

浮遊式海洋観測ステーションの計測計画とその実施

稲田, 勝

九州大学応用力学研究所 : 文部技官

田代, 昭正

九州大学応用力学研究所 : 文部技官

篠崎, 高茂

九州大学応用力学研究所 : 文部技官

安永, 誠

九州大学応用力学研究所 : 文部技官

他

<https://doi.org/10.15017/4743605>

出版情報 : 應用力學研究所所報. 49, pp.123-134, 1979-02. 九州大学応用力学研究所
バージョン :
権利関係 :



寄 書

浮遊式海洋観測ステーションの
計測計画とその実施

稲 田 勝** 田 代 昭 正**
篠 崎 高 茂** 安 永 誠**
大 楠 丹*

概 要

昭和49年度より昭和52年度の4年間、九州大学応用力学研究所の海洋研究グループは、大型共同研究「海上実験による海洋観測ステーションの開発研究」を実施した¹⁾。

このノートは本研究の中の浮遊式海洋観測ステーションの計測に関するものだけをまとめたものである。その内容は計測システムを計画する段階で何を問題にしたか、計測機器の取り付けはどのように行なったか、および計測を実施する段階でどんな難点が出てきたかななどを記述し、終りに計測に必要なデッキ上の作業を行なうにあたっての問題について述べている。

Key words: Flouting, Station, Measurement, Plan

目 次

1. はじめに
2. 計測システムの概要
3. 計測システムの全体計画
4. 計測項目および計測システムブロック図
5. 計測システムの配置
6. 計測機器の取り付けについて
7. 計測システムの詳細と問題点
 - 7-1. センサー部
 - 7-2. 制御部
 - 7-3. 記録部
 - 7-4. 電源部
8. 計測デッキ上の作業性の問題点

* 九州大学助教授，応用力学研究所

** 九州大学応用力学研究所文部技官

1. はじめに

浮遊式海洋観測ステーション（以下「ステーション」という。）の計測システムの概要については、すでに「海上実験による 海洋観測ステーションの開発研究（第1報）」（九州大学応用力学研究所所報 第46号）に報告されている¹⁾。一方、計測システムの維持ならびに計測の実施を担当した計測班として、計画段階で配慮が足りなかった点、実施面で判明した多くの問題点およびいくつかのトラブルなど、計測システムについて反省すべき点も多いと考えている。またそのような反省によって、海洋計測に対するノウハウのようなものも多く得られた。そこで本ノートではステーション計測システムによる計測の実際的な問題点を中心にまとめ、今後の海洋計測のための資料としたい。

2. 計測システムの概要

ステーションのデッキ上に設けられた計測システムは、波・風向・風速のほかステーションの運動・加速度および係留索の張力等を、システムに内臓されたデジタルカセットデータレコーダに集録するものである。集録されたテープならびに計測に必要な電池は定期的に取り替え、データ解析は陸上にて計算機処理を行なうものである。

3. 計測システムの全体計画

計測システムの計画にあたって第1になすべきことは、計測項目の決定と必要なセンサーの選択である。ステーションの運動（ピッチ・ロール・3軸加速度）計測は手持ちの実船々体運動計測装置を採用する。海上での波の計測はセンサーが複雑な構造とならないように容量型波高計とした。係留索の張力計は市販のものには防水型がないために特注した。風向・風速計、方位計はステーションの上部に搭載するため腐食が少なく、且つ軽量である点に留意して計画した。ステーション本体のベンディングストレスはセンサーから変換器までの距離が長いので、センサーの近くに前置増幅器を置いた。この構造は張力計についても同様である。

データをアナログで集録するか、デジタルで集録するかについて検討した結果、消費電力が小さいという利点からデジタル型カセットデータレコーダを採用した。

第2に、計測システムに費す消費電力量と最適な電池の決定が重要である。消費電力量を算出するには計測システムが作動する延べ時間数が必要であるが、それは制御の内容で変るから何か目安を立てなければならない。例えば1回の計測時間を10分にするか20分にするかで記録テープ1本が費す消費電力量は大きくちがってくる。その詳細な理由については7.1.1の項を参照されたい。計画では1回の計測時間を20分とし、2時間間隔でデータ集録を行なうことでテープ1本を集録するに要する消費電力量を算出した。これに必要な電池は初期の係留システムにおいてはパワーバイ*に格納することにした。その場合パワーバイ自体の激しい運動が予想されるので電池の電解液がこぼれることがあっては危険であるから密閉型蓄電池を採用した。

* 文献(1)の図5.3.5及び図5.3.7参照

第3に、計測機器、電池等（標識灯用）をどのようにステーションに取り付けるかは、テープの取替えや機器の修理等の作業の難易を決定する大きな要因である。例をあげると、

- (1) ステーション上にデッキを作り、そこに機器を置きデッキ上で作業を行なう。
 - (2) ステーション本体のカラムの中に機器を入れ、カラムの側面または上部より出し入を行なう。
- などの案があったが、デッキ上で作業を行なってもステーションの傾きは微少であることが判明し、(1)の方法でステーションにデッキを作り、これを機器スペースと作業スペースに2分割した。電池はステーションデッキ上に搭載すると重心位置が上昇し、ステーションの運動性能が悪くなるのでパワーブイに入れて給電線で電力を供給する計画とした。パワーブイは2機用いた。1機が計測に使用されている時、他の1機はその中の電池を充電して前者との交替に備えた。

4. 計測項目および計測システムブロック図

計測項目とその測定範囲については表1に、全計測システムのブロック図は図1に示す。

表1 計測項目

	計測項目	測定範囲
1	ピッチ	0~±40 deg
2	ロール	〃
3	加速度 (X)	0~±2G
4	〃 (Y)	〃
5	〃 (Z)	〃
6	波高 (1)	-2 m~+3 m
7	〃 (2)	〃
8	ロープテンション	0~5 ton
9	ベンディングストレス	
10	方位	0~360 deg
11	風向	0~540 deg
12	風速	0~60 m/sec

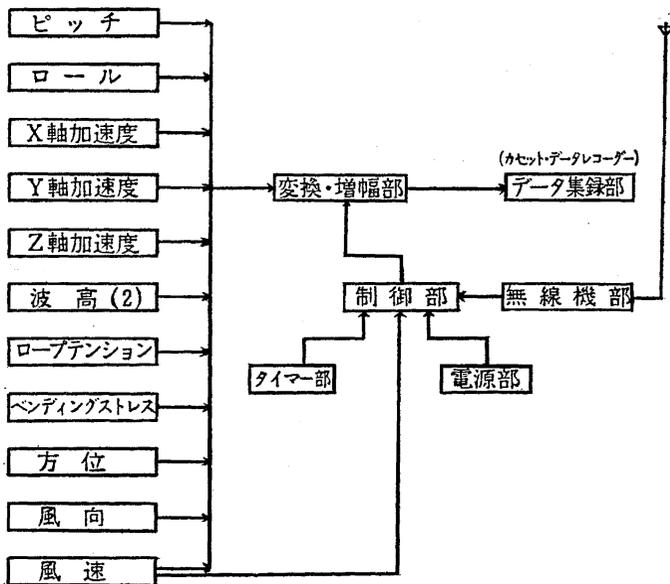


図1 計測システムブロック図

5. 計測システムの配置

係留システムの変更については文献(1)で詳しく述べられているが、それに伴ない計測システムの配置についても若干の変更を行なった。初期の配置については図2に、変更後の配置については図3に示

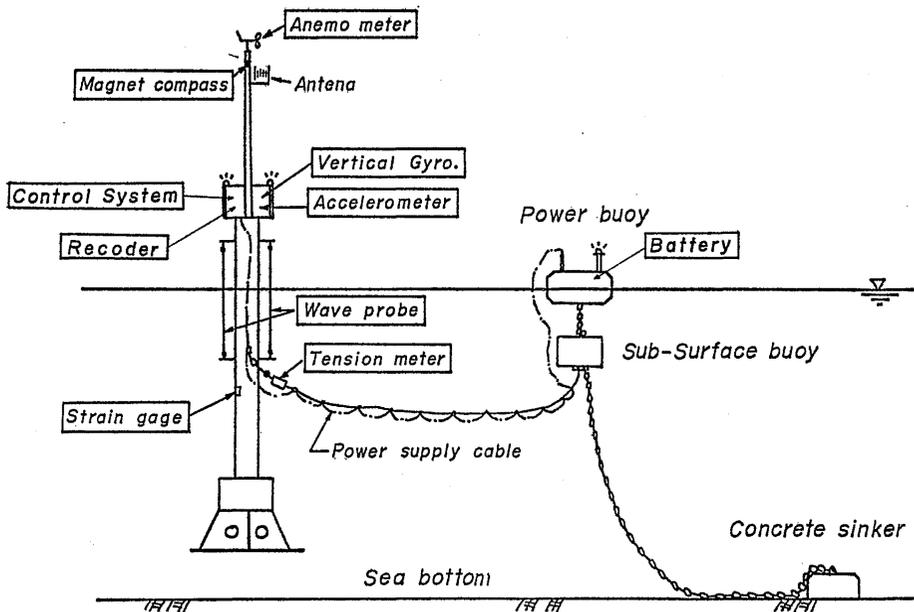


図2 係留・計測システム初期配置図

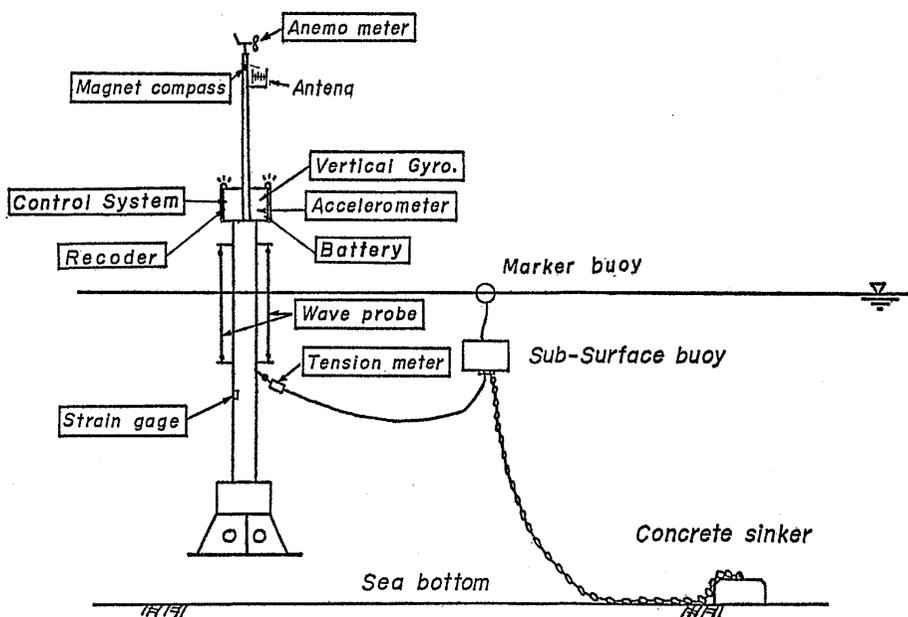


図3 係留・計測システム最終配置図

す。

6. 計測機器の取り付けについて

図4で示すように、計測器一つ一つを薄い鉄板でできた防水カプセルに入れ、合計4つのカプセルを組み上げたものを木製の百葉箱に納める。これにより防水カプセルへの直射日光が避けられ、百葉箱が通気性を有することから計測器の温度上昇が避けられる。カプセルの中は通気が無いのでシリカゲルを入れて湿気による電氣的トラブルを防止した。各計測器を継ぐケーブルは、防水カプセルの後から防水グランドを使用して出し入れを行ない、ケーブルと計測器の接続は計測器の前面でハーモニカ端子を使用して接続した。

海が時化した場合、百葉箱の中の防水カプセルまで海水がかかる恐れがあるため、防水カプセルから露出している部分のボルト、ナット類は、腐食しないように全てステンレス製を使用した。

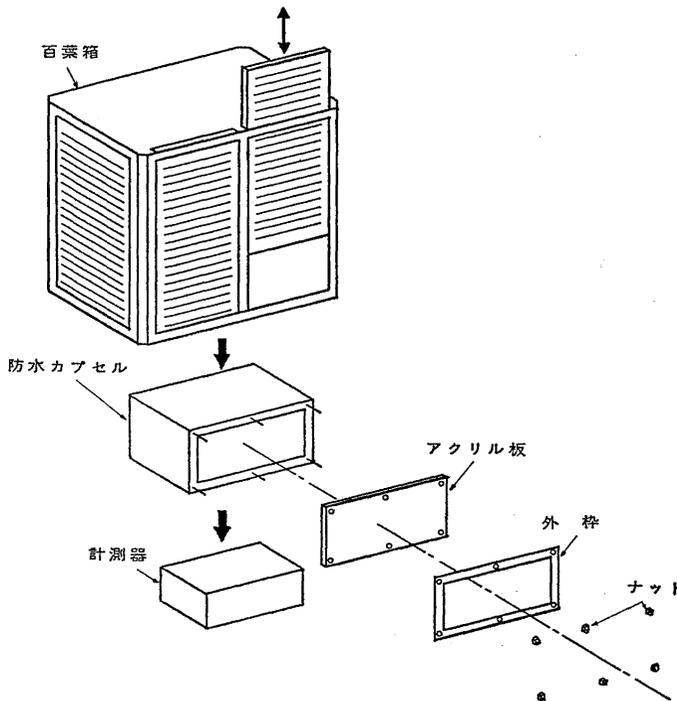


図4 計測器の取り付け図

7. 計測システムの詳細と問題点

7.1 センサー部

7.1.1. ピッチ・ロール角度の計測

東京航空計器K. K. 製

V G-23 型バーチカルジャイロにて検出。ジャイロの最大の弱点はジャイロゴマが自立するのにかな

りの時間を要することである。計測は無人状態で行なわれるからジャイロに施されたケーシング（ジャイロゴマを自立状態につかんでおく装置）ができない。そのためにジャイロゴマが自立するのにケーシングが可能な場合と比べて約3倍の時間が必要となる。もし自動ケーシングを施したとしても、計測を開始する時は海は時化の状態が予想され、ジャイロは動揺しながらケーシングをはずすことになる。そのためジャイロゴマは不定の位置から自立する結果となり、自動ケーシングの効果はなくなってしまう。

消費電力の点から言えば、30分間の計測を行なうにも計測前の自立時間30分間を加えればジャイロは1時間回さなければならない。一方計測システムに消費される全電力の70%がジャイロで消費される。このことは計測の回数を変更するだけで消費電力が大きく変わり、電源容量まで変更を余儀無くされるので十分に考慮する必要がある。

またジャイロは精密機器であるため保守、点検が必要である。このジャイロも計測開始3年目でオーバーホールを行なったが異状は認められなかった。

7.1.2. X・Y・Z 軸加速度の計測

新興通信工業K. K. 製

BA-2L型加速度計にて検出。

ステーションは動揺しているの、当然軸まわりの角加速度も存在する。そこで軸方向だけの加速度を取り出すために、ジャイロから検出されたピッチ・ロール信号で自動的に水平を保つ台を作り、その上に加速度計をセットし計測する。

7.1.3. 波の計測

電子工業K. K. 製

容量型波高計にて検出。

ステーション本体のカラムの両サイドで吃水線以上3m、吃水線下2mの位置に5φm/mのビニール被覆銅線をセンサーとしてそれぞれ取り付けした。計測中センサーの破損が生じれば、市販のビニール被覆銅線を使用することで安価にセンサーを作ることができる。センサーの周囲には浮遊物が接触しないように防護柵を設けた。

問題はセンサーに付着する海藻、貝類のため、データの信頼性がなくなることである。付着する状態は季節により異なるようだが、定期的に付着物を除去するか、センサーを交換するなど保守、点検が必要である（写真1参照）。

較正は波が静かな時に作業員がセンサーを動か



写真1 海面下の海藻類の付着状態
（設置後約10カ月経過した状態）

して行なった。

7.1.4. ロープテンションの計測

鶴見精機K. K. 製

ひずみゲージにて検出。

ステーションと係留用ナイロンロープの間に張力計を取り付けた。容量は係留索張力の計算値の最大値の5倍で5 ton とした。

信号ケーブルが張力計から立上る箇所を図5で表わしているが、この箇所が断線する可能性はきわめて大きい。例えば波による疲労のための断線や、付着した貝との接触による断線などが予想された。対策としては鉄芯入りのケーブルを使用し二重三重の保護をして、ケーブルが絡まないような立上り構造にした。校正はセンサーの完成が遅れたために、陸上でできなかったのでステーション設置後海上で行なった。すなわち張力計に校正済みのロードセルを継ぎ、それをチェーンブロックでステーションから引っ張り張力の計測を行なった。また張力計に限らず海中の計測器については、防水はもちろん電触についても考慮しなければならない。

本プロジェクトでは図5の立上り箇所のトラブルは生じなかった。

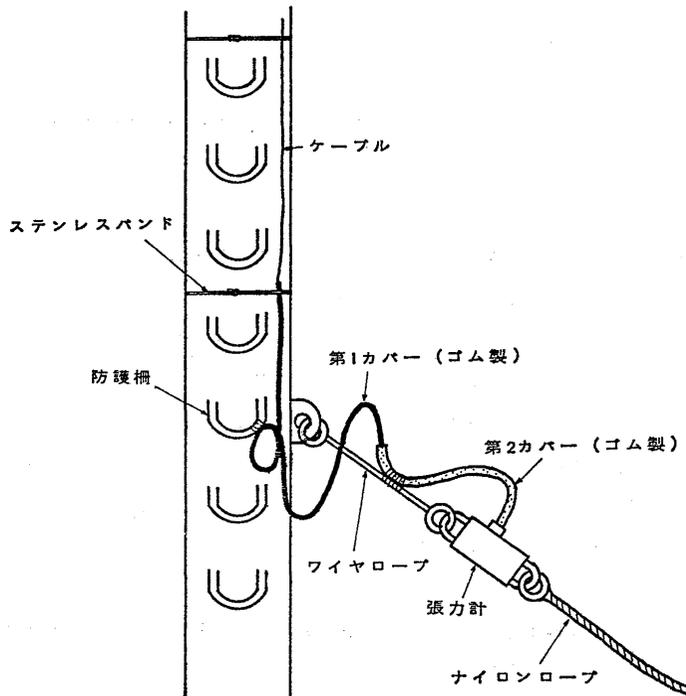


図5 ケーブルの立ち上り図

7.1.5. ベンディングストレスの計測

鶴見精機K. K. 製

ひずみゲージにて検出。

ステーション本体のベンディングストレスを計測する目的で、ステーションを構成する鋼管の内側にひずみゲージを取り付けた。その位置は吃水線下カラム長の中央部である。ところが計測記録に電氣的ノイズやドリフトが大きく出たため、ステーション引き上げ後調査した結果、鋼管内には浸水もなくひずみゲージそのものには異状は認められなかった。

7.1.6. 方位の計測

鶴見精機K. K. 製

マグネットコンパスにて検出。

センサーの原理は、磁石の動きを光学的に検出し、デジタル符号化した後に D-A 変換してアナログ出力するものである。

センサーの周囲は非磁性体でなければならないので、ジュラルミンの円筒ケースに入れてステーションのポールの上部に取り付けた。

7.1.7. 風向・風速の計測

光進電気工業K. K. 製

ブイ用風向風速計にて検出。

ステーションの最上部、水面から 10 m の位置に取り付けた。

これは特にブイ用として開発されたもので小型、軽量である。

風速の較正は応用力学研究所津屋崎海洋災害実験所内の大風洞を使用して行なった。

7.2. 制御部

鶴見精機K. K. 製

制御部は全計測システムの各制御を行なうが大別して3つの制御内容を持っている。

- (1) あらかじめセットされた計測方法でデータ集録を行なう。
- (2) データレコーダが完全に集録を終った時、計測システムの電源を全て切る。
- (3) 電源電圧が一定値以下になった時、計測システムの電源を全て切る。
つぎに計測を開始させるための制御方法は、下記の項目から選ぶことができる。
 - (a) 風速制御：平均風速が設定値以上になった時計測を始める。
 - (b) 時計制御：内臓クロックにより、設定されたインターバルごとに計測を始める。
 - (c) 風速・時計制御：風速制御と時計制御を組み合わせたもので、2つの制御の条件が満たされた時計測を始める。
 - (d) 無線制御：固定式海洋観測ステーションから送られてくる信号により計測を始める。
 - (e) 試験：調整等、必要な時に手で計測を始める。

この制御部は計測状態でない時も、常に一定の電流を必要としこの電流値が大きいと電源の容量が大きくなりすぎるから、できるかぎり小さな値に設計することがポイントである。また、計測状態に入った時計測システムに流れる突入電流が大きいと、一瞬ではあるが電源電圧が低下し、システムの電源を全て切るという上記の制御が働いたり、内臓の DC-DC コンバータの容量不足を招いたりするので、

この突入電流についても考慮しておく必要がある。

7.3. 記録部

鶴見精機K. K. 製

データの記録はデジタルカセットデータレコーダ「マイクロダップ2000」を使用した。その仕様はつぎの通りである。

- ・アナログ入力数 2トラック (16チャンネル/1トラック)
- ・入力電圧 $\pm 1\text{ V}$
- ・入力インピーダンス $1\text{ M}\Omega$
- ・A/D分解能 12 bit
- ・電源 DC12V 0.12A

1トラックに2チャンネル分のデータを入れ、レコーダ数3台を並列運転して記録すると、12チャンネルのデータを入れることができるが、ロープテンションとベンディングストレスは、交互に計測することで1トラック1データにしてサンプリング間隔を0.05 secにした。その他のデータは0.1 secである。

記録用磁気テープは一般に使用されているオーディオ用カセット磁気テープを使用するが、コンピュータ用オープンリールのMTに移す場合に特別な解析機が必要であり、この作業に時間がかかるという問題がある。もう一つの問題は、デジタルレコードの宿命で記録データを現場で見ることができないから、記録が不完全であることを発見したり、機器の異常を発見したりするのに時間がかかった。

7.4. 電源部

日本電池K. K. 製

計測システムで電源は最も基本的なものだが、計測システムをより小さく、且つ軽く設計する中で電源部は大きな障害となる。本プロジェクトではこの電源部で2つの事項について変更した。その1つは電力供給方法である。5節であきらかなように初期計画は給電ケーブル方式であったが、文献(1)で述べられているように、

- (1) 給電ケーブルの断線事故を防ぐ対策がない。
- (2) 給電ケーブルによる電圧降下が大きい。
- (3) 冬期に海が時化した場合に、パワーブイの交換が困難になる。
- (4) パワーブイ自体がステーションの運動性能を悪くしている。
- (5) ステーションの動揺が非常に少なく、ステーションへの作業船の接舷、および重量物のステーションへの引き上げが思ったより容易であることがわかった。

以上の結論により給電ケーブルを撤去し、電池をステーション本体に搭載する方法に変更した。

もう一つの変更事項は電池の種類である。初期計画はパワーブイに格納するため、密閉型鉛蓄電池の「ポータラック PE7-6」を使用した。

- (a) 密閉型であるため、過充電、過放電ができない。
- (b) 完全充電がむずかしく信頼度が低い。

- (c) 容量に対する重量，容積が通常の電池より大きい。
- (d) 電池をステーション本体に搭載することで，電池の動揺が大幅に小さくなる。

以上の結論により，密閉型鉛蓄電池を一般に使用されている自動車用鉛蓄電池「N50Z」に変更した。

参考のため計画段階で考えられていた電源システムについて述べておくと

- (a) 鉛蓄電池，アルカリ蓄電池，空気積層電池またはこれらの組み合わせ。
- (b) プロパン，ガソリン等による発電機の搭載。
- (c) 風力，波力等の自然エネルギーの利用。

以上，電源部としてはより効率の良い電源を吟味するとともに，より消費電力の小さいセンサーを開発することが今後の課題である。

8. 計測デッキ上の作業性の問題点

ステーションの計測を行なう上で，実際デッキに昇ってテープ，電池，シリカゲルの交換や，修理の時の機器の出し入れなど各種の作業があるが，この作業効率を悪くしたいいくつかの反省すべき点もあるので述べておく。

- (1) 図4であきらかなように，百葉箱の角を丸めているがこれは風による抗力を極力小さくするためである。この結果百葉箱の間口が狭くなり機器の出し入れに支障が出た。最低機器が十分出し入れできるだけの間口にしておく必要がある。
- (2) 同図で防水カプセルの蓋を多くのナットで止めているが，この蓋の開閉に時間を取られた。海上作業を短時間で終らせるためにこの箇所工夫が必要である。
- (3) 計測機器の配線はハーモニカ端子盤を使用した，修理の時配線ははずしたり行ったりしなければならぬので，時間がかかるばかりでなく誤り配線になる可能性もある。対策としてはコネクター接続にすればよいが，現場での調整等もあるので各入出力をチェックできるような端子を設ける必要がある。

つぎに作業量の問題として，計測器のトラブルによる機器の出し入れ作業はかなりのウェイトを占める。一方洋上作業は気象，海象の変化に備えて単時間で済ませる必要がある。したがって計測器の修理，点検等に対する作業性は，陸上で十分なテストを行ないデッキ上の作業を簡潔にする必

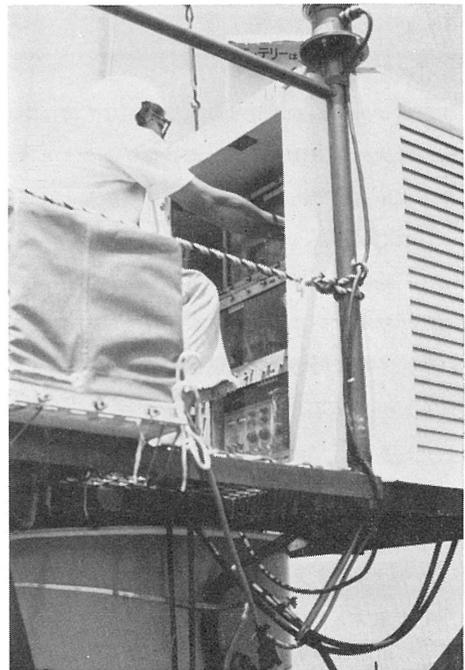


写真2 計測器の調整作業

要がある。本プロジェクトもステーションを設置する前に、全計測システムの総合テストを陸上にて十分行なわなければならなかったが、今回各計測器の完成する時期がまちまちであったため、総合テストができず計測が軌道に乗るまで時間がかかった。

なお、写真2にデッキ上での計測器調整作業ならびに表2に主な計測事項と計測機器の修理作業についての日誌を示す。

参 考 文 献

- 1) 田才福造外“海上実験による海洋観測ステーションの開発研究(第1報)”,九州大学応用力学研究所所報第46号,昭和52年9月。

(昭和53年10月24日 受理)

表2 計測日誌

日付	計測事項	トラブル関係
1975. 10. 15	ステーション設置	
20		給電線断線
10. 24	計測開始	
12. 21		パワーブイ流出
1976. 3. 17	無線機設置	
18	電波監理局検査	
22	Fee Roll 実験	
4. 3		レコーダトラブルのため撤去
6. 3		レコーダ搭載・給電線断線
7. 4		レコーダトラブルのため撤去
16		レコーダ搭載
22		ステーション流出・給電線断線
8. 27	パワーブイ撤去	
28		レコーダトラブルのため撤去
9. 6		レコーダ搭載
30	電源容量アップ (56 Ah→84 Ah)	ロープテンショントラブル
10. 13		ロープテンション修理
15		無線機トラブル
20	クローバーブイと同時計測 (固定のみ)	
11. 1		無線機修理
12. 13		制御部トラブルのため撤去
24		制御部搭載
1977. 2. 7	電源を鉛電池に変更	
8. 5	ステーションオーバーホール	
13	波高計センサー交換	
10. 26		制御部トラブルのため撤去
27		制御部搭載
12. 8	航空ステレオ写真撮影 (浮遊のみ)	
1978. 2. 23	ジャイロオーバーホール	レコーダトラブルのため撤去
4. 14		ジャイロ・レコーダ搭載
5. 12	ステーション振動測定	
5. 31	ステーション撤去	