

あかつき搭載紫外イメージャによる金星測光観測

山田 学¹, 山崎 敦¹, 渡部 重十²

1: はじめに

“超回転”と呼ばれる金星大気の高速循環の研究は紫外域での地上観測から始まったといっても良く、マリナー 10 号、パイオニア・ビーナス周回機やガリレオ、ビーナスエクスプレスといった金星探査機において紫外光による撮像が繰り返し行われてきた。「あかつき」に搭載された紫外イメージャ (UVI: Ultraviolet Imager) の特徴は、これら探査機が実施してきた未同定紫外吸収物質をとらえる波長 365nm だけでなく、雲の成分である硫酸の材料となる二酸化硫黄 (SO_2) が主に吸収を担う波長 320nm 以下の波長 283nm の二波長で観測を行う点である [1]。283nm で見る金星の雲模様が従来 365nm で見てきた雲模様とどのように異なるのか誰にもわからないが、雲の動きを追いかけることで大気の動きを可視化するだけでなく、光化学や雲物理と密接に関係する SO_2 や未同定吸収物質の挙動や、それらと風速場の関係を比較できると考えられる。また、同時に観測を行う他のカメラとの連携によりこれまで不可能であった 3 次元的な大気の動きを知ることが期待できる [2]。

本研究では太陽公転軌道を航行中の「あかつき」の 4 台のカメラを用いて 2011 年 3 月と 5 月の期間に実施した金星測光キャンペーン [3] で得られた紫外二波長のデータを用い、「紫外 Y 字模様」に関連し約 4 日周期で変化することが予想される 365nm 測光と SO_2 の動きを示す 283nm 測光結果を比較する。

2. 観測概要

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した。3 月 13 日頃、「あかつき」金星間距離が 1270 万 km と極小になった。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」が通過した。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。その後、4 月 17 日に一回目の近日点通過を経験し、7 月 28 日に二回目の遠日点を通過した。

2010 年 3 月は“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った。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。1 セットの観測では、4 つのカメラの 5 波長 (283nm, 365nm, 0.90 μm , 2.02 μm , 10 μm) での撮像を 3 回実施し精度をあげることにした。

実際の観測は図 1 の太線で示した軌道にいる二つの期間に実施した。4 月 17 日の近日点前後約 1 ヶ月ほどは、太陽からの強い輻射に耐えるため、「あかつき」の熱に強い面を太陽方向に向けておく必要があった。このため、カメラ視野を金星に向けた姿勢を長時間維持できないため、可視運用中に各機器の温度をモニタしながら衛星の姿勢を変えて金星を撮像し、もとの熱的に安全な姿勢に戻すという観測を行うことになった。このため、3 月の観測は当初 6 時間毎の観測を計画していたが、可視運用のある月曜日から金曜日まで 5 日連続の観測が連続観測となった。5 月中旬は、熱的に安全な姿勢のままカメラ視野に金星が入ることを利用して 10 日連続の観測が出来た。

図 2 に観測期間の探査機からみた金星視直径と金星の位相角 (太陽・金星・探査機角) の変化を示す。図の丸印が観測実施日である。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

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

2. 北海道大学理学研究科

AKATSUKI [2010/12/07 -- 2011/07/27]
(X-Y Rotation Frame Fixed to Sun -> Venus Direction)

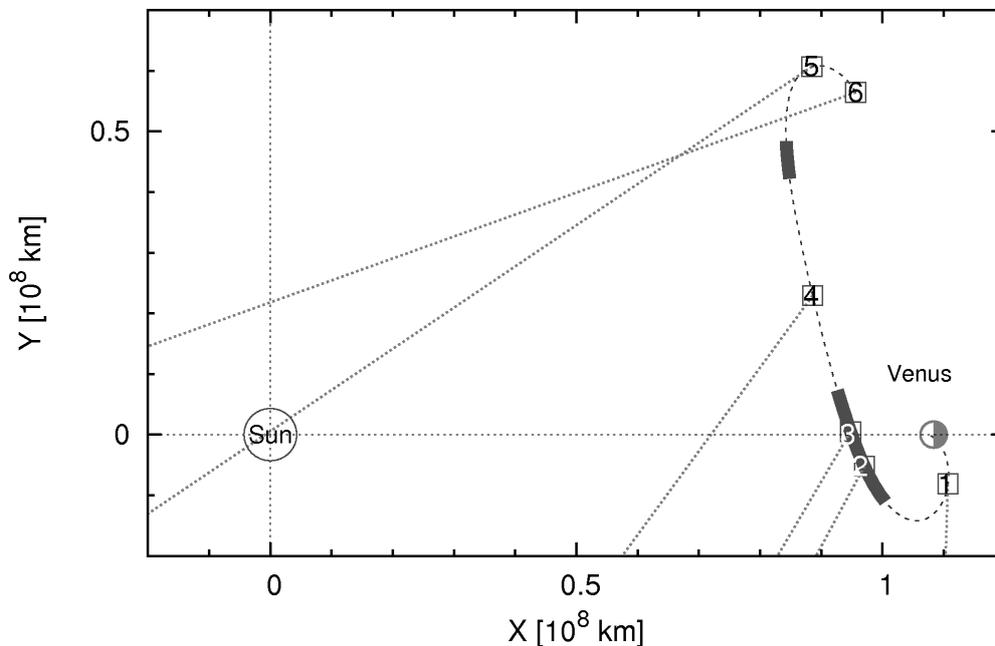


図 1: 2010 年 12 月 7 日金星周回軌道投入失敗後から 2011 年 7 月までの太陽・金星固定回転系座標での「あかつき」軌道 (鎖線). 実線の太くなっている区間中に金星測光観測を実施した. [1] VOI 後 1 回目遠日点 (2011/01/07), [2] 金星距離極小 (2011/03/13), [3] 太陽金星間通過 (2011/03/22), [4] VOI 後 1 回目近日点 (2011/04/17), [5] あかつき外合 (2011/06/25) [6] VOI 後 2 回目遠日点 (2011/07/28). 点線は各点での地球方向である.

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った.

ピクセルの領域のカウント値を単純に積分することで総カウント数とした.

3. 画像処理内容

UVI の取得画像は機上にてダークノイズとスミア補正の画像処理をしたものである. これに以下の処理を施し, 金星からの総カウント数とした.

1. 地上試験での積分球画像を用いたフラット補正.
2. 金星画像中, 最大カウント値をもつ画素の ± 10 ピクセル分の画素値をすべて足し合わせる.

機上画像処理後の背景の深宇宙のカウント値のヒストグラムは値 0 を中心とした (およそ) ガウス分布のような分布となることを踏まえ, 金星を中心とする 21×21

4. 明るさ日変化の周期

図 3 に 283nm と 365 nm の金星測光結果を示す. 横軸は観測日時, 縦軸は測光値を探査機と金星距離を 1AU と一定の距離にとした場合の値に直したものである. ほぼ同じ時刻に実施している 1 セット (3 回) の観測の総カウント数は 1% 程度の違いで精度良く測定できた. 365nm, 283nm とともに大きな傾向として, 主に位相角による効果から, 満金星の時期付近で最大となっている.

位相角の時間変化がゆるやかな 3 月 22 日の満金星時期付近と, 5 月の観測時期に 365 nm に見られる 10% 程度の変化が 4 日周期の (スーパーローテーションに乗った) 模様の変化と考えられる. 365 nm と

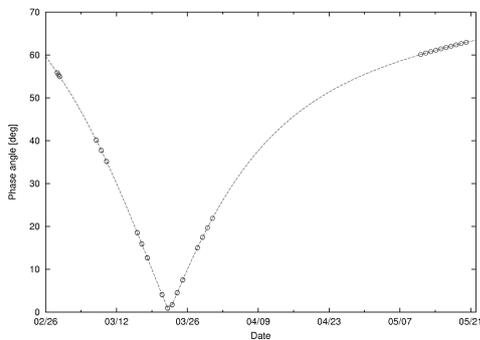
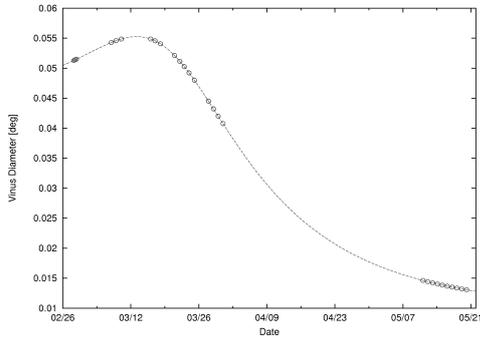


図 2: 金星測光キャンペーン中の探査機から見た金星視直径 (上図) および金星位相角 (下図). 丸で示した時刻に観測を実施した.

283nm を比較すると、一方が明るくなった際に、他方が暗くなるような傾向がみられた.

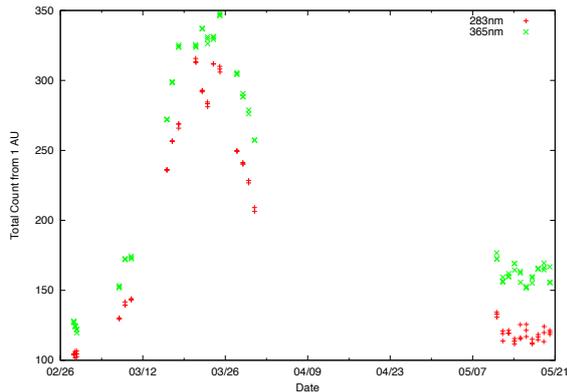


図 3: 金星測光キャンペーン期間中の紫外測光観測値の日変化. 測光値は探査機・金星間距離を 1AU とした値に焼き直している.

図 4 は、5 月の 10 日間連続観測をした期間のデータ

を拡大したものである. 365nm, 283nm の明るさをそれぞれ $I_{365\text{nm}}$, $I_{283\text{nm}}$ とし, 以下の単純な正弦関数を仮定し最小自乗フィッティングをした.

$$I_{365\text{nm}} = a_1 \sin((x + c_1)/b_1/2\pi) + d_1 \quad (1)$$

$$I_{283\text{nm}} = a_2 \sin((x + c_2)/b_2/2\pi) + d_2 \quad (2)$$

各波長の 4 つのパラメータの最小自乗値が小さくなる周期は共に 4.15 日付近であった. また明るさのピークを比較するとおよそ 1 日の位相ずれがあった.

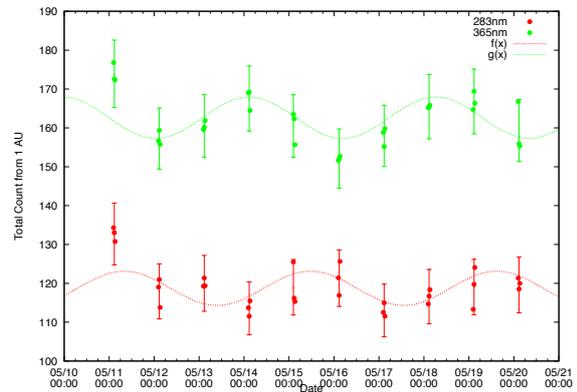


図 4: 2010 年 5 月 11 日から 5 月 20 日までの紫外測光観測値の日変化とフィッティングした正弦関数.

5. まとめ

「あかつき」搭載紫外イメージャを用いて 365nm と 283nm の 2 波長で測光観測を行った. 365nm と 283nm に共に約 4 日周期の変動, ただし 1 日程度の位相差があった. 未知吸収物質と SO_2 の輸送や光化学の違いを反映しているものと思われる.

参考文献

- [1] 山田, 山崎, 渡部, 今村, 2008, 日本惑星科学会雑誌・星・人, Vol. 17(3), pp. 189–192.
- [2] Nakamura, M. et al., 2007, Planet. Space Sci., 55, 1831.
- [3] 山田, 廣瀬, 2012, 日本惑星科学会雑誌・星・人, Vol. 21(1), pp. 71–73.