

プラズマ圏磁気赤道域 UHR , Z-mode 波動の統計解析

Statistical analyses of UHR and Z-mode waves observed in the equatorial region of the plasmasphere

西村 幸敏[1]; 小野 高幸[2]; 飯島 雅英[3]; 熊本 篤志[4]; 新堀 淳樹[5]; 大家 寛[6]

Yukitoshi Nishimura[1]; Takayuki Ono[2]; Masahide Iizima[3]; Atsushi Kumamoto[4]; Atsuki Shinbori[5]; Hiroshi Oya[6]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物; [4] 東北大・理; [5] 東北大・理・地球物理学; [6] 福井工大・宇宙通信

[1] Geophysics Sci., Tohoku Univ; [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [4] Tohoku Univ.; [5] Geophys. Inst., Tohoku Univ.; [6] Space Commu. Fukui Univ. Tech.

プラズマ圏内では Z-mode cut-off 周波数から upper-hybrid resonance (UHR) 周波数にかけて、地磁気静穏時も含めてプラズマ波動が頻繁に観測される。この波動が磁気赤道域において強度増大する現象が DE 1 [Olsen et al., 1987], Akebono [Oya et al., 1990] による観測で示された。Oya et al. [1991] は Akebono 衛星に搭載された PWS (プラズマ波動及びサウンダー観測装置) [Oya et al., 1990] により得られたプラズマ波動電界強度データを用い、磁気赤道域に発生する UHR 波動の統計解析を行った。その結果、この波動の強度増大は磁気緯度 20 度以内に局在し、磁気地方時、高度依存性は見られないことが示された。このことは、内部プラズマ圏の磁気赤道域全体に局在した自由エネルギー源が存在することを示唆している。

Oya et al., [1991] による解析では UHR と Z-mode は区別せず扱われているが、観測されたスペクトルでは、両者が単独で見られることがしばしばある。一般に異なるモードの波動は異なるエネルギーの粒子と相互作用すると考えられることから、波動のエネルギー源を推定するためには両者を分離して解析する必要がある。本研究の目的は、内部プラズマ圏で頻繁に観測される UHR, Z-mode 波動それぞれの出現特性を明らかにし、内部プラズマ圏において自由エネルギーをもつ粒子の振舞いを探ることである。

使用したデータは Akebono/PWS によって 1989-1995 年に観測された、20-1300 kHz の周波数範囲のプラズマ波動電界強度データである。UHR, Z-mode の同定のために、cold plasma の分散関係を満たすように、2 秒ごとに電子サイクロトロン周波数、Z-mode cut-off 周波数、プラズマ周波数、UHR 周波数を自動決定した。この手法による典型的な周波数読み取り誤差は 3.8 kHz 程度となる。これはプラズマ密度の誤差に換算すると、典型的なプラズマ密度 1000 /cc に対して 28 /cc の誤差に相当し、十分良い精度を持つ。

UHR, Z-mode 波動の電界強度データを用いて統計解析を行った結果、高度 2000-10500 km、磁気緯度 5 度以内に局在して存在し、明確な磁気地方時依存性を持たない、電界強度 3×10^{-6} V/m 程度の UHR, Z-mode 波動と、高度 2000-6000 km、磁気緯度 20 度の広い範囲にわたって出現し、朝と夕方側で顕著に見られる電界強度 1×10^{-6} V/m 程度の UHR 波動が存在することが示された。また、UHR, Z-mode 共に地磁気活動度依存性を持ち、地磁気擾乱の開始から 1 日以内に波動の強度が増大し、出現領域が 10 度程度に拡大すること、地磁気静穏時にも磁気緯度 3 度以内に局在した成分が観測されることが明らかになった。

本研究で得られた UHR, Z-mode 波動の磁気地方時の分布と内部磁気圏磁気赤道域で励起される他のプラズマ波動を比較した結果、UHR, Z-mode 波動の分布は他の波動の分布と大きく異なることが分かった。磁気圏赤道域で観測される EMIC, hiss, chorus, ESCH はそれぞれ磁気地方時依存性を持つものに対し、内部プラズマ圏 (2.6Re 以内) で観測された高度 2000-10500 km の UHR, Z-mode 波動は明確な地磁気依存性を持たない。この差異を生じる理由としては、内部プラズマ圏はプラズマ圏界面近傍や磁気圏とは異なる空間、速度空間分布をもつ粒子が存在する可能性が考えられる。

高度 2000-10500 km、磁気緯度 5 度以内に局在する強度増大成分は、UHR, Z-mode に共通して見られるため、両者は共通の励起源を持つ可能性がある。しかし、両者は強度が同程度であることから、低エネルギー粒子との共鳴により発生した UHR 波動の mode 変換によって Z-mode 波動が発生している可能性は考えにくい。この波動の出現特性から予想されるエネルギー源の一つとしては、地磁気擾乱時に磁気圏に発生した ring current 粒子が地磁気擾乱時に内部プラズマ圏まで注入され、地磁気擾乱が回復した後もドリフト運動を続けている粒子が考えられる。実際 Akebono 衛星に搭載された MGF (磁場計測装置) [Fukunishi et al., 1990] によって得られた磁場強度を解析した結果、磁気赤道域では地磁気静穏時においても Bz, Br 成分共に IGRF model から 50 nT 程度減少している場合があることが確かめられた。これは地磁気静穏時にもプラズマ圏内をドリフトする粒子が存在し、このような粒子が波動の励起源となっている可能性を示している。