

(昭和 46 年 5 月日本造船学会春季講演会において講演)

新しい旋回圏試験法とその実船実験

正員 広 田 実*

A New Method of Turning Circle Test and its Full-scale Experiments

by Minoru Hirota, Member

Summary

The new method of this report is to be named PAL-test, because it employs several Parallel Alignment Lines, in navigational words, transit lines. If we measure only two series of data, namely time points of transits with a stop-watch, and ship's headings by a gyro-compass, while an actual ship is under stationary turnings across PALs, we can determine turning characteristics: angular velocity, turning radius, tangent speed, drift angle, pivoting point, and reach, advance, or transfer, tactical diameter of the ship, which are necessary to calculate the ship's path.

Full-size experiments were carried out with a 360 GT training ship, and the usefulness of the method seems to be verified. Parallel quay lines along waterways in the Port of Kobe port, instead of PALs were employed, therefore, the experiments were partly unsatisfactory due to other ship's disturbances. The author proposes some plan of PALs to be constructed for public use.

1 は し が き

実船の旋回運動を解析するには、運動方程式中の偏角および旋回中の接線速度が重要であるにもかかわらず、簡便で有効な測定法が報告されていない¹⁾。対水偏角、対水速度はそれぞれ吹き流し、流木あるいは速度計によつて測定できるが、船体周辺の伴波の影響が複雑で、また正確な較正法がない難点もある。

ここでは地上物標の重視線（重なつて見える見透し線で、航海用語では transit line または alignment line）を船上より観測することにより、旋回中の航跡を幾何学的に決定し、最小自乗法を用いて角速度、旋回半径、接線速度、偏角、転心、およびリーチ、アドバンス、またはトランスファー、タクチカルダイヤなど航跡の概算に必要な諸特性値を決定する方法を報告する。この方法は平行導標（標柱）線による旋回試験法 Turning circle est employing Parallel Alignment Lines と呼ぶべきもので、略して PAL-test と名付けたい。

実船実験によればジャイロコンパスの調整に留意すべきであるが、測定は容易で、原理的にはストップウォッチ 1 個を用意し、定常旋回中に重視線の通過時刻と船首方位を記録するのみでよい。計算処理にはデジタル電子計算機が有効に利用でき、作図の必要性がない点にも特徴がある。

2 測定の原理と計算法

2.1 測定の原理

図 1 に示すように複数の物標▲▲を見透す重視線の真方位を B とする。船の定常旋回圏がこの線と交わる時刻を t_1, t_2 、その時の船首方位を θ_1, θ_2 とする。風潮の影響が無ければ、時刻 t_1, t_2 における旋回圏の接線の方位は $B+90^\circ-\alpha+90^\circ$ および $B+90^\circ+\alpha+90^\circ$ で、その平均は $B\pm 180^\circ$ となる。したがつて船上観測者位置での偏角を β_0 とすると次式で与えられる。

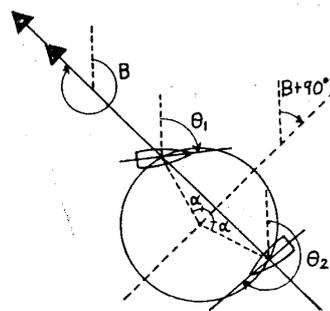


図 1 偏角の測定

* 神戸商船大学

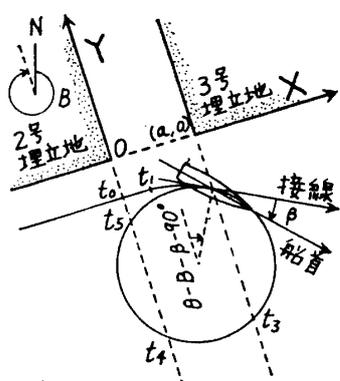
$$\beta_0 = (\theta_1 + \theta_2) / 2 - (B \pm 180^\circ) \quad (1)$$

重視線の方位は船の通過時に船のジャイロコンパスを用いて測定できる。逆に重視線の方位を海図より読み取って置けばジャイロコンパスの誤差を得る。

図2に示すように平行な重視線が与えられ、これらと交わる定常旋回圏が与えられたとする。観測者は船上にあつて、重視線を通る時刻 t_i と船首方位 θ_i とを順次記録する。平行な重視線間の距離が既知であれば、これらと4点で交わる旋回圏を決定できるので、旋回半径と回頭角速度から接線速度を決定できる。重視線間の距離は直進の速力試験で決定できるが、逆に距離を知って直進速力を知る目的に利用できる。

2.2 風圧流、潮流の影響の除去

海上における実験では風と潮の影響は避けられない。この実験法では、時刻と方位角と重視線に直角方向の距離とが測定できるが、これらから風圧流と潮流の流向、流速を独立に決定し除去することはできない。それ故、風潮の影響による偏流は旋回実験中の場所、時刻に無関係に一定と仮定して、計算によつて分離できるよう実験式を組んで置く。風による回頭モーメントは1旋回中に平均すると0になると仮定し、実験式には考慮しない。



X進入、舵角 $\delta =$, 基準方位 $B =$

時刻	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	...	t_n
船首方位	θ_0	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	...	θ_n
距離	0	a	a	0	a
X	モ	発動号					$V_0(t_i - t_0)$

図2 測定の原理 (+X進入)

図2において重視線の方位 B を Y 軸にとつて、これと直角に X 軸をとる。 Y 軸の方位を基準にとつて船の回頭角 ψ_i を表示すると

$$\psi_i = \theta_i - B \quad (2)$$

定常旋回中の回頭角は時間に対して直線で示される。

$$\psi_i = \omega t_i + \phi \quad (3)$$

定常旋回中の偏角 β は舵角 δ によつて定まる定数と考えられる。旋回圏の接線の方位は $\theta_i - \beta$ で、基準方位からの回頭角で表示すると $\psi_i - \beta$ である。風潮による X 方向の偏流の速度成分を u とすると、旋回中の航跡の X 座標は

$$X_i = \bar{X}_0 + ut_i - R \cos(\psi_i - \beta) \quad (4)$$

ここに \bar{X}_0 は $t_i = 0$ のときの旋回中心の X 座標である。又右旋回では旋回半径 $R > 0$ 、左旋回では $R < 0$ とすると後のデータ処理に便利である。

2.3 回頭角速度 ω と位相角 ϕ の決定

θ_i の測定には誤差があるものとして、誤差を ϵ_i で表わすと(3)式より

$$\epsilon_i = \psi_i - (\omega t_i + \phi) \quad (i = m, m+1, \dots, n-1, n)$$

m は定常旋回に入つた最初の測定番号、 n は最終の測定番号である。

$$\sum \epsilon_i^2 = \sum (\psi_i - \omega t_i - \phi)^2$$

として、 ω, ϕ を最小自乗法で決定すると、 $\frac{\partial}{\partial \omega} \sum \epsilon_i^2 = 0, \frac{\partial}{\partial \phi} \sum \epsilon_i^2 = 0$ より正規方程式は

$$\left. \begin{aligned} \omega \sum t_i^2 + \phi \sum t_i &= \sum \psi_i t_i \\ \omega \sum t_i + \phi(n-m+1) &= \sum \psi_i \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(5)式から ω, ϕ を決定したとき、残差、標準偏差の推定値を求めて置くことは重要である。これによつて個々の測定の異常誤差を検出したり、全測定の精度を推定することができる。(7)式の場合も同様である。

2.4 偏流、偏角、旋回半径の決定

観測者位置での偏角及び旋回半径をそれぞれ β_0, R_0 とすると

$$X_i = \bar{X}_0 + ut_i - R_0 \cos(\omega t_i + \phi - \beta_0) \quad (6)$$

$\psi_i' = \omega t_i + \phi$ と置いて、上の式を線型化すると

$$X_i = \bar{X}_0 + ut_i - R_0 \cos \beta_0 \cos \psi_i' - R_0 \sin \beta_0 \sin \psi_i'$$

ここで測定値 X_i に誤差あるものとして、最小自乗法によつて $\bar{X}_0, u, R_0 \cos \beta_0, R_0 \sin \beta_0$ を決定する。

$$\begin{pmatrix} (n-m+1) & \sum t_i & \sum \cos \psi_i' & \sum \sin \psi_i' \\ \sum t_i & \sum t_i^2 & \sum t_i \cos \psi_i' & \sum t_i \sin \psi_i' \\ \sum \cos \psi_i' & \sum t_i \cos \psi_i' & \sum \cos^2 \psi_i' & \frac{1}{2} \sum \sin 2\psi_i' \\ \sum \sin \psi_i' & \sum t_i \sin \psi_i' & \frac{1}{2} \sum \sin 2\psi_i' & \sum \sin^2 \psi_i' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{X}_0 \\ u \\ -R_0 \cos \beta_0 \\ -R_0 \sin \beta_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum X_i \\ \sum t_i X_i \\ \sum X_i \cos \psi_i' \\ \sum X_i \sin \psi_i' \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \beta_0 &= \tan^{-1}(R_0 \sin \beta_0 / R_0 \cos \beta_0) \\ R_0 &= \sqrt{(R_0 \sin \beta_0)^2 + (R_0 \cos \beta_0)^2}, \text{ ただし } R_0 \cos \beta_0 \text{ と同付号} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$|\beta_0|$ が 90° を越えることは考えられないので、 R_0 は上記の規則で舵角 δ と同付号にそろえられる。(7)式で決定すべき未知数は4個であるから、定常旋回に入つてからの測定値は少なくとも4個なければならない。通常8個程度あればよいであろう。

2.5 転心及び重心における偏角， 旋回半径

これまで述べた幾何学的方法によつて偏角， 旋回半径を決定すると， 観測者位置における値が得られる。観測者は測定中船内での位置を固定する必要があるので， flying bridge など周囲の見透しの良い位置にあることが望ましい。旋回半径と偏角が決定されれば， 転心， 重心位置における偏角， 旋回半径が決定されることは良く知られているので， ここでは他の方法について述べる。

図1に示したように， 1本の重視線を用いて偏角を求めると， 旋回半径が不明なので転心位置を決定することができない。この場合は船内の他の場所例えば船尾部にも観測者を置き， 2ヶ所の偏角の測定値から図3に示すような作図によつて近似的に転心， 及び重心での偏角を求めることができる。又偏角の方向が水流の方向であると考えて， 2ヶ所の水流方向に垂線を立て交点から旋回半径を推定することもできる。

後に実験の項で説明するが， ジャイロコンパスが不正確で偏角に定誤差があるとき， 2ヶ所の偏角の差と旋回半径とから転心を決定する可能性がある。又2ヶ所の測定値の整合の様子から測定の良い否を判定できるので， 2ヶ所で測定することは有効である。

2.6 その他の特性値の決定

船の回頭運動を一次系で近似するとき

$$\text{舵ききの定数} \quad K = \omega / \delta \quad (9)$$

$$\text{保針性の定数} \quad T = \{\psi(t_1) - \omega t_1 - \phi\} / k - \tau / 2 \quad (10)$$

ここに τ は操舵時間， t_1 は操舵号令を發した時刻である。定常旋回では速度の低下のため ω が小さくなり， 定常旋回の ω, ϕ より外挿して得た T は， Z試験または旋回試験の初期に注目した値より過小に見積られる点に留意すべきである。

$$\text{船の旋回中の接線速度} \quad V = R \cdot \omega \cdot \pi / 180 \quad (11)$$

$$X \text{ 進入} \begin{cases} \text{Reach} & \bar{X}_0 - (V_0 + u)(t_1 - t_0) \\ \text{Advance} & \bar{X}_0 - (V_0 + u)(t_1 - t_0) + R \end{cases} \quad (12)$$

$$Y \text{ 進入} \begin{cases} \text{Transfer} & \bar{X}_0 - (-b) \\ \text{Tactical Dia.} & \bar{X}_0 - (-b) + R \end{cases} \quad (12')$$

$$(13')$$

但し V_0 は直進中の速力， $-b$ は進入目標の X 座標。 X 進入では t_1 を時間の原点にとると式が簡単になる。

3 実験の要領

3.1 地上物標の選定

速力試験に用いる標柱のように， 地上で一定の距離を指示する物標を選定する。この間の距離は旋回直径より大きくてはいけないので通常のマイルポストより短距離である。平行線が2本のときはその間の距離が旋回直径の $1/\sqrt{2}$ であれば理論的に最も精度の良い測定ができる。突堤の平行な両岸， 兩岸の平行な水路， 或は壁面が平行に作られた上屋群などが利用できる。勿論この試験を目的として構築された導標， 標柱群であれば最も便利である。平行な基線群はなるべく多数ある方が精密な測定を少い旋回数で実施することができる。天然の地形では得られないが， 上記の平行基線群に直交する平行基線群があれば， 以下に説明する2回の実験を1回にまとめることができ更に便利である。斜交平行基線群でもよいが計算が複雑となる。

3.2 重視線に直角に進出 ($\pm X$ 進入: +starboard, -port)

図2に示したのは今回の実験に使用した神戸港の2号， 3号埋立地間の水路である。水路の奥に向けて岸壁に平行に Y 軸， これと直角に X 軸をとる。

X 軸に平行に船を直進させ， 手前の岸壁を見透す瞬間 (t_0) にストップウォッチを発動させる。水路の中央少し手前で (t_1)， 操舵号令 (図では面舵) を發令する。ついで見透し線を通過するごとに， 時刻 (t_2, t_3, \dots) と船首方位 ($\theta_2, \theta_3, \dots$) を連続記録する。記録はこれで充分であるが， 船首方位， 舵角， 速力の連続記録をとることが

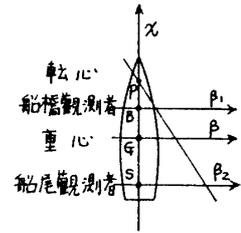


図3 転心の近似的決定

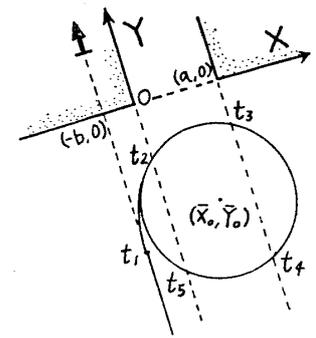
できれば、誤りを検出したり他の解析にも利用できて便利である。測定は通常2回半の旋回 (t_{11} まで) でよい。

3.3 重視線に平行に進入 ($\pm Y$ 進入)

図2のX進入ではX軸方向の変位のみ測定できるので、リーチ、アドバンスを得るが、トランスファ、タクチカルダイヤは求められない。図4に示すように岸壁上の物標をY軸と平行に望み、Y軸と平行な針路で進入し、陸岸より適当な距離で操舵命令を発し、同時にストップウォッチを発動させる。記録はX進入と全く同様である。

3.4 実験用具と注意事項

前項で述べたように船上の2ヶ所で重視線を観測した方が測定精度を見積る上で好都合であるから、ラップタイムの測定できる3針のストップウォッチを2個用意すると便利である。重視線通過時の相互連絡にはヘッドフォンによる専用電話線がよい。尚ヘッドフォンの電流をテープレコーダに入れ、会話を全部記録する方法もある。実験に先立ちジャイロコンパスの整定を確めて置くことは特に重要である。



Y進入 $\delta =$, $B =$

時刻	t_1	t_2	t_3	t_4	t_{11}
船首方位	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_{11}
距離	$-b$	0	a	a	a
X	モ					

図4 測定の原理 ($\pm Y$ 進入)

4 深江丸による実験

実験の概況 実験船深江丸の要目を表1に示す。船橋及び船尾観測者位置を側面図に記入して図5に示す。今回の実験では船尾観測者の眼高が低すぎたが、船尾部の構造上仮設床面を高くとることができなかつた。同船の操縦性能には非線型性は少く、操舵に対してすわりの良い船といわれている。但し同船は通常北向きに右玄付で岸壁繋留されている関係上、左玄水線下の汚染が激しく、いちじるしく非対称である。実験海域の水深は10~12mである。埋立地間の水路幅は西より160m, 300m, 500mの3種があり、岸壁の方位は共に353°であつ

表1 実験船の深江丸要目

学内実習用	総トン数	361.71トン	主 機	750 PS/720 rpm	(実験時状態)
近海区域	長さ L_{pp}	37.00m	主軸減速比	2.18	主 軸
主機ディーゼル	型 幅	7.80m	公試速力	12.8 knots	速 力
可変ピッチ	型 深	4.10m	基準喫水	2.684m	喫 水
単螺旋, 右回転	舵面積比	1/35.8	基準トリム	0.871m	排水量
バウスラスト付	スラスト穴	$D=0.61m$	$C_b=0.555, C_p=0.647$		ピッチ角
					20° 固定

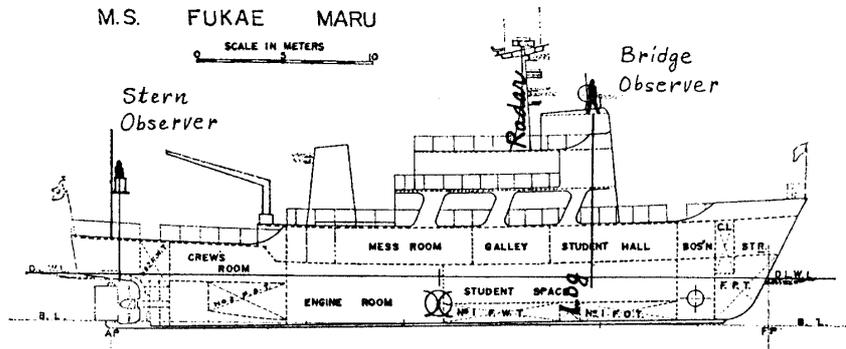


図5 実験船側面図

表2 深江丸による実験状況

月 年	進入速度	進入方向	観測位置	実験番号	回数	備 考
XI 1969	約 5.6 m/s	$\pm X$	船 橋	1'~ 8'	8回	予備実験 { 重心位置 R.P. より 18.2m 本実験 { 船橋観測者 27.0m 本実験 { 船尾観測者 0.4m
IX, X 1970	約 5.0 m/s	$\pm X$	船 橋	1 ~ 7	7回	
X, XI 1970	約 5.0 m/s	$\pm X$	船橋, 船尾	8 ~ 18	11回	

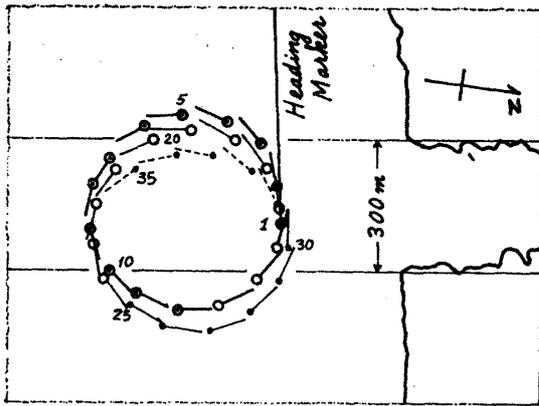


図6 レーダーによる航跡プロット ($\delta = -10.5^\circ$)

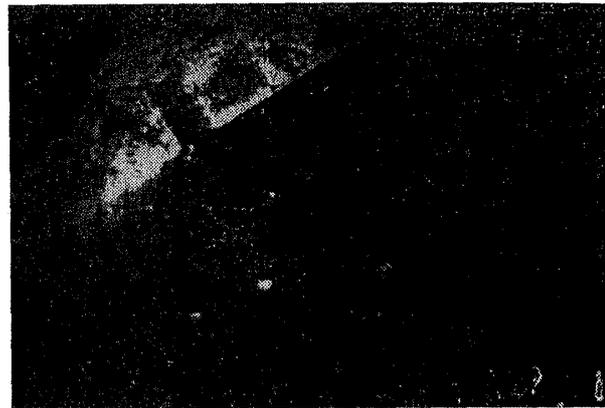


図7 (写真) レーダー写真の例 (No. 25)

た。風力は $0 \sim 8 \text{ m/s}$ で、波は静であつた。

実験状況を要約して表2に示す。実験は種々の制約から $\pm X$ 進入のみ実施した。44 年は予備実験で、45 年は本実験であるが、進入速力にも差があるので区別して扱う。実験船の主機回転数制御は正確で、又旋回による過負荷を避けるよう進入速力と、最大舵角を選んだので、旋回中回転数の低下はない。測定値のプロットはリーチ, T , 偏角を除いてよくそろつていた。

参考実験 本実験と並行して一部分はレーダ写真を取つた。図6に実験番号12 ($\delta = -10.5^\circ$, 水路幅 300 m) の航跡をプロットして示す。実験中偏流が大きく、 t_{10} , t_{11} が観測できなかつたことが分る。航跡の形、回頭角速度記録、速力計の指示などから t_5 (約 135° 回頭) 以後は定常旋回に入つていると考えられ、解析における最小自乗法は t_5 以後に対して行なつた。図中 No.1 は操舵命令発令時で、又 No.25 に相当するレーダ写真を図7に示す。旋回圏内の波が静かで、船首より出る発散波の外側の波が大きいことも分る。

グラフの説明 図8に δ と ψ の関係を示す。図中●は予備実験、○は本実験の測定値で、+は進入速力 5.0 m/s の Z 試験の結果を $\delta_r = 1.0^\circ$ だけ左舵角に寄せて記入したものである。Z 試験の結果とはよく合つているといえよう。図にみられる差は、進入速力が同一でも Z 試験の方が旋回試験より平均速力が大きいこと、Z 試験は左右舵角による非対称を検出できないことで説明できる。

図9に δ と船橋における L/R_1 の関係を示す。進入速力の影響は殆どない。図8, 9 には左右舵角の非対称があるが原因は不明である。

図10は船橋で測定した旋回中の速力低下である。測定値から実験式を作ると $V/V_0 - 1 = -\{(\delta - 2.5)/40\}^2$ となつて、実験を行なつ

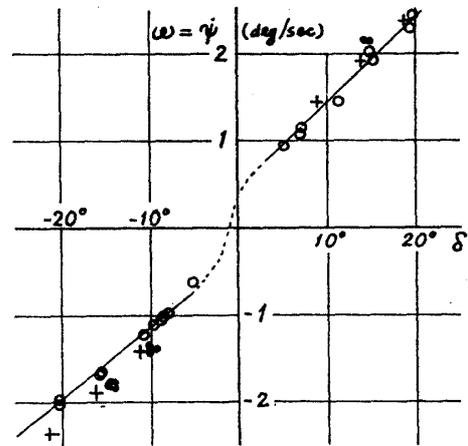


図8 舵角対回頭角速度

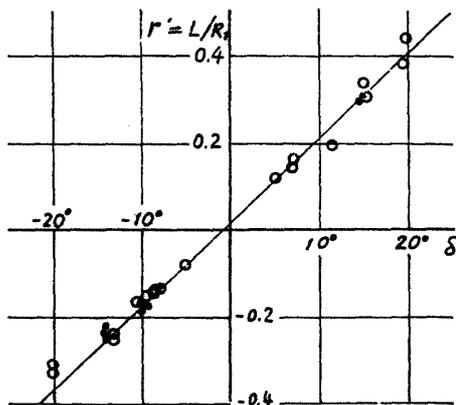


図9 舵角対船橋の旋回半径

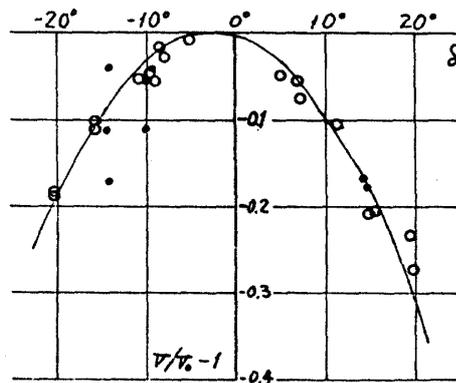


図10 舵角対船橋の速力低下

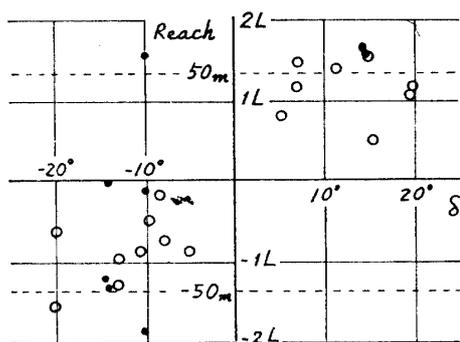


図 11 舵角対船橋のリーチ

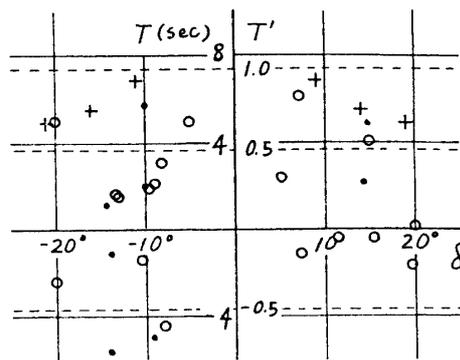


図 12 舵角対保針性指数

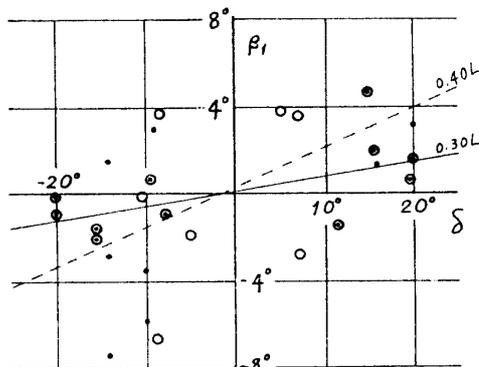


図 13 舵角対船橋の偏角

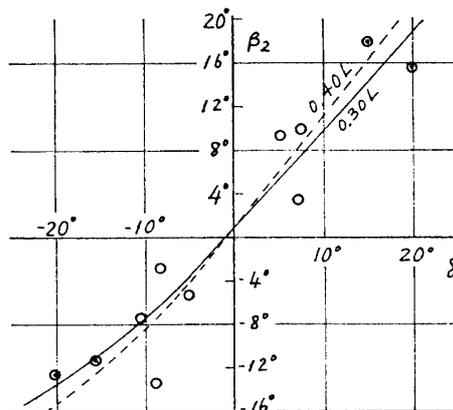


図 14 舵角対船尾の偏角

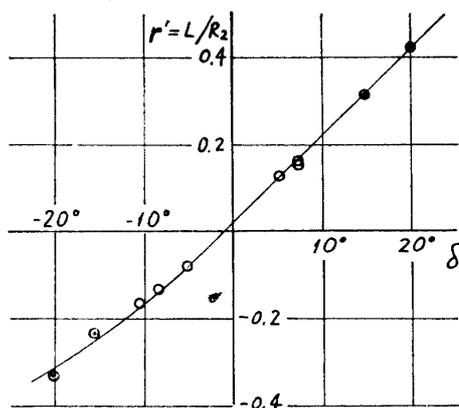


図 15 舵角対船尾の旋回半径

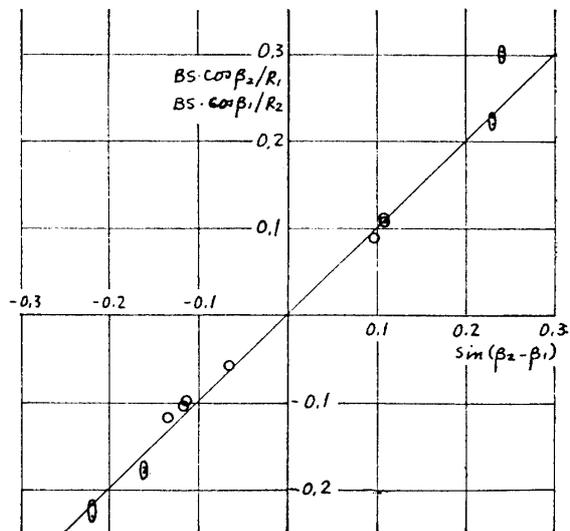


図 17 2ヶ所の測定値の整合判定

た $\pm 20^\circ$ ではよく合っている。速力低下から考えられる残留舵角は左舵角 2.5° で他の結果と著しく異っている。

図 11 は δ と船橋で測ったリーチとの関係で、リーチは本体 $1L$ 程度と読みとれる。図 12 は舵角と T の関係である。共にバラツキが非常に大きい。今回の実験では手動操舵を用いたが自動操舵を上手に利用することも考えられる。しかし根本的には進入針路が指定され、操舵発令も水路のほぼ中央と指定されるため、発令時の針路誤差と、回頭角速度及び舵角が 0 でないことが重なっているためと思われる。多数の平行基線群が得られれば、針路整定後に発令する余裕ができれば良い実験が可能となる。

転心位置の決定 図 13 と図 14 は δ と船橋での偏角 β_1 、および船尾での偏角 β_2 との関係を示す。図中 \odot はジャイロコンパスの整定に特に留意を払ったときの測定値で、他は確認しなかつたときの測定値である。共に

測定値のバラツキが大きく転心を決定することは困難である。

この実験では偏角及び旋回半径を2ヶ所で測定したものが含まれている。図9及び図15から明らかのように旋回半径の測定は再現性が高い。また偏角の誤差の原因が主としてジャイロコンパスの定誤差であるとする、2ヶ所の偏角の差をとつて定誤差を相殺できるので、次のような推論を加えてみる。図16に示すように転心P、船橋観測者B、重心G、船尾観測者Sが与えられ、2ヶ所の測定値 $\beta_1, \beta_2, R_1, R_2$ が与えられるとき、転心における旋回半径をXとすれば

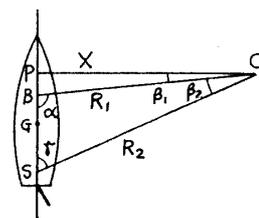


図16 船橋と船尾の測定値の関係

$$X = R_1 \cos \beta_1 = R_2 \cos \beta_2$$

$$\overline{PB} = R_1 \sin \beta_1, \quad \overline{PS} = R_2 \sin \beta_2$$

$$\therefore \sin(\beta_2 - \beta_1) = \frac{\overline{PS}}{R_2} \cdot \frac{X}{R_1} - \frac{X}{R_2} \cdot \frac{\overline{PB}}{R_1} = \frac{X \cdot \overline{BS}}{R_1 R_2} = \overline{BS} \cdot \cos \beta_2 / R_1 = \overline{BS} \cdot \cos \beta_1 / R_2 \quad (14)$$

上式に基づいて、 $\sin(\beta_2 - \beta_1)$ に対して $\overline{BS} \cdot \cos \beta_2 / R_1, \overline{BS} \cdot \cos \beta_1 / R_2$ をプロットすると、原点を通る 45° の直線上に並ぶと期待される。図17は2ヶ所の測定値を記入したもので、重なり合ったものは一点に、分離したものは2点をまとめて○で囲み示してある。この図から $\beta_2 - \beta_1$ は大きな誤差を含まない、従つて図13, 14の偏角測定値のバラツキは主としてジャイロコンパス定誤差に起因すると結論できる。

再び図16において、 $\triangle BCS$ に注目すると

$$\sin \alpha / R_2 = \sin \gamma / R_1 = \sin(\beta_2 - \beta_1) / \overline{BS}$$

$$\overline{PB} = R_1 \cos \alpha, \quad \overline{PS} = R_2 \cos \gamma \quad (15)$$

が成立する。しかしこの方法によつて転心を決定する試みは、偏角測定の際偶然誤差の影響を受け、 $\overline{BS} = \overline{PB} - \overline{PS}$ が成立しないため成功しなかつた。旋回半径が小さく、偏角の測定精度が高ければ成功するであろう。

結局図13の偏角測定値のうち、ジャイロコンパスの整定に特に留意した測定値を重視して、舵角と偏角の関係を求めると、同図に記入した直線関係が得られる。この直線関係と旋回半径とから転心を求めると、船橋観測者位置より約2.2m、重心より11.0m (0.30L) 前となる。この船は設計トリムが船尾にあつて、水線下側面重心が約1m後方にあり、傾斜船首及びバウスタスタ穴をもつので、通常の船より転心が後方に寄つていても不自然ではない。因みに0.40Lとなるとき偏角を計算して点線で記入して置く。舵角又は速度によつて転心が移動するかどうかは、これらの測定精度からは何とも結論できない。

実験後記 この実験に使用した重視線は構造が視認に不便であり、場所が港内にあつたことは種々の制約となつた。岸壁の両岸が水平であるため遠距離では視認が困難である。通過時に岸壁の片面が消滅してゆくときはよいが、出現時が予告なしに起きる欠点がある。以上のことは通常のマイルポストのように後方を高くした標柱を並べることで解決できる。港内にあるため、出入港船や通過船によつて実験船の行動が制約され、時には旋回圏が他船のプロペラ後流と交わつて測定値バラツキの原因になつたと思われる。実験船は繫留中ジャイロコンパスを停止し、出港前発動したが、このことがデータ解析を困難にした。又ログが故障中で速力計と測定値の較正ができなかつた。

最後にプロペラ軸より漏水があり、実験のため舵を交換する予定もあつて十分な測定値を得ないまま実験を終了したことは残念である。しかしこの実験方法が実用上有用であることが立証されたと思われるので報告する次第である。

5 む す び

結論 ここに報告した実験方法によつて、定常旋回中の実船の偏角、転心、接線速力等が決定できることが分つた。進入時の過渡状態については未だ不十分で、レーダを併用することにより実験方法に改良を加えたい。

提案 速力試験のマイルポストのように、何らかの機関において旋回圏実験用の重視線を設置、維持することが望まれる。その構成の一案として図18に示す平行基線群を提案したい。これらは速力試験標柱と一部兼用させると便利であらう。多数の重視線とその一部にコーナーレフ

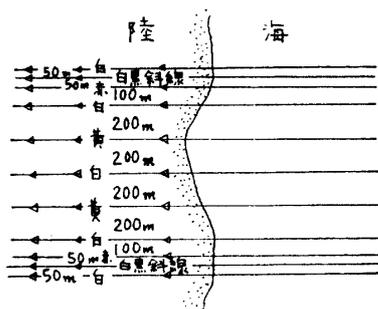


図18 中型船用平行標柱線群案

レクタあるいはトランスポンダを備えることによつて、定常旋回中の性能のみでなく、操舵発令後の過渡状態の測定も可能になるものと思われる。

謝辞 本研究にあたりご指導をいただいた広島大学の野本教授に感謝の意を表します。また実験にあたり種々の便宜をはかつていただいた本学の深江丸船長本田助教授と高橋助手及び実験の一部を援助していただいた松木助教授と烏野助手に深く感謝いたします。

参 考 文 献

試験水槽委員会操縦性分科会：巨大船の海上試運転施行案の試案作成について，実船操縦性試験法の標準，造船協会誌，442号（昭41年5月），p.205～219
