

流星レーダーによる拡散係数の1日周期変動成分に関する研究

Diurnal variation of diffusion coefficient observed by meteor radars

藤井 淳介[1], 中村 卓司[2], 津田 敏隆[2]

Junsuke Fujii[1], Takuji Nakamura[2], Toshitaka Tsuda[2]

[1] 京大・情・通信・RASC, [2] 京大・宙空電波

[1] RASC, Kyoto Univ, [2] RASC, Kyoto Univ.

地球大気に突入した流星は、高度約70 km ~ 110 kmに電離したプラズマの流星飛跡を形成する。形成後はすぐに径方向に拡散していき、やがて消滅する。流星レーダーでは、その減衰時間により拡散係数を推定することができる。流星レーダー観測で推定された拡散係数の変動成分 D' により、 $T'/T_0 = D'/2D_0$ という関係から同じ高度の温度の変動成分 T' を明らかにすることができるとされている (Tsutsumi et al., 1996)。この式で、 T_0 と D_0 は温度と拡散係数の平均値を表している。Tsutsumi らは、この方法を動波による大気温度変動の測定に応用した。1日周期の温度変動については風速の1日周期潮汐波成分とは異なり、しばしば非伝搬性 (evanescent) な特性が観測された。一方、コロラドのNaライダー観測では、より伝搬性の1日周期大気潮汐波が観測されている。本研究では、この差異について考える。先の D' と T' の関係式では、ブズネスク近似とイオン移動度の変動を無視するといった2つの近似が使われていて、その正確性が問題となる。それを調べるために今回は、MUレーダー流星観測とGSWM (Global Scale Wave Model) により、温度と拡散係数の1日周期変動成分の比較を行った。

まず、GSWMでは温度の1日周期成分の振幅と位相が与えられているので、MUレーダー流星観測で得られた拡散係数から上述の式により温度の1日周期成分の振幅と位相を求めて高度変化の比較を行った。GSWMのデータは緯度3°毎、高度約0 ~ 120 kmまで約4 km毎にあるので、MUレーダー流星観測との比較の際には緯度36°、高度80 ~ 100 kmにあるデータを用いた。また、GSWMは1月、4月、7月、10月のデータを持っており、MUレーダー流星観測の方も1995年~2000年までに観測したデータを月毎に分け、月毎の平均をとって比較を行った。結果はあまり一致するとは言えず、GSWMの方が振幅は全体的に小さく、位相に関してはGSWMの方が高度変化が大きい、すなわち位相速度が速く下向き伝搬の様子が顕著に見られた。ここで位相の高度変化に注目して見ると、その変化が異なっている原因として考えられるのは、実際の観測ではEvanescentな波など複数のモードの波により位相の変化が小さくなってしまっているということと、拡散係数から温度を求める上述の式に問題があるのではないかとということである。

次にそのことを調べるために、GSWMで与えられている温度の1日周期成分の振幅と位相、CIRA86の温度と圧力の平均を用いることにより拡散係数を計算し、拡散係数の1日周期成分の振幅と位相を求めた。それと、実際のMUレーダー流星観測により推定された拡散係数の1日周期成分の振幅と位相の比較を温度と同様の方法で行った。結果は温度の場合と異なり、位相に関してはよく合っていた。上述した式により実際に観測された拡散係数から温度を求めると、温度と拡散係数の位相の変化は同様になる。ここではモデルから計算した拡散係数の位相の高度変化は温度に比べて小さくなっており、モデルと実際の観測で得られた拡散係数の位相が同様の変化を見せた。

また、1994年4月のインドネシアの流星レーダー観測とGSWM (緯度6°、高度80 km ~ 100 kmにあるデータ) の比較も同様に行ったところ、温度、拡散係数とも位相の高度変化が非常によく合っていることが分かった。すなわち、緯度36°のGSWMのデータを用いた場合と異なり、モデルでも温度と拡散係数の位相は同様の変化を見せていたので、実際の観測でも上述した式によって求めた温度の位相の高度変化がモデルと合うことになる。

本研究では、GSWMとMUレーダー流星観測、インドネシア流星レーダー観測で得られた拡散係数の1日周期変動成分の比較を行ったところ、位相の高度変化に関してどちらともよく合っていることが分かった。MUレーダー流星観測で推定された拡散係数の位相の高度変化はどの月も小さく、モデルから計算した拡散係数の位相の高度変化も同様に小さくなっていった。また、インドネシア流星観測で推定された拡散係数の位相の高度変化は大きく、モデルの方も同様に大きくなっていった。しかし、 $T'/T_0 = D'/2D_0$ という式を用いて、温度の1日周期変動成分を求めた場合、GSWMで与えられている温度の位相の高度変化が拡散係数の場合に比べて大きく、MUレーダー流星観測の温度の位相変化とはあまり合っていないことが分かった。以上のことから、流星レーダーの拡散係数から大気温度の24時間周期成分の変動を正しく推定するには、より高度な推定法が必要となることを示唆した。