

磁気嵐に伴う極域電離圏上部におけるプラズマ密度構造の変動について

北村 成寿 [1]; 新堀 淳樹 [2]; 西村 幸敏 [3]; 小野 高幸 [4]; 飯島 雅英 [5]; 熊本 篤志 [6]; 西村 由紀夫 [7]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 名大・太陽地球環境研究所; [3] 東北大・理・地球物理; [4] 東北大・理; [5] 東北大・理・地球物理; [6] 東北大・理; [7] 東北大・理・地球物理

Variation of the cold plasma density structure above the polar ionosphere associated with geomagnetic storms

Naritoshi Kitamura[1]; Atsuki Shinbori[2]; Yukitoshi Nishimura[3]; Takayuki Ono[4]; Masahide Iizima[5]; Atsushi Kumamoto[6]; Yukio Nishimura[7]

[1] Geophys Sci, Tohoku Univ.; [2] Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ.; [3] Dept. Geophys, Tohoku Univ.; [4] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [5] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [6] Tohoku Univ.; [7] Geophys. Sci., Tohoku Univ.

Plasma outflow phenomena from the ionosphere into the magnetosphere are one of the most important processes for understanding of the magnetosphere-ionosphere coupling in the polar ionosphere. Based on recent satellite observations, it has been clarified that they take important role not only on the control of the supplement of plasma in the magnetosphere and the plasma density structure above the polar ionosphere, but also on abrupt changes of the ring current ion composition and the formation process of the auroral acceleration region during geomagnetic storms. Especially the plasma density above the polar ionosphere affects AKR activities. However, there are few researches on time and spatial evolutions of the plasma density structure above the polar ionosphere during the development and decay of geomagnetic storms. Therefore, the detail variations of the plasma density structure in these regions associated with geomagnetic storms have been left as unsolved problems. In this study, in order to clarify the physical process of an abrupt change of the plasma density structure during geomagnetic storms, we analyzed the electron density data observed by the Akebono satellite.

In the present data analysis, we derived the electron density along the satellite path from the upper cut-off frequency of the UHR and whistler mode waves observed by the PWS instrument onboard the Akebono satellite. We used the upper cut-off frequency of the UHR and whistler mode waves for the cases of $fp/fc > 1$ and $fp/fc < 1$, respectively. Now we derived the electron density from March, 1989 to May, 1990 with time resolution of 2 seconds. On the other hand, we used SYM-H indices to define the magnetically quiet condition and a geomagnetic storm event. We defined the quiet time as the period which SYM-H indices are in the range from 0 nT to 40 nT and the index 30 minutes before the time did not vary over 5 nT. And we defined the geomagnetic storm with the minimum SYM-H index of less than -40 nT.

In the present study, first we performed the case study for the geomagnetic storm event which occurred on 6-8 June, 1989. It was a moderate geomagnetic storm with the minimum SYM-H index of -97 nT. During this period, the apogee of the Akebono satellite was located in the dawn sector at the southern hemisphere, and the observation of the polar region was carried out in an altitude range from 6000 km to 10000 km from midnight to prenoon sector. During the pre-storm phase, the plasma density decreased with L-value, and it was 200 /cc and 20 /cc at L=4 and L=6, respectively. In this case, the averaged plasma density in the polar region above L=6.0 was in a range from less than 5 /cc to 20 /cc. After about 1 hour from the onset time of the sudden commencement, the plasma density started to show an increase and during the main phase of the geomagnetic storm by one or two orders of the magnitude in the auroral zone and polar cap region, compared with that in the magnetically quiet condition. After about 3 hours from the start time of storm recovery phase, the plasma density enhancement decreased.

Next we performed a statistical analysis of the electron density in the noon-midnight meridian plane during the period of the magnetically quiet condition and the storm main phase. During the main phase, the electron density in the region over 5000 km altitude above L=6.0 increased 3 times more than the prestorm value both in the dayside and nightside. The electron density enhancement during the storm main phase occurred all over the polar region.

These studies imply that a large amount of the ionospheric plasma moves into the altitude region of 5000-10000 km in the magnetosphere. If this plasma comes from the ionosphere, Joule heating is thought as the physical process. But Joule heating occurs also in the period of substorm, so we will compare the storm and the substorm to decide what contribute the plasma density enhancement during the magnetic storm.

極域電離圏における電離圏-磁気圏結合を理解する上で最も重要な現象の一つとして電離圏から磁気圏へのプラズマの流失が挙げられる。このプラズマの流失現象は、磁気圏内へのプラズマの供給や極域電離圏上部におけるプラズマ密度構造を支配しているだけでなく、近年の衛星観測から磁気嵐中の環電流粒子組成の激変やオーロラ加速領域の形成過程へ多大な影響を及ぼすことが明らかになってきている。特に電子密度の変動はオーロラ加速に関わり発生するオーロラキロメートル電波放射 (AKR) の発生等に重要なパラメータである。しかし、磁気嵐の発達期から衰退期におけるこの領域でのプラズマ密度構造の時空間変動に着目した報告は、Millstone Hill レーダを用いた観測を除くとほとんどない。したがって、磁気嵐中における極域電離圏上部のプラズマ密度構造がどのように変化し、AKR の活動にどのような影響を及ぼすかは、未解決問題として残されている。本研究では、そのプラズマ密度構造を変える物理機構を理解するために、

プラズマ圏、オーロラ帯並びに極冠域といった広範な領域をカバーして継続的な観測を行っているあけぼの衛星の観測データの電子密度を解析した。

本解析では、あけぼの衛星搭載のプラズマ波動観測器 (PWS) によって常時観測されている高域混成共鳴 (UHR) 波動またはホイッスラー波の上限周波数を読み取ることによって衛星の軌道上の電子密度を導出した。ここでは、プラズマパラメータ (f_p/f_c) が 1 よりも大きい場合については UHR 波動の上限周波数を、また、 f_p/f_c が 1 よりも小さい場合は、ホイッスラー波の上限周波数を読み取った。現在のところ 1989 年 3 月から 1990 年 5 月下旬までの時間分解能 2 秒のデータについての読み取りが終了し、データベースができています。一方、静穏時並びに磁気嵐時におけるイベントの導出については SYM-H 指数データを用いたが、SYM-H が 0 nT から 40 nT の範囲にあり 30 分前と比べて 5 nT 以上の変動のない時期を静穏時、また SYM-H が -40 nT 以下の値を示す現象を磁気嵐と同定した。

ここでは、まず 1989 年 6 月 6-9 日に発生した磁気嵐イベントに対して事例解析を行った。この磁気嵐は、SYM-H の最小値が -97 nT を示す中規模のものであった。また、このときのあけぼの衛星の遠地点は、南半球の極近くの朝側に位置し、サブオーロラ帯から極域で高度 6000-10000 km の高度領域を真夜中から午前の磁気地方時について周回して観測していた。この磁気嵐の発生前のサブオーロラ帯のプラズマ密度は、軌道上で L 値の増加とともに減少する傾向を持ち 200 /cc (L=4.0) から 20 /cc (L=6.0) であった。このときの極域 (L = 6.0) 上空におけるプラズマ密度は、20 /cc から 5 /cc 以下であった。磁気急始から約 1 時間程度で軌道上でのプラズマ密度の増加が観測され始め、主相の期間を通じて極域電離圏上部の広範な領域で磁気嵐前と比べてプラズマ密度が 1 - 2 桁増加した。磁気嵐の回復相においてプラズマ密度増大は減少に向かい、回復相が始まって約 3 時間後には顕著な密度増加は見られなくなった。

次に先に定義した静穏時と、磁気嵐の主相時について昼側と夜側に分けて、統計解析を行い、子午面プロットを作成した。この結果、極域 (L = 6) の高度約 5000 km 以上では主相期間では昼夜ともに 3 倍程度の密度増加がみられた。よって、磁気嵐時の密度増加は局所的な現象ではなく、極域全域で起こっていることが明らかになった。

これらの結果は、磁気嵐主相時に極域電離圏から磁気圏内へ多量のプラズマが少なくとも 5000-10000 km の高度領域まで輸送されていることを示唆している。このプラズマが電離圏から湧き上がってきたものであるとすると、その原因として電離圏のジュール加熱が考えられる。サブストームでもジュール加熱が期待されるので、サブストーム時にもプラズマ密度が変動するか調べる必要がある。さらに今後、他の磁気嵐の事例についても解析を行い、プラズマ密度の磁気嵐内での時間変化について詳しく調べ、サブストーム時と比較することによって何がこの磁気嵐時の密度増大に寄与しているかを明らかにしたい。統計解析についてはさらに密度の読み取りを進め、データベースを充実させて、朝夕の磁気地方時等さらに細かく分けた解析を行い、密度増加が磁気地方時や磁気緯度によって違いがあるのかの解析と低高度についての検討も行う予定である。