

文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育医療記者会と同時発表

公立大学法人 名古屋市立大学

## 宇宙空間に漂う低温プラズマの描像・生成機構を新たに解明

低温プラズマトーラスと低温プラズマ被膜層は別個のプラズマ集団である可能性  
Frontiers in Astronomy and Space Sciences、2026年4月9日公開

### 研究成果の概要

名古屋市立大学大学院データサイエンス研究科の能勢正仁教授とコロラド大学ボルダーク校大気宇宙物理学研究所の丸山奈緒美上席研究員は、地球磁気圏<sup>※1</sup>に存在する二つの低エネルギーイオン集団「低温プラズマトーラス<sup>※2</sup>」と「低温プラズマ被膜層<sup>※3</sup>」に関する約40年間の観測研究を整理したレビュー論文を発表しました。本論文では、低温プラズマトーラスは高度約12000-24000 kmで数10 eV以下の酸素イオンが卓越する集団、低温プラズマ被膜層は高度約18000-40000 kmで10 eV-3 keVの水素・酸素イオンが広がる集団として整理されました。さらに、両者はエネルギー範囲、存在領域、生成機構が主に異なり、別個のプラズマ集団である可能性が示されました。一方で、両者の関係や低温プラズマトーラスの主な生成過程には未解明な点が残ることも明確になり、将来的に必要となる観測装置の要件も示されました。地球近傍のプラズマ循環や宇宙天気理解を深める基盤となる成果です。

#### 【研究のポイント】

- ・ 1980年代以来の観測研究を統合し、低温プラズマトーラスと低温プラズマ被膜層の特徴を整理しました。
- ・ 両者はエネルギー範囲、存在領域、生成機構が主に異なり、別個のプラズマ集団である可能性が示されました。
- ・ 両者の関係解明には、1 eV以下から約1 keVまでの広いエネルギー帯でイオン種を識別できる将来観測が重要です。

#### 【背景】

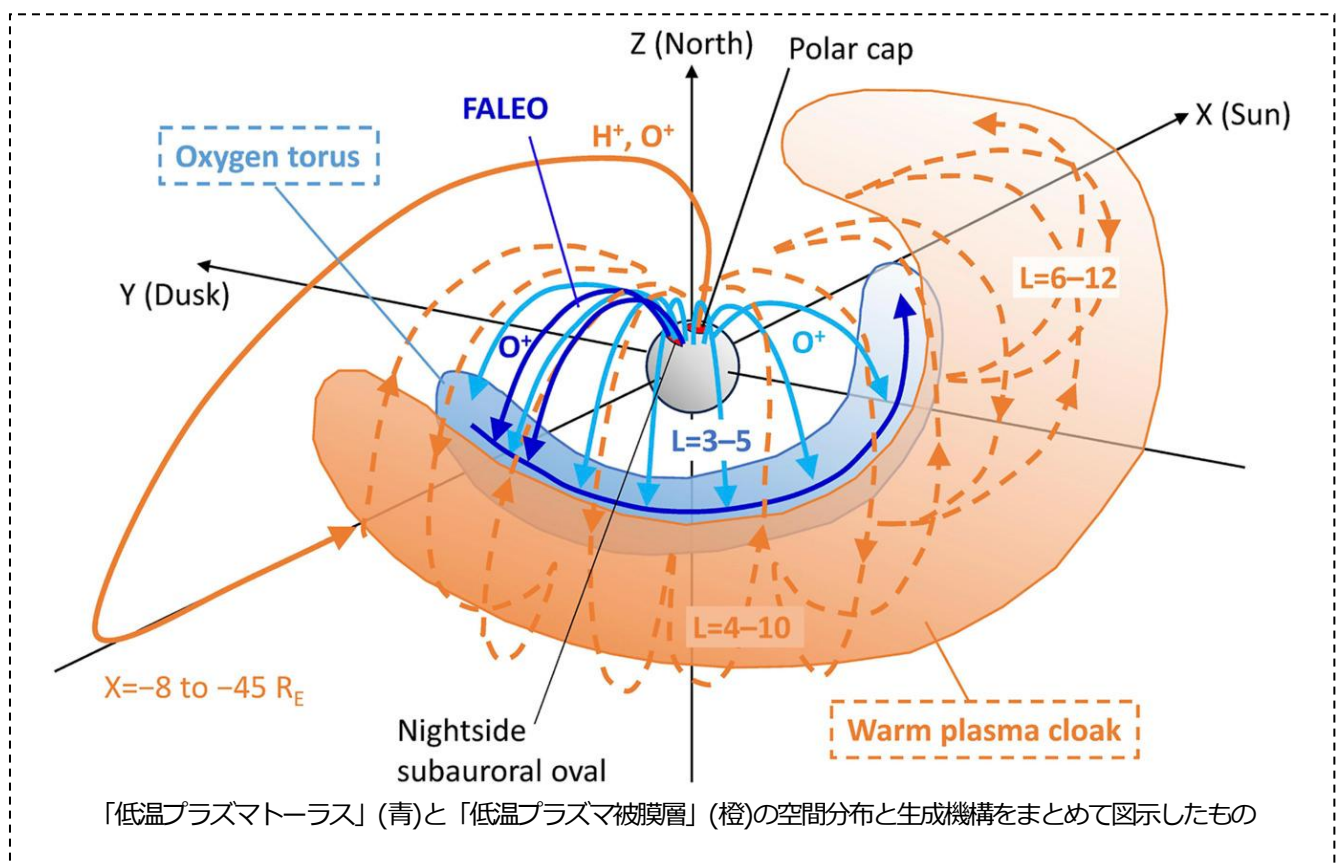
地球の磁気圏では、低エネルギーイオンが質量輸送や内部磁気圏のダイナミクスに重要な役割を果たします。とくに磁気嵐やサブストームの際には、こうしたプラズマの分布や輸送過程が宇宙天気の理解に直結します。このうち「低温プラズマトーラス」と「低温プラズマ被膜層」は1980年代から研究されてきましたが、これまでは別々に議論されることが多く、両者の違いやつながりは十分に整理されていませんでした。

【研究の成果】

本論文では、直接観測と磁気圏磁気脈動・電子密度を用いた磁気地震学的手法の両方をたどり、低温プラズマトーラスはプラズマ圏<sup>※4</sup>外縁付近の高度約12000-24000 kmに分布する数10 eV以下のO<sup>+</sup>イオン優勢な集団、低温プラズマ被膜層は夜側から朝側・昼側へ広がる高度約18000-40000 kmの10 eV-3 keVのH<sup>+</sup>・O<sup>+</sup>イオン集団として整理しました。

また、低温プラズマトーラスの生成機構として、リングカレントとプラズマ圏の相互作用による電離圏加熱、磁気圏質量分析計効果、夜側電離圏からの低エネルギーO<sup>+</sup>供給と東向きドリフトが候補として比較されました。近年の観測は、夜側電離圏起源の低エネルギーO<sup>+</sup>流出<sup>※5</sup>を支持しています。一方、低温プラズマ被膜層は、電離圏から流出したイオンが磁気圏尾部を経て地球方向へ輸送されることで形成されると考えられます。

本研究成果は2026年4月9日にFrontiers in Astronomy and Space Sciencesで公表されました。



【研究の意義と今後の展開や社会的意義など】

本研究は、地球磁気圏に存在する二つの代表的な低エネルギーイオン集団を同じ視点で整理し、両者が「部分的に重なりながらも主として異なるプラズマ集団」である可能性を明確に示しました。これまで整理や統一的理解がなされていなかった低温プラズマの性質を分かりやすくまとめた指針となるものであり、将来的にどういった観測が必要かという研究課題を具体的に提示した点に意義があります。今後は、深夜から朝側の異なる高度で同時観測を行い、1 eV以下から約1 keVまでの広いエネルギー帯でイオン種を識別できる観測装置を整備することで、地球近傍のプラズマ循環、宇宙天気、内部磁気圏の質量輸送の理解がさらに進むと期待されます。

#### 【用語解説】

- ※1 磁気圏：地球の磁場に支配された宇宙空間で、太陽風との相互作用により形が変化する領域。
- ※2 低温プラズマトーラス：地球近傍の高度約12000-24000 km付近に分布する、数10 eV以下の酸素イオン( $O^+$ )が卓越した低エネルギープラズマ集団。酸素イオントーラスとも呼ばれている。
- ※3 低温プラズマ被膜層：夜側から朝側・昼側へ広がる、10 eV-3 keV程度の $H^+$ ・ $O^+$ イオンを主成分とする低エネルギープラズマ集団。ウォームプラズマ・クロークとも呼ばれている。
- ※4 プラズマ圏：地球を取り巻く比較的冷たく高密度なプラズマ領域。低温プラズマトーラスはその外縁付近で観測されます。
- ※5 夜側電離圏起源の低エネルギー $O^+$ 流出：オーロラ発生領域付近から磁力線方向に流出する低エネルギー $O^+$ イオンの増加現象。近年、低温プラズマトーラスの形成との関連が注目されています。

#### 【研究助成】

本研究は、JSPS科研費 JP21H01147、JP22KK0045、JP21H04518、JP22H00116、JP24H00164、JSPS Core-to-Core Program JPJSCCB20240003、文部科学省「データ駆動型科学推進のための研究データエコシステム構築」(2024-01)、名古屋市立大学国際的な共同研究推進のための派遣・招へい支援プログラム(251009)、卓越研究グループ支援事業(2530002)などの助成を受けたものです。

#### 【論文タイトル】

Oxygen torus and warm plasma cloak: A review

#### 【著者】

Masahito Nosé<sup>1\*</sup>、Naomi Maruyama<sup>2</sup>

所属 1：名古屋市立大学大学院データサイエンス研究科

2：Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder

(\*Corresponding author (責任著者))

#### 【掲載学術誌】

学術誌名：Frontiers in Astronomy and Space Sciences

DOI番号：10.3389/fspas.2026.1817245

#### 【研究に関する問い合わせ】

名古屋市立大学 大学院データサイエンス研究科 教授 能勢正仁

名古屋市瑞穂区瑞穂町字山の畑1

#### 【報道に関する問い合わせ】

名古屋市立大学 総務部広報課

名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄1

TEL：052-853-8328 FAX：052-853-0551

E-mail：ncu\_public@sec.nagoya-cu.ac.jp

連携できる企業様でご関心をお持ちいただける場合は、下記の問い合わせ先までご連絡ください。

【共同研究に関する企業様からの問い合わせ】

名古屋市立大学 産学官共創イノベーションセンター

名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄1

TEL : 052-853-8041 FAX : 052-841-0261

E-mail : [ncu-innovation@sec.nagoya-cu.ac.jp](mailto:ncu-innovation@sec.nagoya-cu.ac.jp)