

7-1 2011年3月12日長野県・新潟県県境付近の地震 (M6.7) について The earthquake around the border of Nagano and Niigata prefectures (M6.7) on March 12 2011

気象庁 地震予知情報課
Earthquake Prediction Information Division, JMA

1. 地震の概要

2011年3月12日03時59分に長野県・新潟県県境付近の深さ8kmでM6.7の地震(最大震度6強)が発生した(第1図)。この地震により負傷者57人、住家被害2,778棟などの被害が生じている(6月28日現在、新潟県(3月12日03時59分頃の長野県北部の地震の被害状況について〔速報第20号〕)及び長野県(長野県北部の地震による県内への影響について〔6月27日9:00現在〕)による)。発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ型で、地殻内で発生した地震である。

2. 余震活動および発震機構

今回の地震の発生以降、震源付近では多数の余震が発生している。2011年6月30日現在で、最大震度4以上を観測する地震は28回発生しており、そのうち、最大震度が5弱以上の地震を挙げると、

3月12日	04時31分	M5.9	最大震度6弱
3月12日	05時42分	M5.3	最大震度6弱
3月12日	23時34分	M3.7	最大震度5弱
4月17日	00時56分	M4.9	最大震度5弱
6月2日	11時33分	M4.7	最大震度5強

であった。

今回の地震の余震活動についてDD法を用いて震源を再決定したところ、余震は北東に傾斜するように分布している(第2図)。

3月12日に発生した長野県・新潟県県境付近の地震(M6.7)の発震機構は、P波初動解・CMT解ともに、北西-南東方向に圧力軸を持つ型であった。余震の初動解は、逆断層から横ずれ断層型の間に分布しているが、P軸の向きは本震と同様の向きの解が卓越している(第3図)。

3. 過去に周辺で発生した主な地震

今回の地震の震央の周辺では、2004年10月23日に「平成16年(2004年)新潟県中越地震」(M6.8, 最大震度7)が、2007年7月16日に「平成19年(2007年)新潟県中越沖地震」(M6.8, 最大震度6強)が発生している。また、歴史地震では、高田平野付近で発生した1751年の地震(M7.2)、1847年の善光寺地震(M7.4)などが発生している(第4図(a))。

「平成16年(2004年)新潟県中越地震」「平成19年(2007年)新潟県中越沖地震」との余震発生状況を比較すると、新潟県中越地震よりは余震活動は活発ではないが、新潟県中越沖地震より中長期的にみると余震活動がやや長く続いている状況である(第4図(b)、第5図)。

4. 余震活動に見られるb値の変化

3月12日の長野県・新潟県県境付近の地震の余震活動について、そのb値の時間変化を調査した。

注目する地震として、本震発生直後から7月6日24時00分までの期間内に地震規模で上位4イベントを選択した。それらのイベントの内、3月12日04時31分に発生したM5.9の余震について、その発生前にb値の低下が見られた。

データは、本震発生直後から2011年7月6日までの一元化震源データ(M0.0以上)を用いた。調査方法としては、地震予知連絡会会報第73巻2)で示されている平成16年新潟県中越地震の余震活動のb値の推移を調査した方法に倣った。すなわち、次の通りである。震央分布図に示した矩形領域を余震の活動域として、本震発生直後から200個ずつ地震を取り出して、b値の推定を行った。b値の計算は、Wiemer and Wyss(2000)3)の手法でG-R式が成り立つ最小Mを推定して行った。ただし、ここで注目する余震が発生する前後のb値の変化を分離するため、これらの余震発生時刻でb値の計算区間を分けた。つまり、b値の計算区間(地震数200個)にこれらの余震発生時刻を含む場合は、余震発生時刻前の200個の地震を取り出して、余震発生直前のb値とした。そして、余震発生直後から、あらためて地震数200個ずつ取り出してb値計算を行った。なお、この余震域内では、1997年10月以降から本震発生前までは、M5以上の地震が発生していない地域である。あらかじめ、その期間内でのb値を求めてみると0.9程度の値であった。

上記の手順で求めたb値の推移をみると、全体的には0.8~0.9程度で推移しているが、3月12日04時31分に発生したM5.9の余震について、その発生前に0.6程度にまで、b値が低下しており、その後、地震が発生していることが分かった。一方で、他の3イベントでは、その発生の前にb値がそれまでの推移に比べて上昇しているようにもみえるが、これは単なる変動の範囲内の変化であるのか、特徴的な事例であるのかはさらに検証を行う必要がある(第6図)。

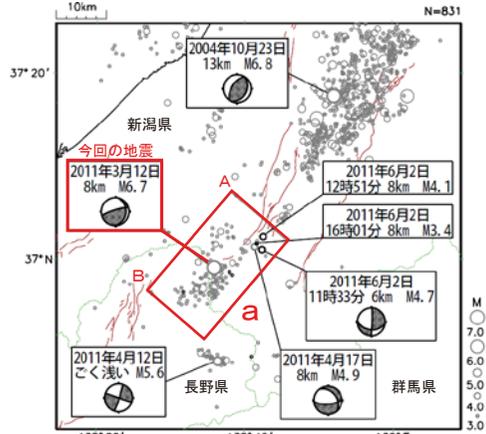
予知連絡会報第73巻では、平成16年(2004年)新潟県中越地震の一連の余震活動で、3つのM6クラスの余震の発生直前にb値が低下したことが報告されている。今回の調査でも、M6クラスに近いM5.9の地震については同様な傾向を示したと考えられる。

参 考 文 献

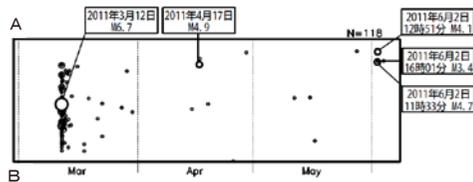
- 1) 気象庁, 特集2. 3月12日の長野県・新潟県県境付近の地震, 平成23年3月地震・火山月報(防災編), 気象庁, 149-167 (2011).
- 2) 気象庁, 平成16年(2004年)新潟県中越地震の余震活動に見られるb値の変化, 地震予知連絡会会報第73巻, 気象庁, 348-349 (2004).
- 3) Wiemer, M. and M. Wyss, Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs, Examples from Alaska, the western United States, and Japan, Bull. Seism. Soc. Am., 90, 859-869 (2000).

3月12日 長野県・新潟県県境付近の地震

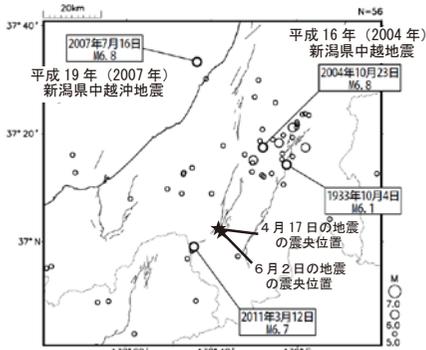
震央分布図 (1997年10月1日～2011年6月6日、深さ0～40km、M \geq 3.0)
2011年6月以降の地震を濃く表示。
細線で地震調査研究推進本部による主要活断層帯を表示。



領域 a 内の時空間分布図 (A-B 投影) (2011年3月1日～6月6日)



震央分布図 (1923年8月1日～2011年6月6日、深さ0～40km、M \geq 5.0)
細線で地震調査研究推進本部による主要活断層帯を表示。

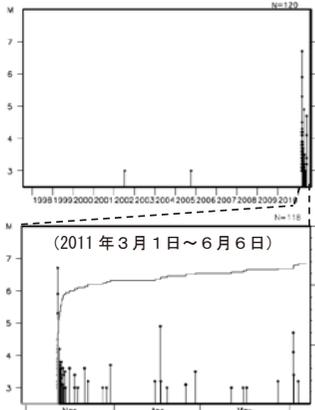


情報発表に用いた震央地名は〔新潟県中越地方〕である。

2011年3月12日03時59分に長野県・新潟県県境付近の深さ8kmでM6.7の地震 (最大震度6強) が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ型で、地殻内で発生した地震である。この地震の発生以降、付近 (領域 a) では3月12日04時31分にM5.9の地震 (最大震度6弱)、3月12日05時42分にM5.3の地震 (最大震度6弱)、3月12日23時34分にM3.7の地震 (最大震度5弱)、4月17日00時56分にM4.9の地震 (最大震度5弱)、6月2日11時33分にM4.7の地震 (最大震度5強) が発生するなど、多数の余震が発生している。

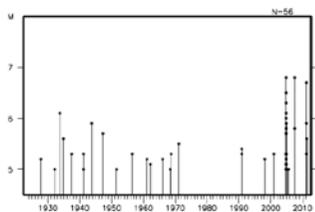
1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源付近 (領域 a) では、これまでM5.0以上の地震は発生していなかった。

領域 a 内の地震活動経過図、回数積算図



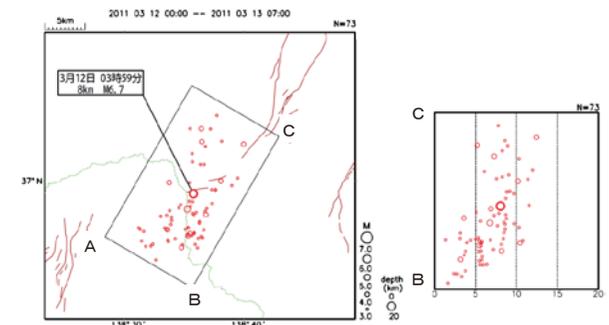
1923年8月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺では、2004年10月23日に「平成16年(2004年)新潟県中越地震」(M6.8、最大震度7) が、2007年7月16日に「平成19年(2007年)新潟県中越沖地震」(M6.8、最大震度6強) が発生している。

左図内の地震活動経過図



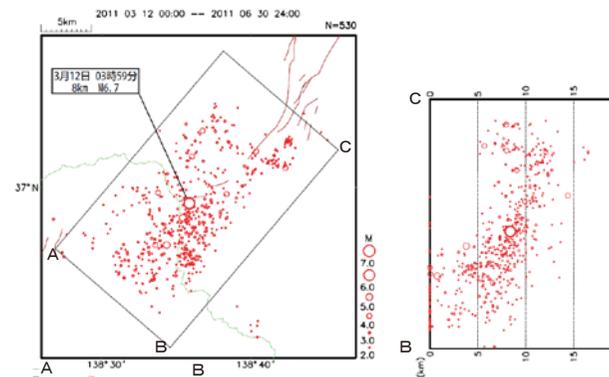
第1図 2011年3月12日長野県・新潟県県境付近の地震 (M6.7)
Fig.1 The earthquake around the border of Nagano and Niigata prefectures (M6.7) on March 12, 2011.

DD法

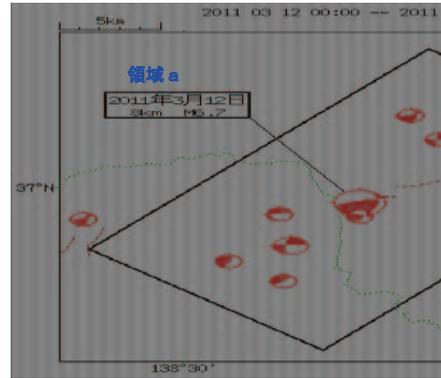


北東に傾斜するような分布が見られている。

一元化震源

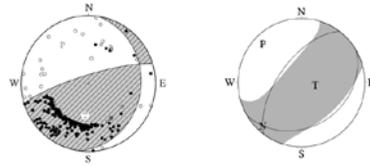


第2図 DD法による本震および余震分布
Fig.2 Hypocenters of the main shock and the aftershocks relocated by the Double-Difference Method.

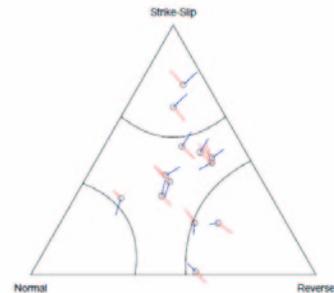


発震機構分布図 (2011年3月12日以降、深さ20km以浅)

3月12日03時59分に発生した長野県・新潟県境の地震 (M6.7) の発震機構を以下に示す。P波初動解・CMT解ともに、北西-南東方向に圧力軸を持つ型であった。余震の初動解は、逆断層から横ずれ断層型の間に分布しているが、P軸の向きは本震と同様の向きの解が卓越している (左下)。



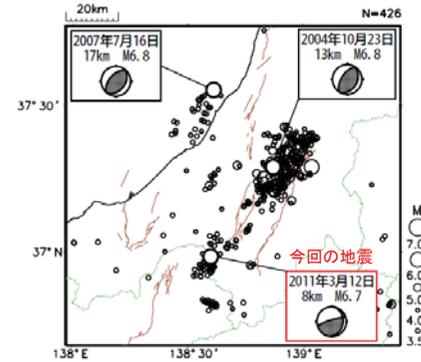
本震の発震機構解 (左: P波初動解、右: CMT解)



本震および余震の三角ダイアグラム (赤線: P軸、青線: T軸)

長野県北部～新潟県中越地方の過去の地震活動

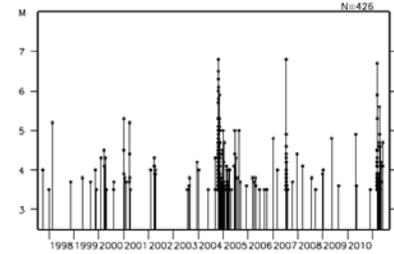
震央分布図 (1997年以降、深さ0~20km、M≥3.5)



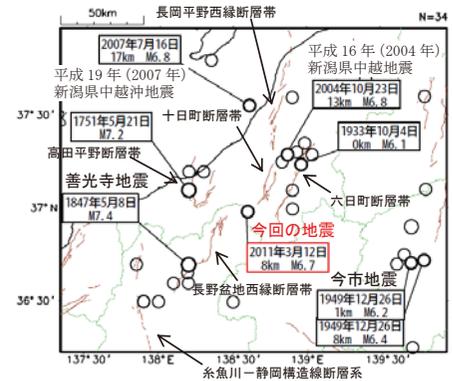
1997年以降の周辺での主な地震活動

- 平成16年(2004年)新潟県中越地震
2004年10月23日 17時56分
M6.8 (最大震度7)
深さ13km
- 平成19年(2007年)新潟県中越沖地震
2007年7月16日 10時13分
M6.8 (最大震度6強)
深さ17km
- 今回の地震 (長野県・新潟県県境付近)
2011年3月12日 03時59分
M6.7 (最大震度6強)
深さ8km

上図範囲内のM-T図

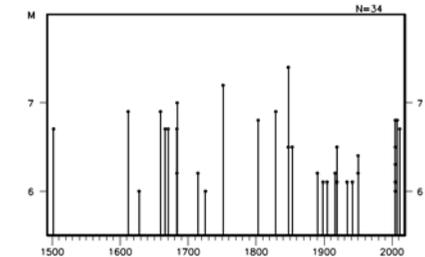


震央分布図 (1500年以降、深さ0~20km、M≥6.0)



○1500年以降の周辺の過去地震では、高田平野付近で発生した1751年の地震、1847年の善光寺地震などが発生している。

左図範囲内のM-T図

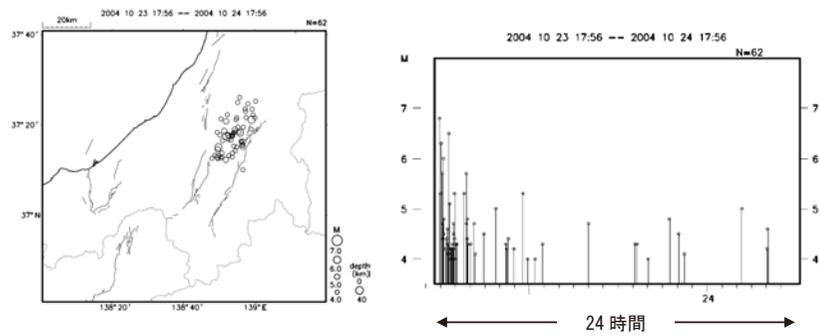


第3図 本震および余震の発震機構解
Fig.3 Focal mechanisms of the main shock and the aftershocks.

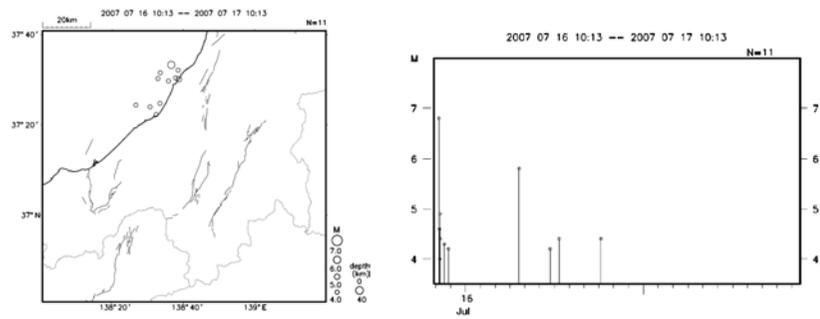
第4図 (a) 長野県北部～新潟県中越地方の過去の地震活動
Fig.4(a) Seismic activity of the past in the northern part of Nagano Prefecture and Chuetsu region of Niigata Prefecture.

余震発生状況比較
(24時間、 $M \geq 4.0$)

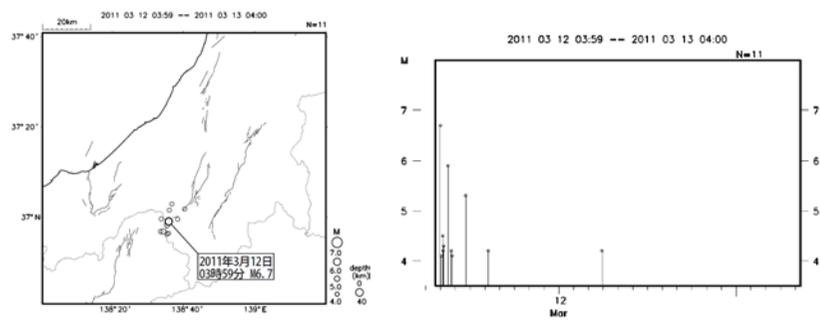
平成16年(2004年)新潟県中越地震



平成19年(2007年)新潟県中越沖地震

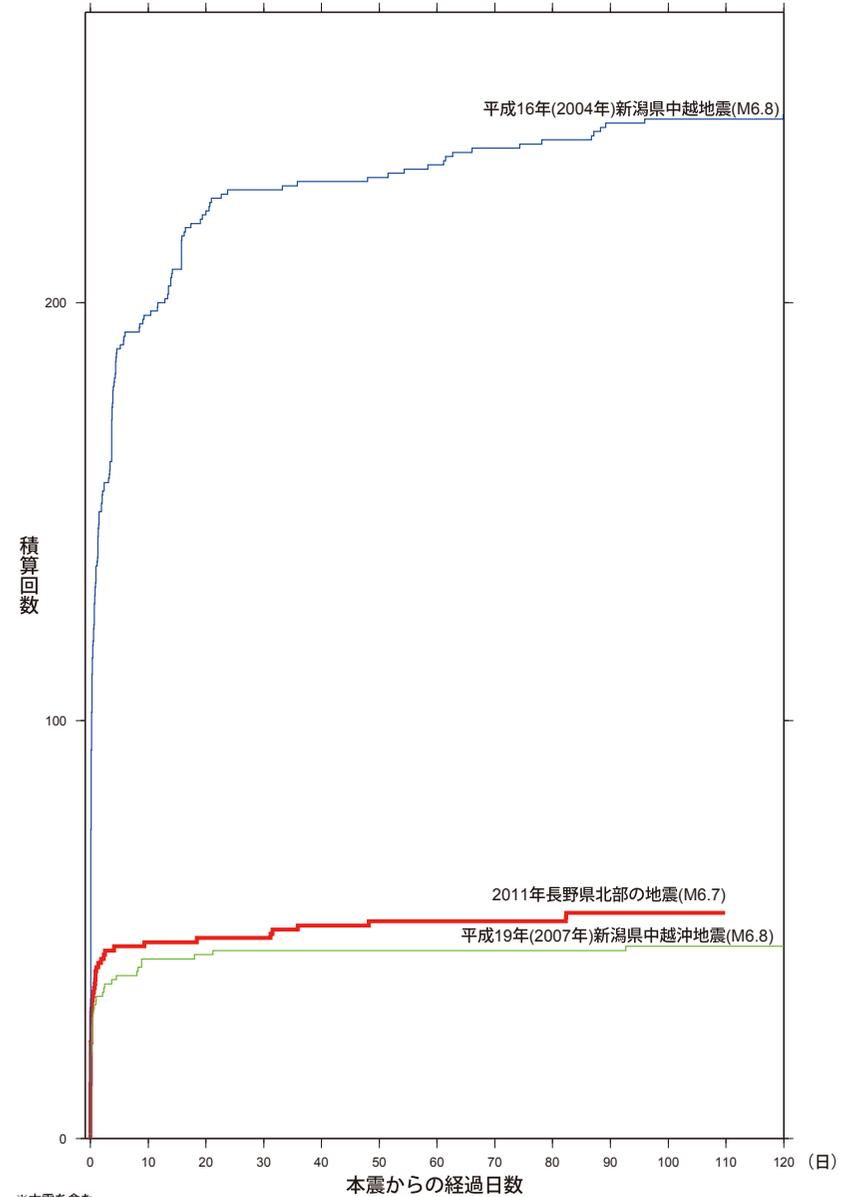


今回の地震



第4図(b) 長野県北部～新潟県中越地方の過去の地震活動
Fig.4(b) Comparison of occurrences of aftershock of past earthquakes (24hours, $M \geq 4.0$).

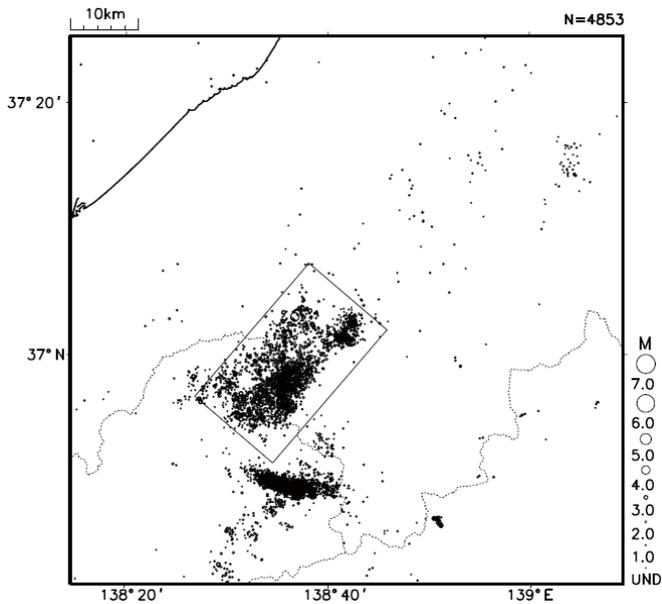
内陸及び沿岸で発生した主な地震の
余震回数比較 (※本震を含む) ($M \geq 3.5$ 以上)
2011年06月30日00時00分現在



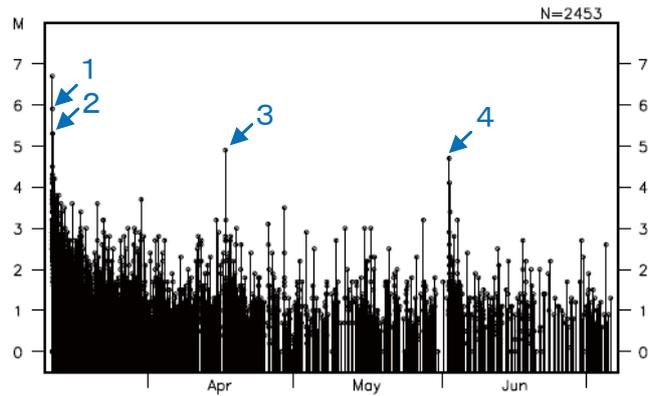
※本震を含む。
※この資料は速報値であり、後日の調査で変更することがあります。

第5図 内陸及び沿岸で発生した主な地震の余震回数比較 ($M \geq 3.5$ 以上)
Fig.5 Comparison of numbers of aftershocks ($M \geq 3.5$) in inland or coastal areas.

余震活動の震央分布図
 (2011年3月12日03時59分
 ~2011年7月6日24:00、
 深さ0~40km、 $M \geq 0.0$)



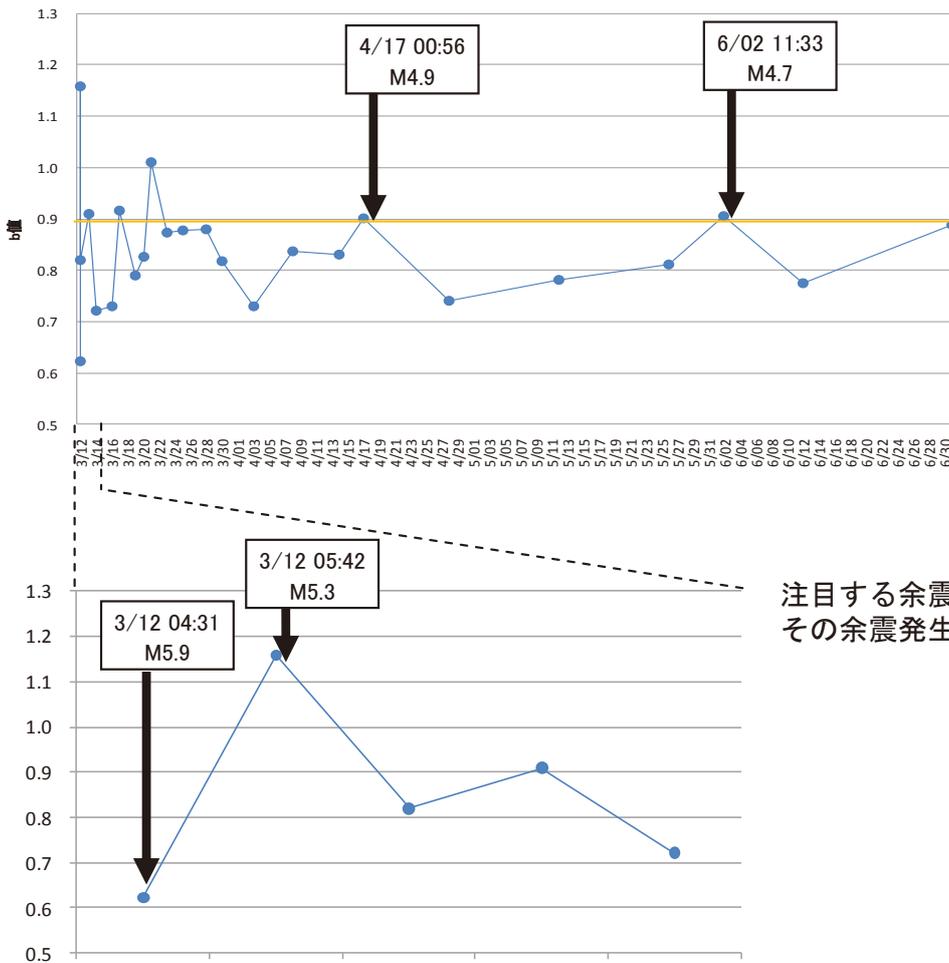
余震域内のM-T図



期間内での余震域で発生した地震のMの大きい順

1	M5.9	最大震度6弱	3月12日 04時31分
2	M5.3	最大震度6弱	3月12日 05時42分
3	M4.9	最大震度5弱	4月17日 00時56分
4	M4.7	最大震度5強	6月02日 11時33分

余震活動のb値の時間変化



注目する余震四例の矢印があるb値は、
 その余震発生直前のb値を示す。

第6図 3月12日の長野県・新潟県県境付近の地震の余震活動に見られるb値の変化

Fig.6 Temporal variation of b-value with aftershock sequence of the earthquake around the border of Nagano and Niigata prefectures on March 12 2011.