

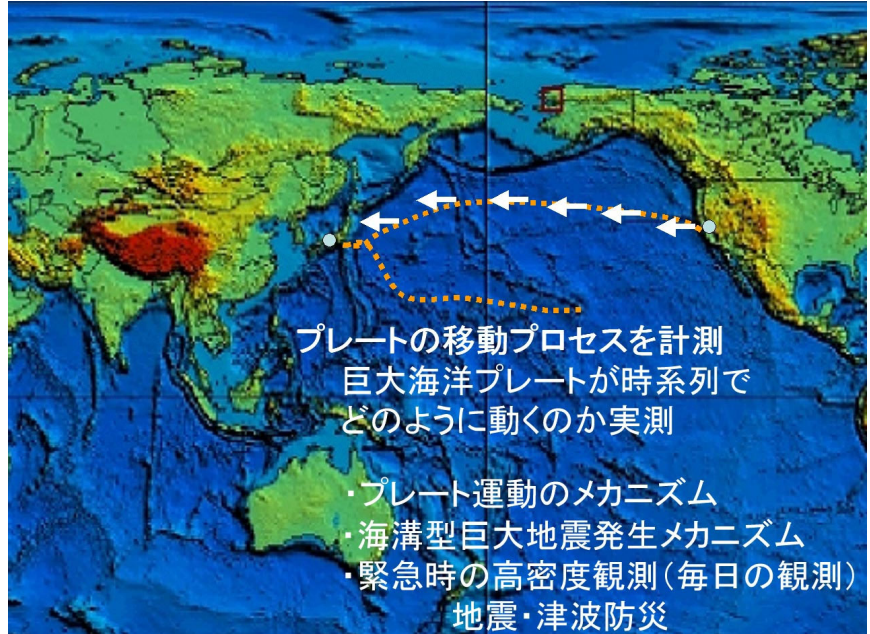
海底ケーブル・ステーションを基地とする海中観測ロボットによる 太平洋横断海底地殻変動観測

浅田 昭・浦 環（東大研）・浅川賢一（JAMSTEC）・藤田雅之（海上保安庁海洋情報部）

1. 研究目的

海底ケーブル・ステーションを基地とする海中観測ロボットによる海底測地手法、システムを構築することにより、全世界の海洋どこでも高品質の海底測地が行えるという世界に類の無い優れた観測技術基盤を開発することが重要であると考えます。

この技術を基に、世界を結ぶ海底ネットワーク光海底ケーブルを利用し、太平洋プレートの横断測地観測、海洋海嶺や海溝底などの横断観測、広大な海洋プレートの短期間の動きを捉える展開を図る。これにより、今まで不可能と思われた海洋底地殻変動の実計測データを提供することにより、地球科学の発展に著しく寄与するものと期待される。広大な太平洋プレートが、どのような移動プロセスを踏むのか、この巨大計測実験はプレート運動のメカニズム、わが国周辺をとりまく海溝型巨大地震発生メカニズム研究にとって貴重な情報を提供してくれる。また、これまでわが国周辺海域に展開した 18 点の海底基準点ネットワークと連携することにより、地震発生危険度の高いと推定される際には、毎日の観測も可能となるほどに高度に発展するので、学術的価値のみならず地震・津波防災上極めて有意義な海底測地基盤技術となる。



2. 海底測地の現状と成果

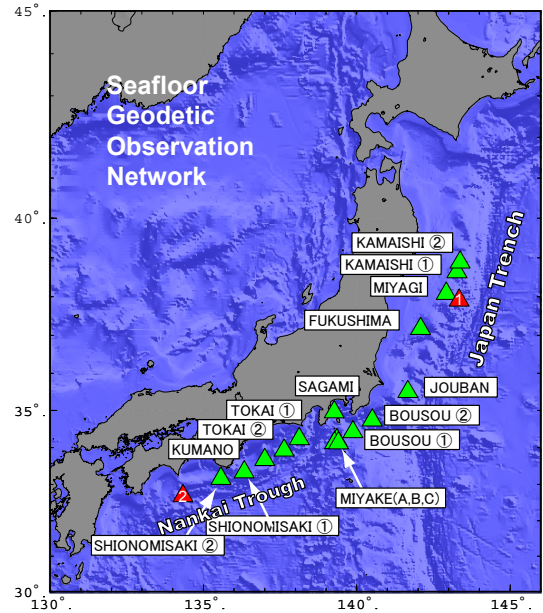
GPS 受信器と船の動揺を計測する装置を時空間的に精密に整合させる船上観測システムを開発した。これを使い、船上局の水深 2,000m、陸上の GPS 局から 70km 離れた伊勢湾沖の熊野トラフの海底に 3 台の海底基準局としてミラートランスポンダーを設置し、2 日間の観測を実施し、3 台の海底局の位置を決め、好天下ではあるが音響測距値と音線追跡した理論伝搬距離の残差の標準偏差が 5cm という成果を上げ、海底測地の実用化への道を切り開いた。この成果を受け、海上保安庁海洋情報部では補正予算により、三宅沖の海底観測、宮城県沖の海底観測をルーチンとして実施を開始した。

一度に数百回分の繰り返し計測に相当する精密距離計測用の長いランダムコード音響信号を海上局から送信し、その前段に付加する ID 信号で指定された海底局のみが、受信した計測用音響信号部分のみをメモリに一旦記録し、そのまま送り返す優れたミラートランスポンダー測距システムを開発した。海上局は、送信波形と受信波形をハードディスクに記録し、後処理により、今まで 1~数 m 程度の距離精度を一挙にセンチメートルレベルに向上させた。また、海底測地において海水中の音速変動が大きな測位誤差を生じていたが、海底に 4 台のミラートランスポンダーを設置し、4 台の海底位置と音速変化量を未知数として、一緒に解くことにより、従来にない高精度な海底測地といえる解析手法を開発した。このミラートランスポンダーは、動作寿命が 5~10 年という長期観測に適した性能を合わせ持ち、故障率も低く世界最高性能といえるものである。

長い位相変調コード信号（1ビットは4～8波長）の相関処理結果が、単一パルス（1波長）となるアルゴリズムの開発、船のドリフト観測時のドップラ現象を音響信号から計測しGPS・動揺計測から推定されるドップラ・シフト量と比較することにより測距精度を向上させる技術開発、1m層厚の地球楕円体形状に近似させた海水構造を測地解析に組み込み高精度な測地結果を得る解析法の開発、ミラートランスポンダーの遅延量の精密計測、指向角に伴う位相中心点の補正法など多くの技術開発を行って、海底測地手法の高度化に貢献してきた。この間、海上保安庁予算により、総計で18局の観測基準点を構築した。

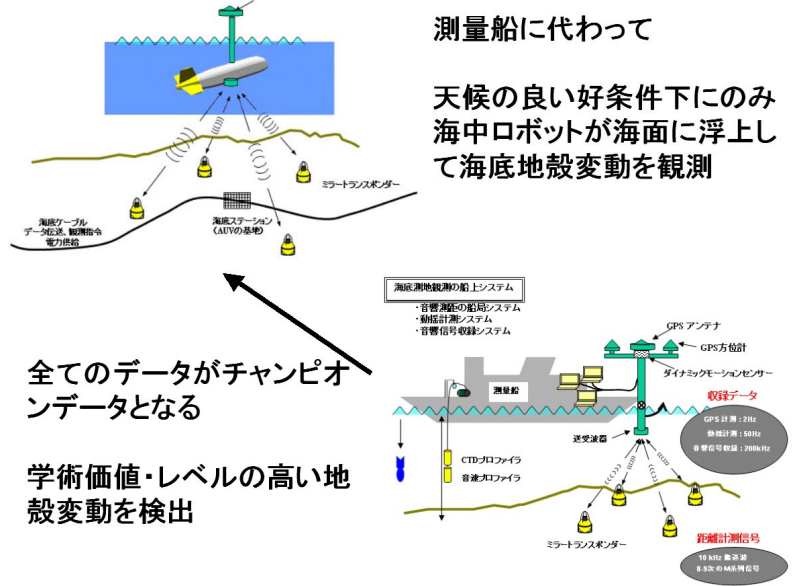
海溝型巨大地震発生の震源域の海底に地殻変動を捉えるセンサーを設置することが、効果的に地震発生メカニズムを捉える一つの方法であり、これまで優れた海底地殻変動観測技術・システムの開発を行い、海上保安庁と共同で地震が集中して発生するわが国のプレート境界海域に18点の海底基準点システムを設置し、年に1～2度測量船を派遣して地震発生と関連する地殻変動の観測・解析に努めてきた。

これまでの海底基準点ネットワーク観測手法では、測量船を現場海域に派遣した時にのみ海底測地観測が可能という制限があり、予め決められた測量船の年間運航計画に基づいて観測を行うため、天候に恵まれず、海況が悪い中で観測を強いられてきた。このため、高度な解析法を開発しても、1-2cm/年という僅かな地殻変動はノイズに埋もれてしまうという結果が現実である。また、地震発生が切迫した可能性が高まるなど、緊急時に毎日の連続観測といった高密度観測が行えないといった問題があり、地殻変動を捉える、また、防災面での障害となっている。



3. 研究開発の内容 これらの海底測地にかかる問題を大幅に改善する全く新しい観測方法として、船の代わりに海中ロボットを使って海底測地

観測を行う方法が最良であると考えられる。4台で構成される海底基準点の中心に、海中ロボットの基地となる海底ステーションを置き、海底ケーブルで通信を行い、電力を供給する。天候が穏やか、GPS衛星の配置が良い好条件の時間帯に陸上からの指令によって、海中ロボットが海面まで浮上し、測量船の代わりに海底測地観測を行うというシステムを構築する。このシステムによる海底測地観測の全てのデータがチャンピオンデータに品質が向上する。また、毎日の観測も可能となる。測量船の観測室を占めていた大型観測システムを小さな海中ロボットの体内に収納するという技術的開発課題などが表れるが、これまでの海底測地、海中ロボット技術、海底ステーションの優れた技術を融合す



測量船に代わって

天候の良い好条件下にのみ海中ロボットが海面に浮上して海底地殻変動を観測

全てのデータがチャンピオンデータとなる

学術価値・レベルの高い地殻変動を検出

れば十分達成可能と考えられる。

3. 考 察

本システムが開発、構築、実際の観測が行えるようになれば、地球科学、防災対策において著しい貢献をするものと期待される。また、これまでわが国で行われてきた、海底測地技術開発、海底ケーブルの科学利用技術研究、海中ロボット観測技術開発を組み合わせることにより達成されるものであり、研究開発の技術基盤は揃っていると考えられる。開発のポイントは、位相計測が行える高対水圧 GPS アンテナ、AUV への非接続による電力供給、LAN 接続、AUV の帰巢、着床技術、などが上げられる。また、検討事項に指摘されたことであるが、海底測地技術の核となってきたミラートランスポンダー計測は、海底ケーブル、GPS 時刻同期により、代替することも可能である。しかしながら、これまでの海底測地の利点、ミラートランスポンダーは海底への自然落下という設置法と、5-10 年の長寿命化を図っており、海底ケーブルに沢山のセンサー類を接続しなければならないという負担を考えると、海底ケーブルに接続することを要しないという余裕は、海底ケーブル観測にとっても利点とも言える。日本近海の海底で、ケーブル中継器に、海底測地観測部を埋め込み、逆に船側、ロボット側にミラートランスポンダーを組み込むという、逆計測法も可能となる。