

神奈川県内およびその周辺における 2011 (平成 23) 年の地震活動

本多 亮 (神奈川県温泉地学研究所)

はじめに

温泉地学研究所 (以下、温地研) では、箱根火山および神奈川県西部地域に地震・地殻変動観測網を展開し「神奈川県西部地震」や箱根火山に関連した研究を進めています。ここでは 2011 (平成 23) 年の地震活動について報告します。地殻変動観測についての結果は本号の原田・板寺による報告をご覧ください。

神奈川県内とその周辺の地震活動

温地研で 2011 (平成 23) 年の 1 年間に震源決定した地震を図 1 に示します。震源決定した地震数は 3005 個、その中で最大のマグニチュードは 3 月 11 日 15 時 8 分ごろにカルデラの南端付近で発生した M4.8 でした。表 1 に区域別の地震数 (震源決定できたもののみ) をまとめられています。また、表 2 に年別の地震数を示します。2011 (平

成 23) 年は 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震の影響で、地震数が非常に多くなっています。特に、後述する箱根地域の活動と、3 月 15 日 22 時 31 分ごろに発生した富士山直下での地震 (M6.4) は、火山直下の地震活動であったため火山噴火との関係が心配されましたが、今のところ噴火の兆候はみられていません。富士山直下の地震の際には小田原市で震度 5 弱を観測しました。

表 3 は、2011 (平成 23) 年に神奈川県内で有感となった地震のリストです。震央地名は気象庁の発表を使用し、当所の地域区分にはいるものは 該当する区分名を括弧内に書いてあります。マグニチュードと震源位置は気象庁の発表です。市町域内に複数の計測震度計がある場合には、最大震度を代表値としました。ただし、県北地域の相模原市は広域なため、例外として複数の震度を示

しています。2011 (平成 23) 年の神奈川県での有感 (震度 1 以上) となった地震数は、合計 411 回でした。ただし、3 月は東方地方太平洋沖地震の余震などにより非常に有感地震が多かったため、表には震度 3 以上の地震のみを載せています。また、2012 (平成 24) 年 1 月 5 日現在でも気象庁においてすべての処理が終了していないため、地震数は今後変動する可能性があります。

3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の際には、神奈川県内では最大震度 5 強が観測されました。温泉地学研究所のある小田原市は気象庁発表の震度は 5 強でした。気象庁から発表される小田原市の震度は、小田原市役所に設置してある防災科学技術研究所の強震計のデータで計算されます。

一方、首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net) の、東京大学地震

表 1 県内で発生した地震の区域別リスト

地域区分による地震数

	箱根	足柄平野	丹沢山地	県東部	相模湾	伊豆	静岡東部	計
1月	40	12	19 (1)	5	2	7	3	88 (1)
2月	25	20 (1)	14	2	2	4	1	68 (1)
3月	1628 (19)	49	25	23	13	25	13 (1)	1776 (20)
4月	252	19 (1)	16	13	3	3	5	311 (1)
5月	52	11	11 (1)	10	2 (1)	4	3	93 (2)
6月	72 (1)	6	13 (1)	3	1	0	4	99 (2)
7月	52	16	10	10	4	70	1	163 (0)
8月	53	15 (1)	18	5	0	5	0	96 (1)
9月	54	14	17	2	2	17	2	108 (0)
10月	18	12	18 (1)	7	0	5	0	60 (1)
11月	29	9	12	6 (1)	3	21	14	94 (1)
12月	13	9	13 (1)	7	3	3	1	49 (1)
累積数	2288 (20)	192 (3)	186 (5)	93 (1)	35 (1)	164 (0)	47 (1)	3005 (31)

注) 累積数は1月からの値。括弧内は有感地震数

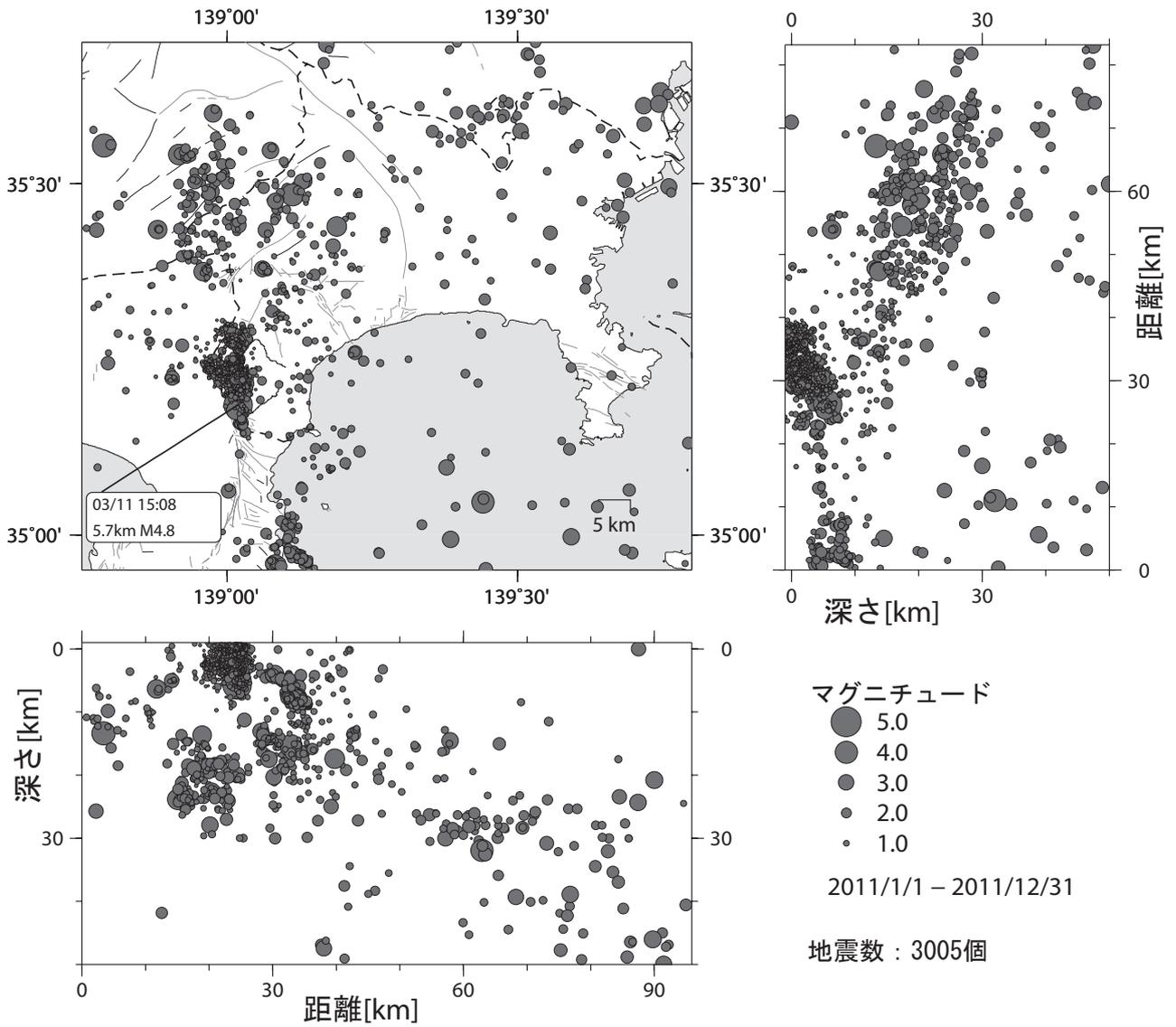


図1 神奈川県周辺の震源分布

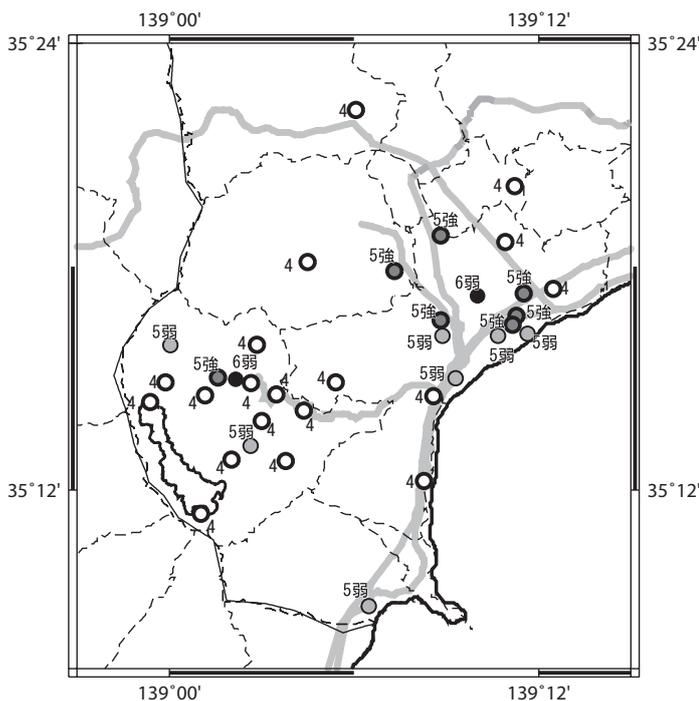


図2 SK-netと温地研の臨時観測網のデータから推定した、県西部での震度相当値。小田原市成田付近で観測された震度6弱は、地盤の影響によると考えられます。箱根町強羅の震度6弱は、本震発生直後の誘発地震の地震動が重なったためです。グレーの線は鉄道を示します。

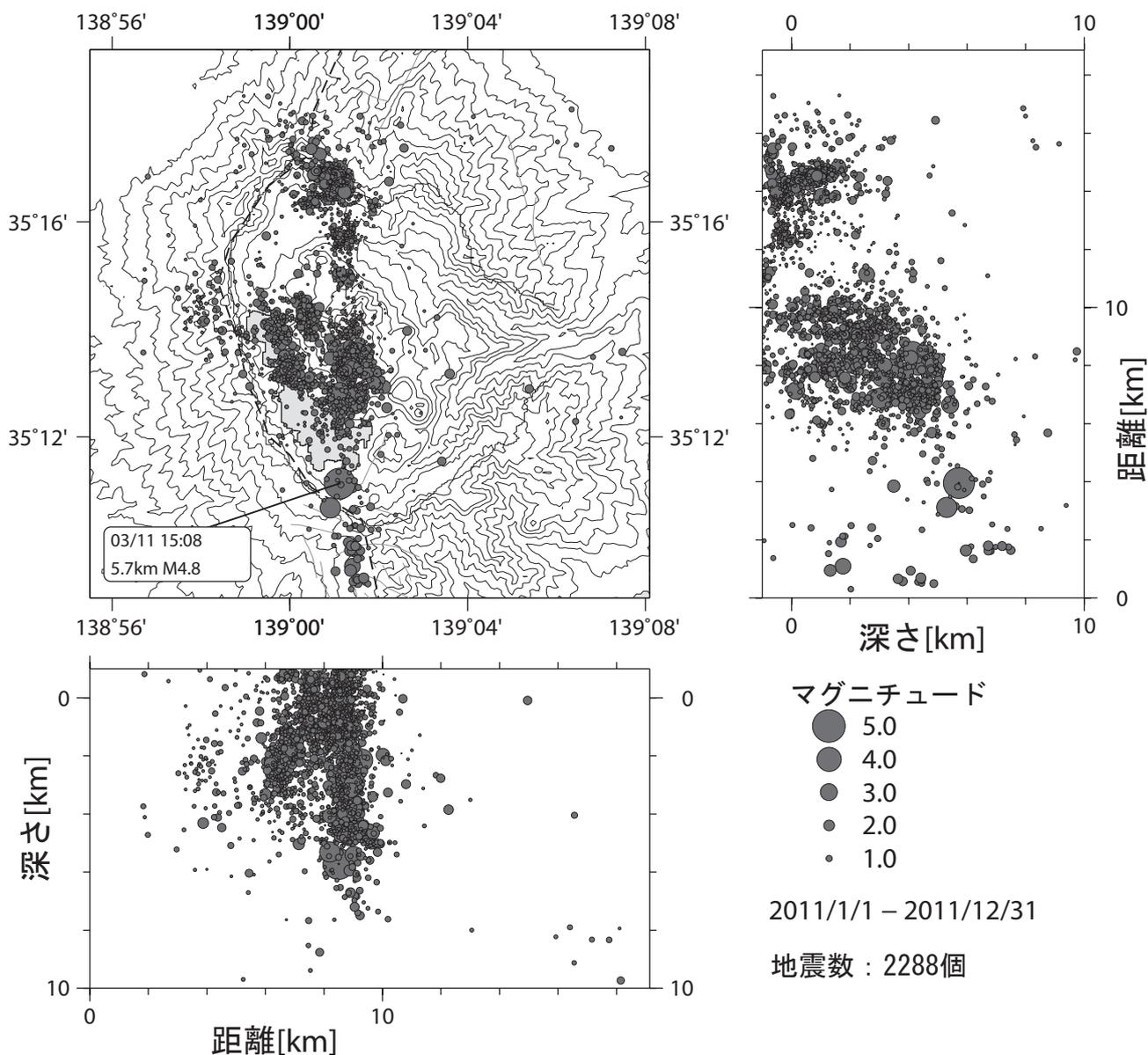


図3 箱根の震源分布。(中央) 震央分布図 (右) 南北深さ断面への投影 (下) 東西深さ断面への投影

箱根の群発地震活動

発生期間	地震数	最大地震
① 3月11日15時03分～3月19日06時07分	地震数：1,045回	M4.8 11日15時8分
② 3月19日20時58分～3月23日12時49分	地震数：364回	M3.5 21日23時14分
③ 3月31日12時50分～4月2日03時34分	地震数：96回	M1.9 31日15時47分

(注) 地震回数が1時間に10回以上あるもので、その活動期間は前後3時間以上地震なしで区切る。

研究所の観測データから震度相当値を計算すると、小田原市の成田付近で震度6弱となっています(図2)。この観測点は、気象庁の震度情報ネットワークには組み込まれていないため公式な発表には使用されません。この付近では、小田原市と広域

水道企業団の水道管から漏水し、道路などが水浸しとなりました。場所が少し違うだけでも、表層地盤の違いによって震度の値が大きく変わるという一例です。

箱根火山の地震活動

箱根火山では、この一年間に2288個の震源を決定することができました。これらのうち、1600個以上が3月に集中して発生しています。これらは、東北地方太平洋沖地震の際の地震動や本震による応力

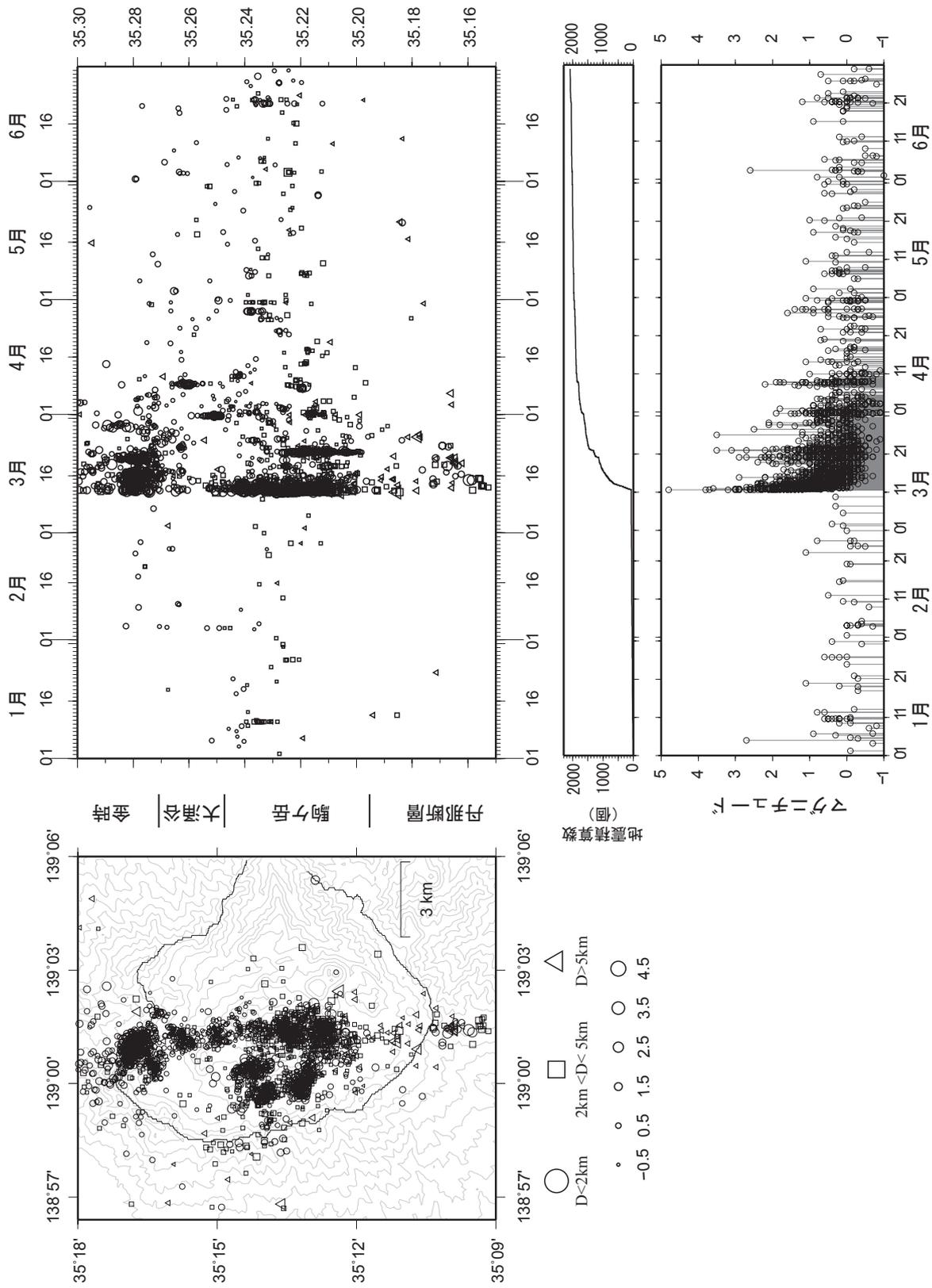


図4 2011 (平成 23) 年 1 月から 6 月までの箱根での地震の発生場所の時間変化とマグニチュード。(左) 震源分布図。(右) 場所ごとの地震活動度の変化。ほとんど地震がなかった丹那断層沿いに、3 月 11 日以後に地震が発生しているのがわかります。(右中) 地震の積算数。3 月 11 日から急激に地震が発生しているのがわかります。(右下) M-T 図。マグニチュードの変化を示しています。誘発地震の規模は、平常時 (3 月 11 日以前) よりもやや大きいことがわかります。

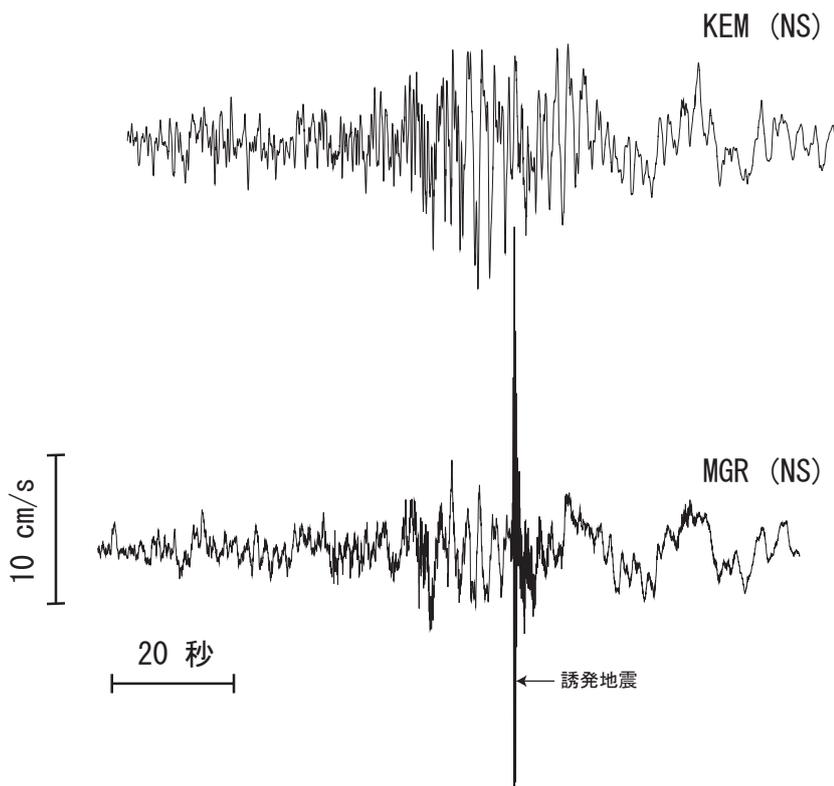


図5 箱根町の小涌谷(上; KEM)と強羅(下; MGR)で観測された地震波形(南北成分)。いずれの波形も本震の揺れを捉えたものですが、強羅の波形には本震の揺れに重なり非常にすどいピーク(誘発地震による揺れ)が見られます。

変化によって引き起こされた誘発地震と考えられます。地震活動が全体として非常に活発だったこと、また断続的に当所で定義した群発地震(注)に該当する地震活動が発生したため、温泉地学研究所では3月11日から26日まで監視体制による対応がとられました。

気象庁の発表では、3月中旬に箱根を震源とする地震で有感となった地震数は19個でしたが、温地研が独自に大涌谷に設置している計測震度計では68回の有感地震を観測しています(表4)。

図3に箱根地域の一年間の震源分布を、図4に発生状況の時間変化を示します。図4からわかるように、3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生するまでは箱根での地震

は月に20個程度ですが、本震の発生直後から急激に地震数が増えています。地震が特に多かったのは、駒ヶ岳直下と金時山の直下です。大涌谷付近ではほかの領域と比較すると地震数はやや少なめでした。注目すべき現象として、本震の揺れが収まる前に、比較的規模の大きな(M3.6~4.2)の誘発地震が発生したことが挙げられます(図5)。これらは、本震時の地震動が非常に大きかったため、その揺れによって誘発された地震である可能性が高いと考えられています(Yukutake et al., 2011)。通常は、大地震の前で力のかかり具合が変わるために、地震が誘発されると考えられています。今回のように、本震で揺れている最中に地震が誘発された現象が観測さ

れたのは非常にまれです。誘発地震による地震動が本震の地震動と重なったことによって、強羅付近では震度6弱の震度相当値が観測されました(図2)。箱根で発生する地震は、ほとんどがマグニチュード0から1程度ですが、3月11日以降に誘発された地震の中には、箱根ではほとんど発生したことがないM3以上の規模の地震もありました(図4)。

また、もうひとつ注目すべきなのは、箱根の南側に南北に走る丹那断層でも誘発地震が発生したことです。この断層は1930(昭和5)年に北伊豆地震(M7.3)を起こしました。京都大学(Toda et al., 2011)や温地研の報告(原田ほか, 2011)でも、東北地方太平洋沖地震によって丹那断層や三浦半島断層群など、いくつかの断層が動きやすくなるような力が加わったことが報告されています。丹那断層での地震活動の活発化は、これらの解析結果の妥当性を裏付けるといえます。

地震活動は夏までは例年と比較して活発でしたが、10月ごろから活動が低調となり始め、2012年1月現在ではほぼ平常時と同様の活動度となっています。

まとめ

2011(平成23)年1月から12月までの地震活動は次のとおりでした。県内および周辺地域で震源決定できた地震は合計3005個、そのうち有感となった地震は19個でした。期間中の最大地震は3月11日に箱根で発生したM4.8でした。また、気象庁の発表で、神奈川県で有感となった回数は411回、最大震度は5強でした。

県内で有感となる地震数や、箱根の微小地震の数は夏ごろから徐々に落ち着いてきているように見えま

表2 年別地震数 (1989年～2011 (平成23) 年)

	箱根	足柄平野	丹沢山地	県東部	相模湾	伊豆	静岡東部	合計	(有感)
1989年	54	64	99	101	1	32	7	358	
1990年	101	89 (5)	124 (2)	27	0	24	1	366	7
1991年	92 (11)	57 (2)	148 (4)	38 (2)	2	4	3	344	19
1992年	98 (1)	85 (2)	81 (5)	16	4	11	3	298	8
1993年	57 (2)	43 (1)	69 (1)	18 (1)	9	9	0	205	5
1994年	413 (13)	75 (2)	97 (3)	6	3	3	2	599	18
1995年	54 (1)	46	75 (6)	13 (1)	4	9	4	205	8
1996年	38 (1)	45	215 (9)	5	1	35	2	341	10
1997年	99	75 (2)	67 (4)	11	4 (1)	48 (1)	2	306	8
1998年	146	43 (2)	41 (4)	8	6	32 (3)	6	282	9
1999年	45	34 (1)	35 (5)	6	3	10	3	136	6
2000年	211 (3)	47	71 (4)	4 (1)	9 (1)	2	0	344	9
2001年	4113 (1)	70	108 (5)	30	4	12	2	4339	6
2002年	639 (1)	101 (2)	128 (7)	17	4	22 (3)	6	917	13
2003年	226	101	135 (3)	11	1	30	9	513	3
2004年	566 (4)	109	147 (3)	11	4 (2)	24	2	863	9
2005年	138	199 (2)	235 (4)	34	6	43	4	659	6
2006年	1411 (4)	159 (2)	210 (3)	65 (1)	23 (1)	433 (4)	16	2317	15
2007年	486 (6)	187 (4)	223 (4)	82 (2)	15	68	5	1066	16
2008年	815 (3)	129 (1)	226 (3)	75 (3)	18 (1)	32 (1)	11	1306	12
2009年	2119 (3)	220 (5)	231 (1)	74 (1)	33 (1)	865 (36)	13	3555	47
2010年	269 (1)	113	175 (3)	75 (2)	21	100 (1)	8	761	7
2011年	2288 (20)	192 (3)	186 (5)	93 (1)	35 (1)	164 ()	47 (1)	3005	31
累積数	14478 (75)	2283 (36)	3126 (88)	820 (15)	210 (8)	2012 (49)	156	23085	271

*) 1989年は4月～12月までのデータ、括弧内の数字は有感地震数

す。しかし、東北地方太平洋沖地震とほぼ同じ規模だった2004 (平成16) 年のスマトラ地震の震源域では、5年以上たってもM7クラスの余震が発生していることを考えると、少なくとも5年以上は大きな余震に備えておく必要があります。そのほか、新聞などで報道されているように、今回の大地震の影響で余震域以外にも (例えば、三浦半島断層群や房総半島沖など) 地震が発生しやすくなっている場所もあると考えられています。また、歴史的に見て、M9クラスの大地震のあとに周辺の火山が噴火するといったこともあり得ることで。

「天災は忘れたころにやってくる」とは、物理学者の寺田寅彦の言葉といわれていますが、今後どこかで発生するかもしれない大地震などに備えて、温泉地学研究所では注意深く地震活動や地殻変動を監視していきます。

謝辞

本報告の震源決定には、気象庁による一元化協定に基づき東京大学地震研究所ならびに独立行政法人防災科学技術研究所の波形データを使用させていただきました。小田原の震度相当値の推定には、SK-netで公開されている東京大学地震研究所の強震データを使用させていただきました。震度のデータは、気象庁のホームページより引用いたしました。記して感謝いたします。

参考文献

- 原田昌武・板寺一洋 (2012) 神奈川県西部地域における2011 (平成23) 年の地殻変動、温地研観測だより、62、53-62。
 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、温地研報告、43、1-12
 Shinji Toda, Jian Lin, and Ross S.

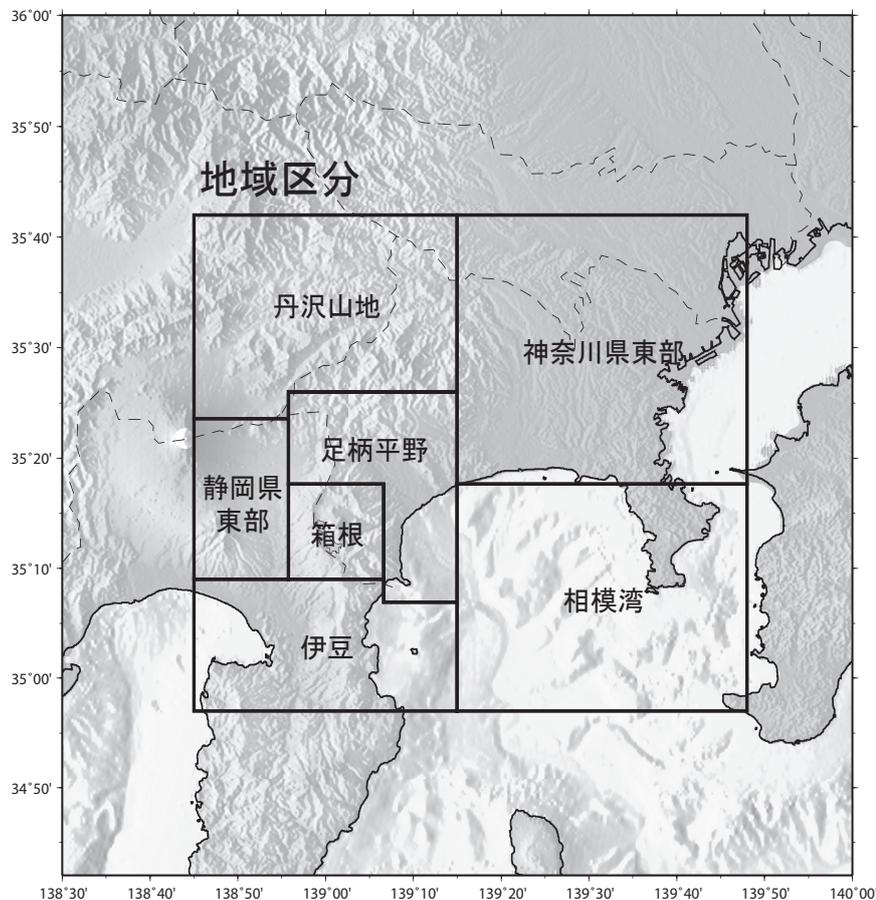
Stein, (2011) Using the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake to test the Coulomb stress triggering hypothesis and to calculate faults brought closer to failure, Earth Planets Space, Vol. 63 (No. 7), pp 725-730.

東京大学地震研究所, 首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net), <http://www.sknet.eri.u-tokyo.ac.jp/>

Yohei Yukutake, Ryou Honda, Masatake Harada, Tamotsu Aketagawa, Hiroshi Ito, and Akio Yoshida (2011) Remotely-triggered seismicity in the Hakone volcano following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, Vol. 63 (No. 7), pp. 737-740

表4 東北地方太平洋沖地震発生後の大涌谷で有感となった地震(3月11日から4月1日。箱根を震源とするもののみ)。

No.	年/月/日	時:分:秒	大涌谷震度	気象庁最大震度:地域名(県内)	No.	年/月/日	時:分:秒	大涌谷震度	気象庁最大震度:地域名(県内)
1	2011/3/11	15:08:23	3.5	4:湯河原町、真鶴町	35	2011/3/12	06:31:37	1	
2	2011/3/11	15:13:12	3.1	2:中井町、大井町、小田原市	36	2011/3/12	07:42:13	1	1:箱根町湯本
3	2011/3/11	15:13:25	1		37	2011/3/12	12:30:22	1	
4	2011/3/11	15:13:52	1		38	2011/3/12	13:33:12	1	
5	2011/3/11	15:15:58	1	1:箱根町湯本	39	2011/3/12	13:52:50	1	
6	2011/3/11	15:16:48	2		40	2011/3/12	14:29:37	1	
7	2011/3/11	15:18:01	2		41	2011/3/12	14:31:01	1	
8	2011/3/11	15:30:56	2		42	2011/3/12	18:18:50	1	
9	2011/3/11	15:34:14	1		43	2011/3/13	01:04:44	1	
10	2011/3/11	15:34:50	1	1:箱根町湯本	44	2011/3/13	02:06:50	1	
11	2011/3/11	15:34:57	1		45	2011/3/13	02:18:55	1	
12	2011/3/11	15:37:06	1		46	2011/3/13	03:25:16	1	
13	2011/3/11	15:47:43	2	1:箱根町湯本	47	2011/3/13	04:01:00	1	1:箱根町湯本
14	2011/3/11	15:49:08	1		48	2011/3/13	08:45:49	1	
15	2011/3/11	15:54:14	3	1:南足柄市、小田原市	49	2011/3/13	20:50:38	1	
16	2011/3/11	15:54:35	2		50	2011/3/14	03:53:40	1	
17	2011/3/11	16:02:16	1		51	2011/3/14	20:47:00	1	
18	2011/3/11	16:24:23	1		52	2011/3/18	20:41:24	1	
19	2011/3/11	16:55:37	1		53	2011/3/20	02:54:06	2	1:箱根町湯本
20	2011/3/11	16:56:25	1		54	2011/3/20	02:54:41	2	
21	2011/3/11	16:57:18	1		55	2011/3/20	03:08:47	1	
22	2011/3/11	17:03:45	1		56	2011/3/20	03:09:00	1	1:箱根町湯本
23	2011/3/11	18:39:44	2		57	2011/3/20	03:09:15	1	
24	2011/3/11	19:27:32	2		58	2011/3/20	03:12:24	1	
25	2011/3/11	19:47:36	1		59	2011/3/21	23:14:34	3	2:箱根町湯本、小田原市
26	2011/3/11	20:43:52	2	1:箱根町湯本	60	2011/3/21	23:15:22	1	
27	2011/3/11	21:29:07	1		61	2011/3/21	23:15:44	1	
28	2011/3/11	22:34:48	1		62	2011/3/21	23:22:07	2	2:箱根町湯本
29	2011/3/11	22:38:12	1	1:箱根町湯本	63	2011/3/21	23:22:20	1	
30	2011/3/11	23:52:30	1		64	2011/3/21	23:27:29	2	2:箱根町湯本
31	2011/3/11	23:52:40	2	2:箱根町湯本、小田原市	65	2011/3/21	23:45:03	1	1:箱根町湯本
32	2011/3/12	02:51:05	1		66	2011/3/22	07:17:12	1	
33	2011/3/12	05:26:08	1		67	2011/3/26	00:28:29	2	2:湯河原町
34	2011/3/12	06:18:56	1		68	2011/3/27	11:09:38	1	2:南足柄市



付録 温地研で定義されている地域区分