

降雪粒子種別の散乱モデルを用いた GPM/DPR による降雪強度推定

辻泰成^{1,2}, 瀬戸心太³, 濱田篤¹, 久保田拓志²

(1 : 富山大学, 2 : JAXA, 3 : 長崎大学)

要旨

降雪は地球の水循環およびエネルギー収支を構成する主要な要素の一つである。特に、降雪に伴う潜熱加熱の空間分布は大気循環に影響するため、降雪の鉛直構造の把握は不可欠である。しかし、海洋上や山岳域、高緯度地域では地上観測網が十分に整備されておらず、地上観測のみで降雪の全球分布を把握することは困難である (Kidd et al. 2017)。そのため、衛星搭載降水レーダーは降雪強度の空間分布を全球規模で推定する有用な手段となる (Levizzani et al. 2011)。

13.6 GHz および 35.5 GHz の 2 周波降水レーダー (DPR) を搭載した全球降水観測 (GPM) 主衛星は、降雪強度の全球的な鉛直プロファイルの把握が期待されている (Hou et al. 2014; Skofronick-Jackson et al. 2017)。しかし、GPM/DPR が推定する降雪強度は、地上・衛星・航空機からの推定値と比較して相対的に過小となる傾向が報告されている (Casella et al. 2017; Skofronick-Jackson et al. 2019; Liao et al. 2022)。降雪強度の推定精度は粒径分布だけでなく、バルク密度や形状などの粒子特性にも強く依存するため、DPR の観測情報のみでこれらの不確実性を十分に拘束することは困難である。実際、GPM/DPR の降雪強度推定アルゴリズム (2ADPR V07) では、バルク密度と形状を一意に仮定したうえで粒径分布パラメータを同時に推定しており、実際の粒子特性と整合するように仮定することが求められる。

近年、雪と霰を識別する手法の開発が進められており、粒子特性の拘束に有用となる可能性がある。そこで本研究では、識別結果に基づき、雪および霰の散乱テーブルを選択的に参照する手法を 2ADPR V07 に組み込み、降雪強度推定への影響を評価する。

雪および霰の散乱特性の計算には、ミー散乱理論、T-Matrix 法、DDA 法など、様々な手法が提案されている (Mishchenko and Travis 1998; Draine and Flatau 1994)。本研究では、雪および霰をそれぞれ、バルク密度 0.1 g cm^{-3} ・軸比 0.6、バルク密度 0.5 g cm^{-3} ・軸比 1.0 の回転楕円体と簡易的に仮定し、T-Matrix 法により後方散乱断面積および消散断面積を計算した。誘電率は水と空気の混合物の有効誘電率として扱い、マクスウェル・ガーネット混合則により算出した。また、粒径分布には融解直径に対するガンマ分布を仮定した (Testud et al. 2001; Tokay et al. 2023)。ただし、雪・霰の識別手法は $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温面より上層にのみ適用可能であるため、 $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温面より下層では 2ADPR V07 の仮定に従った。

雲プロファイリングレーダー (CPR) を搭載した CloudSat 衛星と GPM/DPR が同時観測した、2014 年 11 月 24 日 18 時 (UTC) のカナダ・オンタリオ州周辺の降雪事例を対象に検証を行った。本手法による降雪強度の推定値は、2ADPR V07 の推定値と比べて相対的に大きくなった。一方、CloudSat/CPR が推定する降雪強度と比較すると、本手法の推定値は同程度の値を示した。これらの結果は、DPR による降雪強度推定が相対的に過小となる傾向があるという先行研究の報告と整合的であり、本手法が降雪強度推定の改善に有用である可能性を示唆する。今後は、複数事例への適用による統計的検証を行うとともに、散乱特性の仮定に対する推定結果の感度を評価する予定である。