

磁気嵐時におけるプラズマシート電子内側境界の統計解析

大木 研人、 熊本篤志、 加藤雄人
東北大学大学院理学研究科

Statistical study of the inner boundary of the plasma sheet electrons during magnetic storms

K. Ohki, A. Kumamoto and Y. Katoh

Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

The locations of inner boundary of the plasma sheet electrons during magnetic storm have been analyzed statistically by using THEMIS data. Plasma sheet electrons are carried toward the earth due to magnetospheric convection, and then drift toward the morning sector in the vicinity of the earth. Thus, the inner boundary of the plasma sheet electrons are formed around 3 - 7 Re. Because plasma sheet electrons precipitate along a magnetic field line, the inner boundary of the plasma sheet electrons can be observed as lower latitude boundary of aurora in the earth's ionosphere.

Previous studies investigated the dependence of the location of the inner boundary of the plasma sheet electrons on geomagnetic indices such as Kp and AE index [Korth et al., 1999; Jiang et al., 2011]. Jiang et al. [2011] reported the local time distribution of the inner boundary of the plasma sheet electrons in both quiet and disturbed conditions by referring AE index. In this study, we focus not only on dependences on Dst index but also on dependences on phase of magnetic storms. The data which we used in this analysis are obtained by ESA (Electrostatic Analyzer) onboard the THEMIS satellite. ESA measures the energy flux, density and temperature of particles. In the present study, we use ESA data of electrons in an energy range from 1 to 10 keV. We perform event analyses for two magnetic storms on July 6, 2013 and June 17, 2012. We also carried out a statistical analysis of the positions of inner boundary of the plasma sheet electrons.

As a result of the event analyses, the inner boundaries were located around 3 - 4 Re in the main phase and 4 - 10 Re in the recovery phase of the magnetic storm. The boundaries were closer to the earth in the main phase than those identified during the recovery phase of the same magnetic storm. In addition, we found that the radial distance of the inner boundaries of the plasma sheet electron in energy range from 1 keV to 10 keV were almost similar in the main phase of the magnetic storm. On the other hand, in the recovery phase of the magnetic storm, the inner edge of the low energy electron was closer to the earth than that of the high energy electron. In the magnetic storm on June 17, 2012, the recovery phase lasted two days, and the inner boundary identified on the second day in the recovery phase was further away from the earth, and the energy dependence of the location of the inner boundary becomes more evident on the second day.

Based on the results of the event analyses, we performed statistical study of the location of the inner boundary of the plasma sheet electrons during the magnetic storms. Frank [1971] reported that the inner boundary of low-energy plasma sheet electrons were located closer to the earth than those of high-energy plasma sheet electrons. The result of our statistical study shows the similar energy dependences in the recovery phase of small magnetic storms. However, we also found different tendency in the main phase of the magnetic storm, and in the recovery phase of large magnetic storms. We revealed that the typical radial distance of the inner boundary in the main phase of the magnetic storm was 3.9 Re. Disappearance of the energy dependence of the location of the plasma sheet electrons suggests the presence of the strong electric field in the vicinity of the earth. During the magnetic storm on June 17, 2012, the electric field obtained by ESA was 6.66 mV/m, which was much stronger than that estimated based on Volland-Stern model, 0.91 mV/m. Based on the location of

the storm-time inner boundary of the plasma sheet electrons revealed by the present study, we are going to investigate the spatial distribution and evolution of the electric field in the storm-time inner magnetosphere in future.

本研究ではTHEMIS衛星に搭載された粒子計測器ESA (ElectroStatic Analyzer) の観測データを用いて、磁気嵐の主相ならびに回復相におけるプラズマシート電子の内側境界の位置とエネルギー依存性を調べた。プラズマシートを構成する高エネルギー粒子は、磁気圏対流により磁気圏尾部領域から地球方向に輸送されるが、地球近傍では電子は朝側、イオンは夕方側へとドリフトすることとなり、一定の距離よりも内側には侵入できない。この動径方向の境界をプラズマシート電子のinner edgeと呼ぶ。ドリフト軌道は粒子のエネルギーにより異なるため、inner edgeの位置が粒子のエネルギーにより異なることが過去の研究により明らかとされている。Inner edgeはおおよそ3 - 7 Reの範囲に形成されている。オーロラ降下粒子を供給するプラズマシート粒子のふるまいを詳細に調べることは極域電離圏でのオーロラ活動の分布・変動の背景を理解する上でも重要である。

過去の研究により、プラズマシートのinner edgeの位置と地磁気指数との対応が議論されてきた。AE指数との比較やローカルタイム依存性など、サブストーム時のinner edgeについては多くの報告例がある。一方、磁気嵐の各相でのinner edgeの位置やDst指数との関係については議論の余地が残されている。そこで本研究では、keV帯のプラズマシート電子のinner edgeに着目し、磁気嵐の主相ならびに回復相におけるinner edgeについて調べた。解析では、THEMIS衛星に搭載されているESA (Electrostatic Analyzer) により取得された1 keVから10 keVのエネルギーレンジの電子フラックスデータを利用した。まず、2013年7月6日と2012年6月17日の磁気嵐中に同定されたinner edgeについてのイベント解析を行った。さらに、2007年3月から2013年にかけて発生した磁気嵐(主相78例、回復相174例)について、各相でのinner edgeの位置について統計解析を行った。

イベント解析の結果から、磁気嵐主相時のプラズマシート電子のinner edgeの位置は回復相時の位置よりも地球に近い所にあることが示された。主相においてはおよそ3 - 4 Re付近に形成されていたinner edgeが、回復相では4 - 10 Re付近に位置していた。またFrank et al. [1971]によると、エネルギーの低い電子のinner edgeの方が地球に近いことが報告されていたが、主相時のinner edgeの位置には明確なエネルギー依存性が見られず、どのエネルギー帯でも同程度の位置にinner edgeが同定された。一方で、回復相でのinner edgeはFrank et al.の結果と同様なエネルギー依存性を示していたが、規模の大きな磁気嵐時にはエネルギー依存性が見られないことが明らかとなった。以上の傾向は、統計解析の結果からも確認され、主相時のinner edgeの典型的な位置は3.9 Re 付近であることが明らかとなった。本研究により得られた結果は、磁気嵐主相では地球近傍に強い電場が存在することを示唆している。6月17日の磁気嵐の例では、Volland-Sternモデルで見積もられる電場が0.91mV/mであるのに対し、ESAで観測された電場はこれを大幅に上回る6.66mV/mであった。今後、プラズマシート電子のinner edgeの詳細な解析をもとに、磁気嵐時の内部磁気圏電場の空間分布・時間発展の推定を行っていく。