

CMIP3マルチモデルにおける 熱帯大気大循環に関わる降雨・上層雲の再現性

市川 裕樹 (名古屋大学環境学研究科)
増永 浩彦 (名古屋大学地球水循環研究センター)
神沢 博 (名古屋大学環境学研究科)

はじめに

- 熱帯(・亜熱帯)域における活発な対流活動とそれに伴う雲・降水は、地球水循環および放射収支に大きく影響しており、その気候モデルにおける再現性評価は非常に重要である
- 過去の研究(Dai 2006やSu et al. 2006 など)において、気候モデルにおける雲・降水の全般的な再現性評価がすでになされており、再現性の良い部分と悪い部分が指摘されている
 - >モデルは大まかな空間分布をうまく再現している
 - >海面水温上昇に伴い対流性降雨が過度に増える
 - >海面水温上昇に伴う雲氷量の変動が小さい など

目的

大気循環場とあわせて**降水**・雲(対流活動に伴う**上層雲**)場の関連を調べる。

- ・大規模上昇流域周辺での降雨・上層雲の広がり
- ・大規模上昇流域・下降流域での降雨・上層雲の関係性

それぞれについて、観測データをもとにした実態解明を行うとともに、その気候モデル再現性を調べる

<使用データ>・・・1984-1999までの月平均値

観測データ

GPCP (降雨量)
ISCCP (上層雲)
ERA40 (U,V ⇒ 200hPaでの発散を計算)
Reynolds SST

対流圏の大規模上昇流域の指標

モデルデータ[20世紀再現実験データ] (鉛直方向の雲量データをもつ19モデル)

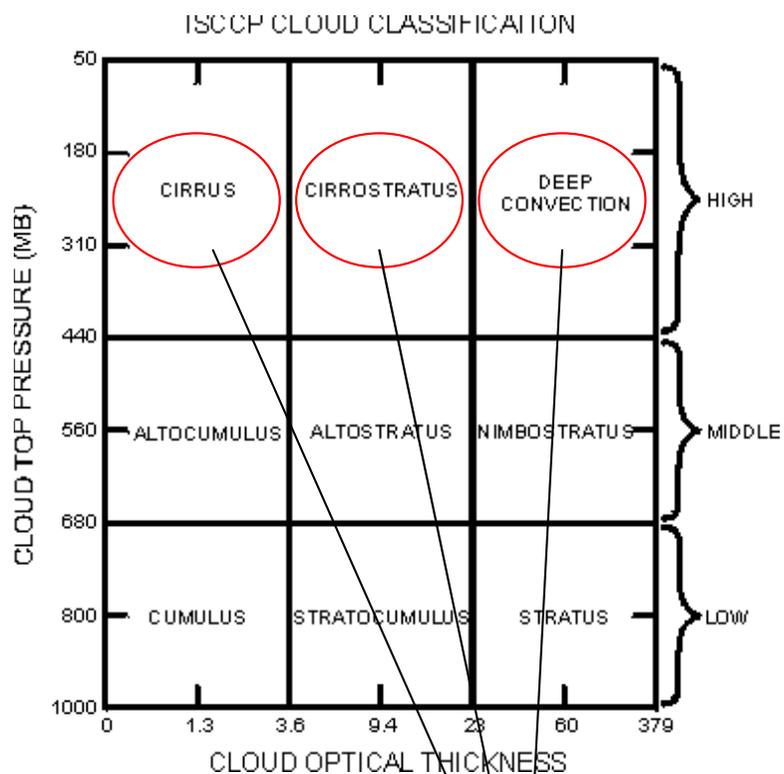
- BCCR-BCM2.0
- CCCMA-CGCM3.1(T47)
- CCCMA-CGCM3.1(T63)
- CSIRO-MK3.5
- GFDL-CM2.0
- GFDL-CM2.1
- GISS-EH
- GISS-ER
- IAP-FGOALS-g1.0
- INM-CM3.0
- INGV-ECHAM4
- IPSL-CM4
- MIROC3.2(hires)
- MIROC3.2(medres)
- MPI-ECHAM5
- MRI-CGCM2.3.2a
- NCAR-CCSM3
- NCAR-PCM1
- UKMO-HadCM3

観測データを取り込んで計算された客観解析データを観測に近い
大気循環場データとして使用する。
ERA40の降雨量を使用して解析を行い、モデルとの比較をした場合、
もしも結果が似ていたとすると、それはERA40とモデルのパラメタリゼ
ーションが似ているから??という結果になってしまう可能性がある。

<上層雲について>

観測データ

ISCCP cloud classification (Rossow and Schiffer 1999)

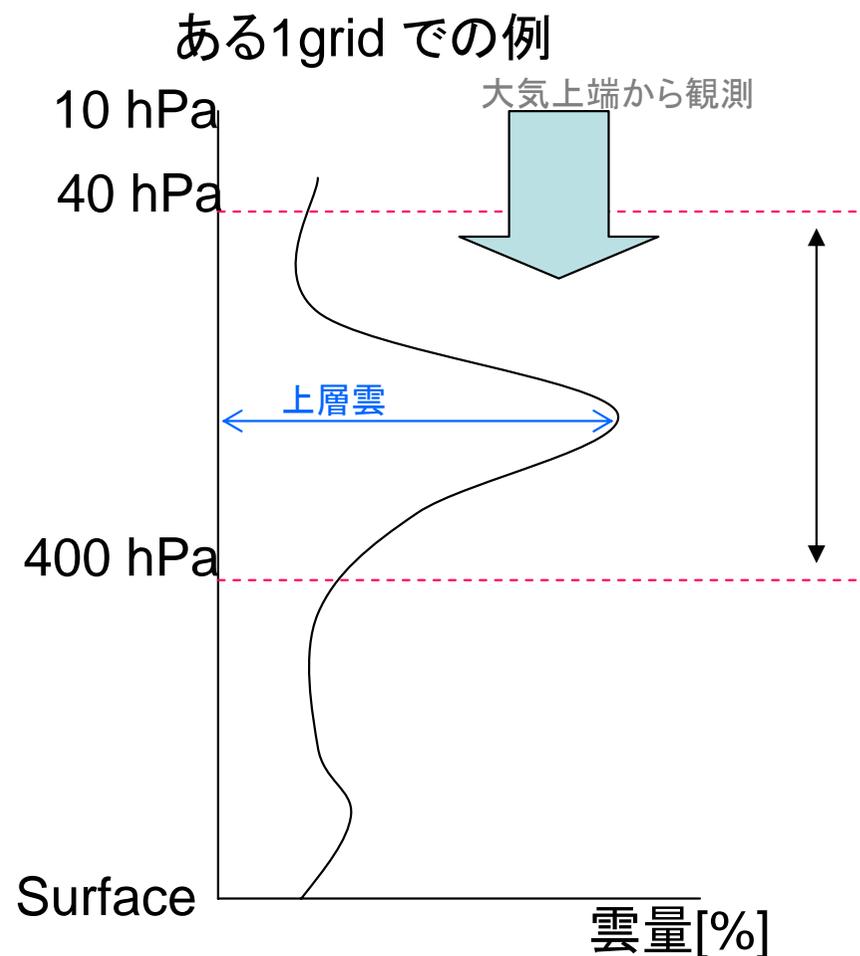


3種を足し併せた上層雲(HLC)を
主に用いる

~モデルデータにおけるHLCの抽出~

モデルでは高度別の雲量が算出されている
(雲型分類なし)

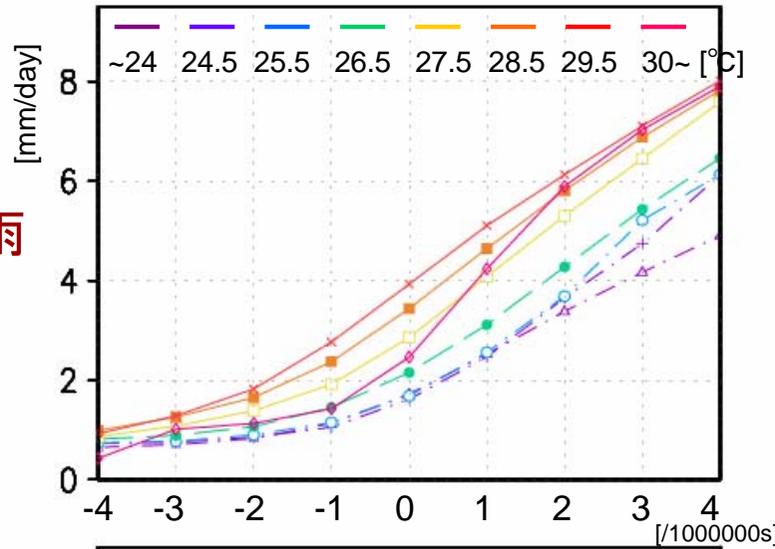
Maximum overlap assumption (Wear 2004)
「440hPa and 50 hPa (ISCCPと同高度)内で
最大雲量をもつ高度の雲量を上層雲とする」



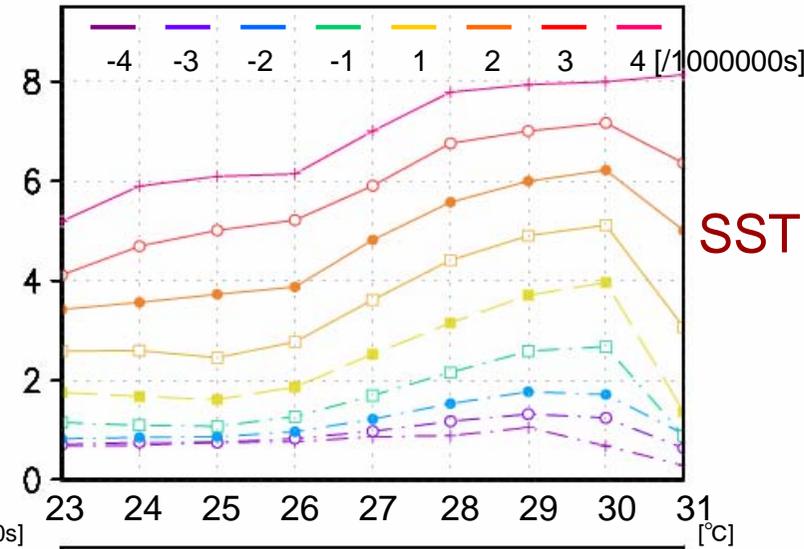
ISCCP とほぼ同定義の(大気上端からみた)
雲量をえられる!!

熱帯海洋上(30S-30N)における 降雨・HLC の 上層発散・SSTとの関係性(観測データ)

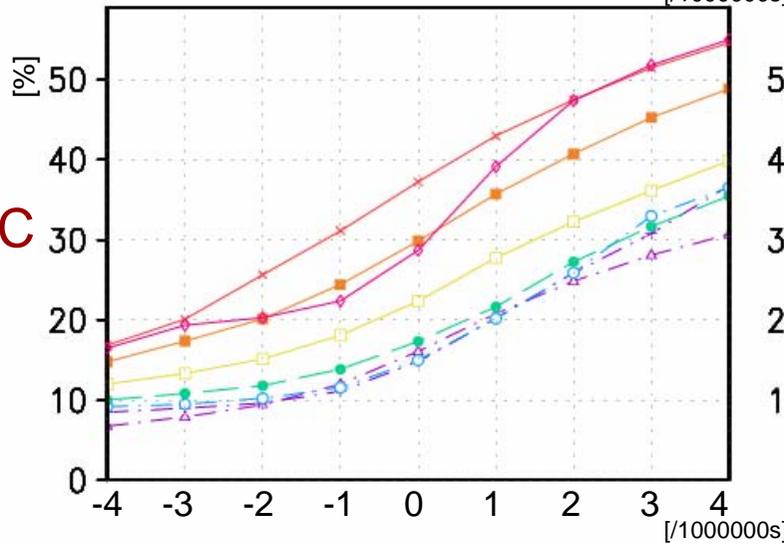
発散 vs 降雨



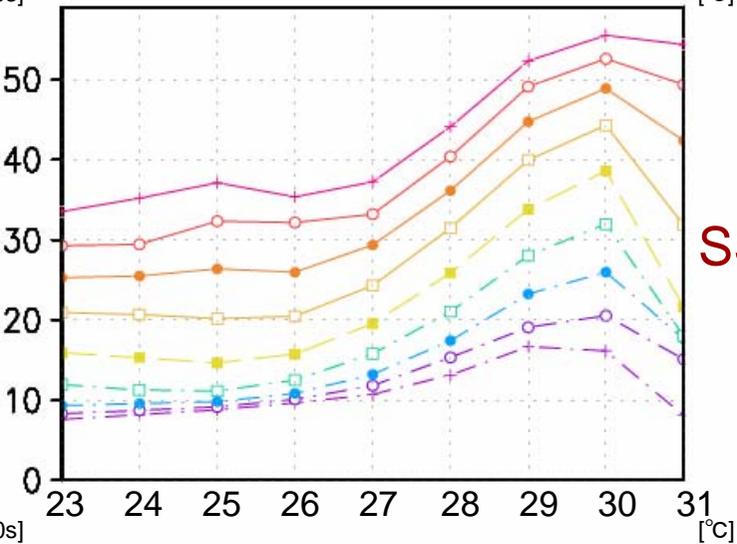
SST vs 降雨



発散 vs HLC



SST vs HLC



・27-28°Cを境にSST増加に伴い降雨量・HLCは急激に増加(弱発散域や収束域でも降雨・HLCは増加)

・降雨・HLCは大規模大気循環に伴う発散場の増幅に伴いほぼ線形的に増加(特に高SST域)

➡大規模力学場としての大気上層発散場に着目し、

発散場中心とその周辺の水平位置において降雨・上層雲がどのように分布しているかを調べ、その気候モデル再現性を明らかにしていく。

まずは大規模力学場としての大気上層発散場に着目する!!

<コンポジット解析>

降水・上層雲・循環場の関係をより詳しく見るために、、、

上層発散の中心点を基準に降雨・上層雲のコンポジットをとり、その広がりを見る

解析手順

- ・各月平均データを用いて200hPa発散場の中心を探す
- ・その中心を基準にして、各要素(降雨量・上層雲・OLR)をコンポジット
- ・コンポジットに際しては、偏差データを使う
(各月平均データ - 各月の17年(1984-1999)平均値)

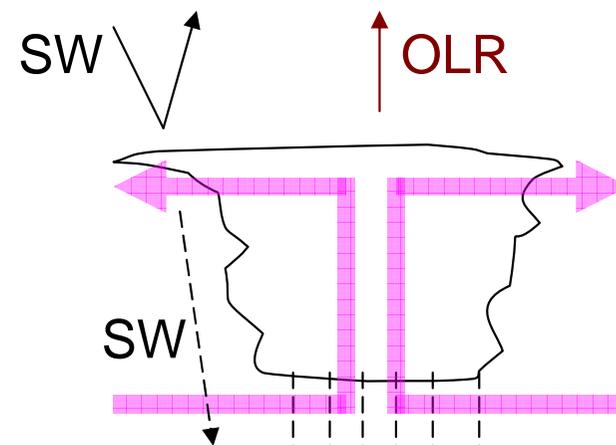
対流活動の指標・放射収支に重要

☆今回は、特に太平洋に着目してこの解析を行った

解析の目的

大規模大気循環に伴う対流活動により降雨・上層雲がどのように広がるか、(また放射収支にどのように影響しているか)を考えたい！！

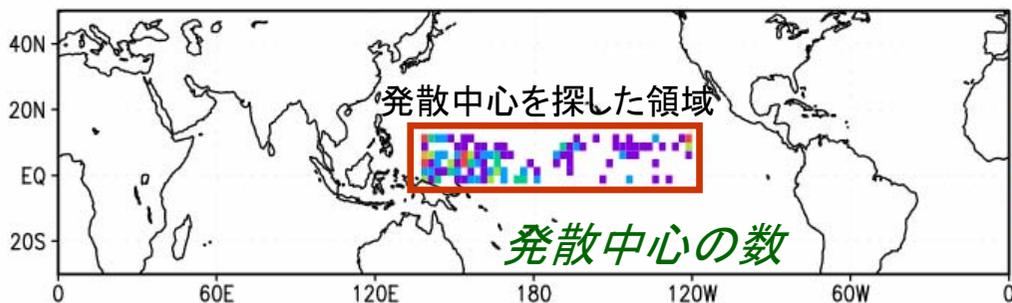
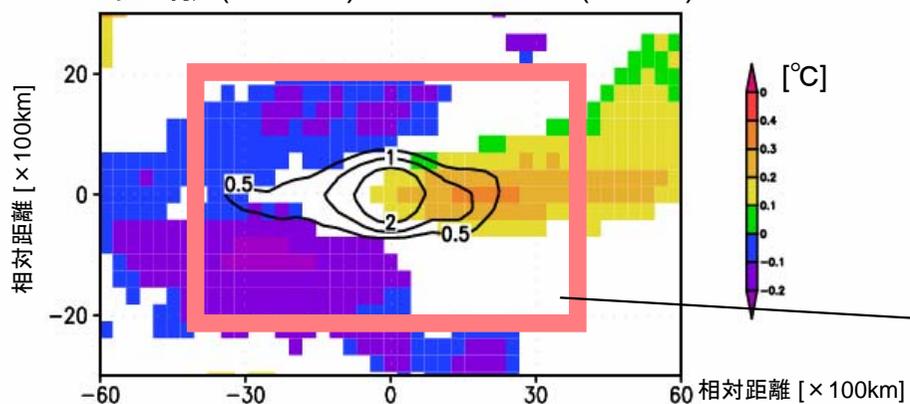
データの制約上、月平均値を使うが、MJO(30-60日)に伴う対流なども捕らえられるはず



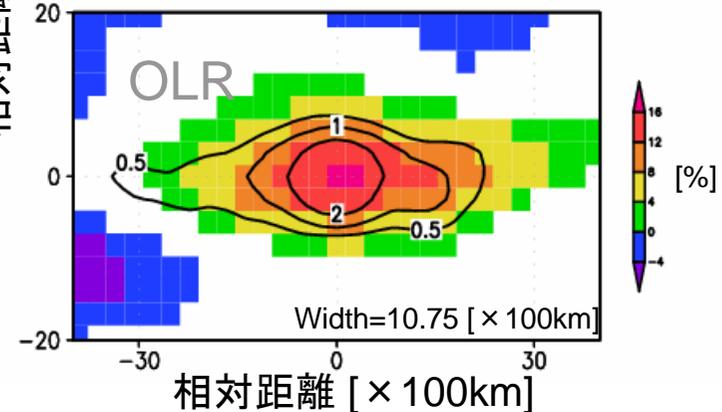
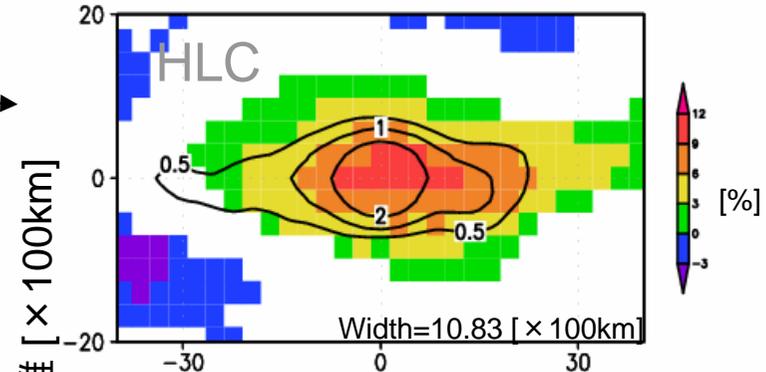
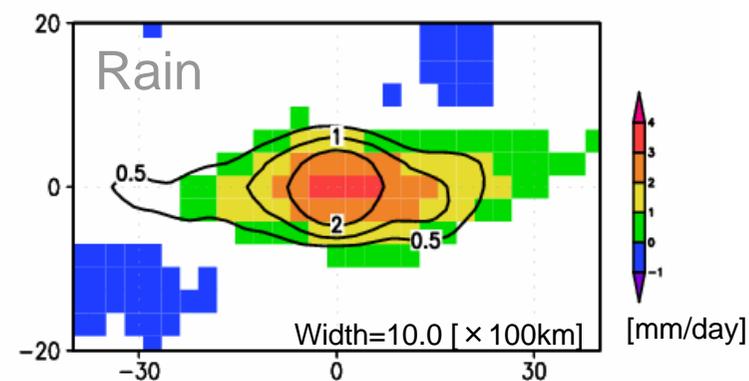
<コンポジット結果>

95% significance

発散(contour) and SST(shade)



- ・発散中心で発散偏差は最大となる
- ・SSTは発散東部で高くなる (理由は現在考察中)
- ・各要素は発散中心東部にやや広がる(SSTに関連?)
- ・広がり度は降雨 << OLR < HLC



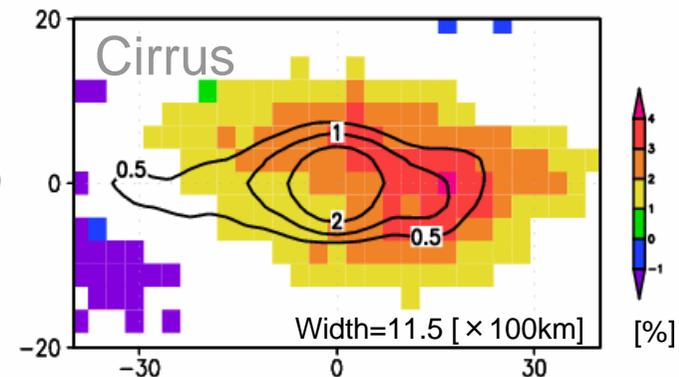
HLCと降雨の広がり度の違いは巻雲による!!

巻雲は発散中心東部に多く、広がり度も大きい

(上層雲の中で、深い対流雲・巻層雲の分布・広がり度は降雨に類似)

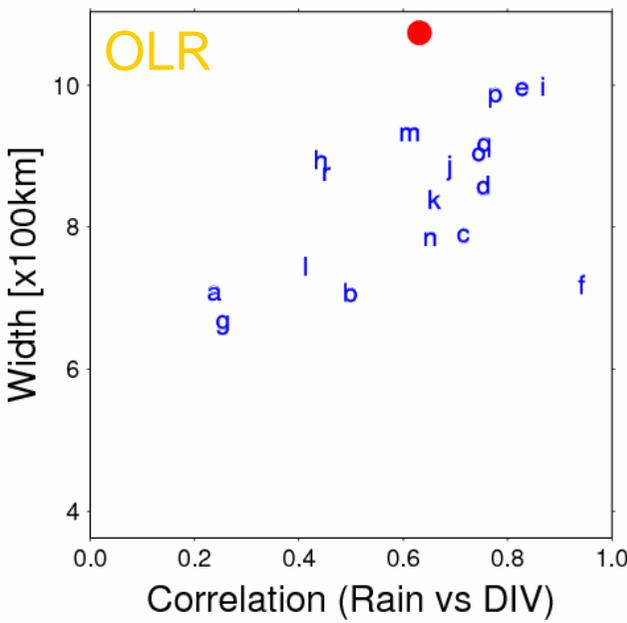
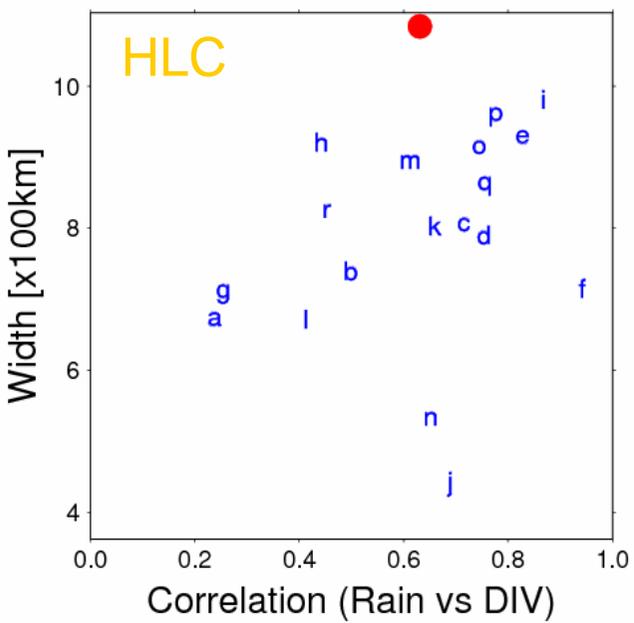
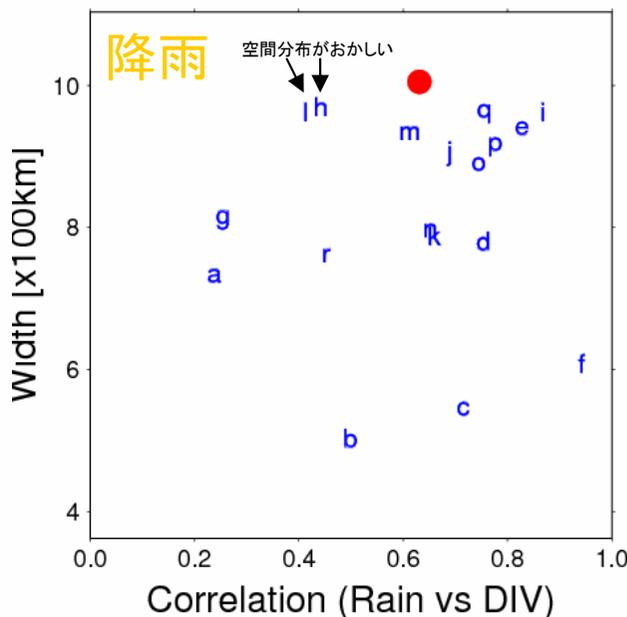
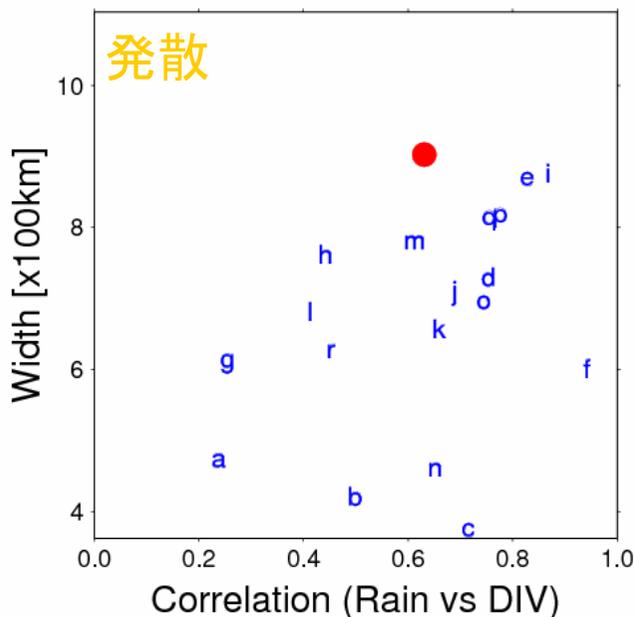
巻雲が東部で多くなる理由

- ・太平洋上の平均西風による移流
- ・SST増加に伴う水蒸気量増加→巻雲が長く存続



発散中心での各要素の広がり度のモデル再現性

横軸・・・発散中心での降雨と発散の相関
 降雨 = 大気中の非断熱加熱と関連した物理量
 ↓ ↓
 相関大 = 上層発散と潜熱放出が強く結びついている



モデルでは

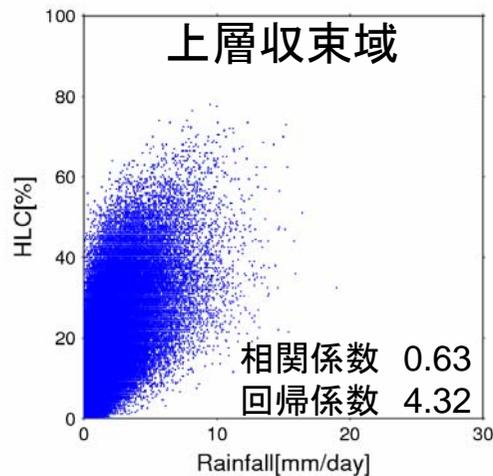
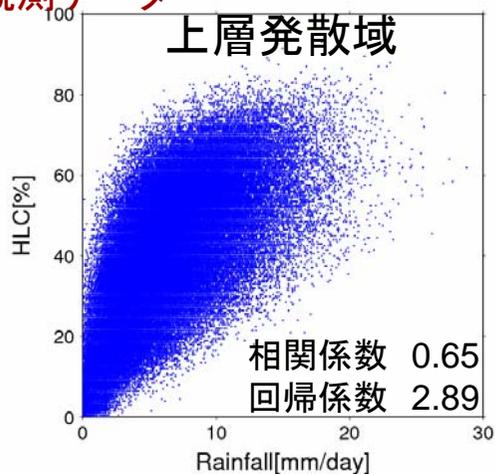
- すべての要素の広がり度を過少評価
- 全体的に相関大ほど発散域は大きく広がる傾向にある
- HLCやOLRも相関大ほど広がり度大

↑ 発散場が広がることに関連。
 (発散場に関係なく広がるモデルもある)

- 降雨はモデル間のばらつきが大きい

HLC・OLRで広がり度を特に過小評価
 ↓ ↓
 巻雲などを含め上層雲の水平分布の再現性が難しいと考えられる

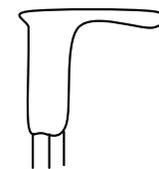
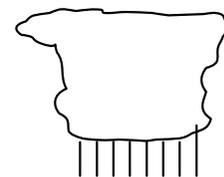
観測データ



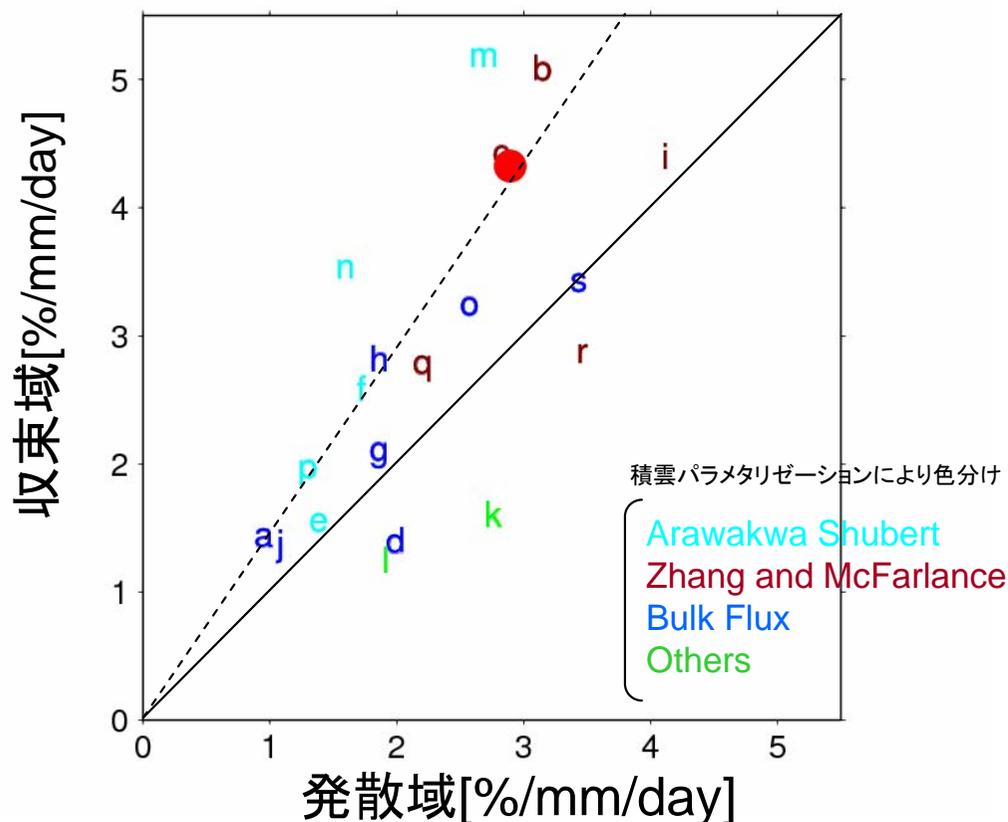
・発散域では降雨量・HLCとも多い
(...組織化した対流雲?..)

・収束域では発散域より回帰係数**大**
(...非組織的な積乱雲?..)

Image図



<回帰係数のモデル再現性>



・全体的に回帰係数が観測よりも小さい
→同降水量に対してHLCを過少評価

・特に収束域でその傾向が強い

・a,f,h,pでは収束域と発散域の関係性はよく表されている

・対流パラメタリゼーションによる違いは小さい(AS方では点線上~左上の傾向)

まとめ

- モデルは全体として、対流圏上層の発散の中心位置付近での降水・上層雲量(HLC)・OLRの分布の水平的広がりを、観測に比べて過小評価している。その傾向は、特にHLC・OLRで大きい。
- 降水と大規模力学場の結合が強いモデルほど、水平的な広がりが大きい傾向にある。しかし、一番大きな広がりをもつモデルでも観測に及ばなかった。
- 降水の発散中心位置付近の水平的広がりは、モデル間のばらつきが大きい
- 上層発散域に比べ、上層収束域では降水量は平均的に少ない一方、同じ降水量に対するHLCは高めである
- モデルは観測に比べ、同じ降水量でもHLCが低めになる傾向が強い
 - 〔・特に上層収束域において、その傾向が強かった。〕

今後、どのようなパラメータがより観測に近い降水・上層雲の関係性を作り出す上で重要なのかをさらに詳しく調べる予定である。