

# 夏の中高緯度海上には、 なぜ下層雲が多いのか？

気象研究所気候研究部  
川合秀明

# 下層雲はなぜ難しいのか...

e.g., The 3<sup>rd</sup> slide in the PPT of Dr. Stephan de Roode,

[http://www.srderoode.nl/PPT/Roode\\_ASTEX\\_Lag\\_Keystone.pdf](http://www.srderoode.nl/PPT/Roode_ASTEX_Lag_Keystone.pdf)

下層雲に関わる物理プロセスはとても複雑！

# 世界の多くのモデルで、下層の雲の成績が一番悪い...

CMIP5参加モデルの雲水・雲氷量の空間パターン表現の成績

See Figure 10 of Jiang. et al. (2012)

この成績の悪さの原因は、必ずしも、モデルの再現性によるわけではないでしょうが...

# データと処理

## 使用衛星データ

ISCCPのD1データの、可視・赤外から求められた、雲頂高度別、光学的厚さ別雲量データなど。（データ取得： 気象研 神代剛さん）

- ほぼ全球をカバーし、1日8回の（ほぼ）均質な観測はやはり魅力的。
- ISCCPでは、雲頂の見える雲しか見られない、高度判定に誤判別がある、といった点は、工夫して克服できそう。（ e.g. Rozendaal et al. 1995 ）

## 使用気象データ

### ERA-Interimデータ

- 下層は、25hPaごとのデータが公開されている。
- 境界層の細かい構造の信頼性は、もちろん高いとは言えないが、大雑把な議論は十分できそう。

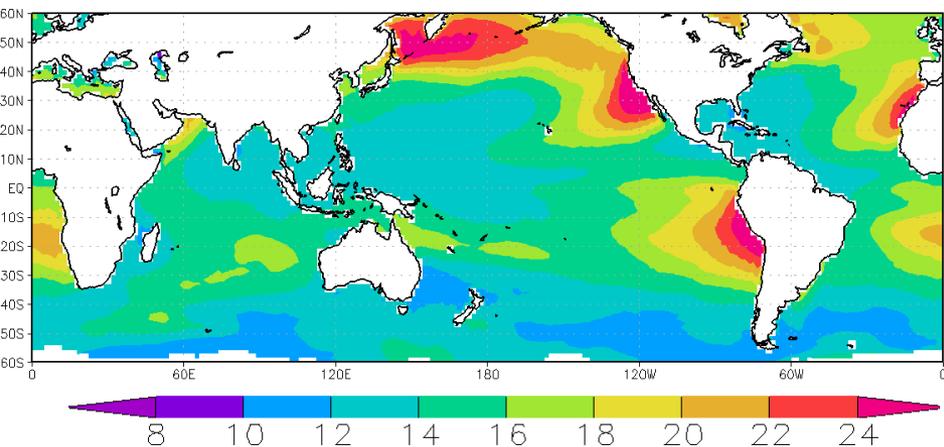
## 処理方法

上層雲・中層雲（680hPaより上層）に隠されたところは除き、それに覆われていない領域のみの下層雲（680hPaより下層）を計算。さらに、上層雲＋中層雲が30%以上を占める場合は、使用しない。

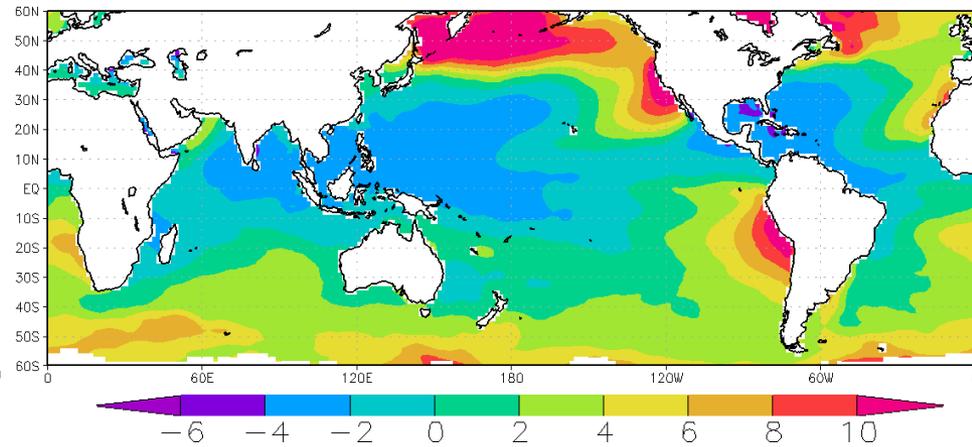
以後、示すマップの統計期間は、1999年から2001年の3年間平均の各月

# 全球下層雲分布と大気安定度の指標（7月）

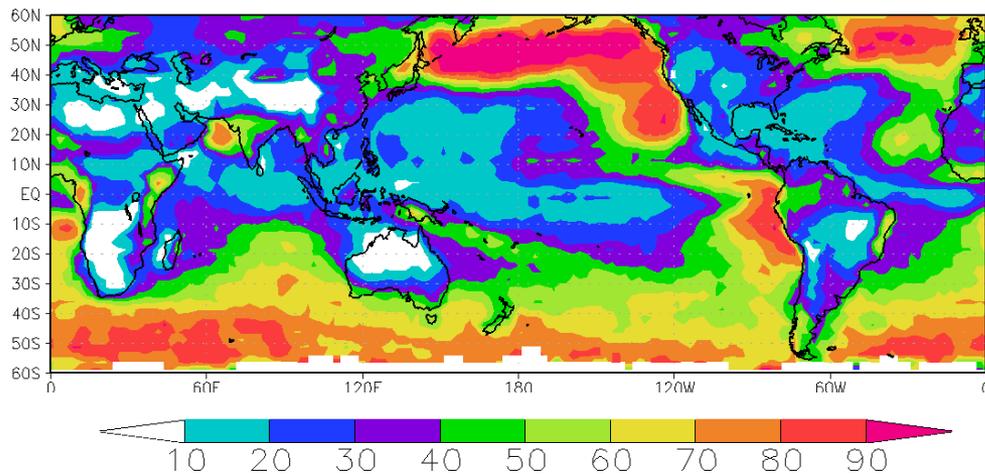
LTS（下層安定度） [K]



EIS（推定逆転強度） [K]



上の雲に隠されていない部分に占める下層雲量



夏の北半球中高緯度の下層雲は非常に多い。

LTSのパターンは、下層雲量とやや異なる。  
EISのパターンはより近いように見える。

本当にそれでいいの ???

# 安定度指標LTS/EISと下層雲量

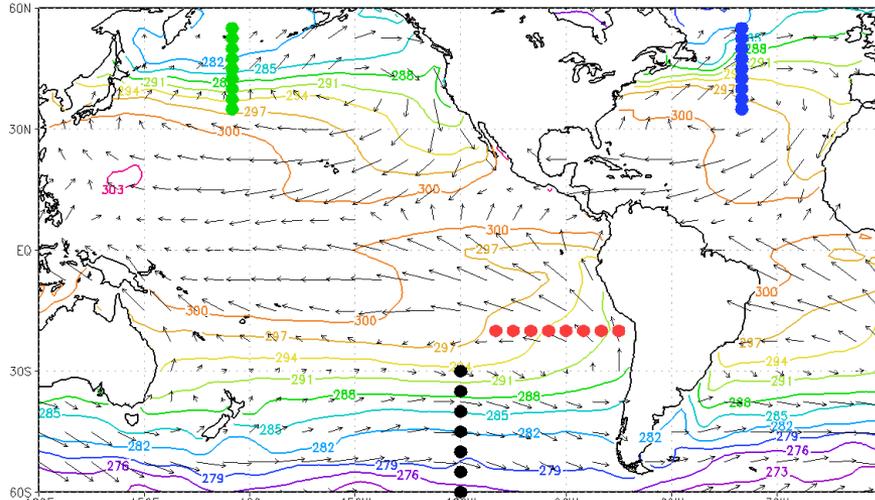
See Wood and Bretherton (2006)

LTS(下層安定度, Klein & Hartmann, 1993) は、中高緯度では、ずれている...

新しい指標EIS(推定逆転強度, Wood & Bretherton, 2006)は、熱帯・亜熱帯・中緯度ともに、よく合う。

→ 本当??

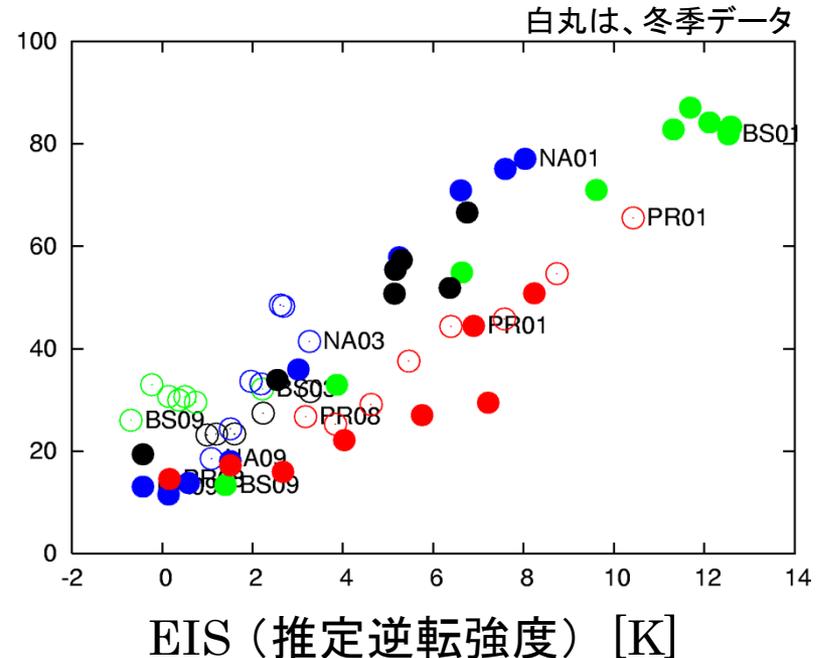
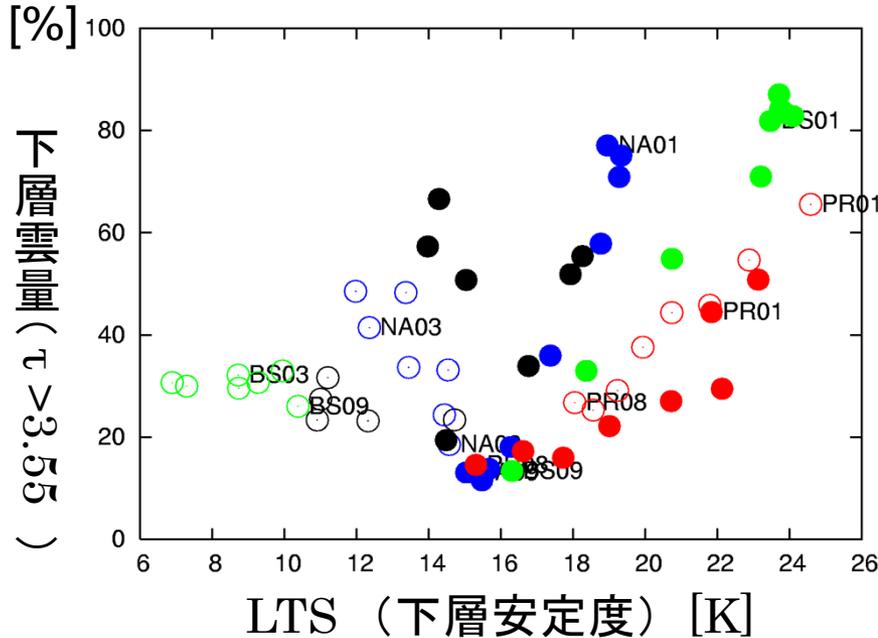
# 各海域のLTSとEISは？



背景は、SST及び海上風

- Bering Sea ●
- North Atlantic ●
- Off Peru ●
- South Pacific ●

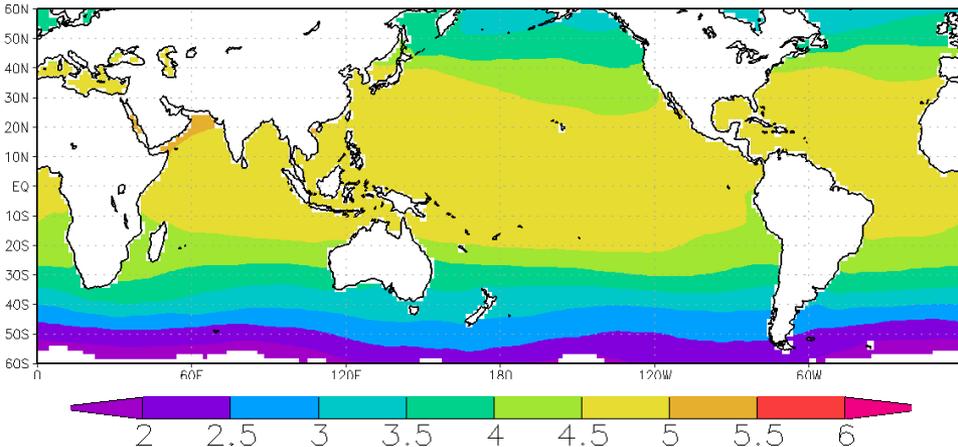
- ・以下の計算は、上・中層雲量が30%以下の場合のデータのみを使用。
- ・以下、1999-2001年7月、1月のデータのメジアン値をプロット



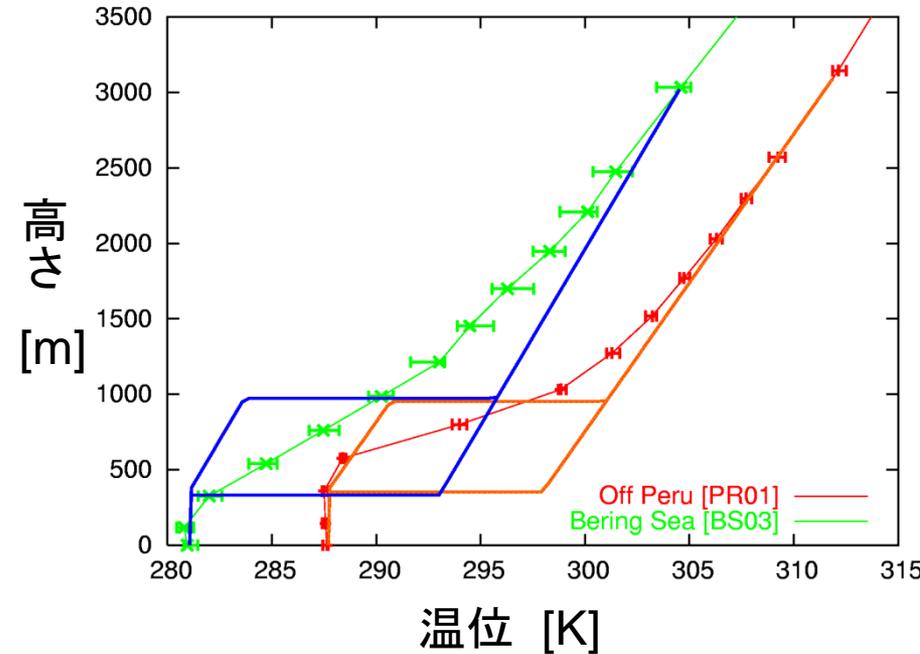
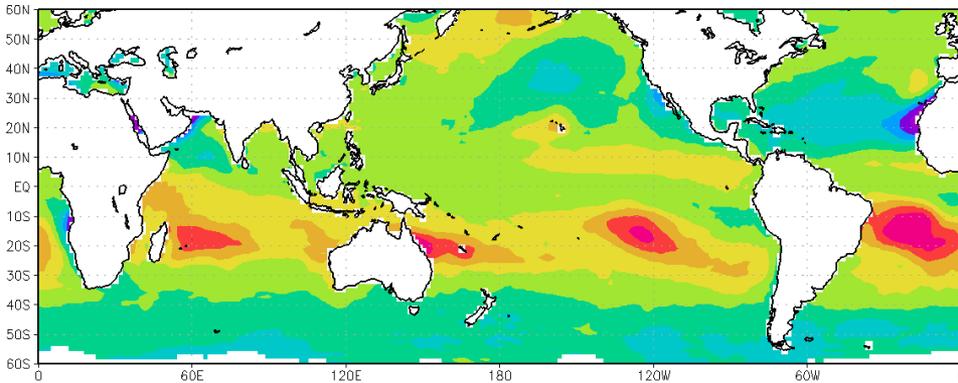
EISは、LTSをよく補正しているように見えるが、それでいいの？

# 下層自由大気の気温減率 (7月)

$\theta_{700} - \theta_{775}$  [K] (EISを求める際に仮定される値)



$\theta_{700} - \theta_{775}$  [K] (ERA-Interim)

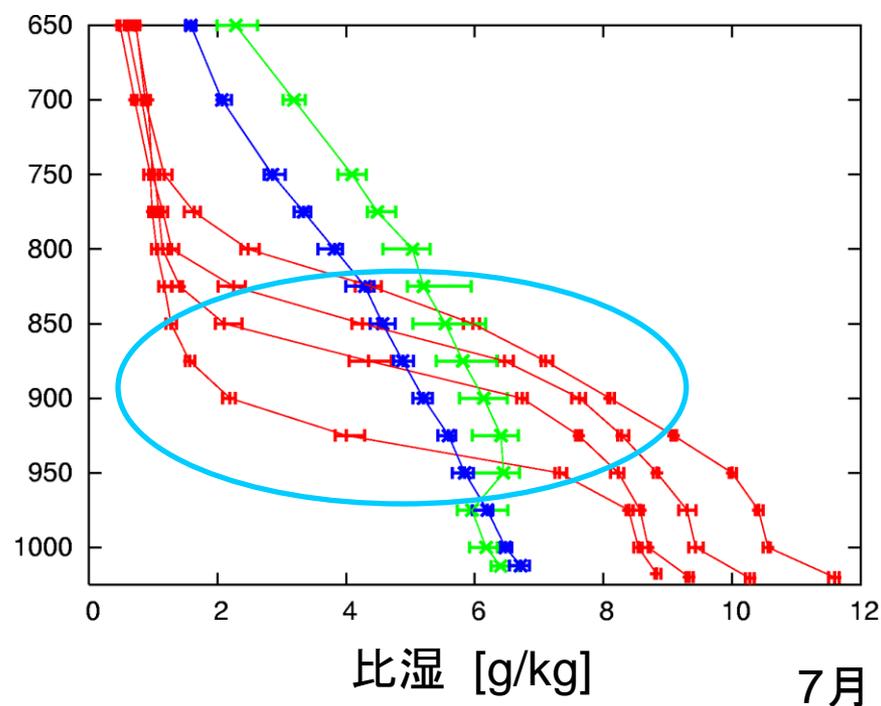
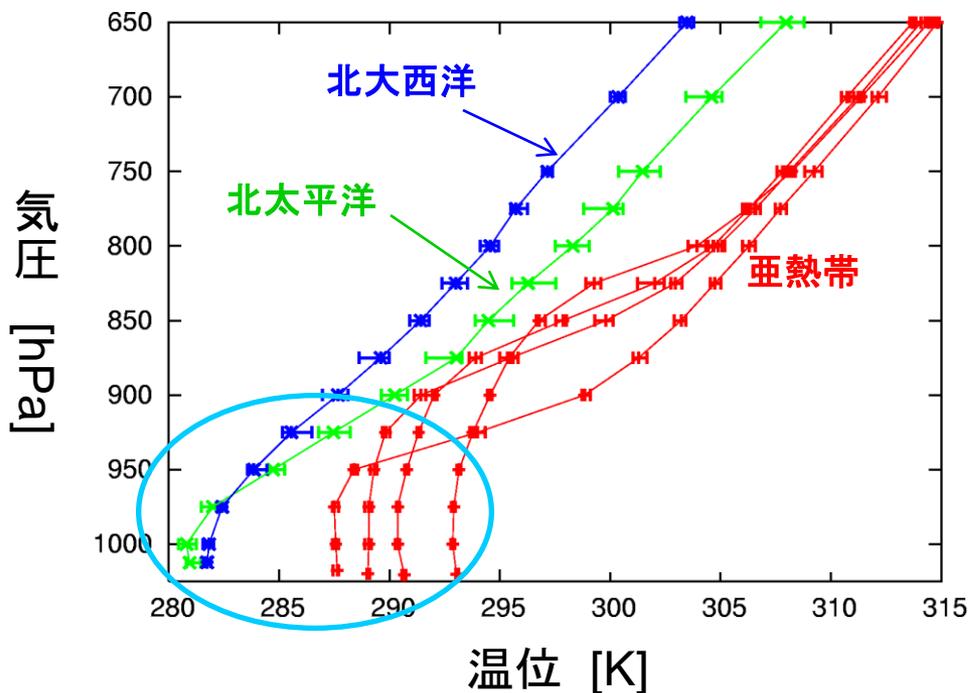


青線と橙線は、EISを求める際に仮定される温位プロファイル

中高緯度の温位プロファイルは、仮定されたものとは異なっている。  
中高緯度で、これほど強い温度逆転が現実に頻繁にあるのだろうか？

現実の下層自由大気の気温減率は、EISで仮定される減率とは異なっているように見える。高緯度でも、温位の傾きは比較的大きいようだ(より安定)。

# では、なぜ中高緯度の下層雲量が多いのか？



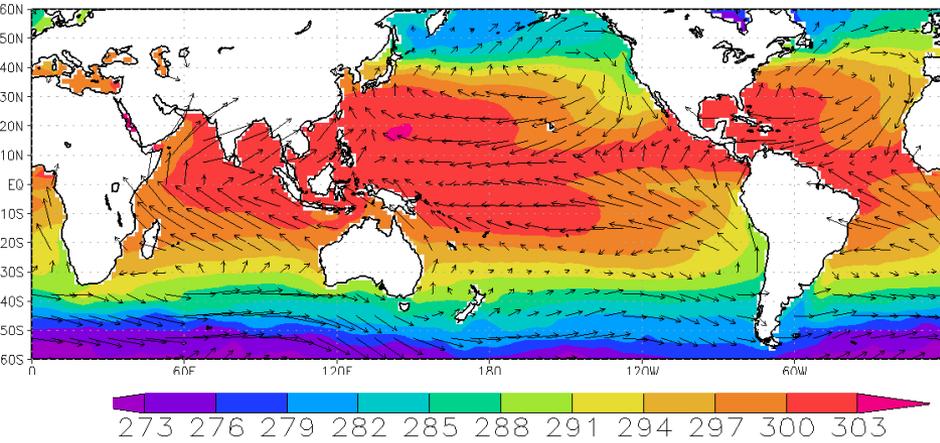
○亜熱帯は、雲頂の直上で、自由大気が極端に乾いている。だが、中高緯度海上では、雲頂の直上もそれなりに湿っており、差が少ない。

(○中高緯度は、平均的には、海面付近で比較的安定(平均的には、大気が暖かい)。

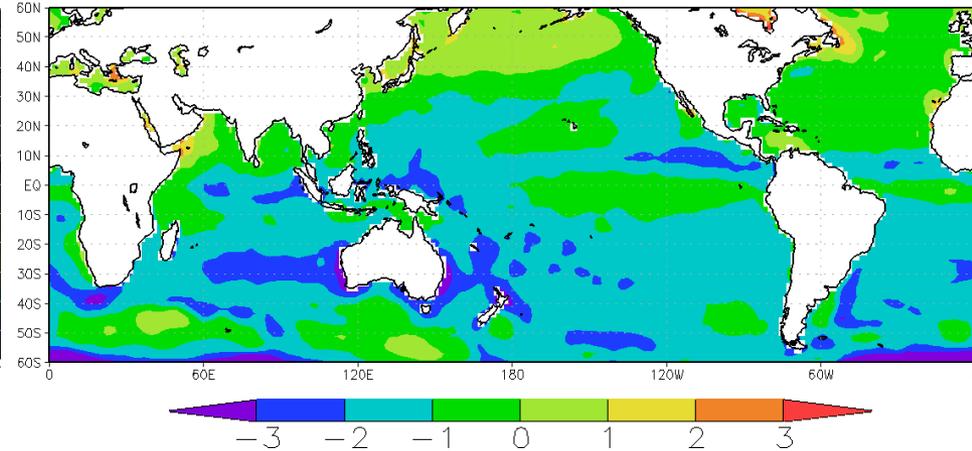
- ・大局的には、暖気移流により生ずる、海面に接した移流霧が主ではないか？
- ・移流霧の発生を、逆転層の強さはそれほど支配しないのではないか？)

# 海面付近の大気状態 (7月)

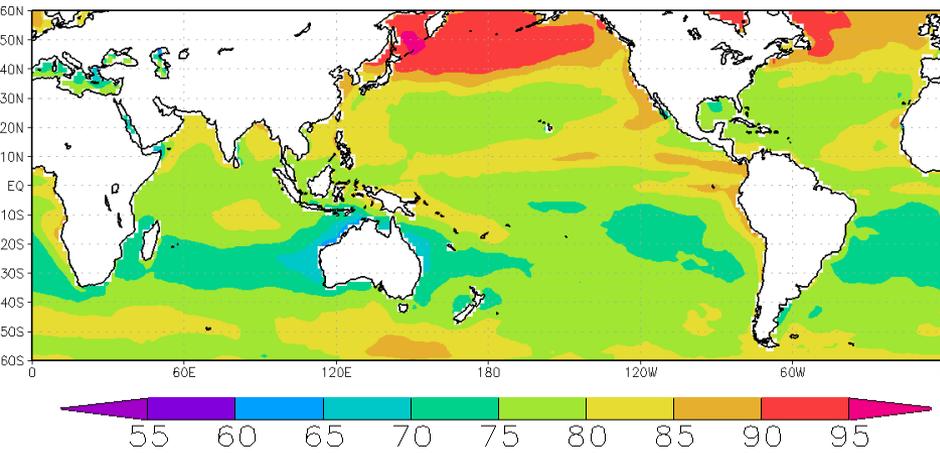
## 海面水温、2m風



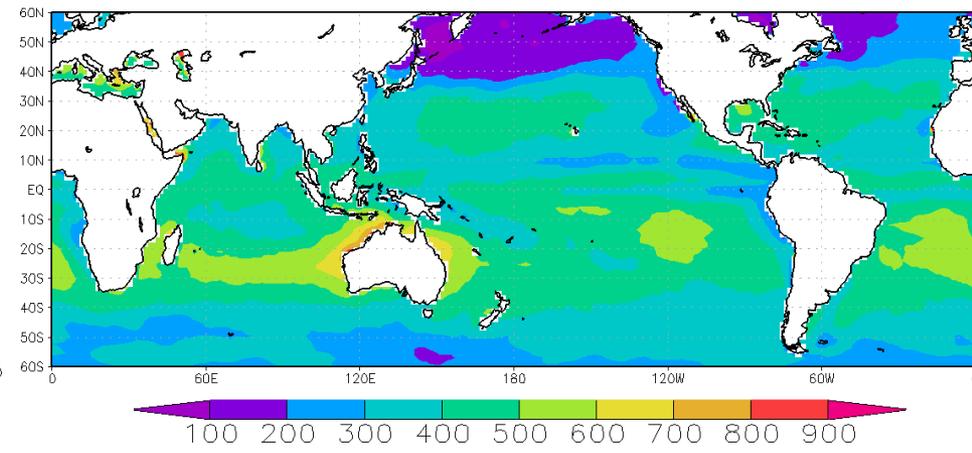
## 2m気温 - 海面水温 [K]



## 2m相対湿度 [%]



## 持ち上げ凝結高度 [m]

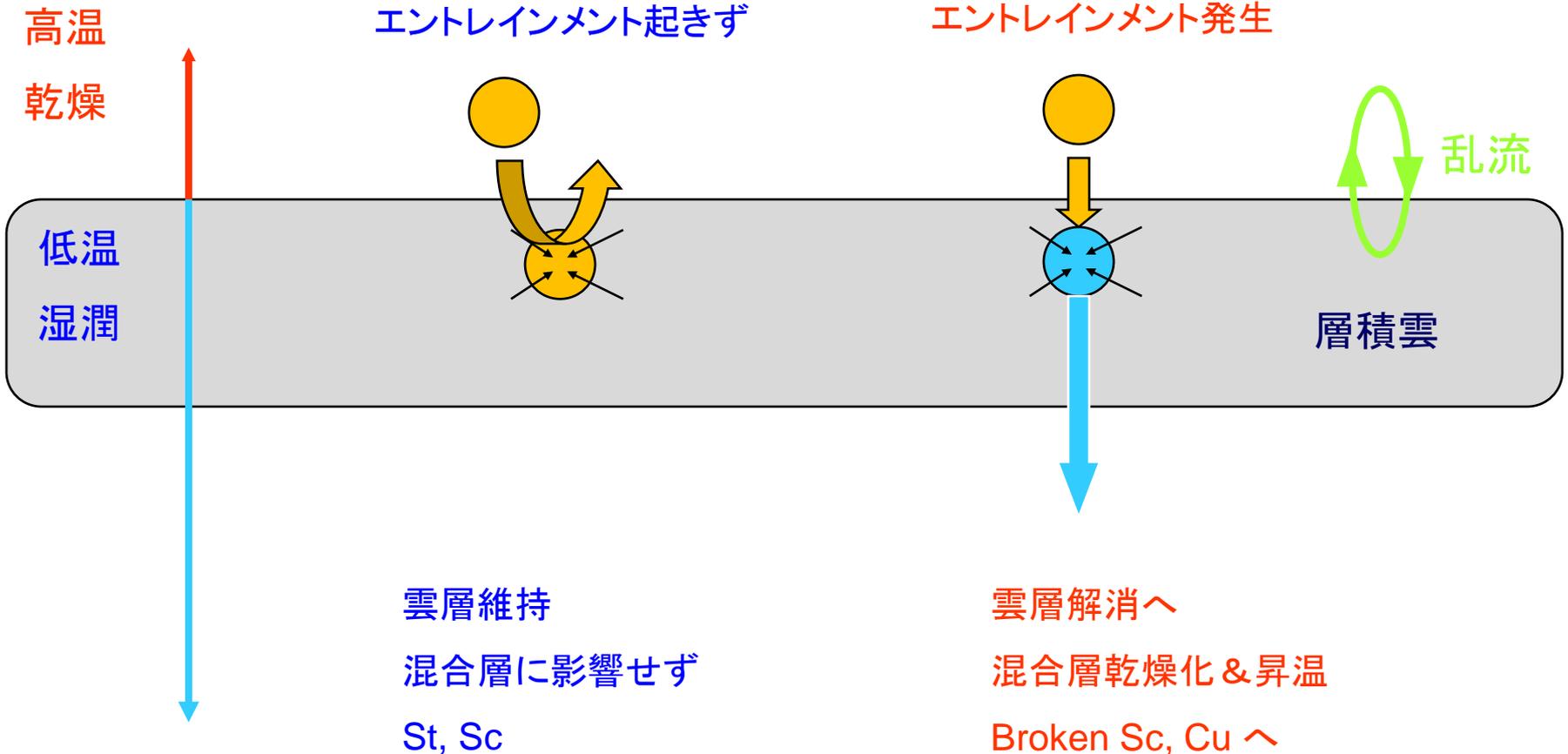


オホーツク海・北太平洋では、2m気温の方が海面水温より高く、2m相対湿度は非常に高く、90%以上、持ち上げ凝結高度は、非常に低く、200m以下。

# 雲頂エントレインメント

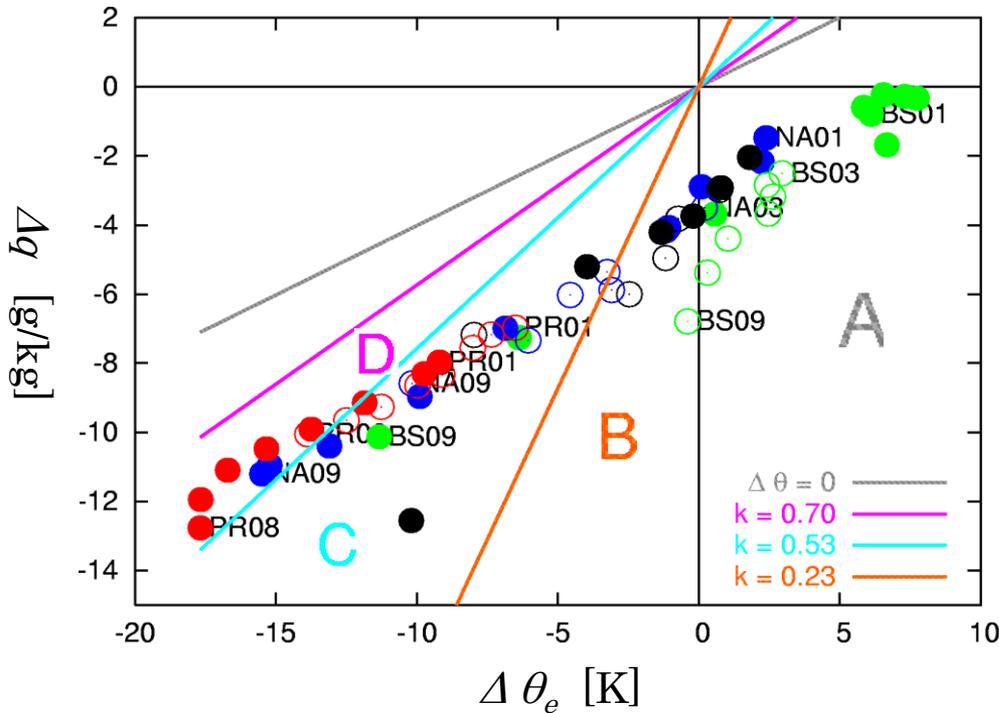
温度逆転大 and/or 比湿差小

温度逆転小 and/or 比湿差大



中高緯度の海洋上で、安定度に比べて、雲が多いことには、雲頂直上と直下の大気の比湿の差が小さいことにより、雲頂エントレインメントが起きにくいことが寄与しているのでは？

# $\Delta \theta_e - \Delta q$ 図



ここでの $\Delta$ は、気塊の浮力のなくなる高度の直上の値から、海上の値を引いたものとして計算している。

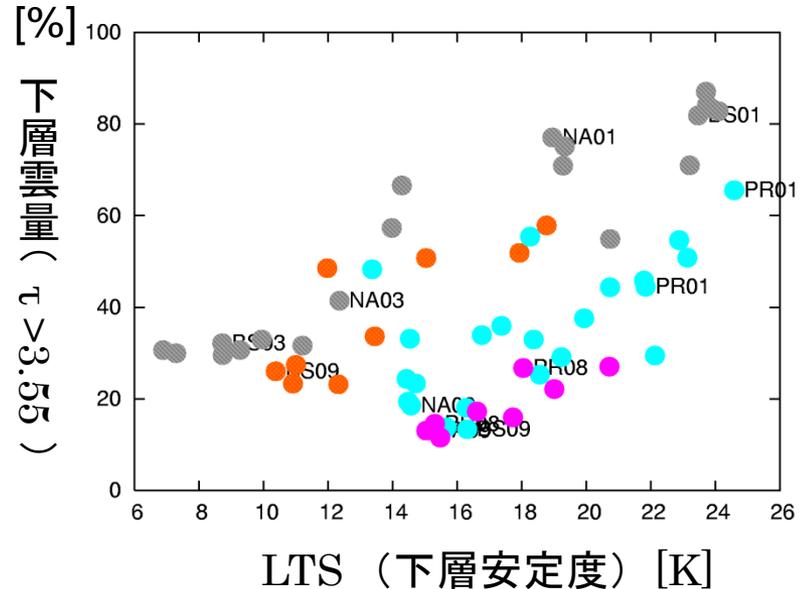
- Bering Sea ●
- North Atlantic ●
- Off Peru ●
- South Pacific ●

雲頂エントレインメントが起きる条件

$$\Delta_{EZ} \theta_e < k \frac{L}{c_p} \Delta_{EZ} q_t$$

D 領域 → C 領域 → B 領域 → A 領域  
 の順で、雲頂エントレインメントが起こりにくなる。

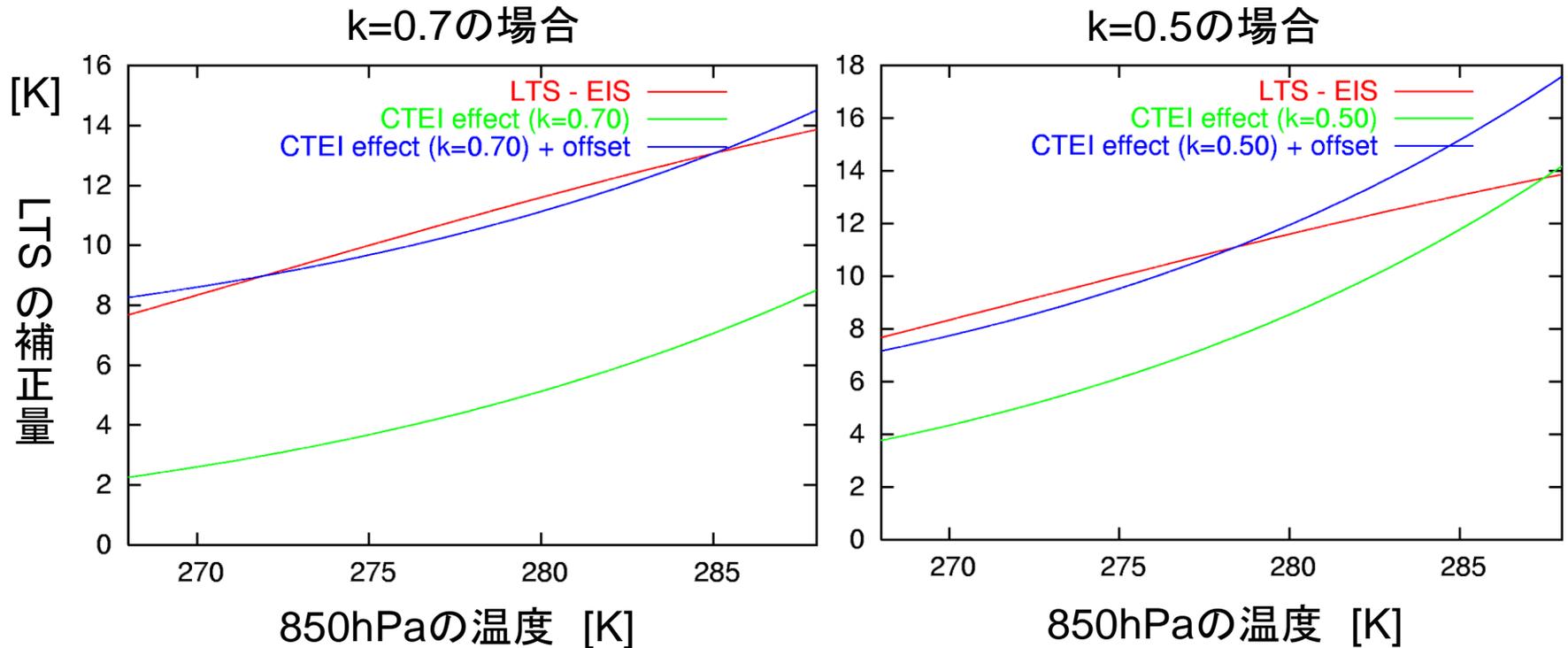
LTS - 下層雲量の散布図の各点を、雲頂エントレインメントの起きにくさで色づけしてみると...



夏の中高緯度海上は、雲頂エントレインメントが起きにくい大気プロファイルになっている！



# なぜ、EISも、 $LTS_{crrct}$ も相関を改善するのか？



注:  $LTS_{crrct}$ の修正量の方は、温度及び湿度の鉛直構造を簡単に仮定して求めている。

EISによるLTSの補正と、雲頂エントレインメントの起きにくさを考慮した時のLTSの補正は、結果的に、似たような温度依存性を持ちうる！

# まとめ

1. ISCCPデータを用いて、上層雲に隠されていない領域のみ  
の下層雲を求め、ERA-Interimデータも用いて、大気構造  
との関係を調査した。
2. EIS(推定逆転層強度)は、LTS(下層安定度)よりも確かに、  
中高緯度の下層雲量との相関が高い。だが、前提としている  
仮定にやや疑問がある。
3. 中高緯度の下層の雲量が、(下層安定度に対して)多いのは、  
雲頂エントレインメントが非常に起きにくい大気プロファイル  
(逆転層の上下で比湿差が小さい)であることが重要かもし  
れない。