

アイオワ大学の新しい水槽 (Wave Basin) について



若 者

眞 田 有 吾*

Introduction of IIHR Wave Basin

Key Words : Ship hydrodynamics, PIV, Wave basin, CFD, EFD

はじめに

筆者は、大阪大学工学研究科地球総合工学専攻に在職中の2011年4月から2012年10月まで、アイオワ大学水理科学工学研究所で客員研究員として1年半滞在し、同大学に新しく建設された波浪水槽の立ち上げ業務に従事するという貴重な経験に恵まれました。また、筆者にとってこの滞在が転機となり、この3月をもって阪大を退職し、4月より同研究所で働き始めました。今回、本誌への執筆の機会をいただきましたので、この新しい水槽の概要についてご紹介させていただきます。

アイオワ大学水理科学工学研究所について

現在私が勤務しているアイオワ大学水理科学工学研究所 (IIHR) についてご紹介します。アイオワ大学は、アメリカ中西部アイオワ州東部のアイオワシティに本部があり、11学部、教職員一万三千人、学生数三万人の1847年に創立された州立の総合大学です。メインキャンパスの中心部を流れるアイオワ川沿いに私の勤務するIIHRの本館があります。(図1) IIHRは創始から90年以上の歴史をもつ流体力学の研究所で、研究対象は大気や河川、環境、生体



図1 アイオワ大学水理科学工学研究所 (IIHR) 本館

など多岐にわたります。

私は船舶流体力学を扱う Frederick Stern 教授の研究室に所属しています。Stern 教授のグループは、長年 CFDShip-Iowa という CFD (数値流体力学) 計算コードを開発しており、研究所とネットワークで結ばれた全米各地のスーパーコンピュータを用いて、大規模なシミュレーションが日夜行われています。このコードを用いて、波浪中を航行する船のシミュレーションや、船体周りの流れと波の相互干渉など、これまで未解明であった現象の詳細についても明らかになりつつあります。一方、このコードの計算結果を検証するため、実験計測にも力を入れています。IIHR 本館地下には長さ 100 m の曳航水槽があり、ここでは没水型ステレオ PIV (粒子画像流速測定法) システムを用いた流場計測が行われています。一昨年からさらに進化した没水型トモグラフィック PIV システムも導入されました。これは空間内の三次元渦構造を瞬時にとらえることができる世界初のシステムです。(図2)

Stern 教授の研究室と私の所属していた船舶海洋工学部門船型デザイン領域は 30 年以上の繋がりが



* Yugo SANADA

1977年7月生

2007年3月大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻博士後期課程修了後、(独)海上技術安全研究所、大阪大学工学研究科助教を経て、現職。

現在、IIHR-Hydroscience & Engineering, The University of Iowa

Associate Research Scientist 博士(工学)
船舶海洋工学

TEL: +1-319-400-1896

E-mail: yugo-sanada@uiowa.edu

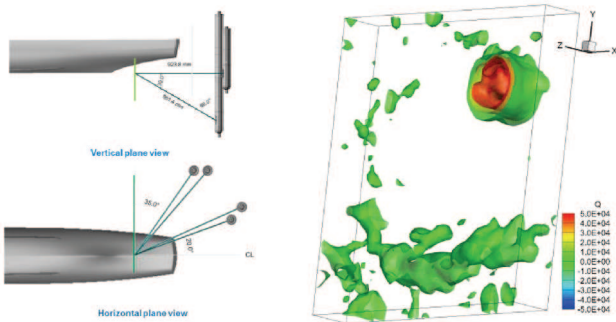


図2 トモグラフィック PIV システム (左) により得られた三次元渦構造 (右)

あります。私の恩師であり元上司でもある戸田保幸教授（地球総合工学専攻船舶海洋工学部門）も 25 年前に IIHR に滞在されており、それ以来 Stern 教授とは共同研究をされています。そのご縁もあって、2011 年 4 月から私がアイオワへ滞在させていただくことになりました。

新しい波浪水槽の建設

前出の CFDShip-IOWA は、船舶の推進性能だけ

でなく、波浪中の操縦性能や耐航性などにも適用範囲が広がりつつあります。しかし、検証データを取得するには曳航水槽では難しいことから、波浪中で模型船の自由航走試験が可能な新たな水槽が建設されることになりました。新水槽はアイオワ大学の新キャンパス、オークデールリサーチパークに建設されることになり、2010 年 7 月に竣工しました。総工費は 5 億円で、うち 3 億円は ONR（アメリカ海軍海事技術本部）から、残りの 2 億円は大学内基金（同窓会等）からの援助を受けています。このプロジェクトには計画段階から戸田教授が技術アドバイザーとして参加されており、電車、造波機の施工は三真製作所（神戸）、森技術研究所（大阪）が担当しました。水槽の大きさは、長さ 40 m × 幅 20 m × 深さ 3 m で、阪大水槽と同型のプランジャー式造波機が 6 台、曳引台車、消波ビーチを備えています（図 3）。一見ごく普通の水槽ですが、この水槽が非常にユニークなのは、自由航走する模型船まわりの局所流場計測（PIV および波面計測）を行うための各種機能を備えていることです。

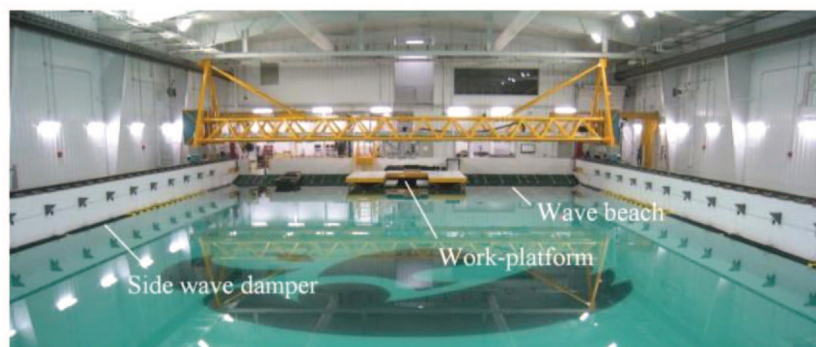
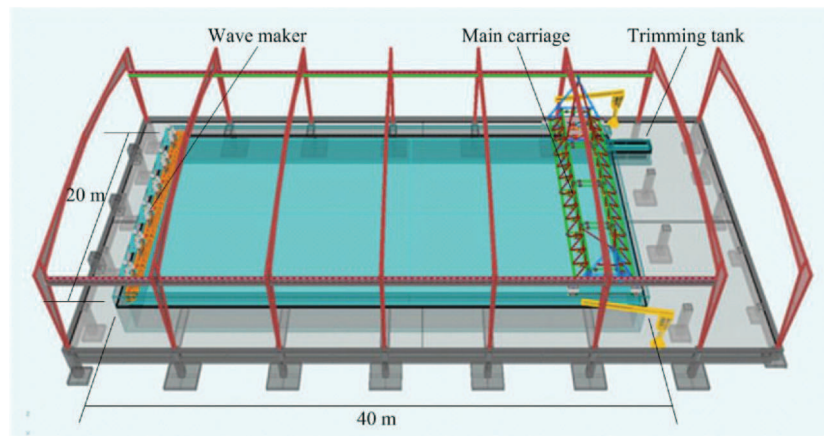


図3 新水槽施設内部

新水槽のユニークな機能

では、新水槽のユニークな機能について簡単に紹介します。

1) 模型船の自動追尾・航跡の再現機能

新水槽の台車は自由航走する模型船を自動追尾する機能を備え、模型船の位置・方位角 (X, Y, θ) のデータを取得することができます。また、取得した航跡を忠実に再現するプログラム運転機能も有しています。台車は東西方向 (X) に移動する主台車、南北方向 (Y) に移動する副台車とターンテーブル (θ) から構成されています。模型船には船首および船尾部分に赤外線 LED が設置されており、副台車に設置された2台のカメラがこれらを捉え画像処理することで、模型船と副台車との位置・方位角偏差を算出し、これらを入力値とする PI 制御で台車による自動追尾が行われます。

2) 模型船着脱システム

自由航走試験を行う際には、模型船の初期位置を水槽内で毎回同一地点に合わせ、模型船の加速を補

助する着脱システムを用います。着脱システムは、鉛直方向移動が自由のパンタグラフと、水平方向移動・ロール・ピッチが自由な3自由度マウントから構成されています。マウント先端部は電磁石となっており、通電すれば模型船上に設置されたマウントと吸着し、模型船を台車に拘束することができます。拘束状態で模型船を加速させ、設定速度に達した時点で模型船を解放することで、自由航走および自動追尾を開始することができます。拘束状態で、自動追尾で得られた航跡を用いて1) のプログラム運転機能を行えば、模型船は位置・方位角のみ台車によって決定され、その他の4自由度(鉛直方向・水平方向・ロール・ピッチ)は自由となるので、自由航走時とほぼ同じ状態が再現されます。この状態で局所流場計測を行います。(図4)

3) 非接触6自由度運動計測システム

自由航走試験では、主として模型船に搭載されたジャイロで運動計測が行われていますが、ドリフトが発生して精度が低下するという問題があります。これに加え、新水槽では模型船の鉛直方向移動量を計測する手段がありませんでした。そこで、画像に

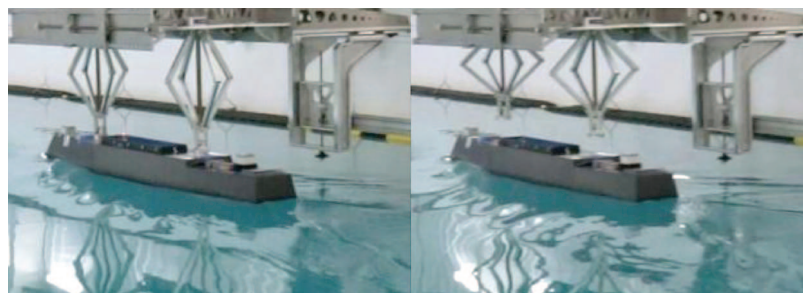


図4 模型船着脱システム (左:加速時、右:自由航走時)

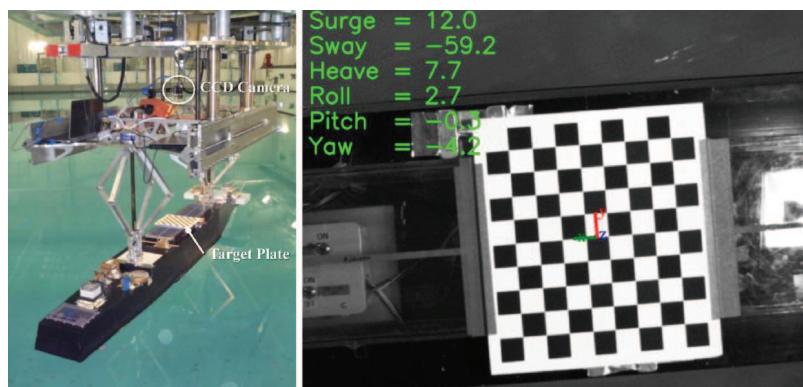


図5 非接触6自由度運動計測システム

よる非接触6自由度運動計測システムをこちらに來てから独自に開発しました。模型船上部にターゲットボードを設置し、これをカメラで撮影し、このターゲットボード画像を元に、模型船の6自由度運動を計測するというものです(図5)。単一のカメラで6自由度運動を計測でき、カメラ台数を増やすことで模型船の大傾斜にも対応できます。

立ち上げ業務とアイオワ大への転職

2011年4月に私が客員研究員としてこちらに來てからは、まず水槽試験ができる環境づくりをしました。また、阪大から四年生と修士二年の学生二名にも半年間來てもらい、電車・造波機や各種システムの基本性能の確認、計測システムの精度チェック、模型船の自由航走試験などを一緒に行いました。新しい水槽を任されるというのは、大変なプレッシャーでしたが、学生達の協力のおかげもあり、滞在期間の一年半でなんとかまとめたデータをとれるようになりました。來た当初は新水槽に郵便物や宅配便もまともに届けてもらえないぐらい大学内での認知度も低かったのですが、今では水槽の訪問客も増え、アイオワ観光の新しい穴場スポット(?)となりつつあります。

この滞在中に私はさらにPIV計測をやる予定だったのですが、結局その手前の準備だけで終わってしまいました。これから面白くなるところで終わってしまい、できることなら最後まで自分でやりたいと思っていたのですが、阪大に籍をおいたままこれ以上アイオワに滞在することは他の先生方にもご迷惑がかかるため、非常に難しい状況でした。滞在が終わりに近づいた頃、Stern教授から「実験できる人間が少なくて困っている。阪大を辞めてアイオワへ來ないか?」と誘っていただきました。しかし、阪大を辞めてアイオワ大へ移るとなると、学生の時

に借りた育英会の奨学金の返済をしなければいけなくなるとか(海外で働く場合は免除対象外)、アメリカで働いて日本に戻ったら年金や保険等はどうなるのか(?)等々、多少の不安は頭をよぎったものの、結局は今の自分がやりたいことを優先することにし、アイオワ大学へ移ることを決めました。また、戸田先生や他の先生方も、私のキャリアのためには良いということで、快く後押ししてくださいました。私は英語が下手なので不安ではありますが、こちらでしばらく頑張りたいと思います。

おわりに

アイオワ新水槽は順調なスタートを切り、現在PIV計測にむけて着々と準備が進んでいます。立派な水槽ができたとはいえ、現在は私以外に動かせる人間が少ないという状態なので、アイオワ大学の学生さん達に実験を教えて、今後もより難しい実験にもチャレンジしていきたいと思っています。まずは全米の中で最もアクティブで面白い水槽だと言ってもらえるように頑張りたいと思います。

謝辞

私が新水槽でやってこられたのも、私のつたない英語を真剣に聞いて日々サポートしてくださる研究所スタッフの方々、アイオワ大学の学生さん達のおかげです。このような貴重な機会を与えてくださった、戸田保幸教授、Frederic Stern教授、地球総合工学専攻船舶海洋工学部門の教職員の皆様にこの場を借りて感謝申し上げます。また、本稿執筆の機会を与えて下さいました、地球総合工学専攻山中俊夫教授と「生産と技術」関係者の皆様に感謝いたします。