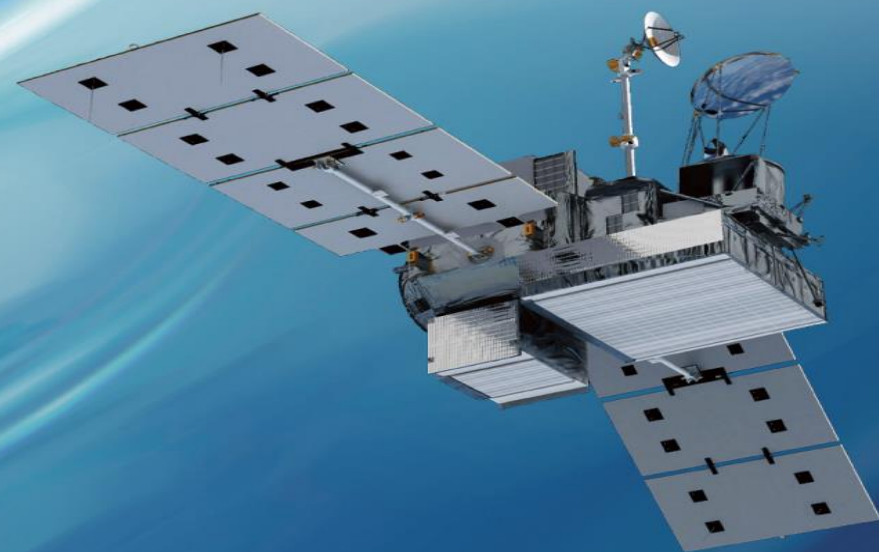


衛星全球降水マップ「GSMaP」の プロダクトバージョンアップについて

宇宙航空研究開発機構（JAXA）
地球観測研究センター（EORC）



全球降水観測計画（GPM）とは

地上の降水観測網は地球規模では十分にカバーできておらず（e.g., Kidd et al. 2016）、**全球降水観測には衛星観測が唯一の手段**。GPMは**1機の主衛星とコンステレーション衛星群**により、頻度の高い全球の降水観測を実現（Hou et al. 2014, Skofronick-Jackson et al. 2017）。JAXAは情報通信研究機構（NICT）と共同で**二周波降水レーダ（DPR）**を開発（Kojima et al. 2012, Iguchi 2020）し、主衛星・コンステレーション衛星群に搭載するマイクロ波放射計データ（頻度・観測範囲が広いが、精度が劣る）による降水量推定精度を高めた。

全球降水観測計画（GPM）主衛星 搭載二周波降水レーダ(DPR)

Ku帯降水レーダ：KuPR

周波数：13.6GHz

Ka帯降水レーダ：KaPR

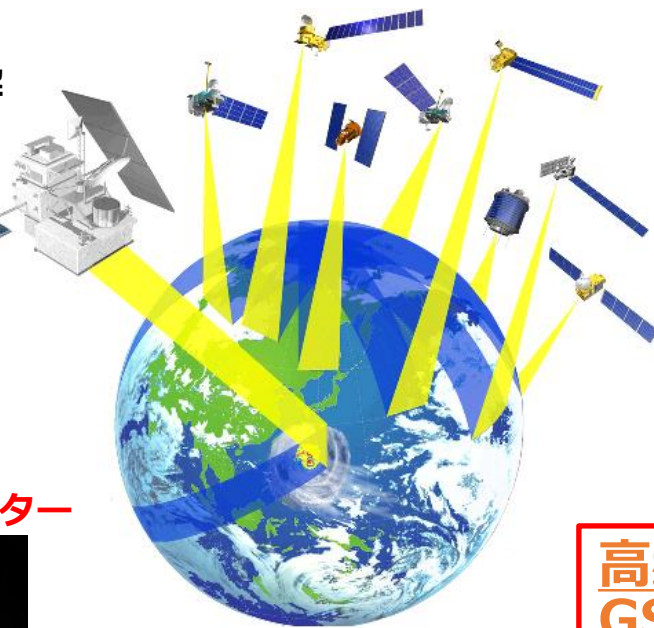
周波数：35.55GHz（



主衛星

目的:

- 降水システムの水平、鉛直構造の理解
- 降水粒子情報の取得
- 副衛星群による降水量推定精度向上
- 二周波降水レーダ
(DPR: 13.6GHz, 35.5GHz)
水平分解能: ~5 km
鉛直分解能: 250 m
走査幅: ~245 km
- 多周波マイクロ波放射計 (GMI)
- H-IIAロケットにより種子島宇宙センターから打上げ
(2014年2月28日)
- 太陽非同期軌道
軌道傾斜角: 約 65°
高度: 約 407 km



コンステレーション衛星群

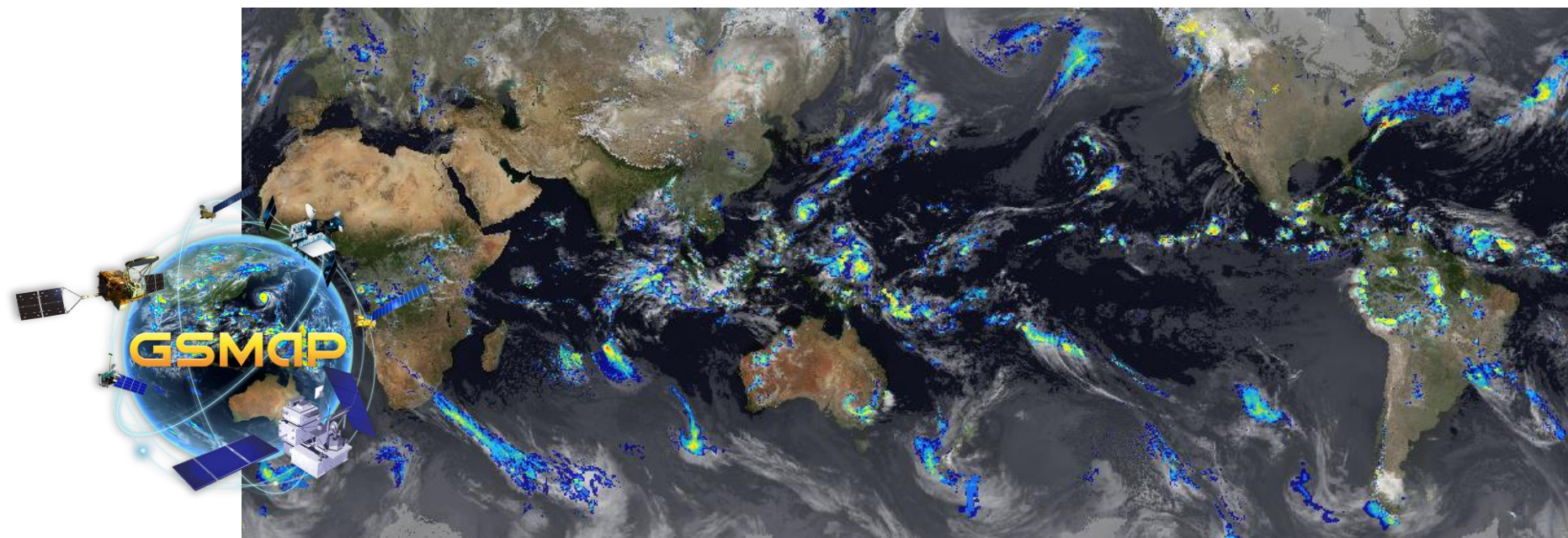
目的:

- 十分な観測頻度（降水は時間空間変動の大きな物理量）
- 科学的、社会的応用
- マイクロ波放射計搭載の衛星群
JAXA, NOAA, EUMETSAT, CNES/ISRO等により実現
- 3時間で全球の8割程を観測
- 主に太陽同期極軌道
- 高度: 600~800 km

高頻度の全球降水マップ GSMaP

高精度かつ高頻度の全球の雨の分布を作成、準リアルタイムで提供

衛星全球降水マップ°GSMaP



衛星全球降水マップ

GSMaP

GLOBAL SATELLITE MAPPING OF PRECIPITATION

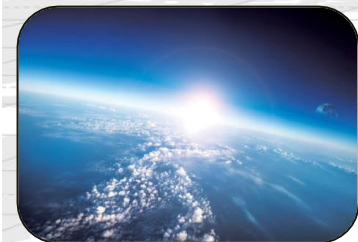
Statistics! Realtime!
Long-term!



- 0.1度(=10km)格子
- 1時間降水量データ
- 2000年3月~現在

様々な分野でのGSMaP利用の広がり

気象リアルタイム監視



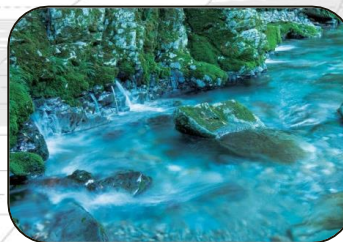
農業気象監視
天候インデックス保険



水防災



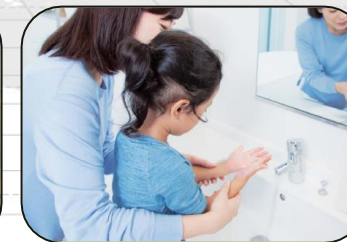
気候監視
(干ばつ・持続多雨)



水資源
エネルギー



公衆衛生



教育



詳しくは利用事例集➡ https://www.eorc.jaxa.jp/GPM/doc/data_utilization/latest_jireishu_j.pdf

プロダクト提供の実績

日時	イベント
2014年09月	潜熱プロダクトを除く、全標準プロダクト一般提供開始（バージョン3）
2016年03月	DPRプロダクト（L1B, L2, L3）のバージョン4プロダクトとDPR潜熱（SLH）の一般提供開始
2017年01月	GSMaPプロダクト（L3）のバージョン4プロダクトの一般提供開始
2017年05月	DPRプロダクト（L1B, L2, L3）のバージョン5プロダクトの一般提供開始
2017年07月	DPR潜熱（SLH）のバージョン5プロダクトの一般提供開始
2017年10月	TRMM/PRバージョン8（L1）の一般提供開始
2018年7月	TRMM/PRバージョン8（L2, L3）、TRMM/PR潜熱プロダクトの一般提供開始
2018年10月	DPRプロダクト（L2, L3）のバージョン6プロダクト/一般提供開始 DPR潜熱（SLH）のバージョン6プロダクトの一般提供開始
2020年6月	DPR研究プロダクト（バージョン06X）のリリース
2021年12月	DPRプロダクト（L1, L2, L3）・DPR潜熱（SLH）のバージョン7プロダクトの一般提供開始 GSMaPプロダクト（L3）のバージョン5プロダクトの一般提供開始

本資料の目的

- * 本資料では、2021年12月から一般的提供を開始したGSMaPプロダクト（GPMプロダクトバージョン05/アルゴリズムバージョン8）の紹介を行う。

* 一般提供されたGSMaPプロダクトは、以下から取得可能

- * G-Portal: <https://gportal.jaxa.jp/gpr/>

- * HDF、TXT、NetCDF、GeoTIFF等を提供

詳細はp9を参照

- * 世界の雨分布速報ウェブサイト: https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm

- * Binary、CSV、NetCDFを提供

GSMaPプロダクトの主要変更点 (1/3)

V03 (2014年9月リリース) とV04 (2017年1月リリース) のGSMaPプロダクトに関するアルゴリズム開発はKubota et al. (2020)でレビュー

(https://doi.org/10.1007/978-3-030-24568-9_20)

V04からV05へのGSMaPプロダクトの主な変更点

Appendixに概要紹介有り

- **降水推定域を極域まで拡張** (ただし、マイクロ波放射計推定のみ)
 - →次スライドで紹介
- 新規センサの追加
 - MHS(Metop-C) & ATMS (Suomi-NPP, NOAA-20)
- マイクロ波放射計 (PMW) アルゴリズムの改良
- PMWセンサ間のバイアス補正手法の導入
- マイクロ波・赤外放射計複合アルゴリズムの改良
 - ヒストグラムマッチング手法の導入
 - PMW通過域／非通過域の境界をなだらかにする手法の導入
- 地上雨量計補正手法の改良

本手法により、センサ間のバイアスがV05では大幅に軽減

GSMaPプロダクトの主要変更点 (2/3)

V03とV04のGSMaPプロダクトは**南北緯度60度内の範囲**の降水分布

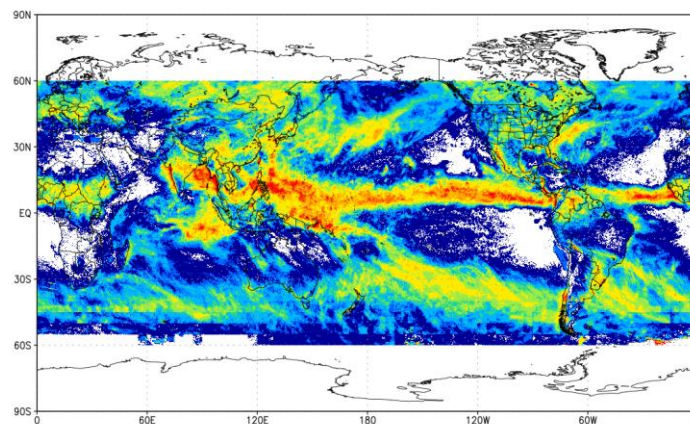


V05では、**降水域を極まで拡張**

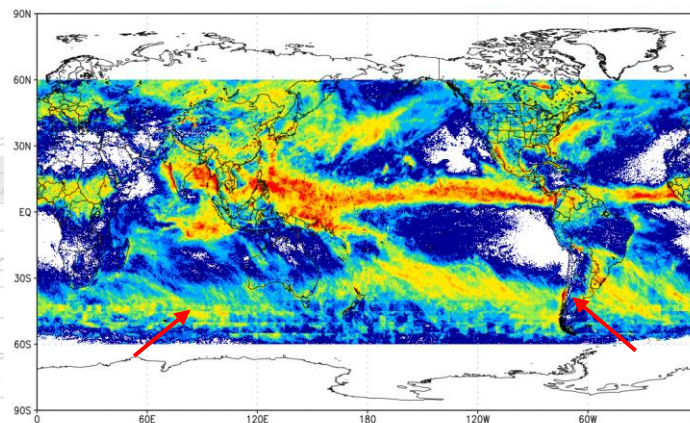
ただし、マイクロ波センサ推定のみ（マイクロ波・赤外放射計複合アルゴリズムの極域への拡張は次バージョン以降）。また、海氷上やグリーンランド上は、推定の難しさから本バージョンでは欠損値とする。

✧ 2014年7月 月平均降水量(全球マップ)

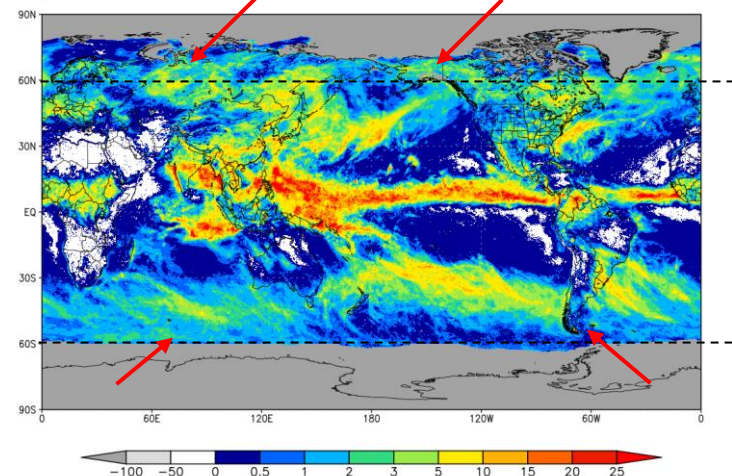
V03



V04 (現行版)



V05 (最新版)



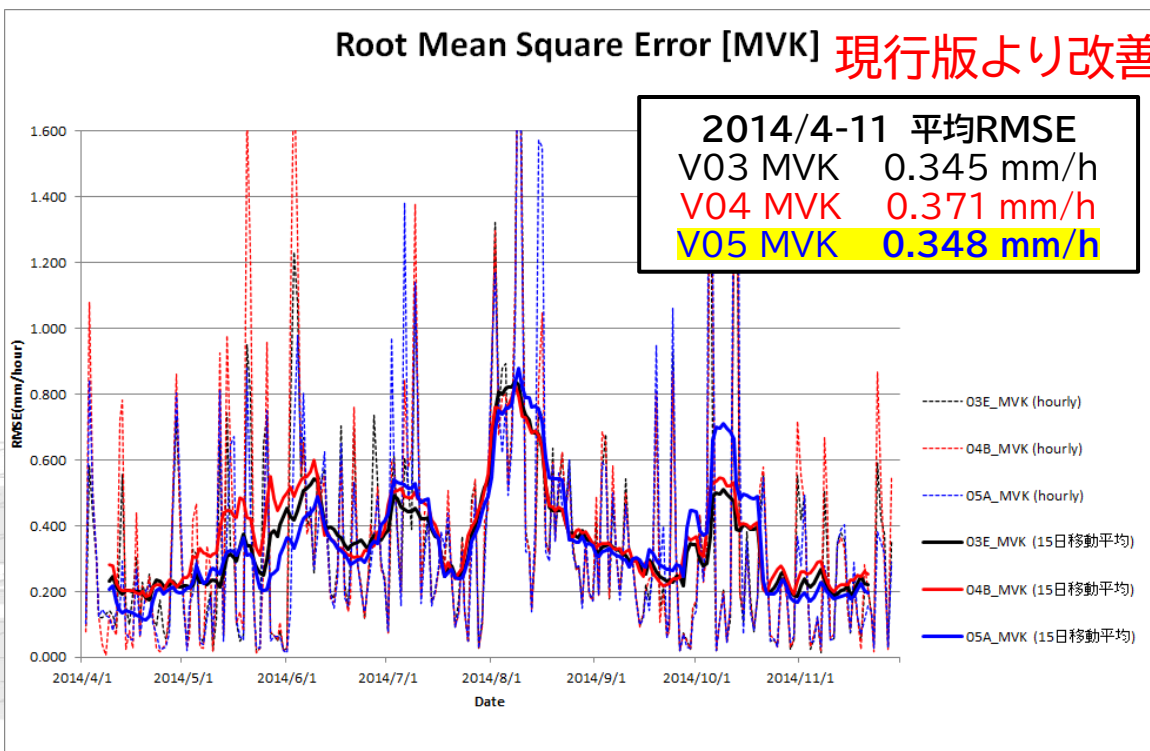
- 極域拡張により、ユーラシア大陸高緯度やアラスカの降水が推定できるように。ただし、海氷域とグリーンランドは欠損
- 南半球中緯度海上のアルゴリズム由来の不自然な格子模様が解消
- チリ海岸付近(アンデス山脈)の過大推定改善

GSMaPプロダクトの主要変更点 (3/3)

- ❖ 2014年7~11月を評価期間とし、気象庁解析雨量による日降水量（緯度経度0.25度格子）の検証を行い、さらに、従来とバージョンと比べた、バージョン5プロダクトに対する評価を行った。

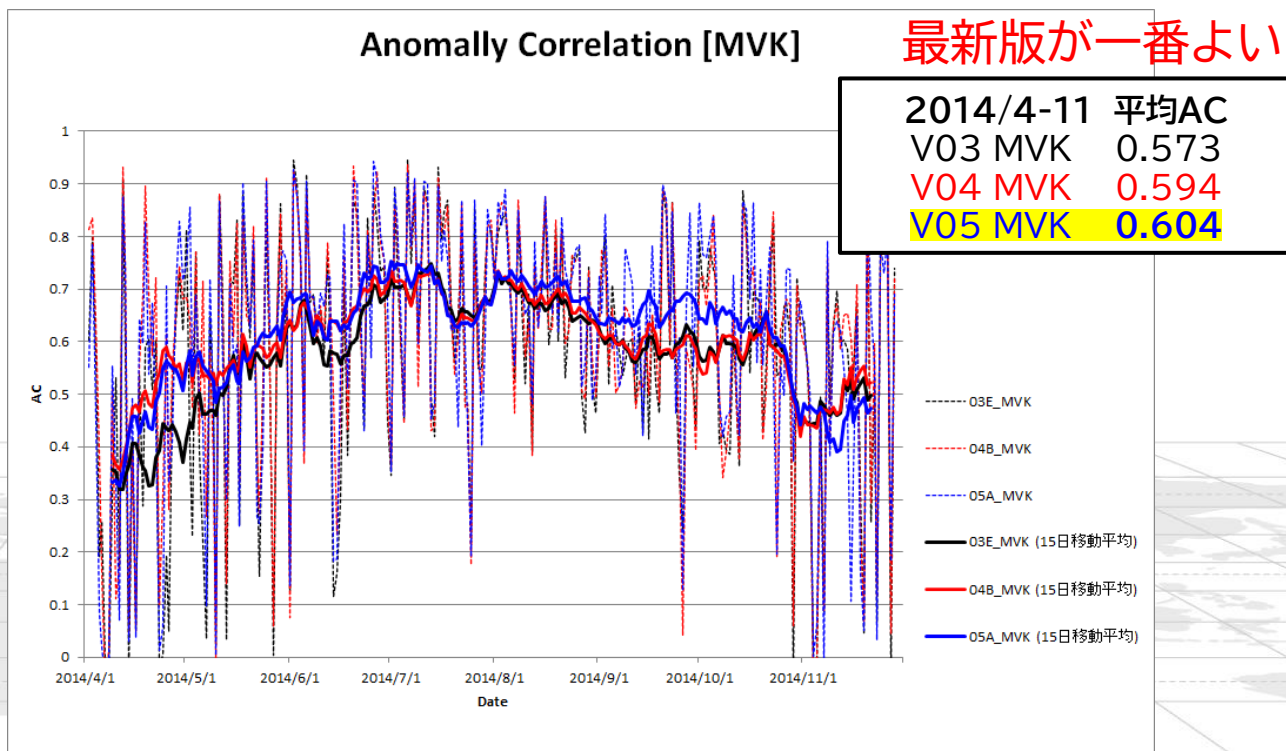
- ❖ 地上雨量計補正を含まない標準版で、**従来バージョンよりの改善**を示した（下図）。
- ❖ 地上雨量計補正済みプロダクトは、従来と同等の検証結果を示す（図省略）

Root Mean Square Error [MVK] **現行版より改善**



Anomaly Correlation [MVK]

最新版が一番よい



GSMaPプロダクトの種類

観測後から3日遅れ

観測後から4時間遅れ

ほぼ実時間

衛星観測のみ

GSMaP MVK
(標準版)
2000年3月～

GSMaP NRT
(準リアルタイム版)
2000年3月～

GSMaP NOW
(リアルタイム版)
2015年11月～

雨量計補正

GSMaP Gauge
(標準雨量計補正版)
2000年3月～

GSMaP Gauge NRT
(準リアルタイム雨量計補正版)
2000年3月～

GSMaP Gauge NOW
(リアルタイム雨量計補正版)
2019年6月～

精度が高い 😊
観測後から提供までが遅い 😞

精度が低い 😞
観測後から提供までが早い 😊

想定される利用用途

農業分野・食糧安全など

気候監視

洪水などの解析・予報

降水の現況モニタ

GSMaP v8プロダクトのフォーマット

V05/v8プロダクトより、NetCDF形式のプロダクトが利用可能。

	NOW Gauge_NOW	NRT Gauge_NRT	MVK Gauge
G-Portal https://gportal.jaxa.jp/gpr/?lang=ja		HDF 全球txt	HDF 全球txt NetCDF GeoTIFF
世界の雨分布 ウェブサイト https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm	Binary 領域別txt NetCDF	Binary 領域別txt NetCDF	Binary 領域別txt

V05/v8プロダクトより、GSMaP NRT, Gauge_NRT, NOWおよびGauge_NOWのNetCDF形式のプロダクトが利用可能。

GSMaP_NRTとGSMaP_Gauge_NRT v8 NetCDFフォーマット

V05/v8プロダクトより、NetCDF形式のプロダクトが利用可能。

Parameter [unit]	Type	Grid Size	Horizontal resolution	Temporal resolution
Latitude	Float	3600 x 1800	0.1 x 0.1 degree grid box	Hourly
Longitude	Float			
Hourly Rain Rate [mm/hr]	Float			
Hourly Gauge-calibrated Rain Rate [mm/hr]	Float			
Snow Probability	Short			
Observation Time Flag	Float			
Reliability Flag	Signed char			

詳細な説明は以下をごらんください

https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/document/new/DataFormatDescription_NRT8.pdf

GSMaP_NOWとGSMaP_Gauge_NOW v8 NetCDFフォーマット

V05/v8プロダクトより、NetCDF形式のプロダクトが利用可能。

Parameter [unit]	Type	Grid Size	Horizontal resolution	Temporal resolution
Latitude	Float	3600 x 1800 (FillValue over the area of 60°N-90°N and 60°S-90°S)	0.1 x 0.1 degree grid box	Hourly
Longitude	Float			
Hourly Rain Rate [mm/hr]	Float			
Hourly Gauge-calibrated Rain Rate [mm/hr]	Float			
Snow Probability	Short			
Observation Time Flag	Float			
Reliability Flag	Signed char			

詳細な説明は以下をごらんください

https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/document/new/DataFormatDescription_NOW.pdf

その他の情報は...

- * ユーザガイド

https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/guide_j.html

- * よくある質問集

https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/faq/GSMaP_faq_list_j.html

- * フォーマット説明書やリリースノートなどの文書

<https://www.eorc.jaxa.jp/GPM/gsmmap.html>

Appendix : GSMaPの主要変更点

PMW降水推定アルゴリズムの改良（1/5）

主要改良点

● 新規センサの追加

- MHS(Metop-C) & ATMS (Suomi-NPP, NOAA-20)

担当（敬称略）

EORC田島

● マイクロ波放射計アルゴリズムの改良

- 推定域を極まで拡張

EORC田島

- 各種データベースの更新・改良

- 降水プロファイルDBと対流/層状比DBの更新

東大高薮・富山大濱田

- 陸上降雨/無降雨判定DBの更新

RESTEC山本

- 地表面射出率DBの改良

東大Roh

- 固体降水の厚み指標を考慮したアルゴリズム関係DB

京大/EORC 青梨

- 海上の降雨判定手法の改良（0mm/hr輝度温度の補正手法の導入）

京大/EORC 青梨

- 固体降水の厚みの指標による散乱アルゴリズムの改良

京大/EORC 青梨

- 地形性豪雨推定手法の改良

京大 重・RESTEC 山本

- マイクロ波サウンダアルゴリズムの改良

EORC田島

- マイクロ波センサ間のバイアス補正手法の導入

RESTEC山本

PMW降水推定アルゴリズムの改良（2/5）

- 各種データベースの更新・改良
 - 降水プロファイルDBと対流/層状比（SPR）DBの更新
より長期のGPM/DPRデータの利用やDPRの二周波情報の利用等

DBまとめ表（v4/v7）

	～2014/02	2014/04～2016/02	2016/03～、NRT
降水タイプ分類	PR（3ヶ月移動平均） +JRA55, 月別	KuPR（3ヶ月移動平均） +JRA55, 月別	PR+KuPR（3ヶ月移動平均） +JRA55, 月別気候値（17年平均）
降水プロファイル	KuPR, 通年気候値（2年平均）	KuPR, 通年気候値（2年平均）	KuPR, 通年気候値（2年平均）
層状降水比(SPR)	KuPR, 通年気候値（2年平均） * 2A23的处理が必要	KuPR, 通年気候値（2年平均） * 2A23的处理が必要	KuPR, 通年気候値（2年平均） * 2A23的处理が必要
DSD	KuPR, 通年気候値（2年平均） * 2A23的处理が必要	KuPR, 通年気候値（2年平均） * 2A23的处理が必要	KuPR, 通年気候値（2年平均） * 2A23的处理が必要

DBまとめ表（次バージョンV5/V8）

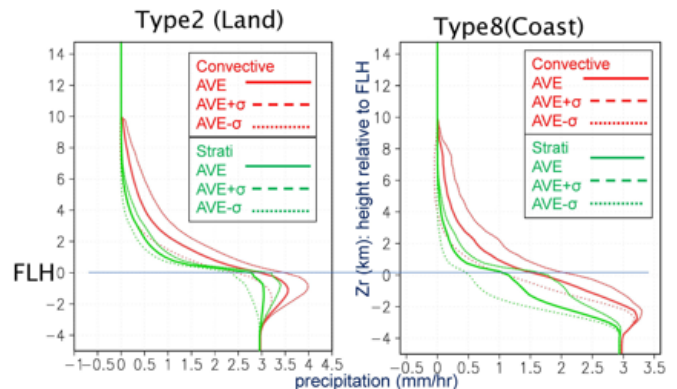
	～2014/03	2014/04～	NRT
降水タイプ分類	PR v7（3ヶ月移動平均） +JRA55, 月別	KuPR v06（3ヶ月移動平均） +JRA55, 月別（2019/6まで）	PR+KuPR（3ヶ月移動平均） +JRA55, 月別気候値(1998/1-2018/12; 21年平均)
降水プロファイル	通年気候値（5年：DPR_MS V06A slope法導入済） ShallowだけTRMM v7	通年気候値（5年(2014/04～ 2019/03)：DPR_MS V06A slope法 導入済） ShallowだけTRMM v7	通年気候値（5年(2014/04～ 2019/03)：DPR_MS V06A slope法導入 済） ShallowだけTRMM v7
層状降水比(SPR)			
DSD	PRの季節平均の気候値 （8年平均値）	PRの季節平均の気候値 （8年平均値）	PRの季節平均の気候値 （8年平均値）

PMW降水推定アルゴリズムの改良 (3/5)

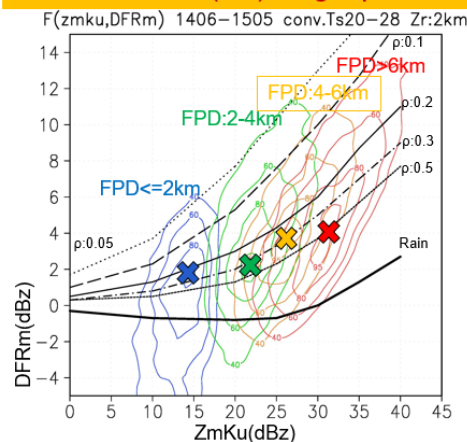
- 固体降水の厚みの指標による散乱アルゴリズムの改良
 - 降水バイアスと相関の高い**固体降水の厚み(FPD)**に依る降水プロファイルと固体降水粒子の密度の変動を前方計算に導入

(by 京大/JAXA 青梨)

FPD ENVによる降水プロファイルの変動
(地上降水強度3 mm/h, 2014年6月-2016年5月の平均)



Convective Ts:20-28C, Zr:2km
Classified with FPD(km) Target period



- 固体降水は球形を仮定し、
粒径分布はHarimaya(1978)を使う
 $N(Dm) = N_0 \exp(-\gamma Dm)$
 $\gamma = 5.57 R^{**(-0.18)}$
- 固体降水の密度を変動させて、
FPD_ENV毎にGMI散乱バイアスを小さくする最適値を探した。

89GHz :
対流性(0.65-0.80),層状性(0.50-0.65)
36GHz :
対流性(0.15-0.75),層状性(0.05-0.65)

FPDが大きいと固体降水の密度が高くなると推定される。

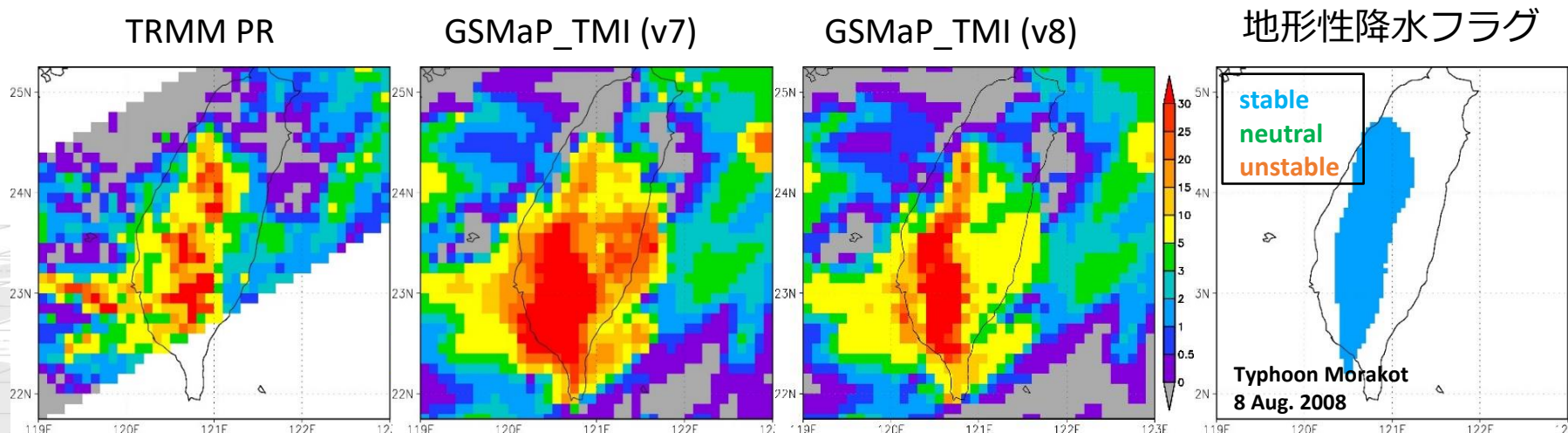
PMW降水推定アルゴリズムの改良 (4/5)

● 地形性豪雨推定手法の改良

(by 京大 重・RESTEC 山本)

11年分(2003-2013年)のTRMM PRデータを使用し、以下の条件を適用。

- ① 地形性上昇流(w)はYamamoto et al. (2017) を引き続き使用
- ② 水蒸気フラックス収束(Q)を大気下層安定度(dT_v/dz)に変更
- ③ あられ密度を固体降水の厚み指標の最小値に変更
- ④ $q < 5 \text{ g kg}^{-1}$ は地形性降雨を適用しない。



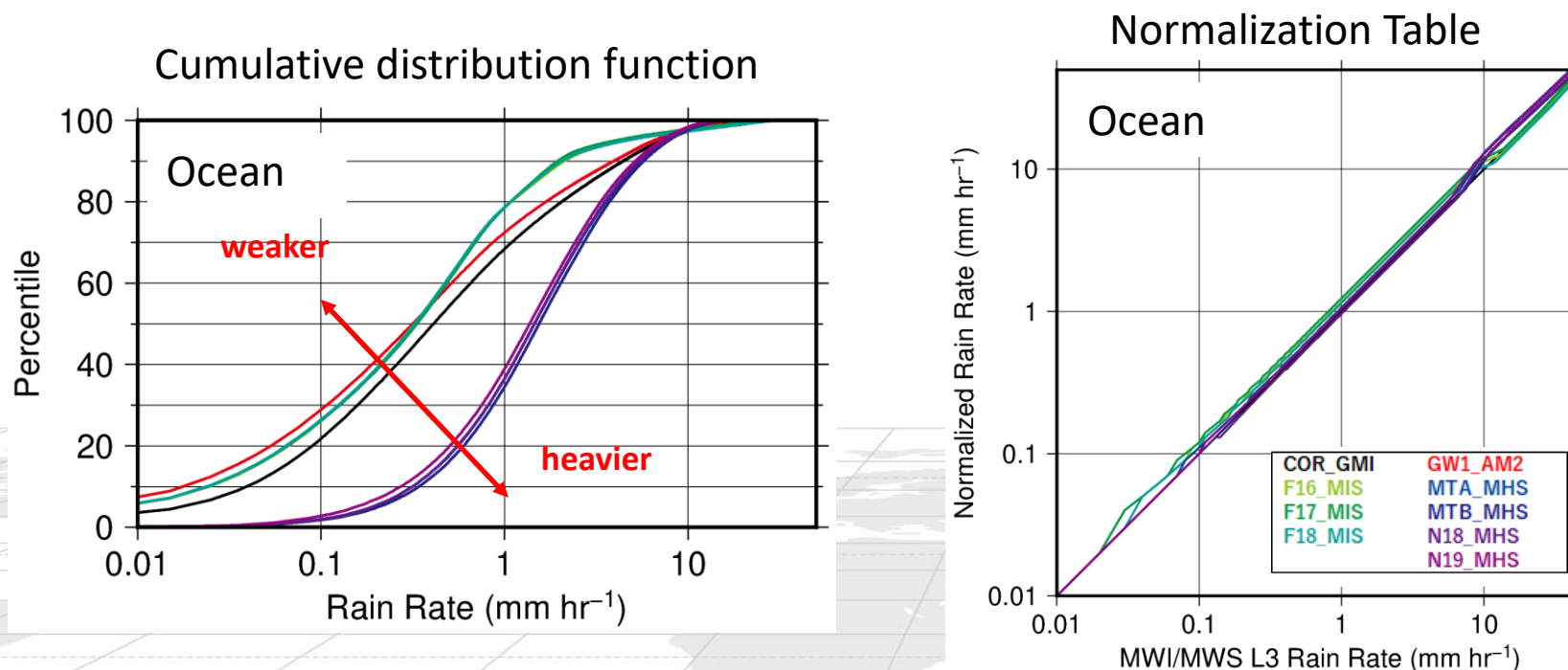
大気下層安定度の指標については、Shige and Kummerow (2016, <https://doi.org/10.1175/JAS-D-15-0271.1>)参照

PMW降水推定アルゴリズムの改良 (5/5)

(by RESTEC 山本)

● マイクロ波センサ間のバイアス補正手法の導入

センサ間で推定降水の累積分布関数の差が大きい。SSM/I/S、AMSU、ATMSの格子化データに対して、**GMIに合うようにバイアス補正**を実施。



Yamamoto and Kubota (2020)

<https://doi.org/10.1109/IGARSS39084.2020.9324451>

主要改良点

- マイクロ波・赤外放射計複合アルゴリズムの改良
 - ヒストグラムマッチング手法の導入
 - PMW通過域／非通過域の境界をなだらかにする手法の導入
 - 降雪確率の移動処理適用
- 地上雨量計補正手法の改良
 - 従来版で見られた不自然な補正の修正

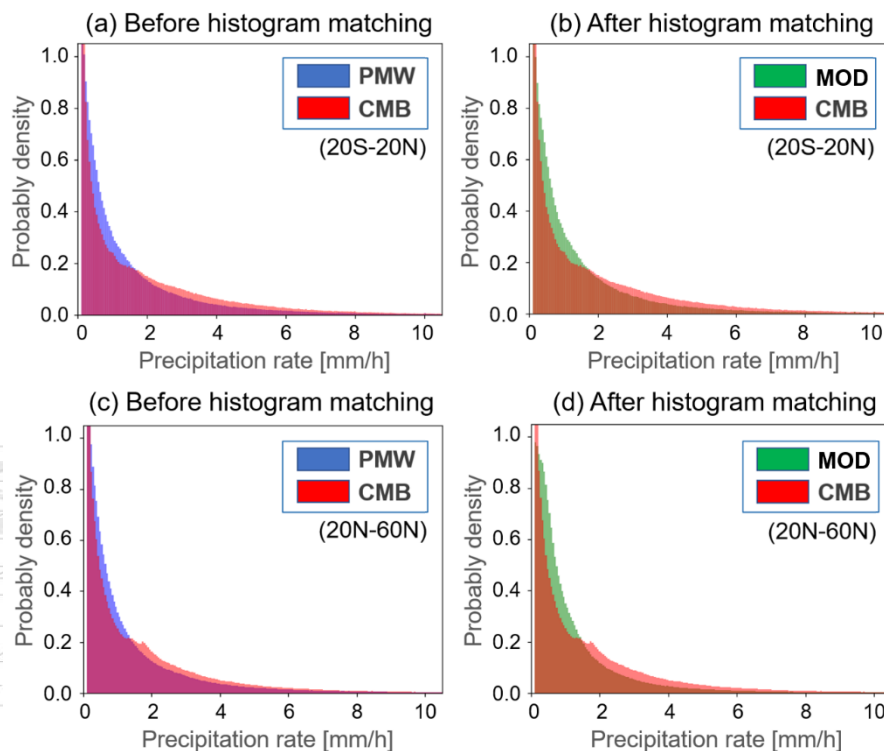
PMW-IR複合アルゴリズム、雨量計補正手法の改良点 (2/3)

マイクロ波・赤外放射計複合アルゴリズムの改良

(by JAXA/EORC 広瀬)

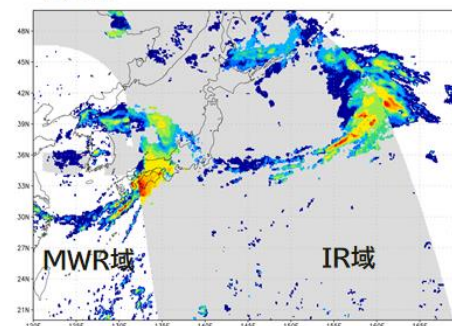
● ヒストグラムマッチング手法 (Hirose et al. 2021) の導入

従来のPMW-IR複合アルゴリズムでは、PMW通過域に比べて非通過域で過大推定の傾向があった。そこで、PMWの降水強度ヒストグラムと一致するように、線形補間でIR観測域の降水強度を補正する手法を導入した。

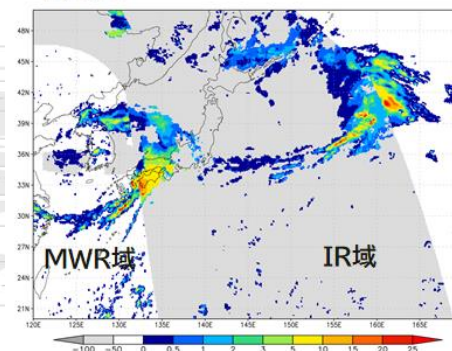


Hirose et al. 2021:
Histogram Matching to
Improve Homogeneity in
Satellite Merged
Precipitation Products, *IEEE
GRSL*, accepted.

導入前



導入後



PMW-IR複合アルゴリズム、雨量計補正手法の改良点 (3/3)

地上雨量計補正手法の改良

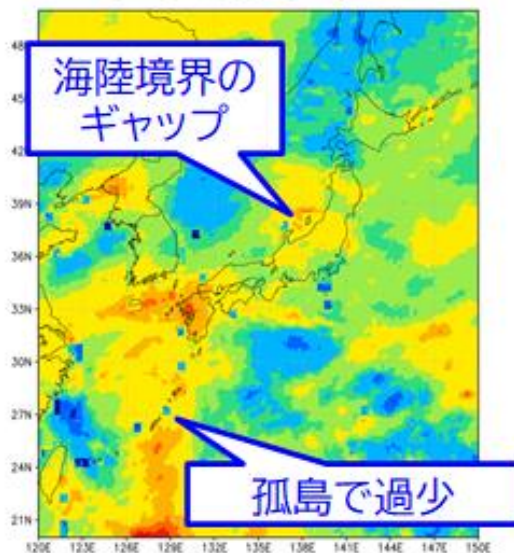
(by 大阪大 牛尾・妻鹿)

- 従来版で見られた不自然な補正の修正

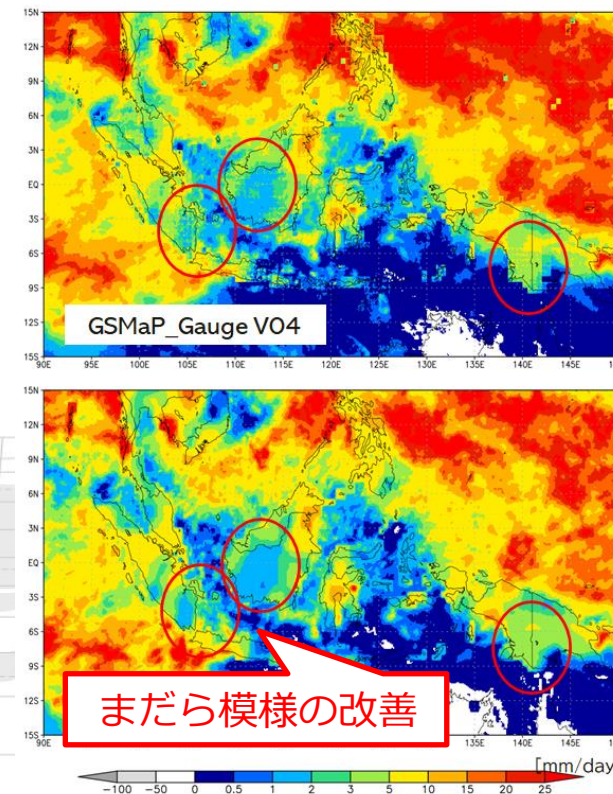
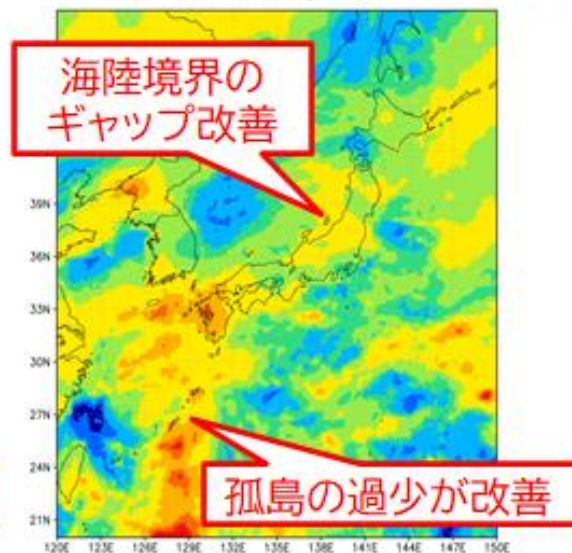
現行版でみられた「海陸境界のギャップ」や「島等で極端な降水量減少」「長期平均降水量で出現するまだら模様」問題への対応を実施。

2014/7 GSMaP Gaugeの月降水量

(現行版)



(修正版)



地上雨量計
補正の手法
(はMega et al.
(2019,
<https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2870199>)に基づく