船の運動測定装置

茂 在 寅 男* 平 出 金 司**

Ship's Maneuvering Performance Measuring Equipement

Torao MOZAI and Kingi HIRAIDE

Abstract

This equipment accurately measures the bearing and distance of a transponder immersed in the sea using gyrocompass, radar, and rudder angle signals for the measurement. Based on this, each maneuvering performance of ship is automatically recorded and because of high accuracy of performance measurement at the time of trial.

This was an actual ship test performed on the Shioji-maru, ship of Tokyo Shosen University (Mercantile Marine University) at Tateyama of Tokyo Bay. This test mainly dealt with maneuvering test, turning trial, and measurable distance range test. Satisfactory results were obtained in the case of maneuvering test and turning trial, and the measurable distance test it was confirmed that the measurement is possible upto 16km.

1. ま え が き

近年急速に増大した海上運輸に伴う船の巨大化・高速化や航行船舶の増加等による航行海面の輻湊化のなかで海難事故を未然に防止するためには、造船技術や安全航行施設も勿論重要であるが、同時に船の操縦性能を正確に測定し、その性能を充分熟知した操船も極めて重要な事である。

このような背景からIMCOでは巨大船の安全性向上のため操縦性試験方法の基準を定め、これを規制又は勧告しようという動きがあり、我が国においても昭和45～46年の2ケ年にわたって、日本造船研究協会第一基準部会で電波計測機器によるこれら操縦性能測定の可能性について調査検討並びに実船実験が実施された。

船の操縦性能測定は船の巨大化にともない速力が整定するまでの助走距離の増大や浅水効果等に起因して、漁撈海域や航路から外れた沖合の広大な試験海面が要求されるようになった。このため速度試験はマイルポストより比較的試験海面の制約を受けない電波式船速度測定装置^①が実用化されているが、その他の旋回性能・隋力試験等は昔と変わらず流木による対水速度とジャイロコンパスによる船首方位とから算出されている。

一面、航行援助システムとして開発されたロラン・デッカシステムは相当な精度で対地船位が求められるので、これ等の機器を操縦性能の測定に利用するのも一方法ではあるが、精度を確保できる2組の双曲線（位置線）が得られる海面は極めて少く、加えて年や季節によって複雑に変化する潮海流を正確に測定する方法が確立していない以上、これ等装置によって得られた対地データを対水データに修正する必要がある操縦性能を測定することは難しい。

又海洋汚染の防止という国際気運の中で我が国でも海洋汚染防止法が制定され、従来の流木式測定も制約を受けているのが現状である。

このような状況から前記造船研究協会で調査検討したミレーダとブイで測定する方法、すなわち船の航海用レーダの電波に応答するトランスポンダをブイに装備し、これを海面に浮流させて潮流と同一運動させて、航海用レーダとブイ、すなわち船とブイとの相対距離・相対方位を計測して操縦性能を測定する方法は原理的に

* 正会員，東京商船大学（東京都江東区越中島2-1-6）

**正会員，光電製作所（東京都品川区上大崎2-10-45）

は従来の流木式と同一で潮海流の補正を必要とせず、しかも電子的に自動計測できるので測定省力化ばかりでなく人為誤差の混入がなく高精度の測定が期待できる。

この測定装置を(財)日本船用機器開発協会と(株)光電製作所で共同開発し、東京商船大学の練習船汐路丸で実船実験を行ったので報告する。

2. 測定装置の概要

測定装置の系統図を第1図に示す。図中破線部分は被測定船に装備された機器で、実線部分が開発した部分である。以下各部を簡単に説明する。

(1) トランスポンダ

上部に浮体を設け、海面でアンテナが直立する構造とし、3cm波の航海用レーダの電波を受信すると同時に42.59MHzの電波を発射するトランスポンダと電池を完全水密構造のきょう体に収納したものである。

(2) 測定機

ジャイロコンパス・舵角計からの信号と測定機の標準時計とから、船首方位・舵角・回頭角速度を電子的に計測すると同時に航海用レーダの電波発射からトランスポンダの応答電波までの時間を測定し且つその時のレーダアンテナの方位とから相対距離相対方位を測定、表示並びにプリントすると同時にこれ等の測定データをデータ処理機に供給する。

(3) モニタ

船がトランスポンダから離れ過ぎて測定精度が低下しないように監視するためのもので、船を中心としたPPIスコープ上にトランスポンダの位置を表示するものである。

(4) 回頭角速度計

1秒間当りの船首方位の偏位を指針型メータに指示させるもので、スパイラル試験の時操舵手の操舵指針とするためのものである。

(5) データ処理機

測定機からの測定データから作図機に必要なデータに変換処理するもので、例えば旋回力試験の場合、トランスポンダとの相対距離・相対方位とから直角座標に変換し且つ縮尺した信号を作図機に供給する部分である。

(6) 作図機

記録面250×250mmのXYレコーダでZ試験等のため2ペン時間軸駆動もできる記録機である。

本装置の各部の写真を図2に示す。

以上の構成から主として以下の操縦性能の測定が可能である。

(1) 旋回力試験	航跡
(2) 新針路試験	航跡
(3) 偏位測定試験	航跡
(4) 後進力試験	航跡 (又は時間対速度)
(5) 隋力試験	航跡 (又は時間対速度)
(6) Z試験	時間対船首方位・舵角
(7) 逆スパイラル試験	時間対舵角・角速度
(8) YRZ試験	時間対舵角・角速度

本装置の性能測定は3項で詳細に述べるがその結果、以下の仕様を満足する事が判った。

(1) 最大測定距離	6 NM
(2) 最小測定距離	100m
(3) 距離誤差	±30m

図1 系統図

図2 試作装置

- (4) 方位誤差 $\pm 0.2\text{deg}$
- (5) 最大舵角指示 $\pm 45\text{deg}$
分解能 $\pm 0.1\text{deg}$
- (6) 最大回頭角速度 $\pm 1.5\text{deg/sec.}$
分解能 $\pm 0.01\text{deg/sec.}$
- (7) 適用レーダ 3 cm波航海用レーダ
- (8) 記録
有効記録巾 250×250mm
(但し時間軸使用を除く)
記録縮尺 200・100・50・20・10mm/km
時間軸速度 60・30・10mm/min.

3. 性能試験

平塚

図3 陸上実験の位置

図4(a) 距離測定データ

図4(b) 角度測定データ

図 5 (a) 航跡記録

図 5 (b) 航跡記録

図 6 海上実験の位置

図 7 (a) 旋回力試験

距離並びに方位の測定精度は実際の測定条件に合わせるため海をはさんだ陸地で行い、海上実験は船の操縦性能測定と同じく装置を船に装備し、トランスポンダを海面に浮流させて行った。

3.1 陸上実験

神奈川県江の島の二見館の屋上（3階）にレーダと測定装置を設置し、図3に示す①～④の地点を予めADM-4型精密距離測定器で測定し、そこにトランスポンダを設置して距離並びに方位を測定した。

トランスポンダおよび測定機内の遅延時間は2.1 μ S で、これを①地点で補正し②～④の地点を測定した結果を図4(a), 図4(b)に示す。図の縦軸は測定回数であり、測定はレーダアンテナの一回転につき

一度測定される。又ぬれた砂浜にトランスポンダを設置した場合には海面に浮べた場合と距離並びに電界強度共に変らない事を確認した。

ここで距離が遠くなるに従い遠距離に測定されるのは電界強度の減少に従ってVHF受信機の遅延が増加する事に起因し指数関数的に誤差が増加する。しかし6 哩以内においては一次関数として補正しても問題ない事が判ったのでデータ処理機内で補正することにした。

又作図試験はトランスポンダを釣舟に搭載し、図3に示すように舟を移動させて行い、図5(a), 図5(b)の航跡記録が得られた。

3.2 海上実験

東京商船大学の練習船汐路丸のブリッジに本装置を設置し、図6に示す東京湾館山沖で旋回力試験、Z試験、測定限界試験を行い、それぞれ図7(a), 図7(b), 図7(c)の結果を得た。そして6 哩以内の海面で測定できる事が判った。

尚汐路丸のレーダは東京計器製18吋、尖頭出力 50kW、水平面指向性は0.9度、アンテナ回転周期は4.7秒、ジャイロコンパスは北辰電機製、HKr-K-C-1A 型、歯車比は360、舵角計の歯車比は3である。

図7(b) Z試験データ

図7(c) 測定限界試験

4. ま と め

トランスポンダと航海用レーダとジャイロコンパスおよび舵角計によって、トランスポンダを中心とした半径6浬の海域で、距離誤差 ± 25 m, 角度誤差 ± 0.2 度で測定できる事が判った、従って流木式と同じく潮流補正を必要としない操縦性能を全電子的に測定できる可能性を見出した。

今後実船実験を重ねる予定であるが流木式に比べ夜間や濃霧中でも測定できる利点とプロペラ回転数等も同時に記録して船の性能向上のための解析等従来困難とされていた資料を得る事もできる。

尚過日8万トンタンカーで実船実験したところ、旋回試験で流木式の測定と70mの相異がでたがいずれが正しいかの判定は難しいので他の測定方法も導入し今後実験を重ねる予定である。

終りに測定の立場から有益な助言を頂いた日本鋼管松村部長山本係長を初め日本船用機器開発協会技術委員各位、本装置の設計に協力頂いた日本船用機器開発協会浮田部長・光電製作所片山・大沢各位に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 安立電波：電波航法研究会資料 昭40.10.

質 疑 応 答

巻島 勉 旋回試験時に、板切れ方式と本方式とが食い違ったとのことですが、両者の喫水はそれぞれいくらですか。もし違えば、風のある場合、両者の流れ方は違うと思いますがこの点はどうお考えですか。

平出金司 1. 板切れは完全に海面に浮いており、トランスポンダは上部に浮体を設けたブイで、海面下約90cm海面上直径約2cm長さ3mのアンテナが突出しています。

2. 従って風の影響は受けるものと思いますが、当日は無風状態だったので原因はほかにあると考えます。又風の影響については船も受けますので相対的に今後実験で確かめ度いと思っています。

剣持庸一 1. 陸上に設置した bouy でうまくいくのに海上試験では誤差が大ではないか？ トランスポンダの温度特性、アンテナ姿勢など考慮されているか？

2. 記録はデジタルプロッタによるか、D—A変換するのか？

平出金司 1. トランスポンダの温度特性は0～50℃で変化なく、又6浬以内では風速10mまで測定精度に影響しない事を確めている。実船実験での両者（板投方式との）の相違は他の原因によるものと考えられます。

2. 測定値はすべてデジタル信号で得られますのでD—A変換し、X—Yレコーダに供給しています。