

一番星へ行こう! 日本の金星探査機の挑戦 その43 ～明日の金星は今日より涼しい?～

Yeon Joo Lee¹

訳: 今村 剛²

(要旨) あかつきを含む複数の宇宙機による金星の紫外観測データを組み合わせることにより、金星のアルベドの長期変動が見出された。この変動は太陽光エネルギー収支に影響し、帯状風速度の変動をもたらしていると考えられる。この成果を報告した私たちの論文を紹介する。

ヴィーナスエクスプレス メッセンジャー ハッブル宇宙望遠鏡 あかつき

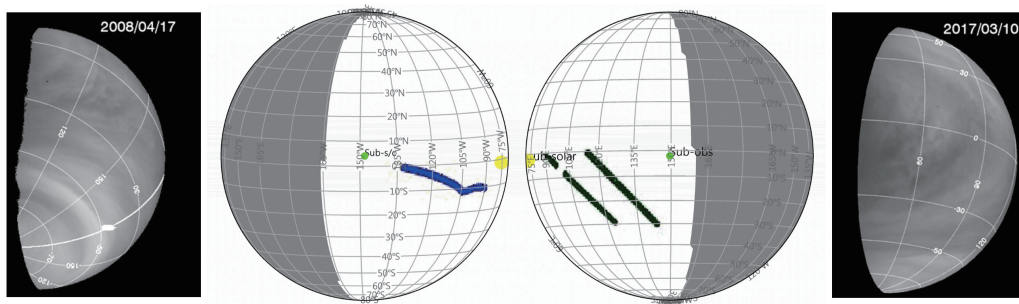


図1: 4つの宇宙機による金星の紫外観測。ヴィーナスエクスプレス(2006～2014年), メッセンジャー(2007年), ハッブル宇宙望遠鏡(2011年), あかつき(2011年, 2015年～2017年)。ヴィーナスエクスプレスとあかつきが画像を取得したのに対し、メッセンジャーとハッブル宇宙望遠鏡は印を付けた領域の分光スペクトルを取得した。(画像は文献[9]より引用)

金星は全天で太陽と月に次いで明るい天体で、肉眼で簡単に見ることができます。この明るさは太陽光を宇宙空間にはね返す惑星規模の厚い雲層によるもので、可視域の反射率はほぼ100%に達します[1]。しかし、1世紀前にRoss [2]が金星の紫外線画像に暗い斑点を発見しました。その後多くの観測によって、暗い斑点は金星の雲の中に常に存在していて、その濃さと形状が時間とともに変化することがわかりました。驚くべきことに、現在に至るまでのこの紫外吸収の源は、その化学組成が未同定であること

から「未知吸収物質」と呼ばれています。吸収物質にはいくつか候補があり、OSSO, S_2O , S_x , FeC_{13} のほか[3,4]、微生物の可能性[5]まで挙げられています。化学組成を特定できていない主な理由は、観測されているような広い波長域に広がった吸収スペクトルや長い化学的寿命をどの候補物質もよく説明できないことです。

未知吸収物質は主に近紫外域(波長320～380 nm)で太陽光を吸収し、様々な雲の形態をこの波長域で最もよく見ることができます(図1)。そのため、この未知吸収物質を追跡するために波長365 nm付近で多くの観測が行われてきました。吸収の強さは可視域である青色にかけて低下しますが、オレンジ色あたりまでも吸収が存在します[6]。太陽光エネルギー

1.ドイツ・ベルリン工科大学／

EU Horizon 2020 MSCA-IFフェローシップ

2.東京大学

y.j.lee@astro.physik.tu-berlin.de

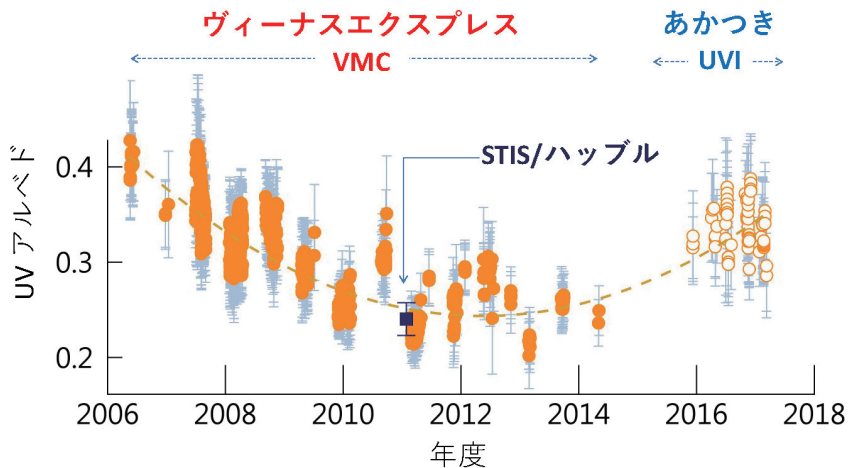


図2: 2006年から2018年にかけての低緯度の紫外アルベドの変化. ヴィーナスエクスプレス(2006-2014年), ハッブル宇宙望遠鏡(2011), あかつき(2015-2017)のデータを合わせて示したもの. (画像は文献[9]より引用)

ギーがこの波長域に集中しているため、この未知吸収物質による太陽光エネルギーのわずかな吸収も雲層の加熱に重要な役割を果たしていると考えられます[7-9]. このことは、未知吸収物質の量の変化が大気加熱に直接影響する可能性を示唆しています。かつて私たちは、未知吸収物質の空間分布が顕著に変化していることを示しました[8]。しかし、未知吸収物質の絶対量が変化しているかどうかは、絶対量の変化と観測機器の経年変化の影響の切り分けに曖昧さが残るため、難しい問題でした。

今回私たちが発表した論文では、単一の観測機器のデータを用いるのではなく、近い時期に異なる機器で独立に測定された値を比較することにより未知吸収物質の量的変化を求める方法を考えました[9]。私たちはヴィーナスエクスプレス(2006～2014年)、メッセンジャーの金星フライバイ(2007年)、ハッブル宇宙望遠鏡(2011年)、金星探査機あかつき(2011年、2015年～2017年)が取得した紫外データを集め、太陽光散乱角や緯度領域など条件をそろえて比較したところ(図1)、紫外アルベドの長期的な変化が見出されました。図2のようにヴィーナスエクスプレ

スとハッブル宇宙望遠鏡のデータに重複した傾向を確認できたほか、2007年のメッセンジャーのデータや2011年のあかつきのデータとも整合していました。紫外アルベドの10年スケールの長期変動の大きさはファクター2に達し、そこに短期的な変化が重なっていることがわかりました。このような紫外アルベドの変化はこれまで想定されていなかったものです。

紫外アルベドの変動が大気の放射エネルギー収支や力学に与える影響を解明するために、私たちはモデル計算をもとにさらなる解析を行いました。まず、このレベルのアルベド変化があると大気中の太陽光加熱が -25% から $+40\%$ 程度の範囲で変化することがわかりました。また、このような太陽光加熱の変化は全球的な大気循環に影響を与え、雲頂高度での高速帯状風(スーパーローテーション)の速度が変化することもわかりました。モデル計算で示された風速変化の大きさは、2006年には $80\sim 90$ m/sだった風速が2012年には 110 m/sまで上昇して2016年には 95 m/sまで低下したという観測結果[10,11]とよく合っています。2006～2008年と2016年にはアルベドが高かったため太陽光エネルギー

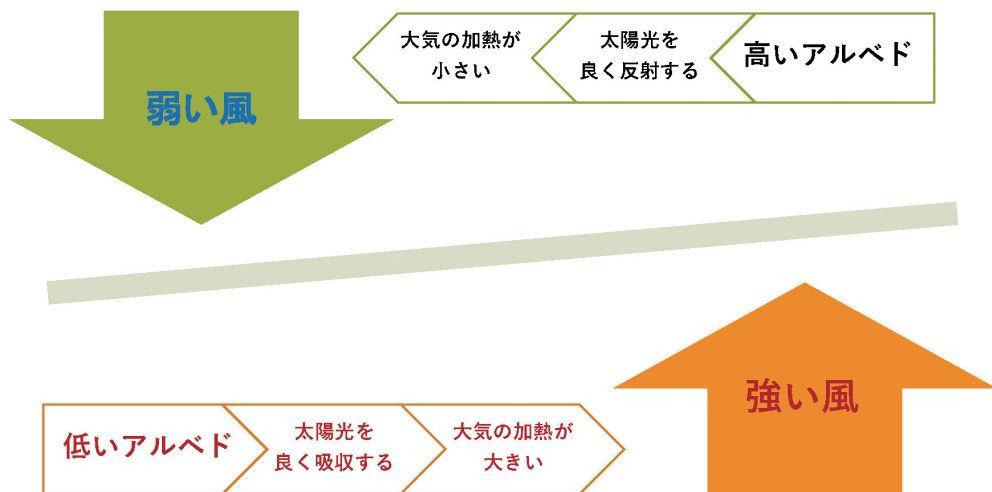


図3: アルベドの変化から帯状風速度の変化に至る一連の大気現象のイメージ。

の吸収量が減り、結果として全球的な大気循環が弱くなって帯状風が遅くなっていたのでしょう。一方、2011～2014年のアルベドが低かった時期には逆の現象が起こり、太陽光エネルギーの吸収量が増えて帯状風が速くなったと考えられます(図3)。

我々の研究によって、金星の惑星規模の気象システムが長期変動していることがわかりました。このことは金星で気候変動が生じていることを意味しており、もしそうであれば、金星は地球以外では初めて現在進行形の気候変動が見つかった惑星ということになります。一方で、これは気候変動ではなく太陽活動度サイクルに伴う周期的な変動である可能性もあります。あかつきや、2020年と2021年に予定されるベピコロンの金星フライバイ、そして将来の金星探査ミッションにより継続的な観測を行うことによって初めて、現状を理解することができるでしょう。さらに、将来の金星ミッションで未知吸収物質の直接サンプリングを行い化学組成を特定できれば、紫外アルベドの変動の根本的な原因がわかるはずですが、それまでは、残念ながら今日の観測から明日の金星の天気を推測することはできません。しかしながら、

明日の金星の天気が今日とは違うものになることはわかっています。

参考文献

- [1] Zasova, L. V. et al., 1981, Adv. Space Res. 1, 13.
- [2] Ross, F. E., 1928, Astrophys. J. 68, 57.
- [3] Mills, F. P. et al., 2007, Geophys. Monogr. Ser. 176, 73.(Washington, D. C.:AGU)
- [4] Frandsen, B. N. et al., 2016, Geophys. Res. Lett. 43, 11.
- [5] Limaye, S. S. et al., 2018, Astrobiology 18, 1181.
- [6] Perez-Hoyos, S. et al., 2018, J. Geophys. Res. 123, 145.
- [7] Crisp, D., 1986, Icarus 67, 484.
- [8] Lee, Y. J. et al., 2015, Icarus 253, 1.
- [9] Lee, Y. J. et al., 2019, Astron. J. 158, 126.
- [10] Khatunstev, I. V. et al., 2013, Icarus 226, 140.
- [11] Horinouchi, T. et al., 2018, Earth Planets Space 70, 10.