

金星大気中に発見された巨大定在重力波

田口 真 [1]; 神山 徹 [2]; 今村 剛 [3]; 堀之内 武 [4]; 福原 哲哉 [5]; 二口 将彦 [6]; はしもと じょーじ [7]; 岩上 直幹 [8]; 村上 真也 [9]; 小郷原 一智 [10]; 佐藤 光輝 [11]; 佐藤 隆雄 [9]; 鈴木 睦 [12]; 高木 聖子 [13]; 上野 宗孝 [14]; 渡部 重十 [5]; 山田 学 [10]; 山崎 敦 [15]; 中村 正人 [16]

[1] 立教大・理・物理; [2] 産総研; [3] 東京大学; [4] 北大・地球環境; [5] 北大・理・宇宙; [6] 東邦大; [7] 岡大・自然; [8] なし; [9] 宇宙研; [10] 宇宙研; [11] 北大・理; [12] JAXA・宇宙研; [13] 東海大、TRIC; [14] 宇宙科学研究所; [15] JAXA・宇宙研; [16] 宇宙研

A huge stationary gravity wave found in the Venus atmosphere

Makoto Taguchi[1]; Toru Kouyama[2]; Takeshi Imamura[3]; Takeshi Horinouchi[4]; Tetsuya Fukuhara[5]; Masahiko Futaguchi[6]; George Hashimoto[7]; Naomoto Iwagami[8]; Shin-ya Murakami[9]; Kazunori Ogohara[10]; Mitsuteru SATO[11]; Takao M. Sato[9]; Makoto Suzuki[12]; Seiko Takagi[13]; Munetaka Ueno[14]; Shigeto Watanabe[5]; Manabu Yamada[10]; Atsushi Yamazaki[15]; Masato Nakamura[16]

[1] Rikkyo Univ.; [2] AIST; [3] The University of Tokyo; [4] Hokkaido University; [5] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [6] Toho Univ.; [7] Okayama Univ.; [8] none; [9] ISAS/JAXA; [10] JAXA/ISAS; [11] Hokkaido Univ.; [12] ISAS, JAXA; [13] Tokai Univ. TRIC; [14] ISAS, JAXA; [15] ISAS/JAXA; [16] ISAS

The Longwave Infrared Camera (LIR) onboard the Japanese Venus orbiter Akatsuki acquires a snap shot of Venus in the middle infrared region, and provides a brightness temperature distribution at the cloud-top altitudes of about 65 km. More than 800 of Venus images taken by LIR have been transferred to the ground since the successful Venus orbit insertion of Akatsuki on Dec. 7, 2015. Here we report that a bow-shaped thermal structure extending the northern high-latitudes to the southern high-latitudes with an end-to-end distance of longer than 10000 km was found in the brightness temperature map on Dec. 7, 2015 as shown in Figure. The bow-shaped structure lasted for four days at least, and stayed at an almost same geographical position. The bow-shaped structure looks symmetrical with the equator, and consists of a high temperature region in east or upstream of the background strong westward wind or the super rotation of the Venus atmosphere followed by a low temperature region in west with an amplitude of 5K. It appeared close to the evening terminator in the dayside, and seems not to have stayed in the same local time rather to have co-rotated with the slowly rotating ground where the western part of Aphrodite Terra was below the center of the bow-shaped structure. Meridionally aligned filament-like structures similar to the bow-shaped structure in shape but in much smaller scale were also identified in the brightness temperature map on Dec. 7, and they propagated upstream of the zonal wind as well. The bow-shaped structure disappeared when LIR observed the same local time and longitude in the earliest opportunity on Jan. 16, 2016. Similar events, though their amplitudes were less than 1K, were found on Apr. 15 and 26, May 6 and 24-25, 2016, but they appeared in different local times and longitudes. A UV image obtained by UVI onboard Akatsuki almost at the same time clearly shows advection of UV markings on the background flow, of which the zonal velocity on Dec. 7, 8 and 9 are -96, -96 and -107 m/s, respectively. This finding suggests that a stationary gravity wave generated in the lower atmosphere propagates upward to emerge as the bow-shaped structure in the brightness temperature distributions at the cloud-top altitudes, and that the wind distribution in the lower atmosphere might be spatially and temporally more variable than believed.

2010年12月7日に金星周回軌道投入に失敗した金星探査機「あかつき」は太陽を周回する軌道を巡りながら次のチャンスを待った。奇しくもちょうど5年後の2015年12月7日、「あかつき」は姿勢制御用エンジンを利用するという史上初めての手段を用いて金星周回軌道投入に成功した。周回軌道投入の成否に関わらず、タイムラインによる金星観測プログラムが設定されていた。金星周回軌道投入成功後、直ちに観測プログラムは実行され、金星観測が開始された。

中間赤外カメラ (LIR) はボロメーターアレイを検出器として用いて波長 8~12 ミクロンの赤外線画像を取得するカメラである。高度 65 km 付近の雲層上端から発せられる熱赤外をとらえる。そのため、日照面と日陰面の区別なくどの位置から観測しても金星ディスク全体をとらえられる点の特徴である。2016年7月末の時点で LIR は 800 枚以上の金星画像を地上に送ってきている。

図は 2015 年 12 月 7 日 05h26m UT に LIR が取得した画像から導出された金星雲頂高度輝度温度分布である。図を見てまず気づくのは、夕方ターミネータ付近の日照側 (ディスク中心よりも左側) に、南北高緯度をつなぐ弓状の高温領域 (東側) とそれに続く低温領域 (西側) が 10000 km 以上にわたって南北方向に伸びていることである。中高緯度領域にある帯状構造や南極上空の高温領域がはっきりと識別できる。弓状構造の高温領域及び低温領域の温度はそれぞれ 230~231K、225~226K であった。この構造はその後少なくとも 4 日間は連続してほぼ同じ地形上の位置に存在していた。残念ながら 12 月 12 日以降は「あかつき」の軌道、姿勢、通信に関する重要な作業を優先するために、観測データはない。次に同じ経度と地方時を LIR が撮像した 2016 年 1 月 15 日には弓状構造はなくなっていた。

12 月 7 日から 11 日に観測された弓状構造の対地角速度は -1~0°/day であり、金星の対太陽自転角速度の -3°/day とは明らかに異なっている。弓状構造の高温領域と低温領域の境界の赤道上で位置はアフロディーテ大陸の西側高地の上空に対応している。

輝度温度分布を詳しく調べると、低緯度領域にはより小さい 1000 km スケールの弓状温度構造がいくつか見られる。例えばそれらのうちの 1 つは (110° E, -20° S) に中心を持つ。スケールは異なるものの、これらの弓状構造の特徴は赤道上空でおよそ 100 m/s の西向きの背景風に流されることなく金星固体と同じ角速度で回転しているように見える点と、

弓状構造が東向きに凸である点である。

紫外イメージャ(UVI)はそれぞれ SO_2 と未知の吸収物質による吸収帯に対応する波長 283 nm 及び 365 nm に中心を持つ2つのバンドで金星日照面を撮像する。弓状構造はほぼ同時刻に UVI によって撮像された波長 283 nm の紫外画像にもかすかに認められているが、波長 365 nm の画像でははっきりしない。波長 283 nm の紫外画像で明るい領域は輝度温度で高温領域に対応している。波長 283 nm 及び 365 nm 画像には過去の探査によってよく知られている Y 字型の構造がとらえられている。UVI 画像から雲追跡手法で求めた 12 月 7、8、9 日の緯度 $\pm 15^\circ$ の内側の赤道領域での平均東西風速はそれぞれ -96、-96、-107 m/s であった。

その後、2016 年 4 月 15 日、26 日、5 月 6 日、24~25 日の雲頂輝度温度分布にも、振幅は 1K 以下ながらも同様の弓状構造が検出されている。

弓状構造の起源としては、山岳波のように地表付近に起源がある重力波が上空に伝播して雲層上端での輝度温度変動及び紫外吸収物質のカラム量変動として出現していると解釈している。Bertaux et al. [2016] は VEX/VMC で観測された金星紫外画像を使って、山越え気流によって生成された定在重力波が平均風速の非一様分布をもたらしていると示唆した。今回、LIR 及び UVI が観測した弓状構造はより大規模な定在重力波が存在する直接的な証拠である。しかし、これまでの探査で知られている金星大気の中立層構造はそのような重力波の鉛直伝播を妨げる。今回、弓状構造を生成する重力波が見つかったことは、下層大気の流れに時間空間変動があることを示し、それが弓状構造が常に存在するわけではなく、ときどき出現することの理由かも知れない。

