

## ① 海底地形を測る：空間軸と時間軸を広げる

沖野 郷子  
東京大学大気海洋研究所

### 地形測量のこれまで：

水深を測ることは、古くから船で往来をする人々にとっては安全のために必要不可欠なことであった。その手段は、測鉛の利用を含む直接物差しをあてて測る手法から、音を利用して船から連続的に測深を行う方法へと変化し、さらに現在私たちが標準的に使っているマルチビーム測深へと発展を遂げた。音響測深は第一次世界大戦時に生まれた技術であるが、軍事や船の安全航行のためだけでなく、科学的に海底地形を明らかにするという目的にも使われるようになった。1977年に発表された世界の海底地形図(Tharp and Heezen)は、直下水深の記録のみを集めて編集されたものとは思えない、今の私たちが見ても驚くべき完成度の図である。深海底に大山脈が連なっていることが示され、この事実はプレートテクトニクスの考え方を生むひとつの大きな要素となった。

その後、音響測深に飛躍的な進化をもたらしたのが、マルチビーム測深である。SASS(Sonar Array Sounding System)と呼ばれていた12kHzのシステムが米海軍で試験運用されたのは1963年、ちょうど60年前のことである。マルチビーム測深の基本となるミルズクロス法(送波と受波のビームを交差させる)は、元々は電波望遠鏡のアレイ技術として知られていた。当初米軍はミルズクロス法を航空機レーダー測量に応用することを検討しており、担当していたGIの技術者の中でソナーのグループに引き継がれ、海軍での測深技術応用へと変化していったらしい。この海軍での開発・運用は機密事項であったが、1974年にFAMOUS(French-American Mid-Ocean Undersea Study)という科学計画の中でSASSのデータが公開され、一気に民間・科学分野での需要が高まった。その後、GI社と海軍の間で協議が行われ、高解像度のSASS技術は機密のままだが、低解像度16beam 2+2/3度のシステムの公開が決まり、SeaBeamと名付けられた。

1977年にはじめて仏船「ジャンシャルコー」に装備されたSeaBeamは各国調査船に導入され、1980-90年代に調査が一気に進み、驚くべき海底の姿が次々と明らかにされた。「ジャンシャルコー」は、1984年に日仏KAIKOプロジェクトで南海トラフや日本海溝の調査を行い、乗船した日本人研究者はマルチビーム測深の威力に驚嘆する。そして、1984年に「拓洋」、1985年に「かいよう」、1988年に「白鳳丸」にSeaBeamが装備され、日本のマルチビーム測深が幕を開けた。90年以降は、より広いスワ幅、より狭いビーム、リアルタイムの画像処理、さらにAIによるエラーデータ除去と進歩している。この間、測深技術ではないが、90年代なかばに衛星測地技術で船の測位が正確簡便になったことは、地形調査においてはもうひとつの飛躍であった。

### 未踏査域への挑戦：

現在 SeaBed2030 が目指す解像度で海底地形データが得られているのは海底の3割にも

満たず、さらに調査を広げることは社会的にも科学的にも要請されている。特に、従来の船での調査が著しく困難なところを目指す手段として、自律型無人探査機 AUV の利用は大きな鍵であると考えられる。活動的な火山などの危険水域での調査も期待できるが、通常の無人機でもさらに困難な場所として、氷の下での調査の試みも進みつつある。学術変革領域「南極の海と氷床」プロジェクトで東大生産研が開発している MONACA は氷の下を航行する AUV で、マルチビームソナーの部分が 180° 回転して、海底地形と氷の下面の凹凸の両方を対象に測定ができるように工夫されている。また、惑星の海の調査は大きな興味の対象となっているが、いつの日か土星の衛星エンケラドスの氷の下の海で、地形調査が行われる日がくることを期待する。

### **分解能をあげる：**

AUV による調査は、活動域を広げることにデータ分解能を上げることに貢献している。海底に近づいて測定することで、陸上同等の詳細な地形調査が可能になった。代表的な対象としては、海底熱水系が挙げられる。活動的な熱水系の規模は数百メートル程度のことも多く、通常の船舶ではその詳細を知ることは不可能である。近年の測深機では、測深に加えて海底の後方散乱強度や水中音響のデータが同時に取得でき、これらも熱水域の調査には非常に有効である。また、海底断層の実態や地滑り地形の詳細などにも有効で、植生がないぶん陸上よりもむしろ地球科学的には良いデータが取得できる。探査のハードウェアの技術革新だけでなく、利用研究者側の戦略にも変化が出ている。例えば、有人潜水船では 1 回の潜航で調査できる範囲は狭いが、潜航の前半にマルチビーム測深を行い、地形と散乱強度を船内で確認し、サンプリングに最適な場所を見極めて後半の試料採取に臨む、というような運用がはじまっている。

### **時間軸を入れる：**

これまでの海底地形調査は、地図のない場所に行き、未知の地形を調べることが主眼であった。一方、地形・測位双方の精度があがった現在、地形の時間変動を捉えることが可能となり、海底の変化を知ることが今後のひとつの方向性であると考えられる。東日本太平洋沖地震に際し、世界ではじめて地震前後のマルチビーム測深の結果の比較が行われ、地震時変動がはっきりと捉えられた (Fujiwara et al., 2011)。また、時間スケールが全く異なるが、深海底の地形が気候変動 (海水準変動) を記録しているのではないかとの研究も最近の大きな話題のひとつである。社会的にも、海底火山の噴火後、もしくは活動中の地形調査が可能となれば、火山活動の推移のモニタリングという観点から防災上の大きな利点となるであろう。これらの時間軸変動を明らかにするには、そもそも比較対象となる基礎データが整備されていることが前提であり、それはまさに海洋情報部に期待するところである。