

# deepconv/arare 圧力減少問題

dcm model meeting

2012-11-07

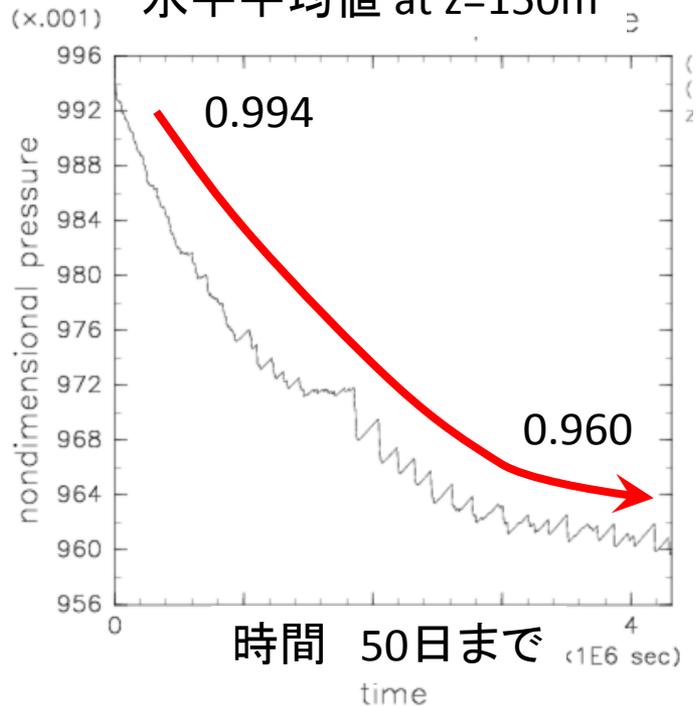
中島健介

# deepconv/arare 圧力問題

- 症状： 長時間積分での圧力のドリフト
  - 地表面気圧は平均的温度擾乱と逆符号
- 原因： 圧力方程式の膨張項が無視できない
  - Bryan and Fritsch(2002) “moist benchmark”
  - arare での検証、膨張項の導入は、これから。
- おまけ： 誤差を拡大させる要因
  - 地表面フラックス
  - 鉛直境界条件
- CReSS での、似て非なる圧力減少
  - すでに膨張項が入っている。
  - 症状： 地表気圧の一方的減少。数値誤差の蓄積？

# 具体的な症状

エクスター関数  
水平平均値 at z=150m



黒田さんの計算  
放射冷却は固定(1K/day)  
海面温度固定  
領域256km x 30km  
格子間隔 300m

- 50日間で4%の減少。
  - (普通の)圧力では14%に相当。
  - 減少が止まるのか、不明。
- 鉛直分布: 下層で大きい。
- 領域全体としての温度偏差と逆符号
  - 長期傾向、短期変動とも。

## 高橋コメント

「基本場からのずれが大きくなると」  
という表現は正しくない。  
「加熱が積算されると誤差が出る。  
つまり、初期からのズレが大きくなると」  
というのが適切な表現。

# 湿潤モデルのベンチマーク論文

- まず、近似を含まない熱力学、状態方程式、圧力方程式でモデルを作る
- 理想的条件での moist thermal 計算で、各種近似方程式を比較
  - ECCM 的に計算した中立大気(完全に曇っている)
  - 可逆雲物理(凝結は起こるが雨は生成しない)を仮定

## A Benchmark Simulation for Moist Nonhydrostatic Numerical Models

GEORGE H. BRYAN AND J. MICHAEL FRITSCH

*Department of Meteorology, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania*

(Manuscript received 6 February 2002, in final form 29 April 2002)

Mon. Wea. Rev. 2002, p.2917

### ABSTRACT

A benchmark solution that facilitates testing the accuracy, efficiency, and efficacy of moist nonhydrostatic numerical model formulations and assumptions is presented. The solution is created from a special configuration of moist model processes and a specific set of initial conditions. The configuration and initial conditions include: reversible phase changes, no hydrometeor fallout, a neutrally stable base-state environment, and an initial buoyancy perturbation that is identical to the one used to test nonlinearly evolving dry thermals. The results of the moist simulation exhibit many of the properties found in its dry counterpart. Given the similar results, and acceptably small total mass and total energy errors, it is argued that this new moist simulation design can be used as a benchmark to evaluate moist numerical model formulations.

The utility of the benchmark simulation is highlighted by running the case with approximate forms of the governing equations found in the literature. Results of these tests have implications for the formulation of numerical models. For example, it is shown that an equation set that conserves both mass *and* energy is crucial for obtaining the benchmark solution. Results also suggest that the extra effort required to conserve mass in a numerical model may not lead to significant improvements in results unless energy is also conserved.

# 方程式の近似度と保存性

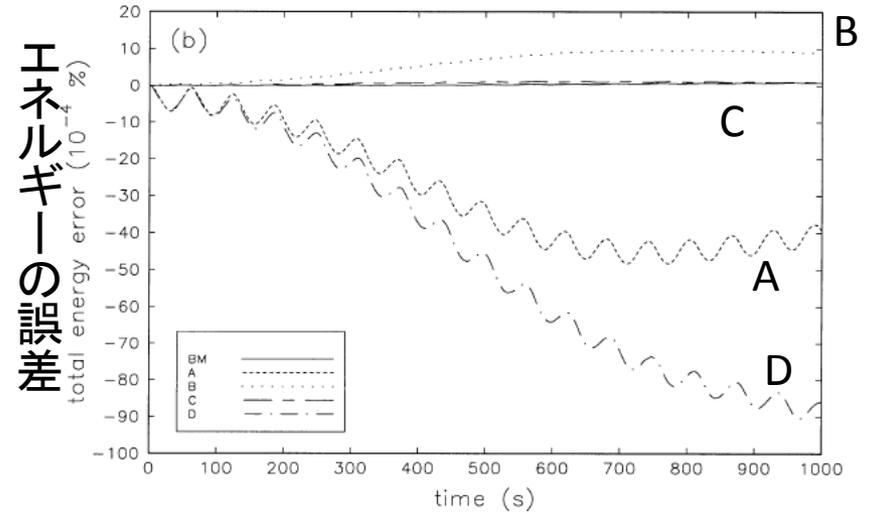
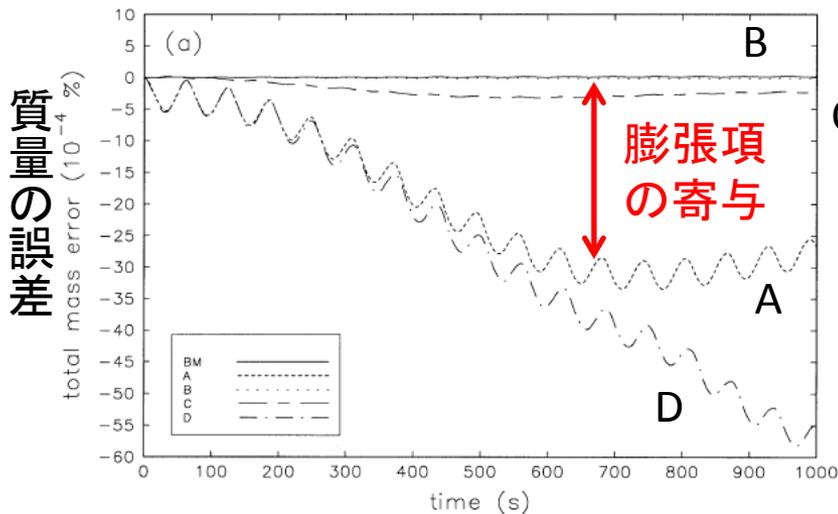


TABLE 1. Summary of thermodynamic and pressure equations.

Equation set	Thermodynamic equation	Pressure equation
A	$\frac{D\theta}{Dt} = \frac{L_v}{c_p \pi} \dot{f}_{\text{cond}}$	$\frac{D\pi}{Dt} = -\pi \frac{R}{c_v} \frac{\partial u_j}{\partial x_j}$
B	$\frac{D\theta}{Dt} = \frac{L_v}{c_p \pi} \dot{f}_{\text{cond}}$	$\frac{D\pi}{Dt} = -\pi \frac{R}{c_v} \frac{\partial u_j}{\partial x_j} + \left( \frac{RL_v}{c_p c_v \theta} - \pi \frac{R_v}{c_v} \right) \dot{f}_{\text{cond}}$
C	$\frac{D\theta}{Dt} = \left[ \frac{c_v L_v}{c_p c_{vml} \pi} - \frac{R_v}{c_{vml}} \theta \left( 1 - \frac{R}{c_p R_m} \right) \right] \dot{f}_{\text{cond}}$	$\frac{D\pi}{Dt} = -\pi \frac{R}{c_p c_{vml}} \frac{\partial u_j}{\partial x_j} + \left( \frac{RL_v}{c_p c_{vml} \theta} - \pi \frac{RR_v c_{pml}}{c_p R_m c_{vml}} \right) \dot{f}_{\text{cond}}$
D	$\frac{D\theta_{\text{sl}}}{Dt} = 0$	$\frac{D\pi}{Dt} = -\pi \frac{R}{c_v} \frac{\partial u_j}{\partial x_j}$

A は arare の相当品

B は膨張項入り

# サーマルの振る舞いは？

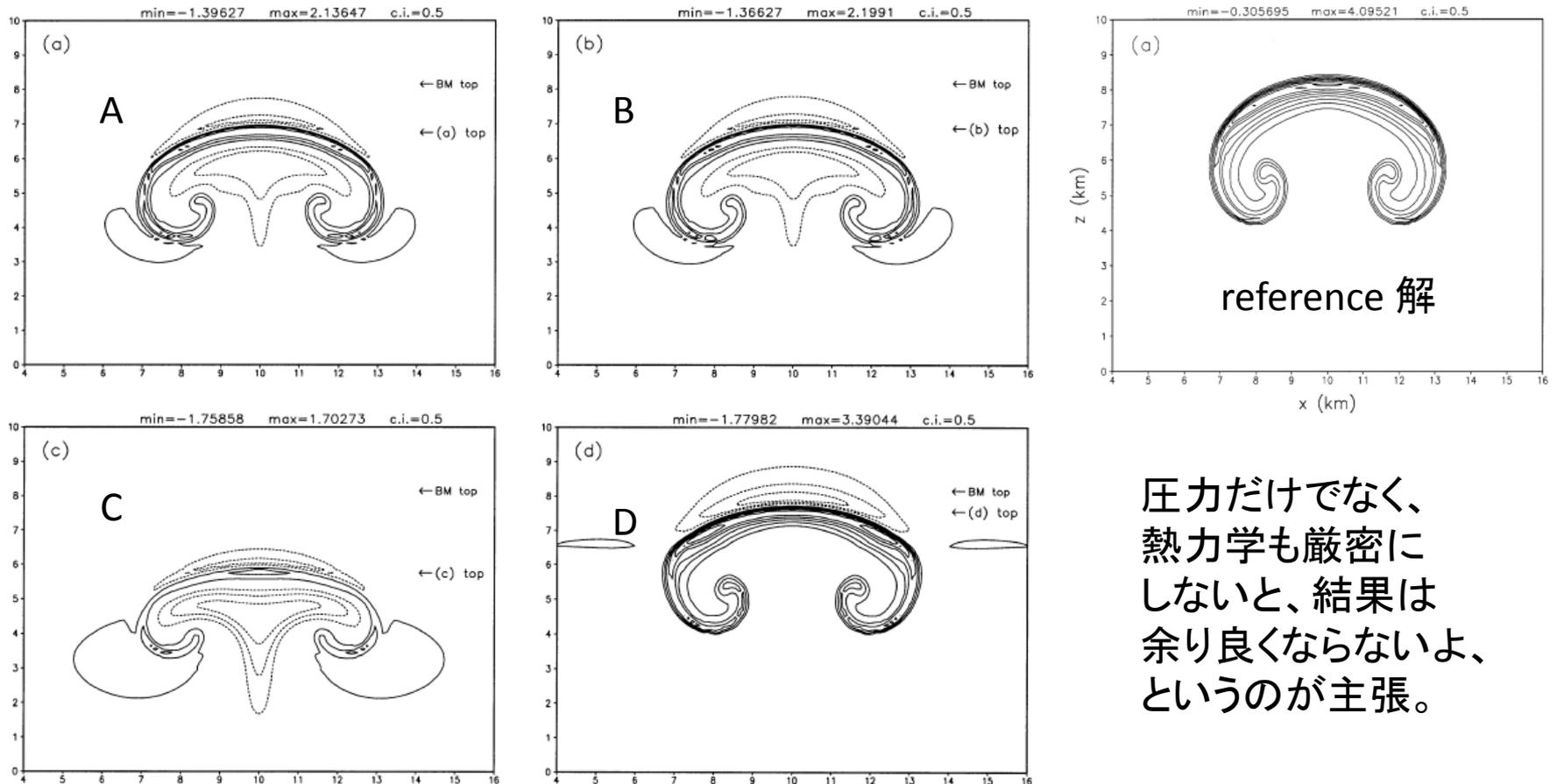
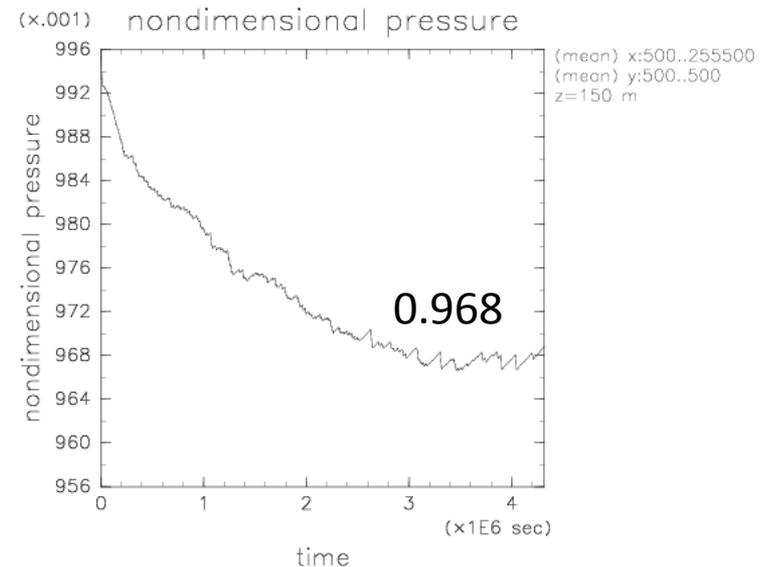
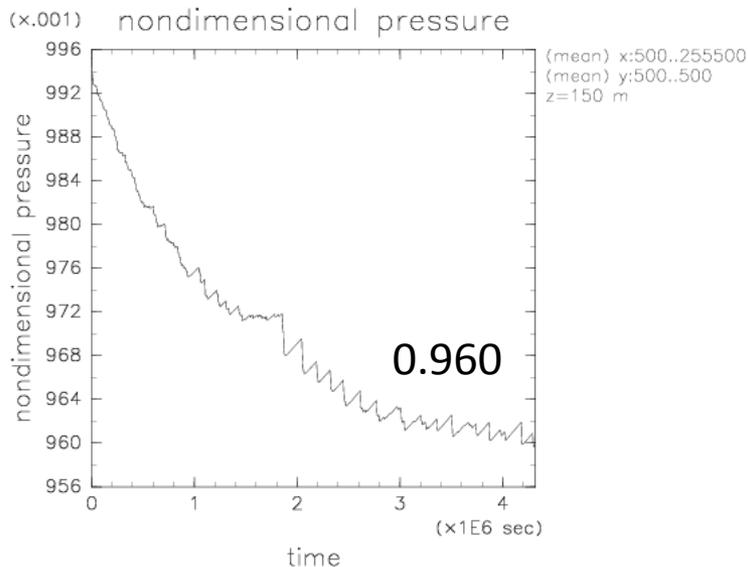


FIG. 6. As in Fig. 5, except for perturbation wet equivalent potential temperature ( $\theta'$ ). Contour interval is 0.5 K; negative contours are dashed. The zero contour is omitted. Near the right-hand side of each panel, the height of the top of the thermal is indicated, along with the height of the top of the thermal from the benchmark (BM) simulation.

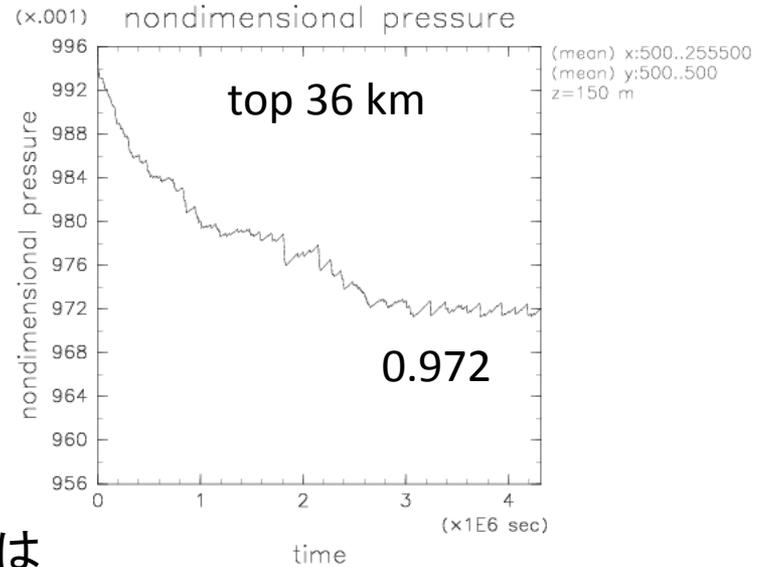
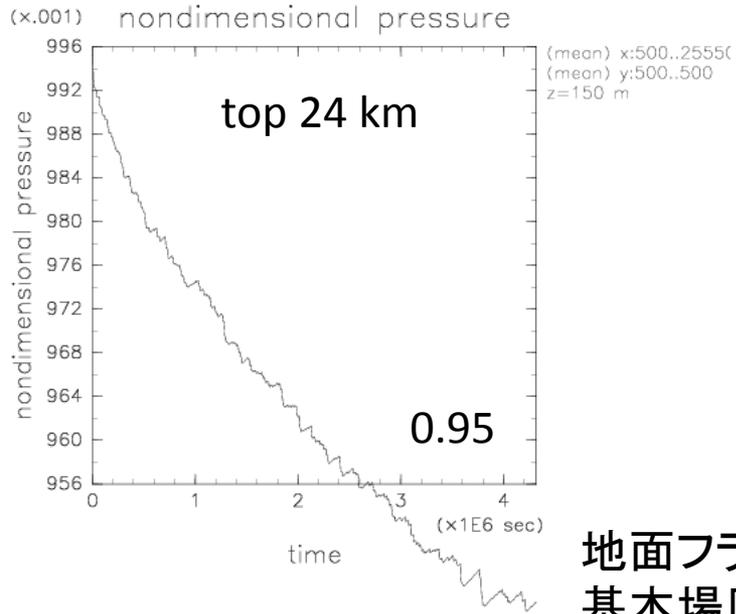
圧力だけでなく、  
熱力学も厳密に  
しないと、結果は  
余り良くならないよ、  
というのが主張。

# 地表面 flux による positive feedback

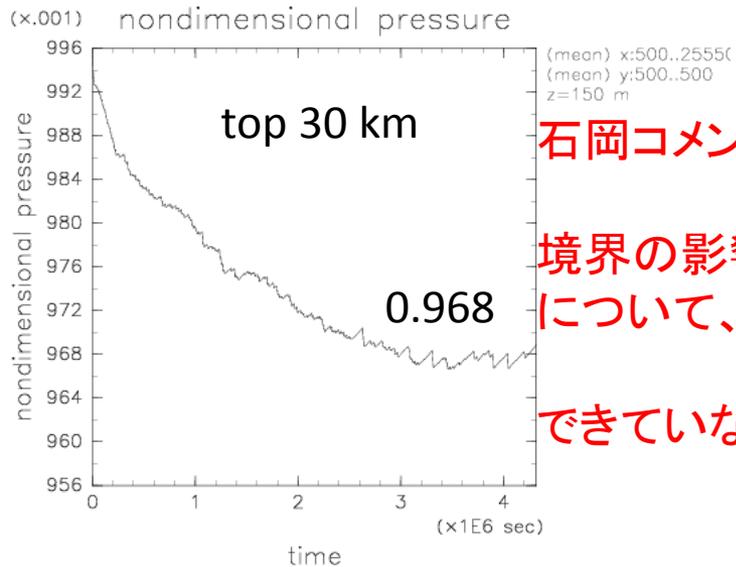
- 圧力問題を含んだ positive feedback loop
  - 大気温度上昇 → 地面圧力減少 → 海面の水蒸気混合比増大 → より強い積雲 → 大気温度上昇
- flux 計算(蒸発)で用いる圧力を基本場の値に固定すると、暴走傾向が止まるようだ。



# 上部境界の影響



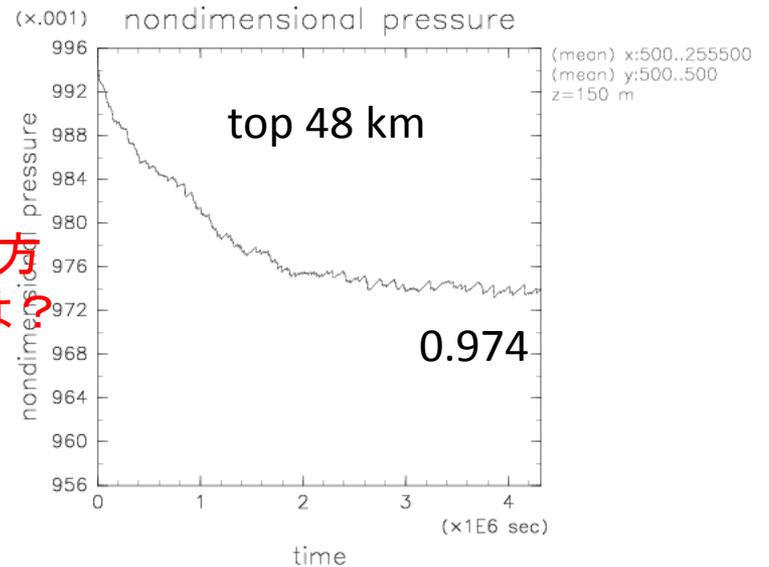
地面フラックスは  
基本場圧力で計算



石岡コメント

境界の影響の出方  
について、解釈は？

できていない。



# arare の現状と今後

- 火星計算(山下)は膨張項が入っている
  - 圧力減少は起こらない。
  - むしろわずかに増加(top 境界の影響?)
- arare5 では、膨張項のコードあり。
  - 乾燥対流でテスト中(小高)
  - 結果がグッドなら moist model へ(黒田)
  - arare4 はいじらない(document で注意するのみ)
- 地球設定ではアラが目につく
  - ちゃんとベンチマーク(高橋由実子)

# CReSS では？

- 昨年から今年の春、辻野君@名大がテスト。
- CReSS は気圧方程式に膨張項を含んでいる。

気圧の方程式

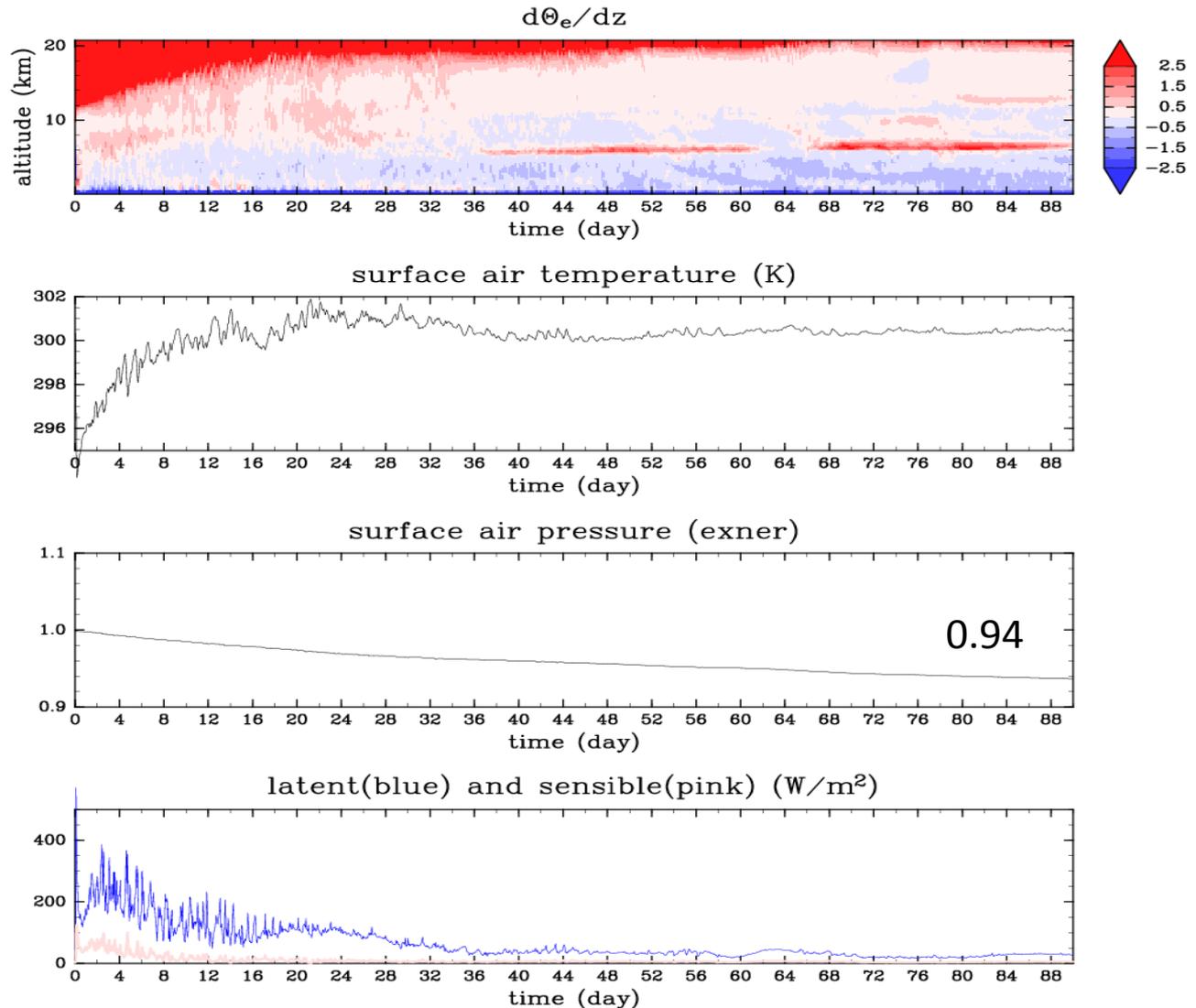
$$\begin{aligned} \frac{\partial p'}{\partial t} = & - \left( u \frac{\partial p'}{\partial x} + v \frac{\partial p'}{\partial y} + w \frac{\partial p'}{\partial z} \right) + \bar{\rho} g w \\ & - \bar{\rho} c_s^2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \bar{\rho} c_s^2 \left( \frac{1}{\theta} \frac{d\theta}{dt} - \frac{1}{Q} \frac{dQ}{dt} \right) \end{aligned} \quad (2.10)$$

ここで、 $c_s$  は空気中の音速、 $Q = 1 + 0.61q_v + \sum q_x$  である。

# 似て非なる減少

辻野さん作の図

- 初期値は乾燥断熱
- 海面は 300K 固定
- 放射冷却無いので、雲活動は不活発
- ただし、初期の強い雲活動で、温度偏差はプラス。
- エクスナー関数は、長期的には減少。雲活動に対応した短い時間スケールの変動は無い。
- 数値誤差の蓄積？



おしまい

