

秋山裕平¹, 石川直史², 渡邊俊一³, 横田裕輔¹

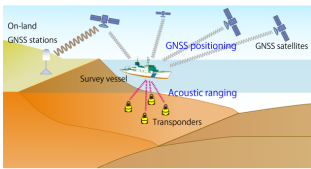
1: 海洋防災調査室, 2: 技術・国際課, 3: 技術・国際課 海洋研究室

1. はじめに

海上保安庁海洋情報部では、海洋プレートの沈み込みに伴う陸側プレートの地殻変動を監視するため、GPS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測の技術開発及びおよび海底観測点の展開を行っている。

観測点は、主に日本海溝及びおよび南海トラフといった日本近海海溝・トラフ沿いの陸側斜面に設置されており、測量船を用いて繰り返し観測を行っている。これまでに、宮城県沖、福島県沖等において海洋プレートの沈み込みに伴う定常的な地殻変動や、2005年の宮城県沖の地震(M7.2)の地震発生からはずみの蓄積開始に至るまでの過程を海底の動きとして捉えることに成功したほか、2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、震央近傍の海底基準点において最大24mの水平変動を検出した(Sato et al, 2011 など)。

ここでは、海底局(トランスポンダ)のアレイ形状の安定性と重心推定法の効果を見積もるため、トランスポンダアレイの形状を拘束する重心推定法による解析における使用エポック数がアレイ形状に与える影響、およびアレイ形状が局位置解に与える影響について調べた結果について発表する。



海底地殻変動観測の概要

エポック：位置測定を実施する一回の観測単位

2. 解析手法

海底地殻変動観測における海底局位置の解析手法として、複数エポック一括局位置解析による重心推定法を用いている。

複数エポック一括解析手法による重心推定法

重心推定法：アレイ形状を固定し、各エポックの重心位置の相対位置の変化を推定する手法
一括解析：複数エポックの解析において、一つの最適なアレイ形状と各エポックの重心位置を同時に推定することで重心推定法を実現する解析スキーム(松本ほか, 2008)

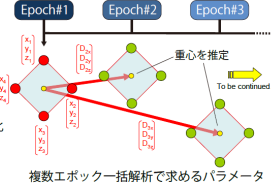
メリット：複数のデータを使用するため、観測エポックの増加に伴う解の安定化が期待
デメリット：新たなエポックが増える度に解析に必要なエポックも増加し、計算コスト大

アレイ形状は解析エポックの増加に伴って

ある一定の形状に収束すると考えられるため、局位置解への影響が無視できる程度にアレイ形状が安定するエポック数が存在すると考えられる。そこで、

- (1) エポック数の増加に伴うアレイ形状の安定化
- (2) アレイ形状の変化が局位置解に与える影響

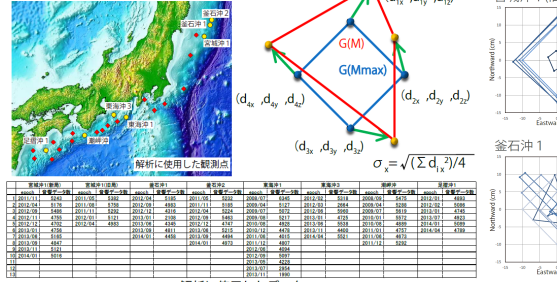
についての考察を行った。



3. エポック数の増加に伴うアレイ形状の変化

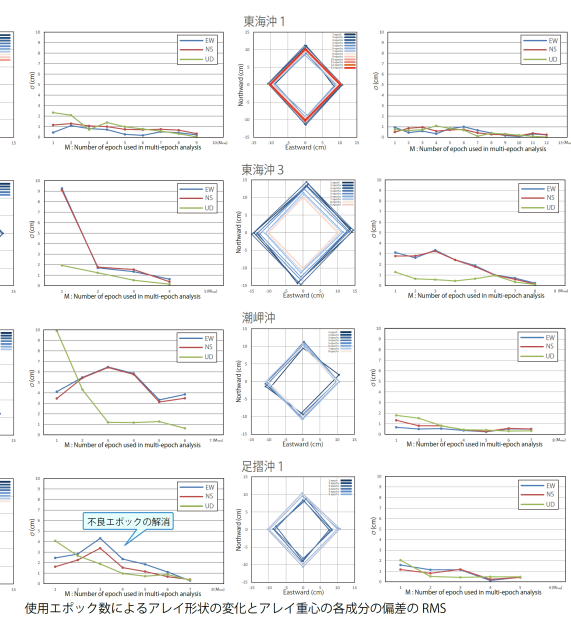
一括解析に使用するエポック数の増加に伴うアレイ形状の安定化について調べるため、使用エポック数に対するアレイ形状の変化について調べた。解析に使用したエポック数をMとし、各データセットにおける最大エポック数(M_{max})を基準とした。

アレイ形状の変形量を成分ごとに比較するため、G(M)のG(M_{max})に対する偏差のd_i(i=1,2,3,4)についての東西方向(EW)、南北方向(NS)、上下方向(UD)それぞれのRMS, σ_x, σ_y, σ_zを求め、Mについて評価した。



結果

- 一括解析を実施するエポック数の増加に伴い、アレイ形状がある一定の形状に収束した。
- アレイ形状の収束の傾向の観測海域による違いが顕著であった。
- 「釜石沖2」の結果から、さらなるエポックの追加により不良エポックが解消されることが確認された。これにより、エポックごとの異常値に対する本解析手法の有効性が確認された。



使用エポック数によるアレイ形状の変化とアレイ重心の各成分の偏差のRMS

4. アレイ形状の局位置解への影響

第Mエポックまでのデータでアレイ形状が十分収束したと仮定し、それぞれのM < M_{max}について、G(M)の配置でアレイ形状を固定し、M+1番目以降のエポックのデータについて局位置を求めた。各アレイの絶対位置のゆらぎによる局位置時系列のオフセットを無視するため、各時系列における第1エポック(n=1)からの相対変位として示す。これらの局位置解について、全エポック一括解析による結果P_i(n, G(M_{max}))を基準解として比較した。

(a) 水平成分 ΔP_h(M)
P_i(n, G(M)) - P_i(n, G(M_{max}))の水平成分の絶対値の平均値 (M+1 ≤ n ≤ M_{max})

(b) 上下成分 ΔP_v(M)
P_i(n, G(M)) - P_i(n, G(M_{max}))の上下成分の絶対値の平均値 (M+1 ≤ n ≤ M_{max})

結果
σの安定性を考えると、G(M)が1cm程度の精度で安定して得られれば、G(M)の不定性による局位置解のばらつきは1-2cm程度に抑えられると言える。

5. アレイ形状と局位置の上下成分との関係

解析時に推定する音速度の系統的誤差の、アレイ形状の相似形での拡大・縮小と局位置の上下成分への影響について評価するため、一括解析で得られたアレイ形状G(M_{max})と局位置上下成分h_{multi}(n) = P(n, G(M_{max}))を基準として、各トランスポンダの位置を独立に推定した際のアレイ形状G_{each}(n)と局位置の上下成分h_{each}(n)と比較した。

変化率
 $h_R^2 = (h_{each} / h_{multi})^2$
 $S_R = S(G_{each}) / S(G(M_{max}))$

音速度の誤差による局位置への影響

上下成分 h_{each}, h_{multi}

アレイ水平投影面積 S(G_{each}), S(G(M_{max}))

ここではアレイの相似形での変形について評価したが、アレイの歪みによる影響については、さらに評価を行う必要がある。

結果
音速誤差は、アレイ形状の相似形での拡大・縮小と局位置の上下成分に同時に影響を与える

アレイ固定の、水中音速度のバイアス誤差の抑制、局位置上下成分の補正への有効性