

“しんかい 6500” 耐圧殻内の 機器配置と情報処理について

浜口秀一郎^{*1} 前田 逸郎^{*2} 馬場 和彦^{*2}

6500m 潜水調査船「しんかい 6500」は3名の乗組員により運航されるが、彼等の乗り込む耐圧殻（直径2m チタン合金製の球殻）内には、推進操縦機器、通信航海機器及び調査観測機器等多数の機器が搭載されている。

潜水船の運航を円滑かつ安全に行うためには、これらの機器が乗組員が操作、監視しやすいように狭い空間内に効果的に配置されることと、運航に必要な情報が即時にかつ容易に把握できる形で提供されることが極めて重要である。

本報告書は、実際の機器配置がどのような考え方にに基づき、どのように決定されているのか、また、CRT ディスプレイを用いて各種の情報を提供することを目的として装備されている総合情報表示装置と、同装置における情報処理、表示方法等について、及び母船に揚収された後のデータ再生等につき概要をとりまとめたものである。

キーワード：しんかい 6500, 耐圧殻, 配置, 情報処理, 総合情報表示装置,
CRT ディスプレイ

Information Processing and Equipments Arrangement in the Pressure Hull of “SHINKAI 6500”

Shuichiro HAMAGUCHI^{*3} Itsuro MAEDA^{*4}
Kazuhiko BABA^{*4}

The 6,500m Deep Research Submersible “SHINKAI 6500” is operated by a 3 crew seated in the pressure hull which is the sphere of 2 m diameter of titanium alloy.

Many equipments for maneuvering, navigation, communication and observation, etc. are installed in the pressure hull.

^{*1} 深海開発技術部

^{*2} 三菱重工業(株)・神戸造船所・潜水艦部

^{*3} Deep Sea Technology Department

^{*4} Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Kobe Shipyard. Submarine Department

In order to operate the Submersible safely and smoothly, it is very important to arrange the equipments effectively in the narrow space so that the crew can easily operate and monitor the equipments, and also to offer the necessary information instantaneously in an easlily understandable form.

This report explains the outline of the design procedure and the results of the actual equipnents layout in the pressure hull, Integrated Information Display System (IIDS) uses a CRT to display various information. Information processing and display modes etc. of the IIDS, and data reproduction after recovery on the support vessel "YOKOSUKA" are also discussed.

Key word: SHINKAI 6500, Pressure Hull, Arrangement, Information Processing, Integrated Information Display System, CRT display.

1 はじめに

6500m潜水調査船「しんかい 6500」は1989年11月末に完成し、海洋科学技術センターに引渡された。本船は3名の乗組員により運航されるが、運航すなわち本船の操縦・調査観測活動を安全・円滑・かつ効率的に行えるよう、覗き窓や耐压殻内の機器配置には人間工学的配慮がなされており、また運航上重要な各種の情報やデータは、本船に装備されているCRTディスプレイを用いた総合情報表示装置により、一元的に処理・表示されると同時に、磁気バブルカセットに記録される。この記録された情報やデータは、支援母船「よこすか」に搭載されている総合情報表示装置データ再生部により、再生され、また利用者に便利なように加工が可能である。

本報告では、覗き窓及び耐压殻内の機器配置のあり方と、総合情報表示装置ならびに同装置における情報処理・表示方法等につき概要を紹介する。

2 覗き窓及び耐压殻内の機器配置について

2.1 耐压殻内乗組員配置と覗き窓

耐压殻内の3名の乗組員の配置は、正面中央にパイロット、右側にコパイロットそして左側にオブザーバーが座るようになっており、パイロットは常に覗き窓から外を見ながら操船できるようにしている。これは「しんかい 2000」の運用経験に基づき決められたもので、「しんかい 2000」では、パイロットはコンソール（制御卓）上の計器

及びテレビモニタを見て操船し、必要な場合のみ直接覗き窓から外を見て操船するように考えられていたが、現実には常に覗き窓から外を見て操船するほうがやり易い事が分かってきたので、「しんかい 6500」ではコンソール方式を止め、パイロットを正面中央に据え、前方監視用の覗き窓を正面に設けた。また、側面の視界改善のため、コパイロット用、オブザーバ用の覗き窓を「しんかい 2000」に比べ、より外側（側方）に配置し、ほぼ真横（ $\pm 90^\circ$ ）近くまでの視界を確保している。

図1に「しんかい 2000」と「しんかい 6500」の耐压殻内部の比較、図2に覗き窓配置の比較、図3に海底面視界範囲の比較を示す。

海底面視界において、耐压殻の直前のあたりの視界は「しんかい 2000」のほうが良いようにみえるが、この部分はTVカメラの機能を強化（2台装備、1台は旋回・俯仰可能等）することによりカバーしている。

2.2 耐压殻内の機器配置

「しんかい 6500」では前述のようにコンソールを止め、機器を壁に貼り付けるように（具体的にはバードケージ - 鳥カゴ - と呼ばれる骨組みに各装置の筐体を組み込んでいる）配置している。写真1に耐压殻内の機器配置のようすを示す。

どの位置にどの機器を配置するかについては、前述の乗組員配置を考慮し、各人が操作、監視しやすいように決められている。具体例を示すと、

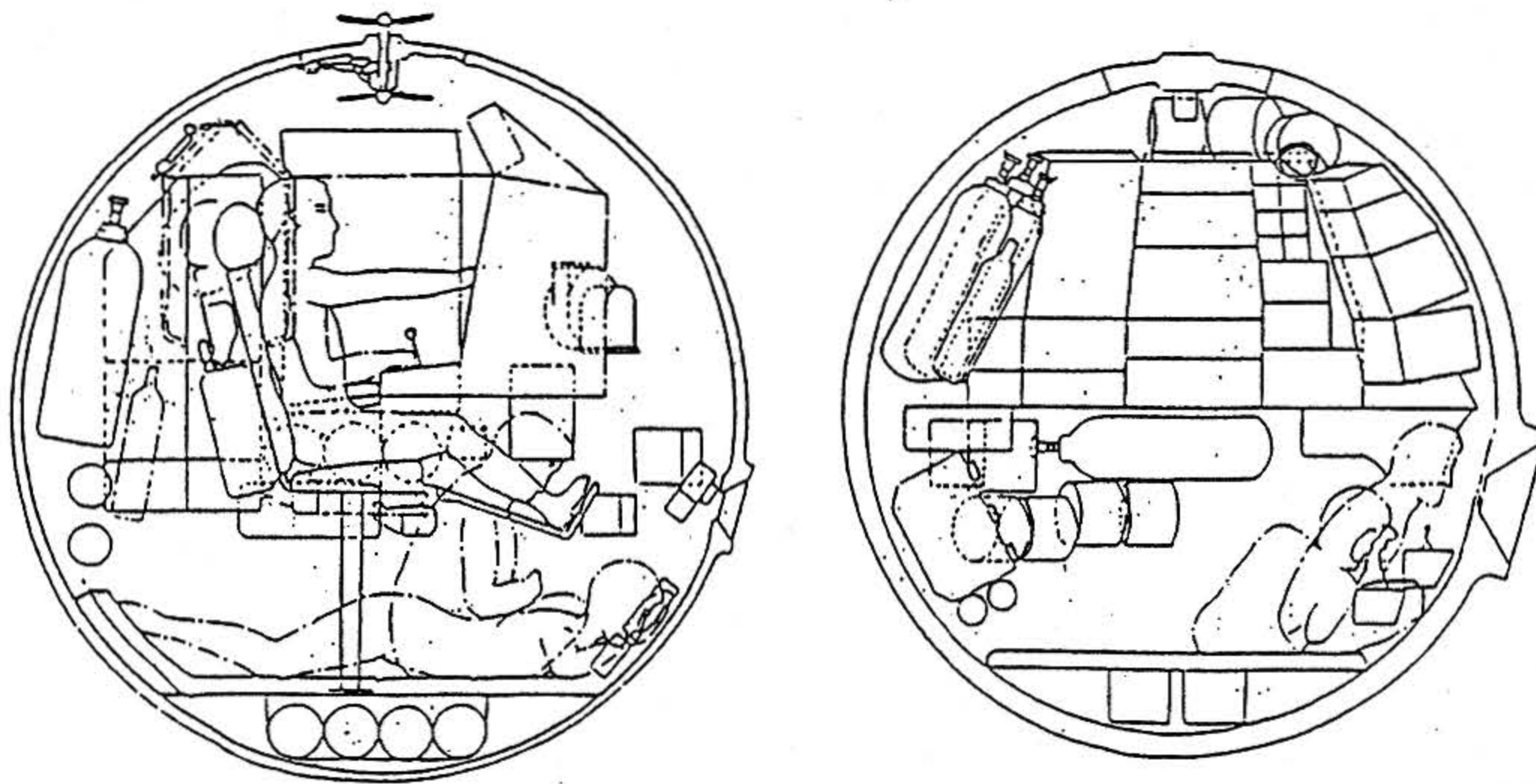


図1 「しんかい 2000」(左)と「しんかい 6500」(右)の耐圧殻内部の比較
Fig.1 Inside of the pressure hull of "SHINKAI 2000" (left) and "SHINKAI 6500" (right)

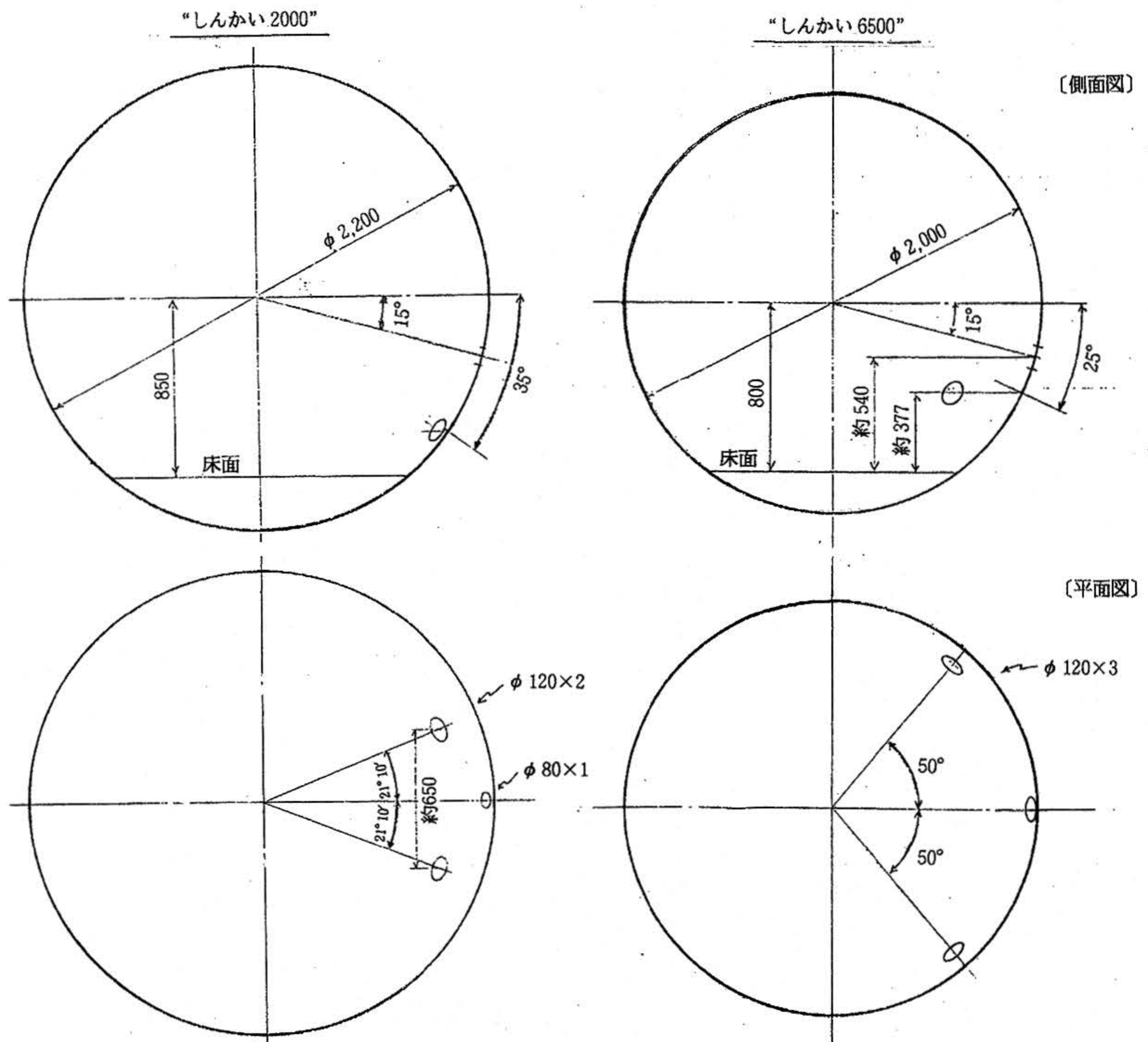


図2 覗き窓配置の比較
Fig.2 Comparison of the View Port location

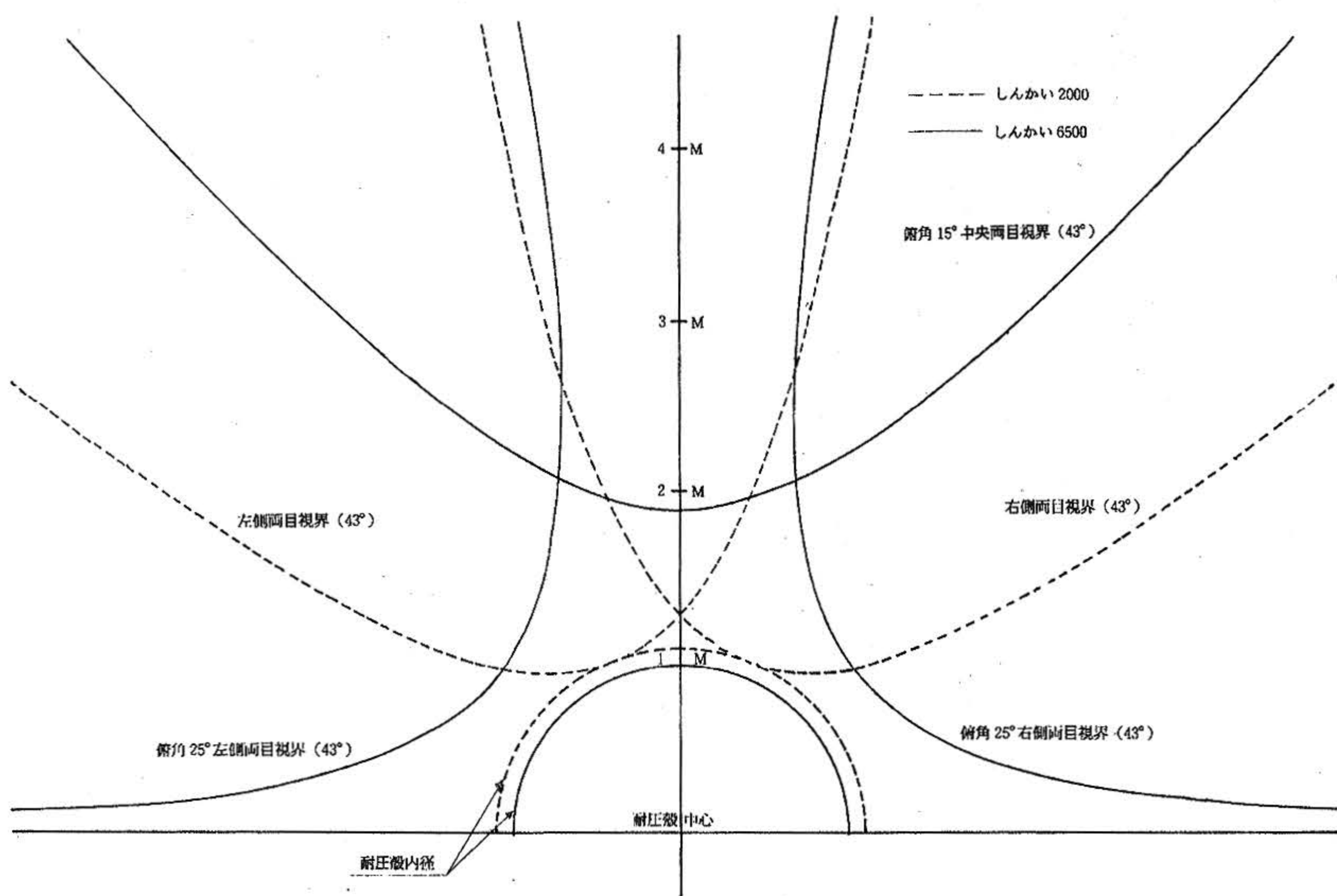


図3 海底面視界範囲の比較

Fig.3 Comparison of the Field of View on the sea floor

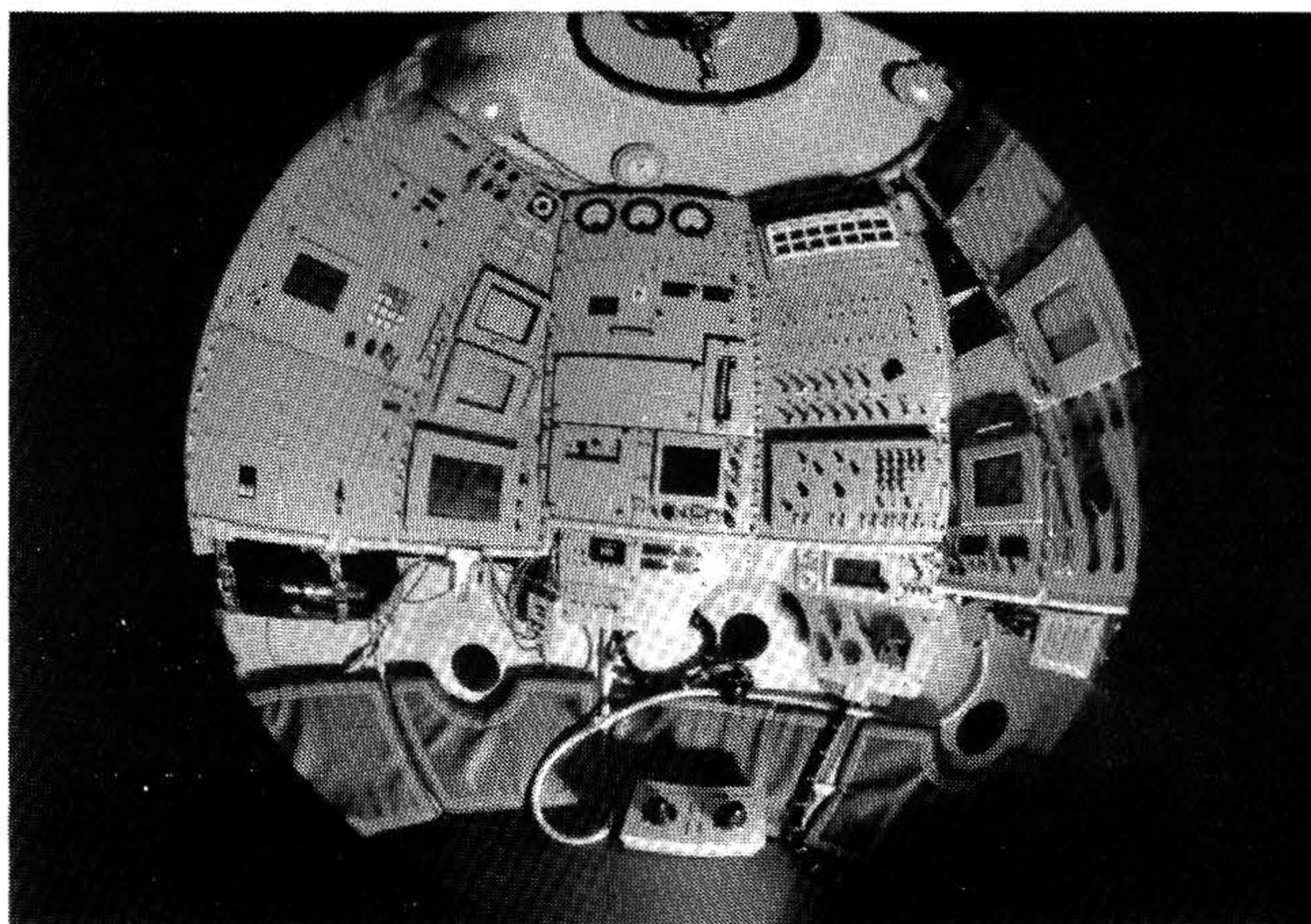


写真1 耐圧殻内部

Photo 1 Inside of the pressure hull

パイロット、コパイロットが見やすい正面に近い位置に、総合情報表示装置や高度ソナー、音響測位装置等の航海計器の表示部を配したり、重量トリム操作盤等の操船時に操作する必要のある機器はパイロットの直前に置いている。特に、主推進装置用のコントロールボックスや、マニピュレータマスターアーム、グラバ用ジョイスティック等は覗き窓から外を見ながら、耐压殻内での場所を移動して操作できる様、可搬式としている。

一方、主としてオブザーバが使用する水中ステールカメラやペイロード機器の操作部は左側面に集めるとともに、オブザーバが広い視野を確保できる様に、オブザーバ自身が操作できる（やはり可搬式のコントローラによる）旋回・俯仰可能な水中テレビのモニタを左側面のオブザーバ用覗き窓の近くに設けている。

また、応急呼吸具や通信用配電盤といった通常は操作しないものについては、耐压殻内後部に集める様にしている。

図4に耐压殻内の主要な機器配置を示す。
また、各機器の形状・寸法等については、狭い空間を最大限効率的に利用できるよう、耐压殻の実物大模型をつくり、そこにあてはめて決定している。

3 総合情報表示装置について

昭和50年代初頭には、エレクトロニクス技術の進歩にともない、水上船舶のデータロガー等を中心に情報のCRT表示はすでに行なわれていたが、「しんかい6500」でも初期計画段階から情報表示はCRTにて行う方向で進められ、総合情報表示装置という形で搭載された。この装置は「しんかい6500」に装備されている各機器（耐压殻内及び殻外の機器）からの諸データを入力し、統括的にCRT表示すると同時に必要なデータを磁気バブルカセットに記録するものであるが、この装置により乗組員は一目で潜水船自体及び周囲の状況を把握でき、「しんかい2000」のように制御卓や各機器についている計器類を見まわす必要がなくなり、操船の容易化に寄与するところ大である。

また各機器の計器・表示器とCRTは二重系を構成することになり、信頼性の向上にも役立っている。

以下、この装置について概説する。

3.1 ハードウェア構成・性能

本装置のハードウェア構成及び性能は下記のとおりである。

- ・制御記録部 CPU（16ビット，8MHz）

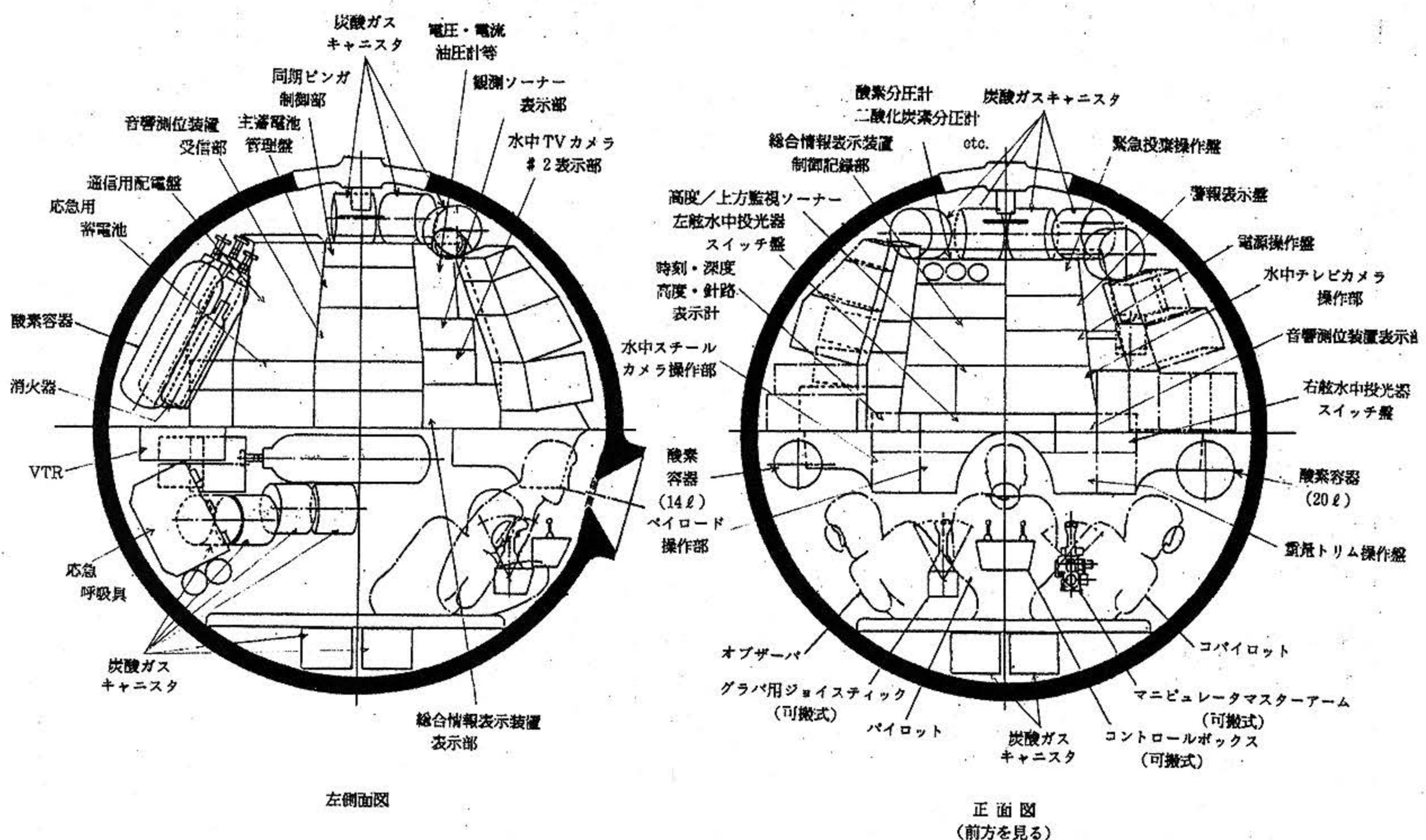


図4 耐压殻内主要機器配置図

Fig.4 Arrangement of the principal equipments in the pressure hull

バブルカセットスロット×2
 (512K バイト用×2)
 (記録時間 10 時間)
 シリアル入力チャンネル×8
 シリアル出力チャンネル×2
 (各 10mA カレントループ)
 パラレル入力×32 ビット
 アナログ入力チャンネル×24
 (電圧 (±10V) 又は電流 (4 ~ 20mA))

- ・入出力部 AC100V, 60Hz, 1φ
- (電源部) ボイスアラーム用スピーカ内蔵
- ・表示部 9 インチカラーCRT
- タッチセンサパネル組込み

3.2 入力信号

本装置に入力される信号は、各機器から（自動的に）入力されるものが大部分であるが、一部：オペレータがタッチセンサパネルを用いて手動で入力するものもある。

表 1 に入力信号のリストを示す。

表 1 入力信号リスト
 Table 1 List of input signals

信 号 名		入力モード		信 号 名		入力モード	
		自動	手動			自動	手動
電源システム	母線電圧	○		航海通信システム	深 度	○	
	1 番主蓄電池電流	○			高 度	○	
	2 番 "	○			船首方位	○	
	1 番主蓄電池放電量	○			縦傾斜角	○	
	2 番 "	○			横傾斜角	○	
	絶縁抵抗 母線	○			下降・上昇速度	○	
	" AC100V	○			潜水船位置	○	
	" DC28V	○			年月日時分秒	○	
	通信系 AC100V 電圧	○			船 内 気圧		○
	" 電流	○			" 温度	○	
	通信系 DC28V 電圧	○			" 湿度	○	
	" 電流	○			流 向	○	
推進システム	主推進器 回転数	○		環境制御システム	流 速	○	
	" 首振角	○					
	垂直スラスト 回転数・方向	○			1 番酸素分圧		○
	水平スラスト "	○			2 番 "		○
油圧システム	油 圧	○			炭酸ガス分圧		○
					酸素流量		○
重量調整システム	トリムタンク 液量	○		調査観測システム	酸素容器残圧		○
	補助タンク "	○					
	" 内圧	○			塩 分 (電気伝導度)	○	
	下降用バラスト 保持/離脱	○			水 温	○	
	上昇用バラスト 保持/離脱	○			深 度 (深度圧)		
	気蓄器 (空気管) 圧力	○		応急安全	音 速		
					各種警報	○	

3.3 ソフトウェア

本装置のソフトウェアは「しんかい 6500」のオペレーションフローに対応して、4種類の運用プログラムと自己診断用のテストプログラムの5種類のプログラムで構成されており、各々単独のバブルカセットに記録されている。

図5にオペレーションフローとソフトウェアの対応を、また図6にソフトウェアの構成を示す。

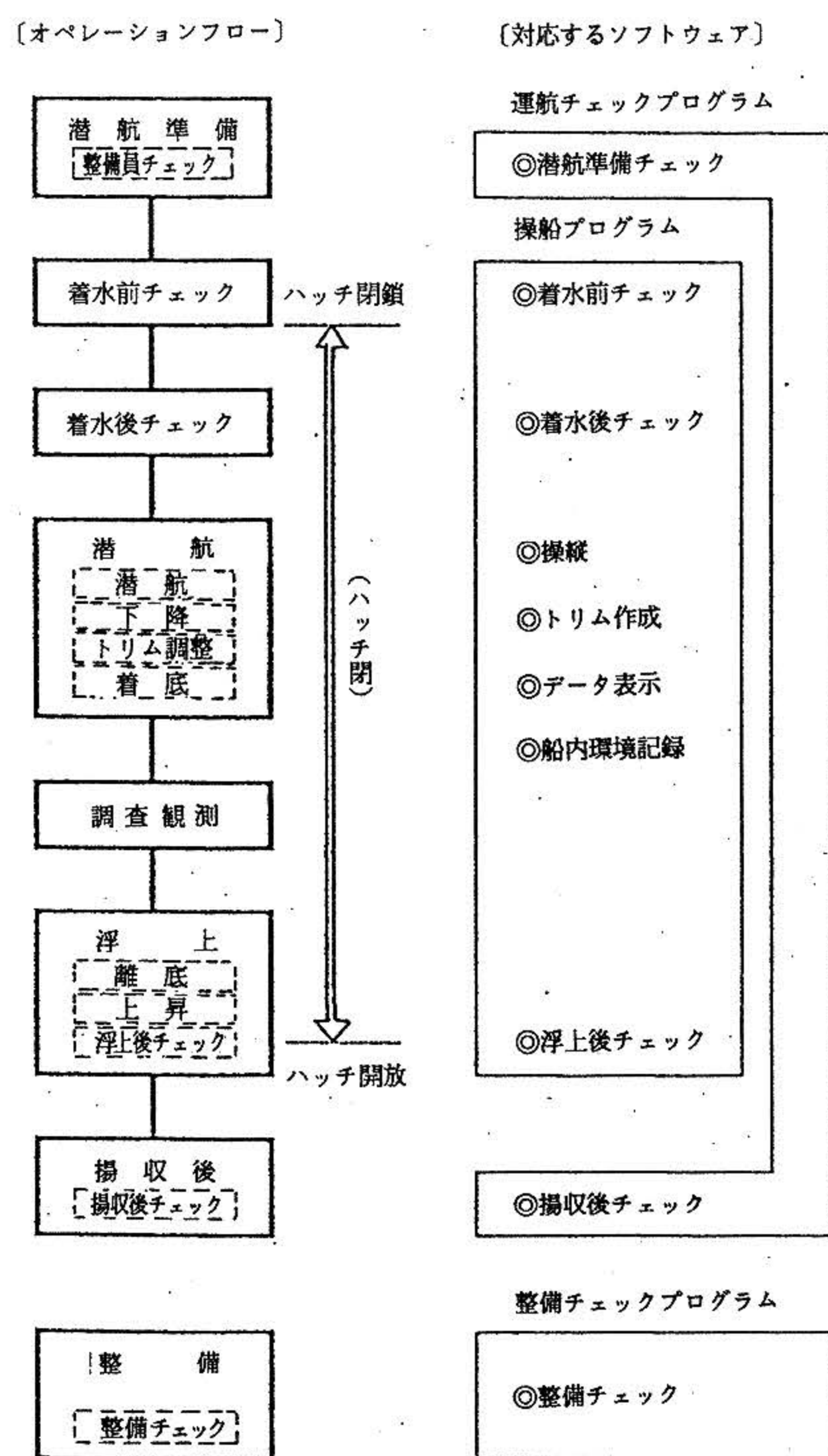


図5 オペレーションフローとソフトウェアの対応

Fig.5 Operation flow and corresponding software

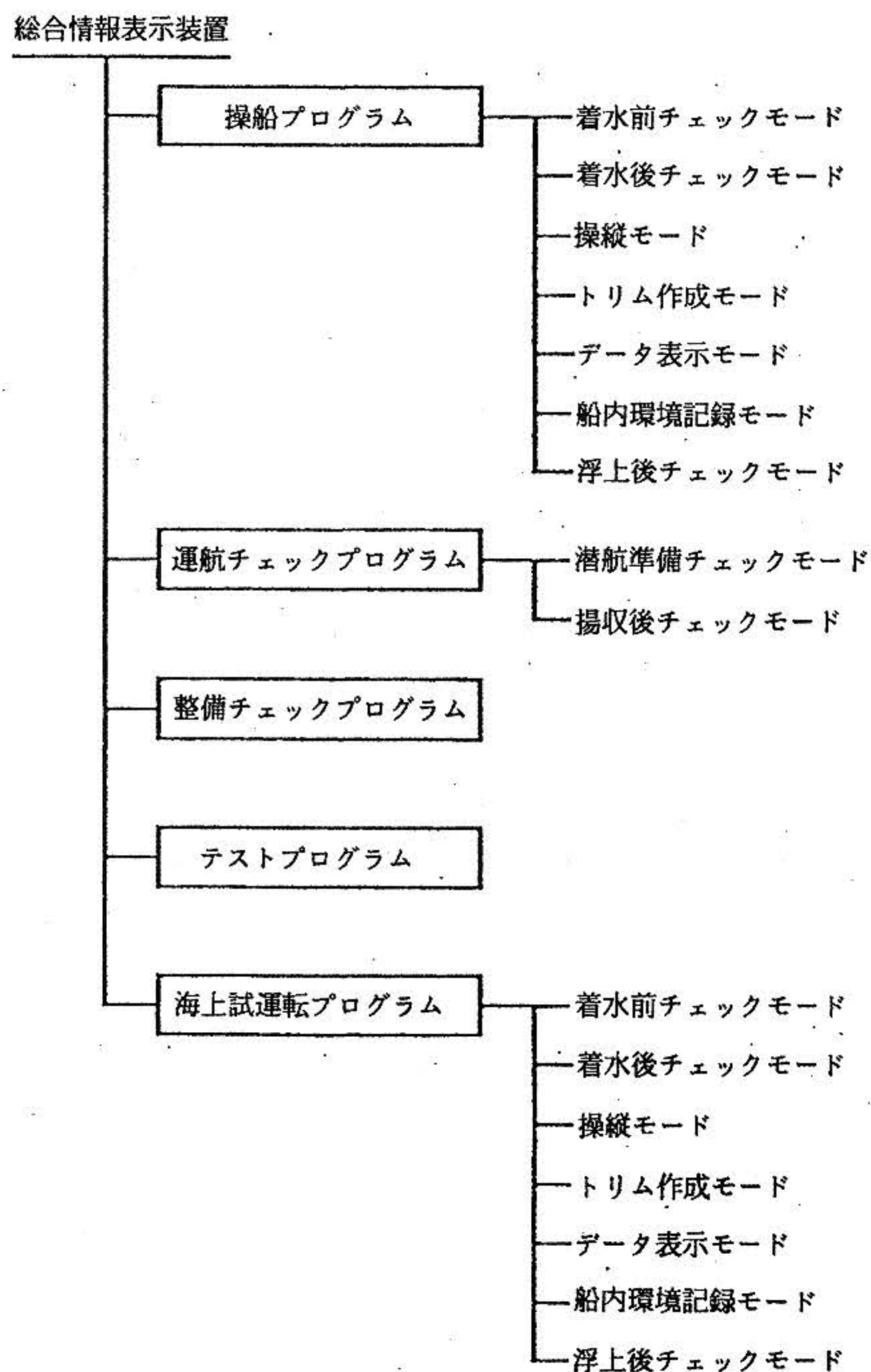


図6 ソフトウェアの構成

Fig.6 Configuration of software

3.4 情報表示方式

ここでは本装置の代表的な情報表示方式の例として、操船プログラムの操縦モード及びデータ表示モードについて、また警報発生時の表示について概説する。

3.4.1 操縦モード

操縦モードは「しんかい 6500」が潜航中はほとんど常時表示されるモードであるが（モードの選択は操船プログラムのスタート時に表示されるメニュー画面で、タッチセンサパネルを用いて選択する）潜水船及び周囲の状況監視が一目で行えるよう、グラフィック形式にて情報を表示している。

写真2に操縦モードの表示パターンを、また図7及び表2にその説明を示す。

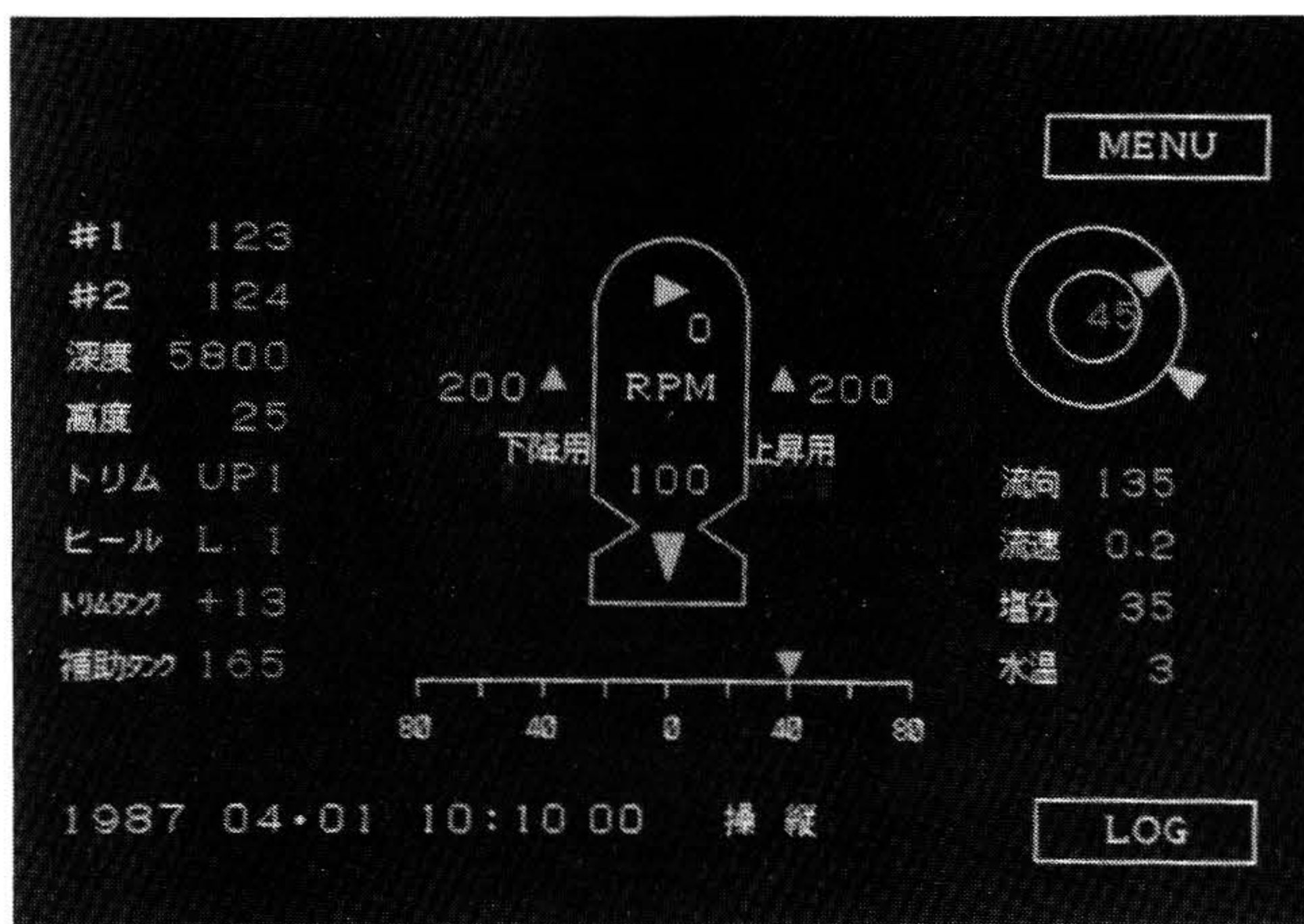


写真2 操縦モード表示パターン

Photo 2 Display pattern of MANEUVERING MODE

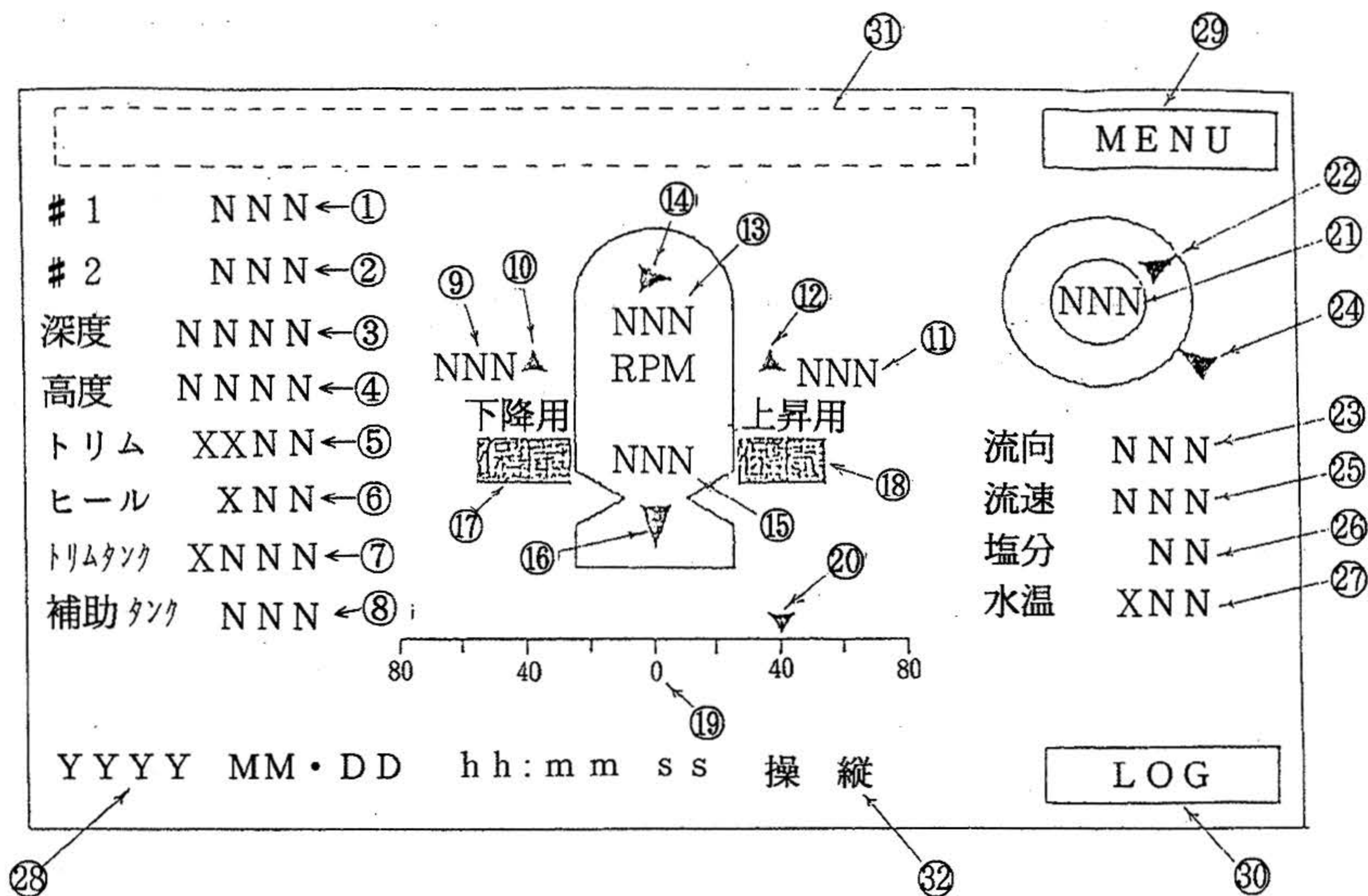


図7 操縦モード表示パターン

Fig.7 Display pattern of MANEUVERING MODE

表2 操縦モード
Table2 Maneuvering mode

番号	表示内容	表示の説明	表示色
1	1番主蓄電池放電量	単位 Ah	黄
2	2番 "	" "	"
3	深 度	" m	"
4	高 度	" "	"
5	トリム（縦傾斜角）	" 度（船首上りがUP）	"
6	ヒール（横傾斜角）	" "（右舷上りがR）	"
7	トリムタンク液面	" kfg（前部トリムタンク）	"
8	補助タンク液面	" "	"
9	垂直スラスト（左）回転数	" rpm	"
10	" 方向指示	▲上昇, ▼下降	"
11	垂直スラスト（右）回転数	単位 rpm	"
12	" 方向指示	▲上昇, ▼下降	"
13	水平スラスト 回転数	単位 rpm	"
14	" 方向指示	▶右回頭, ◀左回頭	"
15	主 推 進 器 回転数	単位 rpm	"
16	" 方向指示	▲前進, ▼後進	"
17	下降用バラスト	“離脱”は赤地, “保持”は緑地	黒抜き
18	上昇用バラスト	"	"
19	主推進首振角度スケール	単位 度	白
20	主推進首振角度指示	矢印の示すスケール上の位置が首振角を示す	黄
21	船首方位	単位 度	緑
22	" 指示	矢印の向きが船首方位を示す	黄
23	流 向	単位 度	"
24	" 指示	矢印が水の流れて来る向きを示す（真方位）	青
25	流 速	単位 cm/s（相対流速）	黄
26	塩 分	（実用塩分）	"
27	水 温	単位 度	"
28	年 月 日 時 分 秒		白
29	メニュー設定エリア	ここを押す事によりメニューモードに移る	"
30	LOG記録エリア	ここを押す事によりLOG記録を行う	"
31	警報表示エリア	ここにテロップ方式で警報を表示する	赤
32	モ ー ド 表 示	本画面が操縦モードであることを示す	白

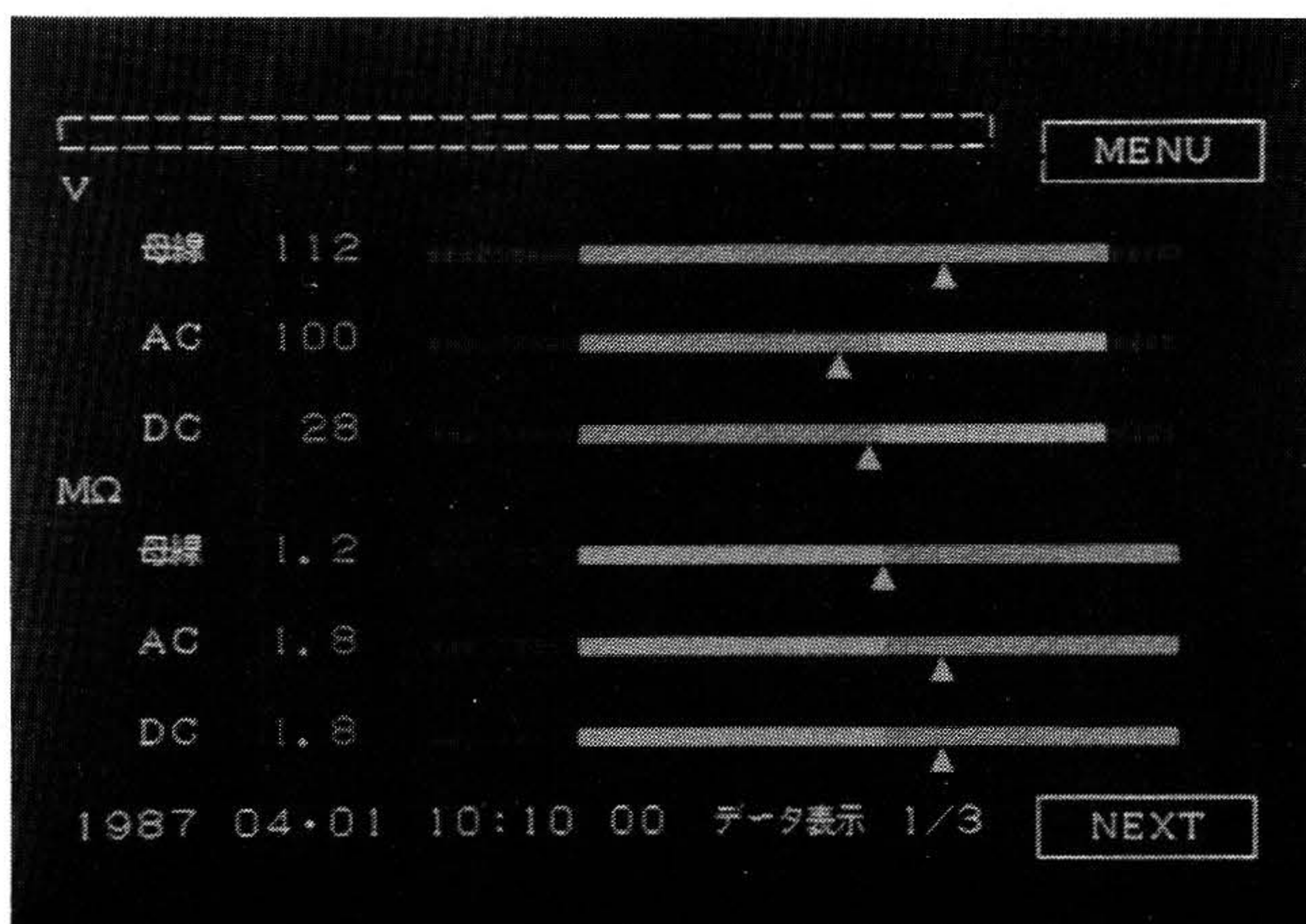


写真3 データ表示モード (1/3) 表示パターン

Photo 3 Display pattern of DATA DISPLAY MODE (1/3)

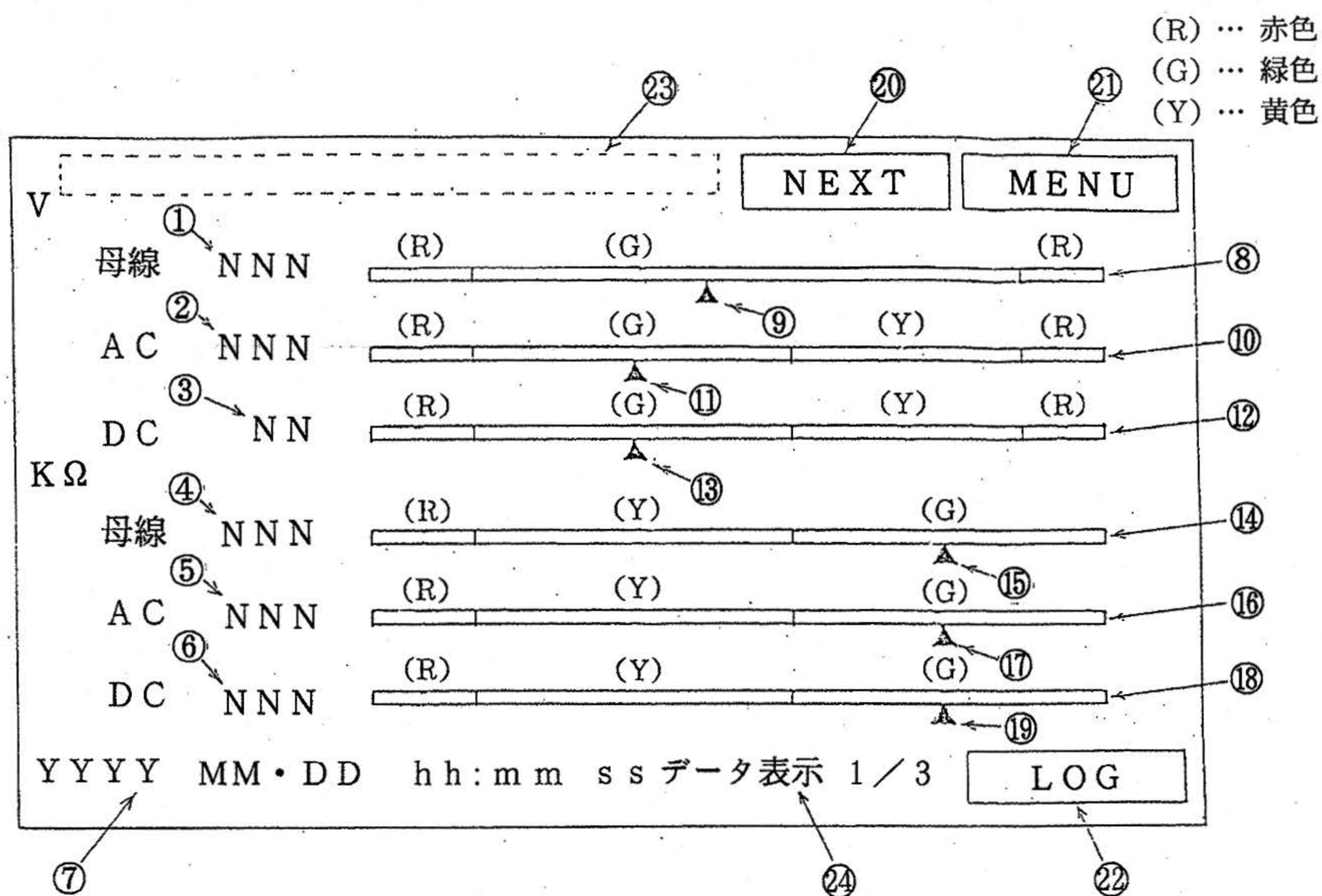


図8 データ表示モード (1/3) 表示パターン

Fig.8 Display pattern of DATA DISPLAY MODE (1/3)

3.4.2 データ表示モード

データ表示モードは、電源、油圧等のデータをバーグラフにて表示するモードで、3ページの画面にて構成されている。現在表示されているページの他の（次の）ページへの切り換えは画面上の「NEXT」と表示されたエリアに触ることにより行える。

各ページに表示されるデータは次のとおりである。

- ・1/3 ページ 電源電圧（母線，AC系，DC系）
絶縁抵抗（同上）
- ・3/2 ページ 主蓄電池放電量（1番，2番）
電流（主蓄電池，AC系，DC系）
- ・3/3 ページ 油圧圧力

気蓄器圧力（空気圧）
補助タンク液量・圧力
トリムタンク液量

写真3にデータ表示モード（1/3ページ）の表示パターンを、また図8及び表3にその説明を示す。

3.4.3 警報発生時の表示

警報発生時には、割込み処理にて他の作業に優先して、画面左上部にテロップ形式で警報内容が表示されボイスアラームが発せられる。（写真2参照）同時に発生時刻と警報内容はバブルカセットに記録される。

警報信号自体は警報表示盤から入力され、警報表示盤には表示灯及び警報ブザーが組込まれている。

表3 データ表示モード
Table 3 Data display mode

番号	表示内容	表示の説明	表示色
1	母線電圧	単位 V	黄
2	通信系 AC100V 電圧	" "	"
3	" DC 28V "	" "	"
4	母線絶縁抵抗	" kΩ	"
5	通信系 AC100V 絶縁抵抗	" "	"
6	" DC 28V "	" "	"
7	年月日時分秒		白
8	母線電圧 スケール	フルスケール 150 V	緑 赤
9	" 指示		黄
10	通信系 AC100V 電圧スケール	フルスケール 150 V	緑黄赤
11	" 指示		黄
12	通信系 DC 28V 電圧スケール	フルスケール 50 V	緑黄赤
13	" 指示		黄
14	母線絶縁抵抗 スケール	フルスケール 1MΩ	緑黄赤
15	" 指示		黄
16	通信系 AC100V 絶縁抵抗 スケール	フルスケール 1MΩ	緑黄赤
17	" " 指示		黄
18	通信系 DC 28V 絶縁抵抗 スケール	フルスケール 1MΩ	緑黄赤
19	" " 指示		黄
20	ネクスト設定エリア	ここを押す事によりデータ表示2/3モードに移る	白
21	メニュー設定エリア	ここを押す事によりメニューモードに移る	"
22	LOG記録エリア	ここを押す事によりLOG記録を行う	"
23	警報表示エリア	ここにテロップ方式で警報を表示する	赤
24	モード表示	本画面がデータ表示1/3モードであることを示す	白

画面上の警報テロップ表示エリアは他の情報表示エリアとは重ならないので、警報発生中でも他の情報は継続して表示される。

表 4 に警報項目を示す。

3.5 データの記録と再生

操船プログラムが稼動中は、日時、潜水船位置、高度、船首方位、流向流速及び CTDV データは 2 秒毎に自動的にバブルカセットに記録され、その他のデータの大部分は、画面上の「LOG」エリアを押した時に記録される (LOG 記録)

これら記録されたデータは、「しんかい 6500」が支援母船「よこすか」に揚収された後、バブルカセットを「よこすか」に搭載されている総合情報表示装置データ再生部にかけることにより再生できる。また再生したデータを目的に応じ加工し、フロッピーディスクに記録すると共にプリンタ及びプロッタへ日報又はグラフにて出力される。

さらに、記録されたデータのうち潜水船位置、CTDV 等のデータは母船搭載の音響航法装置 (A

NS) に引渡され ANS で音速補正等がなされた後、補正された潜航データとして記録される。この ANS とのデータ授受に必要な記録フォーマットの変換 (MSDOS ↔ IBM フォーマット) も、総合情報表示装置データ再生部にて行われる。

4 おわりに

以上、きわめておおまかに「しんかい 6500」耐圧殻内機器配置と総合情報表示装置における情報表示等について述べた。

総合情報表示装置及び同データ再生部については、今回の技術報告では触れられなかった部分も多々あり、次に機会があればより詳しく報告したいと考えるものである。

参考文献

1) 高川真一：未知の世界に挑戦する「しんかい 6500」, Marine, vol. 21, No. 10 pp. 62-72, (1989)
(原稿受理：1989 年 11 月 24 日)

表 4 警報項目
Table 4 List of alarm

No	項 目	表 示 内 容	音 声 出 力	条 件	記録
1	1 番主蓄電池電流 警告	# 1 BATT 電 流 ○ ○ ○	1 番主蓄電池電流 警告	入力信号より判定(以上)	○
2	2 番 " "	# 2 " ○ ○ ○	2 番 " "	" "	○
3	主蓄電池放電量 "	主蓄電池放電量	主蓄電池放電量 "	警報表示盤からの接点入力	○
4	絶縁抵抗計母線 故障	母線絶縁低下	母線絶縁低下 "	" "	○
5	" AC100V 警告	警告 " AC100V 25kΩ	AC100V絶縁低下 "	" "	○
6	" DC 28V "	" " DC 28V 25kΩ	DC 28V " "	" "	○
7	1 番主蓄電池故障	1 番主蓄電池	1 番主蓄電池 "	" "	○
8	2 番 " "	2 番 "	2 番 " "	" "	○
9	主推進インバータ "	主推進インバータ	主推進インバータ "	" "	○
10	" 警告	警告主推進インバータ 過負荷	" "	" "	○
11	垂直スラストインバータ 故障	垂直スラストインバータ	垂直スラストインバータ "	" "	○
12	" 警告	警告垂直スラストインバータ 過負荷	" "	" "	○
13	水平スラストインバータ 故障	水平スラストインバータ	水平スラストインバータ "	" "	○
14	" 警告	警告水平スラストインバータ 過負荷	" "	" "	○
15	海水ポンプインバータ 故障	海水ポンプインバータ	海水ポンプインバータ "	" "	○
16	" 警告	警告海水ポンプインバータ 過負荷	" "	" "	○
17	油圧ポンプインバータ 故障	油圧ポンプインバータ	油圧ポンプインバータ "	" "	○
18	" 警告	警告油圧ポンプインバータ 過負荷	" "	" "	○
19	通信インバータ "	警告通信インバータ 過負荷	通信インバータ "	" "	○
20	トリムタンク液量 "	トリムタンク	トリムタンク液量 "	" "	○
21	補助タンク故障	補助タンク	補助タンク "	" "	○
22	気 蓄 器 (空気管) 圧力警告	空 気 系	空 気 系 "	" "	○
23	酸 素 分 圧 故障	O2 分圧	酸 素 分 圧 "	" "	○
24	炭 酸 ガ ス 分 圧 警告	CO2 分圧	炭 酸 ガ ス 分 圧 "	" "	○
25	油 圧 圧 力 故障	油 圧 系	油 圧 系 "	" "	○