寄 書

平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震の 震源域における地震発生 前の震源分布の再決定

山形大学理工学研究科地球環境学専攻*

小鹿浩太

山形大学理学部地球環境学科**

及川雅人・長谷見晶子

Relocation of Hypocenter Distribution
in the Source Region of the 2008
Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake
before the Earthquake Occurrence

Kota KOSHIKA

Earth and Environmental Sciences, Graduate
School of Science and Engineering,
Yamagata University, Kojirakawa-Machi
1-4-12, Yamagata-shi, Yamagata
990-8560, Japan

Masato OIKAWA and Akiko HASEMI

Earth and Environmental Sciences, Faculty of
Science, Yamagata University,
Kojirakawa-machi 1-4-12,
Yamagata-shi, Yamagata
990-8560, Japan

(Received June 14, 2010;

Accepted November 30, 2010)

§1. はじめに

地下深部における震源断層の形状を知ることは、地殻変動のモデルを構築したり強震動予測の精度を高めたりするのに重要である。余震分布から震源断層の形状を詳細に求めた研究は多いが、定常的な地震活動の震源分布とその後が発生した規模の大きな地震の震源断層との関係を調べた研究は非常に少ない [古澤・他 (2008)]。

2000 年代はじめに防災科学技術研究所の高感度基盤地震観測網が整備され、浅発地震の震源を精度よく決定できる地域が多くなった。古澤・他 (2008) は、平成 16

年 (2004 年) 新潟県中越地震が発生する前の震源分布を再決定して震源断層との関係を調べている。多くの地震についてこのような研究を行い、定常的な地震活動の震源分布から震源断層の形状を推定することが可能であるかどうかを検証することは重要と考えられる。

そこで、本研究では高感度基盤地震観測網のデータを使用して、平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震発生前の定常地震活動の震源分布を詳細に再決定し、震源断層の形状を推定できるかどうかを検討した。

§2. データと解析方法

Fig. 1 に示すように、余震域全体をカバーするおよそ 60 km×35 km の領域で 2006 年、2007 年に発生した地震の中から、気象庁一元化処理電源の深さが 20 km より浅い地震 524 個を震源再決定の対象とした。マグニチュードの範囲は 0.0~3.2 である。これらの地震の波形を防災科学技術研究所のホームページからダウンロードし、波形をディスプレイ上に表示して P 波、S 波の到着時を目視により読み取った。使用した観測点は本震からの震央距離が約 50 km 以内の 41 点である。読み取りの際は同じ観測点、同じ成分の波形記録を並べて表示し、初動波形が相似なものについては同じ位相を読み取るようにした。また、初動が明瞭でない波形は除いた。さらに読み取り精度を上げるために、クロススペクトル法 [Ito (1985)] による読み取りも行った。

震源再決定には Double Difference 法 (DD 法) [Wald-

Fig. 1. Map of the source region of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake and the surrounding region. Crosses denote stations used in this study. Earthquakes which occurred in the circled area from January 1, 2006 to December 31, 2007 were relocated. Solid lines are active faults by Nakata and Imaizumi (2002).

*** 〒990-8560 山形市小白川町 1-4-12

hauser and Ellsworth (2000)]を用いた。反復回数は25回とし、Waldhauser (2001)を参照して反復1~10回目は目視による読み取り値、10回目以降はクロススペクトル法による読み取り値の重みを大きくした。地震ペア間の最大距離は、目視による読み取り値では反復回数10回までは15 km, 11回から15回までは9 km, 16回以降は6 kmとした。クロススペクトル法による読み取り値に対しては反復回数20回までは2 km, 21回目以降は0.5 kmとした。P波速度構造はJMA2001〔上野・他(2002)]を用い、S波速度構造については $V_p/V_s = 1.732$ として与えた。震源の初期値には気象庁一元化震源を用いた。計算過程で震源が空中に出た地震などを除き、最終的に431個の震源を再決定した。

§3. 震源分布

Fig. 2(a)に再決定する前の震源(気象庁一元化処理震源), (b)に再決定した震源の分布を示す。Fig. 2(a)の白丸は再決定された地震, 黒丸はそれ以外の地震を表す。震源が15 kmより深い地震は低周波地震で初動が明瞭でなく読み取りをしなかったため、震源が再決定されていない。

再決定前と後を比べると、震央の位置の移動は1 km程度で大きな変化は見られなかった。深さは平均で1.5

km浅くなった。Fig. 2(a), (b)の断面で見ると決定前は深さ10 kmまでに多くの地震が分布し、それより深いところにも分布が見られるのに対し、決定後の震源は8 kmより浅いところに分布し、10 kmより深いものは少なくなっているなど、分布の特徴に変化が見られる。

§4. 議 論

Fig. 2(b)の震源分布には一見して断層面に対応するような顕著な面状の分布は見られない。そこで以下では、震源断層の形状が推定可能かどうかをより詳しく検討するために、本震周辺の震源分布をみる。Fig. 3(a)は2008年岩手・宮城内陸地震合同余震観測グループによる余震の震央分布と本震を含む領域②の範囲の断面〔岡田・他(2008)], Fig. 3(b)は同じ範囲における本研究で再決定した震源を示す。岡田・他(2008)が指摘したように、Fig. 3(a)の断面には本震の震源付近に傾斜角約40°で西に傾き下がる余震の並びが見られるが、本研究で再決定した本震発生以前の震源にはそのような震源の並びが見られない。吉本・他(2000)は、長町-利府断層における定常地震活動は逆断層の上盤側で活発であり、断層の深部延長が震源分布の外郭に沿っていることを示唆している。しかしFig. 3(b)では震源断層の下盤側にも震源が分布しており、分布の外郭と震源断層との一致

Fig. 2. (a) Distribution of hypocenters by Japan Meteorological Agency (JMA) in the source region of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake. Open circles indicate hypocenters relocated by the DD method. Cross sections are taken along lines shown in the map. Triangles are quaternary volcanoes. Star is the main shock located by Okada *et al.* (2008). Crosses are stations used. Rectangles show horizontal projection of the source faults by Group for the Emergent Observation of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008, and Tohoku University (2008). Squares denote locations of the earthquake fault recognized by Geological Survey of Japan (2009). (b) Distribution of hypocenters relocated in this study. Symbols are the same as (a).

Fig. 3. (a) Distribution of aftershocks by Group for the Emergent Observation of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008 (2008). A region of the cross section is shown by a rectangle in the upper map. Gray dots are background seismicity of a period from 1997 to 2008 determined by Tohoku University. (b) Hypocenters determined by the DD method in this study. The region of the cross section is the same as (a). Stars indicate the hypocenter of the main shock.

はみられない。以上のことから、2008 年岩手・宮城内陸地震に関しては地震発生前の震源分布から震源断層の形状を予測することは難しいといえる。古澤・他 (2008) は、2004 年新潟県中越地震の震源断層を発生前の震源分布から推定することはできなかつたと結論づけたが、本研究でもそれと同様の結果となった。

新潟県中越地震の余震分布との比較により、古澤・他 (2008) は、地震発生前の定常的な地震活動の深さ分布は地震発生層の下限を示していることを指摘している。地震発生層の下限が深いと起こりうる地震の震源断層の幅が広がる可能性が考えられるため、大地震前に地震発生層の深さの下限を見積ることは強震動予測などの観点からも重要である。本研究の結果 (Fig. 3(b)) では、ほとんどの震源が 8 km より浅いところに分布しているが、余震分布の下限である深さ 10 km 付近に位置する震源もあり、この深さ分布の下限が地震発生層の深さの下限とほぼ一致すると考えられる。また、Fig. 3(a), (b) の断面図を比較すると、地震発生前の震源がほとんどないと

ころに本震、余震が発生しているように見える。詳細な議論には比較対象とする震源を共通の手法で決定することが重要であるが、このような特徴は震源域周辺の構造不均質を反映している可能性が考えられ興味深い。

§5. ま と め

2008 年岩手・宮城内陸地震の震源域において地震発生前の 2006, 2007 年に発生した 431 個の地震の震源を DD 法を用いて再決定し、震源断層の形状を推定できるかどうかを検討した。再決定した震源の深さは、気象庁一元化処理震源よりも全体的に 1.5 km 程度浅くなった。本震前の震源は震源断層の上盤、下盤の両方に分布し、本震発生前の震源分布から震源断層の形を推定することはできなかった。再決定した震源と余震分布の深さの下限はほぼ一致し、地震発生前の震源がほとんどないところに本震、余震が発生しているように見える。これは震源域周辺の構造不均質を反映している可能性がある。

謝 辞

本研究には気象庁の一元化震源および気象庁，東北大学，防災科学技術研究所高感度地震観測網の波形データを使用させていただきました。松澤 暢氏はじめ東北大学地震・噴火予知研究観測センターの皆様には研究を進めるにあたり有益な助言を頂きました。クロススペクトルの計算に海野徳仁氏作成のプログラムを使用させていただきました。勝俣 啓氏と匿名の査読者のコメントにより本稿を改善することができました。記して感謝致します。

文 献

- 古澤 豊・長谷見晶子・吉本和生，2008，活断層近傍の詳細な震源分布-本震発生以前の平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震の震源域および山形盆地断層帯南部の例-，地震 2, **61**, 1-10.
- Ito, A., 1985, High resolution relative hypocenters of similar earthquakes by cross-spectral analysis method, J. Phys. Earth, **22**, 279-291.
- 中田 高・今泉俊文（編著），2002，活断層詳細デジタルマップ，東京大学出版会，60 pp.
- 岡田知己・海野徳仁・長谷川 昭・2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ，2008，2008 年岩手・宮城内陸地震-震源域の地下構造からみたマグマ・地殻流体との関係，科学，**78**(9), 978-984.
- 産業総合技術研究所活断層研究センター，2009，2008 年岩手・宮城内陸地震に伴う地震断層および地表変状，地震予知連絡会報，**81**, 274-277.
- 上野 寛・畠山信一・明田川 保・舟崎 淳・浜田信生，2002，気象庁の震源決定方法の改善-浅部速度構造と重み関数の改良-，験震時報，**65**, 123-134.
- Waldhauser, F., 2001, hypoDD-A program to compute double-difference hypocenter locations, USGS Open File Report 01-113, 25 pp.
- Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth, 2000, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward Fault, California, Bull. Seism. Soc. Am., **90**, 1353-1368.
- 吉本和生・内田直希・佐藤春夫・大竹政和・平田 直・小原一成，2000，長町-利府断層（宮城県中部）近傍の微小地震活動，地震 2, **52**, 407-416.
- 2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ，2008，2008 年岩手・宮城内陸地震緊急合同余震観測グループによる臨時余震観測，〈<http://www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/GIMNE2008/>〉，（参照 2009-10-8）.
- 2008 年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ・東北大，2008，GPS データによる地震断層モデル（矩形断層），平成 20 年度第 1 回地震予知連絡会東日本部会（2008 年 7 月 2 日）資料．