

衛星による高精度高分解能 全球降水マップの作成

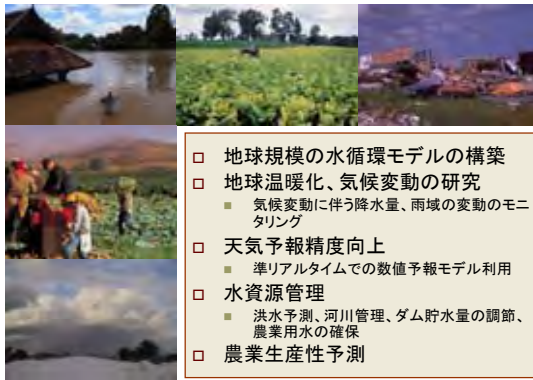
GSMaP(Global Satellite Mapping of Precipitation)

研究代表者: 岡本 謙一
大阪府立大学

発表内容

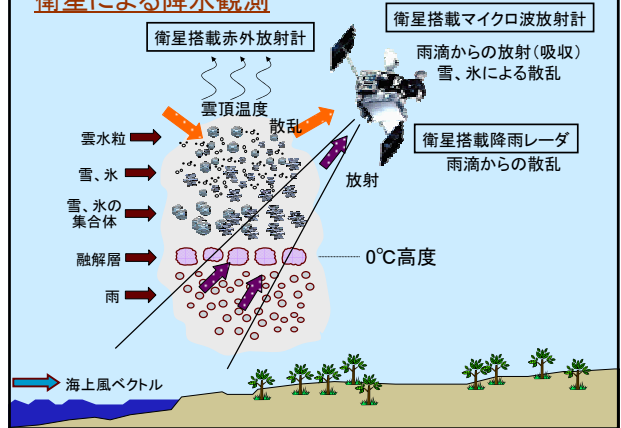
- 研究の背景と目的
 - 衛星からの降水観測
 - 研究チームの目的、構成、成果の要約
- 研究チームの活動
 - 各グループの研究成果
 - 地上レーダ観測
 - 降水物理モデルの開発
 - 降水強度推定アルゴリズムの開発
 - 全球降水マップの作成と評価
- 研究成果のまとめ

高精度高分解能全球降水マップの利用

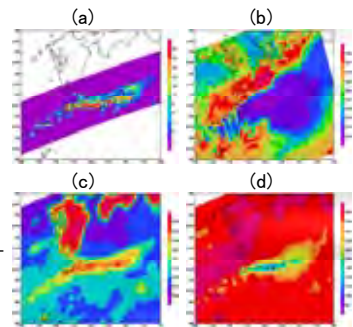


- 地球規模の水循環モデルの構築
- 地球温暖化、気候変動の研究
 - 気候変動に伴う降水量、雨域の変動のモニタリング
- 天気予報精度向上
 - 準リアルタイムでの数値予報モデル利用
- 水資源管理
 - 洪水予測、河川管理、ダム貯水量の調節、農業用水の確保
- 農業生産性予測

衛星による降水観測



衛星搭載各種観測装置による降雨観測の特徴 (熱帯降雨観測衛星(TRMM)で観測された九州南海上の大雨)



(a) 衛星搭載降雨レーダ: 降水粒子からのマイクロ波後方散乱。精度が高い、走査幅が狭く観測機会に限られる。

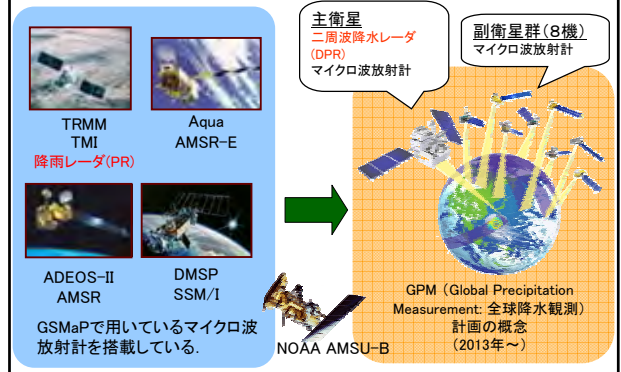
(b) 赤外放射計: 雲頂温度(降水と相関小)

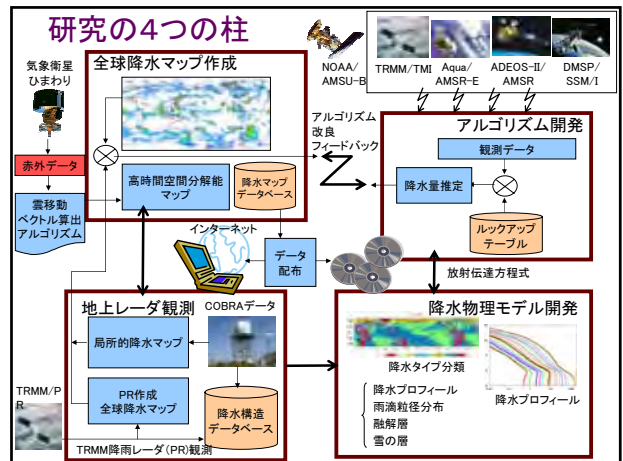
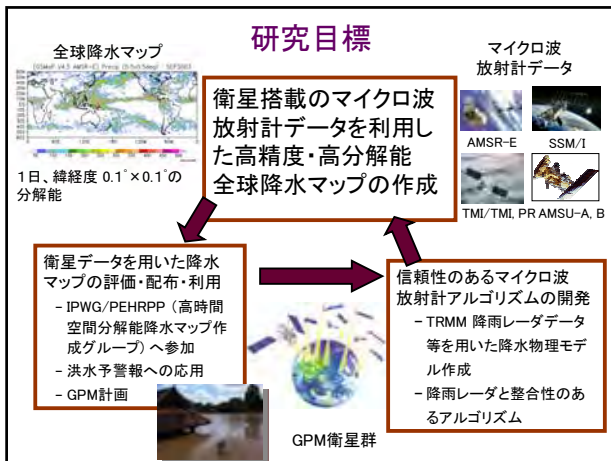
(c) マイクロ波放射計(19GHz):

(d) マイクロ波放射計(85GHz): 海上では雨からの放射の積算+雪・氷の散乱の積算
陸上では雪・氷の散乱の積算

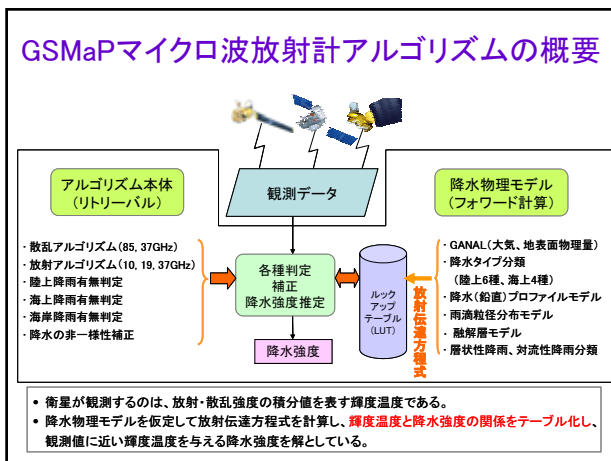
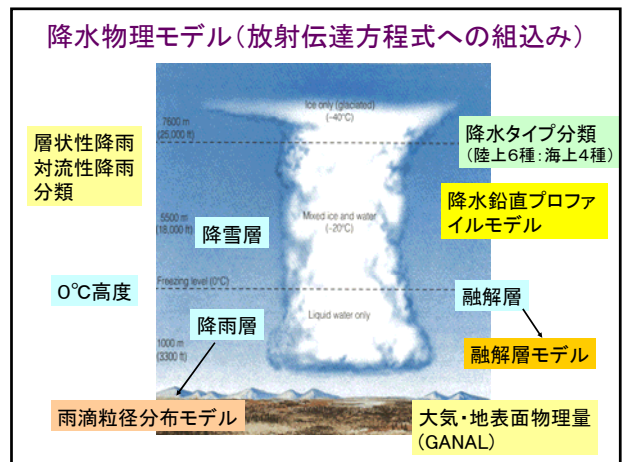
マイクロ波放射計を搭載した衛星群

(全球降水マップの作成に於いては観測頻度が多いマイクロ波放射計が中心になる)





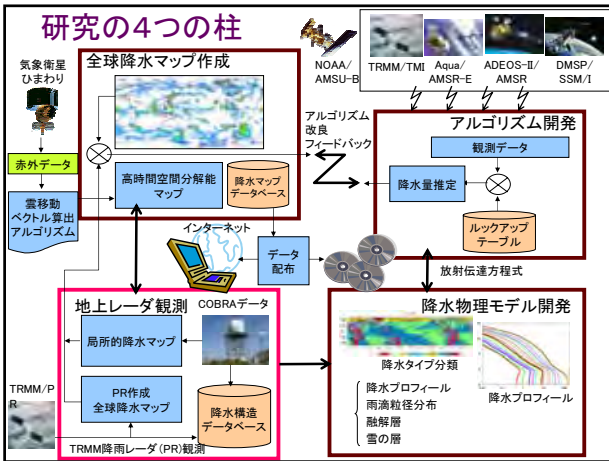
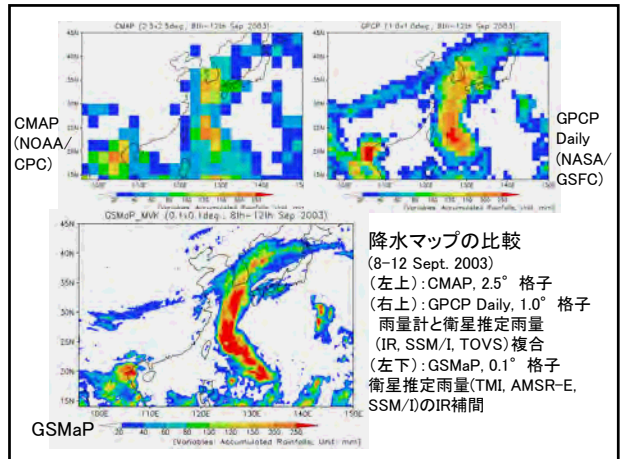
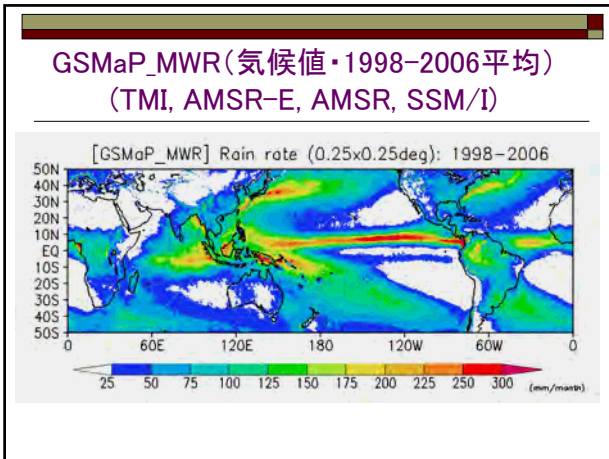
- ### 主要な研究成果
- TRMM降雨レーダ(PR)の観測データ等に基づく降水物理モデルの開発
 - 降水物理モデルに基づくTRMM降雨レーダ(PR)と整合性のあるマイクロ波放射計アルゴリズムの開発
 - マイクロ波放射計アルゴリズムを用いた全球降水マップの作成
 - 赤外データを用いた補間による高時間・空間分解能全球降水マップの作成



作成した全球降水マップの一覧表

衛星名/プロダクト	91~96	98	99	00	01	02	03	04	05	06
TRMM/TMI		← 1998/01 ~ 2006/12 →								
Aqua/AMSR-E							← 2002/07 ~ 2006/12 →			
ADEOS-II/AMSR							↕ 2003/04 ~ 10			
DMSP/SSM/I(3機)	← 1991/01 ~ 2006/12 →									
MWR		← 1998/01 ~ 2006/12 →								
MVK							← 2003/01 ~ 2006/06 →			

MWR: TMI+AMSR-E+AMSR+SSM/Iの合成、MVK: MWR+Rの合成

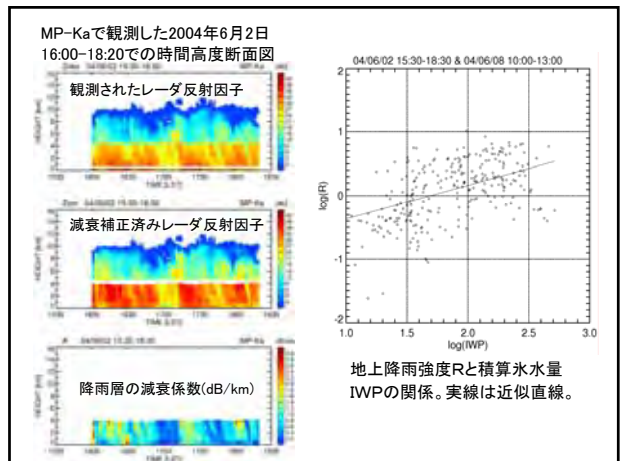
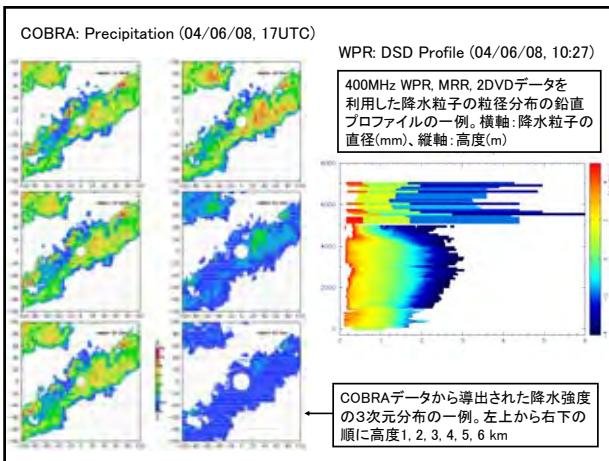


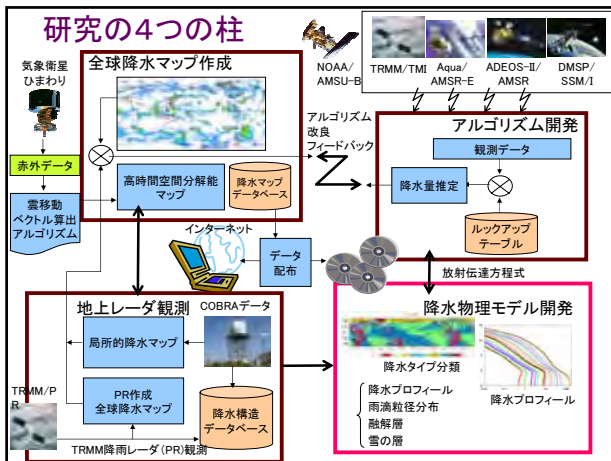
沖縄梅雨期集中降雨観測実験 (2004年5月22日-6月9日)時の主要観測機器

COBRA (Cバンド偏波ドップラーレーダー)
10minサイクル
15°仰角のボリュームスキャン
+2 or 4方位角のRHIスキャン(大直味・恩納上空)

400MHz WPR (ウィンドプロファイラ)
時間分解能: 164s (水平・鉛直風)
高度分解能: 100m (1.3μs)

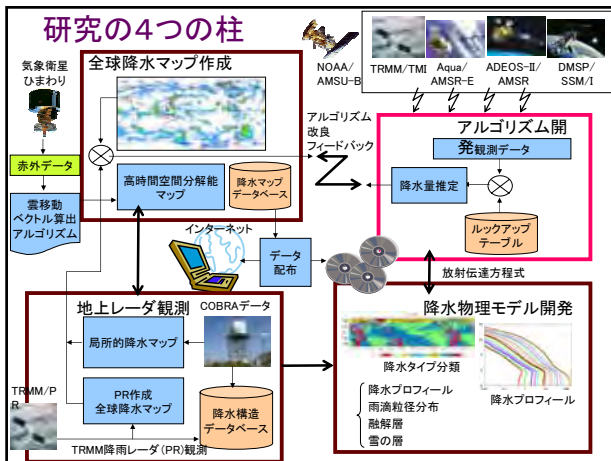
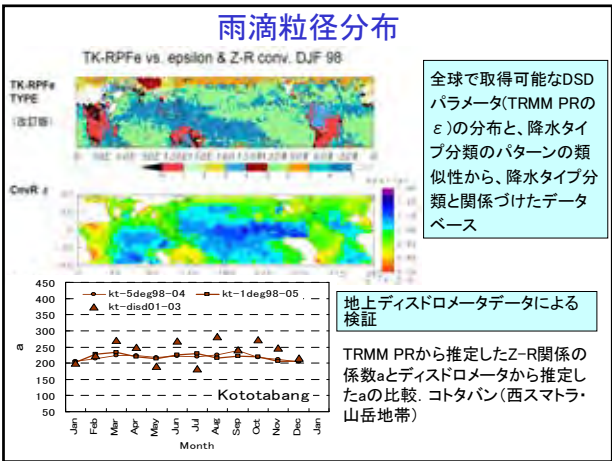
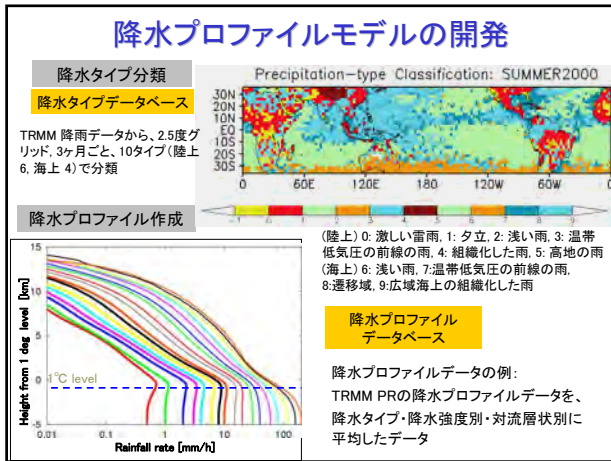
マイクロレインレーダー
時間分解能: 1/3s-60sec平均値
高度分解能: 50m 鉛直上向き連続観測





降水物理モデル研究実施内容

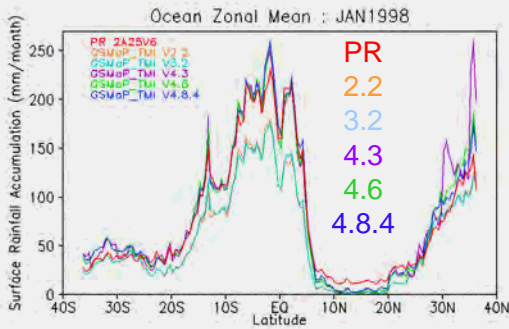
- 降水物理モデル開発の柱
 - 降水プロファイル (降水粒子タイプの鉛直分布を含む)
 - 雨滴粒径分布(DSD)
 - 融解層
 - (降雪層)
- 全球の降雨推定の高度化のために
 - 0°C高度などの大気情報の利用(GANAL)
 - 全球の降水タイプ分類
 - 対流性・層状性の降水の分類



GSMaP アルゴリズムバージョンアップの経過

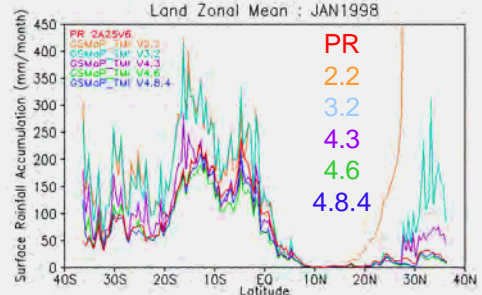
Version	Notes
V2.2	青梨アルゴリズムの大量データ処理用 Version (Aonashi and Liu, 2000)
V3.2	陸上の降雨判定 (瀬戸 Ver. 1).
V4.3	降水タイプ分類(陸:5タイプ、海:3タイプ、高数)に基づく降水プロファイルモデル (広瀬 Ver. 1)
V4.5	降水プロファイルモデル (Ver. 2). 陸上の降雨判定 (瀬戸 Ver. 2).
V4.6	PCT85とPCT37を用いた二周波散乱アルゴリズム (青梨), 降水プロファイルモデル (Ver. 3).
V4.7	融解層モデル (阿波加、高橋) 海岸上降雨判定の改良 (久保田) 対流性LUTと層状性LUTの出現頻度別の重み付き平均
V4.8	DSDモデル (古津) 降水タイプ分類(陸:6タイプ、海:4タイプ、高数)に基づく降水プロファイルモデル(広瀬 Ver. 4), 非一様性補正法の改良(久保田、橋爪) 海上降雨判定の改良(木田、重)

アルゴリズムの改良履歴 (海上の帯状平均値: 1998年1月)



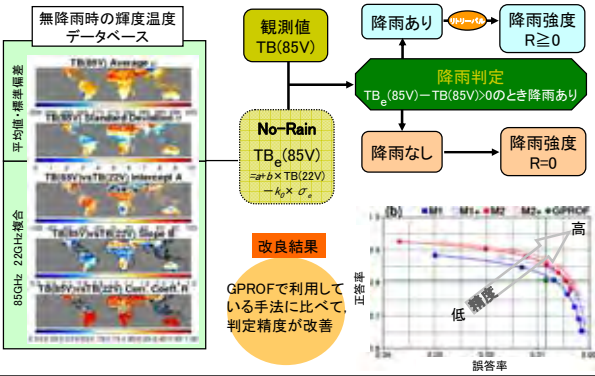
熱帯海上: V2.2やV3.2での過小評価→V4.3以降ではPRに近い
 冬季中緯度海上: V4.3での不連続→V4.6でルックアップテーブルを線形内挿して不連続解消
 V4.6での過大評価→V4.8.4で層状性降雨LUTに融解層モデル導入で緩和

アルゴリズムの改良履歴 (陸上の帯状平均値: 1998年1月)

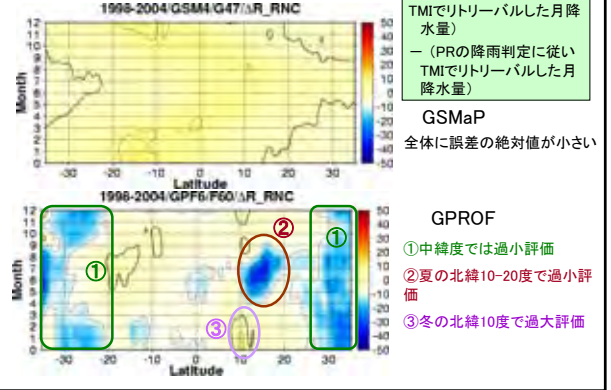


ユーラシア大陸上: 陸上降雨判定がバージョンごとに改良され、偽の降水が減少。
 V4.6以降はユーラシア大陸上でPRとかなり近い降水量。
 熱帯域: V2.2やV3.2で降水量が多すぎる問題がアルゴリズムの開発とともに解消。

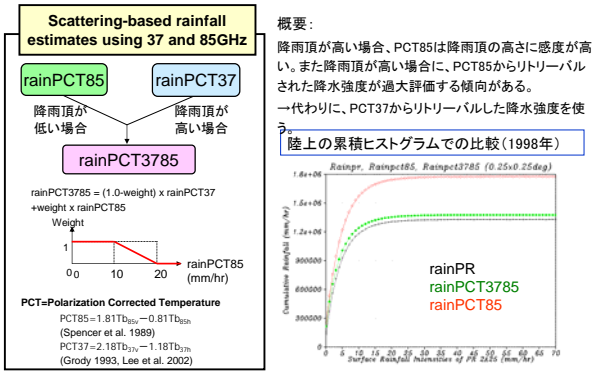
データベースを用いた陸上降雨判定アルゴリズム開発 (Seto et al., 2005)



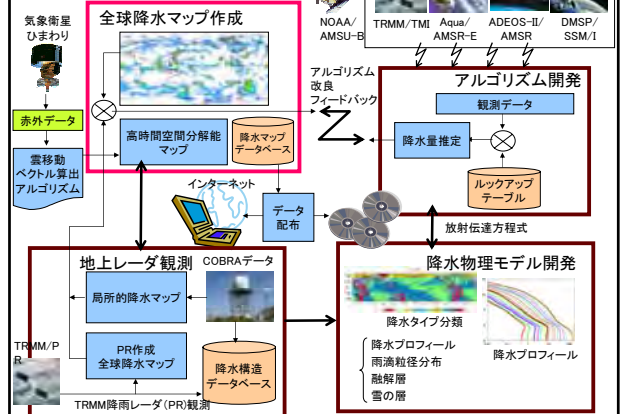
陸上降雨判定誤差の改良 (緯度および季節変化: 1998-2004)

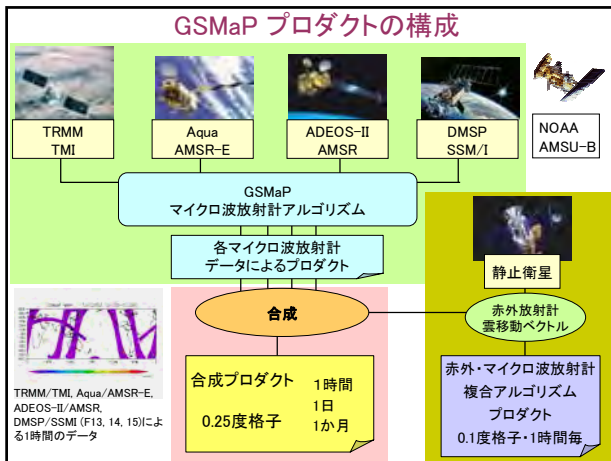


37GHzと85GHzを組み合わせた散乱アルゴリズム (Aonashi 2006)



研究の4つの柱



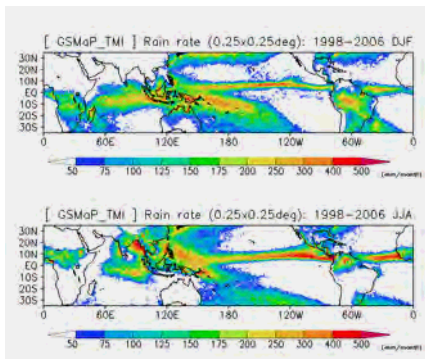


作成した全球降水マップの一覧表(マイクロ波放射計のみ)

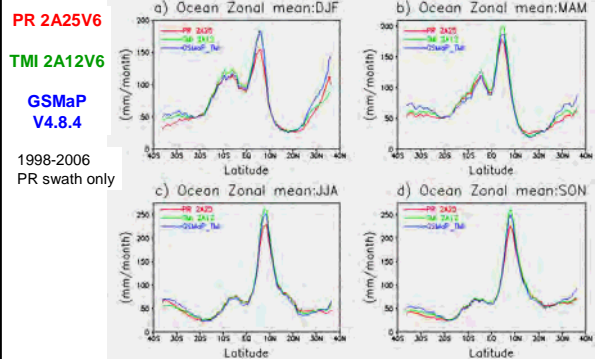
	衛星名	プロダクト名	プロダクト期間	時間・空間分解能
衛星搭載マイクロ波放射計ごとに計算した降水量プロダクト	TRMM	GSMaP_TMI	1998/1~2006/12	時間: 1時間、1日、1ヶ月 空間: 0.25×0.25度
	Aqua	GSMaP_AMSR-E	2002/6~2006/12	
	ADEOS-II	GSMaP_AMSR	2003/4~2003/10	
	DMSP F10-F15	GSMaP_SSM/I	1991/1~2006/12	
複数のマイクロ波放射計プロダクトを合成した降水量プロダクト		GSMaP_MWR	1998/1~2006/12	時間: 1時間、1日、1ヶ月 空間: 0.25×0.25度
		GSMaP_MWR+	2003/1~2006/12	

注) Advanced Microwave Sounding Unit(AMSU)-B データを利用している場合に+が付く。

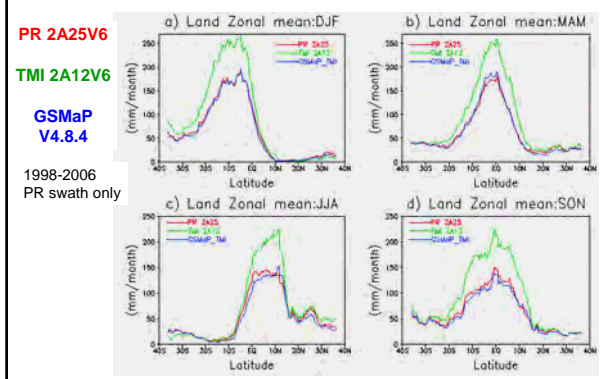
GSMaP_TMI(気候値・1998-2006平均)



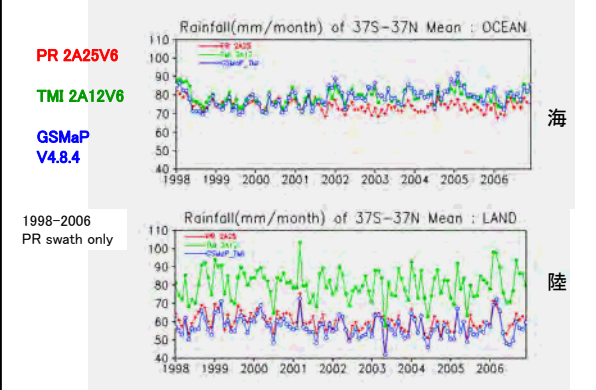
GSMaP, GPROF, PR アルゴリズムを用いた TRMM観測 海上降水量の比較 (1998-2006)



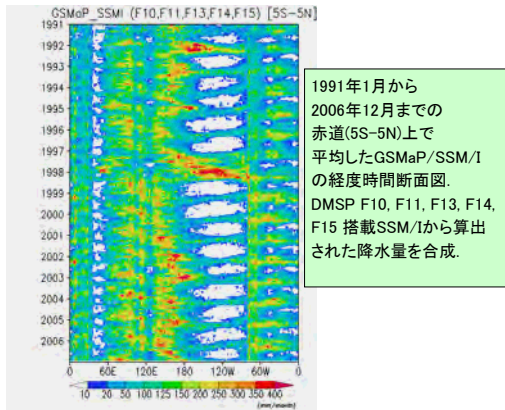
GSMaP, GPROF, PR アルゴリズムを用いた TRMM観測 陸上降水量の比較 (1998-2006)



GSMaP, GPROF, PR アルゴリズムを用いたTRMM観測降水量の時系列の比較 (37S~37N 平均 1998-2006)

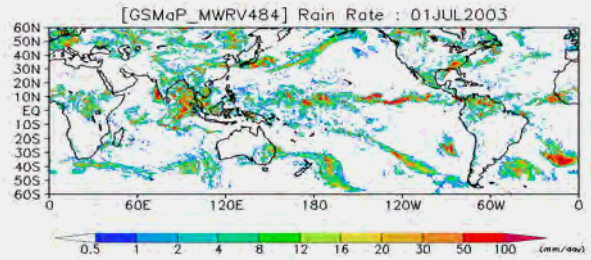


GSMaP_SSM/I データの経度時間断面図



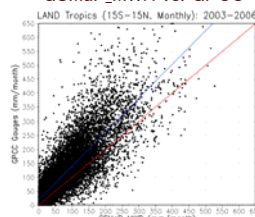
複数のマイクロ波放射計からのデータを合成した降水量 (GSMaP_MWR, 日平均値)

TMI+AMSR+AMSR-E+SSM/I (F13, F14, F15), 0.25° × 0.25°



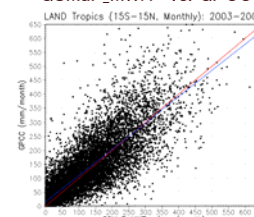
GPCC 雨量計とGSMaPの比較

GSMaP_MWR vs. GPCC



45S~45Nで相関係数は0.80(69440個で計算)、
15S~15Nで相関係数は0.85(12177個で計算)
回帰直線:
 $y = 1.14x + 10.1$ (mm/month)
[40S~40Nで計算]
 $y = 1.21x + 19.2$ (mm/month)
[15S~15Nで計算]

GSMaP_MWR+ vs. GPCC



45S~45Nで相関係数は0.84(69440個で計算)、
15S~15Nで相関係数は0.85(12177個で計算)
回帰直線:
 $y = 0.96x + 7.3$ (mm/month)
[40S~40Nで計算]
 $y = 0.93x + 16.0$ (mm/month)
[15S~15Nで計算]

地上レーダとの比較

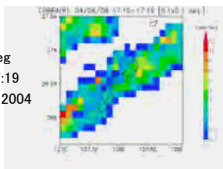
地上レーダは、雨量計のような点観測とは異なり、面的な観測を行うので、サンプリング誤差が少なく、衛星データとの比較ができる。

□ GSMaPでの検証

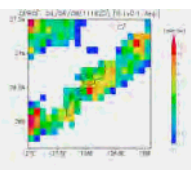
- 沖縄偏波降雨レーダ (COBRA) データ
- Kwajalein radar データ
- 防災科学技術研究所 X-band multi-parameter radar (MP-X) データ
- 気象庁によるレーダー・アメダス解析雨量データ

COBRAとの比較 (AMSR-E, 11162D)

COBRA
0.1x0.1deg
17:10-17:19
8th Jun. 2004

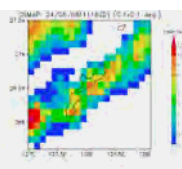


GPORF V1
(Adler et al.
2004)



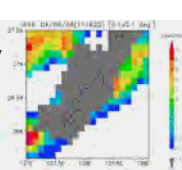
ALL:
RMSE=1.72
(399 grids)
Ocean-only:
RMSE=1.46
(264 grids)

GSMaP
(AMSR-E)



ALL:
RMSE=1.80
(399 grids)
Ocean-only:
RMSE=1.58
(255 grids)

JAXA
(Liu and Curry
1992, 1996)



Ocean-only:
RMSE=2.03
(253 grids)

(a) COBRAによる降水強度とGSMaP_TMIIによる降水強度の散布図。

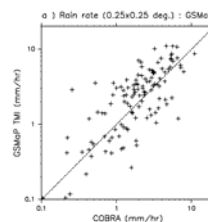
2004年6月の4事例を緯経度0.25° × 0.25° 格子で解析。

相関係数: 0.82, RMSE: 1.37 mm/hr.

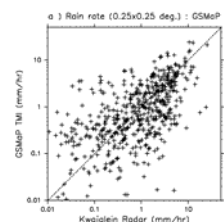
(b) Kwajalein Radarによる降水強度とGSMaP_TMIIによる降水強度の散布図。

2003年5月の10事例を緯経度0.25° × 0.25° 格子で解析。

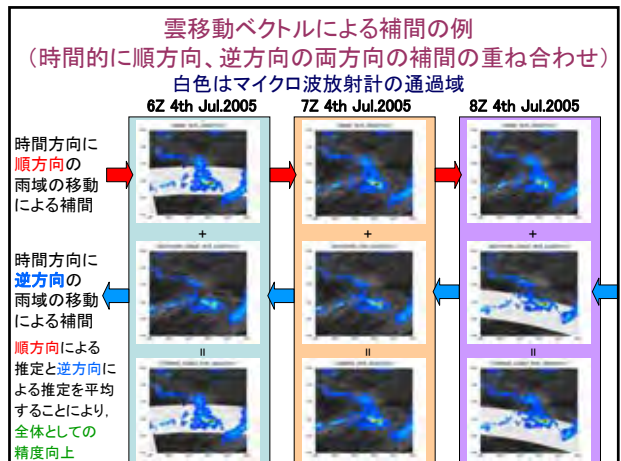
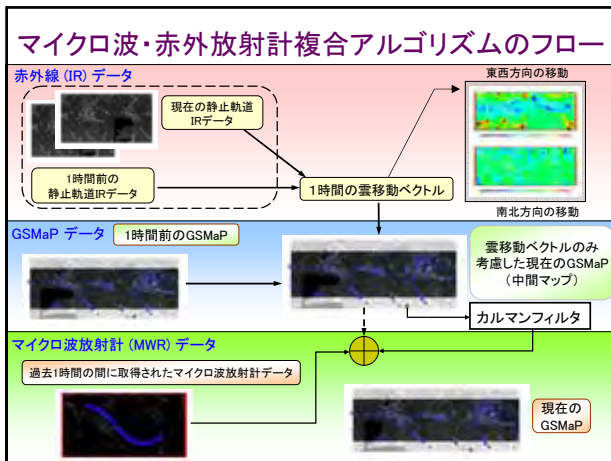
相関係数: 0.65, RMSE: 1.78 mm/hr.



COBRA Radar



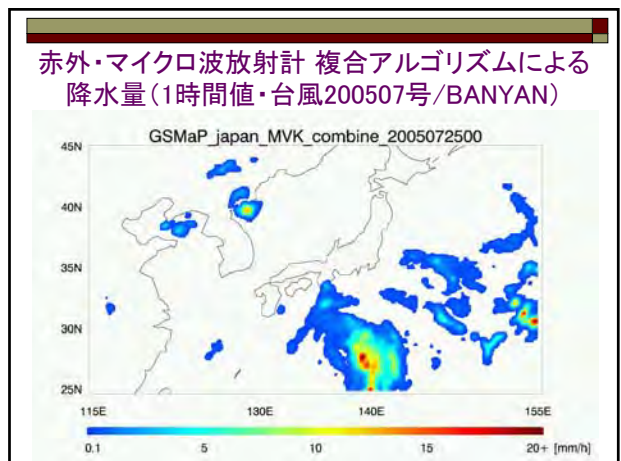
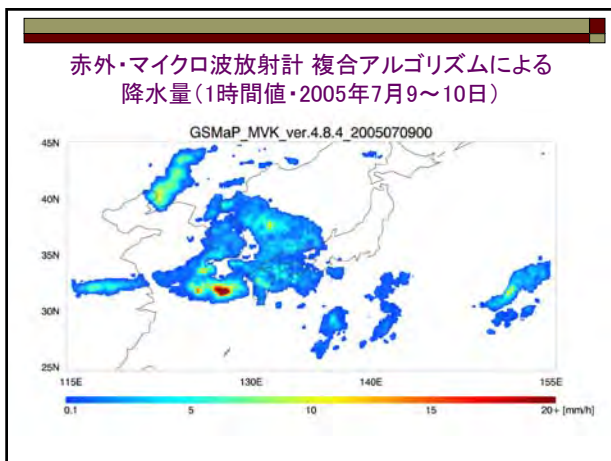
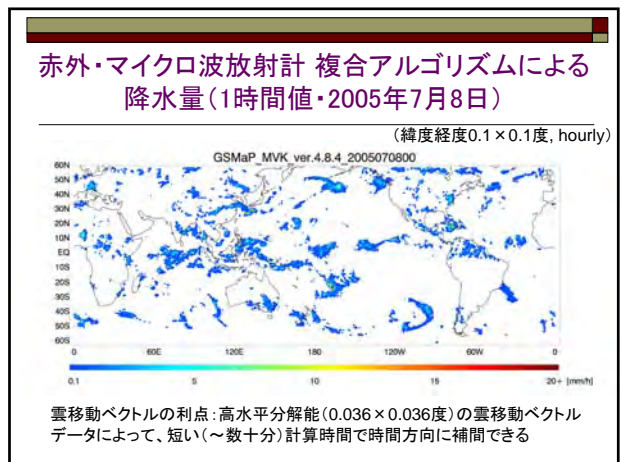
Kwajalein Radar



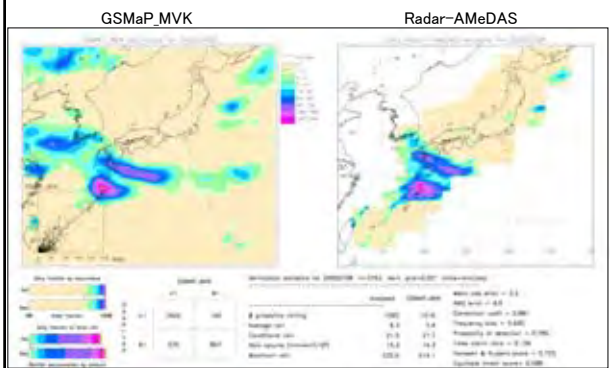
赤外放射計データを用いてマイクロ波放射計データを補間し作成した高時間・空間分解能全球降水マップ

プロダクト名	赤外放射計による補間法	期間
GSMaP_MV_RT(+)	雲移動ベクトル (Forward方向の移動のみ)	2003年1月 ~ 2006年6月
GSMaP_MVK_RT(+)	雲移動ベクトル+カルマンフィルタ (Forward方向の移動のみ)	2003年1月 ~ 2006年6月
GSMaP_MV(+)	雲移動ベクトル (Forward方向とBackward方向の両方向の移動を考慮)	2003年1月 ~ 2006年6月
GSMaP_MVK(+)	雲移動ベクトル+カルマンフィルタ (Forward方向とBackward方向の両方向の移動を考慮)	2003年1月 ~ 2006年6月

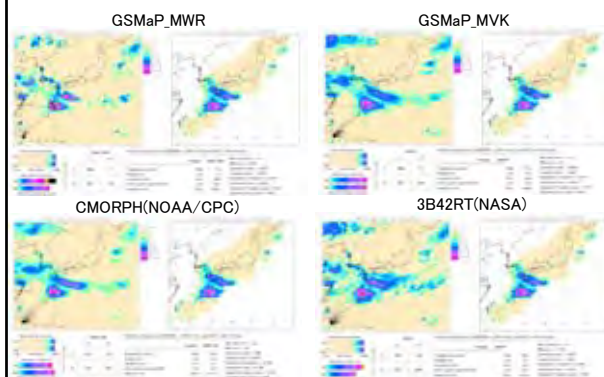
(+)は、AMSU-Bデータを利用したプロダクトと利用しないプロダクトの両方があることを示す。



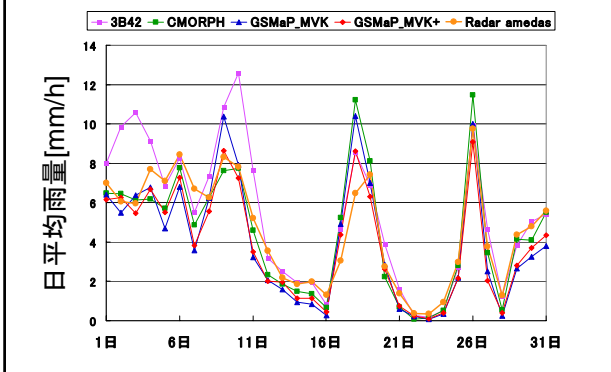
レーダー・アメダス解析雨量図による検証例
2005年7月8日:IPWG/PEHRPPへの貢献



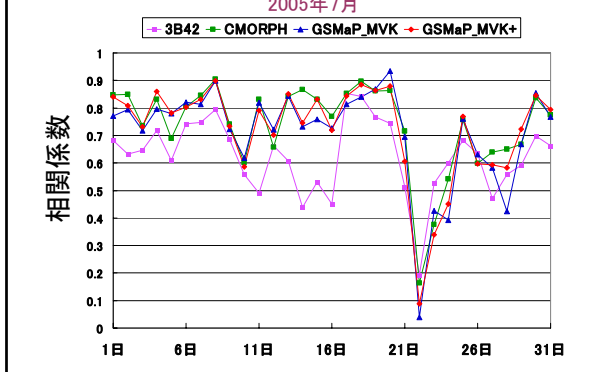
レーダー・アメダス解析雨量図による検証例
IPWG/PEHRPP 参加チーム:2005年7月8日



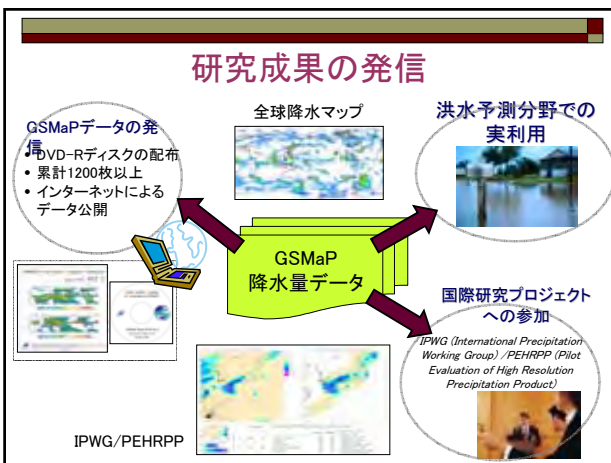
GSMaP_MVK, GSMaP_MVK+, PEHRPP参加プロダクト及び
レーダー・アメダス解析雨量の領域平均降雨強度 2005年7月



GSMaP_MVK, GSMaP_MVK+, PEHRPP参加プロダクト及び
レーダー・アメダス解析雨量に対する相関係数の時系列。
2005年7月

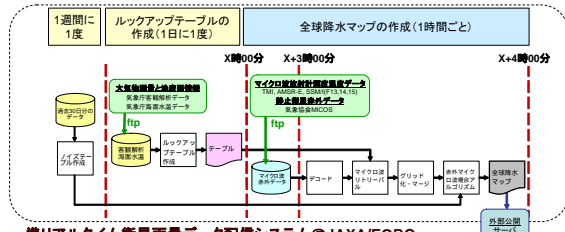


研究成果の発信



準リアルタイム衛星雨量データ配信システムの構築

GSMaPアルゴリズムによる準リアルタイム衛星雨量データ配信システムを
JAXA/EORCと協力して構築→防災などへの利用の可能性



準リアルタイム衛星雨量データ配信システム@JAXA/EORC

準リアルタイム衛星雨量データ配信システム
による全球降水マップ
<http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>
(現在、開発進行中)



研究成果

- 2004年沖縄梅雨集中観測(Oku-Baiu-04)の観測データベース及び解析データベースの作成、報告書及びCD-ROMの作成と研究者への公開
- TRMM降雨レーダデータ、地上観測データを用いた降水物理モデルの作成
- マイクロ波放射計アルゴリズムの開発(Version 4.8.4)
- 開発したマイクロ波放射計アルゴリズムを用いた全球降水マップの作成
GSMaP_MWR: (1時間、0.25°格子、1998年1月～2006年12月)

研究成果

- NOAA AMSU-B データとの統合: GSMaP_MWR+
- 赤外放射計データを補間用に利用した、マイクロ波・赤外放射計融合アルゴリズムの開発
- マイクロ波・赤外放射計融合アルゴリズムを用いた高分解能全球降水マップの作成: GSMaP_MV(+), GSMaP_MVK(+), (1時間、0.1°格子)
- マップの評価
TRMM PR, TRMM TMI/GPROFとの比較、地上観測データ(地上雨量計、地上レーダ)、レーダ・アメダス解析雨量マップとの比較

研究成果

- IPWG/PEHRPPプロジェクトへの参加と、同プロジェクト参加の世界の各グループ作成の各種高分解能全球降水マップのレーダ・アメダス解析雨量による評価
- 作成した各種降水マップのDVD(No.3)及びインターネットによるユーザ配布
- JAXAと土木研究所が共同で実施している「GPMデータを想定した洪水予測実現のための降水量推定精度向上および利用手法の検討」に関する共同研究にGSMaPアルゴリズムを提供し、洪水予測分野での実利用に貢献。JAXA準リアルタイム衛星雨量データ配信システムの構築への貢献。

平成19年度研究実施体制 (G.L.グループリーダー)

科学技術振興機構 CREST
水の循環系モデリングと利用システム
衛星による高精度高分解能
全球降水マップの作成

地上レーダ観測グループ

岩波越(G.L., 防災科研), 中川勝広(NASA), 花土弘(NICT), 出世ゆかり(NICT), 澤井涼(筑波大)

降水物理モデル開発グループ

高橋暢宏(G.L., NICT), 佐藤晋介(NICT), 阿波加純(北海道東海大), 古津年章(島根大), 高数緑(東大), 広瀬正史(名大)

降水強度推定アルゴリズム開発グループ

井口俊夫(G.L., NICT), 瀬戸心太(東大), 清水収司(JAXA), 青梨和正(気象研), 永戸久喜(気象研), 井上豊志郎(東大), 福地一(首都大学東京)

全球降水マップ作成グループ

岡本謙一(G.L.), 牛尾知雄(阪大), 重尚一(大阪府大), 久保田拓志(JST), 沖理子(JAXA), 可知美佐子(JAXA), 飯田泰久(大阪府大), 木田智史(大阪府大)

研究代表者
岡本謙一
(大阪府大)
事務員
松川 佳代

謝辞

- 5年間の研究費の支援を賜った科学技術振興機構(JST)/戦略的創造研究推進事業(CREST)の関係各位に謝意を表します。
- 水の循環系モデリングと利用システムの研究事務所の皆さま、どうも長い間多方面でご支援いただき有難うございました。

