

2次元水路内に設置した台上への打ち込み水の可視化計測

海上安全研究領域 耐航・復原性能研究グループ * 沢田 博史、南 佳成、谷澤 克治
環境・エネルギー研究領域 海洋汚染防止研究グループ 星野 邦弘

1. まえがき

スラミングや甲板冠水等による波浪衝撃荷重を総合的に解析可能な実用計算法の開発が、船舶の安全設計ツールとして求められている。本研究は、運輸施設整備事業団の公募型研究として、東京大学、横浜国立大学との共同で、「粒子法による船舶の波浪衝撃解析手法の開発」を目標に実施している。

海技研では粒子法による解析コード開発を実験面からサポートし、計算精度検証用の水槽実験データの取得を担当している。本報告では、可視化実験の概要と取得画像の PIV/PTV 解析から得られた打ち込み水の速度場等について概要を紹介する。

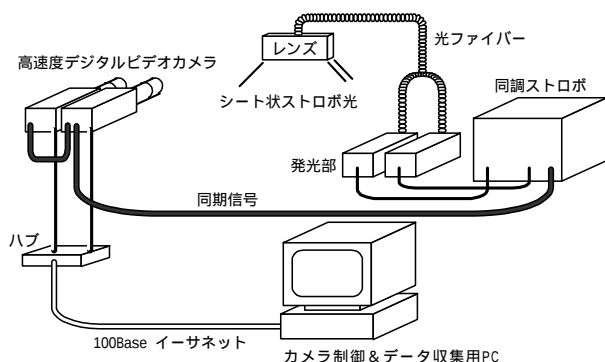


図 - 1 可視化計測機材の構成

2. 可視化実験の概要

打ち込み水の可視化計測に用いた、機材の構成を図 - 1 に示す。計測機材は高速デジタルビデオカメラ2台、カメラと同期するシート状ストロボ光源、カメラ制御用およびデータ収録用パソコンで構成される。また、造波操作と計測系機器の開始時間をパソコンで制御し、取得データの再現性を確保した。

実験は、海洋開発研究領域の2次元浅水槽（長さ22m、幅0.5m、深さ0.7m）を使用した。

打ち込み水撮影機材配置を図 - 2 に示す。水深は30cm、打ち込み台の高さは32cm、前縁位置は造波機から8mに設置した。この前縁は船首部形状を模擬し、半径25cmの半円形とした。撮影は2台のカメラを水槽と平行に設置し、秒間250コマで連続4秒間行った。画像計測用トレーサー粒子には粒子径200～400ミクロン、比重が1.03の蛍光ポリスチレンを使用した。入射波は、台上への打ち込みが最もダイナミックになるような組み合わせの中から波長1.56m、波高10.8cmを用いた。波高は、打ち込み台を取り除いて計測した値で、打ち込み台がある場合は、反射波の影響で打ち込み台前縁の水面上昇量は増加している。

3. 実験結果

PIV解析結果の一例を図 - 3 に示す。この画像は、打ち込み台中心線をS1として、5cm間隔でS1～S5の5断面を計測位置としたある瞬間の流場である。水槽の側壁影響により水槽壁面に近いS5断面で、大規模な打ち込みが計測されている。水槽センターライン上(S1断面)では左右対象であるため、打ち込み水奥行き方向の速度分布は殆どないが、S3断面付近では奥行き方向の速度を持つことが推測される。

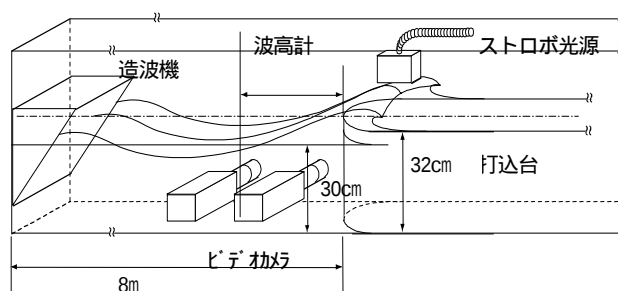


図 - 2 打ち込み水撮影機材の配置

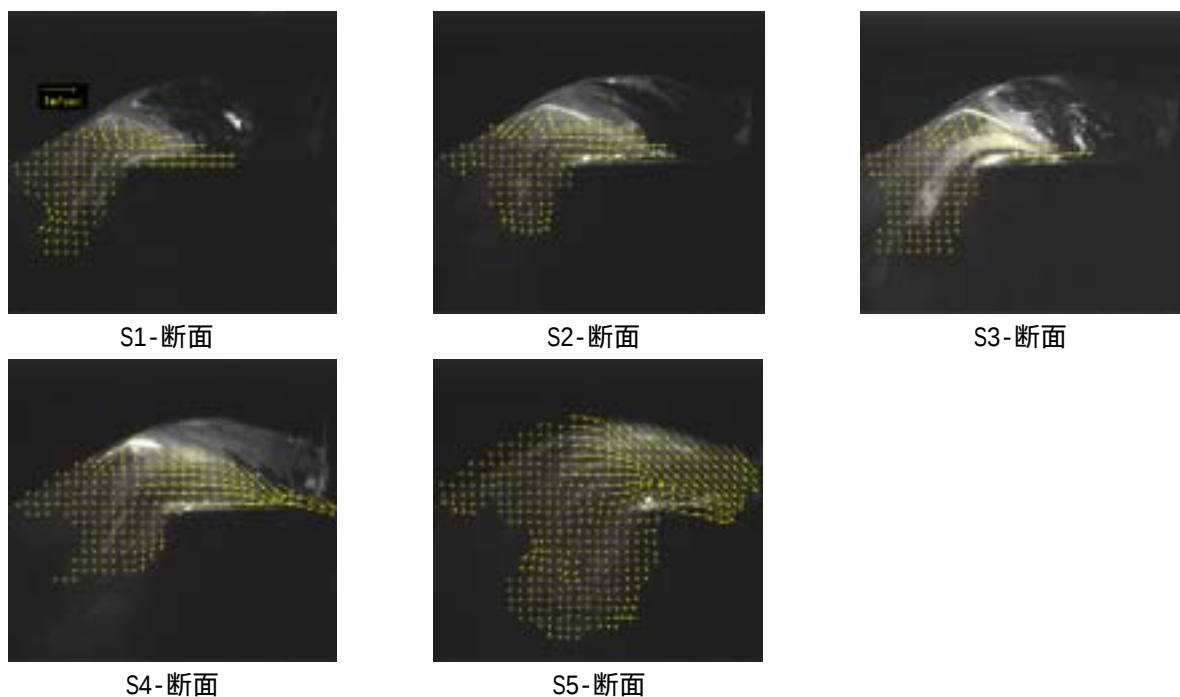


図 - 3 画像の PIV 解析結果 (5 断面 : 同一時刻)

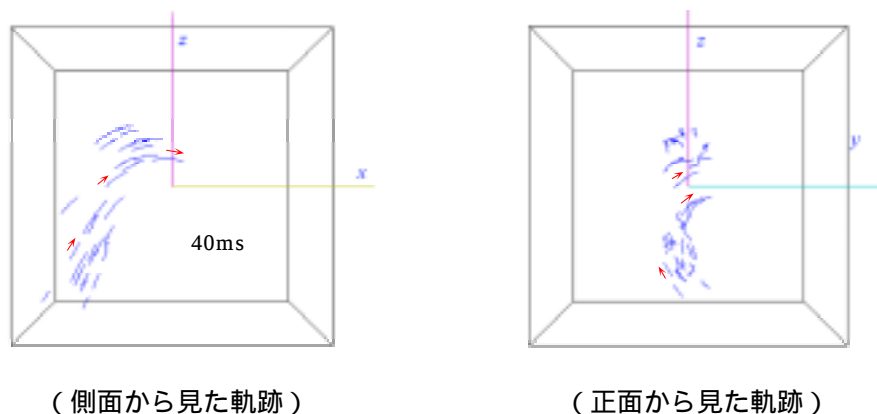


図 - 4 S3-断面の流体粒子 (40ms 間の軌跡)

そこで S3 断面のステレオ撮影画像より求めた 3 次元 PTV 解析結果の流体軌跡 (トレーサー粒子の運動) を図 - 4 に示す。図中の x 軸は水槽長さ、y 軸は奥行き、z 軸は鉛直の方向である。この図の解析時間は 40ms で、図に示す矢印は参考のため流体移動方向を書き込んだものである。左図は側面から見たもので入射波が台上へ打ち込む様子をよく捉えている。右図は入射波に向かって打ち込み台後方から前縁方向を見たときの打ち込み水の軌跡で、打ち込み水が y 軸方向への速度成分を持っていることが分かる。この速度成分の大きさは z 軸方向の速度成分と同程度であり、打ち込み水の 3 次元的な挙動がよく捉えられている。

4 . おわりに

本報では、台上へ打ち込む入射波の画像解析結果の一部を紹介した。今回の計測では、自由表面を有する高速非定常流れの打ち込み開始から終了までの鮮明な画像撮影、打ち込み水の 5 断面 2 次元速度場の PIV 解析、シート状光源厚さ方向の 3 次元 PTV 解析等に成功した。

最後に、本研究は運輸施設整備事業団「運輸分野における基礎的研究推進制度」により実施したものである。

参考文献

- 1) 沢田博史他、「高速度カメラを用いた甲板上打ち込み水の PIV 計測」、第 31 回可視化情報シンポジウム、2003 年 7 月、発表予定