

領域略称名：超深度海溝掘削  
領域番号：2106

平成23年度科学研究費補助金「新学術領域研究  
(研究領域提案型)」に係る研究経過等の報告書

「超深度掘削が拓く海溝型巨大地震の新しい描像」

(領域設定期間)  
平成21年度～平成25年度

平成23年6月

領域代表者 東京大学・大学院理学系研究科・教授・木村学

## 目 次

1. 研究領域の目的及び概要	3
2. 研究の進展状況	4
3. 研究を推進する上での問題点と今後の対応策	5
4. 主な研究成果	6
5. 研究成果の公表状況	15
(1) 主な論文等一覧について	15
(2) ホームページについて	21
(3) 公開発表について	21
(4) 「国民との科学・技術対話」について	24
6. 研究組織と各研究項目の連携状況	25
7. 研究費の使用状況	28
8. 今後の研究領域の推進方策	29
9. 総括班評価者による評価の状況	30

## 1. 研究領域の目的及び概要

研究領域名：超深度掘削が拓く海溝型巨大地震の新しい描像

研究期間：平成21年度～平成25年度

領域代表者所属・職・氏名：東京大学大学院理学系研究科・教授・木村 学

補助金交付額（千円）

年度	総括班	計画研究 A01	計画研究 A02	計画研究 B01	計画研究 B02	計画研究 C01	計画研究 C02	公募 研究	合計
21	10,500	26,500	29,300	41,600	42,700	38,500	24,400	-	213,500
22	7,000	12,600	34,600	28,200	32,000	39,800	23,200	11,400	188,800
23	19,100	65,700	13,100	12,900	15,300	32,400	16,900	11,600	187,000
24	7,000	12,600	17,000	12,900	15,300	36,300	16,900	15,000	133,000
25	19,100	12,600	11,200	12,400	15,600	10,200	16,100	15,000	112,200
直接経費 合計	834,500								

本研究領域の目的は、海溝型巨大地震が想定される南海トラフにおいて沈み込みプレート境界の巨大地震断層を直接掘削し、試料採取・分析を行い、更に掘削孔内で計測・観測を行うことによって、海溝型巨大地震準備・発生過程の解明に迫ることである。目的達成の研究戦略は、①南海トラフ地震発生帯の大局を把握し、②断層の分析と実験によって巨大地震断層の静的描像と動的描像を把握し、③観測と掘削の結果から地震準備・発生に至るモデルを構築し、観測によって検証することに置く。この目的達成のために3つの戦略的研究項目を設定し、それぞれに相補的計画研究を配置する。各研究項目・計画研究の概要は、下記の通りである。

### 研究項目A：地震発生帯フレームワークの研究

既に取得済みの三次元反射法データを解析して地震発生帯の大局的構造を把握し、更に海底変動・湧水現象を調査して、巨大地震断層の活動履歴と流体挙動を解明する。

計画研究A01：巨大地震断層の三次元高精度構造と物性の解明

計画研究A02：高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

### 研究項目B：地震発生帯の分析的・実験的研究

巨大地震断層試料及び付加体試料の変形構造観察と物質解析により、すべりメカニズムを明らかにする。またこれらの試料の原位置条件（温度・圧力・間隙水圧）における変形・透水実験により、巨大地震断層やその上盤側の力学的・水理学的性質を明らかにする。

計画研究B01：巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

計画研究B02：巨大地震断層の物質科学的研究によるすべりメカニズムの解明

### 研究項目C：地震発生帯の孔内計測とモデル構築

孔内計測により巨大地震断層やその上盤側の物性を明らかにし、連携による広域観測網による観測結果、そして研究項目A, Bによる結果をも統合して地震準備・発生過程の理論的モデル構築を行い、孔内連続観測によって検証する。

計画研究C01：孔内実験・計測による地震準備過程の状態・物性の現場把握

計画研究C02：海溝型巨大地震の地震準備・発生過程のモデル構築

## 2. 研究の進展状況

### 研究項目A：地震発生帯フレームワークの研究

**計画研究A01：**平成21年度は、三次元反射法地震探査データを用いた高精度地殻構造イメージング処理を行った。その結果、巨大地震断層の詳細構造とP波速度構造モデルが得られた。IODP南海トラフ地震発生帯掘削ステージ2 (IODP第319次・第322次研究航海)に参加し、新規のコア試料と孔内検層データを取得した。平成22年度は、三次元反射法データ処理結果を用いて、巨大分岐断層の反射振幅を計算した結果、分岐断層近傍の岩石物性に不均質があることが明らかになった。また、巨大分岐断層を対象に三次元構造解釈を行い、東側地域と西側地域で巨大分岐断層の形成履歴が異なることを見出した。現在、平成21年に行われたIODP第319次研究航海で取得された長距離オフセット鉛直地震探査 (VSP) データの解析中である。

**計画研究A02：**変動地形調査、精密照準採泥、長期観測機器設置により分岐断層の活動履歴の解明を目指している。このため、調査航海を平成21年度に3航海、平成22年度に2航海実施した。断層近傍の強振動変形堆積物の分布の把握、分岐断層の最近の活動を示す浅部音響断面の取得、地震動にともなう海底湧水活動の確認、地すべり構造の把握、長期温度記録装置の断層上へのピンポイント設置を行った。平成23年度は2航海の実施を予定する。

### 研究項目B：地震発生帯の分析的・実験的研究

**計画研究B01：**千葉大学のガス圧式高温高压三軸試験機にサーボ制御機能を付加し、京都大学の回転剪断試験機に高温高压容器を付加するなど、実験環境を整備した。また、地球深部掘削船「ちきゅう」により南海トラフ付加体浅部から採取された泥岩試料について、付加体浅部条件における変形・透水実験を実施し、付加体浅部の力学的・水理学的特性を明らかにした。

**計画研究B02：**南海トラフ地震発生帯掘削計画によって回収された分岐断層、付加体前縁プレート境界断層のすべり面について、最高被熱履歴、化学組成、鉱物組成の分析を行った。その結果、高速でのすべりによる発熱が明確となり、津波発生すべり、ゆっくりすべりなどとの関連が強く示唆された。陸上に分布する化石地震断層の変形破壊組織、化学的、鉱物学的分析の結果、化学的溫度計を確立する事ができた。それを用いることにより間隙水の熱加圧、ガウジの液化化などが断層弱化メカニズムとして重要である事が明らかとなった。

### 研究項目C：地震発生帯の孔内計測とモデル構築

**計画研究C01：**応力現場測定装置は、心臓部であるモーター・ポンプ部の製作に成功し、さらに開発を継続中である。地震発生断層での現場測定による応力場・力学特性・水理特性等の把握のために、浅部掘削孔での孔内検層・実験を提案し、乗船してデータ解析を行い、その有用性と今後の課題を明確にした。応力場計測のためにはコンプライアンス (伸展性) を小さくすることが課題であることが示された。またコア法、速度検層、VSP、三次元地震探査記録という、スケールの異なる手法で推定された応力場の方向が互いに整合的であることが示され、今後もこれらの手法を統合して場の理解につなげる事が有用であることが判明した。

**計画研究C02：**海溝型巨大地震の準備・発生過程を(A)浅部付加体と低速変形、(B)動的破壊とプレート形状、(C)地震サイクルの3項目に分けてモデル化を進めている。項目(A)では付加体内部の応力状態と変形、超低周波地震・低周波地震・微動のメカニズムなどを扱った。項目(B)では摩擦法則、分岐断層の破壊条件、断層微細構造の影響を検討した。項目(C)では、ゆっくり地震サイクル、温度構造モデル、地震活動モデルなどを構築しプレート形状の再評価を行った。

### 3. 研究を推進する上での問題点と今後の対応策

研究はほぼ予定通りに順調に進んでいる。しかし、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震後に発生した津波によって地球深部探査船「ちきゅう」が一部損壊し、IODP掘削予定が一部変更された。それに伴って本領域も若干の予定変更を余儀なくされているが、A01, B01, B02計画研究の若干の変更により、目的は達成可能である。日本海溝での超巨大地震・津波の発生によって、本研究の意義は増幅した。

#### 研究項目A：地震発生帯フレームワークの研究

**計画研究A01：**平成22年度までは研究推進時の問題は生じていない。しかし、地球深部掘削船「ちきゅう」の運航計画変更により、当初平成23年度に予定していたVSP探査が平成24年度へ延期される見込みである。この状況を補うため、平成24年度VSP探査の予備調査として、現在、平成21年度に行われたIODP第319次研究航海で取得された長距離オフセットVSPデータの解析中である。また、平成24年度のなるべく早い時期にVSP探査を実現するため、調整中である。

**計画研究A02：**分岐断層に沿った流体湧出変動の観測のため、湧水量計の使用を当初予定していた。しかし、予察的な観測に使用した装置の不具合により、湧水量計の信頼性が十分でないことが判明した。そこで、観測実績のある海底長期温度記録装置と海底温度計の使用に切り替えることとなった。これらの装置のバッテリーの改良で湧水量計に劣らない長期の観測が可能となり、現在データ解析手法の改良により時間分解能の向上を目指している。

#### 研究項目B：地震発生帯の分析的・実験的研究

**計画研究B01：**3月11日の東北地方太平洋沖地震により産業技術総合研究所の三軸試験機のプレスが数cm程度動いてしまったが、既に修理が済んでいる。また、付加体深部の掘削は当初より1年程度遅れて平成24年度から開始されることになり、付加体深部の試料を使用した変形・透水実験も平成24年度にずれ込むことになった。しかしながら、付加体浅部試料および陸上化石断層試料の、想定される付加体深部条件における変形・透水実験を行うことにより、今後付加体深部の力学的・水理学的特性も明らかにしていく予定である。

**計画研究B02：**3月11日の東北地方太平洋沖地震により地球深部探査船「ちきゅう」が一定のダメージを受けたこと、日本海溝緊急掘削の必要性が発生したこと、深海掘削計画の他の掘削予定がずれ込んだことなどから、南海トラフの掘削予定に若干の遅れが生ずることとなった。本研究分担者の多くが日本海溝緊急掘削に参画予定であるが、南海トラフ深部掘削は1年程度遅れる予定である。しかし、分岐断層深部掘削は予定年度内に達成予定であり、目標は達成可能である。

#### 研究項目C：地震発生帯の孔内計測とモデル構築

**計画研究C01：**基本的に問題は生じていない。応力現場計測装置の開発は、東北地方太平洋沖地震の影響もあり時間を要しているが、ライザー掘削による深部断層到達のタイミングと合わせて実現すべく、今後も開発を継続していく。

**計画研究C02：**3月11日の東北地方太平洋沖地震により、東日本の研究機関では直接的な研究への被害（停電、サーバー故障など）があったが、概ね復旧した。但し電力不足の影響は大きく、本年度購入予定であった新型のサーバーは購入を見合わせている段階である。この地震自体、当領域の対象とする海溝型巨大地震そのものであり、この地震を研究することで南海トラフの巨大地震にも適用可能な知見が得られると期待できる。東北と南海のリンクを意識しながら研究を進める。

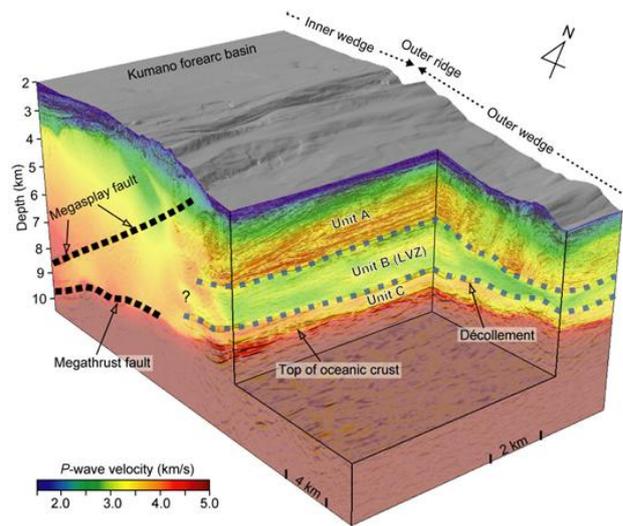
## 4. 主な研究成果

### 研究項目A：地震発生帯フレームワークの研究

#### 計画研究A01：巨大地震断層の三次元高精度構造と物性の解明

##### 三次元反射法地震探査データによる低速度層の発見

紀伊半島熊野沖の南海トラフ沈み込み帯で取得された三次元反射法地震探査データを用い、三次元重合前深度変換処理を行った。その結果、高精度の三次元地殻構造イメージと区間速度モデルが得られた(図A01-1)。変形フロントから外縁隆起帯までの付加体内部に、最大層厚約2 km、幅約15 km、長さ約120 kmに及ぶ、反射強度の弱い低速度層を発見した。低速度層は高間隙水圧の状態を示唆し、付加体の剛性を低下させ、巨大地震発生時に津波の発生を促進することが考えられる。また、流体に富む低速度層がより深部の巨大分岐断層に流体を供給する場合、巨大分岐断層の固着すべりに影響を与える可能性が考えられる。



図A01-1. 熊野沖南海トラフの三次元重合前深度変換処理結果と構造解釈

Down ←                      → Up

##### IODP掘削データの新規取得

IODP南海トラフ地震発生帯掘削ステージ2(第319次・第322次研究航海)に参加し、新規のコア試料と孔内検層データを取得した。本研究航海では、巨大地震発生帯に運び込まれる物質の初期状態の解明を目的として、フィリピン海プレートが沈み込む南海トラフよりも沖合の、四国海盆の2



図A01-2. IODP第322次研究航海掘削地点C0012(海底下540 m)で回収された約19 Maの枕状玄武岩資料

地点においてライザーレス掘削を実施した。まず、コア試料と掘削同時検層(LWD)データとの比較により、四国海盆堆積物の堆積史、起源、原位置物性が解明された。また、海底下540 m付近で前期中新世の堆積岩と基盤岩の境界部を確認し、基盤岩を構成する枕状玄武岩溶岩の回収に成功した(図A01-2)。これらの岩石は、やがて巨大地震発生帯に持ち込まれ、アスペリティを構成する岩石になると考えられる。

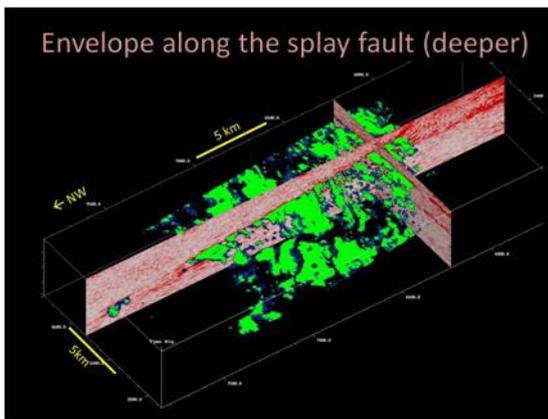
##### 長距離オフセット鉛直地震探査(VSP)

平成21年度に行われたIODP第319次研究航海では、熊野海盆の中心部に位置する掘削地点C0009において、長距離オフセットVSP探査を実施した。熊野海盆の直下には東南海地震の震源域が存在し、その周辺の応力状態を調べることは重要と考えられるため、VSPの周回探査データを用いて地震波異方性を計算し、応力場を推定した。周回探査では、海底下907~1135 mの範囲に16チャンネルの3成分地震計アレイを配置し、掘削孔を中心とした半径3.5 kmの円周上でエアガンによる発振を行った。P波速度異方性を推定した結果、発震点が孔井に対して135°および315°方向にあるときにP波速度は速くなり、それと直交する(速度の遅い)方向に比べて約110 m/sの速

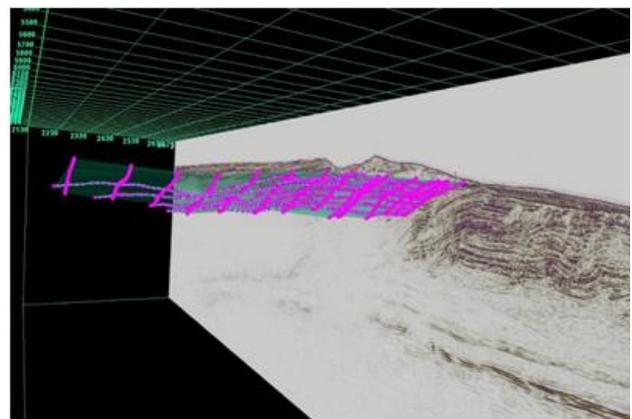
度差があった。またP波の振幅が最大になる方向や、S波偏向異方性の主軸も、P波速度の速い方向とほぼ一致した。これらの異方性の情報を掘削コア試料を用いた応力測定結果と比較した結果、今回求めた弾性波異方性は最大水平応力方向と整合的であることが明らかになった。

### 巨大分岐断層の反射振幅と三次元構造解釈

熊野沖で得られた三次元反射法データには、沈み込む海洋プレート上面から付加体を切って海底近傍まで延びる巨大分岐断層が反射面としてイメージされている。反射面の特性から巨大分岐断層近傍の岩石物性の不均質性を抽出することを目的として、巨大分岐断層付近の反射イベントの振幅(エンベロープ)を計算した(図A01-3)。反射振幅が弱い場所が線状に分布する様子が見られ、巨大分岐断層近傍の岩石物性に不均質があることを示唆する。巨大分岐断層の上位および下位の構造による影響である可能性が考えられる。三次元反射法データを用い、巨大分岐断層の三次元構造の解釈作業を行った結果(図A01-4)、データが取得された領域内においては、東側地域と西側地域で断層形態・曲率などが異なること、断層先端部が凹状の異常形態となることなどが明らかになった。これは、東側地域と西側地域で巨大分岐断層の形成履歴が異なることを示唆している。海底地すべりの分布が東側地域のみで観察されることから、東側地域と西側地域で巨大分岐断層の活動性も異なることが示唆される。



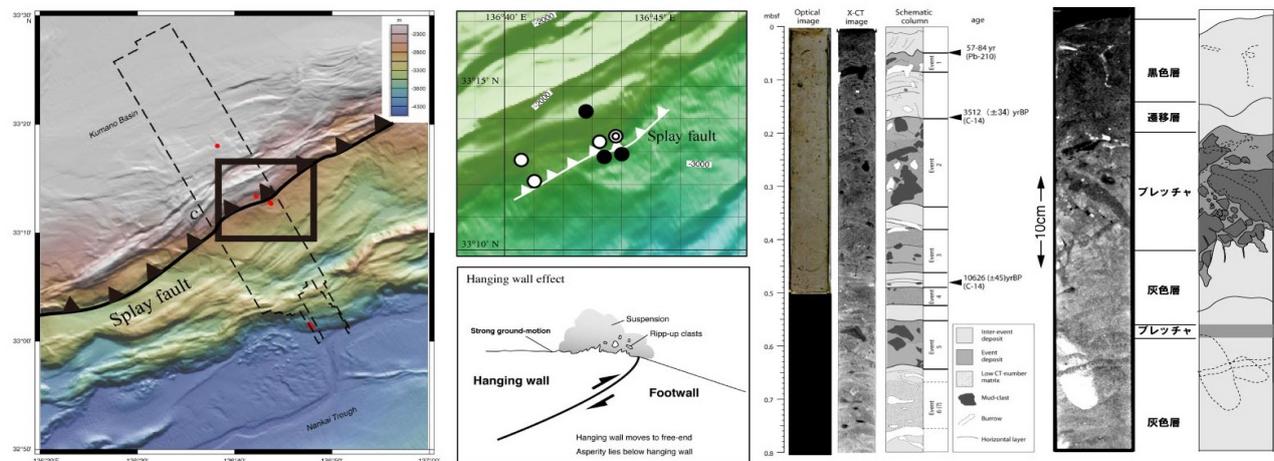
図A01-3. 巨大分岐断層に沿った反射波振幅分布



図A01-4. 巨大分岐断層の三次元形態

### 計画研究A02：高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

#### 高密度採泥による強振動変形堆積物の分布解明



図A02-1. 調査海域(左), 強振動変形の分布(中上図の白丸), 採泥コアのCT画像とその解釈(右), および断層上盤の表層堆積物変形の模式図(中下)

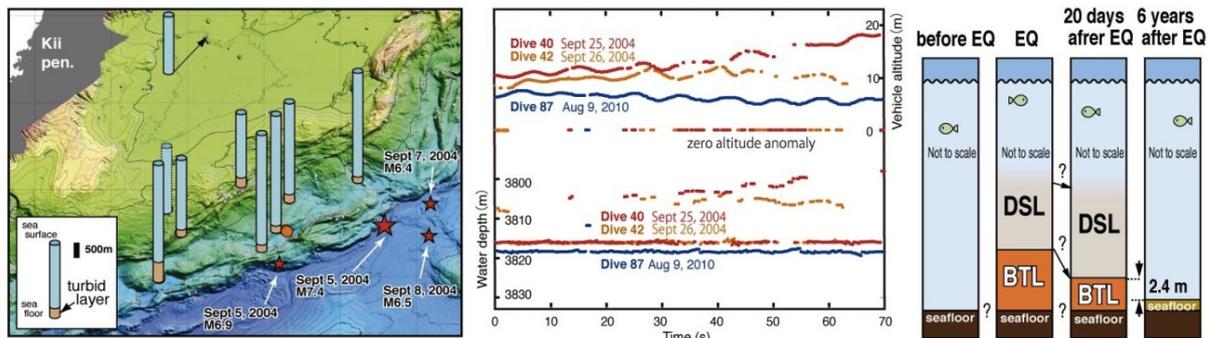
熊野沖でのIODP掘削で採取された試料のX線CTスキャナー解析によって、分岐断層の上盤側の海底表層部で堆積物の未固結時変形構造を発見した。この構造は泥質堆積層中に密度が若干異なる

る泥の礫が散在する特徴を示しており、北海道南西沖やスマトラ沖の地震直後の海底で発見されているような強振動で形成された構造とみられる。年代測定の結果、1944年の東南海地震時の変形構造であることが推定された。

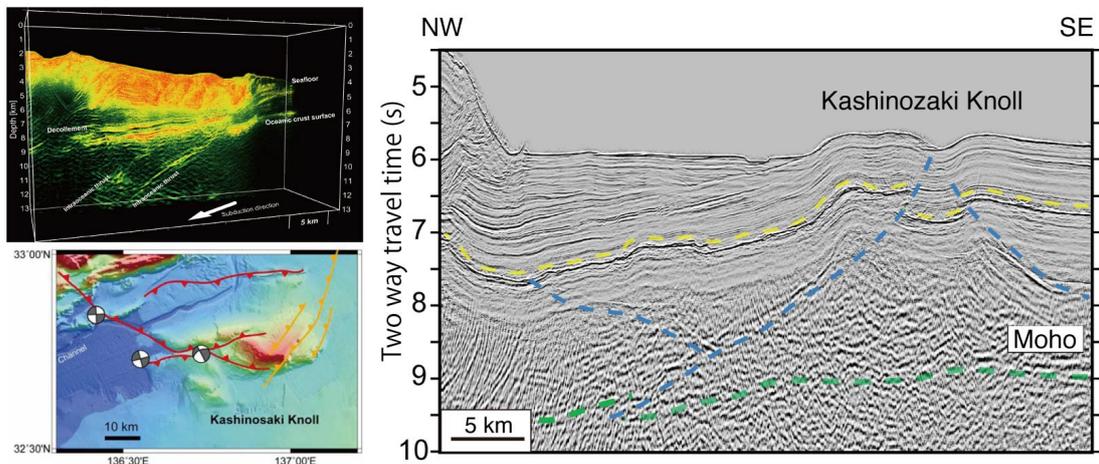
この構造の水平方向の広がり把握するため、調査船「かいいい」「白鳳丸」を用いた密な表層採泥を掘削孔周辺において行った。その結果、断層上盤のうち断層近傍でのみ強振動変形が発達することが明らかとなった（図A02-1）。これは、断層の活動時期を強振動変形の分布とその形成年代から求めることが可能であることを意味し、古地震と活断層の関係を解明する新たな探査手法が確立されたと言える。海底付近の地質構造については、従来の反射法地震探査では海底面下100 m以浅には断層の発達を確認されておらず、これまでは海底面の強振動変形の局在と矛盾する結果となっていた。本研究の深海曳航式サブトムプロファイラー探査により、海底面下の少なくとも10 mまで断層が達していることが明らかとなり、強振動変形の局在化と調和的な結果が得られた。

### 地震動による高懸濁層の発生と堆積過程

紀伊半島南東沖では2004年にM7.4の地震が発生し、その直後に無人探査機を用いた調査が行われている。やや懸濁した層が南海トラフ陸側斜面に海底面から200 m以上の厚さで震央から西側に80 kmの範囲に分布すること、さらに斜面堆積盆に高懸濁層の存在を確認していた。本研究では同じ地点に再訪し、地震直後の海底の状態との比較を行った。その結果、いずれの地点においても懸濁層はなく、斜面堆積盆では地震後の高懸濁層の厚さが2.4 mであったことを見積もった（図A02-2）。地震直後の懸濁は南海トラフ陸側斜面に限られたことから、懸濁の原因は斜面で発生した海底擾乱によると解釈できる。M7クラスの地震による広範囲にわたる海底擾乱の状況が本調査によって明らかにできた。



図A02-2. 地震直後に懸濁の認められた地点（左）と地震前後の海底の深度観測結果（中）、および地震時の2層の懸濁層の分布とその堆積を示した模式図（右）



図A02-3. モホ面に達する巨大海洋性地殻内断層の断面（左上，右）と南海トラフ南側への連続（左下）

## 紀伊半島沖の海洋性地殻内断層の分布と海底変動

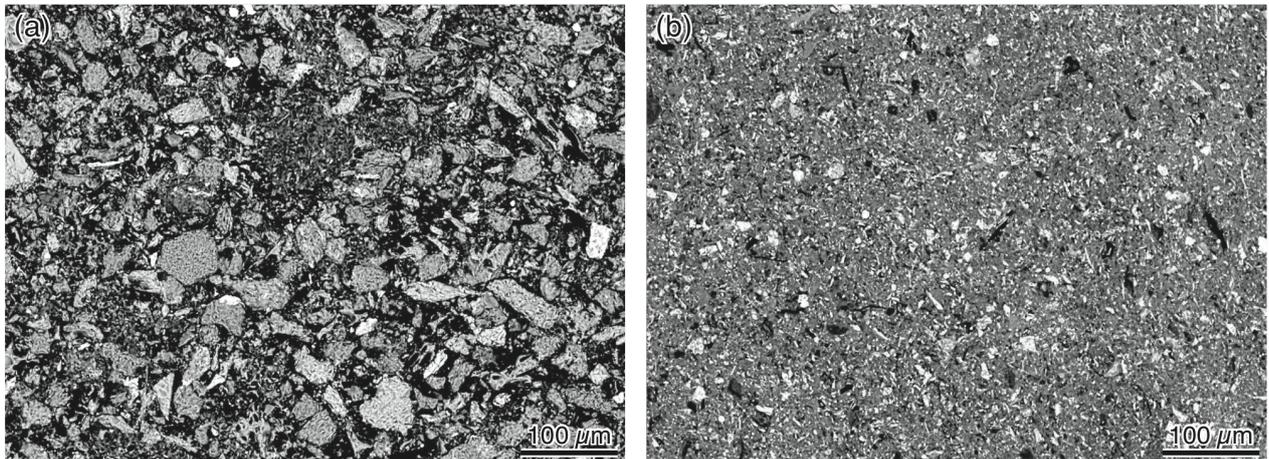
紀伊半島沖の反射法地震探査データを解析した結果、海洋性地殻内部にモホ面にまで達する巨大断層が存在することが明らかとなった(図A02-3)。この逆断層の活動は檜野崎海丘を隆起させ、さらに2004年紀伊半島南東沖地震と関係していることが分かってきた。また「しんかい6500」による海底観察により最近の活動によるとみられる新鮮な崖地形が確認できた。

## 研究項目B：地震発生帯の分析的・実験的研究

### 計画研究B01：巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

#### 付加体浅部泥岩の起源

南海トラフで付加する前の堆積物は、主としてタービダイトと半遠洋性堆積物から成っていることが知られているが、付加体浅部の泥岩もタービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩から成っていることが明らかとなった。前者は石英や長石などの碎屑粒子に富み、淘汰が悪く孔隙が多く、一方後者は石英や長石などの碎屑粒子に乏しく、スメクタイトなどの粘土鉱物に富み、細粒均質で孔隙が少ない(図B01-1)。

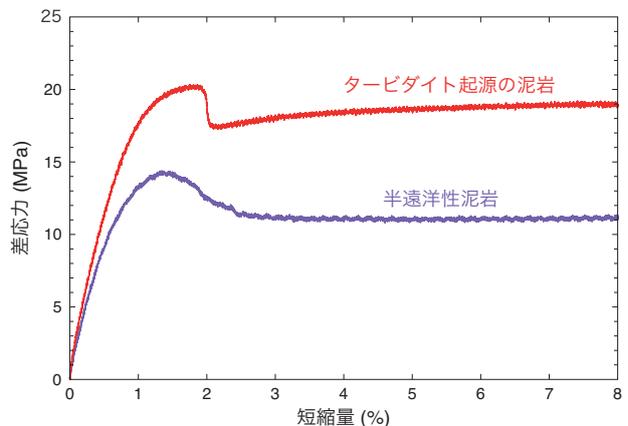


図B01-1. タービダイト起源の泥岩 (a) と半遠洋性泥岩 (b) の微細構造 (後方散乱電子線像)

#### 付加体浅部泥岩の破壊・水理特性

室温、試料原位置の圧力・間隙圧に相当する封圧36~38 MPa、間隙圧28~29 MPa、変位速度10  $\mu\text{m/s}$ で破壊実験を行った結果、タービダイト起源の泥岩試料は破壊強度が約20 MPaと比較的大きく数秒間のうちに急激な応力降下を伴って破壊したが、半遠洋性泥岩試料は破壊強度が14.5 MPaと比較的小さく約1分かけてゆっくりとした応力降下が起こった(図B01-2)。また、同一条件で透水実験を行った結果、タービダイト起源の泥岩の浸透率は $2.3 \times 10^{-19} \text{ m}^2$ と比較的大きく、一方半遠洋性泥岩の浸透率は $2.9 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ と小さかった。

タービダイト起源の泥岩は透水性が高く排水状態で変形するため、変形によって間隙水圧が上昇せず、かつ碎屑粒子が応力を支持するため、破壊強度が大きいと考えられる。また、破壊後も排水により間隙水圧がすぐに安定するため、急激に応力降下が起こると考えられる。一方、半遠洋性泥岩は透水性が低く非排水に近い

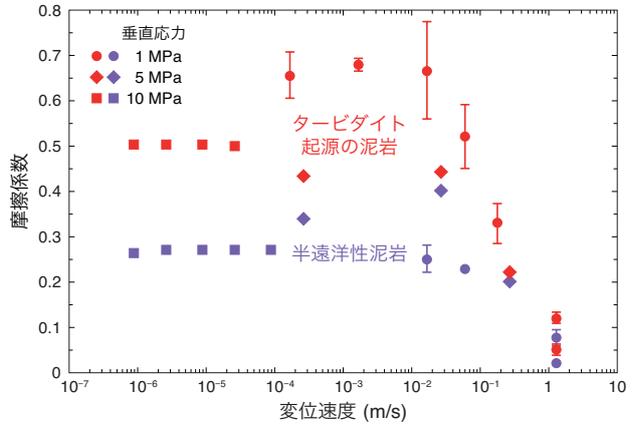


図B01-2. タービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩の差応力-歪曲線 (実験条件は本文参照)

状態で変形するため、変形によって間隙水圧が上昇し、かつ粘土鉱物粒子が応力を支持するため、破壊強度が小さいと考えられる。また、破壊後は間隙水圧の安定に時間を要するため、ゆっくりと応力降下が起こると考えられる。

### 付加体浅部泥岩の摩擦特性

室温、垂直応力1~10 MPa、含水条件において、変位速度1  $\mu\text{m/s}$  ~ 1 m/sの回転剪断実験を行った結果、10 cm/s以下の変位速度ではタービダイト起源の泥岩試料は摩擦強度が比較的大きく（摩擦係数0.45~0.7）、変位速度の増加に伴い摩擦強度が低下する速度弱化的挙動を示す傾向があるのに対し、半遠洋性泥岩試料は摩擦強度が比較的小さく（摩擦係数約0.25~0.4）、変位速度の増加に伴い摩擦強度が増加する速度強化的挙動を示す傾向がある（図B01-3）。一方10 cm/s以上の高変位速度では、両者の摩擦強度に有意な差がなくなり、両者とも顕著な速度弱化的挙動を示した（図B01-3）。



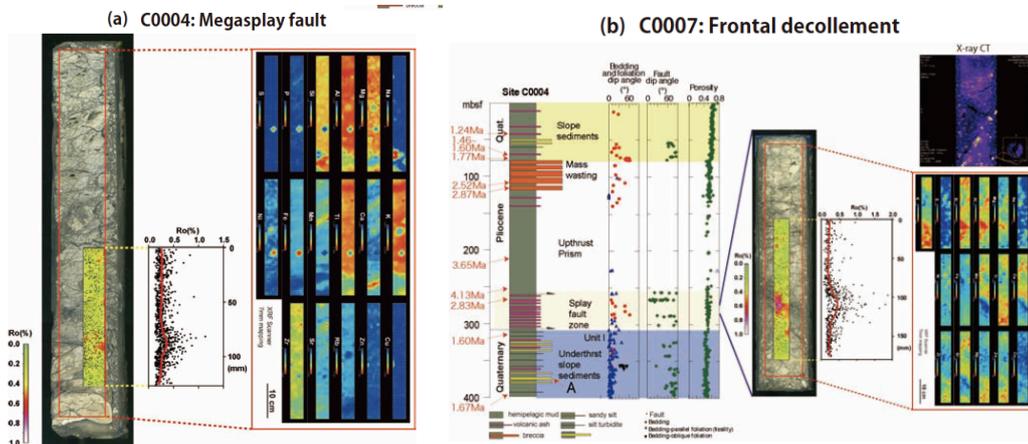
図B01-3. タービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩の、定常すべり時の摩擦係数の変位速度依存性

### 付加体浅部の力学的・水理学的特性

上記のようなタービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩の力学的・水理学的性質の相違は、付加体内部における変形・断層挙動にも大きな相違をもたらすと考えられる。半遠洋性泥岩層は変形時に非排水に近い状態となり、高間隙水圧層を形成する。付加体内部に新たに断層が形成される場合、強度が小さい半遠洋性泥岩層中に形成されやすく、かつ比較的ゆっくりとした断層運動が起こりやすい。近年付加体浅部で観測されている超低周波地震はそのような断層運動の結果である可能性がある。半遠洋性泥岩層は速度強化的挙動を示すので通常地震性断層運動の発生源とはならないが、高い間隙水圧を維持するため、地震性断層運動が伝播すると間隙水の熱加圧によって強度が大きく低下し、大きく変位しやすい。一方、タービダイト起源の泥岩は強度が大きいが、断層が形成される場合は急激な断層運動が起こり、また速度弱化的挙動を示すので、地震性断層運動の発生源になり得る。しかしながら、排水状態を維持するため熱加圧が起こりにくく、変位は比較的小さいと予想される。

## 計画研究B02：巨大地震断層の物質科学的研究によるすべりメカニズムの解明

### 断層浅部高速滑りの痕跡



図B02-1. 分岐断層および前縁衝上断層での非破壊面分析結果

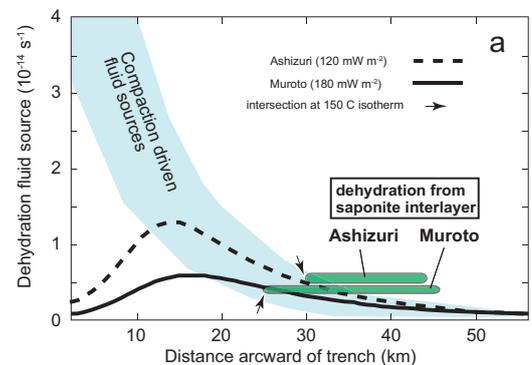
南海トラフの掘削で回収された、分岐断層および付加体先端部の前縁衝上断層内のすべり面について、非破壊面分析を実施した。新たに開発した微小ビトリナイト反射率測定装置を用いて分析した結果、分岐断層では背景のビトリナイト反射率が0.2%程度なのに対し、すべり面近傍数cm程度の範囲で、0.5~1.0%の相対的に高い反射率を示した(図B02-1)。また、前縁衝上断層においても、同様の結果が得られた。この結果は、ビトリナイト温度計を用いると背景温度が20°C(±15°C)程度であるのに対してそれぞれ420°C(±50°C)、350°C(±50°C)まで温度上昇があったことを示している。

同じすべり面に対して、EPMA化学分析、および鉱物分析も行った。すべり面近傍は顕著に、Al, Mn, Srなどの相対的濃集が認められる(図B02-1)。また、明らかに粘土鉱物のイライト/スメクタイト比が増加している。これらの結果は、どちらのすべり面でも一定の高速すべりによる摩擦発熱によって相転移が進行した結果と解釈される。

これらの高速すべりの痕跡は、分岐断層と前縁衝上断層のすべりに伴う津波の発生あるいはゆっくりすべりとの関係で重要な発見である。

### 南海掘削第322次・第333次研究航海の結果

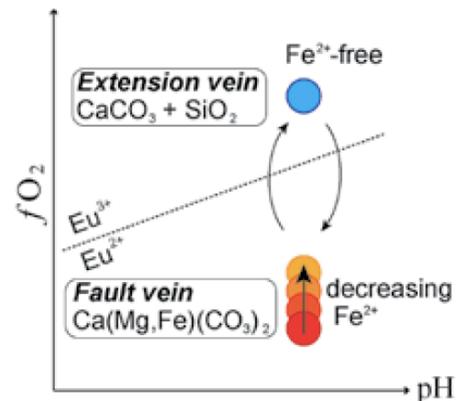
南海トラフ地震発生帯掘削ステージ2の第322次および第333次研究航海において、南海トラフ沈み込み帯へ持ち込まれる堆積物や基盤岩の特徴を明らかにするための掘削が行われた。船上でのコア解析により、堆積物の変成・物性変化が特定の層準で起っていることが確認された。また海底地すべりが大規模に起っていることが発見された。基盤岩である玄武岩層の性質がどのように変化し、地震発生帯物質として準備されていくのかは重要であり、海洋底変質により生成されたサポナイトが地震発生帯で脱水し(図B02-2)、プレート境界の有効強度を下げ、破壊開始や破壊域伝搬に寄与する可能性が明らかとなった。



図B02-2. 四国海盆玄武岩のサポナイト脱水予測

### 陸上化石地震断層分析

これまで発見されている摩擦すべり熔融断層岩であるシュードタキライト周辺に特有に産するアンケライト脈がある。その分析の結果、Eu異常が明らかとなった。それは断層すべり時に流体が一時的に強還元的になり、その後徐々に酸化的環境に戻っていく過程で形成されたことが明らかとなり、動的岩石水反応が進行した事が示唆される(図B02-3)。



図B02-3. 陸上断層アンケライト脈中のEu異常

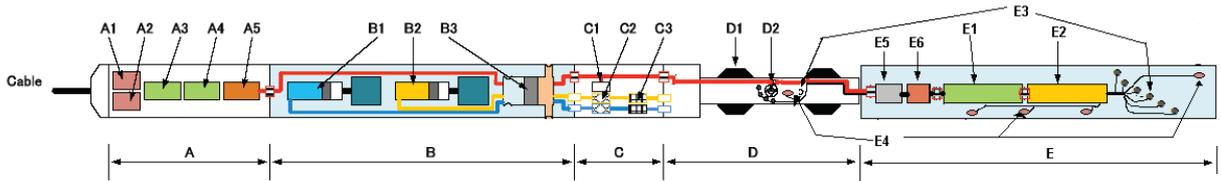
## 研究項目C：地震発生帯の孔内計測とモデル構築

### 計画研究C01：孔内実験・計測による地震準備過程の状態・物性の現場把握

#### 現場応力測定装置の開発

海底下での地震発生断層付近における応力状態の把握は地震発生理解のために重要である。これまで直接測定は海底下の孔井条件では行われてこなかった。南海掘削でも掘削地点C0009で水圧破碎試験が試みられたものの、最大水平応力の推定に必要な、コンプライアンス(伸展性)が小さいシステムという条件が満足されていないことが判明した。一方、コア法は直接測定による結果との比較・検定が必須であること、また南海の地層条件では孔壁自然破壊亀裂(ブレイクアウト)からの応力推定に必要な条件が必ずしも満たされないという問題がある。以上の理由から、南海の地層条件を想定し、孔径の制限の下、高圧・高条件で十分な破碎圧を発生できるコンプラ

イアンスの小さいシステムの開発に着手した。



図C01-1. 現場応力測定装置の概念図 (A: 伝送部、B: モーター・ポンプ部、C: 水圧・流量計測部、D: パッカー部、E: イメージング部)

ワイヤーラインでの動作を基本とするシステムの概念図を図C01-1に示す。これまで、B, Cは一部製作が完了、A, Dは設計中、Eはインターフェース設計終了という状況である。モーター・ポンプ部については室内試験により所定の性能が確認された。

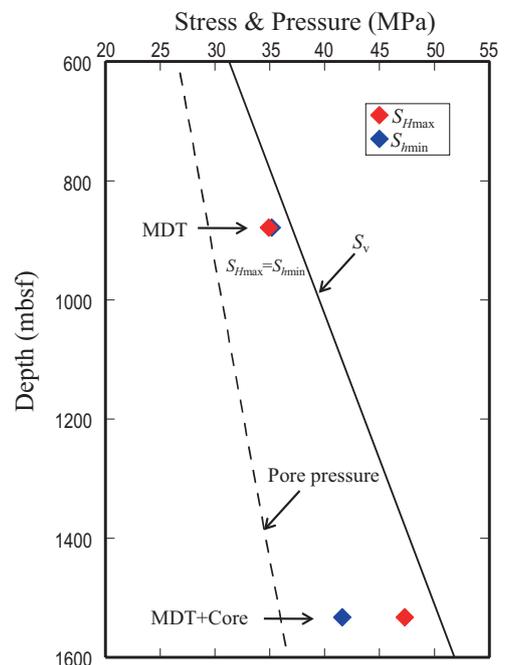
本研究での成果をもとに、IODPの技術開発予算を獲得した。現在予備調査実施中で、操作手順・実施条件・危機管理等の資料を作成中である。また、2件の特許出願を準備中である。

### 熊野海盆での応力場解析

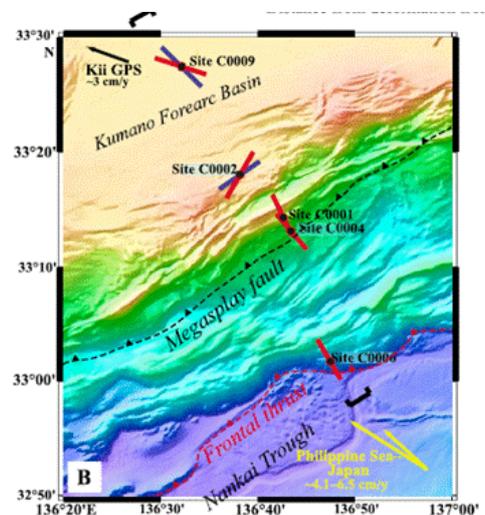
掘削地点C0009では、平成21年に実施された第319次研究航海において、孔壁比抵抗イメージ (FMI) 検層・速度検層・水圧破碎試験 (MDT)・コア計測により、応力場を推定するための様々な実験が行われた。

水圧破碎試験が876.9 mbsf (meter below sea floor)・1533.9 mbsfで実施され、水圧-時間曲線から亀裂閉口圧と亀裂開口圧を読み取り、地殻応力を評価した。ただし、加圧システムのコンプライアンスが小さくないと、亀裂開口圧を地殻応力に用いることができない。そこで、まず水圧破碎試験時の水圧-時間曲線、C0009A孔最下部のコア試験片による三軸圧縮試験および検層記録から、加圧システムのコンプライアンスと岩石の剪断弾性係数を評価した。さらにシミュレーションを行った結果、今回の加圧システムと岩石の組み合わせであれば、地殻応力評価に必要な亀裂開口圧を1割前後の誤差で計測できることがわかった。これを踏まえて876.9 mbsfの地殻応力を評価したところ、水平面内の最大地殻応力 $S_{Hmax}$ と最小地殻応力 $S_{Hmin}$ が等しく、34.9 MPaと評価された (図C01-2)。これに対して1533.9 mbsfについては、亀裂閉口圧から $S_{Hmin}$ が41.6 MPaと評価されたものの、亀裂開口圧が得られなかったために $S_{Hmax}$ の評価ができなかった。そこで、試験深度の近くで採取されたコアにコア変形法を適用することで、応力差 ( $S_{Hmax} - S_{Hmin}$ ) と $S_{Hmax}$ の方位 (N155°E) を求めた。それを水圧破碎試験の結果と組み合わせることで $S_{Hmax}$ が47.3 MPaと評価された。

一方、コアを用いた三次元応力計測法 (ASR法) により、熊野海盆浅部ではプレート収束方向に水平「最小」圧縮であることを検証するとともに、鉛直方向の応力が最大となり、水平伸張場であることを解明した。また、その応力状態は、浅部堆積盆での正断層型から深部の付加体での横ずれ断層~逆断層型に移行した可能性が示唆された。また、孔壁比抵抗イメージや孔径検層データから、水平最大圧縮応力の方位が求められ、掘削地点



図C01-2. C0009A孔の地殻応力評価結果



図C01-3. 南海掘削地点の応力場

C0009ではプレート収束の方向に一致することが示された（図C01-3）。

速度検層記録に分散解析を実施し、これまでの科学掘削では測定機器の制約から分離が不可能であった、応力に起因したS波速度異方性と他の要因に起因したS波速度異方性を分離することができた。

### 水理・熱特性原位置測定

掘削地点C0009で実施されたドローダウン試験により、海底下の9点で浸透率および間隙圧を測定し、測定時間が十分でなかったという問題があるものの、浸透率は $10^{-16}$  m<sup>2</sup>でおおむね低いこと、間隙圧はほぼ静水圧に等しいことが分かった。

複雑な構造を持つ断層帯の水理構造把握の準備として神岡鉱山で掘削を行い、断層面を挟んで現場浸透率を測定した。その結果、母岩に比べて2~3桁高い浸透率が得られた。一方、潮汐等の自然の岩盤変形への応答から、水理特性の時間変化を推定できる。これらのデータとモデル解析から、断層帯の水理応答特性は、透水層（断層）の幅や周囲の（低）浸透率のコントラストに依存すること、従って断層の透水構造を得るためには、断層帯に加えて母岩の透水性を調べることも重要であることを明らかにした。

断層帯における流体移動は、岩石中の亀裂構造に強く影響される。原位置での三次元亀裂構造を実測するため、封圧下でのコアのX線CT計測を開発している。これまで30 MPaでの計測に成功し、封圧容器の壁を通じても大気圧下の場合と同等の精度で実施が可能と判明した。

コア試料の熱伝導率に及ぼす封圧の影響が無視できないことが、実験により明らかになった。

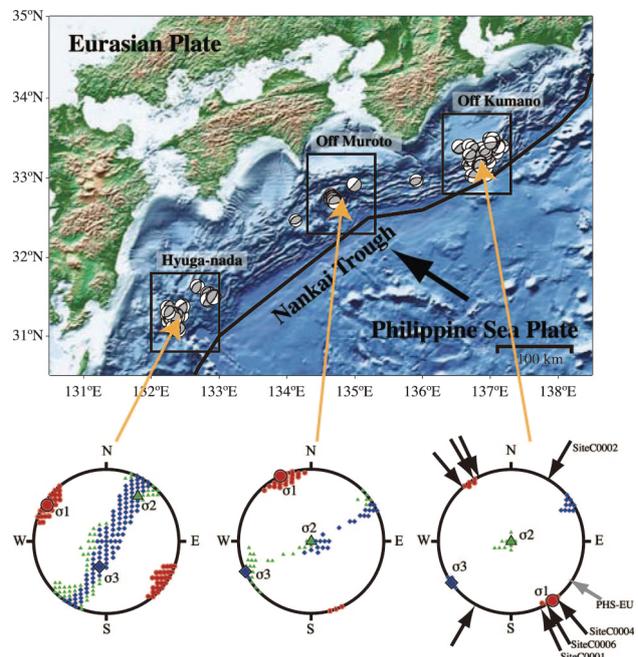
### 計画研究C02：海溝型巨大地震の地震準備・発生過程のモデル構築

以下の3項目について必要な計算コードの開発改良、データの整頓を行い、データ解析および解析数値シミュレーションによってモデル化を進めた。

#### 沈み込み帯浅部の付加体形成と低速変形

南海トラフ付加体内部の応力場の時間・空間変化の解明は、最初の2年間特に重視した課題である。プレートの沈み込みと深部での固着に伴い生じる変形と応力場を、有限要素法・個別要素法を用いて推定し、断層形成過程を議論した。その結果、付加体内に形成される逆断層群とその下に形成されるデコルマとの力学的な関係が、従来考えられていたものと逆の場合があることを示した。付加体内部の応力状態を動的破壊モデルに取り入れる方法の検討も行った。

超低周波地震、低周波地震の研究も様々な角度から行った。現在の付加体内部の応力場を超低周波地震のメカニズムを用いて推定し、掘削孔での直接測定の結果と調和的な結果を得た（図C02-1）。超低周波地震と低周波地震の時間関数を確率過程モデルを用いて定量化し、地域的な特徴を抽出した。また深部微動の精密震源決定、および時定数の推定を行った。微動震源の空間的な移動の様子とプレート境界の物理特性を結び付ける数理モデルを開発した。



図C02-1. 超低周波地震のメカニズムをもとに推定された主応力の方向

#### 地震の動的破壊伝播とプレート境界面形状

摩擦構成則は動的破壊伝播にとって重要な要素である。剪断応力依存性を取り入れた新しいす

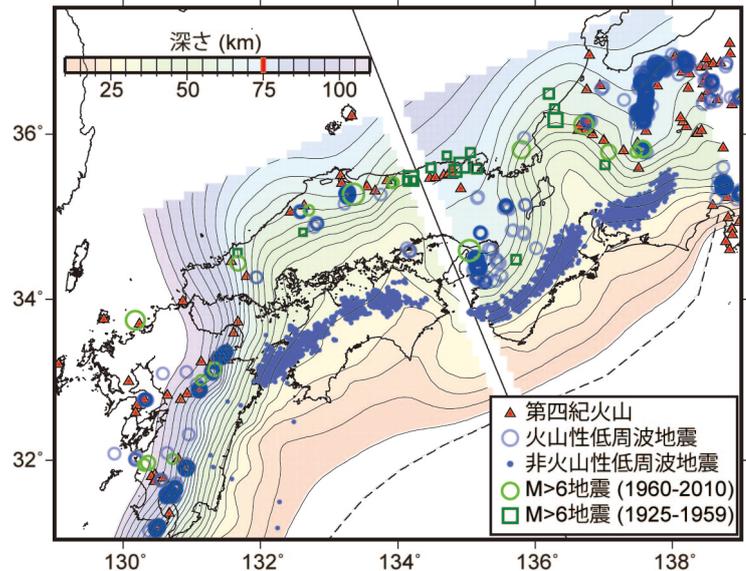
べり速度・状態依存摩擦構成則をバネブロックによる地震発生モデルへ導入して、従来の摩擦則との違いを検証した。また最近の付加体物質を用いた摩擦実験結果を考慮して超低周波地震活動の二次元準動的シミュレーションを行った。

断層の分岐と自由表面が動的破壊に及ぼす影響も精力的に検討した。自由表面と媒質不均質を取り入れた分岐断層動的破壊モデルの有限要素法コードを作成し、初期応力条件によっては断層の破壊が海底面から始まることを示した。また、動的断層分岐モデルの計算結果と天然で観察される断層の微細構造とを、従来より広いパラメタスペースで系統的に比較した。東北地方太平洋沖地震の破壊プロセスを遠地震波形解析で明らかにし、この地震では自由表面の破壊に伴うダイナミックオーバーシュートが決定的な役割を持つことを示した。

### 地震準備過程を含む地震サイクル

様々な地震サイクルモデルの検討を進めた。微動や超低周波地震、スローリップをすべて含むゆっくり地震のサイクルを検討した。摩擦構成則を用いたゆっくり地震の発生モデルを作成し、東海、東南海、四国それぞれの地域の活動を再現した。また摩擦構成則を修正すると地震サイクルと初期破壊過程がどのように変化するかを検討した。

より大きな南海沈み込み帯の構造調査も行った。南海沈み込み帯における温度構造モデルに走向方向の変化を取り入れたり、西南日本の第四紀の隆起量データを隆起速度に変換したデータを用いたりして、フィリピン海プレートの新しい温度構造モデルを構築した。また過去数百万年のプレート運動方向の変化をもとに地震活動、レシーバー関数による反射面構造のデータを用いて沈み込むフィリピン海プレートが近畿地方と中国四国地方の間で断裂している可能性を指摘した（図C02-2）。



図C02-2. 断裂したフィリピン海プレートと火山・地震の分布

## 5. 研究成果の公表状況

### (1) 主な論文等一覧について

発表論文等数：査読論文180編、非査読論文38編、書籍2冊  
査読論文および書籍は下記の通り。

- \*[Ando, R.](#) and Imanishi, K., Possibility of  $M_w$  9.0 mainshock triggered by diffusional propagation of after-slip from  $M_w$  7.3 foreshock, *Earth, Planets and Space*, **63**, in press, 2011.
- \*安間 了・[川村喜一郎](#)・ほか8名・YK05-08 Leg 2乗船研究者, 潮岬海底谷に露出する南海トラフ分岐断層付近の付加体堆積物の構造・組織・物性と流体移動, *地質学雑誌*, **116**, 637–660, 2010.
- \*Anma, R., [Kawamura, K.](#), [Sasaki, T.](#), 8 others, YK99-09, YK00-08, YK05-08 & YK06-02 Shipboard Science Parties, Structural profile and development of accretionary complex in the Nankai trough, Southwest Japan: results of submersible studies, In *Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin*, Springer, 169–196, 2011.
- \*Aochi, H., [Ide, S.](#), Conceptual multi-scale dynamic rupture model for the 2011 Tohoku earthquake, *Earth, Planets and Space*, **63**, in press, 2011.
- \*Ariyoshi, K., [Hori, T.](#), [Kaneda, Y.](#), 4 others, Influence of interaction between small asperities on various types of slow earthquakes in a 3-D simulation for a subduction plate boundary, *Gondwana Research*, **16**, 534–544, 2009.
- \*Asakawa, K., [Araki, E.](#), [Kinoshita, M.](#), 4 others, New scientific underwater cable system Tokai-SCANNER for underwater geophysical monitoring utilizing a decommissioned optical underwater telecommunication cable, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, **34**, 539–547, 2009.
- \*[Ashi, J.](#), [Ikehara, K.](#), [Kinoshita, M.](#), KY04-11 and KH-10-3 shipboard scientists, Settling of earthquake-induced turbidity on the accretionary prism slope of the central Nankai subduction zone, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*Aso, N., Ohta, K., [Ide, S.](#), Volcanic-like low-frequency earthquakes beneath Osaka Bay in the absence of a volcano, *Geophysical Research Letters*, **38**, doi:10.1029/2011GL046935, 2011.
- \*Baltay, A. S., [Ide, S.](#), 2 others, Variability in earthquake stress drop and apparent stress, *Geophysical Research Letters*, **38**, doi:10.1029/2011GL046698, 2011.
- \*Bangs N. L., 2 others, [Park, J.-O.](#), Massive methane release triggered by seafloor erosion offshore southwestern Japan, *Geology*, **38**, 1019–1022, 2010.
- \*Beroza, G. C., [Ide, S.](#), Deep tremors and slow quakes, *Science*, **324**, 1025–1026, 2009.
- \*Beroza, G. C., [Ide, S.](#), Slow earthquakes and non-volcanic tremor, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **39**, 271–296, 2011.
- \*Bohnhoff, M., 2 others, [Ito, H.](#), Passive seismic monitoring of natural and induced earthquakes: Case studies, future directions and socio-economic relevance, In *New Frontiers in Integrated Solid Earth Sciences*, Springer, 261–286, 2010.
- \*Boutareaud, S., 5 others, [Shimamoto, T.](#), Clay-clast aggregates in gouges: a new textural evidence for seismic faulting, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2008JB006254, 2010.
- \*Brantut, N., [Shimamoto, T.](#), 3 others, Fast slip with inhibited temperature rise due to mineral dehydration: evidence from experiments on gypsum, *Geology*, **39**, 59–62, 2011.
- \*Brown, L. R., Beroza, G. C., [Ide, S.](#), 6 others, Deep low-frequency earthquakes in tremor localize to the plate interface in multiple subduction zones, *Geophysical Research Letters*, **36**, doi:10.1029/2009GL040027, 2009.
- \*Byrne, T. B., [Lin, W.](#), [Tsutsumi, A.](#), [Kanagawa, K.](#), [Kimura, G.](#), 2 others, Anelastic strain recovery reveals extension across SW Japan subduction zone, *Geophysical Research Letters*, **36**, doi:10.1029/2009GL040749, 2009.
- \*Chang, C., [Lin, W.](#), [Yamada, Y.](#), 3 others, In situ stress state in the Nankai accretionary wedge estimated from borehole wall failures, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **11**, doi:10.1029/2010GC003261, 2010.
- \*Davis, E. E., 2 others, [Kinoshita, M.](#), Co-seismic and post-seismic pore-fluid pressure changes in the Philippine Sea plate and Nankai decollement in response to a seismogenic strain event off Kii Peninsula, Japan, *Earth, Planets and Space*, **61**, 649–657, 2009.
- \*De Paola, N., [Hirose, T.](#), [Shimamoto, T.](#), 3 others, Fault lubrication and earthquake propagation in thermally unstable rocks, *Geology*, **39**, 35–38, 2011.
- \*Del Gaudio, P., [Hirose, T.](#), [Shimamoto, T.](#), 4 others, Frictional melting of peridotite and seismic slip, *Journal of Geophysical Research*, **114**, doi:10.1029/2008JB005990, 2009.
- \*Di Toro, G., [Hirose, T.](#), [Shimamoto, T.](#), 6 others, Fault lubrication during earthquakes, *Nature*, **471**, 494–498, 2011.
- \*Doan, M.-L., 8 others, [Lin, W.](#), Quantification of free gas in the Kumano fore-arc basin detected from borehole physical properties: IODP NanTroSEIZE drilling Site C0009, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **12**, doi:10.1029/2010GC003284, 2011.
- \*Dong, J. J., [Shimamoto, T.](#), 6 others, Stress-dependence of the permeability and porosity of sandstone and shale from TCDP Hole-A, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, **47**, 1141–1157, 2010.
- \*Ferri, F., Toro, G. Di, [Hirose, T.](#), [Shimamoto, T.](#), Evidence of thermal pressurization in high-velocity friction experiments on smectite-rich gouges, *Terra Nova*, **22**, 347–353, 2010.
- \*Fujimoto, Y., [Kanagawa, K.](#), 4 others, P-wave velocity and anisotropy of lawsonite and epidote blueschists: Constraints on

- water transportation along subducting oceanic crust, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **183**, 219–228, 2010.
- \*藤野恵子・木下正高, 室戸沖南海トラフ付加体前縁部の高熱流量と地下深部の圧力・浸透率の関係, *地学雑誌*, **120**, 224–236, 2011.
- \*Garcia, M. O., Tagami, T., 5 others, Petrology, geochemistry and geochronology of Kaua'i lavas over 4.5 Myr: Implications for the origin of rejuvenated volcanism and the evolution of the Hawaiian plume, *Journal of Petrology*, **51**, 1507–1540, 2010.
- \*Haimson, B., Lin, W., 3 others, Integrating borehole breakout dimensions, strength criteria, and leak-off test results, to constrain the state of stress across the Chelungpu Fault, Taiwan, *Tectonophysics*, **482**, 65–72, 2010.
- \*Hamada, Y., Hirono, T., Tanikawa, W., Soh, W., Song, S., Energy taken up by co-seismic chemical reactions during a large earthquake: An example from the 1999 Taiwan Chi-Chi Earthquake, *Geophysical Research Letters*, **36**, doi:10.1029/2008GL036772, 2009.
- \*Hamada, Y., Hirono, T., Ishikawa, T., Coseismic frictional heating and fluid–rock interaction in a slip zone within a shallow accretionary prism and implications for earthquake slip behavior, *Journal of Geophysical Research*, **116**, doi:10.1029/2010JB007730, 2011.
- \*Han, R., Hirose, T., Shimamoto, T., Strong velocity-weakening and powder lubrication of simulated carbonate faults at seismic slip rates, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2008JB006136, 2010.
- \*Han, R., Hirose, T., Shimamoto, T., 2 others, Granular nanoparticles lubricates faults during seismic slip, *Geology*, **39**, 599–602, 2011.
- \*Hashimoto, Y., Nikaizo, A., Kimura, G., A geochemical estimation of fluid flux and permeability for a fault zone in Mugi melange, the Cretaceous Shimanto Belt, SW Japan, *Journal of Structural Geology*, **31**, 208–214, 2009.
- \*Hashimoto, Y., 2 others, Velocity-porosity relationships for slope apron and accreted sediments in the Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment, Integrated Ocean Drilling Program Expedition 315 Site C0001, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **11**, doi:10.1029/2010GC003217, 2010.
- \*Hayashi, N., Tsutsumi, A., Deformation textures and mechanical behavior of a hydrated amorphous silica formed along an experimentally produced fault in chert, *Geophysical Research Letters*, **37**, doi:10.1029/2010GL042943, 2010.
- \*Hayman, N.W., Kawamura, K., Yamada, Y., 2 others, Out-of-plane deformation in the Tenryu Canyon region of the Nankai accretionary prism, In *Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin*, Springer, 197–214, 2011.
- \*Hirono, T., Ujiie, K., Ishikawa, T., 3 others, Soh, W., Kinoshita, M., Estimation of temperature rise in a shallow slip zone of the megasplay fault in the Nankai Trough, *Tectonophysics*, **478**, 215–220, 2009.
- \*Hirono, T., Hamada, Y., Specific heat capacity and thermal diffusivity and their temperature dependencies in a rock sample from adjacent to the Taiwan Chelungpu fault, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2009JB006816, 2010.
- \*Hirono, T., Tanikawa, W., Implications of the thermal properties and kinetic parameters of dehydroxylation of mica minerals for fault weakening, frictional heating, and earthquake energetics, *Earth and Planetary Science Letters*, **307**, 161–172, 2011.
- \*Hirota, A., 4 others, Tsunogai, U., Enrichment of nitrous oxide in a water column in the Bering and Chukchi Sea area, *Marine Chemistry*, **116**, 47–53, 2009.
- \*Honda, G., Ishikawa, T., Hirono, T., Mukoyoshi, H., Geochemical signals for determining the slip-weakening mechanism of an ancient megasplay fault in the Shimanto accretionary complex, *Geophysical Research Letters*, **38**, doi:10.1029/2011GL046722, 2011.
- \*堀 高峰, プレート境界地震の規模と発生間隔変化のメカニズム, *地震第2輯*, **61**, S391–S402, 2009.
- \*Hung, J. H., Ito, H., Lin, W., 3 others, Subsurface structure, physical property, fault-zone characteristics and stress state in scientific drill holes of Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project, *Tectonophysics*, **466**, 307–321, 2009.
- \*井出 哲, 地震発生過程のスケール依存性, *地震第2輯*, **61**, S329–S338, 2009.
- \*Ide, S., Quantifying the time function of nonvolcanic tremor based on a stochastic model, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2009JB000829, 2010.
- \*Ide, S., Mochizuki, K., Kimura, G., 3 others, Split Philippine Sea plate beneath Japan, *Geophysical Research Letters*, **37**, doi:10.1029/2010GL044585, 2010.
- \*Ide, S., Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, *Nature*, **466**, 356–359, 2010.
- \*Ide, S., 2 others, Shallow dynamic overshoot and energetic deep rupture in the 2011  $M_w$  9.0 Tohoku-Oki Earthquake, *Science*, **332**, 1426–1429, 2011.
- \*Ijiri, A., Tsunogai, U., 3 others, Saito, S., Enrichment of adsorbed methane in authigenic carbonate concretions, *Geo-Marine Letters*, **29**, 301–308, 2009.
- \*Ikeda, Y., 9 others, Active nappe with a high slip rate: Seismic and gravity profiling across the southern part of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan, *Tectonophysics*, **472**, 72–85, 2009.
- \*Ikehara, K., Ashi, J., 2 others, Submarine slope response to earthquake shaking within western Sagami Bay, Central Japan, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences*, Springer, in press, 2011.
- \*Imanishi, K., Ito, H., 6 others, Depth-dependent stress field in and around the Atotsugawa fault, central Japan, deduced from microearthquake focal mechanisms: Evidence for localized aseismic deformation in the downward extension of the fault, *Journal of Geophysical Research*, **116**, doi:10.1029/2010JB007900, 2011.
- \*Ishikawa, T., Nagaishi, K., High-precision isotopic analysis of boron by positive thermal ionization mass spectrometry with sample preheating, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, **26**, 359–365, 2011.
- \*Ito, Y., 2 others, Very-low-frequency earthquakes indicate a transpressional stress regime in the Nankai accretionary prism, *Geophysical Research Letters*, **36**, doi:10.1029/2009GL039333, 2009.
- \*Itoh, M., Kawamura, K., 4 others, Bathymetric patterns of meiofaunal standing stocks associated with the Kuril and Ryukyu trenches, western North Pacific Ocean, *Deep Sea Research Part I*, **58**, 86–97, 2010.

- \*Kameda, J., 3 others, Kogure, T., The occurrence and structure of vermiform chlorite, *Clay Science*, **14**, 155–161, 2010.
- \*Kameda, J., Yamamoto, Y., Kimura, G., Smectite swelling in the Miura-Boso accretionary prism: Possible cause for incipient décollement zone formation, *Tectonophysics*, **494**, 75–84, 2010.
- \*Kameda, J., Raimbourg, H., Kogure, T., Kimura, G., Low-grade metamorphism around the down-dip limit of seismogenic subduction zones: Example from an ancient accretionary complex in the Shimanto Belt, Japan, *Tectonophysics*, **502**, 383–392, 2011.
- \*Kameda, J., Ujii, K., Yamaguchi, A., Kimura, G., Smectite to chlorite conversion by frictional heating along a subduction thrust, *Earth and Planetary Science Letters*, **305**, 161–170, 2011.
- \*Kameyama, S., Tsunogai, U., 9 others, Enrichment of alkanes within a phytoplankton bloom during an in situ iron enrichment experiment in the western subarctic Pacific, *Marine Chemistry*, **115**, 92–101, 2009.
- \*Kasaya, T., Kanamatsu, T., Kinosita, M., 3 others, Acoustic images of the submarine fan system of the northern Kumano basin obtained during the experimental dives of the Deep Sea AUV URASHIMA, *Exploration Geophysics*, **42**, 80–87, 2011.
- \*Kato, K., Tsunogai, U., 6 others, Deep Terrestrial Subsurface Bacterial Unique Distribution Constrained by Geological Setting, *Environmental Microbiology Reports*, **1**, 569–574, 2009.
- \*Kawakatsu, H., Yoshioka, S., Metastable olivine wedge and deep dry cold slab beneath southwest Japan, *Earth and Planetary Science Letters*, **303**, 1–10, 2011.
- \*Kawamura, K., Kinoshita, M., Saito, S., 5 others, Redistribution of sediments by submarine landslides on the eastern Nankai Accretionary Prism, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences IV*, Springer, 313–322, 2010.
- \*Kawamura, K., 7 others, YK05-08 Leg 2 and YK06-02 Shipboard Scientific Parties, Structural architecture and active deformation of the Nankai Accretionary Prism, Japan: submersible survey results from the Tenryu Submarine Canyon, *Geological Society of America Bulletin*, **121**, 1629–1646, 2009.
- \*Kawamura, K., Compaction Processes of Deep-Sea Sediments deduced from the study of cores collected from the Labrador Sea in the Northwestern Atlantic, *Soils and Foundations*, **50**, 623–632, 2010.
- \*Kawamura, K., A new insight of 3-D microfabric analysis of unconsolidated marine soil: examples from North Atlantic 300-meter long cores, In *Geomechanics and Geotechnics: From Micro to Macro*, Taylor and Francis, 247–252, 2011.
- \*Kawamura, K., 8 others, Rapid exhumation of sub ducted sediments from the Seismogenic zone along an out-of-sequence thrust in an active accretionary prism, Nankai Trough (Japan), In *Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin*, Springer, 215–228, 2011.
- \*Kawamura, K., Sakaguchi, A., 3 others, Detailed observation of topography and geologic architecture of a submarine landslide in a toe of an accretionary prism, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*Kim, J. W., 2 others, Shimamoto, T., Experimental evidence for the simultaneous formation of pseudotachylyte and mylonite in the brittle regime, *Geology*, **38**, 1143–1146, 2010.
- \*木村 学・木下正高編, 付加体と地震発生帯—南海地震の解明に向けて—, 東京大学出版会, 296p, 2009.
- \*Kimura, G., 6 others, Spatial and temporal evolution of the megasplay fault in the Nankai Trough, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **12**, doi:10.1029/2010GC003335, 2011.
- \*木下正高, 深海掘削計画における孔内地層温度測定, *物理探査*, **62**, 585–595, 2010.
- \*Kitajima, H., 2 others, Shimamoto, T., High-speed friction of disaggregated ultracataclasite in rotary shear: Characterization of frictional heating, mechanical behavior, and microstructure evolution, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2009JB007038, 2010.
- \*Kitamura, K., Takahashi, M., Ito, H., 3 others, Effects of pressure on pore characteristics and permeability of porous rocks as estimated from seismic wave velocities in cores from TCDP Hole-A, *Geophysical Journal International*, **182**, 1148–1160, 2010.
- \*Kitamura, Y., Yamamoto, Y., Records of submarine landslides in subduction input recovered by IODP Expedition 322, Nankai Trough, Japan, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*香月興太・山口飛鳥・ほか3名, 小学生向け地震・津波発生装置の製作とその教育実践, *地学教育*, **63**, 135–147, 2010.
- \*Kogure, T., Drits, V. A., Structural change in celadonite and *cis*-vacant illite by electron radiation in TEM, *Clays and Clay Minerals*, **58**, 535–544, 2010.
- \*Kogure, T., Okunishi E., Cs-corrected HAADF-STEM imaging of silicate minerals, *Journal of Electron Microscopy*, **59**, 263–271, 2010.
- \*Kogure, T., 3 others, Stacking disorder in a sedimentary kaolinite, *Clays and Clay Minerals*, **58**, 63–72, 2010.
- \*Kubo, T., 2 others, Yoshioka, S., Seismological and experimental constraints on metastable phase transformations and rheology of the Mariana slab, *Earth and Planetary Science Letters*, **287**, 12–23, 2009.
- \*Kwiatak, G., Nakatani, M., 3 others, JAGUARS-Group, Frequency-magnitude characteristics down to magnitude-4.4 for induced seismicity recorded at Mponeng Gold Mine, South Africa, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **100**, 1165–1173, 2010.
- \*Lin, W., Ito, T., Kinoshita, M., Sanada, Y., Araki, E., Kano, Y., 28 others, Present-day principal horizontal stress orientations in the Kumano forearc basin of the southwest Japan subduction zone determined from IODP NanTroSEIZE drilling Site C0009, *Geophysical Research Letters*, **37**, doi: 10.1029/2010GL043158, 2010.
- \*Lin, W., 3 others, Hirono, T., Localized rotation of principal stress around faults and fractures determined from borehole breakouts in hole B of the Taiwan Chelungpu-fault Drilling Project (TCDP), *Tectonophysics*, **482**, 82–91, 2010.
- \*Lin, W., Hirose, T., Tanikawa, W., Kinoshita, M., 3 others, Thermal conductivities under high pressure in core samples from IODP NanTroSEIZE drilling site C0001, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **12**, doi:10.1029/2010GC003449, 2011.
- \*Lockner, D. A., Ito, H., 4 others, Geometry of the Nojima fault at Nojima-Hirabayashi, Japan – I. A simple damage structure inferred from borehole core permeability, *Pure and Applied Geophysics*, **166**, 1649–1667, 2009.

- \*町山栄章・木下正高・山野 誠・ほか6名, 日本海東縁, 上越海盆西部メタンハイドレート分布域の熱流量分布, *地学雑誌*, **118**, 986–1007, 2009.
- \*Malik, J. N., Ikeda, Y., 7 others, Geologic evidence for two pre-2004 earthquakes during recent centuries near Port Blair, South Andaman Island, India, *Geology*, **39**, 559–562, 2011.
- \*Martin, K. M., Ashi, J., Park, J.-O., Kuramoto, S., 4 others, Possible strain partitioning structure between the Kumano fore-arc basin and the slope of the Nankai Trough accretionary prism, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **11**, doi:10.1029/2009GC002668, 2010.
- \*Matsumoto, D., Shimamoto, T., Hirose, T., 7 others, Thickness and grain-size distribution of the 2004 Indian Ocean tsunami deposits in Periya Kalapuwa Lagoon, eastern Sri Lanka, *Sedimentary Geology*, **230**, 95–104, 2010.
- \*Matsuzawa, T., Shibazaki, B., 2 others, Modeling short- and long-term slow slip events in the seismic cycles of large subduction earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2010JB007566, 2010.
- \*Meneghini, F., 3 others, Tsutsumi, A., Yamaguchi, A., Record of mega-earthquakes in subduction thrusts: the black fault rocks of Pasagshak Point (Kodiak Island, Alaska), *Geological Society of America Bulletin*, **122**, 1280–1297, 2010.
- \*Minato, S., Tsuji, T., 4 others, Seismic interferometry using multidimensional deconvolution and crosscorrelation for crosswell seismic reflection data without borehole sources, *Geophysics*, **76**, 19–34, 2011.
- \*Mishima, T., Hirono, T., Tanikawa, W., Soh, W., 2 others, Changes to magnetic minerals caused by frictional heating during the 1999 Taiwan Chi-Chi earthquake, *Earth, Planets and Space*, **61**, 797–801, 2009.
- \*Miyakawa, A., Yamada, Y., Matsuoka, T., Effect of increased friction along a plate boundary fault on the formation of an out-of-sequence thrust and a break in surface slope within an accretionary wedge, based on numerical simulations, *Tectonophysics*, **484**, 127–138, 2009.
- \*Miyakawa, A., Tsuji, T., Yamada, Y., Matsuoka, T., An analysis by using self-organizing maps for DEM simulation results. In *Continuum and Distinct Element Numerical Modeling in Geomechanics*, Itasca International, 633–640, 2011.
- \*Miyazaki, J., Toki, T., Ashi, J., Tsunogai, U., 4 others, Molecular characterization of potential nitrogen fixation by anaerobic methane oxidizing archaea in the methane-seep sediments at the No. 8 Kumano Knoll in the Kumano Basin, off shore of Japan, *Applied and Environmental Microbiology*, **75**, 7153–7162, 2009.
- \*Mizoguchi, K., Hirose, T., Shimamoto, T., Fukuyama, E., Fault heals rapidly after dynamic weakening, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **99**, 3470–3474, 2009.
- \*Mizoguchi, K., Hirose, T., Shimamoto, T., Fukuyama, E., High-velocity frictional behavior and microstructure evolution of fault gouge obtained from Nojima fault, southwest Japan, *Tectonophysics*, **471**, 285–296, 2009.
- \*Mochizuki, K., 8 others, Seismic characteristics around the fault segment boundary of historical great earthquakes along the Nankai Trough revealed by repeated long-term OBS observations, *Geophysical Research Letters*, **37**, doi:10.1029/2010GL042935, 2010.
- \*Moore, D. E., Ito, H., 4 others, Geometry of the Nojima fault at Nojima-Hirabayashi, Japan – II. Microstructures and their implications for permeability and strength, *Pure and Applied Geophysics*, **166**, 1669–1691, 2009.
- \*Moore, J. C., Yamada, Y., 4 others, Growth of borehole breakouts with time after drilling: Implications for state of stress, NanTroSEIZE transect, SW Japan, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **12**, doi:10.1029/2010GC003417, 2011.
- \*森田澄人・徐 垣・ほか5名, 台湾南西沖, 海底マウンド分布域の流体循環—大陸棚斜面上のリッジにおける高精度地震探査について—, *地学雑誌*, **118**, 424–434, 2009.
- \*森田澄人・ほか2名, 海底スランプ堆積層とそれに関わる脱水構造: 下北沖陸棚斜面の三次元地震探査データから, *地質学雑誌*, **117**, 95–98, 2011.
- \*Morita, S., 2 others, Possible ground instability factor implied by slumping and dewatering structures in high-methane-flux continental slope, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*Nakata, N., Tsuji, T., Matsuoka, T., Acceleration of computation speed for elastic wave simulation using graphic processing unit, *Exploration Geophysics*, **42**, 98–104, 2011.
- \*Nakata, R., Ando, R., Hori, T., Ide, S., Generation mechanism of slow earthquakes: Numerical analysis based on a dynamic model with brittle-ductile mixed fault heterogeneity, *Journal of Geophysical Research*, **116**, doi:10.1029/2010JB008188, 2011.
- \*中谷正生・永田広平, 速度・状態依存摩擦とその物理, *地震第2輯*, **61**, S519–S526, 2009.
- \*Nakayama, N., Ashi, J., Tsunogai, U., 2 others, Sources of pore water in a Tanegashima mud volcano inferred from chemical and stable isotopic studies, *Geochemical Journal*, **44**, 561–569, 2010.
- \*Nielsen, S., 3 others, Hirose, T., Shimamoto, T., On the transient behavior of frictional melt during seismic slip, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2009JB007020, 2010.
- \*Nishizawa, O., Kanagawa, K., Seismic velocity anisotropy of phyllosilicate-rich rocks: characteristics inferred from experimental and crack-model studies of biotite-rich schist, *Geophysical Journal International*, **182**, 375–388, 2010.
- \*Noda, H., Shimamoto, T., Constitutive properties of clayey fault gouge from the Hanaore fault zone, Southwest Japan, *Journal of Geophysical Research*, **114**, doi:10.1029/2008JB005683, 2009.
- \*Noda, H., Shimamoto, T., A rate- and state-dependent ductile flow law of polycrystalline halite under large shear strain and implications for transition to brittle deformation, *Geophysical Research Letters*, **37**, doi:10.1029/2010GL042512, 2010.
- \*Noda, H., Kanagawa, K., Hirose, T., Inoue, A., Frictional experiments of dolerite at intermediate slip rates with controlled temperature: Rate-weakening or temperature-weakening?, *Journal of Geophysical Research*, **116**, doi:10.1029/2010JB007945, 2011.
- \*Ohta, K., Ide, S., Precise hypocenter distribution of deep low-frequency earthquakes and its relationship to the local geometry of the subducting plate in the Nankai subduction zone, Japan, *Journal of Geophysical Research*, **116**, doi:10.1029/2010JB007857, 2011.

- \*Okutani, T., Ide, S., Statistic analysis of swarm activities around the Boso Peninsula, Japan: Slow slip events beneath Tokyo Bay?, *Earth, Planets and Space*, **63**, in press, 2011.
- \*Omura, A., Ikehara, K., Deep-sea sedimentation controlled by sea-level rise during the last deglaciation, an example from the Kumano Trough, Japan, *Marine Geology*, **274**, 177–186, 2010.
- \*Oohashi, K., Hirose, T., Shimamoto, T., Shear-induced graphitization of carbonaceous materials during seismic fault motion: experiments and possible implications for fault mechanics, *Journal of Structural Geology*, **33**, 1122–1134, 2011.
- \*大塚宏徳・森田澄人・芦寿一郎・ほか2名, 東部南海トラフ三次元反射法地震探査断面に見られる地層流体の分布を示唆する音響反射面, *石油技術協会誌*, **76**, 印刷中, 2011.
- \*Otsuki, K., Hirono, T., Tanikawa, W., Lin, W., Soh, W., 3 others, Analyses of pseudotachylyte from Hole-B of Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project (TCDP); their implications for seismic slip behaviors during 1999 Chi-Chi earthquake, *Tectonophysics*, **469**, 13–24, 2009.
- \*Park, J.-O., Hori, T., Kaneda, Y., Seismotectonic implications of the Kyushu-Palau ridge subducting beneath the westernmost Nankai forearc, *Earth, Planets and Space*, **61**, 1013–1018, 2009.
- \*Park, J.-O., Hori, T., Kuramoto, S., 7 others, A low-velocity zone with weak reflectivity along the Nankai subduction zone, *Geology*, **38**, 283–286, 2010.
- \*Plenkens, K., Nakatani, M., 2 others, Observation of seismic events with frequencies  $f > 25$  kHz at Mponeng deep gold mine, South Africa, *Seismological Research Letters*, **81**, 467–479, 2010.
- \*Raimbourg, H., 3 others, Kimura, G., Horizontal shortening versus vertical loading in accretionary prism, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **10**, doi:10.1029/2008GC002279, 2009.
- \*Raimbourg, H., Saito, S., Kinoshita, M., 2 others, Acoustic and mechanical properties of Nankai accretionary prism core samples, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **12**, doi:10.1029/2010GC003169, 2011.
- \*Rozhdstvenskaya, I. V., Kogure, T., 2 others, Structural model of charoite, *Mineralogical Magazine*, **73**, 883–890, 2009.
- \*斎藤実篤・宮川歩夢・山田泰広・木下正高, 科学掘削におけるメタンハイドレートの物理検層解析: 熊野堆積盆地の例, *石油技術協会誌*, **75**, 54–58, 2010.
- \*Sakaguchi, A., Kimura, G., Tsutsumi, A., Ujiiie, K., Yamaguchi, A., 7 others, Seismic slip propagation to the up-dip end of plate boundary subduction interface faults: Vitritinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE cores, *Geology*, **39**, 395–399, 2011.
- \*Sakaguchi, A., Kimura, G., 4 others, Episodic seafloor mud brecciation due to great subduction zone earthquakes, *Geology*, **39**, in press, 2011.
- \*Sakaguchi, A., Nakatani, M., 3 others, Elastic stress indication in elastically rebounded rock, *Geophysical Research Letters*, **38**, doi:10.1029/2011GL047055, 2011.
- \*Sakaguchi, A., Hashimoto, Y., Ujiiie, K., 4 others, Spatially fixed initial break point and fault-rock development in a landslide area, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*Sato, K., Hirose, T., Shimamoto, T., 3 others, Experimental study for noble gas release and exchange under high-speed frictional melting, *Chemical Geology*, **266**, 96–103, 2009.
- \*Screaton, E., Kimura, G., Sakaguchi, A., Tsutsumi, A., Ujiiie, K., 23 others, Interactions between deformation and fluids in the frontal thrust region of the NanTroSEIZE transect offshore the Kii Peninsula, Japan: Results from IODP Expedition 316 Sites C0006 and C0007, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **10**, doi:10.1029/2009GC002713, 2009.
- \*芝崎文一郎, 沈み込み帯深部で発生するスロースリップイベントのモデル化, *地震第2輯*, **61**, S415–S423, 2009.
- \*Shibazaki, B., 3 others, Modeling the activity of short-term slow slip events along deep subduction interfaces beneath Shikoku, southwest Japan, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2008JB006057, 2010.
- \*Sone, H., Shimamoto, T., Frictional resistance of faults during accelerating and decelerating earthquake slip, *Nature Geoscience*, **2**, 705–708, 2009.
- \*徐垣・谷川亘・廣瀬丈洋・林為人・石川剛志・廣野哲朗・ほか6名, 1999年台湾集集地震を引き起こしたチェルンブ断層の深部掘削の成果概要—明らかになってきた断層岩の物質科学と今後の課題—, *地質学雑誌*, **115**, 488–500, 2009.
- \*Strasser, M., Kimura, G., Park, J.-O., 8 others, Origin and evolution of a splay fault in the Nankai accretionary wedge, *Nature Geoscience*, **2**, 648–652, 2009.
- \*Stünitz, H., Hirose, T., 2 others, Grain size distribution and microstructures of experimentally sheared granitoid gouge at coseismic slip rates – Criteria to distinguish seismic and aseismic faults?, *Journal of Structural Geology*, **32**, 59–69, 2010.
- \*末岡茂・田上高広・ほか7名, フィッシュントラック熱年代に基づいた六甲地域の冷却・剝削史, *地学雑誌*, **119**, 84–101, 2010.
- \*Suzuki, Y., Tsunogai, U., 6 others, Biogeochemical profiles in deep sedimentary rocks in an inland fore-arc basin, Central Japan, *Chemical Geology*, **259**, 107–119, 2009.
- \*高橋美紀・ほか2名, 花崗岩を起源とする断層ガウジの剪断強度および水理特性, *Journal of MMIJ*, 印刷中, 2011
- \*Tanaka, A., Nakano, T., Ikehara, K., X-ray computerized tomography analysis and density estimation using a sediment core from the Challenger Mound area in the Porcupine Seabight, off Western Ireland, *Earth, Planets and Space*, **63**, 103–110, 2011.
- \*Tanikawa, W., Hirono, T., Lin, W., Soh, W., 2 others, Transport properties and dynamic processes in a fault zone from samples recovered from TCDP Hole B of the Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **10**, doi:10.1029/2008GC002269, 2009.
- \*Tanikawa, W., Shimamoto, T., Frictional and transport properties of the Chelungpu fault from shallow borehole data and their correlation with seismic behavior during the 1999 Chi-Chi earthquake, *Journal of Geophysical Research*, **114**, doi:10.1029/2008JB005750, 2009.

- \*Tanikawa, W., Shimamoto, T., Comparison of Klinkenberg-corrected gas permeability and water permeability in sedimentary rocks, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, **46**, 229–238, 2009.
- \*Tanikawa, W., Hirose, T., 2 others, Influence of fault slip rate on shear-induced permeability, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2009JB007013, 2010.
- \*Tanikawa, W., Shimamoto, T., 3 others, Fluid transport properties and estimation of overpressure at the Lusi mud volcano, East Java Basin, *Engineering Geology*, **116**, 73–85, 2010.
- \*Togo, T., Shimamoto, T., Ma, S., Hirose, T., High-velocity frictional behavior of Longmenshan fault gouge from Hongkou outcrop, Sichuan, China and its implications for dynamic weakening of fault during the 2008 Wenchuan earthquake, *Earthquake Science*, **24**, 267–281, 2011.
- \*Togo, T., Shimamoto, T., 3 others, Internal structure of Longmenshan fault zone at Hongkou outcrop, Sichuan, China, that caused the 2008 Wenchuan earthquake, *Earthquake Science*, **24**, 249–265, 2011.
- \*Toki, T., Tsunogai, U., Ashi, J., Kinoshita, M., 5 others, Gas chemistry of pore fluids from Oomine Ridge on the Nankai accretionary prism, In *Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin*, Springer, 247–262, 2011.
- \*Tsuji, T., Park, J.-O., Kuramoto, S., 4 others, Intraoceanic thrusts in the Nankai Trough off the Kii Peninsula: Implications for intraplate earthquakes, *Geophysical Research Letters*, **36**, doi:10.1029/2008GL036974, 2009.
- \*Tsuji, T., 7 others, Vp/Vs ratio and seismic anisotropy in the Nankai Trough seismogenic zone: Insights into effective stress, pore pressure and sediment consolidation, *Geophysics*, **76**, 71–82, 2011.
- \*Tsuji, T., Ito, Y., Ashi, J., Kinoshita, M., 4 others, Potential tsunamigenic faults of the 2011 Tohoku Earthquake, *Earth, Planets and Space*, **63**, in press, 2011.
- \*堤 昭人, 高速すべり時における岩石の摩擦強度弱化的機構—摩擦熔融を伴わない場合について—, *地震第2 輯*, **61**, S527–S533, 2009.
- \*Tudge, J., 3 others, Saito, S., Expedition 314 Scientists, Petrophysically determined lithofacies at the Nankai Trough Accretionary Prism: NanTroSEIZE, IODP Expedition 314, *Journal of the Geological Society of London*, **166**, 961–968, 2009.
- \*Uchide, T., Ide, S., Scaling of earthquake rupture growth in the Parkfield area: Self-similar growth and suppression by the finite seismogenic layer, *Journal of Geophysical Research*, **115**, doi:10.1029/2009JB007122, 2010.
- \*Uehara, S., Shimamoto, T., Contact analyses and permeability measurements of polished fracture surfaces in Sambagawa metapelitic schists and Ryoke mylonites from the Median Tectonic Line, Japan, *Journal of Geophysical Research*, **114**, doi:10.1029/2008JB005744, 2009.
- \*上原真一・嶋本利彦・高橋美紀・ほか3名, 地下深部における新第三紀泥質軟岩中の亀裂の透水特性～室内試験による推定～, *Journal of MMIJ*, 印刷中, 2011.
- \*Ujiie, K., Tsutsumi, A., 2 others, Experimental investigation of frictional melting of argillite at high slip rates: Implications for seismic slip in subduction-accretion complexes, *Journal of Geophysical Research*, **114**, doi:10.1029/2008JB006165, 2009.
- \*Ujiie, K., Kameyama, M., Yamaguchi, A., Geological record of thermal pressurization and earthquake instability of subduction thrusts, *Tectonophysics*, **485**, 260–268, 2010.
- \*Ujiie, K., Tsutsumi, A., High-velocity frictional properties of clay-rich fault gouge in a megasplay fault zone, Nankai subduction zone, *Geophysical Research Letters*, **37**, doi:10.1029/2010GL046002, 2010.
- \*Ujiie, K., Tsutsumi, A., Kameda, J., Reproduction of thermal pressurization and fluidization of clay-rich fault gouges by high-velocity friction experiments and implications for seismic slip in natural faults, *Geological Society of London Special Publication*, **359**, in press, 2011.
- \*Uraki, S., Sanada, Y., Kuramoto, S., Park, J.-O., 5 others, Kumano-nada 3D seismic data acquisition and processing, *物理探査*, **62**, 277–288, 2009.
- \*Viti, C., Hirose, T., Thermal decomposition of serpentine during coseismic faulting: nanostructures and mineral reactions, *Journal of Structural Geology*, **32**, 1476–1484, 2010.
- \*Wahle, M. V., 2 others, Kogure, T., Guidottiite, the Mn-analogue of cronstedtite: A new serpentine group mineral from South Africa, *Clays and Clay Minerals*, **58**, 364–376, 2010.
- \*Watanabe, N., 7 others, Precise three-dimensional numerical modeling of fracture flow coupled with X-ray computed tomography for reservoir core samples, *SPE Journal*, **16**, doi:10.2118/146643-PA, 2011.
- \*Watanabe, Y., Tagami, T., 12 others, Comparison of Stable Isotope Time Series of Stalagmite and Meteorological Data from West Java, Indonesia, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **293**, 90–97, 2010.
- \*Yamada, Y., McClay, K., Influence of shear angle on hangingwall deformation during tectonic inversion, *The Island Arc*, **19**, 546–559, 2010.
- \*Yamada, Y., Yamashita, Y., Yamamoto, Y., Submarine landslides at subduction margins: insight from physical models, *Tectonophysics*, **484**, 156–167, 2010.
- \*Yamada, Y., 2 others, Nakamura, Y., Structural styles across the Nankai Accretionary Prism revealed from LWD borehole images and their correlation with seismic profile and core data: Results from NanTroSEIZE Stage 1 Expeditions, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **12**, doi:10.1029/2010GC003365, 2011.
- \*Yamada, Y., Kawamura, K., Ikehara, K., 5 others, Editors, *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*Yamada, Y., 2 others, Slope failures in analogue model experiments of accretionary wedges, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*Yamaguchi, A., Cox, S. F., Kimura, G., Dynamic changes in fluid redox state associated with episodic fault rupture along a megasplay fault in a subduction zone, *Earth and Planetary Science Letters*, **302**, 369–377, 2011.

- \*Yamaguchi, A., Sakaguchi, A., Kameda, J., Kimura, G., Ujiie, K., Tsutsumi, A., 7 others, Progressive illitization in fault gouge caused by seismic slip propagation along a megasplay fault in the Nankai Trough, *Geology*, **39**, in press, 2011.
- \*Yamamoto, Y., Yamada, Y., 4 others, Systematic development of submarine slope failures at subduction margins: fossil record of accretion-related slope failure in the Miocene Hota Accretionary Complex, Central Japan. In *Submarine Mass Movements and Their Consequences V*, Springer, in press, 2011.
- \*Yamasaki, S., 2 others, Tagami, T., Isotopic geochemistry of Hualalai shield stage tholeiitic basalts from submarine North Kona region, Hawaii, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **185**, 223–230, 2009.
- \*Yamashita, T., Suzuki, T., Dynamic modeling of slow slip coupled with tremor, *Journal of Geophysical Research*, **116**, doi:10.1029/2010JB008136, 2011.
- \*吉岡祥一, 滞留スラブの数値シミュレーション研究の現状と今後の展望, *地震第2輯*, **61**, S265–S271, 2009.
- \*Yoshioka, S., Naganoda, A., Effects of trench migration on fall of stagnant slabs into the lower mantle, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **183**, 321–329, 2010.
- \*Zwingmann, H., Yamada, K., Tagami, T., Timing of brittle deformation within the Nojima fault zone, Japan. *Chemical Geology*, **275**, 176–185, 2010.

## (2) ホームページについて

概要：本課題採択直後にホームページを開設し、継続的に運用している。

<http://www-solid.eps.s.u-tokyo.ac.jp/nantro~/>

領域概要、研究計画、研究組織等の領域基本情報を掲載し、研究成果、報道・アウトリーチ、公募情報、関連イベント情報・報告を週1回程度の頻度で更新しており、常に最新の研究成果情報の閲覧が可能である。

### その他の活用状況

- ・ Facebook、Twitterサイトを開設し、本ホームページと連携し、随時情報発信を行っている。
- ・ 研究分担者用機能としてメンバー専用サイトにおけるファイル共有等を行っている。
- ・ 3月13日より東北地方太平洋沖地震の特設ページを開設した。
- ・ ホームページ上で、市民講座、特別授業、研修会、サイエンスカフェ等へ講師派遣の案内を行っている、
- ・ アクセス数はカウント開始後、現在まで9ヶ月で約5000アクセス。

## (3) 公開発表について

### 招待講演による発表状況（2009年13件、2010年20件、2011年13件）

- 廣瀬文洋・谷川 亘・坂口真澄・多田井 修, Fluid lubrication of faults during earthquakes: Evidence from high velocity experiments on fluid-saturated gouge, *日本地球惑星科学連合2009年大会*, 2009年5月, 千葉.
- 廣瀬文洋・溝口一生・高橋美紀・堤 昭人, Frictional properties of serpentinites: Implications for earthquake faulting, *日本地球惑星科学連合2009年大会*, 2009年5月, 千葉.
- 佐藤佳子・廣瀬文洋・熊谷英憲・田村 肇・溝口一生・嶋本利彦, Experimental study for noble gas release and age reset under high-speed frictional melting, *日本地球惑星科学連合2009年大会*, 2009年5月, 千葉.
- 嶋本利彦, 断層の力学と地震の発生機構：研究の現状と展望, *日本地球惑星科学連合2009年大会*, 2009年5月, 千葉.
- 氏家恒太郎・堤 昭人・Fialko Yuri・山口はるか, Frictional melting of argillite at high slip rates: Implications for seismic slip in subduction-accretion complexes, *日本地球惑星科学連合2009年大会*, 2009年5月, 千葉.
- Shimamoto, T., Intermediate to high-velocity friction: implications for earthquake mechanics, *8th Euro-conference of Rock Physics and Geomechanics*, 2009年9月, Ascona.
- Lin, W., Yeh, E.-C., Hung, J.-H., Determination of orientation of horizontal stress and localized rotations of the orientation around faults and fractures from breakouts in a scientific drilling borehole, *13th International Symposium on Recent Advances in Exploration Geophysics*, 2009年10月, 京都.
- 山田泰広, アナログモデル実験にみる海底地すべり(斜面崩壊), *研究集会「海底地盤変動学のススメー地形学, 地質学, 地盤工学からのアプローチ」*, 2009年11月, 東京.
- 山本由弦・山田泰広, 沈み込み帯における海底地すべりの発達様式：地質とモデル実験の比較, *研究集会「海底地盤変動学のススメー地形学, 地質学, 地盤工学からのアプローチ」*, 2009年11月, 東京.
- 山田泰広, 地質構造形成モデリングによる最近の知見, *研究集会「地形のダイナミクスとパターンとその境界領域」*, 2009年11月, 福岡.
- Di Toro, G., Han, R., Hirose, T., De Paola, N., Nielsen, S. B., Mizoguchi, K., Ferri, F., Cocco, M., Shimamoto, T., Dynamically weak faults during earthquakes, *American Geophysical Union 2009 Fall Meeting*, 2009年12月, San Francisco.
- Ikehara, K., Deep-sea turbidite records on the recurrence of large earthquakes along the Sagami and Nankai troughs, *American Geophysical Union 2009 Fall Meeting*, 2009年12月, San Francisco.

- Brantut, N., Han, R., Schubnel, A., Shimamoto, T., Corvisier J., Effect of dehydration reactions on the temperature of faults during coseismic slip, *European Geosciences Union General Assembly 2010*, 2010年5月, Vienna.
- Byrne, T. B., Lin, W., Tsutsumi, A., Yamamoto, Y., Lewis, J. C., Kanagawa, K., Kitamura, Y., Yamaguchi, A., Kimura, G., Anelastic strain recovery in ocean floor sediments reveals extension across SW Japan subduction zone, *日本地球惑星科学連合2010年大会*, 2010年5月, 千葉.
- 白石 令・大谷栄治・久保友明・鈴木昭夫・土井菜保子・下宿 彰・加藤 工・金川久一・亀卦川卓美, Deformation-cubic anvil press と放射光を用いたファヤライトの変形実験, *日本地球惑星科学連合2010年大会*, 2010年5月, 千葉.
- 氏家恒太郎・堤 昭人, 断層ガウジにおける thermal pressurization に関する実験的研究と特徴的微小構造, *日本地球惑星科学連合2010年大会*, 2010年5月, 千葉.
- Kano, Y., Yanagidani, T., Hydraulic diffusivity around the Kamioka mine estimated from barometric response of pore pressure, *2010 Western Pacific Geophysics Meeting*, 2010年6月, 台北.
- Kinoshita, M., Saffer, D., McNeill, L., Araki, E., Byrne, T., Saito, S., Underwood, M. B., Tobin, H., Characteristics of Nankai seismogenic zone revealed through seafloor and IODP drilling studies, *2010 Western Pacific Geophysics Meeting*, 2010年6月, 台北.
- Shimamoto, T., Subduction-zone seismicity and emerging new problems in fault mechanics, *Tohoku University G-COE symposium 2010: Dynamic Earth and Heterogeneous Structure*, 2010年7月, 仙台.
- Shimamoto, T., Low to high-velocity friction of faults and its implications for subduction-zone seismicity, *Gordon Research Conference on Rock Deformation 2010*, 2010年8月, New Hampshire.
- Ito, T., Satoh, K., Kato, H., Deep rock stress measurement by hydraulic fracturing method taking account of system compliance effect, *5th International Symposium of In-situ Rock Stress*, 2010年8月, 北京.
- Tagami, T., Thermochronology of fault zones, *International Conference on Thermochronology Thermo2010*, 2010年8月, Glasgow.
- Ujiiie, K., How accretionary prisms record seismic slip in subduction zones: Examples from the Shimanto accretionary complex in Shikoku, Japan, *韓日地質学会室戸合同大会*, 2010年8月, 室戸.
- 井出 哲・汐見勝彦・望月公廣・利根川貴志・木村 学, 西南日本下の断裂したフィリピン海プレート, *日本地質学会第117年学術大会*, 2010年9月, 富山.
- 山田泰広, スラスト帯形成のモデル実験, *日本地質学会第117年学術大会*, 2010年9月, 富山.
- Yamada, Y., Logging plan and CCLSI science at the Shimokita Expedition, *International Workshop on the Understanding of Deep Carbon Cycle and CO<sub>2</sub> Sequestration Potentials*, 2010年, 東京.
- Kimura, G., Melange as a plate boundary fault rock-earthquake and slow slip, *Geological Society of America Meeting, Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia*, 2010年10月, Ankara.
- 井出 哲, 深部微動の線状構造・継続時間・移動様式・潮汐応答, *日本地震学会2010年度秋季大会*, 2010年10月, 広島.
- 木下正高・荒木英一郎・斎藤実篤・Demian Saffer・Lisa McNeill・Tim Byrne・Mike Underwood・Harold Tobin・芦 寿 二郎・木村 学・IODP Expeditions 319&322 Science Party, 南海トラフ地震発生帯掘(NanTroSEIZE)の成果と今後の展開ー浅部分岐断層の活動度と浅部応力場ー, *日本地震学会2010年秋季大会*, 2010年10月, 広島.
- Shimamoto, T., Fault mechanics: Looking back and forward, *Workshop on Physico-chemical Processes in Seismic Faults*, 2010年11月, Padova.
- Ide, S., Striations and tremor duration controlling diverse tremor behavior: from western Shikoku to world tremor zones, *American Geophysical Union 2010 Fall Meeting*, 2010年12月, San Francisco.
- Park, J.-O., Kodaira, S., Seismic reflection images of the 1946 Nankai megasplay fault off Kii Peninsula, southwest Japan, *American Geophysical Union 2010 Fall Meeting*, 2010年12月, San Francisco.
- Yamada, Y., Faulting and its surrounding uplifting/subsiding topography, *American Geophysical Union 2010 Fall Meeting*, 2010年12月, San Francisco.
- 芦寿一郎・中村恭之・辻 健・池田安隆・大塚宏徳・KH-10-3乗船研究者, 無人探査機NSSを用いて明らかになった熊野沖南海トラフ沈み込み帯分岐断層の高解像度浅部構造, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- Ide, S., Geometrical constraints on world deep tremor, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- 井出 哲・汐見勝彦・望月公廣・利根川貴志・木村 学, 西南日本下の断裂したフィリピン海プレート, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- Kimura, G., Park, J.-O., Ashi, J., Kanagawa, K., Kinoshita, M., Ide, S., A innovative new project "KANAME": New perspective of great subduction-zone earth-quakes from the super deep drilling, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- 坂口有人・山口飛鳥・亀田 純・濱田洋平, 熊野灘沖付加体巨大分岐断層とプレート境界断層の表層まで伝播した地震破壊ーODP Exp316ちきゅうによる非破壊コア分析の成果ー, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- 嶋本利彦・野田博之, 断層帯モデルの再検討, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- Shimamoto, T., Subduction-zone rheology: current status and future tasks, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- 高橋美紀・上原真一・溝口一生・増田幸治, 剪断脱水反応の蛇紋岩変形機構への影響, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- 高橋美紀・清水以知子, アンテゴライトガウジの変形構造とその温度・速度依存性, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.
- 堤 昭人, 水和化非晶質シリカの力学挙動と変形組織について, *日本地球惑星科学連合2011年大会*, 2011年5月, 千葉.

Tanikawa, W., Nishio, Y., Wibowo, H. T., The mechanism of overpressure generation in the LUSI mud volcano, *Humanitus Symposium on Indonesia's Mud Volcano, 40 Years & Before Impacting the People of East Java*, 2011年5月, Surabaya.  
Ikeda, Y., Long-term and short-term rates of crustal deformation and their implications for the Tohoku, Northeast Japan, earthquake (Mw 9.0) of March 11, 2011, *8th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society*, 2011年8月, 台北.  
Sakaguchi, A., *IODP Workshop: Using Ocean Drilling to Unlock the Secrets of Slow Slip Events*, 2011年8月, Gisborne.  
山田泰広, 地質構造モデリングとモデル実験に見る斜面崩壊, *京都大学防災研究所ジオフォーラム*, 2011年1月, 京都.

## シンポジウム、学会セッション、研究集会等の開催状況

- ・日本地質学会第116年学術大会（平成21年9月4日~6日、岡山理科大学）  
「“ちきゅう”による南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ1と2の成果」  
「南海トラフ地震発生帯掘削計画タウンホールミーティング」
- ・新学術領域スタートアップ会議（平成21年11月6日、東大理学部小柴ホール）
- ・American Geophysical Union 2009 Fall Meeting（平成21年12月14~15日、San Francisco）  
“Earthquakes at the Edge: Observing and Understanding Transitions of Seismogenic Properties and Processes Along Subduction Zones”
- ・KANAME平成21年度研究集会・巡検（平成22年3月8~10日、阿蘇郡高森町・延岡市）
- ・地球惑星科学連合2010年大会（平成22年5月23~24日、幕張メッセ国際会議場）  
国際セッションS-SS035 “Nankai Seismogenic Zone Experiments (NantroSEIZE)”  
新学術領域「超深度海溝掘削（KANAME）」夜間集会
- ・モデルと実験の小研究集会（平成22年6月2日、産業技術総合研究所）
- ・日本地質学会第117年学術大会（平成22年9月19~20日、富山大学）  
シンポジウム「海底地盤変動学一魁！海底地盤変動塾一」  
シンポジウム「南海トラフ沈み込み帯研究の最新成果」  
夜間集会「超深度海溝掘削（KANAME）」
- ・「海溝型巨大地震の準備・発生過程のモデル構築」研究集会・巡検（平成22年9月27~28日、宮古島）
- ・東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「南海トラフ海溝型巨大地震の新しい描像ー大域的構造と海底面変動の理解ー」（平成22年11月1~2日、東京大学大気海洋研究所）
- ・新学術領域「超深度海溝掘削」平成22年度研究集会・巡検（平成23年3月6~8日、名護市）
- ・日本地球惑星科学連合2011年大会（平成23年5月23~25日、幕張メッセ国際会議場）  
固体地球科学セッションS-SS035「海溝型巨大地震の新しい描像」  
ユニオンセッションU-02 “New perspective of great earthquakes along subduction zones”  
新学術領域「超深度海溝掘削（KANAME）」夜間集会

## プレス報道、掲載記事等

- ・平成21年9月26日科学雑誌Newton11月号「ちきゅうで巨大地震の断層に肉迫」
- ・平成21年10月11日南紀州新聞「新宮港「ちきゅう」入港 第2ステージ研究航海終了」
- ・平成21年10月11日紀南新聞「地球探査船「ちきゅう」が着岸」
- ・平成21年10月12日毎日放送MBSニュース「地球探査船“ちきゅう”が震源を作る岩石を採取」
- ・平成21年10月13日産経新聞ニュース「探査船「ちきゅう」、2千万年前の玄武岩溶岩回収に初成功」
- ・平成21年10月14日紀南新聞「「ちきゅう」巨大地震帯に運び込まれる初期たい積物と基盤岩の特徴を解明」
- ・平成21年10月14日南紀州新聞「南海掘削ステージ2研究航海成果」
- ・平成21年11月26日科学雑誌Newton1月号「地震発生帯へもぐる物質」
- ・平成21年11月22日しんぶん赤旗「巨大地震の現場掘削」
- ・平成21年12月7日中部日本放送「東南海地震 地震発生のメカニズムは？」
- ・平成22年1月13日朝日小学生新聞「「ちきゅう」で研究の最前線へ」
- ・平成22年3月1日中日新聞「地震解明 海のシャトル」
- ・平成22年3月5日科学新聞「地球深部の探求と巨大地震解明に挑むJAMSTEC」
- ・平成22年5月24日NHK「おはよう日本」「科学掘削船“ちきゅう”に潜入」
- ・平成22年10月24日NHKニュース「日本列島の下に岩盤に裂け目か」
- ・平成22年10月28日NHK和歌山放送局「きのくにに最前線 巨大地震と水のかかわり」
- ・平成23年3月30日ワシントンポスト “In one Japanese city hit hard by quake, stories of survival, regret and loss”
- ・平成23年4月1日アサヒ・コム「大津波起こした海底隆起5メートル 東北大が観測」
- ・平成23年4月26日日本経済新聞「複数研究者「宮城県沖でM8超の地震」03,04年に予測」
- ・平成23年5月20日NHK「おはよう日本」「巨大地震 揺れと滑りが交互に」
- ・平成23年5月20日朝日新聞「断層破壊、深い→浅い→深い 巨大津波の要因か 東日本大震災で東大解析」
- ・平成23年5月24日アサヒ・コム「東南海地震、想定より大きな津波も 浅い場所で断層破壊」
- ・平成23年5月26日アサヒ・コム「枝分かれした断層、津波高くした？ 京大や東北大調査」
- ・平成23年5月26日日本経団連タイムス「東日本大震災の教訓と防災・減災のあり方聞く」
- ・平成23年5月30日毎日新聞「地震：海底に東南海地震の痕跡 海洋機構チームが発見」
- ・平成23年6月8日NHKニュース「本震に至る海底変動捉えたか」

#### (4) 「国民との科学・技術対話」について

本領域では、研究活動とその成果を国民・社会に対して分かりやすく説明し、研究の意義と重要性を理解してもらうため、領域メンバーによる講師の派遣を行ってきた。これまでは個人的な依頼にもとづく対応であったが、さらに研究活動の普及啓蒙を積極的に進めるため、本年5月より講師派遣の活動の周知を領域のホームページ上において開始した。表1に講演会のリストを示す。また、参加者の満足度を高め講演の質の向上のため、アンケートの取得を開始した(表2)。知的刺激の付与、満足度はある程度達成できているものの、難易度がやや高く進める速度がやや早いとする回答が多い。また、コメント欄の記載より、難易度・進める速度から、やや不満と回答していることが分かり、満足度向上のためにも難易度・進行速度の適正化が必要である。

表1 これまでに行った講師派遣

開催日	名称	会場(参加者数)	演題	講師
2009年11月7日	海洋研究開発機構横浜研究所 公開セミナー	海洋研究開発機構横浜研究所 講堂(270名)	地震発生帯の理解へ向けた「ちきゅう」の活躍:南海掘削ステージ2	斎藤 実篤
2010年3月6日	地球深部探査船「ちきゅう」寄港 記念シンポジウム	静岡市清水マリニビル(300名)	南海掘削の最新の成果-1	木下 正高
2010年3月6日	地球深部探査船「ちきゅう」寄港 記念シンポジウム	静岡市清水マリニビル(300名)	南海掘削の最新の成果-2	斎藤 実篤
2010年3月27日	J-DESC IODP講演会	富士ソフトビル5階アキバホール	掘削で明らかになる地球の姿「ちきゅう」が切り開く新たな地震科学	木村 学
2010年5月22日	J-DESC 地球深部への挑戦 深海掘削のサイエンスとテクノロジーの最前線	東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館(90名)	「ちきゅう」による超深度掘削が拓く地震発生帯の姿	芦 寿一郎
2011年1月7日	北海道高校理科教員研修会	札幌啓成高等学校(180名)	地球を知る 地震の巣を掘る	木村 学
2011年2月8日	北海道立岩見沢東高校全校 スペシャルレクチャー	岩見沢東高等学校(500名)	地球を知るそして地球を救う	木村 学
2011年2月11日	生命の星地球博物館 公開講演会	神奈川県立生命の星地球博物館(90名)	三浦・房総半島/世界で最も若い陸上付加体が教えてくれること	山本 由弦
2011年4月26日	高知市市民防災組織・土佐市宇佐市民防災組織・教育委員会 地質現地見学会	五色ノ浜(20名)	過去の沈み込みプレート境界地震断層の観察(五色ノ浜横浪メランジュ)	橋本 善孝
2011年6月12日	東京大学新領域創成科学研究科 市民講座	東京大学柏キャンパス・図書館(91名)	海溝型巨大地震?海底下で何が起きているのか?	芦 寿一郎
2011年7月14日	東京大学の海研究	東京大学農学部弥生講堂	南海トラフの巨大地震と海底変動	芦 寿一郎
2011年7月29日	香川県中学校教育研究会研修会	サンポートホール高松(180名[予定])	地球を知る 地震・津波の巣を掘る	木村 学
2011年7月30日	サイエンスパートナーシッププロジェクト(SPP)	高知大学理学部	高知大学理学部・地震の過去と今を知ろう	橋本 善孝
2011年8月予定	宮崎県延岡市市民講演会	未定	地震断層深部を掘る	木村 学
2011年9月24日	Cafe SOURCE	サイエンスカフェ鳥取	海溝型巨大地震(仮題)	辻 健

この他の本領域の広報活動として、日本地球惑星科学連合大会の初日に行われている高校生セッションの参加者に向けたパンフレットの配布、および断層すべりの簡易実験を平成22、23年度に本領域の団体展示ブースで行った。また、ホームページにおいて、東北地方太平洋沖地震の特設ページを設け、一般の方への今回の地震に関する情報提供とともに質問を受け付けている。

表2 6月12日の市民講座の参加者アンケート集計結果

性別	男性 68	女性 21									未回答 2
年齢	10歳未満 2	10代 0	20代 0	30代 7	40代 6	50代 16	60代 50	70代 8	80代 1		1
難易度	難しすぎる 2		やや難しい 38		ちょうど良い 47		やや易しい 3		易しすぎる 0		1
進め方	速過ぎる 1		やや速い 24		ちょうど良い 65		やや遅い 0		遅過ぎる 0		1
知的刺激	受けなかった 0		あまり受けなかった 4		普通 11		一応受けた 46		非常に受けた 29		1
満足度	かなり不満 0		やや不満 8		普通 21		ほぼ満足 49		非常に満足 12		1

## 6. 研究組織と各研究項目の連携状況

### 研究組織

#### 研究項目A：地震発生帯フレームワークの研究

##### 計画研究A01：巨大地震断層の3次元高精度構造と物性の解明

研究代表者：朴 進午（東京大学大気海洋研究所・准教授）

研究分担者：中村恭之（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・技術研究主任）

山田泰広（京都大学大学院工学研究科・准教授）

森田澄人（産業技術総合研究所地質調査情報センター・主幹）

橋本善孝（高知大学教育研究部自然科学系・准教授）

斎藤実篤（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー）

連携研究者：真田佳典（海洋研究開発機構地球深部探査センター・技術研究主任）

研究協力者：内藤和也（東京大学大気海洋研究所・特任研究員）

##### 計画研究A02：高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

研究代表者：芦 寿一郎（東京大学大学院新領域創成科学研究科・准教授）

研究分担者：池田安隆（東京大学大学院理学系研究科・准教授）

山野 誠（東京大学地震研究所・准教授）

辻 健（京都大学大学院工学研究科・助教）

池原 研（産業技術総合研究所地質情報研究部門・副部門長）

坂口有人（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・技術研究主任）

川村喜一郎（深田地質研究所研究第一部・主査研究員）

連携研究者：土岐知弘（琉球大学理学部・助教）

角替 潤（北海道大学大学院理学研究院・准教授）

研究協力者：大村亜希子（東京大学大学院新領域創成科学研究科・特任研究員）

#### 研究項目B：地震発生帯の分析的・実験的研究

##### 計画研究B01：巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

研究代表者：金川久一（千葉大学大学院理学研究科・教授）

研究分担者：堤 昭人（京都大学大学院理学研究科・助教）

高橋美紀（産業技術総合研究所活断層・地震研究センター・研究員）

廣瀬丈洋（海洋研究開発機構・高知コア研究所・研究員）

連携研究者：中谷正生（東京大学地震研究所・准教授）

嶋本利彦（海洋研究開発機構高知コア研究所・招聘上席研究員）

研究協力者：野田博之（California Institute of Technology・Postdoctoral Fellow）

大橋聖和（千葉大学大学院理学研究科・特任研究員）

##### 計画研究B02：巨大地震断層の物質科学的研究によるすべりメカニズムの解明

研究代表者：木村 学（東京大学大学院理学系研究科・教授）

研究分担者：田上高広（京都大学大学院理学研究科・教授）

小暮敏博（東京大学大学院理学系研究科・准教授）

石川剛志（海洋研究開発機構・高知コア研究所・グループリーダー）

藤本光一郎（東京学芸大学教育学部・准教授）

廣野哲朗（大阪大学大学院理学研究科・准教授）

氏家恒太郎（筑波大学大学院生命環境科学研究科・准教授）

連携研究者：東 垣（海洋研究開発機構地球深部探査センター・センター長）

研究協力者：亀田 純（東京大学大学院理学系研究科・特任助教）

## 研究項目C：地震発生帯の孔内計測とモデル構築

### 計画研究C01：孔内実験・計測による地震準備過程の状態・物性の現場把握

研究代表者：木下正高（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー）

研究分担者：伊藤久男（海洋研究開発機構地球深部探査センター・調査役）

林 為人（海洋研究開発機構高知コア研究所・グループリーダー）

伊藤高敏（東北大学流体科学研究所・教授）

加納靖之（京都大学防災研究所・助教）

連携研究者：荒木英一郎（海洋研究開発機構地震津波・防災研究プロジェクト・技術研究副主幹）

佐野修（東京大学・名誉教授）

山岡耕春（名古屋大学大学院環境学研究科・教授）

### 計画研究C02：海溝型巨大地震の準備・発生過程のモデル構築

研究代表者：井出 哲（東京大学大学院理学系研究科・准教授）

研究分担者：吉岡祥一（神戸大学都市安全研究センター・教授）

芝崎文一郎（建築研究所国際地震工学センター・上席研究員）

堀 高峰（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー）

伊藤喜宏（東北大学大学院理学研究科・助教）

亀 伸樹（東京大学地震研究所・准教授）

連携研究者：安藤亮輔（産業技術総合研究所活断層・地震研究センター・研究員）

望月公廣（東京大学地震研究所・准教授）

研究協力者：鈴木岳人（東京大学大学院理学系研究科・特任助教）

## 公募研究代表者

西 弘嗣（東北大学総合学術博物館・教授）

成瀬 元（千葉大学大学院理学研究科・准教授）

金松敏也（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・技術研究副主幹）

山口飛鳥（東京大学大学院理学系研究科・特任研究員）

山本由弦（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・研究員）

渡邊則昭（東北大学大学院環境科学研究科・助教）

波多野恭弘（東京大学地震研究所・特任助教）

深尾良夫（海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー）

## 各研究項目の連携状況

本領域全体の連携を計るために、研究分担者、連携研究者、協力研究者及び大学院生の参加により、以下の全体研究会、および陸上化石地震断層や付加体地質の観察討論会を開催した。

平成22年3月8日~10日：研究集会（休暇村南阿蘇）および延岡衝上断層観察討論会

平成23年3月6日~8日：研究集会（名護市ホテルタニユー）および付加体地質構造観察討論会

5月の日本地球惑星科学連合大会、9月の地質学会および10月の地震学会においては、セッションを主催し、同時に必ず領域の小集会を開催し内部の連携を進めている。また領域外との積極的連携を進めるべく、2011年大会においては、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プロジェクト」と連携共催で、「海溝型巨大地震の新しい描像」と題するユニオンセッションおよび固体地球科学セッションを開催し、連合大会最大規模の講演と参加者を得た。

計画研究A01では、VSP探査のデータ取得や解析において計画研究A02、C01との連携を図る目的で、日本地球惑星科学連合2011年大会中に幕張メッセ国際会議場でワークショップを開催した。また東京大学柏キャンパスにおいて平成22年11月1日、2日に、計画研究A01、A02を中心としたシンポジウム「南海トラフ海溝型巨大地震の新しい描像ー大局的構造と海底面変動の理解」を開催し、両計画研究関係者に加え、公募研究や他の計画研究関係者の参加により、それまでの成果に関わる情報の共有と今後の研究における連携について検討を行った。また、各種学会においてセ

セッションを提案し、研究項目を横断する講演により相互の研究の十分な理解を図っている。

計画研究B01では試料原位置条件で実験を行うため、計画研究C01の孔内計測によって得られる情報を参考にしている。平成22年6月2日には計画研究C02との合同ワークショップを開催し、地震発生・準備過程の数値モデリングにどのような実験データが必要かについて議論を行った。また、計画研究B02によって進められている断層組織や鉱物学的化学的解析結果を、計画研究B01において実験的に再現する研究を進めている。さらに計画研究B02の断層帯物質に関する研究と、計画研究A01の遠地観測、掘削孔内検層に関する研究や計画研究A02の流体観測・化学組成分析に関する研究との連携を進めている。公募研究の断層岩の組織・化学的分析とも連携を図っている。

計画研究C01では他の計画研究や外部の研究者を交えて研究集会、勉強会を開催している。研究集会は2回開催され、応力場計測の意義や実際の「ちきゅう」運航に合わせてどのように開発・データ取得を行うか、などを議論した。また、水理特性評価手法検討会を4回開催した。さらに、現場応力測定装置の開発のための専門家会議を年に2～3回開催している。公募研究による参加者（渡邊）ともこれらの集会を中心に連携を進めている。

計画研究C02では、他研究項目および領域外の研究者も交えて、研究集会を開催している。合宿方式の集会を平成21年度は東京、22年度は宮古島で開催し、23年度は台湾で開催予定である。他にB01、B02班との合同研究集会を平成22年度に開催した。それ以外に領域内の研究者とは年に数回開かれる学会、シンポジウムおよび領域小集会を通じて連携を進めている。公募研究による参加者（深尾・波多野）ともこれらの集会を中心に連携を進めている。

## 7. 研究費の使用状況

### 総括班

総括班は、領域全体の機能を最大化すべく、事務局の運営、研究集会への外国人招聘、集会開催に効果的に使用している。ホームページの継続的管理、情報一元管理を担当する非常勤職員を1名雇用している。

### 研究項目A：地震発生帯フレームワークの研究

計画研究A01の研究分担者及び連携研究者は、新規購入設備（大容量ハードディスク装置とデータ解析用ワークステーション）と既存のデータ解析・解釈システム（東京大学大気海洋研究所が保有）にリモートアクセスが可能となり、限られた研究インフラの有効活用が図られている。また、謝金で各々雇用するデータ解析システム管理作業員と三次元反射法データ処理技術支援員の一元化を図り、1人の支援員に両方の業務を担当させることで、研究費の効果的使用（経費削減）や支援業務の効率化に努めている。

計画研究A02では、平成21年度予算でサブボトムプロファイラーを購入し、無人探査機への搭載調整を行なった。同装置を用いて、平成22年には従来にない高精度の構造断面が得られ、採泥地点の地質学的背景の情報を飛躍的に高めることができた。平成22年度の予算では長期温度記録装置2台と海底温度計2台を購入し、陸上テストを重ね平成23年度に海域試験（7月）および海底設置（11月）を行う。調査航海で大量の試料が得られており堆積学的解析のため特任研究員1名を雇用している。

### 研究項目B：地震発生帯の分析的・実験的研究

計画研究B01では、平成22年度までの2年間は千葉大学のガス圧式高温高压三軸試験機へのサーボ制御機能の付加や、京都大学の回転剪断試験機への高温高压容器の付加など、各研究機関における実験環境の整備に多くの研究費を使用した。これらの試験機は今後、掘削試料の原位置条件における変形・透水実験に活用される予定である。今年度から千葉大学の試験機を使用した変形・透水実験を本格化させるため、特任研究員を1名雇用している。それ以外は実験関係の消耗品購入のためや研究発表のための旅費に使用している。

計画研究B02では研究費支出総額中、50万円以上の物品購入が約半分と一番多い割合を占めている。それらは、研究分担者の断層物質分析に供するためのものである。特に新規仕様の分析実験装置を要する大阪大学に重点配分している。次に多い割合を占めているのは特任助教1名、および昨年度10月から雇用している特任研究員1名の人件費であるが、彼らの貢献により研究が順調に進んでいる。

### 研究項目C：地震発生帯の孔内計測とモデル構築

計画研究C01では、応力現場測定の長年の課題であるコンプライアンス問題に正面から取り組み、IODP予算の獲得や特許取得の見込みにこぎつけた。またコア法による応力計測の校正のために、ポンプを導入した。ライザー掘削の特徴を生かした孔内検層・実験を最大限活用するための提案、乗船しデータ解析して、その有用性と今後の課題を明確にした。このために検層から応力場を推定する専門性を持つポスドク研究員を採用した。

計画研究C02では、研究費支出総額中、特任助教1名、研究補助員2名の人件費が約半分と一番多い割合を占めている。研究が順調に進んでいるので国際会議での成果発表件数も多く、海外旅費としての使用も多い。また、全体研究集会とは別に計画研究内の研究集会をこれまでに国内で3回開催しており、国内旅費としても使用されている。設備備品は東京大学、神戸大学、建築研究所、東北大学でモデル計算のためのサーバーを購入した。

## 8. 今後の研究領域の推進方策

本領域後半は、地震発生分岐断層の深部掘削を含め、かつ突発した東北地方太平洋沖地震での超巨大地震津波の研究をも総合して、海溝型巨大地震の新しい描像構築という所定の目的を達成する。そのために各計画研究では以下の点に留意、推進、それらを統合して海溝型巨大地震の準備・発生過程の解明に貢献する。

### 研究項目A：地震発生帯フレームワークの研究

#### 計画研究A01：巨大地震断層の三次元高精度構造と物性の解明

これまでの三次元重合前深度変換処理の結果を用い、巨大分岐断層とプレート境界断層を対象に詳細構造解釈と物性解析を進める。また、IODP検層とVSPデータを新たに取得、反射法と掘削データとの統合解析から、断層に沿う流体の空間分布や間隙水圧分布を明らかにし、地震発生や破壊伝搬を規定する流体挙動を解明する。

#### 計画研究A02：高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

これまでの調査結果から重点調査域を選定、高密度・高精度の地下構造探査・柱状採泥・熱流量測定を行ない、断層の活動履歴と流体湧出変動を明らかにする。また、他の計画研究（三次元イメージング、掘削試料分析、掘削孔内計測、モデリング）成果と総合し、地震発生断層と表層湧水変動の関係を解明する。

### 研究項目B：地震発生帯の分析的・実験的研究

#### 計画研究B01：巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

既存の付加体浅部試料と取得予定の付加体深部試料の深部条件における変形・透水実験により、付加体深部の力学的・水理学的特性を明らかにする。既知の付加体浅部の力学的・水理学的特性と合わせて、付加体内部における力学的・水理学的性質の深度変化、および巨大地震断層の力学的・水理学的性質を明らかにする。

#### 計画研究B02：巨大地震断層の物質科学的研究によるすべりメカニズムの解明

これまでの分析で高速の津波発生すべりが解明された浅部の分岐・および前縁衝上断層の分析方法を、予定されている日本海溝掘削へ適用する。更に掘削予定の深部地震発生断層の分析、陸上露出の化石深部地震発生分岐およびプレート境界の化学的、鉱物学的、変形組織の総合分析をすすめる、断層メカニズムを解明する。

### 研究項目C：地震発生帯の孔内計測とモデル構築

#### 計画研究C01：孔内実験・計測による地震準備過程の状態・物性の現場把握

地震発生条件を規定する応力場・圧力場・地震水理特性の現場計測のため、応力テンソルの計測装置開発を継続する。また、ライザー孔内多点での孔内検層・実験データを取得し、応力テンソルを正確に決定する。また断層特性の時間変動を捉えるために、孔内での人工震源による制御震源による能動監視を検討実施する。

#### 計画研究C02：海溝型巨大地震の地震準備・発生過程のモデル構築

動的破壊過程のモデル化と全体的な海溝型地震のモデル化を進める。特に東北地方太平洋沖地震の破壊過程を詳細に調査し、得られた動的破壊についての知見と南海沈み込み帯の構造探査および掘削により直接観察される地下構造との関連を調べる。また南海における深部・浅部の微動やスロースリップの地域的变化を調査する。最終的に地震サイクルと動的破壊過程を含む海溝型巨大地震の発生モデル構築し、海溝型巨大地震の準備・発生過程の解明に貢献する。

## 9. 総括班評価者による評価の状況

評価者：筑波大学名誉教授 小川勇二郎

### 研究の意義と業績評価

本研究は、深海掘削計画 NanTroSEIZE の一連の研究事業のうち、新学術領域として認められて以降の、研究連合のことであり、今回、その中間評価を行うものである。この研究の意義は、世界で最も典型的であり、かつ最も研究の進展著しい、プレート沈み込み帯である南海トラフ域において、決定的なメカニズムの研究をすべく、永年練られてきた掘削を主として総合的な科学研究を行おうとする計画である。掘削と関連する研究手法により沈み込み帯における地震発生帯そのものに迫り、かつ周辺のテクトニクスを四次元的に明らかにする目的で行われてきたものである。来るべき目前の巨大地震の予測は、日本科学界の責務の一つでもある。そのためにも地震発生帯へ直接迫る唯一の方法である、超深度海溝掘削を通して、全体像を解明しようとする意義深いものである。

中間評価としては、総合的に極めて順調に進展していると言え、関係研究グループの創意と努力に最大限の敬意を払いたい。個々の事項に関しては、その発案から実行に至る間には、人選、グループ分け、関連研究との連携などにおいて、苦労があったと思われるが、リーダーの傑出した指導能力と関係者の協力によって、国際的にも認められ、研究は軌道に乗ったと言える。特に、メカニズムに関して、地質的、物理的、化学的な諸手法が融合して、相互の関連に関しても、インテグレートされた成果が挙がりつつあることは、大いに喜ばしい。特に、国際誌への鋭意ある成果発表は特筆に値する。

### アウトリーチ活動の成果評

昨今、社会的な意義を抜きにして純粋研究も成り立たないと言われているが、災害・人間の存在環境にも直結する地球科学においては、アウトリーチは特に重要である。直近の地震予知や災害防止がすぐにでも可能ならば、申し分はないが、その前に、起きるべき巨大地震のメカニズムやそのテクトニクスを、可能な限り解明することが、当面の喫緊の目標であろう。それをアウトリーチを通して、世界に知らしめるには、地道な努力によってしかあり得ない。その点で、多くの有能な研究者を広報担当としてアウトリーチにも配置した努力は、その研究者の決意とともに、研究リーダーの指導力が高かったと評価されよう。今後も、相当の努力が必要であろうが、学会に前後する社会活動も、市民の関心を集めているので、いっそうの効果が期待される。

### 研究組織の機能評価

本研究は、戦後60年にして、初めて実りつつある、固体地球科学分野の国民的関心事でもある。それゆえ、象牙の塔として各研究組織（大学等）内部に、孤立的に行われてきた従来の研究組織を、横断的に結集して、大所高所から世界的なメンバーを抜擢し、相互の協力と信頼のもとに研究を組織した努力には、大いに敬意を払いたい。特に、国際的にも重要なメンバーをもれなく招へいし、すべて国際的レベルで研究を行おうとすることに、大きな評価をしたい。日本は、国際的に見るとレベルは極めて高いが、層の厚さに今一步である、と言われてきたが、今回の研究組織を踏み台として、より大きな事業に取り組む足がかりが得られたと思われる。特に、日本の研究事業の最大の欠点とも言われている、箱モノ行政の弱点を、この研究が組織的に機能することによって補い、今後の研究の方向性をつけつつある点を評価し、さらなる研究の進展に期待したい。特に、本研究は、掘削そのものだけでなく、その孔内計測、試料の室内実験、化学的・物理的分析・測定など、多方面におよぶ分野を包含している。それらは、研究手法の整備（装置の準備）と、それを支える研究実体（若手研究者や実験・分析などを行う人的支援）、および教育

体制などであるが、本研究ではそれらを含め全体が機能していることを評価したい。実際、装置の購入だけでは、研究は永続しないことはよく知られている。今後も、その維持と発展を強く望みたい。

### その他の意見

本研究の中途に、未曾有の東日本大震災が襲った。これは、日本全体の社会的問題でもある上に、関連分野の研究組織に関しても試練でもある。南海トラフ沿いの巨大地震の前に、日本海溝の巨大地震が来てしまったのである。地球現象の気まぐれとも言える予測不可能な事態にも、本研究組織は対応可能であろうと思われる。本研究をさらに継続させ、今後のあらゆる艱難を国民規模で乗り切るために、より一層の研究連携を国際的に行っていただきたい。国家は、それを全力で支援すべきであろう。

以上

2011年（平成23年）6月24日

小川勇二郎

筑波大学名誉教授 小川勇二郎