

神田学・渡辺力・M.O.Letzel・S.Raasch (2002): LES による熱収支インバランス問題に対する検討 (第1報) 大気境界層スケールの対流構造の影響, 水文学会誌 2002,15(3),243-252

・はじめに

$$\text{「インバランス問題」: } |R_{\text{NET}} - G| > |H + \lambda E|$$

$$\text{or } H + \lambda E \approx (0.6 \sim 0.9)(R_{\text{NET}} - G)$$

要因:

- 1) 観測誤差、不均一性、地形起伏 = 観測条件に由来
- 2) 点計測の空間代表性 = 渦相関法の原理的な問題
本論文の検討項目

・数値実験の概要

1. モデルの説明
熱対流混合層の LES: 浮力を考慮した基礎的なもの
2. 計算条件 (表-1)
実験 A: 空間解像度・時間解像度が細 (狭領域の計算)
実験 B: 計算領域が大きい (解像度が荒い)
3. 数値実験 (表-2)
水平風速の増大 インバランス量の減少? ?
(Lee1998 など): 風速 0 ~ 4 m/s で実験する。

・データ解析手法と理論的準備

1つの格子点でのグリッド平均物理量を点観測データとみなして解析する。フラックスは1時間平均を使う。

1. 任意点におけるフラックスの定義 (省略)

2. インバランス量の定義

時間平均フラックスと真の平均フラックスの差

$$Ib = \overline{w_i' T_i'} - [\overline{F}]$$

$$Ibr = \frac{Ib}{[\overline{F}]} \times 100(\%) \quad (\text{インバランス率})$$

・結果と考察

1. 基本的物理現象及び精度の確認
温位と顕熱フラックスの鉛直分布 (図-1)
= 典型的で既存の観測などと一致
SGS の寄与は (小さいほどいいのだが) 4%程度
熱フラックスの時系列変化 (図-2)
= だいたい 60 分後ぐらいから準定常
2. インバランスの空間的ばらつき及び一般風との関係
インバランス量の確率分布 (図-3)
最大値はマイナス側
面積 (確率) もマイナス側が卓越
風が強くなると、ばらつきが小さく、
インバランスはゼロに近づく (表-3)
インバランス量と平均鉛直風速の関係 (図-4)
弱い正の相関がある
風が強いとばらつきが小さくなる
Lee(1998)の傾向と良く似ている

鉛直風速と $w'T'$ の変化 (図-5)

($w < 0$ の時と $w > 0$ の時の2例)

サーマルに対応する上昇流が熱輸送を担う。

$w < 0$ では、30 分程度の周期

$w > 0$ では、30 分周期と、数分 ~ 10 分の短周期

3. 議論 - 大規模乱流組織構造の役割

個々のサーマルプリュームは、20 ~ 30 分のオーダー

1時間平均で消えない平均鉛直流とは?

1時間平均鉛直風速の分布 (図-6) ($U=0$ 、4 の2例)

$U=0$: サーマルよりも大きな組織的乱流構造

(スポークパターン) の存在 = 海上の鱗雲

$U=4$ では、それが筋状になる。

(= 冬の日本海の筋状の雲)

- (1) 偏在性: サーマルの組織化 (起こりやすい場所と、起こりにくい場所)
- (2) 持続性: サーマルの時間スケールよりも長い時間スケールの構造
- (3) 階層性: 組織構造は大規模な階層構造を持ちうる (予想?)

V. むすび

- (1) 計測点数を増やして空間平均しても過小評価 ローカルな平均鉛直流による
- (2) 点計測フラックスは、風が弱いとバラツキかつインバランスが大きくなる。
- (3) 原因は「大規模組織構造対流」(>> サーマルプリューム)

大規模構造を再現する計算は、いまのところ困難。大きな計算機が欲しいぞ! と