

## 沿磁力線電流と地球電離層導波管の結合 - TM0モード波の励起 -

## Coupling between field-aligned currents and the Earth-ionosphere waveguide-Excitation of the TM0 mode waves-

# 菊池 崇 [1]

# Takashi Kikuchi[1]

[1] STE 研究所

[1] STELab

極域と相関のよい磁気赤道の磁場変動 (PRI, DP2, PC5, CEJ) は、極域電離圏から伝播した電場が昼間磁気赤道電離層内に強い電流を流すことによって発生する (Araki, 1977)。極域電離圏電場の伝播は、地面と電離層で構成される導波管内のゼロ次 TM モードによることが Kikuchi and Araki (1979) により示された。このモードは極域電離層の Hall 電流により真空領域につくられた磁場によって励起されると考えられた。しかし、Hall 電流はエネルギー放射を伴わないために、TM0 モードを励起することは困難であり、TM0 モード励起メカニズムは未解明であった。本論文では、磁気圏から極域電離層へ流れる沿磁力線電流対がつくる磁場が電離層の下の真空領域に侵入して、これが TM0 モードを励起する可能性を検討する。一方で、Fukushima(1976) 定理によると、1本の沿磁力線電流が地上でつくる磁場は、電離層を放射状に広がる電流がつくる磁場によってキャンセルされる。したがって、Fukushima 定理が沿磁力線電流対に対して成り立つと TM0 モードは励起されない。本論文では、これら2つの場合の沿磁力線電流と地球電離層導波管との結合を調べ、沿磁力線電流対の場合は、TM0 モードが励起されることを結論する。

まず、Fukushima 定理が仮定した1本の沿磁力線電流と地球電離層導波管の結合を波動伝播の立場から解析する。沿磁力線電流に沿って、電流に直交する電場と電流を取りまく磁場が Alfvén 波として伝播し、電離層に入射する。これらの電場と磁場は電離層電気伝導度と磁気圏の波動インピーダンス ( $\mu_0 V_a$ ) および真空のインピーダンス (377ohm) で決まる透過率により、その一部が真空領域へ侵入する。侵入した磁場は変位電流をとめないながら地面に到達して誘導電流を流すが、回転性の磁場による誘導電流は発散性となり、地面に分極電場を発生させて、電流は消滅する。このため、沿磁力線電流と地面との間に電流回路が形成されず、真空領域へ侵入した磁場は消滅する。したがって、Fukushima の定理が成立し、電離層の下の真空領域で磁場は存在できない。

次に、2本の電流からなる沿磁力線電流対の場合を考察する。沿磁力線電流に付随する電場と磁場は電流対の間の空間で強められるために、真空領域へ侵入する磁場もこれと同じ方向成分が卓越する。この磁場が、Kikuchi and Araki(1979) が仮定した地球電離層導波管の極側境界における水平磁場に相当し、TM0 モードによって水平に伝播する。TM0 モードは電離層と地面に伝播方向の電流をとめない、これらの電流は波面を流れる変位電流によって結合される。境界のない導波管を仮定すると、波面電流は光速で移動することによって維持されるために、電離層と地面を流れる電流との回路が維持される。電離層電流は沿磁力線電流と連続するために、沿磁力線電流-電離層電流-波面電流-地面電流で構成される回路が形成される。したがって、電離層の下の真空領域において磁場が継続的に維持される。

以上のように、沿磁力線電流が1本の場合には、Fukushima 定理が成り立ち、TM0 モードは励起されない。しかし、2本の電流からなる沿磁力線電流対は電離層の下の真空領域に磁場をつくり、TM0 モードを励起する。磁気圏内で発生する SC にもなう沿磁力線電流や Region-1 沿磁力線電流などは、いずれも電流対で構成されており、地球電離層導波管と結合することによって、磁場や電離層電流そしてこれに付随する電場を、低緯度や赤道に伝送する。

## Reference:

1. Araki, T., Global structure of geomagnetic sudden commencements, Planet. Space Sci., 25, 373-384, 1977.
2. Fukushima, N., Generalized theorem for no ground magnetic effect of vertical currents connected with Pedersen currents in the uniform-conductivity ionosphere, Rep. Ionos. Space Res. Jap., 30, 35, 1976
3. Kikuchi, T. and T. Araki, Horizontal transmission of the polar electric field to the equator, J. Atmosph. Terrest. Phys., 41, 927-936, 1979.