

大気大循環モデルを用いた金星大気スーパーローテーションの研究

Superrotation of the Venus atmosphere simulated by an atmospheric general circulation model

池田 恒平 [1]; 山本 勝 [2]; 高橋 正明 [3]

Kohei Ikeda[1]; Masaru Yamamoto[2]; Masaaki Takahashi[3]

[1] 東大・気候システム; [2] 九大・応力研; [3] 東大気候センター

[1] CCSR, Univ. Tokyo; [2] RIAM, Kyushu Univ.; [3] CCSR, Univ. of Tokyo

金星大気の雲層上端、高度 65 ~ 70 km では、風速約 100 m/s の高速東西風が観測されている。これに対して金星の自転速度は非常に遅く、赤道で約 1.8 m/s なので、自転速度よりも 60 倍もの速さの東西風が吹いていることになる。東西風速は地表面付近から単調に増加し、雲頂で最大となっている。こうした循環は、特定の場所だけでなく、あらゆる緯度帯で卓越していることが観測されている。つまり、金星では大気全体が自転速度よりも速く回転していることになり、この現象は、大気の「スーパーローテーション」と呼ばれている。このような高速東西風がどのようにして維持されているのかは、まだわかっていない。

本研究では、金星大気におけるスーパーローテーションの維持メカニズムを大気大循環モデル (AGCM) を用いた数値実験により調べる。CCSR/NIES/FRCGC AGCM 5.7b をベースとした金星大気大循環モデルを開発し、スーパーローテーションの再現実験を行う。これまでの AGCM による金星大気スーパーローテーションの研究では、放射過程は太陽光加熱と Newton 冷却で表現されており、放射伝達方程式を計算したモデルはまだ存在しない。また、スーパーローテーションを AGCM で再現することは難しく、これまで現実的な条件で再現できた例はない。そこで本研究では従来とは異なり、放射伝達方程式を計算した金星 AGCM を開発して、現実的な条件の下でスーパーローテーションを再現することを試みる。

数値実験の結果、高度 70 km 以下の鉛直温度構造は観測値がよく再現されていた。帯状平均した東西風速は雲層上端で、約 70 m/s 程度であった。しかし、55km 以下では観測に比べて風は弱く、5 m/s 以下であった。この中層大気で生じたスーパーローテーションがどのように維持されているのか調べた。赤道での運動量収支解析の結果、雲層内では、波動による加速と子午面循環による鉛直移流による減速がバランスしていることがわかった。平均東西風は減速していく雲頂高度より上方では、波動による減速と鉛直移流項による加速が釣り合っていた。どのような波が加速に効いているのか、波動解析によって調べた。その結果、中層大気では熱潮汐波による寄与が卓越していることがわかった。

この結果から、中層大気においては熱潮汐波によって最大 70 m/s 程度のスーパーローテーションが生じることが示されたが、雲層以下での下層大気でのスーパーローテーションの再現が問題となった。そこで、下層大気でのスーパーローテーションにとってはモデルで表現できていないような小スケールの重力波が重要であると考え、パラメタリゼーションによって重力波による運動量輸送を評価した実験を行った。

重力波のパラメタリゼーションを含む数値実験の結果、下層大気も含めて観測と整合的なスーパーローテーションが再現された。赤道での平均東西風は地表面付近から高度とともにほぼ単調に増加し、雲頂高度で 100 m/s に達していた。パラメタリゼーションとして与えた重力波のうち、正の位相速度を持った重力波は critical level で吸収され、下層大気でスーパーローテーションを生み出す。一方、負の位相速度を持った重力波は上層大気で重要な役割を果たす。西進重力波は critical level を持たず、上方まで伝播することができる。そして上層大気において放射によって減衰し、西風減速となる。上層大気の鉛直シアを維持するためには、西進重力波が必要であった。赤道中層大気に関しては、重力波パラメタリゼーションを含まない実験と同様に、熱潮汐波による運動量収束と平均子午面循環がバランスしていた。

本研究では、大気大循環モデルの中で金星大気スーパーローテーションを再現することによって、新しい維持メカニズムを提案することができた。特に、下層大気でのスーパーローテーションの維持にとっては、小スケールの重力波による運動量輸送が不可欠であることを示した。