

ICI-3 搭載 LEP-ESA 電離圏カスプ領域低エネルギー電子の観測

竹島 順平 [1]; 齋藤 義文 [2]; 横田 勝一郎 [2]
[1] 東京大学大学院 地球惑星科学専攻; [2] 宇宙研

Low energy electron observation over cusp region by LEP-ESA on Norwegian sounding rocket ICI-3

Junpei Takeshima[1]; Yoshifumi Saito[2]; Shoichiro Yokota[2]
[1] Earth and Planetary Science, The University of Tokyo; [2] ISAS

The cusp region is a boundary between dayside and nightside magnetic field lines where solar wind directly enters into the ionosphere. E-t spectrogram of the precipitating electrons observed in the northward of the cusp region sometimes shows energy-time dispersion with 10eV to 1keV where high energy electrons are observed earlier than low energy electrons. The energy-time dispersion is considered to be made by the precipitating electrons that are accelerated by the field aligned electric field generated by Inertial Alfvén Waves (IAWs). Tanaka et al (2005) also suggested that acceleration altitude was between 2000km and 6000km, and the observation agreed with the numerical simulation by assuming IAWs model. According to the IAWs model, the altitude where electrons are accelerated is different between the electrons with different energy.

ICI-3 sounding rocket was launched on 3 Dec 2011 from Svalbard, Norway. During the flight, we repeatedly observed energy-time dispersion of the precipitating electrons that had time duration of about 1second. Different from the previously reported energy-time dispersion of the precipitating electrons where the dispersion was convex downward, most of the dispersion observed by ICI-3 LEP was convex upward. We tried to understand the reason why the observed dispersion was convex upward. Assuming that two different energy steps and with the same pitch angle are simultaneously accelerated at the same altitude, we found that the higher the electron energy was, the higher the acceleration altitude of the electrons was. We calculated the altitude distribution of the Alfvén speed assuming IAWs model. We have found that the obtained Alfvén speed altitude distribution was slightly different from the previously reported one though the estimated Alfvén speed was almost the same with same order of magnitude. We also observed the electron detection timing difference depending on the pitch angle of electrons. Using IGRF model, we found that the estimated acceleration altitude was lower than the altitude estimated from TOF analysis.

We are now preparing for low energy electron spectrometer LEP-ESA on Norwegian sounding rocket ICI-4. ICI-4 will be launched in November/ December 2013 from Svalbard, Norway so that the trajectory should intersect a Flow Channel Event (FCE) where intense electron precipitation is expected. By comparing the ICI-4 data with ICI-3 data, we think the electron acceleration mechanism around the dayside cusp region will become clearer.

カスプ領域は昼間側に向かう磁力線と夜側の尾部に向かう磁力線との間の磁気境界であり、太陽風が磁力線に沿って直接侵入する領域である。高緯度電離圏において磁力線に沿って降下してきた電子を E-t(energy-time) 図で見ると 10eV ~ 1keV の電子で特徴的な形の energy-time dispersion が観測されることがある。energy-time dispersion は上空で加速された電子の速いものは先に、遅いものは後から観測される時間的分散構造を持ったデータで、エネルギーを log スケールで見ると下に凸の形状がよく確認される。これは上空数千 km での電子加速を示唆するもので、生成要因として Inertial Alfvén Waves (IAWs) の沿磁力線方向電場による電子加速が有力視されている。また、先行研究では energy-time dispersion の加速高度が 2000 ~ 6000km に存在し、IAW モデルを用いた計算機シミュレーション結果と一致することとエネルギーにより加速高度が異なることが報告されている。

2011年12月3日にスピッツベルゲン島(ノルウェー)で打ち上げられた観測ロケット ICI-3 搭載 LEP-ESA により観測された低エネルギー電子の energy-time dispersion は従来 E-t 図で確認されたものと形が違い、上に凸の形状が確認された。そこで本研究の目的は TOF 分析を用いて異なる形状の energy-time dispersion が形成された原因及び、この形状の電子のエネルギーの加速機構を解明することである。同じピッチ角でエネルギー差は小さいがエネルギーの異なる電子が同じ高度で加速されたとして、TOF 分析から得られた電子加速高度は高エネルギーほど高度が高くなる傾向があり、エネルギーによって電子の加速高度が異なる事がわかった。この結果は先行研究と同様であるが、energy-time dispersion の形状が異なっていることについてはピークエネルギーが上に凸形 dispersion の方がより高い高度で加速されていることが原因であると考えられる。加速機構についてはアルフベン速度でエネルギーが決まる IAWs モデルにおいて加速高度分布を元に算出したアルフベン速度が過去の観測と整合的であるかどうか調べた結果、近いオーダーではあるがアルフベン速度の高度分布は 7000km まで速度が上昇し続けるという結果となり、過去に報告されている結果と少し異なる結果が得られた。そこで、高い時間分解能を活かして同じエネルギーでピッチ角による観測時間差を調べることで更に多くの情報を得ようと試みている。降下電子の見え始めと終わりに着目すると、ピッチ角によって観測時間差が見える場合と見えない場合、そしてそれらの中間的なデータのあることがわかった。時間差がある場合にピッチ角の差から加速高度を調べてみると、TOF 法で推定した加速高度分布よりも低い高度で加速している結果となった。

現在、本年 11-12 月にスピッツベルゲン島(ノルウェー)から打ち上げられる予定のノルウェーの観測ロケット ICI-4 に搭載する低エネルギー電子計測装置 LEP-ESA の搭載準備を平行して進めている。ICI-4 の主目的は Flow Channel Event (FCE) に伴う後方散乱現象・プラズマ擾乱の生成メカニズムを明らかにする事である。FCE は地球磁気圏昼間側の磁力線再結合によって生成される FTE (Flux Transfer Event) を含む磁力線のフットプリントで起こると考えられており上空

では強い降り込み電子が存在すると考えられるため、ICI-3 のデータとの比較を通して、カスプ周辺領域における電子加速のメカニズムの解明を更に進める事が出来るものと期待している