

湿潤過程を含んだ ROLL 状対流の形成に関する数値的研究

*大貫修平、中西幹郎（防衛大）

1 はじめに

大気境界層において水平風とはほぼ平行に延びる雲列は ROLL 対流として一般に知られている。

ROLL 対流の境界層高度に対する水平波長の比であるアスペクト比は Asai(1970)等の線形論によると概ね 2~3 となるが、Miura(1986)の日本海での観測によると、アスペクト比は 6~18 となり理論値と比較して大きい。

過去、数値実験を用いた ROLL 対流のアスペクト比の研究は Sykes(1988)のアンサンブル平均モデルによる 2 次元数値実験があり、乾燥状態のアスペクト比が 4、湿潤状態のアスペクト比は最大で 10 となり観測の傾向と一致し、更に湿潤大気においては境界層上端の各種エントレインメントとアスペクト比に比例関係があることを示唆した。

本研究では 3 次元 large eddy simulation(LES)のモデルによる数値実験を実施し、乾燥・湿潤大気のアスペクト比等の比較、湿潤大気における ROLL 対流の上昇流域の併合、乱流運動エネルギー収支、境界層上端のエントレインメントとアスペクト比の関係等を調べた。

2 モデル

モデルは中西(2000)の論文を参考に 3 次元 LES のプログラムを作成した。計算領域は水平方向で X:192,Y:32 格子数とし高度 Z:60 とした。格子間隔は水平 100m,鉛直 50m である。タイムステップは 1 秒間隔で計算し、乱流運動エネルギー分布が定常になる時刻まで(乾燥:57600s,湿潤:36000s)計算した。

3 結果

Fig1 は乾燥大気の鉛直流水平分布、Fig2 は湿潤大気のそれであり、陰影域は上昇流域、zi は境界層高度を示す。乾燥大気の上昇流域は概ね 1.5km~2.5km の間隔で線状に分布しアスペクト比は 2~3、湿潤大気では X 軸で 5km,10km,16km の位置に上昇流の極大域が見られアスペクト比は 5~6 となる。Fig3 より湿潤大気の zi における浮力フラックスのエントレインメント率は 100%となり、Sykes(1988)のケースと一致した。しかし、湿潤大気において ROLL 対流が最初に明瞭に現れる 10800s と上昇流域が 3 つに併合されてアスペクト比が大きくなる 14400s 迄のエントレインメント率を見ると(Fig4)、36000s と比較して小さい。Sykes(1988)も示したエントレインメント率の増大はアスペクト

比が大きくなった後の結果に過ぎないと考えられる。ここでは示さないが 14400s 迄、境界層中層で浮力フラックスの周期的変化が見られた。アスペクト比増大の要因は境界層内部における乾燥大気にはない潜熱の放出、吸収に要因があるものと推測する。

乱流運動エネルギー収支では乾燥大気では浮力による乱流が ROLL と直交する u'^2 成分に分配され平行 ROLL 対流を形成しているが、湿潤大気では雲域内高度では ROLL と平行する v'^2 成分にも乱流運動エネルギーが分配されている(図省略)。これは運動量 u でもエントレインメントが顕著に見られ、境界層内においてシアー生成により u'^2 成分の乱流が卓越し、結果として浮力生成による乱流が v'^2 成分に分配されるものと推測する。この議論は発表時において詳細に紹介する。

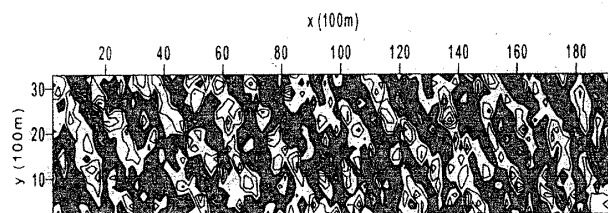


Fig1 contour of vertical velocity in the x-y plane $z=0.7z_i$

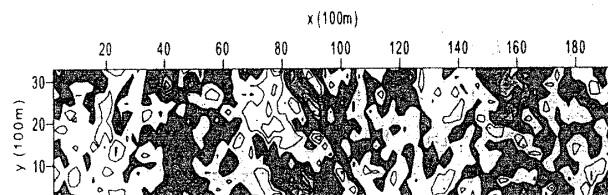


Fig2 contour of vertical velocity in the x-y plane $z=0.7z_i$

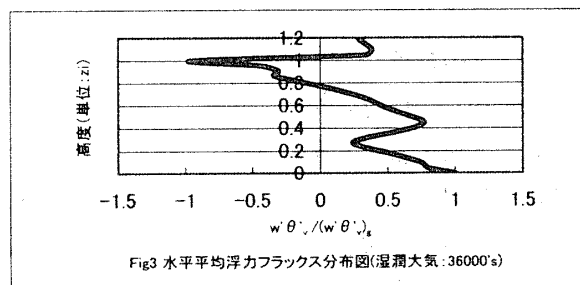


Fig3 水平平均浮力フラックス分布図(湿潤大気:36000s)

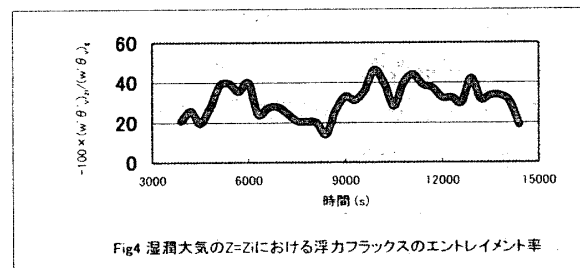


Fig4 湿潤大気の $Z=z_i$ における浮力フラックスのエントレインメント率