

M-19-3

47.4.7

No.

於海洋工学懇談会

半没水型フーティンク旋回式オーシャンプラットフォーム-4
の運動性能試験について

別所正利^{*}, 鈴木勝雄^{*}, 栗原信夫^{**}

内容

1. 目的
2. 模型の試験と種類
3. 結果と考察
4. 結論

参照文献

附図

* 防大 工学部
** 佳友重機

1. 目的

本方式のプラットフォームの特徴は流れに好して抵抗の小さい型を採用し得ると同時に、それを能動的に制御して全体を操縦し得るから位置方向制御機能は固定方式に比して格段に優れているであろうという点である。

又是回報機構は大変困難な問題を提設するとしても一方向プロペラは従来のものと合ると言う利点を有する。と言うのはこのような装置のプロペラは位置制御の最大推力が必要とされているが、通常のプロペラならば直径を大きくするだけで格別開発の要なく、容易に大推力を得る事が出来るからである。

本報告は本方式のプラットフォームが主として潮流中において位置と方位を制御する機能と性能を総論において、縮尺模型によって実際に各種の操縦をして、この機構の可能性を確認しようとしたものである。

その為には模型は無線操縦とし、定は2ヶ宛2組を夫々別の舵取機で動くものとし、4ヶのプロペラで前進させるものとした。

これによって各種の操縦運動を試し、又現在船で行われているような旋回、2-操舵試験等を行ってその大畧の操縦性指数を求めた。

又これらの実験に附随して重心を定める為の傾斜試験、動揺、抵抗、自航試験等を行った。

なおここでは運動性能のみ取扱うが、この場合は実物との相似則はフルードのそれであるから次の関係がある。

量	長さ	重さ	時間	速度	力	角度無次元量
実物	100	10 ⁶	10	10	10 ⁶	1
模型	1	1	1	1	1	1

2. 模型と試験の種類

模型は合成樹脂製で足は2ヶ宛の組とし、2ヶの舵取機で別箇に無線操縦出来るものとした¹⁾。実施した試験は次の通りである。

項目	試験	目的	状態	水槽	データ表	備考
動揺性	傾斜	重心査定	軽荷・満載	A	別冊 K-1~3	
	自由上下	周期と減衰	" "	"	} 0-0~12	
	"縦横"	" "	" "	"		
操縦性	定常旋回	旋回半径	" " *	C, D	5-0~14	定回転 b-方式
	Σ-操舵	操縦性指数	" " *	D	Σ-0~34	* 定回転中心2種
	平行移動	斜行性	満載	D	—	定回転 a-方式
其他	波浪中	位置制御性	"	B	—	
	潮流中	" "	"	A	—	

註1) 水槽とその大きさ

A: 防大回流水槽 幅1.2m × 奥行2部長を約6m

B: " 動揺 " " 2.5m × 長さ5m × 深2m

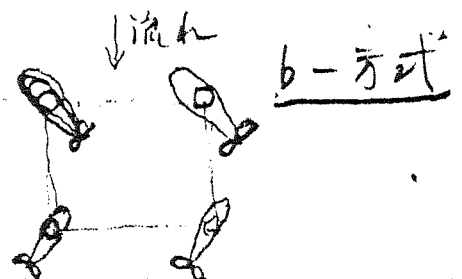
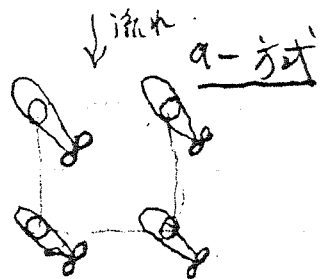
C: " 飛込ゴール " 2.5m × 2.5m

D: 種波口大水槽 3.5m × 長さ50m

2) 定回転 a-方式とは足をすべて同時に同方向に動かす方式。(下図)

b-方式とは前後2ヶ宛同方向で前後の組は逆向きと在るもの、操舵以外はすべてこの方式で試験した。

3) 試験要領, データ解析表は別冊, 抵抗, 自航試験は別報³⁾。データ中モーター電圧と速度の関係は別冊 M-10。



3. 結果と考察

i) 重心 について.

最初に 重心 を求める 為 に 傾斜 試験 を 行つた。
その結果は K-0 に まとめて 示してある。

満載時 は 妥当な 値を 求め る 事 が 出来る が、軽荷
時は 少し 傾いて いる フッティング の 水 線 面積 が 大きく 変るので
妥当な 値 が 得られ ない。

この 為 に 空中 で 重心 を 求める 試験 を 追加 した。

軽荷時 の ヨセニター は 傾斜角 に よつて 大きく 変るので、これを
あらかじめ 計算 して 置か なければ "傾斜 試験" を しても あまり
意味 が ない。又 この 場合 安全性 も 問題 になる から
後 原力 計算 は 是非 と も 必要 である。

重心 位置 は キール 下面 より 以下

満載時 17.7 cm

軽荷 " 23.5 cm

となつた。

本型 の 重量 配分 の 点 から 軽荷時 の 値 は、これ 以上 17.7
以下 に も 動か しよう の ない 値 なの で すべて この 値 で 実験
する 事 と した。この 状態 で フッティング 内 の バラスト タンク
の 一つ に 漲水 すれば 略々 満載 状態 に なる よう 計画
した ので、両 状態 の 重心 の 移動 は 略々 この タンク 内
の 水 の 重量 に 基づく もの と なつて いる。

ii) 自由上下揺れについて

重心を求めた後、自由上下、縦、揺ゆれ試験を行ない、 δ m/m フォルムに於て、それを読みとり、同期と減衰を求めた。
自由上下揺れの運動方程式は、

$$(1+k_2) \frac{W}{g} \ddot{Z} + N_2 \dot{Z} + \rho g A_w Z = 0 \quad \dots \dots (1)$$

W : 排水量, $W = \rho g V$, V : 排水容積

k_2 : 上下動附加質量係数

N_2 : 減衰, $-N_2 = 2\pi (1+k_2) W/g$, n : 解析表の記号

A_w : 水線面積

ρ : 水の密度, g : 重力の定数

Z : 上下動変位, ドットは時間微分

T : 固有同期, $\omega = 2\pi/T$, ω : 固有角

と与えられるとすれば"同期"の計測値から

$$\omega^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{\rho g A_w}{(1+k_2) W/g} \quad \dots \dots (2)$$

の関係によつて k_2 の値を求めた事が出来る。

又波無し同期 (波の強制力の乏なる波長の同期) は略々固有同期に等しい⁽²⁾ので、その推定値と求められる。
その波長は次式で与えられる。

$$\text{波なし波長 } \lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad \dots \dots (3)$$

減衰のデータは反射波等の影響ありとまよふものではないが、一定 N_2 を一定と見なし、その平均値を半減ゆれ数 (つまり振幅が半減する回数 $= \log_e^2 / nT$) に直して示す。

結果は次表のようになる。(L: 全長 75cm)

状態	W	$\rho g A_w$	$A_w L / V$	T	半減ゆれ数	$1+k_2$	λ
満載	12.68 kg	31.42 kg/m	1.87	1.55 sec	4.90	1.48	3.74 m
軽荷	9.73	56.88	4.38	0.80	2.58	0.90	1.00

軽荷時の k_2 は 重くなって是合が悪いがこれは水線面積が大きく変化する要素を考慮に入れている為であろう。又実際にはその為重力揺れが多かたしている感じである。

減衰係数の値はあまり信頼のおけるものではないが渦抵抗のようなものがかなりの部分を占めると思われるので実物ではこれらの値より小さくなるものと推定される。

この点は 縦揺れ、横揺れ についても同様である。

iii) 自由 縦、横揺れ について

同様にして 縦揺れの周期と減衰を求めた。

運動方程式は

$$I \ddot{\theta} + N_0 \dot{\theta} + W \overline{GM} \theta = 0 \quad (1)$$

$I = \frac{W}{g} x^2 L^2$: 慣性モーメント, xL : 慣性半径

L : 全長 : 175 cm

\overline{GM} : x タセ=タ一高さ : 実測値を用いた。

N_0 : 減衰, $N_0 = 2n I$, n : 解折数の記号

θ : 揺れ角

λ : 同調周期に対応する波長, $\lambda = \frac{gT^2}{2\pi}$

T : 固有周期

固有周期はやはり

$$\omega^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{W \overline{GM}}{I} \quad (2)$$

と与えられる故 どれから n が求まる。

フック=グが同軸対称ならば"縦揺れと横揺れは同じであるが今の場合はそうならない"。

しかし満載時は略を同じと考えられるので縦揺れのみ計測した。

又船の横揺れと違って、前後ゆれ、左右揺れとの併成が

大きいので(1)式は重心のまわりの運動方程式と考えては具合が悪く、揺揺れの中心のまわりのものと考えておくべきである。
その中心は重心と浮心の中間であると考えてよかろう。

状態	W	GM	T	χ	判定中数	ρ
満載 縦ゆれ	12.68 kg	16.11 cm	2.19 sec	.585	3.72	750 cm
軽荷 縦ゆれ	9.73	39.41	1.47	.614	1.32	388
	"	32.85	1.47	.561	3.40	388

iv) 操縦性について.

b-方式のフッティ=3"操縦をした時の操縦運動の方程式は⁵⁾

$$T\ddot{\psi} + \dot{\psi} = K\delta, \quad \dots \quad (1)$$

T (sec): 操縦性指数; 舵角をとつた時の応答の速さを表わす.

K (1/sec): ... ; 旋回性を示す.

ψ : 方位角.

δ : 舵角.

フッティ=3"に作用する流体力の²⁾回転中心に働くところと.

$$T' = T \frac{V}{L} = \frac{(2\chi')^2}{(\frac{2}{3}\delta)} \left\{ \frac{2}{3} \frac{L}{L_c} \frac{\nabla}{AL_c} \right\}, \quad \dots \quad (2)$$

$$K' = K \frac{L}{V} = \left(\frac{\alpha}{\frac{2}{3}\delta} \right) \left\{ \frac{8L}{3\sqrt{2}L_c} \right\}, \quad \dots \quad (3)$$

L_c : 旋回中心 距離 65 cm

A: 浸水部 側面積

$\chi'^2 = \frac{J}{\rho L^2 \nabla}$, J: 垂直軸まわりの慣性モーメント.

$$\alpha = \frac{C_L}{2AV}, \quad C_L: \text{浸れ部の揚力係数}, \quad \frac{v}{V}: \alpha \text{ の迎角}$$

$$\gamma = \frac{1}{4}(\alpha + C_D), \quad C_D: \text{抵抗係数}$$

$$\text{又} \quad \frac{K'}{T'} = \frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{(2V')^2} \left\{ 2\sqrt{2} \frac{ALC}{V} \right\}, \quad \dots (4)$$

実験的には 2-操舵試験により、 K, T を求める事が出来るが K については又定常旋回半径から求める事も出来る。この時は (1) 式において $\dot{\psi} = 0$ であるから

$$\begin{aligned} K &= \frac{\dot{\psi}}{\delta} = \frac{V}{\delta R} \quad (\delta: \text{in rad.}) \\ K' &= K \frac{L}{V} = \frac{L}{\delta R}, \quad R: \text{旋回半径} \end{aligned} \quad \dots (5)$$

となる。

実験については 模型が小さく重量制限もきつたので 舵取機構も市販の模型用のものを流用した為が多少あり トルクも不足意味で全般的に精度が足りず、又計器も乗せる余地がなかつたので 記録はすべて 8mm フィルム 撮取りとしたが、一般にデータのバラつきは大きかつた。

又水槽幅が 3.5m と小さかつたので小舵角の定常旋回は出来ず、これは屋外プールの場合を示すか風流に流されていったのと、又調整試験中のデータなので信頼性に乏しい。

解析の結果をまとめて示すと 2通りの通りであつて、定常旋回から得る K 値と 2-操舵によるものとはよくあつた。ことから見ても、データのバラつきも拘わらず、かなりの信頼性があると思われる。

操縦性指数

(足-操舵試験より)

定回転中心位置	状態	舵角	K'	T'	K'/T'
NORMAL	軽荷	10~20°	2.02	.0846	23.9
	満載	"	1.27	.0574	22.2
FORE	軽荷	12.5	2.01	.0608	33.0
	満載	20, 12.5	1.70	.1277	13.3

(定常旋回試験より)

足位置	状態	舵角	旋回半径	K'	速度
NORMAL	軽荷	5°	2.63 m	3.27	.44 w/s
	"	20	1.04	2.06	.16~.29
	満載	5	2.15	4.01	.20
	"	30	1.10	1.32	.16~.20

- 注1) 定回転中心位置 Normal は略々浮心位置
FORE とはそれより 3cm 前方。
2) 足位置 FORE の定常旋回は舵取遅延による不定の爲か
うまく出来なかつたのでデータを取つていない。

全般的に言つて、当初の予想に比して、随分と保針性はよく (フッティングが継長の爲である) 実際は操縦は楽であった。足舵利きは左右非対称であったが、これは残機の不備によるものか、本来的なものかよく判らない。
定回転中心を前へずらした目的は保針性を増す (T' を大きくする) 事であったが表に見る通り満載時は確かに T' が著しい増加を示している。(軽荷時は逆に T' が減るがこれはデータが一つしかないの故に信頼性に乏しい)
実際に操縦した感じでは仲々舵が利かないう印象が強くあつた。

勿論これは「他取残」のトルク不足にせよ(因)があるので「軽荷」に判り断ずるわけにはゆかないが、いづれにしても水の力の中心が中心を遠くす「れる」着定を回転させるトルクが大きくなって實際上不利となる事は明らかなので実験は早々に打ち切った。

いづれにしても船に比して大きく異なる点は、Tに転じてKの大きい事で(船の場合K/Tは1のオーダー)あるが、これは今の場合フッティングがすべて船の役割をしてゐる事から考えて妥当な結果であろう。

そこで、2の実験値を(2),(3),(4)の推定値と比較して見よう。

α, γの実験値はなにか

$$\left. \begin{aligned} \alpha &\doteq 2 C_D \doteq 2 \\ \gamma &\doteq \frac{3}{4} C_D \doteq 3/4 \\ \alpha' &< 0.5 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

の程度と考えられるので、それぞれの式の中に入力値の中を計算してみると下表のようになつて、

状態	W	A	ALC/Δ	(K') $\frac{\sigma}{3\sqrt{2}} \frac{L}{L_c}$	(T') $\frac{2}{3} \frac{L}{L_c} \frac{\Delta}{ALC}$	(K'/T')
満載	12.68 ^{kg}	.1656 ^{m²}	8.486	2.18	.0907	24.0
軽荷	9.73	.1276	8.524	2.18	.0903	24.1

実験値との対応は非常によいと言えよう。

従つて更に定の流体力諸係数を求める実験を行へば、操縦性能の推定はより正確に行へるのである。

又小舵角のテストは行なへなかつたけれど、初場合の進路安定性には疑問が持たれるので今後調査の要がある。

4. 結論

以上のようにして、自由動揺試験から上下、縦横揺れの固有周期と減衰を求め、定常旋回、2-操舵試験から操縦性指数を求めた。

次のような点を要約して見ると

- 1) 重心査定、動揺試験と艀存状態ではフットイングが水に思えかくれやすい状態にある為注意が必要である。
- 2) 動揺の減衰は実物では模型より小さいと見なければならぬ。
- 3) 操縦性指数は簡単な推測値と大体一致する。
- 4) b-方式による操縦性は良好である。
- 5) フットイング/回転中心を前にすると保針性は向上するが、応答が速くなり全般的に操縦性は悪くなる印象を受けた。
- 6) 小舵角のテストは出来なかったが、針路安定上問題がありそうに思われる。
- 7) a-方式で平行移動は可能であるが方位を保つにはやはりb-方式を加えなければならぬ。
- 8) 潮流中、波浪中でも、フットイングが波、流れに立っている時はフットイングの回転数と舵角によって手動で方位・位置を保つ事が出来る。

なお今回は子舵は全然操作しなかったが、直進時等にはこれを少し調整する事で僅かな針路の変更が可能である事は判った。

以上

参考文献

- 1) 模型仕様書
- 2) 「半浸水型位置制御方式 オーシャン・プラットフォーム (2) 流体力学的検討」 昭和三十九年6月
- 3) 「半浸水型 洋上プラットフォームの耐抗試験について」 昭和三十九年11月
- 4) 日機連海洋機器開発委「位置安定装置つき半浸水型洋上自衛力制御システムの開発に関する調査報告書」 昭和三十九年5月
- 5) 造船学会 操縦性能に関するテキスト
 第1回 昭和三十九年11月
 第2回 " 45年 "

日付 1/17

17/3

NO B-4-2

旋回試験

航 / 防大70-M

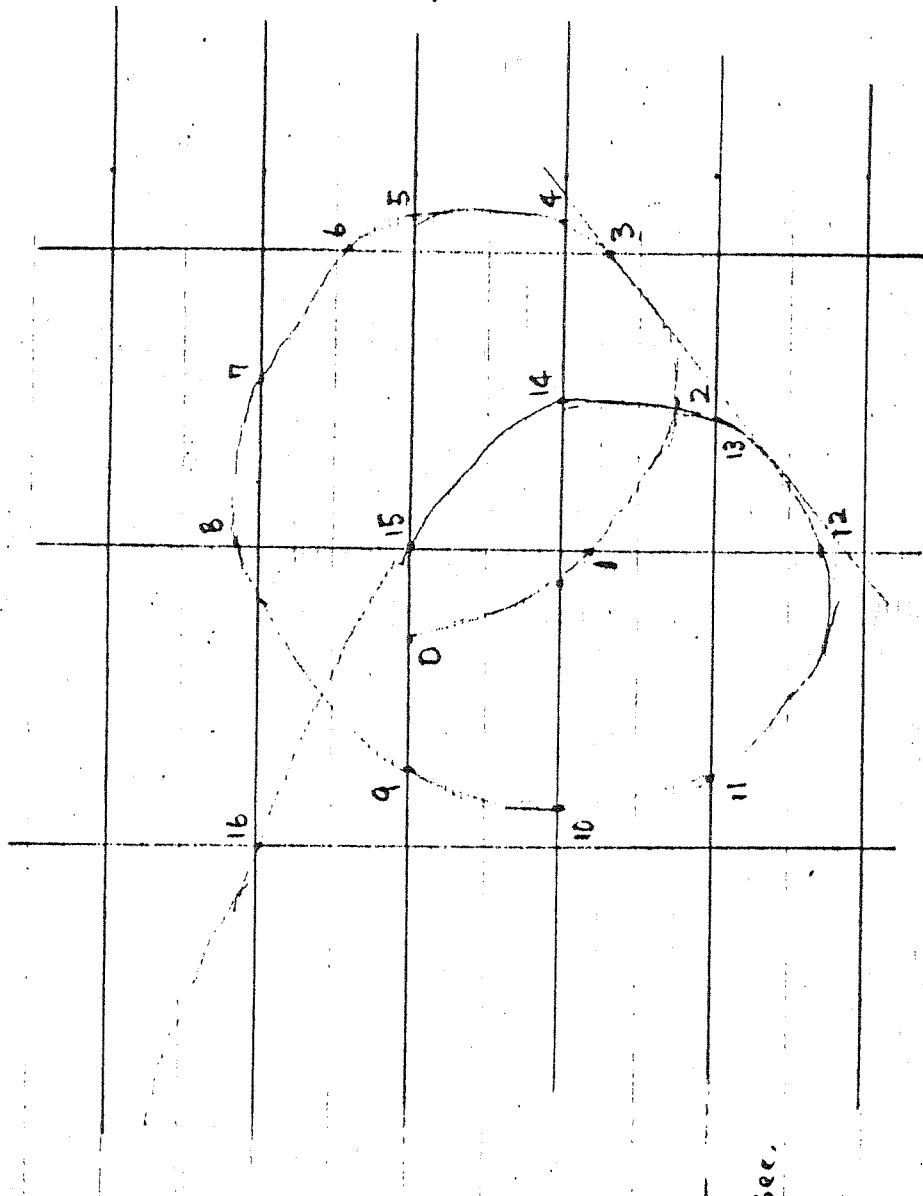
軽荷

E =

航中

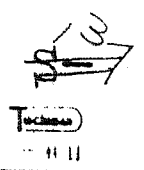
20°

V = .340 m/sec R = 1.66 m



位置	所要時間 (sec)
0 ~ 1	4.1
1 ~ 2	3.8
2 ~ 3	4.6
3 ~ 4	1.5
4 ~ 5	3.2
5 ~ 6	0.9
6 ~ 7	3.0
7 ~ 8	3.0
8 ~ 9	4.5
9 ~ 10	2.3
10 ~ 11	2.5
11 ~ 12	6.0
12 ~ 13	4.6
13 ~ 14	3.8
14 ~ 15	4.1
15 ~ 16	5.5

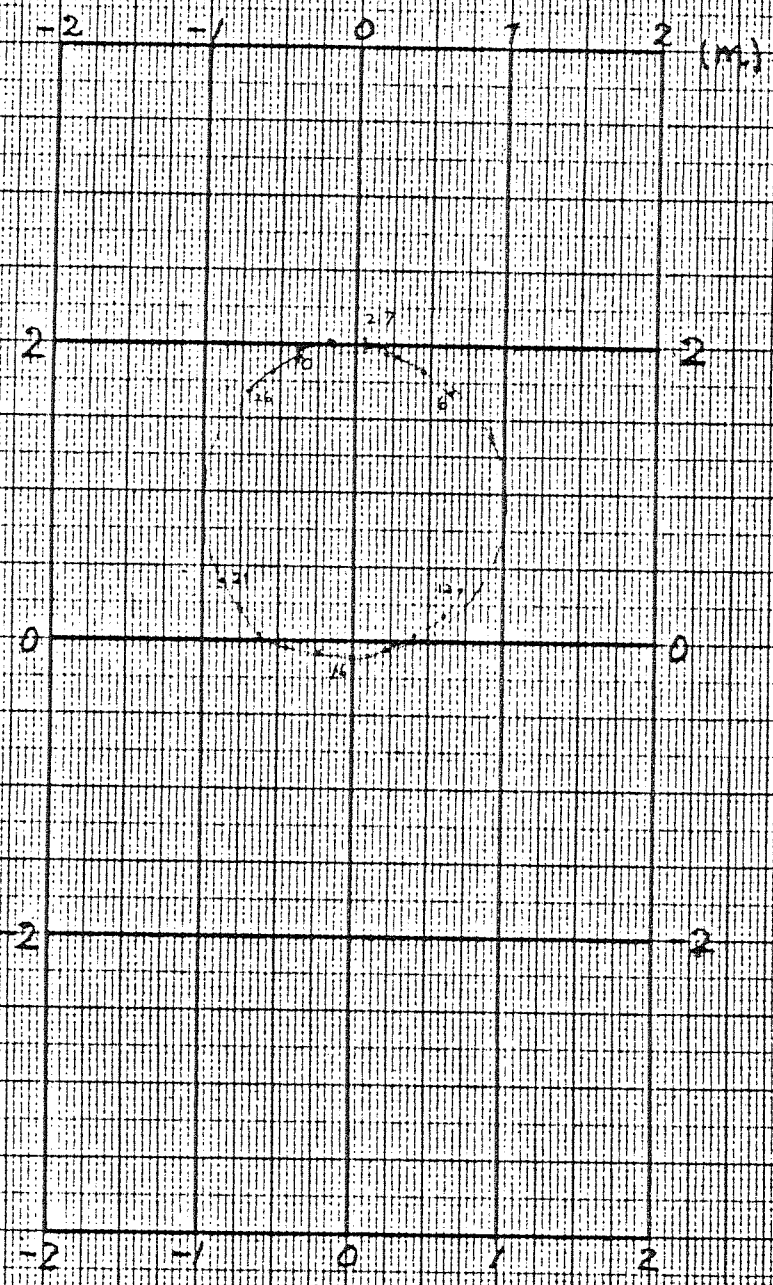
Total 57.6 sec.



No 19- / 旋回試験 航跡

~~機~~ 軽荷

$E_0 = 19 \text{ V}$ $\delta = 20^\circ$
 $V_0 = 385 \text{ 1/sec}$
 $V = 241 \text{ 1/sec}$ $R = 1.02 \text{ m}$



4-5

47

JIS A 4 180 x 295

No. 3-1 Z-操縦 $\psi, \delta - t$

軽荷 $E_0 = 17V$ $V_0 = 322 \text{ m/sec}$ $\delta = 20^\circ$
 $V = 185 \text{ m/sec}$

ψ
 $\times \delta$

