

海上用三方向同時観測機
 ——その試作経緯と性能改善について——

勝 目 一 泰*

**Problems on the Tentatively Named "On-board Surveymeter
 for Rapid Positioning" and Their Improvement**

Kazuyasu KATSUME

Abstract

For the purpose of positioning the survey ship in the offshore area more exactly and rapidly than placing the ship in position usually by visual observation using a sextant, the present writer has invented an instrument having a mechanism that three targets on land can be collimated with three telescopes simultaneously, and two horizontal angles among them can be measured also. This instrument is called here "On-board Surveymeter for Rapid Positioning" and a patent for the invention has been given (Pat, No. 520105).

The test of the first trial instrument was carried out on board in the Tokyo bay, and as the results, there were found on this mechanism the following defects to be corrected in practical uses.

- 1) Rocking of the instrument associated by rolling and pitching of the ship was hard to be controlled.
- 2) Images of three targets for collimation were not easy to be observed because three images are inverted and two of them are tilted.
- 3) The field of view was unexpectedly narrow.

These defects may be improved to a certain extent by the following devices.

- 1) It is the best way in the economic use that the instrument is worked by the operator to have no effect of rocking of the ship. From this reason the instrument is desirable to be made smaller and lighter.
- 2) The inverted and tilted images can be turned to the elect images by using Wolloston prisms.
- 3) To widen the visual field, the magnification of optical systems must be lowered, and a diameter of the telescope must be made bigger.

はじめに

近年海域において各種の調査・研究が行われているが、その実施に当たって、調査地点の海上位置（調査船位置）決定は不可欠である。海上位置決定には従来各種の方法が開発使用されているが、ここではとくに沿岸用に主眼をおいた眼視観測による海上位置測定機の試作・開発について述べる。この測定機はその用途から考え

て、安価でかつ手軽に扱え、さらに迅速かつ正確に船位を求められる機能をもつことが重要であることはいうまでもない。

試作第1号機は昭和38年設計に着手、昭和43年海上実験を行い一応の成果を得た。今回その改善について、1つの成案を得たので、これらをとりまとめて報告する。

1. 地質調査所における海上用位置観測機試作・開発の経緯

* 技術部

昭和38年、光学系による沿岸用位置観測機について設計を行い、昭和39年8月、特許の名称を海上用三方向同時観測機とし、特許請求の範囲を「既知点の三方向を視準する3筒1体の望遠鏡による映像を同一鏡内の焦点面に直列投影させ、それぞれの視準目標像と個々の水平角値が同時に1筒の接眼部により読み取れる観測機構を有する海上用位置測定機」として出願、昭和42年10月特許公報(特許出願公告、昭42-20580・107, D, 1・107, A, 312)に掲載、昭和43年5月、勤務発明として特許証(特許第520105号)を得た。

また、この間に海上用三方向同時観測機試作第1号機を作製し、昭和43年3月、東京湾において試作機による船位測定実験を行った。その結果、本機の動揺制御面、光学系についていくつかの問題点がみだされた。これらの欠陥部分については充分な検討を行い、改善する必要があると考えられた。

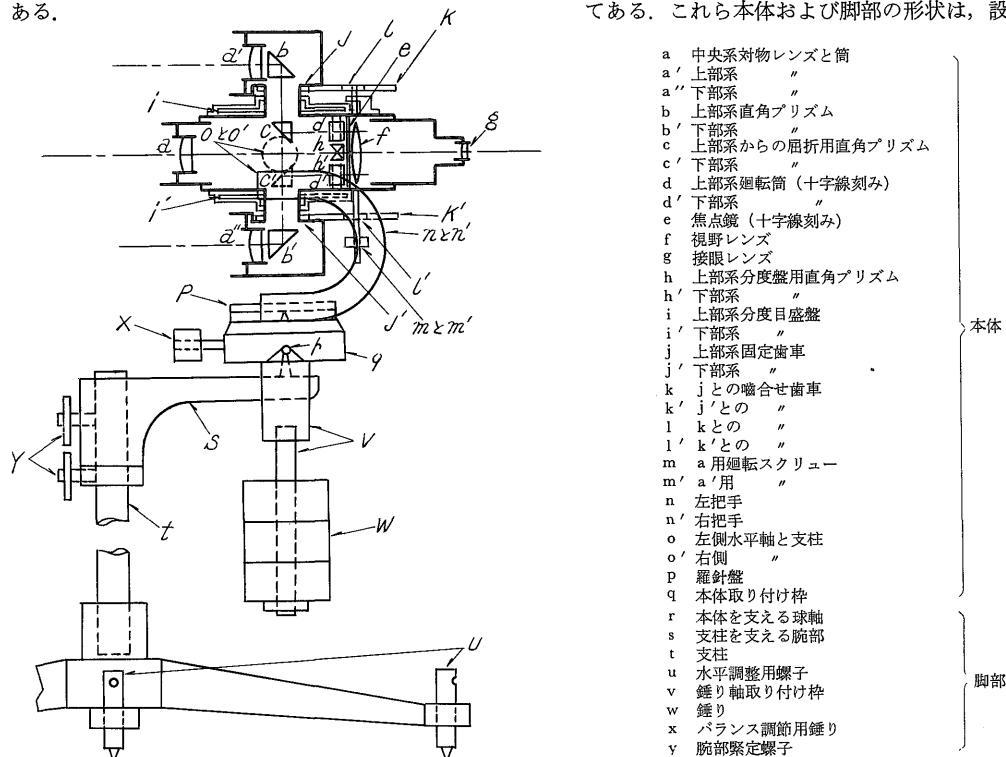
1.1 三方向同時観測機の概要

調査船の位置を測定するための観測機は、用途上から海洋用と沿岸用とに大別され、海洋用としては電磁波利用によるもの、沿岸用としては光学系(眼視観測用)によるものがあり、それぞれ数機種がある。三方向同時観測機は、後者の光学系に属し、六分儀に類似するものである。

本機は、前述、「特許請求の範囲」に記しているとおり、単独で、既知3目標を視準し、なお同鏡筒内で左右夾角を同時に読みとれる機構としたもので、これを用いれば、1観測で1船位が求められるのが特徴である。本機を試作した当初は、磁針方位盤をとりつけてあったので、これを含めて四方向同時観測機と称してすでに地質ニュース(1964-12)で紹介した。

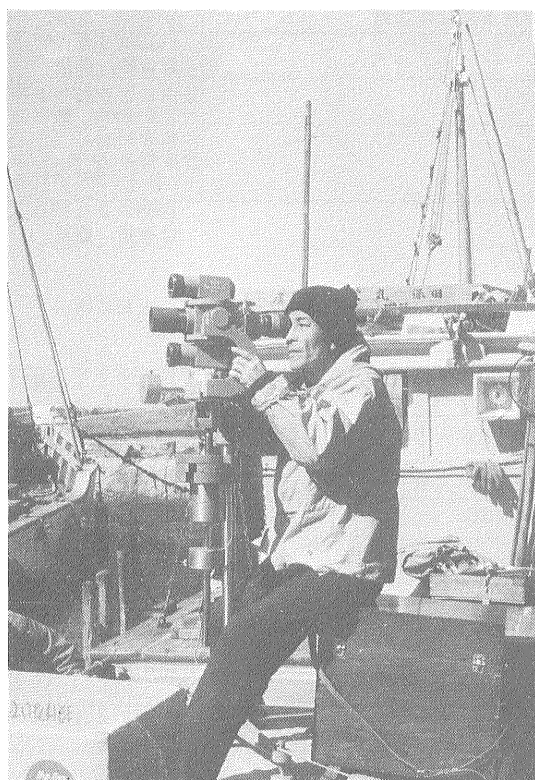
1.2 本機の性能および構造について

試作第1号機の性能を総括的に述べると、3鏡筒の焦点は内部固定式、視準像は3目標とも倒像、視界は3鏡筒とも個々に6度強、望遠鏡倍率1.2/1、水平分度盤目盛は左右角ともに120度毎1分刻みである。また、水平復元のための脚部装置は、第1図に示したように、本体を脚部の球軸にセットすると、その球軸部は、いわゆる「ヤジロベ」の支点部になり、本体鏡筒の視準線をできるだけ水平に保持する役目を果たせようとするものである。なお、この脚部によって消去し得ない上下の揺れは、振幅度が目標視準距離にくらべて微小であることから、本体付属ハンドルのきわめて軽微な操作を行うことにより目標視準ができる。さらに、視準時の3目標には、それぞれ相互に高低があって、視準しにくい点は、対物鏡をなるべく大きくすることにより観測しやすいようにしてある。これら本体および脚部の形状は、設計図をもと



第1図 側面

- a 中央系対物レンズと筒
- a' 上部系 "
- a'' 下部系 "
- b 上部系直角プリズム
- b' 下部系 "
- c 上部系からの屈折用直角プリズム
- c' 下部系 "
- d 上部系廻転筒(十字線刻み)
- d' 下部系 "
- e 焦点鏡(十字線刻み)
- f 視野レンズ
- g 接眼レンズ
- h 上部系分度盤用直角プリズム
- h' 下部系 "
- i 上部系分度目盛盤
- i' 下部系 "
- j 上部系固定歯車
- j' 下部系 "
- k jとの噛合せ歯車
- k' j'との "
- l kとの "
- l' k'との "
- m a用廻転スクリュー
- m' a'用 "
- n 左把手
- n' 右把手
- o 左側水平軸と支柱
- o' 右側 "
- P 羅針盤
- Q 本体取り付け枠
- r 本体を支える球軸
- s 支柱を支える腕部
- t 支柱
- u 水平調整用螺子
- v 錘り軸取り付け枠
- w 錘り
- x バランス調節用錘り
- y 腕部緊定螺子



第 2 図

に、第 1 図例面図に概要を示した。また、試作機第 1 号により観測を行っている状態を第 2 図に示した。

なお、本機の構造についての詳細は、特許公報（昭和 42 年 20580）に記載してある。

2. 試作機による海上実験

2.1 海上実験の経緯と結果

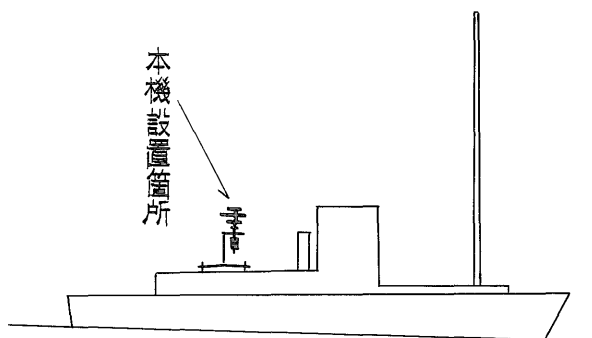
試作機による船位測定の実験は、昭和 43 年 3 月中旬、千葉県安房郡鋸南町沿岸海域において、約 12 t の備船（地形課、石橋嘉一技官による測深・動揺補正実験調査船）に便乗して行った（第 3 図参照）。なお、その目的は、陸地の 3 目標を同時視準するにあたって、どの程度容易に観測ができ、また操作の簡易さを検討することであった。

以上により行った測定試験結果を第 1 表および第 4 図に示した。

2.2 海上実験によって出てきた試作機の問題点

試作機により、I および I' ~ VII 測線の船位測定を行ったときの目標視準の難易の程度等、そのおもな点を述べる

1) I および I' 測線における 停船時における観測の



第 3 図 船位測定実験用船（三栄丸，11:39 t）

場合（第 1 表・第 4 図参照）

I 測線は、波浪の高くないときを狙い 3 方向目標について、同時視準を行ったもので、視準操作は比較的容易であった。なお、I' 測線は、1 分おきに連続観測を行ったもので第 1 表のうち、欠測部分は波浪の上下動がおよそ 40 cm（岩壁と舷側の差より測定）を超え、第 5 図-B（鏡筒内焦点面の各目標像は、波浪の上下動によって矢印のようにそれぞれの向きに動きをきたすが、動揺度の高まるに従い、より大きな動きを見せる）に示す状態となつて、適確な視準同調操作ができなかったものである。

2) II ~ VII 測線における 走航中の船位観測の場合

これらの測線は前述のように、測深・動揺補正実験調査班の走航コースに便乗し、1 分ごとに 3 方向同時観測を行ったものである。第 1 表中、II 測線の欠測箇所は、上述第 5 図-B に示す状態のもの、または、視準 3 目標のうち、至近距離にある真珠塔だけが、他の目標に比べ、鏡内像の移動が速く、3 目標の同調視準操作が困難となったものである。このような状態は、III 測線においても同じようにあらわれた。IV 測線では、視準 3 目標のうち鋸山展望台（高さ、約 250 m）と他の低い目標とを同時視準によって同一鏡内におさめるのに、視界不足（試作機 3 鏡筒の視界は、それぞれ 1 鏡筒につき 6 度強あり、その視野幅は目標視準直距離に対し、約 1 割である。つまりこの IV 測線上では鋸山まで、距離約 3,000 m に対し、視準しうる範囲 300 m ということである）で、視準に困難をともなった。V 測線の際は、No. 1 ~ 11 まで II 測線における場合と大体似た状態で、No. 11 以降のものは、船が急に方向を変えたので、横への傾きが大きくなったためもあって、3 目標視準のための同調操作が行えず欠測となったものである。VI 測線の初めの段階の方向転換時においても、欠測こそしていないが上述と同じように視準に困難を生じている。なお、No. 2 以降は、

地質調査所月報 (第26巻 第1号)

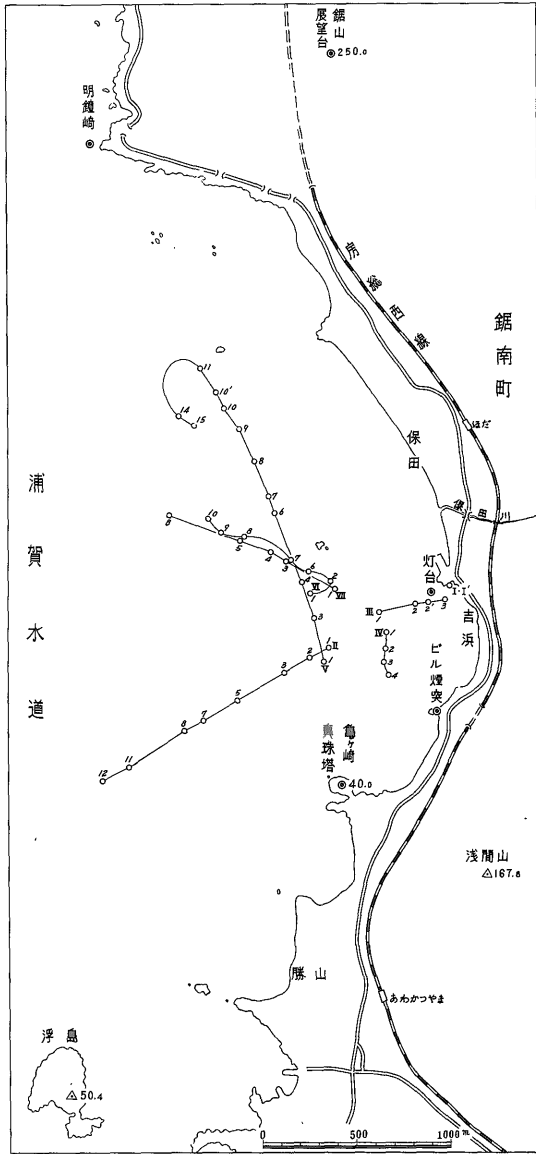
第1表 I ~ VII 測線における船位測定値

I	No.	1	2	3	4							1968年3月12日 曇後晴, 軽風		
	T	午前	"	"	"							波浪による船の上降の差約40cm, 舷左右の傾き約±5° 分度盤にゆるみあり, 右角+30'ずれる		
	ビシホ	L 20° 36'	20 40	20 40	20 40									
R	37° 32'	37 35	37 35	37 35										
I'	No.	1	2	3	4	5	6						1968年3月12日 曇後晴, 軽風	
	T	14 h 55m	" 56	" 57	" 58	" 59	15 00						上記に同じ	
	ビシホ	L 20° 47'	欠測	20 33	20 40	20 50	20 42							
R	37° 40'	"	37 32	37 28	37 22	37 42								
II	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1968年3月13日 晴, 軟風
	T	11 h 26m	" 27	" 28	" 29	" 30	" 31	" 32	" 33	" 34	" 35	" 36	" 37	観測中の速力約4ノット, 舷左右の傾き±4°程度 船の上下動40~50cm程度
	ホシウ	L 113° 25'	104 12	91 22	欠測	68 55	欠測	54 40	48 50	欠測	欠測	35 12	31 12	
R	36° 00'	43 00	54 25	"	73 40	"	84 40	88 10	"	"	95 11	94 40		
III	No.	1	2	2'	3								1968年3月13日 晴, 軟風	
	T	11 h 51m	" 52	" 52.5	" 53								観測中の速力約5.5ノット, 舷左右の傾き±3°程度	
	ビシホ	L 42° 20'	32 45	29 05	24 08									
R	20° 40'	12 52	11 08	8 00										
IV	No.	1	2	3	4								1968年3月13日 午後疾風	
	T	13 h 29m	" 30	" 31	" 32								観測中の速力約2.5ノット, 舷左右の傾き約±4°	
	ミノホ	L 26° 05'	25 40	24 55	24 25									
R	52° 30'	44 41	39 20	32 48										
V	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10'	11	1968年3月13日 午後疾風
	T	13 h 37m	" 38	" 39	" 40	" 41	" 42	" 43	" 44	" 45	" 46	" 46.5	" 47	観測中の速力約5ノット, 舷左右の傾き約±4°
	ホシウ	L 114° 18'	欠測	93 15	74 05	欠測	49 30	45 42	38 42	33 40	31 20	29 30	27 20	
R	39° 22'	"	36 40	35 35	"	33 20	32 40	31 30	30 29	30 07	29 28	28 58		
V'	No.	12	13	14	15								1968年3月13日 午後疾風	
	T	13 h 48m	" 49	" 50	" 51								波浪激しくなり帰港する。分度盤にゆるみを生ずる。(帰零すると右角+1°のずれあり)	
	ホシウ	L 欠測	欠測	31° 30'	32 52									
R	"	"	32° 50'	32 50										
VI	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			1968年3月14日 晴, 和風
	T	12 h 39m	" 40	" 41	" 42	" 43	" 44	" 45	" 46	" 47	" 48			観測時速力約3ノット 舷左右の傾き約±5°
	ホシウ	L 81° 10'	81 10	欠測	欠測	欠測	71 50	64 42	53 16	48 52	45 29			
R	35° 07'	30 11	"	"	"	33 15	35 58	38 52	40 27	40 20				
VII	No.	1	2	3	4	5	6	7	8					1968年3月14日 晴, 和風
	T	13 h 51m	" 52	" 53	" 54	" 55	" 56	" 57	" 58					観測時速力4.5ノット程度, 舷左右の傾き約±4°
	ホシウ	L 86° 31'	欠測	63 48	59 34	52 23	欠測	欠測	41 10					
R	29° 25'	"	35 53	37 05	39 30	"	"	42 12						

(注) 各視準目標点の略号: (ホ)保田灯台 (シ)真珠塔 (ビ)ビル煙突 (ウ)浮島 (ミ)明鐘 (ノ)鑑山展望台。

I ~ VII: 各測線, No: 測定の順番, T: 測定時間, LおよびR: 左および右角測定値。

本船位測定においては, 試作第1号機による3方向目標同時視準がどの程度容易に行えるかを主眼においているため, 観測の条件や精度に関することは余り重視していない。したがって, 本表実験測定値のうち, 測定結果のよくないもの数点が含まれていることを断っておく。



第4図 千葉県安房郡鋸南町沿岸海域における船位測定実験図

(注) 本図は那古1/5万図幅の鋸南町、保田沿岸を拡大し、船位測定実験図として用いた。なお船位測定時の視準目標は当1/5万図上より、これを適宜に選択し仮基準点として利用した。

ジクザク走航を行っており、左右の揺れは大体 5° を超えている。この場合とくに第5図-Bに示した影響が強くてため、3方向同時視準は困難で、測定値のうち適確さを欠いたもの数点が含まれている。Ⅶ測線は、Ⅱ測線のときと大体同じような状態があらわれている。ただ

し大きな揺れのため比較的多くの欠測点を出したものの、いままで行ってきた視準操作の慣れによって、3目標同時視準は比較的容易に行うことができた。

以上の観測によって出てきた問題点には、視準時における目標の選択に関する事、あるいは試作機操作の熟練度も大きな影響があるものとしてあげられるが、今回の実験の主目的は、前述のように本機自体の性能の良否、および操作の難易を見きわめることにあったので、その点にしばって問題点を集約すると、大要つぎの通りである。

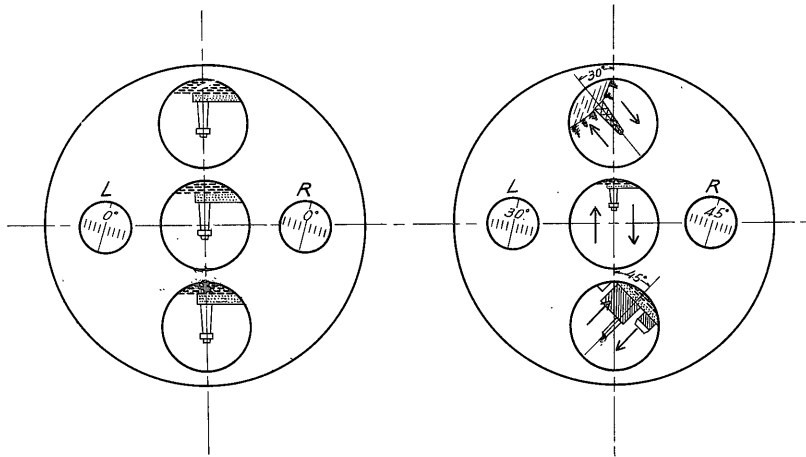
- 1) 動揺制御装置(本体を支える脚部)の不十分。
- 2) 本体の鏡内像(第5図-Bにみられるように、焦点鏡のクロスヘヤーおよび視準映像は、左右それぞれの角値に対応し等量回転する仕組みになっている)は、波浪の上下動が高まるにつれ、3方向目標に対し、同時視準がしにくい状態になる。
- 3) 本体三鏡筒の視界は、各鏡筒ともに視準距離に対して1割であるが、3目標を同時に焦点鏡に直列させることにより実質的な視野、すなわち有効視野は、その半分ほどになってしまう。よって波浪の高いときは、高低差の大きい3目標に対する同時視準は困難となる。

3. 試作機の構造と性能についての改善策

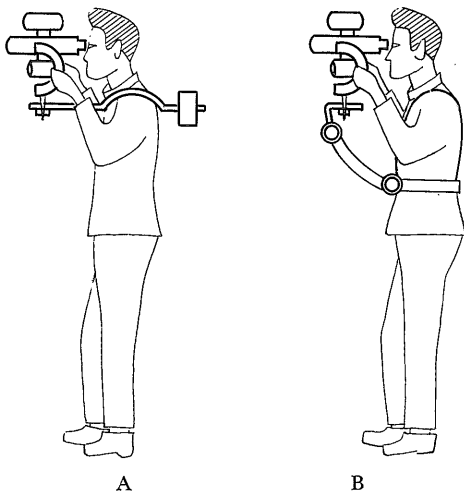
前述の本機の欠陥とする部分 1) 項については、本機創案当初において、ジャイロ(回転コマ)方式、あるいはバネの釣合いを利用したバランス方式などによって動揺を除く方策を考えたこともあったが、本機を利用するときの経済性、また簡易に扱える面をもたせることの必要から、現試作機(第1図・第2図)に示すような脚部(“ヤジロベ”方式)をもって、できるだけ動揺を制御しようとした。しかし、実験においては、本機の動揺制御面の性能についての効率は、およそ5割程度しか発揮できず、3方向視準に際しての簡易性については不十分な結果がでた。

これらの実験によって得た経験から、動揺制御という点について、いままで以上に性能の向上をはかる改善策について1案を得たのでその大要を次に述べる。

本機を船上に据付けることによって、小船の波浪による「ゆれ」および、エンジン稼働による「ぶれ」など複雑な障害を取り除くためには、その装置自体に多大な費用を要するものと考えられ、この方法を用いることは冒頭に述べた経済性という面で、その主旨に反する。よって結局は柔軟で自在性に富む、観測者自身の五体を利用することが良策と思考するにいたった。すなわち、六分



第 5 図 試作機による目標標準鏡内焦点面映像および目盛盤投影左右角値



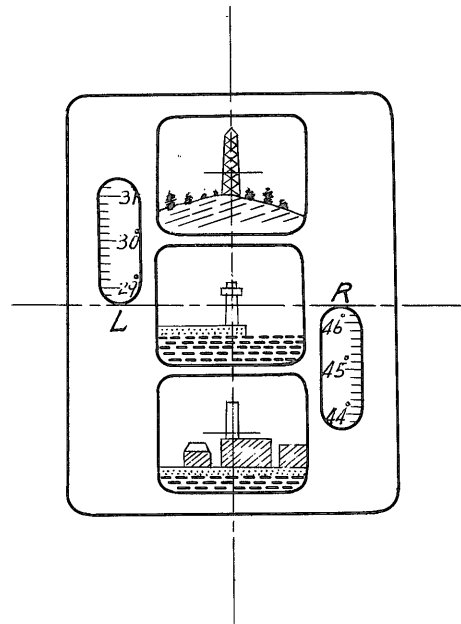
第 6 図 携帯型概念図

儀により観測を行う場合のように、本体（光学機構部分）を抱え持って観測を行う方式を用いようとするものである。

このように本機を抱え持ちながら視準を行おうとするときは、当然、本機の小型軽量化をはかる必要があるが、いまかりにこれを行ったとして、改良機により観測をしている状態を概念的に第 6 図 A・B で示した。

A の場合は、肩に載せて観測を行う方法を示すもので、肩あて天秤の前部に本体、その背部には本体とほぼ同じ重量の錘りを取りつけ、機とのバランスを保たすようにしている。

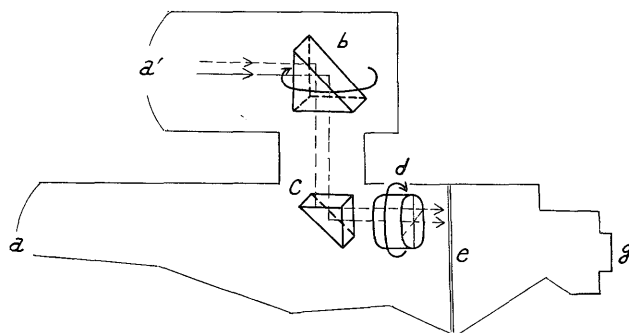
B は、腹帯からの湾曲した支柱に本体を取りつけるよ



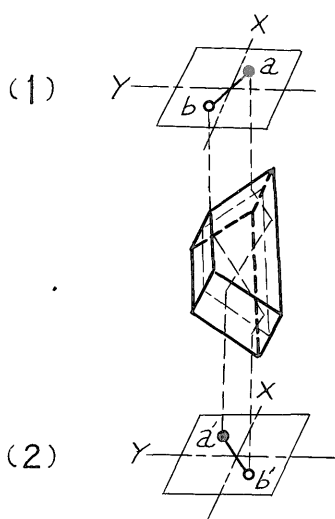
第 7 図 試作機改善による焦点面映像

うにし、なお観測時における本体の高さの調節は、支柱の部分においてできるようにしてある。

この A・B いずれかの方法を用いることによって、動揺制御面の効率を、現試作機よりさらに高められるものと考えられる。なお、小型軽量化をはかることについては、つぎに述べる光学系の改善も併わせ考えねばならないので、製作上、技術的な面で若干工夫をこらす必要があると思われるが、一応、体型は現試作機のおよそ 1/2 とし、軽金属を用いることにより、重量、2 kg 程度にしておく



第8図 現試作機の光学系 (上部プリズムおよび中央系プリズムと廻転筒)

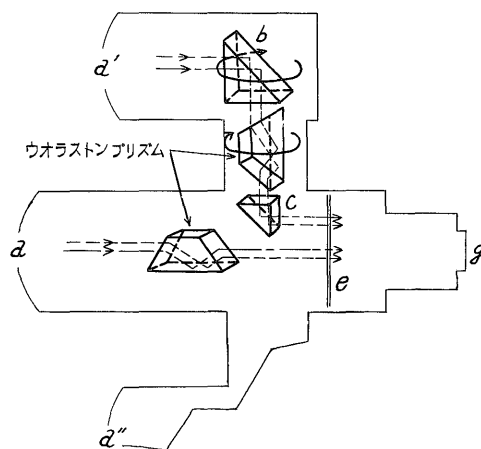


第9図 ウオラストンプリズム (wollastonprism) の屈折

ことが適当と考えられる。

2) 項の本体鏡内像についての改善策は、第5図に示す状態のものを第7図に示すように、3目標視準像を立像直列方式にすること、また、角値投影枠および3方向目標の3つの映像枠をできるだけ接近させて視角を狭めるようにすることが必要と思われる。

このような光学機構にするためには、第1図および第8図 (上部系のみ示す) の現光学系 $b-c$ (上部系), $b'-c'$ (下部系) と, $a-o$ (中央系) それぞれの間に、第9図に示すようなウオラストンプリズム (Wollaston prism) を介在させることにより、各視準像の立像化をはかれるものとする。すなわち、第9図において、相対応する座標盤(1)および(2)の間に、本プリズムを介在させ、(1)の座標盤に記した $a \cdot b$ を、(2)の側に透視すると a'



第10図 試作機改善後の光学系 (上部および中央系のプリズム)

b' となって投影され、(1)・(2)のそれぞれの印はX軸に対称型となって映される。つまり、このプリズムの持つ光の屈折作用を利用しようとするもので、これを施した状態を第10図 (上部系と中央系) によって示した。以上の理由から、上・下系 (左・右角用) に装置するウオラストンプリズムについては、その左・右方向視準角値に対し常に $\frac{1}{2}$ 回転量となるような仕組みを講ずることが必要となる。

この方法を用いることによって3方向視準像を立像にすることができ、なおこの改良によって、現在の廻転筒 $d \cdot d'$ (第1図・第8図参照) は、当然不要になるので、焦点面の各映像枠を、第7図に示すように、互いに接近させることができ、かつ視角は狭くなる。したがって、いままで以上に目標視準を容易にすることができるものと思料する。

3) 項の視界の拡大をはかることについては、望遠鏡

の倍率と視野との相関関係において、つぎの方策を考えた。

望遠鏡の視界は、倍率を高めることにより狭くなる。また、視準目標は、倍率を増加させることによって船の「ゆれ」に倍加した「ぶれ」となって見られる。よって望遠鏡の倍率を上げることは、視野を狭くするなど目標視準に困難をきたすことになる。

本試作機(1.1の項、本機の性能、参照)においても当然これらのことを考慮して、つくられている。それにもかかわらず、なお視界不足であったことについては、現光学系の倍率を、より下げること、また、対物鏡径をより拡げることによって改善できると考えられる。

以上が本機の性能を高めるための対策である。

む す び

海上用三方向同時観測機試作第1号機による船上実験において

- i) 動揺制御装置の不十分。
- ii) 波浪の高まるにつれて、3目標標準鏡内像が見づらくなること。
- iii) 望遠鏡の視界不足。

が明らかになったが、このため海上実験に際して目標視準ができず欠測となったもの約20%、3方向同時視準に困難を生じ適確な測定を行い得なかったもの20%余を出した。結局正確に船位測定が行い得たものは50%台にとどまり、当初予期した成果としては不十分であった。

本機については、はじめに述べたように、経済的かつ安易に扱え、迅速なお正確に船位を求められること、さらに小船の出港できる波浪状態のときに、常時利用し得られることを主眼にしている。したがって以上のような機の問題点とされる部分について、できるだけの改良を行い、より性能の向上をはかる必要がある。よって、その改善について検討を行った結果、つぎの方策によることが最適であると思ふにいたった。

- i) 現方式による動揺制御面については、これを観測者自身が手に抱え持ち観測を行う方式に切替え、機の小型軽量化をはかること(第6図、A・B参照)。
- ii) 3鏡筒内にウオラストプリズムを介在させて鏡内視準像の正像、直列化をはかり、なお接眼部における視角を狭めること(第7図・第9図・第10図参照)。
- iii) 望遠鏡の倍率を低くし、対物鏡径を拡げることである。

以上が本機の性能を高めるための対策事項であるが、これらの改良を行うことにより、創案当初に意図した目的が達成しうるものと考えられる。

本機を創案・試作するにあたり、地形課岩崎一雄技官から、種々ご教示をいただくとともに、窪木時雨郎地形課長より種々ご指摘をいただいた。また、同課、石橋嘉一技官には、本機の海上実験に際して多大のご協力をいただいた。さらに、特殊技術課の和田義一郎・青木市太郎両技官より、観測機の構造に関する技術的な面においてご助力をいただいた。なおまた、本稿のとりまとめにあたっては、大和栄次郎技術部長より、終始懇切なご助言およびご指摘をいただいた。改めてここに深く感謝の意を表する次第である。

(受付：1974.11.19日；受理：1974.11.22日)

参 考 文 献

- 勝目一泰(1964) 海上用四方向同時観測機について、地質ニュース、no. 124, p.15~17.
- 特許公報(1967) 海上用三方向同時観測機。特許庁、特許出願公告、昭和42—20580。107, D, 1。107, A, 312.
- 山田幸五郎(1940) 光学機械器具。520p., 誠文堂新光社、東京。
- (1970) 幾可光学。333p., 共立出版社、東京。