

令和 6 年 12 月 5 日

国立大学法人 電気通信大学
国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学

5 月の磁気嵐時に日本の写真家が観測した

青い低緯度オーロラの出現場所を推定

【概要】

電気通信大学大学院情報理工学研究科情報・ネットワーク工学専攻 南條壮汰氏（研究当時細川研究室協力研究員、現スウェーデン宇宙物理学研究所）と名古屋大学宇宙地球環境研究所塩川和夫教授は、2024 年 5 月 11 日に日本の写真家が観測した青いオーロラの写真を解析し、その出現領域の推定を行いました。2 名の写真家が石川県と長野県でそれぞれ同日 23 時 30 分頃に出現した青い低緯度オーロラの撮影に成功し、それらの写真に三角測量（※1）を適用することで青いオーロラの経度方向の広がりや、高度方向の分布を求めました。普段オーロラが見られない中低緯度領域で、磁気嵐中に赤いオーロラと同時に青いオーロラが出現することは、過去にも報告例がありますが、今回はそのような青いオーロラの空間構造を初めて可視化することに成功しました。観測結果によると、このオーロラには磁力線に沿う縦状の構造や、経度方向に数百 km の間隔で隔たりを持つことがわかりました。これは、過去に提案された青いオーロラの生成機構では説明が難しいものであり、今後より詳しい解釈が求められます。また、青いオーロラは、未だ多くの謎に包まれている地球の窒素分子イオンが磁気圏（※2）に散逸する過程で可視化される可能性があり、地球大気の磁気圏への流出過程の理解に役立ちます。



図 1: 2024 年 5 月 11 日 23 時 30 分頃に出現した青いオーロラ。（左）石川県珠洲市より撮影。「満天星」宇佐美拓也様ご提供。（右）長野県木曽町より撮影。「木曽星の会」尾崎光宏様ご提供。

【ポイント】

- 5 月に発生した巨大磁気嵐時に日本から青い低緯度オーロラが観測された。
- 観測は 2 名の写真家によって行われ、オーロラの空間構造の推定に貢献した。磁気嵐中の青い

オーロラの空間構造が可視化されたのは初めてのことである。

- 青いオーロラに磁力線に沿う構造があることは、過去に提案された青いオーロラの生成メカニズムでは説明がつかない。

この研究成果は、2024 年 12 月 5 日に、学術論文誌「Earth, Planets and Space」のオンライン版に掲載されました。

【研究概要】

1. 背景

2024 年 5 月 8 日から、太陽黒点群 13664 は複数の X クラス太陽フレアを発生させ、連続的なコロナ質量放出（※3）が観測されました。これが地球に到達し、5 月 10 日には最大規模（G5 クラス（※4））の極めて強い磁気嵐が発生しました。G5 クラスの磁気嵐が観測されるのは、2003 年 10 月以来で、21 年ぶりの出来事でした。このような磁気嵐の際、オーロラは赤道方向に拡大し、通常は見られない日本などの低緯度地域でもオーロラが観測されることがあります。これらの地域では、オーロラの科学計測用の機器がほとんど設置されていませんが、その一方で人口密度が高いため、多くの人がスマートフォンや商用デジタルカメラ（デジカメ）で撮影したオーロラを SNS 上で共有します。近年では、デジカメで撮影した写真をオーロラの科学研究へ活用するシチズンサイエンスが進展しており、従来の科学観測に新たな視点をもたらしています。

2. 観測結果

磁気嵐の影響を受け、5 月 11 日は北海道だけでなく本州の多くの地域からもオーロラが観測されました。低緯度で観測されるオーロラは、酸素原子の発光の影響で赤く見えることが一般的ですが、この日はサーモンピンクに見えるようなオーロラが一晩中観測されており、その中でも特に 23 時 30 分頃には青くて背の高いオーロラが出現しました。本研究では、その様子が明瞭に捉えられた石川県珠洲市と長野県木曽町での観測事例を取り上げました。

図 2 は石川県珠洲市での観測結果です。ニコン製のフルサイズミラーレス機 Z6II に焦点距離 14 mm の広角レンズを装着し、北向きに固定した状態で、日没直後から深夜 1 時過ぎまで 16 秒間隔のインターバルで撮影が行われました。パネル a は、各画像の中央部分を縦方向にスライスして時系列に並べたもので、縦軸は仰角で下側が北方向の地平線です。横軸は世界時で、9 を足すことで日本時間となります。黒い矢印で示した 14:30 頃（日本時間 23:30）頃の時間帯に青い発光があり、この時間帯に撮影された静止画をパネル b に示しました。パネル b では白い矢印で示すように、横方向（経度方向）に 3 つに分かれた青いオーロラが捉えられています。縦方向の構造は白いバツ印でガイドされています。画像の左に示す黒の点線で描いた四角の領域の RGB のカウント値がパネル c に示されています。3 箇所に分かれた青いオーロラの構造に対応するように、RGB のうち B（青）のみでカウントが増加しました。

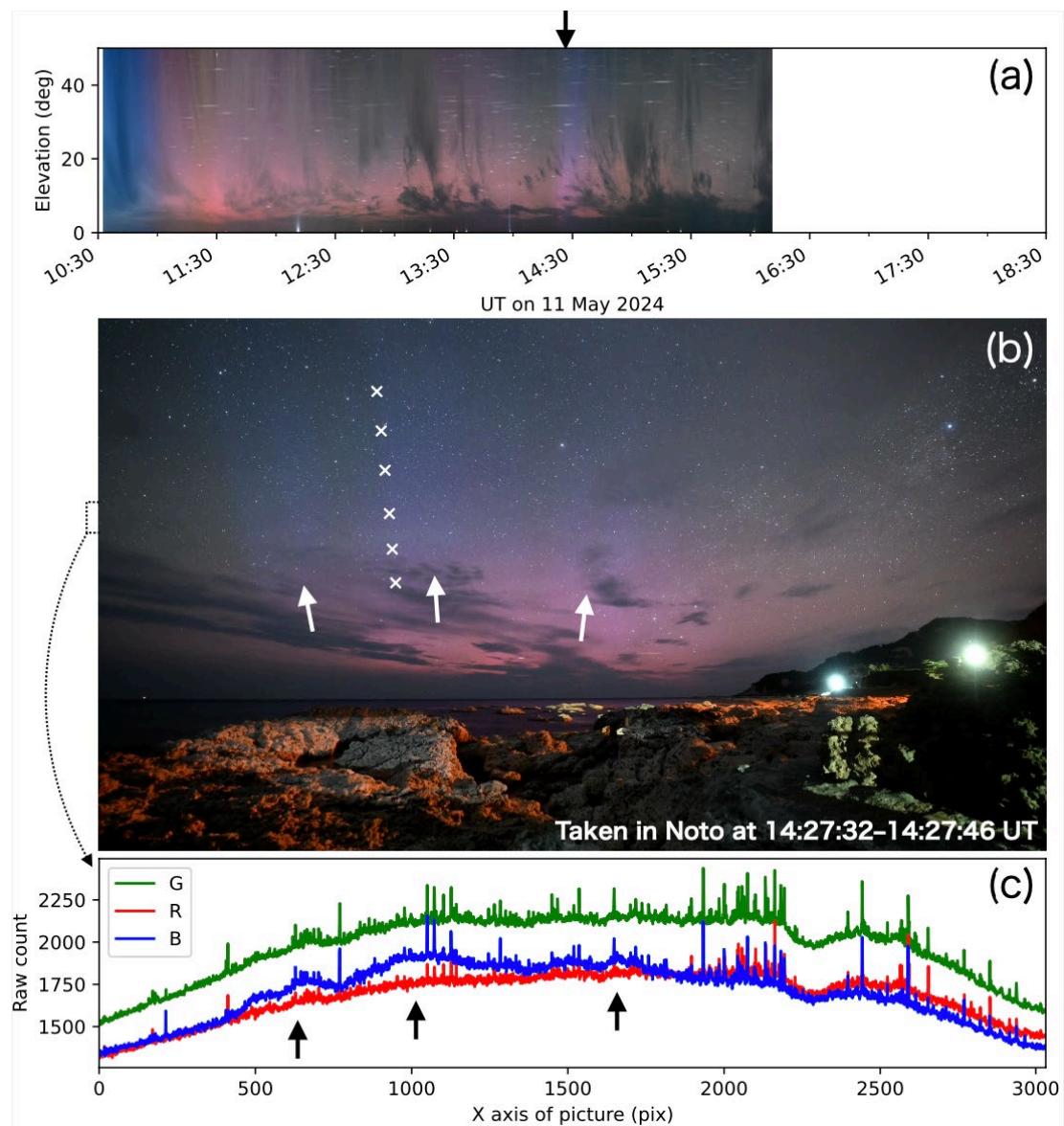


図 2: 石川県珠洲市で行われた観測の結果。世界時 14:30（日本時間 23:30）頃に青いオーロラが出現した。

同様の観測が長野県木曽町でも行われました。撮影はキヤノン製のフルサイズミラーレス機 EOS R に 14 mm の広角レンズを装着して行われました。その結果が図 3 です。フォーマットは全て図 2 と同じです。木曽町においても、同様の青いオーロラが見られました。

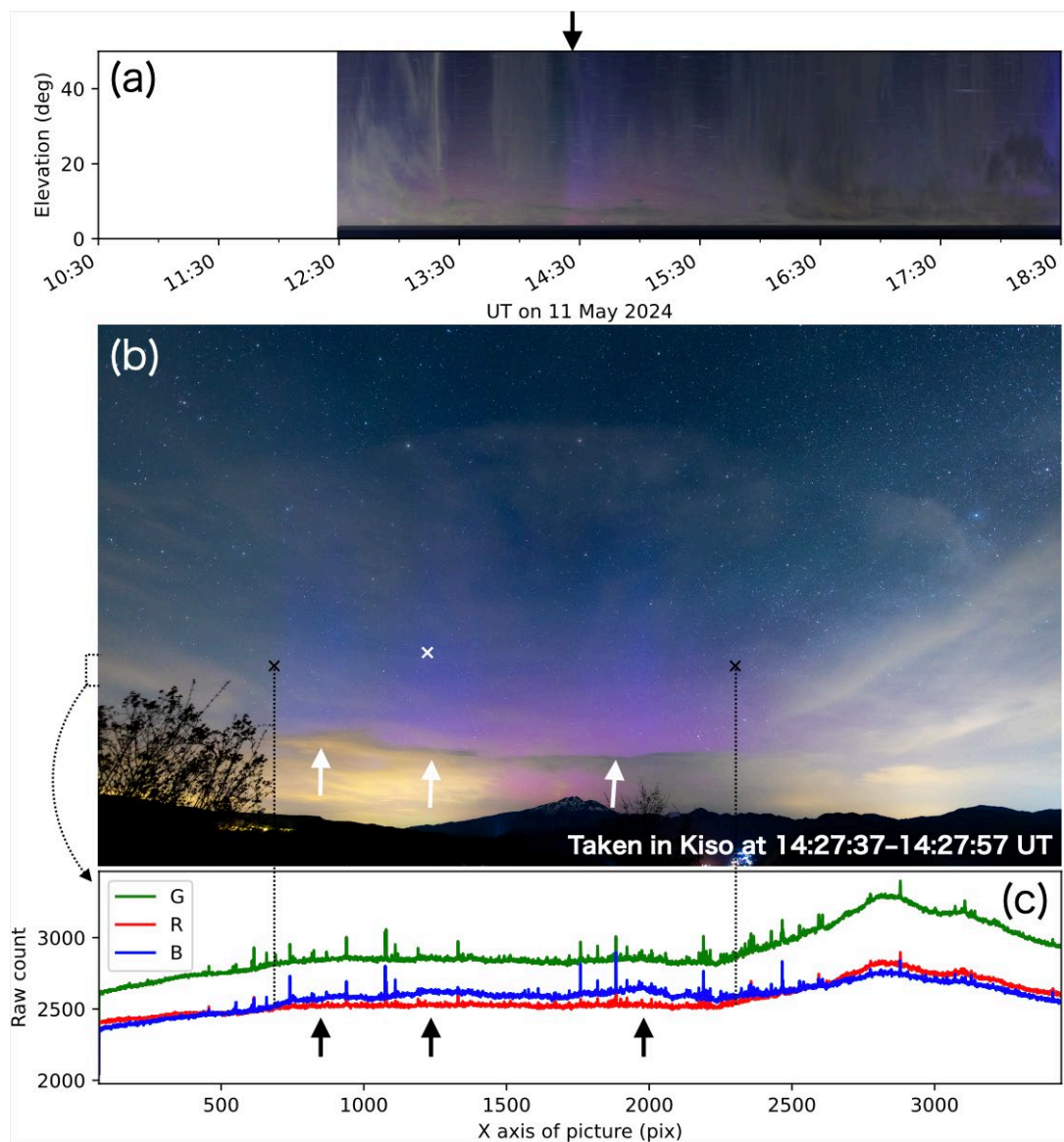


図 3: 長野県木曽町で行われた観測の結果。珠洲市の観測と同じ時間に青いオーロラが撮影された。

異なる 2 つの地点から同じ現象を観測することで、三角測量を用いて現象の地理座標を推定することができます。その結果、青いオーロラはおおむね図 4 の青くシェードした領域に出現したことがわかりました。これに加え、オーロラは高度 400 km 程度まではサーモンピンク色、それ以上は少なくとも 900 km 程度まで青色であったことがわかりました。また、経度方向の広がりには 1200 km 程度と見積もられました。

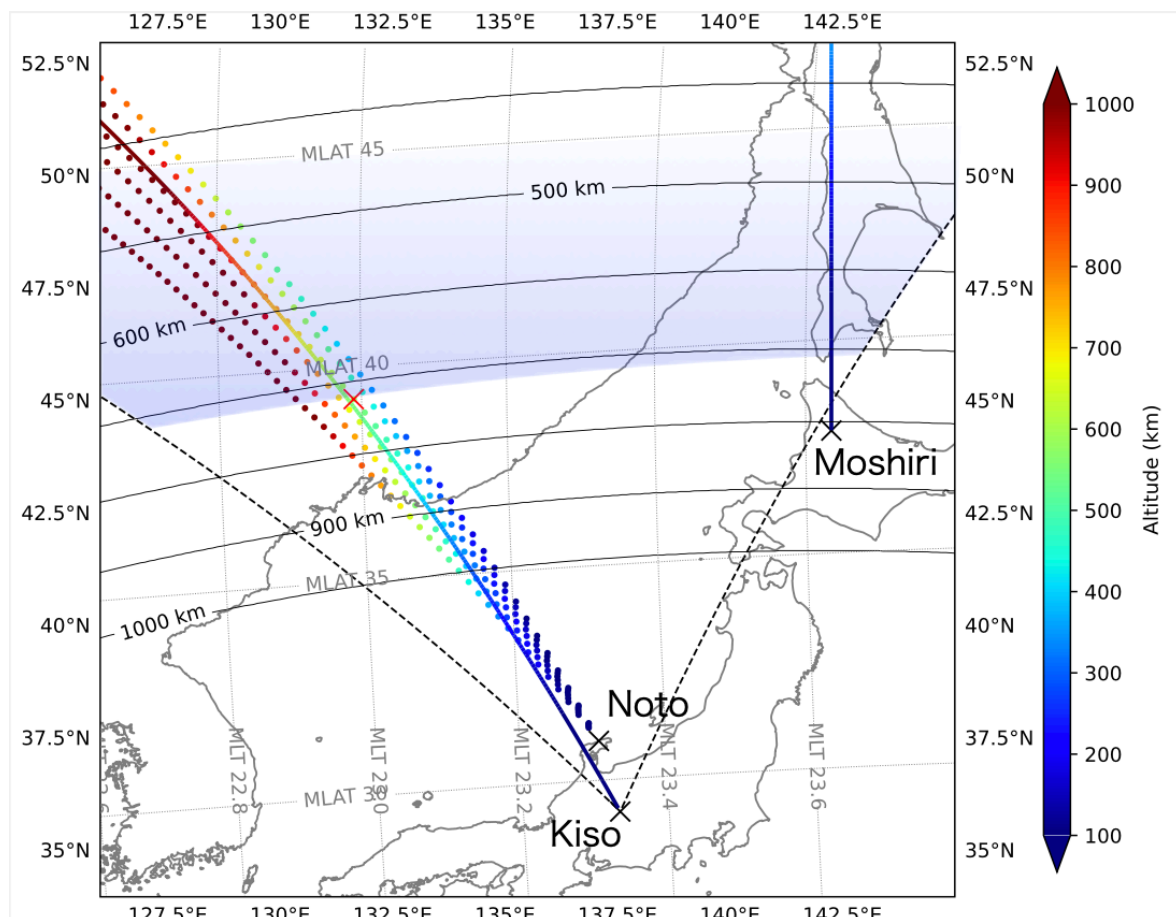


図 4: 珠洲市と木曽町の観測から青いオーロラの出現位置を推定した結果。中国から樺太にかけて青くシェードされた部分にオーロラが出現していたと考えられる。

青いオーロラとして最も有名なのは、電離圏（※5）に太陽光が照射されることで窒素分子イオンが共鳴散乱を起こして青く発光するものですが、この時太陽光が照射されたのは高度 700 km までであり、今回観測された青いオーロラの全てを共鳴散乱によるものとして解釈することは困難です。磁気嵐中に青いオーロラが出現したという記録は過去にありますが、これは空のある一点の光量を計測する分光測光器によって得られた観測結果であるため、青いオーロラの空間構造を可視化したのは本研究が初めてです。この記録については、青いオーロラの生成機構として磁気嵐によって発達したリングカレントから飛来する中性粒子（Energetic Neutral Atom: ENA）が生成する二次電子による励起が提案されています。しかしながら、本研究では青いオーロラに数百 km 程の構造が経度方向に見つかっており、これを ENA によって解釈するのは難しく、何らかの機構によって上向きに加速された窒素分子イオンが影響している可能性があります。

【今後の展望】

今日に至るまで、分子量の大きな窒素分子イオンがどうして高い高度に存在できるのかはあまりよくわかっていません。窒素分子イオンは電離圏の E 層では一般的に存在するものの、質量が重いことに加えて、解離再結合の時間間隔が短いため、長時間存在することは容易ではありません。そ

れにも関わらず、窒素分子イオンは磁気圏電離圏結合系の様々な領域で発見されています。今回のような青いオーロラの観測を繰り返すことで、青い低緯度オーロラの発生原理、ひいては窒素分子イオンの磁気圏への流出過程を明らかにする糸口が見つかるかもしれません。

【用語説明】

(※1) 三角測量

2つの既知な点から一つの物体を計測し、それらの視差から物体の座標を推定する数学的な手法。

(※2) 磁気圏

地球の固有磁場の影響が及ぶ領域。

(※3) コロナ質量放出

太陽から宇宙空間へ爆発的にプラズマの塊が放出される現象。

(※4) G5 クラス

アメリカ海洋大気庁 NOAA が定義する磁気嵐のスケールのうち最大規模のもの。G1 から G5 までが定義されている。

(※5) 電離圏

大気粒子の一部が電離した形で存在している領域。高度 60 km から 1000 km 程度に相当する。

【共同研究グループ】

南條 壮汰

電気通信大学大学院情報理工学研究科

スウェーデン宇宙物理学研究所

塩川 和夫

名古屋大学宇宙地球環境研究所

【謝辞】

オーロラの観測を行ってくださった宇佐美拓也様、尾崎光宏様に感謝致します。本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（21H04518, 22K21345）の補助により行われました。

【論文】

論文雑誌名: Earth, Planets and Space

タイトル: Spatial Structures of Blue Low-Latitude Aurora Observed from Japan during the Extreme Geomagnetic Storm of May 2024

著者: Sota Nanjo and Kazuo Shiokawa

URL: <https://earth-planets-space.springeropen.com/articles/10.1186/s40623-024-02090-9>

DOI: 10.1186/s40623-024-02090-9