

第5回ヤマセ研究会 2012年3月6日

中高緯度の海上下層雲の鉛直構造、 海上霧の発生頻度、及びそれらと大 気状態との関係

気象研究所気候研究部
川合秀明・藪将吉

九州大学応用力学研究所
萩原雄一郎

研究の動機

- オホーツク海・日本周辺の下層雲を含む中高緯度の下層雲は、亜熱帯の下層雲に比べて、あまり詳しく研究されてきていない。

e.g. 上・中層雲に覆われることが多く、亜熱帯に比べて処理が面倒

- 前回は、ISCCPデータを使って中高緯度を含む全球的な下層雲の特徴を見た（ISCCPデータと気象要素との様々な関係も調査しているが、今回はその結果は省略。）。

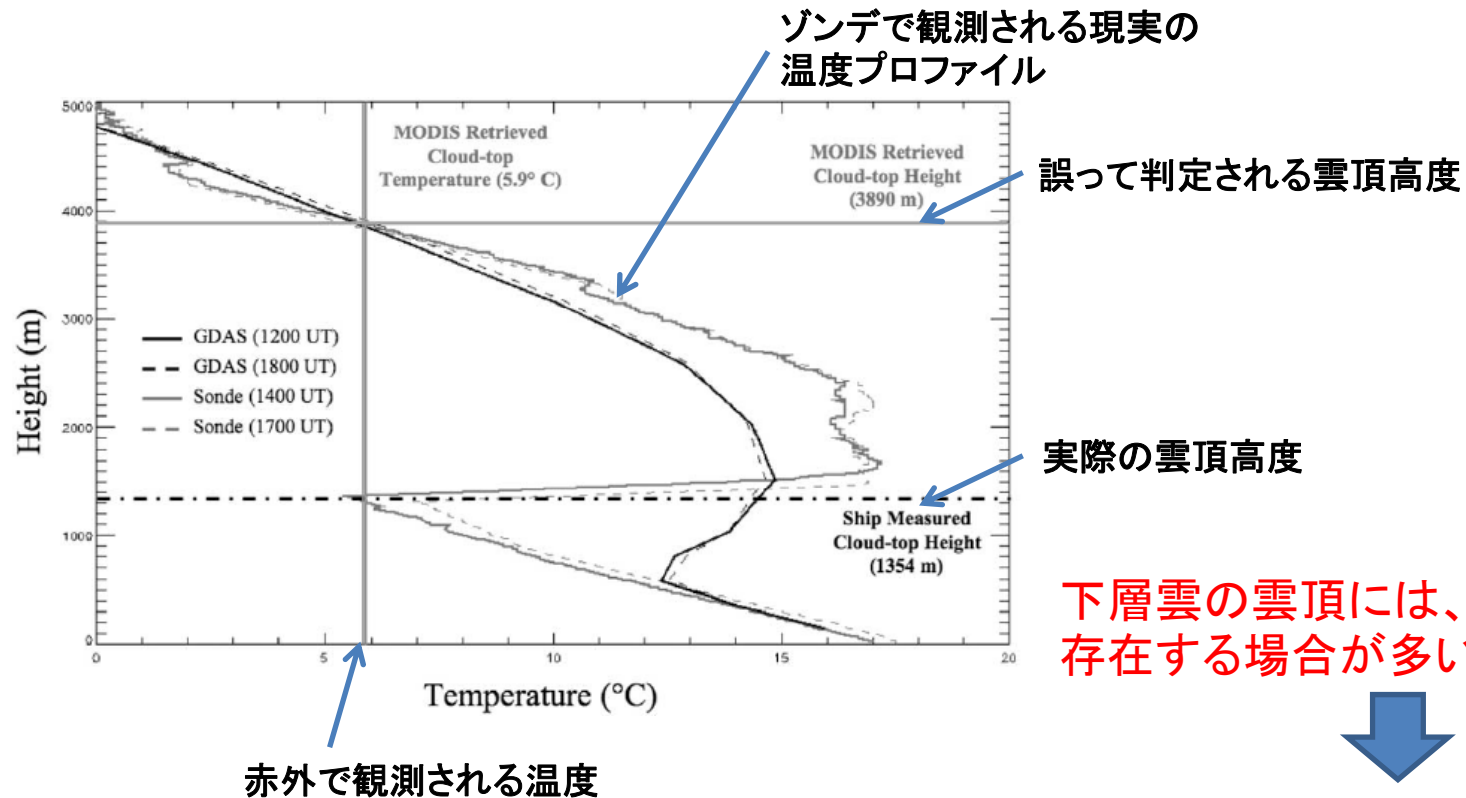
- 中高緯度の下層雲の鉛直構造を知りたい。全球的な霧の分布も知りたい。だが、従来の赤外チャンネルなどでは、雲の鉛直構造はもちろん、正確な雲頂高度もわからなかった。

→ 衛星搭載雲レーダー・ライダーによる雲観測データと再解析データを使って、中高緯度の下層雲の鉛直構造、霧の発生、及びそれらと気象状態の関係を大まかに把握したい！

e.g. 中高緯度下層雲の鉛直構造の季節変化は？北半球と南半球で違いはあるのか？それらをもたらしているものは？...

赤外チャンネルによる下層雲雲頂高度推定の難しさ

赤外チャンネルでは、(光学的に厚い雲なら)雲頂温度はほぼ正確に求められるものの、それを高度に対応させるときに、著しい誤差が生じることも多い。



下層雲の雲頂には、強い逆転層が存在することが多い。



下層雲の雲頂高度が、不当に高く評価されてしまうことがしばしばある！

copied from Garay *et al.* (2008)

データと処理

使用衛星データ

CloudSat及びCALIPSOからリトリブされた萩原雲マスクデータ(Hagihara et al. 2010, JGR)。CloudSat or CALIPSOマスク(C4)データを使用。

どうして萩原雲マスクデータ？

○CALIPSOは、大気下層の雲をよくとらえられるが、大気下層のエアロゾルと下層雲を識別するには高度なアルゴリズムが必要。萩原雲マスクデータは、そうしたアルゴリズムによりエアロゾルをうまく識別して除外できているため、本物の下層雲を適切に表現している。

○CloudSat及びCALIPSOは、全球を(ほぼ均質に)観測。
(ただし、CloudSatは、地表に近いところではsurface clutterにより観測不可能、降水の影響も受ける、CALIPSOは、ある程度厚い雲の場合は、より下は見えない、といった点に留意しながら結果を解釈する必要はある。)

処理方法

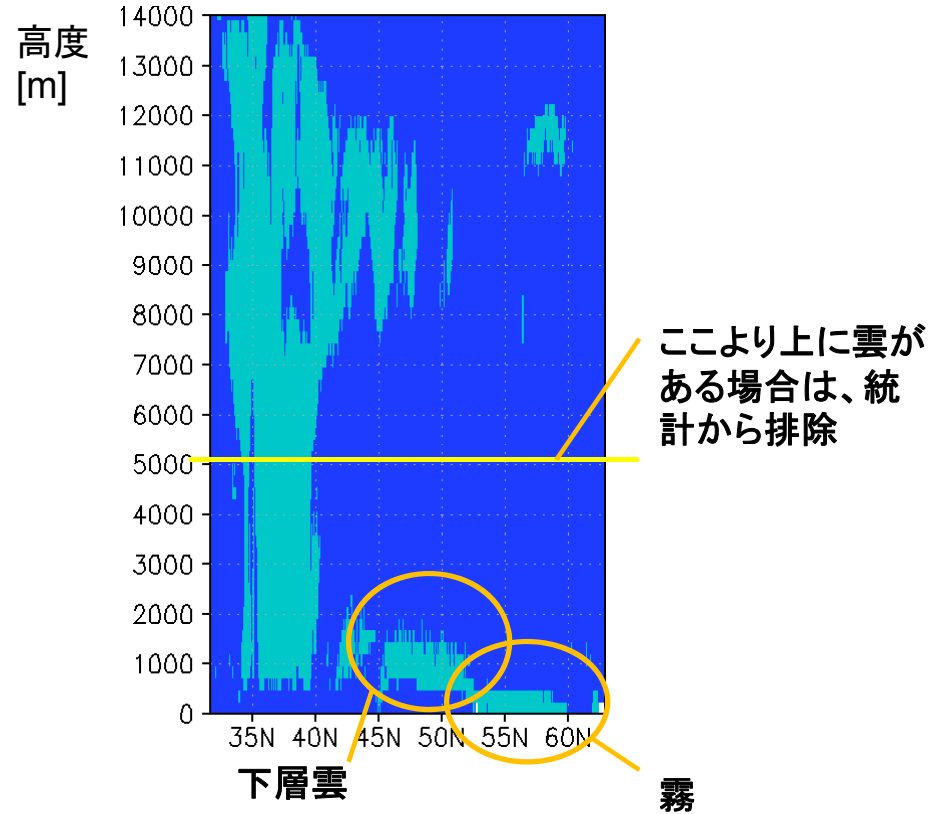
下層雲の性質を知ることが目的であるため、5kmより上に雲がある場合は除外し、そうした雲がない領域のみの雲の統計を取る。これは、ひとつには、上層に雲がかかっていたり、背の高い雲の場合は下の下層雲の雲マスクの信頼性が低いこと、もう一つは、地球の放射収支にとって重要な下層雲は、上層の雲に隠されていない場合の下層雲であることなどによる。

使用気象データ

ERA-Interimデータ。

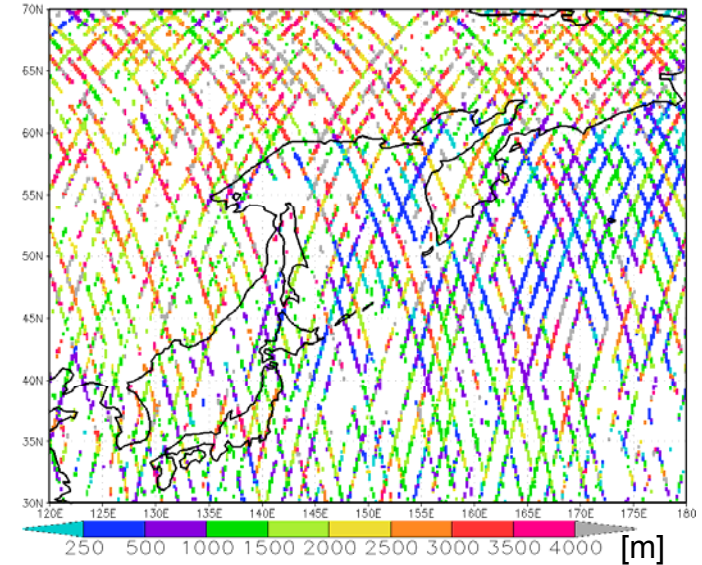
雲マスクデータ

萩原雲マスク(軌道データ)の例



175E付近を通る軌道

萩原雲マスクの水平分布 — 雲頂高度 —



7月

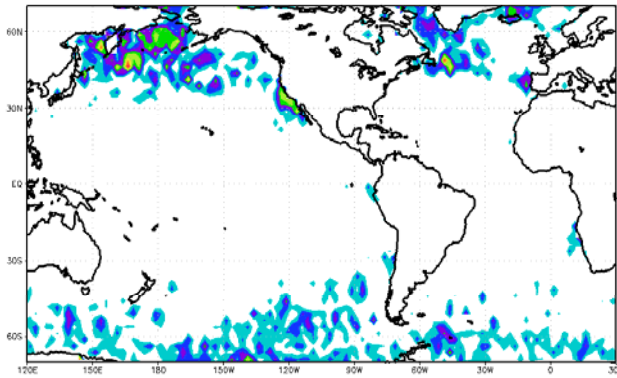
軌道の間隔は $1.5^{\circ} \times 2.0^{\circ}$ 程度。
地球全体を覆うのに18日かかる(1日14周)

以後、示すデータの気候値統計期間は、雲マスクは2007年の平均値、
ERA-Interimは、2007年から2009年の3年分の平均値

このデータは、下層の雲、霧をとらえられているだろうか？

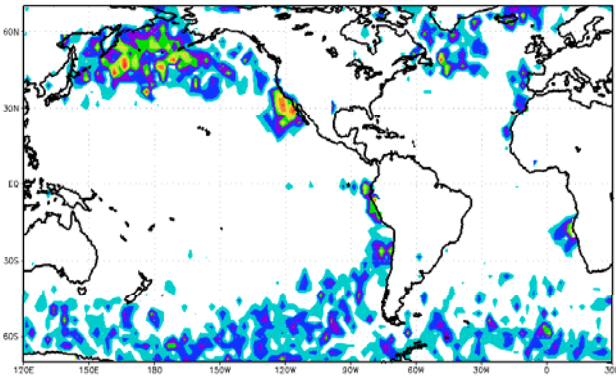
—各高度の雲の出現頻度—

0 - 240 m



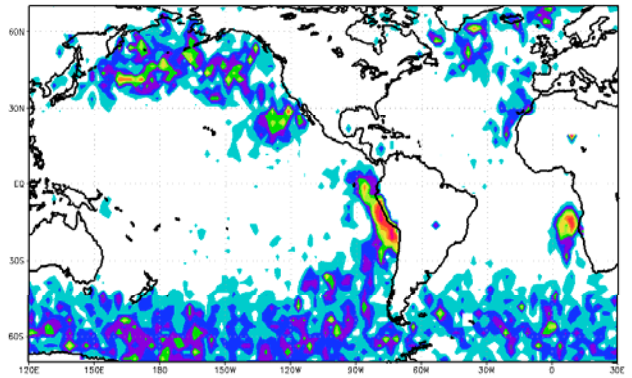
北太平洋、カナダ東岸など、霧があるべきところにある
ないべきところはない

240 - 480 m



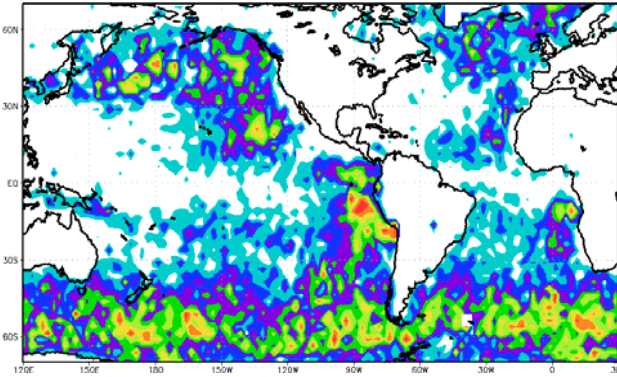
カリフォルニア沿岸など、下層雲高度が非常に低いところにはきちんと雲が出ている

480 - 720 m



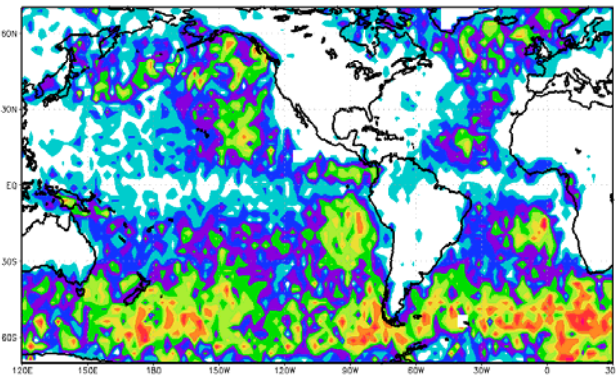
続いて、雲層がやや高いことが知られる、ペルー沿岸で下層雲が出ている

720 - 960 m



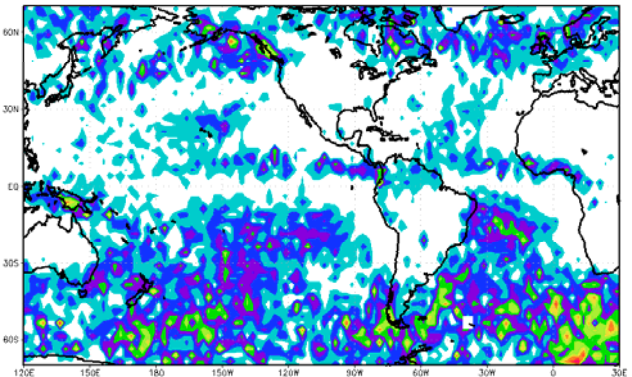
雲層が非常に低い、カリフォルニアの沿岸近くで、雲がないことを表現

1200 - 1440 m



陸から離れるにつれ、雲層がだんだん高くなる事が知られる亜熱帯で、そうした下層雲がきちんと出ている

1920 - 2160 m



亜熱帯層積雲領域の大陸に隣接した雲層が比較的低いところでは、雲がちゃんと消えている

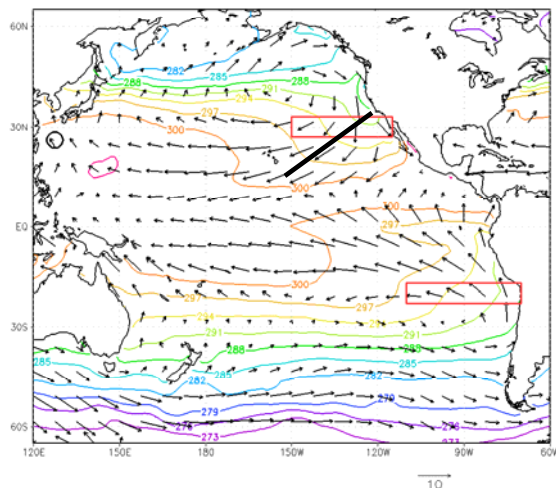
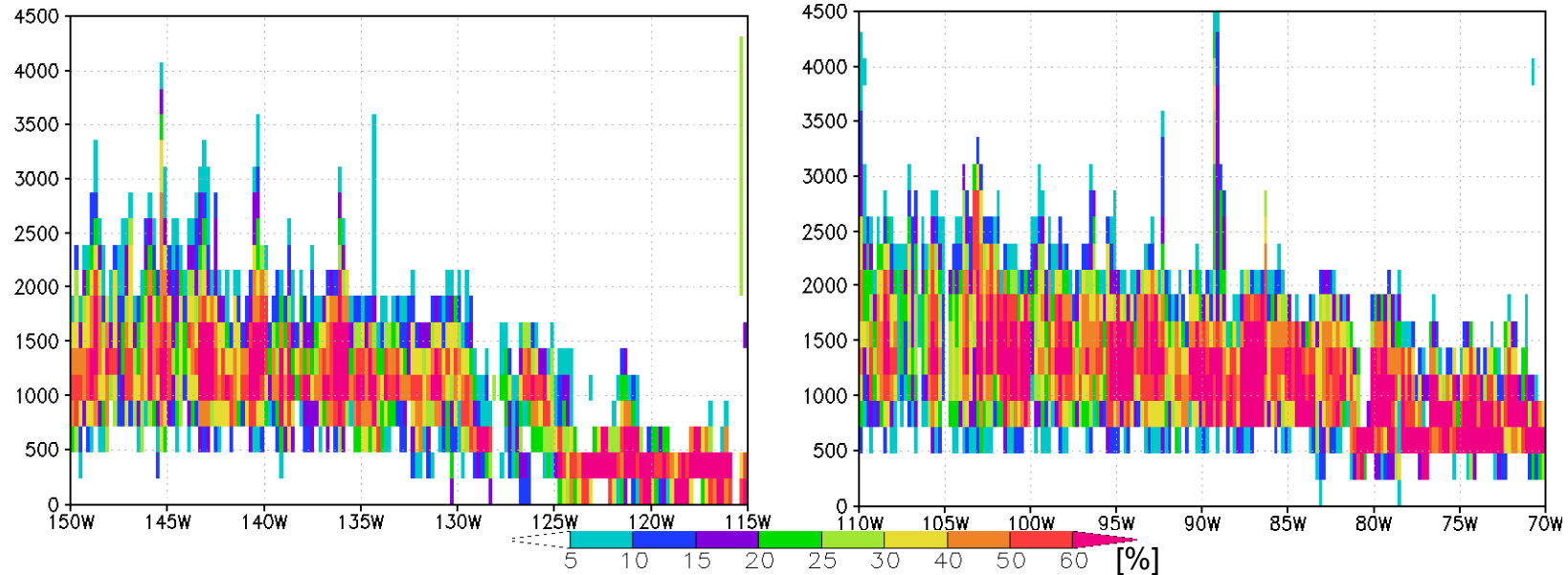
このデータは、1500m以下付近の下層の雲をもかなりよくとらえている！！

このデータは、下層の雲の構造をとらえているか？ — 亜熱帯の下層雲で確認 —

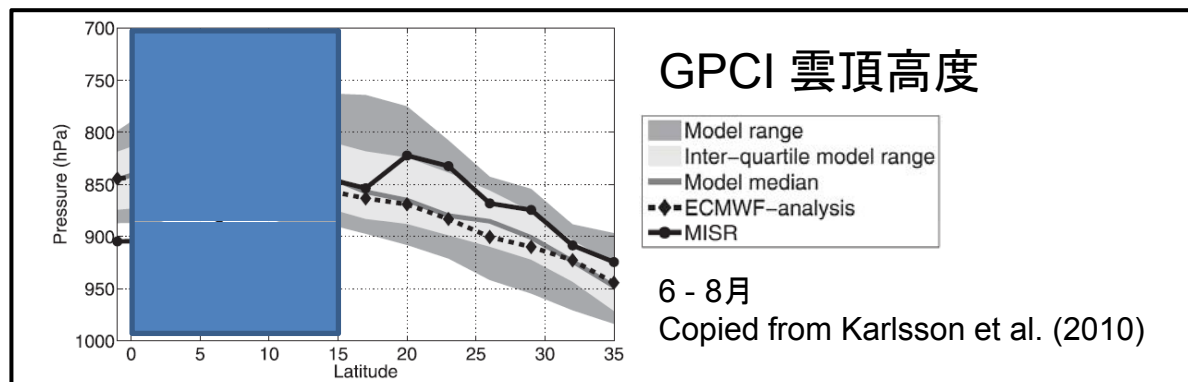
7月

カリフォルニア沖 along 30N

ペルー沖 along 20S



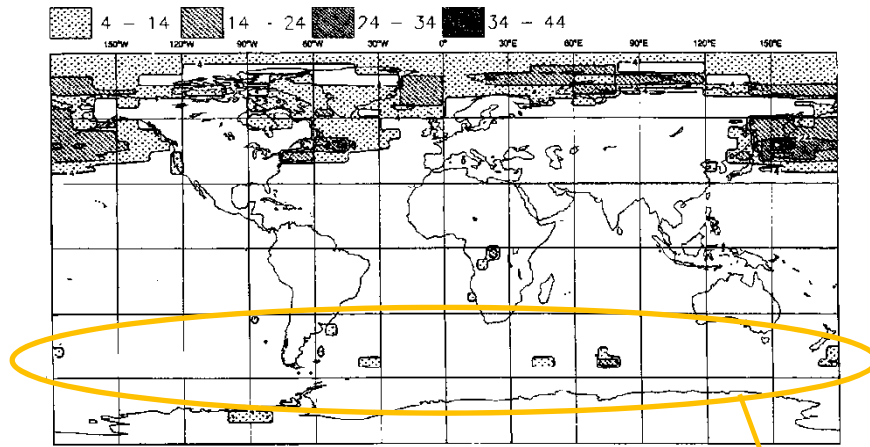
大陸から沖に向かい、雲層が上昇していく様子、カリフォルニアの陸近くでは、ペルー沖の陸近くより雲層が低い様子もよくとらえられている！



霧の発生頻度(北半球夏)

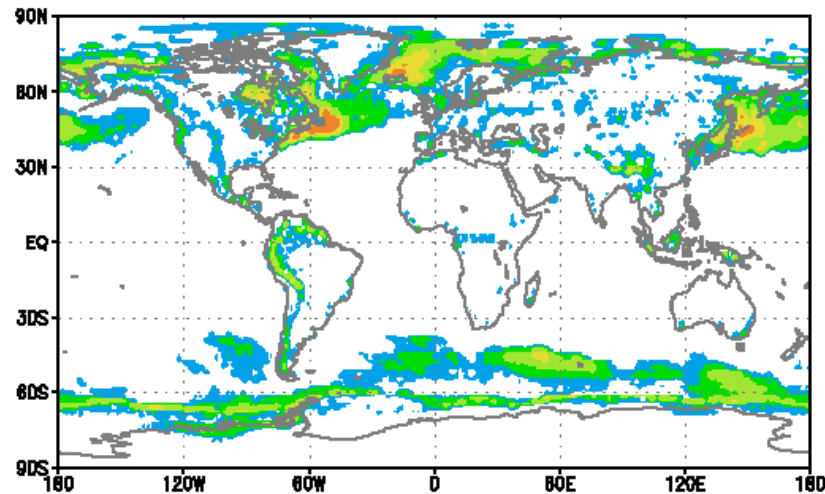
観測気候値(6-8月)

(Teixeira 1999, Warren et al. 1986,1988)

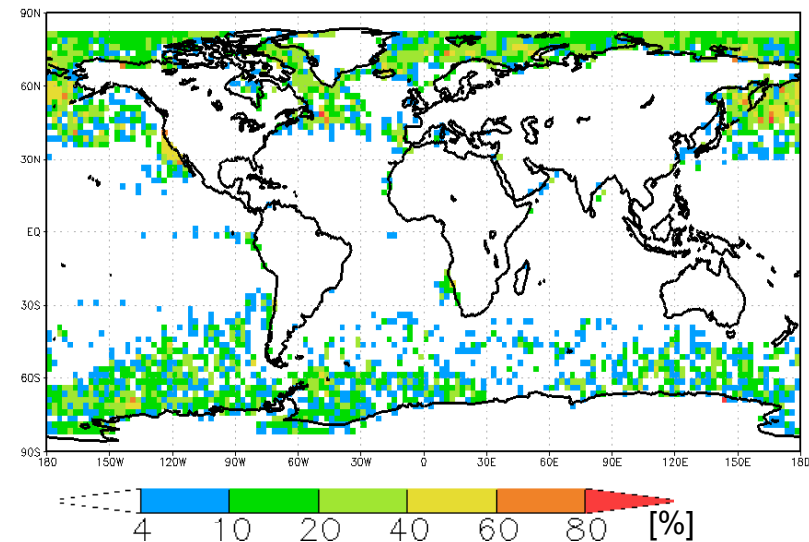


冬の南極海、船舶観測できず

気象庁全球モデル(7月)



萩原雲マスク 0-240m (7月)



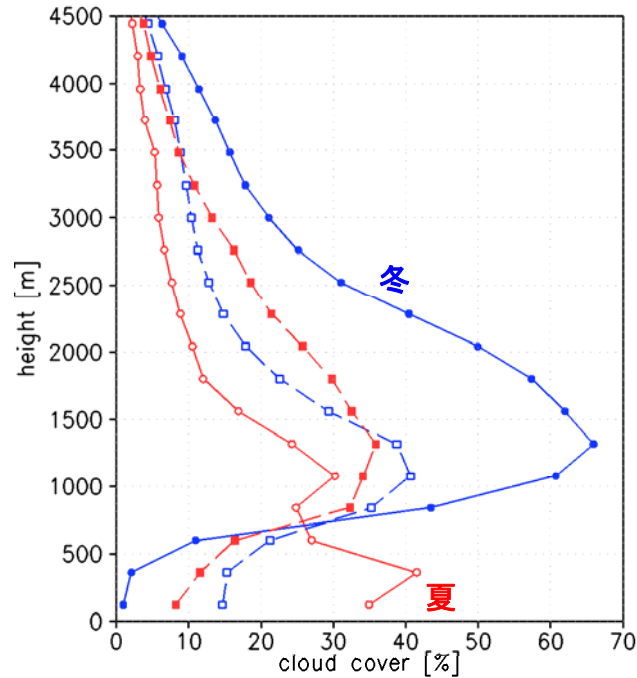
(*この値自体は直接は比較できない)

- ・千島列島付近
- ・ニューファンドランド島付近
- ・アイスランド北部
- ・北極海ユーラシア沿岸

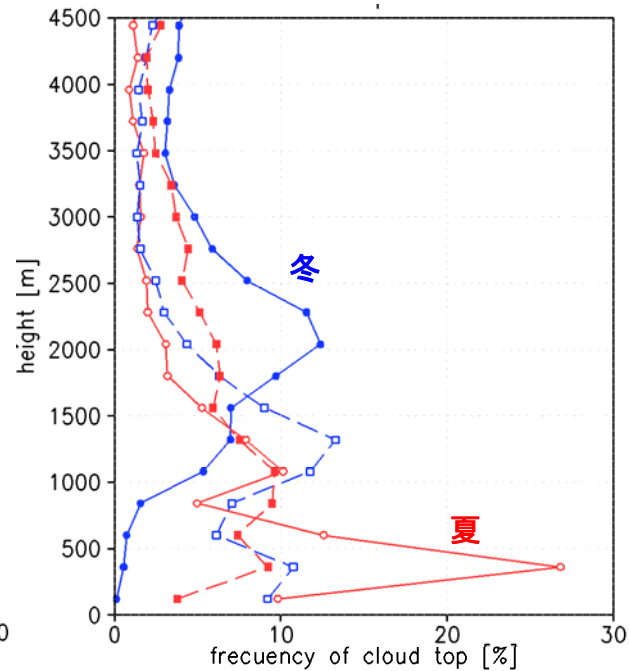
萩原雲マスクは、霧を概してよくとらえている!

北半球と南半球の中高緯度下層雲の鉛直構造の比較

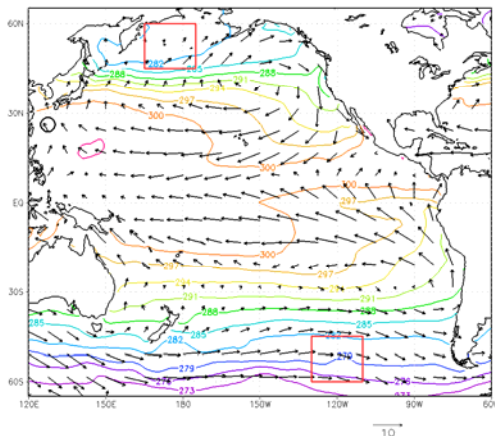
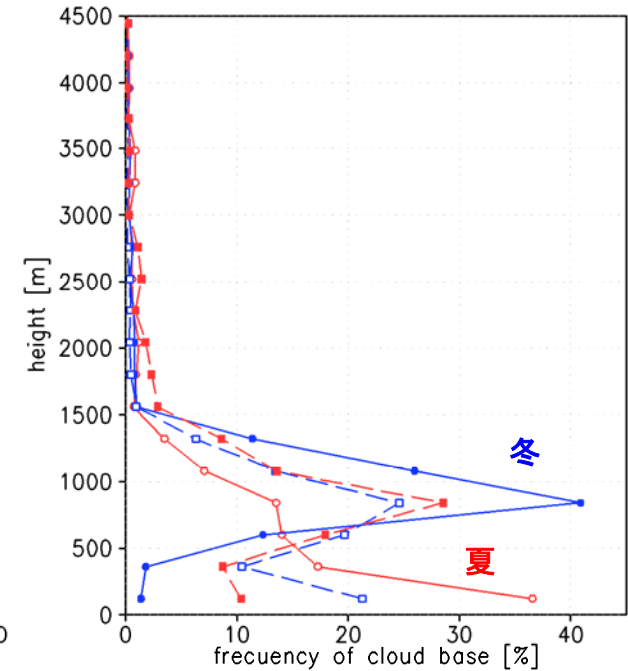
雲量(雲発生頻度)



雲頂高度の相対出現頻度



雲底高度の相対出現頻度



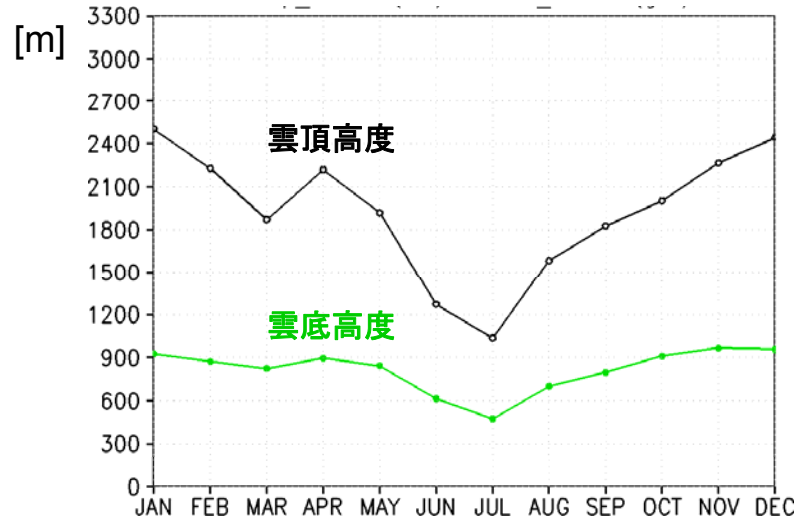
- (Red) 北半球夏
- (Blue) 北半球冬
- - (Red) 南半球夏
- - (Blue) 南半球冬

北半球では、中高緯度の下層雲は、夏には雲頂、雲底ともに非常に低く、冬にはかなり高い。南半球では、夏・冬の違いは極めて小さい。

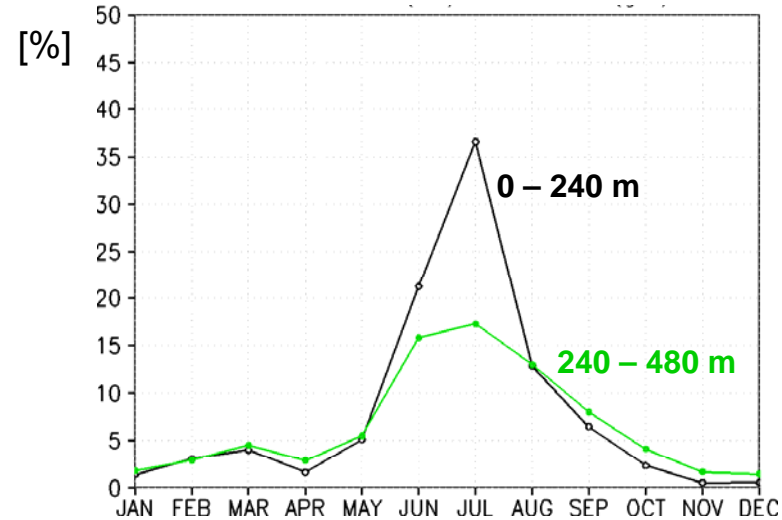
2007年1月or7月データ

北半球の中高緯度下層雲の鉛直構造の季節変化

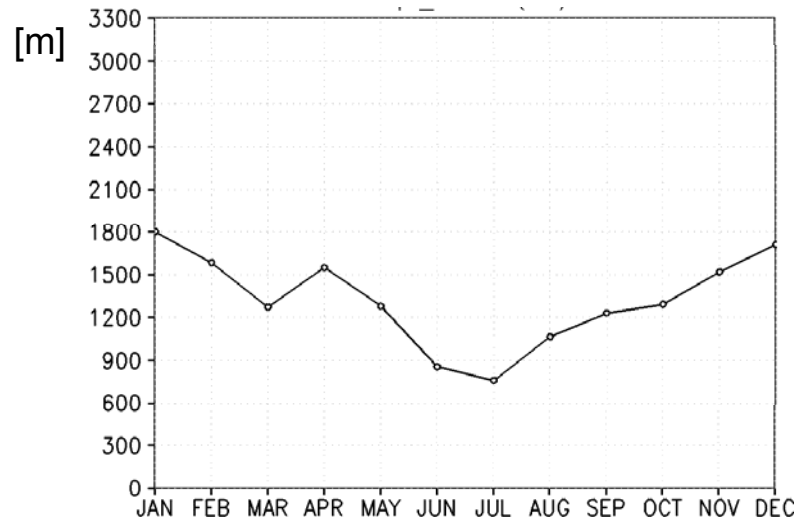
雲頂高度と雲底高度



雲底高度の相対出現頻度



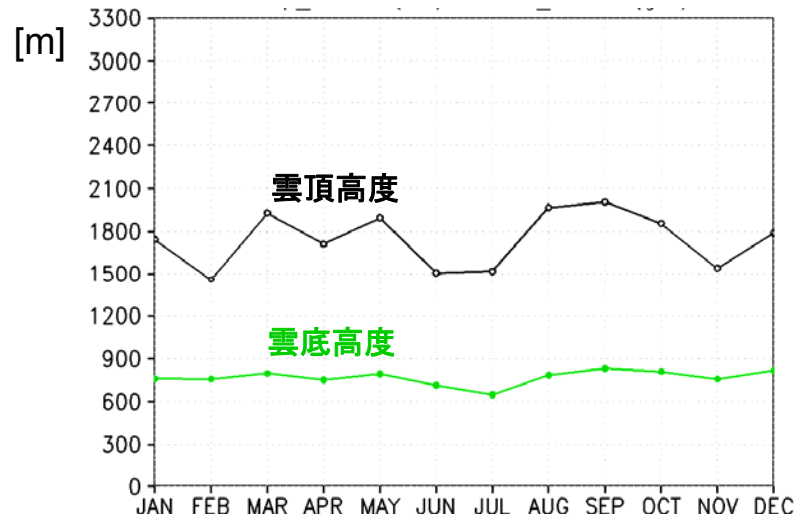
雲の背の高さ



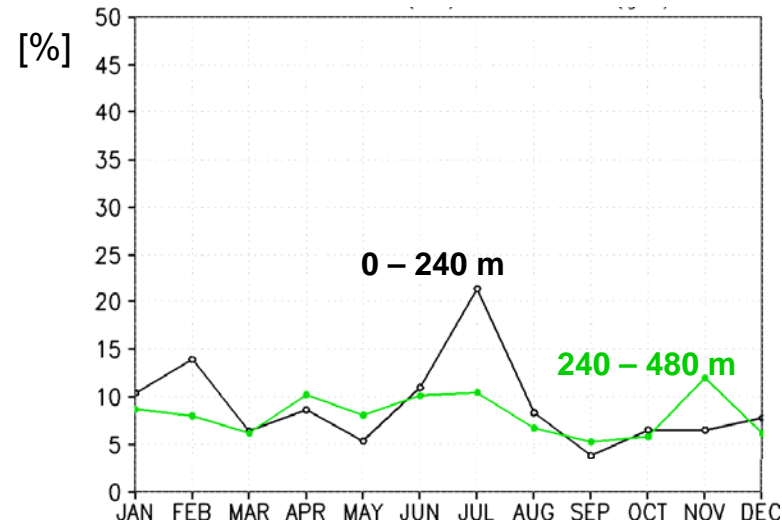
- 北半球の中高緯度の下層雲は、夏期には雲頂、雲底ともに非常に低く、冬期にはかなり高くなる。
- 雲は夏期は背が低く、冬期は背が高くなる。
- 雲底が、0 - 240mに発生する頻度は夏期に高く冬期に低い。つまり、夏期に霧が多く、冬期に霧が少ない。

南半球の中高緯度下層雲の鉛直構造の季節変化

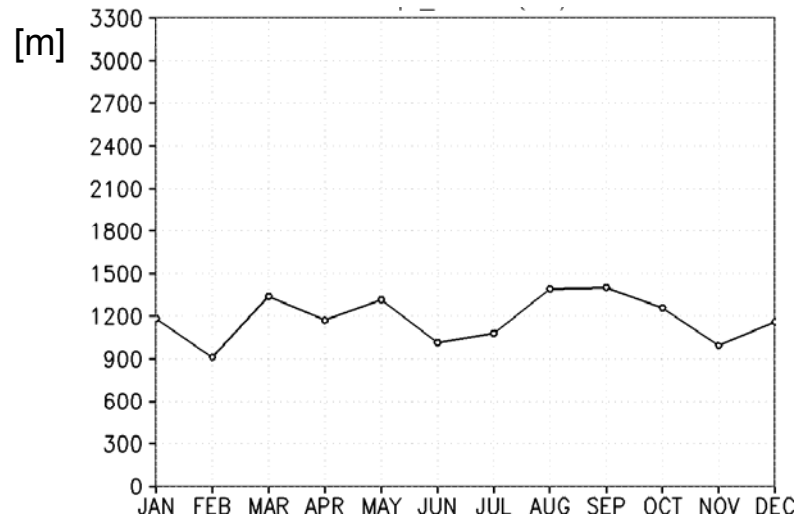
雲頂高度と雲底高度



雲底高度の相対出現頻度

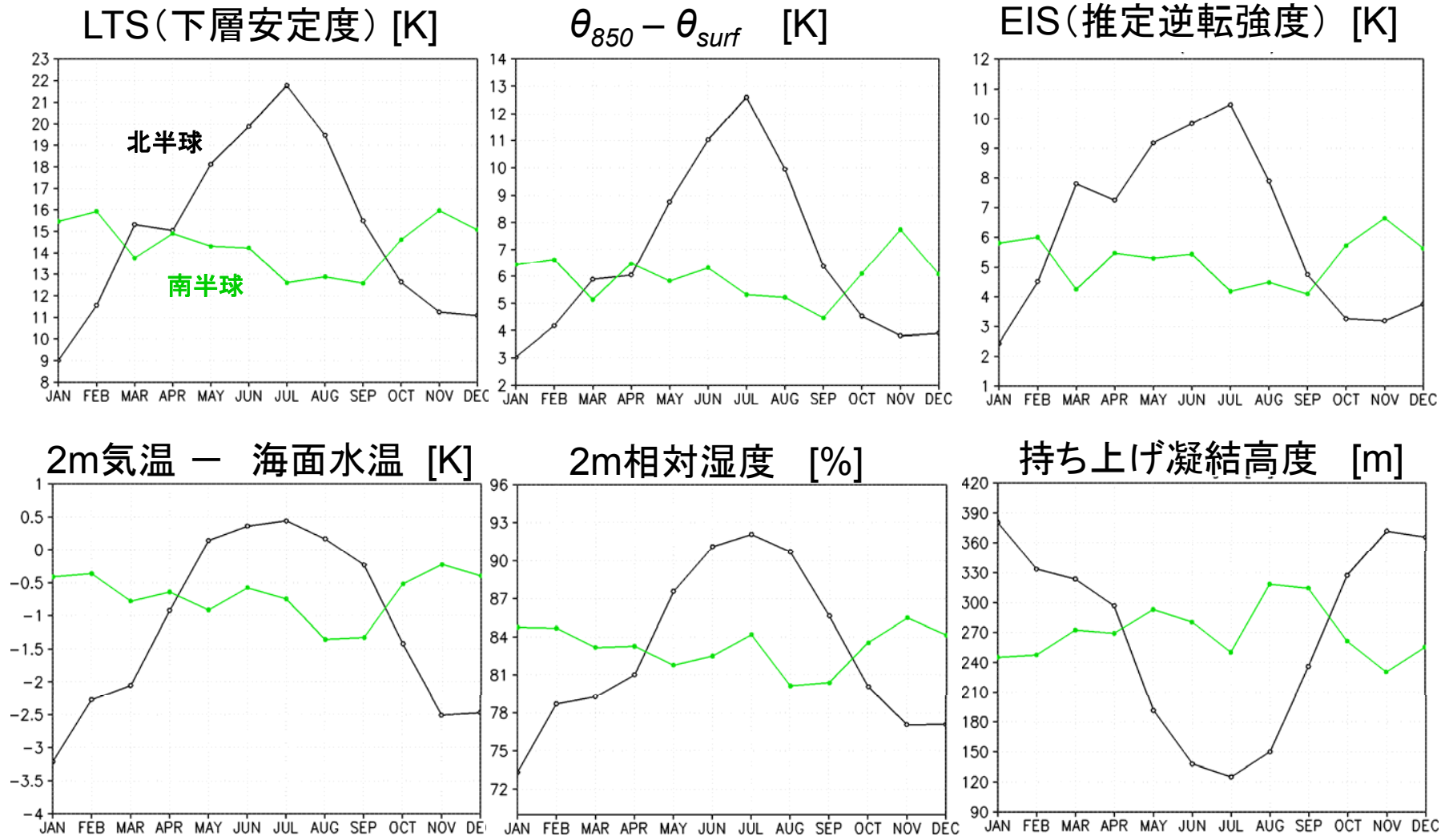


雲の背の高さ



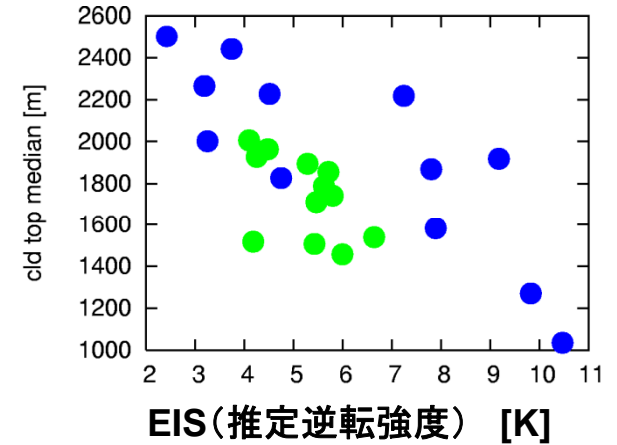
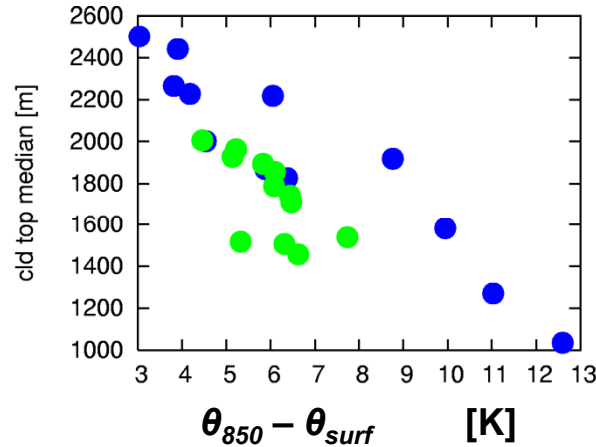
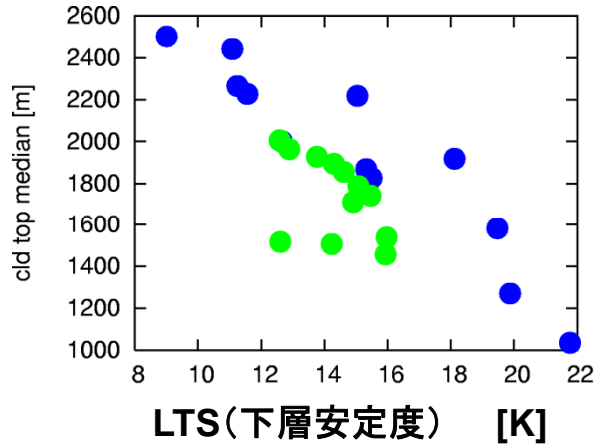
- 南半球の中高緯度の下層雲は、雲頂高度、雲底高度、雲の背の高さともに、季節変化がほとんど見られない。
- 7月に、雲底が、0 - 240mに発生する頻度が高くなっているが、解析に使用した2007年は、この月だけ下層に非常に強い暖気移流が起こっており、そのため、霧が多くなっているようだ。解析期間を延ばせばこのピークは消えると予想される...

気象要素の季節変化

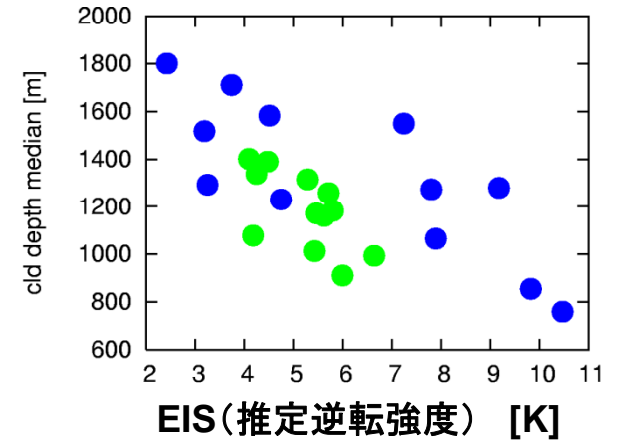
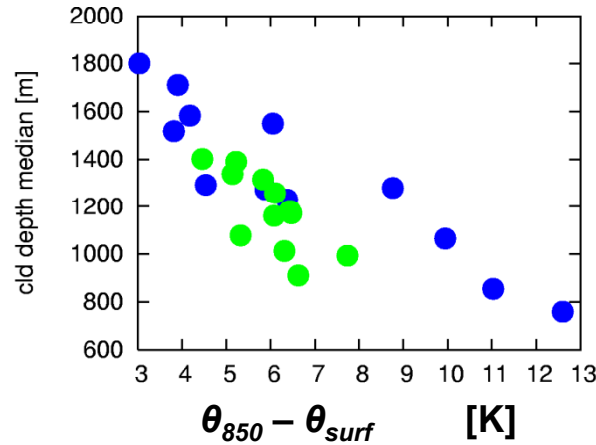
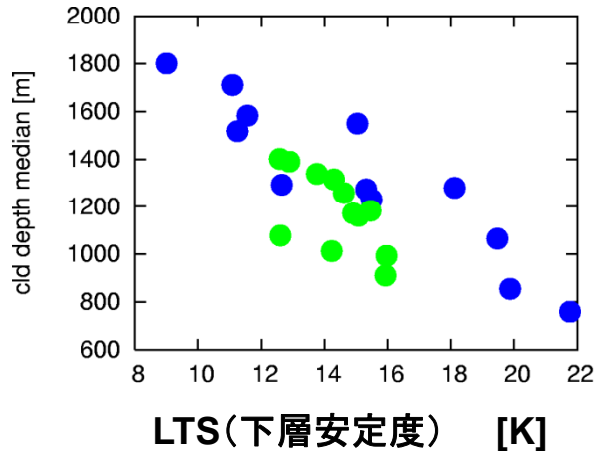


北半球では、雲の構造に関係しそうな気象要素の季節変化も明瞭であるが、南半球では、そうした季節変化が非常に小さい。

雲頂高度と気象要素



雲の背の高さと気象要素



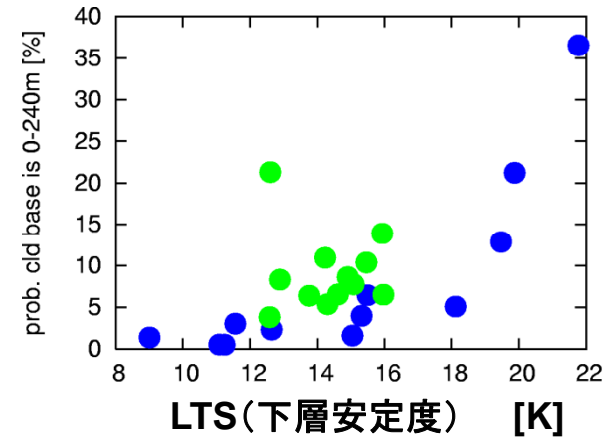
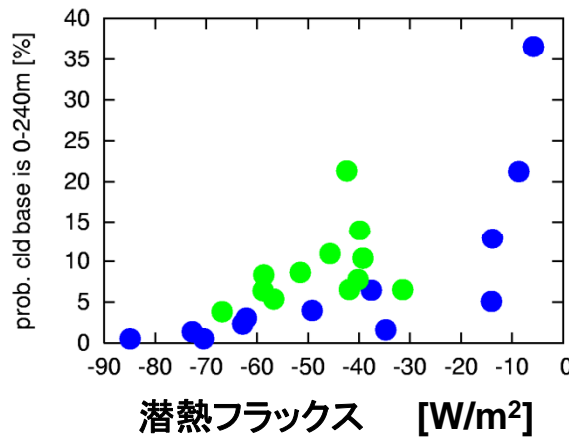
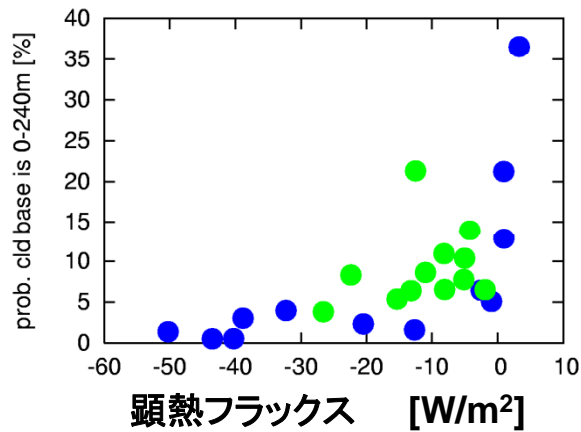
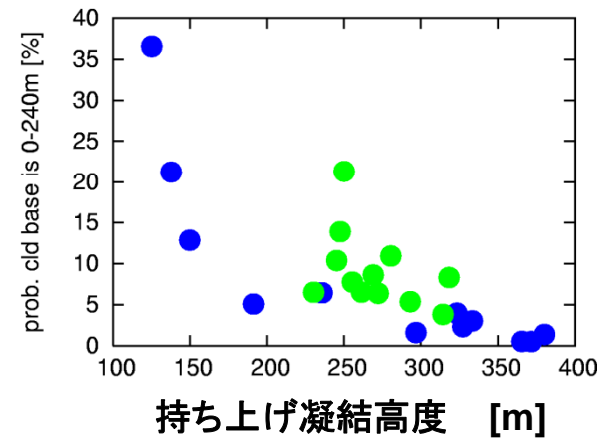
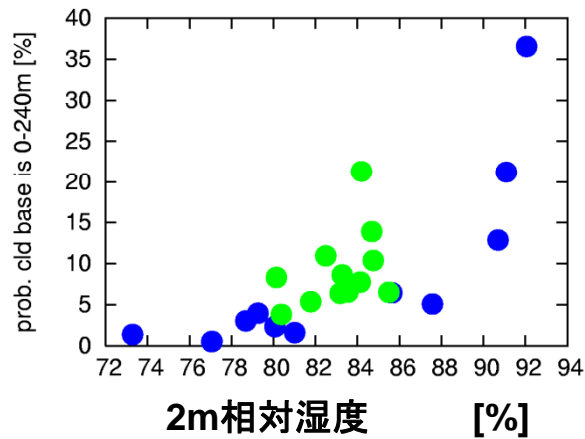
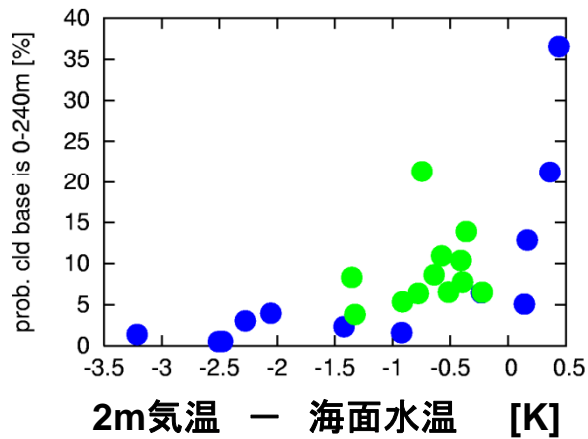
● 北半球中高緯度

● 南半球中高緯度

(それぞれ、12か月分のデータをプロットしてある。)

安定度が大きい[小さい]ほど、雲頂高度、雲の背の高さが低く[高く]なるという、よい相関があることがわかる。雲底高度も同様(図略)。南半球は、気象要素の季節変化も、雲の高さに関する季節変化も小さい。

霧(0 - 240mに雲底を持つ雲)の相対発生頻度と気象要素

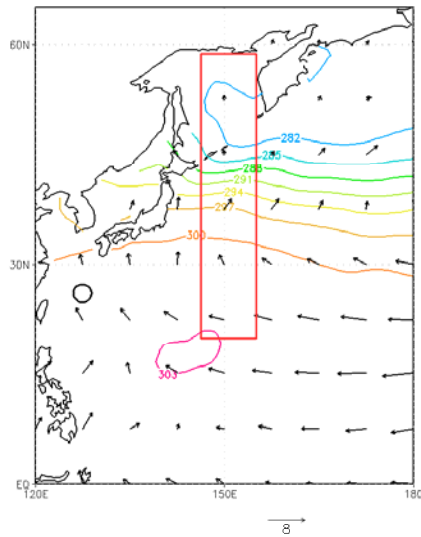


- 北半球中高緯度
- 南半球中高緯度

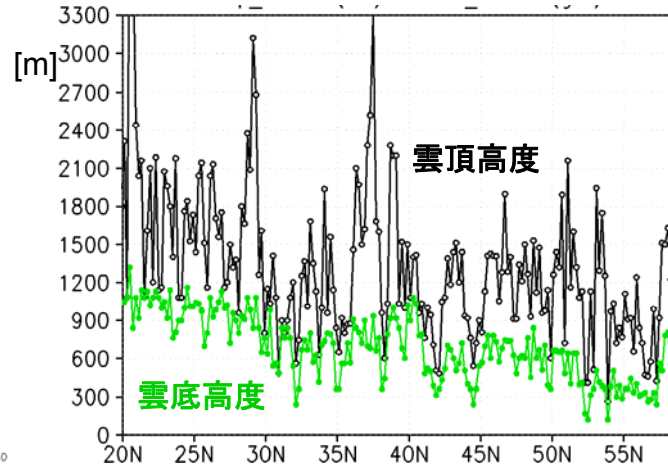
(それぞれ、12か月分のデータをプロットしてある。)

霧は、大気安定度が高い状態で発生する。2m相対湿度が高く(したがって、持ち上げ凝結高度も低く)、大気の気温が海面水温より高い状態で発生している。こうした時、潜熱フラックスは小さく、顕熱フラックスは小さい、または大気から海洋に向かっていてる。

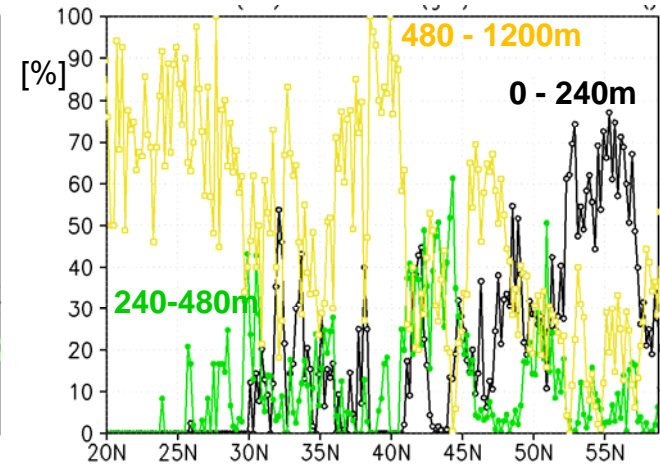
日本の東海上の夏(7月)の雲の鉛直構造と気象要素



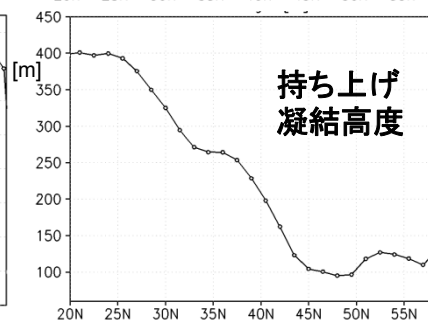
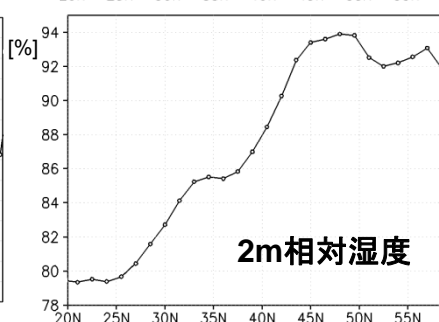
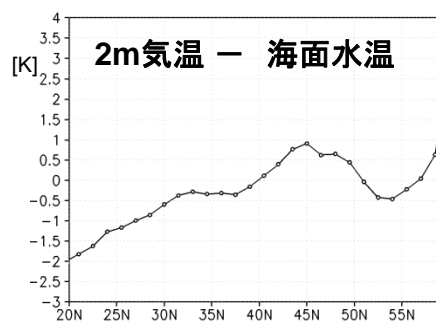
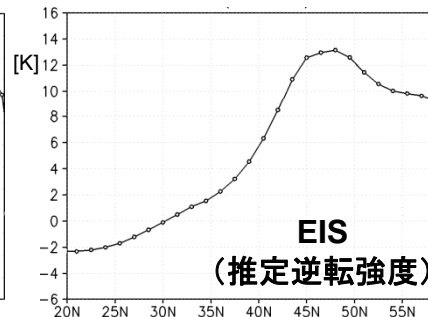
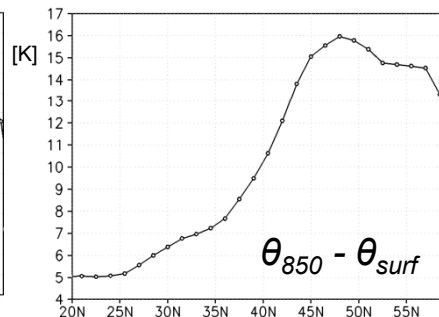
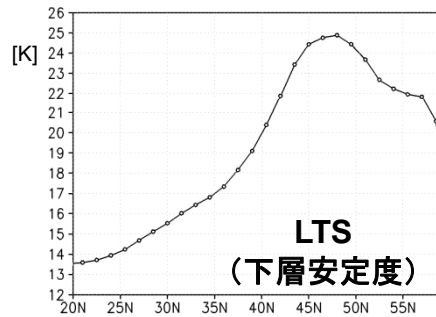
雲頂高度と雲底高度



雲底高度の相対出現頻度



北に行くほど、雲頂も雲底も低くなり、霧が増える



北に行くほど、安定度は上がり、推定逆転強度も強くなり、2m相対湿度は上昇し、持ち上げ凝結高度は低くなっている。北の方では、2m気温が海面水温より高くなっている。また、潜熱・顕熱フラックスとも、北に行くほど減っている(図略)。

まとめ

1. 萩原雲マスクデータが、1500m以下の雲の詳細な鉛直構造をどの程度とらえているかをチェックした。
→かなりよくとらえており、下層雲研究に十分に使えそう。
2. 北半球、南半球の雲の鉛直構造の違い、全球の霧の発生頻度、及び、それらの季節変化が明らかになった。
3. 下層雲と気象要素との関係を調べ、大気安定度との関係を明らかにした。霧と気象要素との関係も調べ、2m相対湿度や持ち上げ凝結高度、2m気温と海面水温の差などについても相関を明らかにした。
4. ヤマセにとって重要な、夏のオホーツク海から日本の東海上の領域の雲構造、大気要素についても調査した。

これから

1. 今回の結果は、統計期間を延ばし、さらなる解析を行い、できるだけ早いうちに論文化したい。
2. 同時に行っている、ISCCPデータを用いた、全球・中高緯度の下層雲の特徴、及び、その大気構造との関係に関する調査も進め、上記論文に含められるとよい。
3. モデルで再現された下層雲と観測される下層雲の違いを調査し、モデルの弱点を把握する。
4. 下層雲とオホーツク海高気圧の関係についての実験も進めたい。

(本研究の最終目標は、ヤマセの下層雲を含めた、下層雲のすぐれたパラメタリゼーションを開発すること。)