

磁気嵐に伴う放射線帯外帯近傍のコーラスの強度変化と到来方向に関する研究

Correlation between magnetic storm and chorus emission in the vicinity of outer radiation belt.

内山 宏樹[1], 後藤 由貴[1], 笠原 禎也[1], 佐藤 亨[2]

Hiroki Uchiyama[1], Yoshitaka Goto[1], Yoshiya Kasahara[1], Toru Sato[2]

[1] 京大・情報学・通信情報システム, [2] 京大・情報学

[1] Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto Univ., [2] Informatics, Kyoto Univ.

本研究では磁気嵐回復相における VLF 波動による放射線帯外帯電子の加速機構を観測的に検証するため、あけぼの衛星で観測されたコーラスエミッションと磁気嵐発生との関係の詳細な解析と、コーラスの到来方向の推定を行なった。Dst 指数とコーラスの関係を解析し、コーラス強度が磁気嵐回復相で強くなることを示した。コーラスの伝搬ベクトルはガウス分布モデル波動分布関数法を用いて推定を行ったところ、コーラスは磁気子午面内でレゾナンス角に近い大きな角度で伝搬することが明らかになった。また、コーラスがサイクロトロン共鳴を起こす電子のエネルギーを見積もった結果、電子のエネルギーは 1.6 MeV となった。

コーラスは地球の夜側から流入する電子が主なエネルギー源となって、夜中から明け方側の赤道域が発生領域とされており、特に磁気嵐発生時に頻繁に発生することが知られている。あけぼの衛星による長期観測データによる統計結果により、コーラスはL値が3~6の範囲の磁力線に沿って分布していることが明らかになった[1]。一方、磁気嵐の主相ではL値3~5の放射線帯外帯においてMeV以上のエネルギーをもつ高エネルギー粒子が急激に減少することが知られている。この高エネルギー電子は磁気嵐の回復相に入ると再び増加し、時には磁気嵐発生前以上に増加することもある。本研究では、Summers et al.によって提唱された、磁気嵐回復相におけるVLF波動による放射線帯外帯電子の加速機構[2]を観測的に検証するため、あけぼの衛星で観測されたコーラスエミッションと磁気嵐発生との関係の詳細な解析と、コーラスの到来方向の推定を行なった。

まず、磁気嵐とコーラスの関係について定量的に評価するため、Dst指数とあけぼの衛星で観測された波動データの強度変化との関係を調べた。その結果、磁気嵐の回復相でL値2.5~6の領域で強いコーラスが観測され、またその観測領域の下限は回復相初期ではL値3付近であったが時間経過とともにL値5の方へ移動していくことが明らかになった。これらの結果より磁気嵐の回復相に見られるコーラスは発生のタイミングや観測される領域が放射線帯外帯とよい対応を見せることが明らかになった。

次にコーラスの伝搬ベクトルおよびポインティングベクトルの推定を行なった。伝搬ベクトルの推定にはガウス分布モデル波動分布関数法を利用した[3,4]。コーラスは継続時間が短く、周波数が数kHz/sも変化する小さなエレメントの集合であるのに対し、あけぼの衛星に搭載された波数ベクトル・ポインティング電力観測装置(PFX)は50Hzの狭帯域しか受信できないため、コーラスの1エレメントにつき5,6点しか観測できない。そのため、本研究では伝搬ベクトルの推定に用いるスペクトルマトリクス構成にASM(Analytic Signal Method)を利用した。この方法は時系列データを複素時系列データに変換するもので、時間領域において波動の位相情報を表現することができる。これにより、コーラスを観測した個々の時間点についてスペクトルマトリクスが作成可能となった。この方法を用い、あけぼの衛星が磁気緯度32°に位置し、PFXが10.2kHzを観測していた時に受信されたコーラスの伝搬ベクトルを求めたところ、コーラスは磁気子午面内をレゾナンス角に近い大きな角度で高緯度側に伝搬することが明らかになった。一方、ポインティングベクトルは磁力線に対しほぼ16°以内の小さな角度をなすことが明らかになった。これらの推定結果からこのコーラスがサイクロトロン共鳴を起こす電子のエネルギーを見積もったところ、電子のエネルギーは約1.6MeVになることが明らかになった。同様に、赤道面におけるコーラスの初期伝搬ベクトルを0°と仮定し、コーラスがサイクロトロン共鳴によって発生するための電子のエネルギーは5keV程度であることも確認できた。

以上の結果からSummers et al.[1998]によって提案された磁気嵐回復相においてリングカレントのkeVレンジの電子からコーラスが発生し、そのコーラスが放射線帯外帯電子の加熱に寄与するメカニズムが定性的に可能であることが示された。

[1] 笠原 禎也, 秋元 陽介, 地球・惑星科学関連学会, 2000年合同大会予稿集, 2000.

[2] Summers, D., R. M. Thorne, and F. Xiao, J. Geophys. Res., 103, 20487-20500, 1998.

[3] 後藤 由貴, 笠原 禎也, 佐藤 亨, 電子情報通信学会論文誌, J84-B(2), 263-271, 2000.

[4] 笠原 禎也, 後藤 由貴, 木村 磐根, 第108回地球電磁気・地球惑星圏学会予稿集, 2000.