

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震に対する測地部の取り組み

Responses of Geodetic Department of GSI to the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004

測地部

沼川邦男・平井英明・白井康友¹・志茂久男・根本恵造・大滝三夫²・土井弘充・斉藤 正・
真野宏邦³・湊 敏弘⁴・田上節雄・徳留 護・菅原 準・河和 宏・田中愛幸・住谷勝樹・
井上武久・千葉浩三・山田晃子・岩田和美・千田進一¹・齋田宏明・斉藤郁夫⁵

Geodetic Department

Kunio NUMAKAWA, Hideaki HIRAI, Yasutomo SHIRAI, Hisao SHIMO, Keizo NEMOTO,
Mitsuo OHTAKI, Hiromitsu DOI, Tadashi SAITO, Hirokuni SHINNO, Toshihiro MINATO,
Setsuo TANOUE, Mamoru TOKUDOME, Jun SUGAWARA, Hiroshi KAWAWA,
Yoshiyuki TANAKA, Katsuki SUMIYA, Takehisa INOUE, Hiromi CHIBA, Akiko YAMADA,
Kazumi IWATA, Shinichi CHIDA, Hiroaki SAITA and Kunio SAITOU

北陸地方測量部 伊藤純一・山中雅之

Hokuriku Regional Survey Department Junichi ITO and Masayuki YAMANAKA

要 旨

平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分頃、新潟県中越地方を震源とするマグニチュード 6.8、最大震度 7 の「平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震」（以下「中越地震」という）が発生した。

機動観測課では、10 月 27 日～29 日にかけて緊急測量調査として、GPS 機動連続観測点の選点作業を実施し、魚沼市立堀之内小学校屋上と十日町市立下条小学校屋上に設置場所を選定した。翌週、GPS 機動連続観測点の設置作業を実施し、ほぼ同時に両点で観測を開始することができた。観測データは、現在も国土地理院へ 3 時間毎に送信されている。

また、測地基準課では、地震活動で大きな地殻変動が認められた地域において、復旧・復興事業に必要な測量の正確な基準を与えるために緊急測量調査（三角点、水準点の復旧測量）を実施した。その後、緊急測量調査の結果を踏まえ、さらに広域に周辺地域において三角点の復旧測量作業を実施中である。

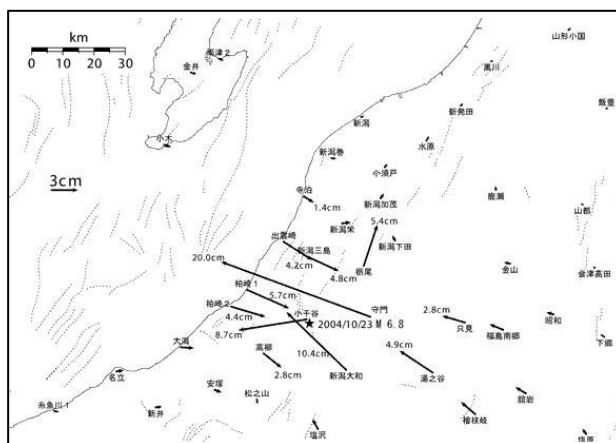
本稿では、GPS 機動連続観測点の設置、緊急測量及び復旧測量の実施内容及び観測結果について概要を報告する。

1. はじめに

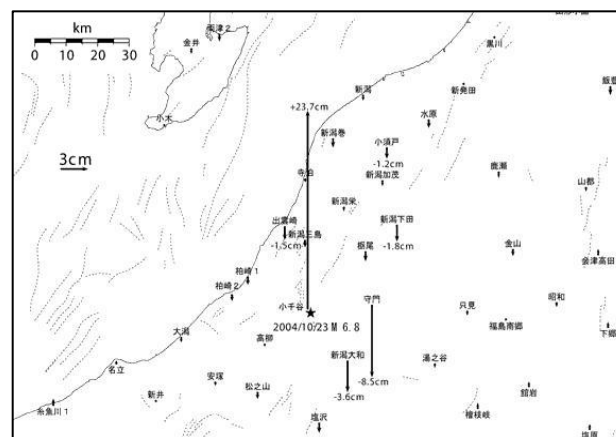
新潟県川口町で震度 7 を記録した「中越地震」は、死者 39 名、負傷者 2,623 名、住家全壊 415 棟、半壊等 10,283 棟（11 月 4 日 12 時現在、総務省消防庁による）をはじめ、上越新幹線の脱線、道路の崩落、陥没、河道閉塞による家屋の浸水など各地に甚大な被害をもたらした。

また、「中越地震」の後、18 時 03 分に M6.3、18 時 11 分に M6.0、18 時 34 分には最大余震となる M6.5 の地震が相次いで発生するなど、余震活動はきわめて活発で、23 日だけでも震度 5 以上の地震が 10 回

観測された。



図－1 電子基準点変動ベクトル図（水平）



図－2 電子基準点変動ベクトル図（上下）

国土地理院は、発災直後の 18 時 30 分に災害対策本部を設置、北陸地方測量部にも現地災害対策本部を設置し、情報の収集と職員の安全確認を行なった。

現所属：¹ 測地観測センター、² 近畿地方測量部、³ 地理地殻活動研究センター、⁴ 中部地方測量部、

⁵ 九州地方測量部

また、電子基準点による地殻変動の緊急解析を行なうとともに、データ回収不能になった震源周辺の電子基準点の点検調査のため、現地緊急調査班を2班編成で24日未明より順次、現地に派遣した。

現地緊急調査班の編成は、安全管理員1名、班長(安全管理員兼務)、班員3名の4名体制で、国土地理院災害対策本部とは、日々、定時の連絡と現地進入前後の連絡など、安全確認を行いながら作業にあたった。

2. 地殻変動の監視

現地緊急調査班による電子基準点のデータ回収及び停電復旧等により、地震前後の電子基準点データを24日午後に解析できた。解析結果から、電子基準点「小千谷」が約24cm隆起し、約9cm西南西方向へ移動、「守門」が約9cm沈降し、約20cm西北西方向へ移動、「新潟大和」が約4cm沈降し、約10cm北西方向へ移動していることなど、「中越地震」による新潟県を中心とした広い範囲での地殻変動が確認された(図-1, 図-2)。また、余震活動が活発であり、本震後の地震変動の推移を詳しく解明する必要があると判断し、機動的にGPS連続観測点を設置し、地殻変動の監視を行うこととした。

3. GPS 機動連続観測点の設置

3. 1 概要

機動観測課では、10月27日、GPS機動連続観測点(以下、「機動観測点」という)の設置場所を選点するために緊急測量調査班として職員2名を現地に派遣した。緊急測量調査班は、自動車で10時過ぎに国土地理院を出発し、関越自動車道を経由して現地に向かった。13時30分に月夜野ICに到着したが、この先は一般車両の通行が禁止されていたため、月夜野ICにおいて緊急車両の登録手続きを行ってから被災地へ入った。

震源域周辺では、地震の影響で建物の倒壊、道路損壊や土砂崩れ等の被害が大きく、道路の通行不能箇所も各所にあるため、小出警察署で通行可能な道路の情報を収集してから作業に取りかかった。

機動観測点の選点作業では、事前に地形図等で震源付近の学校や市町村庁舎等の位置をリストアップして図上計画を立て予定地を順番に調査して回った。機動観測点を最も設置したい候補地は山古志村であったが、地震発生直後でもあり現地への進入及び観測機器の設置等が困難なため、今回の地震の断層モデル西側に位置する魚沼市堀之内周辺が地震の震源に近いことや周囲の電子基準点との間隔も適当であることから第一候補地とした。魚沼市立堀之内小学校の周辺を調査した結果、堀之内小学校の校舎屋上はGPS観測を行う観測条件を満たしており機動観測

点設置に適していると判断して、2番目の設置候補地である川口町に向かった。

本震に最も近い川口町は震度7の揺れにより壊滅的な被害が発生しており、電気、電話等の復旧の見通しがたっておらず観測機器を設置することができないと判断して、次の候補地である十日町市に向かうことになった。十日町市では下条小学校の周辺を調査した結果、十日町市立下条小学校の屋上が機動観測点の設置に最適と判断した(図-3)。

2箇所の機動観測点設置場所が決定したので、関係市町村の教育委員会等との設置許可申請手続きの打ち合わせを進めるとともに、データを転送するには電話回線の敷設工事契約が必要なため、新潟市のNTT 東日本新潟支店に向かい電話敷設工事の打ち合わせを行い29日に帰庁した。



図-3 GPS 機動連続観測点設置位置図

3. 2 「M堀之内」「M十日町」の設置

機動観測点設置作業は、11月4、5日に実施した。機動観測点の型式は、選点調査の結果をもとに、2点とも屋上タイプのアンテナ架台を設置することになった。魚沼市と十日町市は日本有数の豪雪地帯であり、積雪対策のためアンテナ架台に改良を加えた。機動観測課で常時所有している屋上タイプ機動観測点のアンテナ架台は、床面からアンテナグランドプレーン面まで50cmの高さしかないため、今回、アンテナグランドプレーン面までの高さが1.5mになるアンテナ架台を急遽製作して現地に搬入した(写真-1)。11月4日には、魚沼市立堀之内小学校の屋上に機動観測点「M堀之内」の設置工事を実施した(写真-2)。



写真-1 アンテナ架台



写真-2 堀之内小学校屋上に設置した GPS 機動連続観測点「M堀之内」



写真-3 下条小学校屋上に設置した GPS 機動連続観測点「M十日町」

翌日は、十日町市立下条小学校の屋上に機動観測点「M十日町」の設置工事を実施した（写真-3）。両観測点とも校舎の屋上中央付近に GPS アンテナを設置し、受信機、モデム等の通信用機器は収納ラックに入れて屋上棟に設置した（写真-4）。



写真-4 収納ラック

【M堀之内の仕様】

観測点番号 049066
 名称 M-HORINOCHI
 設置年月日 2004/11/04
 受信機 Trimble 4000SSE S/N 3521A10381
 アンテナ Microcenter S/N 0220234683
 電波吸収材 E & C VHP-8-NRL
 架台 屋上型 ステンレス製 1.5m
 レドーム 半球型（ポリエチレン）
 通信 一般回線
 モデム オムロン ME5614E
 電源 商用電源

【M十日町の仕様】

観測点番号 049067
 名称 M-TOOKAMACHI
 設置年月日 2004/11/05
 受信機 Trimble 4000SSE S/N 3521A10767
 アンテナ Compact L1/L2 S/N 0080088679
 電波吸収材 E & C VHP-8-NRL
 架台 屋上型 ステンレス製 1.5m
 レドーム 半球型（ポリエチレン）
 通信 一般回線
 モデム オムロン ME5614E
 電源 商用電源

両観測点とも設置と同時に観測を開始し、観測したデータは3時間毎に国土地理院（つくば市）へ送信され、各種資料作成のために利活用されている。

3. 3 機動連続観測点の保守

11月5日の観測開始からデータの取得は順調で基線解析の結果も良好であったが、2カ所の機動観測点とも12月下旬から成分変化グラフに異常な変化が現れ始め、その原因として積雪との因果関係が疑われることになった。

新潟県中越地方は、日本でも有数の豪雪地帯であることから、アンテナ架台を改良して通常の架台に比べアンテナが高くなるように設置した。ところが、平成16年の積雪量は例年に比べて異常に多く、気象庁のアメダス（十日町市）のデータを見ると12月

22日頃から降り始めた雪は12月31日には77cm、1月13日には225cmの積雪量になっている。その後も連続的に降り続き、2月1日には最深積雪量3mに達していた。

機動観測課では、2月7日に現地の観測機器の保守点検作業に入った。十日町市の下条小学校屋上及び魚沼市の堀之内小学校屋上は、どちらも積雪が3m近くありアンテナレドームは完全に雪の下に埋もれてしまっていた。雪の重みにより、レドームの破損を防ぐため、レドーム周囲の雪を取り除く作業を行った。

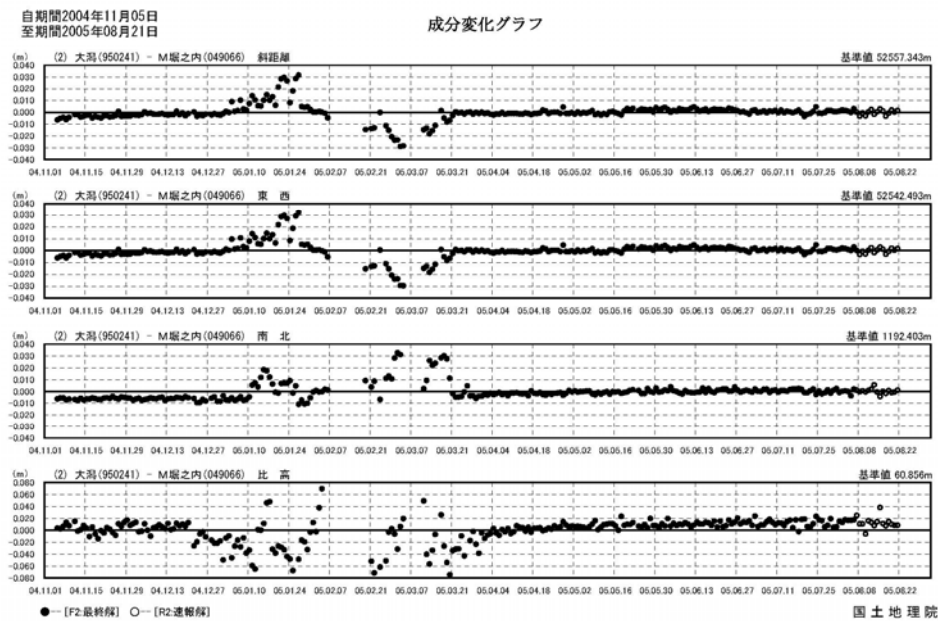


図-4 M堀之内成分変化グラフ

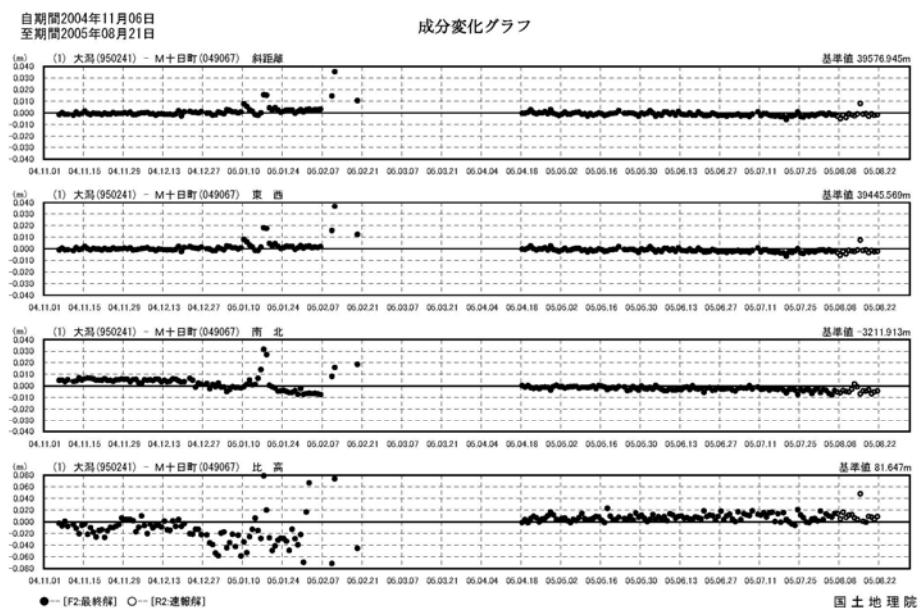


図-5 M十日町成分変化グラフ

冬期にはいつてからの成分変化グラフを見ると、12 月 23 日頃から比高成分のグラフに異常な変化が表れ始めて、その後、1 月 10 日頃からは水平成分のグラフにも異常な変化が見えるようになった。2 月 7 日の保守作業により、レドーム上部の雪を取り除いたため、さらに異常な変化を示す結果になった。

M堀之内は 3 月下旬の雪解けまで異常な変化が見られたがその後正常に戻っている。

M十日町は、受信機のトラブルにより 2 月中旬から観測が停止することになるが、4 月 18 日の保守作業で復旧し現在まで順調に稼働中である。

3. 4 機動連続観測の成果

M堀之内及びM十日町は、新潟県中越地震の震源域に近いところに設置され、積雪時期を除いた観測データについては良好な結果が得られている（図－4、図－5）。両観測点は、地震後の余効変動の検出や余震に伴う地殻変動の監視に重要なデータを提供している。

4. 基準点成果の停止と公共測量の指導助言

今回の地震に伴う地殻変動で基準点の位置が大きく変動し、公共測量等で利用できないことが想定された地域の基準点成果（三角点 385 点、水準点 47 点）の公表は、平成 16 年 11 月 2 日から停止している（図－6、図－7）。なお、復旧測量等を実施した基準点の成果は、順次公表していく予定であり、前述のとおり、緊急測量調査で改測した 90 点の三角点成果は既に公表している。成果公表の詳細については、「新潟県中越地震に伴う基準点成果の取り扱いについて」として、国土地理院ホームページ上で周知している。同時に、基準点成果の公表停止にあたり、緊急を要する復興事業に伴う測量及び公共測量に対する助言・指導を行っている。



図－6 三角点成果公表停止地域

（* 図記載の市町村名は、平成 17 年 3 月末現在とした。
以下の図も同様な扱いにした。）

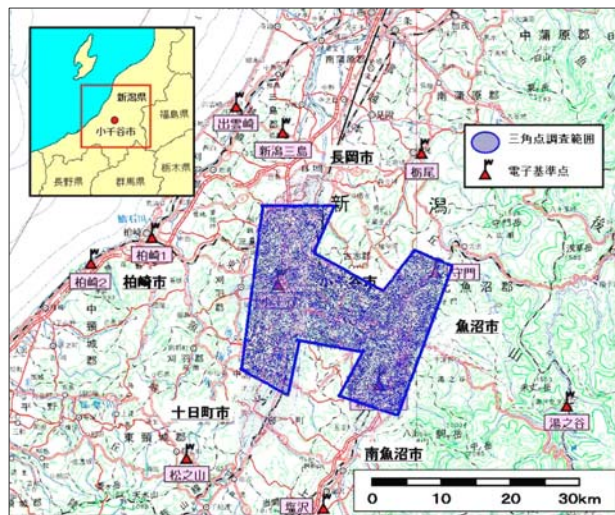


図－7 水準点成果公表停止地域

5. 緊急測量調査

測地基準課では、電子基準点データの解析結果から、大きな地殻変動が認められた地域において、地震に伴う詳細な地殻変動の把握及び災害復旧・復興に資するため、被災地域に設置されている三角点の緊急測量調査を実施した。

緊急測量調査は、11 月 1 日から三角点の設置状況等の現状把握する選点作業にはじまり、地震による傾斜など標石の異常を修正する三角点の補修作業、11 日からの GPS 測量機による観測作業が 12 月 3 日まで行われ、取得した観測データから三角点の変動量等を算出する解析、成果算出作業と続き、12 月早々に関係機関に暫定成果を提出することができた。



図－8 三角点調査作業地域

5. 1 緊急測量調査（選点）

選点作業は、11 月 1 日から同月 6 日にかけて実施した。調査地域は、地震による電子基準点の動き、

被害の程度、災害復興・復旧事業における三角点の利便性等を考慮した結果、図－8の範囲となり、調査点数は144点であった。

調査内容は、三角点の敷地所有者はもとより、三角点の保存状況や、地震による影響（傾斜、損傷等）をはじめ、GPS アンテナ設置の可否、設置する場合のアンテナ高、支障樹木の有無や数量等詳細にわたるものであった（写真－5、写真－6、写真－7）。

同時に、観測を実施する際に必要な安全管理に関する情報や、作業地の道路状況等の情報収集をするとともに、関係機関に対して作業実施に関する協力依頼（口頭及び文書）を行った。



写真－5 崩落した道路（魚沼市）



写真－6 崩れ落ちた三角点（小国町）



写真－7 43cm 平行移動した屋上点（魚沼市）



写真－8 僅かに傾斜していた三角点の補修状況

5. 2 緊急測量調査（補修）

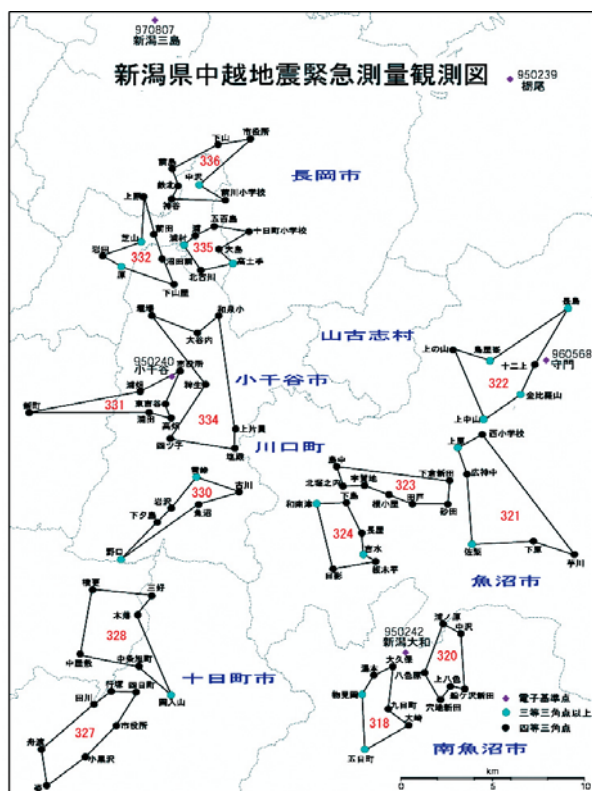
補修作業は、調査作業の結果を受け、地震の影響等で傾斜するなどした三角点10点について行った（写真－8）。なお、本作業は、後述の観測作業の中で時間を調整しながら実施した。

また、道路脇などにあって地震により崩れ落ちた三角点は、改めて別な場所に設置しなおす必要があり、本作業では時間的な制約もあり実施しなかった。

ちなみに、標石も正常、通常の三脚または長脚でGPS観測が可能な三角点は78点あった。また、標石は正常であるものの、高度角 15° の上空視界が確保できないことから、観測が不可能と判断した三角点は21点あった。

5. 3 緊急測量調査（観測）

観測作業は、11月11日から12月3日にかけて、前述の調査結果による78点と、観測作業中に調査した12点の合計90点の三角点で実施した。観測した三角点の内訳は、二等三角点2点、三等三角点16点、四等三角点72点で、このうち、学校等の建物の



図－9 緊急測量観測図（セッション毎）



写真－9 GPS アンテナの設置 (小千谷市)



写真－10 屋上点の観測準備 (魚沼市)

屋上に設置してある三角点（屋上点）は 22 点であった。緊急測量観測の範囲は図－9 のとおりである。

観測は、GPS 測量機を用い「基準点改測作業要領」に基づいて実施した。人員編成は、安全管理員 1 名と観測班（1 班 3 名）が 3 班の編成で実施した。

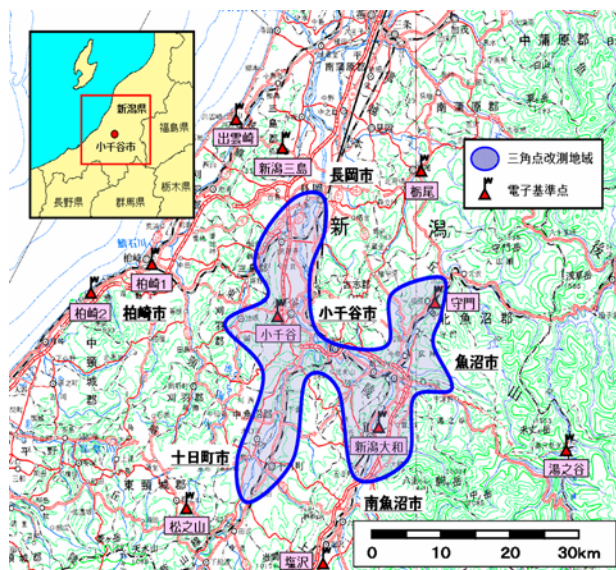
1 日の観測点数は 6～7 点、GPS 観測時間は 3 時間であった（写真－9、写真－10）。

この観測作業には、「一刻も早く関係機関に新しい三角点成果を提供する」という目的があった。そのため、既知点の電子基準点の観測データをインターネットにより取得し、現地で基線解析、三次元網平均計算、三角点座標値の算出という手順で計算作業は行われた。その結果、新しい三角点成果は「暫定成果」としてではあるが、関係機関に提供でき、当初の目的を果たすことができた。しかし、解析ソフトや携帯電話によるデータ通信での不具合などが発生し、時間を要したこともあり、無線 LAN の使用や関連ソフトウェア整備など、今後検討すべき課題もある。

5. 4 緊急測量調査（解析・成果算出）

観測結果は、セッション毎に解析を行い、計算終了次第、関係機関に暫定成果として提供した。解析は放送暦を用いて実施した。12 月 28 日には改測した三角点 90 点の新しい基準点成果（改定成果）を公表した（図－10）。

また、三角点の水平変動ベクトルを算出した結果、地震前の成果と改定成果との比較で、最大 22cm の水平変動が確認された（図－11）。



図－10 三角点改測範囲