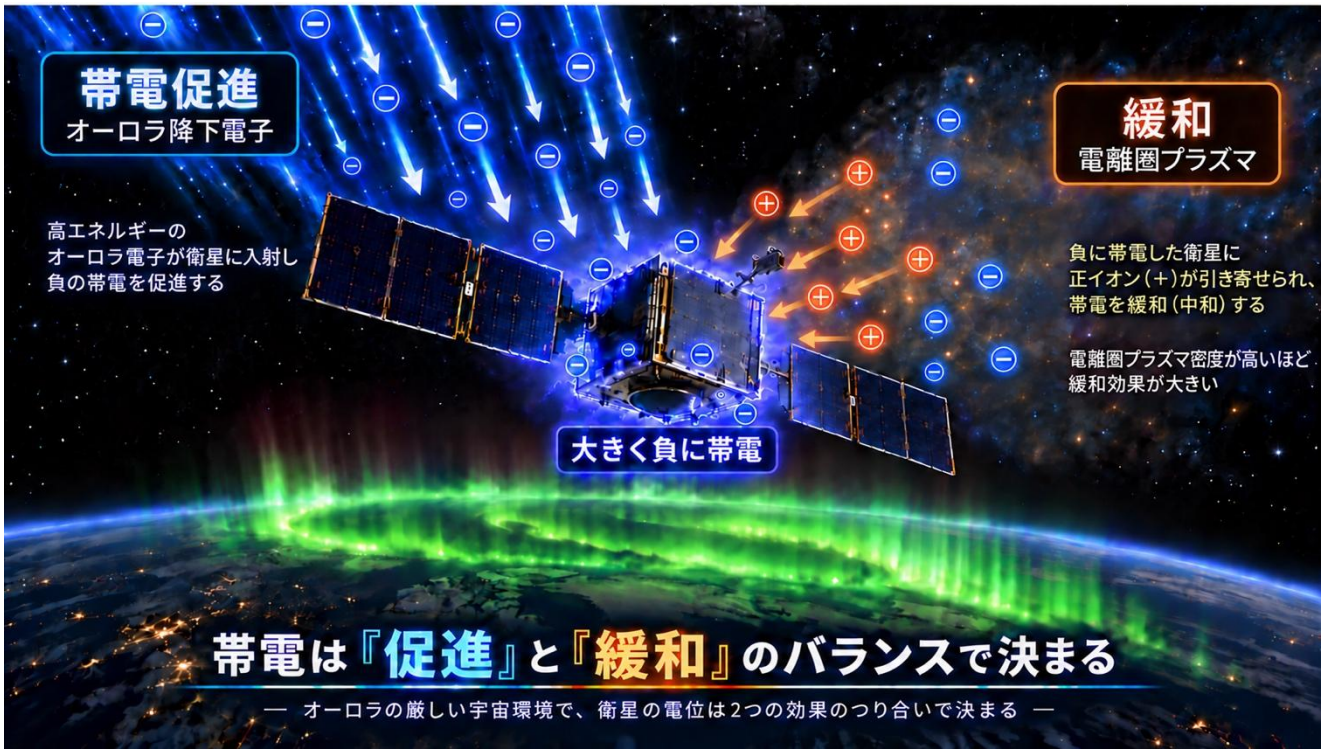
2026 年 10 月 28 日

AI で人工衛星の表面帯電を自動検出する手法を開発

-約 19 年分の観測データから帯電しやすい宇宙環境を解明
衛星の安全運用と故障リスク低減に貢献-

国立大学法人九州工業大学大学院工学研究院宇宙システム工学研究系の寺本 万里子准教授と、宇宙航空研究開発機構（JAXA）研究開発部門第一研究ユニットの奥村 哲平主任研究開発員は、九州工業大学と JAXA の共同研究において、人工知能（AI）を用いて約 19 年分の人工衛星の観測データを解析し、衛星表面の帯電現象* 1 を自動的に検出する手法を開発するとともに、人工衛星が帯電しやすい宇宙環境の特徴を明らかにしました。

本研究の解析にあたっては同大学同研究院基礎科学研究系 花沢 明俊准教授と、同大学大学院を修了した升野 颯人さん、荒木 大地さんを中心に、国立大学法人新潟大学大学院自然科学研究科電気情報工学専攻/工学部　知能情報システムプログラムの飯田 佑輔准教授による AI の検証方法に関する専門的な助言を受けながら、実施しました。



図：本研究で明らかになった人工衛星表面帯電の仕組み。高エネルギーのオーロラ降下電子は衛星の負の帯電を促進し、電離圏プラズマ中の正イオンの流入は帯電を緩和します。衛星の電位は、これらの電流のバランスによって決まります。（本イラストは生成 AI を用いて作成したものです。）

ポイント

- 人工知能（AI）の一種である畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いて、人工衛星の観測データから衛星表面の帯電現象を自動的に検出する手法を開発しました。
- 約 19 年分の観測データを解析し、約 3,000 件の帯電イベントを抽出することで、人工衛星が帯電しやすい時間帯や宇宙環境の特徴を明らかにしました。
- 本成果は、人工衛星が強く帯電する宇宙環境をより正確に把握し、将来的な衛星の帯電・放電リスクの予測や、宇宙環境による衛星故障の回避につながることが期待されます。

本研究では、人工衛星の表面帯電を長期間にわたって調べるため、AI を用いた自動検出手法を開発しました。従来、膨大な観測データから帯電現象を人の目で確認することは難しく、長期間の統計的な解析には大きな作業負荷がかかっていました。今回開発した手法により、多数の帯電イベントを効率的に抽出し、その発生条件を詳しく調べることが可能になりました。

その結果、オーロラ*2 を起こす電子が人工衛星の帯電を強める一方で、衛星の周りにある電離圏*3 のプラズマが帯電を抑える働きをしていることが分かりました。人工衛星が強く帯電すると、衛星表面の場所によって電気のたまり方に差が生じ、大きな電位差ができることがあります。この電位差が大きくなると、衛星表面で火花のような放電が発生し、太陽電池や表面材料を損傷したり、衛星の正常な運用に影響を与えたりする可能性があります。

本成果により、人工衛星の帯電は、オーロラを引き起こす電子だけでなく、周囲の電離圏プラズマとのバランスによって決まることが定量的に示されました。今後は、さらに過去のオーロラ活動が活発だった時期まで解析対象を広げ、オーロラの活動と電離圏の状態をあわせて調べることで、人工衛星が帯電しやすい時期や場所の予測につなげ、衛星をより安全に運用するための技術に役立てることが期待されます。

なお、この研究成果は、米国地球物理学連合（AGU）が発行する学術誌「Space Weather」2026 年 10 月 27 日）に掲載されました。

■用語解説

*1 **表面の帯電現象**：人工衛星は地上の機器のように大地へアースすることができないため、宇宙空間を飛び交う電子などが衛星表面にたまると、表面が電気を帯びることがあります。これを表面帯電といいます。表面の場所によって帯電の程度に差が生じると大きな電位差ができ、放電によって太陽電池や表面材料などが損傷することがあります。

*2 **オーロラ**：地球から遠く離れた宇宙空間から、高いエネルギーをもつ電子が地球上空へ降り込み、高度 100km~300km 上空にある大気中の原子や分子と衝突して光る現象です。オーロラを発生させる電子は、電離圏に存在するプラズマよりも高いエネルギーをもっており、人工衛星に衝突して表面にたまることで、衛星を大きく負に帯電させる原因となります。

*3 **電離圏**：地球の上空約 60～1,000 km に広がる領域で、太陽からの紫外線などによって大気の一部が電離し、電子とイオンからなるプラズマ状態になっています。電離圏には比較的エネルギーの低い電子やイオンが多く存在します。この領域は、多くの低軌道人工衛星が飛行する場所でもあります。

■論文の情報

タイトル： Development of an Automatic Detection System for Satellite Surface Charging Using DMSP Observation Data and Investigation of the Surrounding Plasma Environment

著者名： HAYATO MASUNO, Mariko Teramoto, Daichi Araki, Yusuke Iida, Akitoshi Hanazawa, Kentaro Kitamura, Teppei Okumura, Hiroyuki Okamoto

雑　誌： Space Weather

ＤＯＩ： https://doi.org/10.1029/2026SW004944

本研究は、2023 年度から始まった日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究 S、JSPS 科研費 JP23H05429)「惑星放射線帯消失モデルの実証と能動的制御方法の開拓」の支援を受けています。

【研究内容に関するお問い合わせ】
国立大学法人九州工業大学 大学院工学研究院 准教授 寺本　万里子

国立大学法人新潟大学 大学院自然科学研究科／工学部 准教授 飯田　佑輔
E-mail：iida@ie.niigata-u.ac.jp

【報道に関するお問い合わせ】
国立大学法人九州工業大学 管理本部 総務課 広報係

国立大学法人新潟大学 広報事務室
TEL：025-262-7000　E-mail：pr-office@adm.niigata-u.ac.jp