

近畿大学大学院 学生会員 ○大島 浩司
 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 竹原 幸生

1. はじめに

本研究では、水中の乱れによる水表面変動と炭酸ガス溶入過程の可視化計測に関する基礎的研究を行った。今回はその最も単純なモデルとして、単一渦輪の水表面衝突を取り上げる。渦輪の形成過程、進行している渦輪の様子、および水表面に衝突した後の崩壊現象の様子が本研究の研究成果として報告されている。また水表面に微細な粒子を浮遊させて水表面近傍における水の取り込み過程の可視化も行っている。それらの報告から、渦輪は水表面衝突することによって水平に広がり、エッジ部で水表面に勾配の急変動が生じることが分かっている。またその箇所で多量の気体の溶入現象が起こることから、本研究では、気体の溶入と水表面勾配の急変部に密接な関係があると考え、渦輪の水表面衝突による水表面勾配の測定および気体の溶入過程の可視化手法の開発を試みた。その計測手法と結果を報告する。

2. 渦輪による水表面変動と炭酸ガス溶入過程の可視化計測

2. 1 実験方法

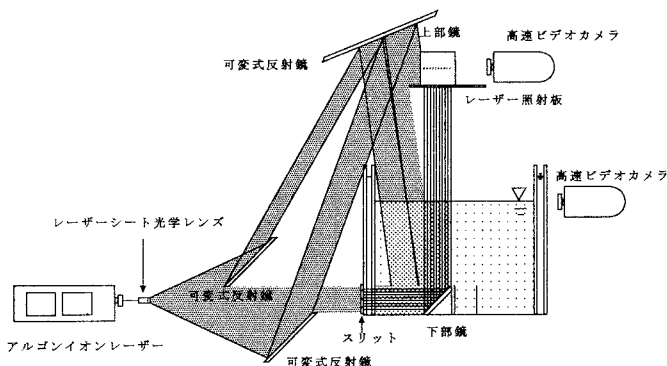
実験装置の配置を図－1に示す。

アルゴンイオンレーザーから発射されたレーザー光をビームエキスパンダーレンズを用いて広げ、直径1 mm の孔を 24 個開けたスリットに通すことでスポット光にする。このスポット光を微調整付き下部鏡で垂直方向に反射させ、渦輪が衝突する水表面に照射させる(図－2)。水表面を透過してきたスポット光を水槽の上方に設置してあるレーザー照射板上に映し出す。渦輪の衝突による水表面の変動により、スポット光の移動がレーザー照射板上で確認できる。

この様子を高速ビデオカメラで撮影し、画像解析ソフトで取り込み、それぞれの光点の位置を座標値に置き換える。その後、それぞれの光点座標の移動量を長さに換算して移動距離を求め、スネルの法則を用いて実測の勾配を求める。

気体の溶入過程の可視化方法は、蛍光染料を用いた。今回は、アルゴンイオンレーザーが照射されると励起し、溶液の pH が変化することで蛍光強度が変化するフルオレセイン少量を水中に溶かしたものをを用いた。これにより CO_2 の溶入部は、暗写することで確認され、その現象を高速ビデオカメラで撮影する。

また水表面勾配と気体溶入の関係を調べるためには、2つの測定を同期させて撮影する必要がある。そのためにアルゴンイオンレーザービームを分割してそれぞれの測定部に照射させた。



図－1 同期撮影配置図

2. 2 解析測定結果および考察

スネルの法則を用いて得られた勾配の計測結果を図-3、図-4に示す。この結果は、水頭差 4cm のときのもので、水表面が移動し始めて 0.162 秒後のものである。図-3のベクトル図は、ベクトルの向きが勾配方向を示し、長さが勾配の大きさを示している。ベクトル図を一連の動きにすると水表面変動の様子がよく分かる。図-4は、スリットが一番下の行の光点における時間経過と、勾配変化の関係を示すグラフである。渦輪による水表面変動が右端の光点番号24から徐々に左側へ移動していることが分かる。また光点番号24のグラフにおいて、水表面変動時間0.117秒付近に示すような勾配の急変動で、気体の溶入が起こると推測される。

今回の実験では、微小な水表面変化をとらえるための可視化手法の開発がテーマである。ゆえに装置のセッティング誤差を解消することが当面の課題であった。そのために次のような工夫を行った。

- ①下部鏡の角度を微調整できる整準ネジを取り付けることで、スポット光を垂直に上げることが可能になった。
- ②レーザー照射板にも整準ネジを取り付けた。また照射板が水平に設置できたことが容易に確認できるようにした。
- ③スリットの孔の径をできるだけ小さくして密度を高くし、孔の数を増やすことで、微小な変化をより詳細に捉えることが可能になった。

また、撮影画像を映し出すモニター上では、静水面におけるスポット光の位置座標に歪みが生じる。この歪みによる誤差は、2次変換を利用して補正した。

今後は同期撮影を重ね、水表面勾配と気体の溶入現象との関係を明らかにしていく必要がある。

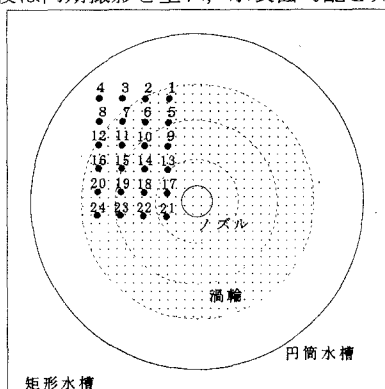


図-2 スポット光の配置と番号

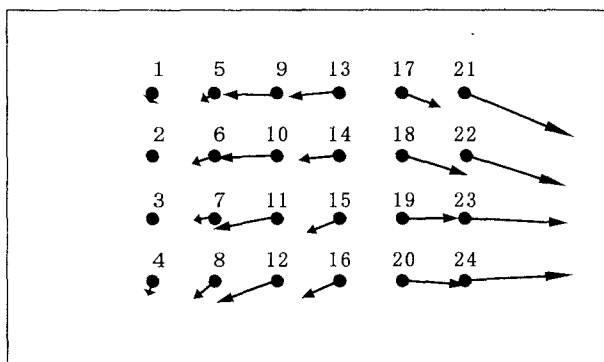


図-3 水表面勾配のベクトル図

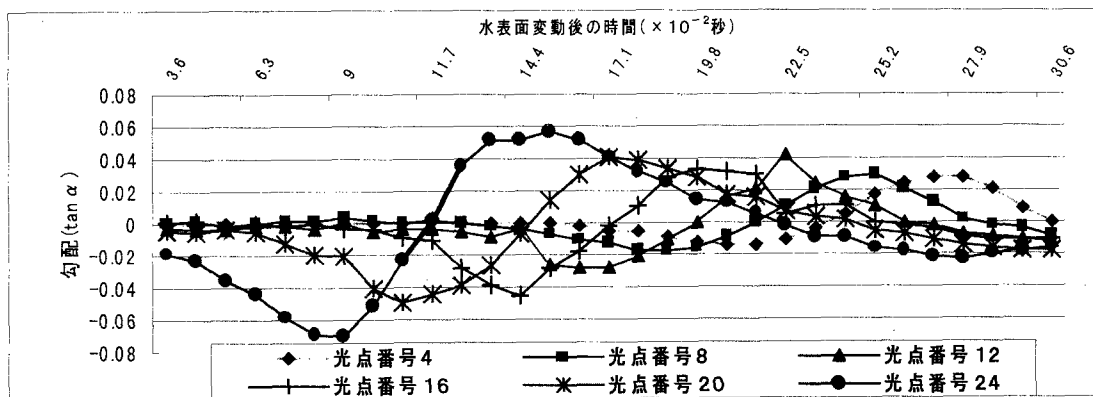


図-4 時間経過と勾配変化の関係