

# 放射コードを組み込んだ GCM を用いた 金星中層大気研究

山本 勝 (九大・応力研)  
池田 恒平 (国立環境研)  
高橋 正明 (東大・大気海洋研)

## 1. はじめに

Ikeda (2011) は, 放射コードを組み込んだ金星大気大循環モデル(GCM)を開発した. この放射コードで計算された加熱・冷却率は金星雲層対流計算にも利用され(Imamura et al., 2014), 本シンポジウムで発表された東北大の伊藤らの金星雲の研究にも彼の GCM が用いられている.

Ikeda (2011) のモデルでは, 赤外放射から太陽放射を 28 バンドに分割し, Discrete-ordinate/adding 法の 2-stream 放射コードを用いている. 各波長域は correlated k-distribution method に基づき,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ , OCS, CO による気体吸収を取り入れている. 雲は 75% の硫酸エアロゾルの 3 モードを仮定し, 未知の UV 吸収物質も考慮している. 金星標準大気 VIRA の気温分布をもつ静止大気を初期条件として計算すると, 雲頂付近で 50 m/s 程度のスーパーローテーションが形成される. 現実的な太陽光加熱では, 下層大気のスーパーローテーションが弱い.

このモデルに限らず, 現段階では金星下層大気モデリングが未解決で, 下層大気でスーパーローテーションを維持するには,

- ・下層大気での付加的な加熱

- ・ 下層大気での付加的な角運動量ソース

のどちらかが必要とされる．より現実的な金星モデリングに向けて

- (1) 放射コードのさらなる改良
- (2) メソ・マイクロスケールのパラメタリゼーション
- (3) 初期にスーパーローテーションを仮定
- (4) 下層大気を背景場として固定

のアプローチが考えられる．Ikeda (2011)の研究では，Hou and Farrell (1987)をもとにした重力波パラメタリゼーションを導入し，現実的なスーパーローテーションを再現した．本研究は，Ikeda (2011)のモデルを金星中層大気研究に適用するために，上で挙げたアプローチの (3) と (4) を検討した．

## 2. 結果

上記のアプローチ (3) では，雲頂で極大になるような初期のスーパーローテーションを仮定した．雲頂の低緯度域で 110 m/s となる分布 A を用いた実験 A と 90m/s となる分布 B を用いた実験 B を行った．実験 A (実験 B) では，計算開始 3 金星日について帯状平均東西風成分を 3 地球日の時定数で分布 A (分布 B) に緩和させる方法でスーパーローテーションを生成した後，Ikeda (2011)と同じ条件で計算を継続した．実験 A と実験 B とともに，初期のスーパーローテーションは時間とともに弱まり，静止大気を初期値とした実験と同程度の風速になった．このように静止大気を初期値とした実験に漸近していく特徴は，Yamamoto and Takahashi (2009)のニュートン冷却を用いた長時間実験と同様である．

アプローチ (4) では，高度 40 km 以下の下層大気の帯状平均東西流を 3 地球日の時定数で分布 A に緩和させた実験 C と分布 B に緩和させた実験 D を行っ

た. ここで, 実験 C (実験 D) の計算開始 10 金星日については実験 A (実験 B) と同じ方法で初期スーパーローテーションを生成し, 10 金星日以降に下層大気の帯状平均東西風成分のみ 3 地球日の時定数で背景流に緩和させた. どちらの実験も 200 金星日以降, ほぼ平衡に達する. 雲頂より下の東西風は, 仮定した背景風強度に依存し, 実験 C では赤道で 140 m/s の高速流が形成され, 実験 D では 120 m/s の赤道風が形成される. 雲頂より上では, 140 m/s を超える中緯度ジェットがこの 2 つの実験で共通に見られる. 上層大気では, 東西風減速や太陽光加熱によって 10 m/s を超える強い極向き帯状平均子午面流が出現する. 実験 D では, 低緯度の雲頂付近で 1 m/s の極向き帯状平均子午面流が形成され, 中緯度ジェット付近で間接循環が形成された.

### 3. 今後の展望

上記のアプローチ (4) に基づいて, 十分に発達したスーパーローテーションが維持されている金星中層大気を Ikeda (2011) の GCM でシミュレートした. 今後は, 観測に近い風速・温度場を初期値や背景場として用いることで, より現実的な金星中層大気の波動解析や熱・運動量収支解析を行いたいと考えている.

### 参考文献 :

- Ikeda, K., 2011: Development of radiative transfer model for Venus atmosphere and simulation of superrotation using a general circulation model, *Ph.D. Thesis, The University of Tokyo*, 78 pages.
- Imamura, T., T. Higuchi, Y. Maejima, M. Takagi, N. Sugimoto, K. Ikeda, and H. Ando,

2014: Inverse insolation dependence of Venus' cloud-level convection, *Icarus*, **228**, 181-188.

Hou, A. Y., and B. F. Farrell, 1987: Superrotation induced by critical-level absorption of gravity waves on Venus: An assessment. *J. Atmos. Sci.*, **44**, 1049-1061.

Yamamoto, M. and M. Takahashi, 2009: Dynamical effects of solar heating below the cloud layer in a Venus-like atmosphere, *J. Geophys. Res. Planets*, **114**, E12004.