

カルマンフィルターによる火山性磁場変動検出の試み

○神田 径・藤井郁子

1. はじめに

火山活動に伴う火山体内部の温度・圧力状態を、地表の全磁力観測から捉えようとする試みが各地で多数行なわれており、火山体内部のエネルギー蓄積状況を知りうる数少ないデータとして、火山活動の評価に活用されている。地表で観測される磁場に含まれる主要な変動は、地球中心核起源の変動、電離層・磁気圏起源の変動、海流起源の変動などであり、火山活動起源の変動は、多くの場合、それらの主成分に埋もれた微弱な信号である。従来までは、卓越する成分がリージョナル～グローバルな変動であることを利用して、近傍の観測点を参照点とする地点差などで、火山性磁場変動は表現されてきた。しかしながら、参照点に割り当てられたデータに欠測やノイズがある場合には得られる地点差にも直接影響が現れる、限られた観測点分布からできるだけ多くの火山性磁場変動の情報を得たい、などの理由から、各観測点の時系列データから火山性磁場変動を直接抽出する手法の開発が必要であった。本講演では、標準観測所のデータを参照点として使用し、これらの卓越成分を精度良くモデル化することにより、従来に比べて信頼しうる火山性の磁場変動を抽出する方法について報告する。

2. 時系列モデルとカルマンフィルター

全磁力観測値に含まれる変動は、その周期帯・波長・ソースなどの特徴から、4つのグループにまとめることができる。1つ目は、抽出すべき火山性変動を指し、ゆっくり変化するトレンドと考えられる。2つ目は、 S_q 、海洋潮汐、岩石磁化の温度変動で、概ね決まった周期(12時間/24時間/半年/1年)の波群と考えられる。3つ目は電離層・磁気圏変動で、参照データを用いて表現可能な変動である。そして最後が主磁場変動であり、通常は、観測期間に比べて変動の周期が非常に遅いため、定数として扱える。従って、変動成分は、主磁場以外の3つのグループとなる。

時系列モデルは、平均値を除去した磁場全磁力値を、(1)トレンド、(2)ある周期の波群、(3)外部参照データと相関する成分、(4)観測ノイズ、の4つの成分の和として表現することによって得られる。なお、それぞれの成分についての拘束条件として、(1)時間的に滑らかに変動する、(2)変動周期がおおよそ J 、(3)参照データの過去 L ・未来 K サンプルと定常線形関係にある、(4)平均0、分散 e^2 に従うランダムノイズ、を仮定する。観測値は、系の状態が時間発展する過程の一部分を観測したものである、と解釈できるので、時系列モデルを状態空間モデルで表現した状態方程式に対し、カルマンフィルターで逐次的に解く手法を適用することで、各成分を分離できる。その際、トレンド成分や周期成分のゆらぎ、参照データのサンプル数などは超パラメータとして扱い、AIC最小化によって最適化した。

図1は、本研究で開発した手法を、口永良部島で観測された全磁力データへ適用した例である。参照データとして気象庁地磁気観測所鹿屋の磁場3成分を用い、約2年2ヶ月間の毎時値データに対して、トレンド成分、周期成分($J=1\text{day}$)、外部磁場成分を分離した。欠測の前後および時系列の最初の数十時間を除く全期間で、観測データとの残差が $\pm 3\text{nT}$ 以内という極めて高精度に、時系列モデルを推定することに成功している。

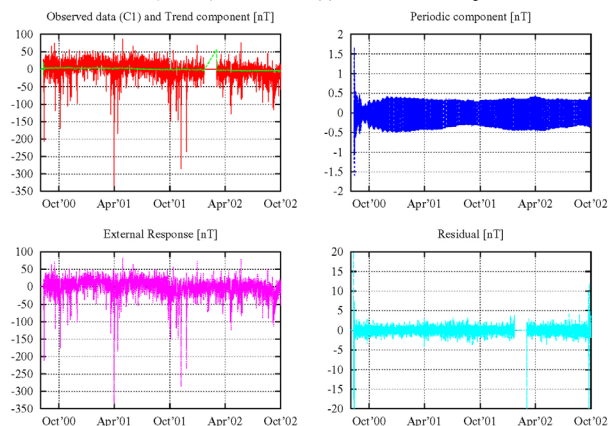


図1: 時系列モデルにより分解された、トレンド成分および生データ(左上)、周期成分(右上)、外部磁場成分(左下)、残差(右下)。