

三角点標高改算に関する調査研究（第1年次）

実施期間 平成17年度～
測地部測地基準課 齋田 宏明 田中 愛幸

1. はじめに

三角点の位置座標は、測量法の改正（平成14年4月1日施行）より、ベッセル楕円体から地球重心系であるITRF94座標系のGRS80楕円体に移行された。計算時における三角点の標高は、水平位置算出に影響を与えるほどの誤差が認められないことから、あえて標高の改正は行われなかった。そのため、三角点の標高には、三等三角測量で求められてから約100年間の地殻変動・地盤沈下等による変動が累積している。

一方、水準点の標高は、三角点の水平位置の改正に併せて最近の観測値を用いて再計算されたため、地殻変動等による不整合が解消された値となった。また、水準点の標高は、それまで採用されていた正規正標高から正標高へ改正された。このため、三角点と水準点の標高の間には、地殻変動や正規正標高と正標高の差等による不整合が考えられる。また、電子基準点の標高が、最新の楕円体高の観測結果とジオイドモデルを用いて、2004年7月1日に改定されたため、基準点測量及び公共測量等において、電子基準点－三角点間の標高差の制限超過が生じている。以上から、不整合を解消した三角点の標高に改正する必要がある。

2. 研究内容

2.1 改定方法

次の2つの条件を満たす標高を求めることが課題である。①水準点を基準とした三角点の最新標高を決定し、地殻変動等の累積を解消する。②GPS・ジオイドモデルによる電子基準点の標高体系と①とを統合させる。これにより、現行成果の不整合を20cm以内に押さえることを目標とする。

なお、全ての三角点の標高を実測により改定することは不可能である。そこで、効率的に標高改定を行うため、測地成果2000の座標変換と同様に補正パラメータを作成し、個々の点の補正量を算出し、補正量を加えた新標高に改定する。このような補正パラメータ及び補正ソフトウェアを公開することで、公共測量での負担を軽減できる。最近の地震に伴う成果改定でも、パラメータ方式が採用されてきている。本稿では、100年間に生じた地殻変動の最も大きい北海道の三角点について調査した。

2.2 補正パラメータ作成に使用するデータ

補正パラメータ作成には、精密測地網高度基準点測量及び高度地域基準点測量（以下「高度地域基準点測量」という）、頂天距離観測（鉛直観測）データ、水準点の変動量（設置当時から現在までの）を基礎データとして用いる。実際、それらのデータを用いて三角点標高改算の試算を行い、良好な新標高が算出できることが報告されている（齋田，2003）。今年度は、基礎データに最新のデータを加え、高度地域基準点測量の再計算、頂天距離観測の再計算を行った。

3. 得られた成果

標高の改定手法の違いによる差を評価するため、再計算結果と水準点の変動量を基に補正パラメータを4パターン作成した。作成を行った補正パラメータは以下のとおりである。

① 高度地域基準点測量の再計算を基とした補正パラメータ（図－1，表－1）

- ② 高度地域基準点測量と頂天距離観測データの再計算結果を基とした補正パラメータ (図-2, 表-2)
- ③ 水準点の設置当時から現在までの変動量を基とした補正パラメータ (図-3, 表-3)
- ④ ①③のデータを基とした補正パラメータ (図-4, 表-4)

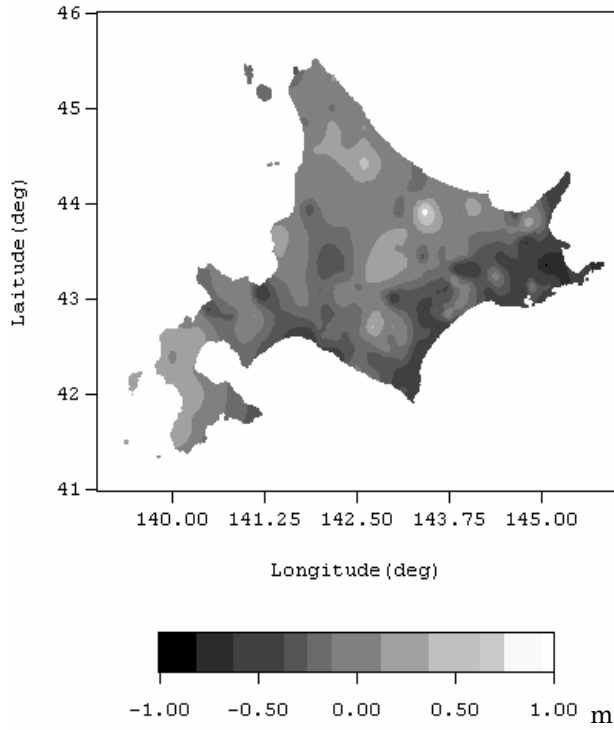


図-1 (①補正パラメータ 点数 270)

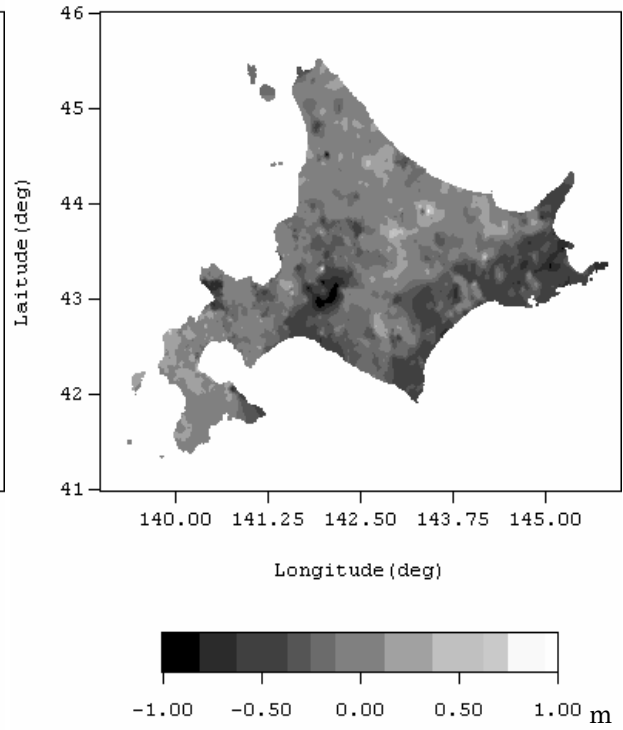


図-2 (②補正パラメータ 点数 3,786)

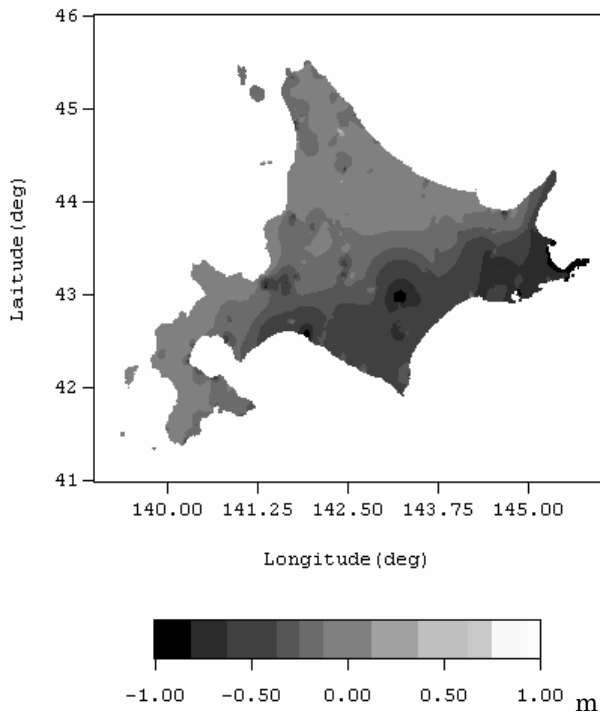


図-3 (③補正パラメータ 点数 1,060)

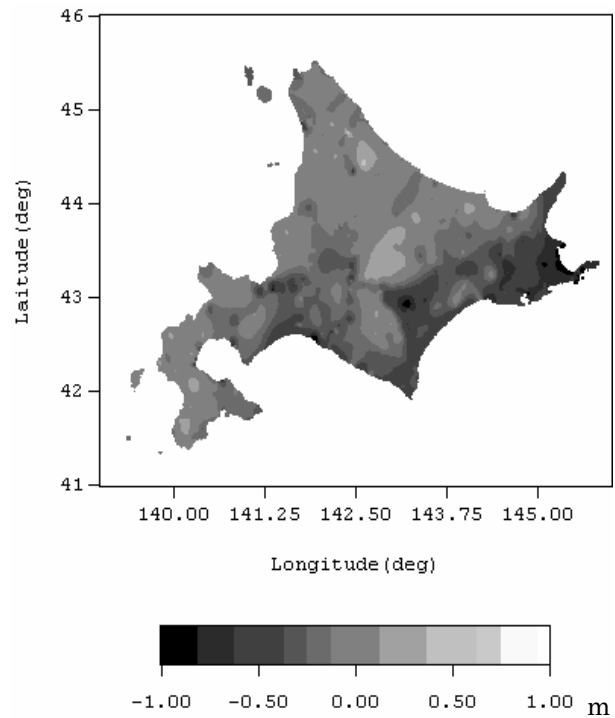


図-4 (④補正パラメータ 点数 1,330)

表-1 ①補正パラメータの精度評価結果

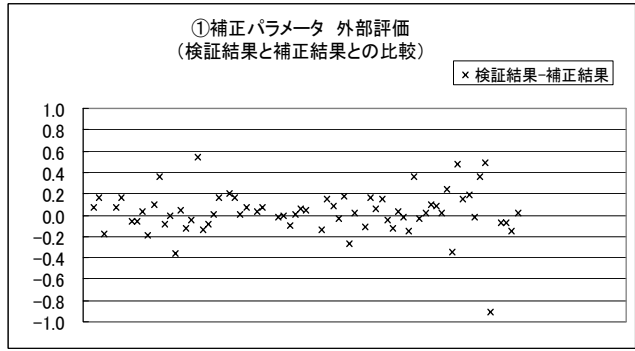
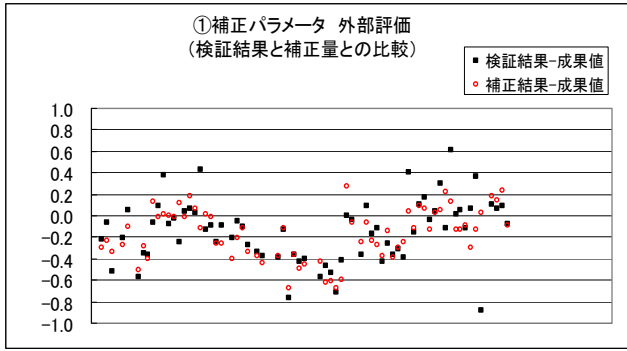


表-2 ②補正パラメータの精度評価結果

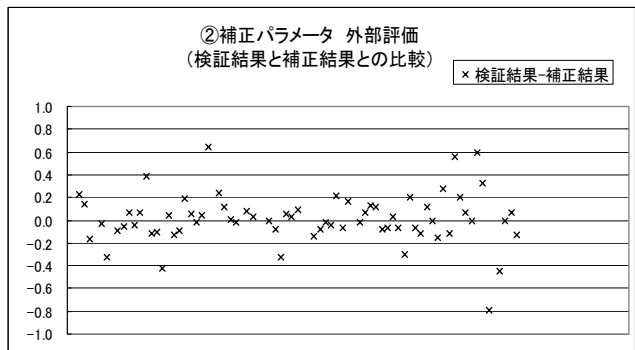
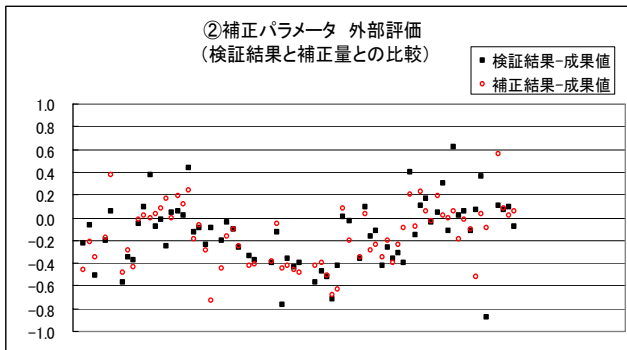


表-3 ③補正パラメータの精度評価結果

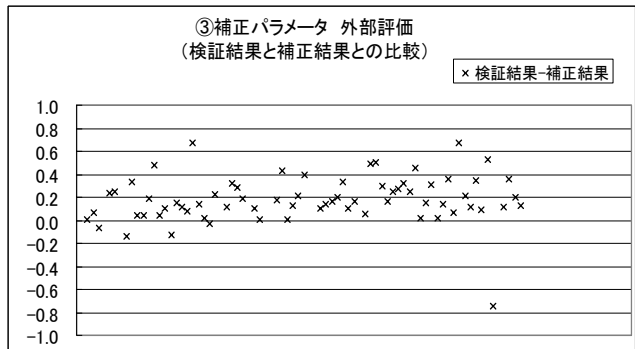
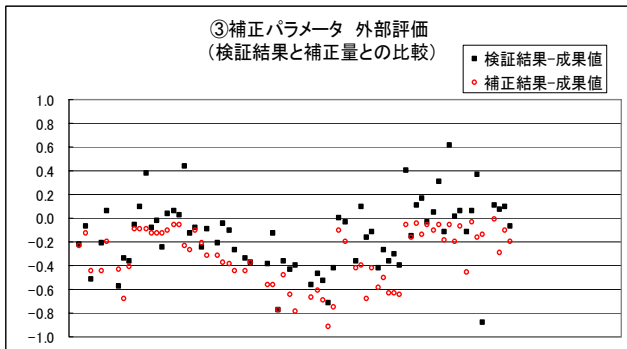
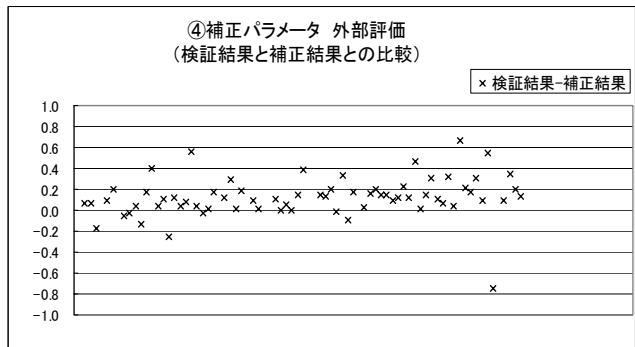
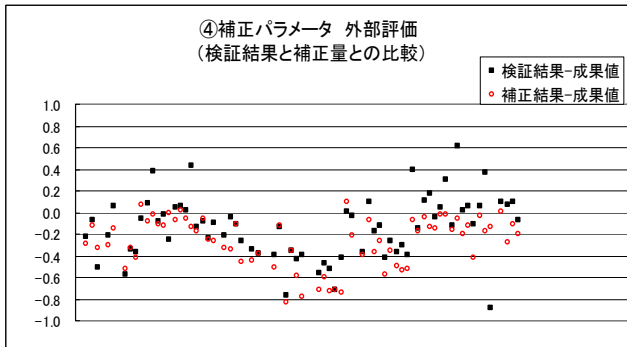


表-4 ④補正パラメータの精度評価結果



表－5 各補正パラメータの精度評価一覧

(m)	検証結果 (検証結果－成果値)	①補正パラメータ (検証結果－補正結果)	②補正パラメータ (")	③補正パラメータ (")	④補正パラメータ (")
Max	0.6160	0.5405	0.6413	0.6701	0.6703
Min	-0.8810	-0.9072	-0.7942	-0.7413	-0.7431
Average	0.1458	0.0263	0.0129	0.1820	0.1264
Stdev	0.2877	0.2077	0.2226	0.2035	0.1938

各補正パラメータの作成に使用した点は、設置当時から現在まで復旧測量（移転・再設・低下高上改埋等）が行われていない点とした。また、補正パラメータの補間計算には kriging 法を用いた。

図－1～4は、新しく求めた成果と現行成果との差を表す。根室周辺で約-70cm、えりも周辺で約-50cmもの不整合が、現段階で生じている。

次に、各補正パラメータの精度を評価するため、GPSの実測値との比較を行った。表－1～4は、平成16・17年に実施した検証作業結果（検証結果－成果値）と、各補正パラメータとの比較である。各補正パラメータの実測値との差の標準偏差は、①のパラメータで約20.8cm、②で20.3cm、③で20.4cm、④で19.4cmであり、④の補正パラメータが最も整合した（表－5）。

しかしながら、補正量の空間分布をより細かく比較すると、GPS・ジオイド2000を用いて算出した標高と水準点の標高とで、平均10cmのオフセットが生じていることが分かった。

4. 結論

4つの手法で北海道地方の補正パラメータを作成し、どのパラメータを採用しても現行成果の不整合が20cm程度まで軽減されることが確かめられた。しかし、パラメータ同士には、系統的な差も見受けられ、これを解消することにより、さらに精度を改善できる可能性がある。系統差の主な要因として、GPSと水準の成果算出時期の違いや、電子基準点のアンテナ交換によるジオイド高の変化が考えられる。

今後、これらの影響を加味して4つのパラメータを再計算し、今回求めた検証観測の標準偏差が改善されるか調査し、頂天距離観測データ及び水準点の変動量をどのように組み合わせるかを決定する予定である。最終的に、北海道地方で確立した改定手法を他の地方に適用していく予定である。

参考文献

- 黒石裕樹 (2001) : ジオイド・グリッド・ファイルに対する処理ソフトの解説, 技術報告.
- 安藤久, 佐々木正博, 畑中雄樹, 田中和之, 重松宏実, 黒石裕樹, 福田洋一 (2002) : 「日本のジオイド2000」の構築, 国土地理院時報, 97, 4-8.
- 飛田幹男 (2002) : 世界測地系移行のための座標補正ソフトウェア”TKY2JGD”, 国土地理院時報, 97, 4-9.
- 国土地理院 (2003) : 測地成果2000構築概要, 国土地理院技術資料 B・5-No.20.
- 湯通堂亨, 雨貝知美, 小島秀基, 矢萩智裕, 岩田昭雄, 畑中雄樹 (2004) : アンテナ位相特性に関する研究, 調査研究年報, A・4-No.3.
- 齋田宏明 (2003) : 三角点標高改算手法について, 高等科報告書.
- 飛田幹男 (2005) : 地殻変動に伴う座標補正を行なう座標補正ソフトウェア”PatchJGD” : 技術資料 H・1-No.5.
- 国土地理院 (2006) : 三角点標高改算に関するデータ解析作業 報告書.