

水路測量データの収録と処理技術の開発

淵田晃一：第十管区海上保安本部水路部

Developments in Recording and Processing of Sea Depth Sounder Data

Kouichi Fuchida : Hydro. Dept., 10th R. M. S. HQS.

1. はじめに

平成4年度、第十管区海上保安本部に20m型測量船「いそしお」が配備された。「いそしお」の測量システムは、水深自動収録処理装置（三洋テクノマリン社 IDS903型）を中核に測量データがデジタル化されている（第1図）。測位データ、4本ビームからの測深データ、ジャイロコンパスからの針路データ等が1秒間隔で収録され、1日の作業では約4MBの記録量となり、データ処理の自動化を進める必要がある。

本稿は、「いそしお」のデジタル化された測量データの処理の迅速化のため、自動処理化に取り組み一応の成果を得たので、その開発の概要について報告する。データ処理プログラムはパソコン（NEC PC9801）及びワークステーション（NEC EWS4800/230型）それぞれの適性・資産に応じて開発した。ワークステーション上で開発したプログラムは、FORTRAN, C, AWK で作成したモジュール群と、

UNIX __Command と ksh で構築した。これは、ソースレベルで他のワークステーションへの移植が可能である。

また、「いそしお」搭載艇での測量データの処理を本船のもと統一的に行うため、水深自動収録システムを開発したので併せて報告する。

2. 水路測量データの処理手法の開発

IDS903で得たデジタルデータには、多くの不適正信号（ノイズ）がありデータの自動化処理に当たってはノイズ除去から始めなくてはならない。また、最終成果物の測量原図作成のためには大量のデータから適切なデータをピックアップしなければならない。

今回の開発におけるデータ処理の流れを第2図に示す。図中で太線符で囲む処理は、今回作成したワークステーション上で作動するプログラムである。また、二重線で囲む原因描画プログラムはパソコン上で作動するもので今回描画能力の向上を図るための改良をした。

(1) 収録データの前処理

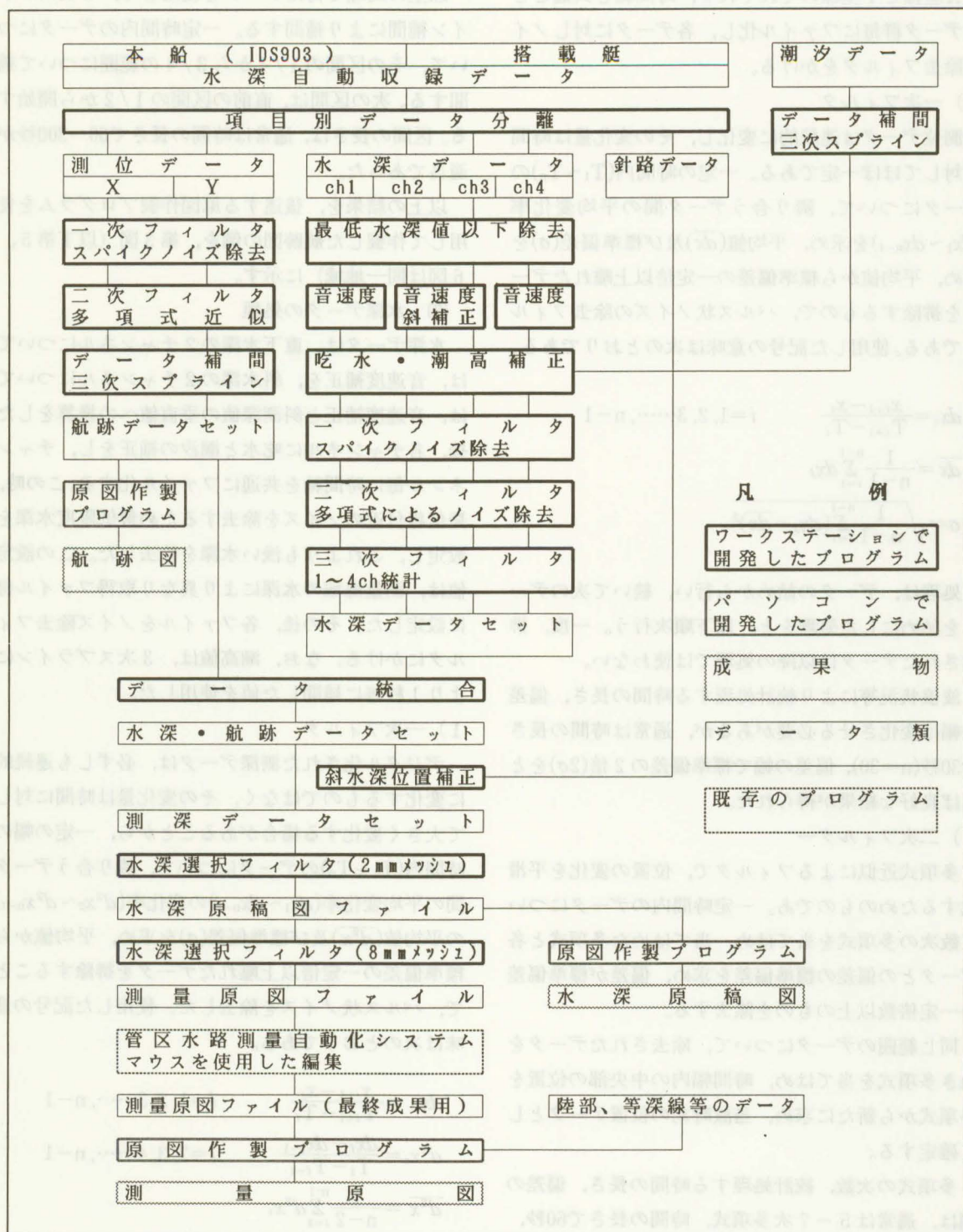
水深と、測位データを同時に処理することは煩雑であることから、各データを種類毎に分類し、分類されたデータ毎に、そのデータの性質に応じた処理方法により処理することとした。具体的には、時間軸を共通として、測位データ、水深データ、ジャイロデータに分解した。

(2) 測位データの処理

収録データの前処理と同様、測位データは、さら



第1図 水深自動収録処理装置構成図



第2図 データ処理の流れ図

にX座標とY座標のそれぞれを、時間軸を共通としたデータ群毎にファイル化し、各データに対しノイズ除去フィルタをかける。

1) 一次フィルタ

測位データは連続的に変化し、その変化量は時間に対してほぼ一定である。一定の時間内($T_1 \sim T_n$)のデータについて、隣り合うデータ間の平均変化率($dx_1 \sim dx_{n-1}$)を求め、平均値(\overline{dx})及び標準偏差(σ)を求め、平均値から標準偏差の一定倍以上離れたデータを排除するもので、パルス状ノイズの除去フィルタである。使用した記号の意味は次のとおりである。

$$dx_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{T_{i+1} - T_i} \quad i=1, 2, 3, \dots, n-1$$

$$\overline{dx} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} dx_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (dx_i - \overline{dx})^2}$$

処理は、データの始めから行い、続いて次のデータを始めにした処理をと、以下順次行う。一度、排除されたデータは以降の処理では使わない。

波浪状況等により統計処理する時間の長さ、偏差の幅は変化させる必要があるが、通常は時間の長さで30秒($n=30$)、偏差の幅で標準偏差の2倍(2σ)をとれば良好な結果が得られた。

2) 二次フィルター

多項式近似によるフィルタで、位置の変化を平滑化するためのものである。一定時間内のデータについて数次の多項式を当てはめ、当てはめた多項式と各データとの偏差の標準偏差を求め、偏差が標準偏差の一定倍数以上のものを除去する。

同じ範囲のデータについて、除去されたデータを除き多項式を当てはめ、時間幅内の中央部の位置を多項式から新たに求め、当該時刻の位置データとして確定する。

多項式の次数、統計処理する時間の長さ、偏差の幅は、通常は5~7次多項式、時間の長さで60秒、偏差の幅で標準偏差の3倍をとれば良好であった。

3) データ補間

以上の処理で得たデータを使用して、3次スプライン補間により補間する。一定時間内のデータについて、その区間の1/4から3/4の範囲について補間する。次の区間は、直前の区間の1/2から開始する。区間の長さは、通常は時間の長さで60~300秒が適当であった。

以上の結果を、後述する原図作製プログラムを使用して作製した航跡図の例を、第3図(以下第5, 6図は同一地域)に示す。

(3) 水深データの処理

水深データは、直下水深の2チャンネルについては、音速度補正を、斜水深の2チャンネルについては、音速度補正と斜測深値の垂直値への換算をした後、各チャンネルに吃水と潮汐の補正をし、チャンネル毎に時間軸を共通にファイル化する。この時、発信線付近のノイズを除去するため最低限度水深を設定し、これよりも浅い水深を除去した。この設定値は、測量海域の水深により異なり取得ファイル毎に設定した。その後、各ファイルをノイズ除去フィルタにかける。なお、潮高値は、3次スプラインにより1秒毎に補間した値を使用した。

1) 一次フィルタ

デジタル化された測深データは、必ずしも連続的に変化するものではなく、その変化量は時間に対して大きく変化する可能性があることから、一定の幅の時間内($T_1 \sim T_n$)のデータについて、隣り合うデータ間の平均変化率($dx_1 \sim dx_{n-1}$)の変化率($d^2x_2 \sim d^2x_{n-1}$)の平均値($\overline{d^2x}$)及び標準偏差(σ)を求め、平均値から標準偏差の一定倍以上離れたデータを排除することで、パルス状ノイズを除去した。使用した記号の意味は次のとおりである。

$$dx_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{T_{i+1} - T_i} \quad i=1, 2, 3, \dots, n-1$$

$$d^2x_i = \frac{dx_i - dx_{i-1}}{T_i - T_{i-1}} \quad i=2, 3, 4, \dots, n-1$$

$$\overline{d^2x} = \frac{1}{n-2} \sum_{i=2}^{n-1} d^2x_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=2}^{n-1} (d^2x_i - \overline{d^2x})^2}$$

処理は、データの始めから行い、続いて次のデータを始めにした処理をと、以下順次行。一度、排除されたデータはそれ以降の処理では使わない。

海底の起伏状況等により統計処理する時間の長さ、偏差の幅は変化させる必要があるが、通常は時間の長さで20秒($n=20$)、偏差の幅で標準偏差の k 倍($k\sigma$)をとることとした。ここで、 $k=2\sim 4$ とし海底が平坦(砂地)な場合はを小さく、凹凸が大きい(岩場)場合には大きく設定する必要がある、データファイル単位で設定できるようにした。

2) 二次フィルタ

多項式近似によるフィルタである。一定時間内($T_1\sim T_n$)のデータについて次数(m)の多項式を当てはめ、当てはめた多項式と各データとの偏差の標準偏差(σ)を求め、偏差が標準偏差の一定倍数以上($k\sigma$)のものを不良データとした。

処理は、データの始めから行い、続いて次のデータを始めにした処理をと、順次行。一度、不良としたデータはそれ以降の処理では使わない。

設定値の n と k は、一次フィルタと同一値とした。また、多項式の次数 m は、 $\sqrt{\frac{n}{3}}$ の整数部とした。ただし、 $m=0$ のときは、 $m=1$ とした。

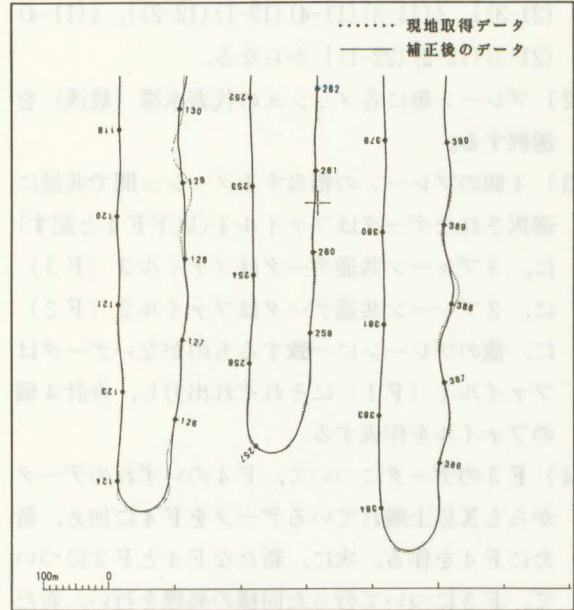
3) 三次フィルタ

4チャンネルの各データ全てから、一定時間内($T_1\sim T_n$)のデータについて平均値と各データの偏差の標準偏差(σ)を求め、偏差が標準偏差の一定倍数以上($k\sigma$)のものを不良データとする。ただし、不良データの判断は、区間時間内の中央部のみとした。

処理は、データの始めから行い、続いて次のデータを始めにした処理をと、以下順次行。一度、不良とされたデータはそれ以降の処理では使わない。設定値の n と k は、一次フィルタと同一値とした。

4) 測位、水深データの合体

以上の処理で得たデータと、測位データを合体し、測深データセットを作成する。このとき、直下水深のいずれかで浅い方の水深値を採用した。ただし、斜水深も採用する指示を与えると、4チャンネルで最浅の水深を採用することもできる。このとき、斜



第3図 航跡図

水深の位置は、ジャイロデータと測位データを使用し補正した。

(4) 水深の選択

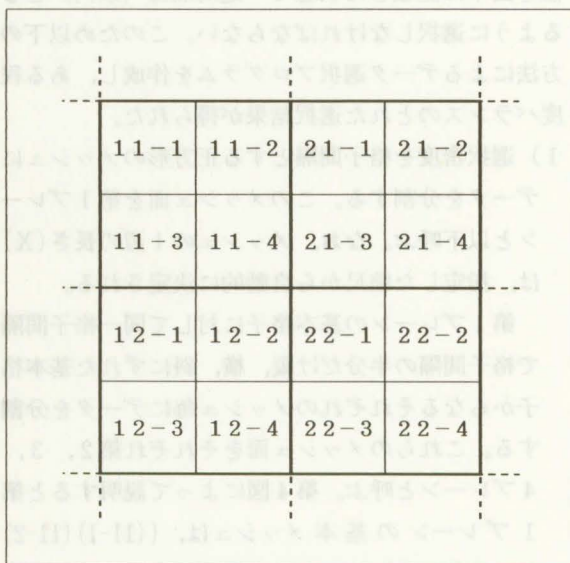
測量原図に記載する水深データは、その近傍を代表する最浅値と地形の傾向が把握できるような水深値を図中に記載した状態で一定間隔毎(以内)となるように選択しなければならない。このため以下の方法によるデータ選択プログラムを作成し、ある程度バランスのとれた選択結果が得られた。

1) 選択密度を格子間隔とする正方形のメッシュにデータを分割する。このメッシュ面を第1プレーンと以下呼ぶ。なお、メッシュの1辺の長さ(X)は、指定した縮尺から自動的に決定される。

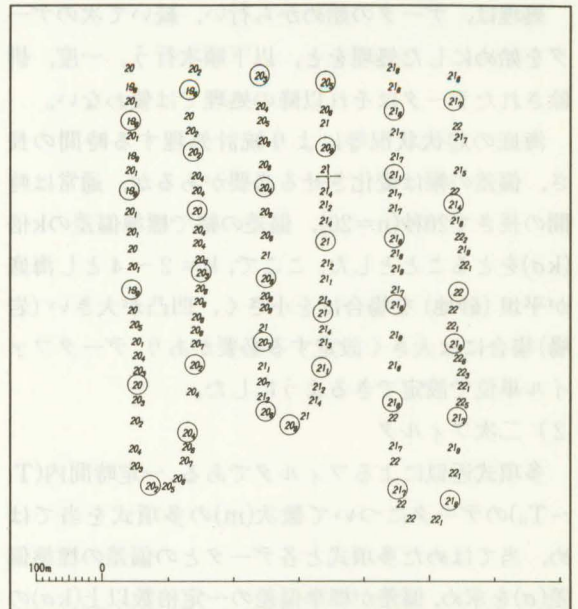
第1プレーンの基本格子に対して同一格子間隔で格子間隔の半分だけ縦、横、斜にずれた基本格子からなるそれぞれのメッシュ毎にデータを分割する。これらのメッシュ面をそれぞれ第2, 3, 4プレーンと呼ぶ。第4図によって説明すると第1プレーンの基本メッシュは、{(11-1) (11-2) (11-3) (11-4)}からなり、第2, 3, 4プレーンの基本メッシュはそれぞれ{(11-2) (21-1) (11-4)}

(21-3)}, {(11-3) (11-4) (12-1) (12-2)}, {(11-4) (21-3) (12-2) (22-1)} からなる。

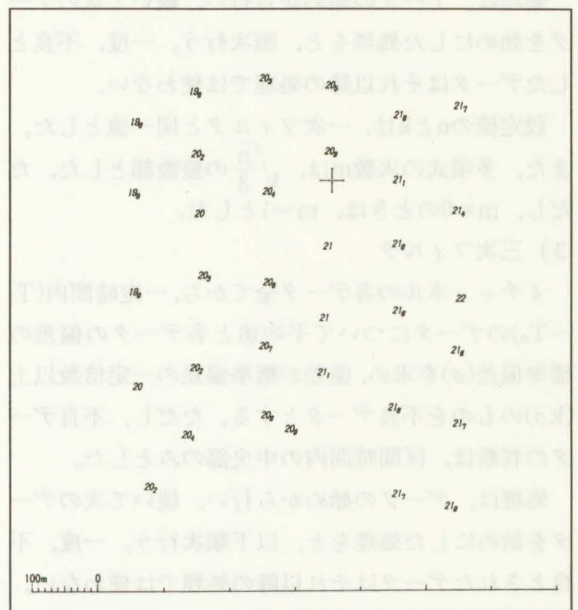
- 2) プレーン毎に各メッシュの代表水深(最浅)を選択する。
- 3) 4個のプレーンの相当するメッシュ間で共通に選択されたデータはファイル4(以下F4と記す)に、3プレーン共通データはファイル3(F3)に、2プレーン共通データはファイル2(F2)に、他のプレーンに一致するものがないデータはファイル1(F1)にそれぞれ出力し、合計4個のファイルを作成する。
- 4) F3のデータについて、F4のいずれのデータからもX以上離れているデータをF4に加え、新たにF4を作る。次に、新たなF4とF2について、F3について行った同様の処理を行い、新たにF4を作る。最後に、F4とF1から同様の処理を行い最終採用水深データファイルを作成する。
- 5) 実際には、これら一連(1)~4))の処理は、2段階に分けて行っており、1段階目は、メッシュサイズ(X)を図上2mmとして処理し、水深原稿図を作成する。2段階目は、1段階目の出力



第4図 水深選択メッシュ説明図



第5図 水深原稿図



第6図 測量原図

を基に、メッシュサイズを図上8mmとして、一連の処理によりファイルを作成する。最後に、1段階目の出力で、2段階目の出力と一致するデータに、マークを付けて測量原図ファイルを作成した。以上の結果を、後述する原図作製プログラムを使用

して作製した水深原稿図の例を第5図に、測量原図の例を第6図に示す。

6) 測量原図ファイルは、既存の水路部管区水路測量自動化システムの、マウスを使用したグラフィックエディタで、測量区域、地形等を考慮して編集し、最終成果用の測量原図ファイルを作成した。

(5) 原図作製

測量原図の作製は、その作製基準の複雑さと、記載内容の多様性から個人の能力に依存するところが多く生産性が悪い。よって、自動化することにより生産性を向上させ、品質を安定させることが必要である。

今回作成したプログラムは、水路部管区水路測量自動化システムの原図作製プログラムを発展させたものである。主に変更した箇所は以下の通りである。

- 1) 対話型式であったユーザーインターフェースを、バッチ型式に変更した。このことにより、ひな形(プログラム指示書)に記述した各種のスイッチをON/OFFしたり、細かい指示を記述することにより、汎用性が増し、多様な図が簡単に作製出来るようになった。
- 2) 岸線や、等深線、各種マーク等が作製出来るように、プロット言語への翻訳機能を付加した。このことにより、水深図のみならず、航跡図等の多種多様な図が作製出来るようになった。これと関連して、次のプログラムを開発したが、本稿の主旨から機能名称のみ記す。

- ・ デジタイザを使用した、平面図等の読み込みのための汎用プログラム
- ・ 既知点データ入力方式による座標変換プログラム(縮尺、回転、移動)
- ・ 経緯度と座標値の相互変換プログラム(横メルカトル)
- ・ 経緯度と座標値の相互変換プログラム(漸長図)

3) 入力データに柔軟性を持たせるため、ある程度あやふやな入力データへの対応や、入力データ数の無制限化をした。

3. 「いそしお」搭載艇の水深自動収録システムの開発

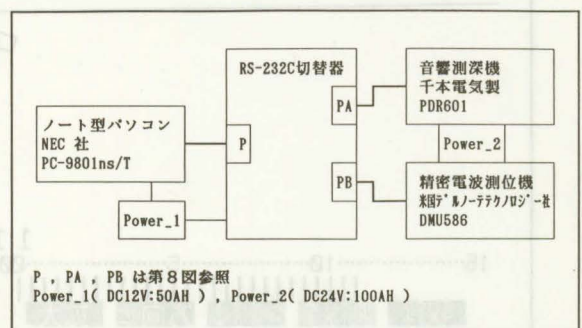
搭載艇で使用している音響測深機(千本電気製PDR601型)及び精密電波測位機(米国デルノーテクノロジー社製DMU586)はいずれも母船で使用しているものを移し換え使用しているが、データを統合化して収録することができなかった。

両機は電源投入とともに内部時計により1秒おきにRS232C端子からいわゆる垂れ流し状態でデータが出力されることから、両機からの信号を交互に収録することで、「いそしお」本船のIDS903とデータを同一環境とすることが可能である。

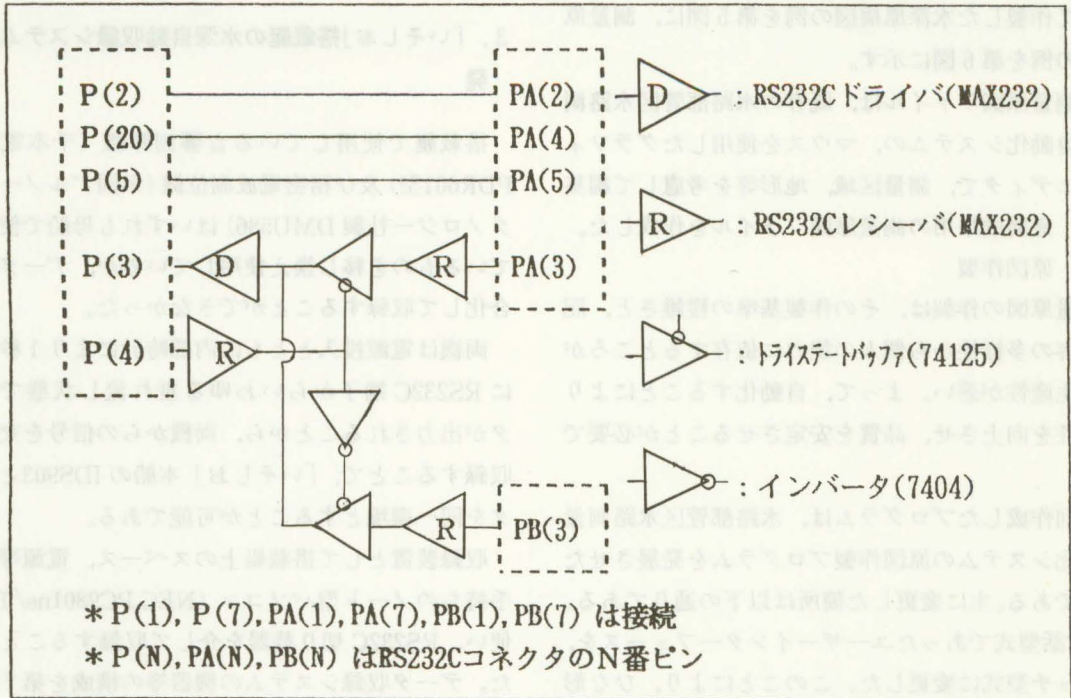
収録装置として搭載艇上のスペース、電源等から手持ちのノート型パソコン(NEC PC9801ns/T)を使い、RS232C切り替器を介して収録することとした。データ収録システムの機器等の構成を第7図に示す。なお、RS232C切り替器は自作し、その信号線図を第8図に示す。RS232Cコネクタの4番ピンの信号を変化させることで入力を切り替えるものである。

システム作動用プログラムの作成に当たっては、以下事項等を考慮した。

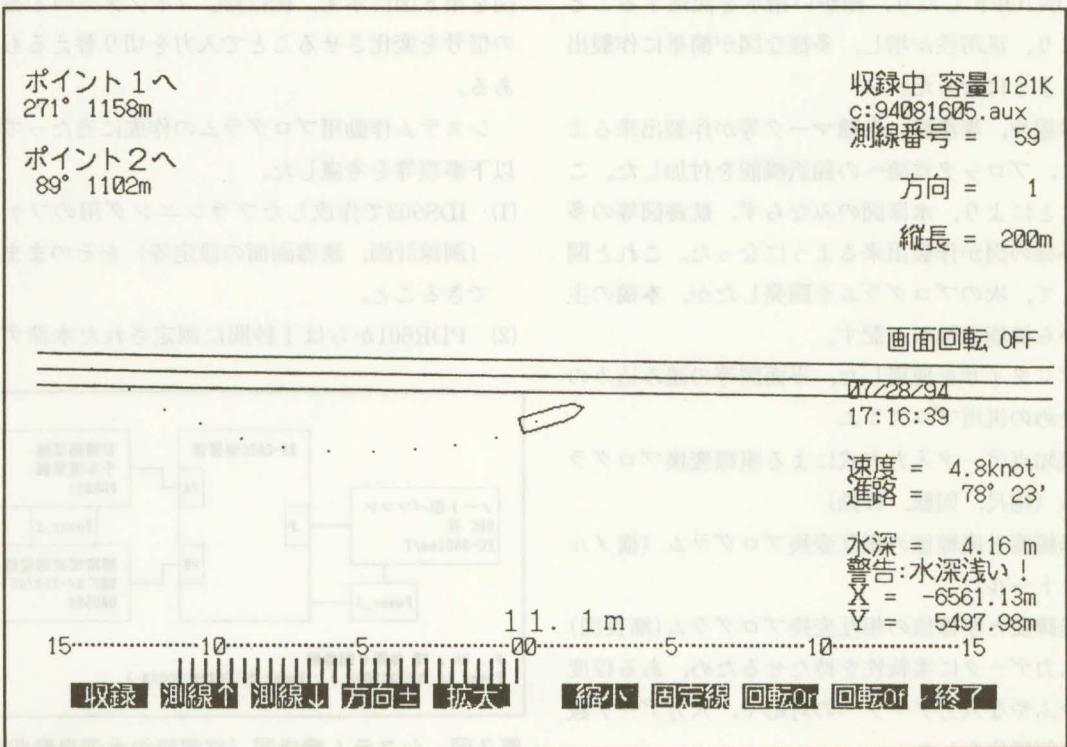
- (1) IDS903で作成したプランニング用のファイル(測線計画、誘導画面の設定等)をそのまま利用できること。
- (2) PDR601からは1秒間に測定された水深データ



第7図 システム構成図(搭載艇の水深自動収録システム)



第8図 RS-232C 切り替器信号線図



第9図 表示画面(搭載艇の水深自動収録システム)

(ピーク値)が出力されるので、水深データと測深データは等間隔で収録されることが望ましいので、一方の機器のリセットタイミングを知らすこと。

- (3) 省力化を図るため電波測位法に対応する。
- (4) 画面には操船者にわかりやすい情報を表示する。
- (5) データの保存はラムディスクに行う。
- (6) 誤操作でデータが消滅しないようにする。

第9図に表示画面の一例を示す。

ノート型パソコン及び切り替器は、12V鉛蓄電池(容量50AH)で、8時間以上の連続運転が可能である。

4. 今後の課題

(1) 処理技術の今後の課題

ノイズ除去技術には、まだまだ改良すべき点がある。たとえば、各種フィルタにはいくつかのパラメータを指定しなければならないが、データの性質に応じた、ダイナミックなパラメータ指定技術が必要と思われる。つまり、処理の前にデータの性質を見分け、最適な処理方法を自動的に推測する技術である。あるいは、強力なグラフィックエディタを使用し、データを効率良く編集することも考えられる。

次に、処理されたデータの評価技術が必要である。処理が自動化されてもその結果を適切に評価出来なくては、成果品の検査に労力を費やすことになりかねないことから、相互の歩み寄りが必要である。

(2) 原図作製の今後の課題

原図作成プログラムには、パソコン上でBASIC言語を使用しているため、実行速度やメンテナンスに問題がある。このため、水深データ処理等と同じ環境下のワークステーションに、より構造化されたプログラムとして移植する必要がある。

将来的には、図式等を分析し、原図作成言語仕様を決定し、ポストスクリプト言語等への翻訳プログラムを作成することが考えられる。これにより、品質と生産性は格段に向上する上に、原図の電子ファ

イル化が可能となろう。

(3) 収録装置の今後の課題

RS232C切替器を使用した今回の搭載艇での収録システムは、専用のシステムである。今後、測位装置や測深器等の新たな機種に対応するためには、汎用の収録システムの開発が必要と思う。すなわち、位置と水深のデータを入力するだけで、収録と誘導を外部機器に依存しない安定した作業環境を作り上げる必要がある。

5. おわりに

今回の開発に際しては、収録装置の作製等について技術的な御指導等を頂いた、第十管区海上保安本部柴山水路部長、作成したプログラムを使用し改善等について有益な指摘を頂いた、測量船いそお石田船長を始め乗組員、及び水路部職員の皆様に感謝いたします。

今後は、開発したシステムでの成果作製を進めると共に、今後の課題等を念頭におき、より充実したシステムの構築を進めていきたい。

参 考 文 献

- (1) 岡田貢, 清水啓治: 管区水路測量データ処理の自動化システム, 水路部技法 P 52-66 (Vol. 9, 1991)
- (2) 柳川誠介: RS-485変換器としても使える多機能なRS-232C切り替器の製作, エレクトロライフ P 109-115 (Mar. 1994)