

火星地表からの LED LIDAR を利用したダスト観測の地上模擬実験

千秋博紀¹, 椎名達雄², 乙部直人³, はしもとじょーじ⁴, 眞子直弘⁵, 久世宏明⁶

Prane Ong², 和泉朔太², 安田博哉², 梅谷和弘⁷, 西本昌司⁸

¹千葉工業大学惑星探査研究センター, ²千葉大学大学院融合理工学府, ³福岡大学理学部, ⁴岡山大学理学部, ⁵宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ⁶千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ⁷岡山大学工学部, ⁸名古屋市科学館

アナログ実験

名古屋市科学館の「竜巻ラボ」で作られる竜巻を火星のダストデビルに見立て、LIDARを含む様々な観測を行った。

竜巻ラボ:

- 高さ9mの人口竜巻
- 渦は超音波ミストで可視化
- 3本の柱(右写真には2本しか写っていない)から弱い横風を与える
- 上部から吸引
- ミスト, 横風, 吸引量をそれぞれ調整可能
- 作られる渦の直径は, 調整量にもよるが下部で2m, 上部で30cm程度
- 渦の中心にはミストが少ない芯が形成される

行った観測:

- **LIDARによる構造観測**
 - 中心向きの観測(1回転する様子が見えるか)
 - スキャン観測(ダストデビルが目の前を通過したことを模擬)
- **温度・圧力計による気象的観測**
 - 渦の中と外で温度・圧力はどう違うのか
 - 渦の回転に伴って温度・圧力は変動するか
- **LEDフラッシュライトによる光学的観測**
 - グローリー(ブロッケン現象)は見られるか
 - 位相関数から粒子サイズが求まるか
- **ビデオ撮像**
 - 粒子追跡から局所的な風速が求められるか
 - パタンの沈降速度から粒子サイズが求まるか



なぜ火星でダスト観測なのか

火星は砂の惑星である。表面は天体衝突や風食、熱疲労などで作られた砂(ダスト)で覆われている。表面に限らず、火星の大気中には常にダストが舞い、大気の熱収支(太陽光の吸収, 散乱, 再放射)を支配している。稀に全球で砂嵐が生じると、大気の透明度は大きく下がって地球からは地形が判別できないほどになり、温度構造も大きく変化することが知られている。

一方、ダストは常に大気中を沈降する。大気中を常にダストが舞っている状態に保つには、逆に、表面から大気へのダストの供給が必要である。この供給メカニズムとしてつむじ風(ダストデビル)が提案されている。ダストデビルは、これまで火星探査機による観測から、火星表面多くの地域で生じている事、数m~数100mのサイズを持っていることがわかっていて、一方、画像による情報ではその内部構造まではわからないため、ダスト供給量を求めるのは難しい。

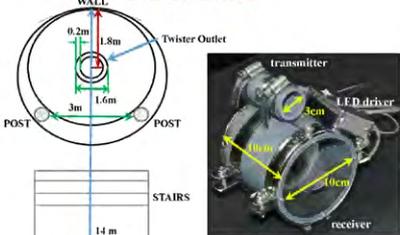
ダスト観測のための手法

火星でのダスト分布を計測する方法はいくつかある

- 地球または軌道上からの大気中のダスト量の直接観測
 - 既にある程度行われている
 - 需要と供給がバランスした結果しかわからない(需要と供給は分離できない)
- 火星表面上の太陽電池パネルの出力の変化
 - 見積もりは試みられている
 - 風で吹き飛ばされた量の評価が難しい(砂嵐の後はむしろ発電量が大きい=クリアになっている場合もある)
- 表面から太陽からの離角の関数としての放射場測定
 - 提案中、定常場を仮定すればダストの鉛直分布が求まる
 - 観測を繰り返すと変動が追えるかもしれない? 要検討
- 火星表面からの LIDAR 観測
 - 地球で行われているエアロゾル観測と同じ
 - Phoenix は500mよりも高高度のダスト量を計測した
- カメラによるダストデビルの観測
 - 火星ローバスピリットによる撮影結果が多数得られる
 - 複数枚の撮像から移動速度やサイズ分布が得られる
 - それぞれのダストデビルの内部構造まではわからない

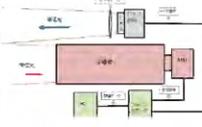
観測結果

- **LIDARによる構造観測**

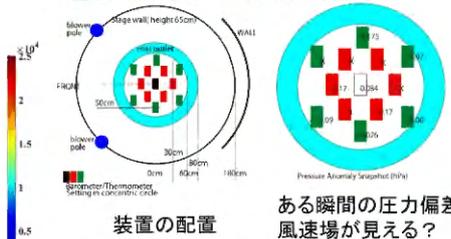


LED LIDAR 諸元

送信系	
光源波長	385 nm
パルス幅	9.5 ns
繰り返し周波数	483 kHz
光出力	0.57 W
集光方式	カセグレン式
受信系	
開口径	127 mm
干渉フィルタ透過中心波長	387 nm



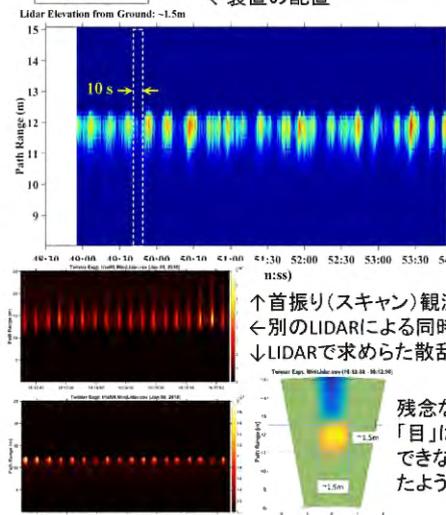
- **温度・圧力計による気象的観測**



装置の配置

ある瞬間の圧力偏差風速場が見える?

- **LEDフラッシュライトによる光学的観測**



我々の戦略

震を張って、ダストデビルを捕えよう
水平方向に LIDAR を設置。ダストデビルが通過するのを待つ、データを取得する。LIDAR は視線方向の構造を見ることができるので、ダストデビルの移動を利用すると、断面図を得ることができるはず。

典型的なサイズ(~10m)のダストデビルの移動速度は~1 m/s. このことから、装置の要求性能は以下の通り

- 距離分解能 1 m 以下(構造を分解して観測する)
- 時間分解能 1 s 以下(見え方の変化から移動方向を推定)
- 最大測距距離 数10 m 以上(ダストデビルひとつが収まっていほしい。また、長くなれば頻度が上がるだろう)

謝辞

今回の実験には、名古屋市科学館の竜巻ラボを休館日に利用させて頂くことで実現しました。屋内で快適に観測させて頂きました。ありがとうございました。

グローリー?

- **ビデオ撮像: 解析中**