

## 反射法地震探査から見る相模海丘及び真鶴海丘周辺の変形構造

### Deformation structure around the Sagami Knoll and Manazuru Knoll observed by seismic reflection data

野 徹雄<sup>1\*</sup>, 高橋 成実<sup>1</sup>, 三浦 誠一<sup>1</sup>, 山下 幹也<sup>1</sup>, 瀧澤 薫<sup>2</sup>, 小平 秀一<sup>1</sup>

NO, Tetsuo<sup>1\*</sup>, TAKAHASHI, Narumi<sup>1</sup>, MIURA, Seiichi<sup>1</sup>, YAMASHITA, Mikiya<sup>1</sup>, TAKIZAWA, Kaoru<sup>2</sup>, KODAIRA, Shuichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 日本海洋事業

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Nippon Marine Enterprises

東北地方太平洋沖地震の発生に伴い、首都圏で発生する可能性のある巨大地震に関心が集まっている。JAMSTECでは、関東地震をはじめとする相模湾における巨大地震発生メカニズム解明、及び統合国際深海掘削計画（IODP）掘削プロジェクトにおける相模湾内の掘削候補点の事前探査を目的として、相模湾内の相模海丘及び真鶴海丘付近において深海調査研究船「かいれい」を用いたマルチチャンネル反射法地震探査を2010年1月に実施した。

得られたデータを解析した結果から、次のことが得られた。相模トラフは、海底面が平坦で、堆積層の変形が見られない領域が多いが、真鶴海丘と接触した領域から堆積層内の変形が確認される。真鶴海丘は非対称な背斜として形成されており、調査海域内では東へ向けて比高は低くなる。真鶴海丘は東端付近で南へクランク状に屈曲し、その最東端は相模海丘の下に位置する。クランク状に屈曲している褶曲の走向のオフセットは約7kmである。相模湾における海底地殻変動観測（齋藤・他, 2008）によると、相模湾の海底が4.1 cm/年の速さで北西に移動しているという結果が得られているので、それを考慮すると、このような構造の形成には約17万年は要していると推定される。また、真鶴海丘の形成に関係する逆断層は、海丘の南側または西側で明瞭に発達を確認できる。この逆断層は、真鶴海丘がフィリピン海プレートの相対運動が北の方向に作用していた時代に形成されたもので、その後フィリピン海プレートの相対運動が北西方向へシフトした際に、調査海域付近のプレート境界における横ずれ運動が作用して、クランク状に屈曲し、プレート境界より西側に位置している真鶴海丘は北西側へ移動シフトしていった可能性を示唆する。さらにその後、真鶴海丘の東端の上に相模海丘が付加して、現在の状態になるのではないかと推定される。この結果は、石灰質ナノ化石年代から得られている相模海丘の北側と南側の年代の違い（蟹江・他, 1999）に対応していると考えられる。また、相模海丘は、最上部にはコヒーレントの良い堆積物が認められ、海丘内部には海丘西縁から北東方向へ傾斜している明瞭な反射面が確認でき、傾斜は北側の測線ほど高角になる。これらの反射面は、東京大学地震研究所が相模トラフで行った二船式反射法地震探査の結果（佐藤・他, 2010）と比較すると、相模湾断層の一部で、国府津 - 松田断層の延長線上に位置するプレート境界からの分岐断層である可能性がある。また、相模海丘の直下に位置していると推定されるフィリピン海プレートからの反射面は北へ向かって深くなる傾向にあるが、非常に弱く不鮮明ではある。

キーワード: 相模海丘, 反射法地震探査, 真鶴海丘, 相模湾, 関東アスペリティ

Keywords: Sagami Knoll, Seismic reflection survey, Manazuru Knoll, Sagami Bay, Kanto Asperity

## 房総付加体における断層滑り面の化学的-鉱物学的特徴 Chemical and mineralogical characteristics of the slip zone within the Boso accretionary complex

松多 範子<sup>1\*</sup>, 石川 剛志<sup>2</sup>, 廣野 哲朗<sup>1</sup>

MATSUTA, Noriko<sup>1\*</sup>, ISHIKAWA, Tsuyoshi<sup>2</sup>, HIRONO, Tetsuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 大阪大学 理学研究科 宇宙地球科学専攻, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構高知コア研究所

<sup>1</sup>Earth and Space Science, Osaka Univ., <sup>2</sup>JAMSTEC Kochi

付加体浅部における断層滑りは、海底面の変動と津波発生に強く影響するため、そこでの滑り挙動を理解することは極めて重要である。それには、実際に海底下に位置するプレート境界断層や海底活断層を掘削し、採取された試料の分析を行うことが有効であり、すでに南海地震の震源域の断層掘削が実施、現在は関東地震の震源域の断層掘削が立案中である。一方、このような掘削研究と平行し、過去に海底下に位置していた地質帯に発達する断層（現在は陸上に露出）の調査も有効である。そこで本研究では、かつて房総-三浦半島付近の海底下 1-4km に位置していたと報告されている房総半島東南部の江見層群（保田層群）を対象とし、そこに発達している各種の断層の主要元素・微量元素分析と X 線回折分析を実施した。その結果、ほぼすべての断層帯にて、粘土鉱物の一種であるモンモリロナイトとイライトおよびそれらの混合層の減少を確認し、また一部の断層帯では高温流体と鉱物固体との反応を示す Rb, Li, Cs などの元素濃度異常が確認できた。前者の原因については摩擦発熱による脱 OH 反応や滑りに伴う選択的粉砕とアモルファス化が考えられる。本発表では、以上の分析結果を報告するとともに、それらの原因についての考察を紹介する。

## 曲面断層を用いた1923年関東地震と1703年元禄地震の滑り分布の推定 Estimation of slip distributions of the 1923 Kanto and 1703 Genroku earthquakes using curved fault plane

小林 励司<sup>1\*</sup>, 纈 纈 一起<sup>2</sup>, 三浦 誠一<sup>3</sup>, 野 徹雄<sup>3</sup>

KOBAYASHI, Reiji<sup>1\*</sup>, KOKETSU, Kazuki<sup>2</sup>, MIURA, Seiichi<sup>3</sup>, NO, Tetsuo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 鹿児島大・理工, <sup>2</sup> 東京大・地震研, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Kagoshima Univ., <sup>2</sup>ERI., Univ. Tokyo, <sup>3</sup>JAMSTEC

Great earthquakes along the Sagami trough, where the Philippine Sea slab is subducting, have repeatedly occurred. The 1703 Genroku and 1923 (Taisho) Kanto earthquakes (M 8.2 and 7.9, respectively) are known as typical ones, and cause severe damages in the metropolitan area. The recurrence periods of Genroku- and Taisho-type earthquakes inferred from studies of wave cut terraces are about 200-400 and 2000 years, respectively (e.g., Earthquake Research Committee, 2004).

We have inferred the source process of the 1923 Kanto earthquake from geodetic, teleseismic, and strong motion data (Kobayashi and Koketsu, 2005; Sato et al., 2005). Kobayashi and Koketsu (2008, AGU Fall Meeting) introduced a new curved fault plane by integrating models of the Philippine Sea slabs (Sato et al., 2005; Hagiwara et al. 2006; Takeda et al. 2007), and inverted geodetic data for the slip distributions of the 1703 earthquake and inverted simultaneously geodetic and teleseismic data for the source process of the 1923 earthquake.

The inversion method is based on Yoshida et al. (1996). We modified it for triangular subfaults. For source process, to obtain the times when the rupture front with a given constant velocity reaches at the point source, the distance between hypocenter and each point source is measured because rupture propagate along the curved fault plane. We applied the Dijkstra method to measure the distance.

The Green's functions are calculated by the frequency-wavenumber method of Zhu and Rivera (2002) for geodetic data, and by a ray theory for teleseismic data. At the present stage, we assumed a 1-dimensional seismic structure model for both geodetic and teleseismic data. The strikes and slips of subfaults differ from those of others.

We inverted the same geodetic and teleseismic data as those of Kobayashi and Koketsu (2005) and Sato et al. (2005) for the source process of the 1923 Kanto earthquake by using the developed method for a curved fault plane. The preliminary result of the slip distribution is roughly consistent with that of Sato et al. (2005), suggesting that our method is considered to be adequate.

We improved the geodetic Green's functions so that the fitness between observed and synthetic data. Previously we distributed one point source at the centroid of each subfault, and calculated the Green's function. Slips on the shallowest part of subfaults can cause large displacements at closest stations. The Green's functions with one point source can not reflect such effects. Thus we divided the subfaults into 16 small triangles and located point sources at the centroids of the small triangles. We calculated 16 Green's functions and average them. The average is a new Green's function of the subfault.

We also attempt to update the curved fault plane, because several seismic surveys have been performed recently and new upper surface models of the Philippine sea plate have been presented. We incorporate the new models into our fault plane model.

キーワード: 1923年関東地震, 1703年元禄地震, アスペリテイ

Keywords: the 1923 Kanto earthquake, the 1703 Genroku earthquake, asperity

## 地震サイクルモデルを用いた房総半島、三浦半島完新世旧汀線高度からの元禄関東地震震源の推定 その3 Fault slip of the Genroku EQ from Holocene paleoshoreline data on Boso and Miura using an earthquake cycle model - III

佐藤 利典<sup>1\*</sup>, 津村 紀子<sup>1</sup>, 伊藤 谷生<sup>2</sup>, 橋本 千尋<sup>3</sup>, 松浦 充宏<sup>4</sup>, 宮内 崇裕<sup>1</sup>, 遠藤 香織<sup>1</sup>

SATO, Toshinori<sup>1\*</sup>, TSUMURA, Noriko<sup>1</sup>, ITO, Tanio<sup>2</sup>, HASHIMOTO, Chihiro<sup>3</sup>, MATSU'URA, Mitsuhiro<sup>4</sup>, MIYAUCHI, Takahiro<sup>1</sup>, ENDO, Kaori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大・理, <sup>2</sup> 帝京平成大学, <sup>3</sup> 名大・環境, <sup>4</sup> 統計数理研究所

<sup>1</sup>Earth Sciences, Chiba Univ., <sup>2</sup>Teikyo-Heisei Univ., <sup>3</sup>Environmental Studies, Nagoya Univ., <sup>4</sup>Institute of Statistical Mathematics

### 1. はじめに

南関東地域では、相模湾を震源域とする1923年関東地震(大正型)や房総半島南部を震源域とする1703年元禄地震(元禄型)など、首都圏に大災害をもたらす大地震が繰り返し発生している。2006年、2007年合同大会において、佐藤・他(2006、2007)、樋口・他(2006)は、地震サイクルモデルを用いて、海成段丘面データから、定常的隆起運動と地震時・地震間の運動を分離できる手法を開発し、房総半島完新世旧汀線高度分布から元禄地震の震源断層域の推定を試みた。今回は、遠藤・宮内(2011)によって最近改訂された房総半島の離水海岸地形の認定・年代・高度を、従来の三浦半島のデータに加えて検討した。解析では、すべりの範囲を海溝軸まで広げ、すべり方向を任意であるがプレート運動方向にできるだけなるような拘束条件を加えてすべり分布の推定を行った。

### 2. 方法

我々の地震サイクルモデルを用いると、異なる時代の旧汀線高度差から定常的隆起運動速度を見積もることができ、旧汀線高度に含まれる定常的隆起運動と地震時・地震間の運動の分離が可能となる(佐藤・他、2006)。旧汀線高度から地震時・地震間の運動成分のみを抜き出し、その運動を再現するプレート境界面上のすべり分布を、すべり分布がなめらかであることとすべり方向ができるだけプレート運動方向であることの2つの拘束条件を与えたABICを用いてインバージョン(Matsu'ura et al, 2007)をすることにより求める。この際、プレート境界面形状として、Tsumura et al.(2009)によって示された房総沖、フィリピン海プレート上の埋没小海山の影響を考慮する。データは、房総半島では、穴倉(2001)による完新世最高位旧汀線高度と1703年の元禄汀線高度に遠藤・宮内(2011)の結果を踏まえて改訂したのを用い、三浦半島では、熊木(1981)による完新世旧汀線高度と穴倉・越後(2001)による元禄地震に関連する生物遺骸高度を用いた。

### 3. 結果

推定したすべり分布は、相模湾から房総半島にかけて最大で28m以上の巨大なすべりになることが示された。推定マグニチュードは約Mw8.5である。すべりの大部分は10km以浅のプレート境界で起こっている。地震時の隆起量は、地震後の粘性緩和や定常的隆起、固着による変動等を考慮すると、房総半島南端で約4mとなった。これは従来知られている5-6mの隆起量よりも少し小さい。

キーワード: 震源過程, 海成段丘, 地震サイクルモデル, 巨大地震

Keywords: source mechanism, marine terrace, earthquake cycle model, megaquake

## 南関東における、フィリピン海スラブの薄くなった部分と第四紀地殻変動 A thinned portion of the Philippine Sea slab and the Quaternary crustal deformation at the Kanto region

篠島 僚平<sup>1\*</sup>

SASAJIMA, Ryohei<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本大学大学院

<sup>1</sup> Nihon University

近年、房総半島下のフィリピン海スラブ (PH スラブ) のその奇妙な形状の詳細が明らかになってきている。房総半島下で PH スラブ上面がシャープに凹んでいるのである。当地域は、上盤を陸側プレートと接し、下盤を太平洋スラブと接している、窮屈な場所であり、とても大きな変形ができる環境とは思えない。

そこで、今研究では、「PH スラブが房総半島下で凹んでいるように見える理由は、そこでの PH スラブの厚さ自体が (周囲よりも・部分的に・顕著に) 薄くなっているためである。そして、PH スラブがその凹んだ形状を保ったまま進行することで、当地域周辺の顕著な第四紀地殻変動が生じてきたのである。」という仮説を立て、その検証を行った。

もし、PH スラブに薄くなった部分が存在する場合、その薄い部分が (スラブ進行に伴い) 進行するにつれて、任意の地点での PH スラブ上面の深さが浅くなったり深くなったりすることになる。よって、上盤に、PH スラブの進行に伴う顕著な地殻変動が生じることが予想される。そこで、PH スラブの薄い部分の進行に伴う上盤の地殻変動を近似計算により求め、実際に観測されている第四紀地殻変動と一致するかどうか、で当仮説の検証を試みた。PH スラブの薄い部分の進行を、PH スラブ上面に対応する矩形断層の開閉で近似し、dislocation model のプログラムを用い地殻変動シミュレーションを行った。

その結果、計算による地殻変動と実際の第四紀地殻変動が、その位置、パターン、相対的隆起沈降量、時間変化 (移動方向・移動速度・時期ごとの位置) において、見事に一致することが分かった。東京湾の沈降域と房総半島南東沿岸 (鹿島-房総隆起帯) 及び房総半島南端の急激な隆起蓄積域を見事に再現することができた。特に、房総半島南端では、1703 元禄地震時の隆起パターンとそっくりなパターンが再現された。

そこが薄くなった理由について、過去に沈み込み境界が海側にジャンプ (後退) し、その間の海洋地殻が陸側に付加し・はぎ取られたため、であることが考えられる。PH プレートをおイラー回転に従い 5Ma まで復元したところ、海洋地殻のはぎ取りは、東から順に起こり、およそ 5Ma~0.5Ma にかけて起こった可能性が高く、過去に付加・はぎ取られた海洋地殻は房総半島南端~その東方にかけて存在するという予想に至った。そこには嶺岡帯という層があり、その中に古いプレートの海洋地殻が存在する。PH プレートの東縁には、PH プレートが誕生したころの部分が残っているはずであり、年代の古い海洋地殻が存在することが予想される。よって、房総半島南端に付加した古い海洋地殻の存在は、逆説的にも、海洋地殻をはぎ取られて薄くなっている部分の存在を積極的に支持していると言える。

同様の事例が、紀伊半島・紀伊水道で生じている可能性があることを、岡村 他 (2009) が提案していて、地殻変動の蓄積が、巨大地震によって間欠的に生じてきたことを示唆している。房総半島では、1703 元禄地震によって間欠的に顕著な隆起が蓄積してきたことが分かっていて、そのパターンが当仮説によって再現できることが分かった。また、九十九里~銚子付近を隆起させる断層に相当する面も明らかになり、地震性・非地震性いずれかの断層運動が存在することが考えられる。当仮説は、関東地方における巨大地震のテクトニクスを考えるうえでも大きな意味を持つものと考えられる。

### 引用文献

岡村 行信・宍倉 正展・行谷 佑一、フィリピン海プレートの形状が規制する西南日本外帯の第四紀地殻変動と連動型地震、2009 年地球惑星連合大会予稿集、2009

キーワード: 薄くなったスラブ, 第四紀地殻変動, 海洋地殻剥ぎ取り, 沈み込み境界ジャンプ, 東京湾造盆地構造, 鹿島-房総隆起帯

Keywords: thinned slab, Quaternary crustal deformation, stripping a oceanic crust, sifting of a subduction boundary, subsidence area at the Tokyo bay, Kashima-Boso uplift zone

## 南部フォッサマグナにおける、衝突・剥ぎ取り・付加のサイスモテクトニクス Seismotectonics of collision, stripping and accreting in the South Fossa Magna

篠島 僚平<sup>1\*</sup>

SASAJIMA, Ryohei<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本大学大学院

<sup>1</sup> Nihon University

南部フォッサマグナ地域では、伊豆火山弧の多重衝突により、繰り返し、衝突・剥ぎ取り・付加の過程が繰り返し生じ、その過程はしばしば巨大地震やスロースリップ等によって間欠的に生じていることが、現在起きている現象から推定される。当研究では、同大会別途投稿の、房総半島南端への嶺岡ブロックの付加過程の研究を、伊豆・丹沢地域まで拡大し、当地域のテクトニクスを再検討したものである。

まず、当研究では、曖昧な定義である衝突・剥ぎ取り・付加について、便宜的に次の定義を設けた。

衝突 = 先の沈み込み境界において、プレート相対運動の解消が 100 % ではなくなったこと。

剥ぎ取り = リソスフェア内で海洋島弧地殻を上部マントルから切り離す、デタッチメント断層の活動が生じること。

付加 = はぎ取られた海洋地殻が上盤と同じ剛体運動を行うようになった状態のこと。すなわち、先の沈み込み境界での断層運動が不活発になった状態を指す。

さらに、衝突・剥ぎ取り過程では、海洋島弧地殻は独自の運動を示すが、上部マントルは海洋プレートと同様の運動を示すため、海洋島弧地殻の部分のみが独自の剛体運動を示していることを強調するために、semi-plate と呼んで、通常のプレート・マイクロプレートと区別することにした。

衝突・剥ぎ取り過程で生じる、海洋島弧地殻を切り離す断層では、大きく分けて 3 つのタイプの断層面が存在し、通常の沈み込み境界のメガスラストとは異なった性質を持つことが分かる。

A タイプ = 海洋島弧地殻内を断ち切る正断層の断層面。本来のプレート境界面よりも傾斜が緩く、法線応力が低い。

B タイプ = 海洋島弧地殻と上部マントルとの物質境界面に沿った断層面。

C タイプ = 海洋島弧地殻内を断ち切る逆断層の断層面。本来のプレート境界面よりも傾斜が急で、高い法線応力が加わっている

実際、1923 大正関東地震では、破壊の後半の三浦半島付近では、A タイプの断層面で破壊が生じた可能性が高い。3 分後東京湾北部 Mj7.2 の(広義の)余震では、そのさらに延長上で破壊が起こる。さらに 1 日後には、C タイプの断層面を乗り越えて、房総半島南沖の新しい通常のスラスト断層面で Mw7.6 の津波地震成分を含む(広義の)余震が発生している。急傾斜の C タイプの断層面では、1703 元禄地震タイプの固有アスペリティが存在し、高い法線応力を裏付けている。また、その東延長上では同 C タイプの断層面で、外房型地震のアスペリティとなっている可能性がある。

キーワード: 南部フォッサマグナ, 衝突, 剥ぎ取り, 付加, マイクロセミプレート, デタッチメント断層

Keywords: The South Fossa Magna, Collision, Stripping, accreting, micro semi-plate, detachment fault

## マルチチャンネル反射法データによる房総沖プレート収束様式の把握 Investigation of plate converging variation off Boso region from multi-channel seismic reflection data

三浦 誠一<sup>1\*</sup>, 山下 幹也<sup>1</sup>, 藤江 剛<sup>1</sup>, 野 徹雄<sup>1</sup>, 高橋 成実<sup>1</sup>, 小平 秀一<sup>1</sup>, 小林 励司<sup>2</sup>

MIURA, Seiichi<sup>1\*</sup>, YAMASHITA, Mikiya<sup>1</sup>, FUJIE, Gou<sup>1</sup>, NO, Tetsuo<sup>1</sup>, TAKAHASHI, Narumi<sup>1</sup>, KODAIRA, Shuichi<sup>1</sup>, KOBAYASHI, Reiji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 鹿児島大学

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Kagoshima University

房総沖は関東地方の南東に位置し、房総半島を含む陸側の北米プレートの下に、フィリピン海プレートが相模トラフから沈み込み、さらに太平洋プレートが日本海溝から沈み込んでいる。このプレート収束に伴って、房総沖では大小の地震が過去多く発生している。たとえば1703年元禄地震や1923年大正関東地震のように被害をもたらしたマグニチュード(M)8クラスの地震などは相模トラフ沿いの収束運動によるものとされている。また、1677年延宝地震や1953年房総沖地震は日本海溝沿いのプレート収束域において発生し、津波も生じたとされている(羽鳥、1975)。一方、房総半島東岸から房総沖にかけての海域において、5-7年周期でスロースリップイベントが観測されている(例えばOzawa et al., 2007)。房総沖のスロースリップイベントは、他の沈み込み帯とは異なり、1923年大正関東地震など大地震破壊域とほぼ同程度の浅い深度となっている。さらに、2011年東北地方太平洋沖地震の前後で地震活動が変化しており、スロースリップも約4年間と通常より短く発生した。このような大小さまざまな地震活動を理解するためには、房総沖におけるプレート収束様式を把握する必要がある。

海洋研究開発機構では、房総沖のプレート収束様式イメージングのためマルチチャンネル反射法探査を行ってきた。取得データは、IODP掘削提案「関東アスペリティプロジェクト」の掘削候補点選定にも用いられている。探査測線は北東-南西方向の測線および北西-南東方向に複数設定しており、後者についてはフィリピン化プレートの運動方向に概ね一致している。北東-南西方向の測線によるデータでは、沈み込む前のフィリピン海プレート上の堆積層および基盤が確認でき、最南端部で基盤深度は海底下約2 kmである。それらは相模トラフ底の厚い堆積物(約3 km)の下に沈み込んでおり、陸側のプレート下に続いている。陸側プレートにはフィリピン海プレート上面から派生する分岐断層のような強振幅反射面があり、房総海底崖近傍に達している。この分岐断層の両側で反射イベントの特徴が異なり、プレート収束様式の境界となっていると考えられる。房総海底崖近傍では収束による変形と思われるイベントがあり海底表層まで乱されている。分岐断層の北東側では、厚さ500-700m程度の堆積層が、凸凹した基盤上にたまっている様子が確認できる。なおスロースリップ観測用掘削孔の深度はP波速度2km/sを目安とし、この基盤面が概ね相当する。フィリピン海プレート上面は凸凹しながら北東方向に確認でき、深度12 km付近で振幅が大きくなる。ここはスロースリップ観測域と対応する。北西-南東方向の測線データからは、同様にスロースリップ観測域にて大振幅が確認されているが、南東側では振幅が小さくなっている。両方向の測線データから、プレート境界反射面の大振幅とスロースリップ観測域の対応が見られる。陸側プレートの表層部分は、陸側傾斜のイベントが陸に近い部分で複数確認できるが、日本海溝近傍では認められず、プレート収束の影響が場所によって異なっている。本発表では、表層堆積層の分布や変形、基盤やプレート境界面などの特徴からプレート収束様式の把握をするとともに、大小さまざまな地震活動について議論する予定である。

キーワード: MCS, 房総沖, 地震, フィリピン海プレート, スロースリップ

Keywords: MCS, Off Boso, earthquake, Philippine Sea Plate, Slow slip

## 相模トラフ房総海底崖周辺の断層分布と海底下浅部構造

## Fault distribution and shallow structure around the Boso escarpment in the Sagami Trough

三澤 文慶<sup>1\*</sup>, 芦 寿一郎<sup>1</sup>, 徳山 英一<sup>1</sup>, 小林 励司<sup>2</sup>

MISAWA, Ayanori<sup>1\*</sup>, ASHI, Juichiro<sup>1</sup>, TOKUYAMA, Hidekazu<sup>1</sup>, KOBAYASHI, Reiji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 鹿児島大学大学院理工学研究科

<sup>1</sup>AORI, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Faculty of Science, Kagoshima University

Around the Boso Peninsula, central Japan, the Philippine Sea (PHS) plate is subducting beneath the Honshu Island along the Sagami Trough and the Pacific Plate is subducting beneath the PHS plate and the Honshu Island along the Japan Trench. The area offshore Boso Peninsula has very complicated geological histories by the influence of highly oblique convergence of the PHS plate and collision of the Izu-Bonin Arc since 15Ma. The geologic body of this region is composed of accretionary complex, some part of which is exposed in the Miura and the southern Boso Peninsulas. The geologic body of the offshore Boso Peninsula is also considered as the accretionary complex. Moreover, this area is accompanied with the seismogenic zone in which the great earthquakes such as the 1703 Genroku and 1923 Taisho Kanto earthquakes repeatedly occurred. Additionally, the tsunami and crustal movements also occurred together with earthquakes in this area. In the case of the 1703 Genroku earthquake, it is indicated that the tsunami height at the eastside coast of the Boso Peninsula was a maximum of about 10 m. From this result, it is thought that the earthquake fault of the Genroku event exists around the Boso escarpment. However, the fault distributions around the Boso escarpment have not been well understood.

The objective of this study is to elucidate the shallow structure and fault distribution around the Boso escarpment in the Sagami Trough using various kinds of data sets as the swath bathymetric map, IZANAGI side-scan imagery, Multi-Channel Seismic (MCS) reflection profiles, and Single-Channel Seismic (SCS) reflection profiles. These data sets were acquired by JAM-STEAC, Japan Coast Guard and ORI, Univ. Tokyo, respectively.

Around the Boso escarpment, geomorphological lineaments were recognized in swath bathymetric map and side-scan sonar imagery. These lineaments are interpreted to be continuous fault scarp morphologies. These lineaments are distributed in the form of the en echelon arrangement in the W-E or WNW-SSE directions. MCS profiles of the area offshore Boso Peninsula provided very clear images of the upper boundary of PHS plate (UPHS) and the forearc area of the Honshu arc composed of the accretionary complex. Landward dipping faults were recognized in the accretionary prism between the Boso and the Katsuura canyons. These faults are distributed along the Sagami Trough and interpreted as splay faults branched from UPHS (Kimura et al., 2009). A number of the splay faults were reached near the seafloor around the top of the Boso escarpment. The seafloor configuration around one of the splay faults clearly indicates that this fault deformed the seafloor recently. The sedimentary basin located above a splay fault shows some evidences of crustal movement: landward tilted reflectors, unconformity with onlap by uplifting and deformations of the shallow part of the basin sediment and the seafloor. These results suggest that the sedimentary basin have been affected by repeatedly faulting. Additionally, faults beneath the sedimentary basin are active.

キーワード: 関東地震, 海底活断層

Keywords: Kanto earthquake, Active fault



## 2011年房総半島沖のスロースリップ The 2011 Boso slow slip event

小沢 慎三郎<sup>1\*</sup>

OZAWA, Shinzaburo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院

<sup>1</sup>GSI of Japan

房総半島では1996年, 2002年, 2007年, 2011年と約4 - 6年間隔で繰り返しスロースリップイベント(房総半島SSE)が発生している。房総半島SSEは過去4回とも10日間程度で収まっている。また滑り領域もほぼ同じような場所で発生しており、固有地震的なふるまいが見受けられる。本研究では、過去4回の房総半島SSEの滑り過程を時間依存のインバージョンで推定した。

GPS観測網によって非定常な地殻変動が1996, 2002, 2007, 2011年に捉えられている。捉えられた非定常地殻変動は、10日間程度で収束している。非定常地殻変動を明瞭にするために、定常的な変動を地殻変動データから取り除いた。その結果、房総半島中南部の領域で南南東方向への非定常地殻変動が示されている。最大の地殻変動は、1996年5月は1.6cm, 2002年10月は、2.5cm、2007年8月では2.2cm, 2011年11月で3.9cmとなっている。このような非定常な地殻変動は、房総半島沖のSSEの滑りによるものと考えられる。

上記の定常的な変動を取り除いた非定常地殻変動のデータから、時間依存のインバージョンで房総半島SSEの滑り過程を推定した。データは、房総半島地域の40点程の観測点の東西、南北、上下変動量を使用した。固定点は八郷を採用した。フィリピン海プレートの上面の形状は、Nakajima&Hasegawa [2006]を使用している。断層領域は、B - スプライン関数の重ね合わせで表現し、断層面上の滑りも、やはりB - スプライン関数の重ね合わせで表わした。断層面の境界部では滑りが0という条件を採用した。

インバージョンの結果は、1996年、2002年、2007年、2011年の房総半島SSEでは、房総半島沖合で滑りが発生し、時間と共に、滑り領域が南に広がっていることが推定された。2007年の場合は、北方向への滑り領域の拡大も推定されている。推定されたモーメントマグニチュードは1996年で6.7、2002年で6.7、2007年で6.7、2011年で6.9と推定された。

4つの房総半島SSEでは、ほぼ同じような領域、同じような規模で、似通った滑り過程が推定された。SSEの再来間隔は、1996-2002年で6.39年、2002-2007年で4.86年、2007-2011年で4.28年となっている。この4回のSSEからは、滑り予測可能でも、時間予測可能でもないように思われる。2011年の房総SSEは、4回の現象のなかで最大の規模を持っているが、前回からの再来間隔はもっとも短い。2011年の房総半島SSEの発生には、東北地方太平洋沖地震の影響が関連している可能性がある。実際東北地方太平洋沖地震によって、房総半島付近で若干dCFFが大きくなっている。今後2011年の房総半島SSEが近隣地域の応力状態にどのような影響を与えていったのかを調べていく予定である。

キーワード: 房総半島, スロースリップ

Keywords: Boso peninsula, slow slip event

## ABICによる平滑化を用いた水準測量から見た房総半島沖スロースリップによる上下変動

### Vertical deformation due to slow slips off the Boso Peninsula from leveling data using smoothed data fitting with ABIC

山下 香里<sup>1\*</sup>, 佐藤 利典<sup>1</sup>

YAMASHITA, Kaori<sup>1\*</sup>, SATO, Toshinori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大・理

<sup>1</sup> Chiba Univ

#### 1. はじめに

房総半島沖では約6年間隔でスロースリップとそれに伴う群発地震が発生している。房総半島沖スロースリップとは、房総半島の東方沖から南東沖で北米プレートとフィリピンプレートの境界が10日ほどかけてゆっくりと動く現象のことで、最大すべり量は約10cm、規模はMw6.5程度となっている。その変動はGPS連続観測が始まった1996年以降4回確認されてきた。それ以前の発生時期は傾斜計や群発地震の記録から1990年、1983年、1977年であると推測されているが、どのような地殻変動が起こったのかを知るためにはまず測地測量によるデータを解析する必要がある。千葉県の水準測量は1970年代から毎年行われているので、この変動を把握するには有用であると考えられる。しかし、千葉県が公開している水準測量成果表は複数の水準点を固定して計算を行っているため、スロースリップ時のような小さな上下変動は見えなくなってしまう可能性がある。そこで、固定点を設定して計算を行う前のデータ「観測成果表」の解析を行い、房総半島の1年毎の変動を求めスロースリップのある年とない年での違いについて調べた。

#### 2. データと解析

データは千葉県に設置された水準点864点について「地殻変動精密水準測量 観測成果表」を使用した。期間は1976年～1978年度、1993～2008年度。水準点の緯度・経度は点の記を参照した。上下変動は2次元のスプライン関数で表わし、地殻変動は空間的になめらかであるという拘束条件を設定している。この拘束条件の強さの度合いをABICを用いて客観的に求め、フィッティングを行った。

#### 3. 結果

スロースリップが発生した2007年、2002年、1996年、そして1977年の変動と平年の変動の特徴から房総半島沖スロースリップによる上下変動を求めた。その結果、スロースリップが発生した年は平年の変動に比べてN35°20', E140°20'周辺の九十九里域が沈降するという変動パターンを得ることができた。これはGPSデータから推定された変動と調和的である。さらに、得られた上下変動をもたらずプレート境界でのすべり量・すべり分布をフォワードモデルより推定を行った。このようにして、GPS連続観測が運用される前に発生した1977年を始めとする過去のスロースリップの変動も測地測量のデータから推定することが可能となる。

#### 謝辞

「地殻変動精密水準測量 観測成果表」は国土地理院関東地方測量部、千葉県環境生活部水質保全課、千葉県環境研究センターより提供していただきました。ここに記して感謝致します。

キーワード: 地殻変動, 水準測量, スロースリップ, ABIC

Keywords: crustal deformation, leveling, slow slip, ABIC

## 房総沖スロースリップを捉えるための海底圧力計観測計画の提案 Observation plan of Ocean Bottom Pressure sensor for recognizing slow slip events at the off Boso Peninsula

河野 昭博<sup>1\*</sup>, 佐藤 利典<sup>1</sup>, 橋間 昭徳<sup>1</sup>  
KOUNO, Akihiro<sup>1\*</sup>, SATO, Toshinori<sup>1</sup>, HASHIMA, Akinori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大・理  
<sup>1</sup> Chiba Univ

### 1. はじめに

関東アスペリティプロジェクトのモニタリングのプロジェクト (KAP-B) は、KAP の 2 つの目標 (なぜ同一深度に性質の違うイベントが存在するのかを理解する。スロースリップイベント (SSE) の全容を捉え、地震発生過程のモデルを検証し構築する。) のうち後者に焦点を当てたものである。プロジェクトでは、房総沖に孔内傾斜計等を設置し SSE を高精度で捉えることを計画している。現在、房総沖 SSE は陸上観測のみなので、海側でのすべり分布が不明瞭である。孔内観測点の配置を決める上で、海側も含めた房総沖 SSE のすべり分布の概要を捉えることは重要である。そのため、本研究では、比較的安価で設置の容易な海底圧力計を用いて、効果的にすべりを捉える事ができる配置を考え、その観測計画を提案する。

### 2. 方法

今回用いる海底圧力計の誤差について、2010 年のマリアナ背弧海盆において観測したデータから見積もる事とした。このデータから潮汐成分を除去したのち、同海域の 2 つのデータの差を取る事で、気象、海流等に起因する海洋変動を取り除いてみた。潮汐、海洋変動の両成分を除去したところ、トレンド成分からのずれが約 5mm の標準偏差を持つという結果が得られた。この事から、海底圧力計は約 5mm の誤差があるものと考え、インヴァージョン解析に用いていく事とした。

次に房総半島の沖合に疑似的なすべりを与え、観測機器の精度に基づいた誤差を観測値に与えて疑似観測値を作成し、インヴァージョン解析を行った。今回 Yabuki and Matsu'ura (1992) による、すべりが滑らかであるという拘束条件を与えたインヴァージョン手法を基にしたプログラムを使用して解析を行った。インヴァージョン解析によって推定されたすべり、およびそのすべりの推定誤差を評価し、どのような観測点配置ならば効果的にすべりを捉える事ができるかを見積もった。1996 年、2002 年、2007 年に発生したすべりの範囲 (Ozawa et al. 2007) を参考に、房総半島の南東沖にすべり量が 10cm、すべり方向が南東、範囲が 20km 四方のすべりを 4 つ与えた。その 4 つのすべりを捉えるため、最も少なく、かつ良い解像度ですべりを捉える事ができる観測点配置を検証した。

### 3. 結果

まず観測点を格子状に 12 点与えた。陸地には既に傾斜計と陸上 GPS が設置されているので、陸地に近い観測点から除き、観測点の数を徐々に少なくした。その結果、沖合に 6 つ観測点を設置すれば、今回与えた 4 つのすべりを十分捉える事ができるという事が判明した。しかし 6 点配置すると誤差が大きくなってしまふ海域があるので、圧力計の数に余裕があれば、その誤差を抑えるために 1 点追加し、合計 7 点で観測する事を薦めるという結論に至った。

### 謝辞

圧力計の観測には海洋研究開発機構研究船よこすかを使用しました。ここに記して感謝します。

キーワード: 海底圧力計, スロースリップ, 観測計画, 関東アスペリティプロジェクト

Keywords: Ocean bottom pressure sensor, slow slip, observation plan, KAP