

PRESS RELEASE

本件リリース先：文部科学記者会、科学記者会、横須賀市政記者クラブ、
立川市政記者クラブ、名古屋教育記者会、石川県文教記者クラブ、
日刊工業新聞金沢支局、化学工業日報社、日本経済新聞社編集局
報道解禁日時：指定なし

2026 年 8 月 28 日

国立大学法人 総合研究大学院大学
大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立極地研究所
国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学
国立大学法人 電気通信大学
国立大学法人 金沢大学

宇宙の電磁波の通り道「ダクト」がつくる脈動オーロラは朝に多い！

～ 過去 7 年分の地上-衛星同時観測から明らかに ～

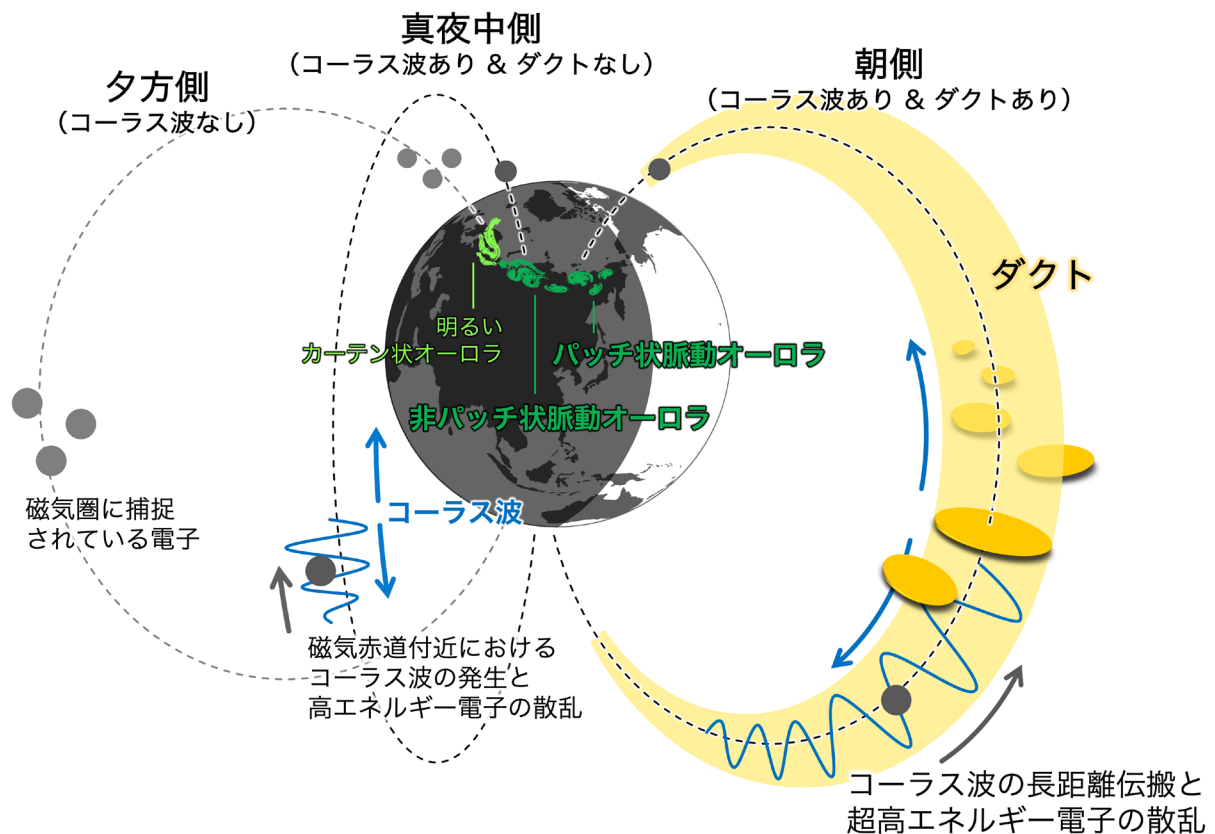


図 1：先行研究および本研究で示したモデルの概要。真夜中前（夕方側）ではコーラス波の発生そのものが少ない。真夜中付近になるとコーラス波が発生し、脈動オーロラも出現する。真夜中以降（朝側）では、ダクトによるコーラス波の長距離伝搬と超高エネルギー電子散乱、およびパッチ状脈動オーロラの発生が多くなる。

【概要】

- 北欧に設置されている地上カメラで観測された「脈動オーロラ」と、磁気圏と呼ばれる地球近傍の宇宙空間であらせ衛星によって観測された宇宙の電磁波「コーラス波」の同時観測を統計的に調査しました
- コーラス波の「長距離」伝搬と脈動オーロラの「パッチ状」構造を、宇宙空間における電子密度の管状構造「ダクト」が支配するという先行研究で示した物理モデルの普遍性を定量的に評価し、80%を超える高い割合で上記モデルが成立することを実証しました
- このモデルを満たすような脈動オーロラの発生頻度は、真夜中から朝にかけて発生頻度が上昇することも本研究で初めて示されました

総合研究大学院大学先端学術院 極域科学コース博士後期課程 3 年／国立極地研究所 特任研究員の伊藤ゆり氏、総合研究大学院大学／国立極地研究所の小川泰信教授をはじめとする名古屋大学、電気通信大学、金沢大学、東北大学などを中心とした研究グループは、北欧スカンジナビア半島の計 6 地点に設置されている全天型オーロラ撮像カメラと、地球磁気圏を観測する探査衛星「あらせ」(ERG) (※1) による脈動オーロラ (※2) の同時観測データを用いて、宇宙の電磁波であるコーラス波の長距離伝搬とパッチ状脈動オーロラの発生を統計的に調査しました。「あらせ」の観測が開始された 2017 年 3 月から 2024 年 3 月までの冬季（オーロラの観測が困難な白夜期間を除いた時期）に地上で観測された画像データを、同時に取得された衛星データと比較し、計 30 時間分の事例を抽出しました。その中から、これまでに提案されてきた物理モデル「脈動オーロラの『パッチ状』構造とコーラス波 (※3) の『長距離』伝搬を、宇宙空間において電子密度が管状となるダクト構造（以下、『ダクト』と呼ぶ） (※4) が支配している」の普遍性を定量的に評価したところ、80% を超える割合でそのモデルが成立することを明らかにしました。また、このモデルを満たすようなオーロラの発生頻度は、真夜中から朝にかけて上昇することも本研究で初めて示されました（図 1：先行研究および本研究で示したモデルの概要）。

近年では、地球大気中のオゾン減少を誘発すると考えられている超高エネルギー電子の降り込みとパッチ状脈動オーロラの発生は関係していることが分かってきており、脈動オーロラ研究の重要性は一層高まっています。本成果は、パッチ状脈動オーロラとダクトの関係を明らかにしたことで、脈動オーロラのパッチ状構造から超高エネルギー電子分布の可視化につながることを期待されます。

【研究の背景】

極域の夜を彩るオーロラは、磁気圏と呼ばれる地球近傍の宇宙空間から地球大気中に降り込んできた電子（降下電子）が酸素や窒素などの大気粒子と衝突することで発生する発光現象です。特に、脈動オーロラと呼ばれる点滅するオーロラは、磁気圏を伝搬する電磁波であるコーラス波によって高エネルギー電子が散乱・降下することで発生しています。コーラス波は磁気圏の赤道面付近で発生すると考えられており、そこから磁場に沿って地球方向へ長い距離を伝搬するほど散乱される電子のエネルギーは高まります。しかし、一般的な伝搬では、コーラス波は磁場に沿って伝搬せずに減衰してしまいます。そこで、著者らの先行研究では、地上カメラ、大型大気レーダー、「あらせ」の同時観測が成立した単一事例の解析に基づいて、「コーラス波の『長距離』伝搬、超高エネルギー電子の散乱と降下、および脈動オーロラの『パッチ状』構造は、磁気圏における電子密度の『ダクト』構造によって支配されている」という物理

モデルを提唱しました (Ito et al., 2024, <https://www.nipr.ac.jp/info2024/20240927.html>)。一方で本研究では、その次のステップとして、この提唱モデルが統計的にどの程度の普遍性をもって成り立つのか、どの時間帯で多く発生するのかを定量的に評価することを目的とした統計解析を行いました。

【研究の成果】

「あらせ」の観測が開始された 2017 年 3 月から 2024 年 3 月までの観測シーズン（白夜期間を除いた時期）において、次の 2 つの条件を満たす同時観測事例を 60 イベント抽出しました。

1) 晴れてオーロラの有無や形状が確認できること

2) 「あらせ」がコーラス波の発生源である磁気赤道面から遠く離れた場所に位置していたこと

抽出された 60 イベントの内、ディフューズオーロラ（※5）または脈動オーロラが観測され、かつ、長距離伝搬するコーラス波が観測された事例（ケース 1）は真夜中から朝方にかけて発生頻度が増加することが分かりました。一方、ディフューズオーロラまたは脈動オーロラは観測されたが、長距離伝搬するコーラス波が観測されなかった事例（ケース 2）は真夜中付近に発生頻度のピークとなり、朝方にかけては減少する傾向が明らかとなりました（図 2：ケース 1 とケース 2 の発生頻度の変化）。

さらに、ケース 1 とケース 2 について、オーロラの形状（パッチ状／非パッチ状）も調査しました。その結果、ケース 1 では 93% のオーロラがパッチ状脈動オーロラであるのに対し、ケース 2 では 86% でディフューズオーロラまたは非パッチ状脈動オーロラであることが分かりました。このことから、先行研究によって提唱したモデルが 80% を超える高い割合で成立することが示されました。

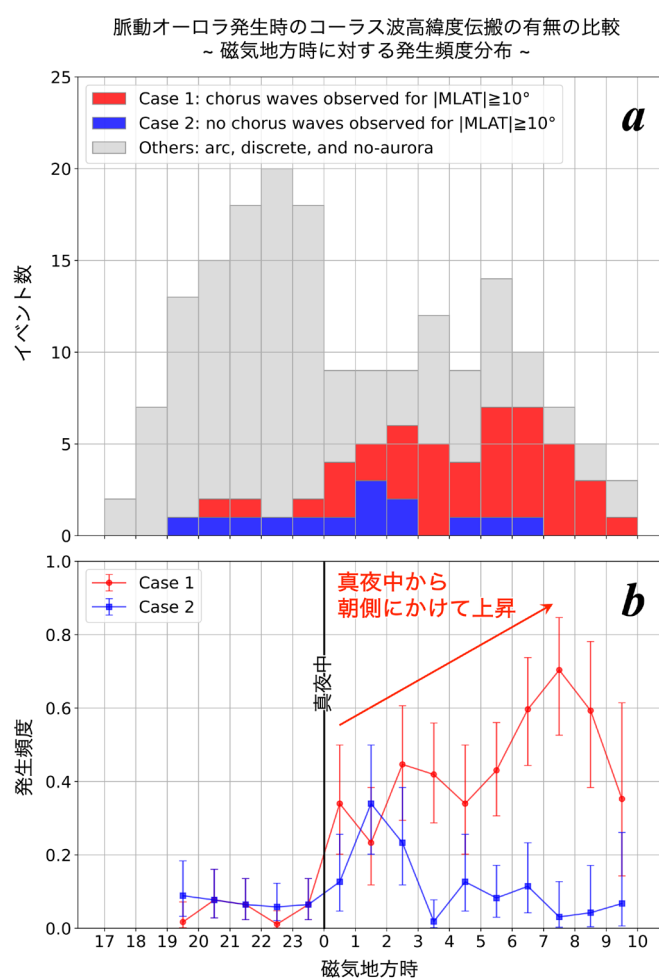


図 2：(a) ケース 1 (赤) とケース 2 (青) のイベント数。(b) 全イベント数に対するケース 1 (赤) とケース 2 (青) のイベント数の割合。ケース 2 の発生割合が真夜中付近でピークを持つものに対し、ケース 1 は真夜中から朝側にかけて上昇していくことが分かる。

【今後の展開】

本研究によって、ダクトがパッチ状脈動オーロラに深く関係していることが明らかとなりました。ダクトは磁場構造に沿った電子密度や磁束密度の粗密によってコーラス波を閉じ込めますが、ダクトが「いつ：時間」「どこで：電離圏（※6）または磁気圏」「どのように：プラズマ物理」形成されるのかは明らかになっていません。そこで近年、ダクトや長距離伝搬する波を観測することを目的とした衛星プロジェクトが進んでいます。そのような衛星と北欧で運用が始まる「EISCAT_3D レーダー（※7）」による極域電離圏の 3 次元観測を組み合わせることによって、「いつ・どこで・どのように」ダクトが形成されるのかについてアプローチできると考えています。そこから宇宙天気予報の予測精度向上や超高エネルギー電子が存在する場所の可視化へ繋げていくことを目指しています。

【用語解説】

（※1）「あらせ」（ERG: Exploration of energization and Radiation in Geospace）：地球磁気圏の放

射線帯を形成する高エネルギー電子の生成・消失プロセスの解明を目的とした、日本のジオスペース探査衛星。

- (※2) **脈動オーロラ**：数秒から数十秒の周期で明滅を繰り返すオーロラ。パッチ状に決まった構造を持つタイプと形状が不定形な非パッチ状のタイプに大別され、パッチ状脈動オーロラは非パッチ状脈動オーロラよりも遅い時間帯（より朝側）に多いことが先行研究で示されてきている。
- (※3) **コーラス波**：地球近傍の宇宙空間である磁気圏の赤道面付近で発生する自然の電磁氣的なプラズマ波動。高エネルギー電子を散乱させ、降下させる役割を持つ。
- (※4) **ダクト**：磁気圏において電子密度が周辺よりも極端に高い、あるいは低い管状の構造。光ファイバのように、密度の違い（屈折率の違い）によって波をダクト内に閉じ込めて長距離伝搬を促すと考えられている。
- (※5) **ディフューズオーロラ**：発光が弱く形状がぼんやりとしたオーロラ。脈動オーロラもその一つであるが、本研究においては明滅のないもの（コーラス波由来のオーロラでないもの）を指す。
- (※6) **電離圏**：高度約 60–1000 km の電離した大気（プラズマ）が存在する領域。電離圏プラズマが上昇・流出することによって、電離圏の外側に存在するプラズマ圏や磁気圏にプラズマを供給している。
- (※7) **EISCAT (European Incoherent SCATter: 欧州非干渉散乱) 3D レーダー**：非営利会社 EISCAT_AB を中心とした国際共同計画による、約 1 万本のアンテナから構成される世界最先端のフェーズドアレイ式非干渉散乱レーダー。従来の EISCAT レーダーの 100 倍の性能を有し、高い時間分解能による電離圏の 3 次元的な観測を行う予定である。

【論文情報】

- ・ 論文タイトル：Statistical Study on Pulsating Auroras and High-Latitude Propagation of Chorus Waves Based on Conjugate Observations of Ground-Based Imagers and Arase Satellite
- ・ 掲載誌：Journal of Geophysical Research: Space Physics
- ・ 掲載日：2026 年 7 月 2 日
- ・ 著者：伊藤 ゆり（総合研究大学院大学先端学術院 極域科学コース 博士後期課程 3 年、
国立極地研究所 特任研究員）
小川 泰信（総合研究大学院大学／国立極地研究所 教授）
吹澤 瑞貴（総合研究大学院大学 助教／国立極地研究所 特任助教）
田中 良昌（総合研究大学院大学／国立極地研究所／データサイエンス共同利用基盤施設
准教授）
門倉 昭（データサイエンス共同利用基盤施設 特任教授）
三好 由純（名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授）
細川 敬祐（電気通信大学大学院情報理工学研究科／宇宙・電磁環境研究センター 教授）
新堀 淳樹（名古屋大学 宇宙地球環境研究所 特任助教）
堀 智昭（名古屋大学 宇宙地球環境研究所 特任准教授）
笠原 禎也（金沢大学学術メディア創成センター／理工研究域先端宇宙理工学研究センター
教授）

松田 昇也（金沢大学理工研究域電子情報通信学系／先端宇宙理工学研究センター 准教授）

土屋 史紀（東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻 教授）

熊本 篤志（東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻 准教授）

松岡 彩子（京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター 教授）

寺本 万里子（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 准教授）

山本 和弘（名古屋大学 宇宙地球環境研究所 特任助教）

篠原 育（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 教授）

- DOI : <https://doi.org/10.1029/2026JA035231>

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費（JP21KK0059, JP22H00173, JP22K21345, JP23K25925, JP24K07112, JP24K00898, JP25H00696）の助成を受けたものです。また、名古屋大学宇宙地球環境研究所（ISEE）の共同利用・共同研究プログラムおよび東北大学惑星プラズマ・大気研究センター（PPARC）の共同研究プログラムによって実施されました。