

VEX/VMCの紫外線画像解析により推定される金星大気乱流エネルギーの輸送構造

寺口 朋子 [1]; 高橋 幸弘 [2]; 星野 直哉 [2]; 笠羽 康正 [3]; 渡部 重十 [4]; 山田 学 [5]
 [1] 東北大・理・地物; [2] 東北大・理・地球物理; [3] 東北大・理; [4] 北大・理・宇宙理学; [5] MPS

Energy transport structure of Venusian turbulence estimated by the VEX/VMC UV image analysis

Tomoko Teraguchi[1]; Yukihiro Takahashi[2]; Naoya Hoshino[2]; Yasumasa Kasaba[3]; Shigeto Watanabe[4]; Manabu Yamada[5]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Tohoku Univ.; [4] Dep. of CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [5] MPS

In Venusian atmosphere, there are waves with various scales and they compose turbulence. Understanding the distribution and kinetic energy transportation of turbulence is important to find out about Venusian atmospheric structure. The cloud top (~70km altitude) is in the superrotation, so turbulence at this altitude is especially significant. According to the classical turbulence theory, power spectral intensity at the wavenumber k is expressed as follows: $P(k)=C_k k^{-n}$. In this equation, the index $-n$ corresponds to the slope in the logarithmic plot and characterizes the power spectrum. Enstrophy and energy cascade between the turbulence would occur in the case of $n=3$ and $5/3$, respectively. Earlier studies have derived the power spectra of the turbulence from the Venusian cloud images obtained by earlier spacecrafts in the low latitude. However, the details of the power spectrum in the high latitude have been unknown well. Venus Express, which is the spacecraft launched in 2005, is in the elliptical orbit and observing the polar region in the South hemisphere.

In this study, we obtained power spectra from the cloud brightness distribution of the UV images at the cloud top by Venus Monitoring Camera (VMC) onboard Venus Express, compared the slope of the spectra with the predicted value from the classical turbulence theory. And then we determined latitudinal dependence of the slope and the wavenumber at the inflection point.

The obtained spectra show that the slope in the longer wavelength range is steeper than that in the shorter wavelength range. The result suggests that the energy and enstrophy of the turbulence flows to the smaller and larger scale, respectively. The obtained slope doesn't completely agree with -3 and $-5/3$. The slope has temporal and latitudinal variations, while the slope obtained from the terrestrial turbulence is constant in all latitudes. The difference suggests that there is no fixed flow of the energy and enstrophy, unlike the terrestrial turbulence.

We will analyze other data and closely discuss energy and enstrophy flows. Also, we will consider correlation of the energy transportation at the cloud top with dynamics at the upper and lower layer.

金星大気中ではさまざまな空間スケールの波が混在して乱流を形成している。特に紫外の波長帯で観測される雲頂高度 (約 70km) はスーパーローテーションと呼ばれる高速西向風が存在する高度であり、この高度における乱流において、流入したエネルギーがどのように輸送され散逸していくかを理解することは、金星大気構造を解明する上で大きな意味を持つ。波が持つパワーは、隣接したスケールの波に次々と移る。カスケードと呼ばれるこの現象により、エネルギーは逐次輸送されていく。2次元乱流の古典論によると、波数 k での波のパワースペクトル強度 $P(k)$ は、 $P(k)=C_k k^{-n}$ という式で表すことができる。波数 k の指数である $-n$ は、波数と $P(k)$ とを対数でプロットした時の傾きに相当し、パワースペクトルを特徴づける値である。 $n=3$ のとき乱流のエンストロフィ (渦度²/2) が散逸し、 $n=5/3$ のときエネルギーが散逸していると考えられている。この式は様々な仮定のもとに成り立っているものであるが、地球の対流圏界面における風や温位の観測データにおいては、パワースペクトルの傾きがかなり正確にこの法則に従うことが知られている。

金星の画像を用いた同様の研究は先行の探査機プロジェクトのデータを用いてたびたび行われてきたが、Venus Express は楕円極軌道を取っているため、本研究では南半球の高緯度域をより高空間分解能で撮像したデータを用いることができた。また、過去の探査機によるデータは Galileo フライバイ時や、最長でも Pioneer Venus の3ヶ月間という限られた期間で得られたものである。したがって、こうした短期間・少数の画像を用いた先行研究結果と比較したとき、2005年11月から現在も画像を撮り続けている VMC のデータを使うことで時間変化を評価することができるという利点がある。

本研究では Venus Express 搭載の Venus Monitoring Camera (VMC) が撮像した雲頂高度での南半球の画像から雲の濃淡の空間パワースペクトルを得、中緯度 (30 - 50 °N)・高緯度 (50 - 70 °N) の緯度帯で平均した。そしてこれと波数との関係を対数プロットしたものを直線近似し、その傾きと変曲点での波のスケールの緯度依存性を調べた。

その結果、地球・金星両方での先行研究で示されているように、変曲点を挟んで低波数側の領域ではパワースペクトルの傾きが急で、高波数側では緩やかであるという2領域化が見られた。この結果は乱流のエネルギーが低波数側に、エンストロフィが高波数側にそれぞれ多く輸送され散逸していることを裏付けるものであると考える。傾き n の値は、画像によっては緯度帯でばらつきを持っており、3、5/3 と完全に一致してはいない。このことから、地球では乱流エネルギーの流れが定常的であるのに対し、金星の乱流においてはその時々による変化が存在すると考えられる。

今後は、多くの画像データを用いた同様の評価から、エネルギーとエンストロフィの輸送についてより明確な議論を行いたい。また、雲頂高度におけるこうした乱流のエネルギー輸送構造と上層・下層大気の運動との関連性を考察したい。