

地上光学およびレーダー観測データを用いたトモグラフィ解析による脈動オーロラ発光強度3次元分布の再構成

#吹澤 瑞貴¹⁾, 坂野井 健²⁾, 田中 良昌³⁾, 小川 泰信⁴⁾

¹⁾東北大・理, ²⁾東北大・理, ³⁾国立極地研究所/ROIS-DS/総研大, ⁴⁾極地研, ⁵⁾ノルウェー北極大学 - トロムソ大学, ⁶⁾フィンランド気象研究所, ⁷⁾欧州非干渉散乱レーダー科学協会, ⁸⁾オウル大学ソダンキラ地球物理観測所, ⁹⁾スウェーデン宇宙物理学研究所

3D tomography reconstruction of pulsating auroral emission intensity from ground imaging and radar data

#Mizuki Fukizawa¹⁾, Takeshi Sakanoi²⁾, Yoshimasa Tanaka³⁾, Yasunobu Ogawa⁴⁾, Bjorn Gustavsson⁵⁾, Kirsti Kauristie⁶⁾, Carl-Fredrik Enell⁷⁾, Alexander Kozlovsky⁸⁾, Tero Raita⁸⁾, Urban Brandstrom⁹⁾, Tima Sergienko⁹⁾

¹⁾Graduate School of Science, Tohoku University, ²⁾Grad. School of Science, Tohoku Univ., ³⁾NIPR/ROIS-DS/SOKENDAI, ⁴⁾NIPR, ⁵⁾UiT - The Arctic University of Norway, ⁶⁾Finnish Meteorological Institute, ⁷⁾EISCAT Scientific Association, ⁸⁾Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu, ⁹⁾Swedish Institute of Space Physics

Pulsating aurora, which has a quasi-periodic modulation in its emission intensity, is commonly observed in the broad magnetic local time period from just after a substorm onset near the midnight to noon sector. Observational and theoretical studies showed that pulsating aurora is caused by precipitating electrons which scattered into a loss cone due to the cyclotron resonance with chorus waves. The precipitating electrons caused by chorus waves mainly cause ionizations in the ionospheric E region since their typical resonance energy is from a few to tens of keV. Theoretically, it is also expected that chorus waves can resonate with sub-relativistic ($> \sim 1$ MeV) electrons. Miyoshi et al. (2015) reported that electron density enhancements were clearly identified even at an altitude of 68 km in association with a pulsating aurora. Hosokawa & Ogawa (2010) presented that an appearance of Pedersen current layer carried by electrons in the ionospheric D region during a pulsating aurora and Gillies et al. (2015) showed the existence of field-aligned current during pulsating auroral patches.

In this study, we aim to reconstruct the current structure associated with pulsating auroras by mainly using "generalized-aurora computed tomography (G-ACT, Tanaka et al., 2011)" method. First, we applied "the aurora computed tomography (ACT, Aso et al., 1998) method" to reconstruct the three-dimensional (3D) structure of pulsating aurora patches from multiple monochromatic auroral images. The ACT method has been applied to reconstruct the 3D structure of discrete auroras (e.g., Aso et al., 1998) but it is difficult to reconstruct that of pulsating auroras because their shape is ambiguous and they appear at close distances with each other. Here, we give the first result of the 3D structure of pulsating auroral emission by the ACT method. We analyzed an event in which relatively bright and isolated pulsating auroral patches were simultaneously observed by all-sky imagers at Skibotn, Kilpisjarvi and Abisko during a substorm recovery phase during the period of 0?2 UT on 18 February 2018. The observation wavelength and temporal resolution of the all-sky imagers were 427.8 nm and 2 s, respectively. We set the origin as the geographic latitude and longitude at the ground of the center of target auroral patch, the x-axis as antiparallel to the horizontal component of the geomagnetic field, the y-axis as eastward, and the z-axis as anti-parallel to the geomagnetic field. The simulation region was -50 to 50 or -75 to 75 km for the x-axis, -100 to 100 km for the y-axis, and 80 to 180 km for the z-axis to include the target patch. The 3D structures of three pulsating auroral patches were precisely reconstructed by solving a problem of minimization of posterior probability with the Gauss-Newton method based on the Bayesian model. The reconstructed emission altitudes are 88 ± 102 km and the thickness was 2 ± 14 km. The accuracy of reconstruction will be evaluated by computer simulation using model aurora, and by simultaneous EISCAT radar data. In the future, we will examine the current structure associated with pulsating aurora patches by reconstructing energy and spatial distributions of precipitating electrons from electron density data obtained with EISCAT radar and using the IMAGE magnetometer network and neutral atmospheric model MSIS.

脈動オーロラは真夜中付近においてサブストームが起きた直後から昼間側まで広い磁気地方時範囲でごく一般的に発生するオーロラであり、明るさが約 10 秒の周期をもって明滅を繰り返すという特徴をもつ。これまでの観測と理論研究から、脈動オーロラは主にコーラス波とのサイクロトロン共鳴によってロスコーン内に散乱された電子が地球大気中に降下することで引き起こされることが明らかになった。コーラス波の典型的な共鳴エネルギーは数 keV から数十 keV であるため、コーラス波により生成された降下電子は主に電離圏 E 領域で電離を引き起こす。また、理論からコーラス波は準相対論的電子 ($> \sim 1$ MeV) とも相互作用することが期待される。この間接的証明として、先行研究では脈動オーロラに伴う電離が高度 68 km まで達するという報告がされている (Miyoshi et al., 2015)。さらに、Hosokawa & Ogawa (2010) では脈動オーロラに伴う D 領域の電子密度増加によりペダーセン電流が流れることが示唆され、Gillies et al. (2015) では脈動オーロラパッチ上で沿磁力線電流が流れていることが報告された。そこで本研究では「一般化オーロラトモグラフィ (Tanaka et al., 2011)」解析手法を中心に用いて脈動オーロラ中の電流構造を再構成することを最終目標に、まず多地点単波長で観測されたオーロラ画像から「オーロラトモグラフィ

(Aso et al., 1998)」解析手法を用いて脈動オーロラパッチの3次元発光構造の再構成を試みた。これまでオーロラトモグラフィはディスクリートオーロラに対して適用されてきたが(e.g., Aso et al., 1998)、形状がはっきりせず複数のパッチが近接して発光する脈動オーロラでは再構成が難しく、これまで報告例がない。本研究では、2018年2月18日0-2UTのサブストーム回復相に比較的明るく孤立した脈動オーロラパッチが、北欧3地点 (Skibotn, Kilpisjärvi, Abisko) に設置されている全天カメラで同時に観測されているイベントを解析することで、脈動オーロラパッチの3次元空間構造と時間変化を初めて明らかにした。全天カメラの観測波長は427.8 nmで時間分解能は2秒である。再構成領域は対象とするオーロラの地表における緯度と経度を原点、地磁気水平成分に反平行方向をx軸、東方向をy軸、地磁気反平行方向をz軸とし、対象とするオーロラを含むようにx軸方向に-50から50 km または-75から75 km、y軸方向に-100から100 km、z軸方向に80から180 kmの空間を用意し、空間分解能は2 kmとした。この期間の内、3つの脈動オーロラパッチに対してベイズモデルに基づいて事後確率の最小化問題を Gauss-Newton 法により解くことによりオーロラ発光強度の3次元構造を再構成することができた。再構成した脈動オーロラパッチの発光高度は88?102 kmで、発光層の厚さは2?14 kmであった。再構成結果の精度についてはモデルオーロラを用いたシミュレーションや、同時のEISCATレーダーデータにより検証していく予定である。今後は、EISCATレーダーによって観測された電子密度高度分布の情報を加えて降下電子のエネルギー・空間分布を推定し、最終的にはIMAGE地磁気観測網データ、中性大気モデルMSISなどと組み合わせることで脈動オーロラに伴う電流構造の推定を目指す。