

MU レーダー、大気光イメージャーおよび GPS 観測網の同時観測による E 領域 FAI と F 領域中規模 TID のプラズマ運動の比較

SIMULTANEOUS RADAR, OPTICAL AND GPS OBSERVATION OF E-REGION IRREGULARITIES AND F-REGION TRAVELING IONOSPHERIC DISTURBANCES

小野間 史樹[1], 大塚 雄一[2], 塩川 和夫[3], 小川 忠彦[4], 山本 衛[5]

Fumiki Onoma[1], Yuichi Otsuka[2], Kazuo Shiokawa[3], Tadahiko Ogawa[4], Mamoru Yamamoto[5]

[1] 名古屋大・STELab, [2] 名大 STE 研, [3] 名大 S T E 研, [4] 名大・STE 研, [5] 京大・宙空電波

[1] STELab, Nagoya Univ, [2] STEL, Nagoya Univ., [3] STE Lab., Nagoya Univ., [4] STE Lab., Nagoya Univ, [5] RASC, Kyoto Univ.

電離圏 E 領域イレギュラリティ(Field-Aligned Irregularity; FAI)によるコヒーレントエコーは、これまでに京都大学信楽 MU レーダーによって詳しく観測されてきた。その結果、高度 90-130km にわたって数分から十分の周期で発生と消滅を繰り返す準周期的エコー(Quasi-Periodic Echoes; QP エコー)が夏季夜間に頻繁に発生することが明らかになった。また、多ビーム観測により、QP エコーの発生領域は北西から南東にのびる帯状の構造をしており、その構造が南西方向に伝搬していることが明らかになっている。

一方、MU レーダー観測所内に設置された名古屋大学全天大気光イメージャーによって夜間大気光の観測が行われてきた。この全天イメージャーによって、波長 630nm の大気光強度の変動が伝搬する伝搬性電離圏擾乱(Traveling Ionospheric Disturbances; TID)を観測することができる。これまでの観測から、E 領域 FAI と同様に、中規模 TID は夏季夜間に頻発し、しかも南西方向に伝搬することが明らかになっている。

FAI の帯状構造の伝搬は電場によるものと考えられ、この電場は磁力線に沿って F 領域にも伝わる。一方、F 領域の TID は、プラズマ不安定的一种である Perkins 不安定が成因であると考えられている。Perkins 不安定では、プラズマ密度の空間的不均一が電場によってつくられる。前回の講演では、E 領域 FAI と F 領域 TID の空間構造・移動を比較することにより、それぞれの領域における電場が、両者の生成・伝搬に密接に関わっていることを示した。本講演では、MU レーダーを用いた E 領域 FAI および大気光イメージャーを用いた F 領域 TID の観測結果を用い、電場の定量的な見積りを行った結果を示す。

FAI の空間構造を明らかにするために MU レーダービームを方位角 -30° から 33° (北から時計回り)の間に 5 方向配置する多ビーム観測を 2002 年 8 月 6 日夜間に行った。この結果、6 日 22:20-7 日 2:30 JST に顕著な QP エコーが観測された。この QP エコーは移動速度が 100m/s で南西方向(方位 203°)に伝搬していた。また、MU レーダーの各ビームで観測されるドップラー速度を用いて、磁力線直交平面内でのプラズマのドリフト速度ベクトルを求めた。まず、ビームを走査している領域内(東西方向に約 100km)でプラズマのドリフト速度が空間的に一様であると仮定した。このとき、各ビームは互いに独立であるため、任意の 2 ビームのドップラー速度ベクトルよりプラズマドリフト速度ベクトルが求まる。今回は 5 ビームでの観測を行ったため最小二乗法を用いて最も適した解を求めた。この方法により求められたプラズマドリフト速度は 42m/s で北西向き(方位 321°)であった。また、全天イメージャーによって波長 300nm 程度で南西向き(方位 250°)に速度が 80 m/s で伝搬する F 領域中規模 TID が観測された。この中規模 TID による 630nm 大気光の発光強度変動は背景の値に対して 30-50%であった。大気光の発光強度は、F 領域の積分 Pedersen 導電率に比例する。大気光発光強度、つまり Pedersen 導電率に空間不均一が存在するとき、F 領域を電流が流れると電流の連続性を満たすように分極電場が生じる。F 領域中の電流は中性風 U による $U \times B$ と電場 E によって流れる。本解析期間中、中性大気風速 U は、MU 観測所内にある名古屋大学のファブリペロー干渉計により高度 250km 付近で 106 m/s(方位 130°)であることが観測された。この中性大気風速 U より、 $U \times B$ による電場は 4.5 mV/m(方位 40°)と求められた。背景電場 E については、同時観測データが得られなかったため、MU レーダーで観測された、夏季における F 領域の平均ドリフト速度より 1.0 mV/m(方位 166°)とした。

これらの値および 630nm 大気光の発光強度の変動値を電流の連続の式に代入することにより、F 領域 TID における波面直交方向の分極電場は 1.2-2.0 mV/m(方位 53°)であることが求められた。また、E 領域 FAI の発生領域を磁力線に沿って F 領域に投影した結果、F 領域 TID の減少領域とほぼ同じ領域で、同位相であった。大気光発光強度の減少領域では北東向きの分極電場が生じる。分極電場の東向き成分は $E \times B$ によりプラズマを上向きに動かす。このため大気光発光強度は減少する。これは TID の生成に電場が重要な役割を果たしているということを意味する。F 領域に発生した分極電場が E 領域にすべて伝わり、プラズマのドリフトを引き起こしたとする。このドリフト速度が MU レーダーで E 領域 FAI のドップラー速度として観測されるとすると、その大きさは 28-47 m/s(方位 323°)となる。この値は、実際に MU レーダーで観測された E 領域 FAI のドップラー速度と良い一致を示す。このことから、E 領域 FAI と F 領域の TID の生成、伝搬に関して両者の電場が主要な働きをしていると考えられる。

本講演では、国土地理院 GPS 観測網によって観測された TID との比較も行い、E 領域 FAI と F 領域 TID の生成に関連する電場の振舞いを明らかにする。