

高解像度金星大気シミュレーションで再現された惑星規模のストリーク構造

櫻村 博基 [1]; 杉本 憲彦 [2]; 高木 征弘 [3]; 松田 佳久 [4]; 大淵 濟 [5]; 榎本 剛 [6]; 中島 健介 [7]; 石渡 正樹 [8]; 佐藤 隆雄 [9]; はしもと じょーじ [10]; 佐藤 毅彦 [11]; 高橋 芳幸 [12]; 林 祥介 [13]
 [1] 神戸大・理・惑星/CPS; [2] 慶大・日吉物理; [3] 京産大・理; [4] 東京学芸大
 ; [5] 神戸大・CPS; [6] 京大・防災研; [7] 九大・理・地惑; [8] 北大・理・宇宙; [9] 宇宙研; [10] 岡大・自然; [11] 宇宙研;
 [12] 神戸大・理・惑星; [13] 神戸大・理・地惑

Planetary-scale streak structures produced in a high-resolution simulation of Venus atmosphere

Hiroki Kashimura[1]; Norihiko Sugimoto[2]; Masahiro Takagi[3]; Yoshihisa Matsuda[4]; Wataru Ohfuchi[5]; Enomoto Takeshi[6]; Kensuke Nakajima[7]; Masaki Ishiwatari[8]; Takao M. Sato[9]; George Hashimoto[10]; Takehiko Satoh[11]; Yoshiyuki O. Takahashi[12]; Yoshi-Yuki Hayashi[13]
 [1] Planetology/CPS, Kobe Univ.; [2] Physics, Keio Univ.; [3] Faculty of Science, Kyoto Sangyo University
 ; [4] Tokyo Gakugei Univ.; [5] CPS, Kobe Univ.; [6] DPRI, Kyoto Univ.; [7] Earth and Planetary Sciences, Kyushu University;
 [8] CosmoSciences, Hokkaido University; [9] ISAS/JAXA; [10] Okayama Univ.; [11] ISAS, JAXA; [12] Department of
 Planetology, Kobe Univ.; [13] Earth and Planetary Sciences, Kobe University

Night-side images of Venus taken by the IR2 camera onboard Venus Climate Orbiter/AKATSUKI has shown many features of the lower cloud layer. One prominent feature is bright planetary-scale streak structures extending from high-latitudes to low latitudes on both hemispheres (Fig. a). IR2 night-side images capture infrared radiated from the near-surface atmosphere, and the infrared can be blocked by clouds. Therefore, bright regions indicate thin-cloud regions.

We have performed a high-resolution simulation of the Venus atmosphere by a simplified general circulation model, which is based on AFES: the Atmospheric general circulation model For the Earth Simulator. The horizontal resolution is T159 (i.e., about 0.75 deg x 0.75 deg grids) and the vertical resolution is about 1 km with the model top at 120 km. In the model, the atmosphere is dry and simply forced by the solar heating with the diurnal change and Newtonian cooling that relaxes the temperature to the horizontally uniform basic temperature which has a virtual static stability of the Venus atmosphere. In the basic temperature profile, we have introduced a low-stability (0.1 K/km) layer from 55 km to 60 km, which is suggested by the recent radio occultation observation. We have explored waves (Sugimoto et al. 2014ab), polar vortex (Ando et al. 2016), and kinetic energy spectra (Kashimura et al. 2014) in the simulated atmosphere with the above model settings (some with lower resolution).

In this study, we have found that planetary-scale streak structures similar to that observed by the IR2 night-side image are produced in the vertical velocity field above the low-stability layer in the simulated atmosphere (Fig. b). Large streaks are shown by strong downward flow. This is consistent with the observation because the downward flow can decrease cloud amounts and make a thin-cloud region. Seen from above the pole, the simulated streak structure shapes a huge spiral extending from the polar vortex to low latitudes (Fig. cd). Such spiral is similar to that observed by VIRTIS onboard Venus Express. In addition, the streak structures on both hemispheres are synchronized, that is the streak structures located in the same longitude.

In this presentation, we will explore the influence of the diurnal heating and the ‘low-stability layer’ to the streak structures, and discuss a possible mechanism for their formation and synchronization.

Figure: (a) Contrast-enhanced image (for a press release) of Venus night-side taken by the IR2 camera (wavelength: 2.26 micrometers) on 25th March 2016. (b-d) Snapshot of the vertical velocity field at 60 km height simulated by AFES-Venus. Panel (b) is a view seen from same location as the spacecraft at (a). Panels (c, d) are views seen from above the poles. Note that planetary rotation direction of AFES-Venus is opposite to the real Venus, so that Panel b is displayed with a 180 deg rotation.

金星探査機あかつきの IR2 カメラは、金星の夜面を撮像することで、雲層下部の様々な特徴を明らかにしている。その中でも顕著な特徴の 1 つが、南北両半球で高緯度から低緯度にかけて延びる、惑星規模の明るいストリーク構造である (図 a)。IR2 の夜面画像が捉えているのは地表付近の大気から放射される赤外線であり、それは雲によって遮られるため、画像の明るい領域は雲の薄い領域を表している。

我々は簡易な大気大循環モデルを用いて、金星大気の高解像度シミュレーションを実施してきた。モデルは AFES (Atmospheric general circulation model For the Earth Simulator) を金星大気に対応させたものである。水平解像度は T159 (約 0.75 度 x 0.75 度格子) で、鉛直解像度は約 1 km で大気上端は高度 120 km である。モデル内の大気は乾燥しており、日変化を含む太陽加熱と水平一様なニュートン冷却で放射過程を単純化している。ニュートン冷却の基準温度場は金星大気の静的安定度を模しており、近年の電波掩蔽観測で示唆されている低安定度層 (0.1 K/km) が高度 55 km から 60 km に

導入されている。我々はこれまでに、低解像度版の結果も含め、計算された金星大気中の、波動 (Sugimoto et al. 2014ab)、極渦 (Ando et al. 2016)、そして運動エネルギースペクトル (Kashimura et al. 2014) を解析してきた。

本研究で我々は、金星 AFES で計算された大気の高安定度層上空の鉛直流速分布が、IR2 夜面で観測された惑星規模のストリーク構造に、類似していることを確認した (図 b)。強い下降流が巨大なストリーク状に分布しており、これは観測と整合的である。なぜなら、下降流によって雲量が減り、雲の薄い領域を生み出しうるからである。極上空から見ると、モデル内のストリーク構造は、極渦から低緯度にかけて延びる螺旋を成している (図 cd)。このような螺旋構造は、Venus Express の VIRTIS が捉えた螺旋構造とも類似している。また、南北両半球のストリーク構造はおよそ同じ経度に位置しており、南北で同期している。

本発表では、さらに、ストリーク構造に対する日変化加熱・高安定度層の影響をそれぞれ調べ、ストリークを形成する力学、南北同期の要因について考察する。

図 (a) 2016 年 3 月 25 日に IR2 カメラ (波長 2.26 マイクロメートル) で撮影された金星夜面画像。ただし、コントラストを強調する処理が施された記者発表用の画像である。(b-d) 金星 AFES で計算された高度 60 km の鉛直流速分布 (スナップショット)。(b) は (a) 撮影時の探査機位置から見た場合の分布。(c, d) は極上空から見た分布。なお、金星 AFES は自転の向きが金星と逆のため、図を回転させて表示している。

