

12 - 9 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の余震活動と誘発された地震の活動の推移, および今後の大きな余震の見通しについて

Activities of aftershocks, induced earthquakes and a perspective of large aftershocks after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

気象庁

Japan Meteorological Agency

1. 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の余震活動と誘発された地震活動の概要

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の後, その余震域では地震活動が活発になった (第 1 図). この余震活動では, 過去の活動ではほとんど見られなかった正断層型の地震が数多く発生した (第 2 図 (a), (b)). また, 余震の発生回数も過去の巨大地震と比較して飛びぬけた回数であった (第 3 図).

この余震活動の特徴としては, 深さ 50 ~ 60km 程度までのプレート境界およびその周辺で活動が活発になったことがあげられる. また, 一部地域では陸のプレート内でも地震活動が活発になった. 逆に深さ 100km 以深では地震活動が増えた様子は見られない (第 4 図 (a), (b), (c), (d), (e)). 今回の地震では, 余震域以外の地域でも地震活動が活発になった領域が見られた (第 5 図).

2. 地域ごとの地震活動の詳細

(1) 千葉県沖の地震活動

3 月 11 日以降, 千葉県沖でも地震活動が活発になった. この領域は, 本震のすべりが大きかった領域の周辺に位置しているようにも見えるが, その対応は明確ではない. 活動の中でも詳細に見ると 10 月現在地震活動が落ち着いている領域と, 依然活発である領域に分けられる (第 6 図 (a), (b)). また, 従来はほとんど見られなかった正断層型の地震が数多く発生している (第 6 図 (c)).

(2) 茨城県南部の地震活動

3 月 11 日以降, 茨城県南部など関東地方では, 太平洋プレートと他のプレートの境界付近だけでなく, フィリピン海プレートと陸のプレートの境界付近でも地震活動が活発化した領域がある (第 7 図 (a), (b)).

第 7 図の領域 a2, a3, b2, c5 は太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界付近であり, 「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」発生後に地震が増加している. このうち東京湾の地震を含む b2 と c5 では, 少し遅れて活発化しているようにも見えるが, 検知能力低下 (※ 1 参照) の影響であるとも考えられる.

領域 a1, b1, c1, c2, c3, c4 はフィリピン海プレートと陸のプレートの境界付近である. このうち領域 a1 及び c2 ~ 4 では「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」発生後に地震活動が活発化している様子が見られるが, 震央分布図で a1 に含まれる地震群のすぐ西側の地震群を含む領域 b1 や c2 では, 地震活動に大きな変化は見られない.

また, 領域 a ~ c の断面図には太平洋プレート内の二重地震面が見られるが, このうち下面でも, 地震活動が活発化している様子は見られない.

(3) その他の地域の地震活動

秋田県沖，秋田県内陸南部，栃木県・群馬県県境付近，埼玉県南部，静岡県東部，長野県中部，岐阜県飛騨地方といった地域でも3月11日以降地震活動が活発になったが，これらの活動はおおむねおさまっている（第8図（a），（b））。

3. 今後の大きな余震の見通し

改良大森公式およびG-R式を用いて現在までの地震活動を元に今後の大きな余震の起きる確率を求めた。気象庁の設定した余震域内で，11月15日から12月14日の30日間にM7.0以上の余震が発生する確率は15.1%である（第9図）。

※1：1－3 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（気象庁）

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の余震活動

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に三陸沖で「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」（M9.0、最大震度 7）が発生した。この地震の発生後、震源域に相当する長さ約 500km、幅約 200km の範囲及び海溝軸の東側を含む震源域の外側（領域 a）で地震活動が活発になった。10 月末現在、地震活動は全体的には次第に低下しつつあるものの、本震発生前と比べると活発な状況が続いている。

領域 a で 2011 年 3 月以降に発生した M7.0 以上の地震、6～10 月に発生した M6.5 以上の地震はそれぞれ以下の通り。

2011 年 3 月以降に領域 a 内で発生した M7.0 以上の地震

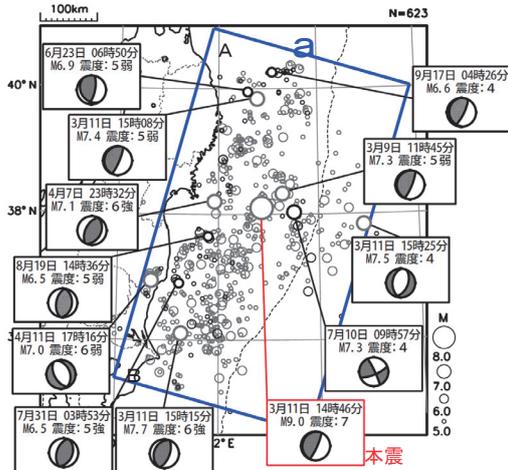
発生日時	震源地名	M	Mw	最大震度	発震機構 (CMT解)	発生場所
03月09日 11時45分	三陸沖	7.3	7.3	5弱	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日 14時46分	三陸沖	9.0 [※]	9.0	7	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日 15時08分	岩手県沖	7.4	7.4	5弱	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日 15時15分	茨城県沖	7.7 [※]	7.7	6強	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
03月11日 15時25分	三陸沖	7.5	7.5	4	西北西-東南東方向に張力軸を持つ正断層型	太平洋プレート内
04月07日 23時32分	宮城県沖	7.1 [※]	7.1	6強	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレート内
04月11日 17時16分	福島県浜通り	7.0	6.7	6弱	東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型	地殻内
07月10日 09時57分	三陸沖	7.3	7.0	4	西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型	太平洋プレート内

2011 年 6～10 月に領域 a 内で発生した M6.5 以上の地震

発生日時	震源地名	M	Mw	最大震度	発震機構 (CMT解)	発生場所
06月23日 06時50分	岩手県沖	6.9	6.7	5弱	東西方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
07月10日 09時57分	三陸沖	7.3	7.0	4	西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型	太平洋プレート内
07月31日 03時53分	福島県沖	6.5	6.4	5強	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレート内
08月19日 14時36分	福島県沖	6.5	6.3	5弱	東西方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界
09月17日 04時26分	岩手県沖	6.6	6.6	4	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型	太平洋プレートと陸のプレートの境界

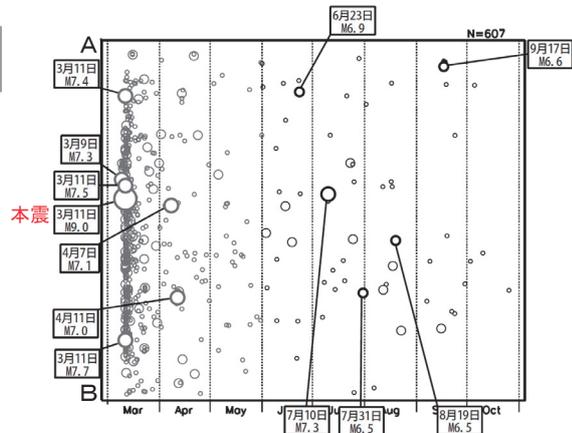
※印のついた地震の M は Mw の値である。
 これらの地震の気象庁マグニチュード (Mjma) は以下の通り。
 ・平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 Mjma8.4
 ・3 月 11 日 15 時 15 分の茨城県沖の地震 Mjma7.4
 ・4 月 7 日 23 時 32 分の宮城県沖の地震 Mjma7.2

震央分布図
 (2011 年 3 月 1 日～2011 年 10 月 31 日、
 深さ 0～90km、M≥5.0)
 2011 年 6 月以降の地震を濃く表示



発震機構は CMT 解。M7.0 以上の地震と 6～10 月に発生した M6.5 以上の地震に吹き出しをつけた。

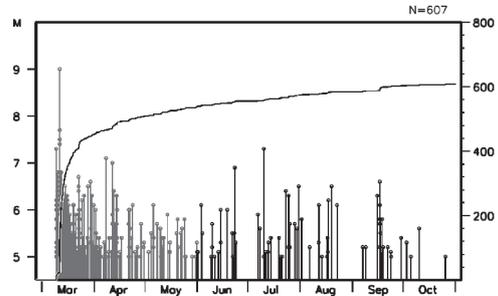
領域 a 内の時空間分布図 (A-B 投影)



領域 a 内の地震活動経過図及び回数積算図

領域 a 内の地震回数										
	M5.0 ～ M5.9	M6.0 ～ M6.9	M7.0 以上	計	最大震度					計
					4	5弱	5強	6弱	6強	
3月	357	67	3	427	81	15	6			103
4月	46	8	2	56	40	7		2	1	50
5月	28	1		29	14	2				16
6月	13	4		17	7	2				9
7月	15	3	1	19	7	1	2			10
8月	7	4		11	9	2				11
9月	15	3		18	6	1	1			8
10月	4			4	2					2
計	485	90	6	581	166	30	9	2	2	209

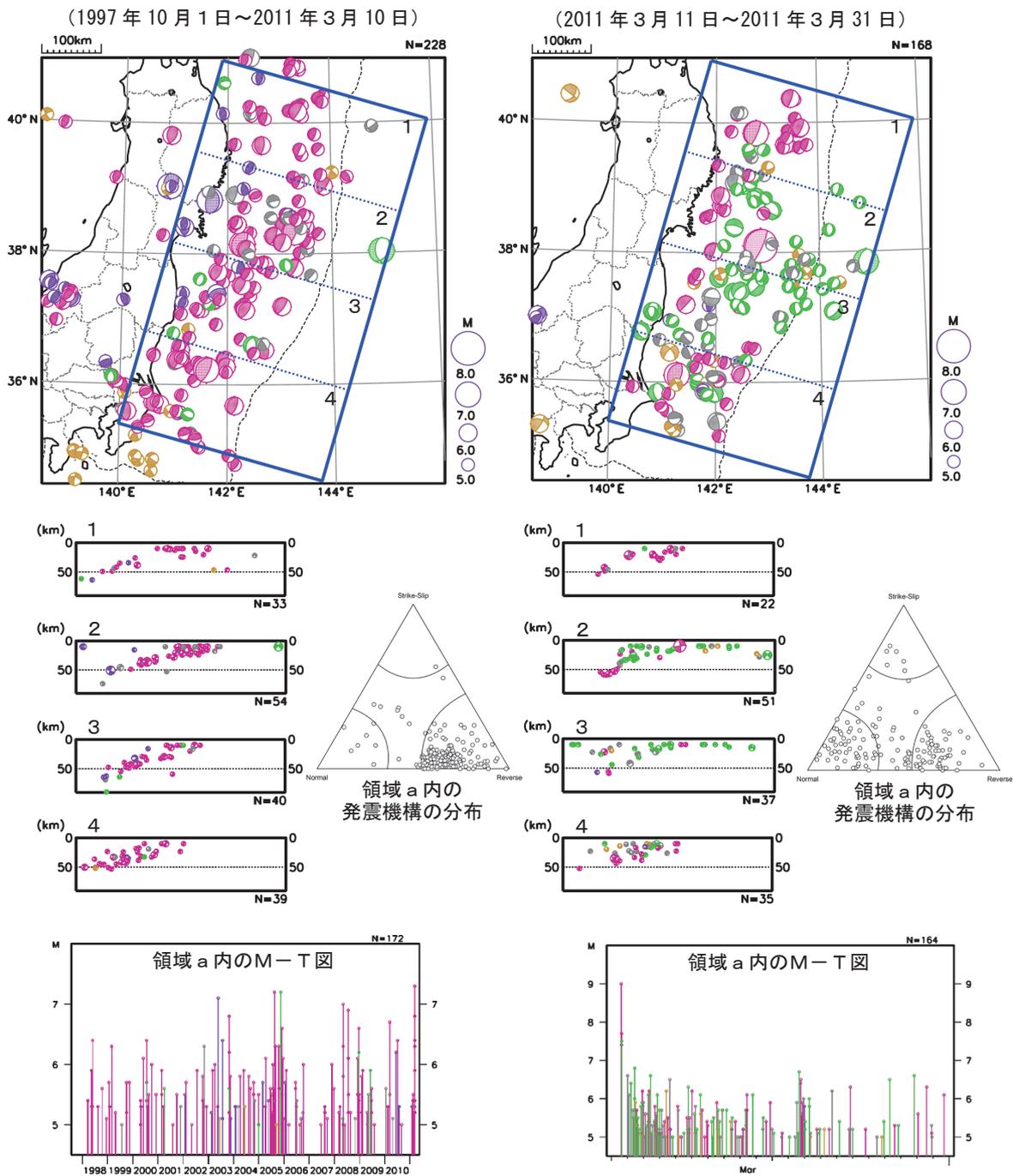
※ 3月は本震発生後のみの回数(本震を含まない)



第 1 図 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の余震活動
 Fig.1 The aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の余震域（領域 a）内 で発生した地震（深さ 0~90km、 $M \geq 5.0$ ）の型（CMT 解）

紫：逆断層型（断層面の傾斜角が 45° 以下のものを特に赤で表示）、緑：正断層型、黄：横ずれ断層型、灰色：その他



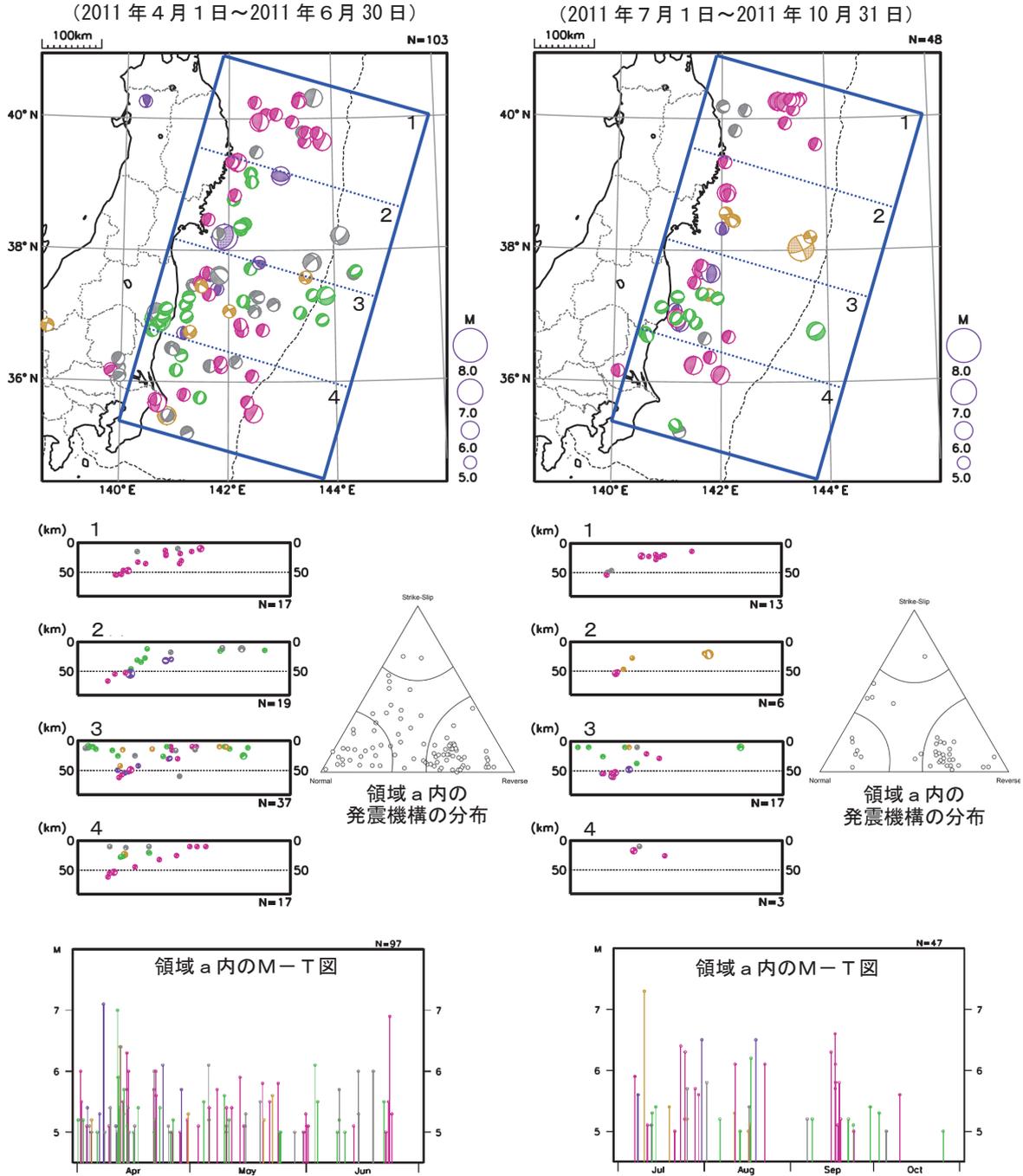
平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の発生前、領域 a で発生していた地震の多くは逆断層型の発震機構であったが、3 月 11 日以降は正断層型の地震も多く発生している。

第 2 図 (a) 余震活動の発震機構

Fig.2(a) Focal mechanisms of the aftershocks.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の余震域 (領域 a) 内
で発生した地震 (深さ 0~90km、 $M \geq 5.0$) の型 (CMT 解)

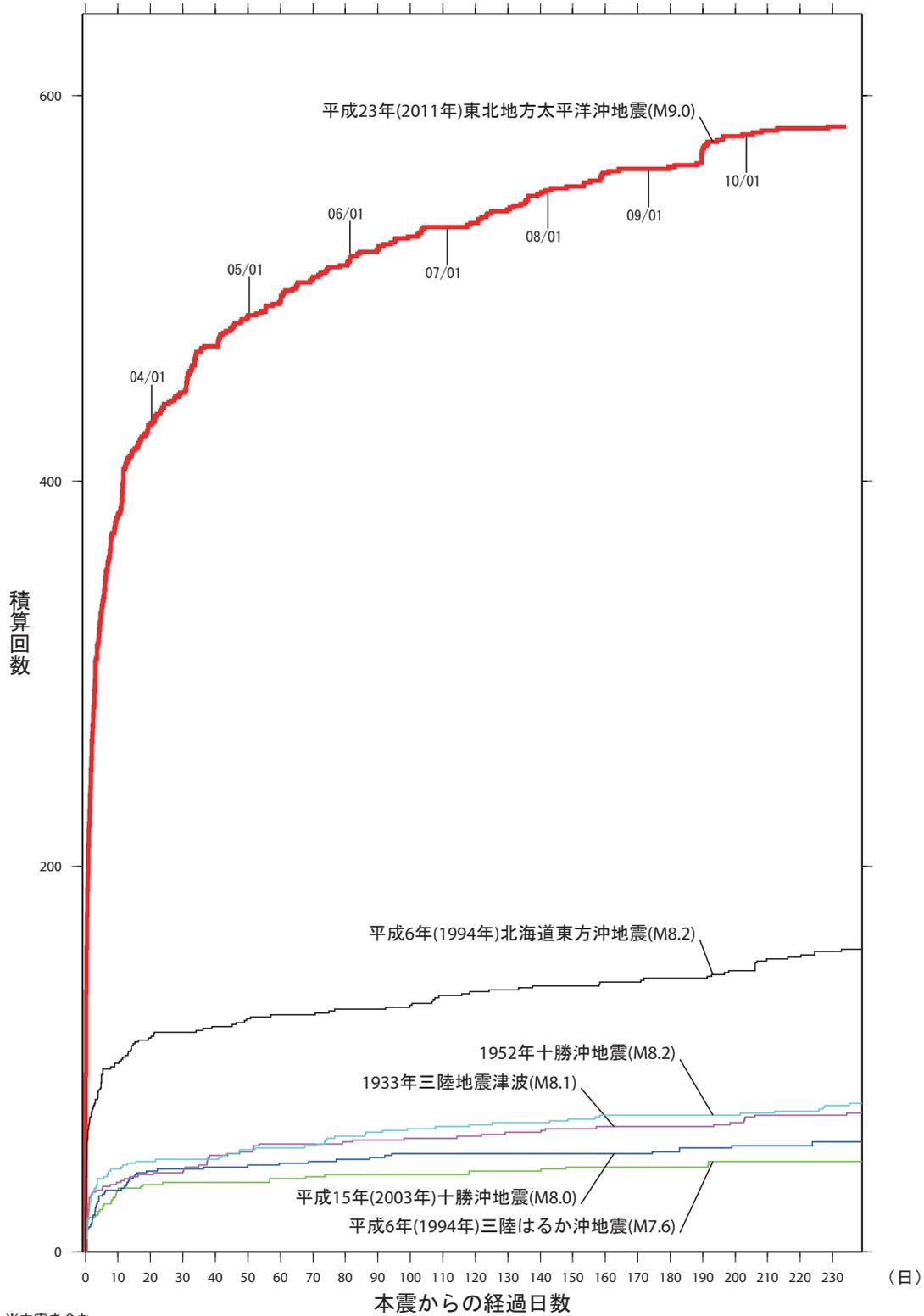
紫: 逆断層型 (断層面の傾斜角が 45° 以下のものを特に赤で表示)、緑: 正断層型、黄: 横ずれ断層型、灰色: その他



第 2 図 (b) 余震活動の発震機構 (つづき)
Fig.2(b) Focal mechanisms of the aftershocks (continued).

海域で発生した主な地震の余震回数比較（※本震を含む）
（マグニチュード5.0以上）

2011年10月31日18時00分現在



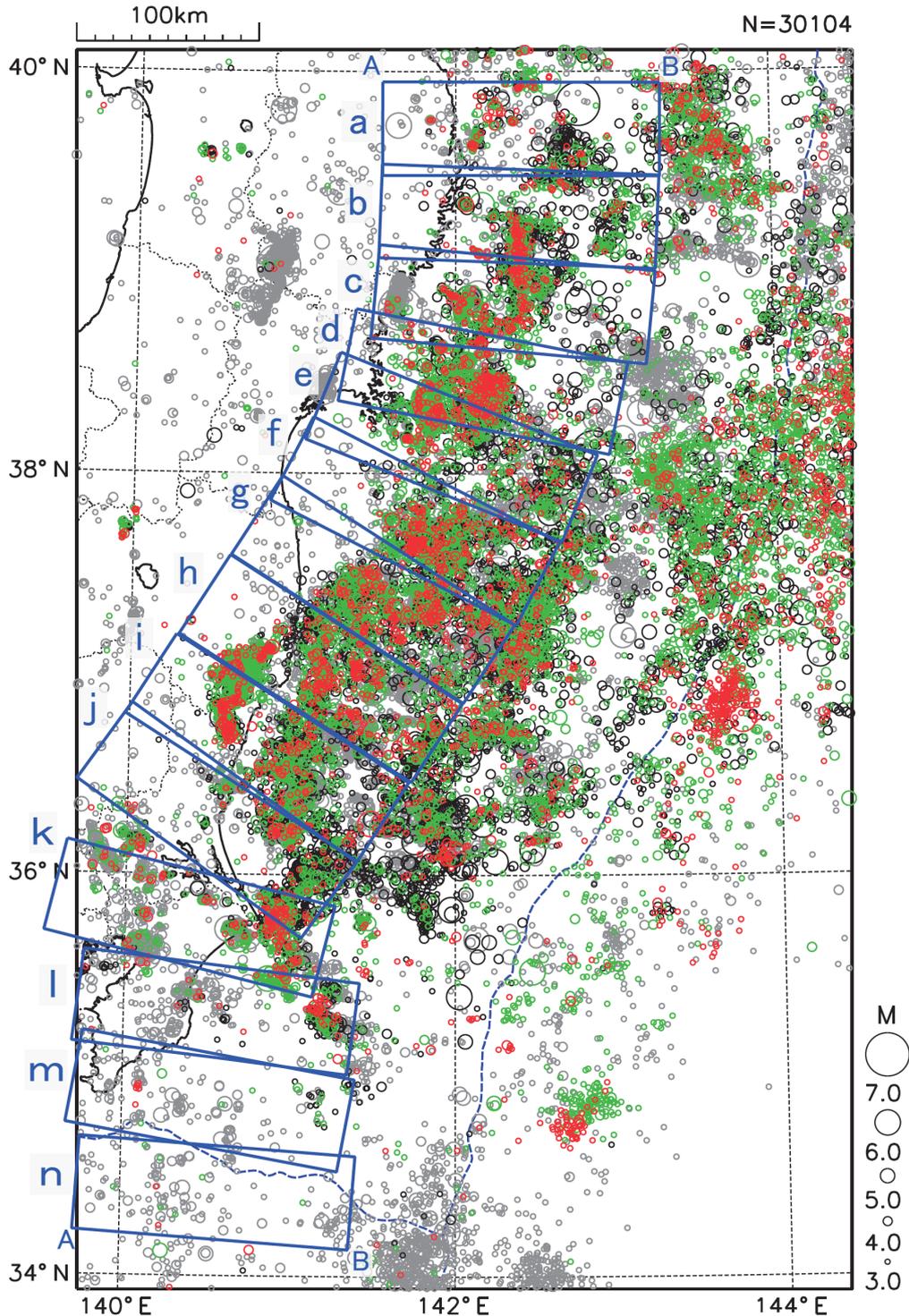
※本震を含む。
※この資料は速報値であり、後日の調査で変更することがあります。

第3図 余震の回数積算図
Fig.3 The cumulative number of the aftershocks.

震央分布図

(1997年10月1日~2011年10月31日、深さ0~150km、 $M \geq 3.0$)

2011年2月以前の地震を灰色、2011年3月の地震を黒、4~7月の地震を緑、8月以降の地震を赤で表示



1997/10/01 - 2011/02/28

2011/03/01 - 2011/03/31

2011/04/01 - 2011/07/31

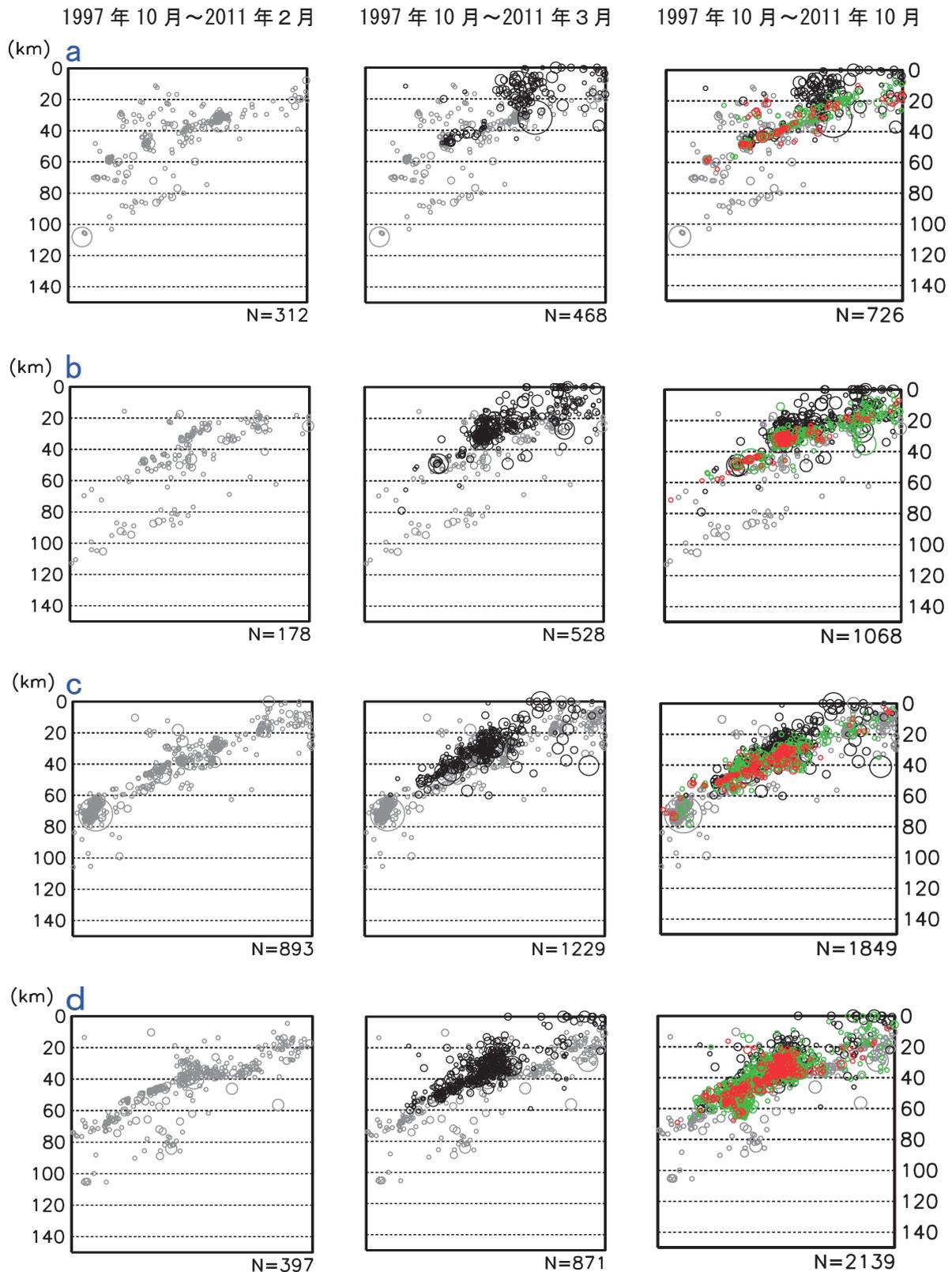
2011/08/01 - 2011/10/31

※ 2011年3月11日以降は未処理のデータがある。

第4図(a) 余震の分布 (震央分布図)

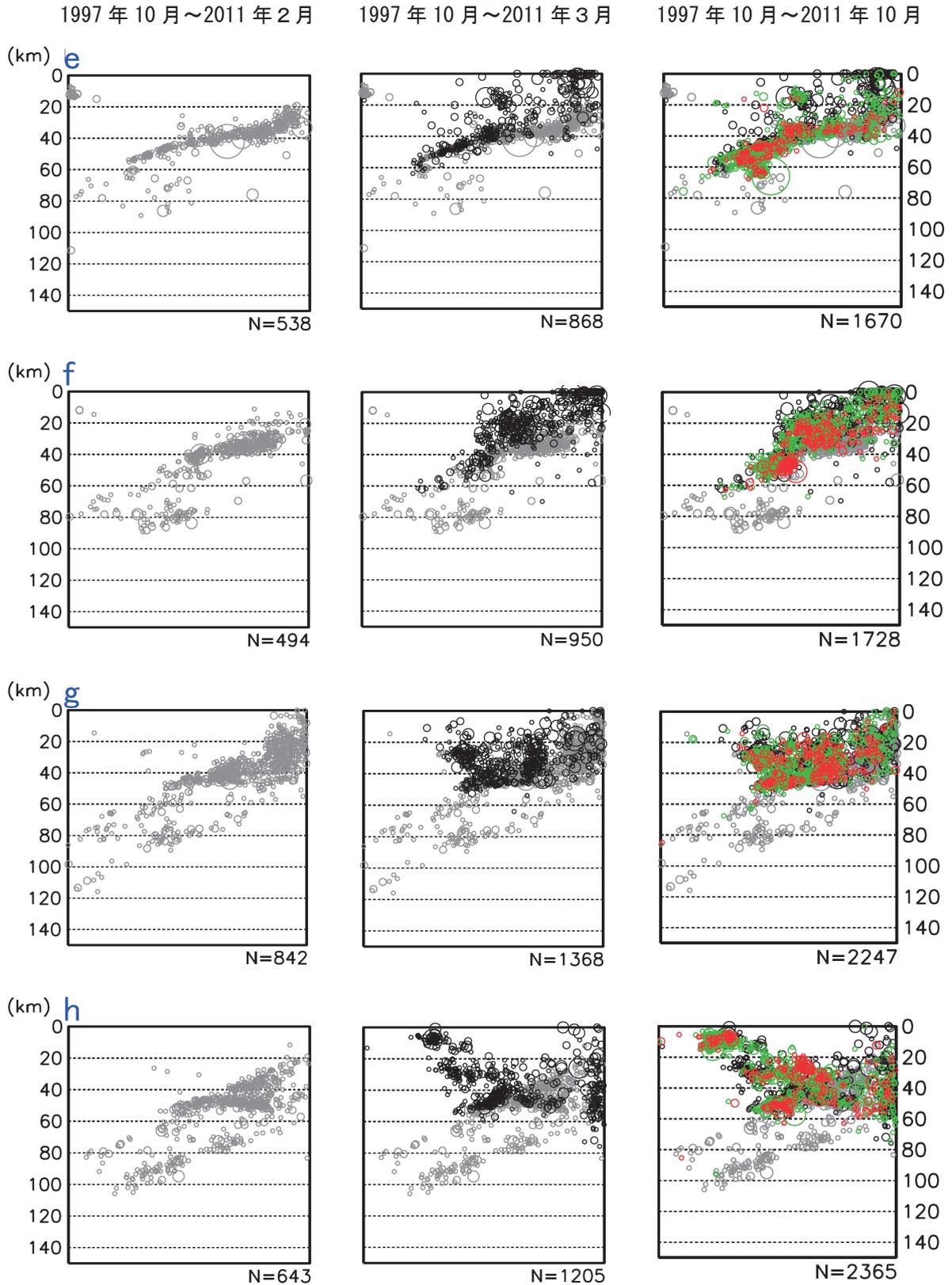
Fig.4(a) Distribution of the aftershocks (seismicity map).

各領域の断面図（A-B投影）



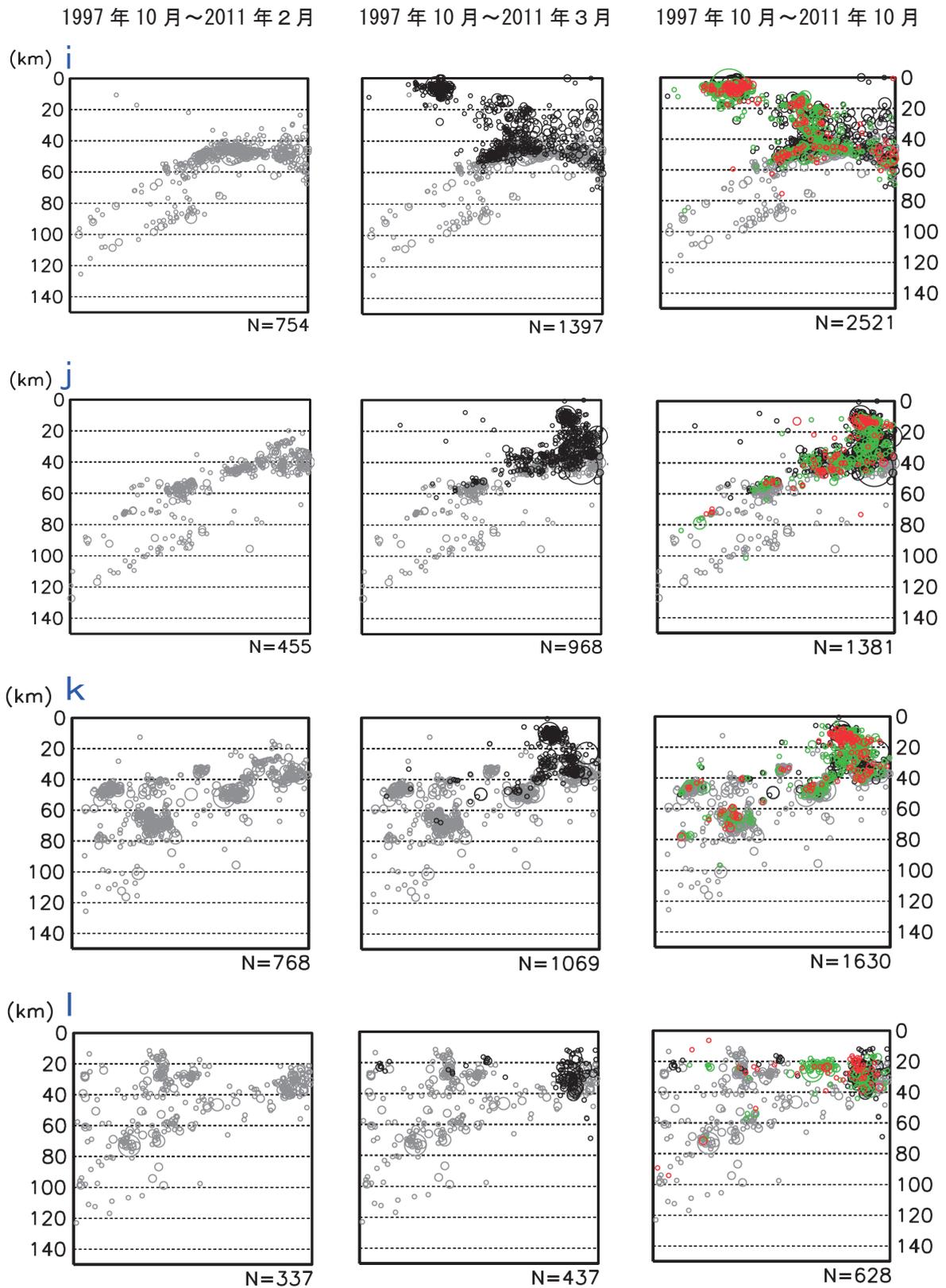
第4図(b) 余震の分布（断面図）
Fig.4(b) Distribution of the aftershocks (cross section).

各領域の断面図（A-B投影）



第4図(c) 余震の分布（断面図）（つづき）
 Fig.4(c) Distribution of the aftershocks (cross section) (continued).

各領域の断面図（A-B投影）

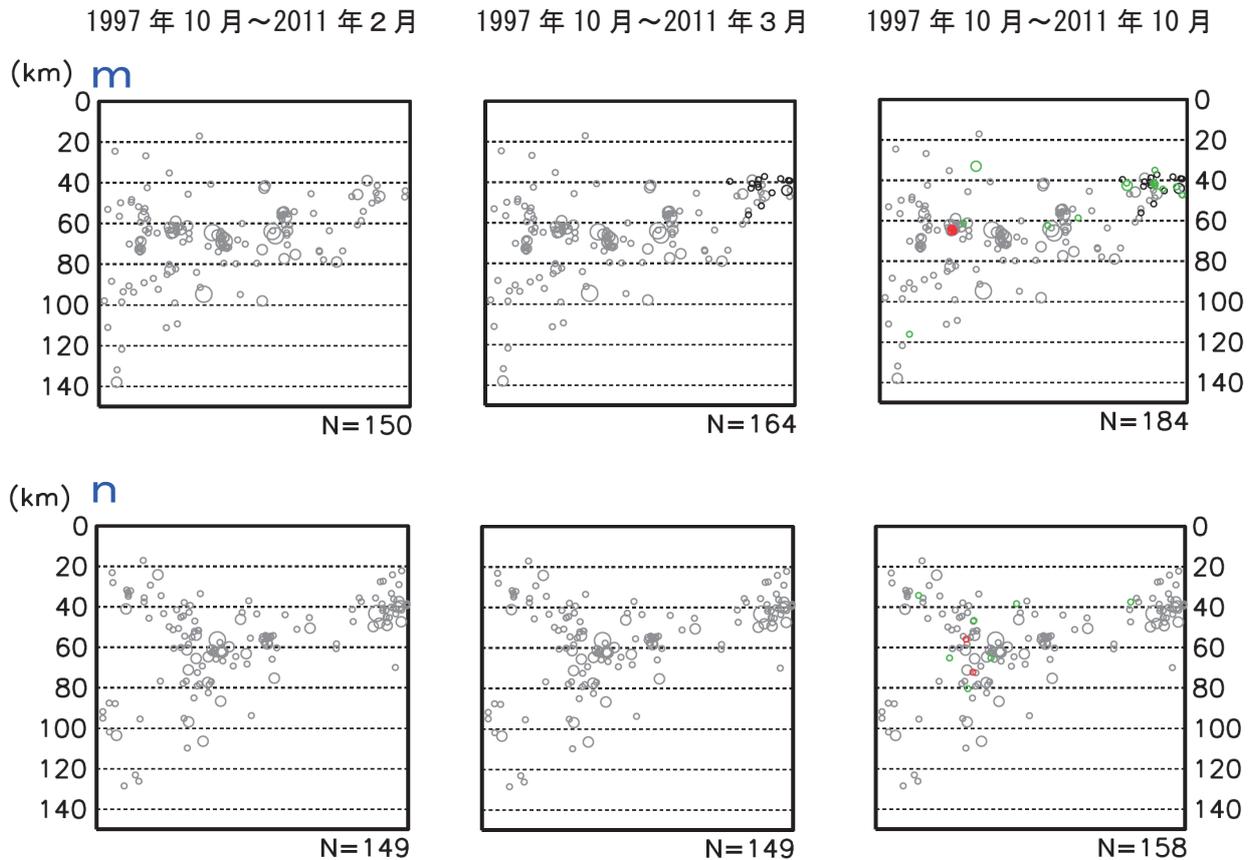


※ 2011年3月11日以降は未処理のデータがある。

第4図(d) 余震の分布（断面図）（つづき）

Fig.4(d) Distribution of the aftershocks (cross section) (continued).

各領域の断面図（A-B投影）



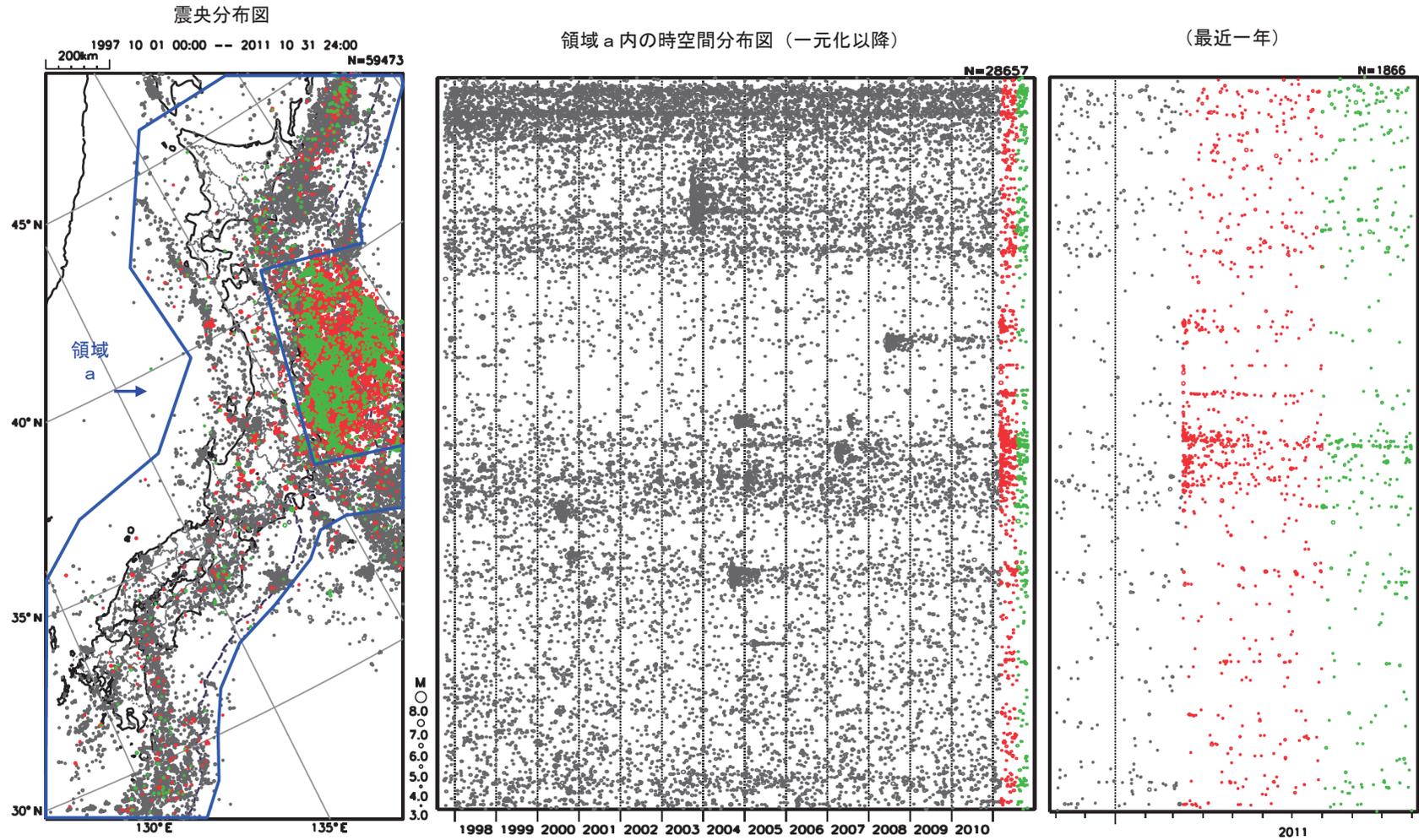
※ 2011年3月11日以降は未処理のデータがある。

- ・深さ 50～60 km 程度まで(場所による)のプレート境界及びその周辺で地震活動が活発化
- ・下面の地震は増えていないように見える。
- ・一部の地域では陸のプレートの地殻内でも地震活動が活発化(d、e、g～i)
浅い地殻内だけでなく、プレート境界の地震活動が活発化している領域に近いところまで。
これらの場所では、活発でないものの、もともと地震が発生していた。
- ・太平洋プレートとの境界だけでなく、一部の地域ではフィリピン海プレートと陸のプレートの境界でも地震活動が活発化している(k)。なお、この領域より南西側では地震活動の活発化は見られない。

第4図(e) 余震の分布(断面図)(つづき)

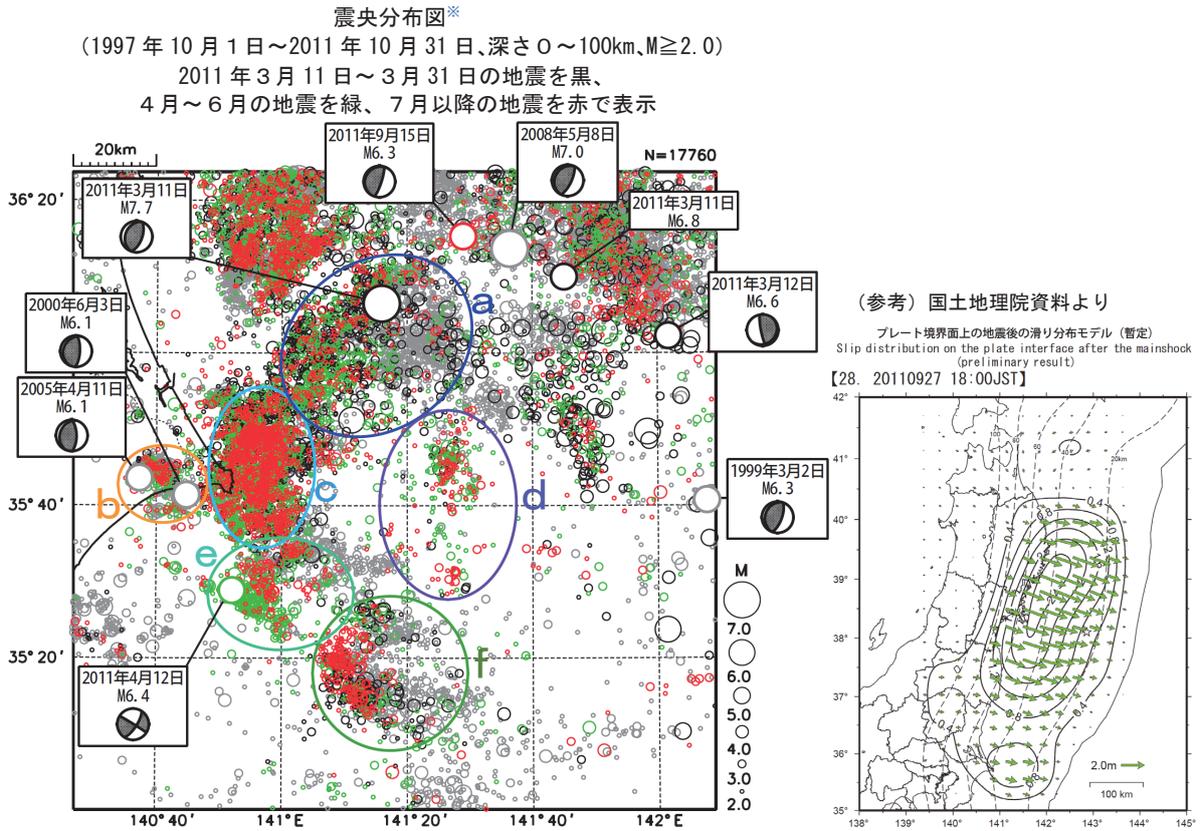
Fig.4(e) Distribution of the aftershocks (cross section) (continued).

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」前後の
地震活動状況（深さ 0 ~ 90km、 $M \geq 3.0$ ）

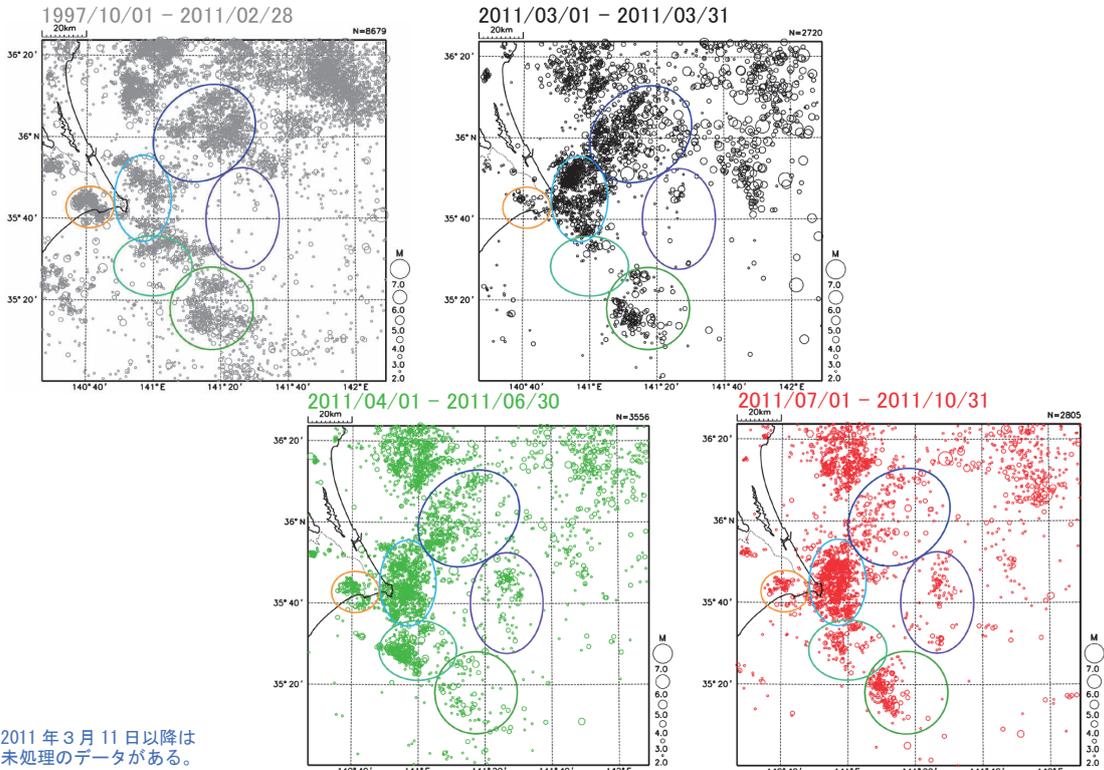


第 5 図 余震域外の地震活動状況
Fig.5 Seismic activity outside the aftershock area.

千葉県沖の地震活動



期間別の震央分布図



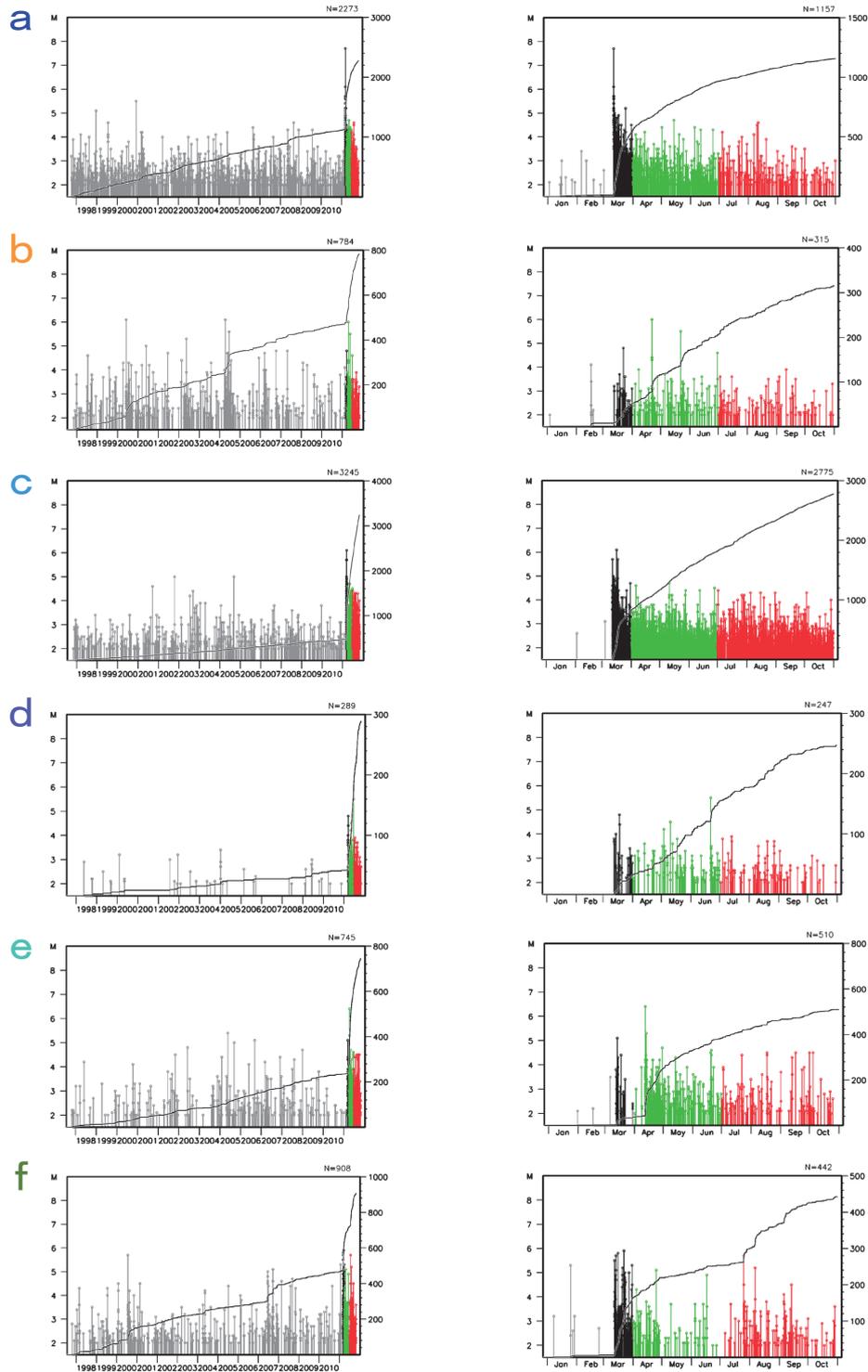
※ 2011年3月11日以降は未処理のデータがある。

第6図(a) 千葉県沖の地震活動 (震央分布図)

Fig.6(a) Seismic activity off Chiba Prefecture (seismicity map).

各領域内の地震活動経過図※及び回数積算図※

(2011年1月～)



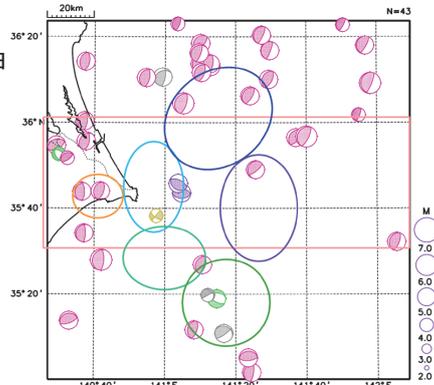
※ 2011年3月11日以降は未処理のデータがある。

第6図(b) 千葉県沖の地震活動（領域別の地震活動経過図と回数積算図）
Fig.6(b) Seismic activity off Chiba Prefecture (seismicity and M-T diagrams).

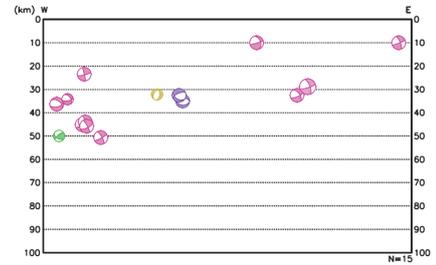
千葉県沖の地震活動 発震機構 (CMT 解)

紫：逆断層型(断層面の傾斜角が 45° 以下のものを特に赤で表示)、緑：正断層型、黄：横ずれ断層型、灰色：その他

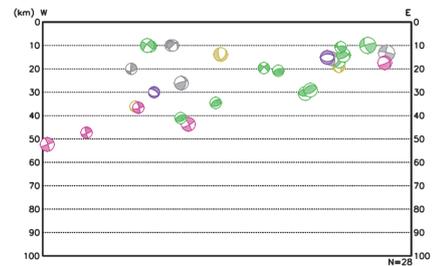
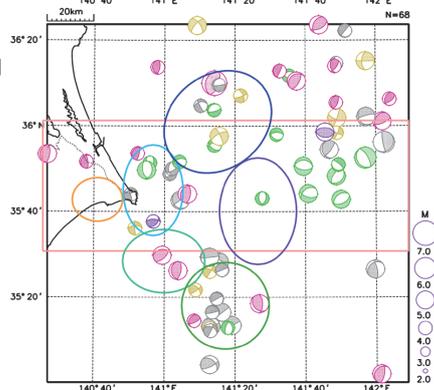
1997年10月1日
～2011年3月10日



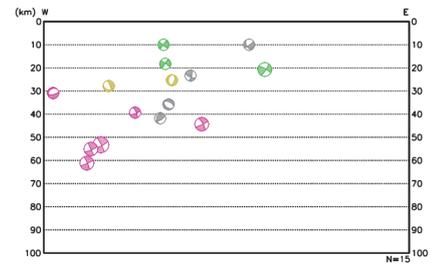
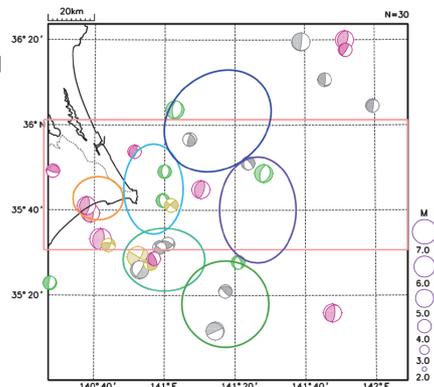
左図矩形内の断面図
(東西投影)



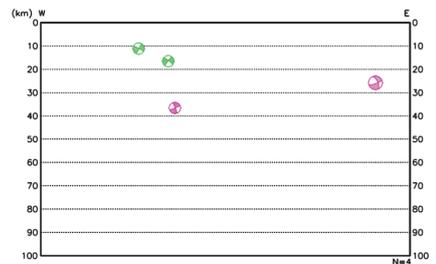
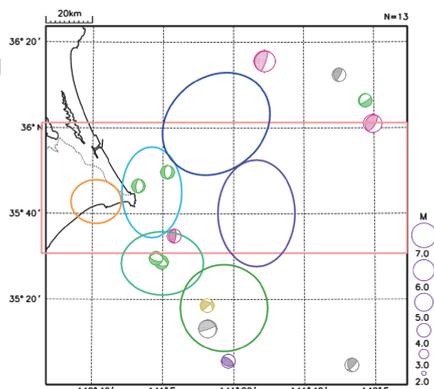
2011年3月11日
～2011年3月31日



2011年4月1日
～2011年6月30日

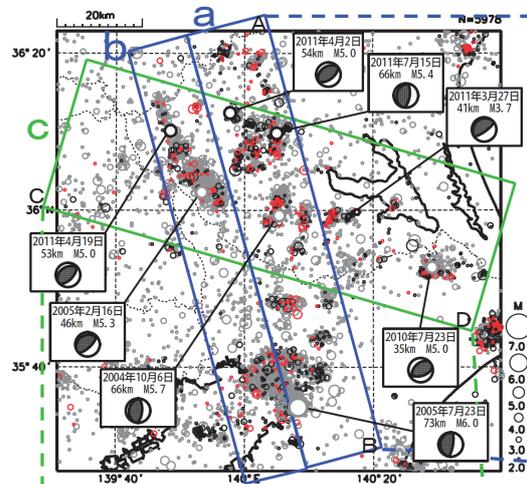


2011年7月1日
～2011年10月27日

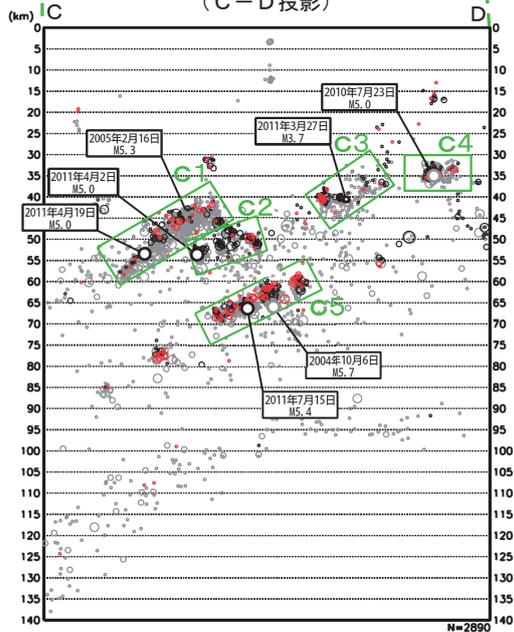


第6図(c) 千葉県沖の地震活動 (発震機構図)
Fig.6(c) Seismic activity off Chiba Prefecture (focal mechanisms).

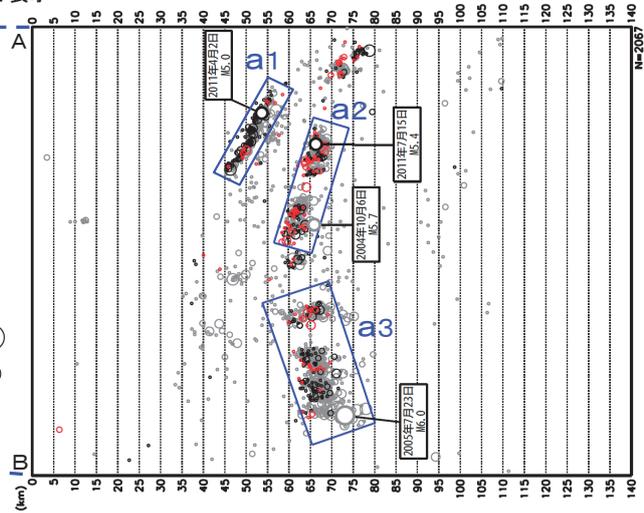
震央分布図
 (1997年10月1日～2011年10月31日、深さ0～140km、 $M \geq 2.0$)
 2011年3月10日以前の地震を灰色、
 3月11日～7月の地震を黒、8月1日以降の地震を赤で表示



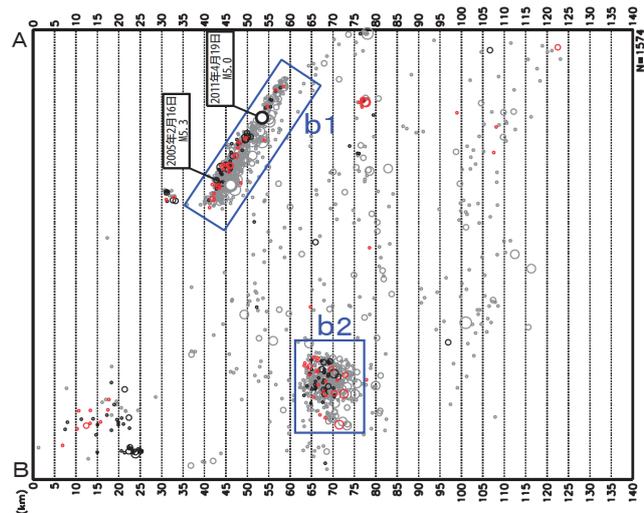
領域c内の断面図
 (C-D投影)



領域a内の断面図
 (A-B投影)



領域b内の断面図
 (A-B投影)

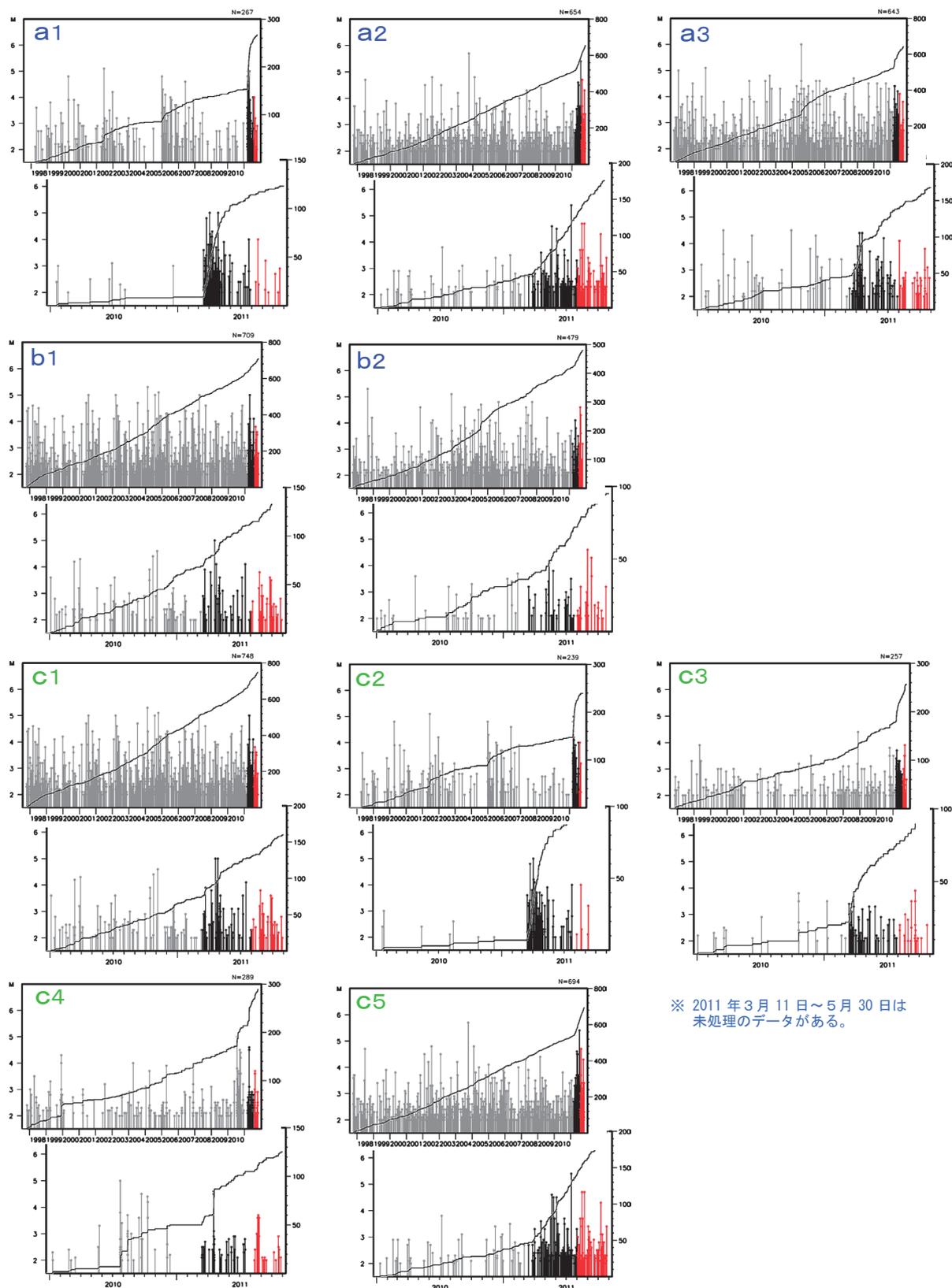


※ 2011年3月11日～5月30日は未処理のデータがある。

第7図(a) 茨城県南部の地震活動(震央分布図, 断面図)

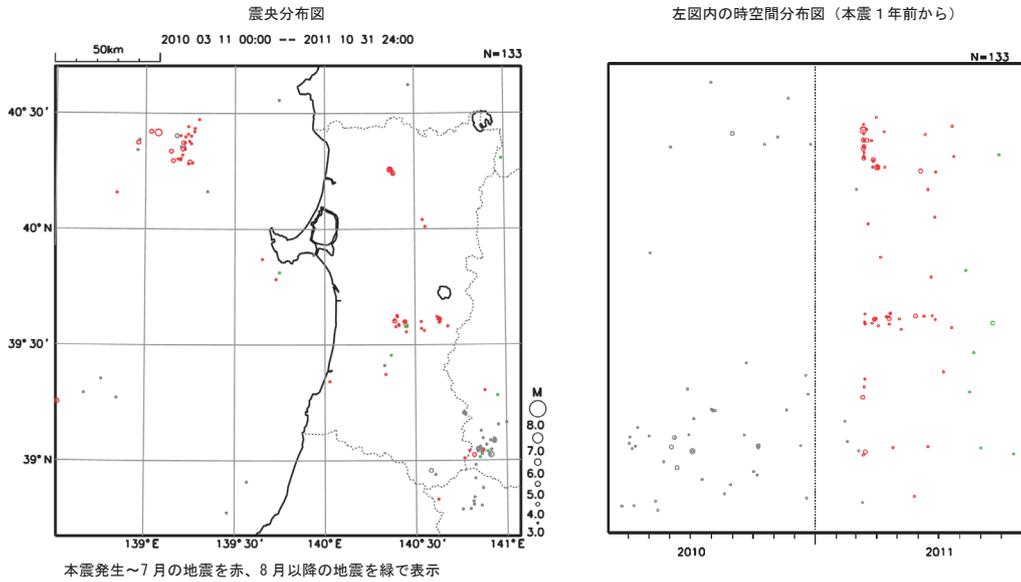
Fig.7(a) Seismic activity in the southern part of Ibaraki prefecture (seismicity map, cross section).

各小領域内の地震活動経過図及び回数積算図（1997年10月～、2010年1月～）



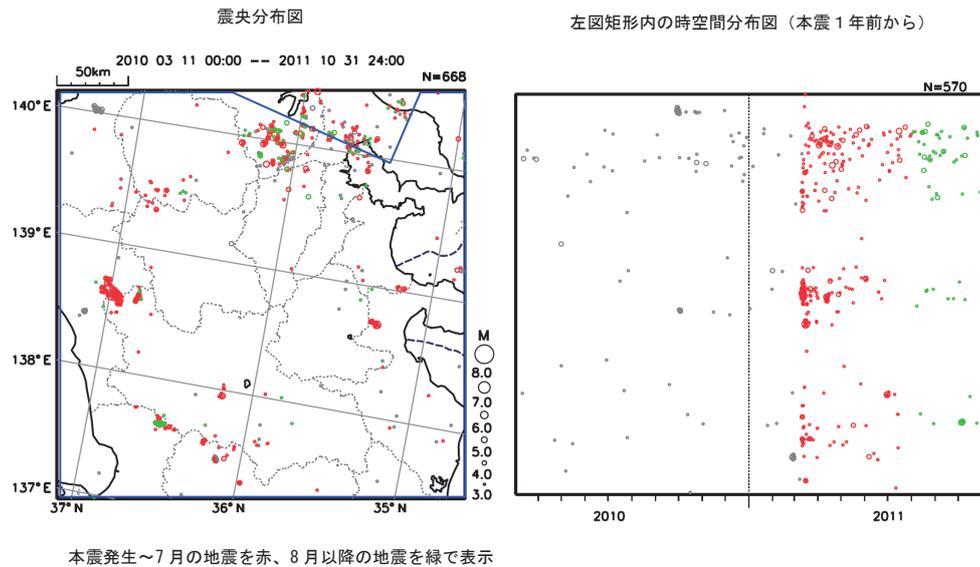
第7図(b) 茨城県南部の地震活動（領域別の地震活動経過図と回数積算図）
 Fig.7(b) Seismic activity in the southern part of Ibaraki prefecture (seismicity and M-T diagrams).

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」前後の
地震活動状況（深さ 0~90km、 $M \geq 3.0$ ）
〈秋田県沖〉〈秋田県内陸南部〉



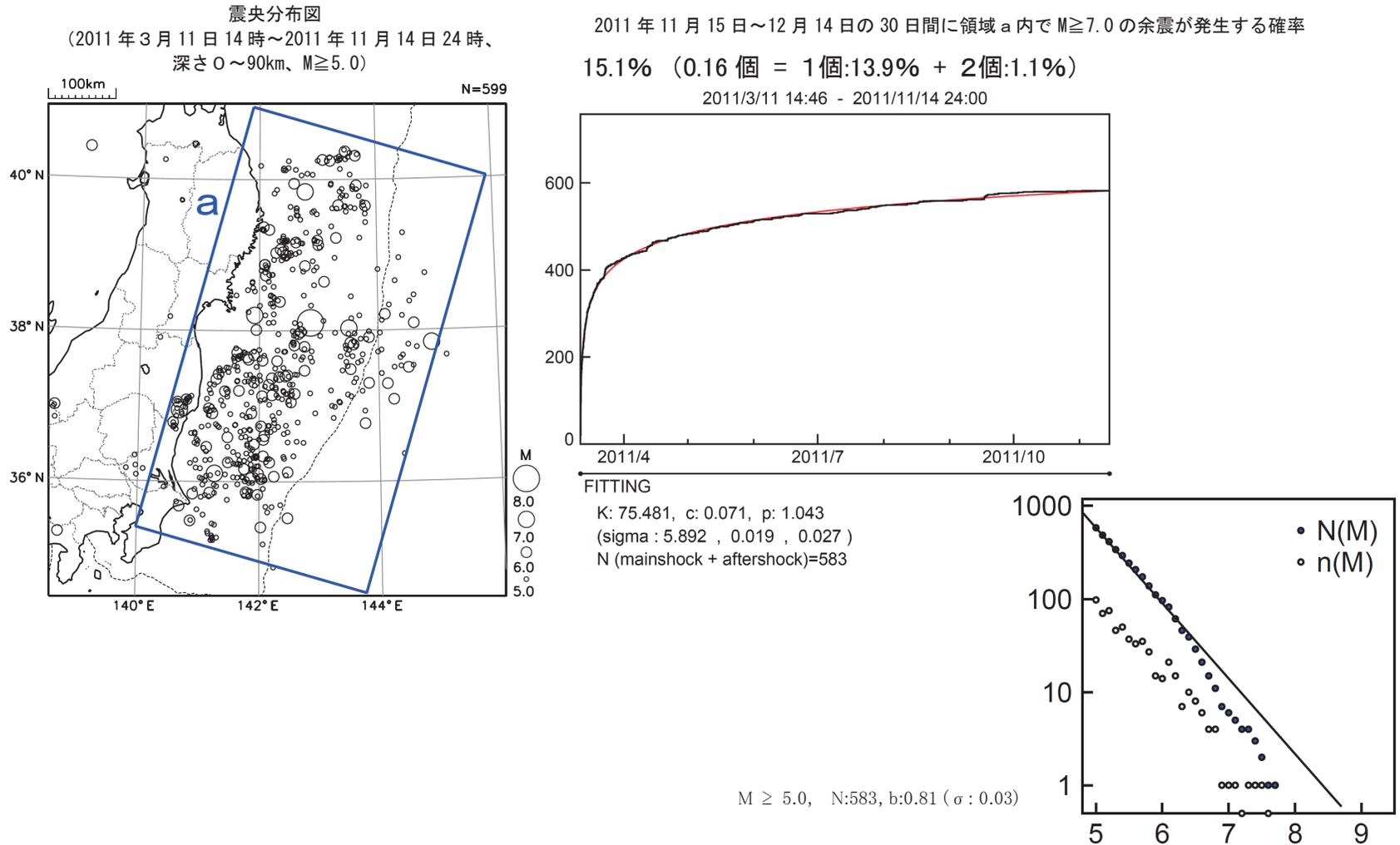
第 8 図 (a) 秋田県地方の地震活動状況
Fig.8(a) Seismic activity in Akita Prefecture area.

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」前後の
地震活動状況（深さ 0~90km、 $M \geq 3.0$ ）
〈茨城県南部〉〈千葉県南東沖〉
〈長野県・新潟県境付近〉〈長野県北部〉



第 8 図 (b) 関東・甲信越地方の地震活動状況
Fig.8(b) Seismic activity in Kanto and Koshinetsu area.

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震 今後の大きな余震の見通し



第 9 図 今後の大きな余震の見通し
fig.9 A perspective of large aftershock occurrence.