

3-19 2008年7月24日岩手県沿岸北部の地震 (M6.8) について

The M6.8 Earthquake in the Northern Coast of Iwate Prefecture on July 24, 2008

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

1. 地震の概要

2008年7月24日00時26分に岩手県沿岸北部の深さ108kmでM6.8 (最大震度6弱※) の地震が発生した (第1図) . この地震により死者1名, 負傷者211名, 全壊1棟, 一部破損377棟の被害があった (総務省消防庁調べ, 11月17日第24報) . この地震の発震機構 (CMT解) は太平洋プレートが沈み込む方向 (東西方向) に張力軸を持つ型で, 太平洋プレート内部の二重地震面の下面で発生した地震である.

2. 余震分布および発震機構

第2図に, 本震及び余震について波形相互相関を取り, 三次元速度構造¹⁾を用いて Double-Difference法²⁾を適用し震源再計算を行った結果を示す. 二重地震面の下面を上から下へ切るような断層面を想起させる余震分布が見える. このことから, 発震機構 (CMT解) (第1図) の2つの節面のうち, 高角な南北走向の面が断層面であったと考えられる.

本震の発震機構は, CMT解とP波初動解が異なっていた (第3図) . CMT解は東西方向に張力軸を持つ型であったが, P波初動解は北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型であった. 最大余震 (2008年7月24日11時27分M4.8) はCMT解とP波初動解がほぼ同じであった. このことから, 本震は初期破壊と主破壊が異なるメカニズムを持つ, いわゆるマルチプルショックのイベントであったと考えられる. このことは, 次項の時空間分布解析結果からも示唆される.

3. 震源過程

第4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³⁾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CMT解の高角の節面を用いた. 得られた滑り分布は, 破壊開始点近傍に大きな滑りが集中したものとなった. 観測波形と理論波形の合い具合はおおむね良いが, 震源から北西側にあるいくつかの観測点では, 初動部分で観測波形と理論波形の極性が異なっていた. これは, 前述のように初期破壊と主破壊のメカニズムが異なっていることと関連があると思われる.

そこで, 初動部分のみの波形を用い, 反復はぎとり法によるサブイベントの時空間分布解析³⁾を行うことにより, 初期破壊のメカニズム抽出を試みた (第5図) . 初動部分が2つのイベントの波形から成っていると仮定した場合 (2つのサブイベントとして解析した場合) , 主たる破壊の2秒ほど前にやや異なる発震機構のイベントが推定された. また, この場合, 初動部分を1つのイベントの波形から成るとした場合に比べて波形の合い具合が改善された. 求められた初期の小さなイベントの発震機構は, 気象庁P波初動解と似ている. また, 初動部分全体の発震機構を求めたところ, 気象庁CMT解とよく似た解が求まった.

4. 体積歪計の記録から推定されるMw

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6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Mw6.8~6.9の場合であることがわかった。

※最大震度について

本震発生時に最大震度6強を観測した岩手県整備の岩手県洋野町大野の震度観測点は、地震後の現地調査で震度計台と地面の間に数ミリの隙間が見られたことから、2008年7月25日に気象庁の臨時震度計 (以下「気象庁臨時震度計」と呼ぶ) を洋野町役場大野庁舎内に設置し、岩手県整備の震度計 (以下「岩手県大野震度計」と呼ぶ) と比較観測を開始した。2008年10月までに両震度計で震度1以上が観測された4回の地震について震度データを比較したところ、岩手県大野震度計は気象庁臨時震度計に比べて震度階級で1以上 (計測震度で平均1.6) 大きな震度を観測していることが判明した。比較した地震は震度1程度の弱いゆれの地震のみであり、これらの地震の比較結果のみから震度6弱や震度6強のような強い揺れの評価をするには難しい面があるが、防災上取り扱われる震度の品質管理の観点から検討した結果、気象庁が発表する震度の品質としては適切でないと判断し、本震発生時以降気象庁臨時震度計を運用する7月25日18時までの間の3回の地震 (24日0時26分M6.8, 24日11時27分M4.8, 25日17時59分M3.7) については、岩手県大野震度計で観測された震度は不明として取り扱うこととした。この結果、本震の最大震度は震度6強から震度6弱に変更となった。

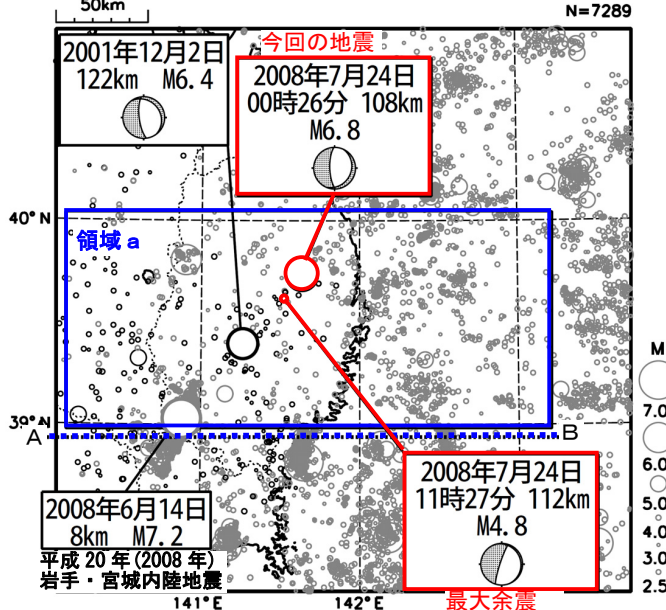
参 考 文 献

- 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) Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth : A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the Northern Hayward Fault, California, Bull. Seism. Soc. Am., 90, 1353-1368 (2000).
- 3) M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

7月24日 岩手県沿岸北部の地震

二重地震面の下面、M6.8、最大震度6弱

震央分布図 (1997年10月以降、 $M \geq 2.5$ 、深さ0~200km)
1997 10 01 00:00 -- 2008 08 03 24:00

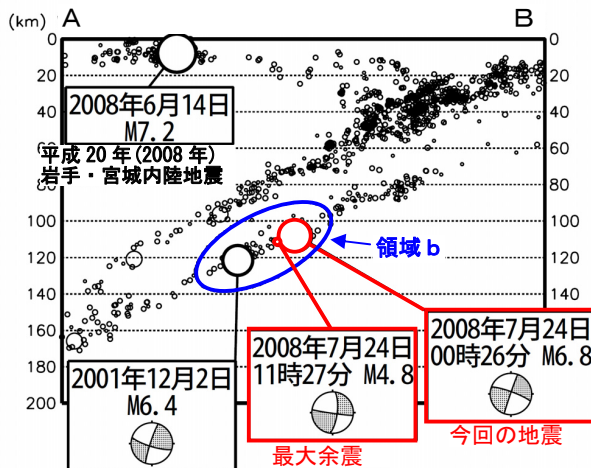


2008年7月24日00時26分に岩手県沿岸北部の深さ108kmでM6.8(最大震度6弱)の地震が発生した。この地震の発震機構(CMT解)は太平洋プレートが沈み込む方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部(二重地震面の下面)で発生した地震である。最大余震は同日11時27分に発生したM4.8(最大震度3)で、活動は減衰している。

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b)では、2001年12月2日にM6.4(最大震度5弱)の地震が発生している。

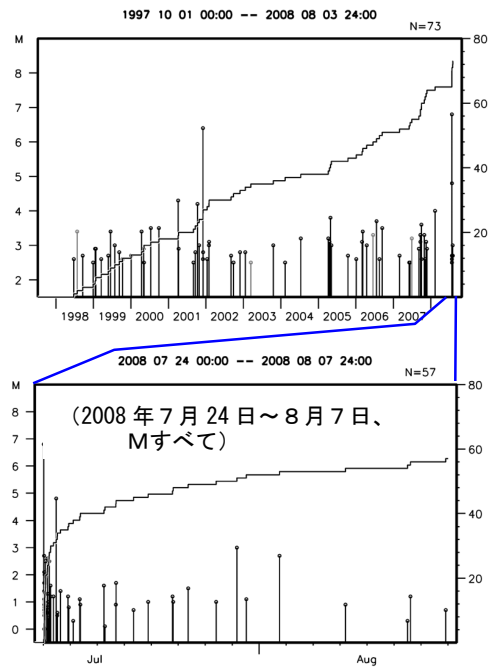
※100km以下の震源を薄く表示した。発震機構は全てCMT解(下半球投影)である。

領域a内の断面図(A-B投影)

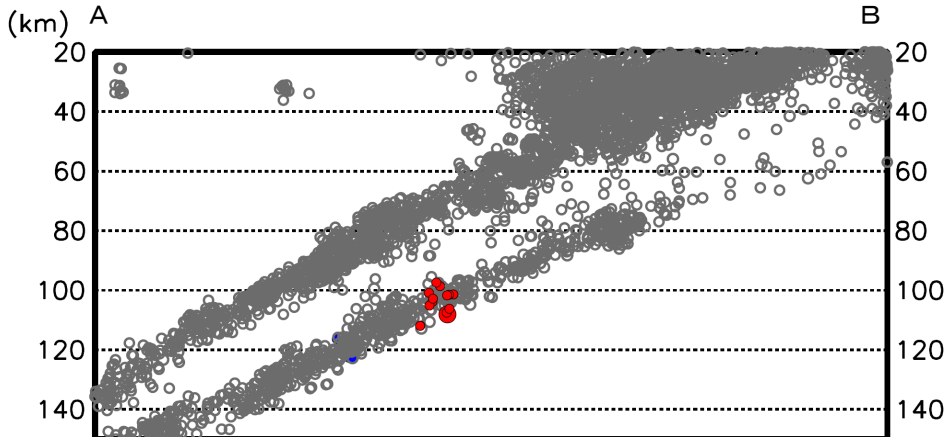


※発震機構解は断面図上に投影している

領域b内の地震活動経過図及び回数積算図



領域a内の断面図(2001年10月以降、深さ20~150km、 $M \geq 1.0$)



※2008年7月24日00時~06時に発生した地震を●で表示

第1図 2008年7月24日 岩手県沿岸北部の地震

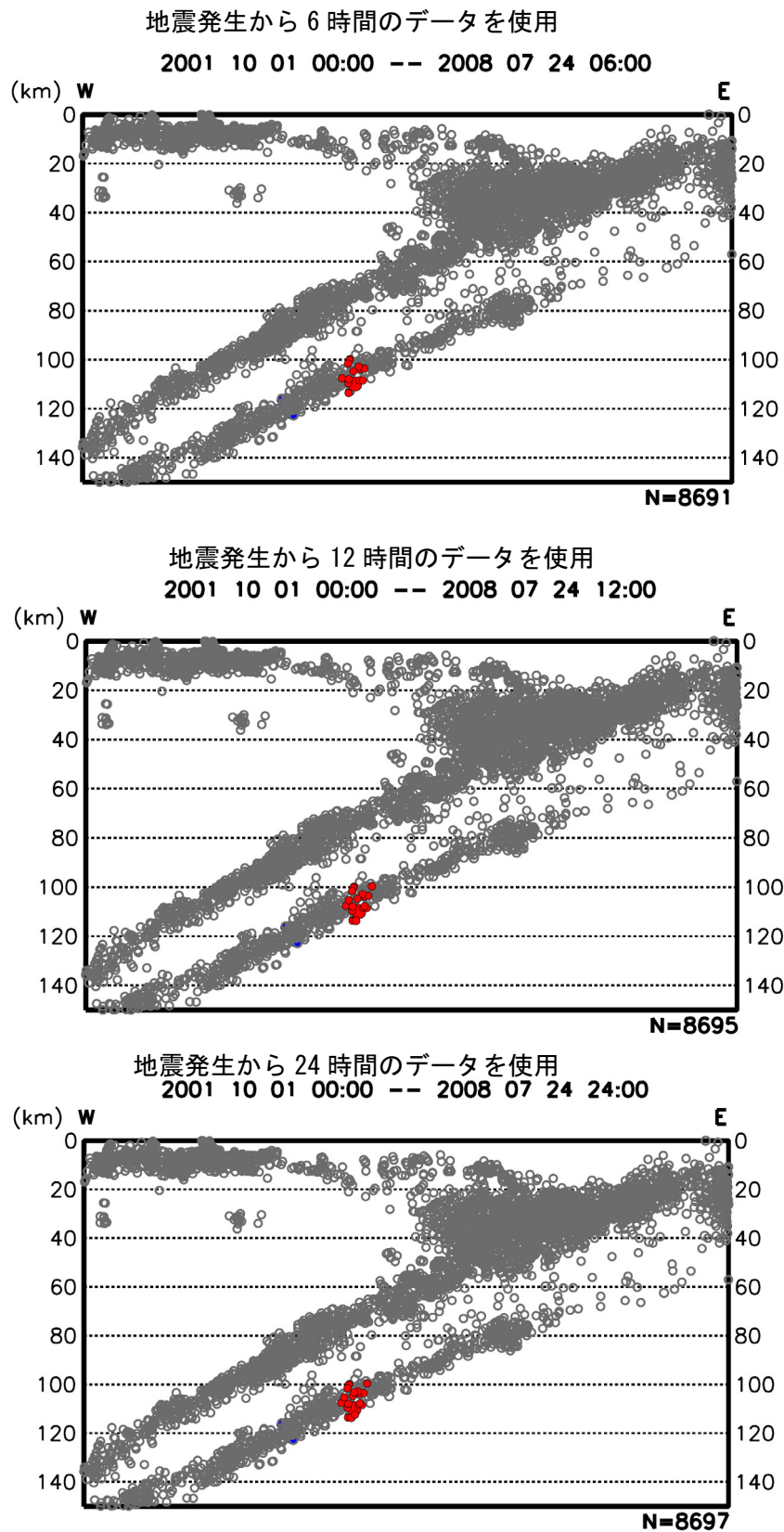
Fig.1 The earthquake in the northern coast of Iwate Prefecture on July 24, 2008

岩手県沿岸北部の地震 ($M \geq 1.0$) の断面図

波形相互相関を利用した三次元DD法

※○は2001年10月以降の地震の震源を示した。

●の震源は、今回の地震及び余震について波形相互相関を利用した三次元DD法で計算したもの。



第2図 波形相互相関を取り三次元速度構造を用いてDouble-Difference法で行った再計算震源を示した断面図

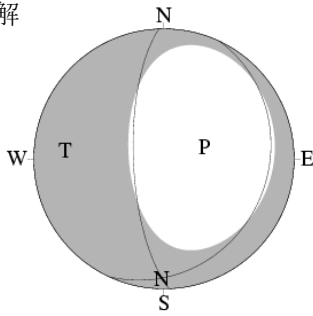
Fig.2 Cross section showing relocated hypocenters (red circles) of main shock and aftershocks by using waveform cross-correlation, 3-D velocity structure, and Double-Difference method

岩手県沿岸北部の地震の発震機構解

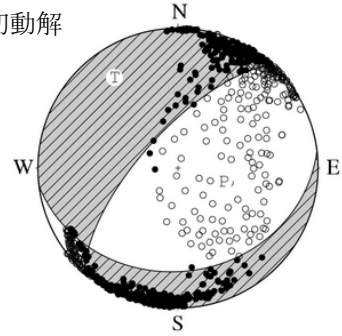
本震は CMT 解と P 波初動解が異なり、マルチプルショックの可能性がある。

本震 (7月24日 00時26分) M6.8 Mw6.8

CMT 解



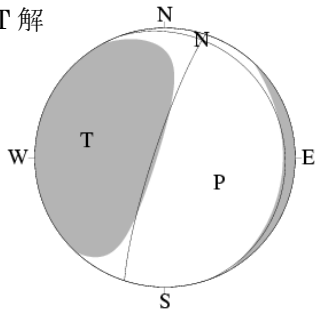
P 波初動解



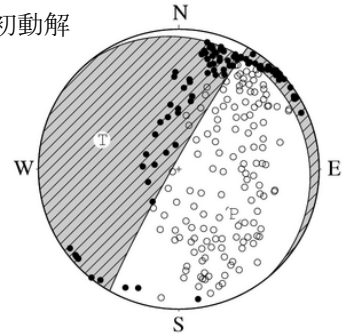
本震はマルチプルショックの可能性がある。初動は波形の先頭部分の UP/DOWN を検出した。

最大余震 (7月24日 11時27分) M4.8 Mw5.1

CMT 解

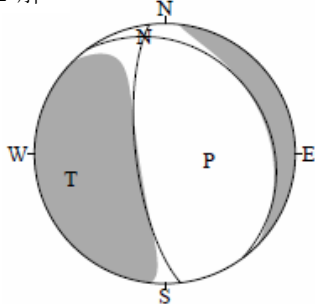


P 波初動解

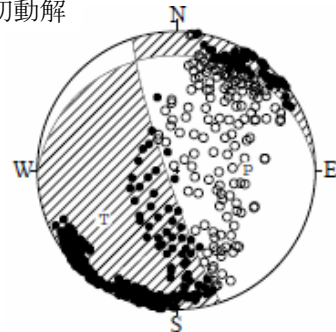


2001年12月2日 M6.4 Mw6.3

CMT 解



P 波初動解



2001年12月2日の地震はマルチプルショックであったが、CMT 解と P 波初動解はよく似ている。

第3図 岩手県沿岸北部の地震の発震機構解

Fig.3 Mechanisms (CMT solution and first motion solution) of the main shock and the biggest aftershock

7月24日 岩手県沿岸北部の地震 (M6.8) の遠地実体波による震源過程解析
(暫定)

2008年7月24日に発生した岩手県沿岸北部の地震(深さ108km, M6.8)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. 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CMT解の節面を用いた. 震源過程解析結果からのみでは, 高角・低角のどちらの節面が破壊したのかは判別できないが, 余震分布などからは高角側が断層面であった可能性が示唆される. 以下に, 高角側が破壊したとしてすべり分布を求めた

NORTHERN IWATE PREF 2008/07/24 00:26:19 $M_j=6.8$

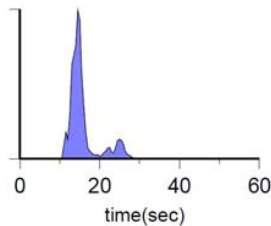
Initial 39.732N 141.635E 108km
Mo= 0.195E+20Nm $M_w=6.8$

Var.= 0.2932

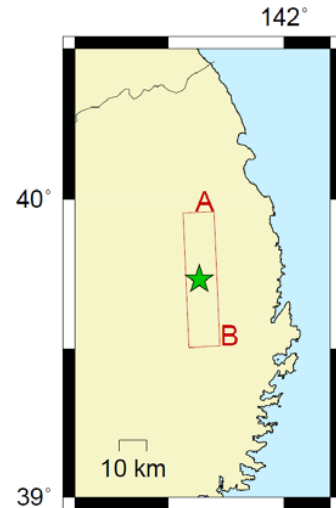


(178.,71.,-92.)

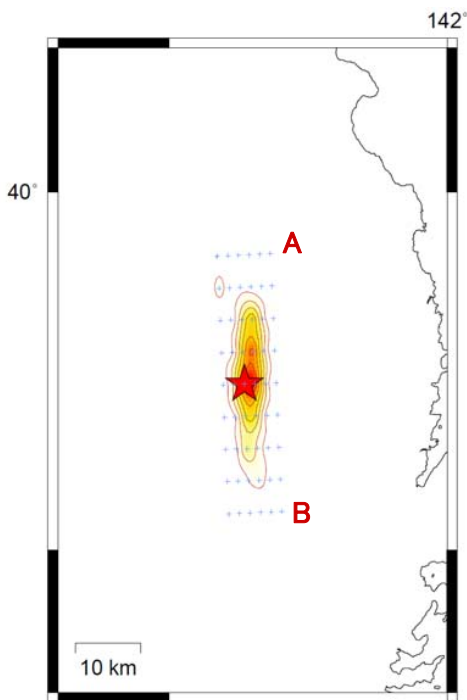
発震機構解



震源時間関数

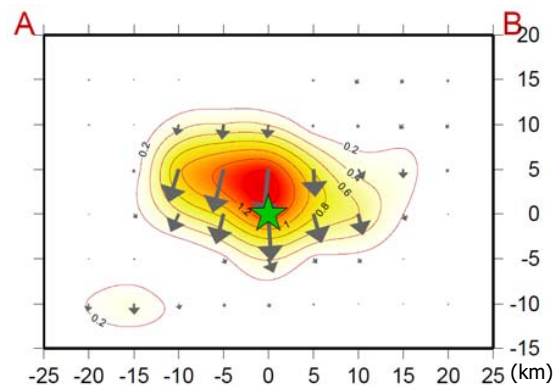


断層面の配置図



0.0 0.4 0.8 1.2 1.6
slip(m)

地図上に投影したすべり量分布



断層面上のすべり量分布

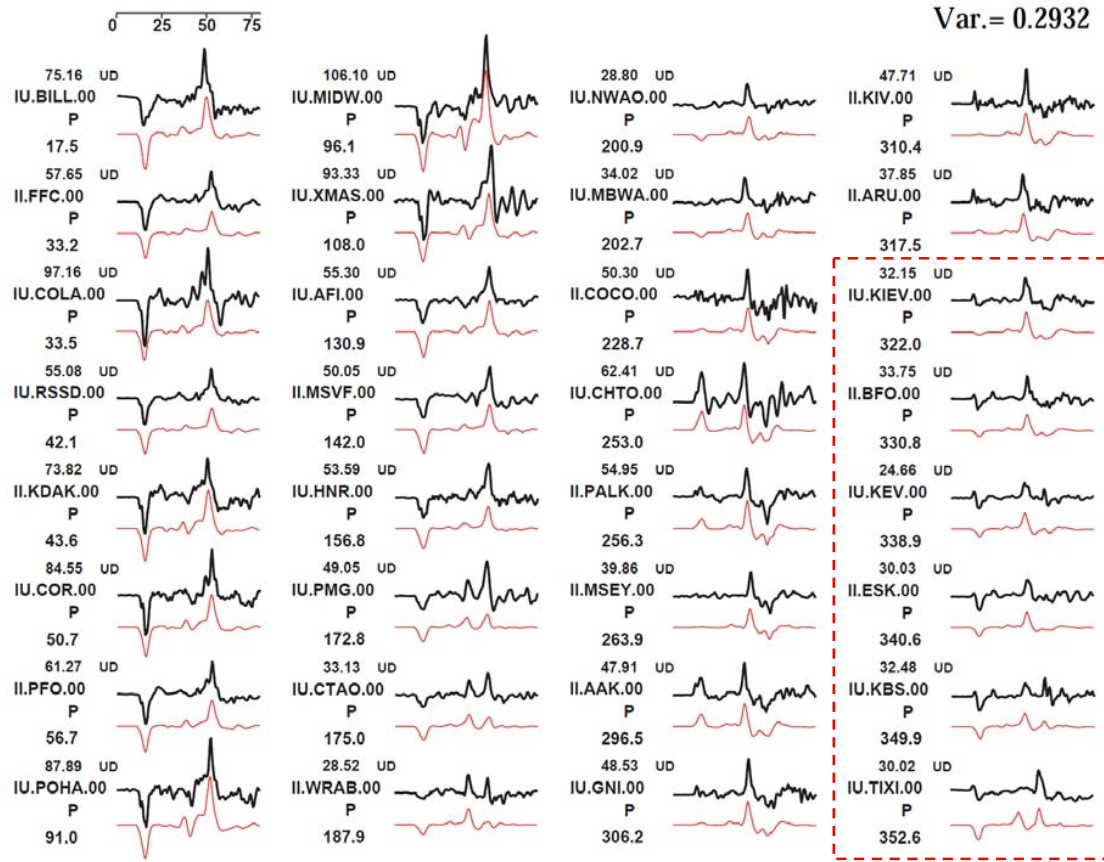
(※1) 解析に使用したプログラム

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

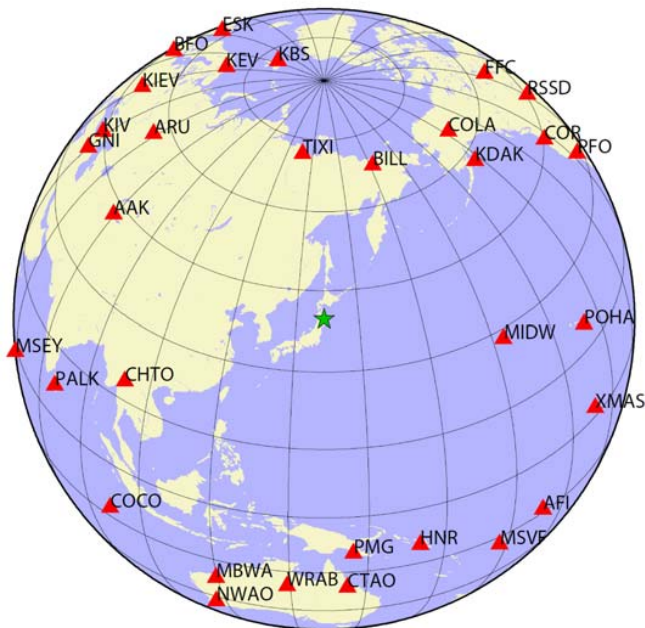
第4図 遠地実体波による震源過程解析

Fig.4 Slip distribution estimated by teleseismic body-wave inversion

観測波形（上：黒線）と理論波形（下：赤線）の比較



観測点配置図



すべり分布は、破壊開始点近傍に比較的単純な破壊としてイメージされた。ただし、震源から北西側にあるいくつかの観測点では、初動部分で観測波形と理論波形の極性が異なる（上図中に赤の波線で囲った6点）。これは、初期の破壊が主たる破壊とは異なるメカニズムで発生していることを表しているのかもしれない。

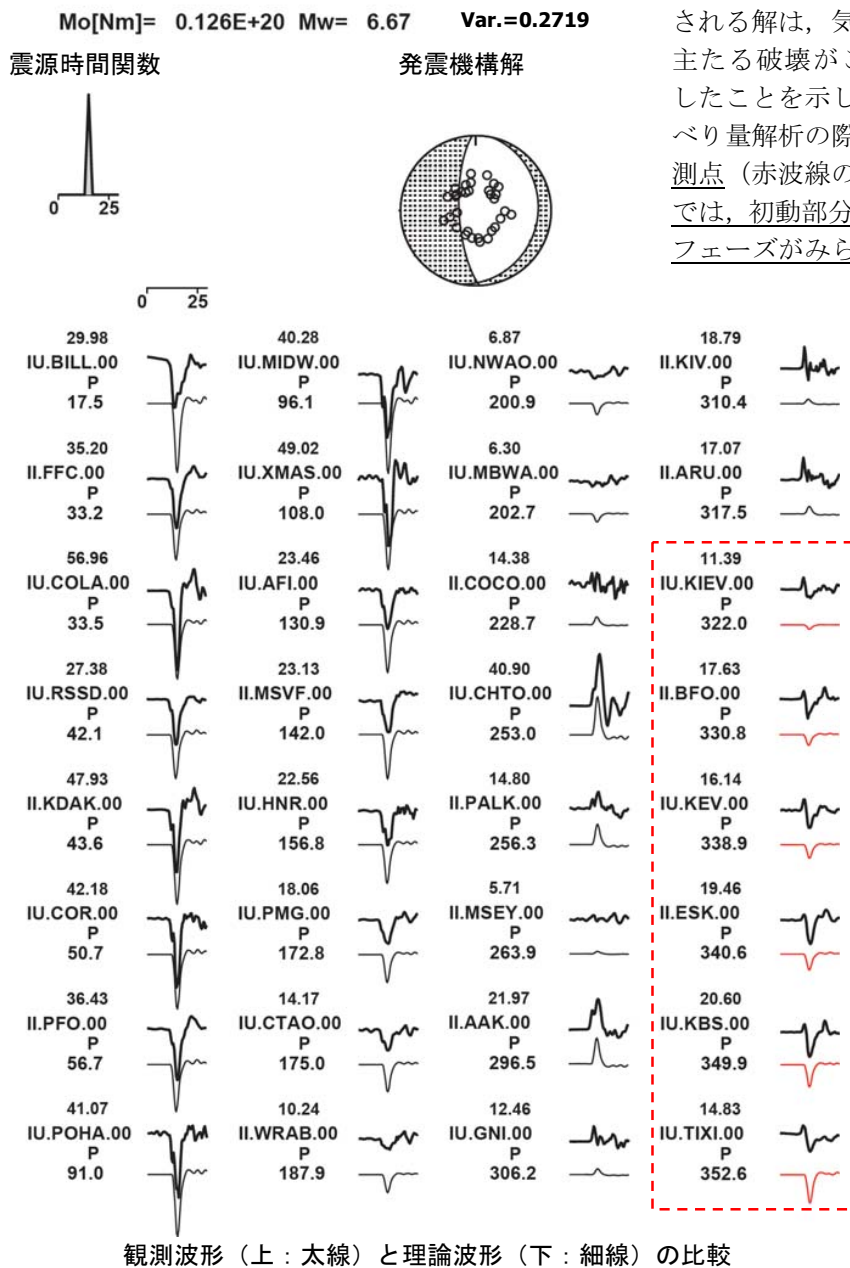
※IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用

第4図 遠地実体波による震源過程解析
Fig.4 Slip distribution estimated by teleseismic body-wave inversion

7月24日 岩手県沿岸北部の地震 (M6.8) の遠地実体波による震源過程解析

1 断層面上のすべり分布として表現した震源過程解析結果 (前頁) では, 初動部分の極性が異なる観測点が見られ, 初期の破壊が主たる破壊とは異なる断層面上で発生している可能性が示唆される. そこで, 初動部分のみの波形を用い, 反復はぎとり法によるサブイベントの時空間分布解析 (※1) を行うことで, 初期破壊のメカニズム抽出を試みた. データはすべり分布の解析と同じく, 米国地震学連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を用いた.

○1つのイベントとして解析した場合.



イベントを1つとした場合, 推定される解は, 気象庁 CMT 解に近く, 主たる破壊がこの断層面上で発生したことを示している. ただし, すべり量解析の際と同様に, 一部の観測点 (赤波線の四角で囲んだ6点) では, 初動部分に極性が逆の小さなフェーズがみられる.

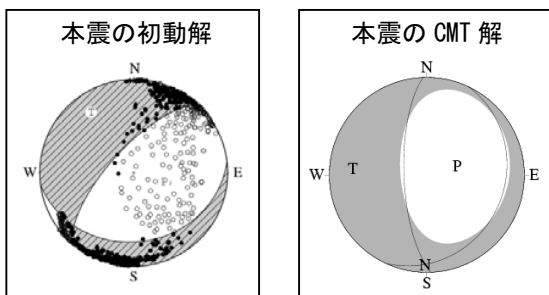
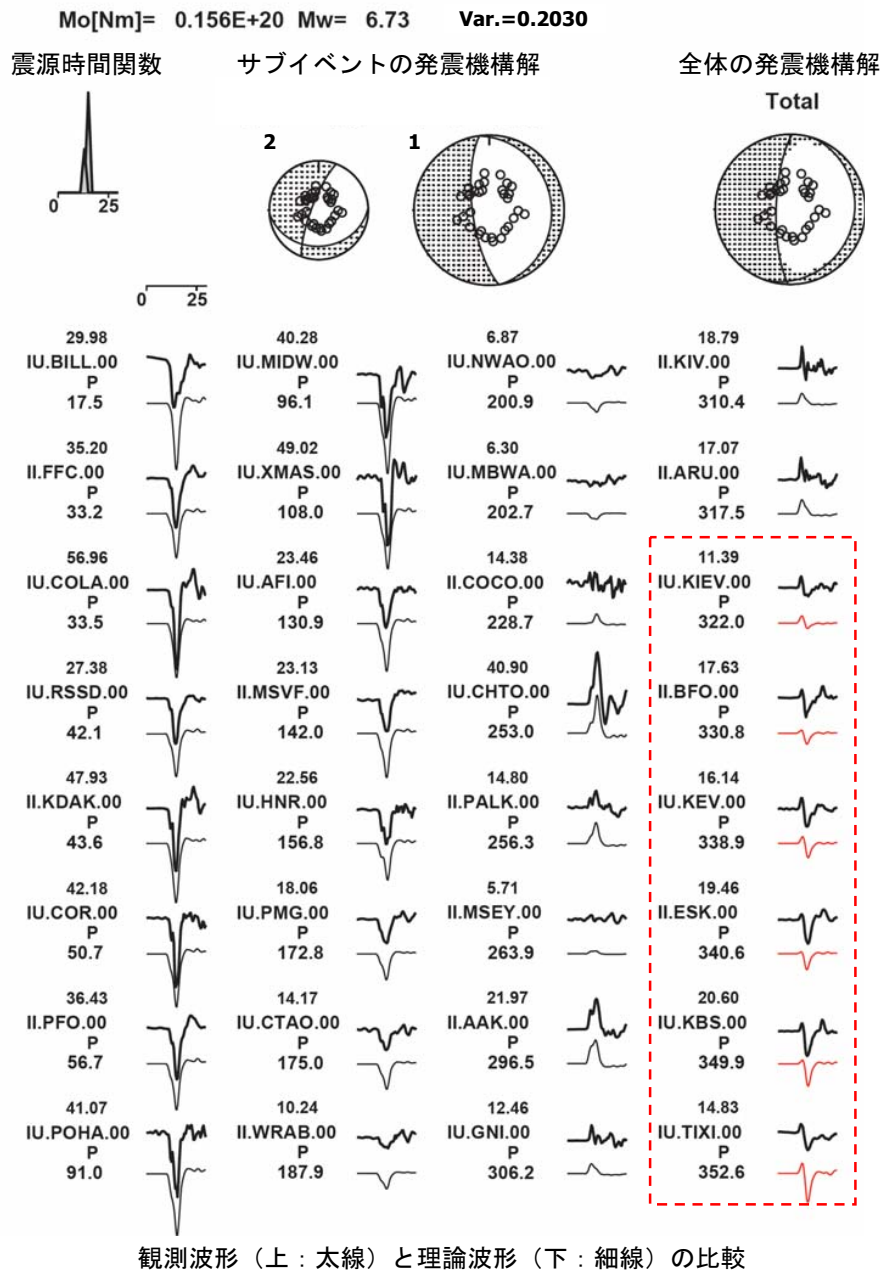
(※1) 解析に使用したプログラム

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

第5図 初動部分の波形を用いたサブイベントの時空間分布解析

Fig.5 Time-space distribution analysis of sub-events for the first motion part of the waveform

○2つのサブイベントとして解析した場合.

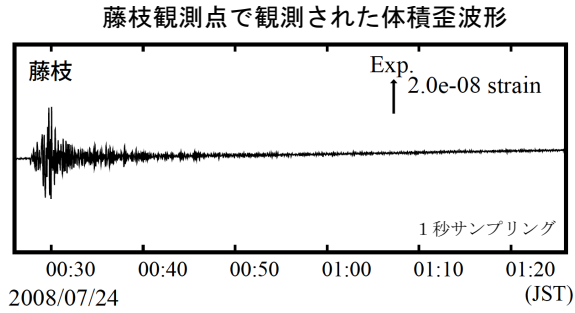


サブイベントを2つとした場合、主たる破壊の2秒ほど前にやや異なるメカニズム解のサブイベントが推定された。これにより、サブイベントが1つの時には合わなかった初動部分の波形がうまく表現されている。それぞれの規模や空間分布を精度よく求めるほどの分解能はないが、初期の小さなサブイベントは気象庁初動解と、全体のメカニズムは気象庁 CMT 解とよく似た解である。

第5図 初動部分の波形を用いたサブイベントの時空間分布解析
Fig.5 Time-space distribution analysis of sub-events for the first motion part of the waveform

岩手県沿岸北部の地震 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 6.8~6.9

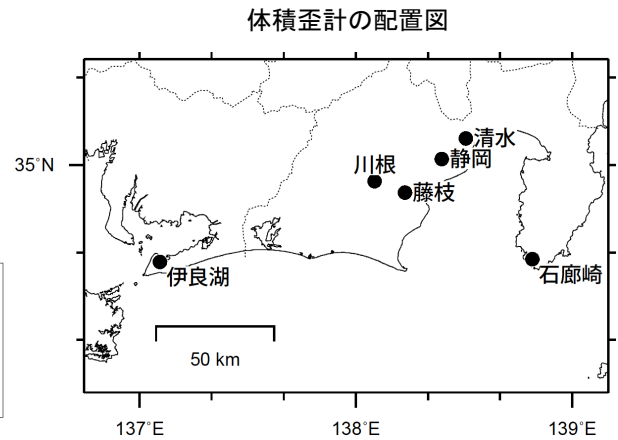
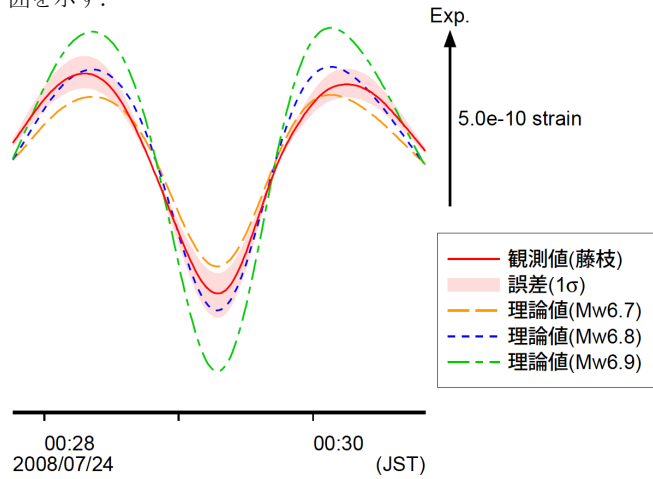


気象庁が東海地域に設置している埋込式体積歪計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

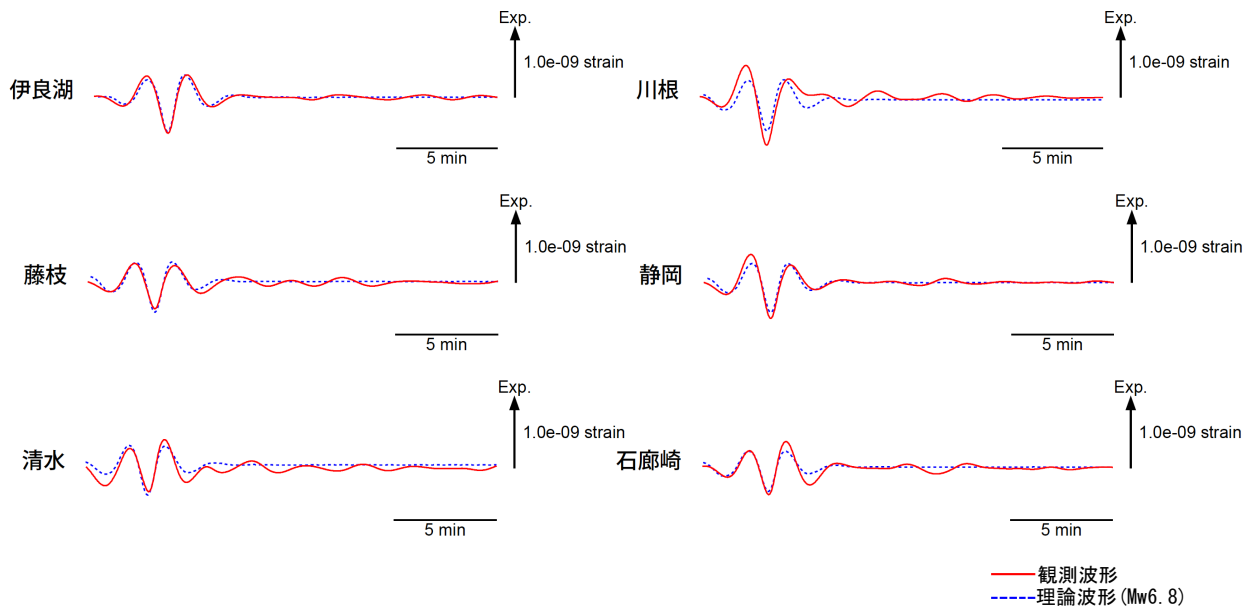
理論体積歪は Global CMT 解を用い、一次元地球構造モデル PREM の固有モード周期 45 秒~3300 秒の重ね合わせにより計算した。その際に、スカラーモーメント量を Mw6.7 相当から 7.0 相当まで 0.1 刻みで変化させて、それぞれについて観測波形と比較した。

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、Mw6.8~6.9 相当の場合であった。

藤枝観測点の観測波形と理論波形の振幅比較
データには周期 120~333 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る。網掛けは誤差 (1σ) の範囲を示す。



理論波形と体積歪観測点 6 カ所の観測波形との比較
データには周期 120~333 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る。



第6図 体積歪計の記録から推定される Mw

Fig.6 Moment magnitude estimated from strain seismograms recorded by borehole volume strainmeters