

2012/7/30 JFS講演会

国家基準点の震災復旧と成果改定





国土地理院 測地部
山際 敦史

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

目次

1. 基準点の設置状況
2. 電子基準点で観測された地殻変動
3. 測量成果の改定
 - 日本経緯度原点・日本水準原点
 - 電子基準点
 - 三角点及び水準点
4. まとめ

2

1. 基準点の設置状況

国土地理院の基準点(全国)

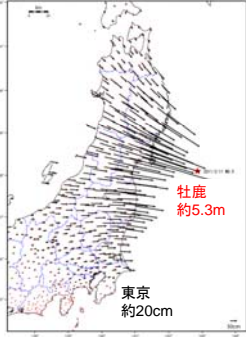
種類	点数	内訳	平均距離
電子基準点 	1,240		20 km
三角点 	109,074	一等三角点 975 二等三角点 5,060 三等三角点 32,326 四等三角点 70,713	25 km 8 km 4 km 1.5 km
水準点 	18,239	基準水準点 86 一等水準点 14,682 二等水準点 3,471	150km 2 km 2 km
合計	128,553		

(2011年3月31日現在)

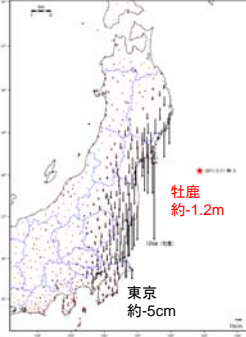
3

2. 電子基準点で観測された地殻変動

<水平変動>



<上下変動>



4

3. 測量成果の改定

◇改定時期の検討

A: 早期復興等のための測量成果ニーズ
→ 被災地復興に係る早期の測量作業の実施

B: 余効変動等が収まった後に算出したい
→ 短期間で再停止は逆に社会的混乱・コストの増大を招く

相反する要件

◇精度的要件

・理想的には歪の全くない成果体系の構築 → 現実的には困難
→ どこまでの相対精度を許容するか？

許容精度: 隣接する電子基準点間で2ppm程度の相対精度

(参考)・公共測量作業規定準則:GNSS観測の許容範囲(水平)⇒ 60mm+20mm√N (結合多角or単路線の場合)
 ・既知点となる電子基準点の座標誤差として60mmを許容
 ・点間距離を約20kmとすると、60mmの誤差⇒3ppmに相当→安全側を見て2ppmの相対精度で管理

5

余効変動量の推定

電子基準点の観測結果から
対数関数※で近似

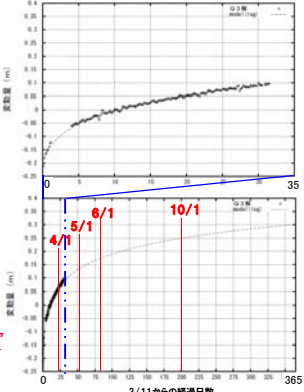
$$y(t) = c + a \ln \left(1 + \frac{t}{\tau_{\log}} \right)$$

(c, a:定数、 τ_{\log} :時定数、t:経過時間)

・計算時期が早いほど変動量は大きい
・各点で変動速度は異なる

将来の蓄積歪量等を考慮し
適切な成果改定時期を検討

→ 成果改定時期を「5月末」に設定



※余効変動を近似する数学モデルとして、指数関数と対数関数が用いられるが、この時点では地震直後の余効歪率が支配的と考え対数関数で近似

山田(950167)の推定余効変動

6

日本経緯度原点・日本水準原点の原点数値改正

今回の地震に伴い、**日本経緯度原点は約20cm東へ移動し、日本水準原点は約5cm沈降したと推定**



日本経緯度原点(東京都港区麻布台)



日本水準原点(東京都千代田区永田町)

原点の位置が移動したことにより、原点の地点と、測量法施行令第2条の示す原点数値に乖離が生じた。

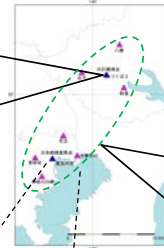
測量の正確さを確保するため、原点数値を改正(10/21)

日本経緯度原点の原点数値決定の手順

①国際観測により、つくばVLBI局の2011年5月24日現在の位置を測定



つくば経緯度観測局(VLBI)



②つくばVLBI局の位置を基準に、日本経緯度原点及び周辺の電子基準点において観測を実施。



日本経緯度原点における位置の測定



日本経緯度原点



電子基準点(GNSS連続観測点)

地図上に▲で示した点

③つくばVLBI局の座標を固定し、日本経緯度原点を含めた各観測点の座標値を決定。

日本水準原点の原点数値決定の手順

<油壺験潮場における観測の現状>

- ①1894年から常時潮位観測を実施
 - 海面の長期的な変動傾向は明瞭には見られない
- ②日本水準原点と油壺験潮場との間で水準測量を繰り返し実施している
 - 油壺験潮場は約3mm/年の沈降傾向
 - 地震直前の験潮場固定点の標高:2.4184m
- ③2002年に局舎屋上にGPS観測点を設置し、連続観測を開始
 - 油壺験潮場では、東北地方太平洋沖地震による有意な上下変動は認められず



原点数値の測定は以下の方針により実施
 ①平均海面には変動がないものとみなす。
 ②油壺験潮場の地震直前の標高値を元に、水準測量により日本水準原点の原点数値を求める。
 ③②の精度検証のため、別の水準路線による検測も実施。

電子基準点成果改定の流れ

電子基準点364点の成果公表停止(3/14)

地震に伴う変動の小さい北海道及び西日本地域においては、従来の「測地成果2000」を利用

東日本地域においては、最新のVLBI及びGNSS観測に基づいて成果計算

計算の結果、成果公表停止地域の境界付近で精度が十分確保できないことが判明

成果改定を行う地域に富山県、石川県、福井県、岐阜県を含め、電子基準点の改定成果を計算

新しい測量成果を公表(5/31)

新しい測量成果→「測地成果2011」(元期2011年5月24日)



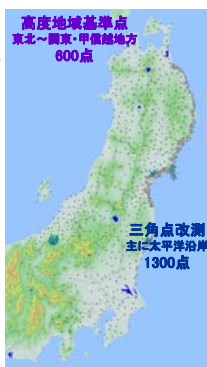
新旧成果の差

パラメータ改算の流れ

>5月31日に改定された電子基準点を基準に**高度地域基準点測量**を実施し、約600点の改定成果を求める。

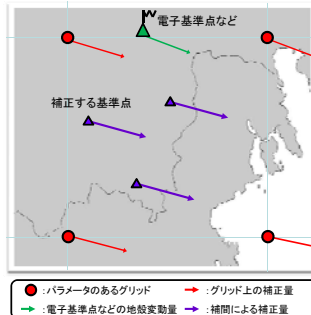
>電子基準点と高度地域基準点における変動から、周辺の三角点における変動量を補間計算。**未改測三角点の成果にその変動量を補正**し、地震後の測量成果を算出。

>補正パラメータで求めた三角点の一部については、別途**GNSS観測作業**を行い、改定成果の精度を検証する。



基準点成果の座標補正・標高補正

当該基準点が属するメッシュの四隅の補正量から、補間により基準点の座標値の補正量を求め、旧座標値に加算し、新しい座標値を求めます。



三角点、公共基準点は、経度・緯度及び高さの基準になります。

補正の例

X座標-Y座標の場合(X系)		
地震前の座標	補正量	補正後の座標
X=1234.00m	X _c =-0.10m	X=1233.90m
Y=7890.00m	Y _c =+0.50m	Y=7890.50m

● パラメータのあるグリッド → グリッド上の補正量
 → 電子基準点などの地殻変動量 → 補間による補正量

干渉SARによる補正パラメータ適用除外区域の検討

一部地域では余震及び誘発地震に伴い、局地的に地殻変動が発生。グリッド補正データに基づく補間計算では成果が正しく改正されない恐れがある。

干渉SAR解析結果を用いて、補正パラメータ適用除外区域を検討

座標補正パラメータによる成果補正

- 地殻変動を補正するためのソフトウェア(PatchJGD)
- 補正パラメータ

ソフトウェア(PatchJGD)のメイン画面

国土地理院ウェブページからダウンロードして、公共基準点の成果改定に利用可能

水準点の網平均計算

精密測地網高精度三次元測量

(水準測量)の実施

- 一等水準点:約1900点
- 一等水準路線:約3600km

↓

- 新しい水準原点の原点数値
- 多点固定による網平均計算
- 成果改定しない水準路線と接続する必要があるため

↓

成果改定 (10月31日公表)

4. 成果改定の時系列によるまとめ

	初動対応期		復旧・復興期		
	2日後	3日後	1週間後	1ヵ月後	6ヵ月後
GEONET (電子基準点)	3時発表	3/11	余効変動の観測	5/31	成果改定 (電子基準点)
三角点水準点			現地測量 (原点)	現地測量 (三角点・水準点)	10/31 成果改定 (三角点・水準点)
測量法施行令 (原点数値)			内閣法制局審査	閣議決定 公布・施行	10/21

234日後に成果公開

国土地理院

Fin

Spatial Information Authority of Japan

(参考)近年の地震発生に伴う基準点成果改定の流れ

地震名	時系列
平成15年 十勝沖地震 (9/26)	<ul style="list-style-type: none"> 水平変動量 87cm H16 6/1 電子基準点 成果算出 三角点196点の改測 H17 4/1 成果改定 約6,700点
平成16年 新潟県中越地震 (10/23)	<ul style="list-style-type: none"> 水平変動量 20cm H16 11/19 電子基準点 成果公表 432点の成果停止 (電子基準点のみ) H16 12/28 90点の三角点 改定成果公表 三角点608点の改測 H17 12/22 成果改定 約600点
平成20年 岩手・宮城内陸地震 (6/14)	<ul style="list-style-type: none"> 水平変動量 150cm H20 8/4 電子基準点 成果公表 2,531点の成果停止 (電子基準点21点) 三角点285点の改測 H21 3/2 成果改定 約2,300点
平成23年 東北地方太平洋沖地震 (3/11)	<ul style="list-style-type: none"> 水平変動量 530cm H23 5月末 電子基準点 成果公表 約44,000点の成果停止 (電子基準点約400点) 三角点約1,900点の改測 H23 10月~11月 成果改定 水準点約3,600kmの改測