

## 電離圏伝送線による磁気圏電磁エネルギーの赤道電離圏への伝送

## Transmission of magnetospheric electromagnetic energy to the equatorial ionosphere

# 菊池 崇 [1]

# Takashi Kikuchi[1]

[1] STE 研究所

[1] STELab

地磁気インパルスや DP2 磁場変動が高緯度と昼間磁気赤道で同時に発生することが知られている。高緯度で観測される磁場は電離層 Hall 電流によるが、赤道磁場変動は Cowling 効果により増幅された Pedersen 電流による。極域電離圏電場は、地球電離圏導波管の TM0 モード波によって、赤道電離圏へ光速で伝播するが、Pedersen 電流はエネルギーを消費するために、TM0 モードが消費されるエネルギーを伝送しなければならない。本論文では、これを示すために、地球電離層導波管を完全導体の地面と有限電気伝導度を持つ電離層からなるロスのある伝送線で置き換え、TM0 モードが伝送するエネルギーを調べる。簡単のために、伝送線が沿磁力線電流の幅と同じ 2000km の幅と電離圏高度 100km の間隔をもつ並行平板伝送線とする。さらに半無限長の伝送線を仮定すると、極域で TM0 モード波とともに流れ出す電離圏電流は、有限伝導度を持つ電離圏で消費される以外は、すべて赤道まで流れる。電離圏で消費されるエネルギーは夜間の電離圏伝道度のもとで計算しても 10 % 程度であり、無視できる。TM0 モード波によって伝送される電離圏電流は、TM0 モード波が伝送する電離圏ポテンシャルを伝送線インピーダンス ( $377/20\text{ohm}$ ) で除したものであり、沿磁力線電流の足元の電位を 50kV とすると、2.65kA となる。一方、幅 500km の赤道電離圏で流れる電流により地上で 100nT の磁場変動が発生するとするとき、流れる電流は 40kA であるために、沿磁力線電流から流れ出す電離圏電流が全部赤道電離圏を流れたとしても不十分である。この結果は、半無限長の伝送線では電流を定量的に説明できないことを示している。次に、赤道側に境界のある有限長の伝送線で TM0 モード波の伝播を解く。赤道側の境界条件としては、極域電離圏を発した正負のポテンシャルは、正午の子午線上で出会って互いに打ち消しあうために、赤道側の境界条件として、極側の境界から 8000km の位置にゼロのポテンシャルを与える。したがって、有限長伝送線の 2 つの境界条件は、一方で 50kV、他方で 0 となる。この条件下で TM0 モードの伝播方程式を解析的に解くと、電離圏の電位は両方の境界からの反射波のために振動しながら一定値に漸近する。電離圏電流は反射のたびに強められ徐々に強さを増しながら一定値に漸近する。伝送線の幅 2000km、長さ 8000km の条件のもとで、低緯度電離圏伝導度を 30mho とすると流れる電流は 375kA となり、半無限長伝送線の TM0 モード波が運ぶ電流 2.65kA より 2 桁以上大きく、赤道電離圏を流れると予想した電流 40kA を十分供給できる。有限長伝送線は 1 次元伝播を仮定したが、実際は、電離圏電流は 2 次元に広がるために、赤道へ供給される電流量は上で計算したよりも小さくなる。2 次元の電離圏の電場と電流の分布は、Tsunomura and Araki(1984) が行ったように、定常状態を仮定して、電離圏伝導度分布を与えて Poisson 方程式を解くことによって得られる。本論文は、定常状態であっても、電離圏中で消費される電磁エネルギーが電離圏と地面で構成される伝送線内の TM0 モード波によって伝送されることを示している。