

7 2 船研における船型試験及び施設の現状について

推進性能部 * 竹子春弥、久米健一、藤沢純一
柳原 健、右近良孝

1. まえがき

科学技術の発展向上と熟練技術の伝承が成熟社会の中で議論になっている。今後のより豊かな循環型社会の構築には、益々高度かつ多様な技術開発が必要となると同時に、それを支える基礎熟練技術の維持向上が重要となってきている。そんな中で、今後の船舶流体力学的実験計測の中で、曳航水槽が現在と将来、どんな役割を担い、そのためにはどんな技術が必要であるかを見直す時期に来ていると思われる。本報告では、海上技術安全研究所への節目に当たり、旧船舶技術研究所における最近の水槽試験及び施設の現状を報告し、今後の改善方向を探ることとしたい。

2. 検証試験

高度かつ複雑な技術開発（実験）には、時間と費用が膨大に掛かる。そのため、数値計算シミュレーションを始め計算機技術等を巧みに利用しながら、物理現象とモデルとの検証を踏まえた、現実社会との整合性と調和のとれた技術開発が重要となる。その第一歩として、CFD（計算流体力学）に関する国際船舶流体力学ワークショップ（Gothenburg2000）への検証データの提供¹⁾のために行った経過をもとに、船研の船型試験の現状（精度管理等）について報告する。

2.1 模型製作技術

従来、船型は三面図としての線図により表されていたが、最近ではCAD技術等の発展によりNC加工やCFD計算に向けたより高度な形状表現が必要になって来ている。そのため、ワークショップではCFDとのデータの互換性等からIGES（Initial Graphic Exchange Specification）による船型表現が基準とされた。しかし、当所における線図倣いによる模型船切削は論外としても、造船製作現場では各社の独自開発の設計-線図-製作シス

テムが確立しており、汎用CAD等との互換性は少ないのが現状である。

また、最近では模型船材料となる良質の木材が価格、量的にも手に入りにくい状況に加え、模型製作ノウハウの蓄積や熟練者もほとんど居なくなっている。一方、研究用の模型船に対しては多種多量な計測が要求されることから模型の長期使用の必要性があり、模型船寸法精度の維持管理が非常に困難な状況にある。

今回、船体表面圧力等に関する検証データを提供するために、倣い切削によるパラウッド（PW：パラフィンと内部補強として木材使用の）模型とNC切削による木製模型のコンテナ船2隻（ $L_{pp} \times B \times d = 7.2786\text{m} \times 1.0190\text{m} \times 0.3418\text{m}$ ）を製作した。PW模型は製作当初は一般に計測精度の悪い船尾の極一部を除いて幅方向 $\pm 0.5\text{mm}$ の精度レベルで製作されたが、夏期製作のPWで切削機の調整、補強ノウハウの不足等からスターンバルブ及びトランサム部分で長手方向に3mm程度づつ縮んだ形となった。一方、NC模型は、木材表面としてはNC精度の精密さで切削されたが、布貼り、塗装等を経た段階では作業者の工作精度レベルに低下する。短期使用の船型試験には精度も維持し易いが、圧力計測を考えると、圧力孔からの浸水、ヒビ歪みに対して長期計測のため

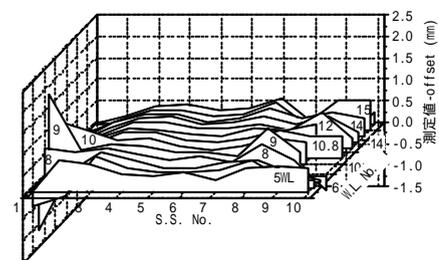


図 - 1 模型船寸法精度

（NC木製模型 M.S.No.0640 左舷）

の形状維持が困難な状況にある。寸法検査の一部を図 - 1 に示す。定盤（長さ 10m、幅 3m、設置精度 0.02mm）上で、レイアウトマシン（ストローク 1600mm × 1120mm）にタッチセンサー（最小読取値 0.05mm）を取付け各横截位置での幅寸法値を計測しパソコンに値を読み込んだものである。

今回の 5mm 程度の歪みの違いでは、排水量計算で排水量、浸水表面積とも 0.07 ~ 0.15% 程度の差であり排水量計算コードによる計算バラツキと同程度である。また抵抗試験結果にも、寸法による差と思われる違いは見られなかった（図 - 2：形状影響係数 $1+K=1.10$ ）。

2.2 不確かさ解析

模型寸法に差があるにも拘わらず抵抗計測の差が小さいのも積分的平均量としての感度解析から想定できるが、伴流や圧力計測の様な微分的局所量にどの様に影響するかは不確かさ解析が有効と思われる。最近の計測や計算に対して不確かさ解析の要求が増す中、当所でもその適用例を蓄積しつつある^{1) 2) 3)}。

圧力計測の不確かさ解析の中で、圧力孔の工作方法を含めた加工精度が問題と考えられた。そこで、キャピテーション水槽に於いて圧力孔の表面からの突出量の影響について基礎計測を行った。平板と翼型（NACA0008）の翼弦中央に 1mm の圧力孔の空いた外形 6mm の円形タップの突出量を ± 0.6、± 0.3mm と変えた時のタップ表面圧力を計測した。また翼型の前縁を流れ方向に向けた場合と後縁を向けた場合による圧力勾配による影響も調査した。結果を図 - 3. 1 & 3. 2 に示す。図の縦軸は突出量 0.0mm の圧力孔で計測された圧力との差圧である。圧力孔は突き出るよりくぼんでいる方が、圧力勾配は -0.6mm の場合を除いて負の方が、影響が大きい傾向が出ている。船首尾の圧力計測の重要部分ほど圧力孔の加工精度も高く均一化する必要がある。この結果を踏まえ、PW模型で用いた圧力孔と表面との法線角度を重視したタップ式圧力孔方式に変えて、NC木製模型では従来の外径 2mm 内径 1mm の銅パイプを直接船体に差し込む方式で圧力孔を設けた。

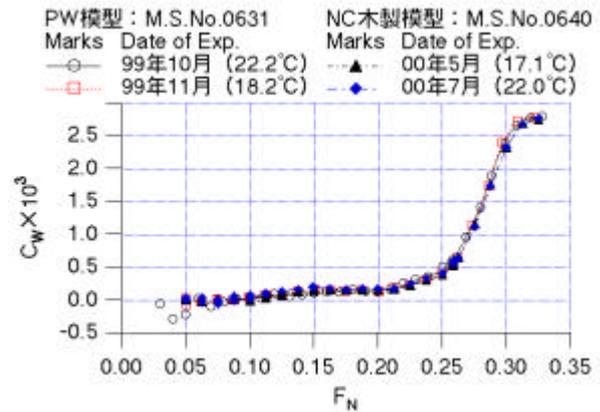
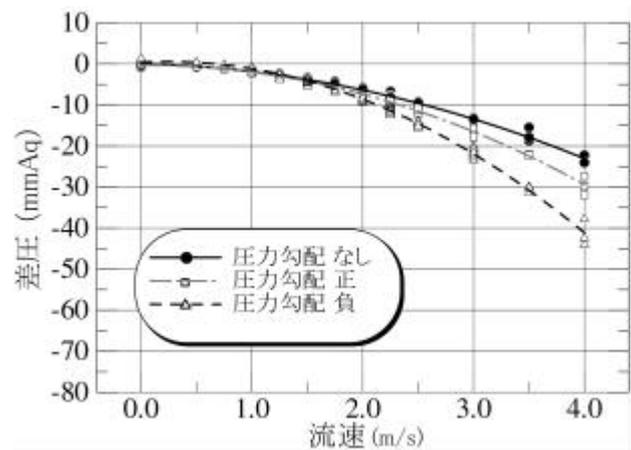
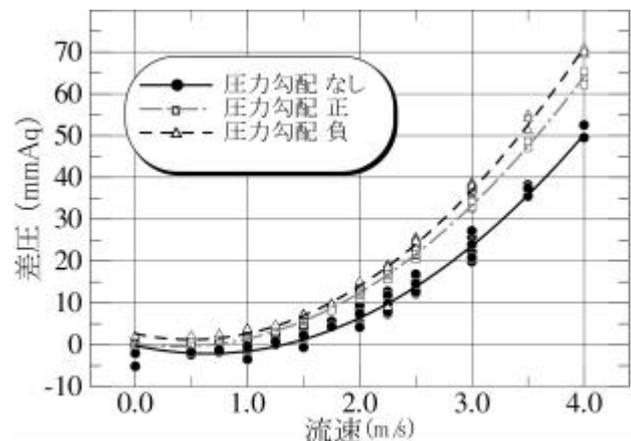


図 - 2 抵抗試験結果



(a) 突出量 + 0.3 mm

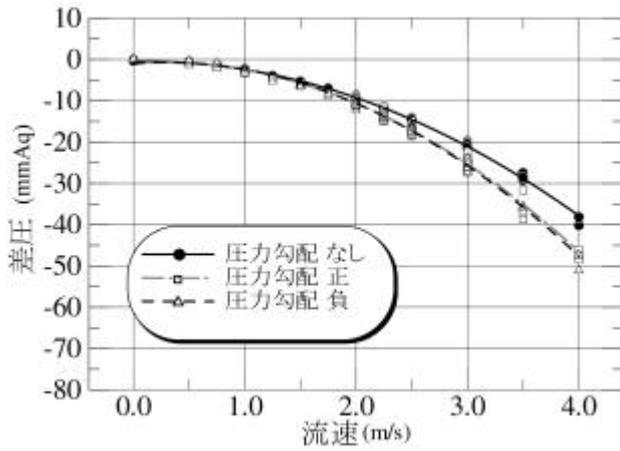


(b) 突出量 - 0.3 mm

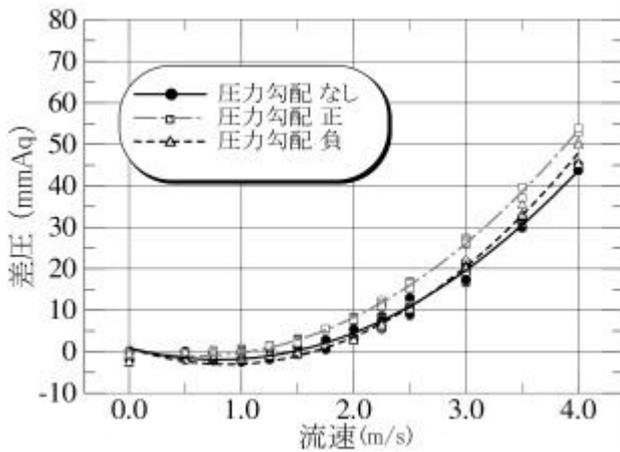
図3. 1 圧力孔タップ突出量の影響

3. 施設に関する基礎データ

上記の様な高精度な、また今後の高速かつ多様な試験計測に曳航水槽を利用するためには、曳航水槽としての特性基準データを常に把握して置き



(c) 突出量 + 0.6 mm



(d) 突出量 - 0.6 mm

図3.2 圧力孔タップ突出量の影響

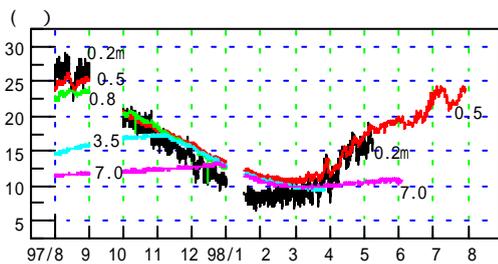


図 - 4 年間水温変化

安全判断と比較基準データを供給維持することも重要となる。また、その前提となる施設及び計測機器の更新、改善向上も必要となる。現在、400 m水槽の機能強化整備を踏まえ、基礎データの収集を行っている。

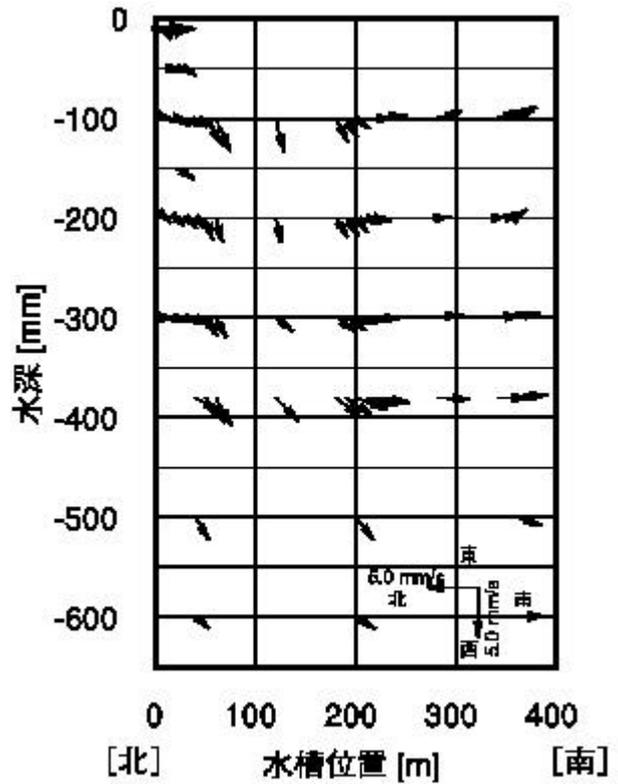


図 - 5 水槽夏期静止状態の残留流れ

3.1 水槽水の状態

水槽試験では、模型船まわりの流れや抵抗等を精度良く計測するため、水槽水の保守管理も必要である。昨年9月の水質検査の結果は、濁度0.2度、一般細菌70n/ml程度と1984年2月の濁度0.1以下、細菌4n/ml程度に比べ悪化している。補給水、水槽沈殿物の保守管理や濾過装置等の検討が必要となっている。

水槽状態モニター⁴⁾による水温等の常時モニターを試行してきたが、最近計測機器の不調等により一部途絶えており再整備を予定している。水温分布を図-4に示す。水温が均一となる冬期が精度の要求される基準計測に適している。一方、空調、濾過循環装置により水質水温の保守管理の効率を上げること考えられる。しかし、大型水槽の場合、循環による小渦等の減衰し難い残留流れの発生現象が不明であり、基準計測水槽としての長所を損なうこと等から濾過循環装置の設置には入念な検討が必要となる。

残留流れは、通常の試験航走でも累積増大し低

速抵抗計測等に影響することから、水槽固有の残流の生成と減衰特性について把握するとともに補正法等について改善する必要がある。超音波微流速計（測定範囲 $\pm 100\text{mm/s}$ or $\pm 200\text{mm/s}$ 、精度 $\pm 1\%FS$ ）により、夏期計測前約2週間の水槽休止後、水槽内残留流れを試計測した一例を図-5に示す。なるべく水槽水を乱さないように、センサーは水中では上下のみの移動とし、曳引車移動速度は 0.4m/s 以下に制限した。この例では、水槽長手方向より幅方向の残留流れの大きさに特徴があった。地上から 2.5m 浮き出ている当水槽の特性も検討する必要がある。

3.2 走行レールの状態

精度の良い計測にはレールの保守管理や速度制御装置等曳引車の保守管理が重要となる。水位計によるレール高低の計測結果を図-6に示す。保守管理が十分でなく、中央 150m 程度しか敷設精度 $\pm 0.2\text{mm}$ 内になく長水槽の長所を生かすには定期的な調整保守が必要となる。

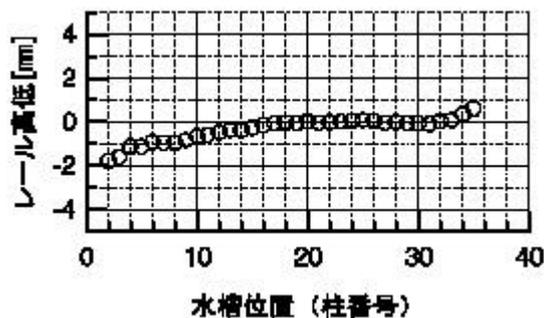


図-6 レール高低

3.3 曳引車の上下振動加速度

曳引車は、水槽が擁壁構造様式であり曳引車重量が制限され、水槽幅が大きいなどの理由からトラス構造となっている。そのため、固有振動数が低く、局部振動や振動の減衰等に問題がある。

曳引車上の上下振動レベルを調査した結果を図-7に示す。平成四年度のレール更新工事直後のレベルと同程度であり、固有振動数付近の 6Hz の計測データの処理には注意が必要となる。

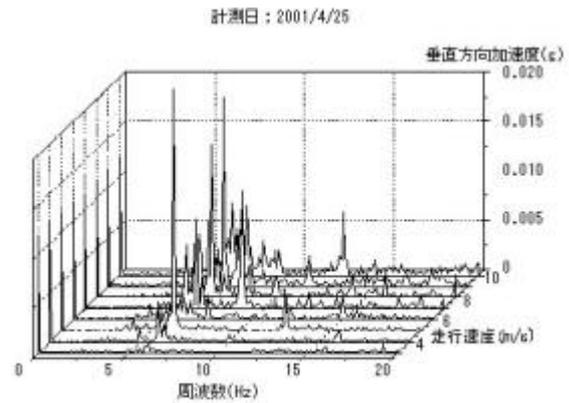


図-7 曳引車の上下振動加速度

4. まとめ

今後の海技研における多様かつ広範囲な曳航水槽の利用の展開を考え、その基盤となる水槽試験の精度管理と標準化に向けた動きの一部を紹介した。平成13年度から2年計画での 400m 水槽の機能強化整備（曳引車構造補強、速度制御装置及び電気設備、造波機の更新等）により、実行速度の高速化と、より高度な速度制御装置及び造波装置への更新を行う予定である。これをベースに今後の多様かつ高度なプロジェクト研究や特定研究、さらに検証データや研究成果によるISO、ITTCを通じての国際協力に寄与すべく水槽試験法等を整備していく計画である。

参考文献

- 1) Kume, K., Ukon, Y., Takeshi, H.; "Measurements of Surface Pressure and Local Velocity Field around a KCS Model and Uncertainty Analysis", A Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics, Gothenburg, Sep., 2000
- 2) 藤沢純一、右近良孝、久米健一：ピトー管によるプロペラ後流流場計測、第74回船研発表会講演集、2000年6月
- 3) 久米健一、平田信行、長谷川純、塚田吉昭、日夏宗彦：船型試験における不確かさ解析法、船研報告第37巻第5号、2000年6月
- 4) 堀利文、塚田吉昭、猿田俊彦、竹子春弥：水槽モニターシステムと計測記録、第68回船研発表会講演集、1996年12月