

# 神奈川県西部地域における2004(平成16)年の傾斜観測結果

原田昌武\*、棚田俊收\*、伊東 博\*、代田 寧\*

## 1. 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予知研究の一環として、また箱根火山の活動状況を把握するため、地盤の傾斜変化を観測しています。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、寄と広範囲にわたります。これらの7観測点による傾斜観測網の観測点分布を図1に示します。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。なお、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(八巻ほか、1990;温泉地学研究所、1999)のとおりです。また、これまでの傾斜観測の結果から、箱根火山活動の活発化に伴う地殻変動が捉えられており(代田ほか、2002b、2002c、2003)、傾斜観測が箱根火山の活動状況を把握するのに有効な手段であることがわかっています。さらに、発生が懸念されている神奈川県西部地震の前駆的な変化の検出が期待されています。ここでは、2004(平成16)年の傾斜観測結果について報告します。

## 2. 傾斜の表現方法と解析時の注意点

地盤の傾きはベクトル量であり、その方向と大きさで表されます。傾斜の方向については、東西方向と南北方向の2成分により記述できます。これは、平面上で球が転がる方向と一致します。一方、傾斜の大きさは角度で表現され、通常マイクロラジアン( $\mu$  radian)という単位を使います。なお、1  $\mu$  radianとは1 km先の地盤が1 mm上下する角度に相当します。

傾斜データを解析するうえで注意しなければならない点は、傾斜計が高感度かつ高精度であるため、地球潮汐や気温、気圧、降雨、積雪などの気象条件等、様々な外部因子の影響を受けることです(地球潮汐による傾斜変化については、原田ほか(2004)を参照)。また、これらの影響の現れ方は観測点付近の地形や地質構造等により異なるため、地震の前兆や火山活動に伴う傾斜変化を検出するには各観測点における特徴を把握しておく必要があります。これまでの観測により、湖尻観測点の南北、東西両成分と小塚山観測点の東西成分においては、特に降雨による影響が顕著であることがわかっています(代田ほか、2002a)。したがって、これらの観測点においては降雨の影響にも注意して傾斜データを解析する必要があります。

また、傾斜計で測定される変化はあくまでも設置点における変化であり、必ずしも観測点近傍の地盤全体の変化(地殻変動)を示しているとは限りません。そのため、観測された変化が地殻変動によるものか否かを判断するには、複数の観測点におけるデータを参照するとともに、GPS測量や光波測量、地下水位観測のデータも含めて総合的に解析する必要があります。

---

\* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586  
報告, 神奈川県温泉地学研究所観測だより, 通巻第55号, 7 10, 2005.

### 3 . 観測結果

図 2 に 2004(平成 16)年 1 月から 12 月における傾斜観測結果を示します。この期間では、ほとんど欠測もなく、順調にデータ収集を行うことができました。傾斜データは、リアルタイムで各観測点から NTT 専用回線により当所に送信されており、毎分 0 秒の値を 1 分毎の観測データとして保存しています。また、毎時 0 分から 59 分までのデータを平均し、1 時間値のデータとしても保存しています。図 2 に示した観測結果のグラフは、1 時間値のデータのうち毎日 00 時のデータを 1 日の代表値として用いて作成したものです。

図 2 には上から順に、南北成分の変化、東西成分の変化、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南下がり、東西成分では地盤西下がりになります。また、縦軸は傾きの角度を表し、1 目盛りは  $4 \mu$  radian です。例えば、南北成分のグラフにおいて下向きに 1 目盛り変化している場合は、その観測点が南に  $4 \mu$  radian 傾斜したことになります。

#### 3 .1 . 箱根群発地震活動との関連

箱根火山では、2004(平成 16)年の 1 年間に群発地震活動が 3 回観測されています(伊東ほか、2005)。これらのうち、2 月 4 日 14 時 30 分から 2 月 5 日 07 時 47 分の有感地震を伴った群発地震活動の際には、小塚山及び駒ヶ岳の南北、東西成分に「とび」(傾斜ステップ)が生じています(図 2 の破線 a)。一般的に、傾斜計は有感地震等の大きな衝撃を受けた場合、機械的なとびを生じることが知られています(例えば、佐藤ほか、1980)。つまり、震源域の近傍にある 2 観測点で観測された傾斜ステップは、この群発地震活動によって引き起こされた機械的な「とび」と考えられます。しかし、震源域の南にある駒ヶ岳観測点では傾斜ステップが見られないことから、群発地震活動が局地的に発生したことが分かります。また、これらのことから駒ヶ岳直下は地震波を減衰させるような地下構造になっているのかも知れません。

一方、4 月に箱根火山で発生した 2 回の群発地震活動では、傾斜計に異常な変化は見られませんでした。これは、地震の数も少なく、最大地震の規模も小さかったため、傾斜観測に影響を及ぼすほどの群発地震活動ではなかったからであると考えられます。

#### 3 .2 . 有感地震との関連

県西部地域を震源とする有感地震は、2004(平成 16)年の 1 年間に 9 回発生しましたが(伊東ほか、2005)、これらの地震の前後で傾斜観測結果に変化はなく、地震に伴う異常な傾斜変動は観測されませんでした。

図 2 では、箱根群発地震活動のとき以外にも傾斜ステップが観測されています。図 2 の破線 b で示されているのは、9 月 5 日 19 時 07 分紀伊半島沖地震(M6.9)と同日 23 時 57 分東海道沖地震(M7.4)に伴う傾斜ステップです。また、同図の破線 d は、大きな被害をもたらした新潟県中越地震(10 月 23 日 17 時 56 分、M6.8)の揺れによる傾斜ステップです。これらの地震は、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、その揺れがほぼ全ての傾斜観測点に影響を及ぼしています。さらに、甚大な津波被害をもたらしたインドネシア・スマトラ島沖地震(12 月 26 日 07 時 58 分(現地時間)、M9.0)に起因する傾斜ステップが、小塚山及び裾野観測点の両成分、岩倉及び寄観測点の南北成分の

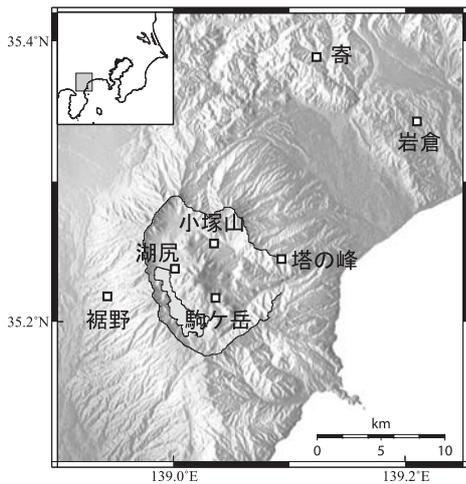


図1 傾斜観測網の観測点分布図

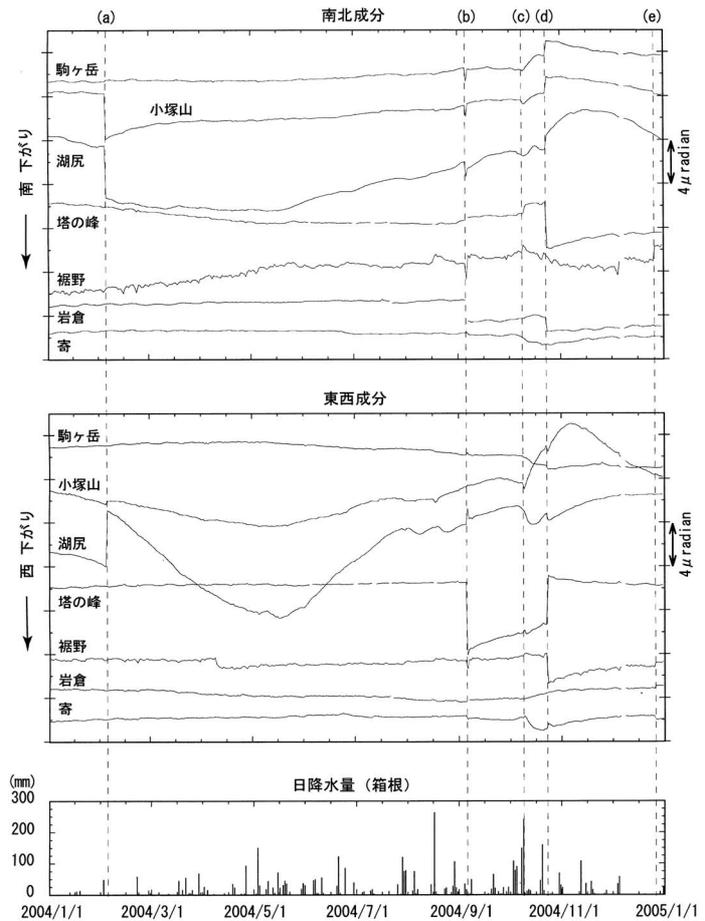


図2 2003年の傾斜観測結果

図はそれぞれ上から、南北成分、東西成分の傾斜変化、箱根(気象庁アメダス観測点)における日降水量を示す。破線 a から e は、以下のとおり。

- a : 箱根群発地震活動、( 2月4日 14時30分 ~ 2月5日 07時47分、最大地震 M3.0 )
- b : 紀伊半島沖地震( 9月5日 19時07分、M6.9 )  
東海道沖地震( 9月5日 23時57分、M7.4 )
- c : 台風22号( 10月8日 ~ 9日 )
- d : 新潟県中越地震( 10月23日 17時56分、M6.8 )
- e : インドネシア・スマトラ沖地震( 12月26日 07時58分 (現地時間) M9.0 )

傾斜計で観測されています(図2の破線 e)。また、この地震によって発生した地震波は、地球を5周以上していることも地震計のデータ解析から発見されています(吉澤、2005)。これらのことから、スマトラ沖地震が如何に大規模な地震であったかがうかがえます。

### 3.3 . 降雨等の影響

県西部地域では、10月8日から9日にかけて台風22号が直撃し、アメダスの箱根観測点(芦ノ湯)における雨量データによれば、この2日間で392mmの降水量が観測されています(図2の破線 c)。傾斜観測点の全てでこの影響を受け、それまでの傾向(トレンド)から急激に変化している様子が観測されています。特に、小塚山観測点の東西成分には、降雨に

よる影響が顕著に現れています。

また、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、12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。一般に年周変化を引き起こす原因は、(1)気温や気圧の年周変化、(2)(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が、湖尻観測点での年周変化のメカニズム解明については今後の課題です。

#### 4. おわりに

2004(平成16)年の1年間は、有感地震によるデータの「とび」が多く、また、降雨による影響も見られました。しかし、県西部地域を中心とした地震活動や火山活動などによる異常な変化は、当所の傾斜計観測網では認められませんでした。

#### 謝辞

箱根における日降水量データは、気象庁の地域気象観測システム(アメダス)による観測結果を使用しました(<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html>)。ここに記して感謝します。

#### 参考文献

- 代田寧、伊東博、棚田俊收、八巻和幸 (2002a) 神奈川県西部地域における最近2年間の傾斜観測結果, 温地研報告, 33, 43-48.
- 代田寧、棚田俊收、伊東博 (2002b) 神奈川県西部地域における2001(平成13)年の傾斜観測結果, 温地研観測だより, 52, 33-36.
- 代田寧、棚田俊收、伊東博 (2002c) 2001(平成13)年箱根群発地震活動に関連した地殻傾斜変動, 温地研報告, 34, 35-44.
- 代田寧、丹保俊哉、棚田俊收、伊東博 (2003) 2001年箱根火山で生じた地殻傾斜変動(その2), 日本火山学会2003年度秋季大会講演予稿集, 132.
- 原田昌武、棚田俊收、伊東博、丹保俊哉 (2004) 温泉地学研究所傾斜観測網で観測された地球潮汐について, 温地研報告, 36, 47-52.
- 伊東博、棚田俊收、原田昌武、丹保俊哉 (2005) 神奈川県西部地域における2004(平成16)年の地震活動, 温地研観測だより, 55, 1-6.
- 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.
- 佐藤春夫、高橋博、山本英二、福尾信平、上原正義、寺沢康夫 (1980) 孔井用傾斜計による地殻傾斜観測方式の開発, 地震2, 33, 343-368.
- 八巻和幸、小鷹滋郎、伊東博、棚田俊收、大木靖衛 (1990) 箱根火山・傾斜変化解析システム, 温地研報告, 21, 87-102.
- 吉澤和範 (2005) 地球を周回する表面波の検出, <http://noreply.ep.sci.hokudai.ac.jp/seis/sumatra/>.