

一番星へ行こう！ 日本の金星探査機の挑戦 その17 ～太陽コロナの電波掩蔽観測～

今村 剛¹

(要旨) 2011年6月下旬, 「あかつき」は地球から見て太陽のほぼ反対側を通過した. そこで, 「あかつき」から地球に向けて電波を送信し, 太陽の近くを通過した電波を地上で受信して分析するという, 電波掩蔽(えんぺい)の手法によって太陽コロナの変動を調べた.

1. チャンス!

金星周回軌道に入りそこねた「あかつき」[1]の今後の軌道を調べたところ, 2011年6月に地球から見て太陽のほぼ反対側を通過することがわかった. 6月25日には「あかつき」と地球を結ぶ電波の経路は太陽表面から0.5太陽半径の距離まで近づく(図1). この数字を無視するわけにはいかない. 太陽表面の温度は6000℃程度であるが, その外側には100万℃という高温のコロナが形成され, この圧力によって外向きに加速された太陽外層大気が数百km/sという高速の太陽風となって太陽系内を吹き抜けている. 表面から0.5太陽半径あたりでは, 距離とともに温度が急上昇し, それに伴って太陽風が加速され始めると考えられている. プラズマ密度は 10^7 cm^{-3} に達し, 密度 1 cm^{-3} 程度の惑星間空間より桁違いに濃い. 電波掩蔽によってこの領域の乱流や波動をとらえ, 未だ謎とされる太陽コロナ加熱の手がかりが得られるかもしれない. 「あかつき」の本来の任務とは違うが, 普遍的な大気力学の確立を掲げるミッションとして, 太陽大気の力学に迫るチャンスを見過ごすわけにはいかない.

似た観測は火星探査機「のぞみ」で経験があり[2][3], 海外の宇宙ミッションによる観測例もある. しかし今回我々には, 金星の電波掩蔽観測のために周波数の安

定した信号源(超高安定発振器)を持っていて[4], 受信局(臼田宇宙空間観測所)には高時間分解能の専用記録装置があり, あまり前例のない近距離まで近づく, といった強みがある. そこで1ヶ月間の連続観測によって太陽表面から0.5～20太陽半径の範囲をカバーして, 太陽風加速領域をまるごと見ることにした. 特に太陽に近づく6月24～27日には太陽物理コミュニティの協力を得て太陽観測衛星「ひので」による同時観測も実施した. 電波掩蔽と太陽観測衛星のコラボレーションは世界初のことである.

2. 観 測

この時期, 探査機から送られる信号は太陽によって大きく乱されるため, 地上から指令を送って探査機を制御するという通常の運用はできなくなる. そこで,

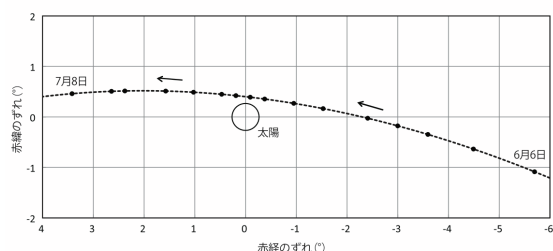


図1: 地球から見た「あかつき」の方向. 太陽方向を基準として, 観測日における位置を黒点で示した.

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
imamura.takeshi@jaxa.jp



図2：太陽コロナ観測中の臼田宇宙空間観測所のパラボラアンテナ。手前は大学院生の安藤君と宮本さん。

約1ヶ月間の運用計画をあらかじめ「あかつき」に登録しておき、観測日には自動的にアンテナの方向を調節したうえで電波掩蔽に適した正弦波(無変調)信号を送るようにした。「あかつき」を長期間にわたって自動制御状態で放置することは初めてのことであり、運用チームを挙げて慎重に計画を練って予行演習をしてから臨む、大がかりな観測となった。受信局においても、太陽からの雑音による入力レベルの上昇でアンプが飽和しないかどうかを調べるなど、新たに試験を行った。

かくして、臼田局の直径64mのパラボラアンテナがほとんど太陽方向を指向し続ける、珍しいイベントが始まった(図2)。この観測ではプラズマ塊が太陽風速度で電波経路を横切るために生ずる周波数と信号強度の変動をとらえる。大きなスケールを見るには長時間の観測が、小さなスケールを見るには高い時間分解能の観測が必要である。今回は100 kHz程度の周波数に変換された受信信号を5～7時間連続で波形ごと記録した。周波数変動は電波経路上の屈折率変動を反映し、空間スケール100 km～100万 kmの密度揺らぎの情報を与える。強度変動は屈折率のムラによる回折を反映し、空間スケール1～100 kmの密度揺らぎや太陽風速度の情報を与える。

観測中には太陽に近づくほど信号強度の変動が大きくなり、太陽コロナの激しい活動を実感させられた(図3)。初期解析によれば太陽風速度や密度揺らぎのスペクトルも距離に依存して変化している。同時に太陽観測衛星「ひので」が、電波経路を横切る磁力線の根元付近の太陽表面を中心に、プラズマ密度や磁場の空間

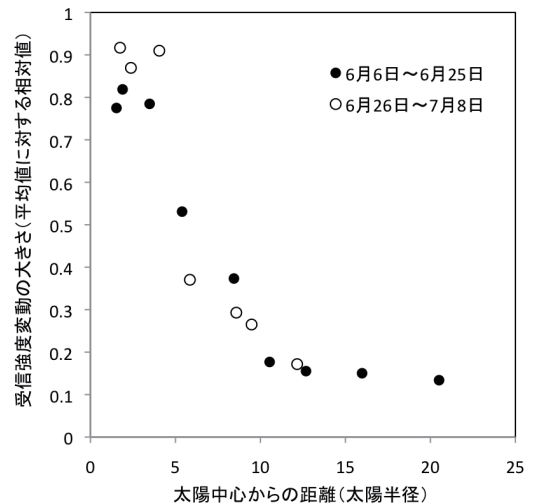


図3：受信強度変動の大きさの太陽からの距離による変化。

情報を得ている。今後はこれらのデータを合わせて分析する。

3. おわりに

当初の予定より太陽に近いところを飛行中の「あかつき」は、熱制御の都合から、限られた面しか太陽に向けることができない。この観点から最も安全なのは高利得アンテナ取り付け面を太陽に向けた状態であり、これが偶然にも今回の観測のために必要な条件であった。まさに不幸中の幸いと呼ぶべきであろう。そもそも「あかつき」が無事金星周回軌道に入っていたら、電波の経路が今回ほど太陽に近づくことはなかった。おそらく「あかつき」はまだ、運に見放されてはいない。そう信じてこのあとの長い巡航期間を乗り切っていきたい。

引用文献

- [1] Nakamura, M. et al., 2011, Earth Planets Space 63, 443.
- [2] Imamura, T. et al., 2005, Astron. Astrophys. 439, 1165.
- [3] Efimov, I. et al., 2010, Astron. Rep. 54, 1031.
- [4] 今村剛ほか, 2010, 遊星人 19(4), 347.