

チベット高原北縁 Kumkol Basin の変動地形と表面照射年代

Tectonic geomorphology and surface exposure dating of the Kumkol basin in the north-eastern margin of the Tibetan Plateau

白濱 吉起^{1*}, 池田 安隆¹, 何 宏林², 傅 碧宏³, 狩野 謙一⁴, 越後 智雄⁵, 宮入 陽介⁶, 横山 祐典⁶

SHIRAHAMA, Yoshiki^{1*}, IKEDA, Yasutaka¹, Honglin HE², Bihong Fu³, KANO, Ken-ichi⁴, ECHIGO, Tomoo⁵, MIYAIRI, Yosuke⁶, YOKOYAMA, Yusuke⁶

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 中国地震局地質研究所, ³ 中国科学院地質・地球物理研究所, ⁴ 静岡大学理学部, ⁵ 財団法人地域地盤環境研究所, ⁶ 東京大学大気海洋研究所

¹Earth & Planetary Science, The University of Tokyo, ²Institute of Geology, China Earthquake Administration, ³Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences (IGGCAS), ⁴Faculty of Science, Shizuoka University, ⁵Geo-Research Institute, ⁶Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

チベット高原はインドプレートとユーラシアプレートの衝突により、現在も成長を続けている。その成長は上方ではなく、安定大陸を巻き込んで側方へと拡大していることが分かっている。その拡大メカニズムは南縁-南東縁については近年明らかにされつつあるが、チベット高原北縁である Kunlun 山脈と Qaidam Basin の境界における拡大メカニズムについては不明な点が多い。そこで、我々は側方拡大によって高原化しつつある領域と見られる Kumkol Basin に着目した。この盆地はチベット高原（標高約 5000m）と Qaidam Basin（標高約 3000m）の境界に位置し、標高的にも約 4000m と両者の中間にあたる。Kumkol Basin の中央には東西方向の波長 40km を越える大規模な複背斜構造（Kumkol Anticlinorium）が存在する。この地形はその波長の規模から地殻深部の変形または断層運動に起因するものと考えられ、拡大メカニズムの推定に重要な知見を与えることが期待される。

これまで、Kumkol Anticlinorium について、主にリモートセンシングによる解析を行ってきた。その結果、複背斜構造は主として東西方向の北傾斜の逆断層とそれに伴う Fault-propagation fold によって形成されていることが推定された。また、Kunlun 山脈を水源とする河川（Kaxaklik He）が複背斜構造を南から北へ横切っており、この褶曲の成長に伴って多数の段丘面（Kaxaklik 段丘）を形成していることが観察された。これらの河成段丘面を気候地形学的に解析したところ、最高位面は一つ前の氷期である 140ka に形成され、約 2.0mm/yr で隆起していることが推測された。

気候地形学的解析によって相対的な年代値を得ることが出来たが、より詳細な発達過程について議論するには、信頼性の高い絶対年代を得る必要があった。そこで、我々は現地調査を行い、年代測定のためのサンプルを採取した。本地域は植生に乏しく、¹⁴C による年代測定が困難と予想されたため、年代測定手法として、宇宙線照射生成核種（TCN）である ¹⁰Be と ²⁶Al を用いた表面照射年代法を使用した。非常にアクセスの困難な地域であったため、Kaxaklik 段丘の中心部には到達できなかったものの、その東端に位置する河成段丘（Bazarak 段丘）を調査することが出来た。Bazarak 段丘は Kumkol Basin 東縁に位置し、Kumkol Anticlinorium 上に発達した河成段丘である。Kaxaklik 段丘と同様に多数の段丘面が見られ、それらは南縁にある北傾斜の逆断層によって隆起し、北へ傾動している。両岸に発達した最高位面は Kaxaklik 段丘の最高位面と連続性が認められ、この段丘面の年代が Kaxaklik 段丘最高位面の年代を示していると考えられる。本発表では現地調査の結果と得られた Bazarak 段丘の年代について報告する予定である。

キーワード: チベット高原, Qaidam Basin, 変動地形, 表面照射年代, 第四紀後期

Keywords: Tibetan Plateau, Qaidam Basin, Tectonic Geomorphology, Surface Exposure Dating, Late Quaternary

低温領域の熱年代学的手法に基づいた赤石山脈の隆起・削剥史の検討 Uplift and denudation history of the Akaishi Range, central Japan: Constraints from 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, 田上 高広¹, 長谷部 徳子⁵, 田村 明弘⁶, 荒井 章司⁷
SUEOKA, Shigeru^{1*}, Barry P. Kohn², IKEDA, Yasutaka³, KANO, Ken-ichi⁴, TSUTSUMI, Hiroyuki¹, TAGAMI, Takahiro¹, HASEBE, Noriko⁵, TAMURA, Akihiro⁶, ARAI, Shoji⁷

¹ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ² メルボルン大学地球科学部, 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 金沢大学環日本海域環境研究センター, ⁶ 金沢大学フロンティアサイエンス機構, ⁷ 金沢大学理工学域自然システム学類

¹Earth & Planetary Sci., Sci., Kyoto Univ., ²Earth Sci., Melbourne Univ., ³Earth & Planetary Sci., Tokyo Univ., ⁴Geosci., Sci., Shizuoka Univ., ⁵Nature & Envir. Tech., Kanazawa Univ., ⁶Frontier Sci., Kanazawa Univ., ⁷Nature Sys., Sci. & Eng., Kanazawa Univ.

本研究では、赤石山脈の隆起・削剥史の解明を目的に、ジルコン (U-Th)/He 法 (ZHe 法)、ジルコン U-Pb 法、アパタイトフィッション・トラック法 (AFT 法)、ジルコンフィッション・トラック法 (ZFT 法) を適用した。ZHe 年代は粒子年代で 21.5~3.0 Ma、ジルコン U-Pb 年代は加重平均年代で 1076.3~12.3 Ma、AFT 年代は pooled 年代で 8.2~3.1 Ma、ZFT 年代は同じく pooled 年代で 109.4~5.6 Ma となった。ZHe 年代および AFT 年代は、最も若い年代値が後期鮮新世を示すことから、これらの若返りは、赤石山脈の後期鮮新世以降の隆起・削剥による岩体の上昇・冷却を反映していると考えられる。また、ZHe 年代は、中央構造線 (MTL) から糸魚川-静岡構造線 (ISTL) に向かって東方へ系統的な若返りを示しており、赤石山脈が東方から西方へ傾動しながら隆起していることを示唆する。ZHe 年代の若返りから、赤石山脈北部の MTL-ISTL 間では、山脈の形成以降、ほぼ全域で km オーダーの削剥が起こっている可能性が高い (30 /km の古地温勾配を仮定すると、MTL-ISTL 間のほぼ全域で 3.8~6.6 km、ISTL 近傍では >5.4~6.6 km)。これは、現在みられる山頂の定高性や侵食小起伏面の分布、あるいは山頂から伊那盆地へ連続するようにみえる緩やかな傾斜が、隆起開始前の地形の痕跡というよりは、山脈形成後の隆起と削剥の結果形成された二次的なものである可能性を示しており、赤石山脈の真の隆起量が、現在の山頂~盆地間の比高より数 km 大きい可能性を示唆する。また、先行研究による赤石山脈南部における FT 年代を含めた検討に基づくと、赤石山脈は、北部地域を中心とした後期鮮新世以降の隆起と、南部地域を中心とした約 1 Ma 以降の隆起の少なくとも 2 回の隆起ステージを経ている可能性が高い。それぞれの隆起イベントの原因としては、ISTL の逆断層活動と伊豆地塊の衝突が候補として挙げられる。

キーワード: 低温領域の熱年代学, (U-Th)/He 法, フィッショントラック法, U-Pb 法, 削剥, 赤石山脈

Keywords: low-temperature thermochronology, (U-Th)/He method, fission-track method, U-Pb method, denudation, Akaishi Range

GPSによる日本列島3次元時間変動 3D crustal deformation of Japan by GEONET

原田 靖^{1*}, 加藤 忠義¹

HARADA, Yasushi^{1*}, KATO, Tadayoshi¹

¹ 東海大学 海洋学部 海洋資源学科

¹School of Marine Science and Technology, Tokai University

日本列島は海溝の存在によって形成された。これは太平洋プレートがユーラシアプレートに沈み込むことで付加体や火山帯を形成したり、太平洋プレートやフィリピン海プレートがユーラシアプレートを押すことで陸地が隆起運動を起こすからである。海溝が無ければ日本列島は無く、地震も地殻変動も存在しないと言える。

この海溝の存在が引き起こす日本列島の変動は、国土地理院の約1400のGPS観測点からなるGEONETの観測によって大変詳細に分かるようになったが、ベクトル図や時系列のデータを見てもその時間変動を直感的に捉えにくいのも事実である。国土地理院ではGEONETの結果から得られたF3解を基に日本列島の地殻変動アニメーションを作成しているが、これはF3解で得られた水平変動量を40万倍に誇張し地形データに加算して作成した数枚の地形図であり、日本列島の地殻変動の詳細を理解する上で十分なものではない。

本研究では国土地理院のF3解を使い、同様な方法で垂直変動を含めた3次元時間変動の可視化を行った。時間分解能を上げるため30日分のデータを平均して月変動を求めた。これにより東北地方太平洋沖地震以前の日本列島の収縮運動や、地震後の余行変動を月毎により詳細に可視化することができた。また垂直変動を含めることで非常に特徴的な隆起・沈降変動の可視化も可能になった。求められた東北地方太平洋沖地震以前の日本列島の隆起・沈降量を、約100年の歴史がある水準測量のデータ、及び約200万年間の地質学的な隆起・沈降量と比較を行ったところ、定性的な日本列島の隆起・沈降変動の大局的特徴はどの時間スケールにも見られ、GPSデータと水準測量のデータは定量的にも調和的であることが分かる。

キーワード: GPS, 日本列島, 地殻変動, GEONET

Keywords: GEONET, crustal deformation, 3D, GPS

ココスプレートの沈み込み方向と中央アメリカ海溝で発生する逆断層型地震のすべり角の方向のずれ

Deviation of directions of rakes of thrust-type earthquakes along the MAT from subduction direction of the Cocos plate

片山 直子^{1*}, 吉岡 祥一²

KATAYAMA, Naoko^{1*}, YOSHIOKA, Shoichi²

¹ 神戸大・理学研究科・地球惑星, ² 神戸大・都市安全セ

¹Dept.of Earth and Planetary Sci., ²RCUSS,Kobe Univ.

メキシコ沿岸沖南西部の中央アメリカ海溝では、ココスプレートが北米プレートの下に沈み込んでおり、多くの海溝型地震が発生している。本研究ではココスプレートの沈み込み方向と、逆断層型地震のすべり角の方向について詳しく調べた。地震のデータは、ハーバード大学のCMTカタログを用い、1976年1月1日~2011年12月15日、Mw4.6~Mw8.0、深さ10km~50kmの逆断層型地震を抽出し、その数は184個であった。北米プレートに対するココスプレートの相対運動速度ベクトルは、NUVEL-1A、MORVELなどのプレート運動モデルによって決定されている。この地域で発生した逆断層型地震のすべり角の方向は、プレート運動モデルから予測される沈み込み方向から、反時計回りに5°~15°ずれているものが多いことがわかった。さらに、より厳密にプレート境界で発生している地震を選び出すために、プレート境界から±10km以内の深さで発生した地震を抽出した。それにより、対象となる地震は32個になった。これらの地震のすべり角が震源の深さ、Mw、年代、地域に依存するかどうかをローズダイアグラムを用いて調べてみたが、依存性は見られなかった。

プレート運動モデルによる沈み込み方向とプレート境界で発生する逆断層型地震のすべり角の方向との違いの原因を考える上で、ニカラグア、カスカディア、南海トラフやインドネシアといった斜め沈み込みが起こり、前弧スリバーが存在する地域と比較していくことが重要かもしれない。

日本近辺のプレート収束帯での巨大地震に見られる 18.6 年の周期性について About the 18.6-year periodicity observed in the occurrence of huge earthquakes of the plate convergence zones near Japan

末 芳樹^{1*}, Souchay Jean²
SUE, Yoshiki^{1*}, SOUCHAY, Jean²

¹ 所属なし, ² パリ天文台

¹No institution affiliation, ²Observatoire de Paris

1. はじめに

月と太陽による潮汐力が地震発生に際してトリガーとして働くことが知られている (Tanaka et al., 2004). これを潮汐トリガーという。月および太陽の運行は周期性を持つ為、影響を受けて発生した地震も同様の周期性を持つことになる。このうち長期に関しては 18.6 年サイクルの存在が、これまでも例えば南カリフォルニア (Kilston and Knopoff, 1983), 環太平洋のいくつかの領域 (Petukhin and Gusev, 2007), およびルーマニアの Vrancea 地域 (Souchay and Stavinschi, 1999) 等で複数の研究者により報告されている。

2. 日本の地震に於ける 18.6 年周期の調査

本論では、日本で発生した地震に関して 18.6 年サイクルの調査を行う。

2.1 方法

日本近辺のプレート収束帯で発生したそれぞれの領域で最大級の地震の発生間隔を調べる事とし、具体的には日本海溝の三陸沖、相模トラフおよび南海トラフを調べた。結果を以下に示す。

2.2 結果

以下に、歴史地震の名称、日付 (年/月/日)、およびそれらの 18.6 年サイクルとの比率を示す。

三陸沖

(検証地震: 明治三陸地震 1896/06/15 M8.5, 昭和三陸地震 1933/03/03 M8.1, 東北地方太平洋沖地震 2011/03/11 M9.0)
1933/03/03 - 1896/06/15 = 13409 日 = 36.71 年 = 1.97 x 18.6 年
2011/03/11 - 1933/03/03 = 28497 日 = 78.02 年 = 4.20 x 18.6 年

相模トラフ

(検証地震: 元禄地震 1703/12/31 M8.2, 大正関東地震 1923/09/01 M7.9)
1923/09/01 - 1703/12/31 = 80232 日 = 219.67 年 = 11.81 x 18.6 年

南海トラフ

(検証地震: 宝永地震 1707/10/28 M8.4, 安政南海地震 1854/12/24 M8, 昭和南海地震 1946/12/21 M8)
1854/12/24 - 1707/10/28 = 53748 日 = 147.16 年 = 7.91 x 18.6 年
1946/12/21 - 1854/12/24 = 33599 日 = 91.99 年 = 4.94 x 18.6 年

3. 結論

検証した 5 ケース、全てが 18.6 年の整数倍に近い値を示しており、周期性の実在が示唆される。誤差は、三陸沖および相模トラフで 18.6 年 x 0.2 = 凡そ +/- 4 年、南海トラフで 18.6 年 x 0.1 = 凡そ +/- 2 年である。尚これは、物理学的には同一方向から同一の潮汐力が掛かる状態での地震発生を意味する。

将来、相模トラフおよび南海トラフ域に過去の巨大地震と同様の潮汐力が掛かる期日は以下のとおりである。計算には、より詳細な値である 18.613 年を用いる。但し、当該領域の応力状態が不明であるので、これは大地震の発生を予測するものではない。

相模トラフ

1923/09/01 (大正関東地震) + 5 x 18.613 年 = 2016/09/24 +/- 4 年

南海トラフ

1946/12/21 (昭和南海地震) + 4 x 18.613 年 = 2021/06/03 +/- 2 年

SCG67-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 13:45-15:15

論者らは、本報で示すのは速報であり周期性の存在を論じるにはより厳密な検証が必要であることを認識している。

参考文献 (参照順):

Tanaka, S., M. Ohtake, and H. Sato, 2004, Tidal triggering of earthquakes in Japan related to the regional tectonic stress, *Earth Planets Space*, 56(5), 511-515.

Kilston, S., Knopoff, L., 1983, Lunar-solar periodicities of large earthquakes in southern California, *Nature*, 303, 21-25.

Petukhin, A., Gusev, A., 2007, 大地震のタイミング -月の 18.6 年サイクルによる応力蓄積過程の変動に関する統計的な検討, 日本地震学会講演予稿集 2007 年度 秋季大会, P2-103.

J. Souchay and M. Stavinschi, 1999, Study of the correlations between long-periodic terrestrial tides and occurrence of earthquakes in the Vrancea site, *Earth, Moon, and Planets*, 77(2), 105-124.

キーワード: 潮汐トリガー, 18.6 年

Keywords: tidal triggering, 18.6 years

島弧と海盆を形成し維持する力～なぜ西日本は海盆でないのか～ The power to form and maintain oceanic basin and island arc

間瀬 博文^{1*}

MASE, Hirofumi^{1*}

¹ 所属なし

¹ none

冷たいものを挟んだ両側の熱いものは互いに引き合う(2温度回転円盤理論)(1)。つまり高温帯同士が、その間に挟み込んだ低温の沈み込みプレートに常に締め付けている(2)。さらにこの時、高温帯で発生する電磁波が熱に変換し高温を維持・増強している可能性がある(3)。これがプレート間に起こる現象の主たる原動力であることを、実験の成果で補強しながら主張してきた(4)。

以下は「地震波トモグラフィによる地球内部構造、沈み込む海洋プレートスタグナントスラブ(Zhao, 2009)」(5)を題材として利用させて頂く。

日本海溝、伊豆・小笠原海溝に沈み込む太平洋プレート(B)には、その上側に位置する高温帯(A)と、傾斜部分の裏側(下側)の高温帯(C)が寄り添っている。北緯36度より北と南では様子が異なる。東北地方を通る断面図は単純明快で、(B)は日本海溝より沈み込み、その先端は朝鮮半島を越え大陸にまで及ぶ。しかし北緯35度では深さ300～400km辺りにあるはずの部分が欠損している。これを境に南下するほど(B)の傾斜は急になり、海溝から下に垂れ下がる状態となる。同時に、(C)は弱くなり、(A)は強いまま分厚くなっている。これは南方から移流しているからかもしれない。

(5)を分析すれば理論・主張の補強だけでなく、地形の存在理由まで説明が可能になる。

これまで、(A)(B)(C)による構成が、こうであったらこの部分にこんな力が作用するであろう、という検討を行ってきた(2)。今回初めて、(A)(C)に発生する力が(A)(B)(C)をどのように変形させるのかを考えたい。

イ.(A)と(C)が(B)を圧縮するので(B)は潰れて薄くなる可能性がある。実際に東北地方を通る断面では(B)のうち、(A)(C)に挟まれた範囲において真ん中あたりが薄くなっている。(北緯41.39,37度の断面、東経136～137度、深さ300km程度)

ロ.東北地方を通る断面での(A)は全体として東斜め下に引き込まれる力がかかる。(A)の東端では斜め下に進むことができないから、(B)に沿うように斜面を上昇するはずである。日本海の地下に相当する部分は濃い赤色となっている。日本海が陥没地形を保つのは東斜め下に引き込む力によるものと考えられる。また(B)に沿うように斜面を上昇する高温のマントルはマグマを発生させ、まさに火山の原因になるが、この上昇は陸地を創りそれを支えるメカニズムと思われる。以上は海盆と島弧の成因である。

ハ.ではなぜ西日本は沈没して海盆にならないのか。前述のように北緯35度では(B)が一部欠損しており東経137度以西では直接的でかつ顕著な斜め下向きの力は発生しない。これが大きな理由のひとつであろう。

ニ.(C)は西斜め上に引き上げられ(B)に寄り添い一部は斜めに下降しようとする。沈み込む青色のプレートの裏側でそれに沿うように、赤色の帯が不思議にも存在する理由はこれであろう。

ホ.(A)と(C)の中でも、すでにより高温である部分ほど発生する力が大きく、その力によりその部分が相対的に移動する可能性がある。より高温部分が、ある位置に集中していくことで、持続する顕著な高温帯を形成している可能性も考えられる。

(1) 間瀬博文 <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jepsjmo/cd-rom/2005cd-rom/pdf/s050/s050-004.pdf>

(2) 間瀬博文 <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jepsjmo/cd-rom/2007cd-rom/program/pdf/S149/S149-005.pdf>

(3) 間瀬博文 <http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/200902266622105618>

(4) 間瀬博文 <http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/201002269192904325>

(5) 鈴木昭夫 http://imss-sympo.kek.jp/2009/oral_ppt/03_5suzuki.pdf