

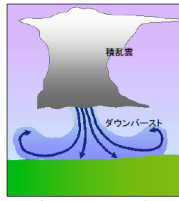
ダウンバーストモデルの数値不安定性

現象数理学科池田研 4年

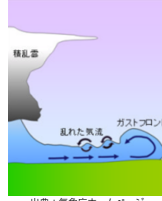
研究背景

対象

ダウンバースト
積乱雲からの下降気流
と
ガストフロント
DBが通常より広範囲に
伝播する際の前端



ダウンバーストのイメージ図
(福岡管区気象台ホームページより)



出典：気象庁ホームページ
(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/toopuu/tornado1-1.html>)

現状

ダウンバーストの数理的な研究は多いが・・・

B. C. Verneire, L. G. Orf, E. Savory, (2011), J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.

ガストフロントの発生まで
踏み込んだ研究は見受けられない

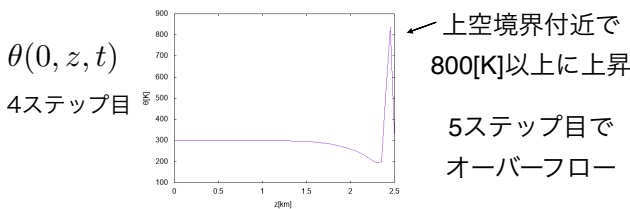
目標

ダウンバーストモデルに対し数値計算を行う

(ガストフロントの発生を確認したい)

問題点

通常の差分法ではオーバーフロー



Bryan Cloud Model(空間2次元) ※一部抜粋

G. H. BryanのHP

(u, w) : 速度場 θ : 温位 π : 無次元化圧力

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -c_p \theta \frac{\partial \pi'}{\partial x} + \text{ADV}(u) + D_u$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -c_p \theta \frac{\partial \pi'}{\partial z} + \text{ADV}(w) + D_w + B$$

$$\frac{\partial \theta'}{\partial t} = \text{ADV}(\theta) + D_\theta + \frac{\varepsilon}{c_p \pi} + Q(x, z, t)$$

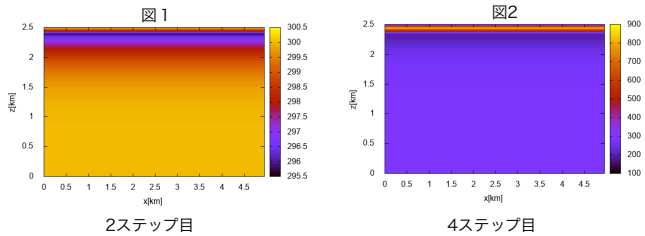
$$\frac{\partial \pi'}{\partial t} = \frac{g}{c_p \theta_0} w - \frac{R}{c_v} \pi \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \text{ADV}(\pi') + \frac{R \pi}{c_v \theta} D_\theta$$

ADV(): 移流項 D_* : 拡散項

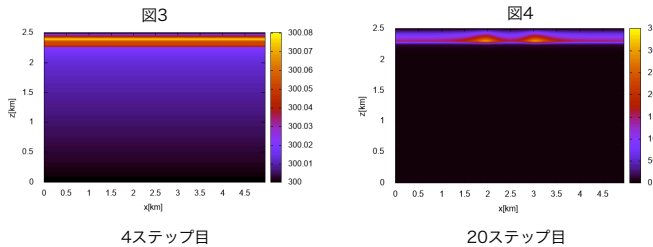
オーバーフローと時間刻み幅

温位[K]のヒートマップ

$dt = 0.0001$



$dt = 0.00001$



オーバーフローと速度場

$dt = 0.00001$

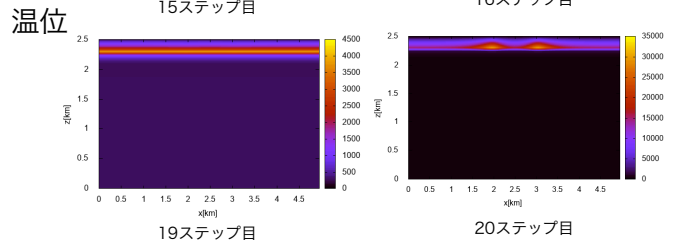
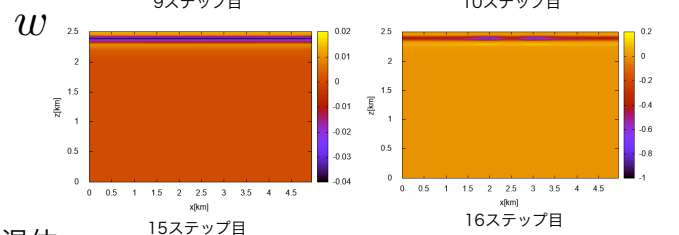
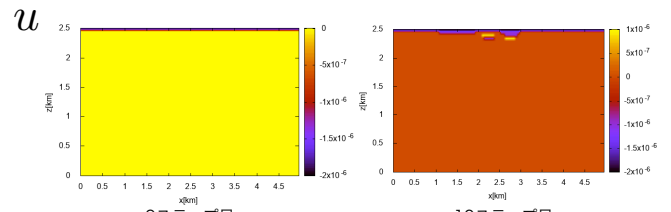


図2と図3 : 時間刻み幅1/10→OFまでのステップ数増

図1と図4 : 現象の進行速度が1/10となったわけではない

考察 : OFは正しい数値計算結果ではなく
数値不安定性によるもの

x 方向の不安定性 : u が最も早い

z 方向の不安定性 : w が最も早い

考察 : 数値不安定性は u, w に起因する可能性
不安定性の発現は上空境界に集中

考察 : 上空での境界条件を見直す必要がある

結論

1 : dt とOFまでのステップ数の関係から
OFは数値不安定性によるものと思われる

2 : 速度場 u, w が数値不安定性を
引き起こしている可能性が高い
特に上空の境界での扱いを再考すべき