

中緯度電離圏 E-F 領域結合と Perkins 不安定に関する 3 次元数値シミュレーション

横山 竜宏 [1]; 大塚 雄一 [1]; 小川 忠彦 [1]
[1] 名大 STE 研

Three-dimensional simulation of midlatitude ionospheric irregularities in coupled E and F regions

Tatsuhiro Yokoyama[1]; Yuichi Otsuka[1]; Tadahiko Ogawa[1]
[1] STELAB, Nagoya Univ.

From our previous studies with various observations and numerical simulations, ionospheric irregularities in the midlatitude E region have been known to be strongly related with polarization electric field generated in sporadic-E (Es) layers. Neutral wind shear or atmospheric gravity waves can produce such strong polarization field. On the other hand, medium-scale traveling ionospheric disturbance (MSTID) observed in the midlatitude F region in nighttime is also considered to be associated with electric fields. While the Perkins instability is the most plausible mechanism of MSTID, the growth rate of the instability is very small and cannot explain the observed disturbances. Recently, it is proposed that the electrical coupling between the E and F regions can increase the growth rate of the Perkins instability. This coupling effect has been studied with a three-dimensional numerical simulation model. Numerical results of the Perkins instability are consistent with the linear growth rate based on the Perkins' theory when only the F region is considered in the simulation. On the other hand, the neutral wind and the density profile in the E region strongly affects the growth of the Perkins instability. It suggests that the E region plays an important role in electrodynamics in the midlatitude ionosphere.

電離圏のプラズマはその運動が中性大気との衝突により強く支配されている一方、地球磁場に沿った導電率が非常に高いため、電場を通じて強く結合されている。シミュレーションを用いた現在までの研究により、中緯度電離圏 E 領域におけるイレギュラリティの生成には、スプラディック E(Es) 層が中性大気風速シア、あるいは大気重力波から受ける影響により生成される分極電場が重要な役割を果たすことを明らかにしてきた。一方、F 領域において観測される中規模伝搬性電離圏擾乱 (medium-scale traveling ionospheric disturbance; MSTID) は、その生成機構として大気重力波との関連が従来示唆されてきたが、全天大気光イメージャ、GPS-TEC、衛星等による観測技術が発達し、夜間に中緯度 F 領域において観測される MSTID に関しては電離圏における電場が重要な役割を果たしていることが示されてきている。この MSTID は北半球においては北西-南東方向の波面構造を持ち、常に南西方向に伝搬することが観測から明らかとなっている。この構造は E 領域におけるイレギュラリティ構造と類似しており、E-F 領域間に何らかの関連があることを示唆している。MSTID の最も有力な成因として F 領域における Perkins 不安定が考えられている。Perkins 不安定は北西-南東の波面構造は説明可能であるが、その線形成長率は非常に小さく、また伝搬方向も一意には決定されないため観測結果を全て説明するには不十分である。Perkins 不安定の成長率を補う機構として、地球磁場により結合された E 領域との相互作用が近年提唱され始めている。E 領域では Es 層の水平不均一構造により F 領域に比べて強い分極電場が容易に生成され得ることが現在までのシミュレーション、ロケット観測等により示されている。本研究では、電離圏 E、F 両領域を含む 3 次元シミュレーションモデルを用い、E-F 領域間結合と Perkins 不安定の成長について検証を行った。F 領域のみを考慮した場合の不安定成長率は、理論式から得られる値とほぼ一致した。一方、水平一様な E 領域の電子密度と中性風を含めた場合、中性風の方向、つまり中性風により作られる E 領域の電子密度プロファイルと E 領域における電流の方向に応じて Perkins 不安定の成長率は大きく変化した。この結果は、F 領域の不安定現象に E 領域が強い影響を及ぼすことを示しており、Es 層の水平不均一構造により作られる分極電場が非常に重要であることを示唆している。