

# 一番星へ行こう! 日本の金星探査機の挑戦 その60 ~電波シンチレーションとDAVINCIにおける活用~

今村 剛<sup>1</sup>, 安藤 紘基<sup>2</sup>, 野口 克行<sup>3</sup>

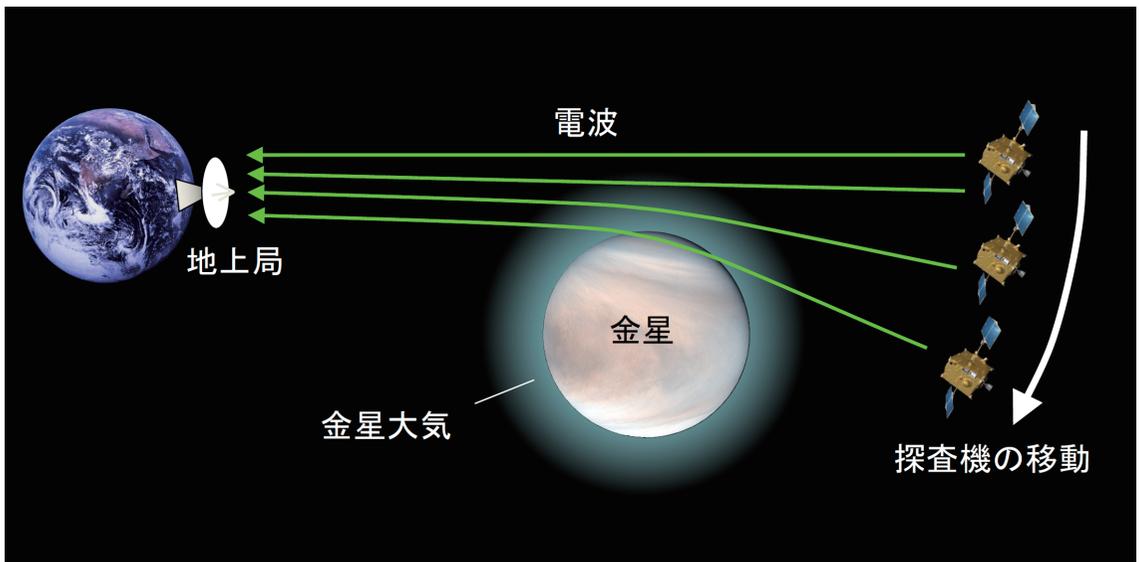


図1: 電波掩蔽観測の概念図.

大気を通過する電波の強度が短い時間スケールで変動するシンチレーション現象は、地上局と地球周回衛星の間の通信や電波天文観測において古くから知られています。通信において大きなシンチレーションが起こるとデータ欠損につながります。地球では、対流圏あるいは電離層の屈折率の微細構造によって電波の波面が乱されることによる回折効果が、主に電波強度の変動をもたらすとされています。

NASAのDAVINCIミッションは、2030年頃に金星大気に降下プローブを投入して大気組成や運動の観測、地表面の撮像などを行う計画です。金星

の直接探査は1985年のVEGAミッション以来です。このミッションではプローブとデータ中継衛星との間で双方向データ通信を行う予定ですが、その際に通信レートを電波強度に応じて動的に調節することになっています。そのために金星大気を通過する電波の強度がシンチレーションでどれほど揺らぐのかを事前によく把握しておく必要があります。そこで、DAVINCIとあかつきの双方に参加している米国 Johns Hopkins Applied Physics Laboratory のRalph Lorenz博士を中心に、あかつきの電波掩蔽データに見られるシンチレーションを統計的に解析して、評価を実施しています[1,2]。

電波掩蔽とは、探査機が送信して地上局で受信する電波が惑星大気を水平方向に通過する際に周波数や強度が変動することを利用して、大気の温度と

1. 東京大学 新領域創成科学研究科

2. 京都産業大学 理学部

3. 奈良女子大学 理学部

t\_imamura@edu.k.u-tokyo.ac.jp

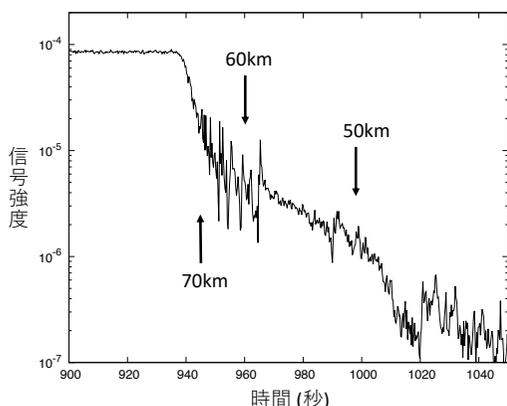


図2: あかつきの電波掩蔽観測において探査機が地球から見て金星の背後に隠れていくときの受信電波強度の時間変化。およそ940秒以降で、金星大気による電波の角度拡がり(defocusing)のために信号強度が低下しているのに加え、シンチレーションによる短時間スケールの変動が見られる。図中の数字は電波経路の最近接高度(2016年7月12日の観測)。

圧力、電離圏電子密度などを導出するという観測手法です(図1)[3]。電波掩蔽では電波が金星大気を水平方向に通過するのに対して、DAVINCIプローブでは電波は金星大気を斜めに通過するので、同じ幾何学的条件にはなりません。しかし電波掩蔽では電波経路が金星大気中を高度方向に移動するのにもなってシンチレーションの高度分布をとらえられるので、これをもとに、プローブが金星大気中を降下中に各高度で送受信する電波がどのようなシンチレーションを受けるのかを推定することができます。

金星の電波掩蔽観測によれば、シンチレーションは雲層上部にあたる高度55~70 kmあたりでとくに強く、これは安定成層したこの領域を伝播する大気重力波が主な原因と考えられています[4]。大気重力波は高度方向に振動する微細な密度構造を作り出し、これが電波の波面を乱します。あかつきの電波掩蔽データを解析したところ、1秒以下の短時間の

うちに電波強度が一時的に1桁以上低下するような激しい変動が多く見られました(図2)。DAVINCIプローブとデータ中継衛星を結ぶ電波がこの大気層を斜めに通過する距離が長くなると、通信への影響が大きくなります。雲層下部にあたる50~55 kmは中立成層であり、対流が生じていると思われませんが、密度変動が小さいためにシンチレーションは弱くなります。それ以下の高度ではやや安定成層となり、再びシンチレーションが強くなります。

あかつきは周回軌道からのリモートセンシングによって金星大気の力学や雲物理の研究を推進してきましたが、観測データは雲層上部に集中し、下層大気の情報に限定的です。電波掩蔽においても、およそ35 km以下の高度では金星大気によって屈折した電波経路の曲率半径が惑星の半径よりも小さくなるため、観測が原理的に不可能となります。DAVINCIがもたらす下層大気の情報とはあかつきと相補的であり、観測成果の統合によって金星大気科学が一層進展することが期待されます。このことに加え、今回、通信回線の検討にあかつきのデータが活用されることとなり、あかつきの任務はまだ続くものの、いよいよ次世代の金星ミッションにバトンが渡されつつあるということを強く意識します。

## 参考文献

- [1] Lorenz, R.D., 2024, Planet. Space Sci. 247, 105923.
- [2] Lorenz, R.D. et al., 2024, Icarus 420, 116193.
- [3] Imamura, T. et al., 2017, Earth Planets Space 69, 1.
- [4] Leroy, S.S. and Ingersoll, A.P., 1996, J. Atmos. Sci. 53, 1018.

## 著者紹介

今村 剛

東京大学大学院新領域創成科学研究科教授。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。博士(理学)。宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所助教、

准教授を経て、2016年7月より現職。専門は惑星大気科学。日本惑星科学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、日本気象学会に所属。あかつき電波科学のPI。