

MAMO 2022

(7th Mars Atmosphere Modelling and Observations/
第7回 火星大気モデリングと観測に関する会議)

参加報告

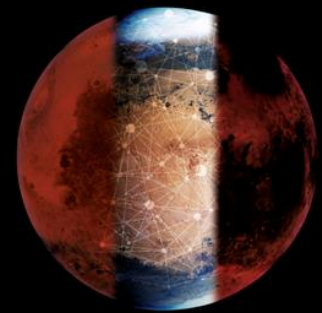
奈良女子大学

野口克行

概要

7th Workshop

Mars atmosphere modelling
and observations



- 2022/06/14-17@パリ・LMD
- 元々は、2020年に開催予定
 - 新型コロナにより延期
- 原則として、対面発表のみ(2, 3人が例外的にZOOM発表)
 - 会議の様子は、ZOOMでも中継
 - 出席せず、アブストラクト提出のみの人もいた
- 参加者 200名以上
 - 口頭約**100件**、ポスター約**140件**
- 発表時間は10分に絞り、質疑応答により重点を置くように配慮されていた

プログラム紹介

- STATUS REPORTS: MODELS & MISSIONS
- SURFACE METEOROLOGY AND BOUNDARY LAYER
- ATMOSPHERIC TEMPERATURES AND DYNAMICS
- GRAVITY WAVES (ポスターのみ)
- DUST AND DUST STORMS
- WATER VAPOR : WHERE DOES IT GO?
- HDO AND THE ESCAPE OF H AND D
- WATER CLOUDS AND GROUND ICE
- WATER VAPOR (ポスターのみ)
- POLAR PROCESSES AND CO₂ ICE
- TRACE GASES AND PHOTOCHEMISTRY
- AIRGLOWS AND AURORAE
- ATMOSPHERIC ESCAPE (ポスターのみ)
- MARS PAST CLIMATES
 - THE HISTORY OF WATER AND ATMOSPHERIC EVOLUTION
 - EARLY MARS
 - RECENT MARS
- FUTURE OBSERVATIONS

モデル (1/3)

NASA/Amesモデル (Kahre et al.)

- 力学コアを、latitude-longitude dynamical coreから NOAA/GFDL cubed-sphere finite volume (FV3) に更新。
- 「極問題」を回避。並列化・高分解能化。
- 現在の火星と、初期火星のシミュレーション

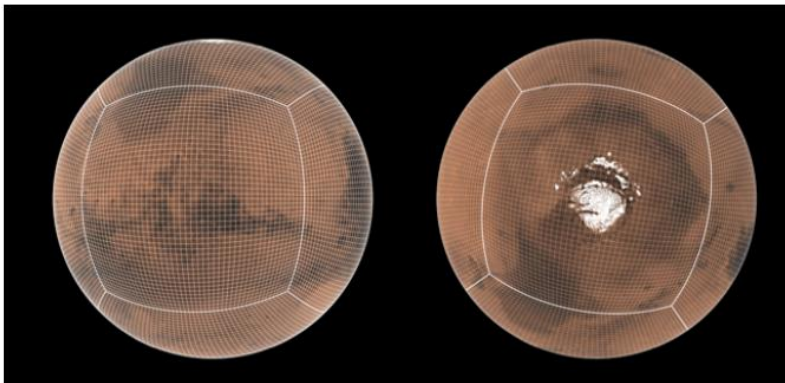


Figure 1: The Cubed-sphere grid.

モデル(2/3)

フランス LMD (Forget et al.)

- 従来のネーミングを変更

LMD GCM → 惑星名 + Planetary Climate Model (PCM) + 力学コア名

例: Mars PCM-Dynamico

政治的? な背景もあるみたいですよ...

- 力学コアは、4通り

1. LMDZ (latitude-longitudeグリッド)、MCD 5&6に使用
2. UK-spectral、MACDAに使用
3. Dynamico: Quasi-uniform icosahedral-hexagonal モデル
4. WRF: Weather Research and Forecasting、メソスケール

モデル(3/3)

- ベルギー GEM-Mars GCM at BIRA-IASB (Neary and Daerden)
 - 力学コア: 地球気象予報用のGlobal Environmental Multiscale Model(カナダ)を利用
 - 化学寄り(?), TGO/NOMADのデータ解析などに利用

以下、ポスター

- ROCKE-3D GCM (Aleinov et al.) 米・コロンビア大
 - Resolving Orbital and Climate Keys of Earth and Extraterrestrial Environments with Dynamics
- Met Offices Unified Model (Mcculloch) 英

データ同化

MACDA IIIによる、
ダストストームの3次元的な再現(Read et al.)

- UK-LMD MGCM, v5.1.3
- ダストの高度分布 (MRO-MCS) も利用

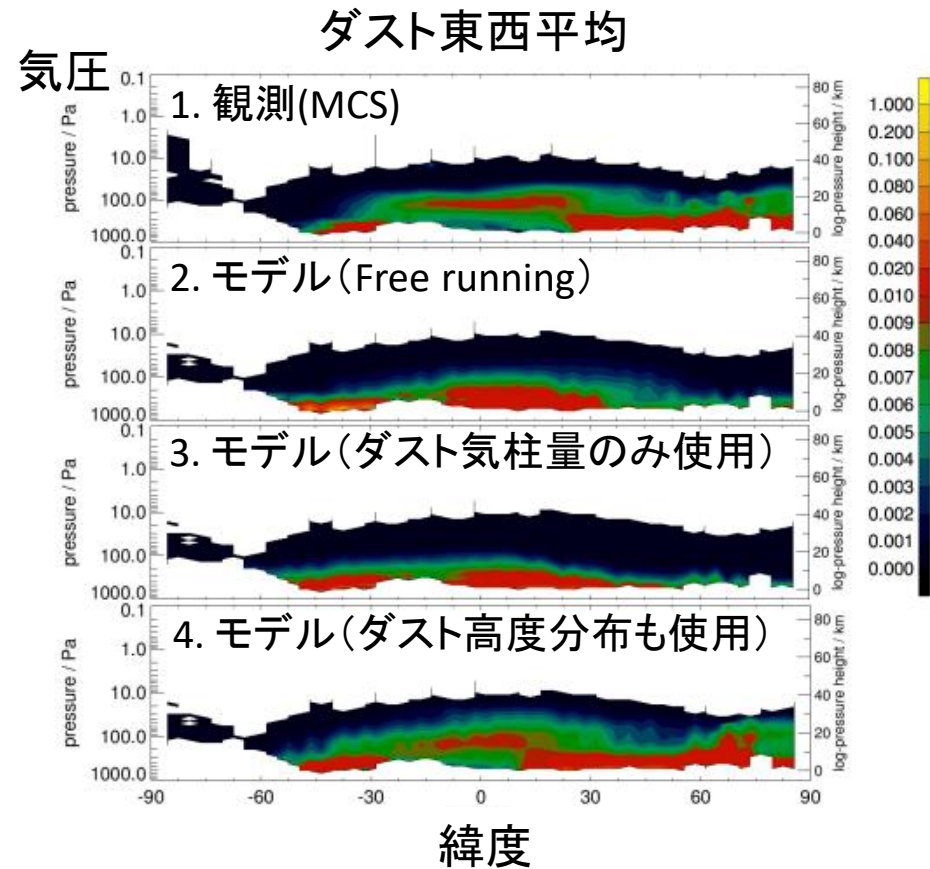


Figure 4: Night-time (18:00-06:00 local time) zonal-time mean dust opacity (km) during MY28 $L_s = 122.5^\circ$, with detached dust layers. From top: MCS observations, free-running model, CIDO-only reanalysis, joint CIDO/LIDO reanalysis. Time averages are over $5^\circ L_s$.

探査ミッション (1/2)

EMIRATES MARS MISSION (EMM)

- 探査機名 : HOPE
- アラブ首長国連邦 (と米国・NASA)
- 2020年7月打上、2021年5月から科学観測開始
- 赤道軌道(近・遠火点 20,000/43,000km)のため、**日内変化(ローカルタイム依存性)**を観測可能
- 科学測器
 1. 赤外分光 : Emirates Mars InfraRed Spectrometer (EMIRS)
 2. 紫外・可視画像 : Emirates eXploration Imager (EXI)
 3. 紫外分光 : Emirates Ultraviolet Spectrometer (EMUS)

水氷雲(EMIRS)(Atwood et al.)

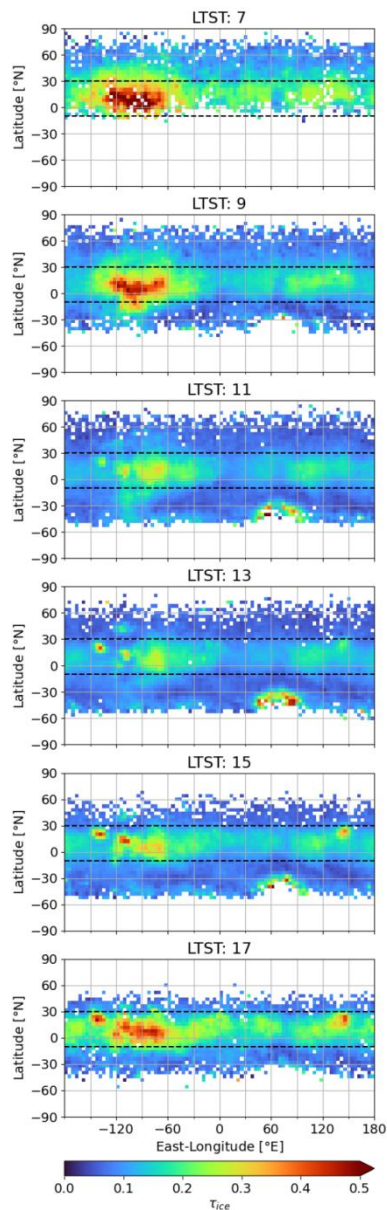


Figure 1 EMIRS aphelion-season averaged water ice cloud optical depths for six local times. Bins of 2-hr LTST, $4^\circ \times 4^\circ$ latitude-longitude averages were smoothed by 2-D Gaussian kernel convolution.

水氷雲(EXI)(Wolff et al.)

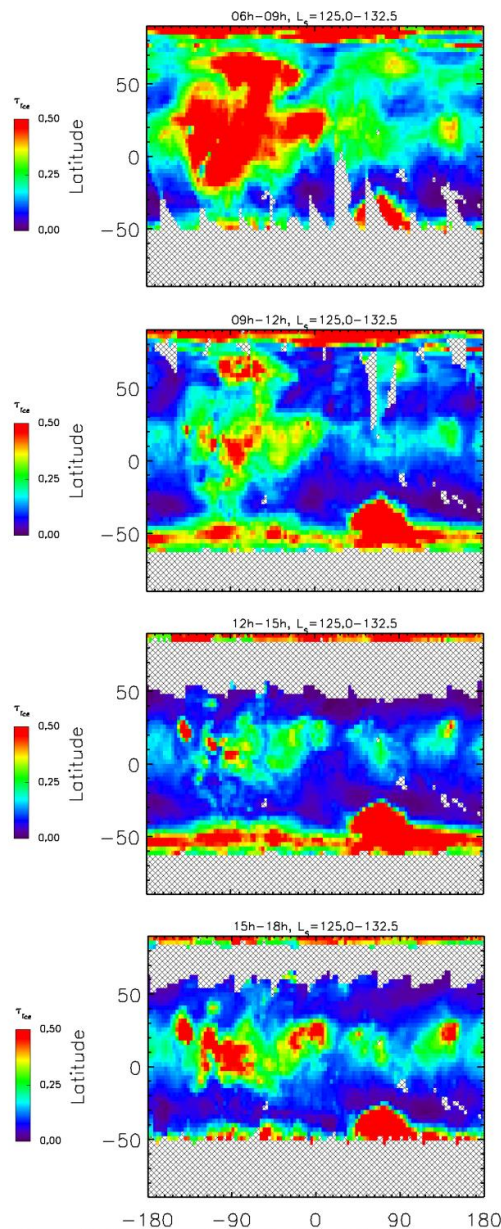


Figure 5: LTST-spatial evolution of the cloud optical depth at mid-summer in the northern hemisphere. To increase spatial resolution, 3 hour LTST bins are used.

雲は、日内変化もLs変化のよう
にかなり大きいことが示されて
いた

ダスト(EMIRS)(Badri et al.)

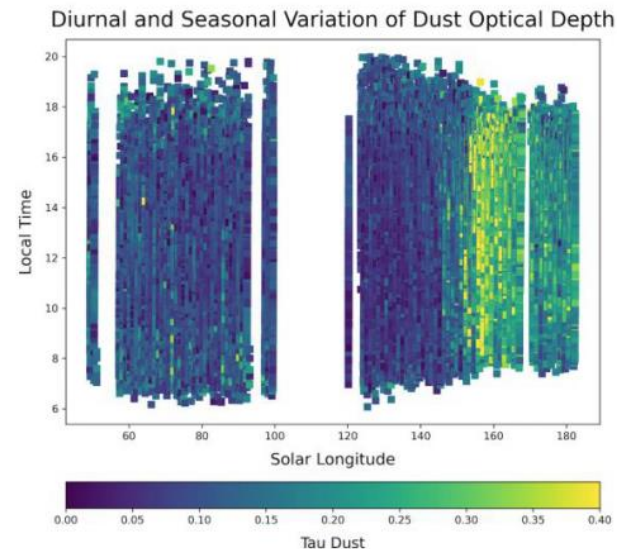


Figure 2: Variation in Dust Optical Depth with Solar Longitude and Local time

気温(EMIRS)(Smith et al.)

アブストラクトには
日内変化の図は無し

探査ミッション (2/2)

- TGO
 - NOMAD: 紫外・可視・赤外分光 (nadir & limb)
 - ACS: 近赤外・中間赤外・熱赤外分光 (nadir & limb)
- Insight
 - 地震計による大気の乱流観測
- ローバによる地表付近の観測
 - Mars Science Laboratory (MSL) ローバ
 - Mars 2020 Perseverance ローバ
 - MEDA(Mars Environmental Dynamics Analyzer)
 - MastCam-Z, SuperCam spectrometers
- Maven
- 地上観測: エシエル分光器による風速観測

Insight 地震計による乱流観測 (Spiga et al.)



SËISMIC NÖISE playing atmospheric music on Mars

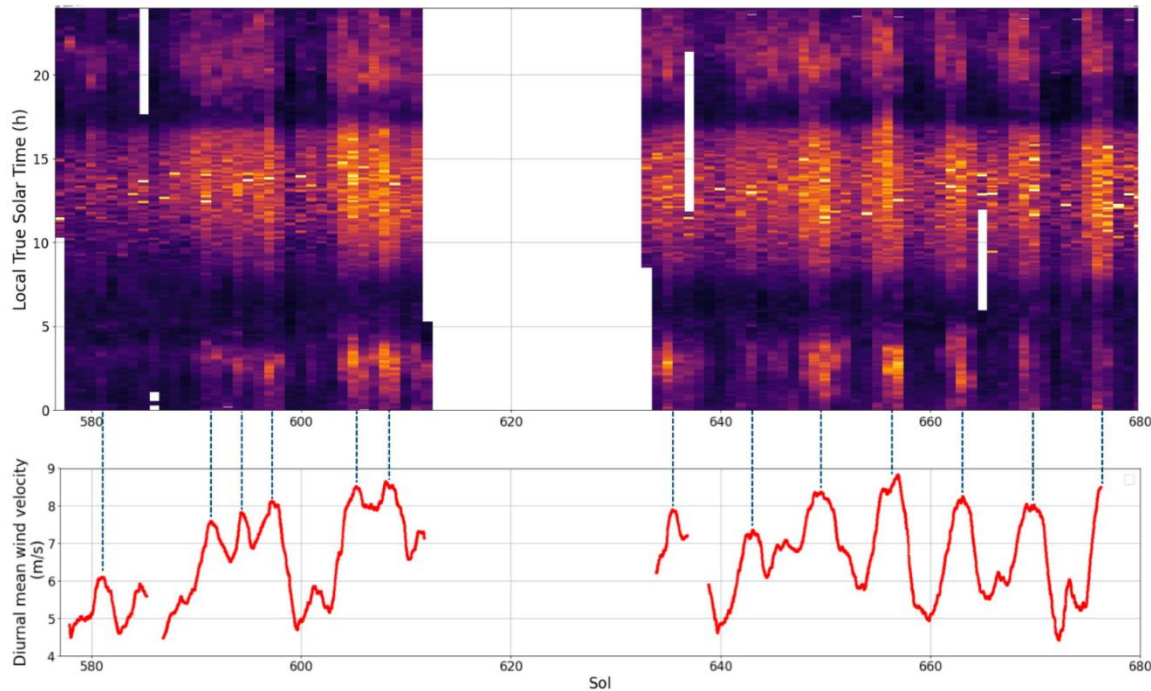


Figure 2: Standard deviation of InSight pressure measurements (yellow 0.12 Pa, black 0 Pa) in the range L_s 240-290° demonstrating that, at this season, the nighttime Martian atmosphere is as turbulent as the daytime one¹⁷⁰. This surprising high level of nocturnal turbulence in the dusty season results from the subtle combination of a stronger low-level jet, producing shear-driven turbulence, and a weaker stability. As a matter of fact, the level of nocturnal turbulence undergoes modulation by sol-to-sol variability of large-scale wind speed (measured by InSight) caused by planetary waves associated with baroclinic instability. This figure demonstrates how the InSight weather station is capable to probe many spatial and temporal scales relevant to Martian weather.

将来計画(1/2)

- MMX(小郷原さん、中川さん他)
- 静止衛星
- ライダー観測
- 火星地表面ランダーのネットワーク化

将来計画(2/2)

- 静止衛星
(Montabone et al.)

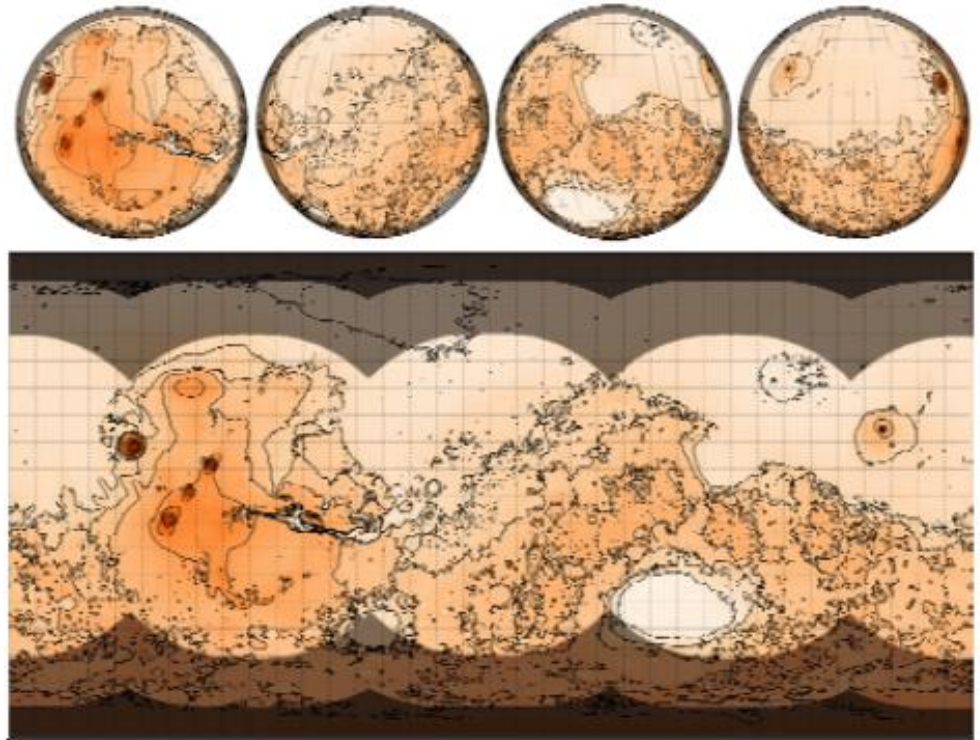


Figure 3: Mars views from a four-platform areostationary constellation. Views are centred at 180°W , 90°W , 0° , 90°E for convenience (stable and unstable longitudes are shifted by $\sim 12^\circ\text{-}18^\circ$ westward, e.g., 17.92°W is a stable longitude).

可視化・ツールなど

- JMARS (Java Mission-planning and Analysis for Remote Sensing) (Dickenshied et al.)
 - 火星リモセンデータのGISツール
- MeteoMars (Ordóñez-Etxeberria et al. スペイン)
 - MARCIの画像をもとに、気象イベントを可視化

極域 CO₂凝結・CO₂雲

1. 雲微物理を考慮したCO₂雲の全高度域モデリング
(Määttänen et al. / Määttänen et al. [2022, Icarus])
仏・LATOMOS雲チーム
2. CO₂凝結時の潜熱解放に伴う対流の再現シミュレーション (Caillé et al.)
仏・LMD力学チーム
3. CO₂降雪・極域温度に対するダストストームの影響
(Alsaeed et al.; Hayne et al.)
米・JPL & コロラド大(熱赤外)
4. CO₂過飽和・CO₂凝結に伴う大気組成比の変化
(私。主に電波掩蔽)

雲微物理を考慮したCO₂雲の全高度域モデリング(Määttänen et al.)

中間圏でのCO₂雲生成には、凝結核としてダストだけでなく水氷雲も寄与

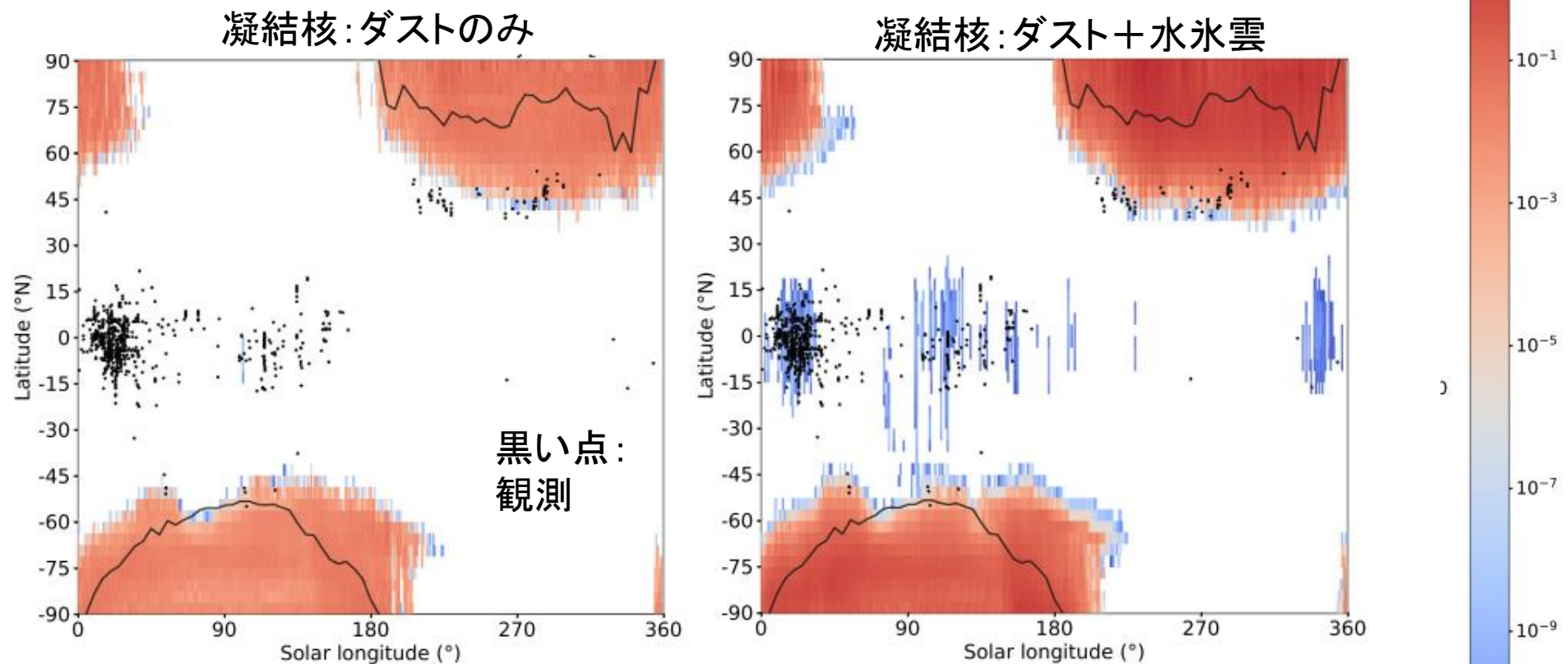


Fig. 1. Zonal and diurnal mean of CO₂ ice column density (in color). Top: MPCO2 simulation; bottom: MPCO2+H2OCN simulation. The black solid line is the boundary of the area inside which MCS has observed atmospheric temperatures below the CO₂ condensation temperature (Hu et al., 2012, table 4). The black dots show available mesospheric CO₂ ice cloud observations (see text for details). (For interpretation of the

CO₂凝結時の潜熱解放に伴う対流の再現シミュレーション (Caillé et al.)

- Mars PCM WRF(LMD)
-2Kの初期擾乱を与える

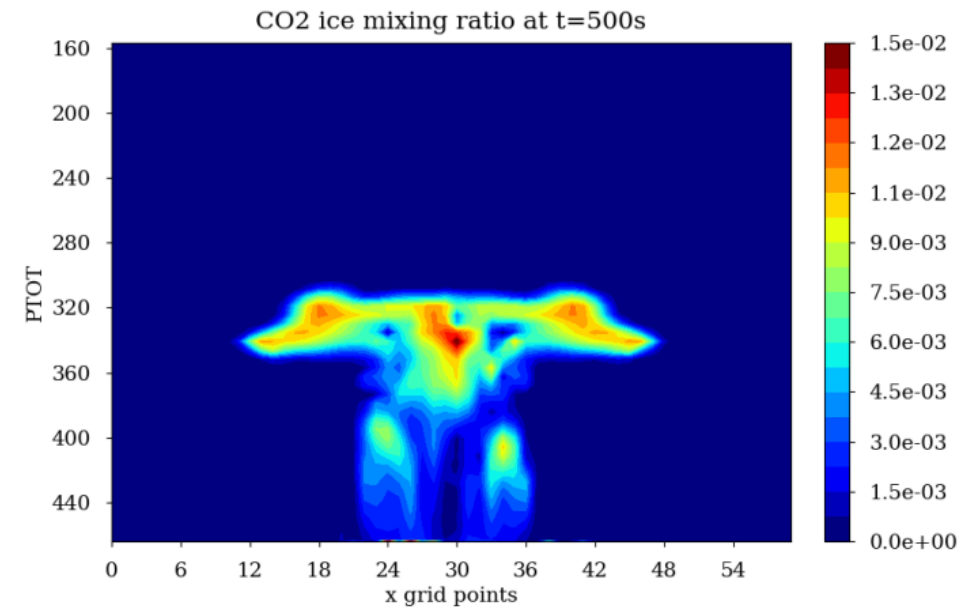
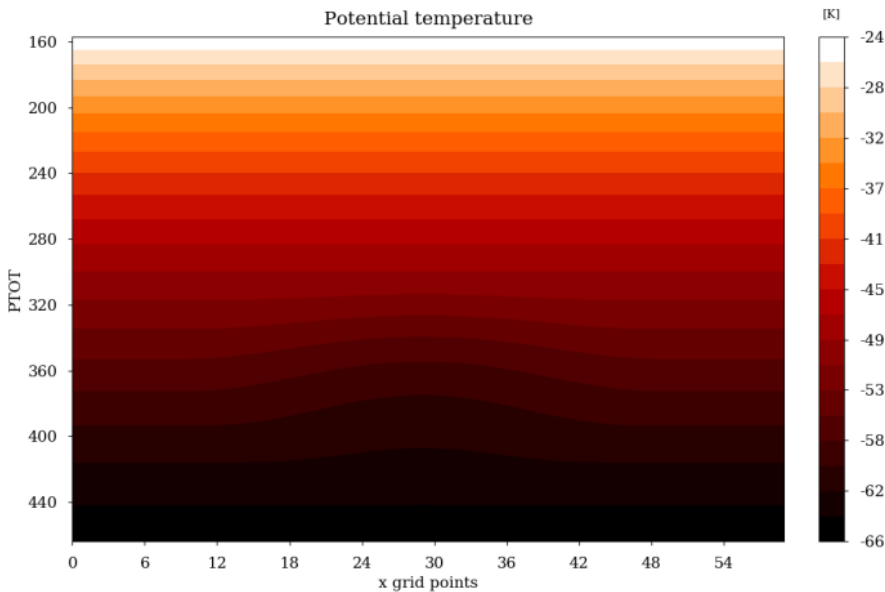


Figure 1: Initial potential temperature profile (pressure against east-west axis), from a north polar night with a perturbation of -2K around 2000m

Figure 2: CO₂ ice mixing ratio profile at 500s (pressure against east-west axis). Cloud moved upward because of the convection, that also changed its global form by not being as important at the center and at the borders.

まとめ

- 各国で、GCMの更新が進んでいる
 - 地球のように、火星もデータ同化が進み、再現性の高さがより求められる時代
- EMMによる日内変化の観測
 - 実績のある測器を搭載し、手堅く成果を目指す