

## EXOS-D(あけぼの)衛星観測によるプラズマ圏波動粒子相互作用に関する研究

## Nonlinear wave-particle interactions identified in the plasmasphere by the Akebono (EXOS-D) satellite

白井 英[1], # 小野 高幸[2], 大家 寛[3]  
Suguru Shirai[1], # Takayuki Ono[2], Hiroshi Oya[3]

[1] 東北大・理・地球物理・小野研, [2] 東北大・理, [3] 福井工大・宇宙通信

[1] Earth and Planetary Sci., Tohoku Univ, [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ., [3] Space Commu. Fukui Univ.

EXOS-D(あけぼの)衛星により地球プラズマ圏内においてESCH波動が発見され発生領域が磁気赤道であることからEP-ESCH波動(Okamoto[1993])と名付けられている。本研究ではこのEP-ESCH波動と非線形波動粒子相互作用をしているESCH波動を発見しその発生領域や発生機構について検討した。その発生周波数を詳細に調べた結果、EP-ESCH波動との非線形波動粒子相互作用が関与していることが明らかとなった。

プラズマ圏内における非線形波動粒子相互作用の発見は、従来考えられてきた描像とは異なり、強い波動粒子相互作用を引き起こすアクティブな熱的プラズマ状態を常に有していることを明らかにすることとなった。

### 1. はじめに

静電的電子サイクロトロン高調波(ESCH波)は、Alouette、ISISなどの電離層トップサイドサウンダー観測による発見以来、人工飛翔体の観測により広く宇宙空間プラズマ中に発生、伝播する波動現象としてその姿が明らかにされつつある。

あけぼの衛星観測によって地球プラズマ圏磁気赤道付近で発生するESCH波動(EP-ESCH, Okamoto[1993])が発見され、プラズマ圏内にESCH波動が発生している事が示された。本研究ではさらにEP-ESCH波動と同時に観測され、EP-ESCH波動との周波数関係が、 $f_{EP-ESCH} - f_{OH} = nfc$  ( $n=整数$ )を満たすESCH波動を新たに見出し、これらプラズマ圏内におけるESCH波動の特性を究明した。

### 2. データ解析

Maxwell分布を仮定してのESCH波分散の理論から求まるEP-ESCH波動の周波数と、衛星によって観測された観測周波数とを厳密に比較した結果、観測周波数には分散関係求められる周波数との間には解析の誤差以上の有意な差が存在することが認められた。この周波数の差はプラズマの速度分布関数が非Maxwell分布をもつことで説明し得ることが判明した。すなわち、1[eV]の温度分布を持つCold成分と、20[eV]の温度分布を持つHot成分から成る、Multi-component Maxwellianを仮定して分散関係を解き、Cold成分とHot成分の密度比が、93:7であるときに観測周波数と理論周波数が一致することより見出した。つまりプラズマ圏のプラズマは、Cold成分と考えられる1[eV]程度の温度分布を持つプラズマが支配的であるが、7%程度はこの温度分布から大きく異なる速度分布をしており、観測された静電波にかかわる共鳴粒子のエネルギーを考えると10[eV]~100[eV]の範囲の温度分布をもつプラズマ粒子が存在していることが予想される。

また、本研究においては新たに、EP-ESCH波動と同時に観測され、発生周波数が $(n+1/2)fc < f < (n+1)fc$ かつ $f_{UHR} < f$ を満たすESCH波動が見出された。周波数の特徴からこのESCH波動は、 $f_{OH}$ 波動と名付けられ、発生領域についての統計解析の結果、MLT22時~5時と夜側の限られた範囲のみに限定されていることを見出した。発生領域が夜側プラズマ圏に限られる事実は $f_{OH}$ 波動の発生機構に密接に関係していると考えられるが、磁気嵐などプラズマ圏で引き起こされる擾乱現象との具体的な因果関係については残された課題となっている。

$f_{OH}$ 波動の発生機構に関しては、プラズマ圏のプラズマが強い擾乱状態にあることを示しており、この場合に引き起こされるEP-ESCH波動及び $f_{Qn}$ 波動との非線形波動粒子相互作用の適用性について検討を行った。ここで、周波数は観測データから正確に求まるが波数 $k$ は理論的な分散関係から導くことから求め、相互作用を引き起こすプラズマ粒子の速度について推定を行った。 $f_{OH}$ 波動が同時に複数観測される観測例において、プラズマ粒子の速度 $V$ がほぼ同程度となる相互作用関係が存在し得ることをつきとめることができた。

### 3. 結論

本研究で見出された $f_{OH}$ 波動は周波数帯域が500[Hz]程度と狭帯域であり、波動の発生には特定の周波数しか存在が許されないような厳密な相互作用が関係が存在していると考えられ、非線形波動粒子相互作用の存在が強く示唆されることとなった。これらの解析結果を通じて、プラズマ圏内のプラズマは従来考えられてきた描像とは異なり、強い波動粒子相互作用を持つアクティブな熱的プラズマ状態を常に有していることが明らかにされた。