

あかつき金星紫外画像に見られる地形固定構造

北原 岳彦 [1]; 今村 剛 [2]; 山崎 敦 [3]; 山田 学 [4]; 渡部 重十 [5]

[1] 東大・理・地惑; [2] 東京大学; [3] JAXA・宇宙研; [4] 千葉工大・惑星探査研究センター; [5] 北大・理・宇宙

Stationary features at Venusian cloud top observed by Akatsuki UV Imager

Takehiko Kitahara[1]; Takeshi Imamura[2]; Atsushi Yamazaki[3]; Manabu Yamada[4]; Shigeto Watanabe[5]

[1] Earth and Planetary Science, UTokyo; [2] The University of Tokyo; [3] ISAS/JAXA; [4] PERC/Chitech; [5] CosmoSciences, Hokkaido Univ.

Using the cloud image obtained with the Ultraviolet imager (UVI) on board the Venus orbiter “Akatsuki”, we detect stationary features and investigate their origin. Huge bow-shaped structures extending from northern to southern high latitudes have been discovered by the Longwave infrared camera (LIR), which is also installed in Akatsuki, and such structures have been observed several times. Since they appear above certain highlands and continue to be there against the zonal wind, they are attributed to topographic gravity waves. This study shows that there exist similar features also in other wavelengths.

Variations of the vertical wind have been observed over the Aphrodite Terra (altitude 3000~4000 m) by the VEGA balloon in 1985 (Blamont *et al.*, 1986), and recently the cloud tracking using cloud images taken by VMC on board Venus Express showed that the zonal wind speed is decreased above the Aphrodite Terra (Bertaux *et al.*, 2016). These two studies suggested the existence of gravity waves and their important role in momentum transfer. Gravity waves, whose restoring force is buoyancy, are considered to be generated preferentially in the lower atmosphere and propagate upward. When they break at cloud heights, the momentum transported from the lower layer are delivered to the background atmosphere, and then the mean zonal wind is decelerated. Since this effect is an important factor for understanding the super-rotation, understanding of gravity waves is crucial. From such a viewpoint, we identify topographically-fixed structures in Akatsuki UVI images, study geographical and local time dependences and measure the horizontal wavelength. We also study how gravity waves create shading pattern and derive the wave amplitude. In addition, we compare images taken at 283 nm, where the absorption by sulfur dioxide dominates, and 365 nm, where absorption occurs due to unknown absorbers, to consider factors of difference in appearance.

We use L3 data projected onto the latitude and longitude coordinate. In order to extract structures fixed to the terrain, we apply high-pass filtering by subtracting a Gaussian-smoothed image to emphasize small structures and average multiple images taken in a particular orbit to smooth out moving features.

We analyzed the 283 nm image taken on 7th December 2015, which is the date of Venus orbit reinsertion, and identified stationary structures like scratches running in the north-south direction in low latitudes. Analyzing all L3 data of 283 nm taken before January 25, 2017, we found that all of the stationary structures appeared exclusively above highlands near the equator, and that they tend to appear around the local time from noon to the evening. The horizontal wavelengths are about 200-300 km. Bow-shaped structures were observed by LIR also in these geographical regions and local time, suggesting a common dynamical mechanism behind the stationary features observed by UVI and LIR. We also analyzed in a 365 nm image that visualizes the density of unknown absorbers. As a result, the stationary structures was unclear compared to 283 nm, and we could identify only in cases where the amplitude was particularly large or the cloud shading pattern was monotonous.

We assume that the stationary features are generated by gravity waves and we are modeling to estimate the gravity wave parameters. We set the value of sulfur dioxide and cloud scale height and calculate advection by plane wave solution of gravity wave based on the model of Chiu and Ching (1978) to estimate fluctuation in the amount of sulfur dioxide column above the cloud top. By comparing the observed brightness variation and the result of model, amplitude of atmosphere density variation can be obtained. In addition, the scale height of the unknown absorbers and the cloud can be restricted by the phase relation to the stationary features observed at multiple wavelengths by Akatsuki.

金星探査機あかつき搭載の紫外カメラ (UVI) で取得された雲画像を用いて、金星地表に対してほぼ固定した微細な模様を検出し、その起源について考察する。同じくあかつきに搭載されている赤外カメラ (LIR) により、南北にまたがる巨大な弓状構造が発見され、これまでに複数回出現していることが確認されている。これらは特定の高地に出現し、背景風に流されることなくその場にあり続けることから、その成因は地形性の重力波によるものと考えられている。本研究は異なる波長でも似た特徴を持つ構造があることを示すものである。

これまでに 1985 年の VEGA 気球による大気観測では Aphrodite 大陸 (標高 3000~4000m) 上空において鉛直振動が観測され (Blamont *et al.*, 1986)、最近では Venus Express 搭載の VMC 画像を用いた雲追跡により Aphrodite 大陸上空で東西風速が減速していることがわかった (Bertaux *et al.*, 2016)。この 2 つの研究結果は、地形性重力波の存在とその影響を示唆している。重力波は浮力を復元力とする波動であり、下層大気中で励起され鉛直に伝播する。そうして下層から輸送し

てきた運動量を重力波が砕波する際に背景場に受け渡し、背景風を減速させることとなる。この効果は大気のスーパージョーテーションを理解するための重要な要素となるため、金星大気重力波の更なる解明が必要とされている。そこであかつきの UVI 画像を用いて地形固定構造を確認し、発生地域とローカルタイムの傾向、および水平波長を解析する。さらに重力波が濃淡模様を作るメカニズムや重力波の振幅についても調べる。また二酸化硫黄吸収帯である 283 nm と未同定物質吸収帯である 365 nm で UVI により撮影された画像を比較し、見え方の違いの要因を考察する。

解析にはあかつきの UVI 画像を緯度・経度に展開した L3 データを用いる。まずガウシアンフィルタをかけた画像を元の画像から引くことでハイパス処理をし、小さな構造を確認しやすくする。次に地形に固定された構造を確認するため、数時間以内に連続的に撮影された画像を重ね合わせて平均をとる。こうすることで移動性の構造がならされ、停滞する構造が強調される。

あかつきが 2015 年 12 月 7 日の金星再投入後に初めて撮影した 283 nm 画像を解析したところ、低緯度においていくつ南北に渡る筋状の地形固定構造が確認できた。さらに 2017 年 1 月 25 日までに撮影されたすべての 283 nm の L3 データを同様に解析した。発見できた地形固定構造はすべて赤道帯の高地上に出現しており、また発生するローカルタイムには偏りがあり、専ら昼から夕方にかけて出現していることがわかった。その東西波長は 200~300km ほどである。同じ日時・場所において LIR でも弓状構造もしくは筋状の構造が観測されており、共通の力学現象であることが示唆される。

同様の解析を未同定吸収物質の濃淡を可視化する 365 nm 画像でも行ったところ、283 nm に比べて停滞構造は不明瞭であり、振幅が特に大きいときや背景の濃淡模様が乏しいときに限り同定することができた。

地形固定構造が重力波によるものであると仮定して重力波パラメータの推定を進めている。紫外吸収物質と雲のスケールハイトを仮定したうえで重力波の平面波解による移流を Chiu and Ching (1978) のモデルに基づいて計算し、雲頂より上の二酸化硫黄コラム量の変動を推定する。これを観測された地形固定構造と比較することで背景大気の密度振幅が求まる。また、あかつきの複数のカメラにより複数の波長で捉えられた地形固定構造から雲頂高度の変動と紫外吸収物質の変動の位相関係を求め、ここから吸収物質と雲のスケールハイトに制約を与えることができる。