

宇宙開発

研究開発本部 広報誌

最前線



Vol. 1
2014 Winter

特集

研究
開発

3Dプリンタによる部品製造を実用化する JAXAの取り組み

宇宙環境の長期間観測を行ったSEDA-APの成果 / 次世代の太陽電池を宇宙空間で実証するNESSIE

Cover Topics

「宇宙開発の将来のために」

研究開発本部の新しいチャレンジ

中橋 和博

NAKASHI Kazuhiro

研究開発本部 本部長

研究開発本部は、JAXAの各本部を支える基盤技術を研究開発しているところです。これは大学などと違って、ある程度、目的志向的な研究開発になります。将来の宇宙開発について大きな絵をまず描き、その中でどのような基礎技術が必要なのかを見極め、あるいは社会的な要請に基づき、最終的な出口を考えながら研究開発をしていくわけで、私たちはそういう意識を高めることが大事であると考えています。

これまでの日本の宇宙開発は、先を走っていたアメリカになんとか追いつこうとして頑張ってきました。最近では、技術がかなりレベルアップし、アメリカやヨーロッパと対等になるところまでできています。これからは、自国の衛星やロケットに使うだけでなく、世界に打って出て、技術的にも、価格的にも競争力のある部品を開発していく。そうした積極的な姿勢で研究開発を進めていくことが、新生JAXAにおける研究開発本部のスタンスであると考えています。

それからもう一つ、例えば宇宙ゴミの除去のような、チャレンジングでリスクな研究テーマに取り組んでいくことも必要です。今まではある決まった仕様を満たす部品をいかに作るかという努力がメインだった面もありましたが、これからは、何らかのブレイクスルーをもたらすような革新的な研究をしていかなければなりません。

世界の先頭を走るような基盤技術の研究開発、そして革新をもたらすチャレンジングな研究、この二本立てが私たちの目標です。





スラスタ
(将来は「このとおり」のスラスタにも活用される可能性)

研究
開発

3Dプリンタによる部品製造を 実用化するJAXAの取り組み

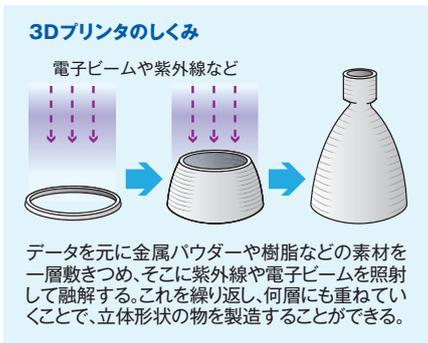
印刷するように立体物を製造できる3Dプリンタ。
人工衛星や探査機などの部品製造に革命をもたらすかもしれない
3Dプリンタによる部品製造の実用化に向けた研究を紹介します。



話を聞いた人
升岡 正
MASUOKA Tadashi
推進系グループ 開発員

一層、一層を積み重ねて作る 3Dプリンタ

JAXAでは、現在、宇宙機などの部品を3Dプリンタによる金属積層製造技術で作製する研究を行っています。「ある学会で、ヨーロッパが人工衛星の部品を3Dプリンタで作ったことを知り、日本でも3Dプリンタの活用方法を検討するようになりました」と、研究を開始したきっかけを話してくれたのは、推進系グループの升岡正開発員です。すでに3Dプリンタによる部品製造を実用化したヨーロッパに続き、NASAも急ピツ



チで実用化に向けた研究を進めているそうです。

3Dプリンタの多くは造形素材として樹脂(プラスチック)を使用していますが、金属を利用した3Dプリンタもあります。金属造形3Dプリンタは、チタンなどの金属をパウダー状にしたものを素材に、電子ビームの照射によって生じた熱により金属パウダーを融かし立体物を成形していきます。一つの層を作ったら、金属パウダーをその上に散布し、さらに電子ビームを照射して次の層を作る。これを繰り返すことで、一つの金属部品を作り上げていきます。

JAXAにおける3Dプリンタ 製造技術の研究

推進系グループで現在3Dプリンタによる部品製造を検討しているのが、人工衛星の姿勢制御や軌道変換に使用されるスラスタ(噴射器)です。スラスタは燃料から燃焼ガスを発生させ噴き出すことで推進力を生み出します。姿勢制御は、人工衛星の運用中頻繁に行われるため、スラスタには長期間

使用できる耐久性や熱によって変形や破損しない耐熱性が求められます。

3Dプリンタによる金属部品の製造は株式会社コイワイに依頼しており、スラスタの3次元データを元に3Dプリンタで部品を製造しています。

金属パウダーを融かして作られるため、表面はざらついています。燃料や空気などが通る部分には滑らかさが求められるため、そのままでは使用できません。そこで精密加工の実績がある株式会社由紀精密に部品表面を研磨加工してもらい、JAXAの求める精度を出しています。

通常、人工衛星のスラスタは、一塊の金属を旋盤やNC加工機などの工作機械で少しずつ削る、いわゆる削り出しという方法で作られます。削り出して作られた部品は衝撃や熱にも強いですが、製造に時間がかかる上にコストも高くなります。一方、3Dプリンタで作った部品は、保管に手間のかからない金属パウダーから作られるため、材料の調達費用も抑えられます。また、製造時のくずもほとんど発生しません。強度についても、「削り出しの部品とほとんど遜色ないも

のが作れるようになりました」と升岡開発員は話します。積み重ねる方向を変えて作った部品についても、強度や熱伝導性を評価しています。

さまざまなメリットを持つ3Dプリンタ

3Dプリンタには、複雑な形状を作り出せるという特長もあります。たとえば蜂の巣のような中空のメッシュ構造も製造することができ、部品の断熱性を高めると同時に、重量も軽くできます。また、従来は複数の部品を組み合わせて構成していた部品も、同じ素材であれば一つの部品として製造できます。部品を一体化すれば、強度や精度の高い部品をコストを抑えながら製造することができるでしょう。

2016年頃までに3Dプリンタによる実用部品の製造技術を確立することが研究の目標ですが、実用化に向けてはまだ越えなければならないハードルもあります。融かした金属の層を積み重ねて作るという製造方法

ゆえに、微々たるものですが層ごとのずれが生じ、部品全体がわずかに変形することもあります。実際に試作試験では、部品ごとに性能のばらつきが見られるといいます。一定の品質を得るためには、日本の製造業が得意とする精密加工の技術と組み合わせた技術が必要です。それを日本独自の技術として確立できれば、先行する海外の技術にも対抗できるでしょう。

現在、使用できる材料はチタンなど一部の金属に限られていますが、推進系グループでは、将来、別の金属でも3Dプリンタで利用できるよう、東北大学と連携して研究を進めています。また、サイズについても現在は最大でも200×200×350mmまでの部品しか作れませんが、升岡開発員は「将来はノズルのような大きな部品も作れるようになれば」と希望を語ってくれました。

多くの種類を少しずつ作る少量多品種生産が得意な3Dプリンタは、人工衛星などの宇宙機で使用する部品に適した製造方法であり、将来の宇宙産業にとって必須の技術となるでしょう。



1 3Dプリンタで製造する際の素材となる金属パウダー 2メッシュ構造の試作 3 4スラスタに使用されている噴射器やノズルへの適用を目指す 5 3Dプリンタによる部品製造実用化に向けて研究を行っているスタッフ。後列左より、草間光治(AES)、長田泰一、畑井啓吾、増田井出夫、藤井 剛。前列左より、池田博英、香河英史、升岡 正、毛利和生

宇宙環境の長期間観測を行ったSEDA-APの成果

宇宙開発に不可欠な宇宙環境の計測を長期間にわたって続けている、日本の宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP)の目的や概要、成果について紹介します。

※SEDA-AP: Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload



「きぼう」日本実験棟

宇宙機設計に欠かせない宇宙環境の観測

宇宙空間にはさまざまな放射線やプラズマ、原子、微小粒子などが飛び交っています。このような宇宙の環境を知ることは、人工衛星や探査機などの宇宙機を設計・製造する上で非常に重要です。

宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP)は、ISSが飛行する高度400km付近の宇宙環境を測定する、いわば「宇宙の百葉箱」です。2009年7月に国際宇宙ステーション(ISS)へと運ばれ、「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに据え付けられました。

SEDA-APについて、開発を担当した宇宙環境グループの古賀清一主任開発員は「観測を行う目的は、人工衛星を設計する際に使用する環境モデルのためのデータ収集と太陽フレア(太陽表面で起こる爆発現象)

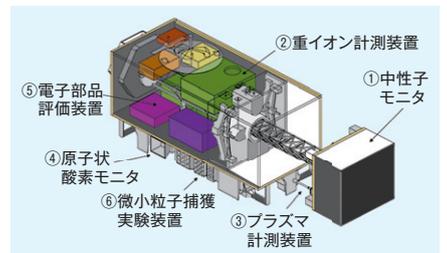
が発生した際に、地球軌道までどれだけの高エネルギー粒子が飛来するのかわかるためです」と説明します。以前の観測衛星にも宇宙環境を計測する装置は搭載されていましたが、SEDA-APは、地表から400kmという比較的低い軌道上の環境を長期間、観測するというこれまでにないミッションです。SEDA-APのデータは、将来の有人宇宙飛行などにも役立てることができそうです。

長期間にわたって有益なデータを収集したSEDA-AP

SEDA-APは、縦横が1×0.8m、中性子モニタを搭載した先端を伸ばすと長さが約2.85mになり、空間の中性子量をリアルタイムで計測する①「中性子モニタ」、電子部品の誤作動の原因となる重イオンの粒子別エネルギー分布を計測する②「重イオン計測装置」、宇宙空間プラズマの密度や電子温度を計測する③「プラズマ計測装置」、断熱材や塗料を劣化させる原子状酸素の量を測定する④「原子状酸素モニタ」、部品のシングルイベント(宇宙放射線が電子回路に誤作動や損傷を与える現象)・劣化等を計

測する⑤「電子部品評価装置」などの計測器が搭載され、また軌道上の微小粒子を捕獲する⑥「微小粒子捕獲実験装置」が計測後回収されました。

特にリアルタイムの中性子スペクトル計測はISSでは日本だけがやっているもので、太陽フレアの研究に役立つと期待されています。



SEDA-AP搭載機器



SEDA-APの開発に携わったスタッフ。左より、山田理子、古賀清一、木本雄吾



話を聞いた人

古賀清一

KOGA Kiyokazu

宇宙環境グループ 主任開発員

研究
開発

次世代の太陽電池を 宇宙空間で実証する NESSIE

話を聞いた人



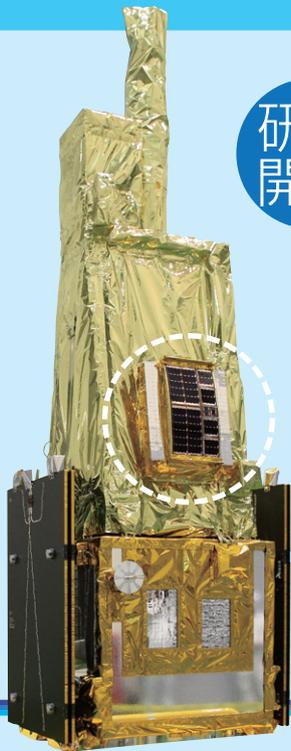
島崎一紀

SHIMAZAKI Kazunori

電源グループ 主任開発員

NESSIEはシート状の次世代型薄膜太陽電池を
実際の宇宙空間で実証するシステムです。
惑星分光観測衛星「ひさき」に搭載された
NESSIEの概要と目的について紹介します。

※NESSIE: Next-generation Small Satellite Instrument for EPS



実用化の前に行う宇宙空間での 実証実験

太陽電池を使用する宇宙空間には、地表に届かないようなさまざまな放射線が存在するため、太陽電池が劣化したり制御用の電子機器に影響を及ぼすといった問題が起きます。そのため、新しく開発した太陽電池をそのまま人工衛星の主電源として利用するのはリスクが高すぎます。

そこで、新しく開発した太陽電池は、まず小型の人工衛星などを利用して実証実験を行います。

2013年9月14日にイプシロンロケットによって打ち上げられた惑星分光観測衛星「ひさき」(SPRINT-A)にも、次世代型の太陽電池を使った実証実験装置、次世代電源系要素技術実証システム(NESSIE)が搭載されており、打ち上げ時の衝撃に耐えられるか、想定した出力が宇宙空間で得られるか、どの程度の寿命があるのかなどを実験しています。

NESSIEに搭載された 次世代型薄膜太陽電池とは

NESSIEは550×463×205mmの立方体で、太陽電池パネル(KKM-PNL)と、リチウムイオンキャパシタ(LIC)および制御回路の二層構造になっています。そのうち電源グループが担当したのは、太陽電池パネル部分です。

現在、宇宙機に使用される太陽電池は、インジウムガリウムリン(InGaP)、ガリウムヒ素(GaAs)、ゲルマニウム(Ge)の三層を重

ねたリジット(曲らない、固い)タイプの三接合太陽電池です。三つの層がそれぞれ違う波長に対応しているため、太陽光を効率よく吸収しエネルギーに変換できます。一般に使用されるシリコン(Si)太陽電池の変換効率は、およそ20%程度ですが、代表的なリジットの三接合太陽電池は28.5%の変換効率となっています。しかし、三接合太陽電池のGe層は比較的厚みがあり、重量に与える影響が大きいため、電源グループでは、高効率化と軽量化を狙い、Ge層を使用しないInGaPとGaAsの薄膜二接合タイプ(TF2J)と、さらにインジウムガリウムヒ素(InGaAs)を重ねた薄膜三接合タイプ(IMM3J)を開発しました。厚みのあるGe層を使用しないことで、TF2JとIMM3Jは非常に薄い太陽電池となっていて、太陽電池セルを並べたシート(SSS:スペースソーラーシート)はある程度曲げることもできます。変換効率に関しては、TF2Jが25%、IMM3Jが30~32%です。

NESSIEの太陽電池パネルには、TF2JとIMM3Jに加え、比較用としてシリコン太陽

電池が配置されています。また、IMM3Jは、従来の太陽電池と同じようにガラスでカバーされたタイプと樹脂フィルムでラミネートされたタイプの2種類が搭載されており、宇宙環境による影響も調べることであります。

現在、NESSIEによる計測では、予測通りの結果が得られています。打ち上げから約2年間は、月に1回程度の試験を行い、それ以降は常時運用での確認試験を行う計画です。実用化はミッション終了後になる予定です。

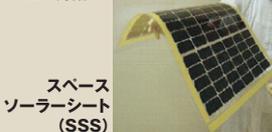
薄くて軽く、曲げられる太陽電池が実用化されれば、太陽電池パネルの重量を軽くできるだけでなく、太陽電池を宇宙機本体の曲面に合わせて配置することなどもできるかもしれません。



高近似二光源
ソーラーシミュレータを
使用し真空状況下で
太陽電池の性能を確認

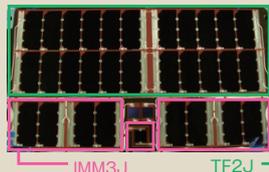


NESSIEの外観



スペース
ソーラーシート
(SSS)

太陽電池パネル(KKM-PNL)



IMM3J TF2J

リチウムイオンキャパシタ(LIC)



制御ユニット 直流交換 LIC

太陽電池パネル(KKM-PNL)の諸元

発生電力	10W以上(太陽光垂直入射時)
スペースソーラーシート	ガラスラミネートタイプ
セル(SHARP製)	・薄膜二接合太陽電池セル(TF2J) ・薄膜三接合薄膜太陽電池セル(IMM3J) ・シリコン太陽電池セル
重量	約264g