

極域磁気圏における磁気嵐時のイオン上昇流の観測

Observations of the ion upflow in the polar magnetosphere during geomagnetic storms

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]; 山田 学 [7]; 渡部 重十 [8]; 阿部 琢美 [9]; Yau Andrew [10]

Naritoshi Kitamura [1]; Atsuki Shinbori [2]; Yukitoshi Nishimura [3]; Takayuki Ono [4]; Masahide Iizima [5]; Atsushi Kumamoto [6]; Manabu Yamada [7]; Shigeto Watanabe [8]; Takumi Abe [9]; Andrew Yau [10]

[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; [8] 北大・理・地球惑星; [9] JAXA 宇宙研; [10] カルガリー大学・天体物理学科

[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.; [7] PPARC, Tohoku Univ.; [8] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ; [9] ISAS/JAXA; [10] Dept of Phys and Astronomy, Univ of Calgary

極域電離圏から磁気圏へのプラズマ流出は、磁気嵐中のプラズマシート、環電流イオン組成の激変に多大な影響を及ぼすことが明らかになってきている。しかし、磁気嵐時の低高度極域磁気圏でのイオンアップフロー、アウトフローの観測が少なく、どの程度のエネルギーの粒子がどの程度のフラックスで流出するのか、どのような経路をたどって流出しているかが明らかになっていない。このような磁気嵐時の低高度極域磁気圏におけるイオン流出の描像を明らかにすることは磁気圏 MHD シミュレーションでの極域からの粒子インプットの境界条件を明らかにするという点でも重要である。本発表では、磁気嵐時の Akebono 衛星と Polar 衛星によるイオン上昇流の観測結果を発表する。

本解析では、高度 275-10500 km で観測を行っている Akebono 衛星搭載のプラズマ波動観測器 (PWS) で得られたプラズマ波動観測データから衛星の軌道上の電子密度、および低エネルギーイオン組成計測装置 (SMS) の熱的エネルギーイオン観測によるイオン組成、速度を使用した。また、高度 1.8-9 R_E で観測を行っている Polar 衛星の thermal ion dynamics experiment (TIDE) のイオン分布関数のデータを使用した。

Akebono 衛星の高度 6000-10000 km のデータを用いて 1990 年 3 月 30 日、4 月 17 日の磁気嵐時のイベント解析を行った。衛星は 1990 年 3 月 30 日の磁気嵐主相時には昼側極域を朝側から夕側に通過し観測を行い、オーロラ帯、極冠全域で静穏時の 10-30 倍程度の電子密度増加を観測した。そのうち極冠内全域で SMS によって酸素イオンの割合が 80% を超え、その磁力線上向き速度は脱出速度と同程度の 5-10 km/s であるイオン上昇流がとらえられた。そして、そのフラックスは 1000 km 高度に換算して $1-4 \times 10^9 / \text{cm}^2/\text{s}$ であった。4 月 17 日の磁気嵐では、衛星が朝から昼過ぎの MLT に向かって極域を観測した。電子密度の増加は主相から回復相にかけて 12 時間続けて見られ、昼側極冠域において顕著で静穏時の 3-30 倍であった。この密度増加領域でも酸素イオンが 80% 程度で上向き速度約 5 km/s のイオン上昇流がとらえられた。また、昼側オーロラ帯の低緯度側のトラフでは上向き速度はほぼ 0 であった。

次に、1998 年 5 月 4 日 (南半球)、1999 年 2 月 18 日 (南半球)、2000 年 4 月 6 日 (両半球) の磁気嵐主相時に Polar 衛星によって、高度 5000-40000 km で得られたイオン上昇流の観測データを解析した。この期間、TIDE は質量分析ができない状態であったが、磁気嵐時のイオン上昇流では酸素イオンが主体であったという Akebono の観測による結果から、酸素イオンを仮定して速度を計算した。衛星は、南半球では夜から昼側へ向かって極域を観測し、昼側極冠域の高度 8000-15000 km で最大で 10 km/s に達する Akebono の観測で見られたものと同程度の速度のイオン上昇流が見られた。また、2000 年 4 月 6 日の北半球での観測では Polar が昼から夜に向かって極域を通過し、昼側極冠域の高度 40000-27000 km 付近で脱出速度を超える 15 km/s 程度の上昇流がみられた。これらの磁気嵐時の観測において 1000 km 高度に換算したフラックスは昼側極冠内では $10^8 / \text{cm}^2/\text{s}$ のオーダーであったが、昼側のカスプやクレフトおよびそれらに近い極冠域では、 $1-15 \times 10^9 / \text{cm}^2/\text{s}$ に達する強い上昇流が観測された。特にこのピークの値は Polar の磁気嵐時の観測 [Moore et al., 1999] のピークの値に比べて約 10 倍大きい。また、極冠の夜側に向かうに従って上昇速度が低下していく様子が観測された。夜側極冠域では上昇速度はほぼ 0 で、速度が 2 km/s 以下の下降流が見られた領域も存在した。1999 年 2 月 18 日の磁気嵐では、夜側オーロラ帯でも観測が行われており、プラズマが水平方向の対流によって夜側オーロラ帯に流入する様子が見られた。これらの結果は、プラズマの上昇流は、カスプ、クレフト、昼側極冠域において脱出速度を超えるか同程度の大きな上向き速度を持ち、フラックスも夜側極冠域より大きいことを示している。夜側極冠域では下降流が見られた領域も存在したが速度は最大 2 km 程度でフラックスも昼側と比べて小さく、昼側で観測されたイオン上昇流は大部分が磁気圏へ流出していることを示している。夜側極冠域のプラズマも対流によって夜側オーロラ帯に達し、再度加熱され磁気圏尾部へ流出できる可能性がある。