

マルチパラメータレーダ (MPレーダ)

1. はじめに

近年、わが国でも時間雨量100mmを超える局地的豪雨が多発し、このような降雨をきめ細かく、かつ、精度良く把握することが重要になっています。一方、降雨を観測する気象レーダの技術として、高い空間分解能を持ち、高い精度での観測が可能なマルチパラメータレーダ(以下、「MPレーダ」といいます)の研究開発が進み、実用段階に入ってきております。本講座では、このMPレーダについて説明します。

2. MPレーダとは

気象レーダ(レーダ雨量計)は、電波を発射し、雨滴や雪粒等から反射される信号を受信して、それに含まれる各種の観測量(パラメータ)をもとに、降水現象を観測するものです。パラメータが1種類である通常の気象レーダは、単一の電波を発射し、反射の強さのみを観測して、降水量を求めます。

また、気象庁や研究機関等で多く使われているドップラー気象レーダは、降水量とともに風向・風速を観測するものです。これに対し、MPレーダは、水平・垂直の2種類の電波を発射し、複数のパラメータを観測して、その組み合わせによって降

水量等を求める“偏波機能”を持ったレーダです。

3. 雨滴とレーダ電波との関係

雨滴の大きさは、通常、直径0.1mm～3mm程度で、直径1mm程度までは球形ですが、より大きな雨滴になると、落下中の空気抵抗のため、下の面が扁平な“まんじゅう型”になり、さらに直径3mm以上になると、多くは分裂してしまうと言われています。

一方、あられ、ひょう等は大きくなって“まんじゅう型”ではなく、雪の場合は、より複雑な形状となります。

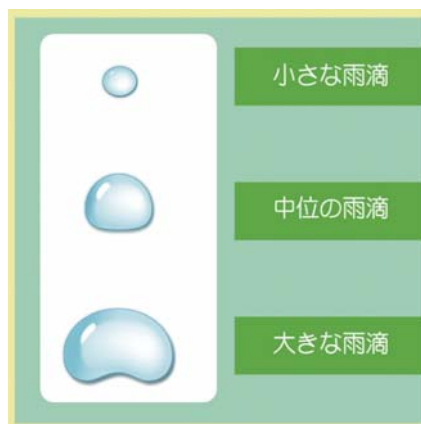


図-1 雨滴の大きさと形状の変化

雨の強さ(降雨強度)は、どの程度の大きさの雨粒がどれだけの数あるか、という粒径分布に関係します。レーダで得られる種々のパラメー

タ、即ち、反射の強さ、周波数、位相等の観測量には、このような“雨滴の粒径分布”の情報が反映されています。MPレーダは、これらの複数のパラメータを測定することで、精度の良い降水量観測を実現するものです。

偏波機能を持つ、MPレーダでは、送信機で生成された電波を、水平及び垂直の偏波成分として分配し、同時にアンテナから発射します。この結果、雨滴から返ってくる電波には、次のような特性が現れます。

①雨滴からの反射の強さ

電波は、雨滴にあたり、一部が反射されます。反射の強さは、概ね、個々の雨滴の直径の6乗に比例し、これらが合わさった反射の強さ(反射成分Z)としてレーダに返ってきます。この反射成分Zから計算によって、降雨強度を求めることができます。また、強い雨に多く含まれる、大きい雨滴は扁平な形状のため、偏波の垂直成分に比べて、水平成分から、より強い反射が得られます(図-2参照)。両者の差である反射因子差 Z_{DR} には、雨滴の粒径分布が反映され、強い雨ほど大きな値になっています。

②レーダ電波の周波数の変化

動いている雨滴から反射される電波は、ドップラー効果によりその周

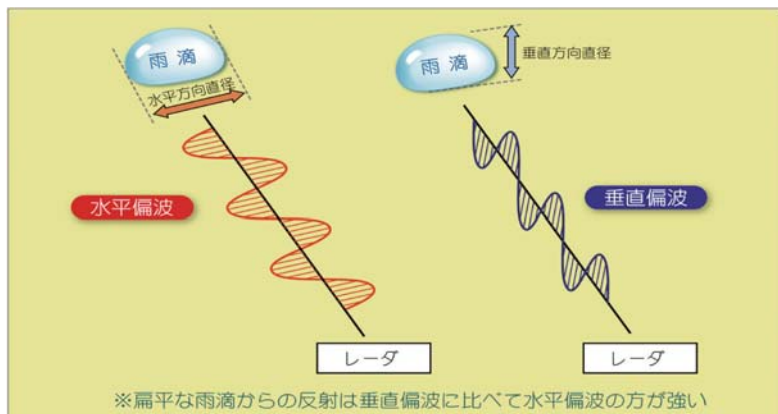


図-2 雨滴からのレーダ電波の反射

波数がもとの周波数からずれて観測されます。レーダに近づく雨滴の反射は、より高い周波数となり、遠ざかる雨滴からの反射は、より低い周波数となります。これによって、上空の風向・風速を求めることができます。

③レーダ電波の位相の遅れ

電波の速度は、真空中では約30万km/sですが、水中では約22.6万km/sとなり、レーダの電波が雨滴を通過する時には、位相遅れが生じます。また、強い雨では雨滴が扁平となり、水平偏波の位相は、垂直偏波に比べ、より遅れることとなります(図-3参照)。このことを利用して、両者の差である偏波間位相差 Φ_{DP} を測り、これから単位距離あたりの偏波間位相差変化率 K_{DP} という量が求められます。この K_{DP} は、雨滴の粒径分布をよく反映しています。

4. 降水量の算出

MPレーダによる降水量算出では、一般的に次の方法が使われます。

①最初に降雨全体について、観測された反射成分Zから降雨強度Rを求めます。パラメータが単一である通常のレーダは、この方法のみで降雨強度を算出します。しかし、反射成分Zと雨滴の粒径分布との関係は、実際には一定ではなく、雨の種類な

どによるばらつきがあり、この方法のみでは、精度の良い降雨強度観測には限界があります。

②次に、強い雨では雨滴が扁平になることから、偏波間位相差変化率 K_{DP} を用いて、より正確に降雨強度Rが求められます。強い雨に対しては、反射成分Zよりも K_{DP} の方が、雨滴の粒径分布との相関が良く、高い精度で降水量が観測できます。

③さらに、雨滴が分裂するような大きさになってくると、反射因子差 Z_{DR} を併用して算出する方式が良い、といわれています。

5. MPLレーダの特徴

①高精度降水量観測の実現

強い雨では、偏波間位相差変化率 K_{DP} は、雨滴の粒径分布との相関が良いため、高精度の観測が期待されます。ただし、 K_{DP} にはノイズ成分

が多く含まれるので、これを良く、分離することが重要です。

②途中降雨減衰対策に有効

途中に強い降雨がある場合、レーダの電波は、通過中に減衰するため、遠方の降雨の反射の強さは、実際よりも弱くなります。特に、Xバンドレーダは、Cバンドレーダに比べて大きく減衰するため、強い降雨の観測には不利な点がありました。しかし、位相というパラメータを使うことで、途中降雨による減衰の影響を受けることなく、降水量の観測ができます。こうして、Xバンドレーダの持つ、きめ細かく観測できるという特徴が常に活かせるようになりました。さらに山岳等で、レーダ電波の一部が遮蔽されるような場合、反射の強さは低下しますが、 K_{DP} は遮蔽の影響を受けないので、山間部の降雨観測に対しても、非常に有利です。

6. MPレーダへの期待

強い降雨の場合でも、観測性能を維持して、精度良く降水量を観測することと、きめ細かく観測することの両立は、気象レーダでは、永年の夢でした。これがMPレーダで実現されようとしており、今後の降雨監視の主役として大いに期待されます。

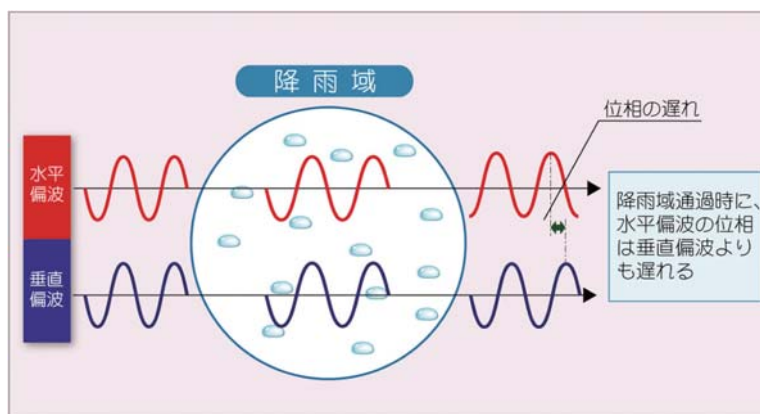


図-3 レーダ電波の降雨域通過のイメージ