

Faulting history of marine active faults off the northern coast of the Noto Peninsula, central Japan

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/48038

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



学 位 論 文 要 旨

能登半島北方沿岸の海底活断層の活動履歴の解明

**Faulting history of marine active faults off the northern
coast of the Noto Peninsula, central Japan**

金沢大学大学院自然科学研究科
環 境 科 学 専 攻

浜 田 昌 明

Abstract

A study of active faults that cause earthquakes is important to understand regional tectonics. We examined marine active faults off the northern coast of the Noto peninsula, central Japan. First, we investigated the height distributions and ages of emergent fossil tubeworms along the coast. The height distributions and ages are interpreted as evidence for uplift generated by one segment of the fault zone between 1600 and 1800. We constructed the optimum fault model from the height distribution by using an elastic dislocation model. The obtained fault model is consistent with the documented distribution of shaking-related damage in 1729. We conclude that the faulting of the segment caused the 1729 earthquake. Second, we investigated the distribution and chronology of marine terraces in this area based on the tephrochronology of widespread tephra. The elevations of the former shoreline corresponding to MIS 5e along the coast showed the cumulative crustal deformation as a relative upheaval that included both faulting uplift and aseismic uplift. We suggest that the interval of the recurrence of the faulting is estimated to be 1600 years. Third, we calculated geomorphic indices representing the development rate due to river erosion using the 1-m DEM. The hypsometric integrals (HI) of the rivers are consistent with the elevations of the former shoreline corresponding to MIS 5e. The HI value is likely to indicate the accumulation of the uplift generated by the faulting of each segment.

1. はじめに

活断層の最新活動時期、平均活動間隔、地震時の隆起量などの活動履歴は、その地域のテクトニクスや地形発達を理解する上で、重要な情報である。また、歴史地震の中には、被害規模が大きくても、周辺の活断層との関係が特定されていないものもある。地域のテクトニクスを総合的に理解するためには、歴史地震に関する地質、地球物理学的データを取得し、これらのデータに対して説明可能な断層モデルを構築することが求められている。

能登半島北方沿岸には、E-W から ENE-WSW 走向の顕著な断層・褶曲構造が認められ、井上・岡村（2010）はそれらを 4 つのセグメントに区分して

いる（図 1）．しかし，2007 年能登半島地震の震源断層である門前沖セグメントの東部を除いて，各セグメントの活動履歴は明らかでない．能登半島北部では，1729 年能登・佐渡の地震による被害が記録されている（宇佐美，2003）が，能登半島北方沿岸の活断層セグメントと，この地域の歴史地震との関係についても明らかではない．本研究では，潮間帯生物化石，旧汀線や地形量を指標として能登半島北岸の隆起量を推定し，能登半島北方沿岸の活断層セグメントの活動性について議論する．

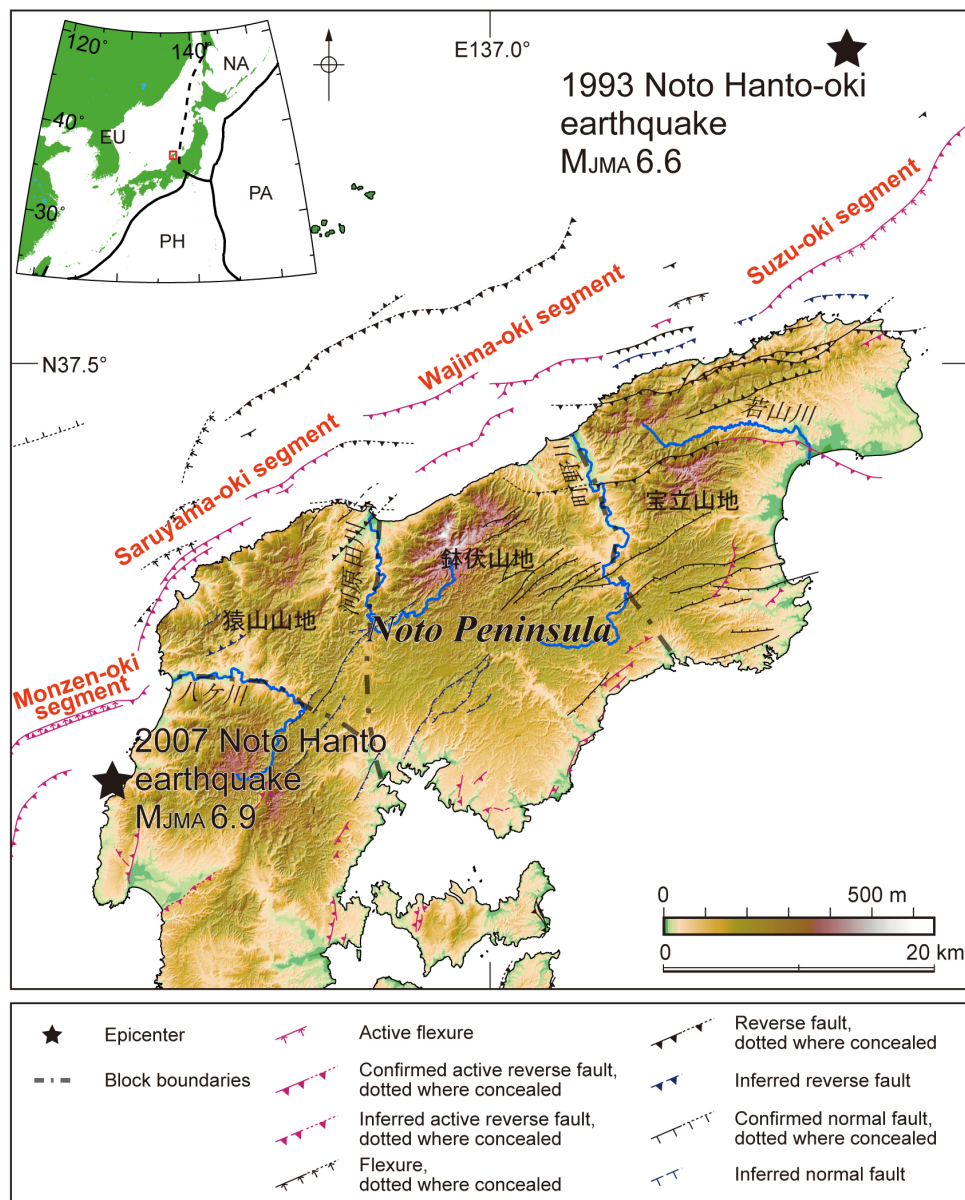


図 1 能登半島の地形，活断層および主な地震の震央位置

地塊境界は，太田・平川（1979）による．断層は井上・岡村（2010）による．EU：ユーラシアプレート，NA：北アメリカプレート，PH：フィリピン海プレート，PA：太平洋プレート．

2. 方 法

能登半島北方沿岸の活断層のうち、輪島沖セグメントの最新活動時期と地震時隆起量を明らかにするために、潮間帯生物（ヤッコカンザシ）化石の標高と年代から能登半島北岸沿いの隆起イベントと鉛直変位量を推定した。その鉛直変位データに基づき、Matsu'ura and Hasegawa (1987) による非線形インバージョン法を用いて、最新活動の震源モデルを構築した。

次に、広域テフラを用いて、能登半島北部の海成段丘面（太田・平川, 1979）の形成年代を明らかにし、海洋酸素同位体ステージ（MIS）5e に対比される海成段丘の旧汀線高度分布を見直すとともに、輪島沖セグメントの地震時隆起量と比較することで、後期更新世以降の輪島沖セグメントの平均活動間隔を求めた。

最後に、1-m DEM を用いて、能登半島北部全域について流域単位の地形解析を実施し、地殻変動と関連性のある地形量として、Strahler (1952) の HI（Hypsometric Integral）を選定し、能登半島北部全域の隆起傾向について検討した。

3. 結果と考察

3.1. 輪島沖セグメントの最新活動時期

能登半島北岸においてヤッコカンザシを調査した結果、5 地点で現生のヤッコカンザシ群集を確認し、8 地点から 14 試料の化石化したヤッコカンザシ群集を採取した。ヤッコカンザシの標高を GPS で測量し、採取した試料の ^{14}C 年代を測定した。現生のヤッコカンザシは標高 0.15–0.58 m に分布しており、化石化したヤッコカンザシは標高 0.28–1.59 m に分布し、年代測定の結果、1175–1819 AD の範囲の年代値（中央値）が得られた。

潮間帯生物化石の標高と年代から推定した鉛直変位から、1600–1800 年の間に海岸部で隆起イベントが発生したと考えられる。この海岸沿いの鉛直変位量を再現する輪島沖セグメントの断層モデルを検討した結果（図 2a）、モーメントマグニチュードは 6.6 となる。この周辺では、古文書に被害が記載されている地震は、1729 年の地震のみであり、隆起イベントが発生した時期と整合的である。さらに、断層モデルから推定した隆起範囲は 1729 年の地震

の被害範囲とほぼ一致する（図 2b）．これらのことから，輪島沖セグメントはこの地震の震源断層であり，最新活動時期は 1729 年であると考えられる．

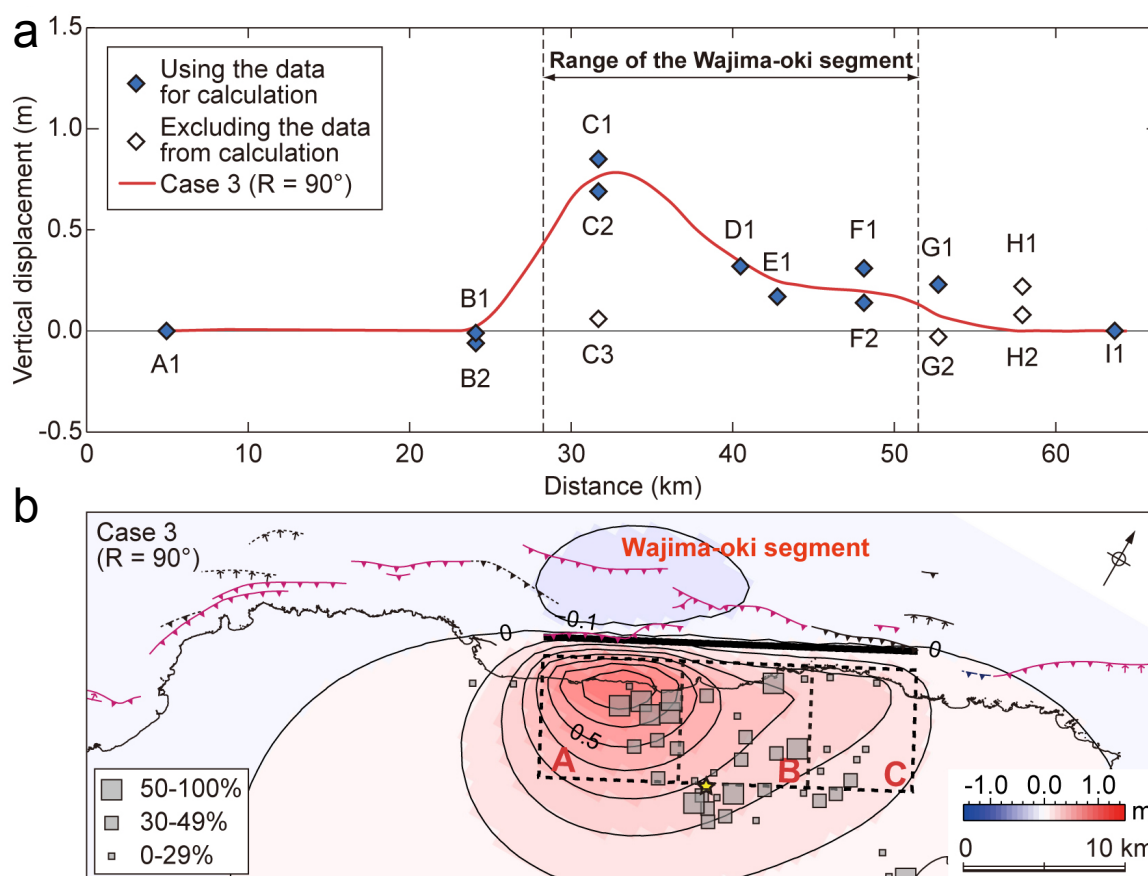


図 2 計算結果 (a) 海岸線付近の鉛直変位量, (b) 鉛直変位の平面分布と 1729 年の地震の被害分布との比較

(b)の灰色の四角は，1729 年の地震の潰家率（宇佐美，2003）を示す．

3.2. 輪島沖セグメントの平均活動間隔

能登半島北部について，空中写真の判読結果を基に，段丘面および旧汀線の分布高度やそれらの連続性，開析の程度，テフラとの関係，堆積物および古土壌の性状などの検討を行い，更新世海成段丘面を区分した．馬縞において，MIS 5e とされている海成段丘面（標高約 120 m）でピット調査を実施した結果，赤褐色土壌中から鬼界葛原テフラ（K-Tz：95 ka），地形面を構成する堆積物中からは加久藤テフラ（Kkt：330–340 ka）が検出されたことから，この段丘面は MIS 9c に形成されたと考えられる．

本調査に基づく MIS 5e の旧汀線高度は，輪島で約 60 m であり，納見で約 120 m へと上昇する（図 3a）．MIS 5e とされた馬縞は MIS 9 であり，MIS 5e

の旧汀線高度は不明である．能登半島北部の MIS 5e の旧汀線は，輪島に対して納見が相対的に隆起し，輪島沖セグメントの活動による隆起の累積によって形成されたと考えられ，1729 年の地震による地殻変動が繰り返されたと仮定した場合，輪島沖セグメントの平均活動間隔は 1600 年程度となる（図 3b）．

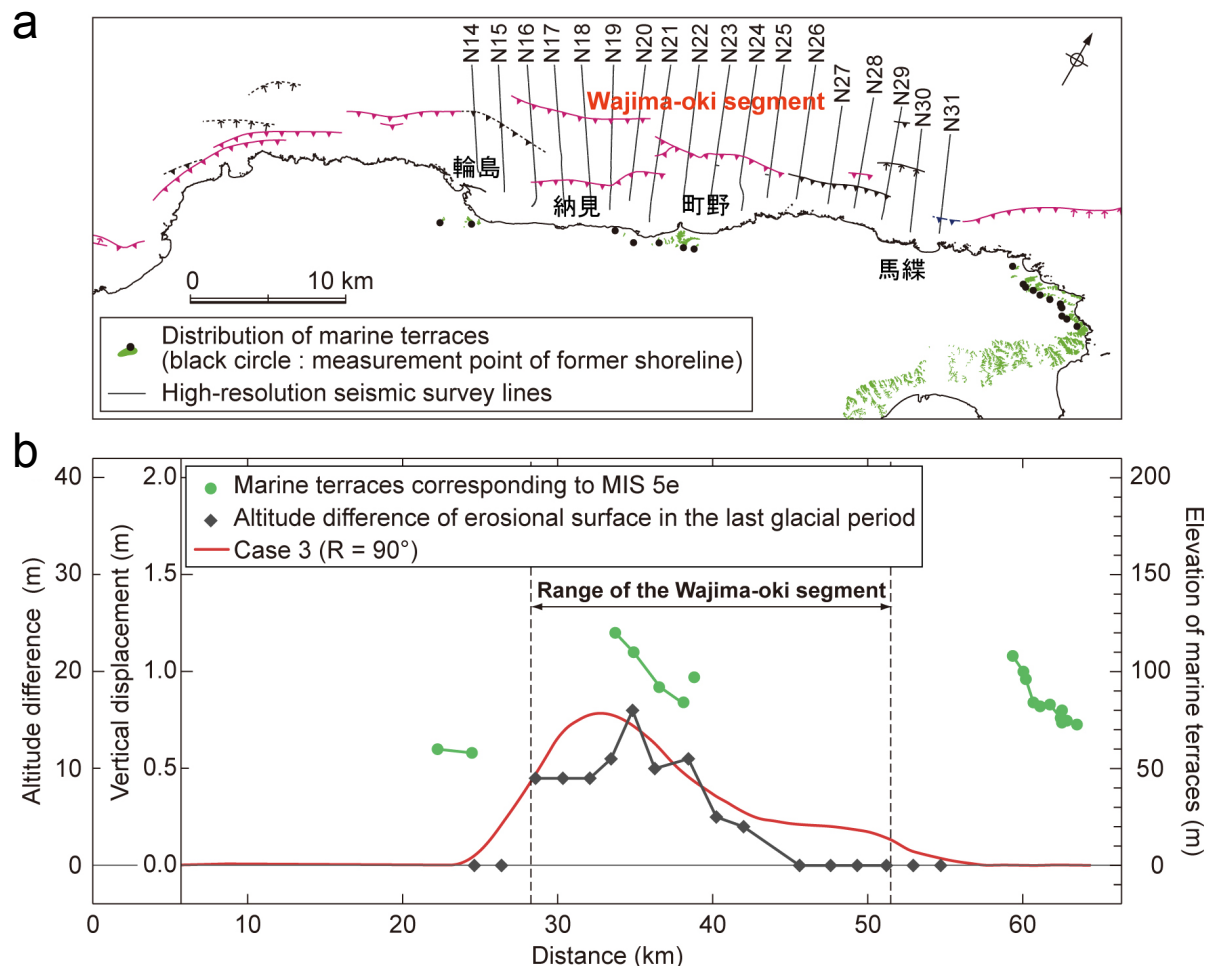


図 3 (a) 本調査に基づく MIS 5e の段丘面分布図, (b) 本調査に基づく MIS 5e の旧汀線高度分布と最終氷期浸食面に見られる高度差の分布および 1729 年の地震による海岸線での鉛直変位量との比較

MIS 5e の旧汀線高度は，能登半島北岸に面した段丘面のみ示す．赤線は断層モデルから算出した海岸線での鉛直変位量（Case 3, $R = 90^\circ$ ）．

3.3. 能登半島北部の隆起量分布

地形量 HI は浸食の程度を表す指標であり，浸食が平衡状態に達した流域では HI の値は小さく，地盤の隆起によって若返った流域では大きくなるとされている．猿山沖セグメントに対応する区間の HI の値は，西部で約 0.5，

中央部で約 0.7 を示し，東部で約 0.4 と値が低くなる．輪島沖セグメントについても，輪島付近は約 0.4 と値が低く，納見付近で約 0.6 と値が高くなる．町野付近は，周辺と比較し明らかに浸食抵抗性が小さい飯塚層（主に珪質～珪藻質シルト岩）（尾崎，2010）が分布するため，検討に含めていない．輪島沖セグメントと珠洲沖セグメントの境界の馬縞付近で約 0.5，珠洲沖セグメントから約 10 km 南東方に離れた三崎付近で約 0.2 であった．（図 4）

地形量 HI は，本調査に基づく MIS 5e の旧汀線高度と高い相関がある．HI の値の分布は，能登半島北方沿岸の活断層セグメントの区間中央部で高く，セグメントの境界部では低い傾向が見られる．このことは，活断層セグメント区間ごとの活動による隆起の累積を示していると考えられる．

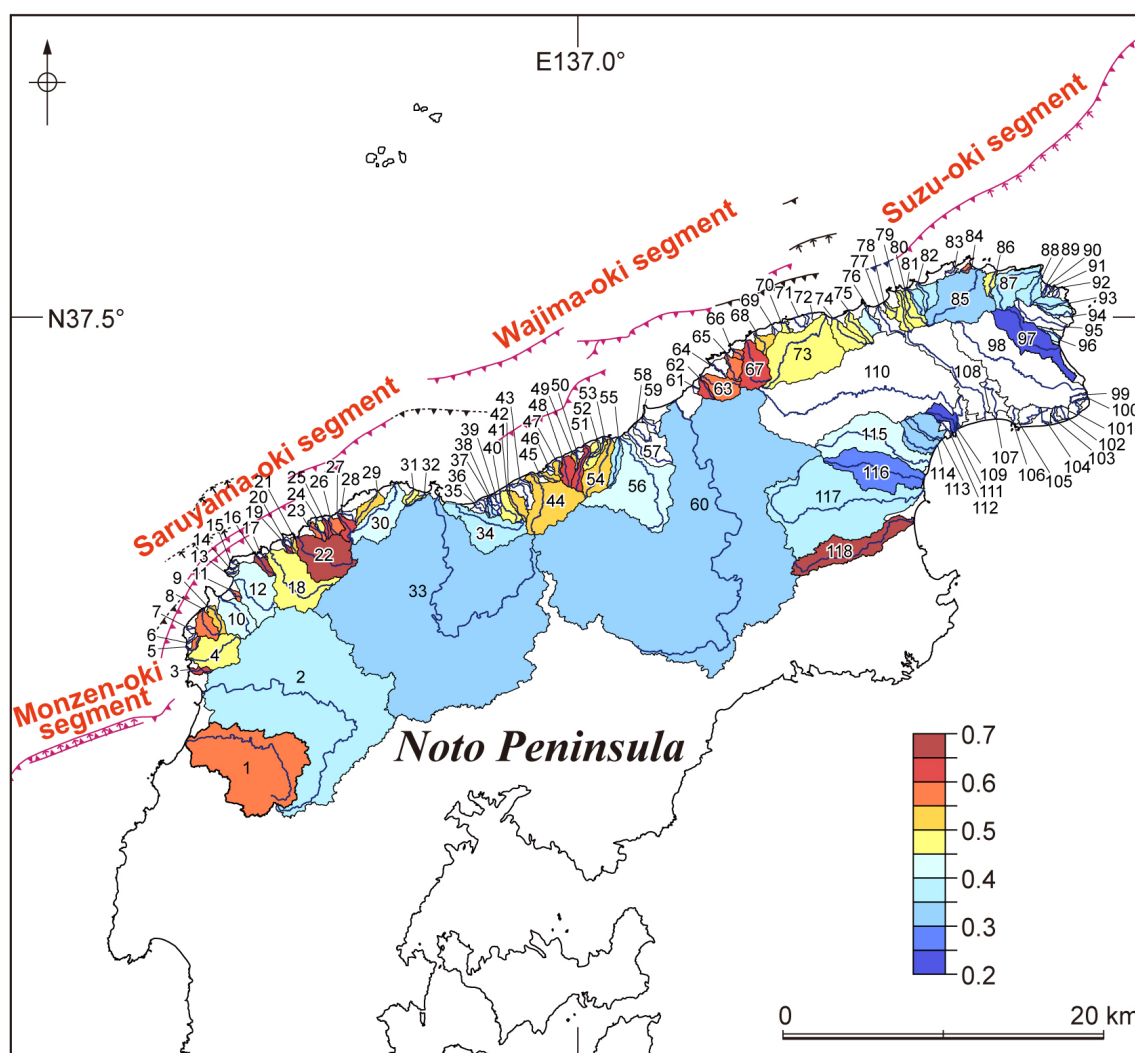


図 4 能登半島北部における地形量 HI の分布

1～118 は河川番号．地形量 HI は，人工改変の影響が大きい河川，流域面積が 0.2 km^2 以下の河川，飯塚層分布域の河川を除く．

引用文献

井上卓彦・岡村行信, 2010, 能登半島北部周辺 20 万分の 1 海域地質図及び同説明書, 数値地質図 S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.

Matsu'ura, M., Hasegawa, Y., 1987, A maximum likelihood approach to non-linear inversion under constraints, *Phys. Earth Planet. Inter.* 47, 179–187.

太田陽子・平川一臣, 1979, 能登半島の海成段丘とその変形, *地理学評論* 52, 169-189.

尾崎正紀, 2010, 能登半島北部 20 万分の 1 地質図及び同説明書, 数値地質図 S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.

Strahler, A. N., 1952, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Geol. Soc. Am. Bull.* 63, 1117–1142.

宇佐美龍夫, 2003, 最新版 日本被害地震総覧 [416]-2001, 東京大学出版会, 605p.

学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

能登半島北方沿岸の海底活断層の活動履歴の解明

Faulting history of marine active faults off the northern coast of the Noto Peninsula, central Japan

2. 論文提出者 (1) 所 属 環境科学 専攻

(2) 氏 名 浜田 昌明

3. 審査結果の要旨（600～650字）

本学位論文は能登半島北部の地震テクトニクスについて論じたものである。本学位論文に関して、平成29年2月3日に第1回審査会、口頭発表・口頭試問、第2回審査会を行った。本学位論文の審査結果は以下の通りである。本学位論文は、(1) 能登半島北岸の海岸における化石化した潮間帯生物の高度測量と年代分析結果から、輪島沖セグメントに対応する海岸部にて AD1600—1800年の離水イベントを確認し、その隆起量分布からインバージョン解析により断層モデルを推定し、歴史記録にある1729年の地震と対応することを明らかにした。また、(2) 能登半島北部の海成段丘の旧汀線高度の測量と堆積物中の火山灰分析結果から、海洋酸素同位体ステージ5eの旧汀線高度が輪島沖セグメントの中央部で高く、その両端で低いことを明らかにし、(1)の結果と合わせて輪島沖セグメントの平均活動間隔を約1600年と推定した。さらに、(3) 航空レーザー測量による高精度数値標高モデルより地形量 HI (Hypsometric Integral) を算出し、旧汀線高度と地形量 HI に正の相関があることから、活断層セグメントの活動による隆起の累積の指標となることを示した。このように本学位論文は野外調査から得られた多くの新試料の分析結果から、能登半島北方沿岸の海底活断層と能登半島北岸の海成段丘について多くの新知見を与えるものであり、その地震学的、地形学的、地質学的重要性は高い。従って、博士の学位に十分値すると評価できる。

4. 審査結果 (1) 判 定 (いずれかに○印) 合 格 ・ 不合格

(2) 授与学位 博 士 (理 学)