

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14404

研究課題名(和文) 東北日本前弧域における中新世以降の地殻伸張量・水平短縮量の定量化

研究課題名(英文) Crustal extension and shortening in the forearm region of the Northeast Japan arc since Miocene time

研究代表者

岡田 真介 (Okada, Shinsuke)

東北大学・災害科学国際研究所・助教

研究者番号：50626182

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、仙台平野南部の伏在活断層において、中新世の地殻伸張量および鮮新世以降の水平短縮量の定量化を行った。既存の反射法地震探査と重力探査の結果に、電磁波を用いた地下構造探査であるCSAMT (Controlled Source Audio-frequency Magneto-Telluric) 探査を実施し、伏在活断層の地下構造とその西側の正断層構造についての把握を行った。これに基づいて、鮮新世以降の伏在活断層の運動に伴う水平短縮量を見積もり、約460 mの水平短縮が生じていることが明らかになった。また、中新世における地殻伸張量は、少なくとも400 m程度であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東北日本弧は、中新世の日本海拡大に伴って伸張変形を受けており、その後、鮮新世からは短縮変形に変化した。東北日本弧に分布する活断層は、中新世の伸張変形時に形成された正断層が、鮮新世以降に逆断層として再活動している場合も多い。本研究では、仙台平野南部の伏在活断層において地下構造を把握し、中新世の伸張量と鮮新世以降の地殻短縮量を見積もった。活断層の地下構造を把握することは、発生する地震の規模の推定や強震動の推定にも重要な情報となる。また、地質学的な時間スケールにおいて島弧地殻に蓄積される歪みを理解することは、地震発生のポテンシャルを評価することにもつながる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we quantified the crustal extension and shortening across the fault of Southern Sendai Plain since Miocene time. The existing seismic profile, gravity data and the result of CSAMT (Controlled Source Audio-frequency Magneto-Telluric) survey which we conducted in this study were used to understand the subsurface geological structure of the causative active fault and its western extensional structure. Based on this geological structure, we estimated the amount of the shortening. The result show that a horizontal shortening of ca. 460 m has occurred around the Southern part of Sendai Plain since Pliocene time. The extension in the Miocene was estimated to be at least 400 m.

研究分野：変動地形学

キーワード：地下構造 反転テクトニクス 水平短縮 伸張変形

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

プレートの沈み込みに伴って蓄積される歪みの約 90%程度は、2011 年東北地方太平洋沖地震のようなプレート境界型の巨大地震によって弾性変形として解放されるが、残りの 10%程度はプレート境界よりも上盤側の内陸地域に発達する活断層運動によって、島弧内部の非弾性変形(地殻変形)として蓄積される。

2011 年の東北地方太平洋沖地震が発生し、プレート境界における弾性変形量・歪み解放量は明らかになってきているが、一方で、東北日本弧内部に蓄積されてきた非弾性変形(地殻変形)の詳細は明らかにされたとは言えない。

2. 研究の目的

地質学・地形学的に求められる島弧地殻の歪み蓄積量の詳細を明らかにすることは、プレート沈み込みに伴う巨大地震を評価する上でも重要である。東北日本弧では背弧側(日本海東縁)で大きな地殻伸張量・水平短縮量を伴う地殻変形が生じていることは、これまでの研究(佐藤, 1989; Okada and Ikeda, 2012)で明らかになってきているが、前弧側における地殻変形量は十分に解明されたとは言えない。そこで本研究では、既存の反射法地震探査データおよび重力データを用いて、東北日本前弧域の地殻変形量を明らかにすることを目的とする。本研究は、東北日本弧に蓄積される地形・地質学的歪みの全体像を明らかにすることにつながる。

3. 研究の方法

(1) CSAMT 探査の実施

仙台部屋南部の伏在活断層およびその西部に位置する阿武隈山地北端部の地下構造を把握するために、既存反射法地震探査の測線と一部オーバーラップさせて、CSAMT 探査(Controlled Source Audio-frequency Magneto-Telluric)を実施した。探査は、亘理町字鷺屋付近から逢隈神宮寺付近、箕輪峠を通り、角田町小坂に至る約 6 km の測線を設定した(図 1a)。受信点間隔は、100~200 m とした。また、電場ダイポールの送信源は、測線から北に 13 km 離れた名取市愛島笠島付近に、東西方向に電極を約 1.4 km 離して設置した。また送信には 1~5120 Hz までの 23 種の周波数を用いた。データ処理では、周波数毎の波形データに対してフィルタ処理を施したのちに、スタッキングを行った。解析では、1 次元逆解析を行い、ニアフィールド補正を行ったのちに、2 次元逆解析を行い、各周波数において見掛け抵抗と位相が測定値と一致するモデルを有限要素法を用いて求めた。

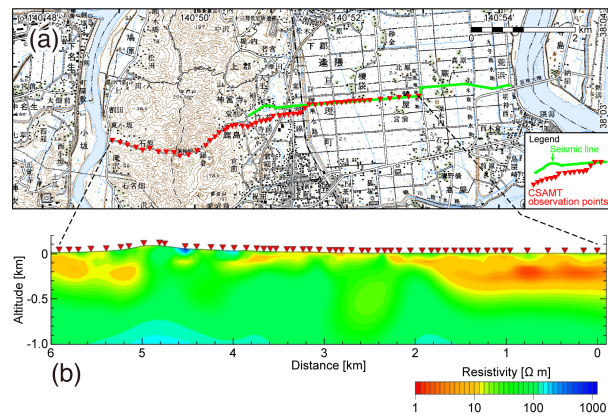


図 1. (a) CSAMT 探査測線, (b)解析結果

解析では、1 次元逆解析を行い、ニアフィールド補正を行ったのちに、2 次元逆解析を行い、各周波数において見掛け抵抗と位相が測定値と一致するモデルを有限要素法を用いて求めた。

(2) 各種物理探査による地下地質構造の推定

既存の反射法地震探査および重力探査の結果(岡田ほか, 2017)、さらに本研究で実施した CSAMT 探査の結果を合わせて、仙台平野南部の地下構造を再考した。岡田ほか(2017)では、仙台平野下に伏在する活断層とその活断層運動にもなった地下構造の変形をよく捉えていたが、反射法地震探査測線の西部の阿武隈山地北端部については、重力探査の結果のみであり、詳細は明らかではなかった。複数の物理探査による結果を比較することにより、より正確な地下構造の推定を試みた。

(3) 地殻水平短縮量および伸張量の推定

上記の各種物理探査の結果から得られる地下の地質構造を基にして、バランスドクロスセクション法により、地殻の水平短縮量および伸張量を明らかにした。まず、鮮新世以降の地殻の水平短縮量は、得られた地下地質構造において、断層面に沿った変形を引き戻すことにより見積もった。次に、中新世の日本海拡大に伴って生じたと考えられる伸張変形についても、同様にバランスドクロスセクション法を基にして、見積もった。

4. 研究成果

(1) CSAMT 探査の結果

測線東部では、地表から標高-400 m 程度まで、2~10 Ωm 程度の低比抵抗を示す領域が広がっている(図 1b)。この低比抵抗領域は、距離 1.5~2.0 km 付近にかけて急激に薄くなる(図 1b)。また、CSAMT 測線中部(距離 3.6~4.1 km)の地表から標高-200 m 付近にまで、西に向か

って深くなる楔状の低比抵抗領域が得られた (図 1b)。この西側では、低比抵抗領域は途切れ、地表から標高-500 m 程度には、30~100 Ωm 程度の中比抵抗の領域が分布する。さらに、測線西端部付近では、地表から標高-400 m 付近にまで 10 Ωm 程度の低比抵抗を示す領域が得られた (図 1b)。

(2) 仙台平野南部の地下構造

CSAMT の結果で得られた測線東部の低比抵抗領域と水平方向への変化は、反射法地震探査および重力探査で推定された西傾斜の伏在活断層による地質構造の変形と非常によく一致している。この低比抵抗領域の下限は、中期中新統の旗立層の下限とおおよそ一致する。CSAMT 測線中部の西に向かって深くなる楔状の低比抵抗領域の下限は、反射法地震探査測線西端の先新第三系の基盤岩とほぼ深度が一致している。この低比抵抗領域は、突如として途絶え、その西側には中比抵抗の領域が分布することから、西傾斜の比較的高角な断層が存在すると考えられる。

これは、測線付近の中新統と先新第三系の境界を示していると考えられる。また測線西端部から追跡すると標高-500 m 程度までに厚く分布する低比抵抗領域は、CSAMT 探査の距離 5 km 付近で、東には連続しない。これは、前期中新世の槻木層と先新第三系の割山層と境界と一致しており、西側低下の正断層構造が推定される。

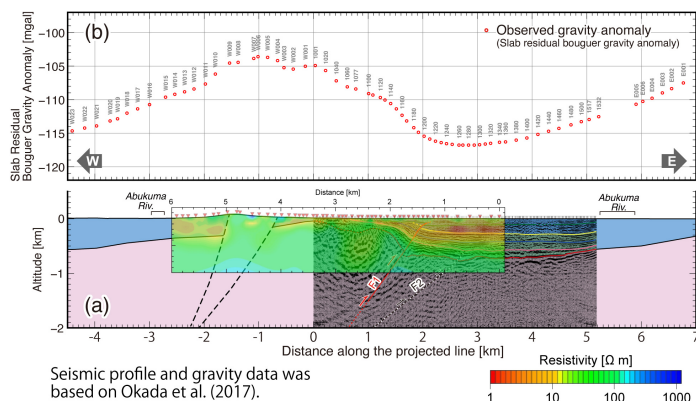


図 2. (a) CSAMT 探査および反射法地震探査の解釈, (b) 重力探査探査の結果。

(3) 鮮新世以降の地殻水平短縮量および中新世における地殻伸張量の推定

反射法地震探査・重力探査・CSAMT 探査から得られた仙台平野南部の地下地質構造に対して、バランスドクロスセクション法を用いて、鮮新世以降の水平短縮量を見積もった。その結果、約 460 m の水平短縮量を担っていることが明らかになった (図 3)。また、仙台平野南部の伏在活断層 (F1) およびその東側の断層 (F2) による短縮量は、約 360 m であり、反射法地震探査西側の構造では 100 m 程度の水平短縮であることが分かった (図 3)。中新世における伸張量は、地質構造断面図西部の正断層構造が担っている。

この正断層構造よりもさらに西へ 10 km の地域には先新第三系の花崗岩類が広く地表に分布することより、この正断層は、回転半径約 10 km 程度のリストリックな正断層であると仮定すると、少なくとも 400-430 m の伸張が生じていると推定される。ただし、上位の地層の欠損により、見積もられた伸張量は、最小値を示すものと考えられる。

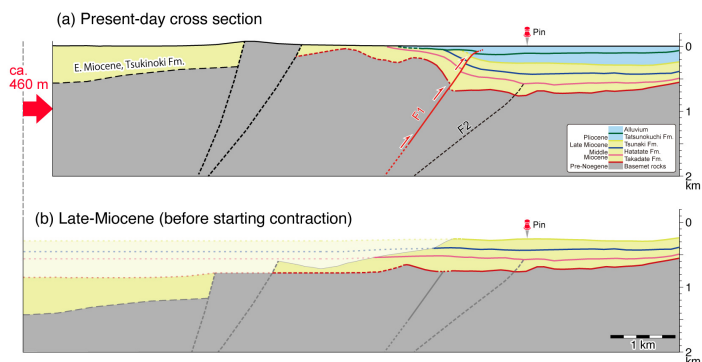


図 3. (a) 各種物理探査から推定した現在の地下地質構造, (b) 水平短縮を引き戻した後期中新世の復元図。

<引用文献>

- 岡田ほか, 2017, 反射法地震探査および重力探査から明らかになった仙台平野南部の伏在活断層, 地震 2, 70, 109-124.
- Okada, S., and Y. Ikeda, 2012, Quantifying crustal extension and shortening in the back-arc region of Northeast Japan, J. Geophys. Res., 117, B01404, doi:10.1029/2011jb008355.
- 佐藤, 1989, 東北本州弧における後期新生界の変形度について, 地質学論集, 32, 257-268.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 岡田真介・今泉俊文・楳原京子・越後智雄・戸田 茂・松原由和・三輪敦志・住田達哉	4. 巻 70
2. 論文標題 反射法地震探査および重力探査から明らかになった仙台平野南部の伏在活断層	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地震第2輯	6. 最初と最後の頁 109-124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4294/zisin.2016-20	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 岡田真介・小鹿浩太・小田佑介・塚本勇樹・楳原京子・坂下 晋・今泉俊文・宮内崇裕・越後智雄
2. 発表標題 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田真介
2. 発表標題 東北日本前弧域仙台湾周辺における地殻構造
3. 学会等名 日本活断層学会2017年度秋季学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Okada S., Imaizumi T., Kagohara K., Echigo T.
2. 発表標題 Quantifying the crustal deformation across the active fault in the southern part of the Sendai Plain, fore-arc region of the Northeast Japan arc
3. 学会等名 European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----