

ため、降雨や気圧などの気象条件にも影響を受けます。2018（平成30）年については、次の降雨によ

る影響が見られます。
 (i) 平成30年7月豪雨（7月6日頃）

(ii) 平成30年台風第24号（9月30日頃）
 (i) は、6月28日から7月8日にか

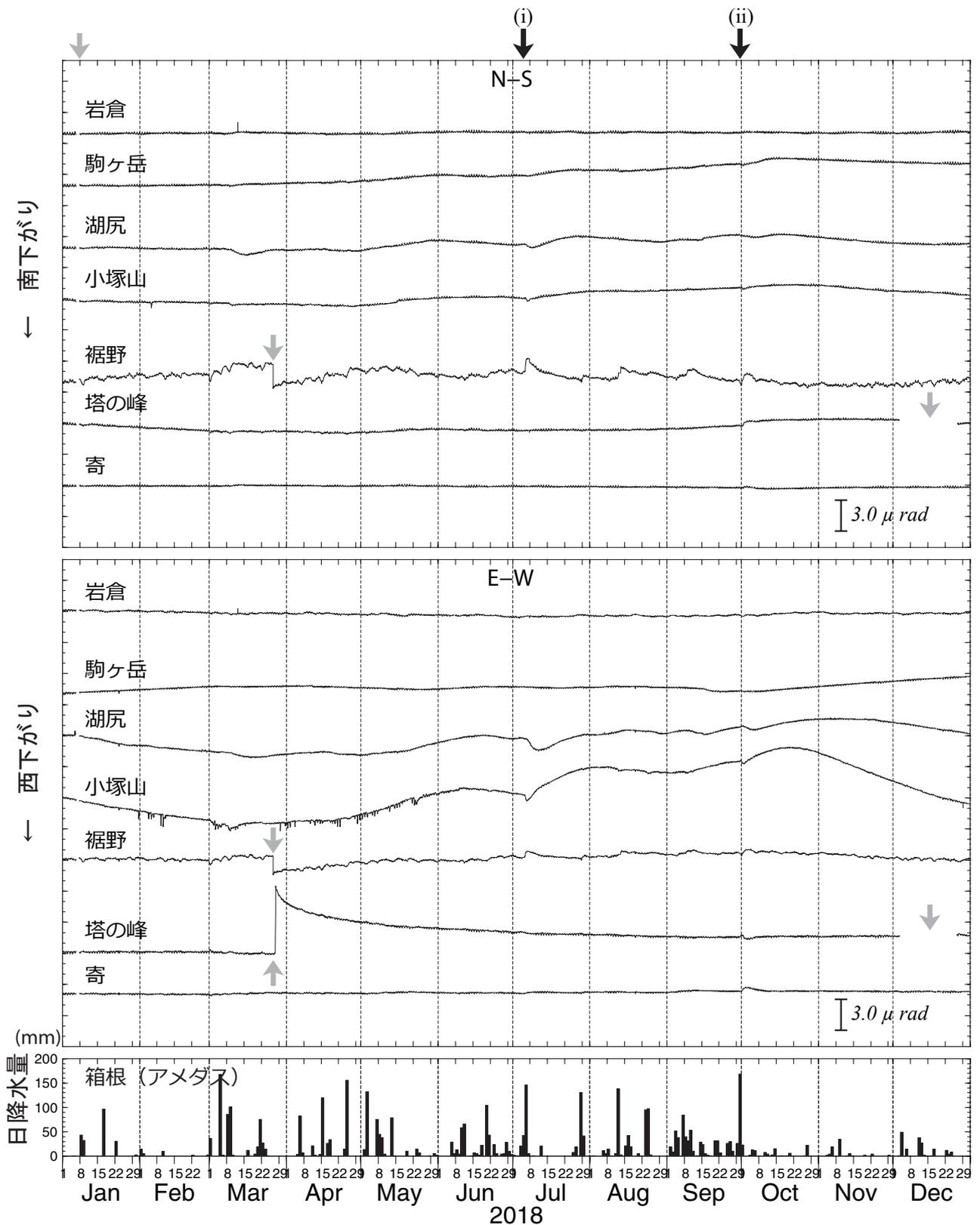


図2 2018年の傾斜観測結果。図は上から南北成分、東西成分、箱根（気象庁アメダス観測点）における日降水量を示す。(i)(ii)は降雨による影響（本文参照）、灰色矢印は欠測や傾斜計の機器調整によるステップを表す。

けて全国的に広い範囲で記録的な大雨をもたらしており、特に西日本では土砂崩れや河川の氾濫、浸水等により大きな被害が出ています。この時、箱根町芦ノ湯にある気象庁のアメダスでは、7月4日に20.5mm、5日には42.5mm、6日は145.5mmの日雨量が観測されています。(ii)の台風は、和歌山県田辺市付近に上陸したのち北東に進み、岩手県周辺から太平洋に抜けていきました。箱根町芦ノ湯では、9月29日に日雨量26.5mm、翌30日は168.5mmの降水量を観測しています。これらの降雨による影響が各観測点、特に湖尻観測点と小塚山観測点にあらわれています。顕著にあらわれている東西成分を見ると、それらの降雨による影響は、いったん西下がりの変動をした後に、ゆっくりと大きく東下がりの変化を記録しています。これらの変化は1ヶ月程度で収まっています。

2015（平成27）年の4月下旬から、箱根火山では群発地震活動が発生し、6月下旬にはごく小規模な水蒸気噴火が発生しましたが（原田ほか、2015）、2018（平成30）年は火山性と考えられる傾斜変動は観測されませんでした。

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の★印）。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。これらの観測点では、Topcon社製NET-G3受信機、同社製CR-4チョークリングアンテナを用いて観測を行っています。2015

（平成27）年の12月には、箱根火山の活動の観測を強化するため、大涌谷に新たな常設のGPS観測点を設置しました。機種は、Topcon社製NET-G3受信機、同社製CR-G5チョークリングアンテナを使用しています。さらに、現在は臨時観測を4ヶ所（温地研、酒匂、根府川、小山）で行っています。機種は、小山観測点ではTopcon社製NET-G3受信機および同社製CR-G5-Cアンテナを、温地研観測点ではTopcon社製NET-G5受信機および同社製CR-4チョークリングアンテナを、それ以外の2観測点では、Topcon社製NET-G3受信機、同社製CR-4チョークリングアンテナを使用しています。2016（平成28）年11月に、新たに機動観測用の機器（機種は、測位衛星技術株式会社製GEM-2UB受信機、Septentrio社製PolaNt-x MFアンテナ）を導入し、駒ヶ岳と早雲山に機動観測点を設置しています。なお、箱根観測点と早雲山観測点については、それぞれ2018（平成30）年1月16日と11月19日に観測を終了しました。

GPSによる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。また、データの解析手法の詳細については、道家ほか（2013）およびDoke et al.（2018）をご覧ください。

図3.1に2018（平成30）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（臨時観測点を含めて14測線）の基線長を1日毎に解析し表示しています。開成観測点では、3月1日に、観測点を設置している庁舎の建て替えに伴い、観測点の移設が行われました。図3.1においては、移設に伴う移動量を補正した結果を示していま

す。補正方法の詳細については、道家（2018a）をご覧ください。また、同観測点では、10月10日～10月29日にかけて、無停電電源装置の故障のため、データが欠測していません。大涌谷観測点では、10月8日～10月29日にかけて、無停電電源装置の故障のため、データが欠測していません。駒ヶ岳観測点では、10月1日～10月15日にかけて、観測機器のトラブルのため、データの欠測があります。原因は不明ですが、直前に通過した台風の影響が考えられます。小山観測点では8月12日～8月17日にかけて、落雷によるアンテナの故障のためデータが欠測していません。その後、複数回のアンテナ交換が実施されていますが、それによるステップは補正していません（道家、2018b）。また、アンテナ交換後、観測した衛星数の不足により解析結果が得られていない日が数日あります。その他の観測点については、大きな欠測なくデータを取得できました。

図3.2には、2018（平成30）年における各観測点の一年間の変位の大きさおよび方向を、温地研観測点を固定とした場合のベクトルで示しています。(a)は水平変位、(b)は上下変位です。青丸で示した観測点が温泉地学研究所による観測点、黒丸で示した観測点が国土地理院および気象庁による観測点を示します。なお、箱根観測点については、1月に観測を終了したため、観測期間が短いことから、ベクトルを図示していません。2018（平成30）年のGPS測量結果では、箱根火山よりも西側の観測点で、温地研観測点に対して、南向きへ5～8mmの変位が認められます（図3.2a）。また、大涌谷観測点では南東方向に1cmを超える変位が観測されました。上下変位（図3.2b）をみると、温地

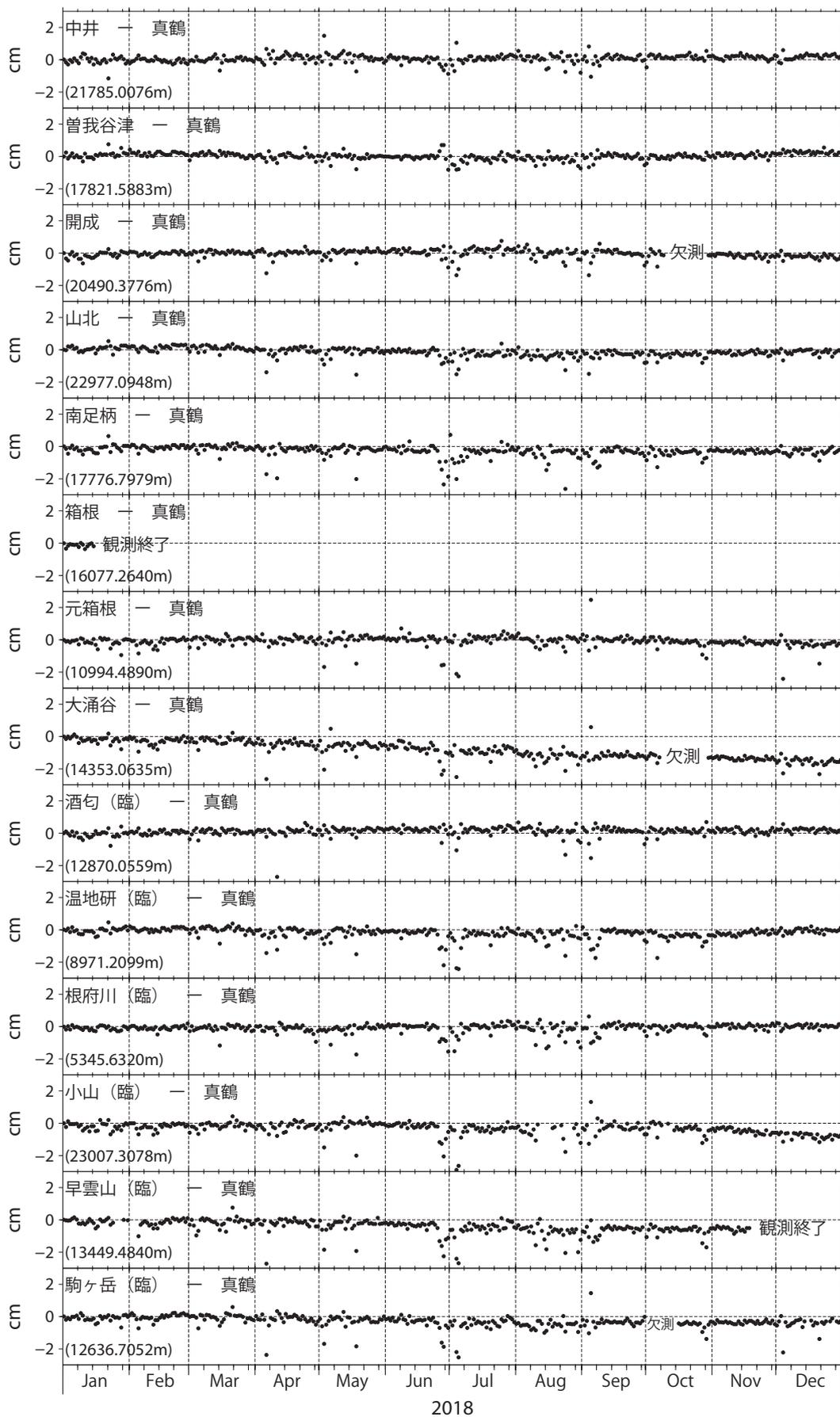


図 3.1 2018 年の GPS 測量結果（基線長成分）。真鶴観測点を基点とした各観測点の基線長変化を示す。縦軸はデータの最初の日を基準にして、その相対変化量 (cm) で示している。また、数値は基準となる距離を示している。

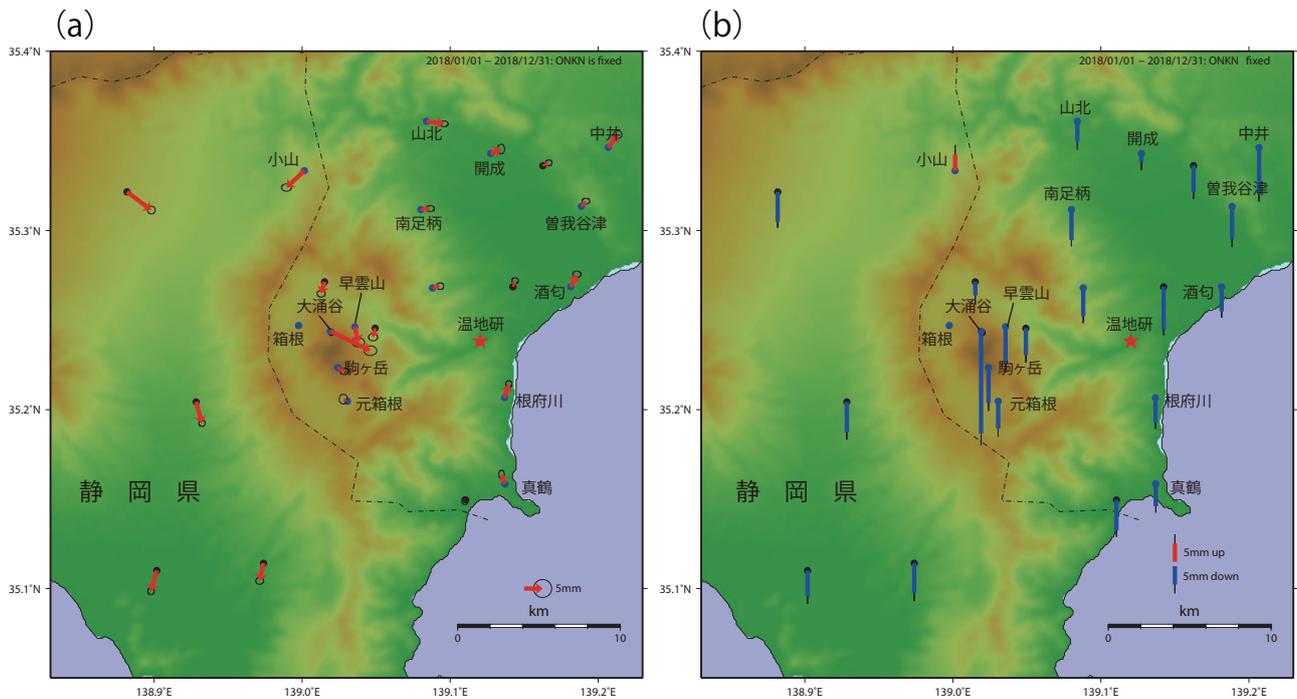


図 3.2 2018 年の GPS 測量結果(ベクトル図)。温地研観測点を固定とした場合の、各観測点の(a)水平変位量および(b)上下変位を示す。青丸は温泉地学研究所による観測点、黒丸は国土地理院および気象庁による観測点を示す。箱根観測点についてはベクトルを示していない。

研観測点に対し、小山観測点を除くすべての観測点で数 mm ~ 数 cm の沈降が認められます。特に、大涌谷観測点では、温地研観測点に対し、1 年間で 2cm を超える顕著な沈降が観測されました。

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 の◇印)。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)、道家ほか(2018c)をご覧ください。

図 4 に箱根地域および小田原地域における 2018(平成 30)年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。

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

箱根地域の光波測量は、1992 年(平成 4)に観測が開始されましたが、測距儀を設置していた施設が廃止となったため、2018(平成 30)年 1 月 16 日をもって観測を終了しました。そのため、観測結果については、2017(平成 29)年 1 月から 2018(平成 30)年 1 月のグラフを示しています(図 4.1)。2018(平成 30)年については 16 日間のデータしかなく、特段の変化は観測されていません。今後は、GPS 測量の観測点を配置することを検討していきたいと思えます。

(2) 小田原地域

小田原地域の光波測量では、いくつか長期間の欠測が発生しています。1 月 18 日から 1 月 26 日は観測システムの不具合により全観測点で、また、3 月 1 日から 3 月 30

日の米神観測点では測距儀が反射器の方位や位置を見失ったために、欠測しています。平成 30 年台風第 24 号の影響が小田原周辺でピークだった 9 月 30 日以降は、南足柄観測点を除いて、しばらく欠測しました。台風の影響が大きかったのか、測距儀から見た反射器の方位や位置がズレてしまい、再設定に時間がかかったのもその一因です。なお、真鶴観測点はその基線長が約 13.8km ととても長く、光波測量による測定限界距離に近いことから復旧により時間を要しました(2019 年 2 月 27 日に復旧)。

2018(平成 30)年の測量結果では、日周変化や年周変化が見られるものの、比較的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や曾我谷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、

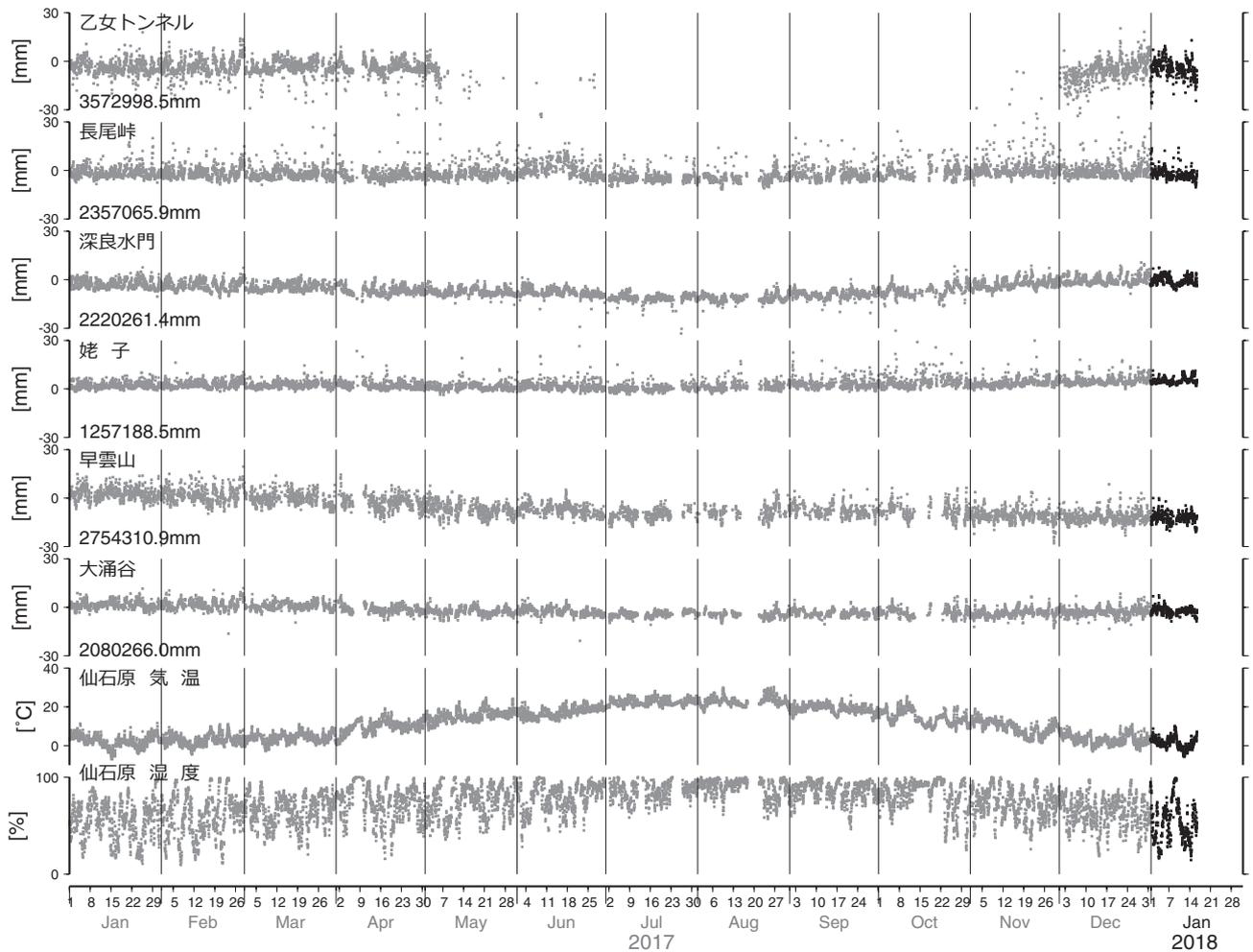


図 4.1 2017 年 1 月から 2018 年 1 月の光波測量結果(箱根観測網)。縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量 (mm) で示している。また、数値は基準となる距離 (0mm における絶対値) を示している。

特に冬場の湿度のバラつきも大きい
ため、これらの影響だと考えられま
す。

期間中の小田原観測網の光波測量
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 (▼印) に
示した 6 ケ所で行っています。
2018(平成 30) 年は、1 月上旬と 8
月上旬にデータベースへのデータ
登録に関わるトラブルがありまし
たが、それ以外の期間については順調
に観測を行うことが出来ました。図
5.1 に 1 年間の地下水位と雨量の推
移を示します。雨量は大井観測点、
およびアメダスの箱根、小田原観測

点における日雨量の値をそれぞれ用
いました。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
をもとに地表面からの水面の深さに
換算し、観測点どうしの比較がしや
すいように同じスケールで示してあ
ります。また、気圧については図 5.2
に、大井観測点における毎日 0 時
の観測値を示しています。以下、観
測点ごとの水位変化の状況について
述べていきます。

二宮観測点の水位は、低気圧や台
風の通過前後の気圧変化に対応した
細かな水位の上下は見られたもの
の、年間を通してほぼ横ばいでした。

小田原観測点では、気圧変化にと

もない二宮観測点よりもいく分大き
めの水位の上下がみられるほか、年
始やゴールデンウィーク期 (4 月末
から 5 月上旬) には、近隣の事業所
の操業・休業の影響による緩やかな
水位の上昇と低下が観測されていま
す。また、年周変化も認められ、春
先 (3 月下旬から 4 月中旬) の水位
がわずかに低く、逆に夏場 (7 月下
旬から 8 月中旬) の水位はわずかに
高くなっています。

湯本観測点の水位には、6 観測点
の中で最も降水量の影響が明瞭にあ
らわれています。特に、3 月上旬、
5 月上旬、9 月下旬の大雨の後には、
数日かけてゆっくりと上昇した後、
数日かけて元の傾向に戻る特徴的な
変化が観測されています。

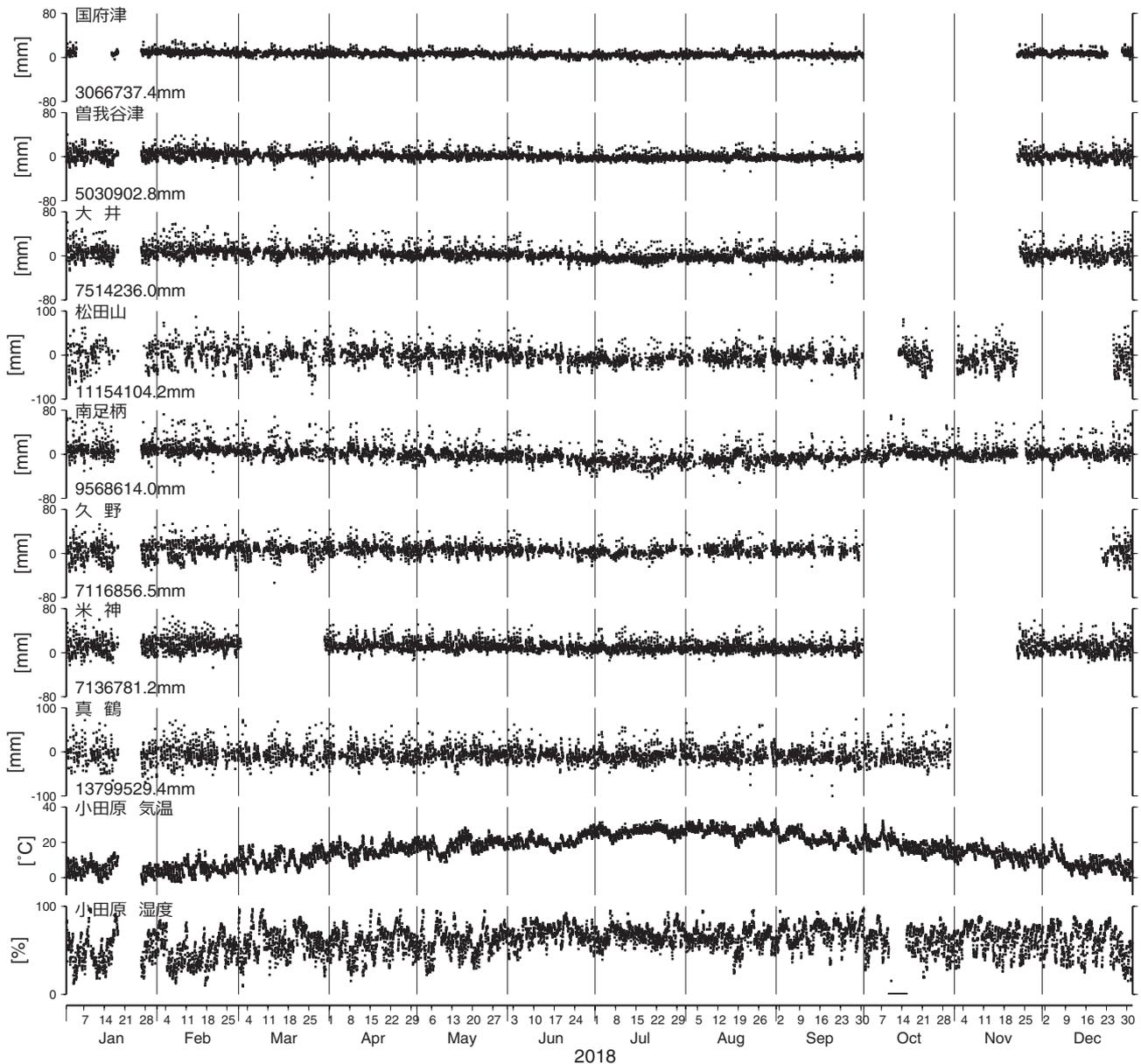


図 4.2 2018 年の光波測量結果（小田原観測網）。縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量（mm）で示している。また、数値は基準となる距離（0mm における絶対値）を示している。

大井観測点の水位は、4月中旬ごろが最低、8月下旬ごろが最高となる例年通りの季節変化を示しつつ、3月中旬、5月上旬、10月初頭にわずかながら上昇していたことがわかります。これらは、いずれも先行した大雨の影響によるとみられますが、その継続期間は湯本観測点よりも短く、1 から 2 日程度でした。

南足柄観測点の水位も大井観測点と概ね同様のパターンで推移していましたが、大井観測点と比べて年周

変化の振幅が大きかったほか、3月中旬、5月上旬、10月初頭に一時的な水位の上昇がみられ、先行した大雨の影響によるとみられます。

真鶴観測点の水位は潮位の影響を受けて大きく変化しますが、日平均処理によりその影響が取り除かれるため、気圧の上昇時に低下、気圧の低下時に上昇している様子がわかります。年間を通してみるとほぼ横ばいでした。

図 5.2 は、各観測点における

2018 年の観測データ（時間値）について簡易的な気圧補正を行った結果を示しています。補正方法の詳細については板寺 (2003) を参照してください。補正後水位は観測点ごとに 2018 年 1 月 1 日午前 0 時の値を基準とした相対的な変化を表示しています。

二宮観測点では補正後水位のばらつきが小さく、年間を通してほぼ一定の状況にありましたが、3月上旬（9日）に急激な

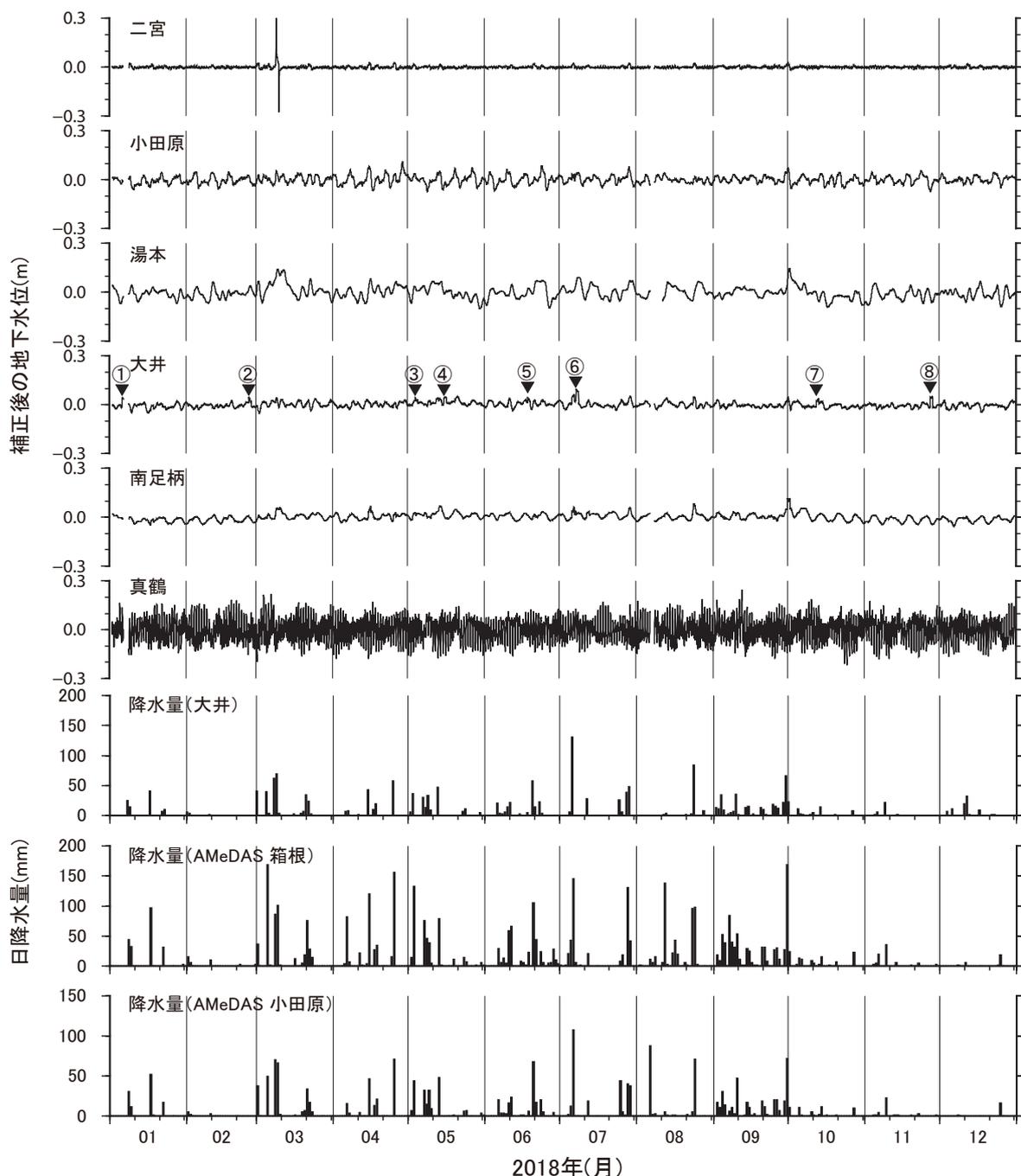


図 5.1 2018 年の地下水位観測結果。地下水位は地表面からの深さで表示している。図上の数字は、表 1 に掲げた番号の地震発生日時を示す。

上昇・低下がみられます。これは、同じ日の大雨の影響による水位の急上昇と、その後の速やかな低下を反映したものです。

小田原観測点の補正後水位には、近隣事業所による揚水の影響を反映した週変化がみられます。この変化は、週の頭に大きく低下、週の後半に向けて緩やかになり、週末に

再び上昇するパターンを示しますが、大雨時には、それ以外の時期に比べて水位が高かったことがわかります。

湯本観測点の水位も気圧の影響を受けるものの、二宮観測点や南足柄観測点などと比べて明瞭ではなく、また大雨時には数日かけてゆっくりと水位上昇した後、数日かけて元の

傾向に戻る特徴があることなどから、補正後水位には 6 観測点の中で最も不規則な変動がみられますが、3月上旬や10月初頭など、大雨の後には明らかな水位の上昇がみられます。

大井観測点の補正後水位は二宮観測点に次いで振幅が小さく、年間を通してほぼ一定の状況にありました

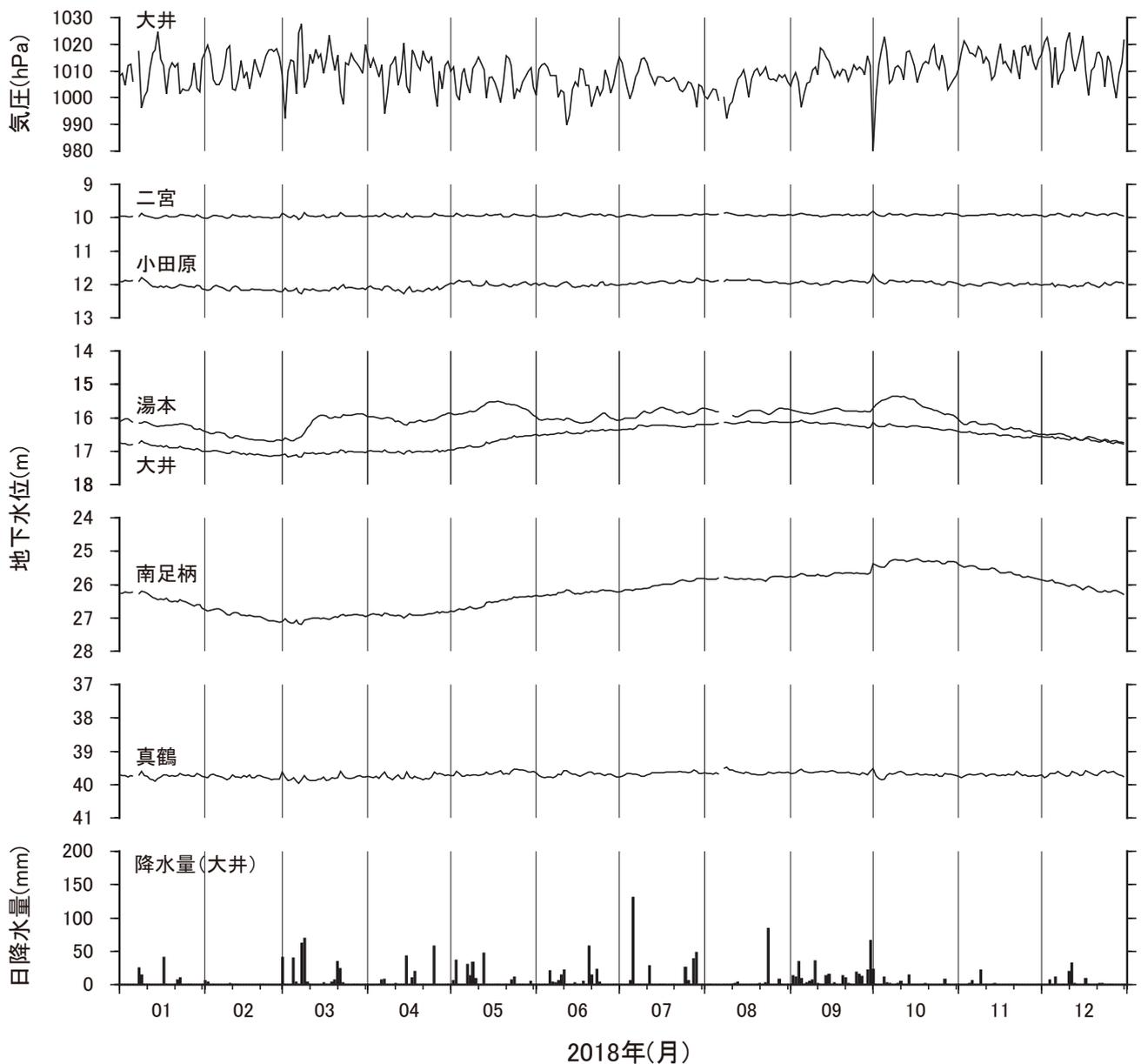


図 5.2 簡易な気圧・潮汐補正後の地下水位変化 (2018年1月1日0時の水位を基準とする)

表 1 簡易な気圧・潮汐補正後の地下水位変化 (2018年1月1日0時の水位を基準とする)

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	その他の観測点	
①	2018/01/06	00:54	東京湾	71	4.7	5 ↑	—
②	2018/02/26	01:28	福島県沖	40	5.8	3 ↑	—
③	2018/05/04	02:07	千葉県北西部	69	4.2	2 ↑	—
④	2018/05/15	14:00	山梨県東部・富士五湖	27	4.3	2 ↑	—
⑤	2018/06/18	07:58	大阪府北部	13	6.1	3 ↑	—
⑥	2018/07/07	20:23	千葉県東方沖	57	6.0	7 ↑	—
⑦	2018/10/12	13:15	千葉県北東部	52	5.2	3 ↑	—
⑧	2018/11/27	08:33	茨城県南部	44	5.0	6 ↑	—

M: マグニチュード、↑: 水位の上昇、—: 変化が認められない

が、表1に示した8回の地震の際にコサイスマミックな水位の上昇が認められました。

南足柄観測点の補正後水位にも小田原観測点と同様に週変化が見られますが、そのパターンが大雨にともなう水位上昇の影響で乱される様子をより明瞭に認めることが出来ません。

真鶴観測点の補正後水位には、潮汐変化の影響による20cm程度の変動が残っていますが、年間を通してみると一様な傾向が続いていました。

以上のような検討の結果、2018(平成30)年は地震発生に先行するような異常な地下水位の変化は観測されなかったと判断しました。

おわりに

2018(平成30)年の地殻変動観測結果では、地下水位観測でコサイスマミ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や火山活動に伴うような変化は、その他の観測項目を含めて、認められませんでした。

地震・火山活動に先行する地殻変動は、通常とは違った変動として現れることが期待されます。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。また、何が普段と違う変動なのかは、地震・火山活動のない静穏な期間のデータがなければわかりません。そのため、長期間にわたり安定した地殻変動の観測データが不可欠です。2018(平

成30)年は、これまで長きに渡って観測を続けてきたGPSの箱根観測点や光波測量・箱根観測網(いずれも1992年観測開始)が、設置先の施設の廃止に伴い、観測を終了しました。それらの代替処置を考えるとともに、地震・火山活動のモニタリングのため、我々は今後も観測網を強化し、また、維持・運用できるよう努めてまいります。

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、温泉地学研究所の本多亮さん、行竹洋平さん、安部祐希さんをはじめ地震・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

- 道家涼介・原田昌武・宮岡一樹・里村幹夫(2013)神奈川県を対象としたBerneseによるGPS統合解析表示システムの構築, 温地研報告, 45, 63-70.
- 道家涼介(2018a)開成GPS観測点の移設に伴う移動量の推定, 神奈川県温泉地学研究所報告, 50, 61-64.
- 道家涼介(2018b)小山GPS観測点のアンテナ交換に伴うオフセット量の推定, 50, 65-68.
- 道家涼介・原田昌武・板寺一洋(2018c)神奈川県西部地域における2017(平成29)年の地殻変動観測結果, 観測だより, 68, 38-46.
- Doke R, Harada M, Miyaoka K (2018) GNSS Observation and Monitoring of the Hakone Volcano and the 2015 Unrest. J

Disaster Res 13:526-534. doi: 10.20965/jdr.2018.p0526.

原田昌武・棚田俊収・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・棚田俊収・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・本多亮・行竹洋平・道家涼介(2015)2015年箱根火山活動に伴う地震活動と地殻変動の特徴(速報), 温地研報告, 47, 1-10.

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・本多亮・安部祐希(2019)神奈川県内およびその周辺における2018(平成30)年の地震活動, 温地研観測だより, 69, 49-54.