

令和元年6月13日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01319

研究課題名(和文) 活断層下の低電気比抵抗構造領域に注目した新たな活動性評価法の構築

研究課題名(英文) Development of new evaluation method of fault activity by focusing electrical resistivity structure under an active fault

研究代表者

山口 覚 (YAMAGUCHI, Satoru)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70191228

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)：活断層の性状・活動性の解明には、地表情報に加えて地下構造を明らかにすることが重要である。本研究課題では、地磁気地電流法を用い、断層の電気比抵抗構造モデルを構築し、郷村断層帯(京都府)と山崎断層系那岐山断層帯(兵庫県・岡山県)の断層構造を明らかにした。前者を構成する3本の断層は、活動性、累積変位などの断層運動特性が異なる。これらの地下構造を比抵抗構造モデルから明らかにし、異なる特性の成因を明らかにした。また、地表断層トレースから震源に至る断層面を推定した。後者は地表形態からは2本のセグメントに分かれているが、両者の地下比抵抗構造が極めて類似していることから、一続きの断層であると結論した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地表情報だけでは未解明であった活断層の性状を電気比抵抗構造から明らかにできることを実証した。断層構造の解明には、地震波探査が広く用いられているが、西日本に広く分布する横ずれ型断層(鉛直な境界、幅のある破碎帯を持つ)では、解像力が低下する。比抵抗構造探査ではこれらの構造も解像できることを示した。また、「電気比抵抗」は「地震波速度」、「密度」とは独立した物理量であるので、新しい切り口で断層構造を描出できる、また複数の物理量の組合せから、断層構造をより厳密に描出できる。それによって、活断層の学術的研究に新しい視点を与え、また、活断層で発生する地震の規模推定の精度を大きく向上させることができる。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the nature and activity of active faults, it is important to clarify the subsurface structure in addition to geological and geomorphological features. In this study, magnetotelluric surveys were made and constructed electrical resistivity models across the Gomura fault zone (Kyoto Prefecture) and the Nagisen fault zone located at the western end of the Yamazaki fault system (Hyogo prefecture / Okayama prefecture). The Gomura fault zone consists of three faults having different features in fault activity, total displacement, the latest fault activity and so on. The resistivity model across these three faults proposed the reason making these differences. The Nagisen fault zone is divided into two fault segments based on surface topography, however, the resistivity structure of them were quite similar and the result show these two fault segments should be a single fault segment.

研究分野：地球物理学

キーワード：電気伝導度 活断層 地磁気地電流法 山崎断層 郷村断層

1. 研究開始当初の背景

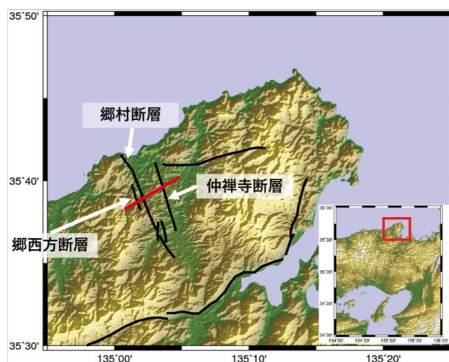
1847年善光寺地震(M7.4)から1995年兵庫県南部地震(M7.3)までの、M7.0以上の10の被害地震のうち3地震では明瞭な地表地震断層が出現していない(島崎, 2008), また, 2000年鳥取県西部地震に伴って地表で確認された断層トレースは, 地震の規模に対して極めて短い(金田・岡田, 2002). これらの事実は, 活断層で発生する地震の規模を推定するために用いられている今の方法, 「活断層の”地表における”長さを元にした松田(1975)の経験式」に大きな問題を投げかけている. これは活断層の性状・活動性の解明には, 地表形状のみならず地下構造を明らかにすることも重要であることを示す.

2. 研究の目的

本研究課題では, 断層下の比抵抗構造, 特に, 顕著に低い比抵抗領域として表現される断層ダメージゾーンと断層地表情報との比較・検討から, 真に活断層であるかや断層活動度との関係を明らかにすることを目的とした.

3. 研究の方法

郷村断層帯(第1図)と山崎断層系那岐山断層帯(第2図)において地磁気地電流法(Magnetotelluric法; MT法)探査を実施し, 断層の比抵抗構造モデルを構築した. この結果を断層の地形学・地質学的知見と共に総合的に検討した.



第1図 郷村断層帯の活断層位置
黒線は断層地表トレースを,
赤線は観測測線を示す



第2図 山崎断層系の活断層位置
(地震調査委員会, 2013)

郷村断層帯

郷村断層帯を構成する3本の活断層の性格は大きく異なる. すなわち, 郷村断層は1927年北丹後地震(M7.3)時に顕著な変位を示した典型的な地表地震断層であり, 郷西方断層はこの地震時にはわずかな変位しか示さなかった. 一方, 仲禅寺断層は, この地震時には活動していないが変動地形はこれらの中で最も明瞭である. これら3本の断層を横切る約7kmの測線を設定し, その測線上で信号源の周波数が高いAudio-Frequency MT法(AMT法)探査を27点(先行研究による観測点を含む)で, より周波数が低いWide-band MT法(WBMT法)探査を7点で実施した. 前者のデータから深さ約1.5kmまでの2次元比抵抗構造モデルを, また, 後者のデータから深さ12kmまでの3次元比抵抗構造モデルを構築した. これらモデルを周辺の地質構造および深部については震源分布や深部流体の分布などと比較しながら考察を進めた.

那岐山断層帯

那岐山断層帯は, 山崎断層系の西端に位置する起震断層であるが, 隣接する起震セグメントである山崎断層帯主部とは, 走向・傾斜・変位のセンス・変位量および地震活動性が異なる. 那岐

山断層帯は、さらに東部の那岐山断層群（声ヶ岬断層、那岐山断層、那岐池断層）と西部の津山北方の断層から構成される。

前者では地表断層トレースとほぼ直交する長さ約 2km の測線上の 12 点で、後者では地表断層トレースとほぼ直交する長さ約 4km の測線上の 19 点で AMT 法探査を行った。これらから両者の 2 次元比抵抗構造モデル（地表～深さ約 1.5km）を構築した。これらモデルを地質構造・重力分布などと比較しながら考察を進めた。

4. 研究成果

郷村断層帯

浅部比抵抗構造モデル解析から 3 本の断層下のそれぞれに特徴の異なる低比抵抗領域を見いだした。郷西方断層の直下には、表層付近を除き低比抵抗領域は見いだされなかった。郷村断層の直下には、他の活断層でも見いだされているようなほぼ鉛直で顕著な低比抵抗領域が見いだされた。また、仲禅寺断層近傍でもほぼ鉛直な低比抵抗領域が見いだされたが、前者に比べてその空間的広がり狭く、また比抵抗も大きい。

郷西方断層の下に低比抵抗領域が見いだされないことから、この断層は深部から連続するいわゆる「真の」断層ではなく副次的な断層であると結論した。

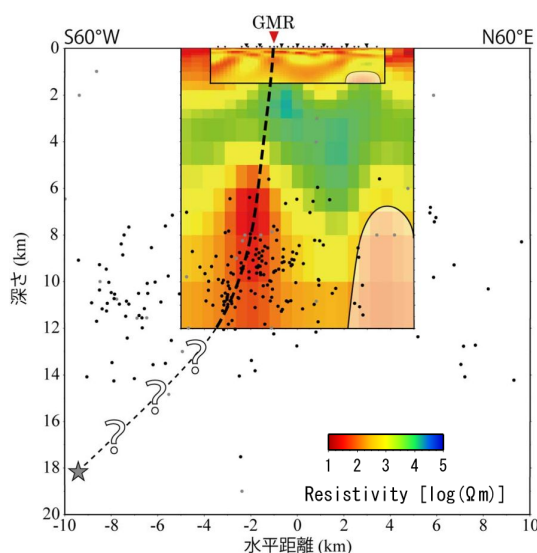
郷村断層と仲禅寺断層の差異は、最新活動時期からの経過時間の差に起因すると結論した。郷村断層の最新活動時期は 1927 年に対して、仲禅寺断層は約 12000 年以前と推定されている。大きな地震に伴う断層活動によって生じたダメージゾーンに、地下水が浸入して低比抵抗領域が形成されるが、時間の経過と共に、周囲からの圧力や空隙への沈積によって空隙が減り、それら相互の連結も少なくなることから低比抵抗領域に違いが生じたと結論した。

深部比抵抗構造モデルは、浅部の比抵抗構造は、浅部に強みを持つ AMT 法の結果を元にしたモデルと整合的であることから、両モデル計算の信頼性が高いことが示された。このモデルは浅部の低比抵抗領域、深部の低比抵抗領域および中深度の顕著な高比抵抗領域で特徴づけられる。深部の低比抵抗領域は、より深くまでのびる傾向を示すこと、この領域に微小地震の震源が多く分布することから、郷村断層帯の断層面を含むダメージゾーンがここに存在し、空隙に、地下深部から供給された（風早ほか、2014）地下水が浸入す

ることにより形成されたと結論した。最後に、郷村断層帯の地下断層面は、震源、深部低比抵抗領域、浅部低比抵抗領域、および断層地表トレースをなめらかに結ぶ曲線（第 3 図の破線）と結論した。

那岐山断層帯

那岐山断層帯の東部を形成する那岐山断層群の浅部比抵抗構造モデルは、北に約 60 度で傾斜する顕著な比抵抗境界で特徴づけられ、この境界の地表への延長が那岐池断層の地表トレー



第 3 図 郷村断層帯の統合比抵抗構造モデルは震源を、は郷村断層の地表位置を、は 1927 年北丹後地震の震源を示す。

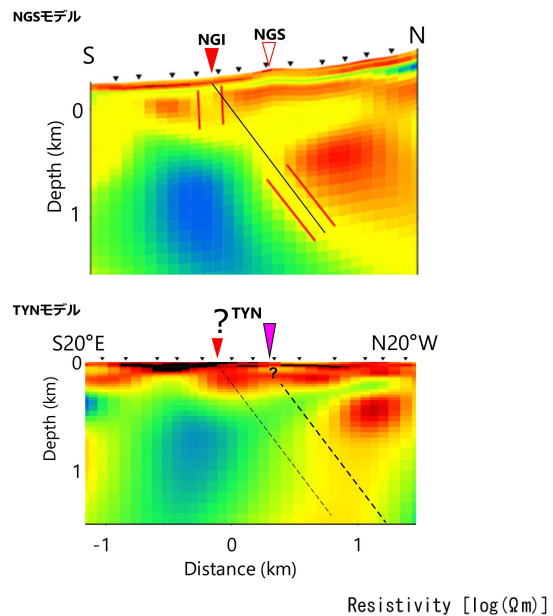
スと一致することから、これが那岐池断層の地下断層面を示すと結論した。一方、山側の那岐山断層付近には、比抵抗境界が認められないことから、副次的な断層であると結論した。

那岐山断層帯の西部を形成する津山北方の断層の浅部比抵抗構造モデルは、那岐山断層群の比抵抗構造モデルと極めて類似している。

これらは、これまで未解明であった那岐山断層帯の地下構造をはじめて明らかにした成果である。また、東部の那岐山断層群と西部の津山北方の断層の比抵抗構造が極めて類似していることから、那岐山断層帯の地表断層トレースは東部と西部の2条に分かれているが、地下では一続きの断層であると結論した。

津山北方の断層の地表位置の推定精度は低いと報告されている。本研究結果からは、本断層の地表位置は現在の推定位置よりも、北側にあることが示唆された。

最後に、本研究課題による研究から、活断層の地下構造を明らかにするためには、比抵抗構造の決定が重要であることが実証された。



第4図 那岐山断層帯の比抵抗構造モデル
上図は那岐山断層を、下図は津山北方の断層の比抵抗モデルを示す。△は観測点を、○は断層地表位置を、○は本研究から推定された断層地表位置を示す。

<引用文献>

- 島崎邦彦, 2008, 活断層で発生する大地震の長期評価:発生頻度推定の課題, 活断層研究, 28, 41-51.
- 金田平太郎・岡田篤正, 2002, 1943年鳥取地震の地表地震断層—既存資料の整理とその変動地形学的解釈—, 活断層研究, 21, 73-91.
- 松田時彦, 1975, 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, 28, 269-283.
- 地震調査委員会, 2013, 山崎断層帯の長期評価(一部改訂),
- 岡田篤正・岡田真介・後藤秀昭・杉戸信彦・廣内大助・松多信尚・八木浩司, 2016, 1:25,000 都市圏活断層図「津山東部」 国土地理院技術資料 D1-No.744
- 風早康平・高橋正明・安原正也・西尾嘉朗・稲村明彦・森川徳敏・佐藤努・高橋浩・北岡豪一・大沢信二・尾山洋一・大和田道子・塚本斉・堀口桂香・戸崎裕貴・切田 司, 2014, 西南日本におけるスラブ起源深部流体の分布と特徴. 日本水文科学会誌, 44, 3-16.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 0件)

[学会発表](計 9件)

山口覚, 三村明, 福江一輝, 加藤茂弘, 村上英記, 上嶋誠, 「郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明」, 日本地球惑星科学連合 2019年, 2019年

山口覚, 高桑大介, 三村明, 福江一輝, 村上英記, 加藤茂弘, 高倉伸一, 「山崎断層系津山北方の断層の Audio-frequency magnetotelluric 調査」, 日本地球惑星科学連合 2019年, 2019年

福江一輝, 山口覚, 三村明, 古川大悟, 加藤茂弘, 村上英記, 「山崎断層系那岐山断層帯に属

する那岐山断層・那岐池断層の地下浅部比抵抗構造」, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 143 回講演会, 2018 年

三村明, 山口覚, 福江一輝, 加藤茂弘, 村上英記, 上嶋誠, 「AMT 調査と広帯域 MT 調査を併用した地下比抵抗構造の解明 - 特性の異なる 3 つの活断層の比較 - 」, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 143 回講演会, 2018 年

加藤茂弘, 山口覚, 「横ずれ活断層の成熟度と地下比抵抗構造」, 日本活断層学会 2018 年度秋季学術大会, 2018 年

三村明, 山口覚, 倉光伸, 小堺航, 金幸隆, 村上英記, 加藤茂弘, 「郷村断層(郷西方断層・郷村断層・仲禅寺断層)の地下比抵抗構造」, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年

加藤茂弘, 山口覚, 菊池直樹, 丹後半島の郷村断層帯, 郷西方断層の性状と形成過程, 活断層学会 2017 年秋季学術大会, 2017 年

Yamaguchi S., ODA Y., ITO S., Kuramitsu S., Ouchi Y., Ueda S., Katoh S., and Murakami H., "Audio-frequency magnetotelluric surveys of active fault systems in Japan for better assessment of earthquake hazard — Two case studies", *IAGA WG 1.2 on Electromagnetic Induction in the Earth 23rd Workshop*, 2016

山口覚, 大内悠平, 小田佑介, 三島稔明, 村上英記, 加藤茂弘, 「電磁気学的手法を用いた活断層構造の探査 山田断層系郷村断層(京丹後市)の例」, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

〔その他〕
該当なし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 村上 英記

ローマ字氏名: MURAKAMI Hideki

所属研究機関名: 高知大学

部局名: 自然科学系

職名: 教授

研究者番号(8桁): 10166259

研究分担者氏名: 加藤 茂弘

ローマ字氏名: KATO Shigehiro

所属研究機関名: 兵庫県立人と自然の博物館

部局名: 自然科学系

職名: 主任研究員

研究者番号(8桁): 10166259

(2) 研究協力者

該当なし