

地殻変動補正パラメータの高度化の調査・検討（第2年次）

実施期間	令和元年度～令和2年度
測地部測地基準課	田中もも 社泰裕 山尾裕美 山下達也 加川亮

1. はじめに

準天頂衛星システム「みちびき」によるセンチメートル級測位補強サービス（CLAS）や精密単独測位（PPP）など、近年の測位技術の発展によって誰もが容易に高精度な位置情報を取得することが可能になりつつある。しかしながら、ここで留意すべき点は、衛星測位で得られる位置情報は測位時点（今期）での座標値であるのに対して、地図等の地理空間情報は基準日（元期）における位置である国家座標で表示されることである。日本列島はプレート運動による複雑な地殻変動の影響を受けており、その結果として衛星測位で得られる位置と地理空間情報の位置の間にズレが生じている。このため、衛星測位で得られる高精度測位情報と地理空間情報を組み合わせて利用するためには、測位結果に対して地殻変動の補正を行う必要がある。

測地基準課は、令和元年度に測位結果に対して定常的な地殻変動の影響を補正するための定常時地殻変動補正システム（POS2JGD）を公開した。基本測量や公共測量でセミ・ダイナミック補正を実施する際に用いる地殻変動補正パラメータは1年に1回更新しているのに対し、POS2JGDでは地殻変動補正パラメータの更新間隔を3か月に高頻度化している。高頻度化した地殻変動補正パラメータを用いることで、セミ・ダイナミック補正の地殻変動補正パラメータを使用した場合と比較して正確度の高い補正が可能になることが確認された（高木ほか、2020）。

しかし、自動車の自動走行等、高いレベルでの高精度測位情報の活用に向けて、地殻変動補正パラメータの正確度をさらに向上させる必要がある。従来の地殻変動補正パラメータの場合、補正量は適用期間内で一定であるため、適用期間の終わりに近づくほど補正の正確度が低下するという問題がある。補正の正確度をさらに向上させるためには、地殻変動の時間変化を考慮した地殻変動補正パラメータを構築する必要がある。そこで、1年間の地殻変動量を時間で割った量を速度として、地殻変動補正パラメータへ地殻変動の速度項を導入し補正の正確度が向上するか検証を行った。

2. 手法・検証方法

2.1 速度項を追加した地殻変動補正パラメータの作成

速度項を追加した地殻変動補正パラメータの作成手順は以下のとおりである。

- i) 国土地理院が運用する電子基準点の日々の座標値（F3解）を用いて今期座標を算出する。
- ii) 電子基準点の今期座標と測量成果との差から、元期から今期までの地殻変動量を算出する。
- iii) 今期とその1年前の地殻変動量に対して、それぞれクリギング法を用いて5km間隔のグリッド上での補正量を算出する。
- iv) 二つの時期の補正量の差分から地殻変動の速度を算出する。
- v) 元期から今期までの地殻変動量と今期における地殻変動速度をグリッド毎にまとめたものを、速度項を追加した地殻変動補正パラメータとする。

2.2 速度項を追加した地殻変動補正パラメータと従来の地殻変動補正パラメータとの比較

速度項の予測性能を検証するため、連続する2つの時期の地殻変動補正パラメータを用いて水平成分の差について検証を行った。検証の手順は次のとおりである（以下基準日がYYYY年MM月1日であるパラメータを「POS2JGD[YYYYMM]」と記す）。

- i) POS2JGD201807 と POS2JGD201810 の水平成分の補正量の差を算出する。
- ii) 速度項を追加した POS2JGD201807 を用いて算出した3か月後の10月1日時点での水平成分の補正量と、POS2JGD201810 の10月1日時点での水平成分の補正量との差を算出する。
- iii) i)とii)の比較を行う。

2.3 地殻変動補正パラメータの外部評価

実際の外部データにパラメータを適用した場合の正確度を調べるため、東北大学が運用するGNSS連続観測点57点の1日ごとの座標値に対して、従来の地殻変動補正パラメータ及び速度項を追加した地殻変動補正パラメータを用いて地殻変動の補正を行い、補正後の元期座標と国家座標との較差について比較を行った。検証に使用したGNSS連続観測点57点の配置を図-1に示す。補正の対象とした観測データの期間は2018年9月24日から10月8日までであり、補正に使用した地殻変動補正パラメータの基準日は2018年7月1日である。検証の手順は以下のとおりである。

- i) GNSS連続観測点の周辺の電子基準点を基準局として基線解析したのちF3解を固定して三次元網平均計算により1日ごとの今期座標値を算出する。
- ii) 2011年5月21日から27日までの1日ごとの座標値の平均値を国家座標とする。
- iii) 1日ごとの今期座標値に対して、従来の地殻変動補正パラメータ及び速度項を追加した地殻変動補正パラメータを用いて地殻変動の補正を行い、それぞれの元期座標を求める。
- iv) 補正後の元期座標と国家座標との較差を求める。

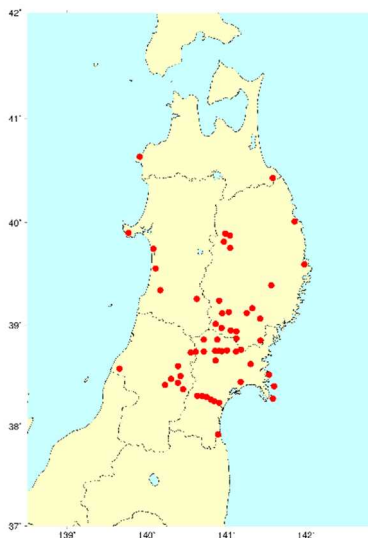


図-1 検証に使用した東北大学が運用するGNSS連続観測点の配置図。赤色の点は観測点の位置を示す。

3. 得られた成果

3.1 速度項を追加した地殻変動補正パラメータと従来の地殻変動補正パラメータとの比較の結果

POS2JGD201807 と POS2JGD201810 の水平成分の差を図-2(a)に示す。また、速度項を追加した

POS2JGD201807 を用いて算出した 3 か月後の 10 月 1 日時点での補正量と、POS2JGD201810 の 10 月 1 日時点での補正量との差を図-2(b)に示す。POS2JGD201807 と POS2JGD201810 の水平成分の差は、2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が大きい東北地方では最大で 2.5cm 程度となっている。一方で、速度項を追加した POS2JGD201807 を用いて算出した 3 か月後の 10 月 1 日時点での補正量と、POS2JGD201810 の 10 月 1 日時点での補正量の差は、95.5%のグリッドにおいて 0.5cm 未満となった。北海道南部で差が大きい地域があるが、これは 2018 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震による影響である。この地域を除外すれば 0.5cm 未満のグリッドは 97.5%となる。

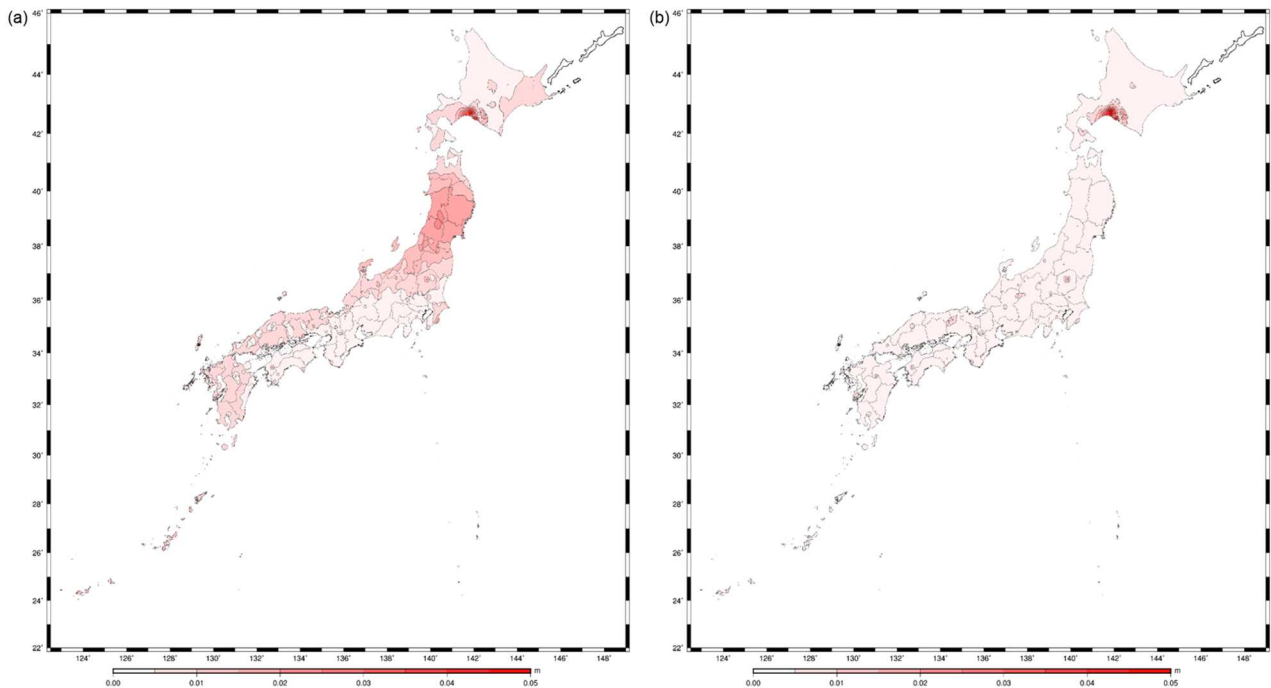


図-2 (a)POS2JGD201807 と POS2JGD201810 の差。(b)速度項を追加した POS2JGD201807 から算出した 3 か月後の 10 月 1 日時点での補正量と、POS2JGD201810 の 10 月 1 日時点の補正量との水平成分の差。いずれもコンター間隔は 0.5cm.

3.2 外部評価の結果

東北大学が運用する GNSS 連続観測点の座標値に対して、従来の地殻変動補正パラメータ及び速度項を追加した地殻変動補正パラメータを用いて補正を行い、算出した元期座標と国家座標との較差を図-3 に示す。補正後の元期座標と国家座標との較差の平均値は、従来の地殻変動補正パラメータを用いた場合 1.63cm (東西成分 1.56cm, 南北成分 0.45cm), 速度項を追加した地殻変動補正パラメータを用いた場合 0.27cm (東西成分 0.10cm, 南北成分 0.25cm) となった。この結果から、速度項を追加した地殻変動補正パラメータを用いた補正結果の方が国家座標からの較差が小さく、特に東西成分において補正の正確度が向上していることがわかった。

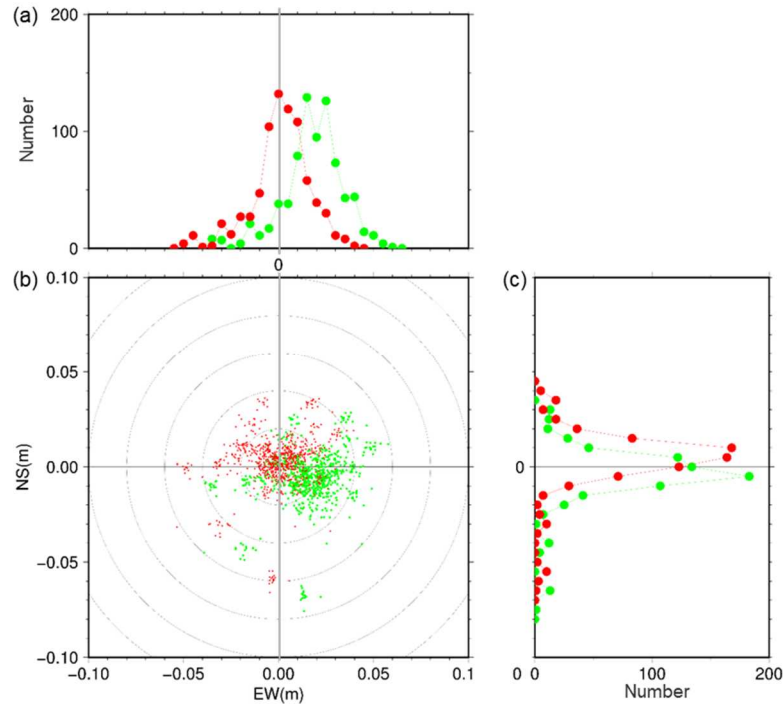


図-3 東北大学が運用するGNSS連続観測点のデータ(2018年9月24日から10月8日までの1日ごと)を使用した地殻変動補正パラメータの外部評価の結果。(b)における緑色の点は従来の地殻変動補正パラメータによる補正結果と国家座標との水平成分の較差を示す。赤色の点は速度項を追加した地殻変動補正パラメータによる補正結果と国家座標との水平成分の較差を示す。(a)EW成分のヒストグラム。(c)NS成分のヒストグラム。

4. 結論

1年間の地殻変動量を時間で割った量を速度として、地殻変動補正パラメータに速度項を追加することで補正の正確度が向上するか検証を行った。

連続する2時期の地殻変動補正パラメータの水平成分の差について検証を行った結果、従来の地殻変動補正パラメータよりも速度項を追加した地殻変動補正パラメータのほうが差が小さくなることがわかった。また、東北大学が運用する東北地方のGNSS連続観測点の時系列データに対して、従来の地殻変動補正パラメータ及び速度項を追加した地殻変動補正パラメータを用いて補正後の元期座標と国家座標との較差について評価を行った。その結果、速度項を追加した地殻変動補正パラメータを用いて補正を行うことで、補正後の元期座標と国家座標との較差が小さくなることがわかった。これらの結果から、1年間の地殻変動量を時間で割って地殻変動の速度を求める手法は有効であり、このように算出した速度項を地殻変動補正パラメータに追加することで、地殻変動の補正の正確度が向上することが確認された。

本研究では外部評価で使ったデータが東北地方のものに限られたが、今後は日本全国で同様の評価を行う必要があるため、民間等電子基準点などの外部データを活用した評価の実施を検討したい。

参考文献

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.