添付資料

TRMM運用の研究成果について

第２１回宇宙開発委員会
平成16年７月１４日(水)

宇宙航空研究開発機構

TRMM/PRの目的と成果

目的：

日米共同ミッションとして、熱帯および亜熱帯地域の降雨観測を行うことにより、気候システムの理解、エルニーニョなどの異常気象の解明、災害防止のための洪水予報などに貢献すること。

成果：

世界初の衛星搭載降雨観測用レーダであるPRとマイクロ波放射計（TMI）、可視赤外放射装置（VIRS）との同時観測により、以下のような画期的な成果が得られた。

1. 海陸を問わない均質な降雨強度の分布の観測(PR)
2. 降雨の３次元構造の観測(PR)
3. 宇宙からの降雨観測技術の確立
    1. PR/TMI同時観測による降水量推定精度の向上
    2. 土壌水分の観測(PR)
    3. TRMM台風データベース
4. 全球の水・エネルギー循環の評価
    1. 降雨による潜熱加熱量の算出
5. TRMMデータ同化による予報精度の向上

TRMMの運用とこれまでの活動

日米共同プロジェクトとして1997年11月に打上げられたＴＲＭＭは、CERESを除き、運用停止まで順調に観測を続けてきた。

1998年1月に初期チェックアウトを終了、検証を行った後標準プロダクトを公開。

2001年3月に定常運用を終了、その後後期運用を行ってきた。

2001年8月には軌道高度を350kmから402.5kmに変更した。

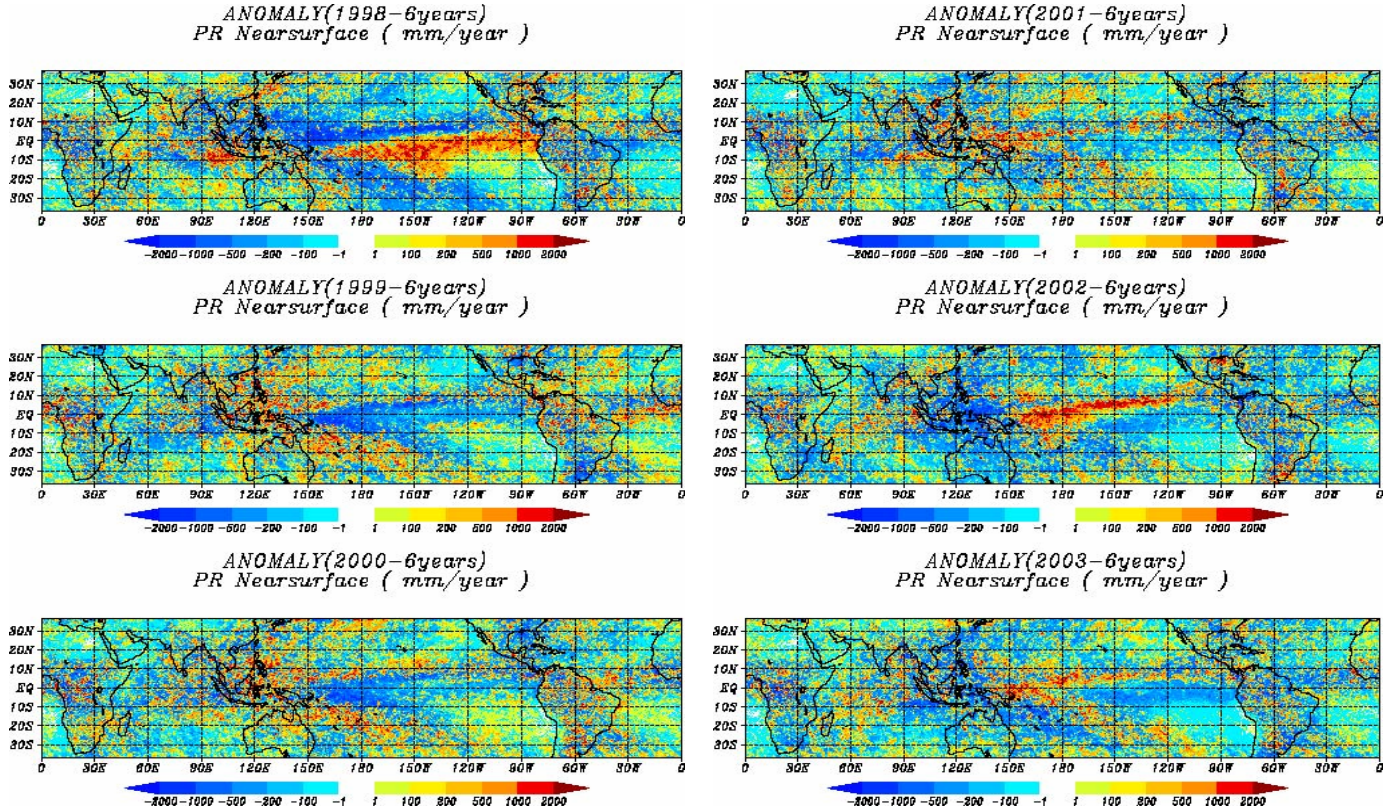
プロダクトは当初バージョン3が公開、その後3回のバージョンアップが行われ、現在バージョン6プロダクトが公開されている。

その観測データは気候変動研究にとって貴重なデータとなるものであり、気候システムの理解、エルニーニョなどの異常気象の解明、水･エネルギー循環研究、予報精度の向上等、広く利用されている。

年度	運用段階	研究公募	アルゴリズム	主要な成果、活動	シンポジウム、発表等
			改訂		
1997(H9)	打上げ	第1回			
	初期チェッ	研究公募		初画像、初期検証	
1998 (H10)	クアウト	第2回	3月～V3	検証実験	5月：Earth View(画像集)発行
	定常運用	研究公募		成果：データ公開	7月：海面水温記者発表
		1年目	9月～V4		7月：台風1号記者発表
				検証フェーズ	12月：データ講習会
1999(H11)		2年目			
				検証実験	
			11月～V5		
2000(H12)		3年目		成果：検証結果出揃う	4月：土壌水分記者発表
					9月：準リアルタイムデータ配信開始
				データの蓄積を必要	11月：3周年記念国際シンポジウム
				とする研究成果、応用	
2001(H13)		第3回		分野の研究提案	
	後期運用	研究公募			
		1年目			
					3月：「宇宙から見た雨」出版
2002(H14)		2年目			7月：第1回TRMM国際会議
					10月：台風データベース記者発表
					11月：5周年記念国際シンポジウム
2003(H15)		3年目		物理的総合理解、	
				定量的推定	9月：潜熱加熱アルゴリズム検討会
				(潜熱加熱の推定、	
				PRとTMIの推定手法比較)	
2004(H16)	観測終了	第4回			9月：第2回TRMM国際会議
		研究公募	5月～V6		
		1年目			
2005(H17)	ﾘｴﾝﾄﾘ完了	2年目			
2006(H18)		3年目			

1. 海陸を問わない均質な降雨強度の分布の観測

- ６年間の降雨分布（平均との差） -

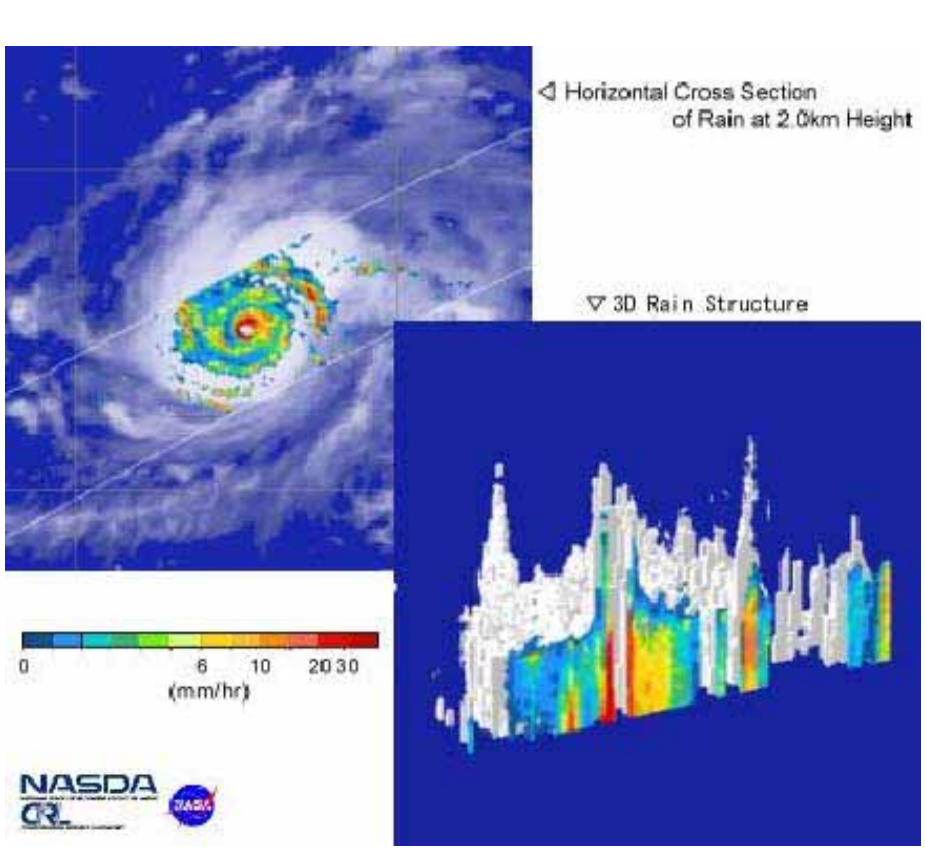


TRMMは打ち上げから６年以上を経過し、PRによる６年間の熱帯降雨データが蓄積されている。

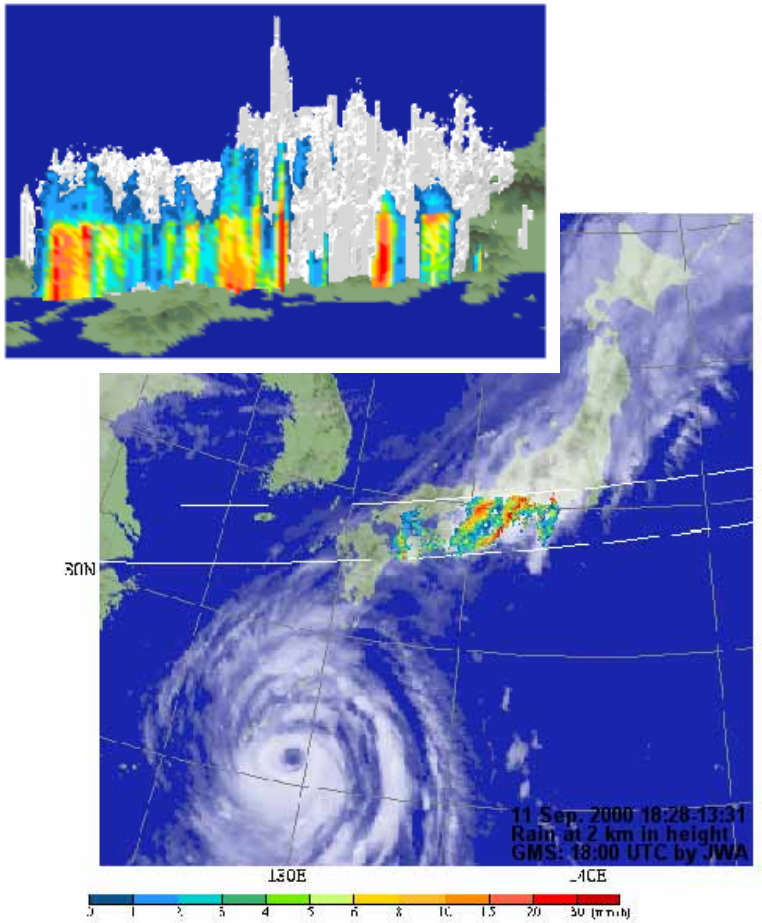
1. 過去6年間のこの地域の年間降水量の平均値は、910mm/yである。
2. エルニーニョにあたる`98と`02の降雨パターンが他年と異なっている。
3. 東西に延びる赤道収束帯、低緯度乾燥帯、大陸西岸沖の少雨帯等、良く知られている全球の降水パターンは明瞭に現れている。

水循環メカニズム解明に向けた長期間の貴重な統計データが提供できるようになってきた。

2. 降雨の３次元構造の観測



台風8号(２０００年)の３次元構造



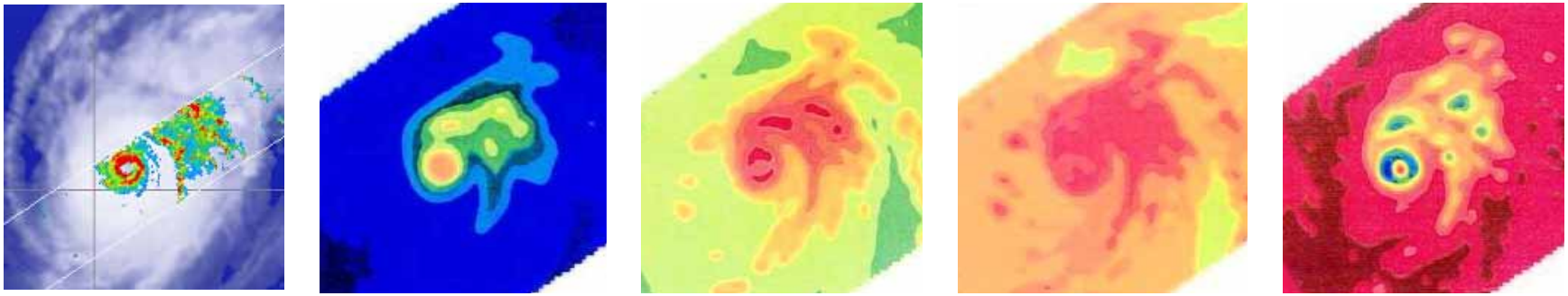
東海豪雨(２０００年)の３次元構造

PRによって海上も含めた降雨の詳細な３次元構造の観測が可能になった。

3. 宇宙からの降雨観測技術の確立

3.1 PR/TMIによる降水量推定精度の向上

PR　　10 GHz　　19 GHz　　37 GHz　　85 GHz

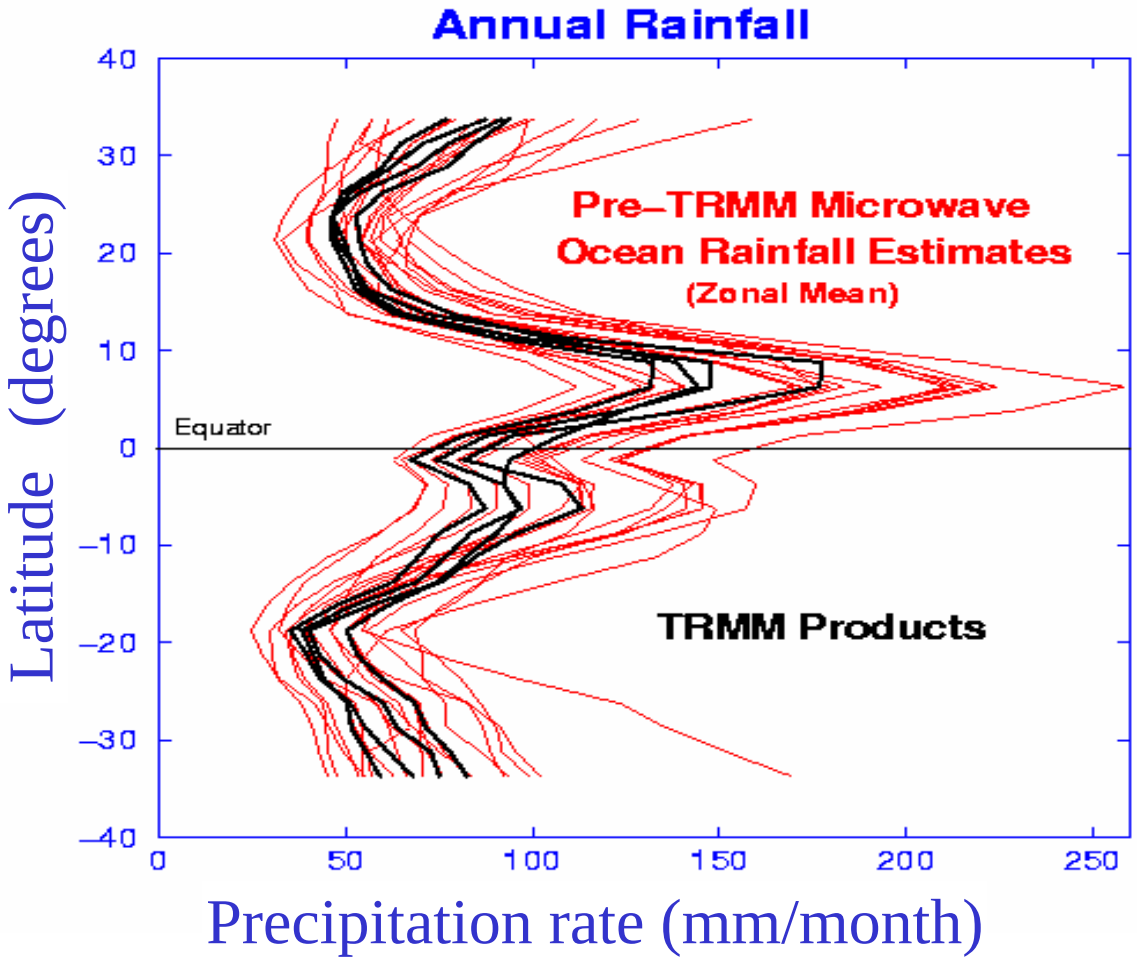


（PR: Height = 2 km, 3:48-5:20 (UTC), 19 Dec. 1997）

- **同時観測によりそれぞれのアルゴリズムにおける仮定の問題点が明らかになりアルゴリズムが大幅に改善された。**

	アルゴリズムにおける主な仮定	PRとの比較からわかった事、その影響
赤外線による観測	●雲頂温度（雲の高さ）と地表での降雨強度には統計的に一定の関係がある。	比例係数の地域依存性の定量的評価
マイクロ波放射計（海上）	●氷結高度は既知 ●雨の鉛直分布の形は場所に依らない。 ●水平方向の非一様性はどこでも変わらない。	氷結高度推定法の誤差評価 鉛直分布の地域依存性 非一様性の地域及び降雨強度依存
マイクロ波放射計（陸上）	●雲頂付近の氷晶などの氷の分布と地表付近の雨の強度の関係は一定 ●すべての雨は氷による散乱を伴う。温かい雨はない。	比例係数の検証 氷を伴わない暖かい雨の定量的評価
レーダ	●雨滴粒径分布 ●対流性降雨における相変化（氷と水の分離）の高さ	粒径分布の地域依存性

3. 宇宙からの降雨観測技術の確立
3.1 TRMMによる降水量推定精度の向上



- 緯度平均降水量 -

赤線：TRMM以前のマイクロ波放射計による推定

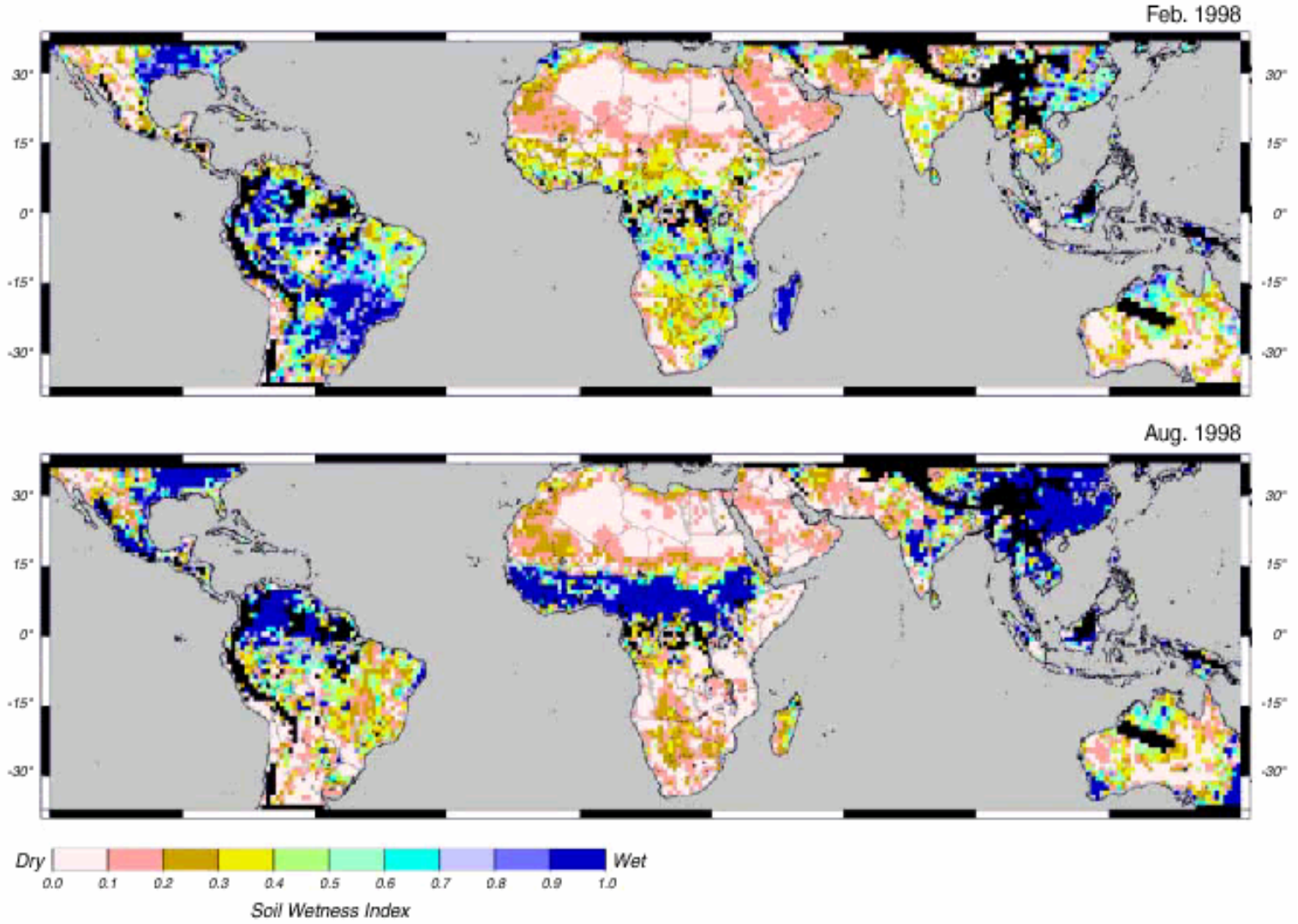
黒線：TRMMの降雨レーダ(PR)とマイクロ波放射計(TMI)による推定

(NASA/GSFC)

PRとTMIの同時観測により、それぞれのアルゴリズムを改良した結果、打ち上げ前は100%以上あったアルゴリズム間の相対誤差がPRとTMI間で10%以下（バージョン６）になった。

3. 宇宙からの降雨観測技術の確立

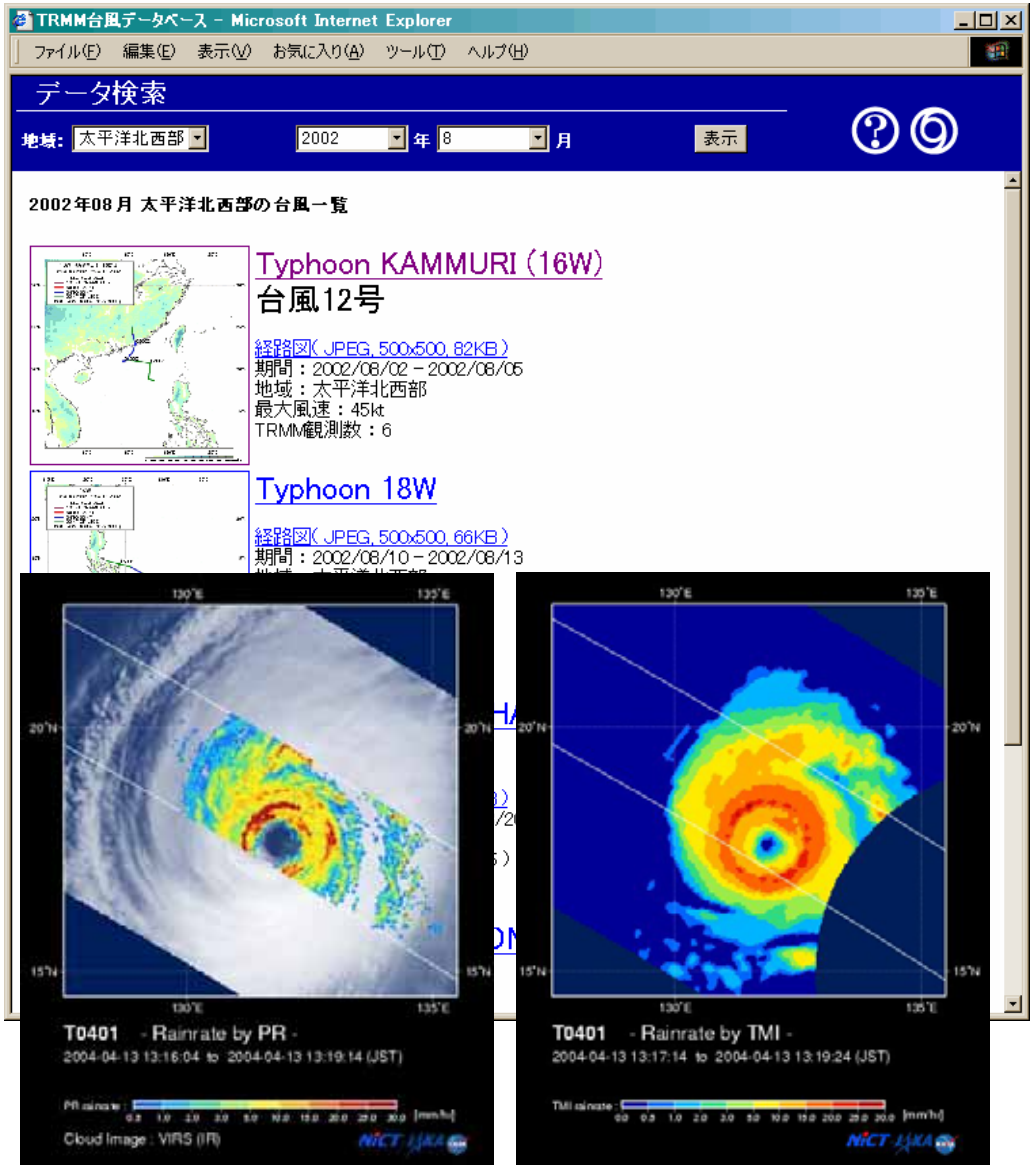
3.2 PRによる土壌水分量の算出



PRは降雨だけでなく、真下の地表面も観測することを利用して、世界で初めて土壌水分を推定することが可能となった。

3. 宇宙からの降雨観測技術の確立
3.3 TRMM台風データベースと台風速報 -

検索結果画面

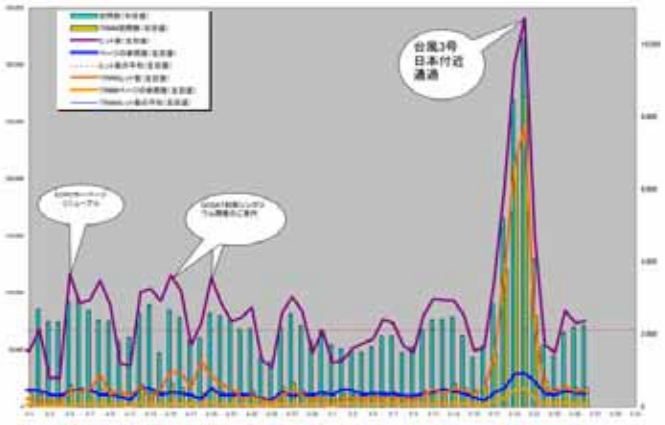


TRMM台風データベース

- TRMMで観測された台風をデータベース化
- Web上で台風を検索し、画像表示
- データ（PR,TMI,VIRS）のダウンロードも可能
- TRMMの成果として蓄積された台風情報を、インターネットで容易に利用できるようになった。

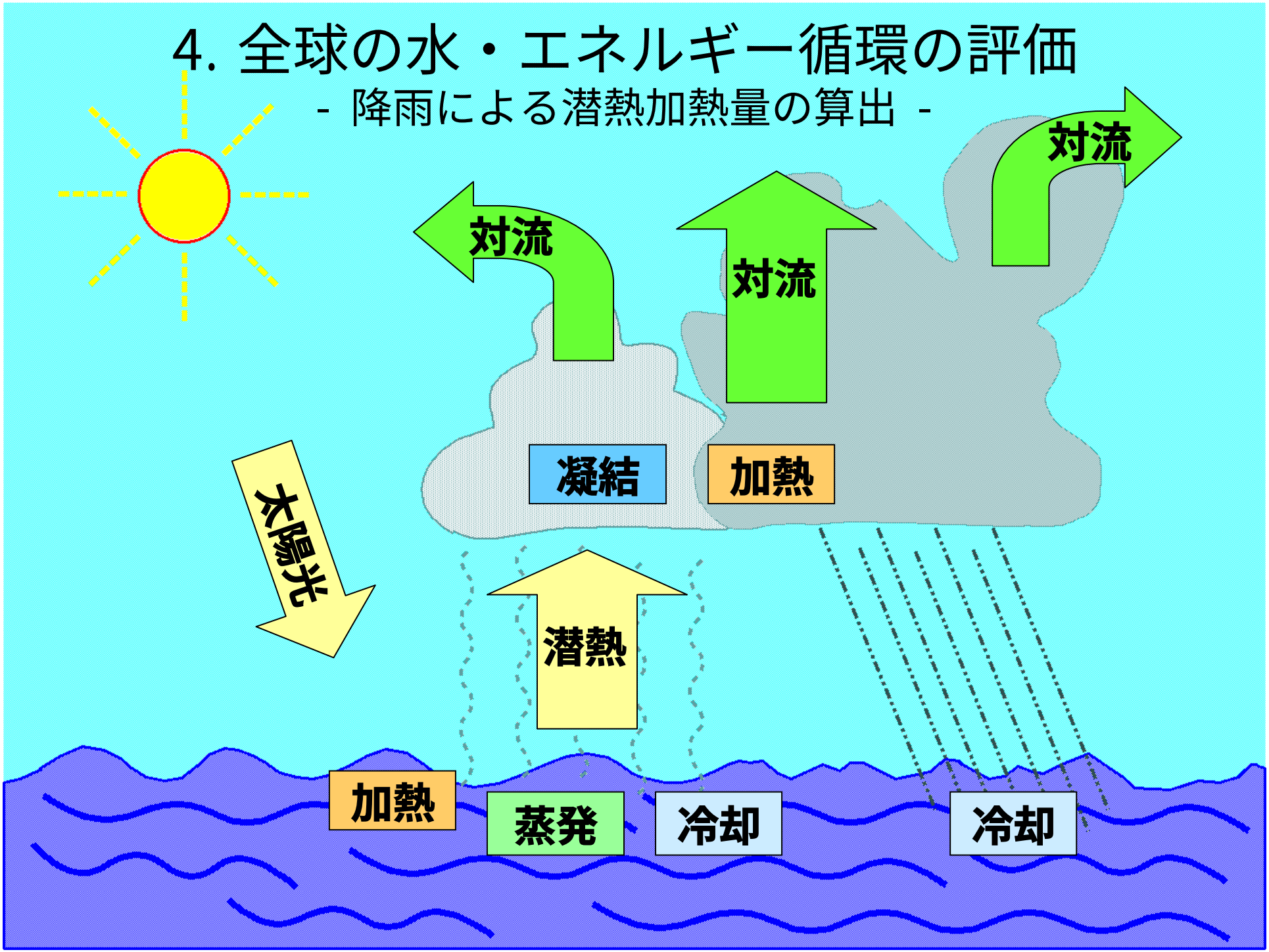
TRMM台風速報システム

- TRMMで観測した台風データを準リアルタイムでWeb上に掲載　台風接近時にアクセス急増（最大１４０００件）
- 災害情報の一つとして活用可能であり、安全安心な社会の構築に貢献



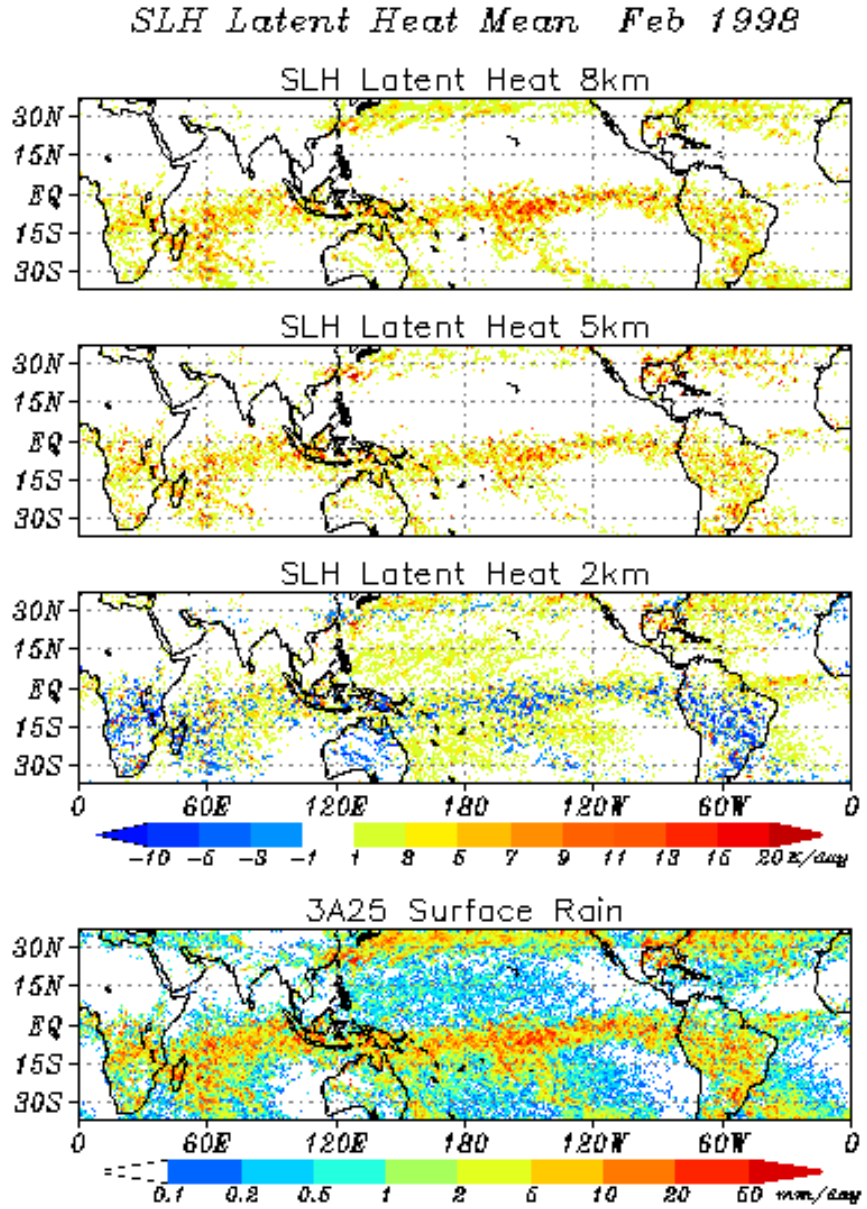
4. 全球の水・エネルギー循環の評価

- 降雨による潜熱加熱量の算出 -



4. 全球の水・エネルギー循環の評価

- 降雨による潜熱加熱量の算出 -



8km

5km

2km

rain

降水の正確な鉛直構造の算出

↓

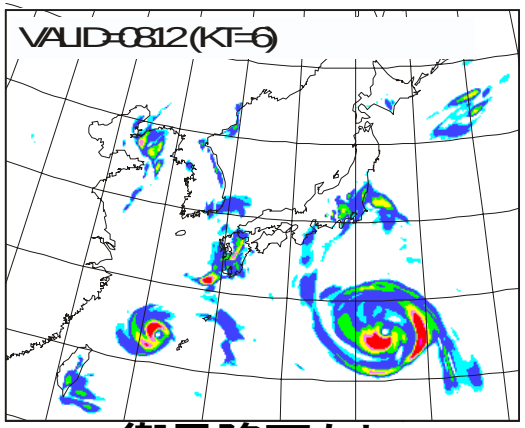
PRプロダクトを用いた潜熱加熱量プロファイル算定アルゴリズムの開発・検討

↓

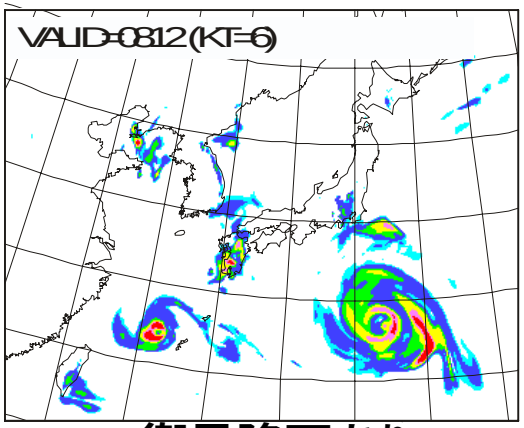
潜熱による大気の加熱の鉛直構造を算出するにより、全球の水・エネルギー循環の評価

(高度別の降雨による潜熱加熱量の分布で、暖色系統が加熱、寒色系統が冷却を示している。)

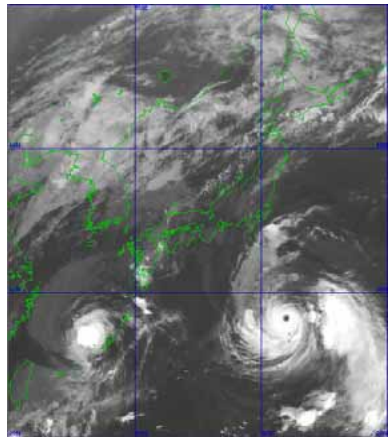
5. TRMMデータ同化による予報精度の向上



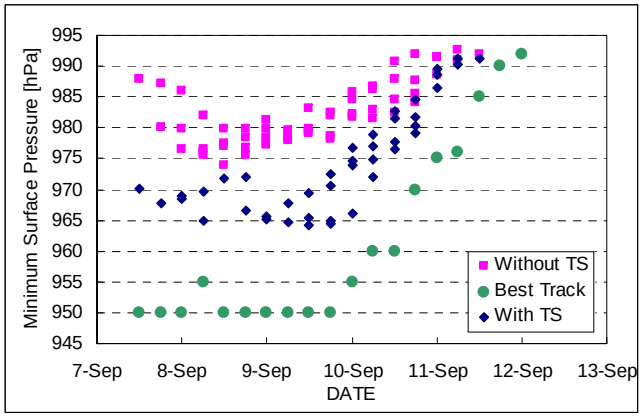
衛星降雨なし



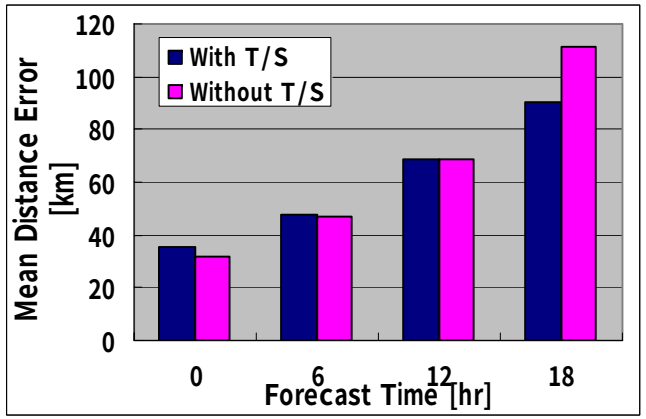
衛星降雨あり



GMS5-IR1
=> 950hPa



最低気圧の時系列



実測と予測による中心位置のずれ

JMAメソスケールモデル（４次元変分法）による4-6時間後の3時間積算雨量の予測で、マイクロ波放射計（TMI，SSM/I）の降雨量を同化に用いた方が、より正確に降雨分布や台風の予測が可能。2003年10月より現業化。

まとめ

TRMM衛星は打上げ後、丸6年以上を経ても順調に運用を継続していた。特に現在唯一の衛星搭載降雨レーダであるPRは、非常に安定した計測を続行した。

解析研究において、これまでに得られた成果：

- 海陸を問わない均質な降雨強度の分布の観測(PR)
  - 特に６年以上にもわたる均質なデータの継続取得と蓄積
- 降雨の３次元構造の観測(PR)
- 宇宙からの降雨観測技術の確立
  - PR/TMI同時観測による降水量推定精度の向上
  - 土壌水分の観測(PR)
  - TRMM台風データベース
- 全球の水・エネルギー循環の評価
  - 降雨による潜熱加熱量の算出
- TRMMデータ同化による予報精度の向上

まとめ(2)

TRMMの残された課題

- データの準リアルタイム配信
  - 応用分野の拡大(気象予報、漁業、農業等)
- より長期のデータによる気候変動の解明
  - 全球降水の平均描像 (温暖化による降雨へのインパクト)
  - エルニーニョの全体像の解明
- PR観測のインパクト:物理的整合性、定量性を重視した降水推定
  - PRとTMI、VIRSの複合観測の成果
  - 降水システムの物理的理解

GPMにおけるDPR(二周波降水レーダ)と複数マイクロ波放射計の複合観測による飛躍的発展への期待。

- DPRによるより詳細な降水システム構造の理解とその影響への期待