

# 「南海トラフにおける海溝型巨大地震災害軽減のための地震発生機構のモデル化・観測システムの高度化に関する総合研究」 (第 期) - 海底における地殻活動観測手法の高度化 -

研究期間 11年度～12年度(2年計画)

研究機関 水路部企画課海洋研究室

研究者 浅田昭・矢吹哲一郎

## ・研究の目的

日本列島の沖合で繰り返し発生する海溝型巨大地震やその前後に活発化するとされる内陸地震による災害軽減に資するため、これまで海水という不透明の覆いの中に隠されて未知のままであった海底で、現在、起こりつつある地殻の動きを、海上から音響技術を用いて観測する手法の開発と確立を図る。本研究項目では、本課題の 期(平成8年度～11年度)で開発した2つの手法を高度化し、長期的に観測を実施することにより、プレート相対運動や地震にともなう海底地殻の変動を捉える手法の確立を図る。2つの手法とは、(1)マルチビーム音響測深機の開口合成手法、及び(2)精度の良い音響測距を可能とするミラー式トランスポンダーを使用した海底測地手法、である。これらを用いて実際の海域での地殻変動モニタリングを試みる。

## ・研究の内容

### 1. 方法

#### (1) マルチビーム音響測深機の開口合成手法について

本手法は、海底に現れる地震断層、海底の地滑り、海底噴火などで発生する比較的局所的で顕著な地形の変動を捉えるのに適すると考えられるものであり、マルチビーム音響測深機で得られる信号を高度に解析して海底の地形を高分解能で高精度に捉えるものである。同じ場所の繰り返し観測で得られる結果の比較から、局所的な地形変形を読みとることで、海底変動を明らかにできる。

平成10年度までに、測量船搭載のマルチビーム音響測深機を用いて開口合成観測を行うため手法を開発している。実海域データを取得し、そのノイズレベルの評価、ハイドロフォンレコーダの間に入れる適切なプリアンプの選定、ノイズレベルや信号の性質に合わせた海底検地ソフト、及び、動揺計測精度が1波長程度でも開口合成できる自動位相補正ソフトの作成等を行い、開口合成手法に必要な基礎的なソフト・ハードの準備を行った。実海域のまとまったデータを用いて実際に開口合成試験を繰り返し行った結果、7倍の開口長を実現し、送波ファンビームを1/7の指向幅に向上させ、高分解能の海底地形データを得ることに成功している。

平成11年度は、このように準備された手法を用いて、相模湾をテストフィールドとし、データの取得を行った。この成果は、同じ場所の測線で得られる平成12年度の成果と比較し、1年の間に海底に顕著な変動が生じたか否かを評価するために用いられる。

#### (2) 精度の良い音響測距を可能とするミラー式トランスポンダーを使用した海底測地手法

この手法は、陸地の基準点と海底固定点間の水平方向の歪みを測定し、プレート運動に伴う海底の地殻変動を求めるもので、陸上のGPS固定観測点で得られる地殻変動監視観測を海底にまで広げることをその主眼的な目標としている。

平成10年度までに、海底精密音響基準点として精度の良い音響測距を可能とするミラー式トランスポンダーを開発し、計測試験を行い良好な結果を得た。また、海上局送受波器の位置(緯度経度)を高精度に測るためには、きわゆるキネマティックGPS(搬送波位相

を用いた位置計測)手法とともに、測量船の動揺を高精度で計測し、キネマティックGPSアンテナと音響送受波器の間の位置関係を監視しなければならないが、そのような計測手法についても開発している。更に、音響測距にあたり、海中の音速変動の影響を受け難くするために、海底に4局のトランスポンダーを菱形に配置し、海水の水温構造変動をキャリブレーションできる精密高精度海底測地手法を考案した。

平成11年度には、I期で開発した精密トランスポンダー(設置回収型)を、長期計測を可能にするため、電源節約として、スリープ・ウェイクアップ機能を搭載する用に改造した(写真1)。また、誤作動防止のため、測距の前に送られるトリガー用M系列信号を、5次から8次にあげた。これにより、トリガー信号のコードは、31ビットから255ビットに増え、ノイズ等による誤作動を防ぐことが可能になった。精密トランスポンダーについて、送信レベルのチェック等を目的とした実験を平成12年8月に、測量船「海洋」で熊野灘において実施した。さらに、このような開発実験結果により得られた知見・データを基にして、同じ機能を持つものの、ガラス球を用いて低価格にしたミラー式トランスポンダーを3台開発試作した(写真2)。これは、設置のみで回収ができないものの、本観測が実用段階に移行するときの設置・オペレーションに関する選択肢を拡大するものである。併せて海底局4台を熊野灘の海底に設置し、海底基準点の位置測定の試験観測を実施した。



写真1 精密トランスポンダー。廻りのガラス球は、回収用のフロートとして機能する。



写真2 ガラス球を用いた低価格精密トランスポンダー

## 2. 成果

### (1) マルチビーム音響測深機の開口合成手法について

平成11年8月に、水路部測量船「海洋」に搭載されたマルチビーム音響測深機「シービーム2000」を用いて、開口合成データを取得した。測線は2カ所にあり、相模湾北部の南北測線：[北緯35度8.5分、東経139度15.5分] [北緯35度13.0分、東経139度15.5分]と、伊豆大島と伊豆半島間の北東-南西測線 [北緯34度49.5分、東経139度10.5分] [北緯34度52.5分、東経139度14.5分]で、それぞれおよそ8kmの長さがある。

それぞれの測線で、2～3ノットの低速でできるだけ船首方向を動かさないようにしながら、測量船を航走させ、「シービーム2000」の片側42本のハイドロフォンからの信号を48KHzでサンプリングしデジタル収録した。データ量は、1時間の航走で、32Gbyteに達する。2つの測線それぞれで、2回ずつ、合計4回のデータを得た。

### (2) 精度の良い音響測距を可能とするミラー式トランスポンダーを使用した海底測地手法

平成11年度中に、改造した回収型のミラー式トランスポンダーと使い捨て型の3台のトランスポンダーは、以下の4カ所に平成12年2月までに設置された(日本測地系による概位)。

北緯33度40.5636分 東経136度59.9113分

北緯33度40.0226分 東経137度00.5583分

北緯33度39.4816分 東経136度59.9113分

北緯33度40.0226分 東経136度59.2643分

4点は、ほぼ正方形で、対角線の長さは、水深にほぼ等しいおよそ2千メートルとなっている。設置場所は、水深2千メートルほどのほぼ平らな場所である。

設置の後、平成12年2月に測量船「明洋」により最初の計測が実施された。この時には、測量船の後部にとりつけた長さ7メートルの支柱の上につけたGPS受信アンテナによりキネマティックGPSデータ収録、同じく支柱の下につけた音響送受波器による海底の精密トランスポンダーとの音響測距試験が行われ、ほぼ順調にデータ取得を実施した。同時に、支柱の動揺をモーションセンサ(TSS335B)によるモーションの収録、船のジャイロのデータも取得した。これらの

データ収録は2日間にわたって実施された。

キネマティックGPSの陸上基準点は、下里水路観測所の固定点と、大王崎のDGPS観測点に臨時に設けられた点である。陸上固定点、海上移動点どちらも、0.5秒間隔でデータ収録が行われた。

さらに1日に2回の割合で、海中の音速度構造の時間変化を監視しその影響を補正するため、CTDセンサと音速度センサによる音速度の鉛直プロファイルの測定も実施した。

これら、(1)と(2)の手法で平成11年度に得られた観測データは現在整理を行っているところである。この成果は、平成12年度に行われる繰り返し測量の結果と比較し、海底の地形の変化、プレート運動に伴う地殻の歪みの計測データとして、現在の海底変動の監視観測手法の確立に必要な不可欠な資料となる。

## ・むすび

### 1．活用方策

2つの手法、(1)マルチビーム音響測深機の開口合成手法、(2)精度の良い音響測距を可能とするミラー式トランスポンダーを使用した海底測地手法、それぞれについて平成11年～12年度の成果から、海底の変動観測が可能であることが示されれば、日本周辺のように地殻活動の激しい海域で、地震や火山活動の解明と防災に寄与することが大きく期待される。特に2番目の方法は、今後、大きく発展する可能性がある。日本の廻りは、プレート収束境界が多数あり、沈み込み-跳ね返り型の巨大地震がしばしば発生する結果、津波などで大きな災害に見舞われている。このような地震は、深い海の底のさらにその下で起きることがおおく、そのメカニズム解明のためには重要な方法である。なお、水路部では、本研究で平成11年度までに開発された機材を用いて、平成12年度から、日本海溝近傍の東北日本の三陸沖で同様の観測を実施する予定である。

### 2．今後の問題点

#### (1) マルチビーム音響測深機の開口合成手法

本手法に必要なハードウェア、ソフトウェアは、研究レベルでは、一応の水準に達していると考えられ、今後の課題はその検証である。また、現在の方法は、データ量が膨大でデータ処理に手間がかかること、測量船の移動速度が2～3ノットと遅く、また好天で波が静かでない観測ができないなど、手法が確立されても実用化という面ではまだ問題が残ると考えられる。今後は、場所を選んで測量を実施すると共に効率的なデータ解析を行うために、専用のデータ収録機材やデータ処理コンピュータの整備などが必要となるかもしれない。

#### (2) 精度の良い音響測距を可能とするミラー式トランスポンダーを使用した海底測地手法

機材の開発について、電源の問題・設置手法回収手法などの問題は残っているものの基本的なメカニクは確立されている。今後の大きな課題は、海水の音速度構造の時間変動と共に空間的な複雑性が、海中の音

波伝搬に与える影響を見積もって、その影響を除去するソフトウェアの開発を行うことであり、これにより精度の向上を図ることが可能となる。

### 参考文献

#### 1 平成10年度研究成果報告書

海上保安庁 平成11年10月