

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：82641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01255

研究課題名(和文) 巨大地震後に活動した内陸活断層帯の浅層地盤構造調査による断層活動区間・連動性研究

研究課題名(英文) Research of fault segmentation and grouping using near-surface explorations of active intraplate faults ruptured after a large interplate earthquake

研究代表者

木村 治夫 (Kimura, Haruo)

一般財団法人電力中央研究所・地球工学研究所・主任研究員

研究者番号：00723652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：1930年北伊豆地震時に地表変位を生じた箱根町断層、丹那断層、姫之湯断層、および、姫之湯断層に並走するが1930年地震時には地表変位を生じた報告の無い早霧湖断層群b断層で、二次元及び三次元の地中レーダ探査を実施した。加えて、丹那断層、姫之湯断層、早霧湖断層群で簡易ボーリング調査を実施し、堆積物試料の初磁化率測定、放射性炭素年代測定を含む各種分析を行った。その結果、各調査地点における活断層の極浅部地下構造が明らかになった。とくに、早霧湖断層群b断層では完新世の活動が確認され、1930年の活動は無くとも、第四紀後期においては上記の調査対象断層と一連の活断層システムを構成していることがわかった。

研究成果の概要(英文)： We conducted 2D and 3D ground penetrating radar (GPR) profiling across the Hakonemachi, Tanna, Sagiriko-b, and Himenoyu faults. These faults except of the Sagiriko-b fault were ruptured during the Mw=6.9 1930 Kita-Izu earthquake. We also carried out drilling survey near the GPR lines, and analyzed the sedimentary facies, magnetic susceptibility, and radiocarbon ages. As a result, near-surface structures of the faults at survey sites were revealed. The Holocene activity recognized in this study of the Sagiriko-b fault has suggested that the fault and 1930 surface ruptures compose an active fault system in late Quaternary.

研究分野：構造地質学

キーワード：活断層 アクティブテクトニクス 物理探査 極浅部地下構造 地中レーダ 丹那断層 伊豆半島 1930年北伊豆地震

1. 研究開始当初の背景

2011年東北地方太平洋沖地震 ($M_w = 9.0$) によって東北日本の応力状態が大きく変化し (例えば, Toda et al., 2011), 内陸活断層である井戸沢断層・湯ノ岳断層では正断層成分の地表のずれを伴う大きな地震が起こった (福島県浜通り地震, $M_w = 6.6$) (Mizoguchi et al., 2012; Toda and Tsutsumi, 2013). また, このような巨大地震後に活動した逆断層や横ずれ断層の例としてはそれぞれ, 1896年の明治三陸地震 ($M = 8.2$) 後の陸羽地震 ($M = 7.2$) で動いた横手盆地東縁断層帯 (逆断層) や, 1923年大正関東地震 ($M = 7.9$) (関東大震災) 後の1930年北伊豆地震 ($M = 7.3$) で動いた丹那断層帯 (横ずれ断層) が挙げられる.

丹那断層帯は箱根山南麓を北端とする約30 kmの南北に伸びる活断層帯であるが, 箱根カルデラを縦断して箱根山北麓の平山断層にまで達する丹那 - 平山構造線という一連の構造線を成すと考えられている (例えば, Ito et al., 1989). しかし, 丹那 - 平山構造線北部の箱根山地域では非常に短い断層が断片的に確認されているだけである. また, 応募者のこれまでの研究により, 約60万年前以降に, 断層直上だけでなく周辺の広い範囲に累積的な横ずれ変形が及んでいることが明らかにされている (Kimura et al., 2011). そのため, 活断層の連続性や変形構造, また, 断層直上でのずれの量をより詳細に計測し, 丹那断層に伴う地殻変動像を見直す必要が生じている.

2. 研究の目的

過去の巨大地震後に起こった内陸活断層型地震で, 場所によって活断層のどの区間でどれだけの量の地表変動が生じたのかを求め, 対象とする活断層が, 個々の区間ごとに別々に活動するのか? あるいはその全区間が一連のものとして活動するのか? を解明する. そのためにとくに, 大都市圏に近く, 関東地震や東海地震といった巨大地震震源域と隣接する丹那断層帯を対象として, 地震時変形構造イメージングと変位量計測のための浅層地盤構造調査を行う.

3. 研究の方法

過去に生じた活断層による変形構造やずれの量を求めるために, 浅層地盤構造調査によって地下の地層に残された痕跡を見出す. 本研究では地点ごとの量を比較して活動区間が異なるか一連かを考えるため, 断層に沿った多地点での測定が必要である. そこで, 詳細性と迅速性をバランス良く両立させる方法として, 地中レーダ探査 (例えば, 物理探査学会 編, 1998) とハンドオーガー (手掘り簡易ボーリング) 掘削調査を行う. また, これらの調査に先立ち, 調査測線周辺の詳細な地質・地形調査を行う.

また, 本研究ではとくに丹那断層帯に注目しているが, 巨大地震後に活動した内陸活断

層という点では, 前述した横手盆地東縁断層帯や福島県浜通りの断層群も該当する. 加えて, 本研究で用いる調査手法の中心である地中レーダ探査は, 我が国では活断層調査への適用例がまだ数少ない. そのため, 上記の諸断層に加えて, 他の活断層についても適宜, 巨大地震後に活動した内陸活断層との比較例や地中レーダ探査手法の適用例として, 必要に応じて調査対象に含めて研究を進める.

4. 研究成果

(1) 丹那断層帯 (北伊豆断層帯) とその延長部における研究成果

1930年北伊豆地震時に地表変位を生じた箱根町断層, 丹那断層, 姫之湯断層 (例えば, 伊原・石井, 1932; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005), および, 姫之湯断層に並走するが1930年地震時には地表変位を生じた報告の無い早霧湖断層群 b 断層 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005) で, 二次元及び三次元の地中レーダ探査を実施した. 各調査対象地点において, カナダ Sensors & Software 社の pulseEKKO PRO システムを用いてプロファイル測定及びワイドアングル測定 (例えば, 物理探査学会 編, 1998) を実施して探査データを取得した. このデータに対して, 米国 Parallel Geoscience Corporation 製の反射法地震探査データ処理ソフトウェア SPW version 2.2 を用いてデータ処理を行い, 各探査測線で最大で深度10 m 弱程度の地下構造をあらわすマイグレーション深度変換断面を得た.

また, 丹那断層, 姫之湯断層, 早霧湖断層群で地中レーダ探査測線の近傍において人力掘削による簡易ボーリング調査を実施した. 採取したボーリングコア試料について, 層序観察, 堆積物試料の初磁化率測定, 放射性炭素年代測定を含む各種分析を行った. 加えて, 地中レーダ探査測線近傍で掘削された他のボーリングコアからも堆積物試料を採取し, 放射性炭素年代測定を行って, 地層の形成年代の把握を行った.

その結果, 各調査地点における活断層の極浅部地下構造が明らかになった. とくに, 早霧湖断層群 b 断層では完新世の活動が確認され, 1930年の活動は無くとも, 第四紀後期においては上記の調査対象断層と一連の活断層システムを構成していること, および, 一連でありながらも上記調査対象断層 (箱根町断層や丹那断層主部は左横ずれ・姫之湯断層は右横ずれで北側上昇) と早霧湖断層群 b 断層 (右横ずれで南側上昇) は変位センスが異なっていることがわかった. そのため, 上記の諸断層を含む丹那 - 平山構造線という大きな地質構造を理解するためにはさらに研究を進めてゆく必要がある. また, 地下の横ずれ変形構造のイメージングのために本研究で行った三次元地中レーダ探査については, 横ずれ変位の有無といった大局的な構造は明らかになったものの, 横ずれ変位量を精

度良く求めることや各地層との詳細な対比を行うまでには至らなかった。これは活断層を対象とした三次元地中レーダ探査のために最適な各種仕様・パラメタ設定が不十分であったためと考えられる。したがって、極浅部の横ずれ変形構造を対象として三次元地中レーダ探査を有効に適用するための研究について、今後引き続いて行ってゆく必要がある。

(2) 他の内陸活断層における研究成果

上記の丹那断層帯およびその延長部で実施した二次元地中レーダ探査と同様のものを、2014年長野県北部の地震の際の地表地震断層である糸魚川 - 静岡構造線活断層系神城断層、2011年福島県浜通りの地震の地表地震断層である井戸沢断層、長崎県島原半島の千々石断層、大分県別府地域の朝見川断層などで実施した。このうち、井戸沢断層、千々石断層、朝見川断層では、測線近傍で掘削された既存のボーリング調査結果やトレンチ調査結果と比較して、活断層調査における地中レーダ探査の有用性について検討した。

その結果、各調査地点における活断層の極浅部地下構造が明らかになった。地中レーダ探査と掘削調査の結果を比較すると、地層面の深度については地中レーダ探査手法の分解能の範囲内の差異が見られたものの、地層面の形状は両者共に非常によく似ており、活断層に伴う地層の変形構造が見られた。こうした極浅部地下構造から、それぞれの調査地点における断層活動の累積性や各地震イベントでの変位量などが明らかになった。

<引用文献>

- 物理探査学会 編, 1998, 物理探査ハンドブック, 物理探査学会, 1336p.
- 伊原敬之助, 石井清彦, 1932, 北伊豆震災地調査報文, 地質調査報告, 112, 111p.
- Ito, T., Kano, K., Uesugi, Y., Kosaka, K., Chiba, T., 1989, Tectonic evolution along the northernmost border of the Philippine Sea plate since about 1 Ma, *Tectonophysics*, 160, 305–326.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005, 北伊豆断層帯の評価. 地震調査研究推進本部, 28p.
- Kimura, H., Ishikawa, N., Sato, H., 2011, Estimation of total lateral displacement including strike-slip offset and broader drag deformation on an active fault: Tectonic geomorphic and paleomagnetic evidence on the Tanna fault zone in central Japan, *Tectonophysics*, 501, 87–97.
- Mizoguchi, K., Uehara, S., Ueta, K., 2012, Surface Fault Ruptures and Slip Distributions of the M_w 6.6 11 April 2011 Hamadoori, Fukushima Prefecture, Northeast Japan, Earthquake, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 1949–1956.
- Toda, S., Stein, R.S., Lin, J., 2011, Widespread

seismicity excitation throughout central Japan following the 2011 $M=9.0$ Tohoku earthquake and its interpretation by Coulomb stress transfer, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L00G03.

Toda, S., Tsutsumi, H., 2013, Simultaneous Reactivation of Two, Subparallel, Inland Normal Faults during the M_w 6.6 11 April 2011 Iwaki Earthquake Triggered by the M_w 9.0 Tohoku earthquake, Japan, *Earthquake, Bull. Seis. Soc. Am.*, 1584–1602.

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 4 件)

木村治夫, 2018, 活断層周辺の広範囲な横ずれ変形, 号外地球, 査読無, 69, 93–98.

中西利典, 木村治夫, 堀川義之, 山崎圭二, 堤 浩之, ホンワン, 奥野 充, 2017, 島原半島唐比低地の湿地堆積物に記録された千々石断層の完新世の活動, 日本応用地質学会九州支部 平成 29 年度研究発表会論文集, 日本応用地質学会九州支部, 査読有, 89–94.

木村治夫, 中西利典, 2017, 斜め横ずれ活断層の極浅部地下構造 - 姫之湯断層 (1930 年北伊豆地震断層) と早霧湖断層の例 -, 月刊地球, 査読無, 67, 107–112.

木村治夫, 谷口 薫, 2015, 2014 年長野県北部の地震 ($M_w = 6.2$) の地表地震断層における地中レーダ探査 - 糸魚川 - 静岡構造線活断層系神城断層北部の極浅部断層形状 -, 活断層研究, 査読有, 43, 119–132.

[学会発表](計 2 件)

木村治夫, 青柳恭平, 大木理江花, 住田達哉, 望月一磨, 岡田真介, 2017, 田代盆地における地中レーダ探査および精密重力探査によって得られた北伊豆断層帯丹那断層の極浅部地下構造, 日本地震学会 2017 年度秋季大会, 鹿児島.

木村治夫, 中西利典, 大木理江花, 2017, 地中レーダ探査とボーリング調査からみた伊豆半島の早霧湖断層群の極浅部地下構造, 日本活断層学会 2017 年秋季学術大会, 広島.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等
特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村 治夫 (KIMURA, Haruo)
(一財)電力中央研究所・地球工学研究所・主任研究員
研究者番号: 00723652

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

青柳 恭平 (AOYAGI, Yasuhira)
(一財)電力中央研究所・地球工学研究所・上席研究員
研究者番号: 70371416

東丸 直頌 (HIGASHIMARU, Naotsugu)
(一財)電力中央研究所・地球工学研究所・派遣職員

大木 理江花 (OHKI, Rieka)
(一財)電力中央研究所・地球工学研究所・派遣職員

中西 利典 (NAKANISHI, Toshimichi)
京都大学・理学部附属地球熱学研究施設・研究員
研究者番号: 10462582

谷口 薫 (TANIGUCHI, Kaoru)
(株)パスコ