

## 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「かいらい」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, アスペリティ

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