

# 地殻変動補正パラメータの高度化の調査・検討

実施期間 令和元年度  
測地部測地基準課 高木悠 社泰裕 山尾裕美  
堤隆司 岩田昭雄

## 1. はじめに

近年の衛星測位技術の発展に伴い、精密単独測位技術を使って誰もが簡単に高精度な位置情報を得られるようになりつつある。しかしながら、衛星測位で得られるのは観測日の位置であるのに対し、地図などの地理空間情報は基準日（過去のある時点）の位置である国家座標に基づいて整備されている。そのため、両者を組み合わせるためには、基準日から観測日までに累積した地殻変動の影響を補正する必要がある。こうした背景から、測地基準課では、平成30年度から測位情報における地殻変動の影響を補正するための補正パラメータ及び補正計算システムの整備を開始した。補正パラメータの作成方法や補正方法の基本的な仕組みは、地殻変動に伴うひずみの影響を緩和するために測量分野において2010年に導入されたセミ・ダイナミック補正（檜山ほか、2010）と同様である。しかしながら、相対測位である測量の場合には、用いる既知点間の相対的な地殻変動量、すなわちひずみを補正すれば良かったのに対し、単独測位の場合には、新たな点の位置座標が直接得られるため、累積地殻変動量そのものを補正しなければならない。つまり、単独測位の場合、補正に用いる補正パラメータの絶対精度が補正の正確度を左右する。そこで、新たに開発するシステムでは、補正パラメータの更新間隔をセミ・ダイナミック補正における1年から3か月に高頻度化することにした。本研究では、この高頻度化した補正パラメータについて、補正パラメータを作成する際に使用する電子基準点とは独立した測点において測量成果と補正結果を比較することにより、その正確度を検証した。以下では、その結果を述べる。

## 2. 研究内容

検証に用いた観測データは、GNSS比較基線場の国土地理院構内の端点No.11とNo.12（以下「検証点」という。）において取得した。観測データの取得に用いたアンテナ及び受信機、解析に用いた観測データの取得日は表-1のとおりである。検証の方法は、以下のとおりである。

### I. 次のように検証点における座標値を算出する。

- i) 2019年7月25日～27日の観測データを用いて、周辺電子基準点2点を既知点として検証点の測量成果を算出。これが基準日の座標値である。算出方法は電子基準点の測量成果算出の計算方法に倣った。
- ii) 表-1の各日において、RTKLIBを用いてIGS精密暦による24時間を1セッションとするPPPスタティック解析を実施。観測日における検証点の今期座標値を算出する。本研究ではPPP解析自体の誤差を抑えるため、解析時間を長めに設定した。
- iii) ii)で算出した観測日の座標に対して、補正パラメータを用いて地殻変動の影響を補正し基準日における座標を算出。補正パラメータは2種類を用いる。一つはセミ・ダイナミック補正の場合と同じ2019年度版地殻変動補正パラメータ（以下「2019年度版補正パラメータ」という。補正パラメータ算出の基準日は2019年1月1日）であり、もう一つは高頻度化した補正パラメータである（表-1参照）。

II. ii)の今期座標値に iii)の補正を実施して得られた座標値について i)の測量成果に対する整合度を調べることにより補正パラメータの正確度を評価する。

表-1 観測データ取得に用いたアンテナと受信機及び観測データの取得日。観測データの取得日の括弧内は地殻変動の補正に用いた高頻度化した補正パラメータの基準日である。

アンテナ	チョークリングアンテナ
受信機	Trimble NetR9
観測データの取得日	2019年7月25日～27日，8月9日～11日，9月6日～8日（2019年7月1日） 2019年10月17日～19日，12月13日～15日（2019年10月1日） （各月3日間） 2020年1月18日～20日，2月18日～20日（2020年1月1日）

### 3. 得られた結果

#### 3.1 検証点における正確度の評価

検証点 No. 11 について，ii)に iii)の補正を適用して得られた座標の，i)で求めた測量成果に対する差を図-1 に示す。その際，各月について3日間の平均値をプロットした。地殻変動を補正しない場合，測量成果からは35cmから40cmずれていることが分かる(図-1(a)における緑色の点)。これに対して，補正パラメータを用いて地殻変動を補正した場合，測量成果との差は小さくなる(図-1(a)における赤色と青色の点)。ただし，地殻変動補正を行った場合でも，用いる補正パラメータによって測量成果との整合性は異なる。2019年度版補正パラメータを用いた場合(図-1(b)の青色の点)，2019年7月時点で測量成果から3cmずれており，さらに時間の経過とともにそのずれが大きくなる傾向が見られる(図-1(b)の矢印参照)。それに対して，3か月ごとに補正パラメータを更新した場合(図-1(b)の赤色の点)，測量成果との差はどの月においても同程度に収まっていることが分かる。また，その大きさは，いずれも3cm以内であることから，高頻度化した補正パラメータを用いた場合，3cmの正確度が確保されていると評価できる。

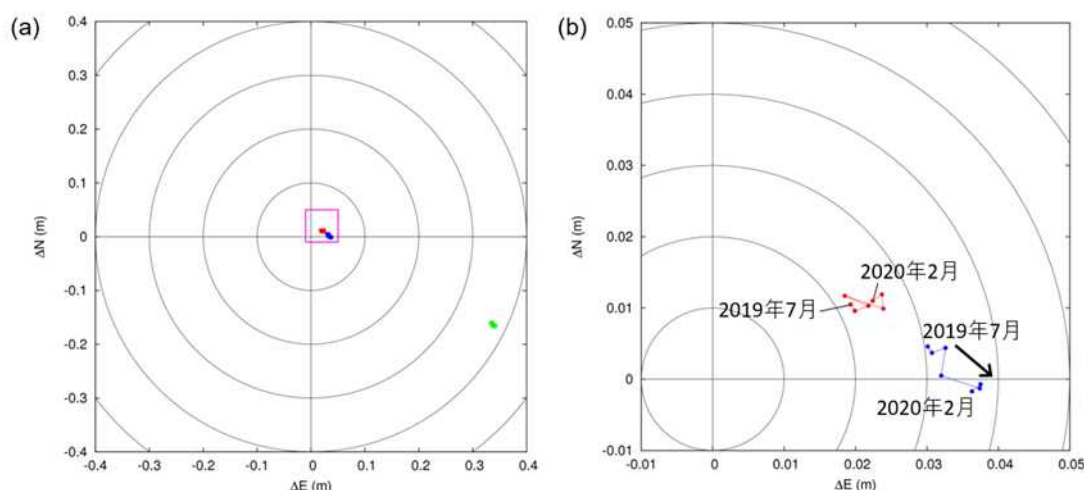


図-1 検証点 No. 11 における測量成果に対する PPP によって求められた座標値の差の水平成分。緑色の点は地殻変動を補正しなかった場合，青色の点は2019年度版補正パラメータによって補正した場合，赤色の点は高頻度化した補正パラメータを用いた場合を表す。(a)における紫色の四角は(b)に示す範囲を表す。各点は同じ月の3日間の平均値であり，時間の経過順に線で結んである。(b)において文字で示しているのは，最初の点と最後の点の年月であり，矢印は時間の経過に従って差が大きくなっていく方向を表す。

### 3.2 電子基準点のデータを用いた追加検証

検証点で見られた、地殻変動補正後の座標値と測量成果の差が、局所的な特徴ではないことを確認するため、全国の電子基準点について検証点におけるデータ取得日と同日のデータに対して PPP スタティック解析を実施し、各電子基準点において測量成果との差を算出した。図-2 に 2019 年 7 月 25 日の PPP 解析の結果に対して地殻変動補正を行なって得られた座標の測量成果に対する差を示す。ばらつきはあるものの、電子基準点においても高頻度化した補正パラメータを用いた方が、2019 年度版補正パラメータを用いた時よりも、測量成果との差が小さいことが分かる (図-2 の赤色)。また、検証点における差は、電子基準点における差の分布のピークの値に近いことも分かる。さらに、PPP スタティック解析を行うことができた 1,300 点ほどの電子基準点の差の平均値をプロットしたのが図-3 である。検証点と同様、同月の 3 日間について平均値を算出し、一つの値としている。この図から、解析の全期間を通して、高頻度化したパラメータの方が測量成果との差が小さいことが確認できる。

これらのことから、PPP 解析結果に高頻度化した補正パラメータを用いた場合、測量成果との差は 3cm 程度になることが分かり、その差は東に 2.5cm 程度、北に 1.5cm 程度と系統的である (図-2)。この差は、IGS 点である TSK2 における IGS 解 (ITRF2014 に準拠) と F3 解 (ITRF2005 に準拠) との系統的な差に近い値であり (村松ほか, 2019), ITRF2014 に準拠した PPP 解析の結果を、F3 解を用いて作成した補正パラメータによって補正したためであると考えられる。

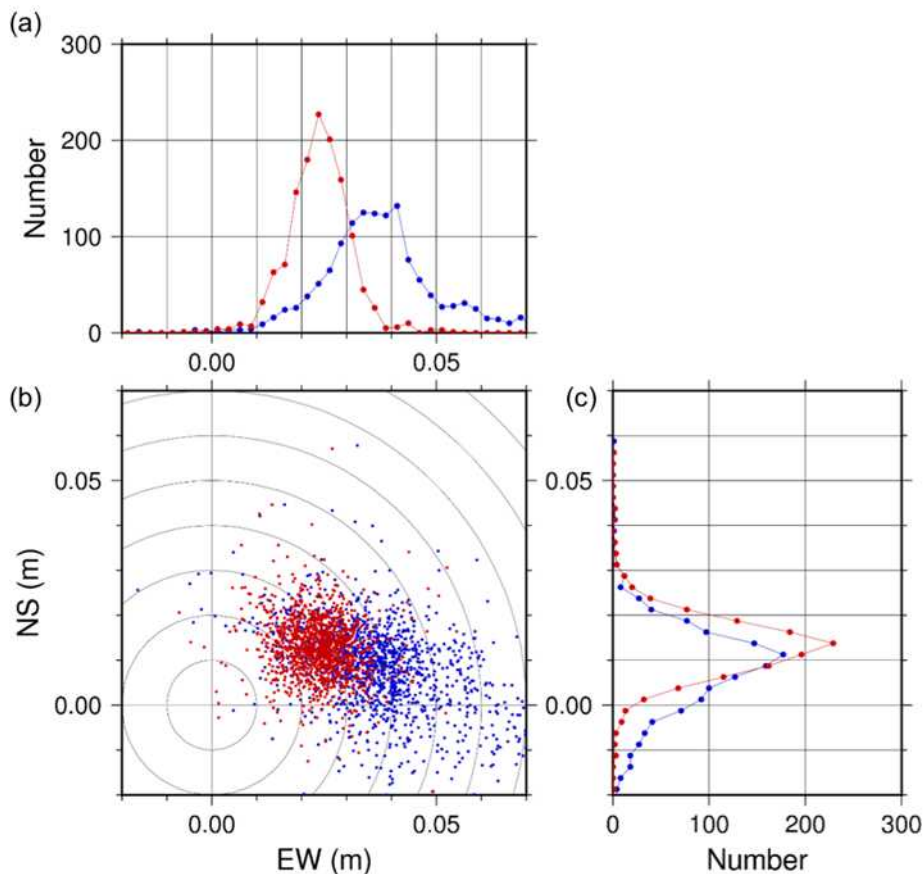


図-2 2019 年 7 月 25 日の電子基準点のデータに対して PPP 解析で算出した座標値に地殻変動補正を行なった値の、測量成果からの差。青色の点が 2019 年度版補正パラメータを用いた場合、赤色の点が高頻度化した補正パラメータを用いた場合を表す。(a)東西成分のヒストグラム。(b)水平成分の散布図。(c)南北成分のヒストグラム。図-3 電子基準点において PPP 解析の結果に地殻変動補正を実施した後の座標値の測量成果から

のずれ。各点は同年同月の3日間の電子基準点(約1,300点)の平均値を表す。青色の点が2019年度版補正パラメータを用いた場合、赤色の点が高頻度化した補正パラメータを用いた場合を表す。薄い青色の点と薄い赤色の点は検証点の結果でそれぞれ図-1の青色の点と赤色の点を再表示したものである。

#### 4. 結論

国土地理院構内の検証点及び全国の電子基準点においてPPPスタティック解析を行い、地殻変動の影響を補正した座標値と測量成果との差を見ることにより、高頻度化した補正パラメータの正確度を評価した。その結果、まず地殻変動を補正しない場合、検証点においては観測日の座標値は測量成果から35cm以上ずれることが分かった。また、検証点の結果及び電子基準点における追加検証の結果から、高頻度化した補正パラメータを用いた方が、セミ・ダイナミック補正と同じ2019年度版地殻変動補正パラメータを用いるよりも補正後の正確度が高く、水平成分の正確度は概ね3cm程度であることが分かった。ただし、地殻変動の影響を補正した座標値と測量成果との間には東に2.5cm程度、北に1.5cm程度の系統的な差が見られた。この差はIGS解とF3解との系統差に近い値であることから、さらに地殻変動補正の正確度をあげるためには、ITRF2014に準拠した、電子基準点の新たな解析ストラテジに基づく補正パラメータを準備することが必要である。

本研究では、電子基準点以外の検証用データが国土地理院構内において取得したものに限られたが、今後は全国各地で同様の評価を行う必要があると考えられる。また、水平成分だけでなく、上下成分についても正確度を評価する必要がある。

#### 参考文献

檜山洋平, 森下遊, 山尾裕美, 湯通堂亨, 越智久巳一 (2010): セミ・ダイナミック補正の導入について, 国土地理院時報, 120, 55-61.

村松弘規, 阿部聡, 畑中雄樹, 攪上泰亮, 大橋和幸 (2019): GEONET新解析ストラテジ(F5解・R5解)の開発, 日本測地学会第132回講演会, P07.

RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning, <http://www.rtklib.com> (accessed 13 Mar. 2020).