# 平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震に伴う緊急現地調査（水準測量）
# Emergency Field Survey with the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007

測地部
池田尚應・横川正憲・田上節雄・佐々木利行・塩谷俊治・大森秀一・根本盛行
Geodetic Department
Hisao IKEDA, Masanori YOKOKAWA, Setsuo TANOUE, Toshiyuki SASAKI,
Toshiharu ENYA, Shuichi OHMORI and Moriyuki NEMOTO

**要　　旨**

平成 19 年７月 16 日 10 時 13 分頃，新潟県柏崎市沖を震源とする M6.8，最大震度６強の「平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震」（以下,「中越沖地震」という.）が発生した．この地震の被災地には柏崎験潮場を含む一等水準路線が設置されていることから，地殻変動に関する学術的資料を収集すること，基本水準点測量成果を更新することを目的に，国土地理院災害対策要領に基づき現地緊急測量調査班を編制し，安全管理員の任命を受け，発災の２日後から緊急水準測量を実施した．

緊急水準測量は,被災地を中心に 44.8㎞ の水準路線について行い,日々の測量結果は帰宿後に整理し，速やかに電子メールで国土地理院災害対策本部（以下,「災害対策本部」という.）に送信した．測量結果は水準路線の上下変動を精密に捉え，断層モデルの推定に寄与した．

今回の直営による緊急水準測量は,平成 13 年１月に国土地理院が国の防災機関に指定されて以来，初めての作業である．

## １．はじめに

新潟県柏崎市で震度６強を記録した「中越沖地震」は死者 15 名，負傷者 2,345 名，住宅全壊 1,259 棟，半壊 5,487 棟，一部損壊 34,485 棟（12 月５日 10 時 30 分現在，内閣府による）をはじめ，道路・鉄道の損壊や土砂崩れなどの甚大な被害をもたらした．また，ライフラインである電力，都市ガス，水道の被害が広範囲に及び，多くの方々が被災生活を余儀なくされた．

国土地理院は，７月 16 日 10 時 18 分に「災害対策本部」を設置し，測地部では，同日 10 時 35 分に測地部災害対策班を設置した.そして,「災害対策本部」は，同日に機動観測課職員５名（班長を含む），測地基準課職員１名（７月 30 日に同課職員と交代）の班編制で７月 18 日から８月 10 日までの 24 日間の緊急水準測量を行うために現地緊急測量調査班の派遣を決定した．

今回の「中越沖地震」は震源が海域であるため，海岸部を含む水準路線の地殻変動データの取得が望まれた．この路線の前回観測は，昨年（平成 18 年）の９～10 月であることから，貴重な地殻変動データが取得できるものと期待された．

本稿では，国土地理院が実施した「中越沖地震」に伴う緊急水準測量の作業概要と得られた測量結果について報告する．

## ２．作業概要

### ２．１　準備・渉外

「災害対策本部」の任命を受けた現地緊急測量調査班は，７月 17 日に宿泊施設の確保と緊急水準測量に必要な器材の準備を整えた．柏崎市周辺は，ライフラインが復旧していないため宿泊は不可能との情報から,柏崎市の北東約 20㎞ の長岡市来迎寺に旅館を確保した．機動観測課は，緊急測量に必要な器材を常に整備しており，緊急水準測量に必要な使用器材（表－１）を速やかに準備できた．また，現地は猛暑が予想されることから，暑さ対策も検討して万全を尽くした．

表－１　主要器材

| 器　材 | 種　　類 | 数量 |
|---|---|---|
| レベル | ZEISS　DiNi12 | 1台 |
| | ZEISS　DiNi11 | 1台 |
| 標　尺 | ZEISS　LD13 | 1組 |
| 標尺台 | セラミックス製爪 | 2組 |
| 鉛直ｾﾝｻｰ | staff-i | 2組 |
| 水準電卓 | TAMAYA　LC-2000 | 1台 |
| | TAMAYA　LC-11C | 1台 |
| 通信機器 | 衛星携帯電話（車載用） | 1台 |
| | 携帯電話（GPS 機能付） | 1台 |
| | 携帯電話 | 1台 |
| | トランシーバー | 3台 |
| 官用車 | ﾄﾖﾀ　ﾗﾝﾄﾞｸﾙｰｻﾞｰ | 1台 |
| | ニッサン　ｷｬﾗﾊﾞﾝ | 1台 |
| カメラ | ビデオカメラ | 1台 |
| | デジタルカメラ | 1台 |
| その他 | ﾊﾝﾃﾞｨ GPS | 1台 |

現地測量調査班は，７月 18 日 10 時に，国土地理院を官用車２台に分乗し,柏崎市に向けて出発した．

関越自動車道越後川口サービスエリア付近から支援車両等で混雑し到着時刻に遅れが予想されたことから，与板警察署に道路使用許可申請書の提出，許可書の受領及び水準測量作業前の点検調整を担当する班と，柏崎警察署に道路使用許可申請書の提出，新潟県災害対策本部及び柏崎市災害対策本部に作業着手の報告を担当する班に分かれて行動した．

柏崎及び与板警察署からは，前日に協力の依頼をしていたこともあり，与板警察署は道路使用許可申請書提出時に，柏崎警察署は翌日に許可書を受領することができた．

柏崎市役所は，支援・救援団体及び報道関係者等で混雑していたが，新潟県災害対策本部担当者及び柏崎市災害対策本部担当者は多忙な中にも対応していただき，現地緊急測量調査班から緊急水準測量作業の概要を伝え，各担当者から被災地の情報等を入手した.特に新潟県災害対策本部担当者からは,県管理国道に関する窓口として新潟県柏崎地域振興局の紹介を受け，通行禁止区域等の情報収集及び同区域の作業に関し協力を得ることができた．

## ２．２　観測状況

７月 19 日,被災地は救援物資を運ぶ車両やライフラインを復旧する支援車両等で混雑し，倒壊家屋のほとんどが被災のままで混乱を極めていたこともあり，観測は，路線調査後に柏崎市街地の北方４㎞の地点から着手した（写真－１）．

**写真－１　家屋倒壊付近で観測**

測地部災害対策班とは，毎日，定時の連絡と現地進入前後及び水準測量作業前後の連絡を行い，安全を確認しつつ作業にあたった．また，日々の作業計画及び作業終了路線等を「新潟県中越沖地震対策用図」等に記載し情報の共有化を図った．

得られた観測データは，観測終了時に現地緊急測量調査班から速報値として測地部災害対策班に連絡し，帰宿後は速やかに観測データの点検を行い点検後の観測結果を測地部災害対策班に報告した．測地部災害対策班は，現地緊急測量調査班からの速報値に基づいて変動グラフを作成し，関係部署に迅速に提供することができた．

測地部災害対策班と現地緊急測量調査班は，変動グラフにより地殻変動の状況を把握し，翌日に観測する路線を検討するなど，詳細に情報交換をしながら作業を進めた．休日においても，測地部災害対策班の担当者が勤務し，受けた報告及び速報の変動グラフを関係者の携帯電話にメールで報告する体制をとった（写真－２）.このことにより，休日でも自宅において現地の測量状況及び変動量を把握できた．

**写真－２　携帯電話に送られた変動グラフ**

今回の水準路線は，柏崎刈羽原子力発電所近傍（写真－３）を通過している．同発電所では，当初設計での想定を大幅に上回る加速度がプラントの基礎マット上で観測され，変圧器設備の火災等が報告されたが，運転中の原子炉は全て設計通り自動停止するとともに，原子炉内の高放射能を多重・多層に保護するという，安全上もっとも重要な安全機能は正常に作動したと原子力安全委員会の委員長名で公式発表があった．風評が流布し，同発電所ゲート前の水準点が近傍の水準点より約 30㎝ 沈降していることが観測値から判明したこともあり，危機感を持った

**写真－３　柏崎刈羽原子力発電所付近で観測**

が，同委員長の公式発表，柏崎市災害対策本部から放射能漏れは測定されていない旨の広報があったこと，地元住民及び支援者も被災現場にて日常生活を過ごしていることから，報道機関の情報等にも注意しつつ冷静に緊急水準測量を実施した．

水準路線のうち国道 352 号線の刈羽トンネル及び観音岬の２カ所で通行止めの規制があった．水準測量の実施に際しては，国道を管理している新潟県柏崎地域振興局地域整備部から通行規制の内容や被害状況等の情報を収集・検討し，同地域整備部に作業実施日を報告して行った．

特に，観音岬の斜面崩壊現場（写真－４）を通過する水準測量については，新潟県柏崎地域振興局地域整備部と連絡を取りつつ，天候及び余震発生状況を考慮し，測地部災害対策班に「電子国土情報集約システム」を利用した「災害情報集約マップ（現地調査用）」（図－１）に，現況写真を GPS 携帯で転送するなど，連絡を密にして観測実行日を決定し，細心の注意を払い観測を実施した．

**写真－４　観音岬の斜面崩壊現場での観測**

「災害情報集約マップ（現地調査用）」（図－１）は，水準路線調査の時から活用し，水準点の状況，観測路線に沿った倒壊家屋の状況，土砂崩れの状況等を画像で報告していた．このシステムは，GPS 携帯を利用して位置情報と写真を同時に同システムに転送することで，国土地理院の関係者は地図上に展開された写真情報を見て現地の状況を把握できるものである．このシステムは，現地緊急測量調査班と「災害対策本部」間の情報共有に大変有効であった．

当初，海岸線を南北に約 53km を 24 日で行う計画であったが，被災地で交通量が多いこと，工事や通行止めなどの規制があること，梅雨明けの炎天下という厳しい作業であること，また，地理地殻活動研究センターからの情報を基に，大きな地殻変動が想定されるエリアに限定した作業（44.8km）に適宜変更した（図－２）．

観測は，８月９日には，全ての予定を終了することができ，柏崎市災害対策本部に挨拶の後，10 日に全員が無事に帰庁した．観測中の天候は，連日 30 度を超える真夏日となる厳しいもの（写真－５）ではあったが，後述するように良好な測量成果が得られた．

**図－１　災害情報集約マップ（現地調査用）**

**図－２　観測路線図**

写真－５　猛暑の中の観測

### ２．３　作業員の服装と官用車の表示

作業の実施にあたっては，発災直後の混乱が予想されることを考慮し，官用車へ「国土地理院」・「機動観測」のステッカーを貼り付けるとともに，測地部災害対策実施要領に基づいて，作業員全員が安全作業服を着用するとともに「国土地理院」の腕章及び「写真入ネームプレート」を常に着用した（写真－６）．これらは，平成 12 年（2000 年）有珠火山噴火での現地作業の経験から採用したもので，混乱する現場において，身分等を証明するために有効であった．

写真－６　身分等の表示

## ３．得られた観測結果

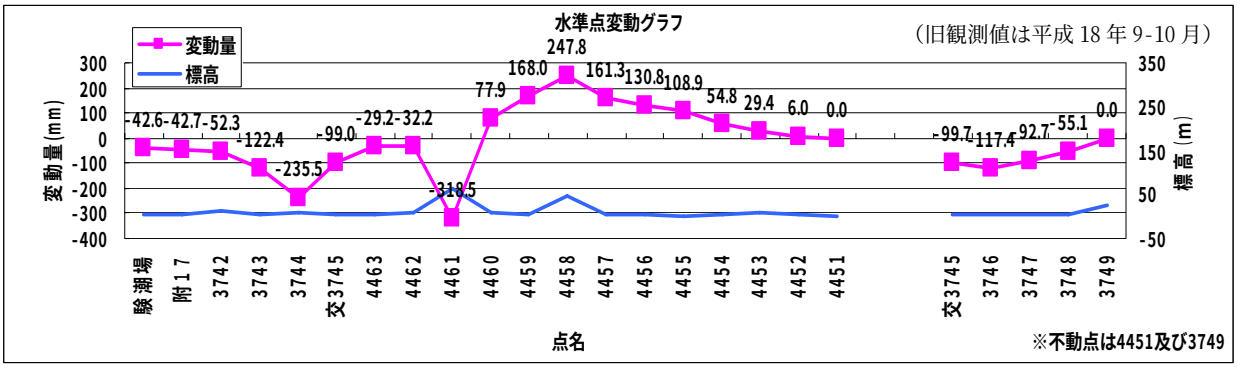
### ３．１　最大隆起の水準点

図－３は，緊急水準測量で得られた観測データと平成 18 年９～10 月に観測された前回観測値とを比較した変動グラフである．No.4451 及び No.3749 を不動点とし，最大の変動量＋247.8㎜ を示しているのが，震源に近い No.4458 である．この水準点の北部の道路法面は広い範囲で崩壊が発生し，激しい地震動の傷跡を残している（写真－７）．

写真－７　観音岬（水準点 No.4458 周辺）

### ３．２　著しい沈下の水準点

変動グラフ（図－３）で最大の沈下量－318.5㎜を示しているのが，柏崎刈羽原子力発電所に近い No.4461（写真－８）である．この水準点の周囲は砂丘地帯であり，固結していない凡成砂層の地盤であることから，地震動による流動・圧密等のローカルな表層の変動を捉えたものと考えられる．

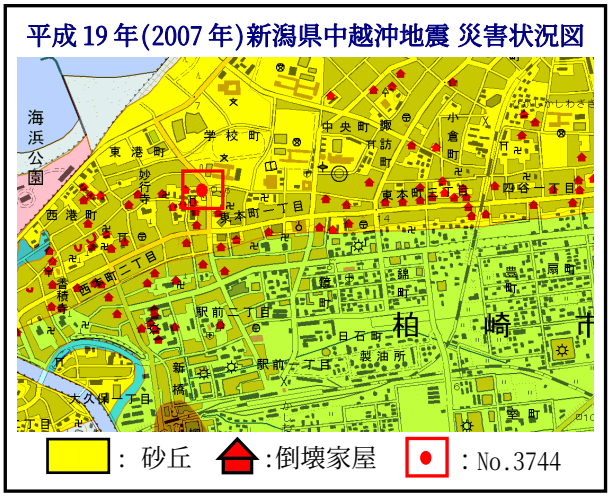



図－３　変動グラフ

写真－８　No.4461

沈下量－235.5mm を示しているのは，柏崎神社境内の No.3744（写真－９）である．災害状況図（図－４）によると，この水準点の周囲は砂丘であり，近傍の商店街の家屋は著しく倒壊している．この付近も砂丘地のために地震動による表層地盤の沈下と推察される．

写真－９　No.3744




図－４　災害状況図（国土地理院による）

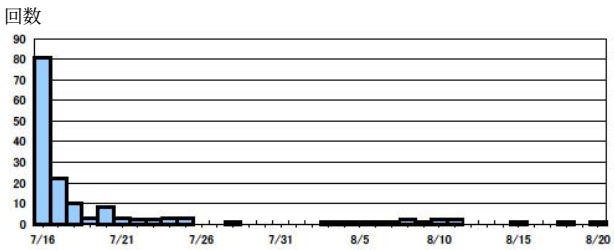
## ３．３　測量結果のまとめ

緊急作業を終了する判断は，No.4451 及び No.3749 を不動点とした交 No.3745 の較差が 0.7mm（図－３）であること，また，験潮場の較差が約 8mm（GPS 連続観測による変動量－35mm と比較）であることから，地殻変動地域を概ねカバーしたと考えることによるものである．また，著しい沈下量を示した No.4461 と No.3744 を取り除くと震源に近い No.4458 の隆起をピークにした山型の地殻変動量となり，両端で地殻変動が収束していると推察したことによるものである．

水準測量の往復差から求めた１km 当たりの観測の標準偏差（表－２）は，0.62mm であり，発災後の道路が混乱する中，余震（図－５）（７月 25 日最大震度４）もあり，更に後半は連日 35 度を超える猛暑日となる等，厳しい作業環境の下ではあったが良好な成果が得られた．また，往復差の正の回数が 16 回，負の回数が６回で正の回数が多かった．猛暑の中の観測のため，標尺台の沈み込みが一因と考えられるが，セラミックス製爪の標尺台を使用したことで，その影響は最小限に収めることができたと思われる．

表－２　観測の標準偏差等

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 正の回数 | 16 | 正の総数 | 28.9 | |
| 負の回数 | 6 | 負の総数 | -5.7 | |
| 零の回数 | 0 | 再測率 | 2% | M=0.62 |




図－５　震度１以上の地震回数図　（気象庁資料）

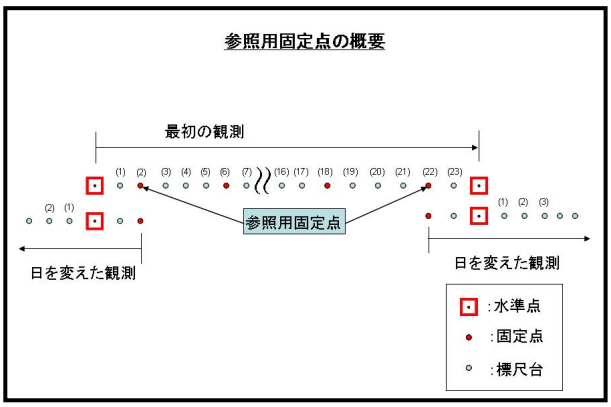
地震の発災後，速やかに現地進入し緊急水準測量を行う場合，今回のように現地の混乱状況から水準路線を連結しないで飛び飛びに測量（表－３）（図－６）することも想定される．このとき，余震等により水準点に局所的変動を与えることが危惧される．観測時には，常に水準点近傍の堅牢な箇所に参照用固定点（図－７）を設置し，日を変えて観測を行う時は，その参照用固定点から出発することで，水準点の局所的変動の有無を確認できると思われる．今後，地震・火山などの緊急水準測量を実施する際には参照用固定点の採用を検討したい．

表－３　観測記録

| 月日 | 観測区間 | 平均気温 | 距離 | 比　高 |
|---|---|---|---|---|
| 7/19 | 940051～4462 | 30℃ | 1.7 | -2.1464 |
| 7/20 | 4462～4461 | 26℃ | 3.2 | 56.7949 |
| 7/22 | 4460～4459 | 27℃ | 2.1 | -2.3735 |
| 22・23 | 4459～4458 | 26℃ | 2.4 | 40.3413 |
| 7/23 | 4461～4460 | 26℃ | 2.8 | -57.7859 |
| 7/25 | 4463～940051 | 28℃ | 0.5 | 0.5912 |
| 7/25 | 交 3745～4463 | 28℃ | 1.7 | 0.5583 |
| 7/26 | 附 17～固定点 | 26℃ | 0.0 | -1.6754 |
| 7/27 | 3744～交 3745 | 29℃ | 2.4 | -5.1019 |
| 7/28 | 3743～3744 | 29℃ | 1.8 | 4.3024 |
| 7/28 | 3742～3743 | 30℃ | 1.8 | -7.7428 |
| 7/30 | 附 17～3742 | 25℃ | 1.2 | 9.3877 |
| 7/31 | 4456～4455 | 25℃ | 2.0 | 0.5890 |
| 31・1 | 4455～4454 | 33℃ | 2.2 | 3.9586 |
| 8/1 | 4454～4453 | 33℃ | 2.3 | -4.0190 |
| 8/2 | 4457～4456 | 34℃ | 2.0 | 0.9642 |
| 8/3 | 4458～4457 | 35℃ | 1.8 | -40.9603 |
| 8/5 | 4453～4452 | 33℃ | 2.1 | -1.5997 |
| 8/6 | 4452～4451 | 33℃ | 2.0 | 3.5422 |
| 8/7 | 交 3745～3746 | 28℃ | 1.5 | -1.1053 |
| 7.8 | 3746～3747 | 34℃ | 2.2 | 1.5609 |
| 8/8 | 3747～3748 | 33℃ | 2.4 | -0.0167 |
| 8/9 | 3748～3749 | 36℃ | 2.5 | 22.0773 |

＊940051　は電子基準点（柏崎１）

図－６　観測日記載図




図－７　参照用固定点

## ４．まとめ

本稿は,「中越沖地震」への対応として，測地部が発災後速やかに緊急水準測量を実施した概要をまとめたものである.緊急水準測量を行うに当たり,現地の状況を把握し，それに対処できる準備，あるいは対応力が求められる．今回の緊急水準測量は，４名の測量員と安全管理員の５名で構成し，作業期間の前後に班長が指導に当たった．班長と安全管理員は作業の安全を確保しつつ，ビデオと写真の記録を残すことに心がけた．この記録は，緊急水準測量実施中に本院で公開されるなど，現地の現状を知らせる手段として有効に活用された．また，今後の緊急測量を想定したイメージ資料として活用されることが期待される.

## 謝　　辞

緊急水準測量を実施するに当たり,新潟県を始め,柏崎市，出雲崎町，刈羽村，与板及び柏崎警察署,基準点敷地所有者など多くの方々にお世話になった.また，国土地理院内にあっても災害対策本部を核とした職員の協力体制があって遂行された．関係諸氏に感謝する.

最後に，水準測量作業中に被災された市民の方々から「ご苦労様です」等のねぎらいの言葉を頂き,昼食・休憩中には，飲み物や果物等の差し入れを頂いた.被災されて身の回りの整理だけでも大変な方々の暖かい人情にふれることが出来た.地震で被災された方々が一日も早く元の生活に戻られるとともに，被災地の早期復興を願っている.

## 参 考 文 献

箱岩英一，木村俊明，富田光治（2005）：小特集Ⅲ　平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震災害に関する国土地理院の対応，国土地理院時報，107，31-33.

沼川邦男，平井英明，白井康友，志茂久男，根本惠造，大滝三夫，土井弘充，斉藤　正，真野宏邦，湊　敏弘，田上節雄，福留　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，齋田宏明，斉藤郁夫，伊藤純一，山中雅之（2005）：小特集Ⅲ　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，国土地理院時報，107，35-44.

根本盛行，平井英明（1990）：精密水準測量作業用標尺台の改良，国土地理院時報，72，57-67.

内閣府，平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震について（第 30 報），
http://www.bousai.go.jp/kinkyu/071205jishin_niigata/071205jishin_niigata.pdf（accessed 18 Dec. 2007）.

気象庁，平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震の震度１以上の地震回数図，
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_07_16_chuetu-oki/yukan.pdf（accessed 18 Dec. 2007）.

国土地理院，平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震災害状況図，
http://www1.gsi.go.jp/geowww/saigaikiroku/0707-chuetsuoki/map/index.html（accessed 18 Dec. 2007）.

原子力安全委員会委員長鈴木篤之（2007 年）「新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所の安全性について」，http://www.nsc.go.jp/anzen/sonota/kouenroku/070719.pdf（accessed 18 Dec. 2007）.