

放射対流平衡モデルを用いた H₂-He 大気のコoling率の推定

Estimation of Cooling Rate for H₂-He Atmosphere with Radiative Convective Equilibrium Model

高橋 康人^{1*}, 石渡 正樹¹, 倉本 圭¹

TAKAHASHI, Yasuto^{1*}, ISHIWATARI, Masaki¹, KURAMOTO, Kiyoshi¹

¹ 北海道大学

¹Hokkaido University

一般に惑星大気中での様々な大気循環は、鉛直対流が重要な駆動源の一つになっていると考えられている。そしてその対流の強度は放射による大気冷却率で決まり、対流による大気下層からの熱の供給がつりあって定常的な熱構造が維持されている。これは木星をはじめとした H₂ が主成分の厚い大気を持つガス惑星についても同様である。そこで本研究では、H₂-He 大気中での放射と対流による熱輸送を解くことにより各種の放射特性を算出し、それらがどのような物理によって決まるのかをあきらかにすることを試みた。

モデルでは平行平板大気を仮定し、圧力 0.002-2 bar の範囲で Appleby and Hogan (1984) の定式化に基づき放射計算をおこなった。大気組成は H₂ および He からなるとし、吸収源については H₂-H₂ および H₂-He 衝突誘起吸収 (Borysow 1988, 2002) を考慮した。放射と吸収係数は波数 10-990 cm⁻¹ の範囲で波数別に計算を行っている。長波を対象としているため太陽放射は無視している。下部境界では温度を固定し、より下層からの放射の入射は拡散近似から求めて与えた。以上の条件のもとで放射計算を行った後、大気各層で対流不安定が存在するかどうかを判定した。不安定がある場合は対流層全体で対流調節が起こり、乾燥断熱減率に沿った温度分布となるものとした。温度構造の時間変化が十分に小さくなるまで以上の計算を続けることで熱平衡温度構造を求めた。計算に必要な各種パラメータについては木星を想定して与えた。

計算の結果、木星探査機ガリレオのプロープによるデータから推定された冷却率構造 (Sromovsky et al. 1998) と概ね調和的な構造が得られた。本研究では NH₃ をはじめとする微量成分と雲の存在を無視して計算を行っているが計算対象高度においてはこれらの成分の効果はあまり大きくないと見られる。冷却率構造は 0.7 bar 付近で極大値を持つ。この高度では各波長の光学的深さが概ね 1 程度になるため、放射が最も効率よく惑星外部へと抜ける。そのため放射による冷却効果が大きくなると解釈できる。冷却率の極大値は 0.016 K/day であり、地球対流圏の典型的な値である 1 K/day よりかなり小さい。これは想定した木星大気のコoling率が地球大気のコoling率に比べ小さいためである。また下部境界に向かうにつれて急激に冷却率が小さくなり 2 bar 付近に対流圏の下端が存在する可能性がある。

今回のモデルは H₂-He 大気のコoling率の基本的な性質を求めることを主眼としたが、より現実的な大気において先述の課題を議論するためには、太陽放射による加熱と微量成分の線吸収、および雲形成の影響を考慮し、適切に組み込む必要がある。

キーワード: ガス惑星, 大気, 冷却率, 放射, 対流

Keywords: gas giant planet, atmosphere, cooling rate, radiation, convection