

火星探査用 LED ミニライダーによる大気定量観測

Quantitative measurement of atmosphere by LED mini-lidar for Mars rover

千葉大工¹, 千工大惑², 福岡大理³, 岡山大理⁴ ○椎名達雄¹, ラゴロサス ノフェル¹, 千秋 博紀², 乙部 直人³, はしもと じょーじ⁴

Chiba Univ.¹, Chiba Inst. Tech.², Fukuoka Univ.³, Okayama Univ.⁴, ○Tatsuo Shiina¹, Nofel Lagrosas¹, Hiroki Senshu², Naohito Ootobe³, George Hashimoto⁴

E-mail: shiina@faculty.chiba-u.jp

はじめに

火星に発生するダストデビル¹⁾を定量的に観察することを目標として、火星探査用ローバに搭載用ミニライダーの研究開発を進めている。光学系送受信サイズ 10cm³、消費電力 1 W、重量 1kg 以下を設計指針として機器開発を行い、現在その実証に向けた計測評価を行っている。本報告では計測値の定量性を評価するとともに、霧を例にその値付けの考察について述べる。

LED ミニライダーシステムによる定量計測

LED ミニライダーを火星探査用ローバに搭載することは光学機器の脆弱性を回避し、電力消費や機器サイズ、許容重量の観点で選択している²⁾。装置仕様を Table 1 に示す。現状でホトカウンタの消費電力が 2W/ch と大きいのが、他は設計指針を満たす構成を実現している。最大 0.2 s の積算時間で 30m への大気を可視化させることを可能としている。これにより、時間変化の速い旋風の挙動を捉える。

定量計測の評価には 2m³ の粉塵チャンバにグリセリン粒子を充填させ、その沈降の様子を観測することで行った³⁾。10m ほど離れた場所からライダーで観測した。透過率計、パーティクルカウンタを用いて同時計測を行い、その相関を解析した。Fig.1 に結果を示す。消散係数による評価で、線形的な相関と、0.015 以下ではライダーエコーがノイズに埋もれている状況を示している。

Fig.2 は霧が濃く立ち込めた中でその挙動を観察した結果である。Fig.2(a)は 5 分間の短い時間に 0.2s 積算で得た結果であり、時間変動が捉えられている。単調な増加、減衰の変化ではなく、濃くなったり薄くなったりの強弱を繰り返して変動する様子が見て取れる。時間にして 5-10 秒ほどの周期で強弱を繰り返し、空間的にも数 m-5m ほどの変動が観察された。

Fig.2(b)は 30 分間に霧が晴れていく様子を捉えた結果である。Fig.2(a)の 0.2s 積算での変動をみると 10s ほどの細かな強弱を繰り返しながら変化していく様子が捉えられている。

定量計測の考察をこの霧の結果に当てはめた。視程 τ と霧水量との間には式 (1) の関係がある⁴⁾。

$$Visibility = \frac{2a_e\rho}{3\omega} \log \frac{1}{\Delta} \quad (1)$$

a_e は有効半径、 ρ は密度、 ω は霧水量である。霧の粒径を 15 μ m ($a_e = 7.5\mu$ m) として、Fig.1 の線形の範囲で霧水量と散乱断面積を算出した。その結果、0.015 – 0.025/m の消散係数の範囲に対して霧水量は 0.1 – 0.167 g/m³ という値付けを得られた。これは霧が自ら浮遊する性質を表した結果として妥当である。

現在、高感度測定のための光源の改善を進めている。

Table 1. LED mini-lidar for Mars rover.

Transmitter	
Light Source	NCNU034B (Nichia Co. Ltd.)
Wavelength	385nm
Pulsed Power	0.75W (=7.5nJ/10ns)
Beam Diameter	30mm ϕ
Beam Divergence	100mrad
Repetition Frequency	500kHz
Receiver	
Telescope Type	Cassegrain type
Aperture	100mm ϕ
Field of View	<5mrad.
Detector	PMT – Photon Counting R6530P (Hamamatsu Co. Ltd.)
Optical Filter	Bandwidth 11nm Center wavelength 387nm

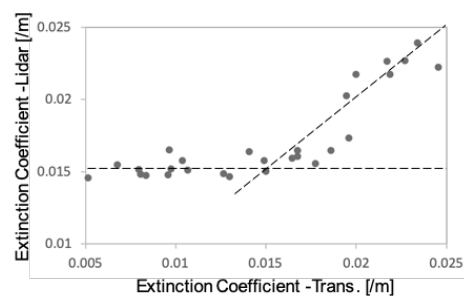


Fig. 1 Correlation between lidar echo and transmittance meter.

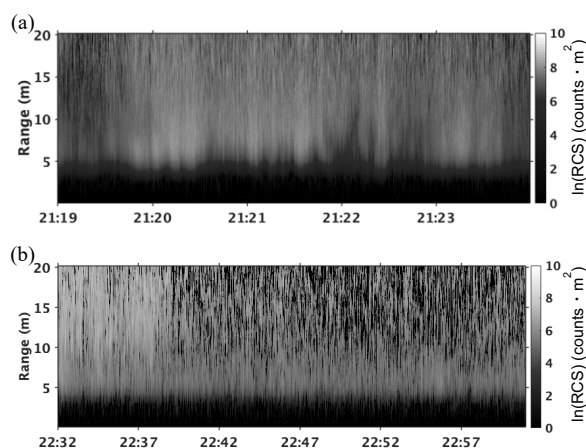


Fig.2 Fog activity observations with LED mini-lidar (8th Jan. 2020 in Chiba city). (a) 5 mins short period (b) 30 mins long period.

参考文献

- 1) D. Reiss et al., *Icarus*, **227**, (2014) 8.
- 2) 椎名 他, 日本リモートセンシング学会誌, **38** (2018) 317.
- 3) 椎名, レーザー研究, **48**, (2020) 604.
- 4) 柴田, 光の気象学(朝倉書店), (1999) 139.