

2011年東北地方太平洋沖地震に先立つ異常地震活動の移動パターン Precursory migration of anomalous seismic activity prior to the 2011 Tohoku, Japan, earthquake

河村 将^{1*}, 呉 イーシューアン², 工藤 健³, 陳 建志¹

KAWAMURA, Masashi^{1*}, WU Yi-Hsuan², KUDO, Takeshi³, CHEN Chien-Chih¹

¹ 台湾国立中央大学地球科学学系 / 地球物理研究所, ² カリフォルニア大学デービス校地質学系, ³ 中部大学工学部共通教育科

¹Dep. of Earth Sciences and Graduate Inst. of Geophysics, National Central University, Taiwan, ²Dep. of Geology, University of California, Davis, ³General Education Division, College of Engineering, Chubu University

2012年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震発生の準備過程とそれに関連する統計的特徴を明らかにすることは、さまざまな大規模地震の準備過程の解明や地震防災の観点から重要である。特に地震活動データは、他のデータに比べ非常に扱いやすいデータの1つである。この地震活動の時空間分布の観点から、東北地方太平洋沖地震の準備過程に関する情報を得られないか検討するため、我々は、統計的手法の1つである改良パターンインフォマティクス法 (Wu et al., 2011) を、東北地方太平洋沖地震の震源を含む広域の地震活動に適用した。適用手法は、これまで、異常地震活動 (地震活動静穏化、地震活動活発化) 域が時間とともに、将来発生する大規模地震の震央に近づくという特徴を示してきた。これは、適用手法がアスペリティにおける応力蓄積過程を反映している可能性を示唆するものである。この手法を本研究に適用した結果、2011年東北地方太平洋沖地震発生前に先立つ異常地震活動が1997年以降時間とともに震央に近づく傾向が検出された。また、同様の傾向が房総半島沖でも2001年以降続いていることが明らかとなった。

キーワード: パターンインフォマティクス法, 地震活動静穏化, 地震活動活発化, 地震活動, 地震準備過程, 2011年東北地方太平洋沖地震

Keywords: Pattern Informatics method, Seismic quiescence, Seismic activation, Seismic activity, Earthquake migration, The 2011 Tohoku earthquake

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う動的応力変化による日本列島の一連の誘発地震 Triggering sequence of seismicity over Japanese Islands by dynamic stress changes from the 2011 Tohoku-Oki earthquake

宮澤 理稔^{1*}

MIYAZAWA, Masatoshi^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

2011年東北地方太平洋沖地震直後に日本列島の地震活動が誘発され、地震波の広がりにあわせて南西方向に伝播した。誘発の伝播速度は表面波伝播速度とほぼ同じ3.1-3.3 km/sであり、震央距離約1,350kmの遠方まで誘発が観測された。北方向の動的応力変化は南西方向に比べ小さく、誘発地震は観測されなかった。遠地における静的応力変化は動的応力変化に比べ1-2桁小さかったことから、本震直後のこれらの誘発地震は動的応力変化によって誘発されたと考えられる。動的誘発に必要な応力変化は約500kPa、歪み変化は約 10^{-6} である。これらの地震活動は、数日から数週間以内に発生した静的応力変化に伴う地震活動とは空間的に異なるパターンを示した。また、スペクトル比解析により、P波による動的誘発の可能性を調べた。P波による誘発は、低周波微動の誘発が観測された場所、およびいくつかの地震発生地域・火山地帯で見つかった。P波による誘発歪みは 10^{-8} から 10^{-7} のオーダーであり、これは表面波による誘発に必要な誘発歪みより1?桁小さい。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 動的誘発作用

Keywords: 2011 Tohoku-Oki earthquake, Dynamic triggering

Tidal triggering of earthquakes in Iwo-jima island Tidal triggering of earthquakes in Iwo-jima island

鴨川 仁¹, 鶴川 元雄², 渡辺 泰行^{1*}, 上田 英樹², 田中 佐千子²

KAMOGAWA, Masashi¹, UKAWA, Motoo², WATANABE, Yasuyuki^{1*}, UEDA, Hideki², TANAKA, Sachiko²

¹ 東京学芸大学物理学科, ² 防災科学技術研究所

¹Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ., ²Nat. Res. Inst. For Earth Sci. & Disaster Prevention

Tidal triggering of earthquakes clearly appears in Iwo-jima volcanic island, 1250 km south of Tokyo. This tidal earthquake occurs only in the northern area of the island although the seismicities in the northern and southern are the similar for the 7-year record. In the statistical analysis, the maximum of the number of low- and high-frequency earthquakes per an hour in the northern area coincides with the minimum of sea level and probably with the maximum of the volume strain, respectively. We speculate that the low- and high-frequency earthquakes triggered by the ocean and solid-earth tides is caused not by the tidal stress but by the cavitation of groundwater containing gas at the fault and the stress drop due to the groundwater intrusion into the fault, respectively

キーワード: 地震活動, 誘発地震, 潮汐

Keywords: Seismicity, Triggering, Tide

2012年1月28日山梨県東部の地震活動と丹沢地域のテクトニクスとの関係 Detailed analysis of hypocenters and mechanisms of the M5.4 Eastern Yamanashi Prefecture earthquake on 28 January, 2012

行竹 洋平^{1*}, 原田 昌武¹, 本多 亮¹, 伊東 博¹, 吉田 明夫¹

YUKUTAKE, Yohei^{1*}, HARADA, Masatake¹, HONDA, Ryou¹, Hiroshi Ito¹, YOSHIDA, Akio¹

¹ 神奈川県温泉地学研究所

¹ Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, Kanagawa, Japan

1. はじめに

2012年1月28日7時43分、山梨県東部の深さ20km付近において気象庁マグニチュード(Mjma)5.4の地震(以下、本震と呼ぶ)が発生した。この地震により山梨県東部・富士五湖で震度5弱が、関東・中部の広い範囲で震度4が観測された。本震が発生する直前の7時39分に本震震源の近傍で4.9(Mjma)の地震(以下、前震と呼ぶ)が発生し、さらに翌日1月29日16時46分には本震震源のやや北側で4.7(Mjma)の地震(以下、最大余震と呼ぶ)が発生した。

今回の地震発生域は丹沢山地直下であり、伊豆衝突帯北縁部に位置する。同地域は丹沢地塊、伊豆地塊と本州側のプレートが多重に衝突する地殻構造が複雑な場所(例えば、Arai et al., 2009; Taira et al., 1998)。常時地震活動が高い。吉田(1990)及びYukutake et al., (2012)は丹沢山地域で定常的に発生する地震活動を詳細に調べ、地震活動域が東西2つの領域に分かれること、さらに今回の活動があった西側の領域で発生する地震は伊豆地塊と本州側のプレートの衝突の影響を強く受けて発生している可能性があることを指摘した。

本発表では、今回の地震活動について、その震源及びメカニズム解の詳細な分布を明らかにして、この地域の応力場の推定を行い、伊豆半島北縁部のテクトニクスとの関係を考察する。

2. 震源及びメカニズム解分布

解析には丹沢山地周辺に展開されている、温泉地学研究所、防災科研Hi-net、東大地震研、気象庁、中感度地震観測網(MeSO-net)の観測点データを使用した。震源決定には、Double Difference法(Waldhauser and Ellsworth, 2000)を用い、メカニズム解の決定には精度を高めるため、P波初動極性データに加えて、P波並びにSH波の震幅情報も合わせて用いた。

本震震源近傍で発生した余震は南東方向に高角に傾斜する面上に集中して分布していることが分かった。本震のメカニズム解は北西-南東方向にP軸を持つ逆断層タイプであり、防災科研F-netのCMTカタログのものと概ね一致する。余震の震源分布と本震メカニズム解の南東傾斜の節面がほぼ一致することから、本震の震源断層は南東方向に高角に傾斜していたことが示唆される。最大余震は本震から北に約5km離れた場所で発生し、それに伴う2次的な余震もその近傍で発生した。一連の地震活動は、前震及び本震の震源近傍と、最大余震の震源近傍の2つのクラスターに明瞭に分かれる。最大余震の震源近くで発生した余震の震源は、東西走向で北へ高角に傾斜する面上に集中して分布する。最大余震のメカニズム解は、P軸が鉛直に近く、正断層成分を含んでいて、本震のメカニズム解とは特徴が異なる。

余震のメカニズム解の空間分布に着目すると、本震周辺のクラスターでは逆断層タイプの余震が卓越しているのに対して、最大余震周辺のクラスターでは正断層タイプや横ずれタイプの余震も発生していることが分かった。応力逆解析法(Horiuchi et al., 1995)を用いて、2つのクラスター領域での応力状態を定量的に推定したところ、本震周辺では1軸が水平で3軸が鉛直方向の逆断層型の応力場であるのに対して、最大余震周辺では1軸がほぼ鉛直に近い正断層型の応力場という違いがあることが分かった。

3. 議論

過去のこの地域の地震活動の震源分布(Yukutake et al., 2012)と比較すると、東西に分かれる地震活動のうち今回の地震活動は西側の領域で発生した。津村ほか(1993)が、S-P変換波を用いて丹沢地域西部におけるPHP境界位置をイメージした変換面は、今回の一連の活動の上限に位置する。変換面の形状と余震分布及びメカニズム解に基づいた本震の断層配置が一致しないことから、一連の地震活動はPHP内部で起きたと推定される。Yukutake et al., (2012)は丹沢山地西側の領域で発生する地震活動は、PHP内部に形成されたフラクチャー構造を反映して発生している可能性を指摘しており、本震はそうしたプレート内部のフラクチャーと関係して発生したと考えられる。また、本震周辺と最大余震周辺の2つのクラスター間でメカニズム解の特徴が異なっていたことは、この地域での応力場の不均質を示唆する。

謝辞

本研究では、防災科研Hi-net、東京大学地震研究所、気象庁、MeSO-netの地震波形記録を使用させていただきました。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS30-04

会場:302

時間:5月24日 16:15-16:30

キーワード: 丹沢山地, テクトニクス, 伊豆衝突帯

Keywords: Tanzawa Mountains, Tectonics, Izu collision zone

岐阜県美濃東部の地震 (2011/12/14; M5.6) の発生メカニズム Source process of an east-Mino earthquake (12/14/2011; M5.6) in Gifu prefecture, Japan

雑賀 敦^{1*}, 大久保 慎人¹

SAIGA, Atsushi^{1*}, OKUBO, Makoto¹

¹ 財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所

¹Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Predict

2011年12月14日13時01分、岐阜県瑞浪市の下を震源とするマグニチュード5.6のスラブ内地震が発生した。東濃地震科学研究所 (TRIES) のある岐阜県瑞浪市では最大震度4と揺れも大きく、地元自治体などでは関心が高い地震であった。TRIESで高密度な地震観測網を展開した2000年以降、美濃東部におけるこのような大きなスラブ内地震は観測されていない。我々はTRIES地震観測網の地震波形データに高密度地震観測網 (Hi-net) の地震波形データを加えて、本震やそれに続く余震の詳細な震源決定と発震機構解の推定を行った。

本震の震源の深さは49kmであり、余震は本震の破壊域を含む東傾斜の断層面上で発生している。この地域のスラブ上面の深さはおよそ40kmであり、本震は上面から約9km下のスラブ内で発生したと考えられる。発震機構解からは、本震、余震、12/5の地震に共通して東西方向にT軸 (最小主圧縮軸)、スラブ面の法線方向にP軸 (最大主圧縮軸) をもつ正断層型の地震と推定される。また、この地域では下に凸のスラブ形状が示唆されている。これらのことから、スラブが法線方向に圧縮、東西方向に伸長の変形をした結果、地震が発生した可能性が考えられる。既存の地下構造からは、今回地震が発生した場所はスラブがマントルウェッジと接している場所であることが示唆されている。このようなスラブより剛性率が低いと考えられるマントルウェッジが存在する場所で、スラブ内が上下に圧縮変形する応力状態となる地震発生メカニズムを明らかにする必要がある。

キーワード: フィリピン海プレート, スラブ内地震, 発震機構解, 震源分布, 断層面, 応力場

Keywords: the Philippine Sea plate, slab earthquake, focal mechanism, hypocenter distribution, fault plane, stress field

気象庁震源とUSGS震源との比較

The comparison of hypocenter location and magnitude determined by JMA and USGS.

上野 寛^{1*}

UENO, Hiroshi^{1*}

¹ 気象研究所

¹MRI

日本及びその周辺で発生する地震について、気象庁(JMA)が国内の地震観測網によって決めた震源位置とアメリカ地質調査所(USGS)がグローバルな観測網によって決めた震源位置との比較は涌井(1983)などにより、地域による系統的な偏りが指摘されている。JMAは日本及びその周辺で発生した地震について、1997年9月以前は基本的にJMAの地震観測網のデータのみで震源決定及びマグニチュード(M)計算を行っていた。1997年10月からは地震防災対策特別措置法の趣旨に沿って、気象庁の地震観測網に加え、防災科研のHi-netや大学等の微小地震観測網のデータを一元的に処理し、震源決定及びM計算を行っている(以下、一元化震源)。観測点密度が高くなったこと及び震源計算に用いる走時表・計算手法の改善により、特に内陸の地震の震源決定精度は飛躍的に向上した。今回、日本及びその周辺で発生した地震について、昔と比べて精度が高くなった一元化震源とUSGSが決定した地震の位置及びMについて比較を行った。

対象期間は、防災科研の全国のHi-netのデータを一元化震源に利用し始めた2002年10月からとし、また、一元化震源が確定値として公表されている2011年5月までとした(2011年12月21日現在)。また、一元化震源のMが3.0以上の地震を対象(対象地震60,495個)とした。USGSの震源データは上記期間のPDE monthly及びPDE weeklyのデータを用い(2011年12月21日現在、PDE monthlyデータは2010年3月までで、それ以降はPDE weeklyのデータである)、一元化震源と同一地震と判定された地震数は13,889個であった。

同一地震と判定された一元化震源とUSGS震源を比べると、内陸の地震及び沿岸の地震については、USGS震源は一元化震源と比べ若干西寄りに決まっている傾向がある。また、規模が小さい地震ではほぼ同じ経度であるが、規模が大きくなるとより西寄りに決まる傾向がある。日本の稠密な観測網内である内陸部では一元化震源の方が決定精度が高いと思われるので、USGSが震源計算に用いる観測点の配置及び用いている速度構造が起因して、東寄りに決まっていると思われる。

一方、東北地方の海溝軸付近の地震については、USGS震源は一元化震源より東寄りに、千島列島付近の地震については北寄りに決まっている傾向がある。これは日本の地震観測網から外れるために、一元化震源の経度方向及び緯度方向の系統的誤差が影響していると考えられる。

また、2011年東北太平洋沖地震の本震の一元化震源はUSGSと比べて約50km南東に位置している。Chu et al.(2011)で再精査された震源と比べても約20km南東に位置している。この差はこの地域の平均的なUSGS震源との差と比べて大きい方である。これは大きい地震の場合のS相の読み取りの難しさ及び読み取り値の少なさが関係していると思われる。

文献

涌井仙一郎(1983): 気象庁とUSGSの震源要素の地域的比較及び松代の走時残差, 験震時報, 48, 57-63.

Chu R., S. Wei, D. V. Helmberger, Z. Zhan, L. Zhu and H. Kanamori (2011) Initiation of the great Mw9.0 Tohoku-Oki earthquake, Earth and Planetary Science Letters, 308, 277-283.

キーワード: 一元化震源, USGS震源, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: Japan unified earthquake catalog, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, USGS earthquake catalog

過去の地震カタログの再構成の試みについて (続報)

The attempt of re-making Japan earthquake catalog based on Japan seismic networks (Part 2)

北川 貞之¹, 土井 恵治², 横田 崇³, 上野 寛³, 足達 晋平², 太田 貴郎^{2*}, ADEP 地震調査研究センター⁴, 全国大学微小地震観測網データベース委員会⁵, 汐見 勝彦⁶, 青井 真⁶

KITAGAWA, Sadayuki¹, DOI, Keiji², Takashi Yokota³, UENO, Hiroshi³, Shimpei Adachi², OHTA, Yoshiro^{2*}, ADEP, Earthquake Research Center⁴, Committee on Earthquake Database of Japan University Seismic Observatory Networks⁵, SHIOMI, Katsuhiko⁶, AOI, Shin⁶

¹ 文部科学省地震・防災研究課, ² 気象庁地震火山部, ³ 気象庁気象研究所, ⁴ ADEP 地震調査研究センター, ⁵ 全国大学微小地震観測網データベース委員会, ⁶ 防災科学技術研究所

¹MEXT, ²JMA, ³MRI, ⁴ADEP-ERC, ⁵University Seismic Observatory Networks, ⁶NIED

気象庁は、1923年8月以降、現在までの日本およびその周辺の震源カタログを整備している。

1997年10月以降は、日本国内に設置された気象庁および大学等の地震計すべてを使用する対象とし、一定の処理基準のもとに震源決定されたカタログとなっている(いわゆる一元化震源カタログ)。これは、地震発生の2日後には、暫定的な震源が公開され、準即時的に作成される震源として利活用されている。

しかし、1997年9月以前については、震源決定に使用されている地震計は主に気象庁の地震計に限られており、現在と比べ検知力が低い、処理基準も一定でないなどの改善すべき事項がある。

そこで、気象庁では火山観測点の検測値など気象庁内のデータを追加し、現在と同じ処理基準での震源再計算を行い、一定の改善が見られている。

一方、大学・防災科学技術研究所等においても、地震観測が実施されており、そのデータを気象庁のデータと合わせて震源再計算を行うことにより、より精度の高い震源カタログとなる可能性がある。

そこで、気象庁では全国大学微小地震観測網データベース(以下:大学DB)のデータを使用し、一元化震源カタログにマージ・再計算を行い、過去の地震カタログを再構成する試みを始めた。最終成果物は、地震調査研究推進本部のもとの公表を計画している。

昨年、我々は防災科学技術研究所のデータ(1979年1月~1997年9月)と大学DBの一部期間(1994年1月~1997年9月)のデータを入手し、この程、1994年1月~1997年9月のデータのマージと再計算を行った。

本報告では、マージ・再計算を行った経過、その一部結果及び今後に向けての課題等を報告する。

参考文献

海野徳仁・平原聡・中島淳一・勝俣啓・小菅正裕・平田直・金沢敏彦・酒井慎一・山崎文人・松村一男・木村昌三・植平賢司・後藤和彦・松浦律子・津村建四朗:全国大学微小地震観測網データベース,全国大学微小地震観測網データベース(S144-003),日本地球惑星科学連合大会,S144-003,日本地球惑星科学連合

キーワード:地震カタログ,全国大学微小地震観測網データベース

Keywords: Earthquake Catalog, Database of Japan University Seismic networks

日本海溝における過去10年間の余震系列解析 Research on the Aftershock Series for the past 10 years in the Japan Trench

桑原 雅典^{1*}, 生田 領野²
KUWAHARA, Masanori^{1*}, IKUTA, Ryoya²

¹ 静岡県ふじのくに防災フェロー, ² 静岡大学理学部地球科学科

¹Shizuoka Prefecture Fujinokuni Bosai Fellow, ²Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University

本研究は、1997年10月から2010年11月の日本海溝におけるM6-8級地震の余震系列を解析した。研究目的は、M9地震発生に向けた応力状態を見ることである。解析には気象庁一元化震源(最終解)を用い、各余震系列の余震数の時間変化を改良大森公式に近似した。そして、余震減衰度を表すP値を応力状態に関連した既存研究結果と比較分析した。

1. はじめに

2011年3月11日にM9の東北地方太平洋沖地震が発生した。それ以前には、過去の地震履歴ならびに地震波形やGPS変位から推定される固着域分布より、M9地震を発生させる応力の蓄積は考えられていなかった。本研究は、M9地震を発生させた応力状態を検出することを目的とした。

余震は応力の再分配であると言われている。私たちは、M9地震を発生させる応力のビルドアップは余震に何らかの影響を与えているはずだと考えた。本研究では、余震系列を時空間解析し、余震活動と応力状態の関係を求める。

2. 方法

まず、解析対象となる地震をピックアップする。ここでは日本海溝で発生したM6以上の地震を対象とした。そして、解析対象地震周辺で起きた震源の時空間分布から、余震系列を決定した。各余震系列における日当りの余震数と本震からの経過時間を両対数グラフにとり、次の改良大森公式に近似した。

$$N(t) = K / (t + C)^P$$

N(t): 単位時間当りの余震数

t: 本震からの経過時間

K: 余震数の規模

C: 本震直後の余震の起こり難さ、本研究ではC=0とした。

P: 余震数の減衰度

改良大森公式に従えば、余震はべき減衰する。

3. 結果と考察

改良大森公式に近似できない余震系列があった。ここからは、改良大森公式に近似できたプレート境界地震の余震系列について述べる。P値は0.4~1.5の間をとり、K値は1~300の間をとった。

3.1. 余効すべりを伴う地震

Suito et al. 2011 で示されている東北地方の余効すべりを伴う4つの地震について余震を調べた結果、これらの地震は先ほど算出したP値が小さい(減衰が遅い)地震であった。余効すべりと余震の間には密接な関係があることが示唆される。

3.2. 有意性

有意性を検討した結果、K値が10未満の余震系列は有意でないと判断された。K値が小さいことは、余震数の規模が小さいことであり、次の3つの傾向を示す。

- ・余震系列範囲の決定しだいで大きく結果が変わる。よって結果の信頼性が低くなる。
- ・日当りの余震数が変動しやすく、べき数減衰を示さなくなる。
- ・P値が決まりにくい。

3.3. 相関

K値とP値、本震のMの相関関係は次の通りである。

- ・K値と本震のMには正の相関
- ・P値と本震のMには負の相関

3.4. 固着域

P値と東北地方太平洋沖地震に先立って測地的に推定された東北地方の固着域を比較した結果、固着域周辺にP値

SSS30-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30

の小さい(減衰の遅い)余震系列が存在しているように見える。

4. まとめ

本研究では、余震系列を改良大森公式で近似し、本震のマグニチュード(M)と、P値、K値との関係を検討した。後に発生した巨大地震の前にカップルしていた領域は、P値が小さい値を示した。P値の大きさとその後の地震発生の関係の有無について、すべり状態依存摩擦則など他の先行研究の知見を踏まえて検討し、明らかにしたい。

キーワード: 日本海溝, 余震, 改良大森公式, P値, K値, 応力状態

Keywords: the Japan Trench, aftershock, the modified Omori's law, P value, K value, stress state

グリーンランド周辺での地震活動の統計解析 The statistical analysis of the earthquakes around the Greenland

姫野 哲人^{1*}, 金尾 政紀¹

HIMENO, Tetsuto^{1*}, KANAOKI, Masaki¹

¹ 国立極地研究所

¹ National Institute of Polar Research

近年、地球温暖化の影響で、地球上の多くの場所で様々な異常気象が確認されている。特に極域では多くの雪や氷が解けてきている。これに関連し、グリーンランドでは氷河地震の発生数が増えてきているという報告がある (e.g. Ekstrom et al., 2006 and Tasi and Ekstrom, 2007)。加えて、私たちは International Seismological Center (ISC) のデータから、グリーンランド周辺で通常の地震活動も活発になってきていることが確認できる。そこで私たちは ISC の地震カタログを使い、この地震活動度の変化を統計的に分析した。また、氷河地震の分析に関しては、Tasi and Ekstrom (2007) で報告されている 1993 ~ 2005 年のカタログを用いて分析を行った。これらの解析結果から、通常の地震、氷河地震ともに、特にグリーンランドの西側の地震活動が活発になっていることが確認できた。

キーワード: グリーンランド, 地震活動, 氷河地震

Keywords: Greenland, seismicity, glacial earthquake

離散的トリガリングモデルによる地震活動の統計的解析 Statistical analysis of seismicity by discretized triggering model

栗原 義治^{1*}, 麻生 尚文¹, 井出 哲¹
KURIHARA, Yoshiharu^{1*}, ASO, Naofumi¹, IDE, Satoshi¹

¹ 東大・理・地惑
¹EPS, University of Tokyo

[背景]

地震活動の定量化においては地震間の相互作用(トリガリング)を定量化することが重要であり、地震系列を点過程として捉える統計的解析が可能である。各時刻におけるイベント発生確率はその時刻までのイベント発生履歴に依存する。地震発生頻度(レート)を定常的活動からの寄与(バックグラウンド項)と、トリガリングによる寄与(トリガリング項)のイベント発生履歴についての線形の重ね合わせで表現するとき、トリガリング項の与え方は一意ではない。

[手法]

既往の代表的点過程モデルとして Epidemic-Type Aftershock Sequence (ETAS) モデルが広く用いられている [Ogata, 1988]。ETAS モデルはトリガリング項に余震系列に対して経験的に知られている大森・宇津法則と同様の関数形を取り入れており、余震系列のモデル化のために提唱されたモデルであると言える。ETAS モデルではトリガリング項を時間とマグニチュードの2変数の連続関数で表現するが、本研究で開発した離散的トリガリングモデルでは離散的関数で表現する。離散的表現によりトリガリング項の時間・マグニチュードに対する複雑な依存性を表現することができ、余震系列以外の様々な地震カタログへの適用が容易である。更にモデルパラメータの推定には最尤法を採用し、AICを用いてETASモデルと離散化の仕方が異なる複数の離散的トリガリングモデルのどれがカタログを最も良く説明するかを比較した。

[データ]

2種類の地震カタログに対してETASモデルと複数の離散的トリガリングモデルを適用した。1つは普通の地震活動の例として南カリフォルニアの地震について Shearer et al. [2005] により震源再決定済みの SHLK カタログで、もう1つは普通でない地震活動の例として Aso et al. [2012 (本学会)] により日本の3ヶ所(愛媛中部・島根東部・桜島)における連続波形を用いてイベント検出された低周波地震(LFE)カタログである。

[結果・考察]

SHLK カタログにモデルを適用しそれぞれの結果を比較するとトリガリング項の時間・マグニチュード依存性を変数分離できると仮定した離散的トリガリングモデルの場合 ETAS モデルよりも AIC 的に良い結果を得た。このモデルによる結果はトリガリング項のコーナー(大森・宇津法則の c 値に相当)がマグニチュード依存性を示しており、本研究による離散的トリガリングモデルは c 値の定量化とその物理的意味の考察を可能にする有力なツールであると言える。

3種類のLFEカタログについては、ETASモデルにより推定された大森・宇津法則の p 値は $1.2 \sim 2.2$ と普通の地震活動より大きめであった。離散的トリガリングモデルによる解析では更に $100 \sim 1000$ 秒よりも短時間の領域ではトリガリング項の山が検出でき LFE の特徴的タイムスケールと連発性を定量化することに成功した。普通の地震活動とLFEのトリガリング項の形の差は両者の地震発生過程の差を示唆している可能性がある。

キーワード: 離散的トリガリングモデル, ETAS モデル, 地震活動予測, 低周波地震

Keywords: Discretized Triggering Model, ETAS model, forecast of seismicity, low-frequency earthquake

2011年東北地方太平洋沖地震と2004年新潟県中越地震の本震直後の余震活動と余震域の拡大

Early aftershock activity of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku earthquake and the 2004 Chuetsu earthquake

千葉 正亮^{1*}, 小菅 正裕¹

CHIBA, Masaaki^{1*}, KOSUGA, Masahiro¹

¹ 弘前大学大学院理工学研究科

¹ Graduate School of Sci. & Tech., Hirosaki Univ

The early aftershock activity provides information about the mainshock rupture process that affects the whole aftershock sequence. Most aftershock studies utilize earthquake catalogs. However, the catalogs are incomplete, in particular, for the early stage of aftershock activity due to overlapping of codas of preceding earthquakes on P-wave first motion. We have investigated the early aftershock activity of recent large earthquakes by manually picking events from continuous seismograms. Our aim is to clarify the rate of expansion of aftershock zone, which is important to assess the true size of mainshock fault and to know the factors to control the expansion. The one event is the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku (Tohoku-oki) Earthquake. We found that aftershock activity of Tohoku-oki Earthquake migrated to the north with a velocity proportional to the logarithm of elapsed time from the mainshock. The other target is the 2004 Chuetsu earthquake. We determined much more events than the JMA catalog. However, we need to improve location accuracy by, for example, using template events.

1911年に喜界島近海で発生した巨大地震の震源について Hypocenter of the 1911 great earthquake occurred around Kikai-jima, Japan

後藤 和彦^{1*}

GOTO, Kazuhiko^{1*}

¹ 鹿大・理工・南西島弧

¹NOEV, Kagoshima Univ.

1911年6月15日に喜界島近海で発生した巨大地震(以下では「明治喜界島地震」という)は、日向灘～南西諸島域における最大規模の地震である。この地震の震源としては、喜界島の南方30km程度の北緯28度、東経130度、深さ100km(宇津, 1979)が通説となっている。このうちの震央については、中央气象台(1950)の震央を妥当として宇津が採用したものである。しかしながら、中央气象台がどのようなデータを用いて震源決定を行ったかは不明である。一方、震源の深さについては、宇津が震度分布などの特徴から定性的に評価したものである。このように、上記の震源の定量的な根拠は明らかでない。本研究では、明治喜界島地震の観測データを吟味して震源決定を行うとともに、最新の震源分布を参考にして当該地震の震源について検討した。

明治喜界島地震のP波初動到達時刻については60ヶ所以上の報告がある。しかしながら当時の刻時精度が悪いため、これらのデータを用いて震源を決定することは困難である。そこで、本研究では刻時精度の影響を受けにくいS-P時間データを用いた震源決定を行った。収集できたのは名瀬・京都・東京・恒春・上海・大阪・台北・大連・徳島・福井・水沢のデータである。水沢以外の出典は、今村(1913)と大阪測候所月報(1911)および徳島測候所の地震報告と福井測候所の地震調査原簿である。水沢のS-P時間は緯度観測所(現、水沢VLBI観測所)の大森式地震計の記録から読み取った値である。なお、名瀬については本震の地震記象からS-P時間を読み取ったものではなく、前震と余震のS-P時間から今村(1913)が推定した値(18秒)である。本研究では、18秒のほかに9秒の場合も考えた。震源は、気象庁の速度構造JMA2001を用い、S-P時間の残差が大きくなるものは除外するなどして求めた。最終的に推定された震源は北緯28.90度、東経130.25度、深さ15kmである。ただし、深さについては0~40km程度の範囲でほとんど分解能はなかった。そこで、最新の震源分布を参考にして、深さは30km程度が妥当であるとした。

推定された震央は喜界島の北北東60km程度に位置しており、これまで考えられていた震央とは喜界島を挟んで逆方向におよそ100km離れている。この付近の多くの地震はプレート境界で発生しており、地殻内の地震はほとんど起こっていない。明治喜界島地震もプレート境界地震と考えられる。最新の震央分布を見ると、喜界島の北東海域には島弧軸方向に80km程度の拡がりを持つ地震活動が低調な領域が存在している。今回推定された震源は、低地震活動域の深部側の縁に位置している。プレート間カップリングが強いことにより地震活動度が低くなっているとすると、この低地震活動域は明治喜界島地震の震源域であった可能性がある。推定された震源の深さの精度は十分ではないものの、通説(深さ100km)よりは浅い。最近の調査で明治喜界島地震に伴う津波の高さが喜界島(赤連、荒木)や奄美大島(龍郷)で5mを越えていたことが明らかになってきており、このことは明治喜界島地震の震源の深さは100kmまで深くはなかったことを示唆していると思われる。

謝辞: 緯度観測所(現、水沢VLBI観測所)で長年にわたり継続して観測された地震記録および徳島測候所と福井測候所の資料を使わせていただきました。記して感謝します。

キーワード: 巨大地震, 喜界島, 南西諸島, プレート境界

Keywords: great earthquake, Kikai-jima, Nansei-shoto, plate boundary

パラオ周辺域の地震活動の実像 True feature of seismicity in Palau region

石原 靖^{1*}, 志籾 あずさ¹, 利根川 貴志¹, 田中 聡¹, 末次 大輔¹

ISHIHARA, Yasushi^{1*}, Azusa Shito¹, Takashi Tonegawa¹, Satoru Tanaka¹, Daisuke Suetsugu¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

パラオ諸島は日本の南約 3000km にある海洋島であり、テクトニクス的には九州パラオ海嶺の南端に位置するとともに、パラオ諸島の東側にはパラオ海溝がある。北東沖まで伸びるマリアナ海溝と異なり地震活動は低調とされ、地震カタログによれば、最近 10 年間でわずかに 3 個のみが報告されている。プレート運動モデルによってもパラオ海溝での収束速度はわずかであり、パラオ海溝とこの諸島の地形的な発達については未だ課題とされている。

パラオのコロール島には 1990 年代から海半球ネットワークの広帯域地震観測点が設置され、2006 年からテレメータ化を果たし現在も運用されている。しかしながら、現観測点は居住区域内にあるためノイズ環境が悪く、遠地地震の観測にも支障をきたす状況である。その対策として観測点の移設を計画し、新観測点の調査と観測壕を建設をおこなってきた。STS-1 地震計の移設を前に新観測点での試験観測を兼ね更に 1 地点での臨時観測点を加えて、3 地点での観測によるパラオ周辺の地震活動を調査することにした。

観測点の増設は 2011 年 9 月に実施した。これまで 12 月上旬までの連続データの回収に成功している。収録ログから刻時も正常であり、また波形データも順調に収録されいる事が確認された。

この連続記録から地震イベントを目視で抽出し局所的な小地震の活動を調査した。この期間中(10月23日)にパラオの北岸域でM5クラスの地震が発生する機会もあり、数日間は余震活動が活発となった。そのイベント群を除いた期間においても数日に一度の頻度でローカルな地震を抽出することができた。

抽出した波形データから概ね S-P 時間が 10 秒程度までの地震について、3 観測点の実体波の読み取りをおこない震源決定を試みた。S 波を含めて比較的読みとりのしやすいケースが多く、震源決定による走時残差も小さく解析解も比較的安定している。

得られた結果は 2 つの群と少数の散在する震源となった。ひとつの群は顕著な地震活動があった 10 月の M5 クラスの地震とその余震群である、パラオ諸島の北部に位置する。二つ目の群は諸島の東方沖の海溝軸に近いところに決められた。深さはすべてのイベントが 20km から 30km とやや深くなっており、震源は下盤側のプレート内部にあると推定される。

以上から非活動的な海溝域とされていた当地域ではあるが、予想以上の地震活動が確認され、また活動的な沈み込み過程の存在が示唆される結果が得られた。

キーワード: パラオ, 地震活動, 海半球ネットワーク

Keywords: Palau, seismicity, Ocean Hemisphere Network

房総半島沖で繰り返すスロースリップとb値の時間変化との関係 Relation between Temporal Variation of b-value and Recurring Slow Slips off Boso Peninsula

弘瀬 冬樹^{1*}, 前田 憲二¹

HIROSE, Fuyuki^{1*}, MAEDA, Kenji¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

1. はじめに

房総半島沖では、陸とフィリピン海プレートの間で Mw6.3-6.5 程度のスロースリップが数年間隔 (1983, 1990, 1996, 2002, 2007, 2011 年) で繰り返し発生している (防災科研, 2011)。それらは1週間~10日間程度継続する。また、スロースリップに同期してその北縁域で群発地震活動が活発となることも知られている。そこで本研究では、応力と G-R 則 (Gutenberg and Richter, 1944, BSSA) の b 値が逆相関にあるという室内実験の結果 (Scholz, 1968, BSSA) に基づいて、スロースリップに伴う応力場の変化と b 値の時間変化が整合的であるかどうかを調査した。

2. データ・解析手法

房総半島沖で 1990 年 1 月 1 日から 2011 年 12 月 31 日までの期間に決定された気象庁一元化震源 (M 1.5, 深さ 40 km 以浅) を用いた。b 値の時間変化の推定には、地震検索・地震活動解析プログラム REASA (明田川・他, 2007, 験震時報) を用いた。200 個のイベントを b 値の計算単位とし、50 イベント毎にシフトさせて b 値の時間変化をみた。

3. 結果・議論

スロースリップ前後で比較すると、b 値は 1) 前で大きく、2) スロースリップ中および直後に小さくなり、3) 次のスロースリップまで徐々に大きくなる、というサイクルを繰り返していることがわかった。

b 値が応力と逆相関にあるという室内実験の結果 (Scholz, 1968, BSSA) に基づけば、これらの結果は次のように解釈できる。房総半島で定常的に地震活動がみられる領域のプレート間カップリング率は低く (Sagiya, 2004, Pageoph)、その領域にかかる応力も低いため、b 値は大きくなる。これは 1) に対応する。スロースリップの発生に伴い、スリップ域周辺では応力が増加する。応力増加に伴い、スリップ北縁域に位置する地震活動は活発化する。この時、高応力であるため、b 値は減少する。これは 2) に対応する。その後、スロースリップは1週間~10日間程度で収まり、周辺域にかかる応力は徐々に下がり始め、地震活動域は元の低応力場に戻る。それに伴い、b 値は徐々に増加し次のスロースリップ前にピークとなる。これは 3) および 1) に対応する。そして次のスロースリップの発生に伴い、再びスリップ周辺域に応力が増加するというサイクルを繰り返していると考えられる。

ところで、スリップ域よりも浅い領域 (南方) の地震活動も 1990 年と 2011 年のスロースリップに同期して若干増えたが、深部 (北縁) ほどは活発になっていない。地震の検知能力については、規模別頻度分布から M1.6 以上の地震は十分検知できていると考えられるため、スリップの南側の地震活動が低調なのは真実なのだろう。一方、Sagiya (2004, Pageoph) は GPS データからフィリピン海スラブ上面のすべり欠損分布を推定した。すべり欠損が大きい領域の北半分は 1923 年関東地震の震源域に相当し (現在注目している) 房総半島先端付近から南側にもすべり欠損の大きい領域が見られる。このようにスロースリップ域の南側は固着が強いために、かかる応力が多少増加しても地震活動は活発にならないと考えられる。

キーワード: 房総半島, スロースリップ, b 値, 応力, 時間変化

Keywords: Boso peninsula, Slow slip, b value, Stress, Temporal variation

北陸域の地震活動と地殻変動 Seismicity and crustal movement in Hokuriku region

竹内 文朗^{1*}, 澁谷 拓郎¹, 大谷 文夫², 松村 一男², 西上 欽也¹, 平野 憲雄¹, 岡本 拓夫³
TAKEUCHI, Fumiaki^{1*}, SHIBUTANI, Takuo¹, OHYA, Fumio², MATSUMURA, Kazuo², NISHIGAMI, Kin'ya¹, Norio Hirano¹,
Takuo Okamoto³

¹ 京大・防災研, ² 京大・防災研・定年退職, ³ 福井高専

¹DPRI, Kyoto Univ., ²DPRI, Kyoto Univ. (retired), ³Fukui NCT

これまで同様、北陸域の1976-2011年にわたる震源データを用いて、震源の分布や時間的な変化、b値の時間的な変化、等を示す。また、ほぼ中央に位置する京大防災研の北陸観測所における2006-2011年の伸縮計データを調べた。

震源データの前半は防災研各観測網データのつなぎ合わせの thanks データを利用し、1999年01月以後は気象庁一元化データを利用した。地震は、我々の観測開始以前に大き目の地震が発生した域に多く起こるが、そうでない地域にも小規模な群発地震が起こる例も幾つかあげられる。b値の変化が時間的、空間的に似通っている範囲を大きく分けると、今回の範囲では、丹波、福井、養老-濃尾などが顕著である。

これと付随して、2006年から今日まで、北陸観測所の坑道で、伸縮計観測を行っている。これによると、3成分とも2008年一年間程度は、それ以前、以後とは違う動きを示している。特にほぼ東西成分は1年で5.0E-6程度の伸びを示し、他の年の数倍の動きを見せた。近傍のGPSデータではSABAE-FUKUIKEDAに、方向やセンスが一致しないものの、同時期に大きな変化が見られる。

ポスターでは、これらに付き、もう少し細かく説明したい。

キーワード: 北陸域, 震源, b 値, 伸縮計, GPS

Keywords: Hokuriku region, hypocenter, b value, extensometer, GPS

群発地震の震源移動を説明する流体亀裂伝播モデル

A fluid-filled crack propagation model to explain migration of earthquake swarm activities

佐々木智彦¹, 勝俣 啓^{1*}

Tomohiko Sasaki¹, KATSUMATA, Kei^{1*}

¹ 北大・地震火山センター

¹Hokkaido University

群発地震活動の発生原因には様々な要因が考えられている。その中でも有力な可能性の1つとして流体の関与が指摘されている。群発地震と流体の関連性を調べるために、2004年斜里岳群発地震活動で見られた震源移動のデータ(一柳・他, 2009)に亀裂伝播モデル(Spence and Turcotte, 1985)を適用して解析した。この斜里岳群発地震では、群発地震開始エリアから南東方向および南西方向に震源移動が起きた。解析の結果、震源移動は亀裂伝播モデルによって大変うまく説明できることが分かり、 $A = 5 \times 10^{(-7)} - 7 \times 10^{(-6)} \text{ m}^2/\text{s}$ の範囲で水注入を仮定すると、群発地震発生日から11.5日で亀裂長さ $l = 1200 - 4600 \text{ m}$ 、亀裂幅 $2h(0) = 0.4 - 1.4 \text{ mm}$ 、亀裂周囲の静岩圧と内部流体圧との差 $P(0) = 0.012 \text{ MPa}$ となることが推定された。また、南東方向と南西方向への亀裂伝播速度は等しく、これは1か所の流入源から流体が注入され、それが2方向の亀裂に分かれて進んで行ったことを示唆する。さらに、流体はマグマであると仮定し粘性を大きくしたところ、亀裂幅は $2h(0) = 5.7 - 21.5 \text{ m}$ となった。これは、群発地震活動に伴う地殻変動がGPSで観測されていないことと矛盾する。したがって、この群発地震活動は水のような粘性の低い流体によって引き起こされた可能性が高い。以上のことから、マグマではなく水が注入され、開口量1mm程度の非常に薄い亀裂が発生し、その亀裂が距離1-2kmを伝播することで、斜里岳周辺の約 $3 \times 2 \text{ km}^2$ の範囲に活発な群発地震活動が引き起こされたと推察される。

(謝辞)本研究では、一柳・他(2009)の震源データを使用した。貴重なデータを提供して頂いた北海道大学の一柳昌義氏に感謝致します。

(文献)

Spence, D. A., and D. L. Turcotte, Magma Driven Propagation of Cracks, J. Geophys. Res., 1985.

一柳昌義・他, 2009, 高密度臨時地震観測による2004年斜里岳群発地震活動, 北海道大学地球物理学研究報告, 72, 299-314.

キーワード: 群発地震, 斜里岳, 震源移動, 流体, 亀裂伝播モデル

Keywords: earthquake swarm, Shari-dake, earthquake migration, fluid, crack propagation model

地震動によるフーリエスペクトルの山の形(正規分布形)の考察 Study of Shape of Mountain (Normal Distribution) of Fourier Spectrum of Earthquake Motion

西澤 勝^{1*}

NISHIZAWA, Masaru^{1*}

¹ なし

¹ None

1. まえがき 観測点に近い所で発生した地震のフーリエスペクトル(振動数表示)は山のような形(Normal Distribution に似た)を成し、その理由を述べた。文献(1) 図-1 参照。本論文では、この山のような形(Normal Distribution)を孤立波(Solitary Wave)にたとえて考察を加える。

2. 正規分布(Normal Distribution)と孤立波(Solitary Wave)について 観測点に近い所で発生した地震のフーリエスペクトル(振動数表示)が正規分布とほぼみなせるとすると、水の波では孤立波にたとえて良いと考える(形の科学、Science of Form)。孤立波は有限振幅波(Finite Amplitude Wave)のクノイド波(Cnoidal Wave)の極言的な形である。ストークス波は尖った山と鍋底のような谷部をもっているが、孤立波はこれを極限にもっていくと山はますます幅狭く尖り、鍋底はますます浅く幅広くなって遂に静止水面に一致したと考えればよい。後にでてくるソリトン(Soliton)も含めて、日野幹雄著「流体力学」、朝倉書店を参照。なお、地震動のフーリエスペクトルの横軸は振動数にとるが、これは大変なことである。フーリエスペクトルの山(Normal Distribution)の中心の振動数が大きい小さいか、どのくらいにあるかは、この地震動が与える衝撃が、長周期構造物か短周期構造物かによって大きな違いが生ずるからである。これは、文献(4)で述べたように(文献2、3も参照)大地震の場合には、地面は波打つ。したがって液状化の場合と同じく、小舟や家屋のような短周期構造物は長波に追従できても大船やビルディングのような長周期構造物は追従できず被害を受ける場合があるのである。これは共振しなくとも生じることで、共振した場合は既往の研究のごとくである。(イ)構造物の建立している地盤が悪い場合(ロ)構造物の構造に欠陥がある場合(基礎もむろん含)には被害を特に受け易いことは言うまでもない。それにしても、もっと詳しく、観測点に近くで発生した地震動のフーリエスペクトル(振動数表示)についての研究が重要と考える。2011、3、11日の東北地方太平洋沖地震での、高田松原の松林の津波(Tsunami)による瞬間的な破壊、2011、2月のNZ地震のCTVビルの瞬間的破壊は、以上述べた津波(津波は段波(Surge)と考えたほうが良い)や地震動のフーリエスペクトルの正規分布(孤立波)による衝撃力に依るものであると思う。詳細は別の機会に。段波(Surge)と孤立波は別物であるが、この場合の衝撃力の強さを考える場合には当たらずとも遠からずと思われる。なお、3月11日の東北地方太平洋沖地震の宮城県での地震波形を見ると、二回の強振動が認められる。余談になるが、「日本列島の巨大地震」:尾池和夫著、岩波書店、2011、10月、を拜見して、岩手県南部沖のGPS波浪計の記録(P10の)で、二回目の振動による、の急激な上昇はソリトン(Soliton)と見受けられる。この二度目の地震とSolitonの関連は深く追求すべきであるが、急激な海底地形(断層)の上昇が考えられる。孤立波ソリトンの分裂やソリトンの衝突の研究も必要と思われる。地震動のフーリエスペクトルについても上述と同じことが言えるように将来なると思われる。

3. まとめ 観測点に近くで発生した地震動のフーリエスペクトル(振動数表示)の山の形を正規分布(Normal Distribution)にたとえ、水の波の孤立波(Solitary Wave)やソリトン(Soliton)のような研究の必要性を述べた。

参考文献:(1)西澤 勝:地震動のフーリエスペクトルと位相差分スペクトル、日本地震学会講演予稿集、2011年10月(2)西澤 勝:1995年1月兵庫県南部地震の液状化に伴う免振力についての若干の考察、第28回目日本環境学会研究発表会、2002年6月。(3)西澤 勝:液状化と免震、日本地震学会講演予稿集、2002年11月(4)西澤 勝:液状化に対する私見とその応用、日本環境学会第37回研究発表会、2011年6月

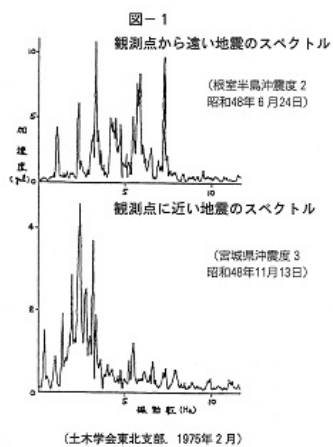
キーワード:地震動, フーリエスペクトル, 正規分布, 形の科学, 孤立波, ソリトン

Keywords: Earthquake Motion, Fourier Spectrum, Normal Distribution, Science of Form, Solitary Wave, Soliton

SSS30-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30



三陸沖から房総沖に発生する地震による関東 M8 級地震の誘発 M8 earthquakes in Kanto likely triggered by large events off eastern Japan between San-riku and the Boso Peninsula

井元 政二郎^{1*}, 藤原 広行¹, Enescu Bogdan¹
IMOTO, Masajiro^{1*}, FUJIWARA, Hiroyuki¹, ENESCU, Bogdan¹

¹ 防災科学技術研究所
¹NIED

1. はじめに

相模トラフ沿いに発生する M8 級の地震としては、1923 年大正関東地震と 1703 年元禄関東地震がよく知られている。これらの地震は、三陸沖から房総沖に至る日本海溝沿いで 1677 年と 1896 年に発生した地震の 26, 27 年後に発生している。このふたつの関東地震以外にも、三陸沖～房総沖 M8 級地震後 (30 年以内) の関東 M7 級地震発生が記録されている。このことから、三陸～房総沖 M8 級地震による関東 M8(M7) 級地震誘発の可能性が考えられる。ただ、発生時期が偶然一致した可能性もある。ここでは、Brownian passage time モデル (BPT モデル) を用いたシミュレーションにより、発生時期が偶然一致する可能性について検討するとともに、クーロン応力変化の解析等により誘発のしくみについて考察する。

2. BPT モデルとシミュレーション

関東 M8 級地震に対して精度よく BPT モデルを決めることはできない。このため、歴史地震の時系列に基づき BPT モデルを求め、地震系列を生起した。この際、赤池の重みを取り入れ、最尤解以外のパラメータについても考慮した。生起した時系列において、三陸沖～房総沖 M8 級地震以後 30 年以内に関東 M8 地震が続発している場合を選び、2 例以上が観測された時系列の割合を調べた。選んだ歴史地震の時系列やシミュレーションの開始時期により結果は若干異なるが、2 例以上の続発が偶然観測される確率は 5% 程度以下である。続発が偶然観測される確率と、今後 30 年間に地震が発生する確率には正の相関がみられる。

次に、三陸沖～房総沖 M8 級地震による一定量の応力増加を想定して、BPT モデルの経過時間を増加させてみた。増加量が大きいほど、続発が偶然観測される確率は高くなる。平均間隔の 5% の増加で、約 8% の確率で続発が観測される。従って、続発が無理なく説明されるためには、5% 程度以上の増加が必要と推察される。

3. 誘発のしくみ

ここでは、三陸沖～房総沖 M8 級地震を太平洋プレート (PA) と北米プレート (NA) との相対運動にかかわるプレート間地震 (NA-PA 地震) と仮定し、この地震による関東 M8 級地震の誘発を、次のように解釈する。NA-PA 地震の発生により、隣接域である関東地域についても、NA-PA 間の応力が増加する。この原因として、弾性論的な応力増加 (クーロン応力の増加) あるいは、震源域での余効変動に伴う NA-P A の相対運動の周辺部への波及などが考えられる。関東地域では、NA と PA の間にフィリピン海プレート (PH) が挟まっている。それぞれのプレート間に相対運動がなければ、関東地域においても NA-PA の応力が支配的になると思われる。しかし、PA に対する NA と PH の運動方向は近い。NA-PH の運動が誘発されやすい。その結果、残留応力として NA-PH の運動を促進する成分が生じる。これは、剪断応力が異なる方向の剪断応力の和として表わされると、単純化することができる。また、具体的には東北日本太平洋沖地震による応力に PH-PA 間の相対運動による応力を重ね、関東地震震源域でのクーロン応力を算出することにより、誘発の可能性を確かめることができる。

キーワード: 関東 M8 級地震, 東北日本太平洋沖地震, 誘発, BPT モデル, シミュレーション, クーロン応力

Keywords: M8 earthquakes in Kanto, 2011 Tohoku earthquake, Triggering, Brownian passage time model, Monte Carlo method, Coulomb failure stress analysis