

風波界面近傍での気流・水流の相互作用に関する画像計測

近畿大学理工学部	正会員	竹原 幸生
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	正会員	高野 保英
神戸高専	正会員	辻本 剛三
国土技術政策総合研究所	正会員	水谷 夏樹

1. はじめに 著者らはこれまで海洋界面における物質や運動量の輸送現象解明を目的に、風波界面近傍の気流場と水流場の同時画像計測技術の開発を行ってきた。開発された計測技術により、水表面極近傍の流動場空間構造を詳細に計測することができる。また、ビデオ画像を用いるため2次元空間データを時系列として入手でき、そのデータを解析することにより、これまでの点計測データにより推定されている風波に関する様々な機構を明らかにできる強力なツールとなる。本研究では開発した計測技術を用いて、気流・水流の同時画像計測を行い、気流と風波の相互作用の解明を試みた。

2. 研究の内容 実験には小型風洞水槽(長さ 16m, 高さ 0.5m, 幅 0.5m)を用いた。全ての実験において水深は 0.32 m に固定した。計測部は送風口より 7.5m の位置にあり、1m の区間が上下左右全て透明壁でできている。水流のトレーサー粒子としてナイロン 12 粒子(平均粒径 50 μ m, 比重 1.02), 気流のトレーサーとして微小水滴(粒径 1~10 μ m 程度)を用いた。微小水滴は、医療用ネブラザーを改良して製作した微小水滴発生装置から発生させた。水面決定のための蛍光染料であるウラニンを混入し、レーザー光により励起された蛍光から水面を決定した。気流の条件として、風波が発達し白波が発生しない範囲でより高速風が吹いている状態を選び、平均風速 $U_a=10.0$ m/sec とした。計測は波を十分に発達させた後行った。

気流・水流の画像同時計測では、2 式の PIV セット(Nd:YAG レーザー, CCD カメラ, 制御用 PC)を用い、同期装置およびタイミング・ディレイを用いて計測した。1 台のレーザーを水槽上部から、もう 1 台のレーザーを水槽下部から照射し、2 台の CCD カメラにより、流れ方向に沿った鉛直 2 次元断面を計測した。気流に比べ水流は約 1 オーダー遅いので、2 台のレーザーの発光、および 2 台の CCD カメラの撮影タイミングを変化させる必要がある。計測条件は、気流の計測では 2 台のレーザー発光間隔 $T_s=250$ μ sec, 水流の計測では、 $T_s=3.25$ msec とした。撮影された画像データから PTV の 1 つである Super-Resolution KC 法により移動ベクトルを求めた。PTV ではランダムな点での流速が得られるため、実空間座標に変換されたデータに対して空間平均操作を行い、メッシュ上の流速分布に変換し、渦度を求めた。

3. 計測結果および考察 今回行った実験では、平均風速 $U_a=10.0$ m/sec であり、波の特性量は、平均波高 2.6cm, 平均波速 167cm/sec, 平均周期 0.16sec であった。

図-1 に計測結果の 1 例を示す。図中(a)は PTV により得られた流速分布から格子点上に変換した流速分布 0 図であり、(b)は得られた流速分布図より求めた渦度分布図である。図中の $z=0$ cm は静水時の水面位置である。図-1 の上部が気流の渦度分布で、下部が水流の渦度分布である。図中の実線は水面位置を表している。水面近傍に反時計回りの強い渦度(白い矢印)が見られる。これは風波のマイクロブレイキングによるものと考えられる。表面で発生した強い渦度は谷から峰に向かう領域ではほとんど移流されずに同じ場所に留まり、峰から谷に向かう領域(図-1(ii),(iii))では大きく移流される。この特徴的な現象は、波の波動運動と背後の波峰に衝突する高速気流部による強いせん断によるものと考えられる。気流側には波峰から前方の波背面部にかけて高速気流部に対応した明瞭な強い渦度のパッチ列が見られる。

キーワード：PTV, 画像計測, 風波, 気体輸送

連絡先 (〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-1, 電話 06-6721-2332, FAX 0729-95-5192)

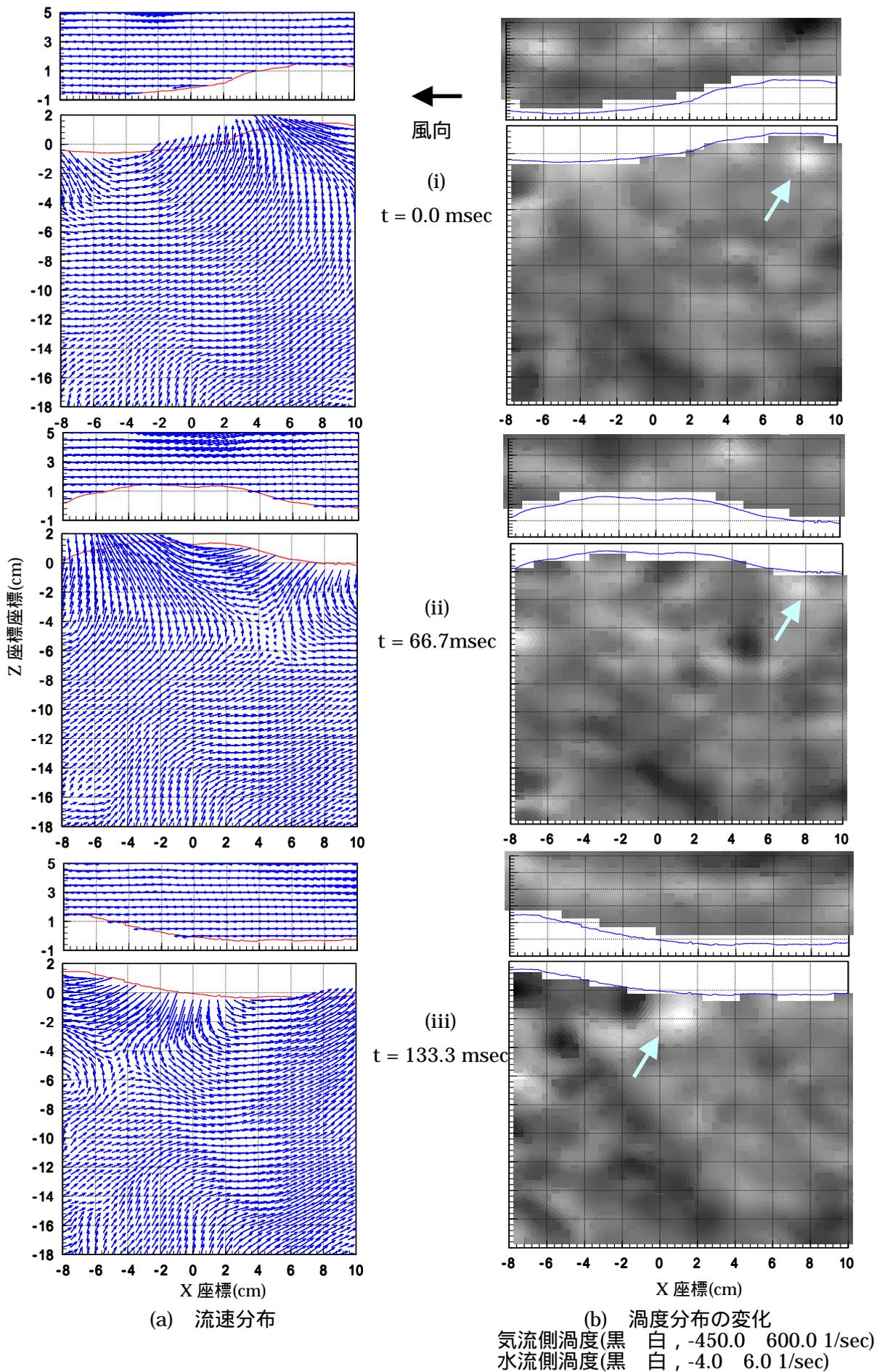


図-1 風波発生条件下での計測結果($U_a = 10.0\text{m/sec}$)