

全岩化学組成の主成分分析を用いた南海トラフ付加体堆積物分類の試み

Classification of sediments in the Nankai Trough accretionary prism by Principal Component Analysis

*川端 訓代¹、北村 有迅²*Kuniyo Kawabata¹, Yujin Kitamura²

1.鹿児島大学総合研究博物館、2.鹿児島大学大学院理工学研究科

1.The Kagoshima University Museum, 2.Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

南海トラフでは付加体形成プロセス・巨大地震発生を明らかにする目的で、掘削が行われてきた。サンプルが回収された航海では、堆積物の層順・年代・鉱物比や各種物性測定その他、化学組成分析が行われている。本研究では堆積物の化学組成による分類を試みる。解析には主成分分析を用い堆積物の堆積・続成や付加体構造形成に伴う化学過程の抽出を試みる。

主成分分析の結果、熊野前弧海盆堆積物と付加体堆積物は明瞭に分類される事が明らかとなった。堆積物の分類ではLOI, CaO, SiO₂の増減が大きく影響を与え、次いでMgO, Fe₂O₃ and TiO₂などの金属元素の量比が影響する。LOI, SiO₂の増減は続成過程を反映し、金属元素の量比は火山灰や陸からの火成岩の供給など供給源の違いを反映していると考えられる。

キーワード：南海トラフ付加体、化学組成、主成分分析

Keywords: the Nankai Trough accretionary prism, Chemical composition, Principal Component Analysis

特異スペクトル変換法を利用した大気中ラドン濃度異常変動解析

Analysis of anomalousness of atmospheric radon concentration with singular spectrum transformation

*岩田 大地¹、長濱 裕幸¹、武藤 潤¹、安岡 由美²

*Daichi Iwata¹, Hiroyuki Nagahama¹, Jun Muto¹, Yumi Yasuoka²

1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.神戸薬科大学薬学部放射線管理室

1.Dept. Geol., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., 2.Inst. Radioisot. Res., Kobe Pharm. Univ.

ラドンは、天然に存在する無色無臭のウラン系列に属する半減期が約3.8日の放射性元素である。ラドン (²²²Rn) はラジウム (²²⁶Ra) がアルファ崩壊することによって生成される。岩石中に含まれるラジウムの崩壊によって生成されたラドンが地表から散逸し、大気中ラドン濃度として放射線管理施設で観測される。大気中ラドン濃度は、地震発生に関連して、異常変動すると報告されてきた。例えば、1995年の兵庫県南部地震発生前に、神戸薬科大学で観測された大気中ラドン濃度は異常変動をし、高い濃度を示したと報告されている (Yasuoka and Shinogi, 1997)。これは地殻中の応力変化が地表からのラドン散逸を促し大気中ラドン濃度異常を引き起こしたと考えられている。 (Yasuoka et al., 2009)。大気中ラドン濃度の観測データは、多くの変動要因を含む。これまで実際にデータを解析する際は、観測データの平年変動として季節変動と経年変動を仮定して最小二乗法により残差を計算し、異常変動を判定するという手法がとられてきた。しかし従来の方法には、気象などの変動要因に関する先験的な知識が必要であるため、モニタリングや異常変動の検知などには、不向きであると考えられる。そこで今回、特異スペクトル変換法 (Ide and Inoue, 2005) を利用して大気中ラドン濃度観測データを解析した。特異スペクトル変換法は、直近の時系列データから構成される部分時系列の特徴パターンを求め、その類似度を利用して異常値を計算することができる。大気中ラドン濃度は、札幌医科大学と福島県立医科大学の放射線管理施設で観測されたものを使用した (Kobayashi et al., 2015)。特異スペクトル変換法による解析の結果、札幌医科大学で観測されたデータからは、十勝沖地震 (2003年9月26日, Mw 8.0) と東北地方太平洋沖地震 (2011年3月11日, Mw 9.0) 付近で異常値が確認された。福島県立医科大学で観測されたデータからは茨城県沖地震 (2008年5月8日, Mw 6.8)、福島県沖地震 (2008年7月19日, Mw 6.9)、福島県沖地震 (2010年3月14日, Mw 6.5)、東北地方太平洋沖地震 (2011年3月11日, Mw 9.0) 付近で異常値が確認された。特異スペクトル変換法による異常値が確認された時期は、従来法の気象などの変動要因を仮定して解析した大気中ラドン濃度異常変動の時期とも一致する。このことは、観測期間において大気中ラドン濃度変動をもたらす気象要因以外の環境変化が起こったことを示唆している。また今回用いた特異スペクトル変換法が複雑な変動システムを有する大気中ラドン濃度変動に対して有効であることが考えられる。

キーワード：大気中ラドン濃度、異常検出、特異スペクトル変換法

Keywords: atmospheric radon concentration, detecting anomaly, singular spectrum transformation

疎性モデリングを用いたスロー地震のインバージョン—Fused Lassoの適用

Geodetic inversion for spatial distribution of slow earthquakes under sparsity constraint (Fused Lasso)

*中田 令子¹、日野 英逸²、桑谷 立³、岡田 真人⁴、堀 高峰¹*Ryoko Nakata¹, Hideitsu Hino², Tatsu Kuwatani³, Masato Okada⁴, Takane Hori¹

1. 海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター、2. 筑波大学システム情報工学研究科、3. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、4. 東京大学大学院新領域創成科学研究科

1. R & D Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Tsukuba, Japan, 3. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

本研究では、沈み込むプレートとその上のプレートとの境界面上で起きているすべりの時空間分布を、地表の地殻変動データから高分解能で抽出するための手法を開発している。そのために、大地震後に生じるゆっくりしたすべり（余効すべり）やスロースリップイベントをターゲットとする。これらは、スロー地震と総称され、数日～数年間かけて地下の断層がゆっくりとすべる現象であり、GPS等によって地表で観測された地殻変動から、断層面上のすべり量を推定できる。従来の手法ではABIC [Yabuki & Matsu'ura, 1992]やカルマンフィルタ [Segall & Matthews, 1997]を用いて、すべり分布のなめらかさを仮定していた。そのため、詳細な構造を高分解能で推定することは難しかった。

我々は、地震や余効すべりを含むプレート境界面上のすべりの時空間変化の数値シミュレーションによって、大地震とその後の余効すべりを計算した [Nakata et al., 2012]。数値シミュレーションでは、大地震の震源域には、周囲よりも不安定な摩擦条件を与えているため、周囲とは異なる挙動（普段は周囲よりもすべり速度が遅く、地震時には周囲よりも高速ですべる）を示す。数値シミュレーションで起こした大地震後の余効すべりは、地震時のすべり域（震源域）を取り囲むように分布していた。この余効すべりに伴う地殻変動を計算し、それを模擬観測データとして、プレート境界面上のすべり分布を推定したところ、従来の手法では、すべりが0であるべき震源域内において、無視できない大きさのすべりが推定された [Nakata et al., 2014; 2016]。しかし、Markov random fields (MRF)モデルに基づいたすべりのなめらかさおよび不連続性を規定する項と、スパースモデリングに基づいたモデルパラメタのスパース性を規定する項を導入した評価関数を最小にするモデルパラメタセットは、従来の手法よりも高分解能で、余効すべり域と固着域を分離できていた [Nakata et al., 2016]。しかし、交差検定を用いたハイパーパラメタ推定手法やMarkov chain Monte Carlo (MCMC)法を用いたモデルパラメタ推定手法のため計算に時間がかかり、問題の大規模化は難しい、ノイズレベルや観測点分布によっては十分な分解能が得られにくい場合がある、などの課題も明らかになった。

そこで、Nakata et al. [2016]の考え方を参考に、Fused Lasso等の既存の数値モデルを組み合わせた手法の開発を行っている。現在は、1997年・2003年・2010年に発生した豊後水道スロースリップイベントの実データに適用する準備を進めているところである。これらのイベントに関しては、すでにABICを用いたインバージョン解析等が行われており、すべり域はだいたい同じであるが、時間発展は異なっていることが明らかになっている[e.g., Yoshioka et al., 2015]。スパースモデリングを取り入れることによって、すべり分布がどのように変わるのか、イベント毎の空間分布の違いや、同期して発生している深部低周波微動やすべり欠損の大きな領域との詳細な位置関係などについて調べる。

データ同化手法による断層すべり数値モデルのパラメータ・初期条件の同時推定

Joint estimation of parameters and initial conditions of numerical models of fault slip using data assimilation methods

*福田 淳一¹

*Jun'ichi Fukuda¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Numerical models of the evolution of fault slip based on rate- and state-dependent friction laws have been widely used to simulate variety of seismic and aseismic fault slip behavior during the earthquake cycle, including earthquakes, afterslip, slow slip events, and steady aseismic creep. In these numerical models, the evolution of slip and shear stress on faults are governed by the force balance equations and friction law equations for many subdivided fault patches. The friction law equations include parameters that describe frictional properties of the fault. Previous studies have shown that these parameters, which are often called friction parameters, as well as initial conditions of the model, are one of the major governing factors in determining the evolution of fault slip. Although several studies have proposed methods to estimate friction parameters with fixed initial conditions based on GNSS data [Fukuda et al., 2009; Kano et al., 2013, 2015], it has been difficult to constrain the friction parameters and initial conditions simultaneously. In this study, we develop methods to simultaneously estimate the friction parameters and initial conditions of the rate-state friction model of fault slip using data assimilation methods.

In this study, we employ a two-dimensional planar fault in a three-dimensional elastic half-space. The evolution of slip rate and shear stress on the fault is governed by the force balance equation and rate- and state-dependent friction law. We assume that time-series of displacements at stations on the ground surface are observable. We employ the ensemble Kalman filter and smoother (EnKF) and adjoint method to simultaneously estimate cumulative slip, slip rate, and frictional state variable for each subdivided fault patch and friction parameters.

We conduct synthetic tests to assess the validity of the proposed methods. In these synthetic tests, we focus on afterslip, which is transient, decelerating, aseismic slip triggered by stress changes due to a large earthquake. We impose an earthquake using a circular crack with constant stress drop and calculate coseismic shear stress changes on the fault. Slip rate and frictional state variables immediately after the earthquake are determined based on the calculated coseismic shear stress changes. Using these slip rate and frictional state variables as the initial condition, we employ the rate-state friction model to simulate the evolution of afterslip assuming that the fault has a velocity-strengthening frictional property. We then compute displacement time series at stations on the ground surface using the simulated slip history. Finally, we add normally distributed observation errors to generate simulated data. This simulated data set is used in the synthetic tests.

For the case of the EnKF, we find that the prediction step of the EnKF becomes numerically unstable if some of the initial ensemble members have values significantly different from the true values. These numerical instabilities occur when, for example, the initial ensemble members are randomly generated. In contrast, if the initial ensemble members have similar values to the true values, such numerical instabilities do not occur and consequently the EnKF can successfully be implemented. These results indicate that it is important to develop a method to generate appropriate initial ensemble to successfully implement the EnKF for our model. We will also show the results obtained from the adjoint method in the presentation.

キーワード：データ同化、断層すべり、摩擦パラメータ

Keywords: data assimilation, fault slip, friction parameters