

管区水路測量データ処理の自動化システム

岡田 貢・清水敬治 : 沿岸調査課

Automatic Data Processing of Hydrographic survey for R. M. S. Hqs.

Mitsugu Okada and Keiji Shimizu : Coastal Surveys and Cartography Division

1. はじめに

研究開発の方針として、その目標を高くして長期間を要するよりも、現状の技術を基礎として早期に実現を計るのも一つの考え方である。

このような考え方で、水路部では長年の懸案であった管区水路部向け水路測量データ処理自動化システム（以下システムという）用ソフトウェアを開発し、このほど実用化への第一歩に入ったので、ここにその内容を紹介する。

2. 背景

管区水路部の行なう水路測量の対象海域は、主として水深数十メートル以浅の浅海域であり、比較的水深のデジタル化が容易にもかかわらず、本庁から管区に派遣する中型量船（マルチビーム測深機搭載）とその搭載測量艇による作業が自動化されているのみで、管区独自でおこなう水路測量作業等は殆どが手作業に委ねられていた。

数年まえから、管区水路部に16ビットタイプのパーソナルコンピューター（以下PCという）やプロッターをはじめとする一連の周辺機器が整備されるとともに、測深機に接続して水深を1秒に1回の割合でA/D変換し集録する水深デジタル集録機（DDR）や、精密電波測位機に小型PCを接続して船位データとDDRからの水深データを同時にオンライン集録する装置（サーベイ8システム）等が配備されて、ハードウェア上では最低限ではあるが自動化への環境が整えられた。このような機器を使用して、複数の管区でPCに興味を持つ職員が自前の水路測量データプログラムを作り始めていた。

一方、本庁水路部でもやや遅れて1989年4月からPCを使用する管区水路部向けの統一的な水路測量データ処理ソフトウェア作りが始まった。ここに紹介する統一ソフトウェアは、主として本庁水路部が作成したものに、幾つかの管区水路部作成によるものを加えて最初のバージョンが作成され、約6か月にわたる各管区水路部の数多い評価報告に対応して、修正・変更が加えられ完成したものである。

2. ハードウェアの構成

システムを構成するハードウェアは第1表のとおりである。但し、この表には測位機、測深機、DDR等の測量器材は含まれていない。

第1表 ハードウェアの構成

機 器 名	型 名	仕 様
パーソナルコンピュータ	PC-9801シリーズ	16ビット, RAM 640KB
ディスプレイ		640×400ドットカラー
プリンター	PC-PR 201	
ディジタイザー	ND-03	A 3 Size
プロッター	GP-1103 (GD 1113)	A 1 Size

4. ソフトウェア

ソフトウェアの特徴は、日本語による徹底した対話形式を採用していることである。従って若干の水路測量の知識があれば殆ど訓練なしにこのシステムを使用することができる。

プログラムの使用言語はN88BASICで、OSはMS-DOS (Ver. 3.1) が使用されているので、今後のプログラム改良も容易であるほか、同じOSを使用した他の機種との間でデータの互換性がある。

ソフトウェアは測位と測深の集録形態によって、第2表に示すように3種類のメニューが用意されている。第2表から見られるように、メニューAのすべてとメニューBの位置データはアナログ形式であるため、デジタル形式に変換しなければならない。即ち、音測記録紙をディジタイザ上に固定し、カーソルを操作して水深を読み取り、また測深簿記入の位置データをキーボードから手入力し座標値を計算するという方法でデジタル形式に変換し磁気媒体に集録する。

一方、船上において、フロッピーディスク (FD) に集録された水深や位置のデータには不良なものが含まれているので、これらを自動的に検出し、削除/不削除のための判断材料をディスプレイに表示する等の過程が必要になる。この種のシステムで最も重要なことは、水深データにしても位置データにしても、PCによるデータの品質管理が徹底していることである。この機能の無いシステムでは結局は人手がかかり省力化につながらない。

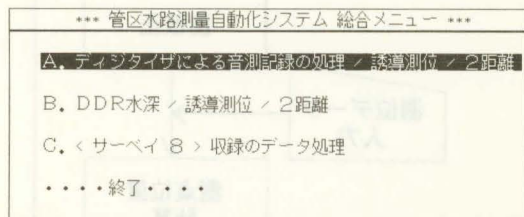
第1図は総合メニューであり、第2表を画面に表示したものである。↑↓キーを使用してメニューを選択する。各メニューを構成するプログラムは、メニュー間で共通のものもある。

(1) メニューA

第2図はメニューAの画面である。従来からのアナログ形式で集録された測位と測深データをPCで処理するメニューである。ここで使用する周辺機器はディジタイザー、プリンター、プロッターである。全部で9個のプログラムから成っており、メニューの1番から6番までの作業は測量日毎に番号順に実施し7番以降は最終的にこなす。以下各プログラムの機能について簡単に説明する。なお、第3図にメニューAのフローチャートを示す。

第2表 システムのメニュー

メニュー	位置データ集録	水深データ集録
A	測 深 簿	音測記録紙
B	測 深 簿	カセット (DDR)
C	フロッピー	フロッピー (DDR)



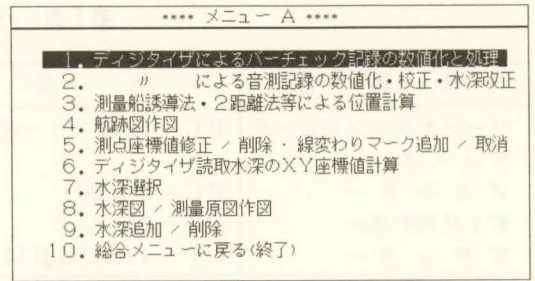
↑↓キーを使って作業を選択する

第1図 総合メニュー画面

i デジタイザによるバーチェック記録の数値化と処理

このプログラムは音測記録紙のバーチェック部をデジタイザにより数値化し、最小二乗法により音速度改正値と実効発振位置を計算するものである。

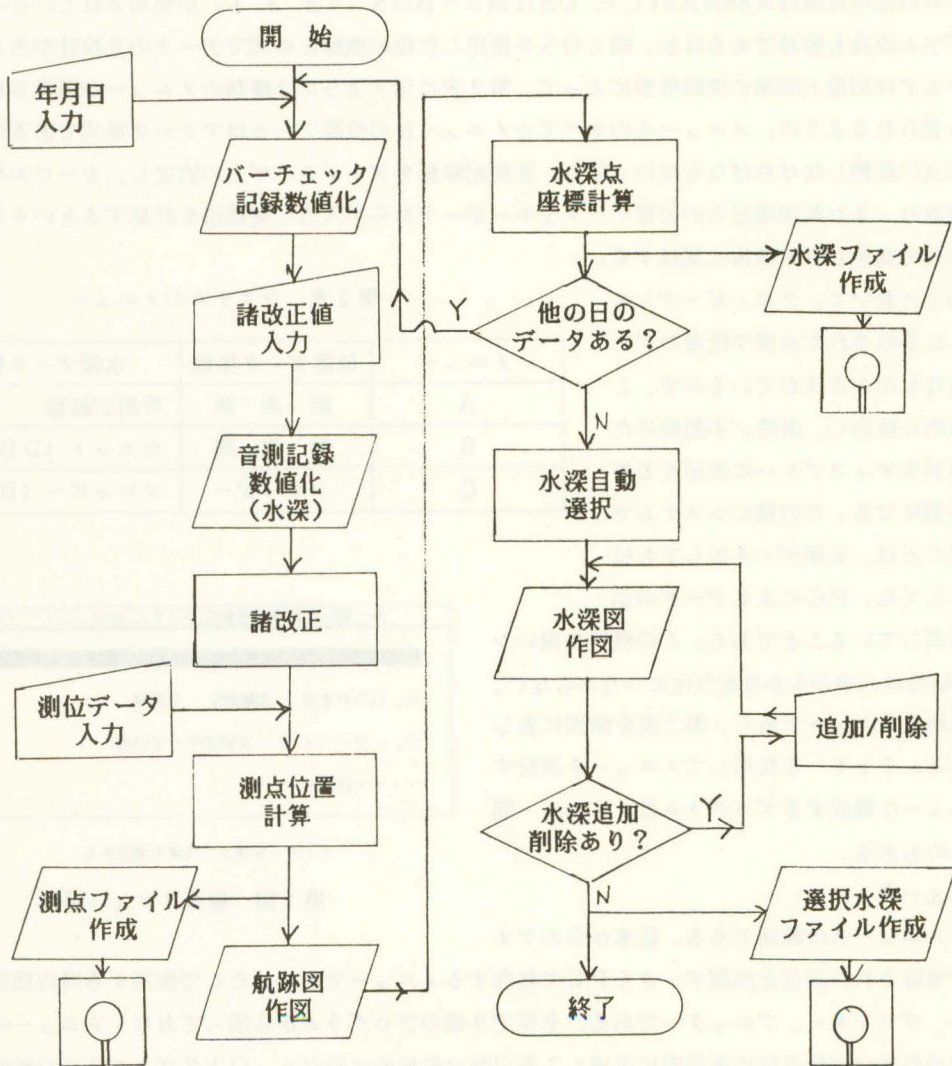
読取りは2回実施し、それぞれの格差が制限値以内なら平均値を計算し印字するとともに、FDに格納する。そうでない時は、最初からやり直しとなる。



↑ ↓ キーを使用して作業を選択する

1-6の作業は測量日毎に番号順に実施し以下は最終的に行う

第2図 メニューA画面



第3図 メニューAのフローチャート

ii デジタイザーによる音測記録の数値化・校正・水深改正

最初に潮高改正値、バーチェックから得られた改正値及び喫水量改正値を入力する。次に、デジタイザー上に音測記録紙を固定し、カーソルを使用して水深と固定線間の割込み比を読取ると同時に、その水深に対して諸改正も行なう。固定線間での最大読取り水深数は13個である。読取りは初回と校正の2回実行する。

初回読取りが終了した時点でデータを一旦FDに格納し中断することもできる。校正読取りで、初回と水深差が0.15m以内なら初回値を採用、そうでない時には初回値または校正值の読取り値を選択するか、またはその点を再度読みなおす等の選択ができる。

校正読取りが終了すると、以上の作業で得た実水深と割込み比をFDに格納する。

iii 船位座標計算

以下の各方法を選択して座標値を計算し、測点番号と共に測点位置ファイルとしてFDに格納する。

iii-1 測量船誘導法

放射誘導と並行誘導のそれぞれに対して、距離または角カットを選択することが出来る。

距離カットでは、誘導角から方位角を計算し、次に方位・距離により座標値を計算する。

角カットでは、測角値と左標・右標の座標値から円の方程式を導く。また、誘導線から直線の方程式を作り、その交点(2点)の座標を計算する。各交点から左右の標への挟角を逆算し、測角値と等しい挟角を持つ交点をもって船位とする。なお、測角値が180度丁度(プリズム使用)の時は誘導線の直線と左右の標を結んだ直線の交点を船位として計算する。計算終了後測点位置ファイルとしてFDに格納する。このプログラムには以上の船位計算のほか、基準点の入力とFDへの格納機能も備えている。(この機能はその後、独立したプログラムとした。)

iii-2 2距離法

精密電波測位機により測得された2距離値を手入力することにより3辺測量の計算式を使用して船位(平面座標値)を計算する。また同機から得られた平面座標値も直接手入力できるようになっている。

iii-3 1角1距離

このプログラムは非誘導の照査線や、採泥点(底判を含む)の船位測定位置の座標計算に使用する。機能は次の2つに分れている。

(A) 陸上からの測角値と距離 (B) 船上からの測角値と距離

いずれも計算式は誘導法と同じである。

iv 航跡図作図

iiiのプログラムで計算、格納されたファイルを使用して航跡図を作成する。この航跡図は作成段階によって2つの利用法があり、その1つは、位置不良点や線変りマークの入力ミスを探すのに使われ、2つ目は航跡図として提出用に使われる。なお、前者で訂正削除が必要になった時は、(5)のプログラムにより作業を行なう。

作図する図格は、(A)規定サイズ(A1)、(B)サイズ指定の選択が可能である。(A)を選択すると、自動的に図の中央付近に航跡図を作図する。測深線部は実線で、線変り部は点線でそれぞれ測点間を結び(但し、次の測点への距離が6cm以上離れている時は点線は省略される)5番毎に測点番号を付記し、また線入り点と線変り点にも測点番号を付記する。(サイズはその後、A1サイズのみに変更された)

v 測点の座標値修正/削除/線変りマークの追加・取消

IVの航跡図で不良位置や、線変わりマークの付け忘れ等不具合が発見された時に使用する。

VI デジタイザ読取り水深のXY座標値計算

水深読取り点の割込み比を用いて、前後の測点の位置から水深の座標値を補間計算によりもとめ、FDに格納する。殆ど人手を要しない。

VII 水深選択

測深区域の図上寸法により下記のように(A)、(B)の2個のプログラムが用意されている。

(A) 35cm×35cm以下 (B) 35cm×35cm以上

(B)の最大図上寸法は約76cm×76cmである。

選択は、各メッシュ内で最浅水深を選択し次に、隣接するメッシュ間で、重複する水深を検索、深い水深を削除するという方法を採用している。

水深選択中は測量日毎にFDを入替える以外は人手は不用であるが、PC-9801UV (CPU = V30, クロック周波数=10MHz) を使用して約6000個 (測深時間約2時間分のデータ) の処理をするのに、7、8分を要する。N88-日本語BASICOコンパイラによりプログラムをコンパイルしたり、32ビットPC (クロック周波数=20MHz) を使用すると約半分の時間で処理できる。

選択された水深はFDに格納され、水深図の作成に使用される。上記(A)のプログラムは第6管区海上保安本部水路部が作成したものであり、(B)はこれに若干変更を加えたものである。

XII 水深図/測量原図作図

このプログラムは、作図に必要な記入事項 (表題) 等を入力・格納する機能と水深図作図機能に分れている。

作図の目的は、航跡図作図と同様にチェック用と成果提出用にわけられる。チェック用としては、図上で、次項の水深の追加/削除/訂正を検討するために用いられる。

航跡図作図と同様に図格のサイズ選択が可能である。

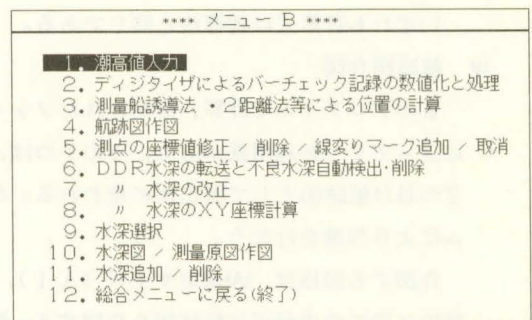
測量原図作図機能としては、水深・グリッド・スケール・海図との共通点・図格と表題を含めた記事が自動作図されるが、海岸線を含む陸部地形は現状では手書きとなっている。

XI 水深の追加・削除

水深上で航跡図を重ね、水深追加削除の年月日、測点番号と割込み比または時刻を拾い出し手入力すると、水深図作図ファイル上でその水深を自動検索し、ディスプレイ上で確認後、同ファイルに追加/削除する。またマウスが使用できる時にはディスプレイ上で水深の追加・削除が可能であり作業時間を短縮できる。(メニューBとCについて特に有効利用できる)

(2) メニューB

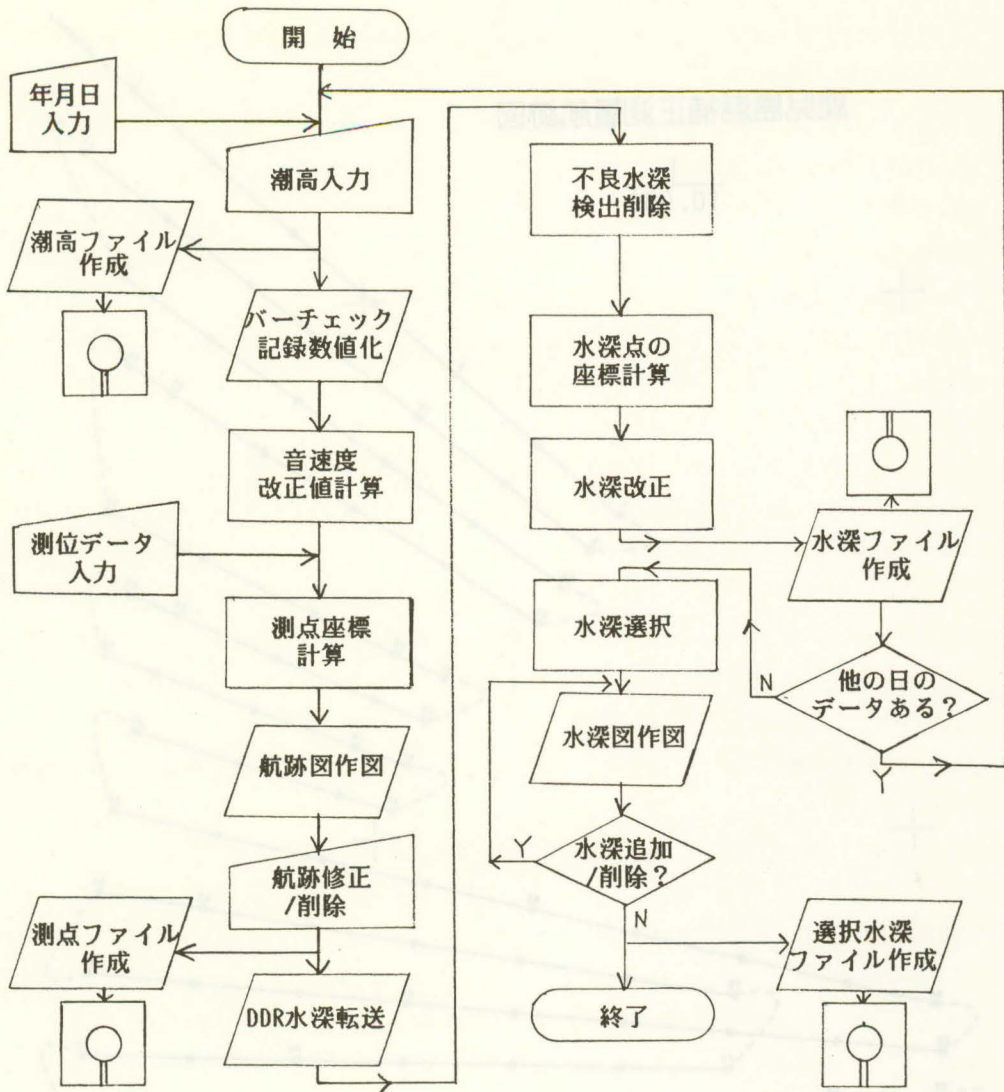
メニューBの画面を第4図に示す。このメニューでは、水深データが時刻とともに1秒毎にFDに集録されたものを使い、位置のデータはメニューAと同じ誘導法や2距離法を使用する。なお、第5図にメニューBのフローチャートを示す。



↑↓を使って作業を選択する

1-8の作業は測量日毎に番号順に実施し9以下は最終的に行う

第4図 メニューB画面



第5図 メニューBのフローチャート

i 潮高値入力

年月日，開始時刻，DL（メートル単位）をキーボードより入力したあと，験潮記録の曲線上の読み取り値（センチ単位）を10分毎に入力する。

入力終了後，DL上の値に直した全データをFDに格納する。

ii デジタイザーによるバーチェック記録の数値化と処理

メニューAと同じ

iii 船位座標計算

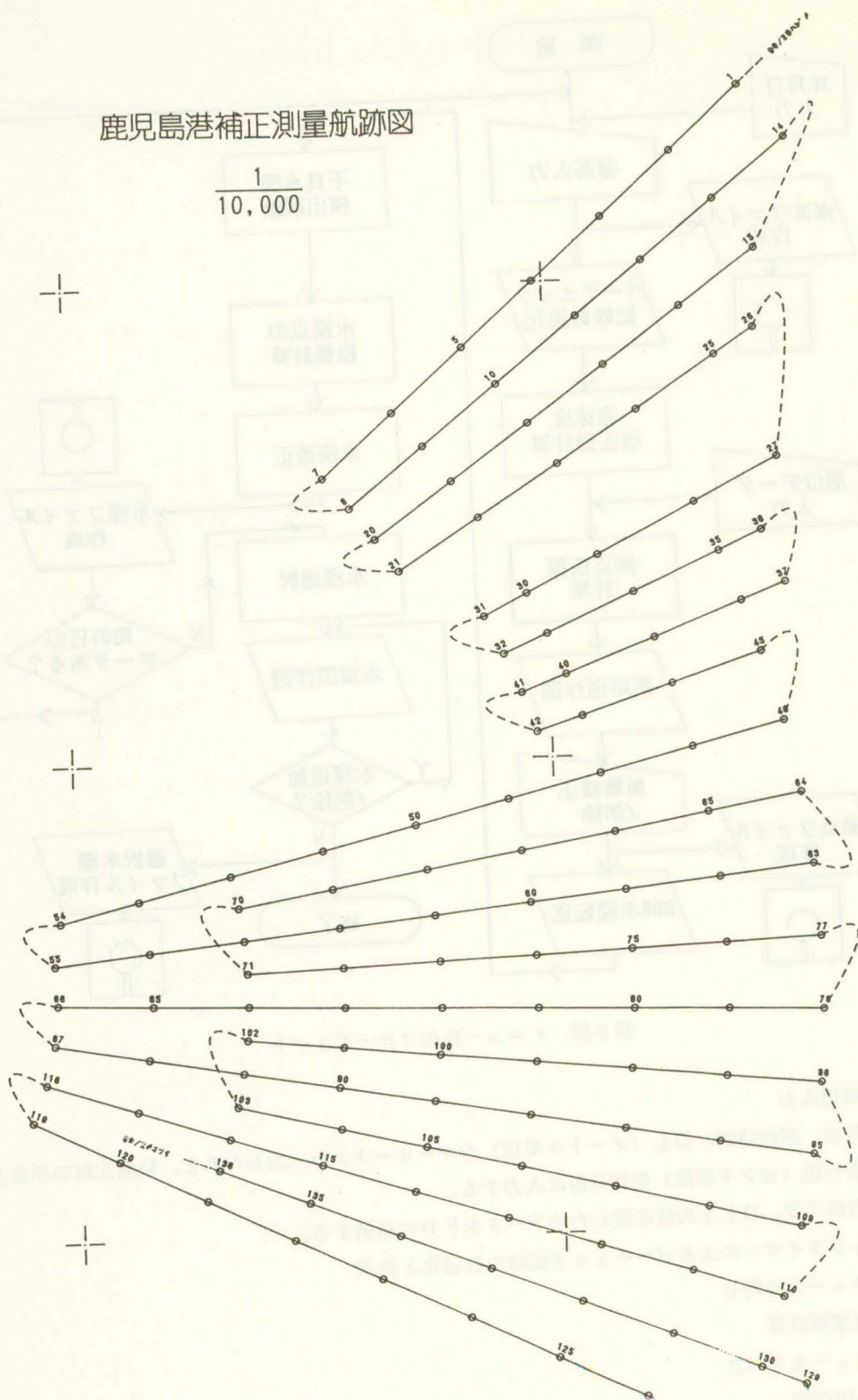
メニューAと同じ

iv 航跡図作図

メニューAと同じ。第6図はこのプログラムにより作図した航跡図である。

鹿児島港補正測量航跡図

1 / 10,000



第6図 メニュー-Bにより作図した航跡図

V 測点の座標値修正/削除/線変りマークの追加・取消

メニューAと同じ

vi DDR水深の転送と不良水深自動検出・削除

このプログラムは次に示す二つの機能を持っており、作業行程に従って選択する。

vi-1 DDR水深の転送

DDRで集録したカセットテープから水深と時刻データをPCのFDに転送する。DDRの水深の集録頻度は1水深/秒であり、従って以後の処理はメニューAと異なり莫大なデータ量となり人手による処理は殆んど不可能である。このプログラムは第10管区海上保安本部水路部の作成したものに若干の変更が加えられたものである。

vi-2 不良水深自動検出・削除

デジタル集録された水深のなかには、魚群や水中浮遊物または他船の航跡からのエコー等による疑似水深が真の水深に混じって含まれている時がある。しかしながら、これらの疑問とする水深は、自動的に検出はできても自動削除することは極めて危険である。このため、以下のように水深の削除に関してはオペレーターの最終判断に委ねている。

自動検出された疑問水深は、第7図に示すように、当該水深の前後(時系列)のものに合わせて、数字(約20個)とグラフィックス(約40個)の両方でディスプレイ上に表示される。この画面を参考にし必要ならば音測記録を参照して、この水深をマニュアルで削除/不削除する。

ここで採用した自動検出の方法は、時系列上の13個(13秒)のグループデータのうち、

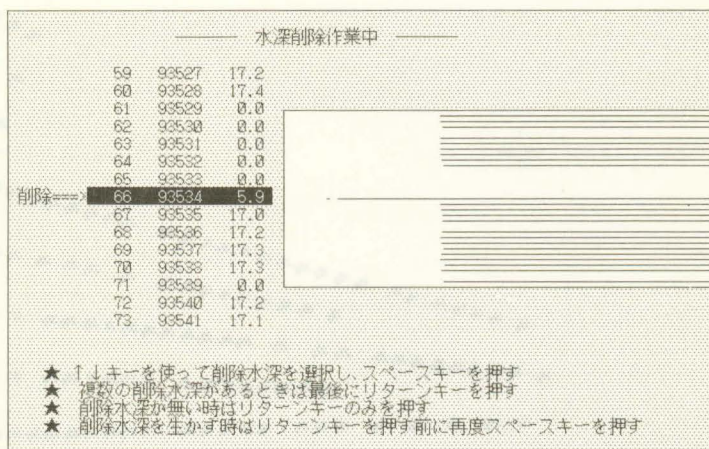
1個前の水深との格差が制限

値以内である水深を集める。これから最小二乗法により時刻と水深の座標系に基づく直線の方程式を作る。再びグループデータの始めから1個ずつチェックして、直線の方程式により計算した期待値から規定値以上離れた測得水深を疑問水深として検出する。まれに疑問水深がグループの中で過半数を占める時、疑問水深が正しく表示され、正しい水深が疑問水深であるかのように表示される場合もあるので、音測記録を参考にした上、カーソルを上下に移動して自由に削除することができる。また、ある一定水深が浅(3m)については、他船の航跡を航走する時に気泡を水深として測得するのである。無条件で疑問水深扱いにして、ディスプレイ上に表示することとしている。

以上の処理は、何回でも繰返し実行できる。

vii DDR水深の改正

DDR水深に、潮高改正/音速度改正/喫水改正を施す。作業を開始すると、時刻を介在して潮高



第7図 疑問水深の自動検出と手入力による削除

九州南岸

鹿児島港補正測量図

1
10,000

平成1年8月測量

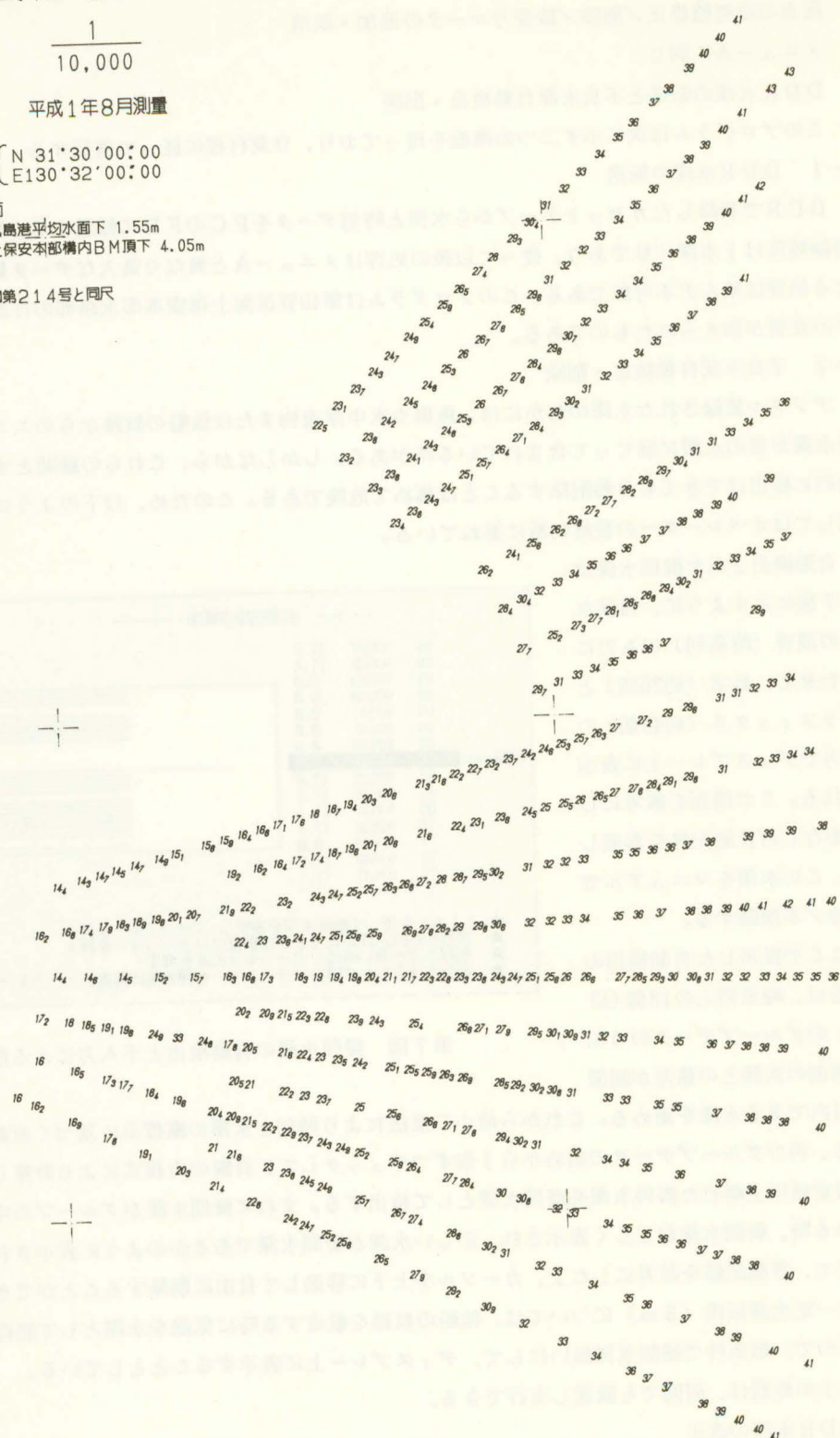
座標原点 { N 31°30'00.00
E 130°32'00.00

基本水準面

鹿児島港平均水面下 1.55m
海上保安本部構内B.M. 頂下 4.05m

備

考
測図第214号と同尺



第8図 メニュー-Bにより作図した水深図

改正値を自動的に補間計算する等、人手を要せず処理が行なわれ水深ファイルとしてFDに格納する。

viii DDR水深のXY座標計算

iiiで得た測点位置ファイル及び(7)で得た水深ファイルから水深のX-Y座標値を計算する。最後に、測点番号+割込み比、水深、座標値をFDに格納する。

ix 水深選択

メニューAに同じ

x 水深図/測量原図作図

メニューAに同じ

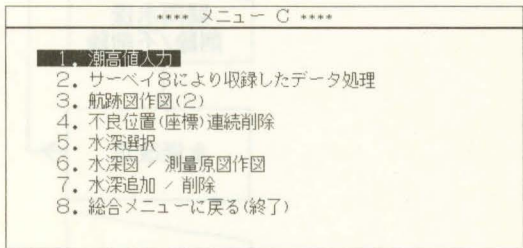
第8図に、このプログラムにより作図した水深図を示す。第6図も含めて作図データは第10管区水路部の提供による。

xi 水深追加・削除

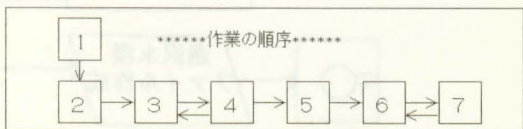
メニューAに同じ

(3) メニューC

メニューCの画面を第9図に示す。このメニューの特徴は、1秒毎にFDに格納された測深値(DDR)・測位値(精密電波測位機)・時刻の組合せデータを処理することである。従って、処理過程で、データの修正、削除、追加等の照合に測点番号は使用せず時刻を用いる。なお、第10図にメニューCのフローチャートを示す。



↑↓を使って作業を選択する



第9図 メニューC画面

i 潮高値入力

メニューAに同じ

ii サーベイ8により集録したデータの処理

ii-1 不良位置の自動検出と補間・削除

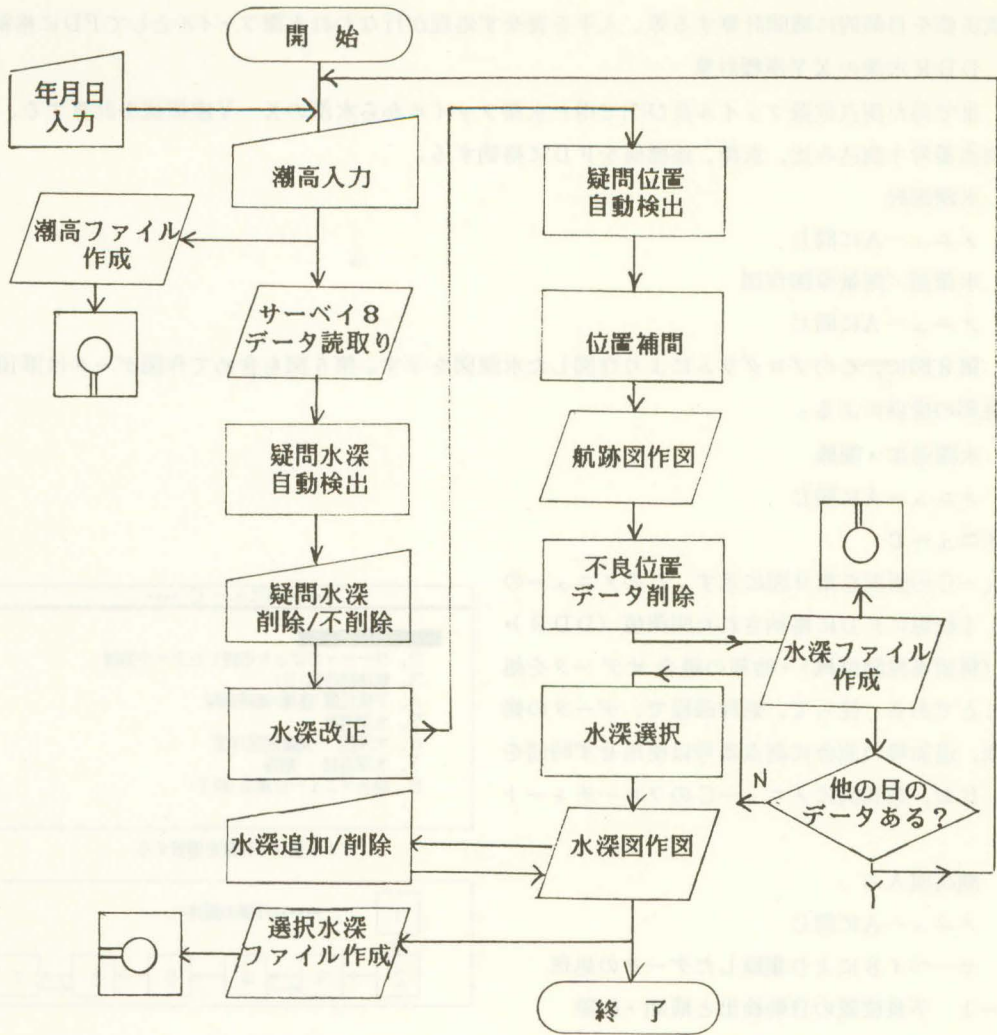
このデータは時刻・位置・水深が1組となつて、集録されている。ここでは、まず位置について位置データの品質チェックを行なう。

測量船の測量中の最高速度は約8ノット(秒速4メートル)と見積もって、現在位置が正しいとすると次の1秒後の予定位置は現在位置から測定誤差を加えて少なくとも半径10メートル程度以内になければならない。この判定要素から位置の不良データを自動的に検出する。このプログラムでは、予定位置と測定位置の差が20メートルを超える時は、この位置を自動削除し補間対象とするが、差が8~20メートルの場合は、第11図のように判断材料を表示し、当該疑問位置データを不採用(内挿補間計算に委ねる)にするか採用するかをオペレーターに尋ねる。実際の画面上では疑問位置データのみ黄色で表示、他は白色で表示されているので容易に識別できる。一方、不良データが図上で2センチメートル以内で終れば補間計算し、それ以上連続する場合は補間せず削除する。

ii-2 DDR水深の改正

メニューBに同じ

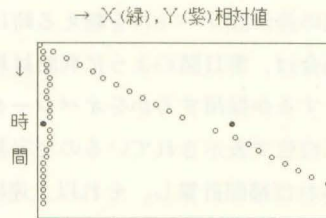
iii 航跡図作図(2)



第10図 メニューCのプロトチャート

不良測位データの検索と自動修正(赤色)

番号	時刻	X	Y
1179	95407	-1497	12227
1180	95408	-1496	12231
1181	95409	-1496	12235
1182	95410	-1497	12239
1183	95411	-1497	12243
1184	95412	-1497	12247
1185	95413	-1495	12262
1186	95414	-1497	12257
1187	95415	-1497	12263
1188	95416	-1497	12267
1189	95417	-1496	12270
1190	95418	-1496	12274
1191	95419	-1495	12278



上(黄色)の位置 正しい? (Y/N) ?

第11図 不良位置データの自動検出

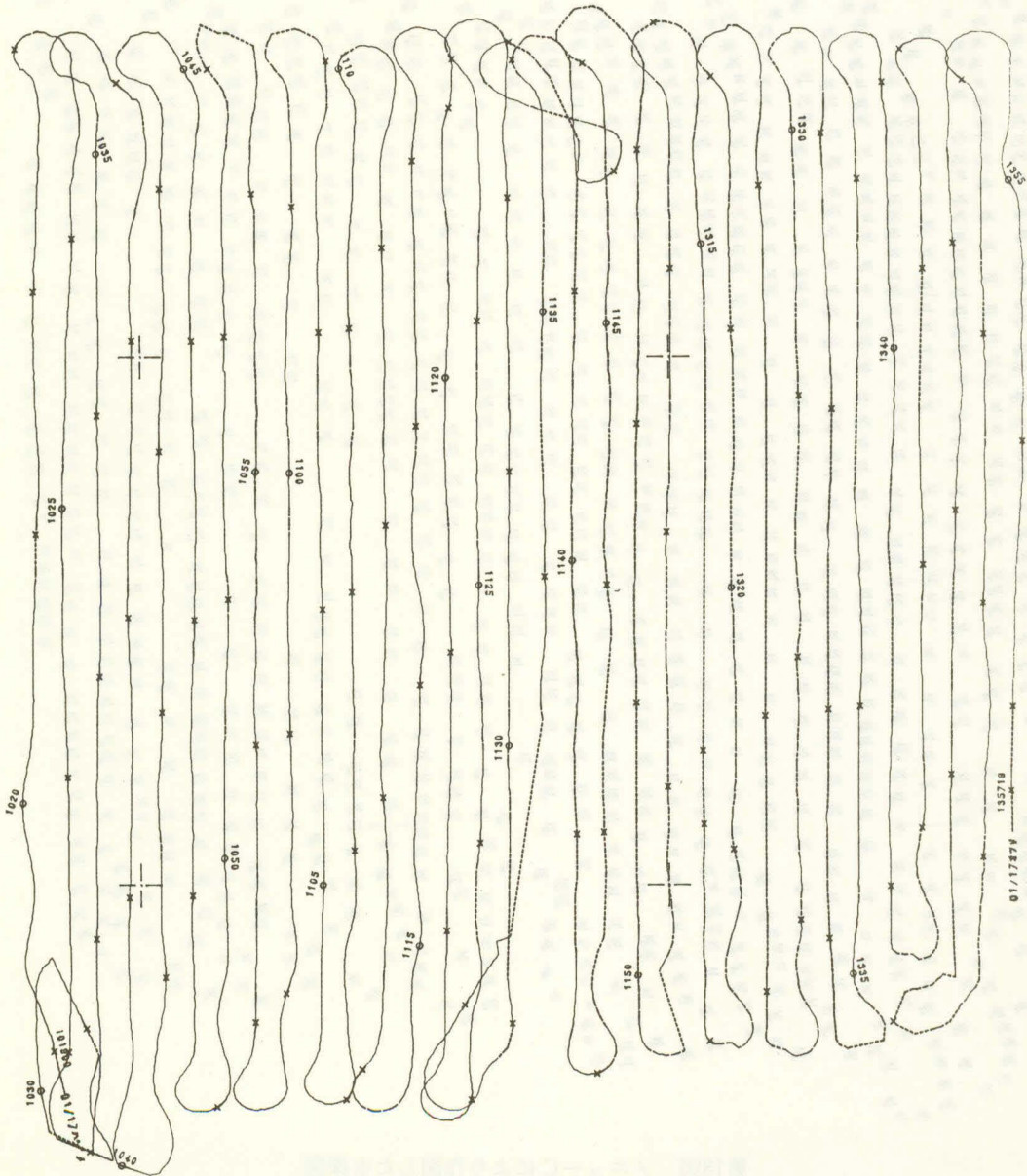
ii の仕事の終わったファイルを使用して、1秒毎の位置を結ぶが、水深又は位置のデータが不良な点については、その間をドットで結ぶ。

1分毎に×印を航跡上に記入し、5分毎に航跡と並行に時刻を傍記する。第12図は、このプログラムにより作図した航跡図の1部である。

IV 不良位置（座標）の連続削除

このプログラムは、航跡図上で不良航跡を発見した時、削除開始時刻と終了時刻を入力、その間の位置/水深データを連続削除するため用いる。

作業が終了すると確認のため、ディスプレイ上に航跡図を描画する。



第12図 メニューCにより作図した航跡図

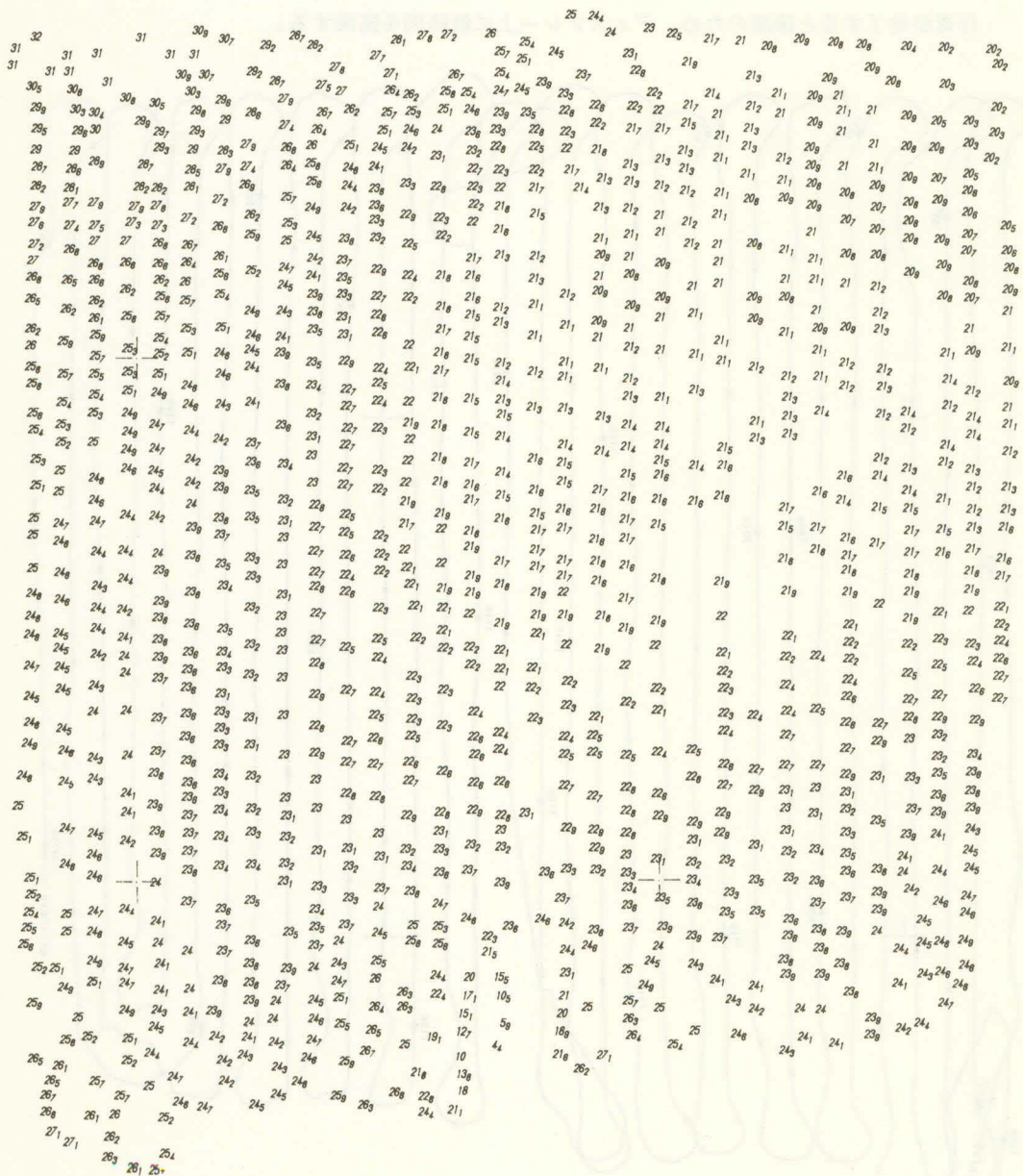
V 水深選択

メニューAに同じ

VI 水深図/測量原図作図

メニューAに同じ

第13図は、このプログラムにより作図した水深図である。データは第12図も含めて第6管区水路部提供による。



第13図 メニューCにより作図した水深図

- vii 水深追加／削除
メニューAと同じ

5. 今後の課題

(1) 水路測量の自動化を実施する上で、従来のアナログ処理を対象とした水路測量業務規則の規定に従うと精度の向上が図れない、省力化に結びつかないなど自動化の意味が失われてくるケースがみうけられる。業務規則に自動化のための規則を追加するなどの見直しが必要である。

(2) 海洋データ高度利用システム等のデータベースから陸部資料をパソコンベースで取入れたり、特殊な記号を作図したりする機能を追加して、本格的な測量原図が作成できるようにする。

(3) 演算速度のスピードアップとメモリー容量の増大のため、パーソナルコンピュータは32ビット型を整備する必要がある。なお、16ビットPCでも、ベーシック言語を中間言語に変換するライブラリー（日本語 BASIC コンパイラ）を使用してプログラムをコンパイルすると処理速度が2倍以上アップする。入出力の少ないプログラムでは処理時間の短縮化がはかれる。

(4) プロッター（特にGD9111E型）の距離精度が現状では少し足りない。A1サイズのフラットベッド型の整備が望ましいが、予算を伴うことから直ちにはいかない。当面、精度維持のためソフト面でカバーしなければならない。即ち、厚めのマイラーにプロッターでグリッドを書かせ、それらの長さを正確に測定して原点からの距離の改正値を最小二乗法等により計算し対応する方法がある。この方法によりえられた改正値は配付されたプロッター固有のものであり、精度不足を解決する有効な手段である。改正値を計算するためのソフトウェアと説明書を作成し必要な管区に配付する。

6. 各管区からの主な指摘事項と対応

- (1) プログラムのバグ・不備の指摘多数あり
- (2) 測位に関する機能の追加
 - i 照査線・採泥／底質判別等の位置計算機能（陸上からの任意方位と距離カット等）
 - ii 時刻と座標値の入力格納機能（入力データとして2距離方式測位機からの座標値が印字されたものを使用）
- (3) 測深に関する機能の追加
 - i デジタイザーによる水深読取りに関し、測線の入線前、線変り後でも水深の読取りが可能とする。
 - ii 同上に関し、水深120m以深（音響掃海機501の改良型を自動シフトで使用した時）の読取り機能を追加する。
 - iii 測点マーク付きのDDR水深データに測点番号を付加するとき、音測記録紙と照合が容易なようにディスプレイ上に固定線と音測記録をグラフィックスで表示する。
- (4) 水深選択の機能追加
 - i メッシュ毎のダンプリスト出力
 - ii メッシュサイズを可変にする。
- (5) 航跡図作図の機能追加
 - i 測線番号も自動的に記入
 - ii 再測の航跡は色を変える

- iii 割込みマークをいれる
- (6) 水深図/測量原図作図の機能追加
 - i 干出の表現
 - ii 赤点を記入する水深ペーパー作図機能追加

(7) その他

- i プロッターの機種が異なり一部命令語が異なるため適格に作動しない場合がある。

(因みに、上記5の(4)にも関連するが第4, 5, 6, 8, 9の各管区にはGD9111Eプロッターが、その他の管区及び本庁にはGP1103型プロッターが配布されている。)

以上の指摘のうちバグについては、全てを修復・改修したが、機能の追加については可能かつ、急を要するものから整備する予定である。

7. おわりに

このシステムは、ソフトウェアが水路部開発によるいわゆる自前のものであり、ハードウェアはパーソナルコンピュータを主体とした構成であるため、ハードウェアのみの価格(約200万円)であることが特徴である。パーソナルコンピュータは既に管区で、他の業務等に使用されてきており、また個人的にも趣味として所有している人も決して少なくなく測量担当職員にとっては非常に親しみがある。そのうえ、ソフトウェアはBASICで書かれているため、今後一層使用し易いよう改良され、補われていくことを期待している。

水路部が今年度の予算で建造する20メートル型防災用測量艇(第3管区水路部に3月末配備予定)には、ハードウェアのグレードはこのシステムより高いものの、データ処理に関するソフトウェアは、ここに述べた設計思想と経験が大幅に採用された水路測量自動データ収録処理装置が搭載されることとなっている。

このように、来年度からの管区作業には本格的に水路測量の自動化が推進されることとなろう。

最後に、このシステム作成の開始にあたり御指導をいただいた佐藤本庁水路部長、菱田海洋研究室長及び数多い評価・指摘をいただいた各管区の担当者に深く感謝致します。

報告者紹介



Mitugu Okada

岡田 貢 平成3年1月現在、
本庁水路部沿岸調査課主任沿岸調査官



Keiji Shimizu

清水 敬治 平成3年1月現在、
本庁水路部沿岸調査課沿岸調査官