

奈良県

近畿大学理工学部

近畿大学理工学部

神戸市立工業高等専門学校

正会員 ○真木 正弘

正会員 竹原 幸生

正会員 江藤 剛治

正会員 辻本 剛三

1. はじめに

水表面近傍の気体、および水の流れ場計測は、水表面という移動境界が存在するため、ホットワイヤー流速計やLDV(Laser Doppler Velocimetry)などの点計測法では困難であった。最近開発された粒子画像を用いた流速計測法(Particle Imaging Velocimetry, PIV)は移動境界が存在しても、画像領域内に対象とする流れ場が存在すれば計測できる。2000年、竹原ら¹⁾は水表面近傍の気流と水流、個々の流れ場画像計測に成功している。しかし、未だ同時刻における気流と水流の流れ場計測は行われていない。

本研究では、風波における気流と水流の同時画像計測を目的としている。

2. 実験装置

観測部概略図を図1に示す。主な実験器具は、微小水滴発生装置、Nd:YAGレーザー、CCDカメラ、Nd:YAGレーザー用コンピュータ、タイミングコントローラーである。

Nd:YAGレーザーの波長は532nm、パルス幅は5~7ns、出力はパルス当たり約25mJである。2本のレーザー光の遅延間隔は任意に変化させることができる。レーザー光出力部にはシリンダカルレンズが装着されており、ビーム光はシート状に広げられ、2次元断面を照射することができる。

CCDカメラは、解像度が1008(H)×1018(V)ピクセルで、Nd:YAGレーザーと同期させて任意の時間間隔(最高5μs)で2枚の画像を得ることができる。得られた画像は8bitのデジタル画像としてコンピュータへ転送される。

タイミングコントローラーは、レーザー光の発光タイミング、およびCCDカメラの撮影タイミングを制御することができる。同期の仕組みは図2に示す。

微小水滴発生装置の発生原理は霧吹きで、圧縮空気を細いノズルから吹き出し、水を吸い上げ、霧状の水滴を吹き出すものである。発生させられた水滴は、気相部のトレーサー粒子として用いる。

その他に、水相部のトレーサー粒子としてナイロン粒子を、境界面の決定薬品としてウランを用いる。

3. 実験方法

風洞水槽(内径で、長さ16m、高さ0.5m、幅0.5m)に水深32cmまで水を溜める。水には予めナイロン粒子とウランを混入しておく。風を吹かせ、波を十分に発達させる。微小水滴発生装置により水滴を発生させる。1台のレーザー光を水槽上部から、もう1台のレーザー光を水槽下部から照射し、側壁から2台のCCDカメラにより、気相部、および水相部における流れ方向に沿った鉛直2次元断面を同時撮影する。ここで、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は、タイミングコントローラーを用いて同期させている。実験条件は、風速を4m、Nd:YAGレーザーの遅延間隔を250μsec、CCDカメラの撮影間隔を0.06secとする。

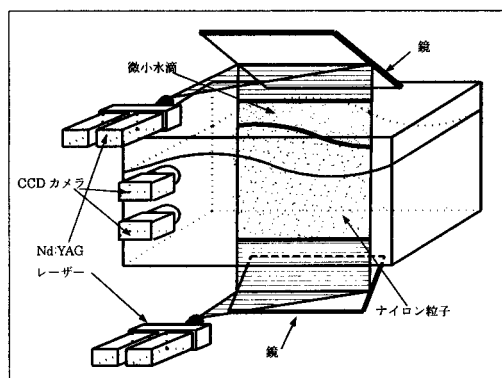


図1 観測部概略図

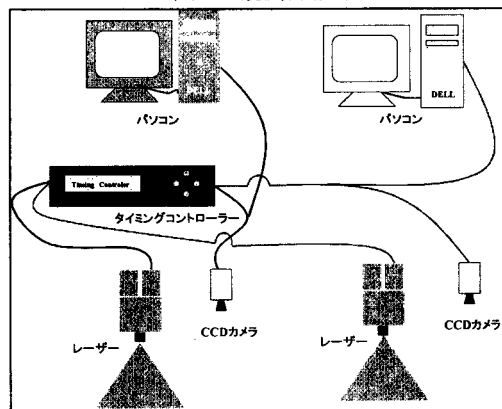


図2 同期の仕組み

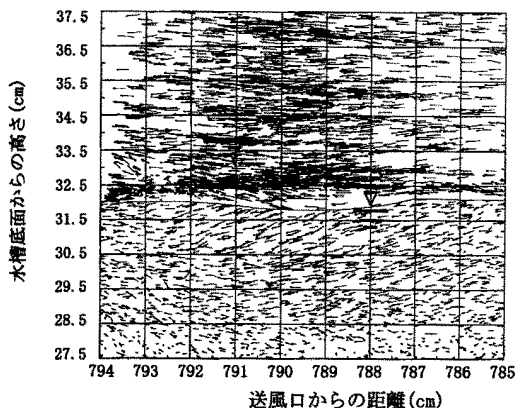


図3 PTVにより得られた流れ場分布

得られた画像データをPTV解析した後、実空間座標に変換する。変換係数は、実験開始前に評定点をプロットした板をレーザー光照射断面に設置し、撮影位置に固定した CCD カメラで撮影、得られた画像上での評定点位置と実空間上での評定点位置から、最小自乗法により決定する。実空間座標に変換されたデータを空間平均操作を行い、メッシュ上の流速分布に変換し、境界面近傍の流速を差し引く。

4. 実験結果

PTV 解析後、実空間座標に変換させた結果の 1 例を図 3 に示す。この図は、気流と水流の関係を見やすくするため、気相部、水相部、それぞれのベクトルの縮尺を変化(水相部を 60 倍)させ重ね合わせている。この図から分かるように、同時刻における気相部と水相部の流れ場を得ることができた。また、水相部にウランを混入することによる気相部、水相部の輝度差より境界面を決定することができた。

図 4 に気相部、図 5 に水相部の空間平均操作後、境界面近傍の流速を差し引いた結果をそれぞれ示す。差し引いた流速は、気相部では 200cm/sec、水相部では 2.9cm/sec である。

この例では、気相部では波の谷から山にかけて上昇流(図 4 中の○で囲んだ部分)が、水相部では波の谷から山にかけて下降流(図 5 中の○で囲んだ部分)が計測されている。この結果は、1992 年に Komori ら²⁾が点計測の結果より立てた仮説(図 6 参照)と矛盾しない結果となった。しかし、本研究で得られた結果は 1 例にすぎず、さらに実験を重ね解明を行う必要がある。

5. 結論

2 台の Nd:YAG レーザー、および 2 台の CCD カメラを同期させることにより、気流と水流の同時画像計測を行い、同時刻における気流と水流の詳細な流れ場構造を計測することができた。

参考文献 1)竹原幸生ら(2000): PTV による風波発生時の水表面近傍の気流・水流計測法, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.101-105

2)SATORU KOMORI et al. :Turbulence structure and mass transfer across asheared air-water interface in wind-driven turbulence, J.Fluid Mech.(1993),pp.161-183

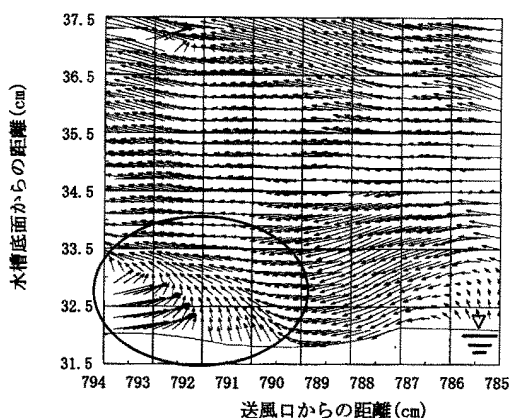


図4 空間変換操作から境界面流速を差し引いた流速分布(気相部)

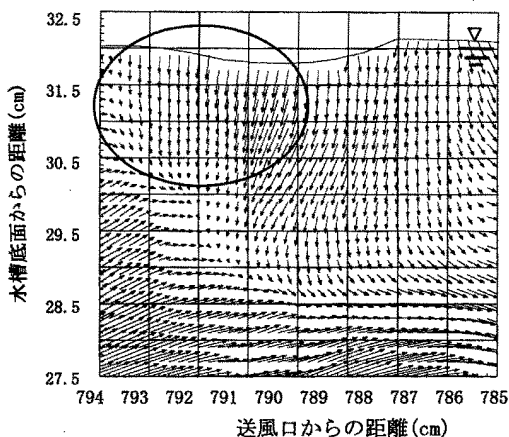


図5 空間変換操作から境界面流速を差し引いた流速分布(水相部)

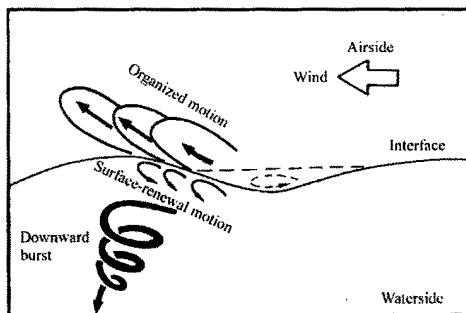


図6 Komori らによる仮説