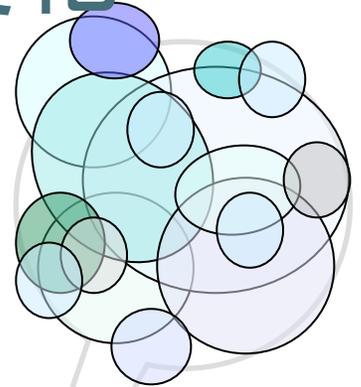


降水システム群の日周変化

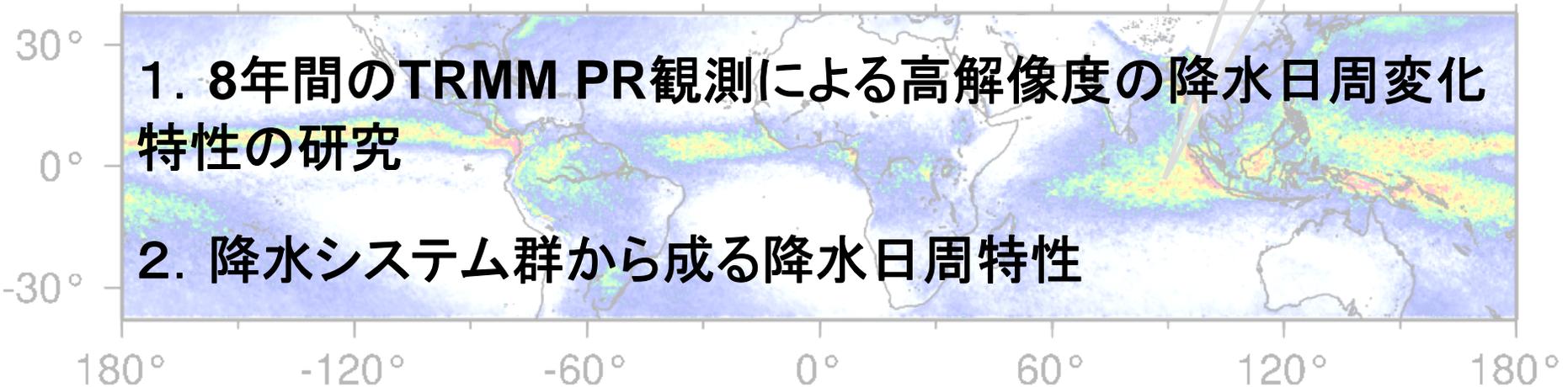
広瀬 正史 (JAXA/EORC)



降水日周変化を解像する格子データの開発と利用

1. 8年間のTRMM PR観測による高解像度の降水日周変化特性の研究

2. 降水システム群から成る降水日周特性



1. 8年間のTRMM PR観測による高解像度の降水日周変化特性の研究

“Fine-scale diurnal rainfall statistics refined from 8 years of TRMM PR data”
Journal of Applied Meteorology and Climatology, (accepted with minor revision)

背景: 1). 地形と関連の深い降水の地域特性の理解のために広域に渡る高い時間空間分解能の降水データが必要。2). TRMM PRは貴重な情報源であるがサンプルの少なさが課題であった。現在は長期間のデータが蓄積されており、気候学的なデータベースとしての価値が高まっていると言われている。



降水特性を考慮したTRMM PRのサンプル数の充足度の評価(特に高時間空間分解能のデータを必要とする降水日周変化の検出における長期データのインパクト評価。どの程度、降水の多様な時空間変動を解像できるか)、および降水変動の地域的特徴の多様性の理解

主な内容

- ・ 高解像度の降水格子データの作成
- ・ 降水日周変化の地域特性

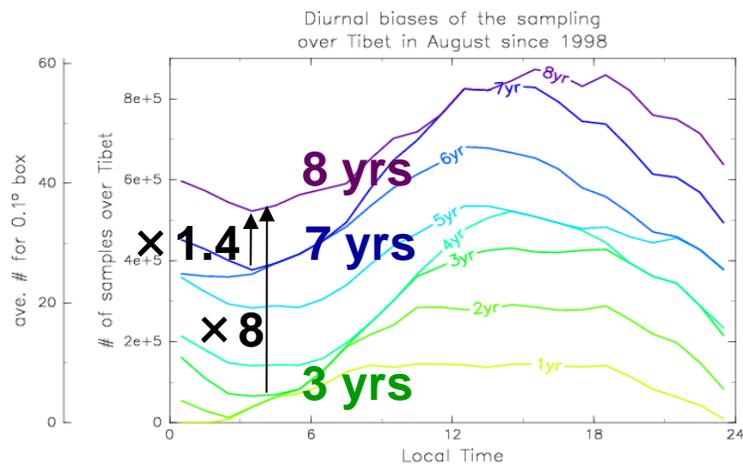


高解像度の降水格子データの作成

降水データの時間分解能

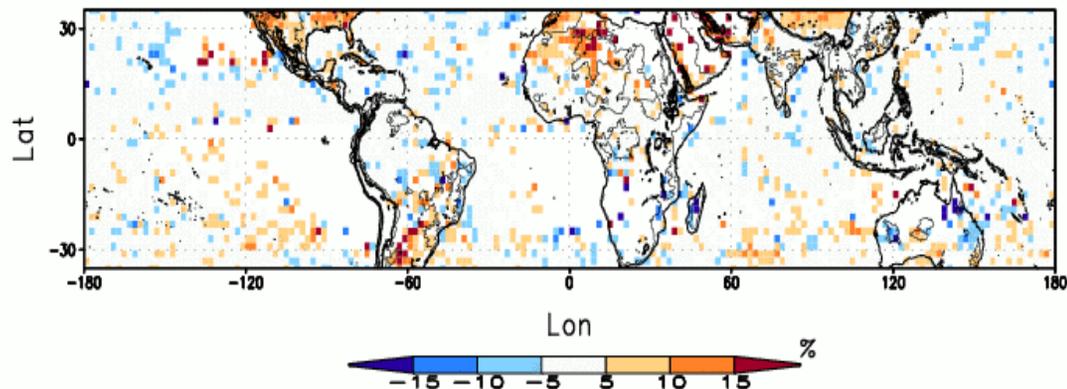
回帰日数の関係上、各月のサンプリングには地域時刻依存性がある。信頼性の高い降水データセットの作成やその応用(日周変化の把握など)には各時刻のサンプル数が十分に確保されていることが重要であることが確かめられた。

8月の中緯度(チベット高原)における地域時刻ごとの観測サンプル数



8年間のデータを用いると、サンプリングのばらつきの大い中緯度では各時刻の最小サンプル数が著しく増加し、地域時刻ごとの降水量の信頼性が向上する。

8月のサンプル数と降水量の日周変化に関する誤差



8月には北半球中緯度では午後に観測数が多いため、午後の雨が卓越する地域では10%程度過大評価となる。また8年のデータを元に、1年のデータで無観測時間帯の雨をゼロとすると、場所によっては(アメリカ東部など)20%程度の誤差を生じることが分かった。

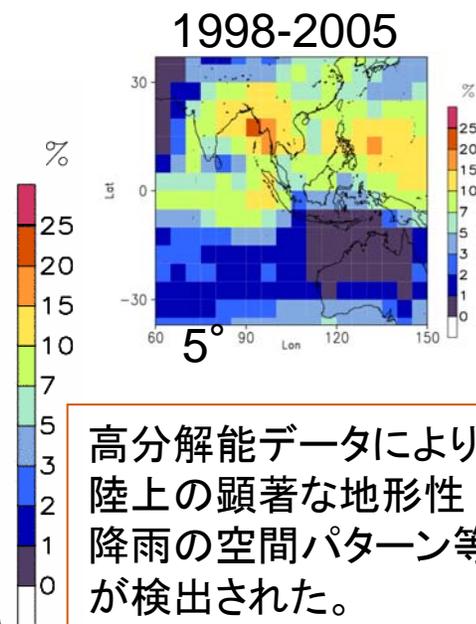
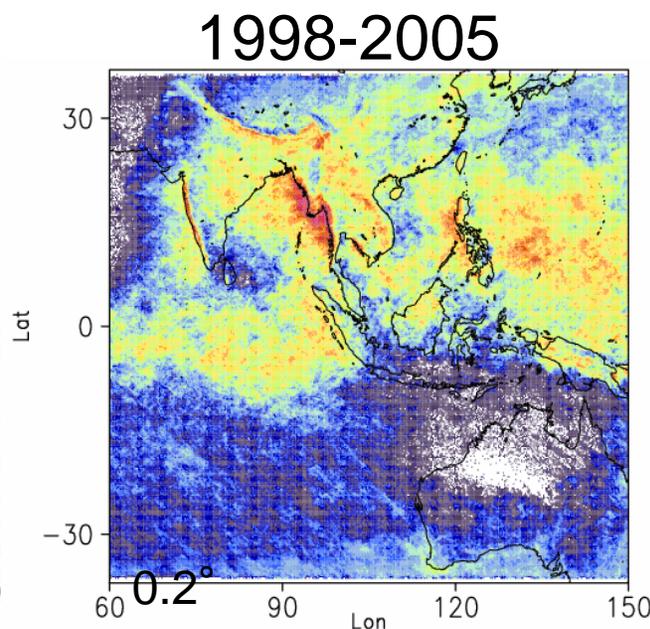
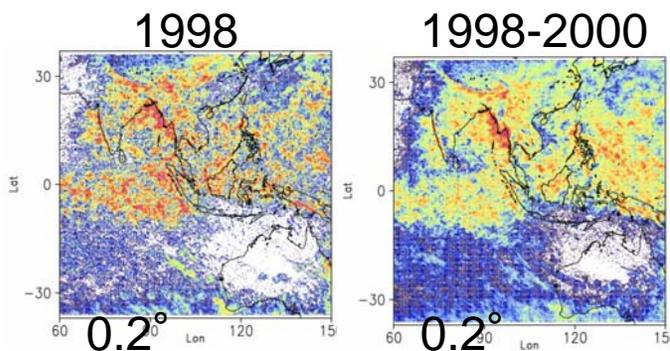
高解像度の降水格子データの作成

降水データの空間分解能

8年全期間のデータを使うと、観測頻度が最小となる地域・時刻における平均降水サンプル数(全観測サンプル数×平均降雨頻度)は、0.2度以上のとき1格子あたりのサンプル数(1回の降水システムによりもたらされる最大サンプル数)より多くなる。

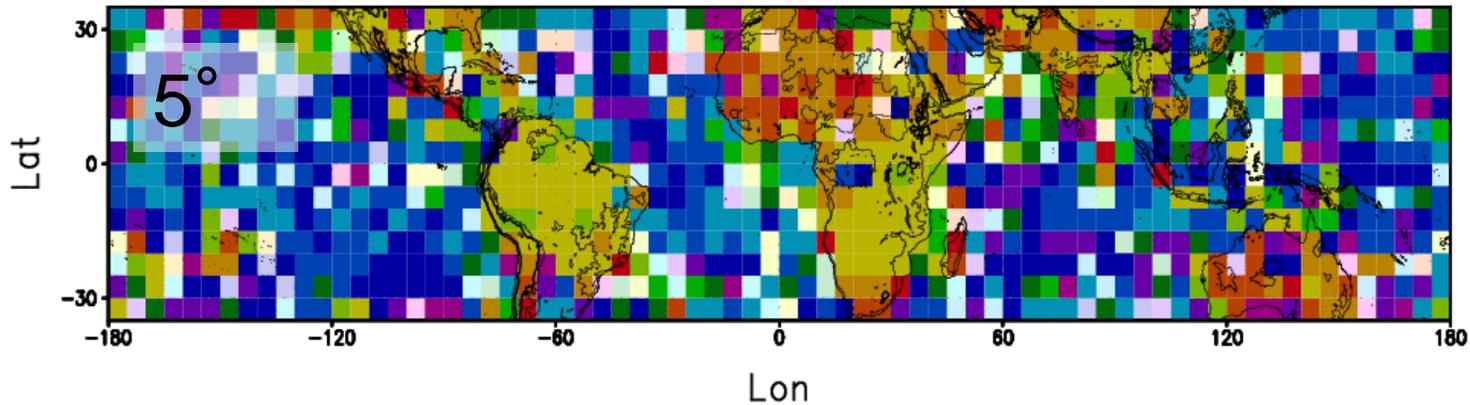
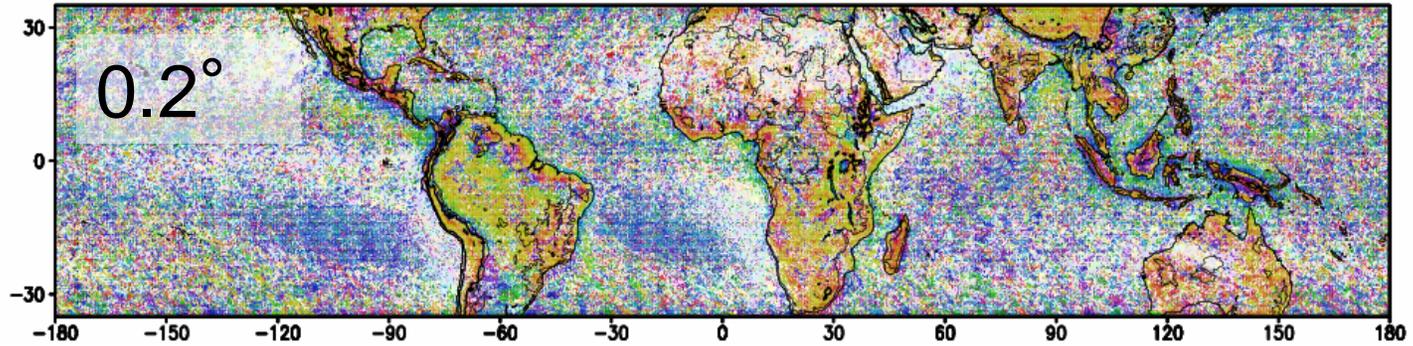
8年全期間平均すると解像度0.2度で各時刻の降水イベントが複数回得られる。

Rain frequency in August

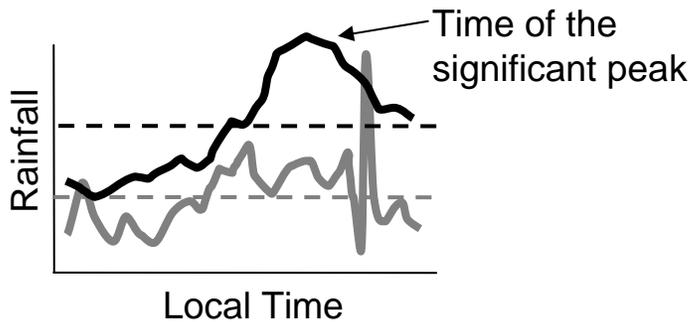
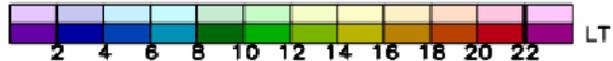


極大降雨時刻の検出

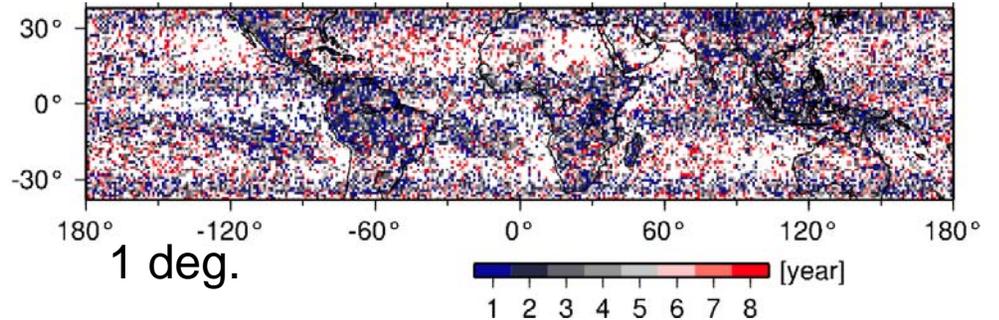
Time of maximum rainfall 1998-2005



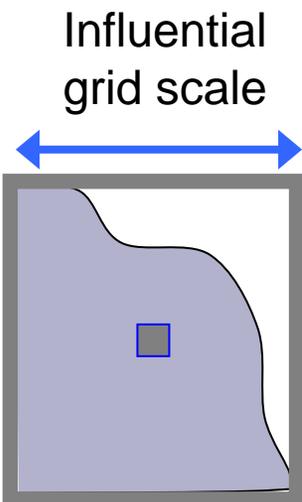
Time of the significant peak



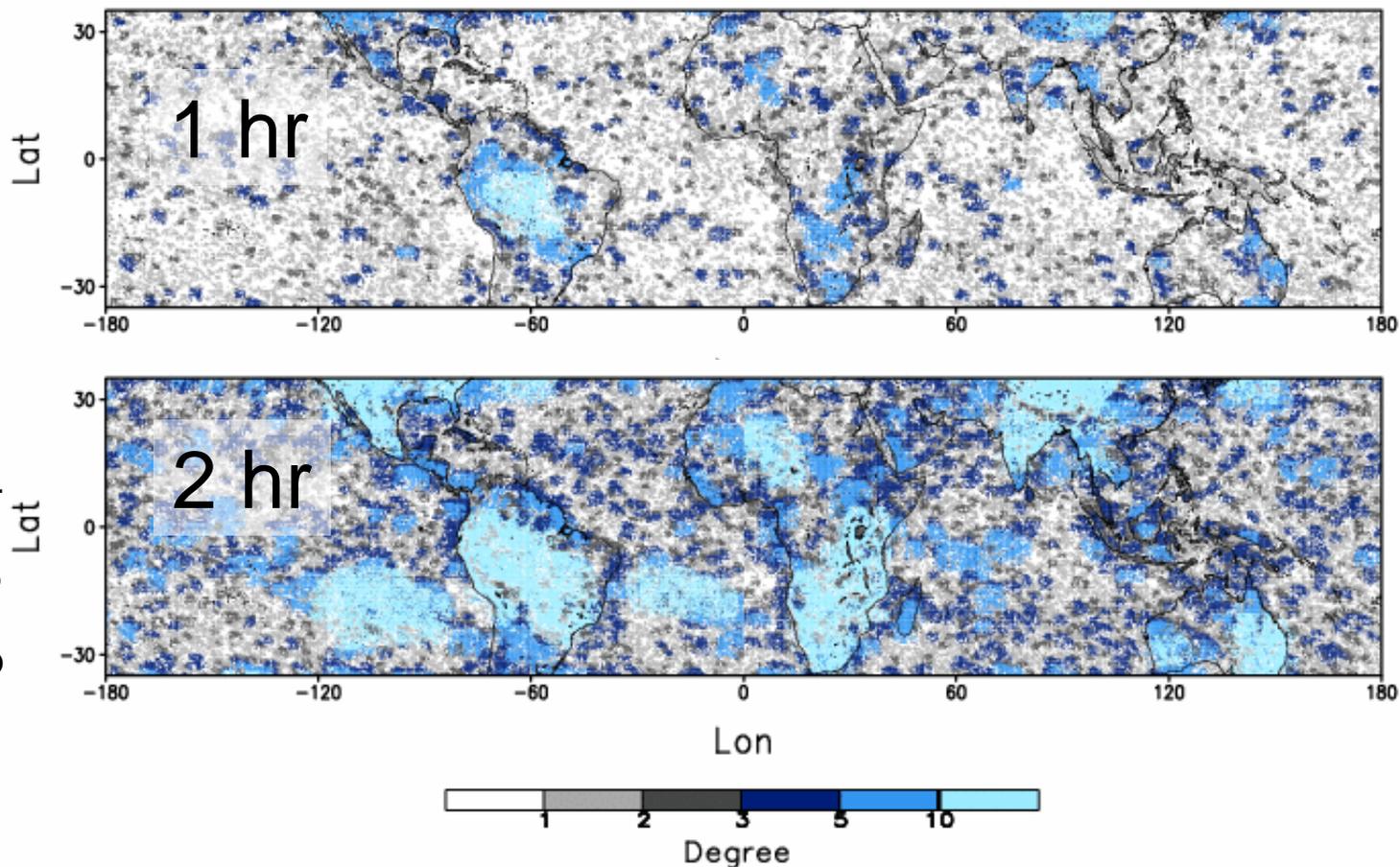
顕著な日周変化が観測されるのに要する年数



降水量極大時刻の空間一様性



半数以上の0.2度格子
の降水量極大時刻が
±1, 2時間以内である
最大のスケール。
また参照される最大の
スケール。



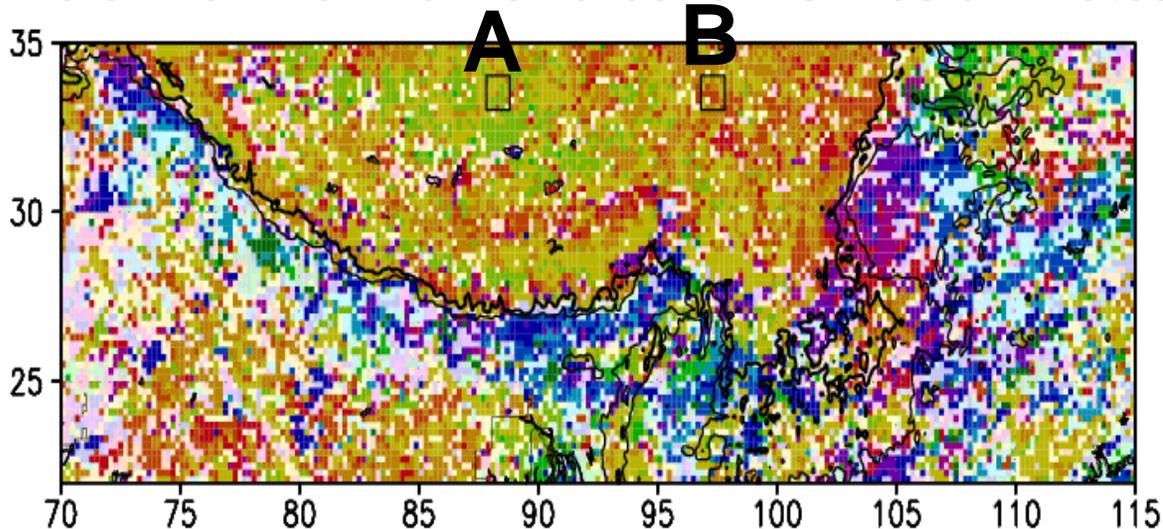
高解像度で降水日周変化がより安定して検知されるようになり、その特徴の空間分布パターンの研究の可能性が広がった。チベットや南米では広域に渡って同一の時間帯に降水量が極大となることが分かった。

降水日周変化の地域特性

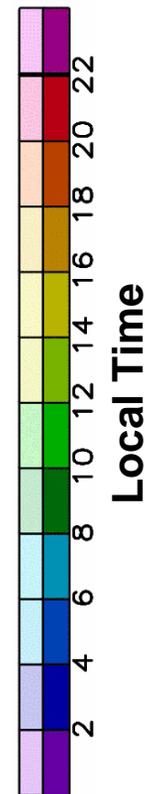
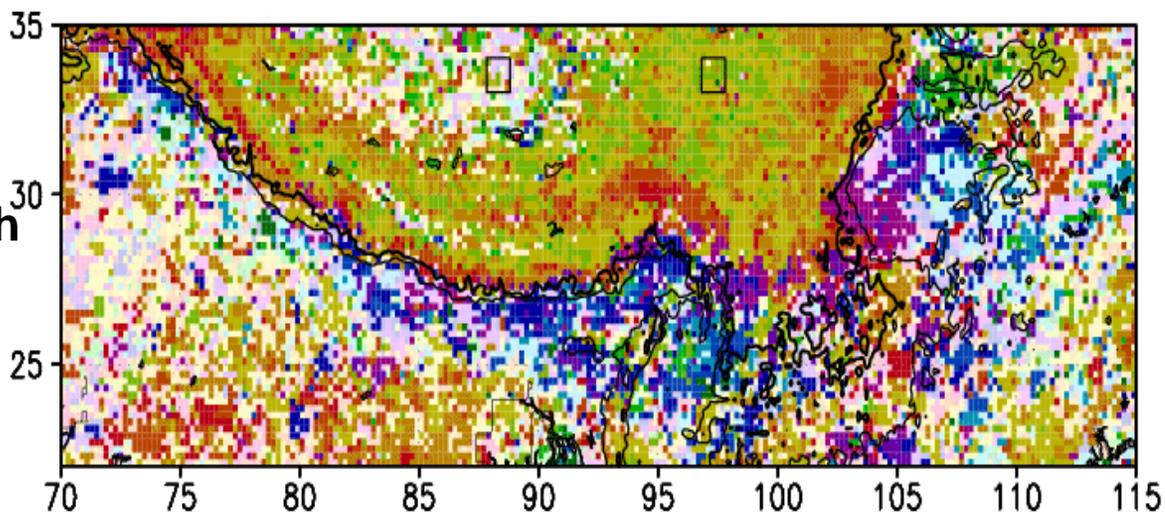
PRとTMIの日周特性の表現の違い

Time of maximum rainfall around the Tibetan Plateau

PR

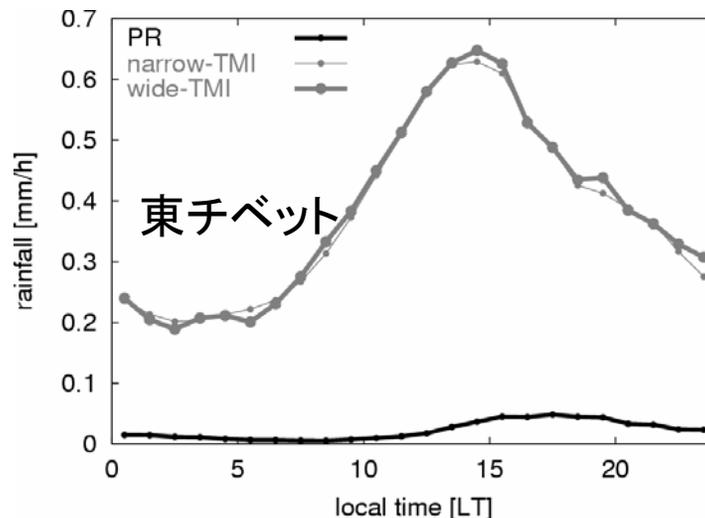
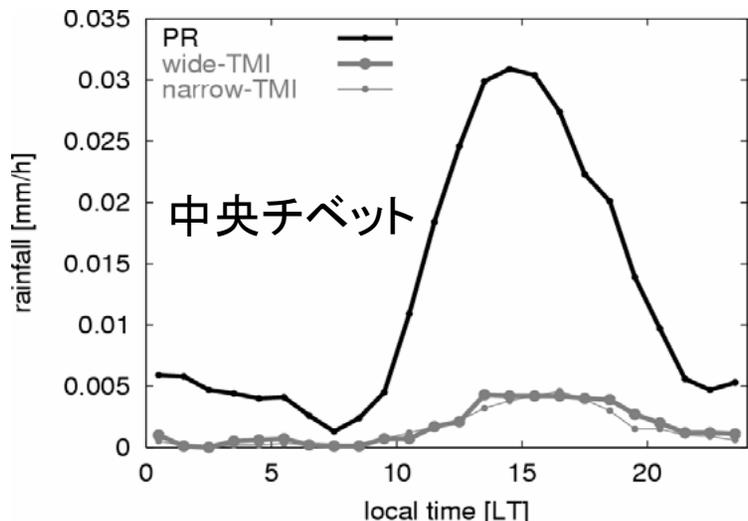


TMI
narrow swath



降水日周変化の地域特性

チベット域の降水の日周変化 (PR vs. TMI)

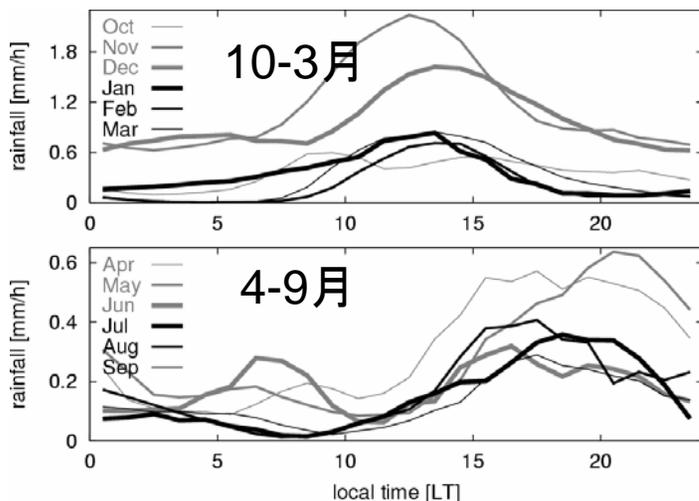


TMIの降水量および降水サンプル数が非常に少ない。TMIは早い午後の降水量が少ない。
 → TMI散乱アルゴリズムの限界

(e.g., Furuzawa and Nakamura 2005; Kim et al. 2004)

TMIの降水量および降水サンプル数が非常に多い。TMIは早い午後にピーク。
 → 太陽加熱による22GHz輝度温度の変化に関連した降雪面の誤判定の可能性

(e.g., Sato 2001; Seto et al. 2005; Ferraro et al. 1998)



TMIによる東チベットの各月の日周変化

東チベット域では冬季に異常に大きい降雨強度が推定されている。

→ Snow surfaceの分離の問題

Summarized results 1: 高時間空間解像度の降水データ作成

- ・ 中緯度で8年間積算した各時刻(△1h)の最小サンプル数は7年積算に比べて40%増加し、各時刻の降水量算出の信頼性が向上した。
- ・ サンプル数の日周変化を考慮しない従来の単純平均による月降水量算出は、地域によっては10%程度の観測誤差を与える(8月のチベットでは10%過大)。
- ・ 中緯度ではサンプル数の日周変化がもっとも大きく、例えば1ヶ月のデータを用いた場合、日本域では無観測時間帯が6時間ある。その影響は例えば午後の雨が多いアメリカなどで午後にサンプルの偏る8月には15-20%程度の過大推定となる。
- ・ 8年積算した場合、平均的な降雨を複数の降水システムによる平均として解像できる最も細かい分解能は0.2度と定義できる。
- ・ 長期データによる細かい分解能の降水分布図からは、ヒマラヤ山脈における降水量の標高依存性など明瞭な地形性降雨が抽出できる。

Summarized results 2: 日周変化の検出特性

- ・ また南大西洋などの降水の観測頻度が少ない地域(～1%)でも、各時刻の降水が複数回観測されることにより、日周変化の解析が可能となった。
- ・ 高解像度の日周変化の解析結果からは、年々、降水量ピークの検出の確度が増し、8年間で全地域の43%において顕著な日周変化が検出された。
- ・ これまで得られなかった湖(例えばビクトリア湖周辺)や山岳地域の細かい地域的特徴が示され、それらの局所性と普遍性を議論することができた。
- ・ 高解像度の降水日周変化が表現できることにより、格子データの平均区間を決める参考となる降水変動の水平一様性の評価が可能となった。
- ・ PRとTMIの降水日周特性の比較から、TMIの陸上降水推定の問題である弱い降水の見逃し、冬季の地表面識別の不確実性の具体例が示された。サンプル数が4倍である利点は大きいですが、差異が見られる地域の降水システムと観測誤差は継続的な調査が必要である。

2. 降水システム群から成る降水日周特性

背景:

様々な時空間スケールの降水気候値の精度向上(衛星レーダ気象学の発展・長期データ蓄積、地上観測のグローバル化、モデルの高解像度化)

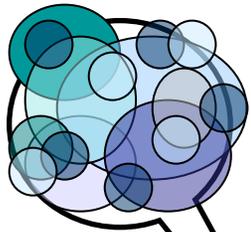
+手法・スケールの異なる降水研究分野間の横断的課題(気候⇔気象、衛星⇔地上、普遍性⇔局所性、アルゴリズム開発⇔降水モデル)

降水気候値(特に日周変化)の構成要素である降水レジーム(特定の特徴を持つ降水システム群)の構造的・物理的特徴の集合特性に関する研究

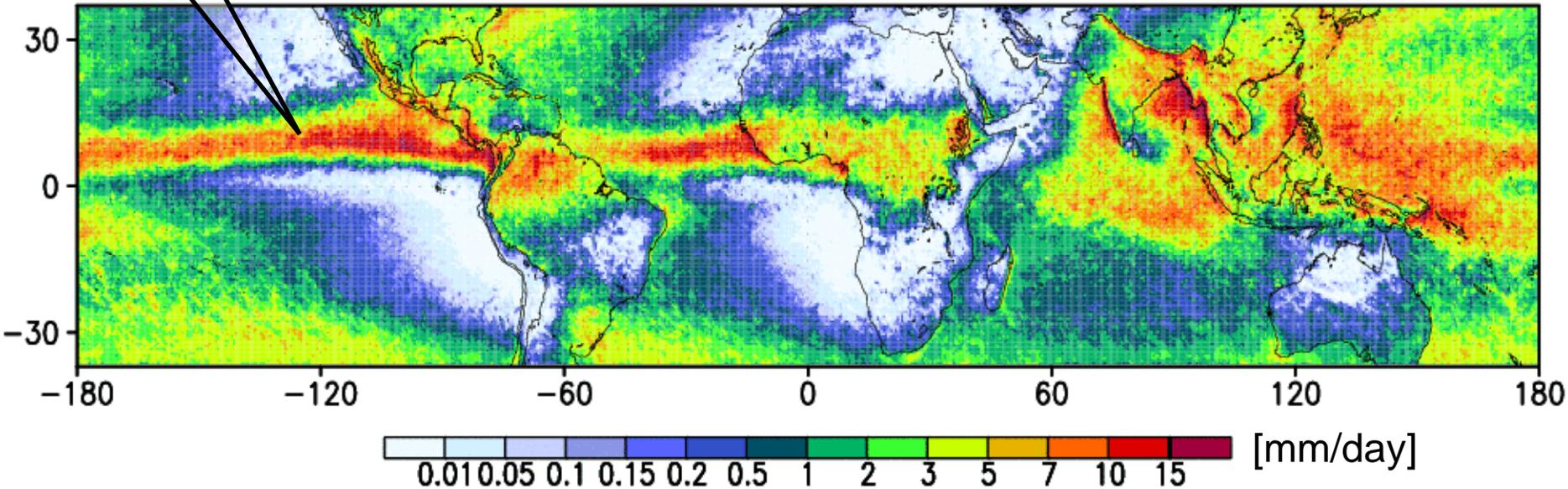
主な内容

- ・ 降水システムデータセットの作成
- ・ 降水システムごとの集合特性

→降水気候値の現象学的理解、地上観測やモデル出力との比較手法の検討



Rainfall map JJA 1998-2006



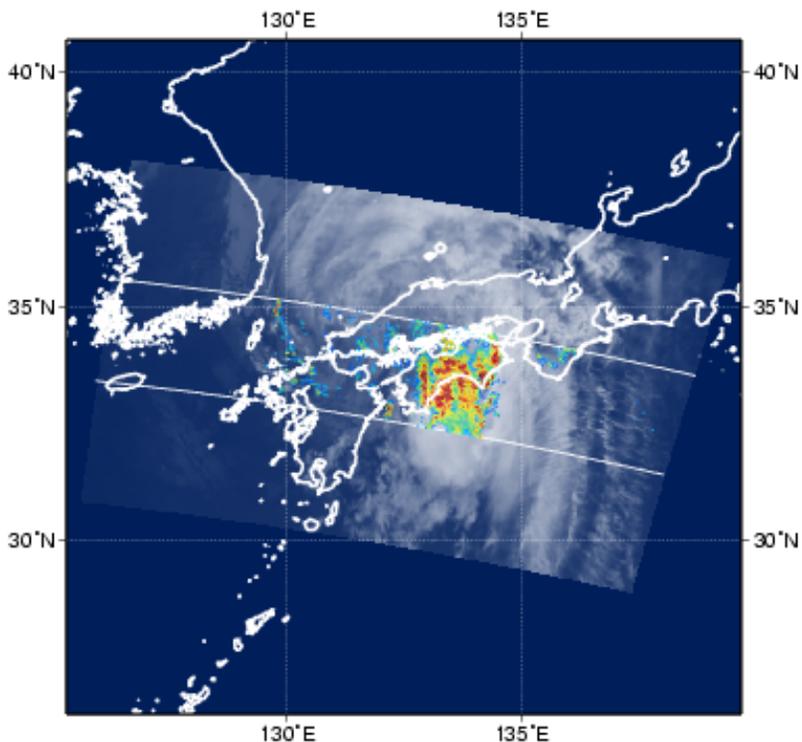
Objectives:

- 9年分のTRMM PRデータから個々の降水システムごとのデータセットを作成、これをグリッド化した有用な降水データセットの提供
- 全降水量極大時刻に卓越する降水システムの群特性の理解、(降水システムタイプの特定)

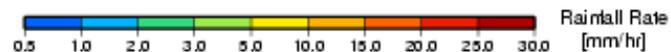
降水システムデータセットの作成

降水システム(PS)の検出

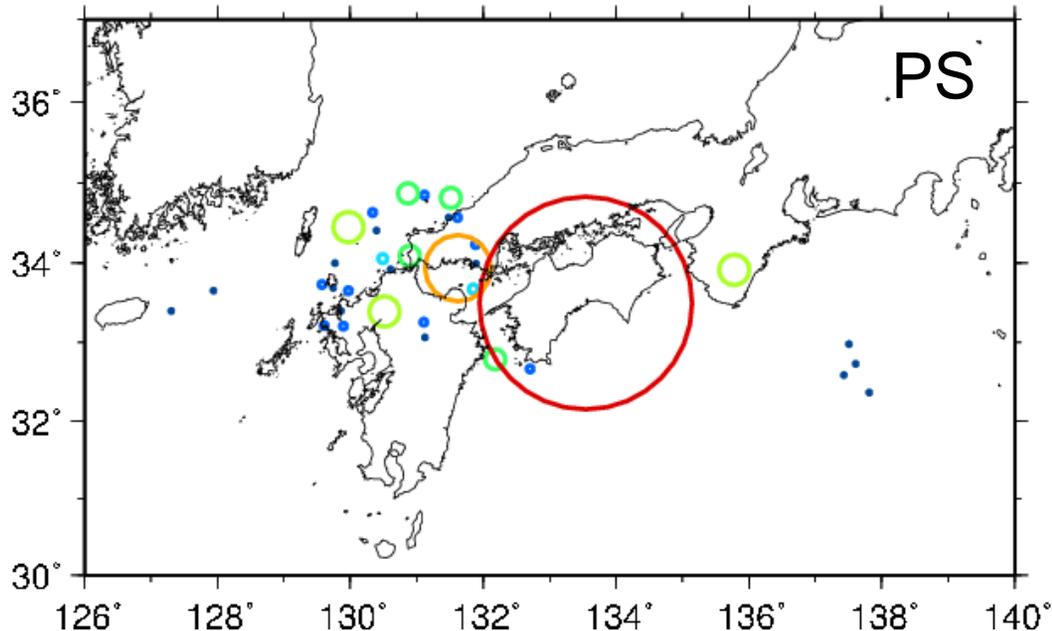
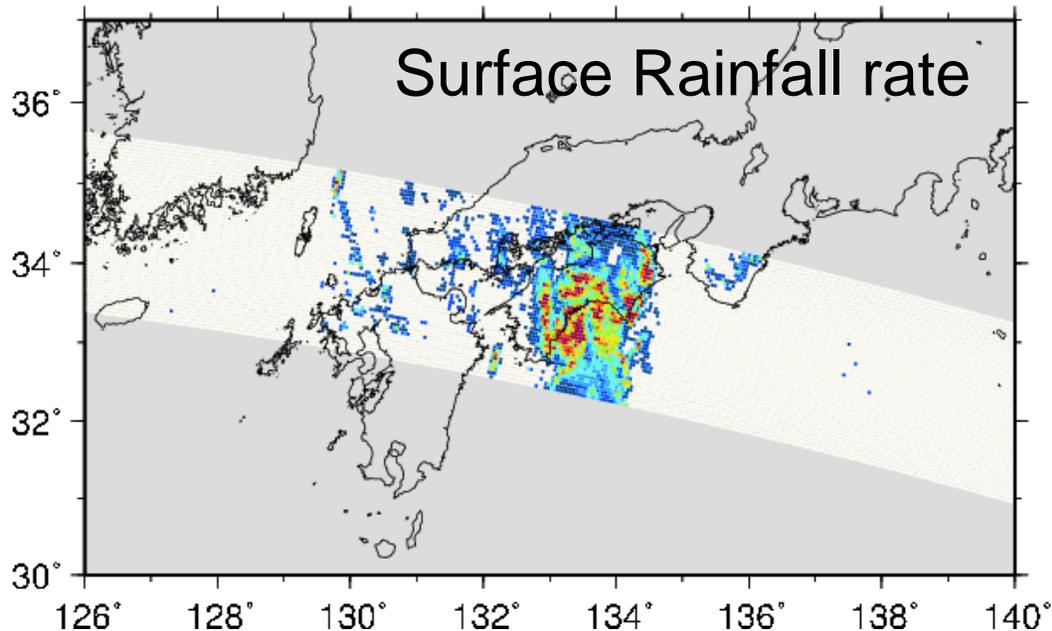
2004年台風10号



NAMTHEUN (13W) T0410 Rainfall Rate by TRMM/PR
2004-07-31 17:52 (UTC) Orbit Number 38245
2A25.040731.38245.6.13W.NAMTHEUN.HDF (Ver.6)



Cloud Image : VIRS (IR)



Parameters of PS

182th PS in orbit 38245_Asia

Location: 133.54E, 33.50N

Date and time: August 1, 2004, 2:47LT

Elevation: 102 m

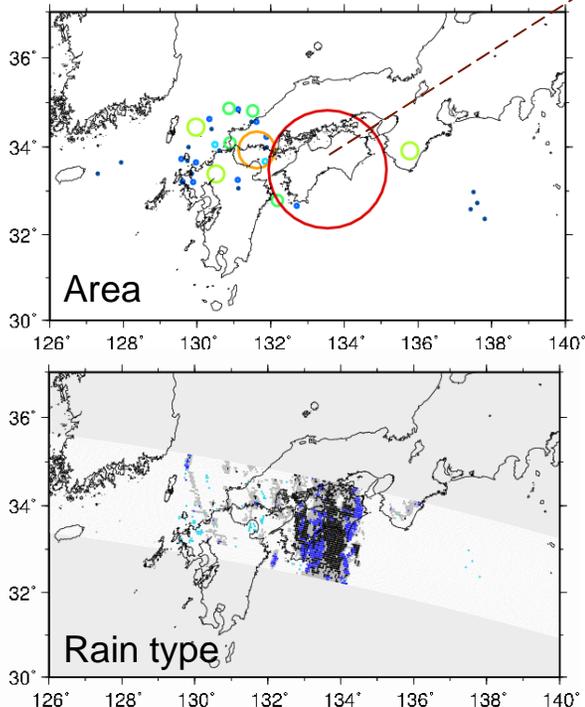
Freezing level: 5087 m

Flag: ocean type, truncated by the swath edge

Area: Total 37494 km², **C₁**78 km² (**0.2 %**), **C₂**8232 km² (**22 %**), **S₁**15876 km² (**42 %**), **S₂**13308 km² (**35 %**)

Total volumetric rain: **C₁**118 mm h⁻¹ km² (**0.0 %**), **C₂**185580 mm h⁻¹ km² (**54 %**), **S₁**121038 mm h⁻¹ km² (**35 %**), **S₂**34458 mm h⁻¹ km² (**10 %**)

Max. storm height: **C₁**3.7 km, **C₂**14.0 km, **S₁**12.0 km, **S₂**12.5 km



Rain type:

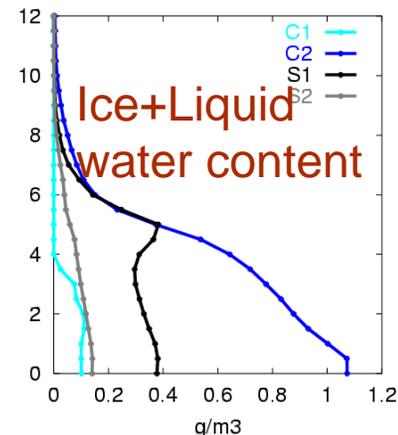
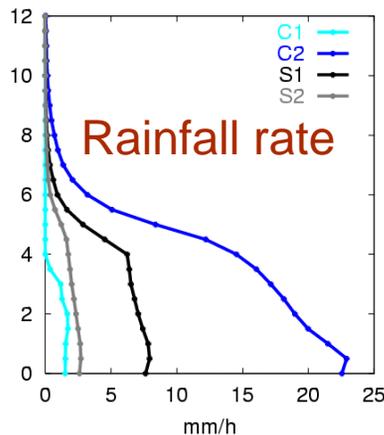
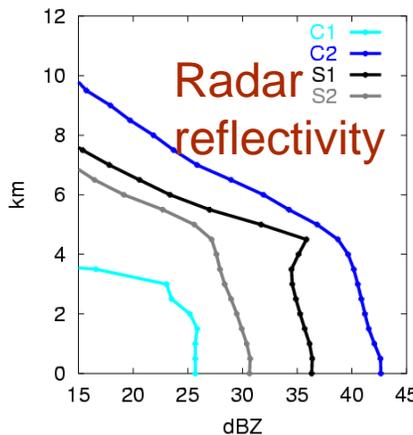
C₁: Shallow and isolated convection

C₂: Deep convection

S₁: Stratiform rain w/ BB

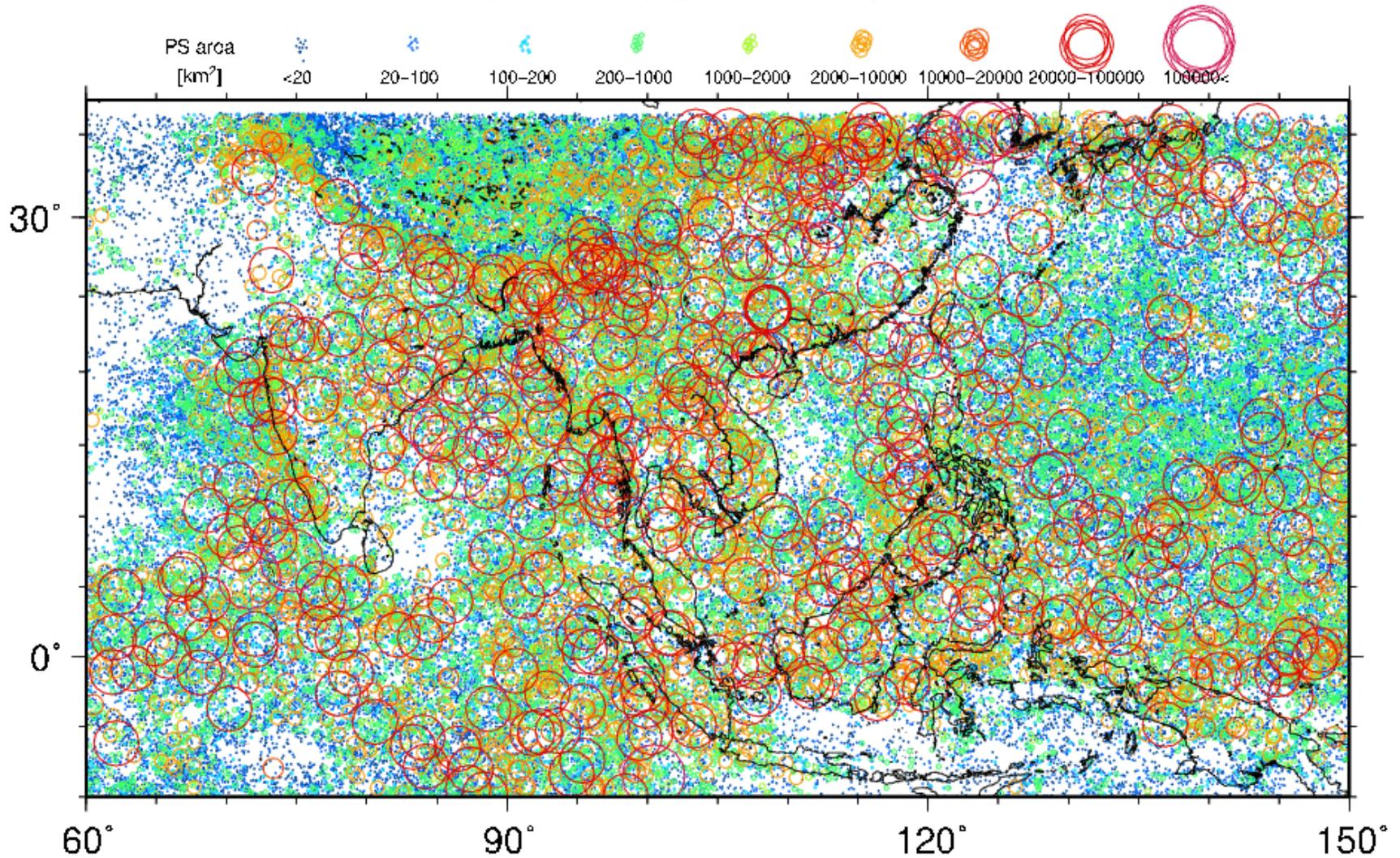
S₂: Stratiform rain w/o BB

Averaged profiles for each rain type



降水システムデータセットの作成

2004年7月に観測された降水システム



全球9年間の観測→約6000万の降水システムデータベース

List of products

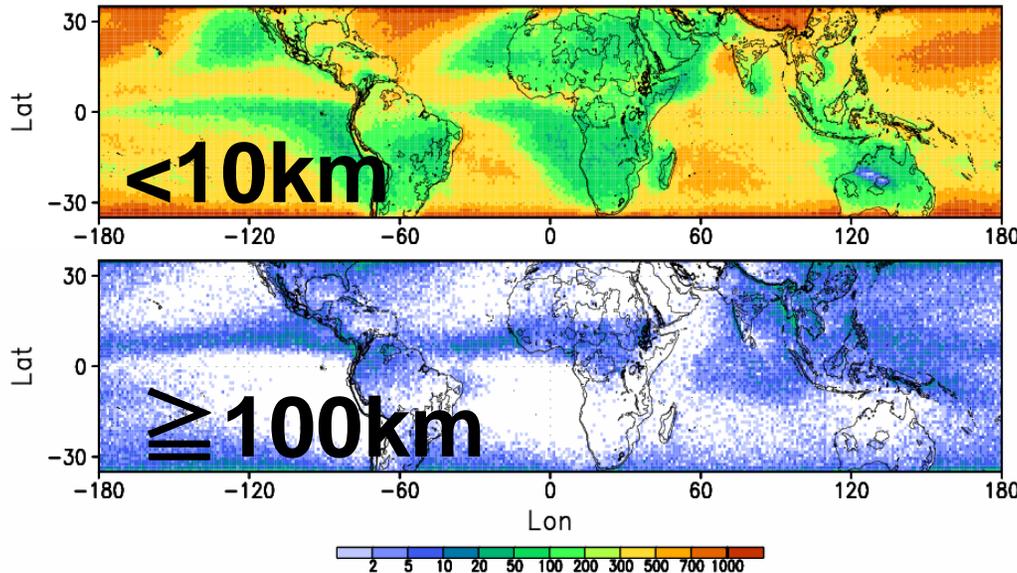
A. Hourly Surface Rain Dataset

1. Monthly and hourly gridded (0.1-deg.) data for stratiform/convective rain.
Dataset is divided into east and west of Greenwich meridian.
Size: 611 MB x E/W x 108 months = 132 GB
2. Nine-year averaged monthly and hourly gridded (0.5-deg.) all rain data over the globe.
Size: 30 MB x 12 months = 360 MB

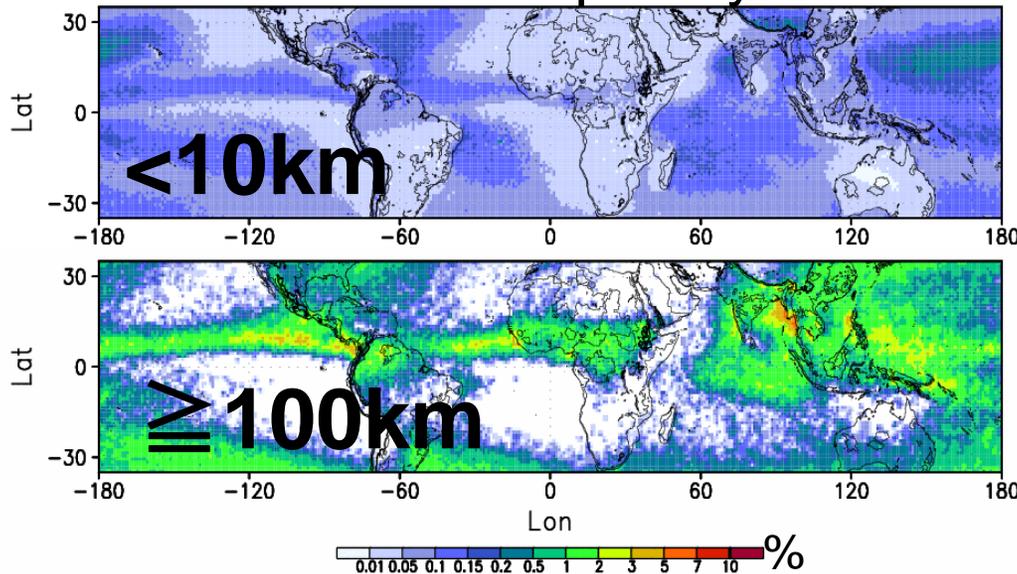
B. Precipitation System Dataset

1. Orbital data of the PS parameters. Dataset is divided into 4 areas (Asia, Pacific, America, Africa).
Size: about 52000 orbit for 9 years x 4 areas = 86 GB
2. Nine-year averaged monthly and 2-hourly gridded (1-deg.) data of PS parameters derived from B-1 dataset. <Local time, Flag (swath edge, scan edge, land/ocean), Rain area (4 Types (T): SC, DC, SS, DS), Total Rainfall (T), Location, Elevation, Freezing level, Max storm height (T), Rain profile (T, 500m int., 0-15 km), IWC (T), LWC (T) >
Size: 920 MB x 12 month = 11 GB

Number of PSs



Occurrence frequency of PSs



JJA 1998–2006, 1deg.

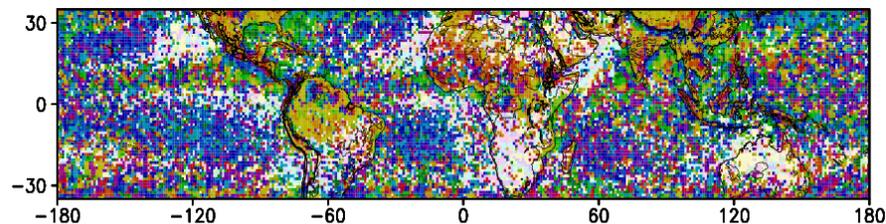
- ・ チベットでは小規模な降水システムの出現頻度が高い。
- ・ 海洋上の小規模な降水システムは中緯度、亜熱帯高圧帯、山岳による効果を受けるモンスーン域に多い。
- ・ 大規模な降水システムは降水量の多い地域とよく対応している。
- ・ ベンガル湾東岸では大規模な降水システムによる降水頻度が7%を越す。
- ・ 大規模な降水システムの発生数は少ないが全降水量に対するインパクトは強い。

降水システムごとの集合特性

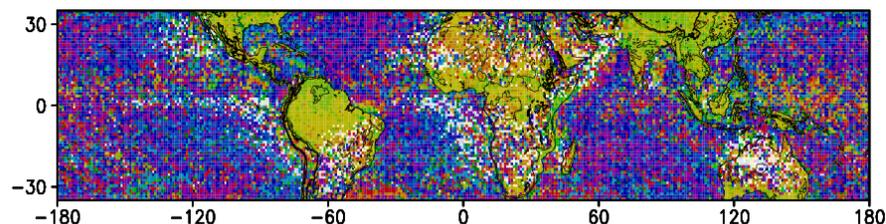
Time of maximum hourly rainfall by scale-based PSs

JJA1998-2006,
 $\Delta x=1\text{deg.}$, $\Delta t=2\text{h}$

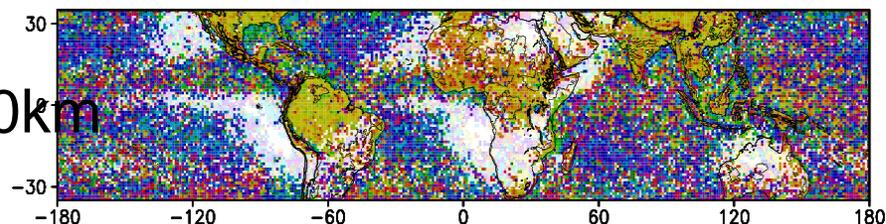
All



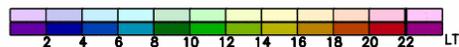
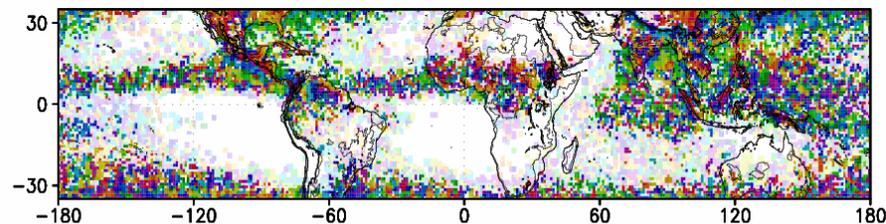
$H < 10\text{km}$



$10 \leq H < 100\text{km}$



$100\text{km} \leq H$



- 小規模な降水システムは海陸で対照的な日周変化を示している。

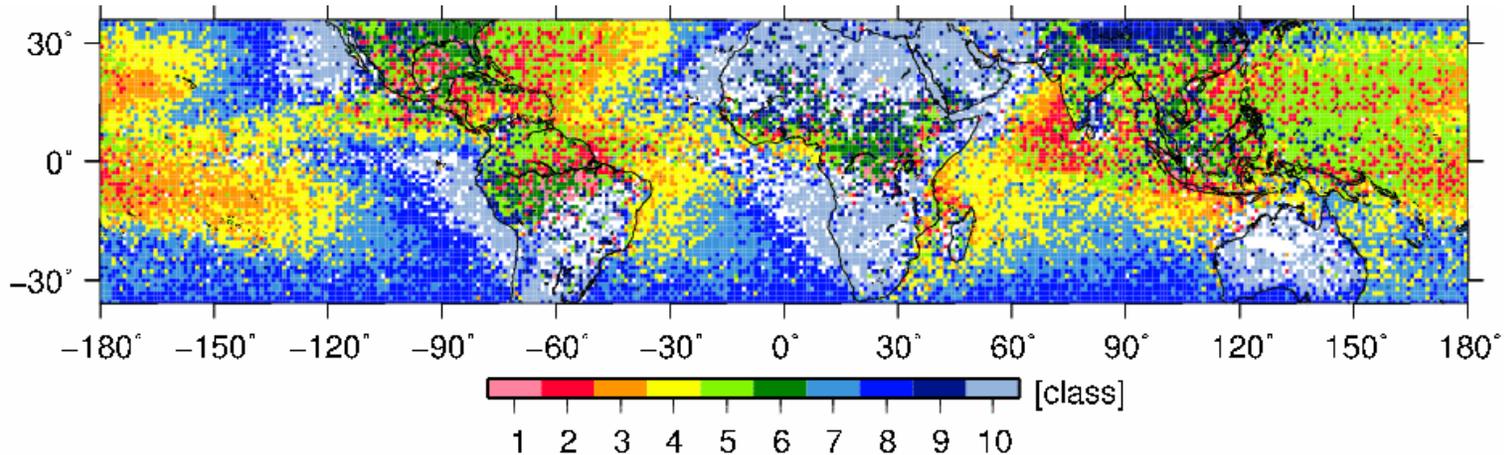
- 同じ小規模でも地域により数時間の違いがある。

- 陸の大部分では規模が大きくなると発達に要する数時間分ずれる。

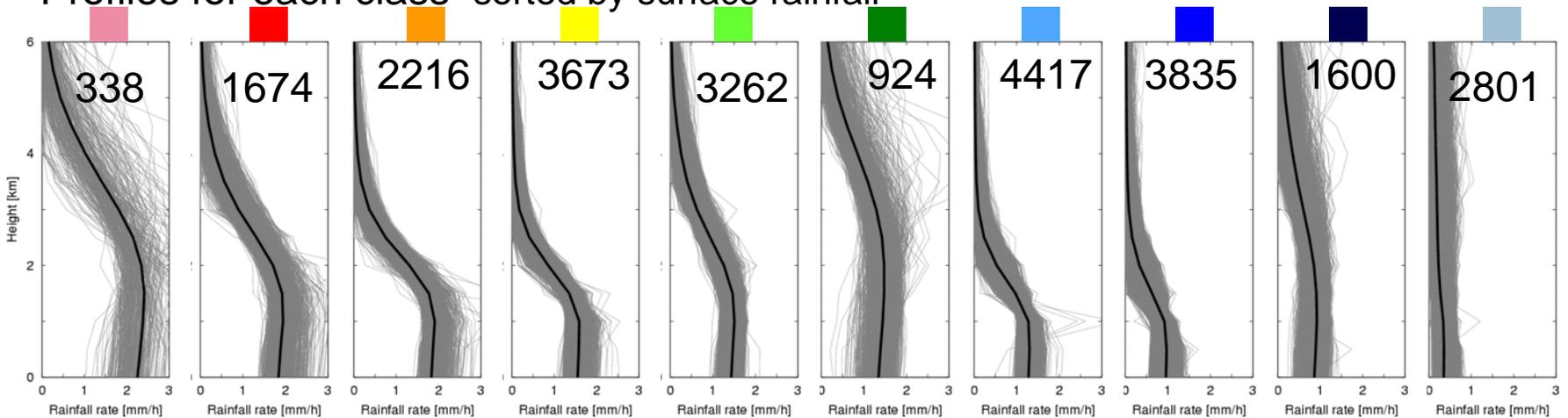
- 大規模なメソ対流システムは地形の影響を強く受けて分布しており、各地域の卓越降水パターンをもたらす。

降水システムごとの集合特性

Rainfall-rate profile patterns of cumulus-scale PSs in the time of maximum rainfall clustered into 10 classes



Profiles for each class sorted by surface rainfall



- ・ 陸上： チベットでは高く弱い。アマゾン流域では高く強い。アメリカ東部や中央アフリカも高い。少雨域では非常に弱い。
- ・ 海上： 陸より低い。冬季中緯度では浅く弱い。少雨域では陸上と同様で非常に弱い。

Summarized results

- ・ 9年分の降水システムデータベースV.1の作成が完了。Total 230 GB
- ・ 水平規模別に分類された降水システムによる降水量や鉛直分布の調査から、極大降水量をもたらす時刻の降水システム群の地域差異が示された。
- ・ 例えば、積雲スケールの降水システムは陸ではほぼ一様に早い午後に極大値を示していたが、サハラ域などの乾燥地域では夕方にピークが見られた。
- ・ また同程度の水平規模を持ち、同時刻の極大値を示す降水システムでも鉛直分布には顕著な地域差があることが確かめられた。

Next challenge

- ・ 空間構造の組み合わせや日周変化の地域差に着目した降水システムタイプの特定、またその降水レジームの集合特性による日周変化の表現
- ・ どのような降水システムがどれくらい観測されて各季節の積算降水量が算出されているか。→低軌道衛星による複数年観測データの時空間解像度の理解

Challenge for the future



- ・ 環境変数を用いた生成過程、卓越する対流メカニズムの調査
- ・ 環境変数を用いた降水レジームの分離、コンポジット解析
(降水現象の多様性に関する理解の深化)
- ・ 複数センサを用いた複眼的な雲降水システムのタイプ分類
(雲降水システムとしての全体像の理解)
- ・ 降水システムタイプごとの複数センサ間のデータ特性の比較
- ・ 地上観測やモデル出力などの降水データとのマッチアップ解析
(各種降水推定手法の精度向上、モデルやセンサー間の効果的な検証手法の検討、衛星観測の実利用意義の具体化,、etc.)