

金星極渦における平均東西風の風速振動について

○安藤紘基（京産大）、杉本憲彦（慶應大）、高木征弘（京産大）

1. 背景

近年 Venus Express に搭載された VIRTIS による赤外分光観測から、金星極渦の中心位置の地方時が、約 3 日で準周期的に振動することが示された(Luz et al. 2011)。この原因として、極域における大気の周回周期が変動していることが示唆されている(Luz et al. 2011; Garate-Lopez et al. 2013)。しかし、極域を全体的かつ長期間にわたって観測できた例はない。

これを考察するための有力な手段として、金星大気大循環モデル(以下、VGCM)を用いた理論的考察が挙げられる。近年、VGCM の一つである AFES for Venus を用いて、Sugimoto et al. (2014)は現実的な風速分布や気温分布を再現した。また Ando et al. (2016)は、金星極域の特徴的な大気構造(cold collar と warm polar region)を再現し、その成因を理論的に示した。本研究では、これらの研究を拡張して、極域で観測された準周期的な変動の要因を理論的に考察した。

2. モデルの設定

本研究で用いた金星大気大循環モデル AFES for Venus は、3次元プリミティブ方程式系をベースにしている。切断波数は 42(T42)で、鉛直方向には 60 層(L60)に分割しており、グリッド間隔は約 2 km である。放射過程については、短波放射と長波放射を入れている。前者は Tomasko et al. (1980)や Crisp (1986)に基づいて東西平均成分と日変化成分で構成され、日変化成分については一日潮と半日潮成分のみを含んでいる。後者はニュートン冷却で簡略化しており、緩和係数は Crisp (1986)に準ずる。また、本モデルでは金星の自転方向は地球と同じであると仮定しており、故にスーパーローテーションの向きは東向きであり実際のものとは反対である。本モデルの詳細なことは、Sugimoto et al. (2014)や Ando et al. (2016)を参照されたい。

3. 結果と考察

Luz et al. (2011)や Garate-Lopez et al. (2013)は、極域における大気の周回周期の準周期的な変動は順圧不安定や傾圧不安定などの短周期擾乱によるものと示唆している。そこで本研究でも、周期が 10 地球日未満の擾乱成分に着目した。ここで言う擾乱とは、東西平均からのズレを指す。図 1 は、計算開始から 1949-1984 地球日にお

る極域付近の東西平均風 \bar{u} と、短周期擾乱に伴う水平運動量フラックスの東西平均量 $\overline{u'v'}$ である。これを見ると、 $\overline{u'v'}$ の符号に従って \bar{u} が増減していることが分かる。さらに、擾乱成分を波数分解して、東西波数 1 の成分のみを抽出して、同様の解析を行った。その結果を図 2 に示す。これを見ると、図 1 をおおよそ再現できており、従って東西波数 1 が極域の大気の運動に最も寄与すると考えられる。

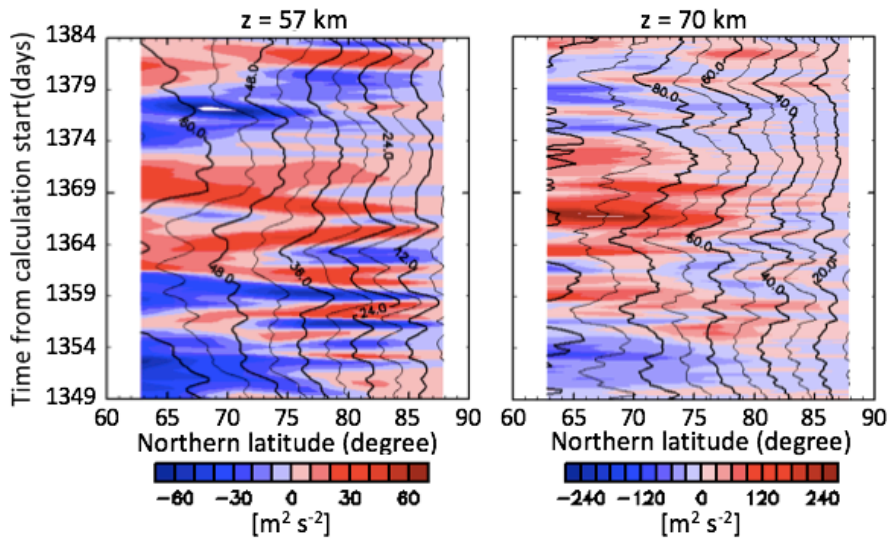


図 1 高度 57km と 70km における、平均東西された東西風速 \bar{u} (等高線) と短周期擾乱に伴う水平運動量フラックス $\overline{u'v'}$ (カラーシェード) の緯度-時間分布。

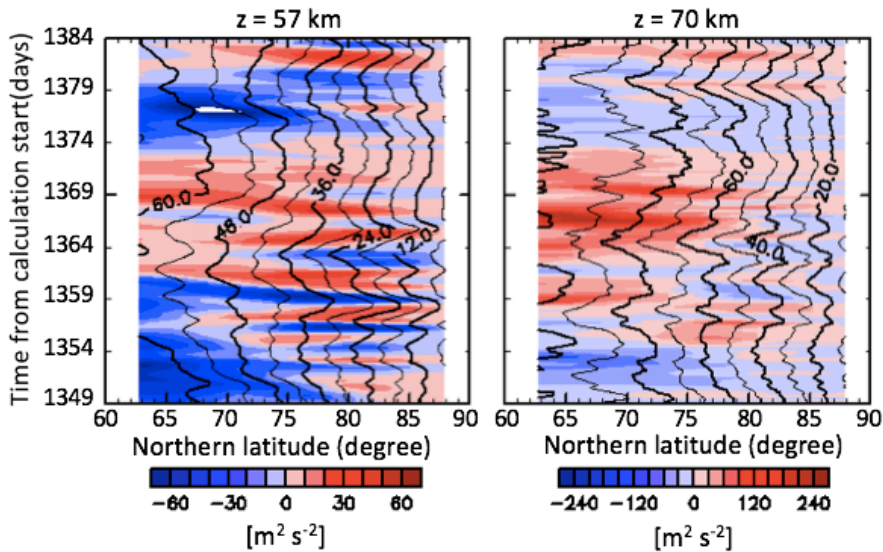


図 2 図 1 と同じだが、東西波数 1 成分のみを取り出している。

運動量輸送という観点から、相対渦度の位相との関連性を探る。短周期擾乱に伴う相対渦度の位相が北東-南西(北西-南東)に傾く時、 $\overline{u'v'} > 0 (< 0)$ であるため運動量は極向き(低・中緯度向き)に輸送され、極周辺の大気は加速(減速)することになる(図3を参照)。図4は、加速時と減速時における東西波数1成分の典型的な相対渦度の分布を示したものである。これを見ると、両ケースで図3のような状況になっていることが分かる。従って、東西波数1成分の相対渦度の位相が極域の大気の加速・減速に繋がっていると考えられる。

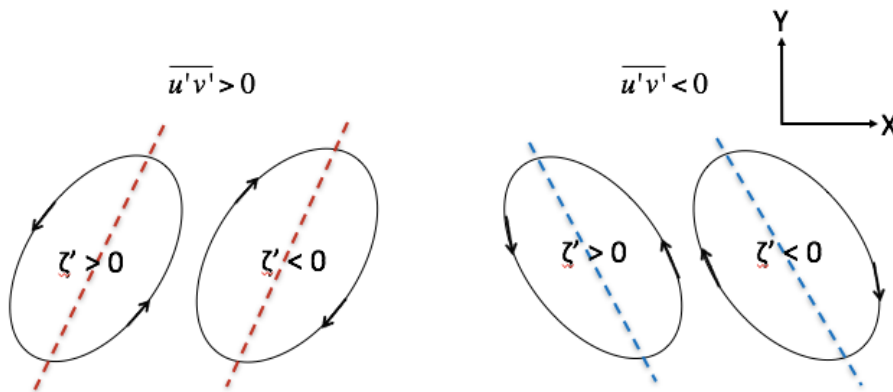


図3 相対渦度と東西平均された水平運動量フラックス $\overline{u'v'}$ の関係についての概念図。

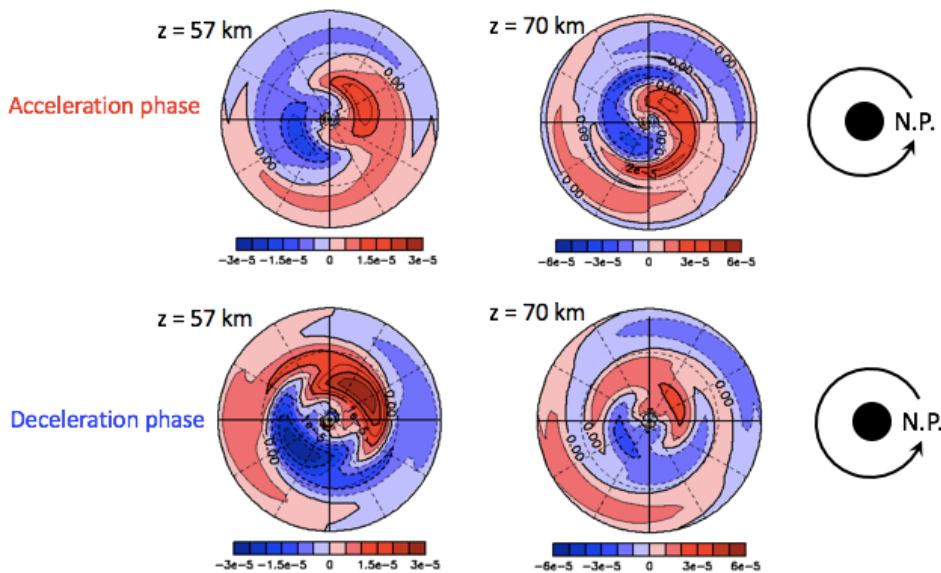


図4 加速時と減速時における典型的な東西波数1成分に伴う相対渦度の分布。表示した緯度範囲は $40^{\circ}\text{N}-90^{\circ}\text{N}$ である。また本モデルでは金星は地球と同方向に自転しているため、北極から見るとスーパーローテーションも東向きである。

4. まとめ

本研究では、Luz et al. (2011)で示された金星極域における大気運動の準周期的な変動の要因を VGCM を用いて理論的に考察した。その結果、東西波数 1 の短周期擾乱に伴う相対渦度の位相構造によって、東西平均風の風速が増減することがわかった。今後は、Luz et al. (2011)や Garate-Lopez et al. (2013)に倣って、極渦中心の地方時の時間変化をモデルの中で計算し、実際にそれが準周期的な変動を示すかどうか調べる。

また、この変動の要因を観測的に明らかにするには、極域を全体的かつ長期間にわたって観測し、日々の風速や風向きを計算する必要があるだろう。例えば、「あかつき」に搭載された中間赤外線カメラ LIR では、昼面も夜面も同時に観測することができる。「あかつき」は赤道軌道のため極域を全体的に観測することはできない。将来、極軌道衛星に搭載された LIR による極域観測を実施することが望まれる。