



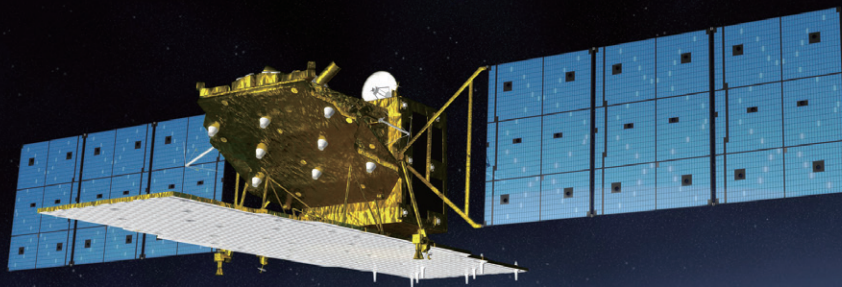
特集

研究
開発

日本の得意分野、環境技術を駆使した
空気再生システムの研究

宇宙機用の部品として活用が期待される
MEMSの研究

打ち上げ間近の 「だいち2号」に搭載される 自律的軌道制御技術



打ち上げに向け着々と準備作業が進む陸域観測技術衛星2号「だいち2号」には、「だいち」にはなかった自律的軌道制御技術が搭載されています。今回は、軌道制御技術を研究している誘導・制御グループが開発し、「だいち2号」に組み込んだ自律的軌道制御について解説します。



話を聞いた人

山元 透

YAMAMOTO Toru

誘導・制御グループ 主任開発員

人工衛星が自ら判断して 軌道を制御する技術

これまで人類は数多くの人工衛星を打ち上げてきました。現在でも、多くの人工衛星が地球の周りを周回しています。人

工衛星が飛行する経路を「軌道」と呼び、代表的な地球周回軌道には、地上からは静止したように見える静止軌道、北極と南極を通過する極軌道などがあります。特に地球の精密な観測を行う地球観測衛星は、決められた軌道を通らないとその目的を果た

すことができません。しかし、人工衛星は、高層大気の抵抗や太陽の重力等の影響を受けるため、ガスなどの推進力を使って制御しなければ、予定した軌道を維持できません。軌道の制御は、人工衛星にとって非常に重要な要素の一つなのです。

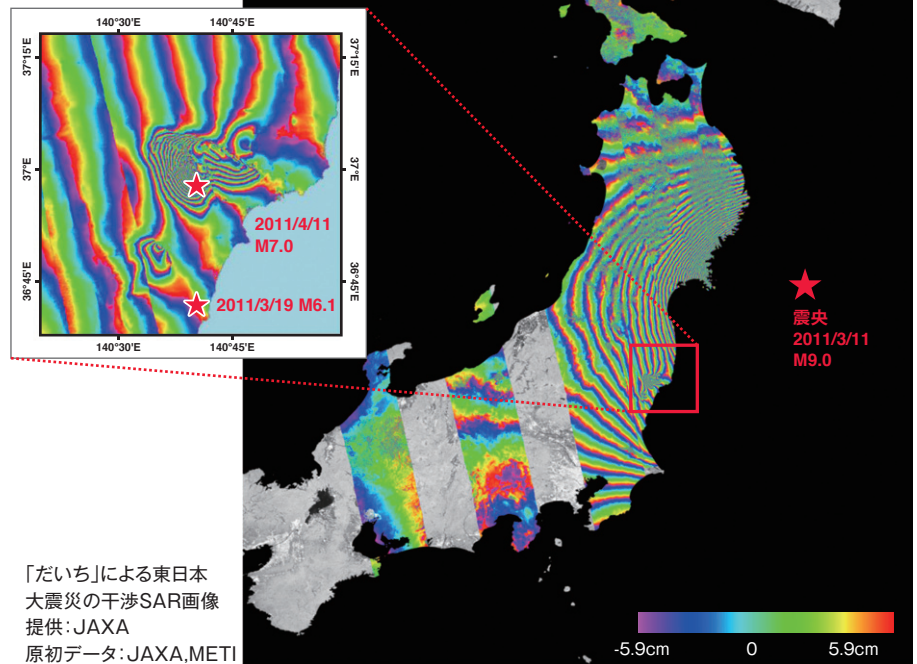
2014年に打ち上げが予定されている「だいち2号」には、新しい軌道制御の方法として「自律的軌道制御」の機能が搭載されています。「だいち2号」は、2006年の打ち上げから2011年まで運用された陸域観測技術衛星「だいち」の後継となる地球観測衛星です。「だいち2号」に搭載される自律的軌道制御技術の開発を担当した誘導・制御グループの山元透主任開発員は、「これまでの軌道制御は、ほとんどの作業を地上で行っていましたが、『だいち2号』ではすべてを衛星自身が行います」と説明します。

これまでの軌道制御では、軌道を決める観測データ収集、軌道の計算処理、制御計画の立案、制御を行うコマンド(プログラムコード)を作成してそれを送信する、という軌道制御の工程をほとんどすべて地上で行っていましたが、「だいち2号」の自律的軌道制御は、搭載されているGPS受信機によって自分の位置と速度データを取得し、軌道が計算されます。もしも、決められた軌道から半径500m以内の「基準軌道」と呼ばれる範囲を逸脱している、あるいは逸脱しそうな場合には、「だいち2号」が軌道を修正する計算処理を行い、自ら立案した制御計画に基づいて軌道制御を行います。人間に代わって、人工衛星自身が判断し軌道を修正するのです。

自律的軌道制御の利点とは

このように、軌道を自律制御することで地上局側の労力を減らせるだけでなく、軌道制御の頻度も上げることができると、「だいち2号」は常に基準軌道内にあることが可能となります。右図のように地球を取り巻く半径500mの仮想的なチューブの中を人工衛星が進んでいくのをイメージするとわかりやすいでしょう。

基準軌道で地球を周回することで、定期的に同じ位置から地上を観測できるようになると、正確な干渉SAR観測を行うことが可能となります。干渉SAR観測とは、同じ場所から一定時間をおいてSAR(合成開口レーダー)による撮影を行う観測方法で、二つのSAR画像の差分をとるような処理によって、微妙な地表の変動量が独特な縞模様として表示される画像を得ることができます。干渉SAR観測では、数十kmの広い範囲での変化量分布を視覚化できるため、地表の面的な変化を直感的に捉えることができます。また、衛星による干渉SAR観測には、観測する場所に観測機材を設置しなくても観測ができる利点があり、地球上のどんな場所の変化も観測できます。干渉SAR観測は、地震前後の地形変化の把握や火山活動の監視などのほか、地下

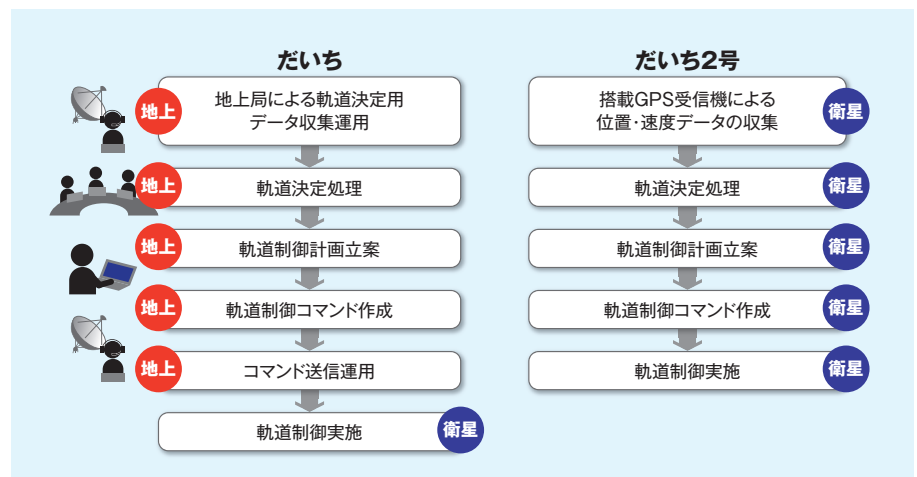
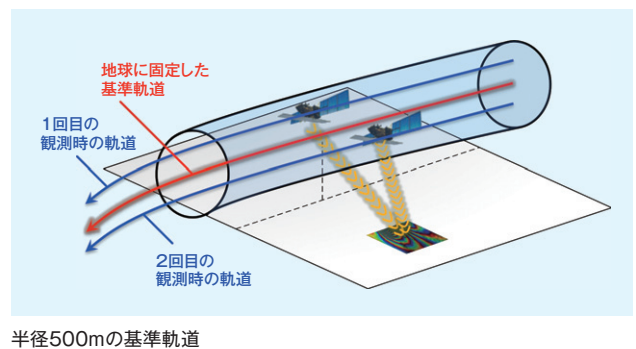


水の汲み上げによる地盤沈下の観測などにも活用されます。

干渉SAR観測は「だいち」でも行われてきましたが、精密な軌道の保持は赤道付近でのみ行われました。自律的軌道制御を行う「だいち2号」は、赤道だけでなくあらゆる緯度の領域で精密な軌道の保持を行うので、いつでも確実に干渉SAR観測が可能になります。

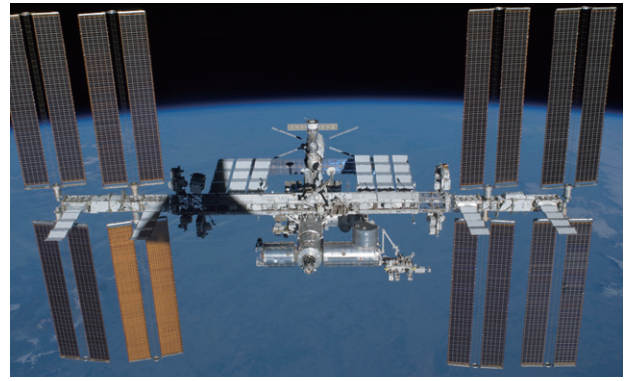
「だいち2号」の自律的軌道制御は、打ち上げから数カ月の試験運用を終えた後から開始される予定です。もちろん地上でもシミュレーションや第三者機関による確認を十分に行っていますが、それでもいきなりすべてをコンピュータに任せる訳で

はありません。打ち上げ直後は、人間が眼と手で確認を行い、段階的に機能確認を行っていきます。最終的には、すべてを衛星に任せる自律的な軌道制御を行う計画となっています。「だいち2号」の自律的軌道制御が成功すれば、地球観測衛星としては世界初の成果となります。この技術を確認し、向上させることができれば、日本の宇宙開発における大きな強みとなるはずで



自律的制御を行うことで変わる軌道制御作業

日本の得意分野、 環境技術を駆使した 空気再生 システムの研究



人間が長期間宇宙に滞在するためには、
空気をリサイクルして使う必要があります。
JAXAでは日本製空気再生システムの研究を進めており、
今後、国際宇宙ステーション(ISS)での実験も予定されています。
今回はこの日本独自のシステムをご紹介します。



話を聞いた人

桜井 誠人

SAKURAI Masato

未踏技術研究センター拠点系革新技術ユニット
有人宇宙システムセクションリーダー 主任研究員

宇宙で人間が生活するために 必要な空気再生システム

人間が宇宙で生活するためには酸素が必要です。酸素濃度が低いと、低酸素症や酸素欠乏症の要因となります。また、二酸化炭素の濃度が高くなると、頭痛やめまい、吐き気などを催し、さらに高濃度になると二酸化炭素中毒による死を招くこともあります。ISSに滞在する宇宙飛行士が使う空気は、圧縮した空気を地上から打ち上げたり、電気分解によって水から酸素を作ったりします。また宇宙飛行士が吐き出す二酸化炭素は、二酸化炭素除去装置によって取り除きます。しかし、いずれの装置もアメリカとロシアに依存している状態です。

日本では、20年以上も前から、人間の吐き出す二酸化炭素から酸素を再生させる技術が研究されてきました。JAXAは現在、その実績と経験を活用し、日本独自の宇宙環境での空気再生システムの研究開発を進めています。「2016年に打ち上げられるHTV7号で、まず水電解装置をISS

へ運び、実験を行います」と説明するのは、研究を担当している未踏技術研究センター拠点系革新技術ユニット有人宇宙システムセクションの桜井誠人主任研究員です。水電解装置に続いて、将来的には二酸化炭素還元装置も実験する計画です。これらの実験装置は、コンパクトにまとめられてISSの「きぼう」日本実験棟に設置される予定です。

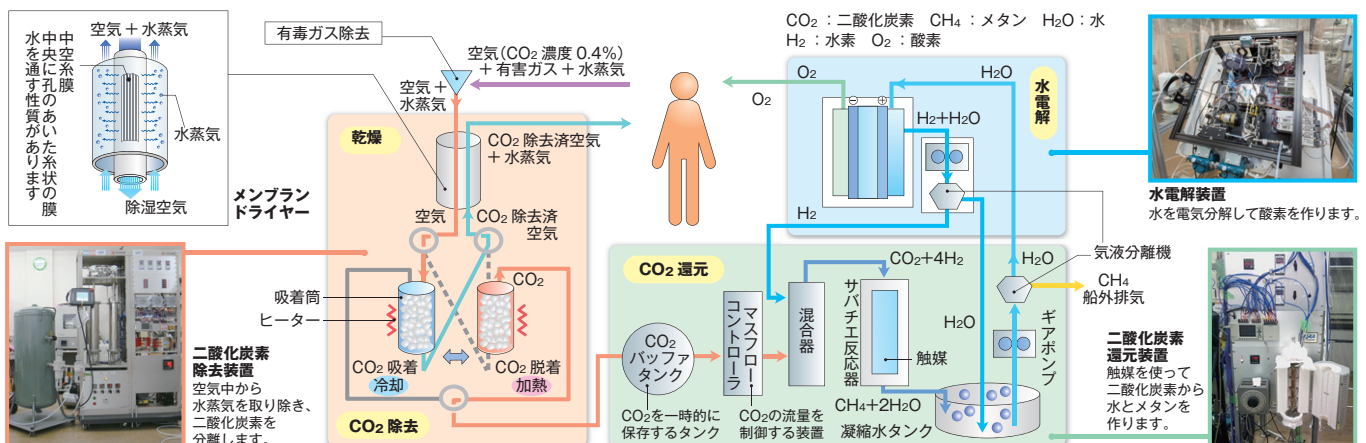
日本製空気再生システムの 実験を開始

微小重力下のISSでは、地上では重力によって自然に分離する電気分解後の気体(水素)と水が、そのままでは分離しないことが問題になります。そこで、重力に依存せずに気体と液体を分離させるため、実験装置に膜式気液分離装置を搭載しています。膜式気液分離装置は、液体と気体が混合して流れ込むパイプを挟むように、気体だけを透過する膜と液体だけを透過する膜を配置し、液体と気体を分離します。そのほ

かにも、微小重力下では、電気分解時に発生する泡が合体して大きくならずに電極に付着した状態になったり、対流が起こらないために大きな温度分布が発生するといった問題もあります。

地上では微小重力になるべく近づけた状態になるよう、電気分解装置を載せた台を斜めに傾けたり、ひっくり返した状態で気液分離の機能を確認していますが、微小重力の環境下で動作を確認する必要があります。

空気の循環再生システムは、ISSで利用するだけではありません。現在、国際的な取り組みが検討されている月面基地やディープスペースハビタット(ラグランジュポイントに設置される有人生活環境モジュール)、火星への有人飛行でも必要となる技術です。また、地上でも室内の二酸化炭素濃度を抑える装置への転用なども考えられます。空気再生システムをより優れたものにしていくことは、宇宙開発における日本のアドバンテージとなるだけでなく、環境問題解決への国際貢献の一助にもなります。



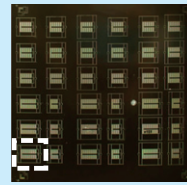
空気再生システム

研究
開発

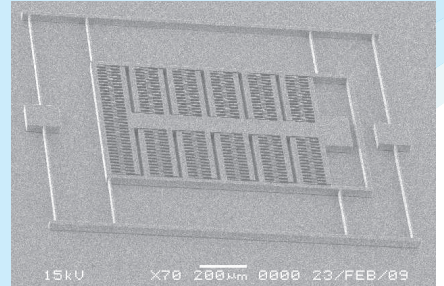
宇宙機用の部品として 活用が期待される

MEMSの研究

半導体プロセスを利用して製造されるMEMSは、
小型で軽量、かつ省エネルギーという特徴を持っています。
民生用部品としては普及しつつあるMEMSを、
宇宙でも活用するための研究が進められています。



櫛歯型静電アクチュエータはMEMSで最も使われる駆動原理。最小線幅3μmの微細加工技術と深掘り技術によりインハウスにて作製。



半導体プロセスで製造する 機械部品

コンピューターや家電などの電化製品の多くには、半導体集積回路が組み込まれています。半導体集積回路は、マイクロメートル(μm)からナノメートル(nm)^(*)レベルの微細なパターンによって作られた電気回路です。その半導体集積回路を製造する工程(半導体プロセス)を利用して製造した微小な機械部品・機構部品(デバイス)をMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)と呼びます。MEMSは、髪の毛一本よりも小さな機械部品なのです。

MEMSは、すでに一般的な部品として広く利用されています。たとえば、携帯電話の中に組み込まれている加速度センサやインクジェットプリンタのヘッド、ハードディスクのヘッドなどにMEMSが使用されています。そのほかにも圧力センサや高周波スイッチなどの分野にも、MEMSは広く利用されています。MEMSを使用した製品は、同じ機能を持つ通常の部品を使った製品と比較して、およそ千分の一から百分の一程度の容積で作ることが可能となり、重量も軽くなります。また、駆動のための

エネルギーも少なくなります。

MEMSを 宇宙環境で利用するために

「私たちは、7年ほど前から宇宙機に使うためのMEMSを研究しています」と話すのは、電子部品・デバイス・材料グループの加藤真耶開発員です。小型軽量でエネルギー消費量も少ないMEMSは、宇宙用の部品として非常に魅力的で、地上での放射線試験用シャッターや高周波スイッチなどへの応用が期待されています。

宇宙機用MEMSには、いくつかの課題もあります。宇宙用部品には、市販されている部品よりも高い精度・性能が求められます。精度や性能の高い部品を安定して製造する技術が確立したとして、宇宙空間できちんと性能が発揮できるのか(信頼性)、求められる期間、使用できるのか(寿命)などの問題があります。信頼性試験としては、放射線照射試験や振動試験、機械的な衝撃試験、熱衝撃試験などが行われますが、地上での試験にも限界があります。「2014年にはMEMSを使ったジャイロスコープを打ち上げて、その動作を宇宙空間

で確認する試験を予定しています」と電子部品・デバイス・材料グループの土屋佑太開発員は話します。また、確立されていない宇宙用MEMSの評価方法や評価基準については、国際的な協力体制が作られつつあります。

宇宙用MEMSの研究は、世界的に見てもまだまだ基礎研究段階で、一步一步手探りで進めている状態ですが、MEMSのメリットは宇宙用部品として十分にインパクトを与えるものです。きっと近い将来、宇宙機用の部品として活用される日が来ることでしょう。

* 1μmは、0.001mm、1nmは、0.000001mm。

話を聞いた人



加藤真耶

KATO Maya

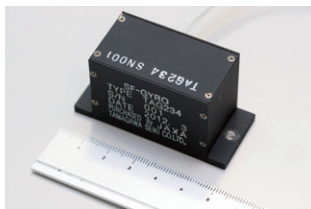
電子部品・デバイス・
材料グループ 開発員



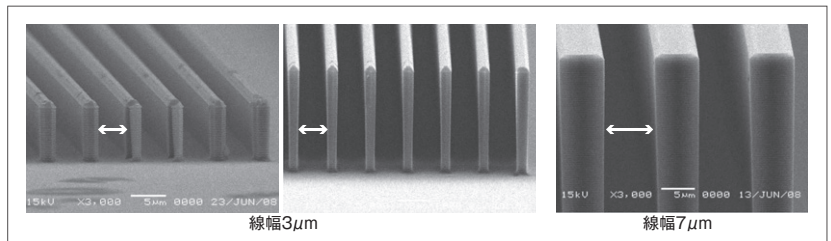
土屋佑太

TSUCHIYA Yuta

電子部品・デバイス・
材料グループ 開発員



MEMS ジャイロ(上)。
紫外線をカットしたイエロー・ルームでMEMSを製作。画像:日本大学 マイクロ機能デバイスセンター(左)



インハウスにて、最小線幅3μmの微細加工技術を獲得
(走査電子顕微鏡で撮影)

【開催案内】
筑波宇宙センター特別公開

開催日時:4月19日(土) 10:00~16:00 ※入場は15:30まで

所在地:茨城県つくば市千現2-1-1

【お問合せ先】筑波宇宙センター 広報部 電話:050-3362-6265/4881 最新情報はこちら→<http://fanfun.jaxa.jp/event/detail/1436.html>



研究開発本部 広報誌
宇宙開発最前線!
2014年3月発行

発行:JAXA(宇宙航空研究開発機構) 研究開発本部
発行責任者:JAXA研究開発本部 研究推進部長 今井良一
〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1
TEL:029-868-5000 FAX:029-868-5969
ホームページ: <http://www.ard.jaxa.jp/>



古紙・パルプ配合率100%再生紙を使用



リサイクル適性
この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。



VEGETABLE OIL INK