



はじめに

火星大気中のダストと対流

- 火星大気中のダスト量変化は、大気の光学的深さを変化させ、温度場に影響を与えている (Montabone et al., 2005)
- ダストの巻き上げフラックスを決める量の一つとして地表面応力が挙げられる
- そのため地表面付近における対流場の構造を理解することは重要

火星大気対流高解像度計算の現状

- Nishizawa et al. (2016) は、大気境界層における流れ場の微細構造に注目し、高解像ラージエディシミュレーション (LES) を実施
- 現状ではもっとも解像度の高い火星大気境界層に関するシミュレーション
- 高度 62.5 m における渦度の統計的性質を調査
- 地表面付近における流れ場の様子の詳細については未調査

本研究の目的

- ダスト巻き上げに関わる地表面応力を調べる
- どのような流れ場の構造が高い応力をもたらすのかを明らかにすることを旨とする

調査するデータ

利用するデータは以下のモデルを用いて得られた計算結果

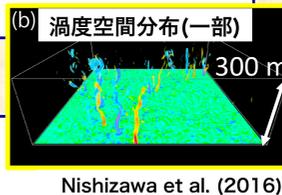
数値モデル

SCALE-LES ver.3 (Nishizawa et al., 2015)

- 基礎方程式：
 - 3次元完全圧縮流体方程式
- 格子タイプ：
 - Arakawa-C グリッド (Arakawa and Lamb, 1977)
- 乱流過程：
 - Smagorinsky-type の渦粘性モデル (Brown et al., 1994)
- 地表面フラックス：
 - Louis タイプモデル (Louis, 1979)

計算設定

- 解像度：
 - $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 5 \text{ m}, 10 \text{ m}, 25 \text{ m}, 50 \text{ m}, 100 \text{ m}$
- 5 m 解像度のデータは格子点数 4.8×10^{10} 点、1 時刻 1 スナップショットのデータ量 1.2 TB、ファイルの分割数 7,200 個
- とある高度の 1 断面の切り出し作図作業に数時間必要
- 計算領域：水平 19.2 km, 鉛直 21.0 km
- コリオリパラメータ： $f = 0$ (非回転)
- 熱強制 (大気放射加熱率, 地表面温度)：
 - Odaka et al. (2001) の 1 次元放射対流モデルの結果
 - $L_s = 100^\circ$ (北半球夏), 北緯 20° における太陽放射を想定
 - 大気ダストの光学的深さ 0.2
 - 日変化あり
- 境界条件：水平境界で周期的, 上下境界で $w = 0$
- 初期条件：
 - LT 0:00 の安定成層した静止大気に微小な温位擾乱を加えたもの

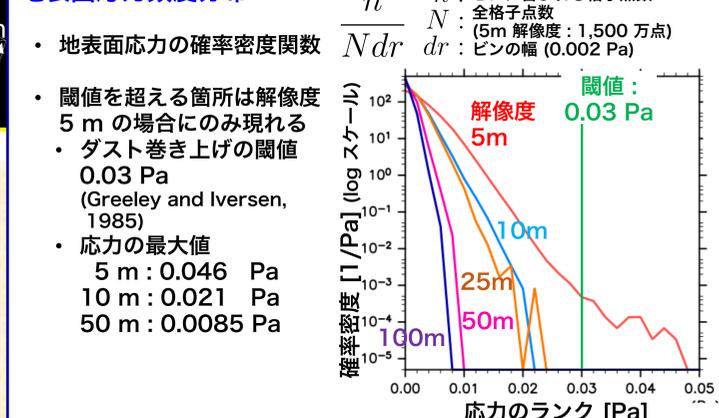


まとめ

- 火星境界層高解像度 LES 実験で得られたデータを用いて地表面応力を調べた
 - 5 m 解像度の場合のみ、応力がダスト巻き上げの閾値を超える場所が現れた
 - 10 m 解像度の場合、確率密度は閾値の手前で急減する
- 地表面応力が閾値を超える場所における流れ場の構造を調べた
 - 水平風が強い場所・水平風の収束域と対応
 - 一番強い応力を持つ箇所は孤立渦があるようにみえる
 - 明確な孤立渦を伴わない場所でも閾値を超えることがある
 - 渦の時間発展を追うには出力時間間隔が不十分だとわかった
 - 5 分毎の出力では不足, 追加計算を試みたい

解析結果

地表面応力頻度分布



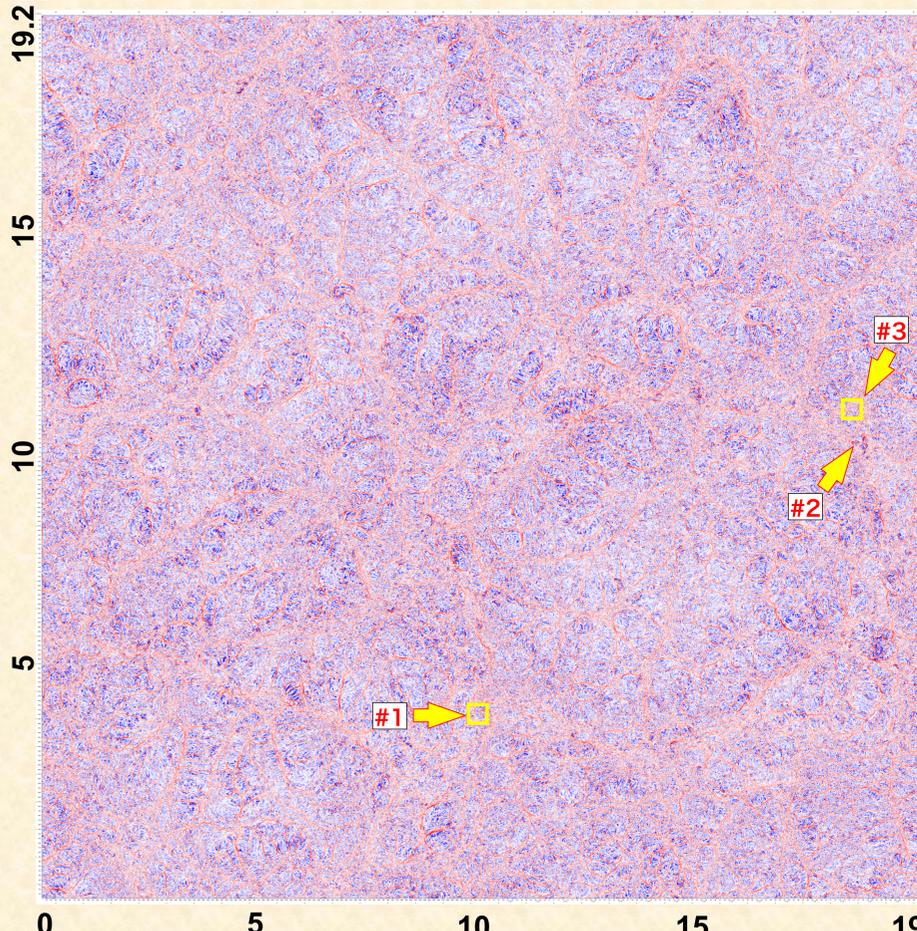
解像度 5 m モデル最下層の流れ場の様子

- 上昇流領域がネットワーク状に連なっている様子が見られる
 - 一番大きいもので直径 10 km 程度
- 上昇流領域に沿って渦が存在する
 - 水平スケールは数十 m から 100 m 程度

強い地表面応力が生じる場所

- 地表面応力強度が 0.03 Pa を超える場所は 3 箇所 (図中 黄色矢印)
 - #1: 34 格子点数 (面積としては約 850 m² に対応)
 - 孤立した渦の存在
 - #2: 6 格子点数 (約 150 m²)
 - 孤立した渦の存在
 - #3: 3 格子点数 (約 75 m²)
 - 明確な渦構造はなし
- いずれも水平風が強い場所・水平風の収束域と対応

y[km] 鉛直風 [ms⁻¹] 最下層 (高度 2.5 m) 解像度 5 m



y[km] 渦度 [s⁻¹], 水平風ベクトル 最下層 (高度 2.5 m) 解像度 5 m

