

運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 9

NO. 1

MAR. 1970

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告 (REPORT OF P. H. R. I)

第9巻 第1号 (Vol. 9, No. 1), 1970年3月 (March 1970)

目 次 (CONTENTS)

1. 組グイの水平抵抗に関する実験的研究
..... 沢口正俊 3
(Experimental Investigation on the Horizontal Resistance of Coupled Piles
..... Masatoshi SAWAGUCHI)
2. 港湾埋没に関する移動床模型の再現性—鹿島港模型実験の場合—
..... 佐藤昭二・田中則男・入江功・平原淳次 71
(Similitude of the model Test on Harbour-Shoaling in Movable Bed
—The Case of the model Test of Kashima Port—
..... Shoji SATO, Norio TANAKA, Isao IRIE, Junji HIRAHARA)
3. 水平全方向流速計の試作について (第1報)
..... 柴山煒彦・須藤茂 125
(A New Current-Meters of All-Direction-Type (1st Report)
..... Akihiko SHIBAYAMA, Shigeru SUDO)
4. 定置式波向計 (抵抗歪線型) の開発
..... 高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘 151
(On the Development of A New wave Direction meter
..... Tomoharu TAKAHASHI, Yoshimi SUZUKI, Hiroshi SASAKI)
5. 鋼直杭栈橋の耐震性に関する研究
..... 山本隆一・林聰・土田肇・山下生比古・小蔵紘一郎 179
(Evaluation of Seismic Stability of Trestle Type Pier with Vertical Steel Piles
..... Ryuichi YAMAMOTO, Satoshi HAYASHI,
Hajime TSUCHIDA, Ikuhiko YAMASHITA, Koichiro OGURA)

6. ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究
.....工藤和男・高力健次郎・久保重美..... 229
(Studies on Area of Wharf Apron and Related Cargo Handling Activities
.....Kazuo KUDO, Kenjiro KOHRIKI, Shigemi KUBO)
7. 軟底質における超音波の反射透過特性—フライアッシュ底質における室内実験—
.....木原純孝..... 275
(Reflection and Transmission Characteristics of Ultrasonic Wave in Soft Mud Layer
—An Experiment on Fly-Ash mud Sediment—
.....Sumitaka KIHARA)
8. 捨石均し機の開発
.....小岩苔生・大平勝・平山勇・白鳥保夫..... 307
(Development of a Leveling Equipment for Rubble Mounds
.....Taisei KOIWA, Katsu OHIRA, Isamu HIRAYAMA, Yashuo SHIRATORI)

3. 水平全方向流速計の試作について (第1報)

柴山 焯彦* · 須藤 茂**

要 旨

東京湾航路拡張のため現状における流況観測が必要となり、長期間連続測定できる流向流速計を開発した。本報告書は、各種性能試験及び現地観測の結果をまとめたものである。

本流速計の流速測定範囲は 4cm/sec から 400cm/sec までの流速が測れ、又流向は水平 360 度を連続的に測定できる。尚観測の結果から、乱れの速度成分までも測定出来るものと思われ実用に供し得るものである。

* 水工部 主任研究官

** 水工部 水理研究室

3. A New Current-Meters of All-Direction-Type (1st Report)

Akihiko SHIBAYAMA*

Shigeru SUDO**

Synopsis

In order to effect the best means for stable field observation of current, the new current-meters of all-direction-type have been constructed, Several tests have been made for the best probe available.

In view of the results so far achieved, it has been proven that the current-meters of all-direction-type give sufficient response and stability to reliable measurement of velocity from 4 to 400cm/sec of all-direction.

Using the type of current-meters, routine observation is now being continued at points of 1m, 3m, 5m, 10m, and 15m depth of water at Daini Kaiho in Tokyo Bay.

* Senior Research Engineer. Hydraulics Division

** Member of Hydraulics Laboratory, Hydraulics Division

目 次

要 旨	125
1. まえがき	129
2. 水平全方向流速計の原理及び構成	129
2.1 流速検出部	129
2.2 流向検出部	133
2.3 前段増巾回路	133
2.4 波形整形回路	133
2.5 信号変換器	134
2.6 流向, 流速切替回路	134
2.7 定電源回路	135
3. 性能試験	136
3.1 実験装置	136
3.2 性能試験	137
4. 方向特性試験	138
5. 応答試験	138
6. 潮流観測	140
結 論	149
あとがき	149
参考文献	149

1. ま え が き

近來東京湾に出入する船舶は大型化し又増加する傾向が著しくなった。これらの問題に備え大規模に湾口を掘削して新たに航路を設ける計画が進められている。したがって今後港湾が整備された場合、湾内の条件はそれに応じて変化して行くことになるが、この際これらの条件変化に備え現状における海象条件での流れの変化等についての解析が必要とされる。

近年各種の流速計が開発され、現地での流れの測定が行なわれている。しかし流れの性質を的確に測定するには長期間の連続記録が必要とされるが、現状ではその解決方法がないので、これらの条件に合った流速測定器械の開発が最も重要な課題である。

現在、我国で使用されているプロペラ式流速計は、大體次のようなものである。

1.1 直読流速計

エックマンメルツ型流速計は、流速、流向が機械的に指示される。流速はプロペラの一定時間内の回転数を読み、流向は内蔵された小球がプロペラの一定回転ごとに1個づつ36区分された磁針箱の小室に落下し、各室の番号に落下した球の数によって平均流向を求める。この流速計は1回の測流ごとに流速計を引き上げて、流速指針を読み、流向用小球を数え再び装備して測流を行なうのでその手数は極めて煩わしい。

発電式流速計はプロペラの回転数及び流向が、流速計内部に装備された発電機及び可変抵抗器を連動して、流速計とケーブルで直結された水上のメーターに直接指示される。この流速計は任意の深さに設置するだけで直ちに流速、流向を知ることが出来るので極めて簡便である。

1.2 内記式自記流速計

この流速計は記録装置を内蔵して海中に一定期間碇置しうるものである。内蔵された記録紙は一定速度で巻取られ、その上に流速、流向が記録される。流速はプロペラの一定回転数ごとに打点として記入され、流向は数字又は東西南北に区分けされたペンで打点される。

1.3 外記式自記流速計

二方向流速計は海底に固定した架台、あるいは航上に直交二方向の流速検出部を設置し、プロペラの回転数を電氣的なパルスに変換してケーブルで陸上に導き記録させるものである。流速及び流向は、記録紙上に東西南北の分速度が同時に記録される。

これら各種の流速計は、機械的流速検出機構に起電機

などの出力機構や機械的回転伝達機構を用いている為、流速、流向の検出にあたって障害となる起電力の変化や摩擦などの影響を受ける為、正確に測定出来ない。又、検出部の回転部分に出力信号用ケーブルを直結している為、流向検出に際して流速計本体が自由に指示しない。従ってこれらの欠点を解決した流速計の開発が必要となり、全て無接触で流速、流向を測定出来る水平全方向流速計を最適な手段と確信し、現地用として開発するに至った。

この報告書は、水平全方向流速計の性能及び特性に関する結果と東京湾第二海堡に設置した水平全方向流速計による潮流観測の一例を報告する。

2. 水平全方向流速計の原理及び構成

流れを検出する方法としてプロペラを採用した。プロペラは4枚の羽根が同じ角度($\theta=30^\circ$)で配列されている。翼列を通過する流体(T_{p1})は自由渦巻運動を起こし、これが羽根を通過する際にそれぞれの羽根をめぐって循環を(T_{pn})生じ、それによって羽根に揚力が作用する。この揚力の回転方向分力が車軸に回転運動を伝える。今、循環の強さを(T_p)とすれば揚力(A)は次式のように表わされる。

$$A = \rho U T_p \dots \dots \dots (1)$$

ただし、ここで ρ は流体の密度である。又、羽根数を pr とすれば、

$$\left. \begin{aligned} T_{p1} - pr T_{pn} &= T_{p2} \\ T_{p1} - T_{p2} &= pr T_{pn} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

となる。残留循環 $T_{p2}=0$ のときに水流は最大トルクを車軸に与える。又、プロペラ単独効率は4翼5翼ともにくぐれているが、微流速時にも正確に回転が行なわれるようバランスのとりやすい4翼を採用した。

流向の検出機構は、水平方向に自由に回転する枠に尾翼を固定し、流向の変動に際してすばやく尾翼が可動し、水流が流れ去る方向へ向くように設置してある。流速検出器及び流向検出器は、それぞれ独自の検出機構によって、電気信号に変換される。

2.1 流速検出部

1型流速計の流速検出部は流れによって回転するプロペラ軸にウォームギヤを介し、1型流速計本体回転軸の内部を貫通した垂直シャフトの上部にあるマグネットを取り付けた検出用円板を回転させ、防水容器内に固定させたS.M.Dとの遠近運動によって、パルス出力が発生する。図-1および写真-1参照

この1型流速計は構造的に複雑である為、2型、3型

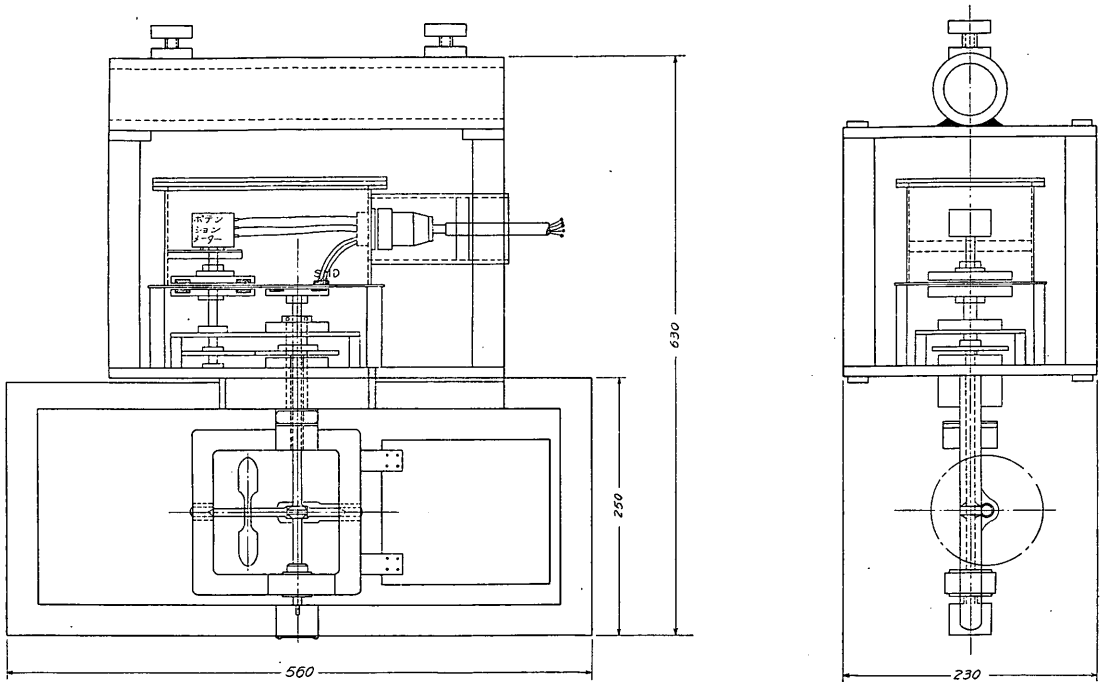


図-1 水平全方向流速計 1 型

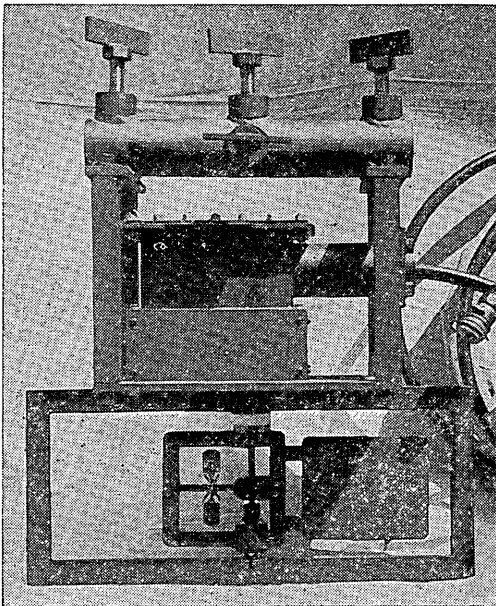


写真-1 水平全方向流速計 1 型

の流速計に改良した。2 型, 3 型流速検出部は水流によって回転するプロペラ 1 回転が同軸上にあるマグネッ

板の回転となり, マグネット円板に装着してあるマグネットと防水容器の内部に固定した S.M.D との間に遠近運動を生じる。S.M.D はマグネット円板のマグネットが近づいた場合には電圧が降下し, 又遠ざかった場合には電圧が回復する。この反復作用が流速用パルス出力となる。

図-2, 3 および写真-2, 3 参照

回転数をパルス変換させる回路に使用されている S.M.D は, ゲルマニウムを基材とした半導体 ($4\text{mm} \times 3.5\text{mm} \times 1\text{mm}$) で R 領域, N 領域, P 領域の 3 要素が一体となって構成されている。すなわち磁性体が R 領域に接近すると N 領域からの電子 (負の電荷) 及び P 領域からは, それに対する正孔 (ホール=正の電荷) が放出された電子と正孔が R 領域の方に片よって結合し, 電流の減少がおきる。この原理を応用して磁場の変化をプロペラ軸から運動する磁性体の遠近より電流変化をおこさせパルス信号とする。図-4 参照

図-5 に示す S.M.D の周波数特性は, Single-Type および Pair-Type とも 4KH_2 まで出力電圧が安定であり, 流速検出の為に発生する周波数は最大で 0.12K

水平全方向流速計の試作について

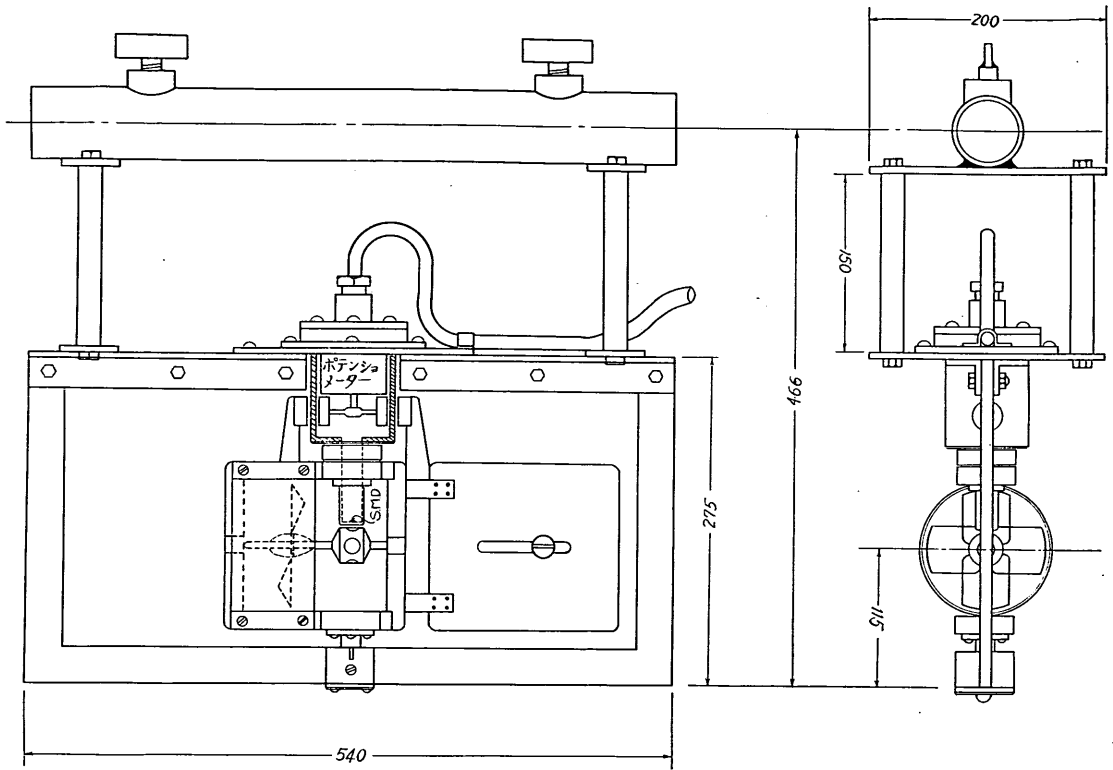


図-2 水平全方向流速計 2 型

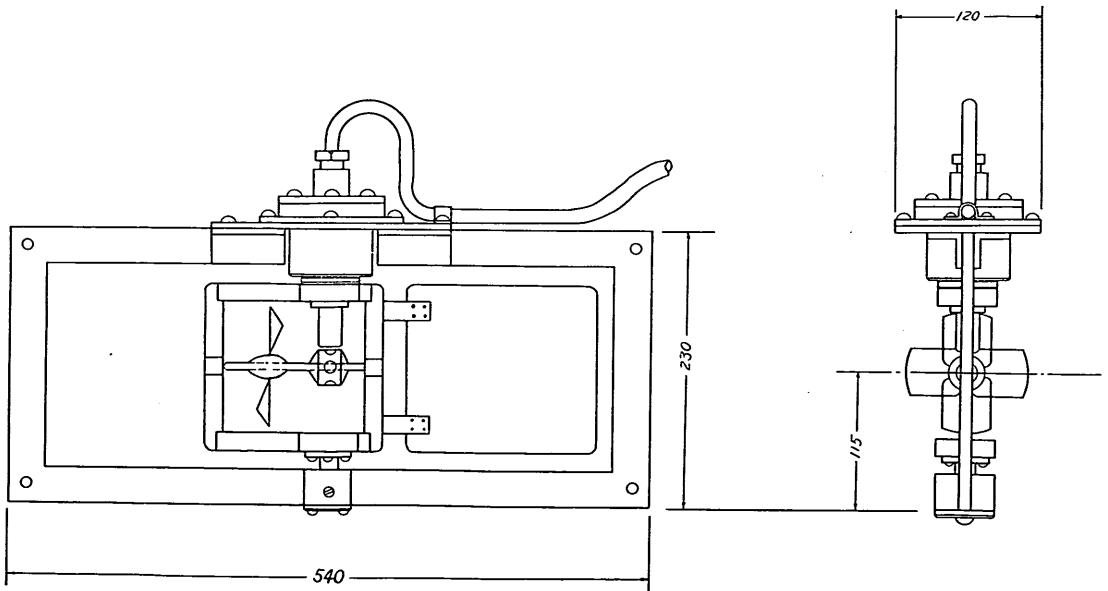


図-3 水平全方向流速計 3 型

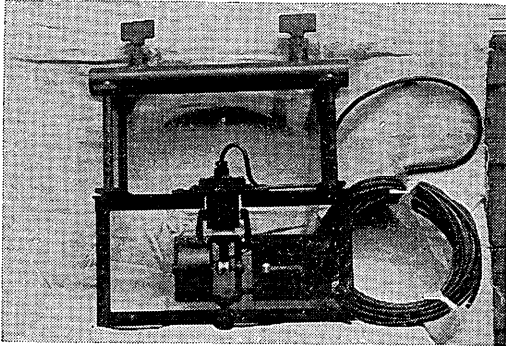


写真-2 水平全方向流速計 2 型

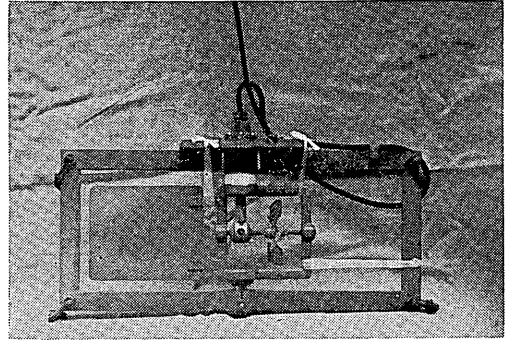


写真-3 水平全方向流速計 3 型

Type & Symbols		MD130 (Single Type)	MD130C (Ceramic Base) (Single Type)	MD230A (Matched Pair)
Absolute Maximum Ratings	$T_I \text{ max}$ (°C)	85	85	85
	$P \text{ max}$ (mW)	20 ($T_a=25^\circ\text{C}$)	30 ($T_a=25^\circ\text{C}$)	60 ($T_a=25^\circ\text{C}$)
	I_{surge} (mA)	10 ($T_a=25^\circ\text{C}$)	10 ($T_a=25^\circ\text{C}$)	10 ($T_a=25^\circ\text{C}$)
	V_R (V)	50 ($T_a=25^\circ\text{C}$)	50 ($T_a=25^\circ\text{C}$)	50 ($T_a=25^\circ\text{C}$)
	T_{stg} (°C)	-55~+85	-55~+85	-55~+85
	T_L (°C)	200	200	200
	θ (°C/mW)	3.0	2.0	1.0
Characteristics $T_a=25^\circ\text{C}$	ΔV_+ (V)	Min0.7Typ0.9	Min0.7Typ0.9	Min0.8Typ1.0
	ΔV_- (V)	Min0.4Typ0.6	Min0.4Typ0.6	Min0.8Typ1.0
	V_0 (V)	Typ4.2	Typ4.2	—
	V_m (V)	—	—	Typ3.0
	I_R (μA)	Typ10	Typ10	—
	I (mA)	—	—	Typ1.0
Measuring Circuit and Conditions				
T_I : Intrinsic-region Temperature V_R : Reverse Voltage T_L : Lead Temperature 5mm from Case for 10 seconds		ΔV_+ : Output Voltage at +1K0e ΔV_- : Output Voltage at -1K0e V_0 : Bias Voltage at 0 Oe(Single Type) V_m : Center Potential at 0 Oe I : Bias Current at 0 Oe(Pair Type)		
		I_R : Reverse Current (Single Type)		

図-4 S. M. D. の種別

水平全方向流速計の試作について

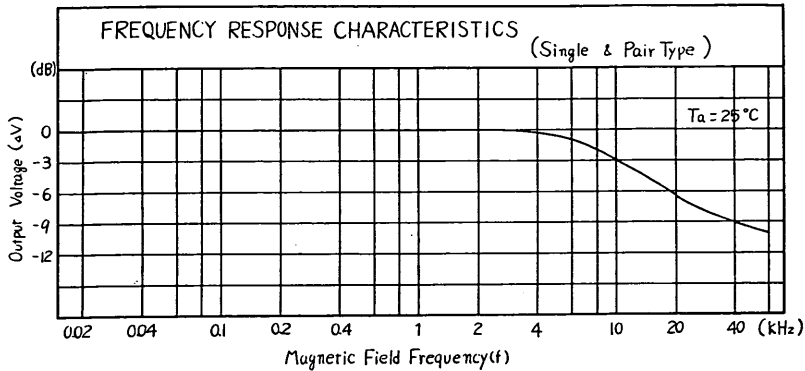


図-5 S. M. D の 応 答 特 性

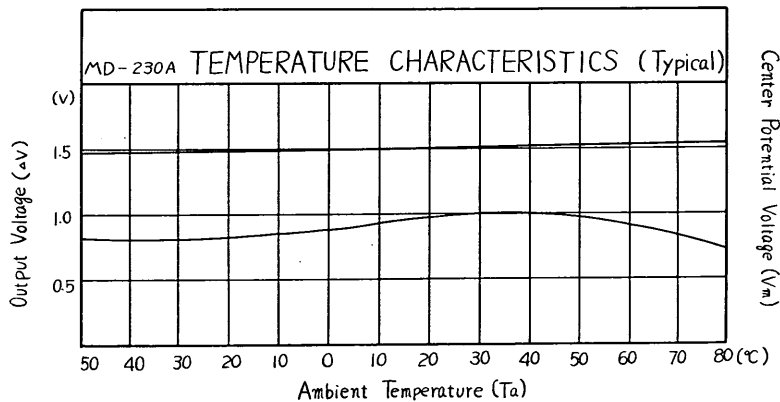


図-6 S. M. D の 温 度 特 性

H₂ 程度である。温度特性は図-6に示す通りである。

2.2 流向検出部

流向検出部は本体にある尾翼に流れが作用し、この変化によって二組の歯車(1:1)に連動したマグネットカップリングが作動し、可変抵抗器 1kΩ B型(直線歪0.5%)が流れの方向変位だけの抵抗値を示す。この可変抵抗器はあらかじめ安定した電圧 D. C10V を供給してあり、流速計の方位回転角と可変抵抗の回転角は一定である為、出力電圧変化は流速計の方位角を示している。 図-1および写真-1参照

2型流速計の流向検出部は水平方向に自由に回転する枠に固定した尾翼が流れ去る方向へ運動し、支持枠に固定してある防水容器に内挿したポテンショメーターの回

転軸に取付けたマグネットと、尾翼を含む回転枠に固定した逆極性のマグネットの相互に磁力が作用して常に引き合う状態となっているので、尾翼の水流方向指示運動はポテンショメーターの回転角運動となり出力電圧の変化量となる。 図-2および写真-2参照

2.3 前段増巾回路

流速検出部からのパルス信号電圧(100mV)を直送すると信号電圧が低いため N/S 比が増加し正規の信号電圧を検出できない。このため図-7に示す回路にて電圧 5V に増巾し安定なパルス信号とする部分である。

2.4 波形整形回路

前段増巾器からのパルス信号は流速検出機構上パルスの立上り時間が比較的大きく急峻な方形波とはなってい

HEAD AMPLIFIER

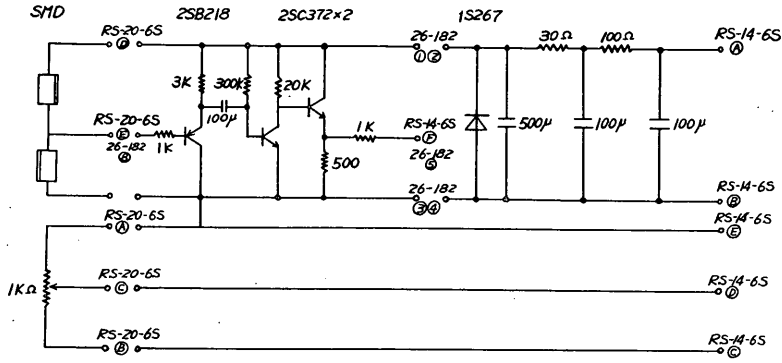


図-7 流速，流向検出部回路及び前段増巾回路

ないので図-8に示す回路にて波形を整形する。

2.5 信号変換器

整形されたパルス信号は2石の Transistor(TR) によっていづれかが導通状態，他方が不導通状態となり，最初の TR にはいるパルス電圧によって2石の TR は必ず導通，不導通状態を反転する特性があり正のパルス

では動作しない。この特性を利用して第一のTRに負のパルスを加えれば第二のTRからの入力パルス数の丁度1/2のパルスを取り出すことが出来る。この原理を用いて入力パルス信号を1/1, 1/2, 1/4と比率を変え高流速時においても記録紙上のパルスを判読出来るよう flip-flop 回路を用いている。図-8参照

AMPLIFIER

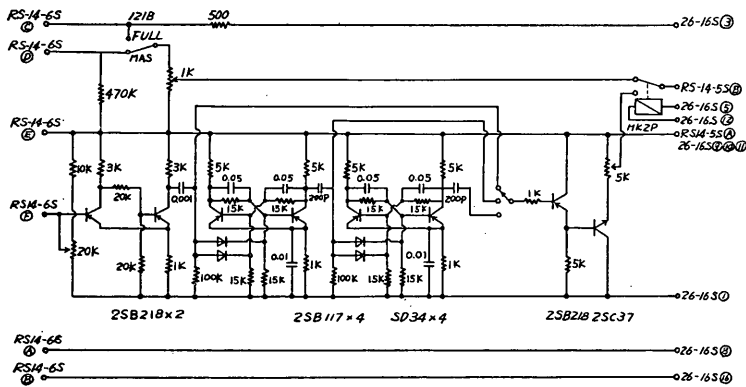


図-8 パルス整形回路及びフリップフロップ回路

2.6 流向，流速切替回路

流速計からの出力信号は，流速検出用信号としてパルス信号，流向検出用信号としては方位角に比例した電圧，

これら2種類の信号のため図-9に示す流向流速切替回路によってあらかじめ設定したプログラムにより流向，流速を切替え記録器に供給する回路である。

水平全方向流速計の試作について

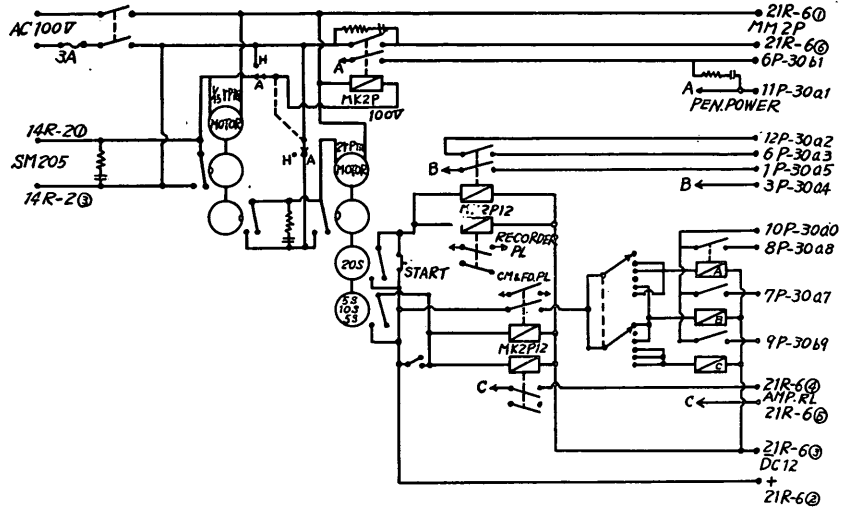


図-9 流速，流向切替回路及び自動制御回路

2.7 定電源回路

本回路は各種回路に安定した電源 (D. C) を供給するため電圧の変動などに基因した測定値の誤差やあるいは制御用継電器類の誤動作をおこさせないための回路である。図-10に示す①②は時間設定回路用電源にして制御継電器の電磁作用をさせる。③は波形整形回路及び信号変換器の flip-flop 回路用の電源にして Zener-Diode

(定電圧ダイオード) による定電圧になっている。④は前段増巾回路電源にして非安定電源を直送し，増巾回路内において定電圧にしている。⑤は流向検出用の可変抵抗器に供給する超安定回路であるため，電圧変動(0.2%)を極力おさえ流向変位による出力電圧によって流向を検出するため測定値の誤差を±0.5°以内にしている。以上の回路を経た流速パルス信号及び流向電圧信号はあら

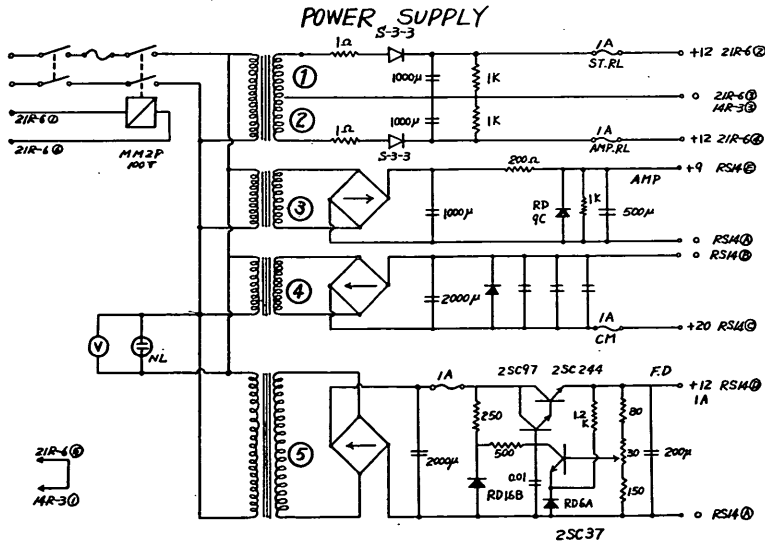


図-10 定電源回路

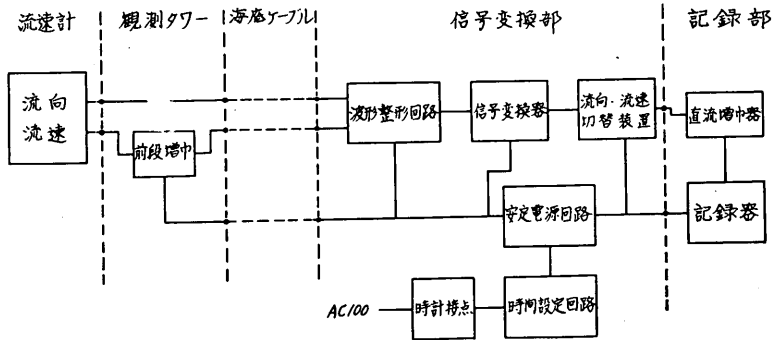


図-11 ブロックダイアグラム

はじめ設定したプログラム（20分間隔，流速測定20秒間
 流向測定前後 10 秒間）によって，直流増中器を通して
 ペン書きオシログラフに記録される。水平全方向流速計
 用記録装置のブロックダイアグラムは図-11に示す通り
 である。

3. 性能試験

3.1 実験装置

流速計検定水路（写真-4）は当所既設の研究装置，長
 さ15m，巾0.5m，深0.5mを使用し無段変速機によって走

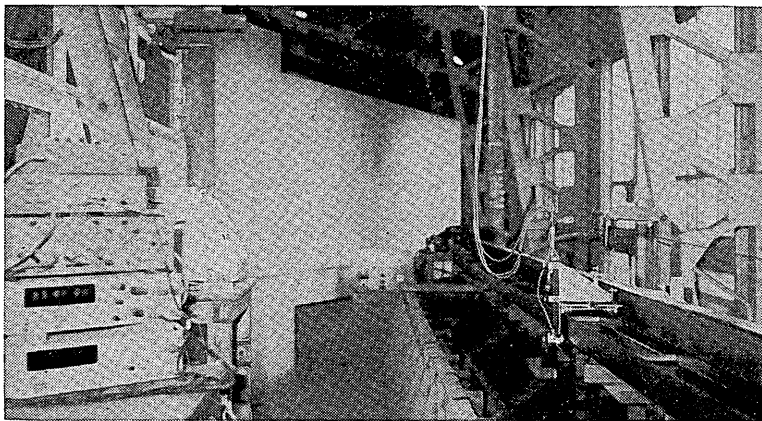


写真-4 流速計検定装置

水平全方向流速計の試作について

行台車の速度制御をおこない、遠隔制御によって走行速度を指示し電磁クラッチによって、走行台車を運転させる。指定の測定距離を通過した直後電磁ブレーキが作動し急速に減速させる。既設の走行速度は秒速1cm~220cmでありこの間は無段階に変速でき走行用ブリーを取りかえる事によって秒速400cmまでを可能にした。検定用の流速計は外觀が大型の為流速検出に必要なプロペラ及び回転枠のみにして検定をおこなっている。流速測定距離は水路中間の100cm内を通過した時に光源を用いた検出器によって、水中に流速計を取りつけた走行台車の通過時間を測定し、又同時間内に流速計のプロペラ回転数を測定する。走行時間の測定にはユニバーサルカウンターを用い $1/1000\text{sec}$ の精度で計測され、又流速計プロペラの回転数検出には、光源を用いた入射線をプロペラ翼によって断続させ Photo-Transistor の伝導率変化が出力信号となってプロペラ1回転につき4パルスが検出され、ユニバーサルカウンターのゲート信号によって作動するサブカウンターに表示される。

3.2 性能試験

一般的に流速計の検定は、走行台車に固定した流速計を静水中の一定距離 $L\text{cm}$ を一定速度 $V\text{ cm/sec}$ で走行させた時の流速計プロペラ軸回転によって起きるパルス数 P と走行時間 T の測定値を求めれば

$$L/T = U(\text{cm/sec}) \dots\dots\dots(3)$$

$$P/T = N(1/\text{sec}) \dots\dots\dots(4)$$

となる。速度 V を変化させる事により1秒間のパルス数 N と流速 U の関係は

$$U = aN + b \dots\dots\dots(5)$$

と N を変数とする一次式で表わされる。本流速計でのパルス数 N と流速 U の関係は表-1の通りである。

各種類の代表的な検定図を図-12から図-14に示している。

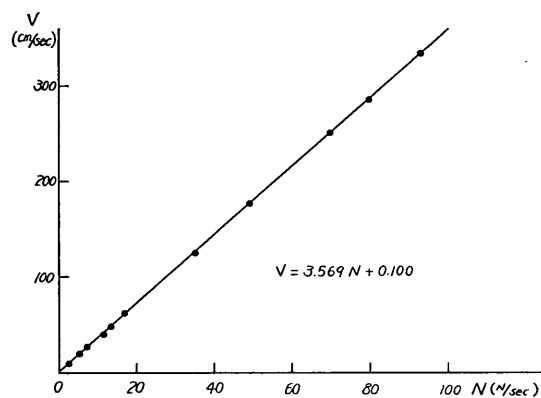


図-13 2型-1 検定図

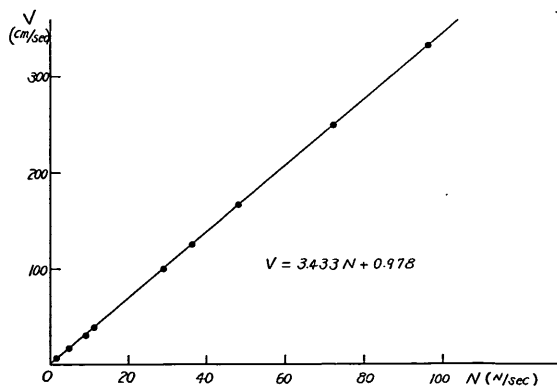


図-14 3型-1 検定図

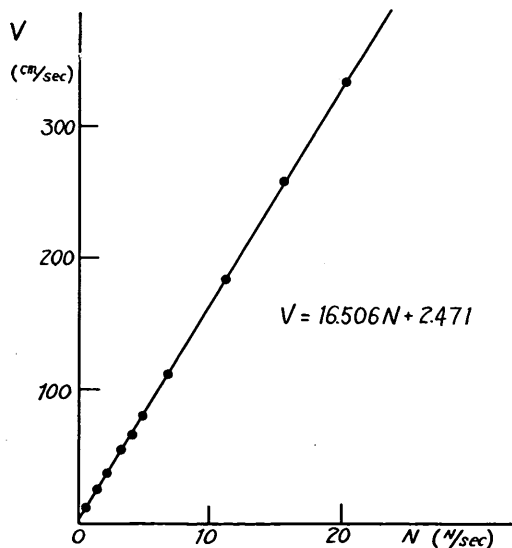


図-12 1型-1 検定図

検定の結果によれば2型、3型は1型に比べ定数 b が0に近く、又始動流速の点でもすぐれている。これは機構上の相違によるものである。すなわち2型、3型は1型と異なりプロペラの回転数伝達機構に歯車を用いず、直接 S. M. D との遠近運動により信号を取り出している。

表-1 $U=aN+b$

型式	a	b	始動流速 (cm/sec)	P/N
1型 1	16,506	2,471	6.49	1/1
1型 2	17,277	1,493	5.88	1/1
1型 3	16,489	2,786	6.93	1/1
1型 4	17,290	1,468	6.79	1/1
1型 5	16,570	1,348	6.78	1/1
2型 1	3,569	0.100	3.96	4/1
3型 1	3,433	0.978	4.22	4/1
3型 2	3,436	0.710	4.83	4/1

る為摩擦力等の影響が少ないからである。

4. 方向特性試験

水流の方向変化に際して起きるプロペラの回転変動が、流速計の性能に影響がある為方向特性試験を行なった。静水中を走行する台車に流速計を固定させ、台車の前進方向に直角の面内でプロペラ翼が回転する時を基準として、左右の角度を変化させた時の流速測定値の比較を行なった。なお流速は高速を105cm/sec前後とし、低

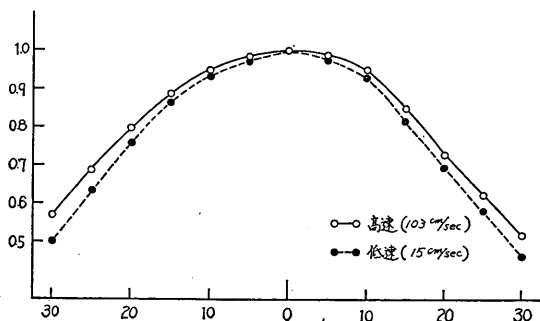


図-15 1型-1 方向特性図

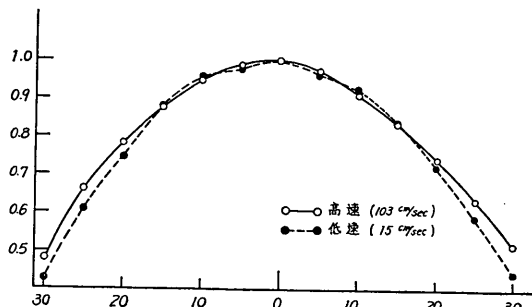


図-16 2型-1 方向特性図

速では15cm/sec前後として、1型、2型、3型の3種類について試験を行なった。試験結果の一例を表-2及び図-15から図-17に示す。

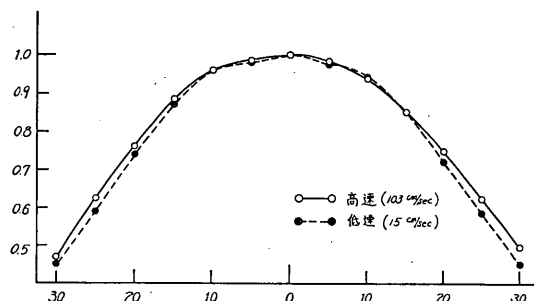


図-17 3型-1 方向特性図

表-2 方向特性 高速時(105±5cm/sec)

方向 種類	方向						
	+30°	+20°	+10°	0	-10°	-20°	-30°
1型 1	0.57	0.79	0.95	1.0	0.95	0.73	0.52
1型 2	0.52	0.81	0.93	1.0	0.91	0.74	0.51
1型 3	0.50	0.79	0.93	1.0	0.94	0.73	0.48
1型 4	0.48	0.81	0.95	1.0	0.94	0.75	0.51
1型 5	0.51	0.83	0.97	1.0	0.96	0.74	0.52
2型 1	0.48	0.78	0.95	1.0	0.93	0.73	0.51
3型 1	0.47	0.76	0.96	1.0	0.94	0.75	0.49
3型 2	0.50	0.78	0.97	1.0	0.93	0.75	0.52

プロペラが流れの直角面内以外での流速測定値は、±10°の方向に流向が変化した場合は平均5%程度の減少が見られ、±30°の方向に変化した場合には50%前後もの減少になる。これらはプロペラ式流速計の欠点である。水平全方向流速計はこの欠点を補うため水流の方向変化に対してすばやく流れの直角面内に向うよう尾翼を含む回転部本体を軽量化し、又軸受けには宝石を用いて回転を円滑にしている。試験の結果によれば、機種による変化は少なく同程度の性能を示している。2型流速計はプロペラ翼の周囲に円管形の導流管を取付けて軸方向以外の流れに対して反応しないようになっている。

5. 応答試験

プロペラ式流速計は流れの変動に対して遅れを生じ

水平全方向流速計の試作について

る。流れが高速と低速の場合では、流れの変動周波数が同じでも応答特性が変化し低速でおきる流速変動には追従性が悪い。この影響を調べる為に次の試験を行なった。数種類の流速の下で回転を止めた流速計を一定流速中に入れ、ある時刻 $t = 0$ に流速計の回転を許し回転速度の増加の状態をみたものである。図-18から図-20は1型、2型、3型についての始動特性図である。この応答が $U = U_0(1 - \exp(-t/\tau))$ に従うものとして各種類の流速計について時定数 τ を始動特性図から計算したものを図-21から図-23に示す。これにより流速計の種類によって変動流速の測定可能限界がわかる。三種類の流速計の応答を比較した結果流速 80cm/sec 程度で1型で0.56sec、

2型で0.40sec、3型では0.43secとなる。1型流速計はウォームヤ接続による抵抗が作用しているものと思われる。3型流速計は2型よりもプロベラ翼が20g重いため応答に時間がかかる。これらのことから予想される事は流速計プロベラ翼及び車軸等を軽量にし、又プロベラ翼のピッチあるいは回転軸に影響するとみなされる流速検定機構が無接触なほど応答性がすぐれている。水平全方向流速計は以上の性能試験の結果より、現在使用されている現地用プロベラ流速計より流速検出機構がすぐれていると思われる。プロベラ翼及び車軸は今後測定条件の許される限り軽量にし、応答性を高める事が可能である。

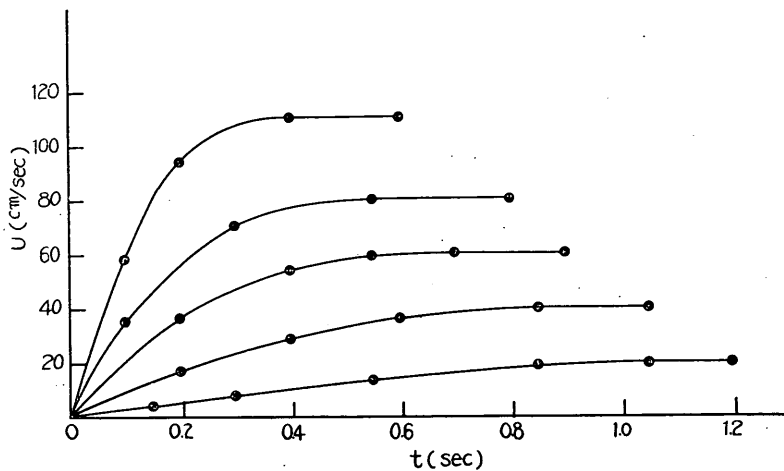


図-18 1型-1 始動特性図

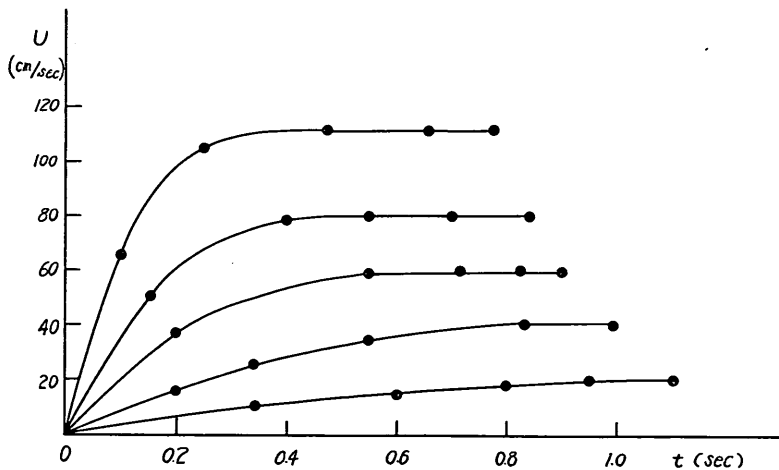


図-19 2型-1 始動特性図

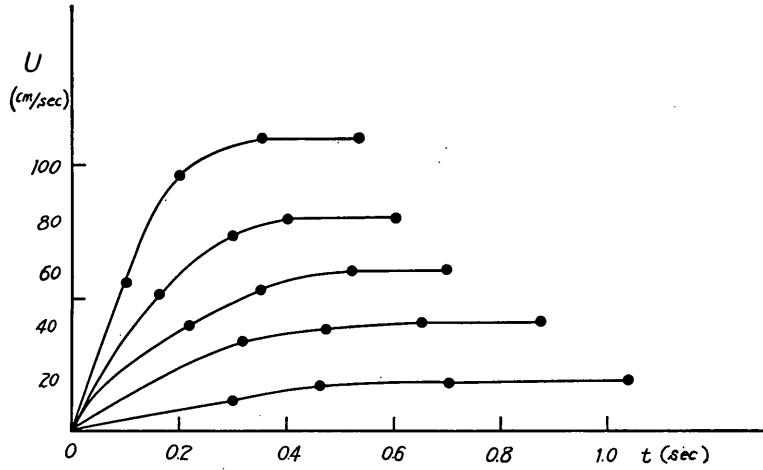


図-20 3型-1 始 動 特 性 図

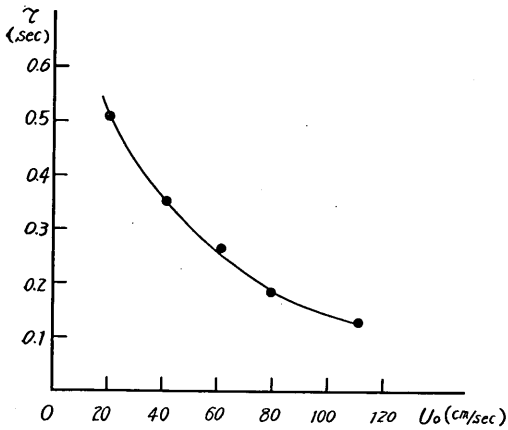


図-21 1型-1 時 定 数

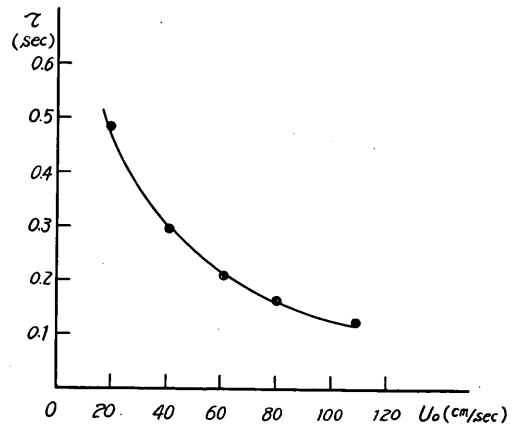


図-23 3型-1 時 定 数

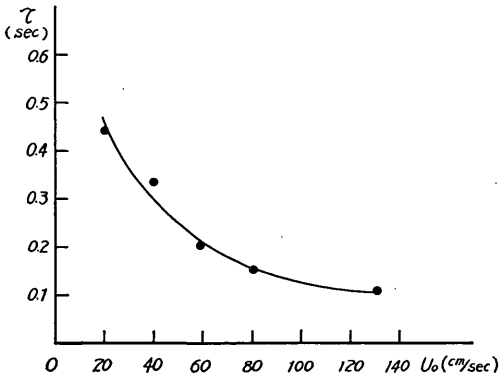


図-22 2型-1 時 定 数

6. 潮流観測

各種の性能試験を経た1型水平全方向流速計は、昭和44年5月に図-24及び写真-5に示す東京湾内千葉県富津岬と神奈川県観音崎との間にある第二海堡の東方100m、水深16mの地点に設置された鋼管製観測塔に図-25に示すごとくL.W.Lより-1m、-3m、-5m、-10m、-15mとして垂直方向に5台設置し海底用ポリシースステンレスシールド付番線(詳細は図-26に示す)にて第二海堡の測定室に導かれている。電源は、測定室に隣接した地下室内に設置した3KVAHの出力をもつ発電機(AC100V 50Hz)2台を交互に運転して配電している。測定時には電接時計によりパイロットモーターを作動さ

水平全方向流速計の試作について

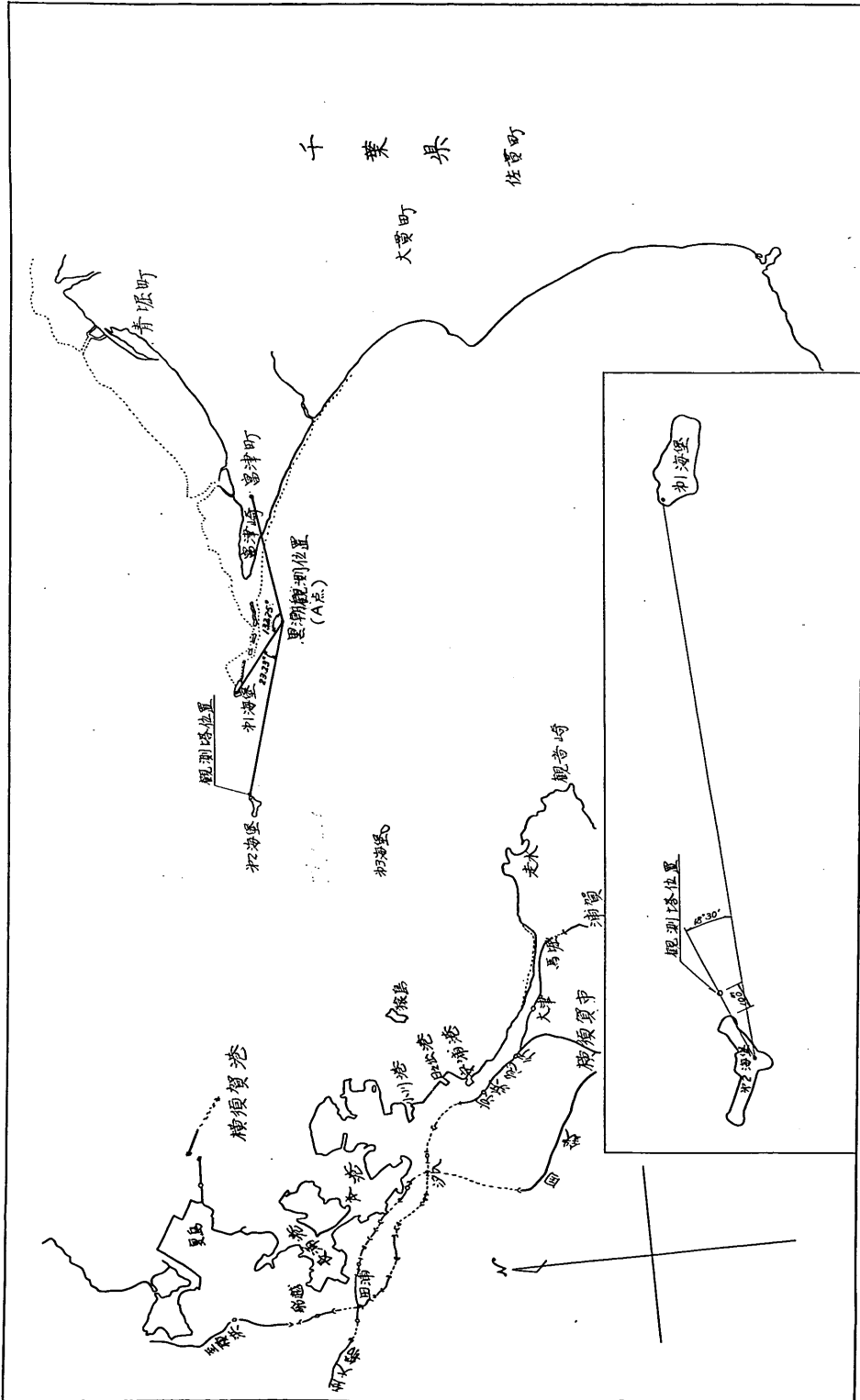


図-24 観測位置図

柴山焯彦・須藤茂

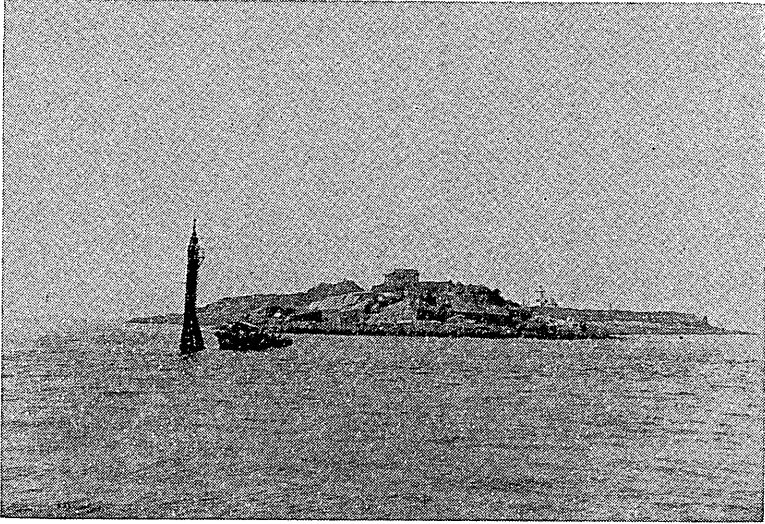


写真-5 第2海堡及び観測塔

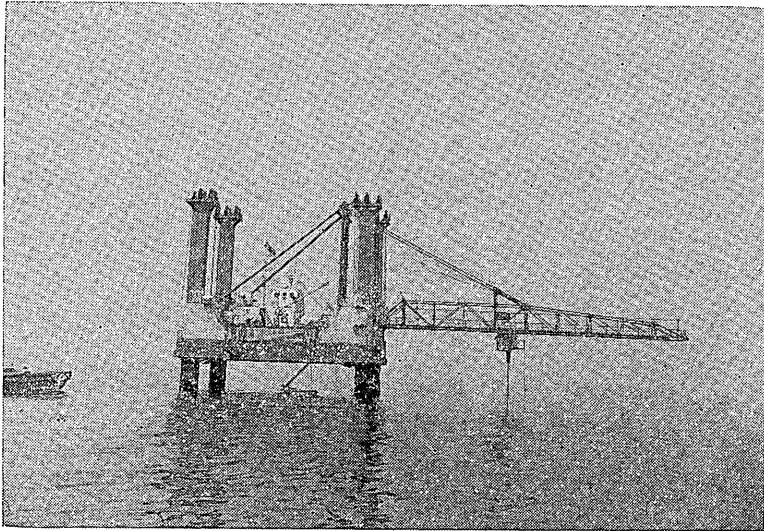


写真-6 観測船黒潮丸

せ、カム機構が連動し20分おきに電源が挿入され各回路が安定状態に必要な時間、3分間を経過した後、記録計(6素子ペン書オシログラフ)が4mm/secの速度で10秒間運転し、流向の電圧信号を記録紙上40mm巾を360°とし、その振巾を記録する。その後20mm/secの速度に変換して流速パルス信号を記録紙上に20秒間記録する。終了後再び4mm/secの速度にもどり10秒間流向の電圧信号を受け20分おき1回の観測を終了する。

今回の観測では記録紙上の振巾から流向をもとめ流速は20秒間のパルス信号から平均流速を求めている。

3型水平全方向流速計は千葉県富津海岸の図-24に示すA点にて同時間内に観測船黒潮丸(写真-4)で測流を行なっている。2型水平全方向流速計は今回の観測では使用されていない。

観測結果の一例として、昭和44年7月15日11時35分の干潮より翌7月16日15時16分の最高流速時までの流向、流速(20秒間の平均流速)分布を図-27に示す。

時間的な流速変化は各水深大潮汐の水位変化とよく関連し、最高と最低潮の間で流速は最大となりL.W.L-1m層での流速が同時測定時間内では最大を示し下層にかけて減少している傾向がみられる。

漲潮流における垂直流速分布は、上層と下層との流速差は少なく、-15m層が-10m層より流速が速い傾向がみられるが落潮流ではこれら特殊な傾向はみられず垂直流

速分布は河川等に見られるように上層部が最大流速を示し下層部にかけて減少している。これらの現象の起こる原因は島(第二海堡)及び複雑な海底地形等の影響であろう。なお流向は漲潮流には北流、落潮流には南潮となり垂直流向分布にあまり変化はないが、停潮時には流向が不安定となり指針が各層とも乱れている。

同年7月16日漲潮流の最大とみなされる15時16分より10分間の連続記録を行ない1秒毎のパルス数を読み取り、表-1に示されている関係式から流速を計算し、その値が1秒間の平均流速を示すものと考えた。このようにして求めた流速変動の一例を図-28に示す。この変動流速を用いて当所設計基準部計算室のTOSBAC-3400により乱れの強度及び乱れのスペクトルの計算をした。

変動流速の強さの程度を流速の乱れとよび次式のような表わし方がある。

$$G = \sqrt{\bar{u}^2} / \bar{U} \dots\dots\dots(6)$$

u : 変動流速 \bar{U} : 流れ方向の平均流速

式中一は時間的平均を表わす。(6)式で求められた第二海堡での結果を表-3に示す。又千葉県富津海岸A点での結果を表-4に示す。

表-3 流れ方向の乱れの強度分布(第2海堡)

H(m)	U(cm/sec)	$\sqrt{\bar{u}^2}$ (cm/sec)	G
-1	88.8	8.68	0.096
-3	95.0	8.49	0.094
-5	100.1	8.31	0.092
-10	79.6	6.47	0.072
-15	89.2	7.60	0.084

$$\bar{U} = 90.5$$

表-4 流れ方向の乱れの強度分布(富津海岸)

H(m)	U(cm/sec)	$\sqrt{\bar{u}^2}$ (cm/sec)	G
-2	28.7	4.54	0.143
-3	31.0	5.44	0.172
-4	37.1	5.50	0.174
-5	29.4	5.42	0.171

$$\bar{U} = 31.6$$

(1) 構造仕様

専体コア構成		0.75'(3#157A)VSF5+漆
PVC F付 量(50#)		80#
S本漆 量		22.4#
ポリエチレンシース	厚	1.5
	径	25.4
ステンレスシールド (0.2#使用)	厚	0.25
	径	25.9
ポリエチレンシース	厚	2.0
	径	29.9
ステンレスシールド (0.2#使用)	厚	0.25
	径	30.4
ポリエチレンシース	厚	2.0
	(初)径	34.4#

(2) 構造断面

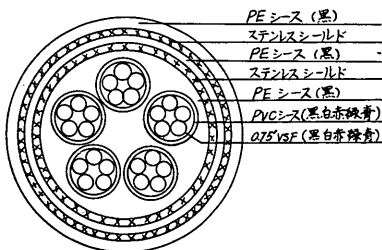


図-26 ケーブル

水平全方向流速計の試作について

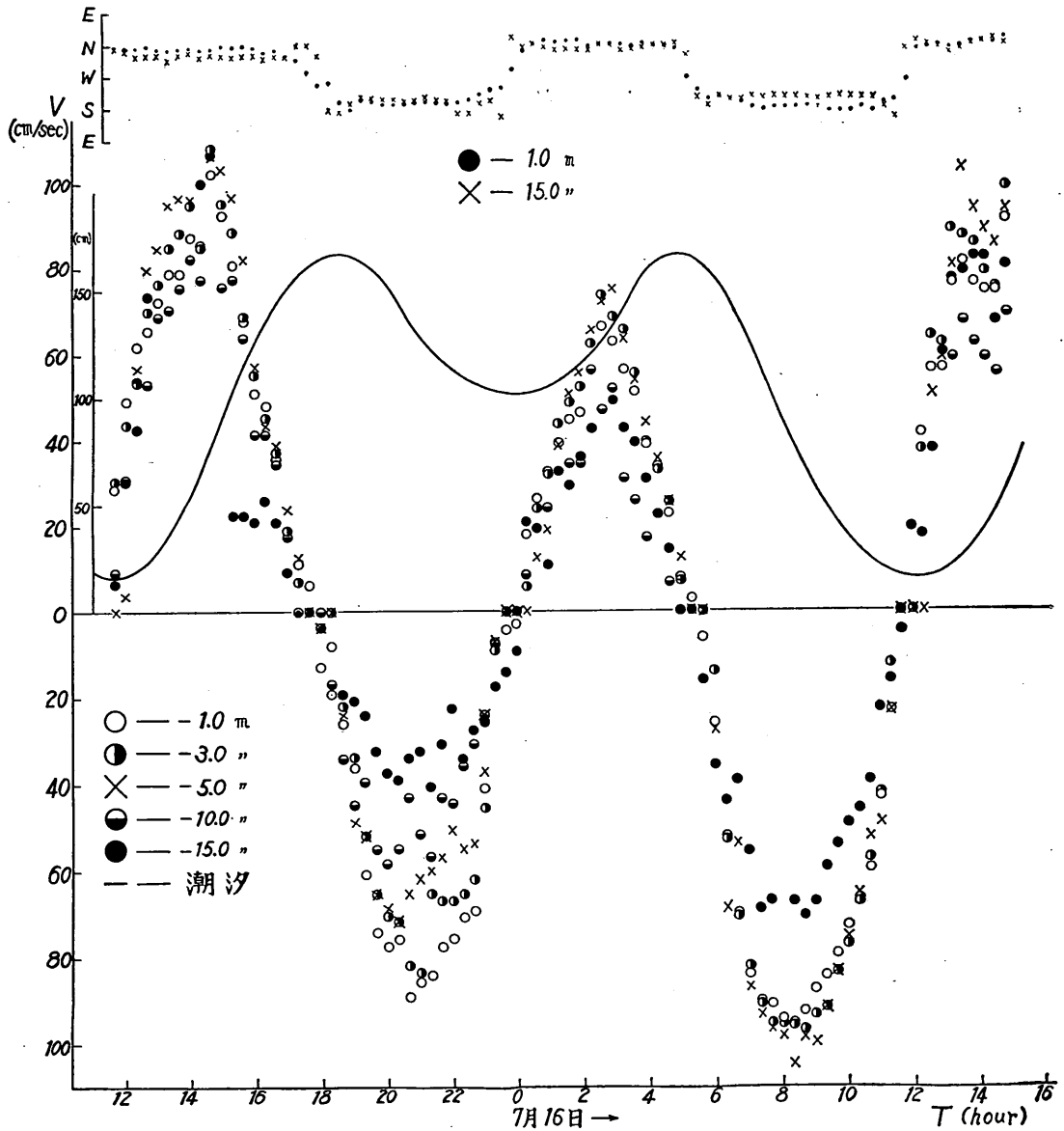


図-27 流況諸要素

第二海堡での観測の結果垂直平均流速分布は島、海底地形の影響により最大平均流速が-5 m層に現われている。又乱れの強さは下層部より上層部の方が大きい傾向にある。これは bottom の粗さにより引き起こされる乱れよりも表面の波や波によって起こる渦等による影響が強いからだと思われる。富津海岸A点では各層とも平均

流速がおそく流れの主流が第二海堡附近に集中しているものと考えられる。又流れ方向の乱れの強度は第二海堡のそれと比べてほぼ2倍程度の大きさになっている。

これは観測点A点が富津岬より近距離のため岬や第一海堡等の地形の影響に大きく支配されているからであろう。

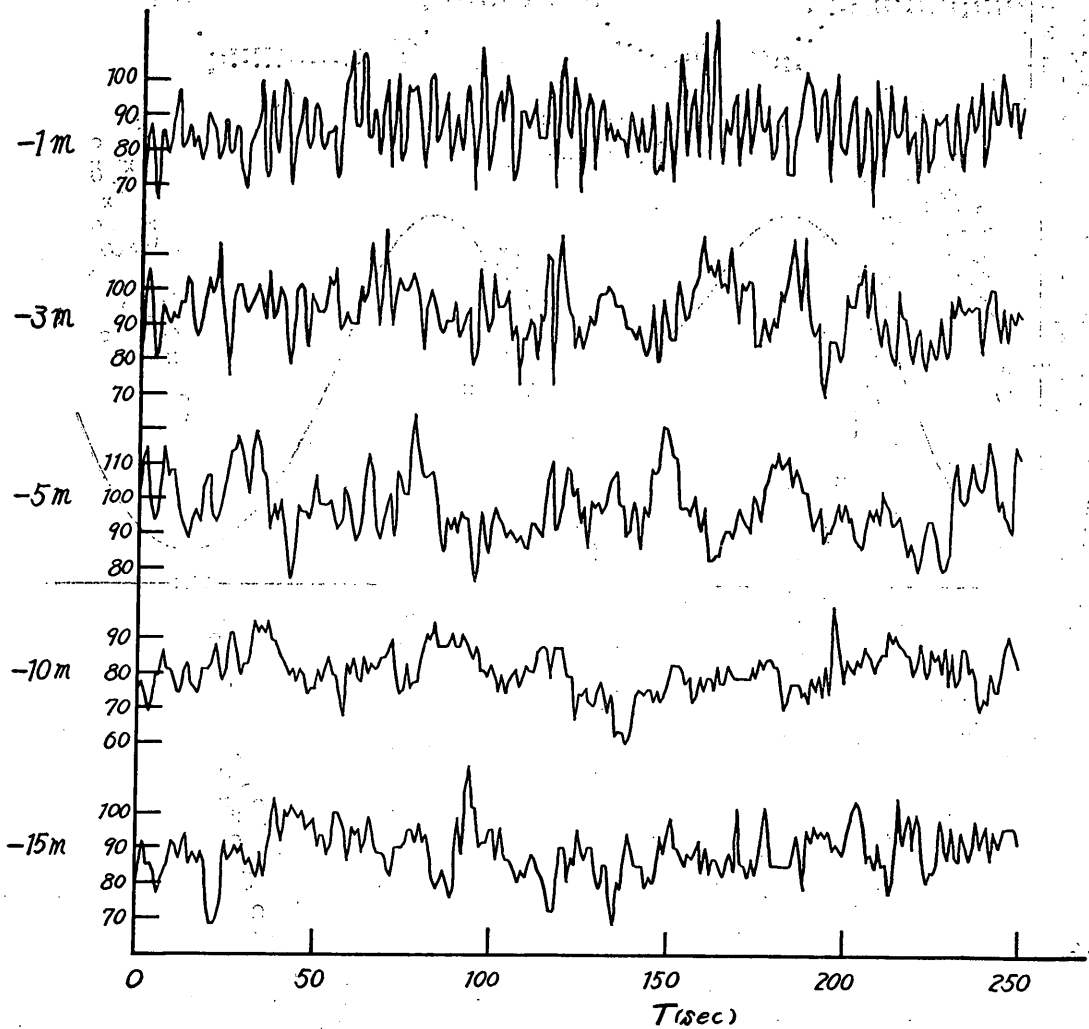


図-28 流速変動記録

富津海岸での測流は、今後継続して乱れの発生原因を
 究明する必要がある。

変動流速 u のエネルギースペクトルの計算は Blackman and Tukey の方法に従って行なった。

すなわち Δt 秒毎にサンプリングされた N 個の生の
 データ u_i に対して

$$u'(i) = \alpha(u(i) - \bar{u})$$

α : 換算係数 ($i=1, 2, \dots, N$)

$$\bar{u} = 1/N \sum_{i=1}^N u(i)$$

を求め、自己相関関数 $C(k)$ 、生のスペクトル P_m をそれぞれ次式で求める。

$$C(k) = \frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-k} u'(i) \times u'(i+k)$$

($k=0, 1, \dots, h$)

水平全方向流速計の試作について

$$P_m = 2\Delta t \left\{ C(0) + 2 \sum_{k=1}^{h-1} C(k) \cos \frac{\pi m k}{h} C(h) \cos \pi m \right\}$$

$$(m=0, 1, \dots, h)$$

次に生のスペクトル P_m を Tukey-Hamming の window で Smoothing を行ないスペクトル密度 F_m を得る。

$$F_0 = 0.54P_0 + 0.46P\left(\frac{1}{2\Delta t}\right)$$

$$F\left(\frac{m}{2\Delta t h}\right) = 0.23P\left(\frac{m-1}{2\Delta t h}\right) + 0.54P\left(\frac{m}{2\Delta t h}\right)$$

$$+ 0.23P\left(\frac{m+1}{2\Delta t h}\right)$$

$$(m=1, 2, \dots, h-1)$$

$$F\left(\frac{1}{2\Delta t}\right) = 0.54P\left(\frac{1}{2\Delta t}\right) + 0.46P\left(\frac{h-1}{2\Delta t h}\right)$$

今回の計算では、間隔 Δt を 1 秒、データの読み取り総数 N を 600、lag の最大値 h を 25 に取り計算をし

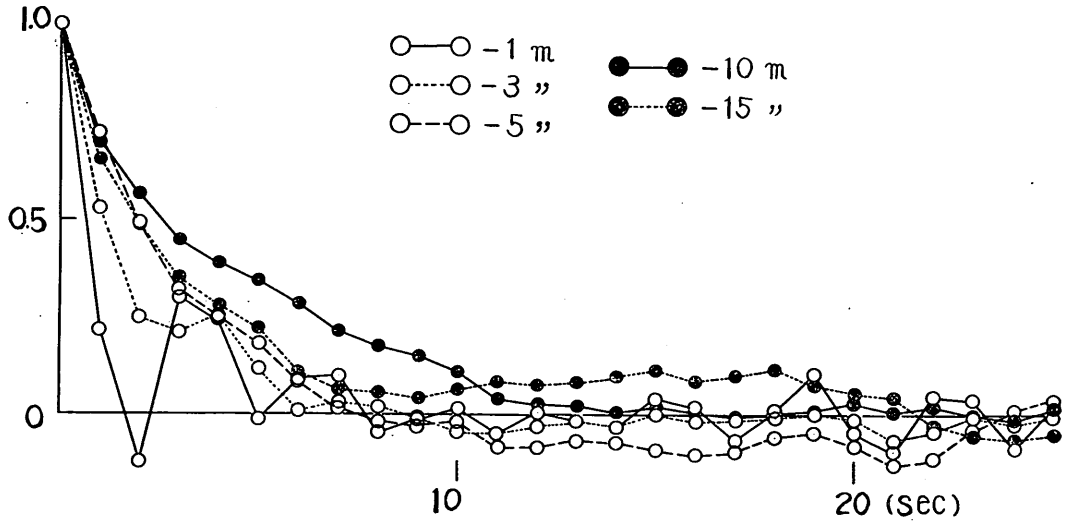


図-29 自己相関係数 (第2海堡測定)

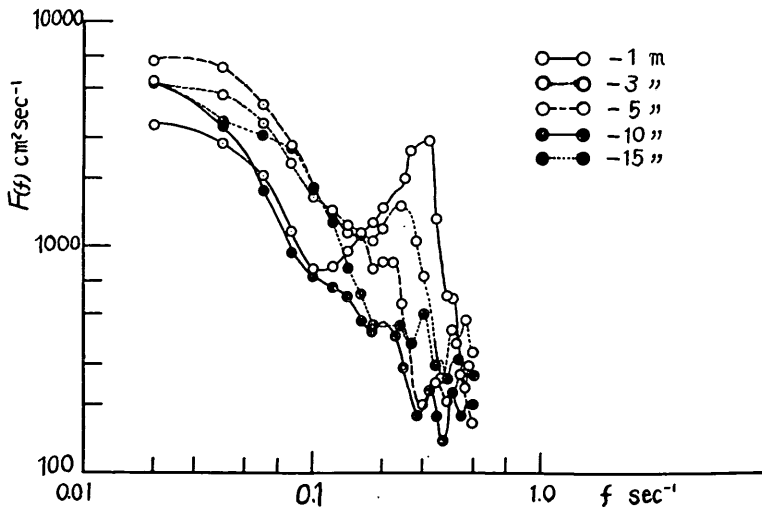


図-30 エネルギースペクトル (第2海堡測定)

柴山焯彦・須藤茂

図-31 自己相関係数 (富津海岸A点)

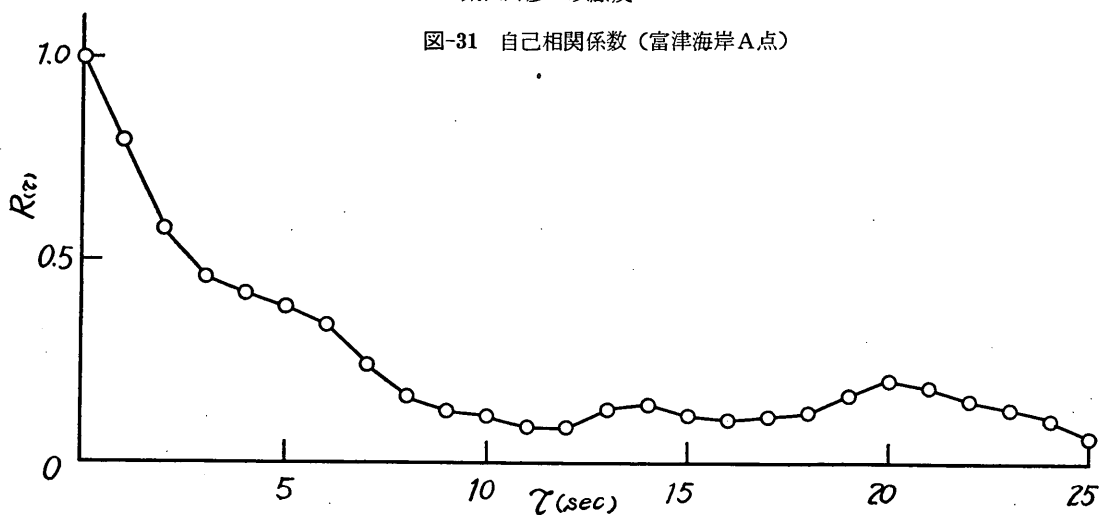
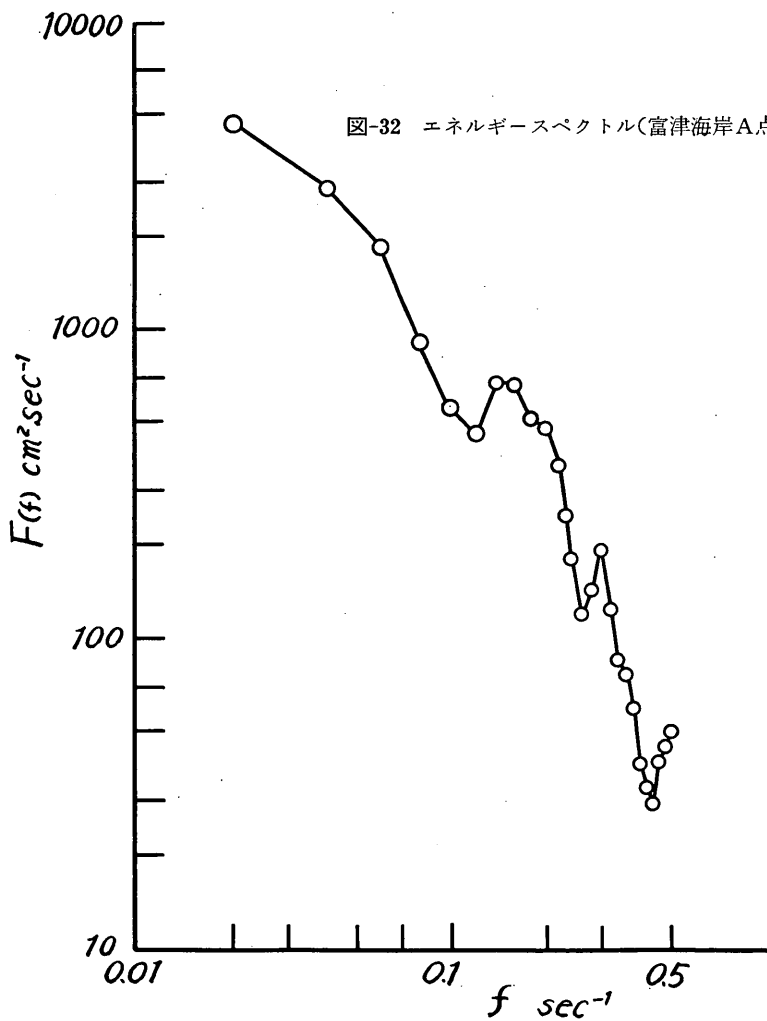


図-32 エネルギースペクトル(富津海岸A点)



水平全方向流速計の試作について

た。従ってスペクトルの分解能 Δf , 最大周波数 f_N , 自由度 K は次のようになる。

$$\Delta f = 1/2\Delta t h = 0.02 \text{sec}^{-1}$$

$$f_N = 1/2\Delta t = 0.5 \text{sec}^{-1}$$

$$K = 2N/h = 48$$

図-29, 図-30は第二海堡の観測点での自己相関係数とスペクトル密度分布を示している。又図-31, 図-32は富津海岸A点における同様の結果を示している。

第二海堡観測点における自己相関係数の図から見て分かるように-1m層から-5m層にかけて3~5秒位の周期的な変動が見られる。これは表層附近での波浪, 表層流の渦などの影響とみなされる。この傾向はスペクトル密度分布にも0.22~0.32cycle 附近にピーク となって現われている。波浪の影響ではないかと思われる理由の一つにスペクトル密度分布図に現われている 0.22~0.32 cycle附近のピーク点より高周波数側への減衰の傾向は波のスペクトルのそれと非常に似ている。又観測時間内での風向は南風で風速4~6m程度で風浪の目視観測では周期3~5秒, 波高30cm程度であった。

海洋乱流におけるエネルギースペクトル密度分布においては, 風波のスケールによる影響が大であると思われる。

なお富津海岸における自己相関係数並びにエネルギースペクトル密度分布図は, $L.W.L$ を基準として-5m層におけるものであり, スペクトル図によれば0.2cycle附近に波の影響とみなされるピークがあり, 第二海堡における観測結果とよく類似して表層附近での各種の表面波が乱れ以外の要素として影響しているように思われる。

結 論

現在, 流れを観測する為に普通使われている流速計は流速とプロペラの回転数から $U = aN + b$ を満足するだけの検定を行ない, その流速計の一般的特性としている。流速計は検定及び方向特性, 応答特性などの一連の性能試験を経て流速計としての性能が発揮される。

一般の流速計はこれらの性能試験を行っていない為に水平全方向流速計と安易に比較が出来にくい, 今回の性能試験及び潮流観測の結果, 乱れの速度成分までも

測定出来るものと思われる。流向流速測定器械として有効であるが, 記録紙上からパルスの読み取りに多くの時間を要する為, 流速計の回転数をパルスとして取り出しそれをそのまま記録する方法は最良でない。ここにパルス信号を電圧信号に変換すれば, 記録紙の節約と記録の分析精度を向上させる事も可能である。

一般の観測器械にもおこりうる事であるが, 長期間海中に設置した場合, 海草や貝殻物の付着による障害が発生しその機能を低下させる為, 1ヶ月に1回程度は, 流速計の回転部分を清掃する必要がある。なお水平全方向流速計は外記式であるが, 記録器及びフリーコンパスを内挿する事により, 内記式流速計としても使用出来る。

あ と が き

本方式の流速計を開発する為に種々の御便宜をはかって頂いた第二港湾建設局横須賀港工事々務所長庄子隆氏 工務課長高瀬浩一氏, 並びに潮流観測に際して御協力下さった同工事事務所調査係長二瓶昭氏, 全体にわたって有益な御助言を頂いた当所水理研究室長浜田徳一博士に深く感謝の意を表する次第です。

終りに製作に際し御協力を頂いた東京都三鷹市三光精密株式会社畑中良三氏に心からお礼申し上げる

(1968. 12. 27受付)

参 考 文 献

- (1) 港湾調査基準(案)第1編水工 運輸省港湾局 昭和43年6月
- (2) 余越正一郎, 琵琶湖疎水における乱れの観測, 京大防災研究所年報第9号, 昭和41年3月
- (3) 堀口孝男, 石塚修次, 横田基紀, 湾内における物質の拡散—東京湾の場合, 第15回海岸工学講演会講演集 昭和43年12月
- (4) Sony Magneto Diodes. Sony Corporation, 1969年
- (5) 自動制御機器便覧 オーム社 昭和38年5月
- (6) 矢島敦生 AU型プロペラ設計法に関する研究 運輸省技術研究所報告 Vol.11. No.7. 1961年8月
- (7) 機械工学ポケットブック オーム社 昭和38年5月
(この水平全方向流速計については特許出願中である。)