

2013年オホーツク海深発地震の6成分モーメントテンソル解析 Full moment tensor inversion for the 2013 Sea of Okhotsk deep earthquake

原辰彦^{1*}; 川勝均²

HARA, Tatsuhiko^{1*}; KAWAKATSU, Hitoshi²

¹ 建築研究所国際地震工学センター, ² 東京大学地震研究所

¹IISEE, BRI, ²Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

We performed full moment tensor inversion for the May 24, 2013 Sea of Okhotsk deep earthquake, which is the largest deep earthquake (the moment magnitude is 8.3 after the Global CMT solution). Following Kawakatsu (1991), we redefined the diagonal components of the moment tensor, and determined full six component moment tensors. In order to determine the isotropic component independently from the CLVD component, we analyzed long period signals in the period range between 550 and 1000 s following Kawakatsu (1996), and Hara et al. (1995, 1996). We retrieved VHZ channel broadband waveform data from the IRIS DMC. The duration of the time series is five hours. We used the Direct Solution Method (Hara et al., 1991, 1993) to calculate the Green's functions. We considered the 3-D velocity structures of model SAW24B16 (Mégnin and Romanowicz, 2000) and crust 2.0 (Bassin et al., 2000; <http://igppweb.ucsd.edu/~gabi/rem.html>) to calculate synthetic seismograms. We set spatial grids around the PDE hypocenter for possible centroid locations and temporal grids around the centroid time of the Global CMT solution for possible centroid times. We conducted linear moment tensor inversions for pairs of the spatial and temporal grids to investigate the dependence of solutions on centroid location and time. In the preliminary analysis, the isotropic components of the solutions with larger variance reductions and smaller correlation coefficients with the isotropic component and the other moment tensor components are in the range around 2 to 4 per cent (implosive) of the seismic moment of this event. This preliminary result is consistent with Okal (2013), who obtained the implosive isotropic component with about 2 per cent of the seismic moment by the analysis of the normal modes ${}_0S_0$ and ${}_1S_0$, although further evaluation on uncertainty of the estimates obtained in this study is required.

キーワード: 深発地震, モーメントテンソル, 等方成分

Keywords: deep earthquake, moment tensor, isotropic component

遠地実体波を用いた地震波エネルギーの推定 Estimation of Radiated Seismic Energy from Teleseismic Body Waves

木内 亮太^{1*}; Mori James¹
KIUCHI, Ryota^{1*}; MORI, James¹

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1. はじめに

地震発生時の震源における物理を理解する上で、動的な情報を持つ震源パラメーターは重要な情報である。そのうちの一つである地震波エネルギーは、無限空間において遠方まで伝播する波動エネルギーの総量として表現される。Choy and McGarr (2002) は遠地 P 波を用いて、海洋性地殻で発生する横ずれ型地震の場合に、見かけ応力（地震波エネルギーと地震モーメントの比に剛性率を乗じた量）が高い値を示すという結果を報告した。しかしながら、横ずれ型地震の際には遠地 P 波が放射パターンの節に近くなるため、振幅値の補正が難しく過度の補正を施している可能性がある。さらに、非弾性減衰の効果や観測点近傍での地殻構造の影響により、その推定にはまだ大きな誤差が存在する。そこで本研究では、新しく開発した手法でこれらの補正を行った上で、遠地実体波を用いて地震波エネルギーの推定を行った。

2. 方法

本研究では Boatwright and Choy (1986) の解析手法を改良して用いている。この手法では、遠地 S 波の減衰が大きく、また多数の後続波と干渉し合うため解析が困難であることから、遠地 P 波のみから推定を行っており、直達 P 波に pP 波と sP 波の 2 つの後続波が重なって観測されることを考慮している。さらに、前述の問題点を解決するため、本研究では次の 2 点の改良を加えている。(1) 用いるメカニズム解の誤差を考慮するために、放射パターンの補正值に関して strike, dip angle, rake angle それぞれの数値に幅を持たせて計算した後、その平均を取り解析に使用している。(2) それぞれの観測点についての観測点補正を取り入れて解析を行う。

データは IRIS の GSN ネットワークにおいて、震央距離 30-90° に位置する観測点で記録された P 波上下動成分を用いた。また、メカニズム解は Global CMT カタログで公表されている値を使用している。解析は、2000 年以降に発生した Mw 7.0 以上の地震 168 個を対象に行った。

3. 結果及び考察

本研究で推定された見かけ応力から、横ずれ型地震においてその値が正断層型や逆断層型地震の場合に比べて大きいことが分かった。また先行研究で指摘されているように、特に海洋性地殻の横ずれ型地震で高い値が見られた。これらの結果は先行研究の主張を支持するものである。しかしながら、定量的には本研究で推定された横ずれ型地震における見かけ応力は先行研究で推定された値よりも有意に小さく、過度な補正によりその値を過大に見積もる可能性があることを示唆している。さらに、従来の手法を用いて計算した場合に比べて誤差のばらつきが小さいことから、本研究で行った補正により、より信頼性のある見かけ応力を求めることが可能となった。

キーワード: 地震波エネルギー, 見かけ応力, 横ずれ型地震

Keywords: Radiated seismic energy, Apparent stress, Strike-slip earthquake

東北沖繰り返し地震発生領域を対象とした地震波エネルギー推定 Seismic energy estimation of repeating earthquake sequences offshore northeastern Japan

荒 諒理^{1*}; 井出 哲¹; 内田 直希²
ARA, Masamichi^{1*}; IDE, Satoshi¹; UCHIDA, Naoki²

¹ 東京大学地球惑星科学専攻, ² 東北大学理学研究科

¹The University of Tokyo, EPS, ²Graduate school of science Tohoku university

プレート境界では、ほぼ一定速度でゆっくりとしたすべりが進行しており、その境界の時間変化しにくい特徴的な構造によって周りのすべりから遅れる場所、「固着域」がうまれると考えられている。固着域が周りのすべりに追いつくために定期的に破壊することで繰り返し地震が発生する。繰り返し地震の周囲では応力が局所的に大きく変化する。この変化は繰り返し地震の地震波エネルギーの空間的、時間的な変化に影響するだろう。本研究は東北沖で起きる多数の中小規模の繰り返し地震の地震波エネルギーを推定し、その周囲の応力変化や特徴的な構造を理解するための手がかりを得ようとするものである。

地震波エネルギーは地震時の断層の運動によって放射されるので、地震の規模についての動的な指標となる。それに対し、地震前と地震後の状態のみで決まる地震モーメントは地震の規模についての静的な指標である。地震モーメントは地震波スペクトルの低周波部分のみから求められるため推定精度が高いが、地震波エネルギーはスペクトル全体を考慮しなければならず、途中経路や観測点近傍における減衰・増幅効果の影響を補正しなければならないので推定誤差が大きい。また、地震波エネルギーの規模依存性について、現在の地震学において統一した見解は得られていない。特に scaled energy(地震波エネルギーと地震モーメントの比)が地震の規模(地震モーメント)に依存するか否かという問題が明らかでない。したがって、地震波エネルギーの放出様式の空間分布や時間変化などを議論するには、様々な規模の地震について、できるだけ正確に地震波エネルギーを推定する必要がある。

地震波エネルギーを推定するには上で述べた途中経路や観測点近傍の影響を除く必要があるが、本研究では経験的グリーン関数(EGF)法を用いることでこの問題を回避する。EGF法では、同じ震源を持つ複数の地震の同じ観測点における地震波間でスペクトルの比をとる。これにより共通の途中経路や観測点近傍の影響を取り除いて、震源での地震波スペクトル比を得ることができる。本発表では Baltay et al.(2010) のコーダ波を用いた EGF 法をもとに、コーナー周波数の不確実性やノイズの影響について、より厳密に検討する手法を開発した。

この手法を、東北沖の複数の繰り返し地震発生領域に適用した。Mw2-6 程度の地震に対して防災科学技術研究所 Hi-net の速度波形水平 2 成分の S コーダ波のエンベロープからスペクトル比を求めることにより地震波エネルギーを推定した。地震波エネルギーの規模依存性を調べたところ、scaled energy が M0 に対しておおよそ一定か、小さな正の依存性を持つという結果を得た。ただし、地震波エネルギーの推定値、および規模依存性は仮定する震源スペクトルのモデル(オメガ 2 乗モデルなど)に依存する。より適切な震源スペクトルのモデルを用いる必要があり、まだ検討の余地が残されている。

東北地方沈み込み帯における小地震の応力降下量の空間分布と2011年東北地方太平洋沖地震との関係 Stress drop variations among small earthquakes in the Tohoku-oki region - implications for the 2011 megathrust event

内出 崇彦^{1*}; Shearer Peter²; 今西 和俊¹
UCHIDE, Takahiko^{1*}; SHEARER, Peter²; IMANISHI, Kazutoshi¹

¹ 産業技術総合研究所, ² カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリプス海洋研究所
¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego

沈み込み帯のように大地震が発生することが懸念される地域で、事前にその破壊過程の性質を把握することは重要である。その手段のひとつとして、断層における何らかの物理パラメータの分布を調べることが考えられる。本研究では、東北地方沈み込み帯において、2011年東北地方太平洋沖地震(以後「本震」と呼ぶ)以前に80 km以浅で発生した1536個のMw 3.0 - 4.5の小地震の応力降下量を求め、断層状態を知る手がかりを得ようと試みた。応力降下量の計算には、Shearer et al. [2006]によるスペクトル解析法を用いた。この手法では、観測波形のスペクトルを震源項、伝播項、サイト項に分解した上で、経験的グリーン関数法により震源スペクトルを得て、そのコーナー周波数を計算する。Madariaga [1976]の円形クラックモデルを適用することで、応力降下量を求める。

応力降下量は深い地震ほど大きくなる傾向が見えた。また水平方向の不均質も明らかになり、青森県東方沖や宮城県沖では比較的高い応力降下量を持つ地震が多いのに対し、三陸沖ではそのような傾向は見られなかった。宮城県沖で応力降下量が高い地域は、本震のすべり域の端部に位置しており、本震の破壊を食い止める役割をした可能性も考えられる。なお、この高応力降下量域は1978年宮城県沖地震の破壊域の西側に位置する。

本震の大すべり域内の小地震の応力降下量は、同域内での本震の応力降下量と同等であった。本震では蓄積されていた剪断応力がほぼ完全に解放されたと考えられる [Hasegawa et al., 2011; Yagi and Fukahata, 2011] ことから、小地震においても剪断応力の大部分を解放しており、残留応力が低いであろうことが示唆される。ただし、本研究では推定された応力降下量同士の相対値はよく求まっているのに対し、絶対値は応力降下量計算で採用する震源モデルなどによって変わってしまうことに注意が必要である。小地震による剪断応力の完全解放については、他の研究による検証を待つ必要がある。

本震では高周波数の地震波が主に深部から放射されていたが、本研究で解析した小地震でも、深い地震の方がより多くの高周波数地震波を放射していることがわかった。

本研究によって、本震以前に発生した小さい地震によって、なんらかの断層状態の不均質性を知る手がかりを得る道筋が見えてきた。応力降下量の不均質が、具体的にどのような断層状態や地質などに対応づけられるのか検討を重ねていく必要がある。それによって、将来の地震の破壊過程モデルに制約を与えることが期待される。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 応力降下量, 宮城県沖, 断層状態の空間不均質

Keywords: The 2011 Tohoku-oki earthquake, Stress drop, Miyagi-oki, Spatial Heterogeneity of Fault Properties

強震動記録を用いて構築した2011年東北地方太平洋沖地震の広帯域震源像 Broad-band source image for the 2011 Tohoku earthquake constructed by strong-motion data

久保久彦^{1*}; 浅野公之¹; 岩田知孝¹; 青井真²
KUBO, Hisahiko^{1*}; ASANO, Kimiyuki¹; IWATA, Tomotaka¹; AOI, Shin²

¹ 京都大学防災研究所, ² 防災科学技術研究所
¹DPRI, Kyoto Univ., ²NIED

長周期(概ね10秒以上)の地震波に基づく時空間すべり分布と短周期(0.1-1秒)の地震波の励起源の比較から、2011年東北地方太平洋沖地震(Mw 9.1, 以下2011年東北地震)における地震波放射特性は空間的な周期依存性を有していて、それはプレート境界上のすべり挙動の空間変化を反映していると考えられている(例えば Koper *et al.*, 2011; Lay *et al.*, 2012)。しかし、先行研究は異なる手法による解析結果の比較を基にしており、異なる周期帯における震源モデルの定量的な比較は行われてこなかった。そのため、2011年東北地震の震源特性をより深く議論するには同一手法を用いた周期帯別震源モデルを構築する必要がある。久保・他(2013, 日本地震学会秋季大会)では三つの異なる周期帯域(10-25秒・25-50秒・50-100秒)での時空間すべり分布を推定した。本研究は久保・他(2013)を拡張し、強震動記録を用いて周期10-25秒・17-33秒・25-50秒・33-67秒・50-100秒という連続的に異なる5つの周期帯域における2011年東北地震の時空間すべり分布を構築する。そして、周期帯別の空間的なすべり速度時間関数の違いに基づき、その震源特性を議論する。

時空間すべり分布の推定には Multiple time windows を用いた Kinematic linear waveform inversion (Hartzell and Heaton, 1983) を使用した。Green 関数は、三次元地下速度構造モデル(全国一次地下構造モデル, Koketsu *et al.*, 2012) を仮定した上で、三次元差分法プログラム GMS (Aoi and Fujiwara, 1999) によって計算した。解析には防災科学技術研究所 K-NET・KiK-net・F-net の25観測点における強震波形記録を用いた。2011年東北地震の震源域で発生した中規模地震の上記観測点における地震動記録を用いて、解析対象周期における三次元地下速度構造モデルの妥当性を確認した。

推定された周期別震源モデルから、周期10-100秒における2011年東北地震の震源像は次のようにまとめられる。①破壊開始後0-60秒における宮城県沖深部での一回目の破壊(down-dip方向)。比較的短周期(周期10-25秒)を中心とした地震波が励起された。②破壊開始後45-90秒における宮城県沖浅部における長い継続時間を持つup-dip方向の破壊。③破壊開始後45-90秒における宮城県沖深部での二回目の破壊(down-dip方向)。一回目に比べてより長い周期(周期25-100秒)の地震波が強く励起された。宮城県沖深部における二回の破壊での励起地震波の卓越周期の違いは、断層面上におけるsmall scaleの不均質が最初の破壊によって取り除かれたために生じたのかもしれない。④破壊開始後90-135秒における福島県南部沖深部での破壊。

発表では現在構築中の周期5秒から100秒までの連続的な周期帯域における震源モデルについても報告する予定である。

【謝辞】本研究では防災科学技術研究所 K-NET, KiK-net, F-net で観測された強震記録を使用しました。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 広帯域震源像, 周期帯別震源モデル, 震源インバージョン, 強震動記録
Keywords: The 2011 Tohoku earthquake, Broad-band source image, Source models on different period bands, Source inversion, Strong-motion data

ゆっくり滑りを示唆する前震活動 Foreshocks implying slow slip transients leading to large earthquakes

加藤 愛太郎^{1*}; 小原 一成¹
KATO, Aitaro^{1*}; OBARA, Kazushige¹

¹ 東京大学地震研究所
¹ ERI University of Tokyo

In the recent decades, a growing number of geophysical evidences has clarified that a major fault zone along plate interface hosts not only the unstable fast sliding during rupture of ordinary earthquake, but also slow slip transients without any seismic radiations. Because slow slip transients quasi-statically release the shear stress in the adjacent seismogenic regions, the slow slip transients may have caused stress loading on the nearby seismic patch and might play a role in a slow nucleation process leading to a large earthquake (Beroza and Ide, 2010; Bouchon et al., 2011; Kato et al., 2012). Therefore, it is quite important to reveal interplay between slow slip and unstable fast slip, in order to shed light on the nucleation process of large earthquake.

Here, we explored foreshock activities implying slow slip transients leading up to large earthquakes. We applied the matched filter technique to continuous waveform data around 10 days prior to the past large earthquakes in Japan ($M > 6.5$), and created newly foreshock catalog for each sequence. We found out accelerating seismicity preceding some large earthquakes at plate interfaces and intraplate at time scales of days to hours. These foreshocks were located very close to the initiation point of each mainshock rupture. The increase in foreshock seismicity implies that a fault may begin to slowly slip before large earthquake, as like recognized in the foreshock sequence prior to the 2011 Tohoku-Oki earthquake.

震源過程と Vere-Jones の分枝モデル間の類似特性 Similar Characteristics between the earthquake source process and Vere-Jones' Branching model

庄建倉¹; 王^{2*}

ZHUANG, Jiancang¹; WANG, Dun^{2*}

¹ 統計数理研究所, ² 東京大学地震研究所

¹Institute of Statistical Mathematics, ²Earthquake Research Institute, University of Tokyo

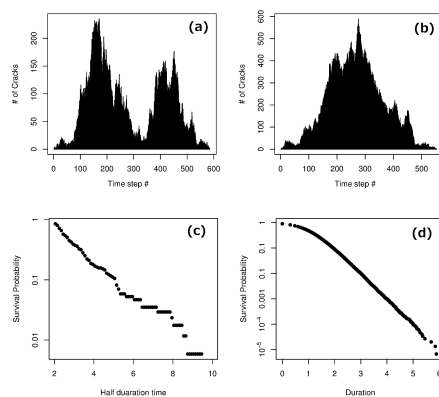
Vere-Jones' branching crack model was developed in 1970s. In this model, the earthquake source is regarded as the results of the total population of crack elements in a critical or near-critical branching process, where the crack does not propagate in a single continuous movement, but through a series of steps. At each step, each crack element simply terminates or generates several other crack elements nearby. Regarding the total number of steps (generation) as the duration time and the total number of crack elements as the total energy released, the following similarities are found between earthquake sources and this model:

1. The distribution of energies is asymptotically a Pareto distribution (power law) for the critical case, or a tapered Pareto distribution (tapered power law, Kagan distribution) for the subcritical case.
2. The duration time of ruptures has a tapered inverse power distribution.
3. The number of crack elements at each generation (time step) show similar patterns of earthquake source time functions.

Figure 1 (a) and (b): Plots of the numbers of crack elements at each time step in two simulation examples. (c): Distribution of half duration times in real earthquake catalog. (d): Distribution of duration times in synthetic catalogs.

キーワード: 分枝過程, ガーテンベルグ・リヒター則, テーパーパレート分布, 震源過程

Keywords: Branching process, Gutenberg-Richter Magnitude-Frequency Relation, Tapered Pareto distribution, Earthquake source



震源タイプのプロット法に関する再考察 Review on Source Type Diagrams

麻生 尚文^{1*}; 太田 和晃¹; 井出 哲¹
ASO, Naofumi^{1*}; OHTA, Kazuaki¹; IDE, Satoshi¹

¹ 東京大学 大学院理学系研究科

¹ Graduate School of Science, The University of Tokyo

地震における力のシステムは、内部力源による点震源の仮定のもと、対称なモーメントテンソルで表現され、特徴的な向き・地震サイズ・震源タイプの情報をもつ。震源タイプとして、ダブルカップルを仮定することも多いが、主に誘発地震や火山性地震について、等方成分など非ダブルカップル成分の存在が指摘されている。また、ダブルカップルの組み合わせから非ダブルカップル成分が生じうることも分かっている。震源タイプに関する議論のため、震源タイプを分かりやすく可視化して表現することが重要である。

震源タイプの情報は二自由度であるため、二次元平面上に表現可能である。Hudson et al. [1989] によるダイアグラム (HPR ダイアグラム) がよく用いられるが、主な問題点として、スカラーモーメントを地震サイズとする概念 [Aki and Richards, 2002] と整合的でないこと、が挙げられる。これは、モーメントテンソルの固有値を座標とする三次元空間上の点 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) を、立方体の面上に投影していることに起因する。

そこで、Chapman and Leaney [2012] は球面投影とステレオ投影とを組み合わせた図法 (CL ダイアグラム) を考えた。球面投影により HPR ダイアグラムの問題点を解決し、ステレオ投影により球面上の点が面密度を保ったまま平面上にプロットされる。CL ダイアグラムは、任意のメカニズムとダブルカップルとの合成で得られるメカニズムが中心を通る一直線上にプロットされる利点があるが、ダイアグラムが曲線に囲まれた煩雑な領域になること、等方成分が卓越した際に非等方成分の様子が分かりにくいこと、などの欠点もある。

本研究では、HPR ダイアグラムの問題点を解決しつつ、CL ダイアグラムよりも直感的に理解しやすい矩形ダイアグラム (AOI ダイアグラム) を新たに開発した。点 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) を球面投影したのち、面密度を保ったまま円筒に投影して展開する。等方軸 (等方成分だけを変化させた際の軌跡) と非等方軸 (非等方成分をスカラーモーメント一定のもと変化させた際の軌跡) との直交座標系になっている。等方成分は P 波の情報だけが現れる一方で、非等方成分は P 波と S 波からの情報が等価に現れるため、AOI ダイアグラムは地震波形解析と調和的な図法だと言える。

震源タイプのプロット法には、地図投影法と同様に万能な物は存在しないので、それぞれの図法の利点・欠点を理解して用いることが重要である。本研究では、実際の地震メカニズムの解析結果例をプロットしながら、ダイアグラムごとの見え方の違いや注意すべき点についても言及する。

キーワード: モーメントテンソル, 震源タイプ, 図法, ダブルカップル, CLVD, 等方変形

Keywords: moment tensor, source type diagram, double couple, CLVD, isotropic deformation

Stress concentration ahead of supershear rupture Stress concentration ahead of supershear rupture

福山 英一^{1*}; 徐 世慶¹; 溝口 一生²; 山下 太¹
FUKUYAMA, Eiichi^{1*}; XU, Shiqing¹; MIZOGUCHI, Kazuo²; YAMASHITA, Futoshi¹

¹ 防災科学技術研究所, ² 電力中央研究所

¹Nat'l Res. Inst. Earth Sci. Disas. Prev., ²Centr. Res. Inst. Elect. Pow. Ind.

We report the shear strain field ahead of a supershear rupture. The strain data was obtained during the large-scale biaxial friction experiments conducted at NIED in March 2013. We conducted friction experiments using a pair of meter-scale gabbro rock specimens whose fault area was 1.5m x 0.1m. We applied 2.6MPa normal stress and loading velocity of 0.1mm/s. At the long side of the fault edge, which is parallel to the slip direction, 32 2-component semi-conductor strain gauges were installed at an interval of 50mm and 10mm off the fault. The data are conditioned by high frequency strain amplifiers (<0.5MHz) and continuously recorded at an interval of 1MHz with 16-bit resolution. Many stick slip events were observed and a unilateral rupture event was chosen in this analysis that propagated with supershear rupture velocity. By focusing at the rupture front, stress concentration was observed and sharp stress drop occurred immediately inside the rupture. We found that the stress concentration becomes mild as the rupture propagates and length of the stress concentration area becomes longer. This observation is quite interesting because the rupture propagates at a constant speed close to square root two times the shear wave velocity and thus a longer stress concentration region suggests more energy dissipation. We might speculate that such longer stress concentration area suggests longer plastic region ahead of the rupture (or longer cohesive distance). I.e. The cohesive zone length might be longer as the rupture propagates to maintain constant rupture velocity propagation.

キーワード: Earthquake rupture, Stress concentration, Supershear rupture
Keywords: Earthquake rupture, Stress concentration, Supershear rupture

摩擦すべりに伴う AE 活動・摩擦特性の累積変位・法線応力依存性 Effects of normal stress on the evolution of AE activities and frictional properties of a fault

飯田 拓郎¹; 矢部 康男^{1*}
IIDA, Takuro¹; YABE, Yasuo^{1*}

¹ 東北大学大学院理学研究科
¹ Graduate School of Science, Tohoku University

To numerically investigate earthquake generations on a plate interface or a fault, we need to know their frictional properties. This study provides a clue to evaluate the frictional properties from spatio-temporal variations of such observations as seismicity and aseismic sliding on the interface of the fault.

We performed frictional sliding experiments using a rotary shear apparatus under a variety of normal stress from about 5 MPa to about 15 MPa. Stepwise change in the sliding rate was imposed to investigate rate dependences of AE activity and friction. Cumulative displacement up to 200 mm was achieved to elucidate their evolutions.

We confirmed similar evolutions of AE activities and friction to those shown by Yabe (2002). That is, the frictional property (rate dependence of friction) of the fault was first the velocity strengthening. The velocity strengthening became weak with an increase in the cumulative sliding. Then, the fault showed the frictional property of velocity weakening. Finally, the rate dependence of friction converged to a constant negative value, when the cumulative sliding reached a critical distance. The m -value of AE events increased with sliding, when the cumulative sliding distance was smaller than a critical distance. After the critical sliding distance, the m -value took a constant value. The critical sliding distances of the frictional property and the m -value were almost the same each other. The rate dependence of the m -value, which was negative under a small sliding distance, also converged to a constant value of about zero at the cumulative sliding distance.

The evolutions were quantitatively evaluated by applying an exponential-decay function to data that is similar to the function proposed by Wang and Scholz (1994) to express wear processes of a fault. The function well reproduced the experimental data, suggesting that AE activities and frictional properties evolved in association with the wear. The decay distances of evolutions of the AE activities and the frictional properties were equal to each other and in inverse proportion to the normal stress. The latter could be understood by taking into account that the larger the overlap volume of asperities on the fault, the larger the normal stress. Further, when the normal stress was increased, the velocity weakening became weak and the m -value was decreased.

These results imply that there exists interrelations among seismicity and frictional properties of the fault.

キーワード: 摩擦すべり, AE 活動, 摩擦特性, ロータリーせん断, 変位依存性, 法線応力依存性
Keywords: frictional sliding, AE activity, frictional property, rotary shear, evolution, normal stress dependence

グリッドサーチ法による M_{hdd} の係数決定 Determination of the coefficients of M_{hdd} by a grid search approach

原 辰彦^{1*}
HARA, Tatsuhiko^{1*}

¹ 建築研究所国際地震工学センター
¹ IISEE, BRI

Hara (2007) developed an empirical magnitude formula using durations of high frequency energy radiation and maximum displacement amplitudes using tele-seismic P waves. Recently, Hara (2013), who referred to this magnitude as M_{hdd} , tried to re-determine the coefficients of the formula using a larger dataset by a linear inversion. The M_{hdd} calculated by the proposed coefficients better agree with the moment magnitudes from the Global CMT catalog. However, there is slight epicentral distance dependence for their differences. In this study, in order to reduce this epicentral distance dependence, we performed a grid search to determine the coefficients of M_{hdd} by minimizing both the differences between M_{hdd} and moment magnitudes and the dependence of their differences on the epicentral distance. The dataset is the same as that of Hara (2013). The search ranges for each coefficient can be set reasonably based on the studies of Hara (2007) and Hara (2013). The preliminary result suggests that it is possible to reduce the epicentral distance dependence using the coefficients obtained by the grid search method.

キーワード: マグニチュード, 高周波エネルギー放射, グリッドサーチ法
Keywords: magnitude, high frequency energy radiation, Grid search method

震源での地震波放射周波数特性解明のためのウェーブレット係数インバージョンの試み Wavelet domain inversion for examination of the frequency-dependent characteristics of the seismic wave radiation

鈴木 亘^{1*}; 青井 真¹; 関口 春子²; 功刀 卓¹
SUZUKI, Wataru^{1*}; AOI, Shin¹; SEKIGUCHI, Haruko²; KUNUGI, Takashi¹

¹ 防災科学技術研究所, ² 京都大学防災研究所/防災科学技術研究所
¹NIED, ²DPRI, Kyoto University/NIED

震源における地震波放射の周波数特性の解明は、震源の動力学の理解や強震動予測の高度化のために重要な課題であり、多くは周波数帯域ごとの地震記録の特徴に応じて推定された震源モデルの比較より議論が行われている。特に、2011年東北地方太平洋沖地震について、0.01-0.1 Hz 程度の地震波形から推定されるすべり分布は海溝に近い断層面浅部に大すべりを持つ一方、より高周波数帯域の地震記録を用いた経験的グリーン関数法やバックプロジェクション法からは陸に近い断層深部域より地震波を放射したという結果が多くの研究で得られ、巨大地震発生場の特性を示す結果として関心を集めた。我々は、0.01-0.125 Hz の強震波形を用いた震源過程解析において各すべり領域による波形合成への寄与を検討し、断層浅部の大すべりは 0.02 Hz より低い超低周波数帯域の地震波を放射し、深部のすべりからはそれよりも速く変動する地震波形が合成されることを示した (Suzuki et al., 2011)。この結果は多くの研究で指摘されているよりも低周波数帯域での震源過程の周波数依存性を示唆している。Suzuki et al. (2011) では、0.01-0.125 Hz の合成波形の特徴と周波数帯域を変えた解析結果より周波数依存性の検討を行っているが、時間周波数領域の情報を持つウェーブレット係数をインバージョンの対象とすることで、より直接的に、特徴的な破壊イベントごとの各周波数帯域への寄与を評価することができると思われる。本研究では、ウェーブレット係数をフィッティング対象とする、マルチタイムウィンドウの震源インバージョン手法の開発を行った。Suzuki and Iwata (2009) は経験的グリーン関数と理論的手法を組み合わせ Irikura (1986) の手法により広帯域波形合成を行うウェーブレット係数インバージョンを開発し、2000 年鳥取県西部地震について 1 Hz を境とする低周波数帯域と高周波数帯域の地震波放射の特性を調べたが、本研究で開発した手法は波形合成手法およびモデルパラメタ数の制約から現在のところ低周波数帯域にて検討を行っている。東北地方太平洋沖地震の最大余震である茨城県沖の地震 (MJMA7.6) に適用した予備的な解析では、0.01-0.125 Hz の周波数帯域においては明瞭な周波数依存性は見られていない。今後はより高周波数帯域への適用や東北地方太平洋沖地震本震への適用を行う予定である。

参考文献:

- Irikura, K. (1986): *Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp.*, 151-156.
Suzuki, W., S. Aoi, H. Sekiguchi, and T. Kunugi (2011): *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L00G16.
Suzuki, W. and T. Iwata (2009): *J. Geophys. Res.*, **114**, B08302.

Tracing Rupture Process of the 2011 Tohoku M 9.0 Earthquake Using Small Seismic Arrays in China

Tracing Rupture Process of the 2011 Tohoku M 9.0 Earthquake Using Small Seismic Arrays in China

XUELIN, Shen¹ ; WANG, Dun^{2*}
XUELIN, Shen¹ ; WANG, Dun^{2*}

¹1.Key Laboratory of Earthquake Geodesy Institute of Seismology, China Earthquake Administration, ²2.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

¹1.Key Laboratory of Earthquake Geodesy Institute of Seismology, China Earthquake Administration, ²2.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Back projection(BP) can trace rupture front of large earthquakes. It has been widely applied for better understanding rupture processes of recent large earthquakes. An important result/output from BP is rupture length, which roughly corresponds to the final size of earthquakes given geological environment. Thus it can be used for fast estimate of the size of large earthquakes for the purpose of tsunami warning and disaster evacuation.

Most studies were focused on using data recorded at distances of 30 to 85 degrees to epicenter, in which distance range the first coming wave is direct P wave which ensures a good resolution for the results from BP.

Here we applied several sub China array data to trace the rupture propagation of the Tohoku earthquake to investigate the effect of the other regional phases such as Pn. We tested the effects with seismograms recorded in sub arrays of China seismic array. The results suggest that the overall rupture length can be recovered, though there is some visible disconvergence, especially for those results derived from distant sub arrays.

キーワード: Back projection, Rupture Process, The 2011 Tohoku M 9.0 Earthquake, Small Seismic Arrays in China
Keywords: Back projection, Rupture Process, The 2011 Tohoku M 9.0 Earthquake, Small Seismic Arrays in China

高サンプリング地震波形を用いた小繰り返し地震の波形相関解析 Waveform correlation analysis of small repeating earthquakes using high sampling-rate seismograms

畠山 範重^{1*}; 内田 直希¹; 松澤 暢¹; 岡田 知己¹; 中島 淳一¹; 松島 健²; 河野 俊夫¹; 平原 聡¹; 中山 貴史¹; 2011 年東北地方太平洋沖地震 合同余震観測グループ³

HATAKEYAMA, Norishige^{1*}; UCHIDA, Naoki¹; MATSUZAWA, Toru¹; OKADA, Tomomi¹; NAKAJIMA, Junichi¹; MATSUSHIMA, Takeshi²; KONO, Toshio¹; HIRAHARA, Satoshi¹; NAKAYAMA, Takashi¹; TOHOKU-EQ, Group for the aftershock observations³

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 九州大学大学院理学研究院, ³ 2011 年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループ

¹Graduate School of Science, Tohoku University, ²Faculty of Sciences, Kyushu University, ³Group for the aftershock observations of the 2011 Tohoku Earthquake

繰り返し地震は、きわめてよく似た波形を持つ地震群であり、断層面の小アスペリティが繰り返し破壊することにより発生すると考えられている。しかし、繰り返し地震アスペリティの詳細な構造、破壊様式の再現性やゆらぎに関しては不明なことが多く、それらを明らかにすることは、プレート境界地震の発生メカニズムを理解する上で非常に重要である。

大地震の余効すべりなどの応力擾乱によって、同一アスペリティの破壊様式が変化する場合があることが、数値実験から明らかになっており、実際に大地震直後にその周りの小繰り返し地震のマグニチュードが系統的に変化したという観測結果もある。破壊様式が変化すると、地震波形の高周波成分が特に変化すると考えられる。そのため、小繰り返し地震の破壊様式の変化を捉えるためには、地震波形の高周波成分の違いを詳細に調べる必要がある。

本研究では、東北地方太平洋沖地震直後の 2011 年の 4 月から 11 月にかけて、東北地方太平洋側沿岸の定常ボアホール観測点で 1 kHz サンプリングの地震観測を行い、三陸沖で発生する小繰り返し地震の波形相関を調べた。具体的には、同一グループに属する小繰り返し地震同士でペアを作り、それらの波形のコヒーレンスを計算した。その結果、どのペアも低周波側では非常に高い波形相関を持つが、高周波側では、波形相関の高いペアと低いペアが存在することがわかった。また、波形相関が低下する周波数帯域は、どのペアもほとんど同じであった。この結果は、同一アスペリティの破壊でも、破壊様式がゆらいでいることを示唆している。

また、他の地震との高周波側の波形相関が低い地震は、近傍の地震の直後に発生していることがわかった。これは、近傍の地震による応力擾乱によって、同一アスペリティの破壊様式がゆらぎ、地震波形の高周波成分が変化した可能性を示している。

キーワード: 繰り返し地震, アスペリティ, 高サンプリング地震波形, 波形相関解析, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: repeating earthquake, asperity, high sampling-rate seismogram, waveform correlation analysis, Tohoku-Oki earthquake

大正関東地震最大余震の震源過程に関する考察 Study on the source process of the largest aftershock of 1923 Kanto earthquake

本多 亮^{1*}; 木村 尚紀²; 笠原 敬司³; 行竹 洋平¹; 原田 昌武¹; 道家 涼介¹; 宮岡 一樹¹
HONDA, Ryou^{1*}; KIMURA, Hisanori²; KASAHARA, Keiji³; YUKUTAKE, Yohei¹; HARADA, Masatake¹; DOKE, Ryosuke¹; MIYAOKA, Kazuki¹

¹ 温泉地学研究所, ² 防災科学技術研究所, ³ 地震予知総合研究振興会

¹ Hot Springs Research Institute, ² National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ³ Association for the Development of Earthquake Prediction

1923年大正関東地震(M7.9)の特徴の一つとして、M7以上の大きな余震が他のM8級の地震に比べて多かったことが挙げられる。余震群の中で最大のものは、本震の翌日に発生した地震で、M7.5(武村, 2003)と推定されている。関東地震の直後のため観測記録が少なく詳細は明らかになっていないが、S-P時間の再解析などを行ったいくつかの研究(例えば、武村, 1994; 浜田ほか, 2001)によれば、震源は房総半島沖の海溝軸付近から九十九里浜付近直下と推定されている。また Kimura et al. (2009)は、地殻変動データから最大余震の断層面を推定し、フィリピン海プレート境界のスロースリップが発生する領域およびプレート境界の固着域と重複することを示した。しかし、その震源過程などについてはいまだ不明な点が多く、房総半島沖のフィリピン海プレート境界の地震発生様式を考えるうえで、震源過程を明らかにすることは重要であると考えられる。そこで本研究では手始めに、岐阜測候所、高田測候所、仙台(東北帝国大学向山観象所)、秋田測候所の今村式強震計による観測記録を用いて最大余震のアスペリティの位置を推定し、房総半島沖のフィリピン海プレート境界で発生するスロースリップや繰り返し地震などとの位置関係について考察した。

手法

Kimura et al. (2009)で推定された断層面を基に、アスペリティ位置の推定を行う。まず、断層面上の最浅部(S1)、中央部(S2)、最深部(S3)の3か所に仮想震源をおき、それぞれの場合について各観測点までのS波の理論走時を計算して観測波形を並べる。S波の到達時刻は、武村(1994)、武村他(1995)、武村・野澤(1996)、武村・野澤(1998)の読み取り値を採用した。次に、3つの震源パターンそれぞれについて、S1~S3にポイントソース(アスペリティ)をおき、ライズタイム20秒のsmoothed ramp関数を仮定して理論波形を計算する。メカニズムは、Kimura et al. (2009)のものを使用した。震源とアスペリティのすべての組み合わせ(9通り)について、観測波形と理論波形の相関係数を計算し、そのスコアが最も良い組み合わせを探した。このとき、破壊開始からアスペリティが破壊されるまでの時間は、試行錯誤的にもっとも相関が良くなる時間を探した。

結果

S1もしくはS3を破壊開始点とし、S1~S3にアスペリティを仮定して理論波形と観測波形の相関係数を計算した場合、各サイトによって相関係数が高くなるアスペリティの位置がばらつく結果となった。一方、S2を破壊開始点とした場合は、仙台以外はS3にアスペリティをおいた場合についてもっともよくなった。したがって、断層面中央付近(S2)で破壊が始まり、深いほう(S3)に向かって破壊が進展したと考えられる。この時のアスペリティの破壊時間は、破壊開始から12秒後であり、およその破壊伝播速度は3km/sである。ライズタイム20秒を仮定しているため、全体の破壊時間は32秒程度となり、M7.5という規模とは矛盾しない。

謝辞

観測波形は、デジタル化し基準線補正を施したものを、鹿島建設から提供していただいた。ここに記して感謝いたします。

キーワード: 大正関東地震, 最大余震, 震源過程

Keywords: 1923 Kanto earthquake, the largest aftershock, source process

2013年サンタクルーズ地震の震源過程と津波 Earthquake source process of the 2013 Santa Cruz earthquake and the tsunami

朴 舜千^{1*}; 金 セッピョル²; 李 準桓¹
PARK, Sun-cheon^{1*}; KIM, Satbyul²; LEE, Jun-whan¹

¹ 韓国気象庁気象研究所, ² 韓国プギョン大学

¹National Institute of Meteorological Research, Korea Meteorological Administration, ²Pukyong University, South Korea

In order to understand the characteristics of large tsunamigenic earthquakes, we analyzed the earthquake source process of the 2013 Santa Cruz earthquake and simulated the tsunami. We first estimated the fault length of about 200 km using 3-day aftershock distribution and the source duration of about 110 sec using the duration of high-frequency energy radiation (Hara, 2007). From these results, we used the initial value of rupture velocity as 1.8 km/s for teleseismic waveform inversions. Teleseismic body wave inversion was carried out using the inversion package by Kikuchi and Kananmori (1991). Teleseismic P waveform data from 28 stations were used and band-pass filter of 0.005 ~ 1 Hz was applied. Our best-fit solution indicated that the earthquake occurred on the northwesterly striking (strike = 290) and shallowly dipping (dip = 15) fault plane. Focal depth and rupture velocity were determined to be 23 km and 1.3 km/s, respectively. Moment magnitude of 7.8 was obtained showing somewhat smaller than the result of previous study (Lay et al., 2013). Slip distribution of the event showed roughly two patches of large slip, one around the hypocenter and the other to the southwest.

Using the slip distribution obtained by teleseismic waveform inversion, we calculated the surface deformations using formulas of Okada (1985) which would be assumed as the initial change of sea water by tsunami. Then tsunami simulation was carried out using Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model (COMCOT) code and 1 min-grid topographic data for water depth. Two DART buoy data were used to verify our simulation. In the presentation, we will discuss more details on the results of source process and tsunami simulation and compare them with the previous study.

キーワード: サンタクルーズ, 震源過程, 津波
Keywords: Santa Cruz, source process, tsunami

2013 年オホーツク海深発地震の震源過程とスラブの温度構造 Relationship between the source process of the 2013 Sea of Okhotsk deep earthquake and the thermal structure of the slab

遠藤 俊^{1*}; 八木 勇治¹; 中尾 篤史²
ENDO, Suguru^{1*}; YAGI, Yuji¹; NAKAO, Atsushi²

¹ 筑波大・生命環境, ² 東京工業大学
¹Univ.Tsukuba, ²Tokyo Institute of Technology

Deep earthquakes occur at depths where, due to the high normal pressures and the prominence of plastic behavior caused by high temperatures, the brittle fracture is difficult to explain. As a consequence, the mechanism of deep earthquakes has been long standing challenge in Earth Science since the early twentieth century. Some mechanisms of deep earthquakes have been suggested and these mechanisms are sensitive to the thermal structure of slabs. Accordingly, the purpose of this study is (1) to infer the source process of the Sea of Okhotsk deep earthquake (Mw 8.3, depth 608.9 km) on 24 May 2013 (UTC) by using the Hybrid Back-projection (HBP) method (Yagi et al., 2012) and waveform inversion (Yagi and Fukahata, 2011) and (2) to elucidate the relationship the source process and the thermal structure in the Kurile slab.

We found that the reactivation of the rupture occurred near the hypocenter. This means that a stress concentration near the hypocenter overcomes the fault strength and reactivates rupture at the hypocenter (Gabriel et al., 2012). We investigated the relationships between our results and the thermal structure of the Kurile slab and found that (1) the main shock started to rupture from the outer portion of the slab (2) the source region of the earthquake extended in a temperature range between 740 °C and 990 °C. This study does not clearly support transformational faulting as a mechanism for occurrence of the Sea of Okhotsk deep earthquake suggested by Zhan et al. (2013) because it is unlikely that metastable olivine exists all over the slab at the depth of the main shock.

キーワード: 深発地震, HBP 法, 破壊の再活性化
Keywords: deep earthquake, HBP method, rupture reactivation

日奈久断層帯下部で発生した誘発微動の発震機構解推定 Focal mechanisms of the triggered tremor beneath the Hinagu fault zone, southwestern part of Japan

宮崎 真大^{1*}; 松本 聡²; 清水 洋²
MIYAZAKI, Masahiro^{1*}; MATSUMOTO, Satoshi²; SHIMIZU, Hiroshi²

¹ 九大・理, ² 九大・地震火山センター
¹ Grad. Sch. Sci., Kyushu Univ., ² SEVO, Kyushu Univ.

遠地大地震で励起された振幅の大きな表面波が通過する際に、プレート境界 (Miyazawa and Mori, 2005; Nadeau and Dolene, 2005) や火山近傍 (Obara, 2012) で、表面波の位相に同期して微動が発生する現象が知られている。九州地方における主要な内陸の活断層の1つである日奈久断層帯下部においても、Chao and Obara(2012, 地震学会秋季大会) や小原他(2012, 地震学会) 等により、2004年・2012年のスマトラ地震や2008年の四川地震等で微動が誘発されていることが確認されている。宮崎他(2013, 地震学会) では、定常観測網に独自の臨時観測点のデータを加えることで、微動が地震発生層より深い部分で発生していることを明らかにしている。

本研究では、2012年スマトラ地震で誘発された微動の発震機構解の推定を行った。誘発微動の検出および震源決定では、通常、エンベロープ相関法 (Obara, 2002) が用いられるが、微動が主にS波から構成されているという仮定をおいている。そこで、微動波形の振動軌跡に対して固有値解析を行い、最大固有値に対応する固有ベクトルから求められるS波 polarization angle をデータとして、Hirasawa(1970) による手法を用いて発震機構解の推定を行った。誘発微動は、振幅が小さいものの振動継続時間が長く、微動のエネルギーが到達している時間内においても固有ベクトルの方向が大きく変化する。そこで、3成分を合成した10分間のRMS振幅をノイズ振幅とし、固有値解析を行った時間窓における3成分のRMS振幅からS/N比を求め、高S/Nかつ最大固有値が他の固有値と比較して大きいものを抜き出して、S波 polarization angle のデータとした。

解析の結果、誤差が大きいものの広域の応力場におおむね一致する発震機構解が得られた。得られた発震機構解から、表面波による動的応力による影響がより詳細に議論できることが期待される。

謝辞

本研究では、九州大学の定常観測点・臨時観測点に加え、気象庁・防災科学技術研究所・鹿児島大学の定常観測点のデータを使用しました。記して感謝いたします。

キーワード: 誘発微動, 発震機構解, 日奈久断層帯
Keywords: triggered tremor, focal mechanisms, Hinagu fault zone

水圧破碎によって誘発された微小地震の応力降下量の時空間変化 Spatio-Temporal Variation of Stress Drop Observed at Carthage Cotton Valley Gas Field, Texas

飯田 周平^{1*}; 金 亜伊¹
IIDA, Shuhei^{1*}; KIM, Ahyi¹

¹ 横浜市立大学
¹Yokohama City University

シェールガス開発では水圧破碎技術が一般的に用いられる。水圧破碎によって誘発される微小な地震は付近に設置された観測井を通して常時モニタリングされている。これらの誘発地震の発生メカニズムを解明することは注入される流体とフラクチャーの成長を関係づける上で非常に重要である。近年の水圧破碎実験現場などで誘発地震の発震機構の研究がいくつかなされているが（例えば、Horalek et al., 2010 ; Sileny et al., 2009）、ダブルカップルのみで説明できるものから、体積変化を示唆する非ダブルカップル成分を有意に含む例まで、水圧破碎の条件の違いから結果は一様ではない。これらの発震機構の解析を困難にしている原因は、実際の開発現場においてはコストの関係上多数の観測井を設置する事ができず、発震機構の推定に必要な多方位からの観測が行えないこと、また地震のマグニチュードが微小（主に-1以下）であるために良好な波形を得ることが難しい事等が挙げられる。本研究ではこれらの困難を克服するために経験的グリーン関数を用いて応力降下量を求める事により、誘発地震の震源特性について考察した。解析には1997年アメリカ合衆国テキサス州東部に位置するガス開発地域（Cotton Valley）で行われた水圧破碎実験のデータを使用した。実験では5回に分けて異なる種類の流体が深さ約2.6 km から2.9 km に注入され、約2500個の震源がRutledge and Phillips (2003)によって再決定されている。本研究ではそれらの地震から大小のペアを探せる地震に限り応力降下量を見積り、その時空間的な変化、特に観測井の圧力、流体の注入量などとの相関を調べ誘発地震のメカニズムについて考察する。

キーワード: 応力降下量, 水圧破碎, 誘発地震, 間隙水圧
Keywords: Stress Drop, Hydraulic Fracturing, Induced Seismicity, Pore Pressure

南海・東南海・東海地震はスラブ内が潰れて付加体がはがれ、スラブが横ずれ回転すること～どうしてプレート間地震か～ Collapse of intraplate earthquake, Separation of accretionary wedge, and Rotation of plate by lateral-fault type

間瀬 博文^{1*}
MASE, Hirofumi^{1*}

¹ 所属なし

¹ none

(図面を参照のこと)

中部地方はマントルが西方から押されて沈み込みプレートを登坂することで支えられている。この力学の中で中国・近畿北西部・北陸地方は東進する。一方南海トラフから沈み込んだ“南海スラブ”は北西に向けた斜面を形成し、(川岸から流れに差し込まれた洗濯板のように)東進するものの中に浸かっている。その縁は抵抗を受ける形である。それで“南海スラブ”は右回転力を受けて弱い部分が潰れ、その場所より深い部分(北側)は這い上がり、全体的な右回転も起こりうる。“南海スラブ”のプレート内地震(A)と、“東海スラブ”との境界が起こす横ずれ断層型地震(B)が南海～東海地震そのものである。地震(A)でプレートは次第に短くなり、付加体は発達し、結果トラフは南に張り出す。プレート間地震でなく南海トラフ地震はプレート内地震であり、“南海スラブ”が、陸側プレート(紀伊半島)と一体で地中から出てくる。そのことを2004年の地震が明らかにした。(この項(1)(2)より)

海底地形図(3)を見れば、右回転に関係すると思われる巨大な亀裂が2本存在する。

亀裂(a):大王崎の東約10km点から始まり南へ延びトラフに達する(北は伊勢湾内に続くように見える)。これを境に西側はトラフが南に張り出している。下盤“南海スラブ”に対し上盤(陸側プレート・付加体)が大きく動く場合に滑ると考えられる。

亀裂(b):浜名湖の沖でY字を描きトラフに達する。浜名湖より北は“南海スラブ”“東海スラブ”が完全に分離し(7)、以南はトラフまで断裂しつつ接しているであろう。この断裂が海底まで達したもので、上盤を載せたまま下盤“南海スラブ”全体が動く場合に滑る亀裂。

地震(B)は亀裂(b)が滑り、亀裂(a)が滑るのは地震(A)と(B)の中間的なものと言える。

2004年山中氏が、東端は御前崎まで達する大きくメリハリの着いた1944年東南海地震の震源モデルを提案された。破壊が紀伊半島南東沖から始まり、だんだん陸側の深いほうに行き、その後トラフの方に飛び火して、それがだんだん北東方向にひろがって、最終的には北東方向(志摩半島沖から遠州沖)で大きな断層上のスベリを示した。震源付近が滑ったあとに時間を置いて北側が滑っているということから、紀伊半島沖の真ん中には破壊の進展を止める何かがあった、とのことである。(この項(4)(5)より)

その大きなスベリの領域は亀裂(a),(b)に重なる。1944年の地震は地震(A)だけでなく全てが起こったのかもしれない。山中氏の(プレート間地震の)震源過程を参考として地震(A),(B)亀裂(a),(b)による震源過程を構成してみた。

1.地震(A)が発生、スラブ等高線に沿って北東方向へ伝播した。2.付加体の剥離が南東方向に伝播しトラフに達した。3.その剥離がトラフに沿って、そして亀裂(a)に沿って伝播した。4.(上盤の回転)その剥離が大規模であった結果として亀裂(a)が滑った。5.(下盤の回転)環境が整い亀裂(b)が滑り地震(B)が発生した。トラフ付近にストレスが発生。6.三河地震が4,5の影響を受け発生。7.2004年の地震が発生し5のストレスを吸収した。

この震源過程で期待されるすべり量分布は、山中氏のそれと同様であるとしても矛盾点がない。南海～東海地震はプレート間でなくプレート内地震と横ずれ断層型地震であるとすれば、山中氏の成果は至極妥当なものであると強く感じる。

また、三河地震の際、京都での振幅は説明できないほど小さく岐阜でのそれは全く逆であった(4)。これは亀裂(a),(b)がもたらす地殻構造を原因として指摘できよう。さらに2004年の地震は南海地震の範疇である(2)としたが、その役割がさらに明確にできた。

参考文献

(1)間瀬博文(2009)/プレート内の自壊から始まる南海地震が関係する地域のシステム～沈降できないプレートと単独活動できない東海地震～/地震学会09年秋季大会/P3-64 (2)間瀬博文(2010)/2004年紀伊半島南東沖の地震は「南海地震」、這い上がっていた沈降プレート/地球惑星科学連合2010年合同大会/SSS027-P10 (3)海保海洋情報部/プレート境界域の精密海底地形図 <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/jishin/sokuryo/sokuryo.html> (4)山中佳子(2004)/1944年東南海地震と1945年三河地震の震源過程/東大震研 (5)名大環境学研究科/2007年1月12日「徹底討論一次の東海地震はどこだ」報告書 (7)名大環境学研究科/沈み込むフィリピン海プレートの形状と構造/<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/SEIS/slab/slab-j.html>

SSS29-P10

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

