

小天体探査における小型分離カメラDCAMの活用

石橋高¹, 和田浩二¹, 小川和律², 澤田弘崇³, 白井慶⁴, 坂谷尚哉⁵, 本田理恵⁶, 荒川政彦², 保井みなみ², 中村昭子²

¹千葉工業大学, ²神戸大学, ³JAXA, ⁴総合研究大学院大学, ⁵明治大学, ⁶高知大学

小天体探査における小型分離カメラの重要性

「はやぶさ」探査機による小惑星イトカワの探査が実施され、現在も「はやぶさ2」探査機が小惑星リュウグウの探査へと向かっている。また、火星衛星探査計画 MMX の準備も進行中である。このように、小天体探査は日本が世界にリードする分野であり、今後も継続的に実施されると考えられる。また、世界的に小天体探査が盛り上がりを見せている。そのような小天体探査において、探査機母船から分離して単独で観測を行う小型分離カメラは、母船では不可能な様々な観測を実施可能であり、強力な観測機器となる。

《小型分離カメラの様々な利点》

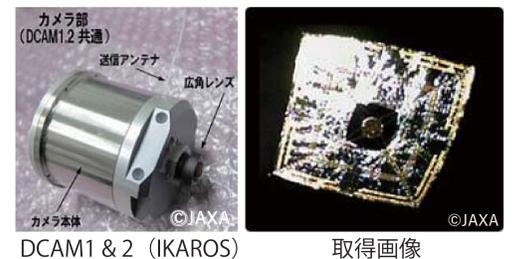
- ◆ 小型であるため質量やコストなどのリソース面で有利であり、複数機による多地点観測も可能。
- ◆ 母船が着陸サンプル採取を行う場合には、サンプル採取候補地点を小型分離カメラで事前調査することで、より安全に科学的意義の高いサンプル採取が可能となる。
- ◆ 母船が着陸できないような危険地域の探査も、小型分離カメラであれば可能。
- ◆ 母船が天体の脇を通過するだけのフライバイ探査においても、小型分離カメラを放出することでより近接的で詳細な観測が可能。
- ◆ 小天体に落下しながら観測を行うので、母船によるランデブー観測では難しいマルチスケールの観測が可能。

小型分離カメラ DCAM

小型分離カメラ DCAM (Deployable Camera System) は、探査機母船から分離され、単独で観測を行い、取得データを無線通信により母船へ送信するカメラシステムである。姿勢制御系は持たないが、母船からの放出時にスピンを与えることで姿勢を安定させる。

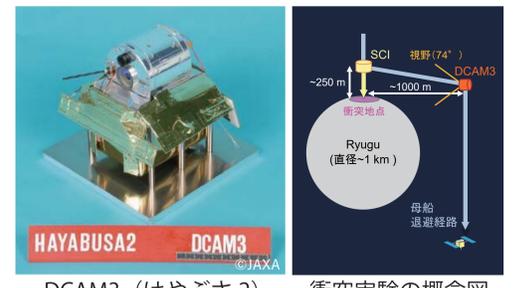
DCAM1 および 2 は、小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS (Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation of the Sun) に搭載され、母船から分離されて、母船のソーラー電力セイルが展開している様子を観測した。

DCAM3 は、小惑星探査機「はやぶさ2」に搭載され、現在小惑星リュウグウに向かっている。DCAM2 と 1 に搭載されたリアルタイムモニタカメラに加えて、理学観測に特化したモノクロ高解像度カメラを搭載した。DCAM3 は、リュウグウ上における衝突実験 (より始原的な小惑星内部物質を露出させるためにリュウグウ表層へ 2 kg の衝突装置 SCI を 2 km/s で衝突させる) の様子を観測する。SCI の爆破破片やリュウグウからの衝突放出物の直撃を避けるために母船は退避するため、母船の退避途中で分離・放出される DCAM3 で、リュウグウからの衝突放出物を観測する。DCAM3 の観測により、生成されたクレーターの位置の探索を行うと共に、微小重力天体上での衝突現象の理解を目指す。



DCAM1 & 2 (IKAROS)

取得画像

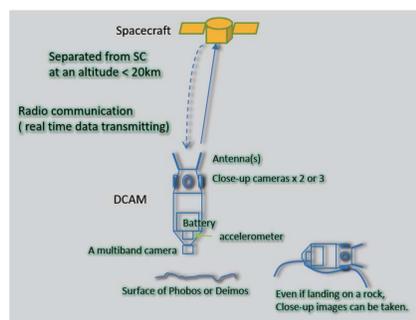


DCAM3 (はやぶさ2)

衝突実験の概念図

日本の火星衛星探査計画 MMX における活用

2024 年打ち上げ予定の、日本の火星衛星探査計画 MMX (Martian Moons eXplorer) では、火星の衛星フォボスおよびダイモスの探査を実施し、フォボスからの着陸サンプルリターンが予定されている。現在、小型分離カメラ DCAM5 (複数台) の MMX への搭載を提案している。



DCAM5 による探査の概念図

DCAM5 の目的

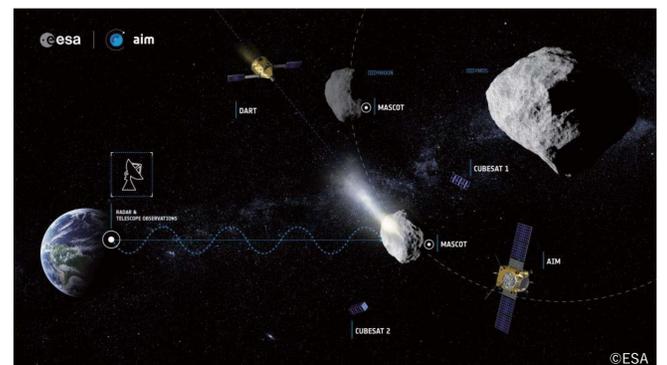
- (1) 科学的に価値が高いが、母船が近づく (着陸する) には危険な地域の観測を行う。
- (2) フォボス上の母船着陸候補地点の事前調査を行い、着陸地点選定のための情報を得る。
- (3) 母船着陸時の母船の状態や着陸地点の擾乱を観測する。

DCAM5 による理学観測の戦略

- ▶ 落下しながら、フォボスやダイモスの表層をマルチバンド撮像し、マルチスケールで地形および物質情報を取得。
→ フォボスやダイモスの熱進化解明
- ▶ フォボスやダイモスへの着陸時の加速度プロファイルを測定。
→ DCAM5 着陸地点の力学的特性解明
- ▶ フォボスやダイモスへ着陸後、モノクロ近接撮像を行う。
→ レゴリスサイズや空隙率の解明

ESA+NASA の小惑星探査計画 AIDA における活用

2020 年の打ち上げを目指した ESA と NASA による共同ミッションである AIDA (Asteroid Impact & Deflection Assessment) が提案されている (※)。AIDA では、S 型小惑星 Didymos の衛星 Didymoon (直径 163 m) へ NASA の探査機 DART を衝突させ、数十 m スケールの人工クレーターを生成し、その様子を ESA の探査機 AIM で観測する。この AIDA ミッションに対して、日本から「はやぶさ2」用に開発した SCI と同じ衝突装置 および DCAM3 と同じ分離カメラの提供を提案している。※ ESA の探査機 AIM は落選したが、別の枠組みでの搭載を模索中。



AIDA ミッションの概念図

SCI+DCAM 実験の目的

AIDA の衝突実験の結果を一般化するためにはクレータースケール則を用いる必要があるが、このスケール則を利用するには複数の衝突条件による実験が必要である。そこで、AIDA に「はやぶさ2」で開発された SCI + DCAM を搭載して小規模衝突実験 (10 m 程度のクレーター生成) を行い、ESA+NASA の大規模衝突実験 (数十 m のクレーター生成) と併せることにより、スケールが大きく異なる衝突実験を実現して、これらの複数の衝突実験の結果から S 型小惑星に適応可能なクレータースケール則を構築する。