

南海トラフ沈み込みイベントに伴う西南日本内陸活断層の破壊関数変化 Changes in Coulomb Failure Function on inland faults in southwest Japan due to subduction events along the Nankai Trough

鹿倉 洋介^{1*}, 深畑 幸俊², 平原 和朗¹
Yosuke Shikakura^{1*}, Yukitoshi Fukahata², Kazuro Hirahara¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所
¹Grad. School Science, Kyoto Univ., ²DPRI, Kyoto Univ.

西南日本の内陸活断層における地震発生は、太平洋プレートの沈み込みによる東西圧縮が主因であると考えられる。しかしながら、南海トラフの巨大地震発生前の50年前から発生後10年に西南日本内陸の地震活動が増す(Hori & Oike, 1996)ことから、フィリピン海プレートの沈み込みによる南海トラフ巨大地震が、内陸地震の発生に影響を与えていることが推測される。本研究では、プレート境界地震の発生が西南日本内陸活断層における地震発生様式に及ぼす影響を評価するため、この地域の内陸活断層を対象にフィリピン海プレートの沈み込みに伴うイベント(巨大地震・固着・定常沈み込み)による応力変化を見積もる。

西南日本の内陸地震発生パターンについてはこれまで、Pollitz & Sacks (1997), Hyodo & Hirahara (2004), 平原 (2007) が、クーロン破壊関数の時間変化 CFF をもちいて、南海トラフ巨大地震の発生および固着による粘弾性応答による西南日本内陸活断層での地震発生への影響を評価している。これらの研究では、プレート沈み込みに伴うイベントのうち、巨大地震の発生と固着について断層上の CFF を計算している。

また、プレートの沈み込みに伴う数十万年から数百万年スケールの長期地殻変形について、Matsu'ura & Sato (1989) は、プレート定常沈み込みによる力学的な効果とその原因となることと、長期地殻変形は粘弾性ステップ応答関数の時間無限大における値により得られることを示した。さらに、プレートの定常沈み込みによる日本周辺の応力蓄積について、Hashimoto & Matsu'ura (2006) は、太平洋プレートとフィリピン海プレートの定常沈み込みと太平洋プレートにおける部分衝突から、東北日本における東西圧縮場の形成を説明した。

これらの研究を踏まえ、上に述べた Matsu'ura & Sato (1989) の方法によりプレート定常沈み込みによる内陸活断層上の CFF を計算する。すべり応答関数計算は、弾性・粘弾性水平成層構造のもと、表層の変形に伴う浮力が作用するとして力の釣り合い式を解く。計算コードは Fukahata & Matsu'ura (2006) による点震源に対するすべり応答関数を用いる。フィリピン海プレートおよび太平洋プレートの境界面形状については、Nakajima & Hasegawa (2007) と Nakajima et al. (2009) のモデルを利用する。過去の南海トラフ巨大地震発生パターンについては歴史記録に基づき、すべり量については時間予測および規模予測モデル(Shimazaki & Nakata, 1980)に基づいたものを設定する。ここでは簡単のため、余効すべりやプレートのはがれは考慮しない。また、太平洋プレートによる東西圧縮と、伊豆弧の衝突による影響を考慮する。

これまで得られた結果は以下ようになる。まず、モデル化したフィリピン海プレートからすべり応答関数を計算した。得られたすべり応答関数の妥当性を検討するため、地震調査研究推進本部(2001)による昭和東南海・南海地震のすべり分布を与えて地殻変動を計算し、測地測量データ(三角測量・水準測量・潮位データ)と比較した。結果は概ね整合的であり、得られたすべり応答関数は妥当であると考えられる。次に、フィリピン海プレートの定常沈み込みに伴う変形を計算した。長期変形の鉛直成分はフリーエア重力異常パターンに対応する(Hashimoto et al., 2008)が、観測されたフリーエア重力異常値(Sandwell & Smith, 1997)と概ね調和的な結果が得られた。また、プレートの厚さを30kmと40kmと仮定して計算を行ったところ、変形の空間パターンは厚さにかなり依存した。さらに内陸活断層上の CFF の評価を南海トラフ巨大地震・固着・定常沈み込みにより行ったところ、定常沈み込み項が CFF に占める割合は断層によりかなり異なり、この結果も仮定したプレートの厚さに大きく依存した。

プレートの定常沈み込みによる CFF は、内陸地震の発生をもたらす長期の応力蓄積と考える事ができる。このため、南海トラフ巨大地震の発生と固着のみから計算された CFF との比較により、南海トラフ巨大地震発生サイクル内での応力変化が、内陸活断層における長期応力蓄積にどのように影響するのかを評価できる。本研究では、南海トラフ巨大地震発生サイクル中でのどのステージで地震が発生しやすいかを、内陸活断層ごとに見積もり、過去の内陸地震発生パターンと比較し、将来予測に向けた検討を行う。

キーワード: 沈み込み帯, 数値シミュレーション, 粘弾性, クーロン破壊関数, プレート定常沈み込み, 内陸地震
Keywords: subduction zone, numerical simulation, viscoelasticity, Coulomb failure function, steady plate subduction, inland earthquake

土佐湾奥部蟹ヶ池の堆積物中に見られる約2000年前のイベント The 2000 years ago tsunami event in the Kaniga-ike pond innermost the Tosa Bay

松岡 裕美^{1*}, 岡村 眞¹

Hiromi Matsuoka^{1*}, Makoto Okamura¹

¹ 高知大学

¹ Kochi Univ

過去の南海地震の履歴を明らかにするために、土佐湾沿岸湖沼の津波堆積物の研究を行った。土佐湾の湾奥に位置する高知県土佐市の蟹ヶ池において、2006年から2011年にかけて34本のパイロコア試料を採取し、堆積物の対比を行うとともに、約150試料について放射性炭素年代測定を行った。その結果、過去2000年間に6回の津波記録が明らかになった。この6回のうち4回は歴史記録上の南海地震に対比することができ、上位から西暦1854年安政地震、1707年宝永地震、1361年正平もしくは1099年康和地震、684年天武地震のものであると考えられる。下位の2つは歴史記録よりも古く、それぞれAD300~600年、約2000年前の紀元前後のものである。この中で、特に約2000年前のイベントは厚く粗粒な津波堆積物を堆積させており、規模の大きなものであったと考えられる。1707年の宝永地震では、この池の近くの宇佐で10mを超える津波が記録されており(村上他、1998)、蟹ヶ池においても下位の堆積物を削り込み、50cm前後の厚い砂層を堆積させているが、約2000年前のイベントは宝永地震のものよりもさらに厚い津波堆積物を残している。

蟹ヶ池と同じく土佐湾の奥部に位置し、約16km西側に離れた高知県須崎市のただす池においても過去1300~4500年前に13回の津波イベントが明らかになっている。ここでは、13回のイベントのなかで、津波堆積物の層厚が厚いものから次第に薄くなっていき、また突然厚くなるという繰り返しが3回ほど見られる。約2000年前のイベントは厚い砂層を堆積させ、下位の層準を削り込む量も多い、比較的大きな3回のイベントのうちの一つである。一方、九州東岸の龍神池で得られた津波履歴では、これに対比できる約2000年前のイベントは特に規模の大きなものでも特徴的なものでもない。

蟹ヶ池の湖底堆積物は、この約2000年前のイベントを境に、堆積環境が大きく異なっていることを示している。それ以前の堆積物は木本類の植物遺骸を多く含んでおり、津波堆積物と考えられる砂層も何層か含まれてはいるが層厚が薄く顕著ではない。約2000年前のイベント以降は、池底の泥質の堆積物を主体としており、木本類よりもハスや草本類の植物遺骸を豊富に含んでいる。この紀元前後のイベントは、通常の南海地震に伴った変動だけでなく、この池の堆積環境に大きな変化を与える地盤の沈降などの地域的な変動を伴っている可能性がある。

キーワード: 南海地震, 津波堆積物

Keywords: Nankai earthquake, tsunami sediment

SSS035-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

1854年安政南海地震に関する2史料の比較 Comparison of two records on the 1854 Ansei Nankai earthquake

中西 一郎^{1*}

Ichiro Nakanishi^{1*}

¹ 京都大学 理学部 地球物理学教室

¹Dept. Geophysics, Kyoto University

安政元年(嘉永七年)十一月五日(1854年12月24日)に発生した安政南海地震に関する次の文献史料を比較する。

(1)「嘉永七甲寅年十一月五日土佐国大地震并御城下大火事且大汐入之実録之事」(高知県立図書館)。

(2)「嘉永七甲寅年十一月五日土佐国大地震并御城下大火事且大汐入之実記」(京都大学図書館)。

(1)は40丁(2)は29丁あるが、筆は異なる(1)はその翻刻が『新収日本地震史料』第五巻別巻五ノ二(1987)の2108頁~2119頁に載っている。ここでは『新収』にある(1)の翻刻と(2)の翻刻を比較する。以下に示すように両史料は似ている箇所が多く、土佐国及び城下の被害を編纂した記録が存在したことが考えられる(2)は記述が途中で止まっているが、その理由は不明である。

地震史料の比較としては、1707年宝永地震に関する『朝林』、『塩尻』、『鸚鵡籠中記』の記載が比較され、記事の類似性が指摘され災害情報の流れが議論されている(鵜飼尚代, 2005)。

(1)(2)の冒頭部分を記す。

(1)于茲嘉永七甲寅年十一月四日朝五ッ時良暫之間小地震二而汐狂ルイ日中五六度急二汐之指引有此潮之指引狂ルイ有時八大地震発る事必定成るに諸人氣モ付す居候中翌五日七ッ過時俄二大地震始る(『新収』, 2108頁上段)

(2)于茲嘉永七甲寅年十一月四日朝五ッ時良暫之間小地震二而汐くるい日中五六度急二塩の差引有此塩之差引狂ひ有時は大地震発る事必定なるに諸人氣も付す居候中翌五日昼七ッ時過俄二大地震始ル

用いている字体は異なるが同一の内容である。

少し読み進む。

(1)死人九十五人格別は不知然二其夜又々如前大震両度有之中震八数知す然に其火事申半時斗過二波所潰突浪と言潮即時二発り桂浜之人家を押流し夫より内海……(『新収』, 2108頁下段)

是二益々余方を失イ誠に哀れかなしの所躰二而河 と言宛所茂なく市中之人々八是上町之如遁込候茂有多之人先南北之山を志し……(『新収』, 2109頁上段)

(2)死人九拾五人格別八不知然二其夜又々如前大震両度有中震八数知れず然に其火事申半時斗過テ彼所謂津波と言潮即時二発り桂浜之人家を押流し夫より内海……

是二益途方を失ひ誠二命からからの所躰二而何所と言宛所もなく市中の人々八只々上町の如く遁上ルも多くの先南北の山を志し……

(1)(2)の差は次第に大きくなり(1)では一丁以上省略される。

(1)には写し間違いと思われる箇所、省略したと思われる箇所が多い(2)にもそのような箇所があるが(1)に比較してかなり少ない。しかし、すでに述べたように記述が途中で終わっている。両史料を用いることにより、より正確な被害記録(原本)が復元される可能性がある。安政東海・南海地震に関する史料数は膨大ではあるが、記載内容の重複は多いと思われる。各史料の検討が必要かもしれない。

キーワード: 歴史地震, 安政南海地震, 土佐国

Keywords: historical earthquake, Ansei Nankai earthquake, Kochi prefecture

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS035-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

ミンダナオ島(フィリピン)におけるGPS地殻変動連続観測(序報) GPS continuous observation in Mindanao, the Philippines (preliminary report)

今給黎 哲郎^{1*}, 塩谷 俊治¹, 木股 文昭², テレシト バコルコル³
Tetsuro Imakiire^{1*}, ENYA Toshiharu¹, Fumiaki Kimata², Teresito C. Bacolcol³

¹ 国土地理院, ² 名古屋大学, ³ フィリピン火山地震研究所

¹Geospatial Information Authority, ²Nagoya University, ³Philippine Inst. of Volcanology & Seism

JST-JICA 連携事業「地球規模課題国際科学技術協力」の一環として、「フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進」(日本側代表機関・防災科学技術研究所)が2009年度から始まり、国土地理院もコンポーネント2の「地震発生ポテンシャル評価」(サブプロジェクトリーダー・名古屋大学・木股文昭教授)に加わった。国土地理院では、2010年12月に地殻変動観測のためのGPS連続観測点を現地カウンターパート機関 PHIVOLCS (フィリピン地震火山研究所)と共同でミンダナオ島北東部に2点設置し、この地域の地殻変動観測を開始した。今回の観測点展開の目的は、GPS地殻変動観測から得られる歪速度に基づき、フィリピン海溝から沈み込むプレートにおけるプレート間固着の時間的な揺らぎを推定することである。また、名古屋大学他がミンダナオ島区間におけるフィリピン断層における歪み分布とフィリピン海プレートのプレート間固着を推定するために実施するGPSキャンペーン観測に今回の観測点も含まれる予定である。今回は、観測点設置の状況を紹介し、2010年12月以降のデータの予備的な解析結果も報告する予定である。

キーワード: GPS, 連続観測, 地殻変動, プレート間固着, フィリピン海溝

Keywords: GPS, Continuous Observation, Crustal Deformation, Plate Coupling, Philippine Trench

日本海溝北部・千島海溝沿いで発生した(巨)大地震の時空間分布 Space-time pattern of great or large earthquakes along the northern Japan to Kurile trenches

原田 智也^{1*}, 佐竹 健治¹, 石橋 克彦²

Tomoya Harada^{1*}, Kenji Satake¹, Katsuhiko Ishibashi²

¹ 東大・地震研, ² なし

¹ERI, Univ. of Tokyo, ²None

日本海溝北部-千島海溝は、プレート間巨大地震が時間・空間的に規則正しく発生する典型地域とされてきた(宇津, 1972; 1984)。しかしながら、この地域ではM8級のプレート間巨大地震以外にも、M7級のプレート間大地震、M7以上のスラブ内地震・アウターライズ地震・津波地震が多く発生してきた。本研究では、この地域において1913年-2010年の約100年間に発生したM7以上の全てのタイプの地震72個について、本震・余震の震源再決定をおこない、その時空間分布を検討した。特に、1950年代以前の古い地震に関しては、それらがどのタイプの地震であったのかを、再決定した本震・余震の位置と日本における震度分布の特徴から推定した。また、1960年代以降のおもな地震については、すべり分布の推定もおこない、本震・余震分布とともに時空間分布の検討に用いた。その結果、この地域におけるM7以上の地震の発生様式は、従来考えられてきたよりも複雑であることが分かった。なお、地震調査研究推進本部(2004)は、この地域のプレート間・スラブ内で発生する(巨)大地震発生に対する長期評価をおこなっている。

震源決定には、Schweitzer(2003)のHYPOSATを用いた。いくつかの地震に関しては、さらにHurukawa(1995)の改良型連係震源決定法(MJHD法)を用いた再決定もおこない、震源の相対分布の精度を向上させた。読み取り値は、1964年以前の地震に関してはISS(International Seismological Summary)とBCIS(Bureau Central International de Sismologie)のカタログから、それ以降の地震に関してはISC(International Seismological Centre)のホームページから得た。この地域の地震による日本における震度分布に関して、1913年-1926年の地震については宇津(1989)のものを用い、それ以降の地震については、気象庁の震度データベース(http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html)を用いた。地震のすべり分布の推定には、Kikuchi and Kanamori(2003)の遠地実体波インバージョン・プログラムを用いた。古い地震に関してはWWSSNの長周期地震波形記録を、新しい地震に関してはIRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用した。現段階でのおもな結果は、以下の通りである。

(プレート間地震)日本海溝北部-千島海溝の陸側は、過去のプレート間巨大地震の余震域から複数の領域に分けられている(宇津, 1972; 地震調査研究推進本部, 2004)。各領域において、M8級のプレート間地震が単独で発生する場合と、M7級のプレート間地震が複数発生する場合がある。ウルフ島沖は1963年エトロフ沖地震(Mw8.5)の震源域であるが、そこで1991年、1995年にMw7.6、Mw7.9のプレート間地震が発生した。1963年、1991年、1995年の地震のすべり分布から、1963年地震の南西側のアスペリティが1995年の地震によって再破壊された可能性がある。

(スラブ内地震)1958年エトロフ沖地震は原田・石橋(1999)によってスラブ内地震である可能性が指摘されたが、depth-phaseも用いて決定した本震の深さは約80kmになり、スラブ内地震の可能性を支持する。1978年、1994年に色丹島付近で発生したスラブ内地震は太平洋スラブの断裂に起因する。これらの地震の近くでは、1939年にM7級のスラブ内地震が発生している。釧路沖でも1993年にスラブ内地震が発生している。M8級のプレート間地震と考えられてきた1915年のシムシル島沖の地震、1918年9月7日のウルフ島沖付近の地震はスラブ内地震であった可能性がある。

(アウターライズ地震・津波地震)この地域の海溝軸外側の海洋プレート内では、1933年、2007年のM8級の巨大地震をはじめ、1919年、1963年、1982年、2009年にM7級の地震が発生している。ウルフ島沖のM7級のプレート間地震とされてきた1918年11月8日の地震は、アウターライズ地震の可能性もある。2007年の正断層型の巨大地震の余震域内で発生した2009年の地震は逆断層型であったが、すべり分布の比較の結果、2007年よりも深い部分が破壊していることが分かった。1963年にウルフ島沖、1975年に色丹島沖で津波地震が発生している。

本研究では、HYPOSAT, MJHD法, 遠地実体波インバージョンのFORTRANプログラムを用いた。記して感謝します。

キーワード: 日本海溝北部-千島海溝, (巨)大地震, 時空間分布, 震源再決定, すべり分布, 震度分布

Keywords: northern Japan trench - Kurile trench, great or large earthquakes, space-time pattern, hypocenter relocation, coseismic slip distribution, seismic intensity distribution

SSS035-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

DONET 観測データを用いた熊野灘における高精度震源決定 High-precision hypocenter determinations below the Kumano fore-arc basin based on DONET observations

中野 優^{1*}, 中村 武史¹, 藤 亜希子¹, 神谷 眞一郎¹, 尾鼻 浩一郎¹, 金田 義行¹

Masaru Nakano^{1*}, Takeshi Nakamura¹, Akiko To¹, Shin'ichiro Kamiya¹, Koichiro Obana¹, Yoshiyuki Kaneda¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

熊野灘は近い将来に起きる事が懸念されている東南海・南海地震の想定震源域の直上に位置する。近年、紀伊半島下では深部低周波微動が、熊野灘沖の南海トラフ近傍では浅部超低周波地震の活動が明らかになった。また2004年には沈み込むフィリピン海プレート内で紀伊半島沖地震(M7.4)が発生している。従って熊野灘周辺における地震活動を調べることで、これらの特徴的な地震のメカニズムを明らかにし、南海トラフにおけるテクトニクスについて詳しく知る手がかりとなると期待される。

海洋研究開発機構では、熊野灘において地震・津波検知能力の向上および早期検知を目的として、地震・津波観測監視システム(DONET)の構築を行なっている。DONET観測点は2010年10月までに4点、2011年1月にさらに4点の設置、接続が完了した。これらのデータを使用することにより、熊野灘における地震の震源の検知能力と決定精度が飛躍的に向上すると期待される。本研究ではDONET観測点のほかに、気象庁によって熊野灘に設置されたOBSの連続観測データもあわせて用いることにより、熊野灘で発生した地震の震源決定を行った。

震源決定における速度構造は、東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト(平成20年度成果報告書, 2009)を参考に一次元構造を作成した。DONET観測点の広帯域地震計及び強震計に加え、気象庁によるOBS連続観測データを用い、P波およびS波初動の読み取りを行った。読み取った走時に対し、Hirata&Matsuura(1987)の方法(hypomh)を用いて震源決定を行った。速度構造を海底観測点に適したものとしたため、陸上の観測点は使用しなかった。

2010年10月中旬から11月の期間において、気象庁一元化震源リストに掲載されていない、約60のイベントについて震源位置が得られた。これらの地震は主に熊野海盆から南海トラフのトラフ軸の間に分布した。この領域は2004年紀伊半島沖地震の震源域(Obana et al., 2009)に対応する。解析期間において気象庁一元化処理による震源カタログでは、この領域での地震活動は見られなかった。

ここで使用した観測点はDONETのAおよびEノードに接続された観測点のみであり、これらは相対的に陸側に配置されている。従ってトラフ軸周辺においては震源の深さについて十分な精度があるとはいえない。今後、より海側に位置する観測点のデータを使用することにより、震源決定の精度及び検出能力を飛躍的に向上させることが出来ると期待される。また、震源決定において三次元構造を考慮することにより、より正確な震源決定が出来ると期待される。今後はこれらの改良を行い、熊野灘における地震活動およびテクトニクスについて議論していく予定である。

キーワード: 南海トラフ, 東南海地震, 海底地震観測

Keywords: Nankai trough, Tonankai earthquake, Ocean-bottom seismic observations

SSS035-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

紀伊半島西方におけるフィリピン海プレートの沈み込みに関する海陸統合構造調査 Land-Marine integrated seismic survey in the western Kii Peninsula on subduction of the Philippine Sea Plate

望月 公廣^{1*}, 加藤 愛太郎¹, 飯高 隆¹, 蔵下 英司¹, 篠原 雅尚¹, 仲西 理子², 佐藤 壮², 尾鼻 浩一郎², 高橋 成実², 小平 秀一², 金田 義行², 武田 哲也³, 汐見 勝彦³

Kimihito Mochizuki^{1*}, Aitaro Kato¹, Takashi Iidaka¹, Eiji Kurashimo¹, Masanao Shinohara¹, Ayako Nakanishi², Takeshi Sato², Koichiro Obana², Narumi Takahashi², Shuichi Kodaira², Yoshiyuki Kaneda², Tetsuya Takeda³, Katsuhiko Shiomi³

¹ 東京大学地震研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 防災科学技術研究所

¹Earthquake Res. Inst., Univ. of Tokyo, ²JAMSTEC, ³NIED

紀伊半島の沖合は、東南海・南海地震断層のセグメント境界にあたる。このセグメント境界の南海トラフ軸直交方向周辺域は、同時に様々な現象の境界にもあたっている。例えば南海トラフ沿いの地震活動について震源メカニズム解をみると、境界の東側と西側で応力主軸方向が30度ほど変化しており、またプレート境界固着強度の深部遷移領域で発生すると考えられている低周波イベントもこの境界より西側から四国北東部まで見られなくなる。沈み込むフィリピン海プレートの形状も境界周辺域で急激に変化しており、紀伊半島下では大きなくぼみを形成している。これらの現象に加えて、過去の地震活動や火山列の分布などから、Ide et al. (2010) は沈み込むプレートが深さ方向に裂けており、この裂け目が境界の形成要因である可能性を議論している。この境界域周辺では沈み込むプレートはどのような形状をしているのかを高解像度で知ることが、上述の様々な現象を理解し、また南海トラフ沿いで発生する巨大地震の発生メカニズムおよび断層破壊過程の解明に重要である。我々は2010年10月に、紀伊半島沖合の南海トラフ軸から大阪府阪南市までの200 km 長の海陸統合測線に地震計を設置し、海域では海洋研究開発機構の調査船「かいらい」によるエアガン発震を、また陸域では大阪府阪南市で300 kgのダイナマイトを発破して構造調査を行った。さらに南海トラフ軸から紀伊水道を通して淡路島近傍までの測線でも同様にエアガン発震を行っており、境界域を伝播する地震波も記録している。ここで得られたデータを解析することによって、境界域周辺におけるトラフ軸から深部固着強度遷移領域までのプレートの沈み込み形状、またプレート境界面の性質の解明に貢献できると期待される。

謝辞：本調査の一部は文部科学省委託研究「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究」の一環として行われました。

キーワード: 巨大地震, 沈み込み帯, 構造調査, 断層境界

Keywords: Great earthquake, Subduction zone, Seismic survey, Fault boundary

SSS035-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

西部南海トラフ四国沖における地殻構造探査と海底地震観測 Seismic structure survey and ocean bottom earthquake observations in western Nankai Trough, off Shikoku Island

尾鼻 浩一郎^{1*}, 仲西 理子¹, 高橋 努¹, 山本 揚二郎¹, 小平 秀一¹, 佐藤 壮¹, 藤森 英俊¹, 柏瀬 憲彦¹, 金田 義行¹
Koichiro Obana^{1*}, Ayako Nakanishi¹, Tsutomu Takahashi¹, Yojiro Yamamoto¹, Shuichi Kodaira¹, Takeshi Sato¹, Hidetoshi Fujimori¹, Kazuhiko Kashiwase¹, Yoshiyuki Kaneda¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

Along the Nankai trough, southwestern Japan, large interplate thrust earthquakes, such as 1946 Nankai and 1944 Tonankai earthquakes, of magnitude 8 class have occurred repeatedly with recurrence intervals of 100-200 years [e.g., Ando, 1975]. Recently, possibility of simultaneous rupture from Tokai to Hyuga-nada along the Nankai trough is suggested. Comparison in the crustal structure and the earthquake activity between Hyuga-nada region and off Shikoku area is important to understand segmentation and synchronization of seismic rupture of megathrust earthquakes along the Nankai trough. The seismic structure survey and earthquake observations in Hyuga-nada were conducted from December 2008 to January 2009. We conducted seismic structure surveys and earthquake observation off Shikoku Island from October 2009 to June 2010. This experiment is a part of "Research concerning Interaction Between the Tokai, Tonankai and Nankai Earthquakes" funded by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan. In October 2009, 180 ocean bottom seismographs (OBSs) were deployed by R/V Kairei of Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) on three along-trough and four across-trough profiles with 5 km intervals. In addition to these OBSs, 21 OBSs for long-term observations were deployed on the profiles with about 20 km intervals. R/V Kairei conducted seismic surveys for crustal structure using the air gun array with a total volume of 7800 cubic inches. The OBSs except for 21 OBSs for long-term observations were recovered by R/V Kaiyo of JAMSTEC in January 2010. The OBSs for long-term observations were recovered in June 2010 by R/V Kaiyo. The data corrected by the OBSs were used for both seismic structure surveys and earthquake observations. The active seismic survey using the OBSs deployed with 5 km interval indicates spatial heterogeneity in crustal structures that could not be imaged by previous seismic surveys [e.g., Takahashi et al., 2002]. The OBSs for long-term observations observed about 120 earthquakes not included in Japan Meteorological Agency (JMA) Earthquake Catalogue during the 9-month observations. In addition to the active seismic surveys, the seismic records of the earthquakes obtained by the OBSs are used for crustal structure imaging.

キーワード: 南海トラフ, 構造探査, 海底地震計, 地震活動

Keywords: Nankai trough, seismic survey, ocean bottom seismograph, seismicity

SSS035-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

西南日本スラブ内地震に観測される地震波と地下構造

Seismic Waves from a Slab Earthquake and Velocity Structure in Southwestern Japan

福田哲也¹, 久家 慶子^{1*}

Tetsuya Fukuda¹, Keiko Kuge^{1*}

¹ 京都大学理学研究科地球物理学教室

¹Dept. Geophysics, Kyoto University

海溝型巨大地震の発生形態は、沈み込む海洋プレートの形状に影響を受けていると考えられる。南海トラフ沿いに海溝型巨大地震を繰り返し起こす、西南日本に沈み込むフィリピン海プレートの形状は複雑で、Nakajima and Hasegawa (2007) 等、多くの研究によりその形状が調べられている。近畿地方においてフィリピン海プレートは急峻に湾曲しているという見解が多い中、Ide et al. (2010) は、和歌山県沖の紀伊水道から兵庫県付近にかけて、西側と東側でプレートの形状が不連続に異なりプレートが断裂している可能性を指摘した。西南日本を伝播する地震波は、このようなフィリピン海プレートの形状に影響を受けている可能性がある。

本研究では、まず2010年5月11日に安芸灘で発生した地震(Mj3.9)に対して、西南日本で観測された地震波記録を調べた。データには、Hi-net 観測網に記録されたP波の初動部分からS波の後続波部分までを用いた。この地震の震源の深さは45km(気象庁)であり、Ohkura(2000)で指摘されたhead waveが観測P波波形に見られることから、フィリピン海プレートの海洋地殻内の地震であると思われる。観測される地震波記録のようすは、西側と東側の観測点で異なる。西側の観測点では、みかけ速度約8km/sのP波が連続して明瞭にみえる。また、三好・石橋(2007)がpPmPsPmPsSmSと解釈したようなP波やS波の後続波が確認できる。東側の観測点では、似たような複数のP波やS波の後続波がみえる一方、みかけ速度約8km/sのP波は不明瞭で、P波の到達する部分は観測点の場所や距離に依存して変化してみえる。

次に、3次元ガウシアンビーム法(Cerveny, 1985; Sekiguchi, 1992)を用いて、この安芸灘の地震の理論波形を計算した。点震源を仮定し、メカニズムにはF-NETで決められたダブルカップル解を使用した。地下速度構造として複数の速度構造モデルを試した。得られた結果をもとに、フィリピン海プレートの形状を含めた中四国・近畿地方の地下構造が西南日本に観測される地震波形にどのように影響を及ぼすか、議論する。

謝辞: 本研究では、Hi-netのデータを使わせていただいた。また、防災科学技術研究所の関口渉次氏が作成した3次元ガウシアンビーム法のプログラムを使用させていただいた。記して感謝する。

SSS035-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

日向灘における地震波速度構造とプレート間カップリングの関係 The relationship between velocity structure and the seismic coupling in the Hyuga-nada region, southwest Japan

植平 賢司^{1*}, 八木原 寛², 山田 知朗³, 馬越 孝道⁴, 中尾 茂², 小林 励司², 後藤 和彦², 宮町 宏樹², 望月 公廣³, 中東 和夫³, 篠原 雅尚³, 金沢 敏彦³, 日野 亮太⁵, 合田 政次⁶, 清水 洋¹

Kenji Uehira^{1*}, Hiroshi Yakiwara², Tomoaki Yamada³, Kodo Umakoshi⁴, Shigeru Nakao², Reiji Kobayashi², Kazuhiko Goto², Hiroki Miyamachi², Kimihiro Mochizuki³, Kazuo Nakahigashi³, Masanao Shinohara³, Toshihiko Kanazawa³, Ryota Hino⁵, Masaji Goda⁶, Hiroshi Shimizu¹

¹ 九大・理院・地震火山センター, ² 鹿児島大・理工院, ³ 東大・地震研, ⁴ 長崎大・環境, ⁵ 東北大・理院・地震火山セ, ⁶ 長崎大・水産

¹SEVO, Kyushu Univ., ²Sci. and Eng., Kagoshima Univ., ³ERI, Univ. of Tokyo., ⁴Env., Nagasaki Univ., ⁵AOB, Tohoku Univ., ⁶Fish, Nagasaki Univ.

In Hyuga-nada region, the Philippine Sea (PHS) plate is subducting beneath the Eurasian (EU) plate (the southwest Japan arc) along the Nankai trough at a rate of about 5 cm per year. In this region, microearthquake activity is very high. Big earthquakes (M7 class) have occurred at intervals of about dozens of years, and so plate coupling varies dozens of kilometers specially. It is important to understand seismic activity, stress field, and structure in such region in order to understand seismic cycle. According to the previous study of Uehira et al. (2007), there is a good correlation between the slip distribution at large earthquakes and the angle between maximum principal axis and the plate boundary in northern part of Hyuga-nada region. We performed extraordinary seismic observations for 75 days from April to July 2006, for 73 days from April to July 2008, and for 77 days from April to July 2009. About 25 pop-up type ocean-bottom seismometers were deployed above hypocentral region in Hyuga-nada using Nagasaki-maru. And three data loggers were deployed on land in order to compensate a regular seismic network. We used these data and permanent stations for this analysis. In order to obtain precise hypocenter distribution, focal mechanisms, and a 3D seismic velocity structure around the Hyuga-nada region, we used Double-Difference (DD) Tomography method developed by Zhang and Thurber (2003). In northern part of Hyuga-nada, V_p/V_s ratio is high along the upper part of PHS slab, and this layer is interpreted as the subducting oceanic crust. On the other hand, V_p/V_s ratio is about 1.73 in southern part of Hyuga-nada, and this is interpreted as the subducted Kyushu-Palau Ridge, old island arc, which is made by granitic rock. More over, there is a difference of Poisson's ratio at mantle wedge. This value is high (> 0.3) in northern part of Hyuga-nada. The high Poisson's mantle wedge is suggesting that the zone probably corresponds to a serpentized wedge mantle. This results is consistent with weak plate coupling. In southern part of Hyuga-nada, Poisson's ratio at mantle wedge is about 0.25. Uehira et al. (2007) was estimated that plate coupling is strong in southern part of Hyuga-nada, so, this result is consistent with this estimation.

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS035-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

コスタリカ沖地震発生帯で実施された掘削同時検層 : IODP Expedition 334 の成果速報

Preliminary results of logging-while-drilling, IODP Expedition 334, Costa Rica Seismogenesis Project (CRISP)

斎藤 実篤^{1*}, Alberto Malinverno², 氏家 恒太郎³, Paola Vannucchi⁴, Nicole Stroncik⁵, Expedition 334 Scientists⁶
Saneatsu Saito^{1*}, Alberto Malinverno², Kohtaro Ujiie³, Paola Vannucchi⁴, Nicole Stroncik⁵, Expedition 334 Scientists⁶

¹ 海洋研究開発機構, ² コロンビア大学, ³ 筑波大学, ⁴ フィレンツェ大学, ⁵ テキサス A&M 大学, ⁶IODP

¹IFREE, JAMSTEC, ²LDEO, Columbia University, ³University of Tsukuba, ⁴University of Florence, ⁵Texas A&M University, ⁶IODP

Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 334 is the first step in the Costa Rica Seismogenesis Project (CRISP), designed to understand the processes that control nucleation and seismic rupture of large earthquakes at erosional subduction zones. The scientific objectives of this expedition include constraining the architecture and evolution of the plate boundary megathrust, the role of fluids, as well as the nature of the upper plate in a tectonically erosive margin along a drilling transect at two slope sites. One of our goals is to obtain a comprehensive suite of geophysical logs at two sites using state-of-the-art logging-while-drilling (LWD) technology. The principal objectives of the LWD program are to document in situ physical properties (natural gamma ray, density, neutron porosity, resistivity, and annular fluid pressure and temperature), stratigraphic and structural features, compaction state, and hydrological parameters. Electrical resistivity images will be used to determine fracture orientations, to infer stress directions from borehole breakouts, and to orient core samples. We will present preliminary results from LWD measurements that were obtained during Expedition 334 from mid-March to mid-April 2011.

キーワード: 統合国際深海掘削計画, コスタリカ, 掘削同時検層, 地震発生帯

Keywords: IODP, CRISP, LWD, Seismogenic zone

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS035-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

南海トラフ付加体におけるスプレー断層の3次元構造解釈 Interpretation of 3D structure of the Splay Fault at the Nanaki Accretionary Wedge

増井 玲央那^{1*}, 山田 泰広¹, 辻 健¹
Reona Masui^{1*}, Yasuhiro Yamada¹, Takeshi Tsuji¹

¹ 環境資源システム工学研究室

¹Environmental Resources System lab

紀伊半島沖南海トラフでの3次元反射法探査データを使用して、海底地震や海底地すべりを引き起こしている活断層帯であるスプレー断層の3次元構造形態を解釈し、検層データ・ログデータから作成した Synthetic 波形と比較することで解釈の評価を行った。

キーワード: 南海トラフ, 付加体, スプレー断層, 構造解釈, 検層

Keywords: Nankai Trough, Accretionary Wedge, Splay Fault, Interpretation of 3D structure, Logging data

SSS035-P13

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

What controls the polarity change of decollement reflection along the Nankai Trough? What controls the polarity change of decollement reflection along the Nankai Trough?

林 智胤^{1*}, 佐々木 智之¹, 東 真幸¹, 朴 進午¹
Jiyeon Lim^{1*}, Tomoyuki Sasaki¹, Masayuki Higashi¹, Jin-Oh Park¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ AORI, The Univ. of Tokyo

Understanding of the structure and physical properties of the decollement, which is a plate boundary fault in a subduction zone, is important to elucidate a mechanism of megathrust earthquake generation. Variation of reflection polarity, which is one of the key natures of the decollement, appears to be closely related to fluid flow process in the subduction. In spite of previous seismic reflection studies to show a locality of polarity change of the decollement reflection in the Nankai Trough, its general pattern and causes are still controversial. In this study, we aim to figure out what controls the polarity change of decollement reflection along the entire Nankai Trough. We interpreted multichannel seismic reflection profiles that have been acquired in the Nankai Trough margin by Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) since the year of 1997. We focus on three features of the decollement reflection: regional distribution, polarity, and seismic stratigraphy.

We separated the Nankai subduction zone into "stable sliding" and "stick slip" zones, based on location of the decollement step-down to the subducting oceanic crust. According to the reflection polarity (i.e., normal or reverse) of the decollement, we divided the entire Nankai subduction zone into 5 different regions along Trough. Assuming that the reflection polarity is closely related to incoming sediments, we could recognize 5 different cases in relationship between the decollement reflection polarity and seismic facies. (1) Reverse polarity on the Top of Turbidites, (2) Normal polarity on the Volcanic Ash layer with the Turbidites below, (3) Reverse polarity in the Hemipelagic Mud, (4) Normal polarity on the Kumano Basin, (5) Reverse polarity on the Volcanic Ash with the Hemipelagic mud below. Bedding planes of turbidites shows reverse polarity. It suggest that bedding planes may be used as fluid paths. When the decollement is developed within hemipelagic muddy sediments, it shows reverse polarity. In case of kumano Basin, whole sediments subduct under the accretion prism. The case of off Shiono, and east side of Kumano basin, there are not turbidites and only Volcanic Ash layer and Hemipelagic Mud below. For the dehydrate -smectite to illite- in Hemipelagic Mud, on the volcanic Ash layer with high porosity, the decollement may be easily formed.

Keywords: decollement, polarity, Nankai Trough

南海トラフに設置した海底孔内体積歪計の性能評価 Performance evaluation of the borehole volume strainmeter installed in Nankai Trough

北田 数也^{1*}, 荒木 英一郎¹, 木村 俊則¹, 木下 正高¹

Kazuya Kitada^{1*}, Eiichiro Araki¹, Toshinori Kimura¹, Masataka Kinoshita¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

巨大地震発生域での地震, 地殻変動, 海底下流体移動の長期間にわたる現場計測は, 地震発生のダイナミクスの理解に向けて大きな役割を果たすことが期待される. 2010年12月, IODP Exp.332 航海において, 東南海地震発生域の長期モニタリングを目的として, 開発を進めてきた孔内体積歪計を南海トラフ掘削孔 C2 へ設置することに成功した. 今後観測される歪データを解釈するためには, 種々の外力に対する歪応答を評価しておくことが必要である. 特に, 広域応力場の変動に基づく歪変化を検出するためには, 歪みデータから環境要因による影響を取り除き, 理論モデルとの比較を行うことで, 十分な歪計測を達成しているのかを検証しておくことが重要となる. 本研究では, 神岡鉱山(岐阜県飛騨市)坑内に, 深さ約21mの陸上試験孔(216mm径)を掘削し, 南海トラフに設置したものと同様の孔内体積歪計を設置し, 動作検証のための注水実験や長期評価試験を開始した. これまで取得したデータから, 歪計には設計通りの感度があり, 良好に動作していることが示された. 歪データには, 約 - 520 nstrain/day のドリフトがあったが, これは発熱したセメントの冷却に伴う, 歪計内部のシリコンオイルの収縮による見かけの膨張などの効果によって説明できる. ドリフト補正後の歪データは, 地球潮汐による歪変動を明瞭に示しており, 理論面積歪と調和的であった. また, 歪データには, 0.2 から 0.4Hz の脈動(振幅 0.15 nstrain)や房総沖で発生したマグニチュード 5.3 の地震動(振幅 0.38 nstrain)が記録されており, これらは, 近傍に設置した傾斜計で計測された脈動(振幅 140 nrad(X), 180 nrad(Y)), 地震動(振幅 650 nrad(X), 1350 nrad(Y))と対応することがわかった. 歪と傾斜変動のコヒーレンスは, 脈動周波数で 0.6 から 0.7 程度であり, 地震時には 0.5 から 1Hz で, ばらつきはあるが 0.8 程度と比較的相関が高かった. 得られた歪, 傾斜データとの関係については, 現在, 理論モデルを構築し検討を行っている. さらに, 注水実験では, 間隙水圧の変化に伴う歪量の変化を明らかにするため, 歪計の下側(孔底)の加圧に伴う歪変動を計測した. その結果, 孔底の加圧直後には歪は減少し(伸長), その後, ゆるやかな圧力低下に伴い, 歪量が増加する(圧縮)ことがわかった. これは, 孔底の圧力上昇に伴い受感部付近の岩盤が開く効果によるものと考えられる. 孔底の圧力と歪量の関係や, 孔底の減圧時の歪みの減少(伸長)の継続については, 現在検討を進めている. 本発表では, 観測開始時に数日間取得したデータと今後得られるデータを含め, 南海トラフに設置した孔内体積歪計の性能評価について発表する.

キーワード: 東南海地震, 南海トラフ, 歪計測, スロースリップ, 地殻変動, 神岡鉱山

Keywords: Tonankai earthquake, Nankai Trough, strain measurement, slow slip, crustal deformation, Kamioka mine

SSS035-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

CFR-PEEK 製コアホルダを用いた封圧下 X 線 CT 測定に基づく水理特性評価 X-ray CT-based hydrogeological core analysis with CFR-PEEK core holder

渡邊 則昭^{1*}, 土屋 範芳¹, 大崎 豊², 玉川 哲也², 土屋 慶洋³, 岡部 博³, 伊藤 久男⁴

Noriaki Watanabe^{1*}, Noriyoshi Tsuchiya¹, Yutaka Ohsaki², Tetsuya Tamagawa², Yoshihiro Tsuchiya³, Hiroshi Okabe³, Hisao Ito⁴

¹ 東北大学, ² 石油資源開発, ³ 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, ⁴ 海洋研究開発機構

¹Tohoku University, ²JAPEX, ³JOGMEC, ⁴JAMSTEC

Clarifying hydraulic properties in the Earth's crust is required to understand crustal fluid migration, heat and material transport by the fluid, and accompanying water-rock interactions. For this purpose, we have studied an X-ray CT-based numerical method to analyze fracture flows within core samples at in-situ stress conditions. However, a recent study revealed that it was difficult to be characterized by using commercially available core holders, because noise in CT value was not negligible due to relatively high X-ray attenuation. In this paper, we show a new core holder, and some numerical results of fracture flow analyses for a granite sample under confining pressure. We have developed a core holder whose main body is made of a carbon fiber-reinforced PEEK (CFR PEEK), because of the low density of 1.44 g/cc and the high tensile strength of 236 MPa. The main body of the current core holder was designed for 2-inch core samples, and had the wall thickness of 12 mm. A pressure test demonstrated the core holder could be used at confining pressures of > 30 MPa. A medical X-ray CT scan for a granite sample having a saw-cut fracture demonstrated the detection limit of fracture aperture was smaller than 30 microns even with the core holder. Based on a medical X-ray CT scan at 3-10 MPa with the core holder, it was possible to analyze single-phase flow within a granite sample having a tension fracture. The results demonstrated that fracture aperture and resulting permeability distributions within the sample could be measured, and that hydraulic properties of the sample could be evaluated using the permeability distribution, by using the X-ray CT-based numerical analysis, without any direct experiments on permeability.

キーワード: コア解析, X 線 CT, CFR-PEEK 製コアホルダ, 封圧, き裂内流体流動, 浸透率

Keywords: Core Analysis, X-ray CT, CFR-PEEK core holder, Confining pressure, Fracture flow, Permeability

SSS035-P16

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

擬似三次元反射法地震探査による熊野トラフ泥火山の構造とメタンハイドレートBSRの分布

Structures of mud volcanoes and distribution of methane hydrate in the Kumano Trough using pseudo 3-D seismic processing

安達 啓太^{1*}, 中村 恭之², 森田 澄人³, 辻 健⁴, 大塚 宏徳¹, 芦 寿一郎¹

Keita ADACHI^{1*}, Yasuyuki Nakamura², Sumito Morita³, Takeshi Tsuji⁴, Hironori Otsuka¹, Juichiro Ashi¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 京都大学工学研究科

¹AORI, University of Tokyo, ²JAMSTEC, ³AIST, ⁴Kyoto University

A mud volcano is formed by unconsolidated mud eruption on the earth's surface or the seafloor, and caused by mud diapirism that migrated sediment, fluid, and gas from deep formation. Especially in a deepsea, it is thought that dissociation of methane hydrate near the seafloor promotes diapiric movement and growth of a mud volcano.

The Kumano Trough is one of the forearc basins of the Nankai Trough subduction zone. More than 10 mud volcanoes have been found in the trough floor from previous dives and side-scan sonar surveys. Kumano Knoll 3 (KK3) is one of the mud volcanoes developed in the central part of the Kumano Trough. Previous two-dimensional seismic reflection surveys revealed a pile of 'umbrella structures' beneath the KK3. However, it is not clear that whether this structure was caused by injection of wet-sediments as sills or formations of mud volcanoes by multiple eruptions. Moreover, seismic profiles clearly show methane hydrate BSRs are widely distributed in the trough. In contrast, BSR is discontinuous beneath KK3 suggesting relationships between mud volcano activity and methane hydrate formation.

We conducted pseudo three-dimensional seismic experiment around the KK3 using R/V Tansei-maru on KT-06-19 cruise, and acquired 82 seismic profiles that have about 6 km long lines trending NE-SW in a dense grid with basically 50 m apart during the survey. Data were obtained using consecutively seismic source a GI gun (G250 inch³+I105 inch³) every 50 m. The seismic acquisition systems consist of a 1200 m long streamer cable of 48 channels and 5 compass birds to get precise positions of each CMP. We integrated two-dimensional seismic reflection survey data into three-dimensional seismic profiles by using of corrected position data. In this study, we discuss the formation history and the relationship between the mud volcano and BSRs from three-dimensional precise internal structure of KK3.

キーワード: 泥火山, 熊野トラフ, 反射法地震探査, メタンハイドレート BSR

Keywords: mud volcano, Kumano Trough, seismic reflection survey, methane hydrate BSR

SSS035-P17

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

熊野トラフの掘削試料を用いた泥火山形成メカニズムと供給源深度解明の研究 Studies on formation mechanism and source depth of mud volcanoes by using of drilling cores in the Kumano Trough

村岡 諭^{1*}, 芦寿一郎¹, 金松 敏也², 坂口 有人², 稲垣 史生²
Satoru Muraoka^{1*}, Juichiro Ashi¹, Toshiya Kanamatsu², Arito Sakaguchi², Fumio Inagaki²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 独立行政法人海洋研究開発機構

¹AORI, ²JAMSTEC

Submarine mud volcanoes are formed as conical mounds composed of erupted unconsolidated or partially consolidated sediments from mud diapirs which are induced by high pore-fluid pressure and buoyancy developed in the deep underground. Most of them were discovered around subduction zones. Mud diapir that brings deep underground materials to seafloor has an important role for material circulations in subduction zones. Moreover, methane seepages at mound summits are suggested by existences of chemosynthetic biological communities, and accumulation of methane hydrate is expected from core samples and seismic reflection studies. Therefore, mud volcano is also significant in terms of global warming and energy resource.

In order to understand material circulations by mud volcanoes, information about formation mechanism, source layer and its depth is important. In addition, despite mud diapir is generally regarded as rising phenomenon by buoyancy and abnormal high pore pressure, those physical properties are not well investigated. In this study, we discuss the formation mechanism and source depth of mud diapir by using of samples derived from mud volcanoes.

We obtained drilling samples from two sites at the summit of the mud volcano in the Kumano Trough, during CK09-01 using Deep-Sea Drilling Vessel CHIKYU, in March, 2009. Those sites are near the central part of the vent of the mud volcano.

To understand formation process of mud volcano, anisotropy of magnetic susceptibility, vitrinite reflectance, density, geological description of breccia are conducted. Anisotropy of magnetic susceptibility shows particle arrangement within samples to understand sedimentation and deformation fabrics. While muddy sediments usually exhibit the ellipsoidal body characterized by oblate shape, the samples from the mud volcano show prolate shape rather than oblate shape. Moreover, long axis of the ellipsoidal body shows mostly vertical direction. Therefore, we expected that the drilling site is influenced by vertical material flow.

Porosity of the matrix from the mud volcano is almost constant around 50%. In contrast, the porosity from deposits of the normal basin sediment decreases with the depth and show larger values than those of the mud volcano within 20 m below seafloor. Constant value of porosity of mud volcanoes indicates recent eruption without gravitational compaction. On the other hand, the porosity of breccias shows 20-40%. These values are smaller than those of the surface basin sediment and the matrix of the mud volcano.

Finally, the measured reflectance of vitrinites included in breccias derived from one formation under the seafloor and the age estimated by previous studies give us absolute maximum temperature of breccias. We calculated the depth of one formation by using the value of temperature and the geothermal gradient of this area before mud diapir brought in the formation as breccias. The depth is about 1900 meters under the seafloor. We expect that the source depth of the mud volcano is more depth than 1900 meters depth.

キーワード: 泥火山, 泥ダイアピル, 付加体, 間隙水圧, 帯磁率異方性, ビトリナイト反射率

Keywords: mud volcano, mud diapir, accretionary prism, pore fluid pressure, Anisotropy of magnetic susceptibility, vitrinite reflectance

SSS035-P18

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

熊野沖南海トラフ斜面のBSRから推定した熱流量および地殻変動 Heat flow estimated from BSR and IODP borehole data: Implication of recent uplifting of the imbricate thrust zone in the

木下 正高^{2*}, Moore Gregory³, 木戸 ゆかり²
Masataka Kinoshita^{2*}, Gregory Moore³, Yukari Kido²

¹ 海洋研究開発機構, ² 海洋研究開発機構 CDEX, ³ ハワイ大学

¹JAMSTEC-IFREE, ²JAMSTEC-CDEX, ³Univ. Hawaii

New heat flow values were determined in the Nankai Trough forearc slope region of Kii Peninsula from the BSR identified in the 3-D seismic data volume and the thermal conductivity data measured on core samples obtained nearby during IODP Expeditions 315/316. High-resolution images in the shallower portion enabled detection of BSRs in the forearc slope. Comparison of P-wave velocities at drilled sites C0001/ C0004/C0006 and the interval velocity model constrains the uncertainty in BSR depth to <25m and error in heat flow by 5%. Thermal conductivity values were inferred from Vp-K relationship obtained in nearby borehole data, which would involve error of 0.1 W/m/K, or 10 % in terms of heat flow.

BSRs were identified only in the Imbricate Thrust Zone (ITZ) and no BSRs are visible either around the mega-splay fault or in the toe of the accretionary prism. Within the ITZ, the BSR near the axis of anticlines is significantly shallower than those in the adjacent slope zones. We designate the shallow BSR below the ridge axes 'Anticline High Value Zone (AHZ)', and designate other BSR 'Basal Low-value Zone (BLZ)'.

BSR-derived heat flow in the BLZ (60-70 mW/m²) is consistent with the general heat flow trend, which gradually decreases landward, from 120-140 mW/m² in the Shikoku Basin to ~55 mW/m² in the Kumano Forearc Basin. Locally, it is lower than values obtained from probe measurements on the forearc slope region (60-90 mW/m²), and is higher than ones obtained at IODP drill sites nearby (47-55 mW/m²). These differences may be caused by the erosion or deposition of slope sediments. The anomalously shallow BSR in the BLZ produces an apparent high heat flow anomaly of 70-90 mW/m², and a significant discontinuity is identified across the thrust fault complex. The most likely cause is the transient effect of thrust faulting followed by uplift and subsidence, then by the erosion and sedimentation. A one-dimensional time-dependent numerical model confirms that the relaxation time for the BSR depth to be reequilibrated from such a disturbance is 10-100 kyr.

The age of the accretionary prism and overlying sediment would be ~1Ma or older, as inferred from the ages obtained at mega-splay (Sites C0004/C0008) and at frontal region (Site C0007). Three ridges in the ITZ have been uplifted since ~1 Ma. Thus the thermal regime and the BSR depth in the AHZ have not yet equilibrated after the uplift due to faulting, resulting in an anomalously shallow BSR depth and higher heat flow. We propose that the anomalously shallow BSR in the AHZ and the BSR discontinuity across these fault zones are caused by thrust faulting activities since ~1 Ma, followed by uplift and erosion.

Keywords: heat flow, BSR, methane hydrate, NantrosEIZE, thrust fault

南海トラフ地震発生帯掘削サイト C0009 から得られたコア試料を用いた ASR 法応力測定

Determination of three-dimensional stress orientation in the accretionary prism in Nankai Subduction Zone, Japan by ASR

林 為人^{1*}, Timothy B. Byrne², 山本裕二³, 山本由弦⁴, 木下正高⁴

Weiren Lin^{1*}, Timothy B. Byrne², Yuhji Yamamoto³, Yuzuru Yamamoto⁴, Masataka Kinoshita⁴

¹ 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ²University of Connecticut, USA, ³ 高知大学 海洋コア総合研究センター, ⁴ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹Kochi/JAMSTEC, ²University of Connecticut, USA, ³Kochi University, ⁴IFREE/JAMSTEC

IODP (Integrated Ocean Drilling Program) による南海トラフ地震発生帯掘削 (NanTroSEIZE) の第 319 次研究航海 (Exp319) において、海洋科学掘削史上では初めてとなるライザー掘削はサイト C0009 で成功に行われた。C0009 は熊野前弧海盆のほぼ中心に位置し、水深が 2054 m である。同サイトでは海底下 1600 mbsf (meter below seafloor) まで掘削し、1285m までは熊野海盆の被覆堆積物であり、それ以深は付加体である。大半の深度区間ではカッピングスしかとられておらず、海底下約 1510m から 1594m までの比較的短い区間だけロータリコアリングによるコア試料の採取が行われた。

コア試料が地下で負荷していた応力は掘削により解放された場合、非弾性ひずみは徐々に発生するので、コア試料が船上に上がってからも測定が可能である。このコア試料の非弾性ひずみテンソルと解放された応力テンソルとの関連性を利用した応力測定法は、非弾性ひずみ回復法 (Anelastic strain recovery, ASR と略称) といい、Exp315 と Exp316 においては海洋科学掘削の分野において初めて成功に適用された (Byrne et al., 2009; GRL, Vol.36, L23310)。本研究では、ホールラウンドコア試料を 3 個 (C0009A の 3R, 1531 mbsf; 4R, 1540 mbsf and 8R, 1577 mbsf) 採取して、ASR 法による応力の測定を行った。これらの試料はすべて Unit IV と定義された付加体の中に位置するものであった。

ASR 法の測定は、Byrne et al. (2009) と同様な方法・実験手順で行った。その結果、この深度 (付加体の上部) で測定された応力状態が横ずれ断層型 ~ 逆断層型であること、すなわち、三次元最大主応力は水平に近いことが明らかになった。同じボアホール内の孔内実験 (MDT と LOT) の結果から、被覆堆積物中の応力状態が正断層型である可能性が高い (Exp319 scientists, 2010; Proc. IODP, Vol319) ことから、堆積物と付加体とは応力状態が異なっていることが判明した。この応力の深度変化パターンは NanTroSEIZE の C0002 での応力状態 (Chang et al., 2010; G3, Vol.11, Q0AD04) と類似している。

本研究で使用したコア試料は IODP の提供を受けたものである。また、船上での実施については Exp319 Scientists, 掘削船ちきゅうの掘削オペレーションチーム、ラボのテクニシャンの協力を得たので、ここに深謝の意を申し上げる。

キーワード: 南海掘削, 応力, 非弾性ひずみ回復法

Keywords: NanTroSEIZE, Stress, ASR

SSS035-P20

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

Exp. 322 航海の Site C0012 における沈み込む直前の堆積物と基盤岩の ASR 応力解析 Stress state analyses at the subduction input site, Site C0012, Nankai Subduction Zone, using anelastic strain recovery

山本 由弦^{1*}, 林 為人², 小田 啓邦³, Byrne Timothy B.⁴, 山本 裕二⁵
Yuzuru Yamamoto^{1*}, Weiren Lin², Hirokuni Oda³, Timothy B. Byrne⁴, Yuhji Yamamoto⁵

¹IFREE, JAMSTEC, ²海洋研究開発機構高知コア研究所, ³産業技術総合研究所, ⁴University of Connecticut, ⁵高知大学 海洋コア総合研究センター

¹IFREE, JAMSTEC, ²Kochi Institute for Core Sample Research, ³GSJ, AIST, ⁴University of Connecticut, ⁵Kochi University

Three-dimensional stress orientation and their stress magnitudes in the basement basalt and overlying sediments at subduction input site, IODP Site C0012 was examined using anelastic strain recovery (ASR) analyses. The ASR results in the sedimentary sequence indicate the maximum principal stress axes were nearly vertical. The stress magnitudes of Sigma 2 and 3 are very close indicating that stress states in the sedimentary sequence are state at rest. On the other hand, ASR results in the basement basalt show that the maximum principal stress axis was nearly horizontal and oriented NE-SW, almost parallel (or slightly oblique) to the trench axis. The minimum principal stress axis plunges steeply SE. The stress state of the basement basalts suggests strike-slip or thrust (reverse fault) regimes, which is very different from state at rest condition, theoretic stress condition on the ocean floor far from subduction zone. The basement basalt in the subduction input at Site C0012 has been experienced trench-parallel shortening. The stress orientation in the basements basalt is consistent with the focal mechanism of the earthquakes occurred the vicinity. The estimated stress magnitude shows small variation between each principal stress, implied that direction of principal stress could be rotated easily in association with tectonic-induced local stress variation. Such stress orientation in the basement basalt therefore apparently formed due to hinge extension on the bending Philippine Sea Plate associated with subduction.

キーワード: NanTroSEIZE, ASR, 応力, インプットサイト

Keywords: NanTroSEIZE, ASR, Stress, Input site

南海トラフ沖地震断層帯浅部の流体移動特性とせん断変形に伴う透水係数の変化 Permeability structure and permeability evolution of the fault systems in a shallow depth of Nankai subduction zone

向吉 秀樹¹, 谷川 亘^{2*}, 廣瀬 丈洋², 林 為人², 堤 昭人³

Mukoyoshi Hideki¹, Wataru Tanikawa^{2*}, Takehiro Hirose², Weiren Lin², Akito Tsutsumi³

¹(株)マリン・ワーク・ジャパン, ²海洋研究開発機構高知コア研究所, ³京都大学大学院理学研究科

¹Marine Works Japan Ltd., ²JAMSTEC/Kochi core center, ³Graduate School of Science, Kyoto Univer

地震時の断層運動にともない断層帯のすべり面近傍では大きく水理特性が変化し、またその水理特性の変動が断層のすべり挙動に影響を与えることが予想される。しかし、地震断層運動に伴い断層帯の水理特性がどのように変化するか、そのすべり速度依存性を含めてあまりよく理解されていない。そこで本研究では、IODP Expedition 316によって採取された巨大分岐断層 (SiteC0004) と前縁断層帯 (SiteC0007) の断層帯と付加体堆積物のコア試料を用いて、南海トラフ地震発生帯浅部の水理特性の評価を行った。また断層帯の試料を用いて、断層すべり運動に対する水理特性の変化の考察を行った。

水理定数の測定は試料に封圧 (等方圧) をかけた状態で室温下において行った。封圧は最大 40MPa まで変化させて、その時の水理定数の変化を測定した。透水係数の測定は水を間隙流体に用いて定差圧流量法 (Bernabe, 1987) により求めた。また、間隙流体圧および間隙差圧を 1MPa 以下の条件で測定を行った。間隙率は、窒素ガスを間隙流体として用いて Boil-Mariotte の式を応用した Gas expansion method (Scheidegger, 1974) により測定を行った。

いずれの試料も封圧の増加に対して水理特性が減少した。封圧 40MPa の増加に対して透水係数は 2 桁以上減少し、間隙率も 2% 以上減少した。断層帯の透水係数は巨大分岐断層帯と前縁断層帯でそれぞれ $7.6 \times 10^{-18} \text{ m}^2$ と $8.7 \times 10^{-18} \text{ m}^2$ を示し、比貯留量 (間隙率の結果を用いて推定) は $8.6 \times 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$ と $5.8 \times 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$ を示した。また水理拡散係数は両断層帯ともかなり低い $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ の値を示した。前縁断層帯では深度が深くなるにつれて透水係数が減少する傾向が認められた。巨大分岐断層は断層帯の拡散係数が周囲の岩相よりも小さいため、流体シール層としての役割をなす可能性がある。

断層すべり運動に対する水理特性の変化の考察は、巨大分岐断層と前縁断層帯の断層帯の試料を用いて行った。粒径を 0.2mm 以下の紛体状 (ガウジ状) にした 1g の試料 (厚さ約 1 mm) を円柱状の石英質インド砂岩 (直径 25mm、長さ 20mm、間隙率 12~14%、透水係数 $10^{-15} \sim 10^{-16} \text{ m}^2$) にはさみこんで模擬断層を作成した。この模擬断層をせん断変形させることにより、断層すべり運動を再現した。1) インド砂岩のみの透水係数の測定、2) 模擬断層の透水係数の測定、3) せん断変形実験後の模擬断層の透水係数の測定、という手順で透水係数の測定を行い、せん断変形に伴う透水係数の変化を考察した。せん断変形実験は高知コアセンターの回転式高速摩擦試験機を用いて行った。いずれの摩擦試験も垂直荷重 1.5MPa、回転数 150 回転 (=8m 変位相当) の条件で行った。摩擦実験は a) 高速すべり (1m/s) - 水で飽和、b) 低速すべり (0.013 m/s) - 水で飽和、c) 高速すべり (1m/s) - 乾燥、の 3 条件で行った。ガウジ状に成形した断層帯試料の透水係数は $2 \times 10^{-18} \text{ m}^2 \sim 4 \times 10^{-19} \text{ m}^2$ を示し、ガウジ状に成形しないバルクの透水係数に比べて約 1 桁の減少が認められた。巨大分岐断層帯と前縁断層帯の試料はともに、水に飽和させた試料はいずれも摩擦実験後に透水係数の減少が認められた。また低速すべり実験後のほうが高速すべり実験よりも透水係数の減少量が大きくなり、1 桁以上の減少が認められた。一方、乾燥条件の摩擦実験はいずれの試料も透水係数の増加が認められた。

せん断変形後の透水係数の減少は、ガウジ層のせん断圧密、もしくは細粒化によるものだと考えられる。また高速すべり実験で透水係数があまり減少しなかったのは、高速すべり時にガウジ層で Thermal pressurization が働いた結果、試料が膨張して圧密が妨げられたためと考えられる。一方、乾燥条件の摩擦実験後の透水係数の増加は、熱クラッキングの生成やガウジの熱膨張が原因として考えられる。

キーワード: 南海トラフ, NantroSEIZE, 透水係数, permeability evolution, 断層帯, thermal pressurization

Keywords: Nankai Trough, NantroSEIZE, permeability, permeability evolution, fault zone, thermal pressurization

SSS035-P22

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

IODP Exp. 315 掘削地点 C0002 の付加体泥岩試料の鉱物構成・微細構造と破壊・透水特性との対応関係

Mineral compositions and microstructures of accretionary mud samples cored at Site C0002 of the IODP Exp. 315

東 修平^{1*}, 金川 久一¹, 井上 厚行¹, 高橋 美紀²

Shuhei Azuma^{1*}, Kyuichi Kanagawa¹, Atsuyuki Inoue¹, Miki Takahashi²

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 産総研活断層・地震研究センター

¹ Graduate School of Science, Chiba Univ., ² AFERC, AIST

2007年11月16日~12月18日に実施されたIODP Exp. 315において掘削船「ちきゅう」により採取された、南海トラフ付加体浅部泥岩試料のXRD分析結果と微細構造観察結果について報告する。また、別途高橋ほか(本セッション)により報告される、泥岩試料の破壊・透水特性との対応関係について議論する。

解析した泥岩試料は、掘削地点C0002の海底下約945m、および約1049mから採取された2試料である。試料採取位置の地温勾配から推定した原位置の温度は40~44℃、密度の積算値から推定した原位置の圧力は36~38MPa、静水圧を仮定して推定した原位置の間隙水圧は28~29MPaである。室温、推定原位置圧力・間隙水圧条件で行った三軸圧縮・透水実験から得られた、両試料の破壊・透水特性は対照的であった(高橋ほか、本セッション)。そこで両試料のXRD定量・定性分析と微細構造観察を行い、そのような対照的な破壊・透水特性が何に起因しているのかについて検討した。

キーワード: 南海トラフ付加体, 泥岩試料, 鉱物構成, 微細構造, 破壊特性, 透水特性

Keywords: Nankai-Trough accretionary prism, mud sample, mineral composition, microstructure, failure property, permeability

SSS035-P23

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

地震時の高速破壊すべりに対する付加体堆積物の応答性 Frictional response of sediments to earthquake ruptures: Insight from friction experiments on samples from NantroSEIZE

向吉 秀樹^{2*}, 廣瀬 丈洋¹, 谷川 亘¹, 多田井 修², 林 為人¹

Mukoyoshi Hideki^{2*}, Takehiro Hirose¹, Wataru Tanikawa¹, Tadai Osamu², Weiren Lin¹

¹ 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ² (株) マリン・ワーク・ジャパン

¹JAMSTC/Kochi, ²Marine Works Japan

In order to evaluate the frictional response of sediments against rapid sliding associated with rupture propagation along faults in the accretionary prism, we have conducted friction experiments on clay-rich sediments from IODP Expedition 316, Nankai Trough. Recent high-velocity friction experiments demonstrated that frictional resistance of simulated faults increases rapidly at the onset of sliding of over slip distance of more than several centimeters (the initial frictional barrier), that is followed by prolonged slip-weakening (e.g. Sone & Shimamoto, 2009). The sediments from the Nankai trough also exhibit similar mechanical behaviors at slip velocity of 1.3 m/s and normal stress of 1.0 MPa. In this study special attention is paid to the initial frictional barrier at the onset of rapid sliding, as it may be a significant factor controlling how earthquake ruptures propagate from the depth into the shallow accretionary prisms.

In the experiments, we slid a simulated fault gouge at a constant slip rate of 0.1 mm/s and then suddenly increase slip rate to 1.3 m/s with different acceleration of from 0.13 to 13 m/s². In all runs, friction coefficient is 0.6-0.7 at slip rate of 0.1 m/s and then increases by 2-10% over distance of several centimeters as a fault starts accelerate. Amplitude of the initial frictional barrier and hardening distance seem to depend on acceleration. When a simulated fault overcomes the initial barrier, friction coefficient gradually decreases with slip toward the steady-state value of 0.1~0.2. In order to evaluate whether the initial barrier can affect rupture propagation, we estimate a ratio of the frictional work consumed on fault during the initial hardening stage to the frictional work during the slip weakening. The ratio is about ~0.01 at acceleration of 0.13 m/s², but tends to increase with acceleration to ~0.1 at 13 m/s². The result suggests that as the rupture speed increases, the effect of initial frictional barrier at the onset of rapid faulting could not be negligible; large initial barrier may arrest the rupture propagation. The effect of initial barrier must be incorporated into the analysis of earthquake rupture propagation in subduction zones.

Keywords: fault, friction, NantroSEIZE, Expedition 316, earthquake

SSS035-P24

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

ガス圧式高温高压試験機を用いた蛇紋岩の変形実験：沈み込み帯で発生するスロー地震への適用

Deformation experiments of serpentinite using gas apparatus: Implication for slow earthquakes in subduction zone

岡崎 啓史^{1*}, 片山 郁夫¹, 高橋 美紀², 増田 幸治²
Keishi Okazaki^{1*}, Ikuo Katayama¹, Miki Takahashi², Koji Masuda²

¹ 広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻, ² 産総研 活断層・地震研究センター
¹Hiroshima University, ²Geological Survey of Japan, AIST

西南日本でのスローリップイベント、超低周波地震、深部低周波微動などのスロー地震活動が非常に活発である。スロー地震の主な震源は、深さ 35?45km であり (Obara, 2002)、この深さというのは海溝型巨大地震の発生するとされている深度より若干深くに相当する。このスロー地震の発生域のマントルウェッジには低速度異常と高ポアソン比の領域が存在することが観測されている (Matsubara et al., 2009)。これは、マントルウェッジがフィリピン海プレートからもたらされた水により蛇紋岩化作用を被っていると解釈できる。一般に、蛇紋岩はマントルウェッジを構成するかんらん岩にくらべ、より低圧で塑性変形が卓越する傾向にあり、ちょうどスロー地震発生領域というのは蛇紋岩の脆性-塑性遷移領域にあたり、地震活動が抑制されスロー地震活動を引き起こしている可能性がある。また、Tsuji et al. (2008) や Nakata et al. (2008) は沈み込み帯の地震発生域、スロー地震発生域では過剰な間隙水により低有効応力状態である可能性を報告している。以上よりスロー地震活動に必要な条件として (1) 蛇紋岩の存在、(2) 脆性-塑性遷移領域、(3) 低有効応力状態、の3つが必要であると考えられる。

本発表では、熱水低有効封圧条件下での蛇紋岩の力学的挙動とくに脆性-塑性遷移領域周辺の力学的挙動に焦点をあてている。実験には産総研および広島大学に設置されているガス圧式高温高压変形試験機を用いた。試料には長崎県西彼杵変成帯から採取した間隙率 0.2?0.3% の等方的なアンチゴライト蛇紋岩を用いた。封圧 10MPa、間隙水圧 0MPa、常温での実験の場合、差応力 550MPa、軸歪み 0.02 において脆性破壊が起こり、残留差応力がほぼ 0MPa まで減少した。一方、封圧 200MPa、間隙水圧 190MPa、温度 400 °C での実験の場合、差応力 340MPa、軸歪み 0.016 において脆性破壊が起こり、残留差応力は 280MPa にまで減少するに留まった。また、定常状態に至る強度低下の速度は常温実験の場合 1200MPa/s 以上であるのに対し、高温高間隙水圧条件の場合は 2.7MPa/s であった。今後はより詳細に熱水条件下での蛇紋岩の変形実験を行い、得られた力学特性と地震波などによる観測を比較することで、スロー地震発生素過程解明に貢献したい。

キーワード: 蛇紋岩, 沈み込み帯, 変形実験, スロー地震, 塑性脆性遷移領域, 高間隙水圧

Keywords: serpentinite, subduction zone, deformation experiment, slow earthquake, brittle-ductile transition, high pore pressure

SSS035-P25

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

Progressive change of Clay microstructure during burial consolidation Progressive change of Clay microstructure during burial consolidation

川村 喜一郎^{1*}

Kiichiro Kawamura^{1*}

¹ 川村喜一郎

¹ Kiichiro Kawamura

Progressive change of microfibrils of deep-sea sediments during early diagenesis was analyzed using two drill cores collected from the Sites U1305 and U1306 of the Integrated Ocean Drilling Program Expedition 303 in the Labrador Sea in the northwest Atlantic Ocean. Microfibrils were analyzed by scanning electron microscope and micro X-ray CT (SP- μ CT). Different microfibrils in three layers were distinguished in both cores: Surface layer-1 with general void ratio > 2.5 , subjacent layer-2 with void ratio $2.5 \sim 1.5$, and deep layer-3 with void ratio < 1.5 . Microfibrils of the sediments changes downward (toward deeper part), as well as magnetic susceptibility anisotropy. Microfibrils in the surface layer-1 is non-directional and characterized by the presence of many macropores larger than $10 \mu\text{m}$ in diameter. Clay platelets in this layer are linked to each other with edge-to-edge or high-angle edge-to-face (EF) contact. In the underlying layer-2, contact relations of clay platelets change to low angle EF type. Coarse siliciclastic fractions of this layer show horizontal preferred orientation, most probably due to overloading. Sizes of macropores decrease to several μm in diameter. In the lowest layer-3, clay platelets take horizontal preferred orientation to form shaly texture, according to further compaction. In conclusion, it can be said that the microfibrils of deep-sea sediments was quickly evolved to take horizontal, parallel preferred orientation by burial compaction, as far as concerned the sediments of the Labrador Sea floor. Furthermore, I will show an example of microfibrils around Japan.

キーワード: Scanning Electron Microscope, X-ray CT, Anisotropy of Magnetic Susceptibility, Freeze-Dry, Thin section

Keywords: Scanning Electron Microscope, X-ray CT, Anisotropy of Magnetic Susceptibility, Freeze-Dry, Thin section

カルサイトツインによる古応力場の推定と地震サイクルによる応力変化：高知県白 亜系四万十帯横浪メランジュ Paleostress from calcite twins and stress change with seismic cycle: Yokonami melange, Cretaceous Shimanto Belt, Kochi

栄田 美緒^{1*}, 橋本 善孝¹

Mio Eida^{1*}, Yoshitaka Hashimoto¹

¹ 高知大学

¹ Kochi University

付加体内部の応力状態は地震サイクルによって変化し、地震時と地震後の付加体内部の応力状態は、プレート境界の摩擦抵抗の変化によって圧縮場から伸張場へと変化していくというモデルが提案されている (Wang and Hu, 2006)。過去の応力場は広域的に取得した小断層データから推定することができる。また、古くからカルサイトツインを用いた応力解析が行われてきた。カルサイトツインの密度は差応力にのみ依存し、過去の最大の差応力を記録している。モデルによれば最大応力は地震時に獲得されるので、カルサイトツインによる応力解析によって地震時の応力場が推定できると思われる。そこで本研究では、小断層から推定された広域的な応力場と地震断層周辺の小断層から得られた応力場、さらにカルサイトツインから得られた応力場を比較し、地震サイクルによる応力の変化を検証する。

研究対象地域は高知県白亜系四万十帯の最北に位置する横浪メランジュである。主に黒色頁岩が基質を成しており、砂岩、泥岩、凝灰岩、赤色頁岩、多色頁岩、チャート、石灰岩、玄武岩などをブロックとして含む。北に砂岩・泥岩主体の須崎層、南に同じく砂岩・泥岩主体の下津井層があり、それぞれ断層によって境されている。そして、須崎層との境界にある横浪メランジュ北縁断層(須崎断層)からは地震の化石であるシュードタキライトが見つかった。本研究では、横浪メランジュの東に位置する五色ヶ浜地域を調査地とし、小断層沿いに存在する鉱物脈を定方位で採取した。鉱物脈とは、地下深部において堆積物から排出された流体が地下の割れ目を流れ、その流体から結晶が沈殿してできたものである。今回採取した鉱物脈は、断層面に平行に存在し、メランジュの面構造を切っていることから、メランジュ形成後にできたものであるとされる。また頻度分布から、これらの鉱物脈を伴う小断層は底付け前のものとされている。鉱物脈の形成温度圧力は流体包有物から推定されており、およそ 200、180MPa である。

本研究では、鉱物脈中のカルサイトに発達する双晶を小断層ととらえる。ユニバーサルステージによりカルサイトの結晶軸と双晶面の方位を計測し、求めた結晶の変位の方位とセンスを断層データとして小断層解析を行った。小断層解析とは、多数の小断層から過去の応力場を推定する方法である。解析には、Hough法を用いたソフトウェア HIM (Yamaji et al., 2006) を使用した。HIM は断層運動を説明する応力範囲を断層の数だけ重ね、そのピークの応力方向と応力比を最適解とする方法である。ここでの応力比は σ_2/σ_3 であり、 σ_1/σ_3 の範囲は (0, 1) である。また、横浪メランジュ全体から取得した小断層データについても解析を行った。

カルサイトツインの解析には、須崎断層を 0m とし南に約 200m までの範囲内で採取した合計 20 個のサンプルを使用した。得られた断層データは合計 829 個である。解析の結果全てのサンプルから推定された応力場は $\sigma_2/\sigma_3 = 0.0446$ の軸性圧縮場と $\sigma_1/\sigma_3 = 0.9125$ の軸性伸張場である。またサンプルごとの解析結果では軸性圧縮場と軸性伸張場が見られ、三軸応力場はほとんど見られなかった。一方、横浪メランジュの小断層データは約 0m ~ 530m までの範囲で 467 個取得されており、解析の結果 $\sigma_2/\sigma_3 = 0.6071$ の三軸応力場が得られた。軸性伸張場は沈み込み帯では考えにくい応力場のため、今後議論しない。サンプルごとに推定された応力場を見ると、ほとんどが高角な軸性圧縮場を示しているが、100 ~ 175m では低角な軸性圧縮場を示すものが見られた。これらは局所的に変化した応力場を記録している可能性がある。また、カルサイトツインが記録している応力のステージについて議論するために、カルサイトツイン全体から得られた応力場と、横浪半島全体の小断層から得られた応力場、須崎断層近傍のみの小断層から得られている応力場を比較する。須崎断層近傍の応力場は高角な軸性圧縮場である。横浪メランジュ全体の応力場は東北東 - 西南西の三軸応力場であり、須崎断層近傍の応力場とは大きく異なっている。また、カルサイトツイン全体の応力場は高角な軸性圧縮場であり、須崎断層近傍の応力場とよく一致するが、横浪メランジュ全体の三軸応力場とは大きく異なっている。このことから、須崎断層と横浪メランジュ全体に発達する小断層は異なる応力によって形成され、小断層とカルサイトツインも異なる応力で形成されたと考えられる。また、カルサイトツインが須崎断層にかかわるステージの応力を記録していると思われる。この結果は地震サイクルによる応力の変化を見ている可能性があり、横浪メランジュに小断層が発達し鉱物脈が形成された後に、須崎断層を形成した応力によってカルサイトツインが形成されたという過程が考えられる。

キーワード: カルサイトツイン, 古応力, 沈み込み帯, 地震サイクル, 付加体, 地震断層

Keywords: calcite twin, paleo stress, subduction zone, seismic cycle, accretionary complex, seismogenic fault

SSS035-P27

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

沈み込み帯におけるシリカ続成過程のシミュレーションと美濃帯犬山地域における層状チャートの続成過程への制約 Numerical simulation of silica diagenesis in subduction zones

比名 祥子^{1*}, 濱田 洋平¹, 山口 飛鳥¹, 亀田 純¹, 木村 学¹

Shoko Hina^{1*}, Yohei Hamada¹, Asuka Yamaguchi¹, Jun Kameda¹, Gaku Kimura¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ The University of Tokyo

付加体中の層状チャートは二酸化ケイ素 (SiO_2) を主成分とし、放散虫遺骸を主体とする遠洋性堆積物の続成の結果生まれた堆積岩である。シリカの続成過程は Opal A → Opal CT → Quartz の相転移により説明され、その過程で体積比 21.7%の水が脱水される(水谷, 1970)。この水は、沈み込みプレート境界の深部に供給され、異常間隙水圧を発生させ、有効応力を低下し岩石強度を下げ、破壊を誘発する可能性がある、という点で大変重要である。遠洋性堆積物は古い海洋プレート上に厚く堆積するため、この過程は日本海溝のような古いプレートが沈み込むプレート境界で特に有効であると考えられる。しかし、チャートの続成過程と変形の関係についてはこれまであまり注目されてこなかった。美濃帯上麻生ユニットに属する岐阜県犬山地域の赤色層状チャートには、白色チャート層と呼ばれる、シリカの続成過程で脱水した水の移動痕跡を示すチャートが一部産出している。白色チャート層の形成条件を推定するため、今回は、(水谷, 1970) にしたがってシリカの続成過程における Opal A、Opal CT、Quartz の各相の割合の深度変化および温度変化、また、脱水量と脱水速度の深度変化および温度変化を、反応速度式を用いて数値的に解析した。その際、シリカの相転移過程の反応速度パラメータは水谷, 1970 によって報告された値を用い、堆積速度・温度勾配・沈み込み角度・沈み込み速度は日本海溝における観測値を用いた。結果として、シリカの続成過程(相転移、脱水)が飛躍的に進行する深度および温度を求め、犬山チャートにおける白色チャート層の形成条件を推定した。

キーワード: チャート, 続成, 沈み込み, 速度論

Keywords: chert, diagenesis, subduction, kinetics

SSS035-P28

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

陸上付加体アウトオブシークエンススラストにおける応力変化：九州四万十帯延岡スラスト

Change in stress with seismic cycles identified at an out of sequence thrust: The Nobeoka thrust, Shimanto Belt, Kyusyu

山口 実華^{1*}, 橋本 善孝¹, 山口 飛鳥², 木村 学²

Mika Yamaguchi^{1*}, Yoshitaka Hashimoto¹, Asuka Yamaguchi², Gaku Kimura²

¹ 高知大学, ² 東京大学

¹Kochi University, ²University of Tokyo

Seismic surveys along Nankai trough have revealed that the out-of sequence thrusts (OSTs) are commonly developed within the accretionary wedge branching from seismogenic subduction plate boundaries. The OSTs are also recognized in on-land accretionary complexes as large thrust faults cutting paleo-thermal structures. The Nobeoka fault is one of the OSTs recognized in on-land accretionary complex, the Shimanto Belt, Kyusyu. The fault bounds the northern and the southern Shimanto Belt and the gap in paleo-thermal temperature is up to 70 degree C.

The Nobeoka thrust strikes almost EW at coastline close to Nobeoka city. The Cretaceous Makimine formation and Paleogene Kitagawa formation are located at the hanging wall of the fault, comprising mainly of pelitic schist. The footwall of the fault is the Paleogene Hyuga formation composed mainly of shale. A lot of micro-faults are well developed just below the thrust for a few hundred meters to the south. Those micro faults are considered to be related to the Nobeoka thrust because slip direction and sense of the micro-fault is consistent with that of the Nobeoka thrust. The micro-faults are commonly accompanied with mineral veins of quartz and ankerite. Yamaguchi et al. (2010) suggested that the differences of mineral veins are possibly related to the seismic cycle.

In this study, we conducted stress inversion analysis for the micro-faults to examine the change in stress, which might be related to the seismic cycle.

We divided the micro-fault into two as a micro-fault with quartz vein and that with ankerite veins. From the micro-fault, we obtained the slip direction from slicken lines and slip sense by slicken steps. We used HIM (hough inversion method) by Yamaji et al. (2006) to estimate the stress for each. The stress ratio (F) is expressed as $(\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$.

Two stress orientations and three stress orientations are observed in the results for ankerite veins and quartz veins, respectively. For ankerite veins, SE oriented and relatively higher dipping σ_3 with axial extension of F and SE oriented and relatively lower dipping σ_1 with axial compression are identified. For quartz veins, SE oriented and relatively higher dipping σ_3 with axial extension, NE oriented and almost horizontal σ_1 with triaxial stress ratio, and NW oriented and lower dipping σ_1 with axial compression are observed. After examination to detect reasonable stresses from them, we concluded that the NW-SE oriented and lower dipping σ_1 with axial compression is the most adequate stress for ankerite and quartz veins.

In comparison between the two stresses for ankerite veins and quartz veins, the angle of σ_1 is relatively higher in quartz veins and the stress ratio is also larger for quartz veins. Those differences between them are pretty well consistent with the dynamic Coulomb model suggested by Wang and Hu (2006). The model predicts that the stress within accretionary wedge can be change with seismic cycle, horizontal σ_1 with axial compression at the co-seismic slip and relatively higher dipping σ_1 with relatively triaxial stress in inter-seismic period.

The result from the study can be explained by the dynamic Coulomb wedge model.

キーワード: アウトオブシークエンススラスト, 応力逆解法, 地震サイクル, 沈み込みプレート境界, 付加体

Keywords: out of sequence thrust, stress inversion method, seismic cycle, subduction plate boundary, accretionary complex

延岡衝上断層の破碎帯でみられる剪断集中帯とその周辺の微視的解析 Microscopic analysis of shear-concentrated zone and its surroundings, in the brittle damage zone of the Nobeoka Thrust

浜橋 真理^{1*}, 山口 飛鳥¹, 濱田 洋平¹, 亀田 純¹, 木村 学¹

Mari Hamahashi^{1*}, Asuka Yamaguchi¹, Yohei Hamada¹, Jun Kameda¹, Gaku Kimura¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹The University of Tokyo

延岡衝上断層は九州四万十帯を二部する大規模順序外衝上断層である。現在活動を停止している延岡衝上断層では、過去に異なる時間・空間規模で複数の地震イベントを経験し、それらに伴う脆性破壊や延性変形を受けた構造を同時に露頭で観察することができる。本研究では、延岡衝上断層の剪断帯における薄片スケールの解析により、剪断集中帯とその周囲の物性を比較検討した。なお、本研究の調査範囲は延岡市東海の海岸において延岡衝上断層中軸から下盤の南西側に約 50m 進んだ地点である。

薄片スケールの解析をするにあたって、調査範囲内に普遍的に観察されたレンズ状の岩塊であるブーディンに着目した。ブーディンは連続したコンピテント層がインコンピテント層に周囲を囲まれた状態で層平行伸張を受けたときに生じると考えられている。本研究では黒色泥岩中に含まれる褐色シルト岩からなるブーディンを対象にした。なお、Smith, 1977 の式 $L/T = 2 \sqrt{\frac{\eta}{\mu}}$ から、アスペクト比と（コンピテント層の粘性率/インコンピテント層の粘性率）の粘性率比の三乗根は比例することが理論的にわかっている。

剪断集中帯とそれ以外の場所の褐色シルト岩のブーディンについてアスペクト比（長径/短径）を求め、頻度分布を作成した。剪断集中帯よりも、その周囲の方が、アスペクト比が大きくなり、剪断集中帯は粘性率比の平均値が約 8.2 に対し、その周囲では約 3.4 となったことから、剪断集中帯の方が黒色泥岩の粘性率は褐色シルト岩の粘性率よりさらに小さくなっていることがわかった。

黒色泥岩と褐色シルト岩はともに粘土鉱物を主体とするが、両者の構成鉱物の比較と、含まれる元素の比較を行うために XRD による鉱物分析と EPMA による元素マッピングを行なった。XRD の結果からは、黒色泥岩が粘土鉱物であるイライトや緑泥石のピークが褐色シルト岩より高く、黒色泥岩でスメクタイトからイライトへの相転移反応や、緑泥石の生成反応などがより進行していることが推定された。また一方で EPMA のマッピングでは、黒色泥岩が褐色シルト岩より Na, Mg, Fe, Si が少なく、Al, K, Ti, Zr, P が多いことがわかった。これは、スメクタイトのイライト化反応に伴い、スメクタイト層間イオンである Na が K に置き換わり、Si, Mg, Fe などが放出され、より Al に富む組成に変化していることを示唆し、XRD 結果と同様に、黒色泥岩は褐色シルト岩よりもイライト化反応などが進行していると考えられる。

以上の結果をまとめると、剪断集中帯とその周囲における褐色シルト岩、黒色泥岩の粘性率比は、内部でおこっているスメクタイト イライトの反応や、緑泥石の生成反応の進行に関係していると考えられる。また、剪断集中帯の方が、その周囲よりも粘性率比が大きいことも、上記の反応の進行に関係していると考えられる。反応が進行することで粘性率が低くなる可能性があるが、これに関しては、剪断集中帯周辺についての XRD 測定を行い、検証する必要がある。

キーワード: 延岡衝上断層, ブーディン, 粘性率

Keywords: Nobeoka Thrust, boudin, viscosity ratio

SSS035-P30

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

南海トラフ沿い巨大地震の複雑な発生様式の再現を目指して Simulation of the Complicated Patterns of Great earthquakes along the Nankai Trough

弘瀬 冬樹^{1*}, 前田 憲二¹
Fuyuki Hirose^{1*}, Kenji Maeda¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

弘瀬・前田 (2010, SSJ) は, 1944 年東南海地震で東海地域が割れ残った様子と東海地域および豊後水道で繰り返し発生している長期的スロースリップイベント (以下, LSSE) を速度 - 状態依存摩擦構成則に基づいた 3 次元数値シミュレーションを用いて再現した. 彼らは, 東海地域に沈み込んだ海嶺 [Kodaira et al. (2004, Science)] および九州 - パラオ海嶺を考慮してその領域に大きな特徴的すべり量 (L) の値を, さらにスラブから脱水した水の存在が示唆される領域 [Hirose et al. (2008, JGR)] に小さな有効法線応力 (σ) と L を与えた. そのモデルでは, 東海地域の LSSE の規模が特に東海地域が割れ残った後のサイクルにおいて大きくなることを示した.

しかしながら, 彼らのモデルでは東南海地震と南海地震は毎回同時に破壊し, 安政や昭和の地震のように時間差のあるパターンが現れない. 一方, シミュレーションにおいて東海地域が 2 回に 1 回割れ残るが, それは大きな L がバリアとして振る舞うためである. すなわち, 時間差のあるパターンを再現するためには, 東南海地域と南海地域の間にも同様にバリアを設定すれば良いと考えられる. その地域には, フィリピン海プレート生成時の湧き出し口である紀南海山列が沈み込んでおり, バリアとなっている可能性がある. そこで本研究では, 紀南海山列の沈み込み延長領域において大きな L を与え, 東南海および南海地震の発生の時間差の再現を目指す.

プレート境界面でのすべりの時間発展は, 食い違い弾性論 [Rice (1993)] による応力と Composite law と呼ばれる摩擦構成則 [Kato and Tullis (2001)] に従う摩擦力のつり合いから導出される微分方程式を, 5 次の Runge-Kutta 法 [Press et al. (1992)] を用いて数値的に解いた. 計算領域は, 南海トラフ沿いの東海地域から種子島近海までとし, 摩擦パラメータ a - b は概ね深さ 10 ~ 30 km で負となるよう設定した. L は, LSSE 域で 0.019 ~ 0.035 m, 東海地域に沈み込む海嶺, 九州 - パラオ海嶺, 紀南海山列の沈み込み延長領域で 0.5 m, その他は 0.1 m とした. σ は, LSSE 域で 30 ~ 60 MPa, その他は 100 MPa とした. また, プレート収束速度は Heki and Miyazaki (2001) に基づき, 東 (1.5 cm/y) から西 (6.5 cm/y) へ徐々に大きくなるように与えた.

上記パラメータを与えたところ, 紀伊半島沖を震源とする東南海地震が約 110 年のサイクルで発生し, その数年後に南海地震が発生し, そして 2 回に 1 回は東海地域まで破壊が進展するモデルが得られた. 紀南海山列の沈み込み延長領域にバリアを置いたことで, 東南海地震と南海地震に時間差があるパターンが現れた. しかしながら, 毎回時間差が現れ, 宝永のように一度に破壊するパターンが現れなくなった. 今後, 実際の歴史記録に合うよう更なる改良を目指す.

キーワード: 南海トラフ, 巨大地震, シミュレーション

Keywords: Nankai trough, Great earthquake, Simulation

SSS035-P31

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

動的地震サイクルシミュレーションの効率化に向けた数値解析手法の開発 Efficient numerical approach for dynamic earthquake cycle simulation

後藤 浩之^{1*}

Hiroyuki Goto^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹DPRI, Kyoto Univ.

近年、地震サイクルシミュレーションは従来の準静的な解析から、より現実的な慣性項を含む動的な解析へと広がりを見せている。準静的シミュレーションによる結果と動的シミュレーションによる結果が異なることも報告されており（例えば、Lapusta and Liu, 2009）、今後ますます動的な地震サイクルシミュレーションによる研究が進められることが期待されている。

動的な地震サイクルシミュレーションは、地震の繰り返し間隔に相当する数百年スケールの現象と、地震発生時（高速破壊時）の地震波、および破壊の伝播に相当する数秒スケールの現象とを矛盾なく整合させて計算しなければならない。加えて、断層近傍の応力集中を表現できるような精度の高い手法であること、複雑な地殻構造を反映できるように不均質構造に対応できる手法であること、さらには南海トラフのように数百 km に及ぶ空間スケールの計算が現実的な時間でできること、など数値解析手法として挑戦的な課題が残されている。

高速破壊時の計算手法として提案されている BDM（境界・領域法, Goto et al., 2010）は、断層近傍の精度を担保しながらも不均質構造に対応できる手法である。断層が不均質構造の境界にある、ないしは交差する場合には精度の低下が免れないが、適用できる領域型解法に制限がないことから領域型解法に対する工夫をそのまま反映できる利点がある。一方、地震サイクルシミュレーション特有の時間スケールの変化は、h-adaptive 有限要素法によって要素サイズ、および時間スケールを可変にすることで追従させて効率化を図る試みを行っている（後藤, 2010）。本報告では、h-adaptive 有限要素法を BDM に組み込んだ動的な地震サイクルシミュレーションのためのフレームワークの現状と課題について報告する。

参考文献

Lapusta, N. and Liu, Y., 3D boundary-integral modeling of spontaneous earthquake sequences and aseismic slip, JGR, 114, B09303, 2009.

Goto, H., Ramirez-Guzman, L. and Bielak, J., Simulation of spontaneous rupture based on a combined boundary integral equation method and finite element method approach: SH and P-SV cases, GJI, 183, 975-1004, 2010.

後藤浩之, 要素サイズ可変型 FEM による動的な地震サイクルシミュレーションの試み, 日本地震学会 2010 年秋季大会, 2010.

キーワード: 動的な地震サイクルシミュレーション, 数値解析手法, 有限要素法

Keywords: dynamic earthquake cycle simulation, numerical method, finite element method

SSS035-P32

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 14:00-16:30

南海トラフ周辺における3次元地下構造モデルの構築

A model of three-dimensional seismic structure in the source area of the Tokai-Tonankai-Nankai earthquake

中村 武史^{1*}, Citak Seekin Ozgur¹, 高橋 成実¹, 金田 義行¹, 大堀 道広¹, 馬場 俊孝¹

Takeshi Nakamura^{1*}, Seekin Ozgur Citak¹, Narumi Takahashi¹, Yoshiyuki Kaneda¹, Michihiro Ohori¹, Toshitaka Baba¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

南海-駿河トラフ周辺においては、付加体やプレート境界、海山列、マントルウェッジの存在などに関連して、地震波速度が空間的に大きく変化していることが既往の構造探査研究によって明らかにされている(例えば、Kodaira et al., 2005)。これは同時に、地震波データの解析にあたっては、現実に近い3次元構造モデルの適用が必要であることを意味している。本報告では、震源決定やトモグラフィー、波動伝播解析、地震発生サイクルシミュレーション解析のために、反射・屈折法探査(例えば、Nakanishi et al., 2002)、気象庁一元化震源リスト、レシーバ関数解析(例えば、Shiomi et al., 2004)などの結果を基にして、南海-駿河トラフ周辺における3次元構造モデルの構築を行ったので報告する。構築にあたっては、付加体、海洋性地殻第2層、第3層、海洋性マントルについて、曲率最小化アルゴリズム(Smith and Wessel, 1990)で各層のモデリングを行った。また、東海・東南海・南海地震の連動性評価研究サブプロジェクト1による最新の構造探査結果もモデルに組み込んだ。層内のP波速度とポアソン比については、JMA速度モデル(上野・他, 2002)、岩石実験結果(Christensen, 1996)、およびPPS変換波の解析結果(Takahashi et al., 2002)を基に、各層に与えた。モデルの領域は、北緯28-37度、東経128-142度、深さ0-200kmであり、東海-東南海-南海地震の震源域をカバーしている。ファイルはnetCDFタイプでフォーマットしており、ファイルデータの編集、切り取りを容易に行うことができる。構築したモデルについて、3次元差分法(中村・他, 2011)を用いて理論波形を計算し、観測波形と比較することで評価を行った。本報告では、構築した3次元構造モデルについて紹介し、各種の地震波解析研究に有効なモデルであることを示す。

キーワード: 南海トラフ, 東海・東南海・南海地震, 地下構造モデル, 構造探査

Keywords: Nankai Trough, Tokai-Tonankai-Nankai earthquake, seismic structure model, seismic survey