

雨のデータを 使ってみませんか？

TRMM / GPM / GSMaP の
利用事例集

はじめに

21世紀は「水の世紀」と言われています。水は地球環境を特徴づける重要な要素であり、わたしたちの生活や経済活動を左右します。今、わたしたちは世界各地で水不足、洪水などをはじめ、これらに起因する食糧難や伝染病の発生などの多くの問題に直面しています。「雨」は、我々の日常生活に深い関わりがあるばかりでなく、その分布と変動は、近年社会的関心が高まっている気候変動や地球温暖化の影響を受けていると言われています。その影響は集中豪雨のように短期時間で局所的に発生するものから、エル・ニーニョのように長期的で大規模なものにまで及びます。

このような問題を解決するために、今、わたしたちに必要なことは、淡水資源の源である降雨を正確に把握し、異常気象への予測や対策の技術を向上させることです。そのためにも、世界各地に降る雨の変動を短い時間間隔でモニタリングするとともに、限られた地球上の水資源を共有していく意識をもつことが重要です。国際的な協力のもとで、リアルタイムな「水」の把握と予測を行うための総合的な衛星観測を実現することが、その解決のためのひとつの手段となります。

このような考えの下、JAXAは、TRMM、GPMと19年の長期にわたる宇宙からの降水観測を継続しています。宇宙から観測した雨のデータは、現在、気象予報や洪水予測をはじめ、色々な分野で利用されています。さらなる利用拡大に向けて、衛星データに興味がある、これから衛星による雨のデータを使ってみたい、という方々の参考になればと考え、様々な利用事例をまとめました。ご覧頂き、雨のデータを利用してみたい、こんなことにも使えるのだろうかと思われた方は、以下の連絡先に、ご一報頂ければ幸いです。

連絡先

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
「TRMM/GPM/GSMaPの利用事例集」問い合わせ担当



Z-trmm_real@ml.jaxa.jp

参考サイト

- ▶ http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index_j.htm
- ▶ http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/index_j.htm
- ▶ http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm

巻末の「データ利用方法・参考情報」もご覧ください

目次

はじめに	1
熱帯降雨観測衛星TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission)	4
全球降水観測計画GPM(Global Precipitation Measurement)	5
衛星全球降雨マップGSMaP(Global Satellite Mapping of Precipitation)	6

宇宙からの降水観測の利用事例

	防災・災害監視	7
	● 平成27年台風18号水害調査	8
	● TRMM及びGPMデータを用いた台風の解析	9
	● グローバル・フラッド・アラート・システム(GFAS-II)での利用	10
	● 地上水文情報が不足した地域における洪水予警報システム(総合洪水解析システム:IFAS)への活用	11
	● GSMaPのアジア途上国の洪水予警報システムへの適用	12
	農業	13
	● 食糧安全保障パッケージでの利用	14
	● GSMaPのメコン川流域の食糧安全保障地域協力のための干ばつモニタシステムへの適用	15
	● GSMaPを利用したミャンマーにおける天候インデックス保険の開発	16
	エネルギー・資源	17
	● 再生可能エネルギーへの適用	18
	気候・水資源管理	19
	● 世界降雨マップでの利用	20
	● アフリカ大陸における雷活動の季節変化	21
	● 熱帯モンスーン林調査の精度向上のための降水データの利用	22
	● 中部ベトナムにおけるGSMaP降水量の地上降水量観測データによる校正	23
	● ベトナムにおける詳細な降水量分布の把握	24
	教育・デザイン	25
	● デジタル地球儀「触れる地球」における衛星データ利用	26
	公衆衛生	27
	● ケニアのビクトリア湖周辺でのマラリア・コレラのリスク評価への利用	28
	天気予報	29
	● 小笠原村での降雨の現況把握のためのGSMaP利用	30
	● 天気予報専門サイトでの利活用ならびに利用促進検討	31
	● GSMaPを利用した台風強度予報ガイダンスでの利用	32
	● 無人航空機を利用した降水の検証	33
	● 気象庁の数値予報におけるGPM/GMI輝度温度データの利用	34
	● 気象庁におけるGPM/DPRデータの利用	35
	● GPM/DPRデータによる数値予報の改善	36
	アジア太平洋での利用事例	37
	● タイにおけるGSMaPを用いた洪水予測システムと降水モニタリング	38
	● タイにおける気象業務でのGSMaPの利用	39
	● インドネシアにおける気象業務でのGSMaPの利用	40
	● ベトナムにおけるGSMaPの水文学的応用	41
	● フィリピンにおけるGSMaPの利用	42
	● パキスタンにおける洪水予報でのGSMaPの利用	43
	● スリランカにおける洪水予報システムへのGSMaPの利用	44
	● バングラデシュにおける洪水予報システムへのGSMaPの適用	45
	● フィジーにおけるGSMaPを用いた降水モニタリング	46

付録

コラム1「宇宙からの降水観測」	48
コラム2「GPMが観測した2016年台風第16号」	49
略語集	50
データ利用方法・参考情報	51

熱帯降雨観測衛星TRMM

(Tropical Rainfall Measuring Mission)



TRMMは、日本(宇宙開発事業団および通信総合研究所)と米国(米国航空宇宙局)との共同プロジェクトとして計画され、日本は世界初の衛星搭載降雨レーダ(PR)の開発とH-IIロケットによる衛星の打ち上げを、米国は衛星本体と4つの観測センサ[TRMM マイクロ波観測装置(TMI)、可視赤外観測装置(VIRS)、雲及び地球放射エネルギー観測装置(CERES)、雷観測装置(LIS)]の開発、および衛星の運用を担当しました。

1997年11月に種子島宇宙センターから打ち上げられ、台風や、豪雨、大雪など降雨構造や降雨現象に関する研究などに降雨レーダのデータが利用され、降水分野の研究促進に大きな貢献をしました。

TRMMは2015年4月に17年もの長期に亘った観測の歴史に幕を閉じましたが、2014年2月にGPM(全球降水観測計画)主衛星が打ち上げられ、TRMMの観測を引き継ぎ継続的な降雨の観測を行っています。

TRMM webサイト

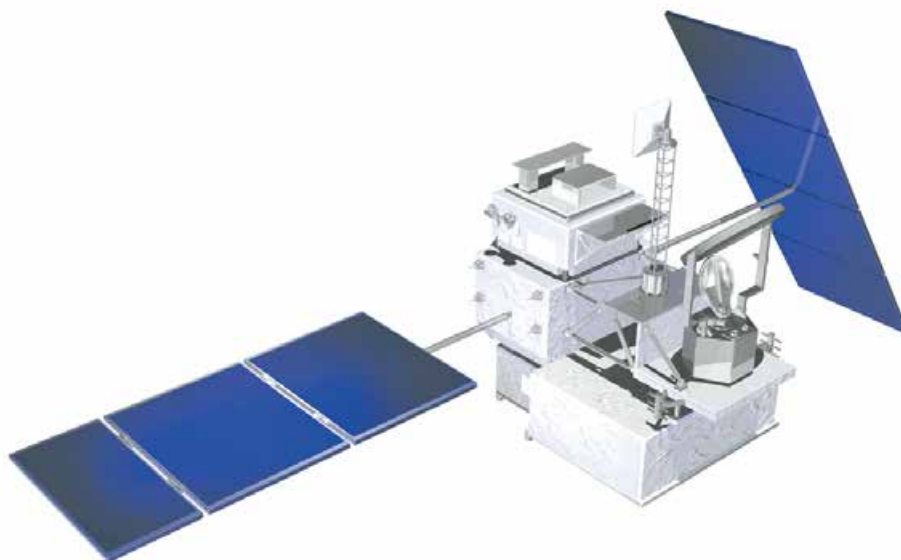
http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index_j.htm

TRMM衛星主要諸元	
打ち上げ時期	1997年11月28日
軌道高度	約350km (2001年～2014年は約400km)
軌道傾斜角	約35度

降雨レーダ主要諸元	
観測周波数	13.8GHz
観測幅	約220km
分解能	距離分解能 250m
	水平分解能 約4.3km

全球降水観測計画GPM

(Global Precipitation Measurement)



衛星による降水観測の精度が上がり、観測頻度が増大するにつれ、降水システムを解析するなどの雨の気候学的な研究だけでなく、天気予報や洪水予報といった、より社会生活に身近な分野への応用が期待されてくるようになりました。しかしながら、単独の衛星での観測可能な頻度や範囲には限界があります。

そこで、TRMMだけでは果たせなかった、さまざまな利用者からの要求を満たすために日米を中心として国際協力の下、GPM計画が進められました。

TRMMの後継・拡大ミッションであるGPM計画の大きな特徴は、二周波降水レーダとマイクロ波放射計を搭載した太陽非同期軌道の衛星を基準の衛星（主衛星）として運用することと、各国・各機関が個別に打ち上げる降水観測が可能ないくつかの衛星（コンステレーション衛星）と連携することにより、観測頻度を高めることにあります。また、熱帯地域の観測を目的としていたTRMMとは異なり、GPM計画は高緯度地方を含む広範囲の降水観測を行います。

GPM webサイト

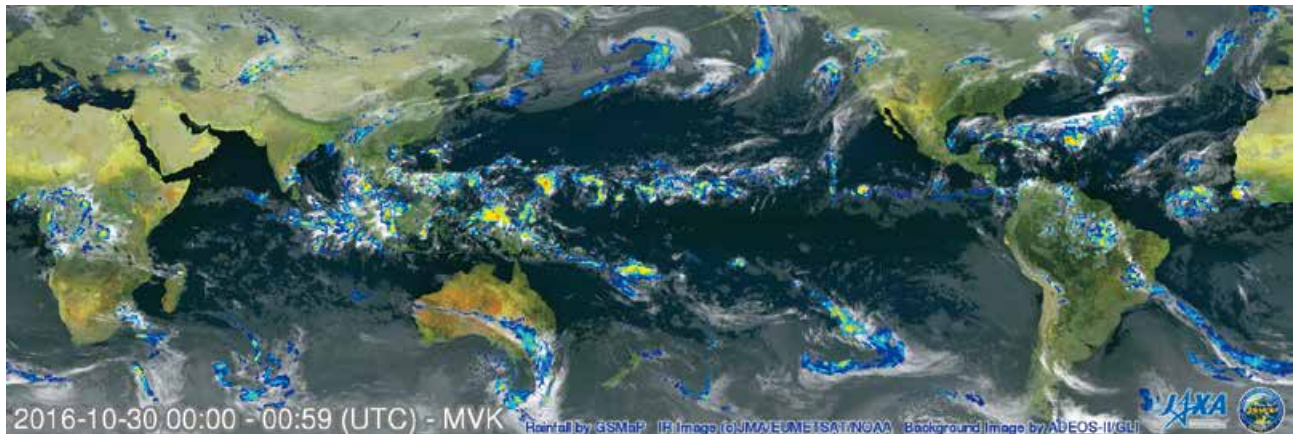
http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/index_j.htm

GPM主衛星主要諸元	
打ち上げ時期	2014年2月28日
軌道高度	約400km
軌道傾斜角	約65度

二周波降水レーダ (DPR) 主要諸元		
観測周波数	Ku帯レーダ (KuPR)	13.6GHz
	Ka帯レーダ (KaPR)	35.5GHz
観測幅	Ku帯レーダ (KuPR)	約245km
	Ka帯レーダ (KaPR)	約125km
分解能	鉛直分解能	250m
	水平分解能	約5km

衛星全球降雨マップGSMaP

(Global Satellite Mapping of Precipitation)



衛星全球降雨マップ、GSMaP(Global Satellite Mapping of Precipitation)は、複数のマイクロ波放射計観測データを用いて、信頼できる降水物理モデルに基づいた降水強度推定アルゴリズムにより、降雨レーダ、静止衛星の赤外放射計データをも総合的に利用した全球の高精度高分解能降水マップです。

緯度経度0.1度格子、1時間の分解能の全球降水マップを作成・提供しています。

ニーズにあわせた様々な種類のプロダクトを、いくつかのデータフォーマットで提供しており、ウェブサイトからも簡単に世界の雨分布を確認することができます。

GSMaP webサイト

http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm





農業

エネルギー・資源

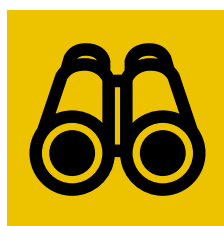
気候・水資源管理

教育・デザイン

公衆衛生

天気予報

アジア太平洋での利用事例



宇宙からの降水観測の利用事例

防災・災害監視

- 平成27年台風18号水害調査
- TRMM及びGPMデータを用いた台風の解析
- グローバル・フラッド・アラート・システム (GFAS-II) での利用
- 地上水文情報が不足した地域における洪水予警報システム (総合洪水解析システム:IFAS) への活用
- GSMPのアジア途上国の洪水予警報システムへの適用

平成27年台風18号水害調査

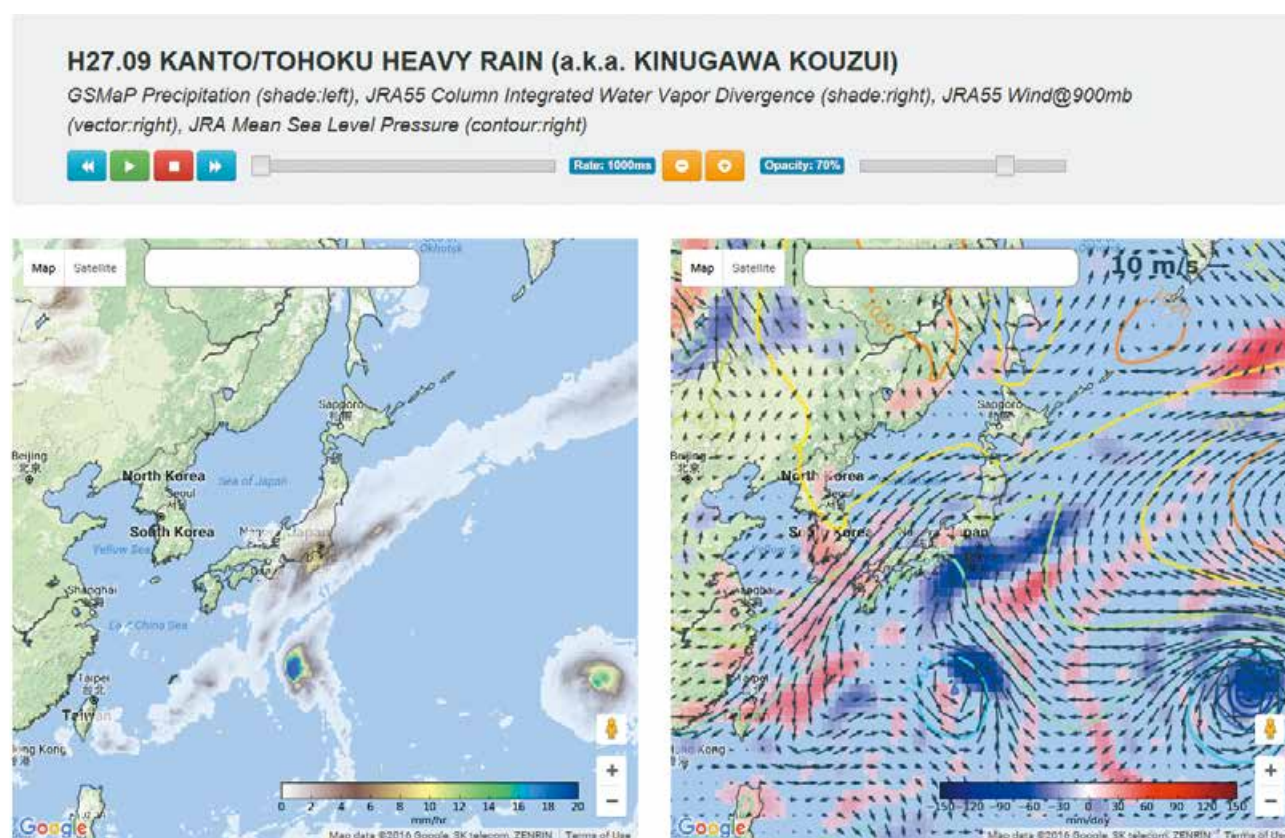
国立大学法人 東京大学生産技術研究所

<https://www.iis.u-tokyo.ac.jp/ja/>

利用内容

平成27年台風18号水害の調査において、日本および北関東周辺の降水量の分布を把握するためGSMaP準リアルタイムデータを利用しました。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP(準リアルタイムデータ)
期待される効果	平成27年台風18号水害の原因となった豪雨の特徴を明らかにするとともに、今後の水害対策に資すると期待されます。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2015年9月～(実施中)
関連リンク・情報	http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~hjkim/FLOOD.H27KT/app/



TRMM及びGPMデータを用いた台風の解析

気象庁 気象研究所
http://www.mri-jma.go.jp

利用内容

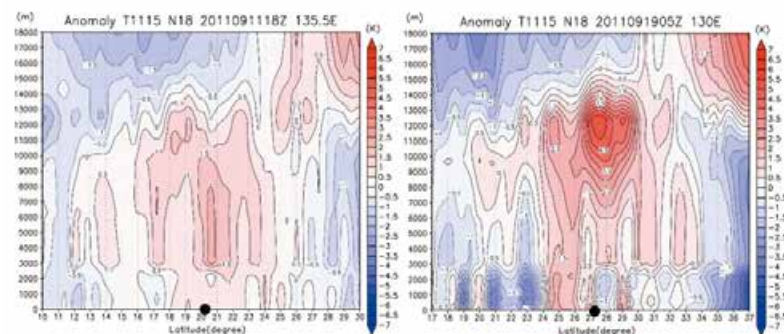
台風は、暖かい海面からの水蒸気が凝結することで放出される熱(潜熱加熱)をエネルギー源として発達します。本研究では、TRMM/PRデータ及びGPM/DPRデータを用いて算出された潜熱加熱率により、台風の発生、発達、最盛期において放出された潜熱加熱を定量的に評価します。また、極軌道衛星NOAA他のAMSU-Aマイクロ波探査計データにより算出した気温プロファイルデータも用いて、台風内部の潜熱加熱と中心付近の気温上昇(暖気核)との関係を調べることで、台風の発達に関する知見を得ることを目的としています。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	TRMM及びGPM(センサ・プロダクト名:L2H25)
期待される効果	台風発達過程の解明、数値予報モデル結果の検証
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2016年4月～(実施中)

NOAA-18/AMSU-Aデータを用いて算出した気温偏差の鉛直(南北)断面図 (半径600-700km内平均気温からの差)

発生期
(18Z11Sep2011)

発達期
(05Z19Sep2011)

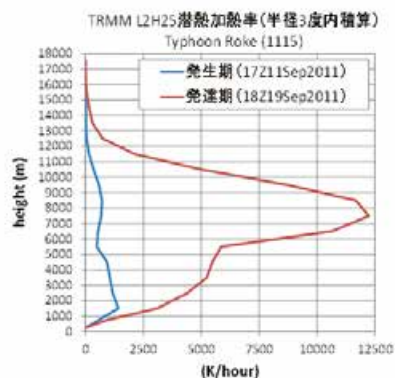


© Meteorological Research Institute of Japan Meteorological Agency

極軌道衛星NOAA-18のAMSU-Aマイクロ波探査計の55GHz帯チャネル輝度温度データを用いてDemuth et al. (2004)の手法により算出した台風内部の気温偏差(左図。黒丸は台風中心。)とTRMM/PR潜熱加熱率(L2H25 Ver.7)(右図)。事例は2011年台風第15号(Roke)。発達期では、発生期(最大風速34ノット未満)に比べて中心付近の気温上昇が大きく潜熱加熱率も大きくなっている。

TRMM/PRデータによる潜熱加熱率の鉛直分布(L2H25) (半径3度以内積算)

青: 発生期(17Z11Sep2011)
赤: 発達期(18Z19Sep2011)



グローバル・フラッド・アラート・システム (GFAS-II) での 利用について

一般社団法人 国際建設技術協会

<http://www.idi.or.jp/>

利用内容

GFAS-II (Global Flood Alert System ver.2)は、FTPサイトよりオンタイムで入手した準リアルタイム (NRT)雨量に対して、その降雨の確率規模を色分けし危険度をランク表示 (解像度は約10kmメッシュ、データ更新は1時間) するシステムです。リアルタイム (NOW) 雨量に対する危険度表示も公開予定です。

メッシュ毎に降雨の確率規模1/5年~1/30年を閾値として確率雨量を表示し、強降雨規模の降雨範囲や移動速度を視覚的に分かりやすく表示し、リスク情報を提供しています。

媒体はPCのほか、災害時や避難先でも情報入手できるように、また、近年発展途上国でも普及が急速に進むスマートフォン仕様も開発し、スマートフォンでのアニメーション表示も可能となっています。画面表示は英語、日本語のほか、スペイン語、ドイツ語、ベトナム語の世界5か国語に対応しています。

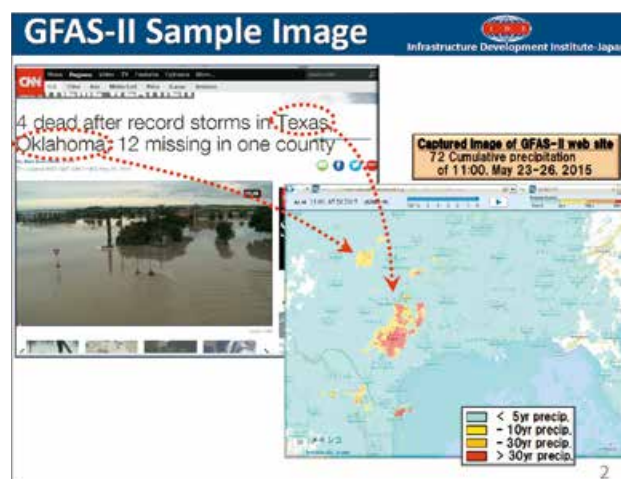
なお、GFAS-IIの公開前には、TRMM衛星により観測された雨量を確率評価し強雨域を地図上に表示するシステムであるGFASを2006年から公開していましたが、TRMM衛星の観測終了に合わせてGFASの運用も現在終了しています。

使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	TRMM GSMaP
期待される効果	今後の気候変動等による水災害の激甚化、頻発化への対策が喫緊の課題となっている中、特に、発展途上国のコミュニティ防災における被害軽減、防災適応能力の向上を期待しています。
利用者・対象	実利用 (世界の防災コミュニティリーダー、一般市民向け)
利用状況 (時期・フェーズ)	GFAS-II:2015年6月~ (実施中) GFAS:2006年~2015年6月 (終了)
関連リンク・情報	GFAS-II (PC用): http://gfas.internationalfloodnetwork.org/n-gfas-web/pc/frmMain.aspx GFAS-II (スマートフォン用): http://gfas.internationalfloodnetwork.org/n-gfas-web/sp/frmMain.aspx



GFAS-IIの利用方法概要

*解像度:約10kmメッシュ、データ更新:1時間毎



洪水被害状況と確率雨量分布の対応事例 (米国南部2015年5月)

地上水文情報が不足した地域における洪水予警報システム (総合洪水解析システム:IFAS)への活用

国立研究開発法人 土木研究所
水災害・リスクマネジメント国際センター
http://www.icharm.pwri.go.jp/index_j.html

利用内容

国立研究開発法人土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター(International Centre for Water Hazard and Risk Management, ICHARM)では、雨量等の現地データが十分に観測されていない河川流域においても効率的に洪水予警報システムが構築できるよう、入力データとして人工衛星によって観測された雨量情報を活用するとともに、グローバルGISデータを利用した流出解析モデル作成機能を有する基盤的な洪水予測システム(Integrated Flood Analysis System, IFAS)を開発し、ウェブサイトにおいて無料で公開しています。

これまで、IFASを活用した洪水予警報システムが、インドネシア国ソロ川流域、パキスタン国インダス川流域、フィリピン国カガヤン川流域に導入されています。

使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	GSMaP(GSMaP NRT, GSMaP MVK)
期待される効果	地上水文情報(雨量)が乏しい地域においても洪水予測が可能となり、早期の避難警報の発出により、洪水に対する人命、資産損失等の軽減が図られます。
利用者・対象	実利用(各国の河川防災担当者)
利用状況(時期・フェーズ)	2011年4月～(実施中)
関連リンク・情報	http://www.icharm.pwri.go.jp/research/ifas/



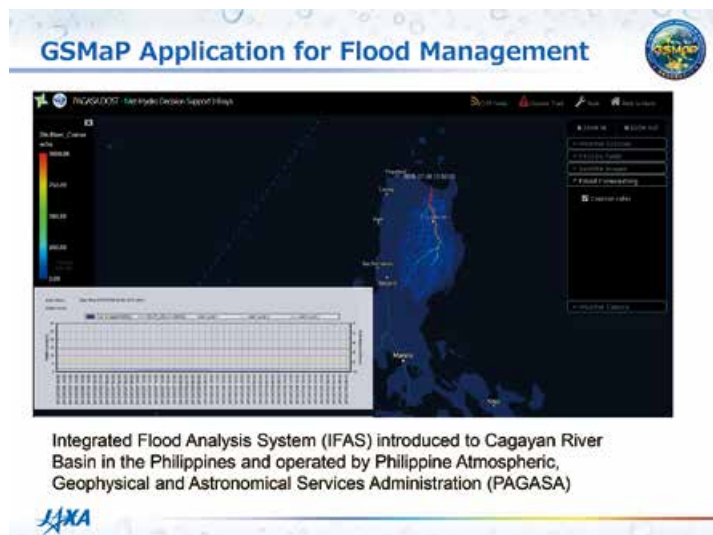
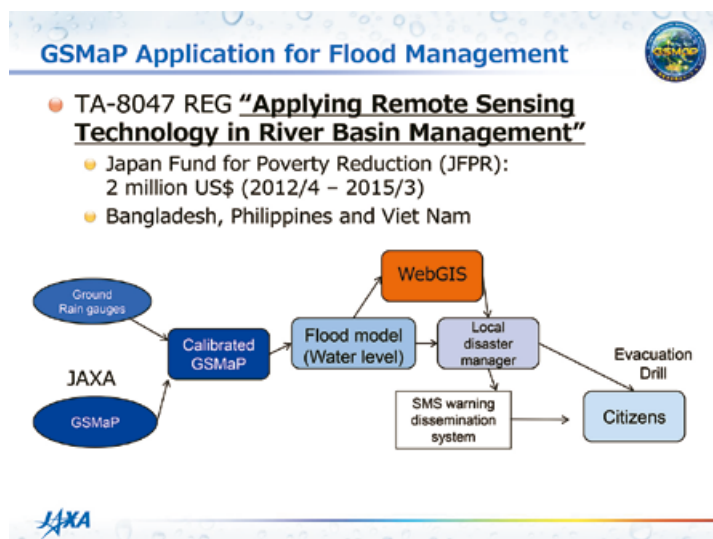
GSMaPのアジア途上国の洪水予警報システムへの適用

アジア開発銀行 (ADB) <https://www.adb.org/>
 フィリピン気象局 (PAGASA) <http://www.pagasa.dost.gov.ph/>
 ベトナム水文気象局 (NHMS) <http://www.nchmf.gov.vn/web/en-US/43/Default.aspx>
 バングラデシュ水資源開発局 (BWDB) <http://www.bwdb.gov.bd/>

利用内容

より有効な洪水予測のため、フィリピンのCagayan川流域ではICHARMが開発した統合洪水解析システム (IFAS)、ベトナムのRed-Thai川流域ではMIKE11をベースとした洪水モデルのインプット情報として活用されています。地上雨量計の少ない発展途上国において、GSMaPは無料で使用できる広域の雨量情報として重要な役割を担うと期待されています。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP (NRT)
期待される効果	より信頼性が高く、リードタイムの長い洪水モデルの導入により、洪水による被害の軽減が期待されます。
利用者・対象	実利用
利用状況 (時期・フェーズ)	2012年4月～2015年3月 (終了)





宇宙からの降水観測の利用事例

農業

- 食糧安全保障パッケージでの利用
- GSMApのメコン川流域の食糧安全保障地域協力のための干ばつモニタシステムへの適用
- GSMApを利用したミャンマーにおける天候インデックス保険の開発

食糧安全保障パッケージでの利用

国立大学法人 千葉大学 <http://www.chiba-u.ac.jp/>
 国立大学法人 京都大学 <http://www.kyoto-u.ac.jp/ja>
 国立大学法人 名古屋大学 <http://www.nagoya-u.ac.jp/>
 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
 地球観測研究センター <http://www.eorc.jaxa.jp/>
 国立大学法人 山梨大学 <http://www.yamanashi.ac.jp/>
 国立研究開発法人 理化学研究所 <http://www.riken.jp/>

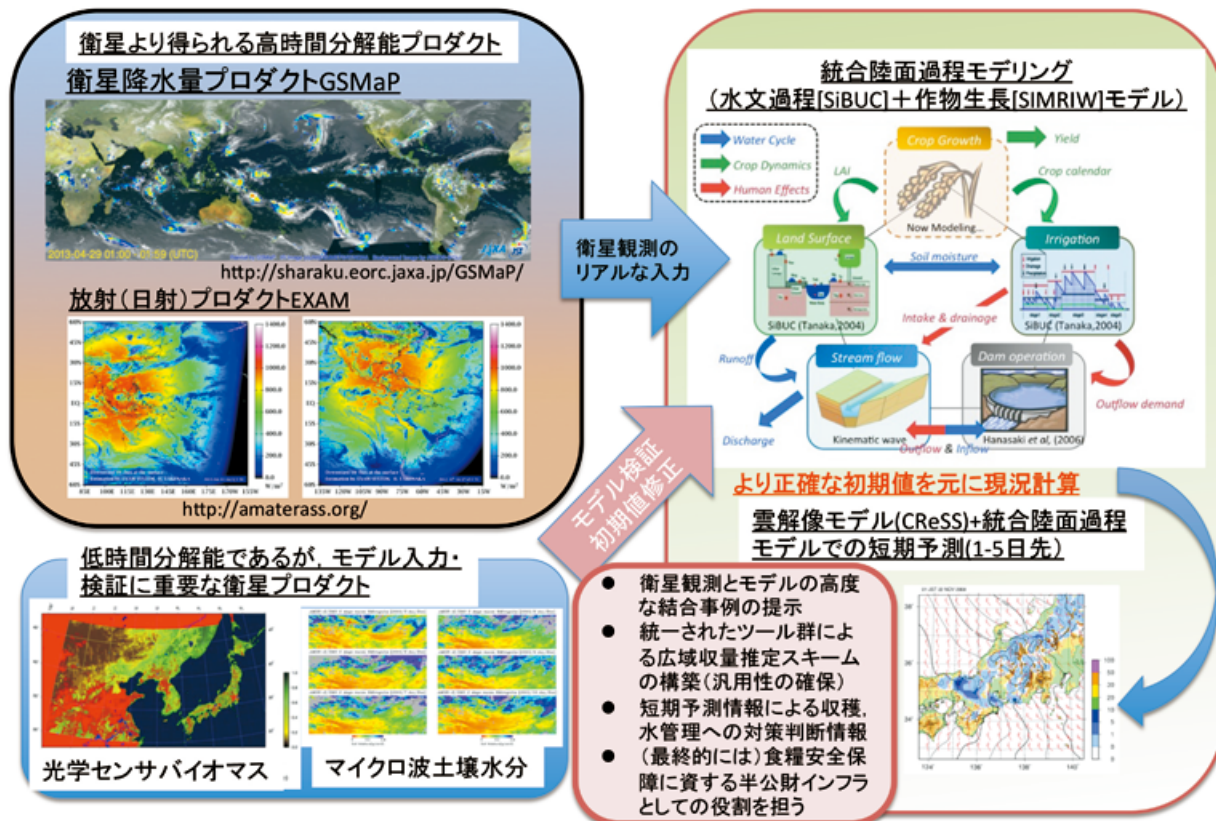
利用内容

衛星観測以外での広域推定が困難な日射・降水量を入力とし、統合陸面過程モデルと作物生長モデルの組み合わせで広域作物収量推定を行います。雲解像モデルと統合陸面過程+作物生長モデルの組み合わせで、1-5日先の作物生長推定を行い、収穫、水管理への対策判断情報に役立てます。モデル計算で得られた各要素を衛星推定バイオマス量、土壌水分量等、頻度は低いけれどもモデル初期値、検証に重要なプロダクトとの比較検証で統合陸面過程・作物生長モデル内パラメータを最適化する方法を構築し、日本、あるいは世界の食糧安全保障に資する半公財インフラとしての役割を担うための第一段階とします。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP (NOW, NRT, Gauge)
期待される効果	最終利用は収量ですが、統合陸面過程モデルで熱収支、水収支も解くため、水資源関連でも利用可能です (アウトプットの汎用性が高い)。
利用者・対象	研究利用
利用状況 (時期・フェーズ)	2013年～(実施中)

食糧安全保障パッケージ

提案目的: 衛星入力 (降水量, 日射量) とモデル, 検証・同化の組み合わせで半公財インフラの役割を担う。



GSMaPのメコン川流域の食糧安全保障地域協力のための 干ばつモニタシステムへの適用

アジア開発銀行 (ADB)

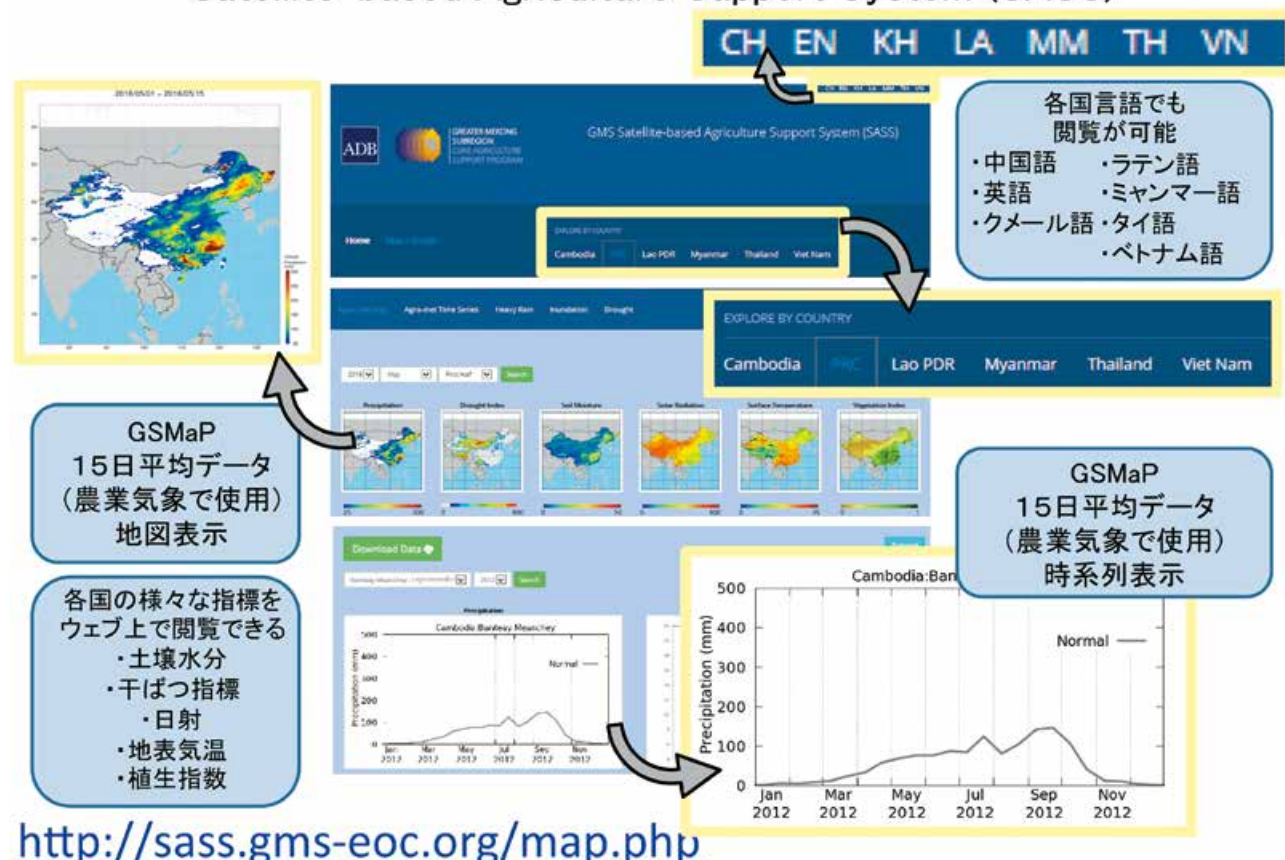
<https://www.adb.org/>

利用内容

メコン河流域圏 (GMS) は、カンボジア、中国 (雲南省と広西チワン自治区)、ラオス、ミャンマー、タイ、ベトナムを加盟国とする、経済開発・貧困削減を目的とした地域協力型開発イニシアチブであり、ADBでは、GMSへ干ばつモニターシステムの導入を行いました。このシステムでは、GMS各国の干ばつ指標を、10km四方ごとに、毎日、無料で確認することができるもので、GSMaPのデータが活用されており、毎日自動的に干ばつ指標マップとポイントごとのグラフを作成しています。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP (NRT)
期待される効果	GMSの地域食糧安全保障のための地域の干ばつ状況が地域6か国の農業統計機関をはじめとする関係者に共有され政策に反映されます。
利用者・対象	実利用 (各国の河川防災担当者)
利用状況 (時期・フェーズ)	2013年5月～2015年12月 (終了)

GMS (Greater Mekong Subregion) Satellite-based Agriculture Support System (SASS)



GSMaPを利用したミャンマーにおける天候インデックス保険の開発

損害保険ジャパン日本興亜株式会社 <http://www.sjnk.co.jp/>
 SOMPOリスクアマネジメント株式会社 <https://sompo-rc.co.jp/>
 一般財団法人リモート・センシング技術センター <https://www.restec.or.jp/>

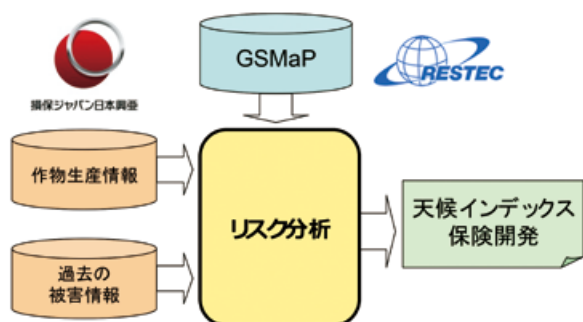
利用内容

3社(損害保険ジャパン日本興亜株式会社, 損保ジャパン日本興亜リスクマネジメント株式会社, 一般財団法人リモート・センシング技術センター)は、ミャンマーの小規模農家を対象に、GSMaPを活用した『天候インデックス保険』を共同で開発しました(日本初の事例)。

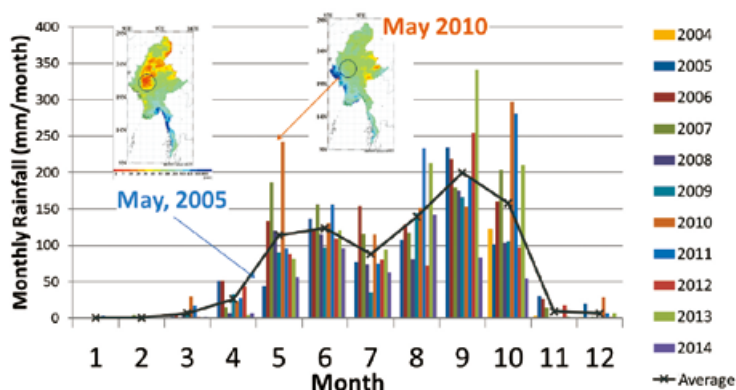
地上気象観測データに関するインフラが未整備である他の途上国においても、天候インデックス保険の開発可能性が広がりました。

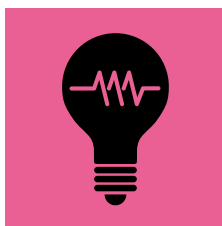
使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP (NRT)
期待される効果	気候変動による気象災害に脆弱な東南アジアの小規模農家に対して、気候変動に対する適応策として注目されている天候インデックス保険を、広い範囲で提供することが可能となりました。
利用者・対象	実利用
利用状況(時期・フェーズ)	開発フェーズ: 2014年～(実施中) 運用フェーズ: 未定

開発フェーズ



運用フェーズ





宇宙からの降水観測の利用事例

エネルギー・資源

- 再生可能エネルギーへの適用



再生可能エネルギーへの適用

日本ユニシス株式会社
<https://www.unisys.co.jp/>

利用内容

衛星と地上センサから取得したビックデータから、FEM数値解析手法と統計的手法を用い、再生可能エネルギー発電量の予測を行います。GPM・GSMaPは雨が降る前の傾向抽出に用い予測精度を向上することができます。衛星データは、データ利用までに工数がかかり(データ前処理)、利用分野によっては分解能が低い(観測頻度・メッシュ幅)ため推定技術開発を要しますが、地上センサに比べ広範囲な観測データが入手できます。

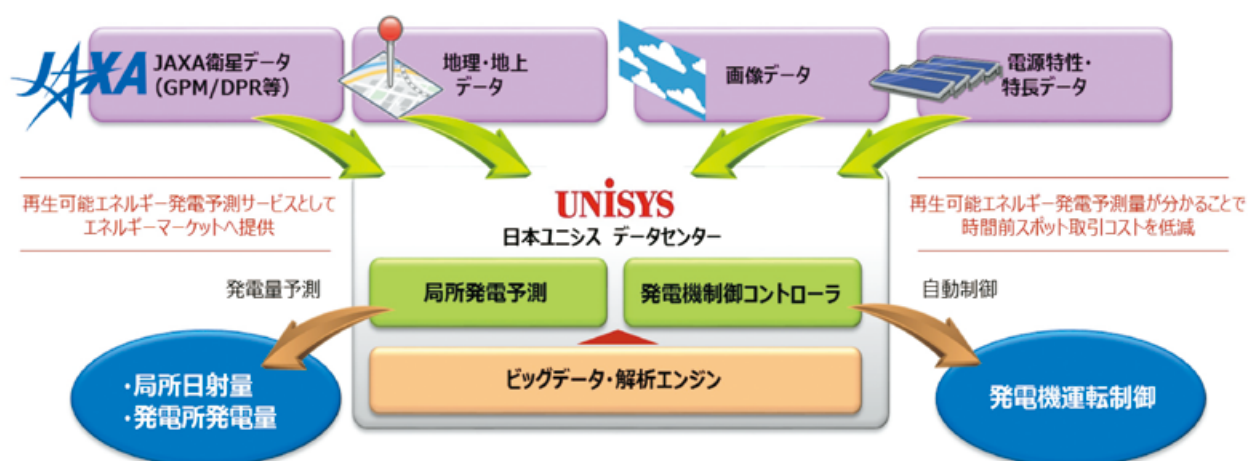
使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	GPM GSMaP その他
期待される効果	変動電力に対応した需給バランスのきめ細かな計画策定や、他の調整用発電機と組み合わせた電力需給調整により、電力の安定供給・系統受入可能量の拡大が期待できます。
利用者・対象	実利用(電力事業者、電力小売事業者、パワコンメーカーなど)
利用状況(時期・フェーズ)	2014年5月～(実施中)
関連リンク・情報	https://www.unisys.co.jp/solution/lob/energy/index.html

再生可能エネルギー発電量予測システム

Foresight in sight

■ 外部環境による再生可能エネルギーの電力変動に対応した 従来よりも高精度な発電量の予測

* 宇宙航空研究開発機構(以下 JAXA)の「地球観測衛星データの利用拡大に向けたビジネス・インキュベーション施策(衛星データを活用した新たなビジネスソリューション構築のためのパイロットプロジェクト)」の採択事業



UNISYS

0

©2015 Nihon Unisys, Ltd. All rights reserved.



宇宙からの降水観測の利用事例

気候・水資源管理

- 世界降雨マップでの利用
- アフリカ大陸における雷活動の季節変化
- 熱帯モンスーン林調査の精度向上のための降水データの利用
- 中部ベトナムにおけるGSMaP降水量の地上降水量観測データによる校正
- ベトナムにおける詳細な降水量分布の把握

世界降雨マップでの利用

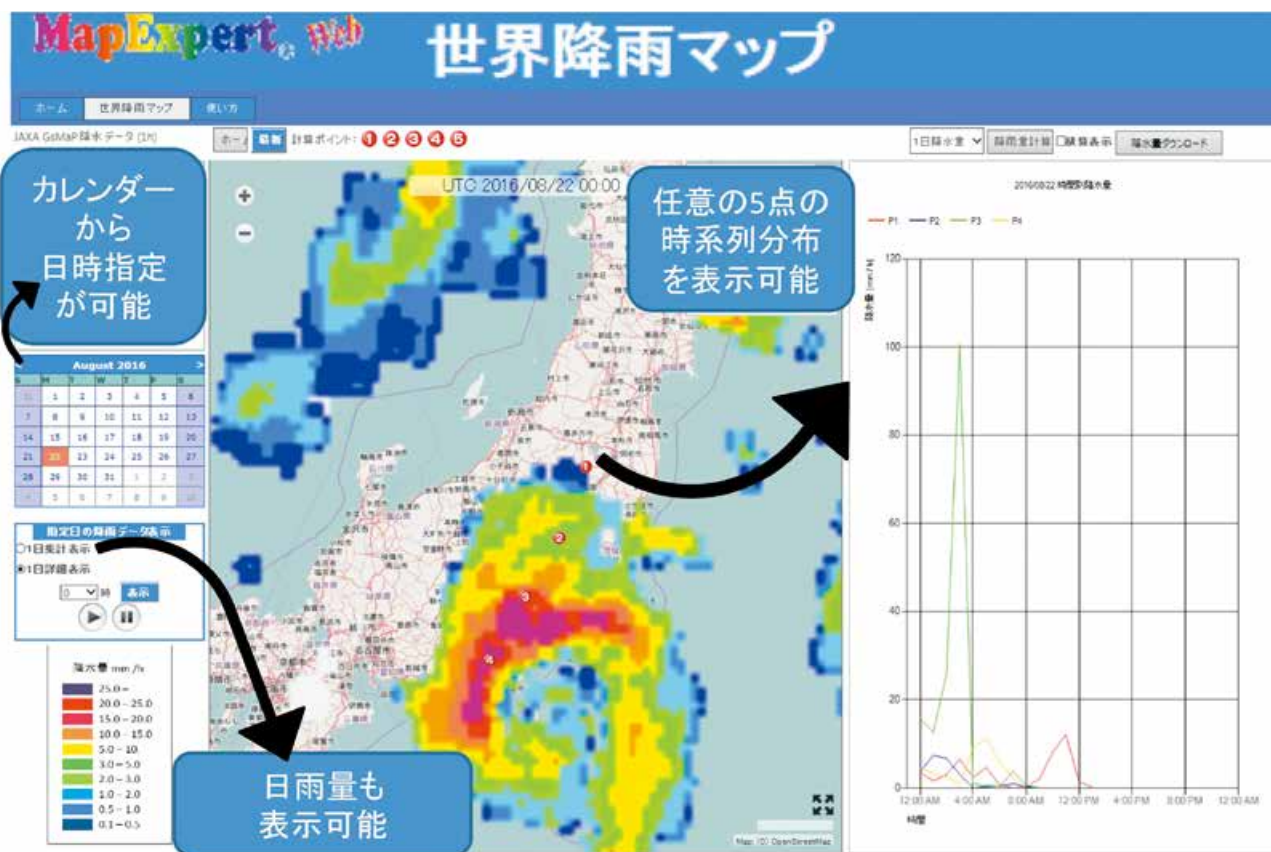
メタウェアリサーチ有限公司

<http://www.metaware.co.jp/about/about.htm>

利用内容

地域を指定して、年間降水量の計算をし、穀物収穫予測などを計算して、金融関係に利用しようと考えたのが、当初の案でした。その後、洪水や、台風などの情報提供を日本から海外に発信する検討も行いました。(実際には検討のみ) キャリブレーションが必要なことが運用上は課題となりそうです。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP
期待される効果	年間降水量の年度別比較を行うことで、穀物価格等との相関関係を見つけることです。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2013年～2014年(計画もしくはアイデア)
関連リンク・情報	http://gsmap.mapexpert.net



世界降雨マップ (C) MapExpert.net, 4 / 4 / 5, Since 9/13/2016 2:05:16 PM

(C) OpenStreetMap Contributor

<http://gsmap.mapexpert.net>

アフリカ大陸における雷活動の季節変化

公立大学法人 首都大学東京

<http://www.tmu.ac.jp/>

利用内容

1998～2007年の10年間のTRMM LISおよびPRデータを用いて、アフリカ大陸における、雷活動と降水の詳細な季節変化を把握しました。図1:雷回数は、大陸スケールでは太陽高度の季節変化に対応し、その極大域が南北の季節移動をする一方、地形の影響も大きく、赤道付近のコンゴ盆地付近では、年間を通じて常に多く、コンゴ盆地東縁のミトゥンバ山地の西側で最大となっていました。図2:アフリカ中央部での12～3月の雷回数と総降雨量の極大域は地理的に一致せず、とくに1月と3月で両者の分離が顕著に認められました。図3:アフリカ中央部における、10°Nと10°Sの雷と降雨とを比較すると、雷回数の極大が降雨極大に先行して発生する傾向がみられました。TRMMデータは降雨と雷活動を同時に観測するという利点がある反面、観測頻度が少ないため、多くの年を平均しないと正確な情報にはならないこと、年々変動の研究には不向きな事が欠点です。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	TRMM(PR 2A25 Ver.6、LIS Ver.4.1 Science Data をもとに作成されたPRH Ver. 6.4)
期待される効果	雷被害の軽減のための基礎的資料を提示
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2009年4月～2012年7月(終了)
関連リンク・情報	内山真悟・松本淳・高橋洋・金森大成 2012. 熱帯降雨観測衛星TRMMを用いたアフリカ大陸熱帯域における雷活動と降水の季節変化. 地学雑誌 121: 986-997. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgeography/121/6/121_121.986/_pdf

図1 アフリカ大陸における1km²あたり1日あたりの季節別雷回数10年平均値(1998～2007年)の分布。

A:12～2月 B:3～5月 C:6～8月 D:9～11月
(内山他, 2012)

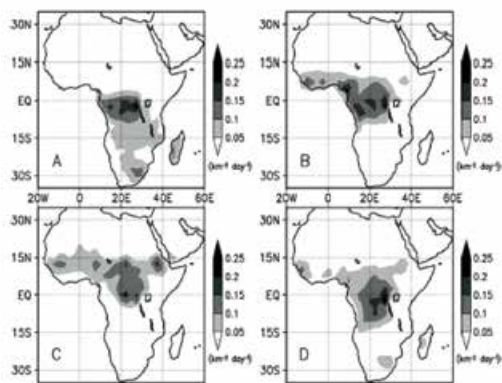


図2

アフリカ大陸内陸域における1km²あたり1日あたりの月平均雷回数(上:実線)、総降雨量(上:一点鎖線)、対流性降雨量(下:実線)、層状性降雨量(下:一点鎖線)の10年平均値(1998～2007年)の南北断面(20°N-22.5°E)の経度平均。一番右は標高を示す。上図の横軸の目盛は、上段が雷回数、下段が降雨量を示す。
(内山他, 2012)

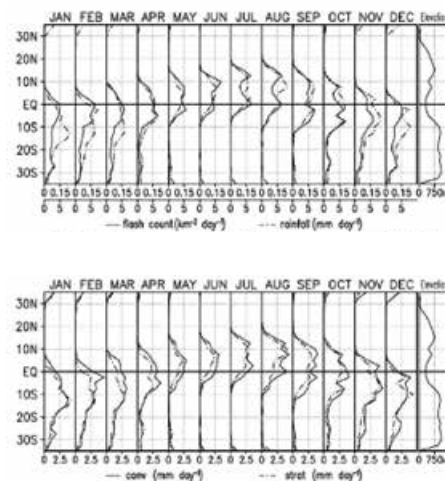
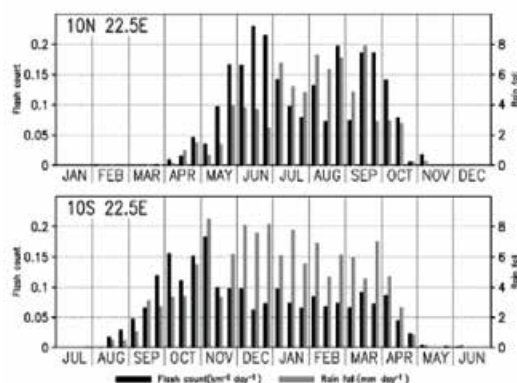


図3

旬別1km²あたり1日あたりの雷回数(黒色棒)と総降雨量(灰色棒)の10年平均値(1998～2007年)の年変化。

上:10°N-22.5°E
下:10°S-22.5°E
(内山他, 2012)



図の出典:
内山真悟・松本淳・高橋洋・金森大成 2012. 熱帯降雨観測衛星TRMMを用いたアフリカ大陸熱帯域における雷活動と降水の季節変化. 地学雑誌 121: 986-997.

熱帯モンスーン林調査の精度向上のための 降水データの利用

アジア航測株式会社

<http://www.ajiko.co.jp/>

利用内容

地球温暖化対策の一つのREDD+では、国全体の森林の減少・劣化のモニターや森林管理に必要な森林図が衛星画像解析等により作成されます。東南アジアの急峻な山岳地帯を擁する熱帯モンスーン林の森林図の作成において、ランドサット等の衛星画像解析における常緑樹林と落葉樹林の区分の精度が低いことが課題となっています。乾季における落葉は、基本的に土壌水分量の大小の状況に左右されていると考えられることから、TRMMの降水量分布データを補助データとして利用し、常緑樹／落葉樹／混交林の調査精度の向上の可能性を検討しました。

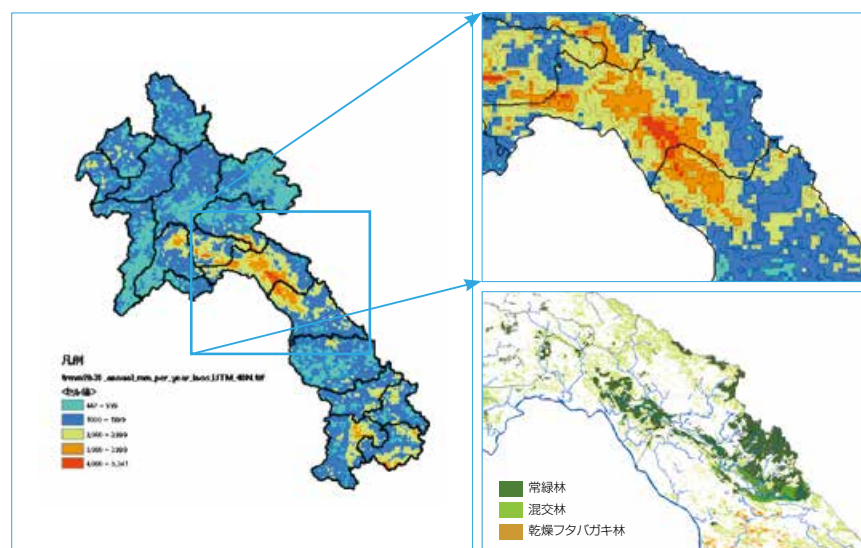
まず、既存の19カ所の地上観測降雨データ(1988～2007年)から作成された年平均降水量図とTRMMから得られた年平均降雨量推定図(1998～2009年)を比較したところ、地上観測点の周辺では整合が見られましたが、山間部等、地上観測点が存在しない地域では、降水量の分布に大きな差が認められました(図1参照)。

このことから、TRMMデータが、地上観測点が少ない地域や無い領域の降水量を補完するために有効であることが示されました。しかしながら、降水量の絶対値については、TRMMからの推定値の方が大きいという結果が得られ、利用目的によっては地上観測データを使ったキャリブレーションが必要であることも示されました。

また、既存の森林図、当該地域の衛星画像の判読、現地調査等で得られた森林図とTRMMから得られた年降水量分布図を比較したところ、常緑林と降水量の分布の間にある程度の相関が見られました。しかしながら、モンスーン林の境界部においては、降雨量が比較的少ないにも関わらず常緑林が分布しているという現象が認められました。この地域は、乾季においても湿潤性が高いことが現地調査で観察されており、植生型の解析においては、降水量のみならず、地質・土壌、傾斜など土壌水分の関連する要件や焼畑など土地利用の影響なども考慮した土地条件の解析が必要であることが示唆されました。

使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	TRMM(センサ・プロダクト名:2B31の加工データ)
期待される効果	熱帯地域における土地条件と植生型の関係については、まだまだ詳しい分析がなされていないようであり、主要な土地条件である降水量に関して、衛星からのリモートセンシングによる降水量観測データは、関係する森林調査、生物多様性保全などの分野において有用な情報として活用されるポテンシャルが高いと考えられます。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2014年8月～(実施中)

図1 TRMMデータ(1998～2009)から作成した年平均降水量推定図
(Bookhagen, B.の解析データを編集作成)と既存の森林図の比較



(データ:FIPD, Lao PDRを編集)

図2 現地調査写真(乾季)



混交林



常緑樹林

中部ベトナムにおけるGSMaP降水量の 地上降水量観測データによる校正

公立大学法人 首都大学東京

<http://www.tmu.ac.jp/>

利用内容

中部ベトナムにおけるGSMaP_MVK v5.222.1月降水量を現地水文気象局による地上雨量計観測データおよびAPHRODITEデータ(*)によって精度を検討し、特に海岸部での精度が悪いことを指摘しました。また、その精度改善のためにニューラルネットワークによる過去データを用いた補正を行うことで、精度向上を図る手法を開発しました。海岸付近に山岳がある中部ベトナムでは、当時利用していたGSMaP_MVK v5.222.1データは、特に海岸部でのデータの精度が悪く、そのままでは、実利用には向かない欠点がありました。

*APHRODITEデータ:
アジア域における観測データによる大陸規模・長時間日単位のプロダクト

使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	GSMaP(MVK ver. 5.222.1)
期待される効果	海岸線付近に山岳をもつ地域における降水量の高精度での把握や、より短い時間スケールでの検討により、実利用への応用も期待できます。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2012年8月～2013年10月(終了)
関連リンク・情報	Ngo-Duc, T., Matsumoto, J., Kamimera, H. and Bui, H.H. 2013: Monthly adjustment of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) data over the VuGiao of Global Satellite Mapping of Precipitation using an artificial neural network. Hydrological Research Letters 7: 85–90, doi: 10.3178/hrl.7.85 http://www.hrljournal.org/archives/1540

図1

研究対象とした中部ベトナムVuGiao–ThuBon川流域
(Ngo-Duc et al., 2013)



図2

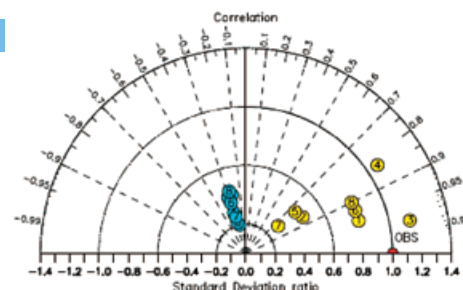


図1の研究対象地域内の8地点における地上観測(赤丸)とGSMaP(青丸)APHRODITE(黄丸)による月降水量のテーラーダイアグラム
(Ngo-Duc et al., 2013)

図3

中部ベトナムの雨季にあたる8月～12月のVuGiao–ThuBon川における標高別のGSMaPとAPHRODITE月降水量の差
(Ngo-Duc et al., 2013)

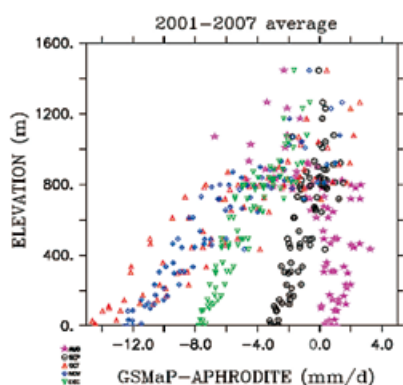
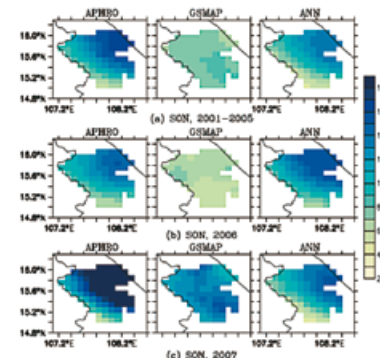


図4

VuGiao–ThuBon川流域におけるAPHRODITE(左)、補正前GSMaP(中)ニューラルネットワークによる補正後(右)の9から11月の降水量。上段右は教師付推定による2001～2005年の平均、中・下段は教師なし推定による2006年、2007年。
(Ngo-Duc et al., 2013)



ベトナムにおける詳細な降水量分布の把握

公立大学法人 首都大学東京

<http://www.tmu.ac.jp/>

利用内容

ベトナムにおいて従来に比べて飛躍的に多い481地点の地上雨量計データを使った新しい降水量グリッドデータVnCPを作成し、衛星データを基にしたグローバルな降水量データであるGSMaP、CMORPH(*)、PERSIANN(**)、TRMMによる降水量分布との比較を行いました。その結果TRMMによる降水量分布が、もっとも地上雨量計による降水量分布に近いこと、複雑な地形をもつベトナムでの降雨分布の再現性には衛星プロダクトの違いにより大きな違いがあることがわかりました。

*CMORPH:

アメリカ合衆国のNOAA/CPCで作成されたマイクロ波による推定降水量と静止気象衛星による雲風ベクトルを組み合わせる算出された全球降水量プロダクト

** PERSIANN:

アメリカ合衆国のアリゾナ大学で開発された人工ニューラルネットワークにより衛星データと地上降水量データとを組み合わせる作成された全球降水量プロダクト

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP(MVK ver. 6.5133.0) TRMM(3B42 ver.7)
期待される効果	複雑な地形をもつ地域における降水量の高精度での把握により、実利用への応用も期待できます。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2016年4月～(実施中)
関連リンク・情報	Nguyen-Xuan, T., T. Ngo-Duc, H. Kamimera, L. Trinh-Tuan, J. Matsumoto, T. Inoue, and T. Phan-Van, 2016. The Vietnam Gridded Precipitation (VnGP) Dataset: construction and validation. SOLA, 12, 291-294, doi:10.2151/sola.2016-057.

図1
年

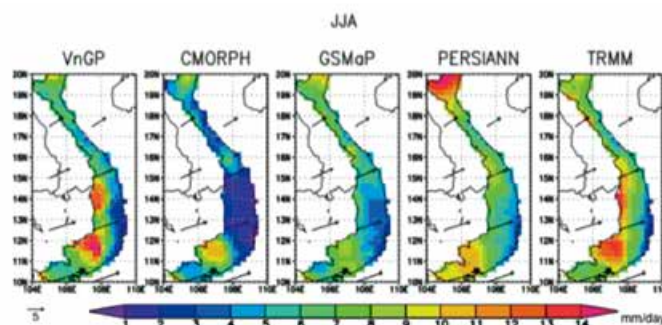


図2
6～8月

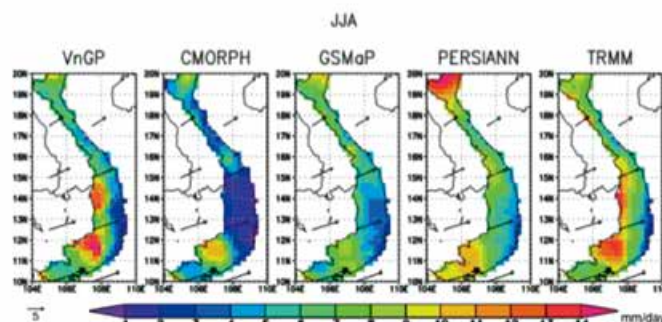
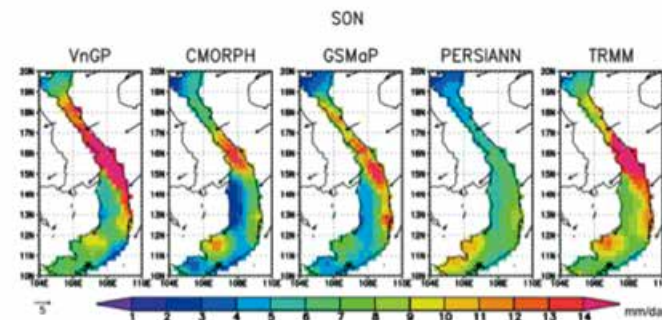
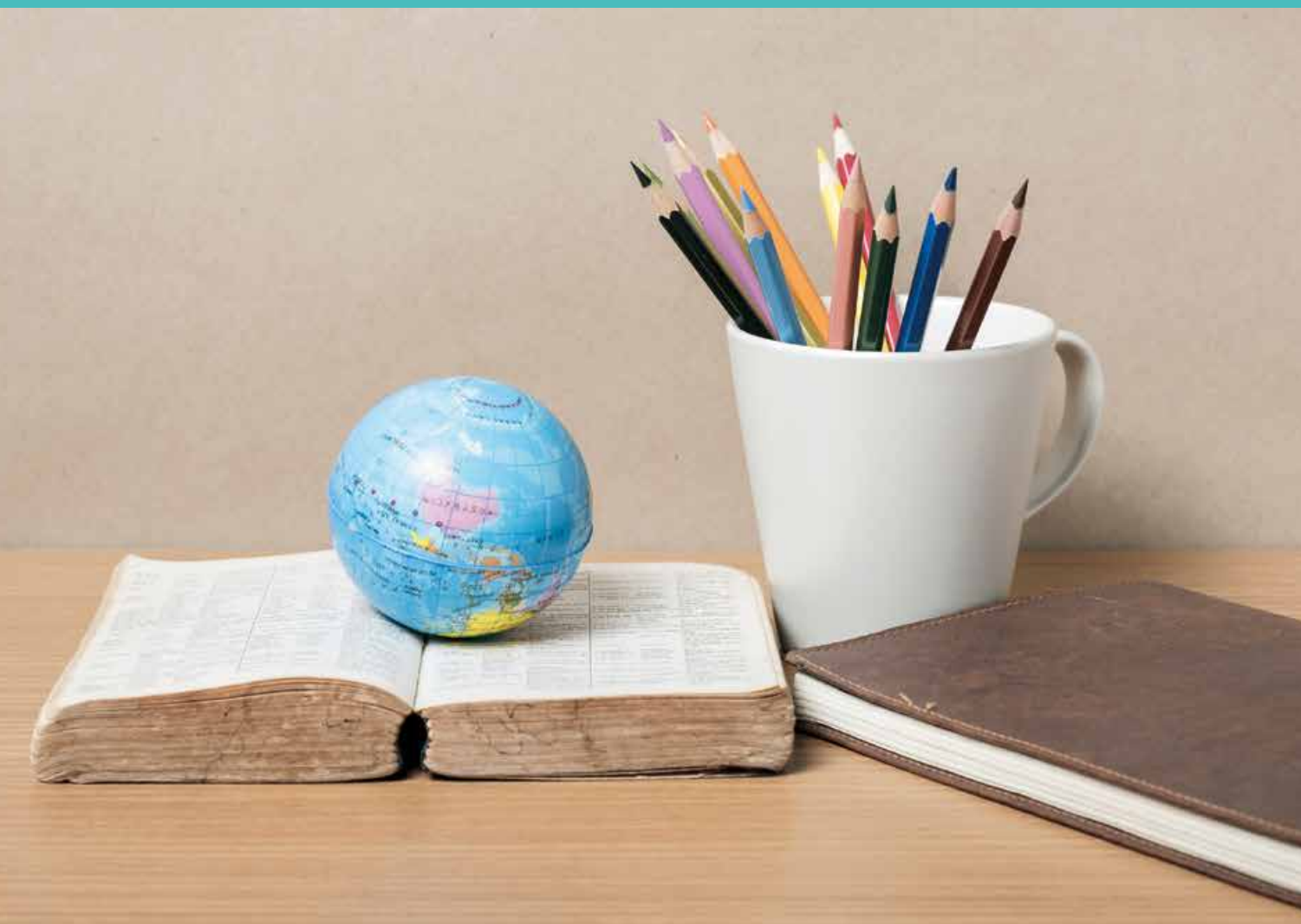


図3
9～11月



ベトナムにおける地上雨量計によるVnCPデータセット、衛星データを使用したCMORPH、GSMaP、PERSIANN、TRMMデータセットによる平均降水量(2001～2007年)の分布



宇宙からの降水観測の利用事例

教育・デザイン

- デジタル地球儀「触れる地球」における衛星データ利用

デジタル地球儀「触れる地球」における 衛星データ利用

Earth Literacy Program
<http://www.elp.or.jp/>

利用内容

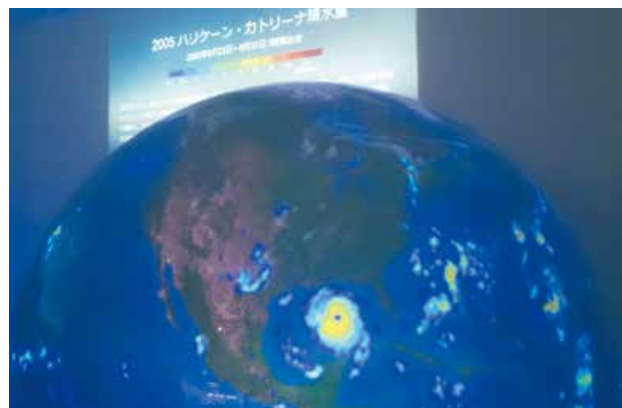
「触れる地球」は直径80cmの半球ディスプレイに毎日の気象、温暖化のシミュレーション、地震や津波の発生、渡り鳥の移動、都市人口の増加など、さまざまな地球規模の現象を投影し、また重ね合わせることで新世代の地球リテラシーを養うことができるデジタル地球儀で、学校、科学館・博物館や企業ミュージアムなどに導入されています。

毎時更新される雲画像やMODISセンサーによる植生・氷雪など、さまざまなリモートセンシングデータがインストールされており、TRMM/GSMaPの降水データもそのひとつです。

添付画像はアメリカに上陸しようとするハリケーン・カトリーナを「触れる地球」に表示したものです。雲画像や軌跡データと重ね合わせることが可能な3時間毎のアニメーションとしてコンテンツ化されており、ハリケーンが勢力を増し、降雨を増大させながら移動する様子をリアルにご覧いただくことができます。また、再生期間を延ばせば2005年夏・秋シーズンに次々と襲来するハリケーンの様子が、また、地球儀を回転させて日本付近を見てみれば、同じ時期にやはり日本にも台風が襲来していることが分かります。このような地球規模・ローカル、短期・長期の現象の理解が「触れる地球」とリモートセンシングデータの活用で可能になりました。

また、以前、「世界の雨分布速報」で準リアルタイムの降水データの配信も一部の地球儀に対して行っておりまして。これをリアルタイム版GSMaPを利用したものにアップデートして、配信を開始しています。

使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	TRMM GSMaP
期待される効果	降雨をはじめとした気象の情報は、毎日の天気予報など、身近にあふれています。しかし、一旦日本や今日明日の天気から離れて、地球規模・長期間でデータをまとめると、さまざまな教育的な効果を持ったコンテンツとして活用できると考えています。たとえば台風はどんなところで、どんな時期に発生し、どのような経路をたどるのか、また、年によってどのくらい発生数が変わるのか。地球儀と気象データを用いたコンテンツがこれらを如実に表してくれます。 2015年からは高等学校（スーパーサイエンスハイスクール）への導入され、実際の教育現場でも活用がはじまり、博物館・図書館等でも使われる数が増えています。
利用者・対象	実利用（「触れる地球」を導入していただいた学校、科学館・博物館や企業ミュージアムなどに、Earth Literacy Programからデータのあるテーマに従ったひとまとまりのコンテンツとして配信しています）
利用状況（時期・フェーズ）	2013年～（実施中）
関連リンク・情報	http://earth-museum.jp/





宇宙からの降水観測の利用事例

公衆衛生

- ケニアのビクトリア湖周辺でのマラリア・コレラのリスク評価への利用

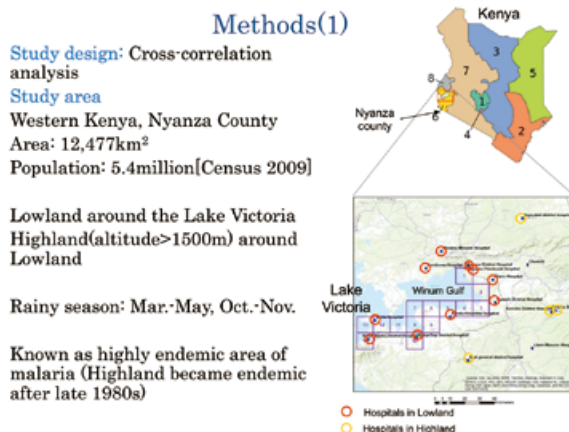
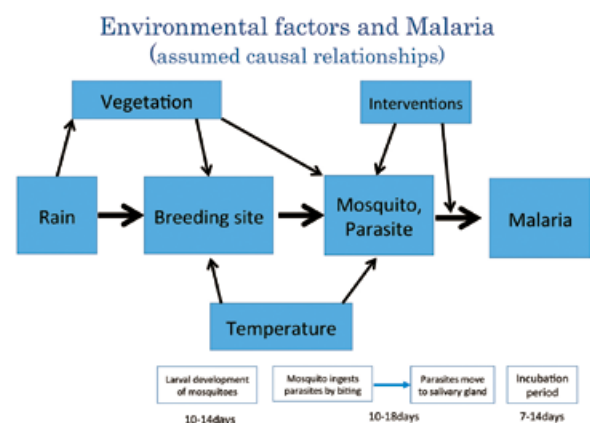
ケニアのビクトリア湖周辺でのマラリア・コレラのリスク評価への利用

長崎大学熱帯医学研究所等 <http://www.tm.nagasaki-u.ac.jp/nekken/>
 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
 地球観測研究センター <http://www.eorc.jaxa.jp/>
 一般財団法人リモート・センシング技術センター... <https://www.restec.or.jp/>

利用内容

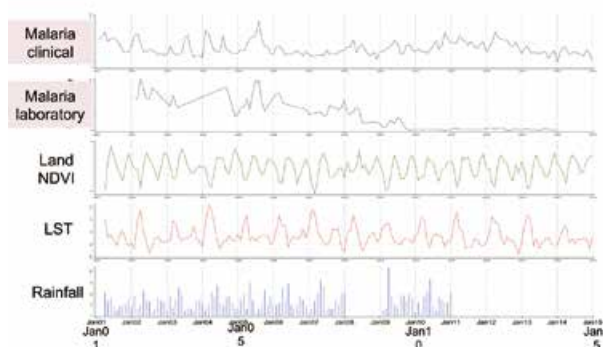
2016年6月28日、環境・健康・持続可能な社会をテーマとする国際環境疫学会アジア大会 (ISEE-AC2016)にて、長崎大学熱帯医学研究所及びJAXAとRESTECによる、ビクトリア湖プロジェクトの成果“The association between environmental factors and malaria, diarrhea around the Lake Victoria in Kenya”が発表されました。高地・低地の下痢症、マラリア発症と日々の環境データ (MODIS地表面温度、湖水面温度、正規化植生指標とGSMaP格子化日々降水量)を週・月毎のデータに変換し、過去0～10か月間の自己相関解析を行い、関連の推定とプロセスの考察を行いました。その結果、高地では降雨とマラリアの2～3か月遅れの正の相関、低地では0～5週間遅れの負の相関が得られ、地表面温度、湖水面温度とマラリアの相関は、低地で5週間遅れの正の相関がみられました。これら環境因子との有意な関連が明らかになったことで、予測システム開発の可能性に対する理論的基礎を構築できました。今後、交絡因子の影響を考慮した時系列解析を進め、予測モデルの開発に取り組めます。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP降雨量、JASMES (MODIS) 地表面温度、湖水面温度、正規化植生指標等
期待される効果	公衆衛生への衛星リモートセンシングデータの活用
利用状況(時期・フェーズ)	医療機関、海外・国内の感染症低減
利用フェーズ	2013年4月～2017年3月(実施中)



Results(2)

Monthly cases and environmental factors in Highland (Kisii 2001-2014)





宇宙からの降水観測の利用事例

天気予報

- 小笠原村での降雨の現況把握のためのGSMaP利用
- 天気予報専門サイトでの利活用ならびに利用促進検討
- GSMaPを利用した台風強度予報ガイダンスでの利用
- 無人航空機を利用した降水の検証
- 気象庁の数値予報におけるGPM/GMI輝度温度データの利用
- 気象庁におけるGPM/DPRデータの利用
- GPM/DPRデータによる数値予報の改善



小笠原村での降雨の現況把握のためのGSMP利用

小笠原村

<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/>

利用内容

「宇宙から見た小笠原の雨」として、小笠原村役場のHPIに世界の雨分布リアルタイム(小笠原諸島版)へのリンクを設定しています。

小笠原諸島は、気象庁の地上降水レーダの観測範囲以外にあり、地上雨量計は父島と母島に1つずつしかなく、地上観測から降雨の水平分布を捉えることは困難でしたが、このサイトでは、海上から来る台風等による降雨の観測情報が小笠原諸島でリアルタイムに得ることが出来ます。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMP NOW
期待される効果	降雨の観測情報が気象庁地上降水レーダの観測範囲外である小笠原諸島でもリアルタイムに得られること
利用者・対象	実利用
利用状況(時期・フェーズ)	2016年4月～(実施中)
関連リンク・情報	http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMP_NOW/ogasawara.htm

小笠原村での利用

小笠原諸島は気象庁の地上降水レーダの観測範囲以外
地上雨量計は父島と母島に1つずつしかない
地上観測から降雨の水平分布を捉えることは困難

GSMP小笠原諸島カスタマイズ版を利用

<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/>

世界の雨分布リアルタイム (小笠原諸島版)
JAXA Realtime Rainfall Watch (Ogasawara version)

GSMPを活用して海上から来る台風等による降雨の観測情報をリアルタイムで入手可能に

天気予報専門サイトでの利活用 ならびに利用促進検討

一般財団法人 日本気象協会

利用内容

地球観測衛星データおよび画像のコンシューマ向け利活用ならびに利用促進検討を行うにあたり、当社が運営する天気予報専門サイト(モバイル「気象協会晴曇雨」図1、PC「tenki.jp」図2)にて展開・露出を図り、利用者の反響を収集・解析・検討を行いました。その結果、ビジュアル面での好意的反応は得られたものの、データそのものに関しては広域かつ時間遅れが課題となり、十分な活用にまでは至りませんでした(図3)。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GSMaP
期待される効果	専門利用のみならず、一般利用に活用先が拡大することにより、地球観測衛星の関心が高まるとともに、存在意義の向上も期待されます。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2011年4月～2013年3月(終了)

図1 「気象協会晴曇雨」での表示内容



図3 各サービスのスペックと反響収集手法等

サービス名称	気象協会晴曇雨	tenki.jp
利用対象者	コンシューマ(無料、有料)	コンシューマ(無料)
利用者数	非公表	15億PV/年
反響収集手法	アンケート	記事コメント
対象者数	651名	数名
主たる声(ニーズ)	① きれいな画像として興味深く鑑賞できた ② 実際に旅行へ行く際に利用しやすいものに(きめ細かいエリア、遅れ時間の解消)	ニーズにつながるものはなし

図2 「tenki.jp」での表示内容



「雨雲の動き」を知るための情報

普段よく目にする「雨雲の動き」や「雨量分布図」は、「気象レーダー」によって観測された情報で、雨雲の位置と雨の強さを示したものです。気象庁では全国20ヶ所(2013年3月現在)に気象レーダーを設置し、日本全国を網羅するように観測しています。tenki.jpの「雨雲の動き」も、この気象レーダーの情報を表示しています。このように、一般的に雨雲の分布状況には気象レーダー観測が用いられることがほとんどですが、今回「衛星」を利用した世界の雨雲の分布図についてご紹介します。

気象レーダーの場合、Timeメッセージという非常に細かい情報を見ることができ、その観測範囲は日本付近に限ります。一方、衛星を利用することのメリットは、気象レーダーほど細やかな観測はできませんが、世界中の複数の衛星の情報を利用することができるので、世界の雨雲の分布状況を表示することができます。この情報はJAXA(宇宙航空研究開発機構)が提供している情報で、世界中の8つの衛星(2013年10月現在)を利用して雨雲の分布状況を解析することができます。同機構が提供している『世界の雨分布速報』では、1時間ごとの世界の雨雲の分布を見ることができます。(※ただし、観測から約4時間程度遅れて公開される点にご注意ください。)



GSMaPを利用した 台風強度予報ガイダンスでの利用

気象庁 気象研究所
http://www.mri-jma.go.jp/

利用内容

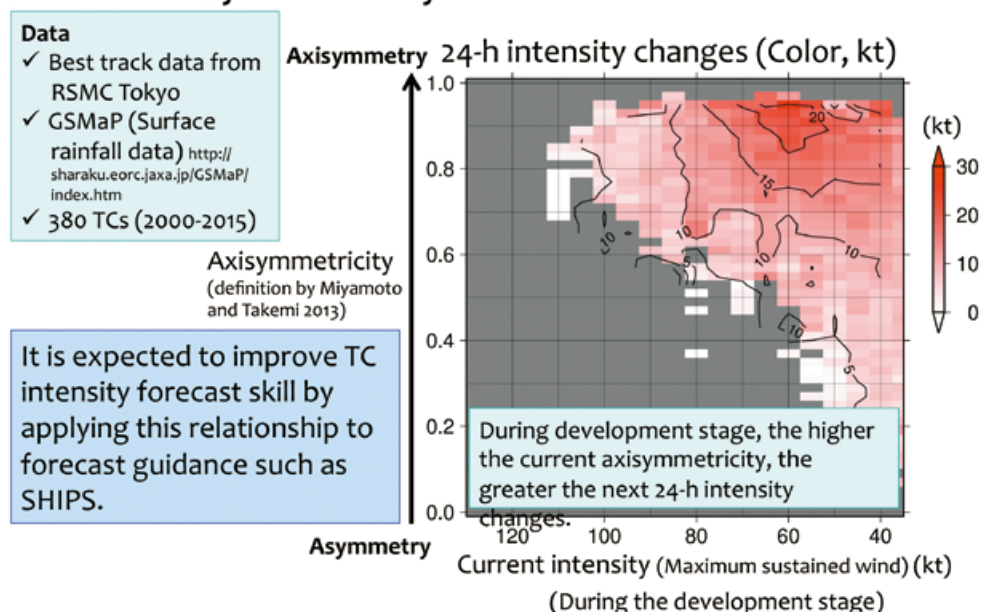
台風の強度予報のガイダンスの一つに、数値モデルが予報した台風周辺の環境場等を説明変数とした統計的重線形回帰式モデル(以下、SHIPS)があります。気象研究所では米国のSHIPS開発者の協力のもと、気象庁の全球モデル予報値を利用したSHIPSを開発しました。しかし、現在のSHIPSは、主に台風周辺の環境場を説明変数に使い、過去の台風の統計情報をもとに線形式で予報するため、台風の急発達への予想は非常に不得手です。最新の知見では、台風の発達は環境場条件だけでは決まらず、台風内部のプロセスによりコントロールされることがわかってきています。そのため、SHIPSの説明変数に、内部プロセスを代表する適切な指標を取り込むことで、その予報精度を改善できる可能性があります。内部プロセスの把握には、衛星データの利用が最適です。

その予備的調査として、GSMaPの地上降水量データから台風の軸対称性を算出し、それと台風の発達率の関係性について調べました。別紙添付の通り、2000年から2015年までに北西太平洋で存在した全部で380の台風事例を対象に、現在強度と軸対称度に対する、24時間後までの発達量(最大風速変化量)をプロットすると、台風は軸対称度が大きいほど、より大きく発達する傾向があることがわかりました。一方、GSMaPは使用される衛星データによって降水量分布が前後で大きく変わるとともに、GSMaPのリアルタイム解析版は精度がよくないという問題があり、利用に当たってはこれにどう対処するかが課題となっています。

現在は、この他に有用な指標がないか調査しつつ、ここで見出した指標をSHIPSに組み込み、SHIPSの精度を向上させる開発に取り組んでいます。

使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	GSMaP
期待される効果	GSMaPから算出した指標をSHIPSに組み込むことでその予報精度が向上することが期待され、それにより、気象庁の台風強度予報の精度向上に貢献することができます。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2015年8月～(実施中)

TC Intensity Change and Axisymmetry Deduced from GSMaP



無人航空機を利用した降水の検証

気象庁 気象研究所

<http://www.mri-jma.go.jp/>

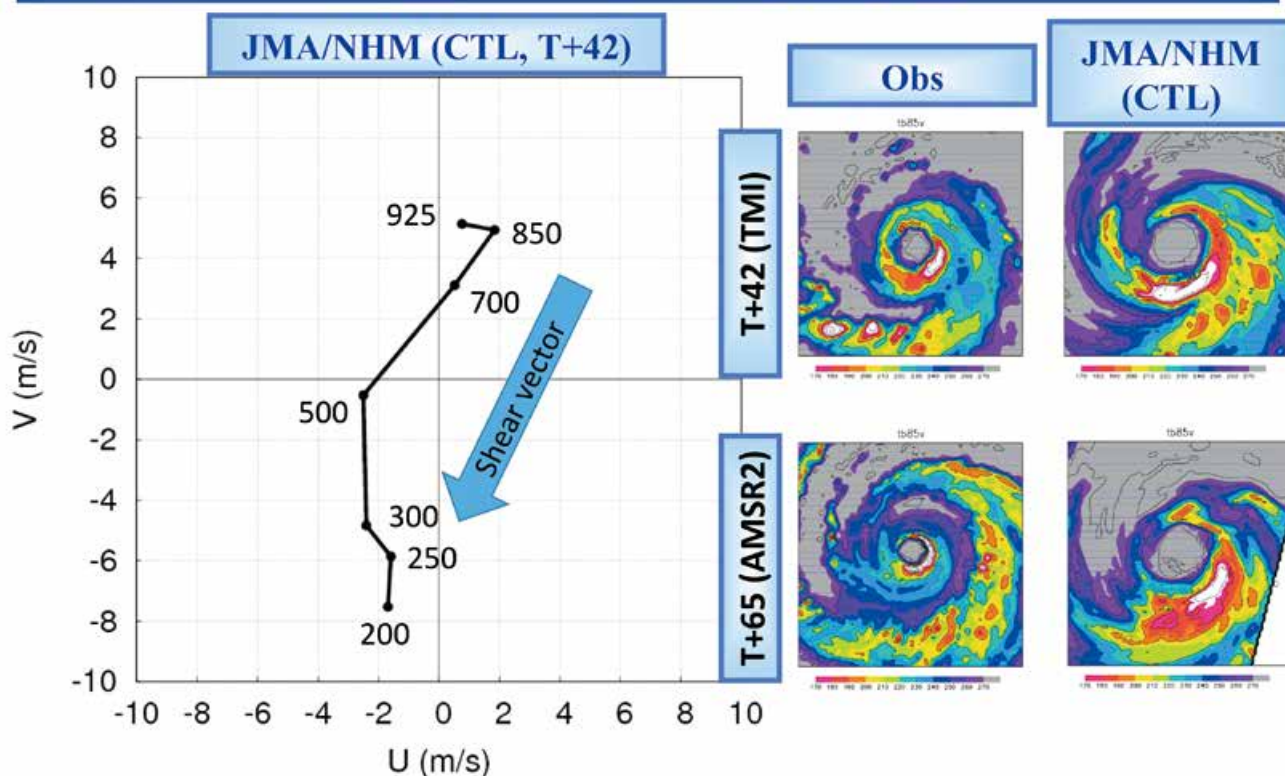
利用内容

衛星データシミュレータは、数値予報モデルで表現された大気(気温、湿度、降水など)の鉛直構造に対して放射伝達計算を行い、気象衛星が直接観測する物理量(放射輝度温度など)を算出するものであり、観測物理量を算出するアルゴリズム(前方計算)の検証や改良、さらに数値予報モデルによる予報結果の検証に利用することができます。

本調査では、2014年の台風第11号(Halong)を対象として、気象庁非静力学モデルで表現される台風をTMI、GMI、AMSR2などの観測と比較しました。両者を直接比較するために、数値予報の結果からシミュレート輝度温度を算出しました。比較の結果、輝度温度の水平分布や頻度分布は、台風の非軸対称構造や眼の大きさの検証に有効であることが分かりました。特に、航空機による台風の直接観測がない北西太平洋域では、本研究のようなシミュレート衛星画像による台風構造の検証は極めて有効であることが分かりました。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	TRMM (TMI) GPM (GMI) その他 (AMSR2)
期待される効果	数値予報の結果からシミュレート衛星画像を作成し観測と直接比較することにより、数値予報モデルの改良へフィードバックし、台風予報の精度向上に貢献します。
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	2013年4月～2016年3月(終了)

鉛直シアと非軸対称構造



風の鉛直シアの下流域左側で対流活動が活発になる傾向がモデルで表現されている。しかし、眼の大きさなど台風中心部の水平構造のスケールがモデルでは観測より大きい。

気象庁の数値予報における GPM/GMI輝度温度データの利用

気象庁 数値予報課

<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

利用内容

気象庁では、地球全体を予測対象とした数値予報システムである全球モデル(GSM)と日本及びその周辺を対象としてより細かい分解能で予測を行うメソモデル(MSM)において、GPM主衛星搭載のGMIの輝度温度データを利用しています。GMI輝度温度データは、GSMとMSMの初期値における水蒸気分布の解析精度の改善と予測精度の向上に寄与しています。

下図にGMI輝度温度データの利用によるMSMの降水予測の改善例を示します。2015年9月10日3時(日本時)を対象としたMSMによる前3時間降水量予測では、関東地方から東北地方南部にかけて観測された南北に伸びる線状の降水域(図3)が概ねよく予測されていましたが、降水量が多い領域の位置ずれや降水量の過小傾向が見られました(図1)。一方、GMI輝度温度データを利用した予測では、降水域の上流にあたる関東地方の南海上の水蒸気量がより適切に初期値に取り込まれるため、降水予測が改善します(図2)。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GPM衛星・GMI レベル1B輝度温度データ
期待される効果	GMIの輝度温度データを数値予報システムに利用することで、直接観測データの少ない海上において、GMI輝度温度データが持つ水蒸気量の観測情報を数値予報の初期値に反映させることが可能となります。これにより数値予報の予測精度が向上し、防災気象情報の品質向上が期待されます。
利用者・対象	実利用
利用状況(時期・フェーズ)	2016年3月～(実施中)

図1 MSM(GMIなし)

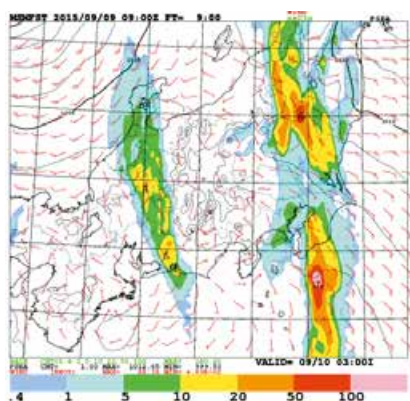


図2 MSM(GMIあり)

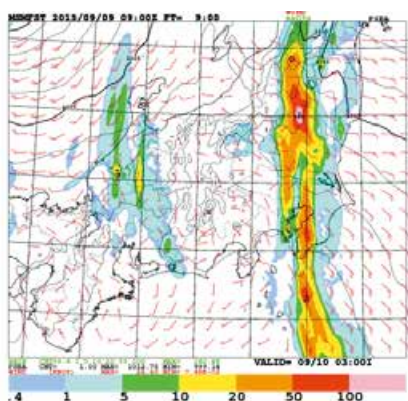
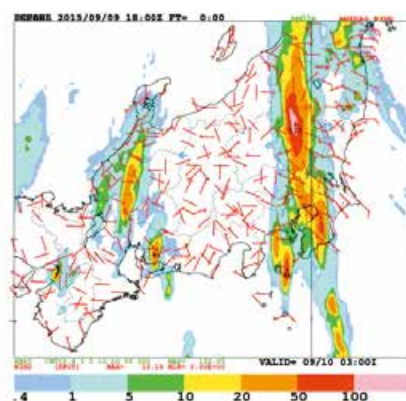


図3 解析雨量・アメダス



2015年9月10日3時の前3時間降水量(カラー、単位:mm/3時間)及び地上風(矢羽、単位:kt(長い(短い)矢羽1本は10 kt(5kt)))の分布。図1:MSMの9時間予測値(GMIなし)、図2:MSMの9時間予測値(GMIあり)、図3:解析雨量及びアメダス観測値。ただし、図1と図2には海面更正気圧(コンター、単位:hPa(間隔は1hPa))も重ねて描画している。

気象庁におけるGPM/DPRデータの利用

気象庁予報部数値予報課

<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

利用内容

気象庁では防災気象情報の基礎資料を作成するなどの目的のために、水平格子間隔5kmで日本周辺の気象予測を行う数値予報モデル(メソモデル:MSM)を現業運用しています。そのMSMの初期値は、様々な観測データを同化して作成されています。DPRは、広範囲の水物質の鉛直分布の情報をもち、数値予報モデルの初期値を作成するうえで非常に有益な観測データです。気象庁は、MSMの初期値にDPRをデータ同化することで降水等の予測精度が向上することを確認したことから、平成28年3月24日よりDPRの定常的な利用を開始しました。数値予報システムにDPRのような衛星搭載降水レーダのデータを利用することは、世界の気象機関では初めてのことになります。

図1、2は、「平成27年9月関東・東北豪雨」事例におけるDPRデータ同化のインパクトを示したものです。

使用衛星・センサ、またはプロダクト名	GPM (DPR)/ KuPR・KaPR反射因子
期待される効果	DPRをデータ同化利用することで、広範囲にわたって水物質の鉛直構造の情報を数値予報モデルの初期値に反映することが可能となります。特に、初期値における水物質の定量的な再現性を高めることは、顕著現象の予測精度の向上につながり、防災情報の品質向上が期待されます。
利用者・対象	実利用
利用状況(時期・フェーズ)	2016年3月～(実施中)
関連リンク・情報	http://www.jma.go.jp/jma/press/1603/24a/20160324_nwp_gpm.html http://www.jaxa.jp/press/2016/03/20160324_gpm_j.html

図1

(a) 2015年9月7日15UTCと(b) 2015年9月8日00UTCの初期値作成で利用したKuPRの反射因子(カラー)と台風第18号の台風経路(青実線)。気象庁数値予報システムは、(a)のKuPRとKaPRを利用し初期値を作成し予報を行い、その予報を引き継いで次の初期時刻でのデータ同化を行う。2015年9月8日00UTCのMSMの初期値は、(a)における同化の効果を引き継いだ上で(b)のKuPRとKaPRが同化されている。

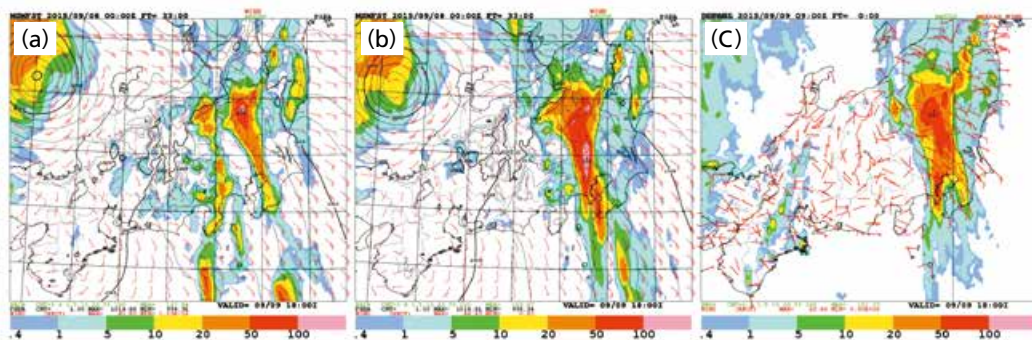
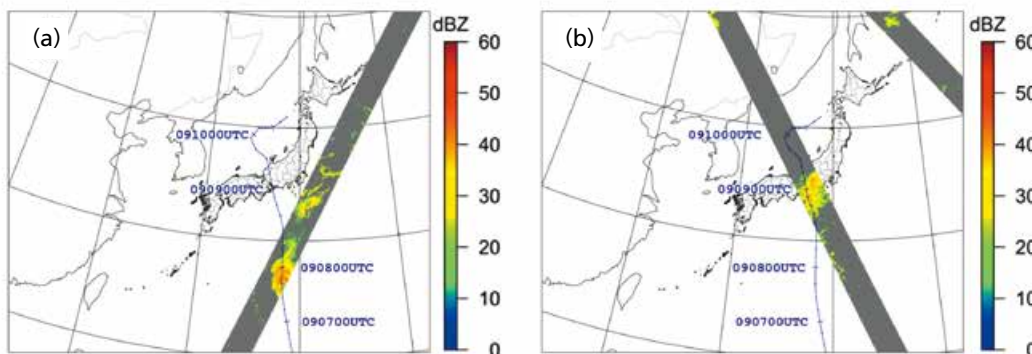


図2

2015年9月8日00UTCを初期時刻とする2015年9月9日18時の前3時間降水量(カラー、単位:mm/3時間)及び地上風(矢羽、単位:kt(長い(短い)矢羽1本は10kt(5kt)))の分布。(a) MSMの33時間予測値(DPRなし)、(b) MSMの33時間予測値(DPRあり)、(c) 解析雨量及びアメダス観測値。ただし、(a)と(b)には海面更正気圧(コンター、単位:hPa(間隔は1hPa))も重ねて描画している。





GPM/DPRデータによる数値予報の改善

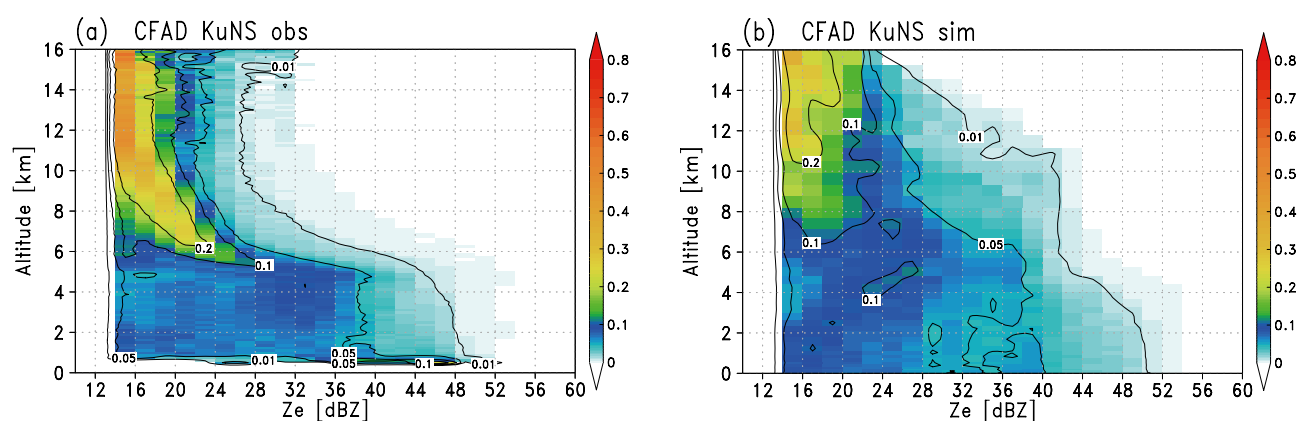
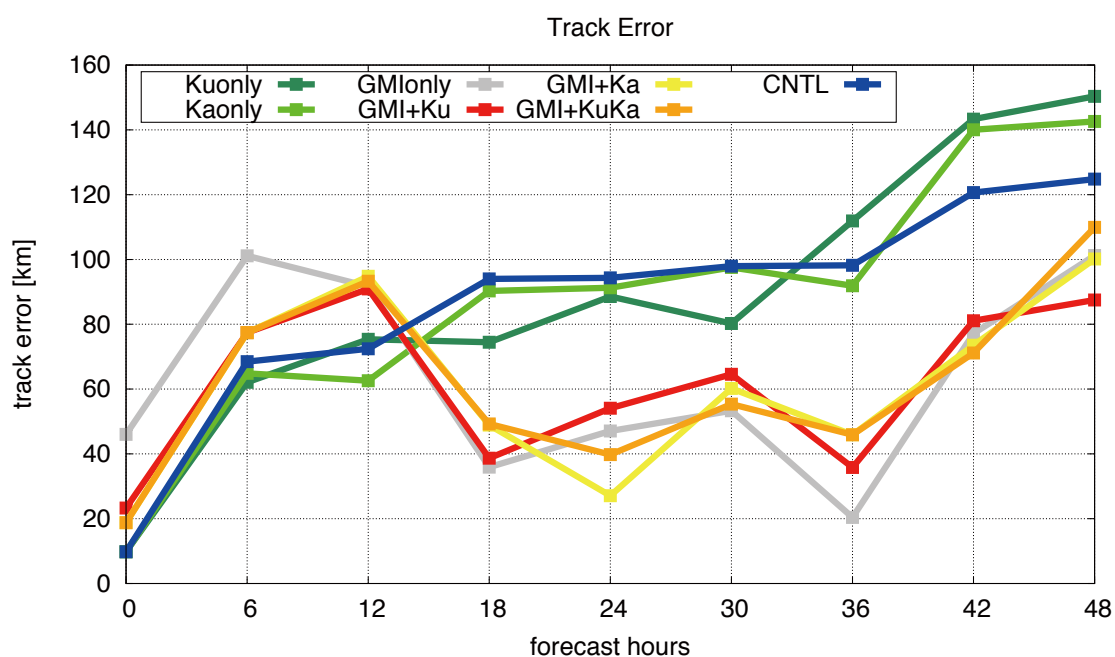
気象庁 気象研究所

<http://www.mri-jma.go.jp/>

利用内容

DPR反射因子データは数値予報モデルの雲物理過程などの検証に有効です。また、GMI等の他の衛星データと合わせて同化することにより、降水解析場や台風進路予報の改善を確認しました。モデルバイアスなどの問題で、観測情報を十分に活用できないことが現在の課題です。

使用衛星・センサ、 またはプロダクト名	TRMM (PR・反射因子) GPM (DPR・反射因子)
期待される効果	降水・台風予報の改善
利用者・対象	研究利用
利用状況(時期・フェーズ)	実施中





宇宙からの降水観測の利用事例

アジア太平洋での利用事例

- タイにおけるGSMPを用いた洪水予測システムと降水モニタリング
- タイにおける気象業務でのGSMPの利用
- インドネシアにおける気象業務でのGSMPの利用
- ベトナムにおけるGSMPの水文学的応用
- フィリピンにおけるGSMPの利用
- パキスタンにおける洪水予報でのGSMPの利用
- スリランカにおける洪水予報システムへのGSMPの利用
- バングラデシュにおける洪水予報システムへのGSMPの適用
- フィジーにおけるGSMPを用いた降水モニタリング



タイにおける GSMaPを用いた洪水予測システムと降水モニタリング

タイ水産農業資源情報研究所 (HAI)

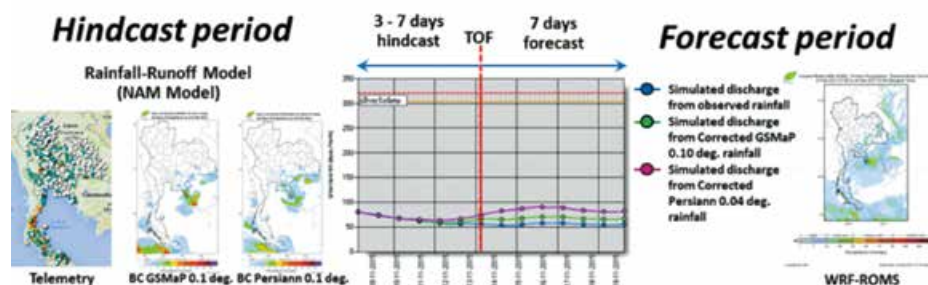
利用内容

タイ水産農業資源情報研究所では、タイの洪水予測システムと降水モニタリングにGSMaPの降水を用いています。ガンマ-ガンマ変換を用いてGSMaPのバイアス補正手法の開発を行っています。バイアス補正されたGSMaPを洪水予測システムに入力することで、より現実と対応よく流出量をシミュレーションすることができます。2015年10月より、洪水予測システムにおいて自動化されたバイアス補正が実施・運用されており、降水モニタリングは2017年1月からウェブサイトにて掲載されています。

関連リンク・情報

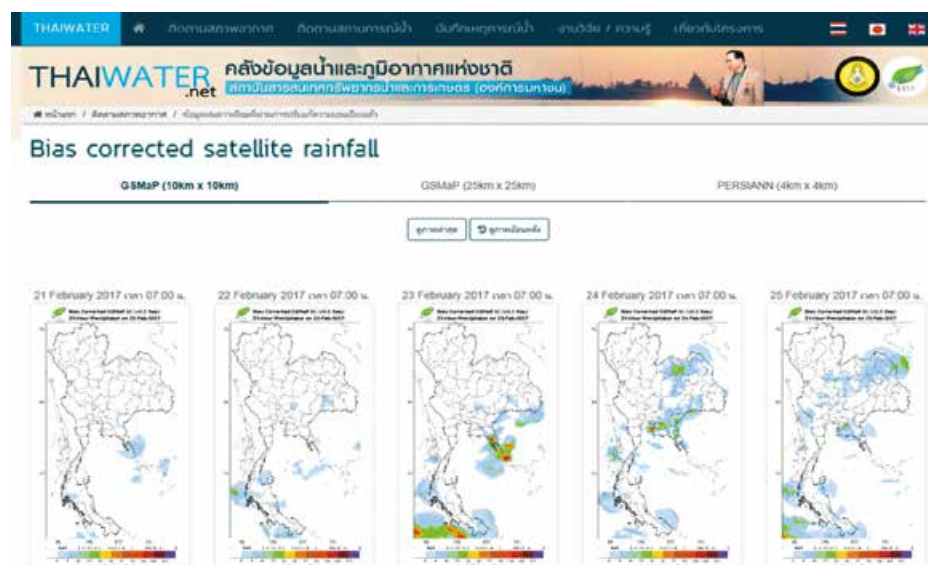
<http://www.thaiwater.net/v3/gsmmap/index>

Satellite rainfall for operational flood forecasting



中央のグラフでは、7日の予報と3-7日の再予報のシミュレーション結果を示しており、青・緑・赤がそれぞれ、観測された降水・補正された0.25度格子のGSMaPの降水・0.1度格子のGSMaPの降水から、シミュレーションされた流出量を示している。補正されたGSMaPの値が、0.1度格子のGSMaPの値より観測値に近いことがわかる。

Source	Rainfall data	Domain	Spatial resolution	Temporal resolution	Delay	Time
HAI	Telemetry	Thailand	Point	Hourly	-	Hindcast Period
JAXA, HAI	Corrected GSMaP 0.1 deg.	Thailand (4.2°N-22.3°N, 96.5°E-108.7°E)	10km x 10km	Daily	~6 Hours	Hindcast Period
JAXA, HAI	Corrected Persiann 0.1 deg.	Thailand (5.6°N-20.4°N, 97.3°E-105.6°E)	4km x 4km	Daily	~4 Hours	Hindcast Period
HAI	WRF-ROMS	Regional (25°N-2°S, 86°E-120°E)	9km x 9km	Hourly	-	Forecast Period





タイにおける気象業務でのGSMaPの利用

タイ気象局(TMD)

利用内容

タイ気象局(Thai Meteorological Department, TMD)では、GSMaPデータをダウンロードして時間毎の積算降水量図を作成のグラフに変換しています。気象観測所地点ごとの同様のテキストフォーマット(CSV)に変換し、やGISで利用するための緯度経度にも付加変換しています。TMDはタイの雨量計を用いてGSMaPデータの評価も行っています。タイ王国発電公社(EGAT)、灌漑局(RID)、タイ米作局、タイ国家災害警報センター(NDWC)、災害防止軽減局(DDPM)、タイ国立電子コンピュータ技術研究センター(NECTEC)等の公的機関で利用されてようなタイのステークホルダーはデータを必要として取得しています。

関連リンク・情報

<http://www.satda.tmd.go.th/GSMaP/>
<http://www.satda.tmd.go.th/FY2E/Rain/>
http://www.satda.tmd.go.th/all_gsmap_csv.php?date=20170107
<http://www.satda.tmd.go.th/>

図1 各時間のタイ、カンボジア、ラオス、ベトナム、ミャンマー周辺のGSMaP

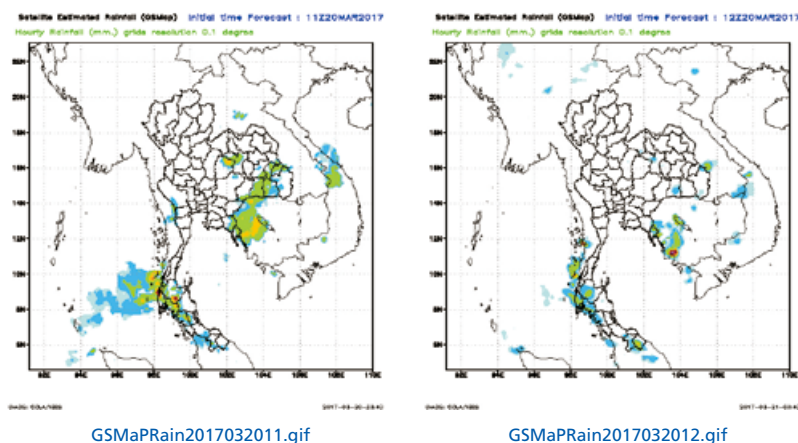


図2 GSMaPの積算雨量

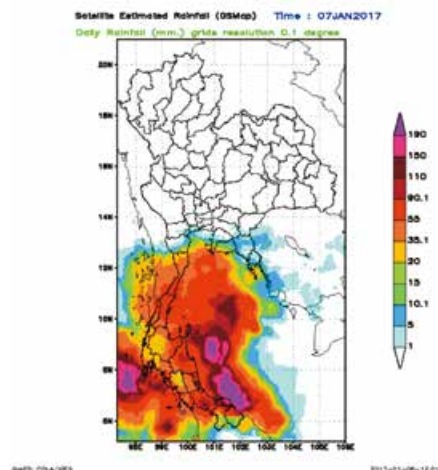
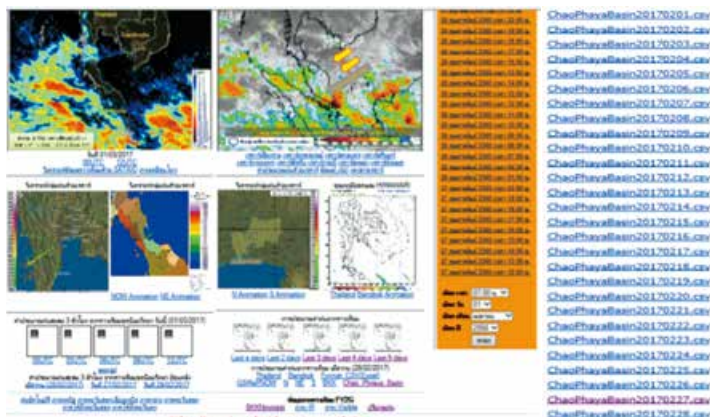


図3 GSMaPのテキストフォーマットのファイル



図4 GSMaP準リアルタイム版のテキストフォーマットデータ。タイ気象局のウェブページで作成されています。ウェブページURL: <http://www.satda.tmd.go.th/BASIN/ChaoPhayaBasin/>



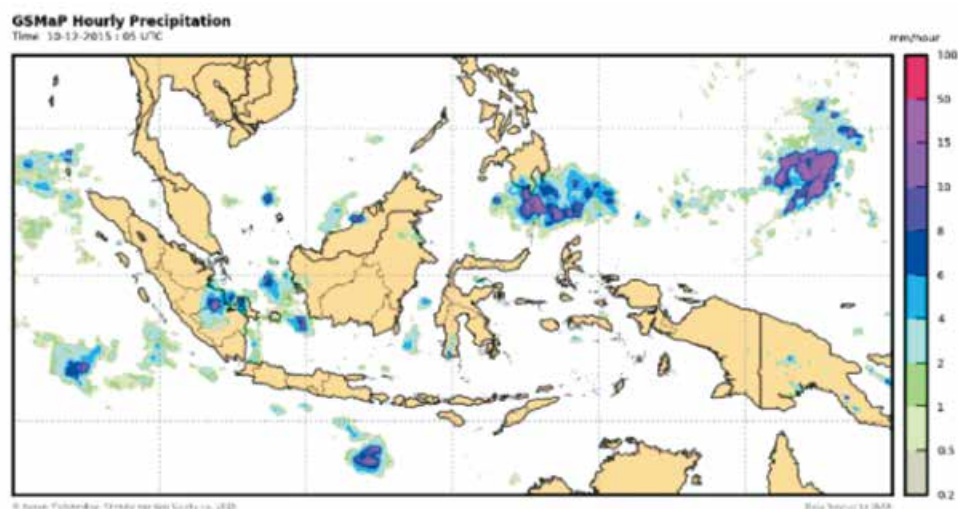
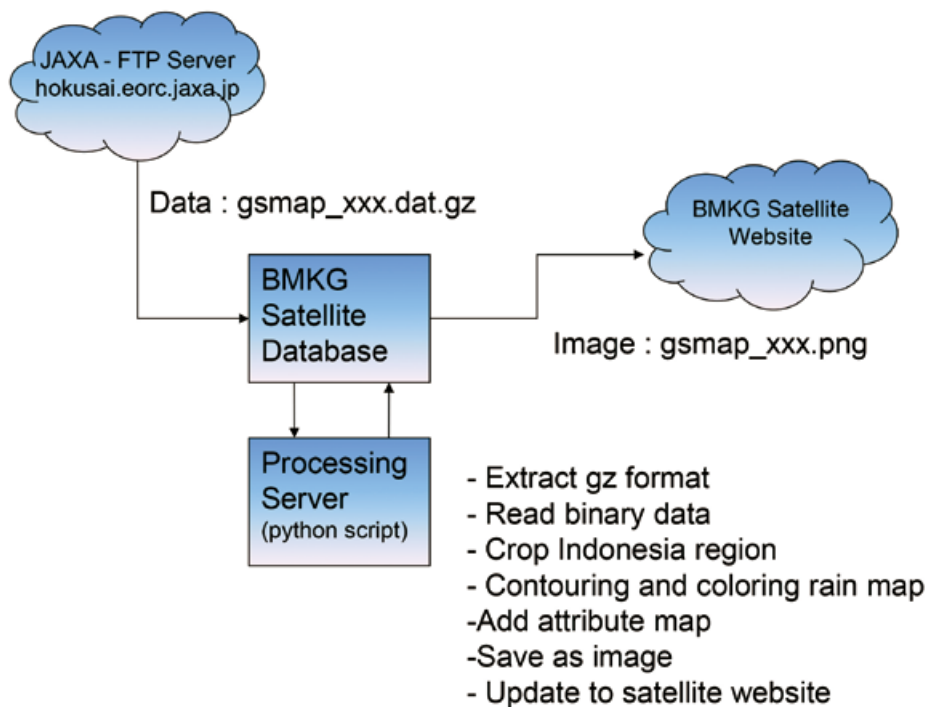
インドネシアにおける気象業務でのGSMaPの利用

インドネシア気象気候地球物理庁 (BMKG)

利用内容

インドネシア気象気候地球物理庁では、GSMaPをバイナリ形式のデータで取得し、インドネシア領域を切り出して図化しています。GSMaPは気象予報を検証するための時間毎、日毎の積算の降水量の解析に利用され、水文気象のハザード開発にも用いられています。気象予報・警報の現業をサポートするため、GSMaPプロダクトの開発は、MJO (マッデン・ジュリアン振動) の出現や伝搬、干ばつや潜在的な森林火災のモニタリングなどの目的にまで広がっています。

GSMaP Data Processing





ベトナムにおけるGSMPの水文学的応用

ハノイ科学技術大学(USTH)

利用内容

ハノイ自然科学科大学では、481つの雨量計での日観測を利用した新しい降水量のグリッドデータを開発しました。新しいデータセットである「ベトナム国グリッド日降水量データ (Vietnam Gridded Precipitation, VnGP)」は0.1度格子と0.25度格子の解像度であり、期間は1980年から2010年となっています (Nguyen-Xuan et al., 2016)。VnGPは東京大学のデータ統合・解析システムから利用可能であり、GSMPなどの他のデータセットとの比較検証に利用できます。

Ngo-Duc et al. (2013)では、水文学的応用のため、ベトナムでのGSMPの振る舞いを調査しています。結果から、ベトナム中央のVu Gia–Thu Bon川流域とその周辺域(図1)において、バージョン5.222.1のGSMP_MVKは10月から12月の冬季モンスーン期に大きな負の降水バイアスがあり、そのバイアストレンドは高度が下がるにつれて大きくなっていることがわかりました。人工知能ニューラルネットワーク(ANN)を用いた補正を行い、空間的な相関や降水の大きさ、Nash–Sutcliffe係数などにおいて、ニューラルネットワークのトレーニング期間である2001年から2005年でも、トレーニングとは関係なく独立した2006年から2007年でも、両方の期間でGSMPの精度が有意に改善されています。今後は、ベトナム北部の水文予報のため、GSMP_NOWや、GSMP_NRT、バージョン6.000のGSMP_MVK、GSMP_Gaugeを含む最近リリースされた異なるGPMデータのプロダクトを用いて、検証や利用を続けていく予定である。

関連リンク・情報

Ngo-Duc T., J. Matsumoto, H. Kamimera, and H.-H. Bui, 2013: Monthly adjustment of Global Satellite Mapping of Precipitation (GS Ma P) data over the Vu Gia–Thu Bon River Basin in Central Vietnam using an artificial neural network. *Hydrological Research Letters*, 7(4), 85–90

Nguyen-Xuan, T., T. Ngo-Duc, H. Kamimera, L. Trinh-Tuan, J. Matsumoto, T. Inoue, T. Phan-Van, 2016: The Vietnam Gridded Precipitation (VnGP) dataset: Construction and validation. *SOLA*, 12, 291–296, doi:10.2151/sola.2016-057

図1 Vu Gia–Thu Bon川流域(赤の境界線)とその周辺域の地形。赤丸は研究で用いた8つの気象観測点の位置を示す。
(Ngo-Duc et al., 2013)

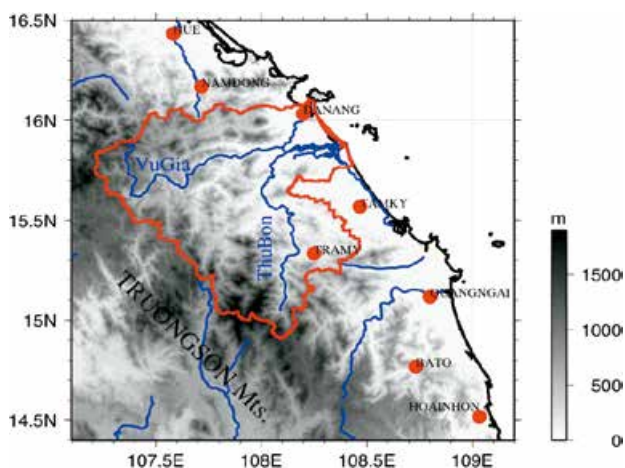
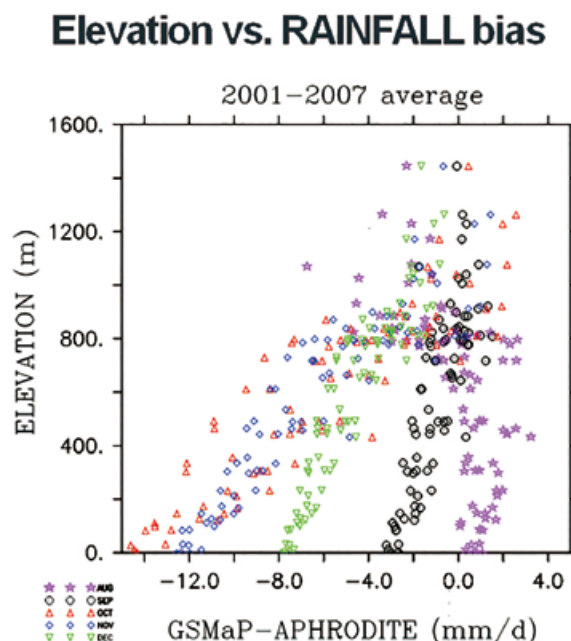


図2 2001–2007年平均の8月(ピンク)、9月(黒)、10月(赤)、11月(青)、12月(緑)における、高度(縦軸)とGSMPと雨量計との降水量の差(横軸)を示している。高度が下がるにつれて負のバイアスが大きくなっている(高度が下がるにつれてドットが左に傾いて降水量の差が大きくなっている)。



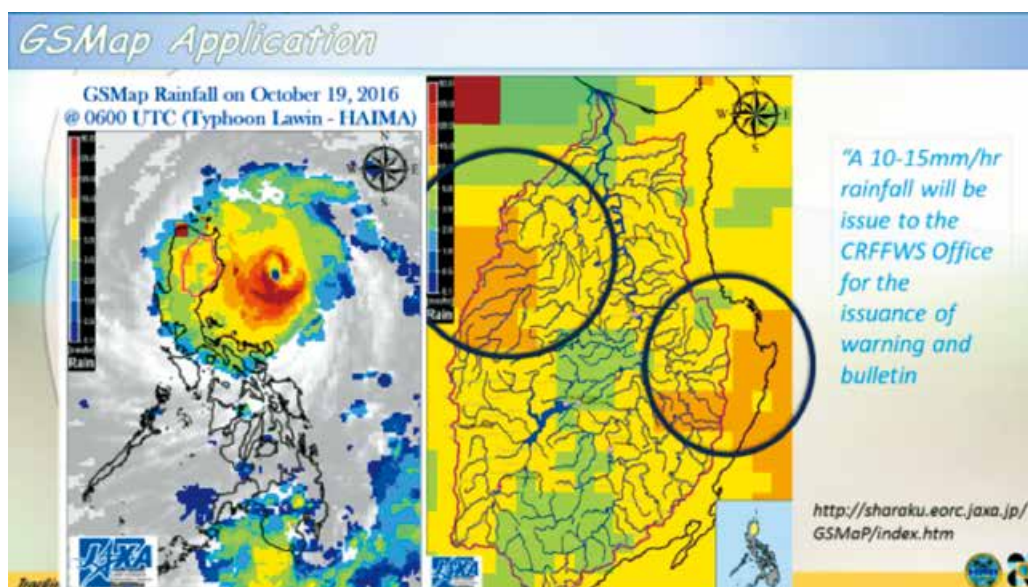


フィリピンにおけるGSMaPの利用

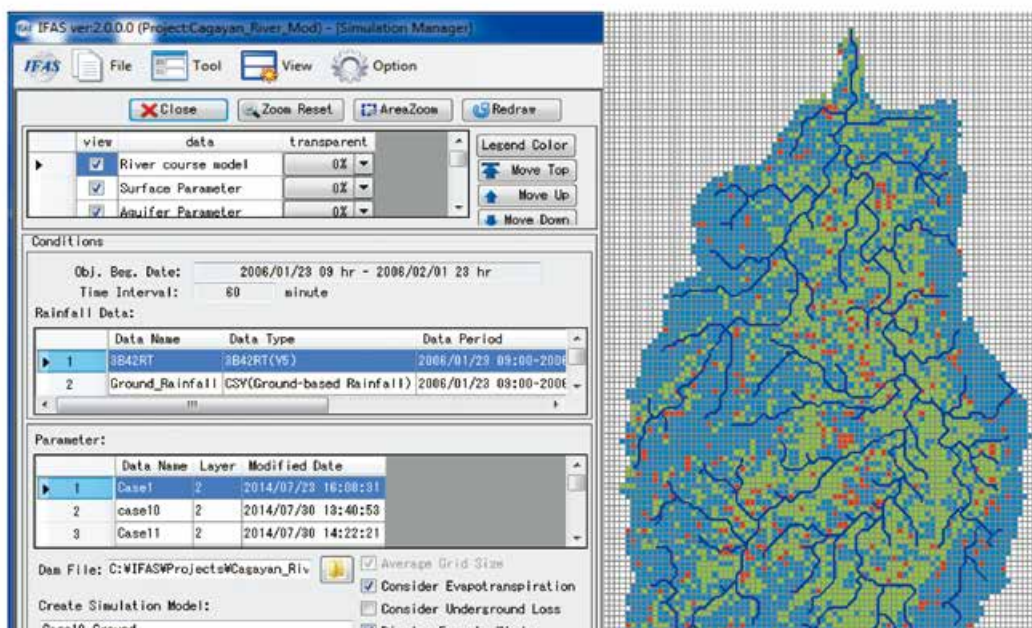
フィリピン気象局(PAGASA)

利用内容

フィリピン気象庁では、GSMaPを利用して台風と降水量の監視や洪水予報を行っています。GSMaPは台風が陸に接近(例: TY Sendong (Washi 2011), TY Pablo (Bopha 2012))した際の降水の空間分布のモニタリングに使われています。また、遠隔測定ができていない河川流域における、強い降水のある領域を特定するための洪水解析のオプションのツールとしても使われています。さらに河川流域のモニタリングでは、GSMaPを入力とする洪水予測システム(IFAS)(下図)を、Cagayan川流域での洪水の予報や管理のためのモニタリングに用いています(ADB プロジェクト)。



IFAS with GSMaP

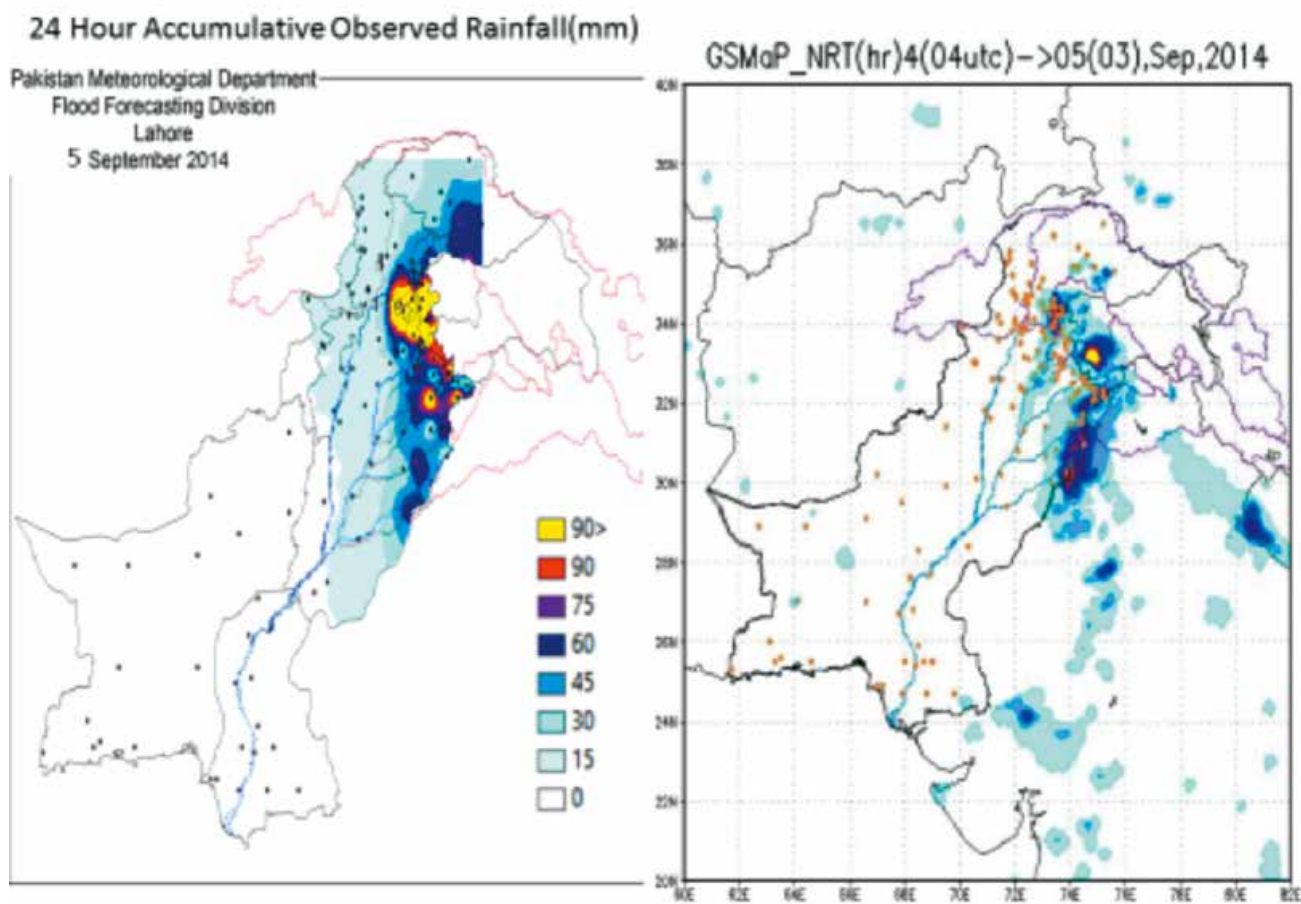


パキスタンにおける洪水予報でのGSMaPの利用

パキスタン気象局 洪水予報課(PMD)

利用内容

パキスタン気象局 洪水予報課では、GSMaPのデータは当直の予報官によって、洪水予測システム(IFAS)や降雨流出氾濫(RRI)モデルのような水文モデルのインプットとして使われている。



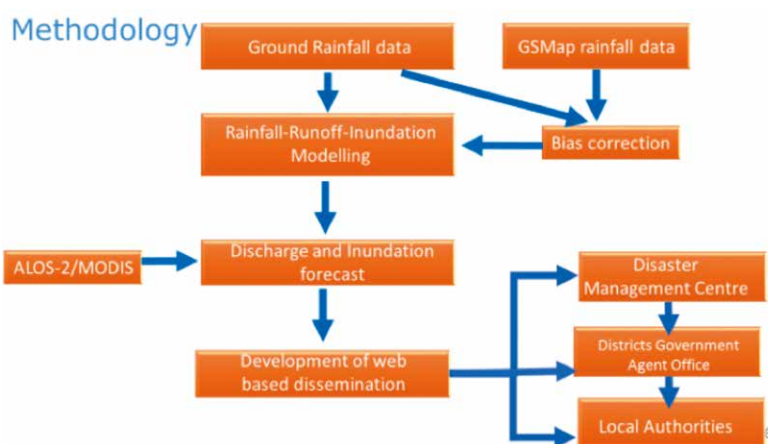


スリランカにおける洪水予報システムへのGSMaPの利用

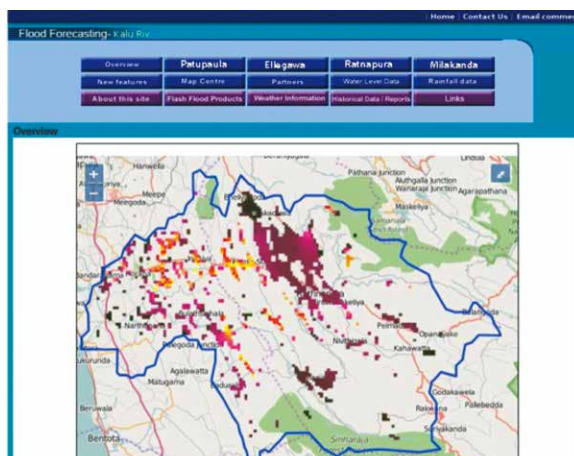
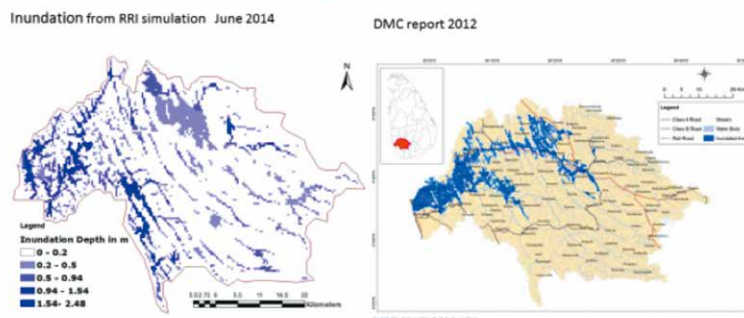
スリランカ灌漑局

利用内容

スリランカ灌漑局では、SAFEプロトタイププロジェクトとして、水災害対応のためのGSMaPを利用した洪水予報システムを開発しています。このシステムはリアルタイムの地上雨量計ネットワークを用いてバイアス補正したGSMaPと降雨流出氾濫(RRI)モデルを使っています。浸水地図をベースにしたオープンレイヤーから成っているウェブページを介して、他のステークホルダー機関や一般の方々に洪水警報を広めることができる自動化システムです。



Inundation map during 2014 June 1st in Kalu basin

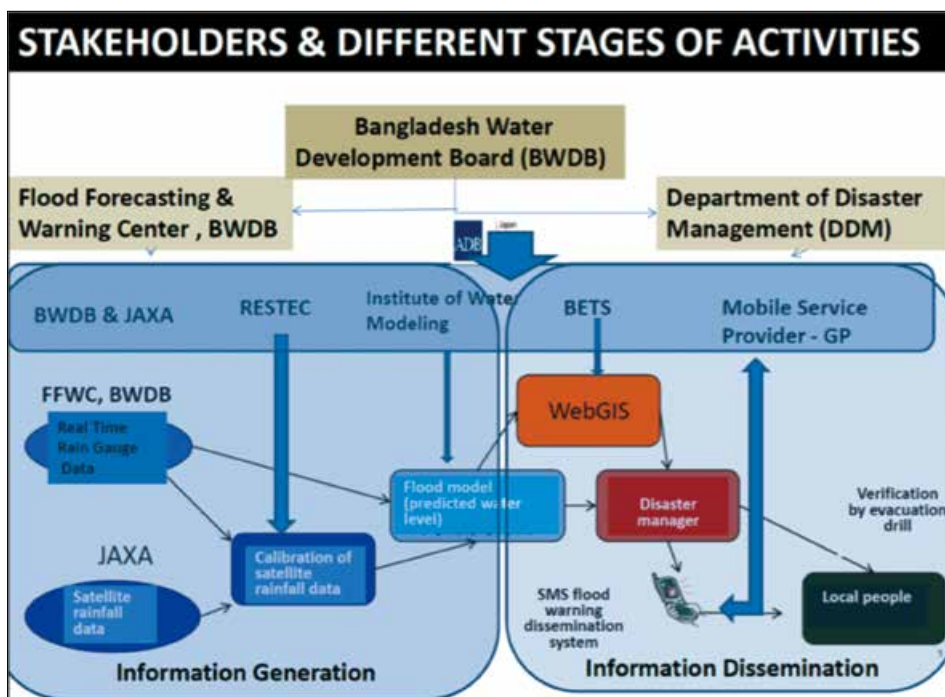
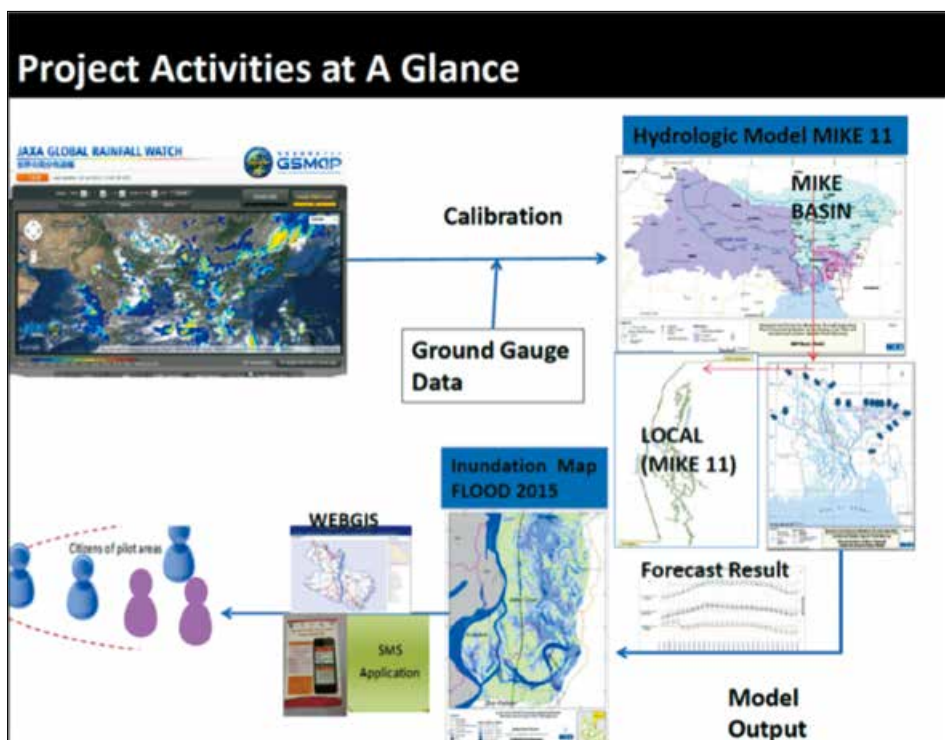


バングラデシュにおける洪水予報システムへの GSMaPの適用

バングラデシュ水資源開発局(BWDB)

利用内容

バングラデシュ水資源開発局では、洪水予報にGSMaPを使用しています。雨量計で校正したGSMaPを水文モデルに入力し、出力情報を使用して警告を出しています。(ADBプロジェクト)

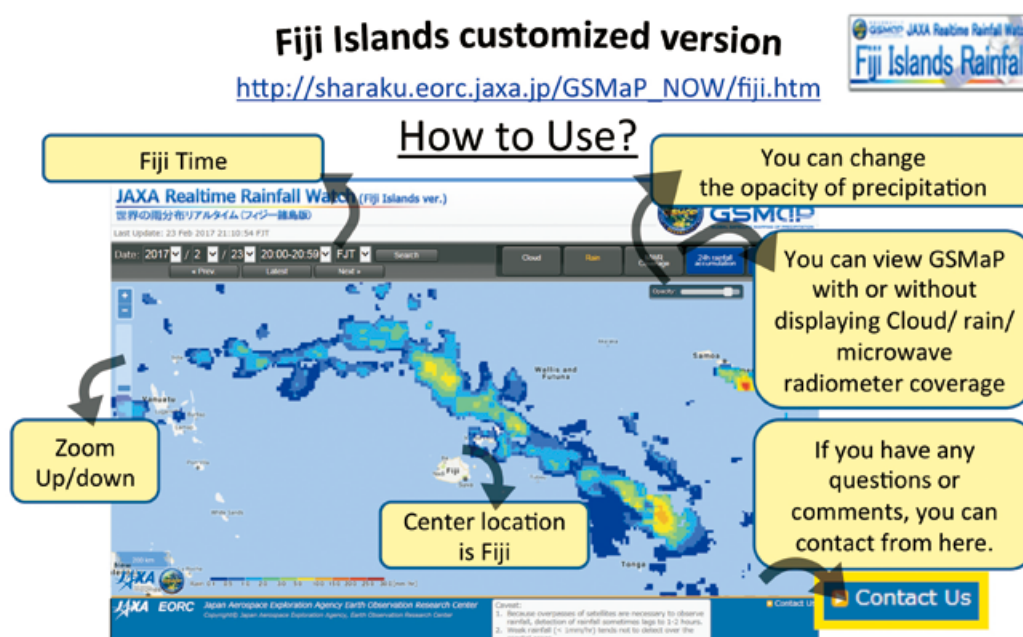


フィジーにおけるGSMaPを用いた降水モニタリング

フィジー気象局(FMS)

利用内容

フィジー気象局では、GSMaPを降水モニタリングに利用しています。予報官が、島の周りの降水量の分布、特に激しい対流がある部分をチェックします。GSMaPは島から離れた海上の雨も提供できるため、地上観測と組み合わせて用いることで、効果的に使うこともできます。



付録

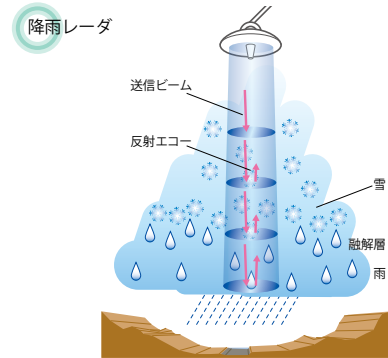
- コラム1「宇宙からの降水観測」
- コラム2「GPMが観測した2016年台風第16号」
- 略語集
- データ利用方法・参考情報

宇宙からの降水観測

降雨レーダによる降水観測

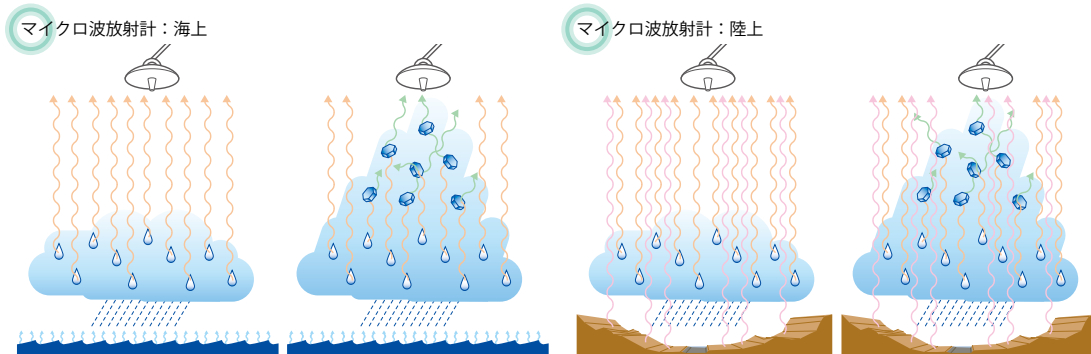
降雨レーダは、自ら発射した電波が雨粒や雪粒子に当たり、反射して戻ってきた電波（降水エコー）の強度から雨や雪の強さを推定する装置です。電波を発射してから降水エコーが戻ってくるまでの時間を測定することによって、そのエコーまでの距離（高度）が分かり、さらにアンテナの方向を変えることによって、降水の3次元分布を観測することができます。

降雨レーダは、自ら電波を発射するので、背景に影響されず海上でも陸上でも同じような品質のデータが取得できるという利点があります。観測幅は狭いですが、水平分解能は約5km、距離分解能が250mと良いこと（PR、DPR）も大きな利点です。



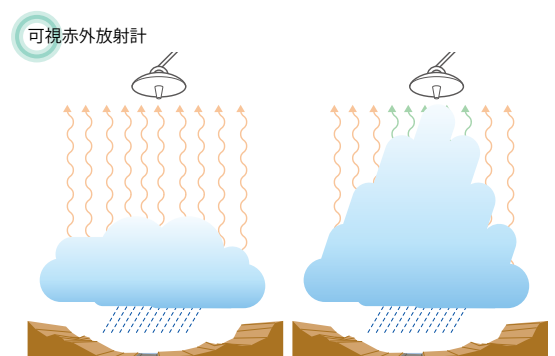
マイクロ波放射計による降水観測

マイクロ波放射計は雨粒から常に放射されているマイクロ波の放射強度を測定して雨の強さを推定する装置です。雨が非常に強くなると、下層の雨で放射されたマイクロ波自身が上層の雨に吸収される現象が起こるため、衛星のように上空からマイクロ波の強度を観測していると、下層の雨の情報が得られなくなってきました。また、周波数が高くなると、上空にある雪や氷晶などによりマイクロ波が散乱される効果が大きくなります。複数の周波数におけるマイクロ波での放射を測定すると、周波数による吸収と散乱の効果の違いを利用して、降水システムの種類や高さ、降水の強度などを推定する事ができます。



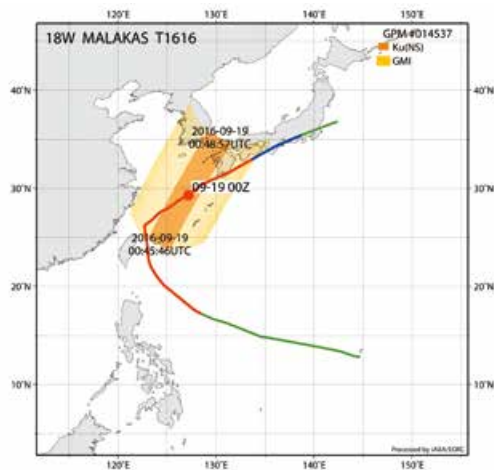
可視・赤外放射計による降水観測

可視赤外放射計による降水推定は主に赤外チャンネルを用いています。赤外では昼夜の区別なく観測できるほか、赤外放射は雲の上端の温度を反映したものであるため赤外放射計から得られる輝度温度はほぼ、その雲の高度（雲頂高度）を表すインデックスとなるからです。一般に強い降水は背の高い雲からもたらされることが多いので、輝度温度が低い（雲頂が高い）と降水強度が大きいと関連付けて降水強度推定する手法がとられます。但し、実際の雲の場合、例えば、積乱雲に伴って現われる「かなとこ雲」は非常に高い高度に現われますがその下の降水強度は大きくないといった問題があります。

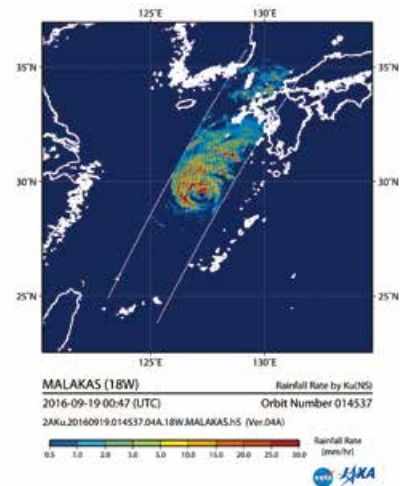


GPMが観測した2016年台風第16号

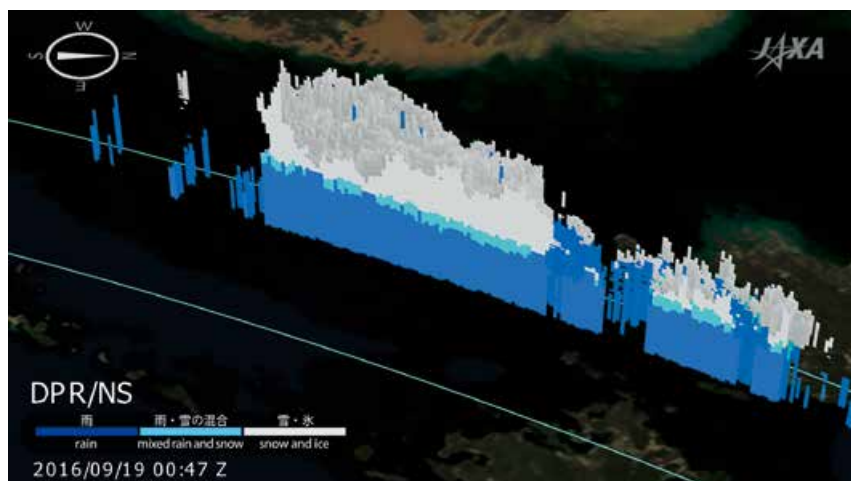
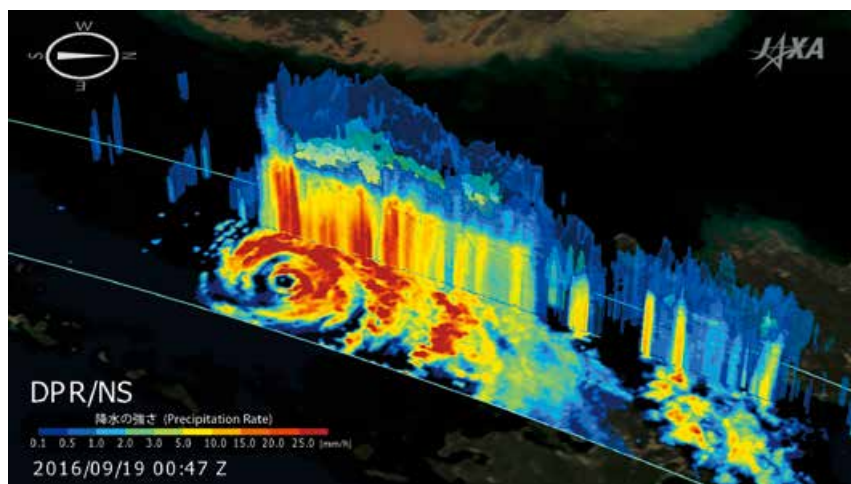
台風第16号経路図とDPRの走査面



DPR地表面降水量(2016年9月19日9時)



DPR立体降水分布(降水強度)とDPR立体降水分布(雨雪) ※2016年9月19日9時(00UTC)



略語集

略語	正式名称(英語)	正式名称(日本語)
DPR	Dual-frequency Precipitation Radar	二周波降水レーダ(GPM主衛星搭載)
GFAS	Global Flood Alert System	全球洪水警報システム
GMI	GPM Microwave Imager	GPMマイクロ波イメージャ (GPM主衛星搭載)
GPM	Global Precipitation Measurement	全球降水観測計画
GSMaP	Global Satellite Mapping of Precipitation	衛星全球降水マップ
GSMaP_GAUGE	GSMaP gauge-calibrated version	GSMaP雨量計補正プロダクト
GSMaP_MVK	GSMaP standard version	GSMaP標準プロダクト
GSMaP_NOW	GSMaP reltime version	GSMaPリアルタイムプロダクト
GSMaP_NRT	GSMaP near realtime version	GSMaP準リアルタイムプロダクト
GSMaP_NRT_GAUGE	GSMaP Near realtime gauge-calibrated version	GSMaP準リアルタイム雨量計 補正プロダクト
GSMaP_RNL	GSMaP reanalysis version	GSMaP再解析プロダクト
IFAS	Integrated Flood Analysis System	洪水予測システム
KaPR	Ka-band Precipitation Radar	Ka帯降水レーダ
KuPR	Ku-band Precipitation Radar	Ku帯降水レーダ
PR	Precipitation Radar	降雨レーダ(TRMM搭載)
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission	熱帯降水観測衛星

データ利用方法・参考情報

GSMaPデータ利用

世界の雨分布速報 (GSMaP_NRT)	http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm
世界の雨分布 リアルタイム (GSMaP_NOW)	http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP_NOW/index_j.htm
EORC FTP サーバ	ユーザ登録
	http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/registration.html
	ユーザガイドのページ
	http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/guide.html
	データフォーマット説明書
	http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/document/DataFormatDescription.pdf

GPMデータ利用

GPMサイト 資料室のページ	http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/doc/index_j.htm
GPMデータ利用 ハンドブック	http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/doc/data_utilization/GPM_data_util_handbook_J.pdf
G-Portal (JAXAの地球観測衛星 データ提供システム)	Webブラウザでの検索・ダウンロード、ユーザ登録
	https://www.gportal.jaxa.jp/gp/top.html
	G-Portal ユーザマニュアル
	https://www.gportal.jaxa.jp/gportal_file/contents/help/UserManual_ja.pdf

雨のデータを使ってみませんか？
TRMM / GPM / GSMaPの利用事例集 [第二版]

企画・発行 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
発行年月日 2016年2月 (初版)
2017年3月 (第二版)



国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
地球観測研究センター
(EORC)

〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

JAXAホームページ

<http://www.jaxa.jp>

地球観測研究センター(EORC)ホームページ

<http://www.eorc.jaxa.jp>



リサイクル適性[Ⓐ]
この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。