

(1) 実施機関名：

東北大学災害科学国際研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）海洋物理モデルと連携したウェーブライダーを用いたGNSS-A観測の高度化

（英文）Development of GNSS-A survey using a waveglider with oceanographic model

(3) 関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(4) その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

ア. プレート境界巨大地震の長期予測

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

ア. 観測基盤の整備

(5) 本課題の5か年の到達目標：

海洋研究開発機構と東北大学は、無人海上プラットフォームであるWGによる観測システムを開発・実用化して実観測に導入した。今後、より効果的な観測のため、海流による航行性能の低下や音響測距用の基準音速プロファイル計測ができないなどの、船舶観測に対するWGの短所を克服する必要がある。一方で、WGの長所を活かした長期連続観測や災害時の機動観測でのリアルタイムデータ取得などの、次世代観測が可能な技術開発も望まれる。本研究では、海洋物理モデルと連携し、海流の変動を予測した観測実施計画の動的最適化および海中音速構造の正確な推定による測位精度向上に加え、WG上での即時解析によるリアルタイムデータ取得を実現し、災害時にも役に立つシステムへと発展させることを目標とする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

本課題では、上記の目的を達成するため以下の(a)~(d)の研究を実施する。また、海洋モデルとの比較のための海中音速データの取得や、実証のためのWGおよび船舶によるGNSS-A観測は、北海道大学、東北大学理学研究科、東京海洋大学、東京大学地震研究所の課題とも連携し、観測で得られた成果を共有する。実証試験は千島海溝から日本海溝にかけて実施する。

(a)海洋研究開発機構が運用しているJCOPE2Mなどの海洋再解析モデルを利用し、基準音速プロファイルのほか海中音速場の空間不均質の先見情報を与えた解析方法を確立する。(b)WG上でのリアルタイム解析&データ伝送を完成させるため、走時検出を行う音響波形処理を完全自動化する。(c)逐次更新のリアルタイム解析結果と海流予報を把握した上で、移動観測の長さや測線などを動的に最適化できるようにする。(d)理論と実証観測から、船舶とWGの同時観測などの新たな観測形態について、検討を続ける。

【令和6-7年度】：海洋再解析モデルについて、過去のGNSS-A観測データで推定した音速場と比較し、その分解能と、時間・空間位置の確度について特徴を把握する。また、観測航海の回航時を利用しXCTD等による側線に沿った音速プロファイルを得て、モデルとの乖離具合を把握する。過去の海流

の履歴をモデルから抽出し、WGによる観測が困難な状況の発生場所・頻度に関する基礎情報を得る。音響波形処理の完全自動化のアルゴリズムを開発し、後処理解析に取り入れて性能を評価する。観測精度を上げる観測形態を考案し、主に理論により実効性を検討する。

【令和8-9年度】：海洋再解析モデルを海中音速構造の先見情報として組み入れた測位解析アルゴリズムを開発し、精度の改善度合いを確認する。XCTD等による側線に沿った音速プロファイル取得を多くの海域で継続する。音響波形処理アルゴリズムをWGのCPUで処理可能なまでにカスタマイズし実装する。WGの観測時のPPP-RTKの利用も視野に入れ、リアルタイムの地殻変動データの取得を実証する。船舶との同時観測の機会を利用し、様々な観測形態を試しつつ多様な観測手法を実証していく。

【令和10年度】：先見情報を入れた解析を過去にまで遡って実施し、これまでの地殻変動の推定値をアップデートし、キャンペーン観測ごとのばらつきが低減するか確認する。その結果を反映し、プレート境界の挙動、特に時間変化現象の解明に役立てる。海流予報とリアルタイム観測値から動的に観測形態を変える運用を実施しノウハウをまとめる他、災害時の即時観測の実効性を評価する。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2025年6月に本年度のウェーブライダー（WG）による観測を開始したが、最初の観測点である房総沖のG27での観測を終了し北上中に、進行方向を制御するラダーが機能しなくなり、WGが漂流する事態となった。通信は確保できていたので漂流中も位置の追跡は可能であったが、黒潮統流に乗り東経155度付近まで流された（図1）。8月に臨時回収する航海の機会を得、無事に回収した。年度末現在、故障を直したWGを実海域で動作確認中である。

上述の通り、WGが漂流する事態となったが、G27一箇所では観測が実施できた（図2）。前年度からのスラヤ衛星通信サービスの停止に伴い、通信量に大幅な制限があるイリジウム通信でのデータ伝送のために、必要データのみを最大限圧縮して送信できるよう、オンボードでのデータ処理アルゴリズムを最適化し、正常に動作することを確認できた。一方で、オンボードでの走時の自動検出波形処理のアルゴリズムの開発は完成に至らず、次年度に持ち越した。

音響波形の改善のため、最適な搬送波変調方法を選択できる、より周波数帯域の広いトランスデューサと音響船上装置に差し替える作業を行った。

GNSS-A音響観測精度に影響する海中音速場の把握に関し、今年度は過去のXBTによる実測データと数値シミュレーションによる予測とを組み合わせ、短波長の水平不均質の実態解明を始めた。観測中のXBTの定点での集中連続観測により、内部重力波の時定数は把握できていたが、波線および走時計算に必要なその波長の把握ができていなかった。上記数値シミュレーションにより、典型的な波長が数km程度であり（図3）、波線計算において単純な空間勾配での近似では表現が難しいことを指摘した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

GNSS-A観測による広域の海底地殻変動観測を定常的に将来にわたって継続させるため、観測の自動化・リアルタイム化・高精度化に資する進展があった。

準基盤的な観測の継続を通じ、地震の長期発生リスク評価、および発災後の迅速なリアルタイム観測を目指す。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

・学会・シンポジウム等での発表

一戸麗希・木戸元之, 2025, GNSS-A観測で見られる時定数の短い海中音速場変化と内部重力波, 日本測地学会144 回講演会 10月29日

一戸麗希・木戸元之, 2025, GNSS-A観測で見られる時定数の短い海中音速場変化と内部重力波, 日本地球惑星科学連合2025年大会 5月28日

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

今年度積み残した、複数の返信波形が重なった場合の分離アルゴリズムを含む、走時の自動読み取りアルゴリズムの完成。

広帯域音響トランスデューサ導入に伴う、搬送波変調方式の最適化による相関波形の改善。

実測での内部重力波の継続観測と音響測距への影響のシミュレーション及び実測に基づく定量評価。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

木戸元之（東北大学災害科学国際研究所），富田史章（東北大学災害科学国際研究所），Chi-Hsien Tang（東北大学災害科学国際研究所）

他機関との共同研究の有無：有

太田雄策（東北大学大学院理学研究科），飯沼卓史（海洋研究開発機構）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学災害科学国際研究所

電話：

e-mail：zisin-yoti@irides.tohoku.ac.jp

URL：https://irides.tohoku.ac.jp/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：木戸元之

所属：東北大学災害科学国際研究所

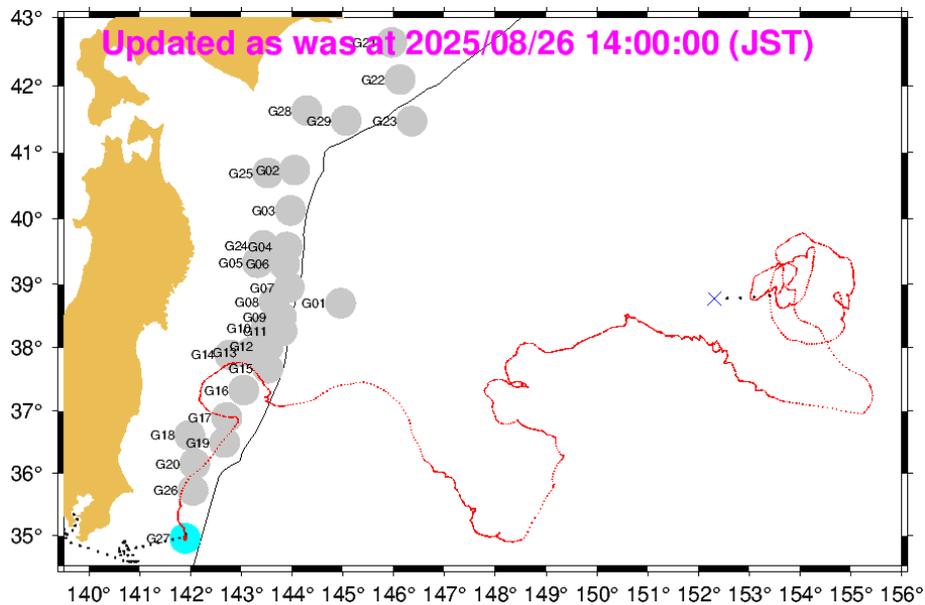


図1：WGの航跡（2025年6月16日～8月26日）

最初のG27観測後、ほぼ当時の黒潮続流の流れに沿って漂流した。最後に中規模渦にトラップされ、東経155度付近に留まった。

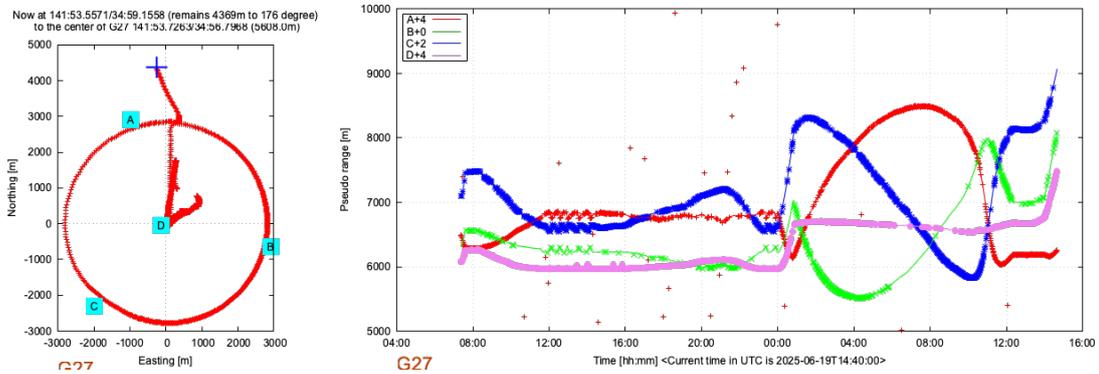


図2：G27の観測の進捗

定点観測中に北に流されそうになる時間もあったが、その後円周観測まで実施できた。

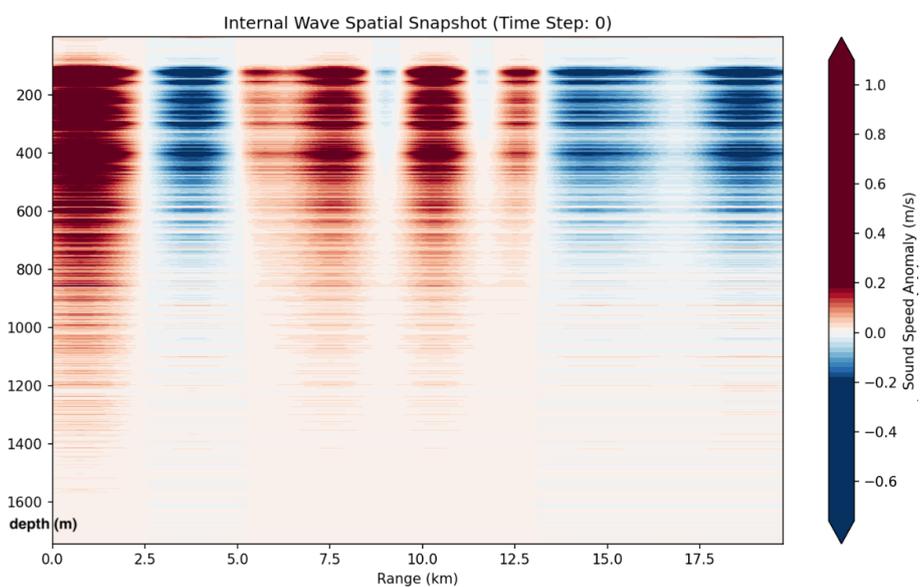


図3：実測温度・塩分プロファイルから予想されるモード1の内部重力波

実測した温度・塩分プロファイルを入力とした典型的に存在し得る内部重力波の空間分布（モード1のみ）。波長数kmの波が卓越する。