

子午面循環と順圧不安定による金星大気のスーパーローテーション

Venusian super-rotation generated by meridional circulation and barotropic instability.

伊賀 晋一[1], 松田 佳久[1]

Shinichi Iga[1], Yoshihisa Matsuda[1]

[1] 東大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Physics, Tokyo Univ

金星大気にはスーパーローテーションと呼ばれる強い大気の高層で見られ、回転比は地面の約60倍である。本研究ではスーパーローテーションについて、ギラッシュメカニズムの立場から検証を行う。まず第一に子午面2次元モデルに大きな水平渦粘性を陽に加えて高速東西風を再現した。また子午面循環や渦粘性の大きさと東西風の強さとの関係も調べた。次に2次元順圧モデルを用いて、子午面循環の強制を加えて順圧不安定の数値計算を行った。順圧不安定の結果生じる渦が水平渦粘性として働くことを示した。

金星の自転周期は243日と非常に遅いにもかかわらず、金星の上層(雲層)では、100m/sにも及ぶ東西風が卓越し、約4日で金星のまわりを巡っている(スーパーローテーション)。この現象については多くの研究がなされてきたが、未だに定説がないだけでなく、理論的に完全なメカニズムも提出されていない。Gierasch(1975)や松田(1980, 1982)は子午面循環に着目したメカニズムを提唱している。これは子午面循環によって下層(ひいては固体部分から)の角運動量を汲み上げて上層でスーパーローテーションを生成しようというメカニズムである。しかし、計算の解像度が低いということの他に、実体不明の大きな水平渦粘性(特にGieraschは)をプロセスに加えることで角運動量を低緯度に再分配させているという問題がある。Rossow and Williams(1979)は、この大きな水平渦粘性の実体として中緯度ジェットによる順圧不安定渦による角運動量混合を提唱している。しかし、彼らの数値実験では順圧モデルにジェット型の強制を与えることで子午面循環の効果を表しているが、子午面循環そのものを表現しているとはいえない。

[1: 子午面2次元モデルによるスーパーローテーションの生成] そこで、まずは子午面の2次元モデルで簡単な数値計算を行った。高度は0km~70kmを想定し、0-35kmと35-70kmに分け、それぞれで固定した子午面循環を与えて数値計算を行った。子午面循環が存在を示す直接の証拠は雲層上端(~65km)の観測しかないが、金星の太陽光吸収域が地表と雲層の主に2ヶ所に分かれていることから、ハドレーセルも上下2箇所に分かれている可能性がある(Del Genio 1993など)。本研究もそれにならっている。両方とも鉛直40層、南北切断波数21、東西一様とし、時間発展するのは運動量のみとする。下端は0-35kmのモデルでは金星の自転速度、35km-70kmのモデルでは $40\cos(\text{緯度})\text{m/s}$ の東風で固定する。外部パラメータは水平渦粘性の緩和時間 TH 、鉛直渦粘性の緩和時間 TV 、子午面循環の速さ v の3つである(自由度は2である)。観測で得られるような強さの東風が得られたのは例えば0-35kmでは $TH=1000\text{d}$ 、 $TV=5000\text{d}$ 、 $v=0.16\text{m/s}$ で、35-70kmでは $TH=3000\text{d}$ 、 $TV=5000\text{d}$ (at 35km)、 $TV=100\text{d}$ (at 60km)、 $v=0.05\text{m/s}$ であった。もし鉛直渦粘性がもっと強ければ、これらの緩和時間は更に短く、子午面循環は更に強くなる。また、上層の東風は特に $TH < v/a < TV$ の関係が成り立つ時に強くなることがわかった。上記で与えた水平渦粘性は他の2つのパラメータを最も有利な観測値等にしたため、比較的長い緩和時間でもスーパーローテーションを生成しているが、もし他の2つが不利な値であれば、より小さな TH が必要となり、その実体がわからなくなる。

[2: 子午面循環の移流効果と順圧不安定] そこで、順圧不安定が水平渦粘性の役割を果たすかをしらべる。ここでは70km付近の一層のみに着目するので、1章との定量的な比較は行わない。モデルは順圧モデルに子午面循環による移流を組み込んだものを用いる。つまり層の下側は $80\cos(\text{緯度})\text{m/s}$ の東風の剛体回転で固定し、そこからの移流効果と極向の移流が組み込まれている。子午面循環の南北流は最も強くなる中緯度で最大値が 5m/s になるように与えた。結果はうまく角運動量が渦によって南向きに運ばれ、順圧不安定が水平渦粘性の役割を果たすことがわかった。

[3: 今後の課題] 金星の東西風は雲層だけで強いのではなく、下層から高度と共に強くなっている。特にその倍増率は35-70kmで2,3倍なのに対し、0-35kmでは20-30倍で下層の方が重要であるといえる。しかし下層での観測は少なく、全球的なものは殆んど困難であるように思われる。そこで今後、我々はGCMを用いて特に下層の数値シミュレーションを行うことを考えている。