平成24年度年次報告

課題番号：1706

（１）実施機関名：

名古屋大学

（２）研究課題（または観測項目）名：

GPS／音響方式海底地殻変動観測システムの高度化

（３）最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

（1） 海底における観測技術の開発と高度化

ア． 海底地殻変動観測技術

（４）その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

（1） 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ウ． 東海・東南海・南海地域

（５）本課題の５か年の到達目標：

GPS/音響方式の海底地殻変動観測システムをモニタリングに資する実用的なものにポリッシュアップするにあたり，現状では 1) 高精度化，2) 観測・解析の効率化，3) 広域・多点観測の実施，4) 連続的観測及び機動観測，5) システムの標準化及び普及型システムの開発が課題となっている．これらのうち，本課題では 1) 及び 2) を実施する．3) については名古屋大学で実施する他の計画「駿河－南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング」で実施する．

1) 高精度化

これまでの研究開発の結果，海中音速構造の時空間変化が海底局位置決定の精度に大きく影響していることが分かった．この問題を解決しなければ，海底地殻変動観測システムの高精度化は実現しない．そのため，水温水圧計による水温（音速構造）を連続的に測定し，その測定結果を取り入れた解析方法を開発する．また，複数の船上局を用いた音響トモグラフィ的手法を用いたシステムの開発に取りかかり，駿河湾や熊野灘等の実海域でデータ取得を行い，精度向上への有効性を評価する．

2) 観測・解析の効率化

これまでは，GPS 解析に使用する暦として最終精密暦を用いていた．そのため，解析結果が出るまでに１か月程度の時間を要していた．GPS 解析をより早く行うためには，約３時間後に出される超速報暦を用いるのが効果的であると考えられる．そこで，衛星数や時期によらずに超速報暦が常に有効であるかを評価し，解析に導入する．また，多点観測が推進された際の膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムの開発・検討も実施する．

（６）本課題の５か年計画の概要：

平成 21 年度においては，実海域で水温水圧計による水温（音速構造）を連続的に測定し，海中音速構造の時空間変化に対する基礎データを取得する．また，GPS の超速報暦を試験的に導入し，有効性を評価する．また，膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムの開発を開始し，その有効性を評価する．

平成22年度においては，実海域で水温水圧計による水温（音速構造）の連続的測定を継続するとともに，複数の船上局を用いた音響測距システムの設計を行う．また，膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムを開発し，過去のデータに適用する．

平成23年度においては，実海域で水温水圧計による水温（音速構造）の連続的測定を継続するとともに，その測定結果を取り入れた解析方法を開発し，実海域で取得した水温水圧計のデータに適用して，その有効性を評価する．また，複数の船上局を用いた音響測距システムの試験を開始する．さらに，膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムを過去のデータに適用して再解析を実施する．

平成24年度においては，複数の船上局を用いた音響測距システムの試験を継続し，高精度化への有効性を評価する．

平成25年度においては，水温水圧計による水温の連続的測定，複数の船上局を用いた音響測距システム，GPSの超速報暦，新たな解析アルゴリズムを組み合わせ，高精度な測定を効率よく行うシステムの構築を目指す.

（７）平成24年度成果の概要：

平成24年度は，音響トモグラフィ的手法によって海中音速構造の不均質性を把握するため，複数の船上局を用いた音響測距システムの試験を実施した（写真１）．開発した複数海上局ブイは全高が1,552mm，空中重量が70kg程度であり，音響送受信装置とトランスデューサ，GPS受信機とアンテナ，バッテリがひとつの防水ケースに搭載されている．各ブイからは20秒ごとに測距信号を送信でき，１度の送信で同時に３つの海底局との測距が可能である．ただし，今回の試験では，ひとつのブイのGPSの調子が悪かったため，位置が正確に決定できた２つのブイの測定結果を用いて議論する．

試験は2012年11月9日に駿河湾北西部（SNW観測点）の水深800mの海域で実施した．なお，観測には東海大学の実習船「北斗」を使用させていただいた．既設の海底局直上に３機のブイをおよそ1,500m間隔で三角形に配置（係留）した．さらに，２つのブイの係留策には水温水圧計を５台（水深50m，100m，200m，300m，400ｍ）取り付け，音響測距と同時に各層の水温の連続測定を実施した．

試験の結果，小規模な水塊の移動に伴うと思われる水温の変化を捉えることに成功した．まず，海中音速が水平成層かつ均質であると仮定し，海底局位置を決定した．さらに，CTD測定結果からブイと海底局間の理論走時を計算し，走時残差を求めた．このとき，走時残差は音速構造の不均質性を反映している．図１のとおり，２つのブイ直下において，相対的な音速の空間変化が時間と共に変化する様子が捉えられた．つまり，最初は青線で示したブイ直下の音速が遅かったが，その後は緑線で示したブイ直下の音速が遅くなり，最後には両ブイの直下とも音速が同程度になっている様子が分かる．水温測定の結果からは，２つのブイ直下において，約30分～１時間の時間差で水温変化が伝播する様子が捉えられた（図２）．

これらの結果から，小規模な水塊の移動による水温つまり，音速の変化があることが実測され，それが走時残差を通して検出可能であることが明らかになった．したがって，現在の解析法に走時残差の情報を加えて局位置決定の高度化が行える目処が立った．

（８）平成24年度の成果に関連の深いもので、平成24年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

名古屋大学大学院環境学研究科（田所敬一），熊野灘および駿河湾での海底地殻変動観測結果にもとづくプレート境界の固着状態，地震予知連絡会報，88，363-366，2012.

Tadokoro, K., R. Ikuta, T. Watanabe, M. Ando, T. Okuda, S. Nagai, K. Yasuda, and T. Sakata, Interseismic seafloor crustal deformation immediately above the source region of anticipated megathrust earthquake along the Nankai Trough, Japan, Geophys. Res. Lett., 39, L10306, doi:10.1029/2012GL051696, 2012.

渡部　豪・田所敬一・生田領野・杉本慎吾・奥田　隆・永井　悟・江藤周平・久野正博，衛星軌道暦の違いに基づくキネマティックGPS解析の精度評価，測地学会誌，58，61-76，2012.

（９）平成25年度実施計画の概要：

平成 25 年度は，複数の船上局を用いた音響測距システムによる海中音速構造の不均質性の把握を継続するとともに，海中音速構造の不均質性を海底局位置決定に採り入れる手法を確立する．さらに，超速報暦を採り入れた KGPS 解析を組み合わせ，高精度な測定を効率よく行う解析システムの構築を目指す.

（10）実施機関の参加者氏名または部署等名：

名古屋大学環境学研究科　　田所敬一，渡部　豪，杉本慎吾

他機関との共同研究の有無：有

静岡大学理学部　　生田領野

東海大学海洋研究所　　佐柳敬造，長尾年恭

（11）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：名古屋大学環境学研究科　地震火山・防災研究センター

電話：052-789-3046

e-mail：

URL：

（12）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：田所敬一

所属：名古屋大学環境学研究科　地震火山・防災研究センター

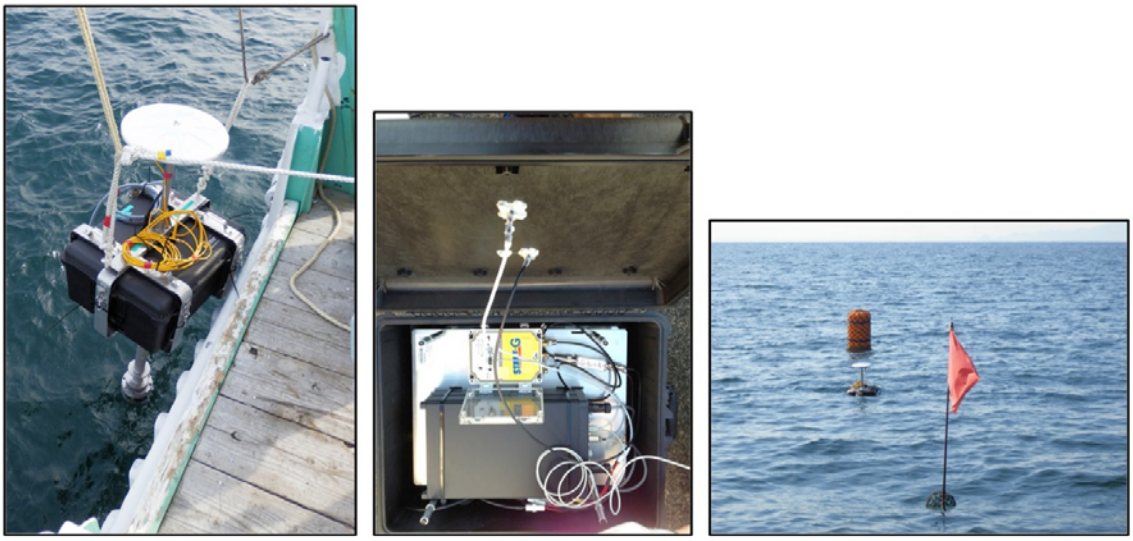

写真１　複数海上局ブイの試験の様子

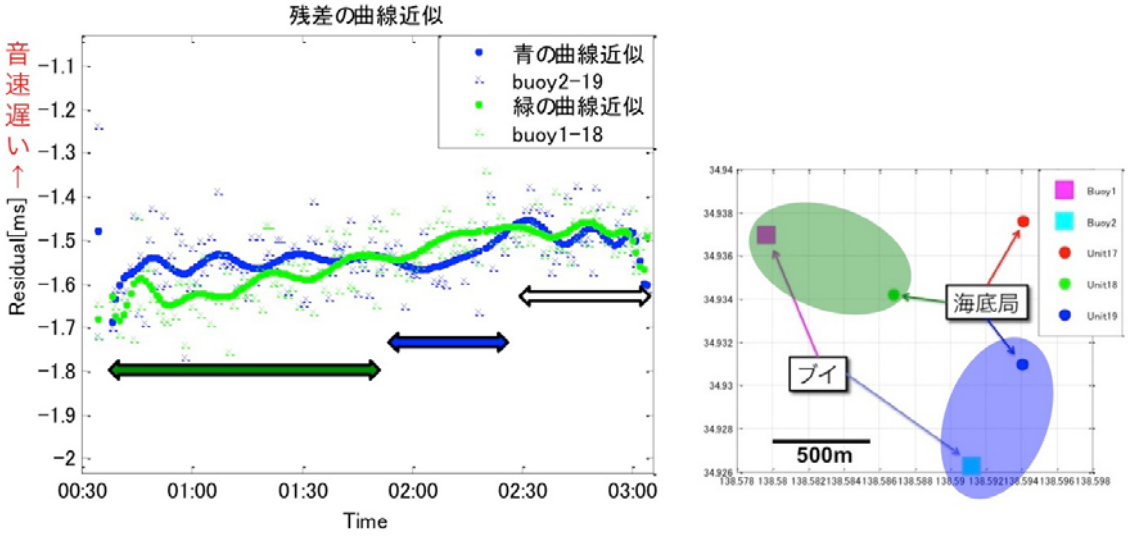

図１　複数海上局ブイの試験で捉えられた走時残差の時間変化
1:50 頃までは青線で示したブイ直下の音速が遅く，その後 2:30 頃までは緑線で示したブイ直下の音速が遅く，最後には両ブイの直下とも音速が同程度になっている様子が分かる．

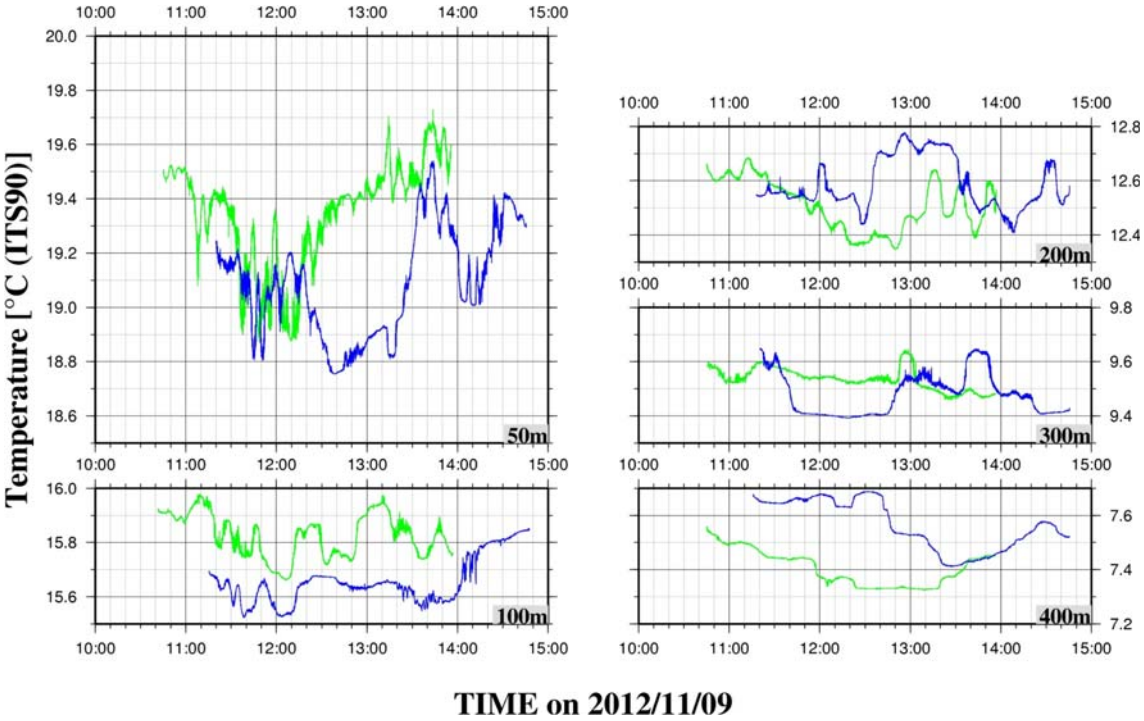

図２　複数海上局ブイに取り付けた水温計で測定した海中水温の時間変化