

粘性流体の流れを考えた火山性低周波地震の励起モデルの検討

Examination of a simple fluid flow model as a source of long-period earthquake

青山 裕[1], 武尾 実[1]

Hiroshi Aoyama[1], Minoru Takeo[2]

[1] 東大・地震研

[1] ERI., Univ.of Tokyo, [2] ERI, Univ. Tokyo

火山性の低周波地震や微動の発生源を考えるモデルには、山体内部の共鳴体の固有振動を考えるものと[e.g., Fujita et al.(1995)], 弾性体の間隙を流体が流れることによって生じる振動を考えるもの[Julian (1994)]がある。Julian (1994)で提唱されたモデルは、浅間山のN型地震や桜島のC型微動の特徴を定性的にはあるがよく説明する。しかしながら、我々が行った追試の結果、内部の流体の圧力が負になってしまうなど、いくつかの問題点が明らかになった。これらの問題点について改善のポイントなどを含めて報告する。

火山浅部では数 Hz といった比較的低い周波数帯に卓越周波数を持つ火山性低周波地震や火山性微動がしばしば発生する。それらの地震や微動はスペクトルや波形の特徴から、山体内部に存在する火道、マグマ溜まり、帯水層などの固有振動に関係しているのではないかと広く考えられてきた [e.g. Chouet (1988), Fujita et al. (1995)]. 弾性体中に封じ込められた圧縮性流体の固有振動を考える震源モデルでは、励起される振動の周波数は基本的に共鳴体内部の圧縮性流体の音速と共鳴体のサイズに依存し、周波数を下げるには共鳴体内部の流体の音速を遅くするか共鳴体のサイズを大きくする必要がある。山体内部に存在すると考えられる流体（例えば「水+ガス」の混相流体）の音速の下限は Kieffer (1977)などの研究によって 100~200m/s 程度と見積もられており、この値を下限として実際に Fujita et al. (1995)のモデルに従って浅間火山で観測されたN型地震の卓越周波数（1Hz）を再現しようとする、直径数百mというかなり大きい流体溜まりが山体浅部に存在していなければならないことがわかる。共鳴体の固有振動を地震発生の基本的な物理メカニズムとする震源モデルには、共鳴体の大きさが大きくなり過ぎるという問題が常についてまわる。

一方で、固有振動を考えた震源モデルとは離れた立場から火山性の低周波地震や微動の発生を考えるモデルが Julian (1994) によって提示されている。このモデルは、圧力差を持つ2つの流体溜まりが狭い流路でつながれている状況を考え、流路を通して流れる粘性流体と弾性体からなる流路壁面との非線形な相互作用により、流路壁面

に振動が励起されるというものである。流体は非圧縮性であり、流路壁面は流れ方向に一様に運動するとし、流路中はポアズイコ流れであると仮定して、連続の式、運動方程式を3階の常微分方程式系へと簡単化している。Julian (1994)で述べているように、流路の長さを10m程度、幅を1m程度と地球科学的に妥当な大きさにとり、その他のパラメータの組み合わせを適当に選ぶと、流路壁面の振動が時間とともに徐々に減衰していく解、壁面が一定の周期・振幅で振動する解、振動の周期・振幅がカオス的に変動する解を得ることができる。これらの解は、定性的に浅間山のN型地震や桜島のC型微動の特徴をよく説明する。我々は固有振動モデルのような非現実的な大きさを必要としないJulian (1994)のモデルに注目し追試を行った。

その結果、Julian (1994)で述べられている結果にはいくつかの問題点があることが分かった。最も致命的なのは、Julian (1994)で述べられているような、壁面が振動する解が得られるパラメータを与えた場合、流路の入り口、あるいは出口における流体の圧力が負の値になるということである。流体溜まり間の圧力差を小さくすれば圧力が負値になることは防げるが、この場合には壁面の振動が発生しない。また、Julian (1994)で示している解の流体の流速からレイノルズ数を評価すると、モデルで仮定されているポアズイコ流れが成り立たず、乱流による抵抗を考えなければならないことが分かる。我々があらゆるパラメータの組み合わせを確認したわけではないため断定はできないが、これら2つの問題はモデルの定式化自体に内在するものと推測される。どのように改良すればこれらの問題を回避できるのか、常微分方程式系へ簡単化できる範囲内での改良で克服できるのかなどの点について明確な解答はまだ得られていない。しかしながら、以上のような問題点を含むとしても、様々な火山の低周波地震や微動の特徴を統一的に説明できるこのようなモデルは注目にあたいする。流体の運動と壁面の運動の非線形相互作用によって生じる振動について、今後深く考察していく必要がある。