

一番星へ行こう！ 日本の金星探査機の挑戦 その16 ～満金星をねらえ!! 金星測光観測～

山田 学¹, 山崎 敦¹, 今村 剛¹, あかつきカメラチーム

(要旨) 太陽公転軌道を航行中の「あかつき」は、2011年3月22日に太陽と金星の間を通過した。この時期の前後に「あかつき」搭載の4つのカメラを用いて実施した金星測光観測の内容を報告する。

1. はじめに

「あかつき」の金星周回軌道投入(VOI: Venus Orbit Insertion)オペレーション結果は、我々が望むものではなかった[1]。VOI後、「あかつき」は公転周期約203日、近日点距離約9千万km、遠日点距離約1億1千万kmの太陽公転軌道に入った。次回金星会合のチャンスは、現在の軌道のままだとすると2017年、計画されている軌道変更が実施できた場合2015年の末となる[2]。

“一番星”への道は遠ざかってしまったが、VOI後の半年間、「あかつき」はただ眠っていたのではない。いまの軌道でできる金星測光観測や太陽コロナ掩蔽観測といった課題を見付け、挑戦してきた。本稿では、2011年3月と5月に行った金星測光の内容を報告する。

2. 金星測光観測の意義

惑星大気の大気微粒子の特性を推測する、あるいはアルベドを評価するうえで、その大気の大気散乱位相関数が重要である。この情報を得るために太陽散乱光を様々な位相角で計測することを考える[3]。

金星は内惑星であるため、地上からだと位相角30度未満の観測は外合期に実施しなくてはならず、非常に明るい太陽が邪魔となり難しい。太陽と金星の間を通過する宇宙機であれば、この困難はなくなる。「あ

かつき」には金星大気の窓領域の波長である近赤外線や、SO₂などの吸収物質がある紫外線といった、金星大気に特徴的な波長で撮像するカメラが搭載されており、これら波長でのディスク平均の輝度の位相角依存性を計測することにより様々な大気パラメータを導出できる可能性がある。

加えて、4つのカメラの観測波長で金星の明るさが、数日周期でどのような変化をしているかにも興味がある。これまでに得られた紫外線の画像から雲層高度に惑星スケールの擾乱があることが示唆されているが、これらがどのような力学過程の反映であるかはわかっていない。擾乱が金星大気の高速風(スーパーローテーション)に流されて日照側を通過する過程で各波長での輝度がどのように変化するかを計測することにより、その素性を制約できる可能性がある。

3. 「あかつき」金星測光観測計画

図1に、VOIから2011年7月までの太陽・金星固定回転座標での「あかつき」の軌道をしめす。VOIから約一ヶ月後の2011年1月7日に現在の軌道での一回目の遠日点を通過。3月13日頃、「あかつき」金星間距離が1270万kmと極小になる。これは、「あかつき」が金星を追い抜くような位置関係となるためである。その後、3月22日、太陽と金星の間を「あかつき」が通過。このとき、「あかつき」から見て金星は昼面のみが見える、満月ならぬ“満金星”の状態になる。4月17日に一回目の近日点、7月28日に二回目の遠日

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
yamada.manabu@jaxa.jp

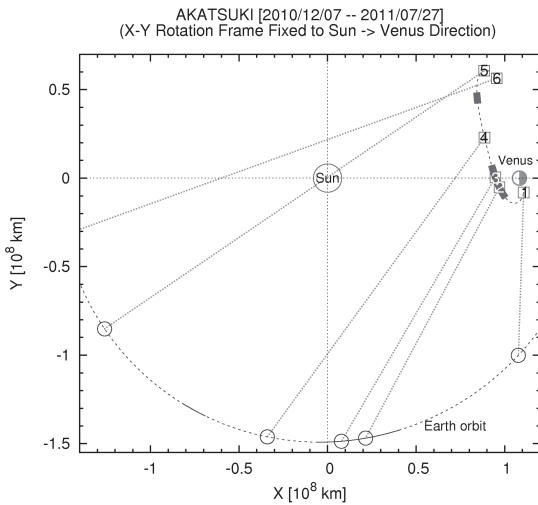


図1：2010年12月7日金星周回軌道投入失敗後から2011年7月までの太陽・金星固定回転系座標での「あかつき」軌道(実線)と地球軌道(破線)．[1] VOI 後第1 回目遠日点(2011/01/07)，[2] 金星距離極小(2011/03/13)，[3] 太陽金星間通過(2011/03/22)，[4] VOI 後1 回目近日点(2011/04/17)，[5] あかつき外合(2011/06/25)，[6] VOI 後2 回目遠日点(2011/07/28)．実線の太くなっている区間に金星測光観測を実施．

点をむかえる．

3月13日の「あかつき」金星間距離が極小となる時期で、「あかつき」からみた金星の視直径は0.055度．最高解像度のカメラの1画素あたりの視野角は0.012度なので4ピクセル強程度のほとんど点のような金星像である．それでも、「満金星」を含む広い位相角で測光する貴重な機会であることに加え，惑星スケールの波動や雲の時間変化を検出できる可能性がある．そこで，ほぼ4日で一周する大気の流れを念頭に，最低でも一日一回の観測を行うことを目指した．

観測計画の概要は以下のとおりである．

- ・満金星の時期を中心に，3月一杯，次の観測をほぼ毎日実施する．
- ・地上局による運用を行わない約14時間の時間帯(非可視)に，「あかつき」の姿勢を制御しカメラを金星に向け，6時間毎に三回観測．
- ・観測毎に，4つのカメラの5波長(283nm，365nm，0.90μm，2.02μm，10μm)での撮像を三セット実施．
- ・地上局による運用を行うとき(可視)には探査機の姿勢を変えて高利得アンテナ(HGA)を地球に向けて撮像データを再生する．

4. 熱との戦い

最初の測光観測を2011年2月28日の非可視中である6時，12時，18時(UTC)に実施した．得られたデータは良好であったが，金星観測姿勢において太陽側に向く推進系機器の一部が高温になっていた事が判明した．「あかつき」-太陽距離は0.674 AUであり，そもその設計条件である金星軌道に比べ太陽輻射が2割ほど大きかったことが原因と推測される．

推進系は今後金星周回軌道投入へ向けた軌道変更や再VOIの要であり，万が一非可視中の姿勢変更失敗して，長時間高温のままになり故障してしまうようなリスクは避けなくてはならない．そこで3月第2週より，可視中に温度をモニターしながら金星観測姿勢へ移行，測光観測，そしてデータ再生という運用を開始した．可視運用を行わない週末の観測は断念した．

3月第3週には，HGAを地球に向けた姿勢をとることが太陽入射による温度上昇の問題から無理となってしまう．より良い温度条件の姿勢から，可視中に温度をモニターしつつ観測姿勢への変更，観測後もとの姿勢に戻すという運用に変更した．通信は中利得アンテナ(MGA)で行うこととなり，これでは撮像データを送ることは難しいため，データはデータレコーダに蓄えておいて，HGAを地球に向けられるようになってから再生することにした．

このころ，震災による計画停電が「あかつき」の管制を行う相模原キャンパスでも何度かあった．観測の初期には運用が変則的となり，一部見送られた観測もあったが，後半には運用時間の調整や自家発電によるバックアップ対応のおかげで直接の影響を受けずに済んだ．

最終的には満金星の時期を含む約一ヶ月にわたって，途切れ途切れではあるが概ね一日一回の観測を実施し，最低限のデータは取得できた．一日三回の観測を一ヶ月に渡り連続して実施するという当初の計画と比較すると，かなり縮小した内容となってしまったが，ここから最大限の情報を取り出すまでである．

5. 近日点通過とデータ再生

4月17日の近日点通過を中心とする約二ヶ月の期間は，基本的に最も温度条件の良い姿勢を維持した．こ

の近日点对応の姿勢を維持したままでもカメラ視野に金星が入る期間が5月11日より二週間ほどあることを見付け、改めて測光観測を実施した。視直径0.014度の小さな金星であるが、一日一回の測光観測をデータレコーダの容量が一杯になるまで10日間連続で行うことができた。

観測データをHGAを使って再生し始めたのは6月に入ってからである。その後も、地球からみて「あかつき」が太陽の反対側を通る外合の期間中はデータ再生ができなかったこともあり、データをすべて下ろしきったのは7月19日であった。

図2は、満金星の頃の各波長の金星画像である。初期解析で位相角変化に伴う輝度変化や数日周期変動を含むライトカーブが得られ、これから解釈をしていく段階である。

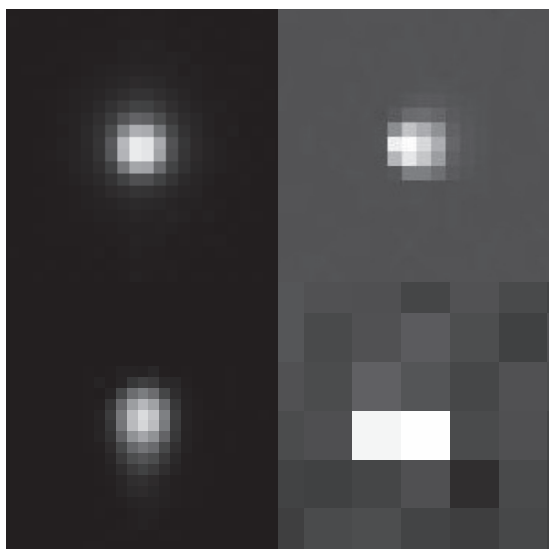


図2: “満金星”頃の各波長の画像。左上) IR1波長 $0.90\mu\text{m}$, 右上) IR2 波長 $2.02\mu\text{m}$, 左下) UVI波長 365nm , 右下) LIR波長 $10\mu\text{m}$ 。視直径約 0.05° の金星を含む視野角 0.3° の領域を切り出した。1画素の視野角はIR1, IR2, UVI が 0.012° , LIR が 0.05° である。

参考文献

- [1] 中村正人, 2011, 遊・星・人 20, 68.
- [2] 宇宙航空研究開発機構プレスリリース, 2011, http://www.jaxa.jp/press/2011/06/20110630_sac_akatsuki.pdf
- [3] Chamberlain, J. W. and Hunten, D. M., 1987, Theory of Planetary Atmospheres (2nd edition) (Orlando: Academic Press).