

高緯度F層 irregularity の生成機構-HF レーダーによる観測-

Generation mechanism of the high-latitude F-region irregularities: HF radar observation

西谷 望[1], 福本 匡章[2], 小川 忠彦[2], 佐藤 夏雄[3], 山岸 久雄[4], 行松 彰[5]

Nozomu Nishitani[1], Masaaki Fukumoto[2], Tadahiko Ogawa[3], Natsuo Sato[4], Hisao Yamagishi[5], Akira Sessai Yukimatu[6]

[1] 名大STE研, [2] 名大・S T E 研, [3] 極地研, [4] 極地研・超高層, [5] 極地研超高層

[1] STELAB, Nagoya Univ., [2] S.T.E.Lab., Nagoya Univ., [3] STE Lab., Nagoya Univ, [4] NIPR, [5] Upper Atmos. Phys., Natl. Inst. Polar Res., [6] UAP, NIPR

SuperDARN(Super Dual Auroral Radar Network)は1995年より本格的に稼働を始めた国際的な短波(HF)レーダーネットワークである。これらのレーダーで得られる主なパラメータとして、エコー強度、ドップラー速度、スペクトル幅がある。エコー強度は電離圏の irregularity で反射されたエコーの S/N 比、ドップラー速度は irregularity 構造のレーダー視線方向の速度、スペクトル幅はドップラー速度の分散を表す。これまでに E 層 irregularity に関する研究は数多くなされ、その特性が明らかにされてきたが、F 層 irregularity に関する統計的な研究はほとんどなされていない。本研究では、F 層 irregularity の生成メカニズムを明らかにすることを目的とし、南極昭和基地第2レーダー(Syowa East Radar)によって1997年2月~1999年6月に観測されたF層エコーのパラメータ間の相関について統計的研究を行なった。これまでに得られた主な結果を以下に述べる。

(1) ドップラー速度とエコー強度の間には一般的に正の相関があることが分かった。これは、エコーを散乱するF層の irregularity が主に gradient-drift (ExB) instability (以下GDIと略記)によって生成されていることを示していると考えられる。GDIの成長係数は密度勾配とプラズマと中性粒子との相対速度に比例する。また、中性風を無視すると、この相対速度は電場に比例する。したがって、電場が強いほど成長係数が大きく、密度ゆらぎは速く成長し、より高い振幅に達すると考えられる。エコー強度は散乱を起こす irregularity の散乱断面積に比例し、これは密度ゆらぎの振幅に比例する。また、ドップラー速度はプラズマのExBドリフトに対応している。したがって、GDIによって生成される irregularity ではドップラー速度の増加に伴って密度ゆらぎの振幅も高くなり、散乱されるエコーが強くなると考えられる。

(2) さらに詳しい解析を行なった結果、MLT(Magnetic Local Time)に依存して前述の相関に違いがみられた。午後及び深夜付近の時間帯では相関が悪い。これらの時間帯はオーロラ活動の活発な時間帯であり、これに伴う粒子の振り込み(沿磁力線電流)が多いと考えられる。したがって、これらの時間帯では irregularity の生成に、沿磁力線電流に関連した current-convective instability(以下CCIと略記)などのメカニズムが影響し、相関がなくなっているのではないかと考えられる。CCIはF層 irregularity を生成していると考えられているもうひとつのプラズマ不安定である。その成長係数は電場に比例しておらず、したがって、これによって生成された irregularity で散乱されたエコーではドップラー速度とエコー強度の相関は期待されない。

(3) しかし、本研究で用いたエコーが散乱された領域と統計的な沿磁力線電流の分布を比較した結果、午後の時間帯では一致するものの、深夜付近の時間帯では一致しないことが分かった。よって、相関が悪くなることは粒子の振り込みだけでは説明できない。

そこで、ドップラー速度とスペクトル幅との関係に着目した。その結果、スペクトル幅が比較的大きい場合(スペクトル幅>ドップラー速度)、ドップラー速度とエコー強度の間に正の相関がみられるが、スペクトル幅が比較的小さい場合(スペクトル幅<ドップラー速度)、相関はみられないことが分かった。GDIの成長係数はプラズマと中性粒子との相対速度に比例するが、ドップラー速度はプラズマの速度のみを表す。また、スペクトル幅はドップラー速度の分散に対応するので、プラズマ流の時間的、空間的変動の大きさを表すと考えられる。スペクトル幅が大きい場合、プラズマ流の時間的、空間的非一様性が高く、中性粒子がプラズマの動きに追従できず、プラズマの速度の大きさが相対速度を決定する。これに対し、スペクトル幅が小さい場合、プラズマの流れが一様であるために中性粒子の流れもプラズマの流れる方向に近くなり、プラズマの速度が大きくても相対速度は大きくならない。このためスペクトル幅が大きい場合、ドップラー速度とエコー強度の相関が良く、スペクトル幅が小さい場合、相関が悪いと考えられる。また、深夜付近の時間帯では比較的スペクトル幅の小さなエコーが多く、このためドップラー速度とエコー強度の相関が悪いと考えられる。

講演では、スペクトル幅に注目した場合のドップラー速度とエコー強度の相関について詳しく議論を行なう。