

(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) 連続的観測および機動観測, 5) システムの標準化およ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) および 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 ヶ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 22 年度成果の概要：

音響トモグラフィ的手法の開発として、観測船と小型係留ブイを用いた船上 2 点方式によって、実データを用いて海中音速構造の傾斜を推定した。具体的には、観測船と小型ブイそれぞれと海底局との間で音響測距信号を送受信し、海底局との距離を決定する際に、観測船と小型ブイそれぞれの直下の海中音速を同時に推定した。ブイから見た船の方位と両者直下の海中音速の差をプロットしたところ、サインカーブでのフィッティングがある程度は可能であった（図 1）。これは、観測期間中に 1 次元の傾斜が存在していたことにほかならない。しかし、時間変化との分離が難しく、全てのデータをサインカーブでのフィットすることは不可能であった。

そこで、海上局を複数にする必要があり、その音響測距システムの設計として、理想的な海上局および海底局の配置を検討した。その結果、海上局および海底局をそれぞれ 3 台とした場合、理想的な正三角形の広がり（一辺）は水深の 2 倍程度であることが分かった。

新たな解析アルゴリズムとして、過去の全データを統合して海底局の形状を固定し、さらに海中音速の傾斜構造も導入したアルゴリズムを開発した。これを過去に取得した全データに適用したところ、緯度方向の海底ベンチマーク位置決定精度が 1cm 程度向上した。しかし、精度の向上分はわずかであり、さらにアルゴリズムの改良が必要である。

解析時間の短縮のために、超速報暦が海域における 50km を越える長基線でのキネマティック GPS 解析に利用可能かを検討した。その結果、バイアス、ばらつきともに精密暦を用いた場合との差は基線長 100km でも 1mm 程度であり（図 2）、超速報暦がキネマティック GPS 解析に利用可能であることが示された。さらに、音響測距信号解析の時間短縮も必要である。現在の問題点は、後続波が混入することによって正しい走時が読み取れないことであるが、数値実験の結果、この後続波が海面での反射波であり、しかも、反射波が 2 つ以上入ることによって正しい走時が読み取れない事態に陥ることが判明した。

（ 8 ）平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

Tadokoro, K, R. Ikuta, T. Watanabe, T. Okuda, S. Nagai, and S. Eto, System Development for Sea-bottom Crustal Deformation Measurement: Main Observational Results at the Suruga-Nankai Trough, Japan, and Future Problems, AGU Fall Meeting, San Francisco, California, 2010.

Ikuta, R, K. Tadokoro, T. Okuda, S. Sugimoto, T. Watanabe, S. Eto, and M. Ando, Impact of acoustic velocity structure to measurement of ocean bottom crustal deformation, AGU Fall Meeting, San Francisco, California, 2010.

Watanabe, T, K. Tadokoro, T. Okuda, R. Ikuta, and M. Kuno, Accuracy evaluation of Kinematic GPS analysis based on the difference of the IGS products, AGU Fall Meeting, San Francisco, California, 2010.

田所敬一・渡部 豪・杉本慎吾・生田領野・奥田 隆・佐柳敬造，海底地殻変動観測システム開発研

究：主な成果と課題，地球惑星科学連合大会，千葉，2010 年 5 月．
杉本慎吾・田所敬一・生田領野・奥田 隆・渡部 豪・佐柳敬造・宮田皓司・長尾年恭，海上 2 点の GPS/音響測距による海底測位観測，地球惑星科学連合大会，千葉，2010 年 5 月．
渡部 豪・田所敬一・杉本慎吾・生田領野・奥田 隆・宮田皓司・久野正博，南海トラフにおける海底地殻変動観測のための最適な観測点配置の再検討，地球惑星科学連合大会，千葉，2010 年 5 月．
生田領野・島村航也・田所敬一・奥田 隆・杉本慎吾・渡部 豪・安藤雅孝，海底地殻変動観測データの新たな手法による再解析と精度の向上，地球惑星科学連合大会，千葉，2010 年 5 月．
江藤周平・生田領野・島村航也・田所敬一，数値実験による海底地殻変動解析における誤差要因の考察，地球惑星科学連合大会，千葉，2010 年 5 月．

(9) 平成 23 年度実施計画の概要：

音響トモグラフィ的手法の開発として，実海域での水温水圧計による水温（音速構造）の連続的測定結果をふまえた解析アルゴリズムを開発する。この解析アルゴリズムは、地震波トモグラフィのアルゴリズムを利用して、地点毎に異なる複数の層構造を含んだ 1 次元構造を導入したものとする予定である。また，複数の船上局を用いたシステムのハード部分の設計を行う。さらに，平成 22 年度に開発し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過去のデータに適用して再解析を実施する。この開発研究は，名古屋大学の別課題「駿河?南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング」（課題番号 1701）と連携して行う。

(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：

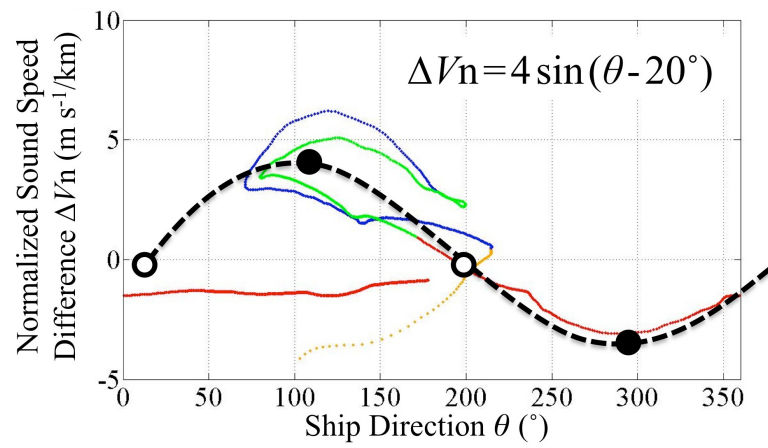


図 1 : ブイから見た船の方位 (横軸) とブイおよび観測船直下の海中音速の差 (縦軸)。
色は航跡の違いを示す。ある程度のデータは点線で示されたサインカーブでフィットできることが分かる。

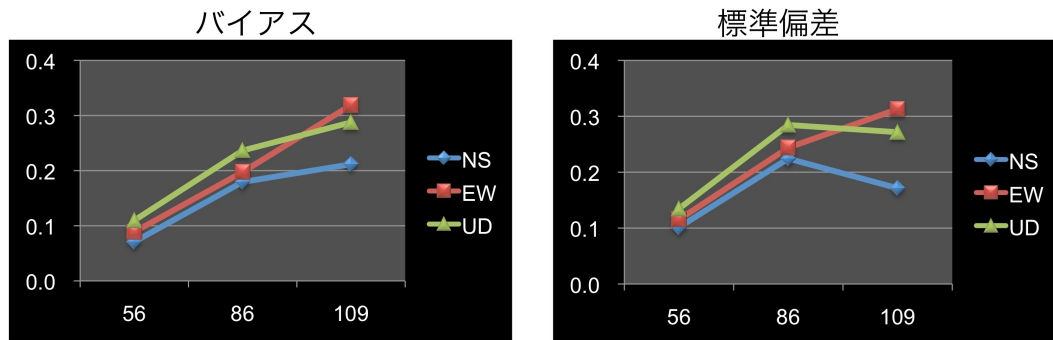


図 2 : 超速報暦および精密暦を用いた場合のキネマティック GPS 解析結果の差。
横軸は基線長 (km)