

名古屋大学
大学院環境学研究科
附属地震火山研究センター

2013年度年次報告書

2014年9月

目 次

1. ごあいさつ	1
2. 構成員	2
3. 研究活動	4
3-1. 地震火山研究センター2013年度年次報告会	5
3-2. 教員・研究員の研究教育活動報告	17
3-3. 大学院生の研究活動報告	40
3-4. 技術職員の業務報告	43
3-5. 受託・委託研究の報告	45
3-6. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」 平成25年度年次報告	63
4. 教育活動	121
4-1. 学部・大学院講義一覧	122
4-2. 学位論文	123
4-3. セミナー	124
4-4. 2013年度JICA研修コース	126
5. 観測点一覧	129
6. 取得研究費	132
7. 広報活動	133
7-1. 講演会・シンポジウム・セミナー等	134
7-2. 新聞記事タイトル	137
7-3. 表彰・評価関連	139

名古屋大学・大学院環境学研究科・附属地震火山研究センター
Earthquake and Volcano Research Center
Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University
Website: <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/>

2014年9月

1. ごあいさつ

今年も地震火山研究センターの年次報告を取りまとめる時期になりました。2013年度は、今後何年間も地震学や自然災害学の一つの時間原点となるであろう、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）発生から3年目の年度にあたります。日本社会はまだこの災害から充分回復してはいません。また学問的にみても、この地震の衝撃から十分に立ち直ったとはいえないかもしれませぬ。しかし名古屋大学からの発信を含めて、東北地方太平洋沖地震に直接関わる現象はもちろん、日本列島の地震や火山現象に関して様々な研究が進められ多くの新しい結果が得られてきたと考えます。

一方2013年度は科学技術学術審議会の建議「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」とその見直し分を含めた研究計画の最終年度であるとともに、2014年度から始まる次期計画のための議論や準備が行われた年度でもありました。これまでの地震や火山の研究で何が分かり、何が分かっていないのかを整理し、今後どのような研究目標と体制で進むべきかを考える年度でした。

本報告書をお読みいただければ分かりますように、これまで名古屋大学の地震火山研究センターは、こうした研究計画に参加し、確かな貢献をしてきたと考えます。その他関連するプロジェクト研究などにも積極的に参加してきました。さらに、地震・火山現象解明のための基礎的・ルーチンの観測も継続して行っています。そしてこれらの研究方向とその結果は、次期計画の議論にも役立ったと考えます。

こうした研究活動そしてそれに基づきながらの学生の教育により、少しずつではあるかもしれませんが、自然現象の解明と自然災害を減らすことに貢献できると考えております。この年次報告書が、そうしたセンターの震災後3年目での活動と実績への御理解に繋がれば幸いです。

2014年9月

地震火山研究センター長 古本宗充

2. 構成員

1. 教員

職名	氏名	研究分野	備考
教授	古本 宗充	地震学・固体地球惑星物理学	
教授/センター長	山岡 耕春	地殻活動モニタリング	
教授	鈴木 康弘	活断層・変動地形学	減災連携研究センター
教授	鷺谷 威	地殻変動学	減災連携研究センター
准教授	渡辺 俊樹	物理探査	
准教授	田所 敬一	観測地震学・海底観測	
准教授	山中 佳子	地震学	
准教授	橋本 千尋	地震物理学	
助教	伊藤 武男	地殻変動学	
助教	寺川 寿子	地震物理学	
助教	前田 裕太	火山物理学	2014.2～

2. 技術職員・研究員等

職名	氏名	研究/担当分野（業務内容）	備考
技術職員	堀川 信一郎	地震・地殻変動観測	全学技術センター
技術職員	松廣 健二郎	地震・地殻変動観測	全学技術センター
研究員	渡部 豪	海底地殻変動・テクトニクス	
研究員	永井 悟	観測地震学・地殻構造	
研究員	鹿倉 洋介	地震物理学	
研究員	國友 孝洋	アクロス	
研究員	Rahma Hanifa Gunawan (インドネシア)	地殻変動学	減災連携研究センター
事務補佐員	金原 みどり	センター事務一般	
事務補佐員	大森 治美	センター事務一般	
事務補佐員	富坂 純子	海底観測グループ事務一般	
技術補佐員	奥田 隆	観測技術全般	
技術補佐員	中橋 新子	web・広報担当	
技術補佐員	柴山 由里子	地震波形読取業務	
技術補佐員	黒田 育実	地震波形読取業務	
技術補佐員	古野 桂	地殻変動データ処理及びJICA 事務一般	減災連携研究センター
その他	尾崎 菊枝	三河地殻変動観測所	

3. 指導学生

博士課程後期	氏名	研究分野	担当教員
D3	吉本 昌弘	震源過程	山中・古本
D3	Endra Gunawan (インドネシア)	地殻変動	鷺谷・伊藤
D2	篠島 僚平	テクトニクス	鷺谷・伊藤
D1	安田 健二	海底観測	田所・山岡

博士課程前期	氏名	研究分野	担当教員
M2	大藪 竜童	火山学	(正)山中・(副)寺川
M2	Angela del Valle Meneses Gutierrez (ベネズエラ)	地殻変動	(正)鷺谷・(副)伊藤
M2	崎山 恵理	地下構造	(正)渡辺・(副)山岡
M2	鈴木 翔太	地殻変動	(正)鷺谷・(副)伊藤
M2	鈴木 あゆ美	海底観測	(正)田所・(副)古本
M2	戸谷 真亜久	地下構造	(正)渡辺・(副)古本
M2	野村 晋一	地殻変動	(正)鷺谷・(副)伊藤
M1	川崎 悠介	地下構造	(正)渡辺・(副)山岡
M1	千葉 春奈	海底地殻変動	(正)田所・(副)古本
M1	寺谷 尚子	地殻変動	(正)鷺谷・(副)伊藤
M1	藤井 越百	海底地殻変動	(正)田所・(副)山岡
M1	横井 大輝	地下構造	(正)渡辺・(副)山岡

学部4年生	氏名	研究分野	担当教員
B4 *	多々良 望麦	注水誘発地震	田所
B4 *	植村 雄一	海底地殻変動	田所
B4 *	大嶋 健嗣	地震発生物理	橋本
B4 *	大間 俊樹	プレート間固着	伊藤
B4 *	小林 雅実	地下構造	渡辺

*理学部地球惑星科学科 地球惑星物理学講座所属

3. 研 究 活 動

- 3-1. 地震火山研究センター2013年度年次報告会
- 3-2. 教員・研究員の研究教育活動報告
- 3-3. 大学院生の研究活動報告
- 3-4. 技術職員の業務報告
- 3-5. 受託・委託研究の報告
- 3-6. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」平成25年度年次報告

3-1. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター

2013年度年次報告会

日時：2014年3月17日（月）9:00 - 17:00

場所：名古屋大学環境総合館レクチャーホール（環境総合館1階）

9:00 - 9:05 第1部 研究成果発表

センター長挨拶

9:05 - 10:35 座長 寺川寿子（タイムキーパー：Endra Gunawan）

○渡辺俊樹

「地震波による地下構造と物性の解明と監視、その現状と展望」

○松廣健二郎・奥田 隆・伊藤武男・古本宗充

「横当島へのGPS観測点の設置について」

○伊藤武男

「スマトラ島北西部のGPS観測網内で発生した2つのM6.1の地震について」

○渡部 豪・田所敬一・安田健二・藤井越百・松廣健二郎（海底地殻変動グループ）

「南海トラフ沿いの海底地殻変動観測と海溝軸近傍の地殻変動」

○橋本千尋

「数値シミュレーションに基づく地震発生サイクルの再現とシナリオの構築に向けて」

○鹿倉洋介・橋本千尋

「南海トラフ沈み込み境界における地震発生サイクルシミュレーションの構築」

【休憩 10 分】

10:45 - 12:00 座長 前田裕太（タイムキーパー：横井大輝）

○前田裕太

「フィリピン・マヨン火山のVLPイベントから示唆される水蒸気爆発モデル」

○堀川信一郎

「小電力無線機器による間欠同期動作ネットワークの構築」

○寺川寿子

「地震メカニズムトモグラフィー法による間隙流体圧場の時間発展解析法の開発」

○永井 悟・田所敬一・渡部 豪・植村雄一

「海底局の推定位置精度と音響走時残差の空間分布との関係性

～海底地殻変動観測における海底ベンチマーク位置推定の精度向上への道筋～」

○古本宗充

「喜界島周辺の地殻変動観測」

【昼食休憩 60分】

13:00 – 14:00 ポスター発表 (コアタイム)

○鷺谷 威

「東北地方太平洋沖地震に対するひずみ集中帯の変形応答」

○篠島 僚平

「Bending-Unbendingに伴う東北日本に沈み込む太平洋プレート内の応力分布の推定と考察」

○永井 悟・田所敬一・渡部 豪・植村雄一

「海底局の推定位置精度と音響走時残差の空間分布との関係性～海底地殻変観測における海底ベンチマーク位置推定の精度向上への道筋～」

○山岡耕春・渡辺俊樹・前田裕太・國友孝洋・宮町宏樹 (鹿児島大学)・生田領野 (静岡大学)・井口正人 (京都大学)

「アクロスを用いた桜島火山のモニタリング」

14:00 – 16:30 第2部 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の総括と
「災害軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」

座長 橋本千尋 (タイムキーパー: 川崎悠介)

○山岡耕春

「5年間の総括と次期計画の概要」

○田所敬一・山岡耕春・鷺谷 威・古本宗充・鈴木康弘・渡辺俊樹・橋本千尋・伊藤武男・松多信尚

「南海トラフ域における巨大地震断層域の力学・変形特性の把握」

○鈴木康弘・松多信尚・杉戸信彦・活断層グループ

「地表地震断層および活断層の地表形状・変位量データにもとづく直下型大地震の規模・頻度予測手法の高度化 – LiDAR等の高解像度DEMを用いた検討」

○山中佳子

「古文書を用いた南海トラフ超巨大地震の地震発生メカニズムの解明」

○黒田由彦

「地震・津波災害に対する地域社会の脆弱性測定に基づくボトムアップ型コミュニティ防災・減災に関する文理融合的研究」

○討論

古本宗充 (司会)

18:00 – 20:00 懇親会 (於 花の木)

地震火山研究センター 2013 年度年次報告会要旨

2013 年度総合成果報告

■第 1 部 研究成果発表

地震波による地下構造と物性の解明と監視、その現状と展望

○渡辺俊樹

地震・火山噴火現象の理解、および地殻活動の予測に向けた物理モデルの構築という問題に対して、その構成要素である (1)地殻の浅部から深部までのマルチスケールな構造の解明、(2)プレート境界や断層の形状と物理特性の空間分布の推定、(3)プレート境界や断層の固着特性と応力蓄積の推定とモニタリング、といった研究テーマに関して、波動現象の理解を通じた地下構造と物性の解明と監視という観点から研究に取り組んでいる。地下深部へのアクセスには自然地震波のエネルギーを利用することが有効であると考えられるため、自然地震の波形から構造情報を抽出する解析法、すなわち地震波干渉法やレシーバ関数に基づくイメージングについて研究を進めている。また、高度な構造解析手法である波形インバージョンについても、先にあげた地震波解析手法やアクロスとの融合を視野に入れつつ研究を再開した。東海地方における人工地震探査や自然地震観測による構造解析の成果と計画および課題について報告し、これらの研究の展望について述べる。

横当島への GPS 観測点の設置について

○松廣健二郎、奥田隆、伊藤武男、古本宗充

横当島が属する琉球弧は九州島から南に約 1300km の洋上に約 200 の島々で構成され、東側では琉球海溝からフィリピン海プレートがユーラシアプレート（沖縄プレート）の下に沈みこんでいる。一方、西側には背弧海盆（沖縄トラフ）が位置しており、プレートが拡大していると考えられている。この地域の特徴からプレート間の固着は弱いと思われていて、プレート境界型巨大地震の可能性はきわめて低いと考えられてきた。しかしながら同様のテクトニクスを持つ場所で発生した 2004 年スマトラ・アンダマン海地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震の発生は全ての沈み込み帯で M9 クラスの超巨大地震が発生する可能性を検討する必要があることを示している。

そこで当センターでは横当島付近の北部琉球弧のテクトニクス及び海溝型巨大地震の可能性を地質学的・測地学的・地震学的・地形学的アプローチという複数の手法を用いて評価を行うことを計画している。その測地学的なアプローチとして横当島に GPS 観測点の設置することで、奄美大島、喜界島の GPS 連続観測点（GEONET）により琉球弧に直行する 110km の側線を作ることが出来る。今回 2013 年 10 月に行った横当島への GPS 観測点の設置について報告する。

スマトラ島北西部の GPS 観測網内で発生した 2 つの M6.1 の地震について

○伊藤武男

2004年スマトラ-アンダマン地震(Mw9.3)が発生した後に余効変動の把握とスマトラ断層の地震発生ポテンシャルの評価を目的としたスマトラ島北西部のアチェ州にGPS観測網(AGNeSS)を構築した。このAGNeSSは観測網内において2013年1月22日(Event A)と7月2日(Event B)にマグニチュード6.1の地震が発生した。この地震(Event A)の発振機構はNW-SE方向の右横ずれであり、最も近いGPS観測点は約10kmの距離である。地震時の観測された最大変位は7.4cmであり、スマトラ断層上で発生したとすると、整合的である。しかし、USGSで決定された震源の位置よりも南西方向に約25kmであった。我々の結果は被害状況とも整合的であった。

2つめの地震(Event B)はスマトラ断層の地表トレースから25km離れていたが、発振機構はEvent Aとよく似ている。しかしながら、AGNeSSで観測された最大変位は北東方向へ約4.5cmでNE-SW方向の左横ずれ断層を示唆している。AGNeSSで得られたGPS変位からMCMC法により断層パラメータを推定したところ、つまり、Event Bはスマトラ断層の共役断層が動いた可能性を示唆している。これらの地震について報告する。

南海トラフ沿いの海底地殻変動観測と海溝軸近傍の地殻変動

○渡部豪・田所敬一・安田健二・藤井越百・松廣健二郎(海底地殻変動グループ)

フィリピン海プレートは、アムールプレートに対して、4~6 cm/yrの収束速度で南海トラフより西南日本下に沈み込んでいる。そこでは、海溝型巨大地震が約100~150年間隔で繰り返し発生している。名古屋大学では、駿河トラフと南海トラフにおいて、GPS/音響結合方式による、海底地殻変動観測を2004年以降くり返し行っている。Watanabe et al. (2013)では、国土地理院のGPS連続観測網のGPS速度場(Liu et al., 2010)と名古屋大学の観測および海上保安庁の観測により得られた海底地殻変動速度を用いて、バックスリップモデル(Savage, 1983)による南海トラフのプレート境界面の固着状態の推定を行っている。この結果、四国西部から四国中部沖合では、すべり欠損速度が50~60mm/yrの大きな領域が示され、紀伊半島以東から東海地方の沖合では、すべり欠損速度が30~40mm/yrと小さくなることが明らかとなった。また、駿河湾近傍では、すべり欠損速度が20~30mm/yr程度であることが示された。これまで、陸域でのGPS観測に代表される測地・測量の観測結果の解釈として、バックスリップモデルを適応したプレートの沈み込みに伴う地殻変動の議論がなされ、多くの成果をもたらしてきた。しかし、近年では、海溝軸付近の地殻変動に対し、バックスリップモデルを適応することが適切かどうかについて疑問視されている(例えば、Wang and Dixon, 2004)。このような背景に基づき、本研究では、海溝軸近傍での非固着すべりを考慮したモデルを示し、有限要素法を用いて、その領域での地殻変動の再現を試みる。

数値シミュレーションに基づく地震発生サイクルの再現とシナリオの構築に向けて

○橋本千尋

地殻活動予測を実現する為には、物理モデルに基づく数値シミュレーション・システムの構築・高度化と共に、多様な観測・データ解析を通じたモニタリング情報をシミュレーションに取り込むことが重要である。2013年度は、これまでの成果に基づき、主に南海トラフ地震を対象とした地震発生サイクルの再現を目的とする研究を進めた。広範囲のモデル領域を対象として地震発生サイクルシミュレーションを行う為には、数値シミュレーション・システムの大規模化・高解像度化が必要である

そこで、Hashimoto et al. (PAGEOPH, in press)の地震発生サイクルシミュレーション・システムを京コンピュータに適用する為の計算コードのチューニングを行なった。また、或る時点の応力状態を適切に推定し、次ステップの地震発生シナリオを生成する為には、過去のすべり履歴を整合的に再現し得る現実的な断層構成関係を設定することが重要な課題となる。その基本的な情報を得る為、西南日本域のGPS測地データについて、モデル領域を拡張して再解析を行ない、プレート境界面上のすべり遅れレートの分布を検討した。解析結果は、橋本・鷲谷・松浦(2009, 日本地震学会秋季大会)の結果と基本的に一致し、プレート境界面のすべり遅れが南海トラフに沿って帯状に分布することを示す。推定されたすべり遅れレート分布は、室戸岬付近に顕著なピークを持つ南海・東南海域に及ぶ大きなすべり遅れ域と、御前崎周辺に顕著なピークを持つ東海域のすべり遅れ域に分かれる。

南海トラフ沈み込み境界における地震発生サイクルシミュレーションの構築

○鹿倉洋介・橋本千尋

文部科学省の実施する HPCI (High Performance Computing Infrastructure) 戦略プログラムの分野3「防災・減災に資する地球変動予測」のうち、「地震の予測精度の高度化」の一環として、準静的過程と動的過程を連成した地震発生シミュレーションを防災科学技術研究所と共同で構築している。このうち、名古屋大学では準静的な地震発生準備過程モデルを、防災科学技術研究所では動的な破壊過程モデルを開発中である。

地震発生シミュレーションは、

1. 断層面の滑りに伴う剪断応力変化を得るすべり応答関数
2. 断層面のすべり履歴と強度の関係を記述する断層構成則
3. システムを駆動する力であるプレート相対運動

の3者を与え、プレート境界で条件(応力=強度:すべり加速、応力<強度:固着)を満たすよう、逆行列演算により非線形最小二乗法を解くことにより得られる。

このうち、本年度の成果として、

1. 準静的粘弾性すべり応答関数コードのチューニングにより、高解像度の応答関数を計算できたこと
2. 準静的シミュレーションでの逆行列演算にScaLapackライブラリを適用し、大規模計算の準備を整えたこと
3. 準静的・動的過程の連成シミュレーションの試行計算を行ったこと

の3点があげられる。

発表では、今回の成果及び今後の目標について紹介する。

フィリピン・マヨン火山のVLPイベントから示唆される水蒸気爆発モデル

○前田裕太

フィリピン・マヨン火山において2013年5月7日、前兆現象を伴わずに水蒸気爆発が発生、5人の登山者が犠牲となった。本研究では爆発時に観測された卓越周期0.4 HzのVLPイベントの解析を行った。同イベントの波形に0.1-0.6 Hzのバンドパスフィルターを掛け、周波数領域で波形インバージョンを行ったところ、火口直下近傍浅部における水平な開口クラックと鉛直なシングルフォース

の組合せの解が推定された。本解析で得られた震源時間関数はバンドパスフィルターの掛かったものである。フィルターの掛かっていない本来の震源時間関数とは形状が大きく異なる可能性がある。本来の震源時間関数の候補として単純な関数形を何種類か仮定し、これらにバンドパスフィルターを掛けたものを波形インバージョンの結果と比較することにより本来の震源時間関数の推定を行った。その結果、開口クラックの膨張とそれに続く収縮、および下向きシングルフォースが推定された。浅部の水平なクラックの解釈としては透水層・不透水層境界の弱面が考えられ、クラックの膨張は地下水の沸騰、下向きのシングルフォースは爆発の反力、クラックの収縮は水蒸気放出によるものと解釈できる。爆発時に破碎されたのはクラックの一部のみであると考えられ、破碎された部分が熱水変質によって閉塞することによって次の爆発が可能になると考えるとマヨン火山の過去の爆発の間隔や今回の爆発の前に前兆現象が観測されなかったことを説明できる。

小電力無線機器による間欠同期動作ネットワークの構築

○堀川信一郎

本年度、大学内の技術職員を対象にした技術研修(名古屋大学技術職員研修「計測・制御」コース)においてIEEE802.15.4準拠の無線機器を使用する機会を得た。IEEE802.15.4とはZigbeeの名で知られる無線規格のベースとなっている規格である。無線LANやBluetoothと同じ2.4GHz帯を利用しているが、その特徴は通信速度を250kbpsに抑え、数十mA程度の低消費電流で動作する点、また様々なネットワークを構築できる点である。

例えば、電力・通信事情の悪いアレイ観測のような観測点において、バッテリー電圧などのステータス情報を定期的に集約し、条件の良い1点からテレメータできれば、トラブルの早期発見により観測効率/保守効率を上げることができる。中継機能を持つ小電力ネットワークはこの問題を解決する一つの方法になり得る。ただし、ネットワークを常時動作させると新たな電力の問題が発生するため、各無線機器が間欠同期動作する小電力ネットワークの構築が必要である。まだプリミティブな段階ではあるが現状を報告する。

地震メカニズムトモグラフィー法による間隙流体圧場の時間発展解析法の開発

○寺川寿子

地震は、地殻やマントル内に蓄積された応力を脆性破壊により一気に解放する物理プロセスである。ある断層で地震が発生するかどうかは、断層面に働いている応力状態と、クーロンの破壊規準で記述される断層強度の関係によって支配される。断層強度は、断層面の摩擦係数と有効法線応力の積で表され、有効法線応力は間隙流体圧と密接にかかわる物理量である。岩石の摩擦実験によれば、摩擦係数は岩石の種類によらずほぼ一定の値をとると考えられるため、間隙流体圧を推定することが断層強度を知るための鍵となる。地震メカニズムトモグラフィー法(FMT法)は、地震のメカニズム解から地殻内の間隙流体圧場を三次元的に推定する有効な手法である(Terakawa et al., 2010)。

本研究では、この手法を更に発展させ、地震活動のモニタリングを通じて間隙流体圧場の時空間変化を推定する手法を開発した。FMT法では、個々の地震の断層面とすべりベクトルの向きとテクトニック応力場の関係から、地震を駆動した間隙流体圧を推定し、これを震源での観測値であるとする。従来法では、これらの離散的な間隙流体圧の値に加え、間隙流体圧場の空間変化のroughnessを先

験的な拘束条件として取り入れ、ベイズ型モデルとモデル選択規準である ABIC (Akaike, 1977, 1980) を用いたインバージョン法 (Yabuki&Matsu'ura, 1992) を応用し、三次元間隙流体圧場を対象領域で定義された連続関数として推定誤差と共に求める。改良法では、間隙流体圧場の空間変化の roughness に加えて時間変化に関する roughness を新たに導入し、Fukahata et al. (2003) 及び Fukahata et al. (2004)によるインバージョン解析法の枠組みを用いて、間隙流体圧場の時間発展を推定することを可能にした。この手法を、スイス・バーゼルの地熱貯留槽での注水実験による誘発地震のデータセットに適用し、地熱貯留層内の間隙流体圧の時間発展を推定することを試みた。

今後、間隙流体圧 (断層強度) の時間変化と地震活動の関係を調べ、地震の発生に果たす間隙流体の役割を明らかにすることを目指す。

海底局の推定位置精度と音響走時残差の空間分布との関係性 ～海底地殻変動観測における海底ベンチマーク位置推定の精度向上への道筋～

○永井 悟・田所敬一・渡部 豪・植村雄一

GPS/音響結合方式での海底地殻変動計測では、海底局及びベンチマークの位置決定における主要な誤差要因は海中音速の時空間変化であり、他の要因に比べて 1桁大きい 10cm オーダーで、観測時の海況による。現在、我々は、海底ベンチマークの位置決定精度を 1cm 前後に抑えることを目標にしている。本発表では、数値実験を介して得られた、真の海底局位置からの推定位置のずれ (以下、“推定位置のずれ”という) と音響走時残差の空間分布との関係性について紹介する。数値実験では、実際に想定されうる、空間変化のある海中音速構造における疑似観測走時データから、空間変化を無視した 1次元音速構造を用いて海底局位置を決定した。1次元音速構造を用いる事で、海中音速の空間変化に関する観測走時に含まれる情報は、“推定位置のずれ”、及び、それぞれの走時残差に分離・反映される。前者は、全データによる平均的な解析結果への影響、後者はその残分と関係する。もし海中音速の空間情報が走時残差に残り、かつ、反映されるならば、走時残差を用いた再解析により、“推定位置のずれ”を軽減できる。走時残差の特徴的な空間分布が顕著に見られるのは、観測領域の空間的な広がりに対する海中音速の変化領域が半分以下のときであり、音速の空間変化スケールによって、残差の空間分布の様相は異なる。観測領域に対する海中音速の変化領域が半分以上の範囲から観測領域を超えるような状況では、音響走時に含まれる情報を対称的に打ち消しあう事が可能な推定位置が存在し、走時残差の特徴的な空間分布は顕著ではない。逆の見方をすると、観測データに均質とみなせる音速構造を伝播した観測走時がある程度存在する事が走時残差の特徴的な空間分布を得る事につながるようである。このような関係性から、海中音速の空間変化による影響はある程度までは取り除くことが可能で、先験情報に頼らなくとも位置推定精度の向上が可能になる。しかしながら、広域の空間変化には、解析に先験情報を加える必要性を示唆する。

喜界島周辺の地殻変動観測

○古本宗充

琉球海溝では過去数百年間において巨大地震と呼べるものはほとんど知られていない。M8クラスの地震として、1911年奄美大島近海地震 (M=8) が有るのみである。また GPS 観測などによるプレート間カップリングの推定も、限られた観測点配置になっており、精密な議論が難しい。その

ためこの領域のプレート境界が M8 や M9 クラスの（超）巨大地震を発生する能力を持っているかは不明である。喜界島周辺では奄美海台という巨大な海台が衝突・沈み込みを行っており、少なくともこの領域はカップリングが強くても不思議ではない領域である。また喜界島の海岸には過去数千年間で4回大きな隆起運動が起きたことを示す段丘が発達している。一方、長期間巨大地震が起きていないことを示しそうなデータもある。例えば過去に大きな津波が起きたことを示す津波石は喜界島など奄美諸島には無いようである。この地域でのプレート間カップリング等を理解し、将来の巨大地震の可能性を検討するため、喜界島自体と喜界島・奄美大島・横当島という海溝に直交する測線を中心にして、地殻変動の検出を試みている。今年度は、センターのメンバーの協力の下で、横当島での GPS 観測点の設置（喜界島と奄美大島には GEONET の観測点がある）、喜界島での水準測量（2月・3月実施予定）、そして完新世段丘の微地形測定などを行った。今後他研究者による報告などと総合して、過去数十万年程にわたる喜界島周辺の地殻変動の微細構造を明らかにして、プレート間カップリングや過去の（巨）大地震の性質を明らかにしようとしている。

■ポスター発表要旨

東北地方太平洋沖地震に対するひずみ集中帯の変形応答

○鷲谷威

2011年東北地方太平洋沖地震は東北日本を中心に東西方向の顕著な伸張変形を引き起こした。また、その後の余効変動により東西方向の伸張は現在まで継続している。この一連の地殻変動は、従来ほぼ一定速度で継続していた東西短縮変形と異なり、ステップ的もしくは時間変化するような応力変化を日本列島の地殻に加えた。こうした応力変化に対する変形応答を詳細に調べることは、日本列島の変形特性を理解する上で大変重要である。新潟県の上越・中越地域において、「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」の一環として、2008年から稠密 GPS 観測を実施してきた。

本報告では、この観測データに基づいて、東北地方太平洋沖地震に対する変形応答を議論する。これまでの解析では、東頸城丘陵および西頸城丘陵において、地震前、地震後にそれぞれ短縮と伸張のひずみが集中する結果が得られた。こうした変形集中が地下における断層の非地震性すべりによって生じていると仮定すると、地震前と地震後で傾斜の異なる別の断層が活動した、もしくは、同一の断層が逆向きのセンスで活動したという2つの可能性が考えられる。前者の場合には絶対応力場が有意に変化する必要があり、後者の場合には断層の強度がゼロに近いことが示唆される。いずれにしても、ひずみ集中帯の変形においては非弾性変形が重要な寄与をしている可能性が高い。

Bending-Unbending に伴う東北日本に沈み込む太平洋プレート内の応力分布の推定と考察

○篠島 僚平

沈み込む海洋プレート内の応力分布を知る事は、沈み込むプレートの力学的バランスを理解するためには必要不可欠である。海洋プレート内の応力パターンはスラブ内地震などから観測する事は可能であるが、応力値を直接観測することは難しい。一方、Bending-Unbending に伴うプレートの変形は、変形の中立面の位置さえ決まれば、沈み込む海洋プレート内のひずみ速度分布と応力分布を推定することができる。よって、本研究では沈み込む海洋プレート内の変形の中立面を観測から推定され

た応力の中立面に合うように設定し、プレート生成時からラグランジュ型の履歴積分により記述することを試みた。この履歴積分には以下の7つの応力変化を考慮した。[1]海嶺軸における初期応力（引張抵抗）、[2]プレート底面の傾きに伴って生じる応力（Ridge push）、[3]プレート上下面に働く摩擦抵抗、[4]プレートに働く負の浮力（Slab pull）、及び[5]プレートの Bending-Unbending に伴う応力。また、プレート内では[6]脆性破壊と[7]粘性緩和に伴う応力緩和も考慮した。

まず、プレートの沈み込みに伴う Bending の変形が開始される領域の応力分布を[1]～[3]及び[6],[7]から推定した。その結果、最大 70MPa 程度の圧縮差応力が推定された。この値はほぼ Ridge push に起因する差応力である。次に、推定された沈み込み前のプレート内差応力を初期値として、[3]～[7]の効果を考慮した上で沈み込み帯における海洋プレート内の応力の履歴積分を推定した。このときの Slab pull^[4]に伴う差応力変化は深さが 1km 増すごとに約 0.7MPa の増加である。一方、Bending-Unbending^[5]に起因する差応力は～数 GPa であることが分かり、プレート内の差応力はプレートが曲がり始めてすぐに脆性破壊^[6]と粘性緩和^[7]の効果により飽和状態に達する結果となった。このことは、Bending によって生じる差応力の大部分は脆性破壊^[6]と粘性緩和^[7]により消費されていることを示している。そのため、Bending から Unbending に移り変わる場所では、Unbending を引き起こすだけの曲げモーメントが保持されていないことが分かった。すなわち、Unbending が生じる原因は弾性反発だけでは説明できず、球殻の沈み込みによる幾何学的拘束やスラブ先端での下部マントルによるアンカーなど、他の力源に起因すると推測される。

海底局の推定位置精度と音響走時残差の空間分布との関係性 ～海底地殻変動観測における海底ベンチマーク位置推定の精度向上への道筋～

○永井 悟・田所敬一・渡部 豪・植村雄一

GPS/音響結合方式での海底地殻変動計測では、海底局及びベンチマークの位置決定における主要な誤差要因は海中音速の時空間変化であり、他の要因に比べて1桁大きい10cmオーダーで、観測時の海況による。現在、我々は、海底ベンチマークの位置決定精度を1cm前後に抑えることを目標にしている。本発表では、数値実験を介して得られた、真の海底局位置からの推定位置のずれ（以下、“推定位置のずれ”という）と音響走時残差の空間分布との関係性について紹介する。数値実験では、実際に想定される、空間変化のある海中音速構造における疑似観測走時データから、空間変化を無視した1次元音速構造を用いて海底局位置を決定した。1次元音速構造を用いる事で、海中音速の空間変化に関する観測走時に含まれる情報は、“推定位置のずれ”、及び、それぞれの走時残差に分離・反映される。前者は、全データによる平均的な解析結果への影響、後者はその残分と関係する。もし海中音速の空間情報が走時残差に残り、かつ、反映されるならば、走時残差を用いた再解析により、“推定位置のずれ”を軽減できる。走時残差の特徴的な空間分布が顕著に見られるのは、観測領域の空間的な広がりに対する海中音速の変化領域が半分以下のときであり、音速の空間変化スケールによって、残差の空間分布の様相は異なる。観測領域に対する海中音速の変化領域が半分以上の範囲から観測領域を超えるような状況では、音響走時に含まれる情報を対称的に打ち消しあう事が可能な推定位置が存在し、走時残差の特徴的な空間分布は顕著ではない。逆の見方をすると、観測データに均質とみなせる音速構造を伝播した観測走時がある程度存在する事が走時残差の特徴的な空間分布を得る事につながるようである。このような関係性から、海中音速の空間変化による影響はある程度までは取り除くことが可能で、先験情報に頼らなくとも位置推定精度の向上が可能になる。しかしながら、

広域の空間変化には、解析に先験情報を加える必要性を示唆する。

アクロスを用いた桜島火山のモニタリング

○山岡耕春・渡辺俊樹・前田裕太・國友孝洋・宮町宏樹（鹿児島大学）・生田領野（静岡大学）・井口正人（京都大学）

2012年3月に桜島火山の北西山麓に設置したアクロス震源装置は、3ヶ月間の試験運転期間を経て、2012年9月12日から連続運転を開始した。遠隔地での運転であるため、インターネットを通じたリモートモニタリングとコントロールを前提としたシステムにした。夏場の台風などによる電力不安定で、一時的な欠則はあったものの、現在までほぼ連続したモニタリングができています。本モニタリングの効率的運営のため、アクロスの信号と地震計で得られた記録から伝達関数を得るための標準的なツールをMATLABにより作成した。その結果、現地でのデータ収集と伝達関数の計算は鹿児島大学にて実施、トラブルがあった場合の対処は名古屋からのリモートコントロールと必要に応じた鹿児島大学・京都大学からの訪問によってカバーできている。モニタリングは2台の震源を利用し、全体として5 Hz から 15 Hz までの周波数範囲をカバーしている。震動の発生効率も、同装置を用いている三河観測所に比較して良好で、100日間のスタッキングによって28km離れた観測点でも信号を確認することが出来ている。また桜島島内の観測点では伝達関数の時間変動も捉えられている。ポスターでは、観測状況について報告する。

■第2部

「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の総括と「災害軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」

5年間の総括と次期計画の概要

○山岡耕春

2009年に開始された「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」において、名古屋大学では主に7つの課題にもとづいた研究を実施した。本計画期間中に発生した2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）が発生し、この超巨大地震を事前にまったく想定することが出来なかったことから、計画の組み替え・見直しがされ、名古屋大学でも3つの課題を追加した。本報告では5年間の研究成果について報告することに主眼を置きつつ、次期計画である「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の概要と、名古屋大学の関わりについて紹介する。

南海トラフ域における巨大地震断層域の力学・変形特性の把握

○田所敬一・山岡耕春・鷲谷威・古本宗充・鈴木康弘・渡辺俊樹・橋本千尋・伊藤武男・松多信尚

本研究課題では、主として東海地方の南海トラフ域を対象として、名古屋大学の持ちうるリソースを総動員し、海溝型巨大地震の理解のために本質的に不可欠な（A）プレート境界面の力学的特性の

時空間変化の把握と、(B) 海底地形やプレート形状も含めた巨大地震断層形状の把握によって、プレート境界付近における地震発生予測に寄与することを目指す。

まずは測地学的データに基づくプレート間固着の時空間分布を把握し、そのプレート間固着の多様な振る舞いからプレート境界面上の力学特性を把握する。そのために、比較的歴史の浅い GPS 観測を高密度で行う傍ら、長期にわたる測地測量データを現在の科学的知見を生かして改めて解析を行う。また、陸上からの観測のみでは津波生成域として大きな影響を及ぼすプレート境界浅部については空間解像度が低いため、海底地殻変動観測を南海トラフ軸近傍で実施し、プレート境界浅部におけるプレート間固着の現状把握をめざす。その一方で、測地学的タイムスケールよりも比較的短期の事象に伴うプレート境界の物理特性の時間変化を理解するために、地震発生場の近傍における ACROSS によるモニタリング結果に基づく弾性波動場の時間的な変化のモデル化を行い、比較的短期の事象に伴うプレート境界の物理特性の時間変化検出手法の確立をめざす。

プレート境界面の力学的特性を把握するためには、モニタリング研究のみならず、プレート境界面の精密な位置の情報が不可欠である。そこで、プレート境界面にトラップされた地震波の解析によるアプローチを試みる。

さらに、格段に詳細な海底地形データ等を新たに取得して、従来得られている約 90~150m メッシュ程度の地形データとあわせて検討することで、海底活断層の位置形状や活動履歴等を詳しく検討する。

地表地震断層および活断層の地表形状・変位量データにもとづく直下型大地震の規模・頻度予測手法の高度化—LiDAR 等の高解像度 DEM を用いた検討

○鈴木康弘・松多信尚・杉戸信彦・活断層グループ

活断層で発生する内陸直下型地震は海溝型地震と比較し規模は小さいものの、生活圏直下で発生するために局所的に極めて甚大な被害を及ぼす。その被害の軽減のためには、発生確率・規模・震源位置・アスペリティの位置・破壊伝播方向などを予測する手法の確立が重要であるが、単純な固有地震説を仮定した危険度・確率評価や、活断層の長さや代表的な地震時変位量（単位変位量）のみに基づく地震規模推定にとどまってきた。しかし、固有地震説に比較的適合する断層がある一方で、中越地震など固有地震説で説明できない被害地震や、単純な固有地震説では説明が難しい阿寺断層や根尾谷断層などのケースも報告されている。これらを解明することは、断層破壊・地震という物理現象そのものの理解に対して基礎的な情報を与えるのみならず、活断層から発生する次の地震の発生確率・規模・強震動を予測し、減災に活かすためにも極めて重要である。

そこで、活断層の平均変位速度分布と地震時のすべり量分布を比較し、地震発生繰り返しのばらつきを評価し、**地震—地表地震断層—活断層地形**の関係を再構築することで、実態に即した複雑性を有する断層発生モデルを検討する。それには最近飛躍的に技術革新があった LiDAR データなどを使用することで、詳細な変位地形分布調査と、課題検証のための戦略的なトレンチ調査が必要である。本5カ年では、根尾谷断層や阿寺断層をターゲットとして、これらを解明することを試みる。本課題は、防災・減災にとって内陸地震が引き起こす災害誘因の高精度予測は想定外災害をなくすことに貢献するほか、歴史地震が人々の暮らしに与えた影響についても視野に入れることで災害研究として歴史地震の全体像解明に貢献しようと考えている。

古文書を用いた南海トラフ超巨大地震の地震発生メカニズムの解明

○山中佳子

巨大地震の発生メカニズムを考える上では過去の活動の情報は重要である。これまでも地震に関する古文書の収集が行われ、これらを用いて震度分布や津波の高さなどの推定が行われてきている。次期計画では、文系の研究者と協力しながら新たな史料収集を行うとともに、先人たちの焼き直した情報からではなく、元の史料に戻ってこれらから得られる様々な情報を理学、工学それぞれの観点から検討し、(白鳳)、宝永、安政、昭和の地震に対して直接比較することで南海トラフでの巨大地震像を推定し被害の原因を検討しようと考えている。

現計画では主として文系の方に新しい史料収集をしていただき、我々はすでに翻刻されたものや地方史などの収集整理を行っている。今年度も高木家文書で地震情報がありそうな時期の修復作業を行った。現在高木家文書を含め新たに見つかった史料の翻刻を進めている。私は高知県、和歌山県の神社明細帳の情報収集、愛知県(約 170 冊)、三重県(約 50 冊)、和歌山県、高知県(約 300 冊)の地方史収集を行いながら、各地域でのそれぞれの地震の違いを比較検討し始めたところである。

地震・津波災害に対する地域社会の脆弱性測定に基づくボトムアップ型コミュニティ防災・減災に関する文理融合的研究

○黒田由彦

本研究の目的は、地震ハザードを災害被害として発現させるHazard-Disaster変換プロセスに作用する社会的機構を解明し、ディザスターを制御する社会的要件を明らかにすることである。

地震・火山噴火あるいは津波などの災害がどのような被害をもたらすかに関して、住民は限られた一般的知識しかないのが通常であり、そのために日頃の対応が不十分であったり、あるいは実際の発災時に不適切な対応をとったりすることが起こる。行政主導・トップダウン型の防災・減災対策の延長線上で考える限り、この限界を超えることは困難だと思われる。必要なのは、防災・減災において住民に当事者性を持たせ、ボトムアップのコミュニティ防災の仕掛けを作り、それを支える意識を醸成することである。そのためには、個々の住民がそれぞれの条件に応じて具体的かつリアルに災害リスクをイメージし、防災・減災のための行動に結びつけることである。しかし現状ではこの問題意識にたった調査研究はほとんど行われていない。本研究は、研究上のその空白を埋める試みである。

具体的には、阪神大震災、スマトラ島沖地震、東日本大震災など、タイプの異なる地震災害を取り上げて、ハザードの営力と被害の地理的・社会的分布との関係を調べ、脆弱性概念と結び付けて災害要因(素因と誘因)を分析する。脆弱性を、(災害対策基本法で扱われる)空間の形態や社会の組織・活動に現れるものと、長期的に構造的次元で作用するものとに概念的に整理し、それらの相互関係を実証的に解明する。それらを踏まえ、高知県、三重県、静岡県等、南海トラフの巨大地震被害が想定される地域を対象に住民の意識調査などを行い、ディザスターを制御する災害プリアドネスに向けた地域の課題解決の筋道を見出す。

討論

○古本宗充(司会)

3-2. 教員・研究員の研究教育活動報告

I. 古本 宗充

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーなし)

(1) 古本宗充, 2013. 駿河・南海トラフの巨大地震に備える, 日本の科学者, 48, 582-588.

◆著書(共著, 翻訳を含む)

(1) 牛田憲行, 古本宗充, 綱島不二雄, 弘文, 前田定孝 & 近藤真庸, 2013. 南海トラフの巨大地震にどう備えるか, 本の泉社

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

(1) 新井伸夫, 岩國真紀子, 石原吉明, 山本真行, 平松良浩 & 古本宗充, 2013. CTBT の検証制度を担うインフラサウンド観測網でとらえられたシグナル. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

(2) 石原吉明, 平松良浩, 究, 新井伸夫, 岩國真紀子, 柿並義宏 & 古本宗充, 2013. チェリャビンスク隕石火球: 広帯域地震計および微気圧計に記録された衝撃波シグナルの解析. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

(3) 諸田智克, 杉田精司, 勇一郎, 三浦弥生, 渡邊誠一郎, 古本宗充, 本田親寿, 杉原孝充, 石原吉明, 大竹真紀子, 譲, 高, 荒井朋子, 弘, 寺田健太郎, 鎌田俊一, 佐伯和人, 小林進悟, 亀田真吾, 吉岡和夫, 岡崎隆司, 並木則行, 小林正規, 大野宗祐, 千秋博紀, 和田浩二, 橘省吾, 田中智 & 向井利典, 2013. その場年代計測装置による月惑星年代学探査. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事・評議員等

(1) 地震学会代議員 2012.4-2014.3.

IV. 学内, 研究科内での委員会活動

◆研究科委員会

(1) 環境学研究科将来構想委員会委員

VI. 社会との連携 (注, 地域での活動を含む)

(1) SPP(サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト) 実習: 岐阜県立加茂高等学校校 (2 年生 40 名), 名古屋大学, 2013.7.26.

(2) 白山火山防災協議会

I. 山岡 耕春

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

(1) 國友孝洋, 山岡耕春, 渡辺俊樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 生田領野, 加藤愛太郎, 飯高隆, 津村紀子 & 大久保慎人, 2014. 弾性波アクロスによる東海地域地殻の P 波および S 波速度構造

の推定. 地震第2輯. 67, 1, 1-24. (accepted March 11, 2014)

◆学術論文 (レフェリーなし)

(1) 山岡耕春, 2013. 「南海トラフの巨大地震」予測の現状, 人と国土 21, 39, 16-20.

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Yamaoka, K., Miyamachi, H., Iguchi, M., Watanabe, T., Kunitomo, T., Yakiwara, H., Ikuta, R., Active monitoring at Active Volcano - Performance of ACROSS at Sakurajima volcano, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 2013. Kagoshima, Japan.
- (2) Miyamachi, H., Yamaoka, K., Iguchi, M., Yakiwara, H., Kunitomo, T., Watanabe, T., Ikuta, R. Active monitoring at Active Volcano - Monitoring temporal change of transfer function in Sakurajima volcano, Japan. International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 2013. Kagoshima, Japan.
- (3) Totani, M., Watanabe, T., Yamaoka, K., Kato, A., Iidaka, T., Ikuta, R., Tsumura, N., Okubo, M. & Suzuki, S., 2013. Seismic interferometry imaging of subducting Philippine Sea plate and crustal structure in Tokai region, central Japan using natural earthquakes. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (4) 宮町宏樹, 八木原寛, 山岡耕春, 渡辺俊樹, 國友孝洋, 井口正人, 為栗健, 三ヶ田均, 清水洋, 竹中博士 & 生田領野, 2013. 桜島火山におけるアクロスを用いた能動的モニタリングー観測報告 2ー. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (5) 崎山恵理, 渡辺俊樹, 山岡耕春 & 生田領野, 2013. 地震波ノイズ干渉法を使用した 2009 年駿河湾の地震前後の地震波伝播特性の変化の検出. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (6) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域のフィリピン海プレート及び地殻構造の地震波干渉法イメージング. 物理探査学会第 129 回 (平成 25 年度秋季) 学術講演会, 高知.
- (7) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造のイメージング. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (8) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造の地震波干渉法イメージング. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (9) 竹中博士, 藤岡慧, 中村武史, 岡元太郎, 宮町宏樹, 八木原寛, 山岡耕春, 國友孝洋, 渡辺俊樹, 井口正人, 為栗健, 三ヶ田均 & 清水洋, 2013. 桜島火山における ACROSS 震源位置で励起された弾性波の伝播シミュレーション. 日本火山学会 2013 年秋季大会, 福島.
- (10) 高岡宏之, 津村紀子, 加藤愛太郎, 吉田康宏, 勝俣啓, 山岡耕春, 國友孝洋, 山崎文人 & 大久保慎人, 2013. スペクトル比法を用いた東海地域における地震波減衰構造の推定. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事・評議員等

- (1) 日本地震学会 評議員 2012.4-

IV. 学内、研究科内での委員会活動

◆研究科の委員

- (1) 地震火山研究センター長
- (2) 施設安全衛生委員会委員 (委員長)
- (3) 人権委員会委員

V. 委員会、審議会等委員

◆政府関係

- (1) 文部科学省科学技術学術審議会測地学分科会地震火山部会臨時委員 2013.2-
- (2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会地震活動の予測的な手法検討小委員会委員 2012.4-
- (3) 内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会委員 2011.8-
- (4) 内閣府南海トラフ沿い大地震の予測可能性に関する調査部会座長 2012.7-2013.5.
- (5) 火山噴火予知連絡会委員 2007.4-
- (6) 地震予知連絡会委員 2007.4-,2012.11- 副会長
- (7) 国土交通省交通政策審議会臨時委員 2007.9-

◆地方公共団体関係

- (1) 愛知県防災会議専門委員 2008.4-

VI. 社会との連携 (注、地域での活動を含む)

- (1) SPP(サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト) 実習: 岐阜県立加茂高等学校校 (2 年生 40 名),名古屋大学, 2013.7.26.

(講演他)

- (1) 中日文化センター講師,「変動帯日本列島」期間内 3 回,中日文化センター (名古屋市中区), 2013.
- (2) 名古屋市民大学講座,「南海トラフの巨大地震にそなえて」,ウィンク愛知 (名古屋市中村区), 2013.6.24.
- (3) 防災・減災カレッジ,「自然災害概論」,名古屋大学豊田講堂 (名古屋市中村区), 2013.7.27.
- (4) 大垣市防災士養成講座,「南海トラフ巨大地震の被害想定をふまえた大垣の地震被害」,大垣市社会福祉会館 (岐阜県大垣市), 2013.8.3.
- (5) 防災士研修会,「地震のしくみと被害」「火山の仕組みと被害」,名古屋ビルディング (名古屋市中区), 2013.9.14.
- (6) 中部経済同友会講演,「南海トラフ巨大地震の想定と予測」,名古屋観光ホテル (名古屋市中区), 2013.11.12.
- (7) フードネット in 名古屋講演会「南海トラフ巨大地震に備えて」,キャッスルプラザホテル (名古屋市中村区), 2013.11.19.
- (8) 大垣東高校 40 周年記念講演 (岐阜県大垣市), 2013.10.26.
- (9) 防災士研修講座「地震のしくみと被害」,名古屋栄ビルディング (名古屋市中区), 2013.11.23.
- (10) 岐阜県社会福祉協議会防災士養成講座,「地震のしくみと被害」,岐阜県・福祉農業会 (岐阜県岐阜市), 2014.1.29.

- (11) 防災士研修会「地震のしくみと被害」「火山の仕組みと被害」, 愛知建設業会館(名古屋市
中区), 2014.2.9.

I. 鈴木 康弘

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文(レフェリーあり)

- (1) Suzuki, Y., 2013. Tectonic Geomorphological active fault studies in Japan after 1980, Geographical Review of Japan, Ser.B, 86, 6-21.
- (2) 石黒聡士, 杉戸信彦, 後藤秀昭, 鈴木康弘, 廣内大助, 堤浩之, Dangaa Enkhtaivan & Ochirbat Batkhisig, 2014. CORONA 画像の実体視判読に基づく 1957 年 Gobi-Altay 地震の地表地震断層の認定, 活断層研究, 40, 19-34.

◆著書(共著, 翻訳を含む)

- (1) 鈴木康弘, 2013. 人文地理学事典, 人文地理学会編, 丸善出版.
- (2) 鈴木康弘, 2013. 原発と活断層—想定外は許されない—, 岩波書店.

◆その他の論文, 著書

- (1) 鈴木康弘, 「原発と活断層」をめぐる「科学」の扱い, 科学, 83, 1282-1283, 2013.
- (2) 杉戸信彦・石山達也・楮原京子・澤 祥・鈴木康弘・中田 高, 2013, 「1:25,000 都市圏活断層図「湯沢」」, 国土地理院技術資料 D1-No.642.
- (3) 廣内大助・金田平太郎・鈴木康弘・宮内崇裕・小荒井衛, 2013, 「1:25,000 都市圏活断層図「亘理」」, 国土地理院技術資料 D1-No.640.
- (4) 鈴木康弘・杉戸信彦・石黒聡士・渡辺満久・後藤秀昭・中田 高, プレート境界周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的フィージビリティ調査, 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画平成 25 年度年次報告, 課題番号: 1708, 2013.
- (5) 鈴木康弘・杉戸信彦・堤 浩之・後藤秀昭・廣内大助・熊原康博・松多信尚・澤 祥・渡辺満久・中田 高, 活断層の地表形状・ずれ量データにもとづく地震発生予測, 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画平成 25 年度年次報告, 課題番号: 1704, 2013.
- (6) 鈴木康弘, 石黒聡士, 杉戸信彦, 松多信尚, 内田主税, 航空写真を用いた東北地方太平洋沖地震の津波遡上高分布, 土木計画学研究・梗概集 47, CD-ROM(394), 2013.

◆学術研究発表等(注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Goto, H., Nakata, T., Watanabe, M., Suzuki, Y., Izumi, N., Nishizawa, A., Horiuchi, D. & Kido, Y., 2013. Future earthquake source faults on deep sea-floor around the Boso triple plate junction revealed by tectonic geomorphology using 3D images produced from 150 meter grid DEM. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (2) Matsuta, N., Sugito, N., Goto, H., Ishiguro, S., Nakata, T., Watanabe, M., Une, H., K. Tamura, Y. Kumahara, K. Hori, D. Hirouchi, M. Umitsu, T. Usui, a. & Y. Suzuki, 2013. Significance and background of mapping the area hit by the tsunami of 11th March 2011, northeast Japan. International Geographical Union.
- (3) Sugito, N., Matsuta, N., Goto, H., Kumahara, Y., Hori, K., Hirouchi, D., Ishiguro, S., T.

Nakata, M. Umitsu, M. Watanabe, a. & Suzuki, Y., 2013. Criteria for detection of tsunami-inundation area and its field examination for the 2011 Tohoku tsunami, based on air-photo stereo-pair interpretation. International Geographical Union.

- (4) 中田高, 徳山英一, 隈元崇, 渡辺満久, 鈴木康弘, 後藤秀昭, 西澤あずさ & 松浦律子, 2013. 南海トラフ南方の銭洲断層と 1498 年明応地震. 日本地球惑星科学連合大会, 千葉.
- (5) 杉戸信彦, 中田高, 渡辺満久, 後藤秀昭 & 鈴木康弘, 2013. 0.5 秒メッシュ DEM で見る相模トラフの海底活断層地形(予察). 日本地球惑星科学連合大会, 千葉.
- (6) 杉戸信彦, 松多信尚, 石黒聡士, 内田主税, 千田良道 & 鈴木康弘, 2013. 津波被災マップと詳細 DEM の GIS 解析からみえてきた 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波遡上高の地域性. 日本地理学会秋季大会.
- (7) 杉戸信彦, 松多信尚, 石黒聡士, 内田主税 & 鈴木康弘, 2013. 航空写真判読に基づく 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波遡上高地図(予察). 日本環境共生学会平成 25 年度地域シンポジウム.
- (8) 松多信尚, 杉戸信彦, 千田良道, 堀和明, 石黒聡士, 内田主税 & 鈴木康弘, 2013. 明治三陸・昭和三陸・チリ津波と今回の津波の違いとその意義. 日本地理学会秋季大会.
- (9) 松多信尚, 鈴木康弘, 杉戸信彦, 千田良道, 石黒聡士 & 内田主税, 2013. 津浪の性質 (波長) に対する海岸地形のタイプ別津浪高の特徴 -東北地方太平洋沖地震の検証-. 日本地球惑星連合 2013 年大会, 千葉.
- (10) 泉紀明, 西澤あずさ, 堀内大嗣, 木戸ゆかり, 中田高, 後藤秀昭, 渡辺満久 & 鈴木康弘, 2013. 相模トラフから房総三重会合点周辺の 3D 海底地形. 日本地球惑星連合 2013 年大会, 千葉.
- (11) 渡辺満久, 中田高, 後藤秀昭, 鈴木康弘, 西澤あずさ, 堀内大嗣 & 木戸ゆかり, 2013. 日本海東縁の海底活断層. 日本地球惑星連合 2013 年大会, 千葉.
- (12) 野澤竜二郎, 長谷川智則, 皆黒剛, 岡田篤正, 鈴木康弘, 牧野内猛 & 中根鉄信, 2013. 猿投山北断層南西端延長部の地質学的検討. 日本地球惑星連合 2013 年大会, 千葉.
- (13) 渡辺満久, 中田高 & 鈴木康弘, 2013. 積丹半島西岸の地震性隆起海岸地形と海底活断層. 日本活断層学会秋季大会.
- (14) 石黒聡士, 鈴木康弘 & 佐野滋樹, 2013. 高解像度 DEM の災害地理学的研究への応用. 日本地理学会秋季大会.
- (15) 鈴木康弘, 2013. 東日本大震災の災害地理学的検証 - 「想定外」を繰り返さないために -. 日本地理学会秋季大会.
- (16) 鈴木康弘, 2013. 活断層の位置情報の「精度」に関する留意点. 日本活断層学会秋季大会.
- (17) 鈴木康弘, 石黒聡士, 杉戸信彦, 松多信尚 & 内田主税, 2013. 航空写真を用いた東北地方太平洋沖地震の津波遡上高分布. 土木学会, 第 47 回土木計画学研究発表会.

◆その他 (発表, 講演)

- (1) 鈴木康弘, 東日本大震災の教訓と今後の活断層問題, 地震工学会中部支部.
- (2) 鈴木康弘, 東日本大震災の教訓と活断層問題, 都市環境ゼミナール.
- (3) 鈴木康弘, 東日本大震災の「想定外」から学ぶ南海トラフ地震への備え, 母性衛生学会.

- (4) 鈴木康弘, 東海地方の身近な地震と備えを考える, 三重さきもり塾.
- (5) 鈴木康弘, 活断層列島に暮らす, 高校生防災セミナー.
- (6) 鈴木康弘, 地形と活断層ー活断層大地震に備えるー, 防災減災カレッジ.
- (7) 鈴木康弘, 地理学特殊講義, 京都大学文学部集中講義.
- (8) 鈴木康弘, 活断層関連の話題, 関西なまずの会.
- (9) 鈴木康弘, Earthquakes and active faults, JICA 研修.
- (10) 鈴木康弘, 東日本大震災が提起した問題, 高年大学, 名古屋.
- (11) 鈴木康弘, 自然環境保全論, 東京大学新領域創成科学研究科集中講義.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事, 評議員等

- (1) 日本活断層学会事務局長・理事, 2008-
- (2) 日本地理学会代議員, 2008-

◆学会, シンポジウムの主催

- (1) 「東日本大震災の災害地理学的検証ー「想定外」を繰り返さないためにー」, 日本地理学会 公開シンポジウム (オーガナイザー), 2013.9.

◆学術的イニシアチブ

- (1) 糸魚川ー静岡構造線活断層情報ステーション, 研究プロジェクト変動地形学グループのホームページ, 2008.04.01-
- (2) 地震予知事業における変動地形学的活断層研究 (代表), 2009.4.01-
- (3) 減災連携研究の推進, 2010/12/01-

IV. 学内, 研究科内での委員会活動

◆全学の委員会

- (1) 総長補佐 (防災担当), 2011.7.01-

V. 委員会, 審議会等委員

◆政府関係

- (1) 日本学術会議連携会員, 2011.10.03-
- (2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会専門委員, 1996-
- (3) 国土交通省国土地理院全国活断層帯情報整備検討委員会委員, 2008-
- (4) 原子力規制委員会敷地内破碎帯調査に関する有識者会合メンバー, 2012.11-
- (5) 原子力規制委員会地震・津波に関する規制基準に関する検討チームメンバー, 2012.12-

◆地方公共団体関係

- (1) 愛知県地震被害予測検討委員会委員, 2011-
- (2) 名古屋市地震被害予測検討委員会委員, 2011-
- (3) 三重県地域活断層調査委員会委員, 1996-

VI. 社会との連携 (注: 地域での活動を含む)

- (1) NSL「マスコミと大学研究者による防災ネットワーク」, 2001-
- (2) 減災連携研究センターにおける地域防災活動

VII. 国際学術交流 (注: 科研費以外のものも含む)

- (1) モンゴル国立地理学研究所との活断層共同研究, 2005-

I. 鷺谷 威

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) Nguyen Anh, D., Sagiya, T., Kimata, F., Tran Dinh, T., Vy Quoc, H., Duong Chi, C., Nguyen Xuan, B. & Nguyen Dinh, X., 2013. Contemporary horizontal crustal movement estimation for northwestern Vietnam inferred from repeated GPS measurements, *Earth Planets and Space*, 65, 1399-1410.
- (2) Nishimura, T., Sato, M. & Sagiya, T., 2013. Global Positioning System (GPS) and GPS-Acoustic Observations: Insight into Slip Along the Subduction Zones Around Japan, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*.

◆学術論文 (レフェリーなし)

- (1) Safarov, R. & Sagiya, T., 2013. Crustal Deformation Of The Mid Niigata Region Derived From Gps Measurements Associated With The 2004 Chuetsu, The 2007 Chuetsu-Oki, And The 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Earthquakes, *Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering*, 47, 1-6.

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Angela del Valle Meneses, G. & Sagiya, T., 2013. Time-Dependent Crustal Deformation Associated With the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-Oki Earthquakes. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (2) Gunawan, E., Sagiya, T., Ito, T., Kimata, F., Tabei, T., Ohta, Y., Meilano, I., Abidin, H.Z., Agustan, A., Nurdin, I. & Sugiyanto, D., 2013. Analysis of afterslip and viscoelastic relaxation following the 2004 Sumatra-Andaman earthquake from GPS observations in northern Sumatra. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (3) Hashimoto, M., Fukushima, Y. & Sagiya, T., 2013. Issues on the Japanese Earthquake Hazard Evaluation. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (4) Sagiya, T., 2013. A Simple Model for the Vertical Crustal Movement Associated with the Earthquake Cycle Along the Pacific Coast of Northeast Japan. AGU 2013 Fall Meeting San Francisco, USA.
- (5) Sagiya, T., 2013. Lessons of the 2011 Tohoku-oki Earthquake for estimating seismic hazard along plate subduction zones: observation data and modeling perspective. IAG 2013 Assembly.
- (6) Sagiya, T., Martínez, J.B., Calvo, D., Padron, E., Hernánde, G.P., Hernández, P.A., Rodríguez, N.P., Manuel, J. & Suárez, P., 2013. Crustal deformation during the 2011-2013 Volcanic Activity of El Hierro, Canary Islands, Monitored by Continuous GPS Observation. IAG 2013 Assembly.

- (7) Pérez, N.M., Somoza, L., Vallejo, L.G.d., Sagiya, T., León, R., Hernández, P.A., Biain, A., González, F.J., Medialdea, T., Gonzalez-Aller Daniel, Sánchez, J.L.d.L.M., Barrancos, J., Ibáñez, J.M. & Sumino, H., 2013. Precursory geophysical, geodetic and geochemical signatures of a new 2012 submarine eruption off the northwestern coast of El Hierro, Canary Islands, Spain. EGU General Assembly Conference.
- (8) Rahma, Hanifa, Sagiya, T., Kimata, F., Effendi, J., Hasanuddin, Z.A. & Meilano, I., 2013. A Shallow Interplate Coupling Model in The Java Trench, Off The Western Coast of Java, Indonesia, Revealed from GPS Data. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (9) Meneses, A. & Sagiya, T., 2013. Time-dependent crustal deformation associated with the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-Oki earthquakes. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (10) 野田朱美, 鷺谷威 & 松浦充宏, 2013. GPS 速度データから地殻ブロックの剛体運動を推定する直接的方法. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (11) 飯尾能久, 高田陽一郎, 鷺谷威 & 歪集中帯大学合同地震観測グループ, 2013. 能登半島地震の断層への応力集中モデル. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (12) 鷺谷威 & 歪み集中帯 GPS 観測グループ, 2013. How elastic is the island arc crust?. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (13) 高田陽一郎, 勝俣啓, 片尾浩, 小菅正裕, 飯尾能久, 鷺谷威 & 歪集中帯大学合同地震観測グループ, 2013. 跡津川断層周辺における微小地震の P 軸の空間変化とその原因. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (14) 高田陽一郎, 西村卓也 & 鷺谷威, 2013. InSAR 時系列解析と GPS データを用いた跡津川断層周辺の地殻変動の検出. 日本測地学会第 120 回講演会, 東京.
- (15) 鷺谷威, 2013. 東北地方太平洋岸の上下変動に関する考察. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (16) 橋本学, 福島洋 & 鷺谷威, 2013. より良い地震ハザード評価の作り方・伝え方. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (17) Sagiya, T., 2013. Lessons of the 2011 Tohoku-oki earthquake for estimating seismic hazard along plate subduction zones : observation data and modeling perspective. 国際測地学会協会 2013 年学術大会, ドイツ, ポツダム.
- (18) 鷺谷威, Martínez, J.B., Calvo, D., Padron, E., Hernández, G.P., Hernández, P.A., Rodriguez, N.P. & Poveda Suárez, J.M., 2013. GPS 観測によるカナリア諸島エル・イエロ島の火山性地殻変動. 日本測地学会第 120 回講演会 東京.
- (19) 島田誠一, 鷺谷威, 国際測地学協会学術総会 2013 報告 : Theme 1 基準座標系. 日本測地学会第 120 回講演会, 東京.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事, 評議員等

- (1) 日本地震学会代議員, 2010-2013.
- (2) 日本測地学会評議員, 2011-2012, 2013-2014.

◆学会,シンポジウムの主催

- (1) 京都大学防災研究所共同利用・共同研究特定研究集会「より良い地震ハザード評価の出し方・使われ方」, キャンパスプラザ, 京都, 2013.7.19.

V. 委員会, 審議会等委員

◆政府関係

- (1) 地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会委員 2004-
- (2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会海溝型分科会委員 2001-2004, 2011-2013.
- (3) 名古屋市地震対策専門委員会委員 2011-2013.

VI. 社会との連携 (注, 地域での活動を含む)

- (1) SPP (サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト) 実習: 岐阜県立加茂高等学校校 (2 年生 40 名), 名古屋大学, 2013.7.26.
(講演他)
- (1) 「長野で想定すべき大地震」, 長野県大規模災害ラジオ放送協議会, 長野市, 2013.6.12.
- (2) 「自然災害の歴史、災害事例に学ぶ地震のしくみと被害」, 防災・減災カレッジ, 名古屋大学, 2013.8.3.
- (3) 「地震と火山」, 防災・減災カレッジ, 名古屋大学, 2013.8.3.
- (4) 「大地震の予知・予測とその限界～南海トラフ巨大地震を視野に～」, ひとの大学, 名古屋市, 2013.11.13.
- (5) 「地震と津波について」, 糸魚川市立大和川小学校, 2013.11.18.
- (6) 「地震論 (海溝型)」, 愛知県消防学校, 尾張旭市, 2014.2.18.
- (7) 「3.11 後の地震学」, サロンド有本, 名古屋市, 2014.2.25.

VII. 国際学術交流

- (1) JICA 研修コース「地震津波火山観測システムの運用, 管理」のチームリーダー, 2013.9-2014.2.
- (2) ベトナム科学技術アカデミー地球物理学研究所訪問, 2013.4.7-14.
- (3) 台日地殻変動ワークショップ, 成功大学, 台南, 台湾, 2013.4.22-27.
- (4) 集中講義, バンドン工科大学, バンドン, インドネシア, 2013.5.28-6.2.
- (5) IAVCEI 総会, 鹿児島市, 2013.7.20-22.
- (6) IAG 総会, ポツダム, ドイツ, 2013.9.2-8.
- (7) AGU Fall Meeting, サンフランシスコ, アメリカ, 2013.12.8-16.
- (8) ベトナム科学技術アカデミー地球物理学研究所訪問, 2014.3.14-24.
- (9) 研究交流, カリフォルニア大学ロサンゼルス校, 2014.3.30-4.6.

I. 渡辺 俊樹

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. &

- Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan, *Tectonophysics*, 608, 138-148.
- (2) 國友孝洋, 山岡耕春, 渡辺俊樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 生田領野, 加藤愛太郎, 飯高隆, 津村紀子 & 大久保慎人, 2014. 弾性波アクロスによる東海地域地殻の P 波および S 波速度構造の推定. 地震第 2 輯. 67, 1, 1-24. (accepted March 11, 2014)
- ◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)
- (1) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. & Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (2) Totani, M., Watanabe, T., Yamaoka, K., Kato, A., Idaka, T., Ikuta, R., Tsumura, N., Okubo, M. & Suzuki, S., 2013. Seismic interferometry imaging of subducting Philippine Sea plate and crustal structure in Tokai region, central Japan using natural earthquakes. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (3) 伊藤谷生, 狩野謙一, 池田安隆, 津村紀子, 阿部信太郎, 野崎謙治, 山北聡, 武田哲也, 加藤潔, 佐藤剛, 小森次郎, 岩崎貴哉, 佐藤比呂志, 渡辺俊樹, 藤原明, 阿部進, 小田原啓 & 松浦好樹, 2013. 富士川河口断層帯-糸魚川静岡構造線横断地下構造探査 (FIST) 報告(2). 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (4) 宮町宏樹, 八木原寛, 山岡耕春, 渡辺俊樹, 國友孝洋, 井口正人, 為栗健, 三ヶ田均, 清水洋, 竹中博士 & 生田領野, 2013. 桜島火山におけるアクロスを用いた能動的モニタリング-観測報告 2-1. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (5) 川崎悠介, 渡辺俊樹, 伊藤谷生, 狩野謙一, 池田安隆, 津村紀子, 野崎謙治, 阿部信太郎, 武田哲也, 阿部進, 藤原明 & 白石和也, 2013. 富士川河口断層帯-糸魚川静岡構造線深部地殻反射法探査で観測された地震記録の地震波干渉法イメージング. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (6) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造の地震波干渉法イメージング. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (7) 狩野謙一, 池田安隆, 伊藤谷生, 野崎謙治, 山北聡, 武田哲也, 阿部信太郎, 岩崎貴哉, 加藤潔, 佐藤剛, 佐藤比呂志, 渡辺俊樹, 藤原明, 阿部進, 小田原啓 & 松浦芳樹, 2013. 富士川河口断層帯-糸魚川静岡構造線横断地下構造探査 (2012FIST) 報告 (その 1) 富士川河口断層帯浅部構造. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (8) Yamaoka, K., Miyamachi, H., Iguchi, M., Watanabe, T., Kunitomo, T., Yakiwara, H., Ikuta, R., 2013. Active monitoring at Active Volcano - Performance of ACROSS at Sakurajima volcano. International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, Kagoshima, Japan.
- (9) Miyamachi, H., Yamaoka, K., Iguchi, M., Yakiwara, H., Kunitomo, T., Watanabe, T., Ikuta, R., 2013. Active monitoring at Active Volcano - Monitoring temporal change of transfer function in Sakurajima volcano, Japan. International Association of Volcanology and

Chemistry of the Earth's Interior, Kagoshima, Japan.

- (10) 伊藤谷生, 狩野謙一, 池田安隆, 津村紀子, 藤原明, 武田哲也, 阿部信太郎, 岩崎貴哉, 佐藤比呂志, 加藤潔, 佐藤剛, 小森次郎, 渡辺俊樹, 阿部進, 山北聡, 小田原啓 & 松浦芳樹, 2013. 富士川河口断層帯～糸魚川－静岡構造線横断地下構造探査 [2012FIST] 報告－その 1: 深部構造－. 日本地質学会第 120 年学術大会, 仙台.
- (11) 崎山恵理, 渡辺俊樹, 山岡耕春 & 生田領野, 2013. 地震波ノイズ干渉法を使用した 2009 年駿河湾の地震前後の地震波伝播特性の変化の検出. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (12) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造のイメージング. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (13) 阿部信太郎, 伊藤谷生, 狩野謙一, 池田安隆, 津村紀子, 藤原明, 武田哲也, 岩崎貴哉, 佐藤比呂志, 加藤潔, 佐藤剛, 小森次郎, 渡辺俊樹, 阿部進, 山北聡, 小田原啓 & 松浦芳樹, 2013. [2012FIST]富士川河口断層帯～糸魚川－静岡構造線の深部地殻構造. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (14) 川崎悠介, 渡辺俊樹, 伊藤谷生, 狩野謙一, 阿部進, 藤原明 & 白石和也, 2013. 2012FIST 研究グループ, 反射法探査で観測された自然地震記録の地震波干渉法を用いた地下構造イメージング. 物理探査学会第 129 回 (平成 25 年度秋季) 学術講演会, 高知.
- (15) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造のイメージング. 物理探査学会第 129 回 (平成 25 年度秋季) 学術講演会, 高知.
- (16) 竹中博士, 藤岡慧, 中村武史, 岡元太郎, 宮町宏樹, 八木原寛, 山岡耕春, 國友孝洋, 渡辺俊樹, 井口正人, 為栗健, 三ヶ田均 & 清水洋, 2013. 桜島火山における ACROSS 震源位置で励起された弾性波の伝播シミュレーション. 日本火山学会 2013 年秋季大会, 福島.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事, 評議員等

- (1) 日本地球惑星科学連合, 広報・アウトリーチ委員会, 委員, 2005-2013.
- (2) (社) 物理探査学会, 理事, 2012-
- (3) (社) 物理探査学会, 編集委員会, 担当理事, 2012-2013.

IV. 学内, 研究科内での委員会活動

◆研究科内の委員会

- (1) 計画評価委員会 (環境学研究科) 委員, 2010-2013.
- (2) 入試委員会 (環境学研究科) 委員, 2012-2013.
- (3) 広報委員会 (環境学研究科) 委員, 2012-2013.
- (4) 地震火山研究センター運営委員会委員, 2012-2013.

V. 委員会, 審議会等委員

- (1) 地震・火山噴火予知研究協議会計画推進部会, モニタリング部会, 部会長, 2009-2013.
- (2) 地震・火山噴火予知研究協議会計画推進部会, 観測・実験技術部会, 委員, 2004-2013.
- (3) 地震・火山噴火予知研究協議会, 実施体制検討委員会, 委員, 2013.

- (4) 日本掘削科学コンソーシアム, IODP 部会, 環境保護安全専門部会, 委員, 2003-
- (5) (財) 防災研究協会, 客員研究員, 1998-
- (6) (財) 地震予知総合研究振興会, 地殻活動研究委員会, 委員, 2006-

VI. 社会との連携 (注: 地域での活動を含む)

- (1) SPP (サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト) 実習: 岐阜県立加茂高等学校校 (2 年生 40 名), 名古屋大学, 2013.7.26.

I. 田所 敬一

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Ohta, Y., Tadokoro, K., Watanabe, T., Nagai, S., Yasuda, K., Okuda, T. & Yamamoto, J., 2013. Precision evaluation for intensive GPS acoustic measurements along Japan trench. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (2) Sato, M., Kido, M., Tadokoro, K. & Fujimoto, H., 2013. GPS/acoustic seafloor geodetic observation in the subduction zone around Japan. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA. [招待講演].
- (3) Tadokoro, K., Yasuda, K., Fujii, C., Watanabe, T. & Nagai, S., 2013. GPS/acoustic Seafloor Geodetic Observations Near the Nankai Trough Axis. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (4) Yasuda, K., Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from seafloor geodetic measurement at the shallow subduction zone of the northernmost Suruga Trough, Japan. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (5) Tadokoro, K., Watanabe, T., Fujii, C., Yasuda, K. & Nagai, S., 2013. Seafloor crustal deformation associated with the plate convergence at the Nankai Trough, Japan. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
- (6) Watanabe, T., Tadokoro, K., Ikuta, R., Nagai, S., Okuda, T., Yasuda, K., Sakata, T. & Kuno, M., 2013. Crustal deformation along the Nankai subduction zone inferred from onshore GPS velocities and seafloor geodetic observations. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
- (7) Nagai, S., Tadokoro, K., Watanabe, T., Sakata, T. & Yasuda, K., 2013. Positioning accuracy of seafloor benchmark due to acoustic velocity heterogeneity via numerical simulation for development of seafloor geodesy. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
- (8) Yasuda, K., Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from the seafloor crustal deformation measurement at the northern part of the Suruga Bay, Japan. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
- (9) 向山遼, 生田領野, 田所敬一, 永井悟, 渡部豪 & 佐柳敬造, 2013. 複数ブイを用いた海底地殻変動観測手法の開発 -音速構造の空間変化の克服を目指して-. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

- (10) 安田健二, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 生田領野 & 佐柳敬三, 2013. 海底地殻変動観測から得られた駿河トラフ浅部におけるプレート間固着. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (11) 木戸元之, 長田幸仁, 山本淳平, 藤本博己, 太田雄策, 中山貴史, 海田俊輝, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 奥田隆 & 安田健二, 2013. 日本海溝沿いの海底地殻変動観測点の強化と観測の開始について. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (12) 渡部豪, 田所敬一, 永井悟, 安田健二, 藤井越百 & 久野正博, 2013. 南海トラフの海底地殻変動観測と海溝軸付近の地殻変動. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (13) 田所敬一, 安田健二, 藤井越百, 渡部豪 & 永井悟, 2013. 南海トラフ軸近傍およびフィリピン海プレートへの海底地殻変動観測点の新設. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (14) 藤井越百, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 安田健二, 奥田隆 & 生田領野, 2013. 熊野灘での海底地殻変動観測における高精度・高空間分解能化への取り組み. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (15) 藤本博己, 木戸元之, 太田雄策, 山本淳平, 長田幸仁, 飯沼卓史, 日野亮太, 田所敬一 & 金田義行, 2013. 海底 GPS 手法による海底地殻変動観測高度化に向けた新たな取り組み. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事, 評議員等

- (1) 日本地震学会, 理事 (災害調査担当)
- (2) 日本地震学会, 災害調査委員会, 委員長
- (3) 日本地震学会, 広報委員会, 委員
- (4) 日本地球惑星科学連合, 環境・災害対応委員会, 委員

IV. 学内, 研究科内での委員会活動

◆全学の委員会

- (1) 全学技術センター, 計測・制御技術系連絡委員会, 委員

◆研究科内の委員会

- (1) 組織運営委員会, 委員
- (2) 理学部技術連絡会, 委員
- (3) 理学部技術連絡会, 専門委員会, 人事選考委員会, 委員
- (4) 理学部教育委員会, 委員

V. 委員会, 審議会等委員

◆政府関係

- (1) 地震・火山噴火予知研究協議会, 「新たな観測技術の開発」計画推進部会, 委員
- (2) 海底地殻変動観測技術の高度化, 運営委員会, 委員
- (3) 総合資源エネルギー調査会, 電力・ガス事業分科会, 原子力小委員会, 地層処分技術WG 委員

VI. 社会との連携 (注, 地域での活動を含む)

(講演他)

- (1) 日進市地域防災リーダー研修, 「地震の基礎知識と地域・家庭で備える防災対策」, 日進市中央福祉センター, 2013.9.29.

- (2) あいち防災フェスタ「防災講演会」, 「身近な活断層と地震災害への備え」, 愛・地球博記念公園 地球市民交流センター, 2013.11.10.
- (3) 新城市老人クラブ大学, 「南海トラフ地震に備えて」, 新城市富岡ふるさと会館, 2014.1.24.
- (4) 大治町防災講演会, 「南海トラフ巨大地震による被害とその備え」, 大治町総合福祉センター 希望の家, 2014.2.22.
- (5) 一宮市消防団員研修会, 「中部地方における地震と地域防災」, 一宮市消防本部, 2014.3.2.

I. 山中 佳子

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. & Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan, *Tectonophysics*, 608, 138-148.

◆学術論文 (レフェリーなし)

- (1) 山中佳子, 2013, 南海トラフ巨大地震の鍵かもしれない低周波微動の検出を目指した地震アレイ観測, 名古屋大学理学部技報.

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. & Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (2) Nakamichi, H., Yamanaka, Y., Terakawa, T., Horikawa, S., Okuda, T. & Yamazaki, F., 2013. Detection and location of weak continuous tremor episodes using a seismic array during the 2011 Shinmoedake eruption activity of Kirishima volcano, southwest Japan (3W_2A-P18). IAVCEI.
- (3) 山中佳子, 2013, 現代観測情報と歴史史料の比較から探る南海トラフ巨大地震の特性 入門編史料: 神社明細帳, 第3回中部歴史地震研究懇談会, 名古屋.
- (4) 吉本昌弘 & 山中佳子, 2013. 後続波も含めた遠地実体波による 2010 年チリ地震 (Mw8.8) の震源過程. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (5) 吉本昌弘 & 山中佳子, 2013. 遠地実体波を用いた 2004 年スマトラ島沖地震の震源過程解析. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (6) 大藪竜童, 山中佳子 & 中道治久, 2013. 御嶽山周辺の群発地震域における V_p/V_s の推定. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (7) 中元真美, 松本聡, 山中佳子, 清水洋 & 中道治久, 2013. 地震計アレイによる霧島山新燃岳周辺で発生した火山生微動の発生源の時空間変化. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

◆その他 (発表, 講演)

- (1) 南海トラフ巨大地震の鍵かもしれない低周波微動の検出を目指した地震アレイ観測, 名古屋大学理学部等研修会, 2013.11.27.

(2) 再考 南海トラフ巨大地震, 応急危険度, 2013.09.04.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事, 評議員等

(1) 日本地震学会代議員

◆学術的イニシアチブ

(1) NGY 地震学ノート, http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/, 2007.04.01-

IV. 学内, 研究科内での委員会活動

◆研究科内の委員会

(1) 環境学男女共同参画推進委員会委員

(2) 環境学広報委員会委員

(3) 選挙管理委員会委員

(4) 地震火山研究センター運営委員会委員

(5) 装置開発技術系理学部ユーザー連絡会担当

V. 委員会, 審議会等委員

◆政府関係

(1) 地震調査研究推進本部地震調査委員, 2008.03-

(2) 測地学審議会地震火山部会委員, 2009.04-

(3) 噴火予知連委員, 2013.04-

◆地方公共団体関係

(1) 愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査ハザード評価, 2011.12-2014.03.

(2) 愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査想定地震震源モデルサブ WG, 2011.12-2014.03.

(3) 愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査津波浸水域サブ WG, 2011.12-2014.03.

(4) 三重県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査ハザード評価, 2012.07-2014.03.

(5) 愛知県, 歴史地震記録に学ぶ防災・減災ガイド及び広報啓発業務委会, 2013.08-2014.03.

(6) 土木学会津波評委員, 2007.03-

(7) 東濃地震科学研究所地殻活動研究委員会委員, 2007.4-

(8) 地震予知振興会南海トラフ～琉球海溝の地震・津波に係る研究会委員

VI. 社会との連携 (注・地域での活動を含む)

(1) (地震) 災害の基本論, 東浦阿久比, 2013.11.24.

(2) 自然災害概論, 防災カレッジ, 2013.07.29.

(3) 地震を知ろう!, 高大連携「高校生防災セミナー」, 名古屋大学, 2013.07.25.

I. 橋本 千尋

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

(1) Hashimoto, C., Fukuyama, E. & Matsu'ura, M., 2013. Physics-based 3-D simulation for

earthquake generation cycles at plate interfaces in subduction zones, Pure Appl. Geophys., doi: 10.1007/s00024-013-0716-4.

- (2) Noda, A., Hashimoto, C., Fukahata, Y. & Matsu'ura, M., 2013. Interseismic GPS strain data inversion to estimate slip-deficit rates at plate interfaces: application to the Kanto region, central Japan, Geophysical Journal International, 193, 61-77.
- (3) Hashima, A., Fukahata, Y., Hashimoto, C. & Matsu'ura, M., 2013. Quasi-static strain and stress fields due to a moment tensor in elastic-viscoelastic layered half-space, Pure Appl. Geophys., doi: 10.1007/s00024-013-0728-0.

◆学術研究発表等（注：招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。）

- (1) Terakawa, T., Hashimoto, C. & Matsu'ura, M., 2013. Changes in Seismic Activity Following the 2011 Tohoku-oki Earthquake: Effects of Pore Fluid Pressure. Knowledge for the future IAHS-IAPOS-IA SPEI IUGG, Gothenburg, SWEDEN.

IV. 学内、研究科内での委員会活動

◆研究科内の委員会

- (1) 環境学研究科広報委員会委員
- (2) 理学部建築委員会委員
- (3) 地球惑星科学系研究委員会委員

I. 伊藤 武男

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術研究発表等（注：招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。）

- (1) Agustan, Sanjaya, H. & Ito, T., 2013. Jakarta Land Subsidence and Inundation Vulnerability Based on SAR Data. The 34th Asian Conference on Remote Sensing.
- (2) Gunawan, E., Sagiya, T., Ito, T., Kimata, F., Tabei, T., Ohta, Y., Meilano, I., Abidin, H.Z., Agustan, A., Nurdin, I. & Sugiyanto, D., 2013. Analysis of afterslip and viscoelastic relaxation following the 2004 Sumatra-Andaman earthquake from GPS observations in northern Sumatra. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (3) Ito, T., 2013 Crustal deformation detected by GPS observation network across the Sumatran fault system in northwestern Sumatra, Indonesia in The 3rd International Symposium on Earthquake and Disaster Mitigation. [招待講演].
- (4) Tabei, T., Ito, T., Kimata, F., Ohta, Y., Gunawan, E., Ismail, N., Sugiyanto, D. & Nurdin, I., 2013. Crustal deformation detected by GPS observation network across the Sumatran fault system in northwestern Sumatra, Indonesia. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (5) 伊藤武男, 2013. GPS-TEC Back Projection法による津波伝搬の推定. 日本地球惑星科学連合2013年大会, 千葉.
- (6) 伊藤武男, 2013. 測地学的手法を総合的に活用した地球内 部構造とダイナミクスの解明. 日本測地学会第120回講演会, 坪井賞受賞記念講演第21回個人賞. 東京. [招待講演].

- (7) 伊藤武男, Gunawan, E., 太田雄策, 田部井隆雄, 木股文昭, Ismail, N., Sugiyanto, D. & Nurdin, I., 2013. スマトラ断層北西部の GPS 観測網内で連続して発生した地震. 日本地震学会2013年秋季大会, 横浜.
- (8) 大久保慎人, 板場智史, 伊藤武男 & 加納靖之, 2013. ひずみ地震動 (S 波) 記録をもちいた発震機構解の推定. 日本測地学会第120回講演会, 東京.
- (9) 篠島僚平 & 伊藤武男, 2013. 沈み込む海洋プレートの変形を考慮したプレート境界面上での相対運動速度の推定. 日本地球惑星科学連合2013年大会, 千葉.
- (10) 鈴木翔太, 伊藤武男, 里嘉千茂 & 兵藤守, 2013. 3次元地下構造を考慮した有限要素法による 2011 年東北沖地震の粘弾性応. 日本地震学会2013年秋季大会, 横浜.

III. 国内外での学術活動

- (1) (社)日本地震学会 地方連絡員
- (2) 日本測地学会, 評議委員, 2012-
- (3) 日本測地学会, 庶務委員, 2012-

IV. 学内, 研究科内での委員会活動

- (1) ネットワーク委員会 (地球惑星系)

V. 委員会, 審議会等委員

- (1) 日本地震学会・夏の学校委員会, 委員, 2013.6.6-2014.3.31.

VI. 社会との連携 (注, 地域での活動を含む)

- (1) 地震学夏の学校 2013 -南海トラフの巨大地震-, 愛知県一宮市, 2013.9.11-13.

VII. 国際学術交流

- (1) Caltech との共同研究
- (2) ITB との共同研究
- (3) シアクラ大学との共同研究

I. 寺川 寿子

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. & Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan, *Tectonophysics*, 608, 138-148.

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Terakawa, T., Hashimoto, C. & Matsu'ura, M., 2013. Changes in Seismic Activity Following the 2011 Tohoku-oki Earthquake: Effects of Pore Fluid Pressure. *Knowledge for the future IAHS-IAPOS-IASPEI IUGG, Gothenburg, SWEDEN.*
- (2) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. & Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan. *AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.*

- (3) Nakamichi, H., Yamanaka, Y., Terakawa, T., Horikawa, S., Okuda, T. & Yamazaki, F., 2013. Detection and location of weak continuous tremor episodes using a seismic array during the 2011 Shinmoedake eruption activity of Kirishima volcano, southwest Japan (3W_2A-P18). IAVCEI.
- (4) 寺川寿子, 2013. 地震の発生における応力と流体の役割:2011年東北地方太平洋沖地震による誘発地震の発生を例に. 日本地球惑星科学連合 2013年大会,千葉. [招待講演].
- (5) 寺川寿子, Miller, S. & Deichmann, N., 2013. 地震メカニズムトモグラフィー法によるバーゼル地熱貯留槽での間隙流体圧分布の推定. 日本地球惑星科学連合 2013年大会, 千葉.
- (6) 寺川寿子 & Miller, S., 2013. 地震メカニズムトモグラフィー法によるバーゼル地熱貯留層での間隙流体圧分布の時間発展解析. 日本地震学会 2013年秋季大会, 横浜.
- (7) 松浦充宏, 野田朱美 & 寺川寿子, 2013. 沈み込み帯のプレート境界強度とテクトニック応力場. 日本地震学会 2013年秋季大会, 横浜.

III. 国内外での学術活動

◆学会の理事, 評議員等

- (1) 米国地球物理学会
- (2) (社)日本地震学会

IV. 学内, 研究科内での委員会活動

◆研究科内の委員会

- (1) 図書委員会

V. 委員会, 審議会等委員

- (1) 日本地震学会・夏の学校委員会, 委員長, 2013.6.6-2014.3.31.

VI. 社会との連携 (注, 地域での活動を含む)

- (1) 地震学夏の学校 2013 -南海トラフの巨大地震-, 愛知県一宮市, 2013.9.11-13.

VII. 国際学術交流

- (1) University of Bonn との共同研究
- (2) INGV との共同研究

I. 前田 裕太

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) Kumagai, H., Lacson, R., Jr., Maeda, Y., Figueroa, M.S., II, Yamashina, T., Ruiz, M., Palacios, P., Ortiz, H. & Yepes, H., 2013. Source amplitudes of volcano-seismic signals determined by the amplitude source location method as a quantitative measure of event size, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 257, 57-71.
- (2) Maeda, Y. & Kumagai, H., 2013. An analytical formula for the longitudinal resonance frequencies of a fluid-filled crack, Geophysical Research Letters, 40, 5108-5112.
- (3) Maeda, Y. & Kumagai, H., 2013. Effects of water domains on seismic wavefields: A simulation case study at Taal volcano, Philippines, Earth Planets and Space, 65, 85-96.

- (4) Maeda, Y., Kumagai, H., Lacson, R., Jr., Figueroa, M.S., II & Yamashina, T., 2013. Source process of long-period seismic events at Taal volcano, Philippines: Vapor transportation and condensation in a shallow hydrothermal fissure, *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 118, 2832-2846.

◆学術研究発表等（注：招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。）

- (1) Figueroa II, M., S., Lacson Jr., R., A., Kumagai, H., Maeda, Y. & et. al., 2013. Enhanced multi-parameter monitoring network in Taal Volcano, Philippines. IAVCEI.
- (2) Kumagai, H., Lacson Jr., R., Maeda, Y., FigueroaII, M., S., Yamashina, T., Ruiz, M., Palacios, P., Ortiz, H. & Yepes, H., 2013. Source amplitudes of volcano-seismic signals determined by the amplitude source location method as a quantitative measure of event size. IAVCEI.
- (3) Kumagai, H., Maeda, Y., Ichihara, M., Kame, N. & Kusakabe, T., 2013. Volume source representations (1): Seismic moment and volume change of a spherical source. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (4) Maeda, Y. & Kumagai, H., 2013. An analytical formula for the longitudinal resonance frequencies of a fluid-filled crack. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (5) Maeda, Y., Kumagai, H., Lacson Jr., R., Figueroa II, M.S. & Yamashina, T., 2013. Source process of long-period seismic events at Taal volcano, Philippines: Vapor transportation and condensation in a shallow hydrothermal fissure. IAVCEI.
- (6) V Bornas, M.A., Kumagai, H., Newhall, C., Hidayat, D., Maeda, Y. & et.al, 2013. Evolving Multi-Parameter Monitoring Network in Mayon Volcano, Philippines. IAVCEI .
- (7) 前田裕太 & 熊谷博之, 2013. 流体で満たされたクラックの長軸モード振動周波数の解析式. 日本地球惑星連合 2013 年大会, 千葉.
- (8) 熊谷博之, Lacson, R., 前田裕太, Figueroa, M., 山品匡史, Ruiz, M., Palacios, P., Ortiz, H. & Yepes, H., 2013. 高周波震源振幅を用いた火山性地震の規模指標. 日本地球惑星連合 2013 年大会, 千葉.
- (9) 熊谷博之, 前田裕太, 市原美恵, 亀伸樹 & 日下部哲也, 2013. 球状震源の地震モーメントと体積変化の再考察. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.

I. 渡部 豪

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術研究発表等（注：招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。）

- (1) Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Ohta, Y., Tadokoro, K., Watanabe, T., Nagai, S., Yasuda, K., Okuda, T. & Yamamoto, J., 2013. Precision evaluation for intensive GPS acoustic measurements along Japan trench. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (2) Tadokoro, K., Yasuda, K., Fujii, C., Watanabe, T. & Nagai, S., 2013. GPS/acoustic Seafloor Geodetic Observations Near the Nankai Trough Axis. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.

- (3) Yasuda, K., Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from seafloor geodetic measurement at the shallow subduction zone of the northernmost Suruga Trough, Japan. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (4) Tadokoro, K., Watanabe, T., Fujii, C., Yasuda, K. & Nagai, S., 2013. Seafloor crustal deformation associated with the plate convergence at the Nankai Trough, Japan. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
- (5) Watanabe, T., Tadokoro, K., Ikuta, R., Nagai, S., Okuda, T., Yasuda, K., Sakata, T. & Kuno, M., 2013. Crustal deformation along the Nankai subduction zone inferred from onshore GPS velocities and seafloor geodetic observations. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
- (6) Nagai, S., Tadokoro, K., Watanabe, T., Sakata, T. & Yasuda, K., 2013. Positioning accuracy of seafloor benchmark due to acoustic velocity heterogeneity via numerical simulation for development of seafloor geodesy. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
- (7) Yasuda, K., Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from the seafloor crustal deformation measurement at the northern part of the Suruga Bay, Japan. IASPEI, Gothenburg, Sweden.
- (8) 向山遼, 生田領野, 田所敬一, 永井悟, 渡部豪 & 佐柳敬造, 2013. 複数ブイを用いた海底地殻変動観測手法の開発 -音速構造の空間変化の克服を目指して-. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (9) 安田健二, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 生田領野 & 佐柳敬三, 2013. 海底地殻変動観測から得られた駿河トラフ浅部におけるプレート間固着. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (10) 木戸元之, 長田幸仁, 山本淳平, 藤本博己, 太田雄策, 中山貴史, 海田俊輝, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 奥田隆 & 安田健二, 2013. 日本海溝沿いの海底地殻変動観測点の強化と観測の開始について. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (11) 渡部豪, 田所敬一, 永井悟, 安田健二, 藤井越百 & 久野正博, 2013. 南海トラフの海底地殻変動観測と海溝軸付近の地殻変動. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (12) 田所敬一, 安田健二, 藤井越百, 渡部豪 & 永井悟, 2013. 南海トラフ軸近傍およびフィリピン海プレートへの海底地殻変動観測点の新設. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (13) 藤井越百, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 安田健二, 奥田隆 & 生田領野, 2013. 熊野灘での海底地殻変動観測における高精度・高空間分解能化への取り組み. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.

I. 永井 悟

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Chao, K., Obara, K., Nagai, S., Hirata, N., Pu, H.-C., Peng, Z., Hsu, Y.-J., Wech, A., Ching, K.-E., Leu, P.-L., Shin, T.-S., & Huang, B.-S., 2013. Non-volcanic tremor characteristics and tremor generation environment in Taiwan and a case study of their stress interaction

- with local earthquakes. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (2) Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Ohta, Y., Tadokoro, K., Watanabe, T., Nagai, S., Yasuda, K., Okuda, T. & Yamamoto, J., 2013. Precision evaluation for intensive GPS acoustic measurements along Japan trench. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
 - (3) Tadokoro, K., Yasuda, K., Fujii, C., Watanabe, T. & Nagai, S., 2013. GPS/acoustic Seafloor Geodetic Observations Near the Nankai Trough Axis. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
 - (4) Yasuda, K., Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from seafloor geodetic measurement at the shallow subduction zone of the northernmost Suruga Trough, Japan. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
 - (5) Tadokoro, K., Watanabe, T., Fujii, C., Yasuda, K. & Nagai, S., 2013. Seafloor crustal deformation associated with the plate convergence at the Nankai Trough, Japan. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
 - (6) Watanabe, T., Tadokoro, K., Ikuta, R., Nagai, S., Okuda, T., Yasuda, K., Sakata, T. & Kuno, M., 2013. Crustal deformation along the Nankai subduction zone inferred from onshore GPS velocities and seafloor geodetic observations. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
 - (7) Nagai, S., Tadokoro, K., Watanabe, T., Sakata, T. & Yasuda, K., 2013. Positioning accuracy of seafloor benchmarker due to acoustic velocity heterogeneity via numerical simulation for development of seafloor geodesy. IASPEI, Gothenburg, SWEDEN.
 - (8) Yasuda, K., Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from the seafloor crustal deformation measurement at the northern part of the Suruga Bay, Japan. IASPEI, Gothenburg, Sweden.
 - (9) 向山遼, 生田領野, 田所敬一, 永井悟, 渡部豪 & 佐柳敬造, 2013. 複数ブイを用いた海底地殻変動観測手法の開発 -音速構造の空間変化の克服を目指して-. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
 - (10) 安田健二, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 生田領野 & 佐柳敬三, 2013. 海底地殻変動観測から得られた駿河トラフ浅部におけるプレート間固着. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
 - (11) 木戸元之, 長田幸仁, 山本淳平, 藤本博己, 太田雄策, 中山貴史, 海田俊輝, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 奥田隆 & 安田健二, 2013. 日本海溝沿いの海底地殻変動観測点の強化と観測の開始について. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
 - (12) 渡部豪, 田所敬一, 永井悟, 安田健二, 藤井越百 & 久野正博, 2013. 南海トラフの海底地殻変動観測と海溝軸付近の地殻変動. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
 - (13) 田所敬一, 安田健二, 藤井越百, 渡部豪 & 永井悟, 2013. 南海トラフ軸近傍およびフィリピン海プレートへの海底地殻変動観測点の新設. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
 - (14) 藤井越百, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 安田健二, 奥田隆 & 生田領野, 2013. 熊野灘での海底地殻変動観測における高精度・高空間分解能化への取り組み. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.

- (15) Chao, K., Obara, K., Nagai, S., Hirata, N., Pu, H.-C., Peng, Z., Hsu, Y.-J., Wech, A., Ching, K.-E., Leu, P.-L., & Shin, T.-S., 2013. Non-volcanic tremor characteristics in Taiwan and a case study of their stress interaction with local earthquakes. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.

I. 鹿倉 洋介

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) Shikakura, Y., Fukahata, Y. & Hirahara, K., 2014. Long-term changes in the Coulomb failure function on inland active faults in southwest Japan due to east-west compression and interplate earthquakes, *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 119, 502-518.

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Shikakura, Y., Fukahata, Y. & Hirahara, K., 2013. Long-term Stress Changes in Southwest Japan due to East-West Compression and Interplate Earthquakes and Spatiotemporal Pattern of Historical Inland Earthquakes. AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, USA.
- (2) 鹿倉洋介, 深畑幸俊 & 平原和朗, 2013. 近畿地方周辺の内陸地震発生と南海トラフ巨大地震の時空間的關係. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

I. 國友 孝洋

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) 國友孝洋, 山岡耕春, 渡辺俊樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 生田領野, 加藤愛太郎, 飯高隆, 津村紀子 & 大久保慎人, 2014. 弾性波アクロスによる東海地域地殻の P 波および S 波速度構造の推定. *地震第 2 輯*. 67, 1, 1-24. (accepted March 11, 2014)
- (2) 國友孝洋, 2014. Hi-net データによる走時変化計測の高精度化. *地震第 2 輯*. 66,4, 97-112.

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Yamaoka, K., Miyamachi, H., Iguchi, M., Watanabe, T., Kunitomo, T., Yakiwara, H., Ikuta, R., Active monitoring at Active Volcano - Performance of ACROSS at Sakurajima volcano, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 2013. Kagoshima, Japan.
- (2) Miyamachi, H., Yamaoka, K., Iguchi, M., Yakiwara, H., Kunitomo, T., Watanabe, T., Ikuta, R. Active monitoring at Active Volcano - Monitoring temporal change of transfer function in Sakurajima volcano, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 2013. Kagoshima, Japan.
- (3) 國友孝洋, 2013. 弾性波アクロス信号の観測によって得られた東海地域における地殻上部の地震波速度の経年変化. 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜.
- (4) 國友孝洋, 2013. 東海地域の Hi-net で観測された土岐からの弾性波アクロス信号の走時変化

(2004年～2012年) . 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

- (5) 國友孝洋, 2013. 走時変化の精密計測のための Hi-net のサンプリングクロックの精度評価とデータ補正法. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (6) 宮町宏樹, 八木原寛, 山岡耕春, 渡辺俊樹, 國友孝洋, 井口正人, 為栗健, 三ヶ田均, 清水洋, 竹中博士 & 生田領野, 2013. 桜島火山におけるアクロスを用いた能動的モニタリングー観測報告 2ー. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.
- (7) 竹中博士, 藤岡慧, 中村武史, 岡元太郎, 宮町宏樹, 八木原寛, 山岡耕春, 國友孝洋, 渡辺俊樹, 井口正人, 為栗健, 三ヶ田均 & 清水洋, 2013. 桜島火山における ACROSS 震源位置で励起された弾性波の伝播シミュレーション. 日本火山学会 2013 年秋季大会, 福島.
- (8) 高岡宏之, 津村紀子, 加藤愛太郎, 吉田康宏, 勝俣啓, 山岡耕春, 國友孝洋, 山崎文人 & 大久保慎人, 2013. スペクトル比法を用いた東海地域における地震波減衰構造の推定. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

I. Rahma Hanifa Gunawan

II. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術研究発表等 (注: 招待講演の場合はその旨を付記。共同発表を含む。)

- (1) Hanifa N. R., Sagiya, T., Kimata, F., Effendi, J., Hasanuddin, Z.A. & Meilano, I., 2013. A Shallow Interplate Coupling Model in The Java Trench, Off The Western Coast of Java, Indonesia, Revealed from GPS Data. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉.

3-3. 大学院学生の研究活動報告

I. 学術研究発表等

◆日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉, 2013.5.

- (1) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造の地震波干渉法イメージング.
- (2) **Angela Meneses, & Sagiya, T.**, 2013. Time-dependent crustal deformation associated with the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-Oki earthquakes.
- (3) 大藪竜童, 山中佳子 & 中道治久, 2013. 御嶽山周辺の群発地震域における V_p/V_s の推定.
- (4) 吉本昌弘 & 山中佳子, 2013. 遠地実体波を用いた 2004 年スマトラ島沖地震の震源過程解析.
- (5) 篠島僚平 & 伊藤武男, 2013. 沈み込む海洋プレートの変形を考慮したプレート境界面上での相対運動速度の推定.
- (6) 木戸元之, 長田幸仁, 山本淳平, 藤本博己, 太田雄策, 中山貴史, 海田俊輝, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 奥田隆 & **安田健二**, 2013. 日本海溝沿いの海底地殻変動観測点の強化と観測の開始について.
- (7) 川崎悠介, 渡辺俊樹, 伊藤谷生, 狩野謙一, 池田安隆, 津村紀子, 野崎謙治, 阿部信太郎, 武田哲也, 阿部進, 藤原明 & 白石和也, 2013. 富士川河口断層帯—糸静横断深部地殻反射法探査で観測された地震記録の地震波干渉法イメージング.

◆日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜, 2013.10.

- (1) 崎山恵理, 渡辺俊樹, 山岡耕春 & 生田領野, 2013. 地震波ノイズ干渉法を使用した 2009 年駿河湾の地震前後の地震波伝播特性の変化の検出.
- (2) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造のイメージング.
- (3) 田所敬一, **安田健二**, 藤井越百, 渡部豪 & 永井悟, 2013. 南海トラフ軸近傍およびフィリピン海プレートへの海底地殻変動観測点の新設.
- (4) **安田健二**, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, 生田領野 & 佐柳敬三, 2013. 海底地殻変動観測から得られた駿河トラフ浅部におけるプレート間固着.
- (5) 藤井越百, 田所敬一, 渡部豪, 永井悟, **安田健二**, 奥田隆 & 生田領野, 2013. 熊野灘での海底地殻変動観測における高精度・高空間分解能化への取り組み.
- (6) 渡部豪, 田所敬一, 永井悟, **安田健二**, 藤井越百 & 久野正博, 2013. 南海トラフの海底地殻変動観測と海溝軸付近の地殻変動.
- (7) 吉本昌弘 & 山中佳子, 2013. 後続波も含めた遠地実体波による 2010 年チリ地震 (Mw8.8) の震源過程.
- (8) 伊藤武男, **Gunawan, E.**, 太田雄策, 田部井隆雄, 木股文昭, Ismail, N., Sugiyanto, D. & Nurdin, I., 2013. スマトラ断層北西部の GPS 観測網内で連続して発生した地震.

- (9) 鈴木翔太, 伊藤武男, 里嘉千茂 & 兵藤守, 2013. 3次元地下構造を考慮した有限要素法による 2011 年東北沖地震の粘弾性応答.

◆日本測地学会第 120 回講演会, 東京, 2013.10.

- (1) 中村保彦, 田部井隆雄, 大倉敬宏, 木股文昭, Bacolol, C. T. & **Gunawan, E.**, 2013. フィリピン・ミンダナオ島におけるフィリピン海プレート収束の解明.

◆公益社団法人物理探査学会 (平成 25 年度秋季) 学術講演会, 高知, 2013.10.

- (1) 戸谷真亜久, 渡辺俊樹, 山岡耕春, 加藤愛太郎, 飯高隆, 生田領野, 津村紀子, 大久保慎人 & 鈴木貞臣, 2013. 深発地震を用いた東海地域の地殻構造のイメージング.
(2) 川崎悠介, 渡辺俊樹, 伊藤谷生, 狩野謙一, 阿部進, 藤原明 & 白石和也, 2013. 2012FIST 研究グループ, 反射法探査で観測された自然地震記録の地震波干渉法を用いた地下構造イメージング.

◆AGU 2013, Fall Meeting, San Francisco, USA, 2013.12.

- (1) **Totani, M.**, Watanabe, T., Yamaoka, K., Kato, A., Iidaka, T., Ikuta, R., Tsumura, N., Okubo, M. & Suzuki, S., 2013. Seismic interferometry imaging of subducting Philippine Sea plate and crustal structure in Tokai region, central Japan using natural earthquakes.
(2) **Gunawan, E.**, Sagiya, T., Ito, T., Kimata, F., Tabei, T., Ohta, Y., Meilano, I., Abidin, H.Z., Agustan, A., Nurdin, I. & Sugiyanto, D., 2013. Analysis of afterslip and viscoelastic relaxation following the 2004 Sumatra-Andaman earthquake from GPS observations in northern Sumatra.
(3) Tabei, T., Ito, T., Kimata, F., Ohta, Y., **Gunawan, E.**, Ismail, N., Sugiyanto, D. & Nurdin, I., 2013. Crustal deformation detected by GPS observation network across the Sumatran fault system in northwestern Sumatra, Indonesia.
(4) **Angela del Valle Meneses, G.** & Sagiya, T., 2013. Time-Dependent Crustal Deformation Associated With the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-Oki Earthquakes.
(5) Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Ohta, Y., Tadokoro, K., Watanabe, T., Nagai, S., **Yasuda, K.**, Okuda, T. & Yamamoto, J., 2013. Precision evaluation for intensive GPS acoustic measurements along Japan trench.
(6) **Yasuda, K.**, Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from seafloor geodetic measurement at the shallow subduction zone of the northernmost Suruga Trough.,
(7) Tadokoro, K., **Yasuda, K.**, **Fujii, C.**, Watanabe, T. & Nagai, S., 2013. GPS/acoustic Seafloor Geodetic Observations Near the Nankai Trough Axis.

◆IASPEI General Assembly 2013, Gothenburg, SWEDEN, 2013. 7.

- (1) Watanabe, T., Tadokoro, K., Ikuta, R., Nagai, S., Okuda, T., **Yasuda, K.**, Sakata, T., Kuno, M., 2013. Crustal deformation along the Nankai subduction zone inferred from onshore GPS velocities and seafloor geodetic observations.
- (2) Tadokoro, K., Watanabe, T., **Fujii, C.**, **Yasuda, K.** & Nagai, S., 2013. Seafloor crustal deformation associated with the plate convergence at the Nankai Trough, Japan.
- (3) Nagai, S., Tadokoro, K., Watanabe, T., Sakata, T. & **Yasuda, K.**, 2013. Positioning accuracy of seafloor benchmarker due to acoustic velocity heterogeneity via numerical simulation for development of seafloor geodesy.
- (4) **Yasuda, K.**, Tadokoro, K., Ikuta, R., Watanabe, T., Nagai, S. & Sayanagi, K., 2013. Interplate locking derived from the seafloor crustal deformation measurement at the northern part of the Suruga Bay, Japan.

3-4. 技術職員の業務報告

堀川 信一郎

I. 職名：全学技術センター教育, 研究支援室計測制御系 副技師

II. 業務内容

- (1) テレメータ室及びテレメータシステムに関する業務
 - ・第一級陸上特殊無線技士
- (2) 地震及び地殻変動観測点の保守業務
- (3) 三河地方における地震アレイ観測に関する業務
- (4) 東北地方太平洋沖地震に伴う臨時観測業務
- (5) 濃尾地震地域合同観測による観測点保守業務
- (6) 濃尾断層帯・ひずみ集中帯でのGPS観測に関する業務
- (7) アクロスシステムに関する業務
- (8) 安全衛生管理等に関する業務
 - ・理学部・理学研究科安全衛生委員
 - ・名古屋大学廃棄物処理取扱者
- (9) 全学技術センターおよび理学部技術組織に関する業務
 - ・理学部技術情報委員会 委員
 - ・理学部研修・編集委員会 委員
 - ・2013年度名古屋大学技術職員研修「計測・制御」コース 講師

III. 論文, 著書, 研究発表等

◆学術論文 (レフェリーあり)

- (1) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. & Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan, *Tectonophysics*, 608, 138-148.

◆学術研究発表等 (注：招待講演の場合はその旨を付記)

- (1) Terakawa, T., Yamanaka, Y., Nakamichi, H., Watanabe, T., Yamazaki, F., Horikawa, S. & Okuda, T., 2013. Effects of pore fluid pressure and tectonic stress on diverse seismic activities around the Mt. Ontake volcano, central Japan. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA.
- (2) Nakamichi, H., Yamanaka, Y., Terakawa, T., Horikawa, S., Okuda, T. & Yamazaki, F., 2013. Detection and location of weak continuous tremor episodes using a seismic array during the 2011 Shinmoedake eruption activity of Kirishima volcano, southwest Japan (3W_2A-P18). IAVCEI.

- (3) 筒井智樹, 井口正人, 為栗健, 渡邊幸弘, 大島弘光, 植木貞人, 山本希, 豊国源知, 野上健治, 大湊隆雄, 及川純, 市原美恵, 中道治久, 大倉敬宏, 清水洋, 宮町宏樹, 八木原寛, 園田忠臣, 高山鐵朗, 渡邊篤志, 堀川信一郎, 吉川慎, 平野舟一郎, 加藤幸司, 池田啓二, 松末伸一, 芥川真由美, 小窪則夫, 宇都宮真吾 & 中橋正樹, 2013. 桜島火山における反復地震探査 (第4回目). 日本地球惑星科学連合同大会, 横浜.

◆技術報告等

- (1) 堀川信一郎, 地震観測点の設置とその保守管理業務について, 名古屋大学理学部技術報告 VOL.18 (2014.3)
- (2) 堀川信一郎, 名古屋大学技術研修「計測・制御コース」担当メンバー, IEEE802.15.4 準拠の小電力無線デバイスとその利用方法について, 平成25年度東京大学地震研究所職員研修会 (1-03) 2014.01.22.

松廣 健二郎

I. 職名: 全学技術センター教育, 研究支援室計測制御系 副技師

II. 業務内容

- (1) 海底地殻変動観測システム開発のための実験、観測等に関する業務
- (2) テレメータ室及びテレメータシステムに関する業務
- (3) GPS観測等地殻変動観測に関する業務
- ・ 東海地区のGPS観測点の増設
 - ・ 日本海東縁ひずみ集中帯GPS観測
- (4) 地震, 火山観測についての業務
- (5) 琉球海溝における観測研究に関する業務
- ・ 喜界島における水準測量
 - ・ 横当島へのGPS観測点の設置

3-5. 受託・委託研究の報告

1. 海底における観測技術の開発と高度化

—移動観測における高精度かつ高効率な海底地殻変動観測・解析技術の開発—

[業務担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 田所敬一]

2. 地震・津波の予測精度の高度化に関する研究

—地殻応力の蓄積と地震発生シミュレーション—

[業務担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 橋本千尋]

3-5-1.

移動観測における高精度かつ高効率な海底地殻変動観測・解析技術の開発

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

移動観測における高精度かつ高効率な海底地殻変動観測・解析技術の開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
名古屋大学大学院・環境学研究科	准教授	田所敬一	tad@seis.nagoya-u.ac.jp

(c) 業務の目的

今後予想される海溝型巨大地震の想定震源域は海域にあり、その周辺における地殻変動観測により、プレート境界の固着状態の空間分布を把握し、その時間変動をモニターすることが今後の重要な課題である。そのためには、想定震源域とその周辺における広域・高密度で精密な地殻変動連続観測が必要である。しかし、現状のGPS音響結合方式の海底地殻変動観測には、測位精度が条件により1~5 cm程度、観測の結果が得られるのが1か月程度経過してからである等の問題点が存在する。本研究は、その海底地殻変動の高度化を実現するために必要な観測システム及び解析手法を開発することを目的とするものである。4年間の研究により、1回の測位精度を1 cm程度まで向上させ、海溝型巨大地震の想定震源域内及びその周辺における広域・高密度観測を進め、時系列として座標値の速報値を半日程度の観測の終了後、1日程度の解析時間で求めることを目標とする。今後の観測形態としては、船を用いた移動観測と係留ブイを用いた連続観測の双方が必要となることを踏まえ、本業務項目では、移動観測における高精度かつ高効率な海底地殻変動観測・解析技術の開発を目標として、以下の研究開発を進める。

・高精度な観測に向けた開発

本項目の目標は、現在の海底地殻変動観測において1回の測位の高精度化を妨げている主たる要因と考えられる海中音速の傾斜構造を推定する手法等を確立することである。そのために、複数の海上局を用いた海中音速構造の空間変化の推定（傾斜解析）、長期間のデータを統合した解析（統合解析）手法の開発を実施する。

・高精度な地殻変動解析結果を迅速に得ることが可能な解析手法の確立

本項目の目標は、海底地殻変動観測を広域かつ高密度で実施した場合に得られる大量の観測データを迅速に解析し測位結果を得ることを目標とする。そのために、キネマティックGPS（以後KGPSとする）解析に3時間遅れで提供される超速報暦等を用いてその測位精度評価を行うとともに、音響自動解析アルゴリズムの開発を実施する。

・効率的な広域高密度観測が可能なシステムの開発

本項目では、現状では1~2日程度の観測時間で達成されている精度1 cm（好条件時）の海底測位を最終的には半日程度の観測時間で達成することを目標とする。そのために、

複数海底局同時測距システムの開発を実施する。

(d) 4 か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成 22 年度：

複数海上局システムの構築のため、小型ブイへの搭載機器の選定とハード部分の設計を行った。また、複数海上局システムを用いた際、海底局位置を最もよく推定できる海底局配置の拡がり（直径）は水深の $\sqrt{2}$ 倍程度であり、ブイ-海底局のジオメトリは相互に食い違う正三角形が望ましいこと、ブイは水平の一様な移動よりは三角形の収縮の変形に弱いことがわかった。傾斜解析アルゴリズム及び統合解析アルゴリズムの基本設計を得た。傾斜推定アルゴリズムは、従来手法に比べ、バイアス誤差を減らすことができた。超速報暦が KGPS 測位に有効である可能性が示された。海面での反射波の影響によって真の到達時刻を誤って読み取ってしまうという現象が生じることが数値実験により明らかになった。また、反射波を自動で取り除き、正確な信号到達時刻を得ることができる音響自動解析アルゴリズムの基本設計を得た。

2) 平成 23 年度：

高精度な観測に向けた開発として、音響測距海上局システムを開発し、3 台製作した。熊野灘の実海域で観測を行い、過去のデータも含めて取得したデータの利用によって傾斜解析アルゴリズムの検証を行い、深さ 100~600 m の海中層で約 1.5 m/s の音速変化を検出できることが明らかとなった。また、統合解析アルゴリズムを用いて解析を行った結果、年間 4~5 mm の精度で海底の変位速度を測定することに成功した。

高精度な地殻変動解析結果を迅速に得ることが可能な解析手法の確立のため、熊野灘の実海域で取得した GPS 測位データ等を用いた研究により、KGPS 測位精度は、超速報暦を用いた場合も精密報暦を用いた場合とほぼ同等であり、超速報暦の利用が KGPS 測位の迅速化手段に有効であることが分かった。音響自動解析アルゴリズムの開発を行い、海面での反射波の影響を自動で除去し、迅速に解析が行えるデータセットが作成できる方策を得た。

効率的な広域高密度観測が可能なシステムの開発のため、最低でも既存の 3 つの海底局との間をほぼ同時に測距できる複数海底局同時測距システムの基本設計を得た。

3) 平成 24 年度：

高精度な観測に向けた開発のために、前年度に開発した音響測距海上局システムの実海域試験を実施し、海中音速構造の空間変化の推定への有効性を評価した。また、熊野灘の実海域で引き続き観測を行い、取得した音響測距データ等及び過去のデータも利用して、傾斜解析アルゴリズムの試験及び傾斜解析に対応した統合解析アルゴリズムを開発した。

高精度な地殻変動解析結果を迅速に得ることが可能な解析手法の確立のために、熊野灘の実海域で引き続き観測し取得した GPS 測位データ等を用いて、前年度までに検討した KGPS 測位の迅速化手段と音響自動解析アルゴリズムの試験を行った。

効率的な広域高密度観測が可能なシステムの開発のために、前年度に開発した最低でも既存の 3 つの海底局との間をほぼ同時に測距できるシステムの実海域試験を行った。

4) 平成 25 年度 :

高精度な観測に向けた開発のために、前年度までに開発・試験を行った音響測距海上局システム及び傾斜解析アルゴリズムを熊野灘（三重県紀伊勝浦及び浜島沖）、駿河湾（清水沖）等での実海域観測に適用し、1 回の観測による測位精度 1cm の達成を試みるとともに、今後の課題を抽出する。

高精度な地殻変動解析結果を迅速に得ることが可能な解析手法の確立のために、前年度までに検討したキネマティック GPS 測位（KGPS 測位）の迅速化手段と音響自動解析アルゴリズムの適用を上記の実海域観測とともに実施し、解析結果を迅速に得る手段を確立するとともに、今後の課題を抽出する。

効率的な広域高密度観測が可能なシステムの開発のために、前年度までに開発した既存の 3 つの海底局との間をほぼ同時に測距できるシステムの適用を上記の実海域観測とともに実施し、1 回の観測期間の短縮を目指すとともに、今後の課題を抽出する。

(e) 平成 25 年度業務目的

高精度な観測に向けた開発のため、前年度までに開発・試験を行った音響測距海上局システム及び傾斜解析アルゴリズムを熊野灘（三重県紀伊勝浦及び浜島沖）、駿河湾（清水沖）等での実海域観測に適用し、1 回の観測による測位精度 1cm の達成を試みるとともに、今後の課題を抽出する。高精度な地殻変動解析結果を迅速に得ることが可能な解析手法の確立のため、前年度までに検討したキネマティック GPS 測位（KGPS 測位）の迅速化手段と音響自動解析アルゴリズムを実海域観測に適用し、解析結果を迅速に得る手段を確立するとともに、今後の課題を抽出する。効率的な広域高密度観測が可能なシステムの開発のため、前年度までに開発した既存の 3 つの海底局との間をほぼ同時に測距できるシステムを実海域観測に適用し、1 回の観測期間の短縮を目指すとともに、今後の課題を抽出する。

(2) 平成 25 年度の成果

(a) 業務の要約

高精度な観測に向けた開発のために、前年度までに開発・試験を行った音響測距海上局システム及び傾斜解析アルゴリズムを熊野灘（三重県紀伊勝浦及び浜島沖）、駿河湾（清水沖）等での実海域観測に適用した。その結果、海中音速構造に明瞭な傾斜が生じていた一部のエポックでは傾斜解析によってトレンドからのバイアスを 4～5cm 程度低減することに成功した。しかし、海中音速構造に明瞭な傾斜がない場合は、観測船が周回しながら測距を行う現行のスタイルでの高精度な測位は困難であり、海中音速の空間変化と時間変化を明確に分離できる観測スタイルの構築が課題となった。

高精度な地殻変動解析結果を迅速に得ることが可能な解析手法の確立のために、前年度までに検討したキネマティック GPS 測位（KGPS 測位）の迅速化手段と音響自動解析アルゴリズムを実海域観測に適用した。その結果、3 時間遅れで提供される超速報暦が海底地殻変動観測の際の KGPS 測位にも使用可能であり、解析の迅速化に超速報暦が有効であることが改めて確認された。他の GPS 解析方法を用いて速報的な解を得ようとする場合でも測位精度の保証がなされているかを測位結果の精度指標等を用いて検討する必要があるが、これは各解析方法を用いることが検討された際の課題とした

い。

効率的な広域高密度観測が可能なシステムの開発のために、前年度までに開発した既存の3つの海底局との間をほぼ同時に測距できるシステムを実海域観測に適用した。その結果、1回の観測においてこれまでの半分強（半日～1日程度）の時間で同程度の数の音響測距データが得られるようになり、本システムが観測の効率化に寄与することが改めて確認された。しかし、現行システムでは斜距離が同程度の複数の海底局との測距の際に両方の海底局からの測距信号が収録できない問題があり、連続収録等のシステムへの変更が課題として残った。

(b) 業務の実施方法

本年度の業務項目は、下記の4項目とした。

- 1) 傾斜解析とその適用・課題
- 2) 複数海上局システムの実海域試験と課題
- 3) 超速報暦を用いた KGPS 測位の迅速化手段の適用と課題
- 4) 複数海底局同時測距システムの適用と課題

各項目の実施方法は以下の通りである。詳しくは次節「(c)業務の成果」で述べる。

1)では、前年度までに開発・試験を行った音響測距海上局システム及び傾斜解析アルゴリズムを熊野灘（三重県紀伊勝浦及び浜島沖）、駿河湾（清水沖）等での実海域観測に適用し、その有効性の評価を行うとともに、今後の課題を抽出する。実海域観測データの解析では、音響自動解析アルゴリズムを適用する。

2)では、複数海上局システムを実海域観測に投入し、残された課題を抽出する。

3)では、超速報暦の KGPS 解析の迅速化への有効性と超速報暦を用いる際の問題点をまとめるとともに、今後の課題を抽出する。

4)では、最終試験として3つの海底局との間をほぼ同時に測距できるシステムを実海域観測に適用し、今後システムを洗練するために解決すべき残された課題を抽出する。

(c) 業務の成果

1) 傾斜解析とその適用・課題

海底ベンチマーク位置を決定する際には、海中音速構造は音響測距を行った各瞬間では水平成層構造をしていると仮定している。各エポックの観測毎に海中音速構造に不均質性（傾斜構造）があった場合には、海底局位置と海中音速構造との間にトレードオフが生じ、海底ベンチマーク位置決定誤差（座標のずれ）を大きくする要因となりうる。この問題を回避するには、海底ベンチマーク位置を決定する際に、海中音速の傾斜構造を考慮した解析を行う必要がある。

そこで、2009年8月25日に熊野灘 KMS 観測点で取得したデータをサンプルとして、海中音速構造の検出とそれを考慮した解析を行った。必要となる音響測距データセットを作成する際には、昨年度までに構築した音響自動解析アルゴリズムを使用した。当日、この海域は黒潮反流の直上にあり、NOAA の衛星画像解析による海面温度分布によると、東北東方向に 3.8km 離れると海面温度が約 0.5℃ 低下する状況であったことが分かっており（図 1）、本解析手法を適用する場合のサンプルとして適していると判断した。

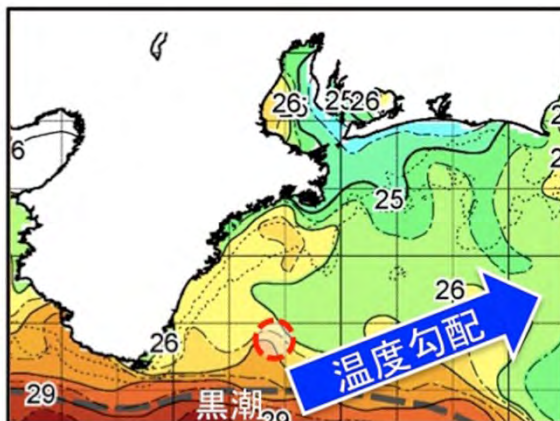


図1 2009年8月25日の熊野灘 KMS 観測点 (赤破線内) 付近の海面温度 (コンター) 分布。三重県水産研究所による。

観測の際は、海底ベンチマーク位置に重心をもつ六角形の航跡上で音響測距を行っている。さらに、解析の際には海中音速構造は水平成層構造をしていると仮定している。したがって、もし正しい位置に海底ベンチマークが決まっており、かつ海中音速構造に傾斜があれば、走時残差はほぼサインカーブを描くはずである。ところが、海中音速構造の時間変化分は解析の際に推定しており、傾斜構造に起因するサインカーブ状の走時残差を時間変化が原因であると解釈してしまい、走時残差のサインカーブ状の時間的変化を除去する (走時残差の時系列が直線状になる) ように海底ベンチマークを誤って決定してしまう可能性がある。

音速構造の時間変化は、次の式で表現している¹⁾：

$$V(z, t) = a(t)V_0(z)$$

ここで、 z と t は深さと時間、 $a(t)$ は音速補正係数である。 $V_0(z)$ は CTD 計測のデータから得られた音速構造である。音速の時間変化を表す補正係数 $a(t)$ と海底ベンチマーク位置を同時に推定する際の式を以下に示す：

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 [T_{obs}(\mathbf{x}_{Si}) - T_{cal}(\mathbf{x}_{Uj}, \mathbf{x}_{Si}, V(z, t))]^2 + \mu^2 \int \left(\frac{\partial a(t)}{\partial t} \right)^2 dt \rightarrow \min.$$

ここで、 \mathbf{x}_{Uj} は j 番目の海底局位置、 \mathbf{x}_{Si} は i 番目の音響測距時の観測船の位置、 T_{obs} は音波の観測走時、 T_{cal} は音波の理論走時、そして μ は音速補正係数 $a(t)$ の時間的な滑らかさを司るハイパーパラメタである。既存解析では、音響測距データの数を前半と後半の2つに分けて決定した海底局の水平位置を \mathbf{X}_1 および \mathbf{X}_2 、全ての音響測距データで求めた海底局の水平位置を \mathbf{X}_{All} として、次の式の条件を最も満足する値が最適な μ として用いられている：

$$\|\mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_{All}\|^2 + \|\mathbf{X}_2 - \mathbf{X}_{All}\|^2 \rightarrow \min.$$

前述の通り、この方法では走時残差のサインカーブ状の変化を除去するように海底ベンチマークを誤って決定してしまう可能性がある。そこで、音速の時間変化を推定しないことにより、空間変化を時間変化に押し付けて解析する事を防ぎ、海底ベンチマーク位置のずれを生じさせないために、 μ の値を無限大にした (a の時間変化の割合を限りなく 0 に近づけた)。図 2 に μ の値を無限大にして解析したときの走時残差を示す。ただし、横軸は海底ベンチマーク位置からの方位角 (北から時計回り) である。既存解析の方法 ($\mu=10^5$) で解析したときの走時残差の傾向 (図 3) と比較すると、既存解析の方法で解析した方 (図 3) が走時残差をより直線的に変化するように海底ベンチマーク位置を決定していることが分かる。したがって、海中音速構造が傾斜している場合、水平成層であるとして解いているため、既存解析の方法で解析した場合は海底ベンチマーク位置が誤って決定されていることになる。

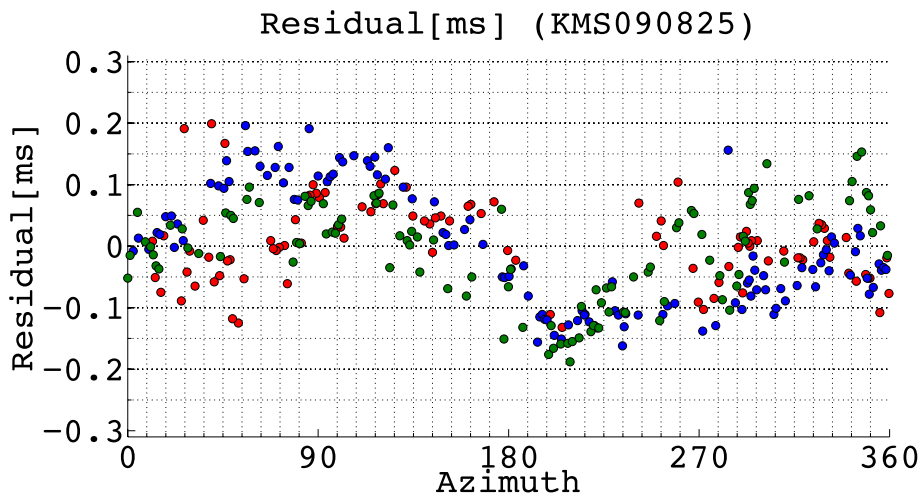


図 2 μ の値を無限大にして解析したときの走時残差。横軸は海底ベンチマーク位置からの方位角 (北から時計回り)。色の違いは海底局の違いを示す。

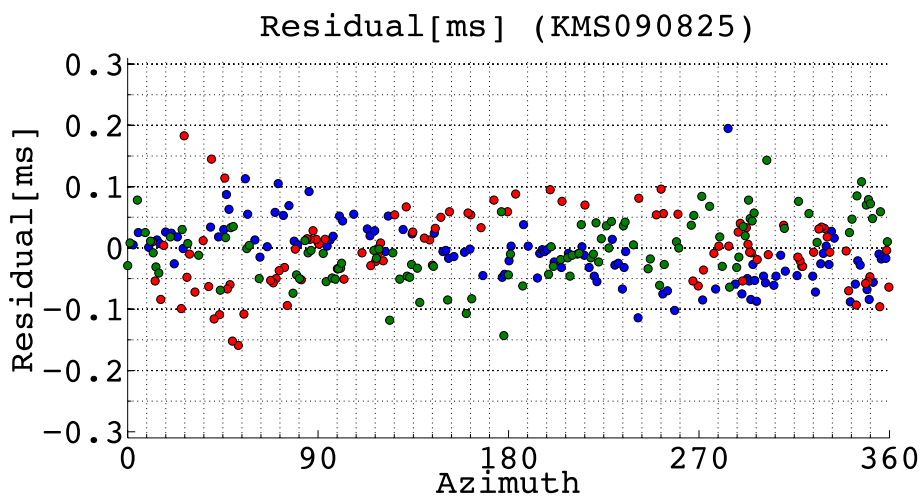


図 3 既存解析の方法で解析したときの走時残差。横軸は海底ベンチマーク位置からの方位角 (北から時計回り)。色の違いは海底局の違いを示す。

このデータを取得した日に海中音速構造が傾斜していたことが音響測距結果にも現れていることを確認するため、 μ の値を無限大にして決定した海底ベンチマーク位置を用いて、波線全体にわたる平均音速を求めた (図 4)。これにサインカーブを当てはめると、方位角 157° から 337° (西南西方向) までは全方位角における平均値より大きい値となり、逆に 337° から 157° (東北東方向) までは小さい値となった。サインカーブの片振幅は 0.05m/s であった。このことは、方位角 157° から 337° までの水温が相対的に高いことを示している。温度変化する層の厚さを 50m および 100m と仮定すると、この音速変化は 3.8km 離れた地点の水温がそれぞれ 0.8°C および 0.4°C 低いことを示している²⁾。この傾斜の方向と大きさは、冒頭に述べた海面温度分布と整合的である。

このエポックの海底ベンチマーク位置は、既存解析 (μ の値を推定) では回帰直線から南北成分で 9.6cm 、東西成分で 8.7cm 離れていたが、本解析方法 ($\mu \rightarrow \infty$) では、回帰直線から南北成分で 4.2cm 、東西成分で 4.5cm と回帰直線との差は概ね 2 分の 1 に減少した (図 5)。よって、海中音速構造に明瞭な傾斜が存在する場合には、傾斜構造を考慮したこの解析法によって各エポックの解析結果の補正が可能であると考えられる。しかし、海中音速構造に明瞭な傾斜がない場合は、観測船が周回しながら測距を行う現行のスタイルでの高精度な測位は困難であり、海中音速の空間変化と時間変化を明確に分離できる観測スタイルの構築が今後の課題である。

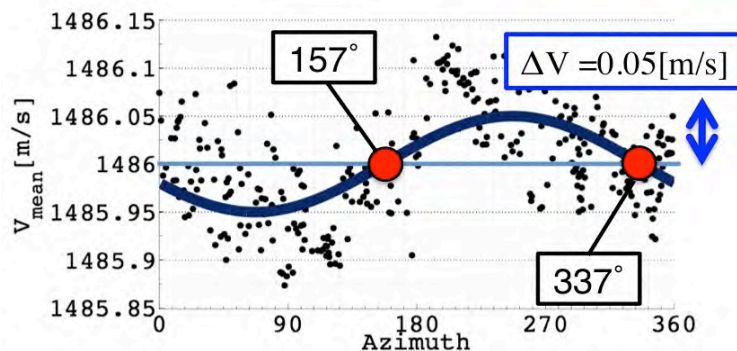


図 4 方位角 (北から時計回り) に対する波線上の平均音速。

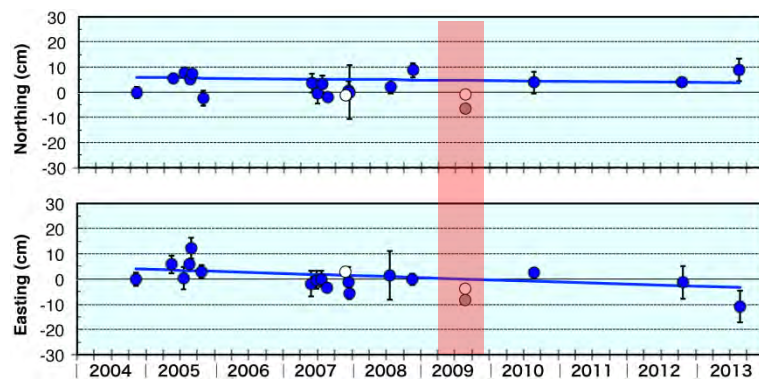


図 5 傾斜解析を 2009 年 8 月 (赤の影を付けたエポック) のデータに適用した場合の熊野灘 KMS 観測点の時系列。2009 年 8 月のエポックについて、傾斜解析前の結果 (●) に対して傾斜解析後の結果 (○) の方がトレンドに近づいている。なお、白丸は解析に使用した音響測距データ数が平均の半分以下のエポックを示す。

2) 複数海上局システムの実海域試験と課題

前節では観測船のみ、すなわち海上1局による音響測距時の精度向上についての検討を報告した。しかし、観測船が海底ベンチマーク周辺の海上を移動しながら音響測距を行う方式では、全てのエポックについて1回の観測による測位精度1cmを達成することは困難であった。その理由は、船が周回している間に空間変化（傾斜構造）を“推定”しようとしても、その間に海中音速構造が時間変化してしまうことにある。この問題を解決するには、周回せずに空間変化を推定する、つまり、海上局を複数にすることが有効であると考えられる。そこで、前年度までに複数海上局システムを開発し、今年度はこれを実海域観測に適用した。

実海域観測は、平成25年11月22日に駿河湾のSNW観測点において簡易小型ブイ2機と東海大学の実習船「北斗」に海上局を搭載して実施した。図6に簡易小型ブイ2機と「北斗」および海底局3台の配置を示す。簡易小型ブイには音響装置のほかにGPS受信機と姿勢測定用のジャイロスコープ、小型ノートPCを搭載した。今年度はバッテリー切れに伴う測距時間の短縮を防ぐために、ブイ本体のバッテリーは音響装置のみに給電することに変更した。ところが、簡易小型ブイは海中重量がほぼゼロであり、これ以上バッテリーを搭載することは不可能であるため、内蔵バッテリー搭載型の小型GPS受信機（測位衛星技術（株）製 START-G）を用いるとともに、ジャイロスコープとノートPC用にそれぞれリチウムイオンポリマーバッテリー（（株）日本トラストテクノロジー製 XP18000A）とリチウムイオンバッテリー（（株）ベイサン製 LAM-BAT-0002）を使用した。各海上局と各海底局との音響測距の結果を図7に示す。Buoy1、Buoy2、Shipの順に音響測距を開始し、その逆順で終了したため、Buoy1の測距時間が最長で、Shipの測距時間が最短となっている。最長のBuoy1については4時間半程度の測距を連続して行うことができた。ただし、悪天候のために好条件下でのデータ取得がわずか4時間のみとなってしまったため、本システムで海中音速構造の不均質性が捉えられるかの検証にまでは至らなかった。簡易小型ブイを導入したことで、海面に浮かべる、あるいは揚収するといった作業は容易になったが、ブイでの観測に必須である係留に多くの時間を要するため、結果として観測時間が短くなってしまうというデメリットが目立った。そのため、複数海上局システムを構築する場合には係留が不要でかつ定点保持が可能なプラットフォームを用いる方が有効であると考えられるが、このようなシステムの構築は今後の課題としたい。

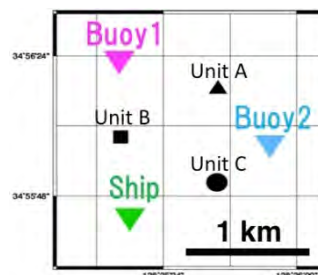


図6 簡易小型ブイ（Buoy1-2）2機と「北斗」（Ship）および海底局（Unit1-3）3台の配置。

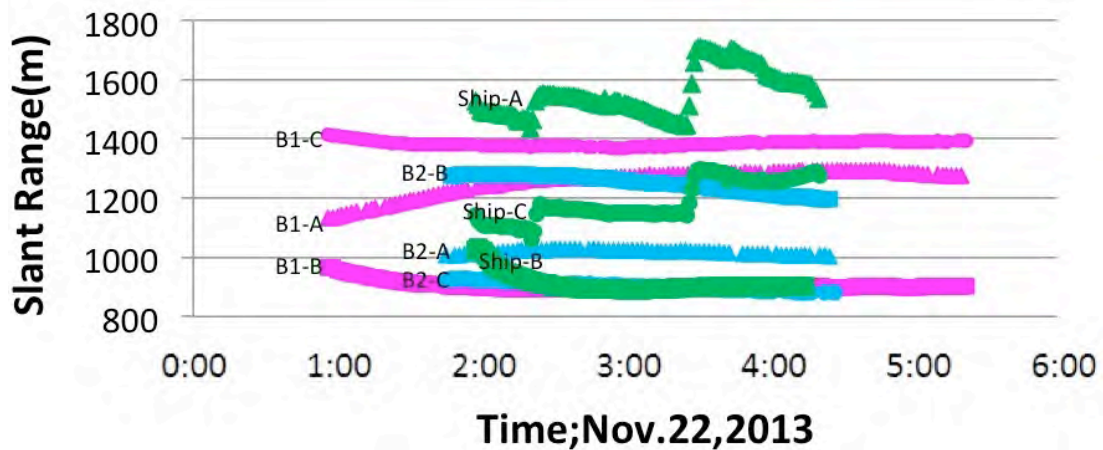


図7 複数海上局と海底局3台との測距結果。

3) 超速報暦を用いた KGPS 測位の迅速化手段の適用と課題

海底地殻変動観測において、迅速な解析結果を得るための一つの改善策として、キネマティック GPS (KGPS) 解析を迅速に行うことが考えられる。これまでの解析では、最も精度の良い IGS の精密暦 (Final Orbit) を用いていた。しかしながら、この精密暦は、観測データの準備が整ってから作成される観測暦であるために、利用可能になるまでに約 2 週間を要する。したがって、解析の迅速化のためには KGPS 解析の迅速化も必要である。このような問題に対して、速報暦 (Rapid Orbit) や超速報暦 (Ultra rapid orbit) がそれぞれ 1994 年、2000 年より利用可能となったことに着目した。しかし、超速報暦を用いて KGPS 解析を行った場合に測位精度が低下しては意味がないため、超速報暦を用いた KGPS 解析の測位精度についての検討を行ってきた。

今年度も引き続き実海域で取得したデータをもとに、高精度地殻変動観測に用いられる精密暦と超速報暦とを比較したところ、これまでと同様に暦の違いによる KGPS 測位精度には差がなかった。したがって、3 時間遅れで提供される超速報暦が海底地殻変動観測の際の KGPS 測位にも使用可能であり、超速報暦が解析の迅速化に有効であることが本事業の結論として得られた。しかし、精密暦を用いた場合であっても、衛星捕捉数やサイクルスリップ等の影響によって測位精度そのものは低下することはある。したがって、超速報暦を用いた KGPS 解析結果を利用して迅速に海底地殻変動観測結果を得ようとする場合であっても、GPS 測位結果の精度が保証されていることをチェックする必要がある。平成 24 年度に報告したとおり、Forward/Reverse weighting (KGPS 解析で最終測位結果を出す際の Forward 解析と Reverse 解析の使用率) の逆転が測位精度低下の判断基準となり、逆転する時刻から後は KGPS 測位精度が低いと判断される (図 8)。なお、PPP など他の GPS 解析方法を用いて速報的な解を得ようとする場合でも同様に測位精度の保証がなされているかを検討する必要があるが、本事業では KGPS 測位のみを扱うこととしたので、これは各解析方法を用いることが検討された際の課題としたい。

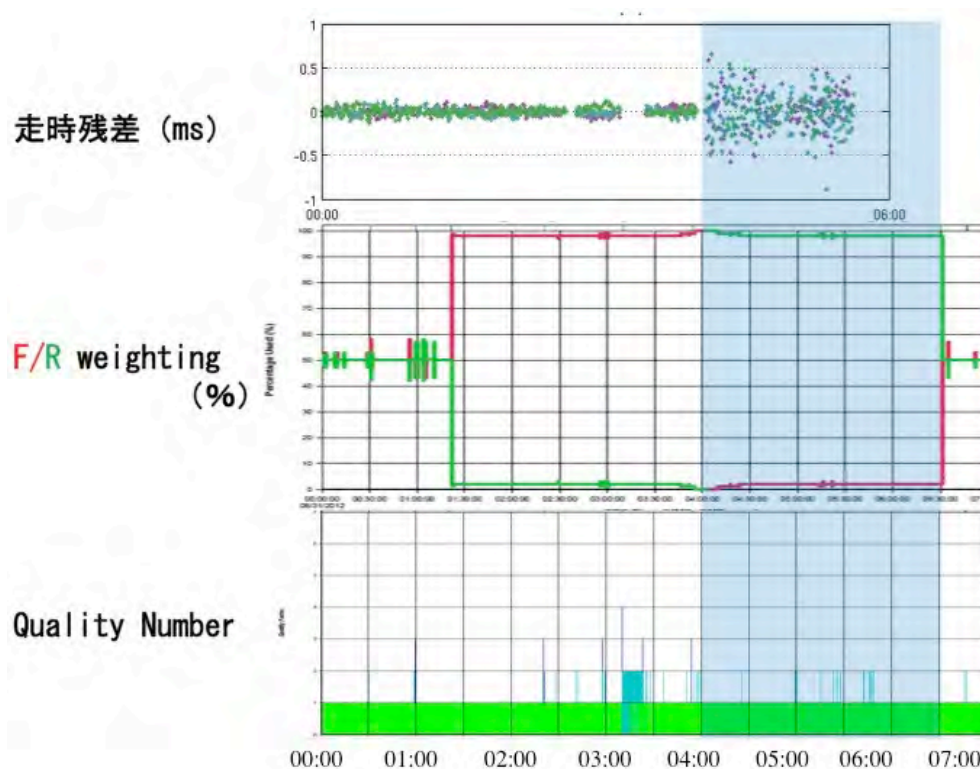


図 8 上から順に、走時残差、Forward/Reverse 解析の使用割合、Quality Number。Forward/Reverse weighting が KGPS 測位の精度低下の判断基準として利用可能である。

4) 複数海底局同時測距システムの実海域試験

観測を迅速に行うための方策のひとつは、音響測距にかかる時間を短くすることである。そこで、これまでは3つの海底局に対して順番に測距をしていたが、3海底局に対してほぼ同時に測距信号を送信するように船上局を改修した。これを複数海底局同時測距システムとよぶ。音響信号の送信タイミングを図9に示す。また、複数海底局同時測距システムを用いて駿河湾で音響測距を行った際の測距結果を図10に示す。これまでは、最大12秒間隔で3つの海底局に対して順番に測距を行っていたため、3つの海底局との測距が一巡するのに36秒(=12秒×3局)かかっていた。複数海底局同時測距システムを用いた場合は、20秒間隔で3つの海底局との測距が一巡する(図10)。したがって、従来に比べて半分強(=20秒÷36秒)の時間で測距できるようになった。すなわち、本事業の結果、観測を迅速に行うシステムが完成した。従来は1~2日程度の観測時間が必要であったが、複数海底局同時測距システムを用いることにより、観測時間が半日~1日程度に短縮できる。

しかし、このシステムでは各海底局からの返信信号をそれぞれ異なる波形ファイルに収納するため、斜距離が同程度の場所に位置する複数の海底局との測距の際に両方の海底局からの測距信号が収録できない問題がある。この問題を解決するためには、連続収録等のシステムへの変更が必要であるが、これは今後の課題である。

【GPSタイムサーバ】

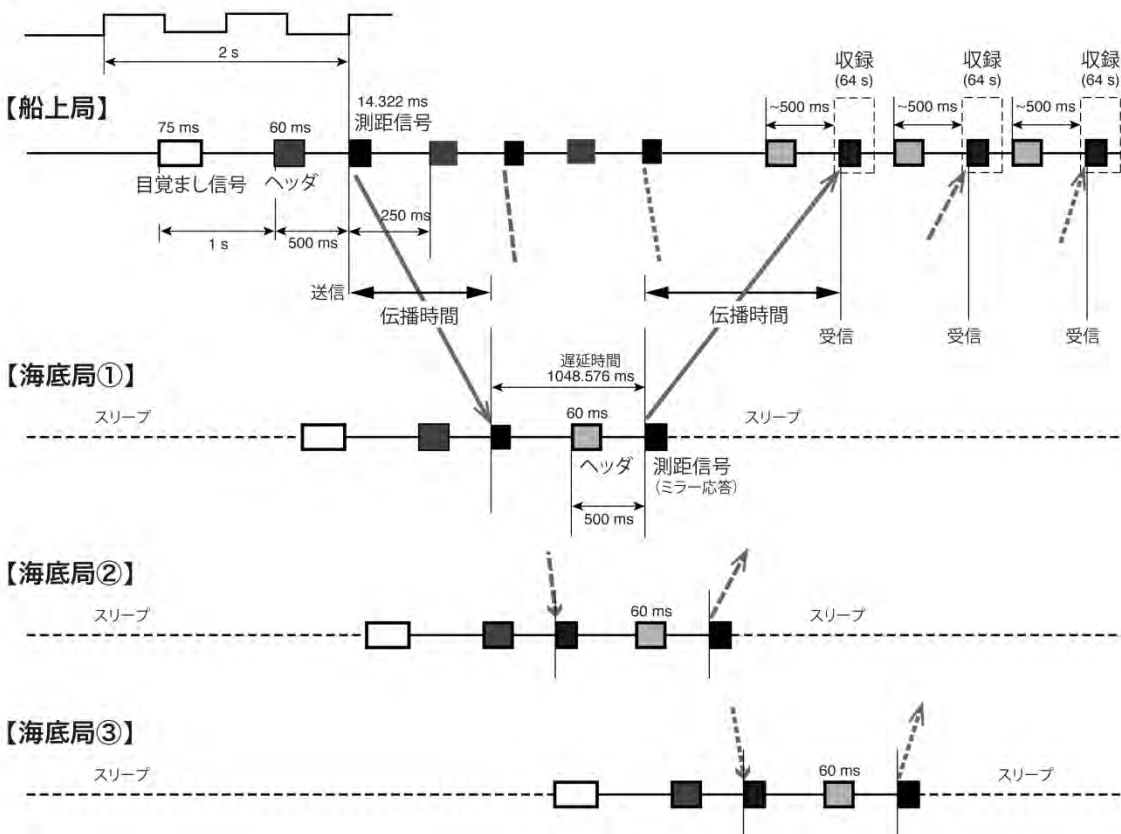


図9 複数海底局同時測距システムの音響信号送信タイミング。

時刻 時 分 秒	海底局 ① ② ③	距離：海底局 ① ② ③
02:30:00	*CALL, 17, 18, 19, 1126, 1623, 1943, 2472, 3119, 3699, 1, FFFFFFFDAA972361B, 2, FFFFFFFD08F4C2313, 5, E38030260C080504	
02:30:20	*CALL, 17, 18, 19, 1121, 1571, 1868, 2465, 3051, 3631, 1, FFFFFFFFE8AB5B2F, 5, D8B74F1E110A0704, 5, F08C462E1E0F0804	
02:30:40	*CALL, 17, 18, 19, 1007, 1457, 1776, 2317, 2903, 3483, 1, FFFFFFFFE4A25E30, 5, C2773A1D08070504, 6, 8A5B2A1B0F050604	
02:31:00	*CALL, 17, 18, 19, 1125, 1622, 2075, 2471, 3118, 3707, 1, FFFFFFFFACD7F381E, 0, FFFFFFFF8C9763D, 5, BE87282715060604	
02:31:20	*CALL, 17, 18, 19, 1122, 1590, 1968, 2466, 3075, 3655, 0, FFFFFFFFCCD7C04, 5, C1751C0F110A0504, 4, FFB66C332E150D07	
02:31:40	*CALL, 17, 18, 19, 1007, 1537, 1995, 2316, 3006, 3603, 2, FFFFFFFE9BD62361D, 0, B3FFFFFFFEB06039, 4, E9CA6A2517080405	
02:32:00	*CALL, 17, 18, 19, 1124, 1623, 2118, 2469, 3119, 3763, 1, FFFFFFFFAD57E4425, 1, FFFFFFFF7AD6233, 1, EEB86EFFF9DD5440	
02:32:20	*CALL, 17, 18, 19, 1122, 1604, 1966, 2466, 3094, 3674, 0, FFFFFFFFDE9A4E, 5, E499572C150A0605, 0, FFD9FFFFFFF9C73F	
02:32:40	*CALL, 17, 18, 19, 1006, 1552, 1944, 2315, 3026, 3606, 1, FFFFFFFF4CA8A4828, 2, FFFFFFFF2BB61381B, 4, E2DDA4543E140B08	
02:33:00	*CALL, 17, 18, 19, 1125, 1623, 2016, 2470, 3119, 3699, 1, FFFFFFFFD8A34F2B, 1, FFFFFFFF6A3542C, 5, F2B04A3D270B0603	
02:33:20	*CALL, 17, 18, 19, 1123, 1660, 2130, 2467, 3167, 3779, 0, FFFFFFFFEFB86431, 0, FFFFFFFF09A4E, 4, FCE57B6333120B04	
02:33:40	*CALL, 17, 18, 19, 1006, 1460, 1787, 2315, 2906, 3486, 1, FFFFFFFFC172391C, 4, FCC594381B0C0704, 5, F1C14F31190E0905	
02:34:00	*CALL, 17, 18, 19, 1125, 1623, 2234, 2470, 3119, 3914, 0, FFFFFFFFAC7E3C, 0, FFFFFFFF8CD773C, 3, FFEFA9AB4B220C09	
02:34:20	*CALL, 17, 18, 19, 1124, 1662, 2048, 2469, 3169, 3749, 0, FFFFFFFFEDC663, 0, FFFFFFFFD69649, 3, FFE8EA641C160D13	
02:34:40	*CALL, 17, 18, 19, 1005, 1552, 1944, 2314, 3026, 3606, 1, FFFFFFFF7AE5B2F, 1, FFFFFFFF9DD8A4726, 4, FFCBE35751100E0B	
02:35:00	*CALL, 17, 18, 19, 1125, 1623, 2240, 2470, 3119, 3922, 0, FFFFFFFF7C57638, 1, FFFFFFFF9E9B95E2D, 2, FFFDFE9FCC201412	
02:35:20	*CALL, 17, 18, 19, 1125, 1662, 1960, 2470, 3170, 3750, 0, FFFFFFFF7F4C170, 0, FFFFFFFF0CC061, 4, FFF5A1232B121106	
02:35:40	*CALL, 17, 18, 19, 1006, 1552, 1916, 2316, 3026, 3606, 1, FFFFFFFFEA866031, 0, FFFFFFFF3C97E40, 3, FFFFCFA3472A140B	
02:36:00	*CALL, 17, 18, 19, 1124, 1624, 2265, 2469, 3120, 3955, 1, FFFFFFFFE29D5C2F, 1, FFFFFFFF576702011, 3, FFFFFF76E3F65110E	
02:36:20	*CALL, 17, 18, 19, 1124, 1663, 2026, 2469, 3171, 3751, 0, FFFFFFFFECBA6A, 1, FFFFFFFF2B8A5E31, 2, FFF38FC1652E0C06	
02:36:40	*CALL, 17, 18, 19, 1007, 1552, 1883, 2316, 3027, 3607, 1, FFFFFFFFD0854621, 2, FFFFD0999492715, 5, FACE361F18120A05	
02:37:00	*CALL, 17, 18, 19, 1124, 1622, 2236, 2469, 3118, 3916, 0, FFFFFFFF2BB6640, 0, FFFFFFFF7D36B33, 3, FFE9F59242201A08	
02:37:20	*CALL, 17, 18, 19, 1124, 1665, 2163, 2469, 3173, 3822, 0, FFFFFFFFDCE7F40, 0, FFFFFFFF0BA6D39, 3, FFD0B665360D0A07	
02:37:40	*CALL, 17, 18, 19, 1006, 1454, 1786, 2315, 2899, 3479, 0, FFFFFFFFE0C6B3A, 4, EBBEDE29150F0A05, 5, 7674472C110B0605	
02:38:00	*CALL, 17, 18, 19, 1125, 1622, 2072, 2470, 3117, 3703, 0, FFFFFFFFD0C8753D, 1, FFFFFFFF9D2874726, 4, E8B5953617081706	
02:38:20	*CALL, 17, 18, 19, 1126, 1486, 2032, 2471, 3051, 3651, 0, FFFFFFFF9C972, 5, E3C3442D110C0A05, 3, FFFCD07E5325100B	
02:38:40	*CALL, 17, 18, 19, 1008, 1507, 1848, 2318, 2968, 3548, 1, FFFFFFFFDE9A5729, 5, FBB4412A0F090905, 2, FFFFCF3763C1807	
02:39:00	*CALL, 17, 18, 19, 1125, 1588, 2044, 2470, 3073, 3667, 2, FFFFFFFDDA4512815, 4, FFBDE24A351A0604, 5, FC8544580A120508	
02:39:20	*CALL, 17, 18, 19, 1333, 1810, 2333, 2741, 3362, 4043, 1, FFFFFFFF8E8A5F30, 5, D1E2421B15060504, 4, FFC17741F0501307	
02:39:40	*CALL, 17, 18, 19, 1009, 1474, 1932, 2319, 2925, 3521, 1, FFFFFFFF4CB7B3E20, 5, E98656660E0D0805, 4, EDB9672A130E0F2B	

図10 複数海底局同時測距システムによる測距結果。海底局#17、#18、#19を測距した結果の一部を掲載。

(d) 結論ならびに今後の課題

4年間の事業において、観測およびデータセット作成と解析の高精度化、迅速化（高効率化）に取り組んだ。観測については、複数海底局同時測距システムを構築し、従来の半分強（半日～1日程度）の時間で同じ数の測距データを取得できる、すなわち観測を迅速に行うことができるシステムが完成した。観測船と海底局の位置関係によっては複数の海底局からの測距信号が収録できない問題があり、海上局の更なる洗練が今後の課題である。高精度な解析に資するデータを取得するため、複数海上局システムを構築した。実海域でのデータ取得には成功したが、本システムで海中音速構造の不均質性が捉えられるかの検証にまでは至らなかった。これは、小型ブイの係留に多くの時間を要し、結果として観測時間が短いというデメリットがあるため、係留が不要かつ定点保持が可能なプラットフォームを用いるシステム等の構築が課題である。データセットの作成においては、海面反射波の影響を迅速に除去するため、音響自動解析アルゴリズムを構築し、音響解析の迅速化をはかることに成功した。海面反射波のほかに船体反射波も存在するが、これは直達波との走時差が極めて小さいため、自動での判別が困難である。また、超速報暦を用いても精密暦と同等のKGPS測位結果が得られることが明らかになった。つまり、3時間後には提供される超速報暦を使用することにより、KGPS解析の大幅な迅速化が可能なことが確認された。ただし、Forward/Reverse weighting等の指標を参照し、GPS測位結果の精度が保証されていることをチェックする必要がある。ほかには、船の姿勢測定にもエラーが出ることがあり、姿勢測定結果の時系列に見られるオフセットや概ね $\pm 10^\circ$ 以上の測定結果を除去するなど、姿勢測定データのスクリーニングが必要であることも分かった。解析（ベンチマーク位置決定）については、過去の全データを用いて海底ベンチマークの形状（3つの海底局が作る三角形の形状）を固定して解析する統合解析アルゴリズムの構築を行い、海中音速と海底局位置とのトレードオフが低減した。また、海中音速の傾斜構造を考慮した解析のため、音速補正係数の時間的な滑らかさを司るハイパーパラメタを無限大にして解析する方法を構築した。本事業で開発した海中音速の傾斜構造を考慮した解析法によって、海中音速構造に明瞭な傾斜が存在する場合には、海底ベンチマーク位置のトレンドからのバイアスを4～5cm程度低減することが可能になった。しかし、海中音速構造が明瞭な傾斜をもたない場合の高精度化のためには、たとえば、複数海上局システムをさらに高度化した海中音速の空間変化と時間変化を明確に分離できる観測スタイルの構築が課題である。

本業務の開始前には、海底ベンチマーク位置決定精度は好条件時で1cm、条件が悪い場合には5cm程度であり、これらの精度を得るのに必要な観測時間が1～2日程度、解析時間が1か月程度であった。4年間の事業の各成果、すなわち、複数海底局同時測距システムによる観測の効率化、音響自動解析アルゴリズムおよび超速報暦を用いたKGPS解析による解析の迅速化、統合解析および傾斜構造を考慮した解析による高精度化を組み合わせることによって、半日程度の観測時間かつ1日程度の解析時間で概ね1cmの海底ベンチマーク位置決定精度を達成した。ただし、海中音速構造が明瞭な傾斜をもたない場合には現行の観測スタイルでの高精度な測位は困難であり、開発した複数海上局システ

ムをベースとしたさらなる技術開発が必須である。

(e) 引用文献

- 1) Ikuta, R., K. Tadokoro, M. Ando, T. Okuda, S. Sugimoto, K. Takatani, K. Yada, and G. M. Besana, A new GPS-acoustic method for measuring ocean floor crustal deformation: Application to the Nankai Trough, J. Geophys. Res., 113, doi:10.1029/2006JB004875, 2008.
- 2) Wong, G.S.K. and S. Zhu, Speed of sound in seawater as a function of salinity, temperature and pressure, J. Acoust. Soc. Am., 97, 1732-1736, 1995.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
向山 遼・生田領野・ 田所敬一・永井 悟・ 渡部 豪・佐柳敬造	複数ブイを用いた海底地殻 変動観測手法の開発：音速構 造の空間変化の克服を目指 して	地球惑星科学 連合大会	2013年5月 22日
Tadokoro, K., T. Watanabe, C. Fujii, K. Yasuda, and S. Nagai	Seafloor crustal deformation associated with the plate convergence at the Nankai Trough, Japan	IHAS-IAPSO-IASPEI Joint Assembly	2013年7月 24日
Yasuda, K., K. Tadokoro, R. Ikuta, T. Watanabe, S. Nagai, and K. Sayanagi	Interplate locking derived from the seafloor crustal deformation measurement at the northern part of the Suruga Bay, Japan	IHAS-IAPSO-IASPEI Joint Assembly	2013年7月 24日
Watanabe, T., K. Tadokoro, R. Ikuta, S. Nagai, T. Okuda, K. Yasuda, T. Sakata, and M. Kuno	Crustal deformation along the Nankai subduction zone inferred from onshore GPS velocities and seafloor geodetic observations	IHAS-IAPSO-IASPEI Joint Assembly	2013年7月 24日
Nagai, S., K. Tadokoro, T. Watanabe, T. Sakata, and K. Yasuda	Positioning accuracy of seafloor benchmarker due to acoustic velocity heterogeneity via numerical simulation for development of seafloor geodesy	IHAS-IAPSO-IASPEI Joint Assembly	2013年7月 23日
田所敬一・安田健二・ 藤井越百・渡部 豪・	南海トラフ軸近傍およびフ ィリピン海プレートへの海	日本地震学会 秋季大会	2013年10 月8日

永井 悟	底地殻変動観測点の新設		
藤井越百・田所敬一・ 渡部 豪・永井 悟・ 安田健二・奥田 隆・ 生田領野	熊野灘での海底地殻変動観測における高精度・高空間分解能化への取り組み	日本地震学会 秋季大会	2013年10月8日
渡部 豪・田所敬一・ 永井 悟・安田健二・ 藤井越百・久野正博	南海トラフの海底地殻変動観測と海溝軸付近の地殻変動	日本地震学会 秋季大会	2013年10月8日
安田健二・田所敬一・ 渡部 豪・永井 悟・ 生田領野・佐柳敬三	海底地殻変動観測から得られた駿河トラフ浅部におけるプレート間固着	日本地震学会 秋季大会	2013年10月9日
Tadokoro, K., K. Yasuda, C. Fujii, T. Watanabe, and S. Nagai	GPS/acoustic Seafloor Geodetic Observations Near the Nankai Trough Axis	AGU Fall Meeting	2013年12月9日
Yasuda, K., K. Tadokoro, R. Ikuta, T. Watanabe, S. Nagai, and K. Sayanagi	Interplate locking derived from seafloor geodetic measurement at the shallow subduction zone of the northernmost Suruga Trough, Japan	AGU Fall Meeting	2013年12月9日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

3) 仕様・標準等の策定

なし

3-5-2.

地殻応力の蓄積と地震発生シミュレーション

Hashimoto et al. (2013) が構築した日本列島域の地震発生サイクルシミュレーションシステムは、三次元プレート境界面形状モデルを共通の基盤とした、準静的テクトニックローディングモデルと動的地震破壊伝播モデルから成る。プレート境界面上のすべり運動を規定する断層構成則は、Aochi and Matsu'ura (2002) のすべりと時間に依存する断層構成則を用いている。本事業では、Hashimoto et al. (2013) のシミュレーションシステムの高度化・高解像度化を行ない、プレート運動による地殻応力の蓄積から大地震に至るまでの一連の過程の大規模数値シミュレーションを実施することを目的としている。準静的テクトニックローディングモデルについては名古屋大学が担当し、動的地震破壊伝播モデルについては防災科学研究所が担当している。

準静的テクトニックローディングモデルの中で最も計算コストの高い構成要素は、単位のステップ的なすべりに対する粘弾性応力応答（すべり応答関数）の計算プログラムであり、その性能向上はシミュレーションシステムの高解像度化に伴う大規模化に対応する上で重要となる。以上を踏まえ、名古屋大学では、本年度は主に、独立行政法人海洋研究開発機構のプログラム開発者向け技術支援を利用して、すべり応答関数計算プログラムの性能向上を進めた。以下のチューニング作業内容は、富士通株式会社の「粘弾性すべり応答関数コード (ScJPNsp4) プログラムの性能分析及び高速化」作業報告書からの抜粋（適宜改変）である。

・プログラムの負荷状況を把握する為にプロセス毎の処理時間の計測を行ない、実行結果の経過時間の分析から、プロセス間のインバランスが大きいことが明らかになった。そこで、プロセス間のインバランスの改善の為、動的な資源管理機能を追加した。これにより、プロセス間のインバランスの改善が達成された。本作業で導入した動的負荷分散方式は、複数の管理プロセスによる分割制御を可能にしているため、より高並列時においても同様の効果を期待できる。

・すべり応答関数計算プログラムのオリジナルコードは、ベクトル機向けに開発されたものである為、ループ内の処理が多い。そこで、ループ分割の最適化を行ってスカラー機向けの変更を行った。また、ループ分割は2重に分割しており、最内ループ内の回転数の最適化を行った。これにより、京コンピュータ用の最適化がなされ性能向上が達成された。更に、配列の融合や、変数の配列化等によりメモリアクセスを改善し、性能向上を達成した。これらの、ループ分割や、変数、配列等の最適化により、約1.2倍強の性能向上を達成した。

以上のチューニング作業内容のように、動的負荷分散方式の採用とソースコードの最適化により、最終的に京コンピュータに於ける性能が約2.1倍改善した。最適化した計算プログラムを用いて、スプライン関数節点間隔4 km、計算点間隔2 kmの高解像度すべり応答関数の計算を進めた。更に、地震発生サイクルシミュレーションの計算プログラムの京コンピュータ上

での動作確認、性能調査、及び最適化を進めた。これにより、南海・東南海地震の震源域に対応する領域で、スプライン関数節点間隔4 km、計算点間隔2 kmの高解像度のシミュレーションが可能となり（図2-1）、名古屋大学と防災科学研究所が連携して、テスト計算を行った。

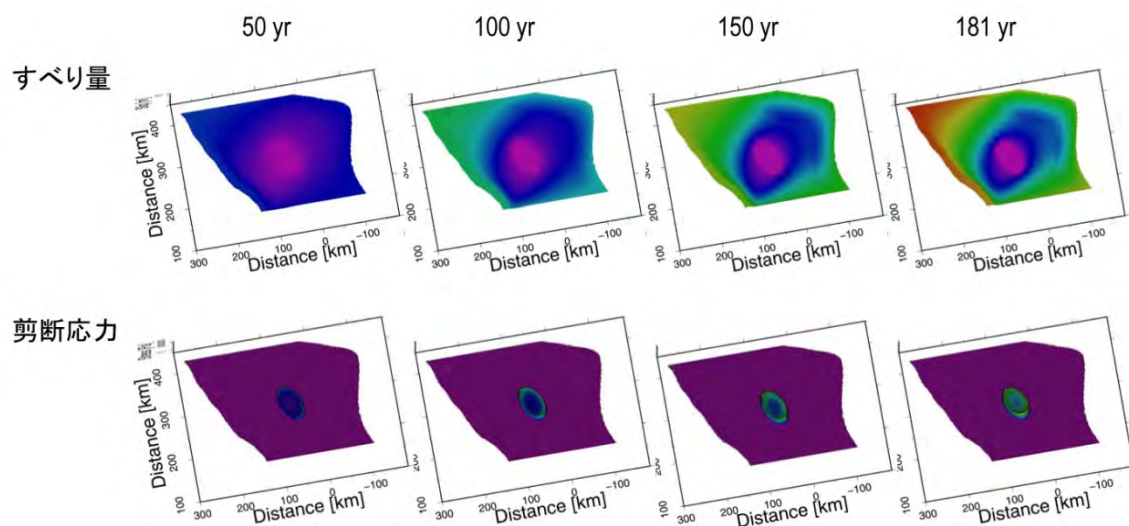


図2-1 準静的応力蓄積過程のテスト計算。プレートの沈み込みに伴い周辺領域ではすべりが進行し、固着域ではすべり遅れによる応力蓄積が安定的に進行する。蓄積した応力が臨界状態になると、不安定な破壊が開始することになる（181 yr）。この時点で、準静的テクトニックローディングモデルから得られた剪断応力分布と断層構成関係パラメータ分布を引き継ぎ、動的破壊伝播モデルによるシミュレーションを開始する。

現実的な地震発生シミュレーションを行なう為には、過去のすべり履歴を統合的に再現し得る現実的な断層構成関係を設定することが重要な課題となる。そこで次に、その基本的な情報を得る為、西南日本域のGPS測地データについて、モデル領域を拡張して再解析を行ない、プレート境界面上のすべり遅れレートの分布を検討した。解析結果は、橋本・他(2009)の結果と基本的に一致し、プレート境界面のすべり遅れが南海トラフに沿って帯状に分布することを示す。推定されたすべり遅れレート分布は、室戸岬付近に顕著なピークを持つ南海・東南海域に及ぶ大きなすべり遅れ域と、御前崎周辺に顕著なピークを持つ東海域のすべり遅れ域に分かれる。

参考文献

- ・Aochi, H. and M. Matsu'ura, Slip-and time-dependent fault constitutive law and its significance in earthquake generation cycles, Pure Appl. Geophys., 159, 2029–2046, 2002.
- ・Hashimoto, C., E. Fukuyama, and M. Matsu'ura, Physics-based 3-D simulation for earthquake generation cycles at plate interfaces in subduction zones, Pure Appl.

Geophys., doi: 10.1007/s00024-013-0716-4, 2013.

・橋本千尋・鷺谷威・松浦充宏, G P S データインバージョンによる西南日本のプレート間カップリングの推定, 日本地震学会 2009 年度秋季大会予稿集, A32-08, 2009.

3-6. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」

平成24年度年次報告

課題番号：1701

研究課題：駿河ー南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 教授 山岡耕春]

課題番号：1702

研究課題：プレート境界地震のための地殻活動予測シミュレーション・データ同化システムの構築

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 教授 鷺谷 威]

課題番号：1703

研究課題：日本列島地殻活動総合相関評価システムの研究

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 教授 山岡耕春]

課題番号：1704

研究課題：活断層の地表形状・ずれ量にもとづく地震発生予測

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 教授 鈴木康弘]

課題番号：1705

研究課題：内陸地震発生域における応力蓄積状態の解明

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 教授 鷺谷 威]

課題番号：1706

研究課題：GPS/音響方式海底地殻変動観測システムの高度化

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 田所敬一]

課題番号：1707

研究課題：精密制御信号システム（アクロス）による地下の高精度常時モニタリング技術の高度化

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 渡辺俊樹]

課題番号：1708

研究課題：プレート境界周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的フィージビリティ調査

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 教授 鈴木康弘]

課題番号：1709

研究課題：古文書を用いた南海トラフ超巨大地震の地震発生メカニズムの解明

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 山中佳子]

課題番号：1710

研究課題：南海トラフの海溝軸付近における海底地殻変動モニタリング

[研究課題担当者：名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 田所敬一]

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

駿河 - 南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ウ．東海・東南海・南海地域

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-1) 地震発生先行過程

ア．観測データによる先行現象の評価

3. 新たな観測技術の開発

(1) 海底における観測技術の開発と高度化

ア．海底地殻変動観測技術

(3) 観測技術の継続的高度化

ア．地下状態モニタリング技術

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究課題では、駿河-南海トラフでのプレートの収束速度やカップリング状態のモニタリングを行うために、以下のモニタリングに関する研究を行う。

1) 海底地殻変動観測によるモニタリング

海底地殻変動の観測結果を用い、駿河-南海トラフにおける詳細な変位速度場を明らかにする。

2) 伊豆諸島における非弾性変形モニタリング

キャンペーン GPS 観測により銭洲海嶺周辺におけるプレート収束速度を実測し、その他伊豆諸島の GEONET の結果を総合し、伊豆半島周辺の変形が駿河-南海トラフでのプレート収束速度に与える影響を評価する。

3) アクロスによるプレート境界面のモニタリング

プレート境界からの反射波の検出とその時間変動のモニタリングのため、データ蓄積と解析を進めつつ、深部低周波微動など比較的短期間で繰り返す現象を対象として実証実験の事例を積み重ねる。

4) 地殻変動連続観測・地中ガス・地震観測による固着-滑りのモニタリング

和歌山県新宮・静岡県春野・静岡県菊川に設置された深部ボアホールひずみ計記録は大変 SN 比が高く、低周波微動にともなう短期的スローリップを捉えている。それらの高感度のひずみ計を用いたモニタリング技術の高度化を行う。また、静岡県春野の深部ボアホールにおけるガスのモニタリン

グを継続し、深部低周波地震等との関連の解明を進める。さらに、愛知県の鳳来に設置した地震計アレイは、ノイズ等の環境も良好であるので、このアレイによる低周波地震のモニタリング技術の高度化を行う。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

5か年で、以下の観測研究を進める。本研究では、駿河・南海トラフの研究を進めている東京大学地震研究所・京都大学防災研究所・高知大学と、毎年1 - 2回の研究会を開催し、連携しながら進める。

1) 海底地殻変動観測によるモニタリング

駿河湾内及び熊野灘に設置した海底局について毎年3回程度繰り返し観測を実施することにより得られたデータを用いて、プレート固着状態の解明を進め、後半の年度では固着状態のモデル化を試みる。

2) 伊豆諸島における非弾性変形モニタリング

銭州におけるGPSキャンペーン観測を毎年1回実施する。その観測結果と伊豆半島周辺のGEONETのデータを用いて、伊豆半島周辺のマイクロプレートの分布などの非弾性変形の解明を進める。

3) アクロスによるプレート境界面のモニタリング

プレート境界からの反射波の検出とその時間変動のモニタリングの研究を進める。長期モニタリング実証試験には、地震計アレイによるオフライン連続観測、及び、大学、Hi-netなど既存の定常地震観測網による連続地震観測を用い、連続地震波形データの収録・解析を行うシステムを構築する。震源は、豊橋の名古屋大学三河観測所の震源装置の他、気象研究所と協力し静岡県森町の震源を用いる。さらに、JAEAの東濃地科学センターの震源の信号を用いる。

愛知県鳳来における地震計アレイは5年間維持し、3か所の震源からの記録を取得すると共に、アレイ近傍の地形・地殻構造の特性を考慮し、地形・構造がアレイ特性に与える影響を評価する。東濃地科学センターの震源の長期モニタリングを進めるほか、気象研森町の震源からの記録の解析を進める。

三河観測所の震源については、震源近傍からの観測を順次進め、震源周辺の構造特性を解明し、遠地への震動伝達特性の解明を進める。

4) 地殻変動連続観測・地中ガス・地震観測による固着-滑りのモニタリング

和歌山県新宮・静岡県春野・静岡県菊川に設置された深部ボアホールひずみ計による観測を5年間継続する。それらの深部ボアホールひずみ計や地中ガス等の解析を進め、低周波地震・微動とゆっくり滑りとの関係の解明を進める。

愛知県鳳来における地震計アレイ観測は5年間観測を継続し、上記のアクロスの信号以外に、深部低周波地震の分布や震源の詳細について解析を進める。

(7) 計画期間中(平成21年度~25年度)の成果の概要：

1) 海底地殻変動によるモニタリングについては、平成24年度から、別の課題(1710)へ統合した。平成21年度から23年度については、駿河湾および熊野灘において実施している海底地殻変動観測により得られたデータを用いてプレート固着状態の解明を進めた。とくに2009年8月11日に発生した駿河湾の地震後に緊急観測を実施した。駿河湾においては、駿河トラフを挟んだ両側が少なくとも、年間10mmの速度で収縮していることがわかった。また熊野灘については、熊野海盆下で顕著なカップリングの空間変化がないことが明らかになった。

2) 伊豆諸島における非弾性変形モニタリングについては、銭洲岩礁におけるGPSキャンペーン観測を年に1回実施予定であったが、海況の悪化により5か年のうち平成23年度と24年度は実施できなかった。

平成25年度には8月5日に観測を実施した。以前に観測されたデータについても再解析を行った(図1)。神津島には、GEONETの連続観測点が2点あり、キャンペーン観測点であるKOZUとGEONET連続観測点である93058との測位結果の比較を行った(図1左)。これらの観測点は、約700mしか離れておらず、KOZUの結果と93058の結果がよく一致していることがわかる。また、KOZUを基準

として推定した，銭洲岩礁（ZEN1，ZEN2）での測位結果の時系列を図1右に示したが，2004年以降2010年まで，同じ変動傾向が見られる．

図2に，2011年東北地震の地震時と地震後の変動を含む変位ベクトルを示した．期間は，銭洲岩礁での観測日に相当する，2010年8月25日より2013年8月4日（2.94年）までとし，それぞれの観測日を跨ぐ1週間分のF3解より平均値を求め，それらの平均値の差をとることで変位ベクトルを求めた．さらに，Sella et al. (2002)のオイラーベクトルを用いて，ITRF97に対するアムールプレート（AM）の変位速度の2.94年分の変位の累積量を計算し，先の変位ベクトルより差し引くことで，AM準拠の変位ベクトルとしている．この期間中，神津島・銭洲岩礁では，約14mm程度の変位が検出され，2011年東北地震によって，AMに対して，神津島では約8.4cm，銭洲岩礁では約10.6cm変位したことが明らかとなった．また，変位方向は，伊豆諸島の島々の変位方向と類似していることが示された．

図3にAM準拠の速度場（黒および赤矢印）を示した．また，Nishimura (2011)に示されたフィリピン海プレート（PH）とIMPの境界を橙色の破線で示した．新島と神津島の間にIMPの境界が存在することは，以前の研究からも示唆されていた．そこで，伊豆半島および伊豆諸島の変位速度がPHの剛体運動で近似できると仮定して，Sella et al. (2002)のオイラーベクトルより計算される，AMプレートに対するPHの剛体運動（水色太矢印）を図示すると，IMPのプレート境界西側に位置する伊豆半島から銭洲岩礁までの領域での観測値が，剛体運動と比べて西向きであることが示された．観測値とモデル値のずれを定量的に調べると，IMP境界西部の領域でPH-AMの剛体運動よりも 17.5 ± 6.6 °西向き（最大値は31.9°西向き），IMP境界東部の領域でPH-AMの剛体運動よりも 6.8 ± 6.8 °北向き（最大値は北向き）であることがわかった．この結果より，IMP境界東部の領域では，PH-AMの剛体運動に近い変位速度であることが示された．また，IMP境界西部に位置する伊豆半島・銭洲岩礁は，PH-AMの剛体運動ではなく，PHとは独立した剛体の変位速度を有していることが示された．観測値の速度成分および速度の方位角の経度・緯度方向の変化についても調べた（図3下・右）．経度方向の速度成分と速度の方位角には，顕著な変化が見られ，概ね東経139.25°から東経139.75°あたりで，大きく変化している．これは，神津島と新島の境界にほぼ一致する．一方，経度方向には顕著な変化は見られなかった．

伊豆半島から銭洲岩礁までの領域が，1つの剛体であると仮定して，速度ベクトルよりIMP-AMのオイラーベクトル（139.86°E，37.93°N，6.00 deg/Ma）を推定した．観測値と剛体運動の残差のR.M.Sは3.7 mm/yrであった．さらに，剛体ブロック内の変形に関して，以下のような計算を行った．GEONETの南伊豆（93086）観測点はZENのほぼ真北に位置する．推定されたIMP-AMの剛体運動との差から，93086とZENでは南北方向に4.1 mm/yrの短縮が推定され，両観測点間（73.9 km）で 5.6×10^{-8} /yrのひずみ速度に相当する．

3) 東海地域におけるアクロスを用いたモニタリングについては以下の成果があった．5年間の研究期間中、愛知県豊橋市の名古屋大学三河観測所に設置したアクロス震源の連続運転に努めた．また平成24年度からは岐阜県土岐市の東濃鉦山に設置されている震源を名古屋大学に移管し，継続して連続運転を行った．この間，豊橋アクロス震源では，震源基礎の改良工事，震源装置の部材の破損や制御機器の老朽化による故障への対応を行った．震源関数の推定手法および浅部の環境変化による擾乱を除去するため，豊橋アクロス震源の近傍，深度10mの地点にボアホール型3成分加速度計を2ヶ所設置し，オンラインでデータを取得してモニターを行っている．

アクロス信号の受信にも用いるため，愛知県内の2ヶ所（新城市鳳来および豊田市下山）において地震計アレイ観測を実施した．これらの連続地震記録から，一部周波数帯域が重複している東海地域の3ヶ所（土岐，森町，豊橋）のアクロス震源からの信号を周波数領域で分離できること，分離した信号がそれぞれの震源の方向から到来していることが確認でき，アレイ観測の有効性が示された．

東海地域に設置したアクロスのモニタリングのため，連続地震波形データの自動処理システムを構築した．中部・東海地方の約100点のHi-net及び名古屋大学の定常地震観測点の記録を日々自動処理している．

アクロスの信号の解析に関して平成25年度には次のことが明らかになった．

三河観測所の震源からの信号のうち 2009 年から 2011 年の間のデータを用い、震源と観測点間の伝達関数における走時の変化率を計算した。走時の変化率を震源からの距離毎にプロットすると、西・北西・北方向の観測点で、0.06~0.08ms/yr/km 程度の走時の減少（速度増加）が観測された。速度比にして約 0.02%/yr の増加（3.5km/s の S 波速度を仮定）である（図 4）。

北西方向で速度が増加一方で、南東方向では速度変動の傾向が見られない。フィリピン海プレートの沈み込みに伴うテクトニックな応力の高まりによる異方性をもった変化である可能性がある。

一方、アクロスの受信に用いる Hi-net 観測点について、毎日のセンサーチェック信号を用いて Hi-net の収録装置のサンプリング・クロックの精度と安定性についての評価を行った。その結果、収録装置のサンプリングは GPS と周波数同期して安定しているが、最終的に出力されるデータの出力タイミングは、GPS 時刻に対して ms オーダーの不確実性をもっていることが明らかになった。これはデジタルが再起動する際にデータのサンプリング時刻が GPS 時刻に対してステップ状にずれるためである。この影響を補正することにより、サンプリング・クロックが原因のステップ状の走時変化は解消され、ms 以下の年周変化と大地震に伴うステップ状の走時変化がより明瞭に認識できるようになった。

4) 地殻変動連続観測・地中ガス・地震観測による固着-滑りのモニタリング

東海地域で発生している深部低周波微動の発生メカニズムを探るため、2008 年 10 月より愛知県新城市鳳来で、2012 年 8 月より

愛知県豊田市稲武で 3 成分地震計アレイ連続観測を行っている。この期間、活発な活動は概ね年に 1 - 2 回あり、それぞれ低周波微動のアレイ解析を行った。気象庁や防災科技研等によるとこの時期は伊勢湾周辺で低周波微動が発生しており、それが徐々に東に移動していった時期である。アレイ解析でもまさにその方向から連続的に波群が来ていることがわかる。またスローネスも徐々に変化していることが確認された。他の時期の活動についても同様の解析を行った結果、気象庁や防災科技研、広島大で得られている微動の震央と思われる方向から波群がやってきていることを確認した。

横抗及びボアホールによる地殻変動連続観測を継続し、顕著な変動が見られた場合および顕著な現象があった場合には地震予知連絡会に報告した。

静岡県の春野観測点においては、地下水溶存学の解析を進め、水素・メタン・ヘリウム・アルゴンの成分の時間変化を調べ、観測孔掘削以降の成分変化の原因と春野での地下ガスの組成を推定し論文としてまとめた。しかし観測装置の老朽化のため、平成 23 年度を限りに観測を終了した。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
國友孝洋 Hi-net データによる走時変化計測の高精度化。地震 印刷中

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

名古屋大学環境学研究科 山岡耕春・鷲谷威・渡辺俊樹・田所敬一・川邊岩夫

他機関との共同研究の有無：有

東濃地震科学研究所・静岡大学・高知大学と連携して進める。

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：環境学研究科附属地震火山研究センター

電話：052-789-3046

e-mail：

URL：http://www.seis.nagoya-u.ac.jp

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山岡耕春

所属：名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター

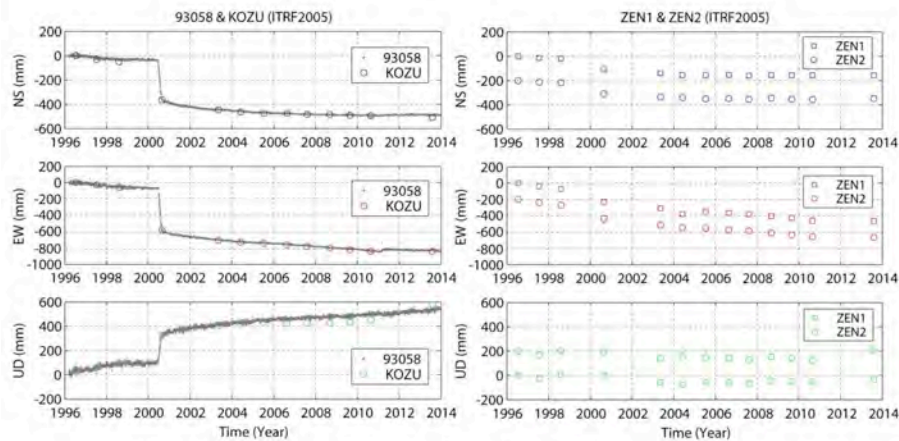


図1 神津島および銭洲岩礁での測位結果の時系列 (ITRF2005 座標系)

93058 は国土地理院の GEONET による連続観測結果，KOZU・ZEN1・ZEN2 はキャンペーン観測結果．各成分とともに，1996 年の観測初日を基準とし，基準からの変位を示す．解析は，Bernese (Ver. 5.2) を使用し，KOZU の座標値を GEONET の 93058 と 93086 の F3 解に強く拘束 (1 mm) して求め，さらに，得られた KOZU の座標値を強く拘束 (1 mm) して ZEN1 と ZEN2 の座標値を求めている．GPS 衛星軌道情報は，IGS の精密暦を使用した．

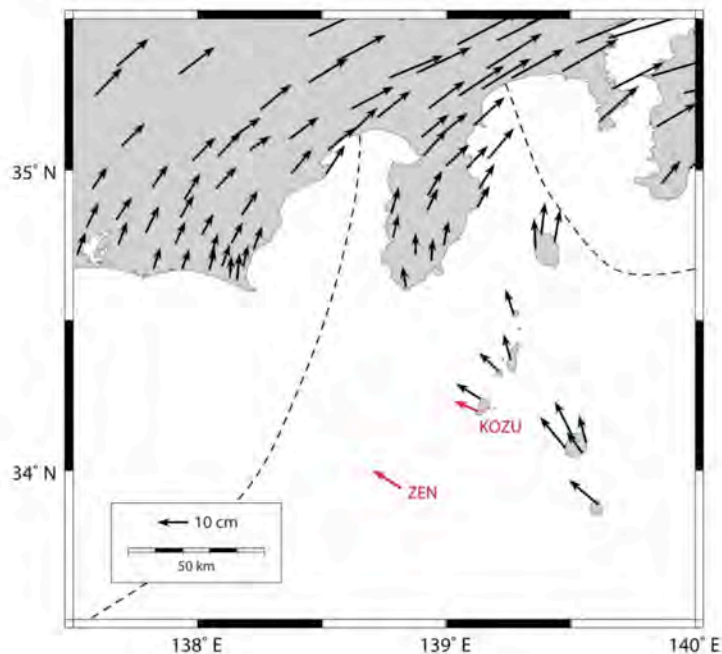


図2 2011 年東北地方太平洋沖地震の地震時と地震後の変動を含む変位ベクトル (アムールプレート (AM) 準拠) 期間は，2010 年 8 月 25 日より 2013 年 8 月 4 日 (2.94 年) までとした．この期間中に，ITRF2005 座標系より推定された各観測点の変位から，Sella et al. (2002) のオイラーベクトルで予測される AM-ITRF97 の変位を差し引いた．連続観測点による結果を黒矢印で，キャンペーン観測点による結果を赤矢印で示した．ZEN は ZEN2 (図 1) の変位ベクトルを示す．

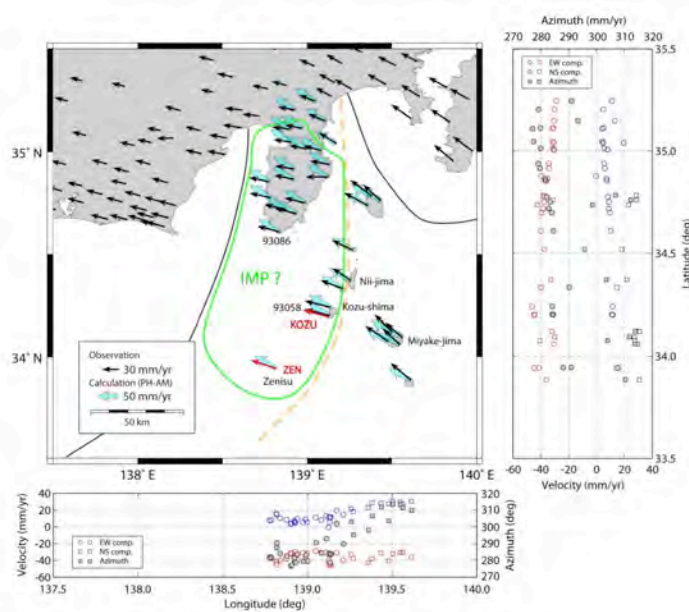


図3 AM準拠の速度場とPH-AMの剛体運動。

変位速度の推定期間は、2004年5月31日より2010年8月25日。ZENはZEN2の変位速度(図1参照)を示した。黒・赤矢印でAMに対する変位速度を、Sella et al. (2002)のオイラーベクトルより計算される、PH-AMの剛体運動を水色太矢印で示した。橙色の破線は、Nishimura (2011)によって示されたPHとIMPの境界を示す。緑線で囲んだ領域をIMPと仮定し、その領域内の20観測点の速度ベクトルを用いてIMP-AMの剛体運動を推定した。観測値の速度成分および速度の方位角の経度・緯度方向の変化については、伊豆半島および伊豆諸島の観測点データを用いた。それぞれ、赤・青・灰色の丸は、IMP境界より西部に位置する観測点データを、赤・青・灰色の四角は、IMP境界より東部に位置する観測点データであることを示す。

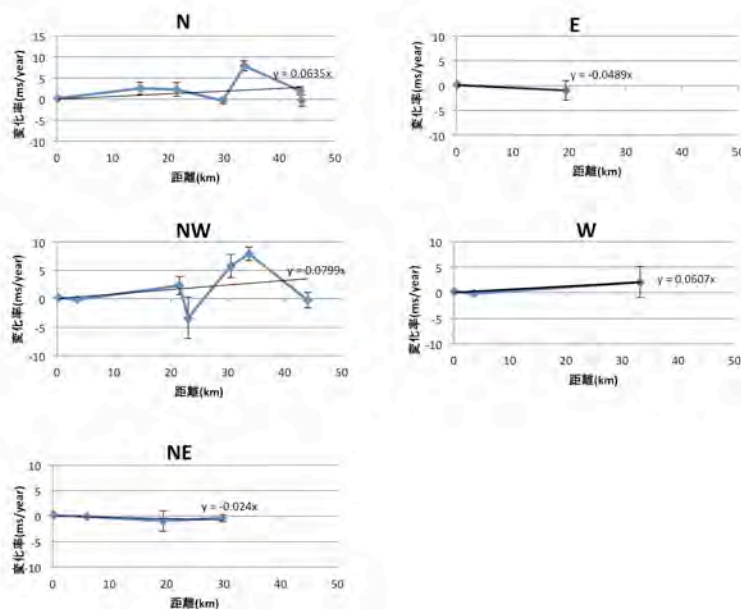


図4 名古屋大学三河観測所(愛知県豊橋市)の震源からみた方向別の走時変化率の距離依存性

三河観測所と周辺のHi-net観測点との間の走時変化率を距離の関数としてプロットした。遠距離になるほど変化率が大きくなり、また距離依存性は北西ほど大きい。これは北西方向の主応力増加を示唆している。

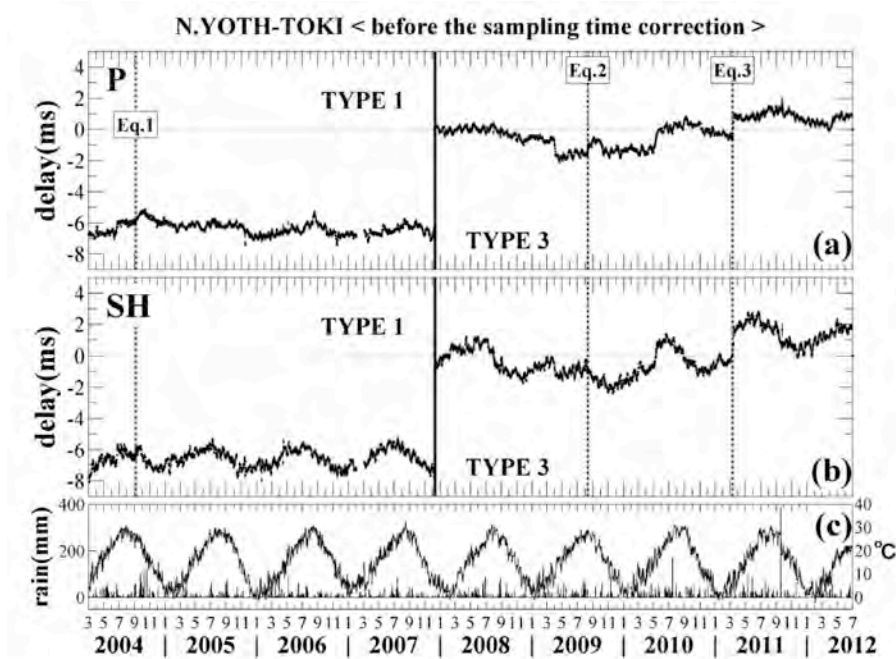


図5 岐阜県土岐市の震源と Hi-net 八百津の間の伝達関数の走時時間変化

上から順に、P波の走時変化、SH波の走時変化、気温変動、日別降雨量。縦波線は周辺で発生した地震（2004.9.5 紀伊半島沖の地震 (M7.1,7.4)、2009.8.11 駿河湾の地震 (M6.5)、2011.3.11 東北地方太平洋沖地震 (M9.0)）。縦実線はテレメータ装置が交換された時期 (2007.12.13)。

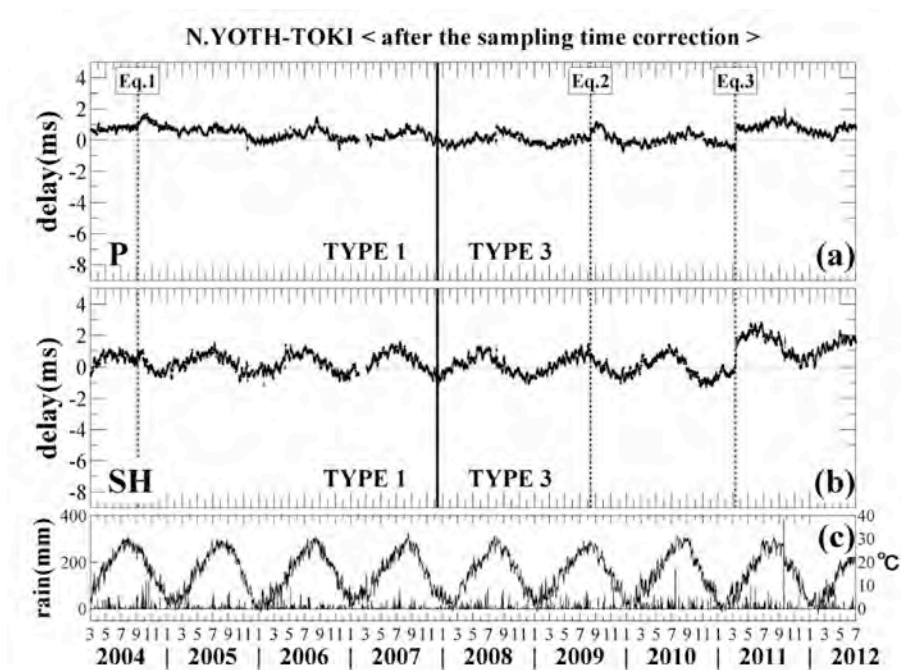


図6 レメータ刻時補正後の岐阜県土岐市の震源と Hi-net 八百津の間の伝達関数の走時時間変化
図の説明は図5と同じ

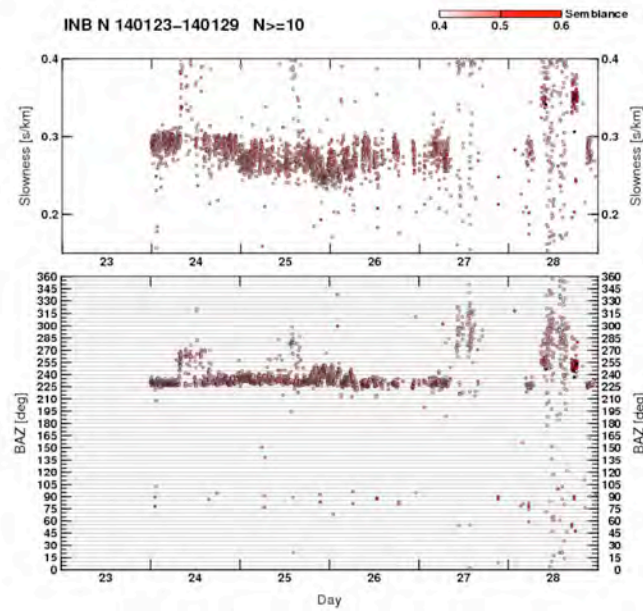


図7 深部低周波微動の地震計アレイ解析結果

愛知県豊田市稲武に設置した地震計アレイを用いて、2014年1月末の活動の到来方向(BAZ)とスローネスを示したものを。センブランス値の高い波群の到来方向とスローネスを赤い で示している。

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

プレート境界地震のための地殻活動予測シミュレーション・データ同化システムの構築

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

ア．地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

イ．地殻活動予測シミュレーションの高度化

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本課題では、第 2 次計画までに開発された地殻活動予測シミュレーションモデルを更に改良し発展させるとともに、地震活動、地殻変動等の観測データの情報をシミュレーションに取り入れるためのデータ同化システムのプロトタイプを開発し、プレート境界地震の発生履歴の再現やプレート境界の摩擦特性の推定等を行う。さらに、これらのシステム及びモニタリングシステムを構成要素とする地震発生予測システムの全体像を設計し、プロトタイプシステムを実際のデータに適用してプレート境界における滑りの時空間発展や地震発生を予測するデータ同化・予測実験を行う。こうした研究を通して本格的な地震発生予測システムの構築に向けて準備を整える。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

(a) 地殻活動予測シミュレーションモデルの開発研究及び予測実験

日本列島全域を対象とした地震発生シミュレーションの為に数値計算コードの改良と最適化を行なう。また、プレート境界面の摩擦特性の推定に向けた地殻変動解析モデルの構築を進める。

また、沈み込むプレートの 3 次元形状を考慮し、規模依存の破壊エネルギー摩擦特性分布を用いた、半無限均質弾性媒質中における南海トラフ及び千島海溝巨大地震発生サイクルシミュレーションを行い、歴史地震に見られる、大きな発生間隔・規模・東西セグメントの破壊時間差を再現するモデル作成を行うとともに、シミュレーションコードの高速化を進める。さらに、滑り応答関数計算を高度化するため、GeoFEM コードを改良して均質粘弾性媒質モデル作成の効率化を図る。

一方、これまでのシミュレーションであまり考慮されていなかった.; 応力や摩擦パラメータ等の短波長不均一が地震サイクルや予測に及ぼす影響をシミュレーションにより調べる。

さらに、プレート境界と内陸地震の相互作用の理解と活動度予測のための、計算効率の高い不連続体セルモデルシミュレーションモデル構築において、成層粘弾性媒質中での滑り応答関数を用いた粘弾性地震発生サイクルシミュレーションに取り掛かる。

平成 21 年度は、南海トラフ、日本海溝、千島海溝等のプレート境界を対象に、シミュレーションモデルを作成する。フォワード計算により、応力相互作用の評価を行う。

平成 22 年度は、不均質粘弾性構造、動的破壊過程、プレート境界地震と内陸地震の相互作用等を考慮して、モデルの高度化を進める。相互作用評価を継続する。

平成 23 年度は、モデル高度化を継続する。過去の大地震発生系列を再現するシミュレーションにより、摩擦特性等を推定する。近年の大地震の破壊過程、余効滑り過程のシミュレーションにより、摩擦特性等を推定する。

平成 24 年度は、シミュレーションによる摩擦特性等の推定の継続。プレート境界と内陸の相互作用のシミュレーション。摩擦パラメータ推定の不確定性が予測精度に及ぼす影響の評価を行う。

平成 25 年度は、これまでに推定された摩擦パラメータ等に基づき、予測シミュレーションを試行する。予測シミュレーションの誤差を評価する。シミュレーションに基づき、西南日本内陸の地震活動の変化について議論する。

(b) 地殻変動データを用いたデータ同化手法の開発と同化実験

プレート境界地震の余効滑りなどゆっくりとした断層運動を対象として、GPS データなど地殻変動データから、速度・状態依存摩擦構成則で用いられる摩擦パラメータや、滑り速度等の初期値を推定する手法を開発する。単純なバネ・ブロックモデルや複数のセルモデルを用いた研究を進めるとともに、2次元の連続体モデル（1次元断層）による解析手法について検討する。

平成 21 年度は、地殻活動予測システムの全体設計、パラメータ最適化手法、逐次データ同化手法の検討を行う。

平成 22 年度は、地殻活動予測システムの全体設計を完了し、パラメータ最適化手法、逐次データ同化手法の開発、試験を行う。

平成 23 年度は、データ同化の解析事例を増やし、手法の高度化を行う。

平成 24 年度は、予測シミュレーションと連携したデータ同化実験のためのシステム開発を行う。

平成 25 年度は、予測シミュレーションとデータ同化システムを連携させた予測システムのプロトタイプを稼働させる。

(c) 地震活動データの活用手法の開発

繰り返し地震をもれなく抽出し、滑り量分布の推定の精度を上げるため、幅広い規模の地震に適用できる新たな繰り返し地震抽出基準の策定を行う。具体的には、釜石沖等のすでに知られていて、現在の波形相似性の基準では抽出されない中規模繰り返し地震を用い、波形の相似性からこれらの繰り返し地震を同定できる基準を調べる（解析周波数帯、ウインドウ等の工夫）。次に、この基準を用い、過去の波形記録を系統的に探索する。

関東地方及び東海・東南海地域の微小地震活動度の長期的変化を高信頼度で推定する。そのためには、時間的・空間的に均質な地震カタログを作成する必要がある。東京大学地震研究所の微小地震観測網で 1994 年から 2007 年までに観測された M3 以上の地震の震源と M の再決定を実施する。その際、使用する観測点は 1994 年当時の配置に固定し、新しい観測点を導入したことによる影響を除去する。（北大・地震研）

測地データに加えて小繰り返し地震のデータを用いて、余効滑りの時間発展を推定する手法を確立する。特に、異種データの重み付けや滑りの空間分布に対する penalty 項の与え方について種々検討を行い、最適なものを見いだす。

平成 21 年度は、波形の相関、詳細な震源決定や、発生間隔等をもとに、小繰り返し地震を抽出する最適な手法の開発を開発する。また、地震活動から応力変化を推定する手法を開発する。

平成 22 年度は、小繰り返し地震と GPS データを用いてプレート間滑りの推定を行う手法を開発する。また、地震活動データから応力変化の推定を試み、その有効性を検証する。

平成 23 年度は、開発した手法を用いて、プレート境界の滑りの時空間発展を推定する。また、推定された応力変化がプレート境界の滑りによるものと仮定して、滑りの時空間発展について知見を得る。

平成 24 年度は、地震活動データから推定された滑り変化と数値シミュレーションを比較することにより、プレート境界の摩擦特性、応力について知見を得る。

平成 25 年度は、地震活動データを用いたデータ同化手法について検討する。

(7) 計画期間中(平成 21 年度~25 年度)の成果の概要:

本研究では、プレート境界地震を対象に、地震発生予測システムの構築へ向けて必要となる地殻活動予測シミュレーションおよびデータ同化システムの開発の研究を進めて来た。5 年間の実施内容および主たる成果を以下にまとめる。

(a) 地殻活動予測シミュレーションモデルの開発研究および予測実験

・準静的地震発生サイクルシミュレーションコードの省メモリ化・高速化(京都大学)

地震発生サイクルシミュレーションでは、プレート境界を N 個のセルに分割し、各セルでの運動方程式と摩擦則をカップルさせて、滑りの発展を追いかける。この際応力計算において、滑り応答関数行列と滑り(速度)ベクトル積を計算する必要があるが、その計算量および計算に必要なメモリ量は $O(N^2)$ である。南海トラフなどの大領域における地震発生サイクルシミュレーションでは N が大きく、計算時間および使用メモリの大きな大規模計算になる。また摩擦パラメタの推定(データ同化)等には、摩擦構成則の強い非線形性の故、多くの繰り返し計算を必要とする。こういったことから、地震発生サイクルシミュレーション計算の省メモリ化・高速化が必須である。

これまでの高速化の手法として FFT を用いたものが挙げられるが、空間的対称性を仮定した周期的境界条件を用いていて、適応範囲が限られている。そこで、当初、天体物理学における N 体長距離相互作用の高速計算用に開発された高速多重極法(FMM)を用いて、無限均質弾性媒質中での滑り応答関数行列と滑り(速度)ベクトル積の計算の高速化の検討を行ない、 $O(N)$ の計算時間およびメモリ量で計算でき、高速化が可能であることを示した。ところが、半無限均質弾性媒質の滑り応答関数ではうまく多重極展開ができず、問題があることが分かった。そこで、マックスプランク研究所で開発された、階層型行列(Hierarchical Matrices, H-matrices)法を用いた省メモリ化・高速化を検討したところ、メモリ量は $O(N)$ 、計算量は $O(N \sim N \log N)$ と省メモリ化・高速化を達成できることが分かり、大規模計算が京等のスパコンのみならず大学の大型計算機でも可能になった(Ohtani et al., 2011)。

H-matrices 法を具体的に適用した例として、階層型アスペリティモデルに基づく、2011 年東北地方太平洋沖地震サイクルシミュレーション($N = 200,704$)(Ohtani et al., 2014)、および 1986 年十勝地震震源域を含む北部領域まで震源域を広げ($N=237,204$)にして、大規模シミュレーションを実行した。さらに N が $O(10^6)$ 以上となる列島規模および色々なサイズの地震を含む、大規模マルチスケール地震サイクルシミュレーションの必要性を検討した。

・起伏を持つ地表面形状が地震発生サイクルに与える影響(京都大学)

H24 年度の研究で、北海道東岸 500 年間隔地震、2011 年東北地方太平洋沖地震および南海トラフ巨大地震といった巨大地震の相互作用を含む列島規模の地震サイクルモデルの必要性を論じ、H-matrices 法を適応すれば、計算に要するメモリ量や計算時間に関してはクリアでき実現可能であることを示した。ところが、現状の半無限均質弾性媒質を仮定して滑り応答関数を計算する手法では、プレートが地表に達する日本海溝と南海トラフの深さがそれぞれ約 7km と 4km といった違いがあるため、扱いが難しくなる。そこで、平成 25 年度に、平面ではなく海溝など地表面が起伏を持つ場合の地震サイクル計算法を開発した。

Hok and Fukuyama (2011) は、半無限均質弾性媒質中での動的滑り応答関数が複雑で計算に問題があるため、全無限均質弾性媒質中に断層面と自由表面境界を設定し、断層滑りによる応力と自由表面境界に生じる変位による応力が自由表面境界条件を満たすように境界での変位を計算することで、全無限均質弾性媒質中での滑り応答関数を用いて、半無限均質弾性体中での滑り応答関数を計算する手法を開発し、動的破壊シミュレーションを行なった。彼らは平面地表面を扱っていたが、起伏を持つ任意形状の地

表面を扱うことができる。これを静的滑り応答関数計算に応用し、全無限均質弾性媒質中での滑り応答関数を用いて、任意形状を持つ地表面を持つ半無限媒質での滑り応答関数計算法を開発した。その際、任意形状を持つ地表面を小セルに分割して変位を求める必要があるが、計算する地表面領域を広く、また分割セルサイズを小さく取るほど、計算精度は上がるが、計算コストも上昇する。そこで、大谷・平原 (2013) は、地表が平面境界の場合の解析的滑り応答関数と参照して、断層セルの深さ・傾斜角に応じて、精度を保つために必要な地表面領域の広さ、および分割セルサイズを見出し、計算コストを抑える手法を開発した。任意形状の地表面形状をもつ弾性媒質での滑り応答関数が計算できれば、H-matrices 法は適用可能であり、滑り応答関数と滑り遅れベクトルの積は $O(N \sim N \log N)$ で計算可能である。図 1 に例として計算した、日本海溝に沈み込む太平洋プレート境界での地震サイクル計算に用いた形状を示す。日本海溝の水深 7km を $Z=0\text{km}$ にとっているが、海底地形 (図 1 の青線) は日本列島に近づくにつれ上昇している ($Z=-7\text{km}$)。この状況で、深さ 13km、33km におよそ 40km のサイズのアスペリティを置き、地震サイクル計算を行なったところ、全無限の場合の地震間隔、海溝の深さに平面境界をおいた場合、および図 1 の海底地形表面 (青線) を持つ半無限弾性媒質の場合の地震間隔を $T^{inf}, T^{flat}, T^{real}$ とすると、それぞれのアスペリティの深さで $(T^{real}-T^{inf})/(T^{flat}-T^{inf})=0.54$ および 0.62 となつて、海溝の深さに設定した平面半無限弾性体に比べ、海底地形を持つ場合の地震間隔は長くなる。これは断層面と地表との距離が滑り応答関数に影響し、その結果地震間隔が変わることになる。

・粘弾性媒質中での地震発生サイクルシミュレーション (京都大学)

粘弾性媒質中での応力計算には、滑り応答関数と滑り遅れ速度の履歴積分を必要とし、メモリおよび計算量とも弾性媒質より大変な計算になる。当初、メモリ変数を用いて、履歴積分を要しない新手法を開発し (平原・他, 2011)、弾性媒質と同様に粘弾性媒質でもメモリ変数を用いた滑り応答関数に H-matrices 法が適用でき実際の計算が可能になると報告したが、残念ながら、H-matrix 法は適用できず、セル数を N とすると、従来の方法による弾性計算とほぼ同じ $O(N^2)$ の計算量が必要となることが分かった (平原・他, 2012)。ただし履歴積分では $O(N^3)$ の計算が必要となるので、省メモリ化・高速化は実現されてはいることになり、H-matrices 法を用いない弾性計算と同程度の高速化は図られている。今後は更に、履歴積分に H-matrices 法を適用して、省メモリ化・高速化を図る工夫が必要である。

・南海トラフ巨大地震サイクル中における西南日本内陸地震活動 (京都大学)

粘弾性媒質中の地震サイクル計算ではないが、南海トラフ巨大地震サイクル中における西南日本内陸地震活動を予測するクーロン破壊応力 (CFF) の時間変動シミュレーションを行なった。南海トラフ巨大地震の発生前 50 年から後 10 年に西南日本で内陸地震活動が増す (Utsu, 1974; Hori & Oike, 1996) と報告されている。これを受けて、東西圧縮、南海トラフでの固着と地震発生に伴う粘弾性応答による CFF、および変形源として内陸地震発生を加え、近畿地方周辺の多数の活断層上での CFF を計算した結果、南海トラフ巨大地震の発生前に逆断層型地震が多く起こり、発生後に横ずれ型地震が多くなることを予測する結果 (図 2 右図) を得た (Shikakura et al., 2013)。実際、多くの逆断層タイプの地震は南海トラフ巨大地震前に発生していることを確認した (図 3)。

・単純化モデルによる地震サイクルの定量的理解 (東京大学)

現実的なシミュレーションを行い、モデルとデータに基づき地震発生の予測を目指すためには、プレート境界面にはたらく摩擦について適切な構成則を用いるとともに、現実的なパラメタを知る必要がある。プレート境界地震の破壊開始点付近の破壊エネルギーを推定するなど、プレート境界の摩擦特性について定量的な理解を進めた。また、破壊エネルギーや応力降下量の規模依存性について考察を行った。プレート境界面上の摩擦特性の空間的不均一性に関しては、2011 年東北地方太平洋沖地震を含む地震サイクルのシミュレーションなどにより理解を進めた。地震の長期的な予測のためには地震発生の不規則性や非周期的な振る舞いを理解する必要がある。単純な 2 自由度バネ-ブロックモデルを用いたシミュレーションにより摩擦パラメタの変化により周期的な地震発生から非周期的な地震発生に遷移する過程を調べた。また、単一のアスペリティからなる系でも滑りイベントの発生にカオス的な振る舞いが見られる場合があることが明らかになった。

平成 25 年度は、ほぼ同じ場所で繰り返し発生する地震について、規模や発生間隔の規則性を理解

することを目的とした検討を行った。ほとんど同じ規模の地震が同じ場所で繰り返す場合も、繰り返し間隔は必ずしも一定にはならない。この原因として、別のアスペリティとの相互作用の効果を含む、応力のゆらぎが考えられる。ここでは、他のアスペリティとの相互作用がない孤立したアスペリティに一定速度でせん断応力をかけたときの地震サイクルのシミュレーションを行い、繰り返す地震の規模や発生間隔のゆらぎを調べた。平面断層上に速度・状態依存摩擦則に従う摩擦がはたらいているとして、円形領域内では速度弱化的摩擦特性で（アスペリティ）、その外側では速度強化的摩擦特性を仮定する。アスペリティでは繰り返しエピソードな滑りが、周囲では安定滑りが発生する。特徴的滑り量 L を変えてシミュレーションを行い得られたモーメント解放率の時間変化を図 4 に示す。周期的に地震が発生する場合もあるが、倍周期的な滑りイベントの発生や、非周期的な滑り挙動も観測される。図 5 に地震発生間隔の反復写像を示す。 i 番目のサイクルの時間間隔 T_i と $(i+1)$ 番目のサイクルの時間間隔 $T_{(i+1)}$ の関係は単純な曲線で表現でき、決定論的カオスを示す力学系の特徴をもつことがわかる。以上のことから、摩擦特性の空間分布が単純で、複数アスペリティの相互作用がない場合でも、滑り挙動の時間変化は複雑になる可能性があることがわかる。

・地震サイクルシミュレーションモデルの開発（名古屋大学）

従来、準静的な応力蓄積から破壊核形成を経て動的破壊へと至るプロセスの連成シミュレーションを行っていたが、1 サイクル目の動的破壊後の応力状態を受け渡して 2 サイクル目の解析を続けて行うことができるようになり、1968 年十勝沖地震の震源域を想定した計算を実施した。その結果、2 サイクル目の計算では 1 サイクル目よりも急速な応力蓄積が生じ、地震発生間隔が短縮されたが、これはアセノスフェアの粘性緩和が主たる要因と考えられる。これによって、地震サイクルの全過程をシミュレーションできる見通しが立った。

(b) 地殻変動データを用いたデータ同化手法の開発と同化実験

・アジョイント法によるデータ同化手法の開発（京都大学）

プレート境界の断層滑りはプレート運動や地震による応力変化によってプレート境界の摩擦法則を満たしながら進行する。すなわち、断層滑りの詳細な履歴に基づいてプレート境界面の摩擦法則を推定することが可能と考えられ、本研究では、気象・海洋分野で開発されたデータ同化手法であるアジョイント法による摩擦パラメタの推定手法の開発を行った。具体的には、2003 年十勝沖地震の余効滑りを扱い、摩擦法則としては速度・状態依存摩擦構成則を仮定し、シミュレーション計算の結果に基づく模擬データを用いて摩擦パラメタ (a, b, L) を推定し、真の値との比較を試みた。当初は断層セル 2 つといった単純なケースから検討を始め、プレート境界面を $10\text{km} \times 10\text{km}$ の小断層に分割し、余効滑りの空間伝播を表現できるモデルへと拡張した。その結果、初期値と異なる値を仮定した場合でも真の値に近い値に収束する結果が得られた。また、2003 年十勝沖地震の発生後に発生した 2004 年釧路沖地震について、発生時期のより良い予測が行えることが示された。

・余効滑りに基づく摩擦パラメタの推定（東京大学）

現実の断層に対して、摩擦構成則を用いた地震サイクルの数値シミュレーションを行うためには、断層面の摩擦特性を知ることが必要である。そこで本研究では、GPS データから断層面の摩擦特性を推定するための手法開発を行った。まず、GPS により観測された余効変動と摩擦構成則に基づく一自由度モデルについて、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いて摩擦パラメタの事後確率分布を推定するための手法を開発した。この手法を 2003 年十勝沖地震後の GPS 時系列に適用し、速度・状態依存摩擦法則の 3 つのパラメタ L, a 、 $(a-b)$ を推定した。次に、データ同化で使用される手法である粒子フィルタとカルマンフィルタを用いて、2011 年東北地方太平洋沖地震後の余効滑りと滑り速度の時空間変化を GPS 時系列データから 1 日毎に精密に推定した。この結果から、定常摩擦応力の速度依存性を表すパラメタ $(a-b)$ が滑り速度に依存するか、有効法線応力が時間変化したことを示した。さらに、摩擦構成則に基づく現実的なモデルを用いて摩擦特性を推定するために、東北地方太平洋沖地震の余効滑りの三次元モデルの開発を行った。この他、大自由度モデルや多種データを用いたデータ同化やインバージョン解析を行うために、線形・非線形混合モデルに対してモデルパラメタ、先験情報・異種データ間の相対的な重みを効率的にベイズ推定するアルゴリズムを開発した。

平成 25 年度は、2011 年東北地方太平洋沖地震の余効滑り発生領域の断層摩擦特性を GPS 観測データと物理モデルに基づき、データ同化により推定するために、観測データと比較可能な余効滑りの三次元物理モデルの構築を行った。モデルでは、プレート境界面上の滑り速度と応力の時間発展は速度・状態依存摩擦法則から導かれた速度強化の定常摩擦に従うと仮定した。GPS により得られた本震時の変位から地震時の滑り分布を推定し、それに基づいて計算されたプレート境界面上における地震時の応力変化を与えてその後の余効滑りの時空間変化を計算した(図 6)。モデルにより計算された余効滑りは地震時の滑りが大きい領域の周囲に集中しており、滑りの空間パターンの時間変化はほとんど見られなかった。モデル計算と GPS データのインバージョン解析により推定された地震後 7 ヶ月間の積算余効滑りが適合するように定常摩擦応力の速度依存性を表すパラメタを推定したところ、 $(a-b) = 0.2 \text{ MPa}$ という結果が得られた。本研究では $(a-b)$ が定数であると仮定したが、モデル計算の結果とインバージョン解析により推定された余効滑りの時空間変化には系統的な差異が残っており、 $(a-b)$ の空間変化や、前年度の研究で推定された $(a-b)$ の滑り速度依存性等をモデルに取り入れることを検討する必要がある。

・測地データを用いたプレート境界滑り分布の推定(名古屋大学)

プレート境界面上における地震の発生を考える際に、観測データに基づく断層滑りの時空間分布は重要な境界条件を与える。測地データを用いた地震時および非地震時のプレート境界滑り推定について研究を実施し、以下の成果を得た。

(1) 西南日本の GPS データを用いて南海トラフのプレート境界面上における滑り遅れ分布を明らかにし、特に滑り遅れが豊後水道付近にまで及ぶことを指摘した(H21 年度)

(2) 豊後水道で繰り返し発生しているスロースリップでは、長期的な応力蓄積が生じていないことを見出した(H22 年度)。また、繰り返した 3 回のイベントについて滑りの時空間分布を比較し、プレート境界面上の同じ場所では、同一の滑り-応力関係に従って滑りが進展すること、スロースリップ域とその周囲は、それぞれ滑り弱化和滑り強化の性質で特徴付けられることを見出した(H23 年度)。

(3) 四国周辺では大地震時の滑り域、地震後の余効滑り域とスロースリップ領域の三者が空間的に棲み分けていることを見出した(H22 年度)。

(4) プレート境界の力学的な固着分布と、それから予想される地表の地殻変動データを用いて滑り遅れ分布を推定した結果の定量的な比較を行い、測地データに基づく推定が、固着域の規模やモーメント蓄積率を過大評価する傾向があることを明らかにした。(H21, H24 年度)

(5) 東北地方太平洋沖地震について、有限要素法を用いて 3 次元不均質構造やアセノスフェアの粘性を考慮し、地震時および地震後の滑り分布を推定した。その結果、粘弾性の影響を考慮することで、宮城沖で地震後に観測された急速な西向き変位が説明できること、粘弾性の効果を考慮しないと余効滑りを大幅に過大評価する恐れのあることがわかった。推定された余効滑りは本震の滑り域や過去の大地震の震源域の分布と相補的であり、地震後 2.5 年間で最大約 2m に達しているが、プレート境界の深さ 50km 深部には及んでいないと考えられる(図 7)(H25 年度)。

(c) 地震活動データの活用手法の開発

・小繰り返し地震によるプレート間滑りのモニタリング(東京大学)

日本列島全域に展開されているテレメータ地震観測点で観測された地震波形記録の蓄積を行い、小繰り返し地震群の抽出を行った。また、小繰り返し地震群の規模・発生位置および発生間隔の情報を基にして日本列島下に沈み込む太平洋プレートおよびフィリピン海プレートにおけるプレート間滑りの時間・空間変化の推定を行った。その結果、比較的定常的に発生する小繰り返し地震群が琉球海溝から沈み込むフィリピン海プレートおよび、千島-日本海溝から沈み込む太平洋プレートの上部境界で多数見つかった。小繰り返し地震の発生は、各地域のプレート間固着状態を反映した特徴を示しており、琉球弧では、解析期間を通してプレート間の相対運動速度とほぼ一致しているかやや小さい一方、東北日本弧では、大地震とその余効滑りの発生による滑り速度の時空間変化が見られた。特に、平成 23 年東北地方太平洋沖地震発生前後には、プレート間滑りの時空間変化が顕著に見られた。地震発生前の約一ヶ月の間には、本震の破壊開始点に向かって 2 度にわたりスロースリップの伝播が生じ、こ

これらのスロースリップの伝播が引き起こす応力の集中により、本震発生が促進された可能性を示した。本震発生後には震源域周辺の広い領域で発生した余効滑りが確認された。その速度は、時間経過とともに徐々に減少しているが、震源域の北西側では現在もプレート間相対運動速度より速い状況が続いている。また、余震発生域と大滑り域の相補関係を東北沖地震の余震活動に適用し、東北沖地震発生時の大滑り域が複雑な形状を示すことを明らかにした。小繰り返し地震も大滑り域の外側に多数分布していることから、大滑り域から解放された応力によって、その外側で余効滑りが駆動されている事が示唆された。さらに、震源情報を用いた地震クラスターの自動抽出を行い、各クラスターの地震活動を調査し、三陸沿岸地域や先島諸島周辺のプレート境界において、定常的に発生する小繰り返し地震を含む孤立した地震クラスターを多数発見した。中でも、波照間島沖合に位置するクラスターの地震発生時系列は、隣接地域で規則的に発生するスロースリップイベントと部分的に同期しており、プレート間固着状態の変化との関連性が示唆された。

平成 25 年度は、平成 23 年東北地方太平洋沖地震発生前後の関東地方周辺の太平洋プレートおよびフィリピン海プレートにおけるプレート間滑りの時空間変化に焦点を当てて小繰り返し地震の解析を行った。各プレートにおける滑り速度は、関東地方のプレートモデルを構築し、それぞれのプレート境界近傍で発生した地震を選び出すことによって推定した。その結果、両プレートともに、東北沖地震発生前の滑り速度は、プレート間相対運動速度と比べてやや小さかったが、地震後に増加したことが明らかとなった。太平洋プレート境界での余効滑りは、フィリピン海プレートとの接触域を越えた深部にまで広がっていた。その速度は本震発生後徐々に減少し、現在はほぼプレートの相対運動速度程度まで低下している。一方、フィリピン海プレートの滑り速度は、本震発生後数ヶ月の間、最大余震の西側で顕著に増加した。プレート間大地震発生による局所的な応力変化や地震後の余効変動の影響によって引き起こされたのかもしれない。

- ・ 中規模の繰り返し地震によるプレート境界滑り監視（東北大学）

繰り返し地震の抽出方法の検討により、M4 以上の中規模の地震についても繰り返し地震の抽出ができるようになった。これにより、2011 年東北地方太平洋沖地震前後の繰り返し地震活動変化から、非地震性滑りの推移を得た。また、東北地震の余効滑りの繰り返し地震の破壊過程への変化についても検討した。

平成 25 年度は、東北地方太平洋沖地震後の繰り返し地震の活動のモニタリングを引き続き行うとともに、東北地方太平洋沖地震後の繰り返し地震のマグニチュード変化について調べた。この地震後に地震の規模が大きくなっているグループが余効滑り域内で多く、規模が大きくなった繰り返し地震の 1 つである釜石沖地震について、滑り域の推定からこの規模の大きな地震は滑り域が広いことを明らかにした。このような滑り域の変化現象は不安定滑りを起こす領域の周囲での条件付き安定領域の存在を示唆している。また、2011 年東北地方太平洋沖地震前のスロースリップについて情報を整理した。本震の 10 年程度前から、GPS や繰り返し地震から滑りの増加が報告されている。この期間には図 8 の南側の細い赤四角の領域で、エピソード的な滑りがみられる。その後 2008 年に、やや海溝に近い太い赤長方形の近く、および南と北の 2 つの細い赤四角でスロースリップが推定され、2011 年に入ると、太い赤長方形の場所でふたたび滑りが見られるとともに、2 回の震源移動のうちの最初の移動が 2 月に見られた（白丸）。その後、2011 年 3 月 9 日の前震が水色の領域で発生し、その後の余効滑りが、薄緑色の領域や北側の細い赤四角で推定された。また、この時期には本震の震央（橙色星）に向かう滑りの伝播を示すと考えられる 2 度目の震源の移動（黄丸）も見られた。これらの滑り変化は、巨大地震前の現象を多種類のデータから捉えたものであり、現実的な地震発生シミュレーションに役立つものと考えられる。

- ・ 均質な地震カタログに基づく地震活動評価（北海道大学）

地震活動から地殻活動予測に必要な広域応力場の時間変化を検出するためには均質な地震カタログが必要である。そこで、1994 年 1 月 1 日から 2007 年 12 月 31 日までの期間に関東および東海・東南海地域で発生した $M_{JMA} \geq 3.3$ 以上の地震の震源および M を同一の観測点を用いて再決定し、均質な地震カタログを整備した。この地震カタログを精査した結果、2005 年 8 月から 2007 年 12 月の間、茨城

県南部から東京湾にかけて地震活動が活発化し、銚子沖で地震活動が静穏化したことが見出され、銚子沖の太平洋プレート上面で長期的スロースリップが発生した可能性を指摘するとともに、GPSデータに関連した変位を見出した。

(8)平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

Fukuda, J., A. Kato, N. Kato, and Y. Aoki (2013), Are the frictional properties of creeping faults persistent? Evidence from rapid afterslip following the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3613-3617, doi:10.1002/grl.50713.

Katsumata, K., and S. Sakai, Seismic quiescence and activation anomalies from 2005 to 2008 beneath the Kanto district, central Honshu, Japan, *Earth Planets Space*, 65, 1463-1475, 2013.

Ohtani M., K. Hirahara, T. Hori and M. Hyodo, and Mamoru Hyodo, Observed change in plate coupling close to the rupture initiation area before the occurrence of the 2011 Tohoku earthquake: implications from an earthquake cycle model, *Geophys. Res. Lett.*, DOI: 10.1002/2013GL058751, 2014.

Shikakura, Y., Y. Fukahata, and K. Hirahara, Long-term changes in the Coulomb failure function on inland active faults in southwest Japan due to east-west compression and interplate earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 119, doi:10.1002/2013JB010156, 2014.

Uchida, N., and T. Matsuzawa, Pre- and post-seismic slow slip surrounding the 2011 Tohoku-oki earthquake rupture, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 374, 81-91, doi:10.1016/j.epsl.2013.05.021, 2013.

Uchida, N., K. Shimamura, T. Matsuzawa, T. Okada, Postseismic response of repeating earthquakes around the 2011 Tohoku-oki earthquake: Moment increases due to the fast loading rate, *J. Geophys. Res.*, under review.

内田直希・伊藤喜宏・加藤愛太郎・太田雄策, 東北地震から 3 年: 東北地方太平洋沖地震前にみられたスロースリップ, *なみふる*, 97 号, 2014, 印刷中.

平原和朗・大谷真紀子・兵藤守・堀高峰, 大規模マルチスケール地震サイクルシミュレーション, 日本惑星科学連合 2013 年大会, STT59-01, 2013.

Igarashi, T. (2013) Small repeating earthquakes and inter-plate aseismic slip after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, IAHS-IASPO-IASPEI Joint Assembly, S102PS.01, Gothenburg.

Igarashi, T., T. Idaka, S. Sakai, K. Obara, and N. Hirata (2013) Small repeating earthquakes and inter-plate aseismic slip in and around the Kanto district after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, American Geophysical Union Fall Meeting, S11B-2341, San Francisco.

大谷真紀子・平原和朗, 地表面形状が地震発生サイクルに与える影響, 日本地震学会 2013 年度秋季大会, P1-45, 2013.

鈴木翔太・伊藤武男・里嘉千茂・兵藤守, 3次元地下構造を考慮した有限要素法による 2011 年東北沖地震の粘弾性応答, 日本地震学会秋季大会, 2013 年.

(9)実施機関の参加者氏名または部署等名 :

名古屋大学大学院環境学研究科 : 鷺谷威、橋本千尋, 伊藤武男

他機関との共同研究の有無 : 有

東京大学地震研究所 : 加藤尚之、加藤照之, 五十嵐俊博、福田淳一

京都大学大学院理学研究科 : 平原和朗、宮崎真一

京都大学防災研究所 橋本学

東北大学大学院理学研究科 : 内田直希、松澤暢

北海道大学大学院理学研究院 : 勝俣啓

海洋研究開発機構 堀高峰

(10)公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：名古屋大学大学院環境学研究科
 電話：052-789-3046
 e-mail：web-master@seis.nagoya-u.ac.jp
 URL：http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：鷺谷威

所属：名古屋大学大学院環境学研究科

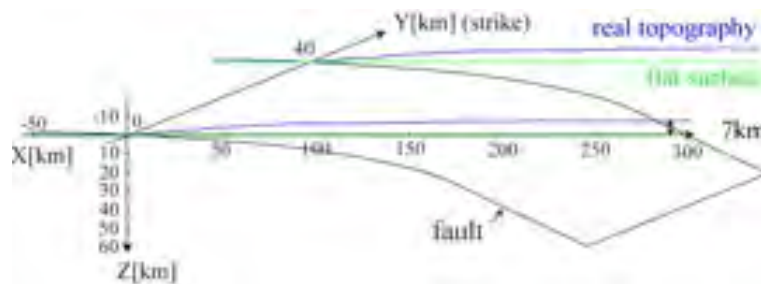


図1 日本海溝に沈み込む太平洋プレートを模したモデル（大谷・平原, 2013）。水深 7km の日本海溝を $Z=0\text{km}$ とし、深さ方向に Z 軸、プレート走行方向に Y 軸をとっている。青線が海底地形を表す。走行方向には構造は一様とする簡単化を行なっている。

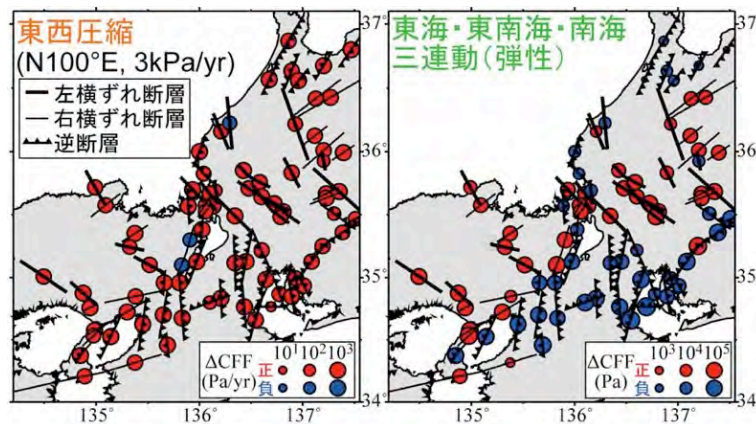


図2 西南日本内陸活断層における応力変化。
 (左図): 0.3×10^{-7} 年の東西圧縮による各断層におけるクーロン応力変化 ($\mu' = 0.3$ を仮定)。(右図): 100年間の固着を仮定した時の南海トラフ巨大地震時における各活断層のクーロン応力変化。(赤：正、青：負)(鹿倉・他, 2012)。

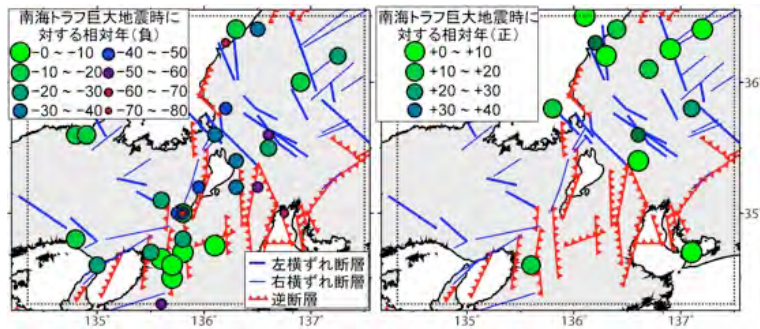


図3 南海トラフ巨大地震の発生前(左)と発生後(右)の歴史地震発生の時空間分布。(鹿倉・他,2012)

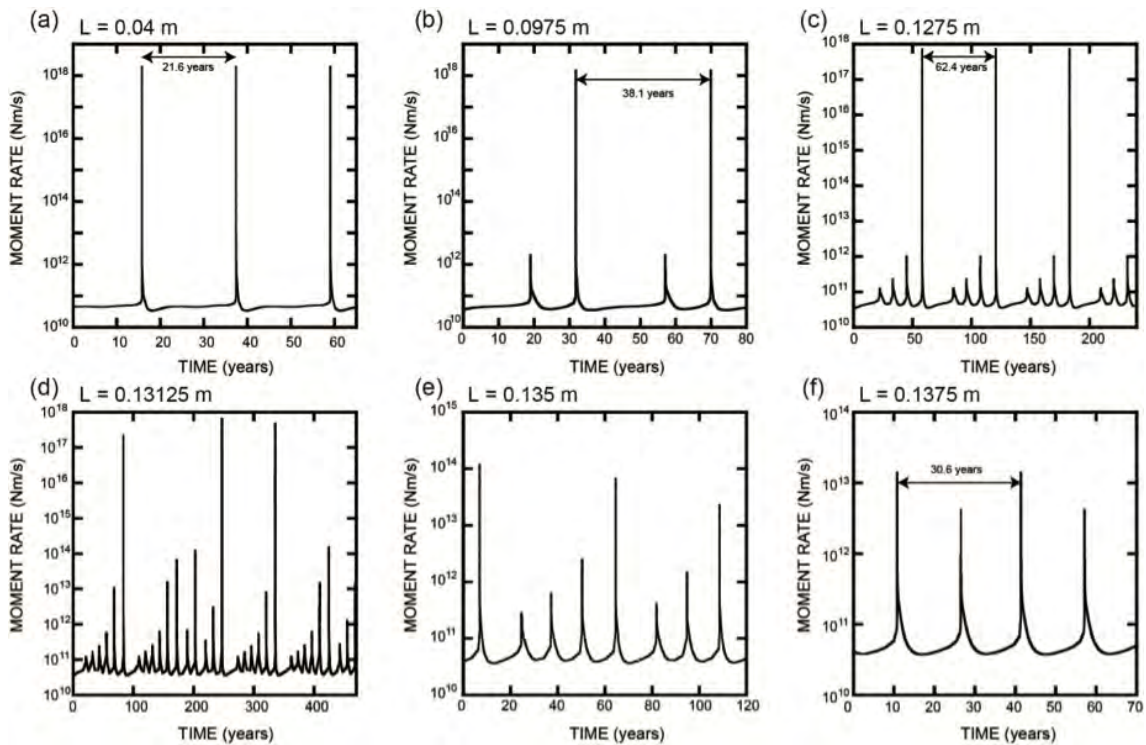


図4 モーメント解放率の時間変化のシミュレーション結果。

速度弱化域で $A-B = -0.5$ MPa、速度強化域で $A-B = 0.2$ MPa。特徴的滑り量 L は断層面上で一様で、(a) 0.04 m、(b) 0.0975 m、(c) 0.1275 m、(d) 0.13125 m、(e) 0.135 m、(f) 0.1375 m。(a) では周期的に地震が発生する。(b) では地震と非地震性滑りイベントが交互に発生する。(c) では1周期の中に1つの地震と3つの非地震性滑りイベントが含まれる。(d) では非周期的になり、地震と非地震性滑りイベントが不規則に発生する。(e) も非周期的だが、非地震性滑りのみ。(f) は2種類の非地震性滑りイベントが交互に発生する。

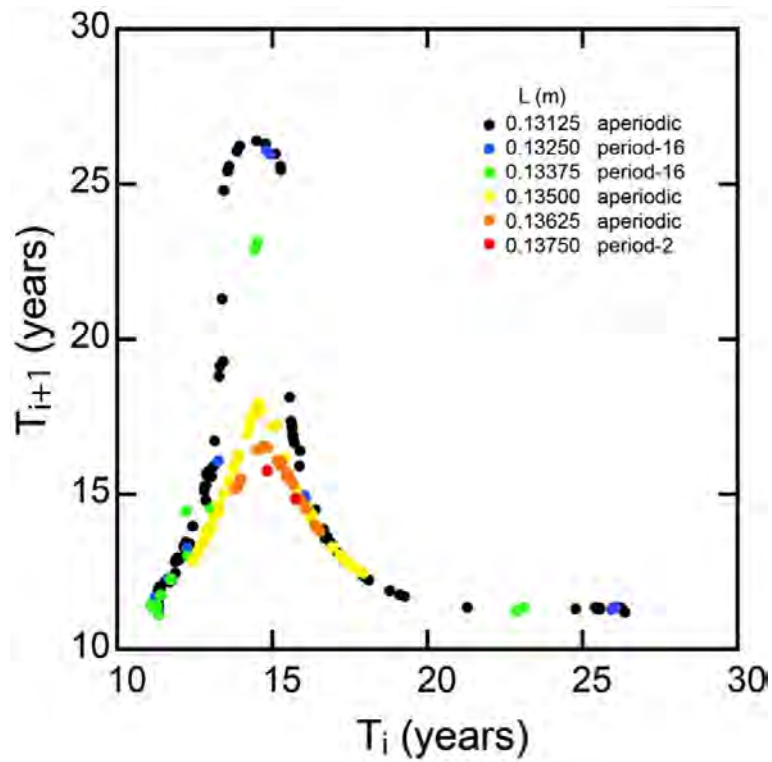


図5 地震発生間隔の反復写像。

i 番目のサイクルの時間間隔 T_i と $(i+1)$ 番目のサイクルの時間間隔 $T_{(i+1)}$ の関係。速度弱化域で $A-B = -0.5$ MPa、速度強化域で $A-B = 0.2$ MPa、 $L=0.13125 \sim 0.13750$ m。

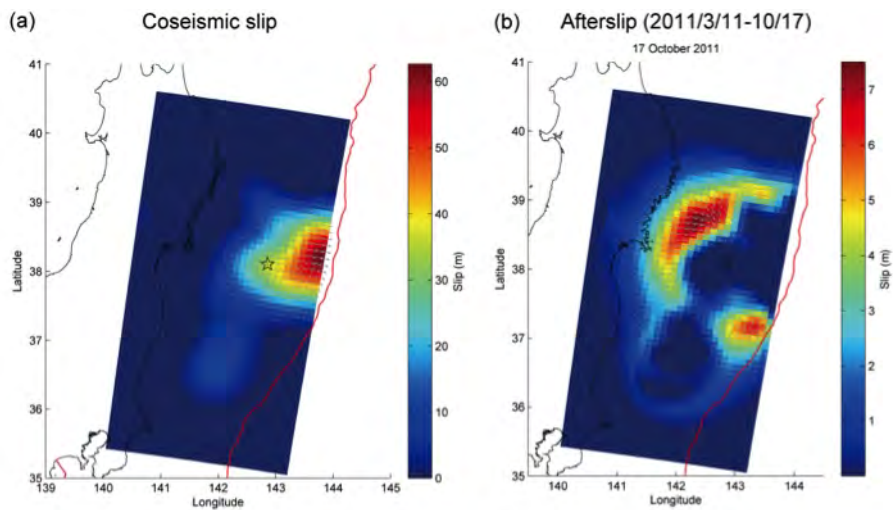


図6 余効滑りから推定した摩擦パラメタによる滑り分布の再現。

(a) GPSデータのインバージョンから推定された2011年東北地方太平洋沖地震の滑り分布。余効滑りのシミュレーションの初期条件を計算するために使用した。(b) 摩擦構成則に基づくシミュレーションから計算された余効滑りの滑り分布(2011/3/11-10/17)。

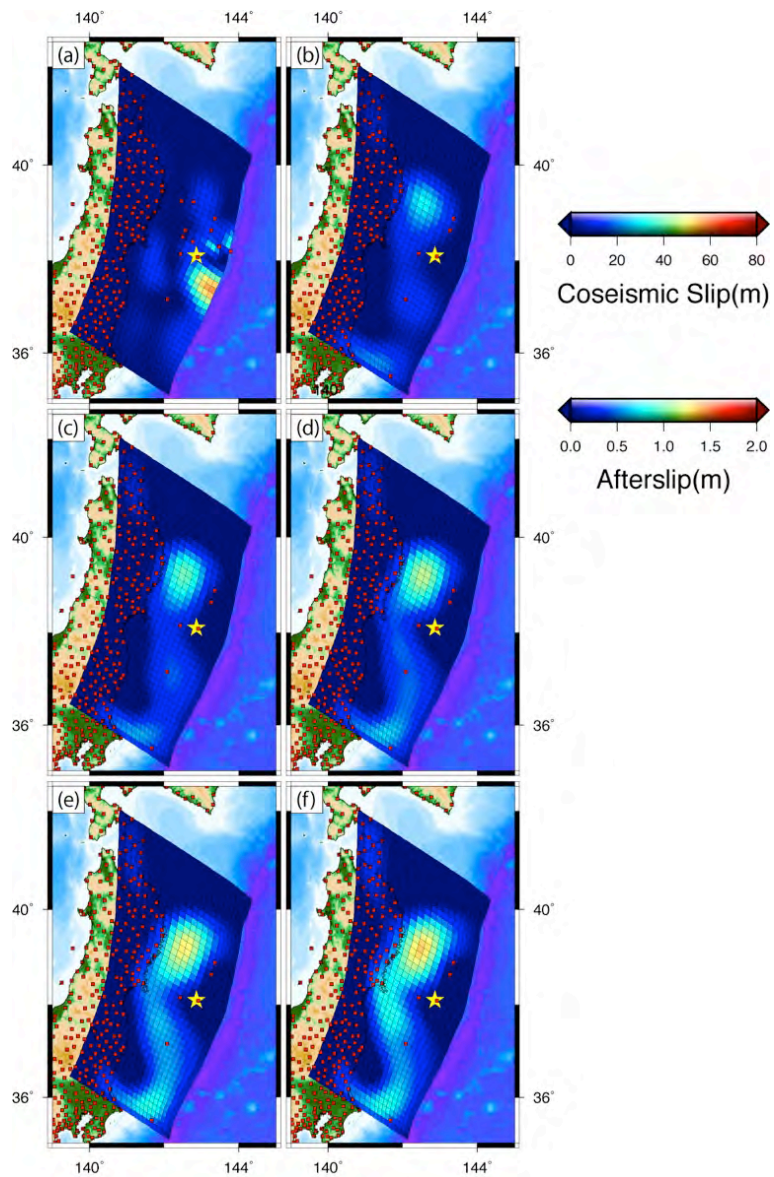


図7 粘弾性応答関数を用いたインバージョン結果。

(a) 地震時の滑り分布。(b-f) は積算された余効滑り分布。(b) 地震後0.5年 (c) 地震後1年 (d) 地震後1.5年 (e) 地震後2年 (f) 地震後2.5年。

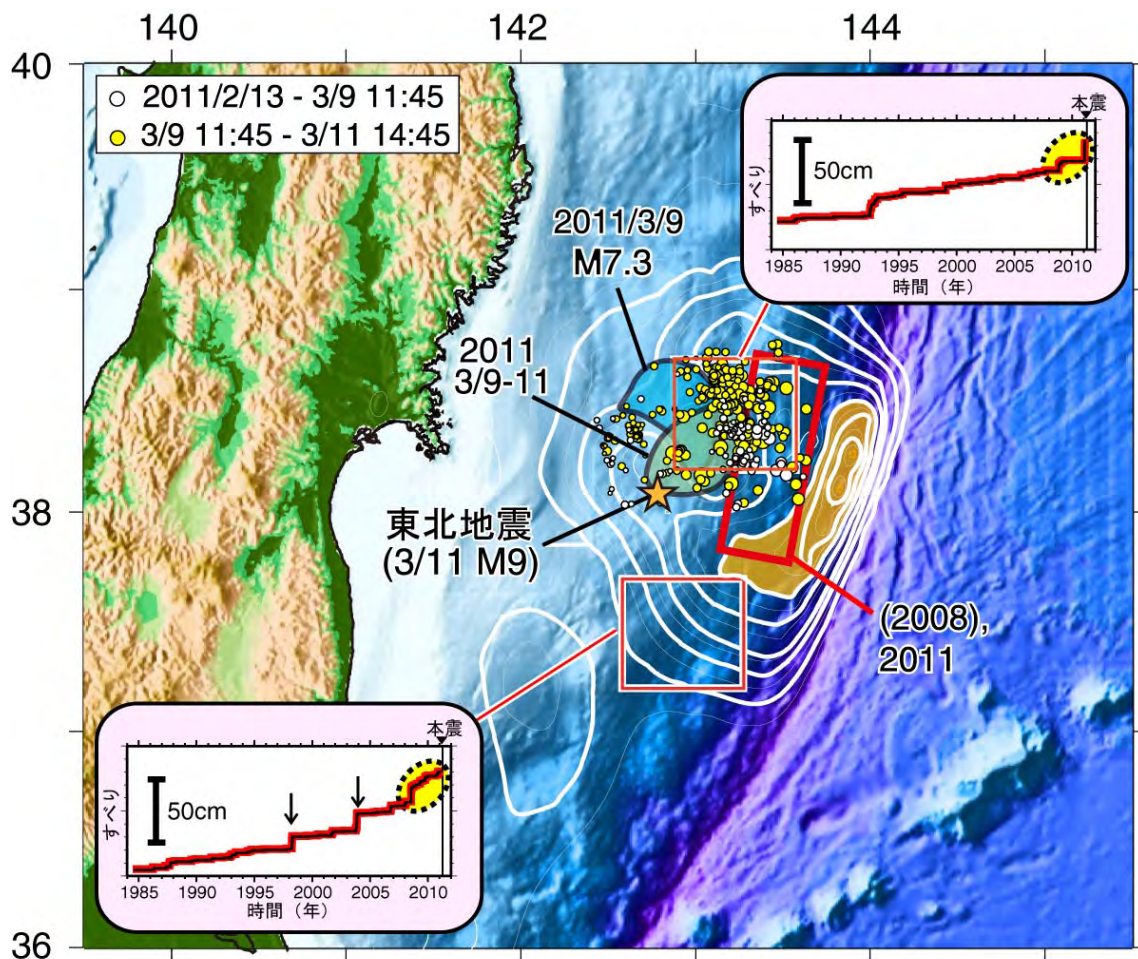


図8 東北地震前に震源域周辺でみられた様々な滑り(内田・他, 2014 を改変)
 赤細線の四角領域での滑りは小繰り返し地震によるもの(Uchida and Matsuzawa, 2013)、赤太線矩形領域での滑りは、海底圧力、陸上ひずみデータによるもの(Ito et al., 2013)、白と黄色の丸は、3月9日前と後の地震活動(Kato et al., 2012)、青と緑の領域は、水圧計のデータおよび陸上GPSデータによる3月9日の前震の地震時滑りとその後の余効滑り(Ohta et al., 2012)を示す。図中の日付はそれぞれのイベントの発生時、橙色星は本震の震央、白いコンターはIinuma et al., (2012)による本震の滑り分布を示す。

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

日本列島地殻活動総合関連評価システムの研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

イ. 地震・火山現象に関する情報の統合化

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ア. 日本列島域

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究課題(5 か年)は、日本列島の地殻構造や、その活動をモニターしていると考えられる観測データを収集し、それらに潜在する地殻の現象を反映している成分あるいは指標を抽出する。その上で、得られた指標相互の時空間的相関を精査し、現象間の関連を多角的に解明する。これらにより、地震や火山噴火などの現象がどのような地殻活動ネットワークの中に位置付けられるのかを明らかにし、地殻活動モニタリングのための新たな指標を探索する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度から 5 か年継続し、地殻内部の構造や現象に関する情報の集積、統一フォーマットでのデータベース化、可視化を行う。具体的には、地殻の弾性的な厚さ分布、重力異常分布、地震発生の上限・下限、GPS によって得られるひずみ速度分布、地震活動度分布、活断層分布、地温勾配、地磁気データ等を用いる。ここでは地殻の状態を示す新指標の提案、導入も視野に入れ、全てのデータ、指標の 3 次元可視化システムを整備する。

平成 21 年度より、上記と平行して、各種地殻活動情報間の相関評価システムの開発を開始する。具体的には、日本列島を統一されたメッシュで覆い、全ての観測量、算出された指標を同一フォーマットの格子データとして格納する。それらのデータセットを照合し、各指標間の空間分布、あるいは同一指標内の各格子点間の時間変化の相関を求める。この作業を任意の時空間範囲内で自動的に繰り返し、相関の高い指標セットあるいは格子点セットをサーチするシステムを開発する。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～25 年度)の成果の概要：

地殻活動の相関評価のため、以下の研究を行った。

平成 21 年度から 23 年度は、主に GNSS による地殻変動データと、一元化震源による地震活動データを利用した相関の研究を行った。平成 21 年度には、面積ひずみ速度、最大せん断ひずみ速度、地震で放出されるエネルギー、地震数密度、地震発生の下限、重力異常、地熱流量、についてグリッド

化を行った。平成 22 年度から 23 年度にはそれらのデータをもとにした解析実例を示すための研究を実施した。具体的には地殻ひずみ速度の時空間分布と、地震によって開放されるエネルギーの時空間分布について相関を求めた。地震活動が活発な地域で面積ひずみ速度の増加している地域数が減少している時期に $M > 6$ の地震が発生する可能性が高いことがわかった。その的中率は 0.385、予知率は 1、ランダムモデルに対する確率利得は 3.0 であることを確認した。これらの結果は、「地震」および国際誌に投稿し、受理された。

平成 24 年度は、投稿された成果を還元するため、GNSS による地殻変動及び一元化震源による地震活動をグリッドデータ化するためのシステムを整備した。

平成 25 年度は、前年度公開した GNSS による地殻変動グリッドデータを改定した他、グリッドデータ及びグリッドデータを用いた図をウェブにて公開した。また前述の地震発生の下限、重力異常、地熱流量についてのグリッドデータも公開した。公開 URL は

<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/yamaoka/EWSN1703/>

である。今後、定期的に計算結果を web にアップロードしていく予定である。

また平成 25 年度は、地震活動の統計的評価についてもパターン認識を利用した方法を東北地方太平洋沖地震に適用し、国際誌に公表した (Kawamura et al. 2013)

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :

kawamura, M., Y.H. Wu, T. Kudo and C.C. Chen, Presurcory Migration of Anomalous Seismic Activity Revealed by the Pattern Informatics Method: A Case Study of the 2011 Tohoku Earthquake, Japan. Bull. Seismol. Soc. Am. vol. 103, 1171-1180, doi: 10.1785/0120120094, 2013.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

山岡耕春 (名古屋大学環境学研究科)

古本宗充 (名古屋大学環境学研究科)

他機関との共同研究の有無 : 有

工藤 健 (中部大学工学部理学教室)

河村 将 (台湾国立中央大学地球科学系 / 地球物理研究所)

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 環境学研究科附属地震火山研究センター

電話 : 052-789-3034

e-mail :

URL : <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/>

(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 山岡耕春

所属 : 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

活断層の地表形状・ずれ量データにもとづく地震発生予測

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

オ．地震発生サイクルと長期地殻ひずみ

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

活断層の地表形状は、地震規模や強震動特性を推定するための基本情報であり、具体的にアスペリティの位置やセグメンテーション及び破壊開始点を解明するためにも、より詳細な、活断層トレースの末端及び接合部の構造や、地点ごとのずれ量に関する情報の取得が必要である。また、平成 20 年岩手・宮城内陸地震のような事前の検出が難しい地震予測のためにも、活断層認定に関する有効な手法の検討が必要である。

本研究は、近年の活断層判読手法・調査方法の高度化や LiDAR 及び写真測量等による地形計測の技術革新を背景に、従来不明であった活断層をあらたに認定するほか、地表形状とずれ量分布を詳細に明らかにして、従来の静的な断層モデルや経験式に依存した予測に留まらず、動的な断層モデルの構築に貢献することを最終目標とする。

1) 1 回変位量と累積変位量を区別し、地震時のずれ量分布及びその再現性に関する基礎的検討を実施する。

2) モーメントマグニチュード、アスペリティ位置、破壊開始点及びセグメンテーションを明らかにする。

3) GIS を応用することにより、活断層地形に関する膨大な数値情報を、更新性を十分に確保した形で整備する。将来起こる地表変位予測情報としても活用できるようにする。

このため本研究では、a. 実際に出現した近年の地表地震断層とその起震断層、b. 比較的長大な活断層、c. 強震動予測の精度を高める要請の高い都市域周辺の活断層を対象とする。また、d. 地表形状に関して再検討が必要な活断層、e. 近年発見された活動性が不明の活断層についても検討を行い、上記目標の達成を目指す。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

全体の地表形状や活動性に関する基礎的情報を取得しつつ、以下の調査を実施する。(1) 計測作業として、a. 地表における測量基準 (GCP) の取得、b. 写真測量システムや LiDAR による計測。(2) 活断層調査として、a. 多時期の大縮尺航空写真判読、b. 活断層変位地形の認定及び計測測線の決定、c. 現地調査による地形面編年調査、d. 詳細な変位地形に関する現地測量及び掘削調査。

調査対象は到達目標に記した活断層であり、具体的には横手盆地東縁断層、阿寺断層帯、北部九州の活断層、中国地方の活断層、中央構造線、西山断層帯のほか、熊野 新宮断層帯等、その存在の可

能性が新たに指摘されているものを含める。精査段階においては、詳細写真判読を再度実施するとともに、LiDAR、航空写真測量等により変位地形の細密な標高モデルを作成し、1回変位量・累積変位量・平均変位速度の高密度取得作業を行う。加えて地形面の編年、現地測量及び掘削調査を実施する。最終的には、アスペリティ、モーメントマグニチュード、破壊開始点等を考察し、dislocation modelの検討や動的な断層モデルの推定に資するデータの取りまとめを行う。

(7) 計画期間中(平成21年度~25年度)の成果の概要:

本課題は、活断層判読・調査手法の高度化、ならびにLiDAR計測・写真測量等の技術革新とDEMの整備を背景としており、地表形状・変位量分布・活動繰り返しパターンを明らかにして、断層モデルを構築し地震発生予測に資する方法論の確立を目指して実施された。

糸静線断層帯の北部では(2のa)、航測システムやLiDAR計測を導入して、活断層分布や変位量等に関する高密度・高精度の情報を網羅的に取得すると同時に、地形面編年等の現地調査を実施し、平均変位速度・地震時変位量とその分布を把握して地震規模を算出した。アスペリティやセグメンテーション、破壊開始点、地震発生の繰り返しパターンの検討も実現している。活断層の分布形状を含む高密度高精度の変動地形データセットは「活断層情報ステーション」としてGISベースで整備され、更新性も確保された。こうした一連の手法について、他の活断層への展開を検討しているところである。

活断層分布等の基礎的情報に関する変動地形学的検討も行った。活断層分布はそのまま地震発生源モデルに直結する重要な知見である。地形的に明瞭なものについては連続性や地震発生の再現性などを、また不明瞭なものについては、わずかな変形が長波長に及び、地表表現が弱い、また都市域、植生下などの要因を考慮しながら検討した。

今回着手した、DEMに立脚した全国各地の活断層再判読は、今後の変動地形研究の鍵のひとつであろう(1のa)。また、2008年岩手・宮城内陸地震を受けて、事前に認定困難であった断層変位地形の見直し判読等を実施して、活断層認定手法を検討している(2のb)。糸静線断層帯中部における活断層の連続性と活動区間に関する検討や(1のc)、1896年陸羽地震を引き起こした横手盆地東縁の活断層分布の再検討とその地質学的検証(1のd)、都市域近傍における活断層の新たな発見(太田断層)とその地質学的検証(1のe)も、活断層分布等の基礎的情報に関する重要な成果である。石狩平野や長野盆地、糸静線断層帯北部の白馬村、紀伊半島南部の活断層においても分布や活動性、地震発生の繰り返しパターンを検討したほか(2のc~f)、長さ約55kmと長大であるにもかかわらず活動性がわかっていなかった弥栄断層について、掘削調査によって最新活動を含む少なくとも2回の古地震を解読した(2のg)。以上の検討を優先的に実施したため、一部の調査対象については予算の都合上検討を見送った。

その他、革新的な地形データ取得手法として小型UAVとSfMソフトウェアを用いた地形図・地形断面図作成を試行した(1のb)。活断層研究をはじめとする各種の地形研究だけでなく、災害後調査など多くの研究に活用が期待される。

1. 平成25年度成果(平成24年度以前の成果があるものはそれらも含めて記載;その場合でも平成25年度実施内容がわかるように記載)

a. 「活断層判読支援システム」の整備と活断層の新たな発見(広島大)

高解像度の数値標高モデル(DEM)を空中写真同様に実体視可能とし、かつ地形表現手法を工夫することで、活断層地形判読に新たな展開が期待される。こうした観点から「活断層判読支援システム」の整備を行った。システムには、国土地理院の高解像度DEMに立脚するステレオ画像やアナグリフ画像を整備した。既存の活断層図や沿岸海底活断層図、地質断層図、重力図、および今回作成したりニアメント分布図なども含めている。GISで管理されているため各データの重ねあわせが可能であり、かつGIS上で地形判読を行って断層線を書き入れることで直ちに正確な地理情報データとして管理できる。本システムを援用しながら活断層の系統的な判読作業および活断層図作成作業を行った。ステレオ画像やアナグリフ画像はDEMに立脚するため、大地形から微地形まで1枚の画像で判読可能であり、変形に要した時間スケールの異なる変動地形を多面的に検討することができる。また市街地化

や人工改変の進んだ都市域や植生の覆われた地域についても地表面を可視化でき、かつわずかな長波長変形についても垂直誇張率を自在に調整して観察可能である。変位量計測も自在に行える。大縮尺の空中写真を用いて確認を行いながら作業をすすめたところ、京都盆地(図1)や濃尾平野、富山平野、新潟平野、十勝平野、嬬恋、柳井平野北部などに新たに活断層が認定された。平成25年度にはステレオ画像の追加整備や判読作業等を実施しており、今後さらに系統的な判読作業・活断層図作成作業が期待される。

b. 小型 UAV と SfM ソフトウェアを用いた根尾谷断層水鳥断層崖の断層変位地形把握の試み(広島大ほか)

近年のラジコン技術の進歩によって、UAV の小型化と低価格化が進み、研究者が機材を自ら操作して低空空撮を行うことが可能となった。こうした空撮画像から DSM 等を作成し地形解析を行う技術も飛躍的に進展しつつある。平成25年度、根尾谷断層水鳥地震断層崖において空撮画像を取得し、Agisoft 社の SfM ソフトウェア PhotoScan を用いて、DSM とオルソ画像を作成し、ArcGIS を用いて DSM から地形図・地形断面図を作成した(図2)。今回は特に飛行ルートを設定して撮影したものではないが、高解像度の3D画像が生成され、任意の角度や縮尺で断層変位地形を容易に観察できる。カメラのレンズ特性や GCP を設定すれば DSM の書き出しも可能であり、詳細な等高線図や地形断面図が作成可能で、変位量計測などにも活用できる。この手法は、活断層研究をはじめとする各種の地形研究だけでなく、災害後調査など多くの研究に活用が期待される。

c. 糸静線断層帯中部、岡谷市西山における変動地形調査・トレンチ掘削調査(産総研・法政大・名古屋大・鶴岡高専・信州大)

塩尻峠周辺には、北西走向の左横ずれ断層が複数並走する(図3)。塩尻峠付近の南東側では2条にわかれて分布し、北北西方向に伸びる細長い凹地状の地形を形成するが、明瞭な横ずれ変位地形は報告されていなかった。しかし平成24年度に実施した高解像度 DEM を用いた地形学的再検討の結果、調査地点に発達する沼池や湿地といった平坦面は、2条の断層の左横ずれに伴って右雁行部分で中心部が落ち込み、谷の下流側(東側)が閉塞されて形成されたと考えられる。平坦面下には泥炭層が発達し、その堆積開始は概ね閉塞凹地が形成された時期に相当すると考えられ、年代測定結果に基づく約1万年前と推定される。東側の活断層線に沿っては、東側隆起のバルジ状の高まりが形成されている。平成24・25年度に実施したトレンチ掘削調査では、トレンチ T4 の壁面に明瞭なほぼ垂直に近い高角な断層が数条観察され、変位を受ける地層とこれを覆う地層の年代から、最新活動は2909 BC 以後1989 BC 以前であったと考えられる。この年代は周辺で得られている最新活動より古く、調査地点付近における活断層の連続性と活動区間の関係を理解する上で重要な新知見である。

d. 試錐による横手盆地南部の断層変位地形の変動地形学的検討(鶴岡高専・東洋大・名古屋大)

横手盆地東縁断層帯は角館から横手に至る約60 km の活断層として認定されてきた。1896年陸羽地震の際には北部の約35 km 区間に地震断層が現れている。しかし近年、詳細な航空写真判読によって横手盆地南部に活断層が新たに認定されてきた。このことは、陸羽地震の割れ残り区間がより長い可能性を示唆するなど新たな課題を提起している。そこで、この活断層の存在を地質学的に検証するため、2地点において群列ボーリングを実施した。

d-1) 横手市赤川

この付近に新たに認定された活断層は赤坂丘陵の西縁を限り、北方延長では扇状地面に比高約1 m の東上がりの撓曲崖が形成されている。平成22年度に、この撓曲崖を横切る測線を設けボーリング調査を実施した。その結果、最近の数万年間に断層変位が累積していることが確認された。

d-2) 横手市平鹿町浅舞

浅舞付近においては、最終氷期後期後半以降に形成されたと推定される扇状地面上に、西流していた小河川の流路跡が多数認められ、複数の流路跡を切断する南北走向で東側隆起を示す比高約1 m の変動崖が約4 km にわたって新たに認定されている。この変動崖を横断する測線においてボーリング調査を行った。得られたコアは平成23年度4本、平成25年度3本である。地形地質断面(図4)をみると、礫層上限高度が地表よりもやや急傾斜で西へ低下していることがわかる。今後、年代等をさら

に詳しく検討し、より詳細な解析を行う予定である。

e. 太田断層の変動地形調査・掘削調査・コア分析(群馬大・広島大)

首都圏周辺において、地形学的観点からあらたに認定された活断層(太田断層と呼ぶ)について、地質学的観点から検証を行った。本断層は少なくとも長さ 18 km に及ぶ。とくに太田市石神には、断層変位を強く示唆する地形が認められる。平成 21・22 年度、同市龍舞において、撓曲崖を対象としてトレンチ掘削調査を実施した。地層の変形と傾斜不整合から西傾斜の低角な逆断層が想定された。地層の傾斜に差異があるため、複数回の断層変位が認定される可能性が高い。より深部をさぐるため、平成 24 年度、ボーリング調査を行い、平成 25 年度、コアのテフラ分析を実施して地層を対比した。分析は火山灰考古学研究所に委託した。群馬県東部農業事務所の厚意により事務所収集の既設資料も参照できた。得られた地形地質断面図を図 5 に示す。コア No.5 と 2 の間に浸食崖を想定すると地形や地層の形成を合理的に説明できる可能性があるが、しかしトレンチ掘削調査で As-YP や腐植層に異常傾斜が確認されることや、下盤側の既設資料において地表下 2.5 m から水中堆積の As-YP が認められることなど、断層変位である可能性を示す証拠があることを考えると、この撓曲崖が単純な浸食崖とみなすことは難しい。浸食崖付近において断層運動が生じて撓曲崖が形成された可能性が考えられる。今後さらなる検討が必要である。

2. 平成 24 年度までの成果

a. 平均変位速度分布に基づく糸静線断層帯北部の地震発生予測(名古屋大・鶴岡高専・東洋大・信州大ほか)平成 21・22 年度

平均変位速度分布に基づいて、糸静線断層帯の地震規模を 2 通りの方法で推定した。

1) 1 回変位量の地点データから M_w を求める方法: ネットスリップ速度分布を考慮して地震時ネットスリップ量分布を推定し、 M_o を計算して M_w を算出する。

2) 一定期間の M_o 蓄積量を求める方法: 一定期間(例えば 1000 年間)の M_o 蓄積量を推定する。活動間隔を仮定すれば次回の大地震の M_w を、最新活動時期を仮定すれば現在までの M_o 蓄積量をそれぞれ算出できる。

断層帯北部について、地下構造等を仮定し、1 の方法で M_o を計算し M_w を算出した(図 6)。横ずれがないと仮定した場合(Case 1)には M_w は 7.46、最大せん断応力の方向に滑ると仮定した場合(Case 2)には M_w は 7.55、という結果が得られた。気象庁マグニチュードに換算すると 8.2~8.3 となる。最近の大地震について、地表変位量分布から上記関係式によって求めた M_o は、近代観測による M_o とよく一致するらしい。今後、平均変位速度分布と地震時変位量分布、地表変位量と地下の滑り量の相関の程度を解明し、地下の滑り量分布や破壊領域の予測精度をさらに向上させることが望まれる。

b. 2008 年岩手・宮城内陸地震の地表地震断層と断層変位地形(広島工大・京都大・東洋大・名古屋大ほか)平成 21 年度

2008 年岩手・宮城内陸地震は事前に活断層の存在が指摘されていない場所で発生したが、地震直後の調査により、巖美町はの木立付近の長さ 1 km 程度の区間に活断層の証拠が存在し、完新世に複数回活動したことも明らかになった。河岸段丘面の高度分布にこの地震に伴ってみられたような緩やかな変形が累積的に現れていることも指摘されている。今回、地震前後の多時期に撮影された航空写真や LiDAR データを利用して、震源域周辺の活断層と推定活断層および地滑り地形の詳細な分布図を作成し、詳細活断層図として刊行した(図 7)。その結果、1) 餅転から荒砥沢ダムに至る北北東-南南西走向の 15 km 程度の範囲に推定活断層が認定されること、2) 地表地震断層と活断層の位置が一致するのは、はの木立と岡山の 2 地点であること、が明らかになった。また、地震前後の LiDAR 計測結果の差分図によれば、3) はの木立や岡山では地表地震断層から推定された隆起沈降が明瞭にとらえられること、4) 磐井川沿いにおいては矢櫃ダム付近を境に西方が隆起域、東方が沈降域であり、その変化は緩やかであること、5) 差分図によって地震断層と地滑りとは明瞭に区別できること、などがわかった。

(以下は分量の都合上省略)

c. 石狩低地東縁断層帯北部、岩見沢周辺の断層変位地形の地表形状詳細調査(鶴岡高専)平成 22 年度

- d. 長野盆地西縁断層帯中部，中野市における変動地形調査・ボーリング調査（名古屋大）平成 22・23 年度
- e. 糸静線断層帯北部，白馬村におけるボーリング調査（産総研・名古屋大）平成 24 年度
- f. 紀伊半島南部の活断層における完新世離水海岸地形と古地震，変位量に関する検討（名古屋大）平成 23 年度
- g. 弥栄断層の分布と活動履歴（広島工大・広島大ほか）平成 21 年度

- (8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
- Goto, H. and N. Sugito, 2013, Fault geomorphology interpreted using stereoscopic images produced from digital elevation models, IGU 2013 Kyoto Regional Conference, Abstract 00650, Kyoto JAPAN, August 6-7th.
- 中田 高・熊原康博・後藤秀昭・井上 公・内山庄一郎，2013，UAV による活断層地形把握の試み - 根尾谷断層水鳥断層崖を例に - ，日本活断層学会 2013 年度秋季学術大会講演予稿集，P-7，茨城，11 月．
- 谷口 薫・杉戸信彦・松多信尚・丸山陽央，2013，糸魚川 - 静岡構造線活断層系中部におけるトレンチ調査（速報） - 岡谷市西山地点の調査結果 - ，日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集，SSS32-P16，千葉，5 月．

- (9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

鈴木康弘・杉戸信彦（名古屋大学）

他機関との共同研究の有無：有

堤 浩之（京都大学） 後藤秀昭（広島大学） 廣内大助（信州大学） 熊原康博（群馬大学） 松多信尚（台湾大学） 澤 祥（国立鶴岡工業高等専門学校） 渡辺満久（東洋大学） 中田 高（広島工業大学）

- (10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：名古屋大学環境学研究科 地震火山・防災研究センター

電話：052-789-3046

e-mail：

URL：<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp>

- (11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：鈴木康弘

所属：名古屋大学

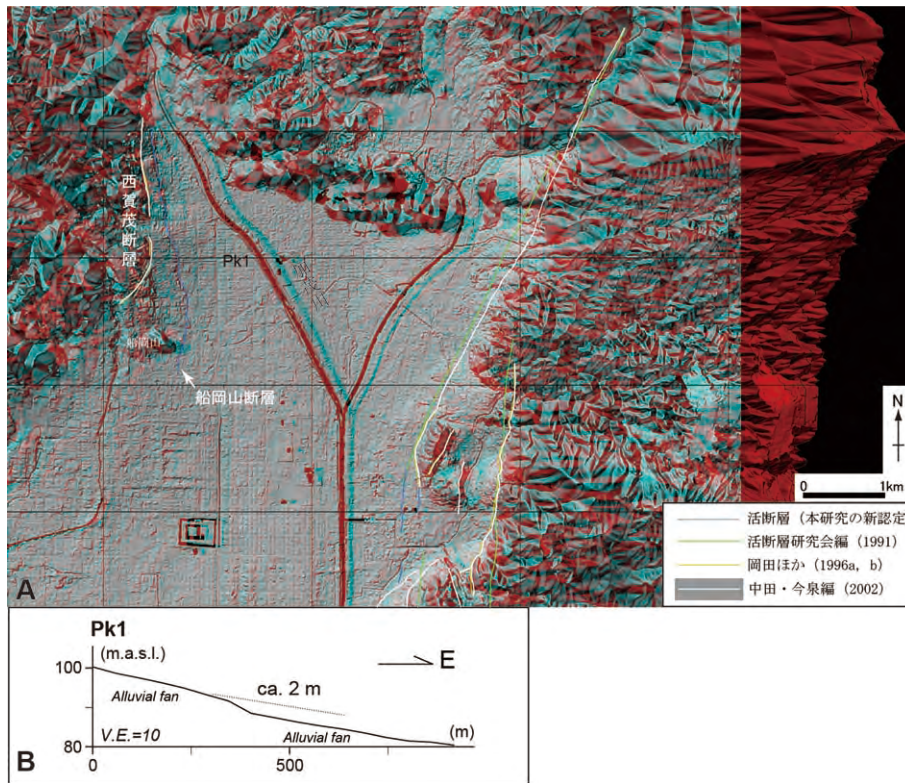


図1 高解像度DEMから作成した京都盆地北部のステレオ画像(アナグリフ)と活断層分布(後藤・杉戸, 2012)。

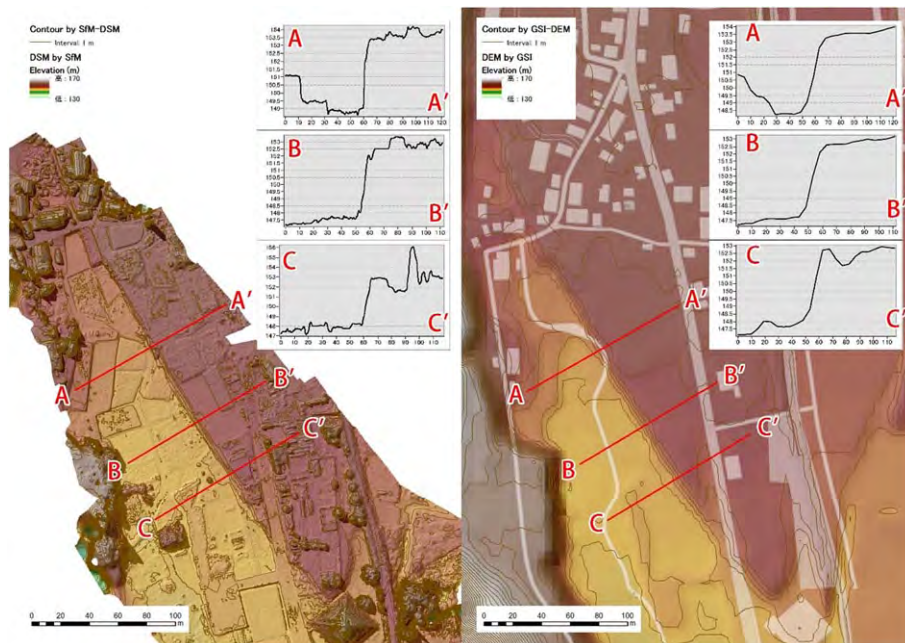


図2 左:今回作成のDSMによる等高線図(等高線間隔1m),右:国土地理院5mメッシュDEMによる等高線図(同),および水鳥断層崖の地形断面。

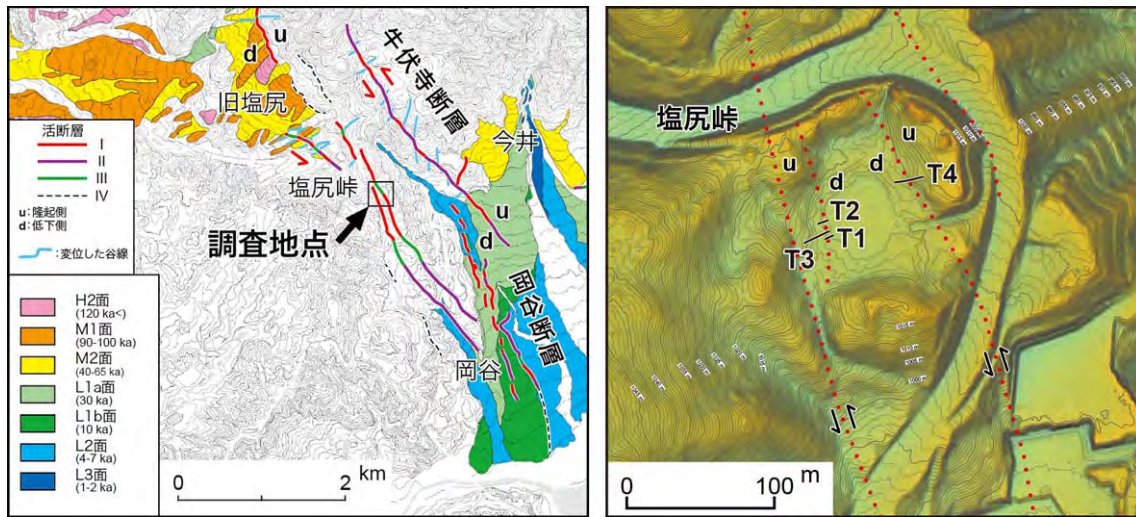


図3 岡谷市西山付近の活断層分布・地形面区分（谷口ほか，2011，一部改編）および掘削地点の詳細マップ。

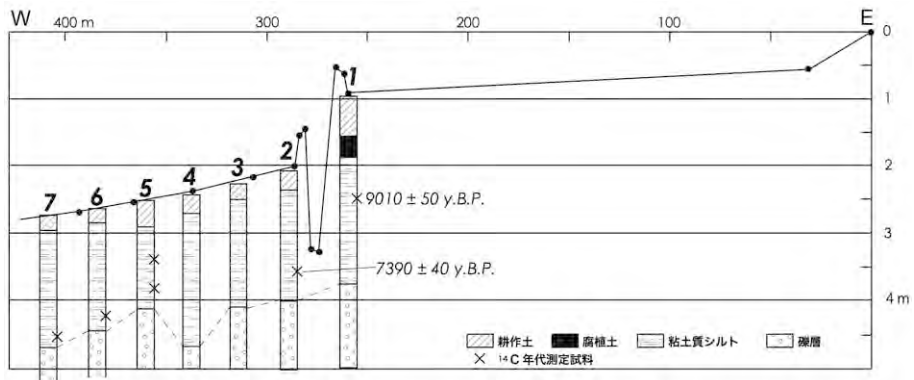


図4 横手市平鹿町浅舞の地形地質断面図。

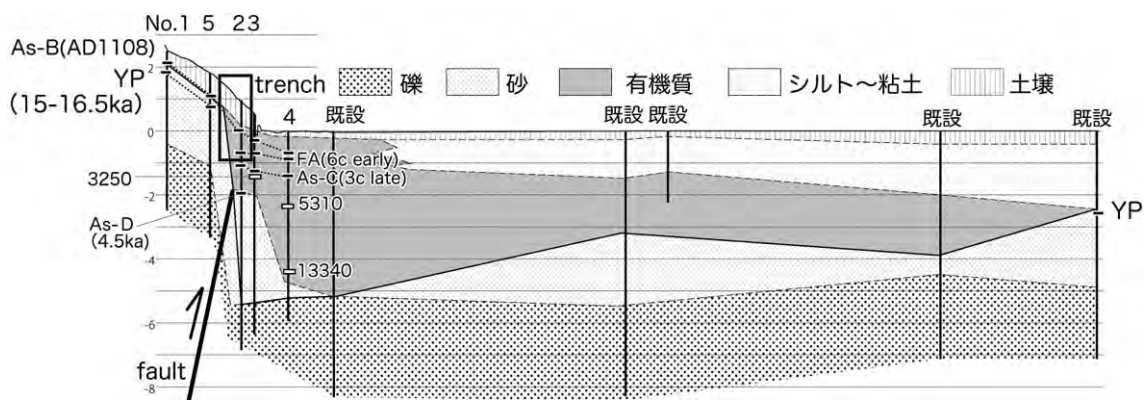


図5 太田市龍舞の地形地質断面図。

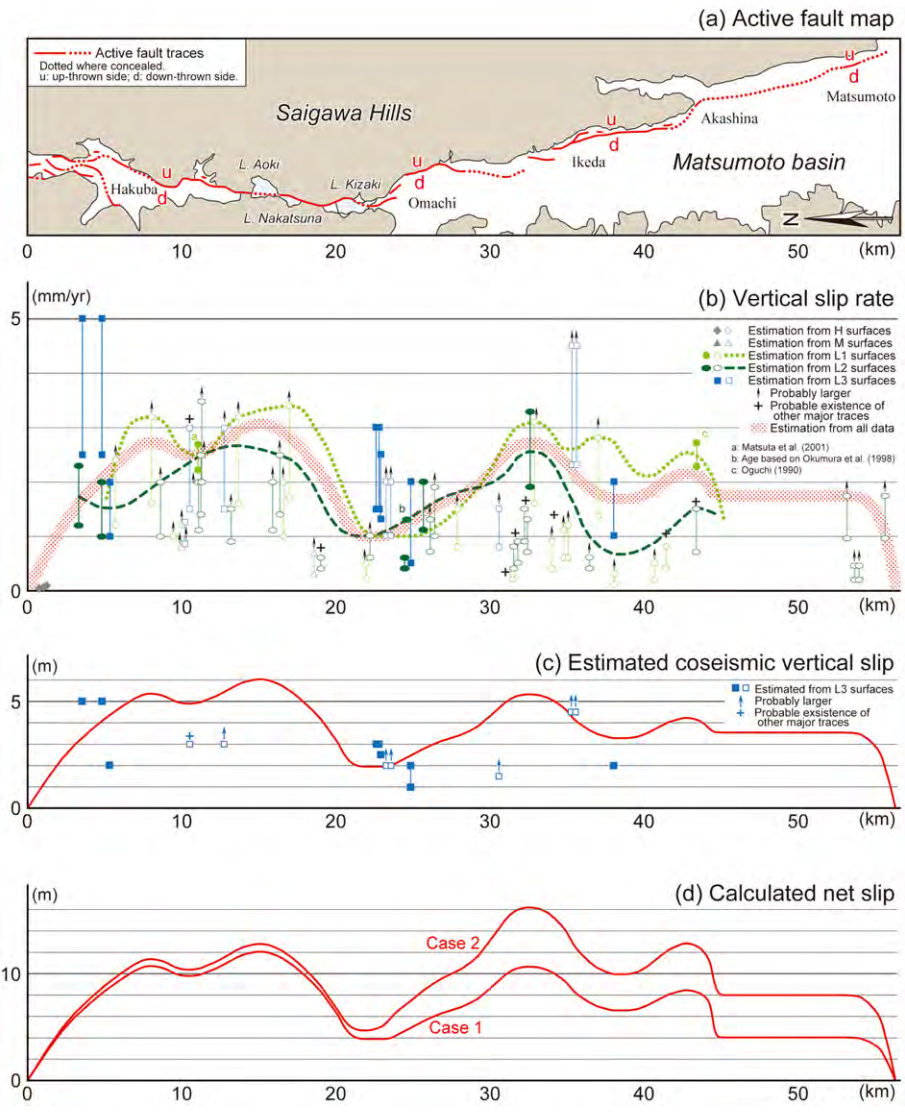


図6 糸静線断層帯北部の平均変位速度・地震時変位量・地震時ネットスリップの分布（鈴木ほか，2010）。

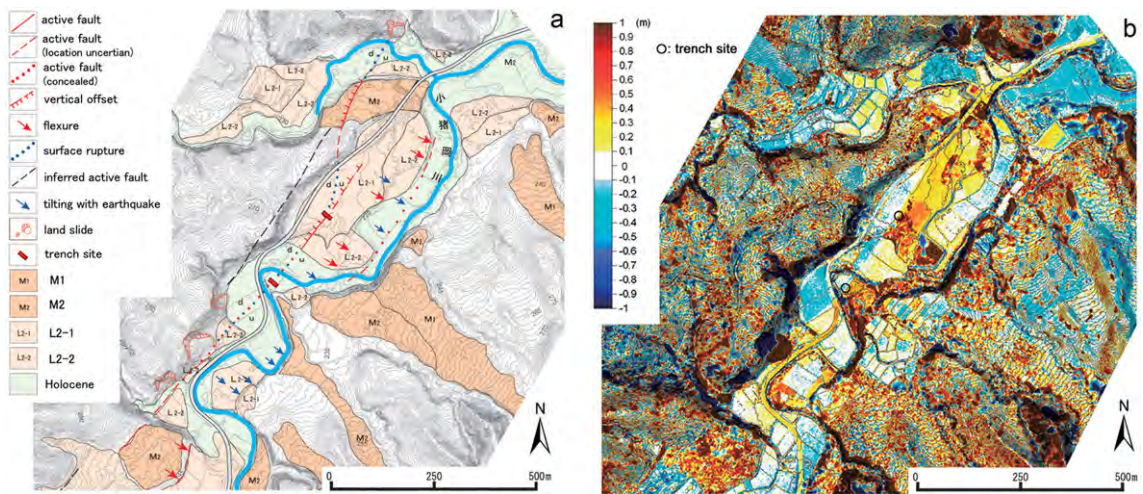


図7 2008年岩手・宮城内陸地震に関する a: 変動地形学図・b: 地震前後のLiDAR計測結果の差分図（国土地理院，2009）。

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

内陸地震発生域における応力蓄積状態の解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ウ．ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ア．列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究では、測地観測、地震観測、数値モデリング等の様々な手法を駆使して内陸地震の発生域における応力状態及びその時間的な変化の把握、更には応力蓄積のメカニズムを解明することを目指す。測地観測では、中部地方に位置する、地震サイクル中のステージや変形様式の異なる複数の活断層の周囲で稠密 GPS 観測を実施し、それぞれの変形様式から応力蓄積過程の違いを明らかにする。地震観測では、内陸地震発生域におけるコーダ Q の時空間変化の検出を試み、その結果から応力状態及びその時間変化を推定する。また、GPS を用いた固体地球の潮汐応答により応力臨界状態の検出を試みる。最後に、これらの観測結果を総合して、内陸地震発生域における応力状態の把握を目指す。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

(a) 詳細な地殻変動分布から見る内陸地震発生域の応力蓄積過程

本課題では、約 400 年前に地震が発生した可能性のある養老-桑名-四日市断層(1586 年天正地震)及び阿寺断層南部(1586 年天正地震)、約 150 年前に地震が発生した跡津川断層、顕著な地殻変形が見られる糸魚川-静岡構造線北部を対象として稠密なキャンペーン GPS 観測を実施し、詳細な地殻変動分布を得て、各断層の応力蓄積過程の解明を目指す。平成 21 年度は、阿寺断層周辺に稠密 GPS 観測網を構築し、観測を実施する。また、養老-桑名-四日市断層周辺で選点調査を実施し、観測の計画を立てる。

(b) 散乱構造から見る内陸地震発生域の応力状態とその時間変化

中部地方を中心にした領域で自然地震を利用したコーダ Q の解析を行い、コーダ Q の空間分布を調べる。特にひずみ集中帯に注目しながら、できるだけ観測時間幅を広くした解析を行い、コーダ Q の時間変化や安定性を検討する。

(c) 活断層の地震サイクルとひずみ集中帯の生成に関する物理モデル構築

下部地殻を構成する鉱物のレオロジーを考慮した内陸活断層の地震サイクルモデル構築を開始する。

平成 21 年度は、跡津川断層周辺で従来から継続してきた GPS 観測を実施するとともに、糸魚川 - 静岡構造線北部で観測網を構築し、観測を開始する。また、阿寺断層でも観測点調査を行う。散乱構造については手法の検討を行う。

平成 22 年度は、跡津川断層、糸魚川 - 静岡構造線北部での観測を実施するとともに、阿寺断層で観測網を構築し、観測を実施する。養老 - 桑名 - 断層で観測点調査を行う。散乱構造の解析手法を特定の地域に適用し、三次元的な構造の抽出を試みる。

平成 23 年度は、養老断層系に観測網を構築し、観測を実施するとともに、他の断層でも観測を行う。潮汐応答による応力状態のモニター手法の開発を行う。散乱構造の時間変化を検出する手法の検討を行う。

平成 24 年度は、各断層で観測を実施する。観測結果の暫定的なまとめを行う。特定の断層について、潮汐応答による応力状態モニターを試みる。散乱構造の時間変化に注目し、四次元的な構造変化の抽出を試みる。

平成 25 年度は、観測やデータ解析を継続するとともに研究全体のまとめを行い、内陸地震発生域の応力蓄積状態に関する知見を得る。

(7) 計画期間中 (平成 21 年度 ~ 25 年度) の成果の概要 :

(a) 詳細な地殻変動分布から見る内陸地震発生域の応力蓄積過程

従来の GPS 観測から、断層を挟んで集中した短縮変形が見られていた糸魚川静岡構造線の神城断層周辺に GPS 観測点を 3 箇所設置し、平成 21 ~ 25 年度にかけて毎年 1 ~ 4 ヶ月程度のキャンペーン観測を実施した。研究開始後 2 年が経過した段階で 2011 年東北地方太平洋沖地震が発生したため、当初予定していた地震間の短縮変形の詳細分布を解明することは困難となったが、外部からの応力変化に対する断層帯の力学応答に注目して観測・解析を実施した。

図 1 は、東北地方太平洋沖地震前と後での地殻変動パターンを比較したものである。いずれも白馬の GEONET 観測点 (0266) を基準としている。この図から、白馬と戸隠 (0983) の間は地震前後で変わらず短縮が遅いこと、更埴 (0984) から大町 (0046, R001) にかけての地域と白馬との間で顕著な右横ずれのひずみが見られることなどが分かる。また、わずか 1 km 程度しか離れていない白馬村役場 (HKBA) とハイランドホテル (HLND) の間で短縮変形が生じているように見える。これが事実であれば、神城断層が浅部でクリープしている可能性を示すデータとなるが、地震後の観測期間が短いために測定誤差が大きく、結論を出すには至っていない。

今後、東北地方太平洋沖地震の余効変動が収まるにつれて定常的な地殻変動場が再び見えてくると期待されるが、この余効変動の振る舞いを見ても、白馬周辺と大町付近の挙動は違っているように見えており、合成開口レーダー等空間解像度の高い手法を併用して検討を進める必要がある。

平成 25 年度には、阿寺断層、養老断層および糸魚川静岡構造線断層帯周辺に GPS 観測点を合計 14 か所新設し、観測を開始した。こちらの観測点は今後自助努力で維持してデータを蓄積し、それぞれの断層帯の挙動解明に貢献して行く予定である。

(b) 散乱構造から見る内陸地震発生域の応力状態とその時間変化

跡津川断層帯周辺地域におけるコーダ Q の空間分布を求め、低周波数帯において低コーダ Q 域が跡津川断層帯周辺に広がり、深さ 25km の S 波速度の摂動と良い相関をもつことを示した。また、その空間変化量から同地域の地殻の脆性-延性遷移領域下の応力速度変化量を推定し、脆性-延性遷移領域下での高変形速度が上部地殻での高応力速度すなわち高ひずみ速度を形成していることを示唆した。

濃尾地震断層域におけるコーダ Q の空間分布を求めた。同地域では低周波数帯において断層帯に沿うようなコーダ Q の空間変化は見られないが、ひずみ集中帯のトレンド (北東-南西方向) に低コーダ Q 域が広がる。コーダ Q の空間分布は深さ 25 km の S 波速度の摂動や深さ 10 ~ 15 km の地震活動と良い相関を示す。これらは脆性 - 延性遷移領域下での高変形速度が上部地殻での高応力速度すなわち高ひずみ速度を形成しているという考えで解釈できる。

(c) 潮汐応答による内陸地震発生域の応力状態モニター

キネマティック GPS を用いた潮汐応答の解析に基づいて地殻内の応力状態推定を試みた。北米大陸西部においては、本研究で開発した手法を海洋潮汐応答推定に応用して地球内部構造、特に密度分布の推定に成功し、アセノスフェアに対応する密度異常を検出することができた (Ito and Simons, 2011)。一方、日本列島周辺では海洋潮汐の振幅が小さく、信頼度の高い結果を得ることが難しいことが分かった。応力状態をモニターするには、さらに潮汐応答の時間変化を検出することが必要となるため、現状の観測能力では実現は困難と考えられる。

(d) 活断層の地震サイクルとひずみ集中帯の生成に関する物理モデル構築

平成 25 年度は、前年度に引き続いてひずみ集中帯のモデルに関する検討を実施した。2004 年中越地震および 2007 年中越沖地震の震源域周辺におけるこれらの地震の発生前後の地殻変動パターンのモデル化を実施し、ひずみ集中帯の生成過程について検討した。2004 年以前には定常的な地殻変動が生じていたと考え、弾性 - 粘弾性の層構造中の断層運動で変形パターンの再現を試みた結果、この地域では、弾性的な上部地殻およびそれを覆う厚い堆積層の大部分を切る断層が定常的に滑って短縮変形を賄っており、観測されたひずみの大部分は非弾性的なものであったと考えられる。また、中越地震や中越沖地震の後には顕著な地殻変動パターンの変化が観測されたが、これは本震で破壊した断層が地震後も滑って短縮変形を賄っていたと解釈された (図 2)。

本研究を通して、内陸地震発生における非弾性変形の寄与の重要性が明らかになった。日本海拡大時に形成された断層が弱面として機能している日本海東縁部は内陸地震の発生帯としてはやや特殊な場所と言えるが、中部日本の横ずれの断層系においても、測地学的なひずみ速度と地質学的なひずみ速度が一致しない事例は数多く見受けられる。今後、島弧地殻の変形を理解する上で、非弾性過程に注目していくことが必要である。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :

Hiramatsu, Y., A. Sawada, Y. Yamauchi, S. Ueyama, K. Nishigami, E. Kurashimo, and the Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ, Spatial variation in coda Q and stressing rate around the Atotsugawa fault zone in a high strain rate zone, central Japan, *Earth Planets Space*, 65, 115-119, 2013.

Hiramatsu, Y., and S. Tsuji, Relation between coda Q, S-wave velocity and seismicity around the Nobi fault zone, central Japan: High stressing rate below the brittle-ductile transition zone, S11A-2295, AGU Fall Meeting, 2013.

Sagiya, T., How elastic is the island arc crust? 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 2013.

Sagiya, T., Lessons of the 2011 Tohoku-oki earthquake for estimating seismic hazard along plate subduction zones: observation data and modeling perspective, IAG General Assembly, Potsdam, 2013.

Menese, A. and T. Sagiya, Time-dependent crustal deformation associated with the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-oki earthquakes, G41A-0909, AGU Fall Meeting, 2013.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

名古屋大学大学院環境学研究科 : 鷲谷威 , 古本宗充

他機関との共同研究の有無 : 有

金沢大学理工研究域自然システム学系 : 平松良浩

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 名古屋大学大学院環境学研究科

電話 : 052-789-3046

e-mail : web-master@seis.nagoya-u.ac.jp

URL : <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/>

(11) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名: 鷺谷 威

所属: 名古屋大学大学院環境学研究科

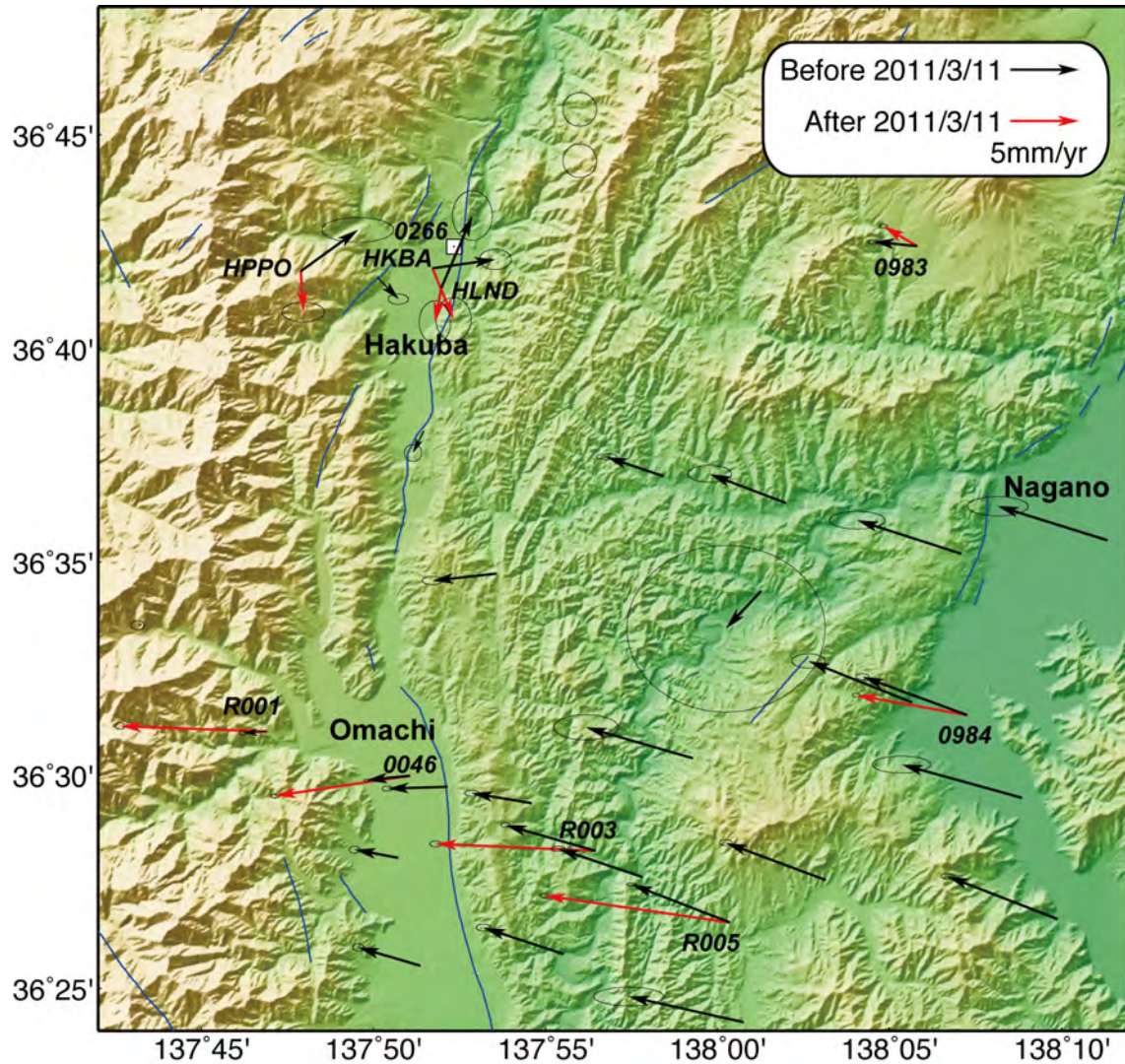


図1 糸魚川-静岡構造線北部周辺における東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動速度の比較。
固定点は白馬電子基準点(0266)、黒矢印は2010年以前、赤矢印は2011年3月以降の変動速度を表す。

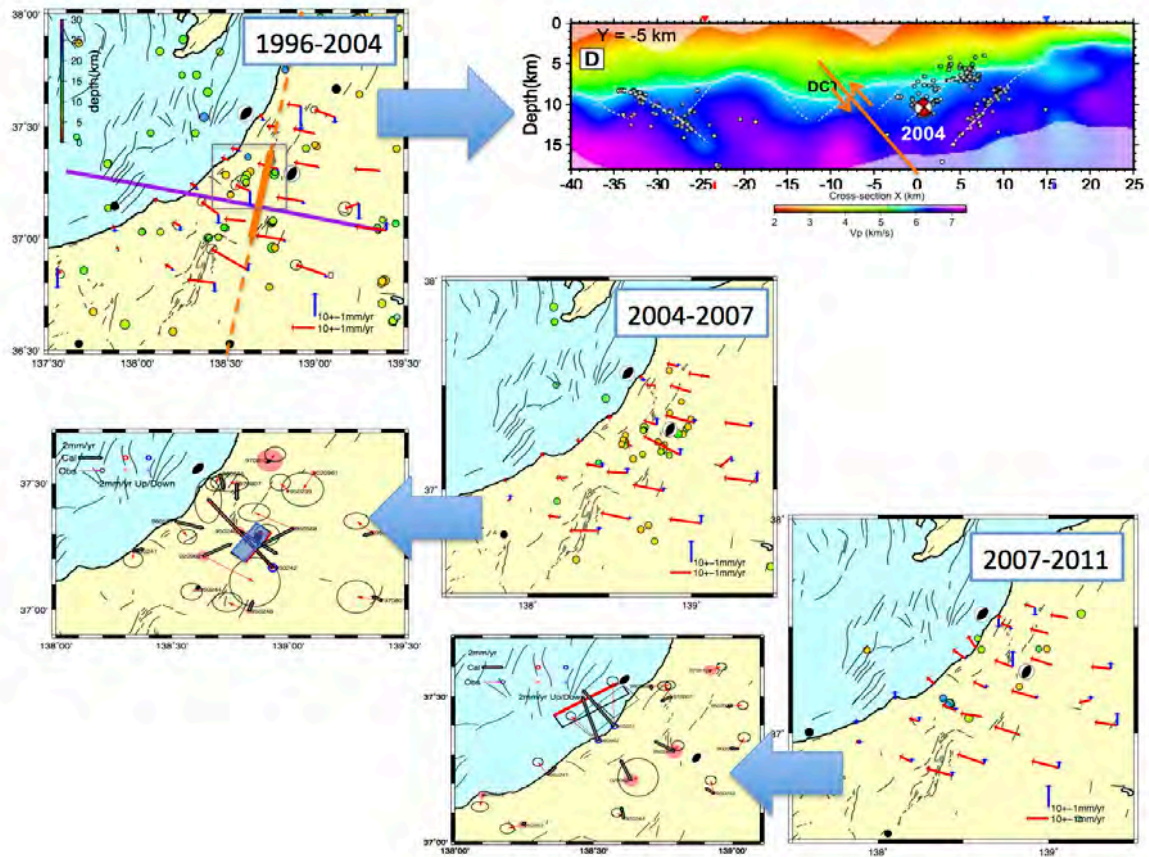


図2 2004年中越地震および2007年中越沖地震前後の地殻変動パターンの変化

1996年～2011年の期間を2つの地震で3つの期間に区切り、地震直後の余効変動を除いた定常的な変化が見られる期間について、両津(950232)に対する速度ベクトル分布と、各時期の変動を説明するモデルを示す。2004年以前の地殻変動は、粘弾性層の上に載る弾性地殻内の2次元な断層の衝上運動で説明され、2004年以降のパターンは2004年以前のパターンに対する摂動分として扱い、半無限弾性体中の断層モデルを推定した。

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

GPS / 音響方式海底地殻変動観測システムの高度化

(3) 最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

(1) 海底における観測技術の開発と高度化

ア．海底地殻変動観測技術

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ウ．東海・東南海・南海地域

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

GPS/音響方式の海底地殻変動観測システムをモニタリングに資する実用的なものにポリッシュアップするにあたり、現状では 1) 高精度化, 2) 観測・解析の効率化, 3) 広域・多点観測の実施, 4) 連続的観測及び機動観測, 5) システムの標準化及び普及型システムの開発が課題となっている。これらのうち、本課題では 1) 及び 2) を実施する。3) については名古屋大学で実施する他の計画「駿河 - 南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング」で実施する。

1) 高精度化

これまでの研究開発の結果、海中音速構造の時空間変化が海底局位置決定の精度に大きく影響していることが分かった。この問題を解決しなければ、海底地殻変動観測システムの高精度化は実現しない。そのため、水温水圧計による水温(音速構造)を連続的に測定し、その測定結果を取り入れた解析方法を開発する。また、複数の船上局を用いた音響トモグラフィ的手法を用いたシステムの開発に取りかかり、駿河湾や熊野灘等の実海域でデータ取得を行い、精度向上への有効性を評価する。

2) 観測・解析の効率化

これまでは、GPS 解析に使用する暦として最終精密暦を用いていた。そのため、解析結果が出るまでに 1 か月程度の時間を要していた。GPS 解析をより早く行うためには、約 3 時間後に出される超速報暦を用いるのが効果的であると考えられる。そこで、衛星数や時期によらずに超速報暦が常に有効であるかを評価し、解析に導入する。また、多点観測が推進された際の膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムの開発・検討も実施する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度においては、実海域で水温水圧計による水温(音速構造)を連続的に測定し、海中音速構造の時空間変化に対する基礎データを取得する。また、GPS の超速報暦を試験的に導入し、有効性を評価する。また、膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムの開発を開始し、その有効性を評価する。

平成 22 年度においては、実海域で水温水圧計による水温（音速構造）の連続的測定を継続するとともに、複数の船上局を用いた音響測距システムの設計を行う。また、膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムを開発し、過去のデータに適用する。

平成 23 年度においては、実海域で水温水圧計による水温（音速構造）の連続的測定を継続するとともに、その測定結果を取り入れた解析方法を開発し、実海域で取得した水温水圧計のデータに適用して、その有効性を評価する。また、複数の船上局を用いた音響測距システムの試験を開始する。さらに、膨大なデータ量に対応した新たな解析アルゴリズムを過去のデータに適用して再解析を実施する。

平成 24 年度においては、複数の船上局を用いた音響測距システムの試験を継続し、高精度化への有効性を評価する。

平成 25 年度においては、水温水圧計による水温の連続的測定、複数の船上局を用いた音響測距システム、GPS の超速報暦、新たな解析アルゴリズムを組み合わせ、高精度な測定を効率よく行うシステムの構築を目指す。

（ 7 ）計画期間中（平成 21 年度～25 年度）の成果の概要：

音響トモグラフィ的手法の開発として、平成 21 年度は、海中音速構造の空間変化と海底ベンチマーク位置決定精度の関係を評価し、海中音速構造の空間変化（傾斜構造）が海底ベンチマーク座標のバイアスに影響を与えることが確認された。また、観測海域において海中音速構造に傾斜があることが確認された。平成 22 年度は、観測船と小型係留ブイを用いた船上 2 点方式によって、実データを用いて海中音速構造の傾斜を推定したが、時間変化との分離が難しいことが改めて確認された。平成 23 年度は、同じ航路上を複数回周回しながら取得したデータをもとに海中音速構造の時空間変化の検出を試み、1.5m/s の空間変化と 1.2m/s の時間変化の検出に成功した。平成 24 年度は、3 つの海上局小型ブイを用いたデータ取得を行い、小規模な水塊の移動に伴うと思われる水温の変化を捉えることに成功した。また、水温測定の結果から、約 30 分～1 時間の時間差で水温変化が伝播する様子が捉えられた。

膨大な量の全ての観測データを一度に利用する新たな解析アルゴリズムを試作し、平成 21 年度に実データに適用したところ、海底局の作る三角形の形状は変化しないとした場合に、変位速度ベクトルの推定誤差が低減することが確認された。このアルゴリズムはすでに実用化され、その後の解析に適用されている。

解析時間の短縮のため、平成 22 年度は、超速報暦が海域における 50km を越える長基線でのキネマティック GPS 解析に利用可能かを検討し、基線長 100km でも超速報暦がキネマティック GPS 解析に利用可能であることが示された。また、音響測距信号解析の時間短縮のため、平成 22 年度は数値実験を実施し、受信した音響信号に含まれる後続波が海面での反射波であること、また、反射波が 2 つ以上入ることによって正しい走時が読み取れない事態に陥ることが判明した。

平成 25 年度は、これまでのこれまで開発してきた素要素を組み合わせ、高精度な測定を効率よく行うシステムの構築を行う予定であったが、海中音速の空間変化が海底局位置決定に与える影響の問題が残っており、この件について数値実験についてさらに検討を加え、海底局位置決定精度向上の方策を確立した。まず、10m オーダー程度の非常に小さな範囲での速度異常があり、局位置が誤った位置に決定されている場合には、正負それぞれの走時残差について最大のものから順に選ぶと、ある軸に対して空間的に分かれて分布し、真の海底局位置は、分布境界軸にほぼ直交で負の走時残差が分布する方向であることが分かった（図 1）。次に 100m 以上のスケールで広がる空間変化があり、局位置が誤った位置に決定されている場合には、走時残差分布は一見複雑であるが、それでも方位角ごとに正負の走時残差が棲み分け、ある軸に対して対称な分布をするという特徴があることが明らかになった（図 2）。このとき、真の海底局位置は、対称軸上で負の走時残差が分布する方向であることが分かった。何れの場合でも、特徴的な走時残差分布が消える（分布が反転する直前）まで海底局位置をずらすことによって、正しい海底局位置が求められることが分かった。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
 Nagai, S., K. Tadokoro, T. Watanabe, T. Sakata, and K. Yasuda, Positioning accuracy of seafloor benchmark
 due to acoustic velocity heterogeneity via numerical simulation for development of seafloor geodesy,
 IHAS-IAPSO-IASPEI Joint Assembly, Gothenburg, Sweden, 2013.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :
 名古屋大学環境学研究科 田所敬一, 渡部 豪, 杉本慎吾
 他機関との共同研究の有無 : 有
 静岡大学理学部 生田領野
 東海大学海洋研究所 佐柳敬造, 長尾年恭

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先
 部署等名 : 名古屋大学環境学研究科 地震火山・防災研究センター
 電話 : 052-789-3046
 e-mail :
 URL :

(11) この研究課題(または観測項目) の連絡担当者
 氏名 : 田所敬一
 所属 : 名古屋大学環境学研究科 地震火山・防災研究センター

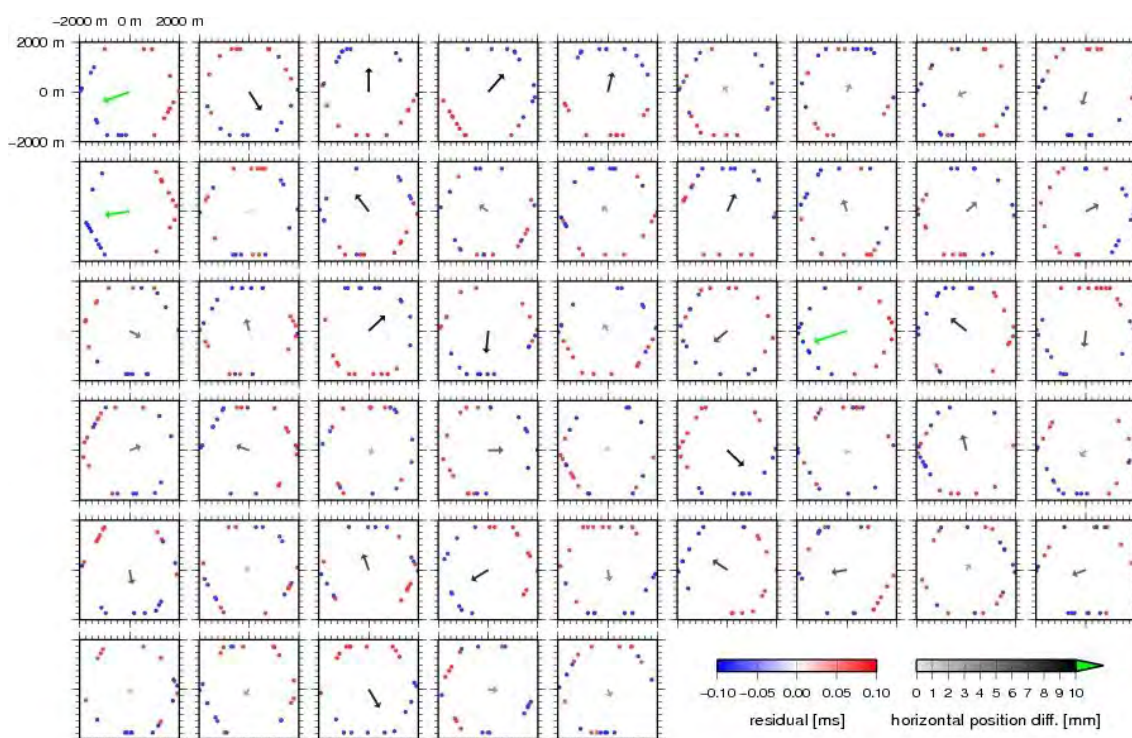


図 1 大きな値をもつ走時残差の疑似観測位置(赤及び青の丸) と海底局決定位置のずれとの関係
 海底局の深さを 800m、最大値 0.08 ミリ秒の走時偏差を与えたときの各シミュレーション結果で、走時残差データは、正負それぞれで最大のものから上位 10 個を取り出して示した。矢印の大きさ及びその色と方向は決定位置から見た真の位置からのずれとその方向を示す。走時残差と矢印のカラースケールは右下に示す。

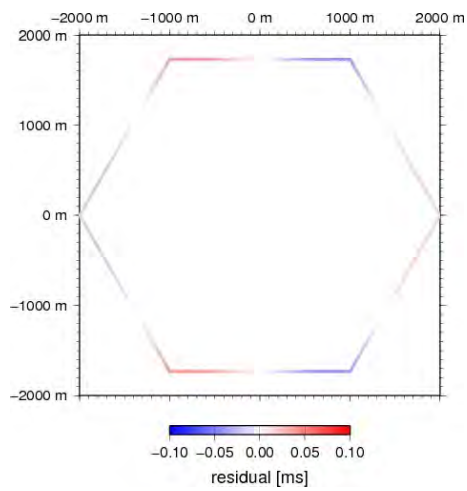


図2 中規模の海中音速の空間変化に対する数値実験における走時残差の空間分布の例

海中音速の空間変化は $X=-1000$ から 1000m の範囲に $0.025\ \%/km$ で深さ 0 から 400m に一様に与えた。海底局の真の位置は図における原点であり、深さ 800m である。推定位置は X 方向に 31.5cm ずれた位置である (深さのずれは 0.33cm)。

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

精密制御信号システム(アクロス)による地下の高精度常時モニタリング技術の高度化

(3) 最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

(3) 観測技術の継続的高度化

ア. 地下状態モニタリング技術

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ウ. 東海・東南海・南海地域

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

ア. マグマ上昇・蓄積過程

(5) 本課題の5か年の到達目標：

本課題では、平成 21 年からの 5 か年において、前計画で確立した精密制御信号システムの技術の高度化を行うとともに、地下の状態の時間変動のモニタリングの実証に重点を置く。

1. モニタリング技術の高度化

精密制御信号の送信技術は確立されたので、目標とする地下の地震波伝播特性の時間変化の検出精度を高めるための高度化を行う。震源関数の推定手法及び浅部の環境変化による擾乱を除去する手法を高度化する。また、目標に向かって信号を照射するために震源アレイの技術を高度化する。さらに、地震計アレイによる解析手法についても高度化する。

2. 火山におけるモニタリング技術の開発

火山における噴火準備過程の能動的モニタリング手法を確立する基礎研究を実施する。火山を対象とした場合の信号の伝達効率や伝達特性に関する理論的検討、震源・観測点配置、変動源の検出手法やモニタリング手法の開発を行う。また、現行の震源装置に加え、より低い周波数帯域の地震波信号の送信が可能な震源について検討する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

1. モニタリング技術の高度化

平成 21 年度においては、複数のアクロス震源装置の発震信号を制御して震源アレイを構成する手法の高度化に着手する。

平成 22 年度においては、震源関数の推定手法及び浅部の環境変化による擾乱を除去する手法の高度化に着手する。

平成 23 年度においては、地震計アレイによる解析手法の高度化に着手し、Hi-net 観測点などのデータを用いて実証する。

高度化された手法は順次モニタリングに反映させ、平成 24 年度以降においては、定常的モニタリングを実施する。

2. 火山におけるモニタリング技術の開発

平成 21 年度においては、火山における噴火準備過程の能動的モニタリング手法を確立する基礎研究を実施する。

平成 22 年度においては、火山を対象とした場合の信号の伝達効率や伝達特性に関する理論的検討、震源・観測点配置の検討、変動源の検出手法やモニタリング手法の開発を行う。

平成 23 年度以降において、現行の震源装置に加え、より低い周波数帯域の地震波信号の送信が可能な震源について検討する。

計画期間中に実際の火山における能動的モニタリングの実施を目指し、可能になった場合はモニタリングの実施に集中する。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～25 年度)の成果の概要：

5 年間の研究期間中アクロス震源の連続運転に努めた。この間、淡路アクロス震源では漏水対策と制御システムの更新、周辺設備の部品交換、震源装置の修理、豊橋アクロス震源では、震源基礎の改良工事、震源装置の部材の破損や制御機器の老朽化による故障への対応を行った。また、豊橋アクロス震源の一部を桜島へ移設した。新設する設置候補地の選定、機器の設置と調整に関する技術的検討、新規導入した電源・制御盤による豊橋アクロス震源の再構成を行った。これらの経験により技術的な知見を蓄積することができた。

1. モニタリング技術の高度化に関する研究成果は以下の通りである。

震源関数の推定手法および浅部の環境変化による擾乱を除去する手法の高度化については、豊橋アクロス震源の近傍、深度 10m の地点にボアホール型 3 成分加速度計を 2 か所設置し、オンラインでデータを取得してモニターを行っている。また、豊橋アクロス震源の近傍約 100m にある地震観測点 (NU.MIK) において 2 年間の伝達関数の日変化を調べた。日々の伝達関数の変動を相互相関係数と走時に着目して検討し、走時の変動に年周期的な変動と短期的な変動が見られること、短期的な変動は降雨とよく対応し、降雨翌日のステップ状の遅れと緩やかな回復でモデル化できることがわかった。

複数のアクロス震源装置で震源アレイを構成する手法については、豊橋アクロス震源周辺で観測を実施し、制御した 2 台の震源の記録を位相をずらせて足し合わせる処理により、伝達関数の振幅を震源からの方向によって変化させ、特定の方向への信号を強めることができることを確認した。

地震計アレイによる解析手法の高度化については、愛知県内の 2 か所(新城市鳳来および豊田市下山)において地震計アレイ観測を実施した。これらの連続地震記録から、一部周波数帯域が重複している東海地域の 3 か所(土岐、森町、豊橋)のアクロス震源からの信号を周波数領域で分離できること、分離した信号がそれぞれの震源の方向から到来していることが確認でき、アレイ観測の有効性が示された。

研究計画後半における本格的なモニタリングにあたり、連続地震波形データの自動処理システムを構築した。中部・東海地方の約 100 点の Hi-net 及び名古屋大学の定常地震観測点の記録を日々自動処理している。また、H25 年度にはこれまでに収集した連続地震波形データを過去に遡って処理を進めた。次の東海スロースリップの発生に備え、監視を行うための検討を開始した。Hi-net 観測点の連続観測記録を用いて、スロースリップの監視を行うためのプレート境界からの反射波を観測可能な観測点の選定とデータスタッキング期間を見積もった。

2. 火山を対象とした噴火準備過程の能動的モニタリング

桜島火山を対象としてアクロス信号の伝達効率や伝達特性に関する理論的検討を実施し、不均質に

よる散乱が大きいと考えられる火山を対象とした場合でも観測可能であるとの見通しを得た。H24年度に科学研究費補助金の支援を受けて、豊橋アクロス震源を桜島火山へ移設し、整備、試験運転を経て、連続運転を開始した(図1)。懸念された火山灰の震源装置への影響は今のところ問題となっていない。桜島島内の地震観測点および島外のHi-net観測点等の地震記録を解析し、アクロス信号を確認した。H25年までにおける連続観測の結果、伝達関数の変動が観測されており、火山活動との関連、降雨等の気象条件や潮汐などによる影響について検討している(図2)。

新しい技術開発については、低周波数送信において回転型震源よりも有利と考えられる直線加振方式について、淡路および栃木県大谷において加振装置を用いた一定周波数加振、任意波形加振の実験を行った。H25年度には新たな設計コンセプトに基づく可搬可能な比較的小型の回転型アクロス震源の製作を行った。

(8)平成25年度の成果に関連の深いもので、平成25年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
宮町宏樹・八木原寛・山岡耕春・渡辺俊樹・國友孝洋・井口正人・為栗健・三ヶ田均・清水洋・竹中博士・生田領野, 2013, 桜島火山におけるアクロスを用いた能動的モニタリング 観測報告2, 日本地球惑星科学連合2013年大会, SVC48-P16.

Yamaoka, K., H. Miyamachi, M. Iguchi, T. Watanabe, T. Kunitomo, H. Yakiwara, R. Ikuta, 2013, Active monitoring at Active Volcano - Performance of ACROSS at Sakurajima volcano, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 19-24, July, 2013. Kagoshima, Japan, 4A2.2C-O13.

Miyamachi, H., K. Yamaoka. M. Iguchi, H. Yakiwara, T. Kunitomo, T. Watanabe, R. Ikuta, 2013, Active monitoring at Active Volcano - Monitoring temporal change of transfer function in Sakurajima volcano, Japan, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 19-24, July, 2013, Kagoshima, Japan, 4W.2C-P14.

(9)実施機関の参加者氏名または部署等名：

名古屋大学環境学研究科(山岡耕春、渡辺俊樹)

他機関との共同研究の有無：有

静岡大学理学部(生田領野)、鹿児島大学理学部(宮町宏樹)

東京理科大学(佐伯昌之)、気象庁気象研究所(勝間田明男、3名)

(10)公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：名古屋大学環境学研究科附属地震火山・防災研究センター

電話：052-789-3046

e-mail：

URL：<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/>

(11)この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名：渡辺俊樹

所属：名古屋大学環境学研究科附属地震火山・防災研究センター



図 1. 桜島アクロス震源装置

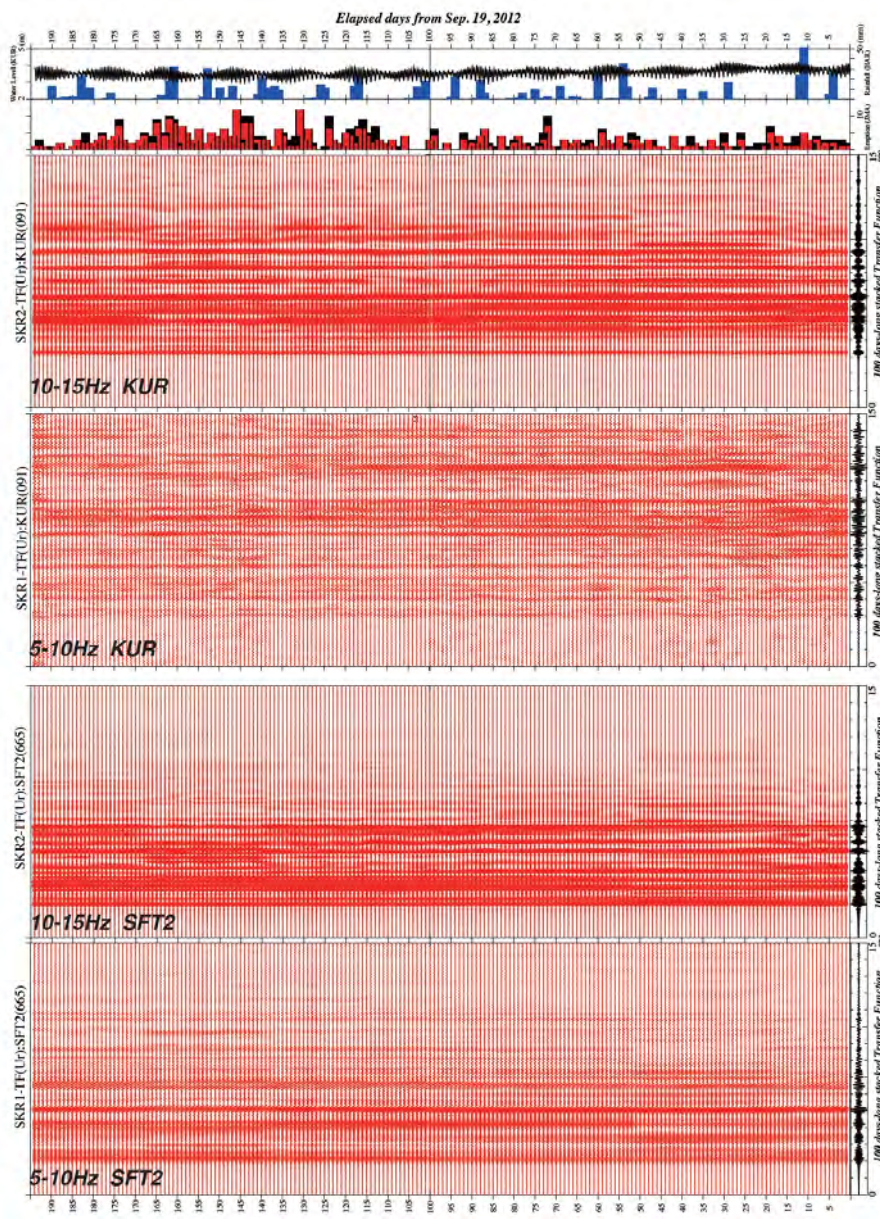


図 2. 桜島島内の観測点における伝達関数の変化

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

プレート境界周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的フィージビリティ調査

(3) 最も関連の深い建議の項目：

5. 超巨大地震に関する当面実施すべき観測研究の推進

(1) 超巨大地震とそれに起因する現象の解明のための観測研究

ア．超巨大地震の発生サイクルの解明

(4) その他関連する建議の項目：

5. 超巨大地震に関する当面実施すべき観測研究の推進

(3) 超巨大地震とそれに起因する現象の解明と予測のための新技術の開発

イ．海底地形・堆積物調査技術

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

プレート境界型地震においても内陸地震と同様に大地震に伴う震源断層の活動は地表(海底)に変位を累積させる。本研究においては、これまで陸域の活断層に適用してきた変動地形学的・古地震学的調査手法を海底活断層に適用することにより、超巨大地震の発生予測に寄与することを目指す。まず 2 年間、手法開発を含めたフィージビリティ調査を行う。

超巨大地震の履歴は海底活断層として検出できる可能性が高いことから、日本列島周辺のプレート境界で発生する超巨大地震の発生源となる海底活断層の位置・形状に関する基礎的資料を整備し、超巨大地震の発生場所や規模を具体的に予測することが重要である。東北地方太平洋沖地震以降、日本列島周辺の連動型地震に対して注目が集まるが、巨大地震を起こし得る震源断層面の想定は地形地質学的な空間分解能には達しておらず、海底活断層との対応の詳細もほとんど解明されていない。本研究では、近い将来巨大地震が発生すると予測されている南海トラフやプレート境界域の地震空白域を中心に、詳細な測深データに基づいて作成する精緻な海底立体視画像を用いて、陸域活断層と同様の手法で活断層及び変動地形を高い精度で認定する。特に、海底活断層の連続性や非連続性、断層変位地形の特徴に着目し、地震の規模や活動性、地下のアスペリティ分布などに関する新たな知見を獲得し、海底活断層に注目した地震予測を目指す。計画年度においては変動地形学的研究に重点を置きつつ、さらに、これらの活断層の活動時期の予測につながる古地震学的研究のフィージビリティを探る。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

本研究では、これまでの海底活断層の変動地形学的予察研究結果を踏まえ、超巨大地震活動を反映する海底断層変位地形について、相模トラフと南海トラフ前縁断層を対象に、変動地形学的調査、曳航式音波探査による深海底浅層反射断面調査(音波探査による断層変位構造の把握)、可能であればピストンコアリングを実施する。

平成 24 年度は、日本海溝と南海トラフにおいて、これまでに整備した海底地形 DEM を精査し、超巨大地震の痕跡と推定される変動地形について、変位量計測を実施しつつ詳細な記載を行う。また、詳

細データが欠落する海域において新たなマルチビーム測深を実施して、データ取得に関するフィージビリティ調査を行う。ただし、広域的な探査を実施する予算規模が確保されていないため、東京海底谷出口周辺等、比較的水深が浅い海域を例に、ピストンコアリングによる掘削候補地点の選定およびデータ解析手法の検討を試みる。

平成 25 年度は、前年度から引き続き、日本海溝と南海トラフの海底活断層の記載を行うとともに、震源域や津波波源域との対応関係を精査する。また、トラフ前縁断層に沿う天竜海底谷出口付近等において音波探査調査を実施し、海底活断層の古地震学的調査の実施可能性を探る。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～25 年度)の成果の概要：

平成 24 年度は、日本海溝と南海トラフにおいて、これまでに整備した海底地形 DEM を精査し、超巨大地震の痕跡と推定される変動地形について、変位量計測を実施しつつ詳細な記載を行った。平成 25 年度には、震源域や津波波源域との対応関係の精査を行った。古地震学的調査の候補地点の選定を行うための精査も行った。

また、平成 24 年度は相模トラフ前縁断層に沿う東京海底谷出口周辺(図 1)において、また平成 25 年度は南海トラフ前縁断層に沿う天竜海底谷出口周辺(図 2)において、KONGSBERG 社製 EM302 型マルチビーム音響測深装置を用いて第七開洋丸(499 トン)で精緻な測深を行った。その結果、これまでをはるかに凌ぐ詳細な海底地形データを得ることができた(図 3・4)。東京海底谷出口付近については、1923 年大正関東地震の震源断層を特定できた可能性がある。天竜海底谷付近については、谷底に発達する長波長の撓曲崖やその東西に発達する急崖地形などを明瞭に把握することができた。また前者東京海底谷出口周辺の水深は 1000 m 前後であったが、天竜海底谷出口周辺の水深は最大約 4000 m であり調査範囲内における標高差は約 2000 m に及んでいる。起伏に富んだ深い海域においても良質の高解像度データを取得できる可能性が示された。両地点においては、KONGSBERG 社製 SBP(TOPAS PS18)サブボトムプロファイラーによる堆積物構造調査も実施したが、海況が思わしくなかったため、良質のデータを得ることができなかった。ピストンコアリングについては予算上の制約により実施できなかった。

陸域活断層と同じ手法で海底活断層を判読するために、詳細海底地形データから作成した地形画像は、既存のデータから作成した画像と比較して断層変位地形が明確となり(図 3・4)、縮尺 4 万分の 1 空中写真を用いた地形判読と同等の詳細さで変位地形が捉えられている。プレート境界における巨大地震の震源断層の具体的な位置と形状が特定でき、古地震の変位量を直接計測することも可能となっている。同質の地形データ取得を広域展開する意義が明らかになったといえる。掘削候補地点の選定においてもこうした高解像度の地形データは不可欠である。

このように、本課題のような変動地形学的視点からの海底活断層への取り組みは、これまでの地震観測結果や測地観測結果とは異なる貴重な情報の取得を実現させ、歴史地震の発生源の検討や地震発生予測、巨大地震の断層モデル構築に大きく貢献するものと期待される。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：

Goto, H., T. Nakata, M. Watanabe, Y. Suzuki, N. Izumi, A. Nishizawa, D. Horiuchi, and Y. Kido, 2013, Future earthquake source faults on deep sea-floor around the Boso triple plate junction revealed by tectonic geomorphology using 3D images produced from 150 meter grid DEM, Abstract T43C-2678 presented at 2013 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 9-13 Dec.

Nakata, T., T. Kumamoto, S. Muroi, and M. Watanabe, 2013, Extensive Submarine Active Fault and the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Abstract T43C-2674 presented at 2013 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 9-13 Dec.

杉戸信彦・中田 高・渡辺満久・後藤秀昭・鈴木康弘, 2013, 0.5 秒メッシュ DEM で見る相模トラフの海底活断層地形(予察), 日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集, SSS31-P42, 千葉, 5 月.
渡辺満久・中田 高・後藤秀昭・鈴木康弘・西澤あずさ・堀内大嗣・木戸ゆかり, 2013, 日本海東縁の

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

鈴木康弘，杉戸信彦

他機関との共同研究の有無：有

石黒聡士（国立環境研究所），渡辺満久（東洋大学），後藤秀昭・中田 高（広島大学）

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山・防災研究センター

電話：052-789-3046

e-mail：

URL：<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp>

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：鈴木康弘

所属：名古屋大学減災連携研究センター

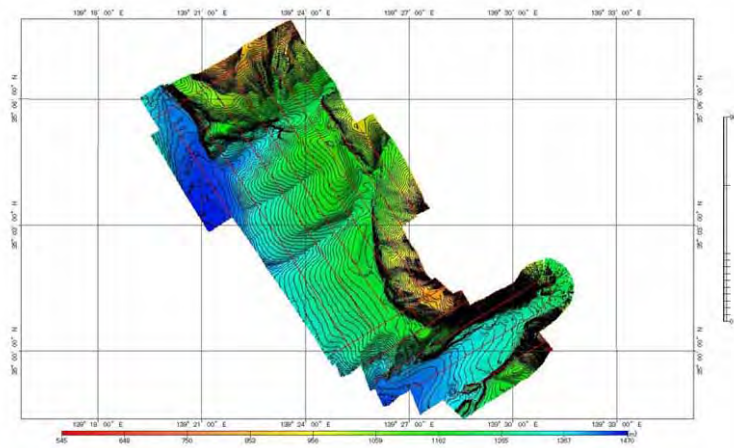


図 1 東京海底谷出口周辺におけるマルチビーム測深作業範囲

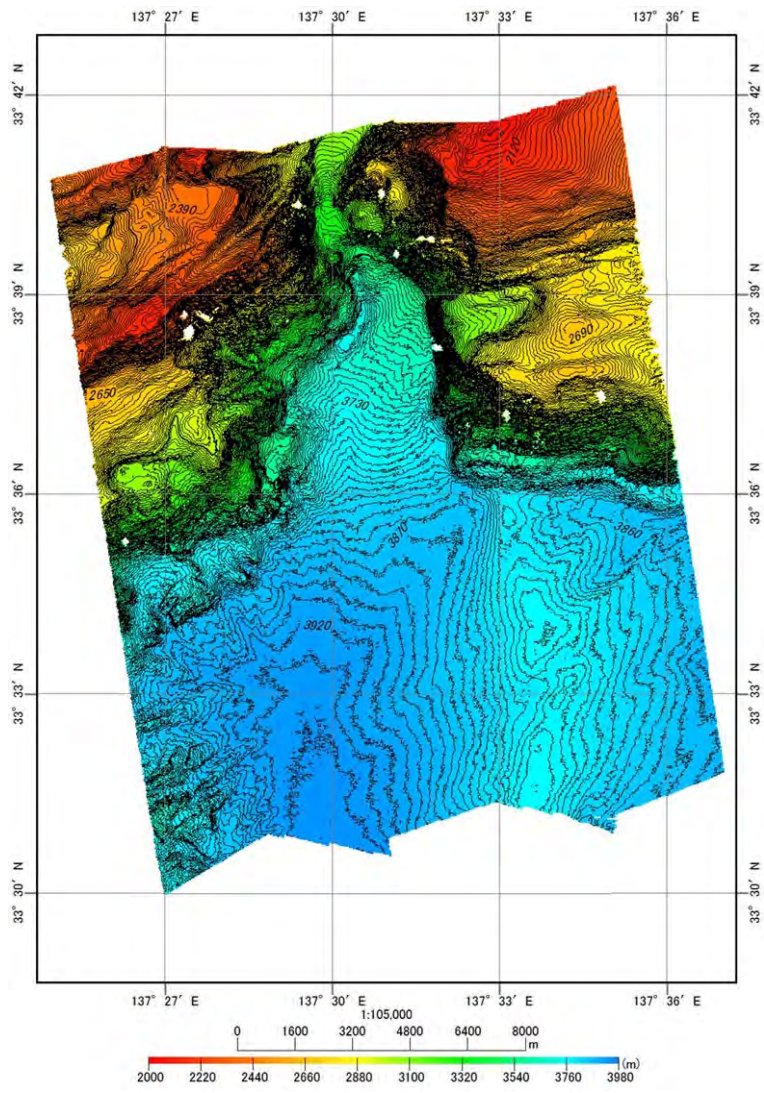


図2 天竜海底谷出口周辺におけるマルチビーム測深作業範囲

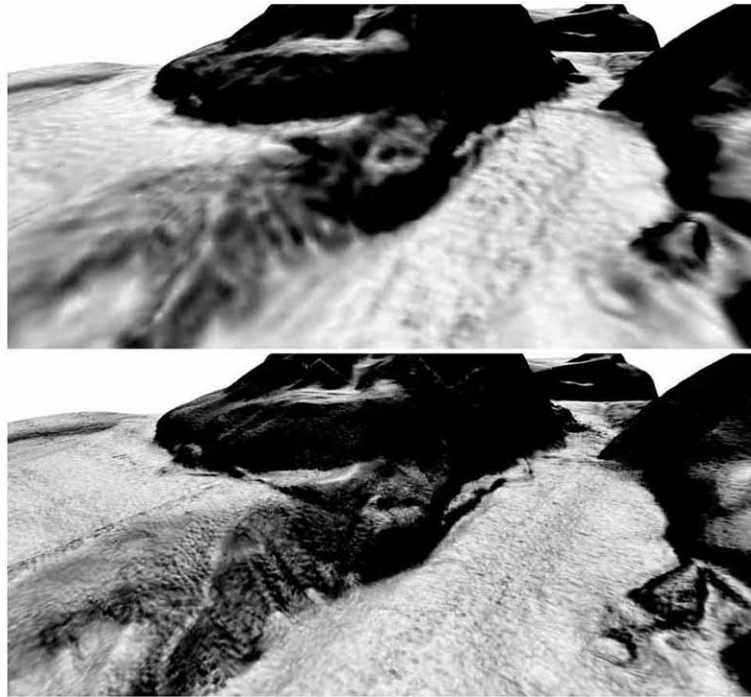


図3 東京海底谷出口周辺の3D画像(上:既存の3秒グリッドDEMから作成,下:今回の0.5秒グリッドDEMから作成)

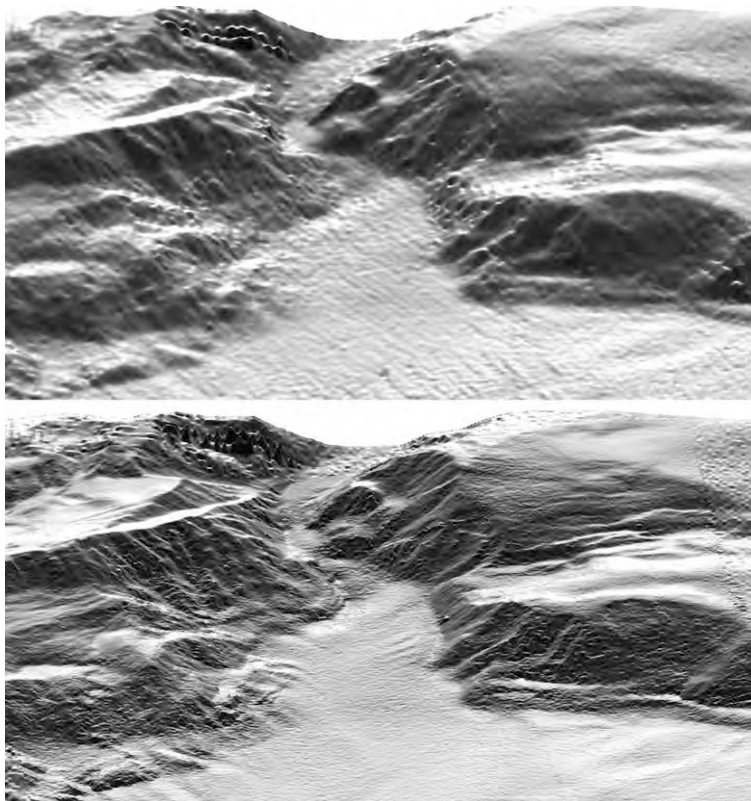


図4 天竜海底谷出口周辺の3D画像(上:既存の3秒グリッドDEMから作成,下:今回の1秒グリッドDEMから作成)

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

古文書を用いた南海トラフ超巨大地震の地震発生メカニズムの解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

5. 超巨大地震に関する当面実施すべき観測研究の推進

(1) 超巨大地震とそれに起因する現象の解明のための観測研究

イ. 超巨大地震の発生とその前後の過程の解明

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

ア. 地震・火山現象の基礎データベース

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

オ. 地震発生サイクルと長期地殻ひずみ

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ア. アスペリティの実体

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-2) 地震破壊過程と強震動

イ. 強震動・津波の生成過程

(5) 本課題の5か年の到達目標：

南海トラフ沿いで超巨大地震は起こりうるのか？中央防災会議では巨大地震と連動して海溝沿い全域に津波地震発生を想定しているが、やや非現実的な想定であろう。三陸沖を見ても、津波地震が発生している場所はかなり限られており、海溝付近まで普通の巨大地震が起こっているところと津波地震が発生するところと棲み分けているように見える。またこれまでの津波地震解析からプレート境界に流体を持ち込みやすい条件が整ったところで津波地震が発生しているようにみえる。この仮説に基づけば南海トラフ沿いで巨大地震、津波地震が発生しうる条件を備えているところはどこかを明らかにすることは重要である。南海トラフ沿いに発生した巨大地震については古文書史料などに頼るしかない。これまでも古文書資料や津波遡上高などから過去の震源域のおおまかな推定が行われているが、もう一度古文書を洗い直して見る必要があるのではないかと。本当に慶長の地震は津波地震だったのだろうか？昭和、安政、宝永、明応の地震のアスペリティはどこだったのか？南海トラフ沿いの海溝付近では本当に津波地震が発生できるのか？本研究では文学部の研究者と一緒に古文書から南海トラフ

沿いに発生している巨大地震，超巨大地震に関する情報をできる限り収集し，これらの情報を用いて過去に発生した東海，東南海，南海地震の震源域の推定を試み，近い将来起こるであろう南海トラフ沿い超巨大地震の想定震源域をどう考えるべきか，津波地震発生可能な領域はどこかを検討する．

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

南海トラフ沿いでの超巨大地震発生メカニズムを考えるためには，過去に発生した巨大地震についての情報無しにはできない．これまでも多くの資料が集められているが，慶長地震が本当に津波地震であったのかなど曖昧な点が多い．古文書に関しては信憑性に欠けるものも多く，古文書に書かれている日付が間違っているとして現在扱われているものもあるが，もう一度これらを見直す必要があるのではないか？そのためにもより多くの情報を収集する必要がある．本課題ではまず寺院明細帳，神社明細帳，郷土史資料を用いて，南海トラフ沿いで発生した地震の被害，津波，地殻活動に関する情報を収集・整理し，昭和の地震との比較を行うことで過去に発生した巨大地震の発生メカニズムについて検討する．これらの資料については本来信憑性などを検証する必要があるが，ここではとりあえず同様の資料が同時期複数の所で記載されているかどうかで信憑性を判断する．更に名古屋大学が所有する濃尾地域や伊勢地方の情報を多く含む高木家文書のうち安政東南海・南海地震に関する記事について解説する．

【平成 24 年度】

明治 1 2 年内務省通達により全国府県で作成された寺院明細帳，神社明細帳の情報を調べる．寺院，神社明細帳から得られた情報を元により詳しい資料がないかどうかを調査する．愛知県については神社明細帳には殆ど情報がないことが分かっているので郷土史の資料から地震被害の情報を整理する．さらに，名古屋大学では濃尾地域や伊勢地方の情報を多く含む高木家文書を所蔵しており，ここから愛知県周辺の情報を得る．ただ高木家文書は傷みが激しく現在は開くことができない．そこで高木家文書で安政東南海・南海地震に関する日記が書かれている 6 冊のうち，3 冊を修復に出す．このほか神宮皇學館文庫や蓬左文庫にある高木家文書の調査も行う．高木家文書については修復が終わったものから翻刻（電子化）を開始し，地震情報に関する調査を行う．

【平成 25 年度】

前年度に引き続き，神社明細帳や郷土史からの調査を進める．高木家文書については安政東南海・南海地震に関する日記が書かれている 6 冊のうち，残りの 3 冊を修復に出し，修復が終わったものから翻刻し，地震情報に関する調査を行う．

本研究で調べた情報と過去の研究者によって得られている情報も含めて整理しデータベース化する．その上で昭和地震での被害状況，津波状況などと比較し，アスペリティの位置の推定や津波地震発生の可能性について検討を行う．

(7) 計画期間中（平成 21 年度～25 年度）の成果の概要：

巨大地震の発生メカニズムを考える上では過去の活動の情報は重要である．これまでも地震に関する古文書の収集が行われ，これらを用いて震度分布や津波の高さなどの推定が行われてきている．我々は文系の研究者と協力しながら新たな史料収集を行うとともに，先人たちの焼き直した情報からではなく，元の史料に戻ってこれらから得られる様々な情報を理学，工学それぞれの観点から検討し（白鳳），宝永，安政，昭和の地震に対して直接比較することで南海トラフでの巨大地震像を推定し被害の原因を検討しようと考えている．本計画の 2 年間では，これまで収集されていない新たな史料の発掘と神社明細帳や郷土史などの調査，整理を主たる目的としている．

名古屋大学では 1750 年から 1870 年まで書かれた高木家文書の御用日記を所蔵しているが，虫喰のため状態が悪く研究できない状態であった．そこで H24 年度は安政（嘉永）の南海トラフの地震を挟む期間の 4 冊を，H25 年度は安政（嘉永）の南海トラフの地震時期の残りと安政江戸地震，善光寺地震，天保京都地震，近江地震，浅間山噴火の時期を含む 9 冊の日記の修復を行った．また H25 年度は H24 年度に修復した日記の翻刻も行った．現在翻刻のチェックを行っているところである．

神社明細帳については愛知県 (H24) , 和歌山県 (H24,H25) と高知県 (H25) の調査を行った。2 県とも史料の量が多く、また高知県立図書館、和歌山県立公文書館あるいは国文学研究資料館に行かないと見られないため全地域の調査が終わったわけではないが、太平洋側についてはほぼ全域の調査が終わった。地方史もそれぞれの県立図書館が一番所蔵しているため、現地での調査になる。この 2 年間で収集した資料は愛知県については約 170 冊、三重県が約 50 冊、静岡県が約 20 冊、長野県が 30 冊、高知県が約 300 冊である。現在これらの史料を整理しデータベース化しつつ、各地震の津浪や揺れ、地盤沈下の特徴を市町村ごとに比較整理している。

また H25 年度は昭和の東南海地震について、これまで出されている被害統計資料を再整理し、詳細な震度分布を求め、昭和東南海地震の被害の特徴を明らかにした。

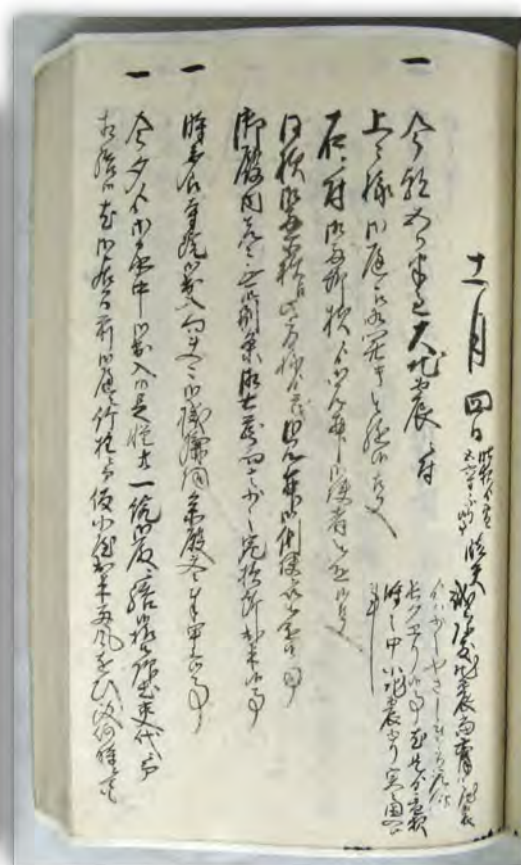
(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
武村雅之・虎谷健司, 1944 年 12 月 7 日東南海地震の被害統計資料の再整理 震度分布と被害の特徴
 , 中部歴史地震研究年報, 2 , 2014

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :
山中佳子, 溝口常俊, 石川寛, 羽賀祥二
他機関との共同研究の有無 : 無

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先
部署等名 : 名古屋大学大学院環境学研究科
電話 : 052-789-3046
e-mail :
URL :

(11) この研究課題(または観測項目) の連絡担当者
氏名 : 山中佳子
所属 : 名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター

御用日記 安政元(1854)年十一月四日条



十一月四日御用日記 晴天
誠ニ珍敷地震、当六月之地震方ハ少しやさしき方、乍併長クエリ候事、尤是方昼夜時々中小地震ゆり実ニ困入候事

一今朝五ツ半過大地震ニ付
 上々様御庭江相開キ被遊候事
 右ニ付御両所様方御見舞御使者被遣候事
 同様御両所様江此方様方御見舞御使者ヲ以被遣候事
 御殿内先々無御別条、御土藏向者少々宛損所出来候事
 一時多良寺院御出入向夫々御機嫌伺參殿、夫々奉申上候事
 一今夕方御家中御出入御足輕共一統御殿ニ詰候様被仰出、交代ニ而相詰候、尤御居間前御庭ニ竹柱ニ而飯小屋出来、雨風をひ致何時ニても御開キ被遊候様御用意之事

図1 修復された高木家御用日記の例

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

南海トラフの海溝軸付近における海底地殻変動モニタリング

(3) 最も関連の深い建議の項目：

5. 超巨大地震に関する当面実施すべき観測研究の推進

(2) 超巨大地震とそれに起因する現象の予測のための観測研究

ア．超巨大地震の震源域における地殻活動のモニタリング

(4) その他関連する建議の項目：

5. 超巨大地震に関する当面実施すべき観測研究の推進

(3) 超巨大地震とそれに起因する現象の解明と予測のための新技術の開発

ア．超巨大地震のための海底地殻変動観測技術

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

従来の知見では、海溝軸付近のプレート境界は、固着の度合いが小さいため、海溝型巨大地震の際には大きく滑らないと考えられていた。しかし、東北地方太平洋沖地震の際にはこの領域が大きく滑ったことが、GEONET による陸上における GPS 観測、GPS/音響結合方式による海底地殻変動観測、海底水圧計やブイによる津波の観測結果等によって明らかになった。また、海溝軸付近の大きな滑りによって高い津波が発生したことが指摘されている。したがって、より正確な海溝型超巨大地震の理解やその発生予測、さらには巨大津波予測のためには、海溝軸付近におけるプレート境界の固着状態を把握することが不可欠である。このことは南海トラフの巨大地震に対しても当てはまるため、南海トラフの海溝軸(トラフ軸)付近におけるプレート間の固着状態を早急に調査する必要がある。

そこで、本研究では、南海トラフの海溝軸付近において GPS/音響結合方式による海底地殻変動観測を実施し、海溝軸付近におけるプレート境界の固着状態を把握することを目的とする。本研究課題の推進によって、南海トラフの巨大地震やそれに伴う津波発生予測の研究に資する基礎的な地殻変動データが得られるものと期待される。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

本研究では、これまでには得られてない南海トラフの海溝軸のごく近傍における海底地殻変動観測データを得るために、海底ベンチマークを 1 か所に設置し、GPS/音響結合方式による 2 年間の海底地殻変動モニタリングを実施する。名古屋大学では、熊野海盆の 3 か所にトラフ軸と直交方向に並ぶように海底ベンチマークを設置している。また、海上保安庁では、その延長上のトラフ軸寄りかつ分岐断層の手前に新たな海底ベンチマークを設置する予定である。以上の配置を考慮して、海上保安庁が設置予定である場所の更にトラフ軸寄り(分岐断層の更に海側)に海底ベンチマークを設置する。このような線状の配置にすることにより、本研究の目的である海溝軸付近における海底地殻変動の観測のみならず、トラフ軸と直交方向の海底地殻変動を空間的に把握できる観測線が完成する。過去の巨大地震の際には南海トラフの海溝軸近くに存在する分岐断層が活動したとの指摘もある。将来的には、

新規のベンチマークと海上保安庁が設置予定のベンチマークにおける観測結果から、分岐断層の両側における地殻変動の観測結果から分岐断層へのひずみ蓄積過程の解明も可能となる。

平成 24 年度は、上記の領域に海底ベンチマークを設置するとともに、モニタリングを開始する。設置も含めた観測回数は 2 回程度の予定である。平成 25 年度は、継続して 2 回程度の観測を実施する。2 年間のモニタリング結果をもとにモデリングを行い、南海トラフの海溝軸付近におけるプレート間の固着状態の把握を試みる。

なお、本申請課題の実施にあたり、現建議で名古屋大学が実施している「駿河ー南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング」(課題番号 1701)及び「GPS / 音響方式海底地殻変動観測システムの高度化」(課題番号 1706)の実施項目を縮小する。前者については、従来から行っている熊野灘での海底地殻変動観測を取り止める。しかし、他研究において技術開発のために取得する予定のデータが利用可能であり、熊野灘における海底地殻変動モニタリングの継続性は保たれる。後者については、実施予定であった水温水圧計による水温連続測定を取り止める。

(7) 計画期間中 (平成 21 年度 ~ 25 年度) の成果の概要 :

平成 24 年度は、平成 25 年度に設置・観測を行う海底局の機器整備を行った。設置を予定している海域は、水深が 3,500m 程度とこれまでの海域 (水深 2,000m 程度) よりも深いため、東北大学等が開発した深海型と呼ばれる海底局を設置することとした。さらに、東北大学・JAMSTEC と共同で、名古屋大学の熊野灘 KME 観測点の南東方約 50km (トラフ軸から約 30km) の地点に、名古屋大学 / 東北大学の両仕様を兼ね備えたハイブリッド型海底局を新設した。この点は、本研究課題で地殻変動の推定を直接的に行うトラフ軸付近よりは陸側に位置するが、トラフ軸から陸域までの連続的な地殻変動プロファイルを得るために重要な観測点である。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

田所敬一・渡部 豪・永井 悟

他機関との共同研究の有無 : 有

藤本博己・木戸元之 (東北大) , 生田領野 (静岡大) , 佐藤まりこ (海上保安庁海洋情報部)

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 名古屋大学環境学研究科

電話 : 052-789-3046

e-mail : tad@seis.nagoya-u.ac.jp

URL :

(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 田所敬一

所属 : 名古屋大学環境学研究科

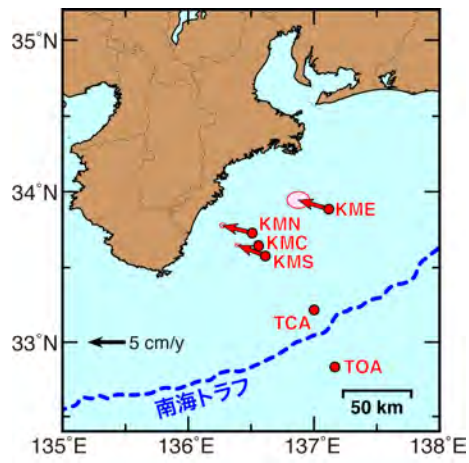


図1 南海トラフ軸近傍の新規観測点 (TCA , TOA)
 海底地殻変動のベクトルは、名古屋大学による 2013 年までの観測結果による

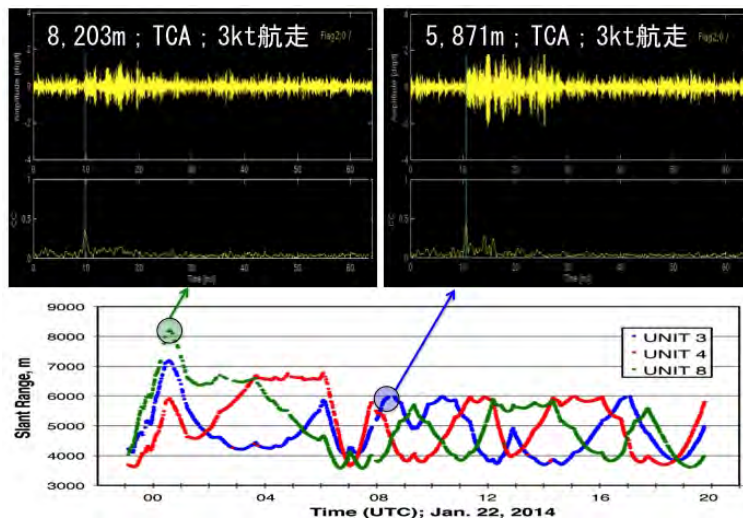


図2 TCA 観測点で収録した音響測距信号波形の例

4. 教育活動

- 4-1. 学部・大学院講義一覧
- 4-2. 学位論文
- 4-3. セミナー
- 4-4. 2013年度JICA研修コース

4-1. 学部・大学院講義一覧

学部 [全学共通教育]

前期		後期	
講義名	担当教員	講義名	担当教員
基礎セミナーA	田所敬一	地球惑星の科学Ⅰ期	古本宗充
地球科学基礎1	山岡耕春		

学部 [理学部地球惑星科学科]

1年生前期		1年生後期	
講義名	担当教員	講義名	担当教員
惑星環境学	山口 靖, 山本鋼志 須藤 斎, 高野雅夫 田所敬一		
2年生前期		2年生後期	
講義名	担当教員	講義名	担当教員
地球惑星物理学基礎	古本宗充	地球惑星物理学実験法 及び実験Ⅰ	桂木洋光, 渡辺俊樹 城野信一, 田所敬一 伊藤武男, 鷺谷 威
		地球ダイナミクス	鷺谷 威 ウォリス, サイモン
3年生前期		3年生後期	
講義名	担当教員	講義名	担当教員
地球惑星物理学実験Ⅱ	桂木洋光, 山中佳子 城野信一, 寺川寿子	地球惑星観測論	田所敬一
		地球惑星科学セミナーⅠ	ウォリス・サイモン 橋本千尋, 門脇誠二 竹内 誠, 桂木洋光 高野雅夫, 西田佐知子 諸田智克, 吉田栄一 柴田 隆, 城野信一
4年生前期		4年生後期	
講義名	担当教員	講義名	担当教員
地球計測学演習	渡辺俊樹		
地球惑星物理学演習Ⅰ	橋本千尋 城野信一		
地球惑星科学特別研究	各講座教員	地球惑星科学特別研究	各講座教員

大学院 [環境学研究科地球環境科学専攻]

前期		後期	
講義名	担当教員	講義名	担当教員
総合防災論1(自然編) (研究科共通)	鈴木康弘, 古本宗光 山岡耕春, 飛田 潤 野田利弘, 上田 博 水谷法美, 堀 和明 護 雅史, 廣井 悠	地殻マントル変動論	古本宗充
地球惑星科学概論 (研究科共通)	竹内 誠, 川邊岩夫 古本宗充, 氏原 温 南 雅代, 橋本千尋 林 誠司	地震学特論	山岡耕春
地殻活動論	鷺谷 威	地殻構造探査学	渡辺俊樹
地震観測論	田所敬一		

※太字は地球惑星ダイナミクス講座の教員

4-2. 学位論文

[博士論文]

発表者	タイトル	主査
Nguyen Anh Duong	Tectonic deformation and earthquake hazard in Northwestern Vietnam inferred from GPS observations	鷺谷 威

[修士論文]

発表者	タイトル	主査
大藪竜童	御嶽山周辺の群発地震域における V_p/V_s の推定 Effect of near-source environment on temporal variation of ACROSS transfer function	山中佳子
鈴木翔太	粘弾性応答を考慮した 2011 年東北沖地震の余効すべりの時空間分布 -3 次元有限要素法による Green 関数- System design for sea-floor crustal deformation measurement considering ocean sound speed structure	鷺谷 威
戸谷真亜久	自然地震を用いた東海地域のフィリピン海プレート及び地殻構造の地震波干渉法イメージング Shear-wave splitting analysis in the focal area of earthquake swarm at Hakone volcano	渡辺俊樹
Angela del Valle Meneses Gutierrez	Time dependent aseismic crustal deformation associated with the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-Oki earthquakes	鷺谷 威

[卒業論文]

発表者	タイトル	担当教員
植村雄一	海底地殻変動観測における走時残差を用いた海底ベンチマーク位置の修正手法の確立 b-value Change After the 2011 Tohoku-oki Earthquake	田所敬一
大嶋健嗣	階層的なアスペリティモデルを用いた地震発生シミュレーション Subsurface structure imaging using auto-correlation analysis of the seismogram obtained in the seismic reflection survey	橋本千尋
大間俊樹	測地データに基づく西南日本における長期的な地殻変動の時空間変化 Subsurface structure beneath the Hakone Volcano estimated from reflected waves	伊藤武男
小林雅実	反射法地震探査データへのフルウェーブ・インバージョンの適用 GPS/acoustic sea-floor crustal deformation system: Cause of large travel-time residual and its improvement	渡辺俊樹
多々良望麦	野島断層における注水実験 Analysis of the Shimoyama seismic array for deep low-frequency tremors occurred beneath the Tokai region, Japan	田所敬一

4-3. セミナー

地震学・測地学・火山学といった地球物理学的研究を行うグループによるGJセミナーでは、各人の研究を1時間程度で報告する。具体的には、地震活動解析、地震発生サイクルのコンピュータ上での再現、地球内部・地下構造、地殻変動観測によるプレート間カップリングや火山噴火過程の解明、新しい観測技術の開発といった内容が報告されている。また、月に1回程度、地球惑星物理学講座と合同でセミナーを行っている。

GJセミナー

前期	開催日	発表者	タイトル
第1回	04/11(木)	千葉	塩尻峠西部地域の地質
		寺谷	松本盆地南部地域におけるGPS地殻変動観測
		横井	2011年4月11日福島県浜通りの地震M7.0に伴って生じた地震断層の活動
第2回	04/18(木)	篠島	プレート境界面上の、アスペリティー、バリアー、ストレスフリー、の領域の分布の推定
第3回	04/26(金)	大藪	箱根火山における群発地震の発生とクラック構造との関係
第4回	05/02(木)	吉本	超巨大地震・震源時間の長い巨大地震の震源過程解析
第5回	05/09(木)	Endra	Investigation of postseismic deformation of the 2004 M9.2 Sumatra-Andaman earthquake deduced from GPS observations
第6回	05/16(木)		連合大会発表練習
第7回	06/06(木)	戸谷	深発地震を用いた東海地域の地殻構造の地震波干渉法イメージング
第8回	06/13(木)	崎山	地震波ノイズ干渉法による2009年駿河湾の地震後の地震波伝播特性変化の検出
第9回	06/20(木)	Angela	Time-dependent crustal deformation associated with the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-Oki earthquakes
第10回	06/27(木)	鈴木(翔)	豊橋アクロスによる伝達関数の時間変化 ~NU.MIK観測点~
第11回	07/19(木)	野村	御嶽山周辺の群発地震域におけるVp/Vs比の推定
第12回	07/25(水)	鈴木(あ)	西南日本のスロー地震発生域周辺におけるスラブ内応力場の推定

後期	開催日	発表者	タイトル
第13回	10/03(木)		学会発表練習
第14回	10/10(木)	安田	駿河湾における海底地殻変動観測結果
第15回	10/17(木)	伊藤	地震時と地震後に発生する地下の内部構造の変化について
第16回	10/31(木)	渡部	有限要素法による熊野灘での地殻変動シミュレーション
第17回	11/07(木)	松多	台湾・台東縦谷断層の間欠的クリープ運動
第18回	11/14(木)	戸谷	深発地震を用いた東海地域のフィリピン海プレート及び地殻構造の地震波干渉法イメージング
		鈴木(翔)	地下構造を考慮したグリーン関数を用いた2011年東北沖地震の地震時・地震後のすべり分布と粘弾性応答
第19回	11/21(木)	野村	中部日本における2011年東北地方太平洋沖地震後の地殻歪み異常
		Angela	Time-dependent crustal deformation associated with the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-Oki earthquakes
第20回	12/05(木)		AGU発表練習
第21回	12/19(木)		B4中間発表
第22回	01/09(木)	大藪	御嶽山周辺の群発地震震源域におけるVp/Vsの推定
		藤井	自然地震記録を用いた地下構造イメージング
第23回	01/16(木)	野村	熊野灘での海底地殻変動観測における高精度化への取り組み
		千葉	複数海上局を用いた海底地殻変動観測の手法開発
第24回	01/23(木)	横井	落下型震源装置の開発
		寺谷	糸魚川-静岡構造線北部から中部において将来起こりうる地震の震源断層の推定

合同セミナー

前期	開催日	発表者	タイトル
第1回	04/25(木)	前田	フィリピン・タール火山の浅部低周波(LP)地震の発生機構：水蒸気の凝縮に励起されたクラック振動
		古本	北部琉球弧のテクトニクス解明に向けて
第2回	05/30(木)	諸田	その場年代計測装置による月惑星年代学探査
		山中	南海トラフ巨大地震再考
第3回	06/28(金)	熊谷	火山性地震の震源過程とその定量化
		橋本	収束型プレート境界に於ける相互作用と変形場
第4回	07/18(木)	鹿倉	非対称山脈における地形の隆起分布の関係と鈴鹿山脈への適用
		渡辺	構造推定問題としての波形インバージョンの波動論的（できるだけわかりやすい）説明

後期	開催日	発表者	タイトル
第1回	10/25(金)	桂木	粉体ネットワーク構造変化イベントのスケール不変性
		鷺谷	東北地方太平洋岸の上下変動に関する考察
第2回	11/28(木)	寺川	地震メカニズムトモグラフィー法によるバーゼル地熱貯留層での間隙流体圧場の時間発展解析
第3回	12/06(金)	城野	ダストアグリゲイト熱伝導率の充填率依存性
		山岡	新型アクロスーコンセプトと設計
第4回	01/30(金)	永井	海中音速を模した1次元モデルによる走時計算精度と海底局の決定位置への小規模な海中音速変化の影響
		田所	海底地殻変動観測の成果と今後の展開

4-4. 2013年度JICA研修コース

「地震津波火山観測システムの運用・管理」

鷺谷 威

JICA 研修コース「地震津波火山観測システムの運用・管理」は、6名の研修員を迎えて2013年9月から2014年2月までの6ヶ月間実施した。以下にその概要をまとめる。

1. 研修員

2013年度の研修員は以下の6名である。国籍、性別、宗教などは様々であり、英語のスキルにも差があったが、研修員は皆人柄が良く、研修員間の関係は良好であり、6ヶ月の研修中特に問題は生じなかった。

Mr. Ali Seif Omar	Tanzania	Tanzania Meteorological Agency
Mr. Festo Igadube	Uganda	Staff Surveyor, Department of Surveys and Mapping
Mr. Jun D. Bonita	Philippine	Philippine Institute of Volcanology and Seismology
Ms. Khaing Mar Lar Wai	Myanmar	Department of Meteorology and Hydrology
Mr. Ferry Kurniawan	Indonesia	Meteorology, Climatology and Geophysical Agency (BMKG)
Mr. Juan Luis Porrás Loria	Costa Rica	National Seismological Network, Universidad de Costa Rica

2. 研修内容

本研修で実施した講義・実習の内容は以下の表の通りである。前年度に引き続き、2011年東北地方太平洋沖地震の被災地を見学した。また、例年通り、根尾谷断層を訪問して活断層の地震について、紀伊半島を訪問して津波に対する実地の対策について学び、神津島では測量実習を実施した。講義では1～2日程度の集中講義で様々なトピックを広くカバーした。2013年度は、火山地震学の専門家である熊谷先生に地震観測の講義を担当して頂いた。

	講師	講義・実習内容
講義	石川有三（産総研）	SEIS-PCによる地震活動解析
	鈴木貞臣（東濃地震研）	地震学とその応用
	木股文昭（名大）	日本の地震、津波と火山
	Rahma Hanifa（名大）	Generic Mapping Tools
	谷岡勇市郎（北大）	津波の基礎
	中村 衛（琉球大）	津波シミュレーション
	横山 泉（北大）	火山物理学
	Ngyuen Anh Duong（ベトナム地球物理研究所）	ベトナムにおける津波モデリング
	宮城洋介（防災科研）	干渉合成開口レーダー
	鷺谷 威（名大）	地殻変動
	平川一臣（北大）	古津波
	中田 高（広島大）	活断層
	安藤雅孝（静岡大）	地殻変動による断層モデル
	熊谷博之（名大）	地震観測
見学	木股文昭・鷺谷威	東北沖地震・津波、岩手山
	木股文昭	活断層（根尾谷断層、阿寺断層）
	木股文昭・鷺谷威 津村建四朗（地震予知振興会） 清水勲（稲むらの火の館）	津波（三重県大紀町錦、尾鷲市、和歌山県広川町）
	大久保慎人（東濃地震研） 雑賀敦（東濃地震研）	地震計・ひずみ計（東濃地震研究所）
	木股文昭 森 濟（北大） 村瀬雅之（日大）	水準測量（神津島）

3. 研修への取り組みとその成果

6ヶ月に及ぶ研修を通して、地震・津波・火山の基礎を学ぶとともに、こうした自然災害の影響を軽減するために、それぞれの国で必要な取り組みについて、課題研究として検討した。こうした研修および課題研究の成果は、以下の Action Plan としてまとめられた。

Festo Igadube	Land deformation and displacement monitoring based on the national geodetic network in Uganda
Ferry Kurniawan	Seismic activity and earthquake risks in Papua Indonesia with b-value determination
Ali Seif Omar	Tsunami hazard assessment along the coast of Tanzania based on numerical simulation
Khaing Mar Lar Wai	Review of Andaman Island earthquakes and study of potential tsunami due to recent seismic activity in Andaman area
Jun D. Bonita	Regional moment tensor analysis in the Philippines: CMT solutions in 2012-2013
Juan Luis Porras Loria	Automatic intensity maps for emergency response in Costa Rica

4. 終わりに

前任の木股教授が 2011 年度一杯で退職されたため、2012 年度と 2013 年度の 2 年にわたり、鷺谷が本 JICA 研修の責任者を務めた。以前は近くにいなながら研修生と会話する機会があまりなかったのだが、研修に関わるようになって、研修生達と日常的に色々な話をするようになり、彼らの母国の現状について多くを学び、様々な刺激を受けることができた。特に 2013 年度は、東北の研修旅行にも同行することができ、東日本大震災の被災地をつぶさに見て回って大変良い勉強になった。

本 JICA 研修は、2014 年度以降も継続を提案していたが、派遣を希望する国が必要数集まらなかったため、2013 年度をもって終了となった。2006 年からの 8 年間で来日した研修生は、14 ヶ国、49 名に及ぶ。このように多くの国、多くの人達と名古屋大学がつながりを持てたことは今後につながる何よりの財産である。また、2007 年度の JICA 研修生だったベトナムの Nguyen Anh Duong さんが、2013 年 3 月に名古屋大学から論文博士の学位を授与され、研修から始まった関係が国際研究協力へと発展してきている。他にも日本への留学を希望している研修生がおり、国境を越えた付き合いが今後も続きそうである。

JICA 研修は、このように有形無形の成果を残したが、研修で何をどのように伝えるか、また、大学内における協力体制のあり方などについての課題も残った。こうした成果や課題を踏まえ、今後も国際協力が様々な形で進展するよう努力していきたい。

5. 観測点一覧

地震観測点

観測点名称	略称	緯度	経度	標高	設置方式	データ回収方式	備考
犬山	NU.INU1	35.3532	137.0253	130	定常	回線	
宇賀溪	NU.UGKC	35.10839	136.46922	301	定常	回線	
三河	NU.MIK	34.7659	137.4670	76	定常	回線	
新豊根	NU.STN	35.1387	137.7413	485	定常	回線	
付知	NU.TKC2	35.6553	137.4653	645	定常	衛星	
板取	NU.ITD1	35.7480	136.7702	276	定常	回線	2013/8 休止
新野	NU.NIN	34.6833	138.1312	55	定常	回線	
豊田	NU.TYD	35.1163	137.2457	110	定常	回線	
南伊豆	NU.MNI1	34.6913	138.8388	5	定常	回線	
大鹿	NU.OOS1	35.5924	138.0595	985	定常	回線	
清見	NU.KYM2	36.11557	137.16908	569	定常	回線	
高根	NU.TKN1	35.9872	137.5297	1260	定常	回線	
開田	NU.KID1	35.9128	137.5453	1340	定常	回線	
牧尾	NU.MKO1	35.8250	137.6018	885	定常	衛星	
濁河	NU.NGR1	35.92385	137.45101	1797	定常	回線	
三浦ダム	NU.MUR	35.8251	137.3923	1310	定常	衛星	
上垂	NU.KMD	35.89552	137.62214	1102	準定常	衛星	2008-
折橋	NU.ORH	35.94743	137.66553	1320	準定常	衛星	2008-
松原	NU.MTB	35.79953	137.54461	903	準定常	衛星	2008-
滝越	TKGS	35.82125	137.46089	1358	定常	回線	(長野県所属)
御岳ロープウェイ	ROPW	35.89765	137.50912	2140	定常	無線経由回線	(長野県所属)
御岳山頂	SNCH	35.88842	137.48236	2935	定常	無線経由回線	(長野県所属)
巖立	GNDT	35.91705	137.32588	690	定常	回線	(岐阜県所属)
チャオスキー場	CHAO	35.93145	137.48137	2190	定常	回線	(岐阜県所属)
おんたけ休暇村	OTKK	35.85653	137.54102	1458	臨時	現地集録	2007-
鳳来アレイ	HOU	35.00443	137.62184	200	臨時	現地集録	2008/9-2014/6
稲武アレイ	INB	35.23945	137.4823	632	臨時	現地集録	2012/8-
松平アレイ	MDR	35.04706	137.26892	386	臨時	現地集録	2013/7-2013/3

地殻変動観測点 (ラドン測定・水温測定を含む)

観測点名称	略称	緯度	経度	標高	設置方式	データ回収方式	傾斜計等
犬山	NAIN	35.35270	137.02600	129	横	回線	傾斜計, 伸縮計
瑞浪	NAMZ	35.37860	137.23900	195	横	回線	傾斜計, 伸縮計, ラドン, 水温

旭	NAAS	35.22300	137.36100	200	横	回線	傾斜計, 伸縮計, ラドン, 水温
稲武	NAIB	35.20200	137.53300	700	横	回線	傾斜計, 伸縮計, ラドン, 水温
豊橋	NATY	34.76450	137.46700	77	横	回線	傾斜計, 伸縮計, ラドン
春野	NAHR	34.95860	137.89600	250	縦3	回線	傾斜計, 歪計
菊川	NAKI	34.72720	138.07290	160	縦	回線	傾斜計, 歪計, 歪地震計
新宮	NASN	33.68830	135.96800	-480	縦	回線	傾斜計, 温度, 磁力, 歪計

G P S 観測点

観測点名称	略称	緯度	経度	設置方式	データ回収方式	備考
飛騨天文台	HIDA	36.37779	137.37166	2周波連続	現地収録	
東谷	HGSD	36.42180	137.44280	2周波連続	現地収録	
祐延峠	SKNB	36.48900	137.40570	2周波連続	現地収録	
大無雁	OMKR	36.29690	137.11980	2周波連続	現地収録	
栃尾	TCHO	36.24580	137.51060	2周波連続	現地収録	
砂防観測所	NAKO	36.25770	137.57440	2周波連続	現地収録	
山之村小学校	YMNS	36.37780	137.37170	2周波連続	現地収録	2013/9廃止
高山観測所	TKYM	36.13730	137.17810	2周波連続	常時接続	
菅島	SGSM	34.48500	136.87530	休止中		
犬山	NU.INU	35.35320	137.02530	休止中		
神津島	KOHZ	34.19890	139.12690	休止中		
新島	-	34.4234	139.2838	休止中		
八丈島	0801	33.1094	139.7892	2周波連続	常時接続	
割石温泉	WARI	36.36640	137.28190	2周波連続	現地収録	
牧	MAKI	36.40180	137.29000	2周波連続	現地収録	
利賀	TOGA	36.45763	137.02634	休止中		
河合(2周波)	KAWA	36.30418	137.10406	2周波連続	現地収録	
坂上	SAKA	36.43068	137.00584	休止中		
庄川	SHOK	36.57715	139.98611	休止中		
稲越	INAK	36.25599	137.09827	2周波連続	現地収録	
古川	HURU	36.23819	137.18614	休止中		
国府	KOKU	36.21605	137.21410	休止中		
万波	MNNM	36.38402	137.11618	2周波連続	現地収録	
山之村	YMNM	36.37287	137.30670	休止中		
長棟	NGTO	36.42373	137.31995	休止中		
漆山	URSY	36.42410	137.25440	休止中		
檜峠	NRTG	36.34728	137.06625	休止中		
河合(1周波)	KAWA1	36.30418	137.10406	休止中		

高瀬溪谷	ROO1	36.51726	137.78153	2周波連続	常時接続	
宇留賀	ROO3	36.47048	137.94096	2周波連続	常時接続	
竹場	ROO5	36.44241	138.00618	2周波連続	常時接続	
開田	KAID	35.91280	137.54530	2周波連続	常時接続	
浜島	HAMA	34.29400	136.76400	2周波連続	常時接続	海底観測基準局
尾鷲	OWAS	34.05800	136.21500	2周波連続	常時接続	海底観測基準局
宇久井	UGUI	33.65900	135.97100	2周波連続	常時接続	海底観測基準局
蛭川小学校	HRKW	35.5239	137.3808	2周波連続	常時接続	2013新設
高山小学校	TAKA	35.5367	137.4403	2周波連続	常時接続	2013新設
福岡小学校	FUKS	35.5609	137.4536	2周波連続	常時接続	2013新設
福岡中学校	FUKJ	35.5739	137.4526	2周波連続	常時接続	2013新設
下野小学校	SMNO	35.5861	137.4666	2周波連続	常時接続	2013新設
田瀬小学校	TASE	35.6210	137.4651	2周波連続	常時接続	2013新設
川上小学校	KWUE	35.6186	137.4985	2周波連続	常時接続	2013新設
高綱中学校	TKTN	36.2160	137.9250	2周波連続	常時接続	2013新設
田川小学校	TAGW	36.2345	137.9575	2周波連続	常時接続	2013新設
五常	GOJO	36.3510	137.9711	2周波連続	常時接続	2013新設
中川	NKGW	36.3540	138.0160	2周波連続	常時接続	2013新設
明科中学校	AKSN	36.3473	137.9263	2周波連続	常時接続	2013新設
穂高北小学校	HTKN	36.3662	137.8650	2周波連続	常時接続	2013新設
横当島	YKAT	28.7977	128.9840	2周波連続	現地集録	2013新設
東員町役場	TOIN	35.0743	136.5835	2周波連続	常時接続	2013新設
有松小学校	ARMT	35.0657	136.9708	2周波連続	常時接続	2013新設

海底

観測点名称	略称	緯度	経度	設置方式	データ回収方式	備考
熊野灘	KME	33.88900	137.11400	定常		
熊野灘	KMN	33.72600	136.49800	定常		
熊野灘	KMS	33.57700	136.59800	定常		
熊野灘	KMC	33.64300	136.54800	定常		
駿河湾	SNE	34.93500	138.68200	定常		
駿河湾	SNW	34.93400	138.59100	定常		
駿河湾	SSW	34.60000	138.54000	定常		
駿河湾	SSE	34.65300	138.63200	定常		

6. 取得研究費

研究費種別	項目	課題番号	課題名	代表者	分担者
科学研究費	基盤研究(A)	24240114	東日本大震災の災害地理学的検証-「想定外」回避のためのハザード評価手法の再検討-	鈴木康弘	
	基盤研究(A)	25242034	古文書解読からわかる地震活動・被害実相比較による南海トラフ巨大歴史地震像の解明	山中佳子	
	基盤研究(B)	23340130	弾性波アクロスによる桜島火山のマグマ動的变化の検出とその要因に関する研究	鹿児島大学理学部 宮町宏樹	山岡耕春 渡辺俊樹
	基盤研究(B)	25282111	科学的知見をより良く反映し利用者にも伝わり易い地震発生長期評価法の提案	鷲谷 威	
	基盤研究(B)	24310131	孔内用精密制御振源とトモグラフィ解析による表層地盤のS波速度構造の高精度決定	渡辺俊樹	
	基盤研究(B)	24403005	スマトラ巨大地震発生後のスマトラ断層：余効変動の収束と新たな歪み蓄積過程の解明	高知大学 田部井隆雄	伊藤武男
	基盤研究(B)	25287112	巨大海台衝突に伴う北部琉球弧のプレート間固着の研究	古本宗充	
	基盤研究(B)	25287113	プレート不連続のマッピングと力学特性の解明	山岡耕春	
	基盤研究(C)	23540493	地震メカニズムトモグラフィによる地殻内三次元間隙流体圧場の時間発展解析	寺川寿子	
	挑戦的萌芽研究	23650582	高解像度DEMステレオ計測システムの開発と活断層・変動地形研究への応用	鈴木康弘	法政大学 杉戸信彦
	挑戦的萌芽研究	24654145	地下深部における地震波モニタリングのためのボアホール型シングルフォース震源の研究	山岡耕春	
	若手研究(B)	23740337	モンテカルロ法による最適なモデル解像度を得る逆解析手法の開発とその応用	伊藤武男	
	受託研究費	国立大学法人 東北大学		海底地殻変動観測技術の高度化	田所敬一
(独)海洋研究開発機構			地震・津波の予測精度の高度化に関する研究	橋本千尋	
共同研究	公益財団法人 地震予知総合 研究振興会		長岡盆地西縁断層帯周辺のGPS観測・解析	鷲谷 威	
	(独)国際協力 機構		JICA研修コース「地震津波火山観測システムの運用・管理」	鷲谷 威	
	東京大学地震 研究所		DSMを用いた新しい震源解析手法による連動型地震メカニズムの解明	山中佳子	

7. 広報活動

- 7-1. 講演会・シンポジウム・セミナー等
- 7-2. 新聞記事タイトル
- 7-3. 表彰・評価関連

7-1. 講演会・シンポジウム・セミナー等

講演会・シンポジウム

■日本科学者会議東海地区シンポジウム「南海トラフの巨大地震にどう備えるか」

日時：2013年4月20日(土) 10:30-16:30

主催：JSA 東海地区 日本科学者会議東海地区シンポジウム実行委員会

場所：愛知大学名古屋キャンパス

講演：「駿河・南海トラフの巨大地震に備えるーさらなる超巨大地震の可能性もみすえてー」

古本 宗充 氏 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

「東日本大震災-復旧・復興の現状・課題と教訓」

綱島 不二雄 氏 (日本科学者会議 東日本大震災問題特別研究委員会)

「浜岡原発の危険性と放射線被曝について」

林 弘文 氏 (静岡大学教育学部 名誉教授)

「過疎地自治体における災害未然防止のための対応策の現状と課題」

前田 定孝 氏 (三重大学人文学部)

「津波防災の教育実践論」

近藤 真庸 氏 (岐阜大学地域科学部)

■地球惑星科学・素粒子物理学・分野横断セミナー：

「カナリア諸島の火山活動と宇宙線による密度構造イメージング技術の適用」

日時：2013年6月26日(水) 13:30~16時頃

場所：理学部D館2階211号室(F研サロン)

プログラム：

・ Pedro Hernandez (INVOLCAN, ITER)

“Application of emulsion imaging system for cosmic-ray muon radiography to explore the internal structure of summit of Teide volcano and San Juan fault in Cumbre Vieja, Canary Islands, Spain”

・ 鷺谷 威 「カナリア諸島におけるGPS観測とエル・イエロ島の火山活動に伴う地殻変動」

・ 宮本 成悟 「原子核乾板を用いた素粒子検出技術とミュオンラジオグラフィへの応用について」

■地震学夏の学校2013 -南海トラフの巨大地震-

日時：2013年9月11日(水)-13日(金)

主催：公益社団法人日本地震学会

場所：アイプラザ一宮(愛知県一宮勤労福祉会館)

参加募集人数：30名(定員に達し次第終了)

参加対象者：学部学生および大学院生,地震学に関わる若手の研究者

■トモダチ作戦とその後—アメリカ人から見るその教訓と課題—

講師：ロバート・D・エルドリッチ（アメリカ合衆国太平洋基地政務外交部次長・政治学博士）

日時：2013 年 10 月 25 日（金）16:30-18:30

場所：名古屋大学環境総合館 1 階 レクチャーホール

■地震火山研究センター2013 年度年次報告会

日時：2014 年 3 月 17 日（月）9:00-17:00

場所：名古屋大学環境総合館レクチャーホール（環境総合館 1F）

懇親会：18:00-20:00 花の木

セミナー

■新人技術職員自己紹介および発表会

日時：2013 年 4 月 26 日（金）13:30-

場所：理学南館 理学セミナー室（SS107 室）

発表者：第一装置開発室 叶 哲生

電子情報技術室 伊藤和也

地震火山研究センター 松廣健二郎

発表内容：自己紹介、今までの研究・仕事などの内容発表

■げんさいカフェ（第 24 回）

日時：2013 年 5 月 8 日（水）18:00-19:30

場所：カフェフロンテ

講師：古本宗充（名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター教授）

タイトル：超巨大地震が起きるしくみを考える

■特別セミナー

日時：2013 年 5 月 28 日（火）15:30-17:00

場所：理学部 E 館 4 1 1 号室

講演者：Lauro Chiaraluca 博士（National Earthquake Centre, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia）

講演タイトル：Fault architecture and mechanics investigated with high-resolution earthquake locations: from seismic sequences to near fault observatories

■技術職員研修

日時：2013 年 6 月 12 日（水）14:30-17:00

場所：理学部E館 411

内容：地震火山研究センターの研究・観測についての講義

■特別セミナー

日時：2013年7月8日（月）14:00-15:00

場所：理学部E館411号室

講演者：高田陽一郎氏（京都大学防災研究所上宝観測所）

講演タイトル：Volcanic subsidence triggered by megathrust earthquakes

■Short Seminar

日時：2013年7月29日（月）10:30-11:30

場所：地震火山研究センターセミナー室(E411)

講演者：Mr. Gino Steven Gonzalez Irama, Costa Rica Universidad de Costa Rica, Red Sismologica Nacional

概要：Volcanic Activity in Costa Rica

■火山セミナー

日時：2013年8月2日（金）15:00-

場所：理学部E館411号室

講演者：常松佳恵氏（名古屋大学大学院環境学研究科大気水圏系研究員）

講演タイトル：テフラと噴石の数値モデル

■特別セミナー

日時：2013年11月1日（金）13:30-

場所：理学部E館講義室(E132)

講演者：辻 健 氏（九州大学カーボンニュートラル研究所）

講演タイトル：地殻応力の推定とそのモニタリング

7-2. 新聞記事タイトル

掲載日	掲載新聞	タイトル	掲載者名
2013.04.07	中日新聞	巨大地震に「諦め」の気持ちを抱く市民が29%いたことについて「想定は、備えを進めるために公表されている。その想定の意味や公表の意図が間違っ受けて止められてしまっている」と語る	鷺谷 威
2013.04.14	朝日新聞	4月13日に起きた淡路島を震源とする地震について「南海トラフ地震との関係は1つだけでは分からない」と語る	山岡耕春
2013.04.17	中日新聞	16日にイラン南東部で起きたM7.8の地震について「マグニチュードと現地の建物の耐震性を考えると、震源から100キロを越える広い範囲で被害が出ていると思われる」と語る	山岡耕春
2013.04.17	朝日新聞	イラン南東部M7.8地震/パキスタン側死者多数情報	山岡耕春
2013.04.21	中日新聞	「活断層」判断から4カ月/敦賀減原発 評価足踏み/専門家、規制委に疑問	鈴木康弘
2013.05.20	中日新聞	日本原子力発電株式会社が原子力規制委員会の調査団に抗議文を送ったことについて語る	鈴木康弘
2013.05.21	朝日新聞	南海トラフで巨大地震が起こる前には内陸部で逆断層型とみられる地震が多かったことを明らかにした	鹿倉洋介
2013.05.23	毎日新聞		
2013.05.25	中日新聞	南海トラフ予測変更/「備え 変わらず進める」自治体、冷静に受け止め/より現実的な判断	山岡耕春
2013.05.28	毎日新聞	「敦賀2号機直下に活断層」 原発安全規制の転換点に	鈴木康弘
2013.05.29	読売新聞 朝日新聞 毎日新聞 日経新聞 静岡新聞	座長を務める有識者会議の調査部会は南海トラフで起きる地震について「確度の高い予測は困難」とする報告書をまとめた。減災へ対策積み重ね/南海トラフ最終報告/国 提言先取り法整備 企業 燃料確保や耐震化/「特別扱いする根拠ない」東海地震予知にも否定的/防災見直し迫る	山岡耕春
2013.05.29	中日新聞	前兆滑り 正体不明/地震予知困難/研究半世紀「東日本」でも未確認/高い関心、研究者に重圧	鷺谷 威
2013.05.30	朝日新聞	敦賀原発の活断層について「(地層がほとんど残っていないという状況で) 情報に限度があるのだから、活断層の絶対的な証拠が無ければ認めないというのは許されない」と語る	鈴木康弘
2013.06.04	日経新聞	東海地震予知、なぜ「困難」前兆すべり 有効性に疑問Q&A：座長を務める有識者会議の調査部会が事前予知は難しいとの報告書をまとめた	山岡耕春
2013.06.17	中日新聞	中日文化センター7月新講座：「日本の地下で何が起きているのか 日本列島の地殻大変動を理解する」	山岡耕春
2013.06.20	中日新聞		
2013.07.04	朝日新聞	南海トラフのうち東海地震だけ予知を踏まえた防災体制を取っていることに対し「東海地震を特別扱いする科学的根拠がない」と語る	山岡耕春
2013.07.09	中日新聞	ニッポン火山紀行/桜島(鹿児島県) (下)：マグマで噴火予知挑む/異変感じたら避難を	山岡耕春
2013.07.18	中日新聞	南海トラフ巨大地震に備え海岩板境界付近の海底にGPSを利用した観測装置	田所敬一
2013.08.17	中日新聞	29～来月1日/「減災」紹介催し/名古屋/NPO法人耐震化アドバイザー協議会	山岡耕春
2013.08.21	日刊工業 読売新聞 中日新聞	南海トラフに沈み込む海のプレート上に海底GPS観測点を初めて設置 名大フィリピン海プレートにGPS/海底の地殻変動観測 尾鷲沖に観測GPS/名大/南海トラフ地震備え	田所敬一
2013.08.25	朝日新聞	耕論：地震予知とどう向き合うか	山岡耕春
2013.08.31	読売新聞	南海トラフ巨大地震について解説	山岡耕春
2013.09.01	読売新聞	防災意識向上に苦慮/巨大地震 独自対策進む/被害想定自治体 避難所も課題/「南海トラフ」 解明へ研究加速	田所敬一
2013.09.04	毎日新聞 日経新聞 静岡新聞 河北新報	南海トラフに沈み込む海のプレート上に海底GPS観測点を初めて設置 南海トラフ 観測強化/海底地殻変動を監視/名大、三重沖	田所敬一
2013.09.22	中日新聞	書籍：「原発と活断層」鈴木康弘減災連携研究センター教授著	鈴木康弘

2013.10.19	中日新聞	電力会社 時間稼ぎ/動き鈍い原発活断層調査/自民政権で審査緩和期待/志賀原発では報告延期3度/敦賀「クロ」でも委員に中傷も	鈴木康弘
2013.10.20	毎日新聞	原発と活断層「想定外」は許されない/鈴木康弘著(岩波科学ライブラ	鈴木康弘
2013.11.04	中日新聞	備える3.11から第80回迫る土砂災害:「粘りけのある溶岩流なら人間の歩きよりもゆっくり進むから、多くの人々が避難できた。でも、土石流は猛烈な速さだった」と語る	山岡耕春
2013.11.24	静岡新聞	観光と防災の両立必要/三保松原がある意味“想定外”で世界遺産に登録され、観光客が急増した	山岡耕春
2013.12.12	朝日新聞	高レベル放射性廃棄物の処分問題/安全性の確保 再検討/過酷事故 想定増加も/地震国での先例なし	田所敬一
2014.02.04	中日新聞	名古屋市が発表した南海トラフ巨大地震の被害想定を受け「地震発生と同時に避難する覚悟が必要だ」	山岡耕春

※新聞記事のリストの作成に際しては、名古屋大学災害対策室の災害アーカイブ資料検索システムおよび名古屋大学の新聞記事掲載状況を利用しました。

7-3. 表彰・評価関連

■日本測地学会賞坪井賞個人賞を受賞 2013.10.30

[第21回個人賞受賞者]

伊藤武男（名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター助教）

[受賞記念講演論文の題目]

測地学的手法を総合的に活用した地球内部構造とダイナミクスの解明

地震火山研究センター 2013年度年次報告書

(2014年9月発行)

名古屋大学大学院環境学研究科
附属地震火山研究センター

<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/>

〒464-8601 名古屋市千種区不老町

TEL (052)789-3046, FAX (052)789-3047