

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510169

研究課題名（和文） 遠州沖活断層群の変形構造と活動様式の解明

研究課題名（英文） Deformation structures and active processes of Enshu active faults

研究代表者

芦 寿一郎 (ASHI JUICHIRO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：40251409

研究成果の概要（和文）：

反射法地震探査記録を用いて東海・熊野海域の活断層群の分布の把握と断層活動の履歴を推定した。熊野沖では測線間隔の密な調査により東北東-西南西方向の3列の伏在断層を確認した。北西部が相対的に上昇する変動が支配的であるが、最も新しい時期には海盆中央部全体の隆起運動が顕著となった。東海-遠州沖では地形および既往の地震探査記録の解析により、右横ずれ成分をともなった逆断層運動の長期にわたる活動が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

Distributions and historical changes of active faults in the area off Tokai and Kumano were investigated by seismic reflection survey. Dense seismic survey off Kumano revealed three lines of ENE-WSW trending blind faults. Relative uplift of the northwestern region was dominant and regional uplift of basin center is prominent in recent age. Studies of topography and previously obtained seismic survey data indicate that reverse faulting with dextral strike slip has been active in the area off Tokai and Enshu for a long period.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：海洋地質学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：活断層，自然災害，地質学，テクトニクス，海洋探査

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 海底活断層の分布について：御前崎沖から熊野沖の海域には、プレートの沈み込みにともない多数の活断層が分布する（図1）。これらの断層は形態と分布域から5つに分けられ、沖側から順に、A) 銭洲断層系、B) 前縁断層系、C) 東海断層系、D) 小台場断層系、E) 遠州断層系、と呼ばれている。銭洲断層系は沈み込むプレートの海溝付近での短縮にとまなうもの、前縁断層系は堆積物の剥ぎ取り作用に関わるスラスト群である。東海断層系と小台場断層系は、プレート境界断層から派生する分岐断層に相当し、大きな変位をとまなうことが明らかになっている。

層系、E) 遠州断層系、と呼ばれている。銭洲断層系は沈み込むプレートの海溝付近での短縮にとまなうもの、前縁断層系は堆積物の剥ぎ取り作用に関わるスラスト群である。東海断層系と小台場断層系は、プレート境界断層から派生する分岐断層に相当し、大きな変位をとまなうことが明らかになっている。

本研究の対象である遠州断層系は、東海・遠州・熊野沖の前弧海盆の北縁付近に位置し、東北東-西南西方向に全長200km以上にわたって分布する。これまでの研究では、スワス精密地形調査とサイドスキャンソナー探査（音波の散乱を用いた海底微細地形・底質探査）から、断層に沿って北側が隆起する鉛直変位と、志摩沖の安乗口海底谷の右横ずれ変位が推定されている。また、浜名湖沖の反射法地震探査から北に傾斜した断層面が認められ、右横ずれ成分を持つ逆断層群であることが分かっている。しかし、他の4つの断層系に比べて分布や断層形態はよく分かっていない。その原因として、断層を横切る反射法地震探査記録が少ないこととともに、横ずれ成分に卓越していること、海盆域に分布し陸源性堆積物に覆われること、が挙げられる。断層の堆積物による被覆は、断層の発見を妨げる一方、繰り返し運動する断層活動を高い時間分解能で記録する役割を担っている。

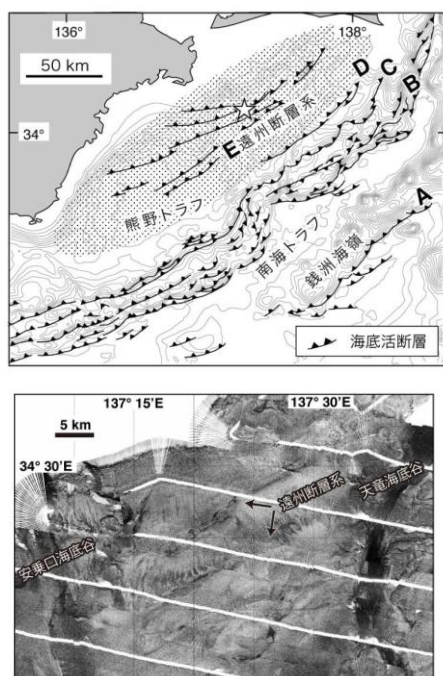


図1 東海～熊野沖の海底地形とサイドスキャンソナー画像。地形図上には海底活断層の分布を示す。地形図のハッチ部分は遠州断層系の分布域。星印は安乗口海底谷の位置を示す。サイドスキャンソナー画像上に明瞭に断層リニアメントが認められる。

(2) 活断層の分布と泥火山：泥火山は地下深部の未固結な泥質堆積物が地表、もしくは海底面に噴出して形成された山体である。泥火山の形成の要因は様々あり、メタンガスの集積、速い堆積速度、粘土鉱物の脱水、褶曲や断層といった地質構造など、複数の要因が重なり噴出に至る。熊野トラフ内にはおよそ10の泥火山が確認されており、それぞれの泥火山において潜水調査による海底の観察や、

表層堆積物、流体の化学分析が進んでいる。しかし、泥火山と周辺の地質構造の関係に注目し、地質構造がどのように泥火山の噴出を規制するのかに着目した調査研究はほとんど行われていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、遠州断層系の断層群を横断する方向の密な反射法地震探査によって、断層面の形状と断層を挟んだ両側の地層の層序の相違を調べ、より正確な断層の分布と活動様式を明らかにすることを第一の目的とする。次に以下に示す遠州断層系に沿った各海域に見られる多様な変形構造の成因を明らかにすることを目的とした。

(1) 遠州沖では、陸棚斜面に最終氷期以降の活動を示す多数の北西落ちの正断層群が分布する。これらの断層の南に分布する遠州断層系では逆に圧縮場となっており、両者の構造形成の時期・歪み分配についての情報を得る。

(2) 安乗口海底谷は遠州断層系により切断され流路の放棄が行われている。過去の同様の海底谷の地層中での分布とその変形・変位を反射法地震探査で調べ断層の変形様式と変位の履歴を調べる。

(3) 遠州沖では大きく2列の断層群からなる遠州断層系が、志摩海脚付近より西に向かって扇型に広がる分布となる(図1)。それぞれの断層の形状・変位の情報から、変形様式の側方変化を明らかにする。

(4) 熊野沖では、断層群は前弧海盆堆積層に完全に覆われており海底面では変形が認められない。堆積層には地殻変動による層厚変化が記録されており、地下の断層にもなって多数の泥火山が分布するとみられる。断層の分布と泥火山の発達の関係性を調べる。

本研究により明らかにされる遠州断層系の構造地質学的特性は、南海トラフの斜め沈み込みにもなう本海域のテクトニクスを理解する上で重要である。また、近年指摘されている、海嶺沈み込みによる陸側ウェッジの変形・応力場への影響も評価できる。

## 3. 研究の方法

(1) 遠州灘沖の調査・研究：本研究では当初、遠州灘海域（東海～渥美半島～志摩半島沖）にて、学術研究船による反射法地震探査を予定していた。共同利用申請航海は採択されたが、実施段階にて船舶の交通量が多く、ケーブルを曳航しての調査が困難との判断から中止となった。このため、上記海域でのデータは既往の反射法地震探査記録の再解析・解釈を行った。

本研究で用いた反射法地震探査記録は、日仏KAIKO-Tokai計画のラタラン号の深海曳航式音響地殻データと石油公団(現石油天然ガ

ス・金属鉱物資源機構)の平成13年度国内石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査「東海沖～熊野灘」で取得されたデータの一部である。特に基礎物理探査「東海沖～熊野灘」は、約15km間隔の格子状に調査が実施されており、堆積層の層厚変化や断層を把握するのに有効である(図2)。解釈にはシュランベルジェ社の Geoframe を用いた。堆積層の年代の推定には掘削データを参照した。本海域の東部では石油公団の基礎試錐「御前崎沖」と基礎試錐「南海トラフ」があり、「南海トラフ」では3300m、「御前崎沖」では469mまで掘削されている。この2つの掘削地点の抗井データと対比し、掘削地点を横断する反射法地震探査断面において、連続性の良い反射面の分布をマッピングした。

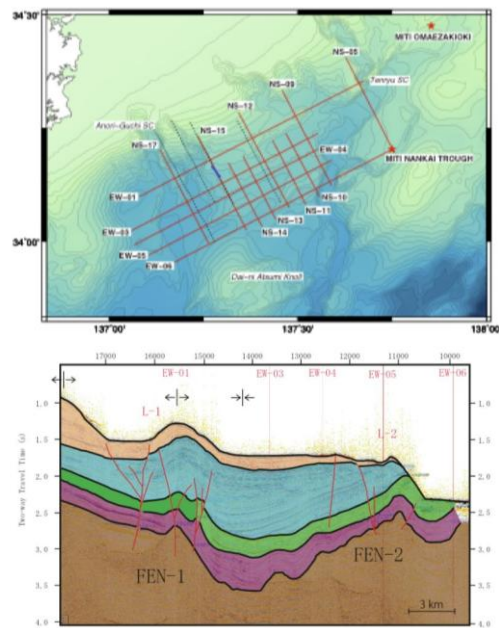


図2 遠州灘沖の海底地形と測線(上)と遠州断層系を横断する測線解釈図(下)

(2) 熊野トラフの調査・研究: 2008年度に学術研究船「淡青丸」KT-08-18次航海により熊野トラフにおいて反射法地震探査データを取得した。調査はトラフ中央部に位置する泥火山群を中心に行ない、北西-南東、北東-南西方向の19測線に沿ってデータを取得した(図3)。発振はGIガン(Generator 250inch3+Injector 105inch3)、受振は24チャンネルマルチストリーマケーブル(600m)を使用した。ショット間隔は約50m、平均重合数は6、CDP間隔は25mである。サンプリングの長さは8秒で、サンプリング間隔は1msである。データ処理はパラダイム社の Focus を用い、edit, band pass filter (10-15-110-120 Hz), velocity analyze, gain, deconvolution, MMO-correction, NMO, stack および time-migration 処理を行った。解釈にはシュランベルジェ社の Geoframe を用い

た。堆積ユニット分けを行い、堆積盆における地殻変動と堆積過程の復元を行った。

(3) 渥美半島沖での調査・研究: 学術研究船「白鳳丸」KH-10-3次航海において、DW106深海曳航式サブトムプロファイラー探査、3.5kHzサブトムプロファイラー探査、シービームによるスワス地形調査とアシュラ採泥器による表層柱状採泥を行った。

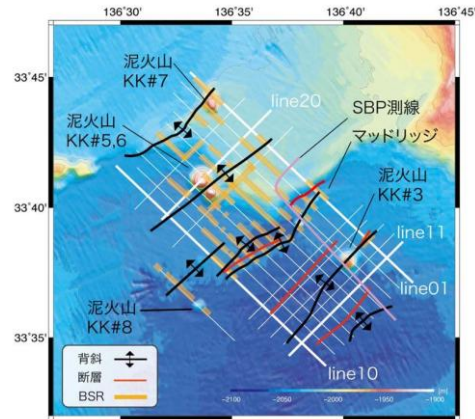


図3 熊野トラフの海底地形と探査測線

#### 4. 研究成果

##### (1) 遠州灘沖の活断層

###### ① 地形・層序・構造

IZANAGI サイドスキャンソナーによる海底音響画像では、海底面に東北東-西南西走向の3本のリニアメントが平行して見られる。反射法地震探査断面から各リニアメントのやや陸側の下位に断層が確認される。段丘状の構造は陸側傾斜の逆断層変位によって生じた凹地に斜面堆積盆が発達して形成されたものである。地震探査断面から反射面をマッピングし、堆積層を5つのユニットに区分し(図2)、研究海域東側に近接する基礎試錐「南海トラフ」の掘削データと対比した。各ユニットは上位より小笠層群、掛川層群上部、掛川層群中部、掛川層群下部、音響基盤(西郷・倉真層群)に相当する。

###### ② 横ずれ変位

リニアメント直下に見られた断層の多くはフラワー構造を有し、断層運動には横ずれ成分を伴うことが示唆された。この変形は、志摩海脚斜面の海底面におけるリーデル剪断変形や安乗口海底谷の河床拡大など横ずれに伴う構造と調和的である。また、断層が海底面付近にまで確認できる事や潜水調査で冷湧水の存在を示す生物群集が確認されていることより、断層の活動度は高いことが推定された。

ユニット毎の堆積層厚図から東西方向の測線の反射断面では、ユニット3とユニット4には海底谷跡とみられる反射の不連続面が複数確認され、過去に複数の海底谷からの堆積物供給が推察された。堆積層厚図からユニ

ット3以下の層には同じ厚さの領域が水平方向に階段状にずれていることが確認できた(図4)。これは過去に存在した海底谷が右横ずれによって水平方向に変位を受けた事を示唆する。一方、ユニット2より上位では水平変位を示唆する構造は確認できなかった。これよりユニット3より下位の掛川層群下部層の横ずれ断層は、その後の上位層堆積時よりも活発であったと言える。

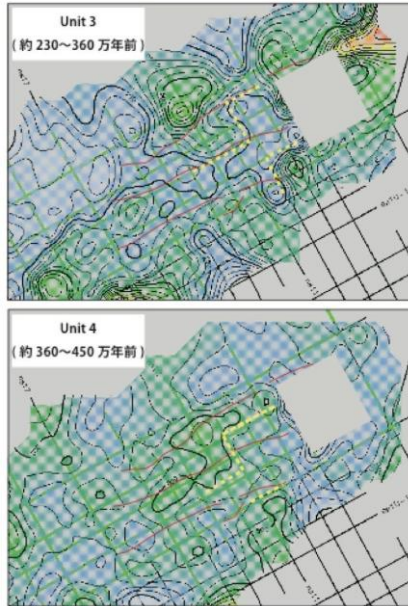


図4 ユニット3と4の堆積層厚

### ③ 逆断層の活動度

逆断層による下盤側での堆積層厚の増加は、特にユニット4に顕著に見られ、ユニット3においても一部で確認できた(図5)。また、各反射断面から垂直変位を見積もった結果、ユニット4より下位では逆断層運動が活発であり、ユニット2では不活発であったことが推定できた。また、ユニット1やユニット3堆積時は局所的な変形が認められ、その原因として、海洋基盤の高まりの沈み込みの影響が考えられる。

### ④ 浅部の変形構造

遠州灘沖海域において、白鳳丸KH-10-3による深海曳航式の浅部地下構造探査を実施し、地形および既往の反射法地震探査断面で推定された断層に沿って海底面付近の堆積層が変形していることを明らかにした。また、断層北側の堆積盆が陸へ深部ほど傾動している構造が見られ、継続した変動が最近まで行われていることが明らかになった。深海底ビデオカメラによる観察では、断層地形の箇所ではバクテリアマット、貝殻片を多数発見した。これまで、この海域における反射法地震探査で活断層が推定されていたが、海底付近の変形については明らかでなかった。今回の浅部地下構造およびメタン湧水を示唆するバクテリアマット、貝殻片の発見は、断層運

動が現在も活発であることを強く示唆する。断層崖基部から得た柱状試料は未固結の泥質層で、断層活動を示唆する粗粒堆積層は得られなかった。

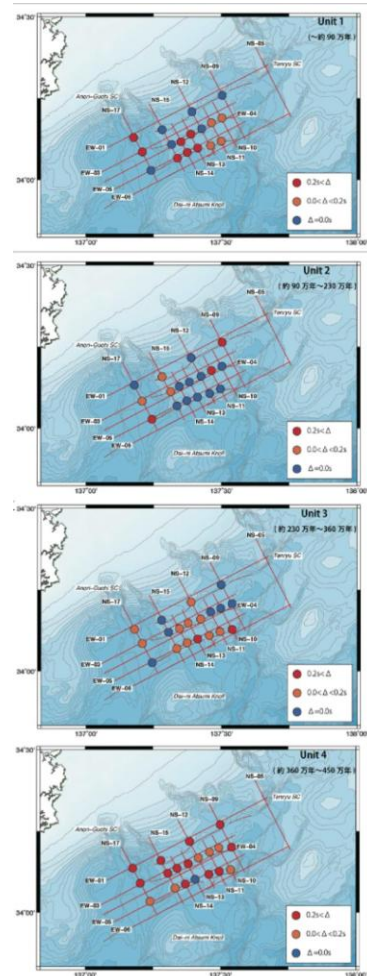


図5 遠州沖の断層を境とした層厚変化

### (2) 熊野トラフの変動

熊野トラフには、中央部を横断する北東-南西方向の大規模で複雑な内部構造を持つ隆起帯が存在する。隆起帯の中には1つ以上の背斜構造が認められ、その沖側(南東側)と陸側(北西側)を含めた全体の関係はトラフ全体を通して、ほぼ同じである。隆起帯の陸側には主に沖側に薄化するダイバージェント形状がみられ、海底付近では水平に近い堆積層の反射面が下部ほど陸側への傾斜を強める(図6)。一方、隆起帯の海側の構造は上位と下位の堆積層で特徴が大きく異なる。上位の堆積層はほぼ水平な反射面を示し、沖側ほど層厚を増す。上位層の北西側は下位の堆積層にオンラップする。下位の堆積層の内部には1つないし2つの伏在する背斜構造が観察される。伏在背斜の両側には沖側に薄化するダイバージェント形状が認められ、上部は沖側傾斜を示すが、下部は陸側に傾斜している。また、多くの背斜構造は非対称な形

状を示し、背斜軸が沖側よりに偏っている。これらの複雑な背斜構造を形成するには、隆起とともに背斜両翼部で堆積層の厚さに不連続がみられるため断層活動の寄与があると考えられ(図7), 背斜構造の多くは断層伝播褶曲であると推定される。

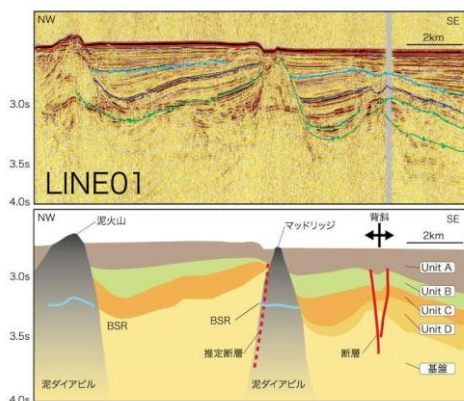


図6 熊野トラフの地震探査断面

大規模な隆起帯の陸側部分にみられるダイバージェント形状は下部ほど陸側に傾斜しており、沖側の隆起の継続を示唆する。一方、大規模な隆起帯の沖側のダイバージェント形状は、下部は陸側傾斜、上部は沖側傾斜を示す。この構造は、ダイバージェント形状の陸側地域は沈降を続けたあと、隆起に転じたことを示唆する。これらのことより、熊野トラフの大規模な隆起帯の発達には2ステージあることが分かった。ステージ1は衝上断層運動が卓越するステージで、比較的狭い範囲での断層運動により陸側の隆起と海側の沈降が生じた。ステージ2は広域的な隆起運動により背斜構造を形成した時期で、ステージ1の陸側の隆起部と海側の沈降部分の双方を含め熊野トラフ中央部に大規模な隆起帯をもたらした。熊野トラフに分布する泥火山は、ステージ1で形成された断層および、それらによって形成された背斜軸に沿って上昇形成されたものと推定される。

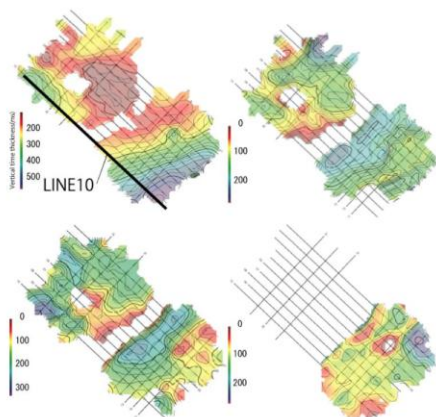


図7 ユニット毎の堆積層厚

### (3) 遠州断層系の活断層群の活動様式

主に反射法地震探査記録をもとに、東海沖から熊野沖の遠州断層系の活断層群の分布と周囲の地層の変形を調べた。遠州沖において横ずれ変位が少なくとも鮮新世以降続いていることが明らかになった。逆断層運動は東海から熊野沖の全域において、鮮新世に活動が活発であり、熊野トラフではその後、広域の隆起運動のあったことが示唆された。逆断層運動とともに、これまで履歴の解明が困難であった横ずれ変形の時間変化を明らかにし、少なくとも鮮新世から変位が継続していることが分かった。

### 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)

[学会発表] (計5件)

- ① 小嶋孝徳, Distribution and structure of active strike-slip faults in the Enshu forearc basin of the eastern Nankai subduction zone, 米国地球物理学連合, 2010年12月13日, サンフランシスコ (米国)
- ② 小嶋孝徳, 東海～熊野灘に発達する遠州断層系の構造とその形成過程について, 日本地質学会, 2010年9月20日, 富山大学
- ③ 芦寿一郎, 志摩海脚の断層変形と遠州断層系の活動, 日本地震学会, 2009年10月22日, 京都大学
- ④ 谷岡慧, 反射法地震探査による熊野トラフの泥火山と周辺堆積盆の地質構造, 日本地質学会, 2009年9月6日, 岡山大学
- ⑤ 芦寿一郎, 遠州断層系活断層群の分布と変形構造, 日本地質学会, 2008年9月21日, 秋田大学

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

芦寿一郎 (ASHI JUICHIRO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号: 40251409

#### (2) 研究分担者

中村恭之 (NAKAMURA YASUYUKI)

東京大学・大気海洋研究所・助教

研究者番号: 60345056

#### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: