

極域電離圏 ion upflow と outflow に関する一考察

Consideration of thermal ion upflow and outflow in the polar ionosphere

阿部 琢美[1]

Takumi Abe[1]

[1] 宇宙研

[1] ISAS

地球電離圏から熱的プラズマが流出しているという事実は観測により既の実証されているが高高度の Polar Wind は粒子としての脱出速度を越え更なる加速機構無しで電離圏から流出するのに対し、低高度の Auroral Bulk Upflow はバルク速度が遅いため脱出速度には達しておらず付加的な加速無しには流出しないと予想される。

我々は偏極電場による加速プロセスに着目し、背景プラズマの温度および密度の高度プロファイルと、イオンのバルク速度との関係についてモーメント方程式を用いた数値計算を行うことによって、イオンが加速を受けて低高度から高高度へと流出する過程について理論的検討を行った。

地球電離圏から熱的プラズマが流出しているという事実は人工衛星や地上からのレーダー観測により実証されており、高度方向の速度分布やイオン流出量の空間分布およびそれらの地磁気活動度に対する依存性等について既に報告が為されている。これらによって極冠帯、カスプ、オーロラ帯に特徴的なイオン流出が次第に明らかになりつつあり、例えば極冠域における代表的なイオン流出過程である Polar Wind に関しては、ほぼ高緯度帯全域に存在し、1平方センチメートルあたりのフラックスは10の7～8乗毎秒(2000km高度において)、Auroral Bulk Upflow は夜側オーロラ帯やカスプ域の高度1000 km以下に存在し、フラックスは10の8～9乗毎秒であること等が報告されている。またこれらに比べ更に高いエネルギーをもつイオンフローとして、Ion Beam、Conics、Transversely Accelerated Ions、Upwelling ionsがある(Yau and Andre, Space Sci. Review, 80, 1-25, 1997)。

「あけぼの」衛星に代表されるような直接観測から得られる Polar Wind タイプの上向きフローは粒子としての脱出速度を越え、更なる加速機構無しで電離圏から流出するが、Auroral Bulk Upflow の場合フラックスは大きいバルク速度が遅いため脱出速度には達しておらず付加的な加速無しには流出せず、したがって真の意味での outflow と見なすことは出来ない。このように予想される関係は Auroral Bulk Upflow のフラックスが Polar Wind に比べて大きい事からも裏付けられている。

それでは、Auroral Bulk Upflow の範疇に入るイオンフローに対してどのような条件が満たされれば Polar Wind になる得るのだろうか。ここでは低エネルギーイオンフローにとって最も重要な偏極電場による加速プロセスに着目し、背景プラズマの温度および密度の高度プロファイルと、イオンのバルク速度との関係についてモーメント方程式を用いた数値計算を行うことによって議論を行う。結果として、温度と密度から推定された偏極電場の大きさは、これに基づいたイオン加速によるバルク速度の変化を良く表現できる事、また Auroral Bulk Upflow から Polar Wind への遷移が背景プラズマの温度と密度により強く条件付けられている事、が実証された。すなわち、1) 低エネルギーのイオンフローにとっては偏極電場による加速が支配的である、2) 温度と密度の高度プロファイルによりイオンのバルク速度が決定され、Auroral Bulk Upflow のうち十分な速度を得たものは Polar Wind へと発展し、加速を得られないイオンは降下する、という結論が得られた。