

雲の特徴追跡を用いた金星雲頂高度における大気力学の研究

Study of Atmospheric dynamics at the cloud top of Venus deduced from cloud-tracked winds

宇宙惑星科学講座 中村正人研究室 神山徹

・研究の背景と目的

金星には大気が金星自転速度($\sim 1.8 \text{ m s}^{-1}$)に比べ高速に循環しているスーパーローテーションと呼ばれる現象が存在している。大気は高度 10 km 程で自転速度を追い越し、高度が上がるにつれ速度は上昇させ、高度 70 km では自転速度の 60 倍、 100 m s^{-1} にも達する。金星では様々な時間・空間スケールの波動の伝播が大気中の角運動量を輸送し、上層大気に蓄積することでスーパーローテーションに代表される大気循環を生成・維持していると考えられており、数値計算などからさまざまなメカニズムが提唱されている。

実際にスーパーローテーションを維持するために重要なメカニズムを知るためには、観測に基づく定量的な実証が必要である。先行の研究において、雲画像から風速場を推定する手法を用いてスーパーローテーションの物理を解明するアプローチが Pioneer Venus 探査機での長期観測(1978 年~1985 年)に対して行われ、金星雲頂高度に熱潮汐波、赤道ケルビン波に由来すると思われる構造を見出した(Del Genio et al 1990)。その後 Galileo 探査機による金星観測(1990 年 2 月)においても同様のアプローチが取られたが、観測の制限、少ない画像データから風速の空間分布を詳細に推定する手法が確立されていなかったこともあり、求めた風速場から大気波動を分離するこ

とは困難であった。

このような現状をふまえ、本研究では限られたデータからも大気波動を同定することが可能な精度の良い手法を構築することを目的とした。またこの手法を用いることで、これまでなされていなかった Galileo 探査機が取得した観測結果から大気波動成分を同定し、それが与える大気加速率を定量的に見積もることを目指した。

・使用したデータ/解析手法

本研究では、Galileo 探査機が 1990 年 2 月 13 日~17 日に取得した、撮影時間に 2 時間の間隔を持つ 7 組の金星雲画像組を用いて解析を行った。この観測では波長 418nm での雲頂高度での反射光が観測されており、高度は約 65 km と見積もられている(Belton et al 1990)。各画像組において、着目した雲の特徴について画像間の相関を調べ、最も相関値が大きい位置へ雲が移動したと見なし、雲の移動ベクトルを求めることで日々の風速場の推定を行った。

この推定を行う際に、誤った推定をしたベクトルの修正を行う(図 1)、またサブピクセル単位の移動ベクトル推定を行うなど推定手法の改良を行い、これらを組み合わせることで従来の手法に比べより詳細な解析が可能な手法を構築した。

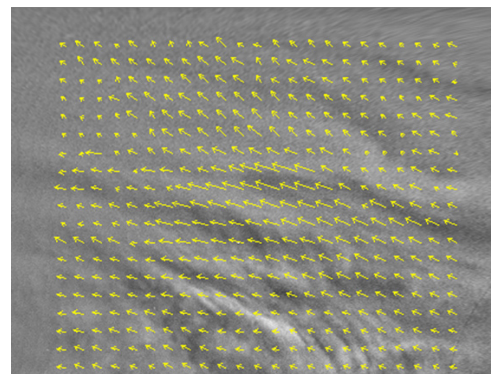
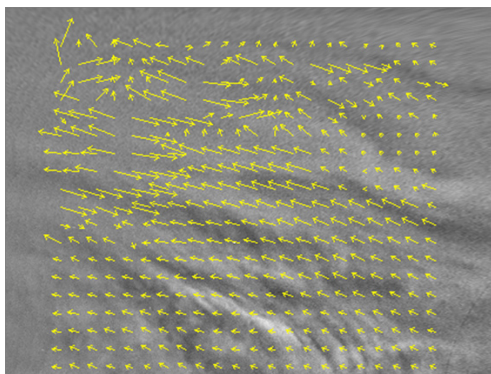


図 1: 誤った推定をした雲の移動ベクトルの修正 図中の矢印は雲の移動ベクトルを表す 修正前(左図)に画像左上領域に見られた誤ベクトルが、よりもっともらしい方角へ修正されている(右図)

・解析結果/考察

本研究ではまず太陽光加熱によって励起される熱潮汐波に由来する構造を抽出するため、13日~17日までの風速分布をローカルタイムに固定した座標系で平均した。その結果、平均東西風速において、赤道域で正午から夕方にかけて風速が増大する特徴がみられた。またローカルタイム15時の低緯度帯にピークを持つ分布であることがわかった(図2)。このような風速分布は Pioneer Venus 探査機での1982年における観測においても同様に見られ(Rossow et al 1990)、熱潮汐波に由来する構造が安定に存在することを示唆する結果が得られた。

一方、各日の風速分布から平均した東西風速を差し引き熱潮汐波に由来しない構造を抽出したところ、赤道域を中心とした金星一周の長さに対応する周期的な構造が卓越してい

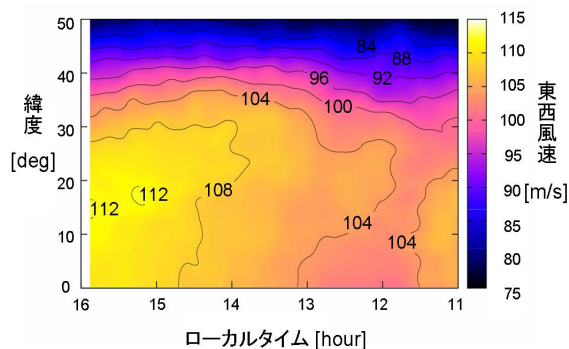


図2：1990/2/13~2/17の西向きを正とした平均東西風速 等高線中の数字は風速を表す

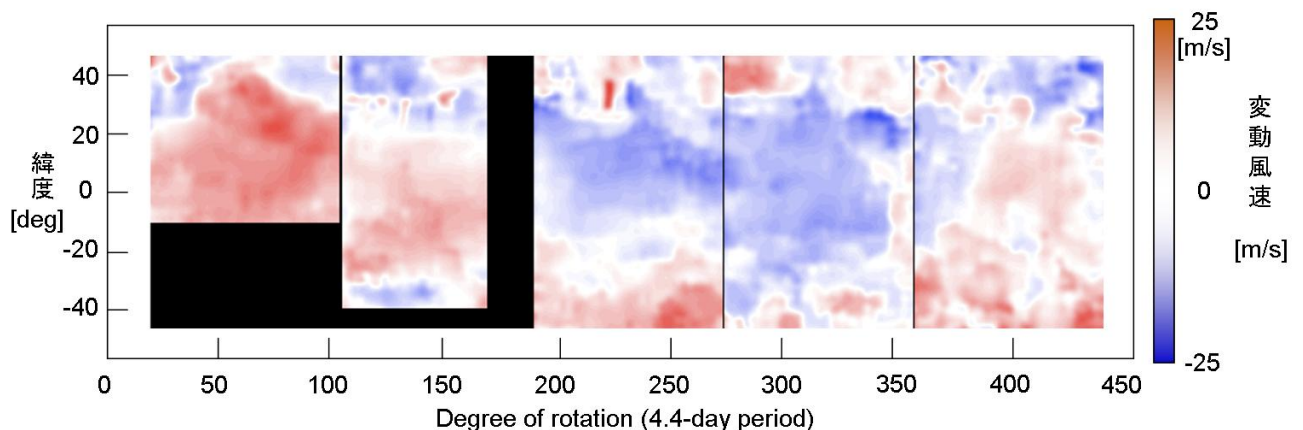


図3：平均東西風速からの変動成分の分布 横軸は雲と共に回転する座標系にとった相対的な経度、色は平均風速からの変動を表し、正の領域は平均風速より西向きの風速が大きい領域を示す またデータが無い領域は黒色で示した

ることがわかった(図3)。これは、この周期的変動が赤道に最大振幅を持つ赤道ケルビン波によるものであると示唆される結果であった。

またこの構造が赤道ケルビン波であるとして、この波動がもたらす大気加速の強さを求めたところ、1地球日で大気を 0.3 m s^{-1} 加速できる強さの波動であると見積もられた。この見積もりは1983年から1985年にかけて Pioneer Venus 探査機で見積もられた加速率 ($0.2 \text{ m s}^{-1} \text{ day}^{-1}$ Del Genio et al 1990)と同程度の大きさであり、また過去の数値実験と比較してスーパーローテーションの維持に無視できない大きさであった。

・結論

本研究では雲の特徴追跡を用いた風速の推定手法を改良することで、Galileo 探査機が観測した金星雲画像データから初めて熱潮汐波、赤道ケルビン波に由来する構造を抽出した。また赤道ケルビン波がもたらす大気加速がスーパーローテーションの維持の一端を担っている可能性を示した。

今後、本研究で培った解析手法を用いて現在 Venus Express にて観測されているデータを解析することで、本研究で見出した大気波動の時間変動や安定性をさらに詳細に議論していく予定である。