

月のウェイク境界におけるリングビーム電子によるホイッスラー波の励起

Generation of whistler mode waves at the boundary of the lunar wake

中川 朋子[1]; 飯島 雅英[2]; 羽田 亨[3]; 松清 修一[4]

Tomoko Nakagawa[1]; Masahide Iizima[2]; Tohru Hada[3]; Shuichi Matsukiyo[4]

[1] 東北工大・情報通信; [2] 東北大・理・地物; [3] 九大総理工; [4] 九大総理工

[1] Tohoku Inst. Tech.; [2] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [3] ESST, Kyushu Univ; [4] ESST, Kyushu Univ.

http://www.tohtech.ac.jp/d_communications-e/nakagawa/

1994年10月25日、磁力線がGEOTAIL衛星と月のウェイクを結んだ時に、月から約4万7千km上流の太陽風中において、月のウェイク起源のホイッスラー波が観測された。この波は、太陽風速より僅かに速い群速度で太陽風を遡り、太陽風速より僅かに遅い位相速度のためにドップラーシフトして左回りの波として観測されたものである。この位相速度、群速度の条件から波数と周波数の範囲がわかり、これより、この波とサイクロトロン共鳴条件したのは0.96-2.5keVのエネルギーを持った電子ビームであったと推定された。電子ビームの向きは太陽から遠ざかる方向でなければ粒子のサイクロトロン運動と波の電場の回転する向きが合わない。この電子ビームは、元々太陽風中のstrahl成分であるが、月のウェイク境界に出来る分極電場で反射されずにポテンシャル障壁を通過することの出来た粒子群と考えられる(Nakagawa et al., 2003)。

透過電子がサイクロトロン共鳴してULF波にエネルギーを渡すためには、磁力線に垂直な速度成分が卓越している必要がある。元々の太陽風中のstrahl成分は磁力線に沿って流れているが、ウェイク境界の分極電場構造を通過する際にピッチ角分布が変わることが、テスト粒子を用いた数値実験で確かめられている。ウェイクの境界に出来る分極電場に斜めに磁力線が交差していると、電場層に入射した電子は、磁力線に平行な電場成分によって減速されると同時に、磁力線に垂直な電場成分によって電場ドリフトを始め、磁力線に垂直な速度成分を得る。負の電荷、正の電荷の作る3層の電場構造を想定すると、巡回途中で電場層から抜けた電子が逆向きの電場の層を乗り換えることによって、ウェイク境界の内側では、磁力線に垂直な速度成分が卓越するリング状の速度分布となることが示されている。

本研究では、こうしてリング状の速度分布を持つようになった電子ビームが実際にホイッスラーモードの波を立てるかどうかを、1次元粒子シミュレーションによって調べた。GEOTAILによる観測に基づき、リングビーム電子の磁力線に平行な速度成分は光速の6.2%(1keV)とし、垂直成分はその1.5-2.5倍とした。GEOTAIL観測と過去のWIND衛星の観測を参考に、ウェイク中の背景電子の温度は50eV、電子密度は太陽風中の10分の1と仮定した。また、ウェイク内は磁場強度は変わらず電子密度の減少分だけプラズマ周波数が下がると考え、電子サイクロトロン周波数とプラズマ周波数の比は0.03とした。全電子数に対するリングビームの密度比を10%として計算を開始すると、GEOTAILで観測されたような波数(15.7/c以下)の低周波(周波数0.023以下)の波が立ち、リングビームと逆方向(太陽風を遡る方向)にゆっくり伝搬するのが観察された。これにより、ウェイク境界における分極電場によるドリフトでリングビームとなった電子がサイクロトロン共鳴によって太陽風をさかのぼる波を励起しうることが確認された。

Nakagawa et al., EPS 55, p569, 2003.