

風波によるマイクロブレイキング現象の画像計測

近畿大学大学院総合理工学研究科	学生員	○大塚 直
近畿大学理工学部	正会員	竹原 幸生
国土技術政策総合研究所	正会員	水谷 夏樹
神戸市立工業高等専門学校	正会員	辻本 剛三
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

1.はじめに

大気・海洋間の気体輸送は、地球環境を考える上で重要な因子の一つである。大気・海洋界面を通じた気体輸送現象のうち物理的因子の一つである風波による水表面の乱れに起因する気体輸送に着目した。水表面近傍での流動場の詳細な空間構造をとらえることが、大気・海洋間での気体輸送過程におけるメカニズムの解明に重要な役割を果たすと考えられる。しかし水表面という移動境界が存在するため、これまでの点計測法では現象を明らかにすることが困難であった。最近の計測技術の進歩により水表面近傍での空間的な流れの構造を画像により計測できるようになってきた。本研究では風波の発達機構や風波による大気・海洋間の物質輸送等に大きく影響を及ぼす風波のマイクロブレイキング現象を画像計測により解明することを目的としている。風波のマイクロブレイキング現象は水表面極近傍で生じる微細な現象であり、その流れ場を画像計測するには拡大撮影し、さらに狭い領域を細かく計測する必要がある。しかしマイクロブレイキングは波動場の状況に大きく左右されるため同時に広く波動場全体を画像計測する必要もある。

本研究では、複数台のビデオカメラを用いて高解像度にしかも広い範囲を画像計測する方法を風波の速度場計測に適用した。

2. 水流部の画像計測

2.1 概要 実験には長さ 28.5m、幅 1.5m、高さ 1.3m の風洞水槽(国土技術政策総合研究所)を用いた。予備実験により風速の特性量は求められている。撮影には 3 台の CCD カメラを用い、完全に同期させて計測を行った。トレーサーとして、ナイロン 12 粒子を用いる。水面決定のため蛍光染料を水中に溶入して、レーザー光により蛍光を励起させ、水面で大きく輝度差を生じさせる。画像より輝度変化率が最も大きい位置を水面として決定した。

水表面近傍の水流の流速場を PTV 画像計測する。PTV とは連続する 2 時刻の画像を用いて、2 枚の画像間で同一のトレーサー粒子の移動距離を同時に多数の流速ベクトルを算出できる解析法である。PTV の直接の出力は pixel 単位で表された移動量である。これを実座標変換し、さらに 2 枚の画像の時間間隔で割り、流速ベクトルを算出する。

2.2 実験方法 水流場の画像計測を行う手順を以下に示す。

風洞水槽内に水深 53 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(平均粒径 50 μ m、比重 1.02)を混入する。水に蛍光染料を溶解させ水表面の判別を蛍光により容易にした。

照明には 1 台の Nd:YAG のダブルパルスレーザー(150mJ/Pulse)を用い、水槽床より鏡を介して上方に向けて照射した。レーザー発光遅延間隔を 3msec とした。

水相部に 2 台の CCD カメラを水平に並べて設置し、標定格子をプロットしたメッシュ板(間隔 2.5cm)を目印にして、1 台当たりの視野は約 10cm 角になるようにセットし、2 台で水平方向約 20cm、縦方向約 10cm の領域を計測できるようにした。1 台の CCD カメラを水面位置の決定をできるように水面上方が

キーワード 風波、水表面近傍、マイクロブレイキング、PTV 画像計測

連絡先 〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学環境水理学研究室 TEL06-6721-2332 (4637)

ら水流部計測位置全体が撮影できる視野角にセットした。
吹送距離 11.3m 付近で計測を行った。
測部での最大風速は 3.53m/sec,
6.67m/sec, 10.2m/sec の3ケースとした。
波を十分に発達させ、水流部を撮影する。3 台の CCD カメラの同時刻画像を決定するため、カメラ用のストロボを用いフラッシュを写しこみ、光っている画像を基点にする。カメラの焦点距離を変えずに、標定格子をプロットしたメッシュ板を 3 台の CCD カメラにより、それぞれ撮影しておく。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

PTV により移動ベクトルを求めた後、実空間座標に変換し、流速に換算した 1 例を図-1 に示す(最大風速 6.67m/sec) 9.981 個の流速ベクトルを計測できた。風は図中の左から右に吹いている。図中の黒色の実線は水面位置を表している。

全体的に波動による流速パターンが見られる。図-2 に黒い実線で囲まれた(a)の範囲での渦度分布、図-3 に黒い点線囲まれた(b)の範囲での渦度分布を示している。渦度の計算では、PTV により得られたランダムな流速分布をグリッド点に変換したデータを用いた。格子点への変換方法はベクトル数に対応した領域においてガウシアン加重平均を用いた。

- (a)で囲んだ領域は波頂部の前部であり、下部の波動運動による流速場とは関係なく、風のせん断により水平方向に流れているのがわかる。
- 図-2 中の○印(c)の矢印で示した部分には強い時計回りの渦と、強い反時計回りの渦が見られる。これらの渦の境界付近でマイクロブレイキング現象が生じている可能性が考えられる。
- 図-2 から図-3 にかけて、実座標での高さ 54cm 付近に周期 0.5~1.0cm 間隔で、ほぼ水平に負の渦度分布が見られる。そして波頂部の前面から背面にいくにしたがって渦度は弱くなっている。
- 図-3 では水表面に沿った領域に、前面での渦に比べ弱い時計回りの渦と、反時計回りの渦が交互に並んでいるのが見られる。これは波頂部の前面で生じた渦度の一部が波の通過により背面に分布したものだと思われる。渦度の強度は波頂部の前面のものに比べて小さくなっている。
- これらの現象は気流から風波への運動量輸送ばかりでなく、水表面を通じた気体輸送にも大きく寄与する現象であると思われる。

4.まとめ 波頂付近での計測が成功したため、マイクロブレイキング現象の構造を詳細に計測できる可能性がある。

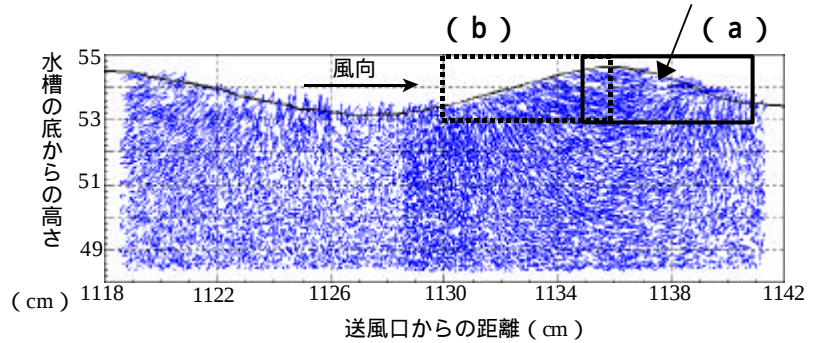


図-1 流速ベクトル分布 (最大風速 6.67m/sec)

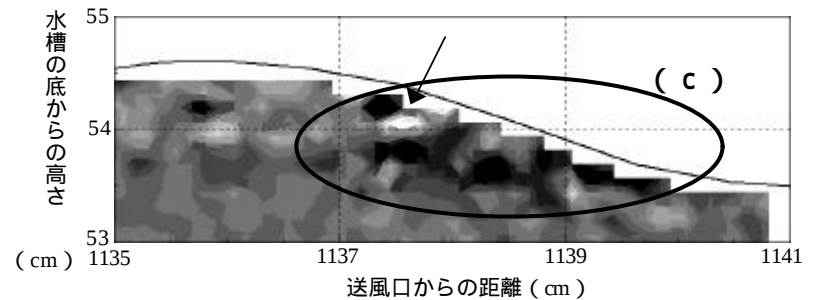


図-2 (a)の範囲の渦度分布 (最大風速 6.67m/sec)
(白→黒:100→-100 1/sec)

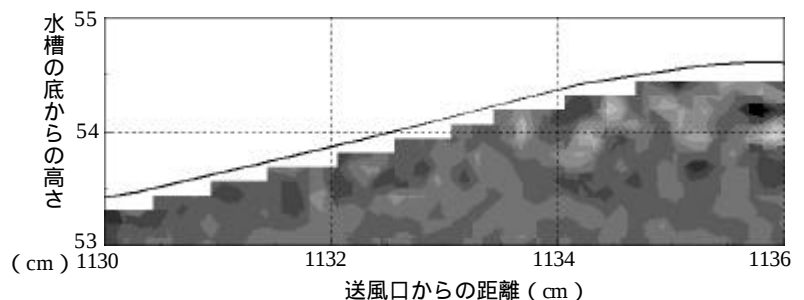


図-3 (b)の範囲の渦度分布 (最大風速 6.67m/sec)
(白→黒:100→-100 1/sec)