

平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震に対する測地部の取り組み The Response of the Geodetic Department of GSI to the Tokachi-oki Earthquake in 2003

測地部

辻宏道・白井康友・大滝三夫・杉原和久¹・川本利一²・高島和宏・木村勲・井上武久
Geodetic Department

Hiromichi TSUJI, Yasutomo SHIRAI, Mitsuo OHTAKI, Kazuhisa SUGIHARA¹,
Riichi KAWAMOTO², Kazuhiro TAKASHIMA, Isao KIMURA, and Takehisa INOUE

要 旨

平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震に対応して実施した現地における緊急測量 (水準測量, GPS 測量), 三角点・水準点の維持管理に関する処置, 新十津川における VLBI 観測, 帯広における絶対重力観測について述べる。また 2004 年度に計画している三角点・水準点の復旧測量の考え方を説明する。今回の海溝型巨大地震における対応を通し, 地震後の基準点体系の維持管理に関する経験が深まったと考えられる。

1. はじめに

2003 年 9 月 26 日 4 時 50 分頃, 十勝沖を震源とするマグニチュード (M) 8.0 の海溝型巨大地震が発生し, 北海道浦河町, 静内町等で最大震度 6 弱を記録した。

国土地理院では, 直ちに電子基準点の連続観測データを解析し, この地震に伴って, えりも町の電子基準点が約 87cm 東南東方向へ移動し, 大樹町の電子基準点が約 31cm 沈降したことを, 同日 16 時に公表した (測地観測センター・北海道地方測量部, 2004)。また, これらの観測データに基づく地震の断層モデルを, 同日 19 時に公表した (地理地殻活動研究センター, 2004)。

三角点や水準点の測地測量を担当する測地部でも, 地震後, 直ちに測地部災害対策管理本部を設置して対応を検討した。その結果, 電子基準点で顕著な地殻変動が観測された日高・十勝地方において, 詳細な地殻変動を把握するため, 水準測量及び地殻変動観測点での GPS 測量を緊急に実施することを決定した。

現地では, 9 月 27 日から 30 日に緊急調査を行い, 水準路線, 電子基準点及び道路状況を確認した (2 章)。10 月 1 日から 6 日に, 浦河地区に設置されていた地殻変動観測点 (6 点) で GPS 測量を実施した (3 章)。また, 10 月 15 日から 12 月 3 日に, えりも及び豊頃周辺で水準測量 (路線長 481km) を実施した (4 章)。

一方, 三角点での GPS 測量については, 積雪等の影響により年度内の作業は困難であった。このため, 電子基準点や VLBI 観測から得られた地殻変動の特徴を踏まえ, 三角点・電子基準点の測量成果 (経緯度) の当面の扱いや今後の復旧測量計画等について技術的及び行政的な検討を行い, 本格的な復旧測量は 2004 年度に実施することとした (5 章)。

さらに, 平成 15 年十勝沖地震に関する緊急研究の一環として, 2004 年 3 月に, 帯広市で絶対重力観測を実施した (6 章)。

このような地震後の測地測量は, 地震に伴う地殻変動の詳細を把握するのに有効であるが, 同時に基準点体系の維持管理の面からも重要である。2003 年 7 月に発生した内陸性地震である宮城県北部の地震 (M6.2) と対比しながら, 十勝沖地震への対応の特徴を述べる (7 章)。

なお, 本稿では作業担当課の名称がしばしば登場するが, このうち測地第一課, 第二課, 第三課は, 2004 年 4 月の組織変更により, 測地基準課, 物理測地課, 宇宙測地課に再編されている。

2. 現地緊急調査

2.1 概要

2003 年 9 月 26 日の十勝沖地震時に, 機動観測課の職員 5 名は, 火山変動測量のため北海道駒ヶ岳周辺に滞在中で, さらに機動観測課長も指導のため現地に滞在していた。翌 27 日, 機動観測課職員 2 名から構成される緊急調査作業班が編成され, 現地に進入した。作業班は, 測地部災害対策管理本部と連絡を密に行い, 水準路線の状況, 電子基準点の状況及び道路状況等について随時報告を行った。この緊急調査では, 9 月 30 日までの間に, 水準路線 481km, 電子基準点 10 点の調査を行った (図-1)。



図-1 現地緊急調査地域図

¹ 現在, 中部地方測量部; ² 現在, 北海道地方測量部

¹ Now at Chubu Regional Survey Dept.; ² Now at Hokkaido Regional Survey Dept.

2.2 調査結果

緊急調査の結果、日高・十勝地方の国道において、歩道の陥没（写真－1）や一部の時間帯で通行止めがあるものの、水準測量作業実施にあたっては影響が小さいと判断することができた。また、調査した電子基準点には傾斜等の異常はみられなかった。



写真－1 歩道部分に段差が生じた橋（豊幌町付近）



写真－2 地殻変動観測点「浦河5」。GPS アンテナの設置誤差を抑えるため、ピラーを設置している。

3. 地殻変動観測点における GPS 測量

3.1 概要

2003年10月1日、先に現地に進入していた緊急調査作業班と、北海道駒ヶ岳火山変動測量作業に従事していた機動観測課職員3名が合流し、詳細な地殻変動把握のため、浦河地区に設置してある地殻変動観測点6点において、緊急「変動地形調査」を実施した（図－2、写真－2）。

浦河地区では前回観測を1998年8月に行っており、地震前後の局所的な地殻変動を捉えることが期待された。

10月2日に地殻変動観測点6点の調査を行い、ピラーに異常がないことを確認した後、10月3日から5日に、GPS観測及び現地解析計算を行った。GPS観測は、全点同時に観測する15時間のセッションを、2回行った。



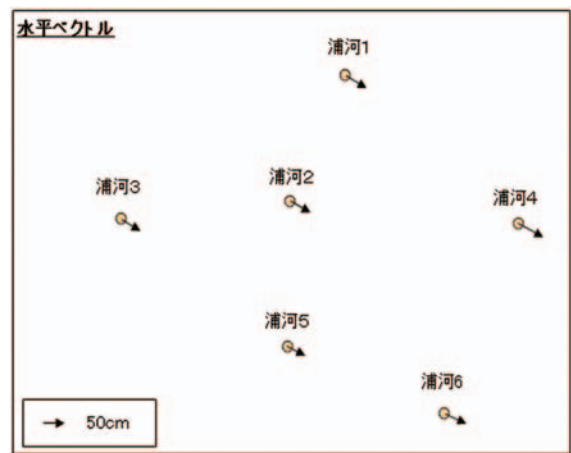
図－2 地殻変動観測点位置図

3.2 測量結果

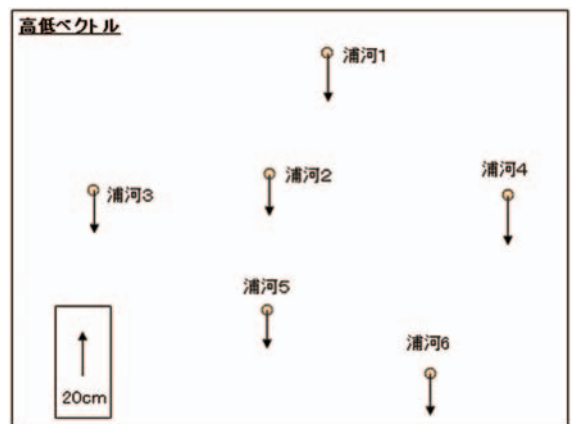
現地解析計算の結果、2セッション間の較差は、最大で水平位置12mm、高さ24mm（基線長12km）となり、良好な観測結果が得られた。

前回の観測結果と比較すると、水平位置で南東方向に48.5cm（浦河5）から66.2cm（浦河4）に及ぶ地殻変動量が検出された（図－3）。高さの変動は、-15.1cm（浦河5）から-19.6cm（浦河4）に及んだ（図－4）。

これらの変動ベクトルは、近隣の電子基準点の変動とほぼ一致しており、浦河地域全体がほぼ一様に歪みつつ、変位したことがわかる。



図－3 水平変動ベクトル



図－4 高低変動ベクトル

4. 水準測量

4.1 概要

2003 年 9 月 26 日の十勝沖地震に伴い、電子基準点では最大約 30cm の沈降が記録された。測地第三課では、震源域周辺のより詳細な地殻上下変動を把握するため、外注作業による「高精度三次元測量」（水準測量）を 10 月 15 日から 12 月 3 日に実施した。

作業地域は、今回の地震で震度 6 弱を記録した北海道十勝・日高地方を中心に、釧路市から帯広市、豊頃町を経由して門別町に至る水準路線である（図-5）。全体の観測距離は 481 km で、作業は豊頃地区（240 km）、えりも地区（241 km）の 2 地区に分けて実施した。この観測路線の中には、地殻変動の総合的な様相を捉えるため、近隣の電子基準点、検（験）潮所及び基準重力点への取付水準測量路線も含まれている。

観測は、①今回の地震による上下変動をできるだけ早く把握したいこと、②作業地域では 12 月以降は降雪及び強風（風速 10 m / 秒以上）のため観測できない可能性があることから、期間を 11 月末日に限定して実施した。



図-5 十勝沖地震に伴う水準測量実施路線図

4.2 2003 年度水準測量結果

前回観測は、一等水準路線については 1988 年から 1993 年に、えりも町南端の二等水準路線については 1974 年に行われている。これらの前回の測量結果と、2003 年度に実施した水準測量の結果とを、釧路検潮所を基準として比較し、今回の十勝沖地震に伴う広域な地殻上下変動を求めた（図-6、図-7 上）。

震源域に近い大樹町、広尾町周辺の一等水準点で、約 30cm の最大の沈降があったと推定される。これは、電子基準点の観測により確認されている最大の沈降約 30cm とほぼ一致する。また、えりも町南端の二等水準点では、最大約 3cm の隆起が確認された（図-7 下）。

なお、今回の測量の基準とした釧路検潮所へは、1993 年の釧路沖地震（M7.8）直後に取付水準測量が行われているが、その後、釧路検潮所は、今回の地震前までに約 15cm 沈降していることが、潮位観測により確認されている（図-8）。したがって上下変動の算出では、釧路検潮所における約 15cm の沈降量を一律に補正している。

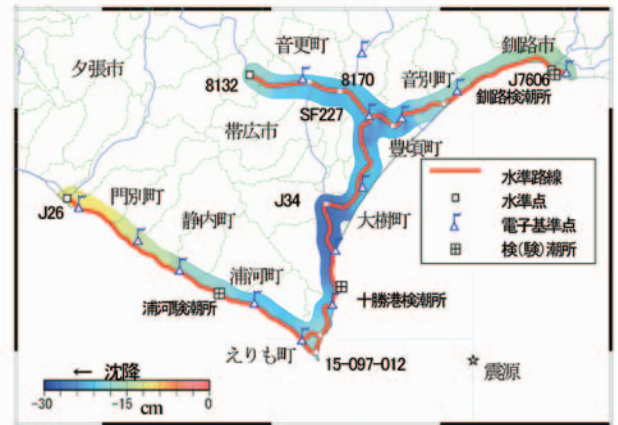


図-6 十勝沖地震に伴う水準路線上下変動図。
釧路検潮所の沈降量（15cm）を補正したもの。

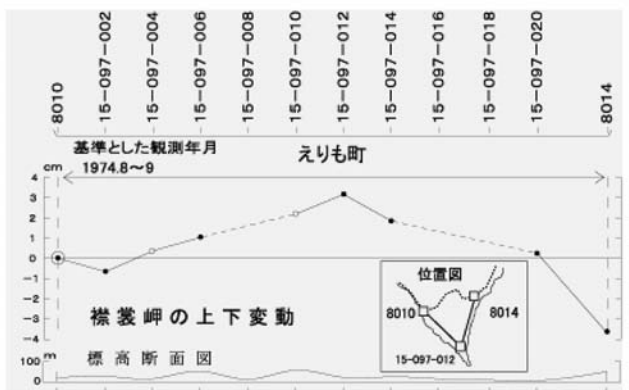
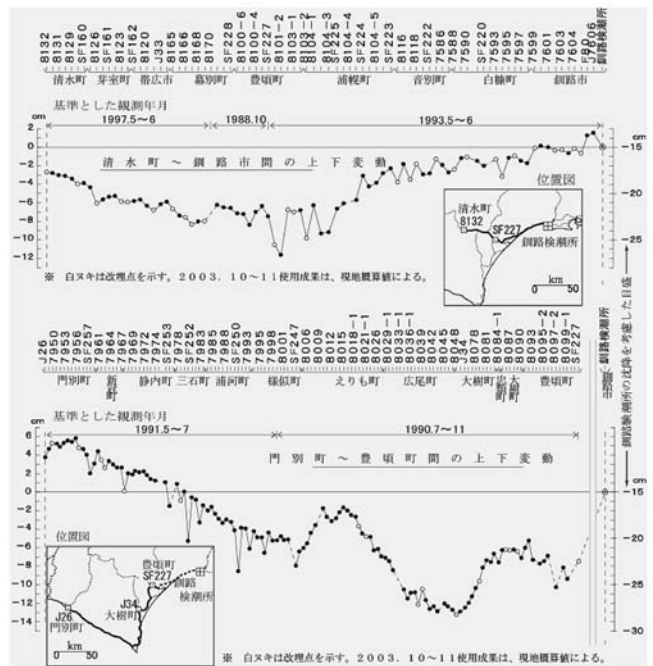


図-7 十勝沖地震に伴う水準点上下変動グラフ

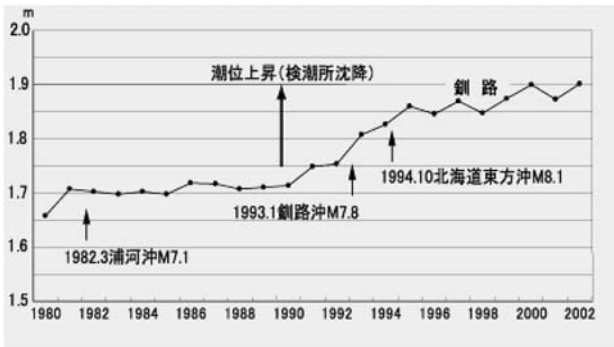


図-8 釧路検潮所の平均潮位グラフ



図-9 2004年度水準測量実施路線計画図

4.3 2003年度水準点成果

緊急測量の結果、震源域に近い大樹町から浦河町に至る路線の水準点において、地震に伴う大きな上下変動が確認されたため、2003年12月中旬に水準点の測量成果(標高)の提供を停止した。その後、2004年1月、日高・十勝・釧路地方の地震後における水準点成果の取り扱い方針を、次の通り定めた。

- 1) 十勝沖地震に伴う地殻の上下変動は広範囲に及ぶと推定されるため、今回実施した水準路線以外についても2004年度に高精度三次元測量を実施し、日高・十勝・釧路地方を中心とする広域での水準点成果の改定を行う。
- 2) 当面、次の条件に該当する水準点については、緊急測量結果により「暫定成果」を計算して公表する。
 - ① 実用成果(2000年度平均結果)からの変動量が、隣接点の変動量に比べて、15mmを超える水準点
 - ② 釧路検潮所を固定して5cm以上の沈下が確認された、大樹町から浦河町までの路線にある水準点
 この結果、90点の水準点暫定成果を公表した。

4.4 2004年度測量計画

2004年度においても、十勝沖地震に伴う広域の上下変動を把握するとともに、水準点成果の精度・正確さを保つため、2003年度に実施した水準路線以外の北海道中央部・東部・西部地域の水準路線2,069kmについて、高精度三次元測量を実施することとしている(図-9)。

これらの2003、2004年度の測量結果を利用して水準点成果を計算し、上下変動の大きな地域において成果改定を計画している。2004年度の高精度三次元測量は11月までに観測を終了させ、2005年度初めには改定成果が公表できるよう準備を進めている。

5. 三角点におけるGPS測量

5.1 概要

今回の十勝沖地震をはさむ2003年8月と10月の電子基準点のルーチン解析結果を比較すると、最大約97cmの東南東方向への水平変動が確認される(図-10)。

測地第二課では、地震前の2002年度に浦河・釧路地区の一・二等三角点49点において、「高度基準点測量」を実施していた。これは、電子基準点及び一・二等三角点で形成される平均距離20kmの観測網においてGPS測量を行うものである。したがって、これらの三角点でGPS測量を繰り返せば、今回の地震に伴う震源域周辺の詳細な水平変動を把握できる。

このため、2004年度から高度基準点測量の後継事業として開始される「高度地域基準点測量」により、水平変動の大きい地域の三角点の再測量を行うこととした。これは、電子基準点、一・二・三等三角点で形成される平均距離10kmの観測網でGPS測量を行うものである。

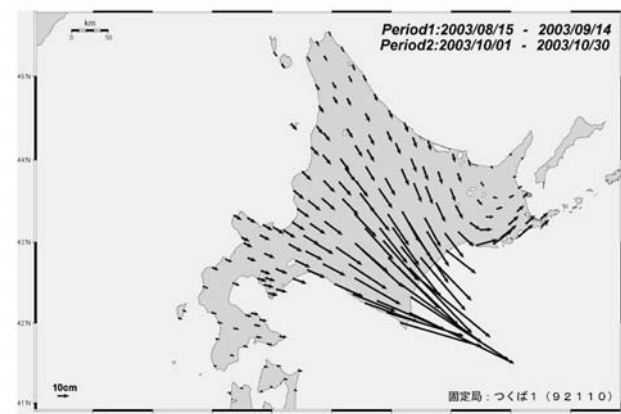


図-10 電子基準点における水平地殻変動。地震前後の2時期における解析結果(つくば局固定)の差を表示。

また、電子基準点、一・二・三・四等三角点の測量成果(経緯度)の改定地域や手法についても検討を行った。十勝沖地震は海溝型巨大地震であったことから、広域に地殻変動が発生しており、電子基準点の観測結果から求