

インドネシアの31MHzレーダーによる電離圏沿磁力線不規則構造の観測 31-MHz Radar Observations of Field-Aligned Irregularities in Indonesia

大塚 雄一^{1*}, 塩川 和夫¹, 小川 忠彦², Effendy³

Yuichi Otsuka^{1*}, Kazuo Shiokawa¹, Tadahiko Ogawa², Effendy³

¹名古屋大学太陽地球環境研究所, ²情報通信研究機構, ³LAPAN

¹STEL, Nagoya Univ., ²NICT, ³LAPAN

2006年2月より、インドネシア・コタバンの赤道大気レーダー(EAR)サイトにおいて、送信周波数30.8MHzのレーダーによるE層及びF層の沿磁力線不規則構造(Field-Aligned Irregularity; FAI)の観測を開始した。本レーダーは18本の3素子八木アンテナから成り、その尖頭電力は20 kWである。レーダーは、電波の位相を制御することにより、ビームを9方向に走査することができる。ビームが磁力線に直交するように、ビームの天頂角を20度としている。ビーム幅は、方位角方向には12度、天頂角方向には40度である。このVHFレーダーは、定常的にE層及びF層におけるFAIの観測を切替えている。両観測モードとも、FAIの時間・空間変化を分離して観測するため、ビームを5方向に走査している。F層FAI観測のレンジ及び時間分解能は、それぞれ19.2km、4分である。これまでにVHFレーダーによって観測されたF領域FAIのデータを解析し、FAIエコー発生の季節・地方時変化を調べた。その結果、FAIエコーは、3-5月の真夜中前と5-8月の真夜中過ぎに頻りに観測されていることが分かった。また、真夜中過ぎのFAIエコーは、真夜中前のものに比べて弱いことも明らかになった。EARサイトには、シンチレーション測定用のGPS受信機が設置されており、2003年1月から連続観測を行っている。GPSシンチレーションは、3-5月の日没後から真夜中頃にかけて発生しており、真夜中前のFAIエコーの出現とよく一致する。赤道域におけるGPSシンチレーションは、プラズマバブル内部に存在するプラズマ密度の不均一によって生じる。また、プラズマバブルは、インドネシア域では春・秋に発生頻度が高いことから、真夜中前のFAIは、プラズマバブルに起因するものと考えられる。しかし、真夜中過ぎのFAIは、プラズマバブルの発生頻度が低い季節に多く観測されている。さらに、通常、プラズマバブルに伴うFAIは、拡散によって真夜中頃には消滅するため、真夜中以降に観測されることは稀である。このことから、5-8月の真夜中過ぎに観測されたFAIは、プラズマバブルに伴うものとは異なると考えられる。さらに、5方向のビームで観測されたFAIエコーの出現時間の差から、FAIのエコー領域が東西方向のどちらに伝搬しているかを決定した。真夜中前(19-00LT)に発生するFAIと真夜中過ぎ(00-06LT)に発生するFAIとでは、その伝搬方向に違いがあることが分かった。真夜中前のFAIは、東向きに伝搬するものが多いが、真夜中過ぎFAIは、西向きに伝搬するものや伝搬しないもの、あるいは顕著な伝搬が見られないものが多い。真夜中過ぎFAI発生頻度の季節変化や西向きに伝搬する特徴は、MUレーダーで観測されるF領域FAIと類似しており、中緯度のF領域FAIが低緯度域でも発生している可能性があると考えられる。

一方、E領域FAIエコーの季節・地方時変化を調べたところ、FAIエコーは顕著な地方時依存性を示し、午前中(7-12LT)及び日没後から真夜中にかけて(18-24LT)にエコー強度が強く、発生頻度が高いことが分かった。午前中に発生するFAIエコーは、時間とともに高度が下がる傾向が見られた。その位相速度は5km/hと見積もられた。同様の傾向は、約12時間後の19-24LTにも見られ、半日周期の大気潮汐波がFAI発生に関係している可能性が示唆される。さらに、東西に走査したレーダービームで得られたE領域FAIのドップラー速度から磁力線直交東西成分を求めた。東西成分は、高度94kmを境にエコー領域の上部と下部とで方向が異なることが分かった。エコー領域上部では、日中は西向き、夜間は東向きとなっており、F領域における電場によるExBド

リフトと同様の傾向を示している。一方、エコー領域の下部では、ドップラー速度の向きは反転している。これらの結果は、低高度においてプラズマは、中性大気との衝突によってほぼ中性と同じ速度で動くが、高高度では衝突周波数が小さくなるため、電場によるExBドリフトの影響が強く表れるためと考えられる。

キーワード:電離圏,沿磁力線不規則構造,レーダー, GPS,赤道電離圏

Keywords: ionosphere, FAI, radar, GPS, equatorial ionosphere