

授賞者の研究業績の紹介

2023年度 第16回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙理学分野

安藤 紘基 (あんどう ひろき)

京都産業大学 理学部 宇宙物理・気象学科 准教授

業績の題目：電波掩蔽観測と数値モデリングによる惑星大気の研究

地球、火星、金星の大気を比較して汎惑星気象学を構築する試みは古くからあり、前二者の大気は比較的よく調べられており、その比較は多くの研究を生み出している。これに対し、地球や火星と大きく異なる金星の大気科学は黎明期にあり今後の大きな発展が期待されるが、特に大気を伝搬する波動の解明、これらが駆動する上下水平の大気運動、雲分布の解明に大きな進展が起きている。安藤氏は、金星大気におけるこれらの課題を念頭に置きつつ、ESAの金星探査ミッションVEX (Venus Express) の電波掩蔽科学チームの中核メンバーとしてデータ解析を担い、その後、宇宙科学研究所の金星探査機「あかつき」の電波掩蔽科学チームで金星大気に関する多くの科学成果を挙げている。このような観測的アプローチに加え、安藤氏は惑星大気科学の確かな素養のもと、数値シミュレーションによる惑星大気物理プロセスの探求で目覚ましい成果を挙げている。さらには、今後の惑星大気科学を支える新技術である「データ同化」、すなわち観測データと数値シミュレーションの統合によって物理的に整合した4次元データを生成するプロセスにも挑戦している。安藤氏の研究によって金星大気がようやく地球、火星大気と比較できるようになり汎惑星気象学の構築に大きく近づいたことは評価出来る。

特に価値の高い科学成果を三つ挙げる。

1) 金星大気の全球的な温度構造を電波掩蔽観測により明らかにした。金星は高々度が硫酸雲におおわれ、雲頂以下の大気を観測することが難しい。そのため、雲頂以下の大気構造は中～低緯度に投下された数機の着陸機による観測に限られ、高緯度も含めた全球的な構造はわかっていなかった。安藤氏は、VEXと「あかつき」の電波掩蔽データを統計解析し、雲層の上下にわたる全球的な気温分布を導出することに初めて成功した。その結果、高緯度の下層大気に安定度の低い領域が存在するなどの特徴が発見され、未知の熱輸送プロセスの存在が示唆された。ここで明らかとなった温度分布は、その後金星大気大循環モデル開発における参照データとなっている。安藤氏は、ここで観測された熱構造を数値シミュレーションで再現することにも成功した。この試みの中で惑星規模の大気波動が熱輸送プロセスの形成に関与することを明らかにしている。

2) 金星の電波掩蔽データから導出した気温分布の時系列を用いて、周期が数日の大規模

な波動の立体構造を世界で初めて明らかにした。大気の構造形成においては波動によるエネルギーや運動量の輸送が重要であるが、金星ではその実態はわかっていなかった。安藤氏はこの観測結果の解釈のために大気大循環の数値シミュレーションを行い、それをもとに波動の力学構造を推定し、惑星規模の風系の力学的不安定性によって作られた波動（ロスビー波）の役割が明らかとなった。これは金星の大規模波動の立体構造を実証的に論じた成果である。

3) 金星の硫酸雲の3次元構造を大気大循環の数値シミュレーションで再現した。電波掩蔽や赤外分光など多種の観測結果を矛盾無く説明できることと、平均大気循環だけでなく大気波動が雲形成に果たす役割を初めて明らかにした点で、特筆すべきものである。硫酸雲は金星エネルギー収支を支配しており、金星の気候システムの要であるが、大気力学と光化学が関与する雲生成過程はよくわかっておらず、低緯度と高緯度で雲量が多いといった観測事実も説明できなかった。安藤氏は、低緯度と高緯度でそれぞれ別種の大気波動が雲生成を促進することや、大気循環によって雲の材料物質である硫酸蒸気や水蒸気の特徴的な分布が作られることを解明し、金星の雲システムの包括的なモデルを提示することに成功した。さらに、低緯度に見られる雲量の準周期的な変動を大気波動が引き起こすメカニズムを詳細に分析している。

このように安藤氏は宇宙機を用いた観測から数値シミュレーションによる金星大気駆動メカニズム解明までを一貫して実施してきており、そのいずれもが高いレベルにある。これらの金星大気の研究は汎惑星気象学の構築のさきがけとなると考えられる。安藤氏は、「あかつき」運用においても中心的役割を果たし、また将来の金星大気観測の計画も引っ張っている。観測と理論を統合して太陽系探査を切り拓く傑出した若手研究者であり、今後のリーダーシップに期待がかけられている。

関連する論文リスト

[1] Vertical structure of the axi-asymmetric temperature disturbance in the Venusian polar atmosphere: Comparison between radio occultation measurements and GCM results, Ando, H. et al 2017, *J. Geophys. Res.*, 122

[2] Thermal structure of the Venusian atmosphere from the sub-cloud region to the mesosphere as observed by radio occultation, Ando, H. et al 2020, *Sci. Rep.*, 10

[3] Venusian cloud distribution simulated by a general circulation model, Ando, H. et al 2020, *J. Geophys. Res.*, 125

[4] Dual-spacecraft radio occultation measurement of the electron density near the lunar surface by the SELENE mission, Ando, H. et al 2012, *J. Geophys. Res.*, 117

[5] Vertical wavenumber spectra of gravity waves obtained in Mars Global Surveyor radio occultation data, H. Ando, T. Imamura and T. Tsuda, 2012, *J. Atmos. Sci.*, 69