

# 火星ローバ用 LED ミニライダーによる人工竜巻の挙動観測

椎名 達雄<sup>1</sup>, Prane Marial Ong<sup>1</sup>, 千秋 博紀<sup>2</sup>, 乙部 直人<sup>3</sup>, はしもと じょーじ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>千葉大学大学院 工学研究院 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)

<sup>2</sup>千葉工業大学 惑星探査研究センター (〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1)

<sup>3</sup>福岡大学 (〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1)

<sup>4</sup>岡山大学 (〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 1-1-1)

## Motion Measurement of Artificial Twister by LED mini-lidar for Mars Rover

Tatsuo SHIINA<sup>1</sup>, Prane Marial Ong<sup>1</sup>, Hiroki Senshu<sup>2</sup>, Naoto Otobe<sup>3</sup>, and George Hashimoto<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522 Japan

<sup>2</sup> Planetary Exploration Research Center, Chiba Inst. of Tech., 2-17-1 Tsudanuma, Narashino-shi, Chiba 275-0016 Japan

<sup>3</sup> Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 814-0180 Japan

<sup>4</sup> Okayama University, 1-1-1 Tsushimanaka, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-8530 Japan

### Abstract:

10cm<sup>3</sup> LED mini-lidar was designed for Mars rover installation. this LED mini-lidar has a pulsed LED beam and specially designed Cassegrain telescope to be shorten its barrel length. The LED beam has wider divergence (<70mrad.) than the receiver's field of view (3mrad.), while its robustness is high for any physical and electrical shocks. In this study, an artificial twister was monitored to observe its motion. The results represented its movement and fluctuation with enough signal-to-noise ratio.

**Key Words:** LED, mini-lidar, Mars, twister, motion

## 1. はじめに

本研究では火星探査用ローバにライダーを搭載し、火星地表面に発生するダストデビルと呼ばれる旋風の挙動を計測、把握することを目的として研究を行っている。ローバに搭載するための物理的容量及び重量の制約、ならびに消費電力の制限を想定したミニライダーの設計・開発を行っている。計測範囲を30mとし、10cm<sup>3</sup>の小型なライダーのモデルを開発している。特に、ロケットによるラウンチの衝撃や宇宙の温度環境、ならびに宇宙線による被曝を考慮し、LEDパルス光を光源としたミニライダーをローバに搭載することを検討している。LEDランプはコリメート性が悪いものの、LDに比べて使用環境の制約が低く、宇宙ステーションのインジケータや照明等にすでに実用されている。一方で、これまでの知見からLEDパルス光源を利用したライダーが実現できることを検証している。10cm<sup>3</sup>LEDミニライダーは高い繰り返し周波数に追従する高速高分解ホトンカウンタの開発を同時に行っており、大気・ダストの計測に十分な信号対雑音比を持つ。本報告では、現在に至る10cm<sup>3</sup>LEDミニライダーの設計と開発したモデルの性能について述べると共に、人工竜巻の定点ならびにPPI観測による挙動計測の結果について報告する。

## 2. 10cm<sup>3</sup> ミニライダー

10cm<sup>3</sup>LEDミニライダーは光源に照明用パワーLED(385nm)を使用している。自励で尖塔出力0.75W@10nsのパルス光を共振し、パルス繰り返し周波数500kHzで光を送信する。したがって最大計測範囲は300mとなる。送信光口径は30mm、ビーム広がり角は67mradであった。受信光学系には専用のカセグレン式望遠鏡を設計した。主鏡は口径100mmφ、焦点距離73.4mmとして設計・製作(溝尻製作所製)し、望遠鏡鏡筒長50mm、PMT等の受光部全体を含めた装置長は100mmである。受信視野角は3mradであり、広い送信光広がり角と狭い受信視野により、光軸調整を容易にしている。送受信効率は落ちるが、計測範囲内で十分な信号対雑音比を得ることを数値解析と実測で確認した。

10cm<sup>3</sup>LEDミニライダーの仕様をTable1に示す。また、光学系外観をFig.1に示す。モデル機ではライダー装置の素材に軽い塩化ビニルを用いる事で軽量化を図り、総質量は約800g(バッテリー込みで1kg)であった。

LEDパルス光の検知には高い繰り返し周波数に追従した専用の高速なホトンカウンター(トリマテイス社製)を設計・開発している。これによって繰り返し周波数の速いパルス光に追従し、リアルタイムでのホトンカウンティングを実現した。

### 3. 人口竜巻の挙動観測

10cm<sup>3</sup>LEDミニライダーはダストデビルの挙動観測を目的としている。30mの計測範囲を0.15mの高分解で0.2sの積算時間で大気計測を可能とする。

実験は名古屋市科学博物館の大型人工竜巻装置を使い、Fig.2(a)に示す配置で行なった。同Fig.2(b)にLEDミニライダーと人工竜巻の様子を示す。ライダーの12m前方に竜巻を発生させ、その挙動を観測した。実験では10cm<sup>3</sup>ミニライダーの他、通常のLEDライダー(Mieライダー)ならびにLEDラマンライダーを同期して計測し、相互のデータの評価に用いた。

計測ではライダーの観測方向を水平に首振り運動させるPPI(Plan Position Indication)観測を行った。差運動する竜巻の挙動をモニターすることを目的にしている。竜巻の回転速度は制御できなかったため、ライダーの首振り運動の記録を元に竜巻の歳差運動の挙動を解析した。結果をFig.3に示す。首振り運動の方向と角度を座標に変化し、1スキャンごとに連続に可視化させた結果の例である。1スキャンは9秒間かけて得られている。各イメージでは水蒸気の強度分布の様子が観察でき、かつ時間と共に変

Table 1 Specification of LED mini-lidar for Mars rover.

Transmitter		Cassegrain Receiver	
Light Source	NUV-LED NCSU034B (Nichia Corp.)	Barrel	5 cm
Wavelength	385 nm	F.O.V.	3 mrad
Pulse Width	10 ns	Primary Mirror Aperture	10 cm $\phi$
Pulsed Power	0.75 W	Primary Mirror Focal Length	72.25 mm
Pulse-Repetition Frequency	500 kHz	Secondary Mirror Diameter	2.5 cm $\phi$
Beam Divergence	70 mrad	Secondary Mirror Focal Length	-25 mm
Beam Size	3 cm $\phi$	Sensor	PMT Hamamatsu R6350

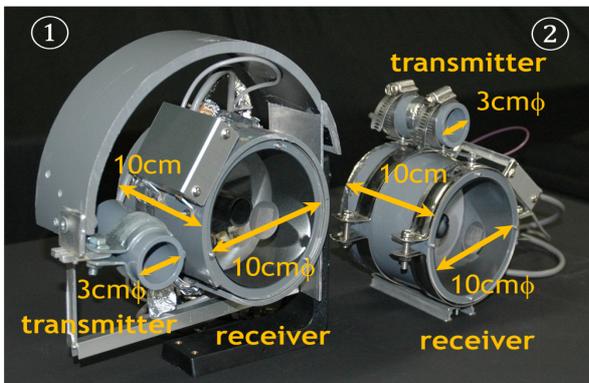


Fig.1 Optical system improvement of LED mini-lidar. ① Version 1 ② Version 2.

化する様子が見て取れる。目視ならびに定点観測の結果と合わせてライダーエコーのイメージから竜巻の歳差運動の挙動が確認できた。解析では歳差運動に依存した水蒸気分布の変化、ならびにFFTによる周波数成分の導出、揺らぎの大きさの解析を進めている。

### 参考文献

- 1) 椎名達雄他, リモートセンシング学会誌, **38**, 317-324(2018)
- 2) 西本昌司, 名古屋市科学館紀要 第 39 号, 59-62 (2013)

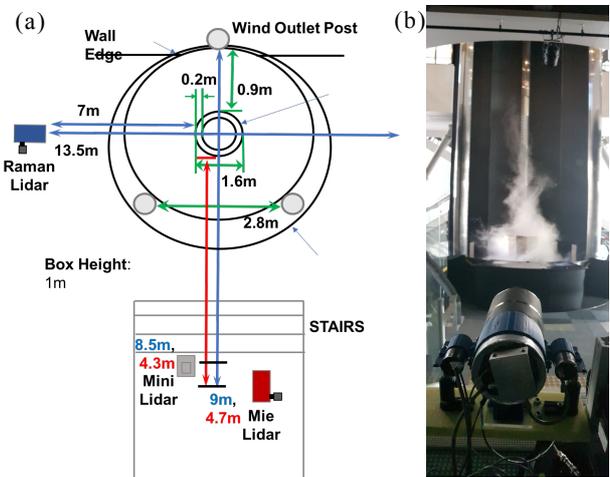


Fig.2 Experimental setup of artificial twister observation. (a) Layout (b) Observation photo

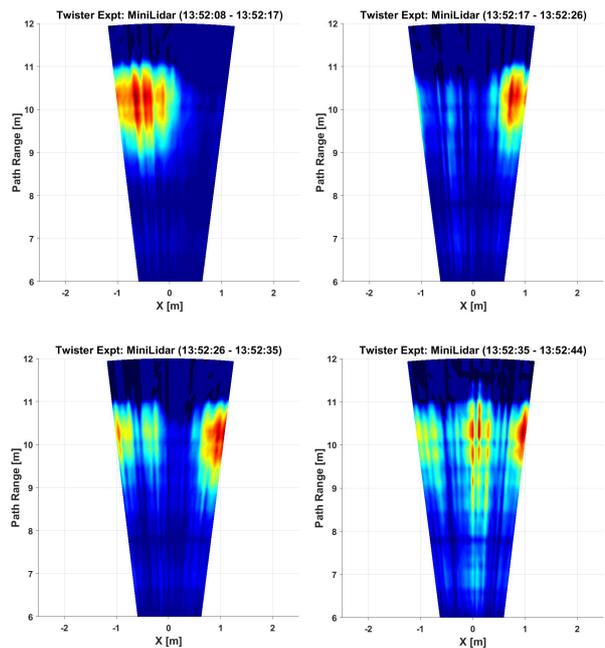


Fig.3 Individual images of lidar echoes of twister.