

活動データの不確定性を考慮したBPT分布更新過程のベイズ型予測 Bayesian forecast with uncertain occurrence data in a BPT renewal process

野村 俊一^{1*}, 尾形 良彦¹

NOMURA, Shunichi^{1*}, OGATA, Yoshihiko¹

¹ 総合研究大学院大学

¹ Graduate University of Advanced Studies

活断層における繰り返し地震の予測にあたっては、過去の活動データの不足や不確定性といった問題が常に付きまとう。これらの問題は予測結果に大きな誤差をもたらすため、繰り返し地震の予測にあたってはモデルパラメータや不確定なデータに関する様々な可能性を考慮に入れる必要がある。そこで、繰り返し地震の将来確率予測を行うベイズ予測モデルを提案し、パラメータや不確定なデータに対する確率分布を考慮した予測を行う。

まず、モデルパラメータ（活動間隔の平均と変動係数）の不確定性に対しては、ベイズ統計の枠組みを更新過程に取り入れ、モデルパラメータの事前分布を導入および推定することとした。事前分布には幾つかの候補を用意し、赤池ベイズ情報量規準（A B I C）を最小にするものを採用した。さらに、他の活断層情報として、断層面における1回の地震による滑り量（U）と、年間の平均滑り量（V）を用いて推定される平均活動間隔 $T = U / V$ を事前分布に組み込んで平均パラメータの推定精度向上を図った。

次に、データの不確定性に関する問題が挙げられる。活断層の地質調査による地震活動の特定においては、地震の痕跡の前後にある堆積物から地震活動の年代を特定するため、地震活動時期は正確には特定できず、一定の幅を持って推定されるケースが多い。また、地震の痕跡が不明瞭な地層においては、地震の活動回数を特定できないようなケースも存在する。そこで、提案手法では更新過程の尤度関数により条件付分布を算出することで、各可能性の起こりやすさを議論する。

発表では、いくつかの活断層を例にとって提案モデルによる分析結果を示す。そのうちいくつかの結果は地震調査委員会の長期評価と乖離したものとなっている。地震調査委員会の評価手法でもパラメータとデータの不確定性はある程度考慮されているが、我々の提案手法では尤度関数による起こりやすさの重み付けを行っているために、評価結果やその信頼区間に差が生じていると考察される。

キーワード: 長期予測, 繰り返し地震, データ不確定性, ベイズ予測, BPT 分布, 更新過程

Keywords: long-term forecast, recurrent earthquakes, uncertainty of data, Bayesian forecast, BPT distribution, renewal process

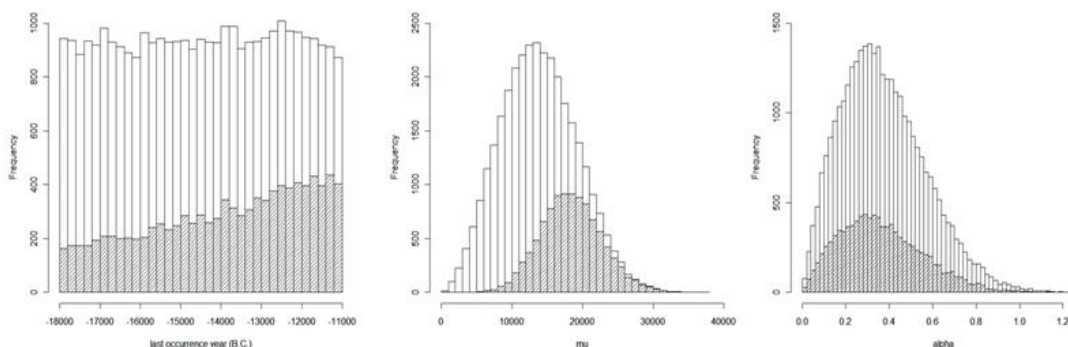


Figure: Samples from prior and posterior distribution for the last occurrence time, the mean inter-event time μ and the aperiodicity of inter-event time α in Tachikawa fault.

地形・地質学的情報に基づく強震動予測のための動力的震源モデル Dynamic rupture scenarios for strong ground motion prediction based on geomorphological and geological data

加瀬 祐子^{1*}, 関口 春子²

KASE, Yuko^{1*}, SEKIGUCHI, Haruko²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²京大防災研

¹AFERC, AIST, ²DPRI, Kyoto Univ.

地震動予測に用いる地震シナリオは、対象とする断層の個性を反映し、実現性の高いものである必要がある。そのため、地形・地質学的データに基づいて断層形状と応力場を想定し、その条件下で物理的に起こりうる破壊過程を数値計算で求めるという手順で、強震動予測のための地震シナリオを作成することを試み、大阪平野直下に位置する上町断層帯で発生する地震による強震動予測に適用した。

上町断層帯は、大阪平野の中央部にほぼ南北走向で位置し、長さは約45 km、約60度で東に傾斜する。この断層の破壊過程をシミュレーションするための応力場については、以下に述べるように、まず、想定される平均的なすべり分布モデルを作成し、これを応力場パラメータに変換、更に、高周波数域の地震動を生成するために必要な短波長の不均質を付加するという流れで設定する。初めに、反射法地震探査やボーリング調査などの結果、および、これらに基づいて作成された平野の堆積層構造モデル(堀川ほか, 2003)を用いて、上町断層帯の走向に沿った累積変位量の空間変化を求める。新淀川北岸での調査結果から、この地点での最新イベントによる地表上下変位量は1.6?1.9 m、最大約2.4 mと推定されている(杉山ほか, 2003)。これらのデータから、1回の地震で生じる地表変位量の平均像を作成し、走向方向のすべり量分布とする。傾斜角方向のすべり量分布は、予備的な動的破壊の数値実験により作成する。この段階で、新淀川北岸での最新イベントによる地表上下変位量を再現できる広域応力場を求める。テクトニックな応力場を考慮し、主応力は深さに比例、最大主応力の向きは東西方向、最小主応力の向きは鉛直方向で、大きさはかぶり圧に等しい、と仮定し、最大主応力の深さに対する比例係数と動摩擦係数を変えて数値計算をおこない、地表上下変位量が調査結果と調和する値を探索した。更に、地震発生層下端付近で破壊が自発的に停止するように、11 km以深の摩擦係数を調節した。以上のように求めた広域応力場と摩擦係数の深さ依存性を仮定して動的破壊過程を計算し、傾斜角方向のすべり量分布を得る。走向方向および傾斜角方向のすべり量分布を合成することで、長波長の不均質をもつすべり量分布の平均像を作成できる。次に、断層の地表トレースから傾斜角60度で面を張り、曲面で形状をモデル化した断層面上にこのすべり量分布の平均像を与えたときの応力変化分布をOkada(1992)により求め、これを静的応力降下量分布の長波長成分とする。応力降下量分布の短波長成分は、フラクタル的な不均質分布を作成する。それらを合成することで、それぞれ異なる乱数から作成された複数の静的応力降下量分布が生成される。最後に、応力降下量分布の不均質は水平方向の主応力の不均質によって生じると仮定し、応力降下量の走向方向成分と傾斜角方向成分から、断層面上の強度の不均質分布を求める。こうして得られた応力降下量と強度の分布を動的破壊モデルの応力場として用いる。それぞれの応力場モデルに対し、複数の破壊開始点を設定する。すべりに依存する摩擦構成則を仮定し、差分法(Kase, 2010)により動的破壊過程を計算する。応力降下量分布を作成する際に用いた乱数が異なることと破壊開始点を複数設定していることにより、破壊の広がり方や最終的なすべり量分布が異なる、多様な破壊シナリオを提供することができる。

謝辞: 本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C) 課題番号 21510190 として実施されました。

キーワード: 地形学, 地質学, 数値シミュレーション, 動力的震源モデル

Keywords: geomorphology, geology, numerical simulation, dynamic rupture

コンピュータシミュレーションを用いた1999年台湾ChiChi地震で出現した地震断層の基盤断層角の推定 Estimation of the bed rock fault angle of the earthquake fault which appeared in the 1999 Taiwan ChiChi earthquake using

安藤 広一^{1*}, 山崎 晴雄¹

ANDO, Koichi^{1*}, YAMAZAKI, Haruo¹

¹ 首都大学東京都市環境科学研究科地理環境科学専攻

¹ Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

大規模な断層運動が発生すると基盤の変位がそれを覆っている地層中に伝播し、地表に地震断層が出現することがある。地震断層が断層を作る場合には、その下で断層面に沿って地層が断ち切られている。一方、場合によっては断層面でなく緩やかな撓曲として地表に現れることがある(例えば、立川断層、伊勢原断層)。

撓曲の地下では地層が断層面で切られずに緩やかに撓み、連続性を保っている。

ところで、平野に発達する断層では、基盤の上を厚さ10m以上になる未固結な地層が被っていることがある。このような場合トレンチ調査ではトレンチを基盤まで掘り進めることができない。したがって、過去の地震によって生じた地表付近の地層のずれから基盤の断層傾斜角や、単位変位量を見積もっている。

そのため地表付近に断層のずれが現れず地表付近の地層が連続的に

変形している断層関連撓曲では活動履歴、断層傾斜角や単位変位量を決定することが困難である(Chen et al. 2007)。断層傾斜角や単位変位量を見積もることは、その断層運動によって将来発生する地震の発生時期やマグニチュードを推定する上できわめて重要な情報となる。たとえば、断層崖の高さをH、断層傾斜角を θ とすると、断層の変位量は $H/\sin(\theta)$ となる。発生する地震のマグニチュードは断層の変位量に比例するので(松田 1975)、断層傾斜角が低角なほど大きなマグニチュードの地震が発生することになる。また、断層傾斜角の決定はCFF(Coulomb Failure Function)を用いた活断層による地震発生確率の評価にも重要である。

1999年に台湾中央部で発生したChiChi地震では、95kmにわたって地表断層が出現した(Chen et al. 2007)。Chen et al. (2007)では地表断層ぞいのShijia siteにおいてトレンチ調査およびボーリング調査を行った。

さらにトレンチ調査では、複数回の断層変位によって形成されたと考えられる断層撓曲が現れた。ボーリングコアからは深度の異なる2箇所断層面とみられるShear zoneが確認された。その結果、撓曲の出現位置とShear zoneの位置関係から基盤の断層角は25°もしくは49°と推定している(Chen et al. 2007)。

そこで、本研究では基盤の断層角を25°、49°として基盤を覆う未固結な砂層の変形をコンピュータシミュレーションを用いて求め、トレンチによって観察された撓曲の形状と比較することによって基盤の断層角の決定を試みた。砂層の変形シミュレーションにおいてはダイレイタンスを考慮する必要があることがわかっている(Johansson and Konagai 2007)。断層においては、地層がダイレイタンスを考慮する必要がある砂かダイレイタンスを考慮する必要がないシルトかによって地表に断層が出現する位置が異なることがわかっている(河合・谷 2003)。

本研究では、地層変形の計算プログラムとしてSDSSC(The Stratum Deformation Simulation System using the CIP method)(Ando 2012)を用いている。SDSSCでは地層のダイレイタンスを考慮したCIP(Constrained Interpolation Profile)法によって断層による地層変形を計算することができる。

計算の結果、基盤の断層角は49°、地震時の断層の最大変位速度は1.25-1.5 m/sのモデルが妥当であると求められた。

キーワード: 地層変形シミュレーション, ChiChi地震, 地表地震断層, 断層撓曲, CIP法, ダイレイタンス

Keywords: stratum deformation simulation, ChiChi earthquake, surface rupture, fault flexure, CIP method, dilatancy

2011年4月11日福島県浜通りの地震で地表に現れたすべり面と断層破砕帯における元素分布の関係 Relationship of the surface slip plane ruptured by the earthquake in eastern Fukushima on April 11, 2011 and element dis

大谷 具幸^{1*}, 山下 光将¹, 小嶋 智¹, 若居 勝二², 各務 和彦²
OHTANI, Tomoyuki^{1*}, Mitsumasa Yamashita¹, Satoru Kojima¹, Shoji Wakai², Kazuhiko Kakamu²

¹ 岐阜大学, ² 日本原子力研究開発機構
¹Gifu Univ., ²JAEA

比較的最近に地震性すべりを生じた断層ガウジの鉱物学的、地球化学的特徴を明らかにすることができれば、基盤岩のみが露出する地域でも最近の地質時代に活動した断層ガウジを特定できるようになり、構造物の建設等への活用が期待される。一方で、基盤岩に発達する断層ガウジの場合、直近に位置する第四紀層の調査によって比較的最近に地震性すべりを生じたことがわかることがあるものの、すべり面の位置を正確に特定するのは容易ではない。2011年4月11日福島県浜通りの地震(M7.0)では既存の活断層である井戸沢断層に沿って地表地震断層が出現し、これに沿って断層ガウジが現れた。この断層ガウジの主要・微量元素組成等を調べ、最新のすべり面との関係を考察する。

地表地震断層の調査地点は福島県いわき市田人町黒田別当であり、阿武隈変成岩が分布する地域である。ここでは道路を横断して地表地震断層が出現した。断層面の姿勢はN6W80Wであり、西側が相対的に1.7m沈降する正断層である。断層面の表面から奥行き方向に55mmまでは容易にはぎ取ることが可能であり、ここまでが断層ガウジにより構成されると判断される。断層ガウジは断層面と平行な面ではがれるところがあり、奥行き方向に0~7mm, 7~15mm, 15~20mm, 20~55mmの平板状にはがして分析用に粉末試料を採取するとともに、組織観察用の試料を採取した。また比較対象として断層面から29m離れた地点にある未変形の片麻岩を採取した。

断層ガウジ試料と片麻岩試料について、薄片観察、SEM-EDX分析を実施した。断層ガウジと片麻岩に共通してフェロシュードブルッカイト(FeTi_2O_5)が含まれる。また断層ガウジの粉末試料を用いて、粉末X線回折分析、蛍光X線分析、ICP-OES分析、ICP-MS分析を実施した。粉末X線回折分析により、断層ガウジにはスメクタイトが認められる。蛍光X線分析では、すべり面に近づくにつれて SiO_2 は減少、 MnO 、 MgO は増加の傾向を示す。ICP-OES分析およびICP-MS分析では、As, Sb, Geがすべり面に近づくにつれて増加する傾向を示す。これらのうち、 MnO 、As, Sbの増加は根尾谷断層(沓名ほか, 2011)でも認められる現象である。すべり面における MnO の増加は以下のように解釈できる。断層破砕帯において断層ガウジには粘土鉱物が多く含まれることから、地表面付近の不飽和帯であっても地下水は地下水面から毛細管現象によって上昇すると考えられる。また、スメクタイトの繰り返し一面せん断試験より、せん断面の陽イオン交換容量が増加するとともにpHが上昇することが知られている(池田ほか, 2004)。よって、飽和帯の還元環境で地下水中に溶解している Mn^{2+} が断層ガウジを通して不飽和帯の酸化的環境に上昇している状態で地震性すべりが生ずることによってすべり面がアルカリ化してMnが沈殿すると考えられる。またAsはMnと類似したEh-pH条件下で沈殿する(Yamaguchi *et al.*, 2011)ことにより濃集したものと理解できる。今回のすべり面のみで MnO 、Asが濃集する理由として、過去の活動ではすべり面が地下水面以下に位置していたためにEhが低く地震性すべりを生じても沈殿しなかったが、その後の削剥によって現在観察できる断層ガウジが不飽和帯に位置するようになった状況ですべりを生じたために濃集したのであろう。このように井戸沢断層の断層ガウジを調べることにより、最新のすべり面に MnO とAsが濃集することが確認された。このことは、基盤岩からなる断層破砕帯であっても断層ガウジにおけるMnとAsの濃集の有無を確認することにより、最近に地震性すべりを生じたか確認できる可能性があることを示している。

引用文献

- 池田ほか, 2004, 地盤工学研究発表会発表講演集, **39**, 325-326.
沓名ほか, 2011, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SSS032-01.
Yamaguchi *et al.*, 2011, *Chemosphere*, **83**, 925-932.

キーワード: 井戸沢断層, 断層破砕帯, 最新すべり面, 主要元素, 微量元素
Keywords: Idosawa fault, fault zone, latest slip plane, major elements, trace elements

日本における活断層法適用の課題と対策 Problem to be solved in applying active fault law in Japan

岡本 敏郎^{1*}, 海野佑衣¹
OKAMOTO, toshiro^{1*}, Unno Ui¹

¹ 芝浦工業大学

¹ Shibaura Institute of Technology

1. 研究背景と目的

断層型地震は、プレート型に比べエネルギーは小さいものの、都市の近くで発生するために大きな被害を伴い、耐震補強のみならず断層による段差対策を検討しなければならない。日本と同じく地震が多発するカリフォルニア州では、活断層法を1972年に施行し、活断層の極く近傍では建設制限を行っているが、日本ではこのような規制はなされていない。そこで、カリフォルニア州活断層法の内容を検討し、活断層の近傍での建設制限を日本に適用したときの課題を分析した。

2. 研究方法

(1) カリフォルニア州活断層法の分析

活断層法と呼ばれる California Geological Survey-PRC Division 2, Chapter 7.5 (以下、カリフォルニア州活断層法とする) を翻訳し、カリフォルニア州における活断層周辺の構造物の扱い方について調査する。

(2) 日本における活動性の高い活断層の抽出と活動性評価

産業技術総合研究所『活断層データベース』より活断層の過去の活動時期、平均変位速度、平均活動間隔など情報を調べ、将来活動時期を算出し活動性の高い活動セグメントを抽出した。さらに『活断層詳細デジタルマップ』(東京大学出版会)による活断層の位置と周辺の一般地図情報を ArcGIS 上に載せ、上記活動性の高い活動セグメント周辺の構造物を調査した。将来活動時期の算出については下の式を用いた。

3. 主な結果

(1) カリフォルニア州活断層法の規制

カリフォルニア州活断層法を分析した結果、カリフォルニア州では活断層が発見された場合、断層線上または断層線から15m(50feet)以内に構造物を設置することは出来ず、既設及び新設構造物に対する規制があった。

(2) 日本における活断層周辺の状況

将来活動時期を算出した結果、今すぐ活動する可能性がある活動セグメントは、地震調査委員会が発表した東北太平洋沖地震で活動性が高まった5断層を加え、計14個について評価した。また、今回は活断層線から15m以内だけでなく、同活動セグメント内に存在する建築物と土木などの構造物を抽出した。その結果、今すぐに活動する可能性がある活動セグメントの断層線上または断層線から15m以内に存在する建築物とそれ以外の土木などの構造物は以下のようであった。活動セグメント毎に点構造物と線構造物の数を、また、またぐ場合の数を()内に示す、黒松内 23(0),7(6), 円田 坪沼 3(0),9(8), 山辺 26(2),4(3), 月岡 0(0),1(1), 立川 13(9),10(10), 三浦 112(8),12(10), 阿寺 119(3),4(3), 牛伏寺 32(3),10(10), 響庭野 22(1),5(5), 上町 312(38),30(25), 根来 23(0),6(6), 紀伊水道 30(1),1(1), 計 716(66),102(91)。

4. 考察

(1) 断層の特徴に伴う課題

日本に活断層法を適用した場合に課題となるものを3つに収約した。活動年代のデータ不足:現在、産業技術総合研究所の活動セグメントうち活動年代が判明しているものは約3割で、他の7割については早急に将来活動時期を解明する必要がある。15mの適用性:日本には正断層・逆断層が多いため、15m断層線両側に15mという規制を設けると大きな影響があり、15mの根拠を正確に示す必要がある。分岐断層・撓曲について:これらについて活断層法に記述がなく、日本では分岐断層・撓曲をさらに詳細に調査する必要がある。さらに分岐断層・撓曲の場合、規制する範囲を明確にする必要がある。

(2) 日本における検討手順と段差対策

カリフォルニア州の検討手順は、15m以内の既設構造物は耐震補強を行い、新設は禁止されている。また、日本はセグメント内に存在する構造物が大変多く、その中でも断層線をまたぐ構造物への対処が大きな課題である。そこで、活断層法を日本に適用した後の対策手順をまとめた。15m以内に既設構造物があり移転を伴う場合、「集団移転促進事業に係る国の財政上の特別措置等に関する法律」を適用する事ができるが、この法律は今まで災害発生後に適用されており災害発生前には適用された例はない。また、断層をまたいで回避する方法や、断層の型により踏掛板や吊橋で断層による段差をまたぎ、EPS工法で断層による段差をEPSで吸収して影響を緩和する方法などが考案されており、今後実用的提案が期待される。

5. 結論

今後活断層法を制定した場合、活断層年代、測定、規制範囲、断層の定義、を明確にし、さらに断層にある段差対策を検討する必要がある。

東北地方太平洋沖地震発生後の内陸地震活動とその意味

What controls the occurrence of inland earthquakes after the 2011 Tohoku-Oki earthquake?

岡田 知己^{1*}, 吉田 圭佑¹, 四ヶ所 健太¹, 高木 涼太¹, 長谷川 昭¹, 2011年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループ¹
OKADA, Tomomi^{1*}, YOSHIDA, Keisuke¹, SHIKASHO, Kenta¹, TAKAGI, Ryota¹, HASEGAWA, Akira¹, Group for the after-shock observations of the 2011 Tohoku-Oki earthquake¹

¹ 東北大・理・予知セ

¹RCPEV, Grad. Sch. of Sci., Tohoku University

Shallow seismic activity in the crust of the overriding plate west of the source area changed significantly after the 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake which ruptured the plate boundary east off northern Japan beneath the Pacific Ocean.

In order to understand the cause of the distinctive seismicity change of inland earthquakes, Okada et al. (2011) [1] precisely relocated earthquake hypocenters for several earthquake sequences following the Tohoku-Oki earthquake using the double-difference method. Hypocenter distributions were used to discriminate the fault plane from the auxiliary plane of the focal mechanisms for those earthquake sequences. Some of the plausible fault planes are not correlated the previously-known active faults around them. Some earthquake sequences were swarm-like and spatio-temporal migration of hypocenters of some earthquake sequences were observed.

We calculated Coulomb stress change on those fault planes caused by the Tohoku-Oki earthquake. In all cases, the estimated Coulomb stress changes at the plausible fault planes for those post-Tohoku-Oki sequences are positive. The positive Coulomb stress change is mainly due to the reduction of normal stress on the fault plane of the earthquake sequences caused by the large, low-angle thrust fault of the Tohoku-Oki earthquake. The present observations suggest the static stress transfer possibly triggered those post-Tohoku-Oki earthquake sequences.

We also estimated stress fields in inland areas of eastern Japan before and after the Tohoku-Oki earthquake by inverting focal mechanism data (Yoshida et al., 2011 [2]). Before the earthquake, sigma-1 axis was oriented EW in Tohoku but NW-SE in Kanto and Chubu regions. The stress fields changed after the earthquake in northern Tohoku and in southeastern Tohoku, where the orientations of the principal stresses seem to be approximately the same as the orientations of the static stress change associated with the earthquake. This indicates that differential stresses in these areas before the earthquake were very small. In Kanto and Chubu regions, principal axes of the stress perturbations caused by the M9 earthquake are almost parallel to the respective axes of the background stress field. This is probably the reason why conspicuous seismicity increase was observed there.

Okada et al. (2010) [3] estimated a detailed seismic velocity structure in the central part of NE Japan using data obtained from a dense temporary seismic network. They found distinct seismic low-velocity zone below the seismically active areas (the seismic belt) along the volcanic front and fore-arc region.

The post-Tohoku-Oki events were also relocated using the three-dimensional velocity structure. The post-Tohoku-Oki events also tend to be distributed above the edge of the seismic low-velocity zone in the lower crust. This seismic low-velocity zone in the lower crust corresponds to the high seismic attenuation zone (Shikasho et al. [2011] [4]). This suggests that inhomogeneous structure of viscoelastic structure and overpressured fluid distribution which appear as the seismic low-velocity / high attenuation in the lower crust are spatially related to the distribution of the post-megathrust events. Small background differential stress inferred from the stress change analyses could be due to the high fluid pressure. Spatio-temporal migration of hypocenters of some earthquake sequences can be interpreted as the result of fluid diffusion.

Not only the elastic stress transfer/change but also the inelastic deformation and/or fluid distribution are possibly important for understanding the interaction between the large subduction thrust ruptures and seismicity of inland earthquakes.

References: [1] T. Okada et al., *Earth Planets Space*, 63, 749 (2011). [2] K. Yoshida et al., *Geophys. Res. Lett.*, 2011GL0049729, in press. [3] T. Okada et al., *Earth Planets Space*, 62, 347, (2010). [4] K. Shikasho et al., *AGU Fall Meeting*, S41A-2174, (2011).

震源断層モデルの構築に向けて Constructing source fault models for the crustal earthquakes in Japanese Islands

佐藤 比呂志^{1*}
SATO, Hiroshi^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo

震源断層のモデル化は、強震動を予測する上で、また断層周辺の地殻活動を評価する上で重要な情報である。大規模な内陸地震は地表に断裂を発生させ、累積した変位を生じる。こうした特性を利用して活断層情報から発生する地震の規模を推定することができる。しかしながら、とくに2000年鳥取県西部地震、2004年中越地震、2008年岩手宮城内陸地震のように、地震の規模に比べて短い断層しか地表に表れない場合が多く、新たな震源断層の評価方法が必要となった。ここでは、とくに地質・地殻構造の情報を取り入れた、震源断層評価の試みについて述べてみたい。

褶曲断層帯の震源断層: 近年、新潟地域で発生した被害地震を受けて、地殻構造探査を含む総合的な調査が実施されてきた。この中で、日本海拡大時に形成された正断層がその後の反転によって、再活動して震源断層となっていること、リフト形成時に形成された横断断層がセグメント境界として重要な役割を果たしていること、泥岩層など層理面に沿って滑りやすい面の存在によってデタッチメントが形成され、震源断層と地表の活断層との関係が複雑になること、沈降を伴いながら早い堆積速度で埋積される場では、変動地形学的には認識できない伏在活褶曲・断層が形成されることなどが明らかになった。

火山噴出物下の活構造: 2008年岩手宮城内陸地震では、火山噴出物下に伏在する断層の問題が明らかになった。新期の火山噴出物に覆われた場合、変動地形的証拠が覆われて、認定が困難になる。富士山麓下には活断層は認識されていないが、構造探査の結果、伏在活断層の存在が明らかになってきた(佐藤ほか, 2012; 石山ほか, 2012 連合大会)。

上記の問題を踏まえて、よりよい震源断層モデルを構築するためには、変動地形のみに限らず、地質構造、重力、反射地震探査、震源分布、地震波トモグラフィーデータを総括的に検討し、断層モデルを構築していく必要がある。具体的には東北地方を例にして作製した断層形状モデル試案を作製した(佐藤ほか, 2012 連合学会ポスター)。今後、日本列島全域に拡大して断層モデルを構築していく必要があり、またこのような断層モデルの精度を上げるためには、精度の高い地下構造のデータを収集していくことが重要である。

北上低地帯西縁断層帯北部の浅部地質構造

Shallow geological structure in the northern part of the western marginal faults of the Kitakami Lowland, Japan

越谷 信^{1*}, 齋藤 真彦², 佐藤 比呂志³, 加藤 直子³, 阿部 進⁴, 東中 基倫⁴

KOSHIYA, Shin^{1*}, SAITO Masahiko², SATO, Hiroshi³, KATO, Naoko³, ABE, Susumu⁴, HIGASHINAKA, Motonori⁴

¹ 岩手大学工学部, ² 宮城県, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 地球科学総合研究所

¹ Fac. Engineering, Iwate Univ., ² Miyagi Prefectural Government, ³ ERI, Univ. of Tokyo, ⁴ JGI, Inc.

1. はじめに 東北本州弧北上低地帯西縁断層帯は、奥羽脊梁山地の東縁を画する断層帯で、ほぼ平行な複数の断層から構成されている。断層帯の北部地域では、隆起側に変成岩類や下部中新統が分布し、低下側ではこの下部中新統に対比される地層が温泉ポーリングにより深度約 1000 m で確認されており（大上ほか, 1988）、垂直落差は 1000 m 以上におよぶ。この断層帯の浅部構造を明らかにするため、北部地域において重力調査および 2 次元密度構造解析を行った。

重力調査は、岩手県矢巾町および紫波町において、東西方向のそれぞれ約 6 km（測線 1）と 5.3 km（測線 2）の 2 測線で行った。測線 1 は低下側の平野に分布する安山岩からなる小丘陵の近傍を通過して断層帯を経て隆起側の新第三系に至り、測線 2 は火成岩の地表分布の見られない地域を経て断層帯に至る。

2. 重力測定・解析 重力測定は LaCoste & Romberg 社製 G 型重力計（G824）を用いた。観測点間隔は約 200m で、総観測点数はそれぞれ 37 点および 31 点である。観測点の標高はトータルステーションにより測定し、水準測量の閉合誤差はいずれの測線においても 40 mm 以下である。

取得したデータの処理は、おおむね地質調査総合センター（2004）に従っているが、球面ブーゲー補正の補正範囲は、地形補正の範囲に合わせて、45km とした。また、ブーゲー補正および地形補正に用いた仮定密度は、調査地域の地質を考慮して 2100 kg/m³ とした。

3. 結果 ブーゲー異常は、測線 2 では、東から西に向かってほぼ単調に 20 mgal 減少するのに対し、測線 1 では、東から西に向かって数 mgal 減少し、安山岩の小丘陵付近で 3 mgal 程度増加し、その西側では断層帯に向かい約 8 mgal 減少し、断層帯の西側に向かって増加する。

4. 密度構造モデル 測線 2 におけるブーゲー異常の直線の変化がこの地域のトレンドをなすと仮定して、測線 1 のブーゲー異常値をトレンド補正し、モデル化した。モデルの作成は、Talwani タイプの多角形岩体による 2 次元重力場モデリングソフトウェア 2MODTM（FUGRO-LCT 社製）を用いた。モデルにおいて、地表地質や測線近傍の温泉ポーリングを考慮して、密度の異なる 3 層（第 1 層：2650 kg/m³、第 2 層：2500 kg/m³、第 3 層 2100 kg/m³）を仮定した。密度構造モデルにおいて、第 1 層は西側に分布する基盤岩および下部中新統に相当し、西傾斜の逆断層により第 3 層に衝上する形状をなす。第 2 層は安山岩の小丘陵付近で第 3 層中に貫入した形状を示す。鮮新統を褶曲させ、低位段丘面に変位を与えている断層は第 3 層中に存在する。今後、この断層の浅部構造について、表層地質やポーリングデータを用いて詳しく解析する予定である。

謝辞 矢巾町役場には、温泉ポーリング関連資料の閲覧および掘削試料の観察をさせていただいた。記して、謝意を表す。

文献

地質調査総合センター, 2004, 日本重力 CD-ROM, 第 2 版。

大上ほか, 1988, 地質学雑誌, 94, 141-143。

キーワード: 北上低地帯西縁断層帯, 重力異常, 活断層

Keywords: the western marginal faults of the Kitakami Lowland, gravity anomaly, active fault

神戸市三宮海岸通り周辺の伏在断層調査への地中レーダ・地層分布不連続解析の適用

Application of GPR and discontinuity analysis of bed distribution to a survey for hidden fault, Sannomiya, Kobe

宮田 隆夫^{1*}, 野尻野真栄²

MIYATA, Takao^{1*}, Mayu Nojirino²

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 神戸大学理学部

¹ Graduate School of Science, Kobe University, ² Faculty of Science, Kobe University

【はじめに】神戸港には和田岬断層が分布している(例えば, 藤田・佐野 [1]; 横倉ほか [2]; 岡田・東郷 [3])。和田岬断層は南の神戸港沖で大阪湾断層に繋がり, 北は新港第四突堤から新生田川河口付近を経て, さらに北東方向にのびている。一方, 小長井 [4] は, 三宮海岸通りを通る阪神高速3号線沿いの地質断面図(阪神高速道路公団資料)における海成粘土層の明瞭な段差の存在から, その地下に断層を推定している。その推定断層にはほぼ沿って, 兵庫県南部地震の地表変状が見られた(宮田・前田 [5])。そこで, 海岸通り周辺の地中レーダ探査とJIBANKUN [6] のボーリング柱状図の地層分布不連続解析を行い, その推定断層の分布を検討した。

【地質概説】神戸市三宮南西部は, おもに現世扇状地や旧河道沿, 自然堤防, 河成低地, 砂州, 埋立地に地形区分される(国土庁土地局 [7])。神戸 JIBANKUN のボーリング柱状図によると, 海成粘土層 Ma 1 2 (~ 135 kyr . 前) と Ma 1 3 (~ 9 kyr . 前) の他に, 砂礫層, 砂層, 腐植土層が発達する。Ma 1 3 層の上位に鬼界 - アカホヤ火山灰 (K-Ah , ~ 6.3 kyr . 前) が分布するので時々ボーリング資料に記載されている。

【解析方法】(a) 地層分布不連続解析は, ボーリング柱状図を任意のライン上に並べ, ボーリング柱状断面図を作成し, 特定の地層(とくに海成層)の底面の出現深度が急に異なる場合を見つけ, 断層を推定する方法である。本研究では, 「神戸 JIBANKUN」のボーリング柱状図をほぼ東西方向と南北方向のライン上に配列し, 大阪層群の海生粘土層 Ma 1 2 と完新世の海成粘土層 (Ma 1 3) の出現深度を調べた。一方 (b) 地中レーダ解析は, 得られた地中レーダデータを RADAN6 のソフトで解析し, 反射シグナルのパターンの変化から, 地下構造を推定する方法である。データは SIR-3000 システム (GSSI 社) と 100MHz のアンテナ 2 台を使用して得た。ワイドアングル測定を行い処理後の地中レーダ画像 (時間断面図) を深度断面図に直した。本研究では, 三宮海岸通り周辺の 7 測線で得た地中レーダデータの解析を行った。

【結果】東西方向のボーリング柱状断面図 (B 1 ~ B 4) には, Ma 1 2 層の下面をみると出現深度が有意に異なる場所がある。Ma 1 2 層の深度差 (落差) は B 3 (2 箇所) の落ちの合計と B 4 ではそれぞれ約 13 m になる。また Ma 1 3 層は B 6 , B 7 において, 3.5 ~ 4 m の落差を示す。一方, 南北方向のボーリング柱状断面図 (B 5) で, Ma 1 2 層は南に向かって漸移的に深くなる傾向を示すが, Ma 1 3 層については一部のボーリング柱状図にそれが示されていないので不明である。

他方, 南北方向の GPR 断面には水平な反射パターンがゆるやかに南側に傾斜する反射パターンへと変化している。これ変化は堆積物の撓曲状構造と解釈できる。この異常箇所は, 上記の Ma 1 2 層の有意な垂直落差がみられた範囲ともよく調和している。

【まとめ】地中レーダ・地層分布不連続解析で得られた異常箇所を繋げると, その一つは北東 - 南西方向の線状分布になり, 他の一つは南北方向の線状分布となった。前者は三宮海岸通りを北北東方向に横切る分布をし, 和田岬断層と並走する伏在断層と考えられる。この結果は, 小長井 [4] が示した推定断層を支持している。一方, 後者の線状分布は前者の分布とは斜交している可能性があり, 別の断層と考えられる。以上のように, 地中レーダと地層分布不連続解析の組合せ調査は都市の伏在断層研究に有効である。

【文献】[1] 藤田和夫・佐野正人: 科学, v. 66, p. 793-805, 1997; [2] 横倉隆伸・山口和雄・加野直巳・宮崎光旗・井川 猛・太田陽一・川中 卓・阿部 進: 地質調査所月報, v. 50, p.245-267, 1999; [3] 岡田篤正・東郷正美編: 近畿の活断層. 東京大学出版会, 395p., 2000; [4] 小長井一男: 地盤と構造物の地震工学. 東京大学出版会, 193p., 2002; [5] 宮田隆夫・前田保夫: 阪神淡路大震災 (地質環境と地球環境シリーズ), 3, 135-146, 東海大学出版会; [6] 神戸市: データベース「神戸 JIBANKUN」. CD-Rom, 神戸市, 2009; [7] 国土庁土地局: 阪神地区微地形区分図. 国土庁, 1999.

キーワード: 地中レーダ・地層分布不連続解析組合せ使用, 伏在断層, 撓曲状構造, 海成粘土層, 三宮 (神戸)

Keywords: Combined use of GPR and discontinuity analysis of bed, hidden fault, flexure-like structures, marine clay beds, Sannomiya (Kobe)

東海地域で発生した歴史的なスラブ内地震の地震規模 Magnitudes of historical intra-plate earthquakes in Tokai area

神田 克久^{1*}, 釜田 正毅², 武村 雅之¹
KANDA, Katsuhisa^{1*}, Masaki Kamata², TAKEMURA, Masayuki¹

¹ 小堀鐸二研究所, ² 鹿島建設

¹Kobori Research Complex Inc., ²Kajima Corporation

駿河湾以西の東海地域では、2011年東北地方太平洋沖地震の後の応力変化に伴い、現在プレート境界の巨大地震の発生の切迫性が指摘されている。一方、歴史的にみると、宝永、安政などのプレート境界の巨大地震の間にいくつかの被害地震の記録が残っている。この地域のフィリピン海プレートの境界は固着率が高く、巨大なプレート境界地震の間に規模の小さいプレート境界地震はほとんど発生していないため、これらの地震は大陸プレートの下に沈み込むフィリピン海プレート内部のスラブ内地震か内陸地殻内地震のどちらかと考えられる。特に、2009年8月11日の駿河湾で発生した被害地震のような新島 - 石廊崎 - 静岡構造線近傍の地震など、近年スラブ内地震の地震活動が注目されている。また、東海地域は密な観測が行われており多くのデータが収集されているとともに、歴史地震についても他の地域に比べ比較的データが多いと考えられる。本報告では東海地域での構造物の設計や地震防災のための想定地震を設定する上で重要な情報を得ることを目的として、震度データを中心として観測記録を総合的に勘案し、歴史的なスラブ内地震のその地震規模に着目して検討を行った。

スラブ内地震は、プレート境界地震や内陸地殻内地震に比べて地震規模の割に短周期地震動の励起が大きく、歴史地震については地震規模の割に人間の感じる揺れや被害が大きいため、スラブ内地震としてはマグニチュードが大きめに評価されている場合がある。著者らは、同じフィリピン海プレートの内部で発生した芸予地震・伊予地震(芸予地震)[橋・他(2008)]、豊後水道[神田・他(2008)]、九州・南西諸島[武村・他(2009)]の歴史的な地震について、震度データを用いて地震規模の見直しを行ってきた。ここでは、東海地域で発生したスラブ内地震の可能性のある過去に発生した被害地震についても、他の地域と同様に震度データに基づいて地震規模の見直しを行う。分析の対象とした地震の発生日(グレゴリオ暦)と地震規模[宇佐美(2003)]は、1589/3/21(M6.7)、1686/10/3(M7.0)、1841/4/22(M6.25)、1855/11/7(M7.0~7.5)、1857/7/14(M6.25)、1861/3/24(M6.0)の6地震である。この内1855年の地震は1854年安政東海地震の余震でプレート境界地震の可能性はあるが、ここではスラブ内地震として分析を行う。分析方法としては、この地域の最近のスラブ内地震の震度データを分析し、震度の距離減衰式および各地点での揺れ易さを表す相対震度を評価する。次に、分析対象の各地震に対して、最近の地震の震源メカニズムや既存の研究に基づいて断層面を仮定し、相対震度で補正した震度を用いてフォワード解析およびインバージョン解析を行い、誤差が最小となる地震規模を推定する。なお、断層面はプレート境界付近内部の地震発生層を考慮して深さを設定する。

まず、回帰分析して求めた距離減衰式についてフィリピン海プレートの内部の他の地域の距離減衰式と比較する。東海地域のスラブ内地震は、 $M=6.5\sim 7.0$ の範囲の同じ地震規模の地震の震度でみると、芸予地震、豊後水道および九州のスラブ内地震に比べて0.2~0.4小さく、短周期地震動の励起が小さいことが分かった。芸予地震、豊後水道および九州の地震は震源深さが40kmよりも深い地震が多いが、東海地域のスラブ内地震は震源深さが30km前後で浅いことが影響している可能性がある。

震度インバージョン解析および面震源によるフォワード解析によって得られた最適なマグニチュードは、プレート境界地震の可能性のある1855年の地震を除き、 $M6.7$ 以下となった。

キーワード: 震度インバージョン, 歴史地震, 短周期地震動, スラブ内地震, 地震規模, 東海

Keywords: seismic intensity, inversion analysis, historical earthquake, high frequency, intra-slab earthquake, magnitude

三重県内の文献史料からみた明応七年（1498年）の地震による安濃津の被害 The damage of the medieval port town Anotsu by earthquake in 1498 from historical materials in Mie Prefecture

奥野 真行^{1*}, 奥野 香里², 畑中重光³, 葛葉 泰久³

OKUNO, Naoyuki^{1*}, OKUNO, Kaori², Shigemitsu Hatanaka³, KUZUHA, Yasuhisa³

¹ 三重県, ² なし, ³ 三重大学

¹Mie Prefectural Government, ²none, ³Mie University

三重県内で今後考慮すべき被災パターンについて検討するため、明応七年の地震に注目した。過去繰り返し発生してきた南海トラフ沿いの巨大地震のうち、「最大級の津波」を伴っていたことを複数の既存研究が指摘し、かつ、伊勢湾内の被害様相がそれ以降の巨大地震と異なっているとされる地震である。まず、明応東海地震の二か月前に発生し、国内の広範囲で大きな揺れや被害の記録がある明応七年六月十一日の地震に関する県内史料を調査し、安濃津の被害について検討した。次に、これまでの研究成果とも総合し、三重県内での状況という視点から、明応七年六月の地震及び同年に発生した一連の地震の全体像を考察することを試みた。

はじめに、今回の県内史料調査で、『神社明細帳』の中に、「(前略)明應三年甲寅五月七日諸國大地震同七年戊午六月十一日又地震此ノ時當神社并二小丹ノ郷ノ人民更ニ小丹塩屋ニ遷移ス地震數日ノ間ニシテ遂ニ小丹ノ郷為逆浪化海(以下略)」との記述を発見した。これは、現在、津駅西方にある小丹(おに)神社の由緒に関する内容である。明応七年六月十一日に地震があり、小丹神社と小丹の住民は、小丹塩屋に移ったこと、移る数日の間に、逆浪(さかなみ)により、小丹の土地が海と化したことが記されている。「逆浪」という言葉から、このとき発生した事象に津波が関与していたことが示唆される。

明応地震で壊滅した港湾都市安濃津について述べた矢田(1996)が紹介している史料の中にも、明応七年六月の地震に関する記述が複数みられる。『大日本国誌』には、「恵日山観音寺 安濃郡津大門町ニ在リ(中略)往昔八今ノ津興村辺ニ在リシカ、明応三年庚寅五月七日・七年戊午六月十一日ノ地震ニ、土地海中ニ沈没セルヲ以テ、今ノ地ニ移ル(以下略)」とあり、また、西来寺の歴代の記録を編集した『龍宝山西来寺歴代記』には、三世の代の記録として、「寺地遷 明応七年午ノ六月ノ大地震ニ、元津ノ寺社・民屋、悉皆海潤ト成リヌ(以下略)」とある。恵日山観音寺と西来寺は、現在津市内にある寺院であり、いずれの記事からも明応七年六月の地震により、敷地等が海中に沈んだため、移転を余儀なくされたことがわかる。

これらの記述から、当時安濃津と呼ばれていた一帯は、明応東海地震ではなく、明応七年六月の地震によって、海中に没するような大きな地変が発生し、すでに大きな被害を受けていたことが推測される。

これまでの研究からは、明応七年六月十一日の地震での状況が明らかにされてきており、三重県周辺の地震記事も多い。津波に関して、都司(1980)は、豊橋市にある素戔鳴神社の流失記録から、当時神社が流失した場所で少なくとも3m以上の津波を推定しており、都司(1999)は、鳥羽市国崎の『常福寺文書』の記載から津波被害を、志摩市浜島町の『塩屋地下文書』の記録から、大きな津波があったことをそれぞれ想定している。また、都司(1980)、中村・西山(1998)、都司(1999)を参考にすると、京都、熊野三山、伊勢志摩、渥美半島にかけての広範囲で、特に申の刻頃を中心として強震動に関する記事が分布しており、これらは同一の地震によりもたらされた揺れであったと考えられる。

一方、飯田(1980)は、明応東海地震津波での溺死者が、伊勢大湊で5,000余人、伊勢志摩で約1万人であったことを紹介しており、三重県内で極めて大きな被害となっていたことがわかる。

これらを総合すると、明応七年六月十一日の大地震と八月の明応東海地震によって、三重県内は、広範囲が二度にわたって大きな揺れと大津波に襲われていたことになる。「最大クラスの津波」に加え、二か月余りの間に二度にわたって大きな被害を受けるというパターンは、三重県内で今後考慮すべき被災パターンの一つであると考えられる。

(引用文献)

- 飯田汲事(1980): 天正地震(1586)・明応地震(1498)の地震と津波災害について、自然災害資料解析, 7, 170-182.
中村操・西山昭仁(1998): 明応南海地震の存在について - 明応7年6月11日の地震の可能性, 歴史地震, 14, 193-199.
都司嘉宣(1980): 明応地震・津波の史料状況について, 海洋科学, 12-7, 504-526.
都司嘉宣(1999): 南海地震とそれに伴う津波, 月刊地球, 号外24, 36-49.
矢田俊文(1996): 明応地震と港湾都市, 日本史研究, 412, 31-52.

キーワード: 安濃津, 逆浪, 明応七年六月十一日の地震

Keywords: Anotsu, Sakanami, The earthquake of June 30, 1498

遠州灘・熊野灘撓曲およびその周辺の変動地形に関する考察 Discussion on the tectonic landform in and around the Enshu and Kumano trough

鈴木 康弘^{1*}, 杉戸 信彦¹, 渡辺 満久², 石黒 聡士¹, 松多 信尚¹, 中田 高³, 千田 良道¹

SUZUKI, Yasuhiro^{1*}, SUGITO, Nobuhiko¹, WATANABE, Mitsuhisa², ISHIGURO, Satoshi¹, MATSUTA, Nobuhisa¹, NAKATA, Takashi³, Yoshimichi Senda¹

¹ 名古屋大学, ² 東洋大学, ³ 広島大学

¹Nagoya University, ²Toyo University, ³Hiroshima University

遠州灘・熊野灘および紀伊水道における大陸棚外縁は、単に海域と陸域の地殻構造の境界というだけでなく、地形および地層に撓曲が認められ活構造である可能性が高い(鈴木,2004, 2010)。このことについては1970~80年代に既に指摘があった(茂木,1977, 中村,1985)が、その後はとくに注目されてこなかった。中田ほか(2009)は、海域の詳細な地形標高データを立体的に判読することにより、明瞭な撓曲地形と多数の地滑り地形を確認してこれを追認した。さらに遠州灘においては撓曲崖の部分に、非必定的に蛇行する海底谷が存在することから、遠州灘においては地形発達のにも撓曲が比較的新しい時期に発生し、活動を継続している可能性が高いことを指摘している。その後、遠州灘においても様々な海底探査が進み、ここでは大陸棚外縁を構成する中新統等の古い地層には必ずしも累積的な変形を示さないこと等から存在を確認できないとする報告もある。しかし外縁斜面は第四紀後期の地層の堆積面であることは明瞭に確認されることから、新しい時期における撓曲運動の存在は確実である。音波探査の深度不足等の問題がある。

この撓曲と地震との関係について、以下のような特徴的な現象がある。昭和の東南海地震と南海地震の際、撓曲より南側において岬の南方ほど高く跳ね上がる変形が生じた。紀伊半島では主に南海地震において隆起が生じた。東南海地震の直前の掛川の水準点異常の確認地点は遠州灘撓曲の東方延長に当たる。

さらに周辺陸域の地形的特徴として以下が注目される。遠州灘撓曲の東方延長において牧ノ原撓曲が確認され、MIS5eの海成段丘面に比高50m以上の変形が確認される(小池・町田,2001)。熊野灘撓曲の西端付近に位置する熊野市鬼ヶ城付近にかねてから地震性隆起の結果であるとされてきた海蝕地形がある。

本発表においては ~ を概説するとともに、 を検証するためにLiDAR計測を実施したため、その解析結果から熊野市付近の地震性地殻変動の可能性について考察を加える。

小池一之・町田 洋(2001):日本の海成段丘アトラス,東京大学出版会.

茂木昭夫(1977):日本近海海底地形誌,東京大学出版会.

中村光一(1985):日本全国沿岸海洋誌,東海大学出版会.

中田高ほか(2009):地震学会予稿集

鈴木康弘(2004):月刊地球,26,809-816..

鈴木康弘(2010):科学,80,779-781.

キーワード: 海底活断層, 撓曲, 地震性隆起, 海岸地形, 南海トラフ

Keywords: Submarine active fault, flexure, co-seismic uplift, coastal landform, Nankai trough

新しい相模トラフ沿いの海溝型地震像 房総半島完新世離水海岸地形の高度と離水年代の新知見から
Newly identified gigantic plate-boundary earthquakes occurring along the Sagami Trough, central Japan

遠藤 香織¹, 宮内 崇裕^{1*}

ENDO, Kaori¹, MIYAUCHI, Takahiro^{1*}

¹ 千葉大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

1923年の大正関東地震(M7.9)と1703年元禄関東地震(M8.1)に伴う顕著な海岸隆起をレファレンスとして、房総半島南部に発達する階段状の離水海岸地形の高度と離水年代の特定から相模トラフ沿いに発生した完新世古地震の復元がなされてきた。そのシナリオは、房総南端で5~6mの大きな隆起を産む“元禄型地震”が4回、その間に起こった10回前後の“大正型地震”(房総南端で1.8mの隆起)の組み合わせであった。しかし、石田(2001)が館山市香の沼面(標高20mほど)より高位の標高25.3mに隆起海食洞を発見して、採取した原地性サンゴ・貝化石から約5200年前という14C年代を報告したこと、宇野ほか(2008)が内房には外房と対比されない2つの海成段丘が存在する対比試案を示したことから、従来の離水海岸地形の区分・年代や関係した古地震の時空ダイアグラムについて再検討する必要性が生じた。本研究では、1/10,000大縮尺空中写真・1/2500地形図を用いた詳細地形判読を行い、現地調査により離水時期を知るための生物化石群集の採取とC14年代測定を行った。その結果、完新世離水海岸地形の高度と離水年代について新知見を得たので、それに基づく相模トラフ沿いの新しい海溝型巨大地震像を提示する。

(1) 内房地域: 比高数m以上を持つ完新世離水海岸地形のレベルは少なくとも7つ(T_i~T_{viii})認められた。館山市香において従来沼面とされたT_vの構成層(標高20m)から得た貝化石(アカガイの類)の14C年代は2540 ± 40 yBPを、T_vの基盤となっている地層内の原地性サンゴ(キッカサンゴ)のそれは6820 ± 40 yBPを示した。このサンゴは水深10mほどに生息することから(店崎, 2000MS), 約7000年前の潮間帯(海面)は標高30m付近の離水ベンチT_v形成期に対応する。これは、T_{ii}レベルの出野尾遺跡の海食洞穴(25.3m)から産出した穿孔貝(ニオガイモドキ)は5420年 ± 40yBPを示すことから支持される。

(2) 外房地域: 比高数m以上を持つ完新世離水海岸地形のレベルが少なくとも5つ(T₃~T₇)認められる。T₃は沼面相当であるが、標高が従来のそれより5m以上高く30mに達する。T₄とT₅は沼面を細分したものである。T₆とT₇は沼面と沼面にそれぞれ相当する。

(3) 離水海岸地形が地震性隆起に伴うものとする、完新世における大型の隆起地震は7~8つ、その中で内房から外房へ対比されるものは少なくとも4つである。これらの数と対比の相違は、大きな隆起を伴う巨大地震の間隔が従来の説より短いこと、3つのタイプの地震(房総半島全体を隆起させる地震、内房を中心に隆起させる地震、外房を中心に隆起させる地震)がepisodicに発生してきたことを示している。すなわち、相模トラフ沿いで起こる巨大地震の震源破壊域がいつも同じでないことを示唆する。

キーワード: 海溝型地震, 相模トラフ, 完新世離水海岸地形, 離水生物群集化石, 放射性炭素年代, 古地震

Keywords: plate-boundary earthquake, Sagami Trough, Holocene emerged shoreline topography, coral and shell fossil, radiocarbon date, paleoseisimology

福井県・浦底断層の完新世活動

Holocene faulting of the Urazoko Fault in Fukui Prefecture on the Sea of Japan

杉山 雄一^{1*}, 坂本 泉², 滝野義幸², 宇佐見琢哉³, 岸本弘樹⁴, 永田高弘⁴

SUGIYAMA, Yuichi^{1*}, SAKAMOTO, Izumi², Yoshiyuki Takino², Takuya Usami³, Hiroki Kishimoto⁴, Takahiro Nagata⁴

¹産総研活断層・地震研究センター, ²東海大学海洋学部, ³総合地質調査株式会社, ⁴株式会社ダイヤコンサルタント

¹AFERC, AIST, GSJ, ²School of Marine Science and Technology, Tokai Univ., ³Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd., ⁴Dia Consultants Co., Ltd.

1. はじめに

平成 23 年度文科省「沿岸海域における活断層調査」の一環として、敦賀湾において浦底 - 柳ヶ瀬山断層帯浦底断層の音波探査とコアリングを行った。また、日本原子力発電株式会社（以下、日本原電と呼ぶ）に浦底断層の調査資料を開示戴き、検討を行った。これらの調査・検討結果に基づき、浦底断層の完新世活動について考察する。音波探査とコアリング調査の詳細についてはポスター発表を参照されたい。

2. 敦賀市手沖

浦底断層は浦底湾とその北東側の浦底半島との地形境界に沿って南東に伸び、敦賀市色浜沖の敦賀湾内で南に向って Y 字状に分岐する。コアリングはこの 2 つの断層分岐のうち、東側の分岐（日本原電の F-39・40 断層）を対象として実施した。コアリング地点では鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah）の降下層準に約 2m の高度差が認められるが、音波探査断面ではこの高度差が K-Ah 降下層準の断層変位なのか、断層活動後の埋積過程を示すものなのか断定できない。日本原電 NFWM10-2 測線の音響断面上で K-Ah 降下層準を西に追跡すると、もう一方の断層分岐（F-41 断層）により、K-Ah の推定降下層準は約 1.7m の上下変位を被っている。また、沖積層基底から K-Ah 推定降下層準まで、上下変位の累積は認められない。今回の音波探査では、F-41 断層による K-Ah の推定降下層準の上下変位量は約 1.7~2m と計測される。また、F-41 断層を横切る複数の断面で、K-Ah の推定降下層準より上位の反射面群に小規模な東上がりの変形が認められ、K-Ah 降下後、2 回（以上）の活動が推定される。以上の結果から、コアリング地点における約 2m の K-Ah 降下層準の高度差は、F-39・40 断層による同層準の上下変位を示すと推定される。2 条の断層の変位量を足し合わせた K-Ah 降下層準の上下変位量は約 3.7~4m と見積もられる。

3. 敦賀市色浜沖

敦賀市色浜沖の浦底断層（日本原電の F-39 断層、ここでは断層は 1 条）については、日本原電によりボーリング調査が行われ、K-Ah 降下層準の上下変位量は 4.4m と求められている。この値は上述した敦賀市手沖における K-Ah 降下層準の上下変位量と同等ないしこれよりやや大きい。また、海成沖積層の基底から K-Ah 降下層準までの厚さは隆起側 7.1m、沈降側 7.9m であり、両側で 0.8m の違いしかない。この期間には顕著な上下変位を伴う断層活動はなかったと推定される。

4. 浦底湾内

日本原電による音波探査によって、明神崎南方の浦底湾内には F-39b 断層と呼ばれる分岐断層が確認されている。日本原電 NFWMSX3-2 測線では、ボーリング地点から追跡した K-Ah の推定降下層準より上位に、2 回の断層活動が識別され、同層準の F-39b 断層による上下変位量は約 1.8m と見積もられる。この地点でも、沖積層堆積開始以降、K-Ah の推定降下層準まで、断層変位の累積は認められない。主断層の F-39 断層については、変位量データは得られていないが、F-39b 断層と同等以上の変位量をもつと考えると、明神崎南方における浦底断層による K-Ah 降下層準の上下変位量は約 3.6m 以上と推定される。

5. 敦賀発電所敷地近傍のトレンチ地点

掘削時の原状が維持されているトレンチ南壁面の観察を行い、8400 ± 50 yBP の年代が得られている沖積層に衝上する断層とこれを切る断層を確認した。また、日本原電から開示戴いた北壁面のスケッチによると、浦底断層は K-Ah 火山灰を含む砂層とこれを覆う砂礫層を切っている。同火山灰が検出された層準の縦ずれ変位量（断層面に沿って測った傾斜方向の変位量）は、2.6m 以上と判読される。

6. ウツロギ峠北方断層

今回の音波探査結果によると、敦賀湾東部のウツロギ峠北方断層については、複数の測線において、表層堆積物中の内部反射の形状とその分布深度より推定された K-Ah の降下層準より上位に、2 回の断層活動が識別された。K-Ah の推定降下層準の変位量は約 2.7m である。

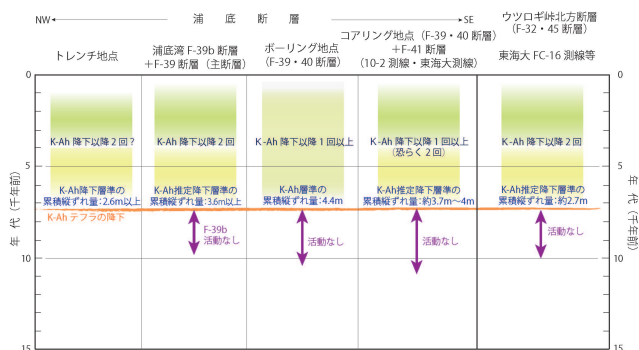
7. 浦底断層の完新世活動

以上の調査・検討結果を総合すると、敦賀湾中央部～トレンチ地点の浦底断層は、完新世においては約 7300 年前の K-Ah の降下後に 2 回、明瞭な上下変位を伴う活動を行った可能性が高い。K-Ah 降下層準の累積上下変位量は約 4m、1 回の活動に伴う上下変位量は平均約 2m と推定される。日本原電によるトレンチ地点での条線の計測結果等から、浦底断層は上下変位と同等以上の左横ずれ変位を伴うと考えられ、1 回の活動に伴うネットスリップは 3m 以上に達した可能性がある。ウツロギ峠北方断層も K-Ah 降下後に 2 回活動し、浦底断層と連動した可能性がある。

謝辞：調査資料を開示戴いた日本原子力発電株式会社に深く御礼申し上げます。

キーワード: 活断層, 浦底断層, 敦賀湾

Keywords: Active fault, Urazoko fault, Tsuruga Bay



郷村断層帯海域延長部における断層分布と活動性について Fault distribution and activity on an offshore extension of the Goumura fault zone

阿部 信太郎^{1*}, 山本 博文², 荒井 良祐³, 岡村 行信⁴

ABE, Shintaro^{1*}, YAMAMOTO, Hirofumi², ARAI, Ryoyu³, OKAMURA, Yukinobu⁴

¹ 地震予知総合研究振興会, ² 福井大学, ³ 川崎地質株式会社, ⁴ 産総研活断層・地震研究センター

¹ADEP, ²Fukui University, ³KGE Co., Ltd, ⁴AIST AFERC

1927年北丹後地震(M7.3)の際に地表地震断層が出現した郷村断層帯の海域延長部において海底活断層調査を実施した。本研究は、文部科学省からの委託として、郷村断層帯の海域部への連続性、全長、セグメント区分、活動履歴を明らかにすることを目的とする。今回の調査では、郷村断層帯の海域延長部に分布する丹後半島北西沖合の断層を横断して浅層部の詳細な地質構造を把握するための高分解能マルチ・チャンネル反射法地震探査を20測線実施した。また、沿岸部の露岩域においては精密地形調査を実施した。さらに活動性評価に必要な地層の年代を把握するためのピストンコアリングも実施した。各反射記録断面においては調査海域全域にわたって断層運動に伴う海底変位および第四紀層の変形が明瞭に捉えられている。断層の多くは郷村断層帯と同じ北北西-南南東方向に延びているが、一部にその共役系にあたる北東-南西方向、東-西方向に延びる断層も認められる。また、海底地形図においては沿岸露岩域に直線状の低崖が断続的に分布しているのが把握された。以上の調査結果および既存資料を踏まえると、郷村断層帯海域延長部においては全長約40kmにおよぶ活構造が推定される。

キーワード: 郷村断層, 北丹後地震, 沿岸海域, 活構造, 高分解能反射法地震探査, 精密地形調査

Keywords: Goumura fault, Kita-tango earthquake, offshore, active structure, high-resolution multichannel seismic reflection surveys, high accuracy topography survey

2008年四川大地震の地表地震断層の長さとお青川断層沿いの地震断層 Coseismic surface rupture length produced by the 2008 Mw 7.9 Wenchuan earthquake, the Longmen Shan Thrust Belt, China

林 愛明^{1*}, ラオ ガン², ヤン ビン²
LIN, Aiming^{1*}, RAO Gang², YANG Bing²

¹ 静岡大学大学院、理学部地球科学科, ² 静岡大学大学院

¹Institute of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka Univ., Japan, ²Graduate School of Science and Technology, Shizuoka Univ., Japan

The magnitude (Mw) 7.9 (Ms 8.1) Wenchuan earthquake occurred on 12 May 2008 and ruptured active faults of the Longmen Shan Thrust Belt (LSTB), which marks the boundary between the eastern margin of the Tibetan Plateau and the Sichuan Basin. Although many studies of the 2008 Mw 7.9 Wenchuan earthquake have described the ground deformation features, rupture mechanism, and structural features of the seismogenic fault zone associated with this event, debate remains concerning the total length of the co-seismic surface rupture zone and whether the earthquake ruptured the Qingchuan Fault in the northeastern segment of the Longmen Shan Thrust Belt (LSTB), China. Based on our initial fieldwork carried out 2 days after the 2008 Wenchuan earthquake, we reported that the earthquake produced a ~285-km-long surface rupture zone along the LSTB, at the eastern margin of the Tibetan Plateau, dominated by thrust slip and right-lateral displacement along the central and northeastern segments of the zone, and by left-lateral displacement along the southeastern segment (Lin et al., 2009, 2010). However, other field-based studies have reported that the total length of the co-seismic surface rupture zone is 200~240 km and that the Qingchuan Fault was not ruptured by the Wenchuan earthquake (e.g., Liu-Zeng et al., 2009; Xu et al., 2009; Yin, 2010; Zhang et al., 2010). The length of surface rupture produced by large, individual earthquakes is a key parameter in assessing the seismic moment, the rupture mechanism, the degree of seismic hazard, and the activity of a seismogenic fault, including the recurrence interval of large earthquakes and the long-term slip rate. Therefore, additional work is needed to constrain the length of the co-seismic surface rupture and the location of rupture termination at the northeastern segment of the LSTB, in order to accurately assess the nature of the seismic hazard in the densely populated Sichuan region of China.

In this study, we present new field evidence that the Qingchuan Fault was ruptured by the 2008 Wenchuan earthquake and that the total length of the co-seismic surface rupture zone is up to 285~300 km. Field investigations reveal that the earthquake produced a ~60-km-long surface rupture zone along the pre-existing Qingchuan Fault, with the offset being mainly right-lateral strike-slip and a distinct component of vertical slip. Co-seismic surface ruptures are characterized by faults and extensional cracks. Field measurements indicate co-seismic right-lateral strike-slip displacements along the Qingchuan Fault of 0.3~0.6 m and vertical offsets of 0.2~0.5 m, which differs to the displacements observed along the central and southwestern segments of the Wenchuan surface rupture zone in the displacement amount and sense. The change in slip sense from thrust-dominated slip in the central and southwestern segments of the LSTB to right-lateral strike-slip-dominated displacement along the Qingchuan Fault (northeastern segment of the LSTB) reflects a change in the orientation of compressive stress along the LSTB, associated with eastward extrusion of the Tibetan Plateau as it accommodates the ongoing penetration of the Indian Plate into the Eurasian Plate.

Reference:

Lin, A., Rao, G., and Yan, B., 2012. Field evidence of rupture of the Qingchuan Fault during the 2008 Mw7.9 Wenchuan earthquake, northeastern segment of the Longmen Shan Thrust Belt, China. *Tectonophysics*, DOI: 10.1016/j.tecto.2011.12.012 (in press).

キーワード: 2008 四川大地震, 地表地震断層, 青川断層, 龍門山褶曲-逆断層帯, 活断層, チベット高原

Keywords: 2008 Wenchuan Earthquake, coseismic surface rupture, Qingchuan Fault, Longmen Shan Thrust Belt, active fault, Tibetan Plateau

フィリピン断層から発生する地震の地域的多様性-大地震からクリープ変位まで- Along-strike variation of seismic behavior of the Philippine fault

堤 浩之^{1*}, Perez Jeffrey²

TSUTSUMI, Hiroyuki^{1*}, PEREZ, Jeffrey²

¹ 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室, ² フィリピン火山地震研究所

¹Department of Geophysics, Kyoto University, ²Philippine Institute of Volcanology and Seismology

フィリピン断層は、フィリピン弧を縦断する長さ約 1250km の長大な左横ずれ断層である。この断層は、中央構造線やスマトラ断層と同様に、海洋プレートの斜め沈み込みに起因する島弧中央横ずれ断層である。フィリピン断層の地震活動は非常に活発で、過去 100 年間に地震断層を伴う大地震を数回発生させている。過去 400 年間の歴史地震記録やトレンチ掘削調査により明らかとなった古地震データに基づくと、フィリピン断層から発生する地震の規模や間隔は地域ごとに大きく異なる。すなわち、通常は断層面が完全に固着し数百年間隔で大地震を発生させる区間から、地震断層を伴う中規模地震が頻発する区間や断層変位のほとんどがクリープ変位でまかなわれる区間まで存在する。

フィリピン断層の南北両端に位置するルソン島の中中部やミンダナオ島では、断層は大きな地表変位を伴う M7 以上の大地震で破壊する。ルソン島中部のフィリピン断層は、左雁行配列する 4 条の活断層から構成されている。1990 年の Mw7.7 の地震では、ディグディグ断層に沿って長さ 125km の地震断層が出現し、横ずれ変位量の最大値は約 6m であった(中田ほか, 1990)。トレンチ掘削調査では、ディグディグ断層で発生した過去 4 回の地震の平均発生間隔が 500?600 年と見積もられた。ディグディグ断層の南に位置するガバルドン断層は、1645 年の大地震 (Ms7.9) で破壊したと考えられている (Bautista and Oike, 2000)。ミンダナオ島のフィリピン断層も、引張性のステップや分岐で隔てられた数条の断層トレースから構成される。ミンダナオ島では、1879 年と 1893 年に、それぞれ ML7.4 と Ms7.3 の大地震が発生したことが知られており (Bautista and Oike, 2000)、我々の地形調査でそれらの地震に伴って出現した地震断層を確認した。1879 年の地震断層のトレンチ掘削調査では、過去 3?4 回の断層活動の痕跡が見いだされ、平均活動間隔が 300?400 年であることが明らかとなった。同様に、1893 年の地震断層のトレンチ掘削調査では、530?800 年の平均活動間隔が明らかとなった。

それに対して、断層中部のマスパテ島やレイテ島のフィリピン断層の歴史地震活動はルソン島やミンダナオ島と大きく異なる。マスパテ島やレイテ島では、過去 400 年間に M7 以上の地震の発生は知られていない (Bautista and Oike, 2000)。断層の地表トレースは連続的で、規模の大きなギャップやステップは存在しない。マスパテ島では、2003 年に発生した Ms6.2 の地震で長さ約 18km の地震断層が生じた。最大変位量は約 50cm であった (PHIVOLCS Quick Response Team, 2003)。Papiona and Kinugasa (2008) はこの地震断層のトレンチ掘削調査を行い、過去約 680 年間に 4 回の断層活動の痕跡を見だし、平均活動間隔を 130?170 年と見積もった。レイテ島では、過去 400 年間にフィリピン断層の近傍で発生した最大の地震のマグニチュードは Ms 6.1 であり、地震断層を伴うような大地震は発生していない (Bautista and Oike, 2000)。レイテ島の北端部に位置するレイテ市街地では、断層に沿ってクリープ変位が観察される。道路のセンターラインや縁石、住宅の敷地のフェンスや家屋が累積的に左ずれ変位を受けており、それらの変位量と建造年代から、12?22mm/yr のクリープ変位速度が算出された。この変位速度は、マスパテ島で GPS 観測によって明らかとなったフィリピン断層の変位速度 22 ± 2 mm/yr (Bacolcol et al., 2005) に匹敵する。

このような断層の走向方向への地震発生様式の多様性は、サンアンドレアス断層と似ている。フィリピン断層に関しては、この多様性を検討するのに十分な地球物理学的・地質学的データは存在しないが、脆性破壊する地殻の厚さが関連していることを予察的に指摘することができる。フィリピン断層は、フィリピン海プレートの沈み込みに関連した火山フロントをレイテ島付近で横切り、レイテ島には断層に沿って多くの地熱地帯が分布する。レイテ島では地殻熱流量が高いため脆性破壊する地殻が薄く、従って大地震を引き起こすような弾性ひずみを蓄積することができない可能性がある。一方、断層が火山フロントから十分に離れたルソン島やミンダナオ島では、断層面が固着しているため大きな弾性ひずみを蓄え、それを大地震と共に解放すると考えられる。

キーワード: フィリピン断層, 歴史地震, トレンチ掘削調査, 地震の規模と間隔, クリープ変位

Keywords: Philippine fault, historical earthquakes, trenching, size and interval of surface-rupturing earthquakes, creeping

Evidence of Late Holocene subsidence and tsunami deposit from west coast of Andaman Island, Andaman and Nicobar Islands

Evidence of Late Holocene subsidence and tsunami deposit from west coast of Andaman Island, Andaman and Nicobar Islands

AFZAL KHAN^{1*}, JAVED N MALIK¹
KHAN, AFZAL^{1*}, JAVED N MALIK¹

¹IIT KANPUR

¹IIT KANPUR

Evidence of Late Holocene subsidence and tsunami deposit from west coast of Andaman Island, Andaman and Nicobar Islands

Afzal Khan¹, Javed N Malik¹, M. Shishikura², Chiranjib Banerjee¹, P. Chitrabhanu³, Ashok K. Singhvi³ and S. M. Hussain⁴

¹Department of Civil Engineering, IIT Kanpur, Kanpur 208016, UP, India

Email: javed@iitk.ac.in; afzal@iitk.ac.in; chiroban@iitk.ac.in

²Active Fault and Earthquake Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Site C7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567, JAPAN

E-mail: m.shishikura@aist.go.jp

³Physical Research Laboratory, Navarangpura, Ahmedabad 380 009, India

E-mail: 2akspr11@gmail.com

⁴Department of Geology, University of Madras, Guindy Campus, Chennai-600 025

E-mail: smhussain7@hotmail.com

The Tirur village located about 1.5-2.0 km inland along the western coast of Andaman experienced marginal subsidence during 2004 Sumatra-Andaman earthquake. The area was found inundated during 2005. In 2009-10 we observed that the area was transformed to tidal-marsh. To identify the signatures of past seismic events if any preserved in sediment stratigraphy 2-3 trenches were dug and 3 geoslice sections were obtained from Tirur. At Tirur the exposed stratigraphic section in trenches and geoslices revealed occurrence of a thick (~40 cm) peaty unit - probable represents tidal-marsh or wetland. At places the peaty unit is disturbed by intrusion of sand dykes, caused by liquefaction due to strong ground shaking during Event (I) as well as bioturbation. About 12-15 cm thick poorly stratified unit comprised of peat+medium-fine sand above peaty unit suggests deposition during subsequent phase of deposition after the event, probably in a tidal-marsh/intertidal environment (?). The area experienced subsidence which could be justified by the overlying silty-clay unit suggestive of intertidal condition. The sediment sequence in the upper section with silty-sand and a peaty unit suggests gradual change from intertidal to tidal and to marsh or wetland. This could be related to gradual emergence of the area during interseismic period. Finally the area was again subsided during 2004 Sumatra-Andaman earthquake, again getting converted to tidal-marsh. AMS of rhizome and charcoal, OSL age of the sediments suggests that the Event-I occurred during 3000-3500 yr BP and a gradual uplift during 1100-230 yr BP. Two geoslices samples obtained from Collinpur-char village located along the coast of South Andaman Island revealed occurrence of multiple layered tsunami events. Our preliminary inference suggests that at least 2-tsunami (??) events that occurred during 3800 yr BP and 1200 yr BP.

キーワード: Earthquake, Tsunami, Andaman, Sediment, Subsidence, OSL Dating

Keywords: Earthquake, Tsunami, Andaman, Sediment, Subsidence, OSL Dating

ヒマラヤ前縁帯カングラ-ダラムサラ地域の活構造と古地震

Active tectonics and paleoseismology of the Himalayan front in the Kangra-Dharmshala area

奥村 晃史^{1*}, MALIK, Javed N.², DIKSIT, Onkar², 加藤照之³, SAHOO, Santiswarup², PASARI, Sumanta², MOHANTY, Asmia², 竹本仁美¹

OKUMURA, Koji^{1*}, MALIK, Javed N.², DIKSIT, Onkar², KATO, Teruyuki³, SAHOO, Santiswarup², PASARI, Sumanta², MOHANTY, Asmia², TAKEMOTO, Hitomi¹

¹ 広島大学大学院文学研究科, ² インド工科大学カンプール校, ³ 東京大学地震研究所

¹ Graduate School of Letters, Hiroshima University, ² Indian Institute of Technology at Kanpur, ³ Earthquake Research Institute, University of Tokyo

ヒマラヤ前縁帯では、プレート境界メガスラストにおいて巨大地震が繰り返し発生すると同時に、プレート境界に隣接する上盤プレート内にも多くの活断層が存在し M7 クラスの地震発生が予想される。インドのヒマラヤ前縁帯とその南側のヒンドスタン平原は都市・農村ともに人口の集中が著しく産業の集積も進んでいる地域であるが、地震災害のリスクに関わる情報は乏しく地震災害軽減の施策も行き届いていない。近年のインドの経済成長はこの地域の自然災害リスクを高めているが、対策はとられていない。プレート境界の巨大地震の発生履歴については少数の古地震調査と限られた歴史記録から解明が行われているが、将来予測の検討にはいたっていない。上盤プレート内の活断層の存在については知見が蓄積されつつあるが、古地震データが取得されているのは、Pinjaur Garden fault 以外になく、危険度の評価にはほど遠い状況にある。筆者らはヒマラヤ前縁帯の地震危険度を評価して災害軽減への取り組みを推進するための基礎情報の取得を目指し、活断層・古地震情報の収集と分析を進めてきた。そして 2010 年から 2015 年にかけては、独立行政法人国際協力機構 (JICA)・独立行政法人科学技術振興機構 (JST) による地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム『自然災害の減災と復旧のための情報ネットワーク構築に関する研究』の一環として調査・研究を実施している。この調査・研究には、インド工科大学カンプール校、東京大学、広島大学が参加し、GPS 観測網の整備とリモートセンシング・地形計測技術・地形地質踏査による活断層・古地震研究を進めている。2010 年・2011 年には、Himachal Pradesh 州 Kangra-Dharmshala 地域および Pinjaur 地域、Punjab 州 Hajipur 地域、Uttarakhand 州 Ramnagar 地域で調査を実施した。特に Kangra-Dharmshala 地域では、従来記載されていなかった断層、Kangra Valley fault を見いだして詳細な記載と、地下レーダー調査、トレンチ調査を実施した。

キーワード: 古地震, 活断層, インド, ヒマラヤ, トレンチ

Keywords: paleoseismology, active fault, India, Himalay, trenching