

気球搭載望遠鏡による金星大気観測計画

田口 真

総合研究大学院大学助教授極域科学専攻 / 情報・システム研究機構国立極地研究所助教授

ガリレオが手製の望遠鏡で初めて惑星を観察して以来、地上光学望遠鏡による観測は惑星大気の姿を知る有力な手段であるが、問題点もある。まず、望遠鏡の空間分解能は大気の揺らぎの影響を受けるため、口径を大きくしても、そのメリットは相殺されてしまう。大気の流出、オーロラ・大気光、雷放電、雲の生成、大気力学等の惑星大気・プラズマ現象を観測的に理解するには、時間経過を追跡することが不可欠だが、地上の一地点での観測では惑星を24時間以上連続的にモニターすることができない。また、大型望遠鏡は長期間の占有がむずかしいという問題もある。

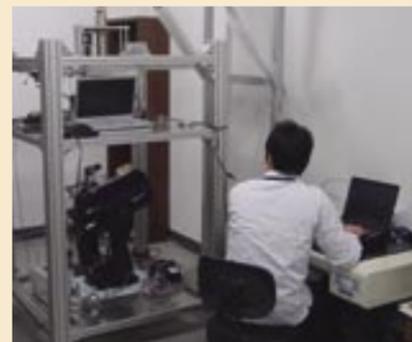
これらの地上観測の問題を解決するために、惑星大気・プラズマの撮像観測を目的とした「気球搭載望遠鏡」システムを考案した。成層圏高度の32kmまで上昇すると、大気密度は地上の100分の1まで薄くなる。そのためシーイングが常に良好であり、小口径望遠鏡でも、地上の大型望遠鏡に匹敵する空間分解能を実現できる。また、対流圏物質による大気吸収も少なく、天候に左右されずに観測できる。

この気球望遠鏡を極点に近い成層圏に浮かべると、24時間以上にわたってほぼ一定の環境条件で惑星を連続観測できるウィンドウが開ける。さらに気球搭載望遠鏡は、地上大型望遠鏡や惑星探査機と比較して、はるかに安価である。技術的には、気球搭載望遠鏡は惑星を周回する望遠鏡衛星の実現に向けてのステップとして位置づけられる。

現在、われわれは2006年度のファーストライトをめざして、気球搭載望遠鏡システムを鋭意開発中である。望遠鏡は量産品

の30cmシュミットカセグレン望遠鏡を使用する。最も重要な開発要素は、望遠鏡が搭載されるゴンドラの姿勢制御である。ゴンドラは気球から紐で吊られるので、揺動や回転運動が発生する。センサーで回転運動を検知し、ゴンドラに搭載されたコントロールモーメントジャイロとデカップリングモーターでゴンドラ方位角を制御する。揺動の周期は長く、振幅は大きくないと予想されるので、目的天体を常に視野中央にとらえるように、望遠鏡の経緯台をフィードバック制御する。さらに、それでも残る追尾エラーは、光軸途中に配した可動ミラーによって補正する。

観測対象はすべての惑星に及ぶが、最初のターゲットとして金星を選んだ。国内での実験で気球搭載望遠鏡の性能が確認できれば、次年度以降、いよいよ極域での本格的な観測運用に移る。気球望遠鏡は惑星研究の新たなプラットフォームとしての活躍が期待される。



姿勢制御試験中の気球搭載望遠鏡システム

出す。日本が送り出すプラネットCはこの赤外線を観測する金星気象衛星となるのである(図1)。

プラネットCというのはコード名で、別名をVenus Climate Orbiter(金星気象衛星)と言う。プラネットCは2004年度から宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部のプロジェクトとなり、東京大学、北海道大学、東北大学、熊本大学、国立極地研究所、大阪府立大学、総研大、メーカーなどが協同で開発を進めている。これには多くの大学院生も関わっている。探査機重量は燃料も含めて480 kgと、惑星探査機としては軽量である。2010年前

後にM5型ロケットで打ち上げられ、金星へ向けて半年間の旅をする。

金星到着後は金星のまわりを回る軌道上から連続的な撮影を行い、渦巻く大気を雲の上から雲の下まで3次元的な動画として可視化する。雷センサーにより、雷雲活動の証拠も探す。また地表面をくまなく撮影し、まだ発見されていない活火山の探索なども行う。ダイナミックに活動する金星を映し出す、それらの映像は、人類が初めて目にするものである。だれもが目を見張ることになるだろう。研究に携わる私たちも、「金星の息遣いを聞く」日が楽しみである。

五つの目で金星大気的全貌をさぐる

プラネットCには特殊なカメラが5台搭載される。それぞれのカメラが高度の異なる対象を同時に見ることによって、大気全体の姿をとらえる(図4)。

まず、「1 μ mカメラ」は、可視光では見えない低高度の雲を波長1 μ mの赤外線観測する。また地表面が発する赤外線をとらえて、鉱物組成を探ったり、活火山から噴出する熱い溶岩を探したりする。「2 μ mカメラ」は、波長2 μ m前後の赤外線観測で低高度の雲や、場所による雲粒の大きさの違い、二酸化炭素が分解してできる一酸化炭素ガスなどを見る。こ

のカメラはまた、惑星間空間に分布する細かな塵が太陽光を散乱して光る「黄道光」も観測する。

「紫外イメージャ」は、雲頂付近をただよう二酸化硫黄などのガスや、雲の構造を、紫外線で見る。「中間赤外カメラ」は波長10 μ mの赤外線観測で上空の雲の温度を計測し、雲の構造を可視化する。「雷・大気光カメラ」は雷放電にともなう発光を毎秒5万コマの超高速撮影でとらえる。金星に雷があるかどうかは議論のあるところだが、その確証をつかむのが目的である。このカメラはまた、高層大気中の酸素が放つ「大気光」という淡い光を撮影する。

プラネットCは、金星の赤道上空を通る楕円軌道を周回する(図5)。軌道周期は30時間で、金星からもっとも遠ざかる地点を中心とする約20時間にわたって、スーパーローテーションの回転とほぼ同期する。これは地球の自転と同期させる静止気象衛星と似ている。この間、大気の特定の半球を1~2時間おきに継続的に撮影して一種の動画をつくる。これを解析することによって、風速の分布を求め、さまざまな気象現象を検出する。探査機が金星に近づくところでは、局地的な現象をクローズアップで見える。また、夜側の上空では、雷や大気光の淡い光をとらえる。

さらに、地球との間の電波通信を利用した観測(電波科学)も行う。探査機から地球に送信される電波は、地球から見て探査機が惑星の背後に隠れるときと、背後から出てくるときに、金星の大気を水平方向に通過してくるので、その影響で電波の周波数や強度が変化する。これを調べれば、気温の分布や、雲の原料となる硫酸の蒸気の分布、電気を帯びた高層大気(電離層)の構造などがわかる。

これほど密な気象データが地球以外の惑星で得られるのは初めてといえるだろう。地球での常識におさまらない新現象がどれほどたくさん発見されるか、それを楽しみに、探査チームは観測装置の開発に取り組んでいる。

プラネットCの金星での観測期間は2

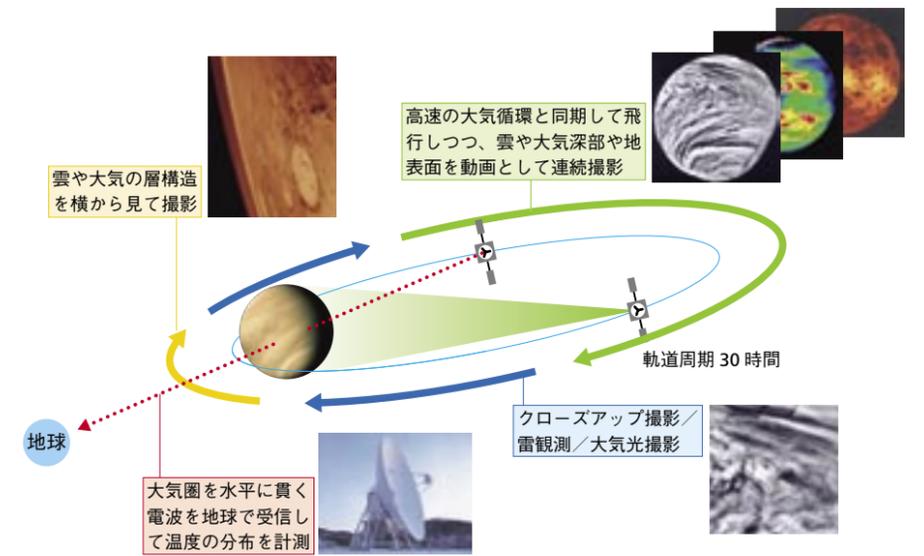


図5 プラネットCの軌道上での観測計画

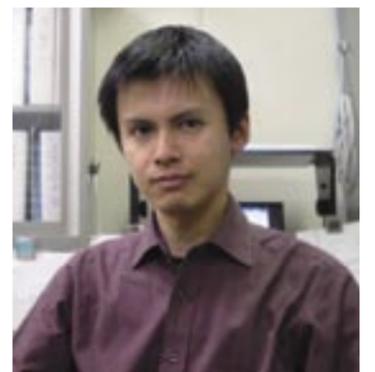
年以上の予定である。先に金星に到達する欧州宇宙機関のビーナスエクスプレスも大気観測を行うが、カメラではなく分光装置による化学組成の観測が主体である。大気の流れ力学に重点を置いたプラネットCとは相補う観測データが得られるわけで、日欧の探査チーム間の密な協力が期待される。

新たな挑戦に向けて

金星の地表や大気深部を透視できる赤外線が発見されて以来、地上の望遠鏡を用いた研究も世界的に活発化している。日本にも3、4の観測チームがあり、国内の大口径の光学望遠鏡や、電波望遠鏡、ハワイの山頂にある「すばる」望遠鏡などを用いて、世界トップレベルの成果が生み出されつつある。これらの観測には、全国の大学から多くの大学院生が主体的にかかわっている。

新たな観測に触発されたかのように、理論的な研究も近年盛り上がりを見せており、大気大循環や気候進化に関して新しい考え方が提案されている。ここでも日本は世界の最前線におり、実際、最近10年ほどの間に金星の大気に関して発表された研究論文の大半が日本発である。もともと日本は気象学分野で世界のトップレベルにあるということも関係しているかもしれない。

私たちは今、プラネットCの次に向けた議論も始めている。宇宙科学研究本部が基礎開発を進めている金星気球による観測もその一つである。金星の低高度に気球を浮かべて長時間浮遊させ、その軌跡から大気の循環や大気の組成を調べ、また地表の様子を写真に撮る。このように多種多様な観測が行われることによって、金星の大気の謎が次々に解き明かされていくことであろう。



今村 剛(いまむら・たけし)
地球の天気への興味がやがて惑星へ。惑星を知ることで、自分たちを包む地球環境や日々の天気の見え方まで変わってくる、そこが研究の魅力だろう。火星探査機「のぞみ」の電波科学の担当を経て、現在は金星探査機プラネットCの科学観測の取りまとめ役を務める。近年の欧米の探査機による火星大気観測データを学生たちと一緒に眺めるのも最近の楽しみ。