

スーパーローテーションにおける自転傾斜角の影響

山本勝 (九大応力研) 高橋正明 (東大CCSR)

はじめに

これまで、我々は Venus-like GCM を用いた数値実験で、スーパーローテーションの形成・維持メカニズムを調べてきた。擾乱によって赤道域に角運動量が蓄積されることによって、子午面循環が、効率よく角運動量を上方輸送する (Gierasch メカニズム)。子午面循環は、図1のように、(角運動量の大きい) 赤道域で上昇流となり、(角運動量の小さい) 極域で下降流となると、このメカニズムが成り立つ。しかし、自転軸が大きく傾くと、図2のように、子午面循環による角運動量の上方輸送効率が落ちる (場合によっては、角運動量を下方輸送する) ことが考えられる。つまり、スーパーローテーションの形成条件を決定するパラメータの一つとして、「自転傾斜角」も重要であることが示唆される。本講演では、自転傾斜角を 0.0 度と 23.45 度にして実験を行うことで、自転傾斜角がスーパーローテーションに及ぼす影響を調べる。

モデル

物理定数を金星の値に変更した CCSR/NIES AGCM 5.6 を用い、高度 90km 付近までの領域を T21L52 で計算した。放射過程は、雲頂で極大になるような短波による非断熱加熱とニュートン冷却を用いた。これに乾燥対流調節を組み込んだ簡略化 GCM となっている。自転傾斜角の影響だけを検討するために、地形は考慮しない。自転傾斜角を 0.0 度に設定した実験 (現実の金星では 2.6 度の傾きがある) は、Yamamoto and Takahashi (2004, 2006) の結果に対応する。比較実験として、金星の公転周期で、自転傾斜角を 23.45 度に設定し、それ以外を Yamamoto and Takahashi (2004, 2006) と同じにした。

結果

自転傾斜角を 0.0 度に関しては、Gierasch メカニズムにより、効率よく角運動量が上方輸送され、100 m/s を超えるスーパーローテーションが形成される。他方、自転傾斜角の影響を調べる比較実験として自転傾斜角を 23.45 度に設定した場合、図3が示すように、スーパーローテーションが十分に発達しない。地球の中層大気と比較すると retrograde な東西流 (地球でいう東風) は観測されないが、加熱域の季節変化に対応して、東西流や子午面循環も季節変化する。したがって、図2のように、冬至や夏至では、角運動量上方輸送効率が落ちる。その結果、スーパーローテーション

が弱くなると考えられる。

ただし、公転周期 (>> 自転周期) が長いタイタンでは、自転傾斜角が大きくても、スーパーローテーションしている。今後、タイタンの条件について調べ、公転周期と自転傾斜角がスーパーローテーションに及ぼす影響を地球流体力学の観点から整理しなければならない。

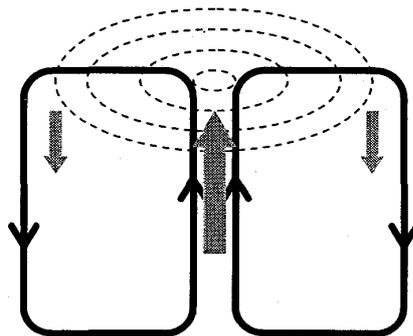


図1 自転傾斜角 0 度における子午面循環と角運動量輸送 (灰色矢印) の模式図。

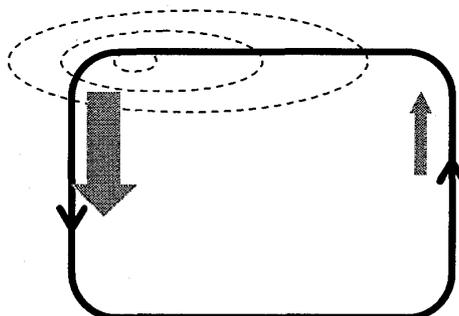


図2 自転傾斜角が大きい状況下における夏至 (冬至) 時の子午面循環と角運動量輸送 (灰色矢印) の模式図。

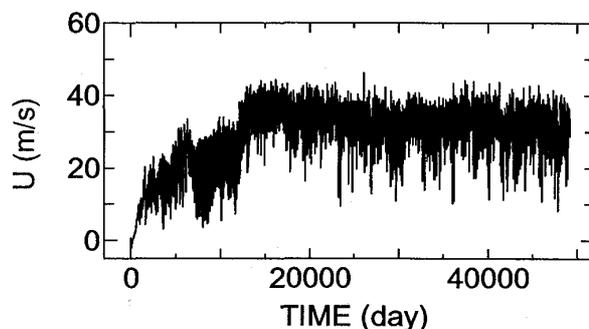


図3 自転傾斜角 23.45 度で行った実験結果。赤道域の高度 61 km の東西平均流の時間変化。