

FEP解析を応用した火山噴火シナリオ構築手法の検討 - 演繹的推論的要素導入の試み -

A study on a methodology of volcanic scenario analysis applying FEP analysis: Development of deductive inferring method

村上 亮^{1*}, 川村 淳², 牧野 仁史³, 下司 信夫⁴, 及川 輝樹⁴, 西村 卓也⁵, 梅田 浩司³, 佐々木 寿⁶, 瀬尾 俊弘³, 大井 貴夫⁷

Makoto Murakami^{1*}, Makoto Kawamura², Hitoshi Makino³, Nobuo Geshi⁴, Teruki Oikawa⁴, Takuya Nishimura⁵, Koji Umeda³, Hisashi Sasaki⁶, Toshihiro Seo³, Ohi Takao⁷

¹北海道大学, ²三菱マテリアルテクノ, ³原子力機構, ⁴産総研, ⁵国土地理院, ⁶国際航業, ⁷原環機構

¹Hokkaido Univ., ²MMTEC, ³JAEA, ⁴AISAT, ⁵GSI, ⁶KKC, ⁷NUMO

1. 研究目的と背景

火山噴火シナリオの構築手法については、これまでの主流である、対象火山の過去事例や世界の類似火山の活動事例に基づく経験論的な手法に加えて、火山現象を物理的・化学的な素過程の集積ととらえ、その進展を推定する演繹的要素も加味すれば、より一層、網羅性の高い火山シナリオが作成できると考えられる。さらに、火山活動の進展と同時進行形で、その都度得られる観測情報などから推定される火山活動の状況と火山噴火シナリオとのリアルタイムな比較により、演繹的な特徴を生かし、修正や追加をしながら、その後の推移を予測・評価する手法も用意しておけば、噴火の進展に合わせて、その時点の最適な防災対策を選択できると考えられる。そこで、本研究では演繹的な火山噴火シナリオ構築手法の開発を目的とした。

2. 予測対象としての火山活動の特徴と演繹的推論の可能性

そもそも、火山噴火シナリオは、避難、救助、復興などの準備を適切に行うための事前検討や訓練に用いる、仮想的な火山の活動推移の記述である。この目的を考えると、シナリオは、場所、時間、継続時間、噴火規模、噴火様式、噴出率などや、その変化をできるだけ詳細に予測するものでなくてはならない。また、可能性を一つに絞り込むことが困難な場合は、できれば確率を付与して幾つかの候補（経路）を並列して示すことも有効である。

予測や推論の対象として火山活動を考えると、火山活動を支配するマグマ移動や発泡など、重要なプロセスは、ほぼすべて地下で起こり、直接観察や観測の困難性が特徴であることがわかる。また、その根源の駆動力は熱であり、各種のプロセスまたは素過程は、時として劇的な相変化をとともなう物理的現象、化学的現象である。それら各種の過程の影響が地表に現れる場合に限り、観測・観察を実施し、地下の状態やその変化をある程度推定することも可能である。しかし、地下のマグマは直接は見えないため、その理解は推論による部分が大きい。

火山は多くの要素が関係した極めて複雑な地下の巨大システムではあるが、火山活動の推移を構成する素過程が、物理・科学的過程であるとすれば、火山の状態があるステージにあるとき、そこから出発して次に到達する可能性のあるステージの提示が、演繹的な推論によって、ある程度可能となるかもしれないとの期待も生ずる。

そこで、我々は、まず、火山活動は、物理または化学的素過程の時系列的連鎖として表現できるという仮定から出発する。これは、自明ではないが、多くの研究者によって受け入れられている火山噴火シナリオという概念が、時系列的な記述を前提としていることを想起すると、この仮定にも一定の正統性があると考えられる。

3. 演繹的推論の具体的方法

我々の演繹的推論システムの目標は、個々の素過程の集積により、火山現象全体の推移を表現することである。素過程の記述方法、素過程の関連付けの方法等がルール化できれば、それをを用いて過去の火山現象の推移について、解釈や理解も含めて記述することができるし、将来の火山活動についても推移の物理・科学的解釈を伴った予測を実施することができる。

我々は、素過程を表現するために、それを特徴づけるパラメータとして、場所、時間、物性、マグマや熱水の存否を考えることとした。また、素過程は、 $F(X1, X2, d) \quad X3$ 等の関数表記で表現することとした。ただし、 $X1$ を場のパラメータ、 $X2$ を発端現象、 $X2$ を帰結現象、さらに d を観測結果である。この定式化は、場と時間が異なっても、同じ条件が整えば同じ現象が発生するという前提としている。

場のパラメータは、幾何学的条件（マグマ溜まりの存否、既設火道の存否、断層等の既設弱面の存否）、原因物質（マグマ、熱水、ガス等の存否）、物理的・化学的環境（岩石強度、応力状態等々）である。 $X1, X2, d, X3$ は、たとえば、 $X1$ (位置、時間) のように、それぞれに位置と時間を区別するパラメータが含まれている。さらに、ひとつ前の過程の帰結である $X3$ が、次の過程では、発端現象の $X2$ となり、そのような連鎖で火山現象を推論する枠組みを構築した。観測要素 d は、同じ条件がそろっても、観測が明らかにその過程の進行を否定する場合には、推論においてその経路を停止

させるために用意した。

このような枠組みで推論を実施する場合、その正統性は、結局どれだけ見落としなく素過程を準備しておくかに依存する。

今回、我々が、予察的に試作した推論システムについて紹介するが、本講演では、基本的構造について主として報告し、適用した事例については、「FEP 解析を応用した火山噴火シナリオ構築手法の検討 - その具体例の提示 - 」という表題の講演（ポスター）で紹介する。

キーワード: 火山噴火シナリオ, 火山噴火予知, 防災, FEP:状態・イベント・プロセス, FEP 解析

Keywords: Volcanic Scenario, Volcanic Eruption Prediction, Disaster Mitigation, FEP: Feature, Event, Process, FEP Analysis