

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560172

研究課題名(和文)重要遺跡を横切る活断層の活動性評価のための地下構造調査

研究課題名(英文)Very shallow seismic reflection profiling across concealed and inferred faults under the important remains without destructive investigation for faulting evaluation

研究代表者

今泉 俊文(Imaizumi, Toshifumi)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50117694

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文):活断層の詳細判読調査から吉野ヶ里遺跡や三内丸山遺跡など国を代表する遺跡が活断層の直上や近傍に位置することがわかった。そこで本研究では、非破壊的な調査が求められる史跡地やその周辺地域において、極浅層反射法地震探査によって地下構造を解明する調査を行った。これらの活断層が縄文時代から弥生時代の完新世に活動した可能性が高く、過去の文化が自然災害によってどのような影響を受けたのか、それは、現代社会が受ける自然災害とは何が共通して何が異なるか、過去を知ることから将来の防災対策の指針となる課題も明らかになった。

研究成果の概要(英文):We identified concealed or inferred active faults very close to the most important tow remains, (Yoshinogari site on the Saga plain and Sannai-Maruyama site on the Aomori plain, respectively), based on 3D maps and high resolution stereo-pair of air photo interpretations. In order to clarifying subsurface image and structure of these inferred faults, we conducted high-resolution shallow seismic reflection surveying by using Land Streamer System around the Yoshinogari remains in Kyusyu. These active faults were more likely to be active in Holocene time, from Jomon period to the Yayoi period. What kind of influence did past culture come under by natural disaster? The problem of future disaster prevention measures will become clear by knowing the past.

研究分野：総合領域

キーワード：活断層 完新世地形分類 極浅層地下構造探査 重要遺跡 活動性 吉野ヶ里遺跡 三内丸山遺跡

1. 研究開始当初の背景

内陸地震の発生源である活断層の研究は、国内外を問わず地震国では急速に進んでいる。日本では『日本の活断層』(活断層研究会, 1980, 1991)や『活断層詳細デジタルマップ』(中田・今泉編, 2002)等の代表されるように、活断層の詳細な研究に関しては世界をリードしている。また、1995年の兵庫県南部地震を契機に主要活断層の過去の活動を含めた活動履歴調査が地震調査研究推進本部(文部科学省)を中心に進められ、地震動の予測に関する基礎資料として充実してきた。すなわち、活断層の空中写真判読で明らかになった変動崖から、活断層の変位様式、変位量・変位速度を推定することができる。さらに、断層先端の地下構造や活動時期・活動間隔などを解明するために、一定規模のトレンチを掘削して、地層の変形を直接的に観察することが行われている。しかし、地表に変動崖が見えない、いわゆる地下に伏在した断層では、断層の正確な位置はわからない。また、ボーリングや限られた深度のトレンチでは断層に伴う地層の変形を十分確かめることは出来ない。さらにこうした調査地点が、遺跡等で特別に保存指定されている場所や、湿地や河川・ため池などでは直接地面を掘削することはほとんど不可能である。したがって、断層先端の構造や最新活動時期・活動間隔については十分な成果が得られているとは言いがたい。

そこで、断層が伏在して断層の位置がよくわからない沖積地では、反射法地震探査によって、地下浅部の地層の変形をイメージングすることで、断層の位置と先端の構造をうまくとらえる研究が行われている。構造探査では、人工(制御)震源を用いるが、この震源の周波数の違いによってイメージングする地質構造とその深度を調整する事が可能である。高周波の震源として人力による板たたきやドロップヒッター震源を用いると、極浅い(数十メートル~百メートル程度)地下構造のイメージングが可能になる。この手法を用いてこれまで調査が出来なかった沖積地や遺跡地の周辺でも非破壊的な調査(サイスマックトレンチとよぶ)が可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、沖積地に伏在する断層の地下構造を明らかにして、断層トレースの詳細かつ正確な形状を求める事を目的に行うもので、そのことによって断層評価の精度を向上させるのみならず、これまで見落とされている活断層の抽出・発見に寄与できると考えられる。

活断層の活動履歴を解明する調査は古地震調査とよばれ、地震学が及ばない長期間の時間スケールでの研究であり、地域における地震危険度の長期的な評価研究の基礎資料にとって不可欠である。また断層先端(地表直下)の断層構造(断層形状)が明らかにな

れば、地域の詳細な地震動を予測する上でも役立つ。

更に考古学の研究においても、自然災害(地震災害)が当時の文化・文明にどれだけの影響を与えたかを考える具体的な資料となり、古代社会の組織と現代社会の構造の違いなどを解き明かす上でも不可欠な情報になるであろう。

本研究では、吉野ヶ里遺跡や三内丸山遺跡など国を代表する遺跡は、活断層の直上や延長線上(あるいは近傍)に位置することが、詳細な活断層の判読調査から指摘されるようになってきた。弥生時代から縄文時代に至る断層(地震)活動の履歴を知る上で、また過去の文化・文明が自然災害によってどのような影響を受けたのか、現代社会が受ける自然災害とは何が共通して何が異なるか、過去を知ることから将来の防災対策が見えてくる。そこで、非破壊的な調査が求められる史跡地およびその周辺地域において、極浅層反射法地震探査によって、遺跡地周辺の地下構造を詳細に解明して、伏在する断層構造と過去の活動履歴の実態を明らかにする調査手法の開発を行う。

3. 研究の方法

調査対象の活断層として、(1)正断層の事例として佐賀平野北縁を東西に延びる断層帯と(2)逆断層の事例として青森湾西岸断層帯を取り上げる。

(1)佐賀平野北縁断層帯は、地震調査研究推進本部(長期評価部会・活断層分科会)が、九州の活構造(九州活構造研究会編, 1989)、新編日本の活断層(活断層研究会, 1991)、活断層詳細デジタルマップ(中田・今泉編, 2002)さらに重力異常等の資料にもとづいて評価を行っているが、断層の詳細な位置に関しては、下山ほか(2010)が中段段丘・低位段丘の一部の区間で示した以外は、断層帯の大半が沖積地を横断するため不明である。そこで、この沖積地に位置する吉野ヶ里遺跡の東縁または西縁部において、遺跡敷地周辺を南北に横断するように反射測線を設定して以下の手順に従って稠密発信を実施する。

測線位置を決めるために、空中写真の詳細判読を行い、DEMデータなどで詳細図面を作成する。測線は、受信機の間隔を50cm、発信間隔50cmと極めて密にドロップヒッターで実施する。探査には、これまで千屋断層、北上西縁断層、伊那谷断層帯などの反射法地震探査で数々の研究実績のある若手連携研究者(山口大学講師・楳原京子と岡東北大・岡田真介助教)で行う。取得されたデータは、解析ソフト(Supper X)を使用する。

解析・解釈に続き遺跡敷地外の地下試錐資料を収集して、断層構造、断層変位量、変位時期などに関する総合的な解釈を行い、伏在活断層の断層構造と最新活動に関する検討を行う。

(2)一方、特別史跡の青森県・三内丸山遺跡

は日本最大級の縄文集落跡である。この遺跡の東縁には青森県最大の活断層の一つに挙げられる青森湾西岸断層帯・入内断層（活断層研究会，1991，都市圏活断層，宮内ほか，2001）が位置する（長さ 30 km 以上）。この断層崖は、鶴ヶ坂凝灰岩およびそれらを開析する扇状地上では明瞭であるが、完新世地形面下には伏在する。また、断層の一部が遺跡敷地付近に分岐する可能性もあり、断層推定位置において、(1)の方法と同様に以下の手順で極浅層の反射法地震探査の実施が可能かどうかを見極めるための野外調査を行う。

4. 研究成果

ここでは、主として佐賀平野北縁の活断層に対する極浅層反射法地震探査の結果とその意義について示す。

(1) 佐賀平野北縁断層帯に沿う断層変位地形と地下構造

佐賀平野北縁断層帯は、背振山地・筑紫山地と佐賀平野の境界に沿って、ほぼ東西に延びる断層で、嘉瀬川から田手川周辺に至る地域において断続的に断層変位地形が分布する（図1）。このうち城原川沿いの地域と吉野ヶ里遺跡がのる田手川周辺地域において3測線の探査を実施した。

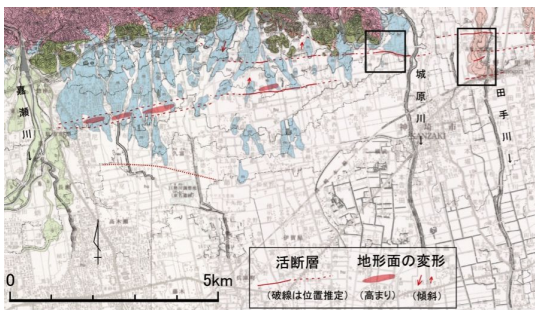


図1 佐賀平野北縁の活断層

城原川沿いの変位地形と地下構造

城原川右岸側には沖積面より1段高い扇状地が分布する。この扇状地は阿蘇4火砕流堆積物（Aso-4(pfl)）を被う砂礫層などからなる低位段丘堆積物で、三田川層として広く分布する。三田川層で構成される地形面は中位面と低位面に細分されるが、断層はこれらの中位面および低位面をそれぞれ1~3m程度変位させており、佐賀平野北縁の活断層では、この地域の断層変位地形が最も明瞭である。この低断層崖を横断する極浅層反射法地震探査の結果（図2）によると、崖の位置に一致するように少なくとも2条の正断層が確認されるので、地表付近では複数の断層に分散することを示している。したがって、中位面では断層変位量は、少なくとも3m以上と判断される。この断層の西方延長では場所によって1m程度の崖が断続的に見られるが、人工的な改変の可能性もある。さらに城原断層から1km程南では、図1に示したようにわずかな変位を伴う断層が嘉瀬川付近まで追跡できる。これら変位地形に関しては

今後人工改変の可能性も含めて検討が必要である。

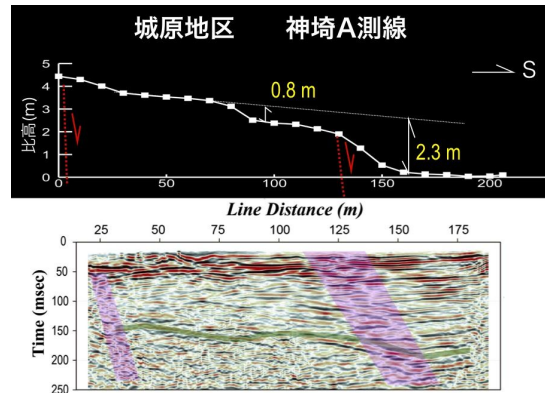


図2 城原地区の断層変位地形（上）と極浅層反射法地震探査（下）。地表の小崖と地下の地層では大きく食い違うことから、断層変位が累積することを示す）

吉野ヶ里遺跡周辺の極浅層反射法地震探査結果

城原川から三本松川の間は広い沖積面が広がり、明瞭な断層地形はわからないが、場所によってこれらの地形面の勾配がわずかに変化する所もある。一方、三本松川の東側の台地は阿蘇4火砕流堆積物（Aso-4(pfl)）がつくる台地で、吉野ヶ里遺跡はこの台地上にある（図3）。

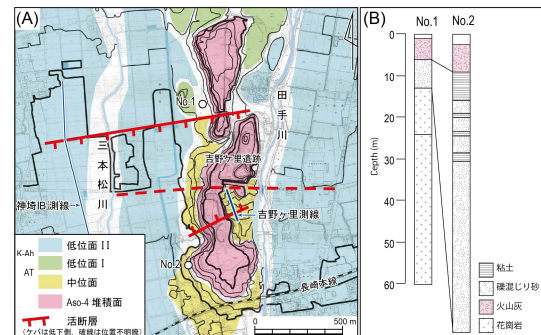


図3 吉野ヶ里遺跡付近の地形分類（左）とボーリング資料（右）

台地の西側の2カ所で行われたボーリング資料によると、両地点とも中位段丘面上からの掘削で、地表直下に阿蘇4堆積物（厚さ5m以上）が確認され、阿蘇4火砕流の基底に約5mの落差が認められる。さらに、NO.1では地表下10数メートルでこの地域の基盤をなす花崗岩に達するが、NO.2では、少なくとも深度70m以深（ボーリング底）までは、砂礫層が連続しており、花崗岩は露出しない。このことから、両地点が約1km離れてはいるものの、両地点の間に少なくとも南側を低下させる断層が伏在することが予想される。

そこで、この2点の間で地表付近に断層変位が現れている可能性の高い中位面上において、極浅層反射法地震探査を実施した（図4）。測線長は200m、発振点間隔は2m、受

信点間隔 1m のランドストリーマ (48 チャンネル) で、震源にはハンマーを用いて、現場の状況で 5 回前後の打撃とした。

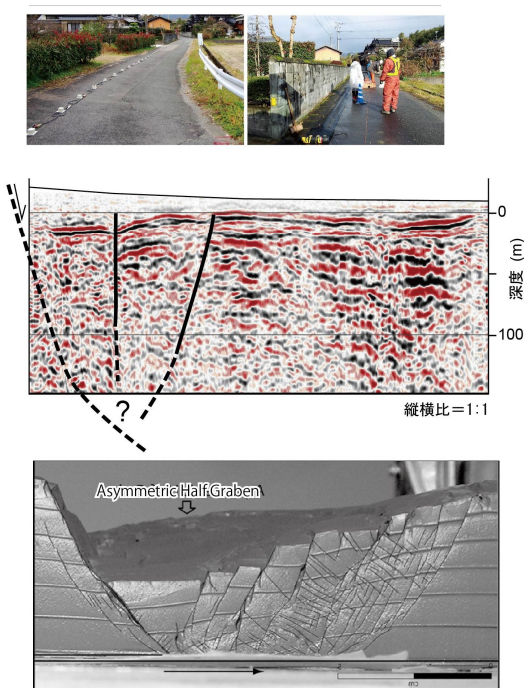


図 4 吉野ヶ里遺跡付近の極浅層反射法地震探査(上:ランドストリーマによる,中:解析結果,下:正断層の変形のモデル, Bose and Mitra, 2009)

地表直下数メートル~10mの明瞭な反射面は、阿蘇 4 堆積物で、測線の北寄りの位置で明瞭な 2 条の高角度の断層が確認された。この 2 条の断層によって阿蘇 4 火砕流堆積物とみられる地層以下の地層が変形していることが確かめられた。特に 2 条の断層に挟まれた部分は、上方に凸型の変形を伴う。しかし、この 2 条の断層は、いずれも地下深部までは延長せず収斂し消滅するとみられる。

一方、地表付近(中位面)ではこの測線の北端付近から東西方向に延びる南側低下の低断層崖(坂道)がだらだらと続くが、この崖に対応する断層は反射断面では確認されなかった。しかし、ボーリングデータからは、南側低下の断層変位が推定されることから、この反射断面は正断層の変位でしばしば見られる構造の一部を表していると考えられる。すなわち、この地域における主断層(正断層)は測線よりやや北側(図 3 の赤点線)にあり、この主断層に随伴して逆向きの副断層(北側低下)をあわせて、凹地状の変位地形が生じたものと解釈できる。このことを確かめるために、吉野ヶ里遺跡の西側の沖積地で同様に極浅層探査を実施した(図 5)。この結果、推定した位置において反射面の不連続が認められた。

このように地表付近では変位地形が不明瞭もしくは変位が及ばない場所での断層構造を明らかにするためには、微地形の分布と

地下資料の事前の調査に加え、極浅層反射法地震探査が極めて有効な手法であることが確かめられた。

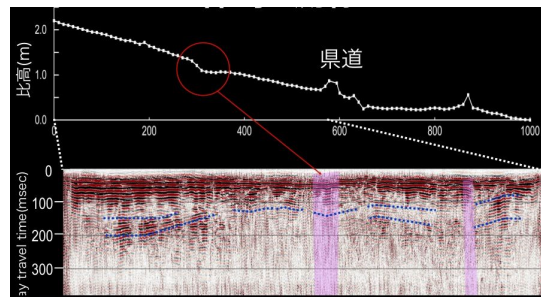


図 5 吉野ヶ里遺跡に西側の沖積低地での極浅層反射法地震探査

(2) 青森湾西岸断層帯と入内断層

一方、青森湾西岸断層帯を構成する入内断層は、北端部において三内丸山遺跡を横断すると考えられており、その詳細な位置を把握することが必要である。そこで、詳細な微地形判読と現地調査を基に、断層トレースを追跡した。なお、予定していた極浅層反射法地震探査は、計画した測線上に住宅地が密集していること、寺院や防衛施設が存在すること、また河川改修工事が進んでいることなどから、極浅層による地下構造探査は見送り、過去に実施された探査結果を用いて再解釈した。

その結果、入内断層は北端部において三内丸山遺跡を横断することは確実であるが、その活動は南部に比べ小さく、青森湾側に向かって漸減しやがて消滅することがわかった。しかし、青森湾西岸地域には、津軽断層から派生したと推定される活断層が入内断層と雁行するように、青森湾西岸沿いに見出され、これらの活断層の詳細なトレースやその活動性について調査を行った。これらの調査結果と合わせると、本地域は、伏在活断層に伴う撓曲変形が主たる変形で、震源断層~地表断層の評価には大規模な構造調査が不可欠であることがわかった。また、三内丸山遺跡滅亡と入内断層の活動時については、完新世の地形面に変位が確認されることから、関係は十分考えられるので年代測定試料の採取を目的とした掘削調査などが不可欠であるなどの今後の検討課題も見えてきた。

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 7 件)

今泉俊文・楳原京子・宮内崇裕・副田宜男, 2014, 佐賀平野の活断層, 月刊地球, 8, 297-302, 査読無。

楳原京子・黒澤英樹・小坂英輝・三志・今泉俊文, 2013, 黒松内低地帯・熱帯原野の断層露頭, 活断層研究, 38, 17-28, 査読有。

(<http://danso.env.nagoya-u.ac.jp/jsafr/shoukai/index.html>)

小坂英輝・楳原京子・今泉俊文・三輪敦志・阿部恒平, 2013, 北上山地西縁断層帯・上平断層群南端部付近の断層変位地形と断層露頭, 地理学評論, 86, 493-504, 査読有. (<http://www.ajg.or.jp/>)

[学会発表](計 15 件)

吉田春香・楳原京子・今泉俊文・副田宣男, 佐賀平野北縁断層帯の活動性, 2015年5月27日, 日本地球惑星連合2015年大会, 幕張メッセ(千葉).

Shinsuke Okada, Yasutaka Ikeda, Toshifumi Imaizumi, Quantifying crustal back-arc extension and shortening in the Northeast Japan arc, 2014年12月16日, AGU Fall Meeting, Moscone Center (サンフランシスコ).
石山達也・佐藤比呂志・加藤直子・今泉俊文・白石和也・阿部進・斎藤秀雄・河合展夫・稲葉充・川本友久・小平千尋, 新潟堆積盆地の活断層の構造的な特徴, 2014年11月25日, 朱鷺メッセ(新潟).
楳原京子・岡田真介・松多信尚・戸田茂・副田宣男・今泉俊文, 佐賀平野における極浅層反射法地震探査, 2014年9月22日, 日本地理学会秋季学術大会, 富山大学(富山).

今泉俊文・宮内崇裕・楳原京子・岡田真介・横山隆三・白澤道生・佐々木達哉, 立体地形図上の活断層と地形面, 2014年4月30日, 日本地球惑星連合2014年大会, パシフィコ横浜(横浜).

楳原京子・吉田春香・副田宣男・岡田真介・松多信尚・戸田茂・今泉俊文・長岡信治, 吉野ヶ里遺跡周辺の活断層, 2014年4月30日, 日本地球惑星連合2014年大会, パシフィコ横浜(横浜).

岡田真介・今泉俊文・寺地将史・楳原京子・越後智雄・戸田茂・松原由和・三輪敦志・池田安隆・宮内崇裕・石村大輔, 仙台平野南部に伏在する活断層とその地下構造- 反射法地震探査および重力探査に基づいて - 2014年3月27日, 日本地理学会春季学術大会, 国士舘大学(東京).

今泉俊文, 活断層研究と評価の現状と課題, 日本地質学会第120年学術大会公開シンポジウム, 2013年9月15日, 東北大学(仙台).

今泉俊文, 佐賀平野での活断層調査(招待), 2013年6月8日, 日本地質学会西日本支部・国際火山噴火史情報研究所主催シンポジウム, 雲仙岳災害記念館(島原).

東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 50117694

(2) 連携研究者

楳原 京子 (KAGOHARA, Kyoko)
山口大学・教育学部・講師
研究者番号: 10210232

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今泉 俊文 (IMAIZUMI, Toshifumi)