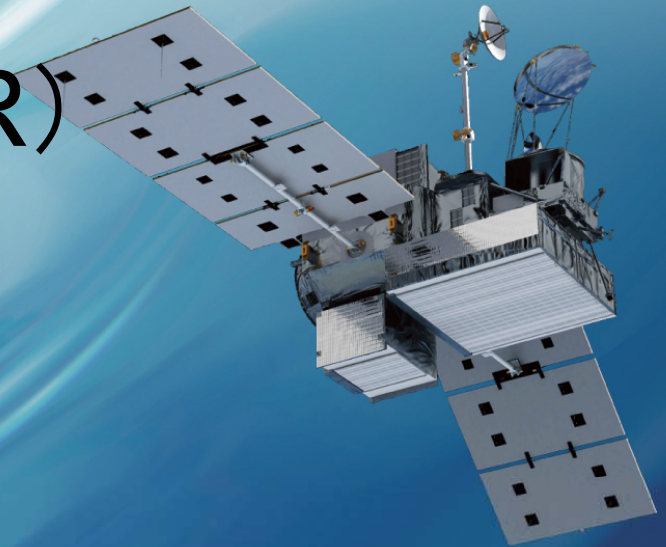


全球降水観測 (GPM) 二周波降水レーダ (DPR) プロダクトバージョン5 について (2017年5月)



宇宙航空研究開発機構
地球観測研究センター

目次



1. はじめに
2. DPR L1プロダクトの改訂・評価結果
3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・評価結果
4. TRMM/GPM気候プロダクト・新規開拓プロダクトの状況



1. はじめに

- * JAXAおよび米国NASAは、GPM標準プロダクト(バージョン5)のリリースを開始した。
 - * 2017年5月9日以降から提供可能。過去期間のデータについても並行して再処理を行っており、順次提供可能となる予定。
 - * DPR潜熱(SLH)プロダクトは、7月以降の提供を予定。
 - * 全球合成降水マップ(GSMaP)のバージョン5プロダクトは2019年1月を予定。
- * バージョン5の背景
 - * 定常運用段階で取得された軌道上校正結果を反映して、DPRの校正係数を変更する。
 - * 校正係数を変更するのにあわせて、これまで得られた知見をDPRアルゴリズムに反映することで2周波情報を高度利用し、高精度化を図る。
 - * DPRの応用的プロダクトである潜熱加熱(SLH)プロダクトを中緯度域に拡張する。

1. はじめに

❖ 経緯

- ❖ 2014年02月：打上げ
- ❖ 2014年03月：DPR観測開始
- ❖ 2014年05月：初期チェックアウト終了、定常段階移行
- ❖ 2014年09月：全標準プロダクト一般提供開始（バージョン3・V03B）
- ❖ 2016年04月：DPRプロダクトのバージョンアップ、潜熱加熱（SLH）プロダクトの提供開始（バージョン4）
- ❖ 2017年01月：GSMPaPプロダクトのバージョンアップ（バージョン4）
- ❖ 2017年05月：DPRプロダクトのバージョンアッププロダクトの提供開始（バージョン5）

1. はじめに



* 今後の主要スケジュール

* JAXA

- * GPMバージョン5データリリース (SLH L2/L3) : 2017年7月予定
GPM/DPR定常運用終了審査会 : 2017年6月予定
- * GPM/DPRプロジェクト終了審査会 : 2017年7月予定
- * TRMMバージョン8データリリース : 2017年9月予定
- * GPMバージョン5データリリース (GSMP L3) : 2019年1月予定

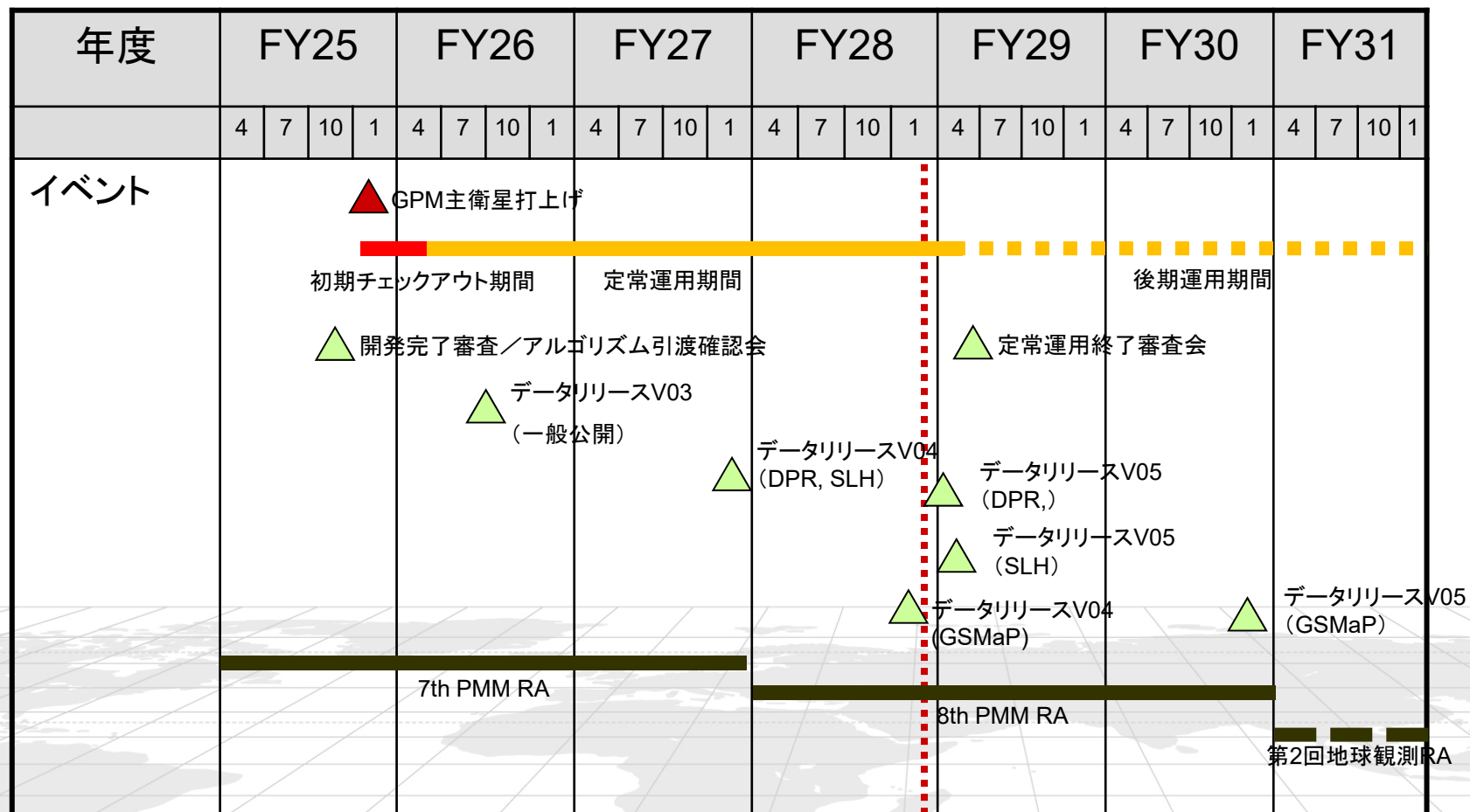
* NASA

- * NASAシニアレビュー (2017年3月予定)
- * NASA GPM End of Prime Mission Review (2017年6月予定)



1. はじめに

GPM主衛星打上げ前後からの主要スケジュール



2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(1/9)



レーダ方程式

$$Z_m^* = \frac{2^{10} \cdot 10^{18} \cdot \ln(2)}{\pi^3 c} \cdot \frac{\lambda^2 r^2}{\theta_{0a} \theta_{0c} G_t G_r \tau |K|^2 P_t} P_r$$

Iguchi et al. 2016

Z_m^* :レーダ反射因子
(大気減衰補正前)
 c :光速
 λ :波長
 r :レンジ距離
 τ :パルス幅
 K :誘電率

- DPRレベル2では、レーダ反射因子(Z)と降水強度(R)の関係式から降水量を推定。
- DPRレベル1では、上記右辺のパラメータの校正および算出を行う。

V4からV5への主な変更点

- P_r/G_r (DPRアンテナ入力電力: S_a)
 - :軌道上校正結果を反映、KuPR飽和カウント値の補正。
 - :ノイズ電力定義の変更、地上試験結果に対する再確認結果を反映。
- $P_t G_t$ (実効放射電力: EIRP)
 - :軌道上校正結果を反映、地上試験結果に対する再確認結果を反映。
- θ_{0a}, θ_{0c} (ビーム幅)
 - :軌道上校正結果を反映。

※V4では打上げ前地上校正結果を適用。

アルゴリズム開発計画書目標精度に対する評価結果

- ▶ 送受信系校正精度 $\pm 1\text{dB}$ を達成。

軌道上校正結果の反映に係る日米での同意

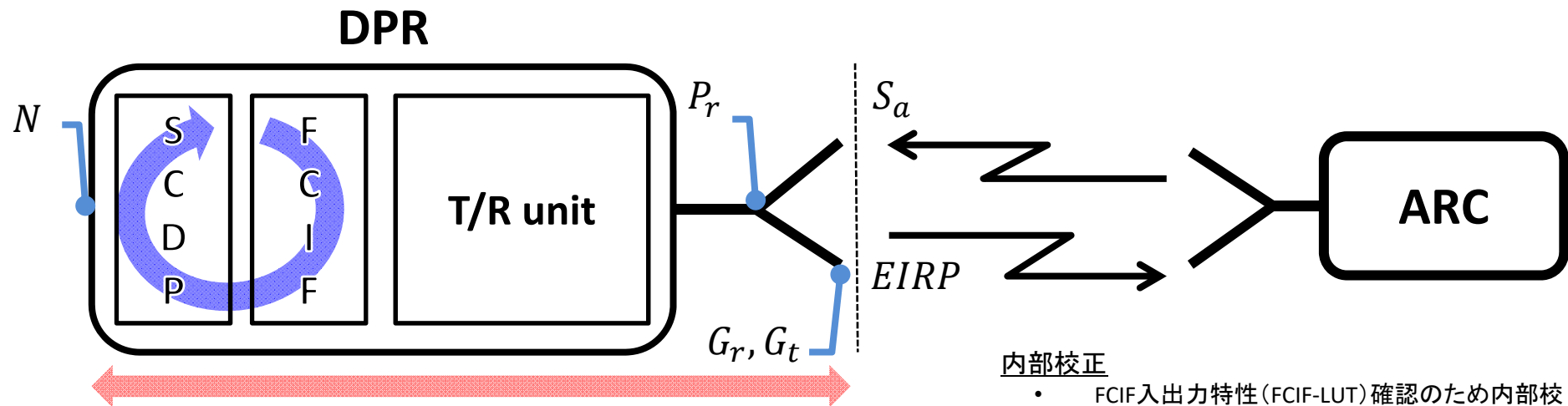
- ▶ 12/5 PMMプロジェクト会合(国内), 12/6 JPST(日米)の同意を得た。

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(2/9)

軌道上校正

DPRは内部校正と外部校正の2つの校正モードで送受信系システムの軌道上校正を実施。



受信系システムの校正

- レーダアンテナ入力端での受信電力(P_r)と受信カウンタ値(N)の関係(=校正曲線)の校正を目的とする。
 - 傾き: 内部校正で決定
 - 切片: 外部校正による既知の S_a を基に決定

送信系システムの校正

- レーダアンテナ出力端でのEIRPの絶対値校正を目的とする。
 - 外部校正でARC*が受信したデータを基に決定

内部校正

- FCIF入出力特性(FCIF-LUT)確認のため内部校正ループ(FCIF*-SCDP*)で実施。
- 週1回の定期校正及び、軌道上マヌーバ時にパルス波を用いて実施。

外部校正

- DPRシステム全体の絶対校正のため、DPRがTKSC飛来時、地上ARC*を用いて実施。
- 年2時期(春期・秋期)各5パスずつ、連続波(CW)またはパルス波を用いて実施。
- 送受信系システムの絶対校正と、アンテナパターンの確認を行う。

*FCIF: 周波数変換・中間周波数部
SCDP: システム制御・データ処理部
ARC : 能動型レーダ校正器

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(3/9)

V4からV5への主な変更点(S_a)

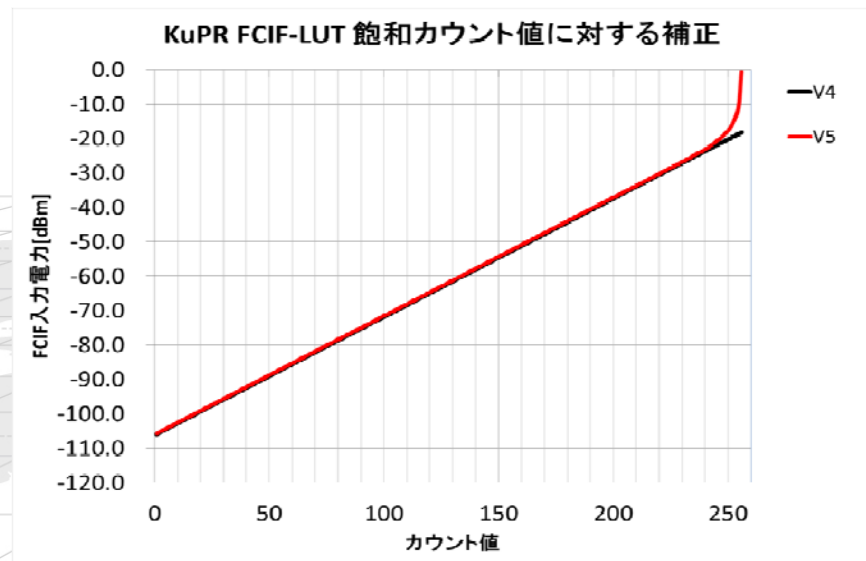
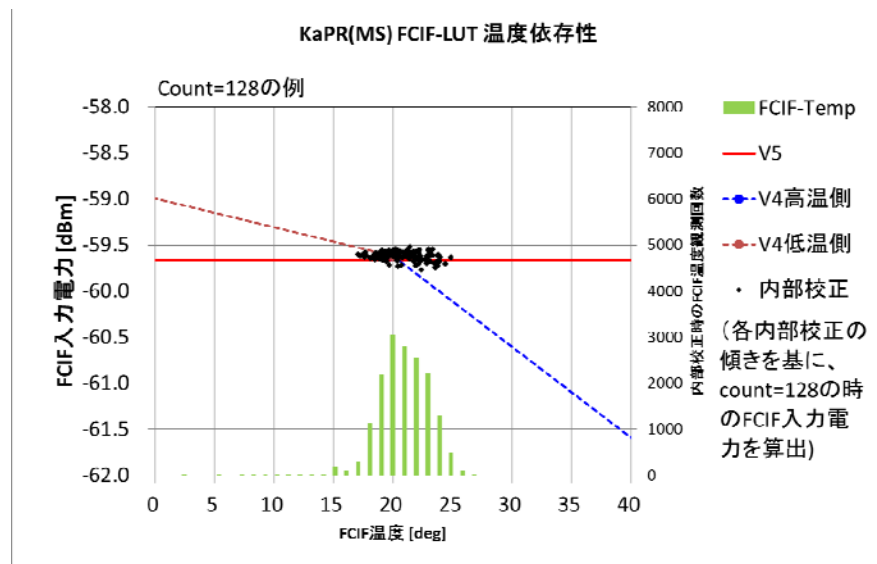
これまでの内部校正を再評価し、以下2点について、FCIF-LUTを修正した。

1. FCIF-LUT温度特性の変更

- V4では、主に地上試験時の環境温度の基で作成されており、常温にて傾きが大きく変動していた。
- そのため、V4のFCIF-LUTを基に行う温度補正は、高温時や低温時の地上試験時のデータに過度の影響を受けていた。
- この影響を軽減するため、軌道上のセンサ温度に最適化したFCIF-LUTを作成した。
- 例) : KaPR(MS)の温度特性(高温側)
 - V4 : -0.1dB/度
 - 軌道上内部校正 : -0.02dB/度以下
 - V5 : 0dB/度

2. KuPR飽和カウント値に対する補正

- 飽和カウント値付近の過小評価改善のための補正を加えた(KaPRでは飽和しないため未補正)。



2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(4/9)



受信系絶対校正評価の検討

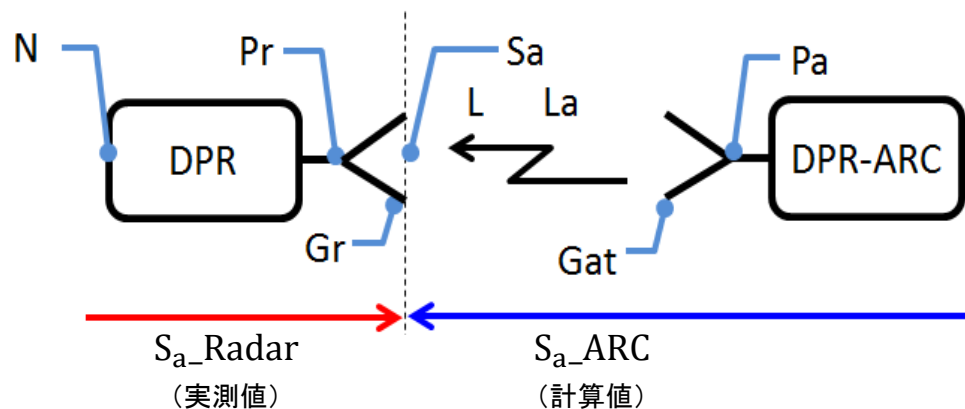
- DPR受信系外部校正には、連続波(CW)を用いる「CW校正」と、パルス波を用いる「パルス校正」が存在する。
- 個別の雨滴等で反射されDPRで受信される信号は、送信波と同じ形をしたパルス状であるから、パルス波の入力に対して受信機を校正(パルス校正)すべきである。
- しかし、パルス校正とCW校正の差は、DPR受信系のバンドパスフィルター(BPF)と対数検波器特性(LOG-AMP)の特性差を補正することで評価が可能であることと、CW校正のやり易さ、安定性(再現性の良さ)の観点から、これまでのほとんどの外部校正はCW校正で実施していた。
- この時、BPFとLOG-AMPのパルスとCWの特性差は、同型の予備品単体を用いた地上測定結果を使用した。
- 今年度後半から、パルス校正の実施方法及び評価方法の成熟、検討が進み、複数回のパルス校正を実施した。
- これらパルス校正の結果から、受信機全体の特性としてのパルスとCWの特性差は、同型の予備品単体を用いた地上測定結果よりも小さいことが分かった*。
- 今回得られた軌道上パルス校正結果はKuPR, KaPRともに安定していることから、受信機の絶対校正においては、パルス校正結果を用いて評価した。

*KuPRの場合、同型の予備品を用いた地上測定結果は、BPFで0.75dB、LOG-AMPで1.3dB、CWのほうがパルスに対して高く出る特性。他方、今回の外部校正で得られた結果によると、システムとしての波形による差はこの値より0.7dB小さかった。

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(5/9)

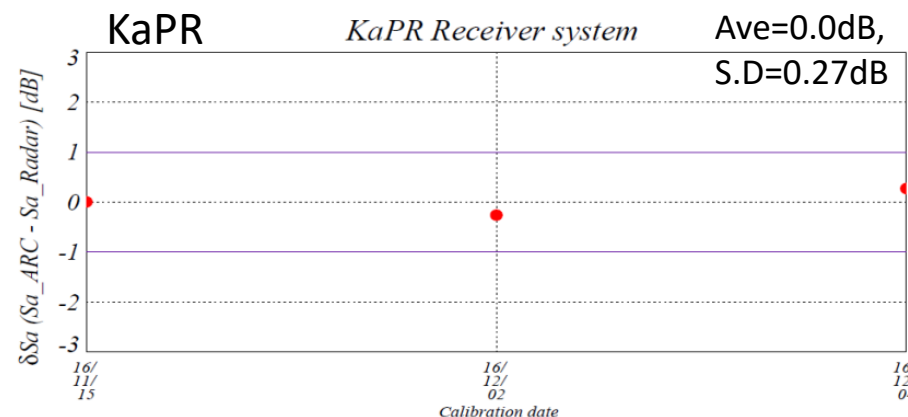
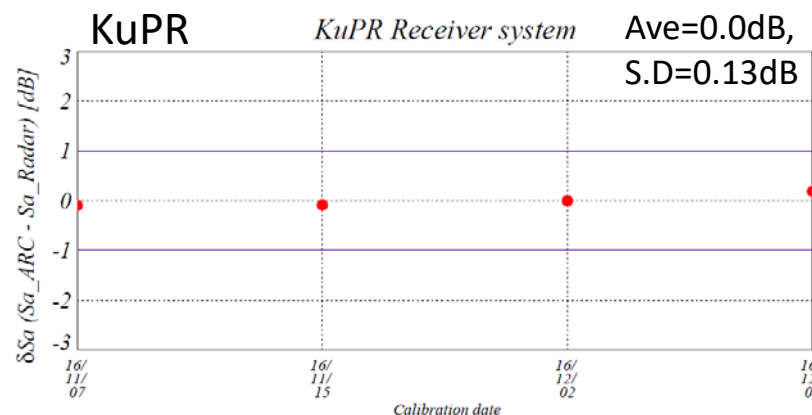
受信系絶対校正評価方法



プロダクト名		アルゴリズム開発計画書 目標精度
L1	KuPR	外部校正実験において、送受信電力計算値と実測値が±1dB以内で一致すること
	KaPR	

- DPR受信カウント値(N)及び地上試験測定値を用いて求めた S_{a_Radar} と、ARC送信電力を基に回線計算で求めた S_{a_ARC} を比較。
- S_{a_ARC} を真値とし、 δS_a を S_{a_Radar} に補正值として加える。
- パルス校正のみを評価。

受信系絶対校正評価結果(補正值適用後の結果)



- ▶ KuPRに+0.13dB, KaPRに+1.13dBの補正值を適用(補正值はパルス校正の平均値)。
- ▶ KuPR, KaPRともに目標精度の±1dBを達成。

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(6/9)



ノイズ電力定義の変更

- DPRは各アングルビンの最終4パルス分をRF停波しノイズを観測する。
- V4 L1アルゴリズムでは、ノイズはRF停波している時間帯に連続的に受信されるものとし、ノイズエコーをCWの伝達関数で工学値変換していた。
 - V4 L2アルゴリズムでは、Zと地表面後方散乱断面積(σ_0)の計算において、受信エコーに含まれるノイズエコーは分けることができないと判断し、降雨エコーの伝達関数で算出されたノイズ電力値を使用。
- V5 L1アルゴリズムでは、L2アルゴリズムの考え方に沿う定義とし、ノイズエコーを降雨エコーの伝達関数で工学値変換することとした。
- L1プロダクトには、実効雑音電力として降雨エコーの伝達関数で工学値変換したノイズ電力値を格納し、ハードウェア設計書で定義される受信機入力端におけるノイズ電力とは定義が異なるものである旨、注意書きに記載する。
- L2アルゴリズムの降水判定に影響はない。

CWの伝達関数で求めたノイズ電力(①)と
降雨エコーの伝達関数で求めたノイズ電力(②)の差
(②－①):

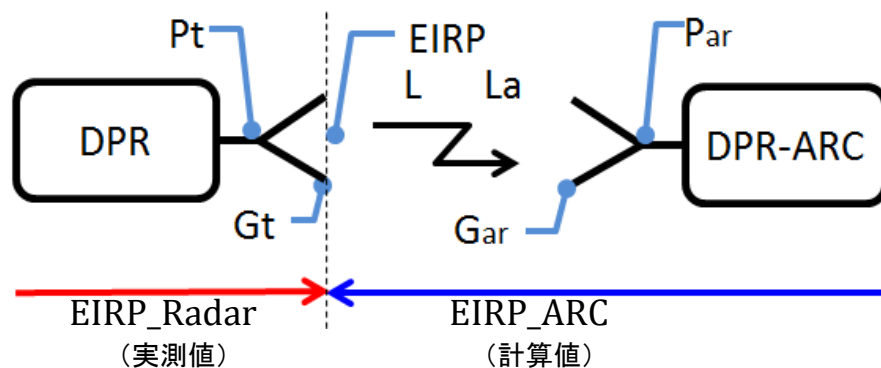
$KuPR$: +2.11dB
 $KaPR(MS)$: +2.41dB
 $KaPR(HS)$: +2.13dB

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(7/9)

V4からV5への主な変更点(EIRP)

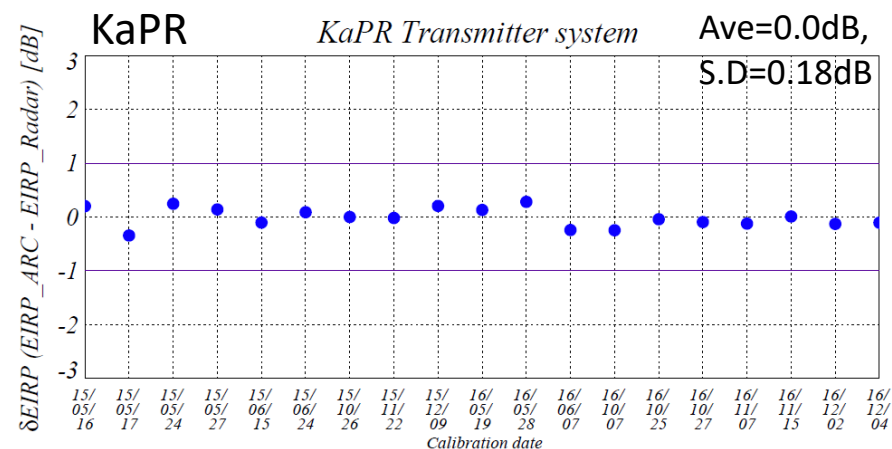
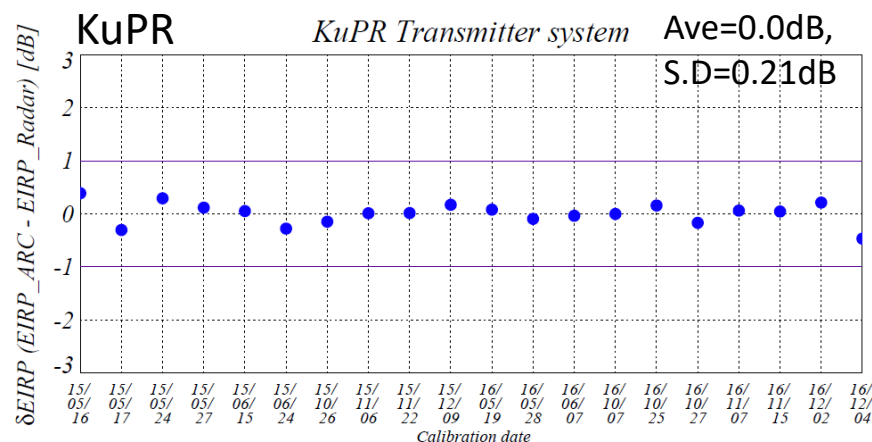
送信系絶対校正評価方法



プロダクト名		アルゴリズム開発計画書 目標精度
L1	KuPR	外部校正実験において、送受信電力計算値と実測値が±1dB以内で一致すること
	KaPR	

- 地上試験測定値から求めた $EIRP_Radar$ と、ARC受信電力を基に回線計算で求めた $EIRP_ARC$ を比較。
- $EIRP_ARC$ を真値とし、 $\delta EIRP$ を $EIRP_Radar$ に補正值として加える。

送信系絶対校正評価結果(補正值適用後の結果)



- ▶ KuPRに-0.29dB, KaPRに-0.95dBの補正值を適用。
- ▶ KuPR, KaPRともに目標精度の±1dBを達成。

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(8/9)

V4からV5への主な変更点 (θ_{0a} , θ_{0c})

- アロングトラック(θ_{0a})、クロストラック(θ_{0c})ビーム幅ともに軌道上外部校正の結果を反映した(下表)。
- 外部校正で得られた観測値を基にアンテナパターンを推定(sidelobe=-35dB、6次のTaylorテイラー分布で、真数値に対して非線形フィッティングを適用)。
- 送受往復のTaylor分布の体積積分が理想的なGaussian分布と等しくなるように補正(L2アルゴリズムで仮定しているビーム幅の定義に合わせた)。
- ビーム幅推定には、校正電波のピーク電力値からの相対値を用いるため、受信ビーム幅評価時にCW実験とパルス実験を区別する必要はない。

	KuPR V5 (括弧内はV4の値)	KaPR V5 (括弧内はV4の値)
θ_{0a}	0.701 deg (0.719deg)	0.701 deg (0.699deg)
θ_{0c}	0.713 deg (0.696deg)*	0.726 deg (0.718deg)*

*クロストラックビーム幅は直下に規格化した値

▶ KuPR, KaPRともにビーム幅要求精度0.71deg±0.02degを満たす。

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.1 DPR L1プロダクトの改訂点(9/9)



V4からV5への主な変更点 (G_t, G_r)

*1 PFT: システムプロトフライト試験
*2 IEPT: 初期電気性能試験
*3 FEPT: 最終電気性能試験

- KaPRアンテナ利得値の修正
 - 打上げ前の地上試験結果を再確認した結果、以下の理由からDPR L1プロダクトへ格納するKaPRアンテナ利得値の修正が必要であると判断した。
 - V4のKaPRアンテナ利得値(47.84dBi)は、システムPFTの値を採用していた。
 - IEPT^{*1}、FEPT^{*2}、システムPFT^{*3}の全ての試験結果を見直した結果、システムPFTの結果は、性能要求条件を満たすものの、他の試験結果と比べて高い値であることが分かった。
 - そのため、全試験における最小送信電力値を用いて算出したアンテナ利得値(47.33dBi)を、DPR L1プロダクトの値として採用することとした。
 - 前項で示した送受信外部校正評価結果は、アンテナ利得値修正後の結果である。
 - 尚、送信アンテナ利得と受信アンテナ利得は同値である。

Z_m^* の変化量 (L1校正パラメータ変更に伴うV4からV5への Z_m^* の変化)

▶ KuPR:+1.3dB, KaPR(MS): +1.2dB, KaPR(HS):+1.1dB

注:

- 2016/11、地表面エコーレベルの Z_m で評価

2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.2 DPR L1プロダクトの評価 (1/2)



σ_0 (後方散乱断面積)を用いた校正評価

Iguchi et al. 2016, Kozu. 1995

$$\sigma_m^{0*} = \frac{512\pi^2 (\ln 2) L r_0^2 \cos \theta_z}{P_t \lambda^2 G_t G_r \theta_a \theta_{bp}} P_{rs}(r_0), \quad \theta_{bp}^{-1} = \sqrt{\theta_c^{-2} + \theta_p^{-2}},$$
$$\theta_p = \frac{c\tau}{2 r_0 \tan \theta_z}$$

σ_m^{0*} : 後方散乱断面積
(大気減衰補正前)
 r_0 : レンジ距離
 L : BPF損失
 θ_a : アロングトラックビーム幅
 θ_c : クロストラックビーム幅
 θ_z : 天頂角

V4からV5への主な変更点

- $P_r, G_r, P_t, G_t, \theta_a, \theta_c$ は Z_m の変更点と同様。
- τ (パルス幅) : σ_0 計算時のパルス幅定義を変更。
- Adjust factor : σ_0 は、ある一定の状況下では不変であるとし、ハードウェアの特性を除去するための補正值を導入 (L2 アルゴリズム)。

TRMM/PR V7からV8 への主な変更点

- DPR校正で得られた新たな知見の基、過去の校正データ、評価方法等を再評価し、 Z_m および σ_0 に係る校正パラメータを修正。
- ビームミスマッチ補正手法の改良。
- Adjust factor (KuPRとの観測重複期間の σ_0 を基にPR σ_0 を補正) の導入。

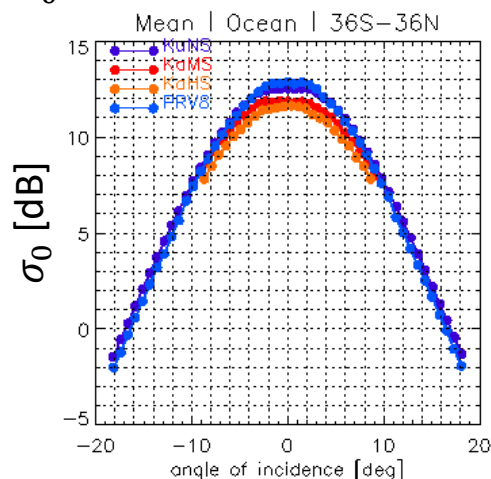
アルゴリズム開発計画書目標精度に対する評価結果

- ▶ KuPRとPRの σ_0 の差分 $\pm 2\text{dB}$ 以内を達成。
- ▶ KaPRとPR, およびKuPRの σ_0 の差分 $\pm 2\text{dB}$ 以内を達成。

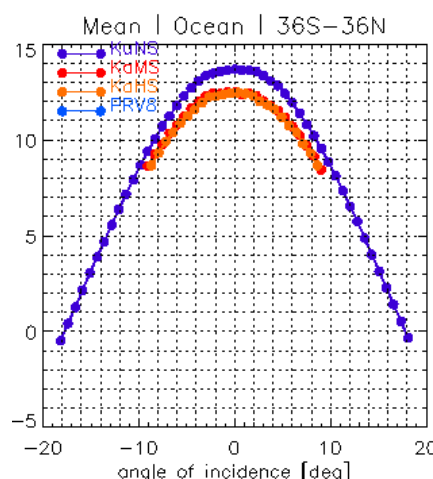
2. DPR L1プロダクトの改訂・検証結果

2.2 DPR L1プロダクトの評価 (2/2)

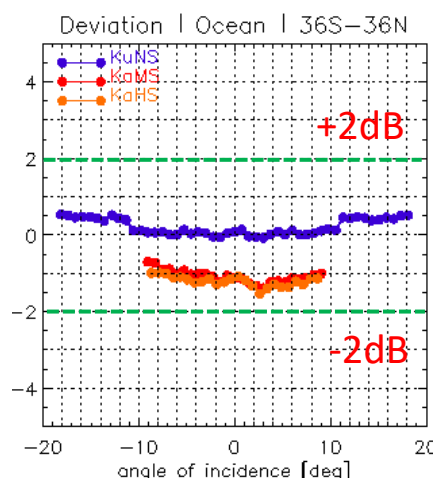
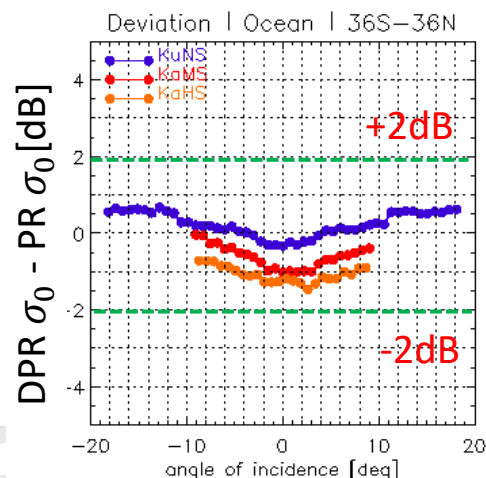
DPR V4 / PR V7

 σ_0 月平均値

DPR V5 / PR V8



PRとの相対差



プロダクト名		アルゴリズム開発計画書 目標精度
L2	KuPR	KuPRとPRの海面のレーダ散乱断面積の差分が±2dB以内。 [1ヶ月・無降雨・風速の影響の小さいアングルビン]
	KaPR	KaPRとPRおよびKuPRの海面のレーダ散乱断面積の差分が±2dB以内。[1ヶ月・無降雨・風速の影響の小さいアングルビン] (ただし、KaPRとKuPRの観測周波数の違いを考慮した比較を行う。)

入射角5.3degでの評価結果

- KuPR-PR = 0.0dB
- KaPR(MS)-PR = 0.4dB*
- KaPR(HS)-PR = 0.2dB*

* KuPRとKaPRの観測周波数特性の差を1.6dB^注とした場合

- ▶ KuPR: 目標精度の±2dB以内を達成。
- ▶ KaPR: 目標精度の±2dB以内を達成。

注:

- 評価条件: DPRとPRの観測重複期間である2014/6月の平均値。熱帯35N-35S・海上・無降雨領域。大気補正済み σ_0 で評価。標準偏差が最小である入射角5.3degで評価。
- DPRV5, PRV8 では、PRの σ_0 をKuPRの σ_0 に、KaHSの σ_0 をKaMSの σ_0 に合わせるよう補正 (Adjust factorの適用)した。
- Ku帯とKa帯の周波数特性の差は適用していない。
- Meneghini et al. 2012 によると、航空機搭載降水レーダ (APR-2) のKuとKaの観測周波数による σ_0 の違いは約1.6dB程度である。
- DPRとPRはレンジ方向の離散的にサンプリングのため、観測値が真の地表面ピークを正しく捕えていない場合がある (Caylor et al. 1997)。その影響はサンプリング間隔で異なる (PR, KaPR(HS):250m, KuPR, KaPR(MS):125m)。
- そのため、KuPRとPRの入射角±10度付近のギャップ及び、KaPR(MS)とKaPR(HS)の不一致が生じることが分かっている。

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (1/11)



- ❄️ V05でのDPR-L2アルゴリズムの大きな改良点は下記。
 - ❄️ 雨滴粒径分布(DSD)データベースの導入
 - ❄️ 2周波プロダクトのDSDパラメータを、Ku & Ka単体アルゴリズムに初期値として導入。
 - ❄️ それにより、Ku & Ka単体と2周波で、より一貫性のあるプロダクト作成を可能とした。
 - ❄️ DPRの2周波情報の高度利用
 - ❄️ DPRデータが蓄積し、研究開発が進んだことで、2周波情報をより高度に活用した手法の導入が可能となり、下記のような変数が追加された。
 - ❄️ 雹や霰のような降水粒子情報の診断(flagHeavyIcePrecip)
 - ❄️ 地表での降雪の診断(flagSurfaceSnowfall)
 - ❄️ など

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (2/11)

DPR-L2アルゴリズムのフレームワーク(V05)

リーダー: 井口俊夫 (NICT)

DPR Level-2
algorithm (V05)

JAXA 久保田・
RESTEC 吉田

PRE module
(preparation)

JAXA 久保田

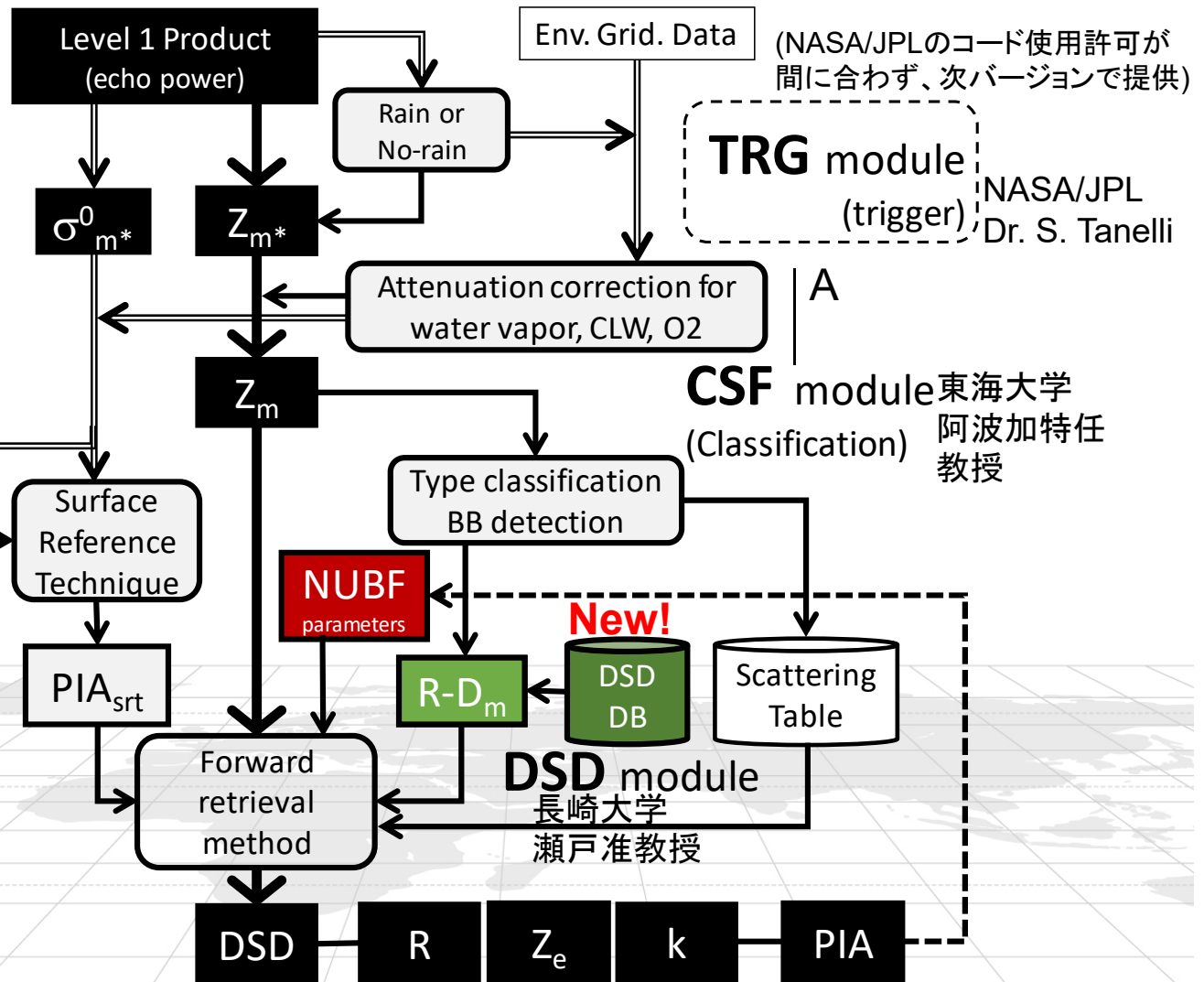
VER module
(vertical profile)

SRT
module

NASA/GSFC
Dr. R. Meneghini

SLV module
(Solver)

長崎大学
瀬戸准教授



3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (3/11)



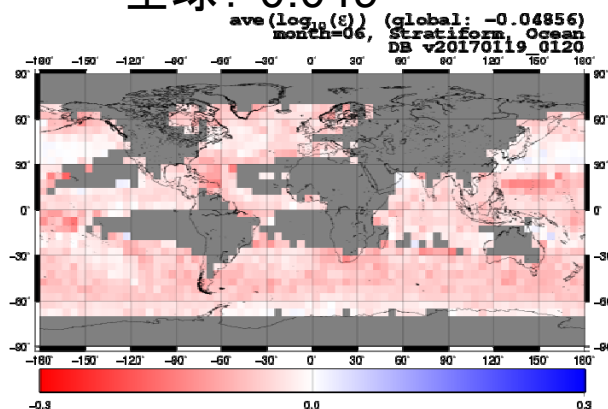
- * 雨滴粒径分布(DSD)データベースの導入
 - * KuPRアルゴリズムの結果を二周波アルゴリズムに近づけることを目的
 - * 二周波アルゴリズムで求められた弱い雨のDSDパラメータ(ϵ)についての統計をデータベース化
 - * KuPRアルゴリズムなど一周波観測に初期値として使う。
- * 使用したデータ
 - * DPR-L2 ITE109(V5のためのテストラン)
 - * 二周波プロダクト、normal scan、angle13~37
 - * 2014年6月~2016年5月
- * 以下の条件で $\log_{10}(\epsilon)$ の平均・標準偏差を計算
 - * $R=0.32\sim3.2$ (mm/h)の弱い雨のみ対象
 - * 月別
 - * $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 格子、(全球での値も計算)
 - * 海上、陸上、(海岸含め全地表タイプでも計算)
 - * 層状、対流別

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

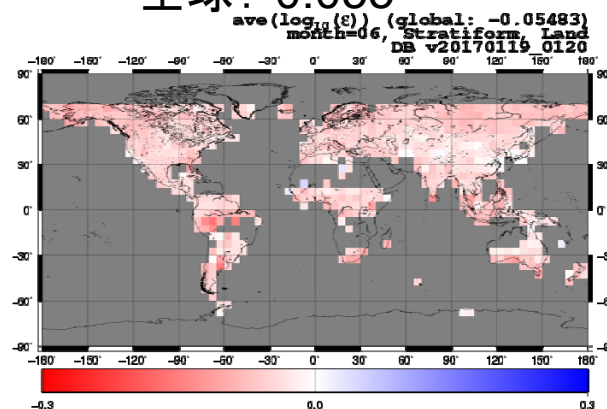
3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (4/11)

DSDパラメータ $\log_{10}(\varepsilon)$ の平均: 6月を例として示す

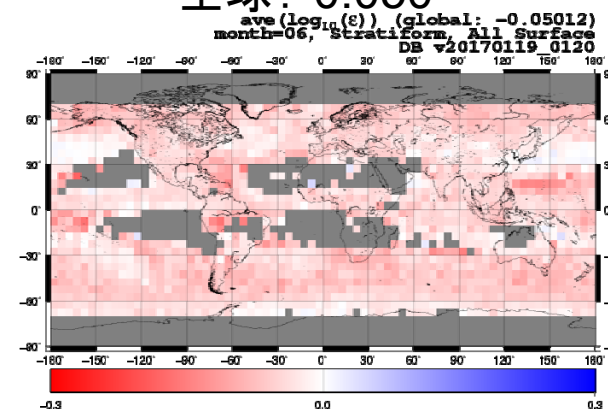
①層状性・海上
全球: -0.049



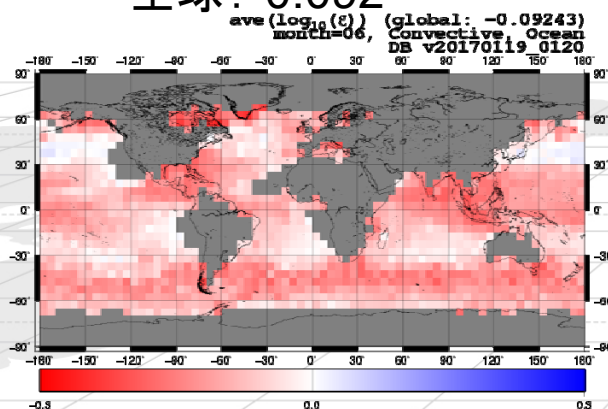
②層状性・陸上
全球: -0.055



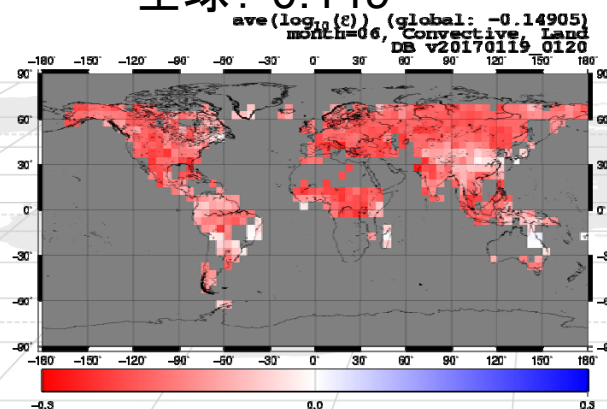
③層状性・全地表タイプ
全球: -0.050



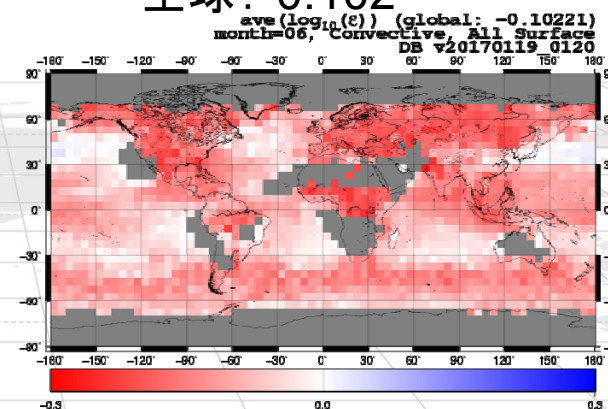
④対流性・海上
全球: -0.092



⑤対流性・陸上
全球: -0.149



⑥対流性・全地表タイプ
全球: -0.102



(長崎大学 瀬戸心太准教授提供)

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (5/11)



❄ DSDデータベース導入の効果

- ❄ DSDデータベースの導入により、KuPRの降水強度は約2割減少。
 - ❄ KaPRにはあまり影響しない
 - ❄ 二周波観測には直接影響しない(NUBF補正などを通しての影響あり)
- ❄ 結果として、KuPRと二周波の降水強度が近くなった。

Matched beamにおける降水強度の変化。16軌道分。KuPR/V04を基準として表示。

	L1	DSD DB	KuPR	KaPR	二周波
V04	v04D	なし	100.0%	59.8%	82.9%
(test)	v05c	なし	111.6%	62.7%	90.9%
ITE109	v05c	V04A	96.5%	61.1%	91.8%
V05?	v05c	ITE109	92.4%	61.0%	91.9%

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (6/11)



V04→V05でのDPR-L2でのフォーマット変更点

雹や霰のような降水粒子情報の診断情報

flagHeavyIcePrecip

L2_KuPR_Standard

NS - CSF - flagHeavyIcePrecip

L2_KaPR_Standard

MS - CSF - flagHeavyIcePrecip

HS - CSF - flagHeavyIcePrecip

L2_DPR_Standard

NS - CSF - flagHeavyIcePrecip

MS - CSF - flagHeavyIcePrecip

HS - CSF - flagHeavyIcePrecip

海水・積雪情報
(NOAA/NESDIS
autosnowによる)

地表での降雪の
診断情報

かなとこ状降水の検出

CSF - flagAnvil

Ku_STD, DPR_STD

L2に導入した
校正係数の調整係数

PRE - adjustFactor

Ku_STD, Ka_STD, DPR_STD

PRE - snowIceCover

Ku_STD, Ka_STD, DPR_STD

Experimental - flagSurfaceSnowfall

DPR_STD

Experimental - surfaceSnowfallIndex

DPR_STD

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (7/11)



❄️ flagHeavyIcePrecip: 雹・霰の検出フラグ

❄️ 上空の-10 °C以下となる高度で調査

L2Ku_STD

If 35dBZ < KuPR's Zm < 40dBZ, then flagHeavyIcePrecip= 4
If 40dBZ < KuPR's Zm < 45dBZ, then flagHeavyIcePrecip= 8
If 45dBZ < KuPR's Zm, then flagHeavyIcePrecip=12

L2Ka_STD

If 30dBZ < KaPR's Zm < 35dBZ, then flagHeavyIcePrecip=1
If 35dBZ < KaPR's Zm < 40dBZ, then flagHeavyIcePrecip=2
If 40dBZ < KaPR's Zm, then flagHeavyIcePrecip=3

$$DFRm = 10\log_{10}(Zm(Ku)) - 10\log_{10}(Zm(Ka))$$

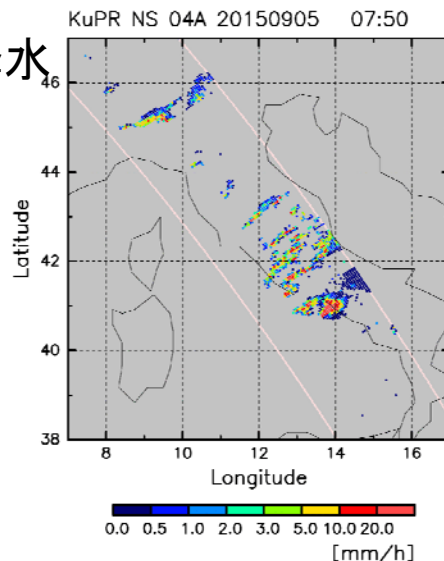
L2DPR_STD's outer swath, same as 2Ku_STD above.

L2DPR_STD's inner swath

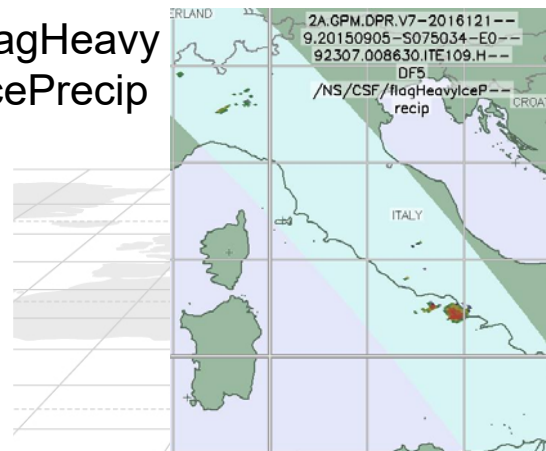
If **KuPR's Zm > 27dBZ and DFRm > 7dB**, then flagHeavyIcePrecip=16=0x10
Add the OR of L2Ku_STD and L2Ka_STD above (sum of the two)

ナポリで雹が観測された事例解析 (2015年9月5日 7:50)

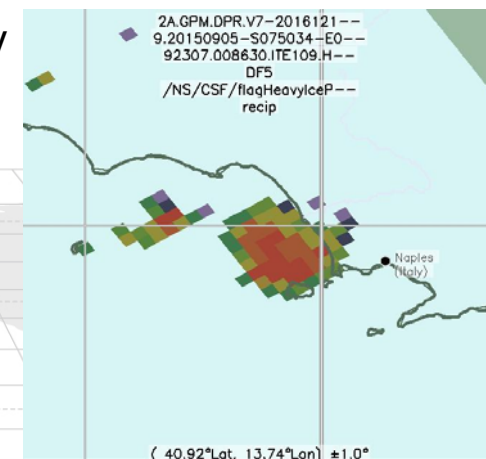
地表降水
強度



flagHeavy
IcePrecip



flagHeavy
IcePrecip
(拡大)



(NICT井口フェロー提供)

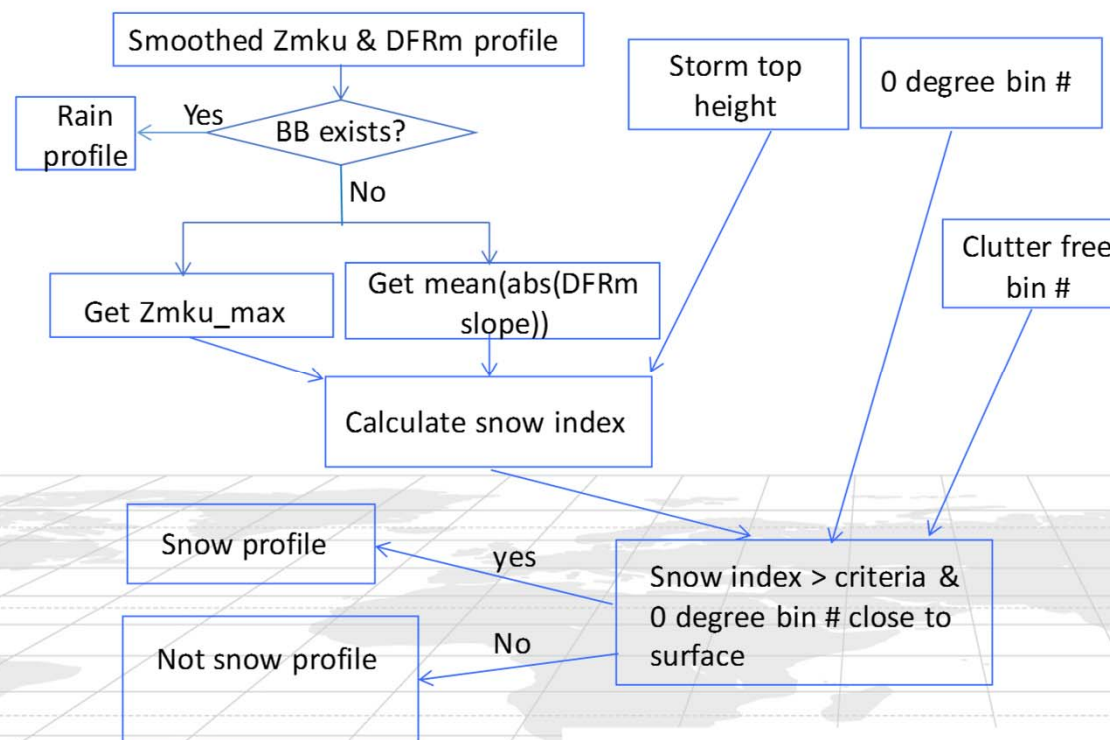
3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (8/11)

❄️ flagSurfaceSnowfall

- ❄️ Prof. Chandra(Colorado State Univ.)のグループが開発
 - ❄️ DFRmなどを用いてSnow indexを計算して、降雪かどうかを診断

Flowchart of surface snow/rain indication algorithm



(by Chandra and Minda, CSU)

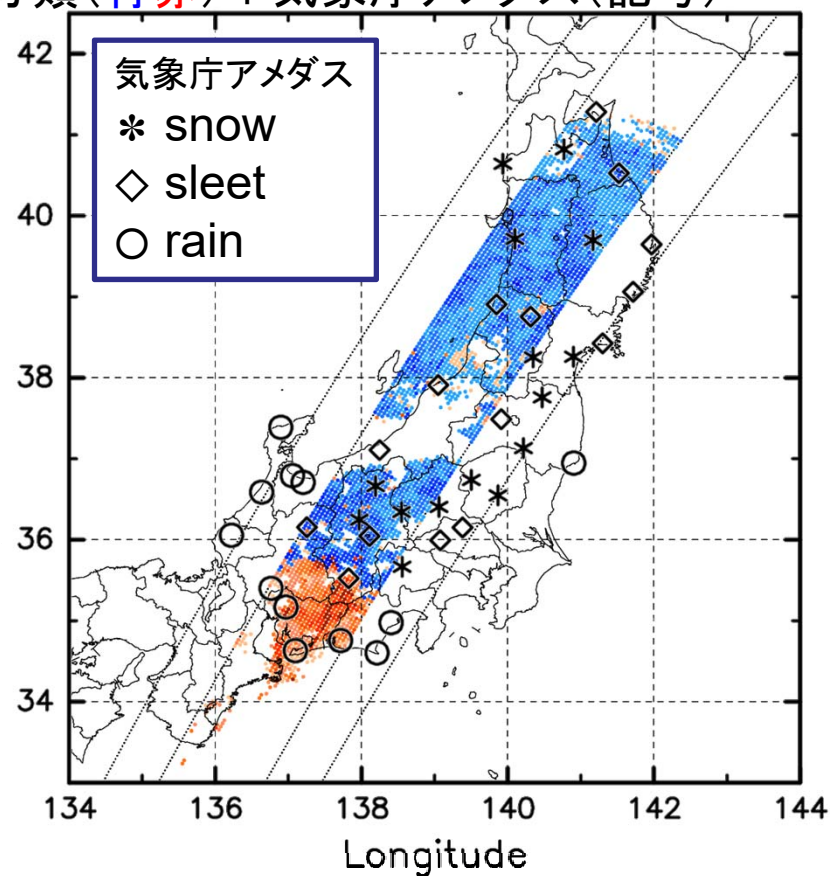
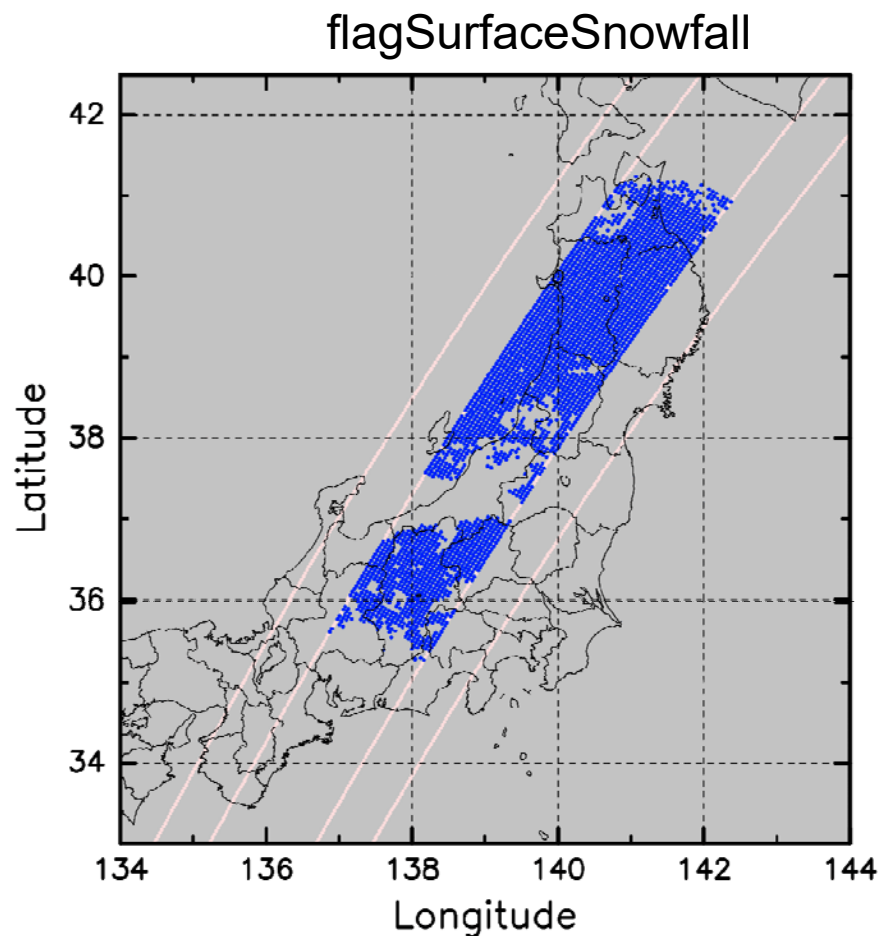
$$SI = \frac{\text{mean}(\text{abs}(\text{DFRm}_{\text{slope}}))}{\text{Zmku}_{\text{max}} * \text{Storm_top_height}}$$

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

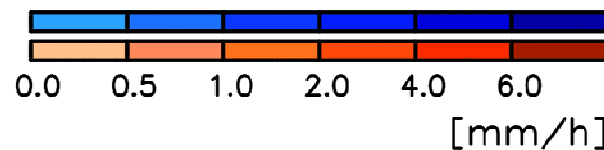
3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (9/11)

2016年1月18日の日本の降雪事例

flagSurfaceSnowfallをもとに地表降水強度を
分類(青赤) + 気象庁アメダス(記号)



降雪
降雨



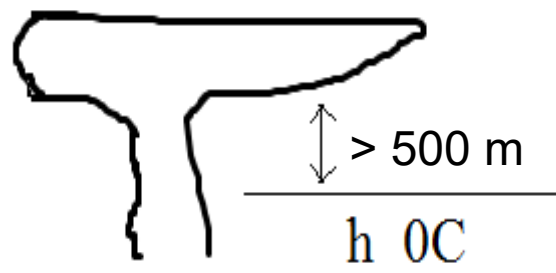
3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (10/11)

* flagAnvil : かなとこ状降水の検出

- * 0°Cの高さ+500mでエコーがあること。
- * かなとこ状降水の降水底から1km以上、エコーがないこと。
- * Anvil1: かなとこ状降水の降水底の下にエコーがない
- * Anvil2: かなとこ状降水の降水底の下にエコーがある

かなとこ状降水の定義



flagAnvil is unsigned char [angle bin]
(Ku-only, Ka-only, Dual-freq.)
Independent of rain type flag.



rain type

o

s/c

o

s/c

o

anvil flag

1

1

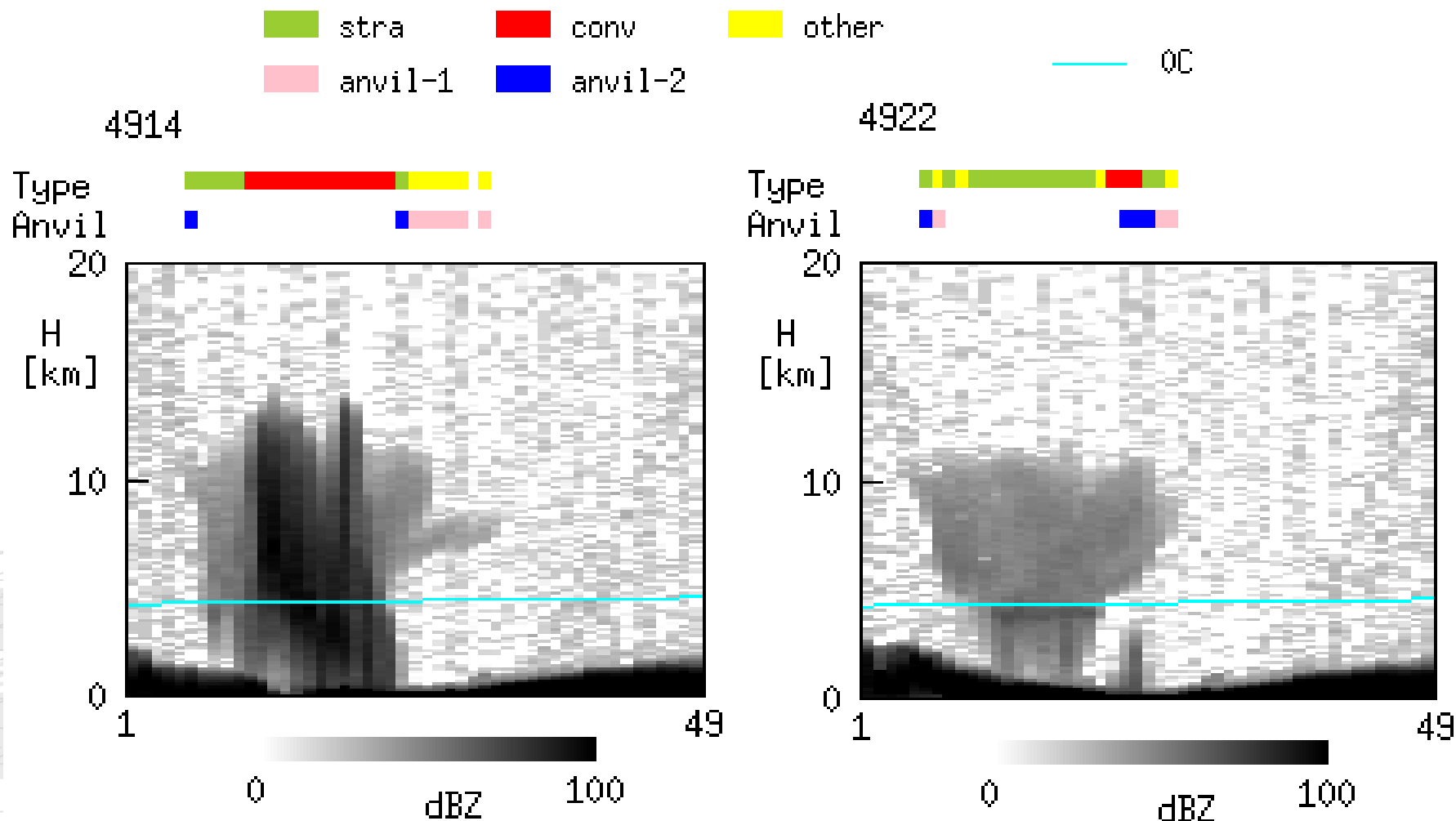
2

1

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.1 DPR L2プロダクトの改訂点 (11/11)

* flagAnvilの例



3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.2 DPR L3プロダクトの改訂点



* L3 Dailyプロダクトで、L2 Kuの追加

- * V04までは、L2DPRMS(25アングルビン)のみで、2周波観測域外が含まれていない課題があった。
- * V05では、L2DPRMS(25アングルビン)に加えて、L2Ku(49アングルビン)を追加した。



3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.3 DPR L2/L3プロダクトの検証結果 (1/7)



* DPR-L2 V05プロダクト初期評価結果

- * TRMM/PRとの比較(リリース精度の評価)
- * V04とV05の比較による妥当性確認
- * 地上測器との比較
 - * 米国の雨量計補正済み地上レーダのデータ(MRMS MNQ、NASA GVチーム提供)による検証
 - * 日本の気象庁アメダス雨量計による検証



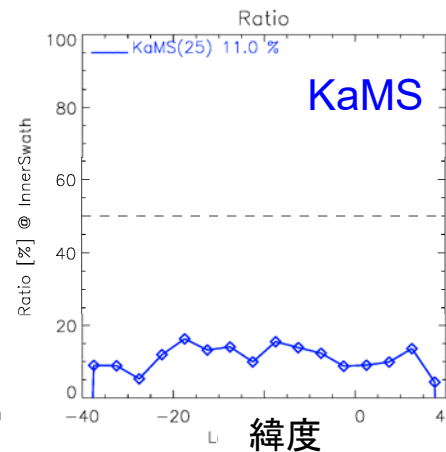
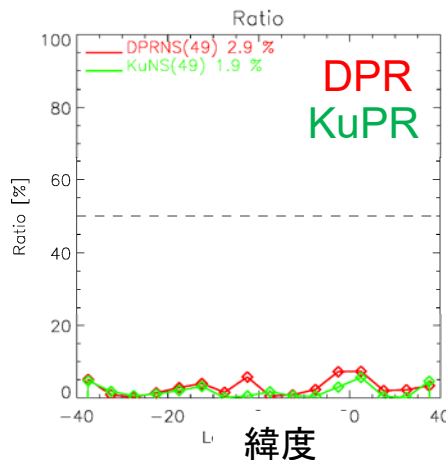
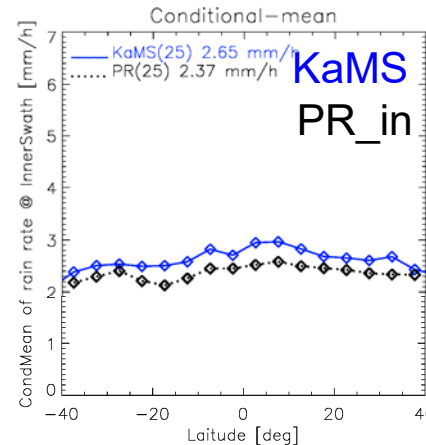
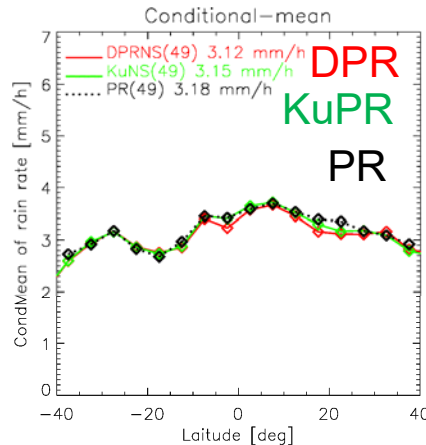
3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.3 DPR L2/L3プロダクトの検証結果 (2/7)

プロダクト名		アルゴリズム開発計画書
L2	KuPR	KuPRとPRの降水強度を強度0.7-30.0 mm/h内で、差が±50%に収まること。[2ヶ月・海上・緯度±30度・全アングルビン・地表面]
	KaPR	KaPRとPRおよびKuPRの降水強度を0.7-10.0 mm/h内で、差が±50%に収まること。[2ヶ月・海上・緯度±30度・全アングルビン・地表面]
	DPR 二周波	二周波プロダクトとPRおよびKuPRの降水強度を0.7-30.0 mm/h内で、差が±50%に収まること。[2ヶ月・海上・緯度±30度・全アングルビン・地表面]

→ V05でも、リリース目標精度を達成していることを確認した。

帯状平均 降水強度 [mm/h]



- ・2014年6～7月
- ・海
- ・緯度方向グリッド:5度
- ・2km高度降水強度
- ・DPRはV05A相当、PRはV8相当
- ・条件
0.7 - 30.0 [mm/hr] @ Ku, DPR, PR
0.7 - 10.0 [mm/hr] @ Ka, PR_Inner
- ・Ratio
$$|DPR - PR| / (DPR + PR) \times 200 [\%]$$

・上記の条件で評価した結果:

KuPR Ratio Mean : 1.9 %

(V04A: 0.0 %)

KaMS Ratio Mean : 11.0 %

(V04A: 1.8 %)

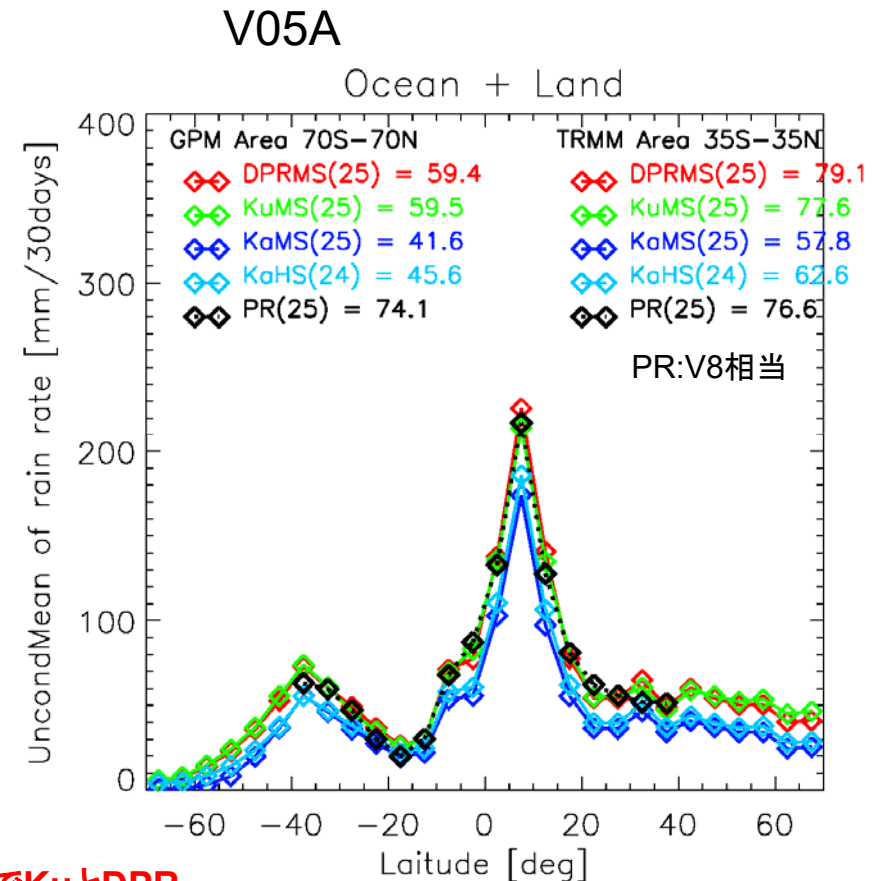
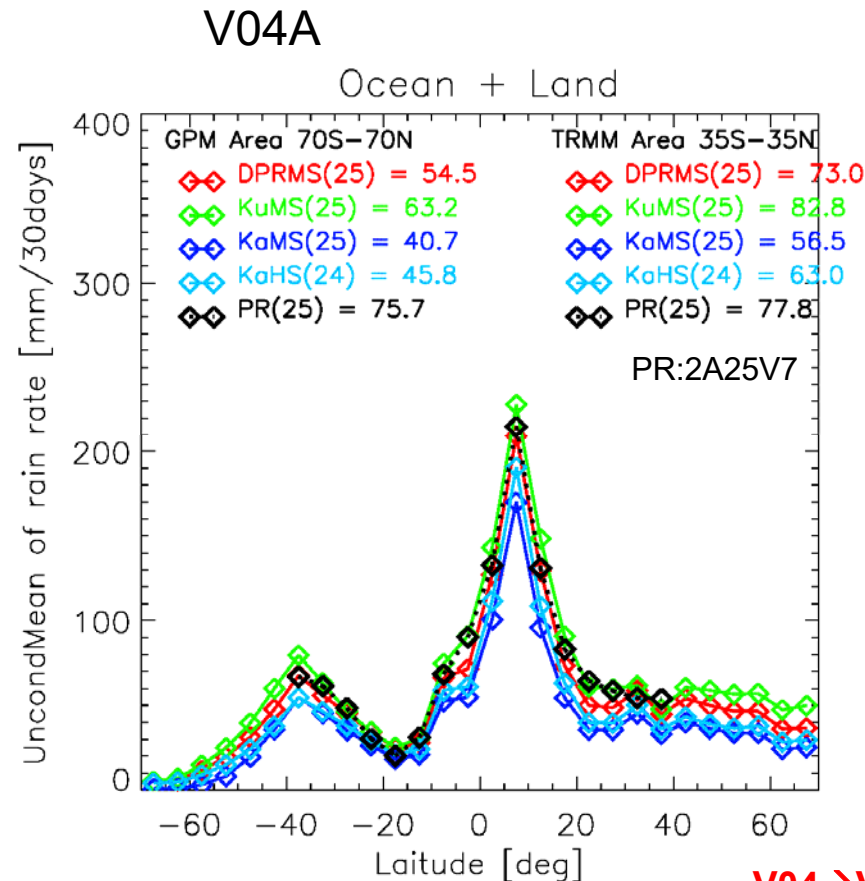
DPR Ratio Mean : 2.9 %

(V04A: 2.3 %) *V04A時はPRはV7を使用
(リリース精度は、50%未満)

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.3 DPR L2/L3プロダクトの検証結果 (3/7)

Unconditional meanでの帯状平均値での降水強度(高度2km)の比較(2014年6-7月)



V04→V05でKuとDPR
の値が近づいた

TRMM領域平均: KuMS=82.8, DPRMS=73.0
GPM領域平均: KuMS=63.2, DPRMS=54.5
(mm/month)

TRMM領域平均: KuMS=77.6, DPRMS=79.1
GPM領域平均: KuMS=59.5, DPRMS=59.4
(mm/month)

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

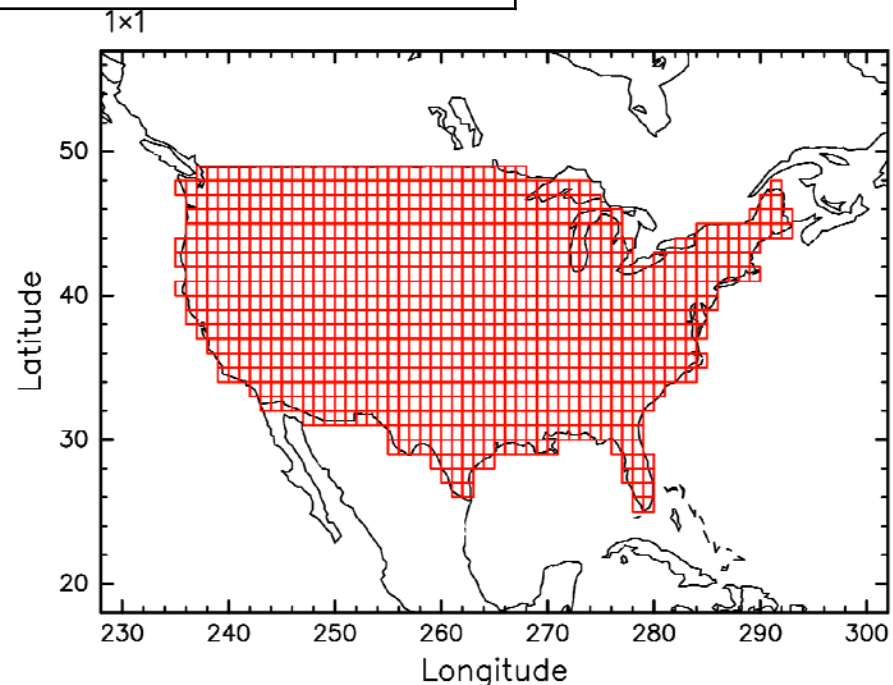
3.3 DPR L2/L3プロダクトの検証結果 (4/7)

フルサクセス
(判断時期: ミッション期間
[3年]終了時)

DPRによる長期間の平均降雨量と、世界各地の地上雨量計ネットワークによる長期間の平均降雨量の差が±10%以内となること。

フルサクセス達成確認の進捗状況

- 雨量計補正済み地上レーダのデータ(MRMS MNQ)を使用。
- 解析に利用したのは2014年6月から2015年5月の一年間。
- データの範囲は130W-60W, 20N-55N、分解能は0.01度/1時間。
- DPR通過時のデータのみ使用。



➤ アメリカ本土にそって1×1度のグリッドボックスを並べ(871個)、それぞれで年間雨量の算出。

➤ 経度帯(1度幅)ごとの雨量からリトリバル誤差を算出。

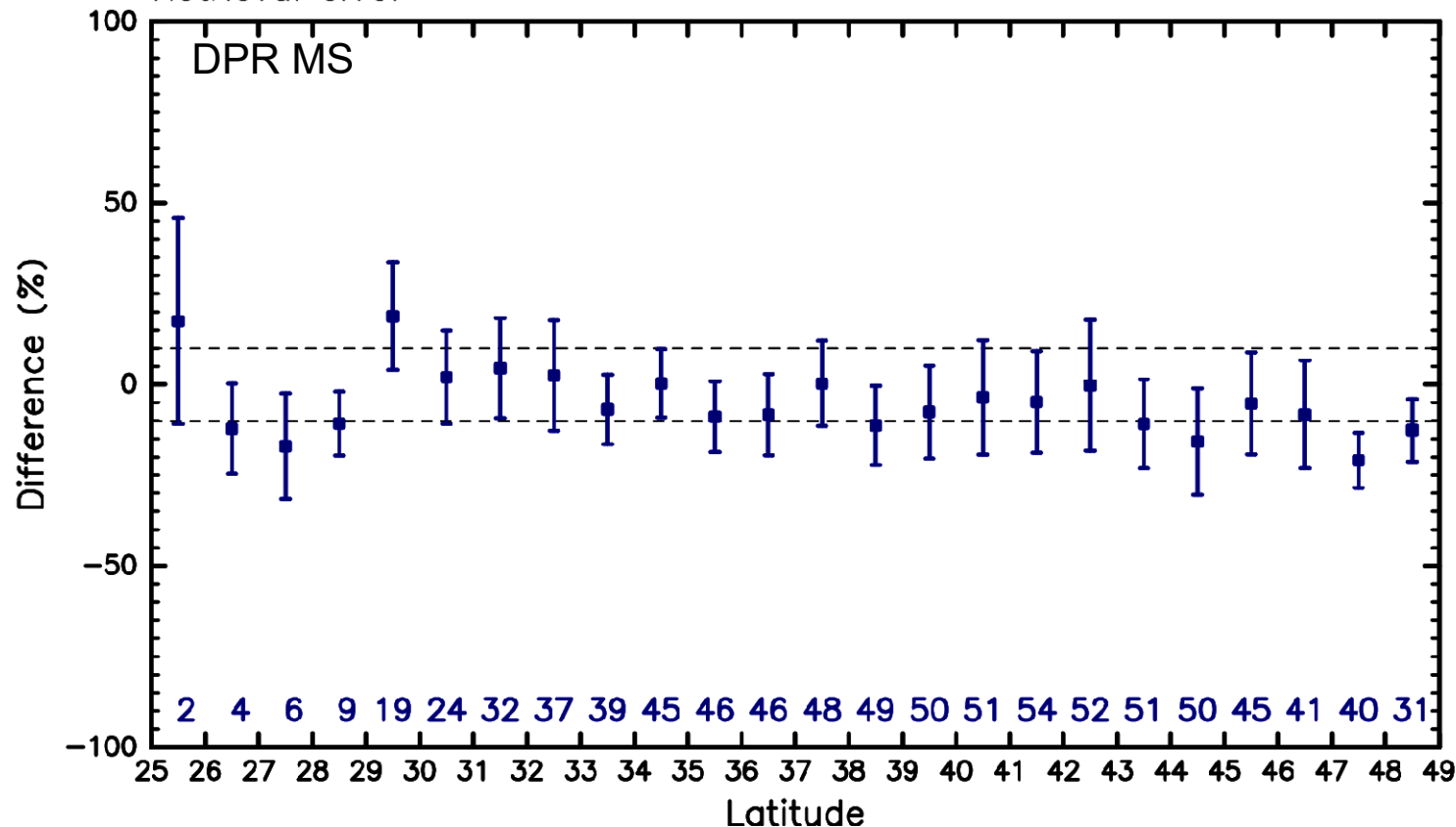
➤ リトリバル誤差の定義は以下の通り
(DPR12ヶ月平均降雨量 - MRMS12ヶ月平均降雨量 (DPR通過時のみ)) / MRMS12ヶ月平均降雨量 (DPR通過時のみ) × 100 (%)

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.3 DPR L2/L3プロダクトの検証結果 (5/7)



米国での経度帯(1度幅)ごとの雨量から算出したリトリバル誤差
Retrieval error

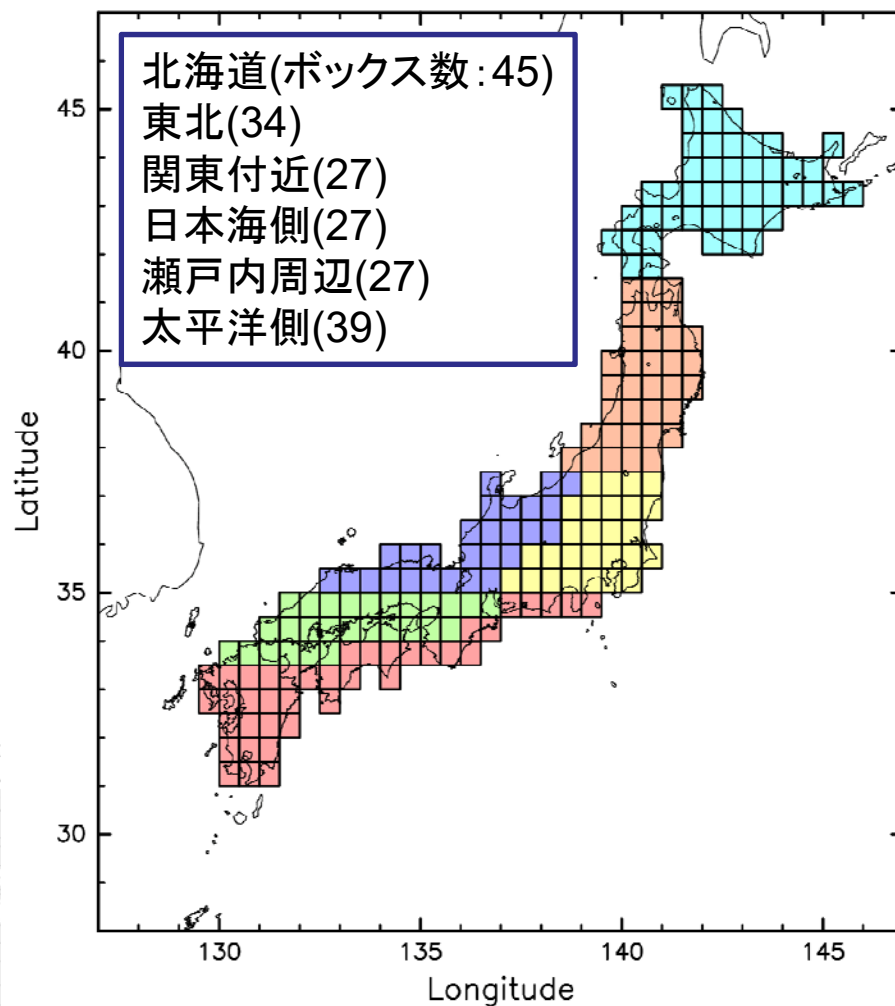


- DPRでは、各エリアのリトリバル誤差は24エリア中14ヶ所、エラーバーも含むと、24エリア中、23エリアで $\pm 10\%$ 以内を満たしている。
- 誤差の全平均は -5.0% と、 $\pm 10\%$ 以内を満たす。

-5.0
23/24

3. DPR L2/L3プロダクトの改訂・検証結果

3.3 DPR L2/L3プロダクトの検証結果 (6/7)

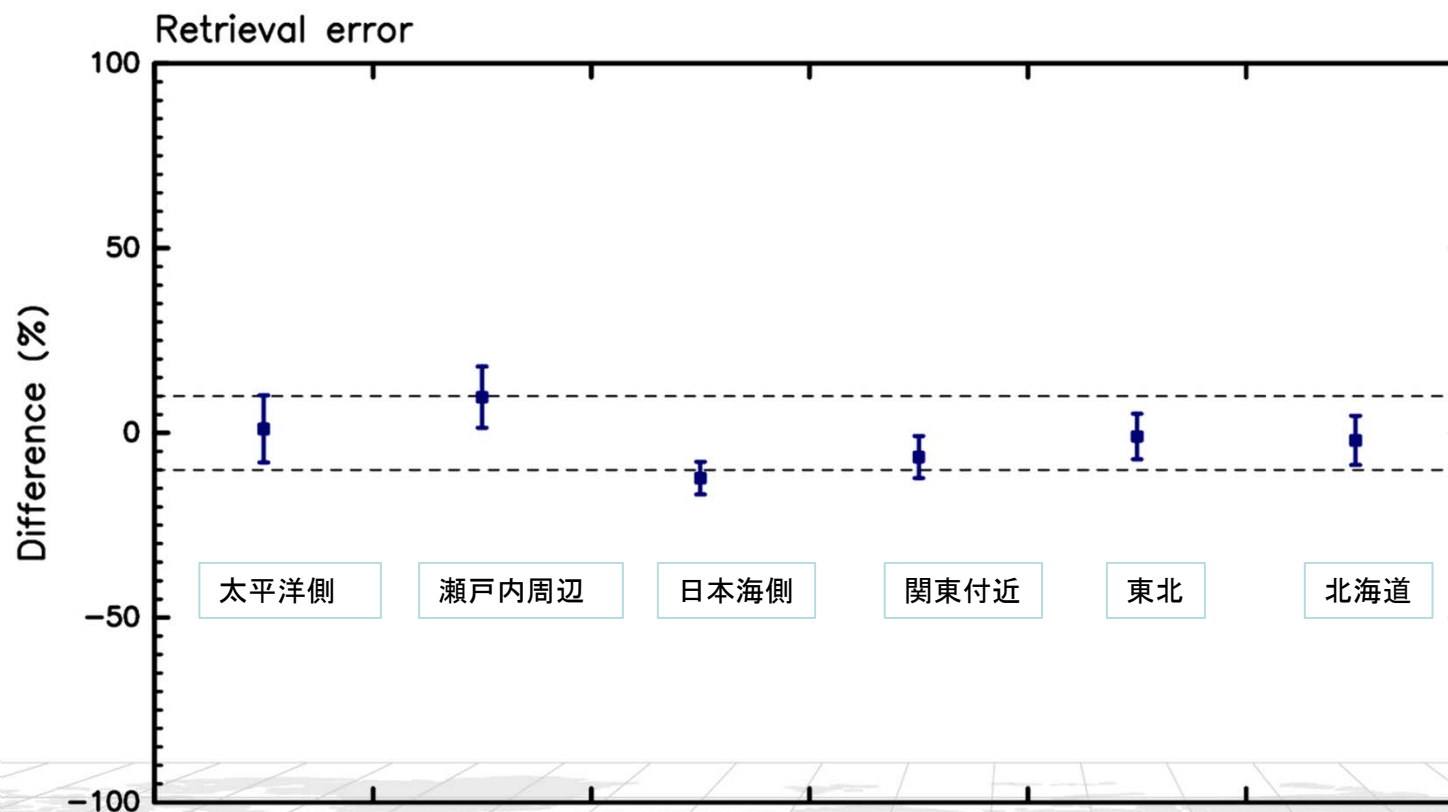


- 期間は2014年6月から2016年5月までの2年間。
- 降雪時のデータを除くため、各グリッドボックスの平均温度が6度以下の観測は使用しない。
- 日本列島に沿って0.5×0.5度のグリッドボックス200個を設置し、それぞれで年間雨量を算出。気候区分によって、6つのエリアを設定。
- リトリバー誤差の定義は以下の通り
(DPR12ヶ月平均降雨量－アメダス12ヶ月平均降雨量(DPR通過時のみ))/アメダス12ヶ月平均降雨量(DPR通過時のみ)×100(%)

3. DPR L2/L3製品の改訂・検証結果

3.3 DPR L2/L3製品の検証結果 (7/7)

日本域のエリアごとの雨量から算出したリトリバーバル誤差



- DPRでは、各エリアのリトリバーバル誤差はすべてのエリアで $\pm 15\%$ 未満を満たしている。さらに、平均で6エリア中5ヶ所、エラーバーも含むと、6エリア中、6エリアで $\pm 10\%$ 以内を満たしている。
- 誤差の全平均は -1.85% と、 $\pm 10\%$ 以内を満たす。

4. TRMM/GPM標準気候プロダクト・新規開拓プロダクトの状況

4.1 定義



- ❖ 平成27年1月の降水観測ミッション(PMM)利用検討委員会において、科学的意義または社会的利用価値の高いプロダクトが新たに生成可能となった場合には、新たなプロダクトとして定義することとし、全球降水観測/二周波降水レーダ(GPM/DPR)総合システムミッション要求条件書(SAP-070024C)に下記の記述を反映した。

- ❖ TRMM/GPM標準気候プロダクト

- ❖ TRMMとGPMで整合性のある長期データセット作成のために、GPM標準アルゴリズムをTRMM期間のデータに適用して作成されたプロダクト。標準プロダクトと同等の扱いとなる。

- ❖ 新規開拓プロダクト

- ❖ 開発や利用の面で研究段階にある、GPM計画の主目的から外れているが作成する意義がある、あるいは計画的な提供形態にそぐわないプロダクト。

4. TRMM/GPM標準気候プロダクト・新規開拓プロダクトの状況

4.2 TRMM/GPM標準気候プロダクトの状況 (1/4)



- * TRMM/GPM気候プロダクトとして、GPM KuPRとTRMM/PRの連続性を考慮したPR用のアルゴリズム、ならびに、SLHアルゴリズムを開発し、2017年9月に、TRMMバージョン8プロダクトとして提供予定

* 各アルゴリズムの状況

- * PR Level-1アルゴリズム:PU1

- * 1月にコード提出、3月にバグ修正

- * PR Level-2アルゴリズム:PU2

- * 3月にコード提出

- * SLH Level-2/3アルゴリズム

- * 8月にコード提出予定

4. TRMM/GPM標準気候プロダクト・新規開拓プロダクトの状況

4.2 TRMM/GPM標準気候プロダクトの状況 (2/4)



* PU1の開発

* PR 1B21アルゴリズムをベースに開発

- * DPRベースのgeoTK(衛星の姿勢情報等)をインストール
- * DPRで使われているDEMや海陸フラグの導入
- * 2001年の軌道変更で課題となるビームミスマッチ補正手法を改良(東大・金丸による)
- * 校正係数の見直し、センサパラメータの見直し

* PU2の開発

* GPM Ku V05をベースに開発

- * Adjustment factorの導入→TRMM/PRとGPM/KuPRの校正レベルで連続的になるように調整
- * KuPRセンサ仕様からPRセンサ仕様に書き換え
- * PR用のサイドローブ対策ルーチンの開発

4. TRMM/GPM標準気候プロダクト・新規開拓プロダクトの状況

4.2 TRMM/GPM標準気候プロダクトの状況 (3/4)



* SLHアルゴリズムの開発

- * GPM SLHアルゴリズムをベースに開発

- * TRMM用の開発要素

- * 今後、参照する環境データを、気象庁再解析データJRA55、気象庁客観解析データGANALのどちらを使うかを判断する。

- * TRMMの中緯度域のリトリバル結果を確認する。



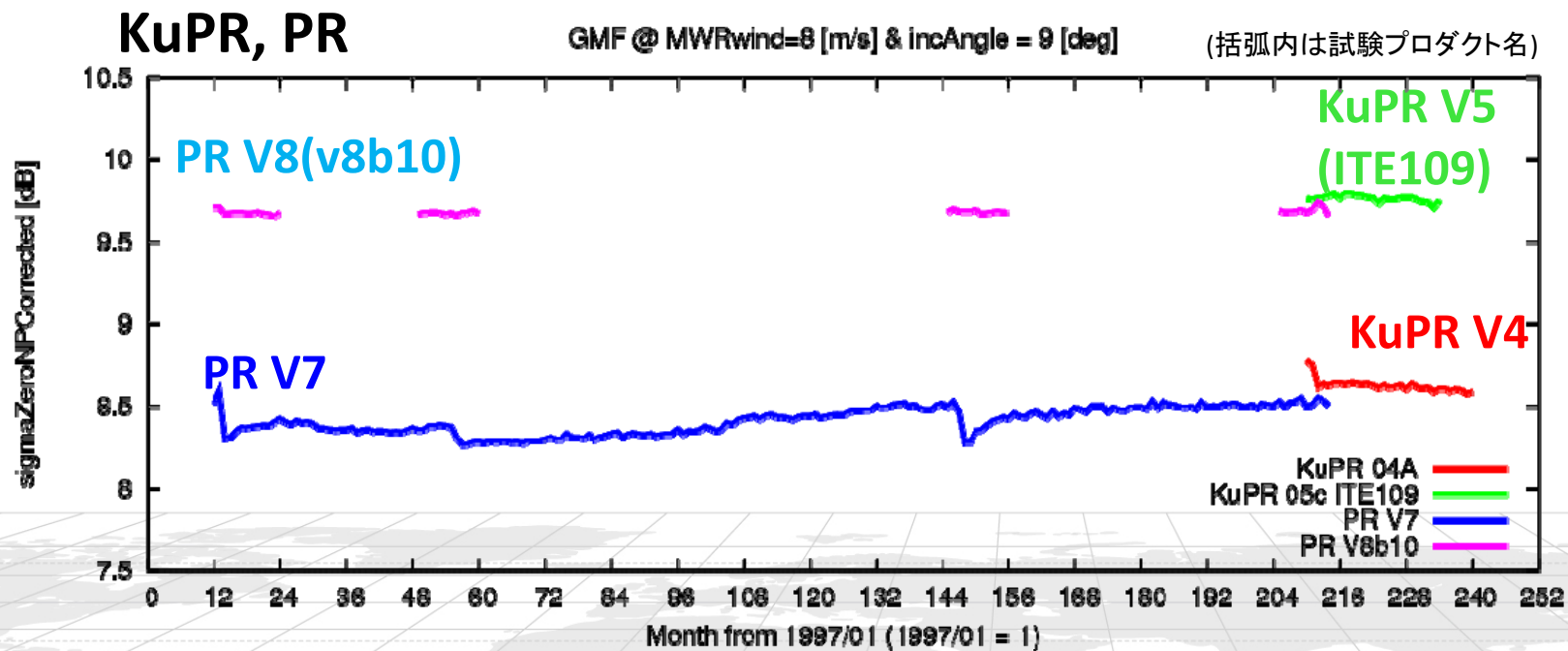
4. TRMM/GPM標準気候プロダクト・新規開拓プロダクトの状況

4.2 TRMM/GPM標準気候プロダクトの状況 (4/4)



DPRとPRの σ_0 連続性

- TRMM及びGPMの長期観測データを用いて、データ品質が均一な標準気候プロダクトの開発が多くのユーザから求められている。
- TRMMとGPMの観測重複期間のデータを基に、TRMM/PRの校正をGPM/DPRの校正に合わせることでレーダ校正精度を均質化した。



- ▶ σ_0 は、ある一定の状況下では不変であるとし、ハードウェアの特性を除去するため、校正パラメータの変更に加え、Adjust factorを導入した。
- ▶ DPR V5、TRMM V8では、TRMM/GPM連続性を確認した。

4. TRMM/GPM標準気候プロダクト・新規開拓プロダクトの状況

4.3 新規開拓プロダクトの状況



- * 新規開拓プロダクトとして、現在下記のプロダクトを定常的に作成している。

- * GMI海面水温

- * 平成27年4月から、高解像度海面水温コミュニティ(GHR SST)への貢献として運用しているウェブサイト(<http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GHRSSST>)から、一般に公開中。
- * GMI V05にあわせて、バージョンアップ予定。

- * GMI海氷密接度

- * 平成26年12月から、EORCの「オホーツク海氷速報」(<http://sharaku.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/adeos2/seaice/seaice.cgi?lang=j&mode=large>) (冬季のみ公開)で画像を公開中。
- * AMSR2海氷密接度のバックアップとして、極地研究所にデータを提供(12月～2月期)。
- * GMI V05でもアルゴリズム更新無しで問題ないことを確認済み。

- * DPR海氷密接度

- * DPR V04より標準プロダクトの中に含まれる。V05対応済み。
- * AMSR2海氷密接度のバックアップとして、極地研究所にデータを提供(12月～2月期)

- * GSMaPリアルタイム版(GSMaP_NOW)

- * 平成27年11月より、世界の雨分布リアルタイム(http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP_NOW)から気象衛星「ひまわり」域を対象に、データを公開中。
- * JICAの協力を得て、これまで対象としていなかった、南洋州島嶼国での利用開拓を行い、新たに6か国(フィジー、トンガ、マーシャル、ミクロネシア、バヌアツ、ソロモン)の現業組織での定常的な利用と、各機関HPからのGSMaP_NOWへのリンクによる、一般利用が開始されるなど、利用実証が進んでいる。
- * 全球化に向けてのEUMETSAT、NOAAデータの利用検討などの開発を進めている。

参考文献



- Iguchi, T., S. Seto, R. Meneghini, N. Yoshida, J. Awaka, L. Minda, V. Chandrasekar, T. Kubota, 2016; GPM/DPR Level-2 Algorithm Theoretical Basis Document, URL (http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/doc/algorithm/ATBD_DPR_2015_whole_2a.pdf)
- Kozu, T., 1995: A Generalized Surface Echo Radar Equation for Down-Looking Pencil Beam Radar, EICE transactions on communications, **78**, 1245-1248.
- R. Meneghini, L. Liao, S. Tanelli, and S. L. Durden, Assessment of the Performance of a Dual-Frequency Surface Reference Technique Over Ocean, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., Vol. 50, No.8, pp. 2968-2977, 2012
- Caylor, I. J., G. M. Heymsfield, R. Meneghini, and L. S. Miller, 1997: Correction of sampling errors in ocean surface cross-sectional estimates from nadir-looking weather radar. J. Atmos. Oceanic Technol., 14, 203-210.

