神奈川県西部地域における 2012(平成 24)年の地殻変動観測結果

板寺 一洋・原田 昌武 (神奈川県温泉地学研究所)

はじめに

温泉地学研究所では神奈川県西部 地震に対する調査研究の一環とし て、また箱根火山の火山活動をモニ タリングするため、県西部地域に地 震・地殻変動観測網を展開していま す。地殻変動観測については、傾斜 観測(7観測点)・GPS測量(8観 測点、臨時観測4観測点)・光波測 量(2観測網・14基線)・地下水位 観測(6観測点)の連続観測を行っ ています(図1)。ここでは、2012 (平成24)年に観測されたこれらの 地殻変動観測結果について報告しま す。地震活動については本多(2013) をご覧ください。

傾斜観測結果

傾斜観測は箱根カルデラ内にある 駒ヶ岳、小塚山、湖尻をはじめ、塔 の峰、裾野、岩倉、寄と県西部地 域の広範囲に設置しています(図 1の□印)。各観測点では、深度約 100mの観測井内に傾斜計を設置 し、南北方向および東西方向の傾斜 変化を観測しています。観測計器類 の仕様やテレメータ手法など、観測 方法の詳細については既報(神奈川 県温泉地学研究所、1999など)の とおりです。また、これまでの傾斜 観測の結果や傾斜のデータの見方に ついては、原田ほか(2005)や本 多ほか(2006)をご覧ください。

図 2 に 2012(平成 24)年 1 月 から 12 月における傾斜観測結果を 示します。これらのグラフは、毎時



図1 地殻変動観測点分布図。

0分の瞬時値を1時間毎に取り出し たデータを用いて作成したもので す。また、傾斜の南北成分の変化、 東西成分の変化を示すとともに、箱 根町芦之湯(気象庁による気象観測 点)における日降水量を示してあり ます。傾斜の方向は、図中の下向き の変化が南北成分では地盤の南下が り、東西成分では地盤の西下がりを 示します。

湖尻観測点では 2009(平成 21) 年7月中旬から数時間程度の不規 則な変動が見られるようになりまし

た(原田・板寺,2010)。現在もこ れらの不規則な変動は続いています が、原因については調査中で、未だ に明らかになっていません。ただし、 1年間を通した経年的な変化(長期 的なトレンド)については、概ね安 定した観測が継続していると思われ ます。

2012(平成 24)年の傾斜観測結 果からは以下の特徴がみられます。

(1) 地震による傾斜変化 傾斜計は有感地震や遠地での規模



図 2 2012 年の傾斜観測結果。

図は上から南北成分、東西成分、箱根(気象庁アメダス観測点)における日降水量を示す。(a) ~ (d) は地震に伴う傾 斜変動(本文参照)、(i) ~ (ii) は降雨による影響(本文参照)、灰色矢印は傾斜計自体の機械的な変化やデータ収録装置 の一時的な不具合を表す。



図 3 2012 年の GPS 測量結果(基線長成分)。

真鶴観測点を基点とした各観測点の基線長変化を示す。縦軸はデータの最初の日を基準にして、その相対変化量(cm) で示している。また、数値は基準となる距離を示している。小山(臨時)観測点は、(独)防災科学技術研究所との共 同研究による観測点である。

の大きな地震によって影響を受け、 ステップや一時的なデータの飛びを 生じます。2012(平成24)年は次 の地震によりコサイスミックな傾斜 変動が観測されました。

- (a) 1月28日07:43 山梨県東 部・富士五湖の地震(M5.4,深さ 18km)
- (b) 7月3日11:31 千葉県南部の 地震(M5.2, 深さ 88km)
- (c) 11月24日17:59 東京湾の地 震(M4.8, 深さ72km)
- (d) 12月7日17:18 三陸沖の地震 (M7.3, 深さ 49km)

これらの地震うち (a) の地震は、 2012(平成24)年1月28日頃か ら丹沢山地で活発化した地震活動で す(行竹ほか、2012)。また、(d) の地震は当所の傾斜観測網からは震 源距離が遠いのですが、地震の規模 が大きく、その揺れがいくつかの傾 斜観測点に影響を及ぼしています。 このように地震時には傾斜ステップ や一時的な飛びが発生しています が、それらに先行するような異常な 傾斜変動はありませんでした。

(2) 降雨などによる影響

傾斜計は高感度かつ高精度である ため、降雨や気圧などの気象条件 にも影響を受けます。2007(平成 19)年は台風9号による傾斜変化 が顕著に現れていました(原田ほか、 2008)。2012(平成24)年につい ては、次の降雨による影響が見られ ます。

(i) 5月2~3日頃の降雨 (ii) 平成 24 年台風第 4 号 (6 月 16 ~21日頃)

(i) は、動きの遅い低気圧により大

象庁による気象観測点)では、5月 ¦ 2日、3日の1日当たり、それぞれ 298mm、111mmの大雨が観測さ れており、傾斜変動を引き起こして います。(ii)の台風は、南の海上か ら九州南東沖を通過し、紀伊半島か ら上陸し宮城県沖に抜けていきまし た。山北町丹沢湖(気象庁による気 象観測点)では、6月19日に最大 で1時間当たり81mmの雨が記録 されています。これらの降雨によっ て、特に小塚山・湖尻観測点で大き く変動しています。

GPS 測量結果

GPS 測量の観測点は神奈川県西部 地震の想定震源域を取り囲むように 考慮し、1993(平成5)年から真 鶴、箱根、山北、中井において観測 を行っています (図1☆)。2008 (平成 20) 年 10 月からは曽我谷津 (小田原市)、開成、南足柄、元箱根 の4ヶ所に新たに GPS 測量機器を 設置し、計8観測点による観測を 開始しました。また、2009(平成 21) 年 10 月からは既存の 4 観測点 (真鶴、箱根、山北、中井)の GPS 受信機も平成 20 年に新設した GPS 測量機器と同じ機種(Topcon 社製 NET-G3 受信機、同社製 CR-4 チョー クリングアンテナ)に更新しました。 さらに、現在は臨時観測を4ヶ所(温 研、酒匂、根府川、小山)で行って います。臨時観測点のうち、小山臨 時観測点については、独立行政法人 防災科学技術研究所との共同研究に よる観測点です。なお、観測方法の 詳細やこれまでの観測結果について は、神奈川県温泉地学研究所(1999) や原田ほか(2007)をご覧ください。

図3に2012(平成24)年1月 から 12 月における GPS 測量結果を 示します。これらは、真鶴観測点を 基点とした各観測点(臨時観測点を 雨が発生しました。箱根町芦之湯(気 ¦ 含めて11測線)の基線長を1日毎 に解析し表示しています。小山観測 点では、5月29日から6月8日、 7月12日から8月6日、9月5日 から11日が欠測になっています。 これは、付近での落雷などによって ブレーカーが落ちたり、電気系統の トラブルが発生したためです。

2012(平成24)年のGPS測量 結果では、中井観測点や温地研・根 府川観測点では、1年間のスケール で基線長が伸びたり縮んだりする年 周変化が見られます。また、小山観 測点では 1 年間で約 1cm 程度縮ん でいることが観測されています。こ れはフィリピン海プレートの北北西 進に伴う定常的な地殻変動であると 考えられます。

2012(平成24)年12月頃から、 曽我谷津観測点や開成・山北・中井 観測点で若干基線長が伸びているよ うに見えます。これらの変動は最大 でも 1cm 程度です。これは、2013 (平成25)年1月中旬から箱根火 山で発生している群発地震活動に関 連した地殻変動かもしれません。箱 根火山では、これまでにも群発地震 活動に先行する地殻変動が観測され ており(原田ほか、2011)、2013(平 成25)年の群発地震の際にも山体 深部(深さ約7~10km)での膨張 が12月頃から始まっていた可能性 があります。これについては、今後 詳しく検討していく予定です。

その他の観測点については、水蒸 気の多い6月から9月にややばら つきが大きくなりますが、基線長に 特段の変化はありません。

光波測量結果

- !

光波測量は、仙石原(箱根町)を 基点とした箱根地域(6基線)と酒 匂(小田原市)を基点とした小田原 地域(8基線)で行っています(図 1 ◇)。観測方法の詳細やこれまで の観測結果については、神奈川県温



図 4.1 2012 年の光波測量結果(箱根観測網)。 縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量(mm)で示している。また、 数値は基準となる距離(0mm における絶対値)を示している。



図 4.2 2012 年の光波測量結果(小田原観測網)。 縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量(mm)で示している。また、 数値は基準となる距離(0mm における絶対値)を示している。

泉地学研究所(1999)や原田ほか (2007)、原田・板寺(2012)をご 覧ください。

図4に2012(平成24)年1月 から12月における箱根地域および 小田原地域の光波測量結果を示しま す。全ての基線で数日程度の欠測が 発生しています。これらについては、 雨や曇りなどの天候によって光波測 距儀からのレーザー光が遮られて測 量ができなかったためです。大涌谷・ 深良水門観測点や曽我・松田観測点 については、何らかの原因で測距儀 に設定している反射器への方位角・ 仰角がずれてしまったため、しばら く欠測している期間があります。

この1年間の測量結果をまとめ ると、次のとおりです。

(1) 箱根地域

1年間を通して見ると、乙女トン ネル観測点や姥子観測点ではほぼ元 の基線長に戻っており年周変化や日 周変化は見られるものの、箱根火山 活動に伴う異常な基線長変化はあり ませんでした。また、早雲山、大涌 谷観測点はこれまでの傾向と同様 に、1年間でそれぞれ約1cm程度、 基線長が縮んでいます。これらの観 測点は経年的に縮む傾向があります が(例えば、原田・板寺,2012参照)、 早雲山観測点では9月末から10月 にかけて一時的に伸び、また、両観 測点とも 11 月末ないしは 12 月頃 から縮み傾向が止まっているように 見えます。これらは GPS と同様に、 2013(平成24)年1月から発生 した箱根群発地震活動に先行する地 殻変動かもしれません。

(2) 小田原地域

2012(平成 24)年の光波測量結 果では、日周変化や年周変化が見ら れるものの、1年間を通して安定し た記録が得られています。また、基



図 5 2012 年の地下水位観測結果。 地下水位は地表面からの深さで表示している。図上の数字は、表に掲げた番号の地震発生日を示す。

線長の短い国府津観測点や曽我観測 点を除いた各基線では、冬の時期の 基線長のバラつきが大きくなってい ます。光波測量による基線長の測定 に影響を及ぼす気温・湿度のデータ を見ると、特に冬場の湿度のバラつ きも大きいため、これらの影響かも しれません。期間中の光波測量結果 では、地震活動に伴う異常な基線長 変化はありませんでした。

地下水位観測結果

地下水位観測は、図1(▽)に示

した6ヶ所で行っています。観測 施設の位置や観測方法の詳細につい ては横山ほか(1995)を参照して ください。

2012(平成24)年の地下水位観 測結果を図5に示します。地下水 位は、潮汐の影響が強く現れる真鶴 観測点と二宮観測点については日平 均値、それ以外の施設については毎 日0時の観測結果をもとに、地表 面を基準とした水面の深さを求めて 示してあります。この図上で上に推 移する場合は水位の上昇を、下に推 移する場合は水位の低下を示しま す。気圧、雨量については、大井観 測点における毎日0時の気圧、日 雨量を用いて作図しました。

年間を通してみると、7月末以降、 湯本で欠測が続いているのが目立ち ます。これは、現地の観測点にある ブレーカー等の電気関連の部品と、 地下水位センサーの両方の故障によ るものです。故障の原因は雷による ものとみられます。地下水位観測点 の整備から20年以上が経過してお り、装置の老朽化への対応が課題と なっていましたが、ここ数年、日本 各地で局所的な激しい雷雨による被 害も報じられていることなどから、 今後は、落雷による故障対応の頻度 が増すことも予想されます。

図5によれば、二宮、真鶴では、 年間を通して地下水位がほぼ一定 だったことがわかります。一方、大 井、南足柄、湯本の各観測点では、 2月下旬から8月上旬ぐらいまで水 位の上昇傾向が見られます。水位上 昇を始めた時期は、平野部の水田へ の灌漑の影響により4月下旬から 5月上旬に上昇傾向に転じる例年の パターンより2カ月程度早くなっ ています。その原因として、2012 年2月の降雨量が多かったことが 考えられます。気象庁の気象統計情 報 (http://www.data.jma.go.jp/obd/ stats/etrn/index.php) にれば、小田 原における 2012 年の 2 月の降水 量は 257.5mm で、平年値 (94.5mm) の3倍近い雨が降っていました。こ のような多量の降雨により、大井、 南足柄、湯本の地下水位が上昇を始 める時期が早まったものと考えられ ます。

小田原の地下水位は。近隣事業所 による揚水の影響を強く受けること が解っています(板寺、1999)。こ のため、例年は、大型連休や、夏季 休業、年末年始などで多くの事業所 が休業となる4月下旬、8月、12 月下旬に顕著な水位上昇が観測され るのですが、2011年(原田ほか、 2012)に引き続き、2012年につい ても、そのような変化は明瞭ではあ りませんでした。

湯本では、日雨量が数十 mm 以 上のまとまった降雨に対して水位が 数十 cm から 1 m 程度上昇し、その 影響が数日間続くという特徴が見ら れ、例年通りの水位変化をしていた と見られます。

2012年の地下水位観測結果につ



図6 2012年1月26日~30日の大井と南足柄における地下水位変化。

いて、気圧・潮汐補正等の処理(板 寺、2003)を行うなどして、異常 変化の有無について検討した結果、 地震発生に先行するような異常な地 下水位の変化は認められませんでし た。コサイスミックな水位変化等は 10回の地震の際に観測されました (表 1)。

表1に掲げた地震のうち、震源の 位置が地下水位観測網に最も近かっ たのは、2012年1月28日7時43 分に山梨県東部・富士五湖地方で発 生したマグニチュード 5.4 の地震で した(行竹ほか、2012)。図6に、 同日を含む1月26日から30日ま での大井および南足柄の水位変化の 様子を示しました。大井では地震発 生後、6cm 程度の急激な水位変化 が観測されました。これに対して南 足柄では、数時間から半日程度かけ て水位がおよそ10cm程度低下す る、ゆっくりとした変化が観測され ています。この地震は、同日から数 日間にわたり、山梨県東部・富士五 湖地方において活発化した地震活動 の中の最大地震でした。活動期間中、 最大地震の前の7時39分、および 後の16時46分にはそれぞれマグ ニチュード 4.7 の地震が発生するな ど、マグニチュードが4より大きな 地震が数回にわたって発生しました が、図6に示したように顕著な水位 変化が生じたのは、最大地震の直後 だけだったと見られます。

おわりに

2012(平成24)年の地殻変動観 測結果では、傾斜観測と地下水位観 測でコサイスミックな変化が観測さ れました。また、GPS 測量と光波 測量の観測結果には、2012(平成 24)年の終わりくらいから2013 年1月以降に発生している箱根群 発地震活動に先行すると思われる地 殻変動が見られます。これについて は今後、詳細な検討をしていきたい と思います。

一般的にマグニチュード7以上 の地震発生の直前には通常の地殻変 動とは異なる急激な(先行するよう な)変化が起こると考えられていま す。そのような変化は、定常的地殻 変動とは違った変動として捉えら れる可能性があります。2012(平 成24)年の地殻変動観測結果では、 短期的にノイズレベルを超えるよう な地殻変動は認められませんでし た。このような変動を判断するため

表1 2012年に観測されたコサイスミックな地下水位変化。

地震発生日日	時刻	震央地名	深さ (km)	М	コサイスミックな地下水位変化(cm)					
					大井	小田原	南足柄	湯本	真鶴	二宮
① 2012/01/01	14:27	鳥島近海	397	7.0	4 ↑					
2 2012/01/28	07:43	山梨県東部·富士五湖	18	5.4	6 ↑		10↓			
3 2012/05/29	01:36	千葉県北西部	64	5.2	0.3 ↑					
④ 2012/06/06	04:31	千葉県東方沖	37	6.3	0					
5 2012/07/03	11:31	千葉県南部	88	5.2	0.6 ↑					
6 2012/08/14	11:59	オホーツク海南部	654	7.3	0.4 ↑					
⑦ 2012/09/14	02:22	千葉県北東部	37	5.1	0.4 ↑					
8 2012/11/16	17:25	千葉県東方沖	30	5.5	0.4 ↑					
9 2012/11/24	17:59	東京湾	72	4.8	0					
1 2012/12/07	17:18	三陸沖	49	7.3	0.6 1					

M:マグニチュード、↑:水位の上昇、↓:水位の低下、〇:影響が認められる

には、複数の観測点における観測 データを参照するとともに、傾斜観 測・GPS 測量・光波測量・地下水位 観測を総合的に解析する必要があり ます。神奈川県西部地域では M7 ク ラスの地震の発生が懸念されていま すので(例えば、石橋、2003)、地 震発生に至る過程を解明するために も、非地震時の長期間安定した地殻 変動観測が必要不可欠です。

謝辞

観測装置を設置させていただいて いる関係各所、また、温泉地学研究 所の伊東博さん、本多亮さん、行竹 洋平さんをはじめ地震・地殻変動観 測網の維持・運営に携わる全ての 方々に感謝します。

参考文献

- 原田昌武・棚田俊收・伊東博・代田 寧(2005)神奈川県西部地域 における 2004(平成 16)年の 傾斜観測結果,温地研観測だよ り,55,7-10.
- 原田昌武・行竹洋平・棚田俊收・伊 東博・本多亮(2007)神奈川 県西部地域における2006(平 成18)年のGPS・光波測量結果,

温地研観測だより, 57, 13-18.

- 原田昌武・板寺一洋・伊東博(2008) 神奈川県西部地域における 2007(平成19)年の地殻変動 観測結果,温地研観測だより, 58,41-48.
- 原田昌武・板寺一洋(2010)神奈 川県西部地域における2009(平 成21)年の地殻変動観測結果, 温地研観測だより,60,41-48.
- 原田昌武・細野耕司・伊東博・明田 川保・小林昭夫・本多亮・行竹 洋平・吉田明夫(2011)箱根 火山における群発地震活動に先 行する地殻の膨張,日本地球惑 星科学連合大会,SVC048-P02.
- 原田昌武・板寺一洋(2012)神奈 川県西部地域における2011(平 成23)年の地殻変動観測結果, 観測だより,62,53-62.
- 本多亮・棚田俊收・原田昌武・伊東 博(2006)神奈川県西部地域 における 2005(平成 17)年の 傾斜観測結果,温地研観測だよ り,56,7-10.
- 本多亮(2013)神奈川県内および その周辺における 2012(平成

- 24)年の地震活動,温地研観 測だより,63,53-60.
- 石橋克彦(2003)小田原地震は起 こるのか?,地震ジャーナル, 36,8-13.
- 板寺一洋 (1999) 温泉地学研究所 の観測井における地下水位変化 の特徴とその補正について,温 地研報告,29,57-64.
- 板寺一洋 (2003) 地下水位データ の簡易な補正法と異常判定の基 準について,温地研報告,35, 47-52.
- 神奈川県温泉地学研究所(1999) 温泉地学研究所における「神奈 川県西部地震」の取り組み,温 地研報告,29,3-40.
- 横山尚秀・小鷹滋郎・板寺一洋・長 瀬和雄・杉山茂夫(1995)神 奈川県西部地震予知研究のため の地下水位観測施設と地下水位 解析,温地研報告,26,1・2 合 併号,21-36.
- 行竹洋平・原田昌武・本多亮・伊東 博・吉田明夫(2012)2012 年 1月28日山梨県東部の地震活 動と丹沢地域のテクトニクスと の関係,日本地球惑星科学連合 大会,SSS30-04.