第178回 地震予知連絡会

2008 年岩手・宮城内陸地震について

2008年8月18日

2008年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ /東北大学大学院理学研究科



2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループによる臨時余震観測

図1.2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ(*)による臨時余震観測点分布図(8/12 時点). 緑○はオ フライン観測点, 緑□はオンライン観測点を示す. 赤○は7月中旬まで観測を行った観測点を示す. 赤□は気象 庁・防災科学技術研究所・東北大によるオンライン観測点を示す.

小〇,大☆はそれぞれ東北大学自動処理による余震・本震を示す.赤線は活断層,赤▲は第四紀火山を示す.

謝辞:本研究は防災科学技術研究所 Hi-net・気象庁・国立天文台水沢 VERA 観測所によるデータを使用しました.東京工業大学が実施した臨時余震観 測のデータを使用しました.また,原子力安全基盤機構(JNES)が平成 19 年度、20 年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討 事業で取得されたデータを使用しました.

*:合同余震観測グループは、北大・弘前大・東北大・東大・名大・京大・高知大・九州大・鹿大・防災科研の10機関.



2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループによる余震分布 (7/2-7/7)

図2. 2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループによる余震分布(7/2-7/7). 臨時観測点も含め, DDトモグラフィ法で 震源決定した結果を示す.

上図:西北西一南南東方向の鉛直断面図,右下:余震分布に沿った北北東一南南西方向の鉛直断面図,左下:平面図.□は使用した観測点を示す.断面図中の赤色四角は出店断層の位置,赤線四角は地表地震変状の位置. 黒星:前震(08時01分と11分),白星:本震(08時43分)を示す.○は余震を示す.色は深さを示す.赤△は第四紀火山を示す.



2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループによる余震分布(6/23-6/30,7/2-7/7)

図 3. 2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループによる余震分布(6/23-6/30, 7/2-7/7). 臨時観測点も含め, DDトモグラフィ法で 震源決定した結果を示す. (ただし, 6/23-6/30 は左下に示す観測点(□印)のみ) 上図:西北西一南南東方向の鉛直断面図, 右下:余震分布に沿った北北東一南南西方向の鉛直断面図, 左 下:平面図. 断面図中の赤色四角は出店断層の位置, 赤線四角は地表地震変状の位置. 黒星:前震(08時01 分と11分), 白星:本震(08時43分)を示す. ○は余震を示す. 色は深さを示す. 赤△は第四紀火山を示す. 東北脊梁歪集中帯



での S 波速度偏差分布(Nakajima et al., 2001). 赤▲は活火山を示す.(c)地震波速 度トモグラフィによる岩手・宮城内陸地震震 源域を通る S 波速度偏差分布の鉛直断面図 (Nakajima et al., 2001). 赤▲は活火山を示 す. 白丸は地震を示す. 赤太線は岩手・宮 城内陸地震の推定震源域を示す.

2008 年岩手・宮城内陸地震震源域周辺域におけるこれまでの地震活動および深部構造との関係



図 5. 2008 年岩手・宮城内陸地震震源域周辺域 における地震活動. 岡田・他(2008)による 1997 年 から 2008 年までの震源分布を示す. 赤△は第四 紀火山を示す. 赤太線は活断層を示す.

(左図)1960年以降に発生したM5.5以上の地震の 断層面をあわせて示す.太線は断層の浅い側を示 す.

(右図)岡田・他(2008)による深さ24kmのS波速度 偏差分布を重ねて示す. 白十字は深部低周波微 小地震である.

この領域では、火山フロントに沿う南北方向の地震 活動帯と、それと平行に分布する岩手県南部から 宮城県にかけての南南東-北北西方向の地震活 動帯がみられる. 今回の地震は、その2つの地震 帯があたかも収束するようにみえる付近で発生し た. 2つの地震帯の深部(地殻中部[~]下部)には地 震波速度低速度帯がみられ、それらは地下深部か ら供給される流体の上昇経路であると考えられて いる. 今回の地震に加え、1962 年、2003 年宮城 県北部地震や 1970 年秋田県南東部地震・1996 年の地震の震源域の深部にも低速度域が分布し ており、それらの地震の発生は深部から供給され た流体と関係している可能性が高い



余震分布と火山分布との比較

図 6.2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループによる余震分布(6/23-6/30,7/2-7/7). (左図)地形図との比較.赤△は第四紀火山を示す.赤太線は活断層を示す. (右図)深さ9kmにおけるS波速度偏差分布との比較. 焼石岳・栗駒山・鬼首・鳴子付近には低速度域が分布しており,その周囲で余震活動は低調である.



地殻構造(地震波速度構造)と余震分布との関係



図7. 岩手・宮城内陸地震震源域におけるS波速 度偏差分布. 西北西一東南東方向の断面図で 示す. 白☆, 白○は, 2008 年岩手・宮城内陸地 震緊急観測グループによる本震および余震 (6/23-6/30, 7/2-7/7)を示す.

赤△は第四紀火山を示す.赤■および□は活 断層および地表地震変状の位置を示す.

本震震源直下(断面図 e)には流体の上昇経路 に対応すると考えられる低速度域が分布する. 左下:深さ 3km における S 波速度偏差分布.赤 四角は地震断層の概略を示す.



地殻構造(地震波速度構造)と余震分布との関係-2



図8. 岩手・宮城内陸地震震源域における S 波速度分布. 西北西一東南東方向の断面図 で示す. 白☆, 白○は, 2008 年岩手・宮城内 陸地震緊急観測グループによる本震および 余震(6/23-6/30, 7/2-7/7)を示す. 赤△は第四紀火山を示す. 赤■および□は 活断層および地表地震変状の位置を示す. 左下:深さ 3km における S 波速度分布. 赤四

角は地震断層の概略を示す.

本震·前震周辺に見られた先駆的地震活動 ~2000 年 M4.9 と 1999 年 M4.3 の地震



図9. 2008 年岩手・宮城内陸地震震源付近における微小地震活動. 岡田・他(2008)による 1997 年から 2008 年 までの震源分布を示す. 白☆, 黒★, 灰色○は本震, 前震(8:01,8:11), 余震(6/14-17, 20)を示す. 赤は 1999 年の活動, 青は 2000 年の活動を示す. 赤◇は, 1999/4/19M4.3 の地震, 青◇は 2000/2/11 M4.9 の地震を示す. 赤線四角は地表地震断層の位置. (上図)震央分布図. 1999/4/19M4.3 の地震, 2000/2/11 M4.9 の地震のメ カニズム解をあわせて示す. (下図)A-A'断面図. 1999 年・2000 年の地震の余震分布は西傾斜の傾向にあり, 2008 年岩手・宮城内陸地震の余震の並びの浅部延長に位置することから, 同一断層面上での活動であると推定 される. なお, 1999 年・2000 年の震源域(余震域)では, 今回の地震の余震活動は低調である.

断層直上のGPS観測点(一関市・祭畤)における地震時変動

2003年に東北大学が一関市厳美町字祭畤(まつるべ)に設置したGPS連続観測点ICNS(位置は震源の南 西2.5km程度)のデータを6月20日に回収し、キネマティックGPS解析により5分毎の座標変化を推定した.解析 には、GpsTools ver. 0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005)を用いた.本震発生直後に停電による欠測が見られるが, その後一時的に電力が回復し、地震前後の変動を明瞭に捉えることに成功した.地震発生直前の25分間と、電 力が回復した11時15分頃から25分間の差を地震時地殻変動と仮定した.その結果、<u>東方向に45cm,北方向</u> に34cm, 隆起方向に156cmの大きな変位が観測され、この結果を防災科学技術研究所がICNS観測点から 数百mの位置に設置している一関西観測点における強震動記録による永久変位の推定結果と比較すると、本 研究で得られた変位量、方向(N52E)ともに整合的な結果となった.



図10. (左図) ICNS観測点の位置を示す. 震源の2.5km程度南西に位置する.(右図)2008年6月14日 8時-17時(日本時間)のICNS観測点における3成分変位時系列. 灰色の帯は停電に伴う欠測を示す.

謝辞:ICNS観測点のデータ回収にあたっては、一関市、一関市教育委員会の多大なるご協力を頂きました. GPS解析ソフトにはGpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を利用させていただきました. ここに記して感謝いたします.

GPSデータによる地震断層モデル(矩形断層)

国土地理院 GEONET観測点,原子力安全基盤機構,国立天文台水沢VERA観測所,および東北大学のGPS観測デ ータを統合処理し,地震断層モデルを作成した.得られている全データについてキネマティックGPS解析(5分毎)を行い, 地震前25分と地震後25分の差を取り,地震時地殻変動と仮定した.解析にはGpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を用い,IGSの速報衛星暦とCODEの時計情報を使用している.媒質は半無限均質弾性体を仮定し,矩形断層2枚を仮定 した.推定された断層面はそれぞれ,走向,傾斜が異なるが,どちらも北西傾斜である.また,断層の位置は,これまで報 告されている地表変状(東北大・他や産総研など)の位置(図中赤ロ)に一致するように試行錯誤を繰り返した.推定された 断層面は余震分布の震央、震源の深さ分布とも概ね調和的である.断層モデルから計算される水平変動量は概ね観測値 と一致するが,鉛直成分に関しては、観測値の半分以下しか説明できていない観測点も存在する(例えばICNS観測点, 0913観測点).推定されたモーメントマグニチュードは2枚の矩形断層を併せて6.9となった.



	断層面	東経	北緯	深さ	長さ	幅	走向	傾斜	滑り角	滑り量
		(度)	(度)	(km)	(km)	(km)	(度)	(度)	(度)	(m)
	北側断層	140.979	39.109	0.5	20.6	12.1	195.2	44.9	105.5	1.8
	南側断層	140.907	38.927	0.4	12.6	10.1	225.3	25.0	80.9	3.5

(c)

図11. GPSによる地震時地殻変動と推定された断層モデル. (a)(b) 観測された水平変動,および上下変動(地 震前,および地震後 25 分間の平均値の差)を,それぞれ黒矢印,および黒棒で示す. 白矢印,および白棒は推 定された断層モデルから計算された水平変動,および上下変動を示す. 赤の矩形は推定された断層面を地表に 投影したもので,実線が上端を示す. 丸印は臨時地震観測網による 6 月 14-17 日と 6 月 20 日の余震(臨時観 測のデータを用い再決定されたもの)の震央を示す. 赤三角は第四紀火山を示す. 白星印は本震の震央を示 す. (c) 推定された断層パラメター. 断層の位置は上端の北端である.

謝辞:本研究は国土地理院 GEONET 観測点・国立天文台水沢 VERA 観測所の GPS データを使用しました.また,原子力安全基盤機構 (JNES) が 平成 19 年度,20 年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得された GPS データを使用しました.GPS 解析ソフトに は GpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を利用させていただきました.記して感謝致します.

GPSデータによる地震時滑り分布

国土地理院 GEONET観測点,原子力安全基盤機構,国立天文台水沢VERA観測所,および東北大学のGPS観測デー タを統合処理し,地震時滑り分布を推定した.得られている全データについてキネマティックGPS解析(5分毎)を行い,地 震前25分と地震後25分の差を取り,地震時地殻変動と仮定した.解析にはGpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005)を 用い,IGSの速報衛星暦とCODEの時計情報を使用している.滑り分布の推定にはYabuki and Mtsu'ura(1992)の手法を 用いた.断層面は震源域北側の北西傾斜(傾斜角およそ45度)の余震分布を基に,それを震源域南部まで延長したものを 仮定した.推定された滑り分布は,観測値を概ね説明するが,特にGEONET 0913 (栗駒2) 観測点の変動が水平成分で 半分程度しか説明できていない.推定された最大滑り量は4.5mである.推定されたモーメントマグニチュードはMw=6.9とな った.推定された滑りの最も大きな付近は比較的余震活動が低調な領域と合致し,両者が相補的な関係にある事を示唆 する.同様に断層北端部分の位置と,余震分布が密集している部分も同様である.



図12. GPS による地震時地殻変動と推定された地震時滑り分布.(a)(b) 観測された水平変動,および上下変 動(地震前,および地震後 25 分間の平均値の差)を,それぞれ黒矢印,および黒棒で示す.白矢印,および白 棒は推定された断層モデルから計算された水平変動,および上下変動を示す.赤のコンターは推定された断層 すべりを地表に投影したものを示し,1m毎の滑り量を示す.最大滑り量のコンターは4mである.細い黒矢印は各 小断層におけるスリップベクトルを示す.丸印は臨時地震観測網による6月14-17日と6月20日の余震(臨時観 測のデータを用い再決定されたもの)の震央を示す.赤三角は第四紀火山を示す.白星印は本震の震央を示 す.

謝辞:本研究は国土地理院 GEONET 観測点・国立天文台水沢 VERA 観測所の GPS データを使用しました.また,原子力安全基盤機構 (JNES) が 平成 19 年度,20 年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得された GPS データを使用しました.GPS 解析ソフトに は GpsTools ver.0.6.3 (Takasu and Kasai, 2005) を利用させていただきました.記して感謝致します.

2008年岩手・宮城内陸地震に伴う余効変動(出店断層横断測線)



図 13. 国土地理院GEONET観測点と地震前から設置されていた原子力安全基盤機構,東北大学,国立天文台水沢VERA観測所のGPS連続観測点,地震後に設置されたGPS 大学連合による観測点の日座標値時系列.地図中の出店断層(DF)を横断する測線(破線の矩形)の観測点より抜粋して示してある.地震発生から28日後(7月12日)までを Bernese GPS software Ver.5.0(BPE)により解析した結果を示す.衛星軌道情報にはIGS精密暦を用いている.固定点はGEONET0171観測点(大船渡).

謝辞:本研究は国土地理院GEONET観測点・国立天文台水沢VERA観測所のGPSデータを使用しました.また原子力安全基盤機構(JNES)が平成19年度,20年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得されたGPSデータを使用しました.記して感謝致します.

2008年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ資料

2008年岩手・宮城内陸地震に伴う余効変動(震源域南部横断測線)



時間依存インヴァージョン解析により推定された余効滑り分布



Slip(cm) 用しました. 記して感謝致します. 141°00'

0

140° 30'

140° 45'

2008年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ/東北大学大学院理学研究科

時間依存インヴァージョン解析により推定された余効滑り分布



比抵抗構造と余震分布

2008年6月14日岩手・宮城内陸地震(M7.2)の震源域には,東北 大学によって行われた広帯域MT法探査の3本の測線がある.それ ぞれの測線における2次元比抵抗断面に,測線近傍に発生した余 震の震源を重ねた.どの測線においても,余震が高比抵抗域に発 生していることがわかる.余震の震源は臨時観測のデータも用いて 決めなおされたものを使用した(6月14日~17日と6月20日).

図16. (右図) 本震(☆), 余震(○)の震央分布と3本の測線の位置. 緑破線で測線を表し, ■は測点. ▲は第四紀火山, ☆は地殻深部低周波地震活動域, 赤線は活断層を表している.





図 17. 本震震源に近い栗駒山測線. 白丸が本震. 測点 140と150とでは, 合同観測の一環として, 2005 年からの比抵抗変化を調べるための MT 観測を実施している. (参加機関:東北大学大学院理学研究科, 秋田大学工学資源学部, 北海道大学大学院理学研究院, 東京大学地震研究所)



図 18. 余震域北端の焼石岳測線(左),余震域南端の鳴子測線(右).