

PS-6 自動追尾型測距儀を用いた船体運動の計測

流体性能評価系 *宮崎 英樹、柳 裕一朗

1. はじめに

模型船を用いて自由航走実験を行う場合には、模型船の位置情報が必要となる。海上技術安全研究所の実海域再現水槽では曳引台車の自動追尾機能を利用して、曳引台車が模型船を追従することで模型船の位置情報を取得することが一般的である。しかし、曳引台車の加減速性能を超過するような船体運動が生じた場合には、追従することが困難である。

当所の実海域再現水槽のような曳引台車の自動追尾機能を有していない水槽では、別の手段で模型船の位置情報を取得している。屋外の水槽であれば RTK-GPS (Real Time Kinematics GPS) など、屋内の水槽であれば超音波やインドア GPS などを用いて位置情報を取得している。国内では土木の分野で測量に使用する自動追尾型の測距儀を用いて位置情報を取得する方法が普及してきている。模型船の航跡と船速だけを取得したいのであれば、1 台の測距儀で計測が可能である。船首方位や斜航角まで取得したい場合には、2 台の測距儀で計測することとなる。国立研究開発法人水産研究・教育機構水産工学研究所では、2 台の測距儀を用いて模型船の位置情報の取得を行っている。

本研究では自動追尾型の測距儀を 3 台用いて模型船の位置情報のみならず模型船の船体運動まで計測を行う手法の検討を行い、船体運動を計測するシステムの構築を行った。

2. 自動追尾型測距儀

本研究で使用した測距儀はトプコン社製のトータルステーション (PS-103AS) で、使用したターゲットは 360 度プリズムである。使用した測距儀とプリズムを図 1 に示す。測距部の光源は赤色レーザーダイオードで、位相差測定方式で測定を行っている。測定可能範囲は 1.3~1000m で、計測精度は $(1.5+2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$ (D は測定距離) である。測角部はアブソリュート・ロータリーエンコーダー方式で測定していて、計測精度は 3" である。また、本測距儀は自動追尾機能を有しており、同軸光学系の画像演算処理方式を用いている。最大自動追尾可能距離は 2~600m で、最大自動追尾速度

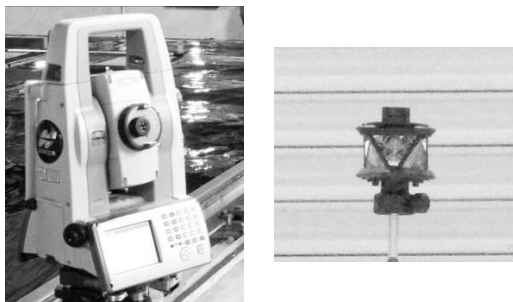


図-1 測距儀とプリズム

は 20° /秒である。

3. 船体運動の算出

船体運動を算出するためには、模型船上に設置した 3 つのプリズムの位置情報を計測する必要がある。陸上に設置した測距儀で計測されるプリズムの位置情報は、空間固定座標系 (EFA, Earth Fixed Axis system) での座標である。これらの値と事前に求めたプリズムの船体固定座標系 (GBA, General Body Axis system) での座標との関係から姿勢角 (オイラー角) を求めることが出来る。次に得られたオイラー角を用いて EFA から GBA への回転行列を求めて、その回転行列を用いて船体運動・角速度を算出する。

4. 船体運動の計測

4. 1 供試模型

船体運動を計測するためにプリズムを 3 つ搭載することを考えると、模型船は大きい方が計測は容易である。しかし、実海域再現水槽の曳引台車や造波機の性能から判断して、自由航走実験で本装置を用いる模型船の船長は 2m 以下と想定される。そこで本研究では計測が困難となるが以下の供試模型とした。供試模型の主要目を表-1 に、写真を図-2 に示す。

表-1 供試模型の主要目

Lpp (m)	1.68
B (m)	0.419
D (m)	0.254

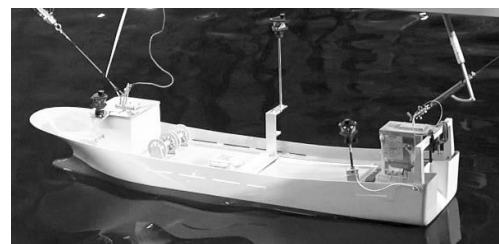


図-2 供試模型

4. 2 測距儀とプリズムの設置位置

自動追尾型測距儀を用いて模型船を追尾するためには、測距儀とプリズムの設置位置が重要となる。その理由は 1 つの測距儀の面角内に 2 つ以上のプリズムが存在すると、追尾のターゲットを誤認識してしまうことが多々あるからである。

模型船の航跡のみを計測したい場合にはプリズムを 1 つ搭載すれば良いので、船体運動で船体の影に隠れないような位

置に設置すれば良い。

模型船の航跡や船首方位、斜航角を計測したい場合にはプリズムを2つ搭載する必要がある。平水中の自由航走実験のように船体運動が比較的小さい場合には、2つのプリズムに高低差を設けてやることで誤認識を回避出来る。しかし、波浪中の自由航走実験のように船体運動が比較的大きい場合には誤認識が生じる傾向が大きくなる。

本研究のように模型船に3つのプリズムを搭載する場合には、プリズムの高低差だけでは誤認識を避けることは困難である。そのため、プリズムの設置位置だけではなく、測距儀の設置場所についても検討を行った。実海域再現水槽の北側には歩廊があり、測距儀を歩廊に設置すると水槽脇に設置した場合よりも4.5m程度高い位置から計測することが出来る。検討の結果、3台の測距儀のうちの2台を歩廊上に設置し、1台を水槽脇に設置することとした。ターゲットとなるプリズムの設置位置は、測距儀の設置場所ごとに最適な位置を模索した。

4.2 平水中での計測

自動追尾型の測距儀を用いて計測を行った場合の欠損率を確認するために、平水中で模型船に複雑な動きをさせて計測を行った。計測された航跡を図-3に、航跡から算出した船速を図-4に示す。

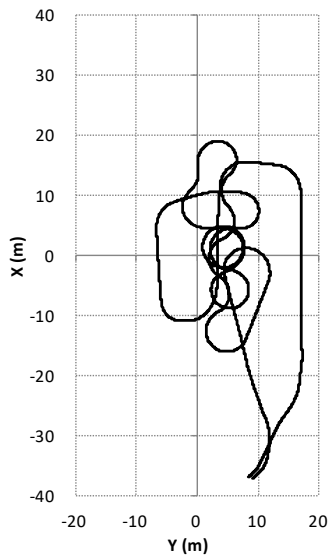


図-3 航跡 (平水中)

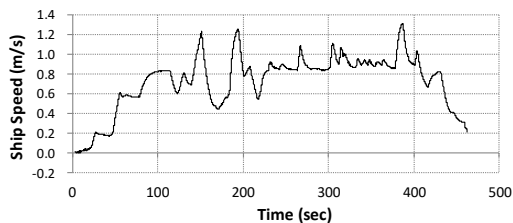


図-4 船速 (平水中)

本計測のサンプリング周波数は 20Hz である。計測開始から終了までの時間は 460 秒で、その間のデータの欠損はゼロ

であった。図中の航跡は計測データを用いているが、航跡データを時間微分して船速を求めると高周波なノイズが含まれた値となる。これは本測距儀の測距部の計測精度によるもので、測距儀から 40m の位置にあるプリズムを測定すると 1.6mm 程度の計測誤差が生じています。そのため、船速データについては 0.37Hz 以上の高周波成分を取り除いた値としている。

4.3 波浪中での船体運動

波浪中での自由航走実験を行い、測距儀の計測データから求めた船体運動と MEMS ジャイロでの計測結果との比較を行った。ピッチ角とロール角の比較を図-5に示す。測距儀の計測データから求めた船体運動を実線で、MEMS で計測されたデータを破線で示す。

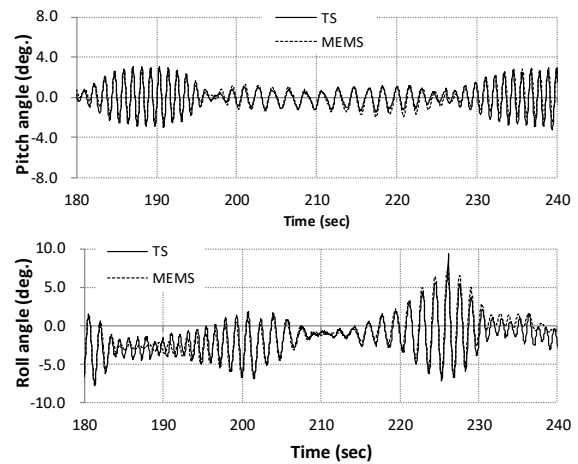


図-5 波浪中での船体運動の比較 (ピッチ角・ロール角)

両者に僅かな違いは見受けられるが、振幅・周期ともに良く計測出来ていることが確認された。

5. まとめ

自動追尾型測距儀を用いて船体運動の計測を行い、以下のような知見が得られた。

測距儀での模型船の位置情報の取得で最も問題となるデータの欠損率については、測距儀の設置場所とターゲットとなるプリズムの設置位置を最適にしてやることで抑制できることが確認された。

計測データから船体運動を算出すると計測精度に起因する高周波のノイズが含まれるが、適切なフィルター処理を行うことで実用的なデータが計測できることが確認された。

計測データから算出した波浪中の船体運動を MEMS ジャイロのデータを比較したところ、妥当な結果が得られていることが確認された。

本計測システムに対応した GUI プログラムを作成したので、今後は実海域再現水槽で活用していく予定である。