委４５－３

熱帯降雨観測衛星（ＴＲＭＭ）データ取得について

平成９年１２月１７日
郵政省通信総合研究所
宇 宙 開 発 事 業 団

１．熱帯降雨観測衛星（ＴＲＭＭ）の運用状況

（１）平成９年１１月２８日に種子島宇宙センターから打ち上げられたＴＲＭＭは、現在ＮＡＳＡのゴダード・スペース・フライト・センター（ＧＳＦＣ）において、データ中継衛星システム（ＴＤＲＳＳ）経由で運用され、これまでのところ衛星は正常に動作している。

（２）軌道高度については、１２月４日から１２月８日にかけて８回の軌道制御を実施し、軌道高度を投入された約３８０ｋｍから運用高度である約３５０ｋｍとした。

（３）降雨レーダ（ＰＲ）については、１２月１日に電源を入れて初期機能確認を開始した。軌道高度が約３５０ｋｍとなった１２月８日からは、機能確認の一環としてデータ取得を実施しており、これまでのところ正常に動作している。

（４）他の搭載機器のＮＡＳＡ観測センサ（雷観測装置［ＬＩＳ］、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］）についても、ＰＲと同様に初期機能確認を実施しており、これまでのところ正常に動作している。

２．ＴＲＭＭデータ取得状況

初期機能確認試験に際して、ＰＲを始めとする観測センサからは、順次観測データが取得されており、これまでにＰＲ、ＬＩＳ、ＴＭＩの各データが画像化された。（別添参照）

ＶＩＲＳ、ＣＥＲＥＳについてもＮＡＳＡ側で順次画像化される予定。

３．今後の予定

（１）ＴＲＭＭは、バス機器、各観測センサの初期機能確認を平成１０年１月下旬にかけて順次実施していく予定。

（２）ＰＲについても、１月下旬まで初期機能確認を実施する予定。

（３）平成１０年２月以降は、約６ヶ月かけて観測データの校正・検証を実施する予定であり、観測データをなるべく早期に提供すべく、日米の科学者で検討中。

以 上

熱帯降雨観測衛星(TRMM)データ取得について

平成9年12月17日

本年11月28日に打ち上げられた熱帯降雨観測衛星(TRMM)は、12月8日には運用高度である約350kmの軌道に移され、初期機能確認を行っています。このテスト期間中に得られた画像を処理・解析した結果をご報告します。

なお、観測データについては、今後地上データとの照合等による校正及び検証を行い、精度の向上を図った後、科学的解釈等の解析研究を行う予定です。

写真1枚目：熱帯降雨観測衛星(TRMM)　3-4ページ

写真2枚目：TRMMレーダーによる観測（1軌道）　5-6ページ

写真3枚目：TRMM降雨レーダー　サイクロン（パム）　7-8ページ
－降雨の水平分布、降雨の3次元構造－

写真4枚目：TRMM降雨レーダー　サイクロン（パム）　9-10ページ
－降雨の水平分布、A-B / C-Dの鉛直断面－

写真5枚目：TRMM降雨レーダー　沖縄域降雨　11-12ページ
－降雨の水平分布、降雨の3次元構造－

TRMM 初画像について

熱帯降雨観測衛星（TRMM：トリム）は、今年 11 月 28 日 6 時 27 分（日本時間）に宇宙開発事業団種子島宇宙センターから H-II ロケット 6 号機で打ち上げられました。本衛星は特に熱帯域の降雨の観測を目的としています。この衛星観測計画は日米共同の計画として十年以上の歳月をかけて実現しました。

水蒸気は凝結して雨になるときに大きな熱を大気に与えます。熱帯域の降雨により大気に与えられた熱は地球規模の大気の循環の駆動源となっており、その実態の観測は地球全体の大気システムを把握する上で不可欠です。現在、今世紀最大といわれるエル・ニーニョが発生していますが、このエル・ニーニョ現象にも降雨は大きく関わっています。

本衛星には世界で初めて降雨レーダが搭載されています。この衛星搭載降雨レーダ（Precipitation Radar：PR）はわが国（宇宙開発事業団及び郵政省通信総合研究所）が世界に先駆けて開発したセンサです。他に、TRMM マイクロ波観測装置（TMI）、可視赤外観測装置（VIRS）といった降雨観測用センサ、および雷観測装置（LIS）、雲及び地球放射エネルギー観測装置（CERES）が搭載されています。

降雨レーダは地球方向に電波を送信し、降雨により衛星方向に散乱された電波を受信することにより、降雨強度の水平方向、鉛直方向の分布を昼夜、陸上・海上を問わず観測できます。これにより、熱帯域を中心として地球規模で降雨の３次元構造を把握することができます。このようなことは衛星搭載の降雨レーダにより初めて可能になりました。

打ち上げ 3 日目には TRMM マイクロ波観測装置の観測が開始されました。降雨レーダは衛星の所定軌道への変更後、12 月８日（日本時間）に観測を開始しました。今回示す画像は翌 12 月９日（日本時間）に取得されたデータを基に作成されたものです。図および図の説明はすべて世界時で記載しています。

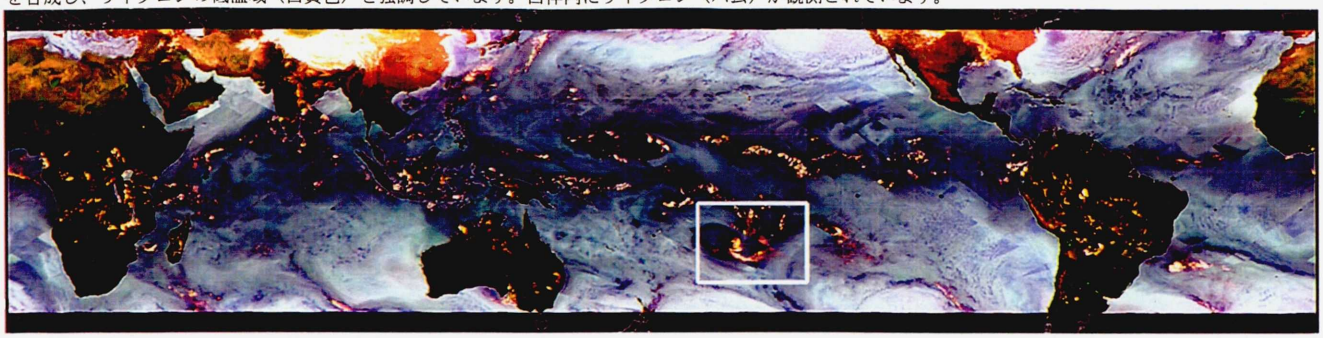
今回の画像は初期画像であり、今後校正など詳細なチェックを経た上でデータが全世界のユーザに公開される予定です。降雨レーダを始めとして、既に運用を開始している各センサは設計通りの性能を示しており、今後の解析の成果が大いに期待されます。

レーダによる詳細な降雨構造のデータに TRMM マイクロ波観測装置、可視赤外観測装置のデータを組み合わせることにより、熱帯から亜熱帯にかけての降雨の世界的な分布、日変化、季節変動、また年々変動の実態が陸上・海上を問わずより正確に把握されます。このようなデータは、異常気象および気候変動の解析にこれまで欠けていた重要な情報を提供するものです。熱帯の降雨活動に伴って大気に与えられる熱は大気循環を駆動しており、いわば大気大循環の「エンジン」です。しかし、その高さ方向の情報は重要であるにも関わらず、これまで広域観測されることはありませんでした。 TRMM で得られる降雨の３次元データはその分布をグローバルに明らかにするものであり、気候変動予測に大きく寄与するものです。

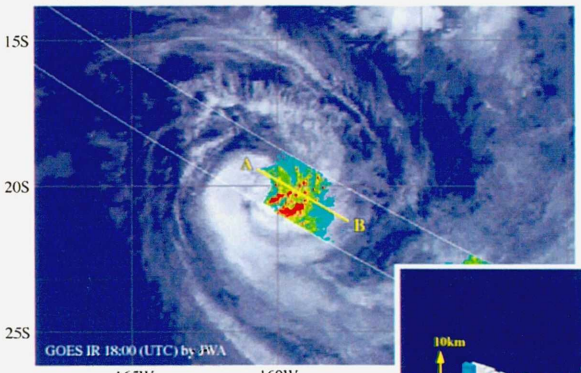
熱帯降雨観測衛星（TRMM）

初画像： 1997年12月8日（世界時）

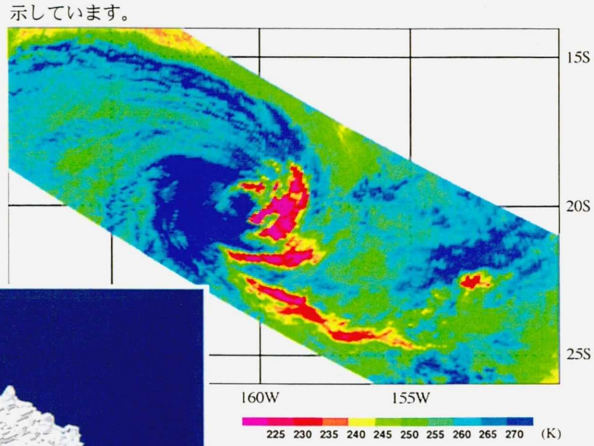
TRMMマイクロ波観測装置（TMI）による2日間（12 月7日,8日）の合成画像です。異なる3チャンネルの観測データを合成し、サイクロンの低温域（白黄色）を強調しています。白枠内にサイクロン（パム）が観測されています。

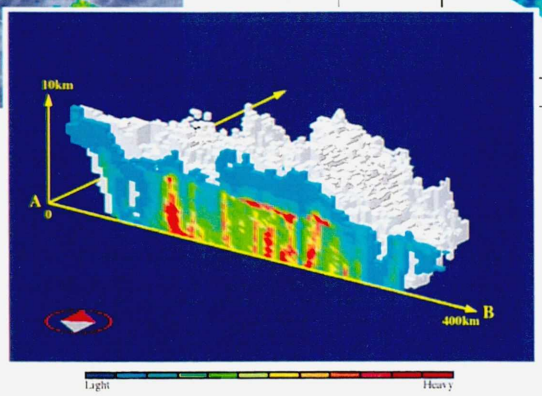


降雨レーダ（PR）により観測されたサイクロン（パム）の高度2.0kmで降っている雨の強さを示しています。雲画像は米国静止気象衛星GOES 9号（赤外）によるものです。



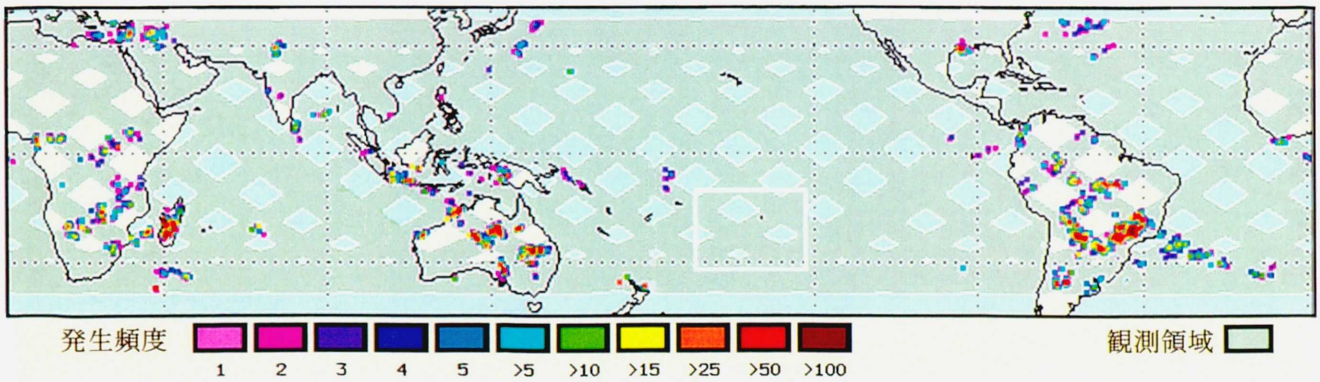
TRMMマイクロ波観測装置（TMI）により周波数85GHzの水平偏波を観測して得られた、サイクロン（パム）の輝度温度の分布を示しています。





降雨レーダ（PR）により観測された降雨の3次元構造です。左上図のA-Bにおける鉛直断面を示しています。

雷観測装置（LIS）により観測された雷の発生頻度分布（12月7日, 8日の合成画像）です。



サイクロン（パム）は、降雨レーダ（PR）の観測開始より2日目に南太平洋で観測されました。米国静止気象衛星GOES 9号（赤外）ではサイクロン特有のうずまき構造が観測されているにもかかわらず、降雨レーダ（PR）とTRMMマイクロ波観測装置（TMI）ではサイクロンの目に対して非対称な降雨パターンが観測されています。これは、このサイクロンが衰退期にあるためです。また、このサイクロンに伴う雷は観測されませんでした。

熱帯降雨観測衛星（TRMM）

上下の全球画像について、図中の説明を補足します。

上の画像は、19GHz の垂直、85GHz の水平、垂直偏波の情報をカラー合成したものです。海上の白黄色の部分は雲の中の氷晶等の存在による低温域で、降水の強い領域に対応しています。また、海上の白色部分は大気が乾燥していることを示し、暗い色ほど水蒸気や雲が多いことを表しています。

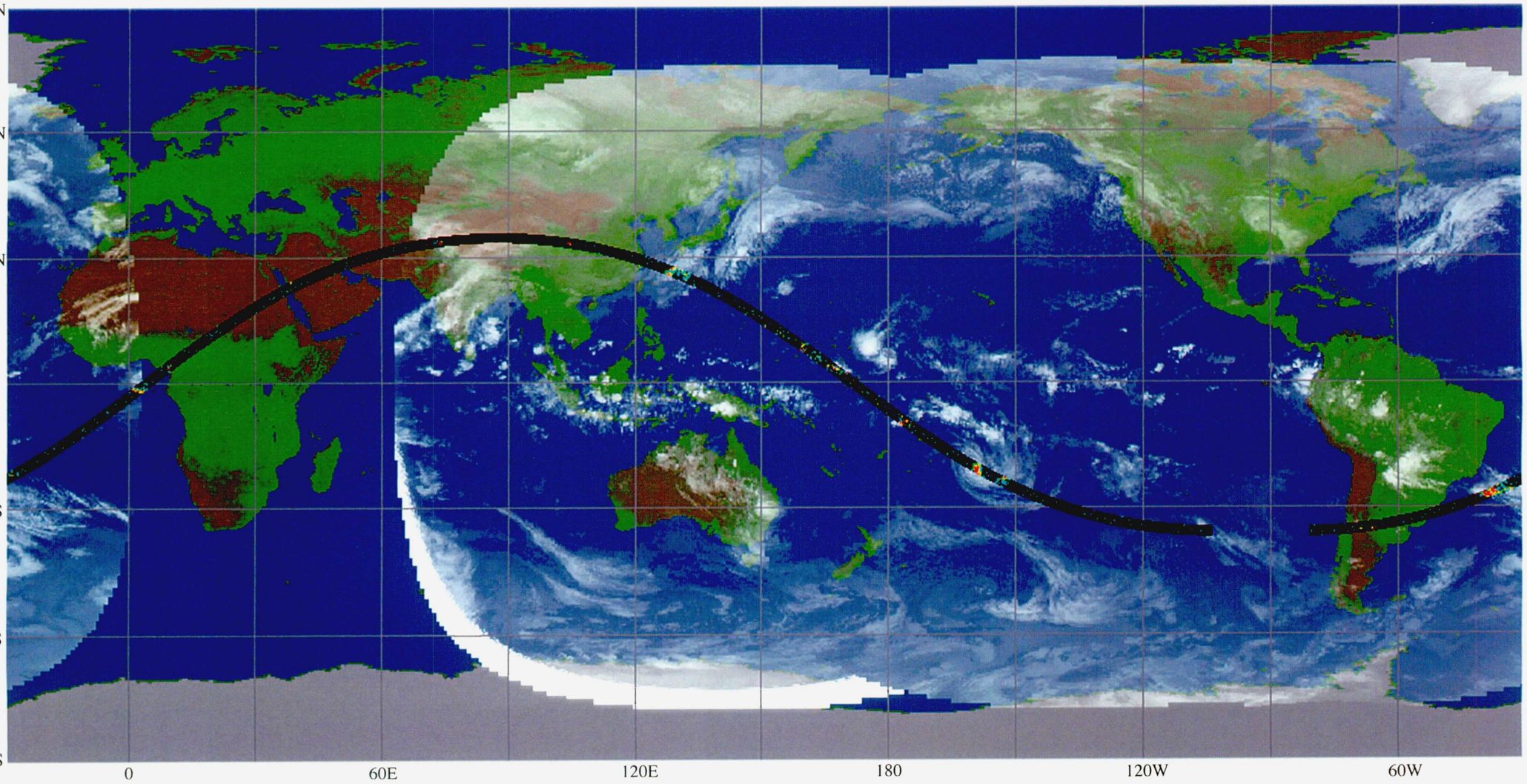
ヒマラヤや北米大陸などの特に明るい部分は地表の温度が低いか、もしくは積雪のあるところを示しています。

下の画像は雷観測装置(LIS)による観測です。LIS で雷放電の確認できる位置と，TMI 観測で温度が低く氷晶等の存在が期待できる位置とが一致していることが確認できます。日本、ニューヨーク州沖、地中海東部の冬季における雷の多発地帯での雷が明瞭に観測されています。

TRMM 降雨レーダによる観測（１軌道）

1997年12月8日16:41-18:13（世界時）　　高度：2.0km

NASDA
NATIONAL SPACE DEVELOPMENT AGENCY OF JAPAN



Light　　Heavy

GMS,GOES IR 18:00 (UTC) by JWA

TRMM　降雨レーダによる降雨観測　(1 軌道)

この図は今回示す一連の画像を取得した、12 月 8 日（世界時）の 1 軌道における降雨レーダの観測域です。この軌道では TRMM は沖縄の上空を通過し、そのまま南下して 12 月 8 日 18 時にニュージーランド北東に見えるサイクロン（日本では台風に相当）の上空を通過し、その中心付近を観測しました。

これは、南半球太平洋域で今年発生した 17 番目のサイクロンで「パム（Pam）」と名づけられています。平年この地域ではサイクロンは年 8 個ほどしか発生しませんが、エル・ニーニョの影響で今年は平年の 2 倍も発生しています。このサイクロンは 12 月 7 日に発生して、南東方向にゆっくりと移動しました。

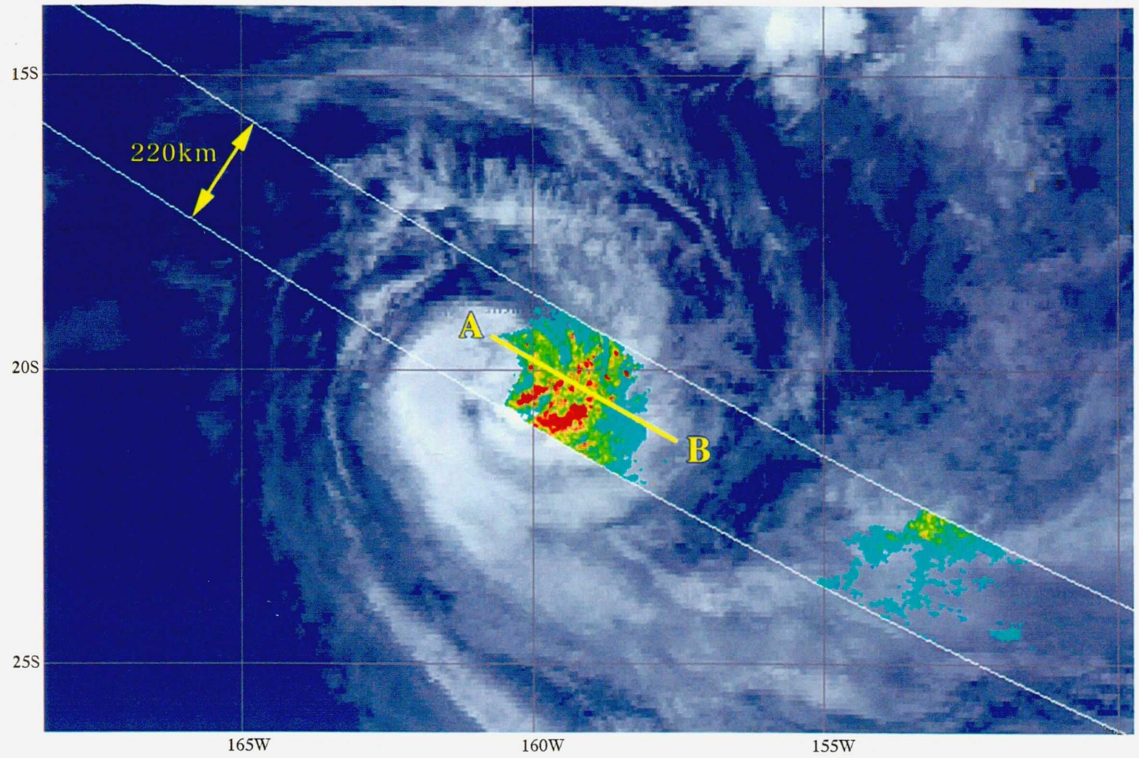
なお、図中の軌道は帯状に表現されていますが、これは降雨レーダの観測幅（220km）を示しています。また、軌道の中に示された点は、この軌道内で地表からの高度 2km 付近における降雨を表しています。暖色系の色ほど多くの降雨があることを示しています。

この図の中の雲画像は日本の静止気象衛星「ひまわり」(GMS) と米国の静止気象衛星 GOES（ゴーズ）により取得されたものです。ヨーロッパ・アフリカ域の雲画像はヨーロッパの静止気象衛星 METEOSAT により取得されたものを、今後掲載する予定です。

TRMM 降雨レーダ　サイクロン（パム）

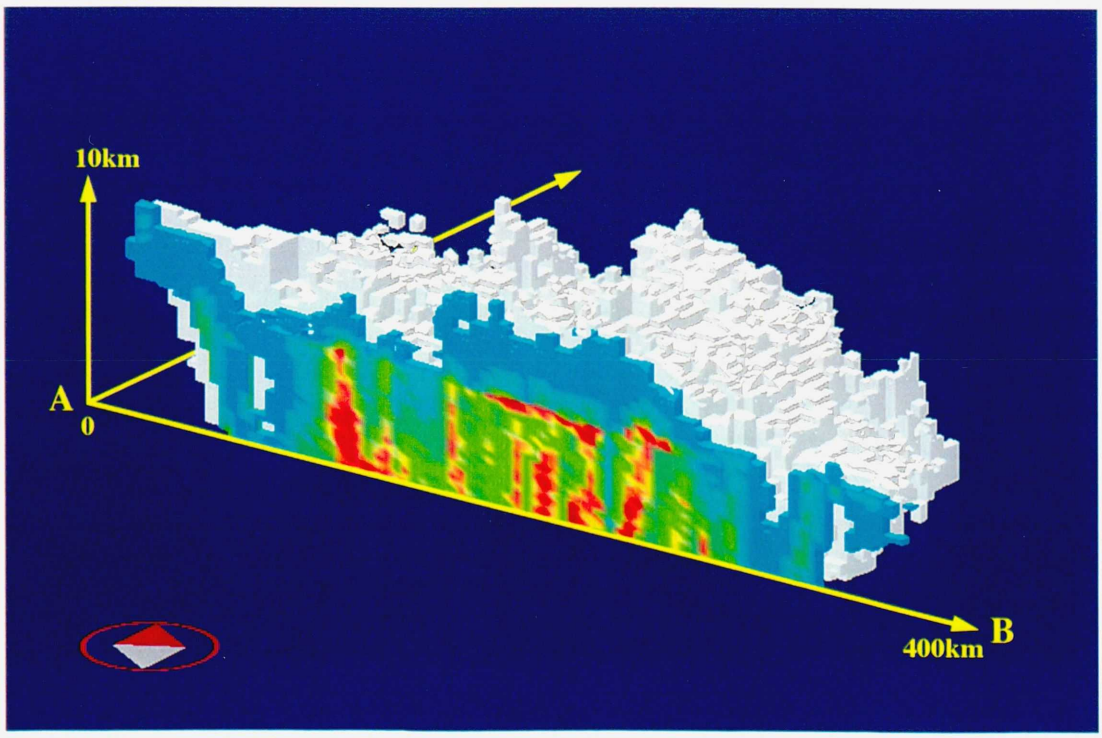
1997年12月8日17:57-18:02（世界時）

降雨の水平分布　高度：2.0km



GOES IR 18:00(UTC) by JWA

降雨の３次元構造



TRMM　降雨レーダ　サイクロン（パム）　　— 降雨の水平分布、降雨の 3 次元構造 —

これらの図は 12 月 8 日 17 時 57 分～18 時 02 分（世界時）に、TRMM がサイクロン（パム）の中心付近を観測した時の降雨強度分布を示しています。

上の図は高度 2.0km での降雨強度の水平分布を表しており、これに米国の静止気象衛星 GOES-9（ゴーズ 9 号）の雲画像（赤外）を重ねて表示しています。渦を巻いているように見えるのがサイクロン（パム）です。サイクロンの中心は南緯 20 度、西経 161 度付近と考えられます。南半球のため、渦巻きは時計回りになっています。北西から南東への 2 本の白い線は降雨レーダの観測幅（220km）を示しています。図中のカラー表示は降雨レーダから求められた降雨強度で、暖色系ほど強い雨が降っていることを示しています。

特徴的なのは、サイクロン周辺の降雨の微細構造が広範囲にわたり明瞭に観測されていることです。降雨レーダは鉛直分解能 250m、水平分解能約 4km となるように設計されており、画像にはその性能が現れています。衛星搭載型である TRMM の降雨レーダでは地上レーダとは異なり、場所による分解能の差がほとんどないという利点を持っています。

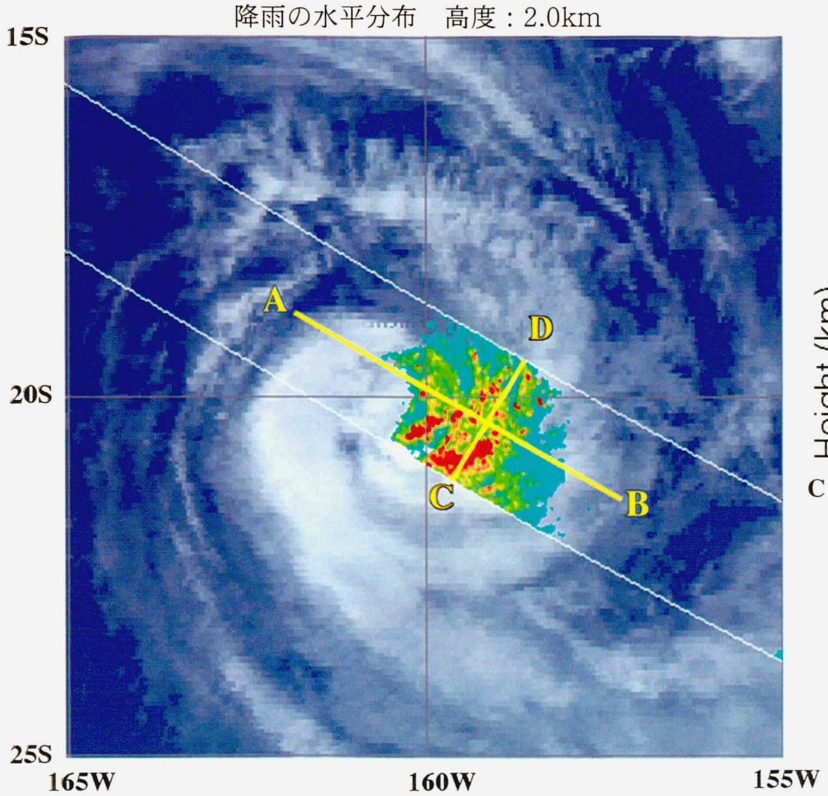
赤外画像ではサイクロン中心付近が全面雲で覆われているのに対して、降雨レーダでは中心の東側のみ降雨域が観測されています。このような非対称性は興味深く、おそらくサイクロンが衰退期であるためと考えられます。

下の図は線 AB で切った降雨強度の 3 次元構造で、サイクロンの内部の降雨構造をとらえたものです。カラーで示された断面はサイクロンの中心付近を含む降雨強度の鉛直分布を、また断面の後ろの白および灰色の立体は、レーダで測定された降雨エコーの高さ（降雨がある領域の最も高い所）を示しています。この図ではひとつの降雨の断面のみを示していますが、観測幅全ての降雨についても、その 3 次元構造が観測されています。鉛直断面の左側で水色で示された降雨域の中に降雨の無い白色域がある部分はサイクロンの「目」の一部と思われ、その回りの強く、かつ背の高い降雨と、その外側に 100km 以上広がった雨域構造が明瞭に測定されています。これまでの気象衛星では、雲の頂上付近しか観測できなかったのに対して、雲内部の降雨の 3 次元構造を測定できることがこのレーダの大きな特長です。

TRMM 降雨レーダ　サイクロン（パム）

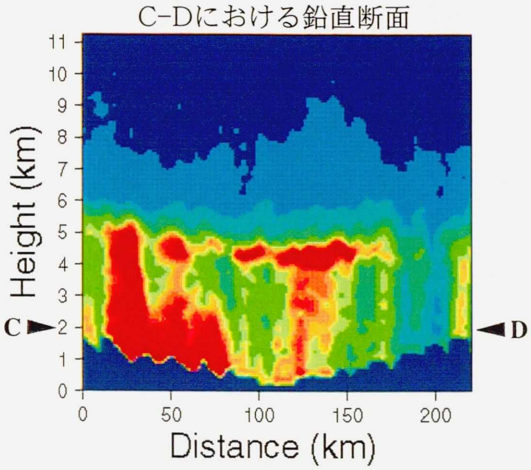
1997年12月8日17:58-18:01（世界時）

降雨の水平分布　高度：2.0km

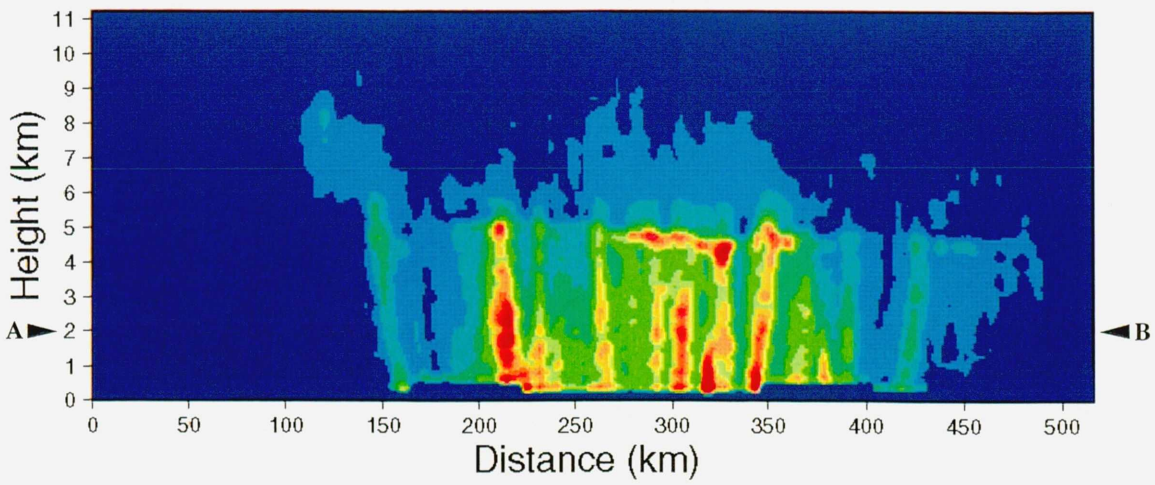


GOES IR 18:00 (UTC) by JWA

C-Dにおける鉛直断面



A-Bにおける鉛直断面



TRMM　降雨レーダ　サイクロン（パム）　　— 降雨の水平分布、AB, CD 鉛直断面図 —

これらの図は 12 月 8 日 17 時 58 分～18 時 01 分（世界時）におけるサイクロン（パム）の中心付近における降雨強度の微細構造を示したものです。

左上の図は降雨レーダが観測した高度 2.0km における水平分布です。この図中の 2 本の線 AB と CD で切った鉛直断面の例をそれぞれ下および右に示します。

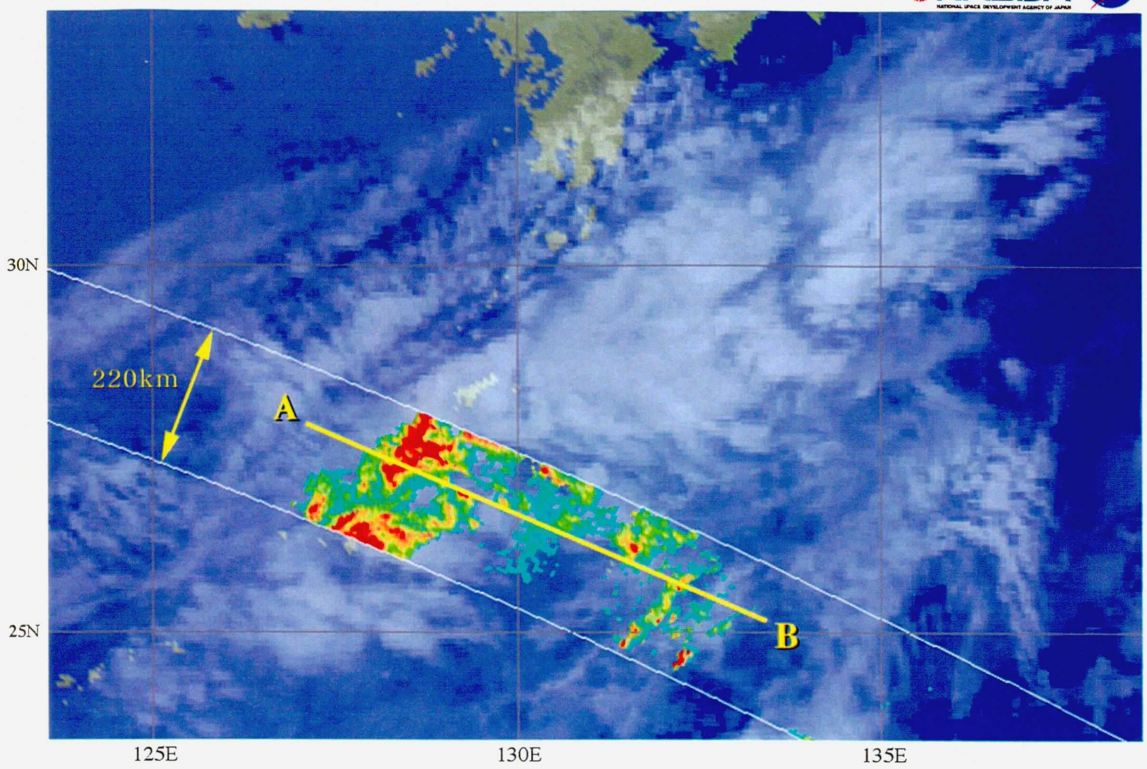
下図では、サイクロンの中心付近を取り巻いている渦巻き状の降雨帯の鉛直断面が明瞭に観測されています。また、A から 175km あたりの雨のとぎれているところはサイクロンの「目」の一部と思われます。高度 5km 付近に見られる水平方向に広がる強度の強い層は、氷や雪が溶けて雨になる、融解層と呼ばれるものです。これは層状性の降雨に特徴的に見られる構造です。サイクロンのような激しい対流性の降雨域の中でもこのような層状性の降雨が観測されています。また、右上図には、C からの距離 20～80km 付近にかけての対流性降雨と考えられる雨と、100～150km にかけての融解層を伴う層状性降雨がともに観測されています。なお、右上図において、観測幅の中心から遠ざかるほど地表面付近のデータがなくなるのは、衛星から見る角度が大きくなるほど地表面の反射の影響を強く受けるためです。

降雨レーダにより降雨の構造を観測し、解放される熱エネルギーの高度分布を見積もることにより、大気大循環のメカニズムを解明することが期待されています。

TRMM 降雨レーダ　沖縄域降雨

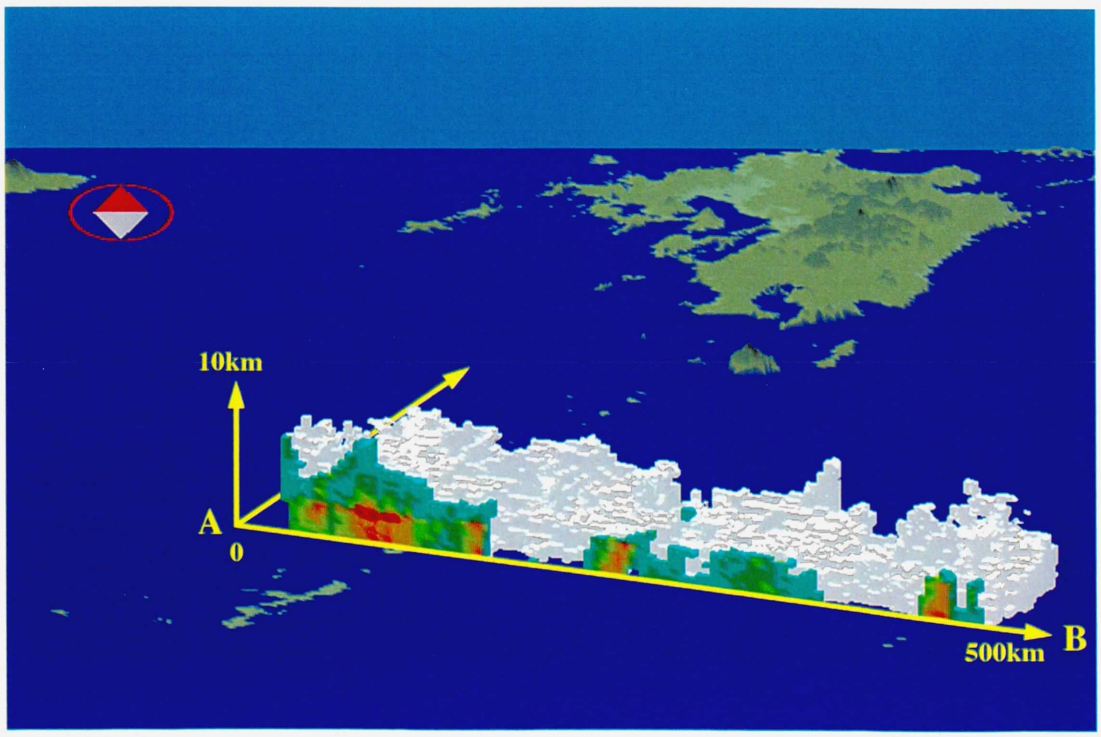
1997年12月8日17:36-17:38（世界時）

降雨の水平分布　　高度：2.3km



GMS IR 18:00 (UTC) by JWA

降雨の３次元構造



Light　　Heavy

TRMM　降雨レーダ　沖縄域降雨　　— 降雨の水平分布、降雨の 3 次元構造 —

これらの図は 12 月 8 日 17 時 35 分～40 分（世界時）に TRMM が沖縄上空を観測した時の降雨強度分布を示しています。

上の図は高度 2.3km での降雨強度の水平分布を表わしており、これに日本の静止気象衛星「ひまわり」（GMS）による雲画像（赤外）を重ねて表示しています。

下の図は線 AB で切った降雨強度の鉛直分布を示しています。沖縄周辺での降雨強度の 3 次元分布が広い範囲にわたり詳細に観測されています。点 A から距離 80km 辺りの高度約 3 km に見られる水平方向に広がる強度の強い層は融解層です。