

海中音速構造の空間変化を把握するための海底地殻変動計測システムにおける適切なブイ配置の設計

Layout of buoys and seafloor transponder for next-generation measurement system for ocean floor crustal deformation

坂田 剛^{1*}, 田所 敬一², 永井 悟², 生田 領野³

SAKATA, Tsuyoshi^{1*}, TADOKORO, Keiichi², NAGAI, Satoru², IKUTA, Ryoya³

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター, ³ 静岡大学理学部

¹Graduate school of Environmental Studies, Nagoya University, ²Earthquake and Volcano Research Center Graduate school of Environmental Studies, Nagoya University, ³Faculty of Science, Shizuoka University

我々の研究グループでは現在、海底下のプレート境界における海溝型巨大地震の理解に向け、観測船を用いた海底地殻変動計測法の開発を行っている。現在のシステムでは、キネマティック GPS により観測船の位置を決定し、観測船から送信された音波が海底に設置された海底局に達してから再び船に戻るまでの往復走時を用いて海底局の位置を決定している。観測船は海底局の上を航走して特定のジオメトリを描き、海中音速構造と海底局位置を同時に推定する。この計測方法では、海底局位置の繰り返し決定誤差は 1-5cm であり、年数回の計測を数年繰り返してプレートの定常的な動きが検出できるレベルに達しているが、海溝型地震の発生場を監視するためには 1 回の測定誤差をより小さくすることが望まれる。海底局位置の繰り返し決定誤差に大きく関わる要因は海中音速構造の時空間変化である。現在の観測法では、海底局の周囲を航走することによって海中音速構造の空間変化を平均化できるが、同時に時間変化も含まれてしまう。海中音速構造の空間変化を時間変化と分離して把握する手法としては複数のブイを用いてトモグラフィ的に推定する手法が考えられる。

そこで本研究では、観測船の代わりに複数の係留ブイを用い、計測が行える次世代の計測システムについて検討した。ブイによるシステムでは、現在の海底地殻変動計測システムにおいて観測船が担っていた役割をすべてブイに負わせる。ブイは観測船とは異なり自力で航行できないため任意のジオメトリを描けないばかりか、係留索のアソビの分、海流によりその位置を変えられてしまう。このため、システムの設計時には初期配置と係留索のアソビの長さの検討が重要である。

本研究ではこの初期配置とアソビを検討するため、ブイ-海底局のジオメトリと海底局位置の推定精度の関係の理論的検討を行った。ブイと海底局をそれぞれ 3 台ずつ配置することを想定し、ブイ-海底局のジオメトリは相互に食い違う 1 辺 2000m の正三角形とした。海底局アレイを水深 1000m に配置し、海中の音速構造は鉛直 2 層構造を仮定した。水深 0m から 100m の音速を 1523m/s、水深 100m から 1000m の音速を 1486m/s とし、これを初期構造とした。更にこの初期構造から音速を 0.02% 遅くした音速構造を設定し、ブイの位置により音波の走時計算に用いる音速構造を変え、海中音速構造に水平方向の空間変化を与えた。複数のブイ-海底局間の音波の走時から、海底局の重心位置の同時確率密度分布を計算した。ブイの配置を変えて確率密度分布のピーク幅がどのように変化するかを X, Y, Z の 3 成分について調べた結果、以下の 3 点の知見が得られた。

(1) ブイの重心が最小値を取る位置から水平方向に水深相当移動する場合は X, Y 成分の精度の悪化は 25% 以内に抑えられる。

(2) ブイの描く三角形の大きさが変わってしまう場合、1 辺の長さが 40% 程度変化しても精度の悪化は 3 成分ともに 10% 以内に抑えられる。

(3) ブイが水平に一樣に移動した場合とブイの描く三角形の大きさが変わってしまう場合のどちらでも最小値と最大値を比較すると、他の 2 成分よりも Z 成分の精度の悪化の度合いが大きい。

Z 成分の精度も考慮すると、三角形の収縮・拡大の変形 (2) よりも水平方向の一樣な移動 (1) に弱いことがわかる。また、上記 (3) は現在の観測において水平成分よりも鉛直成分の海底局位置の繰り返し決定誤差が大きいことと整合性がある。

キーワード: ブイ, 海底地殻変動, 音響測距, GPS, トランスデューサ

Keywords: Buoy, Ocean floor crustal deformation, Acoustic ranging, GPS, Transducer