

練習船耕洋丸の操縦性試験について*

高島末夫・大村千之

On the Manoeuvrability Tests of Training Ship "Koyo-Maru"

By

Sueo TAKASHIMA and Kazuyuki ŌMURA

It is very important in the case of schem for other experiments to know accurately her manoeuvrability.

The authors have tested some problems on the manoeuvrability of training ship "Koyo-Maru". And the results obtained are summarized as follows:

1) Non-dimensional angular velocity (L/R) under stationary turning increases nearly in proportion to the her rudder angle (δ°). And saturation characteristic of her tuning ability at the maximum rudder angle not appears clearly.

2) Her speed reduction rate under stationary turning increases in proportion to rudder angle, and it amounts to about 50 % at the maximum rudder angle.

3) When her rudder angle is nil, the unstable loop band, about ± 0.5 degrees, is seen by her spiral test.

4) Her manoeuvrability index, T and K, can be easily determined by using an analogue computer with the data obtained from Zig-Zag tests, where T is a constant representing her quick response and K is a constant representing the turning ability. In the Zig-Zag tests under 15 degrees at rudder angle, the authors obtained the values which T is 5.25 sec and K, 0.071 $^\circ$ /sec.

1. 緒 言

通常の航海はもとより、漁労操業、海洋観測などにおいてはより優れた船の操縦性が要求され、現実においては本来その船が持っている操縦能力の範囲で各種の実験が行なわれている。したがって船の操縦能力を確実に把握し、また操縦能力の改善に努めることは操船上の参考ばかりでなく、船を使用する各種実験の範囲、内容を決める重要な要素と考えられる。

最近船の大型化とともに操縦性に関する理論もしだいに明らかになり、船の操縦性能試験方法も改善統一のきざしがみられる¹⁾。

*水産大学校研究業績 第563号, 1969年1月10日 受理.

Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 563.

Received Jan. 10, 1969.

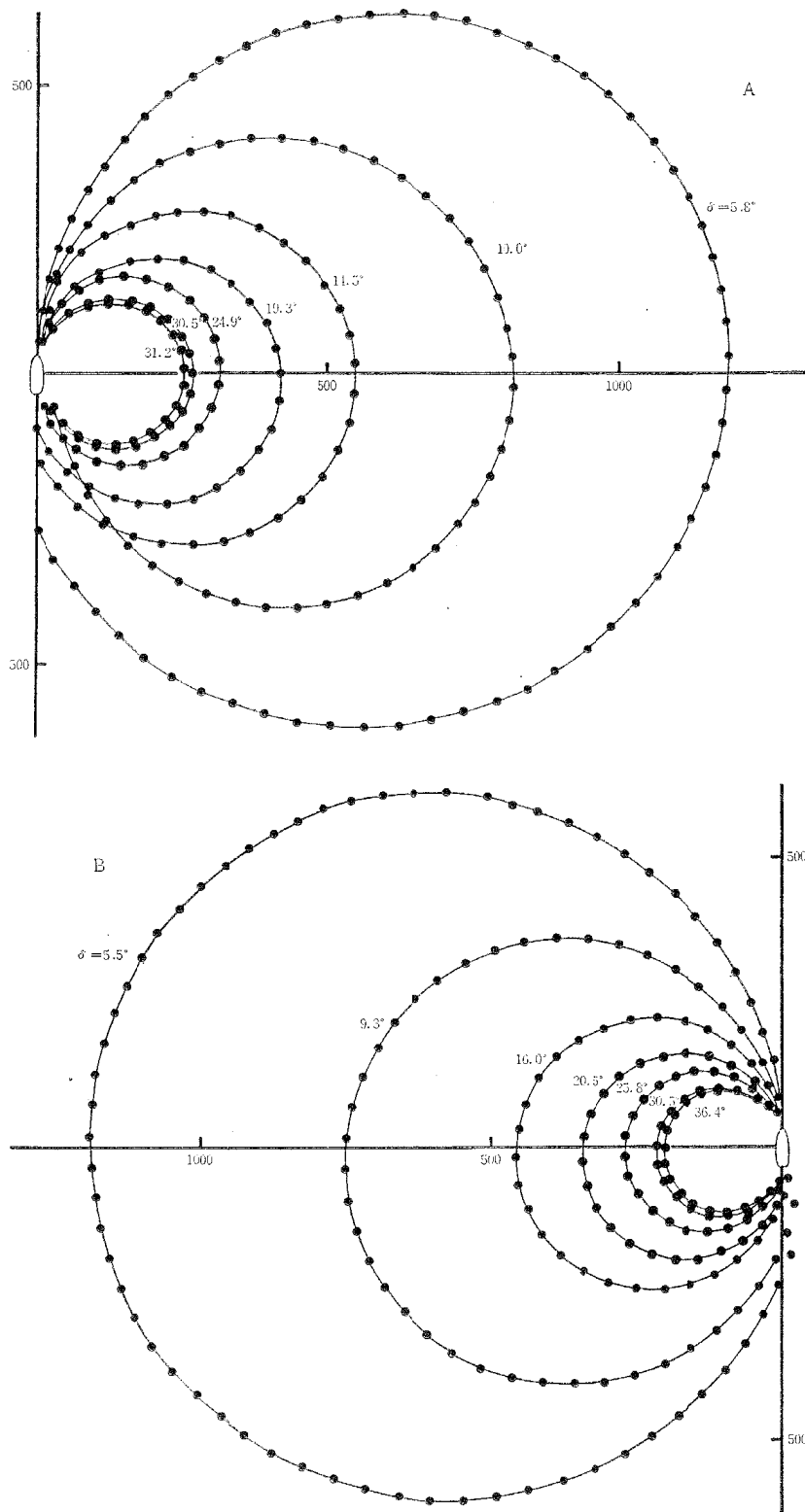


Fig. 1. The tracks in relation to the rudder angle(δ°) with scale in m.
 Note A : Starboard-side turning.
 B : Port-side turning.

今回以上の見地から本学練習船耕洋丸の操縦性に関する二、三の試験を行ない、その解析を試みたので結果を報告する。

2. 試験種類および試験時の状態

試験は操舵に伴う船の運動、すなわち(1)旋回性能試験、(2)スパイラル試験、(3)Z試験の3種類について実施した。それぞれの試験は1967年11月4日船内時1300～1700にわたり、水深約70mの北緯6度10分、東経107度50分の海上で行なつた。当時海況1、風力1、風向NEであり、船は船首喫水2.997m、船尾喫水5.004m、トリム2.007m後方、排水量1.680tcnであつた。なお船の速力および針路の変化はサルログ、ジャイロコンパスにより計測した。

3. 試験方法および解析

3.1 旋回性能試験

従来最大舵角の旋回試験は緊急の際発起すべきその船の最大旋回能力を知るためにきわめて重要なものであるが、小舵角を不規則にとる通常航海中の操縦性を知るためには不十分である。ここでは指示舵角を左右各5°、10°、15°、20°、25°、30°、35°にとりそれぞれの旋回径を計測した。

旋回中の速力と旋回性能特に旋回径の関係は議論の分かれているところであるが²⁾、この実験では旋回直前速力11.3kt(180R.P.M.)の一定速力で行なつた。計測方法は一定方位に定針したのち所定の舵角を発令し、同時にストップウォッチを押して時間の原点とした。その後5秒ごと(t)に回頭角θ、速力Vを読みとり記録した。原針路をOX軸、それと直角にOY軸をとり操舵発令位置を原点とする場合、船のピボットポイントの座標(X, Y)は

$$X = \int_0^t V \cos \theta dt \quad Y = \int_0^t V \sin \theta dt$$

で表わされる。ピボットポイントを重心より0.4L(L=船長)前と仮定して船の姿勢を記入し、重心位置を決定、5秒ごとの重心位置より旋回中の船の重心軌跡を求めた。その結果を第1図に示す。軌跡上黒点は10秒ごとの船の重心位置を示す。

回頭は操舵原点より45°にわたり計測し、原点における船首方位が一定でないために旋回中に弱い風潮を受け、計測終了時の原点からの位置が少し乱れている。同心円図を用い第1図の軌跡から各舵角θに対する定常旋回半径Rを求め、L/Rとθの関係を第2図に示す。ここでθは実際舵角である。

斜流を受けるサルログ指示速力の較正值に関する資料は少ないが、文献³⁾によると15°程度まではほとんど誤差なく20°付近で5～6%低くなる程度である。今回の実験では供試船の旋回角速度とドリフト角の関係は第3図のようになり、サルログ指示速力に与える斜流の影響は考慮しなかつた。

第2図に供試船の任意の舵角に対する旋回力の大きさ、大舵角での旋回力の飽和特性あるいは舵角と旋回運動に対する流体力学的線型性と針路安定性などの諸性質を示している。特にこの供試船の場合には大舵角まで線型近似で運動を表わすことができそうである。

船が直進状態から旋回に入ると舵、遠心力等の抵抗増加により速力は減少するが、定常旋回に入ると速力も安定する。第4図では直進中の速力に対する定常旋回中の速力の比を舵角ベースに表示してある。図より最大舵角で旋回に入り定常旋回になると直進中の約50%も速力が低下することがわかる。

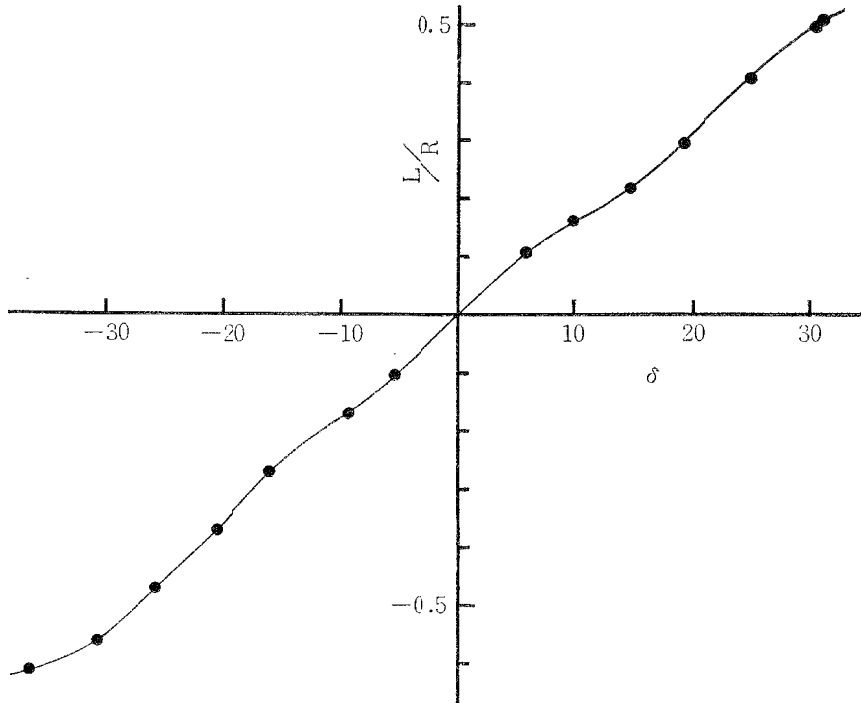


Fig. 2. L/R in relation to rudder angle (δ°).
 Note L : Ship length (m).
 R : Stationary turning radius (m).

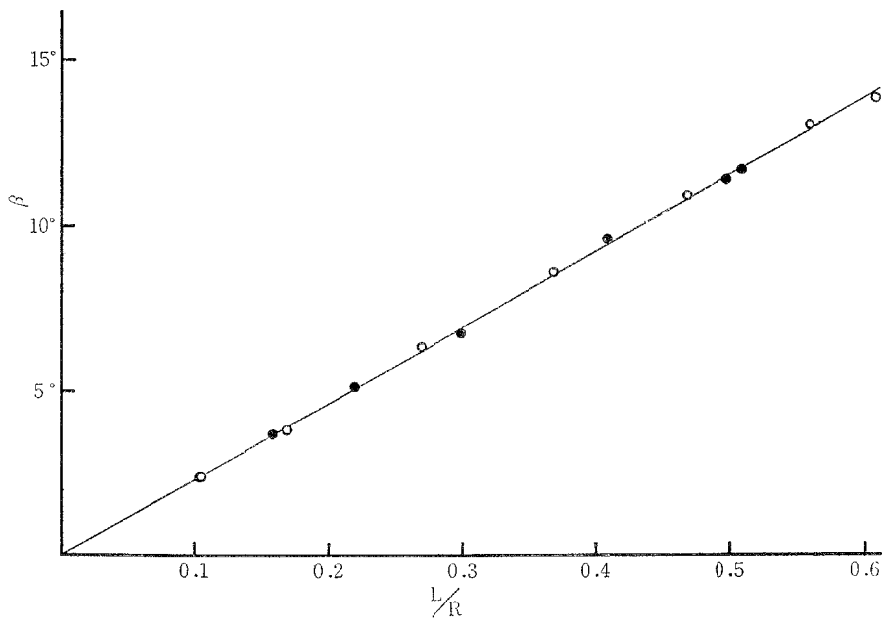


Fig. 3. Increase in drift angle (β°) with L/R .
 Note \bullet : Starboard-side turning.
 \circ : Port-side turning.

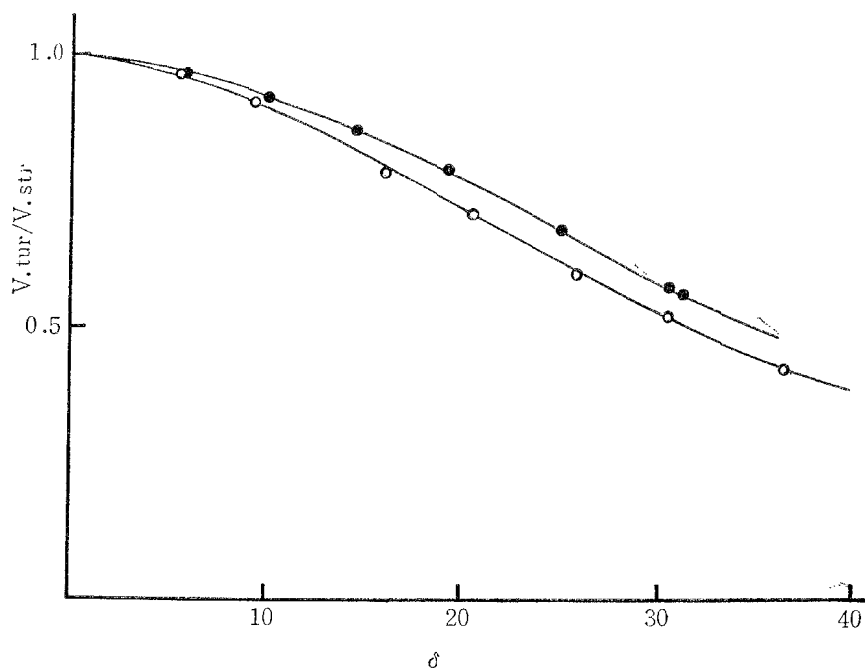


Fig. 4. A comparison of starboard-side turning with port one, in respect of the reduction in speed during stationary turning.

Note V_{tur} : Ship's speed in turning.
 V_{str} : Ship's speed in straight course.
 And other marks: See Fig. 3.

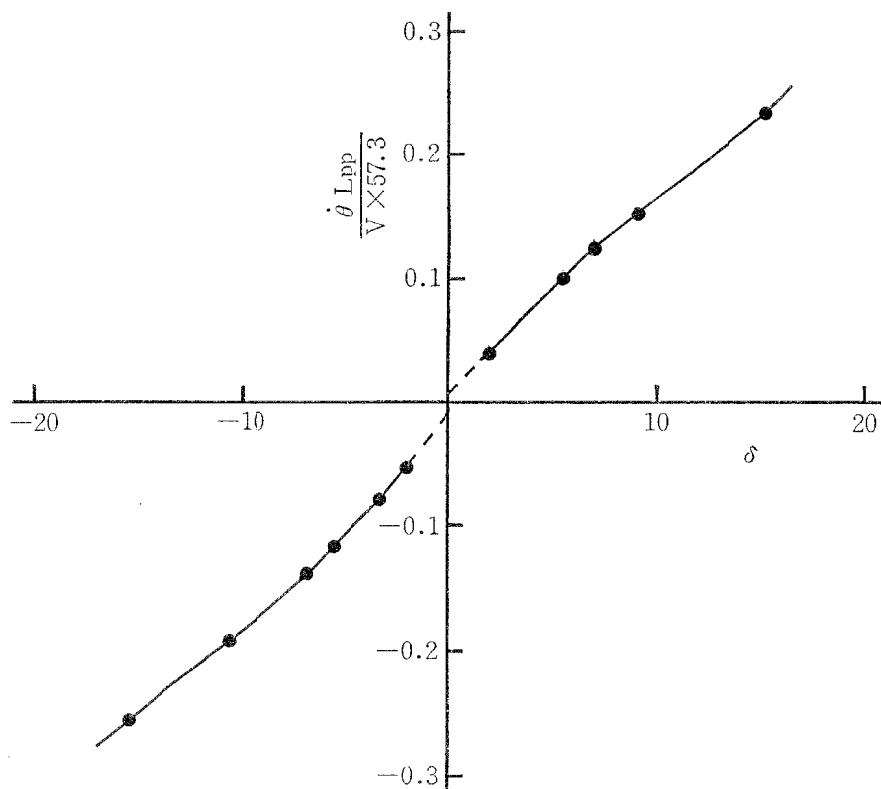


Fig. 5. Result of spiral test.

Note $\dot{\theta}$: Turning angular velocity (deg/sec).
 L_{pp} : Length between perpendicular (m).

3.2 スパイラル試験

旋回性能試験は全舵角に対する船の全般的な操縦性能を知るものであるが、現実の保針操舵の状況はむしろ 5° 以下の小舵角をあて舵として針路を保持している。このような小舵角を用いる通常保針の運動性能、すなわち舵角の比較的小さい範囲で、舵角に対する船の応答の程度とその性質を知るものがスパイラル試験である。

一定速力で直進中舵角を 15° にとり、回頭角速度が一定になるとその角速度を測定し、舵角を同じ舷へ 10° に戻し、再び一定の速度になったときの角速度を測定する。このように角速度が一定になると順次舵角を変化し、この実験では右 15° 、 10° 、 7° 、 5° 、 3° 、および左 2° 、 3° 、 5° 、 7° 、 10° 、 15° の各指示舵角11種類について行なった。

初期速力11.3 kt (180 R.P.M.) で、それぞれの舵角について5回頭角速度 $\dot{\theta}$ を計り、 $\dot{\theta} L_{pp}/V \times 57.3$ (ただし L_{pp} =垂線間長、 V =船速) で整理し舵角ベースに示すと第5図のようになる。

本来船体、プロペラ、舵などの流体力学的応力が船体中心線に対してわずかながら非対称であるため、舵角が0であっても直進しないのが普通である。今回の試験では舵角0付近での正確な計測ができなかったが、 $\pm 0.5^\circ$ 程度の幅をもつ針路不安定のループが見られる。この成因は前述の理由のほか、操舵機構の不必要な遊隙もその一因とみられる。この程度のループであれば通常の操船には問題にならないが、オートパイロットの最適調整の問題には影響するものと考えられ、この点については別の機会に報告する。

3.3 Z 試 験

従来、船の操縦性の表現は例えば舵効きが良いとか、旋回半径は船長の何倍とかいうようにばく然とした表現にすぎなかったが、最近操縦性理論の発展によりこれらを定量的に表現する方法が可能になった。

船の運動は流体力の複雑な作用で決まり、過去において多数の研究があるが、野本⁴⁾は船の運動に関する多くの流体力を考慮に入れ、 $T \frac{d\dot{\theta}}{dt} + \dot{\theta} = K\delta \dots \dots (1)$ なる簡潔な1次系近似で運動を表現した。ただし $\dot{\theta}$ =回頭角速度、 δ =舵角、 T =針路安定を表わす指数、 K =旋回力を表わす指数、

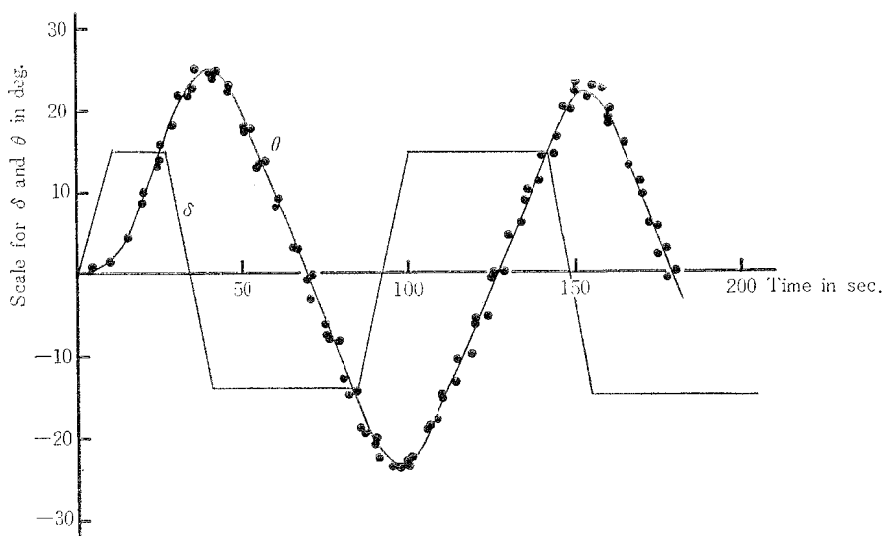


Fig. 6. Result of Z test with rudder angle (15°).

Note θ : Angle of ship's head,

δ : Rudder angle.

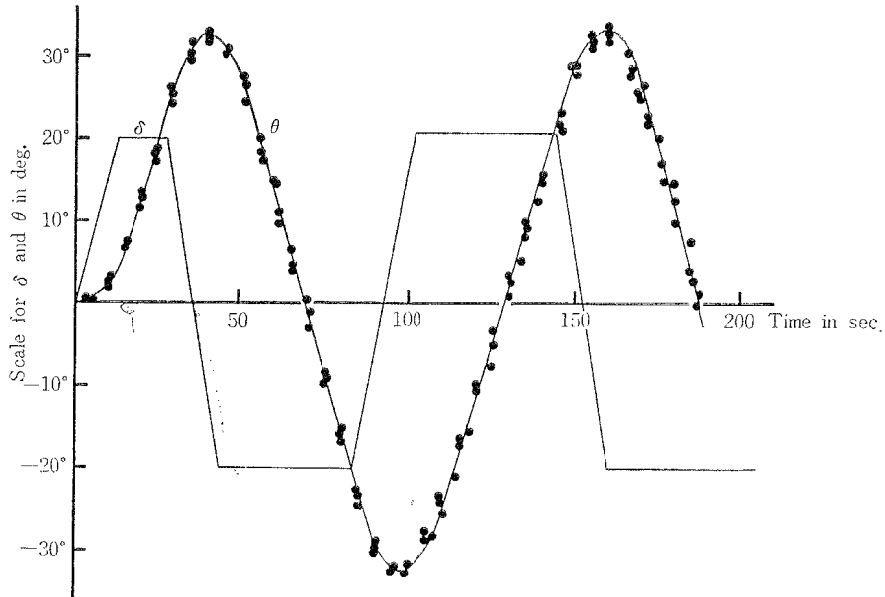


Fig. 7. Result of Z test with rudder angle (20°).
 Note Marks : See Fig. 6.

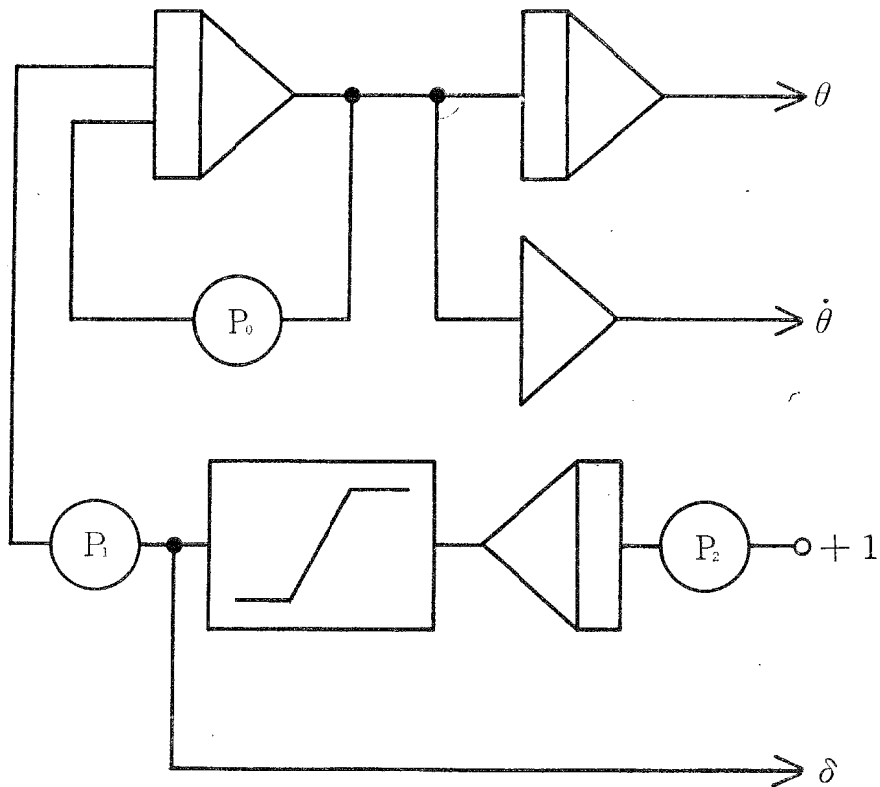


Fig. 8. Connecting diagram on an analogue computer so as to decide ship's manoeuvrability index T and K.
 Note $P_0 \sim P_1$: Potentiometer.

現時点では(1)式が完全に船の運動を現わすとは限らないが、 T 、 K の値がわかればそれを応用することによりより合理的な船の運用ができる。 T 、 K を求める方法は他にもあるが、ここでは Kemp の Z 試験により T 、 K を決定した。この試験方法は第7図に示したような計算、解析に都合が良い所定の舵角を入力として与え、それに対する船首方位の応答を取り出すもので、舵角の整定時刻、実舵角と船首方位の変化を5秒ごとに読みとり記録した。なお Z 試験に用いた舵角は指示舵角で左右各 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° の12種類に分け、各舵角3回ずつ実験を行なった。

Z 試験の結果の一部を第6図、第7図に示す。測定船首角にはいくらかばらつきが見られるが、これは角速度が大きくなった場合の測定上の誤差とみられる。

次に第6図、第7図などの実測船首方位の変化を満足するような(1)式の T 、 K を求める方法は、測定値を用い数値計算で決定することができる。しかしここでは MELCOM EA-7420 型アナログ計算機を用い、第8図に示すプログラムでポテンシャル P_0 および P_1 を調整することにより、解が実測値を満足するような T と K を得た。このようにして得た T 、 K を用いて船首方位を計算した値を第6図および第7図の実線で示す。

本来非線型項も含む船の運動を1次系近似で表現したために、より精密に計算した T 、 K の値を用いても、実測値には若干の誤差がある。これに対しアナログ計算機を用いると、 T 、 K の精度には機械的な制約があるが、第6図および第7図にみられるように、実用上きつつかえない程度の T 、 K をきわめて簡単に決めることができる。

舵角の大きさにより T 、 K の値は少し変化するが、供試船の運動特性を表わす平均的な舵角右 15° および 20° の場合の T 、 K の値は、 $T=5.25\text{sec}$ 、 $K=0.071^1/\text{sec}$ および $T=5.18\text{sec}$ 、 $K=0.070^1/\text{sec}$ となった。この T 、 K の値は船の運動を実用的に解析する上にきわめて価値があると思われる。

4. 要 約

練習船耕洋丸の舵に対する操縦性について、最近の試験方法により試験を行ない解析を試みたが、その結果を要約すると次のようである。

- (1) L/R と δ の関係は平均的に直線に近く、大舵角における旋回能力の飽和特性は少ない。
- (2) 定常旋回中の速力の減少は舵角に比例して大きくなり、最大舵角で約 50% に達する。
- (3) 舵角 0 付近で $\pm 0.5^\circ$ 程度の不安定ループ幅が認められる。
- (4) Z 試験の結果よりアナログ計算機を用いると、簡単に T 、 K の指数を決定することができる。 15° Z 試験結果、 $T=5.25\text{sec}$ 、 $K=0.071^1/\text{sec}$ 程度とみられる。

文 献

- 1) 造船協会試験水槽委員会、1966：巨大船の海上試運転施行法案の試案作製について、造船協会誌、442号。
- 2) 志波久光他、1959：模型船による最適舵面積の研究、造船協会論文集、105号。
宝田直之助、1961：実船解析による旋回性能の研究、造船協会論文集、110号。
- 3) 笹島秀雄他、1966：肥大船の伴流分布、造船協会論文集、120号。
- 4) 野本謙作、1955、1956：船の操縦性について、造船協会論文集、99号、101号。