

## 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

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（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。ここでは、2008（平成 20）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。

### 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、東西方向および南北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（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 2008（平成 20）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した 1 時間値のデータを用いて作

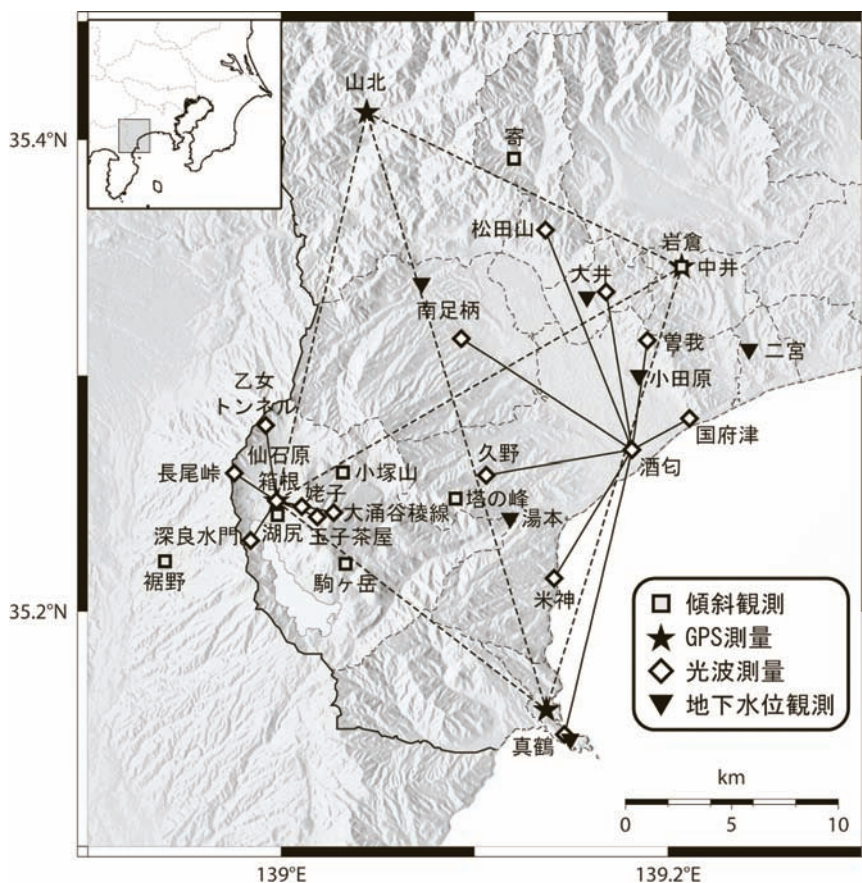


図 1 地殻変動観測点分布図。

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。この期間では、駒ヶ岳観測点が 2007（平成 19）年 12 月 16 日から 2008（平成 20）年 4 月 16 日までデータ伝送系の故障により欠測しています。

また、平成 20 年度より地震・地殻変動観測施設の強化・更新を進めているため（詳細は伊東，2009）これに関連して湖尻観測点（10/22 から）駒ヶ岳観測点（10/30 から）岩倉観測点（11/18 から）において欠測になっています。

2008（平成 20）年の傾斜観測結果から以下の特徴がみられます。

#### (1) 地震による傾斜変化(図 2a ~ c)

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、

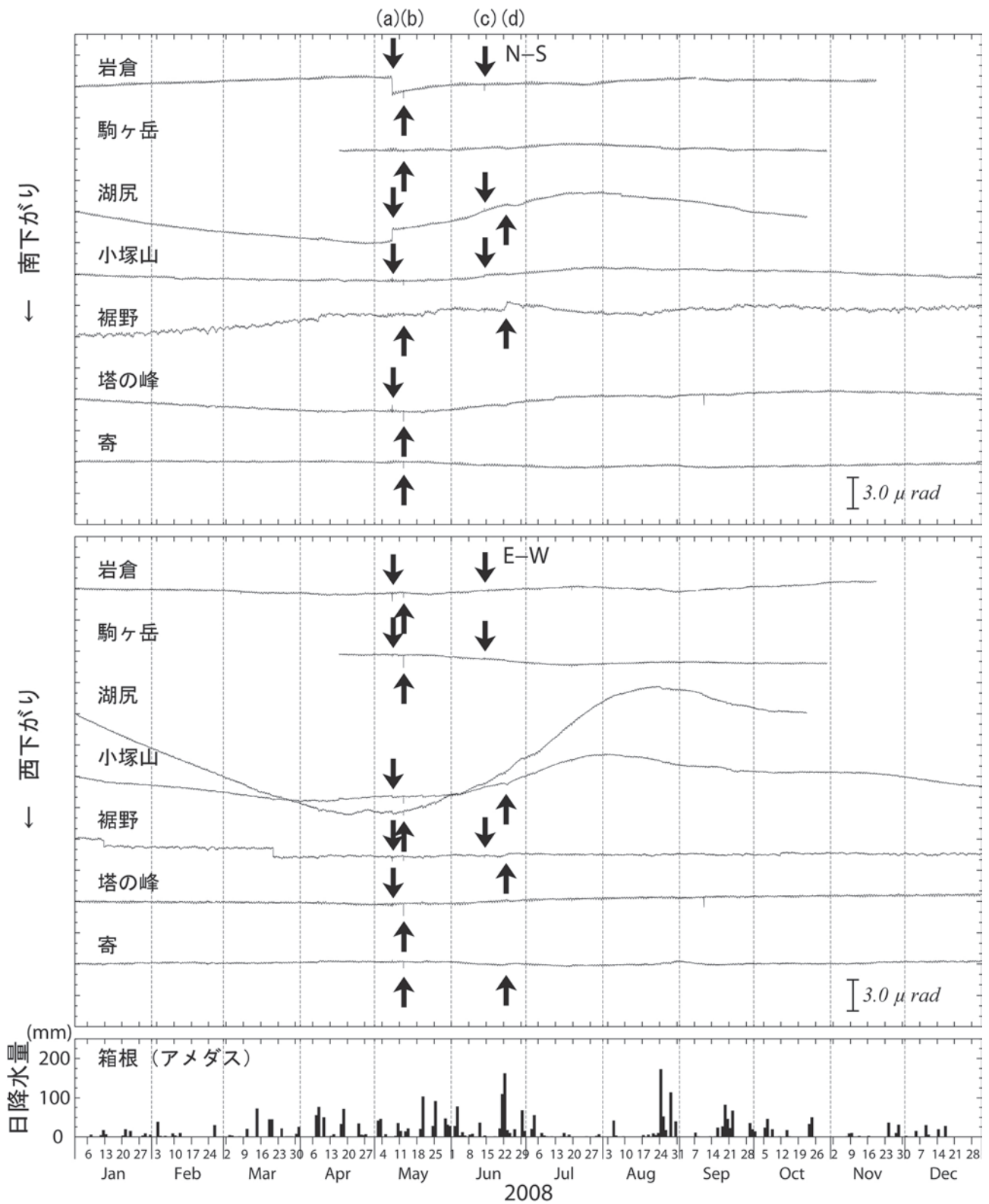


図2 2008年の傾斜観測結果。図は上から南北成分、東西成分、箱根(気象庁アメダス観測点)における日降水量を示す。(a)から(d)については本文参照。

ステップを生じます。2008(平成20)年は次の地震によりコサイスマミックな傾斜ステップが観測されました。

(a) 5月8日 01:45 茨城県沖の

地震(M7.0, 深さ51km)

(b) 5月12日 15:28(日本時間)中国四川省の地震(M7.9, 深さ19km)

(c) 6月14日 08:43 岩手・宮城

内陸地震(M7.2, 深さ8km)

これらの地震は全て当所の傾斜観測網からは震央距離が遠いのですが、地震の規模が大きく、その揺れが各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が（原田ほか，2008）、2008（平成20）年は大きな台風の接近もなく比較的安定した観測記録が得られています。ただし、梅雨前線の活発化により2008（平成20）年6月21日、22日にはそれぞれ108.5mm、162mmの降水量を記録しており、この影響が傾斜データに若干現れています（図2d）。

### (3) 年周変化

湖尻観測点の南北成分及び東西成分では、5月くらいに南下がり（西下がり）のピークになり、8月くらいに北下がり（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。

### (4) 傾斜変動に対する気圧の補正

日常的にデータの点検をしていると、傾斜データが気圧変化の影響を受けて変化しているように見ることがあります。図3は、2008年8月10日から30日の裾野観測点の傾斜変化（南北、東西）と、地下水位の湯本観測点の気圧変化を示しています。特に、南北成分の傾斜変化が気圧変化に対応しているように見えます。

そこで、図3に示したデータをもとに、南北成分、東西のそれぞれ

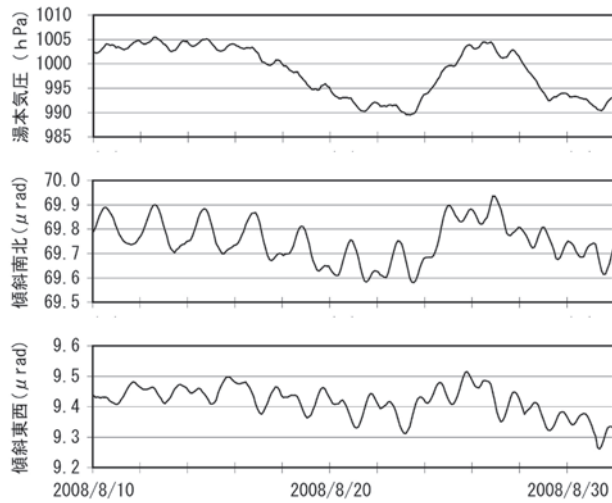


図3 気圧変化に対応する傾斜変化の例。

2008年8月10日から30日までの観測結果。図は上から地下水位湯本観測点における気圧、傾斜裾野観測点における南北成分、東西成分を示す。

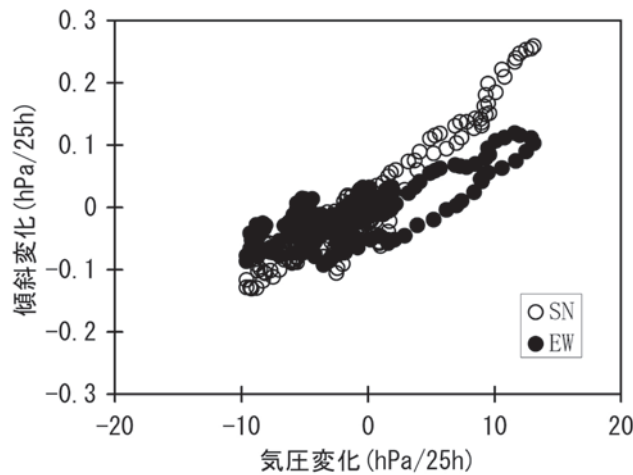


図4 気圧変化と傾斜変化の相関。

図3に示したデータから計算した気圧、傾斜の25時間階差の関係を示す。

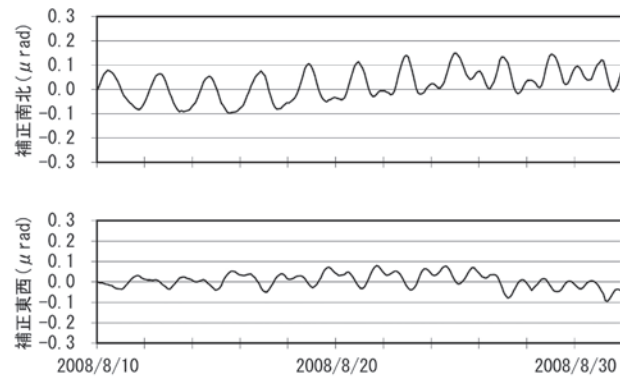


図5 気圧補正後の傾斜変化。

図3に示した傾斜の南北成分、東西成分のそれぞれについて簡易に気圧補正を補正した結果を示す。

について階差をとり、気圧階差との相関関係を調べてみました（図4）。図3によれば、傾斜変化が潮汐の影響を受けていることは明らかなので、その影響を見かけ上、最小にするため、階差間隔は、潮汐の主要な周期の一つである25時間としました。

図4に示した結果では、気圧変化に対する傾斜変化の割合（見かけ

の気圧係数とする）は、南北成分については0.0151 μ Rad/hPa（決定係数0.88）、東西成分については0.0067 μ Rad/hPa（決定係数0.63）でした。つまり、裾野観測点では、気圧が増加すると、見かけ上、北および東方向への傾斜が増加することになります。

見かけの気圧係数により、観測データから気圧の影響を差し引い

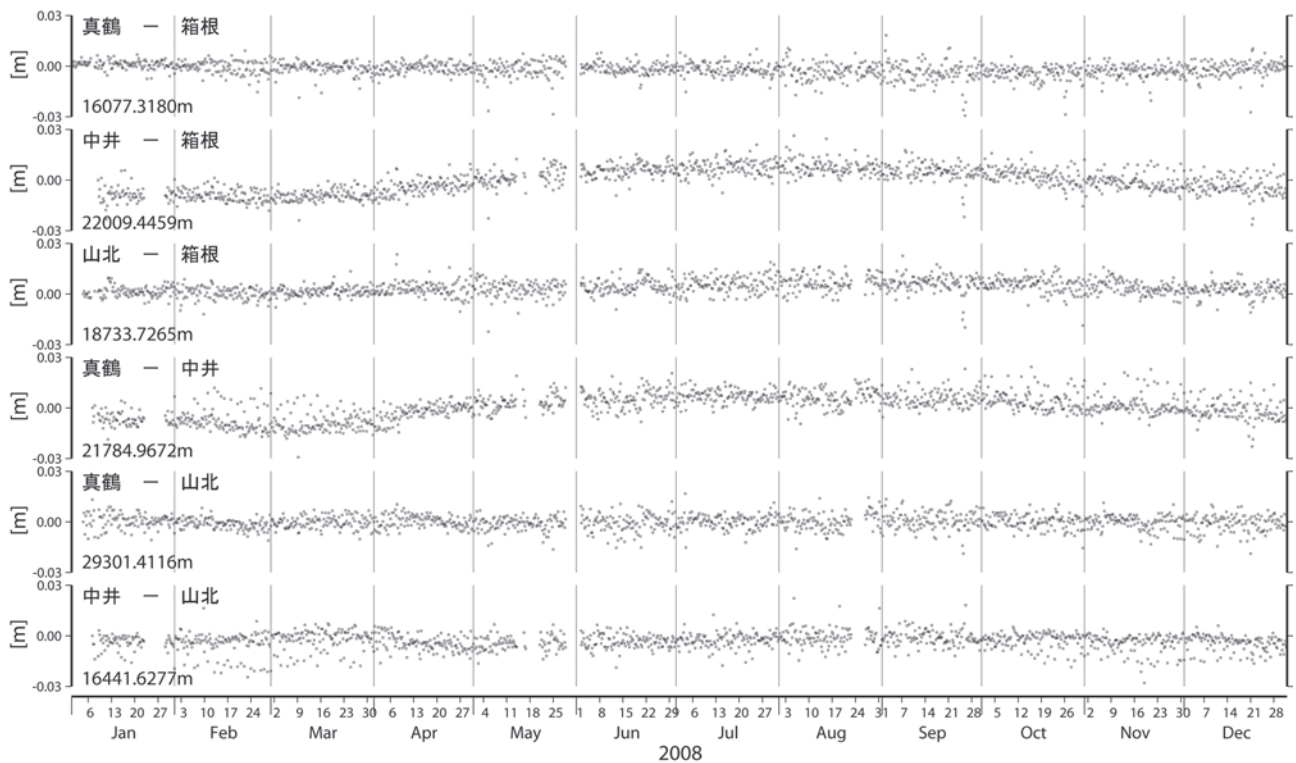


図6 2008年のGPS測量結果。縦軸は1月1日を基準にして、その相対変化量(m)で示している。また、数値は基準となる距離(0mmにおける絶対値)を示している。

た結果は、図5のとおりです。図5と図3を比べると、気圧の影響を差し引くことにより、南北方向、東西方向とも、傾斜データの推移が平滑化されていることがわかります。

ただし、ここでは簡易的な方法で気圧の補正を行っていますが、観測期間が変わると見かけの気圧係数も変わる場合があります。さらに、他の各観測点では、気圧の変動自体や気圧に対する傾斜計の応答がそれぞれ異なります。今後は各観測点における気圧データを用いて詳細な検討を行うことにより、傾斜データに表れる異常変化の検出に寄与できると考えられます。

#### 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、真鶴、箱根、山北、中井において観測を行っています(図1)。観測方法の詳細やこれまでの観測結果については、温泉地学研

究所(1999)や原田ほか(2007a)をご覧ください。

図6に2008(平成20)年1月から12月におけるGPS測量結果を示します。4観測点6測線の基線長を6時間毎に解析し表示しています。この1年間、各観測点では受信機の不調などにより1週間程度の短期的な欠測はありましたが、長期間の変動を見るには問題とはなりません。

2008(平成20)年のGPS測量結果では、中井観測点を含む基線長(中井-箱根、真鶴-中井)において、見かけ上3月くらいに基線長が縮み7月くらいに伸びる年周変化が見えますが、地震活動や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。

#### 光波測量結果

光波測量は、仙石原を基点とした箱根地域(6基線)と酒匂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、温泉地学研究所(1999)や原田ほか(2007a)をご覧ください。図7に2008(平成20)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

姥子や玉子茶屋、深良水門、長尾峠基線では2週間から1カ月程度の欠測がしばしば発生しています。これらの観測点における1月、2月の欠測については、測距儀のカバーに雪が付着したため反射器の方位角や仰角が分からなくなってしまったために起こりました。また、玉子茶屋で発生している欠測は、反射器の表面のカバーが火山ガスのために曇ってしまったことによります(反射器を磨くことによって改善されました)。長尾峠では、長期間連続で使用している反射器の内部に水蒸気

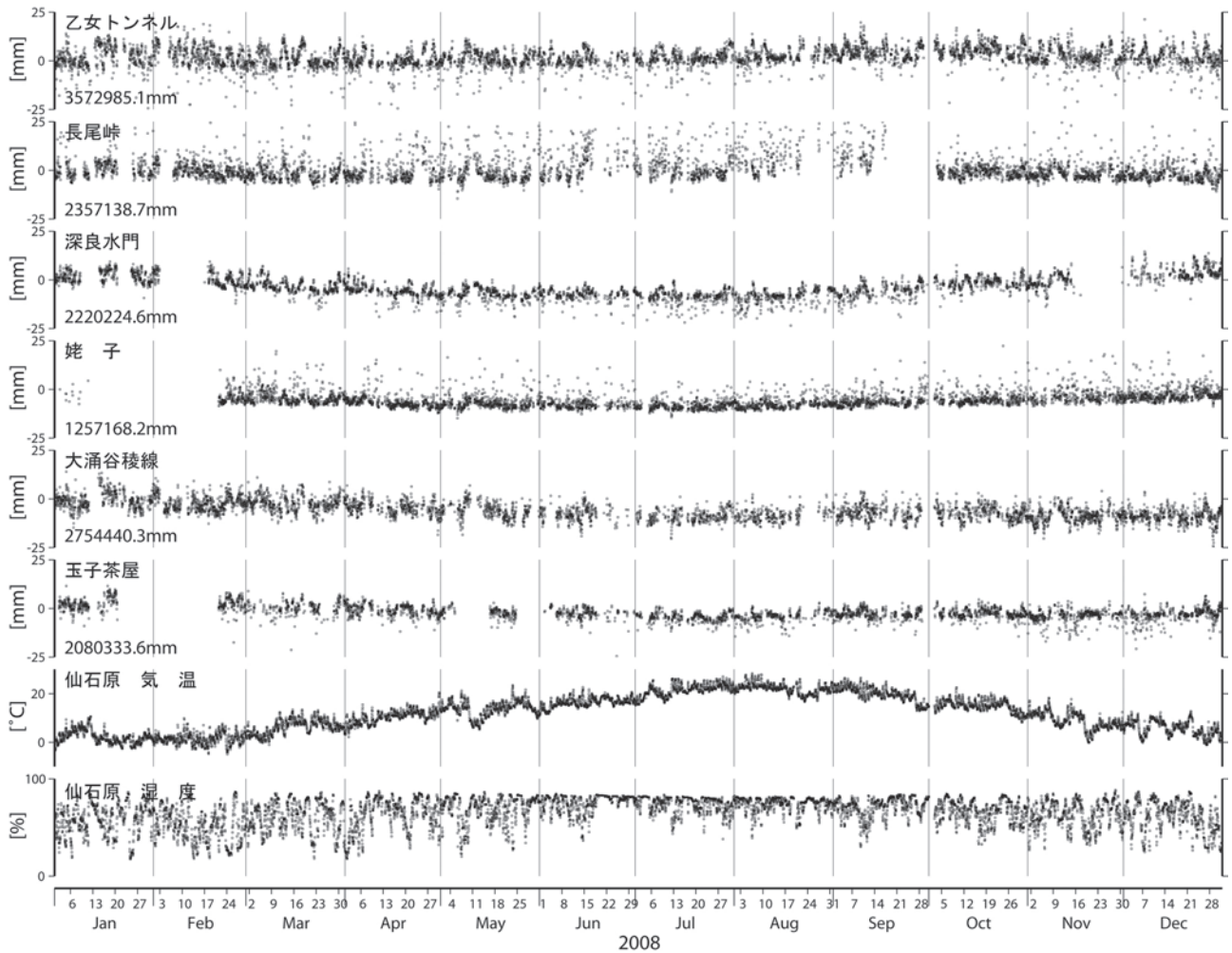


図 7.1 2008 年の光波測量結果（箱根観測網）。縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量（mm）で示している。また、数値は基準となる距離（0mm における絶対値）を示している。

が入ってしまったため結露し、測距儀からの信号を反射できなくなってしまったため 9 月までは基線長のバラつきが大きく、その後欠測となっていました（10 月に反射器の交換を行いました）。深良水門の反射器については、いわゆる“鏡”（反射板）の部分が劣化したため 12 月に交換しました。期間中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、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。

## (2) 小田原地域

2007（平成 19）年度に測距儀を城山（小田原市）にから酒匂に移設し、新たに観測網を構築しました（原田ほか，2007b）。

2008（平成 20）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、特に冬の湿度のバラつきも大きいため、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。

2008（平成 20）年の地下水位観測結果を図 8 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 6 月の上か

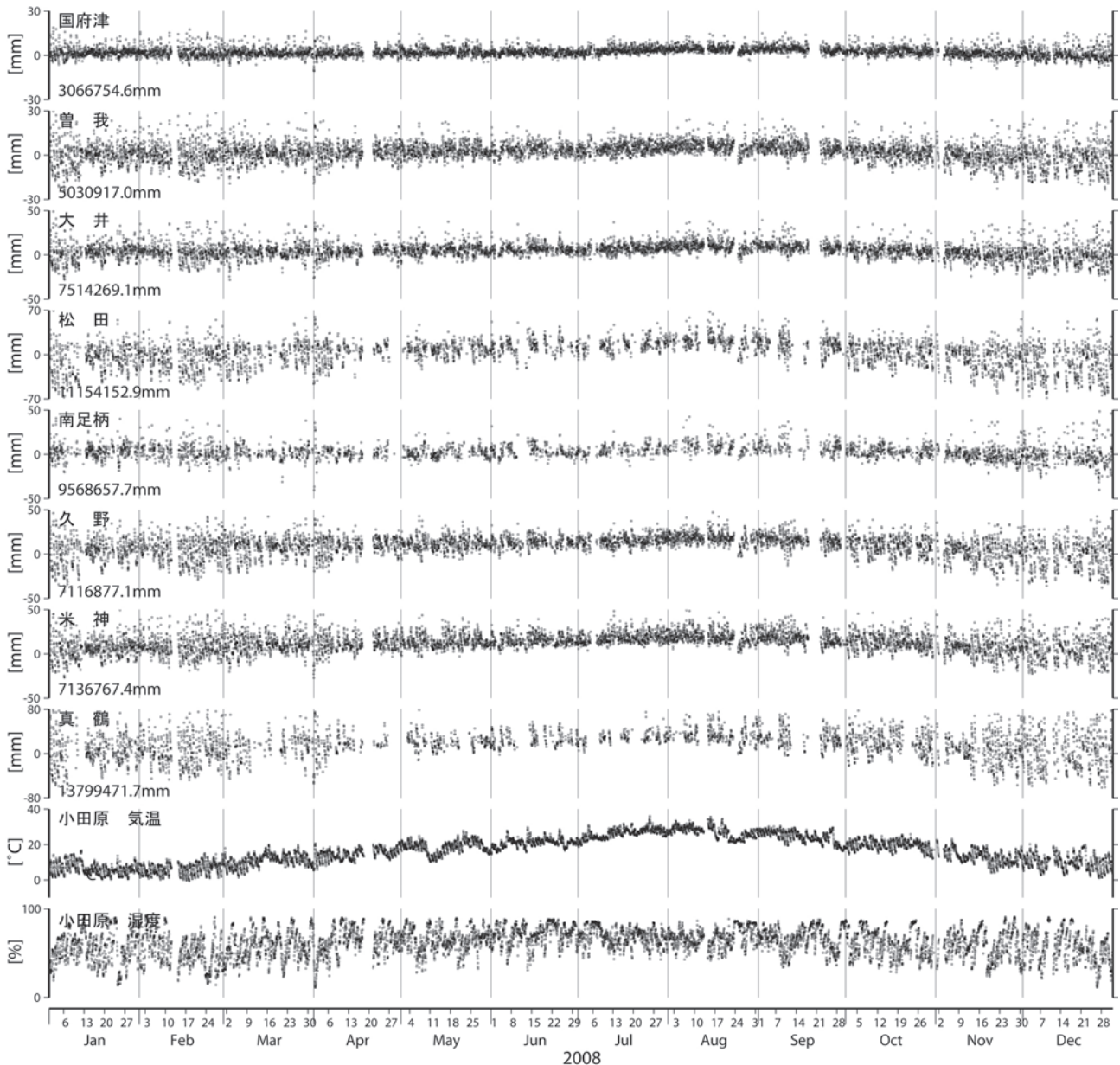


図 7.2 2008 年の光波測量結果(小田原観測網)。縦軸は 1 月 1 日を基準にして、その相対変化量 (mm) で示している。また、数値は基準となる距離 (0mm における絶対値) を示している。

ら中旬にかけての欠測が目立ちます。これは、温泉地学研究所の観測センターに置かれているデータ収集用コンピューターと各観測点との間の通信ができなかったことによるもので、6 月 7 日から 16 日までの 10 日間、全ての地下水位観測点で欠測となってしまいました。

同様のトラブルは、過去にも何度が発生していましたが、全ての観測点と通信できないというケースは一度もなく、また、いずれの場合も 1 日程度で通常状態に回復していたこ

とから、一時的な現象であると判断し、原因の究明には至っていませんでした。

今回は、数日経過しても状況に全く変化がなかったことから、原因について詳しく調査することになりました。その結果、データ収集プログラムの不具合と、パソコンと電話回線を介するモデムの経年的な劣化の影響により、パソコンと現地との間の通信タイミングが合わなくなったことが原因であると推定されました。そこで、収集プログラムの修正

とモデム交換を実施したところ、トラブルが解決し、これまでのところ、同様のトラブルは発生しておらず、順調にデータ収集が行われています。

なお、本多ほか(2009)によれば、10 日間に及ぶ欠測期間中、県西部周辺においては異常な地震活動は発生しておらず、また、上述のとおり地下水位以外の地殻変動には異常変化は観測されていませんでした。したがって、この欠測期間中に、地震に直接関連するような地下水位の異

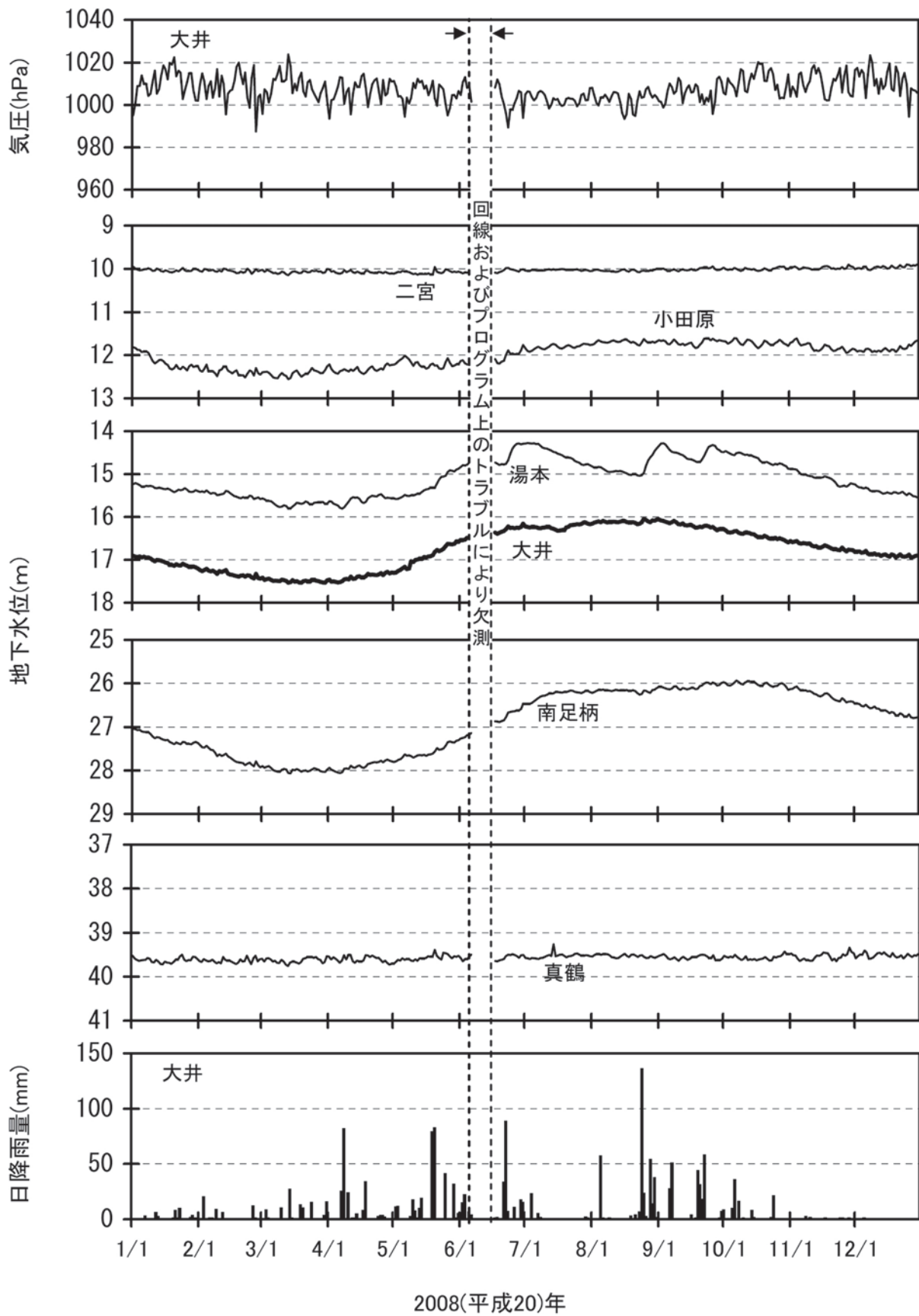


図8 2007年の地下水位観測結果。地下水位は地表面からの深さで表示している。

常も生じていなかったと推察され、今回の欠測による影響は最低限で済んだものと考えられます。今回、トラブルが長期化したことにより、結果的に、地下水位観測システムの問題点の発見・改善につながったことになりました。

この欠測期間以外の観測データについて、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。一方、コサイスマックな水位変化は2回の地震の際に観測されています（表1）。なお、上述の欠測のため、6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震に関連してコサイスマック変化が生じていたかどうかについては不明です。

#### おわりに

2008（平成20）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が、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

表1 2008年に観測されたコサイスマックな地下水位変化。

| 日          | 時     | 震央地名 | M   | コサイスマックな地下水位変化(cm) |     |     |    |    |    |
|------------|-------|------|-----|--------------------|-----|-----|----|----|----|
|            |       |      |     | 大井                 | 小田原 | 南足柄 | 湯本 | 真鶴 | 二宮 |
| 2008/05/08 | 01:45 | 茨城県沖 | 7.0 | 20↑                |     |     |    |    |    |
| 2008/07/19 | 11:39 | 福島県沖 | 6.9 | 7↑                 |     |     |    |    |    |

M:マグニチュード、↑:水位の上昇

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。

#### 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（2007a）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・伊東博・棚田俊收（2007b）新しくなった小田原地域の光波観測網とその気象補正について，温地研報告，39，73-77．

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．

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・永井悟・伊東博（2009）神奈川県内およびその周辺における2008（平成20）年の地震活動，温地研観測だより，59，63-66．

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．

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更新について，温地研観測だより，59，9-12．

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・伊東博（2007）神奈川県西部地域における2006（平成18）年の地下水位観測結果，温地研観測だより，57，19-24．

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．