神奈川県直下の地震活動 - 2011.3.11 前後の変化-

宫岡一樹*·吉田明夫*

Seismicity beneath Kanagawa Prefecture - Change in seismicity at various regions after the 2011 M9.0 Tohoku-oki earthquake -

by

Kazuki MIYAOKA* and Akio YOSHIDA*

1. はじめに

首都圏では 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震 が発生した直後に地震活動が顕著に活発化した。図1 は、地震前 5 年間と地震後 6 ヶ月間の、M3.0 以上、深 さ 100km 以浅の地震をプロットしたもので、これから、 2011 年 3 月 11 日の後、地震の平均発生率は約 7 倍に増 大したことがわかる。この活動の活発化によって、首都 圏における M7 クラスの地震の発生確率も上昇したと言 われる(平田ほか, 2012)。

こうした予測は、小さな地震がたくさん起きれば、そ れに応じて大きな地震もある割合で発生するという、地 震活動についてよく知られた非常に適用性の高い性質 (グーテンベルグ・リヒターの公式)から導かれる。し かし、首都圏には、陸のプレートの下にフィリピン海プ レートが沈み込み、さらにその下に太平洋プレートが沈 み込んでいる。それらのプレートの内部及びプレート間 で地震が起きており、これらいろいろな深さで発生して いる地震をひとくくりにまとめて、その統計的な性質を 議論することには問題がある。

気象庁(2012a)によれば、首都圏で活発化したのは、 太平洋プレート上面付近の活動、銚子周辺の浅い活動、 それにフィリピン海プレート上面境界付近の活動であ る。このように、地震発生場のテクトニクスによって、 活発化の様子に差異が見られるとすれば、首都圏の活動 として一括に扱うのでなく、それぞれの発生場毎に分け て活動の推移を見ていく必要があると思われる。本報告 では、神奈川県直下の活動に焦点をあて、テクトニクス 的な発生場の違いを考慮しながら、それぞれの領域にお



前5年間…0.26個/日

後6ヶ月…1.73個/日

* 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報告,第 44 巻, 29-38, 2012



図 2 神奈川県周辺の地震活動(2010年~、深さ0~ 180km、M ≥ 1.5)。(a) 震央分布図、(b) 断面図。 断面図中 A ~ D は、図 3 の M 度数分布図に対応。

ける 2011 年 3 月 11 日前後の活動の変化を調べた結果に ついて報告する。

2. 神奈川県直下の地震活動の分類

図2は神奈川県直下で、2010年1月1日から2012年 9月30日の期間に発生した深さ180kmまでの地震の震 央分布と東西方向の断面である。断面図から、東に傾く 地震の分布と、その下を東から西に深くなる2条の地震 の分布が見て取れる。前者はフィリピン海プレートに関 係した地震、後者は太平洋プレート内の地震である。ま た箱根のカルデラ内に発生している深さが 10km 未満の 極浅い活動も見られる。この他、県内には地震調査研究 推進本部で長期評価がされている活断層が存在してい る。そこで本報告では、2011年3月11日前後の活動の 変化を、箱根山周辺および活断層を含めた地殻内の浅い 領域の地震、フィリピン海プレートに関係した地震およ び太平洋プレートに関係した地震の3つのグループに分 けて見ることにする。なお、フィリピン海プレートに関 係した地震は、テクトニクスを考慮して、更に領域を分 割して検討する。

解析には、気象庁の一元化震源を用いた。各領域にお ける検知能力には差異が存在する可能性のあることか ら、それぞれのグループについて M-度数分布を作って、 解析に用いる M の下限を調べた(図 3)。



10km より浅い地殻内の地震の発生は箱根およびその 周辺に限られ、これらについては M1.0 よりもやや小さ めの地震まで捉えられていることが図3(a)から分かる ので、M下限を1.0とし、活断層についてもこの下限を 適用した。県西部におけるフィリピン海プレートに関係 した地震は、概ね30kmより浅い場所で発生しており、 これらについても、M1.0程度まで捉えられている(図 3(b))。一方、県央から県東部にかけてのフィリピン海 プレートに関係した地震については、図3(c)において、 M1.0 より少し大きいところから数が頭打ちになってい るように見えることから、M下限を1.5とした。また、 80km より深い太平洋プレート内については、M1 台半 ばから度数分布が曲がっているので、M下限は2.0とし た(図3(d))。M下限を度数分布の曲がり始めよりもや や大きめに設定したのは、東北地方太平洋沖地震の後、 地震処理数が大きく増大したこともあって、検知能力が それ以前と比べて落ちたことが指摘されている(気象庁 ,2012b) ことを考慮したためである。

3. 地震活動の変化

東北地方太平洋沖地震前後の地震活動の変化を、領域 毎に見ていく。なお、期間は2010年1月から2012年9 月までとし、必要に応じて、2003年1月からの長期間 についても見た。



図3 神奈川県周辺の検知能力。神奈川県周辺の地震活 動(2003年~)を、A:10km以浅の活動、B:フィ リピン海プレート周辺の活動(主に県西部)、C: 同(県央~県東部)、D:太平洋プレート周辺に分け、 気象庁ー元化震源でのM度数分布図を示した。縦 軸は個数で、OはM毎の、●は大きい方からの積 算の個数である。横軸はMで、破線は度数分布の 曲がり始めを示す。

3.1. 地殻内の浅い地震活動

神奈川県内で10kmより浅い地震のほとんどは箱根火山とその周辺の県西部域に限られる。ただ、県内には三 浦断層群、伊勢原断層、神縄・国府津-松田断層帯の3 つの主要な活断層が存在することから、併せてその周辺 の活動についても見た(図4)。

3.1.1. 箱根火山とその周辺

箱根火山では、定常的に浅い小さな地震が発生してい ることが温泉地学研究所の観測によって明らかにされて いる(棚田ほか,2002)。それに加えて、時折、短期間に、 また空間的にも集中して発生する群発活動が起きること もある(図 5)。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震発生直後、 箱根火山とその周辺で非常に活発な活動が見られた(原 田ほか,2012; Yukutake et al.,2011)。この中で最大の地 震は、北伊豆断層帯の北端部(箱根カルデラ南端)で発 生した M4.6 の地震であった。このときの群発活動は一 ヶ月ほどで収まり、近年の群発活動と異なって、カルデ ラ内にソースを持つ地殻変動も観測されなかった。急速 に減衰した活動の推移の特徴から、原田ほか(2012)は、 東北地方太平洋沖地震に伴った地殻歪によって誘発され た活動であったとしている。この群発活動が収束した後、

地殻内の浅い地震活動



図4 地殻内の浅い地震活動の領域区分。

箱根火山の地震活動は非常に静かになり、2012年に入ってからは、9月末までに M1.0以上の地震はひとつ発生しただけである(図5(b))。

3.1.2. 三浦半島断層群

三浦半島断層群は、東北地方太平洋沖地震によってク ーロン破壊応力が増大したと見積もられたことから、地 震発生確率が上がっている可能性があると言われた(地 震調査研究推進本部,2011)。しかし、2011年3月11日 を境に、周辺の地震活動が変化したという徴候はまった く見えない。もともと、この活断層周辺では浅い地震は ほとんど観測されておらず、図6に示すように、M1.0 以上の地震は2010年以降発生していない。2003年まで さかのぼり、深さ0~20kmに範囲を広げても、わずか に数個が観測されているのみである。

3.1.3. 伊勢原断層

この周辺も、もともと浅い活動は極めて低調で、2010 年以降、M1.0以上、10km以浅の地震は観測されていな い。深さ20kmまで広げると、東北地方太平洋沖地震の 直後、M2.5を最大として計3つの地震が捉えられてい る(図7)。本断層の傾斜は浅部に向かって相対的に低 角度となる傾向があり、浅部では東に60°で傾斜してい る(神奈川県,1996)ことを考慮すると、これらの地震 は断層延長上で発生した可能性も考えられる。

3.1.4. 神縄·国府津一松田断層帯

ここでも浅い地震活動はない。深さ 20km まで広げて みると、フィリピン海プレート内の活動が入ってくる (図 8)。神縄・国府津-松田断層帯はプレート境界から 派生したスプレー断層という見方もあるが(佐藤ほか, 2012)、3.2.3 に示す様に、この断層帯直下のフィリピン



図 5 箱根山周辺の地震活動(2010 年~、深さ 0 ~ 10km、M ≥ 1.0)。(a) 震央分布図、(b) MT 図、(c) MT 図(2003 年~)。



図 6 三浦半島断層群周辺の地震活動(2003 年~、深さ 0 ~ 20km、M ≧ 1.0)。(a) 震央分布図、(b) MT 図(2010 年~)、 (c) MT 図、(d) 東西断面図。



- 33 -



海プレート内の活動も 2011 年 3 月 11 日の直後に少し増加したものの、特に大きく変わったという様子は見られない (図 13)。

3.2. フィリピン海プレートに関係した地震(深さ10~80km)

山梨県南東部から神奈川県西部にかけての丹沢山地周 辺では、定常的に活発に地震が発生している。この活動 域は震源分布から見て西と東に明瞭に分けられるが(吉 田,1990;野口・吉田,1991)、地震のメカニズム解にも 両者で差異が見られる(Yukutake et al., 2012)。また、長 期的な地震の活動様式にも顕著な違いがある(宮岡・吉 田,投稿中)。西側のクラスターは伊豆半島の衝突を反 映するフィリピン海プレート内部の地震、一方、東側の クラスターは、震源分布とメカニズム解から、その多く が沈み込むプレートの上面境界に沿って発生していると 考えられる。また真鶴半島付近から足柄平野を通って丹 沢の東側のクラスターに続く、震源が北ほど深くなる地 震活動がある(図9)が、このサイスミック・ゾーンの 活動もフィリピン海プレートの沈み込みを表していると 考えられる(吉田,1990;1993)。

大磯丘陵以東(県央から県東部)の東京都との境の領 域では、相模トラフから沈み込むフィリピン海プレート の上面境界付近あるいは内部で発生する地震が見られる (図 2)。

このように、神奈川県下のフィリピン海プレートに関係する地震活動については地域的な差異があることから、ここでは、西丹沢、東丹沢、足柄平野〜真鶴、大磯 丘陵以東の領域にそれぞれ分けて、2011年3月11日前



図 10 フィリピン海プレート周辺の地震活動の領域区 分。

後の活動の変化を調べることとする(図10)。

3.2.1. 西丹沢

この領域においては、2011 年 3 月 11 日の前後で変化 はなかった。ただし、その 10 ヶ月後の 2012 年 1 月 28 日に M5.4 の地震が発生した後、やや地震活動が活発化 した(図 11)。このときの活動は本震-余震型であり、 改良大森公式に則って低下していったが、これ以降、地 震発生率が高まった様子が見える。M2.0 以上で見たと き、2003 ~ 2011 年の期間の地震発生率は月に平均 1.5 個であったのに対し、現在(2012 年 5 月~ 10 月)は 3.3 個となっている。

3.2.2. 東丹沢

この領域では、2011年初頭に一時的に活発化したこ



とが見てとれるが、2011年1月頃であり、3月11日の 前後で活動に大きな変化はなかった。(図12)

3.2.3. 足柄平野~真鶴

この領域では、2011 年 3 月 11 日の直後、M2 クラス の地震を含め、一時的に少し増加した様子が見られる(図 13(b))。ただし、長期的に見た場合には、その変化は顕 著なものではない(図 13(c))。

3.2.4. 大磯丘陵以東

大磯丘陵以東の領域でも、3月11日前後で変化はないが、2011年末から2012年初頭にやや活発化した様子が見える(図14(b))。領域を活動度の比較的高い北東側(A領域)と、やや活動度が低く、震源が相対的に浅い南西側(B領域)に分けて見ると、A領域では2011年11月~2012年1月頃、B領域では2012年2月以降に、



 $MT \boxtimes (M \ge 1.5), (c) \equiv MT \boxtimes (M \ge 1.0).$

それぞれ活発化していることがわかる。興味深いことに、 Mの下限を1.0にとって両者の積算曲線を比べると、こ れらの活発な時期と低調な時期は両地域で相補的になっ ている様子が見える(図14(c))。なお、A領域で発生 する地震の震源の深さは、図2に見るように20kmから 30kmの範囲であり、推定されているフィリピン海プレ ートの上面は、ちょうどこの地震群の中を通ることから (Sato et al., 2005)、これらの地震がフィリピン海プレー トの内部で起きているのか、それとも地殻下部で起きて いるのかについては、両方の見方がある。

3.3. 太平洋プレート内の活動

神奈川県下のおおよそ 80km 以深には、日本海溝 -

伊豆・小笠原海溝から沈み込む太平洋プレート内部の地 震が観測されている。この太平洋プレート内部の活動に ついては、3月11日の前後で特に変化は見られない(図 15)。

4. まとめ

2011 年 3 月 11 日前後の神奈川県直下の地震活動の変 化を地域別にまとめると、表 1 のようになる。

箱根火山周辺では、2011 年 3 月 11 日の地震発生直後 から活発な地震活動が見られた。この活動は、箱根火山 でしばしば観測されている群発活動とは性質を異にし、 東北地方太平洋沖地震によって誘発されたと考えられる ことが、原田ほか(2012)によって報告されている。



山梨県南東部から神奈川県西部にかけての西丹沢直下 では、大地震から約10ヶ月後の2012年1月にM5.4の 地震が発生し、その活動自体は本震 - 余震型で推移し たが、その後、以前と比べて、地震発生率が増加してい る傾向が見られる。このほか、県央から県東部にかけて のフィリピン海プレート内あるいはその上面境界付近で は、東北地方太平洋沖地震後8ヶ月ないし11ヶ月経っ てやや活発化した様子が見られた。これら以外の領域に ついては、2011年3月11日前後で地震活動の変化は見 られなかった。

地震調査委員会では、東北地方太平洋沖地震による主 要活断層に対する影響を、クーロン破壊応力が正に一定 規模以上変化したか否かを基に評価した。その中で、地 震発生確率が高まった可能性がある活断層のひとつとし て三浦半島断層群が挙げられたが、その周辺で地震活動 の変化は観測されていない。また原田ほか(2011)は同 様な手法で神奈川県周辺の想定断層面に対する影響を見 積もっており、神奈川県西部地震の想定断層モデル(岡 田,1993)において応力の増加があり、監視の必要性を 指摘している。ただし、これらの想定断層が分布するい ずれの領域においても、直後に M2 未満の小さな地震が 数個発生したものの、その後、活発化することなく収ま っている。

以上、見てきたように、神奈川県直下において 2011

年3月11日前後で地震活動に顕著な変化が見られたの はほぼ箱根山周辺に限られており、図1に示した首都圏 における活動のような著しい活発化は見られなかった。 これは、神奈川県が単に東北地方太平洋沖地震の震源域 から首都圏に比べて離れているだけでなく、神奈川県直 下ではフィリピン海プレートと太平洋プレートとの強い 接触がないことにも依っていると考えられる。

この他、神奈川県に近接する北伊豆断層帯や熱海近辺 では、2011年3月11日直後、一時的に小さな地震が増 加したものの、現在は静かになっている(図16)。

参考文献

- 原田昌武・行竹洋平・本多 亮・明田川 保・伊東 博・ 板寺一洋・吉田明夫 (2011) 神奈川県およびその 周辺の想定断層面に対する 2011 年東北地方太平洋 沖地震の影響評価,温泉地学研究所報告,43,1-12.
- 原田昌武・明田川保・伊東博・本多亮・行竹洋平・板寺 一洋・吉田明夫(2012)2011年東北地方太平洋沖 地震によって誘発された箱根火山の群発地震活動, 地震2,64,135-142.
- 平田 直・笠原敬司・小原一成・岩崎貴哉・鷹野 澄・ 森田裕一・酒井慎一・飯高 隆・卜部 卓・鶴岡 弘・ 楠城一嘉・蔵下英司・五十嵐俊博・加藤愛太郎・ 大木聖子・西田 究・中川茂樹・パナヨトプロス

表1 各領域における活動の特徴。

領域		特徴
	箱根山	直後から非常に活発化
	三浦半島断層群	-
地殼内	伊勢原断層	—
	神縄・国府津一松田断層	
	帯	_
	西丹沢	10ヶ月後にやや活発化
フィリピン	東丹沢	—
海プレート	足柄平野~真鶴	直後にやや活発化
周辺	大磯丘陵以東	8~11 ヶ月後にやや活
		発化
太平洋プレート内		-

ヤニス・宮川幸治・坂上 実・芹沢正人・川北 優子・伊東明彦・根本泰雄(2012) 中感度地震観 測によるプレート構造調査,首都直下地震防災・減 災特別プロジェクト,平成23年度成果報告書,文 部科学省研究開発局・東京大学地震研究所,12-47.

- 地震調査研究推進本部(2011)長期評価結果一覧,地震 調査研究推進本部ホームページ,http://www.jishin. go.jp/main/p_hyoka02_chouki.htm.
- 神奈川県(1996)平成7年度地震調査研究交付金 伊勢 原断層に関する調査成果報告書.219 p.
- 気象庁(2012a)「平成23年(2011年)東北地方太平洋 沖地震」前後の関東地方の地震活動について,地震 予知連絡会会報,88,492-499.
- 気象庁(2012b)東北地方太平洋沖地震発生後の震源決 定作業の検測基準及び検知能力について,地震予知 連絡会,87,8-13.
- 宮岡一樹・吉田明夫,東丹沢と伊豆半島東方沖の地震活動の相関とその意義,地震2,投稿中.
- 野口伸一・吉田明夫(1991)山梨県東部の最近の地震活動とその地学的意味,地震2,44,247-258.
- 岡田義光 (1993)「神奈川県西部地震」の諸モデルから 期待される地殻変動,地学雑誌,102,445-456.
- Sato H., N. Hirata, K. Koketsu, D. Okaya, S. Abe, R. Kobayashi, M. Matsubara, T. Iwasaki, T. Ito, T. Ikawa, T. Kawanaka, K. Kasahara, and S. Harder (2005) Earthquake Source Fault Beneath Tokyo, Science, 309, 462-464.
- 佐藤比呂志・岩崎貴哉・飯高 隆・石山達也・蔵下英司 (2012) 制御震源地震探査による地殻構造の解明, 神縄・国府津 — 松田断層帯における重点的な調査 観測,平成23年度成果報告書,文部科学省研究開 発局・国立大学法人東京大学地震研究所,5-77.
- 棚田俊收・代田 寧・伊東博・袴田和夫(2002)2001(平 成13)年箱根火山の群発地震活動について,温泉 地学研究所観測だより,52,1-4.



- 吉田明夫(1990)神奈川県西部の地震活動とその地学的 な意味,地震2,43,205-212.
- 吉田明夫(1993)神奈川県西部及びその周辺の地震活動 とテクトニクス,地学雑誌,102,407-417.
- Yukutake Y., R. Honda, M. Harada, T. Aketagawa, H. Ito, and A. Yoshida (2011) Remotely-triggered seismicity in the Hakone volcano following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, 63, 737–740, doi: 10.5047/eps.2011.05.004.
- Yukutake Y., T. Takeda, R. Honda, and A. Yoshida (2012) Seismotectonics in the Tanzawa Mountains area in the Izu-Honshu collision zone of central Japan, as revealed by precisely determined hypocenters and focal mechanisms, Earth Planets Space, 64, 269-277, doi:10.5047/eps.2011.09.002.