

海洋科学技術センターにおける シービームデータ処理

松本 剛^{*1}

深海調査を行うに当たっては、「しんかい 2000」の潜航の事前に精密地形・底質情報の把握を行う必要があり、そのためのシービーム測深とそのデータ処理は不可欠である。「かいよう」シービームの原データをもとに、測位データと組み合わせた地形コンタリング、これをもとにした水深メッシュデータ作成とそれを用いた地形図・鳥瞰図作画のためのソフトウェアを開発し、潜航事前準備作業に利用する体制が確立された。また、最近「かいよう」に μ VAX II システムが導入されたので、船上で同様のオフラインデータ処理を行うためのソフトウェアを開発し、これを利用して作業図を作成する体制も確立した。

キーワード：シービーム，「かいよう」，海底地形図

Data Processing of Seabeam in JAMSTEC

Takeshi MATSUMOTO^{*2}

Information of precise topography and sea bottom structure is required for deep sea research with the submersible "SHINKAI 2000", and so the bathymetric survey by Seabeam and the data processing is indispensable for this purpose. The author developed the software for data processing of Seabeam, including (1) topographic contouring by use of Seabeam source data and on-board positioning data, (2) calculation of grid data of Seabeam bathymetry and (3) making topographic map and bird's eye view by the grid data. Since the μ VAX II system was introduced recently on board KAIYO, the author also established the procedure for on-board data processing of both bathymetry and positioning by use of this system.

Key word: Seabeam, KAIYO, Topographic map

*1 深海研究部

*2 Deep Sea Research Department

1. 序

昭和60年5月に海中作業実験船「かいよう」が就航して以来、これを用いた深海曳航調査においては、シービーム（正式には「マルチナロービーム音響測深機」）を用いた事前の地形確認を行っている。当初、新しい船舶の運用法や機器の利用法に不慣れな点があったものの、本装置は事前調査の際の海底地形の把握に極めて威力を発揮することが証明され、その後現在迄に、富山湾、能登半島沖、秋田沖、南西諸島、八丈島周辺、小笠原周辺等の深海調査に極めて威力を発揮し、潜航事前調査の効率化に大きく貢献している。

従来の深海調査の方法としては、通常5マイル四方程式の狭い範囲で音響測深機（PDR）による調査を行って海底地形図を作成し、然る後にサイドスキャンソナー及びサブボトムプロファイラーを搭載したソナー曳航体を用いてモザイク図を作成するという方式を取っていた。この様な方法では、海底の地形の特徴を把握するためには、相当広域に、しかも密に航走する必要がある。

しかし、シービーム装置を用いれば、12ノット航走で進行方向に水深の約7割の幅を持った領域の地形情報が得られるため、短時間に広範囲の海底地形図が得られる。また広域のモザイク図を作らなくとも、代表的なソナー測線を数本設定して曳航し、ソナー記録とシービーム記録との対応付けを行うことによって、広範囲かつ詳細な地形情報が得られ、海域全体の微細地形の把握は極めて効率的に行われる。

船上ではシービームシステムに標準装備のオンラインプロッター出力が得られるので、このプロッター出力を航跡に沿って並べ、凡その海底地形を把握することは可能である。しかし、船上装置のみでは測線間の接続や船速の補正が不十分であるため、正確な海底地形は求められない。最終的にはデータを収録した磁気テープを再生し、必要な計算機処理を施して、精密な海底地形図を作成する必要がある。

本稿においては、このための手順、及び手法について、現在当センターで行われている作業過程を述べ、また最近行われるようになった船上でのオフライン処理についても報告する。

2. 一次処理

シービーム装置のハードウェア、ソフトウェアについては幾つかの詳しい解説^{1), 2)}があるので、そちらを参照されたい。事前調査のための精密海底地形図作成のためには、磁気テープに記録されたデジタルデータを加工して使用することになる。

装置より磁気テープに出力される原データのフォーマットを図1に示す。ヘッダーレコードについては、磁気テープ番号、サンプリング開始日（年月日）、行動番号、註釈等、装置の初期設定時に入力したパラメータがそのまま記録される。主レコードについては、メーカーの標準品としては、データ長、ブロック番号、時刻、船首方位、平均水深、16個の水深値、その水深値を与える点

```
Single volume / Multi file
NON LABEL
BLOCKSIZE = 116
LRECL = 116
RECFM = F
DEN = 2
```

FORMAT

I. HEADER RECORD

1. BYTE COUNT (ALWAYS 116)
2. BLOCK NUMBER (FIXED AT 0)
3. IDENTIFICATION (FIXED AT ASCII 53)
- 4.-5. TAPE NUMBER (2 WORD ASCII CHARACTER)
6. DAY (ASCII)
7. MONTH (ASCII)
8. YEAR (ASCII)
- 9.-10. MISSION NUMBER (2 WORDS ASCII)
11. MODIFIER (BB or CC)
- 12.-36. COMMENT (25 WORDS ASCII)

II. PING RECORD

1. BYTE COUNT (ALWAYS 116)
2. BLOCK NUMBER (INTEGER)
3. INTEGER HOUR
4. INTEGER 10TH SECONDS
5. HEADING (360° = 65536)
6. AVERAGE BOTTOM DEPTH (m)
- 7.-22. 16 DEPTHS (m)
- 23.-38. 16 CROSS TRACK DISTANCES (m)
39. HEADER (A)
40. VALID OR INVALID (V or I)
41. LATITUDE NORTH/SOUTH (N or S)
42. 10E1 DEGREE
43. 10E0 DEGREE
44. 10E1 MINUTES
45. 10E0 MINUTES
46. 10E-1 MINUTES
47. 10E-2 MINUTES
48. 10E-3 MINUTES
49. LONGITUDE EAST/WEST (E or W)
50. 10E2 DEGREE
51. 10E1 DEGREE
52. 10E0 DEGREE
53. 10E1 MINUTES
54. 10E0 MINUTES
55. 10E-1 MINUTES
56. 10E-2 MINUTES
57. 10E-3 MINUTES

図1 シービームの原データテープのフォーマット

Fig.1 Data format of original magnetic tape of seabeam

```

Single volume / Multi file
NON LABEL
BLOCKSIZE = 20,000
LRECL = 200
RECFM = FB
DBN = 4
ASCII code

```

```

FORMAT
I2 : year
I2 : month
I2 : day
I2 : hour
I2 : minute
I3 : second * 10
A1 : N/S
I3 : latitude (degree)
I5 : latitude (minute * 10 * * 3)
A1 : E/W
I3 : longitude (degree)
I5 : longitude (minute * 10 * * 3)
I4 : heading (degree * 10)
I5 : average depth (m)
I5 : 16 depths (m)
I5 : 16 cross track distances (m)
] 29999 : dummy data

```

図2 文字型に変換された原データのフォーマット

Fig. 2 Data format of original data converted to character (ASCII) type.

の直下点からの水平距離が、計76バイトで記録される。ここで、全てのデータは2バイト整数で表されるため、レコード数は38である。

これにさらに高精度航法装置からRS-232Cシリアルポートを経由して入力される船位データが記録される³⁾。これは全部で40バイトの文字型データ(ASCIIコード)の形で記録される。一次処理としてまず行うべきことは、データの内容の確認及び良否の判定である。そのため、まず第一に、これらのデータを文字型に変換しなければならない。このようにして変換されたデータのフォーマットを図2に示す。

日付はヘッダーレコードの記録を基にしており、0時には日付が繰り上がるようにする。日付入力 は初期設定の際誤って入力された場合もあるので、ヘッダーレコードをそのまま読み込んで処理することも、新たに手で入力することも可能とするため、どちらか一方を選択する方式とした。船位は原データ磁気テープに既に文字型で記録されているため、その値をそのまま使用した。水深値及び水平距離はすべて2バイト整数であり、その内容を文字型で表現した。ただし原データでは欠測のショットについてはすべて0が入っているが、処

理過程での便宜のため、水深値についてもそれに対応する水平距離についてもダミーデータとして29999を入れた。船首方位は、原データでは360度を65536(負数を考えない場合に2バイト整数で表現し得る最大値)と表すため、これを角度に変換する必要がある。記録では容量の節約のため、小数点は全て省略した。

3. 船位データの補正

3.1 磁気テープに記録された船位データを用いる場合

磁気テープに記録される船位データは、高精度航法装置からの出力値(緯度、経度)であるため、どの航法システムを選択するかは全て同装置の側のオペレーションに依存する。記録される船位データはシービームのショットに合わせた船位であるため、データ転送のタイミングの関係から、記録が遅れることもあり、また同じデータが何度も記録されることもある。更に航法システムとしてLORAN-Cを選択する場合は特に、船位の飛びがあるとそのまま入力されるので、それらの誤ったデータは除去する必要がある。

処理に際しては、船位データのみについて、正

誤を判定した上で誤ったデータをマークし、図2と同一のフォーマットで磁気テープに記録する方式とした。

3.2 他の船位データを使用する場合

高精度航法装置その他のプリントアウト結果を手入力してデータ処理に用いる場合や、参考文献4)に述べるGPS/NNSS装置のデータを用いて水深値のデータと結合する場合には、ショットの時刻とは独立に時刻-船位対応データが得られているため、ショット時刻の船位を内挿又は外挿により求め、然る後に図2のフォーマットに従ってこれらのデータを組み入れて行く必要がある。

またこれに先立ち、シービームの時計の進み遅れを補正しておく必要がある。シービームのオペレーションとしては、初期設定時に時計をリセットするのであるが、時間と共にシービームの内部時計と実時刻とのずれが大きくなるため、時々内部処理パラメータ変更の操作をエコープロセッサのパネル面で行い(変更しない場合でも)、時計のチェックを行わなければならない。昭和62年度「かいよう」北フィジー海盆調査“KAIYO87”においてこの方法によりチェックし、これをもとに最小二乗法によって進み時間を求めた結果、一秒当たり+0.000325秒となった。これは1日に28秒進むことに相当する。

4. 航跡に沿った等深線の作画

シービームのオンラインプロッタは、横軸を船の航走距離(船速×時間)にとった場合の海底地形を表すため、航跡の曲がりによる歪については補正を行わない。したがって実際の地形を把握するためには、航跡に沿った補正を施し、プロットする必要がある。このため、図2のフォーマットによるデータに次の操作を施し、作業用ファイルを作成する。

①船位の入っていないレコードについては、前後のレコードのデータを用いて線型内挿又は外挿することにより、船位データを完成させる。

②深度データについては、直下点のデータを基準として並べ替える。データ欠測点については、直下点からの水平距離Liは、平均水深D及びビーム番号Ni(直下点を0、左舷側を-、右舷側を+)

をもとに、
$$Li = D \cdot \tan(8Ni/3)$$

という値を仮に入れておく。

③16ビーム×数サイクルの水深データを擬似的な格子点データと見做し、等高線作画プログラム⁵⁾を通して等深線図を作成する。この場合、格子点に当たるデータ点は、等間隔ではなく、船位(直下点の位置)、船首方位、及び水平距離から計算される。したがって、航跡が曲がると、それによって格子の形が歪むことになる。また、データ欠測点(ダミーデータの入っている点)については、ペンアップによってそれを取り巻く格子においては作画をスキップする。

図3に示す通り、データのない所には、29999.9という値が入っており、これをそのまま使ってコンタを描こうとすると、見掛け上壁があるように見える。点Aから、29999.9の点と相隣る点とを結ぶ線上の点Bにコンタを描こうとする場合、ペンアップして作画をスキップし、次の点Cに行く。このようにすれば欠落点についてはコンタリング

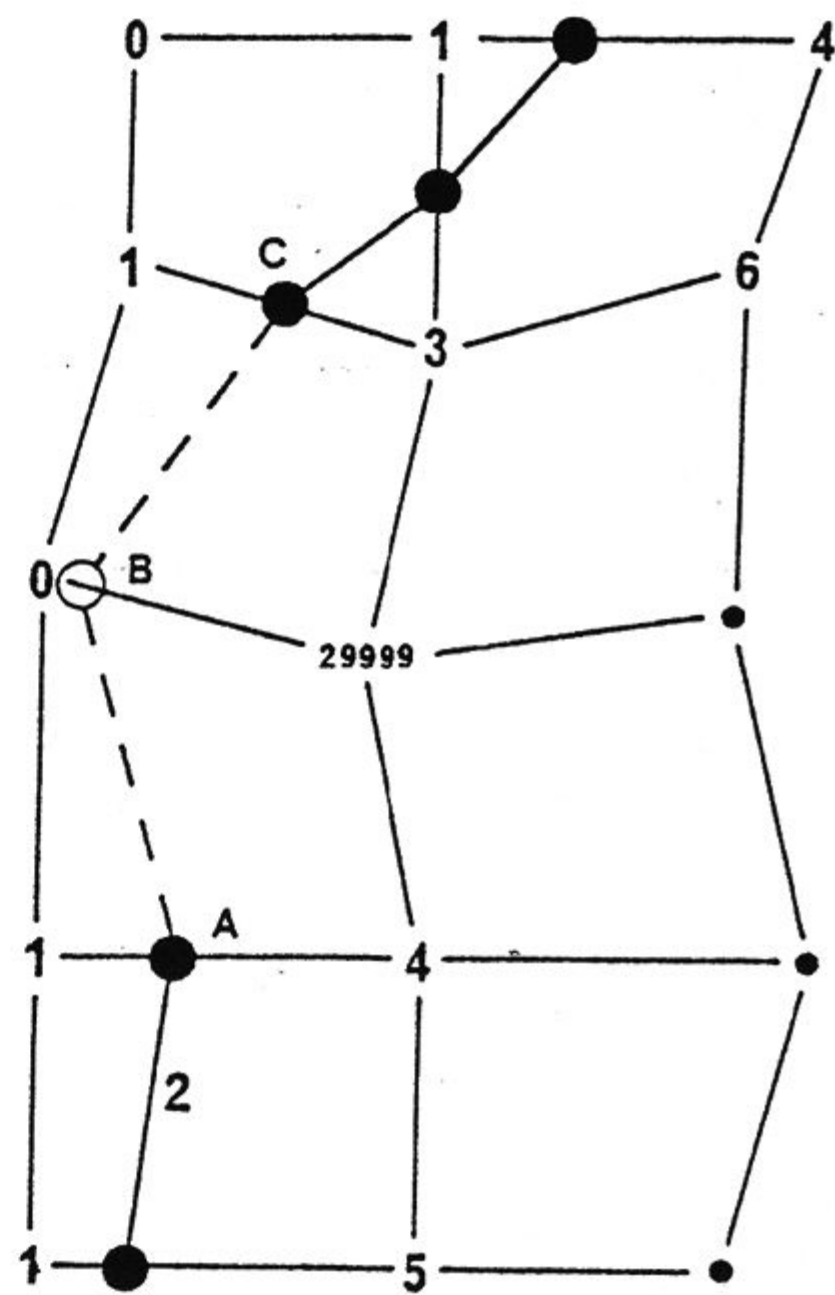


図3 航跡に沿ったデータ点(欠測点を含む)とそれに基づく等深線作画
Fig. 3 Distribution of data points along the ship track (including dummy data) and contouring procedure based on the data points.

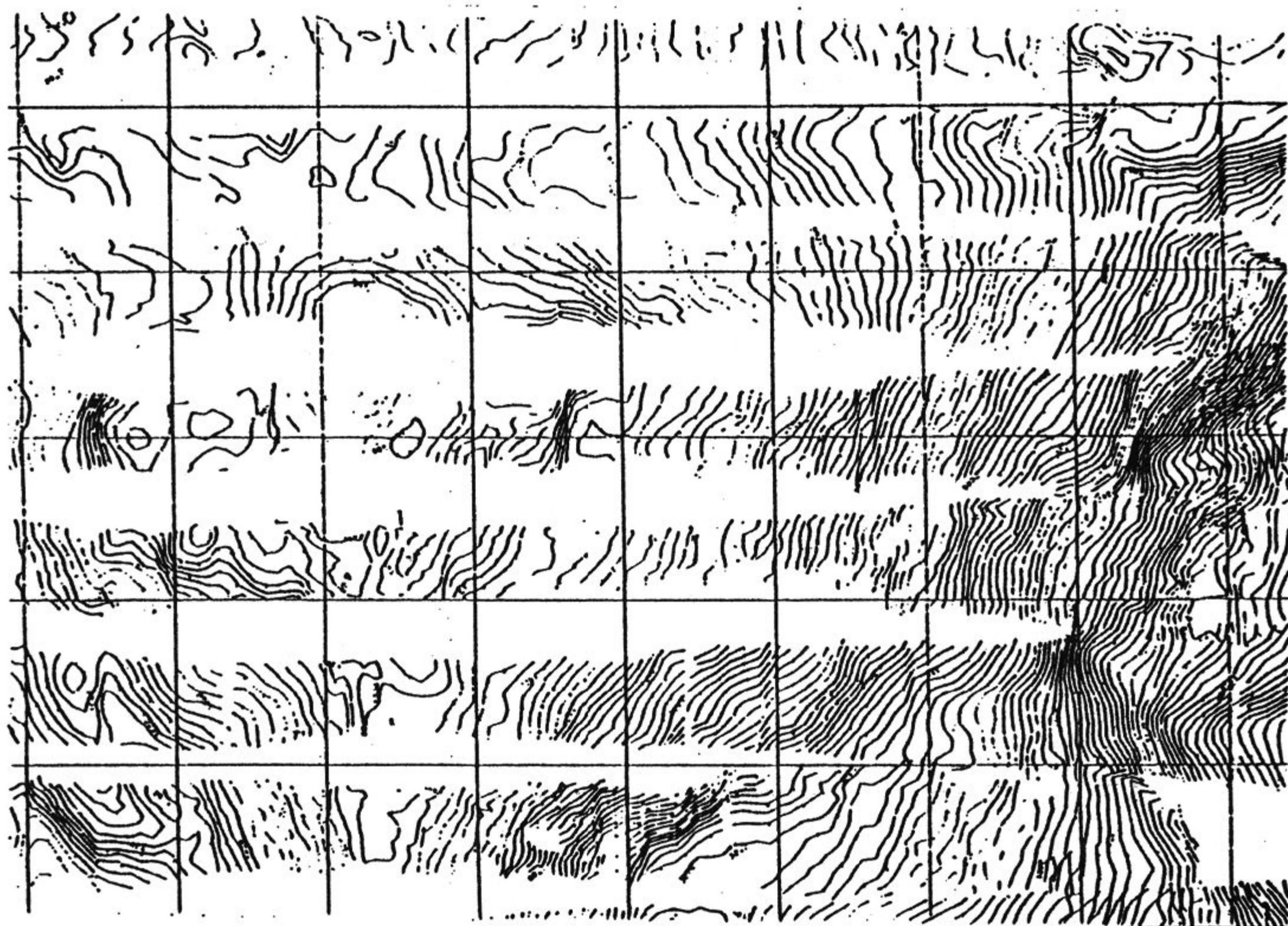


図4 航跡に沿った等深線作画の例

Fig. 4 An example of contouring along the ship track.

を行わない。

作画の例を図4に示す。深い側を示すケバ（ティックマーク）についても、等深線作画する際にその等深線の両側の水深値の大小を判別することによって向きを決めて記す。

5. 格子点データの作成

海底地形図を作成しようとする範囲を決め、その領域を適当な大きさのメッシュに切り、存在する全てのデータについて、それぞれのメッシュに属するかを求め、各メッシュについて、水深の代表値を計算する。

代表値の計算方法については幾つか提案されているが⁶⁾ここでは、メッシュ内の全データについて算術平均を求めた。

データの欠落した格子点については、周囲の格子点データから計算された内挿値をもって充てることになる。内挿方法については、線型内挿法、曲面内挿法、スプライン補間法等、幾つかの方法が考案されているが、ここではBriggsの方法⁷⁾を

用いることにする。これは弾性板に荷重が加わった場合の変形量で既知データを曲面近似し、逐次近似によって未知データ（データ欠落点）を求める方法である。ただし、データの欠落が広範囲に亘り、近似によって却って不自然な値が入る場合には、むしろこれを欠落点のまま処理した方がよい。縦方向、横方向についてサーチし、一辺の長さに比べて欠落部分の長さが大きければ、内挿せずに扱う。作画範囲の最外側の欠落領域については、欠落のままとする。

このようにして、最終的には、（緯度方向データ番号、経度方向データ番号、緯度、経度、水深値）から成るメッシュデータファイルが完成する。

6. 地形図作成

地形図作画法については、参考文献5)によるコンタリングのプログラムを基本とし、これに若干の改良を加えた。

①緯度、経度情報をもとにして、各種図法に対応可能とした。通常はメルカトル図法で表現し

ているが、基準緯度とその緯度上での縮尺を指定すれば、各地点の地形図上での場所が計算される。このようにして地図上でのメッシュを決め直し、コンタリングを行う。

②データ欠落点の存在を許し、この点についてダミーデータを入れておけば作画の対象から外す。これについては4.の場合と同じである。

作画の例を図5に示す。

7. 鳥瞰図作成

鳥瞰図については、5.の方法で求められた格子点データを用い、参考文献5)によるソフトウェアをそのまま適用して作成する。図6に一例を示す。

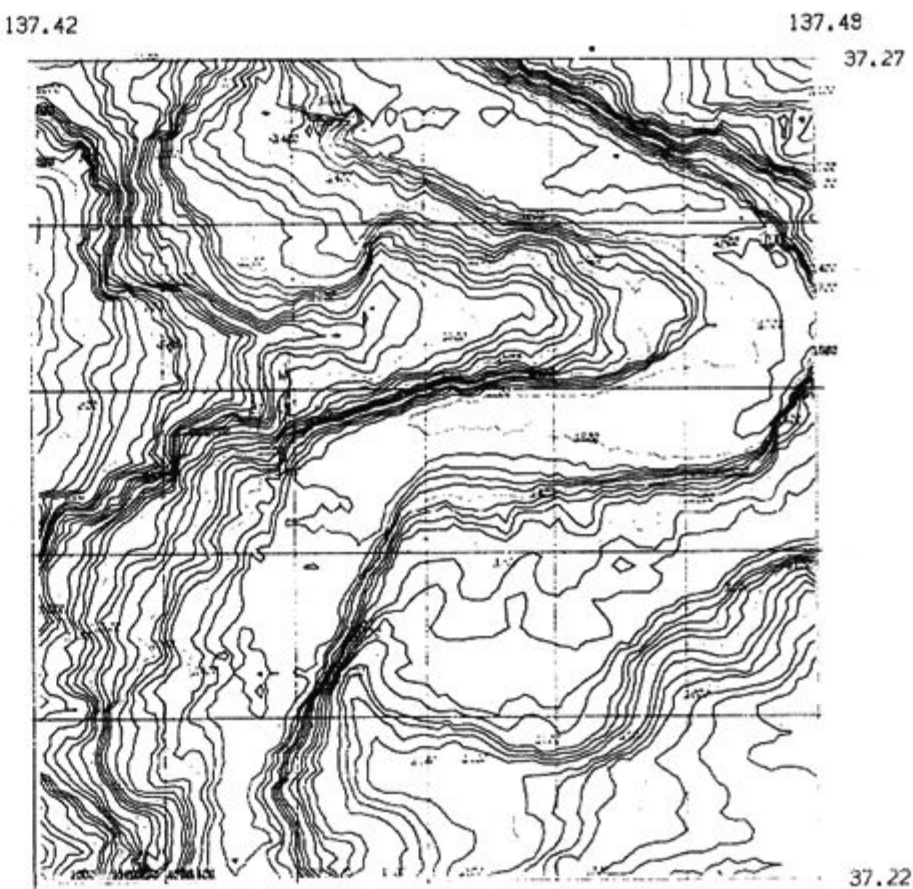


図5 シービームデータをもとにした海底地形図の例

Fig. 5 An example of topographic map based on Seabeam data.

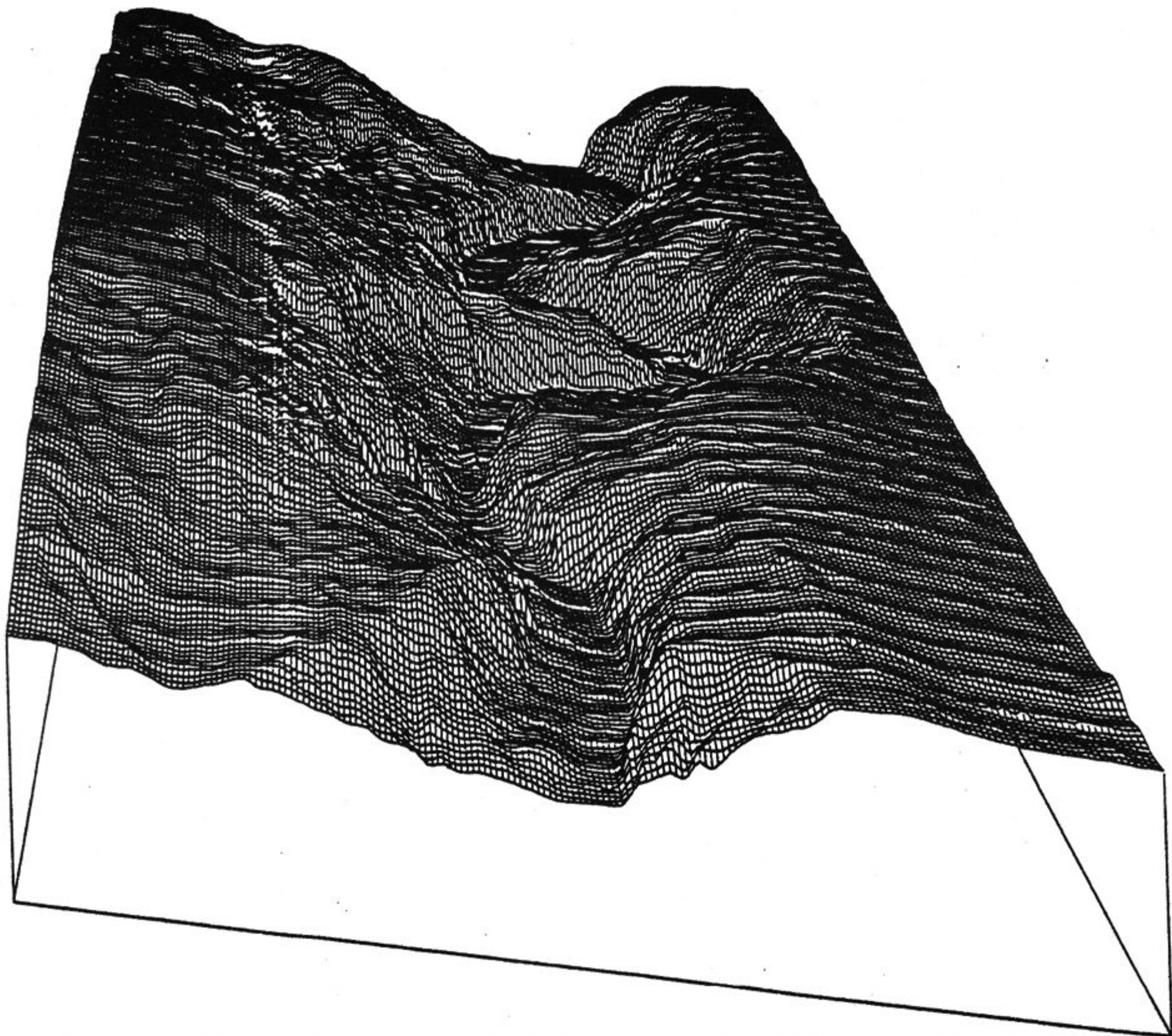


図6 シービームデータをもとにした海底地形鳥瞰図の例

Fig. 6 An example of bird's eye view of bottom topography based on Seabeam data.

8. μ VAXによる「かいよう」船上でのデータ処理

最終的な精密海底地形図や鳥瞰図を作成するた

めには、上記の一連の作業をオフライン処理により行う必要がある。これらは従来陸上のVAX11/780 計算機を用いて行っていた。また、昭和62年

1月より、陸上計算機はVAX 8800及びVAX 8250システムにグレードアップされ、処理能力は約10倍に向上した。一方において、昭和62年5月に μ VAXシステムが「かいよう」船上に装備され、以上のシービームデータ処理全てを現場海域で行うことが可能となった。さらに、測位データをもとにした航跡図作成、複合測位結果を用いたシービーム測深データのコンタリング、格子点データ計算による地形図作成など、これまで陸上のVAXシステムで開発してきたソフトウェアがそのまま船上で使用可能となった。

船上計算機システムは、CPU (μ VAX II)、ハードディスク (71MB 2基、ただし一方は予備用として確保するため、通常は止めている)、端末3台 (うち1台はコンソール兼用)、プロッター、磁気テープ装置 (MT 1000 GP II) 2台より構成される。プロッターはCalcomp製であり、陸上システムと同一のドライバーにより制御される。

VAXのグレードアップにより、純正品の800 BPI用磁気テープ装置は姿を消したが、シービームの磁気テープは800 BPIであるため、これを読むために、TEAC製MT 1000 GP IIを導入し、GPIBによる入出力コントロールを行う。またディスク容量の関係から一度に大量のデータを処理することが不可能であるため、船上では航跡に沿った等深線図の作画までとし、これをもって船上での作業図とする。ただし、深海曳航調査予定地点周辺に限った地形確認等、狭い範囲に限定された調査においては、メッシュデータに基づく地形図や鳥瞰図迄を描くことが可能である。

9. まとめ

船上におけるシービーム測深及び航跡データに基づく等深線作図のための装置としては、科学技術庁科学技術振興調整費により開発され、後日装備された音線屈折補正装置がある³⁾が、これは船位については高精度航法装置より入力されたデータがそのまま使用されるため、例えばLORAN-Cの受信条件が悪い場合の影響やNNSSのFIX毎の位置の飛びの影響がそのまま残る。しかし、測定を行いながらリアルタイムで地形の概要を把握するには十分であり、 μ VAXによる船上オフライン処理と組み合わせて、深海調査の際の精査海域

決定作業は格段に効率化した。このことは、昭和63年度伊豆・小笠原調査において実証された⁸⁾。

今後はさらに、船上 μ VAX用ディスクの大容量化を行うと共に、船上においても広域の精密海底地形図・鳥瞰図作成、地形解析等が行われる様にし、船上作業の効率化と陸上でのデータ処理の負担軽減のための方策を立てることが重要である。

尚、 μ VAXシステムを用いたデータ処理のソフトウェア開発に当たって、GPIBのコントロールの部分については、海洋開発研究部の浅沼市男研究員のご指導を頂いた。同研究員に謝意を表する。

参考文献

- 1) 谷 伸：海底地形の精査 - 拓洋とシービーム - , 月刊地球, 6, pp.386-394 (1984)
- 2) 網谷泰孝：海中作業実験船「かいよう」のシービームについて, 日本造船学会誌, 670, pp.225-232 (1985)
- 3) 網谷泰孝, 土屋利雄, 中西俊之, 尾崎俊二：シービームの音線屈折補正に関する研究, 海洋科学技術センター試験研究報告, 20, pp.1-18 (1988)
- 4) 松本剛：海中作業実験船「かいよう」のGPS/NNSS航法データ処理装置, 海洋科学技術センター試験研究報告, 21, 投稿中 (1988)
- 5) 森正武：曲線と曲面, 教育出版, 東京, 150pp (1974)
- 6) Balmino, G., C. Brossier, A. Cazenave, F. Nouel, K. Dominh and N. Vales : Geoid of the Kerguelen Islands Area Determined From GEOS-3 Altimeter Data, J. Geophys. Res., 84, B8, pp.3827-3832, (1979)
- 7) Briggs, I. C., Geophysics, 39, 39-, (1974)
- 8) 深海調査グループ：伊豆・小笠原深海曳航調査 (DK 88-3-HTJ) 調査速報, 海洋科学技術センター試験研究報告, 準備中 (1988)

(原稿受理：1988年11月25日)