

近畿大学大学院	学生員	○大塚 直	近畿大学理工学部	正会員	江藤 剛治
近畿大学理工学部		田中 仁志	近畿大学理工学部	正会員	竹原 幸生
近畿大学理工学部	正会員	高野 保英	神戸高専	正会員	辻本 剛三

1. はじめに

海洋での水表面を通した気体輸送過程には、化学的、生物的、物理的過程等の素過程が考えられる。本研究では、物理的過程の一つである風波に起因する気体輸送に着目し、水表面を通した気体の輸送過程を解明することを目的とする。水表面近傍の水流、および気流を PTV により同時画像計測を行う。

近畿大学水工学研究室では、すでに風速が 5m/s 以下(以下、低速域と定義)での気流、水流の同時画像計測に成功している¹⁾。本研究では風波の発達域で白波を生じない領域、風速 5m/s～10 m/s(以下、中速域と定義)での、風洞水槽内における水表面近傍の気相部および水相部の流れ場を同時画像計測し、流れ場構造の解明を試みる。

2. 気相部と水相部の流れ場の同時計測

2.1 概要 水表面近傍の気流および水流の流れ場を PTV 同時計測する。トレーサーとして気相部では微小水滴発生装置より発生させた微小水滴を、水相部ではナイロン 12 粒子(比重 1.02, 粒径 50 μ m)を用いる。水相部にはウラニンを溶入させレーザー光によって蛍光を発生させることにより画像中の水相部と気相部に輝度差を設け、輝度変化により水表面を決定する。水面は輝度の変化率の最も大きい位置として決定した。

実験に使用した風洞水槽の全体図を図-1 に示す。2 台の Nd:YAG レーザーおよび CCD カメラをそれぞれ同期装置によって同期させ、同時刻の気相部、水相部を撮影する。また、解析に必要なトレーサー粒子の移動距離を得るために、ディレイ装置を水相部のレーザー2 に接続し、水相部のレーザー間隔を調整する。今回は水相部のレーザー1 とレーザー2 の間隔は(250+3000) μ sec に設定する。撮影機材の配線図を図-2 に示す。

2.2 実験方法 気流・水流の流れ場の同時画像計測を行う手順を以下に示す。

- ① 風洞水槽内に水深 32 cm まで水を溜め、水相部にトレーサーとしてナイロン 12 粒子を混入する。また水面位置決定のために、水にウラニン(濃度 2.5×10^{-5} mol/l)を溶解させる。
- ② 2 本のレーザー光を水槽の上下から鏡を介し、風向と平行な同一の鉛直断面になるように照射する。
- ③ 気相部、水相部にそれぞれ CCD カメラを設置する。気相部の CCD カメラは水表面より上に水平よりやや下向きに設置する。
- ④ 風速を 6 m/s, 8m/s, および 10m/s の風を発生させ、微小水滴発生装置により微小水滴を発生させる。
- ⑤ 波を十分に発達させ、気相部、水相部の流れ場を撮影する。気相部および水相部の同時刻の画像を決定するため、カメラ用のストロボを用いフラッ

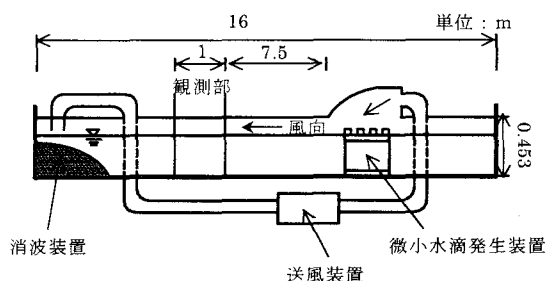


図-1 風洞水槽全体図

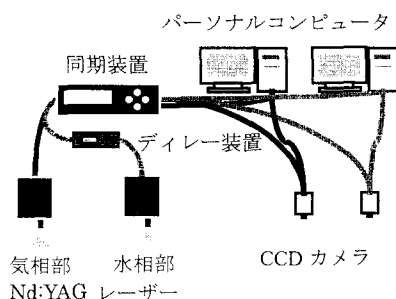


図-2 撮影機材の配線図

シュを写しこみ、光っている画像を基点にする。

- ⑥ 2台のカメラの状態を計測時と同じ状態にし、標定点をプロットしたメッシュ板を撮影する。この情報より画像座標から実空間座標に変換する。

3. 結果および考察

気相部の CCD カメラを水平よりやや下向きに撮影した結果、ウラニンの蛍光が撮影断面が明確に映り、水表面の決定が容易になった。

風洞水槽内の風速 6 m/s, 8m/s, および 10m/s での気相部、水相部を同時に撮影した。撮影された画像に対して PTV を用い流速場を求めた。ここでは紙面の関係より、風速 10m/s の結果のみを示す。PTV により得られた結果を実空間座標に変換した流速分布図を図-3(気相部), および図-4(水相部)に示す。それぞれの図にベクトルスケールの凡例を示す。

図-3 では、風向きとはほぼ同じ向きの流れ場を確認することができた。波の谷の部分では流速が遅くなっていることが確認できた。ただし、逆流は生じていない。

図-4 の右側では波による上昇流がおき、左側では下降流が起きている。波動運動による流速場が卓越しているのが確認できた。下部では風向とは逆向きに流れていることが確認でき、循環流れが確認された。

流れ組織構造を明瞭に可視化するため次のような処理を行った。PTV で得られたランダム点の流速分布から、格子点状の流速分布に重み付き空間平均操作を用いて変換する。得られた格子点流速分布から各相での全体の平均流速を差し引く。

結果の一例を図-5 に示す。気相部では、波の谷の部分では流速が遅いため、流速が速い部分との境界に渦が見られた。水相部では、風速が速く、水表面近傍での流速が著しく速くなっていることが分かった。水表面近傍では、波動運動による流速が卓越しており明瞭な渦構造は見られなかった。

4. まとめ

風洞水槽内における中速域（風速 5m/s～10 m/s）での水表面近傍の気相部および水相部の流れ場を同時画像計測を行った。水相部と気相部のレーザー間隔を変化させ PTV に必要なトレーサー粒子の移動距離を確保するためディレ装置を用いた。

PTV の結果により、気相部の渦構造を明らかにすることができた。また、水相部においては水表面近傍の波による上昇流、および下降流が見られ、波動運動、および循環流れを確認することができた。

【参考文献】 1)竹原、他；海岸工学論文集、第 47 巻 pp.101

～105, 2000 年

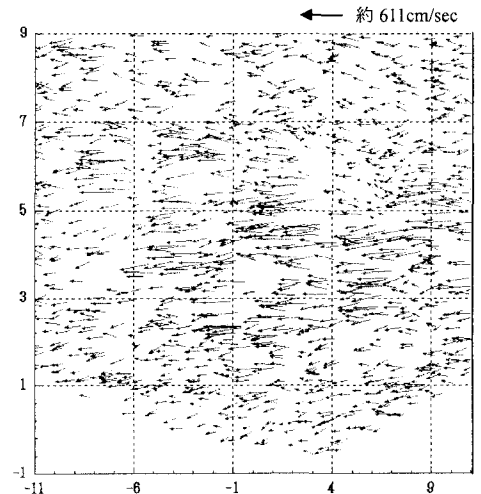


図-3 気相部 10 (m/sec) PTV 結果 (cm)

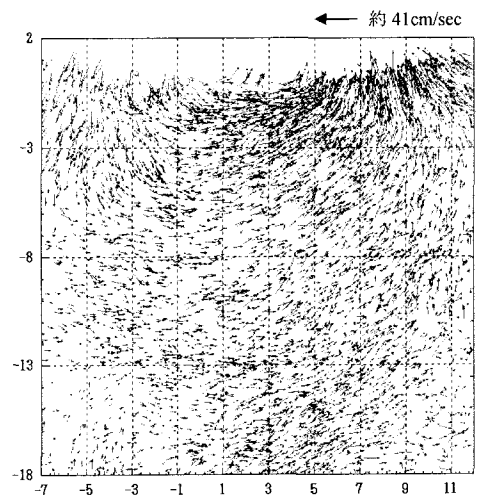


図-4 水相部 10 (m/sec) PTV 結果 (cm)

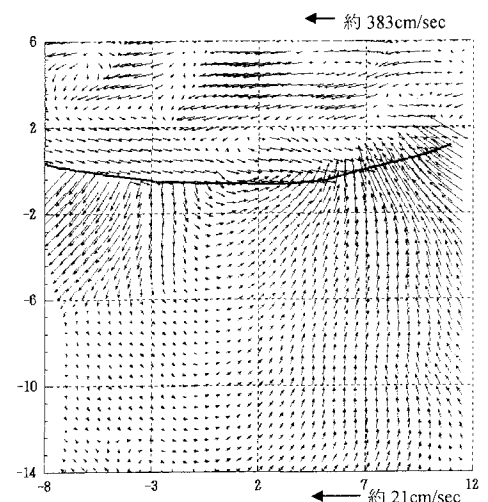


図-5 重み付き平均流速の一例 (cm)