

三角点の標高成果改定  
—水準点と一層整合した標高成果の公表—  
Revision of Altitudes of Triangulation Points  
— Publication of Altitudes More Consistent with Survey Results of Benchmarks —

測地部 小門研亮・佐藤雄大<sup>1</sup>・松村泰敬<sup>2</sup>・影山勇雄<sup>3</sup>・山際敦史<sup>4</sup>  
Geodetic Department Kensuke KOKADO, Yudai SATO, Yasuhiro MATSUMURA,  
Isao KAGEYAMA, Atsushi YAMAGIWA

## 要 旨

国土地理院では位置の基準として三角点を全国に設置し、緯度・経度や標高等を測量成果として提供している。

三角点の中には、設置以降、標高成果を更新していない点や更新時期の古い点があり、これらの点では長年の地殻変動等の影響が標高成果に反映されておらず、電子基準点や電子基準点を既知点としたGNSS測量によって成果を更新した三角点（以下、「電子基準点に準拠した三角点」という。）等との間に標高成果の乖離（以下、「標高不整合」という。）が生じている。

この標高不整合を解消するため、平成20年度以降、北海道、紀伊半島及び東北地方で三角点の標高成果改定を実施したが、その他の地域について標高不整合が解消されていない。そのため、標高成果改定をこれまでに実施していない地域について、GNSS測量の結果をもとに標高補正パラメータを作成し、パラメータを用いた補正計算を実施した。また、併せて一部離島を除く全国の三角点についてジオイド・モデルの改定に伴う標高補正等を実施し、より水準点の成果と整合した標高成果に改定した。

本稿では、三角点の標高成果改定における計算手法や得られた成果について報告する。

## 1. はじめに

国土地理院が維持管理している基準点には、主に水準点、三角点、電子基準点の3種類があり、それぞれ水準測量やGNSS測量等によって標高成果が求められている。

水準点の成果は、1986年から1999年に行われた一等水準測量の観測データを用いた全国同時網平均計算や、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（以下、「東北地方太平洋沖地震」という。）後に実施した水準測量の観測データを用いた網平均計算により求められ、高さの基準として提供されている。一方、三角点や電子基準点の標高成果は、水準点の成果に基づいた水準測量やジオイド・モデルを用い

たGNSS測量等によって算出されているものの、長年の地殻変動等による影響やジオイド・モデルの誤差等により、必ずしも水準点の成果に整合していない。水準点成果との標高不整合が大きい点や地域では、公共測量等の実施に支障をきたすおそれがあることから、より整合した標高成果への改定が求められている。

## 2. 三角点の標高成果改定の背景

今回、三角点の標高成果改定を実施することになった背景には、主に「三角点における標高成果の不整合」と「ジオイド・モデルの改定」の2点が挙げられる。

### 2.1 三角点における標高成果の不整合

国土地理院では、平成6年度以降、電子基準点を既知点としたGNSS測量を三角点の測量に採用し、標高成果を更新している。しかしながら、半数以上の三角点においてはGNSS測量によらない旧来の測量方式で求められた標高成果のままとなっている。これらの標高成果は、明治から大正にかけて行われた三等三角測量での頂天距離観測（隣接点間の高低角観測）と近傍の水準点からの二等水準測量に基づいた値であり、明治・大正以降の地殻変動等の影響が解消されていない。一方、電子基準点は、高密度で高精度な測地網の構築等を目的として平成6年度から運用を開始した基準点であり、緯度・経度、標高ともに現状に合った測量成果となっている。

そのため、長年、標高成果を更新していない三角点と電子基準点や近年GNSS測量によって成果を更新した三角点等との間には、明治・大正以降の地殻変動等の影響による標高不整合が生じている。この標高不整合を解消するため、平成20年度以降、北海道（岩田，2008）、紀伊半島（岩田ほか，2011）及び東北地方（湯通堂ほか，2011）で三角点の標高成果改定を実施したが、その他の地域について標高不整合が解消されておらず、電子基準点の標高成果と整合がとれていない三角点が多く存在している。場所

によってはその差が 1m 弱に達するところも存在する。

また、東北地方太平洋沖地震後の測地成果 2011 への移行に伴う成果改定（檜山ほか，2011）では、電子基準点での観測結果をもとに上下変動の大きかった東北地方と茨城県において三角点の標高成果を改定したが、成果を改定していない地域については、測量成果の位置情報の基準日（成果改定地域：2011 年 5 月 24 日，その他の地域：1997 年 1 月 1 日）が異なることによる標高不整合が生じている。この不整合量は最大 15cm 程度で公共測量作業規程の許容範囲を超えるものではないものの、今回の標高成果改定に併せて当該不整合についても解消することとした。

## 2.2 ジオイド・モデルの改定

三角点や電子基準点で実施している GNSS 測量において標高を算出するには、GNSS 測量で測定された楕円体高からジオイド・モデルに基づくジオイド高を差し引く必要がある。

国土地理院では、これまでジオイド・モデル「日本のジオイド 2000」（ver.1～ver.5）を整備・公開することで、国内の任意の地点において GNSS 測量で得た楕円体高から標高を算出することを可能とした。しかしながら「日本のジオイド 2000」には半島部などで 10cm 以上の誤差が存在することから、より高精度なジオイド・モデル「日本のジオイド 2011」を構築し（兒玉ほか，2013）、平成 25 年 4 月に西日本（中国、四国、九州地方）、平成 26 年 4 月に一部離

島を除くその他の地域に適用した。この「日本のジオイド 2011」に基づくジオイド高を用いて三角点の標高を算出することで、三角点の標高成果をより水準点の成果に整合した数値に改定することができる。

## 3. 標高成果改定の方針

今回の標高成果改定では、北海道、紀伊半島、東北地方を除く地域の標高不整合を解消するとともに、一部離島を除く全国の三角点についてジオイド・モデルの改定に伴う標高補正を実施した。このとき、公共測量作業規程の準則に定める許容範囲を考慮し、基準点間の標高成果の不整合を 20cm 以内に抑えることを目標とした。改定成果を算出するには、すべての三角点で再測量を実施することが理想であるが、全国約 10 万点で再測量を実施することは現実的に不可能であるため、補正パラメータを用いた補正計算方式を採用することとした。

## 4. 標高補正パラメータの構築

前述のとおり、今回の標高成果改定では明治・大正以降の地殻変動等の影響や測地成果 2011 への移行に伴う標高不整合、ジオイド・モデルの改定など、基準点間の標高不整合を解消し、水準点の成果とより整合させるために考慮すべき事項が複数存在する。そのため、それぞれの事項に対応する補正パラメータを個別に作成することとした。作成したパラメータは表-1 に示す 4 種類である。各パラメータを作成した目的や構築方法の詳細を以下で説明する。

表-1 三角点の標高成果改定で新たに構築した標高補正パラメータ

パラメータの種類 (パラメータ名)	適用地域	補正量
測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ hyokorev2014_meiji_h.par hyokorev2014_meiji_ibaraki_h.par	下記を除く地域 ・北海道、東北、紀伊半島（三重、奈良、和歌山、大阪） ・H16 年中越地震での測量成果公表停止地域 ・H19 年中越沖地震に伴う標高補正パラメータ提供地域 ・H19 年能登半島地震に伴う標高補正パラメータ提供地域 ・H23 年東北地方太平洋沖地震で大規模な余震・誘発地震が発生した地域（長野県栄村周辺、茨城県高萩市周辺）	-1.20m ～ +0.91m
ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正パラメータ hyokorev2014_geoid2011_h.par	一部離島を除く全国 (H24 年 4 月のジオイド・モデル改定地域)	-0.63m ～ +0.54m
測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ hyokorev2014_jgd2011_h.par	栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、新潟、富山、石川、福井、山梨、長野、岐阜	-0.14m ～ +0.14m
電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正パラメータ hyokorev2014_ellips_h.par	神奈川、富山、石川、福井、山梨、長野、岐阜	-0.14m ～ +0.02m

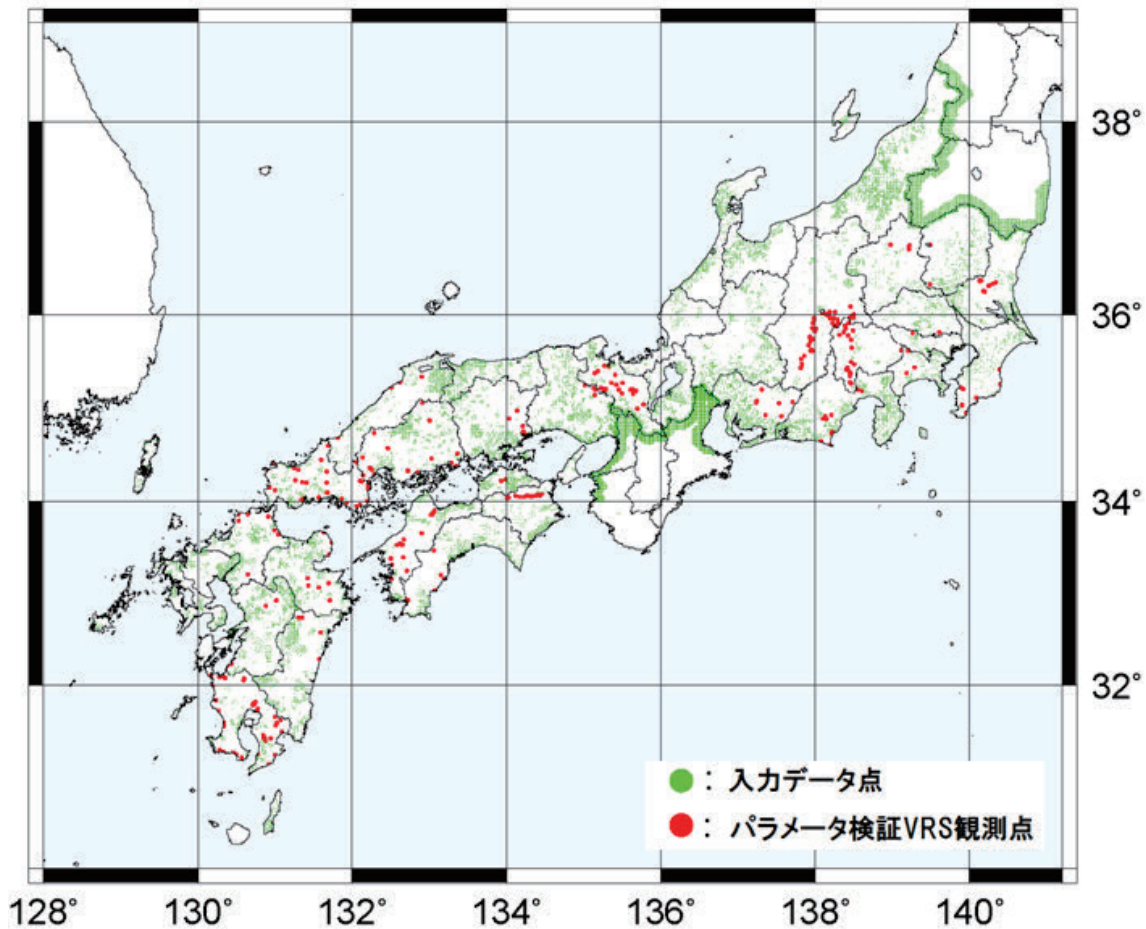


図-1 測量時期の違いによる標高補正パラメータでの入力データ点（緑点）とパラメータ検証におけるVRS観測点（赤点）

#### 4.1 測量時期の違いによる標高不整合補正

電子基準点を既知点としたGNSS測量によって標高成果を更新していない三角点（以下、「電子基準点に準拠していない三角点」という。）では、明治から大正にかけて行われた三等三角測量に基づいた標高成果のままとなっている。この測量時期が古い三角点と電子基準点や電子基準点に準拠した三角点の間には明治・大正以降の地殻変動等の影響による標高不整合が生じている。この不整合を解消し、点間の整合性を向上させるためのパラメータとして、「測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ」を構築した。

本パラメータの構築には、平成11年度以降に電子基準点あるいは電子基準点に準拠した三角点を既知点としてGNSS測量を実施した三角点の標高変動量（平均計算値－実用成果値）を入力データとして用いた。平成15年度までに求められた標高成果と平成16年度以降に求められた標高成果の間には、平成16年7月1日の電子基準点標高成果改定（湯通堂ほか、2011）による標高成果改定分の不整合（最大約20cm）が存在する。そのため、平成16年7月1日よ

り前にGNSS測量が行われた三角点については、平成16年の電子基準点の標高成果改定における標高改定量を補正し、入力データとした。

東日本の地域については、東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動が本パラメータの補正量に含まれることを避けるため、入力データとする標高変動量は平成22年度までの測量作業で算出されたもののみを抽出した。標高変動量が得られた三角点を図-1に示す。これらを入力データとしたKriging法により3次メッシュコード南西角グリッド（緯度・経度の約1km間隔）の標高補正量を推定し、標高補正パラメータを構築した。

これまでに三角点の標高成果改定が実施された紀伊半島及び東北地方との境界地域については、すでに公開されている紀伊半島及び東北地方の標高補正パラメータの補正量を入力データとして用い、境界部における補正量の整合を確保した。構築した「測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ」の補正量を図-2に示す。

茨城県については東北地方太平洋沖地震後の基準点成果改定時に、一部地域の三角点について標高不

整合を解消した（檜山ほか，2011）ものの，その他の地域の三角点では解消されていない．そのため，別途，地震後の成果改定によって解消した不整合量を本パラメータ（hyokorev2014\_meiji\_h.par）から差し引き，茨城県のみを対象とした茨城県版補正パラメータ（hyokorev2014\_meiji\_ibaraki\_h.par）を構築した．

#### 4.2 ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正

これまでの GNSS 測量で標高を算出する際に用いていたジオイド・モデル「日本のジオイド 2000」がより高精度なモデル「日本のジオイド 2011」に改定され，より水準点の成果に整合した標高値を GNSS 測量で算出することが可能となった．そのため，ジオイド・モデルの改定量を標高成果に補正するパラメータとして，「ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正パラメータ」を構築した．

全国を対象に 3 次メッシュコード南西角グリッドにおける「日本のジオイド 2000」のジオイド高を求め，「日本のジオイド 2011」でのジオイド高を差し引くことで標高補正量を算出し，パラメータを構築した．また，ジオイド・モデルが改定されていない一部の離島においては，標高補正量を算出することができないため，本パラメータの適用外とした．構築した「ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正パラメータ」の補正量を図-3 に示す．

#### 4.3 測地成果 2011 移行に伴う標高補正

東北地方太平洋沖地震後の基準点成果改定（測地成果 2011 への移行）では，電子基準点については，東北地方から中部地方の 1 都 19 県で標高成果を改定したが，三角点については，電子基準点での観測結果をもとに上下変動の大きかった東北地方と茨城県（計 7 県）のみ標高成果を改定した．そのため，関東地方から中部地方の 1 都 12 県においては，電子基準点と三角点の間に測地成果 2011 への移行に伴う標高不整合が生じている．不整合量は最大 15cm 程度で公共測量作業規程の準則に定める許容範囲を超えるものではないものの，公共測量成果等の精度劣化を招く可能性があることから，1 都 12 県を対象とした「測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ」を構築した．

本パラメータの構築には，対象地域の電子基準点と平成 23 年度に GNSS 測量を実施した三角点の標高変動量を入力データとして用いた．電子基準点の標高変動量は，地震前後の測量成果の差とし，三角点については地震後に標高成果を改定していないため，地震前かつ直近の GNSS 測量で算出された平均計算標高値と地震後の GNSS 測量で算出された平均計算標高値の差を標高変動量とした．これらの変動量データを用いて Kriging 法により 3 次メッシュコ

ード南西角グリッドごとの標高補正量を推定し，パラメータを構築した．構築した「測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ」の補正量を図-4 に示す．

#### 4.4 電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正

東北地方太平洋沖地震後の基準点成果改定では，1 都 19 県の電子基準点について標高と楕円体高が改定されたが，成果改定地域（基準日：2011 年 5 月 24 日）と未改定の地域（基準日：1997 年 1 月 1 日）との間に，測量の基準日が異なることによる標高不整合が生じていた．この不整合を解消するため，成果改定地域の境界付近に位置する 7 県の電子基準点の楕円体高と標高成果を平成 26 年 4 月 1 日に改定した．この改定に伴い，三角点の標高成果についても電子基準点の楕円体高の改定量を考慮する必要があったため，「電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正パラメータ」を構築した．

本パラメータの構築に用いる標高変動量には，電子基準点の楕円体高改定量を使用した．また，対象地域に隣接した地域に本パラメータの影響が生じることを避けるため，隣接地域に位置する電子基準点の標高変動量をゼロとして入力データを作成した．これらのデータを用いて Kriging 法により 3 次メッシュコード南西角グリッドごとの標高補正量を推定し，パラメータを構築した．構築した「電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正パラメータ」の補正量を図-5 に示す．

### 5. 補正パラメータの検証及び調整

#### 5.1 異常変動量の抽出

構築した標高補正パラメータのうち，「測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ」と「測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ」については，三角点及び電子基準点の標高変動量を入力データとしている．三角点の標高変動量には，測量の誤差や局所的な上下変動，旧成果の異常など，各基準点固有の要因による変動量が含まれており，周囲の変動量と調和しない場合がある．この異常な変動量を示すデータを含めて補正パラメータを構築すると，異常点の周辺数 km のパラメータに悪影響を及ぼすことから，入力データに異常変動量が含まれていないかの確認を行った．

確認の方法は，構築したパラメータの補正量コンター上に入力した標高変動量のベクトルを図示し，周囲の補正量及び標高変動量と明らかに傾向が異なるものを局所的な変動等が現れている異常点として抽出するもので，抽出された変動量は入力データから除外し，パラメータを再構築した．また，目視による抽出漏れに対応するため，後述の内部評価によっても異常と思われる変動量を抽出し除外した．

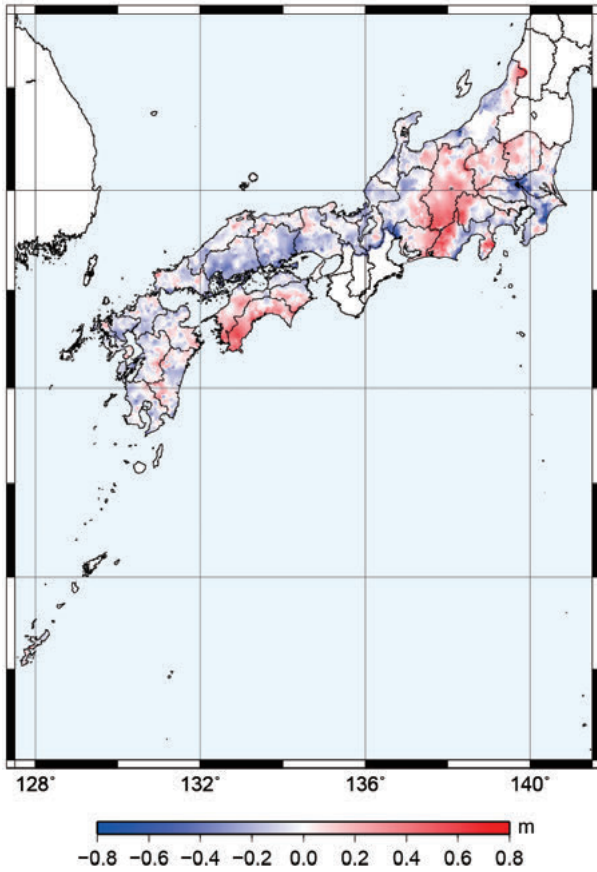


図-2 測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータにおける補正量

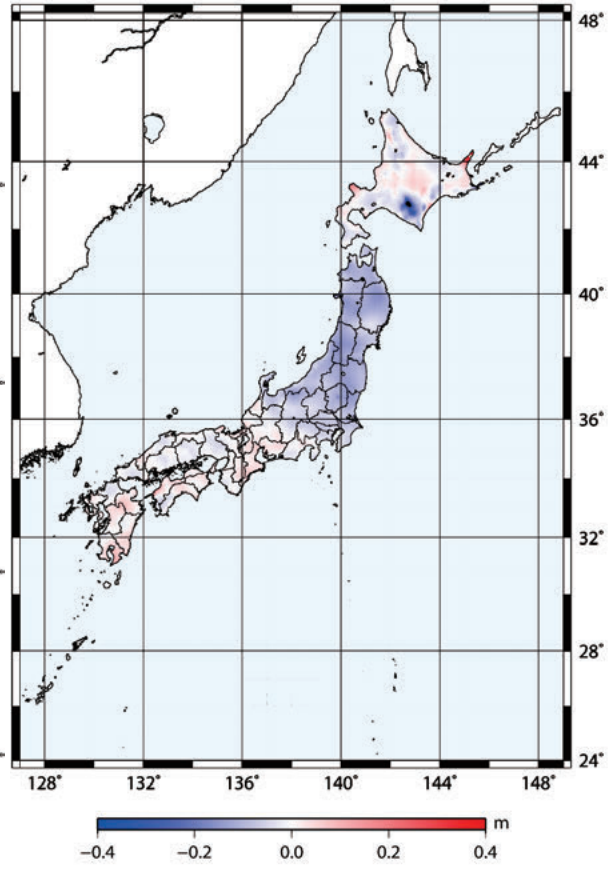


図-3 ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正パラメータにおける補正量

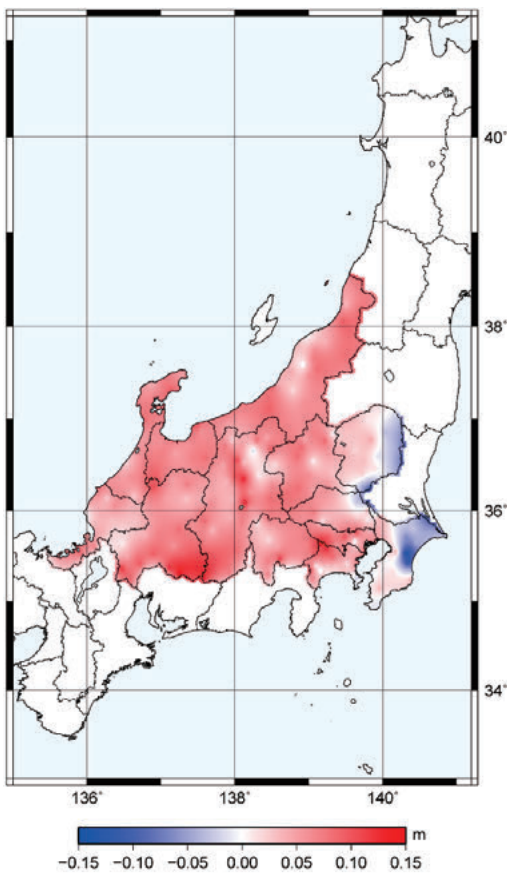


図-4 測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータにおける補正量

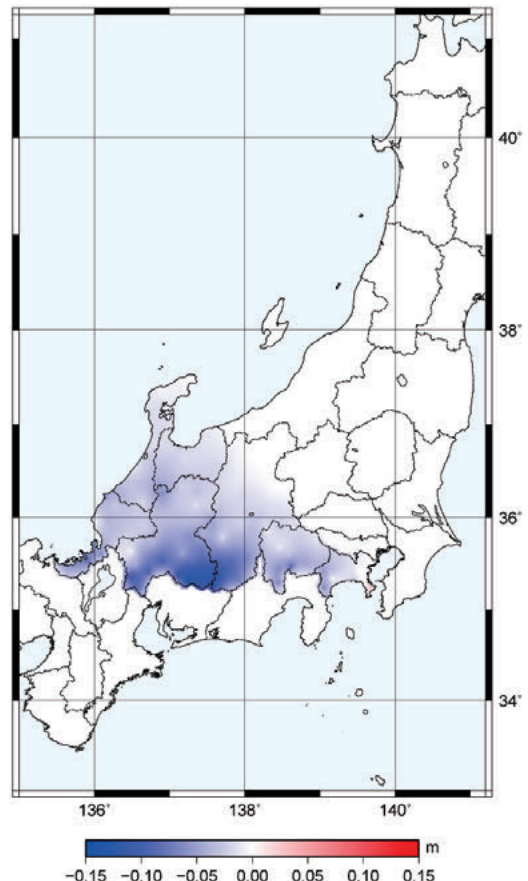


図-5 電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正パラメータにおける補正量

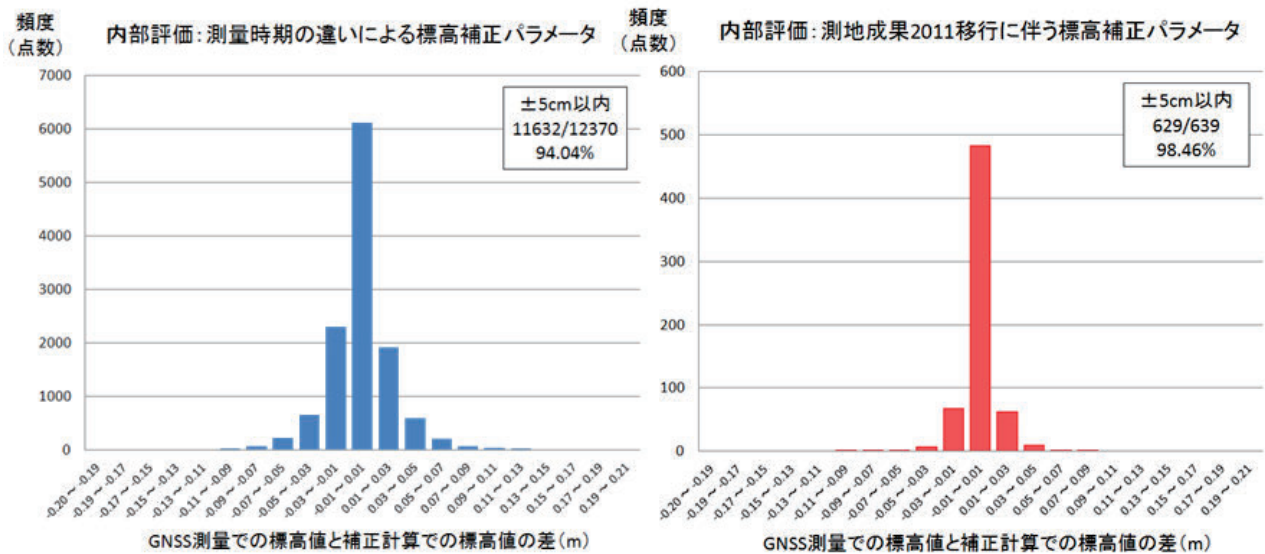


図-6 左：測量時期の違いによる標高補正パラメータの内部評価結果  
右：測地成果 2011 以降に伴う標高補正パラメータの内部評価結果

## 5.2 内部評価

「測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ」と「測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ」の内部評価として、パラメータ構築時の入力データとして使用した三角点及び電子基準点の GNSS 測量による標高値と、当該点の補正計算による標高値を比較した (図-6)。その結果、両パラメータについて 90%以上の点で標高値の差が±5 cm 以内に収まった。また、全体としても差は±20cm 以内に収まっており、問題なく異常点を除外することができたとと思われる。

## 5.3 外部評価

### 5.3.1 頂天距離観測データによる検証

国土地理院ではこれまでに北海道、紀伊半島及び東北地方において三角点の標高成果改定を実施してきたが、北海道及び紀伊半島においては、明治・大正期に行われた三等三角測量時の頂天距離観測データによる高低網平均計算結果を用いて標高補正パラメータを構築した (岩田, 2008) (岩田ほか, 2011)。

今回構築した「測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ」では、頂天距離観測データを使用していないが、電子基準点に準拠した三角点を固定点として当該データの高低網平均計算を行えば、得られる標高値はパラメータによって補正された標高値とおおよそ一致するはずである。そこで、固定点に GNSS 測量によって標高成果が更新されている三角点を地域的に偏りが無いよう選定し、頂天距離観測データを用いた高低網平均計算を各地方に分けて実施した後、網平均計算で求められた標高値とパラメータによって補正された標高値を比較した。

その結果、それぞれの地方において 70~90%の三

角点で標高値の差が±20 cm 以内となり、いずれの標高値算出方法においても整合が取れた値が得られた。この比較を行った三角点における標高値の差を図-7に示す。

全体的には頂天距離観測データを用いた網平均計算結果とパラメータで補正された標高値の差は小さく整合しているが、一部地域で標高値に大きな差が見られる。これら地域については、パラメータ構築における入力データの密度や異常なデータの有無を調査し、パラメータ構築に問題がないことを確認した。当該地域は、パラメータの補正量が比較的大きい地域であることから、頂天距離観測データの網平均結果に明治・大正以降の地殻変動が十分に反映されていないことが差の原因であると考えられる。このような地域においては、平成 11 年度以降の新しいデータを使用している今回のパラメータによる標高値の方が確からしい値であると思われる。

### 5.3.2 ネットワーク型 RTK 観測による検証

今回構築した複数のパラメータで計算した標高値の信頼性を評価するため、図-1の赤点で示す 287 の三角点において、ネットワーク型 RTK 法による観測 (以下「VRS 観測」という。)を実施し、実測した標高値とパラメータを用いて補正した標高値を比較した。VRS 観測はパラメータ作成における入力データが疎らな地域を選定して実施した。

実測標高値とパラメータを用いて補正した標高値を比較した結果、約 88%の点で公共測量作業規程の準則に定める許容範囲 (20cm) 内に収まった。補正前の標高成果で比較した場合、許容範囲に収まる割合は約 64%であり、パラメータ補正により不整合が改善されたことを確認した (図-8)。

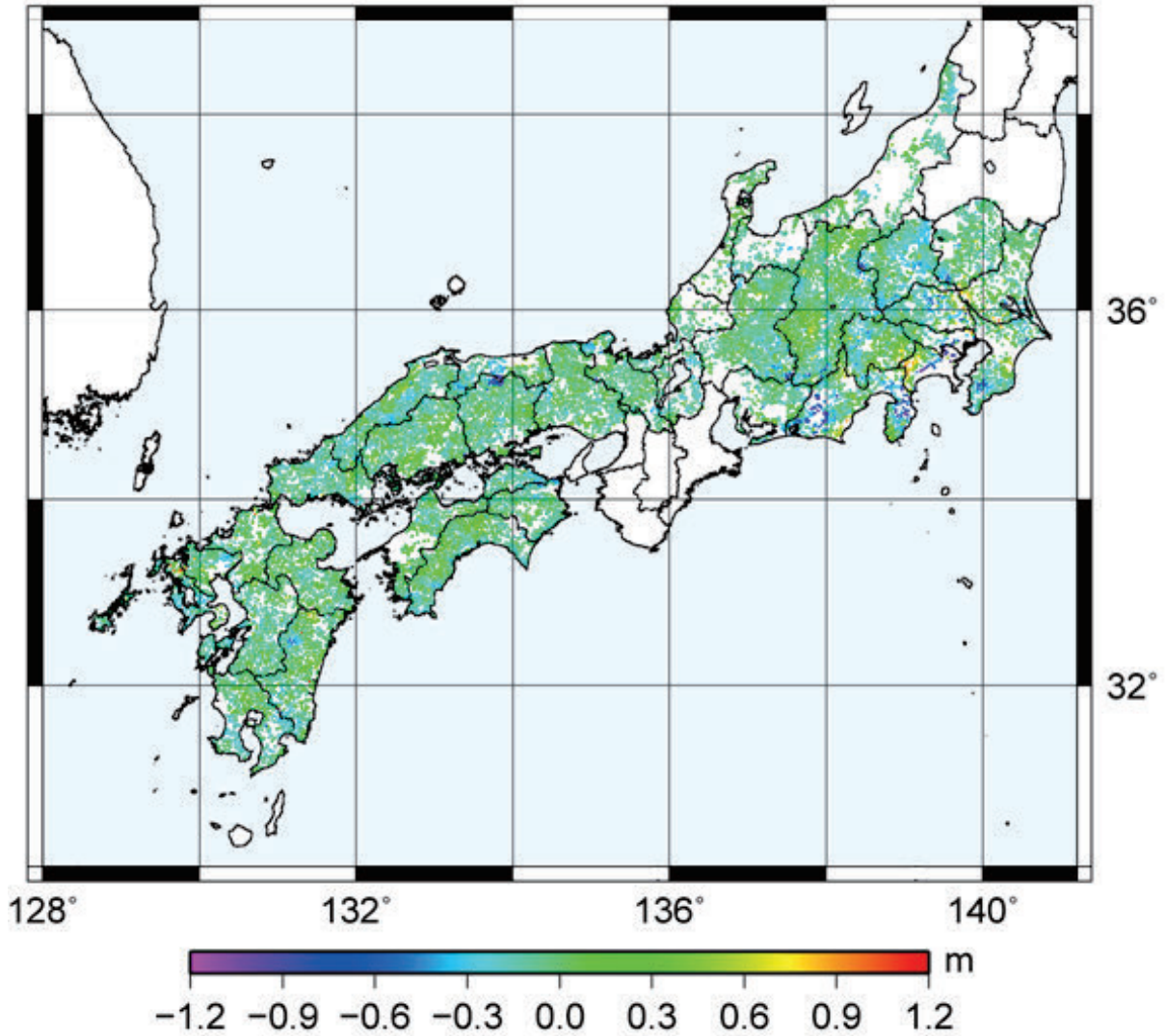


図-7 頂天距離観測データを用いた網平均計算で求められた標高値と測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータによって補正された標高値の差

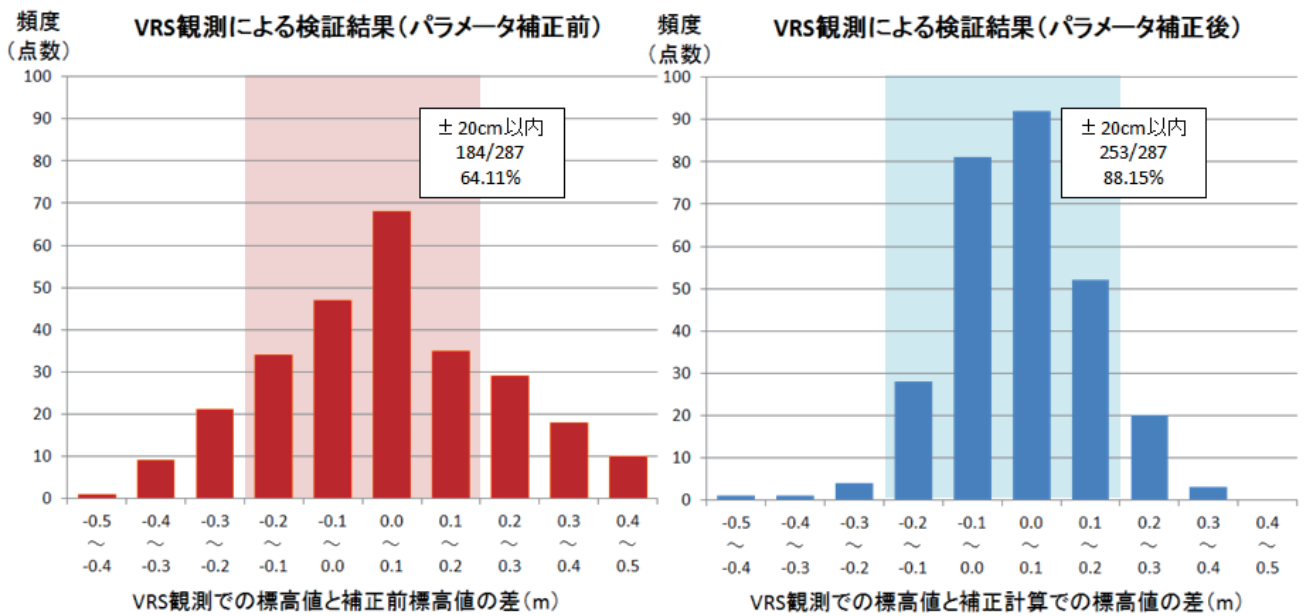


図-8 VRS観測による検証結果

左：VRSによる実測標高値とパラメータ補正前の標高成果値との比較  
 右：VRSによる実測標高値とパラメータ補正後の標高値との比較

### 5.3.3 平成 25 年度基本測量成果による検証

外部評価では、平成 25 年度に国土地理院で実施した基準点測量等の GNSS 測量結果を用いたパラメータの検証も実施した。

GNSS 測量による標高値とパラメータを用いて補正した標高値を比較し、その差を確認したところ、図-9 に示すとおり 128 点中 124 点（約 97%）の三角点において、観測した標高値とパラメータにより補正された標高値の差が±20 cm 以内となり、補正パラメータによる改算結果が基本測量における基準点測量結果と 20cm 以内の差で整合することを確認した。

### 5.4 パラメータ適用範囲の検討・調整

平成 16 年以降に発生した地震を受けて実施した成果改定では、各々の地震による影響だけでなく、明治・大正以降の長年の地殻変動等の影響も同時に補正されており、すでに三角点の標高不整合が解消されている。そのため、以下の地域については「測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ」の適用範囲から除外した。

- 1) 平成 16 年新潟県中越地震における三角点成果停止地域
- 2) 平成 19 年新潟県中越沖地震に伴う標高補正パラメータ提供地域
- 3) 平成 19 年能登半島地震に伴う標高補正パラメータ提供地域
- 4) 平成 23 年東北地方太平洋沖地震において大規模な余震及び誘発地震が発生した地域（長野県栄村周辺、茨城県高萩市周辺）

公共基準点の標高成果を改定する場合、1)と 4)の地域については、地震に伴う地殻変動が複雑であるため、補正パラメータではなく改測による成果改定が必要となる。2)と 3)の地域については、地震に伴う標高補正パラメータを使用することで、地震に伴う変動を含めた明治・大正以降の地殻変動等の影響による標高不整合を補正することができる。

## 6. 三角点の標高成果改定

### 6.1 対象となる三角点の整理

今回の標高成果改定では、前述のとおり 4 種類の標高補正パラメータを新たに構築した。パラメータを適用する地域や対象とする測量の時期は、4 種類すべてで異なるため、各三角点について以下の 3 項目を確認し、適用する補正パラメータを選択した。

- 1) 測量地域：三角点が設置されている地域
- 2) 測量時期：標高成果を算出した測量の実施時期

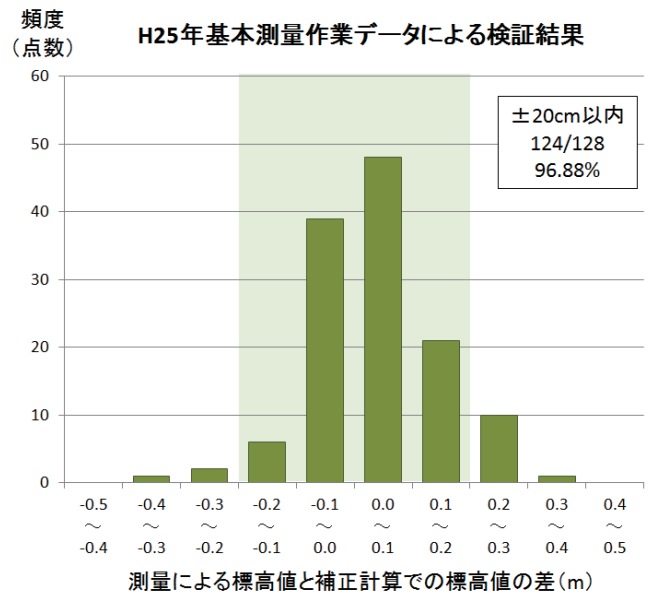


図-9 平成 25 年度基本測量作業データを用いた検証結果

凡例：

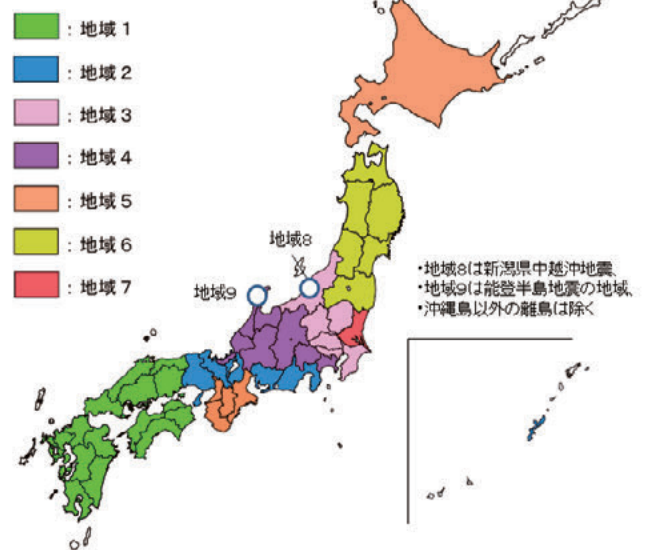


図-10 三角点標高成果改定での補正パラメータ適用における地域区分

- 3) 三角点の種類：標高成果を算出した測量が電子基準点あるいは電子基準点に準拠した三角点を既知点とした測量か否か

上記 3 項目について三角点の測量記録及び履歴をもとに確認し、15 通りの補正パラメータ適用パターンにより標高成果改定を実施した。

### 6.2 標高補正パラメータの適用パターン

三角点の改定成果計算は、図-10 に示す地域毎に使用するパラメータを整理し、表-2 に示す補正パラメータ適用パターンに従って、補正計算を実施した。



表-2 三角点標高成果改定におけるパラメータ適用パターン

No.	地域区分	測量の時期	三角点の種類	補正に使用するパラメータ
1	地域 1	H25 年度以降	電子基準点に準拠した三角点	補正なし
2	地域 1	H24 年度以前	電子基準点に準拠した三角点	① ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
3	地域 1	全期間	電子基準点に準拠していない三角点	① 測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ ② ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
4	地域 2	H11 年度以降	電子基準点に準拠した三角点	① ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
5	地域 2	全期間	電子基準点に準拠していない三角点	① 測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ ② ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
6	地域 3	H23/3/11 以降	電子基準点に準拠した三角点	① ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
7	地域 3	H23/3/10 以前	電子基準点に準拠した三角点	① 測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ ② ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
8	地域 3	全期間	電子基準点に準拠していない三角点	① 測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ ② 測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ ③ ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
9	地域 4	H23/3/11 以降	電子基準点に準拠した三角点	① 電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正パラメータ ② ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
10	地域 4	H23/3/10 以前	電子基準点に準拠した三角点	① 測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ ② 電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正パラメータ ③ ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
11	地域 4	全期間	電子基準点に準拠していない三角点	① 測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ ② 測地成果 2011 移行に伴う標高補正パラメータ ③ 電子基準点楕円体高改定に伴う標高補正パラメータ ④ ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
12	地域 7	H23/3/11 以降	電子基準点に準拠した三角点	① ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
13	地域 7	H23/3/10 以前	電子基準点に準拠した三角点	① 東北地方太平洋沖地震に伴う標高補正パラメータ（不整合込み・不整合なし）による補正（檜山ほか，2011） ② ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
14	地域 7	全期間	電子基準点に準拠していない三角点	① 測量時期の違いによる標高不整合補正パラメータ（茨城版） ② ジオイド・モデル改定に伴う標高補正パラメータ
15	地域 5 地域 6 地域 8 地域 9	全期間	全点	① ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正 （当該地域の三角点は、すべて改測あるいは標高補正パラメータにより、すでに標高不整合が解消されているため、「ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正」のみとなる。公共基準点等の場合は、別途考慮が必要）

公共測量等の標高成果に対するパラメータ適用パターンについては、国土地理院ウェブサイト「標高成果改定におけるパラメータ補正計算方法 (<http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/hyokorev-calc.html>) で確認することができる。

パラメータの適用パターンを 15 通りに分けた理由は、4 種類のパラメータの適用地域がそれぞれ異なることに加え、以下に示す事項を使用するパラメータを選択する際に考慮する必要があるためである。

1) ジオイド・モデルは、平成 25 年 4 月に西日本(中

国、四国、九州地方)で改定されたため、当該地域において平成 25 年度に実施した三角点の測量では、改定後のジオイド・モデルが使用されている。そのため、改定後のジオイド・モデルで標高成果が算出された三角点については、「ジオイド・モデルの改定に伴う標高補正パラメータ」を適用する必要がない。

- 2) 東北地方太平洋沖地震に伴う基準点成果改定は、1 都 19 県を対象としたが、関東地方から中部地方における 1 都 12 県については、電子基準点のみ標高成果を改定し、三角点の標高成果は改定していない。しかしながら、地震後に電子基準点を既知点として測量を実施し、新設あるいは標高成果を更新した三角点については、すでに成果改定後の電子基準点と整合しており、「測地成果 2011 に伴う標高補正パラメータ」を適用する必要がない。

その他、過去の三角点の標高成果改定や地震に伴う成果改定等を考慮した。

### 6.3 改定成果の計算

前述の適用パターンに従い、一等～四等三角点等の計 108,013 点の標高成果を改定した。三角点の標高成果の最大改定量は、静岡県伊東市の三角点で +78cm、千葉県長生郡白子町で -94cm であった。今回の改定により、全国の三角点標高成果がより水準点の成果に整合した標高値に改定された。成果状態が「廃点」の点や水準測量によって標高成果が算出された三角点、ジオイド・モデルが改定されていない一部離島の三角点については、対象から除外した。

### 7. 標高成果改定用計算サイトの構築

三角点の標高成果改定計算は、4 種類の標高補正パラメータを 15 通りの適用パターンに分類して実施した。公共測量成果を改定する場合、各補正パラメータの適用条件が複雑で間違いを生じやすく、ユーザが適切な補正パラメータを選択するために多大

な労力を要すると考えられるため、間違いなく簡便に標高補正を実施するためのツールとして、ウェブブラウザ経由で操作できる新たな成果計算サイト「補正パラメータによる標高成果計算サイト (<http://surveycalc.gsi.go.jp/sokuchi/hyokorev/hyokorev.html>)」を構築した。本サイトでは、標高補正を必要とする基準点の水平座標(緯度・経度、平面直角座標)と標高に加え、補正対象とする基準点の測量地域、測量時期、測量の既知点の情報を入力することで、自動的に必要な補正パラメータを選択し、入力した標高値を補正することができる。本サイトは、すでに一般に公開している標高補正ソフトウェア「PatchJGD(標高版)」([http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/patchjgd\\_h/download/index.html](http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/patchjgd_h/download/index.html))の計算処理にパラメータの自動選択機能を追加したものであり、本サイトと PatchJGD(標高版)の計算結果に違いは生じない。

### 8. まとめ

今回の三角点の標高成果改定では、パラメータによる補正計算手法を採用し、新たに 4 種類のパラメータを構築するとともに、一部離島を除く全国の三角点 108,013 点(多角点等の基準点も含む)の標高成果を改定した。三角点の最大改定量は、プラス方向で 78cm、マイナス方向で 94cm であった。これにより、全国の三角点標高成果がより水準点の成果に整合した標高値に改定された。

改定した標高成果は、平成 26 年 4 月 1 日に公開し、公共測量等での標高成果改定を支援するため、標高補正パラメータ及び補正パラメータによる標高成果計算サイトも同時に公開した。

公共測量成果の改定については、公共測量成果改定マニュアルに従い、補正パラメータによる標高成果計算サイトや「PatchJGD(標高版)」を用いて行うよう、国土地理院の各地方測量部及び沖縄支所で助言及び指導を行っている。

(公開日：平成 26 年 7 月 29 日)

### 参考文献

- 檜山洋平, 山際敦史, 川原敏雄, 岩田昭雄, 福崎順洋, 東海林靖, 佐藤雄大, 湯通堂亨, 佐々木利行, 重松宏実, 山尾裕美, 犬飼孝明, 大滝三夫, 小門研亮, 栗原忍, 木村勲, 堤隆司, 矢萩智裕, 古屋有希子, 影山勇雄, 川元智司, 山口和典, 辻 宏道, 松村正一 (2011): 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震に伴う基準点測量成果の改定, 国土地理院時報, 122 集, 55-78.
- 岩田昭雄 (2008): 北海道地域の三角点標高成果改定について, 国土地理院時報, 116 集, 1-8.
- 岩田昭雄, 越智久巳一 (2011): 紀伊半島地域の三角点標高成果改定, 国土地理院時報, 121 集, 63-67.
- 兒玉篤郎, 森下遊, 宮原伐折羅, 河和宏, 海老名頼利 (2013): 新しいジオイド・モデル「日本のジオイド 2011+2000」の構築 - 中国・四国・九州地方におけるジオイド・モデルの改定 -, 国土地理院時報, 124 集, 73-84.
- 湯通堂亨, 東海林靖, 嵯峨諭, 檜山洋平 (2011): 東北地方の三角点標高成果改定, 国土地理院時報, 121 集, 69-76.