

画像による3次元多点計測法の開発と応用（その1）

環境・エネルギー研究領域 海洋汚染防止研究グループ *星野 邦弘
 海洋開発研究領域 海洋資源利用研究グループ 湯川 和浩
 海洋科学技術センター 齋藤 昌勝
 宮崎大学工学部 機械システム工学科 川末 紀功仁

1. まえがき

海上技術安全研究所で実施される水槽実験や材料強度実験等の各種工学実験の計測対象とする現象の多くは3次元的な現象である。また乱流の様にその多くは時間的に複雑な変動をするものが多い。従ってこれらの計測では3次元空間で時間的にも次元を持った値として計測されるべきである。最近発展の著しい数値流体力学（CFD：Computational Fluid Dynamics）に代表される計算結果の出力情報量の多さに対して、実験結果の出力情報は計測空間内で数点というのが現状であり、計算結果と対比した時に実験の情報量の貧弱さが目に付く。本研究はこれらの現状を鑑みCFD等の数値計算結果の出力情報量に対応する3次元多点計測データを得る実験法を開発しようとするものである。

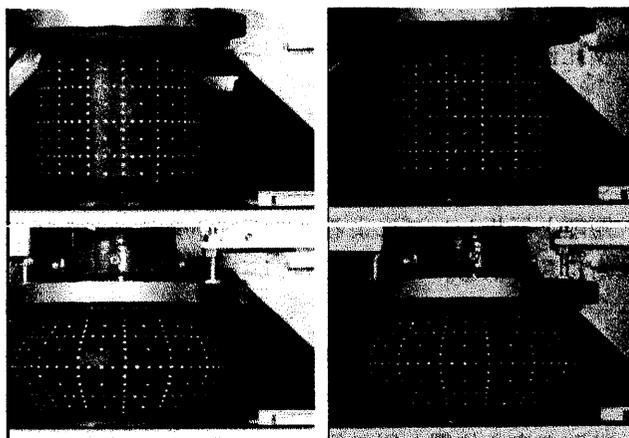
2. 各種計測法による3次元多点計測

海技研でこれまでに実施した画像処理による3次元計測手法について装置の概要を述べるとともに計測事例を示しその特徴と問題点を検討する。

2.1 ステレオ視による計測

メガフロートの係留用ゴムフェンダーの上下方向加振実験を行った際にフェンダーの3次元変形の奥行き方向変位を2台のカメラの視差で捉える所謂ステレオ視によって計測を行った。左右2台のCCDカメラによる取得画像の例を図-1に示す。左右のカメラ画像間のマッチングを容易にするために黒色の下地のゴムフェンダーに白い円形のマーカー点を白色の修正液で書き込んだ。図-2に計測したゴムフェンダーの3次元変形の計測例を示す。図中の丸点は計測位置であり、奥行き情報は色調の変化で示した。ステレオ視による3次元計測では如何に複数台のカメラ画像間のマッチングを正確にとるかが計測精度を確保する上で重要であり、今回のようにマーカー

点をつける方法は実際に計測する上で非現実的である。ダイオードレーザーによってドットマトリックスパターンを投影することによりマーカー点を与え



（左カメラ） （右カメラ）

図-1 ステレオ視による取得画像

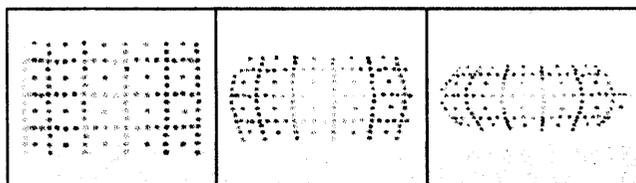


図-2 ゴムフェンダーの3次元変形（計測例）

る手法が有効と思われる。

3.1 円形シフト法による計測

円形シフト法は、共著者の一人である宮崎大学川末紀功仁助教授の考案による3次元位置計測手法である。円形シフト法の計測原理は、前述のステレオ視が2つのカメラの捉える対象物の視差から奥行きを求める両眼立体視（binocular stereo）と呼ばれる手法であるのに対して、一定速度で動くカメラで捉えた運動物体の見掛けの速度場オプティカルフロー（optical flow）から解析する運動立体視（monocular motion stereo）の原理に基づくものである。円形シフト法の計測装置の概略図を図-3に示す。屈折レンズ

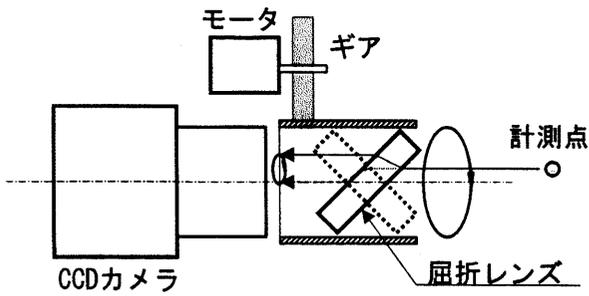


図-3 計測装置の概要

をカメラの光軸中心に傾けたまま高速回転させると、計測点はカメラの受像面上で円軌跡を描く。この円軌跡の径はカメラの焦点から計測点までの距離 z に反比例し次のような関係となる。

$$r = \frac{f \cdot d}{z} \quad (1)$$

ここで、 r は撮影された円軌跡の半径、 $f \cdot d$ は焦点距離と屈折レンズによる画像シフト量によって定まる定数である。

3次元物体にダイオードレーザーによりドットマトリックスパターンを投影し (図-4)、本装置を通して取得した画像を図-5に示す。図-5の画像から円軌跡の中心位置と円の径を算出することで計測点の X 、 Y 、 Z の3次元座標値の計測が可能となる。

海上技術安全研究所では円形シフト法による3次元計測システムを小型化して防水容器に封入した装置を製作し水中物体の3次元計測として係留ライン

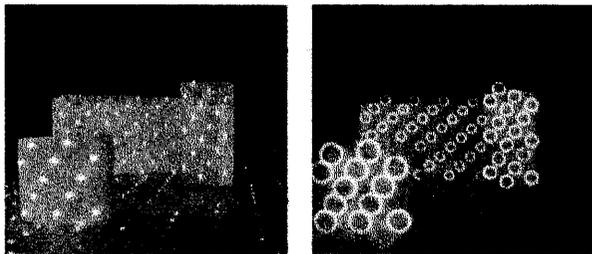


図-4 ドットマトリックスパターンの投影 図-5 円形シフト画像

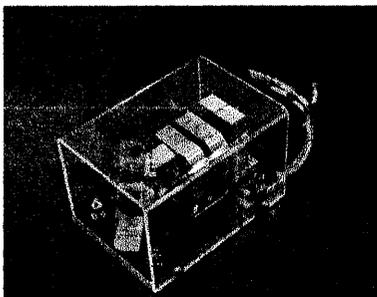


図-6 防水小型3次元計測装置

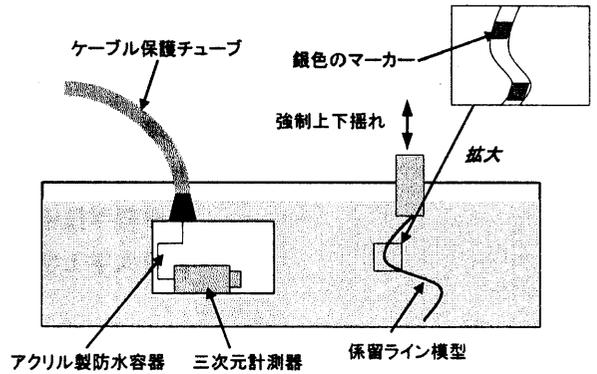


図-7 防水小型3次元計測装置による係留ライン挙動の計測

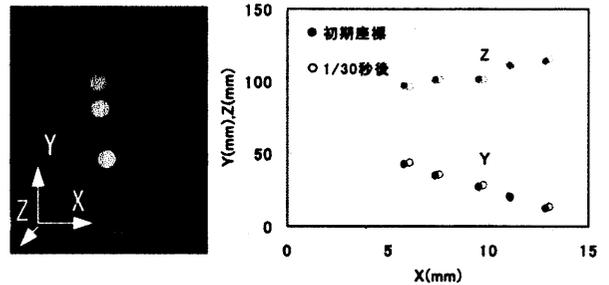


図-8 振動する係留ラインの形状計測例

の3次元動的挙動の計測を試みた。図-7に計測システムのセットアップ状態を示す。

図-8は振動する係留ラインの形状計測例である。ビデオカメラのフレームレート(1/30秒)での微小な移動距離が計測されている。円形シフト法では計測エリアによって屈折レンズの屈折率を適切に選ぶ必要がある。

3. あとがき

海上技術安全研究所ではこの他にも傾斜モアレトポグラフィによる自由表面の計測や3次元PTV、ピントボケ法等による3次元流場の計測も行っているが一般的な試験法として確立するまでにいたっていない。今後は研究所内の実際の研究テーマの中で様々な3次元多点計測にチャレンジして次世代実験計測法としての確立を図って行きたいと考えている。

本研究は宮崎大学工学部機械システム工学科との共同研究の一環として行われたことを付記する。なお、円形シフト法による係留ラインの挙動計測と解析プログラムの作成は宮崎大学大学院生 長友敏氏、装置の製作・調整については西日本流体技研の大宅雄一郎氏に多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。