど活発な活動が報告されている。

一方、米国では海兵隊や陸軍の輸送に関する高速船の需要があり、豪州建造の2種類のCatamaran船型を長期チャーターし、さらにより大型で高速のものの開発が推進されつつある。商用でも大西洋横断輸送高速貨物船の需要があり、開発は大詰めを迎えている。

また韓国の2010年の造船ビジョンでも、超高速船および大型高速船の開発が目標の一つとされている。

翻って我が国の現状を眺めてみると、TSL（テクノスーパーライナー）計画以降の高速船の開発は活発に行われておらず停滞気味であるといわざるを得ない。

ここでは、高速船の役割と、実用的な高速船の現状に鑑み、我が国を中心として期待される実用航路と将来の課題について考えてみることにする。

2. 高速船の役割

「船」は輸送機関である以上、載貨重量と速力が常に問題となる。過去に建造された船をこの指標に従って整理したものを模式的に表すと図-1のようになる。一般の殆どの船は「在来船型」と記した速力の低いゾーンに属し、速力の絶対値を上げるためにはフルードの法則から船の長さを長くする事が必要となる。

これ以外のいわゆる高速艇と称されるものは、絶対値としての速力は早いが載貨重量の小さい小型の高速艇である。さらにこの10年余の間に大きな載貨重量を有する大型の高速カーフェリーの建造が相次ぎ、新しい高速船の分野を占めるに至った。TSL計画の目標は、図中の

特異点とでも言うべき位置を占めている。

高速だけを追求する類の船は別として、元来市場に様々な船型の要求が起こるのは、図-2に示すように、基本的に対象の異なる積載物、そしてそれに対する異なった輸送形態に対する要求があり、それに応じた異なった船のコンセプトが形成されるためである。

さらに高速船で運ぶことを要求されるものは、図-3に示すように、1) 生鮮食料品や魚介類などの鮮度を要求されるもの、2) 価格／重量比が大きい価値の高い物品、3) 時間短縮による利便性を必要とする旅客などである。こういったニーズから図-4に示すように、浮力を単にアルキメデスの原理による静的浮力だけに頼るのではなく、航空機と同じく動的揚力を積極的に利用する形式の「船」が考案されてきたのである。

3. 代表的な実用高速船

21世紀の実用船として有望なプロトタイプとでも言うべき顕著な高速船が前世紀末にいくつか誕生している。

まず我が国では、次にあげる3種類の高速度船がそれぞれ超高速船、高速カーフェリー、そして在来船の分野における実用高速船のプロトタイプというべき代表的な船といえよう。

- 1) 50ノット/70m SES型実験艇「飛翔」
- 2) 40ノット/100m 単胴型高速フェリー「ゆにこん」
- 3) 30ノット/200m 在来型RoRo船「さんふらわあとまこまい」「ほっ

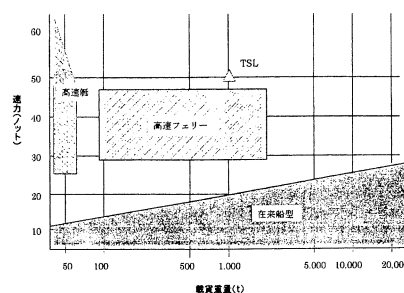


図-1 速力と載貨重量

かいどう丸」

これらはそれぞれ '95年、'97年、'99年のShip of the Year受賞船でもある。

上記以外の船型で世界を見渡し、実用船として有望な高速船として次のものをあげることができよう。

- 4) 40/(50)ノット/96m/(70)mカタマラン船型(含ウェーブピアサー型)
- 5) 40ノット/124m HSS Semi-SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull) 船型
- 6) 30ノット/170mトリマラン (Trimaran、3胴型) 型
- 7) 37ノット/175m ペンタマラン (Pentamaran、5胴型) 型

4)および5)は既に実用船が何隻も就航しており、さらに米海軍中心に発展型の実用船が開発が進められつつある。6)は英海軍により全長98.7mの実証実験船が既に就航しており、7)は設計提案だけであるが、実用船として大きな載貨重量を有しながら鋼製船体で中速ディーゼル主機を搭載した40ノットの経済船型である。その他2)のMonohullでもさらに大型で全長212mで37ノットの高経済性の船型が提案されており、これらは現時点において欧米で進行中のものであり今後の

Requirement for different ship concepts

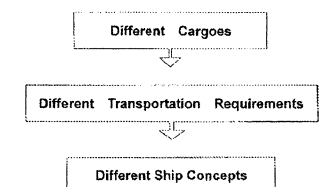


図-2 船型コンセプトへの要求

Cargo for High-speed Ship

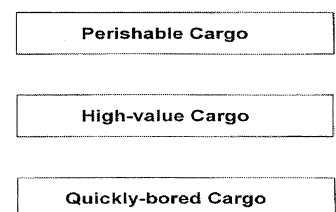


図-3 高速船対象貨物

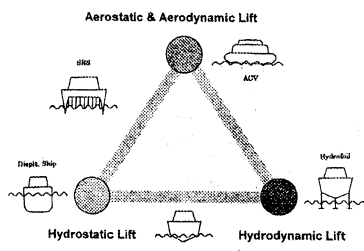


図-4 船型のパターン

実現の可能性の高いものといえる。

4. 期待される航路と候補船型

まず我が国と海を隔てて隣接する近隣諸国との間の物流の観点から、海上輸送の効率的な高速化が考えられる。航路としては例えば図-5に示すような航路であり、これらの航路は、何れも前項の高速船ではデیلیーサービスが可能なものである。

わが国では既にTSLの実用船としての貨客船が離島航路向けに建造中であるが、汎用性、実用性の面からは最も実用船として発展の可能性があるものは、やはり在来船型の発展型である。従って表1の航路に対して、主要目を想定すれば次のようなものが想定される。

船型：通常型排水量船型

Lpp：210m、B：25.0m、

D：22.0m、d：7.2m

Vs：約30ノット、

載貨重量：約6,500t

満載排水量：約18,000t

主機出力：約60,000ps

船体材質：鋼製（含むハイテン）

想定した船型に対する抵抗係数曲線は図-6のようなものになり、同図に記載してある超大型コンテナ船のものと比較すれば、抵抗曲線が増大するフルード数がさらに高速域に伸びたものとなっていることが分かる。

プロペラの設計を日本造船技術センターのPDプロペラ設計システムを用いて検討してみると、2軸船の場合、直径を喫水のおよそ60%以下として、キャビテーション性能を考えれば6翼のFPPの場合、展開面積比は約1.5程度となり、4翼のCPPの場合は約1.0程度となり、図-7のような形状になる。CPPとしてはぎりぎりの製作範囲であり、喫水を大

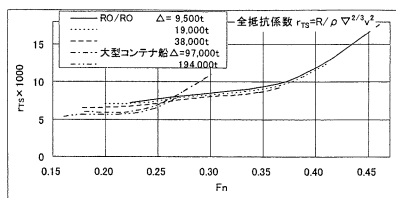


図-6 高速船抵抗曲線の例

きくして直径を増大する必要性も考えられ、さらに二重反転プロペラや、舵などの付加物を除くことが可能なポッドプロペラなどの採用も検討対象にしなければならない。

即ち、今後、実用船として具体化していくためには、現時点での港湾事情などを考えると全長は200m以下にすることが望ましく、さらに造波抵抗係数の変曲点をさらに高速域にまで延ばし、その絶対値をさらに小さくなるような船型を開発していく必要がある。

船型関係を含め、今後の技術課題項目には次のようなものが掲げられよう。

- 1) 船型関係：船型開発、曳波、波流中抵抗増加、推進装置、CFDによる推定精度の向上
- 2) 船体構造関係：船殻軽量化、振動推定、外力推定、波浪衝撃圧推定、Hull Monitoring
- 3) 船体運動関係：復原性、加速度、乗り心地改善装置（運動制御システム（Mo-tion Control））
- 4) 艀装関係：騒音荷役、岸壁港湾設備、水深、船殻、艀装品軽量化、材料の選定
- 5) 機関関係：主機プラントの選定軽量主機、ディーゼルオイル焚ガスタービン推進装置、A重油焚高速ディーゼル
- 6) 電機関係：自動化
- 7) その他：ルール、安全性、航路毎の旅客、貨物の物流調査、コスト、採算検討、各種検討ツールの開発

5. 高速痩せ型船型の開発

Possible Routes to Hub Ports in East Asia

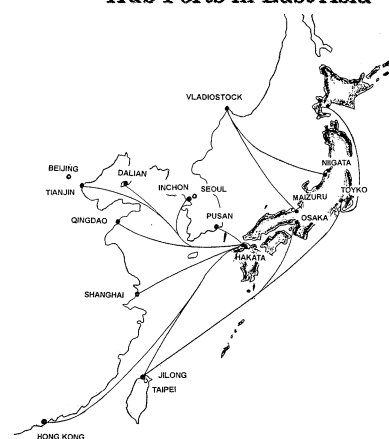


図-5 近隣諸国への候補航路

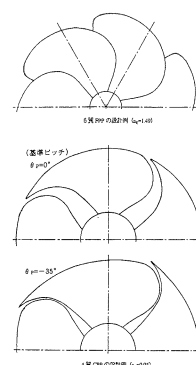


図-7 プロペラ設計例

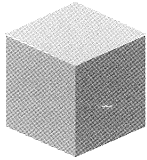
以上、実用船としてニーズの大きな在来型排水量船型について若干具体的な検討内容に触れたが、図-5に示すその他の航路については、Monohull船型や、SES船型も考えられる。

また、我が国以外では、先に述べたようにその他の船型による高速船の開発も進んでおり、既に実験船を建造して各種のPerformanceを検証中であるものや、提案だけではあるが実現に向けて大きく前進中のものなどがある。

近隣諸国との友好、連携においても、我が国ではそれらに対してFSによる検証を含めて開発に後れを取ることなく、手始めとして今後の物流の要となる高速痩せ型船型に関しての前向きな取り組みが愁眉の急である。（おわり）

表1 航路の例

航路	距離(海里)	速力(ノット)	航海時間(hr.)	必要載貨重量(t)
博多ー上海(中国)	約490	約30	約16	約6,500t
博多ー青島(中国)	約540	約30	約18	約6,500t
博多ー大連(中国)	同上	同上	同上	同上



氷海船舶について

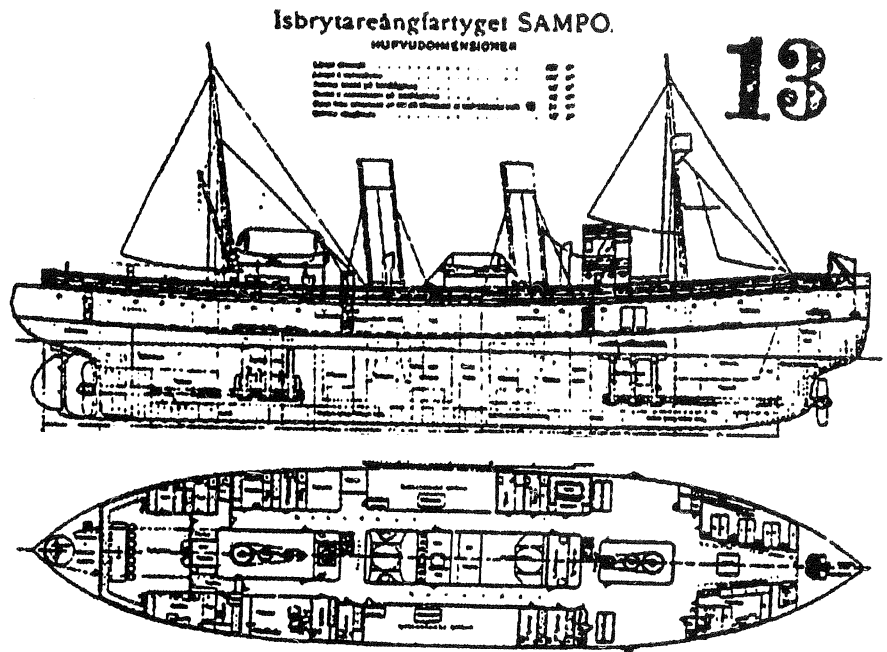
最近、ロシア極東方面での石油、天然ガスの開発について記事が新聞に載っています。一つはサハリン島周辺の石油、天然ガスに関する開発で現在は流氷の無いときの季節生産ですが、3年後の通年操業および2007年春から日本への天然ガスの輸出に向けて液化天然ガス工場の建設、パイプライン施設や船舶建造が計画されています。また、ロシア・東シベリヤからの石油パイプライン計画の日本への「ナホトカルート」について小泉首相とプーチン大統領が5月末協議したと伝えられています。この方面での砕氷能力のある船舶が今後期待されます。

そこで、今回は、氷海船舶の歴史についてお話をしましょう。

砕氷船を代表とする氷海船舶は、現在ではアメリカとカナダ、ロシアの北極海、五大湖、バルト海、カスピ海、オホーツク海、渤海湾などが氷海航行の対象とされていますが、1960年代まではアメリカとカナダ、北欧、ロシアなどローカルな課題に応える希少な船舶でした。古くは外輪駆動の砕氷船が1830年代にアメリカのニューヨークとフィラデルフィア間を運行され、1872年にはドイツで砕氷船が建造されました。

1888年に船首プロペラ付きの砕氷船“St. Ignace”がアメリカで初めて建造されました。船首プロペラが船首付近の氷板を砕氷するとともにプロペラの吸い込み効果によって氷板を下へ引き込んで砕氷能力を向上させています。図・1に船首プロペラの付いた1892年建造の砕氷船“Sampo”を示します。この船首プロペラの考えが、今日のポッド付き推進器の「Double Acting」の船型に結びついています。「Double Acting」について後に説明しましょう。

電気推進が取り入れられたのは1930年代で、最初の砕氷船はスウェーデンの“Ymer”です。この砕氷船には6基のデ



図・1 砕氷船“Sampo”

ィーゼル発電機と3基の電動モーターがあり、そのうち2基のモーターが船尾の推進プロペラ駆動用で、残り1基が船首プロペラ用でした。

1950年代では、ソ連政府は北極の資源開発に力を入れ、原子力の導入や新しい低温用鋼材の開発など著しい進歩がありました。1955年ロシアのレーニングラード（現在のサンクトペテルブルグ）に世界最初の氷海水槽が建設され、また、1959年に原子力砕氷船“Lehning”が建造されました。

1969年にExxon社による“Manhattan”号の氷海実船航海が行われました。そして、1970年代の石油危機に触発されて、北極海沿岸部の石油・鉱物資源を開発する意欲が高まり、氷海域向けの船舶や海洋構造物の研究開発がおおよそ10年間にわたり盛り上がりしました。アメリカ・カナダ等の石油メジャー系の資金に支えられ研究開発が進められましたが、我が国でも造船所やゼネコンなどの会社は氷海船舶や海洋構造物の建造の受

注を目指して積極的に研究を進めました。三鷹や津、長崎などに氷海船舶試験水槽が建設され、それらの研究開発に寄与しました。

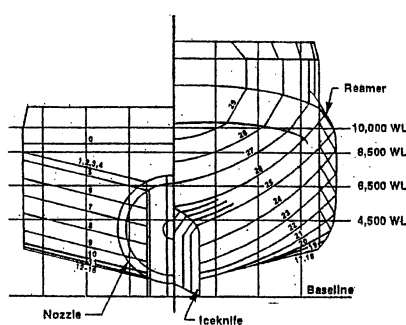
1970年代後半から1980年代に掛けて新しいアイデアが提案されました。一つが「Thyssen-Waas Bow」で、船首の四角い形状により氷板をせん断破碎して航路を確保する方法です。もう一つは、曲げ破壊による砕氷方法のスプーンバウ・リーマ形状で、両船型とも砕氷時の抵抗が小さいと評価されています。また、船首部のリーマによって主船体の幅より広い航路を浮氷のない状態にすることができ、船側での摩擦を減らし、かつ、船尾を横に振っての旋回が容易にできるメリットなどが指摘されています。図・2にこれらの船型をまとめて示します。しかし、これらの船型は氷などのない通常の海面では、在来型の船型に比較して抵抗が大きく、さらに波浪中の向かい波では船首スラミングを生じ易いと指摘されています。

その後、氷海関連の業務は停滞しましたが、1990年代は国際的な北極海航路プロジェクトが実施されました。また、最近では、ボーフォート海やカスピ海、オホーツク海などの天然資源の開発プロジェクトが動き出しています。これらのプロジェクトにさらに新しいアイデアである「Double-Acting」が活用されています。また、10万トンの油槽船“Tempera”が国内で建造され、昨年竣工・引渡されました（図・3）。「Double-Acting」は、船首形状は通常の形状ですが、船尾形状は砕氷に適した形状です。また、推進器はポッド型プロペラを使用し、ポッド全体を回転して、前後どちらにでも進むようにします。通常の航海では船首を前にして進みますが、氷海に入ったら、船体の前後を逆にして、船尾を

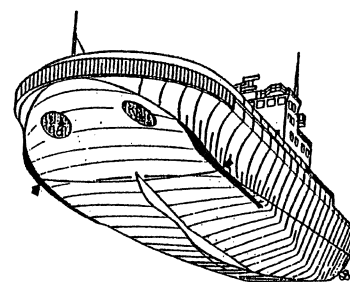
前方として氷海の中を航行します。このとき、ポッド型推進器も前後回転し、あたかも船首型プロペラのような状態で稼働させます。

以上、氷海船舶の歴史について説明しましたが、初めに述べたようなサハリン島周辺の石油・天然ガス開発などの計画が順調に進捗していることから、これに

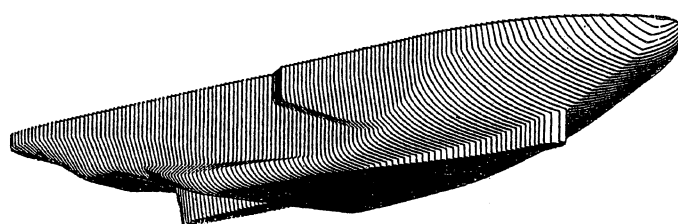
対応するための技術の集積が重要です。最近、砕氷の際の局所的な氷荷重について新しい圧力センサーで詳細に判るようになってきました。また、サハリン島周辺を含め、オホーツク海の流氷についても種々観測がされています。これらを活用して、この方面で稼働する砕氷船について検討することができそうです。



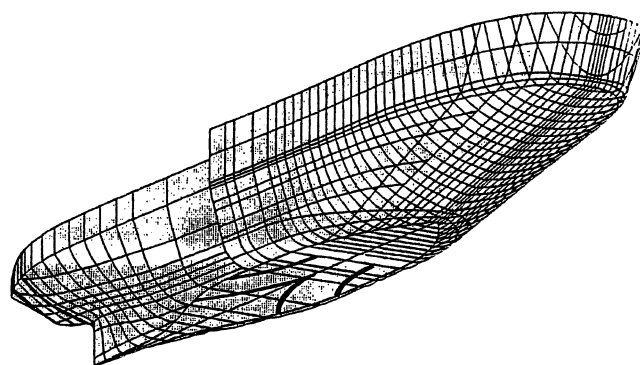
スプーンバウ・リーマ船型



Thyssen-Waas船型

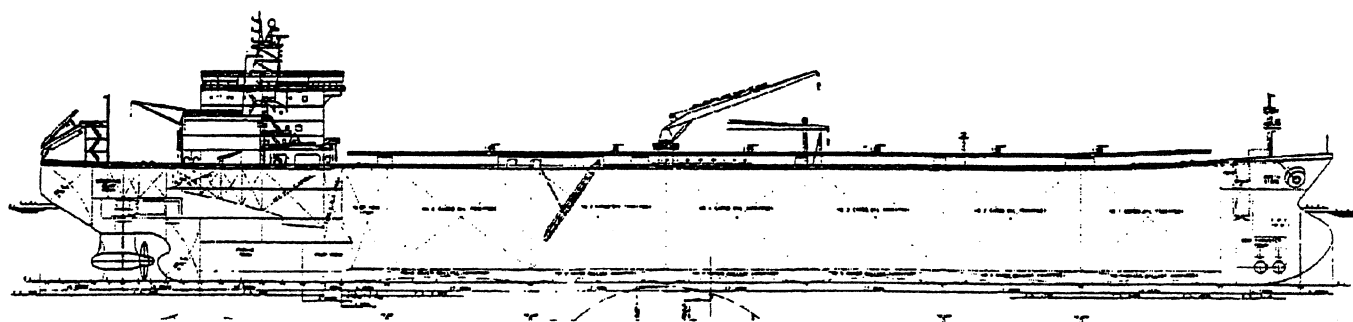


複合型船型

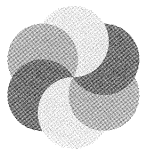


コニカルバウ船型

図・2 種々な砕氷船型



図・3 10万トン砕氷タンカー “Tempera”



試験水槽の四季 —水理学的考察—

自然現象を神の啓示として論理的に説明する自然科学本来の精神からすれば実験的検証が伴わない理論は認められませんが、反面、実験の信頼性も厳しく要求されます。層流から乱流への遷移に関するOer-Sommerferdの方程式が示す乱れの特性は理論計算発表から十数年後に建設された乱れの非常に小さい風洞設備の実験 (Shubauer&Skramstud) により検証はされましたが、理論と実験装置との関係の好例とされています。図-1参照。

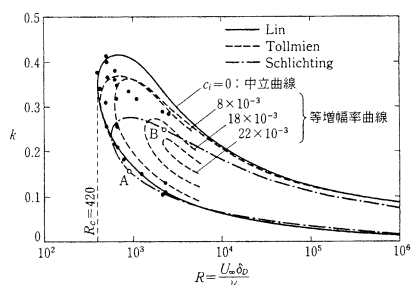


図-1

水槽試験設備にあっては、流体力学理論との関連は勿論ですが、実船寸法速力にして0.05ノット (25mm/sec) 以下という非常に高い精度を繰り返し再現する信頼性が要求されています。そのために、模型船の製作精度、曳引車の速度制御、レーン平滑度や勾配調整、計測装置の機能・精度の向上、模型船が作る波の減衰、制限水路や浅水深影響への配慮、密度や粘性という水槽水管理等の対策が講じられて来ましたが、それだけでは十分とはいえません。

流体力学実験設備において、実験水域の速度分布が均一で、変動が微小なことは必要な条件です。水や空気が流れる回流水槽や風洞に比べて、水が静止している水槽は格段に有利な筈です。しかしながら要求される高い精度を考えると油断は禁物です。図-2参照。

模型船による波は消波装置により大方

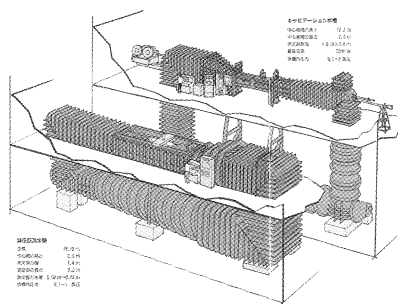


図-2

は減衰しますが、水面の寸法と形状により決まる非常に長周期の低い波 (静振) が残り、また、模型船の過ぎた跡には残流と言われる非常に遅い流れが残り、容易に減衰しません。これらに対しては、安定した計測結果が得られる計測範囲の設定、波や残流が精度に影響しないレベルに減衰するまでの長い待ち時間の採用、微細な残流速を検知する高精度対水速度計開発により対処していますが、対水速度計以外はなんとなく受身の対策の観は否めません。積極的な対処が望まれるところ です。

水槽は屋根や壁により風雨や直射日光から守られていますが、大気に接する水面や水槽の壁や底の構造を通して熱の交換を行っています。ここで、水槽側面や水槽底の壁を通しての熱の授受は温度の季節変化が少ない地中に埋設されているので季節の影響は少ないと言えるでしょう。図-3参照。

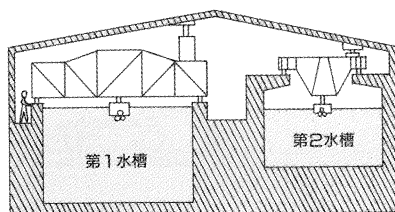
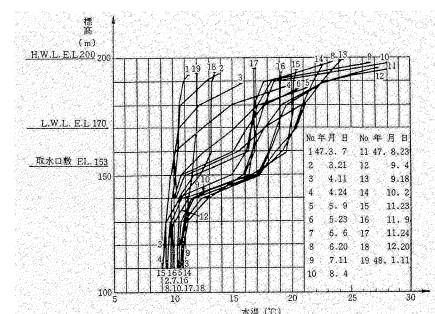


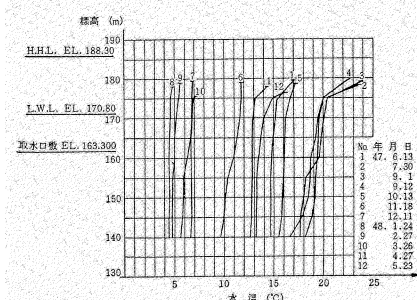
図-3

大気と水槽水との熱的關係は貯水池に見られると同じ性質の現象です。即ち、春になり、屋内の気温が上昇すると水槽

水は表層から温度が上がります。その際に蒸発や漏水による水位減少を補うために注水される水の温度も上昇し密度が下がるために表層に流入して、表層と深層の間に温度躍層が形成されます。夏になり、屋内大気温度は更に上昇しますと、表層に1次躍層が中層に熱の移流により2次躍層が形成されます。なお、水平方向は様な温度分布となりますが、深さ方向には、表層から中層にかけては以上のような勾配の変化する温度分布となりますが、温度が高く密度の低い水が表層にあるため安定した状態を保ちます。秋になり、気温が低下すると表層から次第に冷やされ、表層の温度躍層が消えて、様な水温分布が表層から形成されていきます。冬になり表層から中層の水温が下層の水温と同じ程度にまで冷えると、水槽全体にわたる対流、大循環が生じ、水温分布は深さ方向にほぼ様となり、注水による影響も水槽の全層に及びようになります。水理学上は春から夏にかけ



成層型貯水池の水温分布



混合型貯水池の水温分布

図-4



ての状態を成層型、秋から冬にかけての状態を混合型と分類されています。図-4 参照。

水槽水の状態が一様なことからすれば、深さ方向水温分布が一様な混合型が実験設備として望ましく、多くの水槽試験結果からみると秋から冬にかけては信頼性の高い計測結果が得られています。春から夏にかけての時期は計測値が一定しない、あるいは、秋から冬の時期に得られた値よりも全般的に大きく計測される現象が経験されています。原因は表層の温度躍層上方の水温が高く密度の低い水の層と下層の水温が低く密度が高い層の境界に模型船の走行に伴い界面波の発生や、その砕波や混合のために必要なエネルギーが船体抵抗を増やすものと考えられています。また、模型船の攪乱により躍層の下にある温度の低い水が躍層上方の温度の高い水と混合する際に空気含有量の相違により、溶解していた空気が気泡となって船体に付着し、船体表面粗度を実質的に増加させ、あるいは、境界層内流場に何らかの影響を及ぼして船体抵抗を増加させるとされています。なお、気温が上昇し、模型船温度と表層

水温の温度差が増すと、模型船に接する部分の水温が上昇し、溶解ガスが気泡となって船体表面に付着する様子も観察されています。図-5参照。

水槽内に水温躍層を発生させないためには、夏季の水槽屋内大気温度を過度に高くしないよう、水槽建屋の、特に屋根の防熱構造や施工、更に、適当な規模の冷房装置が有効で、夏季気温が恒常的に高い地域の水槽に冷房設備の装備された例があります。水槽の状態を人為的に成層型から混合型に変えるためには水中ポンプの攪拌により冬季の大循環に似た環境を作り出すことが行われています。また、気泡発生を防ぐには、水槽水自体の空気含有量を減少させることも有効です。多くの水槽設備では水槽水を空気含有量減少装置を通して絶えず循環させ、水槽の状態を混合型に保持するような対策を講じています。勿論、試験速度に影響が現れるような速度での大循環にならないように設備設計や運用に細心の注意が必要です。

模型船と水槽水の温度差を大きくしないために、模型船を常時水槽水に漬けておくことも有効ですが、模型船表面にぬ

るぬるしたスライムが発生することもあり、試験前に模型船をブラシで洗うことがよくありました。以上のような現象は個々の水槽の設備条件や環境による固有の特性であり、具体的には、水槽建設以降の長年にわたる経験を通して把握され、改善されてきたノウハウとも言うべきものです。水槽に限らず新しい実験設備を建設する際には、出来るだけ先行の既存設備を真似るべしといわれる所以です。

水槽は生きているのです。春夏秋冬の水槽に現れる現象を把握すること、即ち、気温、水温分布、残流、気泡含有量等の継続した計測と試験結果との関連評価をとおした診断は地味で見栄えのしない仕事ですが、水槽設備に要求される精度と信頼性の保持には絶対に必要です。信頼性の高い実験は競争力ある優秀船型開発に結びつき、ひいてはわが国造船産業の基盤を支える重要な業務と言えます。

伝統ある目白水槽に別れを告げ、三鷹水槽に新たな発展を期す機会にSRC Newsの記事として作成しました。

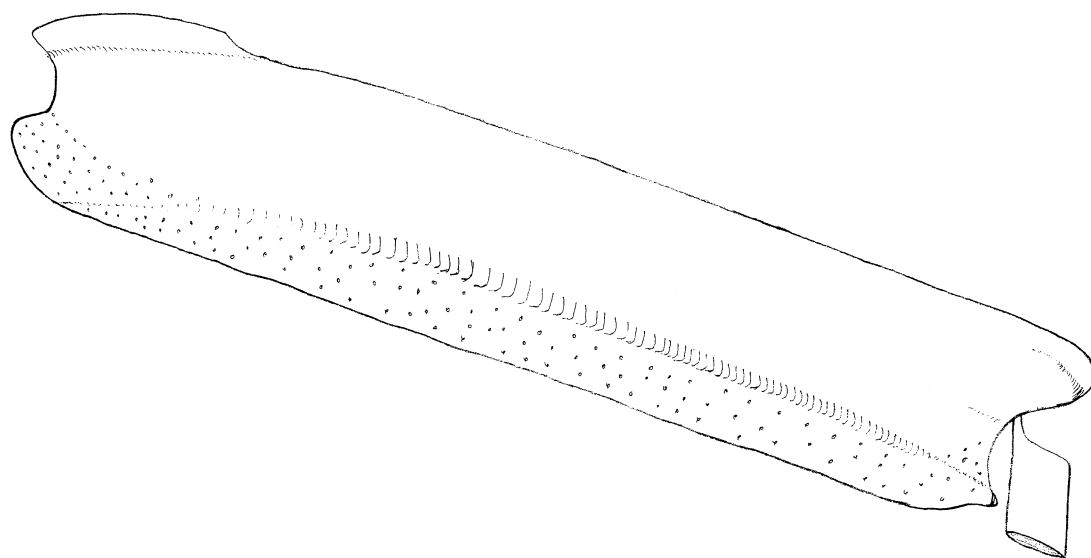


図-5

東京商船大学 19GT型調査研究船

1. はじめに

本船は東京商船大学の19GT型調査研究船として建造した船舶で、学生を移送する交通艇（カッター曳航を含む）と、新たに付加された海洋調査等の研究船としての機能を、併せて有するアルミニウム合金製の客船（限定沿海区域）とした。

なお、本船は平成11年度の補正予算により建造が決定され、平成12年に基本設計を、同年三井造船（株）殿が建造を受注し平成13年3月に竣工した。

当センターは本船の基本設計及び建造管理を担当したので、以下に概要を示す。

2. 初期計画概要

本船はメンテナンス費用の軽減と、研究船としてのシステム搭載時の規制緩和を勘案して19GTのJCI船とした。また、「建造事態が研究対象となる」ように、操舵室を始めとして各機器やシステムは、次世代船舶の一つのモデルを目指し、航海情報統合システムや、自動操船システムなどは安全性を担保したうえで、最新の技術を取り入れた製品を搭載する。

主要任務を達成するため以下の装置を搭載する。

①航海情報統合表示システム

次世代の航海情報統合表示システムとして、レーダー情報、電子海図情報、主機関の運転状況モニタリング、及びその他の航海情報を3つのCRTモニタに、標準画面の他に画面を任意に選択／切換／拡大縮小する機能を有し、さらに光学カメラ他の映像を、これら航海情報に重畳表示するマルチ画面機能を有する。

なお、交通艇として、短時間の航海の場合はシステムを起動しなくても、手動にて航行できるようにする。

②情報ネットワーク（船内LAN）の構築
上記各情報の他、海洋観測結果、大気環境測定結果、その他必要なもの



を収録し、各部屋の端末ディスプレイより入出力ができる機能を有する。

③船陸間／船舶間通信システム

船上の通信サーバを介して、衛星パケット通信を利用した船陸間及び船舶間のデータ交換を可能とする。

④自動操船システムと舵減揺装置

海洋調査の精度向上のために自動船位保持装置（以下DPSと略す）付自動操船システムを搭載する。これは風、波、潮流等により船が流されても一定範囲内で自動復帰（定点保持も可能）する。また、電子海図装置と接続しトラッキングを行なう。さらに、通常航海中の横揺れを減少させるために、舵を制御して保針と同時に横揺れ減揺を行なう舵減揺機能を有する。

⑤衝突予防システム（自動避航）

衝突予防システムと連動し、人工知能データベース処理に基づく自動避航を行なうオートパイロットを搭載する。また、電子海図装置と接続し、トラッキングを行なう。

⑥主機関配置と減速逆転機

騒音軽減の観点から主機関を船尾に配置するVドライブ方式とすると共に、カッター曳航時等の長期間の低速航行やDPS等、様々な船速に対応するため減速逆転機に電子コントローラー付マリギア（スリップクラッチ）を搭載する。

⑦バウスラスト

離岸及びDPSの運用のために小型で高出力のバウスラストと、高速船用に開発されたリンク機構が船内にあるフラップ付特殊舵を搭載する。（なお、この舵は建造にあたって、シールの観点から重量増加が見込まれ搭載を断念し、通常の流線舵に変更された。）

⑧DDVC操舵機

サーボ弁などの制御弁を全く使用せず、電動機と結合した制御機能を有するDDVC（Direct Drive Volume Control）操舵機を搭載する。

⑨機関室

機関室には、基本的にキングストンバルブの開閉及び点検以外には立ち入らない。このため、主配電盤はトランスや充電器等の重量物を機関室

「やよい」について

に残し、その他の部分は集合盤等を含め、極力軽量小型とし操舵室に配置する。

⑩天端高さ制限

相生橋通過天端高さ4.4m

⑪小型軽量化

各システムや搭載機器は本船が19総トンであることを充分に考慮して、小型軽量化に努める。

⑫その他

- 各研究室の開発中の機器
- ・全周映像用
- 2軸制御動揺安定台
- ・高精度船体運動測定装置

3. 完成主要目等

(1) 船体

全長 : 17.80m
登録長 : 15.95m
型幅 : 4.30m
型深さ : 1.50m
満載喫水 : 約0.90m
総トン数 : 19トン
最大定員 : 57名
航行区域 : 限定沿海
航海速力 : 23ノット以上
(常備状態 定員12名)
航続距離 : 260マイル

(2) 主機関等

船用高速ディーゼル機関 2基
Vドライブ配置
定格出力 : 496kW (675PS)
定格回転数 : 2130rpm
推進方式 : プロペラ 2基2軸
スキュー付、3翼一体型

バウスラスト

公称推力 : 3.2kN

トンネル直径 : 300mm程度

回転数制御が可能なもの

発電機

通常運転用 18.2kW 1基

観測機器用 13.6kW 1基

(3) タンク容量

燃料 3000リットル

清水 500リットル

4. 試運転結果 (抜粋)

常備状態

喫水 平均 0.843m

速力試験

出力 (%) 速力 (ノット)

75 20.32

100 24.30

110 25.68

騒音試験 (100%出力、A特性)

操舵室 78dB

研究室 86dB

客室 81dB

機関室甲板上 97dB

減軸運転

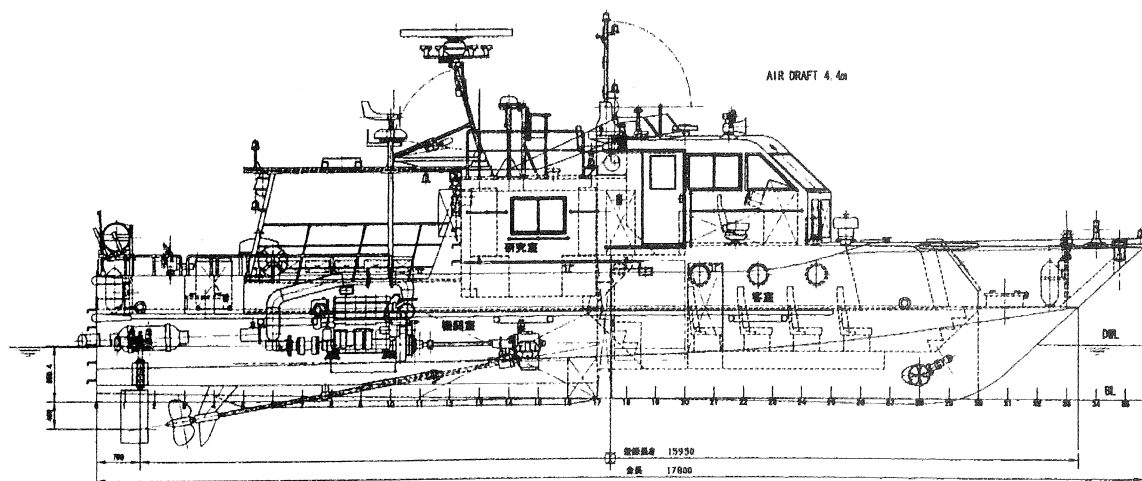
右舷機 アイドル 4.55ノット

5. おわりに

本船の基本設計作業は大学の設計作業委員会の主導のもとに「建造することが研究となるように」との言葉どおり、学内で研究中の機器や今後搭載されるであろう試作機を精力的に取り入れた。

最近の技術の進歩は非常に早く、建造時には時期尚早と搭載を見合わせたAIS等の製品や、機能を一部特化したレーダーやプロッター等の製品が、本船竣工の一年後には市場に投入されている。また、本船には紙面上記述できない研究機器が多数あるが、今後順次改良が加えられ製品化される事が予想され、非常に喜ばしい事と思います。

以上、本船の基本設計及び建造管理を進めるにあたり、常に積極的なご支援とご高配を賜った東京商船大学のご関係者各位に厚くお礼申し上げます。また、建造にあたっては三井造船(株)殿をはじめ関係メーカー各位が、高度な知識と技術を駆使されたことを付記します。





速度ポテンシャルと流れ関数について(その4)

1. 速度、循環の変換

前号に引き続いて、円の周りの流れを翼周りの流れに変換する等角写像の方法について説明します。円の周りの流れ場 z が、翼の周りの流れ場 ζ に、 $z=g(\zeta)$ の関係で写像されたとなると、流れの複素ポテンシャル w は Cauchy-Riemann の微分方程式、Laplace の方程式及び直交関係の式を満足します。

ここで、 $w(\zeta)=\phi(\xi,\eta)+i\psi(\xi,\eta)$ で、実数部 ϕ はポテンシャル、 ψ は流れ関数を表します。Cauchy-Riemann の式は、

$$\frac{\partial \phi}{\partial \xi} = \frac{\partial \psi}{\partial \eta}, \quad \frac{\partial \phi}{\partial \eta} = -\frac{\partial \psi}{\partial \xi}$$

Laplace の式は

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial \eta^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \eta^2} = 0$$

直交関係は以下の式で表せます。

$$\frac{\partial \phi}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial \xi} + \frac{\partial \phi}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial \eta} = 0$$

ζ 面上の任意の点 ζ における速度関数は

$$dw/d\zeta = (dw/dz) \cdot (dz/d\zeta) = (dw/dz) \cdot (1/f'(\zeta))$$

により表せます。ただし、 $\zeta=f(z)$

z 面上の循環 Γ は u_z, v_z を x, y 方向の速度成分として、以下の線積分で表せ、更に、円周は流線ですから複素ポテンシャル、 w の微分の線積分となります。

$$\Gamma = \int_C (u_z dx + v_z dy)$$

$$\frac{dx}{u_z} = \frac{dy}{v_z}$$

$$\Gamma = \int_C (u_z - i v_z)(dx + i dy) = \int_C \frac{dw}{dz} \cdot dz$$

ζ 面上の循環 Γ' も同様に、 w の微分を線積分した式となりますが、ここで上記の速度変換式を導入すると、 z 面上の循環は ζ 面上の循環と等しくなります。

$$\Gamma' = \int_P (u d\xi + v d\eta) = \int_P \left(\frac{dw}{dz} \right) dz$$

$$\Gamma' = \int_P \left(\frac{dw}{dz} \right) dz = \int_P \frac{dw}{dz} \cdot \frac{dz}{d\xi} \cdot d\xi = \int_C \frac{dw}{dz} dz$$

2. 流体力の式

翼型が受ける流体力を、図-1 について考えると、 ξ 方向、 η 方向の成分は圧力 p と傾斜角 χ により、

$$P_\xi = - \int_P p \cos \chi ds, \quad P_\eta = - \int_P p \sin \chi ds$$

$$ds \cos \chi = d\eta, \quad ds \sin \chi = -d\xi$$

$$P_\xi - i P_\eta = - \int_P p (d\eta + i d\xi)$$

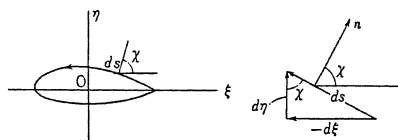


図-1

圧力と速度に関するベルヌイの法則より、

$$P_\xi - i P_\eta = \frac{1}{2} \rho \int_P (u^2 + v^2) (d\eta + i d\xi)$$

$$u d\eta - v d\xi = 0 \text{ なる}$$

流線の式を満たす関係から流体力と複素ポテンシャルの関係式が次の様に求められます。これが Blasius の第一公式です。

$$P_\xi - i P_\eta = \frac{1}{2} \rho \int_P (u^2 + v^2) (d\eta + i d\xi)$$

$$+ \frac{1}{2} \rho \int_P (u d\eta - v d\xi) (-u + i v)$$

$$P_\xi - i P_\eta = \frac{1}{2} \rho \int_P (u - i v)^2 (d\xi + i d\eta)$$

$$= \frac{1}{2} \rho \int_P \left(\frac{dw}{dz} \right)^2 dz$$

速度の変換式より、 z 面上の速度ポテンシャルと写像関数との関係式に書き直します。

$$P_\xi - i P_\eta = \frac{1}{2} \rho \int_P \left(\frac{dw}{dz} \right)^2 dz = \frac{1}{2} \rho \int_P \left(\frac{dw}{d\xi} \right) \left(\frac{dz}{d\xi} \right)^2 d\xi$$

$$P_\xi - i P_\eta = \frac{1}{2} \rho \int_C \left(\frac{dw}{dz} \right)^2 \frac{dz}{d\xi} \cdot d\xi$$

ここで、写像関数を以下のように表して、Blasius の公式に代入し、演算します。ここで z 面上の一様流速を V 、流向角 α とし、複雑な式のうちから、留数の定理により一周の線積分後も残る項を整理します。

$$\frac{dz}{d\xi} = a_{-1} - \frac{a_1}{\xi^2} - \frac{2a_2}{\xi^3} - \dots$$

$$\frac{dw}{dz} = V_\infty e^{-i\alpha} - \frac{V_\infty e^{-i\alpha}}{z^2} R^2 + \frac{i}{2\pi} \Gamma \cdot \frac{1}{z}$$

$$\int_C \left(\frac{dw}{dz} \right)^2 \frac{dz}{d\xi} dz = \int_C \left\{ V_\infty^2 e^{-i2\alpha} + \frac{i \Gamma V_\infty e^{-i\alpha}}{\pi z} + \left(-\frac{\Gamma^2}{4\pi^2} - 2V_\infty^2 R^2 + V_\infty^2 e^{-i2\alpha} \frac{a_1}{a_{-1}} \dots \right) \frac{dz}{a_{-1}} \right\}$$

式は簡単になり、Kutta-Joukowski の式が得られます。

$$\int_C \left(\frac{dw}{dz} \right)^2 \frac{dz}{d\xi} dz = 2\pi i \frac{i \Gamma V_\infty e^{-i\alpha}}{\pi a_{-1}}$$

$$= 2\pi i \frac{i \Gamma V_\infty e^{-i\alpha}}{\pi}$$

$$a_{-1} = R e^{i\alpha} \quad V = V_\infty / R,$$

$$\alpha = \alpha_\infty + \alpha_c$$

$$P_\xi - i P_\eta = \frac{1}{2} \rho \cdot 2\pi i \cdot \frac{i \Gamma V_\infty e^{-i\alpha}}{\pi}$$

$$= \rho V \Gamma (-\sin \alpha - i \cos \alpha)$$

$$P_\xi = -\rho V \Gamma \sin \alpha$$

$$P_\eta = \rho V \Gamma \cos \alpha$$

(以下次号)

雑 感 電磁気と流体運動

日常、電気製品のお世話になりながら、それらを動かす電磁気現象について関心を持つ人は少ないのではないのでしょうか。筆者も、電磁気学の講義に十分な理解のないまま、とにかく及第点を取れたものの、電気産業分野の目覚ましい成果を頂くだけで馬齢を重ねた感じがします。最近、近所の本屋で電磁気学の教科書を立ち読みし、流体力学と似た構成に興味を持ちました。例えば、

- (1) 距離(r)と力(F)の関係は $F \propto 1/r^2$ 、
- (2) 電場、磁場、速度場のポテンシャル(Φ)はPoissonの式、あるいはLaplaceの式を満足する事
- (3) 渦(Γ)の誘起する速度場(V)の関係
電流(I)の誘起する磁場(H)との関係を表すBiot-Savartの法則
- (4) 水波の式と電磁波の式
- (5) Maxwellの変位電流仮定、及びPrandtlの境界層仮定とその後の展開

等があげられます。(1)は電荷、磁荷、質量や流体力学的特異点の間に働く力が例外なく相互の距離の自乗に反比例するという実験的事実であり、何故この様な関係となるかを問うことの出来ない、い

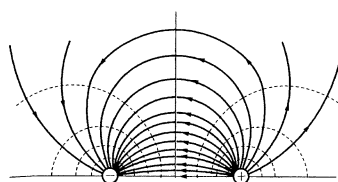


図-1

わば、神様の領域です。

(2)は(1)の関係から導かれる性質であり、出発点が同じですから同じ形の式、 $\nabla^2 V = 0$ 、または $-\rho/\epsilon$ が出てくるのは当然といえば当然でしょう。

電流(I)の周りに誘起される磁場(H)との関係はAmpereの実験を基に彼の名前を冠した式により記述され、Biot-Savartの法則として一般式となりましたが、同じ数式展開のプロセスを流体の速度場に応用することにより、渦管あるいは渦糸の周りに誘起される速度場の式が得られます。なお、流体の場合は非粘性流場中に渦が存続すべき条件を考慮する必要がありますが、非常によく似た形のためか、同じくBiot-Savartの式と称されています。

電磁気学はMaxwellの基本方程式として統合されましたが、その際に重要なBreak throughがありました。それまで電流が真空空間を伝播する理由が説明

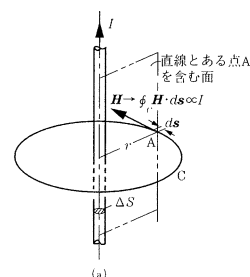


図-2

出来ず宇宙空間はエーテルという媒体に満たされているという迷理論が唱えられていましたが、変位電流の概念を導入しで迷いを吹き払い、宇宙空間を飛び交う電磁波の方程式を提示しました。マルコーニの電波通信、日本海海戦での信濃丸の発した敵艦隊発見の連絡から、身近のテレビ放送や携帯電話等々あらゆるところに電波が溢れています。

なお、電磁波は電界と磁界の波がアンペールの式を満たすように直交し、電波インピーダンスという振幅比を持って、空間を光速で伝播します。また、電線をとおしての電気エネルギー輸送、送電においても、送電線中の電流が作る電線まわりの電界と磁界とが主要な役割を果たしていることも、興味ある性質です。

(以下次号)

理事会等

- 第132回理事会
期日 平成15年6月20日
場所 日本海運倶楽部
- 第10回評議委員会
期日 平成15年6月11日
場所 日本海運倶楽部

委員会

- 第82回HRC委員会
期日 平成15年6月19日
場所 日本造船技術センター
- 平成15年度第1回石油貯蔵船の長期保全支援システムに関する調査研究委員会
期日 平成15年6月18日
場所 日本造船技術センター

編集後記

造船技術センターの水槽試験部門は、三鷹の第二船舶試験水槽をベースに試験センターとして新たな発展を期すことになりました。機能向上のなった設備、海上技術安全研究所の高い研究レベルに加えて、ベテランや若手技術者を迎えて陣容も強化しました。また、メガフロート技術展開の核として発足した浮体技術部をはじめ、他部門にあっても若手を中心に活動を強化しています。

内外ともに、変転極まりない情勢ですが、将来を見据えて着実に技術ポテンシャルの継承と強化を図り、顧客の皆様の要請に応える所存です。なお、新たな設備への転換を機会に、試験設備の機能、精度と信頼性保持のために実施してきた事項とその背景を整理してみました。成果という花を咲かせるためになされる見えない根っこの営営とした努力にご理解をいただければ幸いです。(K. T)

三鷹市について

試験センターが事務所を構えた三鷹市についてご紹介しましょう。三鷹市は東京の丸の内から西約18Kmに位置し、東京駅からJR中央線快速電車を利用して約30分で三鷹駅に着きます。三鷹市の面積は16.50Km²で人口が約165,000人で、昭和25年（1950）に単独で市制を施行しました。その前はというと、明治22年（1889）に上連雀、下連雀、井口新田、深大寺新田、大沢、野崎、新川、中仙川、北野、牟礼の10カ村が合併して神奈川県北多摩郡三鷹村となり、明治26年（1893）に玉川上水の水質管理の問題から三多摩とともに東京府に編入され、昭和15年（1940）に町制を施行しました。

「三鷹」の名前の由来については、江戸時代の尾張徳川家の御鷹場であったこ

とから「鷹」は容易に納得できますが、「三」について以下の説があります。

①御鷹場が3カ所あった。

②御鷹場の境を示す石の碑が三つある。

③御鷹場の御が「み」と発音した。

三鷹村が誕生したときの下連雀村村誌の文書に④野方領・世田谷領・府中領の3領にまたがるかつての鷹場の村々が集まっと書き残されており、これを妥当としております。船舶技術研究所の職員だった吉野泰平氏のお宅に②の碑の一つがあることから、②を押したくなる気持ちは、筆者が船研職員だったせいでしょうか。

また、幕末の新撰組で有名な近藤勇のお墓は西方の龍源寺にあり、また、昭和23年に玉川上水で身を投げた太宰治の

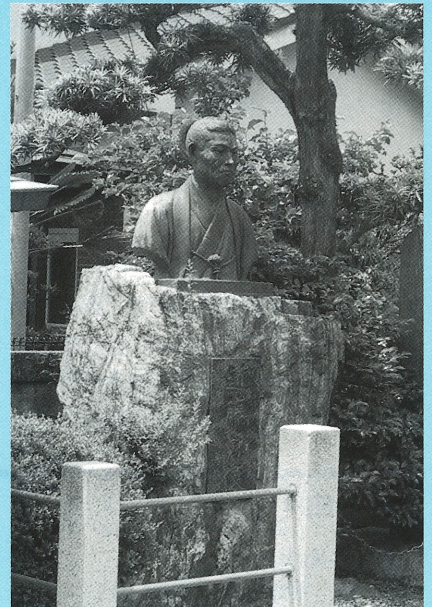
お墓は三鷹駅と市役所の丁度中間あたりの禅林寺にあります。桜桃忌の6月19日には全国から太宰治のファンが三鷹に集まります。

若い人向けとしては、井の頭公園のそばに、三鷹の森ジブリ美術館があります。宮崎駿氏のアニメーションの世界で、トトロやマックロ・クロスケなどが多くの訪問者を待っています。ネコバスではなく、コミュニティバスが三鷹駅南口から運行されていて便利です。

まだまだ、ご案内するところがありますが、今回はこれぐらいにします。三鷹の試験センターへ来所された際に、どこかお寄りになりませんか。



三鷹の森ジブリ美術館



近藤勇胸像（龍源寺）

申込みの受付

試験等の申込み、問合せは右表の電話番号までお願いします。

〒171-0031 東京都豊島区目白1-3-8

TEL 03-3971-0266 FAX 03-3971-0269

財団法人 **日本造船技術センター(SRC)**

① ダイヤルイン番号

- 役員及び総務部
- 試験センター技術顧問
- 試験センター次長
- 試験センター 技術課
- 海洋技術部
- 海洋技術部主幹（営業）
- 海洋技術部長代理
- 海洋技術部（プロマネ）
- 浮体（メガフロート）技術部

03-3971-0266
03-3971-1074
03-3971-0259
03-3971-0296
03-3971-0267
03-3971-0285
03-3971-0298
03-3971-0297
03-3971-1087

② ファックス番号 (ISDN)

03-3971-0269

③ 留守電話番号

03-3971-0266