

全球降水観測 (GPM) 計画

Global Precipitation Measurement (GPM) Mission

日本GPM計画 データ利用概要 / Data Utilization Overview in Japan



"Measure rain and snow for the benefit of all."

“雨雲を、味方にせよ。”



宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency



普段、何気なく眺める天気予報。日常に当たり前組み込まれたこの情報は、実は私たちの生活や行動様式を大きく左右しています。ただ傘を用意するだけでなく、その日の服装や食べ物の好み、あるいは商品の売行きまでもが、天候に影響されると言われています。また、古来より慈雨と言い習わされてきた通り、飲料水、生活用水、農業・工業用水などの私たちの使う水のほとんどが雨や雪を源とすることを忘れてはいけません。

一方、過剰な雨や雪は災害の原因になります。近年、大きな被害を引き起こした豪雨や洪水、干ばつ等のニュースを目にする機会が増えました。2013年だけでも、8月には中国、ロシア、インド等で豪雨や台風による洪水が発生し、日本では7月から8月にかけて「過去に経験したことのない」と表現される程の集中豪雨により、山口県、島根県、秋田県、岩手県は大きな被害に見舞われました。

Nowadays people watch the weather forecast as a way of life. Information from the weather forecast is used in our everyday lives and influences our lifestyle and behavior. For example, we may decide whether to bring an umbrella or not when we go outside based on a weather forecast. The weather decides what we will wear, what we want to eat, and even what products sell well. Just like an old saying expressing appreciation for rain, we should not forget that the almost all the water, which we use as drinking water, water for daily life, and agricultural and industrial water, comes from rainfall and snowfall.

On the other hand, too much rainfall or snowfall may cause disasters. In recent years, we have greater opportunities to watch news of heavy rainfall, floods, and droughts that cause serious damage. In August 2013, there were floods caused by heavy rainfall and tropical cyclones in China, Russia, and India. In Japan, because of torrential rainfall of “a magnitude never experienced by local residents” from July to August 2013, Yamaguchi, Shimane, Akita and Iwate prefectures were greatly damaged.



雨雲を、味方にせよ。

Measure rain and snow for the benefit of all.

雨や雪は、降る地域や量、時期が少し変わるだけでも社会生活基盤を脅かしますが、近年では雨の降り方そのものがこれまでの経験からは想定できないものになりつつあります。

今や、私たちの生活や経済活動はグローバル化しています。2011年に起こったタイの大洪水は、現地の人々の生活を脅かしただけでなく、日本を含む各国の企業の工場に多大な被害をもたらし、経済的損失を与えました。災害被害を軽減し、変動する地球環境に適応するためには、地球全体の環境情報を把握することが重要です。広い範囲を均質に見ることができる衛星観測は、地球規模の雨情報を取得するための唯一の有効な手段であり、世界に共通する社会インフラなのです。

日米主導の国際的な協力体制で進めている全球降水観測(GPM)計画は、複数の衛星データを利用して地球全体にわたる高頻度・高精度の雨観測を行うことで、「雨雲を味方」にします。

Even if there was a small fluctuation in the amount and timing of rainfall or snowfall in areas, it may threaten human life and infrastructure. Furthermore, characteristics and the behavior of rainfall are becoming so different from our previous experiences.

Nowadays, our life and economic activities are becoming increasingly globalized. The severe flooding that occurred in Thailand in 2011 did not only threaten the lives of the local people, but also caused heavy damage and economic losses to factories of foreign companies. To reduce disaster damage and adapt to the changing Earth's environment, it is essential to comprehend environmental information for all of Earth. Satellite observations that can watch wide areas in a homogeneous way are the only efficient means to get global-scale rainfall information, and universal infrastructure of society.

The Global Precipitation Measurement (GPM) mission, which is led by Japan and United States and promoted through an international collaboration framework, will measure rain and snow for the benefit of all by conducting highly frequent and highly accurate global rainfall measurements using data from multi-satellites.

宇宙からの降水観測の意義

Why do we measure precipitation from space?

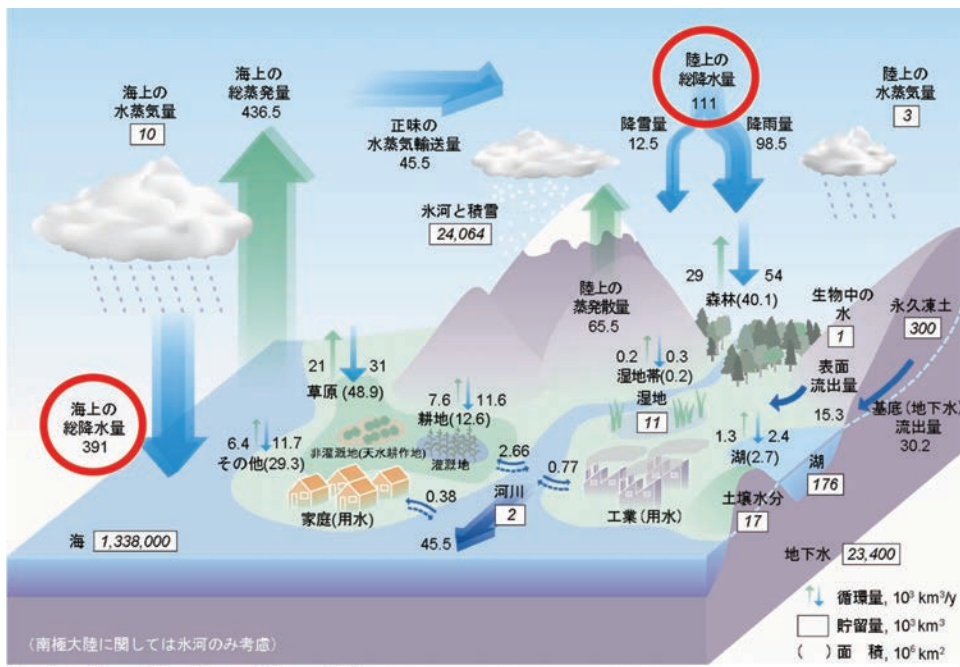
「降水」の重要性

大気—陸域—海洋を循環する水は地球環境を形成する重要な要素です。その中でも「降水」は、水循環を構成する最も重要な要素のひとつです。その理由として、一つには我々の日常生活に密接に関係していること、中でも我々の使う水、すなわち、淡水資源の源が降水であることが挙げられます。地球には14億km³の水が存在します。そのうちの97.5%は海水で、淡水は全体の2.5%に過ぎません。その淡水についても約7割が氷河や永久氷雪となっており、湖や河川の水の量は淡水全体のわずか0.3%しかありません。陸上に降る雨や雪がこのわずかな淡水の源となっていますが、これに対して雨の分布は世界中で均一ではなく、地域的な偏りや時間的な変動が大きいです。また、地球の大部分は海洋か、あるいは、人間が近づくのが困難である僻地であるために、雨量計や地上レーダによる現状の降水観測では、地表面の25%程度しかカバーしていません。

The significance of “precipitation”

Water circulation in the atmosphere, land, and oceans is a key feature of the Earth’s climate. “Precipitation” is one of most essential parameters which compose the water cycle. One of the reasons for this is that precipitation is closely related to our everyday lives – precipitation is a source of fresh water which we use on a daily basis. The estimated amount of water for the entire globe is 1.4 billion cubic kilometers. However, 97.5 percent of this is salt water, and only 2.5 percent is fresh water. About 70 percent of the fresh water is in glacial ice and permanent snow cover; fresh water lakes and river storage account for only 0.3 percent of total fresh water. Precipitation on land is the source of renewable fresh water, but global precipitation is distributed unevenly and varies regionally and temporally. In addition, precipitation observation by rain gauges and ground radars only covers about 25 percent of the Earth’s surface, since most regions are covered with water or inland areas that are difficult to access.

① 全球の水のフラックスと貯蓄量 Global Hydrological Fluxes and Storages



① 自然および人為起源の循環を伴う、全球の水のフラックス(単位は1000 km³/年)と貯蓄量(単位は1000km³)。赤丸で囲まれているのは、陸上と海上の年間の総降水量であり、年間に約502,000km³循環する。GPM計画では、全球の降水量を高頻度・高精度で観測することを目的とする。降水量はフラックス量として観測が可能であり、水循環が加速しているかどうかの一つの指標となる。(画像提供: 東京大学 沖大幹教授)

The figure shows the global hydrological fluxes (unit: 1,000 km³ per year) and storages (unit: 1,000 km³) with natural and anthropogenic cycles. The red circle denotes total precipitation amount over land and ocean, and approximately 502,000 km³/year of water fluxes are circulated as precipitation. The GPM mission targets to observe global precipitation in a highly frequent and highly accurate manner. Precipitation can be observed as flux quantities, and is a reference index for whether water cycle is accelerating or not. (Image provided by Prof. Taikan Oki, the University of Tokyo)

衛星の役割

10分毎に観測する密に分布した地上降水観測網（雨量計、気象レーダ）は先進国等限られた地域にしかなく、アジアやアフリカでは、水災害の頻度が高いにも関わらず地上観測データが圧倒的に不足しています。人が立ち入れないような厳しい環境の地域、紛争地域では衛星雨量データが唯一の情報です。また、複数の国を流れる国際河川では、上流国の降水データを入手できないことが下流の国にとって切実な問題であり、国際河川は水紛争の火種の一つでもあります。

このために、広い範囲を均質に観測可能な衛星観測は、地球規模で雨の観測を実現するための唯一有効な手段であり、世界に共通な「社会インフラ」であるのです。衛星によって観測された雨のデータは気象、気候、災害、生態系、農業など、さまざまな分野における基本情報となります。

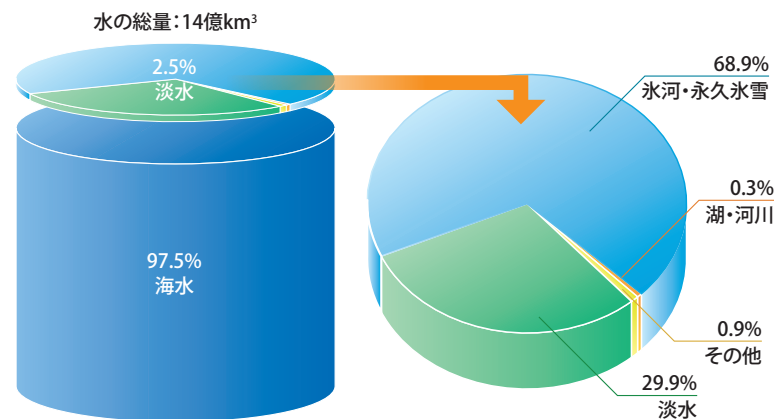
The role of the satellites

Dense and highly frequent observation, about every 10 minute, usually cover limited regions in advanced countries, as do ground-based rainfall observation networks using rain gauges and/or weather radars. Ground observation data is extremely lacking in Asia and African regions even though these regions suffer water related disasters very often. Satellite-based precipitation data will be the only rainfall information in severe environments, where humans cannot enter, and in troubled regions. In addition, international rivers running through a number of countries are one of a source of conflicts regarding water acquisition, since countries located in the lower reaches of international rivers have serious problems in obtaining precipitation data from countries in the upper reaches.

Therefore, satellite observations that can consistently observe broad areas are a unique and effective means to achieve global scale rainfall measurement, and act as a universal "society's infrastructure." Rainfall data observed by satellites will provide basic information in various fields, such as weather, climate, disaster, ecosystem, and agriculture.

② 世界の水の総量

Amounts of the Earth's Water

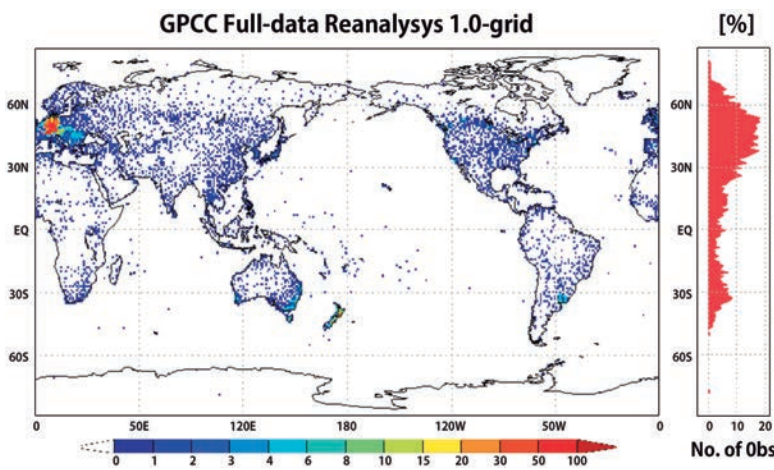


② 図は、世界の水の総量とその内訳を円グラフで表したものの。人間が普段生活に利用している湖や河川の水の量は、淡水の総量の0.3%とほんのわずかな量である。

The figures show the total amounts of the Earth's water and its breakdown as a three-dimensional pie chart. The amounts of fresh water lakes and river storage, which we use in our daily lives, are only 0.3 percent of the total amounts of fresh water.

③ 全世界の雨量計の分布と観測点の割合

Rain Gauge Distribution and Coverage



③ 左図は、2010年12月の1ヶ月間について、Global Precipitation Climate Center (GPCC、ドイツ気象局が運用)の収集した世界の雨量計の観測点を、1度格子（約100kmの格子）に含まれる観測点の数として表示したもの。右図は同じデータを経度毎に、観測のあった格子数の割合を%で表示。欧米や日本・韓国などでは比較的雨量計が密集して分布しているが、アジア、アフリカ、南米は空白地帯が大きいほか、大部分を占める海域は、島嶼部にしか雨量計が存在しない。

The left figure shows the number of rain gauge available within 1-degree latitude/longitude (about 100 km) grid during December 2010. Rain gauge data was collected from all over the world and compiled by the Global Precipitation Climate Centre (GPCC). The right figure shows the zonal ratio of grids that have observations in percentages. While the distribution of rain gauges is comparatively concentrated in the European region, United States, Japan, and South Korea, large blank (non-observed) regions are found in the most part of Asia, Africa and South Africa. Although the ocean is a large part of the globe, only a few rain gauge observations of islands are available.

天気予報、洪水予警報

Weather forecast and the flood warnings

天気予報での利用

衛星データは、天気予報でも日常的に使われています。気象庁では、2003年頃から、衛星搭載のマイクロ波輝度温度データを利用し始め、2013年8月からは、第一期水循環変動観測衛星「しずく」のデータも導入しました。これらのデータは、日本の周辺海域の観測情報を提供し数値天気予報の精度向上に貢献するだけでなく、台風中心位置等を改善し、より正確な台風解析を実現しています。例えば、衛星データの使用とモデル改良により2004年から2012年の間で数値天気予報の誤差は約25%減少しています。台風解析では、静止気象衛星「ひまわり」では明瞭ではない台風の目の位置の推定がマイクロ波放射計で向上すると共に、進路予測精度向上に貢献しています。GPMのデータについても、気象庁が現業利用の準備を行っている他、海外気象機関でも現業利用を予定しています。

天気予報精度の向上は、気象情報ビジネスや社会に直接的に貢献しています。サービス・小売、交通関連、農林水産、インフラ関連（建設、電力）の各分野は日常的に天気予報情報を業務に使用しています。さらに、台風やハリケーンの進路予報精度向上は、人命や財産を守ることに大きく、熱帯降雨観測衛星（TRMM）のデータは世界で年間100-500人の人命を守ることに

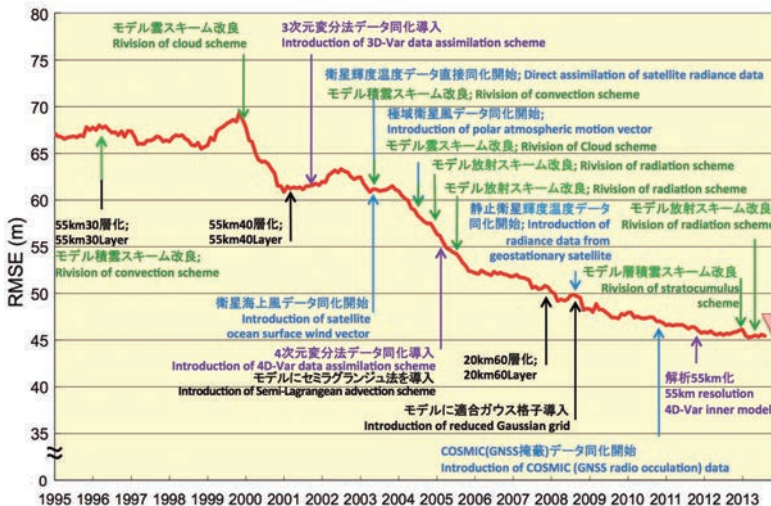
Utilization in weather forecasts

Satellite data is used commonly in weather forecasts. The Japan Meteorological Agency (JMA) has been using satellite microwave brightness temperature data in its numerical weather prediction since 2003, and has been introducing data from the Global Change Observation Mission 1st - Water (GCOM-W1) satellite since August 2013. This data contributes to improve the accuracy of weather forecasts, and also achieves more accurate typhoon analyses. For example, errors with numerical weather prediction have decreased by about 25% during the period from 2004 to 2012 through the introduction of satellite data and improvements in model schemes. For typhoon analysis, estimates of the position of the typhoon's eye that is difficult to determine from geostationary satellites are improved by the passive microwave imagers, as well as from improvements in the storm track forecasts. As for GPM era, JMA is preparing for operational use of it in its system, and meteorological agencies in the other countries plan to use it too.

Improvements in the accuracy of weather forecasts also directly contribute to weather information services and society. Weather information is used in routine work for the service and retail industries, traffics, agriculture, forestry and fisheries industries, and the infrastructure-related fields. Furthermore, improvements in the storm track forecast accuracy of tropical cyclones will largely contribute to protecting the human lives and property. It was estimated that the data from the Tropical Rainfall

④ 数値天気予報精度の改善

Improvements in Numerical Weather Prediction Accuracy

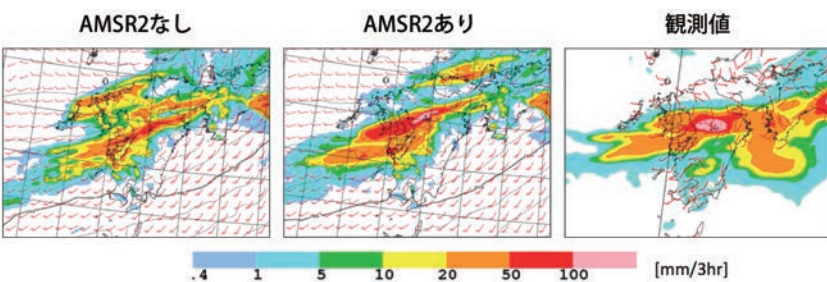


④ 図は、気象庁の全球予報モデルによる北半球の500hPa高度の5日予報の平方根平均自乗誤差（単位：メートル）の改善の様子。この値が全球モデルの予報精度の指標となり、値が小さいほど予報精度が高いことを意味する。（画像提供：気象庁）

The figure shows temporal variation of root mean square error (RMSE) of 5-day forecast of 500 hPa potential height (meter) over the Northern Hemisphere in the JMA Global Scale Model. This value is an index of forecast accuracy, and the smaller value indicates higher forecast accuracy. (Image provided by the Japan Meteorological Agency)

⑤ マイクロ波放射計データの導入によるインパクト

Impact of Introduction of Microwave Imager Data



⑤ 図は、2012年7月の九州豪雨の例で、気象庁メソスケールモデルに「しずく」衛星搭載のマイクロ波放射計 AMSR2を導入した結果。2012年3月12日6時において、21時間予報での3時間降水量は、AMSR2を入力に利用しない場合（左）では強い雨の予測が不十分だったが、AMSR2同化あり（中央）ではより強い予想となり、観測値（右）により近い結果となった。（画像提供：気象庁）

The figures show the result of impact studies on the introduction of data from AMSR2, which is the passive microwave imager on board the GCOM-W1 satellite, into the JMA Meso Scale Model for the case of Kyushu Heavy Rainfall in July 2012. At 6:00 a.m. JST on 12 March 2012, a heavy rainfall forecast for three hours in the Kyushu area was not well expressed in the case of 21-hour prediction without AMSR2 data (left) compared to the observation (right). When AMSR2 data was introduced (middle), heavy rainfall is forecasted well. (Images provided by the Japan Meteorological Agency)



寄与すると推定されています (Adler, 2005)。最近では、日本気象協会は、JAXAの衛星全球合成降雨マップ (GSMaP) や「しずく」のデータを利用し、携帯電話等のサイトで、世界の天気予報と共に各地の衛星降雨画像等を公開しています。

Measuring Mission (TRMM) satellite contributes to protecting lives of 100-500 people per year in the world (Adler, 2005). Recently, the Japan Weather Association has started to release regional satellite images through cell-phone website using JAXA Global Rainfall Watch (GSMaP) and the GCOM-W1 data.

洪水予報や河川管理での利用

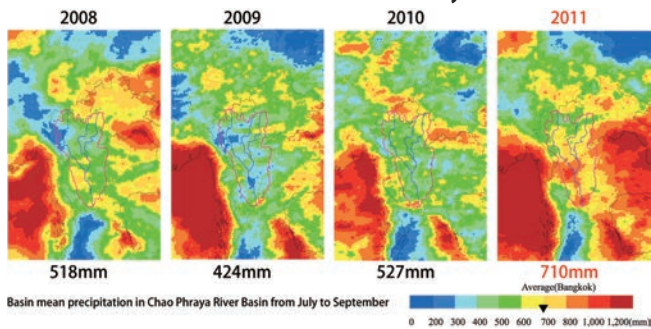
Utilization in flood predictions and river managements

1988-1997年の10年間について、世界的な自然災害による被害の約2/3は洪水や暴風雨によるものでした (World Water Council, 2000)。JAXAの地球観測データ能力開発プログラムでも、洪水予測への衛星利用は常に途上国からの要望の上位にあります。GPM計画に向けて日本が開発したGSMaPは、1時間毎に4時間前の世界の雨分布を提供します。GSMaPを入力とした洪水予警報システムやツールは、日本ではユネスコのカテゴリー2センターである土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM) や、国際洪水ネットワークの事務局である国際建設技術協会などで試行的に開発され、GPM時代での現実化が期待されている分野です。特に地上観測が不足している地域において有効であるため、ユネスコやアジア開発銀行などの資金によって、バングラデシュ、フィリピン、ベトナム、パキスタン等で洪水の予測や河川管理のための取り組みが進んでいます。

During 10-year from 1988 to 1997, two thirds of natural catastrophes worldwide were caused by floods and storms (World Water Council, 2000). The GSMaP product, which was developed in Japan for the GPM mission, provides an hourly global rainfall map four hours after observations. The flood alert system and tool, which use the GSMaP as inputs, are developed on a trial basis by the International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM), a UNESCO Category II Centre and hosted by the Public Works Research Institute (PWRI), and the Infrastructure Development Institute (IDI-JAPAN), the secretariat of International Flood Network (IFNet). The GSMaP is expected to be used in operation in the GPM era. Since the satellite data is especially effective in the regions that are lacking in ground observations, efforts toward utilizing satellite data in flood predictions and river managements are underway in many Asian countries through funding from UNESCO, the Asian Development Bank, etc.

⑥ GSMaPによる2011年タイ大洪水の観測

Flood Situation in Thailand in 2011 Observed by GSMaP



⑥ 図は、全球合成降水マップ (GSMaP) による、タイのチャオプラヤ河流域 (地図内赤線の領域内) 付近の7-9月の3ヶ月積算雨量の比較。左から、2008年、2009年、2010年、2011年。下の数値は、流域平均雨量。2011年夏季は、タイで雨が長期にわたって降り続き、大洪水をもたらした。この洪水では、タイの市民の被害だけでなく、日系企業の工場も被災し、経済的な被害も大きかった。このような災害について、関係機関と連携して、今後に備えるための研究が進められている。(画像提供：一般財団法人国際建設技術協会)

The figures show a comparison of 3-month accumulated rainfall (July-September of 2008-2011) around the Chao Phraya River basin in Bangkok, Thailand, by the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) data. Values under the figures indicate basin-average rainfall (region within red lines). In the summer of 2011, more rainfall than the previous three years was observed and serious flood disasters occurred in the entire basin. The flooding did not only threaten the lives of the local people, but also caused heavy damage and economic losses to factories of foreign companies. Studies to prepare for future disasters are currently underway in collaboration with related agencies. (Images provided by IDI-JAPAN)

⑦ 総合洪水解析システム (IFAS)

Integrated Flood Analysis System (IFAS)



⑦ 国際水災害・リスクマネジメント研究センター (ICHARM) では、総合洪水解析システム (IFAS) をツールとして公開している。標高データ等から構築した地域の河川モデルの入力として、衛星による全球合成降水マップや、地上観測データを利用して、河川の流量を計算する。この解析システムを導入することにより、現地の機関が、洪水予測や警報に必要な情報を得、市民への避難勧告や情報提供を行うことができるようになる。

The International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) has distributed a tool called the Integrated Flood Analysis System (IFAS). IFAS uses the satellite-based global rainfall map and ground-based observation data as inputs to the river runoff model developed by using digital elevation data, and calculates river discharge. By introducing this system, local agencies can obtain information needed for flood prediction and/or alerts, and can disseminate evacuation instructions and information to residents.

気候変動、水循環変動

Climate and water cycle variations



温暖化・気候変動研究での利用

2013年9月に発表された気候変動に関する国際パネル(IPCC)第一作業部会の第5次評価報告書において、降水に関する将来予測が「世界平均気温の上昇に伴って、中緯度の大陸のほとんどと湿潤な熱帯域において、今世紀末までに極端な降水がより強く、頻繁となる可能性が非常に高い」と報告されているように、最新の気候変動モデルによる計算では、温暖化に伴う地域的な水循環の変化、湿潤地域と乾燥地域や雨季と乾季の間での差異が強まるなどの影響が考えられます。

しかし、現在の地球気候モデルは、地球温暖化に関連した降水量の変化を十分に予測できていないとは言えません。GPM、それも主として二周波降水レーダ(DPR)による精度の高い降水粒子や降水システムの三次元の情報は、気候モデルの検証やモデルにおける降水過程の改良に用いられます。衛星による全球的な観測データのもう一つの役割は、他衛星や地上観測データと複合的に利用し、降水分布の長期変化をモニターすることです。温暖化のような地球規模の変化を捉えるには、衛星の全球観測が不可欠です。

GPMの先駆であるTRMM衛星と降雨レーダ(PR)によって、熱帯・亜熱帯域の降水システムの気候学的研究が進みました。熱帯で大きいと言われてきた降雨の日周期、各地域における典型的な降水システム(例えば高度や大きさ)、極端降雨に関する統計などがPRによって明らかにされました。TRMMからGPMへと続く20年以上の観測データによって、昨今頻発していると感じる極端な降雨が有意に増加しているかどうかを、観測事実からも捉えることができるかもしれません。



水循環変動研究での利用

全球の水循環の定量的な把握のためには、観測可能なフラッ



Utilization in global change and climate variation studies

Future projections of precipitation were reported by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group I in September 2013 as a contribution to the Fifth Assessment Report that “Extreme precipitation events over most of the mid-latitude land masses and over wet tropical regions will *very likely* become more intense and more frequent by the end of this century, as global mean surface temperature increases.” The latest simulations by climate models indicate that changes in the global water cycle in response to global warming, such as an increase in the contrast of precipitation between wet and dry regions and between wet and dry seasons.

Current global climate models, however, still have uncertainty in projections in precipitation changes in response to global warming. Information from the GPM mission, especially highly accurate three-dimensional information of precipitation particles and systems derived from the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) will contribute in the validation of climate models and improvements in the precipitation processes. Another important role of satellite observation is to monitor long term changes in precipitation distribution, by combining various satellite and ground observation. To detect global-scale changes, global observations by satellites are essential.

Studies of precipitation system climatology have made substantial progress since the launch of the TRMM satellite and the Precipitation Radar (PR). Diurnal cycles of rainfall over the tropical regions were revealed by PR observations, as were the typical rainfall system of each region and statistics on extreme rainfall events. Observations that lead to a significant increase in the frequency of recent extreme rainfall events may be obtained by long term records, which will be carried on for more than 20 years though the TRMM to the GPM.

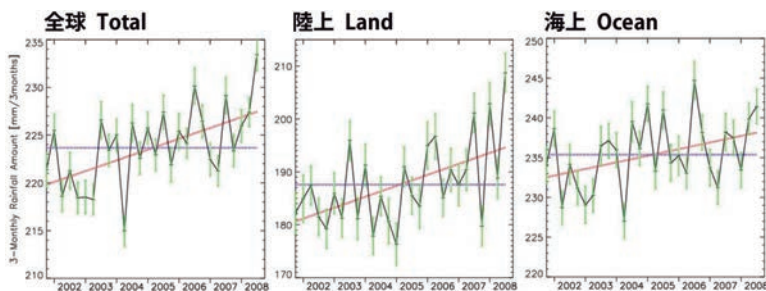


Utilization in water cycle studies

To assess the global water cycle quantitatively, observations of precipitation that is observable flux quantity is essential. Precipitation observations in the mid-latitude whose rainy areas

⑧ 熱帯・亜熱帯域降雨量の経年変化

Change of Rainfall Amounts in the Tropics and Subtropics



⑧ TRMM衛星搭載PRデータを用いて推定された3ヶ月積算降雨量の7年間の経年変化 (Iida et al., 2010)。左は観測域全体(南北緯度36度内)、中央は陸上のみ、右は海上のみ。緑縦線はサンプリング誤差、赤線は回帰直線を示す。PRデータではこの7年間に限れば降水量の増加傾向がみられる。この傾向が2007年以降も続いているかは新たに解析して確認する必要がある。また、GPM主衛星により南緯65度から北緯65度までの観測範囲に拡張された場合に、全体の降水量の経年変化がどのような傾向を示すかを調べることは新たな課題である。

Figures show the 7-year variation of accumulated rainfall over three months estimated from the PR data on board the TRMM satellite (Iida et al., 2010). The left figure shows the average rainfall of all regions from 36° S to 36° N, the middle figure shows the average over land, and the right shows average over the ocean. The green vertical lines indicate sampling errors, and the red line shows the regression line. There is an increasing trend of rainfall within 7-year observations by the PR. To evaluate the continuation of this trend after 2007, an extended analysis period is needed. It will be a new challenge to examine the variation and trends of total rainfall amounts when the observation coverage is extended from 65° S to 65° N by the GPM Core Observatory.



ク量としての降水の観測が重要です。熱帯・亜熱帯の次に主要な、中緯度の温帯低気圧による降水の観測は、GPMにおける新たな課題として重要です。

GPMによる降水観測の時空間分解能の向上が、水文モデルの改善をもたらすことが期待されています。GPMデータは、水循環とその変動を定量化し、水循環における人為的変動と自然変動を識別するための大きなステップとなります。衛星全球降雨マップを陸面モデル等の入力に使い、河川流量をシミュレーションする研究も進んでおり、洪水監視や水資源管理などの実用的な目的のための精度評価の段階にあります。

are brought by extratropical cyclones follow that in the tropics and subtropics, and are critical as a new challenge in the GPM mission.

It is expected that improvements in temporal and spatial resolution in GPM precipitation observations will contribute to the refinement of hydrological models. GPM data will quantify the water cycle and its variations, and be a big step to identify natural and anthropogenic variations in the water cycle. Studies to simulate river runoff and use satellite global rainfall map as inputs to land models are underway and at the evaluation stage for operational use in flood monitoring and water resource management.

衛星全球降雨マップの作成

Production of the satellite global rainfall map

- 高時間分解能の全球降雨マップを作成するためにはマイクロ波放射計で空間的に未観測領域があることによる誤差（サンプリング誤差）が問題となります。日本のGSMaP (Global Satellite Mapping of Precipitation) プロジェクトでは、GPM計画に向けて、静止衛星搭載赤外放射計データから推定される雲の情報を用いて、マイクロ波放射計観測の間を補間する手法を開発し、緯度経度0.1度格子、1時間の分解能の全球降雨マップが作成可能となりました。現在、JAXAの「世界の雨分布速報」では、準リアルタイムのGSMaPプロダクトを観測から約4時間遅れて提供しています。GPM時代には、GSMaPの陸上降雨推定の改良や地形性降雨の考慮、地上雨量計による補正プロダクトの追加などの改善を行い、標準プロダクトとして公開します。さらに、将来的には、二周波降水レーダ (DPR) による観測情報をデータベース化することで、中高緯度の弱い雨の推定精度が向上します。

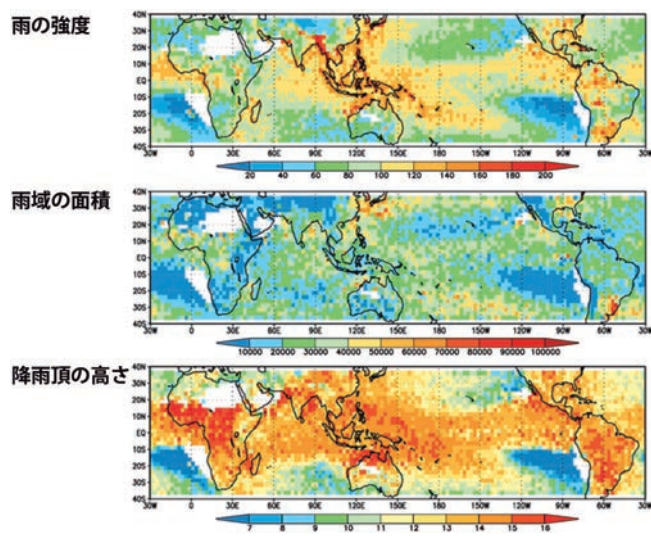
To produce a highly frequent global rainfall map, sampling errors caused by un-observed regions by microwave imagers is a problem. For the GPM mission, the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) project in Japan has developed a method to interpolate observations between each microwave imager by utilizing information from the Infrared imagers on board the geostationary satellites, and achieved production of an hourly global rainfall map in 0.1-degree latitude/longitude grid. Currently, JAXA provides the near-real-time GSMaP product four hours after observation through the "JAXA Global Rainfall Watch" website. In the GPM era, the GSMaP algorithm will be improved by refining rainfall retrievals over land, considered the orographic rainfall effects, added the rain gauge corrected rainfall product, and offered as a JAXA GPM product. In the future, information from the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) will be compiled as a database to improve the retrieval accuracy of weak rainfall in mid-to-high latitudes.



<http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>

⑨ 極端降雨の検出

Detection of Extreme Rainfall Events



- 図は、TRMM衛星のPRの11年間のデータを利用した、極端降雨の検出の結果。上から雨の強度、雨域の面積、降雨頂の高さを示す。長期間のデータの蓄積により、各地(約300 km×300 km毎)での「豪雨」の特徴を調べられるようになった。上図は強い方から上位0.1%の「極端降雨」の特徴で、日本域の「豪雨」は比較的面积が広く降雨頂はあまり高くない。逆に、南米のアマゾン川流域では、比較的面积が小さく降雨頂が高い雨が極端降雨の上位を占めている。(画像提供：東京大学 高数縁教授)

The figures show the results of detection of extreme rainfall events obtained from 11-year observations by the PR on board the TRMM satellite. From upper to lower, each panel shows the intensity of rainfall, the area of rainfall, and storm height. An archive of long term data enables us to examine characteristics of "heavy rainfall" in each region (about 300 km x 300 km grid). Figures show extreme rainfall in the top 0.1 % of intensities. In the Japan area, "heavy rainfall" tends to have larger areas and storm height is not so big. On the other hand, in the Amazon River basin in South America, the top list of extreme rainfall events has a comparatively smaller area but high storm height. (Images provided by Prof. Yukari N. Takayabu, the University of Tokyo)

GPM計画と二周波降水レーダ (DPR)

The GPM mission and the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR)

GPM計画とは

日米共同計画として1997年11月に打ち上げられたTRMM衛星の成功を受けて、全球降水観測 (GPM) 計画は始まりました。GPM計画は、日米共同開発のGPM主衛星と、マイクロ波放射計を搭載したコンステレーション衛星群によって、全球の降水の高精度・高頻度観測を実現する国際協力ミッションであり、熱帯地域を対象としたTRMM衛星を発展させて、高緯度地方までの降水観測を行います。日本が開発した二周波降水レーダ (DPR) は、GPM主衛星に搭載されます。主衛星は、太陽非同期軌道を取ることで、降水の日変化の観測をTRMM衛星から引き継ぎますが、これに対し、コンステレーション衛星群は、主衛星打上げ前後に各機関が打ち上げるものであり、観測範囲拡大と頻度向上に貢献します。

DPRの役割

DPRは異なる二つの周波数の電波で降水の三次元構造を観測することにより、強い雨から弱い雨までを正確に観測可能であるほか、衛星として初めて雪の観測が可能になります。DPRの観測は、PRを継続する、熱帯・亜熱帯域の高精度な降雨の長期データセットに加えて、PRでは観測できなかった中・高緯度の温帯低気圧帯域の弱い雨を含む降水データセットを提供可能とします。さらに、DPRは、その高分解能かつ高精度の観測によって、同時搭載のGPMマイクロ波放射計を通じて、GPM計画に参加する複数のマイクロ波放射計に対する基準器として機能します。DPRの観測精度を保証するため、JAXAは関係機関と協力して、地上観測による検証を行っています。

What is the GPM mission?

The Global Precipitation Measurement (GPM) mission has started in response to the success of the TRMM satellite, which is a U.S.-Japan joint project that was launched in November 1997. The GPM mission consists of the GPM Core Observatory jointly developed by U.S. and Japan and Constellation Satellites that carry microwave radiometers. The GPM mission is an international collaboration to achieve highly accurate and highly frequent global precipitation observations. Observation coverage will be extended to the mid-to-high latitudes in the GPM era. The Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) was developed by Japan, and installed on the GPM Core Observatory. It chooses a non-sun-synchronous orbit to carry on diurnal cycle observations of rainfall from the TRMM satellite, while the Constellation Satellites will be launched by each partner agency sometime around 2014 and will contribute to expand observation coverage and increase observation frequency.

Role of the DPR

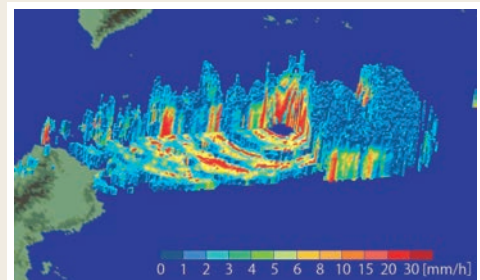
The DPR has two different frequencies to measure the three-dimensional structure of precipitation, and is capable of observing snowfall from space for the first time, in addition to observing both strong and weak rainfall. The DPR's observations will provide global precipitation dataset including weak rainfall by extratropical cyclones in mid-to-high latitudes, in addition to carrying on the archive of long-term rainfall dataset in the tropics and the subtropics by PR. Furthermore, through its high-resolution and highly accurate observations, DPR will play a role of the reference standard for the microwave radiometers carrying on the Constellation Satellites who join the GPM mission, through the GPM Microwave Imager on board the same platform.

熱帯降雨観測 (TRMM) 衛星

The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite

衛星による降雨観測において、1997年11月に打ち上げられたTRMM衛星の登場は画期的な出来事となった。日本と米国との共同の衛星プロジェクトであるTRMM衛星の主な目的は、全球大気の駆動源である熱帯地方の降水活動に伴う降水量の正確な把握である。そのために降水を測定することに特化し、従来から降水量推定に用いられてきた可視・赤外センサ、マイクロ波放射計に加えて、日本が開発した世界初の衛星搭載型降雨レーダ (PR) の組み合わせによって、降雨の見積もりが飛躍的に改善され、これまでの衛星観測より熱帯・亜熱帯域の降雨推定精度が1桁改善した。さらに、これまで観測がほとんどなかった海上での台風の三次元構造やエルニーニョ、ラニーニャなどの気候変動を捉えることに成功した。このようなTRMMの成功は、地球の水循環の把握や気象予報精度の向上などに、衛星観測が貢献できることを示している。

The TRMM satellite, which was launched in November 1997 and a joint mission between U.S. and Japan, became a turning point of global rainfall observations by satellite remote sensing. The major objective of the TRMM satellite is to determine accurate rainfall amounts associated with tropical convective activities, which is a driving source of global atmospheric circulation. To this purpose, it focuses on rainfall observations, and carries the world's first satellite-borne Precipitation Radar (PR) developed by Japan, in addition to conventional instruments, such as an infrared imager and microwave imager. The combined use of the PR and microwave imager has greatly improved the estimation of rainfall amounts over the tropics and subtropics by one digit compare to previous satellite observations. It has also revealed the three-dimensional structure of typhoons over the ocean and climate variations such as El Niño and La Niña, which were rarely observed before the TRMM. The success of the TRMM satellite shows the potential of satellite remote sensing contributions for understanding the water cycle on Earth and improving weather forecasts.



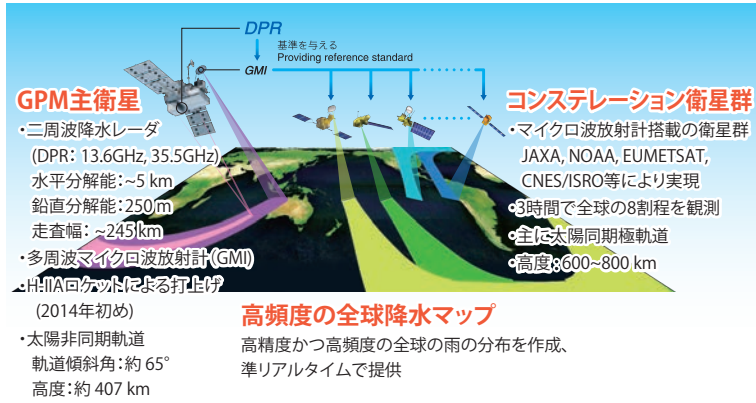
PRが観測した、2007年10月5日の10時 (日本時間) 頃の大型の台風15号 (KROSA) による雨の分布の立体構造。

The figure shows the three-dimensional rainfall structure of the Super Typhoon "KROSA" at 01Z on Oct. 5, 2007, observed by the PR.



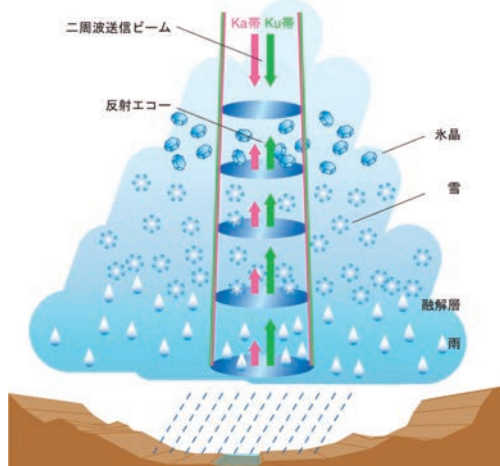
⑩ GPM計画のコンセプト

Concept of the GPM Mission



⑪ 二周波降水レーダ (DPR) による観測

Observations by the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR)



⑫ DPRの主な仕様

Major Characteristics of the DPR

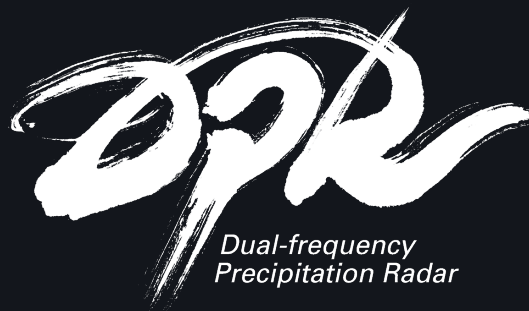
| 名称 Name | Ku帯降水レーダ KuPR | Ka帯降水レーダ KaPR |
|--|---|---------------------------------------|
| 方式 Radar Type | アクティブフェイズドアレイレーダ Active Phased Array Radar | |
| アンテナ Antenna | 導波管スロットアンテナ Slotted Waveguide Antenna | |
| ビーム一致精度 Beam-matching Accuracy | < 1,000m | |
| 周波数 Frequency | 13.597, 13.603GHz | 35.547, 35.553GHz |
| 観測幅 Swath Width | 245km | 125km |
| 観測高度 Observation Altitude | ~高度19km Up to 19 km | |
| 水平分解能 Horizontal Resolution | 5.2 km (衛星直下) 5.2 km (at nadir) | |
| レンジ分解能 Range Resolution | 250m | 250m/500m |
| 観測降雨強度 Minimum Detectable Rain Rate | 0.5 mm/h ~ | 0.2 mm/h ~ |
| 消費電力 Power Consumption | 軌道平均 446W以下 < 446 W orbit average | 軌道平均 344W 以下 < 344 W orbit average |
| 質量 Mass | < 472 g | < 336kg |
| 寸法 Size | 2.5m x 2.5m x 0.6m | 1.4 m x 1.2 m x 0.8 m |

⑩ GPM計画のコンセプトは、GPM主衛星による高精度観測を、コンステレーション衛星群による高頻度観測に適用することである。主衛星は二周波降水レーダと多周波マイクロ波放射計を搭載し、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、コンステレーション衛星群による降水量推定精度向上を目的とする。コンステレーション衛星群は、GPMパートナーとなる各国の宇宙機関が主衛星と同時期に打ち上げるマイクロ波放射計搭載の衛星群であり、複数衛星が連携することで、高頻度で全球降水観測を可能とする。

The concept of the GPM mission is to apply highly accurate observations by the GPM Core Observatory to highly frequent observations by the Constellation Satellites. Targets of the Core Observatory, which carries the Dual-frequency Precipitation Radar and the multiple frequency microwave imager, are to understand the horizontal and vertical structure of precipitation systems, obtain information of precipitation particles, and improve accuracy of precipitation estimates by the Constellation Satellites. The Constellation Satellites will be launched by the GPM partner agencies around the same time as the launch of the Core Observatory, and enables global precipitation observations in highly frequent temporal resolution.

⑪ DPRは、Ku帯 (13.6GHz) 降水レーダ (KuPR) と Ka帯 (35.5GHz) 降水レーダ (KaPR) という2台のレーダで構成され、高感度化を目的としたKaPRは、KuPRでは測れない弱い雨や雪の検出に有効であり、強い雨の検出が可能なKuPRと同時に観測することによって、熱帯の強い雨から高緯度の弱い降雪までの降水量を高精度で観測することができるようになる。

The DPR on board the GPM Core Observatory is composed of two radars: a Ku-band (13.6-GHz) Precipitation Radar (KuPR) and a Ka-band (35.5-GHz) Precipitation Radar (KaPR). The KaPR instrument aims at sensitive observations, and can detect weak rainfall and snowfall that cannot be measured by the KuPR. Since the KuPR instrument can detect heavier rainfall, simultaneous observations by the KaPR and KuPR will enable accurate measurements of precipitation from heavy rainfall in the tropics to weak snowfall in high-latitudes.



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

The GPM Partner Satellites

| | | |
|----------------------|---|---|
| GPM Core Observatory |  |  |
| TRMM |  |  |
| Megha-Tropiques |  |  |
| DMSF series |  |  |
| GCOM-W series |  |  |
| MetOp series |  |  |
| NOAA series |  |  |
| Suomi NPP |  |  |
| JPSS series |  |  |



リサイクル適性 (A)
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

2014年1月
January 2014