

3-2 2008年1月11日に岩手県釜石沖で発生した地震 (M4.7) について On the M4.7 earthquake off Kamaishi, Iwate prefecture, Japan, on January 11, 2008.

東北大学大学院理学研究科
Graduate School of Science, Tohoku University

2008年1月11日に岩手県釜石沖においてM4.7の地震が発生した。これは、Matsuzawa et al. (2002) が発見していた「固有地震」群の最新の活動であり、彼らが予測していた期間内に予測していた位置・規模で発生した。この地震クラスターの位置を第1図に示す。この付近では微小地震活動は活発ではあるが、大きな地震は発生していない。

この地震クラスターのM-T図(第2図)に示したとおり、このクラスター内ではM4.9前後の地震が規則的に発生してきた。この地震群の最近の5回の波形例を示したのが第3図であり、概ね2~3Hz程度より低周波側では波形の相似性が極めて高いことがわかる。

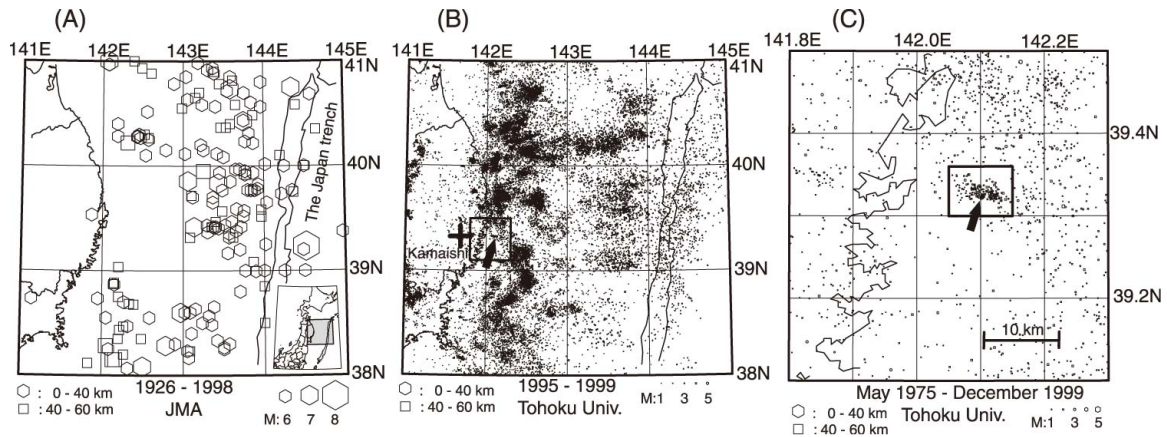
このクラスターの地震についてDD法(Waldhauser and Ellsworth, 2000)で震源決定した結果が第4図である。M4.9程度の地震以外に大きく分けて3つの小クラスターが存在している。これらの地震群の応力降下量とグループ毎のM-T図を第5図に示す。M4.9程度の地震は応力降下量が大きいが、それ以外は小さな応力降下量を示す。

第6図に示したように、1995年と2001年の地震についてはOkada et al. (2003)がメカニズム解を求めており、どちらも良く似た低角逆断層型であり、プレート境界で発生した地震であることを示している。今回の地震についてIto et al. (2005)の手法を用いてCMT解を求めたところ、第7図で示したような結果となり、第6図と同様のメカニズム解が得られている。さらに経験的グリーン関数法で求めたすべり量分布(第8図)も最近3回の地震は良く似ている。ただし、波形を詳細に見ると、第9図で示したように、1995年の地震が僅かに他と異なるようである。

これら3個の地震について地震モーメントを比較したのが表1である。地震モーメントで10%未満、Mwで0.1未満の範囲で一致しており、僅かな違いはあるものの、すべり域もすべり量も毎回ほぼ同一であると考えられる。

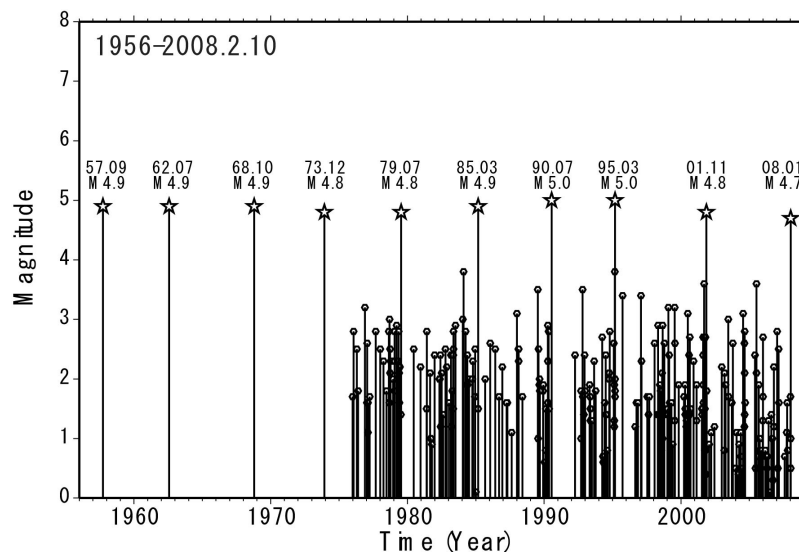
参考文献

- Imanishi and Ellsworth, Source scaling relationships of microearthquakes at Parkfield, CA, determined using the SAFOD Pilot Hole Seismic Array, *Geophys. Monogr.*, 170, AGU, 2006.
- Ito et al., Spatial distribution of centroid moment tensor solutions for the 2004 off Kii peninsula earthquakes, *EPS*, 57, 351-356, 2005.
- Matsuzawa et al., Characteristic small-earthquake sequence off Sanriku, northeastern Honshu, Japan, *GRL*, 29, doi:10.1029/2001GL014632, 2002.
- Okada et al., Comparison of source areas of M4.8±0.1 repeating earthquakes of Kamaishi, NE Japan: are asperities persistent features?, *EPSL*, 213, 361-374, 2003.
- Uchida et al., Source parameters of a M4.8 and its accompanying repeating earthquakes off Kamaishi, NE Japan - implications for the hierarchical structure of asperities and earthquake cycle, *GRL*, 34, doi:10.1029/2007GL031263, 2007.
- Waldhauser and Ellsworth, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the Northern Hayward fault, California, *BSSA*, 90, 1353-1368, 2000.



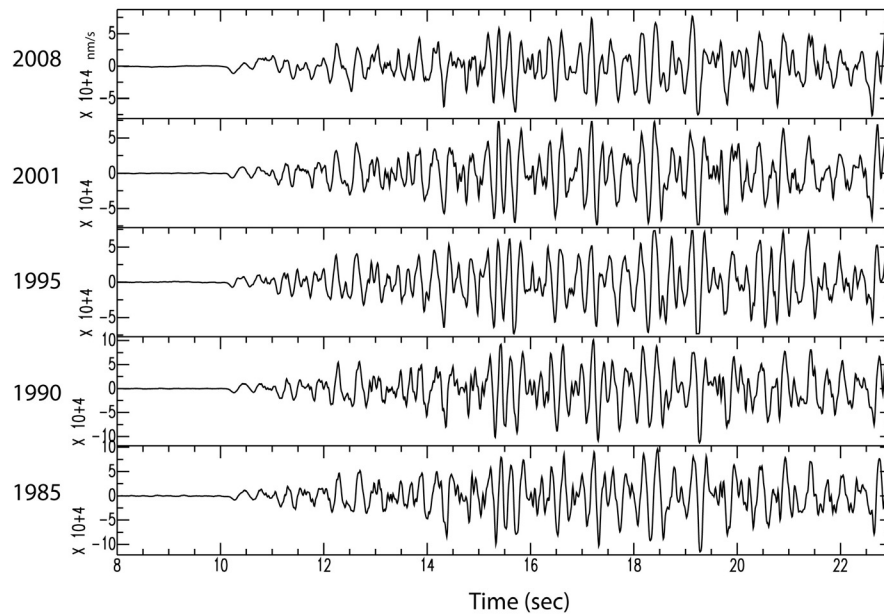
第 1 図 釜石沖の $M \sim 4.9$ の固有地震的活動を含む地震クラスターの位置 (Matsuzawa et al., 2002). (A) 気象庁の $M6$ 以上の地震の震央分布 (1926~1998 年). (B) 東北大による微小地震の震央分布 (1995~1999 年). (C) 図(B) の枠内の拡大図. 枠内が $M \sim 4.9$ の地震群を含むクラスターである.

Fig.1 Location of the 'characteristic earthquakes' off Kamaishi (Matsuzawa et al., 2002). (A) Epicenter distribution of events with $M6$ or larger (1926-1998; JMA catalogue). (B) Epicenter distribution of microearthquakes (1995-1999; Tohoku University catalogue). (C) Close up of the rectangle shown in Fig.1(B). The cluster containing the characteristic events is surrounded by a rectangle and indicated by an arrow.



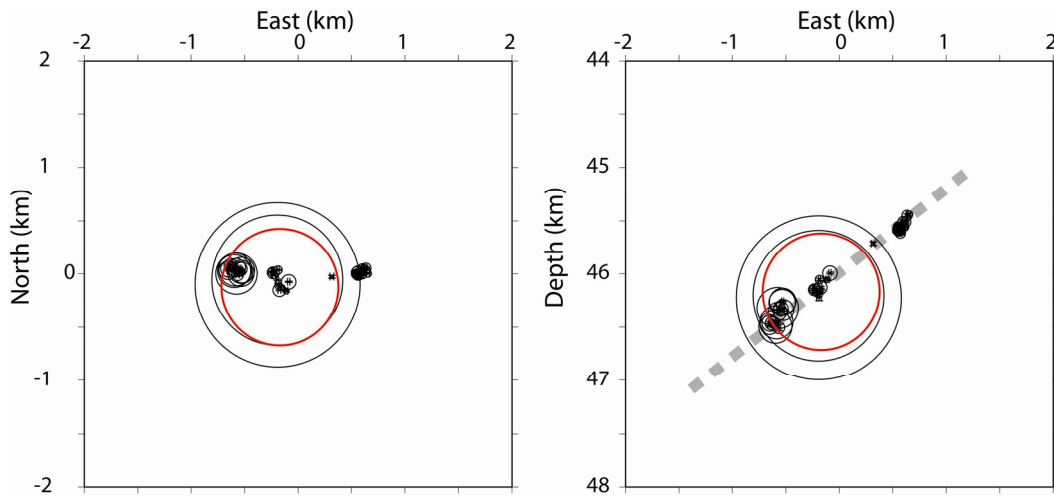
第 2 図 釜石沖の固有地震的クラスターの M-T 図. $M4$ 以上の地震については, 気象庁の変位マグニチュードを示す (1995 年の地震は速度マグニチュードが $M5.1$). $M4$ 未満の地震は 1976 年以降についてのみ示す. 2003 年 5 月以降は気象庁の一元化震源カタログを用いており, 2008 年の地震のマグニチュードは暫定値 (速度マグニチュードでは $M5.0$). 2008 年の地震は, 2008 年 1 月 11 日 8:00 に発生し, 2 日前の 1 月 9 日 10:41 に $M1.7$ の前震があった. 2 月 10 日までの期間に, 余震は本震直後の 1 月 11 日 8:26 の $M1.0$ および 8:32 の $M0.5$ の二つのみ.

Fig.2 M-T diagram for the characteristic earthquake cluster, off Kamaishi. Displacement magnitudes determined by JMA are shown for events larger than $M4$. Only the events after 1975 are shown for events less than $M4$.



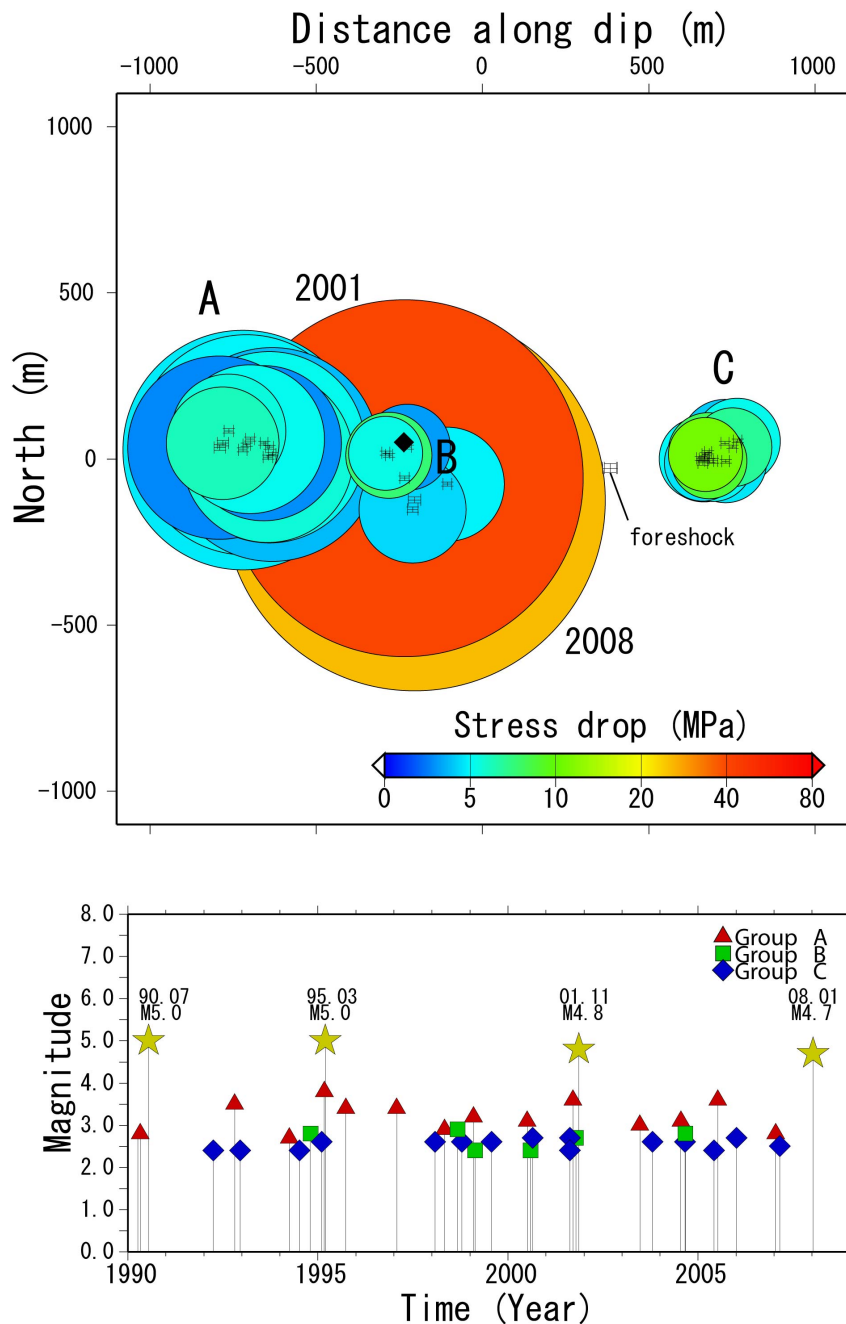
第3図 釜石沖 $M \sim 4.9$ の地震群の、仙台の青葉山観測点（震央距離約 160km）における 5 秒地震計上下動成分の記録例。

Fig.3 UD component seismograms observed at AOB (epicentral distance is about 160 km) for the recent five events.



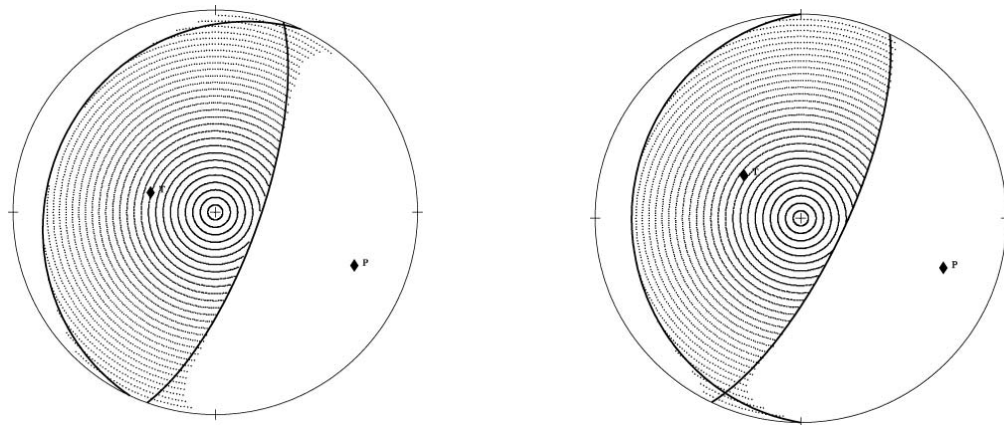
第4図 クラスタ内で発生した 1995 年以降の地震の「震源」分布（左：平面図，右：東西断面図）。波形の相関を利用して DD 法で決定した結果を示し、マグニチュードから地震モーメントに換算して応力降下量を 38MPa と仮定したときの断層サイズを丸の大きさで示す。赤丸は 2008 年の $M4.7$ の地震で、大きな黒丸は 1995 年 ($M5.0$)、二番目に大きな黒丸は 2001 年 ($M4.8$) の地震を示す。

Fig.4 Hypocenter distribution of the earthquakes in and after 1995 determined using DD method. Radius of each circle is calculated assuming the stress drop is 38MPa. The scalar moment is estimated from JMA magnitude. Red large circle denotes the 2008 event.



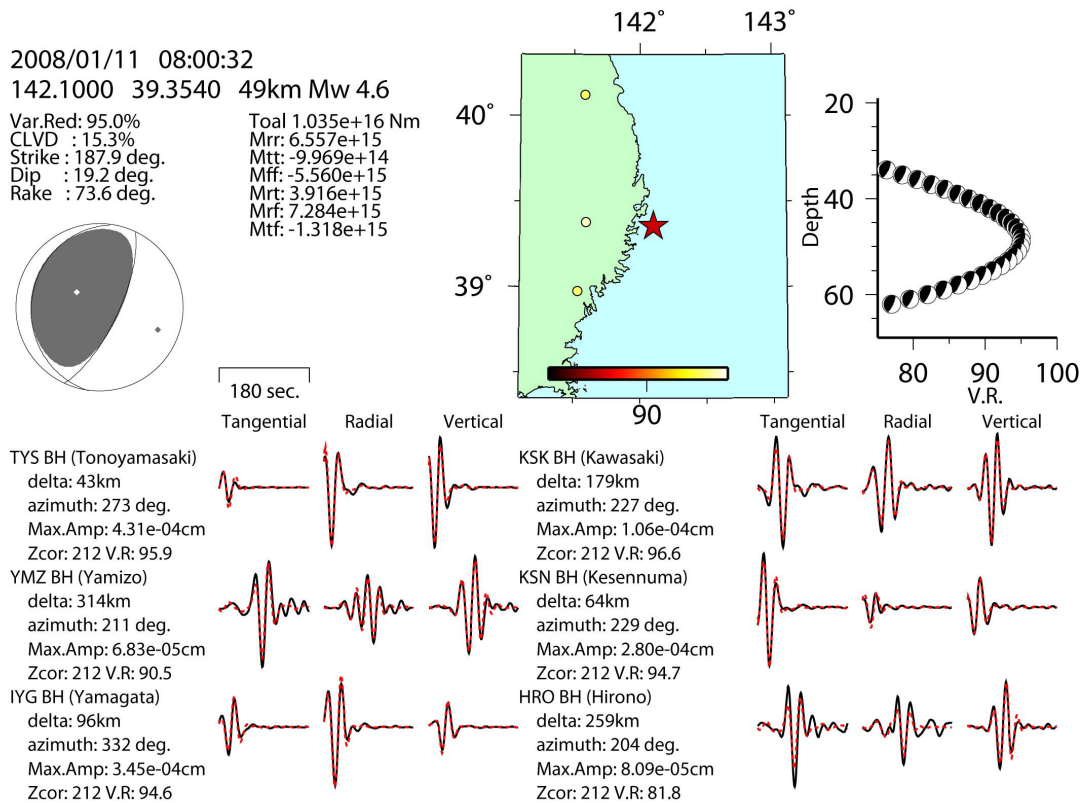
第5図 Multi Window Spectral Ratio 法 (Imanishi and Ellsworth, 2006) によって推定した、釜石沖の地震群の震源 (重心) 位置, 断層サイズと応力降下量. 上図: 図4に示した想定プレート境界に沿った面 (38度で西傾斜) に投影した断層面分布. 色は応力降下量を示す. 1995年4月~2008年1月に発生した M2.4 以上の地震を解析した. 下図: グループ毎の M-T 図. 各グループをシンボル分けして示す.

Fig.5 Source sizes of events estimated using Multi Window Spectral Ratio Method (Imanishi and Ellsworth, 2006). Color indicates the stress drop. The centroids of the earthquakes are projected onto a plane parallel to the plate boundary (westward dipping at 38 degrees). Bottom figure indicates the M-T diagram. In the diagram, groups are indicated by symbols.



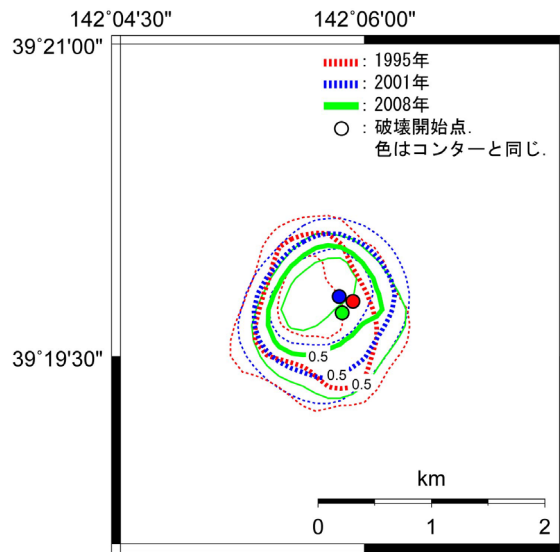
第6図 モーメントテンソルインバージョンによる，1995年（左）と2001年（右）の地震の最良ダブルカップル解（Okada et al., 2003 による）。

Fig.6 Best double couple solutions for the 1995 (left) and 2001 (right) events estimated by Okada et al. (2003).



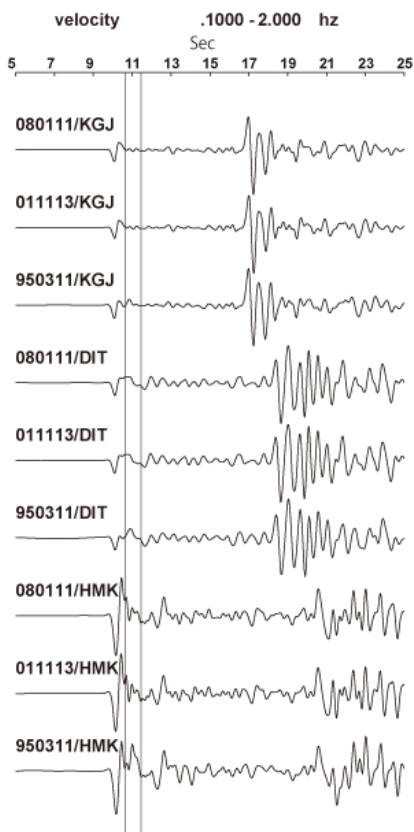
第7図 2008年1月11日の地震のCMT解。データはF-netによる。

Fig.7 CMT solution for the event on January 11, 2008. F-net station data are used in the analysis.



第 8 図 経験的グリーン関数法に基づく広帯域波形のインバージョンによって得られた、1995 年、2001 年、2008 年の地震のすべり量分布。各地震によって得られたすべり量分布の重心を図 4 で示した重心分布にあわせて示す。各すべり量分布の最大すべり量で規格化して 0.25 単位のコンターで示す。小さな丸は、破壊の開始点の位置を表す。

Fig.8 Slip distributions for the 1995, 2001 and 2008 events estimated from broadband seismograph data using an empirical Green's function method. Small circles indicate the epicenters. Each distribution is normalized by its maximum slip.



第 9 図 1995 年、2001 年、2008 年の地震の広帯域波形の比較。観測点、KGJ（遠野）、DIT（大東）、HMK（姫上）観測点での STS-2 の記録の 0.1~2.0Hz のバンドパスフィルター波形を示す。この帯域で見ると、2001 年と 2008 年の波形は良く似ており、1995 年の波形がわずかに違うことがわかる。

Fig.9 Comparison of the broadband seismographs between the 1995, 2001 and 2008 events at stations KGJ, DIT and HMK. Note that the seismographs for the 1995 events are little different from others.

表1 1995年, 2001年, 2008年の地震モーメントの比較.

Table 1 Comparison of the seismic moments between the 1995, 2001 and 2008 events.

出典	地震モーメント ($\times 10^{16}$ Nm)	Mw	備考
1995年			
Okada et al. (2003)	1.05	4.61	MT インバージョン.
2001年			
Okada et al. (2003)	1.11	4.63	MT インバージョン.
F-net	0.97	4.59	MT インバージョン. Web によって公開されている値.
2008年			
F-net	1.07	4.61	MT インバージョン. Web によって公開されている値.
本解析: 地震波形のスペクトル比	1.04	4.61	2001年の地震のモーメントを 1.11×10^{16} Nm と仮定して MWSR 法により推定. 手法や観測点は Uchida et al. (2007) と同じ.
本解析: F-net データによる CMT	1.04	4.61	Ito et al. (2005) の手法による CMT 解.