

あけぼの衛星観測から明らかにされた AKR発生条件に対するドップラーモード変換過程の適用性の検討

*熊本 篤志 [1], 大家 寛 [1], 飯島 雅英 [1]

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻[1]

Investigation of applicability of the Doppler mode conversion process for AKR generation conditions verified by the Akebono satellite.

*Atsushi kumamoto[1], Hiroshi Oya [1], Masahide Iizima [1]

Department of astronomy and geophysics, Tohoku University[1]

There are several points in the requirements and characteristics of CMI that show contradiction with the plasma conditions and radiation directions of AKR verified by the observations of the Akebono satellite. Those are 1) f_p/f_c is larger than 0.5 in AKR source region in many cases, 2) the peak of emission angle distribution with respect to the magnetic field at the sources is around 40-60 deg. To avoid these contradictions applicability of the Doppler mode conversion (DMC) processes for generation of AKR has been investigated by calculating the energy conversion rate(ECR) of the possible radiation. The results show that 1) even when $f_p/f_c=0.7$ ECR is not less than 50%, 2) even when incident angle is 20 deg. ECR is larger than 90%. It is concluded that DMC process is more agreeable than the CMI process.

[序] AKRの発生メカニズムとして現在広く受け入れられているサイクロトロンメーザー不安定(CMI)理論は、サイクロトロン共鳴によって直接、R-X modeの電磁波が発生することを結論している。しかし厳密に検討する時、R-X Cutoff付近の極めて長波長での共鳴となるため、少なくとも数10km以上にわたる広い領域で共鳴条件を満たすことを要する。またCMIの結果からは磁場ベクトルに対し90度近い角度で放射強度が最大となる、すなわち大きなhollow cone状の放射角分布が結論されている。一方、あけぼの衛星による観測結果からは、AKR電波源のプラズマ密度、及びAKRの放射角に関して、CMIが単純に適用できない観測例が数多く見出されている。こうした観測例に対しては、CMIとは異なる発生メカニズムの存在が必要であり、そうしたメカニズムの候補の1つとして、ドップラーモード変換過程の適用が考えられる。

[AKR電波源のプラズマ密度、放射角の解析] あけぼの衛星に搭載されたPWS観測装置による1989年から1993年までのPoynting計測データからAKR電波源の位置決定を行い、電波源と衛星の距離が30km以内となる領域のwhistler波の上部Cutoff周波数(プラズマ周波数)からAKR電波源のプラズマ密度が求められた。また、電波源での磁場ベクトルに対するAKRの放射角を求め、その出現頻度分布を統計した。その結果、(1)電波源近傍において f_p/f_c が0.5を上回る場合が多く見られる、(2)放射角分布の出現頻度は40-60度で最大となる、等が明らかとなったが、いずれもCMIからの結論やCMIの成立条件とは大きく食い違っている。

[ドップラーモード変換(DMC)] プラズマ波動からR-X modeの電磁波へのモード変換過程としてドップラーモード変換(DMC)が考察されていたが、その全体が最近まとめられた[Oya and Iizima, 1999; Iizima and Oya, 1999]。これは磁力線に沿って下向きに一定速度で移動する(ビームプラズマ)と静止したプラズマ(隣接プラズマ)が磁力線に平行な境界面で接している場合のモード変換を考えるもので、ビームプラズマ中で発生したUHR波動の周波数が、ドップラー効果により、隣接プラズマの系においては異なる周波数で観測されることから、それが隣接プラズマにおけるR-X mode波のcut off周波数を上回る場合、ビームプラズマ中のUHR波は、隣接プラズマ中のR-X波に変換され、かつ、その変換率が100%近いことが指摘されていた。本研究では、あけぼの衛星で観測されるようなプラズマ状態に対してDMCを適用するため、ビームプラズマ中のUHR波動から隣接プラズマ中のR-X mode波へのエネルギー変換率の数値計算を行った。その結果、(1) UHRの入射波からR-X modeの透過波へのエネルギー変換率は $f_p/f_c < 0.1$ の場合、ほぼ100%に達する、(2) エネルギー変換率はプラズマ密度に依存するが、 $f_p/f_c=0.7$ の場合でも、50%程度が変換されうる、(3) エネルギー変換率の入射角依存性は小さく、磁場に対し20度の入射角でも90%以上の高い変換率となる、等、高いエネルギー変換率でUHR波動からR-X modeの電磁波への変換が可能となる事が確認され、CMIメカニズムが成立しえない狭い領域での共鳴が可能となる点、あけぼの衛星で観測されるように、電波源のプラズマ密度が高い場合でも比較的小さい放射角での放射が発生しうる点で、AKRの発生メカニズムとしてDMCはCMIよりも有利な条件を持つと結論された。