

特集2

海底地形図をつくる

計測技術と人間の、共同作業から再現される
「海の底」のかたち

地上の最高地点はエベレストの8,848m。現在知られている海底の最深部はマリアナ海溝チャレンジャー海淵の1万911m。海底地形図作成は、2万m近い陸と海底との高低差をダイナミックに感じ取ることができる

海洋調査、地球環境研究に欠かせないもののひとつ、海底地形図。さまざまな事前の音響調査によって得られたデータをもとに、潜水調査船の潜航調査用に、また、深海域の様子を図形化していきます。数十万分の一から数万分の一程度の市販の海底地形図よりも縮尺・精度ともに高いレベルが求められる海底地形図の作成には音響技術を中心とした計測機器と、データを解析・図形化していく技術者の存在が大きくものをいいます。

ワイヤを使って 水の深さを測る

どうなってるんだろう、深い海の底

海の深さはどのように…

海の深さを知るには？ というクイズに海の水をすべて取り除く、と答えても間違いではありません。

でも、実際には不可能なアイデアです。では、海底までの深さは、一体どうやって調べたのでしょうか。

昔は、ワイヤの先に重りを付けて海底におろして深さを測っていました。未知の海洋への人間の飽くなき想像力が1本のワイヤに託されていたようです。

ワイヤを海底にたらし、先端に泥が付いた段階で計測され、1951年に発見されたチャレンジャー海淵(水深1万863m マリアナ海溝南西端・当時世界最深部に近い場所)。映画『タイタニック』を制作するために、J・キャメロン監督はロシアの潜水艦ミールに乗り込んで、タイタニック号の沈んだ海域に合計70時間以上にわたって潜航し、海底のタイタニック号を詳細に観測したといいます。海の底にまつわるこうしたエピソードからも、海の底に向ける人間のロマンが伝わってきます。

点＝重りの付いたワイヤから、 線＝音波の送受信へ

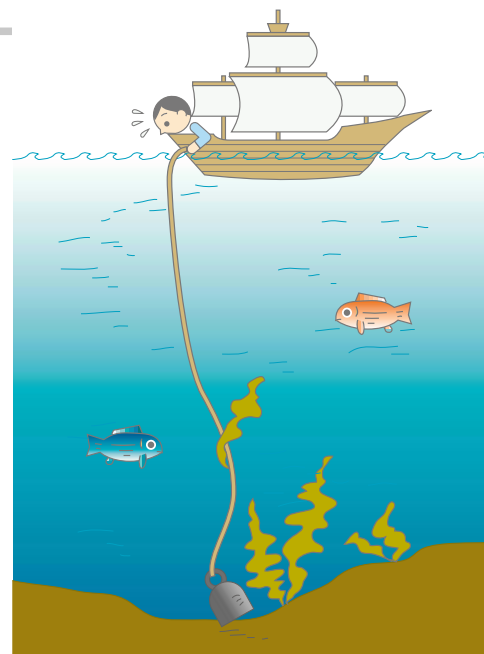
今は、音響測深器が海の深さを測ります。

音響測深器を搭載した観測船が、海面を走りながら海底に向けて超音波を発射(送信)し、海底からはねかえりを受け止めて(受信)その海の深さを割り出します。音響測深器は第2次大戦中、潜水艦を探知するために発達してきました。

山も谷も平野もある海の底

超音波で海の深さを調べるようになって、少しずつ海の底のかたちが見えてきました。1950年代から、世界各国の観測船が、あちこちの海を走り回って得た水深測量データをもとに作成した海底地形図には、山も谷も平野も描かれています。もし、海の水をすべて取り除いて眺めたら、まったく別の世界に立ったような錯覚にとらわれるかもしれません。

$$\text{水深} = \frac{\text{伝搬時間} \times \text{音速}}{2}$$

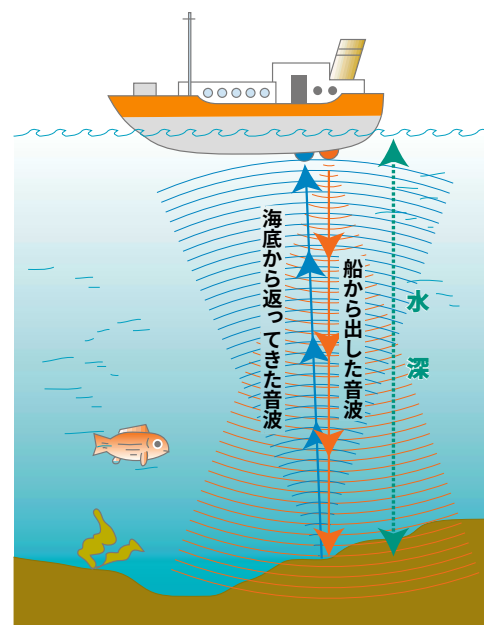


ワイヤを下ろして海の深さを測るこの方法だと、ある1点の深さを測るごとに船を止めたり、人力でワイヤを上げ下げしなければならない。時間がかかるばかりか、ワイヤが海中で流されたりして正確な深さを知ることは困難だった



音で海底の深さを測る原理は「やまびこ」と同じ

超音波利用の計測になって、より正確な深さを知ることができるようになった。20世紀半ばからこうした方法での水深測量、海底地形の探査が本格化している



特集2
海底地形図をつくる

マルチナロービーム登場

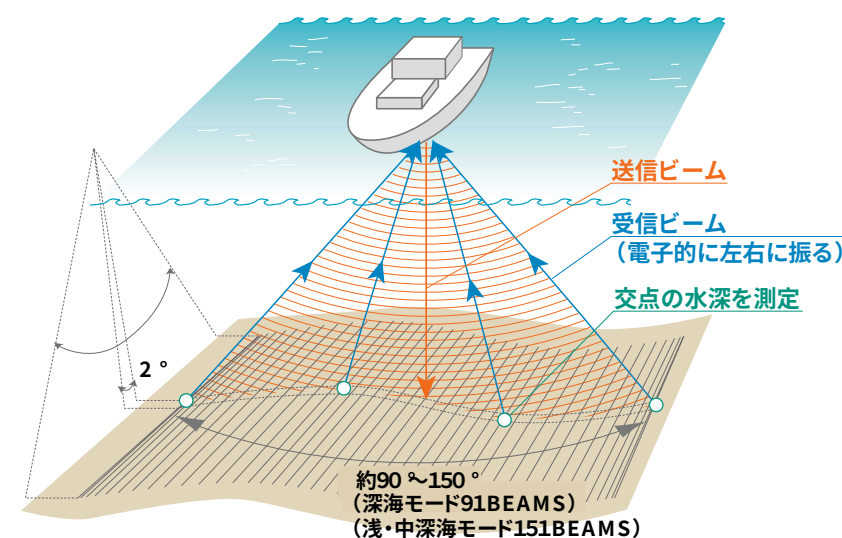
調査海域の広さ、精度を飛躍的に向上させた計測装置

マルチナロービームが、線から面への技術革新を実現

測深用のビーム(音波の束)を1本発射して、観測船の真下の海底の深さを調べていたのは1950～70年代。しかし、1975年に、同時に多くの測深データを得られるマルチナロービーム型の音響測深機が開発されてから、線から面へと、海の深さを測る技術の革新がおこなわれました。

海洋調査船「かいよう」に搭載されたのを皮切りにマルチナロービームは現在、海洋科学技術センターが所有する4隻の調査船に搭載されています。

一度にたくさんのビーム発射で得られたデータは、調査船の上や海洋科学技術センター本部の情報業務部で処理され、地形図づくりに生かされます。



ビーム(音波の束)を海底に向けて、一度にたくさん発射する。そして、より広い範囲の深さや海底の様子をつかむことができるのがマルチナロービーム。船の揺れによる誤差は、コンピュータが補正してくれる

マルチナロービームを搭載している海洋科学技術センターの船



深海調査研究船「かいいい」(左)
支援母船「よこすか」(左下)
海洋地球研究船「かいよう」(中下)
海洋調査船「みらい」(右下)



深海調査研究船「かいいい」の船底に装備された送波器アレー



マルチナロービームから得られたデータをもとに、多くの研究者などが船上で検討する(深海調査研究船「かいいい」で)

さあ、海底地形図づくり

ひとつのデータから、用途・目的にあわせて5種類の地図ができる

海底地形図が、高精度でなければならぬ理由

海底地形図は、
○地質学・海洋学のような科学研究
○船舶の安全な航行・潜水調査船の潜航事前調査をおこなう航路決定

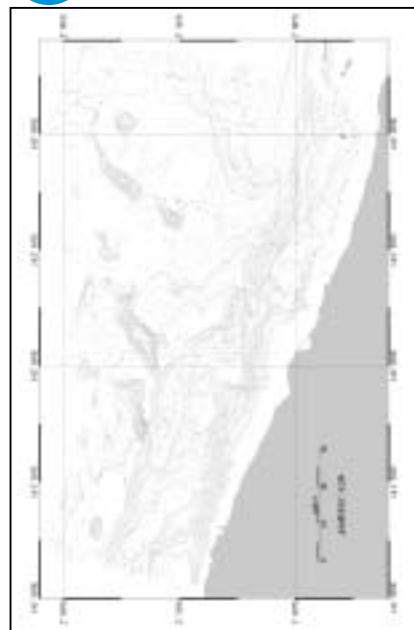
にとって、とても重要な基礎情報となります。ですから、より正確で精度の高い図が求められるわけです。

調査船に、海底のかたちの精密な測深をおこなう装置として高性能のマルチナロービームが一般装備されるようになって、作られる海底地形図の精度は高まりました。一つのデータからは、次のようにいろいろな種類の海底地形図を作ることができます。

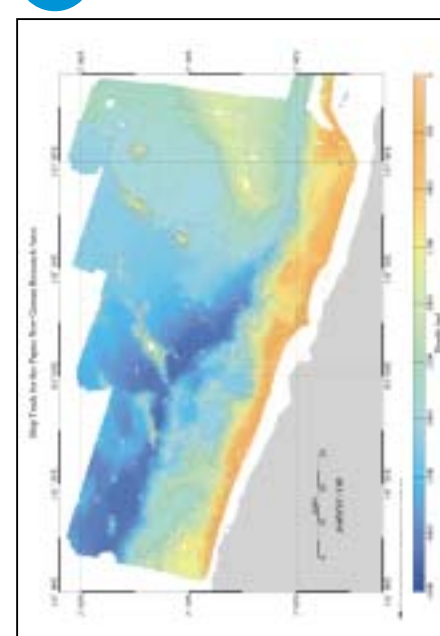
1



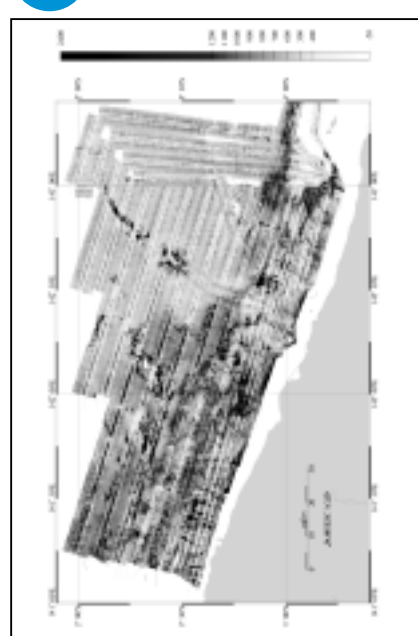
2



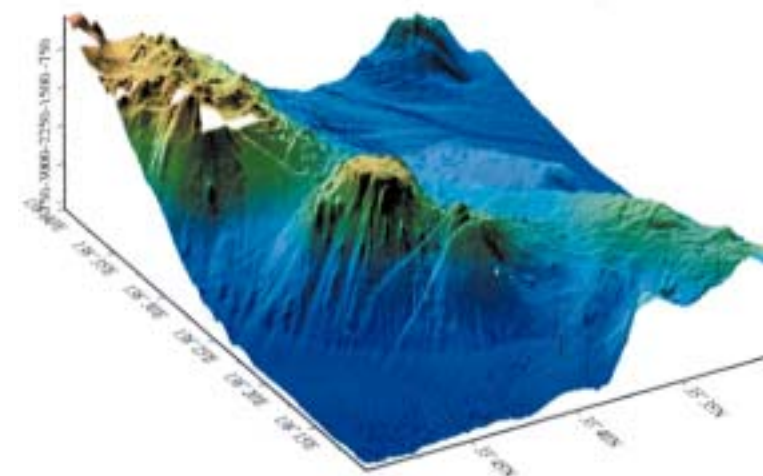
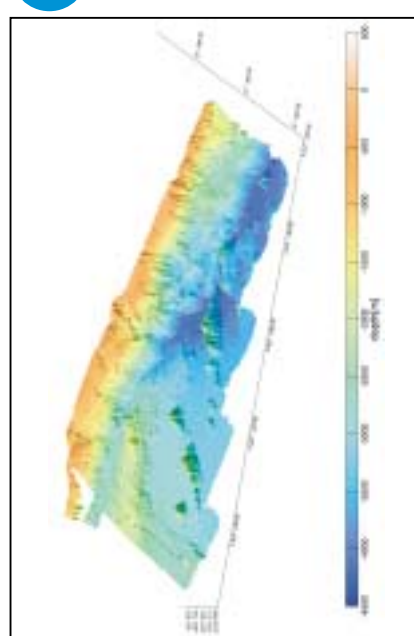
3



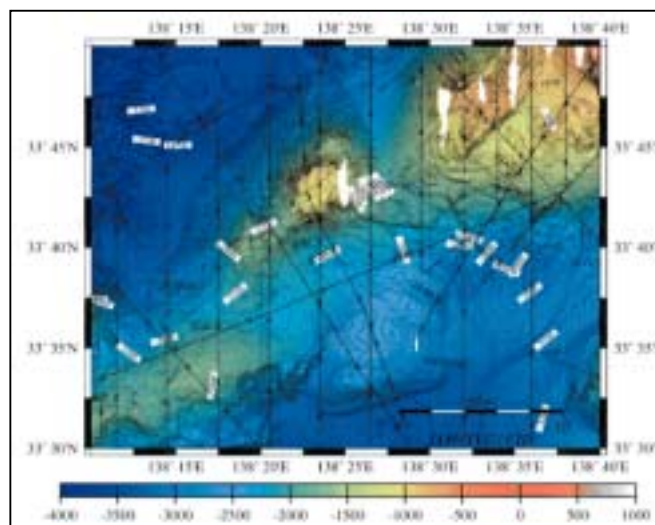
4



5



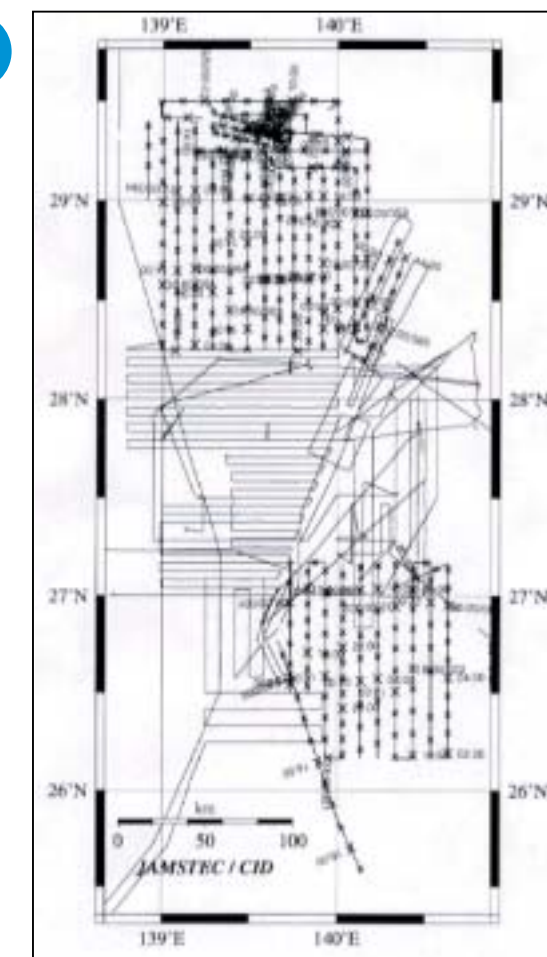
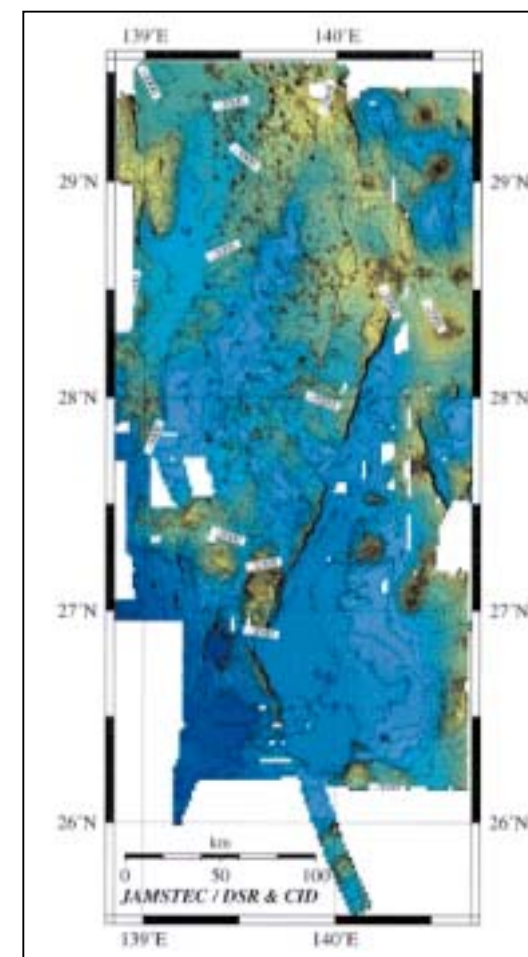
5'



6

- 1 航跡図
- 2 白黒海底地形図
- 3 カラー海底地形図
- 4 サイドスキャンソナーイメージ図 海底の凹凸やおまかな性質も調べるができる
- 5 鯨瞰図(げいかんず)は、海底のかたちを方向を変えて見ることができる
- 5' 鯨瞰図(げいかんず)は見る方向が変わると、同じ図でもまったく異なったかたちに見える
- 6 5' のカラー海底地形図(航跡図を重ねる)
- 7 航跡図(右)とコンターマップ(左)を重ね合わせた広い範囲の図もできる

7





技術者の腕の見せどころ

データ編集が決め手となる 地図の精度

大事な、データを並べかえて 処理する作業

調査船が海洋を測深して得たデータは、いくつかの過程を経て編集されていきます。そして、前のページで紹介したように目的にあった海底地形図に仕上げるために大事な作業があります。

この作業を「データ編集」といいます。

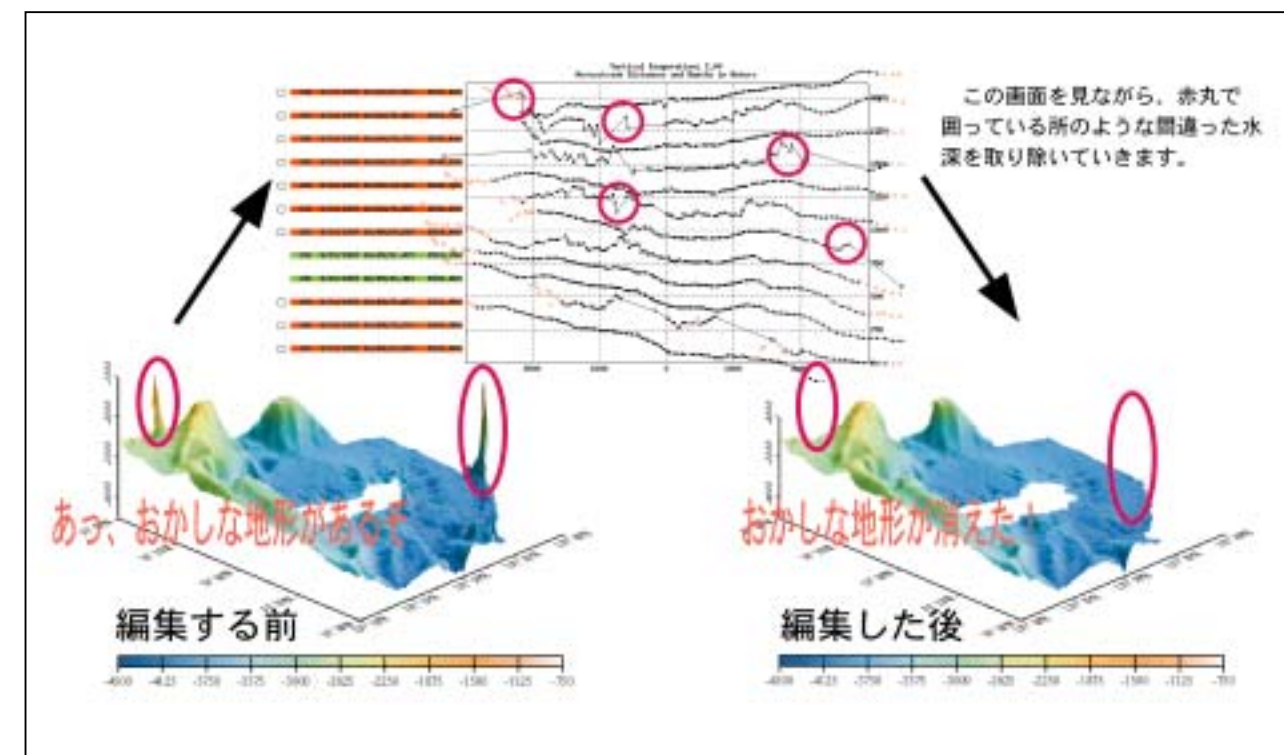
石井さんのコンピュータのモニタに折れ線グラフのような図が現れています。生データの段階では、計測された水深値が間違っているところが出てきます。

表示されたデータに、

- GPSデータによる測位の誤りはないか
 - 船の針路に変更(変針)はないか
 - 船の動きの補正が正しくおこなわれているか
- などといった視点で図を細かくチェックしていきます。

このデータはおかしいぞ、という点をマウスでクリックし、修正を加えます。マウスを操る石井さんの指はリズムカルに動いています。その度、画面上でデータに手が加わり、ノイズ類も取り除かれて精度の高いデータになっていきます。海底地形図は、1点1点の水深データをつなぎあわせて描いていきます。となりあう点同士の間隔を調整していくことで、描かれる海底地形図の見え方(描かれ方)が変わってきます。

海底の凹凸などを考えながらのグリidding作業は、データを並べかえて処理する作業の正確さが求められるというまでもありません。こうした一連の作業は、海底地形に対する十分な知識と経験が欠かせません。



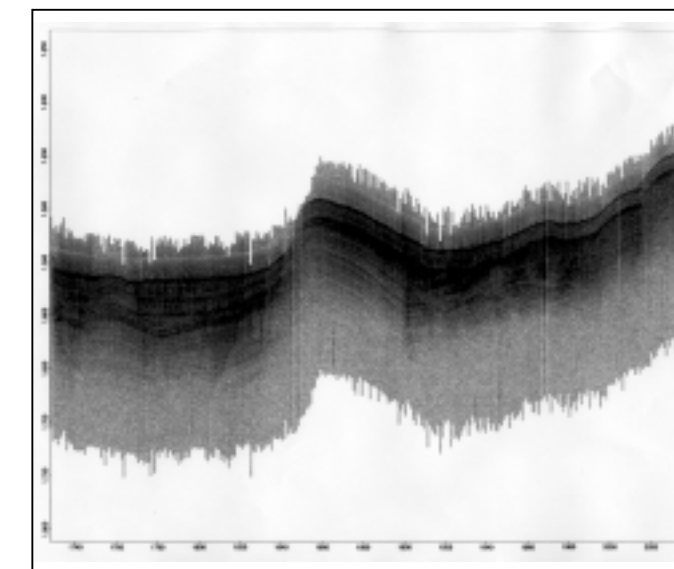
水中の雑音や船の揺れなどが原因でデータに誤りが生じることもある。作図過程の編集作業とは、こうした間違いをコンピュータを使って整理していく



樋泉昌之さん
日本海洋事業株式会社
海洋科学部海底地形図制作担当
「データを加工、編集していく過程で調査船が航行した海域の海底の状態が、航跡にそってつぎつぎに見えてくる。それは面白いです。海底地形図を作っていく過程で、その画面がつぎの研究のヒントを研究者や私たちに与えてくれることもあります」



石井利枝さん
日本海洋事業株式会社
海洋科学部海底地形図制作担当
「とにかく細かな海底の状態、地形の変化をとらえてきます。多くの人が平坦な場所だと思っている海底が、じつはとても起伏と変化に富んでいることにいつも驚きます。この仕事の楽しい点は、ここにあるかもしれません」



海底地形図のほかにも海底下の微細地層構造を知ることができる

IVSで「海の底」体験

立体で迫る 海底地形図

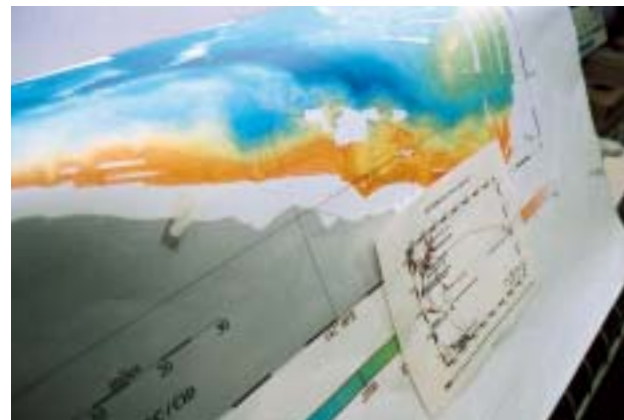
平面図を立体的に表しさまざまな角度・方向から海底の様子を見ることができる鯨瞰図は、暖色と寒色の鮮やかな彩りがまず目を引きます。深度の浅いところは黄・オレンジ・赤などの暖色に、深度が深くなるほど青が濃くなっています。大きく出力された海底地形図は、1枚の緻密な絵を眺めるかのようです。

「ちょっとこちらへ来てくれますか」
樋泉さんに呼ばれてモニタの前に立ちました。
テーブルの脇に置かれていたメガネを手渡されます。
装着している間に樋泉さんが何やら操作しています。
「どうですか、立体的に見えていますか。これはIVS (Interactive Visualizasion Systems)という3Dマウスと立体メガネを使って海底地形図を立体的に眺める方式です。

鯨瞰図に描かれた海底が、あらゆる方向から目に飛び込んできていると思います。青の濃い部分には、溪谷のような深い溝があり、その先には海底の川らしきところが見えていませんか？ 海の底に川のような風景が見えるなんて驚きです」

樋泉さんは3D方式でより迫力ある画面にした海底地形図を、施設の一般公開などのときに紹介し、海洋科学

IVSで眺める海底の地形は迫力がある。縮小拡大も思いのままだ

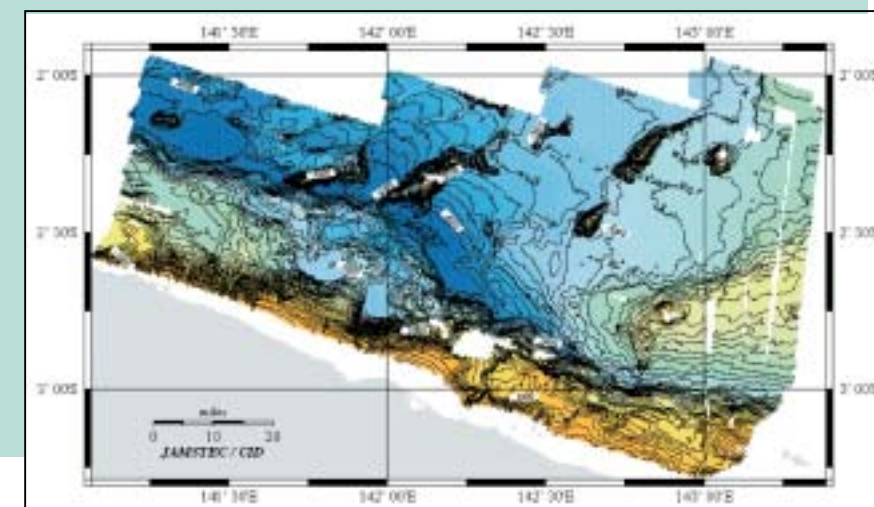
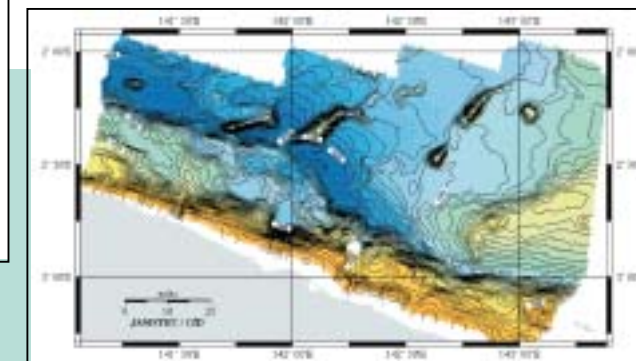
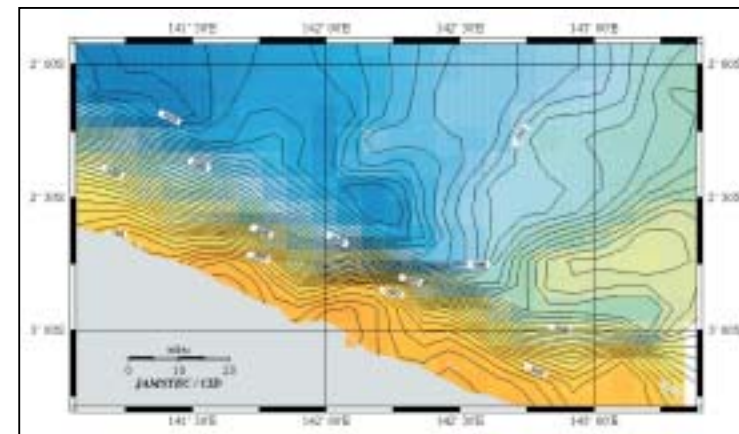
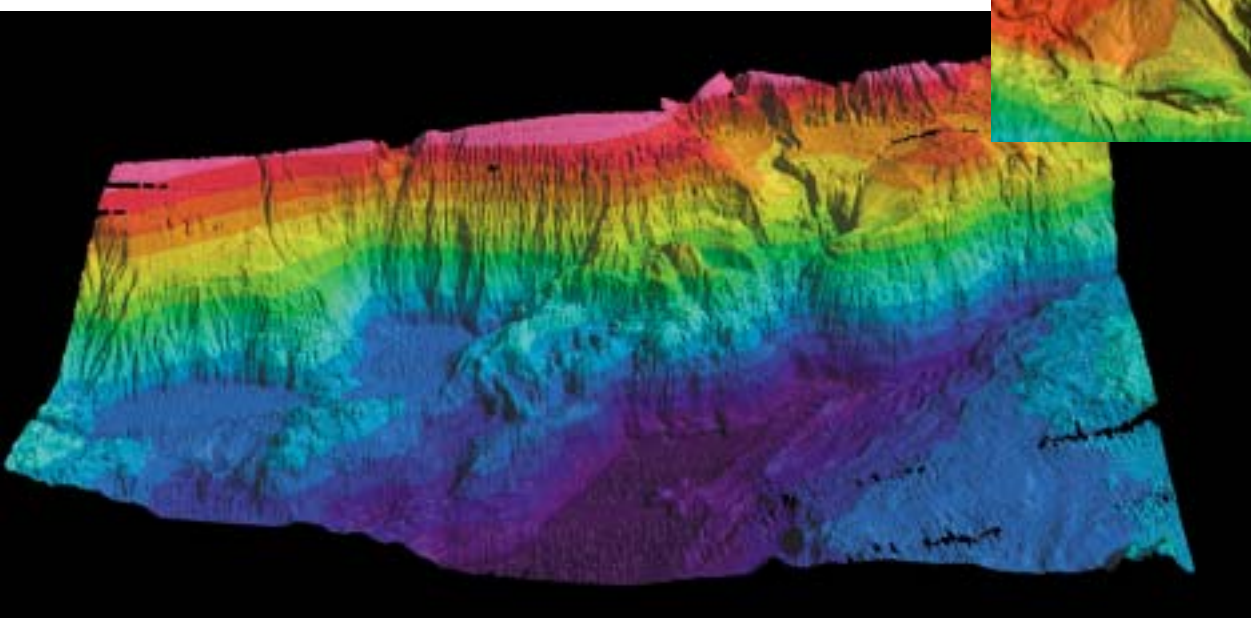
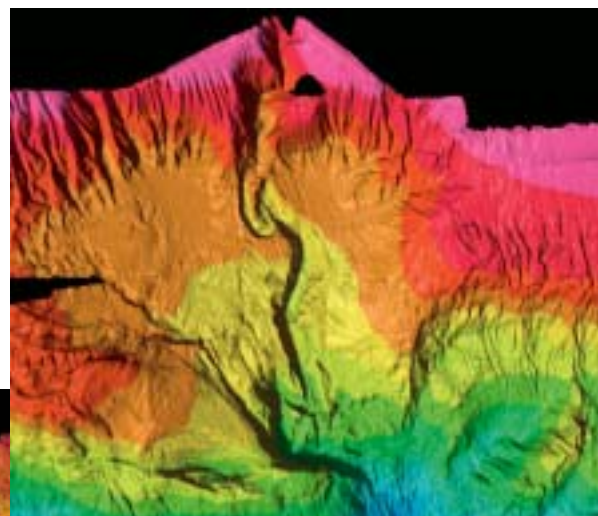


航跡図と、それをもとに制作・出力した大判ポスター並みの海底地形図。カラーで描かれているのでかなりの迫力がある

技術センターの仕事の1つとしてアピールしているそうです。なるほど、見れば見るほどその世界に引き込まれる立体的な海底地形図は迫力満点です。

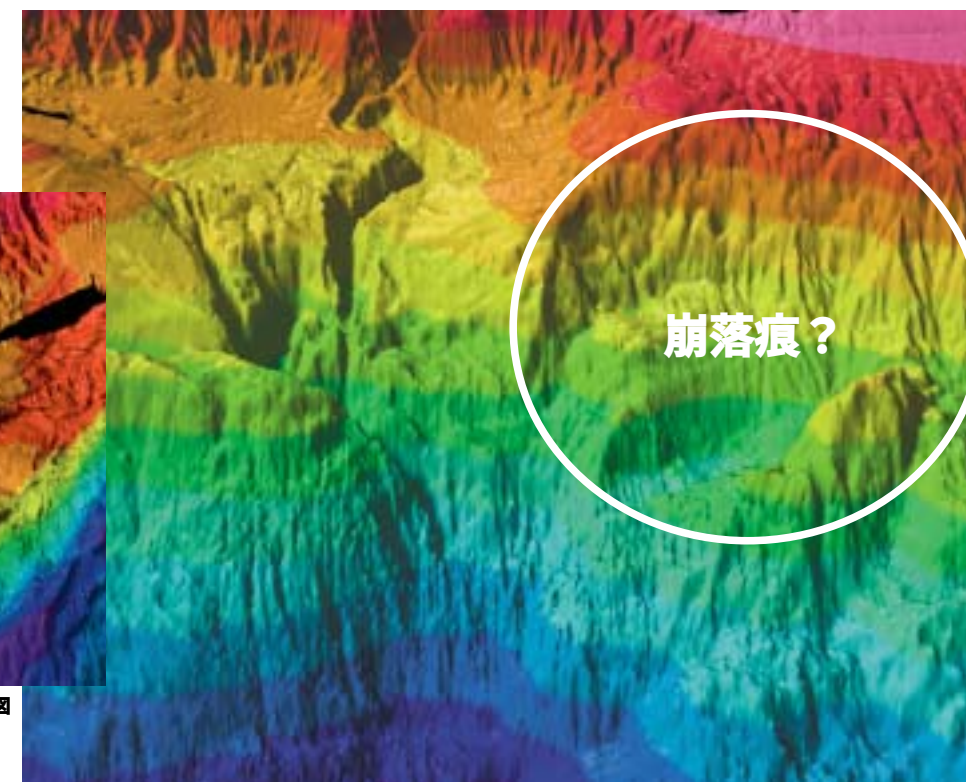
地図作製に要する時間は、緻密で神経を使う作業を重ねて平均2日間。通常、海底地形図はA4サイズの紙に出力されて研究者の手元に届きます。つぎの調査研究航海の打ち合わせのためにA0判(A4の16倍の大きさ)に出力することもあります。

取材協力：情報業務部情報業務課 土屋利雄課長



グリットの間隔をかえていくと、だんだんと精密な地図に変わっていく過程がこれでわかるだろう。実際には見ることのできない海底のかたちが眼前にひろがる。技術者は少なからず興奮するという

バブアニューギニアの地震による津波発生の原因は、海底の崩落ではないか、と見られる状況がこの立体海底地形図に描き出されている(画面右下)



左上の図を裏側から見ている図

