

電離圏中 HF 帯電波の R モードトンネル効果の可能性

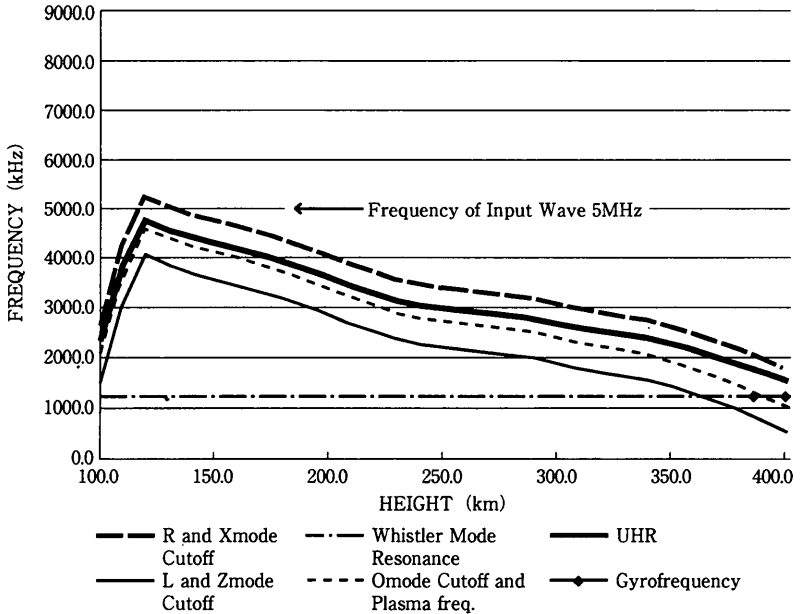
池 田 慎

極域電離圏では、オーロラ活動に伴いオーロラローと呼ばれる周波数 2.0MHz から 5.0MHz の HF 帯電波が発生し、地上でも観測される事が確認されている (Kellog and Monson [1979]¹⁾, Weatherwax et al. [1994]²⁾, [1995]³⁾, Hughes and LaBelle [1998]⁴⁾。さらに電離圏中での HF 帯電波の伝搬や線形モード変換, 分反射そして加熱実験等が最近注目されている。このレポートでは、それらの発生や加熱メカニズムに対する可能性ある候補として、電離圏内 HF 帯電波のモード変換・分反射・R モードトンネル効果等を考える。

オーロラローはオーロラ活動に伴って発生すると考えられているので、EISCAT レーダー等によって得られたオーロラ発生時の電子密度分布が、電波伝搬を考える際に必要である⁵⁾。地球磁場についてはダイポールモデル、さらに適切な衝突回数分布を仮定して、各種プラズマ特性周波数の高度分布を図 1 に示した。具体的には R モードカットオフ周波数, L モードカットオフ周波数, X モードカットオフ周波数, O モードカットオフ周波数, Z モードカットオフ周波数, UHR 周波数, プラズマ周波数, 電子ジャイロ周波数, ホイスラーモード共鳴周波数が 100km から 400km の高度範囲で示されている。

もし 150km から R モード波が下向きに入射するなら、媒質の変化によって波の固有モードが連続的に変形し、結果的にモード変換が連続的に生じ、L モード波が徐々に成長すると思われる。図 1 に示されているよう

図 1 各種プラズマ特性周波数の高度分布



CUTOFF and RESONANCE FREQUENCIES

from electron density by EISCAT

に、高度134kmまではRモード波は伝搬可能であるが、その付近でRモード波はカットオフされる。一方UHRにも近いので、Zモード波へのモード変換と増幅も生じるだろう。結果的にLモード波へのエネルギーの流れが、カットオフ周波数付近で極大化し、Lモード波だけが生き残るだろう。さらに高度が下がると、114km付近で再びRモード波の伝搬が可能となり、不均質によるLモード波からのモード変換がRモード波を成長させる。再びUHRに近いので、プラズマ不安定性によりRモード波がかなり増幅すると思われる。その後この高度以下でRモード波とLモード波はほとんど媒質に影響されず100kmまで、そして地上まで自由空間波として伝搬すると思われる。これはまさにRモードトンネル効果が出現する事を予想している。もしオーロラローの波源がRモード波のみ

を放射しているのなら、UHR による増幅と R モードトンネル効果により、地上においてもかなりの強度の波動が観測されるはずである。

以上の予想はプラズマ特性周波数の空間分布のみから得られたが、実際に R モードトンネル効果の可能性を証明するには、フルウェイブ法を使いながら、Budden によるモード結合方程式⁶⁾で波動計算を行い、線形モード変換や分反射、温度を導入して、各モードの振幅や偏波率、波動強度を数値的に求める必要があるだろう。

このレポートは EISCAT レーダー共同利用に対する関心から生じました。オーロラとの関連、未知の研究領域であった HF 帯電波と電離層との関連もこの延長線上にあり、この領域に興味を引き起こした名古屋大学太陽地球環境研究所の上出洋介所長、藤井良一教授に感謝致します。また貴重なアドバイス対して、金沢大学長野勇教授に心から感謝致します。

注

- 1) P.J. Kellog; S.J. Monson, Geophys. Res. Lett., 6, 297 (1979)
- 2) A.T. Weatherwax; J. LaBelle; M.L. Trimpi, Antarctic J., review, 384 (1994)
- 3) A.T. Weatherwax; J. LaBelle; M.L. Trimpi; R.A. Treumann; J. Minow; C. Deehr, J. Geophys. Res., 100, 7745 (1995)
- 4) J.M. Hughes; J. LaBelle; J. Geophys. Res., 103, 14911 (1998)
- 5) EISCAT Scientific Association Annual Report 1987, p27
- 6) K.G. Budden, The Propagation of Radio Waves, Cambridge Univ. Press, p482 (1985)

(1999年10月16日 受理)