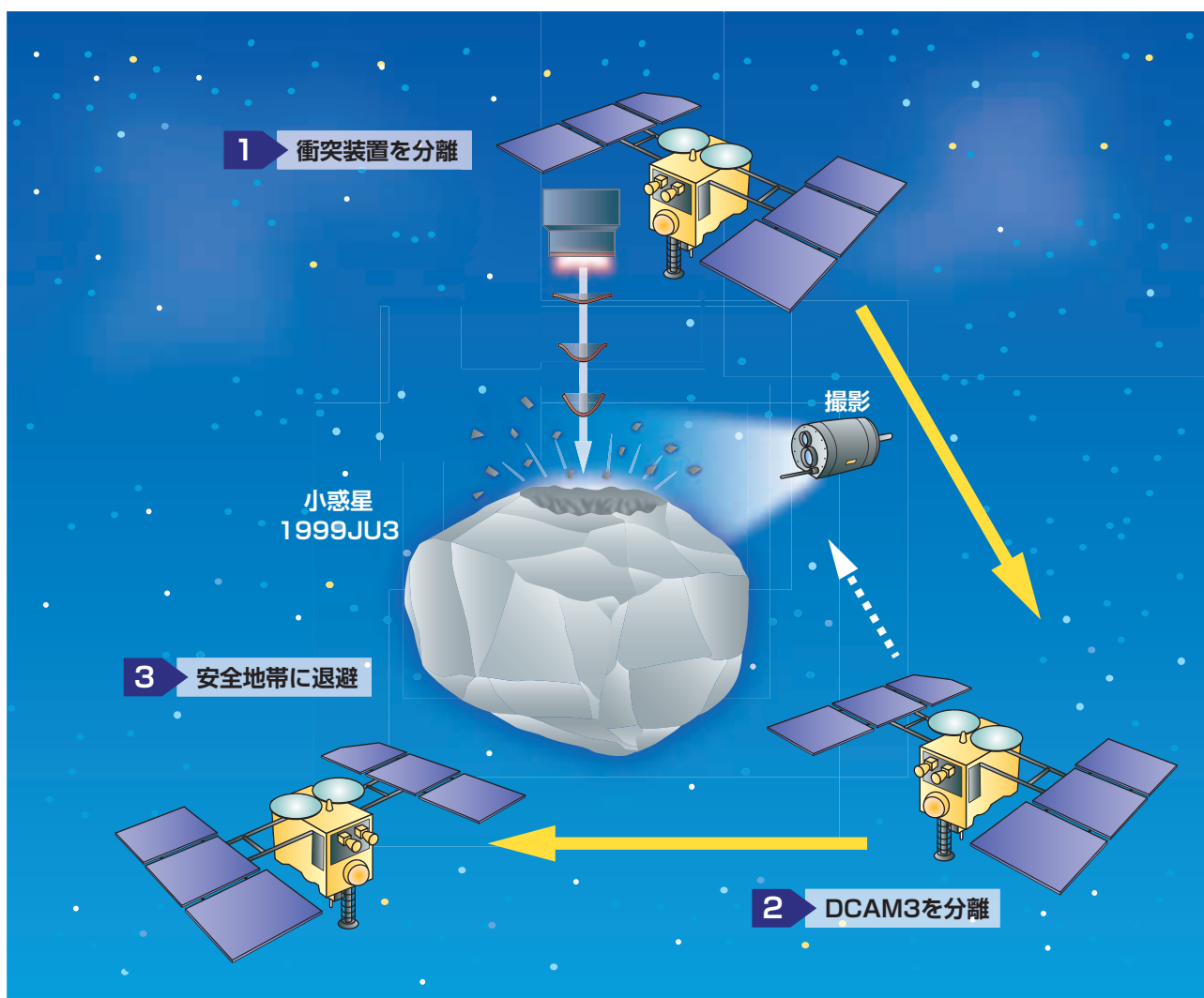


小惑星探査の 第一撃を撮影せよ！

COTS 品の活用で実現した超高性能・低コスト・短納期 分離カメラ DCAM3

数々の困難を乗り越えて地球に帰還した小惑星探査機「はやぶさ」の記憶もさめやらぬ
2014年12月3日、「はやぶさ2」がH-IIAロケットにより無事打ち上げられた。
今回の「はやぶさ2」には明星電気株式会社が製作に携わった機器が3台搭載されているが、そのなかのDCAM3について紹介する。



分離カメラ DCAM3 ミッションイメージ

衝突装置がクレーターをつくる瞬間を撮影

現在、「はやぶさ2」は火星よりもやや太陽に近い軌道にある小惑星 1999JU3 を目指して飛行中だ。主なミッションは前回の「はやぶさ」と同じく小惑星に到着し、探査するとともにそのサンプルを持ち帰ること。この 1999JU3 は、前回探査したイトカワとは異なる種類の小惑星で、より多くの有機物や水分が含まれていると考えられている。その物質を採取、分析することで、現在地球上にある水はどこから来たのか、生命体をつくる有機物はどのようにしてできたのか等々の疑問に答える糸口を見つけ出そうとしている。

今回のミッションで最も注目されているのが、風化の影響を受ける惑星表面の物質ではなく、“新鮮”な、すなわち“太陽系が生まれた当時の物質”を小惑星の内部から採取することだ。その方法として、衝突装置を小惑星の表面にぶつけて人工的なクレーターをつくり、現れた部分を採取する方法が開発された。明星電気株式会社が製作した DCAM3 は衝突装置がぶつかる瞬間を撮影するのが主な役割である。

具体的な手順は以下のとおり。「はやぶさ2」が小惑星にある程度接近したところで衝突装置を分離する。さらに、その衝突装置から約 1 km 離れた位置に DCAM3 を分離する。宇宙空間にこれら二つの装置を“置いた”後、母船である「はやぶさ2」本体は、小惑星の裏側の安全地帯に回り込む。一定時間経過後に約 5 kg の爆薬によって衝突装置が小惑星に向けて発射され、最大直径 10 m ほどのクレーターを形成する。DCAM3 が担うミッションは、衝突装置が当たる様子とそのとき表土が飛び散り舞い上がる様子を高分解能で撮影することだ。

高分解能カメラの予定外“同乗”の難題もクリア

DCAM3 は衝突実験のスタート数分前に自動的に電源が入れられ、衝突装置が発射されてからの 1 時間あまり、約 1 km 先の衝突装置が 4 ピクセルに収まる程度の高分解能で 1 秒間隔の連続写真を撮影する。その後、電池が切れるまで低分解能で撮影を続ける。これらの画像データを圧縮し、母船である「はやぶさ2」に無線送信する。電池が切れたところでミッ

ション終了となる。

当初は、状況の撮影のみがミッションであり、それほど高い分解能は求められていなかった。このため別メーカーが開発した低分解能（アナログ）カメラを搭載することになっていたが、プロジェクトが進むなかで、高分解能カメラで撮影すれば、その画像を分析することでどのような成分（水分や無機物）が含まれているかが分かるというアイデアが浮上した。そのため急遽、すでに配置が決まっていた DCAM3 の中に、アナログカメラのほかに全く独立したレンズと回線によるデジタルカメラを“同乗”させることになったのだ。このデジタルカメラの製作および、撮影した画像の圧縮プログラム、母船である「はやぶさ2」への送信プログラムと送信システム（母船側での受信、メモリーへの蓄積も含む）の構築を明星電気担当した。

プロジェクトに遅れて参加でも 通常の 2/3 の開発期間で完成

開発にあたって三つの点で苦労した。第 1 はスペースの問題。すでにアナログカメラの配置は決まっていた、限られたスペースの中にデジタルカメラを一緒にうまく格納するにはどうしたらよいか、ということ。これには小さな部品を選んで全体をコンパクトに仕上げるのと効率良く配置することが不可欠である。第 2 は通信の問題。10 km 先の母船（「はやぶさ2」）までは 4 Mbps で、10 km から 20 km 先までは 1 Mbps で送信するという仕様だった。それを満足させることができるかどうか。さらに第 3 として製作期間が通常の 2/3 ほどしかなかったことも苦労した点として挙げられる。

明星電気がプロジェクトに加わったのは、2012 年夏。ほかの機器の担当メーカーは基本設計審査会（PDR）を経て、技術検証モデルの製作および検証を行い、詳細設計（フライトモデル設計）に入るタイミングだった。すでに進んでいたプロジェクトに途中から参加する形だったが、当然のことながら納期は最初から関わってきた機器と同様だ。今回は 2014 年 3 月までの 2 年弱の期間で仕様をクリアする製品を作り上げる必要があった。

長年の実績に裏打ちされた 小回りの利くうれしい対応

DCAM3 に組み込まれるのは、デジタルカメラ、データの圧縮装置、送信装置とアンテナ、これらのバッテリーおよび回路。第1のスペースの問題は、アナログカメラを搭載することが先に決まっていたので、空いているスペースとの勝負だった。まずは、宇宙環境に耐える必要な部品を集め、回路図を書き、プリント板実装図という図面に載せて配置した。高分解能であることが第1条件なので、レンズと3.5mm角のセンサーの組み合わせは動かすことができない。また、電波を使って送信する回路はアンテナのそばに置かなくてはならない。加えて、膨大な画像処理を行うIC（集積回路）にもある程度の大きさが必要だ。これらの整合性をとりつつ図面に載せていくのだが、載りきれなくなると部品選びに戻る。基板や配線などのスペースを削りに削り、部品の選び直しの作業が続いた。

通常、宇宙開発に使われる部品は、その信頼性からも防衛目的に開発されたものがほとんどである。これらは堅固である一方、コンパクトではない場合が多く、今回のように限られた空間に搭載するのには向かない。そこで今回はCOTS品（民生品）のなかから放射線耐性などを考慮しながら選別し、宇宙環境に使える電子回路を組むという技術を駆使する必要があった。

宇宙では瞬間的に大きなエネルギーをもった放射線が入射することがあり、制御回路が予期せぬ動きをすることがある。また、放射線によりICの絶縁が破壊

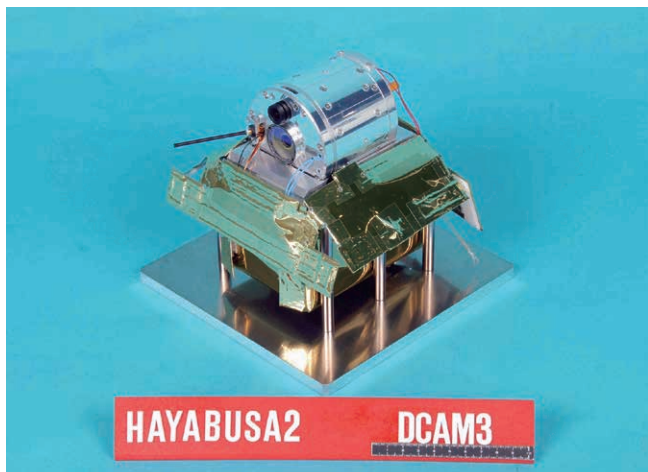
されると復帰の方法がなく致命的だ。あるいはイメージセンサーに宇宙放射線が当たると“白キズ”といわれる、ポツポツと画素の色が抜けてしまう症状が起きることなどがある。そのほかにも、真空状態になるとシールドに使っているプラスチックなどからアウトガスという不必要なガスが出ることもあるので、これを避けて選ぶことが重要だ。

通信機能のテストでは、受信機側の感度が低く、安定的に10km先に送ることができなかつたり、画像処理がうまくいかなかつたりと調整を要する一幕もあった。これは、受信機側の電力を若干上げることで要求性能を達成した。

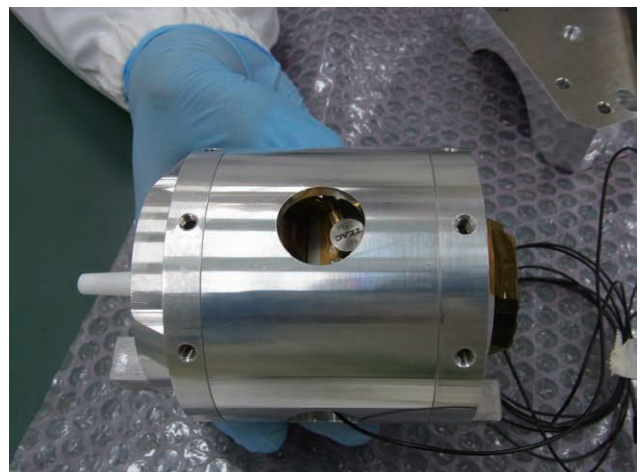
さまざまな困難な条件を乗り越えられた要因の一つは国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）との信頼関係だろう。レンズを含め光学的な画像を撮影する機器の製作技術や画像処理の技術は、ハイビジョンカメラで月面を撮影した月周回衛星「かぐや（SELENE）」などで実証済みだ。データ通信技術は宇宙での実績こそなかったが、電話事業、ラジオゾンデ、防衛関係を手掛けてきたことで信頼関係があった。同時にコストに敏感できめ細かい要求に応える小回りの良さも明星電気の特徴として知られており、「宇宙関係のカメラ技術はまず明星へ」という流れができつつあった。

宇宙仕様のニッチなニーズにとことん応える

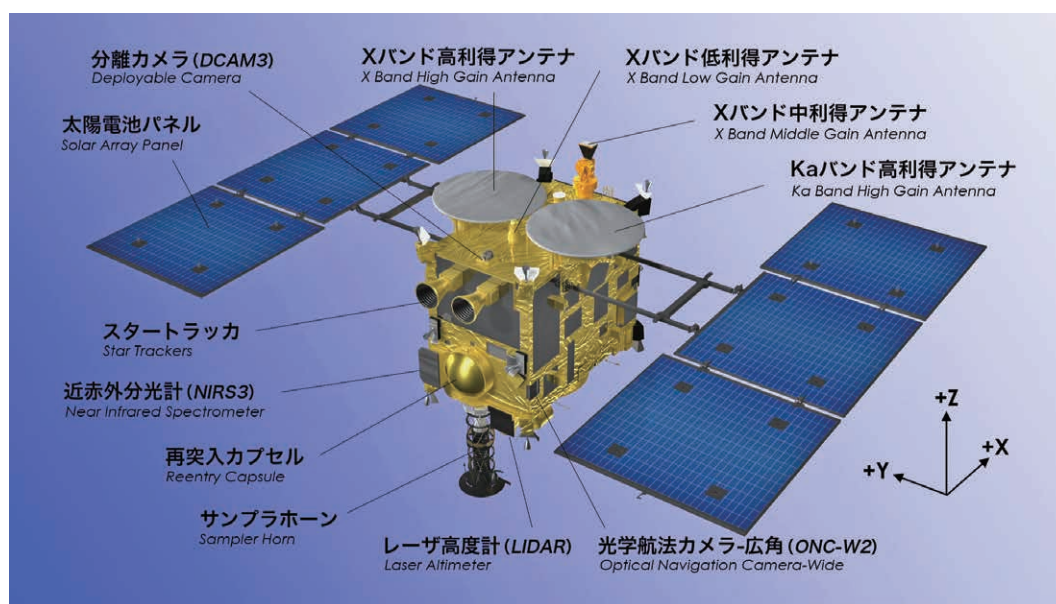
実は明星電気のみが有していて、他社が持っていない独自の技術はない。例えば、DCAM3を作る際もイ



分離カメラ DCAM3 ©JAXA



デジタルカメラを組み込んだ振動試験用模擬筐体



「はやぶさ 2」機器名称 ©JAXA

イメージセンサーの構造には CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) や CCD (Charge-Coupled Device) があり、そのなかで放射線に耐えやすいものを試験して選び出した。今回採用した CMOS は放射線耐性では最高性能ではないが、サイズが小さく、少ない電力で作動する。これは一般のデジタルカメラに使われている半導体で、部品として購入して採用した。ただ、このイメージセンサーからの画像情報を圧縮して母船に送る技術は、明星電気が開発した。あえて自社の特徴を挙げれば、民生品の部品のなかから宇宙仕様に適しているものを選び出すこと、選ぶためにどのような試験をすればよいかなどのノウハウが社内に蓄積されていることが、独自の技術といえるのかもしれない。

限られた時間のなかで、コンパクトで高性能な仕様を求められるときは、JAXA の許可を得たうえで民生品を使うことも必要となる。

明星電気では過去にさまざまな部品を試験しており、その経験からメーカーごと、部品ごとのおよその傾向をつかんでいる。疑問点があればメーカーと直接やり取りするルートも確立しており、適切なものを選び出すことができる。もちろん、自社で製作する部分もあるが、民生品のなかからフレキシブルに部品を調達しアSEMBルすることにより、高度な仕様、期待されるコスト、そして納期に答える。非常にニッチな立ち位置だが、ニーズは確実に存在し、ここに対応できることが明星電気の真骨頂であり、DCAM3 ではまさ

にそれが存分に活かされた。

さて 2018 年、「はやぶさ 2」が小惑星に到着し、DCAM3 による衝突実験の撮影が無事成功したとしても、それを私たちが地上で見るのは、衝突実験から 1, 2 年後になる。「はやぶさ 2」は地球との間でさまざまなデータをやり取りしているが、その合間を縫って、これらの画像データを送信するので、圧縮されたデータとはいえかなりの時間が掛かることが見込まれるためだ。難題続きの開発と同じく、すべてがうまくかみ合い成功の果実がもたらされることを期待しつつ、画像データの受信および 2020 年の帰還を待ちたい。

ミニ解説

COTS 品

従来航空宇宙や軍事関係で用いられる機材や部品はほとんど特注品であったが、コスト低減や納期短縮のために民生品のなかから仕様を満足するものを積極的に採用するようになってきた。これが COTS 品であり最近では特注品の使用が多い産業分野でも同様の動きがある。品質評価と選定技術力が一つのポイントとなる。

問い合わせ先

明星電気 株式会社

宇宙防衛事業部

電話 (0270) 32 - 1111

URL : www.meisei.co.jp/