

「はやぶさ 2」搭載レーザ高度計について

千秋 博紀¹, 水野 貴秀², 竝木 則行³, 野田 寛大⁴, 松本 晃治⁴, 押上 祥子²

¹千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)

²宇宙研究開発機構宇宙科学研究所 (〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1)

³国立天文台 RISE 月惑星探査プロジェクト (〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1)

⁴国立天文台 RISE 月惑星探査プロジェクト (〒023-0861 岩手県奥州市水沢区星ガ丘町 2-12)

A laser altimeter on board Hayabusa2

Hiroki SENSU¹, Takahide MIZUNO², Noriyuki NAMIKI³, Hiroto NODA³,
Koji MATSUMOTO⁴, and Noriyuki NAMIKI²,

¹ Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2-17-1, Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016

² Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5210

³ RISE project, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa, Mitaka 181-8588

⁴ RISE project, National Astronomical Observatory of Japan, 2-12 Hoshiga-oka, Mizusawa-ku, Oshu, Iwate 023-0861

Abstract: Hayabusa2, the Japanese second mission to asteroids, was launched on 3rd Dec. 2014 and arrived its target body Ryugu on 27th Jun. 2018. The LIDAR on board Hayabusa2 is one of bus instruments to lead the satellite to the touchdown point safely, and thus requested to measure the distance from a target ranging from 30 m to over 20 km, i.e., 6 orders of magnitude range in terms of energy. We also use the LIDAR for a scientific purpose. Especially, to make most of the wide dynamic range of the LIDAR, we are trying to detect dust grains on the line of sight.

Key Words: Hayabusa2, LIDAR, dust

1. はじめに

2014年12月3日に種子島宇宙センターから打ち上げられた日本の小惑星探査機「はやぶさ2」は、2018年6月27日に目標天体リュウグウに到着した。2018年2月22日と7月11日にそれぞれリュウグウ表面へのタッチダウンを成功させた。「はやぶさ2」は、2019年末にリュウグウを離脱、2020年末に地球にサンプルが入ったカプセルを送り届けることになっている。

「はやぶさ2」は通常、ホームポジションと呼ばれる、リュウグウと地球を結ぶ線上、リュウグウからおよそ20 km上空の位置にとどまっている。ここから表面へのタッチダウンやそのリハーサル、タッチダウンの際に目標となるターゲットマーカや地表面からの観測を行うランダやローバの分離など、必要に応じてより低高度に降下し、またホームポジションに戻ってくる。降下の際には当然、天体までの距離を監視する必要がある。そこで「はやぶさ2」は運用のための基本機器(バス機器)のひとつとしてレーザ高度計(LIDAR)を搭載している。

「はやぶさ2」搭載 LIDAR は、高度 20 km 以上から 30 m 以下まで 3 桁に渡る距離範囲で安定

して測距できることが求められている。これは天体表層からの資料採取を目的とする「はやぶさ2」ならではの特長で、これに対して例えば日本の月探査機「かぐや」に搭載されたレーザ高度計 LALT の測距範囲は 50-150 km、欧州の水星探査機に搭載されたレーザ高度計 MLA の測距範囲は 200-1800 km と、せいぜいひと桁の幅に収まっている。一方で、探査機に搭載できる機器のサイズ・重量・消費電力には強い制約がある。「はやぶさ2」搭載 LIDAR の場合、サイズ 228 mm × 240 mm × 288 mm (放熱板含む)、質量 3.7 kg (放熱板含む)、消費電力 15.9 W (+ヒータ 2.5W) であり、探査機搭載用レーザ高度計としては世界最小・最軽量である¹⁾。LIDAR 搭載位置を Fig. 1 に示す。LIDAR は送光・受光共に視野が狭いため、タッチダウンの際のサンプル回収に用いられる筒(サンブラホーン)のすぐ隣に設置されている。

2. 「はやぶさ2」搭載 LIDAR の観測モード

「はやぶさ2」搭載 LIDAR の動作モードは、スタンバイや電源 off を除くと 3 つある。

2.1 測距モード

ターゲットまでの距離を測るモード。アナログ

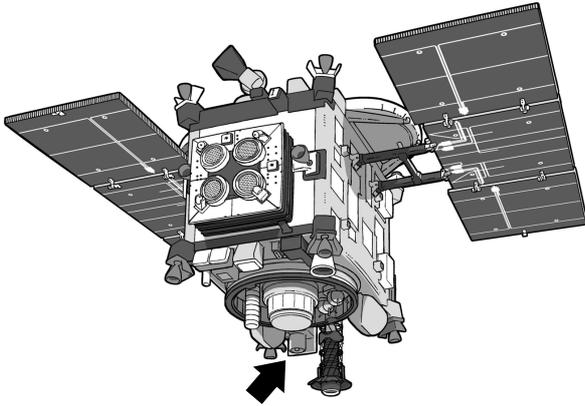


Figure 1: Cartoon of Hayabusa2. Black arrow indicates the location of LIDAR.

モードで送信光とターゲット表面からの散乱光それぞれの立ち上がりを検知し、時間差を計測する。信号検知は 300 MHz サンプリングで行うため距離分解能は 50 cm に相当する。

2.2 光リンクモード

通常の測距とは異なり、受光部が光を検知したら送光部からレーザを放つ。つまり地球からのリクエストに対して応答する事で、将来のデータ転送において使われるかもしれない光リンク通信を模擬している。また受光部は2回のシグナルを受けて、シグナルの時間間隔を計測する。地上からのシグナルは正確な時間間隔で送ることで、機上の時計を校正することができる。

光リンクモードは打上1年後に「はやぶさ2」が地球近傍を通過した際に動作実験を行った。残念ながら「はやぶさ2」からのシグナルは地上から検知する事はできなかったが、地上から送ったレーザは「はやぶさ2」搭載 LIDAR で検知できた。検知に成功した距離はおおよそ 670 万 km、地球から月までの距離の 17.6 倍であった²⁾。

2.3 ダストカウントモード

「はやぶさ2」搭載 LIDAR のタイミング計測性能と、6 桁に渡るダイナミックレンジを利用する方法のひとつとして、ダストカウントモードが提案され、動作モードとして採用された。

この動作モードでは、LIDAR の視線上の連続した 1 km の範囲を 20 m ごと、50 の領域に分割し、それぞれの領域からシグナルが検知されたか(1)否か(0)を判断する。検知判断の閾値はあらかじめパラメタで設定する。この設計によって、受光シグナルの時間プロファイルではなく、50 ビットの信号として観測結果を得ることができる。

これまでに、ホームポジションやより低高度か

らのリュウグウ表面付近の観測、探査機近傍空間の調査、人工クレータ形成実験の際に放出されるダスト粒子の検知などを試みている。これまでにシグナル(1)を含むデータも得られているが (Fig. 2) どれも散発的であり、ダストを捉えたものなのかノイズなのかについては、まだ疑義が残っている。まだ慎重な議論が必要である。

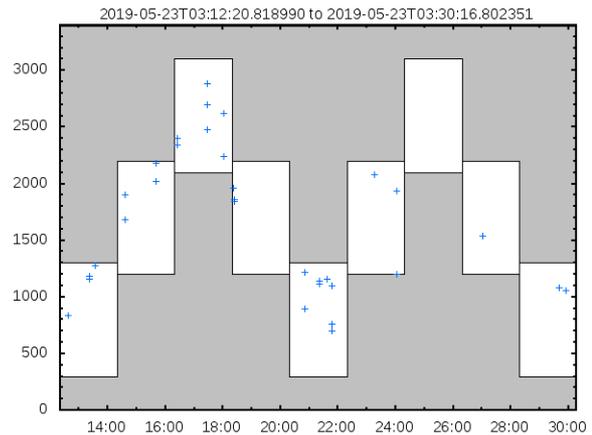


Figure 2: An example of the result of a time series observation of the dust count mode. Un-hatched area represent the observation region. Crosses represent the timing and position where a possible signal was detected (1).

3. まとめ

「はやぶさ2」搭載 LIDAR は、レーザ高度計としての性能を発揮し、タッチダウンやそのリハーサルなどの降下運用において安全に探査機を誘導する役目を果たしている。

一方、「はやぶさ2」搭載 LIDAR の広いダイナミックレンジを利用して、視線上にあるダストを計測する試みは、まだ確定的な結果を得るに至っていない。

本講演では「はやぶさ2」搭載 LIDAR とこれまでに LIDAR によって得られたデータを紹介するとともに、今後の惑星探査における LIDAR の役割についても議論を行う予定である。

参考文献

- 1) T. Mizuno et al.: Space Sci. Rev. 208 (2017) 33.
- 2) H. Noda et al.: Earth, Planets and Space 69 (2017) 2.
- 3) H. Senshu et al.: Space Sci. Rev. 208 (2017) 65.