

地殻変動補正パラメータの高度化の調査・検討（第3年次）

実施期間	令和元年度～令和3年度
測地部測地基準課	山下 達也 田中 もも マービット 京湖
地理地殻活動研究センター宇宙測地研究室	古屋 智秋

1. はじめに

近年、精密単独測位（PPP）を含む衛星測位の技術が著しく進展し、PPP が自動走行などさまざまな分野に応用されつつある。こうした PPP の応用においては、測位で得た位置と、多くの場合基準日に準拠しているデジタルマップの間の整合性が重要であり、PPP のユーザにとっては地殻変動補正パラメータにより測位解を観測日から基準日に変換することによって測位解を地図などの既存の地理空間情報と位置のズレを生じることなく活用できることが必須である。このとき、地殻変動補正パラメータの絶対値が重要であるものの、1年に1度更新する従来の地殻変動補正パラメータではその要求精度（最大で数 cm）を満たせていないことが検証により分かった（高木ほか，2020）。そこで国土地理院は、PPP を含む単独測位の地殻変動補正をサポートするための枠組みとして、定常時地殻変動補正サイト「POS2JGD」を2020年3月31日に公開した（<https://positions.gsi.go.jp/cdcs/>）。単独測位においては地殻変動補正パラメータの補正量の絶対値が重要であることを考慮し、POS2JGD で用いられる地殻変動補正パラメータは、測量（相対測位）のための地殻変動補正パラメータよりも高頻度に（3か月に1度）更新されている。

POS2JGD のための地殻変動補正パラメータのさらなる精度向上に向け、田中ほか（2021）は有効期間内における補正量の線形的な時間変化を考慮した地殻変動補正パラメータ（以下「速度項を考慮したパラメータ」という。）を試作・検証したところ、2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に対して精度向上が確認された。しかし、田中ほか（2021）で行った外部データ（地殻変動補正パラメータの作成に用いない観測データ）による評価は、当時のデータの制約上、東北地方に限られていた。

宇宙測地研究室では、地表変動の詳細な空間分布を計測・把握する技術開発を目的として、廉価版の小型 GNSS 機器を用いた連続観測局（以下「小型 GNSS 連続観測局」という。）を千葉県内に10点設置し、2021年1月から2月にかけて観測を開始した（宮原ほか，2021）。そこで本年度は、これらの連続観測データが地殻変動補正パラメータの評価を行うための外部データとしてどの程度活用できるかを調査した。

2. 手法

調査の手順は以下の通りである。

- (1) 小型 GNSS 連続観測局 10 点（L01～10）について、GNSS 統合解析（畑中，2012）により電子基準点日々の座標値（F5 解）に整合する座標値を1日ごとに算出する。
- (2) 小型 GNSS 連続観測局の時系列データに線形トレンド、年周・半年周変動を考慮して関数フィッティングを適用し、観測期間中に生じた変位量を推定する。
- (3) データ取得期間の始まりと終わりにおいて、地殻変動補正パラメータから小型 GNSS 観測局での補正量を計算し、その差分を計算する。補正量の差分は現行の地殻変動補正パラメータ（以下「現行パラメータ」という。）だけでなく、速度項を考慮したパラメータについても算出する。

(4) 手順 (2) で求めた変位量と、手順 (3) で求めた補正量の差分を比較する。

3. 結果

図-1 に小型 GNSS 連続観測局における水平変位量 (青矢印)、現行パラメータから求めた補正量の水平成分の差分 (緑矢印)、速度項を考慮したパラメータから求めた補正量の水平成分の差分 (ピンク矢印) をベクトルで表したものを示す。小型 GNSS 連続観測局の水平変位量の南北成分はいずれも南向きであり、パラメータから求めた補正量の差分の南北成分も南向きとなっている。一方、小型 GNSS 連続観測局の水平変位量の東西成分については、パラメータの東西成分と向きが一致しない点も存在する。また、水平変位量と現行パラメータの差分の較差については、RMS が 6.0mm、絶対値の最大値が 9.6mm となっている。一方、水平変位量と速度項を考慮したパラメータの差分の較差については、RMS が 5.8mm、絶対値の最大値が 9.1mm となっている。速度項を考慮したパラメータの差分において較差が小さくなっているのは、パラメータ基準日と観測日の間に生じた地殻変動を一定程度表現できているためと考えられる。

図-2 に小型 GNSS 連続観測局における上下変位量 (青矢印)、現行パラメータから求めた補正量の上下成分の差分 (緑矢印)、速度項を考慮したパラメータから求めた補正量の上下成分の差分 (ピンク矢印) をベクトルで表したものを示す。多くの点において、小型 GNSS 連続観測局における上下変位量と、パラメータから求めた補正量の上下成分の差分の間で、向きと大きさが整合していない。上下変位量と現行パラメータの差分の較差については、RMS が 15.2mm、絶対値の最大値が 27.4mm となっている。一方、上下変位量と速度項を考慮したパラメータの差分の較差については、RMS が 15.2mm、絶対値の最大値が 27.5mm となっている。

この較差の要因として局所的な隆起の存在の可能性や、小型 GNSS 連続観測局のデータに何らかの要因があることなどが考えられる。千葉県が水準測量の結果に基づき公表している令和 2 年調査結果 (1 年間沈下量) によれば、設置された小型 GNSS 連続観測局が存在する地点はいずれも 0~2cm 程度の沈下となっており (千葉県環境生活部水質保全課, 2021)、このことから、局所的な隆起の存在によるものではなく、小型 GNSS 連続観測局のデータ品質やデータ処理に何らかの要因があると思われる。

ひとつの仮説として、小型 GNSS 連続観測局で使用している PCV 補正の取り扱いが考えられる。廉価版の GNSS アンテナは PCV の個体差が大きく、特に測位結果の上下成分において数十 mm 程度のばらつきが生じることが指摘されており (吉川ほか, 2022)、その軽減方法として、機種で共通の PCV を使うのではなく、個体ごとの PCV を考慮することが提案されている。この手法の試行については、今後の課題としたい。なお、宇宙測地研究室では、2021 年 11 月に小型 GNSS 連続観測局の GNSS アンテナを PCV の個体差が小さいと考えられる機種に交換しており、交換以降の座標値が蓄積されることで、仮説の補強ができる可能性があるとともに、上下変位量とパラメータの差分の較差が小さくなる可能性もある。

Horizontal Displacement [202101 – 202112]

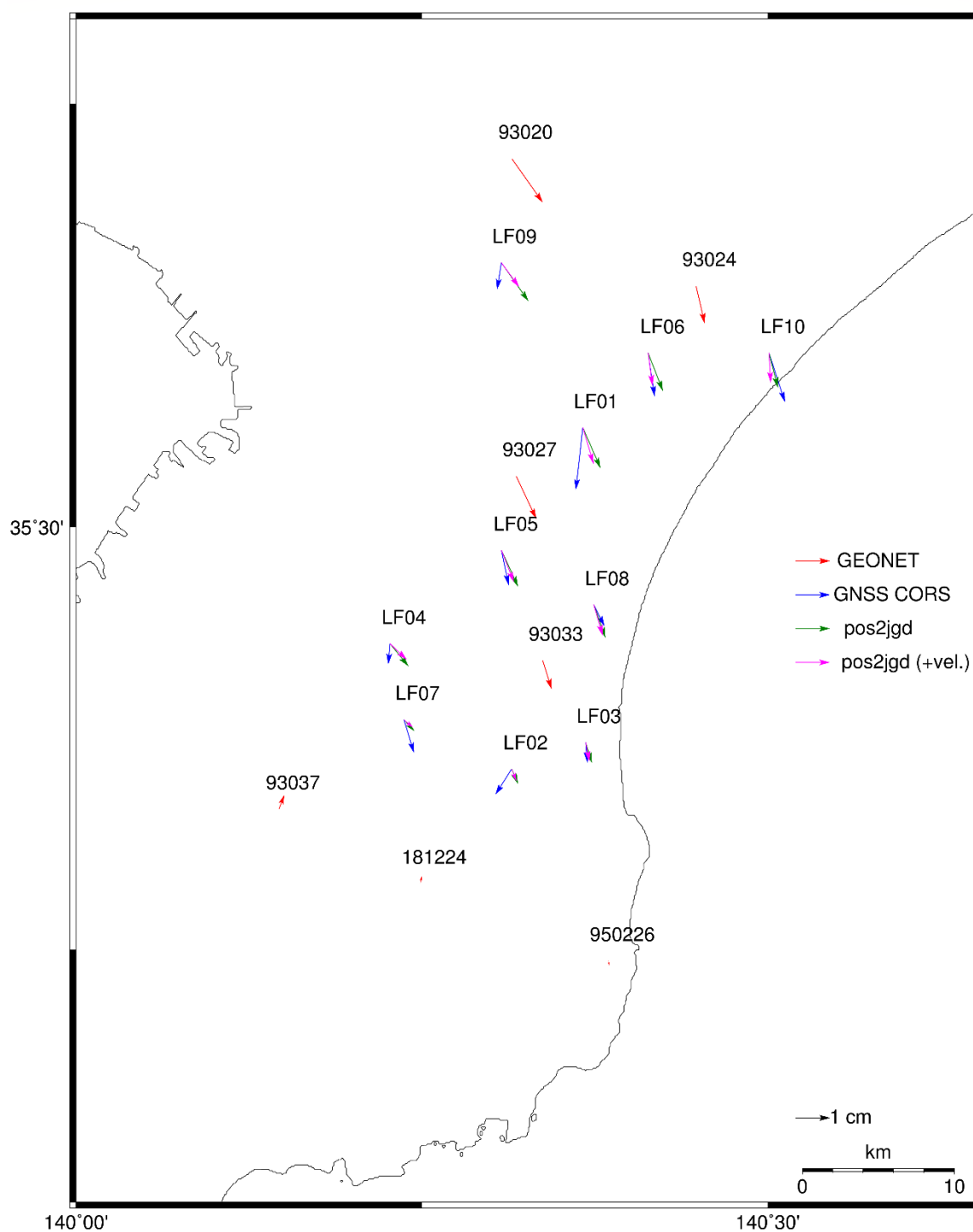


図-1 小型 GNSS 連続観測局の時系列データ（2021 年 1 月～12 月）から推定した水平変位量と、当該期間における地殻変動補正パラメータの水平成分の 2 時期の差を重ね描きしたもの。緑矢印、ピンク矢印はそれぞれ現行のパラメータの差分、速度項を考慮したパラメータの差分を表す。赤矢印は電子基準点における変位量を示す。図中において、5 桁または 6 桁の数字が付されたものは電子基準点、LF と付いたものは小型 GNSS 連続観測局のベクトルを表す。

Vertical Displacement [202101 – 202112]

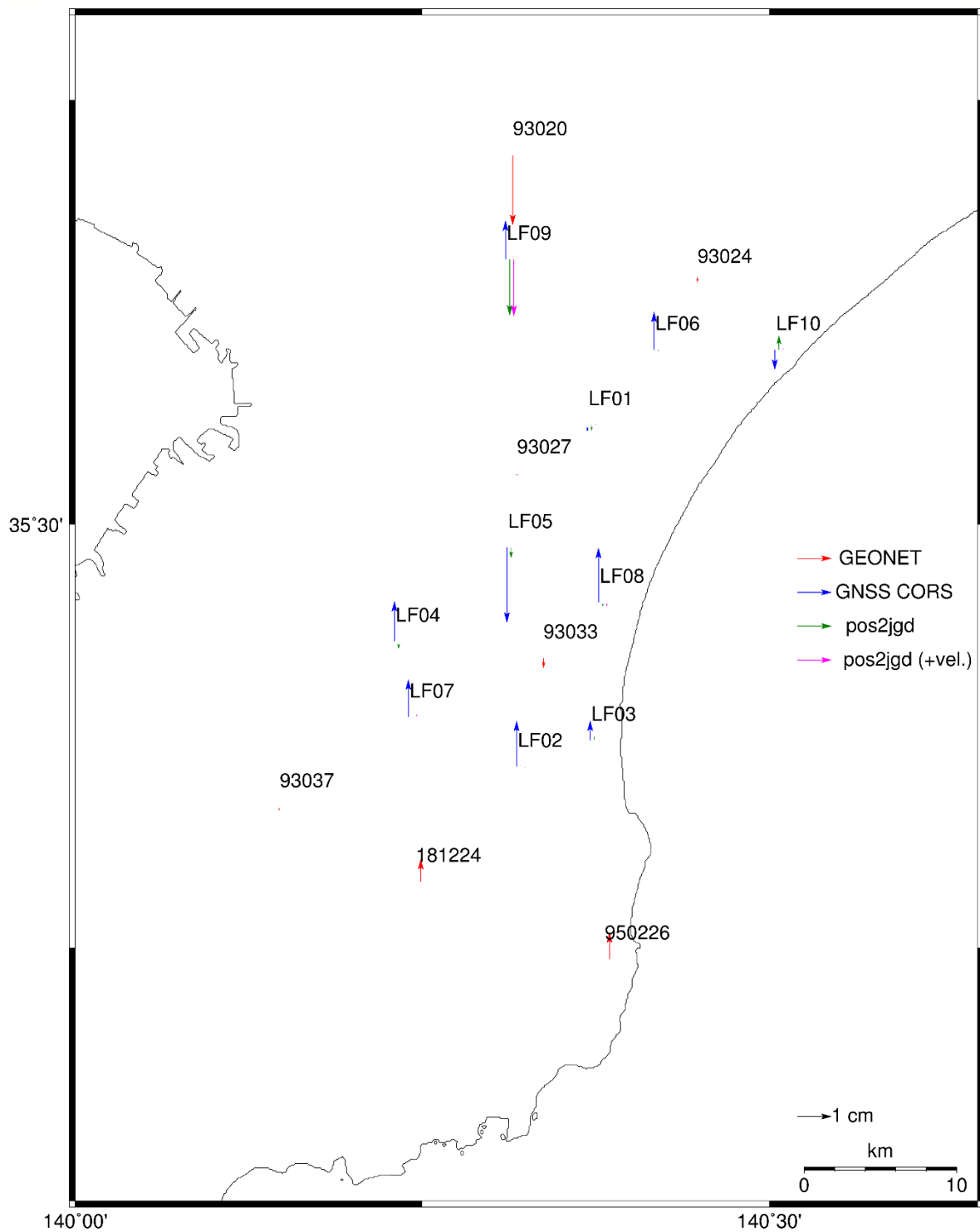


図-2 小型 GNSS 連続観測局の時系列データ（2021 年 1 月～12 月）から推定した上下変動量と、当該有効期間における地殻変動補正パラメータの上下成分の 2 時期の差分を重ね描きしたもの。緑矢印、ピンク矢印はそれぞれ現行のパラメータの差分、速度項を考慮したパラメータの差分を表す。赤矢印は電子基準点における変動量を示す。図中において、5 桁または 6 桁の数字が付されたものは電子基準点、LF と付いたものは小型 GNSS 連続観測局のベクトルを表す。

4. まとめ

本稿では、宇宙測地研究室が千葉県に設置した小型 GNSS 連続観測局のデータが地殻変動補正パラメータの評価を行うための外部データとしてどの程度活用できるかを調査した。小型 GNSS 連続観測局の水平変位量と、パラメータから求めた補正量の差分の水平成分の較差の RMS は 6mm 以内であった。このことは、水平方向については cm レベルでの品質管理に利用可能であることを示唆している。一方、小型 GNSS 連続観測局の上下変位量と、パラメータから求めた補正量の差分の上下成分の較差は水平成分よりも大きく、約 15mm であった。上下成分で較差が大きくなった要因のひとつとして、小型 GNSS 連続観測局で使用している廉価版の GNSS アンテナの PCV の個体差が大きいことが考えられる。今後は機種で共通の PCV を使うのではなく、個体ごとの PCV を考慮して座標値を算出した上で、改めて検討を実施するとともに、GNSS アンテナ交換後の座標値を用いた調査も実施したい。

参考文献

- 千葉県環境生活部水質保全課（2021）：令和 2 年千葉県における地盤沈下の概況について，
https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/press/2021/jibanchinka/documents/R02_kouhyou_fig5.pdf (accessed 1 March, 2022).
- 畑中雄樹（2012）：GPS 統合解析技術の高度化（第 3 年次），平成 23 年度調査研究年報，112-115.
- 吉川忠男，社泰裕，山下達也，加川亮（2022）：GNSS アンテナの絶対位相特性に関する調査・検討，令和 3 年度調査研究年報，26-39.
- 宮原伐祈羅，中川弘之，小門研亮，森下遊，松尾功二（2021）：災害に強い位置情報の基盤（国家座標）構築のための宇宙測地技術の高度化に関する研究（第 1 年次），令和 2 年度調査研究年報，140-146.
- 高木悠，社泰裕，山尾裕美，堤隆司，岩田昭雄（2020）：地殻変動補正パラメータの高度化の調査・検討，令和元年度調査研究年報，26-29.
- 田中もも，社泰裕，山尾裕美，山下達也，加川亮（2021）：地殻変動補正パラメータの高度化の調査・検討（第 2 年次），令和 2 年度調査研究年報，30-33.