

金星大気惑星規模波動の再現に向けたデータ同化による研究

清泉女学院高等学校 白坂 翠萌(高校2年) 豊島岡女子学園 細野 朝子(高校3年)

慶大 杉本 憲彦、藤澤 由貴子、阿部 未来 京産大 安藤 紘基、高木 征弘 九大 山本 勝

1. はじめに

金星大気の赤道域の雲層上端(約70km)には、観測により4日周期の「赤道ケルビン波」と考えられる惑星規模の波動が見つかっている[1]。赤道ケルビン波は金星の自転速度の60倍もの速さで循環する東風「スーパーローテーション」の生成維持に寄与する可能性が指摘されている。しかし、これまで国内外の金星大気大循環モデルにおいて赤道ケルビン波は十分に再現されておらず、観測とモデルの結果には乖離がある。

我々はこれまでに、金星大気大循環モデル(AFES-Venus)及び、局所アンサンブル変換カルマンフィルター(LETKF)を用いた金星大気データ同化システム(ALEDAS-V)を開発してきた[2, 3]。本研究では、金星衛星観測立案に向けて様々な波長帯のカメラを想定し、水平風速の擬似観測データを観測高度、観測数、時間間隔等の条件を変えて作成し、観測システムシミュレーション実験(OSSE)を行う。そして、赤道ケルビン波の再現性から衛星観測の有用性を検討する。

2. 実験設定

金星 AFES の基礎方程式はシグマ座標系における乾燥大気の球面プリミティブ方程式で、物理パラメータは金星の観測値に基づく。解像度は T42L60(格子点数 $128 \times 64 \times 60$)である。初期値にはスーパーローテーションを仮定した東西風を設定し、4地球年間のスピニングアップを行った。得られた風速場は観測と整合的である[4]。

データ同化には LETKF を使用した。アンサンブルメンバー数は31で、同化サイクルを6hとして、観測ウィンドウは1hである。インフレーションは10%で固定した。

擬似観測データは、赤道ケルビン波の再現に向けて波強制を下端30kmから与えている CCSR/NIES 金星 AGCM のデータ[5]から作成した。水平風速の擬似観測データとして、観測高度を10km毎に30-70kmで5種類、観測緯度帯を5種類、時間間隔を6種類に設定した。擬似観測データを z50130h6 と表した場合、高度50kmの緯度幅南北30度を6時間ごとに観測したものである。同化実験は、z、1、hの値を変えた42種類行った。

衛星観測の有用性は、赤道ケルビン波の再現性で判断し、データ同化をしていない frf (free run forecast) との比較により検討する。

3. 結果と考察

図1(a)は、データ同化を行っていない実験(frf)、(b)は、高度30kmに対して24時間に一度、データ同化を行った結果である。データ同化を行うことにより、赤道域におけるケルビン波の上方伝播が再現された。

図2(a)はデータ同化を行っていない実験(frf)、(b)は高度30kmに対して1時間に一度、(c)は24時間に一度データ同化を行った結果、(d)は高度30kmで観測の時間間隔を変えた各ケースについての、東西風の frf との平均二乗偏差(RMSD)である。観測頻度が多いと全球的な平均的な循環構造がこわれてしまっている。これは、RMSDをみても分かる。

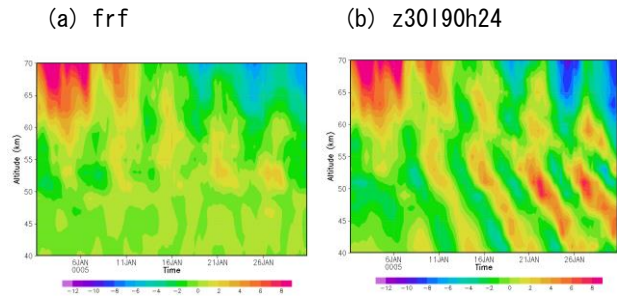


図1. 東西風の擾乱の高度時間断面(赤道の経度0度)

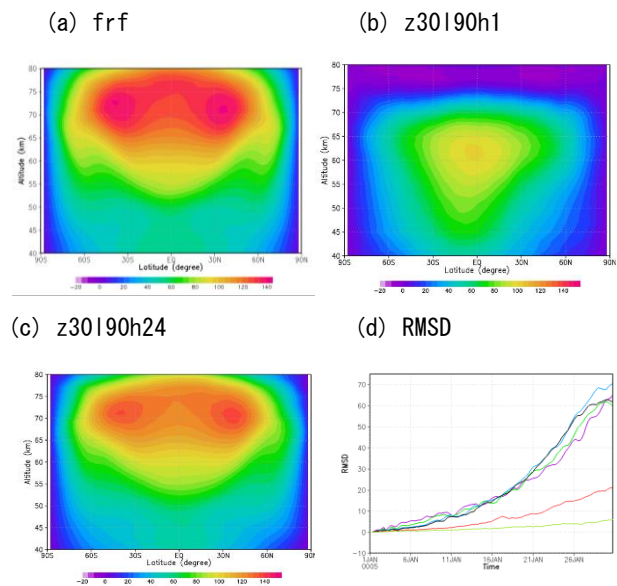


図2. 東西平均東西風の緯度高度断面、及び東西風の高度70kmでの frf との平均二乗偏差(紫:h1、緑:h2、青:h4、黒:h6、赤:h12、黄緑:h24、緯度-90-90度、経度0-360度)

4. おわりに

今回の研究では、高度30kmで同化し、1日1回(h24)の観測をすると、最も実際のデータに近い赤道ケルビン波を再現できることが分かった。また、観測頻度により、大気大循環にも大きな影響を与えることが分かった。今後は、観測頻度が多い時に、循環構造を壊さずに波の再現性を高める方法を検討したい。

謝辞

本研究を進めるに当たり、研究を資金等の面で支援してくださった JST の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Del Genio and Rossow (1982) *Icarus*, 51, 391-415
- [2] Sugimoto et al. (2017) *Scientific Reports*, 7, 9321
- [3] Sugimoto et al. (2019) *JSCE*, A2 75(2), 477-486
- [4] Sugimoto et al. (2014) *GRL*, 41, 7461-7467
- [5] Yamamoto et al. (2012) *Icarus*, 217, 702-713