

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22340147

研究課題名（和文）地質構造にもとづく潜在震源断層マッピング

研究課題名（英文）Mapping of seismogenic source faults based on geologic structure

研究代表者

佐藤 比呂志（SATO HIROSHI）

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号：00183385

研究成果の概要（和文）：内陸地震の震源断層の形状モデルの構築は、災害予測・地殻の変形機構を理解する上で重要である。変動地形学情報のみならず、重力異常・震源分布・反射法地震探査・自然地震トモグラフィなどの地球物理学的資料、ボーリング資料も含めた地質学的情報などを総合的に考慮して、東北地方における震源断層の形状モデルを作成した。東北日本の震源断層の形成には、日本海拡大時の古いテクトニクスが大きく関与している。

研究成果の概要（英文）：Constructing models of seismogenic source faults are very significant for the estimation of seismic hazards and better understanding of crustal deformation. We constructed source fault models in Tohoku area, based on the data of tectonic geomorphology, geophysical data, such as gravity anomaly, seismic reflection profiles, hypocentral distribution, earthquake tomography, and geologic data including surface geology and bore hole data. Size and geometry of source faults are closely related to the tectonics during the back-arc rifting and opening.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2011 年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2012 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：震源断層・活断層・内陸地震・地殻構造

1. 研究開始当初の背景

日本列島の活断層の分布は変動地形学者らの努力によって、80年代に同一の基準でマッピングされた。しかしながら、兵庫県南部地震の神戸地域や、2000年以降に発生した2000年鳥取県西部地震（M7.3）、2008年岩手宮城内陸地震（M7.2）など、内陸に震源域を有するM7を越える大規模な地震ですら、活断層が

知られていない地域で発生した。また、中越地震（M6.8）・中越沖地震（M6.8）では、褶曲帯での震源断層の予測の必要性が認識された。震源断層での地殻構造探査の結果は、変動地形学的な諸特徴を地質構造の位置づけることによって、震源断層をマッピングが可能であることを示している。しかしながら、活

断層や活褶曲の研究は、変動地形学によって行われ、地質・地球物理学的な地殻構造による研究成果と総合し、活断層-震源断層システムを明らかにしようという試みはほとんど行われてこなかった。

2. 研究の目的

本研究では、変動地形学の他、重力・震源分布などの研究成果を取り込み、総合的に地質構造の観点から活断層・活褶曲を検討することにより、震源断層のマッピング、位置と形状を明らかにするための研究を行った。

3. 研究の方法

東北地方と九州地域について、既存の重力データの他、新たに観測データを追加し、ブーグ異常の勾配図を作成し、密度の急変帯を検出した。ブーグ異常図を基本として、これに変動地形学的に認識されている活断層のトレース、地質図を利用し、密度急変帯によって活断層の広がりを検討した。急変帯と活断層トレースが一致し、その延長が火山噴出物や沖積層などで覆われて、活断層の認定が困難な場合は、密度構造によって認識される断層も活断層と見なした。また、新潟平野など厚い堆積物が堆積している地域では、既存の反射法地震探査断面などを参考にして、震源断層を推定した。とくに新潟平野北部などの第四紀後期にも沈降が継続している地域については、褶曲や逆断層運動が少なくとも350万年以降継続していることを考慮し、魚沼層相当層に変形を与えている断層については、活断層として扱った。セグメント境界については、石油公団などの既存の反射断面を活用して、認定した。震源断層の下限については、防災科学技術研究所のHi-netの震源データや既往研究を基に推定した。また、断層の深部

形状の検討のために、防災科学技術研究所が解析した地震波速度トモグラフィを用いた。

とくに、東北日本海側には多数の断層関連褶曲が形成されており、褶曲の形成プロセスを考慮した、震源断層の形状が重要である。とくに、日本海側の地域にはウェッジ・スラストと呼ばれるほぼ水平な逆断層が上盤の地層を掻き上げるように変形させる構造が顕著である。この構造の形成プロセスについて、個別要素法を用いた数値実験を行って、震源断層とその運動によって生じる褶曲構造の特性について検討した（図1）。

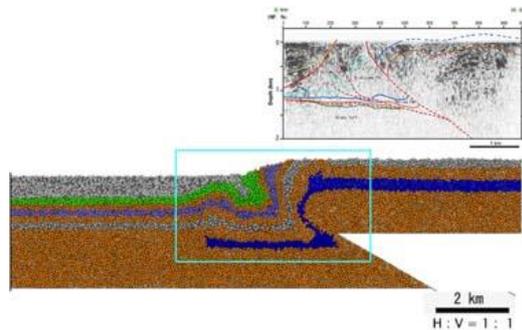


図1 個別要素法によるウェッジスラスト形成の数値実験結果。図の右上は、新潟県三条市下田丘陵下の反射法地震探査断面。寒色系の層に延性度の大きい物性を与えている。

4. 研究成果

(1) 東北日本の背弧域の断層のセグメンテーション

東北日本の逆断層型の活断層のセグメント境界には、しばしば直交する横断断層が位置しており、重力・地質図・反射断面・震源分布から読み取ることができる。地質図では褶曲軸跡の系統的なずれや、横断断層を隔てた地質構造の相違が見られる。また、これらの横断断層沿いに、微小地震が配列することがあり、横ずれ型の発震機構を示す。

日本海拡大時のリフト軸は、地震波トモグラフィ

ラフィにおいて下部地殻の高速異常として認識することが可能である。この日本海拡大時のリフト軸の分布は、現在の震源断層のセグメンテーションにも影響を及ぼしている。また、新潟-北部フォッサマグナ地域の中絶のリフト軸周辺では、苦鉄質岩石の併入によってリフト軸の外側に傾斜した物質境界が形成されやすく、その後の短縮変形時に逆断層として再活動している場合が多い。長野盆地西縁断層帯や越後平野東縁の月岡断層など、大規模なウェッジスラストを形成している (図 2)。

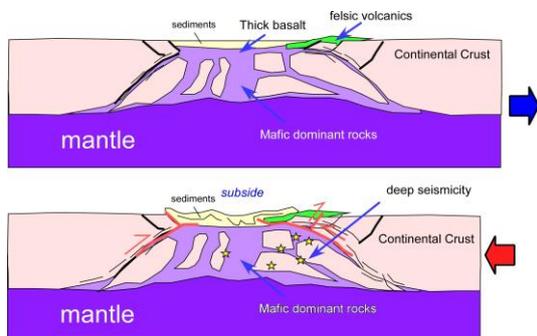


図 2 新潟-北部フォッサの中絶リフトシステムの形成とその後の短縮変形の概念図

(2) 断層関連褶曲の形成

日本海拡大時の中絶リフトである秋田-山形堆積盆地、新潟-北部フォッサ堆積盆地には日本海およびその沿岸域を含めても、最大の層厚を示す堆積物が分布する。この中で、新潟地域の寺泊層・秋田地域の女川・船川層は間隙水圧が大きく、デタッチメントが発達しやすい状態にある。このためそれらの上位層を構成層とする断層関連褶曲が形成されており、基盤岩中の震源断層と地表近傍の活断層・活褶曲との関係を複雑にしている。

(3) 東北日本の震源断層モデル

広領域のデータを検討し、東北日本の震源断層の矩形モデルを作成した (図 3)。この断層モデルは、試作版であり、より一層の検討が必要である。ただ、新潟地域など反射法地

震探査断面など、地下地質データの活用により、従来の活断層よりも震源域は増加している。

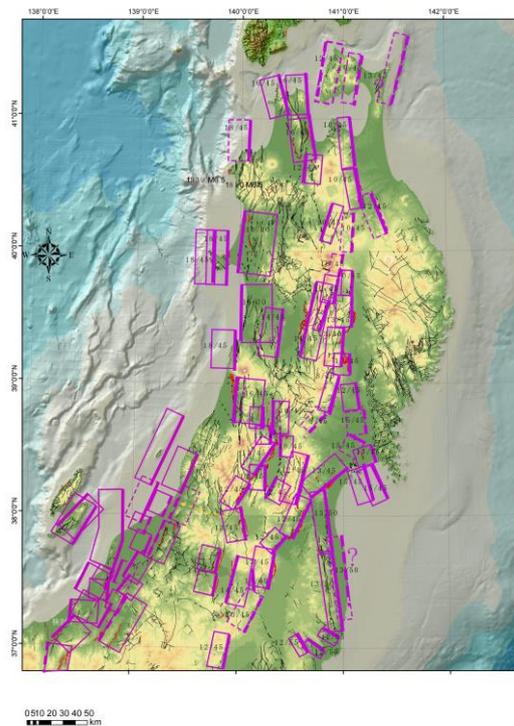


図 3 東北日本陸域の震源断層矩形モデル

太実線: 上端、破線: 確実度が低いもの、下限は地震発生層の厚さ (D90) に基づく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 21 件)

- ① Ishiyama, T., Sato, H., Kato, N., Nakayama, T., Abe, S., Active blind thrusts beneath the Tokyo metropolitan area: Seismic hazards and inversion tectonics, *Geophysical Research Letters*, DOI:10.1002/grl.50487, 2013. 査読有
- ② Tsutsumi, H., Sato, K., and Yamaji, A., Stability of the regional stress field in central Japan during the late Quaternary inferred from the stress inversion of the active fault data, *Geophysical Research*

Letters, 39, L23303,

doi: 10.1029/2012GL054094, 2012. 査読有

- ③ 佐藤比呂志・加藤直子, 北部本州背弧域の地殻構造と震源断層, 地質学雑誌, 116, 2010, **592-601**. 査読有
- ④ Kurashimo, E., Sato, H. et al. Precise aftershock distribution and crustal structure in and around the northern focal area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, Earth Planets Space, 63 2011, 903-912, 査読有

[学会発表] (計 42 件)

- ① 佐藤比呂志, 石山達也, 今泉俊文, 加藤直子, 武田哲也, 越谷信, 堤浩之, 豊島剛志, 工藤健, 山北聡, 東北地方の震源断層モデル, 日本地球惑星科学連合大会, 2012 年 5 月 22 日, 幕張, 幕張メッセ.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 比呂志 (SATO HIROSHI)
東京大学・地震研究所・教授
研究者番号: 00183385

(2) 研究分担者

豊島 剛志 (TOYOSHIMA STUYOSHI)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 10227655

工藤 健 (KUDO TAKESHI)
中部大学・工学部・教授
研究者番号: 80410645

工藤 健 (KUDO TAKESHI)
中部大学・工学部・教授
研究者番号: 80410645

堤 浩之 (TSUTSUMI HIROYUKI)
京都大学・理学研究科・准教授
研究者番号: 60284428

越谷 信 (KOSHIYA SHIN)
岩手大学・工学部・准教授
研究者番号: 90205378

山北 聡 (YAMAKITA SATOSHI)
宮崎大学・文化教育学部・准教授
研究者番号: 80210342

石山達也 (ISHIYAMA TATSUYA)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号: 90356452

松原 誠 (MATSUBARA MAKOTO)
独立行政法人防災科学技術研究所・地震研究部・研究員
研究者番号: 00500753

武田 哲也 (MATSUBARA MAKOTO)

独立行政法人防災科学技術研究所・地震研究部・研究員

研究者番号: 80455253

(3) 連携研究者
なし