

レイトレイシングによる one-sided ダクト伝搬

One-sided duct propagation analysis by ray tracing

松尾 敏郎[1]

Toshio Matsuo[1]

[1] 京大・情報学・通信情報システム

[1] Communications and Computer Eng., Kyoto Univ.

プラズマポーズやトラフの低緯度側のエッチは、ホイスラーモード波をトラップし、反対半球まで伝搬を可能にする領域であることをレイトレイシングを使った研究で明らかにされている(Inan and Bell, 1977)が、その伝搬機構や、トッパイング機構は全て明らかにされているわけではない。本報告では、背景の電子密度構造と磁場構造の大小関係から、 k -ベクトルの向く方向を計算し、レイトレイシングとの結果を使い、これらの領域でのトッパイングと one-sided ダクト伝搬の機構、特に、磁場の役割を明らかにする。

プラズマポーズの内側の急な電子密度勾配は、VLF 波動の k -ベクトルをプラズマ圏側に向くように働く。プラズマポーズの高緯度側から入った波動の k -ベクトルは、大きく低緯度側に曲げられプラズマ圏に入る。緩い密度勾配のプラズマ圏内では、密度勾配だけを考えるのならば、プラズマ圏に進入した波は、そのまま低緯度側に伝搬する。しかし、 k -ベクトルをプラズマポーズ側へ戻す力がないのでエッチに戻ることができない。Inan らは、地球磁場の曲率が、波を高緯度側に向けることができると報告している。レイトレイシングでは確かに、ダクトの片側と似た構造 (one-sided duct) を持つプラズマポーズの内側のエッチ付近の電子密度構造が VLF 波をトラップし、反対半球への伝搬を可能にしている。しかし、曲率と k -ベクトルの変化を計算しても、その対応関係が明らかでない。そこで Scarabucci (1968) が導出した式を使って、その伝搬機構を明らかにする。

Scarabucci は波面法線角は電子密度勾配、及び磁場勾配に依存することを明らかにした。その両者の合計の大きさと極性で、 k -ベクトルがどちらへ、どれだけ強くまげられるかを知ることができる。磁場勾配は負値で、地球磁場の曲率、強度に依存する。密度勾配は正、負の両値をとりうる。両勾配の合計が正の時は、 k -ベクトルは低緯度側へ、負の時は高緯度側に曲げられる。この両勾配の和をマグニチュードとし、その大きさをプラズマポーズ ($L=4$) と背景のを同時に計算した。その結果、プラズマポーズの密度勾配が大きいところでは、その極性は正で、プラズマ圏内では、負になり、内側のプラズマポーズは k -ベクトルを振動させる作用があることがわかった。

磁場勾配は磁気赤道に近づくとつれ、大きくなるので、プラズマポーズの電子密度勾配が大きいものにも関わらず、波を低緯度側へ曲げる力が、弱まる。また、F 層では、その電子密度勾配が大きく、 k -ベクトルを高緯度側に曲げる力がなくなる。このため、プラズマポーズにトラッピングされ、反対半球まで伝搬するためには、F 層のトップサイドよりも高い高度でなければトラッピングしない。

$L=4$ にプラズマポーズを設定し、2 kHz の波を入、両勾配の大きさをプラズマポーズに沿って計算した。その結果、磁場勾配は常に負、密度勾配は正で、極性は両者の大小関係で決まり、プラズマポーズに沿って正にも、負にもなり、波の導波作用があることがわかった。導波力は、赤道に近かずくほど弱い。レイトレイシングで得られた k -ベクトルとレイとの関係は、マグニチュードの極性と大きさに対応しており、プラズマポーズがダクトとして動作することが確かめられた。