

オーロラキロメートル電波の伝搬モード毎の伝搬特性と電波源分布

Propagation characteristics and source locations of X-mode and O-mode AKR waves

細谷 亮[1], 小野 高幸[2], 熊本 篤志[2]

Akira Hosotani[1], Takayuki Ono[2], Atsushi Kumamoto[3]

[1] 東北大・理・地球物理, [2] 東北大・理

[1] Geophys., Tohoku Univ, [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ., [3] Tohoku Univ.

1. はじめに

オーロラキロメートル電波(AKR)は地球磁気圏から放射される自然電波の中で最も強く放射され、オーロラに伴って発生している 50-500 kHz の電波放射である。この強い電波放射の発生機構については、高速の電子が直接電磁波放射を行う Cyclotron Maser Instability (CMI) モデルと、フラックスが強く比較的低いエネルギー領域の電子が UHR 波動を発生させプラズマ波動の伝搬過程で電磁波への変換を行う Doppler Mode Conversion (DMC) モデルの 2 つの可能性が示されており、現在も相互の寄与の割合については明らかになっていない。このような発生機構の検証を行うためには、伝搬モードを分離しての伝搬方向を決定し、電波源分布を明らかにする必要があり、このためには AKR 電波の受信波形データを解析する手法に波動分布関数法を適用する必要性が生じている。

このため本研究では、あけぼの(EXOS-D)衛星に搭載された PWS (Plasma Wave and Sounder experiment) のポインティングフラックス計測モード(PY モード)によって得られる AKR 電波の波形データに波動分布関数法を適用してのデータ解析を行ない、AKR の伝搬モード毎の波動分布関数の導出を行った。さらに得られた波動分布関数から得られる AKR 電波の到来方向より AKR の発生域を決定し、AKR 発生源における偏波、スペクトル強度等を推定することで AKR の発生機構を探ることが行われた。

2. 解析手法

PY モード観測データより AKR の伝搬方向を求める手法としてはこれまで単一方向の平面波伝搬を仮定しての解析を行なう Means 法が広く用いられてきた。しかし Means 法の場合、その仮定より、複数の発生源やモードの混在がある場合には適していない。

本研究では、Storey and Lefeuvre [1979] によって提案された、波動分布関数法の適用を行なった。この手法では複数の平面波仮定によって伝搬方向の同定を行なうため、上のような場合においても AKR の各モードごとに波数空間でのエネルギー密度分布として得ることが可能となる。

ここでは、この波動分布関数を求める計算手法としては、制約条件としてエネルギー密度が負にならないという条件を加えた最小 2 乗法による多次元最適化法が用いられている。

3. 解析結果の概要

1990 年 2 月 2 日-8 日の期間にあけぼの衛星に搭載された PWS による 19 例の AKR の PY モード観測によって得られた 181.5 kHz と 259.4 kHz の波形データについて波動分布関数法を適用しての解析が行なわれた。

その結果 X-mode AKR の伝搬方向は 磁力線に対して広い範囲の角度に分布していることが明らかとなり X-mode AKR の放射特性は従来考えられていた hollow cone 状の AKR 放射角分布ではなく、filled cone 状の放射角分布をしていることが示された。また、X-mode AKR の発生源分布とあけぼの衛星で同時に観測されたオーロライメージとの比較から、AKR 発生源がオーロラの発光する磁力線と対応する位置に存在し、オーロラオーバルに沿って電波発生源が分布している様子が示された。

一方、O-mode AKR については、磁場に対して 40° 近傍の角度で伝搬している成分と磁力線とほぼ垂直に伝搬している成分が存在することが見出された。そして強い AKR 電波中に X-mode の 1/10 程度の電力を持つ強い O-mode AKR が存在することが明らかにされた。このような、強い O-mode の存在は、CMI モデルを適用して説明することはできず、DMC メカニズムが AKR 発生に大きく寄与していることを示唆する。