

# 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

原田昌武\*・行竹洋平\*・棚田俊收\*・伊東 博\*・本多 亮\*

## 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、また箱根火山の火山活動をモニタリングするため、県西部地域にGPSと光波による測量施設を設置しています(図1)。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、箱根観測点では1991(平成3)年度から、山北、中井観測点では1992(平成4)年度から観測を開始しました(温泉地学研究所、1999)。一方、光波測量は、仙石原を基点とした箱根地域(6基線)で1992(平成4)年から、また、城山を基点とした小田原地域(6基線)では1995(平成7)年から観測を開始しました。これらの測地測量では、数日から数年といった長期間の地殻の変動や伸び縮みを精密に測定することができるため、県西部地域に蓄積した地殻の歪や、地震や火山活動に関連した変化が捉えられます。これまでの測量結果では、2001年に箱根火山で発生した群発地震活動に伴う地殻変動が観測されています(丹保ほか、2002a;丹保ほか、2005)。ここでは、2006(平成18)年に観測されたGPS・光波測量の結果について報告します。

## 2. GPS 測量結果

GPS測量では、上空約20,000kmを周回する24個の衛星からの電波(正確には搬送波位相)を24時間連続して受信しています。各衛星からは常に時刻のデータと衛星自身の位置データが送信されているため、同時に4個以上の衛星からの電波を受信することによって観測点の位置を測定することができます。これらの衛星から受信したデータは、NTT公衆回線を用いて温泉地学研究所内の端末に1日1回送信され、専用解析ソフトウェアにより各観測点の位置(座標)や観測点間の距離(基線長)が正確に計算されます(伊東、1994;棚田ほか、1995)。

図2に2006(平成18)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測線の基線長の解析結果を6時間毎に表示しています(丹保ほか、2002b)。この1年間では、真鶴-箱根、中井-箱根、山北-箱根の3基線で11月1日から11月8日まで欠測しています。これは、

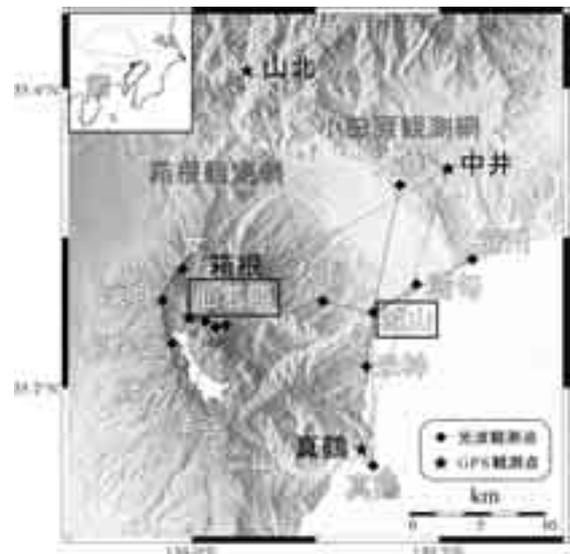


図1 GPS・光波測量の観測点分布図。実線、破線は、それぞれ光波、GPS 測量の基線を表す。

\* 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 57 号, 13 18, 2007 .

箱根のGPS受信機が故障したためです(GPS測量では通常、L1バンドとL2バンドの2周波の搬送波を受信していますが、この時の箱根のGPS受信機はL2バンドの搬送波の受信ができなくなっていました)。また、この直後の11月9日から11月12日はこれらの基線長変動にずれが見られ、その後11月13日からはGPS受信機の故障以前の状態に戻っています。これは、L1バンドの1周波による観測を強制的に行ったためで、実際の地殻変動を表している訳ではありません。箱根を含まない基線長(真鶴 - 中井、真鶴 - 山北、中井 - 山北)ではこれらの影響はなく、観測が正常に継続されています。これ以外の欠測は、3月20日箱根観測点、3月21日箱根・山北観測点、4月2・3日中井観測点でありました。

図2には、2006(平成18)年の1年間で観測された県西部地域周辺での最大地震と群発地震活動期間の始まりを矢印で示しています。(a)は4月30日に発生した最大地震(M4.5、伊豆半島東方沖)、(b)(c)(d)(e)は箱根火山における群発地震活動の期間に対応します(詳細は棚田ほか、2007)。また、2006(平成18)年には県西部地域とその周辺では7回の有感地震が発生しました。しかし、いずれの場合にも地震に関連した明瞭な変化は認められませんでした。図3に、2003年1月1日から2006年12月31日までの最近4年間のGPS測量結果を示します。この図からは、箱根観測点を含む基線(真鶴 - 箱根、中井 - 箱根、山北 - 箱根)で2006年8月くらいから変化しているようにも見えます。つまり、真鶴 - 箱

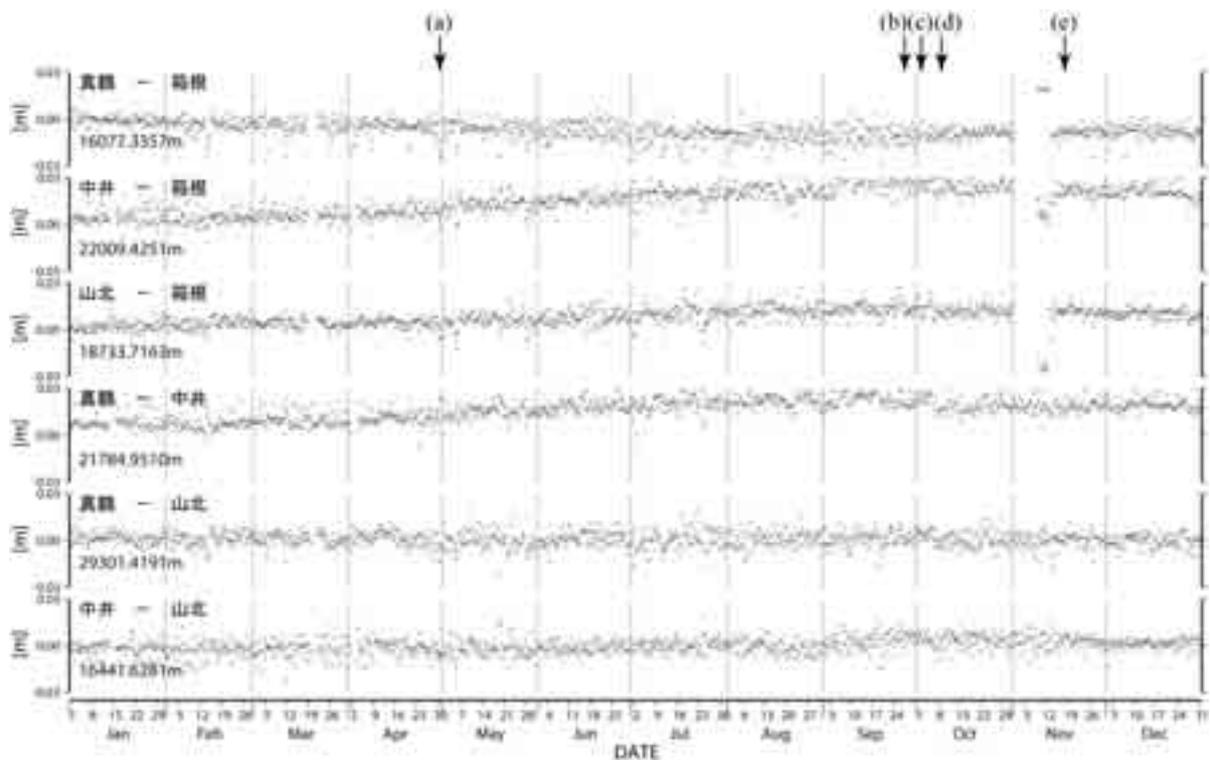


図2 2006年のGPS測量観測結果

縦軸は、1月1日を基準にして、その相対変化量(cm)で示している。矢印は、(a)県西部地域周辺での最大地震と(b)(c)(d)(e)箱根火山における群発地震活動の時期を示す。

- a : 04月30日13時10分(M4.5 伊豆半島東方沖)
- b : 09月27日21時50分～09月28日15時16分(最大地震28日06時28分 M2.3)
- c : 10月02日02時43分～10月04日01時23分(最大地震02日05時36分 M2.2)
- d : 10月09日10時02分～10月18日12時18分(最大地震11日06時10分 M2.0)
- e : 11月18日03時35分～11月19日04時10分(最大地震18日04時35分 M2.6)

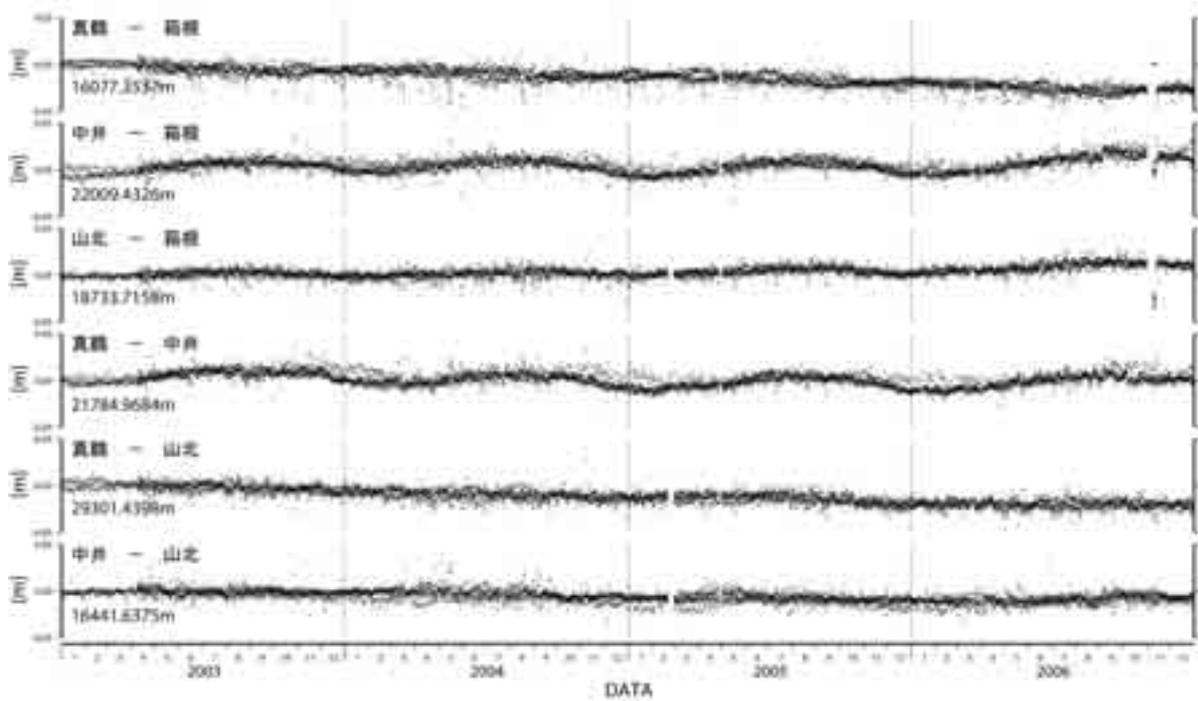


図3 2003年1月1日から2006年12月31日までの最近4年間のGPS測量観測結果

根基線では基線の縮みが鈍化し、中井 - 箱根、山北 - 箱根基線では若干伸びているようにも見えます。これらは2006年9月下旬から頻発した箱根群発地震活動に関連した数ヶ月程度の地殻変動である可能性があります。しかし、2001年箱根群発地震の時もそうであったように、生データからすぐに群発地震に関連した長期的な地殻変動を特定することは困難です。丹保ほか(2005)は、2001年群発地震の際、光波測量観測データに対して年周補正を行い、群発地震に伴う地殻変動を導き出しました。それと同じように、今後GPS測量観測データに年周補正等を行うことによって、より正確に2006年8月くらいからの群発地震活動に伴う地殻変動が明らかになる可能性があります。

図4は、2003年1月から2006年12月までにおける各観測点の位置を月ごとに平均し、軌跡を描いたものです。この変化は真鶴を固定点として見ているので、各観測点が真鶴観測点に対してどのように動いているかがわかります。軌跡のうち、灰色の線の部分は2003年1月から2005年12月の変動を、黒い線は2006年1月から2006年12月の1年間の変動を示しています。この図を見ると、箱根観測点は4年間でおおよそ南の方向へ3.6 cm(年間変位速度、0.9 cm / yr)、また山北観測点もおおよそ南の方向へ2.2 cm

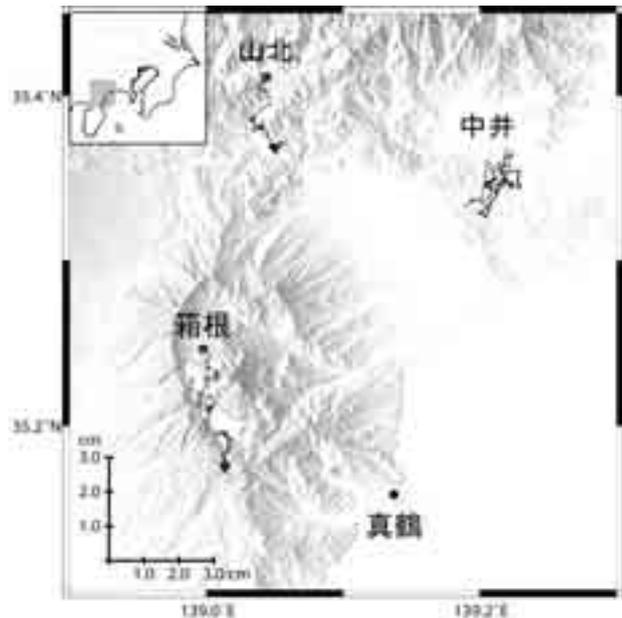


図4 2003年1月から2006年12月までの各観測点の変位。観測点位置を月ごとに平均し、真鶴観測点を固定点とした変位量を軌跡で表す(各観測点の●が基点)。軌跡のうち、灰色の線の部分は2003年1月から2005年12月の変動を、黒い線は2006年1月から2006年12月の1年間の変動を示す。

(年間変位速度、0.6 cm / yr)変位しています。一方、中井観測点は3年間で0.7 cmとほとんど変動がなく、観測点周辺を周回するように変動しています。箱根、中井観測点の変動はこれまでとあまり変わりません(原田ほか、2006)。しかし、山北観測点は2005年までは0.7 cm / yrでおおよそ南の方向に変動していましたが、2006年の1年間でほとんど変動していないことがわかります。

### 3. 光波測量結果

光波測量は、測距儀から測定点の反射器(鏡)に向けて発したレーザー光が、反射器から戻ってくるまでの往復時間(正確には位相差)により、2点間の距離を測定するものです(伊東、1994)。当所では、箱根地域と小田原地域で光波測量を実施しており、それぞれ箱根町仙石原と小田原市城山に測距儀を設置して、各地域とも6方向について1時間ごとに測量しています。光波測量はレーザー光を用いた測量方法であるため、雨や霧などの天候によって欠測となることがあります。また、大気中の水蒸気は光を屈折させたり、光の速度を遅くするため、光路長を変化させます。これらの光の速度・経路の変化はごくわずかですが、地殻変動観測で要求している観測精度も数mmと高いため、観測結果に顕著に表れてしまいます。つまり、水蒸気量によって、見かけ上伸びたり縮んだりする、日周変化や年周変化が生じます。以下、各地域の観測概要を示します。

#### 3. 1. 箱根地域

図5.1に2006(平成18)年1月から12月における箱根地域の光波測量結果を示します。この1年間では1日から3日程度の欠測が4回ありました。姥子観測点では6月28日に4 cmくらいの縮みの飛びがあります。これは姥子観測点周辺の工事により反射器の支柱が曲げられてしまったため、地殻変動ではありません。姥子観測点はその後、7月10日に現地調査を行い、曲がった支柱を3 cm程度元に戻し、現在観測を継続しています(6月28日から7月10日までの観測データはスケールアウトしているため表示されていません)。また、9月19日から10月3日までは測距儀の故障により欠測になっています。この時は箱根観測網の測距儀を小田原観測網の測距儀と交換し、観測を再開しました。欠測期間の前後で若干のステップが見られますが、これは測距儀の交換による影響であり、地殻変動ではありません。

図中には、2006(平成18)年の1年間で観測された県西部地域周辺での最大地震(a)と箱根火山における群発地震活動期間の始まり(b, c, d, e)を矢印で示しています。しかし、それぞれの地震活動の前後において、有意な基線長変化は認められませんでした。また、2006(平成18)年に県西部地域とその周辺で発生した7回の有感地震に関連した変化も認められませんでした。

#### 3. 2. 小田原地域

図5.2に2006(平成18)年1月から12月における小田原地域の光波測量結果を示します。この図を見ると、城山-前川、城山-真鶴の3基線は、データのばらつきが大きいことがわかります。これは、測定している2点間の距離が比較的長く、水蒸気の影響が大きく現れたためです。したがって、これらの基線における距離が、実際の距離変化を示している

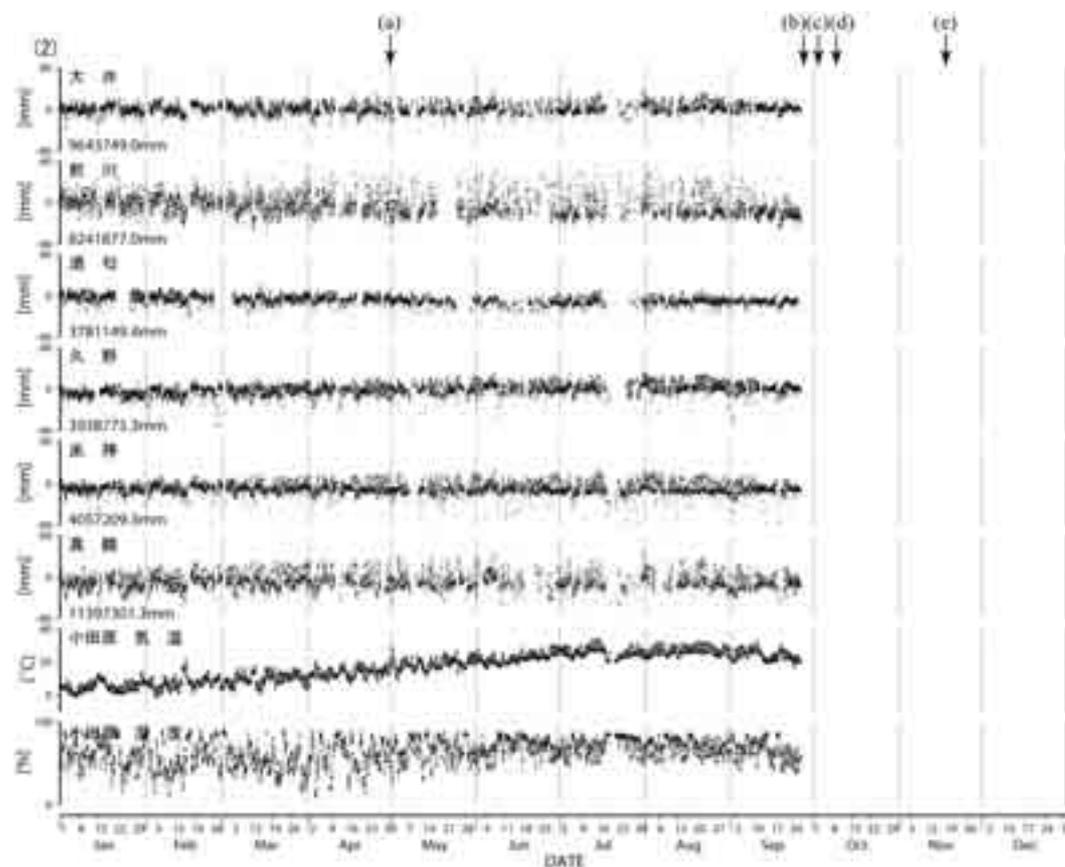
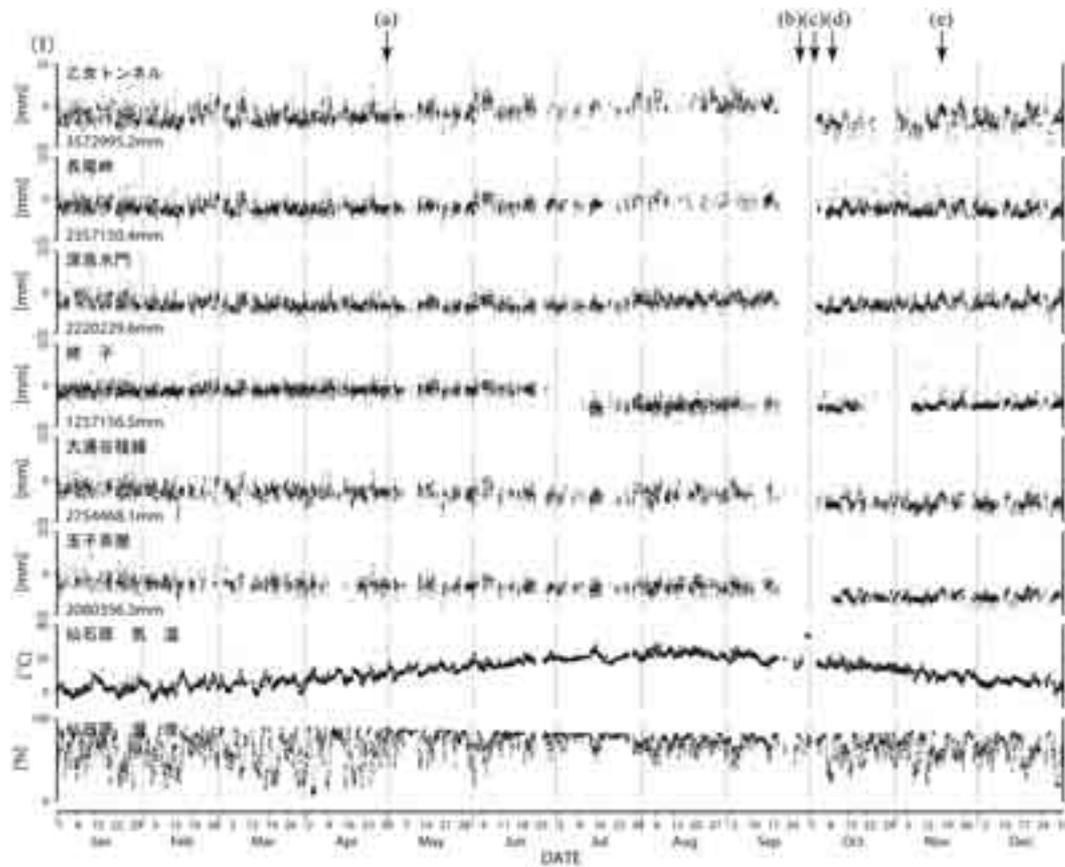


図5 2006年の光波測量観測結果。(1)箱根地域、(2)小田原地域。  
 矢印は県西部地域周辺での最大地震と箱根火山における群発地震活動期間の開始を示す(aからeについては、図2参照)。

わけではありません。また、測距儀を設置していた城山観測点の廃止に伴い、この小田原観測網は9月26日に観測を終了しました。平成19年度には酒匂観測点に測距儀を移設し、新たな小田原観測網を整備する予定です。

図中には、2006(平成18)年の1年間で観測された県西部地域周辺での最大地震(a)と箱根火山における群発地震活動期間の始まり(b, c, d, e)を矢印で示しています。しかし、それぞれの地震活動の前後において、顕著な基線長変化は認められませんでした。また、2006(平成18)年に県西部地域とその周辺で発生した7回の有感地震に関連した変化も認められませんでした。

#### 4. おわりに

2006(平成18)年には箱根観測点のGPS受信機の故障、姥子観測点の人為的な移動、箱根観測網と小田原観測網の測距儀の交換、小田原観測網の観測終了と、様々なことがありました。また、GPSおよび光波測量による観測結果では、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。ただし、2006年8月ごろからの箱根観測点を含むGPS基線長は、同年8月を境に数ヶ月程度ゆっくりと変化した可能性があります。これについては、今後の観測データも含めた長期間の観測データを使って解析する必要があります。

一般的にマグニチュード7以上の地震発生の直前には通常的地殻変動とは異なる急激な(前駆的な)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GPS・光波測量によって捉えられる可能性があります。神奈川県西部地域ではM7ク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)、地震発生に至るまでの地殻内に蓄積する歪を監視するためにも、非地震時の長期間安定した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・本多亮(2006) 神奈川県西部地域における2005(平成17)年のGPS・光波測量結果, 温地研観測だより, 56, 11-16.
- 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(1994) 強化された神奈川県西部地域の地震観測施設, 温地研観測だより, 44, 1-8.
- 棚田俊收・本多亮・原田昌武・行竹洋平・伊東博(2007) 神奈川県西部地域における2006(平成18)年の地震活動, 温地研観測だより, 57, 1-12.
- 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.
- 棚田俊收・伊東博・八巻和幸・小鷹滋朗・平野富雄(1995) 神奈川県温泉地学研究所のGPS連続自動観測システム, 温地研報告, 26, 37-48.
- 丹保俊哉・棚田俊收(2002 a) 2001(平成13)年箱根群発地震活動に伴う光波・GPSの変化, 温地研観測だより, 52, 5-12.
- 丹保俊哉・棚田俊收・代田寧・伊東博(2002 b) 神奈川県温泉地学研究所における新しいGPS測量システムとその精度について, 温地研報告, 34, 27-34.
- 丹保俊哉・棚田俊收・伊東博・代田寧(2005) 光波測量基線網で捉えられた2001年箱根火山の群発地震活動に伴う地殻変動, 測地学会誌, 51, 45-48.