

# プラズマ圏磁気赤道域 Z-mode 波の放射機構 &#8211; keV 電子による直接励起の可能性

## Generation mechanism of Z-mode waves in the equator of the plasmasphere &#8211; A possibility of direct generation of Z-mode waves

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

# Yukitoshi Nishimura[1]; Takayuki Ono[2]; Masahide Iizima[3]; Atsuki Shinbori[4]; Atsushi Kumamoto[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・地球物理学; [5] 東北大・理; [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] Geophys. Inst., Tohoku Univ.; [5] Tohoku Univ.; [6] Space Commu. Fukui Univ.

### 1. はじめに

Akebono(EXOS-D)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)によって、プラズマ圏磁気赤道域を中心として高度 1000km-10500km、磁気緯度  $\pm 10^\circ$  の領域で UHR 波動と共に、地磁気活動度によらず頻繁に Z-mode 波動の強度が急増する現象が観測されている。従来は、この波動は静電的な波動からの mode 変換により発生していると考えられてきた。一方、CRRES 衛星による電子と波動の同時観測[Burke et al., 1995]結果において、プラズマ圏内の強い Z-mode 放射現象に同期して、磁力線垂直方向の flux が卓越した keV 電子が観測されており、これらの電子が Z-mode 波動の励起に関わっている可能性がある。

この Z-mode 放射の励起メカニズムは未解明の問題である。そこで本研究では、このような磁力線に垂直方向の flux が卓越した keV 電子によって、cyclotron 型の波動粒子相互作用で直接 Z-mode 波動が励起される可能性について検討を行った。

### 2. Z-mode 波動の線形成長率

一般に Z-mode 波動は位相速度が光速を超えるため、 $fp/fc$  が大きいプラズマ圏においては低次の cyclotron 共鳴では Z-mode 波動を直接励起することはできない。しかし高次の共鳴まで拡張した場合、Z-mode 波動と共鳴条件を満たす電子が存在することがわかった。例えば、 $fp/fc=6.60$ ,  $f/fc=6.55$  の場合について、7 次の共鳴を考えると、共鳴電子のエネルギーは CRRES 衛星で報告されている電子のエネルギーと同程度の数 10keV 程度となり、プラズマ圏内で keV 電子は Z-mode 波動と共鳴条件を満たし、波動励起の可能性はある。

次に、これらの電子による Z-mode 波動の線形成長率を、相対論効果を含めて数値計算によって求めた。ここでは電子の分布関数を ring 分布と仮定して、正の成長率が得られる ring 分布のエネルギー幅、波動の伝搬角について検討している。

数値計算の結果、 $fp/fc=6.60$ ,  $f/fc=6.55$  及び ring 分布の平均速度  $v=0.35c$  (~30keV) の場合に、7 次の cyclotron 共鳴条件が満たされ、伝搬角が磁力線に対して  $80^\circ$  以上の Z-mode 波動に対して正の成長率が認められた。その最大線形成長率は、伝搬角が  $88^\circ$ 、ring 分布のエネルギー幅が 4keV の場合に  $10^{(-3)}fc$  と求められた。

### 3. 考察, 結果

$10^{(-3)}fc$  という成長率を持つ Z-mode 波動が、磁気赤道領域 ( $r=2R_e$ , 磁気緯度  $10^\circ$  以内)を伝搬する場合、波動の空間的成長率は約 60dB に達し、Akebono 衛星で観測される波動強度をほぼ満足するものとなる。

このような磁力線垂直方向に卓越した flux をも電子群は、磁気ミラー効果によって磁気赤道域に局在するため、Z-mode 波動の放射源も磁気赤道域に局在する。このような電子の起源としては、磁気嵐時に plasma sheet 起源の電子が内部磁気圏に輸送され、プラズマ圏内に長期間安定に補足されているものである可能性もある[Burke et al., 1995]。このような電子の起源、振る舞いは未だ明らかとなっていないが、長期間プラズマ圏に存在しうらば、地磁気静穏時にも波動が励起される点を説明できることになる。