

SCG063-01

会場:201B

時間:5月26日 14:15-14:30

GEONET-F3 解を用いた南千島前弧スリバーの運動の再解析 Reanalysis of motion of forearc sliver along the southern Kuril arc using the F3 solution of site coordinates of GEONET

佐藤 魂夫^{1*}, 平塚 晋也¹
Tamao Sato^{1*}, Shinya Hiratsuka¹

¹ 弘前大学理工学研究科

¹ Hirosaki University

Previously, we investigated the motion of forearc sliver along the southern Kuril trench, using the F2 solution of GPS site coordinates of GEONET in Hokkaido. Thereafter, newly determined site coordinates called F3 solution have been provided by GSI. Since the errors of F3 solution are considered to be smaller than those of F2 solution, we reanalyze the motion of forearc sliver using the F3 solution.

We employ a kinematic model which is basically similar to the previous one. It assumes that the observed site velocities in Hokkaido are affected by the motion of forearc sliver as well as by the slip deficit on the interface of the subducted Pacific plate. Thus the model parameters are the slip deficits on the megathrust plate boundary, the rate of rigid motion of the forearc sliver, and the slip deficits on the boundary of forearc sliver. The slip direction on the megathrust plate boundary at the base of forearc sliver is assumed to be different from that in the surrounding region. In contrast to the previous case in which we dealt with the site velocities relative to Sarufutsu (950101), a site located at the northern tip of Hokkaido, we deal with the velocities in the reference frame of ITRF2005. Presuming that the GPS sites are placed on an unknown microplate, perhaps Okhotsk plate, we determine the Euler vector of the microplate such that the GPS site velocities represented in the reference frame of the microplate can best be fit by the slip deficit on the megathrust plate boundary between the microplate and Pacific plate. This is done simultaneously with the inversion for the other model parameters. Thus we can deal with the problem without assuming the plate on which the GPS sites are placed. Moreover, a correction is made for the effect of the slip deficit on the convergent plate boundary along the eastern margin of the Japan Sea before the inversion, since it became clear in the previous study that the effect is significant. As a result, the standard deviation of residuals reduced greatly in comparison with the previous case.

As in the previous study, the results show that it is difficult to determine the motion of forearc sliver and the slip direction of the subducted Pacific plate relative to the forearc sliver independently, though the standard deviation of residuals is reduced appreciably by allowing for the discrepancy between the slip direction of the subducted Pacific plate relative to the forearc sliver and slip direction on the megathrust plate boundary in the surrounding region. The model of partitioning of oblique plate convergence cannot explain the inverted correlation between the motion of forearc sliver and slip direction of the subducted Pacific plate relative to the forearc sliver. It is suggested that the slip direction on a severely deformed megathrust boundary may not simply be represented by the rigid rotation of horizontal plate convergence vector about the local strike of subducted slab.

キーワード: 南千島前弧スリバーの運動, GEONET の GPS 観測点座標の F3 解, 極東地域におけるプレートテクトニクス, 斜めプレート収束境界, 北海道の地殻変動, 沈み込む太平洋プレートにおけるすべり欠損

Keywords: motion of forearc sliver along the southern Kuril arc, F3 solution of GPS site coordinates of GEONET, plate tectonics in far-east Asia region, oblique plate convergence boundary, crustal deformation in Hokkaido, slip deficit on the subducted Pacific plate

SCG063-02

会場:201B

時間:5月26日 14:30-14:45

日高地域下の詳細な地震波速度構造：島弧 島弧衝突と1982年浦河沖地震 Precise seismic velocity structure beneath the Hokkaido corner: Arc-arc collision and the 1982 Urakawa-oki earthquake

北佐枝子^{1*}, 長谷川昭¹, 中島淳一¹, 岡田知己¹, 松澤暢¹, 勝俣啓²

Saeko Kita^{1*}, Akira Hasegawa¹, Junichi Nakajima¹, Tomomi Okada¹, Toru Matsuzawa¹, Kei Katsumata²

¹ 東北大学地震噴火予知研究観測センター, ² 北海道大学

¹RCPEV, Tohoku University, ²Hokkaido University

Using data both from the nationwide Kiban seismic network and from a dense temporary seismic network covering the area of the Hokkaido corner [Katsumata et al., 2002], we precisely determined three-dimensional seismic velocity structure beneath this area to understand the collision process between the Kuril and NE Japan forearcs. Tomographic inversions were performed with smaller grid spacing than our previous study [Kita et al., 2010]. Inhomogeneous seismic velocity structure was more clearly imaged in the Hokkaido corner at depths of 0-120 km than the previous result. A northeastward-dipping high-velocity zone with a volume of 20 km x 90 km x 35 km was detected at depths of 0-35 km. This high-velocity zone reaches near the surface at the Hidaka metamorphic belt. The highest velocity value in the high-V zone corresponds to those of the upper mantle material. The southern edge of the high-V zone is located just beneath the Horoman-peridotite. On the other hand, a broad low-velocity zone of P- and S- waves with a total volume of 80 km x 100 km x 50 km is distributed to the west of the Hidaka metamorphic belt at depths of 30-90 km, having velocities of crust materials. This low-V zone consists of several layers of high and low velocities forming alternate layers, and is inclined toward the northeast at an angle of 40-60 degrees. One of the layer boundaries within the low-V zone corresponds to the main fault plane of the 1982 M7.1 Urakawa-oki earthquake. The hanging wall of the fault plane has anomalously high velocities, while the foot wall low velocities. A considerable number of earthquakes, including aftershocks of the 1982 Urakawa-oki earthquake, occur in this low-V zone at depths of 0-80 km (even at depths of the mantle wedge), whereas seismicity is very low in other areas. The present observation provides important information to deepen our understanding of the ongoing arc-arc collision process and earthquake generation mechanism in the Hokkaido corner.

キーワード: 日高衝突帯 (島弧-島弧衝突帯), 地震波速度構造, 地震活動, 1982年浦河沖地震, 幌満橄欖岩

Keywords: Hidaka collision zone (the arc-arc type collision zone), Seismic velocity structure, Seismicity, the 1982 Mj 7.1 Urakawa-Oki earthquake, Horiman Peridotite

SCG063-03

会場:201B

時間:5月26日 14:45-15:00

Seismic Deformation at the Northern Tip of the Subducting African Plate in SW Turkey Seismic Deformation at the Northern Tip of the Subducting African Plate in SW Turkey

Ali Pinar^{1*}, Semir Over², Suha Ozden³, Zuheyr Kamaci⁴, Huseyin Yilmaz⁵, Ulvi Can Unlugenc⁶, Keiko Kuge⁷
Ali Pinar^{1*}, Semir Over², Suha Ozden³, Zuheyr Kamaci⁴, Huseyin Yilmaz⁵, Ulvi Can Unlugenc⁶, Keiko Kuge⁷

¹Istanbul University, Geophysics, Turkey, ²Mustafa Kemal University, Geophysics, TR, ³Canakkale Onsekiz Mart Univ, Geology, TR, ⁴Suleyman Demirel Univ, Geophysics, TR, ⁵Cumhuriyet University, Geophysics, TR, ⁶Cukurova University, Geology, TR, ⁷Kyoto University, Geophysics, Japan

¹Istanbul University, Geophysics, Turkey, ²Mustafa Kemal University, Geophysics, TR, ³Canakkale Onsekiz Mart Univ, Geology, TR, ⁴Suleyman Demirel Univ, Geophysics, TR, ⁵Cumhuriyet University, Geophysics, TR, ⁶Cukurova University, Geology, TR, ⁷Kyoto University, Geophysics, Japan

We investigate the seismotectonic features resulting directly and indirectly from the interaction between the northeast moving African plate and the westward moving Anatolian block focusing mainly offshore and onshore of the region between the Fethiye Bay and the Gulf of Antalya. Our data is the broadband waveforms recorded at the seismic stations run by Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. In addition to these stations we deployed three broadband stations along the Mediterranean seaside to improve the network coverage so as to constrain better the source parameters of the smaller events taking place offshore. The recorded 3-component waveforms of the small to moderate size earthquakes were analyzed to determine a seismic moment tensor for each event. The tectonic implications of the spatial distribution of the events and their focal mechanism solutions shed light onto the present geodynamic processes taking place along the Anatolia-Africa boundary zone.

These results points out three distinct patterns of deformation undergoing in the western, central and eastern part of the project region. The tectonics in the western part is mainly influenced from the interaction of the motion along the eastern flank of the Hellenic arc and the southwestward extrusion of Anatolia. The intermediate depth seismic activity along the eastern flank of the Hellenic arc where predominantly left-lateral strike-slip faulting occurs extends well below the Fethiye Bay and even further northeast. The piece of knowledge that gives sign for the propagation of the left-lateral motion further beneath the mainland is based on quite recent data acquired from the Cameli Basin which comes both from the field and seismology. The analysis of the data reveals conjugate extensional directions from NW-SE in Mio-Pliocene and NE-SW to N-S in Quaternary up to present. In the western part although the intermediate depth seismic activity exhibits strike-slip faulting the shallow seismicity shows predominantly normal faulting mechanisms. The central part of the project area undergoes different pattern of deformation where most of the seismic activity is confined within the crust and the dominant focal mechanisms are strike-slip and reverse faulting resulting from north to northeast compression and south- to southeast extension. No normal faulting mechanism events are inferred from the seismological data in the central part though the field data points out several recent normal faulting events. The tectonics of the eastern part of the project area is influenced mainly from the subduction process along the western flank of the Cyprus arc. The intermediate depth seismic activity beneath the Gulf of Antalya exhibits mostly reverse and strike slip faulting resulting from NE compression while the shallow seismic activity show predominantly normal faulting.

Considering the three pattern of deformation we suggest that the western part of the study region is influenced from the north-eastward propagation of the eastern flank of the Hellenic arc. Subduction process along the western flank of the Cyprean arc is active and effective beneath the Gulf of Antalya. The central part is a transition between the two where no evidence of subduction is observed and this part is probably the most northern tip of the African plate that touch Anatolian block supporting the highly elevated mountains.

キーワード: Small earthquakes, Seismic moment tensors, Subduction, African plate, Seismic deformation, Turkey
Keywords: Small earthquakes, Seismic moment tensors, Subduction, African plate, Seismic deformation, Turkey

SCG063-04

会場:201B

時間:5月26日 15:00-15:15

アンダマン諸島における古地震データが示す地殻変形 Crustal deformation in the Andaman Islands suggested from paleoseismological data

宍倉 正展^{1*}, 池田 安隆², 越後 智雄³, Javed Malik⁴, 茅根 創², 佐竹 健治²
Masanobu Shishikura^{1*}, Yasutaka Ikeda², Tomoo Echigo³, Javed Malik⁴, Hajime Kayanne², Kenji Satake²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²東京大学, ³地域地盤環境研究所, ⁴インド工科大学カンプール校

¹Active Fault Earthq. Res. Ctr., AIST/GSJ, ²University of Tokyo, ³Geo-Research Institute, ⁴Indian Inst. Tech. Kanpur

アンダマン諸島は2004年スマトラ島沖地震における破壊領域の北部にあり、地震に伴って顕著な地殻変動が生じた。このとき同諸島北西部で隆起、南東部で沈降がそれぞれ生じ、同諸島全体が南東へ傾動したことが地震直後の現地調査で確かめられた。我々はこれまで4度の現地調査を行ってきたが、隆起サンゴや海岸段丘、津波堆積物などの発見から、同諸島における過去の地震の履歴と完新世における地殻変動が明らかになってきた。

まず2004年に隆起した北西部のInterview島では、少なくとも4つのレベルで隆起サンゴが見つかり、6600-5700年前の間に250-350年間隔で隆起していることがわかった。しかしこれらの隆起痕跡の高度は、現平均海面から0.6-1.3m(2004年の隆起サンゴから0.1-0.8 m)にあり、しかも5700年前以降、2004年までの期間の化石サンゴが見つかっていない。これはユースタティックな海面変化が大きく影響している可能性が示唆されるが、地震時の隆起の累積量が小さく(ネットで1回あたり0.1-0.5m)、平均隆起速度が遅いことも意味している。

次に2004年に沈降した南東部においてトレンチ調査を行ったところ、地表面下1.3m付近に、2004年と同様の沈降現象が生じていたことを示す地層の重なりが観察された。そこに含まれる植物化石の年代は400年前以降を示し、2004年の地震の1回前のイベントであった可能性が高い。歴史記録には1679年にベンガル湾東部で大きく揺れた地震の記録があり、これに対応する可能性がある。この場合の再来間隔は325年である。沈降がくり返す南東部だが、この地域でも5000年前頃の海面を示す化石サンゴが現海面付近に見つかった。すなわち長期的には地震性の沈降が累積していないことを示す。しかし驗潮記録や19世紀の文書記録では、地震間も沈降していることを示しており、地震時の沈降を解消していない。これは2004年タイプ以外の隆起イベントが存在する可能性を示し、実際にトレンチ調査では沈降イベントの地層を貫く液状化痕も見つかっている。

一方、沈降域の東沖、本諸島の背弧側に位置するNeil島という小島では5段の明瞭な海岸段丘が発達していることを発見した。Neil島は2004年地震時の破壊領域より東にあり、隆起も沈降もしていないが、調査の結果、6000-3000年前の間にネットで1-2mずつ、約700年間隔で隆起していることが明らかになった。また最高位の段丘面は平均海面上約8mまで達し、平均隆起速度も速く、累積量も大きいことがわかる。これは2004年とは異なるタイプのイベントの存在を示している。しかし3000年前以降、現在までの隆起痕跡がなく、本諸島北西部と同様にユースタティックな海面変化の影響を受けていると考えられ、最新活動時期は不明である。

このように完新世を通してみると、アンダマン諸島における2004年地震の破壊領域では地震性地殻変動の累積は小さい。また古地震学的に明らかになった再来間隔は、同諸島周辺で測地学的に見積もられた2004年タイプの地震の再来間隔(230-600年; Subarya et al., 2006, nature. 平均400年; Gahalaut et al., 2008, JGR. など)とも整合する。これはプレートの沈み込みによる歪みは、ほとんどが地震時に解消されていることを示している。一方で背弧側では別のタイプのイベントによる活発な隆起運動があり、例えば地殻内の活断層の可能性が考えられる。

キーワード: 巨大地震, 地殻変動, 完新世, 隆起サンゴ, 海岸段丘, アンダマン諸島

Keywords: giant earthquake, crustal deformation, Holocene, uplifted coral, marine terrace, Andaman Islands

SCG063-05

会場:201B

時間:5月26日 15:15-15:30

四国周辺のプレート境界で発生する多様なすべり現象の空間的相補性 Complementary distribution of various slip events on the plate boundary around Shikoku, southwest Japan

岡崎 仁一¹, 鷺谷 威^{1*}

Hirokazu Okazaki¹, Takeshi Sagiya^{1*}

¹ 名大・環境

¹Environmental Studies, Nagoya Univ.

A wide variety of interplate faulting phenomena have been found in the western Nankai Trough subduction zone around Shikoku, southwest Japan. The Nankai megathrust earthquake occurred in 1946, followed by the significant afterslip. Long-term slow slip events repeated beneath the Bungo Channel in 1997, 2003, and 2009-2010. In addition, short-term slow slip events accompanying deep low frequency tremors occur almost every 6 months. Such a diversity of faulting phenomena may be attributed to the heterogeneous distribution of frictional properties on the plate interface. Then we infer that those different types of faulting behaviors should have complementary distribution one another. There have been several studies demonstrating complementarity of the coseismic slip and the following afterslip. On the other hand, spatial relationship between the afterslip and slow slip events has not been investigated so far. Thus we analyze leveling, tidal, and GPS records to examine complementarity of various faulting phenomena on the plate interface after the 1946 Nankai earthquake.

For this purpose, we conduct inversion analyzes of geodetic data to estimate slip distribution during the coseismic (1929-1947), the postseismic (1947-1964), and the slow-slip periods (1997, 2003, 2009-2010). We apply the same geodetic inversion code with the same three prior constraints: 1) the slip distribution is smooth, 2) the slip direction is in accordance with the plate motion, 3) the low frequency tremor distribution delineates the deeper limit of the fault slip. Relative weights of prior constraints are determined by the ABIC minimum criterion.

As a result, the coseismic slip of the 1946 Nankai earthquake occurred shallower than 20km depth. The afterslip occurred at the deeper extension, in the depth range of 20-30km, beneath the central as well as the eastern Shikoku. On the other hand, the slow slip events occur at the depth of 20-40km to the west, and the slow slip area does not overlap with the afterslip distribution. Based on this analysis, we conclude that the slow slip and the afterslip are spatially separated. Since the 1946 afterslip and the Bungo Channel slow slip events occur in the same depth range, the variability in slip behavior and thus the frictional properties may be ascribed to the dip angle or some other structural features such as the amount of oceanic sediments, rather than the temperature.

キーワード: 四国, 南海トラフ, 南海地震, 余効すべり, スロースリップ

Keywords: Shikoku, Nankai Trough, Nankai earthquake, afterslip, slow slip event

SCG063-06

会場:201B

時間:5月26日 15:30-15:45

西南日本下の断裂したフィリピン海プレート Split Philippine Sea Plate beneath Western Japan

井出 哲^{1*}, 汐見 勝彦², 望月 公廣³, 利根川 貴志³, 木村 学¹
Satoshi Ide^{1*}, Katsuhiko Shiomi², Kimihiro Mochizuki³, Takashi Tonegawa³, Gaku Kimura¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 防災科学技術研究所, ³ 東京大学地震研究所

¹Dept. EPS, Univ. Tokyo, ²NIED, ³ERI, Univ. Tokyo

西南日本の地震、火山、地形発達を考える上で沈み込むフィリピン海プレートの形状は重要である。近年の研究によって中国地方や近畿地方の下にフィリピン海プレートが存在することが明らかになってきたが、本研究ではさらにそのプレートが近畿地方と中国四国地方の間、旧拡大軸に沿って断裂を起こしていることを明らかにする。この断裂はおそらくは2-4百万年前のプレート運動方向の変化がもとで始まったであろう。運動変化に伴いプレートは九州地方の下で西方から曲げられ、その弾性的な応答として中国地方の下で一端沈んだプレートを持ち上げるような変形が起きる。東の端が固定されている場合、この変形はプレート内の最弱部である旧拡大軸への応力集中を引き起こし、そこでプレートを断裂させると考えられる。

現在のプレート形状をプレート内部に発生する地震から外挿して推定すると、プレートが連続的だと仮定して外挿するより、旧拡大軸の東端に不連続があるとして外挿した方が変形領域と地震活動の対応がよい。この不連続 = 断裂面を挟んで沈み込むプレート内部の地震活動は顕著に異なるパターンを示す。また地震のメカニズム解も断裂面を挟んでパターンが異なっており、近畿地方のプレートが四国地方から分離するタイプのメカニズム解が多く見られる。さらにレシーバー関数を用いて海洋モホ面をイメージングすると、地震活動から外挿したのとよく似た不連続面を抽出することができる。以上の地震学的事実よりプレートは旧拡大軸に沿って断裂していることが強く示唆される。地震のメカニズム解の空間的变化から、この断裂は海溝軸の近くまで進行しているようである。

断裂の位置は近畿地方西部のヘリウム同位体異常地域の西縁にあたる。断裂面を通路としてマントルから地下水が上昇していることが示唆される。断裂に伴って中国地方ではプレートが上昇し、近畿地方ではプレートが下降する。この運動はマントルウェッジを媒介として地表での地形形成にも影響するだろう。例えば大阪湾の沈降はその表れと考えられる。隠岐の島の東方に見られる北北西走向の崖状の海底地形は丁度断裂面の延長にあたる。隠岐の島直下にもレシーバー関数イメージからプレートの存在が示唆される。2-4百万年前は西南日本の火山活動や地形形成史が大きく変化した時点である。この時期に地下でプレートの断裂が始まったとして西南日本の形成史を再検討する必要があるだろう。

西南日本のほとんどの第四紀火山はプレート運動が変化する前の火山フロントと断裂プレートモデルの75 km等深線の中に存在する。そしてこれらの火山の周囲では深さ30 km付近で内陸の深部低周波地震が発生している。近畿地方西部では周囲に火山のない深部低周波地震が発生しているが、これはプレート断裂面からの地下水上昇が起こっていると考えれば、深部低周波地震は火山同様、地下からの流体供給地点を表すとみなせる。過去50年、西南日本に発生したM6以上の内陸地震の震源はすべてこれら流体供給地点の20 km以内に存在し、さらに古い地震でも同様の傾向が見られる。この流体供給地点という概念を用いると、活断層分布から予測するより効果的に将来の内陸地震を予測できる可能性がある。

キーワード: フィリピン海プレート, プレート運動, レシーバー関数

Keywords: Philippine Sea Plate, Plate motion, Receiver function

SCG063-07

会場:201B

時間:5月26日 15:45-16:00

フィリピン海スラブの短縮変形から見た中部-西日本のテクトニクス Deformation of the Philippine Sea slab and its implication for tectonics of central and western Japan

深畑 幸俊^{1*}

Yukitoshi Fukahata^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹ DPRI, Kyoto University

東北日本や琉球弧など多くの島弧で見られるように、沈み込んだ海洋地殻つまりスラブは、通常あまり変形せずに海溝とほぼ平行な等深度線を描いて地球深部へと潜っていく。深発地震の発生などからも類推されるように、スラブは依然として弾性的な性質を保持していると考えられるので、変形が小さいということは歪みエネルギーの観点からも合理的である。

震源分布、レシーバー関数解析、トモグラフィーなどからフィリピン海スラブの形状が推定されている。フィリピン海スラブは、中部および近畿下で高い尾根や深い谷を作るなど大きく変形した特異な構造を示す。フィリピン海スラブがそのように大きく変形する理由としては、本州地殻のほぼ全域に及ぶ東西圧縮応力のためと考えるのが自然だろう。東西圧縮応力により、中部地方では主に横ずれ活断層が、近畿地方では主に逆断層が活発に動いている。つまり、中部地方や近畿地方下に沈み込んだスラブが、その上部に位置する地殻と同様に東西圧縮の応力を受け、変形に至ったと考えられる。同じ南海トラフに沿った沈み込みでも、中国・四国地方下ではスラブの変形は小さい。このことは、中国・四国地方では活断層の分布もまばらでその変位速度も全般に小さいことと整合的である。

これらのことから、フィリピン海スラブの変形から逆にその上部に位置する地殻の変形が見積もれるのではないかと考えが生まれる。そのメリットは、初期地形の単純さである。島弧地殻は通例長い履歴を背負った複雑な存在である一方、海洋スラブは沈み込む前はほとんど変形していない単純な平板に近い構造だった筈である。つまり、フィリピン海スラブに現在見られる変形は、全て沈み込み開始後に被ったものと考えることができる。

そのようなことを念頭に置いてフィリピン海スラブの形状を観察すると、以下のような特徴が見られる。(1) 紀伊水道を境に東側では変形が大きい一方、西側では変形は小さい(既述)。紀伊水道よりも東側でも、(2) 海岸線より前弧側では変形は小さい。(3) その一方、海岸線から日本海側に向かって変形量が徐々に大きくなる。

南海トラフ周辺におけるフィリピン海プレートのユーラシアプレートに対する収束方向と速度は、北西から西北西に4 - 4.5 cm/yrである。さらに、南海トラフから海岸線までの収束方向に沿った距離が120 - 130 km程度であることから、前弧部分のスラブは最近約3 Maに沈み込んだものと言える。一方、約3 Ma以前は、フィリピン海プレートの収束方向が大体北北西だったと考えられている。おおよそ御前崎、志摩半島大王崎、室戸岬、足摺岬を一直線に結ぶ直線の走向は西南西であり3 Ma以前のプレート収束方向とちょうど直交する。そこで、その直線およびその直線から北北西に約45 kmおきの平行な直線上でフィリピン海スラブが東北東-西南西方向にどれだけ短縮したかをHirose et al. (2008)のスラブ等深度線図を基に簡易に見積もった。ここで、45 kmというのは、プレート収束速度が仮に現在と同じならば、約1 Maの間の収束距離に相当する。その結果、南側の直線から北に向かって、約1 km, 8 km, 9 km, 20 kmという結果が得られた。但し、Hirose et al. (2008)のコンターが途中で切れてしまっているため、3番目以降の直線では、紀伊半島から大阪盆地下のスラブの谷で表される短縮の効果がその西半分を中心に大きく過小評価されてしまっている。その効果を加えれば、3番目の直線における短縮量は10 kmを大きく越える。4番目の直線では、同じくその効果が欠けている一方、直線の北東端付近でのスラブの急激な落ち込みにより短縮量が稼がれてしまっている。例えば、Ide et al. (2010)の等深度線図では、それほど急激なスラブの落ち込みはない。結局まとめると、紀伊水道以東の海岸線よりも北側において、フィリピン海スラブは1 Maに5 - 10 kmくらい短縮していると考えられる。

高橋(2006)が指摘するように、太平洋・フィリピン海・ユーラシアプレートの3重会合点の移動に伴う日本海溝の西進が本州弧の東西圧縮の原因であるのなら、東西圧縮応力は主に地殻を通して伝播されるので、上で見積もった短縮量は地殻短縮の下限を与えるだろう。また、Ide et al. (2010)が指摘した紀伊水道下におけるフィリピン海スラブの断裂が真であるならば、短縮量の見積もりはいくらか小さくなる(1 Maに3 - 7 km)。レシーバー関数解析等が進歩することによりフィリピン海スラブの形状がより正確に分かるようになれば、見積もりの精度も上がっていく。

キーワード: スラブ, 変形, フィリピン海プレート, 近畿三角帯, 中部日本

Keywords: slab, deformation, Philippine Sea Plate, Kinki triangle, central Japan

SCG063-08

会場:201B

時間:5月26日 16:00-16:15

関東から西南日本にかけての第四紀地殻変動：レビューと展望 Review and new perspectives on Quaternary tectonics from Kanto to southwest Japan

石山 達也^{1*}, 佐藤 比呂志¹
Tatsuya Ishiyama^{1*}, Hiroshi Sato¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ ERI, University of Tokyo

本発表では、沈み込むフィリピン海プレート (PHS) の上盤側にあたる関東から西南日本の変動地形・活断層・伏在断層の挙動や構造に関する研究成果のレビューを行い、これをふまえてプレート収束運動に関連した当地域の第四紀テクトニクスについて考察する。伊豆衝突帯の東側にあたる関東平野のうち、関東山地北東縁部には立川断層や深谷断層・綾瀬川断層といった逆断層が分布する。これらは概して平均変位速度が 0.1 mm/yr 前後と非常に遅く (須貝ほか, 2001; 石山ほか, 2005), 伊勢原断層と同様に関東山地の帯状構造とほぼ平行に分布する。反射法地震探査の結果 (山口ほか, 1998) によれば、立川断層は中新世の半地溝構造を限る正断層が逆断層として再活動しているものと考えられる。また、これらの断層の活動開始は比較的新しく、深谷断層では上盤側の傾斜不整合とその上位の成長層下部の年代 (須貝ほか, 2001) から中期更新世と考えられる。これに対して、関東平野北部の関谷断層はほぼ南北走向を有し、変位速度は 1mm/yr 程度とされ (推本, 2004), 関東山地縁部の活断層に比べて高速のすべり速度をもつ。関谷断層は八溝山地と日光山地の間に南北に伸びる顕著なブーゲー重力異常の急変帯に位置しており、北側の郡山盆地と同様に中新世に形成された南北走向の正断層の反転構造である可能性が高い。同様の反転構造はさらに南方の宇都宮まで認められる。これらの断層は足尾帯の帯状構造と平行であり、東北日本弧南端部の東西圧縮応力場により再活動したスラストであると考えられる。このような伊豆衝突帯から関東平野にかけての第四紀における地殻変動は、伊豆衝突帯の西側とは対照的である。伊豆衝突帯の西側にあたる伊那谷では、第四紀前期に伊那層の堆積が開始し (菅沼ほか, 2003), 北北東走向の伊那谷断層帯が活動を開始した。伊那谷断層帯の第四紀後期のすべり速度 (5 mm/yr; 阿部・池田, 1987) は、反射断面 (岡田ほか, 2007) でイメージングされた西傾斜のスラストの変位量から見積もられる伊那層堆積時の断層帯のすべり速度 (2 mm/yr) に比べてかなり速い。また、赤石山地東縁の糸魚川-静岡構造線南部は第四紀に再活動している (Ikeda et al., 2009)。加えて、飛騨山地では横ずれ活断層系が第四紀に活動を開始しており、そのすべり速度は 1mm/yr を超えるものが多い (松田ほか, 2004)。このように、PHS 上盤側では、伊豆弧の東西で主に活断層により消費される地質学的塑性ひずみ速度に顕著な地域的な相違がある。伊豆衝突帯西側における大規模逆断層帯の再活動・加速化や、飛騨山地での横ずれ活断層系の活動開始は、PHS の北西進の開始 (例えば岡村, 1988) に対応している可能性がある。また、近畿三角帯の広域堆積盆の形成・移動とこれに同期した逆断層運動は、北西方向に低角で沈み込む尾根状の PHS スラブが地殻と直接接することによる地殻のバックリングに起因する可能性がある (Ishiyama, 2004; Sato et al., 2007; 石山ほか, 2010)。なお、第四紀地殻変動については未解明の点がまだ数多く存在する。例としてあげれば、主に反射法地震探査により、関東平野下に伏在する活構造が存在することがわかっている (石山・佐藤, 2010) が、これらの分布・活動開始時期や平均変位速度については不明な点が多く、今後の高精度反射法地震探査を含めた検討が必要である。また、関谷断層などその位置や変位速度が分かっている主要な活断層についても活動開始時期や断層面の形状、反転構造の直接的な証拠などについて不明な点が多く、その理解には高精度反射法地震探査の実施が必要である。加えて、房総半島・関東平野・相模平野などにみられる長波長変動 (例えば貝塚, 1987) とプレート運動との関係についても今後検討を進める必要がある。また、PHS の先端は、瀬戸内火山岩類が噴出した中期中新世には現在と異なり島弧の帯状構造とより平行に分布していたと考えられる (Kimura et al., 2005)。このことは、当時より現在までの間に PHS スラブが褶曲変形を受けた可能性を示唆する。これに対する上盤側プレートの応答についても今後検討する必要がある。

SCG063-09

会場:201B

時間:5月26日 16:30-16:45

地殻・最上部マントルにおけるランダムな速度ゆらぎ及び内部減衰の三次元構造 ~ 次元圧縮に基づく地下構造の地球物理学的解釈 ~ Spatial distribution of random inhomogeneities and intrinsic attenuation in the crust and uppermost mantle

高橋 努^{1*}

Tsutomu Takahashi^{1*}

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

地殻や最上部マントルを伝わる数 Hz 以上の地震波は、伝播距離の増大とともに波形が崩れインコヒーレントな波群が卓越する。これらの波群の特徴は、地下の媒質が持つランダムな速度ゆらぎによって生じる多重散乱と内部減衰の効果を考慮することで定量的に記述することができる。近年、ランダム媒質中における波動伝播の理論的研究が進展するとともに [例えば, Saito et al. 2002, JGR], 微小地震の S 波エンベロープを用いて速度ゆらぎや内部減衰の三次元構造を推定するインバージョン法が提案されてきた [Takahashi et al. 2009 GJI; Takahashi, 2010 JPGU, SCG004-01]。速度ゆらぎ分布を推定するインバージョン法の大きな特徴は、S 波初動到達から最大振幅到達までの時間差 (ピーク遅延時間) をデータとして用いることで、内部減衰の影響をほとんど受けずに散乱による波形の崩れを定量化し解析している点である。その結果、ピーク遅延時間解析の結果に基づいて直達波の散乱減衰を数値的に評価することが可能となり、多重前方散乱では説明できない減衰項として内部減衰のイメージングも可能となる。例えば、東北日本において推定された速度ゆらぎは、第四紀火山群下や日高西部の微小地震活動が活発な領域付近で速度ゆらぎが大きいという特徴を示す。これら二つの領域ではスペクトルの勾配が顕著に異なり、第四紀火山群下ではスペクトルの勾配が緩やかで、短波長で特に速度ゆらぎが大きいという特徴を持つものに対し、微小地震活動が活発な領域では、スペクトルの勾配が急峻で、速度ゆらぎが長波長側でも大きいという特徴を示す。また東北日本における内部減衰構造は、第四紀火山群下で特に強い減衰 ($1/Q \sim 1/300$ at 4-8Hz) を示す。火山フロント前弧側では概ね弱い減衰 ($1/Q \sim 1/1000$ at 4-8Hz) を示すが、高 V_p/V_s 領域などでやや強い減衰 ($1/Q \sim 1/500$ at 4-8Hz) が見られる。これまでに明らかになった速度ゆらぎ及び内部減衰構造と Matsubara et al. [2008] による速度構造を用いて次元圧縮を行うと、火山分布や地震活動などと対応する成分がそれぞれ明瞭に現れ、速度ゆらぎや内部減衰が媒質の特徴を抽出するのに重要な役割を持つことが分かってきた。本講演では、これまでに推定された速度ゆらぎや内部減衰の空間分布の特徴をまとめ、次元圧縮解析に基づき応力場などとの関係を議論する。

キーワード: 速度ゆらぎ, 内部減衰, 次元圧縮

Keywords: random inhomogeneities, intrinsic attenuation, dimension reduction

SCG063-10

会場:201B

時間:5月26日 16:45-17:00

稠密 GPS 観測結果から見る日本列島内陸部の変形様式

Characteristics of crustal deformation style of inland Japan deduced from dense GPS observation

鷺谷 威^{1*}

Takeshi Sagiya^{1*}

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹ Nagoya University

我々は、跡津川断層や糸魚川-静岡構造線断層帯など中部日本の活断層周辺で GPS 稠密観測を実施して詳細な地殻変動場を求め、断層の応力蓄積過程や内陸の変形過程を調査してきた。これらの観測結果から、GPS によって得られる測地学的な変形速度を地質・地形データから得られるより長期の変形速度と比較すると、同等ないし測地データに基づく変形速度が数倍程度大きいという結果が得られている。

この時間スケールによる変形速度の違いは、測定手法の違いを反映していると考えられる。すなわち、GPS データでは断層を挟んだ両側のブロックの広域的な相対運動を見ているのに対し、地質・地形データは断層線直上におけるずれの速度を対象としており、両者を直接比較するためには、地殻全体の变形様式を考慮する必要がある。すなわち、定常的に蓄積されるひずみが、地震時にすべて断層上に再分配される場合には両者は良く一致するはずである。このことは、断層の周囲で非弾性的な変形の寄与が小さいことを意味し、牛伏寺断層のように対象とする断層の周囲に他の断層がほとんど存在しない場合に相当する。また、プレート境界の横ずれ断層のように、断層と周囲のブロックの間に明確な強度差がある場合にも、すべての変形が断層上に集中するため、両者は良く一致する。

これに対して、日本列島の活断層の多くでは、定常的な地殻変動のかなりの部分が、地震間のうちにブロック内の非弾性変形として賄われ、断層ではブロック運動の一部しか解消していない可能性が高い。こうした状況が生じるには断層の地震発生間隔が数千年以上と長いことが必要だと考えられる。

こうした考察からは、内陸部の地震活動を評価する際に、断層面外における非弾性変形の寄与を考慮することの重要性を示唆する。そうした場合に、測地学的変形速度と地質学的変形速度を地殻内における非弾性変形の指標として利用できる可能性がある。

キーワード: 地殻変動, GPS, 平均変位速度, 活断層, 応力蓄積, 非弾性変形

Keywords: crustal deformation, GPS, slip rate, active faults, stress accumulation, inelastic deformation

SCG063-11

会場:201B

時間:5月26日 17:00-17:15

プレートの沈み込みと圧縮により再現される日本列島内陸部の応力場 Stress fields in inland areas of the Japanese Islands reproduced by plate subduction and compression

長 郁夫^{1*}, 桑原 保人¹, 多田 卓¹
Ikuo Cho^{1*}, Yasuto Kuwahara¹, Taku Tada¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

日本列島を取り巻くプレートの沈み込みと地殻圧縮によって生じる応力蓄積レートの分布を、理論的に計算した。これにより、日本列島に見られる応力場の大局的分布の起源解明を試みた。

応力蓄積レートの計算は、Hashimoto and Matsu'ura (2006) と同様、プレート境界面上の dislocation による粘弾性応答の解析解を重ね合わせることで (佐藤・松浦, 1991) により行った。ユーラシアプレート、北米プレート、太平洋プレート、フィリピン海プレート間の相対運動速度は、NUVEL-1A モデル (DeMets et al., 1994) に基づき算出した。伊豆の衝突帯には、相対運動を与えなかった。太平洋プレートの沈み込み面の形状は防災科学技術研究所の J-SHIS モデル、フィリピン海プレートの沈み込み面の形状は Nakajima et al. (2009) のモデルに従った。粘弾性応答は、弾性-粘弾性の 2 層構造 (弾性層厚 40 km) を仮定した上で、Fukahata and Matsu'ura (2006) の解析解を用いて計算した。

個別のプレート沈み込み帯セグメントに対する計算の結果、沈み込み帯の前方内陸部には正断層型の応力場が形成され、側方は逆断層型、前側方は横ずれ型の応力場となる傾向が見られた。沈み込み帯前方の正断層型応力場は、プレートのベンディングの影響を明らかにした佐藤・松浦 (1991) の計算結果と一致している。

すべての沈み込み帯の影響を合算した結果、伊豆周辺とその前方では横ずれ型応力の蓄積が見られる一方で、その他の地域ではほぼ日本列島全域にわたり、正断層型の応力蓄積となった。これに対し現実の日本列島では

(i) 北海道東部から九州北部まで概ね東西方向の圧縮場

(ii) 東北日本の広い範囲で逆断層型、西南日本の広い範囲で横ずれ型の応力場

(iii) 西南日本でも、近畿三角帯の内部では例外的に逆断層型の応力場

等の特徴があることが、活断層調査や地震メカニズム解の解析等から知られている。すなわち上述の計算では、現実の応力場を再現できていない。

太平洋プレートの進行方向である N110E を軸とする、3 kPa/y の一様な圧縮応力レートを考え、上述の計算結果に加算した。これにより、正断層型応力場が横ずれ型に変化した。しかし、東北地方の逆断層型応力場を、まだ再現できなかった。

最後に、東北地方のみでの地殻短縮を仮定し、一様な東西圧縮応力場を加算する代わりに東北沖のプレート境界に圧縮直応力を与えた。その上で東北沖のプレート沈み込み速度を 25% 減じて再計算を行った。これは高橋 (2006) の仮説に基づく。この仮説では、フィリピン海プレートの西進に伴って伊豆・小笠原海溝が西進しており、それとともに日本海溝も速度 2-3 cm/y で西へ移動する。これによって東北地方は東方から水平圧縮され、またプレート間相対速度約 10 cm/y のうち正味の沈み込み速度は 7-8 cm/y に過ぎないことになる。本再計算の結果、東北地方が逆断層型の応力場に転じ、(i)-(ii) の特徴が全般的に満たされるようになった。こうして、日本列島の応力場は (1) 近隣のプレート沈み込み (2) 東北地方の圧縮・短縮という 2 つの要因を考え合わせることで、大局的な説明が可能であることが明らかになった。

謝辞 粘弾性応答の計算は深畑幸俊博士に頂いたプログラムを改造したものである。

キーワード: 応力場, 応力蓄積, プレートテクトニクス, 粘性, 衝突, 沈み込み

Keywords: Stress field, Stress accumulation, Plate tectonics, Viscosity, Collision, Subduction

SCG063-12

会場:201B

時間:5月26日 17:15-17:30

ホットでウェットな大陸リソスフェアで始まる背弧リフティング Back-arc rifting favoured by a hot and wet continental lithosphere

山崎 雅^{1*}, Stephenson, Randell A²

Tadashi Yamasaki^{1*}, Randell A. Stephenson²

¹ リーズ大学, ² アバディーン大学

¹University of Leeds, ²University of Aberdeen

リフティング過程がどのように始まるのかを知ることは、その過程がその後どう発達していくのかをより良く理解するうえで大切となる。これまでの多くの定量的モデルにより、“与えられた条件下での”リフティングの発達過程は、今では良く知られている [例えば, Braun & Beaumont, *Can. Soc. Petr. Geol. Mem.*, 12, 241, 1987; Takeshita & Yamaji, *Tectonophysics* 181, 307, 1990; Buck, *JGR*, 96, 20,161 1991; Huisman & Beaumont, *Geology*, 30, 211, 2002; Yamasaki & Stephenson, *J.Geod.*, 47, 47, 2009]。しかし、リフティングの始まりについては、リソスフェアの初期構造や原動力の起源や大きさが良く分かっていないことを理由に、普通は考えられることなくモデルの構築がなされてきている (速度境界条件モデルなどはその最たる例と言える)。

本研究においては、一次元の純剪断モデルを用いて、ヨーロッパ・テチス帯や西太平洋域における背弧盆地の沈降データから、背弧域でのリフティング過程の始まりやその後の発達過程が第一近似的にどう特徴付けられるのかを調べてみた [Yamasaki & Stephenson, *EPSL*, 277,174, 2009; *EPSL*, 302, 172, 2011]。背弧リフティングのみを取り扱うのは、その原動力が、沈み込むスラブの負の浮力に起因しているだろうと [e.g., Uyeda & Kanamori, *JGR*, 84, 1049, 1979; Uyeda, *Tectonophysics*, 81, 133, 1982]、他のテクトニックセッティングにおけるリフティング過程に比べて、格段に良く知られているからであり、それゆえに、リフティングの始まりの様子やその後の発達過程に関する我々の結果を、スラブの動的な振る舞いと関係付けて考察することもできるからである。

本研究において、沈降データから我々が導き出したことは、まず、大陸リソスフェアに作用する伸張力がある大きさに達した以降に、背弧リフティングが始まったのだろうということである。この結果にもとづいて、リフティングの始まりの時期を、沈み込むスラブの振る舞いと関係付けて考察し、大陸リソスフェアよりも大きな強度を持つ海洋リソスフェアを十分に変形できるほどに、スラブの負の浮力が大きくなった時点で背弧リフティングは始まるのだと結論付けた。

さらに我々が沈降データから導き出したことは、ひとたびリフティングが始まると、それを駆動する力の大きさは時間とともに減少しなければならないことである。このことは、リソスフェアが薄くなること (地温勾配の増加) による強度減少が地殻の薄化 (より軟らかい地殻物質がより硬いマントル物質に置き換わること) や熱拡散 (上昇した地温勾配の熱的緩和) による強度増加を上回るほどに、リフティング過程が速やかに進行したことを示している。スラブが大陸域にもたらしうる力の大きさの範囲内で (<~7 TN/m) [例えば, Bott et al., *Tectonophysics*, 170, 1, 1989; Bott, *Tectonophysics*, 200, 17, 1991; Schellart, *GRL*, 31, L07611, 2004]、そのような大陸リソスフェアの伸長変形を得るには、大陸における熱的リソスフェアの厚さが 125km よりも十分に薄く (~90km)、しかもウェットなレオロジー状態である、という二つの条件が満たされていなければならないことが分かった。

堆積盆地の形成はしばしばテクトニックセッティングごとに論じられるが、そのような分類にもとづく議論においては、それぞれのセッティングにおける原動力の大きさやリソスフェアのレオロジーといった、リフティングのダイナミクスに関する明確な視点がほとんど存在しなかった [例えば, Ziegler & Cloetingh, *Earth Sci. Rev.* 64, 1, 2004]。本研究では、背弧リフティングがダイナミクスの見地からどのように特徴付けられるのかを記述することを試みた。我々の結果は、その力源が分かっているということからむしろより簡単なテクトニックセッティングであるとも言える背弧リフティングについてのみではあるが、その記述は他のより複雑なテクトニックセッティングにおけるリフティング過程を考察する一つの指針を与えうるものである。

SCG063-13

会場:201B

時間:5月26日 17:30-17:45

島弧地殻の非弾性変形と内陸地震の発生：基本的考え方 Inelastic Deformation of Island-Arc Crust and Generation of Intraplate Earthquakes: Basic Ideas

松浦 充宏^{1*}, 野田 朱美², 寺川 寿子³, 尾形 良彦¹

Mitsuhiro Matsu'ura^{1*}, Akemi Noda², Toshiko Terakawa³, Yoshihiko Ogata¹

¹ 統計数理研究所, ² 構造計画研究所, ³ 名古屋大学環境学研究科

¹Institute of Statistical Mathematics, ²Kozo Keikaku Engineering Inc., ³Nagoya University

地震は震源域に蓄積された応力が断層運動によって一気に解放される過程である。この点に於いては、プレート間地震とプレート内地震の違いはない。しかし、震源域の応力蓄積メカニズムは、両者で大きく異なる。プレート間地震では、プレート境界面の強い部分（アスペリティー）がすべり遅れることで震源域に応力が蓄積され、それが限界に達すると急激な断層運動（地震）がすべり遅れを解消するように発生する（Hashimoto & Matsu'ura, PAGEOPH, 2002; Hashimoto, Fukuyama & Matsu'ura, GJI, 2011）。この場合、震源域に蓄積された応力はほぼ完全に解放される。一方、プレート内地震では、震源断層の弱い部分（核形成領域）での先行すべりが周辺部に応力集中を作り出し、それが限界に達すると動的破壊が開始する（Matsu'ura, Kataoka & Shibasaki, Tectonophysics, 1992）。問題は、開始した動的破壊の進展/停止を支配する局所的な応力場はどのようにして形成されるのかということである。この問題の本質は、島弧地殻の非弾性変形とそれに伴う地殻応力の再配分にあると考える。日本列島域を対象とした地震の CMT データのインバージョン解析結果（Terakawa & Matsu'ura, Tectonics, 2010）は、島弧地殻の広域応力場がプレート境界及びプレート内造構造境界での長期に亘る力学的相互作用によって形成されたことを示している。一方、GPS データのインバージョン解析からは、地殻内の継続的な非弾性変形運動とそれに伴う応力変化が推定できる（Noda & Matsu'ura, GJI, 2010）。GPS データの非弾性歪み解析から得られた応力変化が広域応力場と同センスの領域では地震活動が高まり、逆センスの領域では低下するはずである。このような基本的考えに基づく内陸地震活動モデルの妥当性は、時空間点過程モデル（Ogata, JGR, 2004）による解析を通じて検証されるであろう。

キーワード: 島弧地殻, 非弾性変形, 応力再配分, 内陸地震, 地震活動

Keywords: island-arc crust, inelastic deformation, stress redistribution, intraplate earthquake, seismicity

SCG063-14

会場:201B

時間:5月26日 17:45-18:00

InSAR 時系列解析で捉えた新潟県中越地方の変形 Deformation in Niigataken-Chuetsu region by using an InSAR time-series analysis

福島 洋^{1*}, Hooper Andrew²

Yo Fukushima^{1*}, Andrew Hooper²

¹ 京都大学防災研究所, ² デルフト工科大・地球観測宇宙システム研

¹DPRI, Kyoto Univ., ²DEOS, Delft University of Technology

プレート収束帯には、時空間的に異なるスケールを持つ様々な変形様式が現れる。このような変形のパターンについて時空間的に詳しく調べることは、プレート相互作用の物理を知る上で基本的に重要である。定期的に撮像される衛星レーダ画像を多数使い、詳細な変動パターンを時間的に追跡できる InSAR 時系列解析は、このような目的に最適なツールである。本講演では、InSAR 時系列解析の一手法である PS 法を新潟県中越地方のデータに適用した結果について報告する。

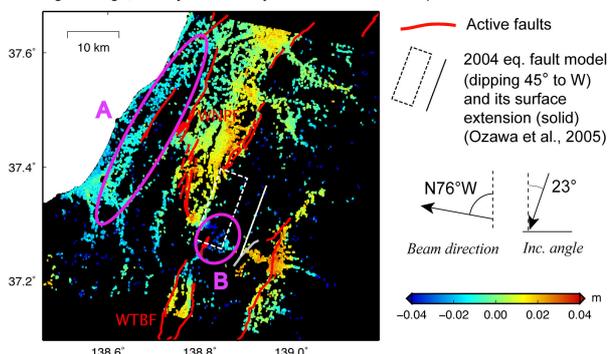
解析には、2004 年新潟県中越地震と 2007 年新潟県中越沖地震の間に撮像された ENVISAT 衛星のデータを 13 枚用いた。解析パッケージ StaMPS (Hooper et al., 2007, JGR) を用いて PS 解析を行ったところ、軌道データの誤差と大気ノイズに起因する長波長のノイズが見られたため、GEONET の日々の座標値データを用いて補正した。この補正により、融雪用の地下水汲み上げに起因する季節変化が長岡平野等で明瞭に検出された。さらに、テクトニックな変動シグナルを抽出するため、主成分分析を適用し季節成分を除去した。

二ヶ所で、テクトニック起因と考えられるシグナルが得られた。日本海沿岸部 (図の A) は、長岡平野西縁断層帯 (WNPF) 及び十日町盆地西縁断層 (WTBF) を挟んだ東側に対し、1cm/year というレートで衛星に近づくセンス (上東方向) の運動を示しており、これは北アメリカプレートに対するアムールプレートの運動と調和的である。つまり、この地域では長岡平野西縁断層帯がプレート境界となっていると考えて矛盾はない。また、2004 年中越地震の震源断層の南端付近 (図の B) では、~2cm/year という変動が得られている。この結果は国土地理院の水準測量結果と場所・変動量ともに調和的であるが、中越地震の余効変動を示していると考えられる。このパターンは、余効すべりで最もよく説明できる。

講演では、より長期間のデータを解析した結果も含めて報告する予定である。

謝辞: ENVISAT データは、欧州宇宙機関との研究利用協定 (CAT1 #4263) に基づき提供を受けました。国土地理院 GEONET の日々の座標値データを使わせていただきました。感謝いたします。

Range change, 19 days to 859 days after the 2004 earthquake



キーワード: InSAR 時系列解析, 新潟県中越地方, 新潟県中越地震, 新潟県中越沖地震, 新潟神戸歪集中帯, 地殻変動

Keywords: InSAR time-series analysis, Niigataken Chuetsu region, Niigata-Kobe Tectonic Zone, Crustal Deformation

SCG063-15

会場:201B

時間:5月26日 18:00-18:15

中部日本南東縁の地殻構造とアクティブテクトニクス

Crustal structure and active tectonics in the southeastern border of Chubu, Central Japan

伊藤 谷生^{1*}, 狩野 謙一², 小嶋 智³, 山北 聡¹³, 岩崎 貴哉⁴, 池田 安隆⁴, 佐藤 比呂志⁴, パナヨトプロス ヤニス⁴, 武田 哲也⁸, 深畑 幸俊⁵, 溝畑 茂治¹⁰, 阿部 進¹⁰, 菊池 伸輔¹⁰, 藤原 明¹¹, 村松 武⁶, 松島 信幸⁶, 河本 和朗⁷, 村田 和則¹², 津村 紀子¹, 早川 信¹, 古屋 裕¹, 佐藤 利典¹, 金田 平太郎¹, 朱里 泰治¹, 川中 卓¹⁰, 橋間 昭徳¹, 宮内 崇裕¹, 高橋 明久¹⁰
Tanio Ito^{1*}, Ken-ichi Kano², Satoru Kojima³, Satoshi Yamakita¹³, Takaya Iwasaki⁴, Yasutaka Ikeda⁴, Hiroshi Sato⁴, Yan-nis Panayotopoulos⁴, Tetsuya Takeda⁸, Yukitoshi Fukahata⁵, Shigeharu Mizohata¹⁰, Susumu Abe¹⁰, Shinsuke Kikuchi¹⁰, Akira Fujiwara¹¹, Takeshi Muramatsu⁶, Nobuyuki Matsushima⁶, Kazuou Kawamoto⁷, Kazunori Murata¹², Noriko Tsumura¹, Makoto Hayakawa¹, Hiroshi Furuya¹, Toshinori Sato¹, Heitaro Kaneda¹, Yasuharu Shuri¹, Taku Kawanaka¹⁰, Akinori Hashima¹, Takahiro Miyauchi¹, Akihisa Takahashi¹⁰

¹ 千葉大学, ² 静岡大学, ³ 岐阜大学, ⁴ 東京大学, ⁵ 京都大学, ⁶ 飯田市美術館, ⁷ 大鹿村中央構造線博物館, ⁸ 防災科学技術研究所, ⁹ 地震予知総合研究振興会, ¹⁰ 地球科学総合研究所, ¹¹ ジオシス, ¹² サンコーコンサルタント, ¹³ 宮崎大学
¹ chiba University, ² Shizuoka University, ³ Gifu University, ⁴ University of Tokyo, ⁵ Kyoto University, ⁶ Iida City Museum, ⁷ Oshika Median Tectonic Line Museum, ⁸ NIED, ⁹ ADEP, ¹⁰ JGI, ¹¹ GEOSYS, ¹² Suncoh Consultants, ¹³ Miyazaki University

中部日本におけるアクティブテクトニクス解明を目指して行われてきた深部地殻構造探査のうち 2008 年の南 - 中央アルプス横断深部構造探査 Southern and Central Japan Alps Transect (SCAT) データに対して、地球科学総合研究所が CRS (Common Reflection Surface) 法をさらに改良した汎用性の高い MDRS (Multi-Dip Reflection Surface) 法 (Aoki et al., 2010) を新たに適用したところ複雑な外帯構造のイメージングが相当程度改善された。これによって伊豆弧衝突帯北西方に位置する中部日本南東縁の基本的な地殻構造が一層鮮明となった。そのフレームは以下の 2 つよりなる。

第 1 に、ISTL 前縁の活断層群 (A-ISTL) は約 20 度西傾斜で地下に延長され、深度約 20 km まで追跡できる。この A-ISTL ならびにその地下延長 (以下単に A-ISTL) は外帯の下部構造ならびに ISTL 本体下部を切断し、その下位に中期中新世、フィリピン海プレート沈み込み開始以来の伊豆弧物質を沈み込ませている。その厚さは 40 km を越える。この A-ISTL はフィリピン海プレート沈み込み時の構造を保持し続けているものであり、現在の沈み込みと連動した逆断層タイプ微小地震を随伴し、かつ地表では活断層を形成している。

第 2 に、南アルプス西方を走る現在の中央構造線 MTL は、初源的なものではなく、ほぼ鉛直な赤石構造線 ATL (Kano, 1990) の延長である。この ATL は ISTL とともに中期中新世における日本列島屈曲を実現させる上で決定的役割を担った数 10 km に及ぶ左横ずれ変位を与えている。ISTL は前述のようにその下部を浅所で A-ISTL に切断されて活動性を失っているが、MTL-ATL は地表活断層とはならないものの、依然として左横ずれタイプ微小地震群を地下で随伴している点で本質的に活動的である。

以上のフレームは、中部日本南東縁、南 中央アルプス周辺のテクトニクスがフィリピン海プレートの運動に強く支配されてきたという Kano(1990) のモデルを支持する。また、伊豆弧の衝突は上部地殻浅部の現象に限定されており、伊豆弧物質の圧倒的部分は本州弧の下に沈み込んでいることが示唆される。

キーワード: 糸魚川静岡構造線, 反射法地震探査, 伊豆衝突帯, 日本列島屈曲, 中央構造線, 赤石構造線

Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, seismic reflection survey, Izu collision zone, bending of the Japanese island arc, Median Tectonic Line, Akaiishi Tectonic Line

SCG063-16

会場:201B

時間:5月26日 18:15-18:30

伊豆半島北東部収束テクトニクスにおける丹那断層の意義

Significance of the Tanna Fault in the convergence tectonics around the northeastern Izu Peninsula

吉田 明夫^{1*}, 原田 昌武¹, 小田原 啓¹

Akio Yoshida^{1*}, Masatake Harada¹, Kei Odawara¹

¹ 温泉地学研究所

¹ Hot Springs Research Institute

丹那断層は50万年にわたって1000年に2mの左横ずれ運動をしている活断層である (Kuno, 1936)。足柄平野を挟んで東側には右横ずれ成分を持ちながら1000年に2-3mの逆断層運動をしている国府津 松田断層が存在する。本報告では、丹那断層もその東側が西側に相対的に落ちていく縦ずれの動きを持っていることを示す新たな証拠を提示して、これら二つの断層で挟まれた領域が浮揚性沈み込みをしているという考えを提案する。

鈴木 (1971) は、箱根火山の東側斜面の方が西側斜面よりも傾斜角が大きいことを示して、それは箱根火山が東へ傾動したことを表していると推定した。われわれは、50mメッシュのデジタル高度データを用いて伊豆半島北東部の傾斜角を各メッシュについて求め、傾斜の東西での違いは箱根火山だけでなく、その北側及び南側地域でも見られること、そして丹那断層がその傾斜の違いの境界になっていることを見つけた。

丹那断層が左横ずれだけでなく、その東側地塊が西側地塊に対して沈降する縦ずれの動きを伴っていることは Kuno (1936) によって指摘された。しかし、丹那断層が縦ずれ成分を持つことの意義については、これまで、誰によっても考察されたことはなかった。われわれは、丹那断層の縦ずれと国府津 松田断層での逆断層運動は、それらで挟まれた地塊 (ここでは、真鶴ブロックと仮称する) が沈降しているとすれば理解できることに注目し、この沈降は真鶴ブロックがフィリピン海プレートに追従して浮揚性沈み込みをしていることを示していると考え。Tsuboi (1932) は、北伊豆地震による地殻変動を解析して、地震時に動いたのは丹那断層の西側地塊であったと推定している。この推定は、東側の地塊が定常的に北進していて、普段はそれに追従している西側のブロックが地震時に反発するという考えと整合的である。ただし、丹那断層及び国府津 松田断層の動きは、この地域におけるプレート相対運動の速度の10分の1くらいのものであるので、真鶴ブロックがフィリピン海プレートに乗ってそのまま動いているとは考えられない。この動きの差は、いわゆる小田原地震の震源モデルを考察する上で手がかりとなるかもしれない。

キーワード: 伊豆半島, 丹那断層, 国府津 松田断層, 箱根火山, 傾斜, 浮揚性沈み込み

Keywords: Izu Peninsula, Tanna fault, Kozu-Matsuda fault, Hakone volcano, Inclination, Buoyant subduction

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^{1*}
Takao Eguchi^{1*}

¹ 防衛大地球海洋学科
¹NDA, 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 6371km , $130\text{-}140\text{Ma}$ の年代の海洋リソスフェアの弾性的層厚として 60km 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 10^3MPa , 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 1.6MPa , 座屈する海洋リソスフェアの年代を 30Ma 程度 (弾性層厚は約 25km) 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。

30Ma 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 30Ma 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 30Ma 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の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 100Ma 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、 100Ma 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 100Ma 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^{1*}, 山田 泰広², 中村 恭之³, 徳山 英一¹

Kazuya Naito^{1*}, Yasuhiro Yamada², Yasuyuki Nakamura³, Hidekazu Tokuyama¹

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

¹AORI, The University of Tokyo, ²Grad. Sch. of Eng., Kyoto University, ³IFREE, 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^{1*}, 長谷川 崇²

Yoshiyuki Tanaka^{1*}, Takashi Hasegawa²

¹ 東大地震研, ² 京都大学

¹ERI, University of Tokyo, ²Kyoto 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 3×10^{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^{1*}, 芦 寿一郎¹, 中村 恭之²
Takanori Ojima^{1*}, Juichiro Ashi¹, Yasuyuki Nakamura²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 海洋研究開発機構

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, ² 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^{1*}

Daisuke Ishimura^{1*}

¹ 京都大学・理・地球物理

¹ 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^{1*}, Kohn B.P.², 池田 安隆³, 狩野謙一⁴, 堤 浩之¹, 山田 国見⁵, 田上 高広⁶, 平田 岳史⁶, 白濱 吉起³
Shigeru Sueoka^{1*}, Barry P. Kohn², Yasutaka Ikeda³, Kenichi Kano⁴, Hiroyuki Tsutsumi¹, Kunimi Yamada⁵, Takahiro Tagami⁶, Takafumi Hirata⁶, Yoshiki Shirahama³

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

¹Geophys., Sci., Kyoto Univ., ²Earth Sci., Melbourne Univ., ³Earth & Planetary Sci., Tokyo Univ., ⁴Geosci., Sci., Shizuoka Univ., ⁵JAEA, ⁶Geol. & 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^{1*}, 小林 知勝², 古屋 正人³, 村上 亮⁴

Youichiro Takada^{1*}, Tomokazu Kobayashi², Masato Furuya³, Makoto Murakami⁴

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

¹DPRI, Kyoto Univ., ²GSI, ³Hokkaido University, ⁴ISV, 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

SCG063-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

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^{1*}, 鷺谷 威¹

Kazuhiro Ozawa^{1*}, Takeshi Sagiya¹

¹ 名古屋大学

¹ 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^{1*}, 山口 和雄¹, 住田 達哉¹, 牧野 雅彦¹, 横倉 隆伸¹

Shinsuke Okada^{1*}, Kazuo Yamaguchi¹, Tatsuya Sumita¹, Masahiko Makino¹, Takanobu Yokokura¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ 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^{1*}, 山口 和雄¹, 住田 達哉¹, 牧野 雅彦¹, 横倉 隆伸¹

Shinsuke Okada^{1*}, Kazuo Yamaguchi¹, Tatsuya Sumita¹, Masahiko Makino¹, Takanobu Yokokura¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ 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。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¹, 平塚 晋也^{1*}, 佐藤 魂夫¹
Sou Sugawara¹, Shinya Hiratsuka^{1*}, Tamao Sato¹

¹ 弘前大学理工学研究科

¹Sci. 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^{1*}, 池田 安隆¹

Yoshiki Shirahama^{1*}, Yasutaka Ikeda¹

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻

¹ 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