

プラズマ圏内 ESCH 波の発生と非線形波動粒子相互作用 - 2

Generation and Nonlinear Property of ESCH Waves inside Plasmasphere

小野 高幸[1], 大家 寛[2]

Takayuki Ono[1], Hiroshi Oya[2]

[1] 東北大・理, [2] 福井工大・宇宙通信

[1] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ., [2] Space Commu. Fukui Univ.

1. はじめに： あけぼの衛星によるプラズマ圏内プラズマ波動観測データ中には、静電的電子サイクロトロン波 (ESCH 波) が頻りに観測されている。これまでの ESCH 波の観測は、Alouette、ISIS 衛星などのトップサイドサウンダー・イオノグラム中に発見された後、OGO 衛星による磁気圏プラズマ中における自然プラズマ波動としての $(n+1/2)fH$ エミッションの発見など比較的アクティブなプラズマ状態中に見出されるプラズマ波動としてとらえられてきた。ここで取り上げられる ESCH 波動は比較的穏やかな地磁気活動度の場合にもプラズマ圏低緯度域に出現することから EP-ESCH 波動と名付けられており、伝搬モードとしてはトップサイドサウンダー・イオノグラム中に見出されていた fQ_n 共鳴を形成する ESCH 波動のブランチに相当する。ここではシャープなスペクトルを特徴とする EP-ESCH 波の発生メカニズム並びに EP-ESCH 波動に伴って出現する狭帯域エミッション (fOH 波) の非線形波動粒子相互作用、更にこれら ESCH 波の出現特性について議論したい。

2. EP-ESCH 波動の特徴： EP-ESCH 波動の出現域は高度 6000km 以上で緯度 30 度以内の赤道域に広がって出現する。出現の高度と緯度範囲は発生エネルギー源となる粒子分布によるものとも考えられるが、プラズマの特性周波数が $f_p/f_c > 2$ を満たすことを必要とされる分散からの制約条件も重要な要素となっていると考えられている。EP-ESCH 波動は、UHR 周波数が $n f_{UHR}/f_c < (n+1)$ である場合に、 $f_{UHR} < f < (n+1)fH$ のブランチにおいて、 $(n+1/2)fH < f < (n+1)fH$ の周波数域に出現することを特徴としている。この特徴は EP-ESCH 波動の発生機構が基本的には温度異方性による ESCH 波不安定によるものであることを示している。一方 EP-ESCH 波動はスペクトルの中心周波数が 300-400kHz の場合で 10dB 以上減衰するバンド幅が約 600Hz と、極めてシャープなスペクトル特性を持つ事の特徴としており、プラズマ不安定により発生した ESCH 波が伝搬過程を通じてシャープなスペクトル特性を持つ様に選択されると考えられている。事実、観測される EP-ESCH 波動の出現スペクトルは、ESCH 波動分散において減衰を受けず、しかも群速度がゼロとなる fQ_n 周波数とは受信機の周波数帯域 (1kHz) 以下の精度で一致している。1989 年より 1996 年までの、太陽活動の活動期より静穏期に至る観測期間について出現の統計結果からは、MLT が 2 時付近にほぼ 100% の出現確率を持って出現し、昼側では地磁気活動度の激しいときには広く分布するが、地磁気活動度の弱い場合には昼側での出現が極端に少なくなるという MLT 依存性が強くが現れる様相が示されている。

3. 非線形波動粒子相互作用の発生： EP-ESCH 波動は時に f_{UHR} より低い周波数帯の $(n+1/2)fH$ のブランチに EP-ESCH 波とほぼ同じ狭帯域特性を持つ ESCH 波を伴うことがあり、この波動は fOH エミッションと名付けられている。 fOH エミッションは複数同時に表れる事があり、その中には EP-ESCH 波動と電子サイクロトロン周波数と一致する周波数間隔を持っているものも含まれるが、 fQ_n の周波数と $2fH$ の関係を持つもの等、複数タイプの非線形波動粒子相互作用が同時に展開している事を物語っている。 fOH 波の出現特性は EP-ESCH 波に準ずるが、1989 年より 1996 年までの期間を通じての統計結果では MLT は 19 時より 6 時までの夜間にしか出現しない。

4. プラズマ圏内プラズマ分布の特徴： EP-ESCH 波動並びに fOH 波動発生させる波動粒子相互作用には supra-thermal 電子、並びに数 keV 以上の energetic 電子が温度異方性に準じた分布関数を持って存在することが必要とされる。これらのエネルギーを持った電子は特にプラズマ圏の夜側に供給源を持つこと、また地磁気活動の極めて弱い場合にもこの供給が常に存在することが示されることになった。このようなプラズマ供給或いは発生のメカニズムは、プラズマ圏内に知られていないプラズマ過程が存在することを示唆しており、プラズマ圏内のプラズマダイナミクスの面に於いても今後の詳細な解析や理論研究が必要とされることとなった。