507 超小型衛星のBBM設計の概要

Development of Breadboard Model of Nanosatellite

○佐鳥 新 (道工大)、 正 竹澤 聡 (道工大)、 石川智浩 (道工大)、
長田淳 (道工大)、 岡本博之 (アストロリサーチ)

Shin SATORI, Satoshi TAKEZAWA, Tomohiro ISHIKAWA, Atsushi NAGATA
Hokkaido Institute of Technology, 7-15-4-1, Maeda, Teine, Sapporo, Hokkaido
Hiroyuki OKAMOTO, Astro Research Corporation, 1-1-4, Kugenuma Tachibana, Kanagawa

We have begun the feasibility study to build a small satellite in the 3kg mass range and in the power range less than 30W since October in 1998, sponsored by National Space Development Agency of Japan (NASDA). This satellite installs three reaction wheels for an attitude control and camera which will demonstrate optical navigation experiment by using image processing. The BBM design status is described in this paper. The components such as a small reaction wheel, electric flash and onboard computer were built. Mothership - daughtership technology and formation flying experiments are planned. New electric propulsion is being developed for small satellite.

超小型衛星とは

一般に小型衛星と呼ばれるものは、従来衛星よりも小型であるという意味で定義には非常に幅があり欧米では50kgから300kg、日本ではピギーバックに代表される50kg級から大きいものでは500kgのものまで指しているが、ここで提案する超小型衛星とは従来のピギーバックより更に1桁小さい次世代型の超小型衛星(マイクロサット)を意味している。マイクロサットは従来の衛星設計とは全く発想の異なる新技術である。

アメリカではNASAなどがスポンサーとなることにより、NASAと大学間での共同研究がかなり進んでおり、小型衛星に関しても既に数多くの開発と打ち上げが行われている。日本でもピギーバック衛星を用いた宇宙実験が行われているが、小型衛星の分野では技術面でも利用頻度の面でも既にアメリカに比べて遅れている点是否めない。しかし、我々が提案する10kg以下のマイクロサットの領域を見ると、基礎研究は行われているものの、実績としては2000年にサリー大学でSNAP-1という6.5kgの衛星が打ち上げられた程度であり、ここ1~2年以内であれば日本でも十分に進出する領域であると言える。このような背景のもとに、本研究は1998年に宇宙開発事業団との共同研究として始まったものであり、道工大、東大、東工大、(株)アストロリサーチが共同研究メンバーとして技術分担を行っている。

本研究では重量4kg以下、消費電力20W以下、小型カメラを搭載したマイクロサットを用いて、アクチュエータ類を中心とする各種のキー・テクノロジーを開発し、軌道上でそれらの機能の実証及び運用のデモンストレーションを行うことを目的とする。本研究により新規開発し、軌道上で実証される要素技術として、(1)超小型リアクション・ホイール、(2)1mN級ガスジェットスラスタ、(3)数百μN級電気推進、(4)超小型衛星用ドッキング機構、(5)小型搭載カメラの画像認識による3軸姿勢制御ソフトウェア、(6)超小型衛星の為に無接点充電装置、の6項目を、以上を統合化したシステムとして、(7)超小型カメラ衛星システムの技術的検証、を加えた計7項目を挙

げる。

設計思想

アメリカの状況を日本と比較して見た場合、宇宙開発に大学関係者が関与することにより従来の研究活動以上に成果に対するリスクが増大するが、反面、多くの研究者に対して宇宙開発の門戸が開かれ、宇宙技術の蓄積がなされているという長所を見逃すべきではない。宇宙開発に対する予算規模の差異を考慮すると、日本が同様のことを行うのは早急には無理であろうが、低価格で実用に堪えうるマイクロサットを開発することにより、徐々に研究者への間口を広げることではできる筈である。但し、ここでいうマイクロサット(超小型衛星)というものは単に形状が小さければ良いという意味ではなく、ある程度の処理能力を有する高機能なものである必要がある。通常、"衛星の小型化"という場合には大型衛星の機能をそのまま所有しつつ規模を縮小するという意味に用いられるが、これは(喩えるなら)LSIを新規に開発するようなものであり、必ずしも「小型化=低価格」には結びつくものではない。そこで、我々のアプローチは、(1)必要最小限の機能を厳選して絞り込むこと、且つ(2)民生部品の宇宙転用化を図ること、に重点をおいている。

マイクロサットのBBM

2000年7月までに直径約20センチ、長さ約30センチの円筒形状、重量は約3キロのマイクロサットの機能実証モデル(BBM)を完成させた。この衛星はカメラを搭載しており、このカメラは母船の映像を映し出すためだけに用いるのではなく、カメラの捉えた画像から自分自身の位置や姿勢を認識するシステムとなっている。この画像処理を利用した(宇宙の分野では)新しい機能は、搭載するセンサーを減らすことができ、衛星の軽量化と低コスト化に役立つ。更に3つのリアクション・ホイールを搭載し、僅か3キロないし4キロの衛星であるにもかかわらず3軸姿勢制御が可能となる。もしこのサイズで3軸制御を実証できれば世界初の試みといえる。超小型衛星に搭載する小さなリアクション・ホイールは市販されていなかったこともあり、新規に開発した。

図1 超小型衛星のBBM

宇宙実験1 (構想): アイボール機能実験

アイボール機能とはカメラ画像を利用した航法と検査機能にある。この実験ではターゲット、つまり母船を見ながら子衛星である超小型衛星が移動する。研究開発の項目としては、3軸制御技術、画像による相対航法、検査画像の取得・圧縮・伝送、ストロボなどを利用した日陰時の画像航法とターゲットの画像取得実験が、る。

以前、ADEOSという衛星が打ち上げてから1年後に突然機能を停止したという事故があった。その原因は太陽電池パドルが根元から切れてしまったことにあり、その時は地上から望遠鏡で直接観測して初めて判った。その対策として、次のCOMETSという衛星からは太陽電池をモニターするカメラ(固定式)の搭載が義務づけられることが宇宙開発委員会で決まった。航空機にフライトレコーダーが必ず搭載されるように、このアイボール機能を持つ超小型カメラ衛星を搭載することにすれば衛星の事故調査に大いに役立つだろう。

図2 宇宙実験の構想

宇宙実験2 (構想): フォーメーションフライト実験

フォーメーションフライトの実験は母性から切り離された子衛星との間で常に通信をとりながら編隊飛行するというものである。相対位置の検出にはカーナビに使用しているGPSを用いる。イリジウムのように地球の軌道に複数の衛星をばらまいて運用する形態をコンステレーションというが、フォーメーションフライトを行うことの意義は、その次の世代のものとして複数の衛星を組み合わせた新しい衛星運用形態を創りだすことにある。バーチャル・スペースクラフト・バスという、空間的に離れた単機能の幾つかの衛星を無線モデムで結び、全体としてあたかも多機能の大型衛星であるかのように運用する概念がそれにあたる。このシステムでは一部の機能を失っても別の衛星を同じ軌道に入れることで機能を回復することができる。機能を分割した各々の衛星が通信機と推進機を搭載しなければならず、個々のシステムが複雑となり全体として重量増になるという欠点はあるものの、冗長性と機能の拡張性というメリットの方が大きいといえる。フォーメーションフライト実験はそのために先行実証としての位置付けられる。

まとめ

超小型衛星の機能実証モデルを完成させた。2年以内には宇宙実験を行い、アイボール機能実験ならびにフォーメーションフライト実験を行いたい。

参考文献

- 1) S.Satori et.al., " Breadboard Model for Nanosatellite Mothership Daughtership Experiment ", The 14th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, Aug.21-24 2000, SSC00-II-7
- 2) S.Satori et.al., " Status of Nanosatellite Development for Mothership Daughtership Space Experiment by Japanese Universities ", May 2000, ISTS 2000-o-1-07v