

船舶復原性に関する最新研究の調査 —船舶復原性分野への CFD 適用および 艦艇の安全性評価手法について—

橋本 博公
大阪大学大学院工学研究科

1. はじめに

日本船舶海洋工学会の「若手研究者・技術者活性化事業に係わる海外派遣制度」により、2006年9月22日から10月4日までの期間、船舶復原性に関する最新の研究動向について調査を実施したのでここに報告する。

2. IIHR

米国アイオワ大学の水力学研究所である IIHR は、船体周りの流れだけでなく、CFD を用いた船体運動予測にも実績のある研究所であり、今回訪問した Hydraulic Dynamics Lab の Fredrick Stern 教授 (写真 1) は CFD 研究の先駆者のひとりである。初めに建物の地下にある曳航水槽とアイオワ川を挟んで対岸にある風洞を見学させてもらった。プランジャー型造波機を有する曳航水槽は、長さ 100m に対して横幅が 3m と低速船の実験には不向きなように感じたが、艦艇の実験が大半であるそうなので、特に問題ないのかもしれない (写真 2)。

IIHR で開発が進められている CFDSHIP-IOWA コードについて説明を受けた後、パラメトリック横揺れやブローチングといった具体的な復原性問題への CFD 導入について議論を行った。まず筆者は非線形現象に特有の初期値依存性や長期再現率を取り扱うには、1 回の時間領域シミュレーションに膨大な時間を要する CFD は不向きであることを述べた。そして現状で考えられる最良の方法は数学モデルを基礎とした従来の数値シミュレーション手法に CFD を用いた数値試験結果を援用することであると述べた。つまり、線形理論で得ることのできない非線形・高次影響のみ CFD で求めるということである。パラメトリック横揺れの予測には横揺れ減衰力と波浪中の復原力変動の推定が不可欠であるが、前進速度が有る場合でも横揺れ減衰力を推定することは比較的容易であり、上下揺れ・縦揺れを自由とした復原力変動予測のための半拘束模型試験そのものを CFD 計算で代替することは可能であろうとのことであった。但し、横傾斜があると full domain で取り扱う必要があること、また大波高中や大傾斜を伴う場合には甲板への海水打込みや滞留水を取り扱う必要があるため、デッキ上までグリッド

を貼る必要があり、当然ながらこうした計算には膨大なグリッド数と計算時間が必要とのことであった。またブローチング現象については、高速曳航模型試験を模した CFD 計算はこれまでの経験から自信を持っているが、大波高中での計算となると実際に計算してみないと分からないとのことであった。

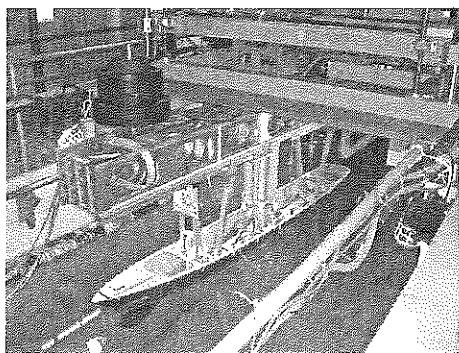


写真2 PMM&PIV装置

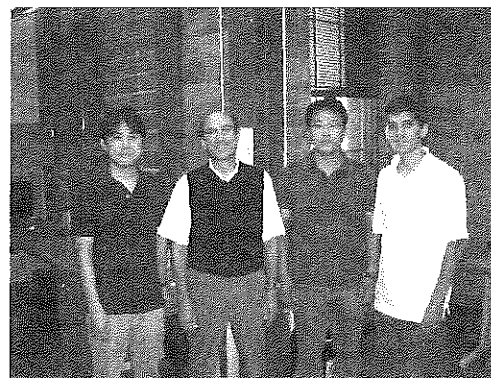


写真1 Fredrick Stern 教授
(左から2番目)

3. STAB2006

IIHR 訪問後、ブラジルのリオデジャネイロにて開催された STAB2006 (9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles) に参加した。今回の会議では、前回まで最重要トピックであった損傷時復原性が多少影を潜め、パラメトリック横揺れや確率的アプローチに関する発表が盛んであった。また開催国がブラジルということもあって Offshore Floating Unit や FPSO に関する講演も数多く聞かれた。パラメトリック横揺れのセッションは丸一日を費やして開催され、規則波中だけでなく不規則波中での模型実験結果やシミュレーション結果が数多く発表され、実際に海上でパラメトリック横揺れを経験した自動車運搬船のタイムレコーダ記録も紹介された。会議ではアテネ工科大学の Dimitris Spanos 博士とパラメトリック横揺れについて、実験・計算ともに water on deck の問題をどのように取り扱えばよいか議論を交わした。(写真3)

基調講演では Randolph Paulling 先生の講演を拝聴することができた。Paulling 先生はサンフランシスコ湾で初めて転覆模型実験を行ったことで有名な研究者であり、早くから 6 自由度船体運動モデルの構築に取り組みられた方である。Paulling 先生はオフィシャルディナーの場でも挨拶をされたが、その中で共に STAB を立ち上げられた大阪大学の名誉教授である浜本剛美先生との親交とその業績について述べられた。(写真4) 浜本先生は筆者が在籍している研究室の前教授であり、前々教授である野本謙作先生ともども偉大な先生方が築いてこられた研究室で助手を務めさせてもらっていることを誇らしく感じると同時に大変身が引き締まる思いであった。



写真3 筆者の講演

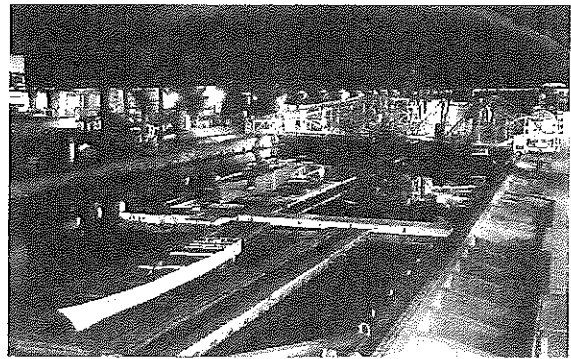


写真5 DTMB

4. David Taylor Model Basin

続いて米国ワシントン DC に移り、NAVSEA の Arthor Reed 博士に Naval Surface Warfare Center・Carderock Division Headquarters にある実験施設を案内していただいた。David Taylor Model Basin (DTMB) と呼ばれることも多いのだが、これは研究施設の総称ではなくあくまで長水槽の名前であるとのことであった。見学に際して全てのコンピュータとカメラが封印済み禁止であったため、写真5はパンフレットからの抜粋である。初めに角水槽に案内してもらったが、巨大な建物には2つの水槽があって、1つは直径80m、深さ6mのCMT専用の円形水槽で、水槽中心の回転軸を中心に電車が円形のレールを走るという構造になっていた。その隣には長さ110m、幅70m、深さ10mほどの更に巨大な角水槽があり、実際に角水槽で自由航走模型実験を行う予定の最新駆逐艦の模型船と搭載機器を見せてもらうことができた。筆者もこれまで数多く自由航走模型実験に参加してきたが、2軸2舵というシステムは初めてである。なお、この角水槽は surface ship だけでなく、昼夜交代で submarine の実験も行われているとのことであり、水深が深いのはこのためだと思われる。

次に長さが900mもある David Taylor Model Basin を見学させてもらった。驚いたのはこの建物には2本の長水槽が平行に走っており、曳航台車も通常速度の曳航台車、50knot 曳航台車、そして専用の抵抗低減レールを引いた100knot 曳航台車を備えていたことだ。この水槽の建造年は1940年とかなり古いため、レールの精度やメンテナン

ス費用などが気にはなつたが、同じ建物内にある回流水槽は1941年、上述した円形水槽は1944年に建造されており、神風特攻を唱えていた当時の日本の状況を考えると、戦争に敗れたのも納得という感じがした。

実験施設見学後に米国海軍艦艇の安全性評価手法について説明があったが、自由航走模型実験に加えてMARINが提供している6自由度船体運動シミュレーションコード(FREDYN)を用いて評価をしているそうである。しかしながら次世代駆逐艦で採用される而波性とステルス性を両立させたtumblehome船型では、FREDYNを用いても自由航走模型実験結果を満足に再現できないという問題があるとのことであった。

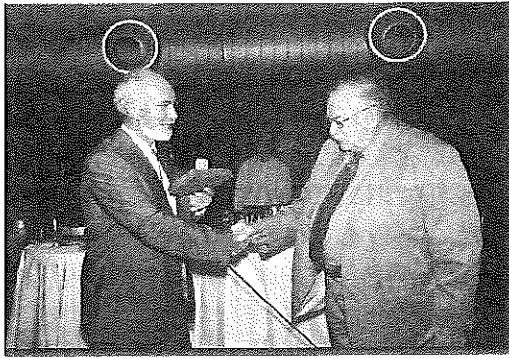


写真4 左：Vassalos 教授
右：Paulling 先生

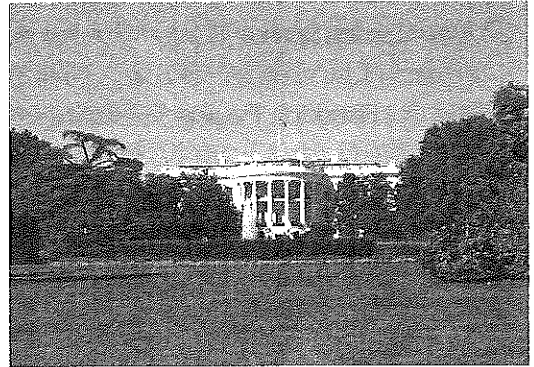


写真6 ホワイトハウス

5. おわりに

今回、船舶復原性に関する最新研究の調査を行ったわけであるが、特にCFDを援用した復原性問題へのアプローチは今後大きな研究テーマになることが予想され、筆者もこの分野で大いに貢献していきたいと考えている。また、今後は商船だけでなく艦艇を対象とした復原性研究が重要になると思われるので、近い将来にその主導的な役割を担えるように今後の研究生活に一層打ち込んでいきたいと思う。

最後に、このような貴重な機会を与えていただいた日本財団ならびに日本船舶海洋工学会の関係各位、およびIHR滞在中にお世話になった坂本信晶氏に心からの謝意を表し、海外派遣報告の締めくくりとしたい。

2006 年度若手研究者・技術者海外派遣

派遣者氏名	橋本博公
派遣者所属	大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
調査テーマ	船舶復原性に関する最新研究の調査
訪問国	米国、ブラジル
派遣期間	2006 年 9 月 22 日～10 月 4 日
紹介者	
1. Prof. Frederick Stern	The University of Iowa
2. Prof. Marcelo Santos Neves	University of Rio de Janeiro
3. Dr. Patrick Purtell	Office of Naval Research
訪問先面談者 所 属	
a. Prof. Frederick Stern	The University of Iowa
b. Prof. Marcelo Santos Neves	University of Rio de Janeiro
c. 3. Dr. Arthur Reed	US Naval Surface Warfare Center
調査内容(1)	船舶復原性研究への CFD 技術導入に関する研究の現状と展望の調査
<ul style="list-style-type: none"> ・ 曳航試験水槽および風洞試験水槽の見学 ・ 可視化および実験データの解析手法についての調査 ・ CFDSHIP-IOWA コードを用いた最新プロジェクトおよび各計算結果の調査 ・ CFDSHIP-IOWA コードを用いた波浪中復原力変動予測についての調査 ・ CFDSHIP-IOWA コードを用いた斜波中波浪強制力推定についての調査 ・ CFDSHIP-IOWA コードを援用した波浪中船体運動予測法構築についての調査 	
調査内容(2)	国際会議における船舶復原性の最新研究動向の調査
<ul style="list-style-type: none"> ・ コンテナ船のパラメトリック横揺れ発生限界および最大振幅推定に関する調査 ・ パラメトリック横揺れ再現のための実験法に関する調査 ・ デッドシップ状態下での転覆確率推定に関する調査 ・ ブローチング推定に関する調査 ・ CFD を用いた船舶復原性評価についての動向調査 ・ 漁船の安全性評価手法についての調査 	
調査内容(3)	米国海軍の実験施設の調査、艦艇の安全性評価手法の調査
<ul style="list-style-type: none"> ・ 巨大曳航水槽および巨大角水槽の見学 ・ 艦艇の自由航走模型実験の使用機器やシステムの調査 ・ 自由航走模型実験結果の評価手法についての調査 ・ 艦艇の安全性評価手法に関する調査 ・ 最新駆逐艦の波浪中復原性評価についての調査 	

特記事項

Over set grid 法を用いた最新の CFDSHIP-IOWA コードを用いて、波浪中での復原力変動や波浪強制力の推定が可能であることを確認することができた。またアメリカ海軍研究所における艦艇の安全性評価手法や実験手法について詳細な討論ができた。船舶復原性研究は IMO でもその重要性が再認識されており、今回の派遣調査で CFD 技術を船舶復原性分野の最新トピックであるパラメトリック横揺れやブローチングの予測および艦艇の安全性評価に導入する道を開いたことは、今後の復原性研究分野の発展に貢献できるものと考えられる。

CFDSHIP-IOWA コードは、特に改良を要することなく、大波高中を高速航行させた場合でも破綻せずに計算が可能であったことが特筆される。但し、精度については保証の限りではなく、今後模型実験結果と比較して検証する必要がある。また、米国海軍研究所で行われている艦艇の安全性評価手法は模型実験手法、数値計算手法ともに、特に目新しい点は見られなかったが、一部の復原性能推定に CFD を取り入れ出していることから、今後この種の研究の需要が高まる可能性がある。