

11-2 海底地殻変動観測の到達点 ～宮城県沖データによる再現性評価～ Present status of seafloor geodetic observation - Examination on positioning repeatability for the Off Miyagi data -

海上保安庁海洋情報部 藤田雅之

Masayuki Fujita, Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

東京大学生産技術研究所 浅田昭

Akira Asada, Institute of Industrial Science, University of Tokyo

1. はじめに

海上保安庁海洋情報部では、東大生産研との技術協力の下、GPS 音響結合方式による海底地殻変動観測の技術開発及び海底基準点の展開を行っている。我々の海底基準点は、これまで主に日本海溝及び南海トラフ沿い陸側に十数点設置しており、測量船による繰り返し観測を行っている。この中で、「宮城県沖」に設置した海底基準点では、精度検証の目的からも何度か強化観測を行っており、比較的充実したデータ数が確保されている。ここでは、これら宮城県沖で取得されたデータを用いて、海底局位置解析の再現性評価を行った結果について報告すると共に、現段階で得られている時系列を紹介する。

2. 解析手法

本観測におけるデータ解析は、大きく（1）船の位置を求めるキネマティック GPS 解析、（2）船と海底局間の音波の往復走時を求める音響解析、（3）これら二つの結果を結合して海底局の位置を求める局位置解析の3つの段階に分けられる。

今回の解析について、KGPS解析にはNASA/GSFCで開発されたソフトウェアIT¹⁾を用い、音響解析は相関波形処理による手法²⁾を用いた。また局位置解析は、局位置と音速度の時間係数を推定パラメータとした線形最小自乗法を用いている。

3. データサブセットによる再現性の評価

宮城県沖基準点は、日本海溝の陸側水深約 1700m の海底にあり（第 1 図）、4 局の海底局が東西南北の正方形に配置されている。正方形の対角線の長さは水深と同程度、すなわち約 1700m である。本基準点では、2001 年から現在までに 5 回のキャンペーン観測（2001 年 9 月、2002 年 5 月、10 月、2003 年 5 月、7 月）を実施しているが、そのうち特に多くのデータが取得されているエポックを選び、その複数日のデータをサブセットに分けて比較することにより、位置決定の再現性を評価した。

第 2 図に、2002 年 5 月（データ取得日数は全 4 日間）のデータについて、全観測日のデータを用いた場合と、サブセットデータ（1 日毎～）を用いた場合の推定局位置を比較した結果を示す。横軸の ALL が全 4 日解、1A～1D が 1 日毎、2A、2C が 2 日毎のサブセット等を表している。図は、それぞれ東西成分、南北成分について、海底局 4 局の局位置解の平均値を、全 4 日解からの差としてプロットしている。エラーバーは、海底局 4 局それぞれについての全日解からの差の自乗平均値を表している。これを見ると、水平成分については、1 日毎でも 5～10cm、2 日間以上のデータを用いると、ほぼ 5cm 以内の再現性が得られている。2003 年 7 月（全 6 日間）のデータについても同様の比較を行ったところ、1 日毎のばらつきは 2002 年 5 月よりもやや大きかったものの、複数日のデ

ータを用いた場合には、ほぼ同じ結果が得られた。以上より、宮城県沖データの2つのエポックでサブセットの再現性として5cmレベルが達成されていることが確認できた。

次に、今回の検討により再現性が悪かった一例について示す。第3図は、2003年5月（全6日間）のエポックについて同様の比較を行った結果である。図は、全6日解を、2日解、3日解と比較している。縦軸のスケールが第2図と異なっていることに注意されたい。これを見ると、南北成分については10cm以内の再現性を示しているといっているが、東西成分には、観測期間の前半と後半とで数十cm以上に及ぶ大きな差が認められる。この原因を考察するため、上記2つの期間のCTD観測から得られた音速度の時系列を比較した。その結果を第4図に示す。図から、2002年5月については時間変化があまりなく安定しているのに対して、2003年5月は数日で数m/secの変動が認められる。このことから、上記の誤差をもたらした一因として、現行の手法が、これに暗示される海中の不安定性による時間空間変化を正しく補正しきれていないことが可能性として挙げられる。さらにこの期間のKGPSの結果を評価したところ、他例と比べて相対的にはあまり良好ではなかった。これも含めた個々の誤差要素の詳細な影響評価が必要である。

4. 時系列について

これまでに観測された5つのエポック（2001年9月～2003年7月）について、それぞれ全データを用いて求めた局位置解の時系列を第5図に示す。各プロットは、上のサブセット間の比較と同様の相対値で、2002年5月を基準としている。また図に示されている局位置解は、海上保安庁の人工衛星レーザー測距（SLR）観測点がある和歌山県下里を基準としている。下里はユーラシアプレートの境界に近いため、内陸安定域に対して相対的に年間西北西へ約3cm程度のプレート内歪みが観測されていることに留意する必要がある。

第5図を見ると、最初の設置時の観測である2001年9月はデータ量等諸条件も悪く、エラーバー（ローカルなばらつき）も大きいですが、これを除くと、下里の動きを考慮しても内陸安定域に対するほぼ西向きの変位が認められる。値としてはやや大きいものの、単一エポックにおける精度評価結果を踏まえると、この地域で予測される変位傾向と矛盾しない。現在までの観測期間から、定量的議論をするのは時期尚早であると考えられるが、解析手法の更なる改善と共に、今後のデータの蓄積を待って変動速度検出の精度向上を目指したい。

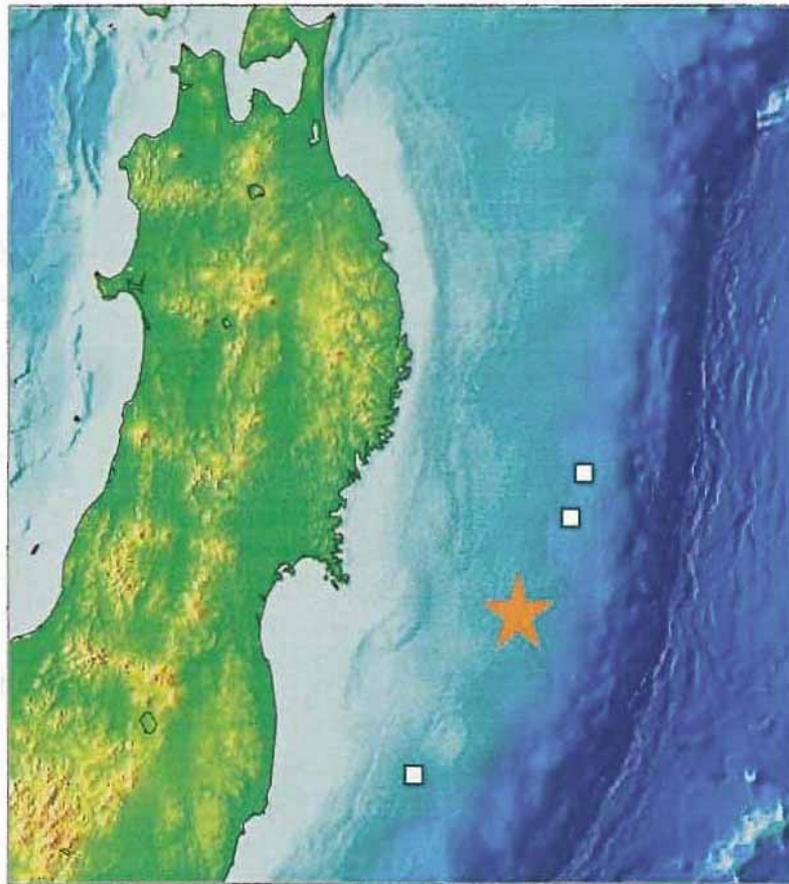
5. おわりに

海底地殻変動観測技術は、まだ緒についたばかりである。これまでも精度5cmレベルの測位結果は確認されていたが、今回の結果は、より包括的な精度検証となったと同時に、まだプレリミナリーとはいえ、日本海溝陸側で西向きの地殻変動と矛盾しない結果が得られたことは大きな前進である。他方で、2003年5月のように、今回の解析手法ではまだ十分な精度が確認できなかった例もあるが、逆にこれを材料として新たな知見を得るべく、個々の誤差要素と結びつけて詳細に検討しているところである。

実際の海域における観測では、天候条件等の理由もあり、なかなか思ったようにデータが得られないことも多いが、このような事例の積み重ねとその解析手法や観測計画への還元を通じて、現在の精度をより安定なものにしていきたい。

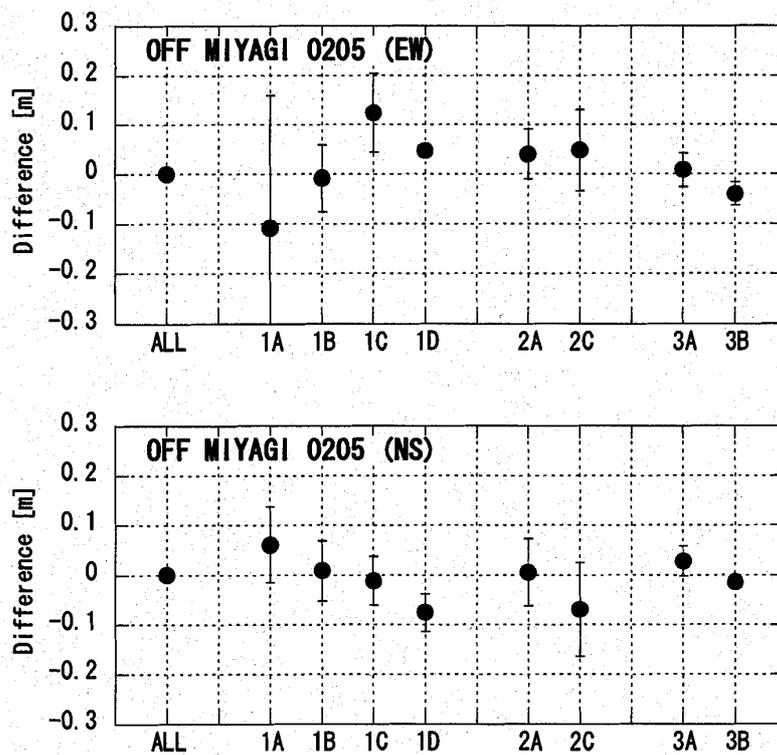
参 考 文 献

- 1) Colombo, O.L.: Long-Distance Kinematic GPS, in “GPS for Geodesy 2nd Edition”, edited by P.J.E.Teunissen and A.Kleusberg, Springer, 537-568, (1998).
- 2) 浅田昭, 矢吹哲一朗:熊野トラフにおける長期地殻変動観測技術の高度化, 地学雑誌, **110** (4), 529-543, (2001).



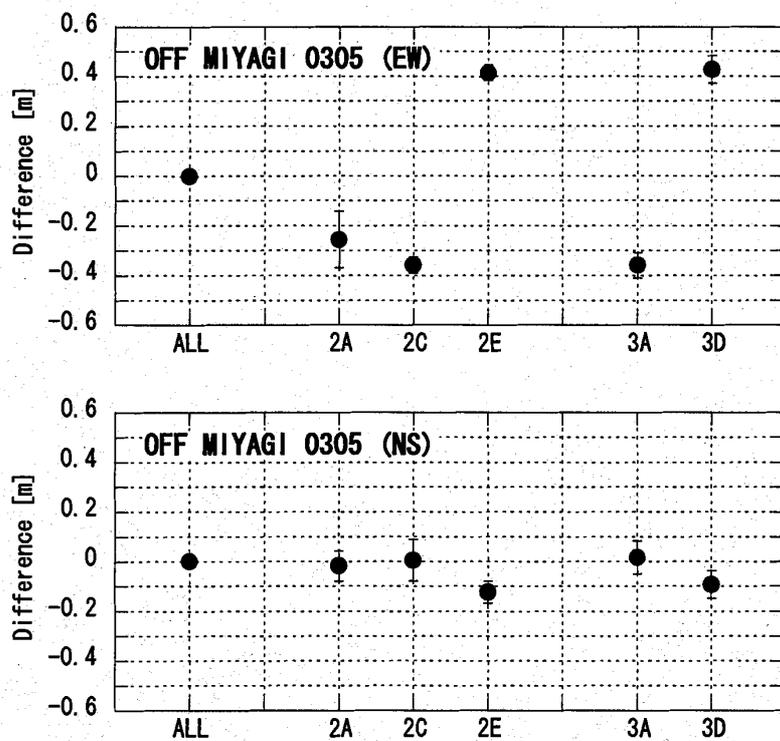
第 1 図 宮城県沖海底基準点 (★)

Fig.1 Map showing the Off Miyagi seafloor reference point with a solid star.



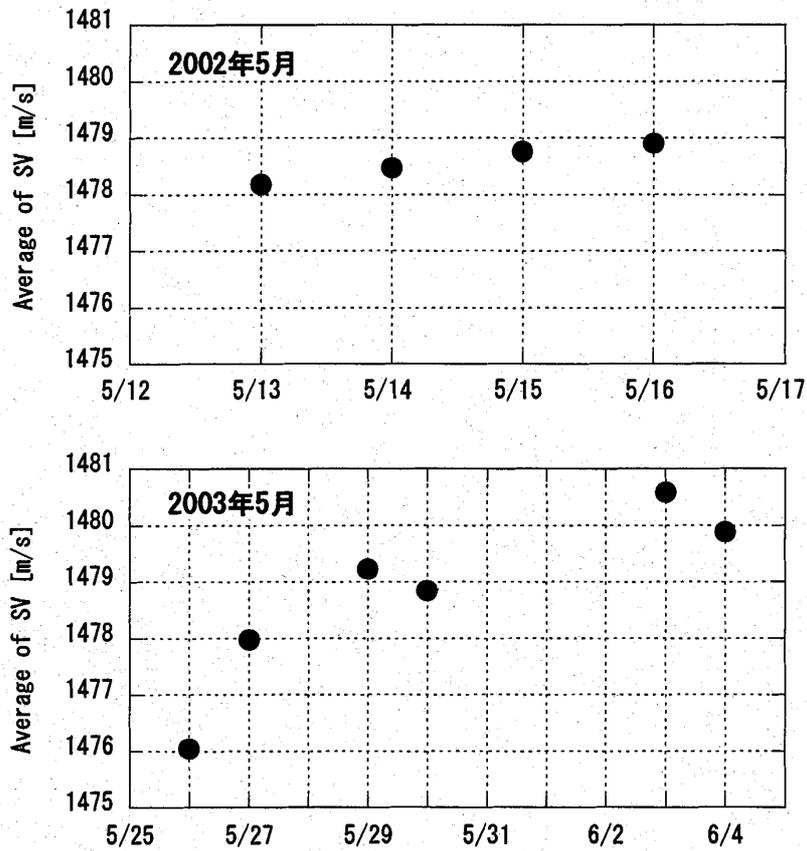
第2図 データサブセットによる局位置解の比較 (2002年5月)

Fig.2 Comparison of positioning results between data subsets for the horizontal components (May 2002). The number on the label of the horizontal axis represents the number of observation days used. The solid circle shows the averaged coordinates of 4 seafloor stations relative to those obtained from the all-day data.

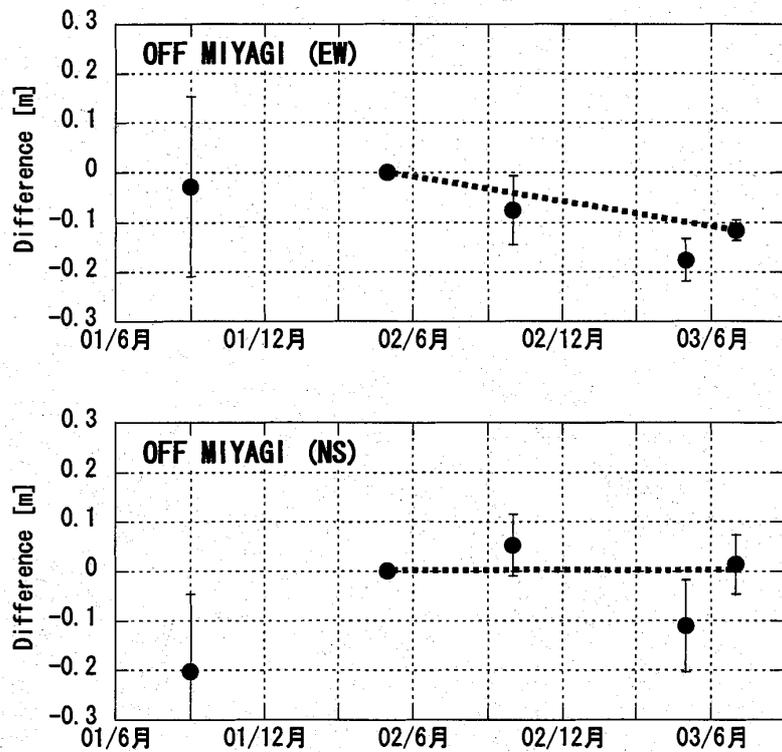


第3図 データサブセットによる局位置解の比較 (2003年5月)

Fig.3 Comparison of positioning results between data subsets for the horizontal components (May 2003).



第 4 図 CTD 観測により求められた平均音速度変化
 Fig.4 Temporal variation of averaged sound velocity obtained by the CTD measurement.



第 5 図 2001 年 9 月～2003 年 7 月の時系列 (和歌山県下里基準)
 点線はサブセット間再現性の良い 2 つのエポックを結んだもの
 Fig.5 Time series for the period September 2001 – July 2003. The position reference is Shimosato, close to the tip of the Kii Peninsula, central Japan. Dotted lines connect the plots with the repeatability of several centimeters in the data subset examinations.