



名古屋大学



東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



国立極地研究所
大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構

Press Release

瞬くオーロラの謎

小型高機能科学衛星「れいめい」の観測とコンピュータシミュレーションによって、脈動するオーロラの仕組みを解明

名古屋大学太陽地球環境研究所（所長：町田 忍）の三好 由純（みよし よしずみ）准教授らのグループは、小型高機能科学衛星「れいめい」のデータ解析とコンピュータシミュレーションによって、脈動オーロラの明滅と瞬きが、「コーラス」と呼ばれる宇宙の電波と電子との相互作用によって引き起こされていることを明らかにしました。

オーロラは、宇宙から降ってくる電子が、高度 100km 付近の超高層大気と衝突することによって起こる現象です。オーロラには、様々な形態のものがあり、そのなかでも脈動オーロラと呼ばれるオーロラは、ぼんやりとした形状で数秒間ごとに点滅するという不思議な性質があります。これを主脈動といい、主脈動が光っている間には、1 秒間に数回の速さで瞬く（明るさが変化する）ことも知られています（内部変調）。どのようなメカニズムで脈動オーロラの明滅や瞬きが起こるのか、いろいろな説が提唱されていますが、いずれも主脈動と内部変調を統一的に説明することができませんでした。

本研究では、「れいめい」の観測から、コーラスと呼ばれる宇宙の電波が脈動オーロラの明滅や瞬きを起こしていることを実証しました。この「れいめい」は、世界で最も高い時間分解能でオーロラを光らせる電子を計測することができ、世界で唯一のオーロラとそのオーロラを輝かせる電子の同時観測が可能な科学衛星です。

コーラスの発生機構は、2016 年度に打上げられるジオスペース探査衛星(ERG)によって解明されることが期待されており、本研究の成果は、ERG の科学へとつながる意義も持っています。

この成果は、米国地球物理学連合の発行する論文誌「ジャーナル オブ ジオフィジカル リサーチ」に、9 月 29 日に掲載されました。

概要

オーロラは、宇宙から降ってくる電子が、高度 100km 付近の超高層大気と衝突することによって起こる現象です。オーロラには、様々な形態のものがあり、そのなかでも脈動オーロラと呼ばれるオーロラは、ぼんやりとした形状で、図 1 のように数秒間ごとに点滅するという不思議な性質があります（主脈動）。また、主脈動が光っている間には、1 秒間に数回の速さで瞬く（明るさが変化する）ことも知られています（内部変調）。どのようなメカニズムで脈動オーロラの明滅や瞬きが起こるのか、いろいろな説が提唱されていますが、いずれも主脈動と内部変調を統一的に説明することができませんでした。

名古屋大学太陽地球環境研究所の三好由純准教授らのグループは、脈動オーロラの明滅と瞬きが、「コーラス」と呼ばれる宇宙空間で自然に発生している電波と電子との相互作用によって引き起こされていることを初めて明らかにしました。研究グループは小型高機能科学衛星「れいめい」によって取得されたデータを詳細に分析しました。「れいめい」は世界で最も高い時間分解能でオーロラを光らせる電子を観測することができます。また、研究グループはコーラスと電子の相互作用についてコンピュータシミュレーションを行い、脈動オーロラの観測結果を再現することに成功しました。

コーラスは「宇宙のさえずり」とも呼ばれ、音声に変換すると小鳥のような音として聞こえます。コーラスの発生機構は、2016 年度に打上げられるジオスペース探査衛星(ERG)によって解明されることが期待されており、本研究の成果は、ERG の科学へとつながる意義も持っています。

この成果は、米国地球物理学連合の発行する論文誌「ジャーナル オブ ジオフィジカル リサーチ」に、9 月 29 日に掲載されます。

【背景】

オーロラは、宇宙から降ってくる電子が、高度 100km 付近の超高層大気と衝突することによって起こる現象です。オーロラには、様々な形態のものがありますが、脈動オーロラと呼ばれるオーロラは、ぼんやりとした形状で、図 1 のように数秒間ごとに点滅するという不思議な性質があります（主脈動）。また、その脈動オーロラが光っている間には、1 秒間に数回の速さで瞬く（明るさが変化する）ことも知られています（内部変調）。主脈動の起源については理解が進んできているものの（文献 1）、主脈動と内部変調を統一的に説明できるアイデアはなく、どのような仕組みで脈動オーロラの明滅や瞬きが起こるのかわかっていませんでした。

文献 1: Nishimura et al., Identifying the driver of pulsating aurora, Science, 330, 81-84, 2010.



名古屋大学



東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



国立極地研究所
大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構

【研究の内容】

名古屋大学太陽地球環境研究所の三好由純（みよしよしずみ）准教授、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所の浅村和史（あさむらかずし）助教らの研究グループは、「れいめい」のデータ解析とコンピュータシミュレーションによって、この脈動するオーロラの主脈動と内部変調のメカニズムを明らかにしました。「れいめい」は、世界で最も高い時間分解能でオーロラを光らせる電子を計測することができます。さらに世界で唯一、オーロラと、そのオーロラを輝かせる電子の同時観測が可能な科学衛星です。

本研究では、この「れいめい」の観測データを詳細に分析し、脈動オーロラを光らせている電子にこれまで知られていない性質があることを発見しました。さらに、コーラスと呼ばれる宇宙空間で自然に発生している電波と、電子との相互作用についての計算（コンピュータシミュレーション）を行い、「れいめい」の観測結果を再現することに成功しました（図 3）。この研究の結果、コーラスが電子を変調させることで、脈動オーロラの明滅や瞬きを作りだしている統一的な仕組みを明らかにしました（図 4）。

【成果の意義】

コーラスという宇宙空間の電波は、音声に変換すると小鳥の声のように聞こえることから、宇宙のさえずりとも呼ばれます。本研究は、この宇宙のさえずりが、脈動オーロラの明滅や瞬きを引き起こしていることを解明したものです。このコーラスが発生するのは、高度数万 km 上空の宇宙空間であると考えられています。2016 年度に打上げが予定されている JAXA のジオスペース探査衛星(ERG)には、このコーラスが発生する様子を世界で初めて直接観測するための新型の装置が搭載されており、脈動オーロラの起源である宇宙のさえずり（コーラス）の性質が解明されることが期待されています。

【論文名】

題目： Relation between energy spectra of pulsating aurora electrons and frequency spectra of whistler-mode chorus waves

著者： 三好由純（名古屋大学）、齋藤慎司（名古屋大学）、関華奈子（名古屋大学）、西山尚典（国立極地研究所）、片岡龍峰（国立極地研究所）、浅村和史（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所）、加藤雄人（東北大学）、海老原祐輔（京都大学）、坂野井健（東北大学）、平原聖文（名古屋大学）、大山伸一郎（名古屋大学）、栗田怜（名古屋大学）、O. Santolik(チェコ科学アカデミー)

掲載誌： 米国地球物理学連合誌：Journal of Geophysical Research (オンライン)に 2015 年 9 月 29 日に掲載。

【研究チーム】

三好 由純	名古屋大学太陽地球環境研究所 准教授
齋藤 慎司	名古屋大学理学部 特任准教授
関 華奈子	名古屋大学太陽地球環境研究所 准教授
西山 尚典	国立極地研究所 助教
片岡 龍峰	国立極地研究所 准教授
浅村 和史	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 助教
加藤 雄人	東北大学大学院理学研究科 准教授
海老原 祐輔	京都大学生存圏研究所 准教授
坂野井 健	東北大学大学院理学研究科 准教授
平原 聖文	名古屋大学太陽地球環境研究所 教授
大山 伸一郎	名古屋大学太陽地球環境研究所 講師
栗田 玲	名古屋大学太陽地球環境研究所 日本学術振興会特別研究員(PD)
O. Santolik	チェコ科学アカデミー (チェコ共和国) 部門長

【用語説明】

- 脈動オーロラ：オーロラの一形態。ぼんやりとしたパッチ的な形状で、数秒間に1回明滅している。また、光っている間に、1秒間に数回瞬く（明るさが変化する）という性質がある（図1）。
- コーラス：宇宙空間に自然に存在する電波の一種。周波数が数 kHz の可聴帯の電磁波で、音声に変換すると、“小鳥のさえずり”のように聞こえる。
- 小型高機能科学衛星「れいめい」：宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所が2005年に打上げた小型高機能科学衛星(72x62x62cm, 72kg)。世界で唯一、オーロラの画像とオーロラを光らせる電子の同時観測が可能な衛星。また、世界で最も高い時間分解能で電子を計測することが可能（図2）。
- ジオスペース探査衛星(ERG)：宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所が進めている人工衛星計画。2016年度にイプシロンロケットで打上げ予定。放射線帯の電子の数が変化する仕組みの詳細が解明されることが期待されている。

【科研費等】 本研究は、主に以下の科学研究費補助金の助成を受けています。

15H05815: 新学術領域研究「地球電磁気擾乱現象の変動と予測」

15H05747: 基盤 S [極限時間分解能観測によるオーロラ最高速変動現象の解明]

図 1：脈動オーロラ：

数秒に 1 回、明滅するオーロラ。オーロラが明るく光っている時間に、さらに 1 秒間に数回の瞬き（明るさの変化）があることが知られている。

2007 年 10 月 18 日に「れいめい」によって観測された脈動オーロラ

(左) 11:35:21 秒、(右) 11:35:24 秒

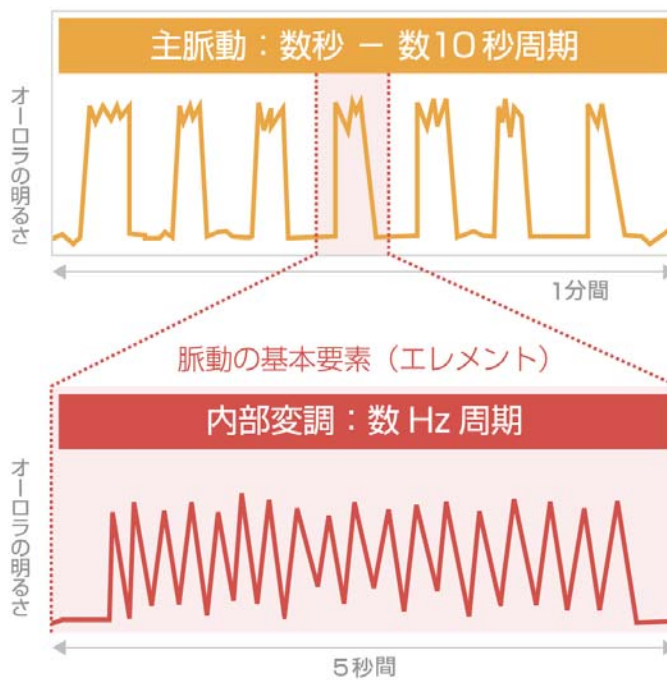
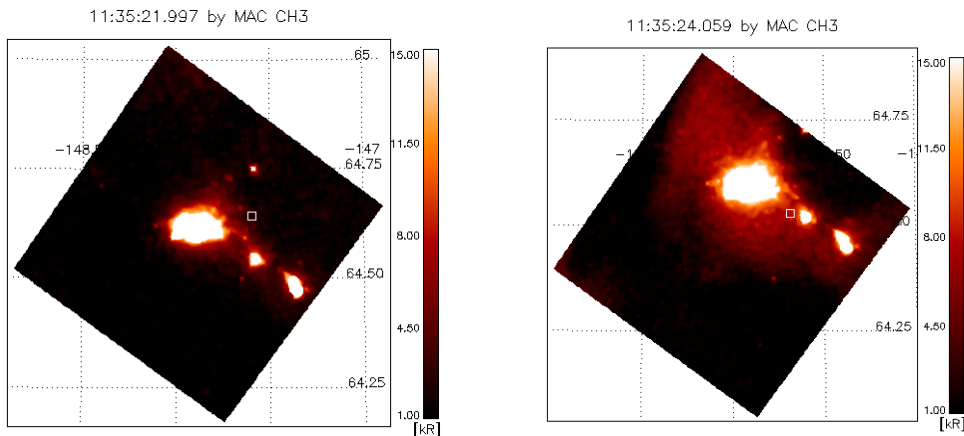


図 2 : 「れいめい」による観測の模式図。高度 620km から、高度 100km 付近で光っているオーロラを連続観測するとともに、そのオーロラを光らせている電子を 40 ミリ秒ごとに観測する。

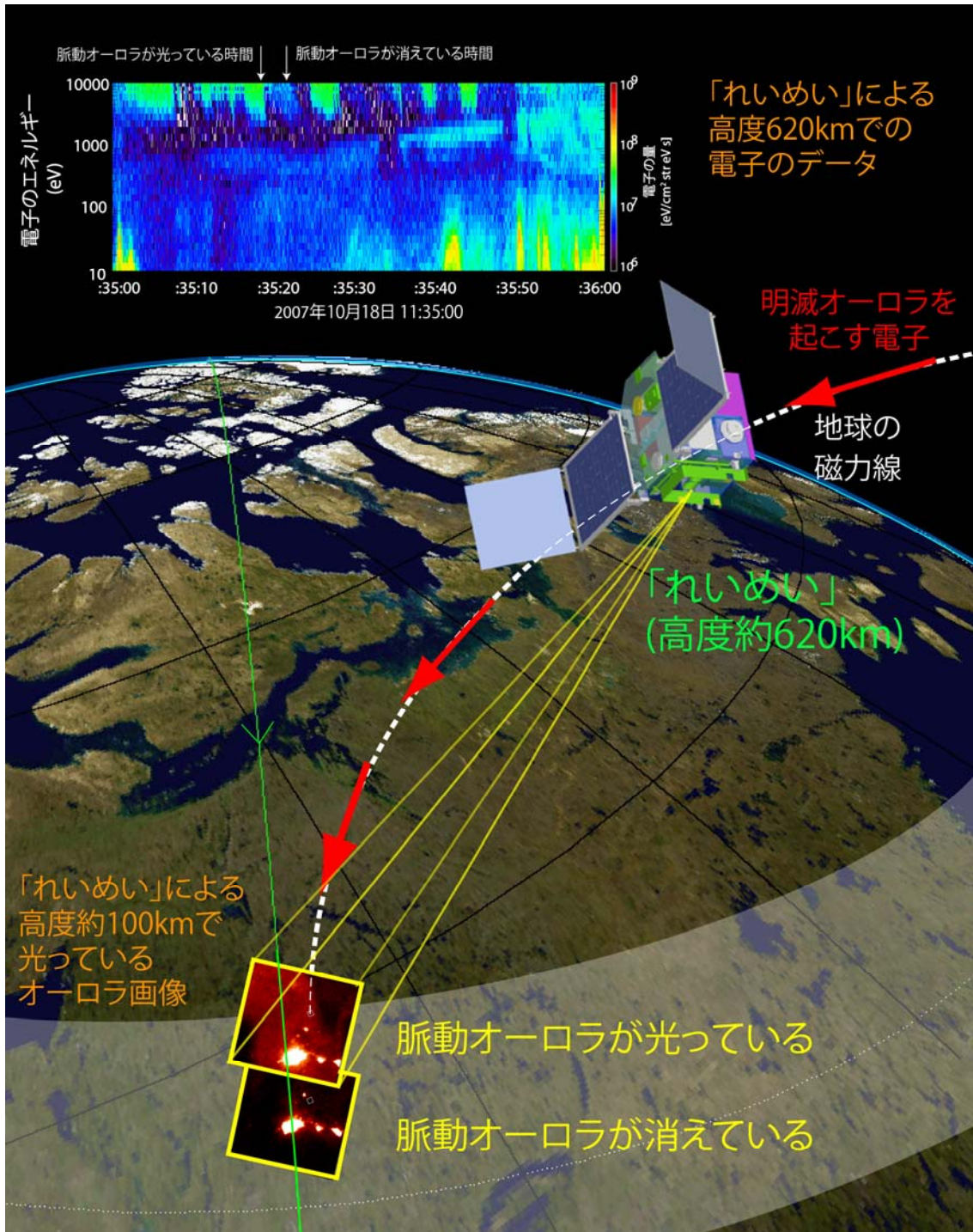


図 3 : 「れいめい」が観測した明滅オーロラを起こす電子の分布と、コンピュータシミュレーション。
観測された脈動オーロラ電子の分布を、コンピュータシミュレーションで再現しました。

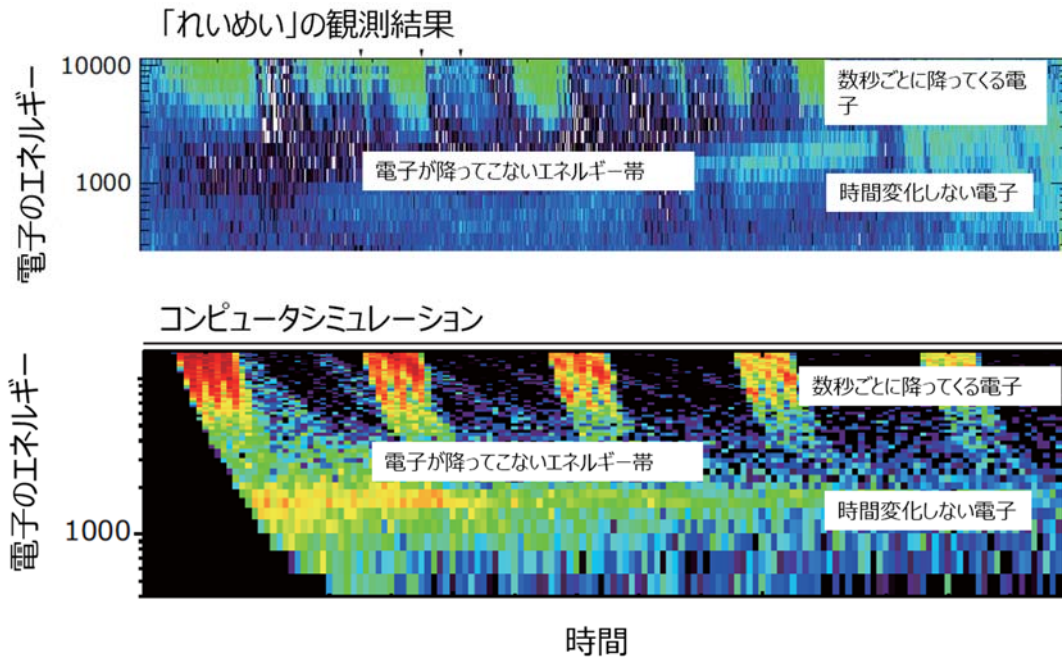
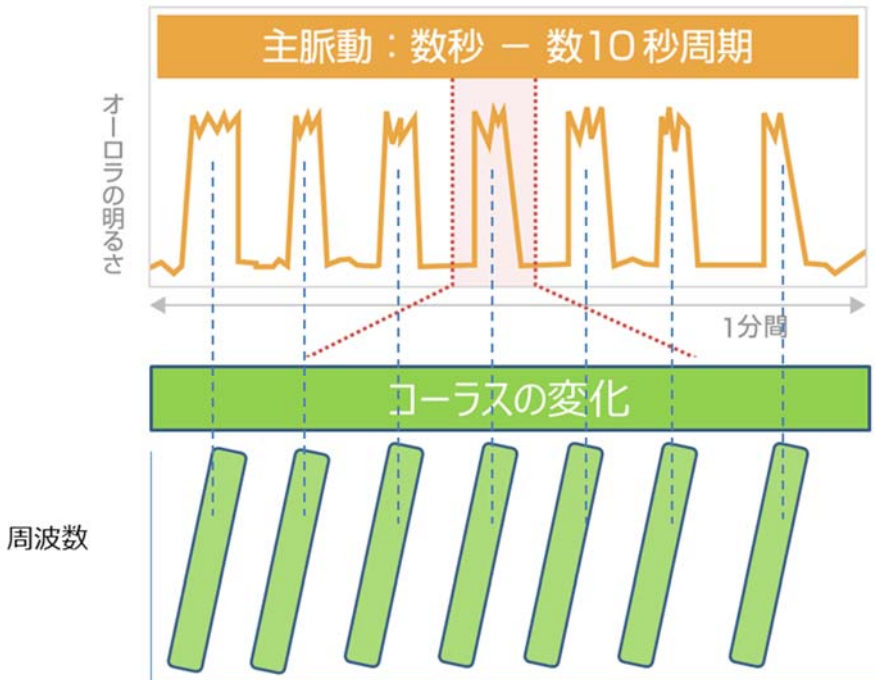
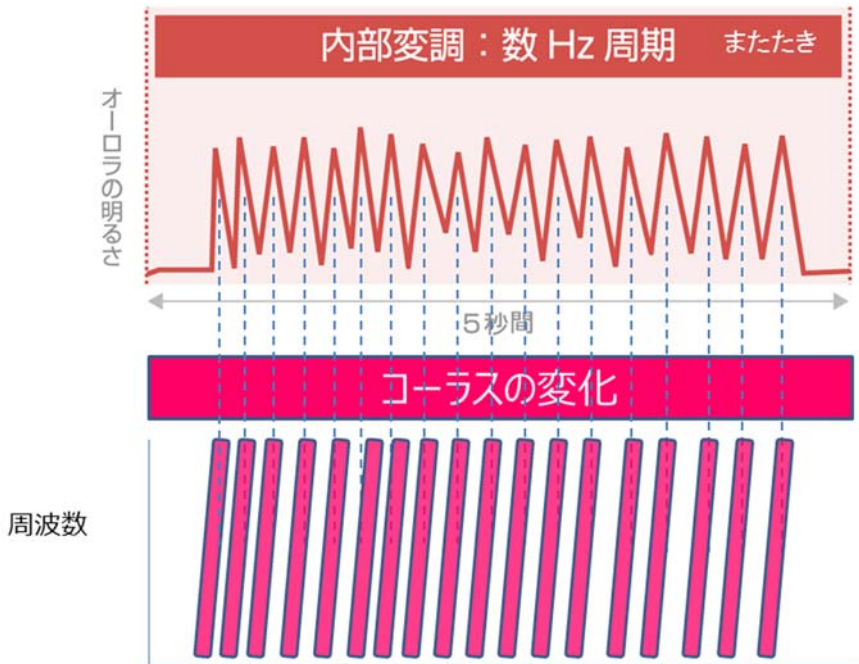


図 4：本研究によって明らかになった、脈動オーロラの明滅と瞬きの仕組み



コーラスが出現と消失にあわせて、オーロラが点滅する



コーラスの繰返し（さえずり）が、瞬きを作り出している