ずいそう

金星探査機「あかつき」日本で初めての惑星周回衛星に

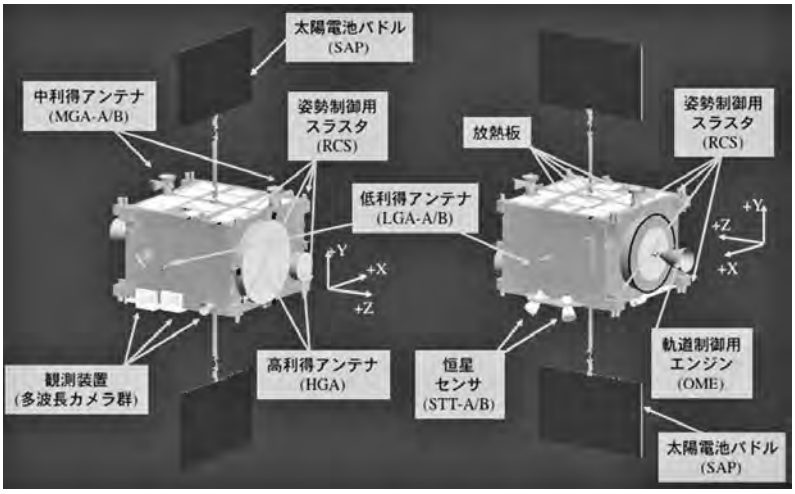
廣　瀬　史　子

金星は，地球とほぼ同じ大きさ，重さであるため，地球の双子の惑星と呼ばれている。しかしながらその環境は全く異なる。硫酸の雲で覆われ，秒速 100 m の猛烈な風が吹き続ける。気温は 400 度，気圧は 90 気圧であり，人が生き延びるのは難しい。この金星の環境を現在の気象学の知識を総動員してコンピュータシミュレーションを試みても，実は再現できない。金星の自転周期は 243 日と非常に遅いため（地球の自転周期は約 24 時間），地面との摩擦でいつか風が止まってしまうそうだ。再現出来ないということは，我々の気象学がまだ発展途上であるということを意味する。金星の気象を解明することで，気象学の理解を深め，将来，地球の環境がどうなっていくのか，また，過去はどうであったかを探るべく，金星探査機「あかつき」は，2010 年 5 月に種子島宇宙センターから打ち上げられた。

約半年間の順調な航海を経て，2010 年 12 月に「あかつき」は金星上空 500 km に接近。金星重力に捕らわれるべく大型エンジンを 11 分間噴いてブレーキをかける計画だったが，1 分半経過時点でエンジンが故障した。その結果，ブレーキをかけきれず，金星周回衛星となることは出来なかった。その時の関係者，特に金星観測データを心待ちにしていた科学者の落胆した表情は今でも忘れられない。私はその時，「あかつき」プロジェクトに関わり始めて数ヶ月の新米であった。なんとしても金星に戻るべく，あかつきの軌道を考える日々が始まった。

軌道設計は 4 ～ 5 名のチームで行われたが，いざ解析してみると，金星に最も早く着くケースでは，金星を周回出来たとしても，その後すぐに金星に衝突してしまう。様々な条件で試したが，結果は同じで，金星を周回し続ける解は見つからなかった。軌道計算で試行錯誤を続ける傍ら，宇宙空間では「あかつき」も試行錯誤していた。2010 年の金星周回軌道投入失敗により，金星より太陽に近いところを飛行することになったため，予定より 1000 W も高い太陽の熱にさらされた。あかつきは，**図―1** に示すような箱型の宇宙機である。どの面が最も太陽からの熱に耐えられるか，コンピュータ解析でおおよそ把握した後に，実際に，高利得アンテナが付いている面や，恒星センサが付いている面を数時間ずつ太陽に向けて，探査機の各機器が何度まで上昇するか実測した（あかつき内部の 135 箇所の温度をモニターしている）。その結果，高利得アンテナ面が最も熱に耐性があることが確認され，以降の 5 年間は，太陽の周りを回る間，毎日約 1.5 度ずつ探査機を回転させて，高利得アンテナ面が常に太陽を向くようにコントロールされた。

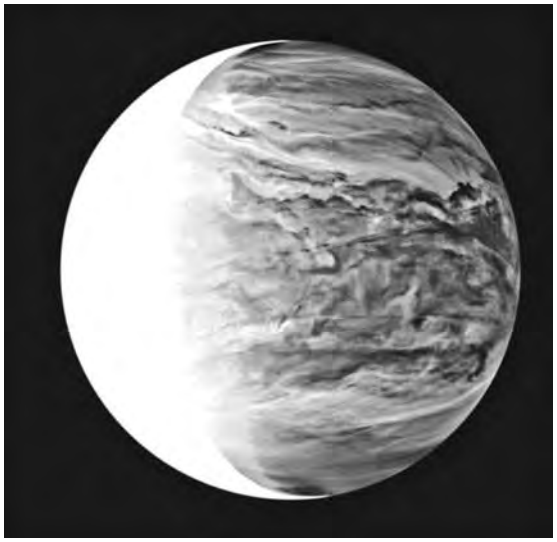
「あかつき」が太陽の熱に耐えている間，軌道設計チームの理解が深まり，金星に落下（衝突）せずに金星を回り続けられる金星周回軌道投入方法が明らかに



図―1 「あかつき」探査機の外観と外部搭載機器（提供：JAXA）

なりつつあった。肝となるのは，金星に最接近するタイミングと位置・速度（t，x，y，z，Vx，Vy，Vz）である。間違った組合せを選ぶと金星に衝突するが，この組合せは無限にあるため，むやみにパソコンで計算させても適切な解は出ない。金星に落下する原理を理解し，落下を防ぐには，おおよそどの組合せを狙えば良いのかを考えるのが軌道設計者の役割である。また，金星に落下しない軌道が見つかったとしても，更に探査機の様々な制約を満たす必要がある。例えば，「あかつき」は横方向から入って来た太陽の熱を上下面にある「放熱板」を使って宇宙空間に逃がすように設計されている。放熱板に太陽光が入ると熱の逃げ道が無くなるので，「あかつき」の上下面への太陽光入射角は13度未満までという制約がある。また，太陽から見て「あかつき」が金星の裏側を通過する間は，金星の影を飛行するため，太陽電池パドルで発電出来ず，搭載しているバッテリーで自身の電力を賄う必要がある。あかつきには，23.5 Ahのバッテリー（スマートフォンのバッテリーの約7倍）を2台積んでいるが，最大2時間程度しかもたない。しかしながら，油断すると10時間以上の陰を通過することになる。金星に落下せずに回り続け，かつ，探査機の様々な制約を満たす軌道を見つけるまで約2年半の月日が流れた。その後，初めての出産と育休で，今度は私生活が試行錯誤の日々だったが，2014年5月に育休から復帰し，金星周回軌道投入に向けた運用準備にチーム一丸となって取り組んだ。

幸いにも，2度目の挑戦となる金星周回軌道投入は，4つの小型エンジンが正常に1228秒間噴射し，2015年12月7日「あかつき」は金星重力に捕らわれた。日本の宇宙開発史としては初めての惑星周回衛星である。現在，**図―2**に示すようなこれまでで最も精細な金星画像を毎日元気に地球に送って来てくれている。2010年12月の失敗から2015年12月の成功まで，「あかつき」チーム全員が「あかつき」を長期温存する施策など，それぞれの専門分野で闘った5年間であった。中学生や高校生に「あかつき」の話をさせて頂く機会があり，よく「2年半もずっと軌道計算するなんて」という感想を頂く。しかし，毎日最善を尽くしていたら，いつの間にか5年が経ってしまったというのがあかつきチームの感想と思う。また，設計寿命の4年半が過ぎ，6年以上経っても健全な「あかつき」は，日本の丁寧な物作りの象徴と思う。設計・開発・運用に携わった皆さまに感謝申し上げたい。金星に到着した今，バトンは科学者に渡り，金星の気象の謎解明を私自身楽しみにしている。



図―2 「あかつき」が捉えた金星の夜側の雲の様子（提供：JAXA）

――ひろせ　ちかこ　宇宙航空研究開発機構　主任研究開発員――