

奥州市衣川総合支所における臨時地震観測*

弘前大学 片岡俊一
 岩手大学 山本英和
 岩手大学 佐野 剛
 弘前大学 上原子晶久

1. はじめに

2008年岩手・宮城内陸地震の最大震度は6強であり、奥州市衣川区ともう1地点で観測された。本震の記録は残っていないが、震度6強であった地点の地盤震動特性を理解することは、震源近傍の地震動特性を知る上で重要であると考えられる。また、震度計センサー設置地点のごく近傍の振動特性が震度をやや大きくした可能性も指摘されおり¹⁾、このことに関する観測に基づいた知見を得ることも重要であろう。さらに、この観測点は奥州市衣川総合支所の敷地内にあり、その庁舎の応答性状を知ることも有意義である。そこで、地盤震動特性、また庁舎の応答特性を知るために臨時地震観測を行った。ここでは、観測状況を報告し、得られた観測記録の一例を紹介する。

2. 観測概要

2.1 衣川総合支所および周辺の状態

衣川総合支所周辺の状態を簡単にまとめる。詳細は文献1)に記されている。支所は尾根の上に位置し、三方を法面で囲まれている。岩手県が設置した震度計のセンサー部分は、高さ約5mの法面の法肩から4.3m離れた位置にある。建物からの距離は1.8mほどである。震度計センサーが設置されている地盤は、周辺の状態から考えて、自然地盤であろう。

衣川総合支所の建物は昭和39年に建設された直接基礎、RC造3階建ての建物であり、3階部分は1スパン分

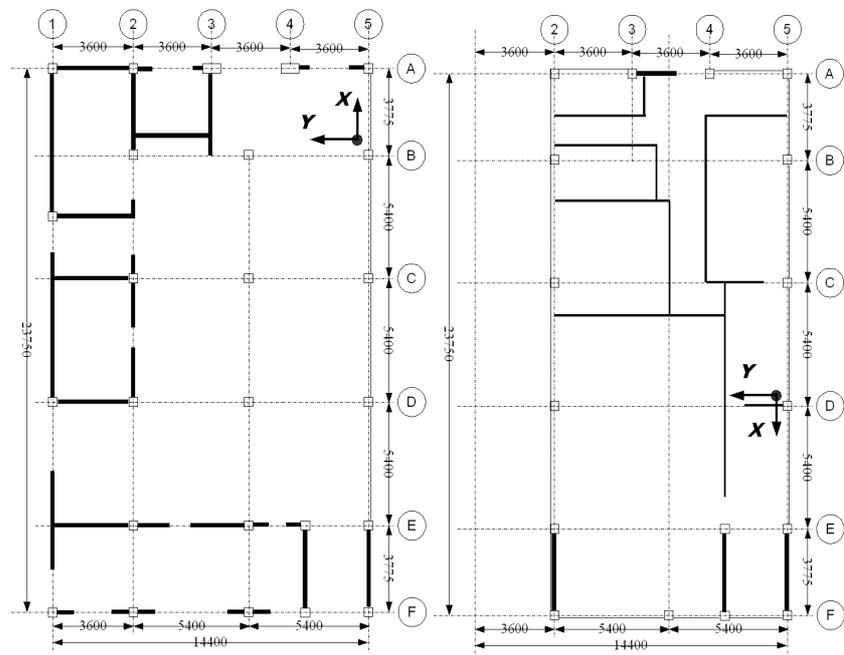


図1 1階の平面図と地震計設置位置(丸印)および地震計の向き

図2 3階の平面図と地震計設置位置および地震計の向き

* Temporal strong ground motion observation at the Koromogawa branch government office, Oshu city by Shunichi KATAOKA, Hidekazu YAMAMOTO, Tsuyoshi SANO and Akihisa KAMIHARAKO

セットバックしている。1階と3階の平面図を図1, 図2にそれぞれ示す。この建物の構造図面は現存せず, 図1および図2は内部改装の際に作成された図をもとに作成した。図の上側が玄関であり, 下側の屋外に震度計センサーが設置されている。なお, 建物の長手方向の方位は図面の上方がN55Eである。

2.2 臨時地震観測

1階と3階に各1台の地震計を設置して臨時地震観測を行った。地震計設置場所と地震計の向きも図1と図2に記した。2台の地震計は同期させておらず, 時刻校正も行っていない。さらに, 地震計の仕様のために1階と3階では地震計の向きも異なり, X方向と上下方向は逆向きである。

1階に設置した地震計は, 電気の便と降雨対策を考え, 当初から室内に設置することを考えていた。設置場所の制約から玄関に近い場所であり, 県が設置した震度計からは建物分離れていることになる。しかしながら, 気象庁が7月2日から臨時震度観測を玄関脇で開始した²⁾ために, 結果的に気象庁震度計の近傍での観測となった。

地震計は応用地震計測社製のE-キャッチャーであり, トリガーレベルは 5cm/s^2 とした。この地震計の場合, 遅延時間は15秒で固定である。観測は地震の翌日から開始し, 12月10日に終了した。

3階には, 東京測振製のネットワークセンサーCV373を設置した。トリガーレベルは 2cm/s^2 とし, 遅延時間を15秒とした。地震計手配の都合から, 観測開始は1階の設置時点から11日遅れ, 6月26日から観測を開始した。観測を終了したのは1階の地震計と同じ12月10日である。この地震計は電源が切れると初期化され, 保存データは消えてしまう。今回は無停電装置が準備できなかったため, 少なくとも2回の停電により, 地震計が起動した正しい時間が分かるものは, 8月3日までである。

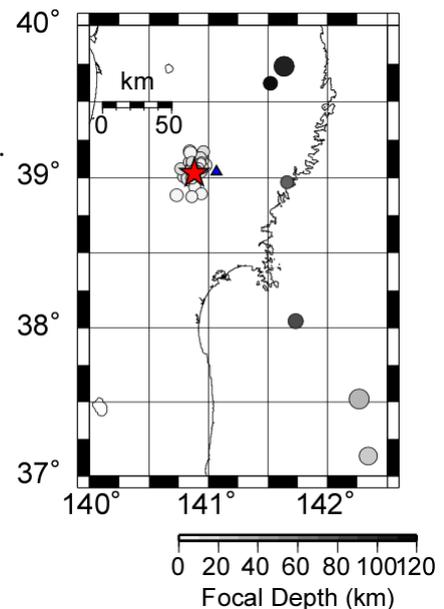


図3 観測された地震の震央および本震の震央(星)と観測点(三角)

3. 観測結果

3.1 概要

1階で観測された地震は53を数える。観測した地震の諸元と気象庁発表の震度および震源距離を整理して表1に示す。

これをもとに, 観測した地震の震央を本震の震央と併せて図3に示す。また観測した地震のマグニチュードと震源距離を図4に示す。これらの図表から, 今回観測できた地震は, 余震が多いものの, 遠方で起きた規模の大きいものも含まれることが分かる。

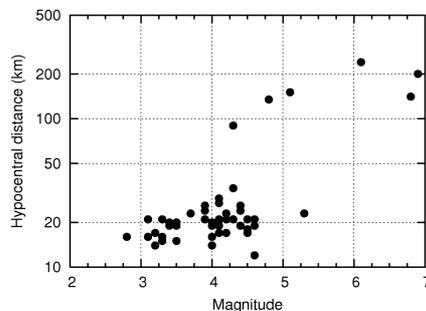


図4 観測された地震のマグニチュードと震源距離

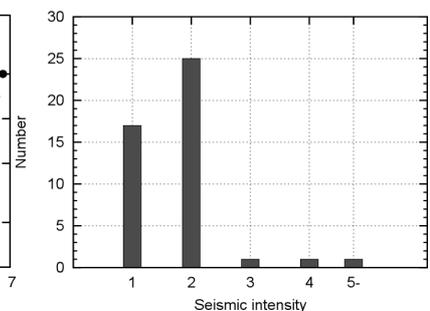


図5 観測した地震動の震度の頻度分布

観測された地震記録の震度を気象庁発表のもので整理した。結果を図5に示す。多くの地震動記録は震度2以下であり、震度3以上は3記録しかないのである。最大震度は7月24日の岩手県沿岸北部の地震による4.9であり、それに続くものは6月16日23:14に起きた最大余震による4.4である。

3階に設置した地震計では、停電により再起動、初期化が行われ、観測期間の後半は正しい起動時間が不明である。観測期間の前半で1階の記録と対応するものは23地震であり、これを含め、88個の地震動らしい記録が得られた。

3.2 観測例

観測例の一つとして、最大余震($M:5.8$)の波形を図6に示し、そのフーリエスペクトルを図7に示す。フーリエスペクトルはデータ先頭から20.48秒間を用い、バンド幅0.3HzのParzenウィンドウで平滑化している。図を見ると、余震らしくS-P時間が短い。最大値は図に示してあるが、短手方向(図ではTrans.)の最大値が長手方向(図ではLongi.)よりも2倍程度大きい。また、主要動の後にやや振幅が大きい位相が見られる。フーリエスペクトルを見ると、広い範囲で短手方向が長手方向よりも優勢であり、特に3~4Hzの成分に卓越が見られる。玄関の前で計測した微小地震記録では3~4Hzの成分が卓越しており¹⁾、これが地盤の卓越振動数とも思われる。なお、この地震の際には、まだ3階に地震計を設置していない。

さらに、観測期間中で最大の加速度を記録した7月24日に岩手県沿岸北部で起きた地震の

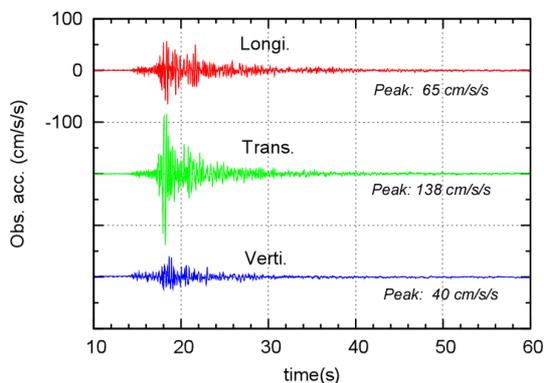


図6 最大余震の加速度記録

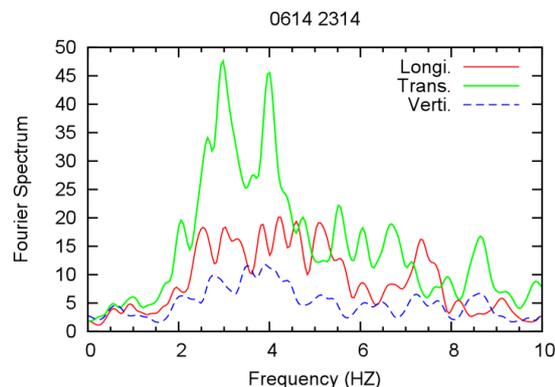


図7 最大余震のフーリエスペクトル

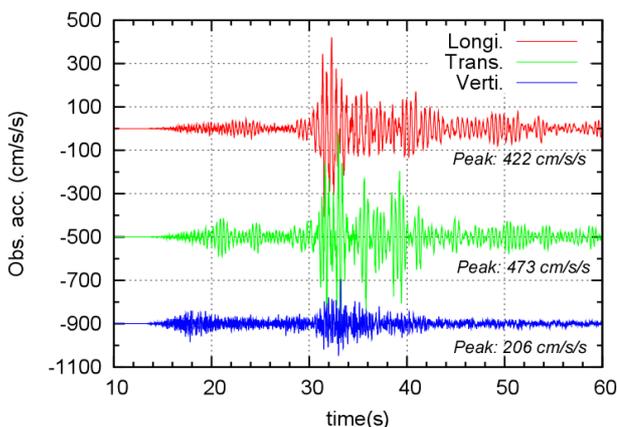
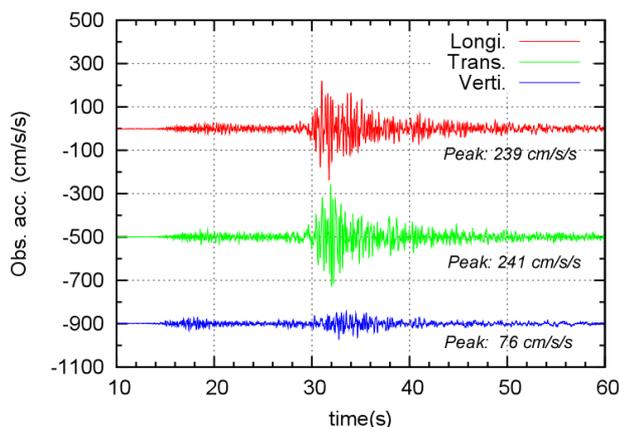


図8 7月24日に岩手県沿岸北部で発生した地震の加速度記録。左が1階、右が3階。

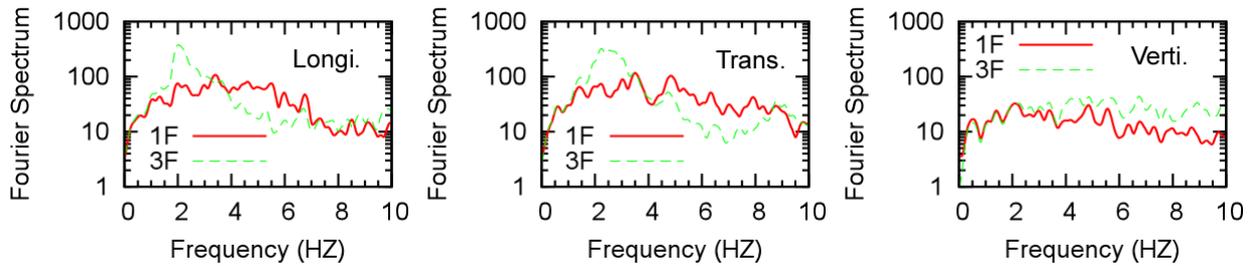


図9 岩手県沿岸北部の地震の加速度記録のフーリエスペクトル

1階と3階の記録を図8に示す。この地震は、遠方で起きた地震であり、S-P時間が長い。また、最大値は水平2成分で大差なく、1階では 200cm/s^2 を超えている。3階の最大値は1階のそれの大凡2倍程度になっている。

図9に加速度記録のフーリエスペクトルを示す。解析区間は主要動を挟み約40秒間とし、バンド幅0.3HzのParzenウィンドにより平滑化を行っている。1階の水平動のスペクトルは4Hzを中心に比較的広い振動数範囲が卓越している。4Hzを卓越振動数と見ると、最大余震と変わらない。一方、3階のそれは水平動では2Hz付近で卓越が見られる。地震計を撤収する際に、2台の地震計の位置で同時に微動計測を行ったが、それから想定される固有振動数は長手方向が3.4Hz、短手方向が4.1Hzであった。それに比べて、卓越振動数はだいぶ小さく2Hz程度になっている。このことは、固有振動数の振幅依存性を表していると考えている。

4. 震度の比較

2008年岩手・宮城内陸地震の際に気象庁が発表した震度6強は、岩手県が設置した震度計によるものである。この震度計のセンサーの設置位置が法面に近いために庁舎の玄関周辺に比べ地震動がやや大きい可能性が高い¹⁾。そこで、臨時地震観測で得られた計測震度と気象庁が発表した計測震度とを比較した。ただし、岩手県が設置した震度計は、詳細な調査によりセンサー基礎の周辺に隙間があることが分かったので、7月2日18:00以降利用されておらず、それ以降は気象庁が庁舎内に設置した震度計の震度が発表されている²⁾。そこで、比較は7月2日以前と以降で区分して比較した。その結果を図10に示す。7月2日以前では20地震で比較が可能である。実際には、震度計を移設した訳ではないが、説明上7月2日以前、以降をそれぞれ移設以前、移設以降と呼ぶことにする。

図10(a)を見ると移設以前では、低い震度でばらつきが大きい。2つの地震計から算出された計測震度は系統的に異なっているように見える。そこで、両者の計測震度の差を求め、その平均を取ると0.37になり、標準偏差は0.17となった。また、

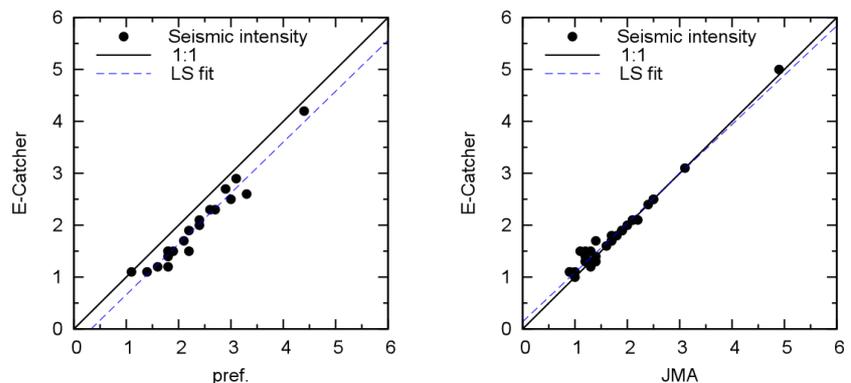


図10 気象庁発表の計測震度と臨時観測の地震計から算出した計測震度との比較。(a)県設置が設置した震度計との比較(7月2日以前)、(b)気象庁が設置した震度計との比較

両者の関係を線形として、その係数を最小二乗法で求めると式(1)のようになった。この関係式も図 10(a)に示してある。

$$I^{EC} = 0.98 I^{pref} - 0.32 \quad (1)$$

ここで、 I^{EC} が臨時観測の地震計の計測震度、 I^{pref} が気象庁発表の計測震度である。ただし、計測震度が最も大きなものについては、気象庁発表値が 4.4、臨時地震観測の結果は 4.2 であり、差は 0.2 となる。つまり、平均よりも差が小さく、回帰直線よりも 1:1 の関係に近い。

一方、移設後は両者の違いは小さく、ほぼ 1:1 の関係になっている。計測震度の差の平均値は 0 となった。両者の関係を線形回帰した結果は、式(2)のようになっている。

$$I^{EC} = 0.95 I^{JMA} + 0.14 \quad (2)$$

臨時観測で用いた E-キャッチャーは本来、震度 3 程度以上の強い揺れを対象としており³⁾、震度 2 以下では算出される計測震度に疑問が残っていた。しかしながら、そのようなことはなく、低震度でも E-キャッチャーの記録から算出される計測震度はそれなりの精度を有していると判断できよう。

岩手・宮城内陸地震の際の衣川観測点の計測震度は 6.1 であり、差の平均あるいは回帰式(1)を用いると、玄関位置では 5.7 となる。また、移設以前の最大震度の差がそのまま本震時にも保たれていたと考えると、玄関位置の計測震度は 5.9 となる。気象庁が指摘した基礎周辺の隙間がこの差に影響を及ぼしている可能性もあるが、今回比較して得られた関係が本震時でも成り立つとすると、本震時の玄関位置の震度は 6 弱となることが分かる。

5. まとめ

半年間の観測の結果、最大余震を始め、53 個の地震を観測することができた。遠方で起きたやや規模の大きい地震もあるが、観測されたものの大半は余震である。観測された震度は気象庁の発表値では、岩手県沿岸北部の地震 ($M6.8$) による 4.9 が最大であった。

公表されている震度と今回の臨時地震観測から得られる震度とを比較すると、震度 6 強を観測した地点の震度は、臨時地震観測地点よりもやや大きかった。比較した結果の関係が本震時での成り立つとすると、本震時では震度 6 弱であったことになる。

謝辞

臨時地震観測にあたっては、奥州市衣川総合支所総務企画課の若槻寛康主任をはじめ、総合支所の皆様に協力頂いた。この調査は北東北国立3大学連携推進研究プロジェクトの一環として行った。記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 片岡俊一, 山本英和, 上原子晶久, 佐野剛: 衣川震度観測点に関する調査報告, 東北地域災害科学研究, 45, 105-110, 2009.
- 2) 気象庁: 奥州市衣川区の臨時の震度計設置について, 報道発表資料, 平成 20 年 7 月 2 日.
- 3) 小出栄治, 福和伸夫, 正木和明, 原徹夫, 太田賢治, 糸魚川貢一: 建物観測のためのインター

表 1 臨時観測で観測された地震一覧

No.	時間	震央地名	震央(緯度)		震央(経度)		震源深さ (km)	規模 (M)	震源距離 (km)	発表 震度	3Fの観測 データ
			度	分	度	分					
1	2008 06/16	2:36 岩手県内陸南部	39	8.6	140	55.9	10	4.4	19	2.6	×
2	2008 06/16	13:35 岩手県内陸南部	39	6.2	140	55.4	12	4.1	19	2.2	×
3	2008 06/16	13:56 岩手県内陸南部	39	0.4	140	47.5	10	3.9	26	1.8	×
4	2008 06/16	23:14 岩手県内陸南部	38	59.8	140	50.4	11	5.3	23	4.4	×
5	2008 06/17	0:59 秋田県内陸南部	39	3.6	140	46.1	12	4.1	29	1.8	×
6	2008 06/17	3:02 岩手県内陸南部	39	3.9	140	57.7	10	3.2	14	2.2	×
7	2008 06/17	3:23 岩手県内陸南部	39	5.4	140	56.0	11	4.2	17	2.7	×
8	2008 06/17	4:05 岩手県内陸南部	39	8.1	140	56.5	11	4.6	19	3.0	×
9	2008 06/17	21:30 岩手県内陸南部	39	6.4	140	56.4	11	4.1	17	2.1	×
10	2008 06/18	16:55 岩手県内陸南部	39	2.3	140	51.8	12	4.5	21	2.9	×
11	2008 06/18	17:05 岩手県内陸南部	39	2.3	140	55.8	12	4.5	17	1.1	×
12	2008 06/18	18:04 岩手県内陸南部	39	6.0	140	55.8	12	4.5	18	3.3	×
13	2008 06/18	23:55 岩手県内陸南部	39	2.9	140	53.4	12	4.0	20	1.9	×
14	2008 06/21	1:55 岩手県内陸南部	39	10.3	140	57.4	10	4.0	20	1.8	×
15	2008 06/22	11:08 岩手県内陸南部	38	56.2	140	53.1	8	4.1	21	2.4	×
16	2008 06/26	12:20 岩手県内陸南部	39	2.4	140	53.6	11	3.5	19	1.4	○
17	2008 06/26	15:51 岩手県内陸南部	39	4.9	140	58.2	7	4.6	12	3.1	○
18	2008 06/29	15:53 宮城県北部	38	53.1	140	44.0	7	4.3	34	2.4	○
19	2008 06/30	14:13 岩手県内陸南部	39	4.7	140	56.2	9	3.3	15	1.8	○
20	2008 06/30	22:25 岩手県内陸南部	39	4.3	140	57.5	9	3.2	14	1.6	○
21	2008 07/03	21:30 岩手県内陸南部	39	2.4	140	51.6	10	3.3	21	0.9	○
22	2008 07/05	13:14 岩手県内陸南部	39	6.5	140	56.9	9	4.0	16	1.3	○
23	2008 07/05	14:21 岩手県内陸南部	39	3.9	140	56.9	9	4.0	14	2.5	○
24	2008 07/07	15:14 岩手県内陸南部	39	2.1	140	53.2	10	4.0	19	2.4	○
25	2008 07/11	21:16 岩手県内陸南部	39	5.8	140	55.7	10	3.2	17	1.0	○
26	2008 07/12	8:06 岩手県内陸南部	39	10.4	140	50.6	8	4.4	26	1.7	○
27	2008 07/14	23:56 岩手県内陸南部	39	8.0	140	53.9	11	4.3	21	1.9	○
28	2008 07/15	17:42 岩手県内陸南部	39	5.6	140	56.4	10	2.8	16	1.0	○
29	2008 07/19	11:39 福島県沖	37	31.2	142	15.8	32	6.9	201	2.5	○
30	2008 07/19	13:09 岩手県内陸南部	39	6.4	140	51.1	12	4.2	23	1.6	○
31	2008 07/20	3:58 岩手県内陸南部	39	6.2	140	50.4	12	3.9	24	2.0	○
32	2008 07/21	20:30 福島県沖	37	8.1	142	20.4	27	6.1	241	1.7	○
33	2008 07/23	12:54 岩手県内陸南部	38	59.7	140	51.6	10	4.2	21	2.1	○
34	2008 07/24	0:26 岩手県沿岸北部	39	43.9	141	38.1	108	6.8	141	4.9	○
35	2008 07/24	11:27 岩手県沿岸北部	39	37.2	141	31.3	112	4.8	135	1.8	○
36	2008 07/29	16:27 岩手県内陸南部	39	3.7	140	51.6	10	4.3	21	2.2	○
37	2008 07/29	16:35 岩手県内陸南部	39	3.7	140	51.7	10	4.6	21	3.1	○
38	2008 07/30	8:15 岩手県内陸南部	39	3.1	140	51.9	9	3.5	20	1.2	○
39	2008 08/22	15:02 岩手県内陸南部	39	8.0	140	55.9	10	4.1	19	1.7	×
40	2008 08/25	13:15 岩手県内陸南部	39	6.6	140	56.3	8	3.1	16	1.2	×
41	2008 09/02	18:35 岩手県内陸南部	39	9.9	140	50.9	6	4.4	24	1.9	×
42	2008 09/07	8:58 岩手県内陸南部	39	3.7	140	51.7	7	3.4	19	1.4	×
43	2008 09/14	19:10 岩手県内陸南部	39	3.2	140	50.7	6	3.4	20	0.9	×
44	2008 09/15	1:05 宮城県北部	38	53.7	140	56.3	8	3.9	21	1.9	×
45	2008 09/17	1:08 岩手県内陸南部	39	5.7	140	56.2	9	3.3	16	1.3	×
46	2008 09/24	8:43 宮城県沖	38	58.2	141	39.5	73	4.3	90	1.4	×
47	2008 09/25	15:04 宮城県北部	38	52.4	140	51.6	6	4.1	27	1.9	×
48	2008 10/08	18:07 岩手県内陸南部	39	4.0	140	55.2	8	3.5	15	1.2	×
49	2008 10/10	0:28 岩手県内陸南部	39	3.0	140	54.4	8	3.3	16	1.2	×
50	2008 10/12	19:22 岩手県内陸南部	39	3.3	140	50.6	7	3.1	21	1.3	×
51	2008 10/28	7:53 岩手県内陸南部	39	6.4	140	51.5	11	3.7	23	1.1	×
52	2008 10/30	0:48 宮城県沖	38	2.7	141	43.9	86	5.1	151	2.1	×
53	2008 11/04	4:06 岩手県内陸南部	39	3.0	140	52.8	9	4.1	19	1.4	×