

火星大気 CO₂凝結を考慮した電波掩蔽観測データの再導出

野口克行、池田さやか(奈良女子大)、黒田剛史(東北大)、Silvia Tellmann, Martin Pätzold (ケルン大)

電波掩蔽観測は、探査機から地球受信局に向けて送信される無変調電波を利用し、電波が惑星大気を通過する際に大気の屈折率分布に応じて周波数が変動するのを観測することで、惑星大気の気温・気圧の高度分布を求める手法である。電波掩蔽観測の導出においては観測対象である惑星大気の組成比を仮定しなければいけない。火星の大気組成比は Viking 着陸機によって観測された値 (CO₂: 95%, N₂: 2.7%, Ar: 1.6%) が事実上の標準値として用いられてきたが、火星では大気主成分である CO₂ が主に極夜で大規模に凝結するため、大気組成比が標準値から大きく外れる時期が存在する。しかし、従来の電波掩蔽観測データ処理では、Viking 着陸機で観測された大気組成比を標準値として使用しており、火星極夜における大気組成変動を考慮していなかった。

本研究では、観測データと数値モデルを駆使して大気組成比の推定を行い、米国の火星探査機マーズグローバルサーベイヤー (MGS) の電波掩蔽観測データに応用して気温の再導出を行った。大気組成比の推定を行なうに当たっては、まず Mars Odyssey 搭載のガンマ線分光計による Ar の気柱量観測結果を用いた。Ar や N₂ は極夜でも凝結しないため、Ar と N₂ の組成比の関係 (1.6 : 2.7) は変化しないと考えられる。そこで、Ar 量を用いて N₂ 量 (=2.7/1.6 Ar) を表すことで、CO₂ 量 (=1-N₂-Ar=1-4.3/1.6 Ar) も Ar 量を用いて表すことができる。このような手法を用いて、主要 3 成分の組成比の季節変動をモデル化し(図 1)、MGS 電波掩蔽観測データの再導出に応用した。GRS 観測による Ar 観測は気柱量平均値であるため、得られた各組成比も気柱量平均値であり、組成比が高度一定であると仮定していることになる。

一方で、極夜においては CO₂ は地表面に直接凝結すると考えられるため、実際には CO₂ 濃度が下層で大幅に減少するような鉛直分布が想定される。現時点では、信頼できる火星大気組成の鉛直分布の観測データがないため、数値モデル(MCD)による計算結果を用いて再導出を行なった(図 2)。大気組成比の鉛直分布を考慮すると、気温の再導出結果は高高度では従来の導出とそれほど変わらず、地表面付近で大きく下がることになる。過飽和度を計算する際には、数 K の違いで大きな差が出得るため、電波掩蔽観測による気温を用いる際には CO₂ 凝結の影響を考慮することが必要であることが示された。

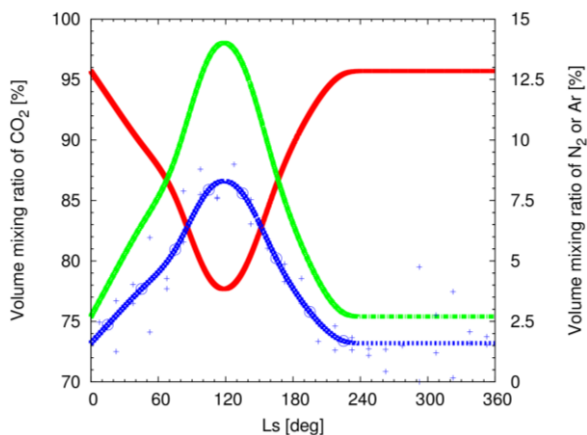


図 1 : GRS による Ar 観測に基づいた火星大気主要 3 成分 (CO₂: 赤、N₂: 緑、Ar : 青) の混合比の季節変化。GRS 観測は気柱量平均値のため、この図における値も気柱量平均値である。

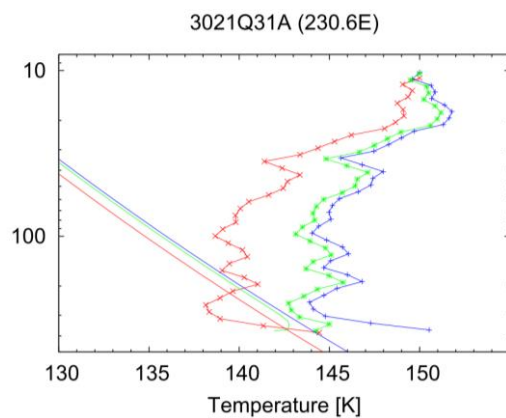


図 2 : 図 1 の組成比を用いて再導出された MGS 電波掩蔽観測の気温(赤)と、数値モデル MCD による大気組成比の鉛直分布を用いて再導出された気温(緑)。青は従来の導出手法による気温。