

神奈川県西部地域における 2010 (平成 22) 年の地殻変動観測結果

原田昌武・板寺一洋 (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)・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、2010 (平成 22) 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 (2011) 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 2010 (平成 22) 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 0 分から 59 分までのデータを平均

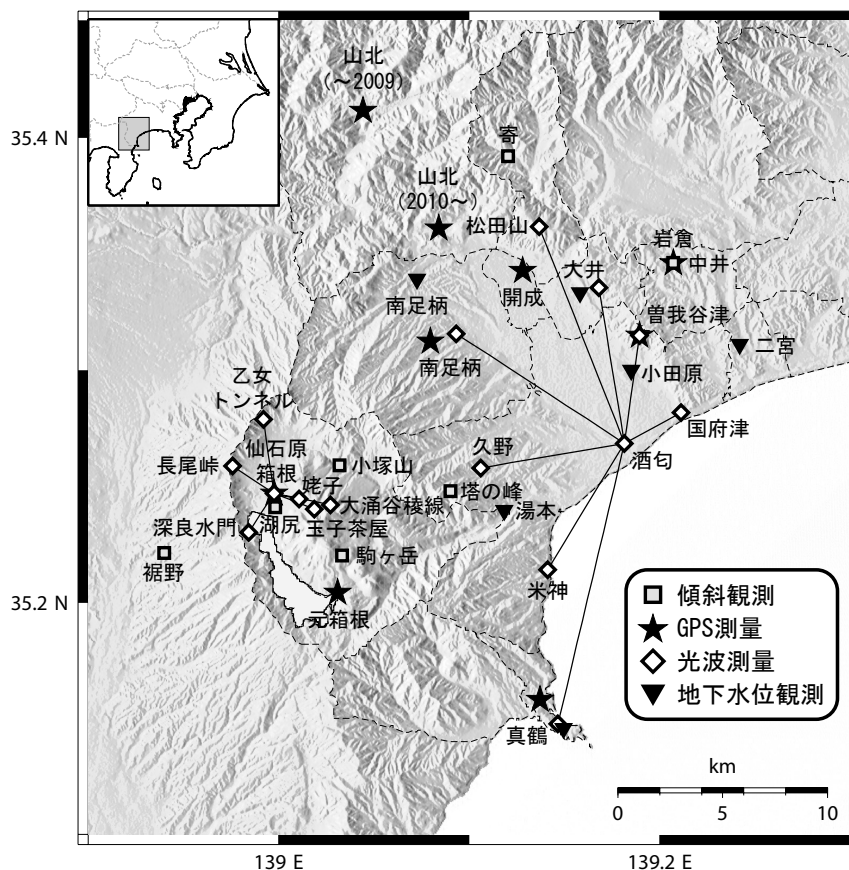


図 1 地殻変動観測点分布図

した 1 時間値の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、箱根町芦ノ湯 (気象庁によるアメダス観測点) 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。

当所では平成 20 年度より地震・地殻変動観測施設の強化・更新を進めています (伊東, 2009)。平成 20 年度には湖尻観測点、駒ヶ岳観

測点、岩倉観測点の観測施設の更新をしました。平成 22 年度は小塚山観測点、塔の峰観測点、寄観測点のテレメータシステムのみを、データ伝送系 (テレメータシステム) を従来の NTT 専用回線から常時伝送方式 (イーサネット) に変更し、併せて温泉地学研究所内の地震・傾斜観測データ処理システムを更新しました。この作業を行っていたため、これらの 3 観測点では 9 月が欠測になっています。

湖尻観測点では 2009 (平成 21)

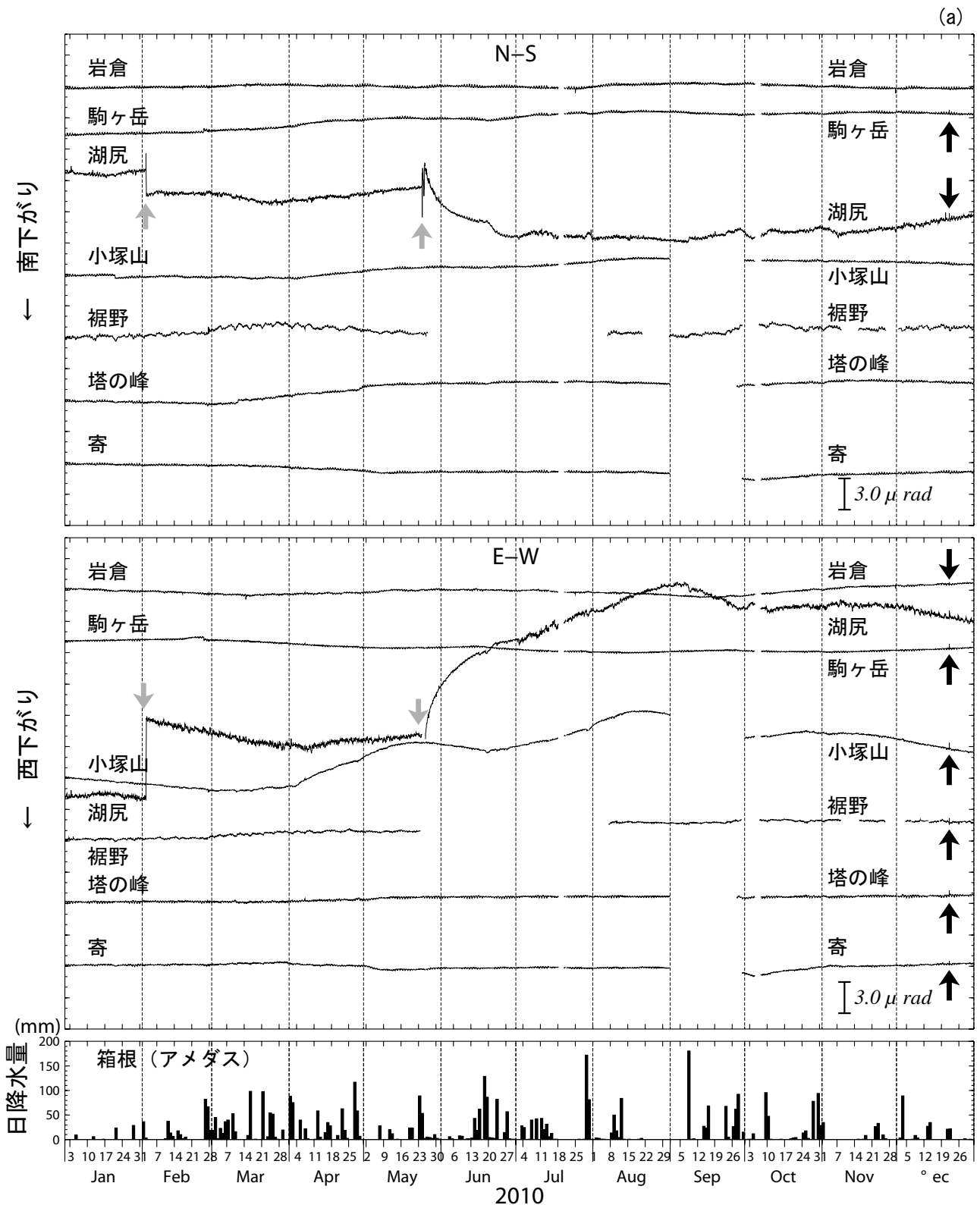


図2 2010年の傾斜観測結果。図は上から南北成分、東西成分、箱根(気象庁アメダス観測点)における日降水量を示す。(a) 黒色矢印は地震に伴う傾斜変動(本文参照)、灰色矢印は傾斜計自体の機械的な変化を表す。

年7月中旬から周期が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。また、2月上旬に機械的な飛びが生じています。5月24日には傾斜計のセンサーの調整を行いました但改善されませんでした。こ

これらの不規則な変動の原因については現在も調査中で、未だに明らかになっていません。ただし、1年間を通じた経年的な変化(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。

裾野観測点ではテレメータ装置が故障し、修理等により5月下旬から8月上旬まで欠測しています。その他の観測点については短期的な欠測はあるものの、良好な記録が得られています。

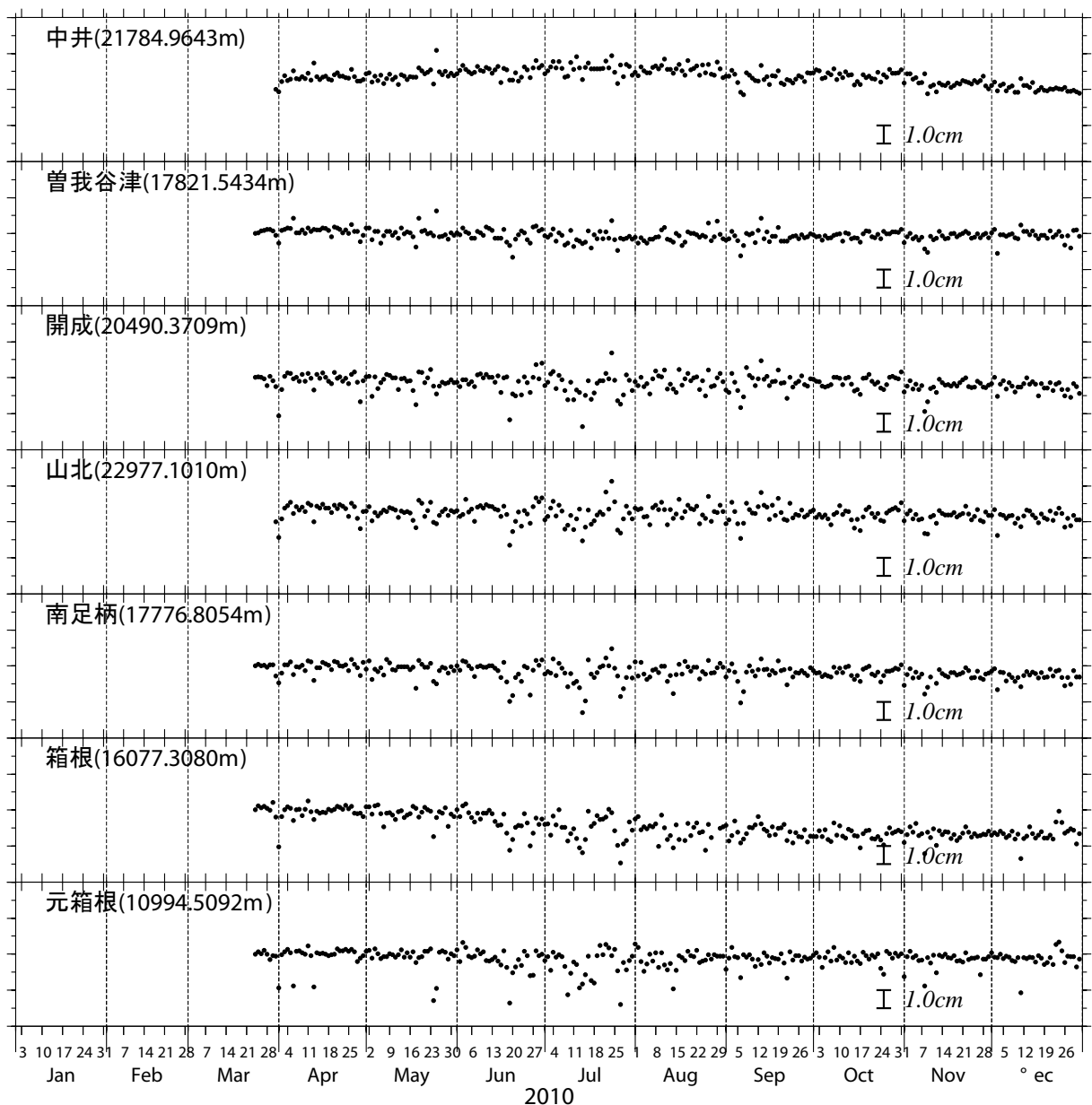


図3 2010年のGPS測量結果(基線長成分)。真鶴観測点を基点とした各観測点の基線長変化を示す。縦軸はデータの最初の日を基準にして、その相対変化量(cm)で示している。また、数値は基準となる距離を示している。

2010(平成22)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(図2a)

傾斜計は有感地震や遠地での規模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。2010(平成22)年は次の地震によりコサイスマミックな傾斜変動が観測されました。

(a) 12月22日02:19 父島近海の地震(M7.4, 深さ8km)

この父島近海の地震については、震源域から傾斜計の観測網までお

およそ1000km程度離れています。しかしながら地震の規模が大きく、その揺れにより全ての傾斜観測点でステップが発生しています。

このように地震時には傾斜ステップや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)。2010(平成22)年は9月8日に台風9号が日本海側(福井県敦賀市付近)から上陸して(熱帯低気圧に変わりましたが)凍進を続け、丹沢山地から三浦半島付近を通過していますが、湖尻観測点で若干影響を受けている以外は安定した観測記録が得られています。

(3) 年周変化

湖尻観測点の東西成分では、5月下旬のセンサー調整の影響も顕著ですが、4月くらいに西下がりピー

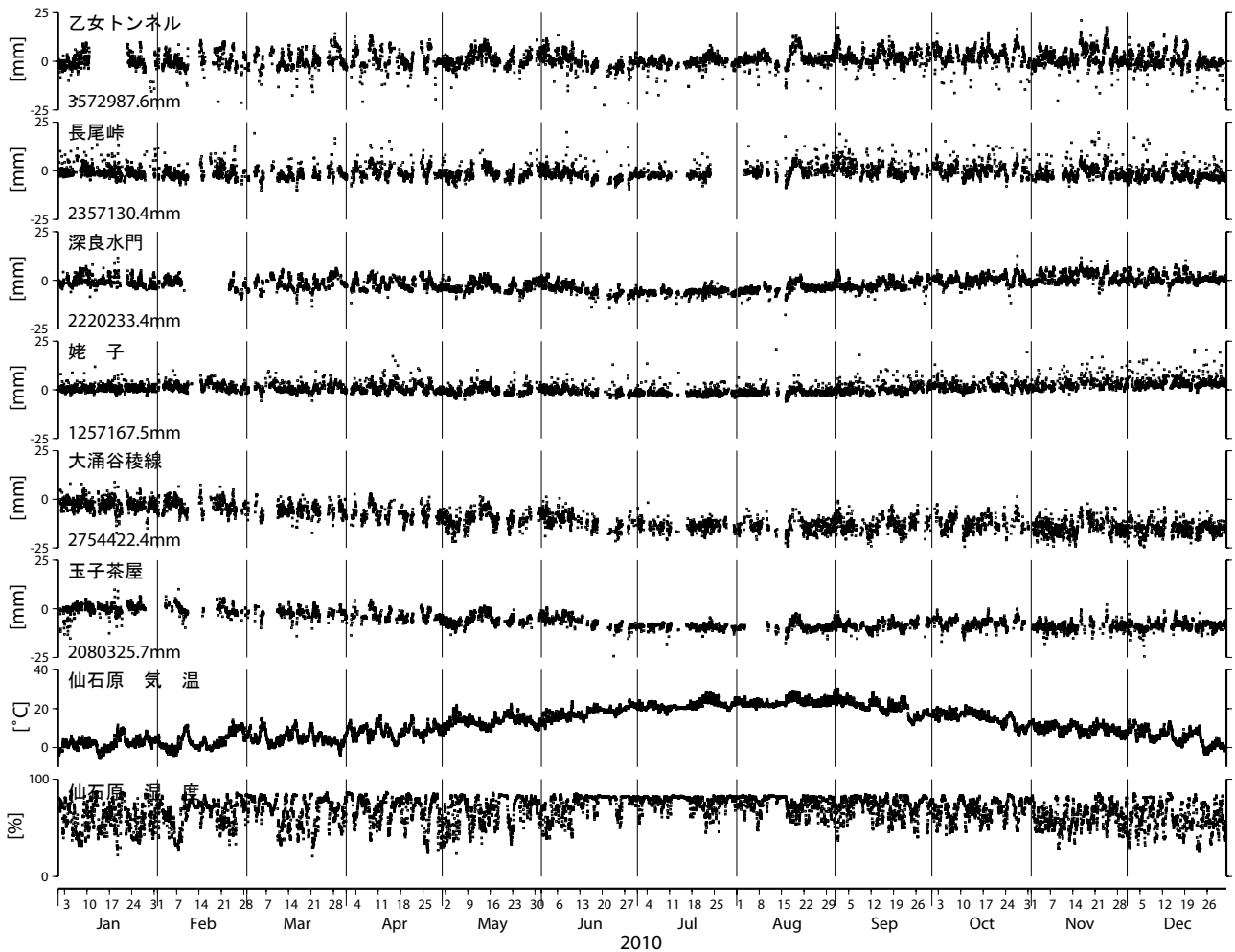


図 4.1 2010 年の光波測量結果（箱根観測網）。縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量（mm）で示している。また、数値は基準となる距離（0mm における絶対値）を示している。

クになり、9 月くらいに東下がりのピークになるような年周変化（1 年間の周期的な変化）が見られています。また、小塚山観測点でも振幅が小さいものの、湖尻観測点と同様の傾向が見られます。一般的に年周変化を引き起こす原因は、気温や気圧の年周変化、（降水量に起因する）地下水位の年周変化、などが考えられます。

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 月からは曾我谷津（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。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。

2010（平成 22）年はこのような GPS 観測網の変更の直後であり、観測システム自体は完成しているものの、運用（特に解析結果の表示）が若干安定していません。ここでは暫定的な結果として 2010（平成 22）

年 1 月から 12 月における GPS 測量結果を示します（図 3）。これらは、真鶴観測点を基点とした各観測点（7 測線）の基線長を 1 日毎に解析し表示しています。基点となる真鶴観測点が 3 月中旬まで欠測だったため、他の観測点の基線長が計算されていません。

2010（平成 22）年の GPS 測量結果では、7 月から 12 月にかけて中井観測点で約 1cm 程度の縮みが見られます。2008（平成 20）年の測量結果を見ると（原田・板寺、2009）同基線長は年周変化が顕著であり、2010（平成 22）年後半の縮みも年周変化の一部であると思われます。また、箱根観測点の基線長は 3 月から 12 月にかけて約 1.5cm 程度縮んでいることが観測されてい

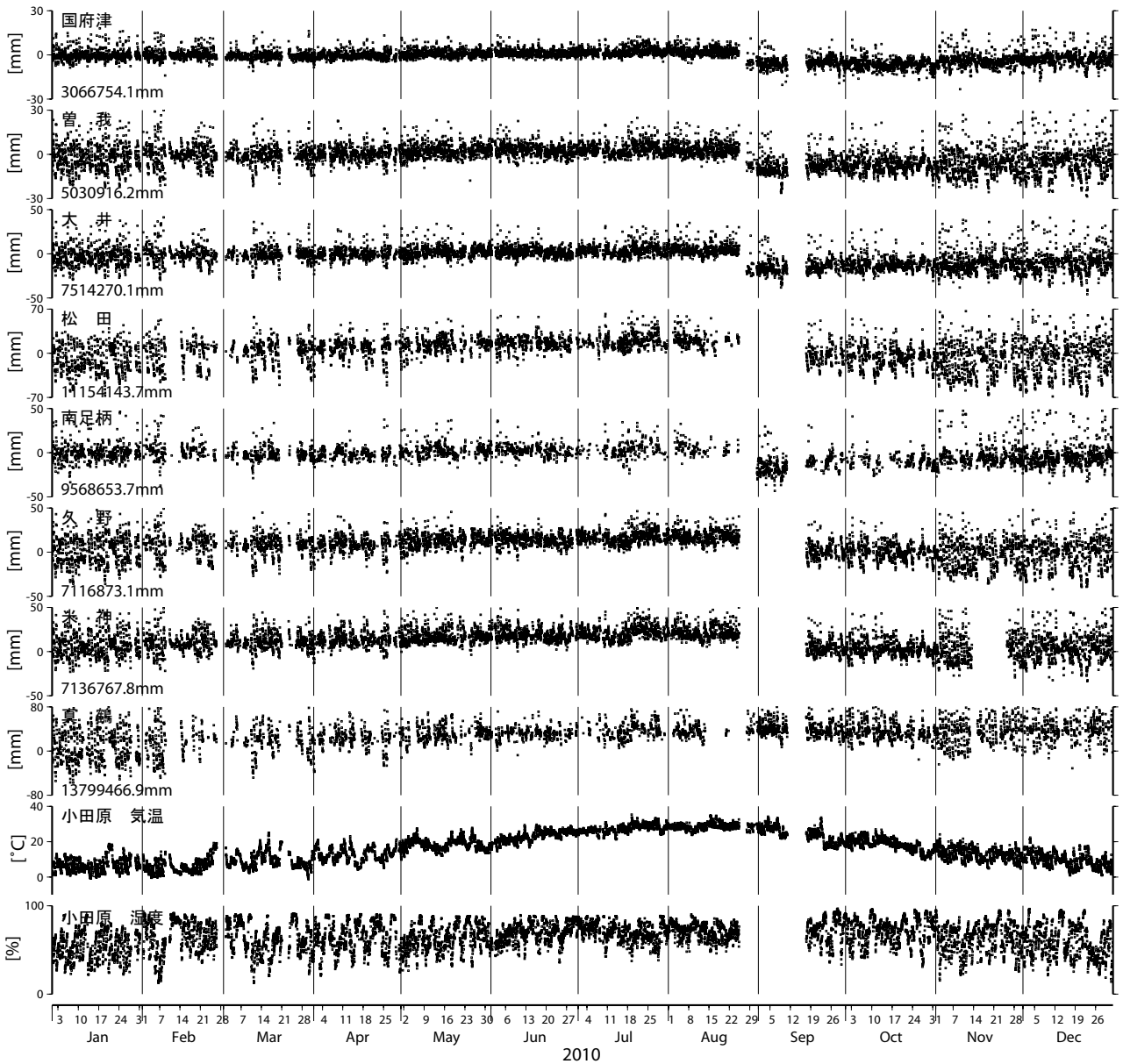


図 4.2 2010 年の光波測量結果（小田原観測網）。縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量（mm）で示している。また、数値は基準となる距離（0mm における絶対値）を示している。

ます。その他の観測点については、夏にややばらつきがありますが、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、神奈川県温泉地学研究所（1999）や原田ほか（2007）、原田・板寺（2010）をご

覧ください。

図 4 に 2010（平成 22）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。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

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量距離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。

1 年間を通して見ると、乙女トン

ネル、長尾峠、深良水門、姥子観測点ではほぼ元の基線長の長さ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、大涌谷稜線、玉子茶屋観測点はこれまでの傾向と同様に、1 年間でそれぞれ約 2cm、約 1cm 程度、基線長が縮んでいます。これらは経年変化であると考えられます。

（2）小田原地域

2010（平成 22）年 8 月下旬に基点である酒匂観測点に設置してい

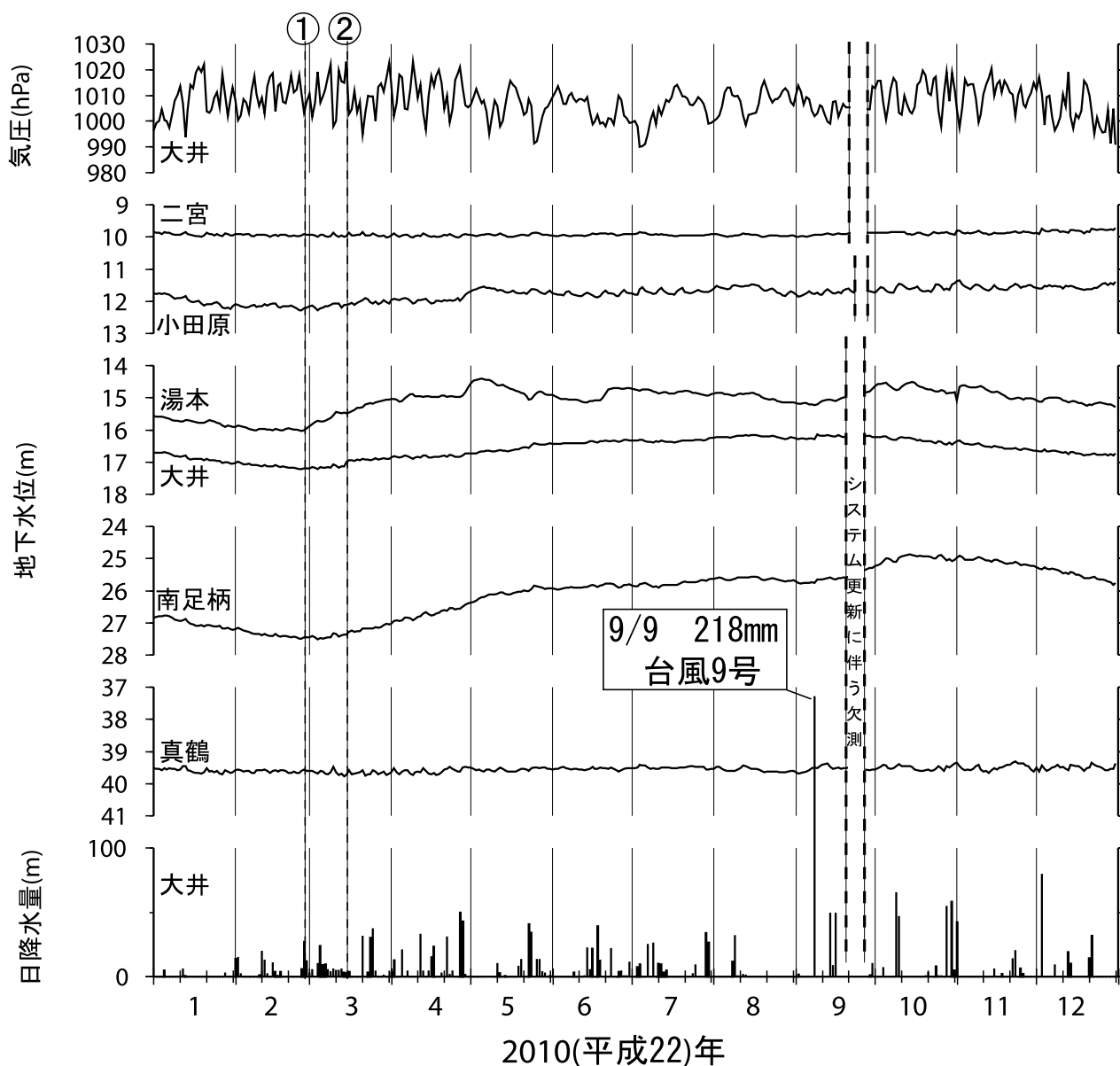


図5 2010年の地下水位観測結果。地下水位は地表面からの深さで表示している。図上の数字は、表に掲げた番号の地震発生日を示す。

る光波測距儀を更新しました。測距儀の位置は以前と完全に同じ場所には設置できないため、その前後で基線長にステップがあります。また、9月中旬に再度、調整を行っているため、これらの期間を通して欠測になったり、再びステップが生じています。

2010(平成22)年の光波測量結果では、8月くらいに基線長が伸び、1月くらいに縮むような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、基線長の短い国府津観測点を除いた

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ので、これらの影響もかもしれません。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。

2010(平成22)年9月に、観測システムのうち通信およびデータ収集・登録に関わる機器等の更新を行いました。この工事期間において欠測定がありましたが、ここ数年課題とされてきた老朽化したシステム更新の一部が実現したことになります。

2010(平成22)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

表 1 2010年に観測されたコサイスマミックな地下水位変化

地震発生日	時刻	震央地名	深さ (km)	M	コサイスマ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
2010/02/27	15:34	チリ中部沿岸	60	8.6						
2010/03/14	17:08	福島県沖	40	6.7	12.0					

M: マグニチュード、 : 水位の上昇、 : 水位の上下動、 : 水位の低下、 : 影響が認められる

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。

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。二宮観測井は大磯丘陵を構成する固結レキ層中に掘削された500mの深井戸(横山ほか、1995)であり、浅層地下水の影響を受けにくいと考えられます。一方、真鶴半島を構成する溶岩中に掘削された真鶴観測井では、地下水が海水と連続性が良好であること(板寺、1999)を反映し、水位がほぼ一定であったものと考えられます。

大井、南足柄、湯本の各観測点においては、3月上旬に、それまで下がり傾向であった水位が上昇傾向に転じていることがわかります。これらの観測点における水位は、平野部の水田への灌漑の開始に合わせて上昇することが知られています(たとえば板寺、1999)が、2010年は、それと比べて2か月程度早く地下水位が上昇し始めていたこととなります。気象庁の統計情報をもとに、箱根と小田原における2010年の月別降水量と平年値を比較すると(図6)、2月から4月にかけての降水量が平年の倍近かったことがわかります。地下水位が通常より早く上昇傾向に転じたのは、こうした多量の降水によるものと考えられます。

近隣事業所による揚水の影響を強く受ける小田原では、例年、大型連休が始まり、多くの事業所が休業となる4月下旬に顕著に水位が上昇

します(板寺、1999)。図5によれば、小田原だけでなく、湯本でも、同様の水位上昇が認められます。しかしながら、湯本の地下水位には、小田原の地下水位に見られるような週単位の上下動や、年末年始の上昇が認められないこと、比較的量の多い降雨に対応して水位が急に上昇した後、横ばいやなだらかな低下となることが報告されている(板寺ほか、2004)ことなどから、湯本における4月下旬の水位の上昇は、その数日前の降雨の影響によるものと見られます。

9月8日には、台風9号が神奈川県を横断し、小田原では観測史上1位となる日降水量238.5mmが観測される(大井観測点における日雨量は218mm)など、県西部地域は、短時間に極めて多量の降水に見舞われ、山北町などで土木被害が発生しました。しかしながら、この大雨の影響が、一日から数日間の短期的な水位上昇として現れた観測点はありませんでした。

2010年の地下水位観測結果について、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。コサイスマミックな水位変化等は2回の地震の際に観測されました(表1)。このうち、2月27日に発生したチリ中部沿岸の地震(M8.6)の際には、地震による表面波の影響と、地震発生の翌日日本沿岸に到達した津波の影響による地下水位の変化が観測されました(板寺、2011)。3月14日に発生した福島県沖の地震

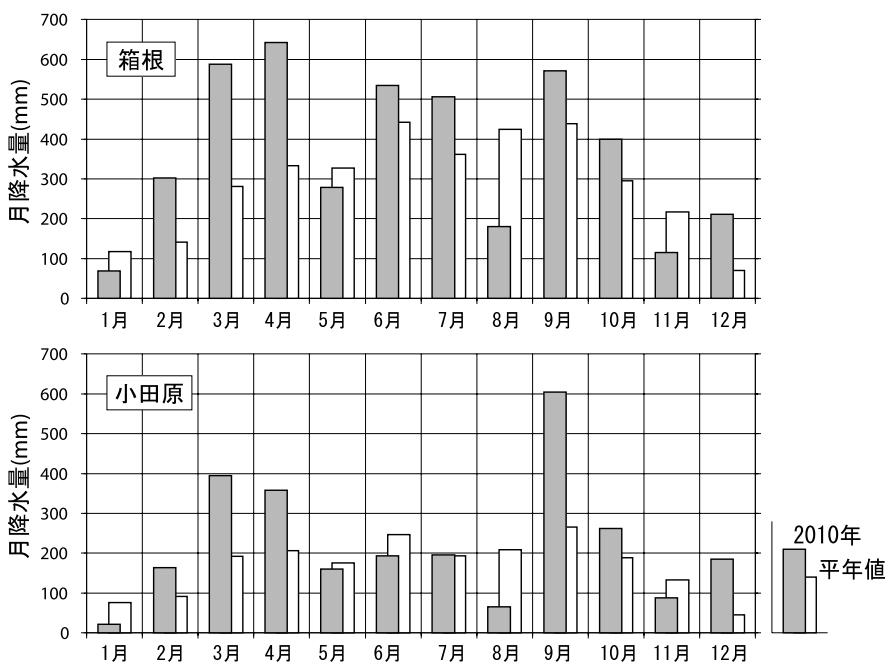


図6 気象庁による気象統計資料に基づく(上)箱根、(下)小田原における月別降水量平年値(白色の棒)と2010年の観測値(灰色の棒)の比較

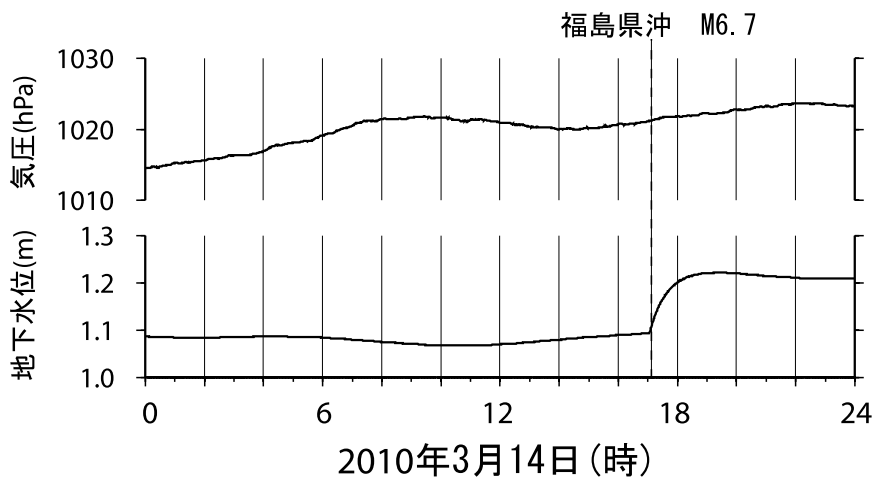


図7 2010年3月14日に発生した福島県沖の地震(M6.7)に伴って観測されたコサイスマックな地下水位変化(点線は地震発生時を示す)。

(M6.7)の際には、大井観測井でコサイスマックな水位の上昇が観測されました(図7)

おわりに

2010(平成22)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マックな変化が観測されました。しかしながら、短期的にノイズレベルを超えるような異常な地殻変動は認められませんでした。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。このような変動を判断するためには、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(2009)神奈川県西部地域における2008(平成20)年の地殻変動観測結果, 温地研観測だより, 59, 55-62.
 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.

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(2011)神奈川県内およびその周辺における2010(平成22)年の地震活動, 温地研観測だより, 61, 51-56.

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.

板寺一洋、代田寧、丹保俊哉(2004)神奈川県西部地域における2003(平成15)年の地下水位観測結果, 観測だより, 54, 17-20.

板寺一洋(2011)地下水位に検知されたチリ中部沿岸地震(M8.6)の地震動および津波, 観測だより, 61, 13-16.

伊東博(2009)温泉地学研究所における地震・地殻変動観測施設の整備について, 温地研観測だより, 59, 9-12.

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.

気象庁気象統計情報: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

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.