

タイタンスーパーローテーションの放射パラメータ依存性の研究

墨幹(東京工業大学大学院地球惑星科学系地球惑星科学コース)

利用カテゴリ 計算サーバ

背景

タイタンの成層圏では惑星本体の自転よりも速く回っているスーパーローテーション状態であることが観測により明らかにされている。しかし、スーパーローテーションがどのような影響で駆動されているかは大気構造の複雑さから明らかにされていない。タイタンの大気の特徴として分厚いヘイズ層を持つことが観測から知られている。タイタンのヘイズは太陽放射の約 90%を吸収し、大気上層の温度を増大させていることから大気への影響は大きいと考えられている。そこで本研究では、タイタンに存在するスーパーローテーションの発生メカニズムの解明およびそれに伴う大気大循環を理解することを目的として、惑星大気大循環モデルによるパラメータ数値実験を行い、ヘイズ分布による大気構造の影響、特にスーパーローテーションへの影響を調べた。

研究成果

本研究では、地球流体電脳倶楽部の開発する惑星大気大循環モデル「DCPAM」[1]を用いて計算を行った。惑星物理量はタイタンのものを用いた。大気放射過程には灰色放射を用い、大気の光学的厚さが圧力の冪乗($\propto n$)に比例するように置いた[2]。この n を変化させることにより、灰色放射が吸収される高度を変化させることができ、タイタンヘイズの高度分布を変化させることを意味する。

計算は放射平衡温度場、静止状態から開始し、10 万地球日行った。パラメータとして n を変化させて東西風速場の変化を見た。図の上段は初期値として与えている放射平衡温度場の鉛直分布である。 n を大きくすると温度極小値の高度が下がる。図の下段は 10 万日計算の最後の 360 日を平均した子午面空間における東西風速場である。いずれの n に対してもスーパーローテーションが下層と上層で発生した。 n を増加させると上層のスーパーローテーションの高度が下がってくることがわかった。また、高度が下がるとともにスーパーローテーションの強度も小さくなることがわかった。

今後の課題

今回行った実験は 2 次元軸対称実験であり、経度方向の波による影響がない。実際に 3 次元での計算も行う必要がある。今回の実験では水平粘性を計算時間に対して短く与えてしまったために東西風速が過剰に発達してしまった。水平粘性のパラメータスイープ実験による影響も考える必要がある。

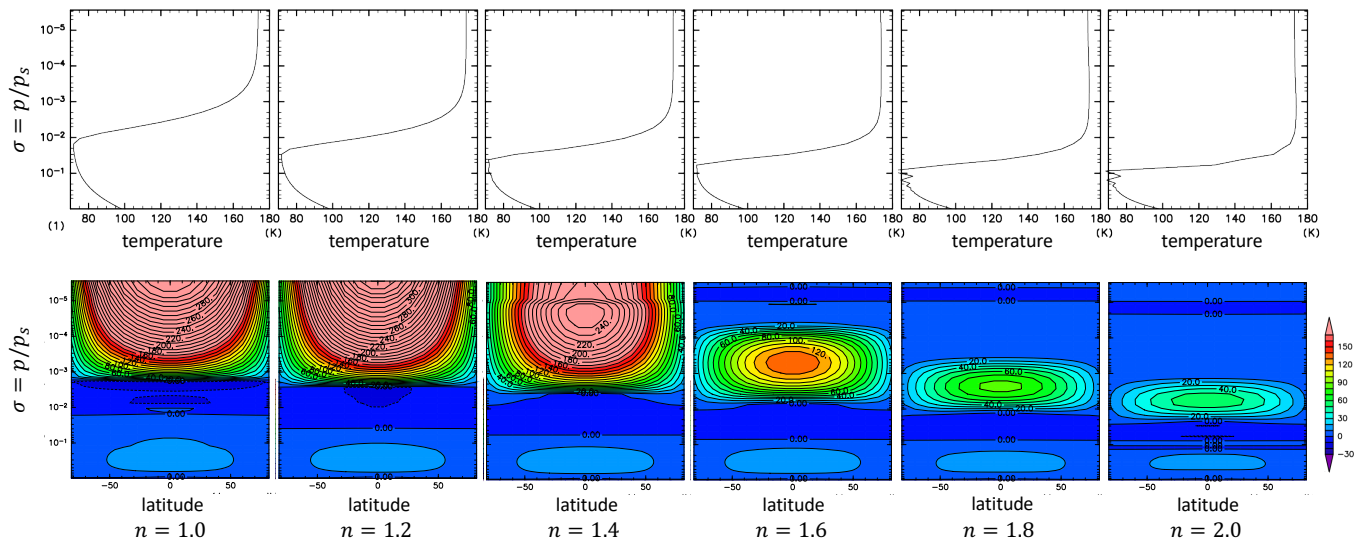


図 軸対称計算によるヘイズの高度分布を変化させた時の放射平衡温度分布（上段）と東西風速場（下段）。

参考資料

[1] 高橋 芳幸, 檜村 博基, 竹広 真一, 石渡 正樹, 納多 哲史, 小高 正嗣, 堀之内 武, 林 祥介, DCPAM 開発グループ, 2018: 惑星大気モデル DCPAM, <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>, 地球流体電脳倶楽部.

[2] McKay, Christopher P., Ralph D. Lorenz, and Jonathan I. Lunine. 1999. "Analytic Solutions for the Antigreenhouse Effect: Titan and the Early Earth." *Icarus* 137(1): 56–61. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0019103598960390>.