

3-4 平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震について The Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008

気象庁 地震予知情報課

気象庁 仙台管区気象台

気象庁 気象研究所

Earthquake Prediction Information Division, JMA

Sendai District Meteorological Observatory, JMA

Meteorological Research Institute, JMA

1. 地震の概要

2008年6月14日08時43分に岩手県内陸南部の深さ8kmでM7.2（最大震度6強）の地震が発生した（第1図）。この地震により死者13名、行方不明者10名、負傷者451名、住家全壊33棟などの被害があった（総務省消防庁調べ、2008年11月17日現在）。この地震の発震機構は西北西—東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。

2. 前震および余震活動

今回の地震発生前に、前震が発生していた（第2図）。本震の震源付近で、本震発生の42分前にM0.6、32分前にM1.3、本震発生前日の6月13日14時頃にもM0.6の地震が発生していた。また、余震域の西方（秋田県内陸南部）の浅いところで2007年後半から地震がやや多くなっており、その活動の最大は2008年5月29日のM4.8の地震であった（第3図）。

今回の地震の余震は、北北東から南南西方向に伸びる長さ約45km、幅約15kmの領域で発生している。その分布は一様ではなく、余震域南部の栗駒山や鳴子の火山地域では余震発生が少ない傾向がある（第4図）。第5図に、地質構造と余震分布を重ねた図を示す。

第6図に余震活動の状況を示す。余震域は6月16日に北方に伸びた。また、6月26日23時～28日には鳴子付近での地震活動が活発になった。余震活動は減衰してきている。第7図は震度1以上を観測した地震の最大震度別回数表である。震度1以上を観測する地震の数も時間経過とともに減少している。第8図は内陸及び沿岸で発生した主な地震の余震回数比較（M4.0以上）である。今回の地震は、平成7年（1995年）兵庫県南部地震（M7.3）や1948年福井地震（M7.1）より余震活動は活発であるが、平成16年（2004年）新潟県中越地震（M6.8）よりは低調であることがわかる。第9図は内陸および沿岸で発生した地震の余震活動の日単位での推移を示したものである。今回は、M5.0以上という大粒の余震が比較的少なかった余震活動であったと言える。

気象庁は、「2008年岩手・宮城内陸合同余震観測グループ（北大・東北大・弘前大・地震研・名大・京大防災研・高知大・九大・鹿大・防災科研）」が臨時に設置した3つの観測点（大柳、北股、荒砥沢）のデータを取り込み、それらの観測点の検測データを6月20日0時より震源計算に使用している。これらの3つの臨時観測点を計算に使用した場合（第10図下），使用しない場合（第10図上）に比べ震源は全体的に浅くなる傾向が見られた。三次元速度構造¹⁾を用いて震源計算を行い観測点補正値を求めた後に、波形相関を用いた三次元DD法により震源再計算を行ったところ、本震付近の余震はさらに浅くなり、余震域南部の余震はやや深くなった。第10図には一元化震源および再計算震源を用いて描いた断面図も示してある。どちらの震源を用いた場合でも、

余震域の北部を除く地域において、西下がりの震源分布とともに、それと直交する共役な断層面を想起させる震源分布が見える。

第11図は本震および余震の発震機構を示したものである。ほとんどの地震は、本震も含めて北西—南東方向～東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であるが、一部に横ずれ断層型も見られる。本震の北東に、南北方向に張力軸を持つ正断層型の地震もある。圧力軸の向きは、栗駒山より北ではほぼ西北西—東南東方向であるが、南ではほぼ東西方向となっている。

3. 震源過程解析

第12図は、遠地実体波記録を使用して解析を行い、断層面上のすべり量分布を推定したものである。解析にはIRIS-DMCより取得した広帯域地震計記録を使用し、Kikuchi and Kanamoriのプログラム²⁾を使用した。破壊開始点は気象庁一元化震源の位置とし、断層面には気象庁のP波初動解の高角の西傾斜の節面を用いた。得られた滑り分布は震源より深い場所に広がっている。また、滑り量の大きな領域は破壊開始点の南側に存在することが推定できる。

第13図は、近地強震計の記録を用いて解析を行い、断層面上のすべり量分布を推定したものである。解析には（独）防災科学技術研究所のK-NET及びKiK-netの記録、気象庁の震度計の記録を用いた。波形計算には武尾³⁾の手法を用い、インバージョンはmultiple time windowで時空間のすべり量分布の滑らかさをABICが最小となるように決定した⁴⁾。破壊開始点には気象庁一元化震源の本震の位置を使用し、断層面には気象庁のP波初動解の高角の西傾斜の節面を用いた。遠地実体波記録を使用して行った解析と同様に、大きな滑りを持つ領域は震源より南の深い場所に求まつた。

4. SAR干渉解析

SAR干渉解析で得られる地表変位パターンは、どのような断層モデルで作り出すことができるかを調べたのが第14図である。本震発生当初に国土地理院から提案された断層モデルについて干渉SARイメージの理論値を計算したところ、断層浅部から東側に半円状の縞模様が出ることがわかった。この断層モデルの上端の深さを0.4kmから5.0kmに変えたところ、東側の半円状の縞模様は見られなくなった。やはり断層上端の深さが浅く設定されている「近地地震波形解析による滑り分布」を用いて干渉イメージの理論値を計算したところ、断層浅部から東側に半円状の縞模様が見られた。また、断層面直上については、断層北部に張り出すような形状の縞模様が得られた。これらを実際のSAR干渉解析結果と見比べると、深い断層モデルより浅い断層モデルの方が合うようと思われる。第15図に、再計算震源を用いた断面図と、第14図で使用した各モデルの断層面を示す。SAR干渉解析とこれらの断面図より、上端の深さ1.2kmの近地地震波形解析による滑り分布モデルが、地表変位および震源分布の両方を説明できるモデルと考えられる。

5. 余震域で見られる低周波地震活動

本震後、余震域の浅部で低周波成分を多く含む地震（以下、低周波地震）が観測されている。第16図(a)にその分布と波形の例を示す。低周波地震は、波形とスペクトルから大きく3つのタイプに分けられる（第16図(b)）。(1)P相とS相は明瞭だが全体的に低周波である地震、(2)P相とS相は明瞭で高周波だが後続波が低周波である地震、(3)P相とS相が不明瞭で、全体的に低周波である地震、の3つである。これらのうち(3)のタイプのものは主に火山に近い鳴子付近で発生しており、

その他のタイプのものは余震域北部で多く発生している（第16図(c)）。

上記のように、今回の地震の余震域の北部は、低周波地震の発生状況という点で南部とは異なる性質を持っているが、通常の地震のM度数分布にも特徴がある（第17図）。余震域の北部（出店断層に近い領域）では、M4～M5といった小粒の地震の数に比べて規模の大きい地震数が少ない。

6. 体積歪計の記録から推定されるモーメントマグニチュード

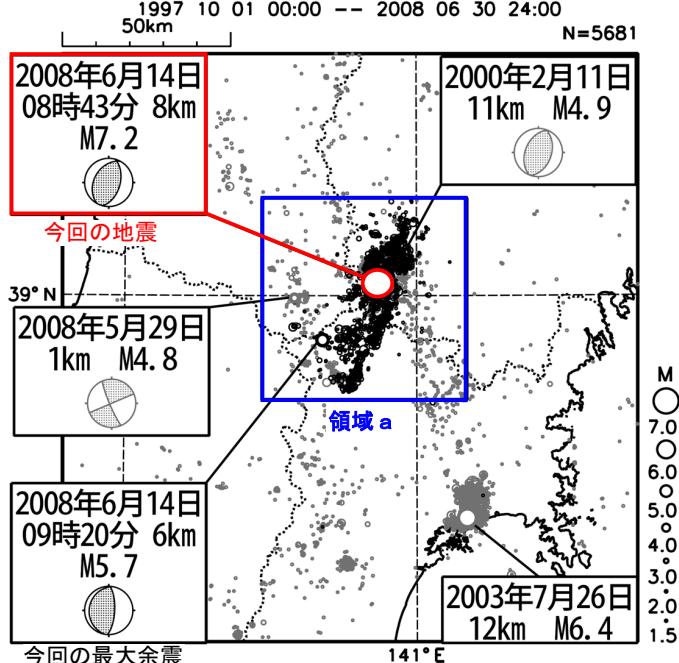
本震について、気象庁が東海地域に設置している埋込式体積歪計の波形記録を用いてモーメントマグニチュード（Mw）の推定を行った（第18図）。様々なMwについて理論波形を計算し、観測波形と振幅比較を行ったところ、両者が最もよく整合するのはMw6.9～7.0の場合であることがわかった。

参考文献

- 1) 勝間田明男：震源計算のための三次元速度構造、日本地震学会2006年秋季大会予稿集, C034 (2006) .
- 2) M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>
- 3) 武尾実：非弾性減衰を考慮した震源近傍での地震波合成－堆積層での非弾性減衰の効果について、気象研究所研究報告、第36巻、245-257、1985.
- 4) Ide, S., M. Takeo and Y. Yoshida, Source Process of the 1995 Kobe earthquake: Determination of Spatio-Temporal Slip Distribution by Bayesian Modeling, Bull. Seism. Soc. Am., 86, 547-566, 1996.

平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震

震央分布図(1997年10月以降, M \geq 1.5, 深さ20km以浅)

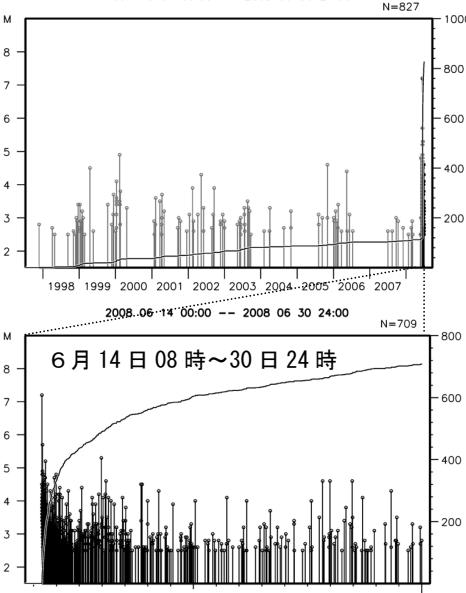


2008年6月14日08時43分に岩手県内陸南部の深さ8kmでM7.2(最大震度6強)の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。余震活動は減衰してきている。最大余震は14日09時20分のM5.7(最大震度5弱)であった。

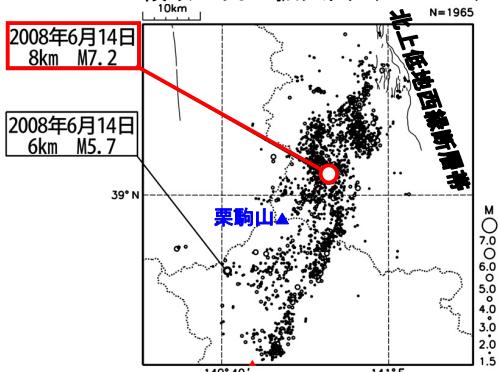
1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源付近(領域b)では2000年2月11日にM4.9(最大震度3)の地震が発生しているのみで、M5を超える地震は発生していなかった。

領域a内の地震活動経過図及び回数積算図(M \geq 2.5)

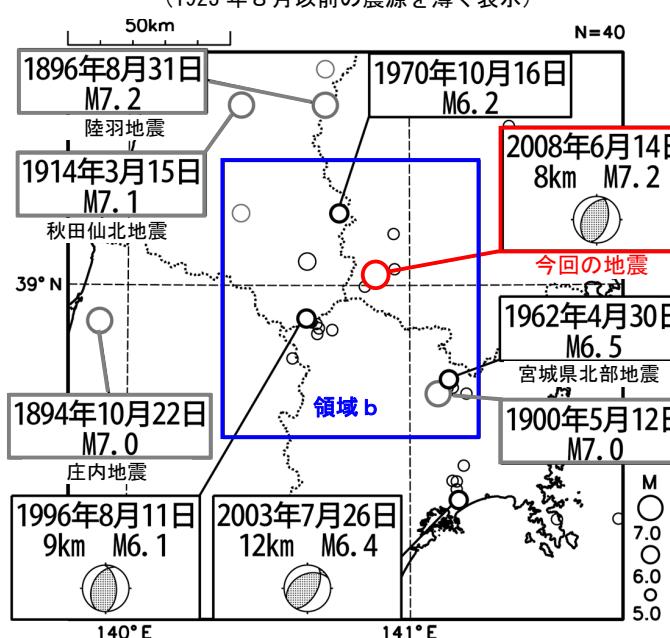
1997 10 01 00:00 -- 2008 06 30 24:00 N=827



領域a内の拡大図(M \geq 1.5)



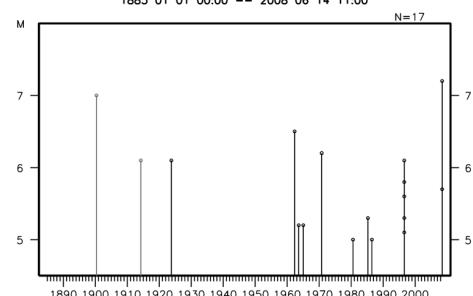
震央分布図(1885年以降, 深さ60km以浅, M \geq 5.0)
(1923年8月以前の震源を薄く表示)



1885年以降の活動を見ると、今回の地震の震央付近(領域b)はM6を超える地震が時々発生しており、1900年5月12日にはM7.0の地震(死者13)が発生している。

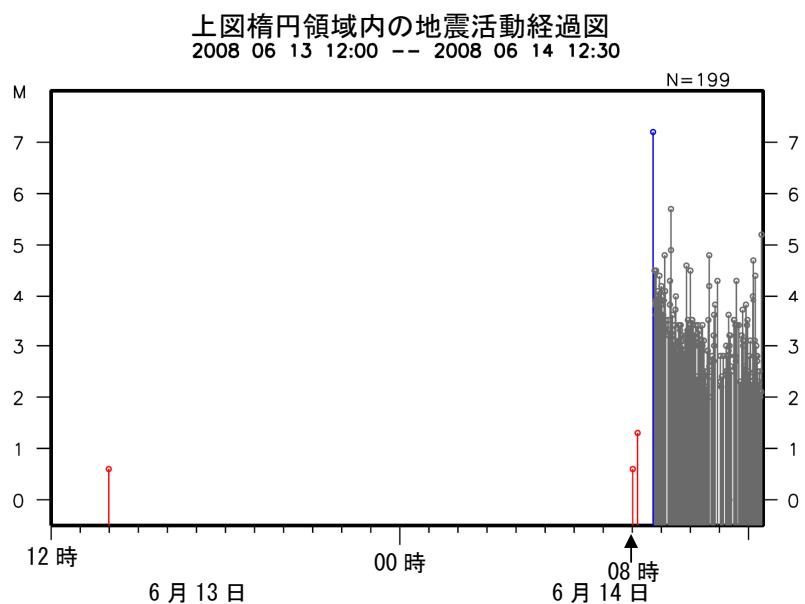
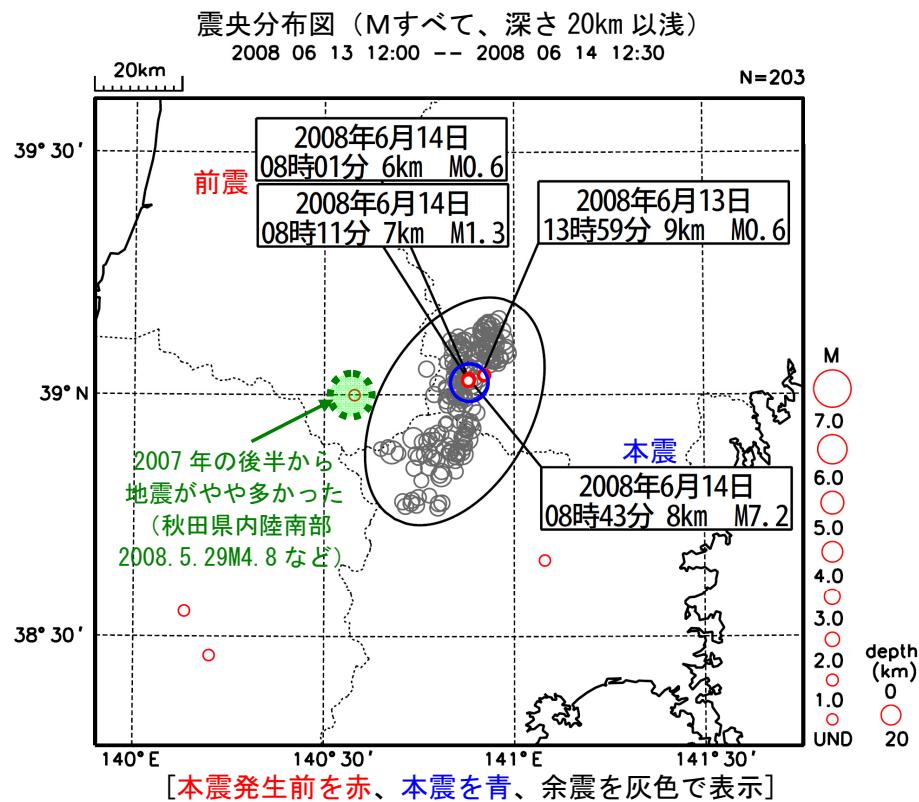
領域b内の地震活動経過図

1885 01 01 00:00 -- 2008 06 14 11:00 N=17



第1図 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震
Fig.1 The Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震 前震活動



本震発生の 42 分前および 32 分前に、震源付近で M0.6 および M1.3 の地震が発生している。

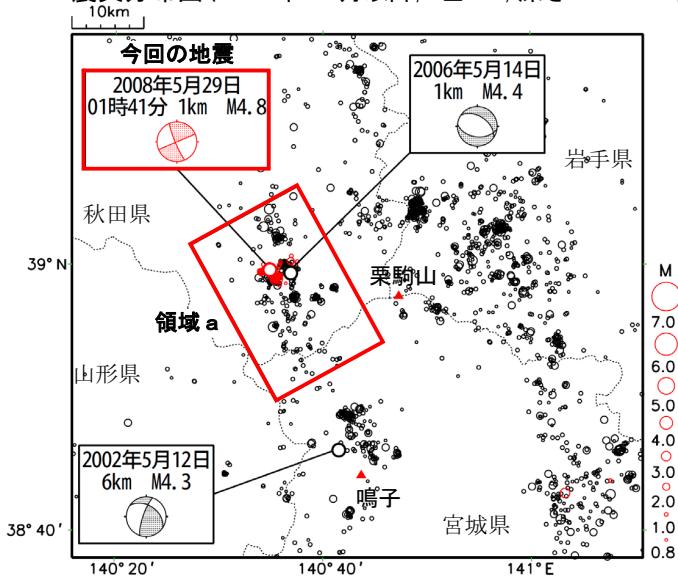
また、前日の 6 月 13 日 14 時頃にも震源付近で地震が発生している。

今回の余震域の西方（秋田県内陸南部）では、2007 年後半から地震がやや多かった。

第2図 前震活動
 Fig.2 Fores shocks

5月29日 秋田県内陸南部の地震

震央分布図(2001年10月以降, $M \geq 0.8$, 深さ 0~20km)

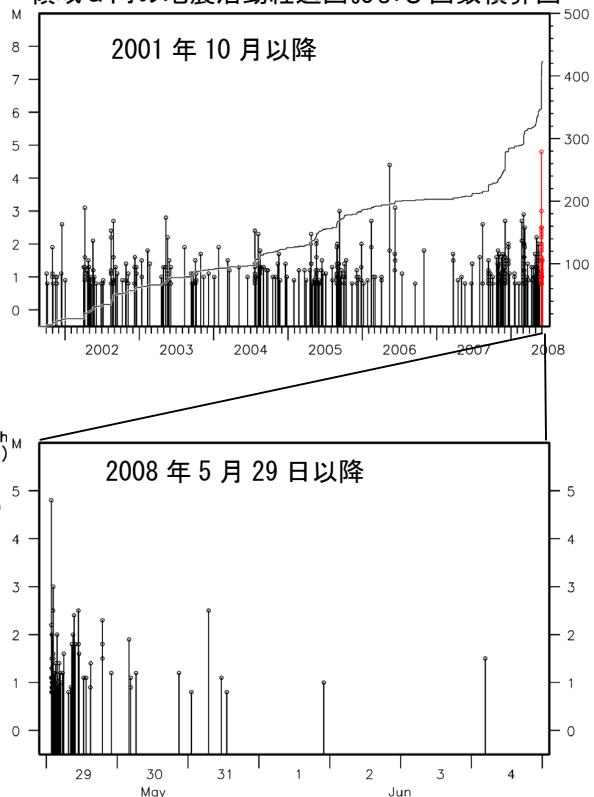


2008年5月29日01時41分に、秋田県内陸南部のごく浅い場所（深さ1km）でM4.8（最大震度3）の地震が発生した。発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。

領域a内では2007年の後半からやや地震が多い状態であった。

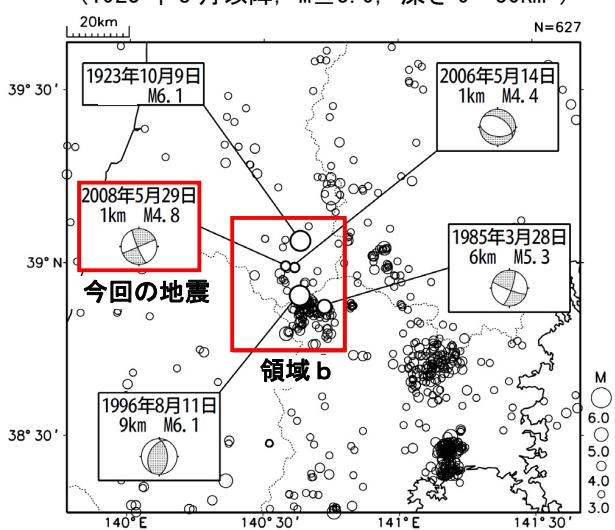
今回の地震の震源付近では、2006年5月14日にM4.4（最大震度2）の地震が発生している。この地震の発震機構は正断層型であった。

領域a内の地震活動経過図および回数積算図



震央分布図

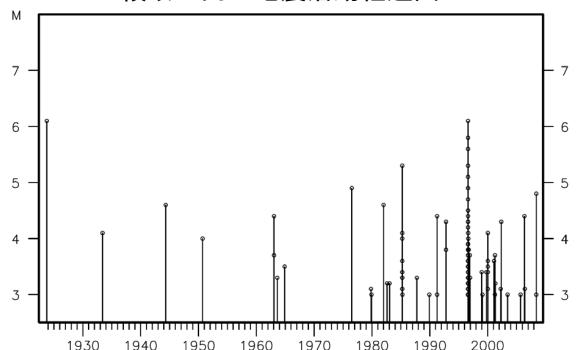
(1923年8月以降, $M \geq 3.0$, 深さ 0~30km)



1923年8月以降の活動を見ると、今回の震源付近では時折M5前後の地震が発生している。

1923年10月9日にM6.1（最大震度3）の地震が発生している。また1996年8月11日にもM6.1（最大震度5）の地震が発生しており、M5以上の余震が4回観測されている。

領域b内の地震活動経過図

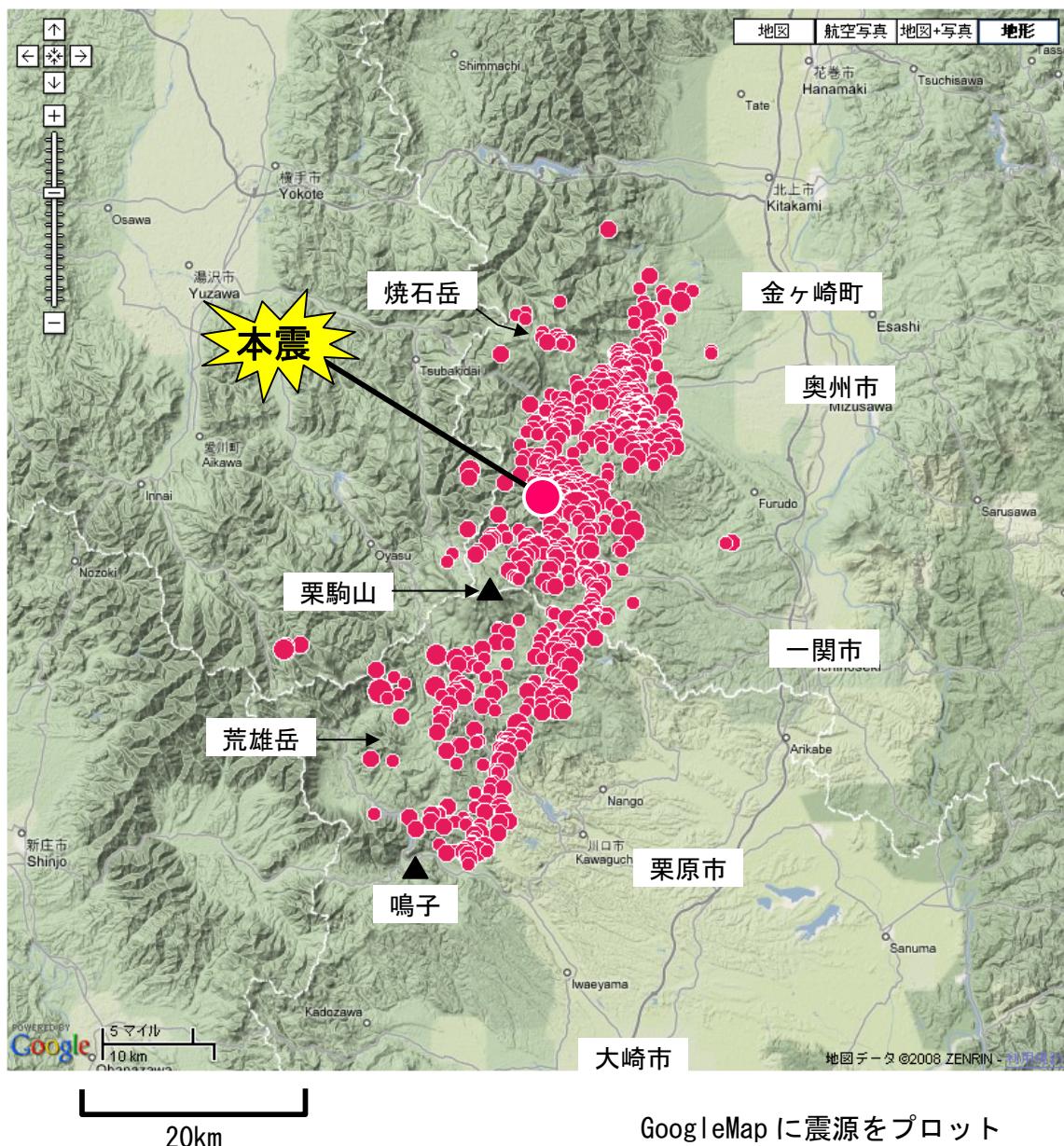


第3図 2008年5月29日秋田県内陸南部の地震

Fig.3 The earthquake in the southern part of inland area of Akita Prefecture on May 29, 2008

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震 余震分布

6 月 30 日 06 時まで

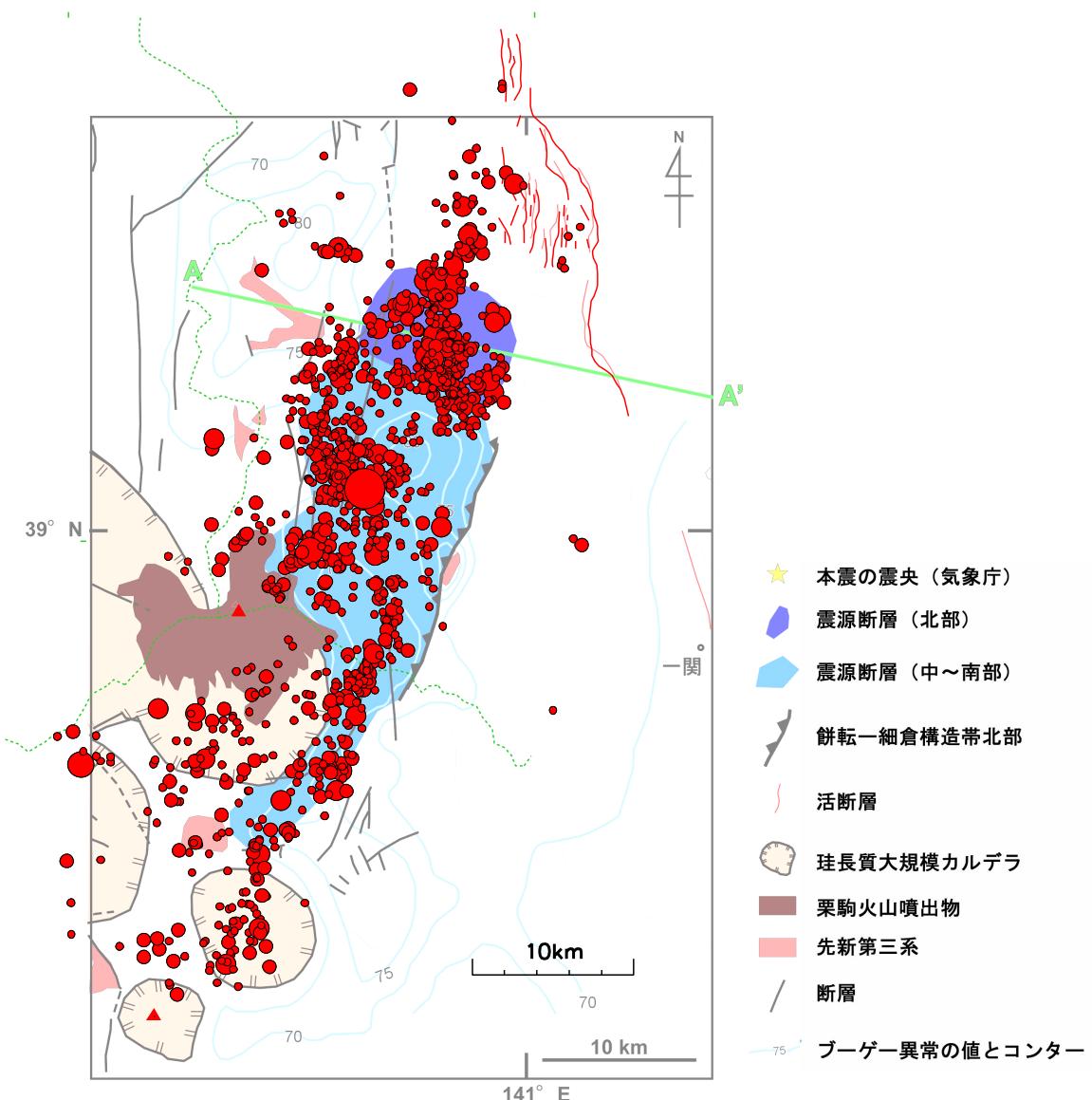


余震は北北東から南南西方向に延びる長さ約 45km、幅約 15km の領域で発生。
栗駒山や鳴子の火山地域では、余震発生が少ない。

第4図 余震分布

Fig.4 Epicenters of the main shock and the aftershocks

地質構造と余震分布

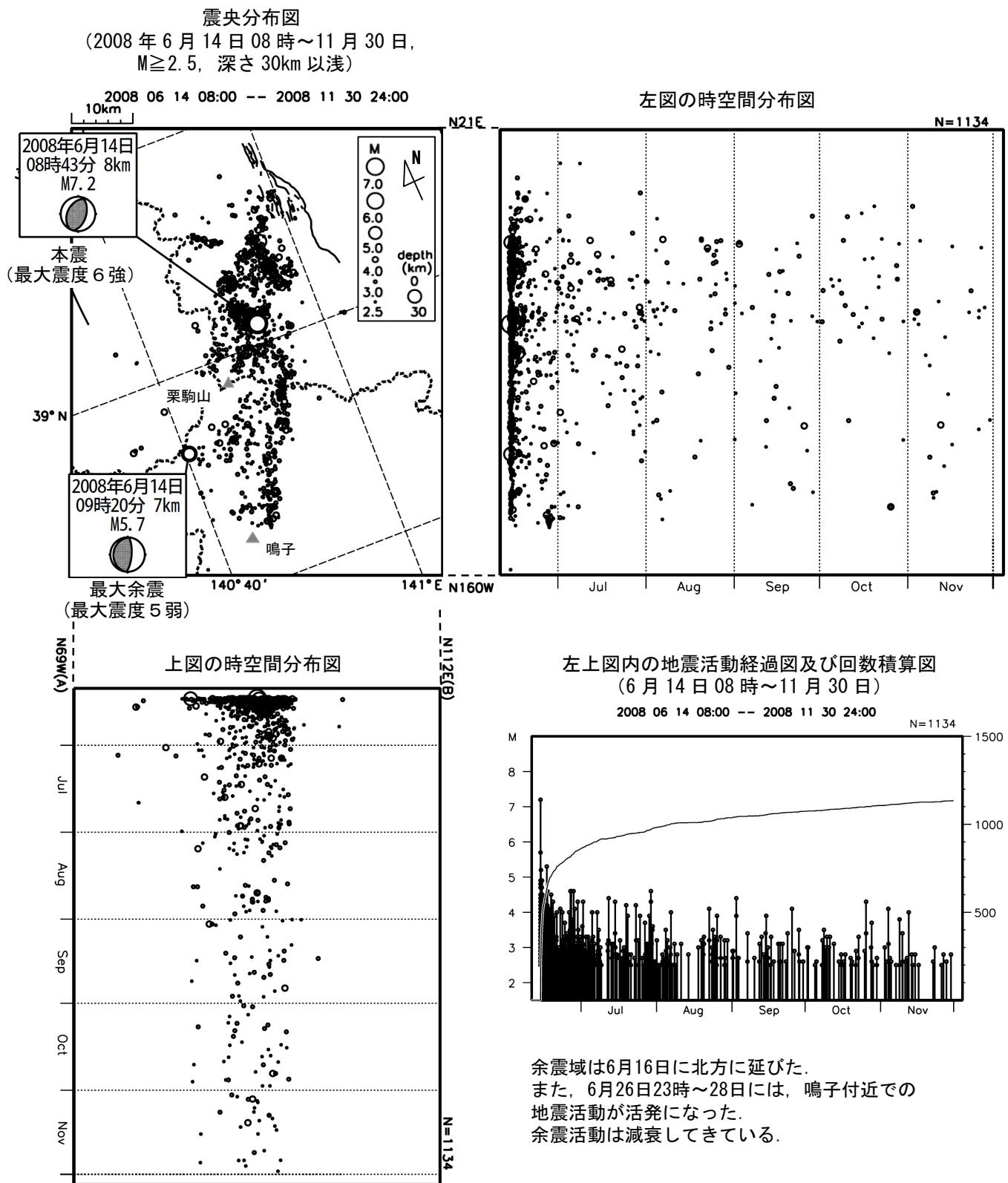


佐藤他 (2008, 地震研究所 HP) の図に、気象庁震源をプロット

第5図 地質構造と余震分布

Fig.5 Superposition of epicenters and geological structure.

平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震の余震活動の状況



第6図 余震活動の状況
Fig.6 Seismic activity of aftershocks

「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」の余震回数

震度 1 以上を観測した地震の最大震度別回数表（6月 14 日 08 時～10月 20 日、本震を除く）

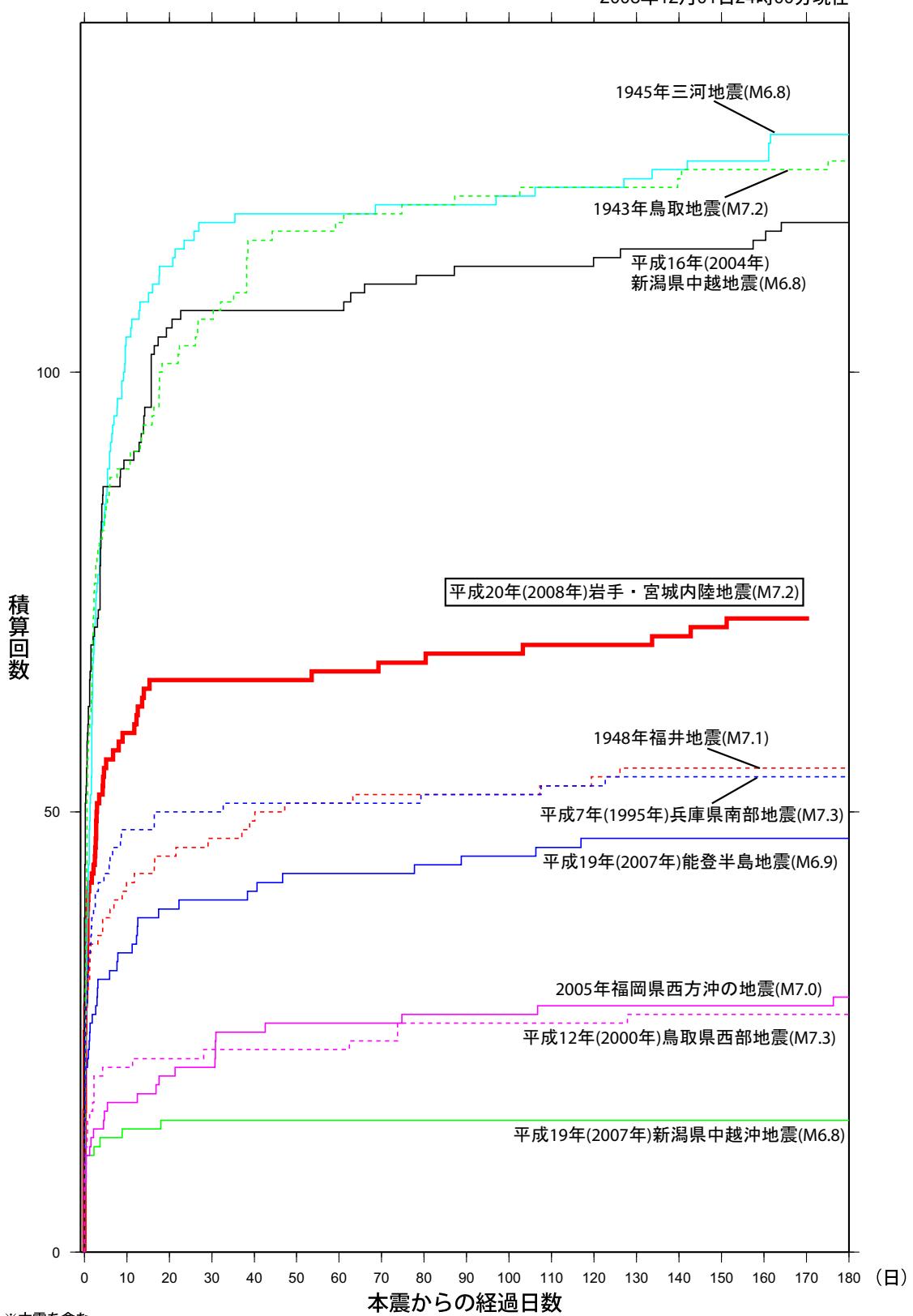
期間	最大震度別回数							震度1以上を観測した回数			
	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7	回数	累計
2008年6月14日	132	61	26	8	1					228	228
2008年6月15日	54	14	6	1						75	303
2008年6月16日	27	8	2	1						38	341
2008年6月17日	19	11	3							33	374
2008年6月18日	11	2	2							15	389
2008年6月19日	8	2								10	399
2008年6月20日	13	2								15	414
2008年6月21日	3	1								4	418
2008年6月22日	5	2								7	425
2008年6月23日	4	1								5	430
2008年6月24日	8	3								11	441
2008年6月25日	5	1								6	447
2008年6月26日	4	1	3							8	455
2008年6月27日	7	2	3							12	467
2008年6月28日	6	1								7	474
2008年6月29日	4	1	1							6	480
2008年6月30日	2	2								4	484
2008年7月1日	5	1	1							7	491
2008年7月2日	3									3	494
2008年7月3日	4									4	498
2008年7月4日	4									4	502
2008年7月5日	2	1	1							4	506
2008年7月6日	1									1	507
2008年7月7日	2	1								3	510
2008年7月8日	1	2								3	513
2008年7月9日										0	513
2008年7月10日										0	513
2008年7月11日	1									1	514
2008年7月12日	1	1								2	516
2008年7月13日	1	1								2	518
2008年7月14日	2	1	1							4	522
2008年7月15日	2									2	524
2008年7月16日										0	524
2008年7月17日	1									1	525
2008年7月18日	1	1								2	527
2008年7月19日	1	1								2	529
2008年7月20日	1									1	530
2008年7月21日										0	530
2008年7月22日										0	530
2008年7月23日	1	1								2	532
2008年7月24日	1									1	533
2008年7月25日		2								2	535
2008年7月26日										0	535
2008年7月27日	4									4	539
2008年7月28日	1									1	540
2008年7月29日	1	1	2							4	544
2008年7月30日	1	1								2	546
2008年7月31日	1									1	547
2008年8月1日	1									1	548
2008年8月2日	2									2	550
2008年8月3日										0	550
2008年8月4日		1								1	551
2008年8月5日	1									1	552
2008年8月6日	2	2								4	556
2008年8月7日										0	556
2008年8月8日	1									1	557
2008年8月9日	1									1	558
2008年8月10日										0	558
2008年8月11日										0	558
2008年8月12日										0	558
2008年8月13日										0	558
2008年8月14日										0	558
2008年8月15日										0	558
合計	396	146	56	10	1	0	0	0	0	609	609

回数(回) 平成 20 年(2008 年) 岩手・宮城内陸地震の日別余震回数(平成 20 年 6 月 14 日 08 時～10 月 20 日)

第7図 震度1以上を観測した余震の回数
Fig.7 Numbers of aftershocks with JMA intensity scale 1 and bigger

内陸及び沿岸で発生した主な地震の
余震回数比較（マグニチュード4.0以上）

2008年12月01日24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8図 内陸及び沿岸で発生した主な地震の余震回数比較 (M4.0以上)

Fig.8 Comparison of numbers of aftershocks ($M \geq 4.0$) in inland or coastal areas

内陸および沿岸(深さ30km以浅)で発生した地震(M6.5以上)の余震活動の推移(日単位)

○ : M5.0以上の余震あり △ : M6.0以上の余震あり

平成20年11月30日現在

本震発生年月日	地震	本震 (M)	最大余震 (M)	本震発生からの経過日数 (例: 1日 → 本震発生から1.0日[24時間]未満 2日 → 1.0日～2.0日まで)																																								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36日以後					
1927/03/07	北丹後地震	7.3	6.4	△	○	○	○	○																																				
2000/10/06	鳥取県西部地震	7.3	5.6		○	○																																						
1995/01/17	兵庫県南部地震	7.3	5.4	○						○																																		
1930/11/26	北伊豆地震	7.3	4.7																																									
1943/09/10	鳥取地震	7.2	6.2	△	○	○	○	○																																				
2008/06/14	岩手・宮城内陸地震	7.2	5.7		○	○																																						
1948/06/28	福井地震	7.1	5.5	○		○																																						
2005/03/20	福岡県西方沖の地震	7.0	5.8		○																																							
1978/01/14	伊豆大島近海地震	7.0	5.8	○																																								
1961/08/19	北美濃地震	7.0	5.2	○																																								
2007/03/25	能登半島地震	6.9	5.3	○																																								
1931/09/21	西埼玉地震	6.9	5.5	○						○		○																																
1963/03/27	越前岬沖地震	6.9	5.2	○																																								
1974/05/09	伊豆半島沖地震	6.9	4.9																																									
1939/05/01	男鹿地震	6.8	6.7	△	○	○																																						
2004/10/23	新潟県中越地震	6.8	6.5	△	○	△				○		○	○	○	○	○	○																											
1945/01/13	三河地震	6.8	6.4	○	○	○	△	○	○		○																																	
1925/05/23	北但馬地震	6.8	6.2	○	○	△			○																																			
1984/09/14	長野県西部地震	6.8	6.2	△	○																					○																		
2007/07/16	新潟県中越沖地震	6.8	5.8	○																																								
1948/06/15	紀伊水道の地震	6.7	5.0	○																																								
1980/06/29	伊豆半島東方沖の地震	6.7	5.0	○																																								
1997/03/26	鹿児島県北部の地震	6.6	5.7						○	○																																		
1993/02/07	能登半島沖の地震	6.6	5.1							○																																		
1969/09/09	岐阜県中部の地震	6.6	4.9																																									
1997/06/25	山口県北部の地震	6.6	4.3																																									
1967/11/04	釧路支庁北部の地震	6.5	5.7	○																																								
1990/02/20	伊豆大島近海の地震	6.5	5.1	○																																								
1952/03/07	大聖寺沖地震	6.5	5.0	○																																								
1931/11/04	岩手県南部の地震	6.5	4.9																																									
1962/04/30	宮城県北部地震	6.5	4.8																																									

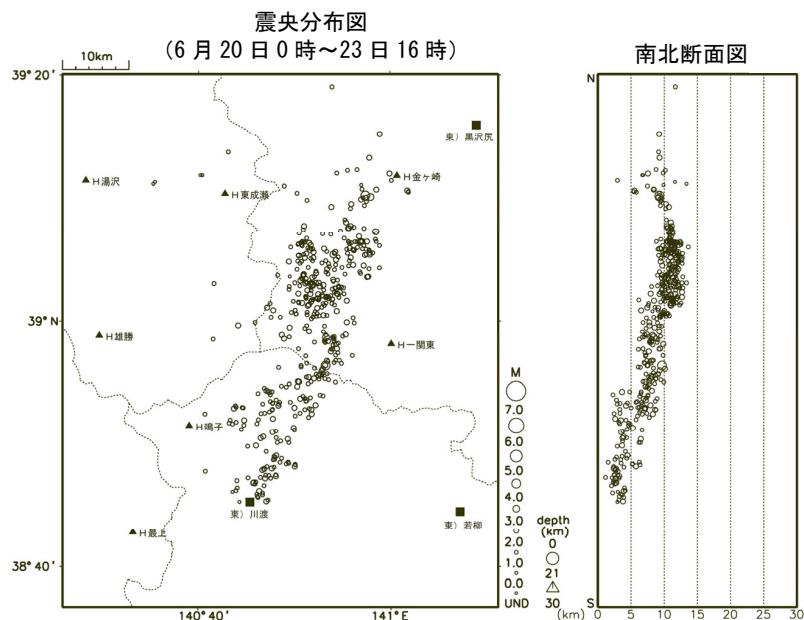
第9図 内陸及び沿岸で発生した地震の余震活動の推移
Fig.9 Times of aftershocks for earthquakes in inland or coastal areas

岩手・宮城内陸地震の余震における臨時観測点の効果

気象庁では、「2008年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ（東北大・北大・弘前大・地震研・名大・京大防災研・九大・鹿大・防災科研）」が臨時に設置した3つの観測点（大柳、北股、荒砥沢）のデータを取り込み、それらの検測データを6月20日0時より震源計算に使用している。

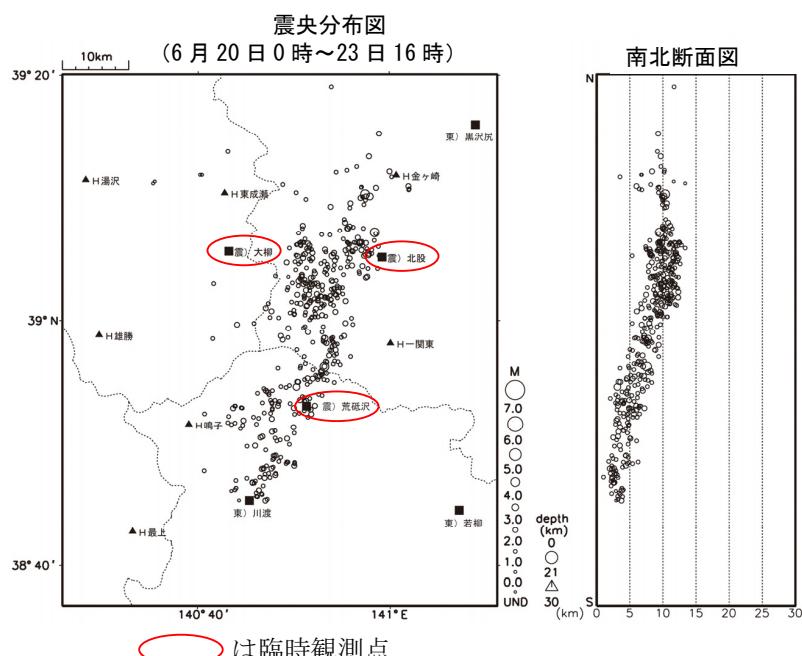
これらの3つの臨時観測点を計算に使用した場合（下図）、使用しない場合（上図）に比べ震源は全体的に浅くなる傾向が見られる。

臨時観測点を使用しない場合



▲, ■は震源計算に使用した余震域周辺の観測点

臨時観測点を使用した場合



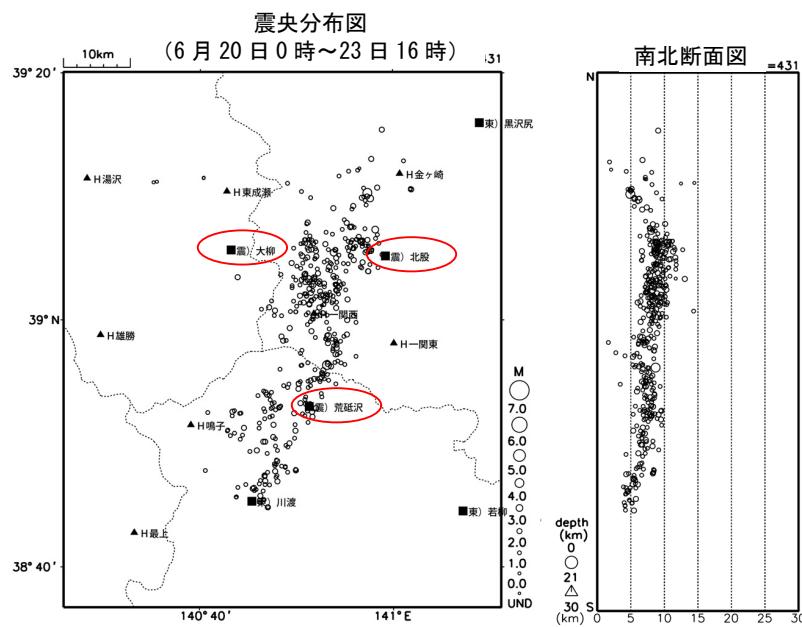
第10図 余震分布における臨時観測点の効果

Fig.10 Effect of temporary observation points for hypocenter distributions

さらに、臨時観測点も含んだ検測値を使用し、三次元速度構造^{※)}を用いて震源計算を行い観測点補正值を求めた後に、波形相関を用いた三次元 DD 法により震源再計算を行った（下図）。

この震源では、本震付近（北部）の余震はさらに浅くなる。南部の余震はやや深くなる。

臨時観測点と三次元速度構造を用いて観測点補正值を求め、波形相関を用いた三次元 DD 法により決定した震源



▲, ■は震源計算に使用した余震域周辺の観測点, () は臨時観測点

※) 勝間田 (2006) による三次元速度構造を使用。

第10図 余震分布における臨時観測点の効果

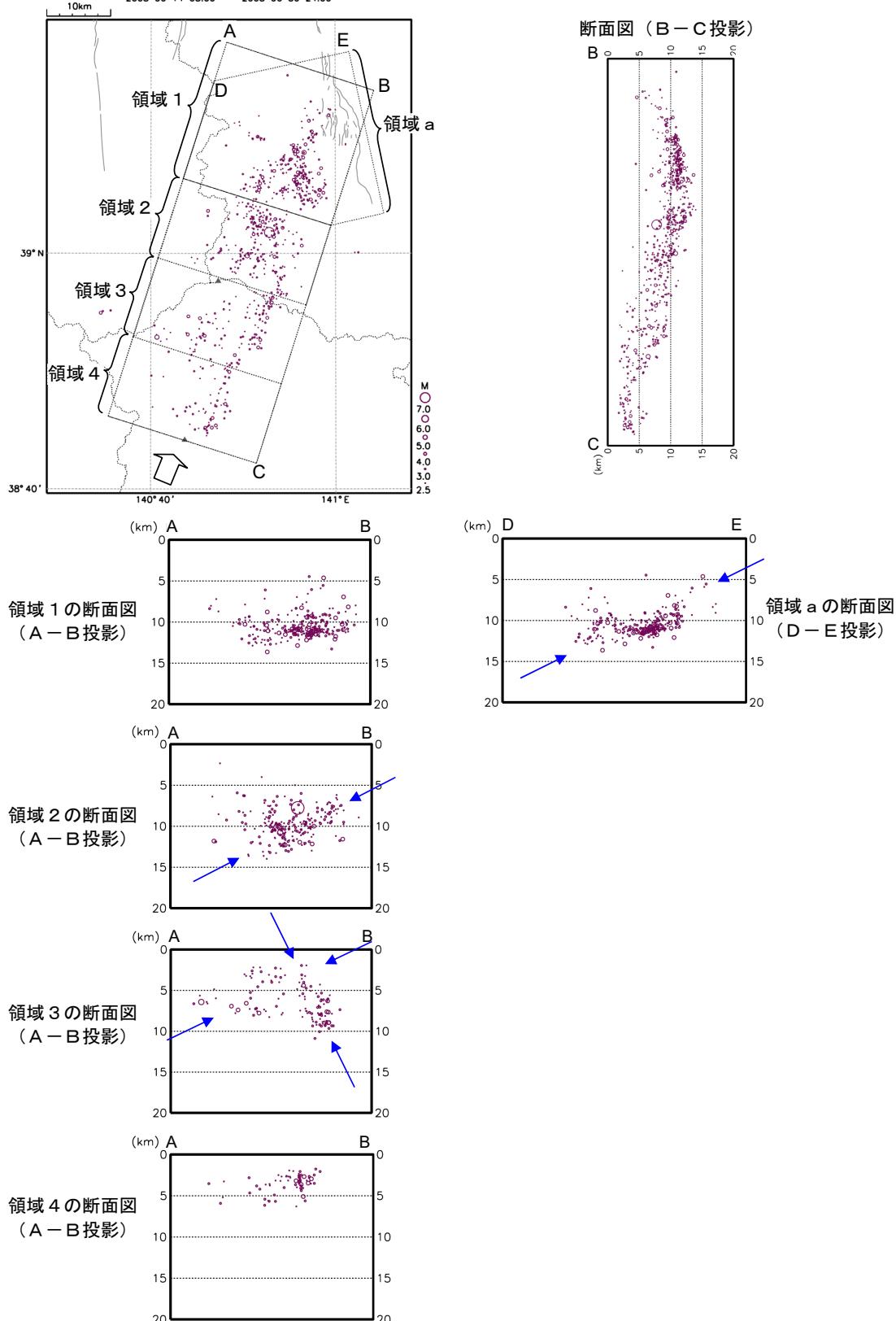
Fig.10 Effect of temporary observation points for hypocenter distributions

断面図①

(一元化震源)

震央分布図 (2008年6月14日～30日、 $M \geq 2.5$ 、深さ20km以浅)

2008 06 14 08:00 -- 2008 06 30 24:00



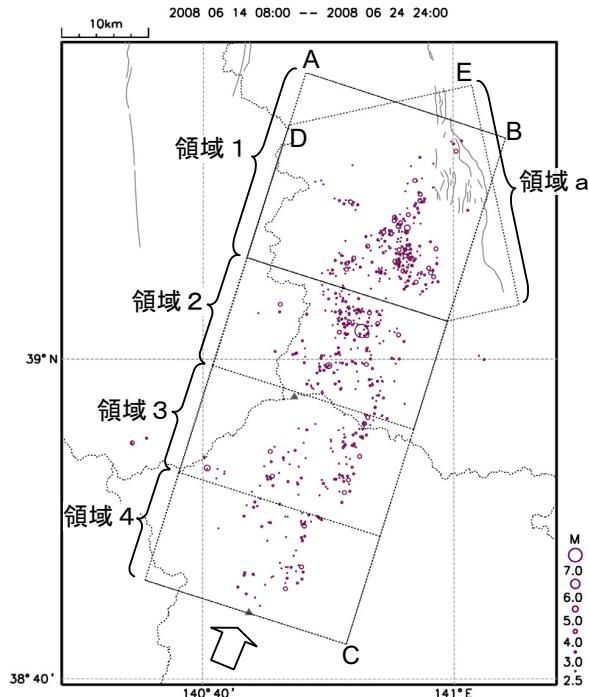
第10図 余震分布における臨時観測点の効果

Fig.10 Effect of temporary observation points for hypocenter distributions

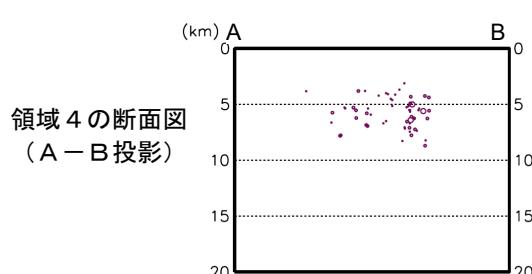
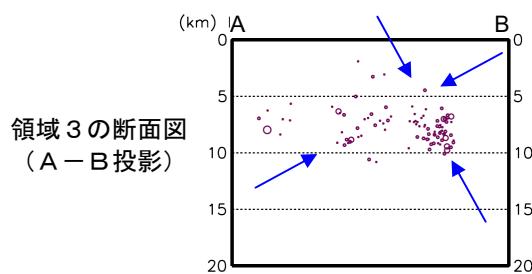
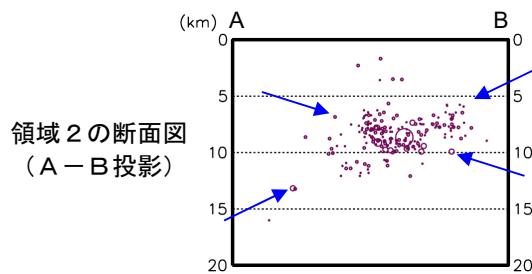
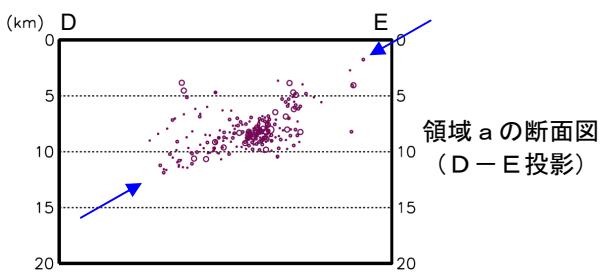
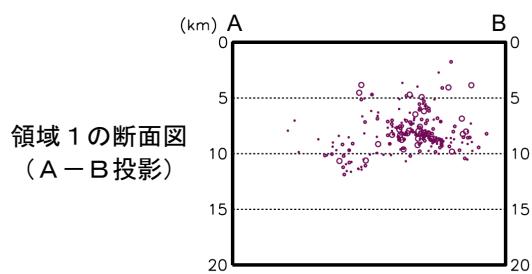
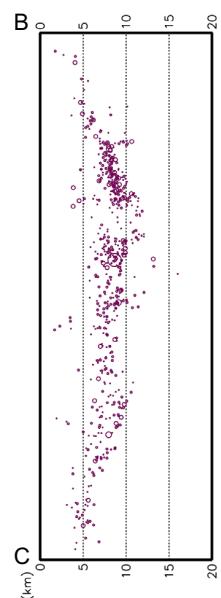
断面図②

(臨時観測点と三次元速度構造を用いて観測点補正値を求め、波形相関を用いた三次元DD法により決定した震源)

震央分布図 (2008年6月14日～24日, $M \geq 2.5$, 深さ20km以浅)



断面図 (B-C投影)



第10図 余震分布における臨時観測点の効果

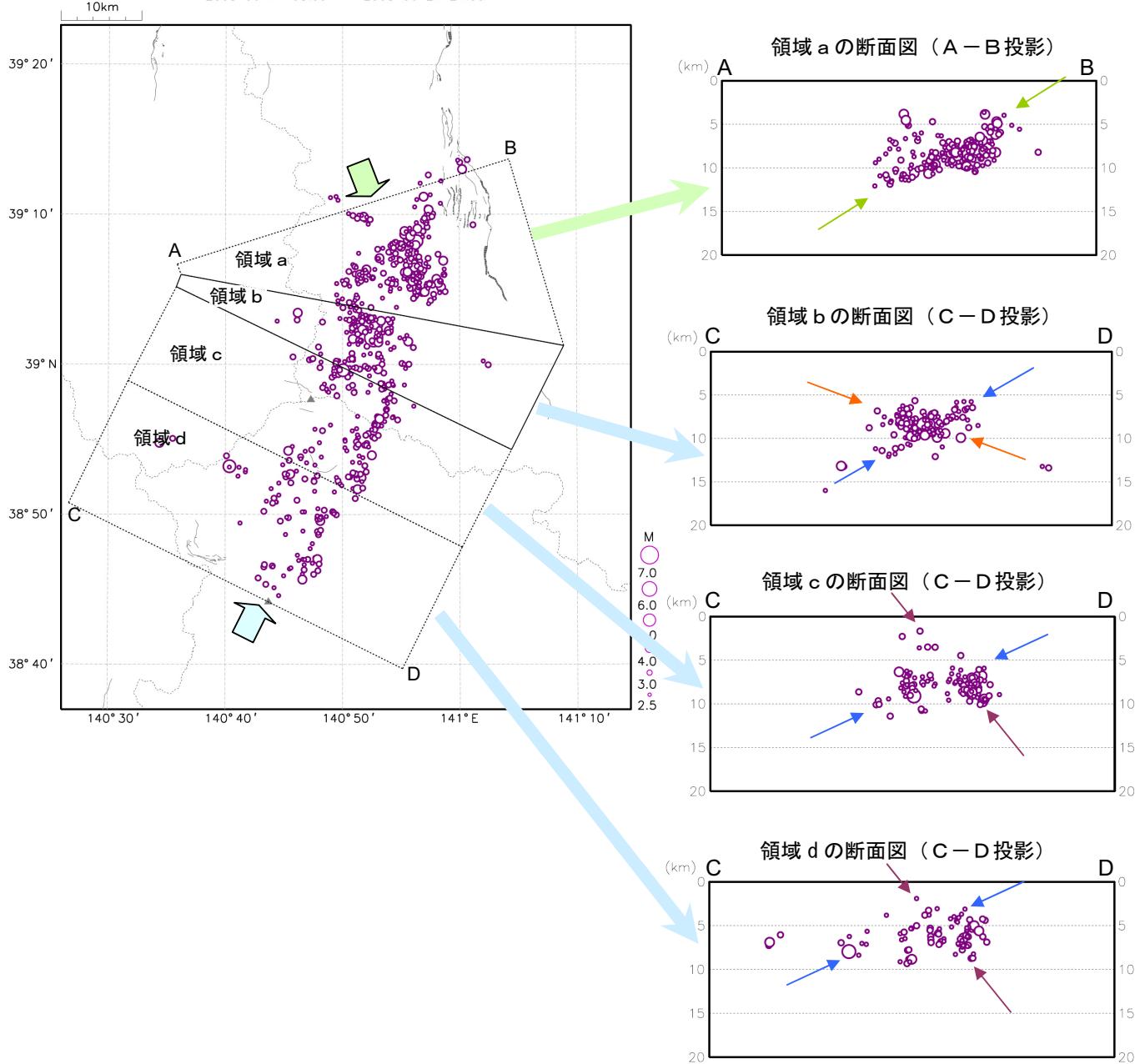
Fig.10 Effect of temporary observation points for hypocenter distributions

断面図③

(臨時観測点と三次元速度構造を用いて観測点補正値を求め、波形相関を用いた三次元DD法により決定した震源)

震央分布図 (2008年6月14日～24日, $M \geq 2.5$, 深さ20km以浅)

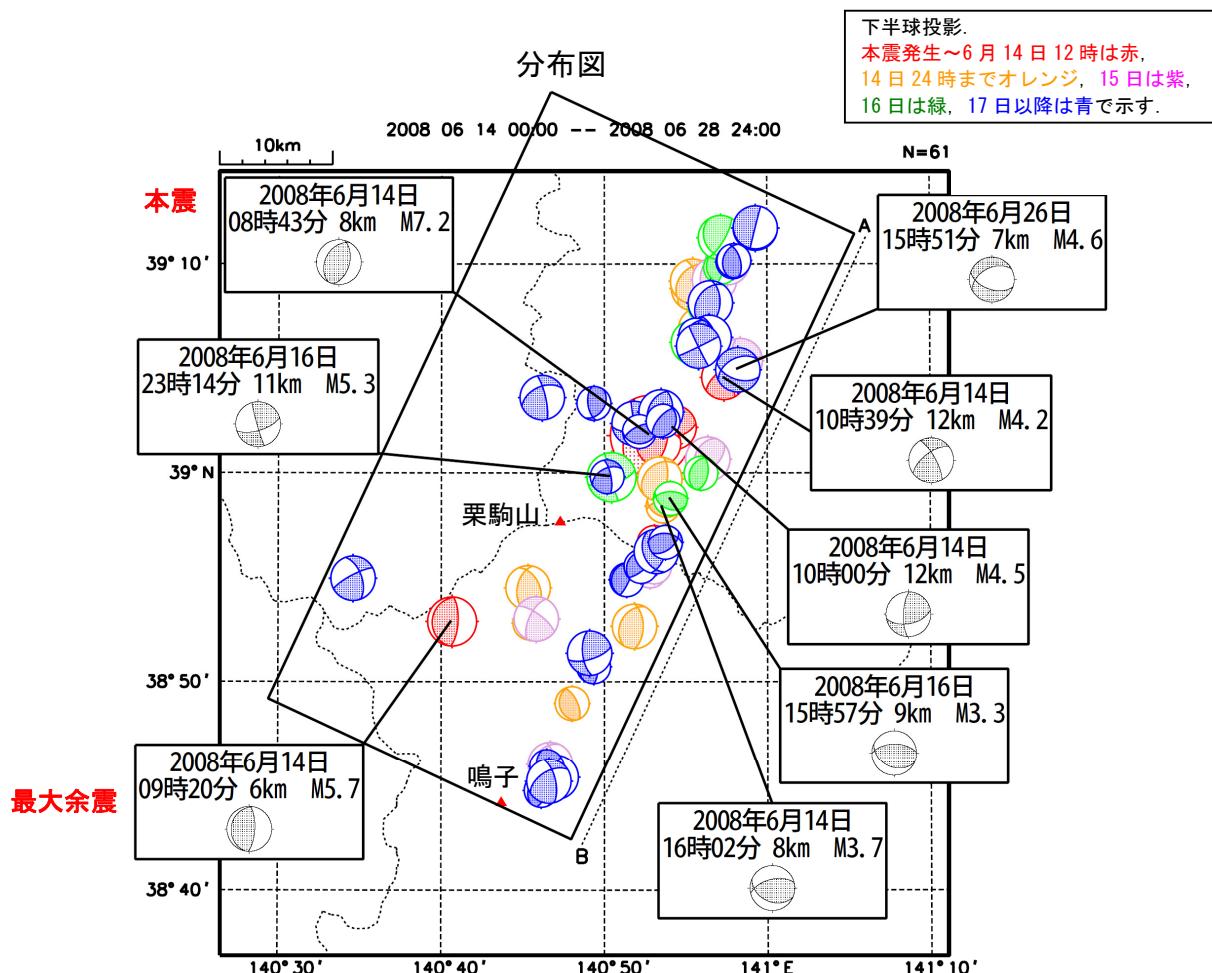
2008 06 14 08:00 -- 2008 06 24 24:00



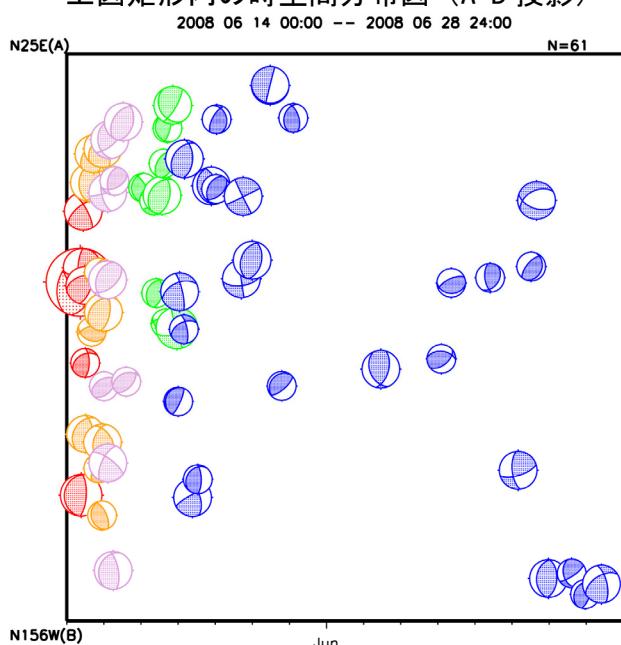
第10図 余震分布における臨時観測点の効果

Fig.10 Effect of temporary observation points for hypocenter distributions

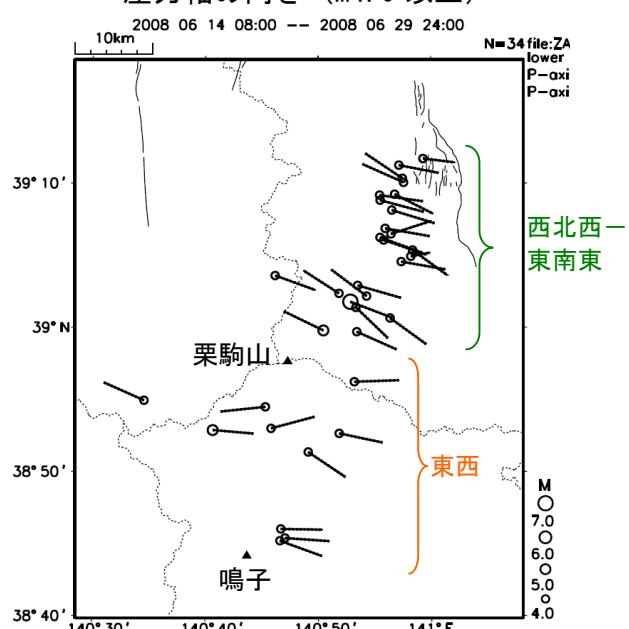
平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震 発震機構



上図矩形内の時空間分布図 (A-B 投影)



圧力軸の向き (M4.0 以上)



ほとんどの地震は、本震も含めて北西—南東方向～東西方向に圧力軸を持つ逆断層型（一部に横ずれ断層型あり）。本震のすぐ南東には南北方向に圧力軸を持つ逆断層型の地震もある。また、本震の北東に南北方向に張力軸を持つ正断層型の地震もある。

圧力軸の向きは、栗駒山より北ではほぼ西北西—東南東方向であるが、南ではほぼ東西方向。

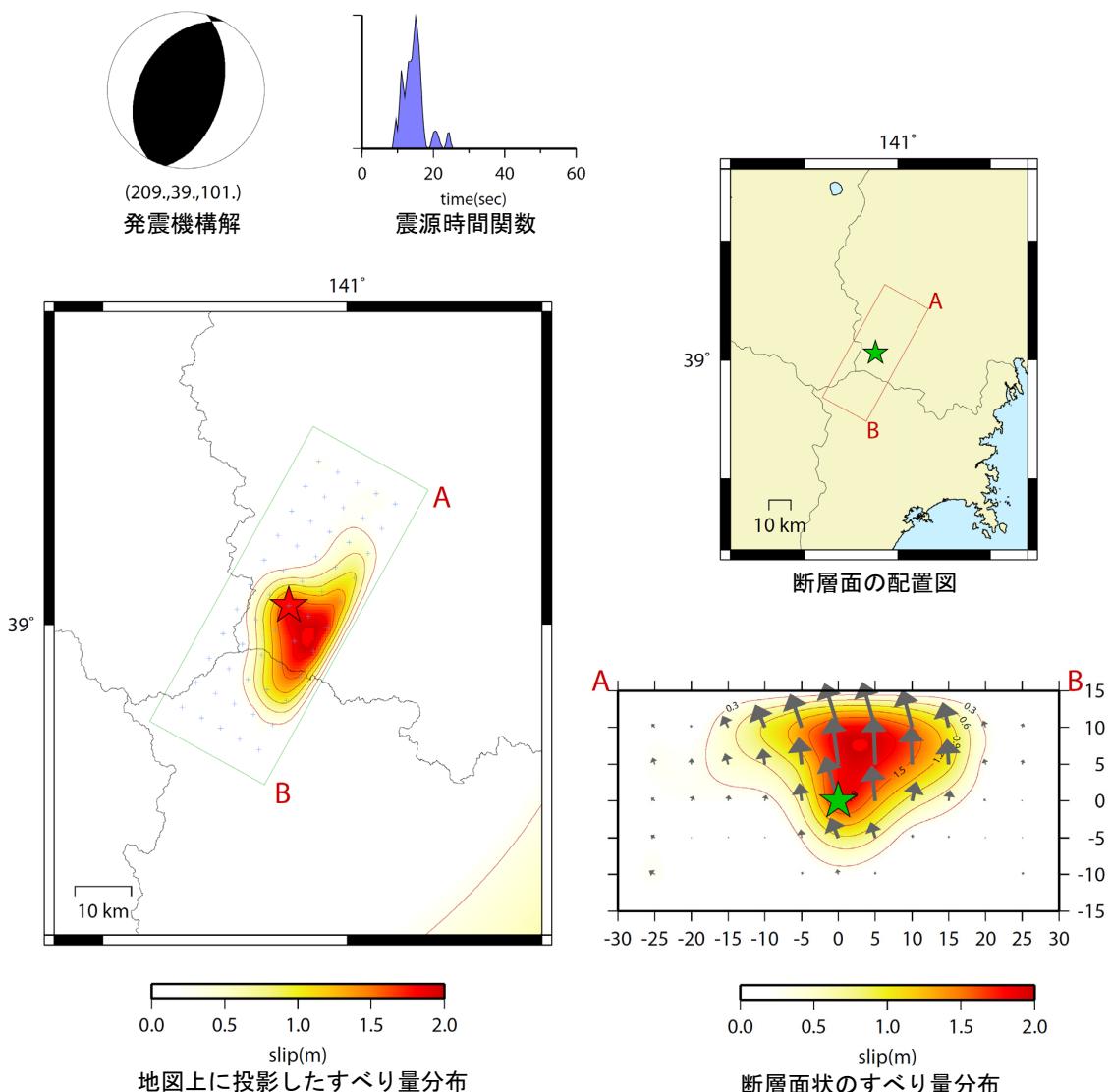
第11図 発震機構
Fig.11 Mechanisms

「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」の遠地実体波による震源過程解析

「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」について、米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を利用した震源過程解析（※1）を行った。断層面には気象庁の P 波初動解の西傾斜の節面を用い、破壊開始点は気象庁一元化震源の位置とした。断層面上のすべりの領域は、震源より深い場所に広がっており、また、すべり量の大きな領域は破壊開始点の南側に存在することが推定できる。

SOUTHERN IWATE PREF 2008/06/14 08:43:45 $M_j=7.2$

Initial 39.030N 140.881E 8km
 $M_0 = 0.202E+20 \text{Nm}$ $M_w = 6.8$

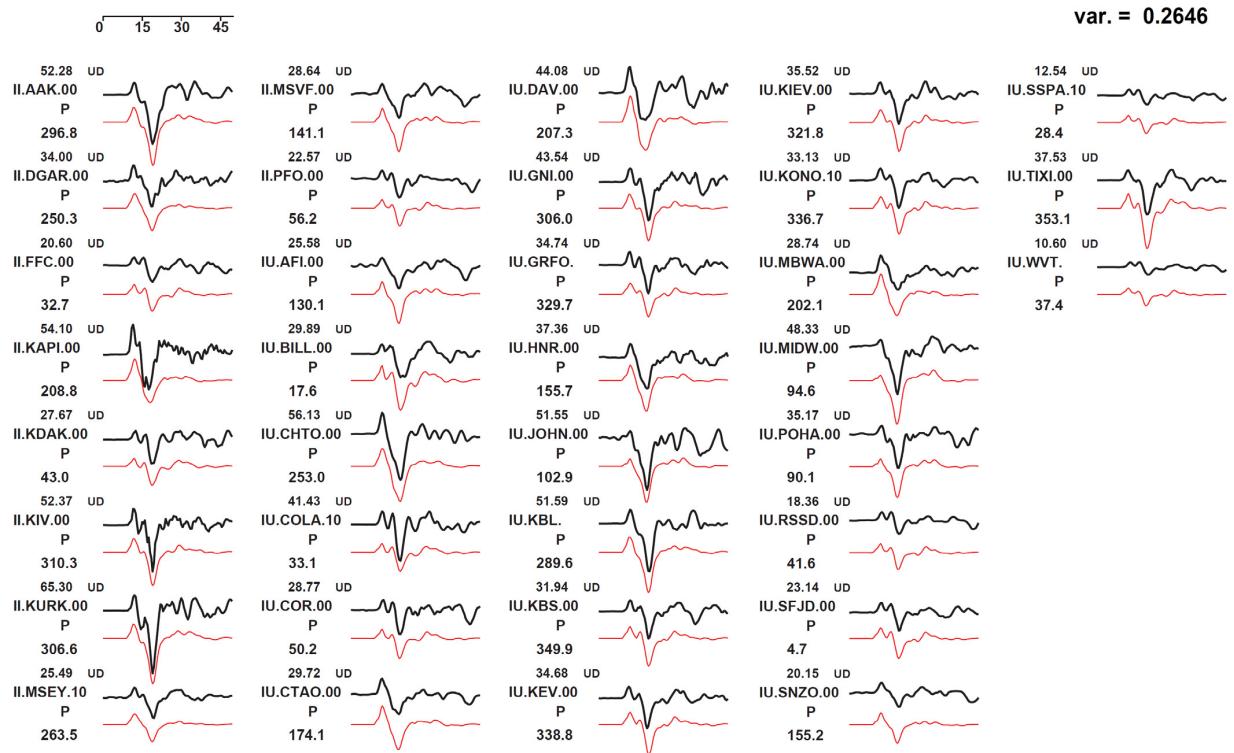


(※1) 解析に使用したプログラム

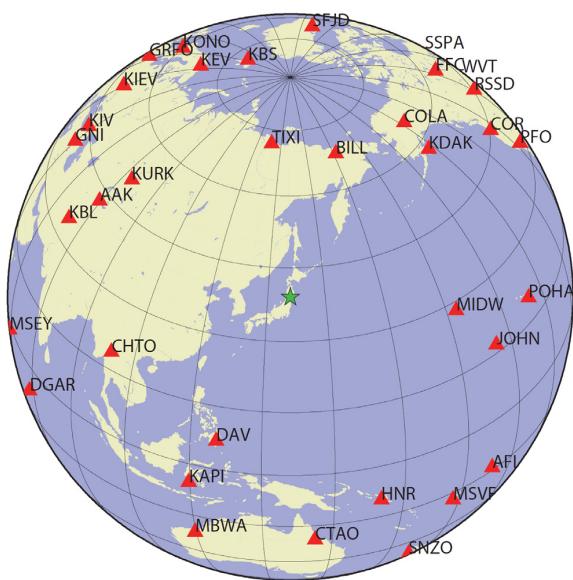
M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

第12図 遠地実体波による震源過程解析
 Fig.12 Slip distribution estimated by teleseismic body-wave inversion

観測波形（黒線）と理論波形（赤線）の比較



観測点配置図

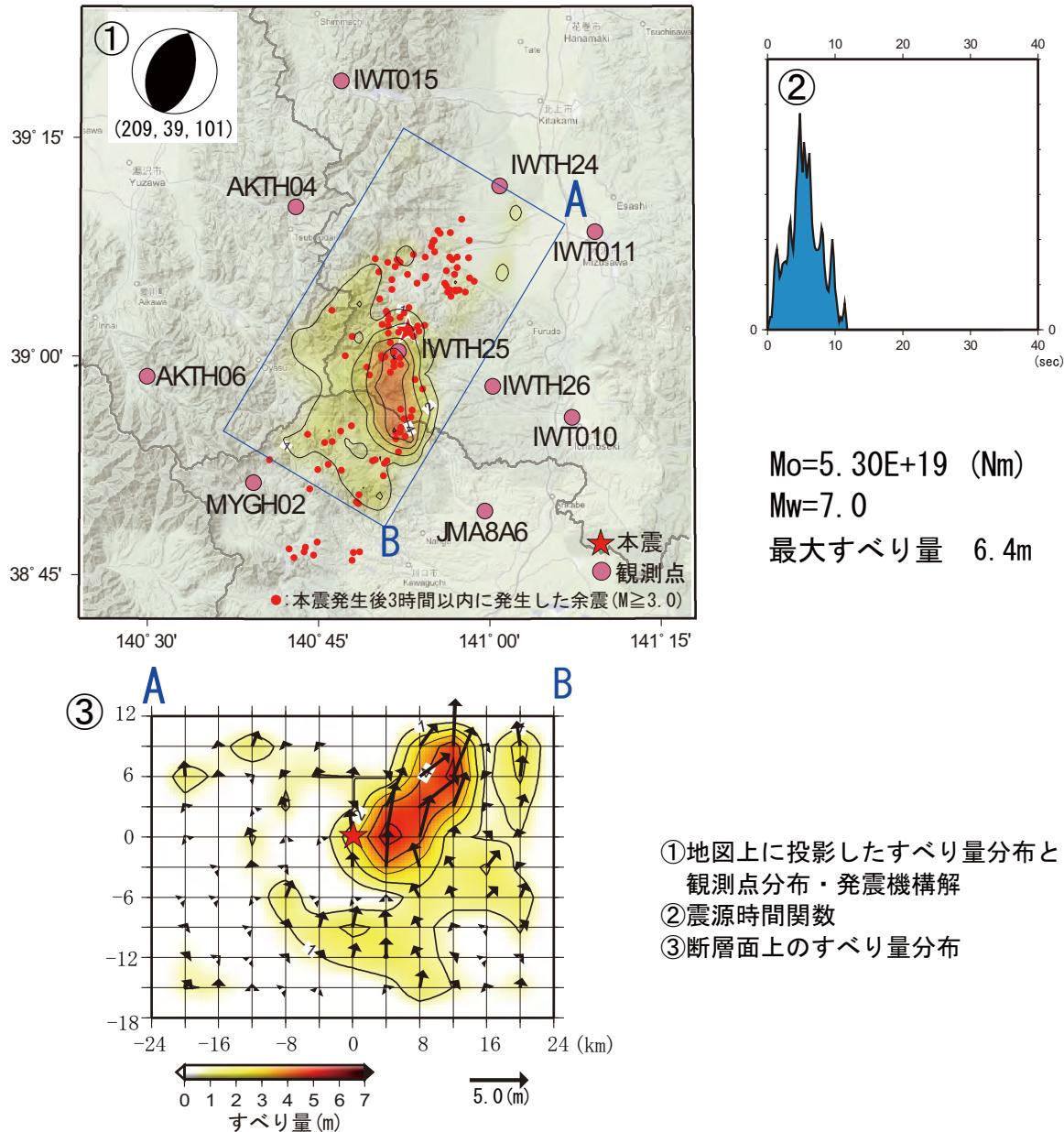


※IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用

第12図 遠地実体波による震源過程解析
Fig.12 Slip distribution estimated by teleseismic body-wave inversion

近地波形を用いた2008年6月14日岩手・宮城内陸地震のすべり量分布

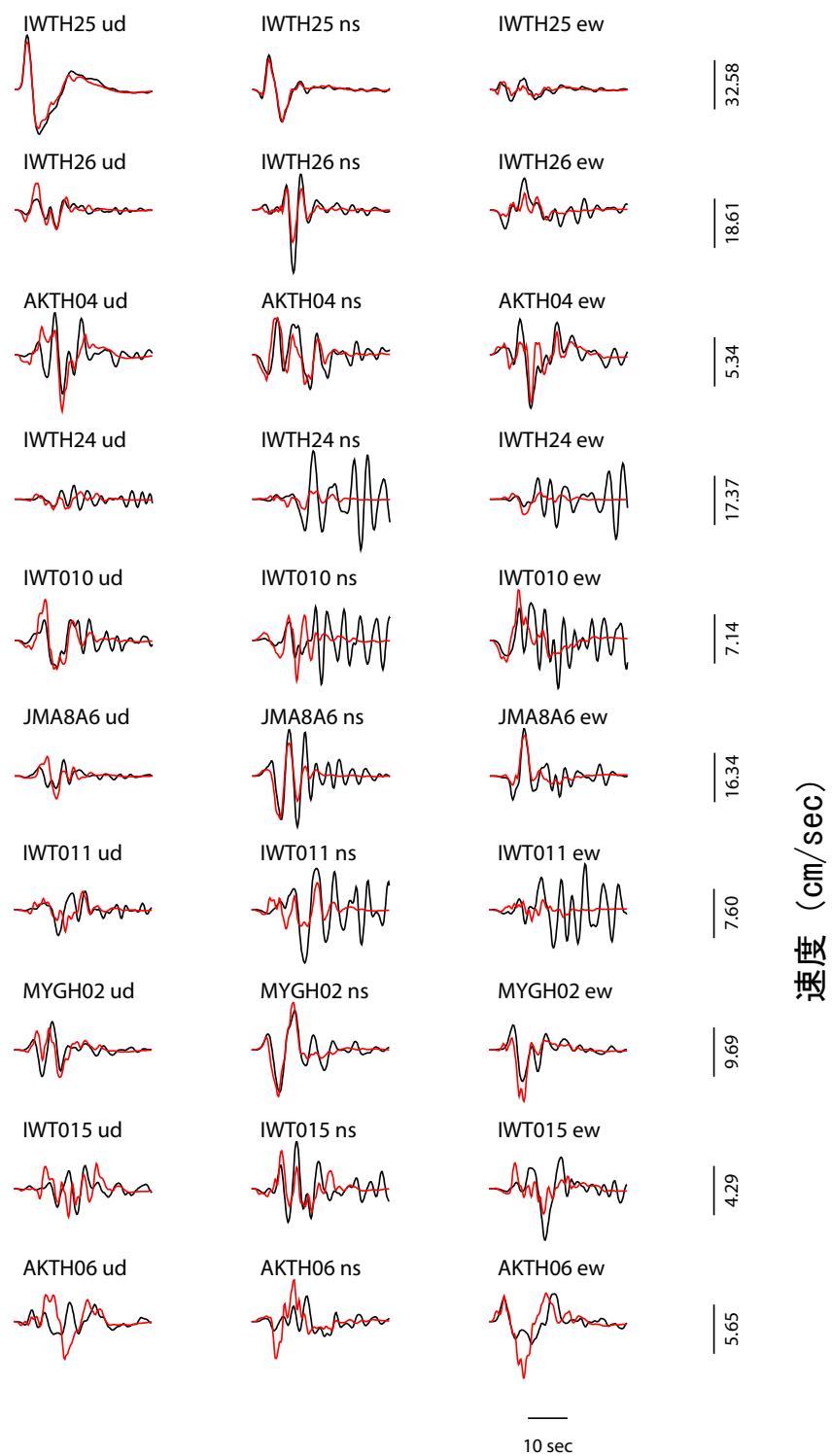
2008年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震(M7.2)について、近地地震波形を使用して震源過程解析を行い、断層面上のすべり量分布を推定した。本解析では吉田(2005)¹⁾と同様に、波形計算には武尾(1985)²⁾の手法を用い、インバージョンにはmultiple time window法を用いた。データは気象庁の震度計および(独)防災科学技術研究所のK-NET・KiK-netの強震波形を用い、破壊開始点には気象庁の本震の震源(深さ8km:図中星印で表記)を使用した。また、断層面は気象庁の初動発震機構解の西傾斜の面(①参照)を使用した。



参考文献

- 1) 吉田康宏, 近地地震波形解析による震源過程, 気象庁技術報告「平成15年(2003年)十勝沖地震調査報告」, 第126号, 9-14, 2005.
 - 2) 武尾実, 非弾性減衰を考慮した震源近傍での地震波合成ー堆積層での非弾性減衰の効果についてー, 気象研究所研究報告, 第36巻, 245-257, 1985.
- (独)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。記して感謝します。

第13図 近地地震波形を用いた震源過程解析
Fig.13 Slip distribution estimated by near-field waveform inversion

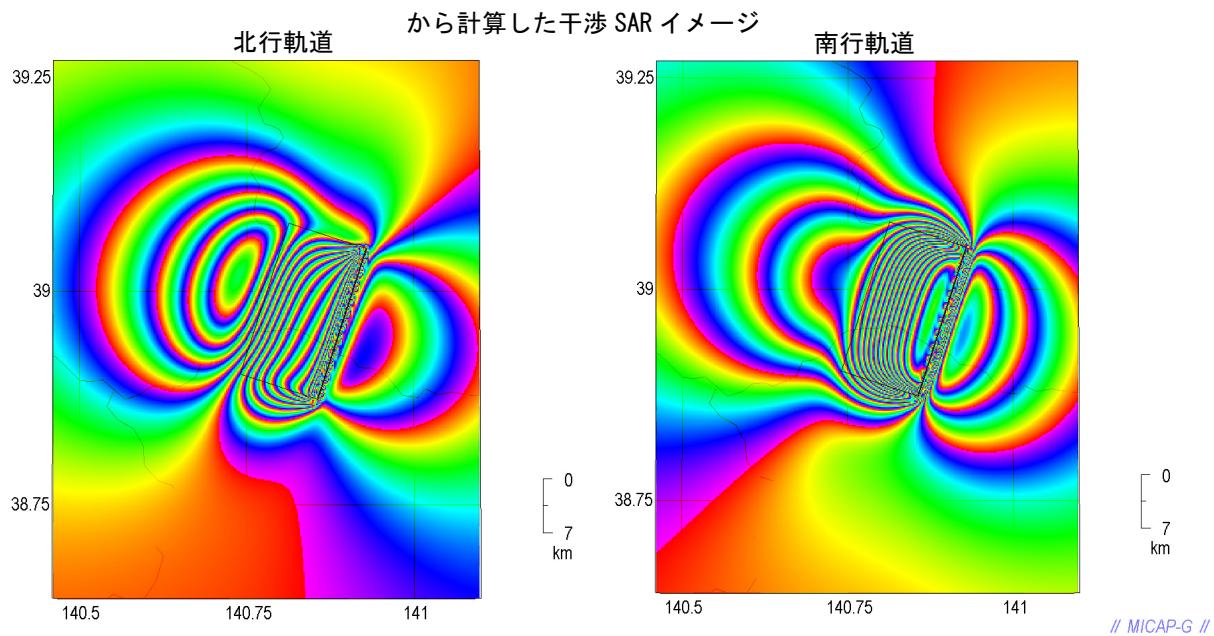


観測波形（黒線）と理論波形（赤線）

第13図 近地地震波形を用いた震源過程解析
Fig.13 Slip distribution estimated by near-field waveform inversion

各断層モデルの干渉 SAR イメージ（理論値）

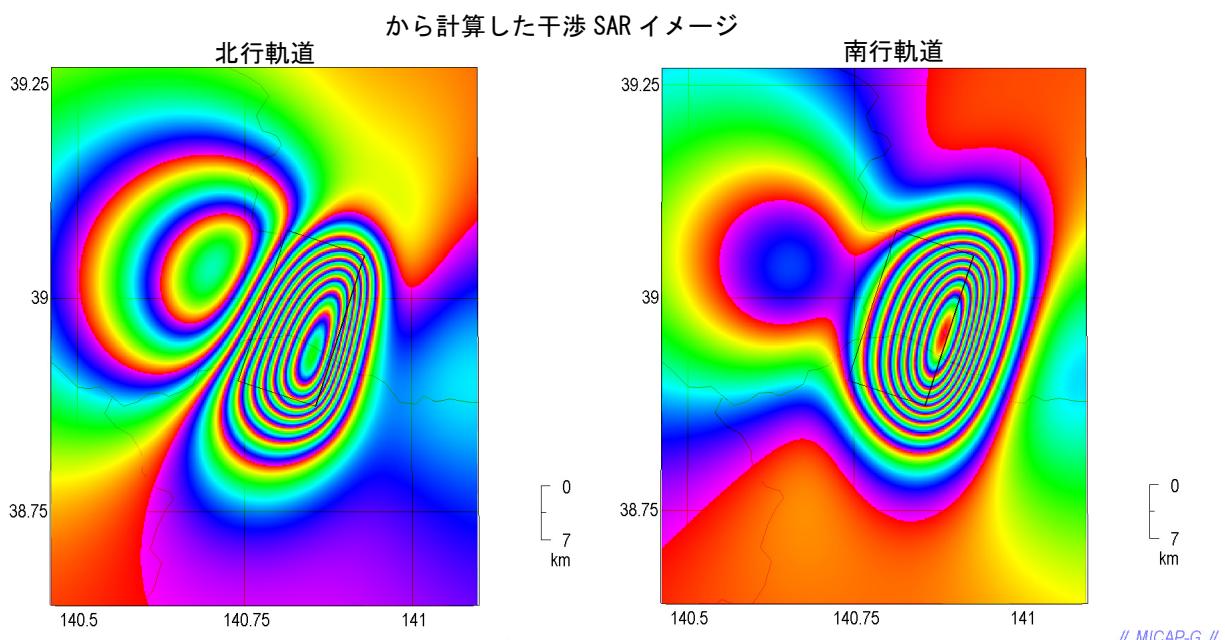
国土地理院による GEONET (GPS) で観測された変位を説明する断層モデル（下表）



緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	すべり角	すべり量
39.05°	140.93°	0.4km	20km	12km	198°	31°	74°	3.5m

[2008年6月18日 平成20年(2008年) 岩手・宮城内陸地震に伴う地殻変動(第2報)の断層モデルを使用]

国土地理院による断層モデルの深さだけを5kmに変えた断層モデル（下表）

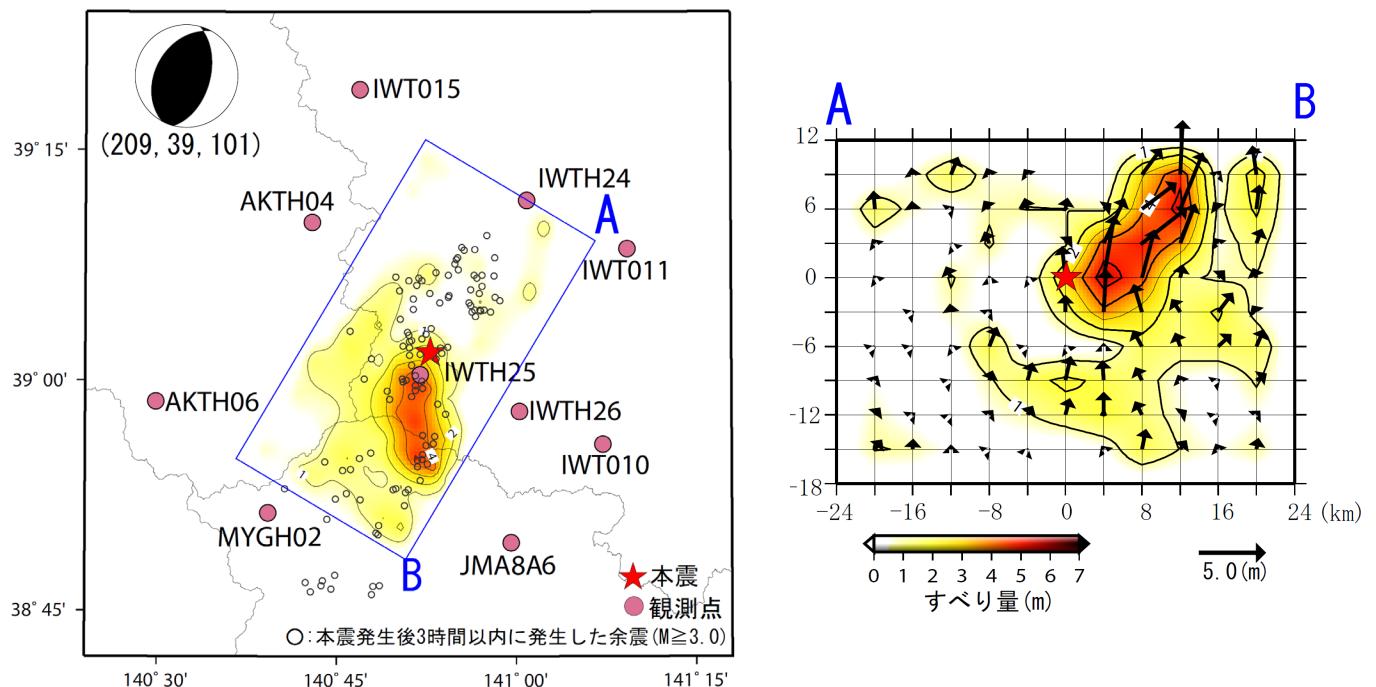


緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	すべり角	すべり量
39.05°	140.93°	5.0km	20km	12km	198°	31°	74°	3.5m

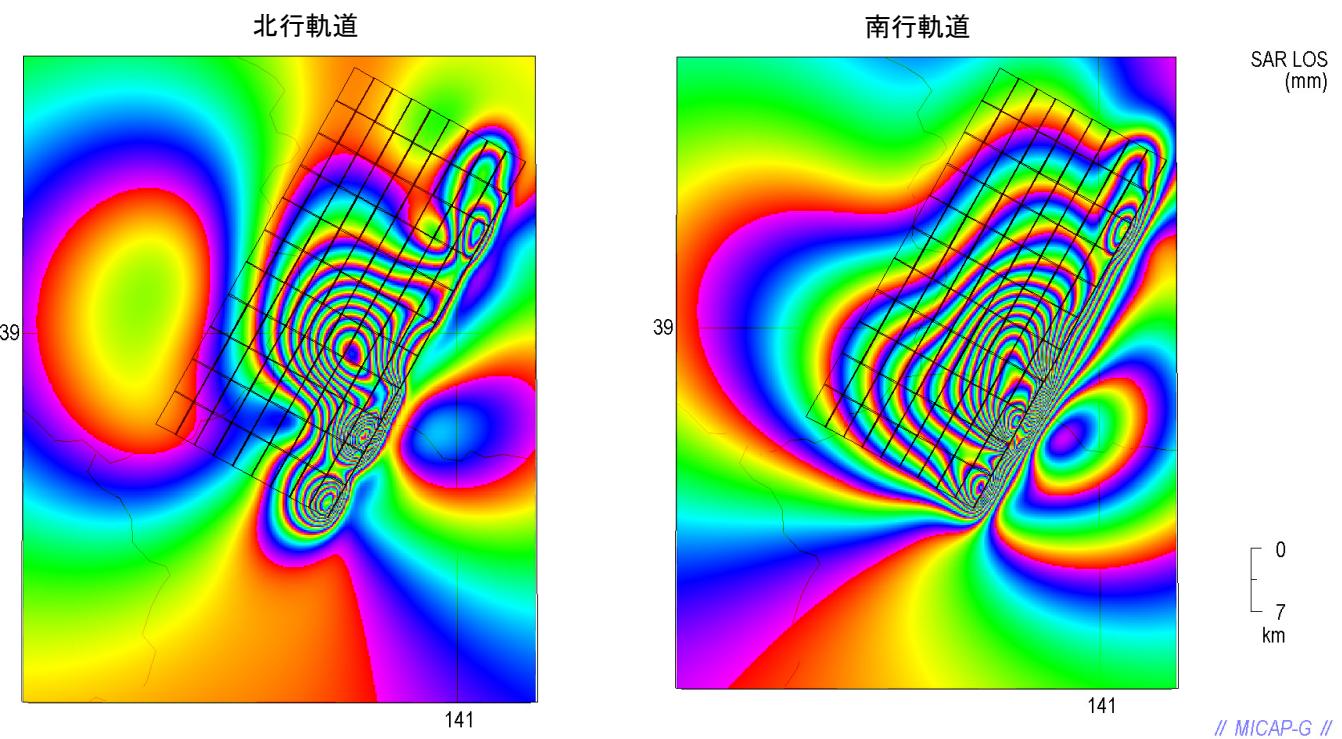
第14図 干渉SARイメージの理論値と解析結果

Fig.14 Theoretical figures and analysis results of interference SAR

近地地震波形解析によるすべり分布

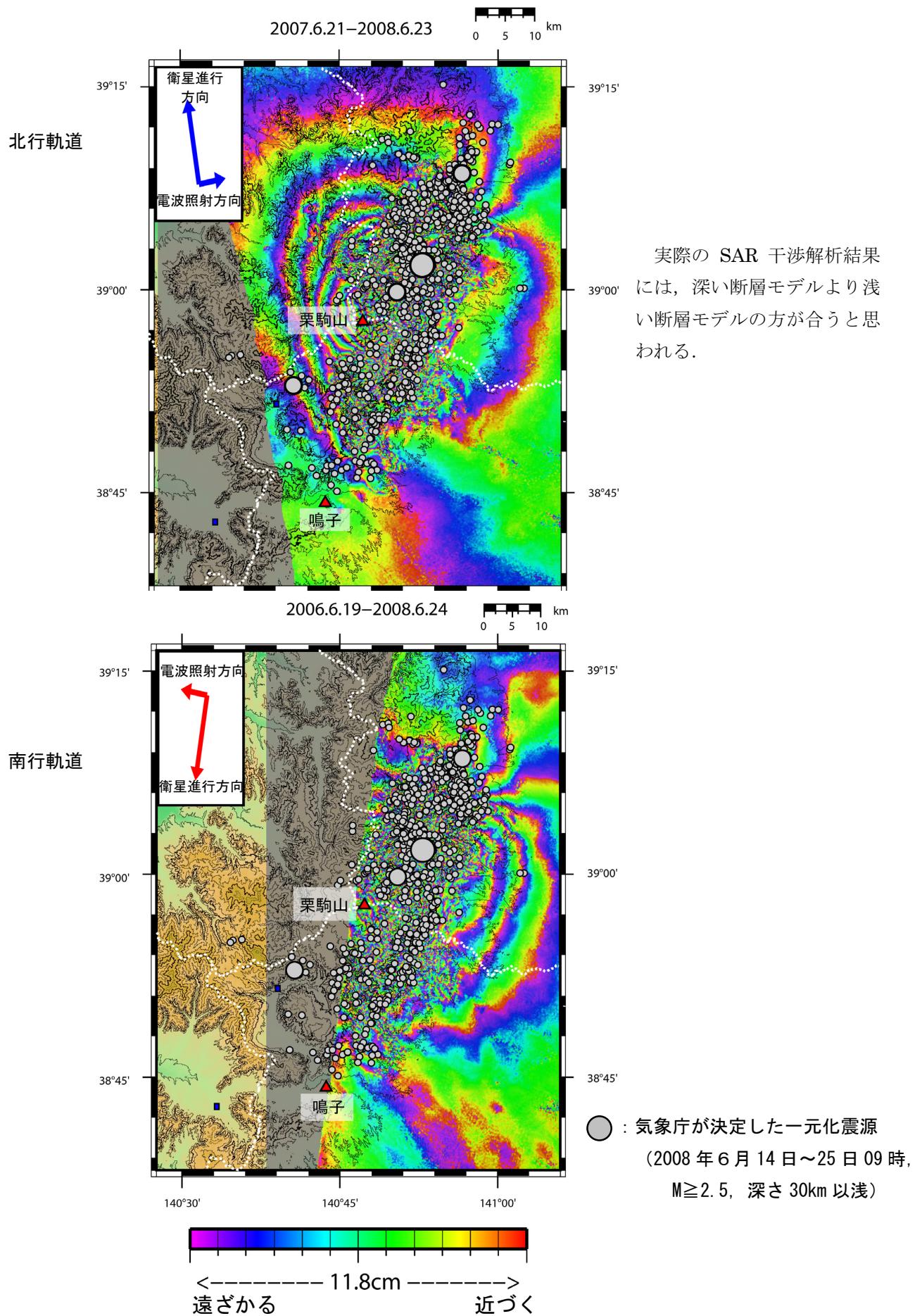


近地地震波形解析によるすべり分布から計算した干渉 SAR イメージ



第14図 干渉SARイメージの理論値と解析結果
Fig.14 Theoretical figures and analysis results of interference SAR

SAR 干渉解析結果

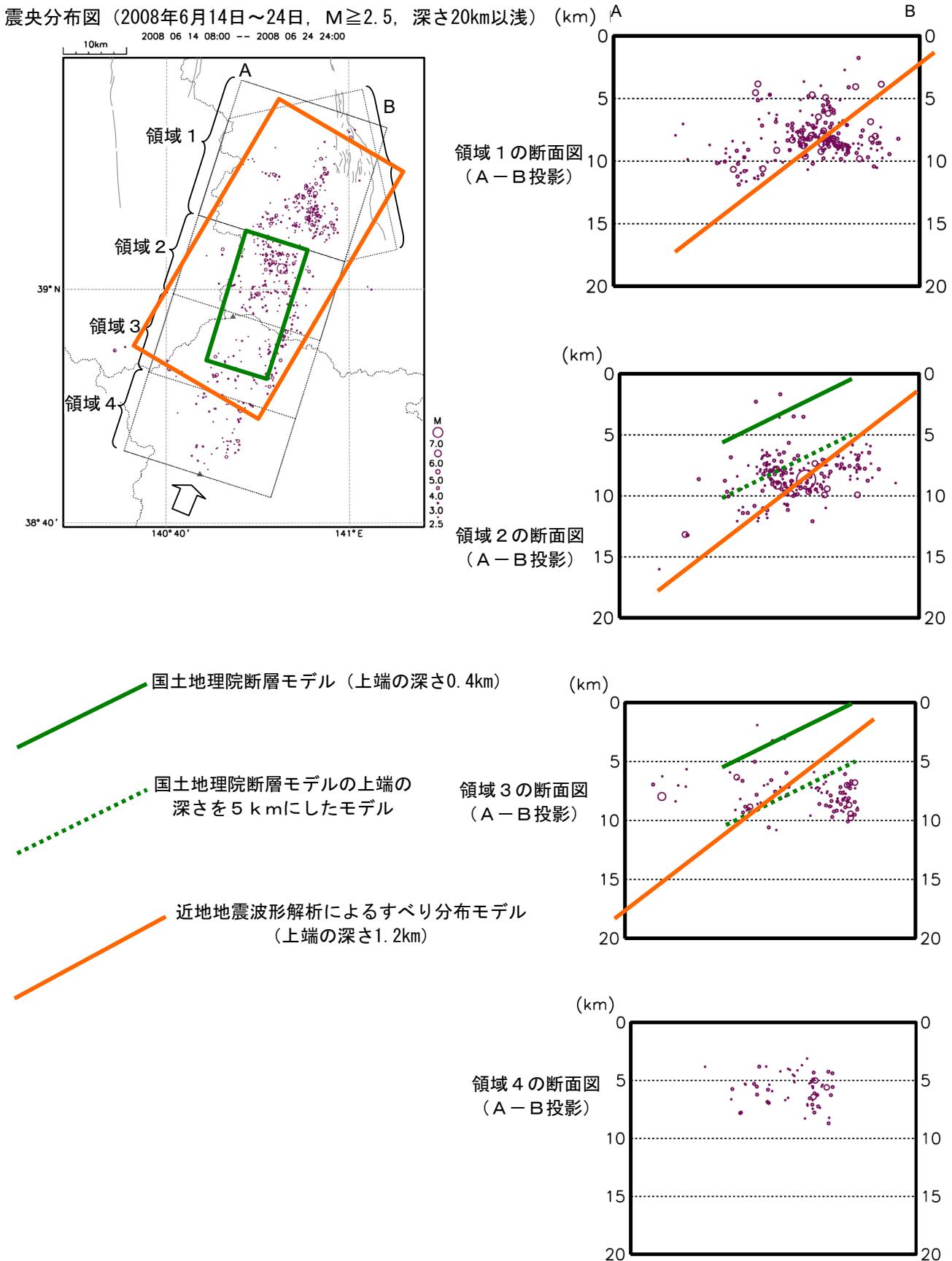


第14図 干渉SARイメージの理論値と解析結果

Fig.14 Theoretical figures and analysis results of interference SAR

余震分布と各断層モデルの対応

(臨時観測点と三次元速度構造を用いて観測点補正値を求め、波形相関を用いた三次元DD法により決定した震源使用)

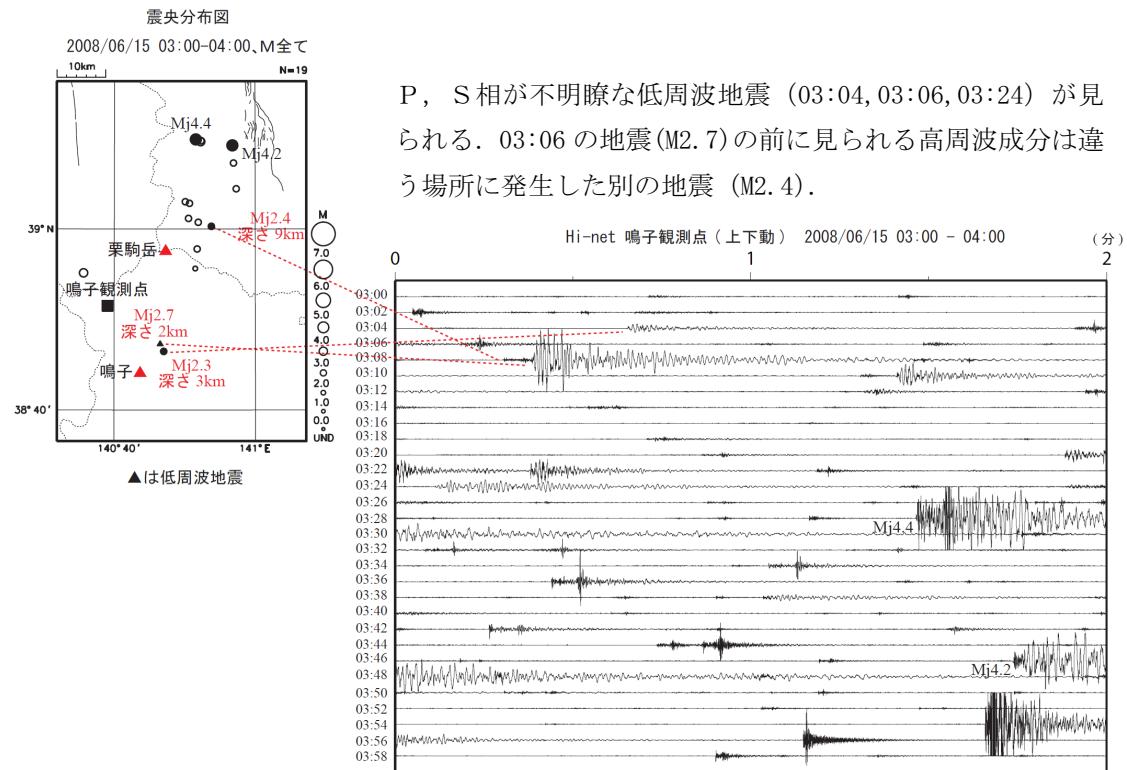
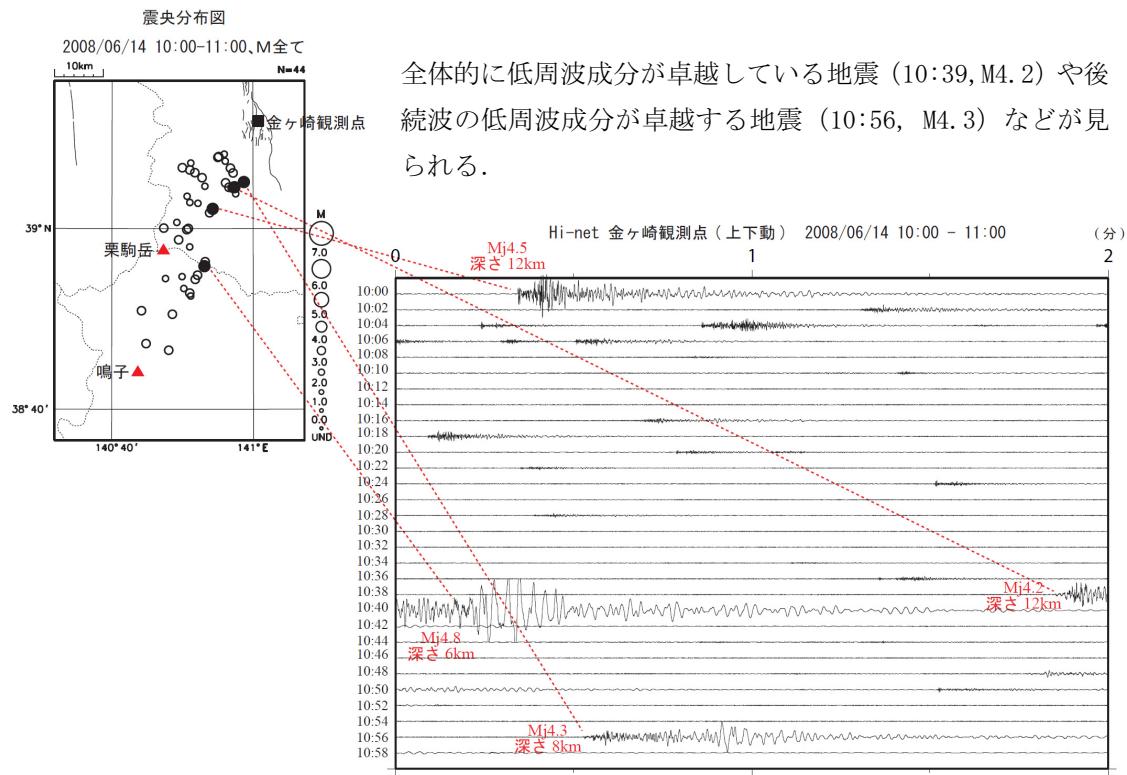


第15図 余震分布と断層モデルの対比
Fig.15 Superposition of aftershock distribution and fault models

岩手・宮城内陸地震の余震域に見られる低周波地震活動

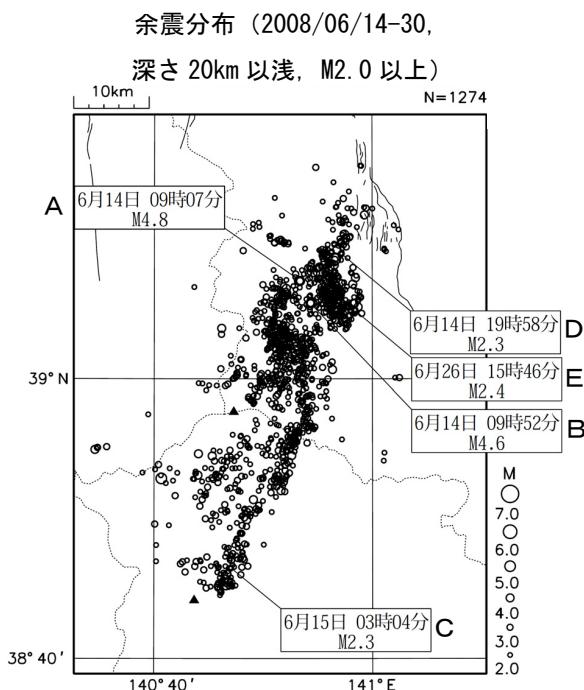
余震域北部に低周波地震が集中して分布

岩手・宮城内陸地震の余震域に低周波地震活動が見られる。特に余震域北側で発生する地震と火山の近くで発生している地震に多く見られる。



第16図(a) 余震域に見られる低周波地震活動
Fig.16(a) Low-frequency earthquakes in aftershock area

波形・スペクトル比較

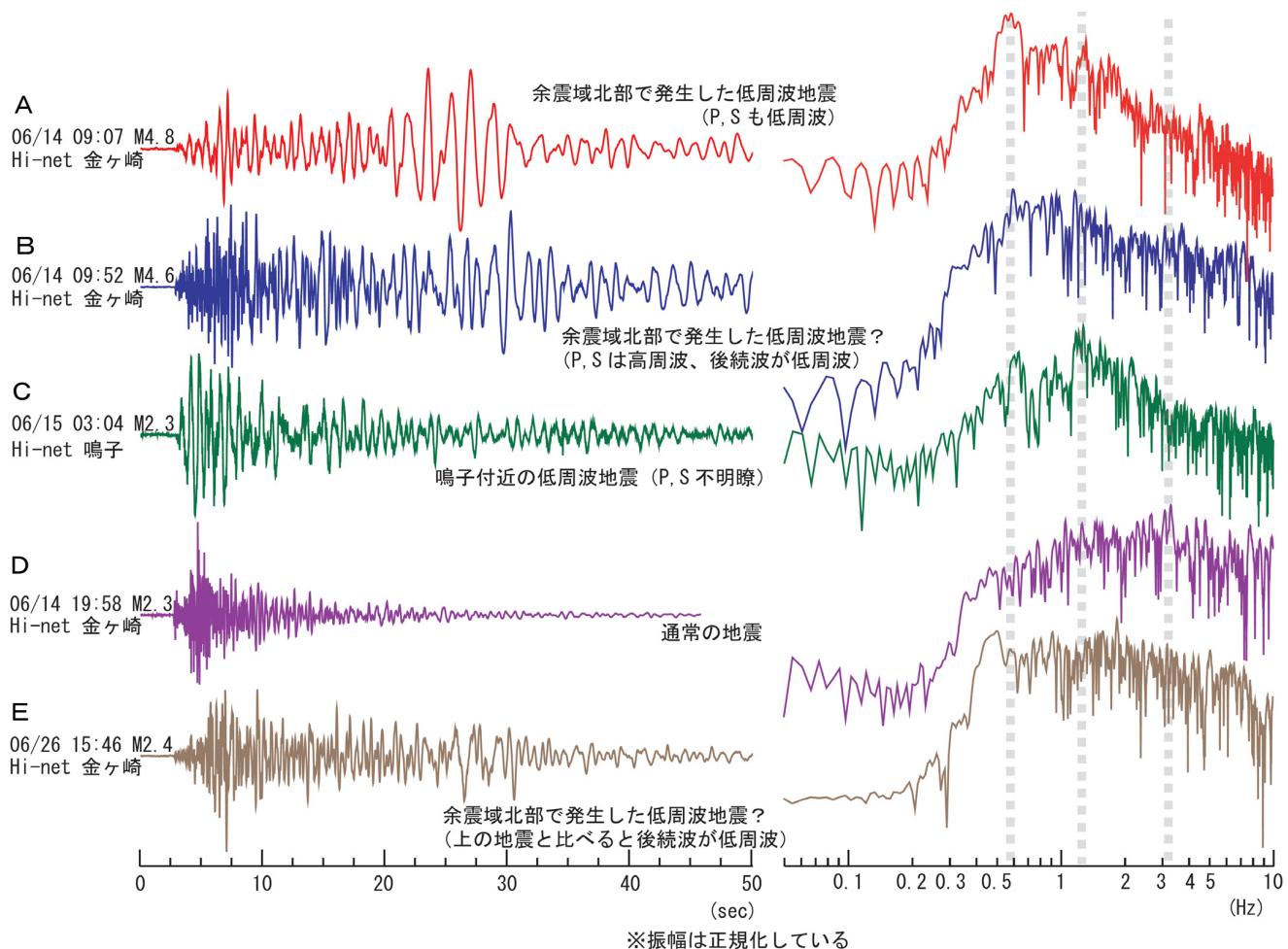


波形とスペクトルから大きく 3 つの種類の低周波地震が存在する。

- ① 下記波形例の A→P, S 波も含めて全体的に低周波 (0.6Hz 周辺にピーク)
- ② 下記波形例の B, E→P, S 波は明瞭で短周期 (1Hz, 3Hz 周辺にピーク) だが、その後続波が低周波 (0.6Hz 周辺にピーク)
- ③ 下記波形例の C→P, S 波が不明瞭で、全体的に低周波 (0.6Hz, 1Hz 周辺にピーク)

※ ③の地震は鳴子付近で発生している。

※ 一方、①や②の地震は、余震域北部で多く発生している。



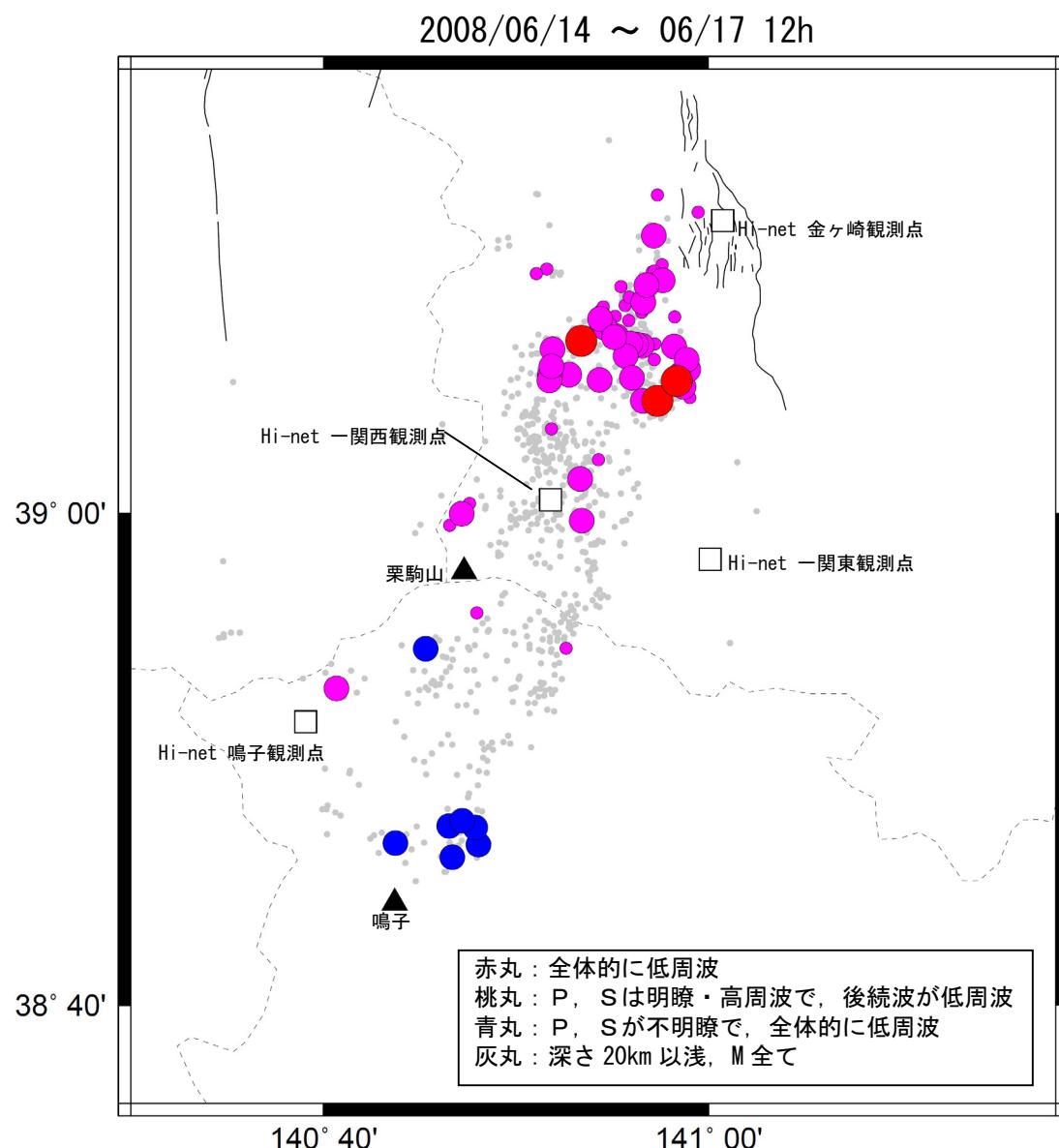
第16図(b) 余震域に見られる低周波地震活動
Fig.16(b) Low-frequency earthquakes in aftershock area

低周波地震の位置

低周波地震について、周辺の Hi-net の観測点（金ヶ崎、一関西、一関東、鳴子）の波形を確認し（ただし、一関西観測点の波形断になるまでの期間），

- ① P, S 相は明瞭、全体的に低周波である地震（赤丸）
- ② P, S 相は明瞭で高周波だが、後続波が低周波である地震（桃丸（判断が難しい地震を小さい丸））
- ③ P, S 相が不明瞭で、全体的に低周波である地震

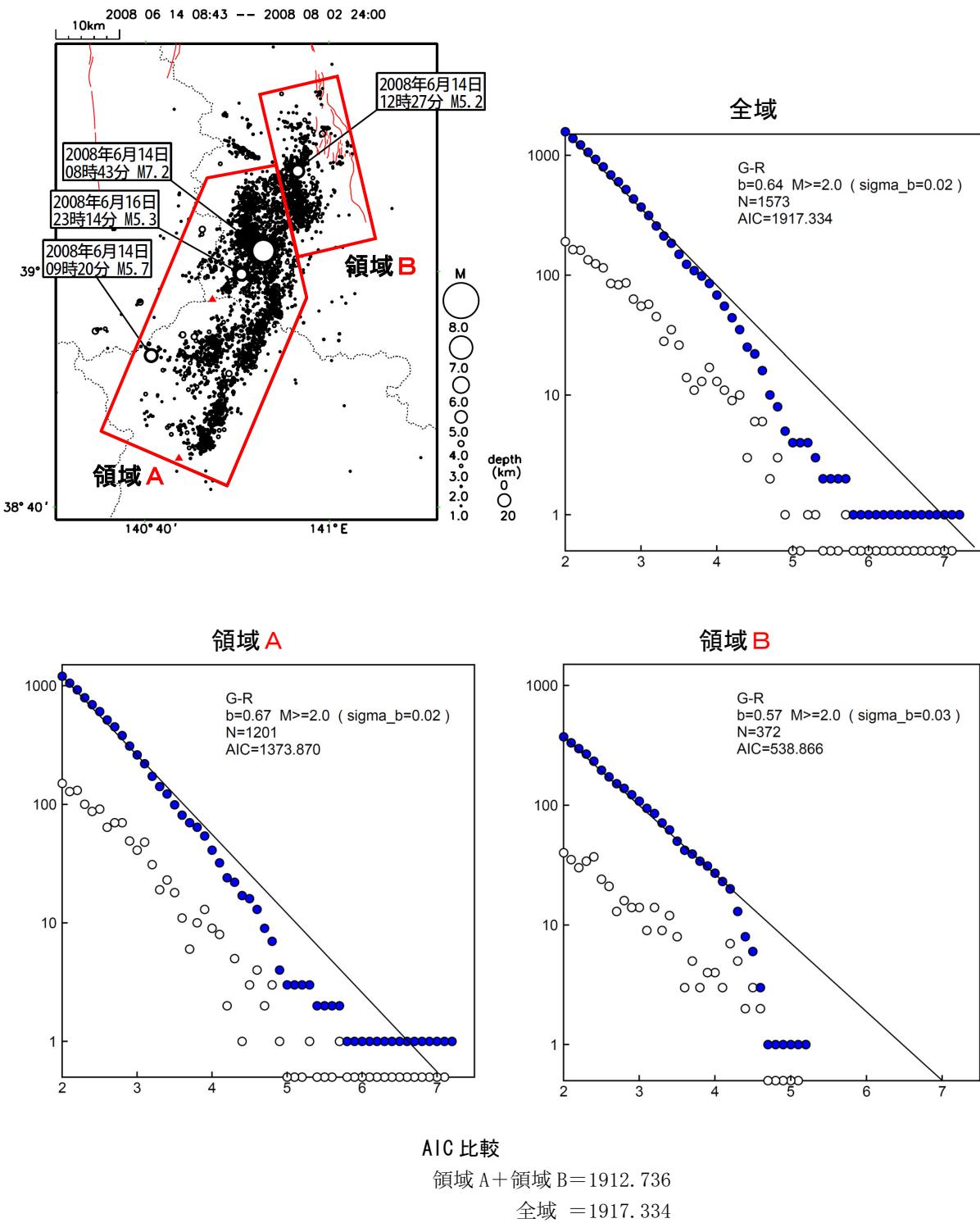
に分類分けした。その分布図を以下に示す。余震域北部に低周波地震が集中して分布している。



第16図(c) 余震域に見られる低周波地震活動
Fig.16(c) Low-frequency earthquakes in aftershock area

岩手・宮城内陸地震のM度数分布比較

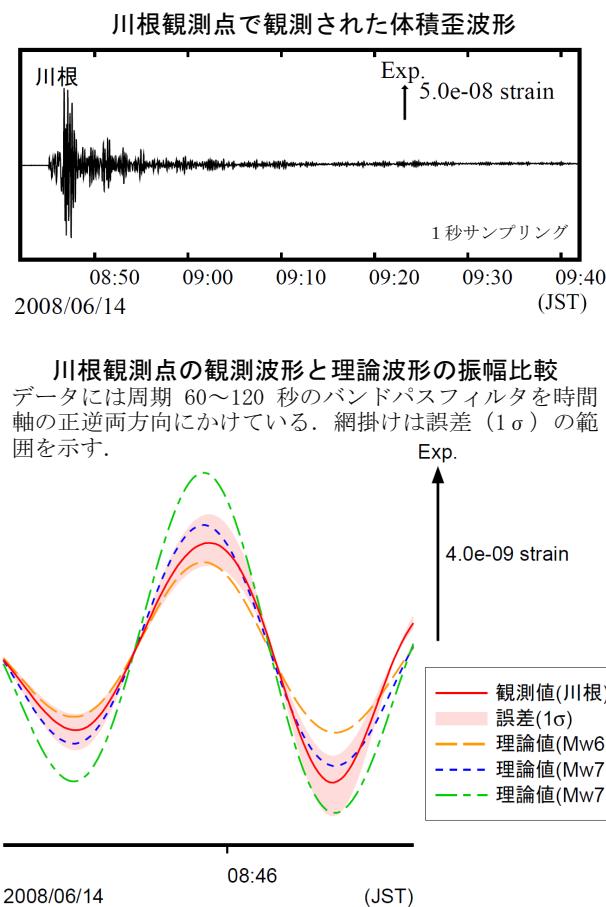
出店断層付近では、小粒の地震（M4～5）の数に比べて大きい地震の数が少ない。



第17図 M度数分布比較
Fig.17 Comparison of magnitude-frequency distributions

岩手・宮城内陸地震 体積歪計の記録から推定される Mw

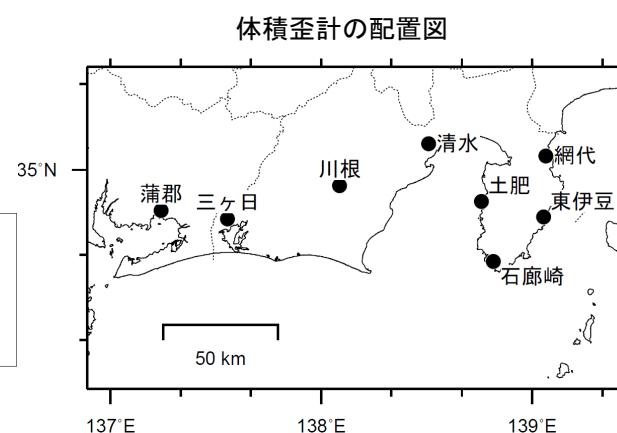
歪変化から推定される Mw は 6.9~7.0



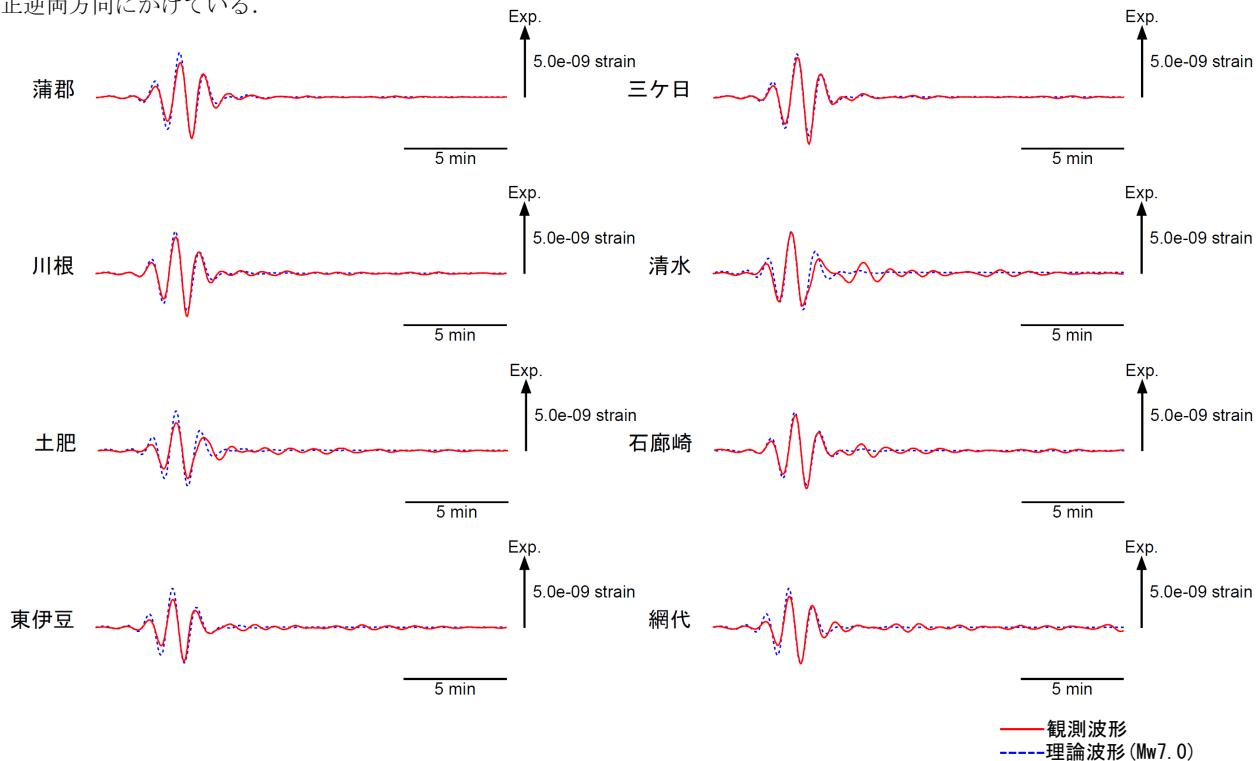
気象庁が東海地域に設置している埋込式体積歪計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

理論体積歪は Global CMT 解を用い、一次元地球構造モデル PREM の固有モード周期 45 秒~3300 秒の重ね合わせにより計算した。その際に、スカラーモーメント量を Mw6.9 相当から 7.1 相当まで 0.1 刻みで変化させて、それについて観測波形と比較した。

体積歪計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのは、Mw6.9~7.0 相当の場合であった。



理論波形と体積歪観測点 8 カ所の観測波形との比較
データには周期 60~120 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけています。



第18図 体積歪計の記録から推定される Mw

Fig.18 Moment magnitude estimated from strain seismograms recorded by borehole volume strainmeters