

## 海洋リソスフェアの座屈変形と沈み込み帯の形態 Mechanical buckling of oceanic lithosphere and subduction zone morphology

江口 孝雄<sup>1\*</sup>  
Takao Eguchi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 防衛大地球海洋学科  
<sup>1</sup>NDA, Japan

### 1. はじめに

全球規模の沈み込み帯の形態の変遷史について、構造力学分野の球殻座屈理論を利用して考察する。構造力学での球殻シェルの座屈変形に関する古典的研究としては、Huang (1964) などがある。最近、Mahadevan et al. (2010) は、FEM ソフトを利用した数値計算の結果を沈み込み帯形態の研究に応用した。本研究では、これらの研究事例を参考にして、実際の固体地球にみられる沈み込み帯のセグメント長変化などについて議論する。

### 2. 構造力学による固体地球の球殻座屈波長の推定

Huang (1964) , および Mahadevan et al. (2010) の結果を参考にする。またリソスフェア厚さに関する研究のレビュー結果 (Watts, 2001) を参照する。

#### 2-1.Huang (1964) に基づく試算

年代  $T$  の海洋リソスフェアの座屈波長に相当する海溝セグメント長 ( $L_T$ ) とする。古典的 Huang (1964) の結果によれば、ポアソン比を  $1/3$  , 球殻の半径を  $6371\text{km}$  ,  $130\text{-}140\text{Ma}$  の年代の海洋リソスフェアの弾性的層厚として  $60\text{km}$  を設定すると、円周方向の座屈数は約  $12$  に相当することとなり、固体地球の球殻座屈波長 ( $L_{130-140\text{Ma}}$ ) は、約  $3.3 \times 10^2\text{km}$  と求まる。しかし、これは古典的理論に基づく推定値であるので、あくまでも参考値であろう。

#### 2-2.Mahadevan et al. (2010) に基づく試算

FEM パッケージに基づく Mahadevan et al. (2010) の数値計算によれば、海溝セグメント長 ( $L_T$ ) は、関係する他の物理パラメータとの間である種の比例関係がある。その比例関係式を利用すると、海洋リソスフェアのヤング率を  $10^3\text{MPa}$  , 上部マントルの厚さを  $600\text{-}700\text{km}$  , 上部マントルのヤング率を  $1.6\text{MPa}$  , 座屈する海洋リソスフェアの年代を  $30\text{Ma}$  程度 (弾性層厚は約  $25\text{km}$ ) と設定すれば、 $L_{30\text{Ma}}$  は約  $9 \times 10^2\text{km}$  と推定される。 $L_{130-140\text{Ma}}$  は  $1.7 \times 10^3\text{km}$  と推定される。

$30\text{Ma}$  年代の海洋リソスフェアの座屈波長は、 $130\text{-}140\text{Ma}$  の座屈波長の半分となることから、例えば、 $130\text{-}140\text{Ma}$  の海洋リソスフェアの沈み込み領域の海底年代が急に  $30\text{Ma}$  に変化すると、単一海溝セグメントだった箇所が二つの海溝セグメントに変身する可能性が出てくる。(その逆に、沈み込むスラブの年代が  $30\text{Ma}$  から  $130\text{-}140\text{Ma}$  に急変する場合、特定の海溝セグメントは隣接セグメントと一体化して単一海溝セグメントに変換する可能性がある。)

当然ながら、そのような海溝セグメントの形態変化が起こると、一定期間にわたり、島弧域での活発な火成活動や背弧拡大または背弧短縮などの変動がもたらされるであろう。

### 3. 沈み込み帯の形態およびその変化

#### 3-1. 球殻座屈変形のみ

Mahadevan et al. (2010) に基づく試算などが参考になる。

#### 3-2. 球殻座屈変形以外の要因

球殻座屈変形以外の要因としては、海溝系での「固定箇所」または「固定セグメント」の有無。上部マントル/下部マントル境界での「停留スラブ」の有無、既存のマントル流動パターンなどが考えられる。

### 4. 球殻座屈モード変化と海溝系の水平移動の可否

少なくとも  $100\text{Ma}$  の間、太平洋を取り巻く沈み込み帯の分布域が限定的であった。その限定領域は、 $100\text{Ma}$  から現在までの間、ある種の有界変動関数であったとみなすことができる。その有界変動関数の範囲内にて、過去  $100\text{Ma}$  の間、少なくとも、西太平洋では間欠的な背弧拡大がくり返されてきた。それらの間欠的背弧拡大の歴史の一部が、上記の球殻座屈理論で説明することは可能ではなからうか。

この検討の際、球殻座屈理論からの要請だけではなく、上記のように個々の海溝系での制約 (水平方向での「固定域」と「可動域」) などを考慮する必要がある。

## 5 . 岩石型惑星への適用

上記のような球殻座屈理論に基づく議論は、プレートテクトニクスの歴史を持つ岩石型惑星にも適用できるかも知れない。

キーワード: 沈み込み帯, 海洋リソスフェア, 座屈, 球殻

Keywords: subduction zone, oceanic lithosphere, buckling, spherical shell

SCG063-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 海洋プレート境界における初期プレート沈み込みに関する個別要素法を用いた数値計算

### Numerical simulation of incipient plate subduction on intra-oceanic plate boundaries with Distinct Element Method

内藤 和也<sup>1\*</sup>, 山田 泰広<sup>2</sup>, 中村 恭之<sup>3</sup>, 徳山 英一<sup>1</sup>

Kazuya Naito<sup>1\*</sup>, Yasuhiro Yamada<sup>2</sup>, Yasuyuki Nakamura<sup>3</sup>, Hidekazu Tokuyama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 京都大学大学院工学研究科, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

<sup>1</sup>AORI, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Grad. Sch. of Eng., Kyoto University, <sup>3</sup>IFREE, JAMSTEC

プレート収束帯は、地球上のプレートテクトニクスを駆動する主要因だと言われている。それにも関わらず、プレート沈み込みの開始過程については未だ十分に吟味がなされたとは言い難い。我々は海洋プレート境界を模した数値モデルを構築し、これを用いて数値実験を行った。数値計算の手法は個別要素法 (DEM) を基本に、これに新たに開発した balloon method を組み込む事により延性変形を表現できるように改良したものをを用いた。プレート収束帯形成の初期条件として隣り合う二つの海洋プレート間の境界を考え、その層厚の組合せを変えて4つの初期条件を与えた。数値実験の結果、このうち2つの初期条件下において新しいプレート沈み込みの開始が観察された。本研究により、プレート沈み込みはスラブ頭部の増大を伴って起こり、またプレート下のマンツルの流れがプレートの沈み込み開始過程に大きく影響する事がわかった。

キーワード: プレートテクトニクス, 収束帯, 数値計算

Keywords: plate tectonics, convergent margin, plate subduction, numerical computing

## GRACE 重力場から見る 2004 年スマトラ地震の余効変動と粘性緩和 Afterslip and viscoelastic relaxation due to the 2004 Sumatra earthquake seen from GRACE gravity field

田中 愛幸<sup>1\*</sup>, 長谷川 崇<sup>2</sup>

Yoshiyuki Tanaka<sup>1\*</sup>, Takashi Hasegawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東大地震研, <sup>2</sup> 京都大学

<sup>1</sup>ERI, University of Tokyo, <sup>2</sup>Kyoto University

Geodetic observations have revealed that a large earthquake can cause post-seismic crustal deformation that continues for more than a decade. Investigating mechanisms of post-seismic deformation gives a clue to infer the stress change in space and time on a plate boundary. To elucidate the stress history is important to identify if we are already in the preparation stage for the next event or still in the post-seismic stage of the previous event in the context of earthquake cycle. The diagnosis becomes complicated because various mechanisms displaying different stress behaviors have been proposed, such as afterslip, poroelastic rebound, and viscoelastic relaxation. Surface crustal deformation data have frequently indicated that contributions from different mechanisms are superimposed. The combination of short-term afterslip and long-term viscoelastic relaxation is considered as a representative mechanism for a thrust-type large earthquake in a plate subduction zone. However, when the epicenter is surrounded by the ocean, as often seen in island arc, a clear separation is prevented because a sufficient spatial coverage cannot be obtained by terrestrial observation to distinguish surface deformations expected from those mechanisms. Recently, GRACE satellites have detected post-seismic gravity variations due to the 2004 Sumatra-Andaman earthquake. Satellite gravity data can be obtained over the ocean. In addition, measuring the density redistribution which reflects deformation in a deeper portion of the earth emphasizes the difference between afterslip and viscoelastic relaxation. In the presentation, we use GRACE data for 2003-2010 and show that afterslip and viscoelastic relaxation by the 2004 event can be effectively separated. To accurately model a long-wavelength gravity variation caused by those mechanisms, we develop a spectral finite-element method based on FEM and analytic expression by spherical harmonic tensors. This allows us to consider effects of compressibility of crust and mantle, a strong lateral heterogeneity in the viscosity due to the presence of a slab, and self gravitation in a spherical earth that have not been simultaneously considered in most previous models. GRACE data are corrected for using ECCO Ocean model and GLDAS hydrological models. Most of the remaining signal can be explained by viscoelastic relaxation for a mantle viscosity of  $3 \times 10^{18}$  Pas. The spatial pattern in the observed gravity field obtained by subtracting the estimated viscoelastic relaxation agrees with that predicted by afterslip. In particular, the trend expected from afterslip and that expected from viscoelastic relaxation is reverse in a region over the ocean. This indicates that the both mechanisms are needed to explain the observed data. The superposition of short-term afterslip and viscoelastic relaxation is consistent also with a result by GPS observation. Our result indicates a validity of satellite gravity observation data for studying mechanisms of post-seismic deformation.

キーワード: 地殻変動, 重力, 余効変動, 粘弾性, 衛星重力ミッション, 測地

Keywords: crustal deformation, gravity, postseismic deformation, viscoelasticity, satellite gravity mission, geodesy

## 前弧海盆の横ずれを伴う活断層の構造とその発達 - 東部南海トラフ遠州断層系の例 Structure and evolution of active faults with strike-slip in a forearc basin: An example of Enshu fault system in the ea

小嶋 孝徳<sup>1\*</sup>, 芦 寿一郎<sup>1</sup>, 中村 恭之<sup>2</sup>  
Takanori Ojima<sup>1\*</sup>, Juichiro Ashi<sup>1</sup>, Yasuyuki Nakamura<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, <sup>2</sup> JAMSTEC

### はじめに

南西日本の南海トラフに沿って、フィリピン海プレートの沈み込みによる付加体と前弧海盆が発達している。南海トラフ東部には多くの活断層が分布し、その形態や分布域から5つの断層系に分類される。その中で遠州断層系は最も陸側の断層群であり、東海沖から熊野沖にかけて前弧海盆の北縁に沿い200 kmにわたって連続している。海底地形や海底音響画像から、東北東-西南西の走向を持ち、海底谷の形態から右横ずれ変位が推定される。しかし、断層活動の履歴に関する報告は無い。本海域の前弧海盆は堆積場であるため断層活動が堆積層に記録されており、反射法地震探査記録から活動履歴を復元することが可能であると考えられる。この海域の地質構造の解明は、プレート斜め沈み込みにおける前弧海盆テクトニクスの理解とともに、人口密集地に隣接していることから地震災害軽減に関わる情報収集という点においても非常に重要である。

### データ

地下構造の基本データとして、石油天然ガス・金属鉱物資源機構の平成13年度国内石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査「東海沖?熊野灘」(Fig. 1)、および基礎試錐「南海トラフ」を用いた。また、サイドスキャンソナーIZANAGIによる海底音響画像、KH-10-3次航海のチャープ式サブボトムプロファイラー、3.5kHzサブボトムプロファイラー記録を用いた。

### 結果と考察

#### 1. 堆積層序

反射法地震探査断面から連続性を追跡できる反射面をマッピングし、堆積層を5つのUnitに層序区分し、研究海域東側に近接する基礎試錐「南海トラフ」の掘削データと対比した。その結果、Unitはそれぞれ小笠層群、掛川層群上部、掛川層群中部、掛川層群下部、音響基盤(西郷・倉真層群)に相当する堆積層であることが分かった(Fig. 2)。

#### 2. 段丘構造とリニアメント

IZANAGIサイドスキャンソナーによる海底音響画像では、海底面に東北東-西南西走向の3本のリニアメント(北側からL-1, L-2, L-3)が平行して見られる。反射法地震探査断面から各リニアメントの下には断層が確認され、断層変位によって生じた凹地に堆積盆が形成され、段丘構造が発達していることが分かった。

#### 3. フラワー構造と横ずれ断層

反射法地震探査によるリニアメント直下に見られた断層のほとんどは、フラワー構造(複数の断層が下方に向かって収縮している形)となっており、逆断層には横ずれ成分を伴うことが示唆された。この変形は、志摩海脚斜面の海底面におけるリーデル剪断変形や安乗口海底谷の河床拡大(東海沖海底活断層研究会, 1999)など横ずれに伴う構造と調和的である。また、反射断面に見られる断層が上位層にまで確認できる事や、潜水調査で冷湧水の存在を示す生物群集が確認されていることより、断層の活動度は高いことが推定された。

#### 4. 横ずれ断層の活動度の復元

層序区分を元に、Unit毎の堆積層厚図を作成した。東西方向の測線の反射断面では、Unit3とUnit4には海底谷跡とみられる反射面の不連続面が複数確認されており、高野ほか(2010)が指摘するように過去に複数の海底谷からの堆積物運搬が推察された。堆積層厚図からUnit3以下の層には同じ厚さの領域が水平方向に階段状にずれていることが確認できた。これは過去に存在した海底谷が右横ずれによって水平方向に変位を受けた事を示唆する。一方、Unit2より上位では水平変位を示唆する構造は確認できなかった。これよりUnit3より下位の掛川層群下部層の横ずれ断層は、その後の上位層堆積時よりも活発であったと言える。

#### 5. 逆断層の活動度の復元

逆断層の場合、層厚の変化は下盤側で厚くなることが考えられる。このような構造は、特にUnit4に顕著に見られ、Unit3においても一部に確認できた。また、各反射断面から垂直変位を見積もった結果、Unit4より下位では逆断層運動が活発であり、Unit2では逆に不活発であったことが推定できた。また、Unit1やUnit3堆積時の断層変位はリニアメン

ト沿いに均一ではなく局所的な変形が認められる。その原因として、海洋基盤の高まりが沈み込んだ影響が挙げられる。

キーワード: 南海トラフ, 前弧海盆, 逆断層, 横ずれ断層, 反射法地震探査

Keywords: Nankai Trough, Forearc basin, Reverse fault, Strike-slip fault, Seismic reflection survey

## 地形・地下地質に基づく過去10万年間の伊勢湾から近江盆地の地殻変動 Crustal movement in the past 100,000 years in Ise Bay and Ohmi Basin, based on geomorphology and subsurface geology

石村 大輔<sup>1\*</sup>

Daisuke Ishimura<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学・理・地球物理

<sup>1</sup> Dept. Geophysics, Kyoto Univ.

伊勢湾から近江盆地の地形は、東側低下の逆断層帯である琵琶湖西岸断層帯と養老-桑名-四日市断層帯に画された山地・盆地の繰り返しで特徴づけられる。このうち養老-桑名-四日市断層帯の隆起側に当たる伊勢湾西岸地域から湖東地域にかけては、鈴鹿山脈を挟んで段丘が広く分布するため、隆起側の10万年スケールの変形を面的に捉えることができる地域である。一方、近江盆地と濃尾平野では地下地質や地下構造に関する多くの研究が行われており、同じく10万年スケールの沈降量を面的に議論することが可能である。したがって、本研究地域全体では隆起側から沈降側までの変形を同一の時間スケールで比較することが可能である。本発表では、主に養老-桑名-四日市断層帯を挟んだ過去10万年間の隆起・沈降速度について紹介し、また琵琶湖周辺で同様の手法を用いた結果についても報告する。

本研究では、まず空中写真を用いて地形面区分と断層変位地形の認定を行った。段丘面の形成年代の推定には、段丘面を覆う被覆層を対象としたテフラ分析(石村, 2010; 垣内ほか, 2010)を用いた。隆起速度の推定には、同様の海水準もしくは気候下で形成された段丘面間の比高を隆起量とみなす吉山・柳田(1995)の手法を用いた。沈降速度の推定には、低下側に埋没したMIS(Marine Isotope Stage) 2, 6に相当する礫層間の標高差を用いて算出した。

伊勢湾西岸地域で得られた隆起速度分布は、桑名断層と四日市断層の背斜軸部で最大値をとるような分布を示す。沈降速度分布からは、養老断層と桑名断層の境界に沈降速度が約0.5 mm/yr程度北側(養老断層側)の方が大きくなる食い違いが認められた。これらの隆起・沈降速度分布から、各断層の上下変位速度は、養老断層:沈降速度のみで最大1.2 mm/yr以上、桑名断層:上下変位速度1.0-1.1 mm/yr以上、四日市断層:上下変位速度0.4-0.5 mm/yrと推定される。養老断層の隆起速度は不明であるため、沈降速度のみで比較すると養老断層がもっとも活動度が高く、桑名断層、四日市断層と南へ向かって活動度が低くなっているように見える。しかし、四日市断層の沖合には、四日市港断層と鈴鹿沖断層が分布しており、養老-桑名-四日市断層帯の活動性評価には、伊勢湾内の活断層を含めた評価が必要であると考えられる。

湖東地域では、広く段丘が分布しており、高位の段丘ほど勾配を増す傾向が古くから知られている(植村, 1979)。近年、琵琶湖周辺では段丘編年が進み、加えて地下地質の情報などが整理されてきたことにより、琵琶湖周辺の段丘形成年代・過程の推定が可能になってきた。これらの結果に基づき琵琶湖を横断する測線での隆起・沈降速度を算出し、伊勢湾西岸から琵琶湖西岸までの構造運動について考察する。

### [引用文献]

石村大輔(2010) 第四紀研究, 49, 255-270. 垣内佑哉ほか(2010) 第四紀研究, 49, 219-231. 植村善博(1979) 立命館文学, 410/411, 143-174. 吉山 昭・柳田 誠(1995) 地学雑誌, 104, 809-826.

キーワード: 伊勢湾, 近江盆地, 地殻変動

Keywords: Ise Bay, Ohmi Basin, crustal movement

## 低温領域の熱年代学に基づいた赤石山脈の削剥史

## Denudation history of the Akaishi Range, central Japan, based on low-temperature thermochronology

末岡 茂<sup>1\*</sup>, Kohn B.P.<sup>2</sup>, 池田 安隆<sup>3</sup>, 狩野謙一<sup>4</sup>, 堤 浩之<sup>1</sup>, 山田 国見<sup>5</sup>, 田上 高広<sup>6</sup>, 平田 岳史<sup>6</sup>, 白濱 吉起<sup>3</sup>  
Shigeru Sueoka<sup>1\*</sup>, Barry P. Kohn<sup>2</sup>, Yasutaka Ikeda<sup>3</sup>, Kenichi Kano<sup>4</sup>, Hiroyuki Tsutsumi<sup>1</sup>, Kunimi Yamada<sup>5</sup>, Takahiro Tagami<sup>6</sup>, Takafumi Hirata<sup>6</sup>, Yoshiki Shirahama<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科地球物理学教室, <sup>2</sup>メルボルン大学地球科学, <sup>3</sup> 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>4</sup> 静岡大学理学部地球科学科, <sup>5</sup> 日本原子力研究開発機構東濃地科学センター, <sup>6</sup> 京都大学理学研究科地質学鉱物学教室

<sup>1</sup>Geophys., Sci., Kyoto Univ., <sup>2</sup>Earth Sci., Melbourne Univ., <sup>3</sup>Earth & Planetary Sci., Tokyo Univ., <sup>4</sup>Geosci., Sci., Shizuoka Univ., <sup>5</sup>JAEA, <sup>6</sup>Geol. & Minr., Sci., Kyoto Univ.

赤石山脈の地形発達史は、周辺地域の堆積物や山稜に分布する侵食小起伏面に基づいて議論されてきた(例えば、森山・光野, 1989; 須貝, 1990, 1992; 松島, 1995; 狩野, 2002; 菅沼ほか, 2003)。赤石山脈の成立過程については、文献によって年代の見積りに若干の差があるものの、鮮新世に隆起を開始し、前期更新世には既に周辺地域に多量の礫を供給する山脈に成長していたという点ではほぼ一致している。一方で、隆起開始以降の総隆起量の見積もりには、山頂に分布する侵食小起伏面の成因に関する解釈の違いにより、大きな誤差が生じる可能性がある。例えば、侵食小起伏面あるいは大局的に西へ傾動し定高性を示す地塊の上面を隆起準平原とみなし、これらの分布高度は山脈の隆起量を示すと解釈した場合(例えば、第四紀地殻変動研究グループ, 1968; 森山・光野, 1989; 狩野, 2008)、総隆起量を高々2000~3000m程度と見積もることができるが、侵食小起伏面は他の原因によって隆起開始後に形成された高位削剥面であり(例えば、Ohmori, 1978; 吉川, 1985; 須貝, 1990, 1992)、現在の山頂高度は削剥により隆起前の地形の影響を残していないと解釈した場合、この見積もりは過小評価となる。隆起量を正確に評価するためには削剥量を見積もる必要があるが(England & Molnar, 1990)、削剥された物質はその場から失われてしまい直接的な証拠を残さないため、削剥量を定量的に見積もることのできる手法は限られている。

本研究では、低温領域の熱年代学を基に、赤石山脈の隆起・削剥史の推定を試みた。熱年代学的手法は、地表の隆起・削剥に伴って地下深部から地表へと露出した岩石の上昇・冷却量を放射年代値の若返りとして検出することができ、過去30年以上にわたって世界各地の造山帯で削剥史の解明のために用いられてきた(例えば、Wagner et al., 1977; Tippett & Kamp, 1993; Fitzgerald et al., 1995)。しかし、本手法を適用するためには、一般に数kmオーダーの削剥量が要求されることや、代表的な熱年代学的手法であるアパタイトフィッション・トラック(FT)法の若い年代への適用限界が約1Maであることなどから、最近数Ma以降に隆起を開始した日本の若い山地への適用は比較的困難であり、おおまかな削剥史の解明しか期待できなかった。一方で、最近10数年間で低温領域の熱年代学が飛躍的な発展を遂げており(例えば、(U-Th)/He年代測定法の実用化(Farley, 2002など)、FT法のアニーリングカインेटイクスの理解(Ketchum et al., 2007など)、FT逆解析プログラムの改良(Ketchum, 2005など))、熱年代学は適用可能な年代幅や精度・確度を向上させてきた。その結果、日本の山地においても地形学的に有用なレベルでの応用が可能になってきた(例えば、Sueoka et al., submitted)。

本研究では、赤石山脈の23地点で採取した試料に対して、低温領域の熱年代学的手法の中で最も一般的なジルコン(U-Th)/He法、ジルコンFT逆解析、アパタイトFT逆解析などを行っている。2011年1月現在、9地点分のジルコン(U-Th)/He年代の測定が完了しており、MTL~糸静線間で、東へ向かって年代値が約20Maから3.5Maまで系統的に若返る結果が得られている。予察的な解釈を試みると、以下のようなことが示唆される: 1) 最も若い年代である3.5Maは、削剥イベント開始年代の最大値を与えるが、この値は赤石山脈の隆起開始時期と大まかに一致することから、この削剥イベントは赤石山脈の隆起開始による削剥速度の増加を反映していると考えられる、2) 西から東への年代値の若返りは、総削剥量の東方への増加傾向を表していると考えられ、赤石山脈の西方への傾動隆起を示していると考えられる、3) 一般的な地温勾配(~30K/km)を仮定した場合、糸静線近傍での総削剥量は5~6kmに及ぶ可能性がある。講演当日は、上記の結果にジルコンFT法、アパタイトFT法による結果などを加え、さらに詳細に赤石山脈の隆起・削剥史を議論する予定である。

キーワード: フィッション・トラック熱年代, (U-Th)/He熱年代, 赤石山脈, 削剥

Keywords: fission-track thermochronology, (U-Th)/He thermochronometry, Akaishi Range, denudation

SCG063-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 2008年岩手宮城内陸地震に伴う余効変動：続報

## Postseismic deformation due to the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake: follow-up study

高田 陽一郎<sup>1\*</sup>, 小林 知勝<sup>2</sup>, 古屋 正人<sup>3</sup>, 村上 亮<sup>4</sup>

Youichiro Takada<sup>1\*</sup>, Tomokazu Kobayashi<sup>2</sup>, Masato Furuya<sup>3</sup>, Makoto Murakami<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 京大・防災研, <sup>2</sup> 国土地理院, <sup>3</sup> 北大・理, <sup>4</sup> 北大・地震火山研究観測センター

<sup>1</sup>DPRI, Kyoto Univ., <sup>2</sup>GSI, <sup>3</sup>Hokkaido University, <sup>4</sup>ISV, Hokkaido Univ.

At 2009 JPGU meeting, we have presented the post-seismic deformation signals associated with the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake (2008 June 14 JST, M6.8) detected by interferometric synthetic aperture radar (InSAR) analysis using ALOS/PALSAR data. Due to an orbital change of ALOS, however, only a few InSAR images with small perpendicular base-line were available at that time, which made our conclusion less accurate. Fortunately, ALOS changed its orbit again and much short base-line InSAR pairs became available. By adding those better InSAR images, we have confirmed our previous conclusion and point out more detailed characteristics of the post-seismic deformation.

As we have already presented, the post-seismic deformation signal is characterized by length changes in radar line-of-sight (LOS) to the east of Mt. Kurikoma (KRK), to the south of KRK, around Mt. Amadamori (AMM), and to the east of Mt. Kunimiyama (KNM). Further InSAR analysis illustrated time-dependent nature of the post-seismic deformation. Also, we found a clear correspondence of the coseismic surface deformation derived from pixel offset technique (Takada et al., 2009) to the post-seismic surface deformation, with which we can delineate coseismic fault shape. Through this study, we demonstrated that ALOS/PALSAR has strong ability to detect surface deformation lurking in such a vast mountainous area.

Acknowledgements: PALSAR Level 1.0 data in this study are provided from PIXEL under a cooperative research contract with ERI, Univ. Tokyo and the Earthquake WG established by JAXA. The ownership of ALOS/PALSAR data belongs to METI/JAXA, Japan.

キーワード: 2008年岩手宮城内陸地震, 余効変動, InSAR, 時間発展

Keywords: 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, Postseismic deformation, InSAR, Time evolution

## GPS データから推定される東北日本のプレート間固着分布の時空間変化 Spatiotemporal variation of crustal deformation in northeast Japan estimated from GPS data

小澤 和浩<sup>1\*</sup>, 鷺谷 威<sup>1</sup>

Kazuhiro Ozawa<sup>1\*</sup>, Takeshi Sagiya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学

<sup>1</sup> Nagoya University

プレート沈み込み帯周辺の地殻変動は、プレート内の長期的な変形とプレート境界での相互作用による短期的な弾性変形を含んでいる。これらの寄与を分離し、それぞれを定量的に推定することはプレート沈み込み帯周辺の変形構造を理解する上で非常に重要である。またプレート境界面では地震間に間欠的なすべり現象が発生していることが報告されている（例えば、Obara et al., 2002; Ozawa et al., 2002）。したがって、地震サイクル中のひずみの蓄積過程を理解するには、プレート相互作用の時間変化を推定する事が不可欠である。

本研究が対象とする東北日本では、日本全国にGPS観測網が設置された90年代以降1993年北海道南西沖地震（M7.8）や、1994年三陸はるか沖地震（M7.6）、2003年十勝沖地震（M8.0）といった海溝型の大地震が発生しており、地震時および地震後の余効変動がGPS観測によって捉えられている（例えば、Nishimura et al., 2004; Ozawa et al., 2007）。本研究では、このようなひずみの蓄積、地震発生、余効すべり、固着回復、ひずみ蓄積というプレート境界面での固着分布の時間変化に注目する。一方で東北日本北海道南東部では千島海溝に沿った千島前弧ブロックの西進運動が示唆されており（木村・楠本, 1997）、沈み込み帯上盤側に内部変形が生じている可能性がある。

そこで本研究ではブロック断層モデルによる地殻変動解析を行い、プレート内部の変形とプレート間相互作用による弾性変形の寄与をそれぞれ定量的に推定した。プレート境界面の固着分布をすべり欠損の分布として表わし (Savage, 1983)、その時間変化について調べた。解析には、国土地理院の提供しているGPS連続観測網 (GEONET) の1996月から2010年までの日座標解 (F3解) を使用した。この日座標を2年毎に区切り、各期間での変動速度を推定し観測データとした。解析にはMcCaffrey (2002) によるブロック断層モデルを用いた。今回我々は日本列島に対する千島前弧の運動と、千島日本海溝でのプレート間固着での固着分布および日本海東縁ひずみ集中帯でのプレート相互作用の寄与に注目した。今回の発表では、プレート境界の地震すべりが発生した領域で、どのように固着が回復していくか検討する。

キーワード: GPS, ブロック断層モデル, 海溝型地震, 余効変動, 固着回復, 東北日本

Keywords: GPS, block fault model, interplate earthquake, after slip, fault healing, Northeast Japan

SCG063-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 石狩低地東縁断層帯・馬追丘陵における反射法地震探査および重力探査 —測線1, 苫小牧-安平測線—

### Seismic reflection and gravity survey across the Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland, Hokkaido; Line 1

岡田 真介<sup>1\*</sup>, 山口 和雄<sup>1</sup>, 住田 達哉<sup>1</sup>, 牧野 雅彦<sup>1</sup>, 横倉 隆伸<sup>1</sup>

Shinsuke Okada<sup>1\*</sup>, Kazuo Yamaguchi<sup>1</sup>, Tatsuya Sumita<sup>1</sup>, Masahiko Makino<sup>1</sup>, Takanobu Yokokura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> AIST, GSJ

石狩低地東縁断層帯は、北海道石狩低地の東縁を境するように南北に約 65 km にわたって発達する活断層帯である。この石狩低地東縁断層帯は、太平洋プレートの斜め沈み込みによって横ずれ運動する千島弧の前弧スリパーが、東北日本弧に衝突している日高衝突帯のまさに最前面であり、そこでは最新の断層運動が生じている。

この石狩低地東縁断層帯の地下構造を明らかにするために、産業技術総合研究所では、2010年11月に石狩低地東縁断層帯、馬追丘陵において、2測線の反射法地震探査および重力探査を実施した。反射法地震探査測線1は安平町早来緑ヶ丘付近から、国道234に沿って馬追丘陵を横断し、苫小牧市柏原付近までの19.2 kmの測線である。測線2は、千歳市柏台南付近から東北東方向に陸上自衛隊東千歳駐屯地内を通る8.8 kmの測線である。両測線共に、震源にはIVI社製Y-2400を用い、受振器には、SG-10 (Sercel社製, 固有周波数10 Hz)を用いた。発震間隔および受振点間隔は共に10 mとした。また各発震毎に240 chの信号を記録した。レコーディングシステムは、サンコーコンサルタント(株)製DSS-12を使用し、サンプリング間隔は2 msecとした。重力探査は、反射法地震探査測線とその延長で、標準250 m間隔で測定を行った。重力計にはLaCoste & Romberg社製D型重力計(D-205)を用い、位置座標および標高の決定には、Trimble社製R8 GPSを用いた。測線1とその延長では79点の測定を行い、測線2とその延長については61点の重力測定を行った。本発表では、測線1の調査結果について詳しく報告する。

本調査は、陸上自衛隊東千歳駐屯地、安平町役場、苫小牧市役所、北海道開発局苫小牧道路事務所の方々にご協力をいただき実施することができました。関係機関の方々には謝意を表します。

キーワード: 反射法地震探査, 重力探査, 石狩低地東縁断層帯, 馬追丘陵, 地下構造

Keywords: seismic reflection profiling, gravity survey, the Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland, Umaoi Hills, sub-surface structure

SCG063-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 石狩低地東縁断層帯における反射法地震探査および重力探査 —測線 2, 東千歳駐屯地測線—

### Seismic reflection and gravity survey across the Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland, Hokkaido; Line 2

岡田 真介<sup>1\*</sup>, 山口 和雄<sup>1</sup>, 住田 達哉<sup>1</sup>, 牧野 雅彦<sup>1</sup>, 横倉 隆伸<sup>1</sup>

Shinsuke Okada<sup>1\*</sup>, Kazuo Yamaguchi<sup>1</sup>, Tatsuya Sumita<sup>1</sup>, Masahiko Makino<sup>1</sup>, Takanobu Yokokura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> AIST, GSJ

石狩低地東縁断層帯は、北海道石狩低地の東縁を境するように南北に約 65 km にわたって発達する活断層帯である。この石狩低地東縁断層帯は、太平洋プレートの斜め沈み込みによって横ずれ運動する千島弧の前弧スリバーが、東北日本弧に衝突している日高衝突帯のまさに最前面であり、そこでは最新の断層運動が生じている。

この石狩低地東縁断層帯の地下構造を明らかにするために、産業技術総合研究所では、2010年11月に石狩低地東縁断層帯、馬追丘陵において、2測線の反射法地震探査および重力探査を実施した。測線1は安平町早来瑞穂付近から、国道234に沿って馬追丘陵を横断し、苫小牧市柏原付近までの19.2 kmの測線である。測線2は、千歳市柏台南付近から東北東方向に陸上自衛隊東千歳駐屯地内を通る8.8 kmの測線である。両測線共に、震源にはIVI社製 Y-2400を用い、受振器には、SG-10 (SerCEL社製、固有周波数10 Hz)を用いた。発震間隔および受振点間隔は共に10 mとした。また各発震毎に240 chの信号を記録した。レコーディングシステムは、サンコーコンサルタント(株)製 DSS-12を使用した。サンプリング間隔は2 msecとし、相互相関処理後の記録長は4 secとした。重力探査は、LaCoste & Romberg社製 D型重力計(D-205)を用いて、反射法地震探査測線に沿って標準250 m間隔で測定を行った。位置座標および標高の決定には、Trimble社製 R8 GPSを用いた。測線1においては79点の測定を行い、測線2については61点の重力測定を行った。本発表では、測線2の調査結果について詳しく報告する。

本調査は、陸上自衛隊東千歳駐屯地、安平町役場、苫小牧市役所、北海道開発局苫小牧道路事務所の方々にご協力をいただき実施することができました。関係機関の方々には謝意を表します。

キーワード: 石狩低地東縁断層帯, 反射法地震探査, 重力探査, 馬追丘陵, 地下構造

Keywords: seismic reflection profiling, gravity survey, the Eastern Boundary Fault Zone of Ishikari Lowland, Umaoi Hills, sub-surface structure

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

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

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG063-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 北海道で発生する千島前弧スリバーの運動に伴う小地震の断層面解の決定 Determination of fault plane solutions of small events in Hokkaido associated with the motion of Kuril fore-arc sliver

菅原 宗<sup>1</sup>, 平塚 晋也<sup>1\*</sup>, 佐藤 魂夫<sup>1</sup>

Sou Sugawara<sup>1</sup>, Shinya Hiratsuka<sup>1\*</sup>, Tamao Sato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 弘前大学理工学研究科

<sup>1</sup>Sci. and Tech., Hirosaki Univ.

In order to find the evidence of transcurrent movement of fore-arc sliver along the southern Kuril trench, we determined the fault plane solutions of smaller events using the method developed by Imanishi et al.(2006). We used P- and SH-wave amplitudes as well as P-wave polarity and determined fault plane solutions with magnitude range from 2.0 to 3.5 and the numbers of P-wave polarity data are 10 or greater. Especially we focused on the fault plane solutions along the estimated boundary of the fore-arc sliver in Hokkaido. We find the fault plane solutions of strike-slip type with the nodal plane of right-lateral slip along the volcanic front. While strike-slip events determined by F-net from 1997 to 2009 concentrate around Teshikaga area, those events determined by this study are distributed along the volcanic front continuously. Around the central Hokkaido where the Hidaka Mountains and volcanic front intersect, strike-slip types with P-axis trending E-W direction were also determined.

In the western side of Hidaka Mountains, we find the fault plane solutions of thrust and strike-slip type with P-axis parallel to the trench. Thrust events are distributed along the Conrad discontinuity or within the lower crust of Northeastern Japan arc inferred from seismic refraction/wide-angle reflection experiments by Iwasaki et al.(2004). On the other hand, Events of strike-slip type are distributed within mantle wedge of Northeastern Japan arc. In the eastern side of Hidaka Mountains, we find the fault plane solutions of reverse type of events with P-axis parallel to the dip direction of descending lower crust due to the delamination of the crust of Kuril arc.

## ALOS 画像を用いたチベット高原北東縁の Kumukol Basin における変動地形解析 A geomorphological analysis of the Kumukol Basin at the northeastern edge of the Tibetan plateau using ALOS stereoscopic

白濱 吉起<sup>1\*</sup>, 池田 安隆<sup>1</sup>

Yoshiki Shirahama<sup>1\*</sup>, Yasutaka Ikeda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻

<sup>1</sup> Earth & Planetary Sci., Tokyo Univ.

チベット高原は、側方へ成長することでその領域を拡大している。その拡大メカニズムは地域によって異なることが分かってきた。たとえばヒマラヤ山脈南縁ではプレート境界断層が未変形な foreland 側にジャンプすることによって、時間的、空間的に不連続な拡大が起こっている。一方、雲南周辺では空間的にも時間的にも連続的な拡大をしている (Clark and Royden, 2000)。しかし、こういった拡大様式が明らかにされつつあるのは、研究の多いチベット高原南縁においてのみであり、それ以外の境界域での拡大様式については、まだよくわかっていない。

本研究では、まず、グローバルな重力異常データを用いて、チベット高原南縁における拡大様式の特徴について予察的検証をおこなった。重力異常の特徴から各地域の拡大様式を推定したところ、チベット高原北縁において、上記二様式のどちらともつかない複雑な拡大をしていることが明らかとなった。そこで、さらに調査するために、チベット高原北縁の変動地形を探索したところ、Qaidam Basin 南縁の Kumukol Basin において、長波長 (40km ~) の複背斜構造 (Kumukol Anticlinorium) を発見した。この複背斜構造上には多数の新しい褶曲、断層、および段丘面が見られたため、これらに対してさらに詳細な変動地形解析を行った。

解析には GIS ソフトウェア (ArcGIS) を使用した。地形データとして主に SRTM によって取得された 3 秒グリッドの標高データ (SRTM3) を用いた。微地形が抽出できるよう、これらのデータに複数の処理を施し、変動地形の判読を行った。本研究では地形データに加えて、ALOS 衛星の取得した衛星画像も用いた。PRISM センサ (可視光・近赤外) によって取得された画像は 2.5m グリッドの高解像度で立体視でき、航空写真と同等の判読が可能である。立体視による判読結果も逐次 GIS ソフト上に統合し、地形データと合わせて検討を加えた。

その結果、この複背斜構造の東部を横切って発達する段丘面には、高位面群 (H 面群)、中位面群 (M 面群)、低位面群 (L 面群) が判読された。それらの解析によって、段丘面が約 140ka 以降の山岳氷河の消長に伴って形成されたこと、および、その段丘面の河床からの変位量は高位ほど累積していることが分かった。段丘面の変動から推定した複背斜構造の最大隆起速度は約 2mm/yr であった。また、写真地質学的手法を用いて地下構造を推定したところ、複背斜構造は北傾斜の断層によって形成されていることが推定された。

キーワード: チベット高原, 側方拡大, Qaidam Basin, 変動地形

Keywords: Tibetan Plateau, Lateral growth, Qaidam Basin, Tectonic landform