



アメリカ・アラスカ州でオーロラ観測ロケットの 打ち上げに成功 ー明滅するオーロラとキラ電子の関係を探るー

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学宇宙地球環境研究所の三好 由純 教授、能勢 正仁 准教授らは、宇宙航空研究開発機構の浅村 和史 准教授、東北大学の坂野井 健 准教授、電気通信大学の細川 敬祐 教授らと共に、2022年3月5日午前2時27分30秒(現地時間)に、アメリカ・アラスカ州のポーカーフラットリサーチレンジにおいて、アメリカ航空宇宙局（NASA）の観測ロケットLAMPの打ち上げを行いました。激しく変化するオーロラにロケットを命中させることは容易ではありませんが、LAMP ロケットは、明滅するオーロラに命中し、オーロラが光っている場所での電子や光、磁場の詳細な観測に成功しました。

本研究では、謎に包まれている明滅するオーロラに関して、オーロラの中にロケットを打ち込んで観測することによって、明滅しているオーロラの起源を明らかにします。更に、本研究グループが提唱する、明滅オーロラとともに、キラ電子と呼ばれる超高エネルギー電子が同時に大気へ降っているという仮説の検証を行います。

本ロケット実験は、2015年度から始まった科学研究費補助金 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」等の支援を受けて、日米の国際共同研究として実施されたもので、名古屋大学、宇宙航空研究開発機構、東北大学、電気通信大学、九州工業大学、アメリカ航空宇宙局（NASA）、ニューハンプシャー大学、ダートマス大学、アイオワ大学の研究者や大学院生が参加しました。

本研究は、科学研究費補助金（15H05747, 16H06286, 18KK0100, 21H04526, 17K18804）、村田学術振興財団研究助成、宇宙航空研究開発機構、名古屋大学宇宙地球環境研究所、京都大学生存圏研究所の支援のもとで行われたものです。

【ポイント】

- ・アメリカ・アラスカ州で、アメリカ航空宇宙局（NASA）のオーロラ観測ロケット実験 LAMP の打ち上げに成功。
- ・明滅するオーロラの中に飛び込んで、電子やオーロラ発光、磁場の変化を詳細に観測。
- ・理論的に予測されている、明滅するオーロラと、キラ電子とが同一起源であるという仮説の実証が期待される。

【研究背景と内容】

オーロラは、宇宙から降り込んでくる電子が地球の超高層大気と衝突して起こる発光現象です。オーロラは様々な形態を示しますが、その中に「脈動オーロラ」と呼ばれる数秒ごとに明滅するオーロラがあります。

この「脈動オーロラ」は、オーロラ爆発の後に見られる普遍的な現象です。更に明滅オーロラは、1秒間に数回瞬くという不思議な性質も持っています。近年、日本の「れいめい」衛星や「あらせ」衛星の観測によって、この「脈動オーロラ」の理解が大きく進み、「コーラス電波」と呼ばれる宇宙空間の電波が、数キロから数十キロ電子ボルトのエネルギーを持つ電子を変調させ、その結果、電子が大気に降り込むことによって発生していることなどが明らかになりました。しかし、「脈動オーロラ」の発光層の広がりや、オーロラの瞬きと降り込む電子との関係、さらに「脈動オーロラ」に伴って降ってくる電子の上限エネルギーなどは未解明です。

近年、本研究グループによって、「脈動オーロラ」が起きている時、同時に「キラ電子」と呼ばれる、エネルギーが数百キロ電子ボルト以上の超高エネルギー電子も同時に降ってきている仮説が示されました（Miyoshi et al., Geophysical Research Letters, 2020）。この「キラ電子」は、「脈動オーロラ」が起きているよりも低い高度数十 km の中層大気まで入り込み、その場所のオゾンを破壊する可能性があります。しかし、「脈動オーロラ」と同時に「キラ電子」を同時に計測した例がなく、両者が本当に関係しているかどうかは実証されていません。

本研究グループでは、2015 年からアメリカの研究者と議論を重ね、LAMP（Loss through Aurora Microburst Pulsation）と呼ばれる、観測ロケット実験の提案を NASA に行い、採択されました。日米の各研究機関によって観測ロケット搭載機器の開発が行われ、日本側は、磁力計（名古屋大学）、光学観測（東北大学）、電子観測（宇宙航空研究開発機構）を開発し搭載しました。

開発されたロケットは、アメリカ・アラスカ州のポーカーフラットリサーチレンジの射場に移動し、2022 年 2 月 24 日から打ち上げウィンドウ^{注1)}に入りました。同時に本研究グループメンバーによって、アラスカ北方のベネタイ、フォートユーコンにもオーロラ高速撮像用のカメラ群が展開されました。そして、打ち上げウィンドウ 10 日目の 3 月 5 日午前 2 時 27 分 30 秒（現地時間）に、満点の星空の中、大きなオーロラ爆発が起きました。LAMP ロケットは、オーロラ爆発に引き続き発生した「脈動オーロラ」に向けて打ち上げられ、「脈動オーロラ」に突入して観測することに成功しました。

初期的な分析からは、ロケット搭載の各観測機器が順調に稼働し、観測データを取得したことが確認されました。また、地上からのオーロラ観測によって、実験時には、アラスカの広い範囲において、高速に変化する「脈動オーロラ」が出ていたことも明らかになりました。

「脈動オーロラ」に観測ロケットを正確に命中させることは、きわめて難しいことですが、本実験では理想的な状態での観測に成功しました。今後の詳細な解析によって、脈動オーロラの変調機構、さらには「キラ電子」との関係が明らかになることが期待されます。

2023 年には、日本も参加して、スウェーデンで次世代型三次元大型大気レーダー EISCAT-3D が稼働を始めます。本研究グループは EISCAT-3D の視野内に観測ロケットを打上げる LAMP-2 の検討を進めており、宇宙からの超高エネルギー電子の降り込みが、地球の超高層大気、更には中層大気に及ぼす影響の解明につなげようとしています。

【参考】

LAMP ロケット実験プロジェクトホームページ

<https://lamp-mission.sites.uiowa.edu/>

ロケット発射時の動画 (YouTube)

<https://www.youtube.com/watch?v=B3c08YCAXIg>

脈動オーロラプロジェクトホームページ

<http://www.psa-research.org/>

NASA によるリリース

<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2022/sun/nasa-rocket-team-to-chase-pulsating-aurora/>

アラスカ大学によるリリース

<https://uaf.edu/news/nasa-rocket-launches-from-poker-flat-in-search-of-aurora-answers.php>

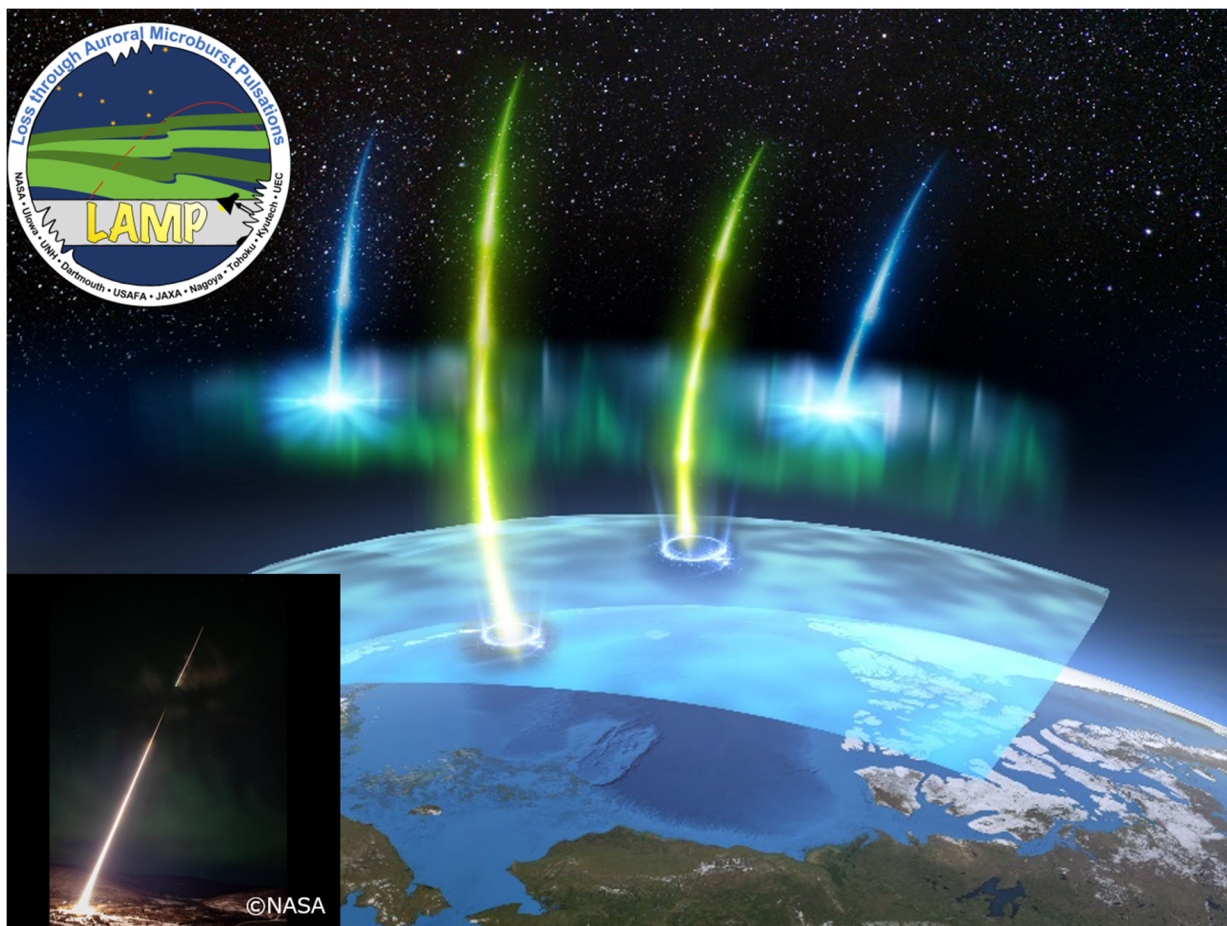


図 1：脈動オーロラとともに降ってきていると考えられているキラー電子の想像図と LAMP 実験のロゴマーク、および LAMP ロケット発射の瞬間（©脈動オーロラプロジェクト）



図 2: 2022 年 3 月 4 日に打ち上げ場所であるアラスカ州・ポーカーフラットで観測された脈動オーロラ



図 3 : オーロラ光学観測を行ったベネタイ観測点

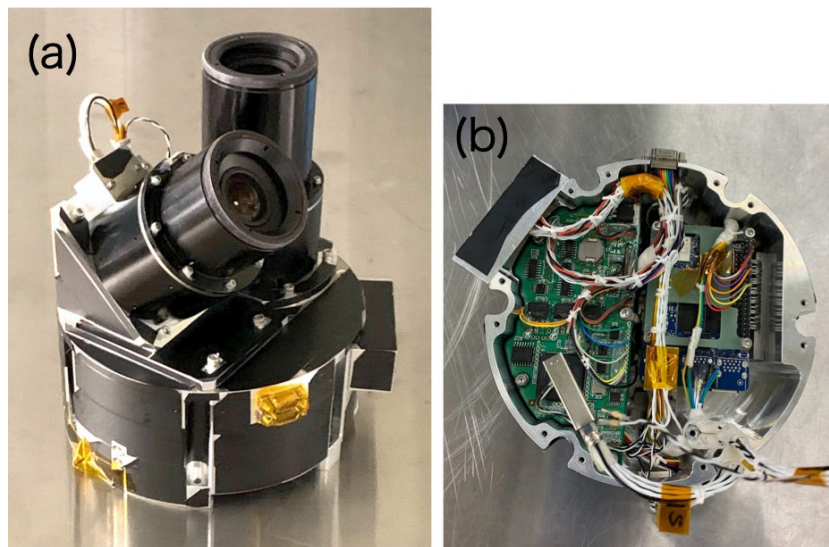


図 4: LAMP ロケット搭載オーロラカメラ (AIC)

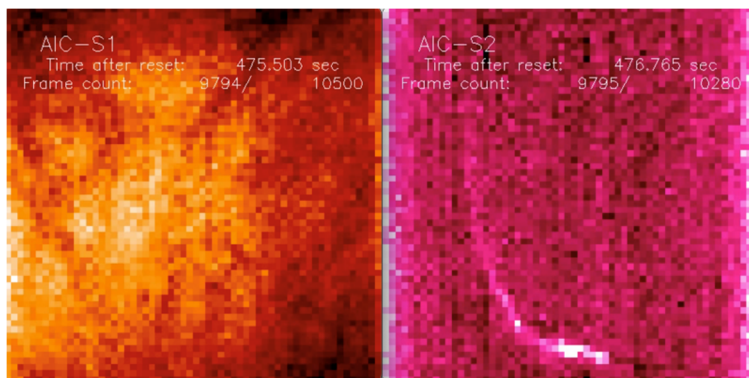


図 5: AIC によって、ロケット機上から観測された脈動オーロラ (左)、および水平線方向の発光 (右)

【観測チームメンバー】

東海国立大学機構	名古屋大学宇宙地球環境研究所	三好 由純	教授
東海国立大学機構	名古屋大学宇宙地球環境研究所	能勢 正仁	准教授
宇宙航空研究開発機構	宇宙科学研究所	浅村 和史	准教授
宇宙航空研究開発機構	宇宙科学研究所	三谷 烈史	助教
宇宙航空研究開発機構	宇宙科学研究所	野村 麗子	研究員
東京大学大学院理学系研究科	滑川 拓	大学院生	
東北大学大学院理学研究科	坂野井 健	准教授	
東北大学大学院理学研究科	川村 美季	大学院生	
電気通信大学大学院情報理工学研究科	細川 敬祐	教授	
九州工業大学工学部	寺本 万里子	助教	

【用語説明】

注 1) 打ち上げウィンドウ：ロケットを打ち上げるため、あらかじめ定められた期間。LAMP ロケット実験では、2022 年 2 月 24 日から 3 月 10 日までが打ち上げ期間として設定されていました。