

# MEX/PFS で観測された火星大気の季節変動について

佐藤隆雄<sup>1</sup>、藤原均<sup>1</sup>、笠羽康正<sup>1</sup>

1: 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

## 1. 序論

火星には季節が存在するが公転軌道の離心率が大きく、南半球の夏至点と近日点が近いために、北半球に比べて南半球の夏の方が日射はかなり強くなる。また大気は非常に希薄(地表面気圧： $\sim 6$ hPa)であり、熱容量が小さいために日変化が顕著である。全球に存在するダストは太陽光を吸収し直接大気を加熱する。従ってその分布を知ることは火星大気大循環を理解する上で重要な要素となる。

Mars Global Surveyor (MGS) に搭載されている Thermal Emission Spectrometer (TES) は約 3 火星年 (MY24-26) にわたるマッピング観測を行い、これにより求めた温度、ダスト・氷 ( $H_2O$  の氷、ここからは単に氷とする) の光学的厚さから現在の火星気候について議論できるようになってきた [Smith, 2004]。

本研究では、Mars Express (MEX) に搭載されている Planetary Fourier Spectrometer (PFS) によって得られた約 3 火星年 (MY27-29) の温度、ダスト・氷の光学的厚さから TES で得られた期間の、その後の火星気候について評価することを目的としている。

## 2. MEX/PFS データ

MEX は 2003 年 12 月 25 日に火星周回軌道に投入されて以来、今日まで定常的に火星を観測している。投入された軌道は非太陽同期軌道のため、Ls と LT が依存関係にあるものの、ほぼ全 LT を観測できるという特徴をもつ。PFS は 2 つのフーリエ分光計からなり、今回利用したデータは long-wavelength channel (LWC) から得られたものである。LWC は波長範囲が  $250-1,700\text{ cm}^{-1}$  で、近火点での空間分解能は  $\sim 12\text{ km}$  となる。波長分解能は  $\sim 2\text{ cm}^{-1}$  で、TES の波長分解能 ( $5$  または  $10\text{ cm}^{-1}$ ) に比べて、波長分解能が高いことが分かる。

今回用いたデータセット [Grassi, private communication] は温度 (地表 $\sim 45\text{ km}$ )、ダストの光学的厚さ ( $1,100\text{ cm}^{-1}$ )、氷の光学的厚さ ( $830\text{ cm}^{-1}$ )、表面気圧といった物理パラメータから構成されている。データ期間は orbit 10-7,118 で、合計 335,563 点からなる。現時点では装置の特性上ダストストーム時のデータは含まれていない。また Noise Equivalent Radiance (NER) から推定される誤差は  $2\text{ K}$  ( $15-25\text{ km}$ )、 $0.03$  (各光学的厚さ) となっている。

### 3. 結果

図1は0.5 mbar (~25 km)における温度、ダスト・氷の光学的厚さの緯度分布の季節変化である。

- ダストは  $L_s=270^\circ$  付近で光学的に厚くなる。
- 0.5 mbar における温度は、aphelion season ( $L_s=0-180^\circ$ ) と perihelion season ( $L_s=180-360^\circ$ ) で約 20 K ほど異なっているが、年間を通して赤道に対して対称的な温度構造をしている。またダストの光学的厚さの増大に対して、非常に速い温度応答を示している。ダストが光学的に厚くなる  $L_s=270^\circ$  では、温度が約 20 K 上昇している。一般にダストは太陽光を吸収し、大気を加熱する。従ってこの昇温は、ダストの増大によって大気加熱の割合が増し、その結果ハドレー循環や熱潮汐波が強化されているためと考えられる。
- 氷の光学的厚さは、 $L_s=90^\circ$  付近において赤道域で厚くなる。一方  $L_s\sim 270^\circ$  付近においては、南半球の中緯度で氷雲が極めて少ないことが分かる。これは南半球に比べて、北半球の極域に水蒸気が相対的に多く存在しており、かつ“hygropause”と呼ばれる低緯度域の水蒸気の存在限界高度が、北半球の夏では低いために、ハドレー循環によって輸送された水蒸気が雲になりやすいことを示している。

PFS データで得られた結果は MGS/TES によって明らかにされた描像 [Smith, 2004] と定性的に一致しており、MY24-29 にかけて火星気候の特徴に変化はないことが分かった。

図2は0.5 mbar (~25 km)における全球平均した温度の年変動である。各  $L_s$  における LT の不均一性はあるものの、aphelion season では年変動がほとんどないことが見てとれる。温度は、 $L_s=30-60^\circ$  で最小 (~160 K) となる。perihelion season はダストが多いときのデータが含まれていないため、定量的な評価はできないが、ダストの量に応じた年変動を示しているのは明らかである。

aphelion season では年変動が小さいという結果に基づき、年平均した  $L_s=30-60^\circ$  における温度の日変化を図3に示す。

図3によると、15-21 時では緯度に対して2つの極大値を持つ温度構造が顕著になることが分かる。この温度構造は Viking/IRTM や MGCM によって得られた  $T_{15}$  における日変化 [Wilson and Richardson, 2000] と定性的に一致している。赤道域における温度の日変化の構造は鉛直伝搬する一日潮によるものと考えられており、MGCM では 3h 付近に極大値を持つ [Wilson and Richardson, 2000]。しかし今回用いたデータは midnight 付近のデータがないため、これ以上の比較は困難である。

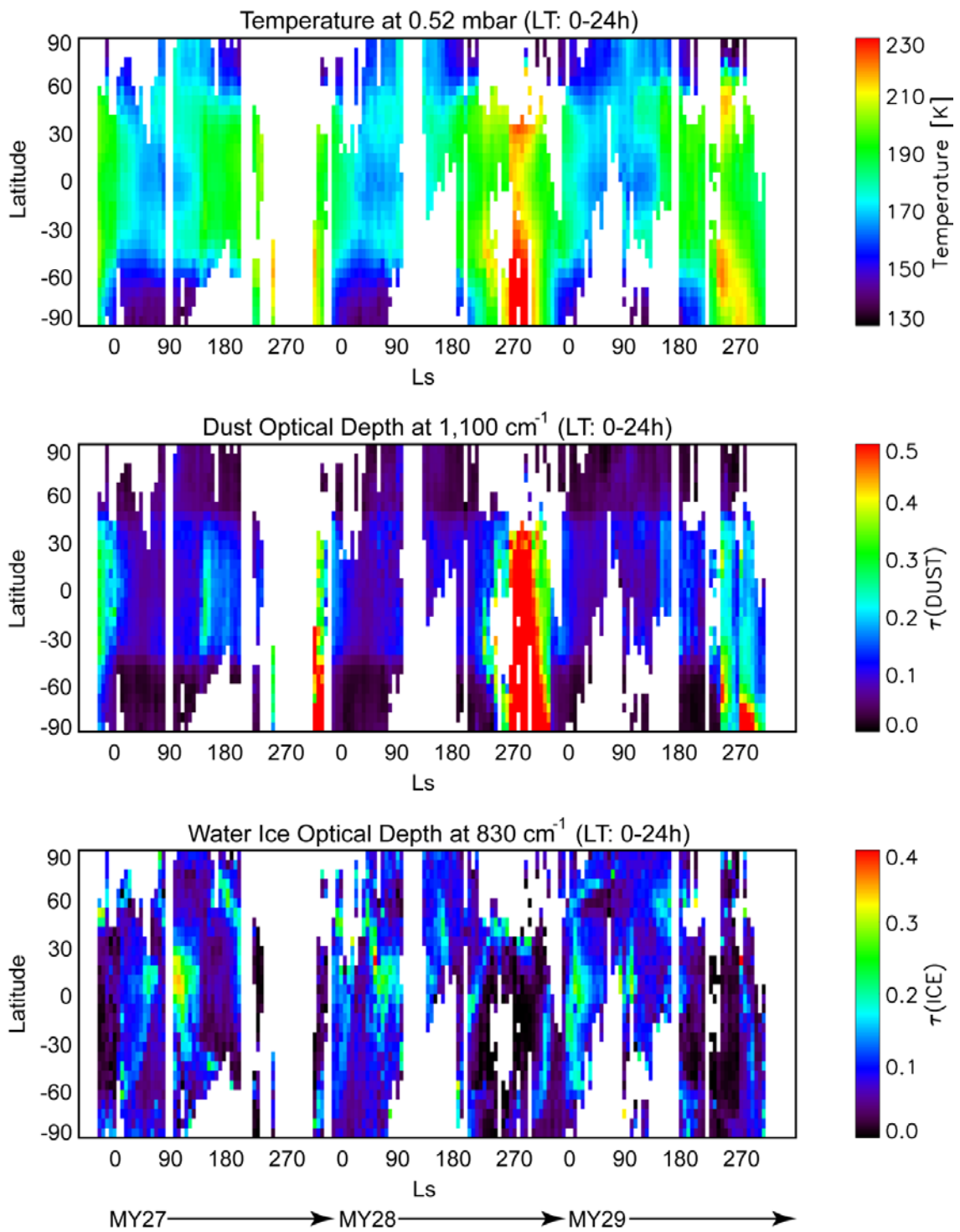


図1. 0.5 mbar (~25 km)における温度、ダストの光学的厚さ、氷の光学的厚さの緯度分布のLs変化.

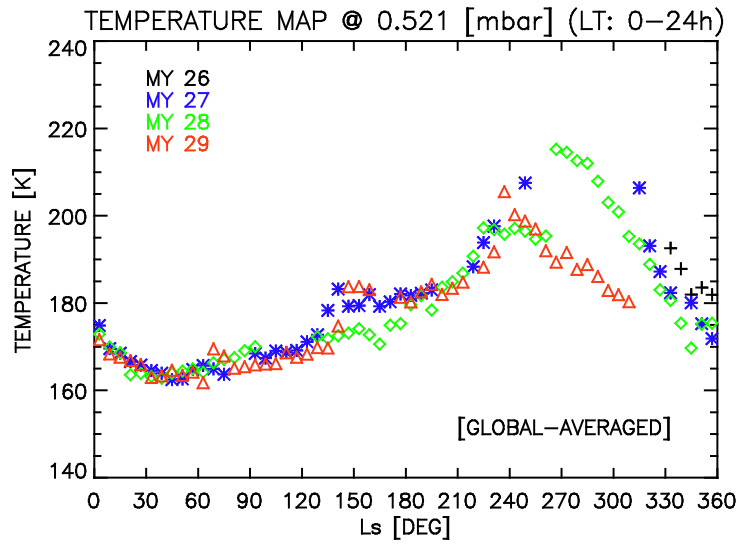


図 2. 0.5 mbar (~25 km) における全球平均した温度の年変動.

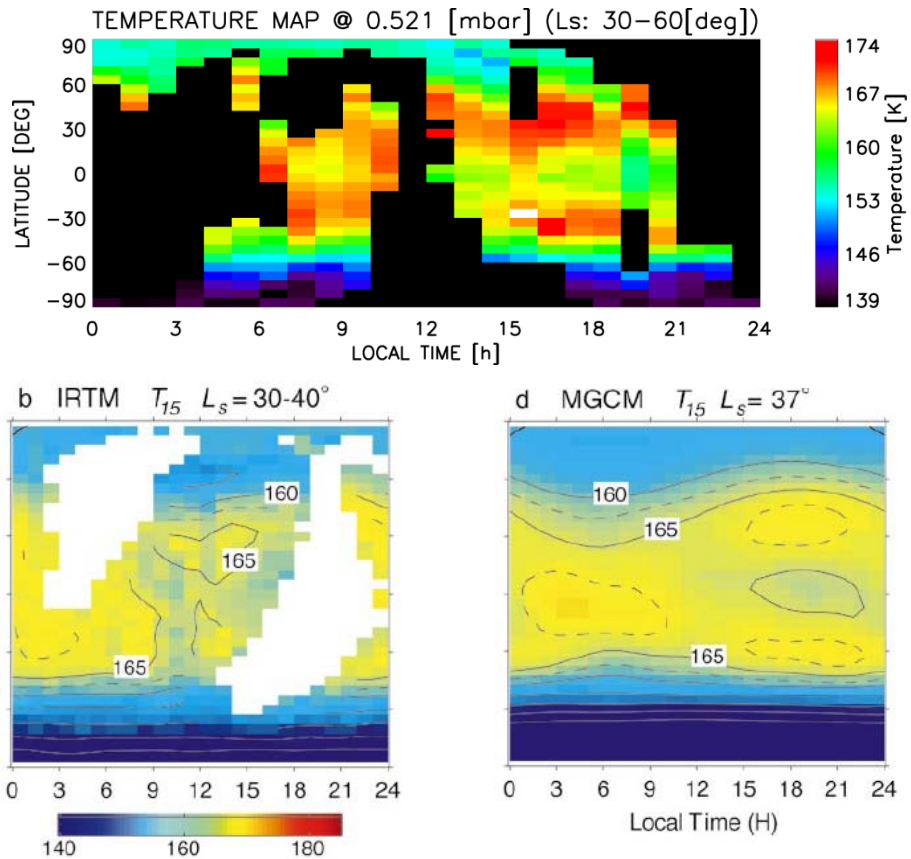


図 3. (上) 年平均した  $L_s=30-60^\circ$  における温度 (~25 km) の日変化、(左) Viking/IRTM によって観測された  $L_s=30-40^\circ$  における温度 ( $T_{15}$ ) の日変化、(右) MGCM によって求められた  $L_s=37^\circ$  における温度 ( $T_{15}$ ) の日変化 [Wilson and Richardson, 2000].

#### 4. まとめ・今後

・ Mars Express (MEX) に搭載されている Planetary Fourier Spectrometer (PFS) によって取得された約 3 火星年 (MY27-29) の温度、ダスト・氷の光学的厚さから季節変動を評価した。その結果 MGS/TES によって明らかにされた気候 (MY24-26) と比べて定性的に変化がないことが分かった。

・ aphelion season では年変動がほとんどないため、 $L_s=30-60^\circ$  における年平均した温度の日変化を調べた。15-21 時にかけて緯度に対して 2 つの極大値をもつ温度構造があることが分かったが、midnight 付近のデータがないため、Viking/IRTM や MGCM によって得られた日変動と詳細な比較をすることは困難である。

・ 本集録では割愛したが、現在 PFS の温度データを用いて熱潮汐波を調べている。LT を固定した温度の経度分布から、高度約 40 km において波数 3 構造があることが分かった。今後は得られた波数 3 構造がどういう波に対応しているのか特定し、さらに熱潮汐波の緯度分布や LT 依存性を調べていく予定である。

#### 5. Reference

Smith, M. D. (2004), *Icarus*, 167, 148-165.

Wilson, R. J. and Richardson, M. I. (2000), *Icarus*, 145, 555-579.