

GPM/DPR の Ka 帯降水レーダの鉛直分解能の違いに対するレーダ反射因子の比較

長崎大学工学部 正会員 ○下妻達也

長崎大学工学部 正会員 瀬戸心太

1. 目的

2014 年 2 月 28 日、全球降水観測計画(GPM)主衛星が H2A ロケットにより打上げられた。GPM 主衛星は二周波降水レーダ(DPR)を搭載しており、DPR は KuPR, KaPR と呼ばれる 2 つのレーダから構成される。2 つのレーダの内、KaPR は周波数 35.5GHz のレーダで、弱い雨や固体降水の観測に適した設計となっている。KaPR では高解像度の観測も併せて行われており、これを KaHS と呼んでいる。KaHS の鉛直分解能は KaPR よりも大きくなっており、より高い感度での観測が可能である¹⁾。本研究では KaPR と KaHS の鉛直分解能の違いに着目し、実際に観測された降水強度と観測レーダ反射因子について比較を行った。

2. Ka 帯レーダと観測レーダ反射因子

(1) KaPR と KaHS の鉛直分解能

KaPR は KuPR(周波数 13.6GHz)よりも周波数が高く、KuPR のみでは捉えられない反射強度の弱い降水も観測可能である。KaPR の鉛直分解能は KuPR と同じ 250m であり、KaHS の鉛直分解能は KaPR の 2 倍の 500m である。本研究ではこの鉛直分解能の違いに着目して降水強度や観測レーダ反射因子の比較を行う。

(2) 観測レーダ反射因子 Z_m

レーダによる降水観測では、レーダから電波を発射し、降水粒子による反射エコーを捉えることで降水強度 R を推定しており、この反射エコーを観測レーダ反射因子 Z_m と呼んでいる。レーダによる降水観測を行った場合、 $R-Z_m$ 関係は一般に図-1 に示すような関係をとる。つまり、レーダで観測可能な最小の降水強度(A 部)から、降水強度が大きくなるにつれ Z_m も増加する。しかし、降水強度がある値(B 部)を超えると減衰が生じはじめ、降水強度が増加しても Z_m は減少し、最終的に感度限界に達する(C 部)。

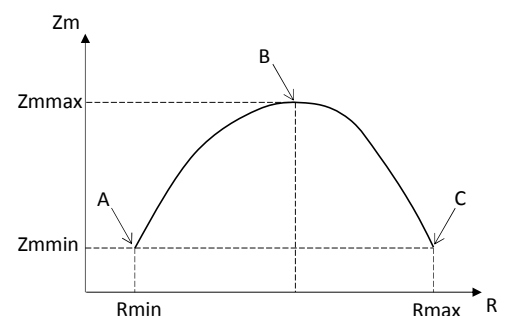


図-1 降水強度とレーダ反射因子の関係

3. 観測レーダ反射因子の比較

(1) 比較方法

KaPR と KaHS について、図-1 の A, C 部で Z_m の感度限界における降水強度の比較、B 部で Z_m の最大値に関する比較をそれぞれ行う。比較は地表面から 2 km 位置で行うものとし、各観測点においてクラッターの影響が無いと判定されたデータのみ使用することとした。観測データは 2014 年 3 月の一か月間分のものを使用し、プロダクトのバージョンは 03B を用いた。なお、KaPR と KaHS は降水強度の強い雨を過小評価してしまう傾向があるため、比較の際は KuPR の降水強度を用いた。

(2) Z_m の感度限界における降水強度の比較(A, C 部)

図-2, 3 は KaPR, KaHS の $R-Z_m$ 関係図で、灰色のプロットは各降水強度に対する Z_m の値、赤・青のラインは降水強度に対する Z_m の平均値曲線を示している。また、 Z_m が 17dBZ, 14dBZ のラインはそれぞれ KaPR, KaHS の最小感度を示しており、X 軸の降水強度は対数表示としている。図より、KaPR, KaHS とともに 10mm/hr 程

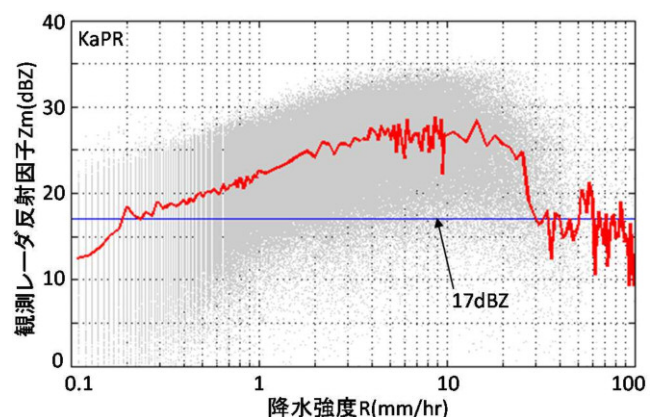


図-2 KaPR の $R-Z_m$ 関係

度までは降水強度の増加に伴い Z_m も増加しているが、10mm/hrを超えた辺りから減衰が生じ、 Z_m が減少していることが分かる。 Z_m の最小感度における降水強度の最小値を見ると、KaPRで0.20mm/hr程度、KaHSで0.13mm/hr程度であり、最大値はKaPRで30mm/hr程度、KaHSで45mm/hr程度となっている。

(3) Z_m の最大値の比較(B部)

表-1にKaPRとKaHSの Z_m 最大値上位10位を示す。表より、 Z_m の値が大きい箇所の降水強度は5~20mm/hr程度であり、図-2、3と傾向は一致している。また、 Z_m の値はKaPRのほうがKaHSよりも1dBZ程度大きな値となっている。図-4は図-2、3の平均値曲線を重ねたものであるが、 Z_m の値は最大値付近のみでなく、全体的にKaPRのほうが2~3dBZ程度大きくなっている。

(4) 考察

これまでにKaPRとKaHSの $R-Z_m$ 関係について比較を行ったが、鉛直分解能の違いによる降水強度と Z_m の違いについて考察する。KaPRの観測可能な降水強度は0.20~30mm/hr程度であり、一方KaHSは0.13~45mm/hr程度であった。KaHSのほうがより広範囲の降水強度を捉えることができているが、KaHSはKaPRよりも鉛直分解能が大きく、その分小さな Z_m も捉えられるため、観測可能な降水強度の範囲が広がったと考えられる。一方、 Z_m の最大値については、KaPRのほうがKaHSよりも1dBZ程度大きな値となり、平均値曲線でも1~2dBZ程度の差が確認されたが、これは鉛直分解能の小さいKaPRのほうが大きな Z_m を捉えやすいためであると考えられる。以上のように、KaPRとKaHSの鉛直分解能の違いに対し、降水強度の観測可能な範囲や観測レーダ反射因子の値に違いが確認された。今後は比較に使用するデータを増やし、KaPRとKaHSの降水強度や観測レーダ反射因子の違いについて調査を行う予定である。

4. まとめ

本研究ではGPM主衛星に搭載されている二周波降水レーダDPRのうちKa帯レーダに着目し、KaPRとKaHSの鉛直分解能の違いに対する、降水強度と観測レーダ反射因子 Z_m について比較を行った。結果、観測が可能な降水強度の範囲はKaHSのほうが大きく、観測レーダ反射因子の最大値はKaPRのほうが大きいことが分かり、鉛直分解能の違いによる降水強度やレーダ反射因子の違いについて捉えることができた。今後は比較に使用するデータを増やし、さらに細かい調査を行う予定である。

謝辞：本研究は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)のPMM研究公募委託研究の支援を受けて行われました。

【参考文献】1) T. Kubota 他：Evaluation of Precipitation Estimates by at-Launch Codes of GPM/DPR Algorithms Using Synthetic Data from TRMM/PR Observations, IEEE JOURNAL of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol7 No9, pp.3931~3944, 2014

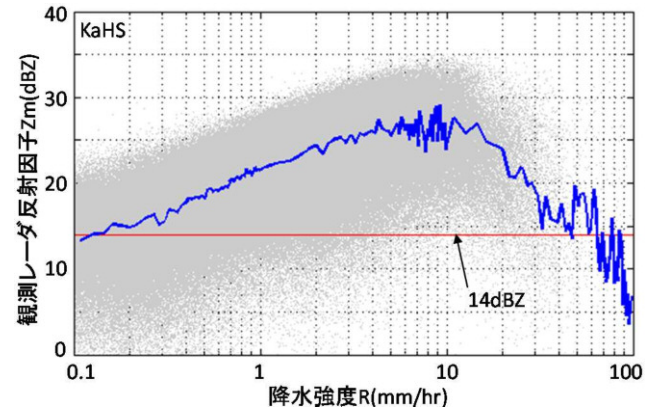


図-3 KaHSのR-Z_m関係

表-1 KaPRとKaHSのZ_m最大値

		Orbit	Longi tude	Lati tude	Scan	Angle bin	降水強度 (mm/hr)	Zmax (dBZ)
K a P R	1	334	-36.111	-54.348	7347	18	11.390	37.170
	2	156	-20.485	35.416	2848	16	25.610	36.620
	3	334	-36.165	-54.316	7346	18	5.750	36.450
	4	334	-37.023	-54.133	7335	13	3.210	36.020
	5	162	-156.591	41.262	3001	16	22.710	35.830
	6	334	-36.755	-54.164	7338	15	13.510	35.800
	7	317	-54.144	38.058	4999	3	11.720	35.720
	8	169	167.541	39.822	4959	13	18.010	35.690
	9	163	-51.293	38.584	4991	11	22.490	35.560
	10	162	-157.836	40.038	2966	20	25.590	35.540
K a H S	1	169	167.548	39.592	4963	10	10.063	35.840
	2	436	-122.038	-31.398	1214	10	25.737	35.830
	3	203	-32.782	43.667	3073	4	15.875	35.580
	4	203	-32.748	43.703	3074	4	23.807	35.580
	5	334	-46.273	-46.543	7117	21	14.681	35.570
	6	431	-164.208	-36.837	6864	23	12.745	35.560
	7	436	-122.024	-31.971	1203	4	16.759	35.460
	8	317	-54.029	38.038	5000	4	8.645	35.370
	9	162	-157.256	40.562	2981	17	9.071	35.320
	10	149	140.886	30.405	2727	4	10.762	35.280

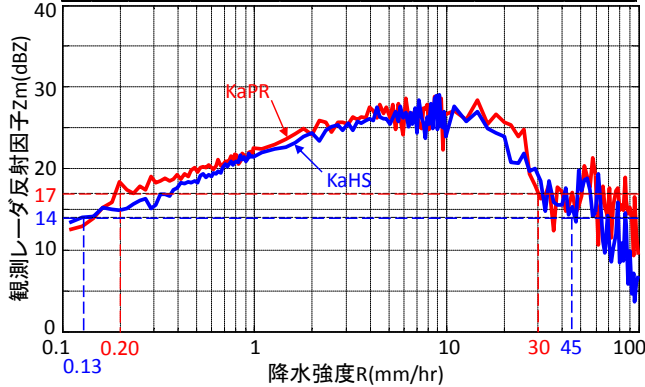


図-4 KaPRとKaHSのR-Z_m曲線