

神奈川県西部地域における 2023（令和 5）年の地殻変動観測結果

本多 亮・板寺一洋・栗原 亮（神奈川県温泉地学研究所）

はじめに

温泉地学研究所（以下当所）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。地殻変動観測には、傾斜観測（7 観測点）・GNSS 測量（8 観測点、臨時観測 6 観測点）・光波測量（1 観測網・8 基線）・地下水位観測（6 観測点）があり、当所とオンラインで結んだ連続観測を行っています(図 1)。ここでは、2023(令和 5) 年にこれらの観測点で観測された地殻変動観測結果について報告します。前年の観測結果については、道家ほか（2023）をご覧ください。また、地震活動については、栗原ほか（2024）をご覧ください。

傾斜観測結果

傾斜観測点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 100 m 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。2008 年以降、センサーとテレメータの更新を順次実施しており、2023（令和 5）年度は寄観測点の更新を行いました。

図 2 に 2023（令和 5）年 1 月から 12 月における傾斜観測結果（日値）を示します。図には各観測点における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

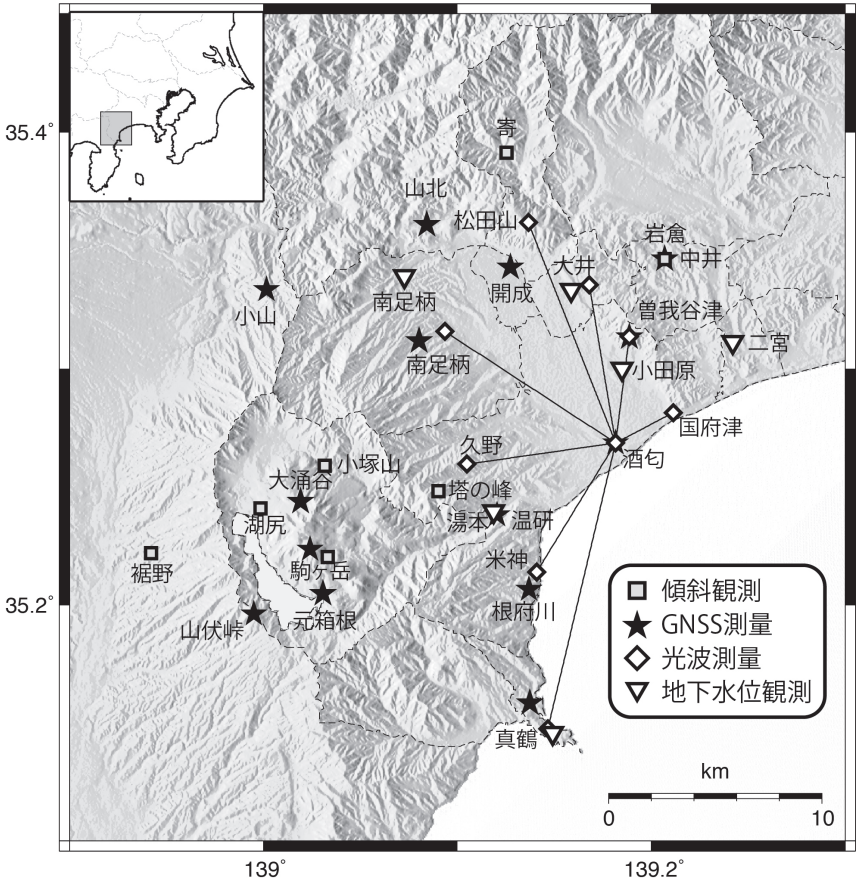


図 1 地殻変動観測点分布図

所) における降水量（時間値）も示してあります。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。塔の峰観測点の記録に見られる 7 月下旬の大きな

傾斜変動は、機器のメンテナンスに伴うものです。また、8 月下旬以降は地上制御装置の不具合により観測を停止しています。

5 月、6 月初旬には全観測点で降雨による影響が見られます。特に、

表 1 ステップ補正をした観測点と日時

観測点名	日付	理由
塔の峰	2023年5月11日	不明
	2023年5月26日	不明
	2023年7月25日～26日	ケーブル短絡工事
	2023年7月30日	ケーブル短絡工事
寄	2023年1月11日	M 4 の地震による

小塚山観測点、湖尻観測点、駒ヶ岳観測点では、時定数の長い変化が顕著ですが、他の観測点にもわずかに影響が見られます。

なお、遠地の地震による揺れや工事などによってステップ的な変動が記録されることがありますが、これらは実際の地殻変動ではないため除去しています。本稿で示した図は除去

した後のものです。除去したステップは表 1 に示しました。地震動による機械的なステップについては、本多（2019）をご覧ください。

GNSS 測量結果（注）

GNSS 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配置され、1993（平成 5）年か

ら真鶴、箱根（2018（平成 30）年 1 月に観測終了）、山北、中井において観測を開始しました（図 1 ★）。以後、2008（平成 20）、2015（平成 27）、2016（平成 28）年と少しずつ観測点を増やしてきました。観測機器の詳細は道家ほか（2023）を、GNSS による観測方法の詳細については、神奈川県温泉地学研究所

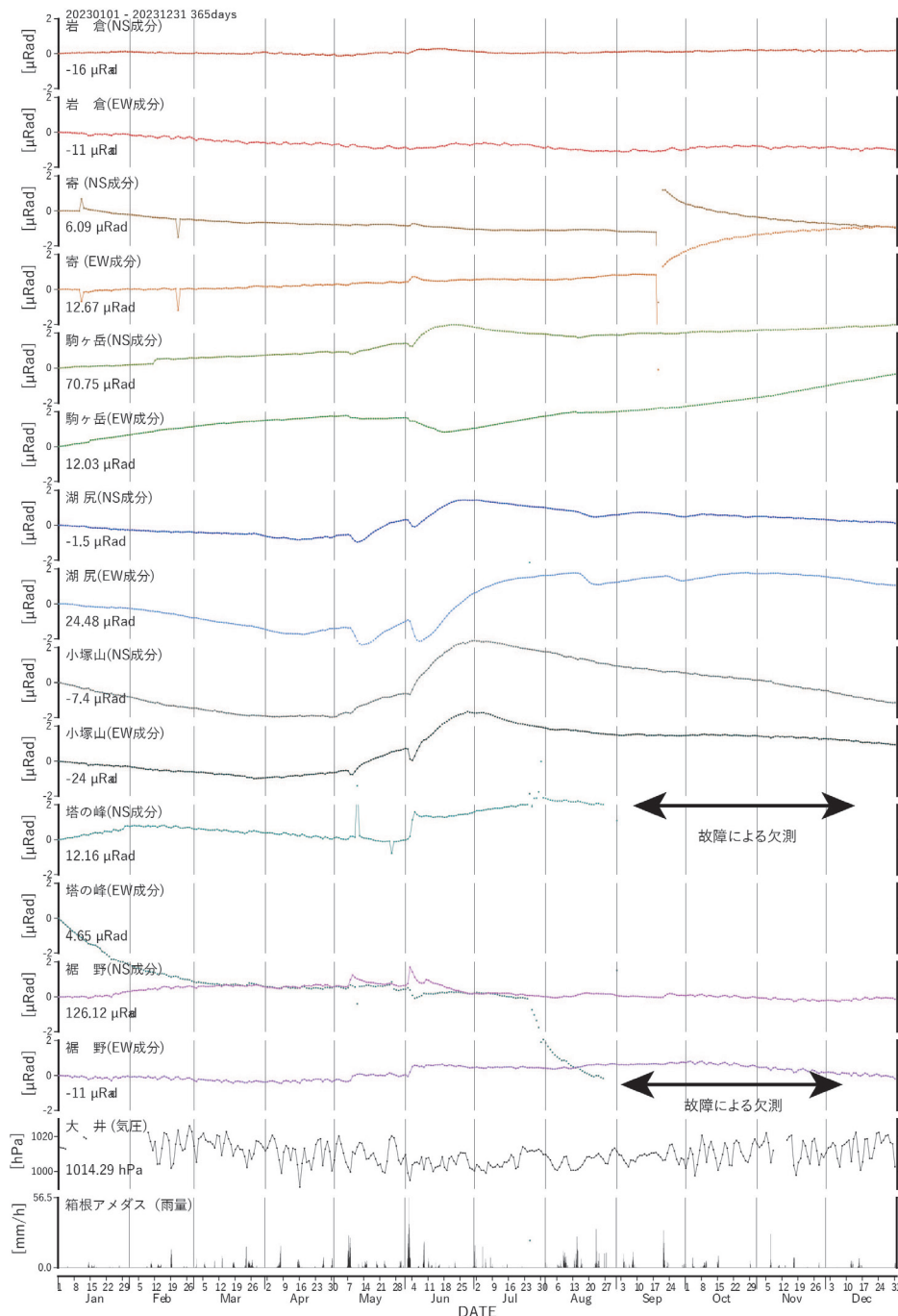


図 2 2023 年の傾斜観測結果。図の下向きが南下がり・西下がりの変動を示す。

(1999)をご覧ください。また、データの解析手法については、道家ほか(2020)をご覧ください。

図3に2023(令和5)年1月から12月におけるGNSS測量結果を示します。これらは、真鶴観測点および山伏峠観測点を基点とした各観測点間の基線長を1日毎に解析し表示しています。小山観測点は、8

月下旬、9月下旬および10月下旬から11月上旬にかけて停電や通信トラブル等により欠測しています。

また、山伏峠観測点は、1月14日～20日までの間、通信機器の不具合を修理するために受信機を回収し観測を中断したため、欠測しています。なお、駒ヶ岳観測点と山伏峠観測点については、現地でのソーラー

発電により電力を賄っているため、日照不足による欠測がたびたび発生しています。

図3に示した時系列グラフでは、大涌谷―真鶴基線において、過去の定常時の観測結果と同傾向の短縮が認められます。これは大涌谷における局所的な変位を見ているものと考えられます。6～9月には多くの観

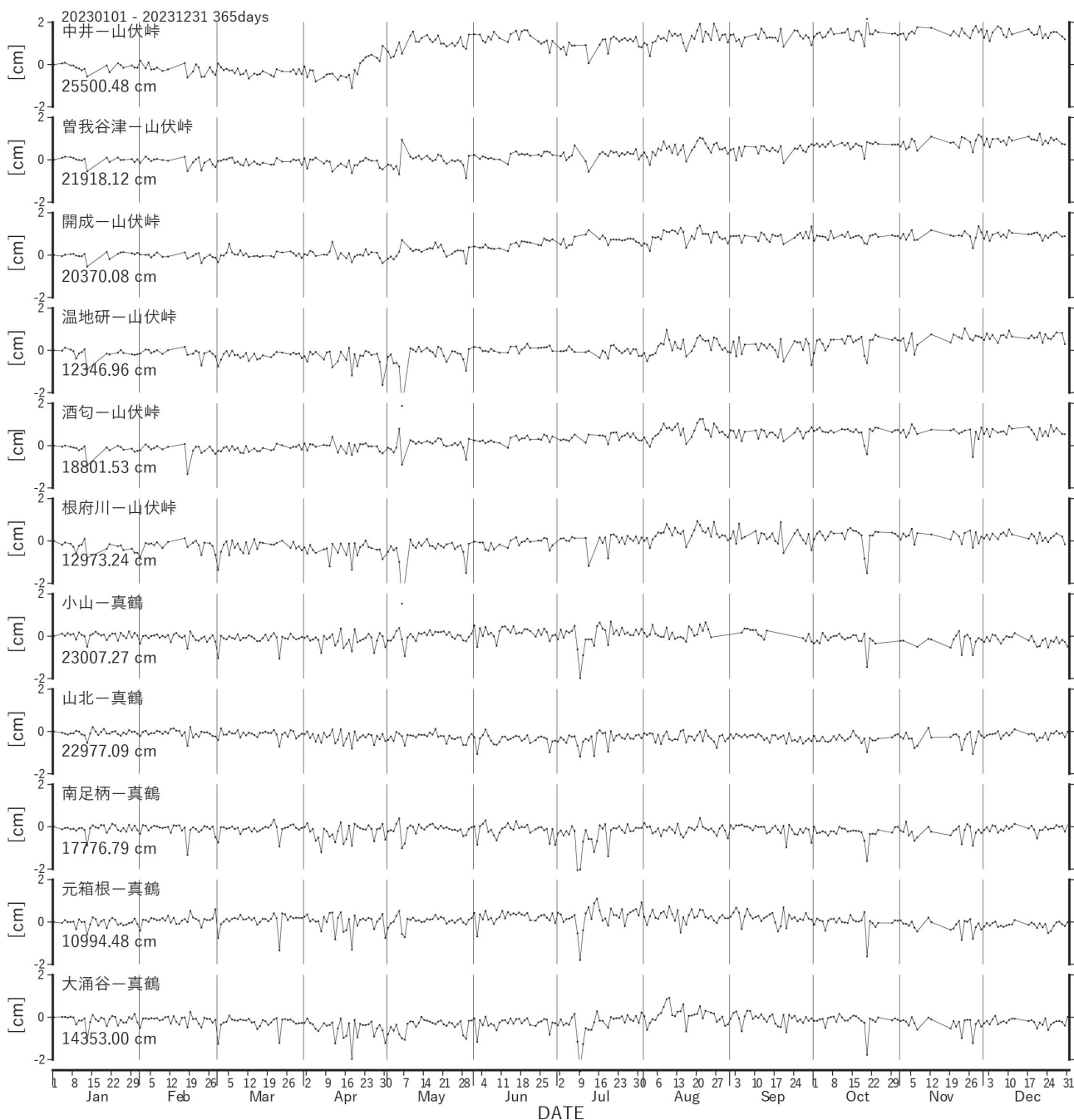


図3 2022年のGNSS測量結果 真鶴観測点を基点とした各観測点の基線長変化を示す。縦軸はデータの最初の日を基準にして、その相対変化量(cm)で示している。また、数値は基準となる距離を示している。

測点において変位の乱れが認められますが、これについては、大気遅延などの気象要素に起因するものと考えられます。中井—山伏峠基線においては、4月下旬に大きな変動が観測されています。この基線は箱根や国府津—松田断層帯をはさむ基線ではありますが、同様に断層帯や箱根を挟む他の基線ではこのような変動は見られないことから、断層や火山活動の影響とは考えられません。中井観測点は約 10 m の高さの電柱状のピラーの上にアンテナが設置されており、ピラーの傾きなどが影響し

た可能性があります。

年間の変化では、南北に近い基線（真鶴からの基線）に比べ東西に近い基線（山伏峠からの基線）でやや伸びの傾向が見られます。図 4 は 2023（令和 5）年 3 月から 12 月の各観測点のベクトルを示していますが、この図からも同様の変動が見て取れます。このような東西方向の箱根を挟む基線の変化は、4 月ごろから 9 月ごろまで観測されました。しかし、地震活動は例年と比べてやや多いものの特に活発ということではなく、地殻変動とともに地震が活

発化が観測された 2015（平成 27）年や 2019（平成 31/ 令和元）年とは異なる様相でした。一方で、火山ガス組成については、C/S 比の上昇や HCl の濃度上昇などマグマに由来すると考えられる変化が観測されています（本多ほか，2023；外山ほか，2024）。

光波測量結果

光波測量は、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

Reference = 2023-03-01_2023-03-30

Observation = 2023-12-02_2023-12-31

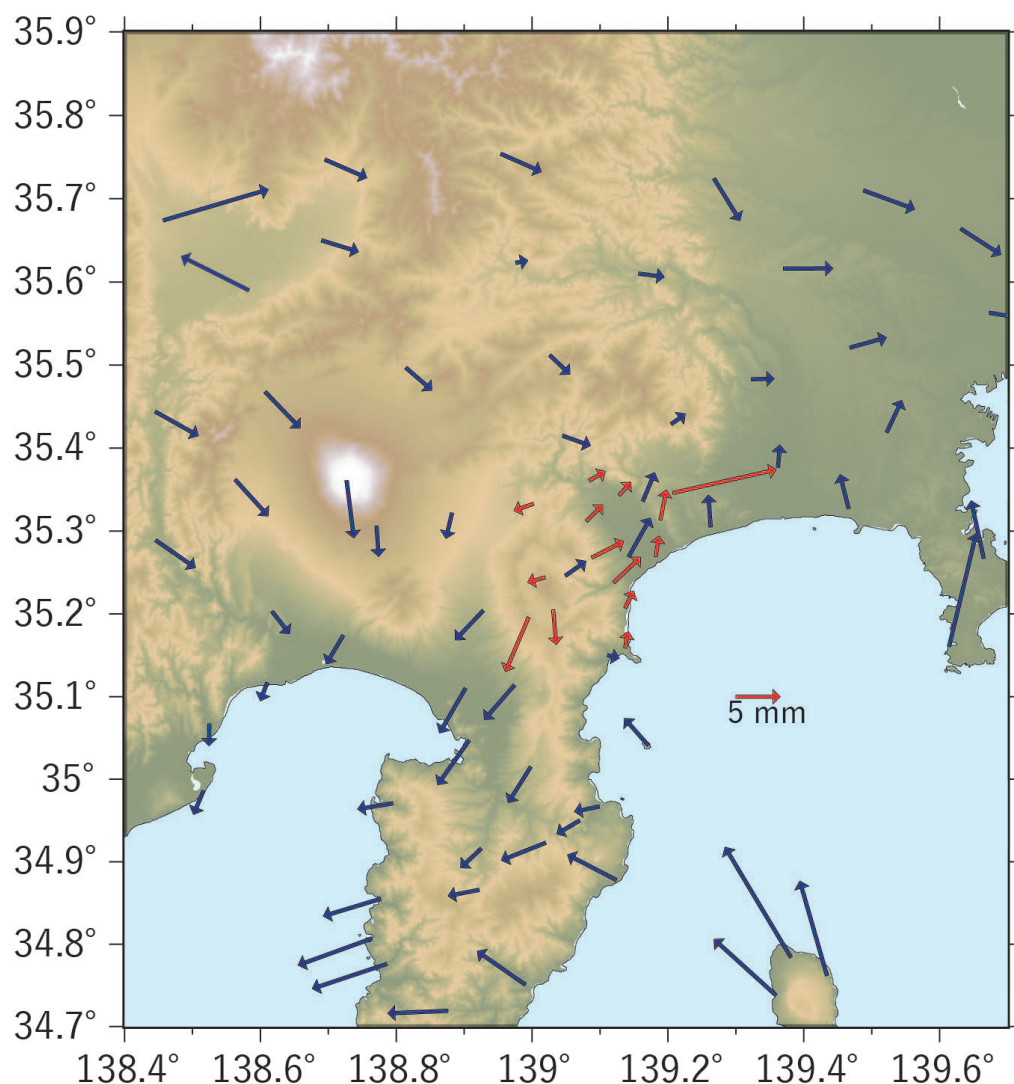


図 4 箱根周辺の GNSS 観測点の変動。当所の観測点の変動が赤矢印で、他機関の観測点の変動が青矢印で示してある。

いては、神奈川県温泉地学研究所 (1999) をご覧ください。図 5 に小田原地域における 2022 (令和 4) 年の光波測量結果を示します。大井観測点と南足柄観測点で、4 月から 7 月にかけて欠測があります。これは光軸のずれによるものです。

2023 (令和 5) 年の測量結果では比較的安定した記録が得られていますが、冬の時期の基線長のバラつきが大きくなっています。また、日周変化や年周変化も見られます。これらは気温・気圧・湿度の変動の影響による結果だと考えられます。

地下水位観測結果

地下水位観測は図 1 (▼) に示した 6 ケ所で行っています。各観測点の詳細については横山ほか (1995) を参照してください。2023 (令和 5) 年は、現地観測点からデータを収録するサーバの老朽化による不具合などにより 1 月上・中旬、2 月上旬、3 月中旬、11 月上旬などの期間が欠測となっています。

図 6 に 1 年間の気圧、地下水位、

雨量の推移を示します。気圧は大井観測点における毎日 0 時の観測値を、雨量は大井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、それ以外の観測点については毎日 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。

一年間を通した地下水位の変化をみると、6 月初旬に湯本で観測され

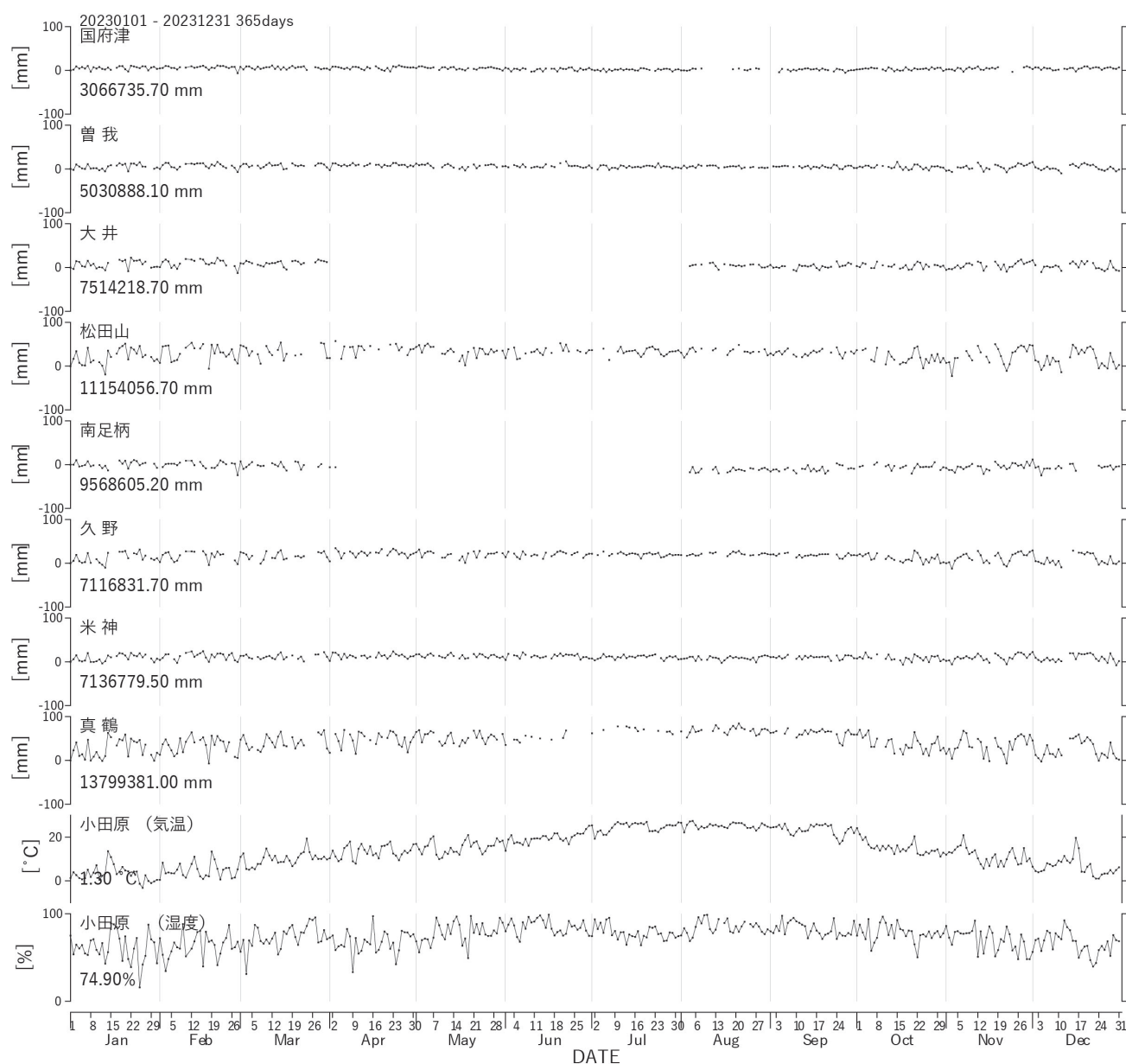


図 5 2023 年の光波測量結果 (小田原観測網) 縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量 (mm) で示している。また、数値は基準となる距離 (0mm における絶対値) を示している。

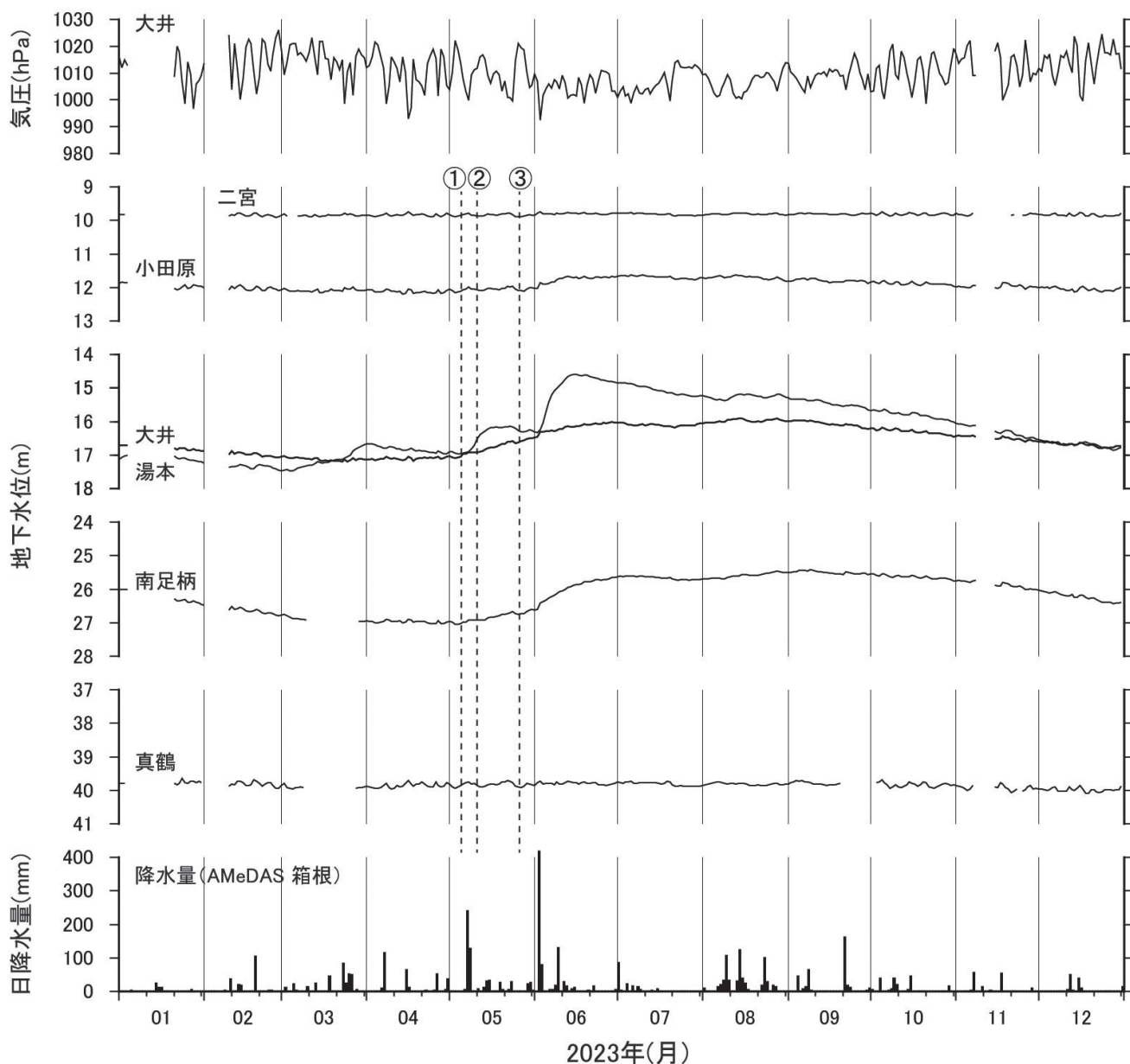


図6 2023年の地下水位観測結果 地下水位は地表面からの深さで表示している。図上の数字は、表2に掲げた番号の地震発生日時を示す。

た大きな水位の上昇が目立ちます。気象庁の公開データ（電子閲覧室、<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>）によれば、6月2日に箱根、小田原で観測された日雨量はそれぞれ417.5mm、187.5mmで、どちらも観測史上6番目に多い値でした（最大は、いずれも2019（平成31/令和元）年10月12日の令和元年東日本台風にとまなう922.5mmと240mm）。この稀と言っても差し支えないほど多量の雨による水位の上昇は、湯本

のほか、あまり降雨の影響を被らない（横山ほか、1995）とされている小田原でも認めることができます。これに対して大井や南足柄では、足柄平野の水田への灌漑水の影響を受け夏季に水位が最高となる年変化が主であり、大雨による影響はわずかにみられるに過ぎません。さらに、潮位の影響を受けて大きく変化する二宮と真鶴の水位は年間を通じてほとんど横ばいであり、大雨の影響はほとんど表れていなかったことがわかります。このような大雨に対する

地下水位の反応の違いは、それぞれの観測井がスクリーン（地下水を導入するための穴の開いた管）を設けている帯水層の透水性のほか、その帯水層の厚さや空間的な広がり、上下の地層との地下水のやり取りの有無といった様々な状況の違いを反映しているとみられます。

コサイスマックな水位の上昇（地震発生時の地面の揺れや地殻変動によって現れる変化）は表2に示した3回の地震の際に、いずれも大井で確認されました。そのうち最大

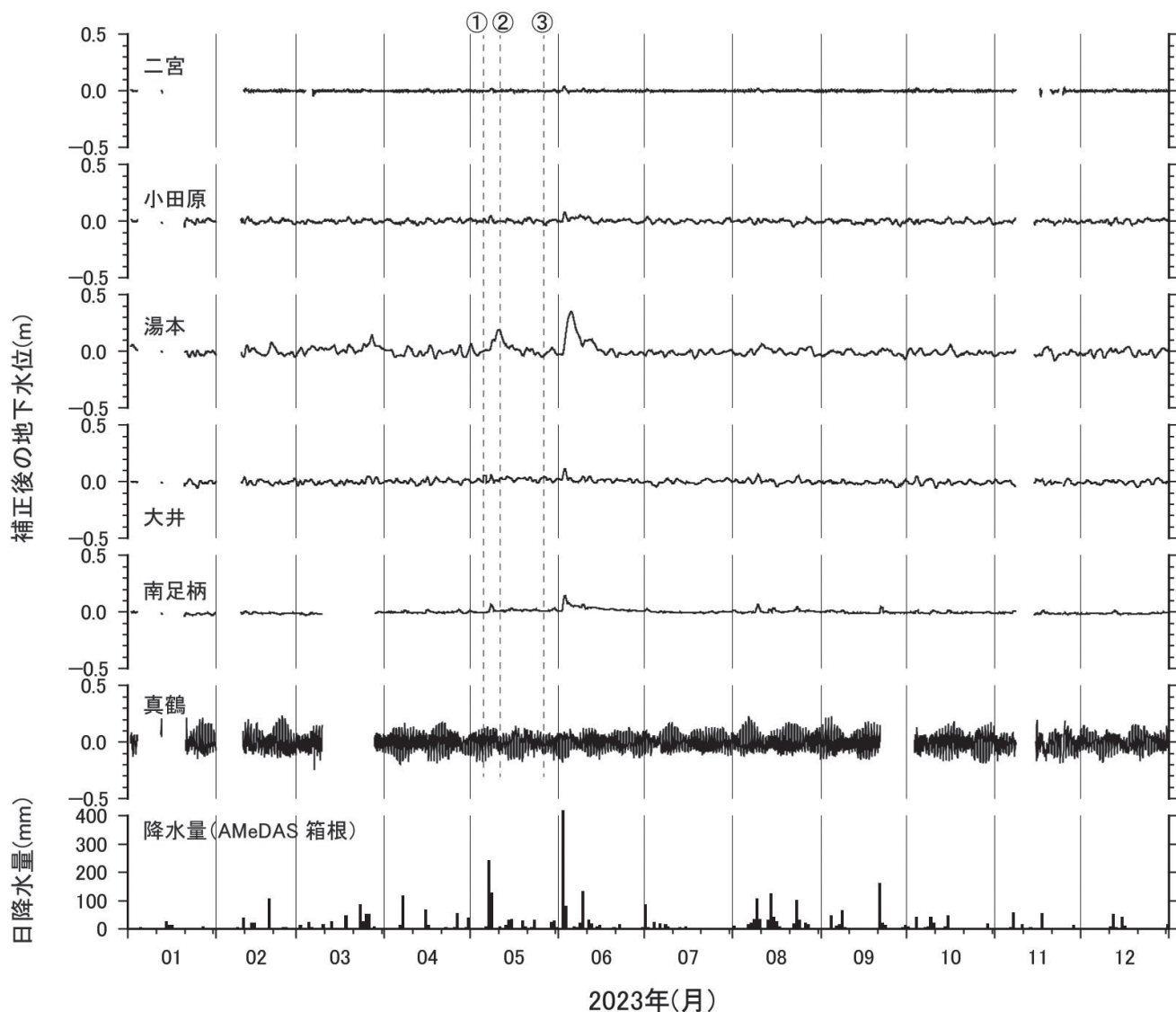


図7 簡易な気圧・潮汐補正後の地下水位変化（2023年1月1日0時の水位を基準とする）。図上の数字は、表2に掲げた番号の地震発生日時を示す。

であったのは5月5日に発生した石川県能登地方の地震（M6.5）に伴う変化で、水位上昇量は約6cmでした。

図7は各観測点における2023（令和5）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2023（令和5）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。補正後の水位によれば、二宮や大井、南足柄な

どにおいて観測データそのものの推移（図6）では不明瞭であった6月2日や5月上旬などの雨の影響を見て取ることができます。そのほかは観測点ごとにばらつきの大きさに違いはあるものの年間を通してほぼ一定の状況にありました。

表2 2023年に観測された地震発生後のコサイスマックな地下水位変化

	地震発生日	時刻	震央地名	深さ (km)	M	コサイスマックな地下水位変化(cm)	
						大井	その他の観測点
①	2023/5/5	14:42	石川県能登地方	12	6.5	6 ↑	—
②	2023/5/11	04:16	千葉県南部	40	5.2	2 ↑	—
③	2023/5/26	19:03	千葉県東方沖	50	6.2	1 ↑	—

M: マグニチュード、↑: 水位の上昇、—: 変化が認められない

以上のような検討の結果、2023（令和5）年に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みられます。

おわりに

2023（令和5）年の地殻変動観測結果では、GNSS観測網においてわずかながら箱根の膨張を捉えることができました。またこれに呼応するように、火山ガスの組成・濃度変化が観測された（外山ほか、2024）一方、8月および10月に小規模な群発地震活動が発生し、年間の地震数も平年よりやや多かった（栗原ほか、2024）ものの、傾斜変動や光波測量・地下水位には火山活動に係るような特段の変化はみられず、全体としてはおおむね静穏な状態で推移しました。このような状況は、地震活動も活発化し噴火警戒レベルが上がった2015（平成27）年や2019（平成31/令和元）年などとは異なっています。地下で何が起きているかについては、まだはっきりとしたことはわかりませんが、浅部における熱水系の環境変化がこのような状況を生んでいる可能性も指摘されています（萬年ほか、2022）。

また、箱根の山体膨張がマグマや熱水の能動的な上昇を反映したものではなく、足柄平野付近のプレート運動によって受動的に発生した可能性も指摘されています（道家ほか、2023）。

2023（令和5）年は火山ガス、地震活動、地殻変動それぞれで興味

深い現象が観測されました。今後も地殻変動観測を継続し、地震活動や火山ガスとの関係性を理解していくことによって、箱根火山と周辺のプレート運動との関係性を明らかにしていくことが重要な課題であると認識しております。

謝辞

観測装置を設置させていただいている関係機関の方々に、この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 道家 涼介（2023）2023年における箱根火山周辺の非定常地殻変動，日本火山学会秋季大会，B3-15.
- 道家涼介・本多亮・板寺一洋（2023）神奈川県西部地域における2022（令和4）年の地殻変動観測結果，神奈川県温泉地学研究所観測だより，73，47-54.
- 本多亮（2019）箱根周辺で観測された地震時の傾斜ステップに関する考察，温地研報告，51，17-23.
- 本多亮・道家涼介・栗原亮・外山浩太郎・安部祐希・萬年一剛・長岡優・板寺一洋（2023）箱根火山で観測された2023年の火山活動活発化，日本火山学会秋季大会，P62.
- 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，神奈川県温泉地学研究所報告，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，神奈川県温泉地学研究所報告，29，3-40.

栗原亮・安部祐希・本多亮（2024）神奈川県およびその周辺における2023（令和5）年の地震活動，神奈川県温泉地学研究所観測だより，74，83-88.

萬年一剛・宮下雄次・藤松淳・二宮良太・外山浩太郎（2022）箱根火山2015年噴火後の大涌谷噴気地帯と噴気温度の変化（その3：2020～2022），神奈川県温泉地学研究所報告，第54巻，1-17.

外山浩太郎・萬年一剛・二宮良太・宮下雄次（2024）箱根火山大涌谷周辺における2023（令和5）年の火山ガス及び温泉の定期調査結果，神奈川県温泉地学研究所観測だより，74，89-92.

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，神奈川県温泉地学研究所報告，26，1・2合併号，21-36.

（注）GNSSは、アメリカ合衆国が運用するGPSや、ロシア航空宇宙軍が運用するGLONASSなどの衛星測位システムの総称です。