

VEX/VMC 紫外撮像データによる金星大気乱流のエネルギー輸送構造の推定

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

Estimation of the energy transport of Venusian atmospheric turbulence by the spectral analysis of the VEX/VMC UV images

Tomoko Teraguchi[1]; Yasumasa Kasaba[2]; Naoya Hoshino[3]; Yukihiro Takahashi[4]; Shigeto Watanabe[4]; Manabu Yamada[5]
 [1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] Dept.Geophysics, Tohoku Univ.; [4] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [5] JAXA/ISAS

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), observable under ultraviolet, is in the superrotation, so studying the energy transport and dissipation of 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 closely observing the polar region in the South hemisphere.

In this study, we obtained power spectra from the cloud brightness distribution of the ultraviolet 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 enstrophy and energy cascade are dominant in the longer wavelength range and the shorter wavelength range, respectively. The scale of the inflection point has small dependence on latitude, so we think that the turbulence motion shift from 2 dimension to 3 dimension can make the inflection. 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. In this presentation, we will show analysis result and discuss the features of the spectra, energy injection and the energy and enstrophy flows.

金星大気中には様々なスケールの波が混在し、乱流を形成している。紫外域で観測される雲頂高度（約 70km）には、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。この高度における乱流エネルギーの輸送・散逸の理解は、金星大気運動を支配するエネルギー伝搬構造を解明する上で重要である。

ある波数の波の持つエネルギーが隣接した波数の波に移っていくことをカスケード現象と呼ぶ。乱流の古典論によると、波数 k でのパワースペクトル強度 $P(k)$ は、 $P(k) = C_k k^{-n}$ という式で表せる。 $n=3$ のとき乱流のエンストロフィ（渦度）が、 $n=5/3$ のときエネルギーがそれぞれカスケードしていると考えられている。この式は様々な仮定を要するが、観測結果より、地球の対流圏界面における風や温位は、かなり正確にこの法則に従うことが知られる。

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 フライバイ時の数日間や、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月から現在にいたるまで画像を撮り続けている VMC のデータを使うことには、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、雲の濃淡のパワースペクトルを得た。そしてこれと波数との関係に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、低波数側の領域ではエネルギーカスケードが、高波数側ではエンストロフィカスケードがそれぞれ支配的であることを裏付ける。また、この変曲点のスケールは緯度に大きく依存しないことから、乱流が 2 次元から 3 次元的な振る舞いに移行することでこの変曲が形成されると考えられる。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 、 $5/3$ と完全には一致しない。また、低波数側と高波数側の傾きの差は高緯度ほど顕著になる傾向がある。このことは、地球に比べ金星の乱流における

エネルギーの流れが非定常的であることを示唆していると考えられる。

本講演では、解析結果を示し、スペクトルの特徴とそこから考える乱流エネルギーの輸送構造について発表する。また、エネルギーの流入のスケールとそれを引き起こす現象について、可能性を考察した。