



基于卫星测雨雷达GPM-DPR的 层状云亮带边界识别算法

朱自伟

中国科学院地理科学与资源研究所
中国科学院陆地水循环及地表过程院重点实验室

2023-08-10

第五届全国中尺度气象学论坛

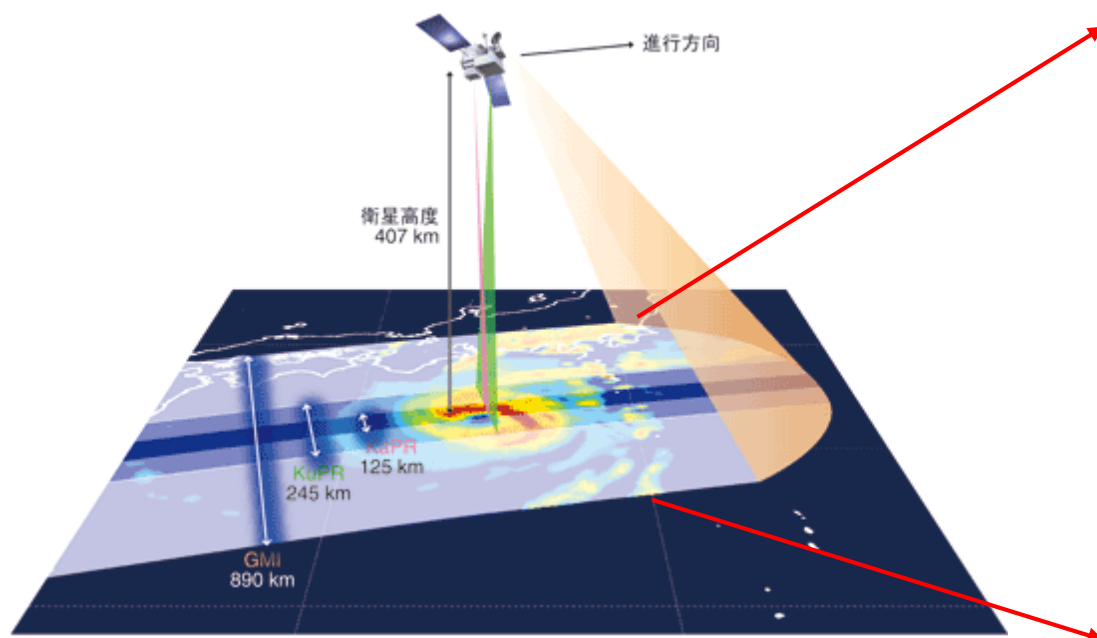
报告内容

- ① 研究背景
- ② 识别算法改进
- ③ 识别算法验证
- ④ 研究结论

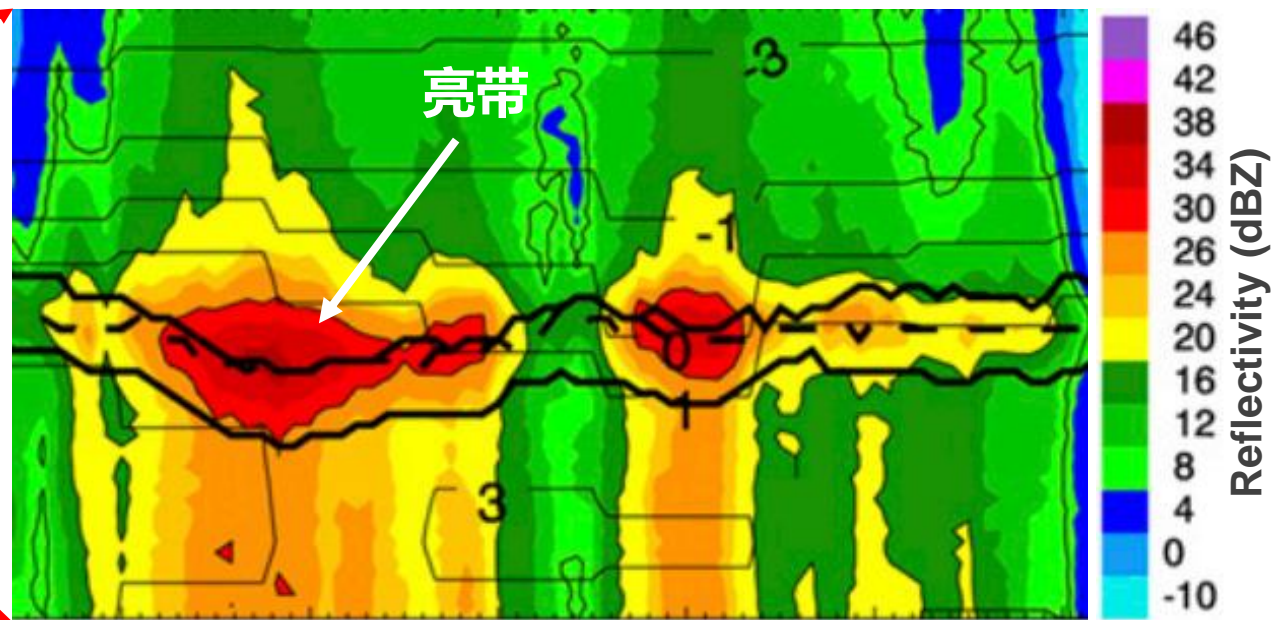
研究背景

□ 亮带边界识别对卫星雷达降水监测的重要性

- 卫星测雨雷达GPM-DPR通过发射Ku、Ka双波段电磁波，进行垂直方向上的降水观测
- 降水相态识别对于GPM-DPR进行衰减订正、微物理反演至关重要
- 在观测层状云降水时，通过雷达反射率的“亮带”特征可以识别融化层，进而区分降水相态



GPM-DPR降水观测示意图

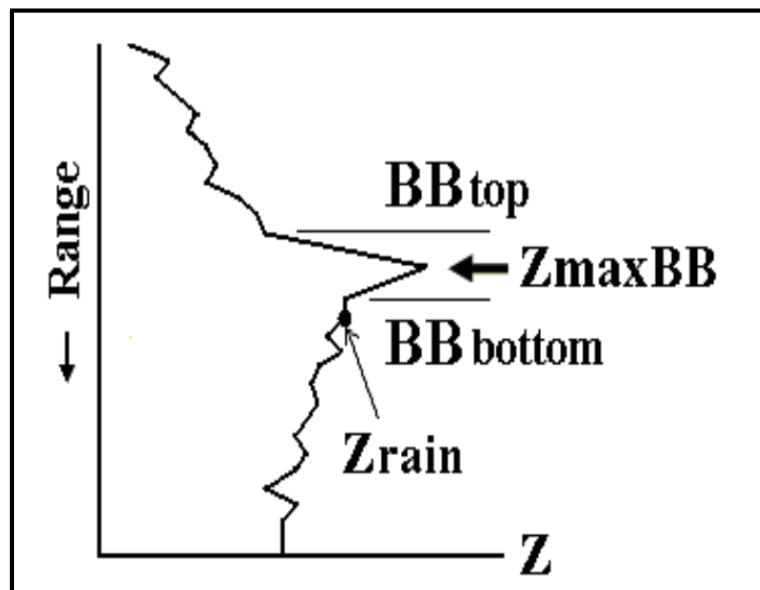


反射率垂直剖面

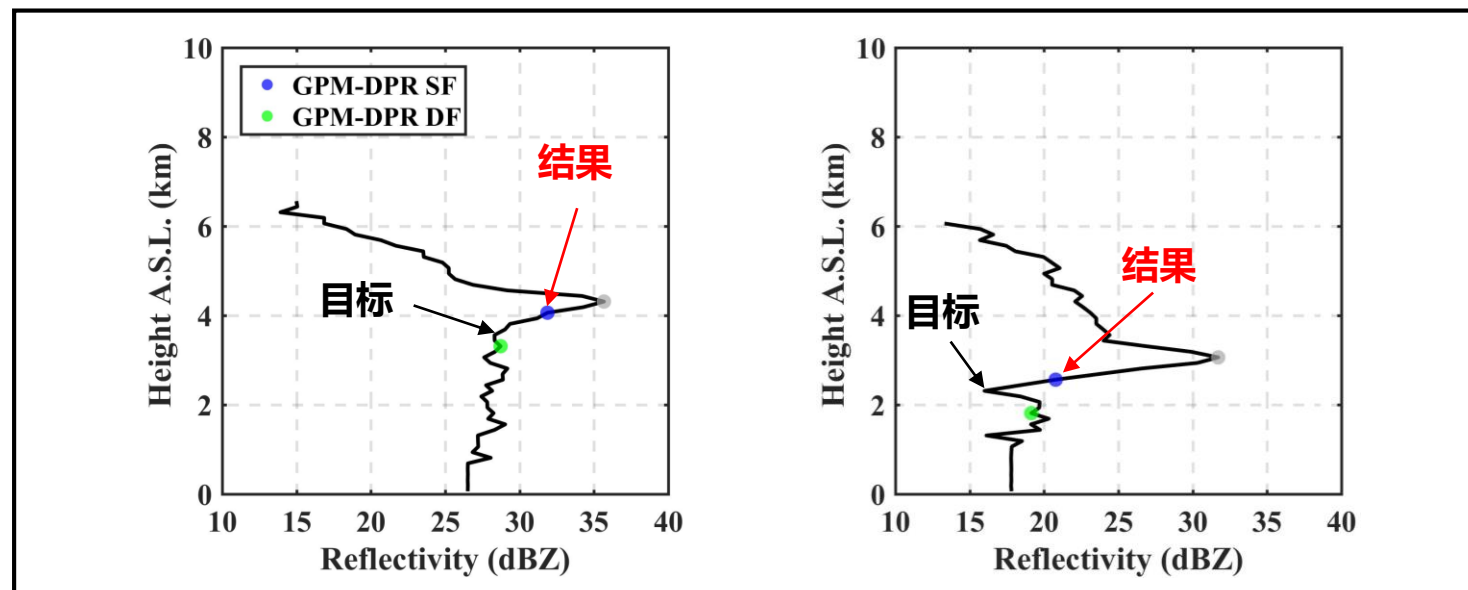
研究背景

□ GPM-DPR现有算法识别不准确：基于Ku单波段反射率识别

- 算法原理：利用Ku波段反射率垂直廓线进行识别，亮带顶部和底部定义为**反射率梯度变化最大点**；
- 情况1：**观测噪声的影响**造成反射率垂直变化出现波动，导致亮带边界误识别；
- 情况2：**搜索阈值的限制**，导致亮带边界误识别



单波段算法原理

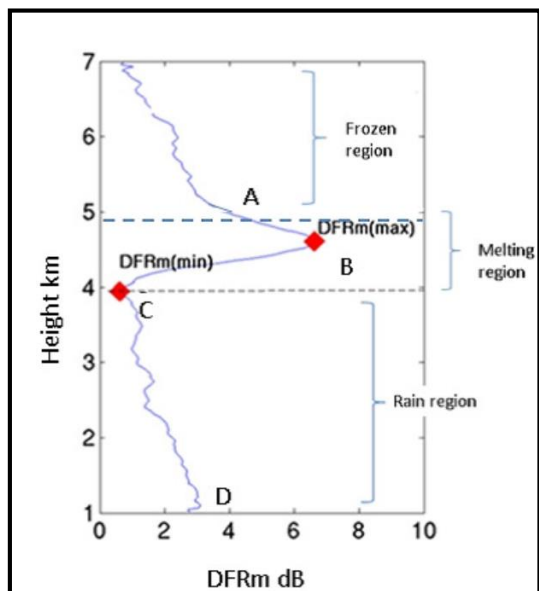


单波段算法性能问题

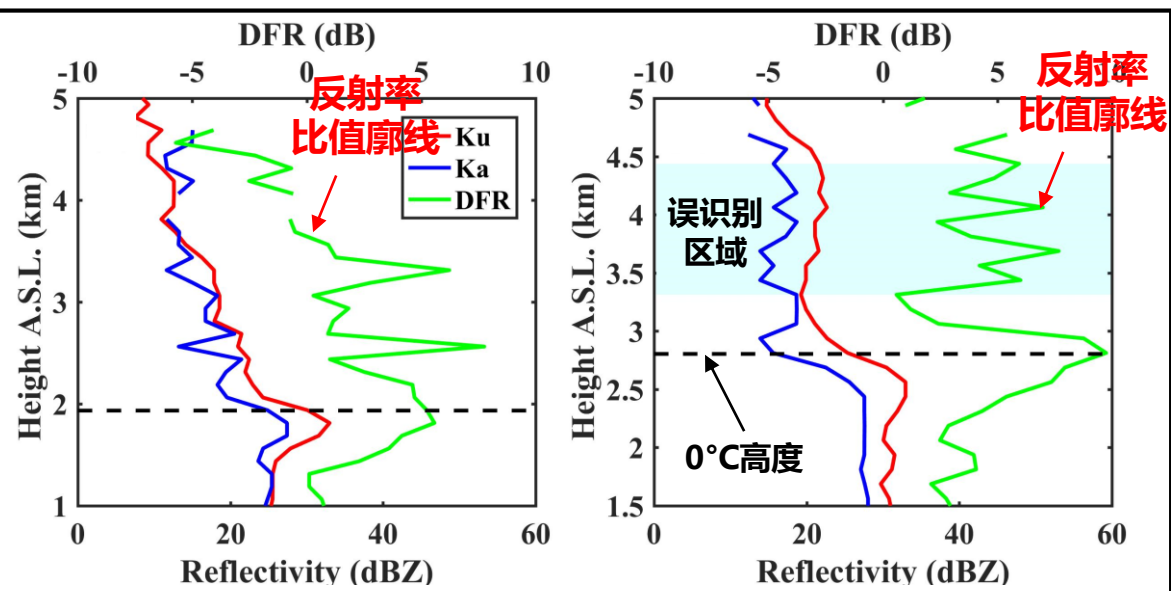
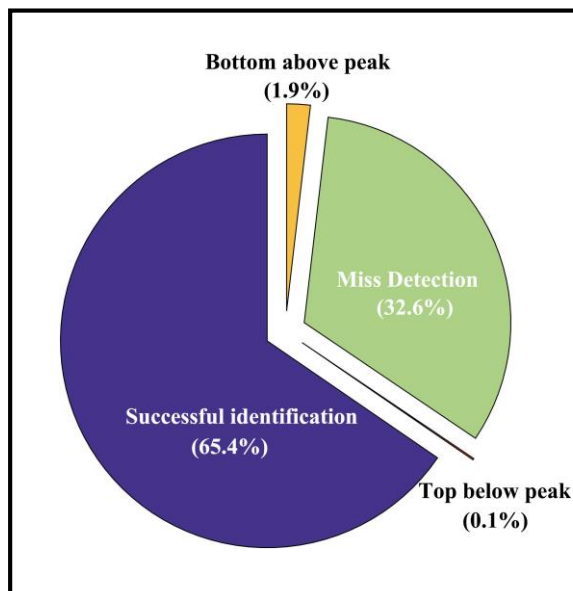
研究背景

□ GPM-DPR现有算法性能不稳定: Ku/Ka反射率比值识别

- 算法原理: 利用反射率比值 (Ku/Ka) 进行识别, 亮带顶部定义为**梯度最大值**, 底部定义为**局部最小值**
- 情况1: 反射率比值的**局部最小值比梯度最大值高**, 导致亮带的**漏识别** (32.6%)
- 情况2: **观测噪声影响**, 导致亮带边界的**误识别** (2%)



双波段算法原理

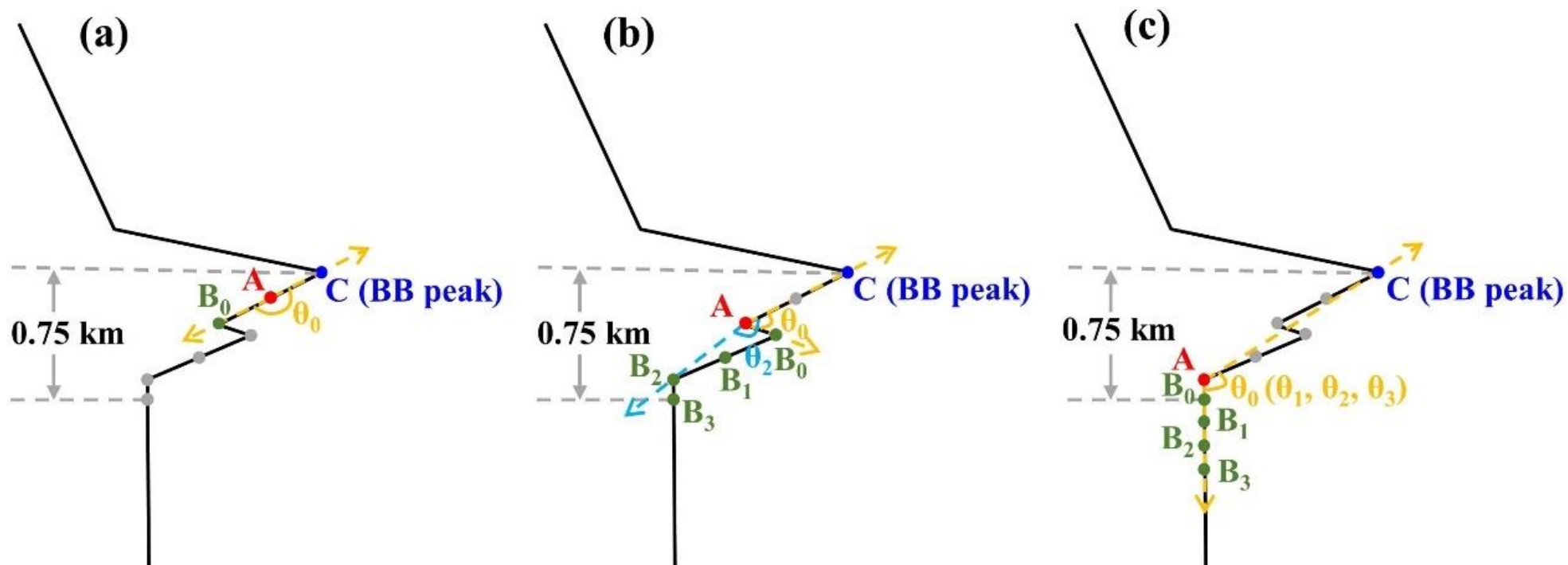


双波段算法性能问题

识别算法改进

□ 新算法的原理:

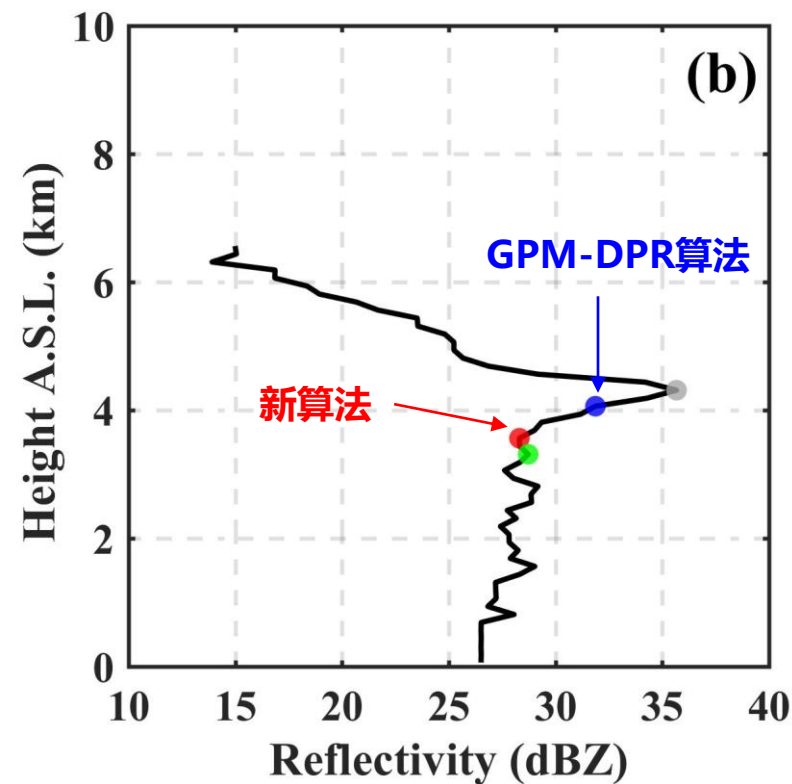
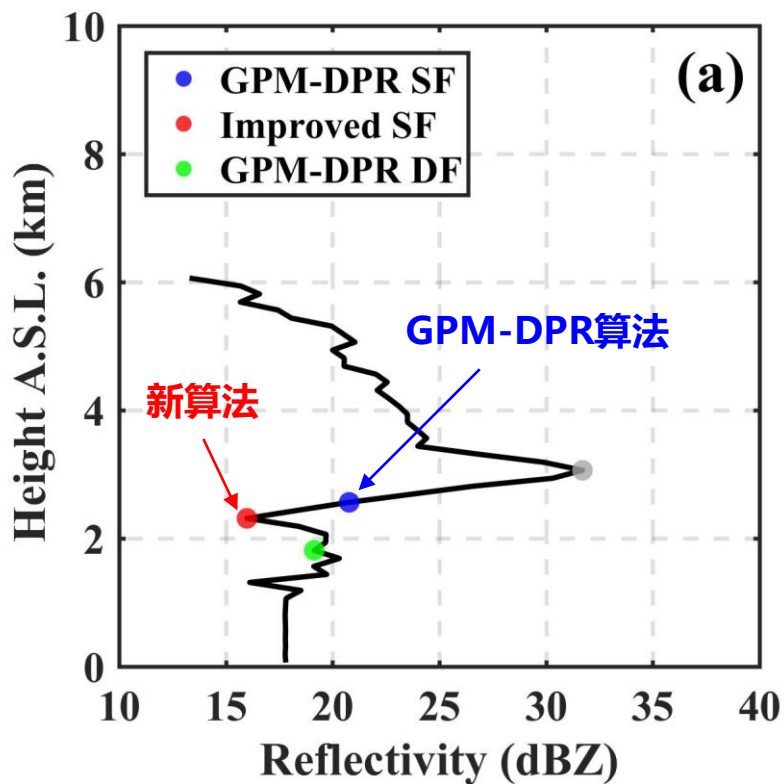
- 基于Ku波段反射率廓线，将亮带边界定义为反射率变化趋势的“转折点”：**夹角大于 15° 并小于 150°**
- 考虑反射率后续的变化，追加多次判定，确保识别结果的稳定性，同时计算简单



识别算法改进

□ 不同算法识别结果比较

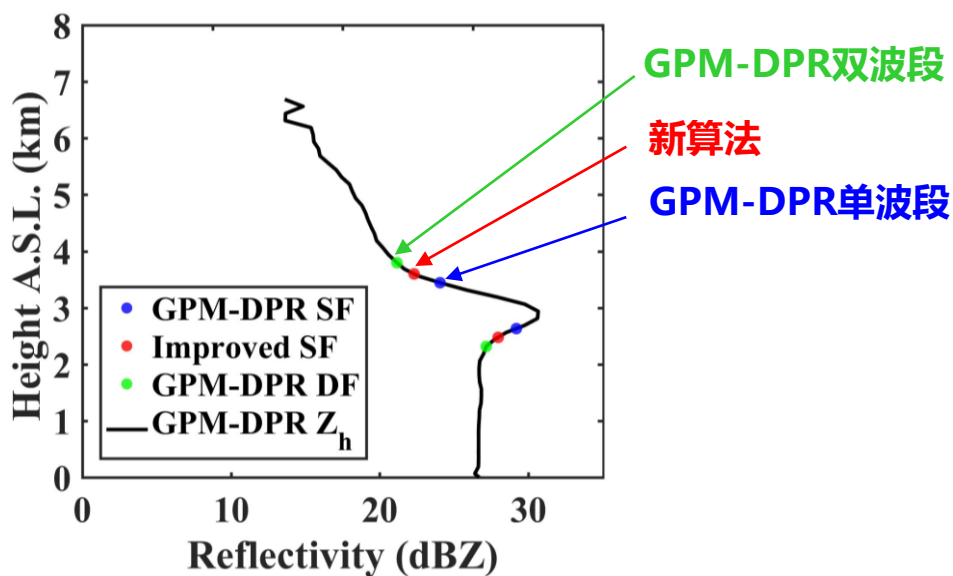
➤ 从廓线结构来看，新算法识别结果更合理



识别算法改进

不同算法物理意义的差异

- 反射率变化：粒子直径增长（凝华、凇附、聚集）、介电常数增加（融化）、下落速度增加（密度）、破碎
- **GPM-DPR单波段算法**：梯度最大的点？
- **新算法**：接近曲率最大点，认为融化开始（结束）会促进（减缓）反射率的变化趋势
- **GPM-DPR双波段算法**：识别反射率梯度增大的开始或结束，认为融化对发射率变化的影响远大于其他效应



多样本平均廓线

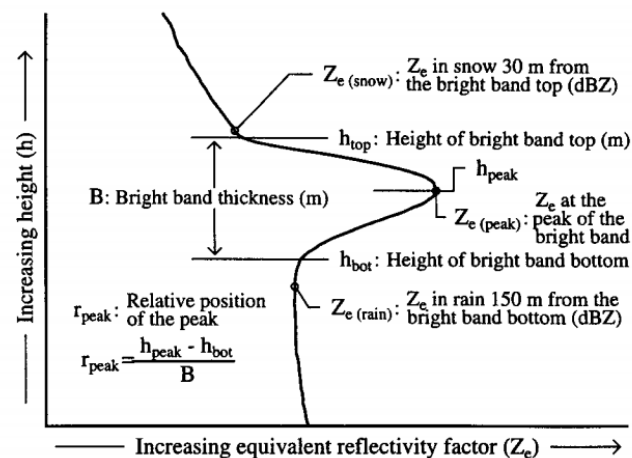


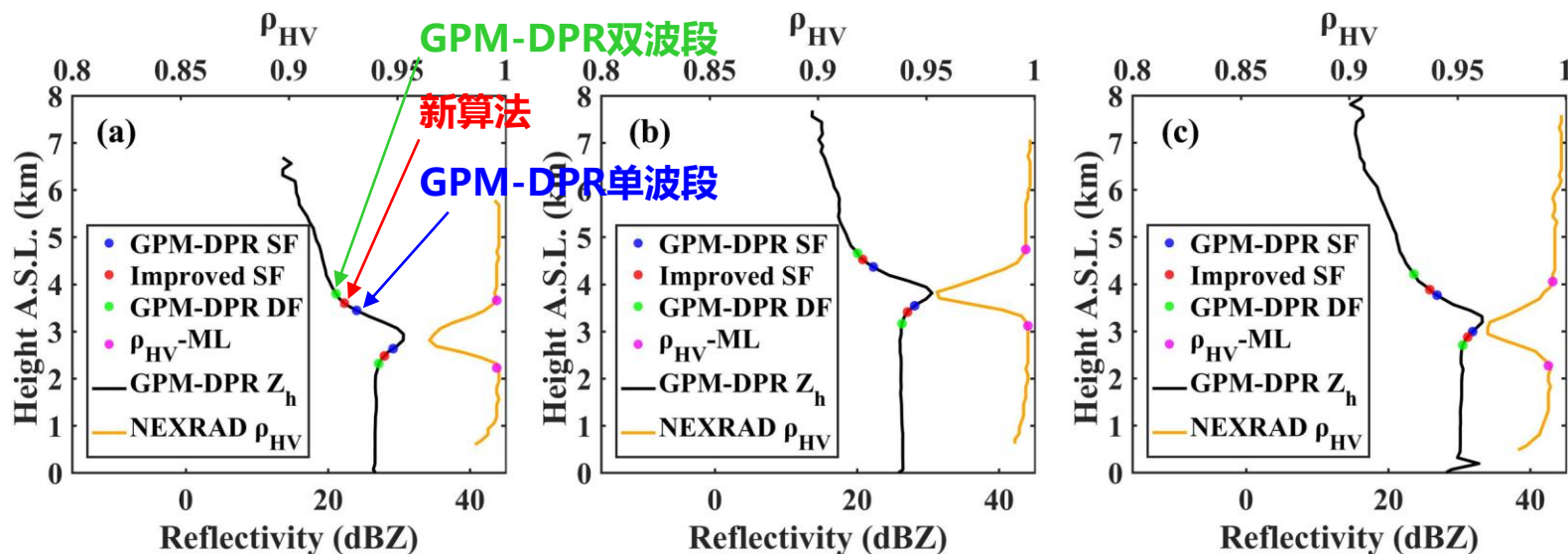
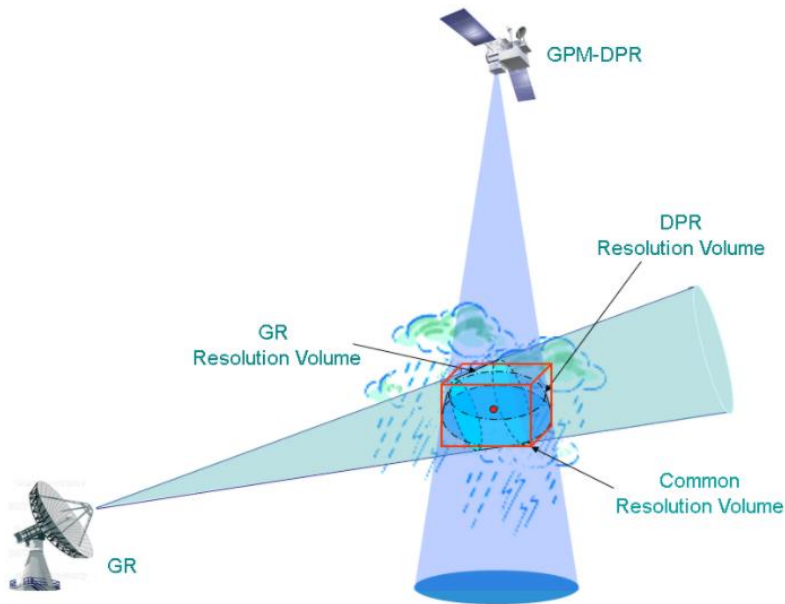
FIG. 1. Schematic drawing illustrating the various parameters that are extracted from the VPR data. A vertical reflectivity profile is shown in reflectivity–height coordinates. Next to it, the parameters extracted and their symbol are shown.

Fabry(1995) 曲率最大点

识别算法验证

□ 通过美国WSR-88D双偏振雷达监测网 ρ_{HV} 进行验证

- GPM-DPR与美国160部天气雷达观测时空匹配：2015年选取出59次大范围层状云降水事件
- **GPM-DPR单波段算法**识别出的**亮带顶部明显偏低，亮带底部明显偏高**
- **新算法**识别出的**亮带顶部接近 ρ_{HV} 识别结果，但识别出的亮带底部偏高**
- **GPM-DPR双波段算法**识别的**亮带顶部偏高，但底部与 ρ_{HV} 识别接近**

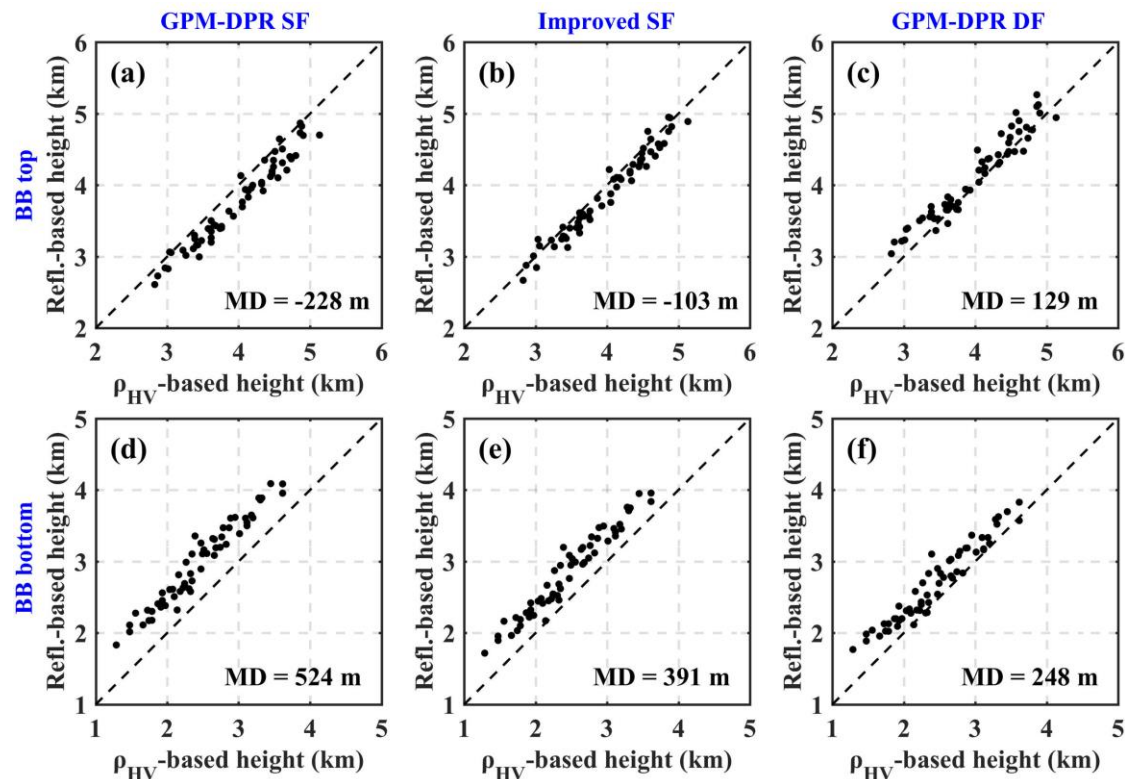
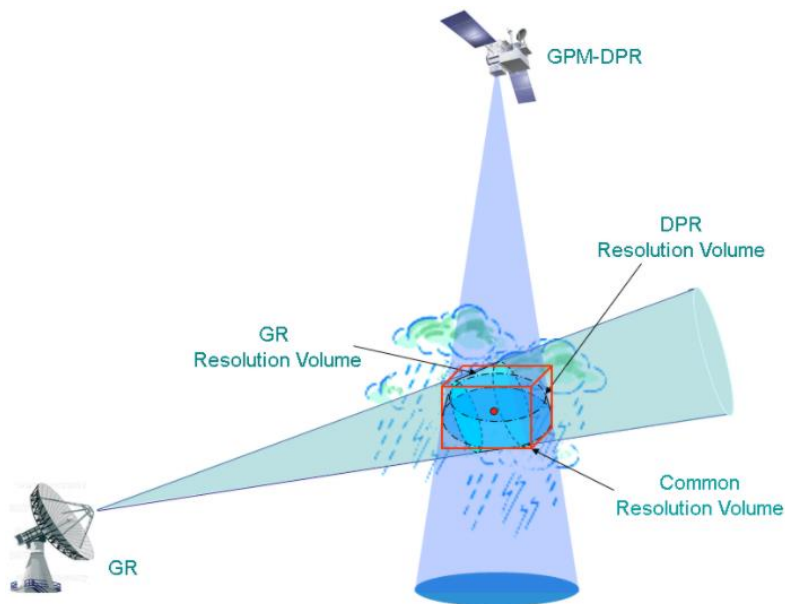


算法验证

□ 通过美国WSR-88D双偏振雷达监测网 ρ_{HV} 进行验证

➤ GPM-DPR单波段识别算法偏差最大，新算法性能明显提升

➤ ρ_{HV} 识别出的亮带底明显更低：融化后期反射率对融化效应不敏感，冰晶/雪花结构被破坏导致反射率快速减小



研究结论

- **GPM-DPR单波段算法不准确**：倾向于低估亮带顶和高估亮带底所在高度，不能正确反映降水粒子相态的变化
- **GPM-DPR双波段算法不稳定**：Ku/Ka反射率比值不能稳定地表征亮带特征，约1/3左右的亮带无法被识别；
但当Ku/Ka反射率比值检测到亮带存在时，亮带边界识别的精度较高
- **新算法同时保证了实时业务运行必须的稳定性**，同时相比GPM-DPR单波段算法，显著提升了亮带边界识别的**准确性**



敬请各位专家批评指正！

谢谢！

zhuziwei_hhu@126.com