

一般化オーロラトモグラフィに影響を及ぼす要因

田中 良昌 [1]; 麻生 武彦 [2]; Gustavsson Bjorn[3]; 田邊 國士 [4]; 門倉 昭 [2]; 小川 泰信 [2]
[1] ROIS; [2] 極地研; [3] トロムソ大; [4] 早大理工

Factors affecting performance of the Generalized Computed Aurora Tomography

Yoshimasa Tanaka[1]; Takehiko Aso[2]; Bjorn Gustavsson[3]; Kunio Tanabe[4]; Akira Kadokura[2]; Yasunobu Ogawa[2]
[1] ROIS; [2] NIPR; [3] UiT; [4] Sci and Engg, Waseda Univ

A generalized aurora computed tomography (G-ACT) is a method to reconstruct spatial and energetic distributions of auroral precipitating electrons from a variety of observational data, such as auroral monochromatic images obtained from the ALIS (Aurora Large Imaging System) cameras, electron density enhancement from the EISCAT radar, and cosmic noise absorption (CNA) from imaging riometer. So far, we have carried out numerical simulations to test feasibility of the G-ACT. The results from this study indicated that the precipitating electrons over the EISCAT radar site can be roughly reconstructed using the auroral monochromatic images and the EISCAT electron density profile. However, there still remain some problems in this method, for example, it is difficult to retrieve the electrons with energies lower than 1keV and the characteristic energy of initial energy spectrum is often overestimated when the maximum of energy range of inversion is higher than 20 keV.

There are two main factors causing these problems; one is reconstruction algorithm and the other is the location of stations relative to aurora. To find the optimal algorithm for the G-ACT, we compared some reconstruction algorithms by assuming ideal conditions of stations' locations. We tested the CG (Conjugate Gradient) method, the SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), and the Gauss-Newton method for the nonlinear least squares problem with the nonnegative constraints of electron flux. As a result, the nonnegative constraints of electron flux were essential for the reconstruction. Moreover, it was revealed that the precipitating electrons over the EISCAT radar site can be better reconstructed by an addition of another station to the ALIS. We propose the optimal location of station to be added to the existing ALIS stations for future plan.

一般化オーロラトモグラフィ法とは、ALIS (Aurora Large Imaging System) で取得されたオーロラ単色光画像、EISCAT レーダー観測による電離層電子密度増加、イメージング・リオメータ観測による銀河雑音吸収 (CNA) 等の異種データを融合させて、元となるオーロラ降下電子の空間・エネルギー分布を推定する手法である。これまで、我々は、この一般化オーロラトモグラフィの可能性を調査するために、数値シミュレーションを行ってきた。その結果、ALIS オーロラ画像と EISCAT レーダー電子密度高度分布を使った場合には、EISCAT レーダーサイト上空の降下電子を比較的良く再構成ができることを確認した。しかしながら、降下電子の特性エネルギーが低い ($E_c < 1\text{keV}$) 場合には降下電子の再構成が困難になる、再構成するエネルギー範囲を高いエネルギー ($E > 20\text{keV}$) まで拡張すると特性エネルギーが実際よりも高く見積もられる、といったいくつかの問題点も残されている。

これらの問題点の要因として、再構成アルゴリズム、オーロラに対する観測点の相対的な位置、の2つが主に考えられる。そこで、一般化オーロラトモグラフィに最適な再構成アルゴリズムを見つけるために、理想的な観測点配置を仮定し、いくつかの再構成アルゴリズムを比較した。ここでは、共役勾配法と乗法的 SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) 法、さらに、電子フラックスの非負条件を加えた非線形最小化問題に対するガウス・ニュートン法について試した。その結果、電子フラックスの非負条件が再構成に本質的に重要であることが明らかになった。さらに、既存の ALIS 観測点にもう一点観測点を加えることで、EISCAT 上空の降下電子フラックスをより良く再構成できることが示された。そこで、将来的に追加すれば良いと思われる一般化オーロラトモグラフィにとって最適な観測点位置を提案する。