

レーダダークバンドの成因

藤吉康志 (北海道大学 低温科学研究所)

1. はじめに 層状性の降水では 0°C 高度のすぐ下に、融解雪片によってレーダブライトバンドが出現することは良く知られている。一方、Sassen and Chen (1995)はレーダブライトバンドの直ぐ下ではライダーシグナルが局所的に弱くなる高度が存在することを見出し、ライダーダークバンドと名付けた。これは、融解雪片が雨滴に変化する（粒径が一気に小さくなる）高度に対応する（Sassen et al. 2005）。近年、Kollias and Albrecht (2005)は W バンドレーダでは降水強度が弱い時にブライトバンドの直ぐ上で数 dBZ だけ弱くなる高度があることを見出し、レーダダークバンドと名付けた。同時に観測した S バンド、X バンド、K バンドレーダではダークバンドが見られなかったことから、Kollias and Albrecht (2005) や Sassen et al. (2005)は、ダークバンドは大きな雪片による非レーリー散乱が原因であると推論した。しかし、Fabry and Zawadzki (1995)は弱い降水時に X バンドレーダでもダークバンドが見られたと述べている。我々は、高い距離分解能を持つが低感度の船舶レーダ (X バンド) で明瞭なダークバンドを検出したことから、ダークバンドの成因について雪片の融解率の粒径・温度依存性を基により簡単な説明を試みた。

2. 明瞭なダークバンドのレーダ画像 図 1a は、観測に用いた KODEN の船舶レーダ (9410MHz) の外観である。このレーダの最少受信感度は -90dbm と低いが、距離分解能は 15m と高い。観測場所は長崎市の池島で、我々はこのアンテナを水平ではなく鉛直方向に回転させ、レーダ画面を 1 回転 (2 秒) 毎に記録した。

2010 年 4 月～2011 年 5 月までの観測期間中、弱い降水時には図 1b に示すような明瞭なレーダダークがブライトバンドの上空に度々出現し

た。ダークバンドの厚さはブライトバンドよりもかなり薄く、 50m 前後であった。Kollias and Albrecht (2005) や Sassen et al. (2005)の観測とは異なって X-バンドレーダでもダークバンドが見えたということは非レーリー散乱という彼らの説明以外の可能性を考える必要がある。そこで、融解雪片の観測に基づいて再検討を行った。

3. 雪片の融解率の粒径・気温依存性 2011/2012 年の冬、我々は新潟県長岡市の雪氷防災研究センターでスガ試験機 (株) の含水率計 (Sasyo et al., 1991)を用いて個々の湿雪片の含水率を測定した。図 2 は 2011 年 12 月 9 日の測定例で、含水率 (LF) の雪片の融解直径 (D_m)依存性を、地上気温別 ($0.0\text{--}0.2^{\circ}\text{C}$, $0.3\text{--}0.5^{\circ}\text{C}$, $0.6\text{--}0.8^{\circ}\text{C}$)に示した。図 2 から明らかなように、 $0\text{--}0.5^{\circ}\text{C}$ の温度範囲では、含水率の粒径依存性が極めて大きい。例えば、 $0\text{--}0.2^{\circ}\text{C}$ では直径 0.6mm の粒子はほとんど雨滴 (LF=1) であるのに、直径 3mm の粒子はほとんど融けていない (LF=0.01)。一方、気温が 0.5°C 以上になると粒子のほとんどが融けている。

4. ダークバンドの成因に関する考察 図 3 にダークバンドが形成される理由を模式的に示した。 0°C 高度よりも上に、強い降水強度と弱い降水強度に対応する 2 種類の粒径分布 (図 3a) を考える。降水強度が弱いほど大きな粒子の数が少ないので、小さい粒子が積算レーダ反射強度因子 (ΣZ) に対する割合が相対的に大きい (図 3b)。図 2 に示したように、小さい粒子は $0^{\circ}\text{C}\text{--}0.5^{\circ}\text{C}$ の高度で急速に融けて微少水滴になる。この場合、粒径の縮小によるレーダ反射強度の減少のほうが、氷から水への誘電率の変化よりも大きく、また、大きな雪片はほとんど融けていないため、結果的に ΣZ がこの温度 (高度) 範囲で減少する。これがダークバンドである。粒子が更に落下して 0.5°C

よりも気温が上がると、大きな雪片の表面が濡れて ΣZ が増加し、いわゆるブライトバンドが出現する。このように、ダークバンドは極めて狭い高度範囲で形成されるため、距離分解能が 50m よりも短いレーダはダークバンドを検出でき、それよりも長いレーダは検出できていない。

引用文献

Fabry, F., and I. Zawadzki (1995), *J. Atmos. Sci.*, 52, 838–851.
 Kollias, P., and B. Albrecht (2005), *Geophys. Res. Lett.*, 32, L24818, doi:10.1029/2005GL024074.
 Sassen, K. et al. (2005), *J. Appl. Met.*, 44, 301–312.
 Sassen, K., and T. Chen (1995), *Geophys. Res. Lett.*, 22, 3505–3508, doi:10.1029/95GL03367.
 Sasyo, Y. et al. (1991), *J. Met. Soc. Japan*, 69, 83-90.

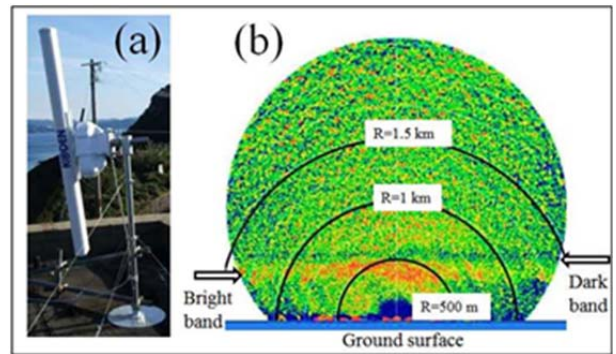


図 1 (a)観測に用いた船舶レーダの外観、(b)このレーダで捉えた降水エコー、ダークバンド、ブライトバンド

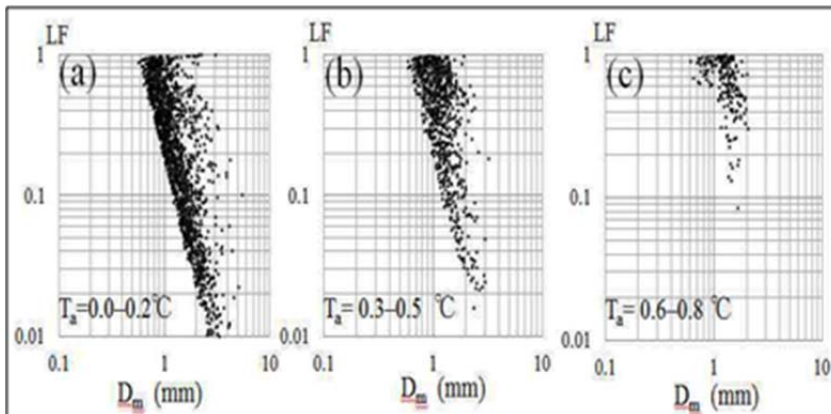


図 2 各地上気温範囲毎に示した個々の雪片の含水率の粒径依存性

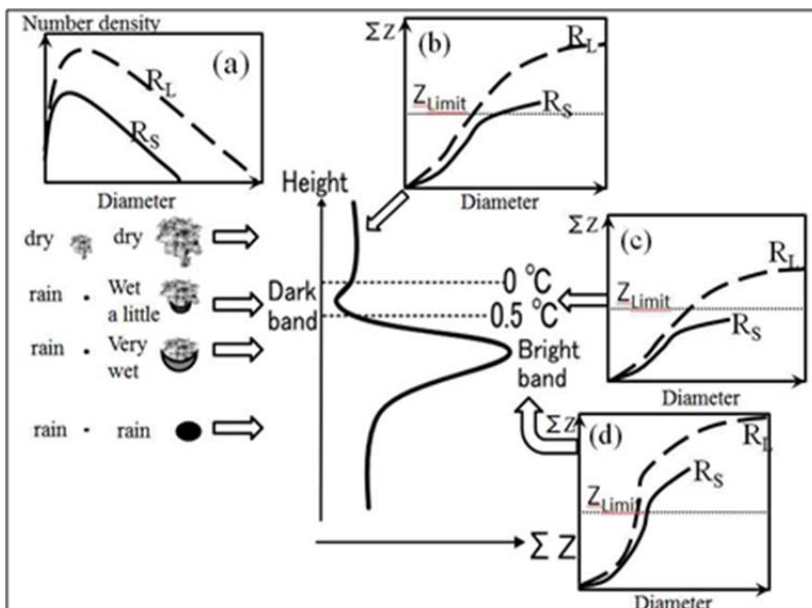


図 3 ダークバンドの形成理由を模式的に示した図