

SuperDARN 北海道-陸別 HF レーダーによる中緯度域電離圏対流の研究 Study of mid-latitude ionospheric convection with SuperDARN Hokkaido radar

郷 運¹, 西谷 望^{1*}

ZOU, Yun¹, NISHITANI, Nozomu^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

中緯度・サブオーロラ帯の電離圏対流特性は過去さまざまな観測手段・計算機実験等により調べられた。例えば、Millstone Hill レーダーを使った観測では地磁気緯度 55 度付近に真夜中付近において西向きフローの存在を示している。Blanc et al. [1980] では、シミュレーションによりこのフローが生成されうることを証明し、中緯度の夜側において擾乱ダイナモ作用が働いていると考えた。Wallops SuperDARN HF レーダーも、1 年間の観測データ (2005 年 6 月 ~ 2006 年 8 月) から、このフローの存在を示した。過去には Millstone Hill レーダーのような IS レーダーによる電離圏対流特性についての観測が主に行われた。

最近 Kumar et al. (2010) は、オーストラリアのバンドーラ (地理緯度 145.1 °E, 37.7 °S, 磁気緯度 49 °S) に設置したデジゾンデで捕えた電離圏ドリフトデータを活用し、中程度以上の大きさ (minimum Dst < -60nT) を持つ磁気嵐が夜側中緯度電離圏に与える影響は磁気嵐開始時より最大 50 時間継続することを示した。より正確に夜側の中緯度電離圏における擾乱ダイナモ作用の発達・減衰過程を理解するためには、それ以前に発生した磁気嵐からの影響を取り除く必要があることが分かった。しかし、IS レーダー及びゾンデを使って頭上の電離層に対しての観測しかできない。言わば '一点観測' であり、1 次元の観測結果であった。それに対して SuperDARN レーダーや低高度衛星を使えば 2 次元の観測が出来、電離層特性を調べるのにより効果的であると考えられる。しかし、低高度衛星は地球を回りながら (一周回ると約 1 時間 40 分かかかる) 観測を行うので、一定区域に対する連続的な観測が出来ない。そして、SuperDARN レーダーのほとんどが高緯度域に設置され、近年までは Wallops SuperDARN HF レーダーや北海道-陸別 HF レーダーのような中緯度域の短波レーダーの観測が存在しなかった。2005 年に磁気緯度 49.4 度に設置した Wallops SuperDARN HF レーダーからの観測では 40 度から 50 度までの中緯度域をカバーしていないため、この部分の中緯度域対流の正確な動きを説明できない。さらに、Wallops SuperDARN HF レーダーは故障などの原因により観測データが少ない。

本研究では SuperDARN レーダーの 1 基である北海道-陸別 HF レーダー (2006 年 12 月より本格運用開始) が過去 5 年間に蓄積した電離圏エコーのデータを活用し、今までにあまり観測研究が進んでいなかった中緯度領域 (地磁気緯度 40 度から 60 度) のプラズマ対流分布について解析を行った。中緯度 (40 度から 55 度) の夜側において西向きフローが見出された。また対流特性が地磁気指数 K_p によりどのように変化するかを焦点を置き、地磁気指数 $K_p=2$ をしきい値として擾乱時・静穏時にデータを分類したところ、静穏時に比べ擾乱時では夜側における西向きフローが強まっていることが示された。これは、中緯度の夜側における西向きフローが地磁気指数 K_p の増加に伴い増大することを示し、中緯度域対流作用として disturbance dynamo が無視できない力を発揮していることを示唆する。

また、北海道-陸別 HF レーダーで観測した中緯度電離圏対流が磁気嵐とサブストームに受ける影響について Superposed Epoch Analysis (SEA) 手法で統計解析を行った。解析結果によると、磁気嵐による中緯度電離圏対流の影響は不鮮明であるが、これは磁気嵐オンセット前にもサブストームの影響により西向きフローが観測されたと考えられる。一方、サブストームによる中緯度電離圏対流の影響は、磁気緯度 44 度から 53 度の間にサブストームのオンセット後 5 時間から 20 時間まで西向きフローは継続することが分かった。この西向きフローの速度はサブストーム開始から時間遅れを伴って現れ、サブストームのオンセット後 12 時間に最大値を示した。これは disturbance dynamo 作用の影響から期待される傾向と一致している。

キーワード: 北海道-陸別 HF レーダー, SuperDARN, 中緯度電離圏対流, 擾乱ダイナモ, 磁気嵐, サブストーム

Keywords: Hokkaido HF radar, SuperDARN, midlatitude ionospheric convection, disturbance dynamo, storm, substorm