

はやぶさ2 DCAM3-Dの光学性能検証試験 Optical performance verification of DCAM3-D/Hayabusa 2

石橋 高^{1*}; 荒川 政彦²; 飯島 祐一³; 小川 和律⁴; 白井 慶³; 和田 浩二¹; 本田 理恵⁵; 澤田 弘崇³; 坂谷 尚哉⁶; 門野 敏彦⁷; 小林 正規¹; 中澤 暁³; 早川 基³; 池田 優二⁸
ISHIBASHI, Ko^{1*}; ARAKAWA, Masahiko²; IJIMA, Yuichi³; OGAWA, Kazunori⁴; SHIRAI, Kei³; WADA, Koji¹; HONDA, Rie⁵; SAWADA, Hirota³; SAKATANI, Naoya⁶; KADONO, Toshihiko⁷; KOBAYASHI, Masanori¹; NAKAZAWA, Satoru³; HAYAKAWA, Hajime³; IKEDA, Yuji⁸

¹ 千葉工業大学, ² 神戸大学, ³ 宇宙航空研究開発機構, ⁴ 東京大学, ⁵ 高知大学, ⁶ 総合研究大学院大学, ⁷ 産業医科大学, ⁸ フォトコーディング

¹Chiba Institute of Technology, ²Kobe University, ³Japan Aerospace Exploration Agency, ⁴University of Tokyo, ⁵Kochi University, ⁶The Graduate University for Advanced Studies, ⁷University of Occupational and Environmental Health, ⁸Photocoding

はやぶさ2では、探査対象天体である小惑星 1999JU3 の起源と進化を探るため、小惑星上への SCI (衝突体) の衝突が行われる。重量約 2kg の銅の弾丸を秒速約 2km/s で小惑星表面に衝突させる。この衝突により小惑星上に人工クレーターを形成し、その内部または周囲からの試料採取を行う。また、形成されたクレーター内部の観測から小惑星内部の構造に関する知見が得られると期待されている。さらに、この SCI の衝突は微小天体上での衝突現象を明らかにするという、小惑星上での衝突実験という側面も持ち合わせている。

現在、はやぶさ2 に搭載される小型分離カメラ「DCAM3」の開発が進められている。DCAM3 は、はやぶさ2 本体から分離され、小惑星への SCI の衝突現象を可視光で観測するカメラである。DCAM3 にはアナログ系 (DCAM3-A)、デジタル系 (DCAM3-D) の2つのカメラが搭載される。DCAM3-D は科学観測に利用され、その目的は、(1) SCI (衝突体) の発射および小惑星への衝突の確認、(2) SCI 衝突により生成されるイジェクタの観測である。(1) では、SCI の発射位置や小惑星上の着弾点の位置の観測から、衝突条件の明確化を行う。(2) では、形成されるイジェクタカーテンの形状や移動速度、岩片の放出速度などから、標的状態の明確化、イジェクタのスケーリング則の検証、1999JU3 の表層構造の推定などを行う。

これらの観測目的を達成するためには、DCAM3-D 光学系は非常に厳しい要求仕様を満たさなければならない。SCI と小惑星の両方を捉えるための大きな視野角 (74°)、画像全領域での高い結像・集光性能、暗い SCI やイジェクタを捉えるための明るい光学系 (F>1.7)、耐放射線性、限られたリソース (重量 30g 以下、光軸長 40mm 以下) といった条件に加え、これらをアクティブな温度制御無しで達成することが求められる。

本発表では、DCAM3-D の FM 光学系 (レンズ+ CMOS センサ) の光学性能検証試験の実施状況およびその結果について報告する。光学性能検証試験は、センサの電気試験、コリメータ試験、積分球試験から成る。センサの電気試験では、光学検証試験のベースとなる CMOS センサの性能の評価を行った。当初センサはカタログ値通りの性能が出ていなかったが、調査と改善を経てカタログ値通りの性能を達成することができた。コリメータ試験では、まずシム調整により適切なレンズ-センサ基板距離およびレンズ-センサ角度の最適化を行った。次いで真空下 (<1torr) において温度・波長域・画角をパラメータとして振り、コリメータに設置したピンホール像の撮像を行い、結像・集光性能 (ensquared energy)、空間分解能、歪曲などの評価を行った。シム調整に関しては、より良い結像・集光性能を得るために三回に渡る最適化を行った。積分球試験では感度、周辺減光、迷光などの評価を行った。これら一連の光学性能検証試験の結果は良好であり、DCAM3-D 光学系は非常に厳しい要求仕様を概ね満たしていることが確認された。

キーワード: 小惑星, 惑星探査, はやぶさ2, 観測機器

Keywords: asteroid, planetary exploration, Hayabusa-2, scientific payload