

3 – 2 2005年12月2日宮城県沖の地震のすべり量分布

Source process of the earthquake off Miyagi prefecture on December 2, 2005

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

2005年12月2日に発生した宮城県沖の地震 ($M_{jma}=6.6$) について、遠地実体波記録および近地波形記録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。

・遠地実体波記録による解析

2005年12月2日に発生した宮城県沖の地震($M_{jma}=6.6$)の震源過程を、ウェブページ上で公開されている、Kikuchi & Kanamori のプログラム^{注)}を用いて解析した^{1),2),3)}。使用データは、IRIS-DMCより取得した震央距離が30度～100度の観測点の広帯域地震計記録である。破壊開始点は一元化震源（北緯38度04分、東経142度21分、深さ40km）の震央位置、深さは気象庁CMT解のセントロイドの深さ(29km)、断層面の走向・傾斜は気象庁CMT解（走向203度、傾斜18度）とした。断層面の大きさは25km×25kmとし、5km×5kmのサブフォールトに分割した。

解析の結果、得られたすべり量分布と震源時間関数および使用した観測点を第1図に、観測波形と理論波形の比較を第2図に示す。各観測点における波形の一一致度は良い。全体の地震モーメントは $5.0 \times 10^{18} \text{Nm}$ (Mw6.4)、破壊継続時間は約7秒である。最大のすべりは破壊開始点よりやや西側で起きていて、最大すべり量は0.5mである。また、この地震ですべった領域は、2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震($M_{jma}=7.2$)⁴⁾で大きくすべった領域の東側に位置していることがわかった。

・近地波形記録による解析

観測点は、防災科学技術研究所のK-NET及びKiK-netの観測点のうち、震央距離の近いものをなるべく震源域からの方位角が広がるように選んだ。解析には原記録の加速度データを1回積分して、20秒から2秒のバンドパスフィルターをかけたデータを用いた。破壊開始点は一元化震源の位置とし、断層面の走向、傾斜は気象庁CMT解に一致させ、大きさは余震分布や前述の遠地実体波による解析結果を参考にして30km×30kmにとり、5km×5kmのサブフォールトに分割した。

本解析は、吉田(2005)⁵⁾と同様に、波形計算には武尾(1985)⁶⁾の手法を用い、インバージョンはmultiple time window法を用いて、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⁷⁾。解析の結果、得られたすべり量分布と本震発生後1日間の余震分布（一元化震源）および震源時間関数を第3図に赤色で示し、観測波形と理論波形の比較を第4図に示す。各観測点における波形の一一致度は比較的良好。全体の地震モーメントは $5.4 \times 10^{18} \text{Nm}$ (Mw6.4)となり、気象庁CMT解(Mw6.5)や前述の遠地実体波による解析結果(Mw6.4)と調和的である。最大すべり量は0.7mで、主に破壊開始点の西側にすべり領域が広がっていることがわかった。破壊開始点の南部にも小さなすべり領域が見られるが、これは波形合わせの際、後続波まで合わせる影響で現れたゴーストの可能性がある。余震の数はそれほど多くないが、本震時にあまりすべらなかった部分で発生しており、余震分布とすべり量分布の間に相補的な関係が見られる。また、同年8月16日の宮城県沖の地震のすべり量分布および震源時間関数⁴⁾も第3図に青色で示したが、今回の地震のすべり領域は主に、8

月 16 日の地震で大きくすべてた領域の東側に分布しており、遠地実体波による解析と調和的である。

・謝辞

遠地実体波記録による解析には、Kikuchi & Kanamori のプログラムと、IRIS-DMC の波形データを使用させていただきました。また、東京大学地震研究所の山中佳子博士よりご意見をいただきました。近地波形記録による解析には、防災科学技術研究所の K-net および KiK-net のデータを使用させていただき、また、気象研究所の吉田康弘博士よりご意見をいただきました。記して謝意を表します。

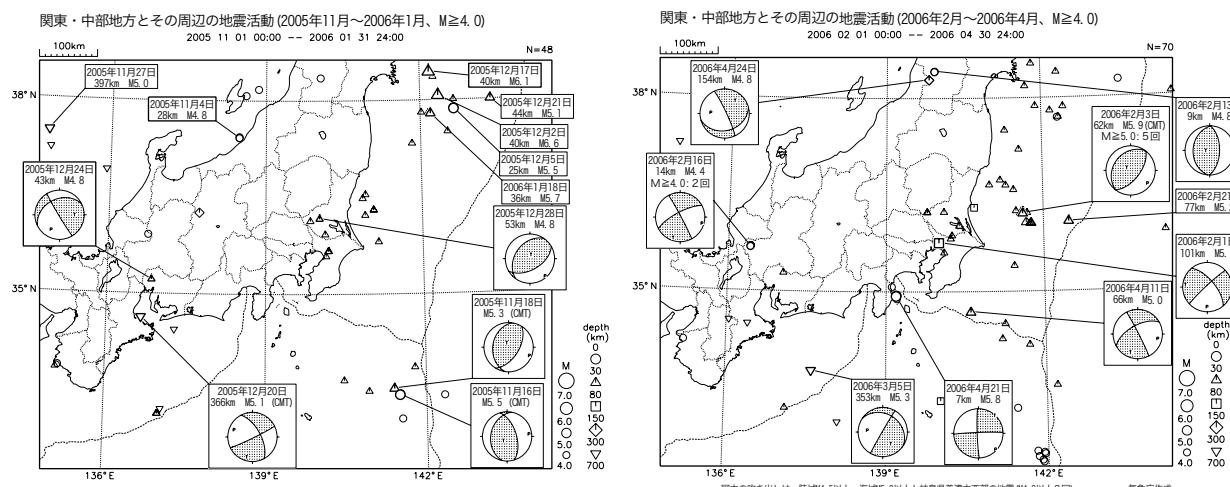
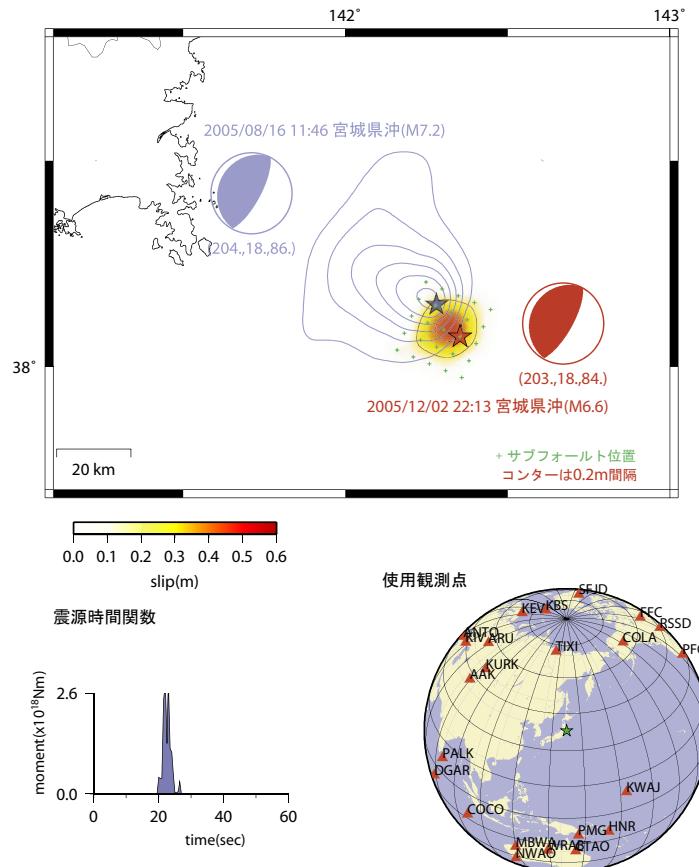
(注：M.Kikuchi and H.Kanamori, Note on Teleseismic Body Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>)

参考文献

- 1) Kikuchi,M., & Kanamori,H., Inversion of complex body waves, Bull. Seism. Soc. Am., 72, 491-506, 1982.
- 2) Kikuchi,M., & Kanamori,H., Inversion of complex body waves-III, Bull. Seism. Soc. Am., 81, 2335-2350, 1991.
- 3) Kikuchi,M., Kanamori,H. & Satake,K., Source complexity of the 1988 Armenian earthquake: evidence for a slow after-slip event, J. Geophys. Res., 98, 15797-15808, 1993.
- 4) 気象庁, 連絡会報, 第 75 卷, 143-146, 2006.
- 5) 吉田康弘, 気象庁技術報告, 第 126 号, 9-14, 2005.
- 6) 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 卷, 245-257, 1985.
- 7) 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.

2005/12/02 22:13 宮城県沖(M6.6)のすべり量分布

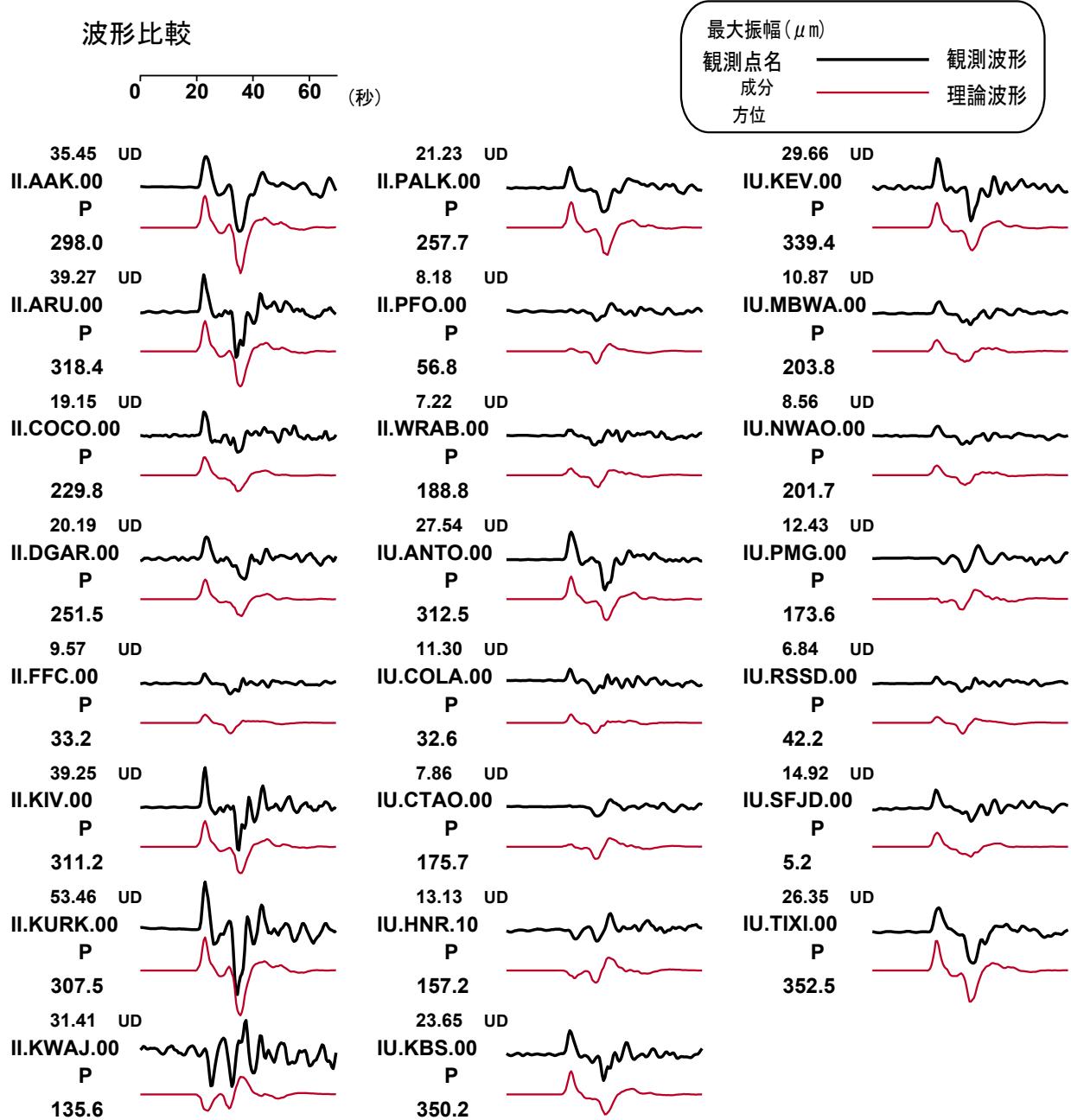
破壊開始点 38.073N 142.353E 29.0km
 $M_0 = 5.00E+18\text{Nm}$ $M_w = 6.4$ Var.=0.3342
 最大すべり量 0.5m (剛性率 50.0GPa)



第1図 遠地実体波解析による、宮城県沖の地震のすべり量分布。赤色が2005年12月2日に発生した地震($M_{jma}=6.6$)、青色が2005年8月16日に発生した地震($M_{jma}=7.2$)のすべり量分布を示す。プラス印(緑色)は震源過程解析に用いたサブフォールトの中心位置を示す。左下に震源時間関数、右下に解析に使用した観測点分布を示す。

Fig.1 Slip distribution of the earthquake off Miyagi prefecture estimated by teleseismic body-wave inversion. Red and blue contours represent slip distributions of earthquakes on December 2 in 2005 and August 16 in 2005. Plus symbols denote the centers of the subfaults. Bottom left figure denotes the source-time function by this analysis. Bottom right figure denotes the stations used in this analysis.

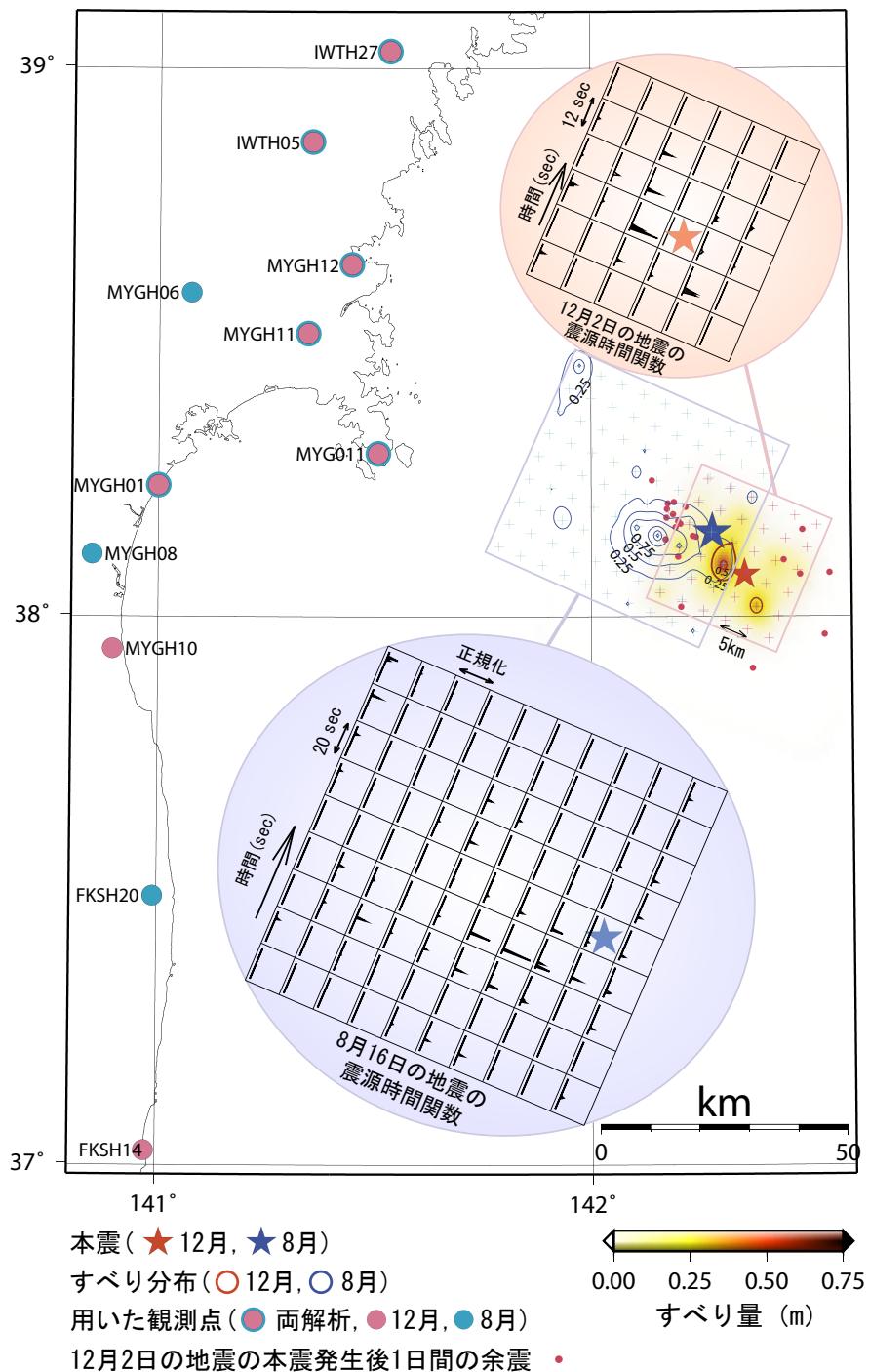
波形比較



第2図 遠地実体波解析における観測波形と理論波形の比較(変位波形). 黒が観測波形、赤が理論波形を示す. 各波形の左上に示した数値は最大振幅(μm).

Fig.2 Comparison of observed and synthetic displacement waveforms. Black and red traces represent observed and synthetic waveforms, respectively. The maximum amplitudes of each component are indicated in the left of each trace in micro meter.

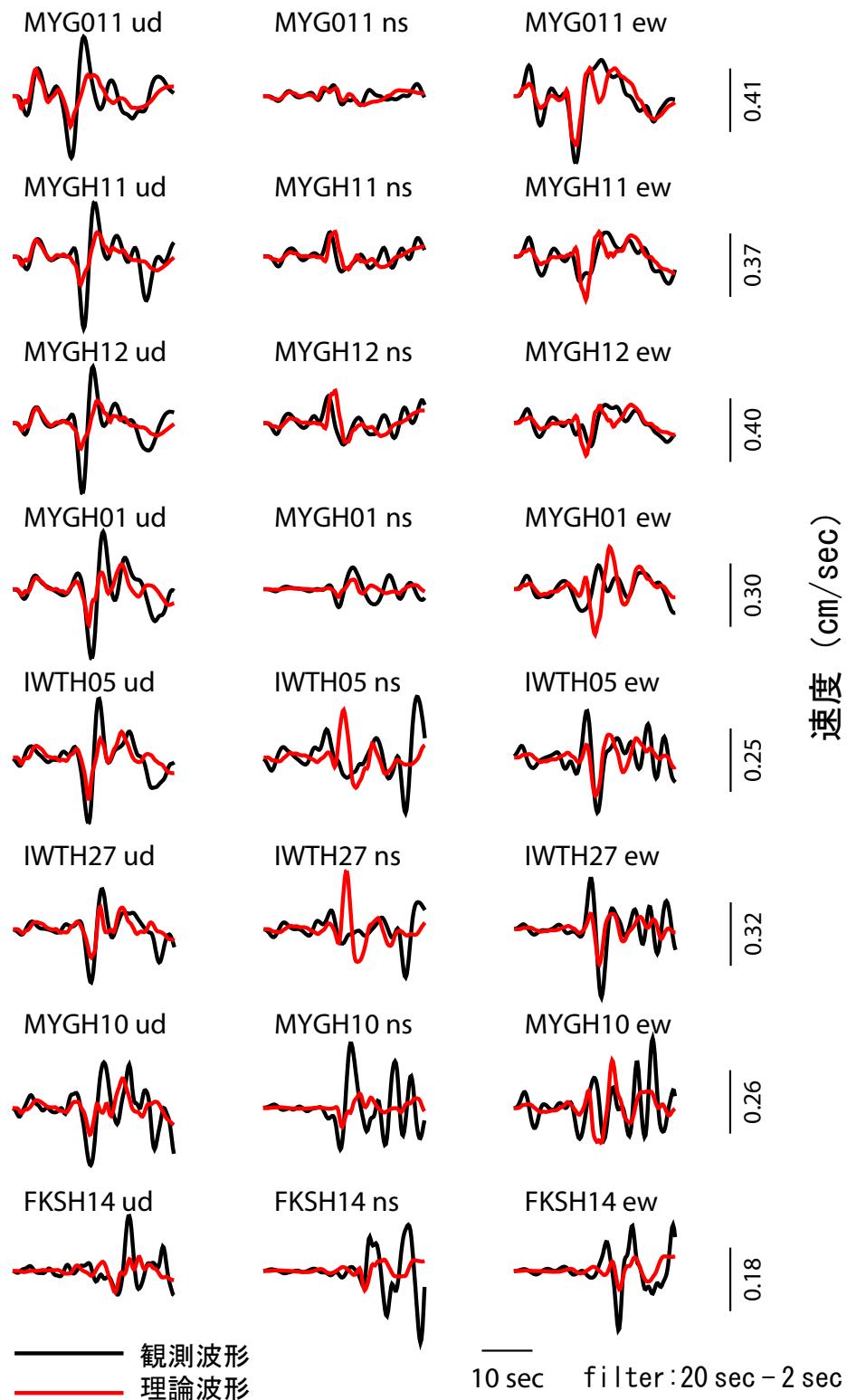
宮城県沖の地震(2005/08/16, Mj7.2と2005/12/02, Mj6.6)の比較



第3図 近地波形解析における、2005年8月16日と2005年12月2日の、宮城県沖の地震の断層面上すべり量分布の比較。12月2日の地震のすべり量分布を赤色で、8月16日の地震のすべり量分布を青色で示す。余震分布は12月2日の地震についてのみ示し、両地震の震源時間関数をそれぞれ楕円の枠内に示す。プラス印は震源過程解析に用いたサブフォールトの中心位置、丸は解析に使用した観測点の位置を示す。

Fig.3 Comparison of slip distributions of the earthquakes off Miyagi prefecture on August 16 and December 2, 2005, estimated by near field seismogram inversion. The slip distribution of the earthquake on December 2 is shown in red, and that on August 16 is shown in blue. Red dots represent the aftershocks which occurred within 1 day after the main shock on December 2. Source time functions of each earthquake are shown in an oval frame. Plus symbols denote the center of the subfaults. Circles denote the stations used in this analysis.

2005/12/02宮城県沖の地震(Mj6.6)
観測波形と理論波形の比較



第4図 近地波形解析における観測波形と理論波形の比較(速度波形). 黒が観測波形、赤が理論波形を示す. 振幅は観測点ごとに規格化してあり、各観測点の右側にそのスケールを示す.

Fig.4 Comparison of observed and synthetic velocity waveforms. Black and red traces represent observed and synthetic seismograms, respectively. Waveforms are normalized by the maximum amplitudes of each station, and the bars on the right sides represent the scales.