

気象レーダと 衛星搭載2周波レーダ

2017年11月27日

獨協大学

中村健治

Radar: Radio Detecting and Ranging

第二次大戦中に発展。軍事目的。

送信管はマグネトロン

レーダ画面に雨エコーが現れることは早くから認識された。

戦後、レーダによる降水観測の研究が始まる。

D. Atlas

1960: Wave propagation in a turbulent medium, Tatarski

1966: Radio Meteorology, Bean and Dutton

1970: Principle of Optics, Born and Wolf

1973: Radar Observation of the Atmosphere, L. J. Battan

1981: Recent Progress in Radar Meteorology,

NCAR Atmospheric Technology

Multi-parameter radar

Doppler radar: established.

Doppler Radar and Weather Observation

Doviak & Zrnic (1984, 2006)

降水システムの複数ドップラレーダによる2次元、3次元観測

偏波レーダ: long history

197x-: MaCormick and Hendry (Canada): 円偏波

Seliga and Bringi (USA): 直線偏波

散乱理論: Oguchi (RRL)

1990-: Zrnic: operational applications

Accurate rain rate measurements with phi-DP

Polarimetric Doppler weather radar:

Bringi & Chandrasekar, 2001

Japan:

小平信彦、立平良三、気象レーダ特集号、

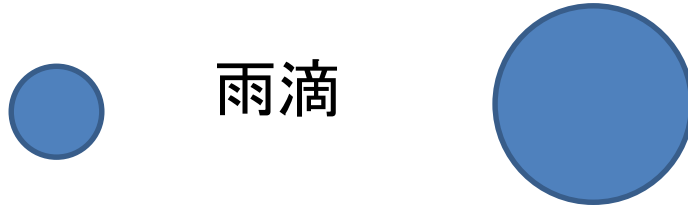
気象研究ノート、112号(1972)

深尾、浜津、気象と大気のレーダーリモートセンシング

(2005、2009)

開発の歴史: 気象研究ノート(近刊)

分布はレーダでわかる。しかし降雨強度は不確定性が大きい。
粒子の散乱強度は大きさの6乗であるが、降雨強度は大きさの4乗程度。→ 雨滴粒径分布による。



エコー強度：小
降雨強度：小

エコー強度：非常に大
降雨強度：大

分布：レーダ、雨量計による準実時間校正
(レーダーアメダス合成図)

精度:

偏波レーダ:位相差利用による絶対値推定

観測域

多数のレーダが必要

地面付近の降雨の観測が必要。山の遮蔽あり。

近年、分解能への要求が大きくなった。

空間分解能:

アンテナビーム幅 → 大きなアンテナが必要

距離分解能:帯域で決まる。

高い分解能:広い帯域が必要。 $\Delta R = c / 2\Delta F$

150mならば1MHz以上の帯域が必要

非干渉性散乱のため、多数の独立観測値の平均化が必要。

多数の距離方向、角度方向、時間方向のデータが必要。

時間分解能:Rapid scanning radar

Phased array radar with solid state amplifiers

(NICT、牛尾、東芝)

多周波レーダ

1970年代: 検討、S/C/X

Eccles & Mueller、1971

Ka帯の減衰利用の降雨測定

2台必要、減衰差利用では観測距離が限られる。

→ 実用化されず。

マイクロ波回線: 実用化への動きあり

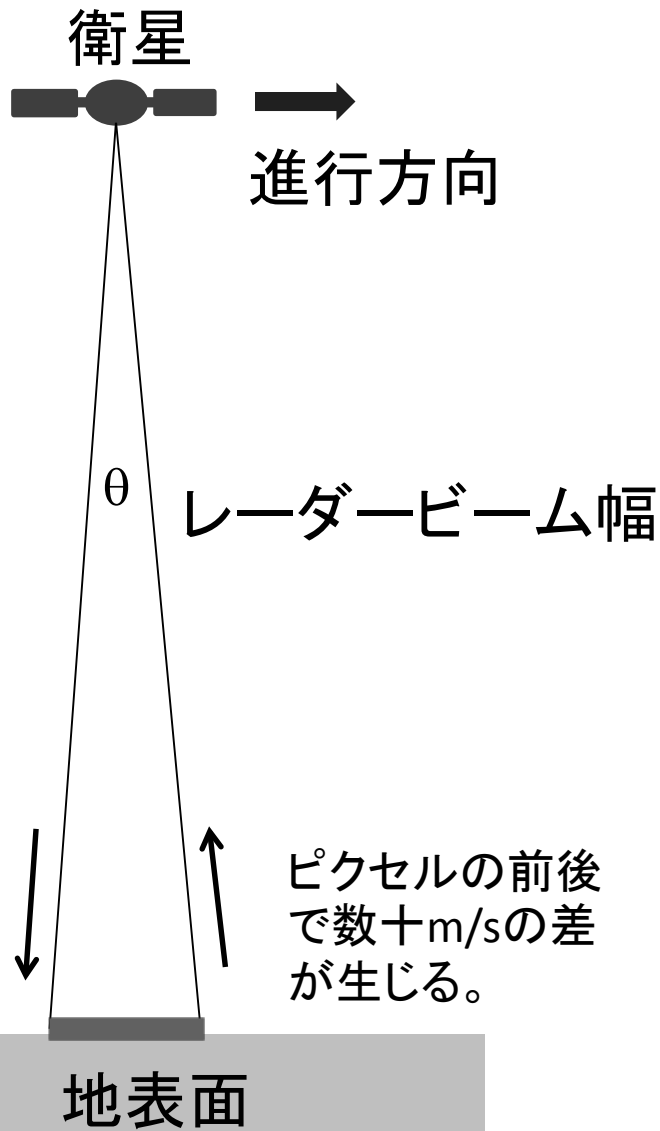
衛星搭載レーダ

雨域内観測距離: 5km程度と短い。

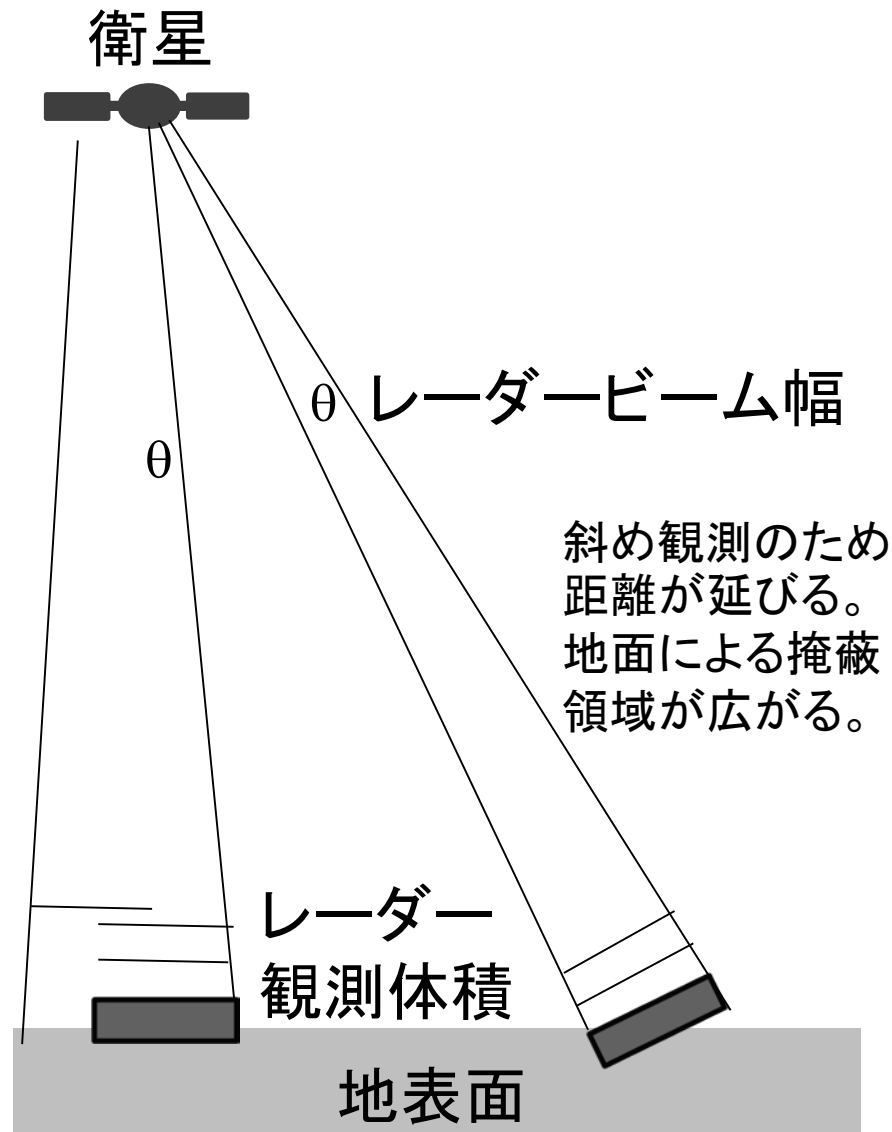
一方、偏波レーダは不利。

ドップラ機能も不利。

→ 衛星搭載2周波(Ku/Ka: 13.6/35.5GHz)レーダ

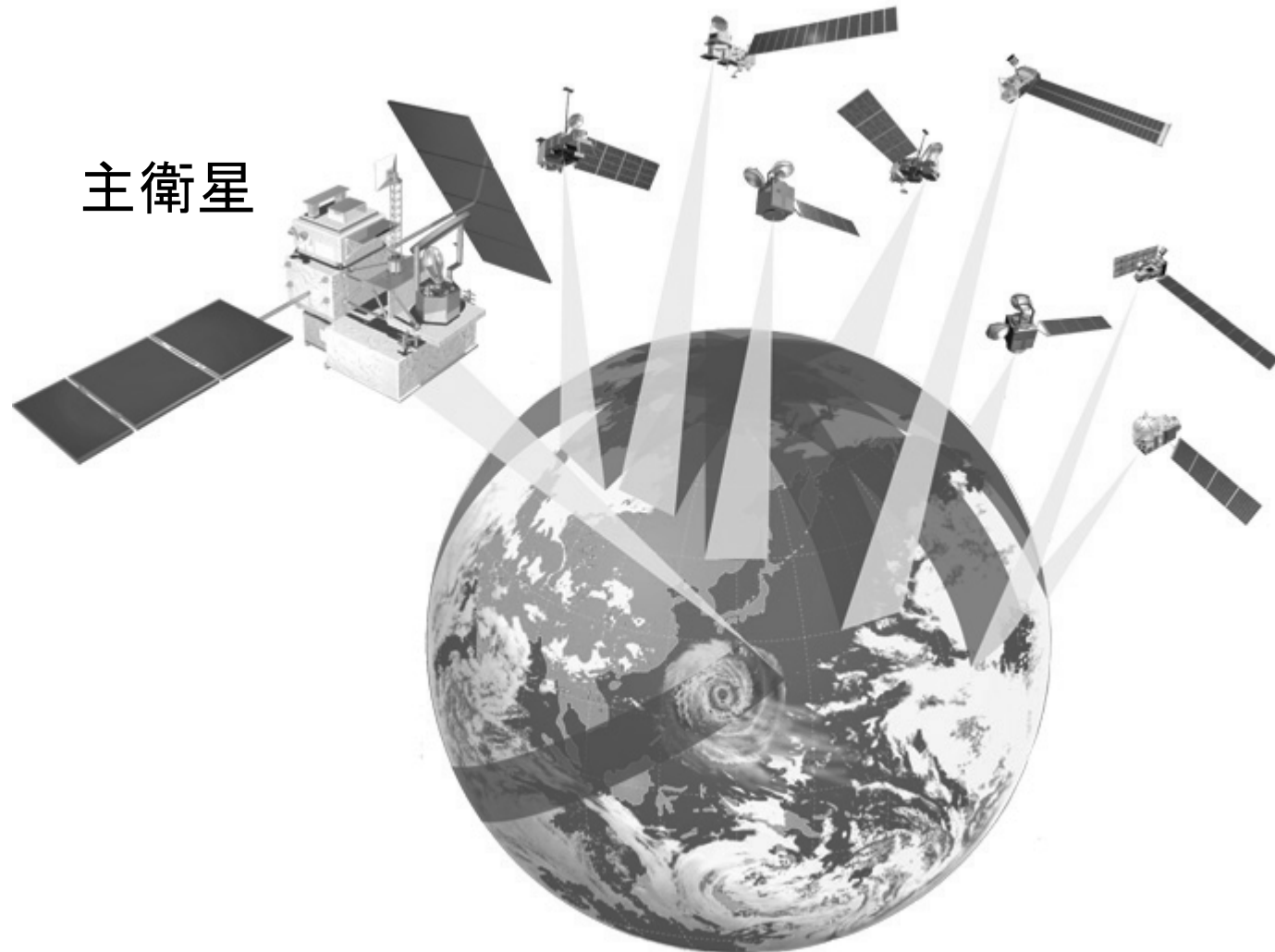


衛星搭載レーダーによる
ドップラ効果

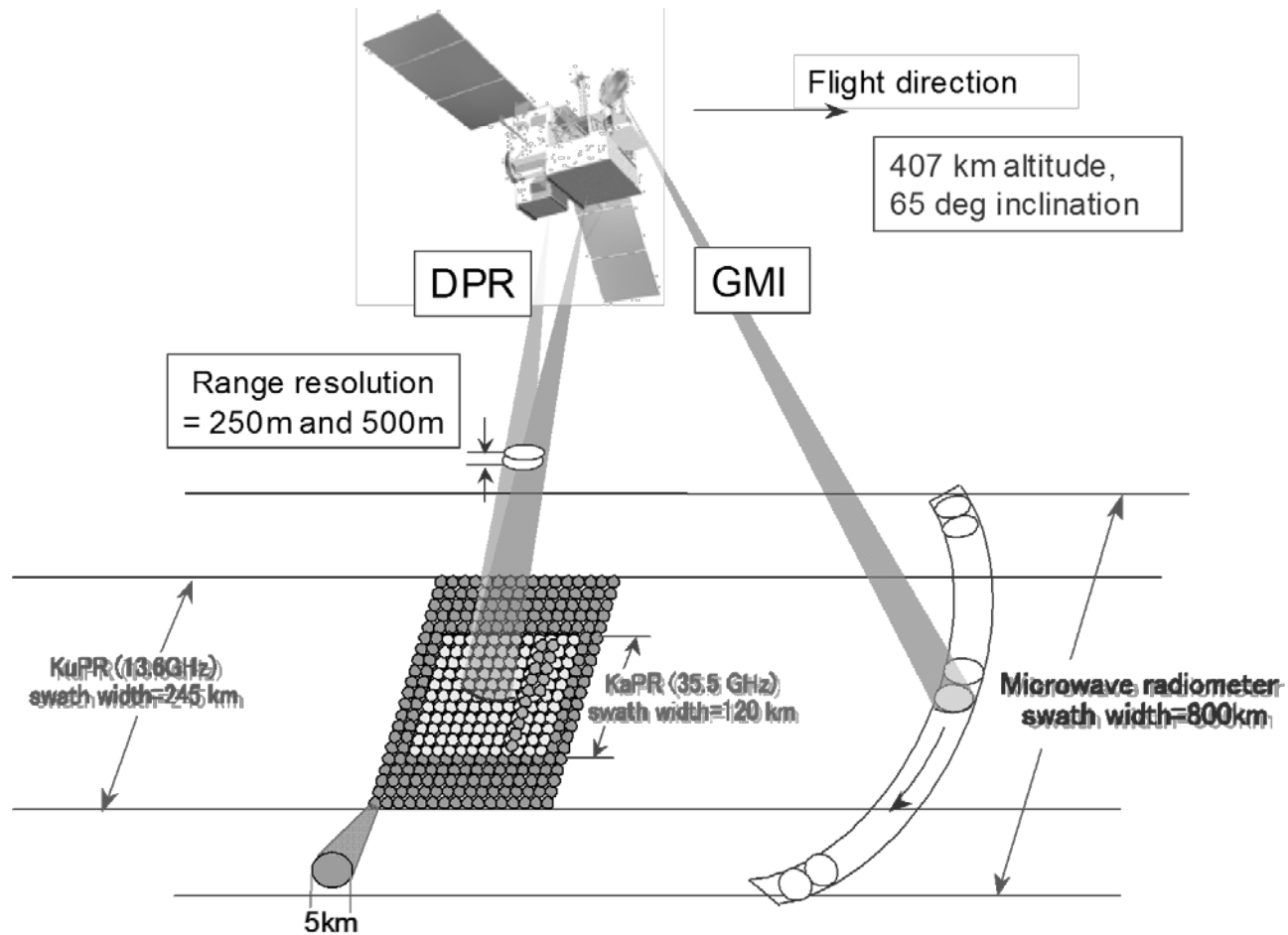


衛星搭載レーダーの斜め観測

マイクロ波放射計搭載の副衛星群



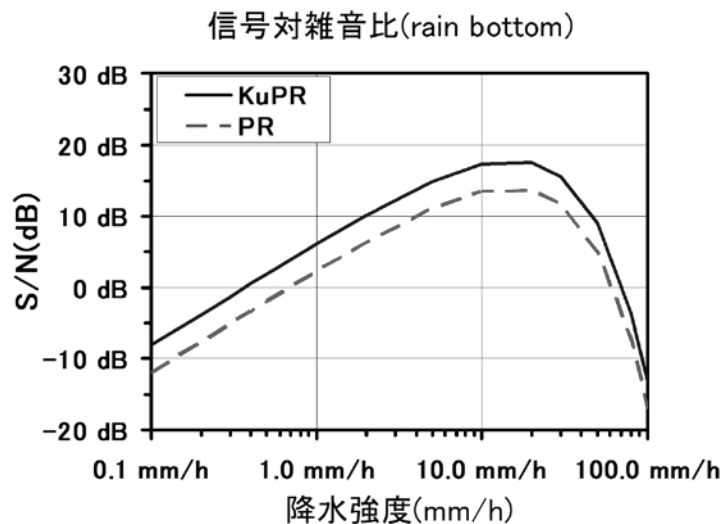
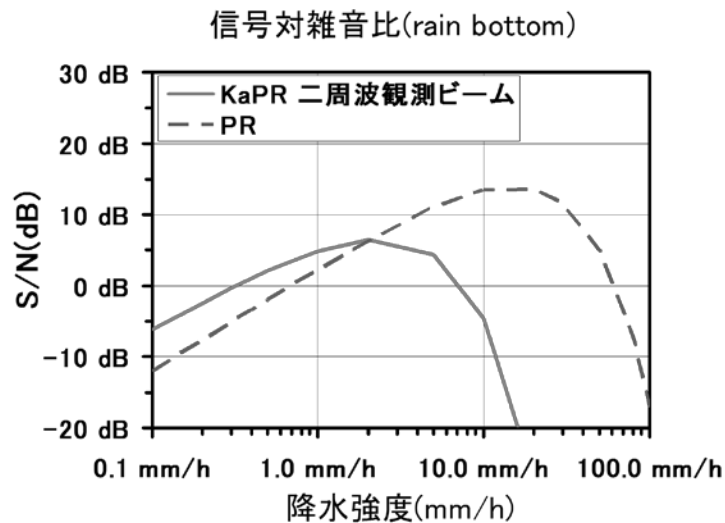
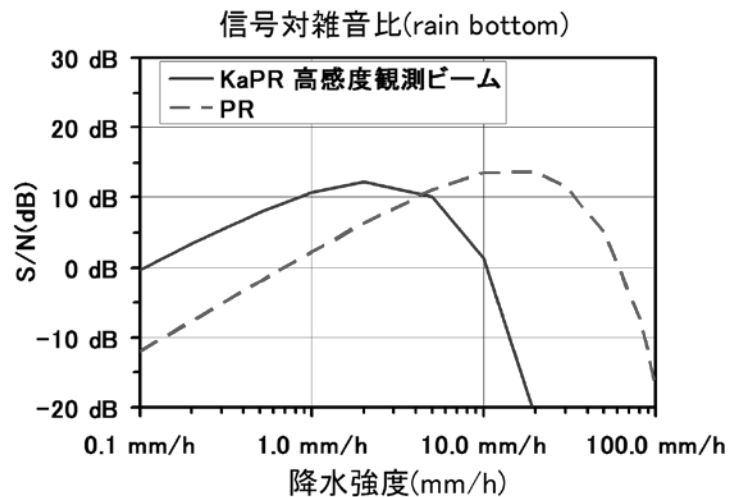
GPMの概念。一つの主衛星と副衛星群で構成されている。(JAXA、NASAのホームページより)



GPM主衛星による降水観測の概念。二周波降水レーダー(DPR)とマイクロ波放射計(GMI)により降水システムを観測する。(JAXAホームページより)

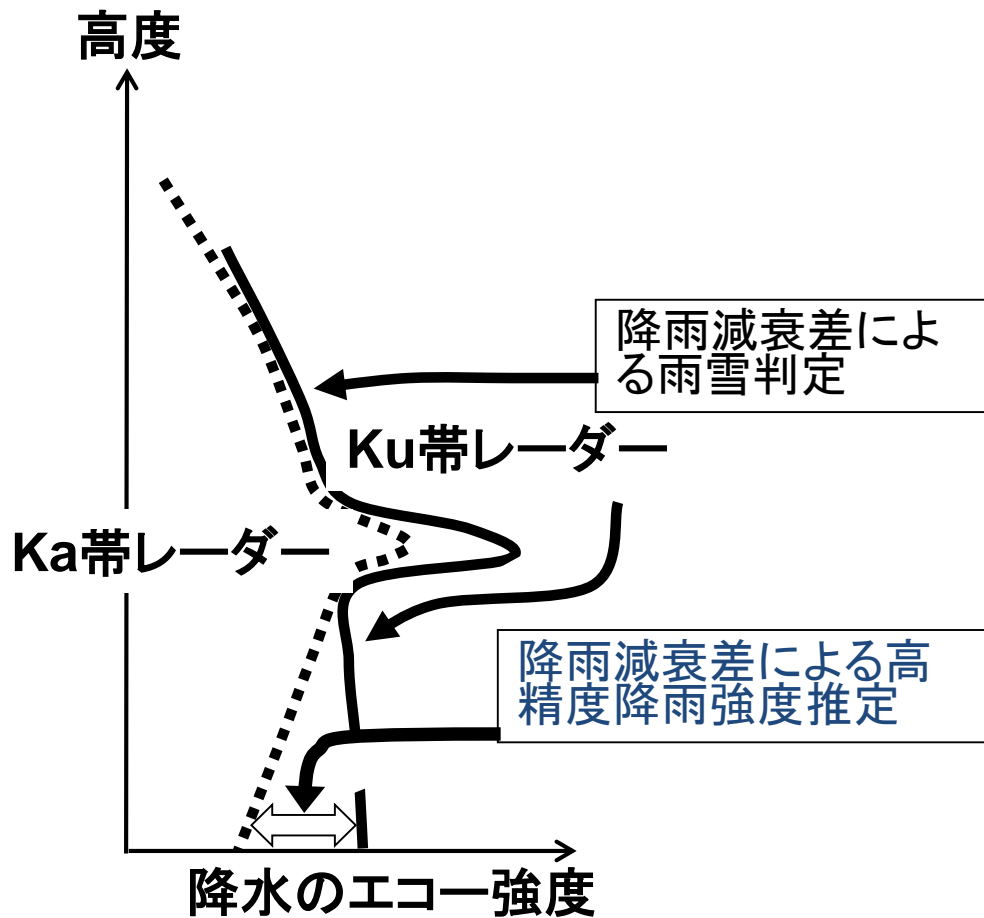
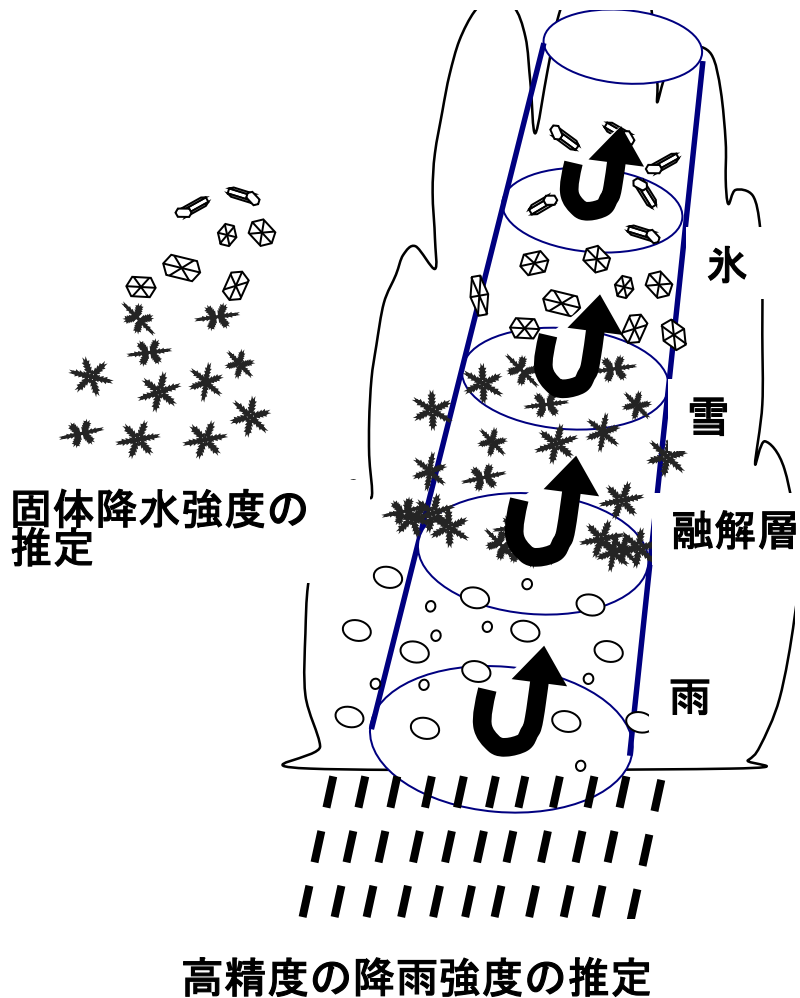
二周波降水レーダーの主要諸元

	Ku帯レーダー	Ka帯レーダー
方式	アクティブフェーズドアレイ、パルス方式	
アンテナ	導波管スロットアレイアンテナ(128素子)	
周波数	13.6GHz	35.55GHz
ピーク送信電力	1000W以上	140W以上
走査幅	245km	125km
水平分解能(衛星直下点)	5.2km	5.2km
距離分解能	250m	250m/500m
観測高度範囲	地表～19km	地表～19km
最小観測降雨強度	0.5mm/h	0.2mm/h
サイズ	2.5m × 2.4m × 0.6m	1.4m × 1.2m × 0.8m
消費電力(1周平均)	446W以下	344W以下
質量	456kg以下	336kg以下

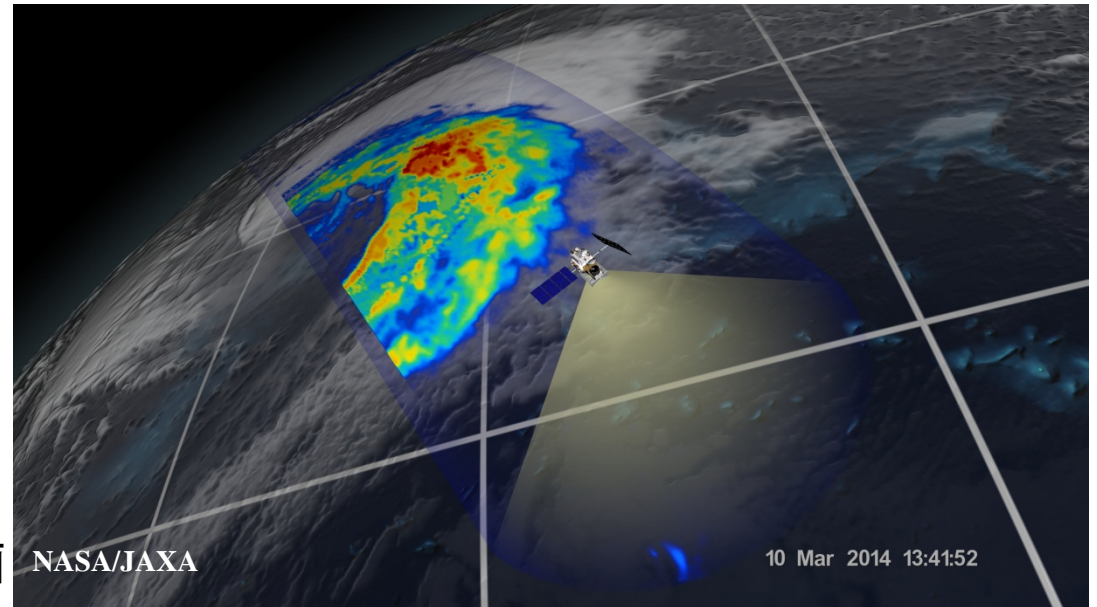
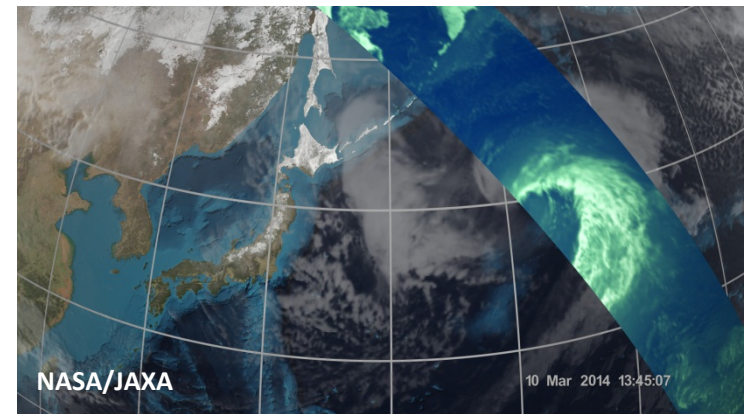
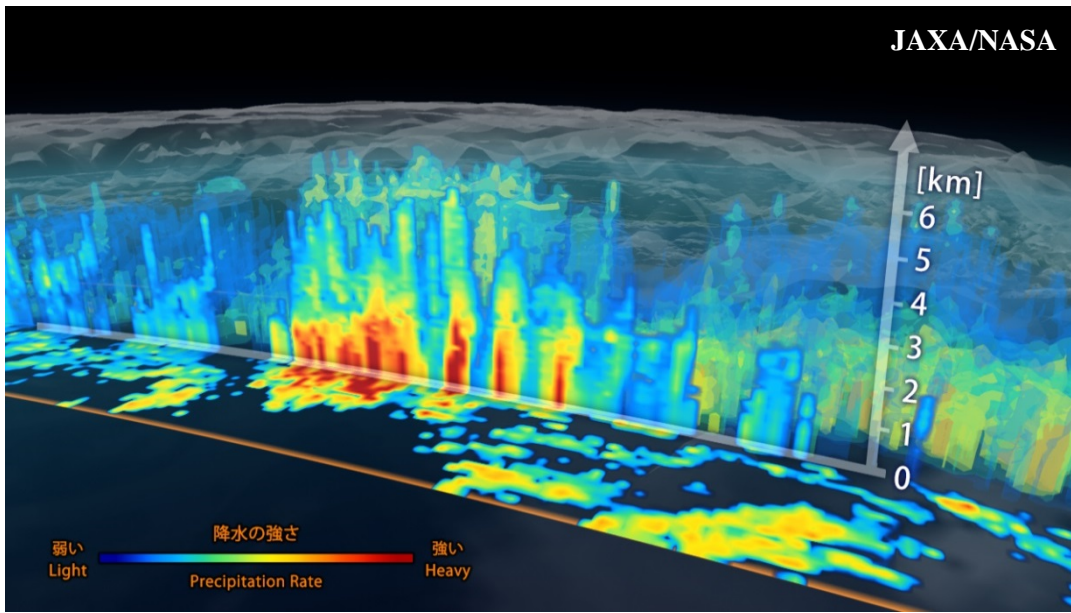


GPMの二周波降水レーダーの感度。地表付近での信号対雑音比で示している。比較のためTRMM降雨レーダーについても点線で示している。左上:距離分解能500mの高感度モードでのKa帯レーダー、右上:距離分解能250mでのKa帯レーダー、下:Ku帯レーダー。

二周波降水レーダーの観測ビーム

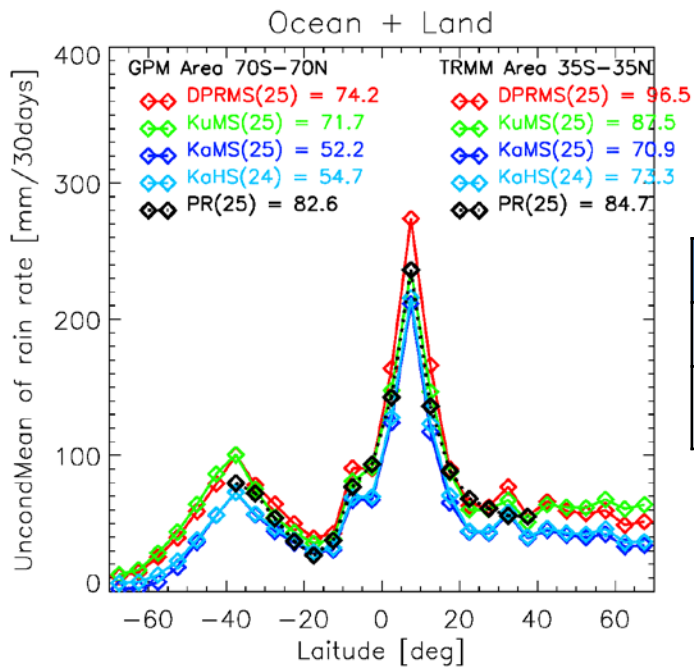


二周波降水レーダーによる降水エコーの鉛直プロファイルの模式図 (JAXAのホームページより)



GPM主衛星による2014年3月10日
13:30(世界時)頃の日本の東海上の
低気圧に伴う降水の観測例。左上:二
周波降水レーダーによる画像、右上:
マイクロ波放射計の36GHzチャンネル
の画像、下:マイクロ波放射計による
推定地上降雨強度。気象庁と米国海
洋気象局の静止気象衛星の赤外雲画
像を重ねてある。(JAXA、NASAホー
ムページより)

Zonal averaged during Jun-Jul 2014 in **precipRateSurface** V05 (V7.20170308)



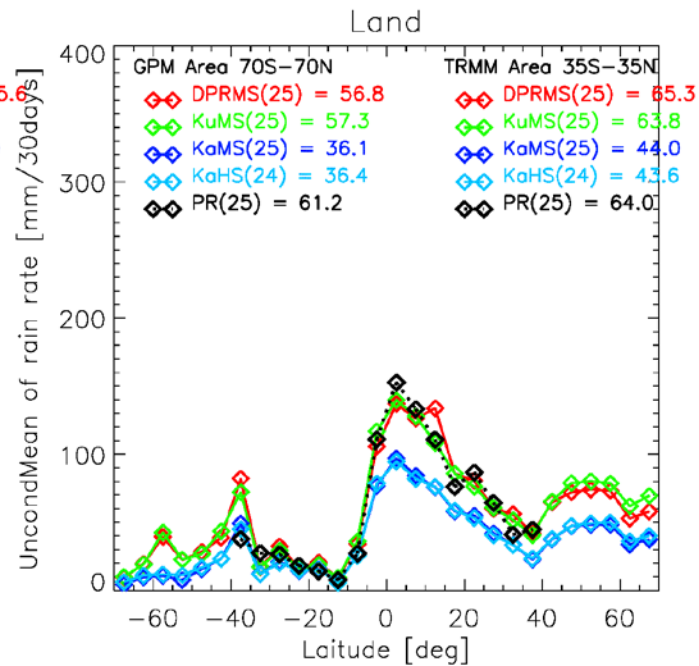
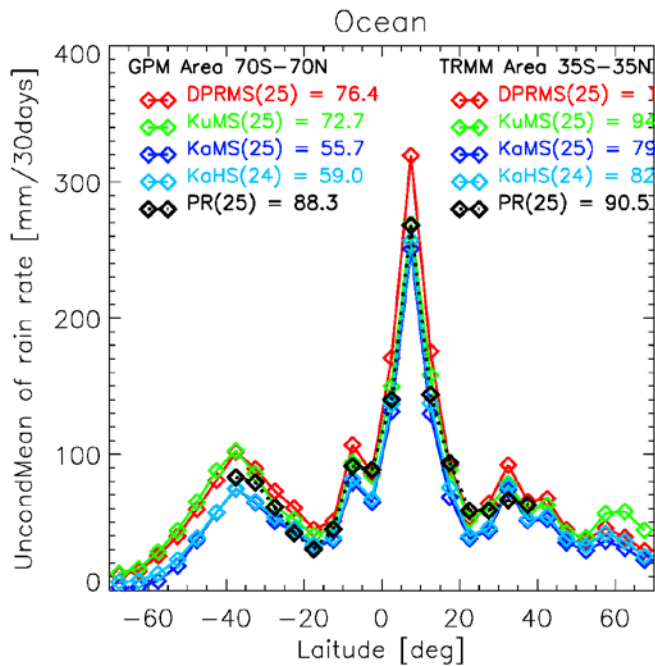
GPM-average (all)

	V04A	V05
KuMS	76.2	71.7
DPRMS	66.0	74.2

TRMM-average (all)

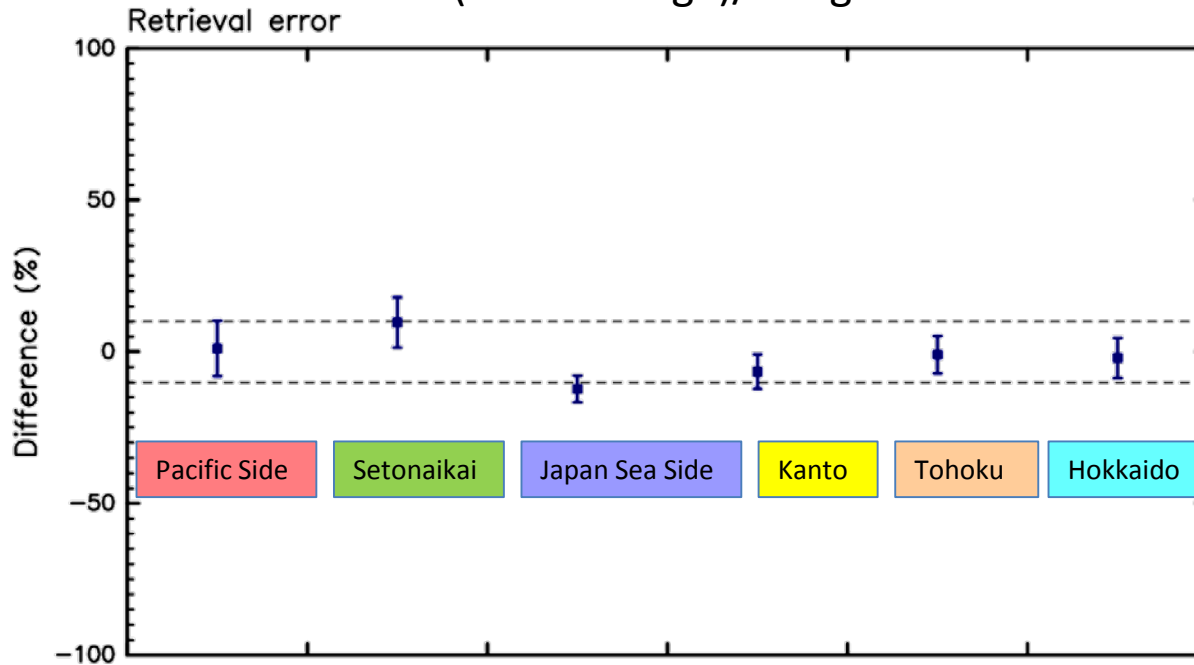
	V04A	V05
KuMS	92.3	82.5
DPRMS	85.1	96.5

Better consistency in V05 for averages of the GPM-coverage



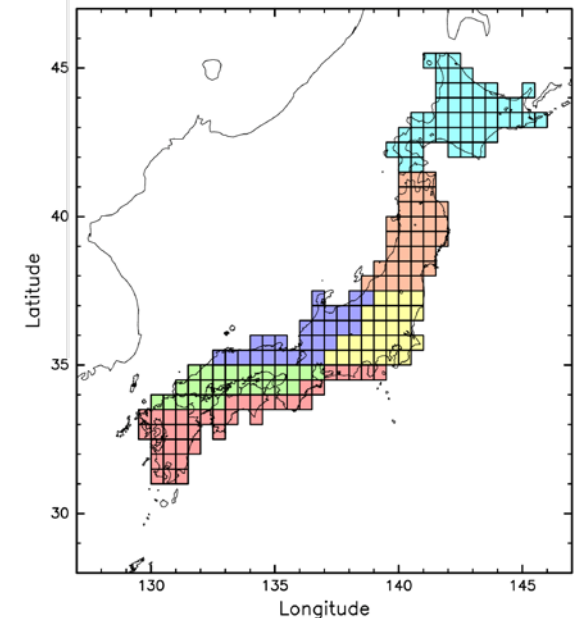
Comparisons of DPR rain estimates with JMA AMeDAS rain gauge data

$(\text{DPR} - \text{Gauge})/\text{Gauge}$



6 areas

1. Hokkaido (No. of boxes: 45)
2. Tohoku (34)
3. Kanto (27)
4. Sea of Japan side (27)
5. Inland Sea area (27)
6. Pacific Ocean side (39)

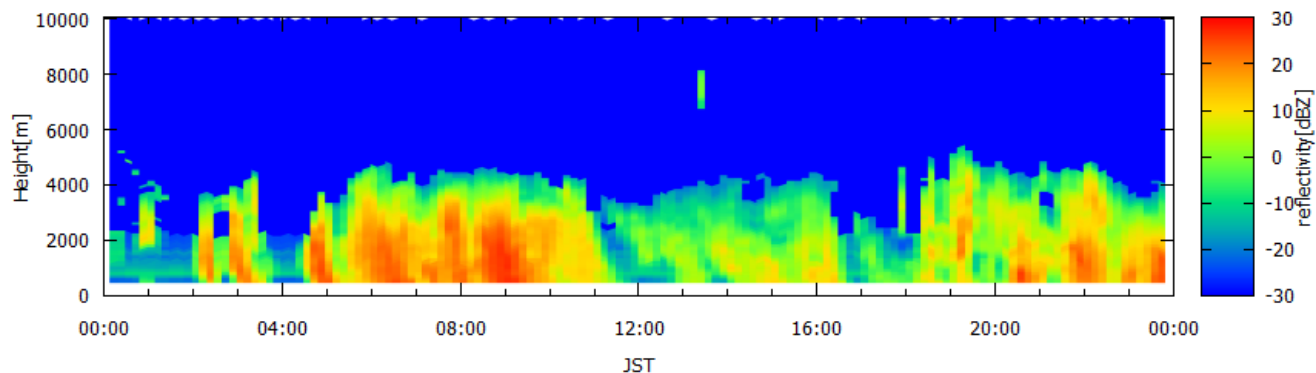


- Two years of data from June 2014 to May 2016
- AMeDAS data at overpasses only
- Gauge data are 10 min data immediately after the overpasses
- Rain total is estimated at each 0.5×0.5 deg. box, and means and standard deviations of 6 colored areas are calculated.
- To exclude snow fall data, if the surface temperature is below 6 degrees, data in that box are not used.

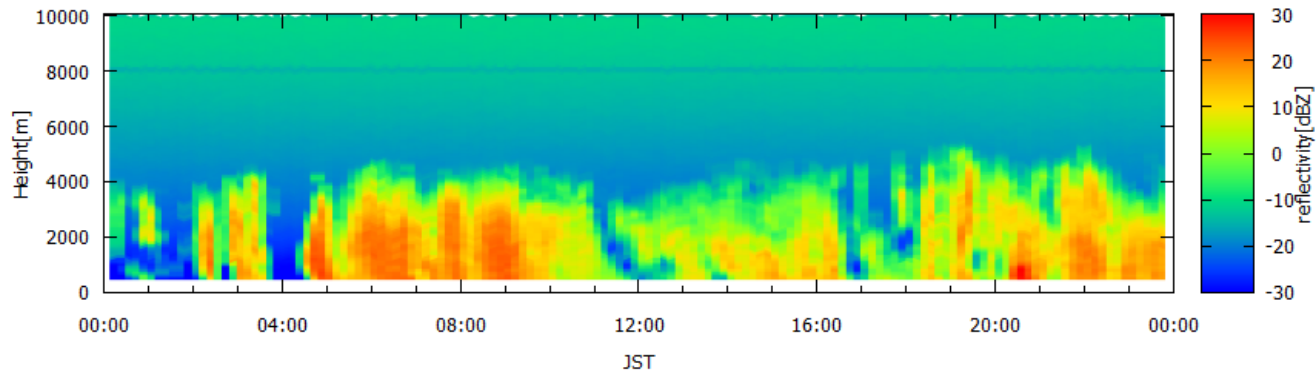
DFR on 25 Jan. 2012 at Nagaoka

2012/1/27@Nagaoka (Top:XPOL, Middle:JAXA-Ka, Bottom:DFRm)

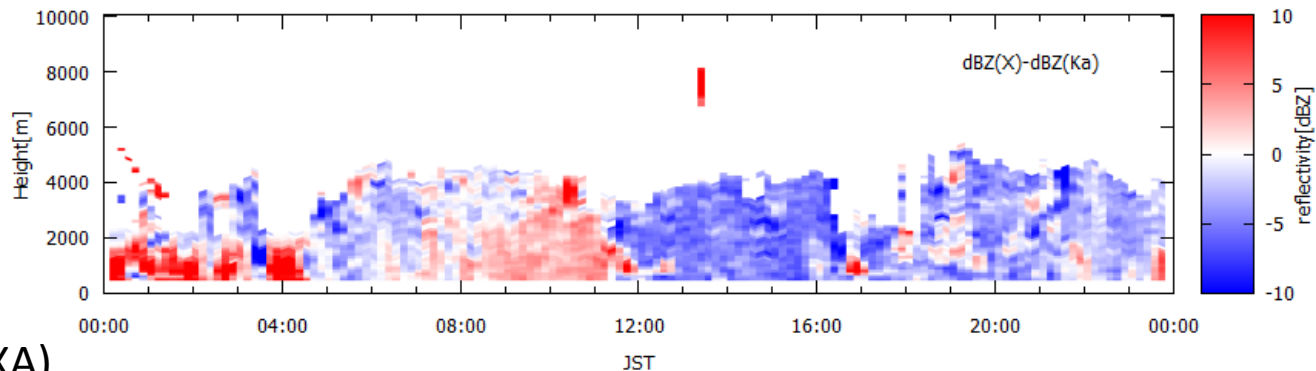
NIED XPOL



JAXA Ka



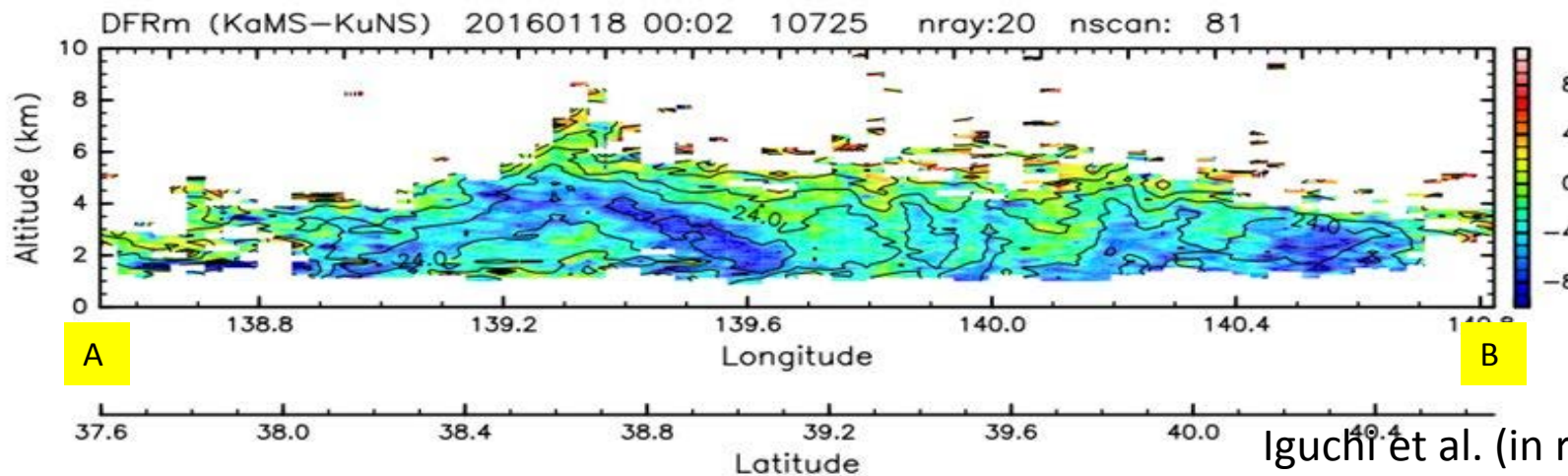
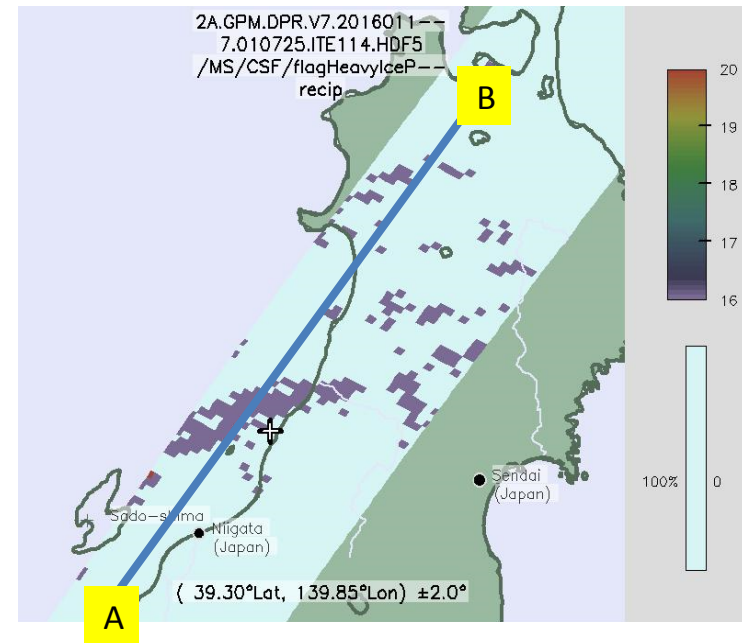
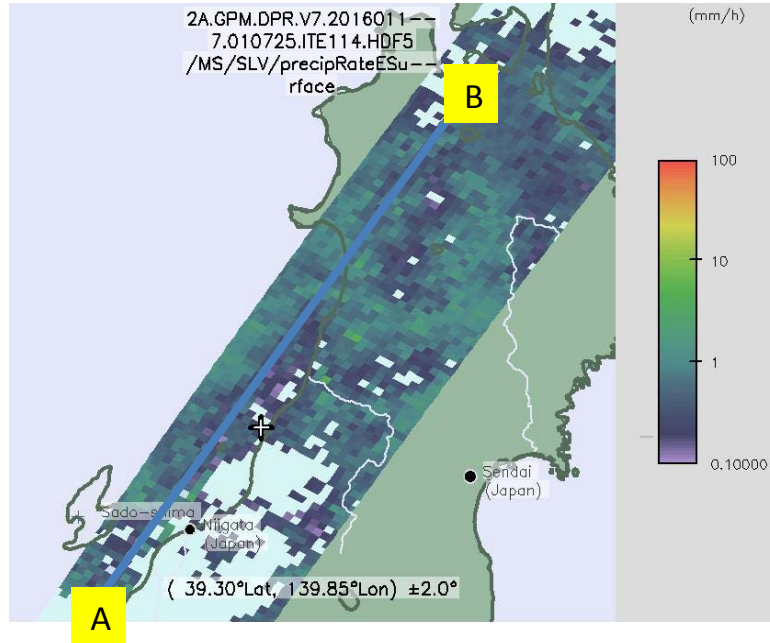
dBZ(X)-dBZ(Ka)



(Courtesy of Y. Kaneko/JAXA)

flagHeavyIcePrecip

North Eastern Japan, 18 January 2016

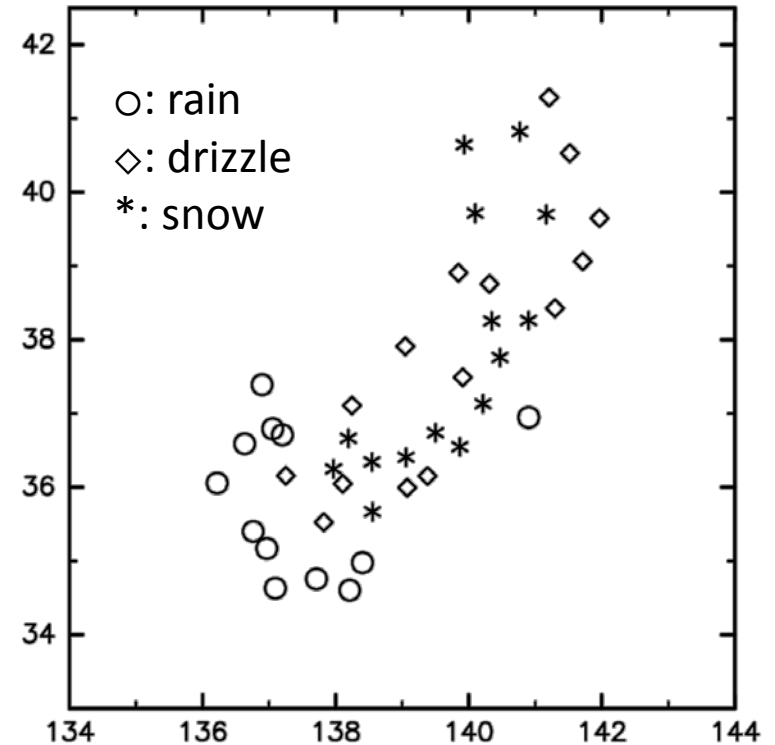


flagSurfaceSnowfall

North Eastern Japan, 18 January 2016

Pixels with flagSurfaceSnowfall

flagSurfaceSnowfall and surface observation



snow

rain

衛星搭載2周波(Ku/Ka: 13.6/35.5GHz)レーダ

衛星搭載に特化

降雨減衰からの降雨強度推定

(GPM/core: 全球、65度まで)

精度向上

雪観測

将来方向

2周波レーダの高度化: 感度向上、走査幅拡大

静止軌道降水レーダ

小型多数降水レーダ