

MUレーダーによる中間圏散乱エコー強度特性

の研究

*久保 幸司 [1], 杉山 卓也 [2], 中村 卓司 [1], 山本 衛 [1], 村岡 良和 [3]

深尾 昌一郎 [1]

京都大学超高層電波研究センター[1], 生産開発科学研究所[2]

兵庫医科大学[3]

Study on scattered echoes from the mesosphere with the MU radar

*Koji Kubo[1], Takuya Sugiyama [2], Takuji Nakamura [1]

Mamoru Yamamoto [1], Yoshikazu Muraoka [3], Shoichiro Fukao [1]

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University[1]

Research Institute for Production Development[2]

Hyogo College of Medicine[3]

We have been carrying the mesospheric observations with the MU radar since 1986 continuously. It has been suggested that the scattered power may be dependent on the gradient of electron density and the minimum turbulent scale and that the power reaches its maximum at the height where the minimum scale is equal to the Bragg scale. However, mesospheric echoes around 80 km is not explained sufficiently. They appear at different heights and descend with time. In this study, we examine the characteristic of these phenomena by comparing with the other measurements.

We also estimate the frequency dependence of the echo powers. 京都大学超高層電波研究センターではMUレーダーを用いたGRATMAC観測を継続して行っており、ドップラー風速場のデータをもとにした重力波の観測において様々な成果をあげている。一方、ドップラー風速の観測の根幹にも関わる電波散乱強度については統計的解析よりもむしろ事例解析が中心に行われてきている。我々のこれまでの統計的解析で、中間圏からの大気散乱によるエコーは夏季に高度70~85 km付近で最も強くなる1年周期の変動が存在することなど、季節や年に依存するような長期的変動が明らかになった。中間圏からの電波散乱強度に定量的解釈を与えるため、我々は、電子密度勾配の存在下で乱流が発生し分布に不均一を生じるために屈折率の揺らぎすなわち電波散乱がおこるものと考え、その散乱強度の評価式を構築した。評価式にしたがい、MUレーダー観測のスペクトル幅データに加えて大気温度や電子密度のモデルの数値を用いて散乱強度の高度分布を調べたところ、中間圏界面付近にお

ける電波散乱には電子密度勾配とBragg波長のスケールの乱流が強く関与しているということがわかってきた。高度とともに大気密度が減少するにつれて大気分子運動には分子粘性が大きく寄与するようになる。生成され得る等方的乱流の最も小さいスケールを表す最小スケールは分子粘性の増加にともない大きくなり、小さなスケールの乱流がもつエネルギーは熱に変換され、大きなスケールの乱流のみしか存在し得なくなる。モデルなどをもとに最小スケールを計算すると高度70 km付近で3 m程度になる。MUレーダーのBragg波長はおよそ3 mであるので、高度70 kmまではこの波長で観測可能なスケールの大気乱流が存在し得る慣性小領域に相当し、高度70 km以上になると分子粘性が効く粘性小領域に相当することがわかった。また、散乱評価式にモデルの数値を与えると、小領域の境界である高度70 km付近で散乱強度が極大になることが示された。一方、GRATMAC観測のデータ解析から、高度70 km付近は中間圏観測のうちで季節や年、時刻によらず最も強度の強い領域であることがわかっている。この特徴を評価式は再現したものになっている。しかし、高度80 km以上に観測される散乱エコーは時刻とともに降下すること、70 km付近の散乱層と異なり出現高度が一定ではないことなど、現在のところ評価式で充分というわけではない。MUレーダー以外の観測の結果を利用し、モデルに表されていないような時間高度変動が散乱強度に影響するかどうかについて検討したが、温度についてはモデルの値を用いた場合とほとんど差異はなかった。本研究では、この散乱層の降下現象について統計的に調べる。まず、散乱層高度の時間変化を調べて散乱層の降下が電子密度分布の時間変化によるものであるのかどうかを検討し、電子密度分布と大気乱流のどちらに支配されている現象であるのか本年7月に行った観測の結果も考慮して考察する。さらに、電子密度もモデル以外の観測結果を用いて時間変動などが散乱強度に影響を与えないかどうかを調べる。また、散乱強度の極大高度を与える慣性・粘性小領域の境界はレーダーの周波数に依存して高度が変化する。この点を踏まえて周波数依存性についての議論をし、他のVHFレーダーやMFレーダーにみられる散乱層がこれらの議論と合致するものであるのかどうかを検討する。最後に構築した評価式は2つの特徴ある中間圏エコーを表現するのに充分かどうか議論する。