

## 中緯度スプラディック E 層と沿磁力線イレギュラティの生成に関する数値シミュレーション(2)

### Numerical simulation of midlatitude sporadic-E layer and field-aligned irregularities (2)

# 横山 竜宏[1], 山本 衛[1], 齊藤 昭則[2], 深尾 昌一郎[1]

# Tatsuhiro Yokoyama[1], Mamoru Yamamoto[1], Akinori Saito[2], Shoichiro Fukao[1]

[1] 京大・宙空電波, [2] 京都大・理・地球物理

[1] RASC, Kyoto Univ., [2] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

中緯度電離圏 E 領域沿磁力線イレギュラリティの観測によって、高度方向に 20km 以上の広がりを持ち、数分の周期で発生と消滅を繰り返す準周期エコーが夏季の夜間に頻繁に観測されている。従来の準周期エコー生成モデルは、準周期エコーの構造をスプラディック E 層 ( $E_s$  層) の高度変調によって説明してきたが、1996 年 8 月に実施された SEEK 観測実験の結果、モデルで提唱されているような  $E_s$  層の大きな高度変調は見出されなかった。そこで、準周期エコーの生成機構の解明を目的として SEEK で観測された中性風速や電子密度分布に基づく電離圏 E 領域の数値シミュレーションを行い、準周期エコーを説明できる  $E_s$  層の形状や電子密度構造の検証を行った。

これまでの MU レーダー観測によって、中緯度 E 領域 (高度 90 ~ 150 km) にみられる沿磁力線イレギュラリティ (Field-Aligned Irregularities ; 以下 FAI) エコーは "準周期エコー" と "連続エコー" の 2 つに分類できる事が知られている。中緯度 E 領域 FAI を生成すると考えられているグラディエント・ドリフト・プラズマ

不安定は、電子密度勾配と外部電場 E、地球磁場 B との  $E \times B$  ドリフトによって発生する。準周期エコーの出現はスプラディック E 層 ( $E_s$  層) の発生との相関が高く、生成に必要な電子密度勾配は  $E_s$  層によるものと考えられている。ところが、水平ウインド・シアによって形成される薄い板状の  $E_s$  層を想定しただけでは、高度方向へ 20 km 以上もの広がりを持つ準周期的な筋状の分布を持つ準周期エコーの生成メカニズムを説明することはできない。1996 年 8 月に実施されたスプラディック E 層ロケット/地上共同観測 SEEK (Sporadic-E Experiment over Kyushu) のロケット実験の結果、高度 102 km 付近に非常に大きなウインド・シアと薄い  $E_s$  層の存在が観測された。また、準周期エコーに伴う大きな分極電場が観測され、 $E_s$  層に空間的な不均一構造がある事が示唆されたが、それまでのモデルで提唱されていた高度 20 km に及ぶ  $E_s$  層の変調は観測されなかった。さらに準周期エコーのエコー領域中には 10 mV/m を越える大きな電場が存在し、その電場には  $\pm 5$  mV/m の大きな変動が伴っていることも観測された。

そこで、準周期エコーの生成機構を説明できる  $E_s$  層の形状や電子密度構造を検証するため、SEEK で観測された中性風速や電子密度分布を用いて電離圏 E 領域の数値シミュレーションを行った。シミュレーションの手法は Huang and Kelley [1996] を参考にした。具体的には、南北方向に周期性を仮定した 2 次元の鉛直子午平面において、 $E_s$  層中に多く観測される金属イオンの中の一つである  $Fe^+$  イオンと電子からなる 2 流体を仮定し、流体方程式 (連続の式、運動方程式、電流保存の式) を数値的に計算した。

我々のこれまでの研究で、ウインド・シアによる  $E_s$  層の生成、プラズマ密度の水平不均一構造と外部電場による分極電場の生成、東西風のシアと南向きに伝搬する大気重力波による準周期エコーによく似た形状を持つ不安定成長率の時間・高度分布の形成などが、シミュレーションによって確認された。しかし、SEEK で観測されたような大きな分極電場はいずれの場合でも生成されず、また磁力線に沿った分極電場のマッピングがうまくシミュレートされていないという問題があった。

そこで現在、シミュレーション空間におけるグリッドの配置、差分方法、境界条件等を見直し、より現実に近い分極電場の分布をシミュレートできるように改良を施している。また、これとは別に磁力線に沿った分極ポテンシャルが一様であると仮定したモデルを考え、マッピングの効果の検証を行った。この場合、電流保存の式を 1 次元 (磁力線直交方向) で解くことになる。このモデルにおいて、東西に伸びた円柱状の高プラズマ密度領域を仮定し、東向き外部電場を印加すると、外部電場の数倍の大きさを持つ分極電場が生成された。今後、2 次元モデルにおいても電場マッピング効果のシミュレーションを改善することで、Tsunoda [1998] や Maruyama [2000] によって提唱されている分極電場生成モデルの検証が可能になると考えられる。