

常時火星自由振動の理論計算

Theoretical calculation of Mars' background free oscillations

須田 直樹[1], 三谷 知郁枝[1], 小林 直樹[2], 西田 究[3]

Naoki Suda[1], Chikae Mitani[2], Naoki Kobayashi[3], Kiwamu Nishida[4]

[1] 広大理, [2] 東工大・理工・地球惑星, [3] 東大・地震研

[1] Earth & Planet. Sys. Sci., Hiroshima Univ., [2] Earth & Planet. Sci. Sys., Hiroshima Univ., [3] Earth and Planetary Sci, TiTech, [4] ERI, Univ. Tokyo

惑星内部構造の解明には地震学的観測が必要不可欠である。特に、自由振動の観測は惑星の大規模な深部構造を解明する際に重要となる。火星については、自由振動の励起源としてリソスフェアの冷却による断層の発生 (Golombek et al., 1992) や隕石の衝突 (Davis, 1993) などが考えられている。これらの稀にしか起こらない過渡的な励起源の他に、微弱ではあるが定常的な励起源として大気擾乱が考えられる (Kobayashi & Nishida, 1998; Tanimoto, 2001)。地球では大気擾乱が励起源と考えられる微弱な常時自由振動が実際に観測されている (e.g. Suda et al., 1998)。本研究では、モード理論に基づく火星の常時自由振動の理論計算を行ない、その観測可能性について考察した。

火星自由振動の固有周波数と固有関数は、地震波速度と密度の球対称モデル AR (Okal & Anderson, 1977) から計算した 20mHz 以下の伸び縮みモード 1406 個を使用した。自由振動帯域での構造の Q については、フォボスの永年加速から求めた潮汐帯域での値に対して、absorption band model を適用して推定されている (Lognonne & Moser, 1993)。今回はそれを考慮して、上部マントルで $Q_s=100$ 、下部マントルで $Q_s=150$ としてモードの Q を計算した。

現在、地球の常時自由振動は、ランダムで一様な大気擾乱を仮定した励起理論を用いて説明されている (Fukao et al., 2002)。それによると、常時自由振動による地動加速度のパワースペクトル密度 (PSD) は、地表における気圧変動の PSD とその相関距離から求められる。地球の場合、気圧変動の PSD は気圧計の観測記録から求められるが、相関距離の直接的観測は現時点では存在しない。そこで、Fukao et al. (2002) では、常時自由振動の観測 PSD がよく説明できるような相関距離が求められている。一方、コルモゴロフ理論を考慮した次元解析的な大気擾乱理論により、惑星大気の気圧変動の大きさと相関距離を見積もることができる (Kobayashi et al., 2001)。それによると、火星での気圧変動は地球に対して PSD で約 0.1 倍、相関距離で約 2 倍となる。そこで、本研究では火星での気圧変動の PSD と相関距離として、それぞれの地球での観測の上記定数倍を用いて常時自由振動の理論計算を行なった。

振子を用いたセンサーで地動を観測する場合、大気引力の効果も同時に記録する。これについては、大気を平板近似して求めた気圧変動と引力の変換係数である $10 \text{ (nm/s}^2\text{)}/(\text{hPa})$ を用いて計算した。また、センサー及びデータ収録系に起因するノイズとして、Fukao et al. (2002) で求められた線形ノイズを採用した。

求められた常時火星自由振動の加速度 PSD は地球と同程度であった。これは Kobayashi & Nishida (1998) の見積りと同様であるが、Tanimoto (2001) による地球の約 1/2 の振幅という見積りとは大きく異なる。今回、深い部分の構造に敏感な長周期モードの励起が、検出の障害となる大気引力の効果に比較して充分大きいことが分かった。つまり、火星の方が地球よりも長周期モードを常時自由振動で観測しやすい。0S10 (周期約 430 秒) よりも長周期のモードが検出されれば、コアに関してかなりの制約を与えることができる。一方、火星では浅い部分に強い不均質性が予想されるので、それによる散乱の影響で短周期モードの検出は地球よりも困難であると考えられる。

常時自由振動の振幅レベルは小さいので、地球の場合でも静穏な地震観測点でのみ観測されている。従って、火星の場合も、特に砂嵐などの環境変動のセンサーへの影響を避けるための工夫が重要となる。現在の広帯域地震計と同等のセンサーを適切に設置することにより、常時火星自由振動は充分観測可能と考えられる。