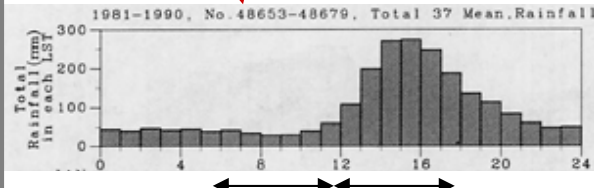
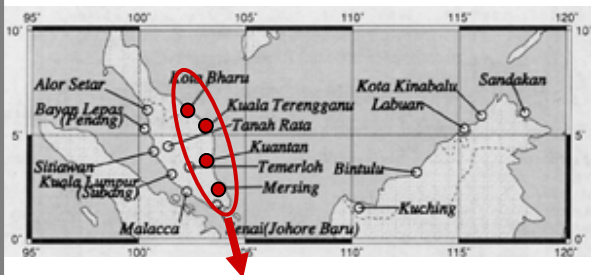




# PRによる降水システム気候学の進展

## - PR観測から得られた雨の日周変化 -

地上で観測された、熱帯降雨の日周変化の例

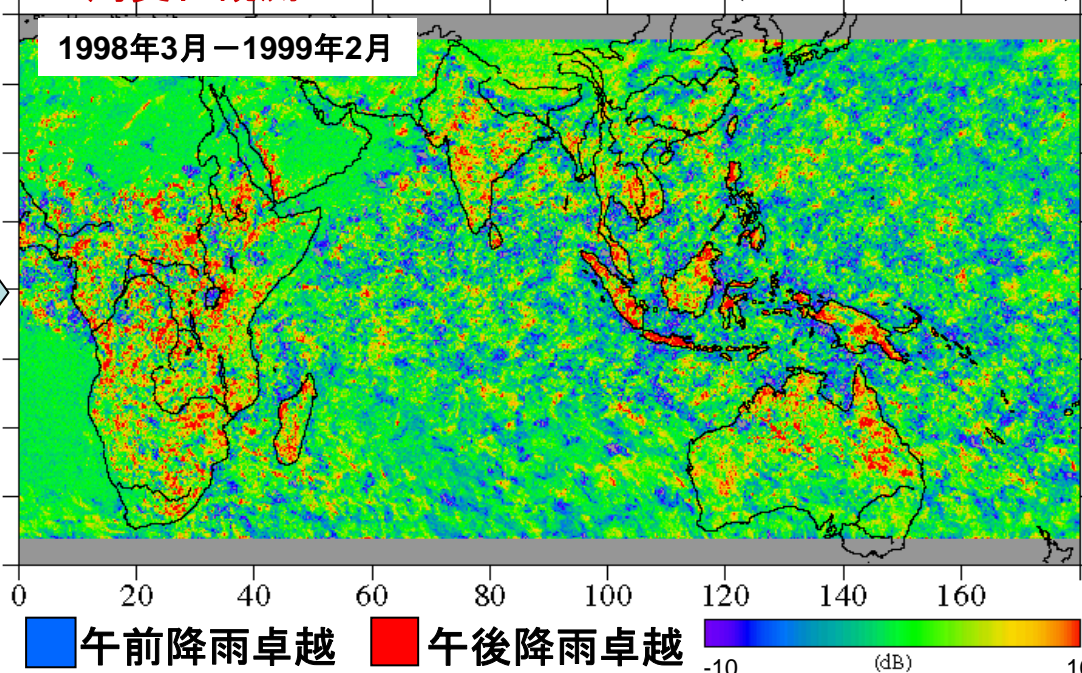


マレー半島東海岸の4点の地上観測点(上図の赤●)の10年平均の降水量の日周変化(下図)。午後遅くに卓越したピークがある。(Oki and Mushiake, 1994)

PRで  
広域に  
観測

PRによる  
日周変化観測

午後の降雨 (地方時: 12時-18時)  
午前の降雨 (地方時: 6時-12時)



(名古屋大学地球水循環研究センター 中村教授とのJAXA共同研究成果)

降雨の日周変化は、TRMM以前には陸上の地点データでしか捉えられなかったが(左上)、PRの利用により初めて、広域かつ面的に明らかになった(右上)。PRデータの解析結果から、陸上で午後の雨(赤色)が卓越、海洋の沿岸域で午前の雨(青色)が多いことや、島のサイズが大きくなるにつれて降水ピーク時間帯が遅くなることなどが明らかになった。現在、気候モデルの高分解能化が進みつつあり、降水の日周変化のモデル内での再現に着目した研究が増加している。TRMMの広域かつ長期間の降水日周変化データは、モデルの有力な検証データとなる。



# PRによる降水システム気候学の進展

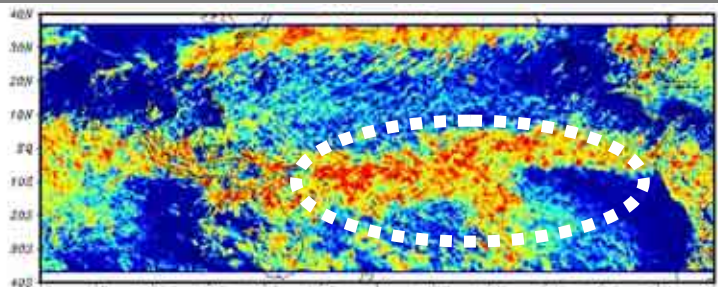
## ・エルニーニョとラニーニャ・

エルニーニョとラニーニャは、熱帯太平洋全域にわたる大気・海洋の変動である。エルニーニョやラニーニャの発生により、世界各地で異常気象が起こることが知られている。

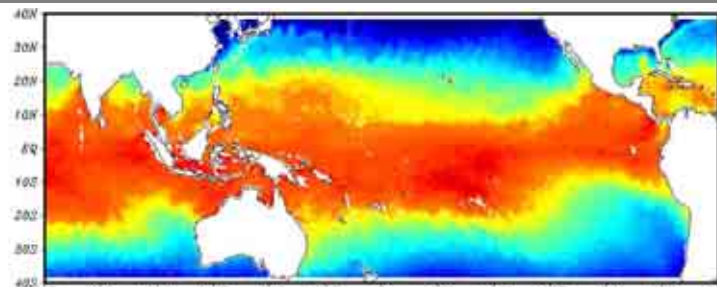
エルニーニョは、赤道の貿易風が弱まることで、通常低い中・東部赤道太平洋の海面水温が上昇し、強い対流の発生場所が変わるため、大気の循環場を大きく変える。

ラニーニャは、エルニーニョとは反対の現象で、貿易風が強まることで、中・東部赤道太平洋の海面水温が平年よりも下がって、大気循環場に影響する。

エルニーニョ  
1998年1月

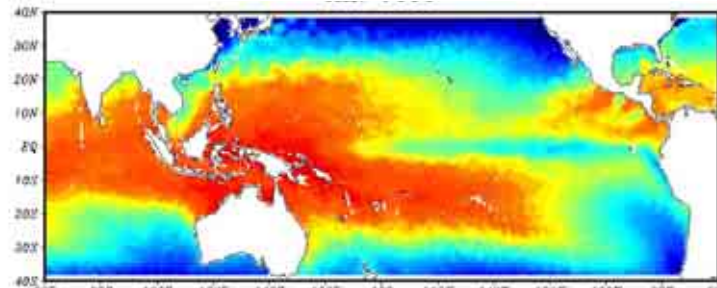
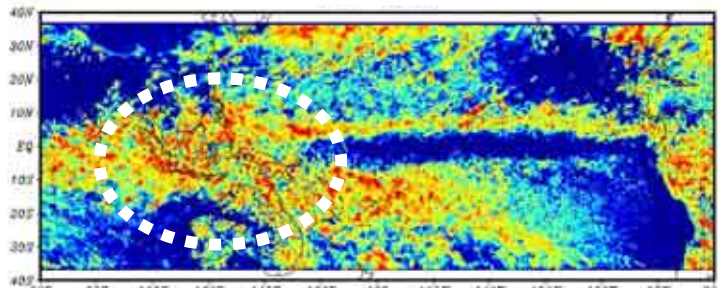


PRによる月積算降水量

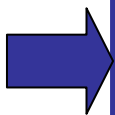


TMIによる月平均海面水温

ラニーニャ  
1999年1月



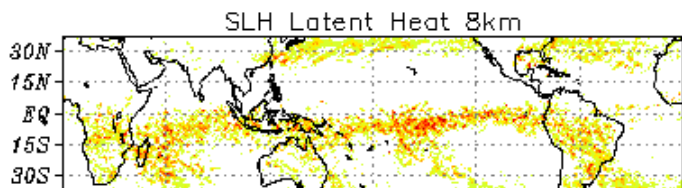
エルニーニョやラニーニャ時の海面水温変動に対応した、降水分布の広域に渡る明瞭な変化が、3次元構造も含めて明らかになった。TRMMのデータは幅広く利用されており、たとえば、高藪ら(1999, Nature)は、1998年のエルニーニョの突然の終息メカニズムの研究を行い、熱帯域の大気振動に伴う強い降雨域が東向きに地球を一周する際に、東部赤道太平洋で貿易風が強化され、エルニーニョを加速度的に終息させる引き金となったことを明らかにした。



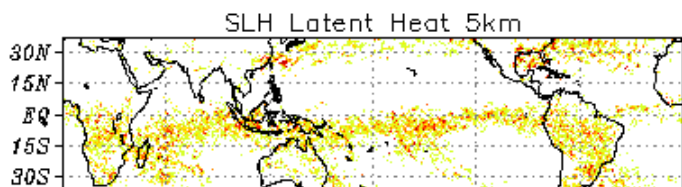
# PRによる降水システム気候学の進展

## - 降雨による潜熱加熱率の算出 -

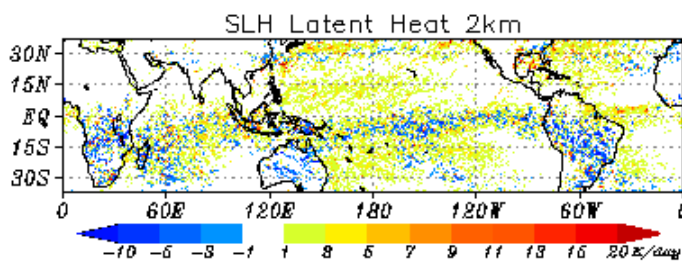
8kmの  
潜熱加熱率



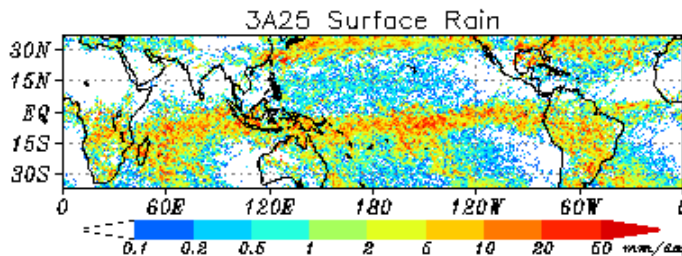
5kmの  
潜熱加熱率



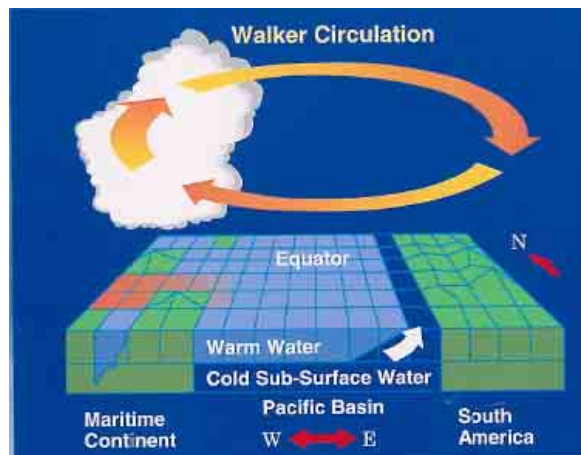
2kmの  
潜熱加熱率



地上の  
月降水量

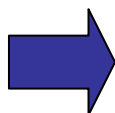


潜熱とは、水蒸気が水や氷に変わるときに放出される熱のことである。熱帯域で水蒸気が凝結して雨に変わる際に放出される潜熱が大気を暖めることで、全球大気大循環のエネルギー源となる。



←熱帯降雨と気候変動の関わり(NASA)

左図は高度別の降雨による大気の潜熱加熱率の分布で、**暖色系が加熱**、**寒色系が冷却**を示している。(東京大学気候システム研究センター 高薮教授とのJAXA共同研究成果)



PRの3次元観測データを用いた潜熱加熱率プロファイルの算定アルゴリズムの開発により、大気の潜熱加熱率の鉛直構造を算出。全球の水・エネルギー循環の評価が可能となった。今後、気候モデルの改良等に寄与することが期待されている。

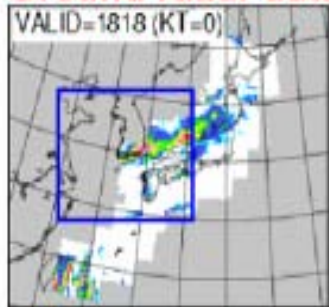


# 現業での利用

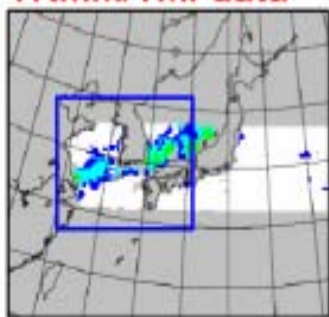
## - TRMMデータ同化による予報精度の向上 -

モデルへの入力

Ground radar data



TRMM/TMI data



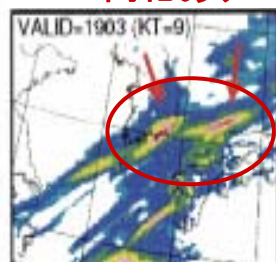
9時間予報と地上観測値の比較

TMI同化なし

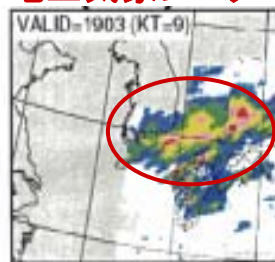


TMIデータを使用することで(左下)、雨量予測が実際の雨量(右下)に近づき、予報の改善が見られる。

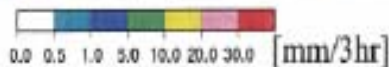
TMI同化あり



地上気象レーダー



9-hrs Forecast



データ同化とは、数値天気予報において、収集した観測データの情報を数値予報モデルに取り込む(同化する)ことをいう。このとき、予報モデルによる予測の正確さは、集めた観測から作成した現在の状態(初期値)の正確さに依存し、精度良い観測を多数かつ均質に取得することが重要である。

GPMにより高頻度・高精度なデータを提供することにより、さらなる精度向上をはかった予測の実現に貢献できる。

(本成果は、JAXAと気象庁の協力により得られた。解析は気象庁の実施による)

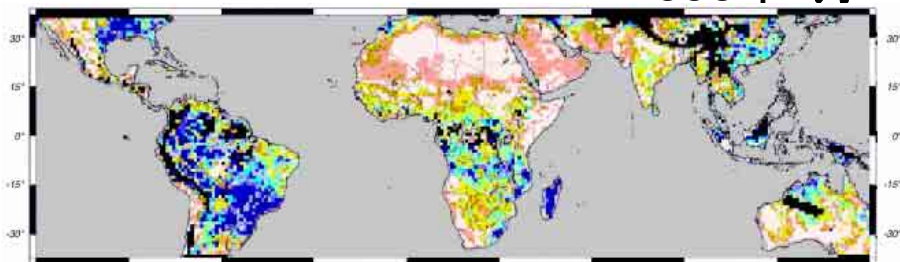
雨量の予測精度向上により、豪雨水害に対する備えが充実し、また発生後の適切な対応が確保されることで、これらの災害による生命・財産・生活に係る被害の軽減への貢献が可能。TRMM/TMIは、気象庁におけるマイクロ波放射計利用の先駆であり、メソモデルでは、2003年にTMI及びSSM/I(AMSR-Eは2004年～)の現業利用、全球モデルでは2006年に現業利用が開始している。



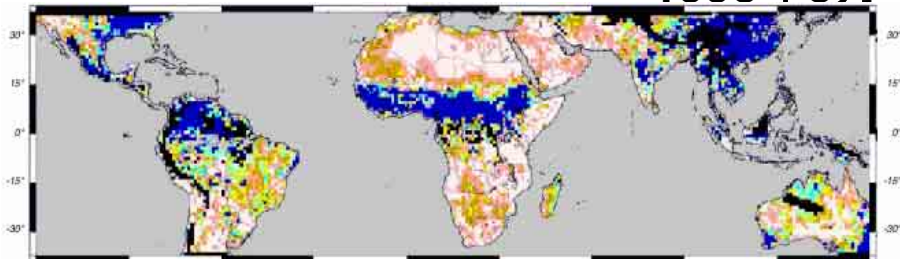
# 新規プロダクトの開発

## - 土壌水分量と海面水温 -

PRによる土壌水分量(左)  
1998年2月



1998年8月

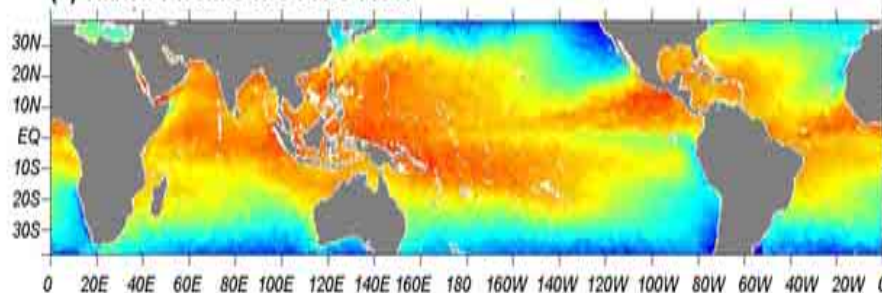


Dry | 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 | Wet  
Soil Wetness Index

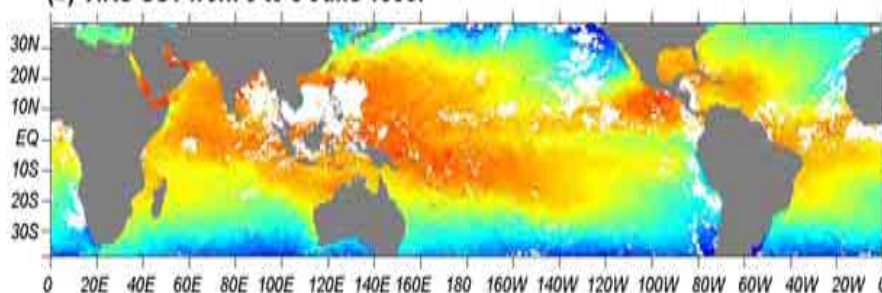
(東京大学生産技術研究所 沖教授との  
JAXA共同研究成果)

TMI(右上)とVIRS(右下)による海面水温

(a) TMI SST from 3 to 5 June 1999.

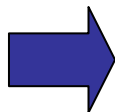


(b) VIRS SST from 3 to 5 June 1999.



10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 [C]

(JAXA/EORC 柴田氏(TMI)  
村上氏(VIRS)による)

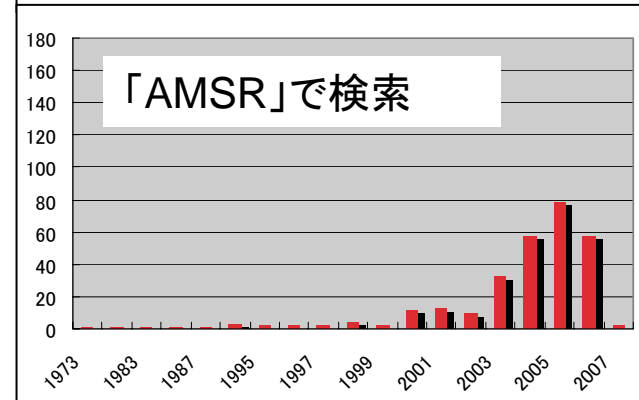
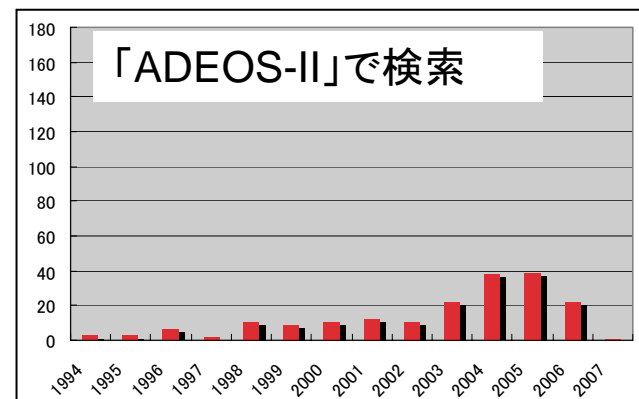
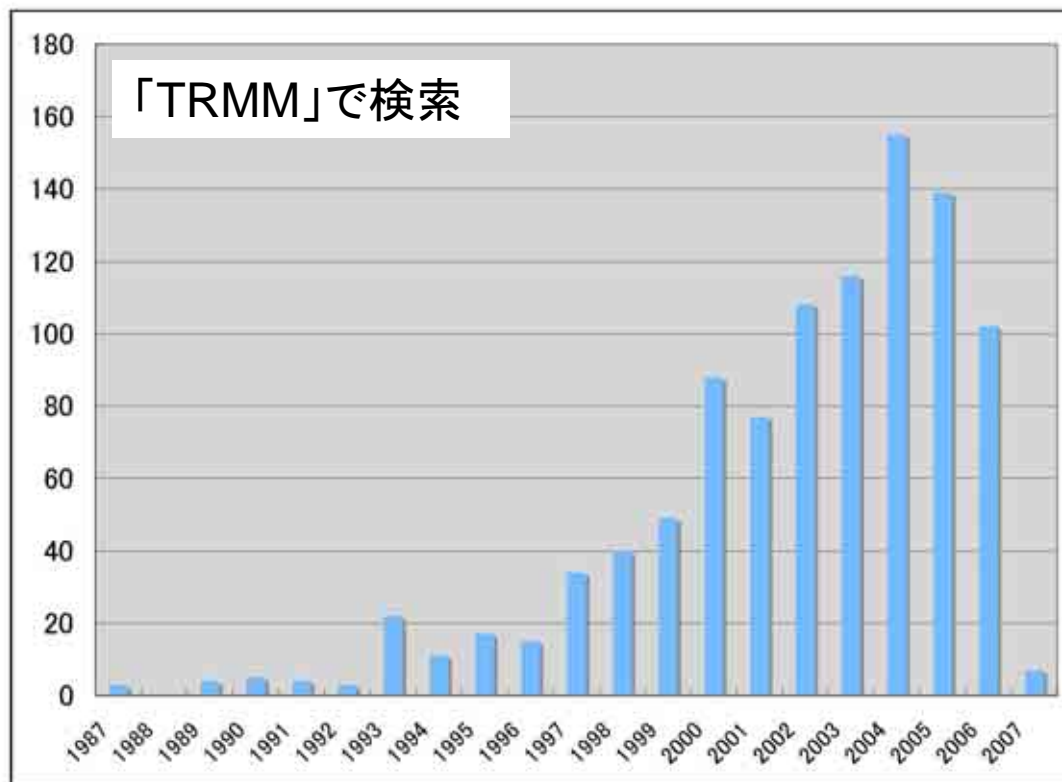


TRMMデータは、当初計画されていなかった、降水量以外の物理量推定にも利用された。土壌水分算出は、PRが降雨だけでなく、真下の地表面も観測することを利用しており、世界で初めて全球的な推定が可能となった。TMIによる海面水温は、AMSR-Eによる全球海面水温推定の先駆として、10GHz帯を利用して算出された。



# TRMM関連の論文数

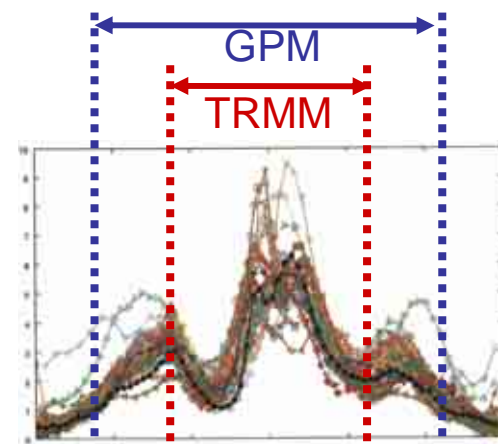
- TRMMに関連する学術論文の出版数は、1997年末の打上げ後順調に数を増やしてきた(下左図)。この調査(2007年3月現在)では2004年(打上げ後7年目)の155件がピークであるが、打上げ後9年目を迎えた2006年にも102件の論文が出版されている。これをJAXAの他衛星・センサと比較すると、ADEOS-II(下右上段)の場合は2005年(打ち上げ後3年目)にピークで39件、AMSR(下右下段)も同様に2005年(Aqua/ADEOS-II打上げ後3年目)にピークで約78件となっている。
- TRMM関連論文数が他と比べて非常に多いのは、TRMMが日米共同のミッションであり、双方に利用者が多いことと、運用及び観測が9年以上の長期にわたって継続していることが最大の理由と考えられる。





# GPMに向けた課題

- 熱帯地域から全地球の降水観測
  - 温帯低気圧帯域も含むほぼ全球の、液相(強い雨～弱い雨)・固相(降雪・霰など)を含む降水システムの正確な観測
  - 陸上も含めた中・高緯度での降雨レーダによるマイクロ波センサの降水推定精度の向上
    - GPM主衛星において、軌道傾斜角65度を選択
    - GPM/DPRでの降水の高感度観測
- PRでの1周波観測の限界
  - PRとTMIの降水推定の差は、海上で、最初の一般公開プロダクトであるVer.4(H10.10公開)では40%程度あったが、Ver.5(H11.11公開)では24%、現在のVer.6(H16.6公開)では10%程度となっている。ただし、陸上など、地域・季節毎に比較する20%より大きい
  - ユーザから正確な降雨推定(月平均10%以内)の要求があるが、TRMMの1周波観測ではアルゴリズムの改良で対応できる限界があり、要求に答える精度を実現するためには2周波観測が必須
    - GPM/DPRでのKu帯とKa帯の2周波による降水の高精度観測
- 高頻度観測
  - 変動の激しい降水現象に対しては、高頻度の観測が必要
  - 観測データの現業利用のために、高頻度観測の要求
    - GPMでのマイクロ波放射計／サウンダを搭載した副衛星群との連携観測
- 長期、継続的な観測
  - TRMMからの降雨レーダとマイクロ波放射計の同時観測データの継続と蓄積
    - GPM主衛星に降水レーダ(DPR)とマイクロ波放射計(GMI)を搭載
- 準リアルタイムでの利用
  - 洪水や天気予報などの現業利用では、準リアルタイムでの配信を要求
    - GPMによる観測データの準リアルタイム配信



観測値(黒)とモデルによる降雨の緯度分布  
(Gates et al. (1999)による)