

レーザー誘起蛍光法による気液境界での輝度分布と気液境界位置について

明石工業高等専門学校 正会員 檀 和秀
 (株)メイケン 大江 達也
 明石工業高等専門学校 学生会員 ○大園 政志

1. はじめに

本研究は、レーザー誘起蛍光法を利用し、レーザーライトシート（LLS）を用いて水面を可視化する方法によって、水と空気の境界点（気液境界）を正確に捉えることを目的としている。気液境界位置を知ることによって、容量式波高計や超音波式波高計では得ることのできなかった観測線上での波高計測が可能となる。

蛍光された空気と水では輝度が異なり、この輝度変化箇所を捉えることで、水面位置を知ることができる。しかし実際には輝度変化はいくらかの幅をもつ。本研究では、フックゲージで捉えた水面位置との比較により、気液境界を決定する。さらに水の発光強度は蛍光剤の濃度によって変わることから、蛍光剤として用いたウランニンの最適な濃度を求めた。

2. 実験装置と計測方法

図-1 に示すようにレーザーから照射された光は、回転数150Hzのスキャナによってシート状になる。これを角度が自由に調整できる鏡によって反射させ、水槽に鉛直にシート光が当たるようにする。

実験水槽内には、あらかじめ規定の濃度のウランニン（フルオレセインナトリウム）水溶液を用意しておく。今回の測定では、0.25, 0.50, 1.0, 2.0, 4.0, 10.0, 20.0, 40.0mg/ℓ の計8種類の濃度とした。

実験は、シート光を照射した水面をデジタルビデオカメラ撮影して行う。水と空気の境界面を明確にするために、撮影時は暗室にする。フックゲージは、シート光がある場所の水面に位置させ、これを暗室にする以前に撮影しておく。実長さを検定するための鋼尺は、カメラの画面ほぼ中央に立てて、フックゲージ撮影後に撮影する。

撮影されたビデオカメラによる映像を静止画として取り込んだ後、輝度値解析を行う。図-2 は、取り込んだ画像の例である。解析は、図-2 に示したように座標を取り、この図の y 方向に沿って輝度値を取得する。図-3 は得られた輝度分布の典型例を示す。 x 座標は固定するが、この位置はフックゲージでとらえた水面位置の x 座標に一致させるようにする。

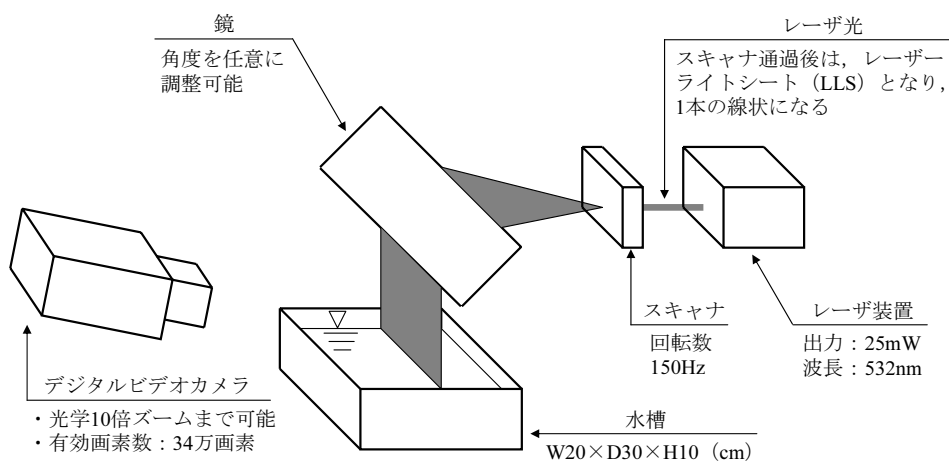


図-1 実験装置

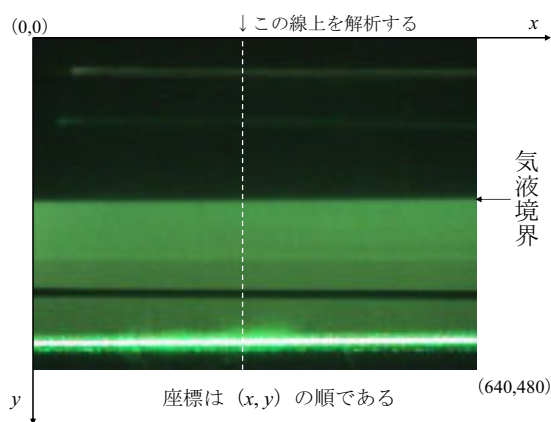


図-2 気液境界画像とその座標

キーワード：可視化、波高計測、気液境界、レーザー誘起蛍光法

連絡先：〒674-8501 明石市魚住町西岡 679-3 明石工業高等専門学校 Tel/Fax 078-946-6176

3. 結果と考察

（１）しきい点の決定

図-3は、空気から水中へと輝度値が移り変わる様子を示す。図に見られるように輝度上昇開始点と輝度最大点が存在する。この差を B とする。また開始点と最大点の y 座標における画素差を Δy とする。

フックゲージでとらえた水面位置と、輝度値解析によって得られた輝度最大点、輝度上昇開始点とを y 座標上で各濃度毎に比較した図を図-4に示す。

既往の研究成果より、気液境界を輝度最大点の位置と考える。図-4から両者の差 ΔL は平均で2画素程度である。これを実長さで比較すると、1画素あたりの実長さが0.15mmであることから、約0.30mmの差となる。

図-4からわかるように、いずれの濃度においても ΔL は、平均2画素程度である。この原因としては、水面を捉えたときのフックゲージの位置が常に水面よりわずかに上であったか、あるいはレーザー光の線上に位置していなかった等が考えられる。

（２）最適な蛍光剤混入量の決定

図-5(a)は、ウラニン濃度と ΔL の関係を表している。この図より、 ΔL が最小、すなわち気液境界と輝度最大点が接近するのは、ウラニン濃度が4.00mg/l のときである。

図-5(b)はウラニン濃度と輝度勾配の関係を示したものである。ここで輝度勾配とは、 B と Δy の比である。気液境界を明確に捉えるためには、 B は大きく、 Δy は小さいほうがよい。このため輝度勾配は大きいほうがよい。図から、ウラニン濃度2mg/l以上で、輝度勾配 $B/\Delta y$ の増加率が小さくなり、ほぼ一定になっている事がわかる。以上より最適なウラニン濃度は2mg/l以上である。

上記2点からは、最適なウラニン濃度は2~4mg/l という結論が得られる。一方、ウラニンの濃度が0.94mg/l以上大きくなっても、蛍光強度は変わらないという報告もある事から、最適なウラニン混合量は1~4mg/lと結論づけられる。

図-3は輝度分布解析例。縦軸は輝度値、横軸はy座標（画素）。輝度上昇開始点と輝度最大点が示されている。差 B と画素差 Δy が示されている。

図-3 輝度分布解析例

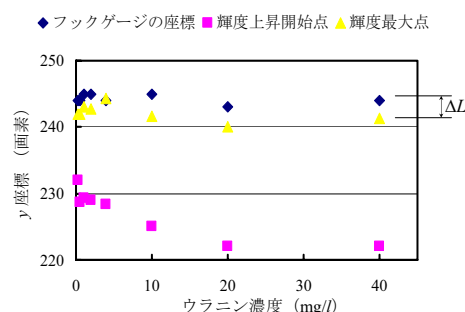
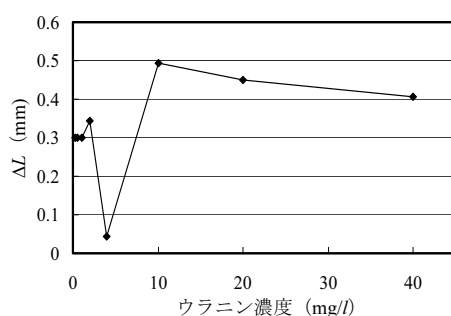
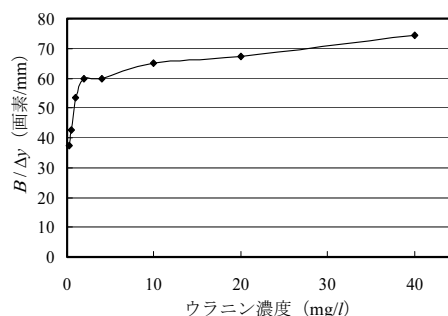


図-4 気液境界と輝度分布諸点の y 座標



(a) ウラニン濃度と ΔL の関係



(b) ウラニン濃度と $B/\Delta y$ の関係

図-5 最適なウラニン混合量の決定

4. おわりに

- ① 輝度分布の最大点が気液境界を与えられが、水面位置を表すフックゲージの値とはわずかに差がある。
- ② レーザー誘起蛍光法を利用するためのウラニンの最適混合量は、1~4mg/l である。