

近畿大学大学院総合理工学研究科

学生員 ○畑中 郁実

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

近畿大学理工学部

正会員 高野 保英

1. 背景および目的 本研究では、波のように動的な変化を伴う対象の三次元形状を計測する技術の開発を目的としている。同期した複数台のビデオカメラにより、対象とする現象の時間的な変化を計測する。

近年の電子機器の発達にともない、画像を直接パーソナルコンピュータに入力でき、処理できるようになってきた。例えば、2機のバルーンそれぞれにビデオカメラを取り付け、上空から対象の撮影を行い、計測をすることで、波の現地三次元計測が可能となる。この計測技術と著者らがすでに開発している PTV (Particle Tracking Velocimetry) を組み合わせることにより、ある瞬間の波の波高分布と流れ場を同時に計測することが可能となる。

本研究は、基礎技術として、カメラ位置が時々刻々変化するような2台のビデオカメラにより、同時刻に撮影された画像から、波のように動的な変化を伴う対象の三次元座標を計測するソフトウェアを開発した。

2. 三次元画像計測に用いた計測原理 三次元画像計測には、解析写真測量の原理の共線条件と光束の前方交会を用いた。

図-1 にステレオ画像法による三次元計測法の概略図を示す。理解を容易にするため、画像面をレンズ焦点 (O_1' , O_2') の前に移動して示した。実際には、画像はレンズ焦点の後ろにあり、画像のカメラ座標系と実空間における座標系は、上下左右反転した状態になる。

基本式を以下に示す。

$$x_p = -c \frac{a_{11}(X-X_0) + a_{12}(Y-Y_0) + a_{13}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0) + a_{32}(Y-Y_0) + a_{33}(Z-Z_0)}$$

$$y_p = -c \frac{a_{21}(X-X_0) + a_{22}(Y-Y_0) + a_{23}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0) + a_{32}(Y-Y_0) + a_{33}(Z-Z_0)}$$

X, Y, Z . . . 実空間における三次元座標

X_0, Y_0, Z_0 . . . 実空間におけるレンズ中心位置

$a_{11} \sim a_{33}$. . . ω, ϕ, κ により表される回転角

c . . . レンズ焦点距離

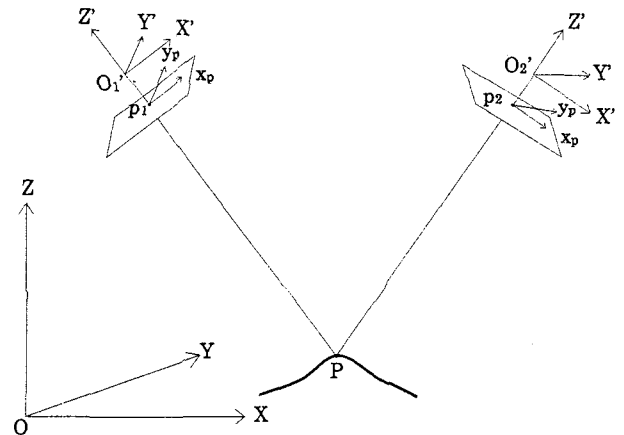


図-1 光束の前方交会

3. 作成したソフトウェア 本研究では、三次元

画像計測のために、カメラパラメータ推定プログラムと三次元座標測定プログラムの2つを作成した。上記のプログラムについての説明をそれぞれ以下に記す。

カメラパラメータ推定プログラム バルーン等の移動するプラットフォームに取り付けられたビデオカメラを用いる場合、その都度カメラパラメータを推定する必要がある。画像中に何点かの座標が既知となる標定点を写しておき、実測した三次元座標 (X, Y, Z) と画像上の二次元座標 (pixel 単位) からカメラパラメータを推定するものである。

カメラパラメータとは、実空間におけるレンズ中心位置 (X_0, Y_0, Z_0)、画像が水平状態からどのような角度で撮影されたかを表した回転角 (ω, ϕ, κ)、およびビデオカメラのレンズ焦点距離 (c) のことである。4点以上の標定点の三次元座標から最小自乗法により、カメラパラメータを推定する。

Ikumi HATANAKA, Takeharu ETOH, Kohsei TAKEHARA and Yasuhide TAKANO

三次元座標測定プログラム カメラパラメータ推定プログラムによって求められたカメラパラメータをもとに、画像中の二次元座標より、未知点の三次元座標を測定するものである。複数枚の画像における座標が未知となる対象の二次元座標 (x_p, y_p) では、それぞれに基本式が成立する。この基本式から最小自乗法を用いることにより、対象の三次元座標を測定する。

4. 精度実験 実験装置は、400mm×400mm の発泡スチロールに方眼紙を貼り付け、三次元座標を求める対象として釘を使用した。使用した釘は、撮影された画像中で釘の上部がはっきりとわかるように、上部を黒く、上部以外を白く塗った。撮影には、OLYMPAS CAMEDIA C-3030(2048×1536 画素)を使用した。

精度実験では、使用した 2 台のそれぞれのカメラにおける、レンズ光軸の交わる角度の変化による精度の変化についても調べた。一般的には、この角度が大きくなるほど精度がよくなるとされる。しかし、実際に計測を行う際には、計測点が多くなれば画像中での各測点の対応付けが困難となること、また角度を大きくすれば、波の計測の場合において、画面上で手前に写った波で、散布したトレーサーが隠れてしまうなどの問題が生じるため、角度を小さくしなければならない。よって、角度の変化による精度の変化を調べ、実際に計測を行う際に適した計測角度の検討をした。

精度実験の結果を図-2 として示す。 ε_{XY} は、XY 平面内における計測誤差の標準偏差、 ε_Z は、Z 軸方向における計測誤差の標準偏差を表したものである。計測誤差は、それぞれ実測した計測値と開発した計測技術により計測した値の差の絶対値を計測誤差とした。

Z 軸方向の標準偏差は、2 台のカメラがなす角度が大きくなるにつれ、指数関数的に減少している。また、ほぼ 30° 付近から標準偏差が収束してきていることから、角度の誤差への影響が小さくなっていると考えられる。X 軸方向、Y 軸方向の精度については、標準偏差に Z 軸方向のような指数関数的な変化はなく、角度は精度にあまり影響を及ぼしていないと考えられる。

5. 波の計測 実験は、38m×20m の平面水槽で行われた。撮影には、市販のビデオカメラを用いた。計測は、撮影されたビデオ画像を、704×480 画素のデジタル画像に変換して行った。キャリブレーションは、波の発生していない静水面で行われた。実験では、波高 5.0cm、周期 0.89s、入射角 20° の波を発生させた。トレーサーとして、直径 4cm のスポンジ状円形マーカーを用いた。

計測の結果の例を、図-3 に示す。この計測結果は、静水面を 0mm として示した結果となる。水面が最大となるところで約 65mm、最小となるところで約 -15mm の計測結果となった。

計測に用いた画像には、トレーサーが一樣に散布されている箇所が少なかった。そのため、計測に用いたトレーサー数が 13 個と少なくなり、局所的な計測結果となってしまった。今後、多くのトレーサーを計測したい箇所に、一樣に散布する方法を考えなければならない。また現在のところ、実際の波形と開発した波高分布計測技術により得られた波形との比較はできていない。今後、実際の波形と開発した波高分布計測技術により計測した波形を比較検討する必要がある。

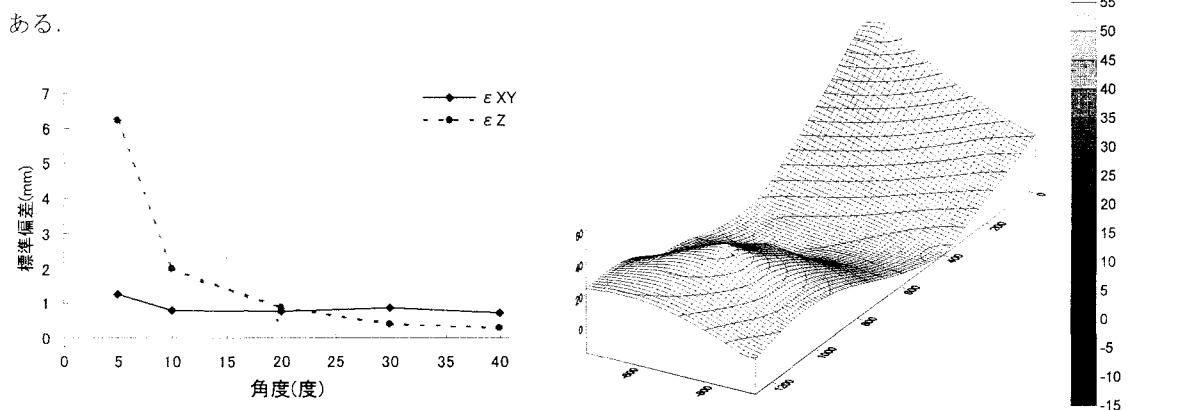


図-2 誤差の角度依存性

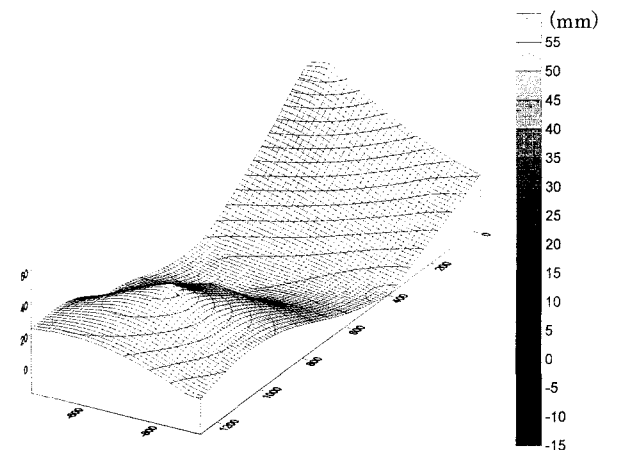


図-3 開発した手法を適用して計測した結果