

太陽プロトンイベントに伴う極域中間圏 HF レーダーエコー

Polar mesosphere HF radar echoes during a solar proton event

小川 忠彦[1]; 西谷 望[2]

Tadahiko Ogawa[1]; Nozomu Nishitani[2]

[1] 名大・STE 研; [2] 名大 STE 研

[1] STE Lab., Nagoya Univ; [2] STELAB, Nagoya Univ.

大きな太陽フレアに伴って放出された高エネルギー太陽プロトンは南北の極域中間圏高度まで進入し、その電子密度を増加させる。また、様々な化学過程を経て大気組成をも変化させると考えられているが、詳しいことは不明である。Kirkwood et al. (Adv. Polar Upper Atmos., 16, 111, 2002)は、2000-2001年に発生した多くの太陽プロトンイベントに伴って Sweden Esrange (67.9 deg.N)の 52 MHz MST レーダー (ESRAD) で検出されたエコーの特性を調べた。それによると、i) 冬季に日中の別なく出現 (したがって、極域冬季中間圏エコー (PMWE) と呼ばれる: 夏季にはプロトンイベントがあっても出現しない)、ii) 出現高度は主に 60-80 km、iii) エコー層の厚さはレーダー分解能 (300 m) 以下になる場合もある、iv) エコーは鉛直方向から返ってくる (aspect sensitivity が非常に高い) などである。エコー層の生成因として、Kirkwood et al. は乱流層だけでなく、荷電エアロゾルが関与しているのではないかと推測している。

我々は、Kirkwood et al. が議論している 2000 年 11 月 9 日の ESRAD-PMWE (高度 63-75 km) に注目し、同日の Finland Hankasalmi (62.3 deg.N) にある SuperDARN (13.2 MHz) のデータを調べた結果、斜め入射の短波レーダーでも PMWE が検出できることを初めて見つけた。エコーが検出された時間帯は 1050-1135 UT であるが、ESRAD はこれよりも長い時間帯で観測されている。SuperDARN HF エコーの特性は次の通りである: 1) エコーレンジは 450 km (磁気緯度 62 deg.N) から 700 km で、Esrange の南方と東方にも出現、2) エコー強度は 30 dB 以下、3) ドップラー速度は ± 20 m/s 以下、4) ドップラースペクトル幅は 20 m/s 以下。SuperDARN のレンジ分解能は 45 km であるが、エコーの到来角を観測していないのでエコー高度は不明である。しかし、3 と 4 の事実は、エコーが電離圏からではなく、中間圏から返ってきていることを強く示唆する。エコー高度が 60-80 km と仮定すると、エコーの仰角は数度となる。

HF レーダー波と地球磁場が直交する高度は 450-700 km レンジにおいて 70-100 km であることが計算から分かる。この高度域は ESRAD による観測高度 (63-75 km) とほぼ一致する。したがって、この高度にプラズマ不安定による field-aligned irregularities (FAI) が存在すると FAI エコーが期待できる。しかし、このような高度においてプラズマ不安定を起こすのに必要な非常に強い電場が存在するとは考えにくい (事実、エコー期間の磁場変動は非常に静穏であった)。現在の所、HF エコーの成因は、Kirkwood et al. の指摘通り、60-80 km 高度に存在する中性乱流 (波動飽和/碎波) とエアロゾルが絡んで発生した irregularities であると考えるのが妥当であろう。しかし、このような低仰角で HF エコーが検出されたことは上記 iv と矛盾する。その理由は、両レーダーが観測している irregularities の空間スケールの違いによるものと思われる。

鉛直ビームを有する MST レーダーでは高距離分解能でエコーの鉛直構造が分かるが、エコーの 2 次元的な出現域は不明である。一方、SuperDARN では鉛直構造は不明であるが 2 次元的な出現域が分かる。PMSE (極域夏季中間圏エコー) に比べて PMWE の研究は格段に遅れている。両レーダーを組み合わせることにより、PMSE と同様に PMWE の研究が今後進むであろう。

謝辞: Finland SuperDARN データは英国レスター大学から供給された。