

# 積乱雲生成期の観測

航空機上からCBセルを観測

2012年8月16日

草房誠二郎

# はじめに

- 航空機による積乱雲の生成過程の観測記録は殆ど聞かない。
- 高層での気象観測は、レーダー観測からサテライトによる観測が主流になった。
- 航空機等による高層気象観測は、台風観測など、米海軍で行われているが、国内ではあまり行われていない。
- 今回の、航空機による降雨セルの観測データは、有意義である。

1



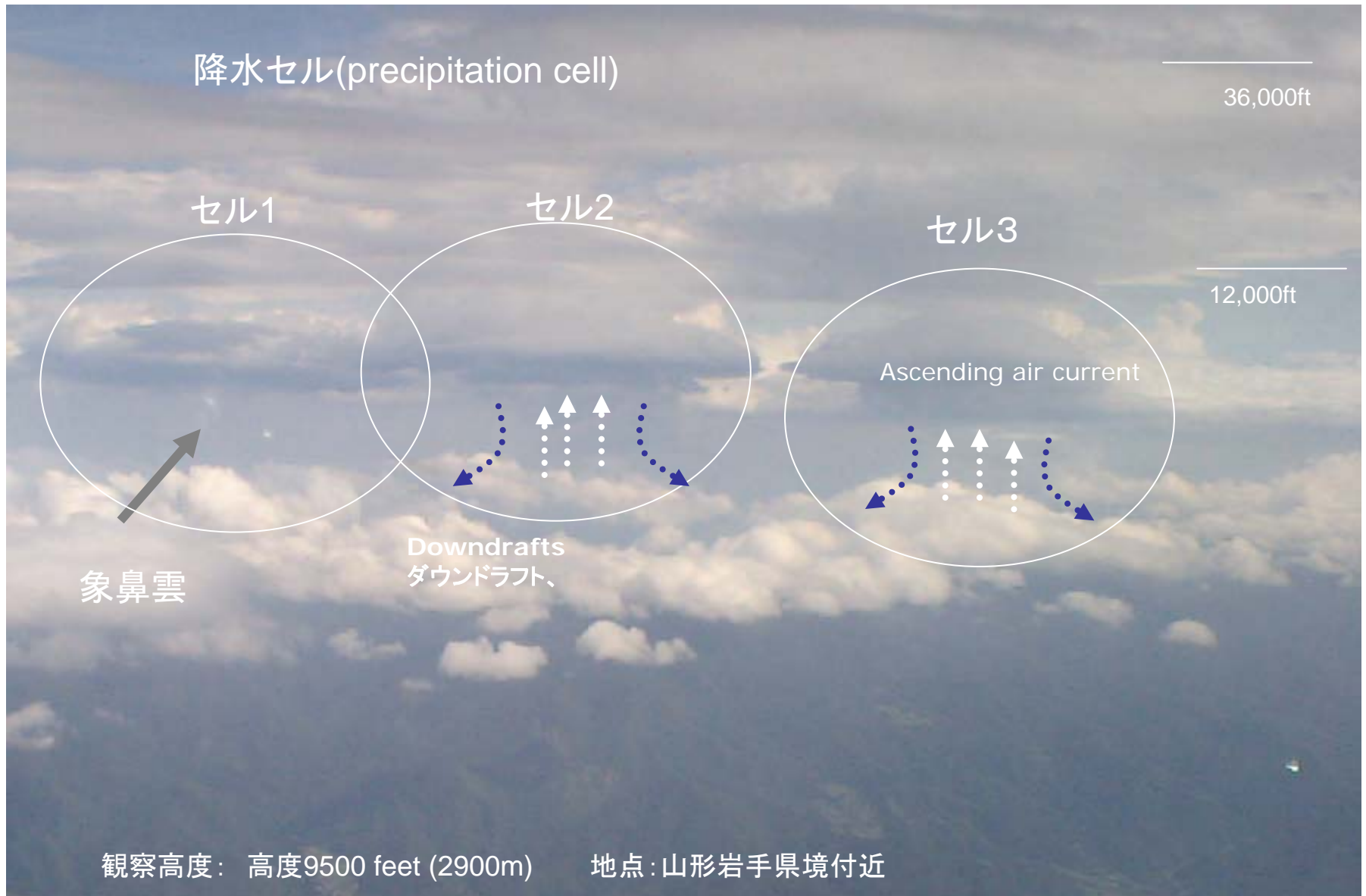
行手左前方にキノコ状の積雲を複数観測 2012.8.16 14時頃

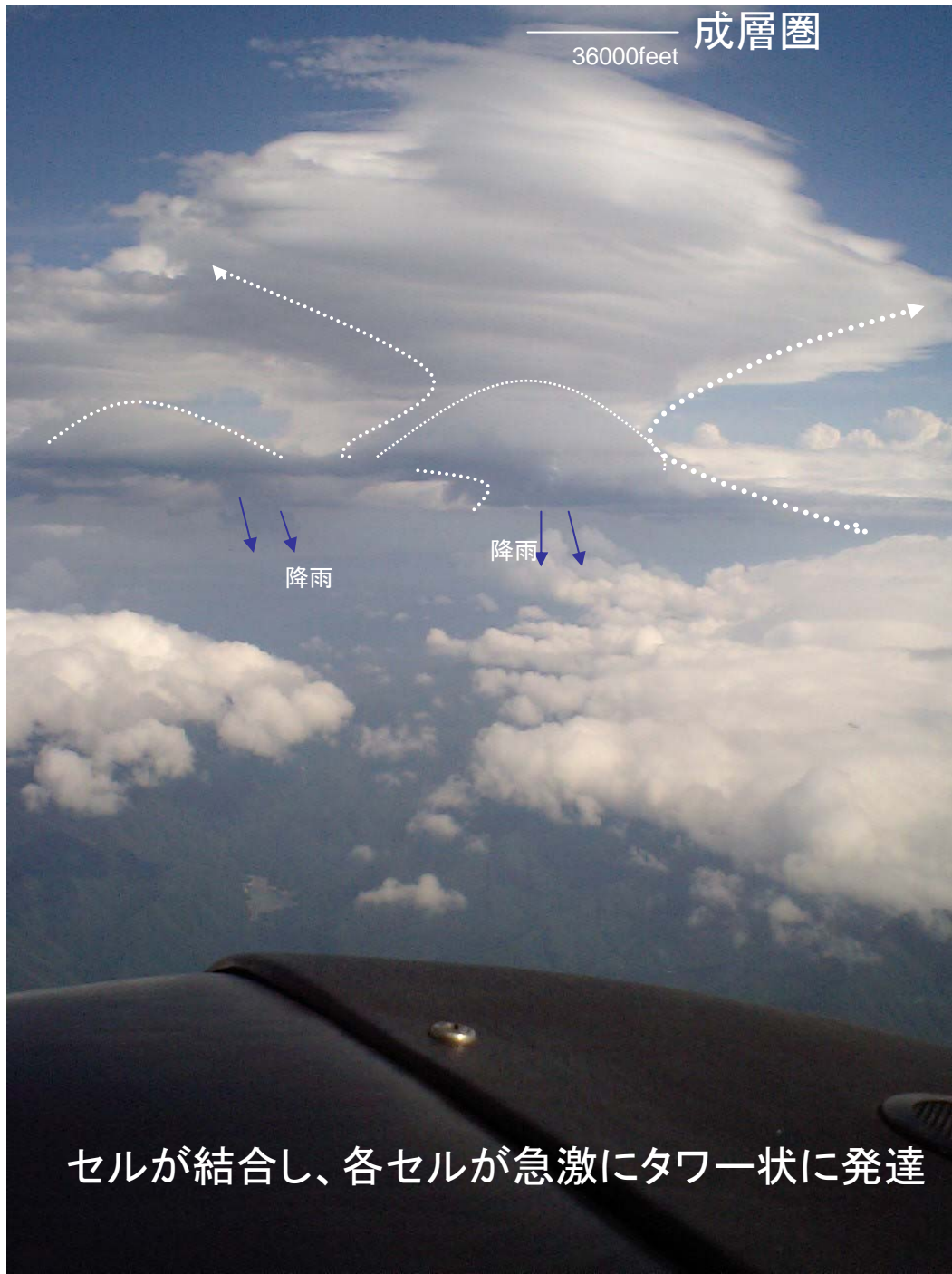
観察高度： 高度9500 feet (2900m) 地点：山形岩手県境付近

2



## 2-1 写真2の拡大





セルが結合し、各セルが急激にタワー状に発達



結合したセルのタワーはさらに発達



ここから最盛期になる





危険を感じるほどに、上空一面に拡大始めた  
巨大積乱雲。地層のような強い縞模様が、  
渦度の大きさを教えている。

# 解説編

積乱雲の生成から消滅まで

# 生成期

CBは、地上から見ると一つの大きな雲塊のように見えますが、実際にはCBに覆われた付近では一様ではなく、雨が弱まったり強まったりしています。

CBという大きな雲塊の中にいくつもの小さなCBセル(降水セル、台風の構造に類似)が生成されることが知られています。この小さなCBを降水セル(precipitation cell)と呼んでいます。CBのライフサイクルが数時間なのに対してこれらの降水セルはスケールが相対的に小さいので寿命は約30分から60分といわれています。

降水セルのライフサイクルにも、成長期、成熟期、消滅期があります。

# 雄大積雲 Towering, Grown cumulus

CBはトロポポーズまで達するほど発達しますが、そのトップ(雲頂)が成層圏(stratosphere)に突入し、そこからさらに上昇し続けることはありません。トロポポーズをシーリングに、その高度から水平に発達してかなとこの形状を呈することになります。これをかなとこ雲(anvil cloud)とも呼んでいます。

# かなとこ雲のメカニズ

かなとこ形状に成長したCBは、氷の結晶で構成されています。CBが圏界面付近で、トロポポーズから水平に広がる理由は、対流圏(troposphere)上部と成層圏(stratosphere)下部の温度差によります。

対流圏上部では気温が $-70^{\circ}\text{C}$ 前後であるのに対して成層圏下部はオゾン層の影響で相対的に気温が高く、この温度差によってトップは成層圏に突入することができずに圏界面を境に水平に広がることとなります。

# 成長期

成長期は、降水セルが上昇気流によって発達していく過程です。トップが上昇気流によってどんどん上昇していく過程です。この段階では降水セルは上昇気流だけを伴い、雨粒などが発生しても上昇気流によって上方に運ばれるので、地上付近での降水はありません。時間が経過すると成長期にある降水セルの雲頂が対流圏上部に達し、氷晶や雨粒なども十分に成長します。これらの雨粒などは上昇気流に逆らって落下運動を始めます。その際、空気摩擦によって周辺の空気も一緒に引きずり落とします。これが結果的に下降気流(downdrafts)を発生させ、この下降気流が発生したとき降水セルは成熟期に移っていきます。かなとこ状のトップにはタービュランスがあるので注意が必要です。

# 成熟期

成熟期は、一つの降水セルの中で下降気流と上昇気流 (updrafts) が共存している状態です。

上昇気流によって氷晶が上下方向で衝突しています。

氷晶が正に水滴が負に帯電します。

積乱雲と地上の電位差により電圧が高まると、結果的に放電が発生、これがCBによる雷(lightning)です。

地上で激しい雷雨(サンダーストーム、thunderstorm)が起きるのは、この降水セルが成熟期にあることを示しています。

また、下降気流は雨粒などの摩擦によって生じるほか、氷が乾燥した層を通過する際に昇華熱(sublimation)によって周辺空気を一層冷却し、下降気流を増します。

# 成熟期2

前記の過程が連鎖して起こることで下降気流をさらに強めていきます。

サンダーストームの周りにはこのプロセスでロール状の雲を発生させることもありますし、ウィンドシェアやタービュランスが発生していることがあるので注意が必要です。



# 消滅期

このような過程を経て強まった下降気流は、高層部の空気で昇華によって非常に低温になっています。

結果的にこの下降気流が雲の底に集まり、雲の底は低温なのでシャルル・ボイル法則により部分的に高圧状態となります。

このような下降気流によって部分的に気圧が高い場所をメソ・ハイ(メソスケールの高気圧という意味)と呼んでいます。

この空気が雲底から地上に向けて一気に流れ出すと(ダウンバースト、downburst)、最終的には上昇気流よりも下降気流のほうが強まり上昇気流がどんどん弱まってきます。

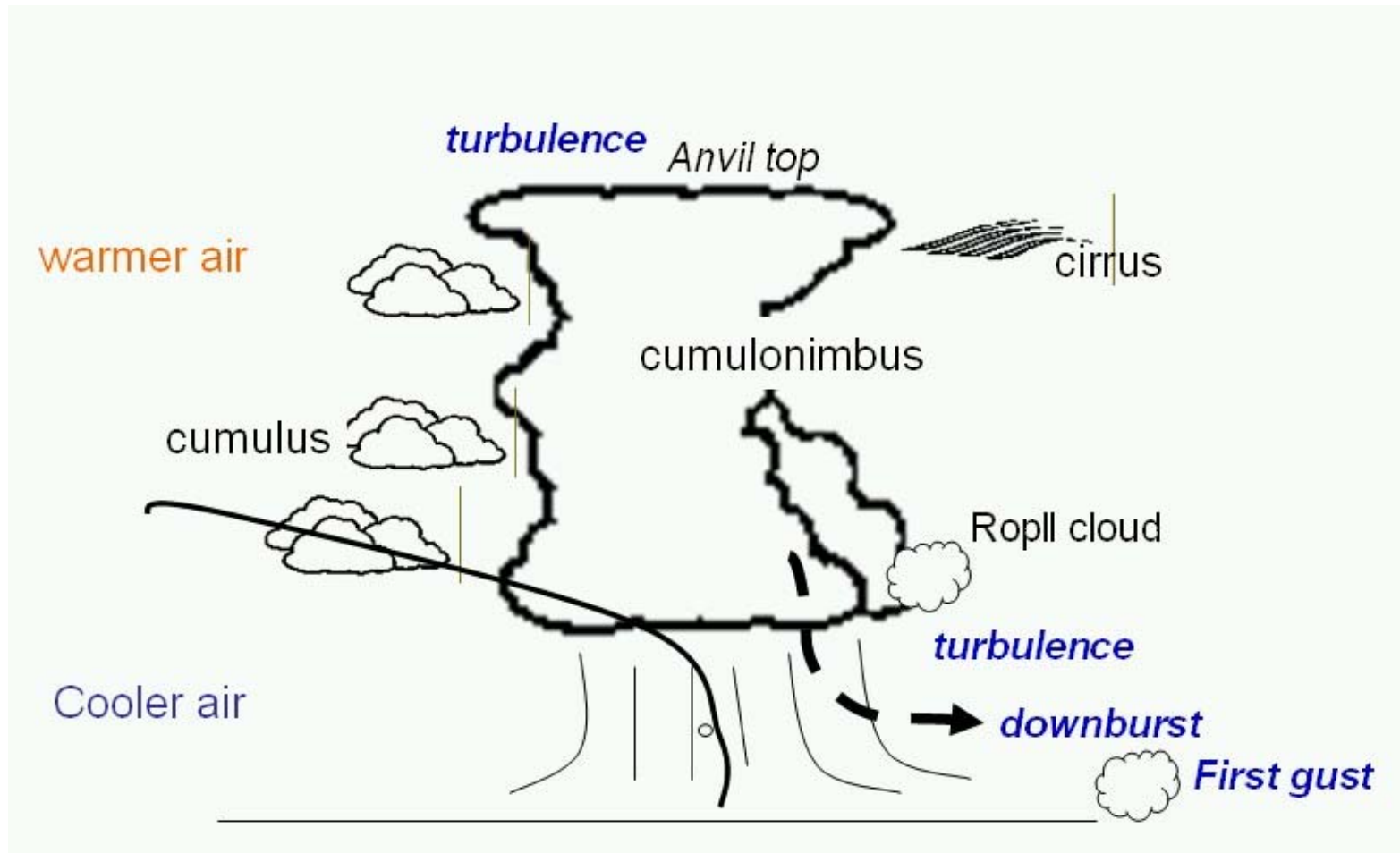
これが消滅期の始まりです。したがって降水セルは収束していきます。また、メソ・ハイから空気が地上に向けて一気に流れ出すとき、周りの比較的暖かい空気と衝突して、冷たい空気が暖かい空気に入り込むような形をします。これはまさに寒冷前線(cold front)の発生メカニズムに似ています。。

# 消滅期2

したがってこの部分では小型の寒冷前線のようなものが発生し、このスクールライン(squall line)に沿って突風が吹いたりします。この線をガストフロント (gust line) といいます。

このとき、地上ではこのように下降気流が増すことによって、結果的には降水セルが死滅し、残っていた雨粒がしとしとと降るなどして最後に雲が消滅していきます。こうして降水セルのライフサイクルが終了します。ガストフロントにおいては、激しい降水が数分続いてその後突風を伴い降水が弱まるという気象現象が多く観測されます。しかし今述べた降水セルの例はかなり活発な積乱雲において起こることで、降水セルによっては成長期からすぐに消滅期に向かうものもあります。降水セルが3過程を経てライフサイクルを終えるかはそのときの大気の状態に依存しています。下に寒冷前線に伴うCBの構造を図示します。

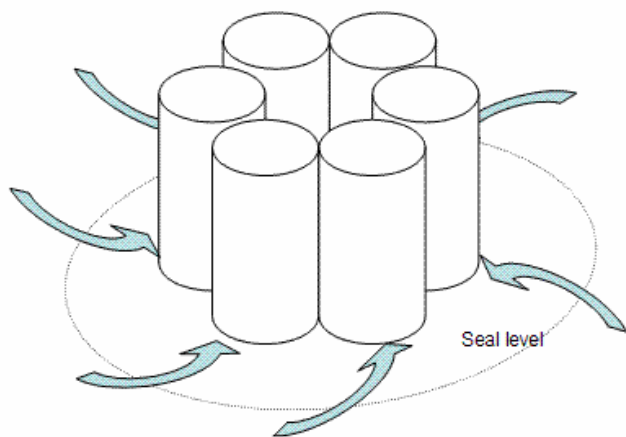
# 寒冷前線に発生するCB



# CBの常識を変える

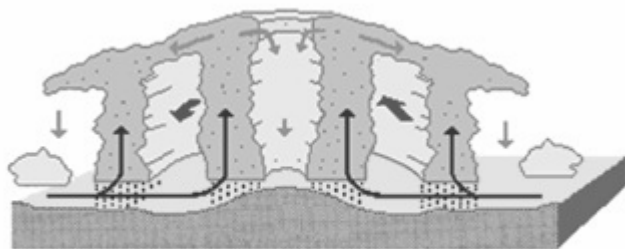
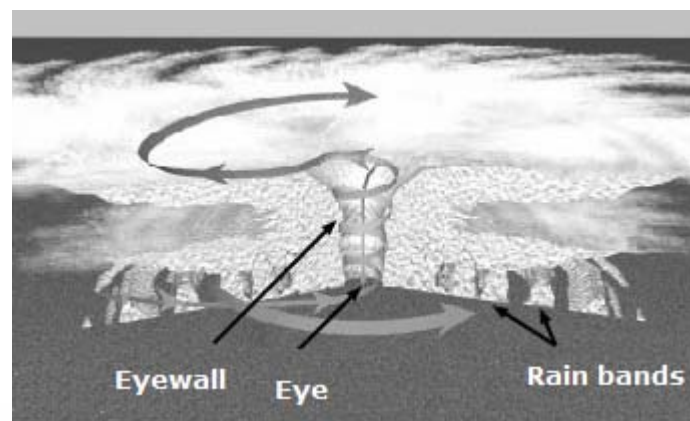
一般的にCBはパイロットから目視できますが、サンダーstormのなかには見えないサンダーstormもあります。これをエンベディッド(Embedded)サンダーstormと呼んでいます。降水セル及びCBが一生を終えても、先ほど述べたガストフロントは残ることがあります。ガストフロントはメソ・ハイが原因で起きたものなので、周りより冷たい空気からなることは明らかです。したがってCBが消滅してもガストフロントだけが残るわけです。ガストフロントにさらに湿った暖かい空気が流れ込んだ場合、再びその部分だけ上昇気流が発生し、結果的には新たなCBが発生してしまうこともあります。つまりオリジナルのCBが新たなCBが発生させるわけです。CBにはこのような世代交代が観測されます。CBが2つ以上並行してある場合、両者のCBがメソ・ハイによって下降気流を伴い、下降気流と下降気流がぶつかりると周辺空気は結果的に上昇しさらにCBを発生させていきます。一つCB塊を先頭にその後ろにいくつものCBが続いている様子は衛星画像でもよく観測されます。これがスコールラインに相当しています。スコールラインとは活発な対流セル(積乱雲)が線状に並んだもので、その雲列に直角の方向に比較的速く移動するものをスコールラインと呼びます。しかし、どの程度以上の速度で伝播すればそう呼ばれるのか定義があるわけではありません。

# 参考： 台風、熱帯低気圧の構造



複数セルで構成

上空の風向きに注意



PRESENTED BY S. KUSAFUSA

<http://imetrics.co.jp>

[oz@imetrics.co.jp](mailto:oz@imetrics.co.jp)

Copyright © 2012 imetrics Saige's all rights reserved