

金星大気圏の赤道ケルビン波による南北運動量輸送と紫外模様

Meridional momentum transport and UV albedo feature caused by an equatorial Kelvin wave in the Venus atmosphere

今村 剛[1]

Takeshi Imamura[1]

[1] 宇宙研

[1] The Institute of Space and Astronautical Science

金星の雲頂には紫～紫外域で様々な模様が観察されるが、なかでも赤道域を取り巻く東西波数1のアルベドパターンは赤道ケルビン波（大気回転効果で赤道に捕捉された波動の一種）の帰結と考えられており、この波動の力学効果が注目されている。ケルビン波は通常、東西・鉛直方向の風速振動を伴い、鉛直方向にのみ運動量を輸送するため、これまでは専ら運動量の鉛直輸送の観点から議論されてきた。帯状風の南北シフトのもとではケルビン波に南北風振動が混入することがBoyd(1978)によって示されたが、その南北振動の位相は東西風振動の位相と90度ずれており、やはり南北運動量輸送には寄与しない。本研究では、子午面循環のもとでケルビン波に生じる変形を初めて見出し、新たに生じる南北風振動と東西風振動の相関が運動量の赤道向き輸送をもたらすことを示す。このような角運動量再分配が起こると、赤道域で子午面循環によって汲み上げられた角運動量が上層の大気に蓄積されることになり、未だメカニズムが謎とされる高速帯状流（スーパーローテーション）を維持する可能性がある。

手法はBoyd(1978)を応用する。赤道から測った南北距離 y に依存する内部周波数の摂動 $'$ を加えたときの、東西風 u' 、南北風 v' 、ジオポテンシャル $'$ のケルビン波基本解からの摂動を考え、赤道面の水平構造について1次の摂動方程式を解き、解を y の多項式として得る。 $'$ の形としては、Boydが導入した帯状風 U によるドップラーシフト $' = -kU(y)$ (k : 波数) に代わって、平均南北風 V による基本解の移流効果 $' = -iV(y)y/L^2$ (L : 赤道変形半径) を導入する。平均鉛直流の効果は U によるドップラーシフトと同様なのでここでは省く。 $V(y)$ の形は、ハドレー循環型の流れを考慮して $V = \text{定数} \times y$ とする。

このようにして得られた解の形から次のことが言える。(1) 平均南北風による u' 移流は v' に働くコリオリ力とバランスする。(2) v' は、基本解の u' 、 $'$ と同位相あるいは逆位相であり、 $y=L$ 付近で極大となる。(3) u' と v' の相関がもたらす運動量輸送の方向は平均南北風の風上方向。すなわち、平均南北風による運動量輸送を打ち消す傾向を持つ。(4) v' の大きさは、飽和振幅の波では平均南北風と同じオーダーである。(5) u' 、 $'$ に新たに生じる摂動は基本解から90度ずれており、また基本解に比べて小さい量である。

解を金星の雲頂レベルに応用する。観測をもとに東西波数1、東西風振幅 = 位相速度 = 15 m/s という波を考え、赤道から極に向かう循環 $V = (10^{-6} \text{ Hz}) \times y$ を与えると、赤道向き運動量輸送による赤道加速 $\sim 0.6 \text{ m/s/day}$ が得られる。この大きさは、(不確定は大きいものの) 渦粘性による減速や、この波が鉛直輸送する運動量の散逸に伴う加速に比べて(ともに 0.2 m/s/day 程度) 同じオーダーかそれより大きい。このような角運動量再分配はGieraschメカニズムによりスーパーローテーション維持に働く。また基本解から90度ずれた $'$ 摂動が $y =$ 赤道変形半径付近に現れる結果として、「水平Y字」と呼ばれるアルベドパターンの特徴が、少なくとも部分的に再現される。

同様の現象は、緯度依存性を持つエネルギー供給のもとでも生じうるので、その効果についても解をもとに議論する。たとえば振幅の大きい赤道付近に限って砕波によりエネルギーが散逸することは、相対的に中緯度に大きなエネルギーが供給されていることに相当するので、これは上述の子午面循環と似た効果を持つ。