

4.2 平成16年(2004年)新潟中越地震

局所的な地殻変動のため、電子基準点は震源域周辺の電子基準点3点について、隣接する電子基準点固定により成果を改定した。

震源断層の大きさやすべり量から判断して、地殻変動地域は震源域から約20kmの範囲と推定される。震源域周辺の成果改定地域の把握及び緊急災害復興に資するため、地殻変動地域内の三角点90点について緊急測量を実施し、成果を改定した。緊急測量結果に基づき、三角点約500点の改測を実施して成果を改定する(図-9)。

水準点については、水準路線77kmの緊急測量を実施し、そのうち地殻変動の大きな水準点35点(水準路線75.5km)について成果を改定した(図-10)。



図-9 電子基準点・三角点成果改定地域



図-10 水準点成果改定路線

4.3 平成15年(2003年)十勝沖地震

電子基準点の観測結果から求められた震源モデルにより平均的な地殻の歪み量が2ppm(10kmで2cm)を超える地域(約3万km²)について、基準点成果を改定することにした(図-11)。この地域には、約5,500点の三角点が設置されており、すべての三角点の改測は非現実的なため、骨格的な三角点において高度地域基準点測量(GPS測量)を行い、空間的に詳細な地殻変動を捉えた。その測量結果と電子基準点測量解析結果から求めた座標補正パラメータにより三角点の成果を改定した。

また、電子基準点及び三角点間の相対的な整合性を確保するため、地殻変動パターンが異なる網走地域は、平成17年度に高度地域基準点測量を実施するとともに、座標補正パラメータを作成し、電子基準点・三角点成果を改定する。

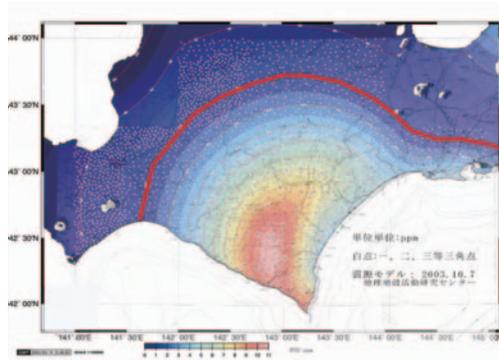


図-11 震源モデルによる地殻歪み量

4.3.1 電子基準点

成果改定地域周辺の電子基準点を固定して、地域内の電子基準点80点について成果を改定した。観測データは、地震発生後、長期間にわたり余効変動が続いたため、余効変動が縮小した2004年7月（地震発生後約10ヶ月）のものを使用した（図-12）。

4.3.2 三角点

骨格的な三角点196点について、高度地域基準点測量により成果を改定した。

その他の三角点約5,200点については、座標補正ソフトウェア「PatchJGD」により成果を改定した。

また、「PatchJGD」により求めた三角点成果を検証するためにGPS測量を行った39点の三角点については、観測データにより成果を改定した（図-12）。

4.3.3 水準点

震源域付近の詳細な地殻上下変動の把握及び災害復興事業に資するため、水準路線481kmについて緊急測量（高精度三次元測量）を実施した。また、地殻上下変動が広域に見られるため、翌年の2004年にも水準路線約2,100kmについて高精度三次元測量を実施した。そのうち、地殻変動の大きな水準点1,235点（水準路線2,670km）について成果を改定した（図-13）。



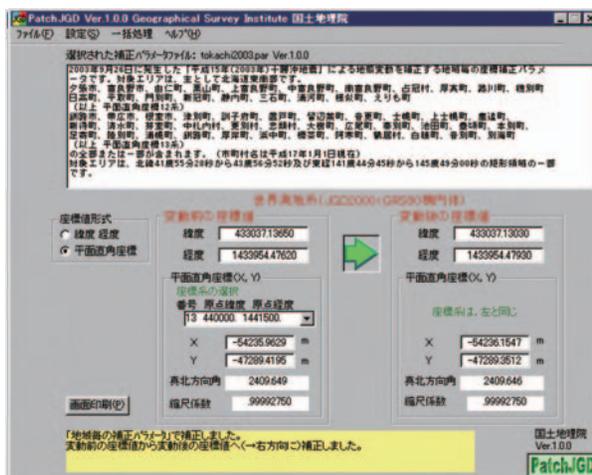
図-12 電子基準点・三角点成果改定地域



図-13 水準点成果改定路線

5. 座標補正ソフトウェア「PatchJGD」

基準点の成果改定は、これまで主に改測を中心に実施していたが、2003年9月26日に発生した十勝沖地震のように広域に地殻変動が生じた場合、より効率的に基準点成果を改定する手法が必要となる。このため、地震前の基準点成果を地震後の基準点成果に一括補正または1点毎に補正する座標補正ソフトウェア「PatchJGD」（図－14）を開発した。



図－14 座標補正プログラム「PatchJGD」

「PatchJGD」の適用については、地震により生じる歪みは、規模やメカニズムにより様々な様相を示すことから、個々の地震について検討する必要がある。

「PatchJGD」は、電子基準点、高度地域基準点における地震に伴う地殻変動量から、周辺の三角点における地殻変動量を補間計算し、測量を行わなかった三角点の成果にその変動量を加えて、地震後の測量成果を算出する座標補正ソフトウェアである。

座標補正ソフトウェア「PatchJGD」は、実行プログラム「PatchJGD」と地域毎の座標補正パラメータファイル、並びに関連する文書より構成されている。内容及び利用法については国土地理院ホームページ上で公開している。

5.1 座標補正プログラム「PatchJGD」

「PatchJGD」プログラムは、地域毎の座標補正パラメータファイルを読み込み、ユーザから入力された任意の座標値に応じて必要なパラメータを使用して変動後の座標値に近似的に補正する。ただし、入力する座標値は、世界測地系「日本測地系2000（ITRF94系）：GRS80楕円体」に準拠していることが前提である。

5.2 地域毎の補正パラメータファイル

補正パラメータは、JIS X0410（地域メッシュコード）により設定された格子点（点間隔は、緯度方向30秒・経度方向45秒）（図－15）における座標補正量である。電子基準点・高度地域基準点の成果改定量（緯度差と経度差、単位は秒）を元に、クリギング法（格子点以外の点の既知の値から、格子点の未知の値を推定するアルゴリズムの一つ）により

グリッド化処理を行い、格子点での緯度方向での補正量 dB と経度方向での補正量 dL を計算する。

成果改定地域での補正量はこうして求められた座標補正パラメータから、任意の基準点上の補正量 dB と補正量 dL をバイリニア補間法（4点の格子点データによる補間法）により近似的に求めることができる。

「平成15年(2003年)十勝沖地震」による地殻変動を補正するために作成した地域毎の座標補正パラメータを図-16に示す。

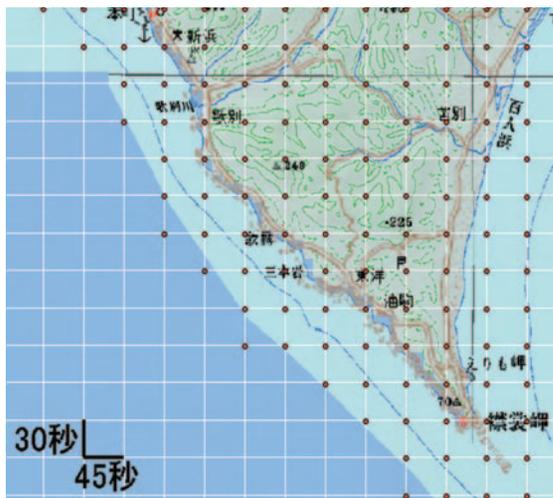


図-15 地域メッシュコードによる格子点

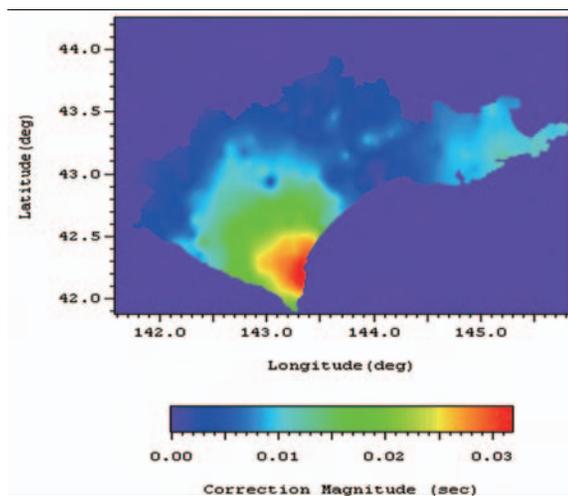


図-16 座標補正パラメータ

5.3 精度評価

座標補正ソフトウェア「PatchJGD」の精度を確認するため、内部評価、外部評価及び異なる補正アルゴリズムとの比較を行った。

5.3.1 内部評価

求められた座標補正パラメータの妥当性を評価する第一段階として、座標補正パラメータの内部評価を行った。内部評価とは、求められた座標補正パラメータと座標補正パラメータ計算のために使用した変動量との整合を確認するものである。

座標補正パラメータ作成に用いた電子基準点80点、高度地域基準点182点、検証点17点について、座標補正ソフトウェア「PatchJGD」により求めた補正值と再測量により求めた成果改定値との較差は最大約3cm、標準偏差は約3mmであり非常に整合性が高いことが確認された。

5.3.2 外部評価

座標補正ソフトウェア「PatchJGD」による補正值の信頼性を確認するため、三角点39点で電子基準点を既知点としたGPS観測（1時間または3時間観測）を実施した。

検証作業による改定値と座標補正ソフトウェア「PatchJGD」による補正值を比較した結

果、約70パーセントの三角点での較差は10 c m以内であり、三角点設置時の測量精度や電子基準点を利用した測量結果と測地成果2000構築のアルゴリズムの根本的な座標差など様々な誤差を考慮すると良好な結果であった。

5.3.3 異なる補正アルゴリズムとの比較

異なる補正方式として、アフィン変換を用いる補間方法による比較を行った。アフィン変換は3点の基準点の座標補正パラメーターにより、X座標及びY座標の回転量、スケールファクター等の補正パラメータを求めて、任意の基準点上の座標を近似的に求める。座標補正量の大きな海岸線の三角点12点をピックアップして比較した結果、数 cm の差でよく一致した。

6. おわりに

基準点の座標メンテナンスは、2004年度から始まった第6次基本測量長期計画の基本施策の中で、「位置情報基盤の整備と利活用の推進」が掲げる基本理念「いつでも、どこでも、だれでも、必要な精度で現在の位置を知ることができる環境の構築」を実現するための基盤となるものである。そのための第1段階として、地震などによる非定常的な地殻変動による基準点成果の効率的な改定手法が確立された。今後、公共基準点を含めた基準点GISの構築手法を確立することにより、更なる効率的な基準点の座標メンテナンスが期待される。

また、電子基準点による日本列島の地殻変動把握及び全国を5年（歪み速度の速い地域）または10年周期で実施する高度地域基準点測量により、セミ・ダイナミック測地系を活用した定期的な座標メンテナンスが可能となる。