

### 海底地殻変動観測における重心推定法の効果についての考察<sup>†</sup>

秋山裕平<sup>\*1</sup>, 渡邊俊一<sup>\*2</sup>

Study of stability and efficiency of the transponder-array constraint method for the GPS-acoustic observation<sup>†</sup>

Yuhei AKIYAMA <sup>\*1</sup> and Shun-ichi WATANABE <sup>\*2</sup>

#### Abstract

For the precise GPS-acoustic seafloor positioning, we evaluated the stability and the efficiency of the transponder-array constraint method. Constraining the geometry of the seafloor transponder array via the multi-epoch analysis enables us to estimate more precise position of the seafloor sites. The accuracy of the positioning should depend on the accuracy of the geometry of the array. In this study, we found that, though the geometry of the array converges to the probable one as the number of epoch used in the multi-epoch analysis increases, the convergence rate strongly depends on the seafloor site. It suggests that we should estimate the accuracy of the geometry for each site. Moreover, we revealed the strong relationship between the horizontal projected areas of the transponder array and the vertical deviations of the estimated position. This suggests that the sound speed should be corrected by constraining the geometry of the transponder array. The results will lead to the evaluation of the efficiency of the transponder-array constraint method.

#### 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、主に日本海溝および南海トラフといった日本近海の高溝・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、福島県沖等における地震間の海底地殻変動（藤田、2006

など）や、2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）に伴う海底地殻変動（Sato et al., 2011; Watanabe et al., 2014）などを検出している。

本観測の技術開発においては、船底へのトランスデューサ装備といったハードウェアの更新による観測精度・効率の向上（Sato et al., 2013）だけでなく、複数エポック一括解析による重心推定法（松本・他、2008）に代表されるように、解析スキームを改良することによる精度向上が図られてきた。本稿では、重心推定法が解析結果に与える

<sup>†</sup> Received September 19, 2014; Accepted November 10, 2014

\* 1 海洋調査課 海洋防災調査室 Geodesy and Geophysics Office, Hydrographic Surveys Division

\* 2 技術・国際課 海洋研究室

Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

効果について考察を行った。

## 2 海底地殻変動観測の手法

海底地殻変動観測システムの概念図を Fig. 1 に示す。本観測では、マストに GNSS (Global Navigation Satellite System) アンテナを、船底に音響トランスデューサを装備した測量船を用いて、海底に設置された音響トランスポンダ (以後、トランスポンダと呼ぶ) の位置をセンチメートルの精度で求めている。トランスポンダは、特定の信号に応答して受信した音響波形をそのまま返信する機器である。各観測点には、その海域の水深と同程度の直径を持つ円周上の東西南北に計4台のトランスポンダが設置されている。これらのトランスポンダに対し、測量船のトランスデューサを用いて音響測距観測を実施している。観測は、水深の2倍程度の直径を持つ広さの海上に設定された測線に沿って航走しながら実施される。測距データは、各観測点につき一回の観測エポック (位置測定を実施する一回の観測単位) 当たり約 5000 ショット取得される。さらに、海中の音速度構造を把握するため、数時間ごとに CTD (Conductivity Temperature Depth profiler)・XCTD (eXpendable CTD)・XBT (Expendable Bathythermograph) による水温・塩分濃度プロファイルの観測を行う。これらのデータと GNSS によって求めた測量船のグローバルな位置とを組

み合わせて、海中音速度構造とトランスポンダの位置を最小二乗法によって推定している (藤田・他, 2004)。

各観測点の基準位置 (以後、局位置と呼ぶ) は、4台のトランスポンダで構成されるアレイの重心位置として定義される。この局位置を繰り返し測定し、経時変化を求めることで、海底の動きを検出する。

局位置を求める際には、原理的には、個々のトランスポンダの3次元座標値をそれぞれ独立に求めたうえで重心位置を算出 (この手法を、以後、独立解析と呼ぶ) できる。一方で、精度を向上させるために、推定するパラメータの数を減らす解析手法も用いられている。松本・他 (2008) は、局所的な地殻変動が無視できる場合に、トランスポンダの相対位置関係 (以後、アレイ形状と呼ぶ) を既知として拘束することにより精度向上が実現できるという重心推定法のアイデア (藤田・他, 2005) を解析において適用するため、全観測エポックに亘ってアレイ形状が不変であるという条件下で各エポックの局位置の相対位置変化を求める、複数エポック一括局位置解析を導入した (以下、本稿ではアレイを拘束する手法であることを明示するため、重心推定法をアレイ固定手法と呼ぶこととする)。一括解析では、アレイ形状を複数のエポックのデータを用いて決定するため、観測エポック数が増加することで、より安定した解が得られると期待される。

しかし、一括解析によるアレイ固定手法は、新たなエポックが加わるたびに、これまでに蓄積された全てのエポックのデータも含めて解析する必要があり、計算コストが大きくなる。一方で、アレイ形状はデータ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ので、アレイ形状の不定性によって生じる局位置解の不定性が、局位置解の精度の範囲内で無視できるようになるエポック数が存在すると考えられる。もしそのエポック数がわかれば、それ以降のエポックに対して、それ以前のエポックの一括解析によって得られたアレイ形状を拘束条件として解析することができ、計

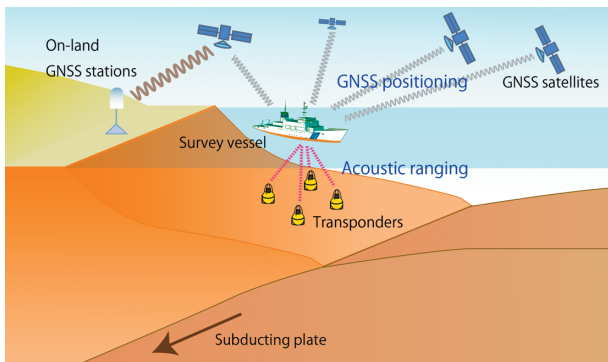


Fig. 1. Schematic picture of the GPS-acoustic seafloor geodetic observation.

図 1. GPS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測の模式図。

Table 1. Data summary used in this study.

表 1. 解析に使用したデータ.

	宮城沖1(新局)		宮城沖1(旧局)		釜石沖1		釜石沖2		東海沖1	
	epoch	音響データ数	epoch	音響データ数	epoch	音響データ数	epoch	音響データ数	epoch	音響データ数
1	2011/11	5243	2011/05	5382	2012/04	5185	2011/05	5232	2008/07	6345
2	2012/04	5176	2011/08	5758	2012/09	4983	2011/11	5185	2009/04	5127
3	2012/09	5486	2011/11	5292	2012/12	4316	2012/04	5224	2009/07	5072
4	2012/11	4755	2012/01	5121	2013/06	5091	2012/09	5463	2009/08	5217
5	2012/12	4702	2012/04	4983	2013/09	4811	2012/12	4747	2010/08	4928
6	2013/01	4756			2014/01	4458	2013/06	5215	2010/12	4478
7	2013/06	5165					2013/09	4494	2011/06	4015
8	2013/09	4847					2014/01	4973	2011/12	4807
9	2013/11	5121							2012/06	4094
10	2014/01	5016							2012/09	5097
11									2013/05	4228
12									2013/07	2954
13									2013/11	1990

算コストを抑えることができる. 石川・佐藤(2012)は, アレイ固定手法の精度評価のためアレイ形状の決定精度に関する考察を行い, 一括解析をするエポック数の増加に伴い, アレイ形状が安定する傾向を見出した. この考察をさらに進めることで, アレイ形状が局位置解の精度に対して十分に安定するために必要なエポック数について議論できる.

そこで本稿では, まず石川・佐藤(2012)と同様の手法で, 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た. その上で, アレイ形状の変化が局位置解に与える影響について考察を行った.

### 3 アレイ固定手法(重心推定法)の評価手法

#### 3.1 使用データ

本稿の目的はエポック数に対するアレイ固定手法の安定性を見積もることであるため, エポック数が十分に確保できるデータセットについて解析する必要がある.

ただし, アレイ固定手法が適用できるのは, アレイ形状が変化していないと期待される一連のエポックに対してである. そこで, 東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動によってトランスポンダの相対位置が有意に変化した日本海溝沿いの観測点については, 本震以降のエポックのみを使用した. また, トランスポンダは筐体に内蔵された電池により動作しているため, 定期的に新たなトランス

ポンダを設置し, 更新をしている. その際, 継続的な観測を行うため, 新・旧トランスポンダに対する同時観測を実施することで, それらの相対的な位置関係を結び付けたうえで, 新トランスポンダへの観測に移行する(石川, 2011). この更新作業により異なるアレイが構成されるため, 更新前を旧局, 更新後を新局として, それぞれ別のデータセットとして扱った.

これらの条件を満たし, かつエポック数が5回以上となるデータセット「宮城沖1(新局)」, 「宮城沖1(旧局)」, 「釜石沖1」, 「釜石沖2」および「東海沖1」について解析を実施した. 各データセットの詳細については, Table 1にまとめる.

#### 3.2 解析手法

まず, 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, 石川・佐藤(2012)と同様に, 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.

ここで, アレイ形状を定量的に評価するための指標を導入する. アレイの北, 東, 南, 西のトランスポンダをそれぞれ1, 2, 3, 4とする. データ期間の最初のエポックから第 $M$ エポックまでのデータを使用して解析した際の, 第 $i$ トランスポンダの位置を,  $G_{ij}(M)$  とする.  $j = 1, 2, 3$  は, それぞれ各海域における東西方向(東が正), 南北方向(北が正), 上下方向(上が正)を示し, 座標原点はアレイ重心とする. このアレイ形状 $G$



を、基準形状と比較して評価する。その基準形状には、各データセットにおける最大のエポック数  $M_{max}$  でのアレイ形状  $G(M_{max})$  を用いた。これは、エポック数が多くなるほどアレイ形状を決定するために使用できるデータ量が増加し、最も確からしい解が得られるためである。

さらに、アレイ形状の変形量を成分ごとに比較するため、 $G_{ij}(M)$  の  $G_{ij}(M_{max})$  に対する偏差の、 $i = 1, 2, 3, 4$  についての RMS を求め、これを  $\sigma_j(M)$  と定義する。この  $\sigma_j$  を、 $M$  について評価した。

次に、アレイ形状が局位置解に与える影響について調べた。まず、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。これは、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、それ以降のエポックについて  $G(M)$  を固定して解析することに等しい。得られた第  $n$  エポックの局位置を  $P_j(n, G(M))$  とする。なお、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、 $P$  は、各時系列における第 1 エポックからの相対変位として定義する。これは、海底地殻変動観測の目的が、相対変位および変位速度の抽出であるためである。

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  $P_j(n, G(M_{max}))$  を基準解として比較する。各  $M < M_{max}$  について、局位置の水平成分と上下成分の基準解に対するばらつきをそれぞれ定量的に評価するため、評価パラメータ  $\Delta P_h(M)$ 、 $\Delta P_v(M)$  を導入する。それぞれ、 $P_j(n, G(M)) - P_j(n, G(M_{max}))$  の水平成分および上下成分の絶対値の、 $M + 1 \leq n \leq M_{max}$  についての平均値として求めた。

#### 4. 結果

Fig. 2 に、エポック数の増加に伴うアレイ形状  $G(M)$  の変化の様子と、 $G(M)$  の  $G(M_{max})$  からの偏差の RMS、 $\sigma$  を示す。「東海沖 1」ではいずれの  $M$  に対しても  $\sigma$  は 1 cm 程度、「宮城沖

1 (新局)」では  $\sigma$  は 2 cm 程度以内であった。「宮城沖 1 (旧局)」では  $M = 1$  のときに  $\sigma$  が大きくなっているが、これは、最初のエポックで推定されたアレイ形状が適切でなく、その後のエポックの追加によって修正されたためと考えられる。「釜石沖 2」では  $M \geq 4$  で  $\sigma$  は 3 cm 程度以内に収束した。これらに対し、「釜石沖 1」は  $\sigma$  が 4–7 cm と、他の観測点に比べて大きかった。しかし、「釜石沖 1」も含め、すべての観測点において、エポック数の増加に伴ってアレイ形状が安定する傾向が見られた。また、「釜石沖 2」の第 3 エポックのように、アレイ形状の収束する傾向から大きく外れるケースもあったが、これは別のエポックがさらに加わっていくことで解消された。

次に、各  $M$  について得られた  $\Delta P_h(M)$  および  $\Delta P_v(M)$  を、Fig. 3 に示す。「宮城沖 1 (新局)」、「宮城沖 1 (旧局)」および「釜石沖 1」では、 $M$  が増加するにつれて  $\Delta P_h$  の値が減少する傾向が見られた。一方、「東海沖 1」では  $M$  の増加に伴う  $\Delta P_h$  の値の系統的な変化は見られなかったが、全体を通して  $\Delta P_h$  が 2 cm 以下であった。「釜石沖 2」でも系統的な変化は見られず、 $\Delta P_h$  が 4 cm 程度であった。 $\Delta P_v$  については、どの観測点についても、 $M$  の増加に伴う系統的な変化は見られなかった。また、 $\sigma$  が特に大きい「宮城沖 1 (旧局)」 $M = 1$  については、 $\Delta P_h$  および  $\Delta P_v$  の値も大きくなっていた。

#### 5. 考察

エポック数の増加に伴うアレイ形状の変化について調べた結果 (Fig. 2)、石川・佐藤 (2012) の結果と同様、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することが確認された。それに加えて、観測海域による違いも顕著であることがわかった。また、「釜石沖 2」の結果からは、あるエポックの追加によってアレイ形状が収束の傾向から外れることも生じうるが、さらなるエポックの追加で解消されることが確認された。このことは、エポックごとの異常値に対するアレイ固定手法の有効性を示してい

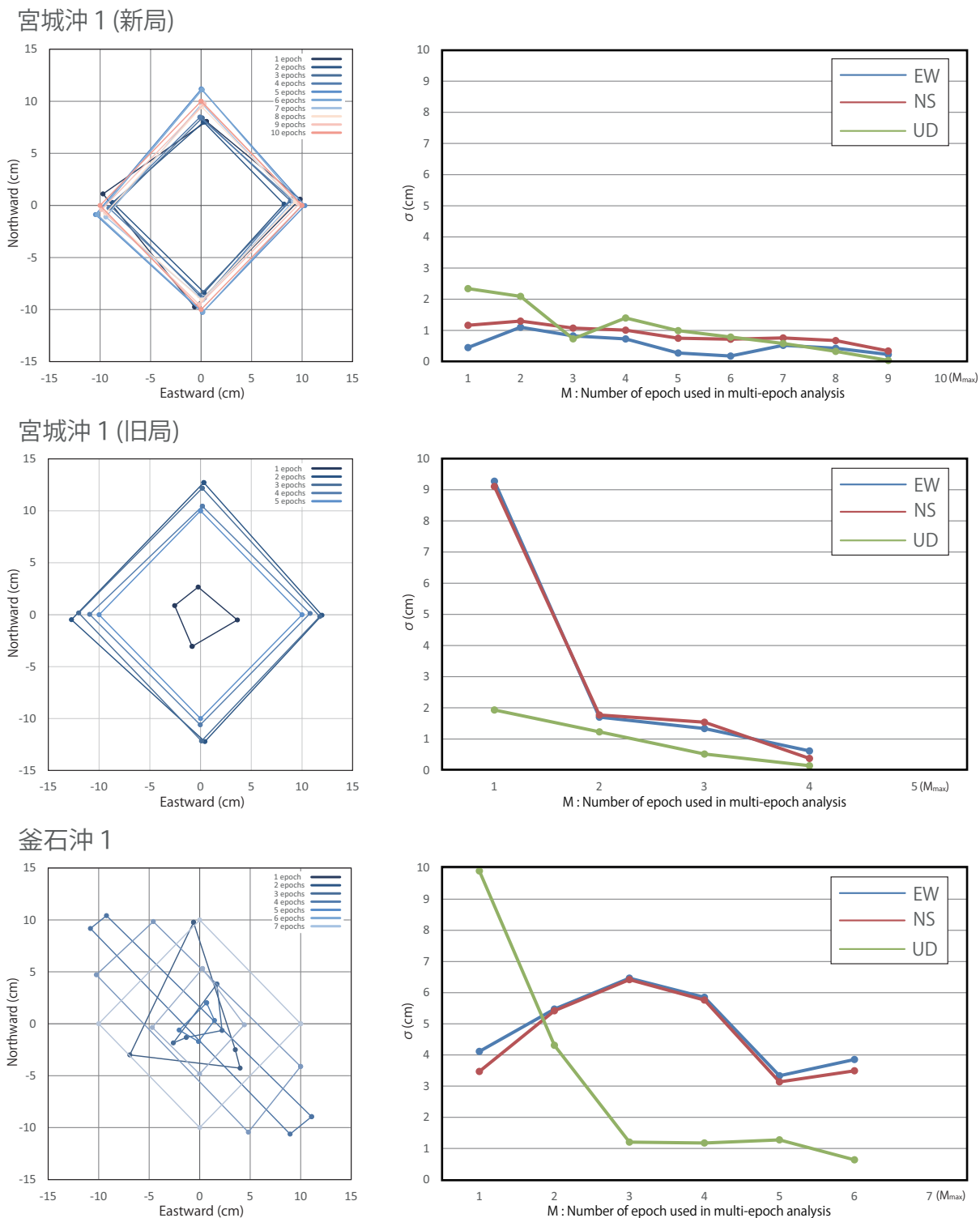
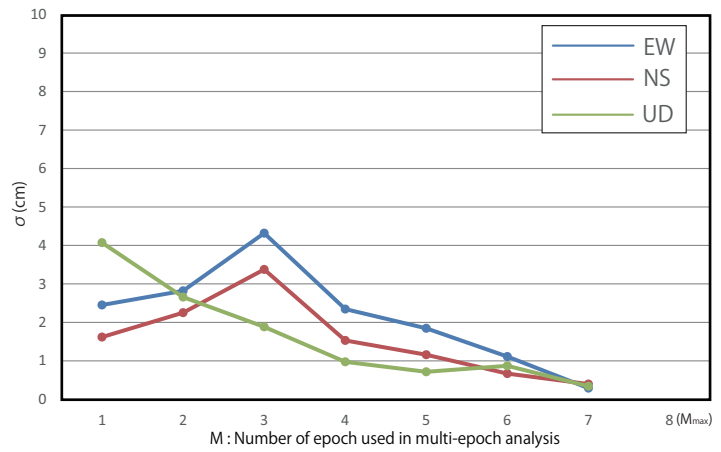
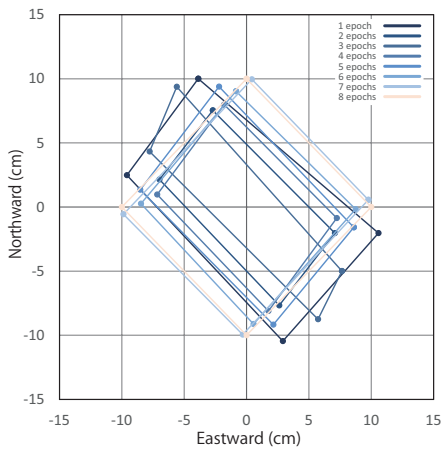


Fig. 2. Estimated transponder positions relative to the full-epoch position (left). To emphasize their shapes, the reference transponders are plotted to form a diamond whose diagonals are 20 cm. RMS of the relative positions of the transponders to the full-epoch positions (right).

図 2. エポック数の増加に伴うアレイ形状 (左). 形状の変化を強調するため, 各トランスポンダを 20 cm の長さの対角線を持つ正方形からのずれとして表した. 各  $G(M)$  における  $G(M_{max})$  からの偏差の RMS (右).

釜石沖 2



東海沖 1

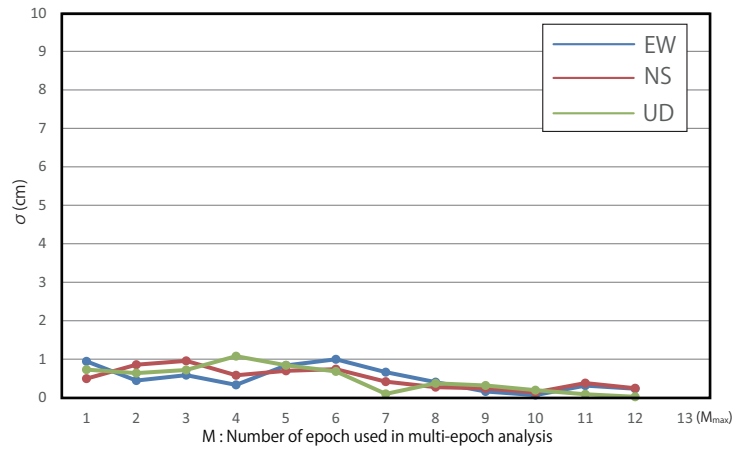
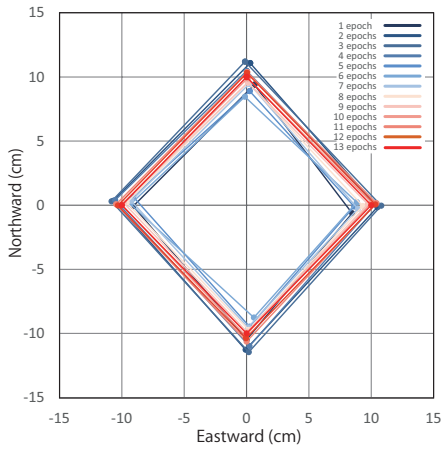


Fig. 2. (continued)

図 2. (続き)

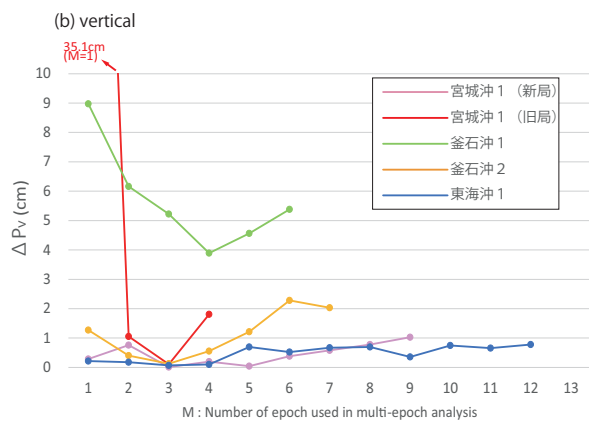
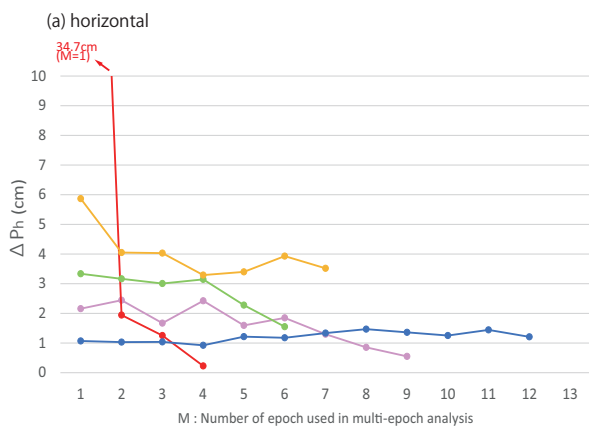


Fig. 3. Values of (a)  $\Delta P_h$  and (b)  $\Delta P_v$ .

図 3.  $M = M_{max}$  を基準とした局位置解の偏差の (a) 水平成分  $\Delta P_h$ , と (b) 上下成分  $\Delta P_v$ .

る。

次に、アレイ形状が局位置に与える影響について調査した結果 (Fig. 3) からは、「釜石沖 2」を除き、一括解析に使用するエポック数  $M$  が増加することで、局位置の水平成分が 1–2 cm 程度に収束する傾向が見られた。「釜石沖 2」ではアレイ形状  $G(M)$  は  $M$  の増加に伴って収束する傾向にあるが、 $\Delta P_h$  の値が大きい。この原因については、本稿の解析結果が  $M = M_{max}$  における解を基準としているため、第  $M_{max}$  エポックの局位置解に含まれる誤差を捉えたものである可能性がある。また、「宮城沖 1 (旧局)」では  $M = 1$  のときに  $\Delta P_h$  および  $\Delta P_v$  の値が大きくなったが、これは第 1 エポックのデータから求められたアレイ形状が、何らかの理由のより、他のすべてのエポックから得られる形状と異なっているためと考えられる。次のエポックが加わることで  $\Delta P_h$  および  $\Delta P_v$  の値が収束する傾向がみられることから、このデータは本議論には影響がないといえる。

その他の観測点については、収束の傾向がそれぞれ異なっている。特に「東海沖 1」では、エポック数に関わらず  $\Delta P_h$  が 1–2 cm 以内で安定しており、「宮城沖 1 (新局)」でも、5 エポック目以降、2 cm 以内となる。Fig. 2 の結果を見ると、アレイ形状の変形量の指標である  $\sigma$  も、「東海沖 1」、および「宮城沖 1 (新局)」の 5 エポック目以降は、各成分 1 cm 程度以内で概ね安定している。このことにより、 $G(M)$  が 1 cm 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 1–2 cm 程度に抑えられると言える。しかしながら、得られたデータ数は十分とは言えないので、今後もデータ蓄積による継続的な評価が望まれる。

最後に、アレイ形状と局位置の上下成分との関係について考察を行う。石川・佐藤 (2012) も指摘しているように、音速度推定の系統的誤差は、アレイ形状を相似形に保ったまま拡大・縮小する変形と、局位置の上下成分とに同時に影響を与える。これは、音響測距時の平均的な視線方向と関連付けて説明される。音響測距は、アレイの重心

直上の海面を中心とする測線に沿って実施される。つまり、平均的にはアレイの中心から各トランスポンダに対して測距される。解析の際に同時に推定する音速度の誤差は、それぞれの測距において視線方向の距離変化となって表れるので、例えば、音速度の推定値が時空間的に一律に、実際より大きく見積もられた場合には、見かけの距離が遠くなる。各トランスポンダに対する測距は、アレイ中心側からのデータが多いため、この場合、測線の中心からより遠いところにトランスポンダ位置が推定される。すなわち、アレイが相似形に拡大し、局位置がより深く推定されると考えられる。

この仮説について定量的な評価を行うため、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  $h_{multi}(n) = P_3(n, G(M_{max}))$  を基準として、独立解析で各トランスポンダについて位置を推定した際のアレイ形状  $G_{each}(n)$  と、局位置上下成分  $h_{each}(n)$  と比較をした。アレイ形状の拡大・縮小を表現するパラメータとしては、アレイ  $G$  を水平面上に投影した際の面積  $S(G)$  を使用した。

その結果として、全観測点のそれぞれのエポックにおけるアレイ水平投影面積の変化率  $S_R = S(G_{each})/S(G(M_{max}))$  と、局位置の上下成分の変化率の 2 乗  $h_R^2 = (h_{each}/h_{multi})^2$  とを Fig. 4 に示す。Fig. 4 から、すべての観測点について、アレイ面積と局位置の上下成分が同一の比率で変化することが確認された。

もしアレイ面積と局位置上下成分が前述のような音線の幾何学的配置で決定されるのであれば、測線とトランスポンダの幾何学的配置は観測点によらずほぼ相似形をなしているため、観測点によらず  $S_R$  と  $h_R^2$  は同等の関係性を持つことが期待される。Fig. 4 で得られた、両者の比率が観測点にほとんど依存しないという結果は、この仮説の帰結と調和的である。このことは、アレイ形状の固定が水中音速度の一律なバイアス誤差の抑制、ひいては局位置上下成分の補正に対して重要な役割を果たしていることを示唆している。



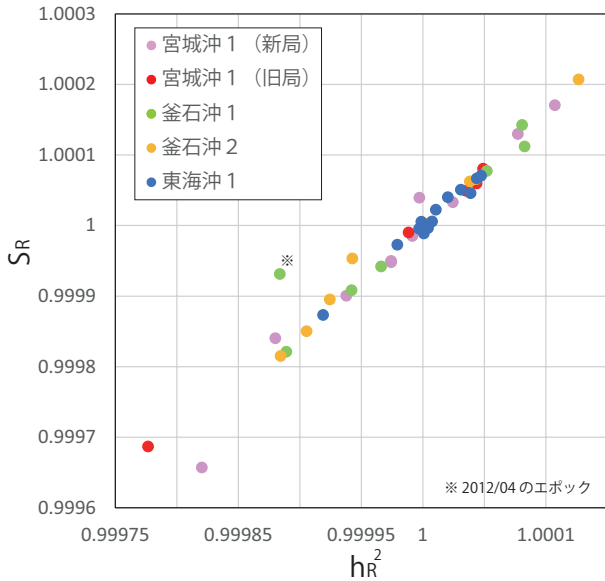


Fig. 4.  $S_R$  plotted against  $h_R^2$ .

図 4. 各エポックにおけるアレイ水平投影面積の変化率  $S_R$  と局位置の上下成分の変化率の 2 乗  $h_R^2$ .

逆に、これらの関係性から外れているエポックについては、さらに他の要素の影響を受けていると考えられる。例えば、「釜石沖 1」の 2012 年 4 月のエポックについては、 $S_R$  と  $h_R^2$  の比が、他のエポックに比して大きく異なっている。一括解析によって得られた局位置の時系列については海上保安庁 (2014) によって報告されているが、このエポックについては時系列の傾向から大きく外れたものであった。実際に、このエポックでは XBT 等の海中温度観測によって音速度構造の空間的不均質が確認されており、それが局位置解の誤差の原因である可能性がある。

今後、局位置解に特徴的な影響を与える、アレイ面積  $S$  ( $G$ ) のようなアレイ形状パラメータをさらに抽出することで、各エポックの局位置解の誤差の評価や、個々のエポックについての誤差要因の特定が可能になるかもしれない。

本稿では実際のデータを用いた解析結果を示したが、基準とした全エポック一括解析による解自体にも誤差が含まれるという手法上の限界がある。今後の課題として、引き続き蓄積される実データによる検証だけでなく、数値計算などによる、より制御された条件下での解析などを通じて、アレイ固定の効果を見積もることが必要であると考

えられる。加えて、トランスポンダの更新時の新旧局同時観測における適切なアレイ固定手法について、例えば既に多くのデータが得られている旧局アレイの形状のみを固定して、データの少ない新局アレイの形状を求めるといった手法についても考察し、解析効率の向上を目指していきたい。

## 6 まとめ

本稿では、トランスポンダアレイ形状の安定性とアレイ固定手法の効果を見積もるため、一括解析の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。その結果、石川・佐藤 (2012) の結果と同様、使用エポック数の増加に伴いアレイ形状が安定することが確認され、一括解析による局位置推定の精度向上が確認された。また、一括解析の安定性には海域による依存性があることが示唆され、解析時間を短縮する際には、海域ごとに必要なエポック数を指定する必要があると考えられる。また、アレイ形状の水平投影面積と局位置の上下成分には強い相関が見られ、アレイ固定手法の音速度補正への有効性が確認された。

今後、本稿で得られた結果を基に、数値計算などを用いたアレイ固定手法の効果の評価による解析効率の向上や、局位置の水平成分に特に影響を及ぼすアレイ形状パラメータを抽出することによるエポックごとの誤差評価や誤差要因の推定を目指すことで、海底地殻変動観測の精度向上に寄与できるであろう。

## 謝 辞

KGPS 解析には、NASA/GSFC の Colombo 博士開発のソフトウェア「IT」(Colombo, 1998) を用い、陸上基準点として、国土地理院より電子基準点 1 秒データを提供いただきました。また、藤田雅之博士、松本良浩氏、および渡邊奈保子氏には、本論文の改善に資する大変有益なコメントをいただきました。記して感謝します。



文 献

- Colombo, O. L (1998) Long-Distance Kinematic GPS, GPS for Geodesy, 2nd Edition, 537-567, Springer.
- 藤田雅之・佐藤まりこ・矢吹哲一郎 (2004) 海底地殻変動観測における局位置解析ソフトウェアの開発, 海洋情報部技報, 22, 50-56.
- 藤田雅之・石川直史・松本良浩・望月将志・佐藤まりこ・矢吹哲一郎・浅田昭 (2005) 宮城県沖海底の地殻変動と重心推定法による時系列の検証, 日本測地学会第104回講演会要旨, 47-48.
- 藤田雅之 (2006) GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測～海上保安庁の取り組み(レビュー)～, 海洋情報部研究報告, 42, 1-14.
- 石川直史 (2011) 海底地殻変動観測における海底音響基準局の更新, 海洋情報部研究報告, 47, 44-50.
- 石川直史・佐藤まりこ (2012) 海底地殻変動観測における重心推定法の評価, 海洋情報部研究報告, 48, 74-84.
- 海上保安庁 (2014) 東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動観測結果, 地震予知連絡会会報, 92, 89-93.
- 松本良浩・藤田雅之・石川直史 (2008) 海底地殻変動観測における複数エポック一括局位置解析手法の導入, 海洋情報部技報, 26, 16-22.
- Sato, M., T. Ishikawa, N. Ujihara, S. Yoshida, M. Fujita, M. Mochizuki, and A. Asada (2011) Displacement above the hypocenter of the 2011 Tohoku-oki earthquake, Science, 332, 1395, doi:10.1126/science.1207401.
- Sato, M., M. Fujita, Y. Matsumoto, H. Saito, T. Ishikawa, and T. Asakura (2013) Improvement of GPS/acoustic seafloor positioning precision through controlling the ship's track line, J. Geod., 87, 825-842, doi:10.1007/s00190-013-0649-9.
- Watanabe, S., M. Sato, M. Fujita, T. Ishikawa, Y.

Yokota, N. Ujihara, and A. Asada (2014) Evidence of viscoelastic deformation following the 2011 Tohoku-oki earthquake revealed from seafloor geodetic observation, Geophys. Res. Lett., 41, 5789-5796, doi:10.1002/2014GL061134.

要 旨

海上保安庁海洋情報部で実施しているGPS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測の解析効率を向上させるため, トランスポンダアレイの形状を拘束する重心推定法の安定性と効果について評価を行った. 使用するエポック数やアレイ形状といった解析条件が局位置解に与える影響について調べた結果, 一括解析で使用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, 局位置解の水平成分も一定値に収束することが確認された. これにより, アレイ固定手法の有効性が示された. また, アレイ形状の水平投影面積と局位置の上下成分に強い相関があることが確認され, アレイ固定手法の音速度補正への有効性が示された.