

# 2001(平成13)年箱根群発地震活動に伴う 光波・GPS の変化

丹保俊哉\*、棚田俊收\*

## 1. はじめに

温泉地学研究所では、神奈川県西部地震の予知研究の一環として、県西部地域に各種の地殻変動測量点を設置しています(図1)。箱根カルデラ内の光波測量は1992(平成4)年から仙石原を中心とした6方向に対して1時間毎に地殻の伸縮を測量しています(図2)。また、GPS(汎地球測位システム)測量は1992(平成4)年より県西部地域を囲む4地点(箱根、山北、中井、真鶴)で1日2回測量しています(図1)。これらの測量システムについては、温泉地学研究所(1999)に詳細が報告されています。

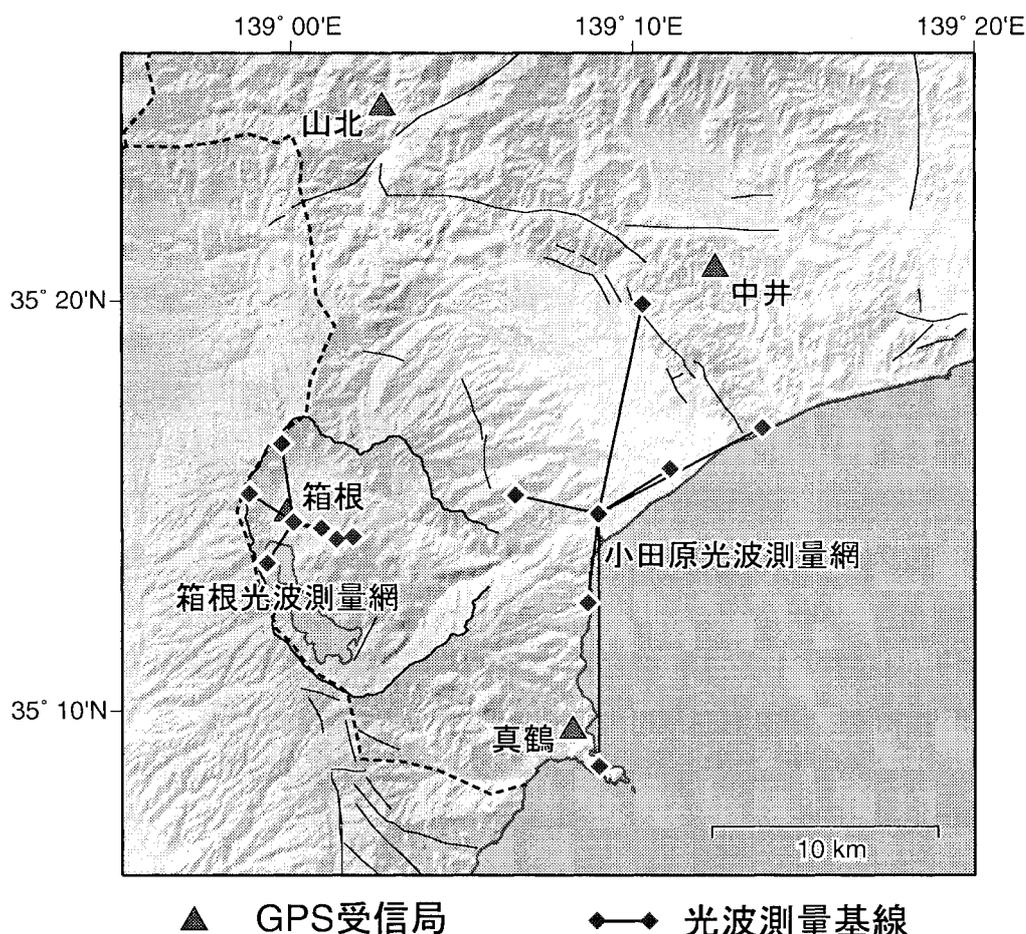


図1 光波測量基線(四角と実線)とGPS受信局(三角)の分布

\* 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52号, 5/12, 2002.

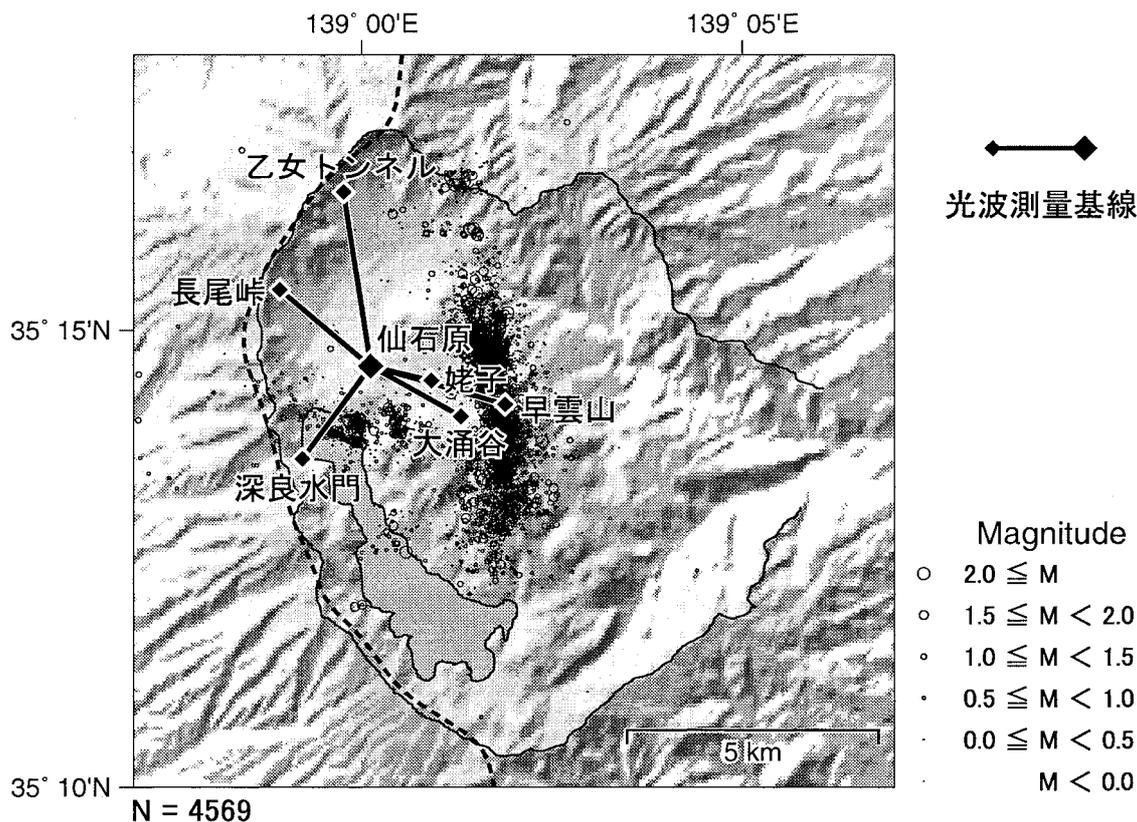


図2 箱根カルデラにおける光波測量基線分布と2001(平成13)年箱根群発地震活動の震央分布(2001年6月~12月)

これらの測量を開始してから、光波やGPSの測量データに、地震活動に伴う変化は確認されませんでした。しかし、2001(平成13)年6月12日から始まった群発地震活動に伴い光波やGPSに変化が認められました。この群発地震活動は研究所の1989(平成元)年の地震テレメータ観測システムによる観測を開始して以来、最大規模の活動でした。この群発地震活動における最大地震は7月11日11時40分に発生したM2.9で、箱根町立大涌谷自然科学館の計測震度計は震度3を記録しました。地震活動は8月以降沈静化傾向を示し10月初旬にはほぼ終息しました。なお、11月までに観測された群発地震活動の累積発生回数は15816回にのぼりました(棚田、2002)(図2)。

本報告は、2001(平成13)年の箱根群発地震活動に伴い、光波測量、GPS測量で検出された箱根を中心とする地殻変動の伸び縮み現象についてまとめました。

## 2. 群発地震に伴う地殻変動

### 2.1. 光波測量

#### 2.1.1. 測量データの補正

図3に箱根群発地震活動の前後を含む2001(平成13)年5月から12月までの期間の箱根カルデラ内における光波測量6基線の時間変化を示します。図中の破線は群発地震活動の開始時を表しています。図中データが欠測しているのは雨や霧によって測量できなかった

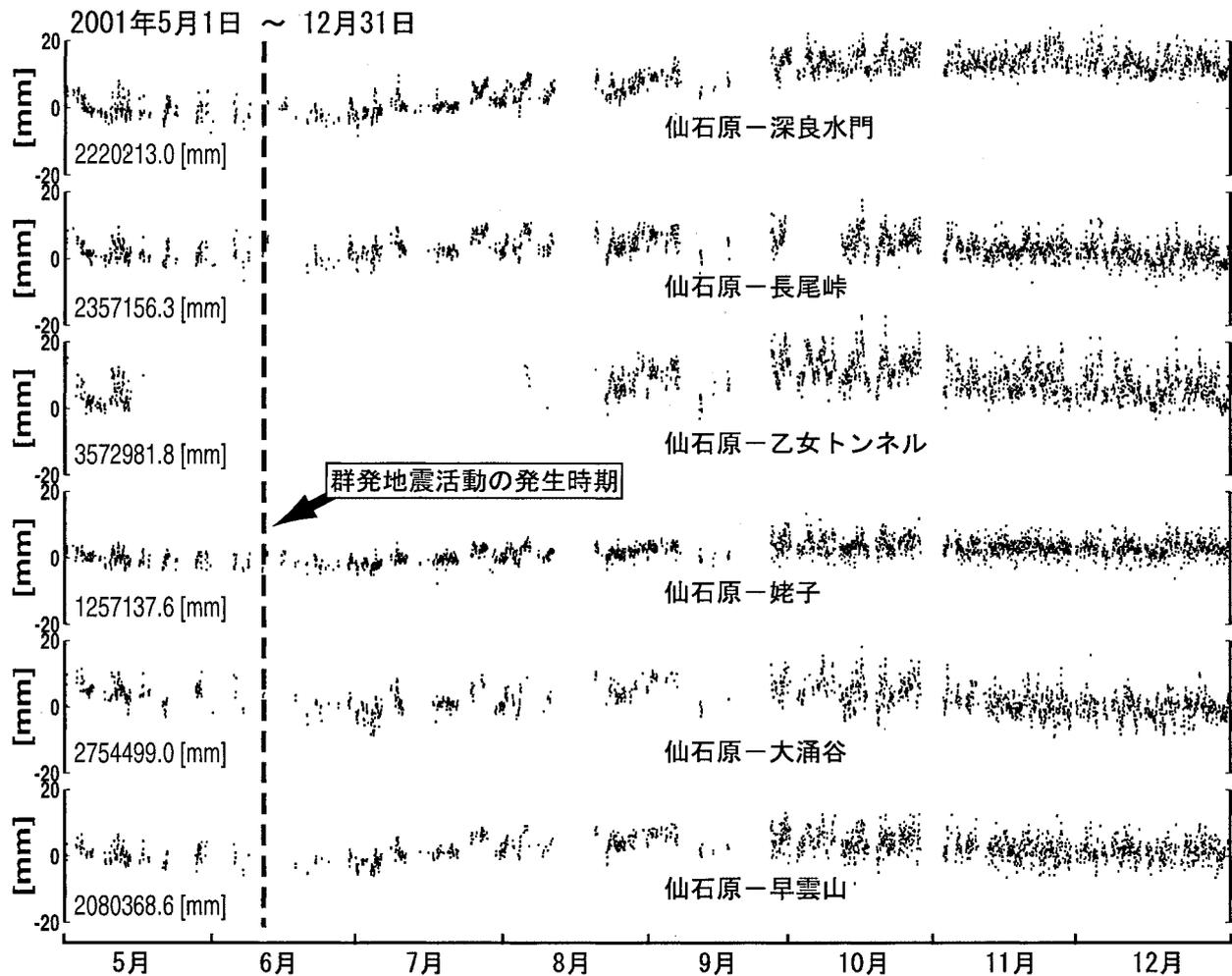


図3 2001(平成13)年5月から12月までの箱根地域における光波測量の基線長変化

ことや測量機器の故障によるものです。

光波測量はレーザーが測距儀と反射器の2点間を往復する時間(正確には位相差)をもとに距離が計算されますが、そのとき大気の影響を受けて光は屈折し、光路長が変化するため、光の往復距離は実際の2点間の距離とは若干異なります。気象による見かけ上の伸び縮みは箱根の光波測量結果では、各基線によって変動幅が1から5cm程度と若干の開きがあり、6月頃に最も短く、12月頃に長くなるという年周変化として観測されています。なお、基線によっては経年変化も認められています(棚田、2002)。局地的な地殻変動によって生じた変動量を抽出するには、地殻変動データから経年変化や季節変化、年周変化といった定常的、周期的な変化を差し引いて補正する必要があります。図3をみる限り、光波基線長の年周変化による6月以降の伸び始めの時期と、ちょうど群発地震活動の開始時が同時になってしまい、地殻変動による基線長変化が分かりにくくなっています。そこで正確な測量結果を得るため、気象による周期的な変化や経年変化を原データから差し引いて箱根群発地震活動に伴う変化を明らかにしました。その方法は各基線に見られる経年変化や年周変化の変動幅は毎年一定であると仮定して、同一期間の過去の記録と比較しました。

## 2.1.2. 光波測量で測量された地殻の伸び

図4は2001(平成13)年5月から12月と1993(平成5)年5月から12月の箱根地域の光波測量6基線における基線長の時間変化と、1993(平成5)年の基線長変化に対する2001(平成13)年の相対変化(差分)を表します。図中の四角の点が1993(平成5)年の測量データで、破線がこのデータに最小二乗曲線を当てはめたもの、三角の点と実線が2001(平成13)年のものを表しています。差分データからは、すべての基線において相対変化は6月初旬から基線長の伸びを示していることが読み取れます。9月から10月にかけてこんどは基線長が一転して縮みの傾向を示し、長尾峠・姥子・大湧谷・早雲山では12月中旬に、ほぼ6月頃の水準に戻ってしまっています。図5に群発地震活動の前後の変化量として、地震活動が

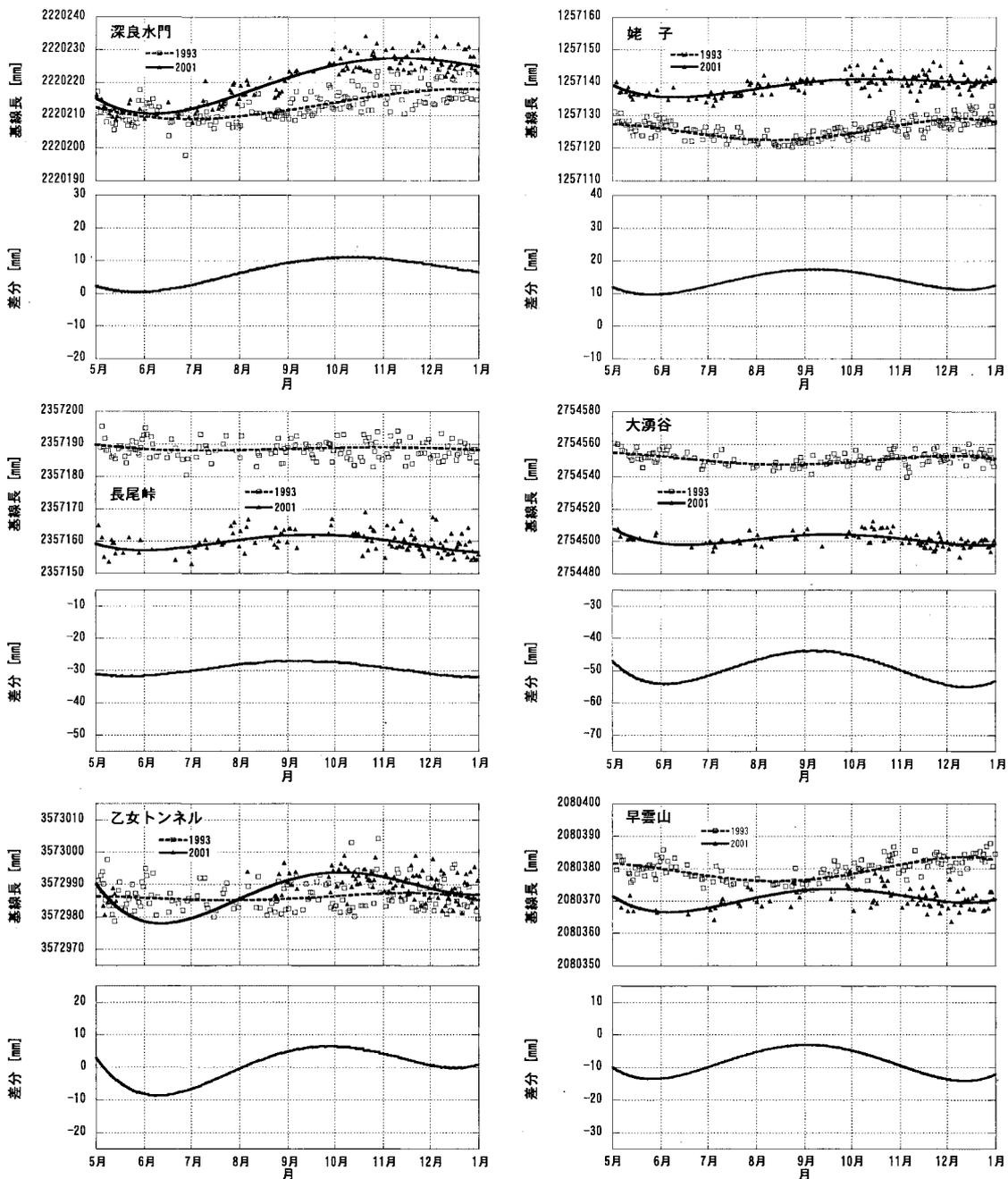


図4 1993(平成5)年と2001(平成13)年の5月から12月の箱根光波6基線における基線長変化とそれぞれの差分

開始する前の6月1日と活動がほぼ終息した10月31日の基線長の差を示します。基線によって差があるものの、すべての基線が伸びを示し、特に深良水門の基線は10mm以上伸びたこととなります。

この基線長の変化量は外輪山方向の深良水門基線で+10mmを超えたのを除くと、中央火口丘方向の3基線が+4mm以上で、外輪山方向の長尾峠、乙女トンネル基線で+2.5mmと+3.9mmでした。この結果は、箱根火山の中央火口丘が隆起したと考えることで説明されます。なお、深良水門基線の他と比較して大きな伸びは、地殻変動源が中央火口丘の1箇所だけではないことを示唆しています。また、後述するGPSの基線長変化量に比較して光波基線の変化量が小さいのは光波の基線長が短いことと、隆起による基線長の伸びの多くが山体の膨張による基線長の縮みの作用で打ち消されたためと考えられます。

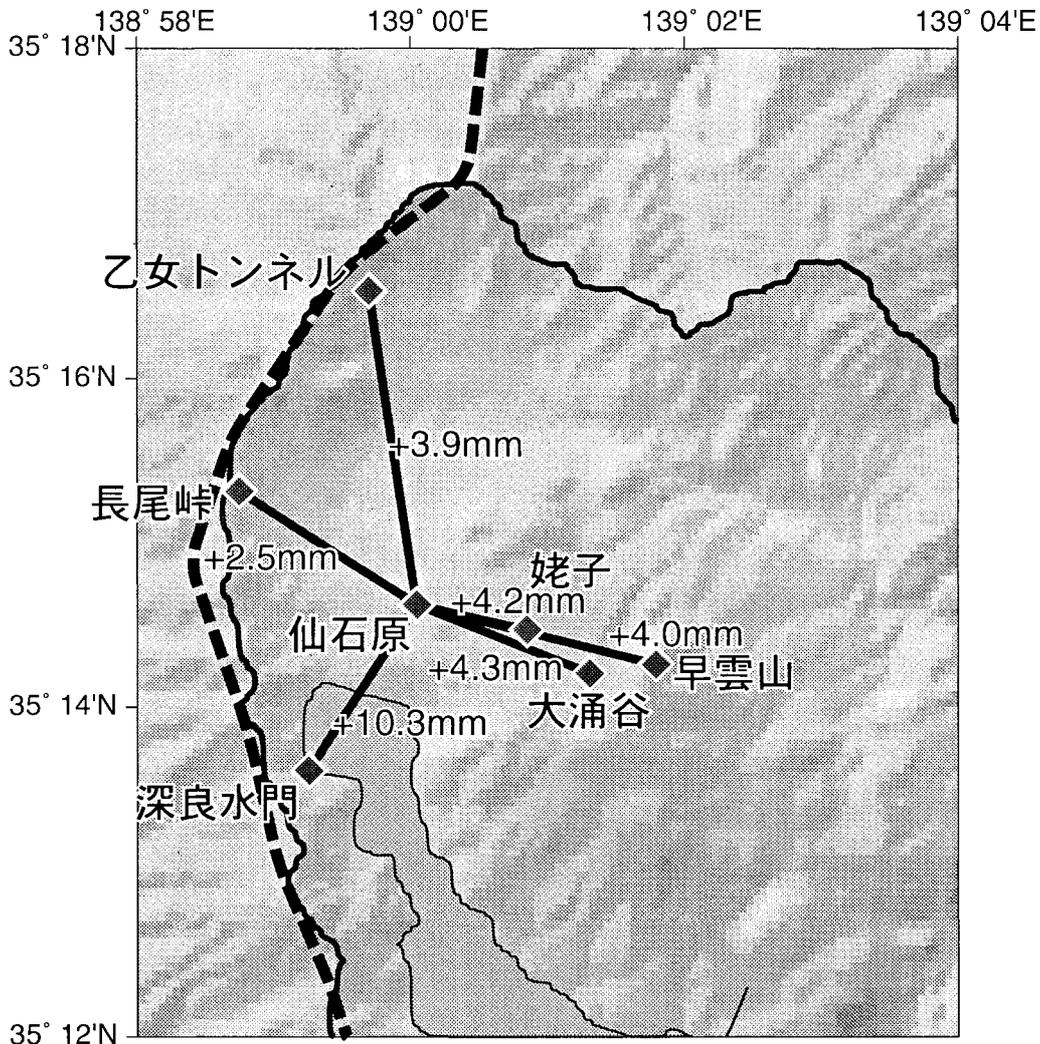


図5 図4における1993(平成5)年と2001(平成13)年の光波基線長差分値から計算した6月1日と10月31日の基線長差

## 2.2. GPS 測量

図6は2001(平成13)年1月～12月までのGPS測量によって得られた6基線の基線長変化を示しています。なお、GPS測量は解析ソフトの問題により5月上旬から10月下旬まで、測量ができない状態にありました。このため、群発地震活動の活動期間のほとんどを欠測してしまい、群発地震活動時のデータを得ることができませんでした。そこで、解析ソフトが復旧した10月以降のデータと群発地震活動前のデータを比較し、その差から群発地震活動による変化を推定することにしました。図7-1は箱根群発地震活動前後のGPS基線長変化量を示しています。変化量は、測定が中断する直前の5日間(5月1日から5月5日)の基線長中央値と、再開後の5日間(10月25日から10月30日)の基線長中央値の差から計算されています。なお、光波測量と同様な年周変化、経年変化の補正を1998(平成10)年のデータを用いておこなっています(図中の数値の単位はcm)。一方、群発地震活動がなかった期間の基線長変化(経年変化)量は、1996(平成8)年から2000(平成12)年までの5年間の基線長変化を最小二乗法で直線近似し、年単位の变化量として図7-2に示しました(図中の数値の単位はcm/年)。

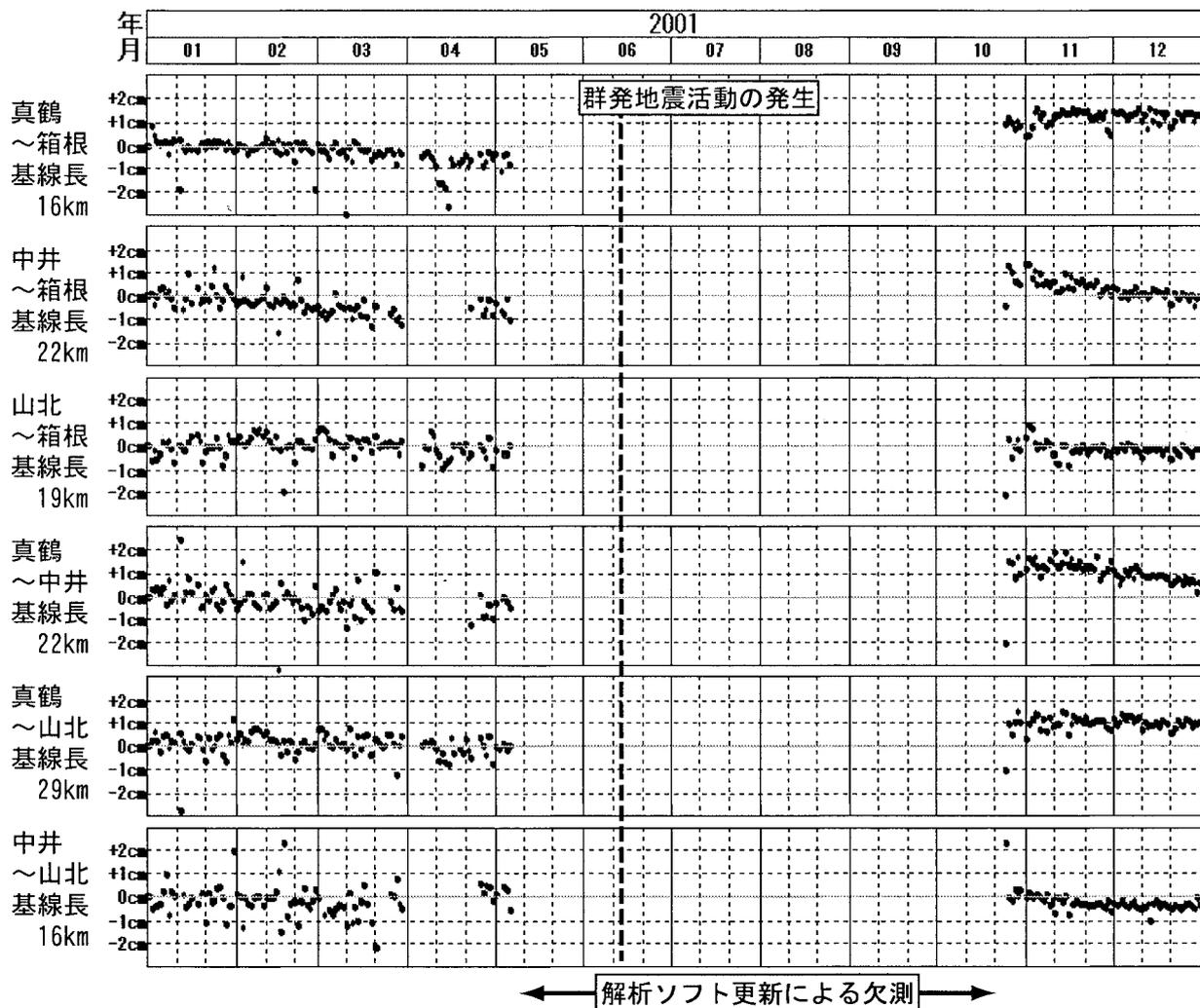


図6 2001(平成13)年のGPS測量による基線長変化

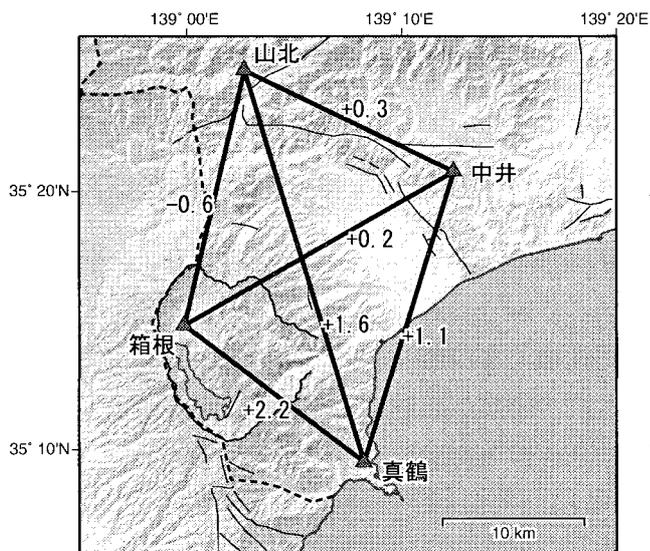


図 7 - 1 1998(平成10)年のデータを用いて年周変化、経年変化を補正した2001(平成13)年5月1日から10月30日までのGPS基線長変化量(cm)

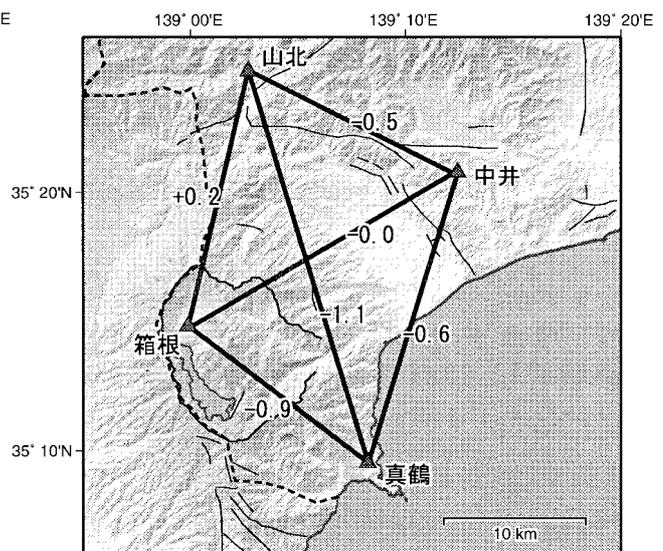


図 7 - 2 1998(平成8)年から2000(平成12)年までのGPS基線長変化から最小二乗法により計算した経年変化量(cm/年)

図 7 - 2 では、真鶴の GPS 受信局からの 3 つの基線が縮みの傾向を示しています。このような GPS 測定の経年変化は主にフィリピン海プレートの沈み込みを反映していると考えられています(棚田, 2002)。一方、図 7 - 1 ではこれらの基線が縮みではなくすべて伸びの傾向を示しています。また、箱根 - 山北基線が縮み、箱根 - 中井基線が若干ですが伸びを示しています。これらのことから、経常的なフィリピン海プレートによる沈み込みとはまったく別な地殻変動を生じていることが分かります。また、この地殻変動によって、箱根 GPS 局が北西方向に変位したことが基線長変化から推察されます。さらに、真鶴 - 山北基線が伸びの傾向を示していることから、真鶴 GPS 局の南東への変位が示唆されます。このことから地殻変動の中心は箱根と真鶴の GPS 受信局の間にある箱根火山の中央火口丘にあると考えられ、光波による測量結果とも調和的であると言えます。

### 3. まとめ

本研究において、光波測量結果から2001(平成13)年箱根群発地震活動に関連すると考えられる基線長変化がすべての基線で測量されました。それらの変化はすべて、始めに伸びの傾向を示していることから、基線長変化に起因する地殻変動は箱根火山の中央火口丘を中心とした地面の隆起を示していると考えられます。また、GPS 測定の基線長変化が箱根火山の中央火口丘の膨張によって生じていると推察されます。両者の結果は地殻変動の中心が箱根火山の中央火口丘にあることで一致しています。ただし、光波測量結果において群発地震活動の終息期に認められた、基線長の縮みや局地的に大きい変化量について、本研究の結果だけでは適切な解釈をすることが難しく、傾斜データや国土地理院による GPS 測定のデータと合わせた検討をおこなうことが課題となります。

さらに、これらの結果をもとにして、2001(平成13)年の箱根火山の群発地震に伴う地殻変動をモデル化し、箱根火山における地震活動のメカニズムを解明する研究の重要な基礎資料として活用する必要があります。

#### 参考文献

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(1,2), 3-40.

棚田俊收, 伊東 博, 代田 寧, 村瀬 圭, 丹保俊哉 (2002) 神奈川県西部地域における2001(平成13)年の地震活動, 温地研観測だより, 52, 25-33.

棚田俊收, 伊東 博, 代田 寧, 板寺一洋 (2002) 神奈川県西部地域における光波測量結果とその特徴について, 温地研報告, 33, 25-30.

棚田俊收, 伊東 博, 代田 寧, 板寺一洋 (2002) 神奈川県西部地域におけるGPS観測結果とその特徴について, 温地研報告, 33, 31-42.