

オーロラ発光活動とオーロラ粒子分布・ダイナミクスとの微細相関に関するれいめい観測結果

平原 聖文 [1]; 坂野井 健 [2]; 浅村 和史 [3]; 小淵 保幸 [4]; 井野 友裕 [5]; 山崎 敦 [6]; 関 華奈子 [7]; 海老原 祐輔 [8];
Thomsen Michelle F.[9]

[1] 立大・理・物理; [2] 東北大・理; [3] 宇宙研; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [5] 東北大・理・PPARC; [6] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [7] 名大 STE 研; [8] 極地研; [9] LANL (USA)

Reimei observational results on the fine-scale correlations among auroral emissions and distribution/dynamics of auroral particles

Masafumi Hirahara[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Kazushi Asamura[3]; Yasuyuki Obuchi[4]; Tomohiro Ino[5]; Atsushi Yamazaki[6]; Kanako Seki[7]; Yusuke Ebihara[8]; Michelle F. Thomsen[9]

[1] Department of Physics, Rikkyo University; [2] PPARC, Grad. School of Sci., Tohoku Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] Planet Plasma Atmos, Tohoku Univ; [5] PPARC, Grad. School of Sci., Tohoku Univ.; [6] PPARC, Tohoku Univ.; [7] STEL, Nagoya Univ.; [8] NIPR; [9] LANL (USA)

After the perfect launch from Baikonur Cosmodrome in Kazakhstan on August 23, 2005, the Reimei satellite has successfully been observing the fine-scale properties on auroral emissions and particles in the nightside sector through the initial operation of the science instruments.

The attitude of Reimei is three-axially stabilized and sun-oriented. The scientific target of Reimei is the exploration of fine structure and variations of aurora phenomena on a sun-synchronous orbit in the meridian of 0030-1230 LT at about 630-km altitude. For achieving the scientific purpose, Reimei carries some few but optimized instruments: three-channel monochromatic auroral imaging CCD camera (MAC), top-hat-type auroral electron and ion energy spectrum analyzers (ESA/ISA), and three sets of Langmuir-type anodes as plasma current monitors (CRM).

In this talk, we focus on the results based on the remarkable observation mode of Reimei, named Mode-S, in which the precise control of the satellite attitude realizes the full pitch angle measurements of 10 eV -12 keV auroral particles with a time resolution of 40 msec at the same time as the auroral imaging for 428, 558, and 670-nm wavelengths over a 70x70 km² area with a spatial resolution of 1.1 km and a exposure cycle of 120 msec.

Two observational results are presented from the Mode-S data on April 24, 2006 and December 28, 2005 for the discussion of the fine-scale correlations among the auroral emissions and the distribution and dynamics of auroral particles. These cases were during a substorm recovery phase and an active substorm period, respectively.

The LANL geosynchronous satellites actually observed rapid enhancements and then gradual decreases of electron energy and flux in the nightside sector several tens of minutes before the event on April 24, 2006. These geomagnetic activities are clearly seen also in the AE index although the Dst indices did not show geomagnetic storm signature. It should be noticed that the pulsating auroras were observed in the equatorward region before a clear inverted-V electron signature.

The observation on December 28, 2006 indicates that there were four separate and different-type auroras, which makes this case very unique in a number of the simultaneous observations by Reimei.

The followings are bulletized statements summarizing of the observational results shown in this talk:

1. The simultaneous observations of auroral emissions and particles show the fine correlation between them in terms of intensities of auroral emission and downward energy fluxes of auroral electron.
2. The field-aligned precipitating electron components are comparable to or more intense than the perpendicular components in the active and/or sharp auroral arcs.
3. The perpendicular electron components are dominant in the less active, hazy, and/or steady auroral bands.
4. The pitch angle distributions of the auroral electrons often have two dominant components, namely in the sharply precipitating and the widely perpendicular directions.
5. In some cases, the auroral images indicate that faint thin auroral arcs correspond to the energy-dispersed precipitating electrons in the sharply field-aligned direction, which may be accelerated by Alfvén wave.

2005年8月23日の打ち上げから1年が経過したが、れいめい衛星搭載の全ての理学・工学機器が健全な状態にあり、極めて順調にオーロラ発光・粒子に関する観測を継続している。今後もオーロラ発光・粒子観測両面で2年以上の連続運用が期待される。

これまでのれいめい衛星観測により、様々なオーロラ発光活動とオーロラ粒子分布・ダイナミクスとの相関が明らかとなってきた。また、共同研究としての地上観測や他衛星観測が北・南の両半球、あるいは磁気圏赤道面で同時に実施されており、これらには、れいめい衛星関係以外からも、複数の研究機関に所属する10名以上の研究者が精力的に参加している。本講演では、れいめい衛星観測の中心的課題であった数km以下のオーロラ微細構造に関する結果を報告する。

まず、2006年4月24日の11:55 UT付近でのれいめいオーロラ観測は南半球上空でなされており、夜側2 MLTを低緯度(60 ILAT)から高緯度(65 ILAT)へと移動する間に、低緯度領域ではパルスセーティングオーロラを、高緯度領域では複数層の比較的静的なオーロラアーク・バンドを観測した。

れいめい衛星の極めて特徴的な観測モードの1つにオーロラ発光・粒子同時観測モード (Mode-S) があるが、この観測期間においても、高緯度領域でオーロラカメラにより観測されたオーロラアーク・バンド構造に対して粒子観測器によりエネルギー・ピッチ角分布が測定されている。粒子観測データによると、ILATにして1度程度の Inverted-V 構造が存在しているが、その構造の中でも電子のエネルギーやフラックスが微細に変動しており、これらが複数層のオーロラバンド・アークに対応していることが示されている。

夜側に位置していた LANL (Los Alamos National Laboratory) の静止軌道衛星によると、このれいめい観測期間の1時間程度前から電子エネルギーとフラックスが急激に増加した後、比較的緩やかに減少している。また、11:15 UT には高エネルギー粒子の注入現象も見られることもあり、れいめいの観測はサブストーム回復相に相当している。これは地磁気指数でも確認されており、パルセーティングオーロラが低緯度で観測されていることとも符合している。なお、地磁気嵐は発生していない。

この観測期間中に見られたパルセーティングオーロラでは残念ながらオーロラ発光・粒子の同時観測が成立していないが、2006年2月21日04:38 UT 付近の北半球観測ではパルセーティングオーロラ中で同時観測が成立しており、今後の詳細な解析が期待出来る。

また、他の観測例、特に2005年12月下旬での複数のオーロラ発光・粒子同時観測データでも明らかな様に、1つのオーロラ粒子加速域、つまり磁力線に平行方向の静電加速領域 (Inverted-V) の中でさえも粒子分布には複雑なエネルギー変動と特異なピッチ角分布の変化が見られる。これらの粒子分布やダイナミクスにおける特徴は FAST 衛星でも観測されているが、オーロラ発光との同時観測が極めて不十分な為、れいめい衛星による観測が非常に有効である。

特に2006年12月28日の例は特筆すべき特徴を示している。サブストーム中の09:48:40 UT、09:48:46 UT、09:48:52 UT、09:49:05 UT の4度に渡ってれいめい衛星はそれぞれ異なる特徴のオーロラ発光を捉えており、しかもオーロラ発光・粒子同時観測が成立している。これら3種のオーロラ発光活動に対応するオーロラ粒子の空間分布・エネルギー・ピッチ角分布の特性を見てみると、以下の様な結論が得られる。

1. オーロラ発光強度とオーロラ電子エネルギーフラックスには相関係数0.8以上の非常に良い対応が見られる。
 2. 微細な構造を持ち活発に変動し明瞭な形状を示すオーロラアーク・バンドでは、れいめい衛星高度で降り込み方向の電子エネルギーフラックスが磁力線に垂直な方向の成分に比べて大きい、あるいはほぼ等しい。これらは高緯度側のオーロラ発光で特徴的である。
 3. 変動が少なく、明確な微細構造が少ないオーロラバンドでは、磁力線に垂直方向の電子エネルギーフラックスが卓越する。これらは比較的低緯度領域のオーロラに典型的に見られる。
 4. 磁力線に平行方向に加速されエネルギー分散を示す電子の降り込みに対応するオーロラアークも、発光強度は小さいが強い相関で観測されている。
 5. 磁力線方向と垂直方向に独立な2つ成分を示す、ほぼ同じエネルギーの電子のピッチ角分布がしばしば観測される。
- なお、沿磁力線成分より垂直方向の方が広いピッチ角分布を示す。

発表では、これらのオーロラ発光活動とオーロラ粒子のエネルギー・ピッチ角における分布・ダイナミクスを微細構造という観点から議論する。