

金星大気の衛星間電波掩蔽観測ミッションの立案に向けたデータ同化による研究

豊島岡女子学園 細野朝子(高校2年) 横浜雙葉学園 菊池由佳子(高校3年)

慶應義塾大学 杉本憲彦、阿部未来 京都産業大学 安藤紘基、高木征弘

バスク大学 Itziar Garate Lopez ソルボンヌ大学 Sebastien Lebonnois NASA/JPL(ジェット推進研究所) Chi Ao

1. はじめに

金星大気の高高度約 65 kmでは、極域が周囲に比べて高温に、その周辺の緯度 60–80° が低温になる「コールドカラー」と呼ばれる金星特有の現象がある。

これまで我々のグループでは、金星大気大循環モデル (AFES-Venus)を開発し、コールドカラーの再現に世界で初めて成功した[1]。また、局所アンサンブル変換カルマンフィルター (LETKF)を用いた世界初の金星大気データ同化システム (VALEDAS)の開発にも成功している[2]。

本研究では、NASA/JPLで計画されている衛星間電波掩蔽観測を想定した観測システムシミュレーション実験 (OSSE)を実施した。疑似観測データは、コールドカラーをよりよく再現しているフランスの金星大気大循環モデル (LMD/VGCM)から作成[3]し、観測緯度、観測地点数、時間間隔等の条件を変え、コールドカラーの再現性を調べ、観測ミッションの有用性を検討した。

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 128×64×60)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 地球年間のスピンアップを行った。得られた風速場は観測と整合的である[4]。また、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。

衛星間電波掩蔽を想定した疑似観測データとして、定点で温度の鉛直分布(20-45km)を与え、観測誤差は 3K に固定した。観測条件を変えたものを計 28 種類用意し、それぞれデータ同化をした。疑似観測データを 185x3h6 と表した場合には北緯 85° の経度方向に 120° ずらした 3 つの地点を 6 時間ごとに観測したものであり、1、x、h の値を変えた 27 種類を用意した。また、frf (free run forecast)はデータ同化をしていないものを指す。

衛星間電波掩蔽観測の有用性はコールドカラーの再現性で判断できる。すなわち、データ同化をしていない frf との比較により、観測が有効であるかを検討する。

3. 結果と考察

185x1 の全ての場合、185x2 の時間間隔が大きい場合にコールドカラーが再現できていないのに対し、185x2h1、h2 や 185x3 の全ての場合で再現された。すなわち、観測総数が多いほどコールドカラーの再現性は高い。

図 1 は、1 日あたりの観測総数は等しいが、観測地点数が異なる 3 つの場合のアンサンブル平均を比較したものである。185x3h6 のみコールドカラーが再現されたことから、観測頻度よりも観測地点が多い方がコールドカラーを再現できることがわかる。

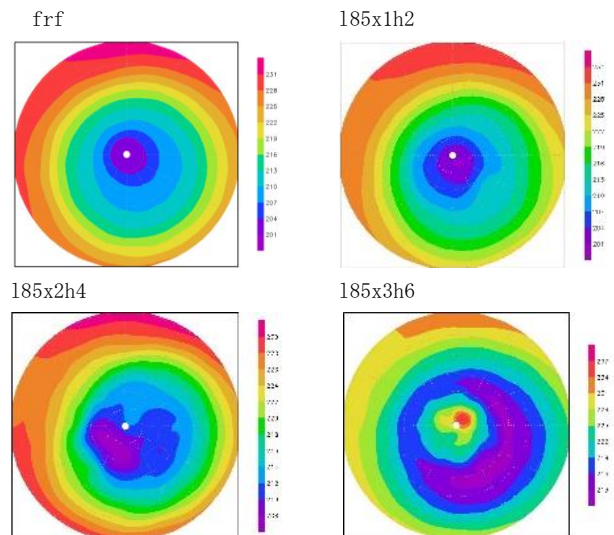


図 1. 観測総数 12 個の場合の北極から見た温度場(高度 66km)

図 2 は frf と 185x3h1 のアンサンブル平均した温度と東西風の経度平均場である。数点の温度場のみの同化であっても、風速を大きく変化させるインパクトがある。

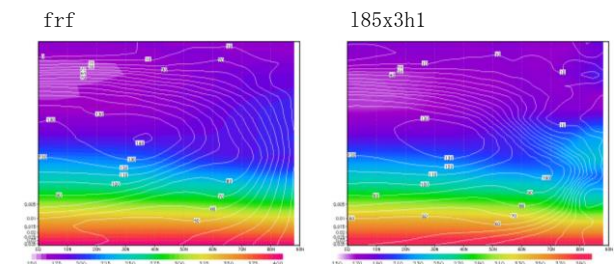


図 2. 温度(色)と東西風(線)の緯度高度断面

4. 結論

今回の研究では、観測頻度よりも観測地点が多い方が重要で、6 時間ごとの頻度でも、3 地点あればコールドカラーが再現できた。さらに、風速にも大きな影響を与えることが示された。実際の衛星間電波掩蔽観測では、3 機の衛星があれば、3 地点を 2h-4h 間隔で観測できる。このような観測であっても、数値モデル内のコールドカラーや風速場の改善が期待される。これは、観測ミッションが有望であることを強く支持する結果である。

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] Ando et al. (2016), Nature Com. 10398.
- [2] Sugimoto et al. (2017), Scientific Reports, 9321.
- [3] Garate-Lopez et al. (2018), Icarus, 314, 1-11.
- [4] Sugimoto et al. (2014), Geophys. Res. Lett., 41, 7461-7467.