

GEONET データから推定した神奈川県周辺地域の歪場の特徴

原田昌武*・岩國真紀子*¹

Crustal Strain in Kanagawa Prefecture, Japan

by

Masatake HARADA and Makiko IWAKUNI

1. はじめに

伊豆半島を乗せたフィリピン海プレート北端部は、その東側で相模トラフから、また西側で駿河トラフから沈み込んでおり、伊豆半島の北部は衝突帯で特徴づけられる。駿河トラフでは沈み込みに伴う東海地震の発生が懸念されており、衝突帯である丹沢山地周辺は地震活動が活発な領域である。一方、相模トラフからの沈み込みによって、これまでに1703（元禄16）年に元禄型関東地震（M7.9～8.2）や1923（大正12）年に大正型関東地震（M7.9）が発生している。また、神奈川県西部地域においては江戸時代に3回のM7クラスの地震が発生し

ていることからM7クラスの地震の切迫性が指摘されている（石橋，1988a；石橋，1988b；石橋，1994；石橋，2003）。このように神奈川県周辺は、活発なテクトニクスを有する地域である（図1）。

このような地域を含む広域的な地殻変動をGPSデータを用いて解析し、その歪場について報告した例はこれまでもある。たとえば井濶・石橋（2003）は国土地理院によるGPS観測データから関東・東海地域の歪場を推定し特に富士山周辺部での膨張源について詳しく論じている。また、宮下ほか（2005）はGPSによる変位データに対してウェーブレット解析を行い関東・東海地域

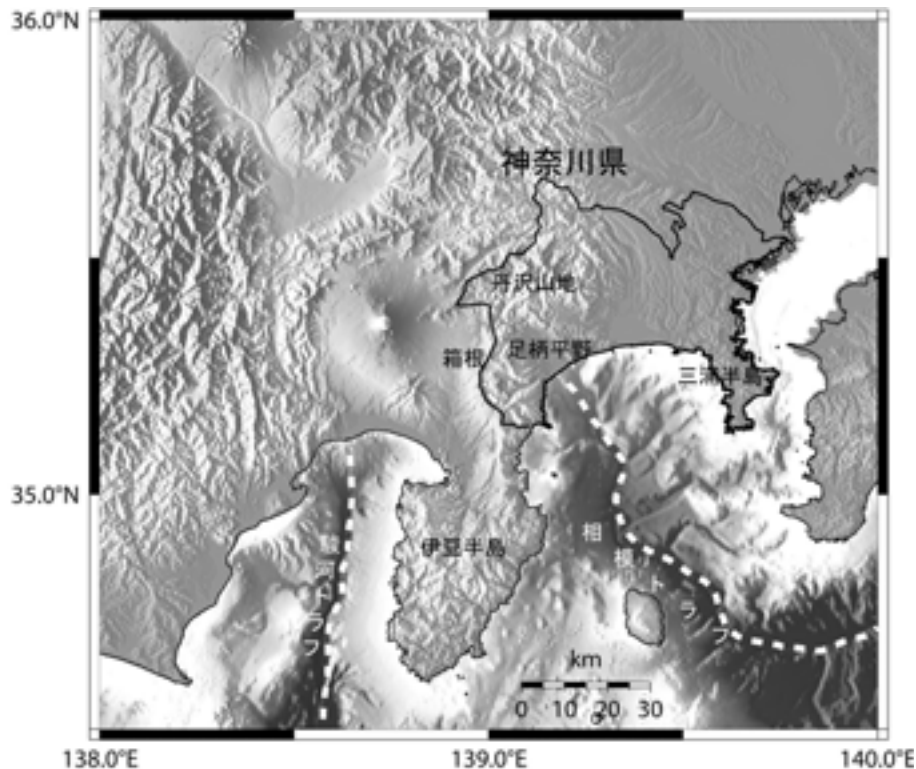


図1 神奈川県周辺地域の地形図。

* 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

*¹ (財)日本気象協会 〒170-6055 東京都豊島区東池袋 3-1-1 サンシャイン 60 55階
報告, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第40巻, ##-##, 2008.

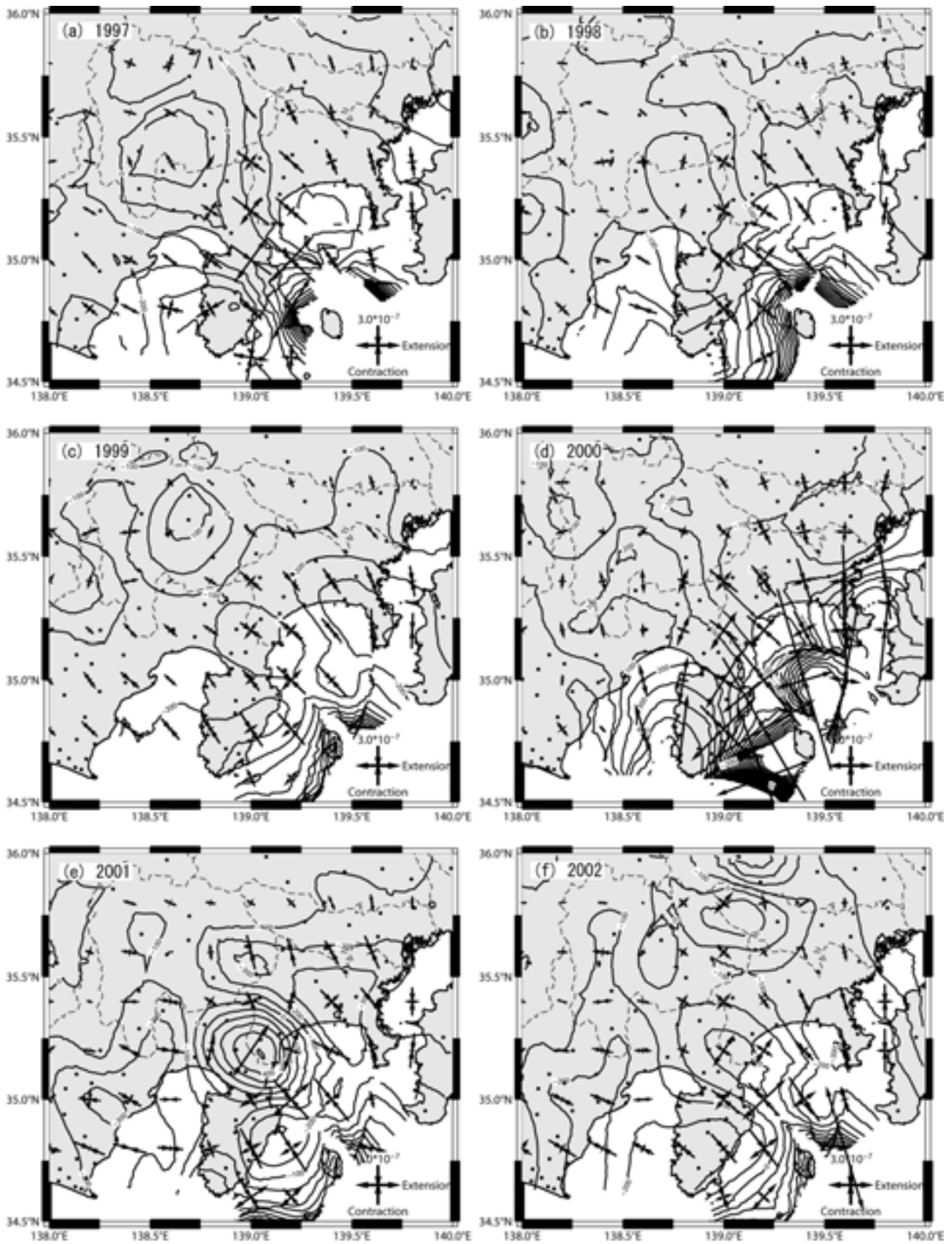


図2 1997（平成9）年から2007（平成19）年の1年ごとの面積歪と主歪。計算に使用しているGPS観測点を黒丸で示している。面積歪の等値線の間隔は100nano-strain。

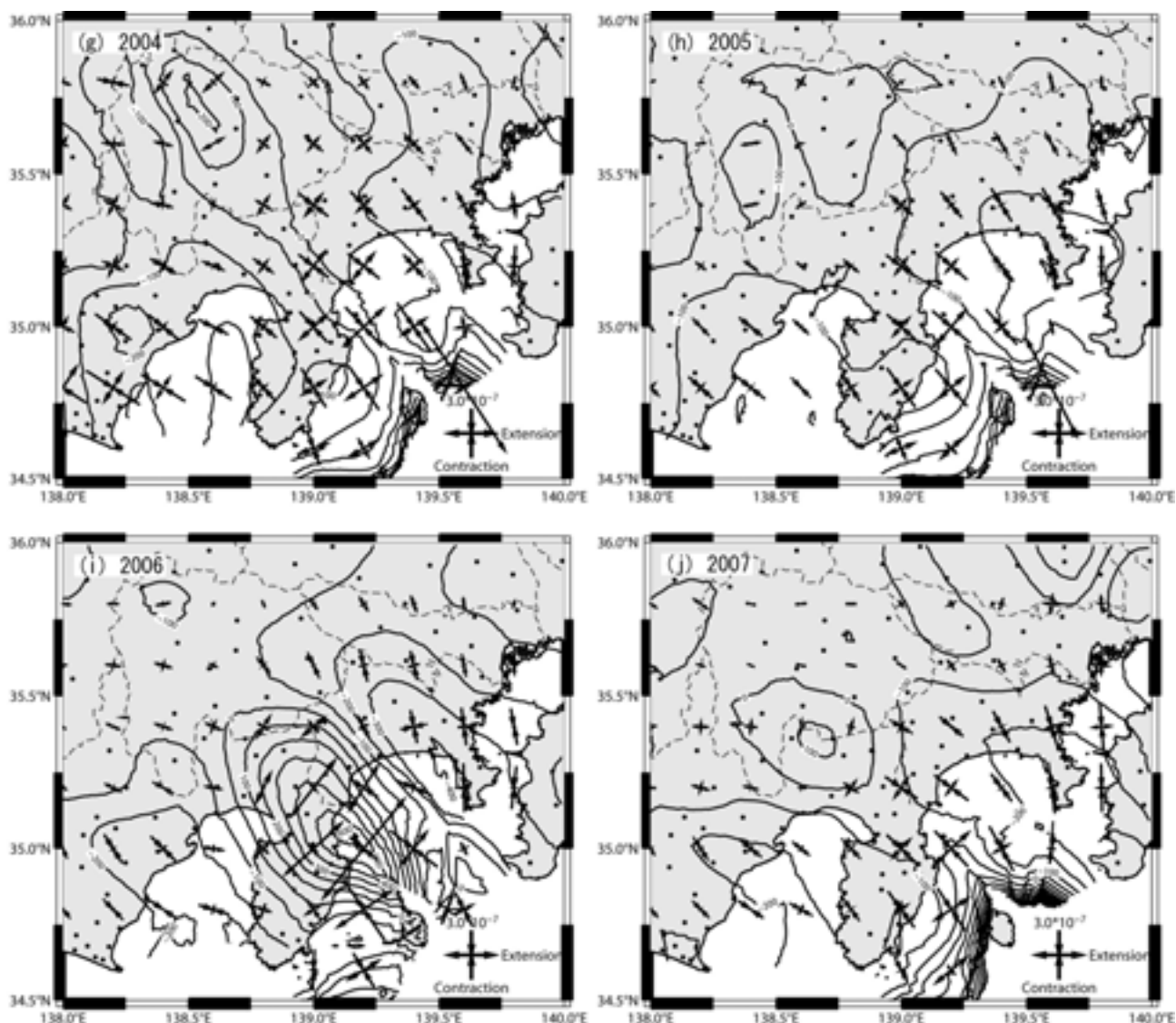


図2 (続き)

の広域歪場を順問題として試行錯誤的にモデル化している。これらの研究は広域の地殻変動を明らかにしている。そこで本報告では、特に神奈川県周辺地域の地震発生環境を明らかにするために、国土地理院によるGPS観測データを用いて歪場を計算し、その特徴について報告する。

2. データおよび解析方法

国土地理院は全国に1200点以上の電子基準点(GPS観測点)を設置し、連続観測を行っている(GEONET; 測地観測センター, 2004)。これらのGPSデータは迅速に公開されており、地殻変動解析には非常に有用である。本研究では、GEONET観測データの日座標値データ(F2解)を使用し、図1に示す領域の歪場の計算を行った。

一般的に、GPS観測データを用いた地殻変動解析は、変位場(変位ベクトル)で示されることが多い。しかし、変位ベクトルは固定点によって変動の見え方が異なる短所を持っている。一方、歪による地殻変動の表示は観測点間の変動の差分を用いるため固定点や座標系とは独立しており、変動源の影響範囲が容易に理解できる。そこで本研究では変位場ではなく、歪場の解析を行った。

歪の計算手法については様々な方法が提案されている(たとえばKato *et al.*, 1998; Shen *et al.*, 1996)。本研究では、Sagiya *et al.* (2000)の方法を用いた。この方法は指定された等間隔の格子点における変位ベクトルと歪を同時に推定する手法である。格子点におけるこれらの推定を行う際には、距離減衰定数Dを用い、2D以内の観測点のデータに対して重み付けをして変位ベクトル

を計算している。D が大きい値であれば得られる歪場は大局的なものとなり、小さい値であれば局所的な変動を捉えることが可能となる。つまり D はある種の空間フィルターとなる。ただし、特定の観測点でのテクトニクに起因しない変動の影響を除外するため、2D 以内に 5 点以上の観測点を利用可能な格子点について計算するため、D の値が小さいと計算できない領域が多くなってしまふ。そこで距離減衰定数 D をいくつか試行した結果、神奈川県周辺での歪場の特徴を抽出するための最適な値として $D=20\text{km}$ とした。

3. 神奈川県周辺の歪場

1997 (平成 9) 年から 2007 (平成 19) 年の 1 年ごとの歪場を図 2 に示す。コンターは面積歪を、矢印は主歪を示す。また、計算に使用している GPS 観測点を黒丸で示している。これらの歪場は毎年 1 月 1 日から 10 日間の平均座標値を計算し、それらの 1 年ごとの差分から求めている。これによっておおよその年周変化は除去されていると考えられる。ただし、2003 (平成 15) 年は多くの GPS 観測点でアンテナ交換を行っており、変位ベクトルにステップが生じているため計算から除外した。

神奈川県周辺の定常的な歪の蓄積過程は、周辺領域での活発な地震活動や箱根群発地震活動の発生していない 1997 (平成 9)、1998 (平成 10)、1999 (平成 11)、2005 (平成 17)、2007 (平成 19) 年に見られる (図 2a,b,c,h,j)。神奈川県内の面積歪は、おおよそ -1.0×10^{-7} オーダーの

収縮域である。また、面積歪は特に三浦半島周辺に蓄積しているように見え、中心部では -3.0×10^{-7} 程度の収縮を示している。Kobayashi and Koketsu (2005) は測地測量データ、遠地波形、強振動記録から 1923 年の大正型関東地震の時のアスペリティを求めている。それによれば、足柄平野と三浦半島の南側沖にアスペリティが推定されている。本研究による三浦半島周辺部の歪集中域は、そのアスペリティの一部とおおよそ一致している。また、面積歪の分布からは駿河湾や東海地域での収縮も見られる。さらに伊豆半島南部も収縮域であることがわかる。

定常的な主歪の蓄積過程については、三浦半島周辺部では北北西-南南東方向の収縮が顕著である。さらに西側の足柄平野周辺部では北西-南東方向の収縮が卓越する。これらの主歪の特徴については、鷺谷 (2001) によって指摘されており、我々の結果も調和的である。

これら以外の期間の歪場 (面積歪と主歪) には、地震活動や火山活動に伴う影響が見られる。2000 (平成 12) 年の歪場は、三宅島の噴火の影響を受けている (図 2d)。また、2000 (平成 12) 年の後半から 2005 (平成 17) 年にかけては東海スロースリップが発生しており、それらの影響も含まれているであろう。2001 (平成 13) 年には箱根で、また 2006 (平成 18) 年には箱根火山および伊豆半島東部で群発地震が発生しており、それらの火山活動に関連した膨張が捉えられている (図 2e,i)。なお箱根における火山活動に伴う歪場については次章で詳しく述べる。2002 (平成 14) 年は 2001 (平成 13) 年の箱根火山における群発地震の発生領域で正の面積歪、

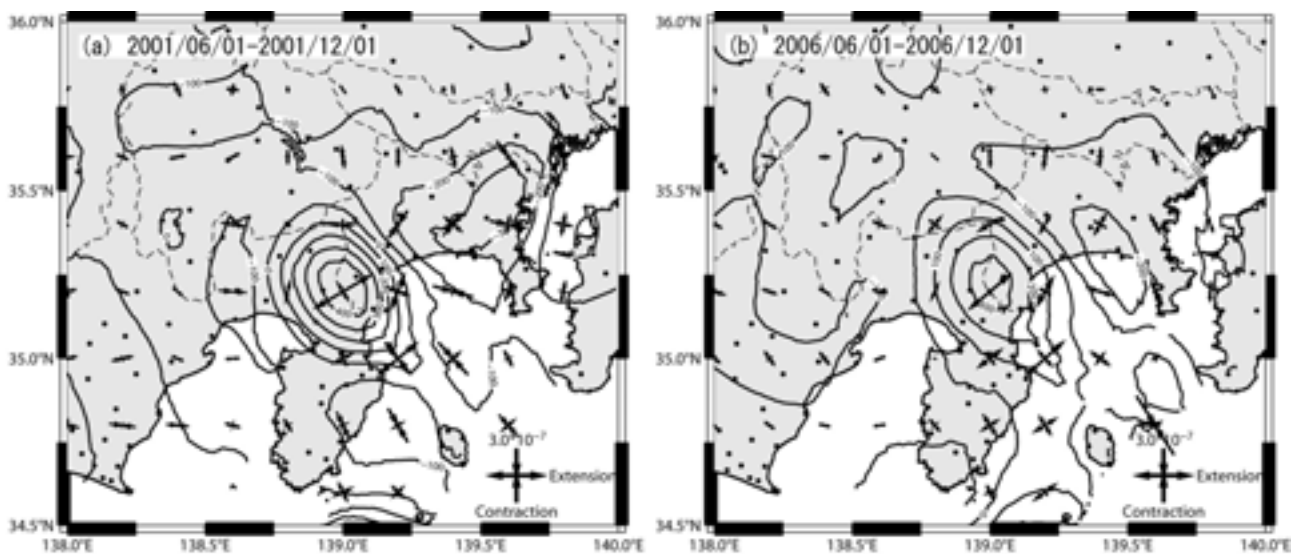


図 3 箱根火山における群発地震活動に伴う面積歪と主歪。(a) 2001 年箱根群発地震活動、(b) 2006 年箱根群発地震活動。計算に使用している GPS 観測点を黒丸で示している。面積歪の等値線の間隔は 100nano-strain。

つまり膨張域が残っていることを示している (図 2f)。2004 (平成 16) 年については伊豆半島東部から富士山北部にかけて帯状の膨張域がやや見られるが、この原因についてはわからない (図 2g)。

4. 箱根火山周辺の歪場

2001 (平成 13) 年 6 月から箱根火山では観測史上最大の群発地震が発生した。この活動は 10 月くらいまで継続し、震源決定できなかったものも含めれば 15,000 以上の地震が発生している (棚田ほか, 2002)。また、2006 (平成 18) 年 9 月から 11 月にかけて 2001 (平成 13) 年に次ぐ群発地震が発生しており、温泉地学研究所の GPS 観測網によっても基線長変化が捉えられている (原田ほか, 2007)。

これらの群発地震による影響を明らかにするために、それぞれ 6 月 1 日と 12 月 1 日からの 10 日間の平均座標値を計算し、その間の差分から歪場を求めた (図 3)。特に 2006 (平成 18) 年は 4 月から 5 月にかけて伊豆半島東部でも群発地震活動があったため、1 年ごとの歪場 (図 2i) ではこれと箱根火山の群発地震活動の重ね合わせを見ていた。しかし、図 3(b) では伊豆半島東部の群発地震活動の期間を除外していることにより 2006 (平成 18) 年の箱根火山における群発地震活動による面積歪の特徴が明確になっている。

これら 2 期間の群発地震活動による歪場を比較すると、両者ともおおそ駒ヶ岳を中心とした面積歪の膨張が示されている。この膨張域の中心となる地域は、おおそ群発地震活動の場所と一致している。2001 (平成 13) 年の面積歪の中心部は 4.0×10^7 以上であり、2006 (平成 18) 年のそれは 3.0×10^7 以上の膨張を示しており、2001 (平成 13) 年の活動の方が大きかったことが面積歪からもわかる。しかし、2006 (平成 18) 年の膨張域は 2001 (平成 13) 年に比べやや広域にわたっており、これは変動源の深さの違いを表わすかもしれない。また、定常的な歪の蓄積過程において足柄平野周辺部は収縮域であるが、群発地震活動に伴って膨張域に転じている。このことは、神奈川県西部地震の発生を遅らせているのかもしれない。また、主歪の方向については両者ともに北東-南西方向の伸びを示している。

5. まとめ

神奈川県周辺地域の地震発生環境を明らかにするために、GEONET 観測データを用いて歪場を推定した。その結果、定常的な歪蓄積過程では特に三浦半島周辺部で面積歪の収縮が大きいことがわかった。また、主歪は神

奈川県東部では北北西-南南東方向の圧縮が卓越しており、神奈川県西部地域に行くにしたがって北西-南東方向の圧縮が卓越するようになる。さらに、箱根火山における群発地震活動による歪場を推定した結果、定常的には足柄平野周辺部は面積歪の収縮域であるが、群発地震活動に伴って膨張域になることが明らかとなった。今後は、さらに箱根火山における群発地震活動の変動源を特定し、神奈川県西部地震の想定断層面に対する影響を解明していく必要がある。

謝辞

本研究では、国土地理院による GPS 観測データを使用しました。また、歪場の計算には国土地理院によって開発された「地殻活動観測データ総合解析システム」(鷲谷ほか, 2003) を使用しました。これらの観測点の保守・管理、およびシステムの開発にかかわる方々に感謝します。

参考文献

- 原田昌武・行竹洋平・棚田俊收・伊東博・本多亮 (2007) 神奈川県西部地域における 2006 年 (平成 18) 年の GPS・光波測量結果、温地研観測だより, **57**, 13-18.
- 石橋克彦 (1988a) “神奈川県西部地震”と地震予知 I, 科学, **58**, 537-547.
- 石橋克彦 (1988b) “神奈川県西部地震”と地震予知 II, 科学, **58**, 771-780.
- 石橋克彦 (1994) 大地動乱の時代, 岩波書店, 234pp.
- 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.
- 井潤陽平・石橋克彦 (2003) GEONET データから求めた伊豆半島~富士山付近の地殻水平歪とテクトニクスな考察, 地震, **56**, 231-243.
- Kato, T., G. S. El-Fiky, E. N. Oware, and S. Miyazaki (1998) Crustal strains in the Japanese islands as deduced from dense GPS array, *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 3445-3448.
- Kobayashi, R., and K. Koketsu (2005) Source process of the 1923 Kanto earthquake inferred from historical geodetic, teleseismic, and strong motion data, *Earth Planets Space*, **57**, 261-270.
- 宮下芳・J. Li・K. Vijaykumar・河原純 (2005) GPS 時系列データのウェーブレット解析から求めた関東・東海地方の経年的地殻変動場の特徴とそのテクトニクス解釈, 測地学会誌, **51**, 93-105.
- 鷲谷威 (2001) 南関東地域の地殻変動に関する諸問題, 月刊地球, 号外 **34**, 144-154.

Sagiya, T., S. Miyazaki, and T. Tada (2000) Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan, *Pure Appl. Geophys.*, **157**, 2303-2322.

鷺谷威・西村卓也・村上亮・今給黎哲郎・赤坂望 (2003) 地殻活動観測データ総合解析システムの開発, 国土地理院時報, **101**, 33-43.

Shen, Z., D. D. Jackson, and B. X. Ge (1996) Crustal deformation across and beyond the Los Angeles basin from geodetic measurements, *J. Geophys. Res.*, **101**, 27957-27980.

測地観測センター (2004) 電子基準点 1,200 点の全国整備について, 国土地理院時報, **103**, 1-51.

棚田俊收・代田寧・伊東博・袴田和夫 (2002) 2001 年 (平成 13) 年箱根火山の群発地震活動について、温地研観測だより, **52**, 1-4.