

SSS026-01

会場:302

時間:5月27日 09:45-10:00

内陸地震のクラスタリングと前震活動 Clustering of intraplate earthquakes and foreshock activity

野口 伸一^{1*}

Shin-ichi Noguchi^{1*}

¹ 防災科研

¹ NIED

マルチプルショックの破壊過程, 大地震直後の余震活動, 連続的な低周波地震活動等, 通常の観測で計測が困難な多様な地震現象は, 「一つの地震」とは何か(地震はそもそも一つ二つと数えることができるものか)(宇津, 1992) という問題に行き当たる. そのような「地震」がいつから始まるのかも問題となる. 時間空間的に近接して発生する地震クラスターは, この観点から, どの程度の規模の地震がどのように連結しどのくらいの期間継続するのかは, 観測網の密度や検知・処理能力に依存する, と同時に, クラスタ抽出のアルゴリズムによる. ここでは, 最近のカタログから, リンク法によりクラスターを取り出し, 特にクラスターの最大地震の前の活動(広義の前震活動)の有無に着目し, 大地震との関係を検討したい.

地震同士がリンクする時間範囲 $t(\text{day})$ と空間範囲 $d(\text{km})$ は, 基本的に地震の規模 M によるものとし, 断層パラメータの相似則と, Gutenberg-Richter の規模分布式, および大森・宇津余震公式に標準的パラメータを適用して, $t(M)$ と $d(M)$ のリンク範囲を設定する. リンク先の地震の空間範囲は, 点震源とする場合と, その規模による有限な震源域とする場合, について検討する. また震源決定の誤差を考慮してある M 以下で d は一定とした. 地震の発生順にこのアルゴリズムを繰り返し, 幾通りかのパラメータ設定に対してクラスター抽出して結果を検討した.

日本列島の内陸浅部の 20km 以浅について, JMA 一元化カタログによる 2001 年 7 月以降の $M \geq 1.0$ の地震約 142,000 個の解析例では, 65% の地震が 8,600 個余のクラスターの構成メンバーとして抽出された. このうち, メンバー数が最小 2 個のクラスターが 57% を占める. クラスタの代表的大きさを, 最大地震の M , メンバー数, 継続時間の対数で表わすと, それらの量は概ね比例関係にあるが, クラスタ間のばらつきは極めて大きい. クラスタの最大地震の前に活動を伴う前震型と, 最大地震から始まる本震・余震型に分類した. メンバー数 5 個以上のクラスターでは, 前震型が本震・余震型より多い結果となった.

調査期間の大規模な前震型クラスターとして, 2003 年宮城県中部の $M 6.4$ は, 震源近傍で顕著な前震を伴う明瞭な前震型である. これに対し, 2004 年新潟県中越地震 $M 6.8$ では, 震源域北端の 2004 年 9 月 6 日からの活動(最大は 9 月 7 日 $M 4.3$) が, 前震活動として抽出された. また 2008 年岩手・宮城内陸地震 $M 7.2$ では, 2008 年 5 月 29 日からの秋田県側のクラスター(最大 $M 4.8$) が前震活動として抽出された. これらの活動は, 本震の震源域周辺で半月~1.5 か月前から始まり連続的でないため, 通常, 前震活動と判断することは難しいと思われる. このアルゴリズムの例では, 最大前震のリンク期間と範囲が, 本震の発生時および震源域とリンクして前震活動を伴うクラスターとして抽出された. クラスタの抽出結果は, 標準パラメータ, M のしきい値, リンク条件に依存するが, パラメータのチューニングを試行, 高度化することで, 大地震の前震活動を客観的に捉える可能性があると考えられる.

キーワード: 地震クラスター, 単独地震, リンク法, 地震発生層, 大森宇津公式

Keywords: earthquake cluster, single event, linking method, seismogenic layer, Omori-Utsu's formula

SSS026-02

会場:302

時間:5月27日 10:00-10:15

Earthquake Clustering Features Inferred from the Mean Proprieties of Interevent Times and Distances Earthquake Clustering Features Inferred from the Mean Proprieties of Interevent Times and Distances

Abdelhak Talbi^{1*}, Kazuyoshi Nanjo¹, Kenji Satake¹, Hamdache Mohamed²
Abdelhak Talbi^{1*}, Kazuyoshi Nanjo¹, Kenji Satake¹, Hamdache Mohamed²

¹ERI, University of Tokyo, ²CRAAG, Algeria

¹ERI, University of Tokyo, ²CRAAG, Algeria

Interevent times between successive earthquakes are studied in space and time using data from Japan and southern California. The main objective is to depict general non-subjective clustering characteristics of interevent times that can be used to isolate clusters in observed seismicity. First, different declustering algorithms are applied to original data to estimate the residual background interevent time distribution. Then, clustering degree is measured using the distance between the obtained residual distribution and the whole distribution from the original data. Finally, the former analysis is carried out for different magnitude cutoffs and different time periods to take into account the completeness of magnitudes.

The preliminary results show that earthquake process is dominated by short and long term clustering. In contrast, the so-called background process occurs mainly at intermediate times. The same study applies to interevent distances and shows quite similar behavior in space.

The former analysis describes seismicity as the accumulation of local perturbations related to a unique mean field background processes characterized by the mean interevent time and the mean interevent distance. It highlights the importance of mean space-time proprieties in the estimation of objective and data inferred association measures between earthquake events. This study provides fundamental key tools for the elaboration of stochastic declustering strategies.

キーワード: Interevent times, Earthquake clustering, Background seismicity, Association measure

Keywords: Interevent times, Earthquake clustering, Background seismicity, Association measure

SSS026-03

会場:302

時間:5月27日 10:15-10:30

地震活動の予測的な評価手法に関する検討について(その2) - 余震活動の予測手法について -

Investigation of the methods for prospective evaluation on earthquake activity (2nd)

北川 貞之¹, 小屋 政裕^{1*}, 本田 昌樹¹, 横田 崇², 長谷川 洋平², 宮岡 一樹², 今給黎 哲郎³, 矢来 博司³, 島崎 邦彦⁴
Sadayuki Kitagawa¹, Masahiro Koya^{1*}, masaki honda¹, Takashi Yokota², Youhei Hasegawa², Kazuki Miyaoka², Tetsuro Imakiire³, Hiroshi Yurai³, Kunihiko Shimazaki⁴

¹ 文部科学省, ² 気象庁, ³ 国土地理院, ⁴ 東京大学名誉教授

¹MEXT, ²Japan Meteorological Agency, ³Geospatial Information Authority, ⁴Professor Emeritus of Tokyo University

地震活動の予測的な評価手法検討小委員会は、地震調査委員会における現状評価の高度化に資することを目的として平成21年8月に設置され、過去の地震活動から得られる特徴の抽出や整理を進めるとともに、地震活動の推移や見通しについての評価手法の検討を行っている。

地震調査委員会は、平成10年に余震発生確率を求める手法をとりまとめて公表し、気象庁はその手法に基づき、規模の大きな地震の発生後に余震活動の見通しを発表しているが、この余震発生確率には、(1)予測精度の問題、(2)確率の利用しにくさ、(3)より迅速な情報発表の必要性等の問題点がある。

そのため、過去の地震に伴う余震活動の規模、最大余震の規模、二次余震の有無等の余震活動の特徴を整理し、余震活動の見通しについての予測手法の検討を行った。最大余震の発生は、本震後一日以内の事例が多く、余震活動の見通しは早く発表する必要がある。まず本震のモーメントマグニチュードから、余震活動や最大余震の規模を予測することができる。ただし、同程度のマグニチュードでも余震数で6倍程度異なる場合があるため、本震後3時間までの余震数を考慮して、必要な情報の追加・修正を行うことが考えられる。多数の二次余震を伴う地震が発生した時も同様である。

昨年の本大会で発表を行ったが、最初の事例として、地震・地殻変動観測データや研究成果が多く得られている伊豆東部で発生する群発的な地震活動を対象に、過去に発生した地震活動の特徴を抽出するとともに、地震活動の推移や見通しについての評価手法の検討を行い、平成22年9月に「伊豆東部の地震活動の予測手法」報告書としてとりまとめた結果を公表した。

キーワード: 地震調査委員会, 地震活動の予測的な評価手法検討小委員会, 予測的な評価, 余震活動の予測手法, 伊豆東部の地震活動の予測手法

Keywords: ERC, Subcommittee for the methods for prospective evaluation, Prospective evaluation on earthquake activity, Prospective method of aftershock activity, Seismic activity off eastern Izu Peninsula

SSS026-04

会場:302

時間:5月27日 10:45-11:00

過去の震源カタログの再構成の試み

The attempt of re-making Japan earthquake catalog based on Japan seismic networks

北川 貞之¹, 横田 崇², 上野 寛^{2*}, 太田 貴郎², 全国大学微小地震観測網データベース委員会³, 汐見 勝彦⁴, 青井 真⁴
Sadayuki Kitagawa¹, Takashi Yokota², Hiroshi UENO^{2*}, Yoshiro Ohta², Committee on Earthquake Database of Japan University Seismic Observatory Networks³, Katsuhiko Shiomi⁴, Shin Aoi⁴

¹ 文部科学省地震防災研究課, ² 気象庁地震火山部, ³ 全国大学微小地震観測網データベース委員会, ⁴ 防災科学技術研究所
¹MEXT, ²JMA, ³University Seismic Observatory Networks, ⁴NIED

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（海野ほか、2007）と防災科学技術研究所のデータを使用し、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での公表を計画している。

本報告では、マージ・再計算を行っている経過と問題点の整理、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

SSS026-05

会場:302

時間:5月27日 11:00-11:15

フィリピン海スラブ内の起震応力場と関東地震のアスペリティ Stress regime in the Philippine Sea slab and the asperity of the Kanto earthquake

中島 淳一^{1*}, 長谷川 昭¹, 弘瀬 冬樹²
Junichi Nakajima^{1*}, Akira Hasegawa¹, Fuyuki Hirose²

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 気象研究所
¹Tohoku University, ²Meteorological Research Institute

関東下には太平洋プレート, フィリピン海プレートの2つの海洋性プレートが沈み込んでおり, プレート境界やその内部で地震活動が非常に活発である(たとえば, Wu et al., GRL, 2007). これまでの研究により, プレートの形状やスラブ内の不均質構造と地震活動の間に密接な関係があることが明らかになってきた(たとえば, Uchida et al., EPSL, 2009; Nakajima et al., JGR, 2009; Nakajima and Hasegawa, JGR, 2010). しかしながら, スラブ内の起震応力場の推定はあまり行われておらず, 地震がどのような応力場のもとで発生しているかはよくわかってない. そこで本講演では, フィリピン海スラブ内で発生する地震のメカニズム解を決定し, 起震応力場およびプレート境界の固着状況について議論する.

解析では, 2003年から2010年8月までにフィリピン海スラブ内で発生した地震(425個: $M > 2$)について, P波の初動極性からメカニズム解を決定し, 気象庁一元化データとあわせて2010個の地震を使用した. その結果, フィリピン海スラブ内の起震応力場は, 東京湾を境にその北東と南西で大きく異なることが明らかになった. 北東部では, 地殻・マントル最上部の地震は, 主として Down-dip compression (DC) 型, それ以深で発生している地震は主として Down-dip tension (DT) 型のメカニズム解を持ち, Horii (2006) で指摘されているように二重深発地震面を形成しているように見える. しかしながら, 南西部では, DC型, DT型の地震はほとんどみられず, プレートの傾斜よりも高角なT軸をもつ地震が多い. 興味深いことに, そのような領域は, 関東地震のアスペリティの広がりとはほぼ一致する.

特徴的な応力場を示す領域について, 応力テンソルインバージョンを行ってみたところ, いずれの領域においても1または3の方向はおおむねフィリピン海プレートの収束方向を向くことが明らかになった. この結果は, スラブ内の応力場が主としてプレートの収束方向で規定されていることを強く示唆している. また, 関東地震のアスペリティでの固着によるスラブ内の応力場を計算したところ, アスペリティでの固着を考えれば, プレートの傾斜よりも高角なT軸をもつ地震の発生をうまく説明できることが明らかになった. これらの結果は, プレート境界での固着によってスラブ内の応力場が擾乱を受けていることを示唆しており, もしこの解釈が正しければ, 関東地震のアスペリティ(たとえば, Wald and Somerville, 1995)の深部延長は現在固着しておらず, そこでの大地震発生の可能性は低いと考えられる.

キーワード: メカニズム解, 関東地震, 応力場, アスペリティ

太平洋プレートとフィリピン海プレートの沈み込みによる関東下の温度分布の数値シミュレーション

Numerical simulations of temperature field associated with subduction of two oceanic plates beneath Kanto district

高木 瑠美^{1*}, 吉岡 祥一², 松本 拓己³

Rumi Takagi^{1*}, Shoichi Yoshioka², Takumi Matsumoto³

¹ 神戸大・理・地球惑星, ² 神戸大・都市安全セ, ³ 防災科研

¹Dept. of Earth and Planetary Sci., ²RCUSS, Kobe Univ., ³Earthquake Research Department, NIED

1. はじめに

関東下には、北米プレートに対して北北西方向にフィリピン海プレートが沈み込んでおり、さらにその下に西北西方向に太平洋プレートが沈み込んでいる。この地域では、2つの海洋プレートの沈み込みに伴った複雑な温度場・流れ場がつけられていると考えられる。また、フィリピン海プレートが太平洋プレートの上に接触している領域が関東下に広がっているため、低温場が実現されていると考えられる。実際、地下の温度分布を表す地殻熱流量は、関東地方では低く、日本列島においても特徴的である。

本研究では2つのプレートの沈み込み方向に沿った測線に対し、プレートの沈み込みによる温度分布の数値シミュレーションを行った。このようにして得られた温度分布から求められる地殻熱流量の値を観測値と比較することで、関東下の2つのプレートの沈み込みがどのような特徴を与えているのかに注目した。

2. モデルと方法

本研究では、Torii and Yoshioka(2007)の2次元箱型熱対流モデルを用いて、太平洋プレートが沈み込んでいるところに、15Ma以降フィリピン海プレートが沈み込んでくるモデルを構築した。プレートの沈み込み速度は、Sella et al.(2002)を参照して与えた。太平洋プレートに関しては、Sdrolias and Muller(2006)より沈み込むプレートの年齢を時間変化させた。また、Nakajima et al.(2007,2009)と Hirose et al.(2008)に基づいて、2つのプレート上面の形状を与え、プレートが沈み込む際に与えるガイドの指標とした。太平洋プレートの沈み込み方向には九十九里浜を通る測線をとった。フィリピン海プレートと北米プレートの境界では1923年に関東地震(M7.9)が発生している。また、Ozawa et al.(2003)により、房総半島東岸沖で起こっている非地震性すべりが報告されており、これらのプレート境界での温度場を見積もることは重要である。そこで、フィリピン海プレートの沈み込み方向に沿って、1923年関東地震の東側と西側のアスペリティ領域と、非地震性すべり発生領域を通る3つの測線と、計4つの測線に沿った鉛直断面での温度分布と地殻熱流量を計算し、これらを各測線における地殻熱流量の観測値と比較した。地殻熱流量のデータとしては、Tanaka et al.(2004)、Yamano(2004)のボアホール、ヒートプローブ、及びAshi et al.(1999,2002)のBSRのデータに加え、松本(2007)によるHi-netの観測井でのデータを用いた。

3. 結果

太平洋プレートの沈み込みに伴いマントルウェッジに高温の物質が流れ込んでいるところに、冷たいフィリピン海プレートが沈み込んでくると、その領域の温度が低下した。また、フィリピン海プレートが障害物の役割を果たすために、フィリピン海プレートと太平洋プレートの接触域を出たところでの太平洋プレートの上面付近に高温の流れが生じ、フィリピン海プレートが存在しない場合に比べてその部分の温度が上昇した。地殻熱流量は、フィリピン海プレートの沈み込みに伴って時間とともに徐々に低くなり、観測されたデータの空間分布をよく説明できることがわかった。本講演では、関東地震の2つのアスペリティ領域と非地震性すべりが発生している領域での温度場の違いについても議論する予定である。

キーワード: プレートの沈み込み, 温度分布, 流れ場, 地殻熱流量, 関東地震, 非地震性すべり

Keywords: subduction, temperature distribution, flow field, heat flow, Kanto earthquake, aseismic slow slip event

SSS026-07

会場:302

時間:5月27日 11:30-11:45

観測点間の走時差を用いた震源決定法：2004年新潟県中越地震と2010年千葉県北東部の地震への適用 A hypocenter determination method with travel time difference between observation points

酒井和紀¹, 八木 勇治^{1*}, 深畑幸俊², 酒井慎一³, 中川茂樹³, 平田直³, 木村尚紀⁴, 明田川保⁵

Kazuki Sakai¹, Yuji Yagi^{1*}, Yukitoshi Fukahata², Shin'ichi Sakai³, Shigeki Nakagawa³, Naoshi Hirata³, Naoki Kimura⁴, Tamotsu Aketagawa⁵

¹ 筑波大学大学院, ² 京大防災研, ³ 東大地震研, ⁴ 防災科研, ⁵ 温地研

¹ Univ. Tsukuba, ² DPRI, Kyoto Univ., ³ ERI, Univ. Tokyo, ⁴ NEID, ⁵ HSRI, Kanagawa Pref.

観測された地震波のデータからより正確に震源の位置を決める震源決定は、地震学の成立以来現在に至るまでその重要な課題であり続けている。震源決定には常に不確実性が伴うが、その最大の要因は正確な速度構造が未知のためである。より正確な速度構造を求めるために多大な努力がこれまで払われ、それに伴い震源決定の精度も向上してきた。しかし、完全に正確な地震波速度構造は、未来永劫不可知であろう。そこで、本研究では、速度構造の不確実性を前提とした新たな震源決定法を提案する。具体的には、現実の速度構造と仮定した速度構造との差に起因するモデル誤差が空間に対して相関を有することに着目し、近接観測点の走時差をデータとすることにより、そのモデル誤差の縮小を図る。近年、地震計の性能の向上等により観測誤差が縮小する一方、観測点網が密に展開されるようになったため、空間に対して相関を持つモデル誤差を取り入れたこのような解析の必要性が高まっている。本研究では、近接した2つの観測点をペアとして、その走時差をデータとして解析する。この走時差のデータには、2つの観測点の読み取り誤差と、モデル誤差の差が含まれる。モデル誤差の差は、高次項を無視して、2点間の距離と、見かけ速度の関数で近似して計算に用いた。

今回の定式化の有効性を確認するために数値実験を行った。観測点を20 km 間隔で50点配置し、その中心に震源を定めて震源の東西で表層の地震波速度が異なる速度構造モデルを用いて走時を計算し、震源決定時には、東西で同じ速度構造を用いた。数値実験の結果、本定式化を用いた場合に推定誤差が大きく軽減されることが分かった。このことは、走時差を取ることでモデル誤差の影響を軽減できることを示す。

次に、2004年新潟県中越地震と2010年千葉県北東部の地震に本手法を適用して有効性を確認した。観測点のペアを適切に作成するために、ドロネー三角形分割を用いた。2004年新潟県中越地震については、10月23日から28日までに発生したM3以上の余震、計344の地震の気象庁一元化データの読み取り値を解析した。得られた結果から、気象庁の震源決定やHypoDDで再決定を行った結果では確認することができなかった、南東落ちの断層面が確認することができる。この断層面については人工的なゴーストである可能性があり十分に吟味する必要があるが、得られた震源分布の特徴は、震源近傍の臨時観測点を用いて震源再決定を行ったSakai et al.,(2005)の結果とおおむね一致するようにも見える。

千葉県北東部の2010年千葉県北東部の地震については、7月23日から10月10日の57の地震について、MeSO-net(首都圏地震観測網)で観測された読み取り値に本手法を適用した。この地域では、比較的規模の大きな逆断層型とその余震である正断層型の異なるメカニズムの地震が発生している。得られた震源の分布では、逆断層型と正断層型の震源の位置の違いを明確に確認することができ、プレート境界で逆断層型の地震が発生し、正断層型の地震はそれより下部のスラブ内部で発生しているように見える。

本研究を進めるにあたり、気象庁一元化データの読み取り値、MeSO-netの観測データを使用させて頂きました。記して感謝いたします。

SSS026-08

会場:302

時間:5月27日 11:45-12:00

松代群発地震の初期発展過程と地殻潮汐と地震発生との関係 (第2報) Initial development of the Matsushiro Earthquake Swarm and Influence of Tidal Strain on its Occurrence, the 2nd Report

浜田 信生^{1*}, 野坂大輔², 小林正志³, 吉川一光⁴, 石垣祐三⁵, 田利信二郎⁴
Nobuo HAMADA^{1*}, Nosaka D.², Kobayashi M.³, Yoshikawa K.⁴, Ishigaki Y.⁵, Tari S.⁴

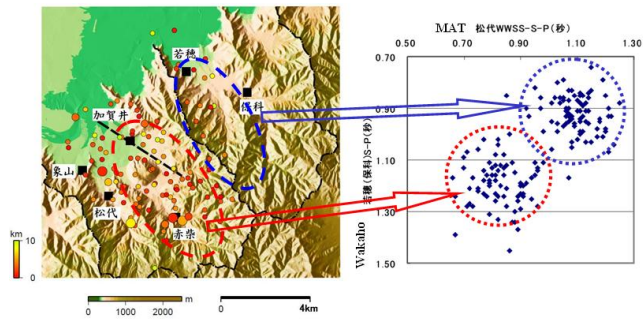
¹ 原子力安全基盤機構, ² 気象庁精密地震観測室, ³ 大阪管区気象台, ⁴ 気象庁地震火山部, ⁵ 横浜地方気象台
¹ Japan Nuclear Energy Safety Organization, ² Matsushiro Seismological Observatory, ³ Osaka District Meteorological Observatory, ⁴ Japan Meteorological Agency, ⁵ Yokohama Local Met. Observatory

1965年8月から始まった松代群発地震の初期段階の活動について、気象庁が実施した臨時地震観測(赤柴、若穂(保科)観測点)の結果を調査し、初期の活動は、まず松代地震断層の北側で始まり、約1ヶ月経過後、断層の南側で新しい活動が起こり発展していった様子を、前回の報告で初めて明らかにした。この初期発展過程の活動をさらに詳しく調べるため、また時間的に均一な観測値を得るため、松代のWWSS地震計(短周期)からS-P時間を新たに調査した。拡大した記録から3成分のS-P時間を1/20秒の精度で読み取りを行った。その結果より詳細な様子が明らかとなり、前回の調査結果が改めて確認された。

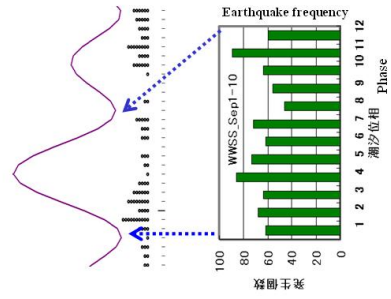
- 1) 1965年8月中は、S-P頻度分布から判断してほとんどの地震は、断層の北側の領域で発生していた。
- 2) この北側の活動域は、S-P時間にして0.1秒程度、松代に比べ赤柴に近い。
- 3) 松代のS-P頻度分布は、8月中は一つのピークを持つ北側の活動を示していたが、9月上旬には2つのピークに分かれ、新たにS-P時間で0.8秒前後にピークを持つ活動が、初期の1.1秒付近にピークをもつ活動を上回り、南側の活動が短期間に活発化したことが明らかになった。松代と若穂のS-P時間の相互比較から、北側、南側の活動域が分かれていたこともより明瞭になった。

初期の南北2つの活動域を明確にするために、観測体制が整う1965年10月から11月にかけての松代、長野、加賀井(気象庁)、赤柴、保科、象山(地震研)6点の観測データを用いて震源を調査した。その結果、暫定的ではあるが、松代地震断層付近を南北に挟んで、北西-南東に延びる地震活動域が推定された。この2つの活動域がそれぞれ、北側が初期、南側が後の段階の活動域に対応するものと推定される。これまでの各種調査では、震源精度に限界があるため明瞭にはなっていないが、群発地震は基本的にはこの北西-南東方向に走向を持つ複数の活動域で構成されている可能性が高い。その確認が今後の課題といえる。

今回の調査で得られた地震発生に関して比較的均質なデータと、既存のデータを用いて地震発生と潮汐歪みの関係を調査した。潮汐歪みの計算にはGOTIC2(松本, 2001)を利用した。各種歪成分に加え、松代断層の走向に対応した剪断歪、断層面の法線方向の歪み、断層に関するC_{ff}などとの関係を調査したが、面積歪み、体積歪み以外の相関は認められなかった。面積歪み、体積歪みについては、観測点また時期により伸び、縮みのいずれか、もしくは両方で地震発生確率が高くなるという複雑な傾向が見いだされた。結果の解釈は簡単ではないが、潮汐による面積歪み、体積歪み変化は間隙水圧に直接影響を与えると考えられ、松代群発地震は深層の地下水の関与が推定されていることから、間隙水圧の場所的、時間的な違いが、地震の発生に影響を与えている可能性を示すものと思われる。



Hypocenters and comparison of S-P times for the initial stage of the Matsushiro Earthquake swarm (in the blue circles) and those in the second stage (in the red circles)



Volume tidal strain change and Earthquake Occurrence

キーワード: 松代群発地震, 潮汐歪, 間隙水圧

Keywords: Matsushiro Earthquake Swarm, Tidal Strain, Pore Pressure

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS026-09

会場:302

時間:5月27日 12:00-12:15

硫黄島で発生した潮汐起因の誘発地震現象 Earthquakes triggered by tides in Iwo-jima island, Japan

渡辺 泰行^{1*}, 鴨川 仁¹, 鶴川 元雄², 藤田 英輔², 上田 英樹²
Yasuyuki Watanabe^{1*}, Masashi Kamogawa¹, Motoo Ukawa², Eisuke Fujita², Hideki Ueda²

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. & Disaste

We investigate dynamic and tidal triggering of earthquakes in Iwo-jima, a south small volcanic island 1250 km away from Tokyo. After seismic waves of four far-distant huge earthquakes including 2004 Sumatra earthquake reached Iwo-jima, a local seismicity was activated. At the time of largest amplitude of arrival seismic waves, in particular, triggered earthquakes occurred in south - west area of Iwo-jima for all of huge earthquakes. From spectrum analysis of time-series of earthquake number per hour, M2 and K1 components of ocean tides significantly enhanced. In the presentation, we discuss the triggered mechanism.

キーワード: 地震活動, 誘発地震, 潮汐

Keywords: Seismicity, Triggering, Tide, Dynamic triggering

SSS026-10

会場:302

時間:5月27日 12:15-12:30

日向灘における M7 クラスのプレート境界型地震の震源再決定とプレート間準静的すべりとの比較

Hypocenter relocation of M7-class earthquakes and comparison with the interplate quasi-static slip in the Hyuga-nada

山下 裕亮^{1*}, 清水 洋¹, 植平 賢司¹, 藤井 幹雄²

Yusuke Yamashita^{1*}, Hiroshi Shimizu¹, Kenji Uehira¹, Mikio Fujii²

¹九州大学地震火山観測研究センター, ²福岡管区気象台

¹SEVO, Kyushu University, ²Japan Meteorological Agency

九州東方の日向灘は、フィリピン海プレートがユーラシア大陸プレート下に年 5~7cm で沈み込んでおり、M7 クラスのプレート境界型地震が数十年間隔で発生する領域である。Yamashita et al. (2010) は、日向灘において小繰り返し地震を用いたプレート間の準静的すべりレートの分布を求め、準静的すべりレートが低い領域と過去の大規模地震の分布に良い相関があることを示した。また、日向灘南部の海岸線側に準静的すべりレートが低い領域があり、1961 年の日向灘地震 (Mjma7.0) のアスペリティが存在している可能性を指摘した。同様の指摘は応力場解析 [植平 (2007)] からなされている。我々は、この 1961 年の地震に加え、1931 年 (Mjma7.1), 1941 年 (Mjma7.2), 1970 年 (Mjma6.7) の本震および余震の震源再決定を行って過去の日向灘地震の震源域を推定し、小繰り返し地震から推定されたプレート間の準静的すべり分布との比較を行った。

震源再決定に際し、絶対時刻については当時の時計精度から不確定性が大きいので、本研究では S-P 時間のみを用いて震源再決定を行った。本震の震源再決定は九州管内の各気象台に保存されている煤書きもしくはペン書きの記録から実際に S-P 時間を読み取り解析に用いた。余震の震源再決定には、気象庁による検測値を用いた。震源は観測値と理論値の残差 RMS が最小となる位置をグリッドサーチによって求めた。なお、震源の深さの決定精度は低いため、地震がプレート境界で発生していると仮定し、深さを海底地震観測等のデータから得られたフィリピン海プレート上面 [Uehira et al. (2010)] に固定した。理論 S-P 時間の計算には 3 次元速度構造を用い、波線追跡を行って求めた。

震源再決定の結果、4 つの本震の位置は気象庁による震央位置と大きくかけ離れてはいないが、1961 年の日向灘地震は約 20km ほど西の準静的すべりレートの低い領域に求まった。このことは、1961 年の日向灘地震のアスペリティが低すべりレート領域に広がっていることを示唆しており、応力場の解析 [植平 (2007)] 結果とも調和的である。現在、余震についても同様の解析を行っており、余震分布から震源域の広がりや推定し準静的すべりレートとの比較を行う予定である。

謝辞

3次元波線追跡には、八木原 寛 博士 (鹿児島大学南西島弧地震火山観測所) のプログラムを使用させて頂きました。日向灘地震の記象紙および観測原簿の収集には、福岡管区気象台、鹿児島・宮崎・熊本・大分・佐賀・下関地方気象台、長崎海洋気象台の担当者の方々にご協力頂きました。

キーワード: 日向灘地震, 準静的すべり, 震源再決定

Keywords: Hyuga-nada earthquake, Interplate quasi-static slip, Hypocenter relocation

SSS026-11

会場:302

時間:5月27日 12:30-12:45

2004年スマトラ島沖地震による遠隔誘発された中国雲南省の地震活動 Remotely triggered seismicity in Yunnan, Southwestern China following the 2004 Mw9.3 Sumatra earthquake

雷 興林^{1*}, 解 朝迪², 傅 碧宏³
Xinglin Lei^{1*}, Chaodi Xie², Bihong Fu³

¹ 産業技術総合研究所, ² 雲南大学地球物理学科, ³ 中国科学院地質地球物理研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Department of Geophysics, Yunnan Univers, ³Institute of Geology and Geophysics, Aca

Following the 2004 Mw9.3 Sumatra earthquake, seismicity increased sharply over a wide area of up to ~2,500 km away in Yunnan province, southwestern China. Raised seismicity lasts for approximately 14 days. During this period, more than 800 events having a magnitude of ≥ 1.5 were observed, including at least 7 M4 class events and a M5.1 event. This is perhaps the most impressive example of remotely triggered seismicity yet observed. Major events were clustered at several sites that exhibit complex fault geometries, such as step-overs and junctures. We use statistic approaches including the Beta-statistics to examine the statistical significance of the seismic rate increases associated with the Sumatra mainshock and conclude that there is a reasonable probability that the raised seismicity was remotely triggered by the Sumatra earthquake.

Both rapid-onset dynamic triggering and delayed response were well established. During the first hour of event time (time from the origin time of the Sumatra earthquake), we can identify and locate at least 7 M1.5+ earthquakes. These events are embedded in the body waves and surface waves from the Sumatra earthquake. However, clear records at some stations are obtained by applying a high-pass filter to the original seismograms. The first identified event is a M4.6 earthquake occurred during the passage of the surface waves from the Sumatra earthquake. However, major clusters likely demonstrate significant delays in the onset of triggering seismicity, with the dominant energy releasing a few hours to a few days after the surface wave passed.

We use the epidemic-type aftershock sequence (ETAS) model to examine seismicity in the study in 2004 through 2005. Two major changing points and thus three phases (I through III) of activity pattern, are well determined. The second phase (II) corresponds to the period of seismic activity remotely triggered by the Sumatra earthquake. The ETAS models show great p_0 ($>30\%$) and small Alfa, which are 1.368, 0.804, and 1.328 for phases I, II, and III, respectively. Therefore, the triggered activities show earthquake swarm-like characteristics such as that indicated by the epidemic-type aftershock sequence (ETAS) modeling results (large percentage of random components and less magnitude dependence in Omori law type self triggering).

Multiple sources of evidence, including intensive hydrothermal activities, and low velocity and high V_p/V_s zones in the lower to middle crust suggests that magma/mantle-generated fluids have a role in the region. High fluid pressure in branched fault zones weakened the faults, making them sensitive to external disturbances and leading to fluid-driven seismicity.

キーワード: 遠隔誘発, ETAS, 流体駆動地震活動, 雲南, スマトラ島沖地震

Keywords: Remote triggering, ETAS, Fluid-driven seismicity, Yunnan, Sumatra Earthquake