



## PRESS RELEASE

令和 8 年 2 月 19 日

### 人工衛星の帯電を「光」で検知するシリコンフォトニクスセンサを開発 ～宇宙開発を悩ませてきた静電気トラブルに新方式で挑む～

#### ◆発表のポイント

- ・人工衛星の静電気トラブルは、衛星の主要な故障要因の1つであるため、帯電状況をモニタリングできるセンサ開発が切望されてきました。
- ・シリコンフォトニクスを基盤とする「光」を用いた原理により、小型軽量・低消費電力・耐放射線性を兼ね備える帯電検知センサ「フォトニック帯電センサ」を開発しました。
- ・数万機規模の小型衛星ネットワーク、デブリ除去、月面基地構築など、新宇宙時代の静電気リスクを解決する大学発スタートアップ創出を目指します。

岡山大学の高橋和教授（本研究は大阪公立大学在籍時より開始）、大阪公立大学（博士前期課程）の大塚亘晟、高瀬渉（岡山大学特別研究生）、九州工業大学の豊田和弘教授、産業技術総合研究所の菊永和也グループ長、株式会社春日電機の研究グループは、シリコンフォトニクスを用いた「人工衛星用の静電気センサ」を開発しました。

近年、人工衛星を活用した宇宙ビジネスが拡大しています。小型衛星ネットワーク、民間宇宙ステーション、月面基地構築など、革新的な宇宙ミッションが提案される中、衛星には新たな機能の追加が求められる一方、人工衛星の故障率低減が宇宙デブリの増加を防ぐ観点などから重要なとなっています。

宇宙空間はプラズマと放射線が存在するため人工衛星は帯電しやすい環境にさらされています。この帯電に起因する静電気トラブルは衛星の主要な故障要因とされていますが、利用しやすいセンサがないことが衛星事業者を悩ませてきました。

研究チームは、シリコンフォトニクスを応用して小型軽量な宇宙用帯電センサを開発しました。センシング部に「光技術」を用いる一方で、「電子回路」を用いないため、放射線や静電気放電に対する高い耐性と、低消費電力動作が期待できます。

本研究は大学発スタートアップ創出支援を受けて実施されました。今後は起業を通じて社会実装を進めます。まずは人工衛星の故障予知・予防への応用を目指し、将来的には宇宙保険、宇宙天気、月面基地、火星探査などへの展開を目指します。

本研究成果は2026年2月2日、Springer Natureが刊行する英国科学誌『npj Nanophotonics』に掲載されました。



## PRESS RELEASE

### ◆研究者からのひとこと

これまで世界最高性能のシリコンフォトニクスデバイスを開発してきましたが、「この技術を社会でどう役立てるか」を常に考えてきました。JST の大学発スタートアップ創出支援プログラムに応募し、事業者の“ペイン”を探す中で、JAXA の研究者から宇宙における静電気問題を伺ったことが、本研究の出発点です。そこから研究分野を静電気や宇宙へと越境し、いわば超異分野への挑戦が始まりました。この 3 年間で数百件を超えるヒアリングを重ね、海外展示会にも出展して、試行錯誤を続けてきました。苦労の連続でしたが、5 名ほどの学生とともにここまでたどり着けたことを誇りに思います。これからは起業を通じて社会実装を進め、宇宙開発を支える基盤技術へと育てていきたいと考えています。現在、宇宙実証にご協力いただけるパートナーを募集しています。

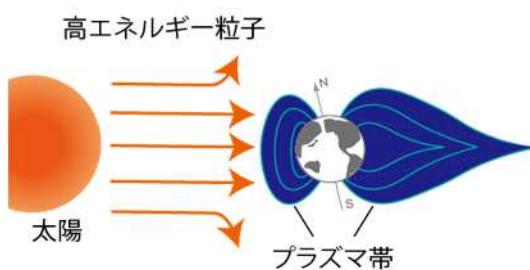


高橋和 教授

### ■発表内容

#### <現状>

近年、「新宇宙時代」と呼ばれるほど宇宙ビジネスは世界的に急成長しています。数万機規模の小型人工衛星による宇宙インターネット網の構築、月面基地の建設、民間宇宙ステーション、宇宙データセンター、さらには有人火星探査など、新たなミッションが次々と検討されています。しかしその一方で、宇宙空間は太陽風に起因するプラズマや高エネルギー放射線に満たされた極めて過酷な環境です。宇宙機の電子機器は常に帶電のリスクにさらされており、その故障は宇宙デブリの発生にもつながる可能性があることから、故障数の低減は喫緊の課題となっています。



地球周辺の宇宙空間には地球の磁場に  
捉えられたプラズマが存在する



人工衛星と宇宙空間の間の電位差

宇宙機が帶電すると、宇宙空間との間に電位差  $\Delta V$  が生じます。この電位差  $\Delta V$  は時々刻々と変動し、一定の閾値（ひとつの目安は約 100 V）を超えると「静電気放電（ESD）」が発生しやすくなります。ESD は電子機器に深刻なダメージを与え、誤動作や機能停止を引き起こします。実際、宇宙機の故障の多くが帶電に起因するとされており、静電気対策は宇宙開発における重要課題の一つです。



## PRESS RELEASE

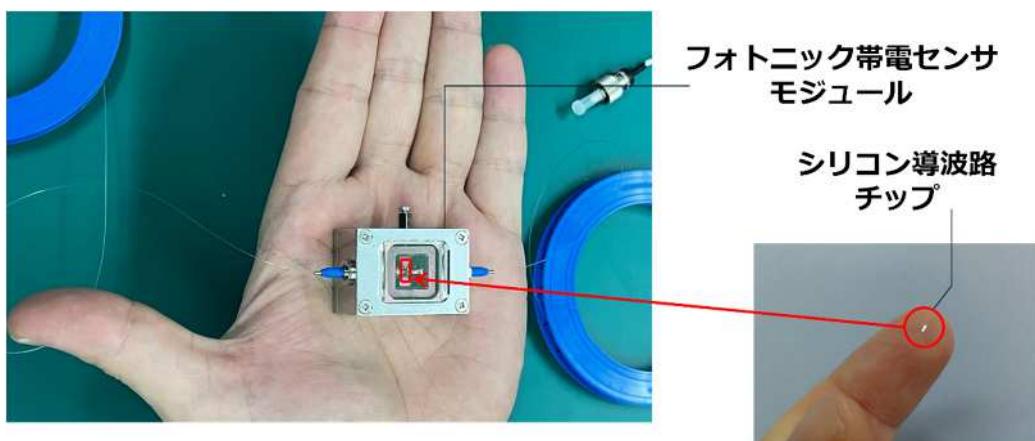
ところが、宇宙機と宇宙空間との電位差を計測できる汎用センサを開発することは容易ではありませんでした。これまで帶電モニタリングの実施は限られた大型衛星ミッションにとどまり、小型衛星での実用的なデータ蓄積は進んでいません。そのため、衛星事業者は静電気対策に苦慮しており、リスクを抱えたまま打ち上げに臨むケースもあります。さらに、十分な観測データが得られないことが宇宙天気予報の精度向上や宇宙保険の拡充を阻む要因になっています。宇宙ビジネスの持続的成長のためには、静電気問題を解決することが重要です。

現在、すでに1万機を超える小型衛星が軌道上に存在していますが、これらのほとんどには静電気に関する情報を集めるセンサは搭載されていません。求められていたのは以下の要素を同時に満たすセンサと考えられます。

- ・ESD や宇宙放射線に対して高い耐性を有する「測定原理」
- ・小型人工衛星にも組み込める「小型」「軽量」「低消費電力」
- ・衛星コストに見合う「価格」

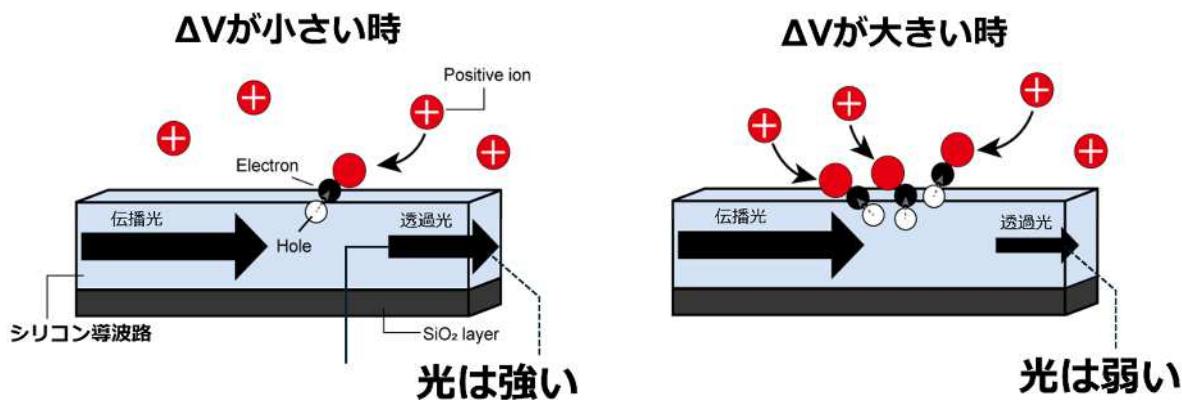
### <研究成果の内容>

研究グループは、シリコンフォトニクス技術を応用し、上記の要素をすべて満たす宇宙用帶電センサ「フォトニック帶電センサ」を開発しました。センサモジュールは 30 mm x 25 mm、重量は約 100 g です。モジュール内部には小サイズ 1 mm x 1 mm のシリコン導波路チップ（表面積が大きいフォトニック結晶導波路を利用）を搭載し、ここが帶電を検知するコア領域です。モジュールには光ファイバが接続されており、光を発生・検出する電子機器をセンサ部から離して配置できる構成です。

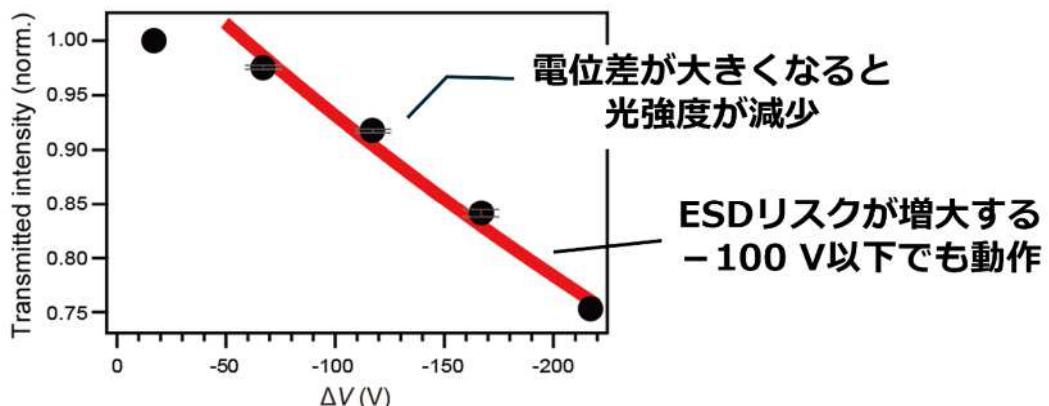


本研究では、開発したモジュールを宇宙空間と同様のプラズマ環境中に設置し、電位差  $\Delta V$  を変化させながら、モジュールを透過してくる光の強度を測定しました。その結果、 $\Delta V$  の変化に応じて透過光強度が系統的に変化することを見いだしました。詳細な解析により、プラズマ環境下でシリコン導波路に蓄積した電荷が自由キャリアを生み、導波路を伝搬する光の吸収損失を増加させることが原因であると突き止めました。これは、半導体分野で知られる自由キャリア吸収と呼ばれる光学現象に基づきます。

## PRESS RELEASE



さらに、自由キャリア吸収の強さが電位差  $\Delta V$  に比例して変化することから、透過光強度を読み出すことで宇宙機と衛星の電位差（つまり帯電状態）を推定できることを実証しました。加えて、静電気放電（ESD）が発生し得る大きな電位差の領域においても、本センサは故障することなく電位を計測できることを確認しました。これは、センシング部位に電子回路を用いず、光回路のみを用いる測定原理によって、放電に伴う電気的ダメージを受けにくいためです。



### ＜社会的な意義＞

本技術が実用化されれば、宇宙機の帯電状況をリアルタイムで監視できるようになります。これは車で言うところのドライブレコーダーの役割になるでしょう。1万機以上の衛星に搭載されれば、宇宙空間の帯電状態を常に把握できるようになります。これまで原因の特定が困難だった宇宙機事故について、帯電や ESD の関与を含めた原因究明が進み、故障の予知・予防にもつながります。その結果、宇宙開発におけるリスクを可視化・低減し、高騰する宇宙保険料の適正化にも貢献できると期待されます。リスクとコストの低減は、より多くの企業やプレイヤーが宇宙に挑戦するための土壤となり、持続可能な宇宙開発を後押しします。さらに、宇宙環境の状態をより高精度に把握できるようになることで、安全な宇宙遊泳の支援や、精度の高い宇宙天気予報・オーロラ予報など、幅広い分野への波及効果が期待されます。

本プロジェクトは、JST 大学発新産業創出基金事業（PSI・GAP ファンド）の支援の下で、事業化に向けた準備を加速させています。今後、大学発スタートアップを創業し、まずは人工衛星などの



## PRESS RELEASE

宇宙機向けセンサとして市場投入を目指します。静電気放電（ESD）は、デブリ除去作業、新しい宇宙ステーション建築、月面基地構築、火星有人探査といった次世代の宇宙活動においても深刻な課題です。この点について、岡山大学惑星物質研究所の大竹真紀子教授は、次のように述べています。

「今後の月面での着陸探査や基地建設において、表面土壌が帯電し、ローバや宇宙服表面に付着して不具合原因となることが深刻な課題である一方、これまで小型軽量の計測装置がなく、帯電状況の把握自体が困難でした。本センサは、課題の解決に向けて環境情報を提供する重要な役割を担うと期待されます」。

将来的には、本技術を、宇宙活動の高度化に伴い増大する多様な静電気リスクに対応する「宇宙の安全インフラ」とすることを目指します。

### ■論文情報

論文名 : Compact potential sensor for spacecraft based on a silicon photonic waveguide

掲載紙 : *npj Nanophotonics*

著者 : Kosei Otsuka, Wataru Takahama, Rikuto Hojo, Takeki Higashiguchi, Kazuya Kikunaga, Tomofumi Mogami, Kazuhiro Toyoda & Yasushi Takahashi

D O I : 10.1038/s44310-025-00100-6

U R L : <https://www.nature.com/articles/s44310-025-00100-6>

### ■研究資金

本研究は、科学技術振興機構の大学発新産業創出基金事業 スタートアップ・エコシステム共創プログラム・GAP ファンド（JPMJSF2316）<sup>注</sup>、および研究成果展開事業 大学発新産業創出プログラム（START）におけるプロジェクト支援型（JPMJST2111）、日本学術振興会科研費（21H01373）の支援を受けて実施されました。

注) 大学等の技術シーズをもとにしたスタートアップ創出支援プログラム。高橋教授のチーム支援は中国・四国地方のプラットフォーム「PSI (Peace & Science Innovation Ecosystem)」が支援しています。

PSI Web ページ : <https://psi-ecosystem.net/about>



### ■補足・用語説明

- シリコンフォトニクス : 半導体材料であるシリコン上に光回路を作り込み、光を使って情報を伝えたり処理したりする技術。従来の電子回路に比べて高速・低消費電力化が可能で、データ通信やセンサ分野で注目されている。
- 自由キャリア吸収

半導体中のキャリア（電子や正孔）の密度変化によって光吸収が変化する現象。



## PRESS RELEASE

### ＜お問い合わせ＞

岡山大学 学術研究院環境生命自然科学学域（工）

教授 高橋 和

（電話番号）086-251-8848

（HP）<https://sites.google.com/view/takahashi-photonics>



岡山大学は持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。  
SDGsとは、2015年9月の国連サミットで採択された、2030年までの国際目標です。

