

# 惑星大気大循環モデルDCPAM5を 用いた火星大気環境の再現

神戸大学理学部惑星学科  
流体地球物理学教育研究分野  
永峯 蒼大

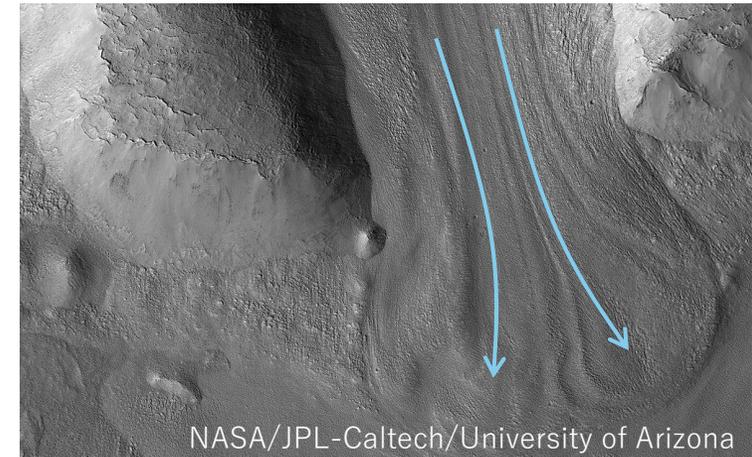
# 火星の特徴

## 火星大気

- 火星の表面気圧は地球の約0.006倍
- 火星の表面温度は210Kと低温
- ダストが舞うことがある

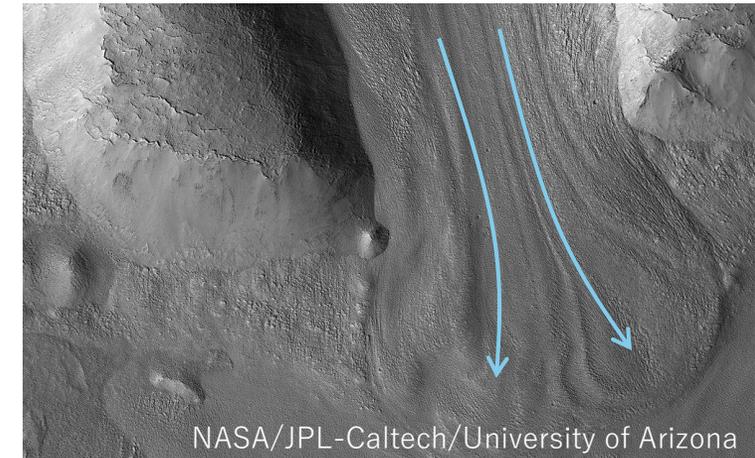
## 氷河地形

- 火星にも氷河の痕跡を示す地形がある



# 火星の特徴

- 惑星表面に氷がない場所にも氷河地形がある  
→過去にはそこに氷河があったはず
- 複数の氷期のうちどの期間に氷河地形が形成されたか
  - 古代火星の条件で数値シミュレーションすれば、時代を特定する手がかりになる



# 研究の目的

- 現代の火星大気を大気大循環モデルDCPAM5でどの程度再現できるのかを確かめる.

# モデルの概要: DCPAM5

## DCPAM5

- 地球流体電脳倶楽部が開発中の汎惑星大気大循環モデル
- 様々な惑星の大気を一つのモデルで計算

## 今回使用するモデルの構成

- プリミティブ方程式系: 大気運動や圧力変化を記述する支配方程式
- 火星用放射過程: 太陽光紫外線による、大気の加熱冷却を再現する計算
- 鉛直拡散: 小規模運動による熱や運動の鉛直方向に輸送するプロセス
- 乾燥対流調節: 大気的不安定を解消する処理
- バケツモデル: 地面を一つのバケツに見立て、土壤に含まれる水分量を計算する手法

# 実験設定

- 惑星半径: 3396 km
  - 重力加速度:  $3.72 \text{ m/s}^2$
  - 自転角速度:  $7.09 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
  - 乾燥大気分子量:  $43.5 \text{ g/mol}$
  - 定圧比熱:  $0.849 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$
- 
- 積分間隔: 370 秒
  - 積分期間: 5火星年
    - 解析で用いるのは5年目の数値

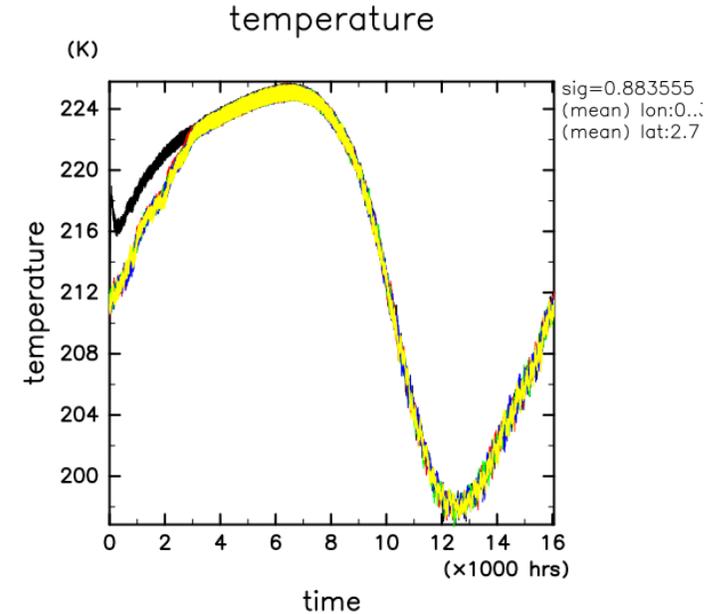


図: 火星の北半球平均温度. 1年  
目から順に黒, 赤, 青, 緑, 黄

# 実験設定

## 空間解像度

- T21L36 (水平方向約 $5.6^\circ \times 5.6^\circ$  格子, 鉛直方向36層)
- model top  $\sim 92$  km

## 初期条件

- 風速 0 m/s
- 地表面気圧 729 Pa
- 比湿 0
- 温度 200 K
  - 微小擾乱含む

# 結果

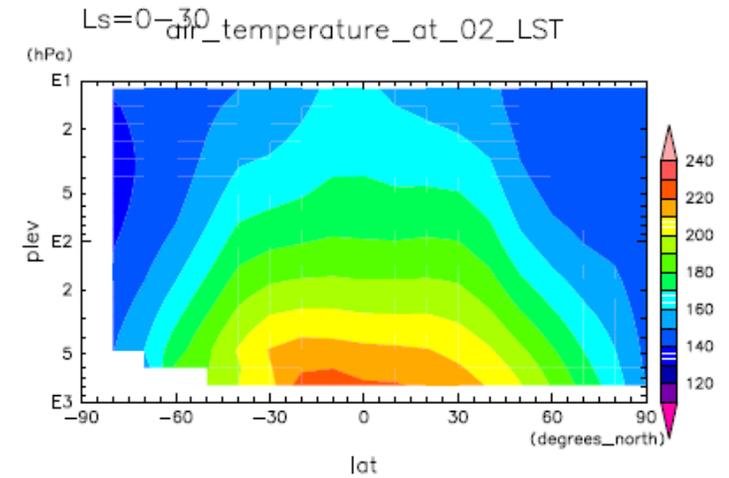
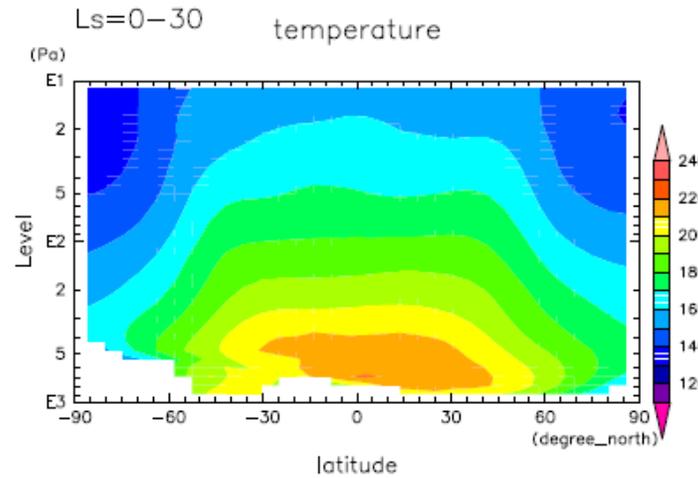
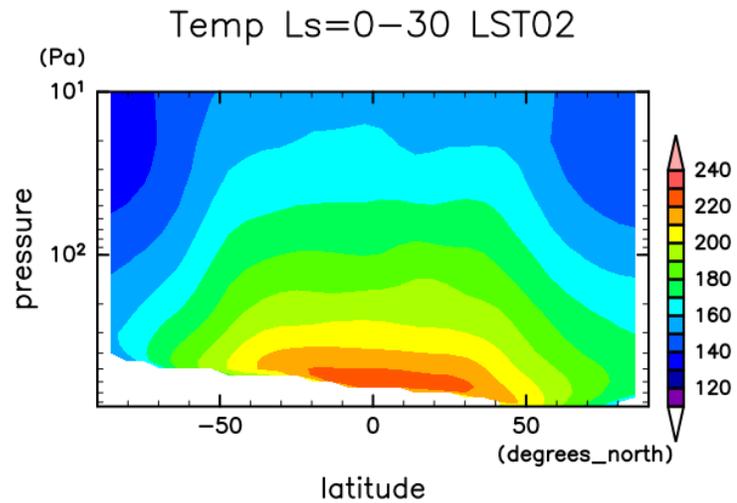


図: lon=0°, 02 LST, Ls=0-30° のTemp

Figure 72: Temp at 02 LST and Ls=0°-30° by dcpam

Figure 75: Temp at 02 LST and Ls=0°-30° by MGS

- 緯度0°が地方太陽時2時のとき, 春分以降1ヶ月間の平均温度(子午面断面)

# 結果

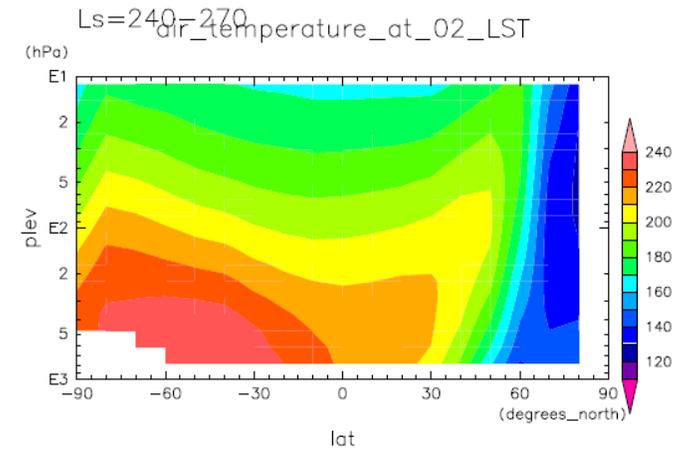
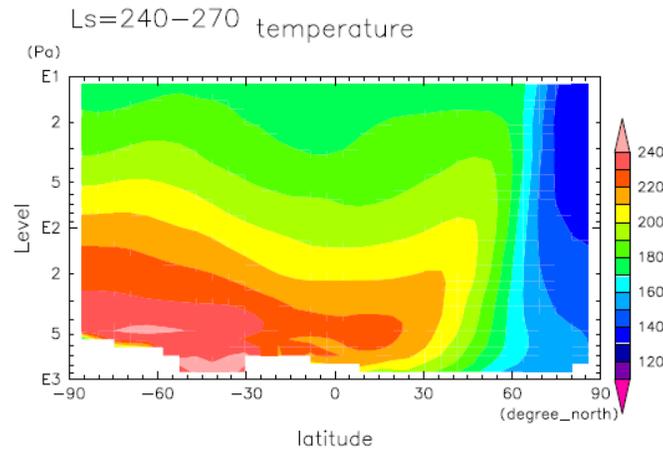
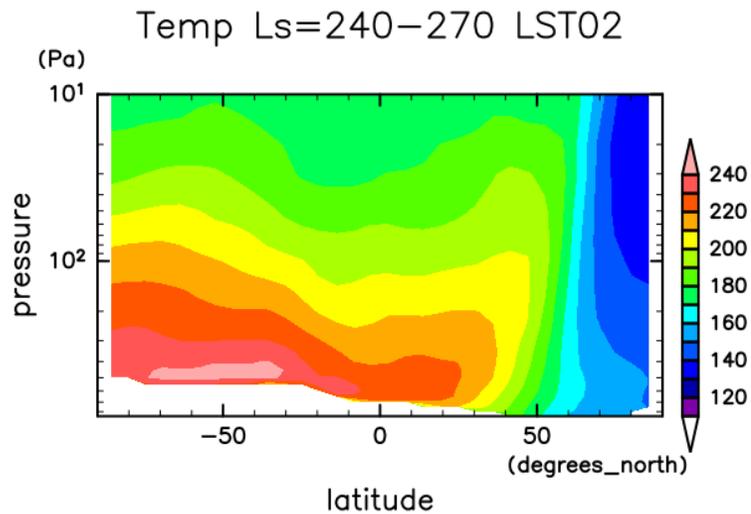


図: lon=0°, 02 LST, Ls=240-270° のTemp

Figure 86: Temp at 02 LST and Ls=240°-270° by dcpam

Figure 89: Temp at 02 LST and Ls=240°-270° by MGS

- 緯度0°が地方太陽時2時のとき, 春分から数えて9ヶ月目(南半球が夏)の平均温度 (子午面断面)

# 結果

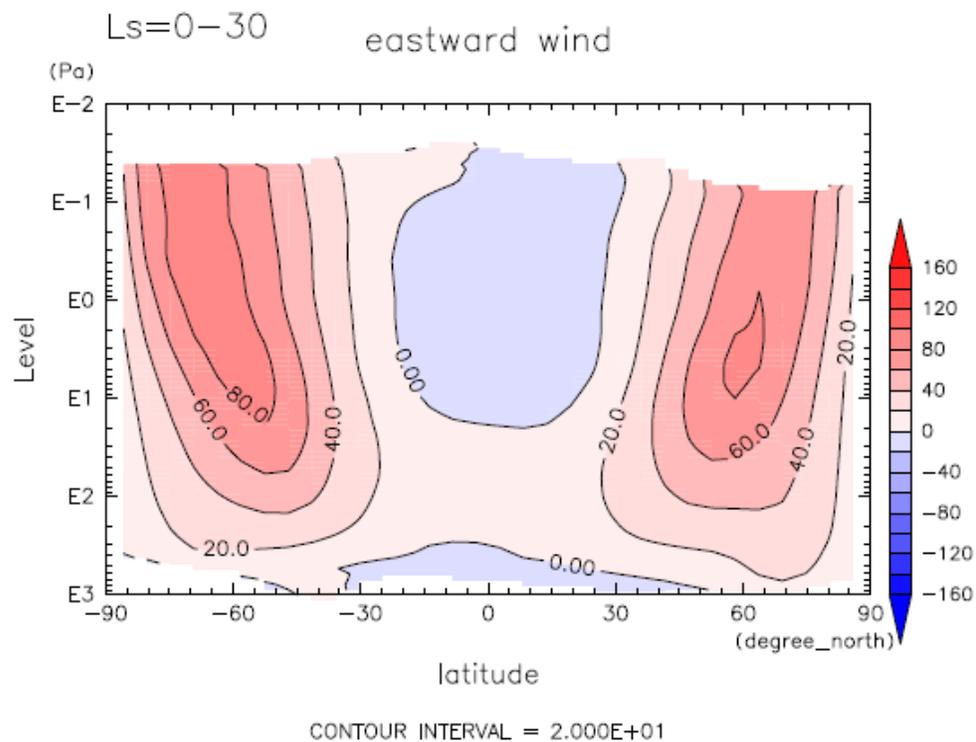
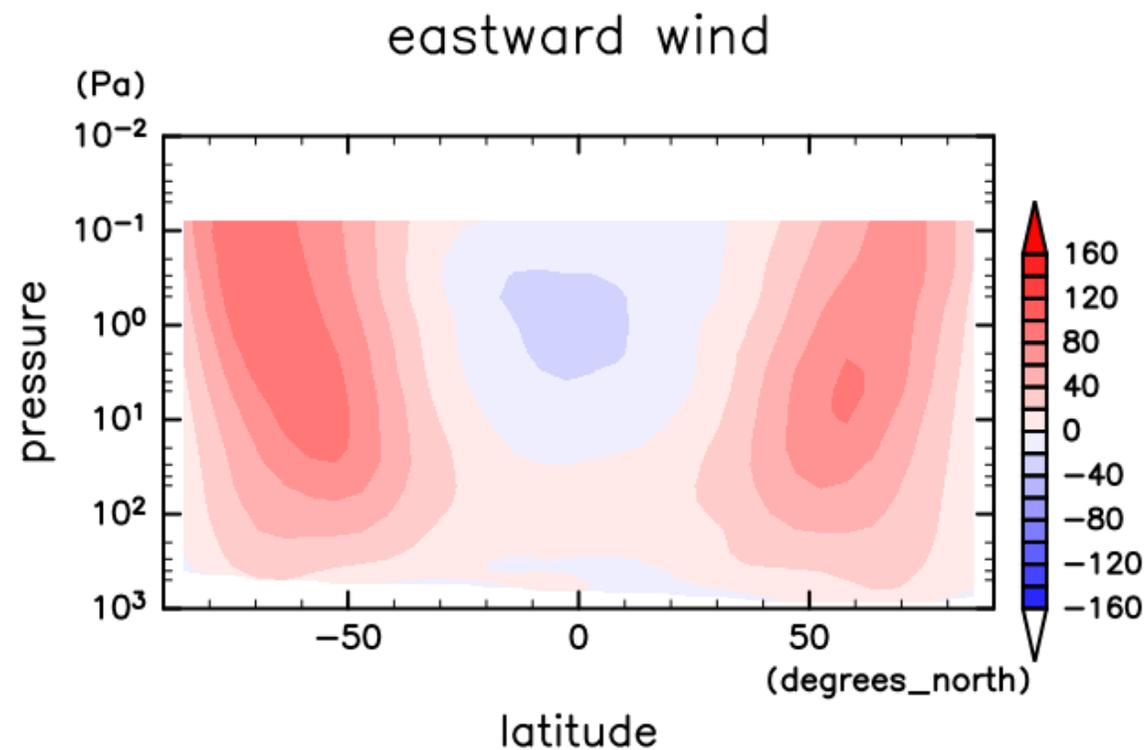
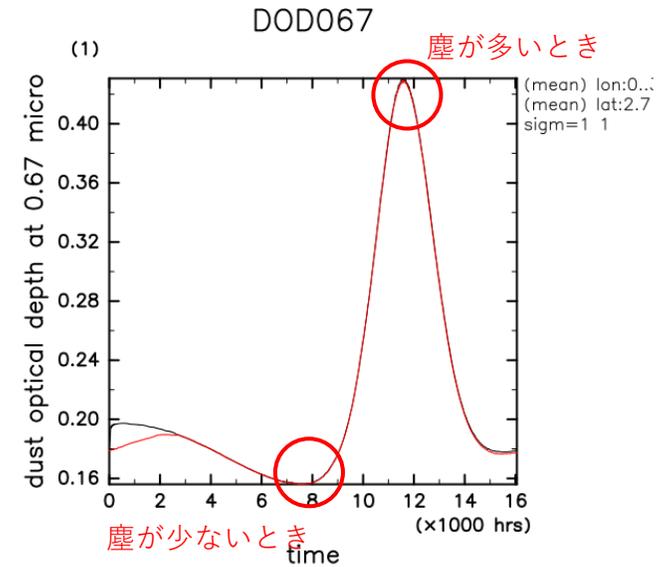
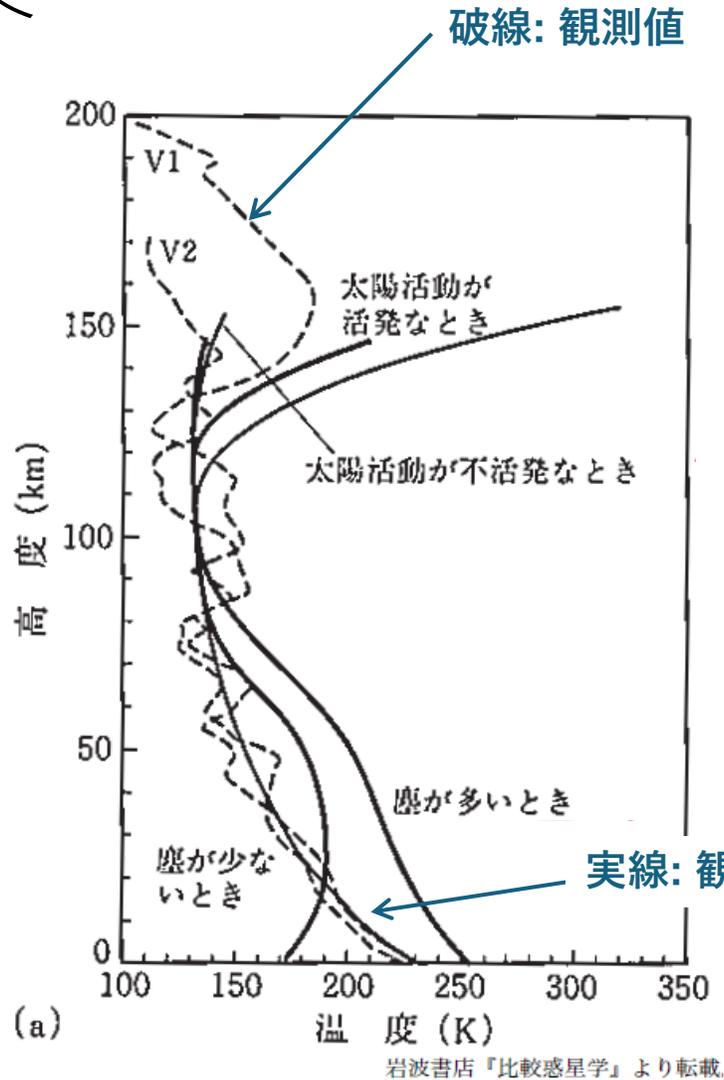


図: 東西風の緯度平均 Ls=0-30

Figure 1: U at  $L_s=0^\circ-30^\circ$  by dcpam

# 結果

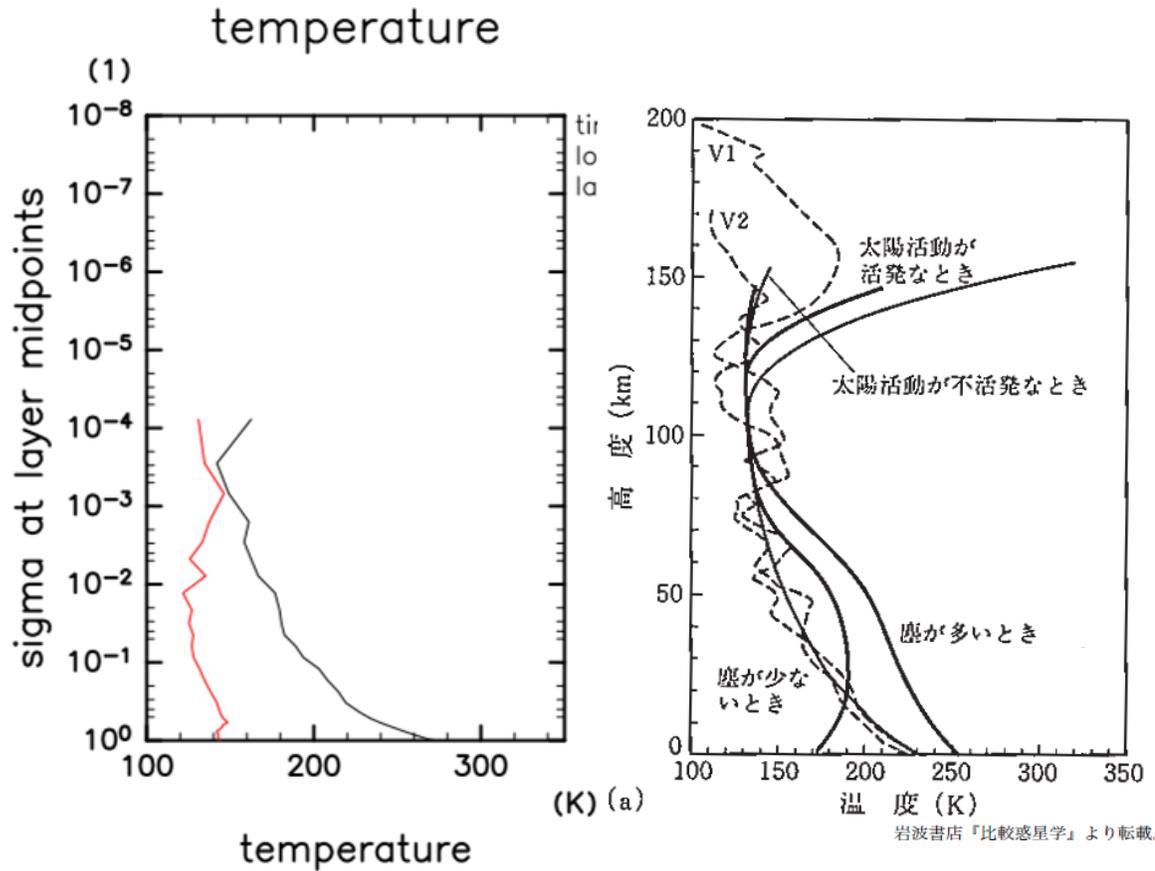


上: 大気的光学的厚さの変化

大気的光学的厚さが大きいとき、塵が多いとし、左の図を再現する。

左: 実線は様々な探査機の結果を総合して得られた平均大気構造  
破線はバイキング1号、2号の測定結果  
太線は比較的塵の多いときと少ないときの温度分布

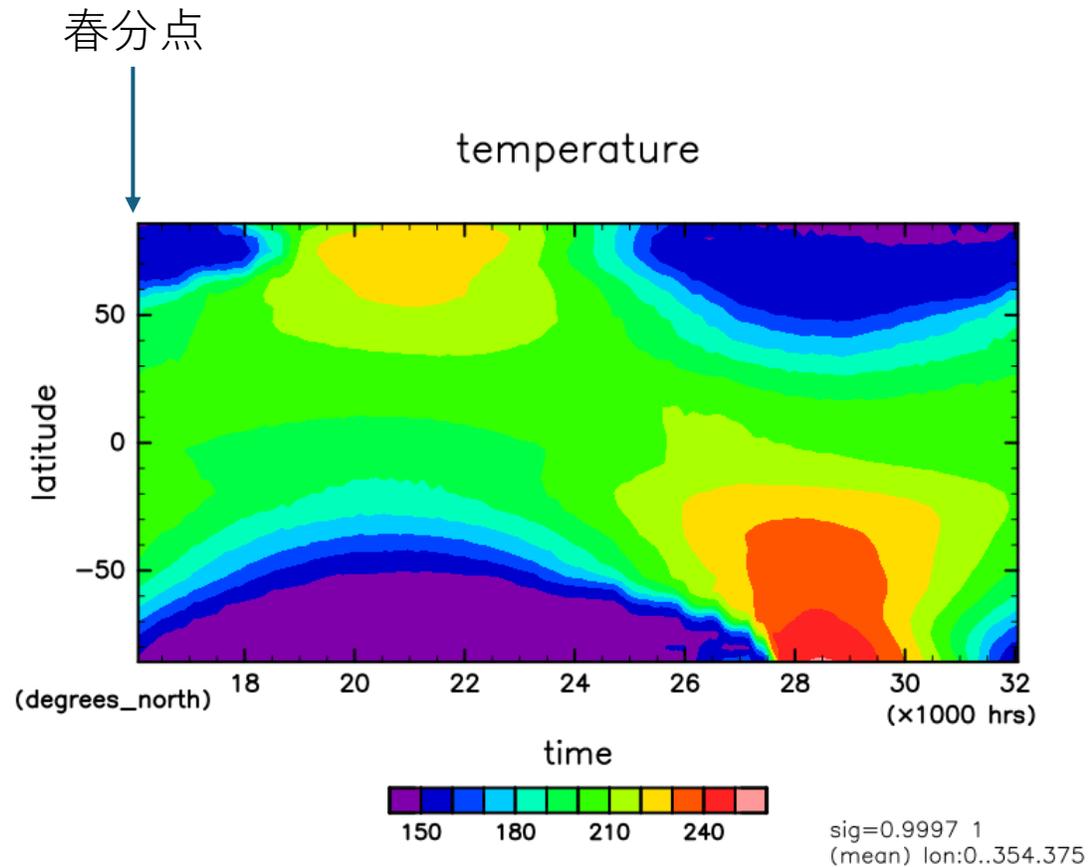
# 結果



黒線: 大気の光学的厚さが最大の時刻・地点  
赤線: 大気の光学低厚さが最小の時刻・地点

→ 光学的厚さが最大の地点の温度構造が「塵が少ないとき」の観測平均に近い。  
光学的厚さが最小の地点は、南半球が夏の北極付ため、ほとんど温度が下降しない。

# 結果



- 大気最下層の東西平均温度
- 南半球の夏は北半球の夏より温度が高い
  - 火星の軌道が楕円であることによって、南半球の夏がより太陽に近い

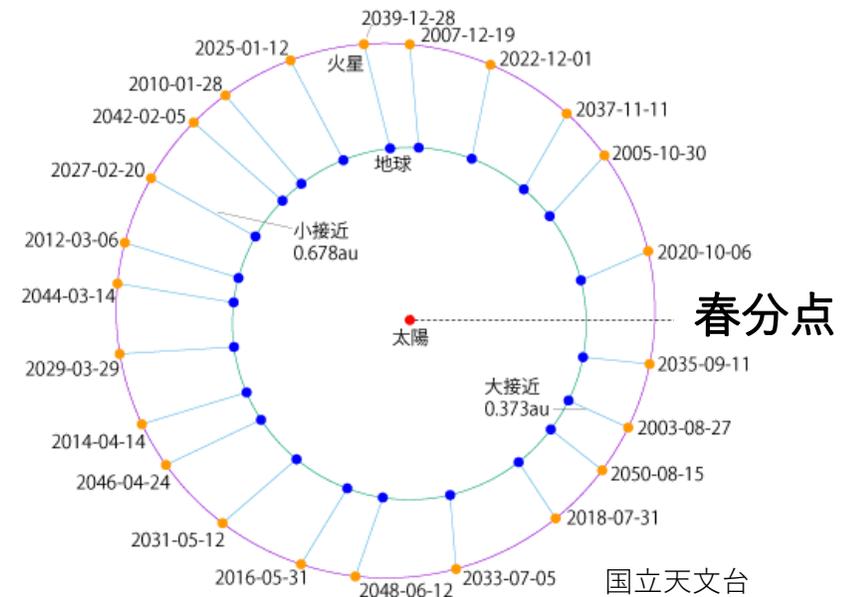


図: 横軸時間, 縦軸緯度, 大気最下層温度の変化 (東西平均)

# まとめ, 今後の課題

- DCPAM5を用いて火星条件での計算ができ, 現代火星の鉛直温度構造や東西平均風速などを出力することができた.
- DCPAMの計算例や観測結果とも概ね合致する結果が得られた.
- $\sigma$  座標から気圧への変換と, 塵量と鉛直温度構造の関係は再現できなかった.
- 古火星環境での計算に応用し, 氷河時代を再現, 氷河地形の形成環境を調査する.