平成 25. 都土木技術支援・人材育成センター年報 Annual Report

C. E. S. T. C., TMG 2013

## 1. 東北地方太平洋沖地震に伴う東京都公共基準点成果改定

Tokyo Community Threshold Result Revision with the Tohoku District Pacific Offing Earthquake

### 技術支援課 上之原一有、隼瀬健后、長谷川治雄

#### 1. はじめに

2011年3月11日14時46分頃、牡鹿半島の東南東約 130km付近、太平洋(三陸沖)の海底、深さ約24km を震源とする海溝型の東北地方太平洋沖地震が発生 した。

これにより、国土地理院は、青森県から石川県、 富山県、岐阜県、長野県、山梨県及び神奈川県まで の東日本地域における三角点の測量成果を停止した。

復旧、復興のため、国土地理院は早急な三角点成果の改定が求められた。本来、測量成果の改定は、原点をはじめとする国家基準点網の中で決定されるが、電子基準点は国家基準点の中でも最上位の基準点として骨格的な機能を果たし、他の基準点とは切り離して独自に新座標値を決めることが可能となっている。このため、国土地理院は電子基準点の連続観測結果を基に新座標値を算出し、三角点に先行して2011年5月31日に新成果を公表した。

成果公表停止地域全体については、電子基準点と 改測の新旧座標成果を利用することとし、これらの 旧座標値一新座標値から、この地域の座標補正パラ メータを算出した。

東北地方太平洋沖地震では、地震時の大きな地殻 変動に加え、地震後の余効変動も大きく、終息まで に長時間を要することが予想された。拙速な成果改 定を行うと、以後も地殻変動が蓄積し再度の更新が 必要になる。

国土地理院は、その時期を元期と定め成果停止地域の新成果を公表した。この座標系が、2011年5月

24 日を元期とする ITRF2008 に基づく世界測地系 (2011)である。「元期」とは成果を算出するために固定した期日と時間で、今、測量を実施しようとする時期を「今期」といい、元期と今期の間には地殻変動が蓄積されている。

土地等の位置を表す場合、水平位置は、緯度・経度、高さは標高(東京湾平均海面からの高さ)を用いるが、この位置情報の基準となるものが基準点である。

本稿では、地殻変動を考慮した、東京都公共基準 点の測量成果改定作業(2013年6月1日東京都公共 基準点測地成果2011公表)の内容を紹介する。

#### 2. 東京都公共基準点の整備状況

#### (1)東京都公共基準点の体系

東京都公共基準点は、東京都全域(島嶼部を除く)に整備された最も精度の高い1級公共基準点である。この公共基準点は、東京都土木技術支援・人材育成センター(以下センター)が整備し、2級公共基準点を道路管理部、そして、次級の3、4級公共基準点は各建設事務所が道路事業等のために整備している。さらに、区市町村が公共事業のために整備する公共基準点、及び、国土交通省土地・水資源局国土調査課が街区基本調査のために整備した街区基準点等の既知点としても利活用されている。

一般的に、基準点を整備するための測量作業規程 は、国土地理院が定めた準則が模範規程となってい る。区部中心部から西多摩地域が都の事業地域であ るため、東京都公共基点(1級基準点)測量作業規程 は、準則を上回る精度となっている。

図-1、図-2は、東北地方太平洋沖地震前の東京

都公共基準点測地成果 2000 からの変位ベクトル図 であり、この図が示すように、全体的には東方向に なっている。

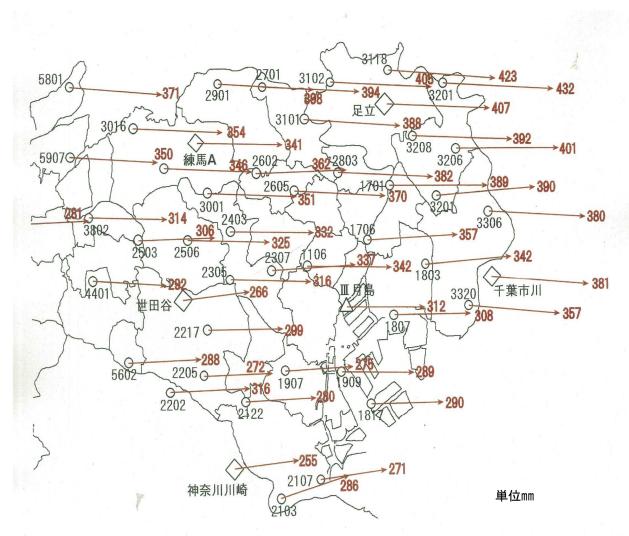


図-1 震災前後変動ベクトル図(区部)

#### (2) 東京都公共基準点の構成

東京都公共基準点は、表-1のように8種類に 分類されている。

### (3) 東京都公共基準点の整備経緯

東京都公共基準点は昭和 61 年度から設置、観測 を開始している 11~60。

昭和61年度から平成4年度にかけては、光波測 距儀を主体とした三辺測量(EDM測量)により23 区から小平、三鷹、青梅にわたる地域で実施した。 平成5年度~平成10年度にかけては、GNSS測量機を用いた測量(GNSS測量)により青梅、町田、日野、八王子及び奥多摩の地区で実施された。その後、平成14年に世界測地系に移行し、奥多摩、桧原地区で増設(奥多摩GNSS測量)。そして平成20年に整備完成した。(表-2参照)

設置公表後、センターは、精度の高い基準点成果を信頼して利活用して頂くため、維持管理を毎年度実施している。



表-1 東京都公共基準点の構成

基準点種類	点番号区分	
国家三角点	000	
取付け点	000-1	
屋上点	0000	
地上本点	0000-2	
第一方位標	〇〇〇〇-3 埋標	
第二方位標	○○○○-4 避雷針	
第一方位標	○○○○-4 避雷針	
第二方位標	○○○○-5 避雷針	

## 3. 東京都公共基準点成果改定の実施内容

## (1) 成果改定の方針

センターでは、公共測量作業規程の準則 第4章 復旧測量 第76条4項『地震等において地殻変動が 生じ、電子基準点を含む基本測量に異常をきたし、 改測等が行われ成果が更新された場合・・・』に基 づき成果改定作業を行った。

国土地理院は、2011年10月31日、東北地方太平洋沖地震後の日本経緯度原点の新しい原点数値を、東に約27cm移動と公表した。この公表数値を念頭に、現地に即した東京都公共基準点成果改定作業に着手した。東京都公共基準点は、屋上点、地上点で構成されているため、屋上点網で精度確保し、地上点は屋上点を既知点として成果改正する計画を立てた。

都内の土地は、山間部から湾岸エリアを有し、中には河川もある。そこで、成果改定の作業方針は、 以下の4点とした。

表-2 整備状況

地区	観測実施年度	種別	実用網平均計算年度
23 区	昭和 61 年~63 年	EDM	平成3年
	平成1、2年		
小平	平成3、4年	EDM	平成 5 年
三鷹			
青梅	平成 5 年	EDM	平成6年
		GNSS	
町田	平成6年	GNSS	平成7年
日野	平成7年	GNSS	平成8年
八王子	平成8年	GNSS	平成9年
奥多摩	平成9、10年	GNSS	平成 11 年
檜原ほか	平成 11~13 年	GNSS	平成 15 年
奥多摩	平成 17、18年	GNSS	平成 19 年

## (注) 世界測地系変換

昭和61年 ~ 平成5年	EDM	平成 14 年
平成 5 年 ~ 平成 10 年	GNSS	

- ① 改測は、屋上点の154点について電子基準点を既知点としたGNSS測量を実施。
- ② その他の屋上点は、旧観測値を用いた改算による座標変換を実施。
- ③ 改算実施前に、改測をした屋上点を基にシミュレーションし、最適な計算方法を検討。
- ④ 標高については、GNSS 観測点では更新があったが、EDM 地区及び地上点の標高は、検討の結果変えていない。

## (2) 成果改定手順

東京都公共基準点(屋上点)の観測は、EDMに

よる地区と GNSS による地区に区分して行った。屋上 点全点を一括して網平均計算する場合、混合網平均 計算が必要である。しかし、東京都公共測量作業規 程や他の作業規程によれば、EDM 観測データと GNSS 観測データを混合した網平均計算を実施することは できない。したがって、屋上点の網平均計算は、EDM 地区、GNSS 地区及び奥多摩 GNSS 地区の 3 地区に区 分して実施した。

## (3) 東京都公共基準点 (屋上点) 改測

平成24年度は、前年度既に実施した東京都公共基準点(屋上点)GNSS測量103点以外の基準点の中から、震災による影響や都全体としてのバランスなどを考慮し改測点51点を選点した。

成果改定の対応方法の種類は表-3に示す通りである。新点位置の標準偏差の最大値は表-4の通りで、良好な計算結果が表-5に示すように得られた。

表-3 対応方法の種類

対応方法 の名称	メリット	デメリット
改測	最も精度が高い。	経費が高い。時間が掛かる。
	改測と座標補正の中間的な作業手法で	地震後の成果を算出するために地
改算	あるため、精度、経費及び時間のバラ	震前の観測値を用いることに技術
	ンスが良い。	的矛盾がある。
座標補正	最も経費が安い。	パラメータを作成したときのデー
(地理院パ	最も時間が短い。	タ密度が粗いため、適合しない地
ラメータ)		域がある。
成無法工	経費が安い。時間が短い。	地域毎に適合したパラメータを作
座標補正	国土地理院パラメータよりも実際の現	成するための経費と時間が掛か
(地域パラ メータ)	地に適合したパラメータとなってい	<b>ప</b> .
<b>メー</b> ダ)	<b>る</b> 。	

表-4 標準偏差

精度管理項目	値	許容範囲
水平位置の標準偏差	最大値 11 mm	50 mm
標高の標準偏差	最大値 13 mm	200 mm

## 4. 実用網平均計算

#### (1) 実用網平均計算の方針

この平均計算を行うに当たっては、後述の様に分類して行った。

- ① 既知点は、電子基準点のみを既知点として観測した三角点と東京都公共基準点(屋上点)(以下、東公点という)。三角点については、地震後の改測成果とする。
- ② 東公点網内の地区は、大きく分けて EDM、GNSS 地区に分類され三角網で計算していたが、奥多摩地 区では多角網の観測網となったため 3 地区に分類。
- ③ EDM 地区と GNSS 地区の境界に位置する点の成果決定に当たり、GNSS 区域の成果を固定。
- ④ 網図内の三角点については、辺長が短い場合 に東公点網の精度 1/7 万を満足できない辺がある。 これを解消するため全点節点扱いにする。
- ⑤ 東公点の作業規程に記載されている網図内の 固定点(既知点)割合が25%以上とあるが、精度確保 のため止むを得ず下回る(表-6参照)ことについ て関東地方測量部の了解を得た。
- ⑥ 固定点は、平成23年度東京都公共基準点維持管理委託(区部・多摩)と同年度東京都公共基準点調査委託で実施された改測点及び平成24年度東京都公共基準点維持管理委託(区部)と同年度東北地方太平洋沖地震に伴う成果改定委託で実施した改測点とした。

## (2) 屋上点の実用網平均計算

屋上点については、表-5記載条件の基に計算した。

## (3) 地上点の実用網平均計算

地上点については、屋上点の改算結果を既知点と して実用網平均計算を実施。計算は、各地上点ごと に単独で実施した。

#### (4) 改定成果の評価

EDM 地区、GNSS 地区及び奥多摩 GNSS 地区内成果の標準偏差を表-5 記す。

表-5 標準偏差

地区名	標準偏差	許容範囲
EDM 地区	36 mm	
GNSS 地区	8 mm	50mm
奥多摩 GNSS 地区	27mm	

#### 表-6 各地区の条件等

#### (1)GNSS 地区

#### (2) EDM 地区

点数 ◎未知点 399点 ◎固定点 93点 ◎ 93/(399+93)=18.9% ◎ 93/(399+93)=18.9% ◎ 93/(399+93)=18.0% ◎ 93/(399+93)=19.0% ◎ 93/(399+93/(399+93)=19.0% ◎ 93/(399+93/(399+93)=19.0% ◎ 93/(399+93/(399+93/(399+93/(399+93/(399+93/(399+93/(399+93/(399+93/(399+93/(399+93/

#### (3) 奥多摩 GNSS 地区

以下に、3地区の網図を記す。

図-3:GNSS 地区の網図

図-4:EDM 地区の網図

図-5: 奥多摩 GNSS 地区の網図

GNSS 地区の精度は、EDM 地区の  $1/4\sim1/5$  の大きさ

で、非常に良い精度で成果改定ができた。

奥多摩 GNSS 地区は、山間部のため、観測に GNSS タワーを使用している。このため、平地よりは精度が低下するが、それでも EDM 地区よりは精度が高い。 EDM 地区と奥多摩 GNSS 地区の精度は若干低いが、実用上全く問題はなく、精度の高い成果が得られたと判断できる。

## 5. 下級基準点の成果改定

## (1) 下級基準点への影響と他自治体基準点

一部の自治体基準点においては、成果改定時期が 東京都公共基準点よりも早いものがある。しかし、 他自治体が管理する公共基準点も、電子基準点のみ を既知点として改測された成果を基に成果改定され ているため、整合性は高いと考えられる。

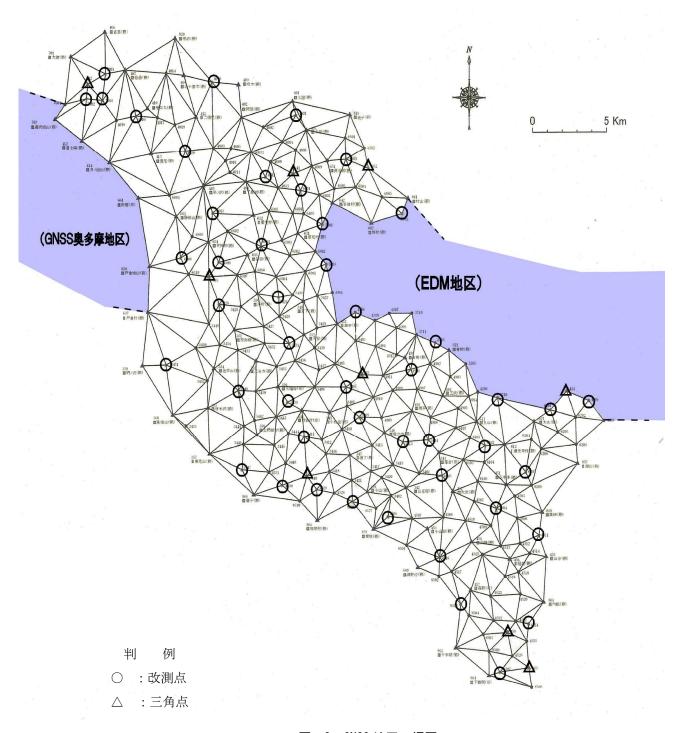


図-3 GNSS 地区の網図

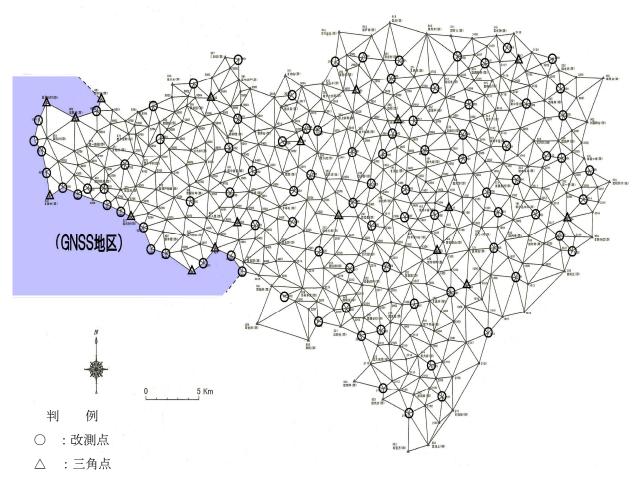


図-4 EDM 地区の網図

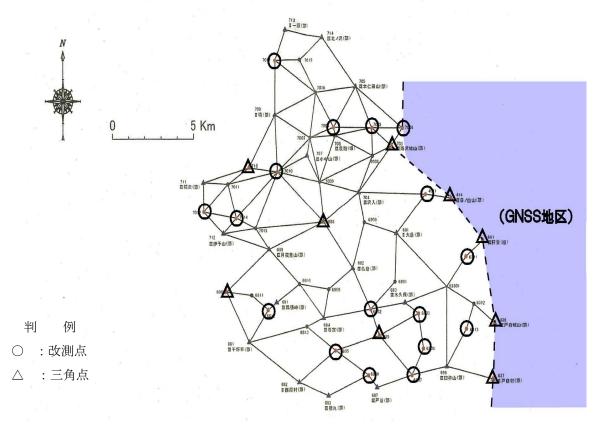


図-5 奥多摩 GNSS 地区の網図

9 |-|X|

- 280 -

また、一部の自治体や国土交通省土地・水資源局 国土調査課が、地籍調査のために設置した街区基準 点等の基準点が都内には無数あり、これらは国土地 理院が算出したパラメータを用いて成果改定されて いる。

# (2) パッチ JGD (Patch Japanese Geodetic Datum) の変換について

下位基準点の改定には、変換パラメータを使用すれば費用が安価となる。しかし、図-6に見るように、今回の改算成果とパッチ JGD 変換成果との差が大きい。できるならば、改測等によりパラメータを作成することの方が良い成果が得られるのではないか。

#### 6. おわりに

東京都公共基準点の維持管理は、昭和63年度から 実施され、今年度で25年目である。公共基準点成果 改定作業を迅速に行うには、測地成果2000公表から の公共基準点の経緯を短期間で把握する必要がある。 このためにも毎年度維持管理してきた意義は大きい。 測地成果2000公表から現在までの屋上点亡失率は 約18%である。これによる復元は、全てGNSS測量 によるため、GNSS地区全体の測量網に不整合はない。 しかし、EDM網地区では、今後予想される亡失点増 加に伴い、測量網の中にGNSS測量網が混在した混合 網になってくる。網平均計算では、混合網計算がで きないため、網平均計算への影響が懸念される。 また、地上点については、都内の地殻がほぼ東方向に変動し、キロメートル当たり数ミリメートルの伸びだったことから、屋上点成果を基準として改算した。

今回は、1級基準点の改算のため、電子基準点の みを与点とする GNSS 測量が実施できた。電子基準点 を与点とする GNSS 測量の利点は以下の3点で、今後 の東京都公共基準点の復元測量及び改測の精度確保 及び測量方法として大きな効果が期待できる。

- ① 既知点の GNSS 観測が省略できる。
- ② セッションを考慮せず観測できる。
- ③ 電子基準点は何時でも観測できる。

将来の測量は、衛星を利用した GNSS 測量が主体の時代がやってくる。その一方で東京都公共基準点の設置箇所の多くが樹木下等により、電波が届きづらい状況にある。このため、トータルステーションによる測量に頼らざるを得ず、移設等の際は、精度及び利用の観点から GNSS 測量できる箇所に選点する必要がある。また、これからの地図は、地理空間情報活用推進基本法によりデジタル地図に欠かせない基準点の存在が重要になってくる。東京都公共基準点は、地図情報を活用した新しい時代に遅れぬよう、精度管理の向上、施設管理者及び使用者との信頼関係を築いていかなければならない。

最後に、東京都公共基準点成果改定にあたり、ご 指導頂いた国土交通省国土地理院、公益社団法人日 本測量協会の皆様に御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 長谷川治雄、山田泰三、斎藤量(1992):東京都公共基準点の整備(区部)、平4. 都土木技術年報、255-262
- 2) 山田泰三、長谷川治雄、斎藤量(1992):東京都公共基準点の仕様、平4. 都土木技術年報、279-384
- 3) 長谷川治雄、山田泰三、斎藤量(1994); GPS を用いる測量作業規程、平 6. 都土木技術年報、157-164
- 4) 長谷川治雄(2003): 測量法改正に伴う東京都公共基準点の座標変換、平15. 都土木技術年報、179-184
- 5) 山本富士男、長谷川治雄、上之原一有(2004):「東京都公共基準点」(奥多摩地区-2) の共用開始、平 16. 都土木技 術年報、413-416
- 6) 長谷川治雄、川合将文、石原成幸(2009):東京都公共基準点の整備、平 21. 都土木技術支援・人材育成センター年報、 313-318