

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]

[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・地物; [6] 東北大・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]

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

Plasma outflow from the polar ionosphere into the magnetosphere is one of the most important processes in the magnetosphere-ionosphere coupling in the polar region. Recent satellite observations have clarified that plasma outflow takes an important role for plasma transport into the magnetosphere, abrupt changes of the ring current ion composition, and the formation of the auroral acceleration region during geomagnetic storms. In the present study, we analyzed the electron density data observed by the Akebono satellite in an altitude range from 300 to 10500 km, in order to clarify the formation process of the plasma density structure above the polar ionosphere during geomagnetic storms.

The electron density along the satellite path was derived using the upper cut-off frequency of the upper-hybrid resonance (UHR) and whistler mode waves observed by the PWS instrument onboard the Akebono satellite with the time resolution of 2 seconds. In the present data analysis, we used the data from March, 1989 to July, 1990 to perform a statistical analysis. The quiet-time defined for this statistical study is the period when the SYM-H index is in the range from -10 to 40 nT and the Kp index is less than 2+ for previous 3 hours.

First, we investigate the quiet-time average density distribution. The quiet-time data are divided into three seasons, summer, equinox, and winter. The data are sorted by day and night in magnetic local time, 5 degrees in invariant latitude and 100 km in altitude, and logarithmically averaged in each bin. The averaged data are fitted by using the non-linear least square fitting method in altitude direction, using the equation of sum of the exponential and power law functions. Then, the fitted profiles are interpolated in ILAT direction by exponential functions. Finally, we obtain electron density distribution on the meridian plane. From comparing these distributions, it is identified that electron density in summer is 5 to 50 times larger than that in winter below 5000 km altitude above the polar region.

Second, we perform case studies for the geomagnetic storm events which occurred on 6 June, 9 June, 10 August, 17 November, 1989 and 12 March, 1990. In these events, enhancements of the plasma density are identified in the entire polar cap and enhancements are associated with the storm main phases. In the 6 June storm, the electron density enhanced up to 100 times larger than quiet-time level.

These results indicate that a large amount of the ionospheric plasma drifts upward to about 10000 km in the magnetosphere during geomagnetic storm. Since ion upflow processes seem to be associated with the plasma density enhancement of this present study, we are going to analyze ion composition and velocity data to understand quantitatively.

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出が挙げられる。このプラズマの流出現象は、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。最近の IMAGE 衛星による観測 [Tu et al., 2007] では大磁気嵐時に極冠域でプラズマ密度が 2 桁程度増加したことが報告されている。また、この磁気嵐時の変動に加え、静穏時の密度も 1 - 2 桁の大きな季節変動を示すことが報告されており [Laakso et al., 2002] 擾乱時の密度変動の理解のためには静穏時の密度分布の長期変動を知る必要がある。しかし、密度増加量の評価の基準として必要な季節変動を考慮した静穏時の極域密度モデルも無いため、極域電離圏上部のプラズマ密度増加について静穏時からの増加量の評価ができなかった。本研究では、密度増加の物理機構を理解するために、オーロラ帯並びに極冠域で高度 300 km から 10000 km にわたる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から得られた電子密度データを解析し、磁気嵐時のプラズマ密度構造の時空間変化を季節ごとに評価した。

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。これまでに 1989 年 3 月から 1990 年 7 月までの時間分解能 2 秒のデータについての読み取りが終了し、データベースが構築されている。静穏時の基準となる統計量を得るにあたっては SYM-H 指数、Kp 指数を用い、SYM-H が -10 nT から 40 nT の範囲にあり、3 時間前から Kp が 2+以下の時を静穏時と決定した。

まず、季節ごとの静穏時の平均的密度分布を求めた。データを昼側、夜側、ILAT 5 度、高度 100 km ごとに分け、高度方向に指数関数とべき乗の関数を用いて非線形最小自乗フィッティングを行った。ILAT 方向には指数関数を用いて高度

方向のプロファイルを補間し、子午面分布を求めた。この結果から地磁気静穏時におけるプラズマ密度分布の季節依存性については夏季は冬季に比べて特に極域の高度 1000 - 5000 km において 5 - 50 倍程度密度が高いことが明らかになった。

密度を静穏時の平均的密度分布で規格化し、1989 年 6 月 6 - 8 日、9 日、8 月 10 - 12 日、11 月 17 - 19 日、1990 年 3 月 12 - 13 日の磁気嵐時のイベント解析を行った。その結果、プラズマ密度の増加は磁気嵐の主相時とよく対応し、最大で静穏時の 100 倍に達するということが明らかになった。また、密度増加は極冠域全体で見られることも明らかになった。6 月 6 - 8 日、9 日の磁気嵐時の密度増加ピーク時の高度約 9000 km の密度は、静穏時の高度 2000 km 付近の密度に等しく、磁気嵐時に低高度から大量のプラズマが輸送されていることを示している。

この結果は磁気嵐主相時に極冠域を通じて電離圏から磁気圏内へ多量のプラズマが輸送されていることを示す。これらの解析結果より、極域電離圏における磁気嵐に伴う密度増加は過去の研究で言われているイオン上昇流がプラズマ密度の増加を引き起こしていると考えられる。今後は密度増加の物理プロセスをはっきりさせるために低エネルギーイオン組成計測装置 (SMS) のデータを用いて、電子密度と同時に増加するイオンの組成、速度を解析することが必要とされる。