

2013.03.21 第3回超高精度メソスケール気象予測研究会@神戸ニチイ学館

目標3 高精度領域大気モデルの開発とそれを用いた基礎研究

多次元ビン法に基づく

高精度ビン法雲微物理モデルの開発

Development of new binned cloud microphysics model
based on multi-dimensional bin method

荒木健太郎 ; araki@mri-jma.go.jp

橋本明弘 (気象庁気象研究所)

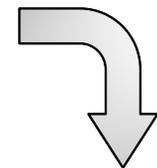
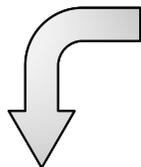
Kentaro ARAKI, Akihiro HASHIMOTO (MRI, JMA)

Motivation



Nature Cloud

物理過程を解明
素過程の定式化



観測可能な
特性を抽出

Laboratory Experiment

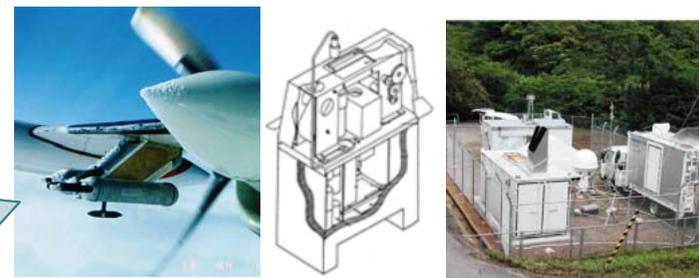


雲生成チェンバー 氷晶核計・雲核計

CCN/INの活性化能に関する室内実験
結果に基づいてモデル素過程を改良
エアロゾル・雲過程

野外観測結果に基づいてピン法雲微
物理モデル (NHM) の妥当性の評価
(エアロゾル・) **雲・降水過程**

In-situ Observation



航空機・雲粒子ゾンデ リモセン観測

定式化した素過程の
モデルへの組み込み

精度を保って適切に粗視化
精緻なモデルの精度向上

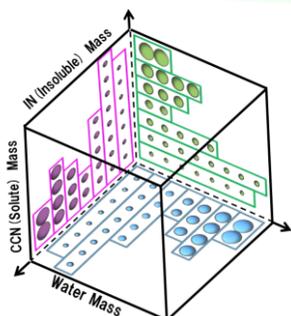
従来よりさらに
適切に粗視化

モデルにおける雲・
降水過程の検証
観測事実の解釈

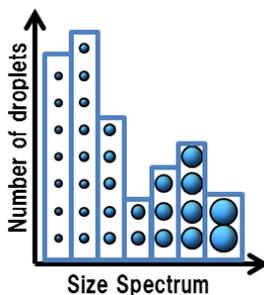
精緻なモデル

中間的なモデル

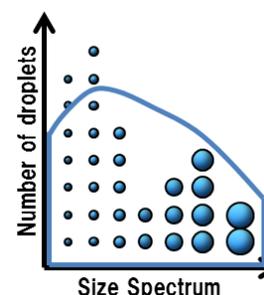
粗視化したモデル



多次元ピン法
雲微物理モデル
計算コスト：**大**
NHMで3D実験は
難しい



高精度ピン法
雲微物理モデル
計算コスト：**中**
NHMで3D実験は
なんとか可能



バルク法
雲物理モデル
計算コスト：**小**
NHMで3D実験が
可能

エアロゾル・雲過程

エアロゾル・雲・降水過程

雲・降水の過程

高精度ビン法雲微物理モデル

ARABIN (仮): AccuRAte BIN microphysics model

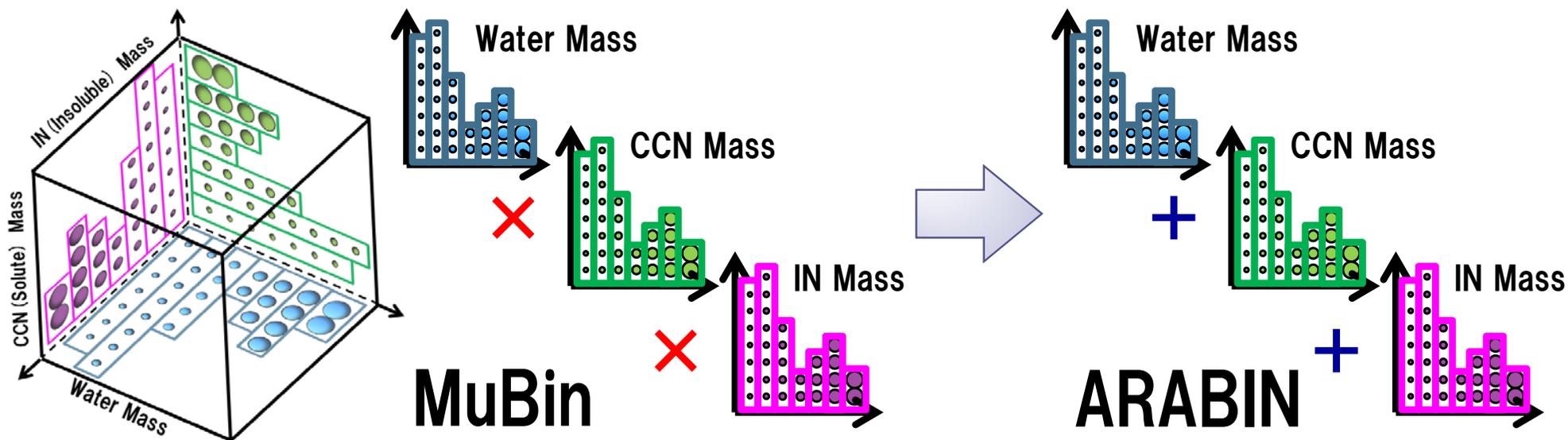
多次元ビン法: MuBin (Misumi et al. 2010) をもとに開発

→ CCN/INの取り扱いを簡略化

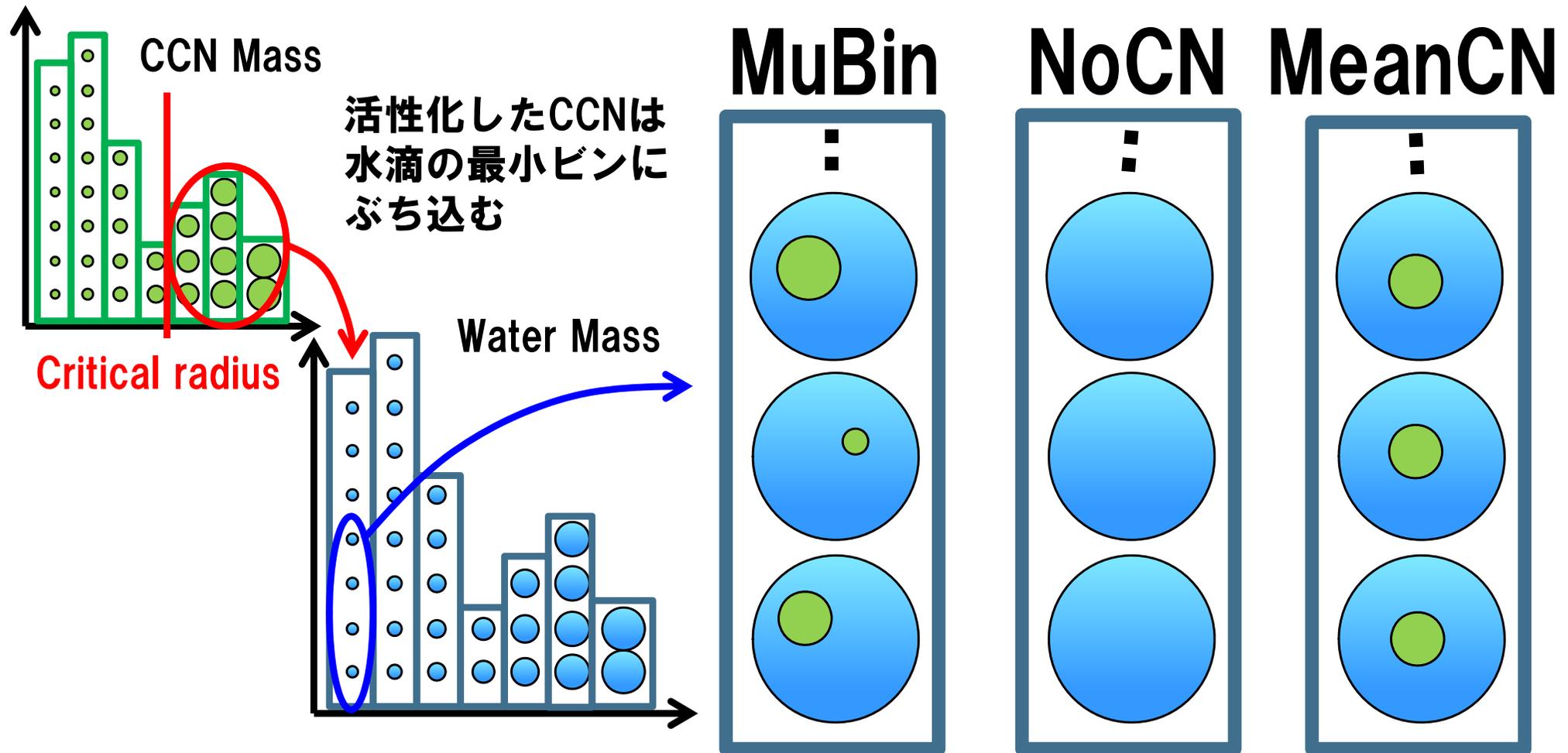
水滴: 純水の質量の1次元ビン

氷粒子: 純水の質量, アスペクト比, 体積の3次元ビン

→ MuBinの精度を保ちつつ簡略化・高速化



MuBinの高速化の検討 / CCNの取り扱い



- **MuBin** : 同じ大きさの水滴中で質量の異なるCCNを考える
- **NoCN** : ぶち込んだCCNはそれ以降失われたものとして扱う ; 一般的なビン法
- **MeanCN** : ぶち込んだCCNの平均的なmassを, ビン中の液滴に均一に与える
 - ある程度CCNの再放出過程を考慮することができる; Feingold et al. 1996

Comparison of parcel experiments

空間0次元/パーセル実験

空間0次元を仮定してパーセルを断熱上昇

Initial Condition : p 900hPa, temp 10°C,

Rh 95%, updraft wind 1.0m/s, dt=1.0s

Water mass : 45bins, solute mass 32bins,

CCN : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, **Warm Rain only**

CPU time

CPU time of cloud
microphysics process

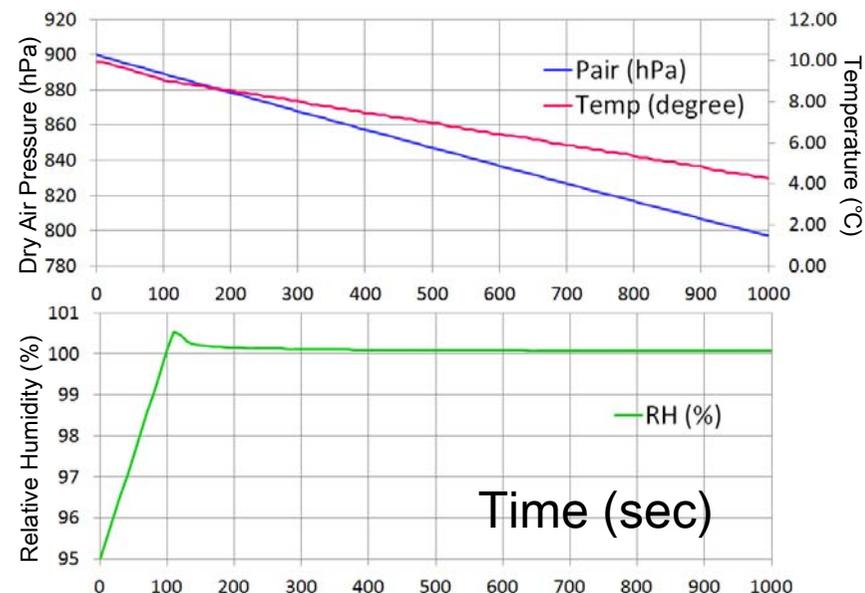
MuBin : **17.02 sec**

NoCN : **1.02 sec**

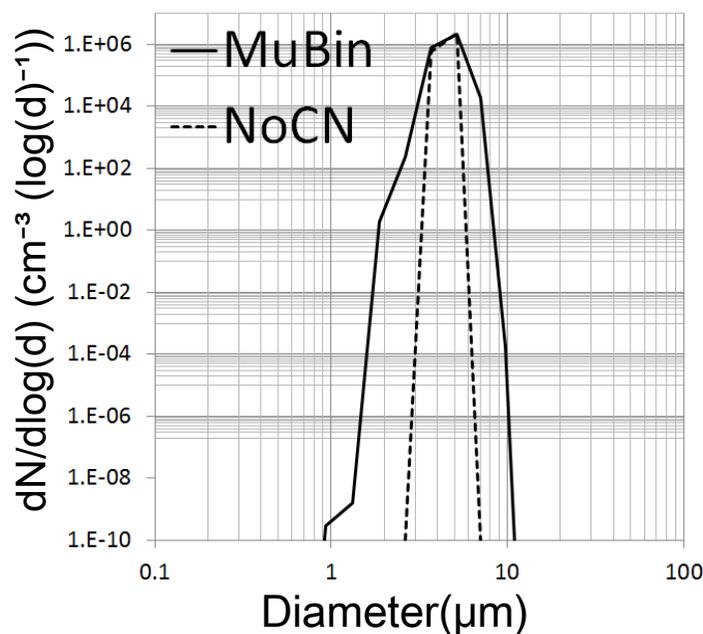
-> 計算効率 :

$1.02/17.02*100$

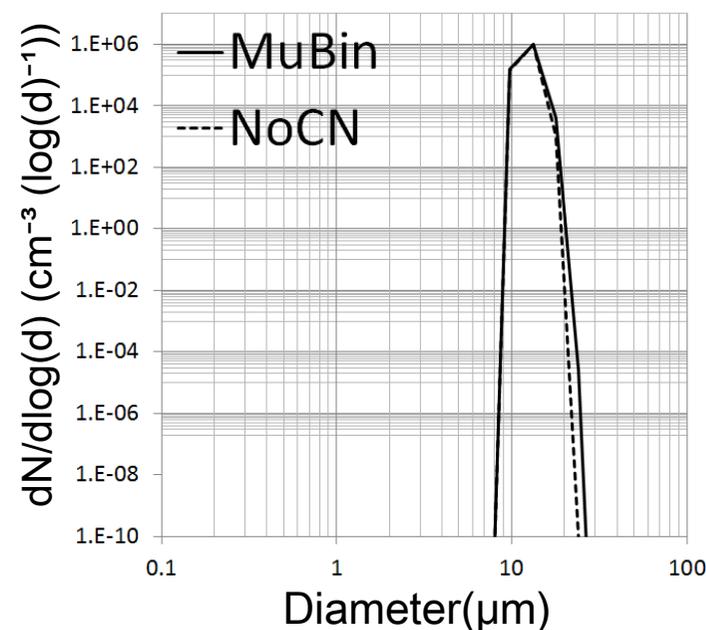
= **5.99 (%)**



(a) 120 sec



(b) 360 sec



JMA-NHMへの実装とテスト

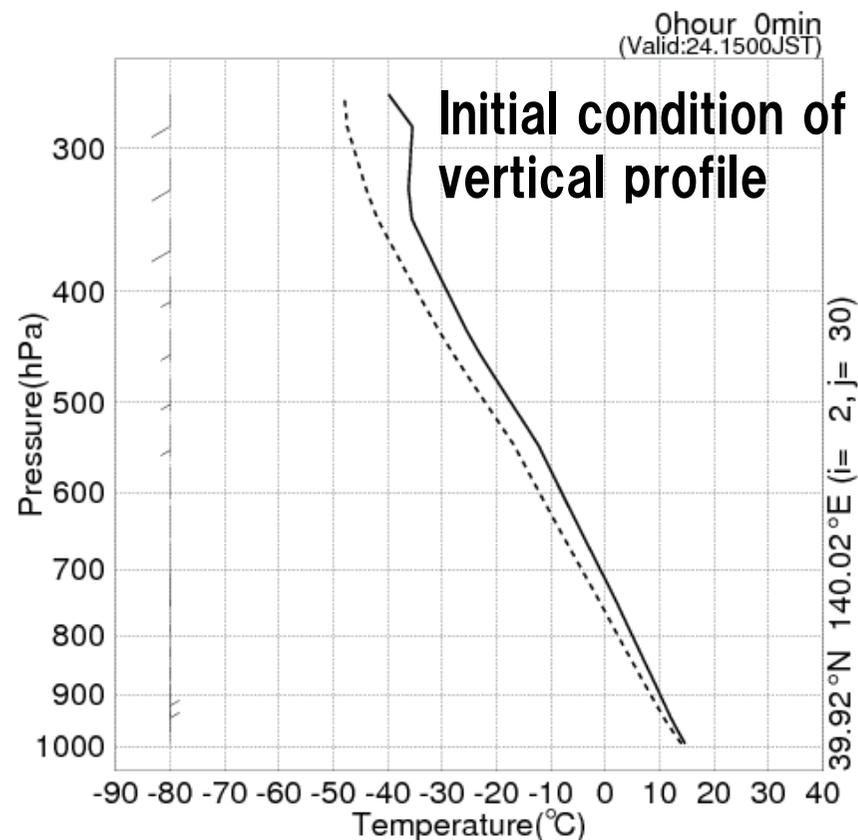
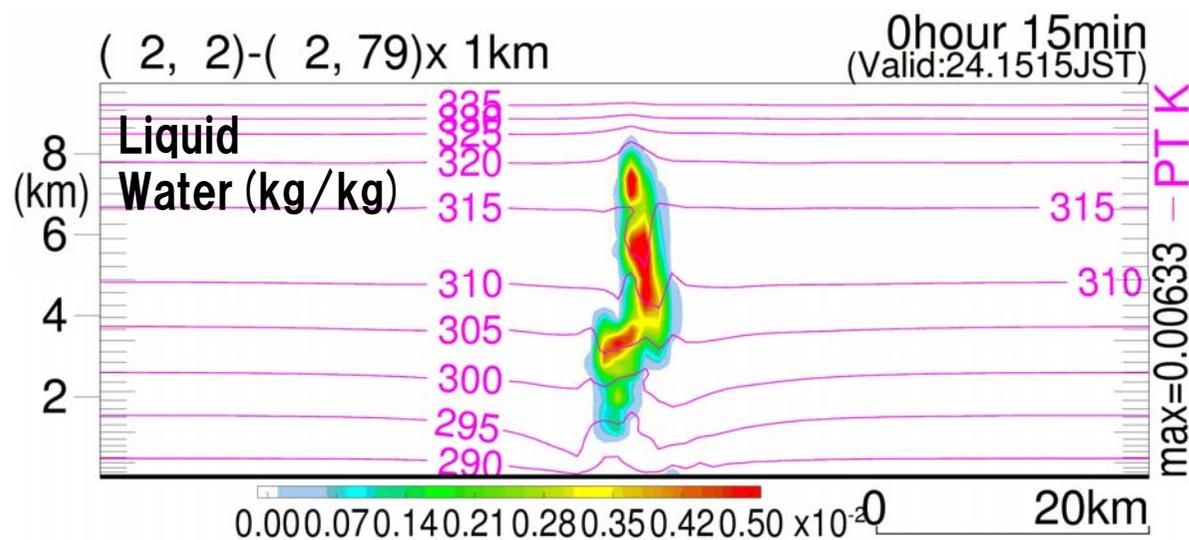
JMA-NHM (2012年7月版) に実装 (とりあえずNoCNのARABIN)

動作環境 : MRI HITACHI SR16000L2

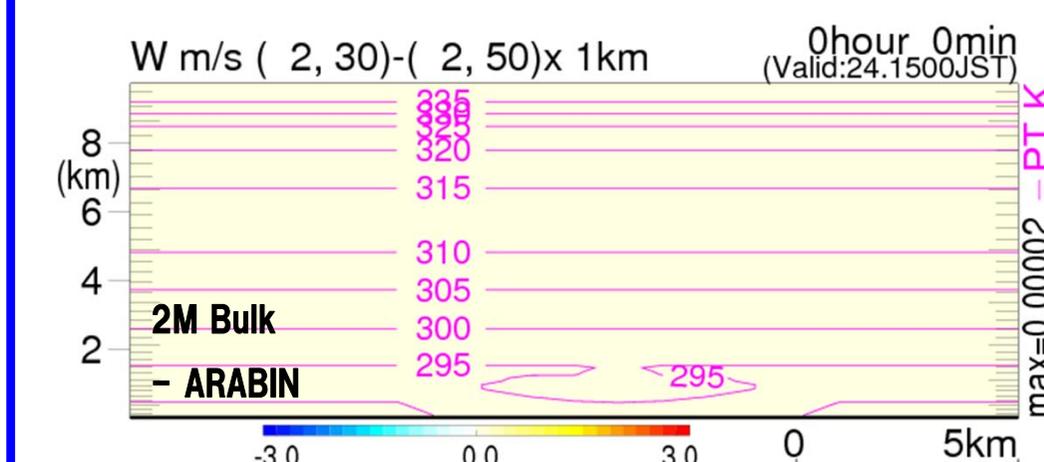
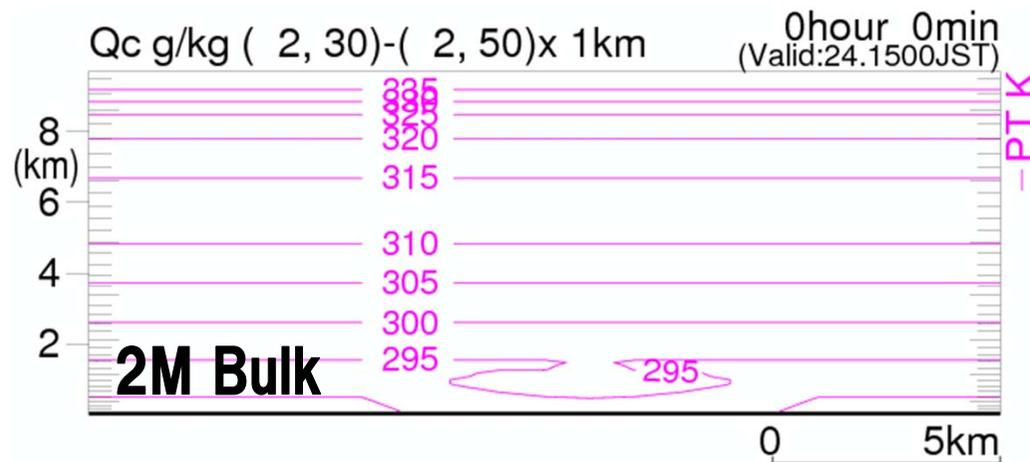
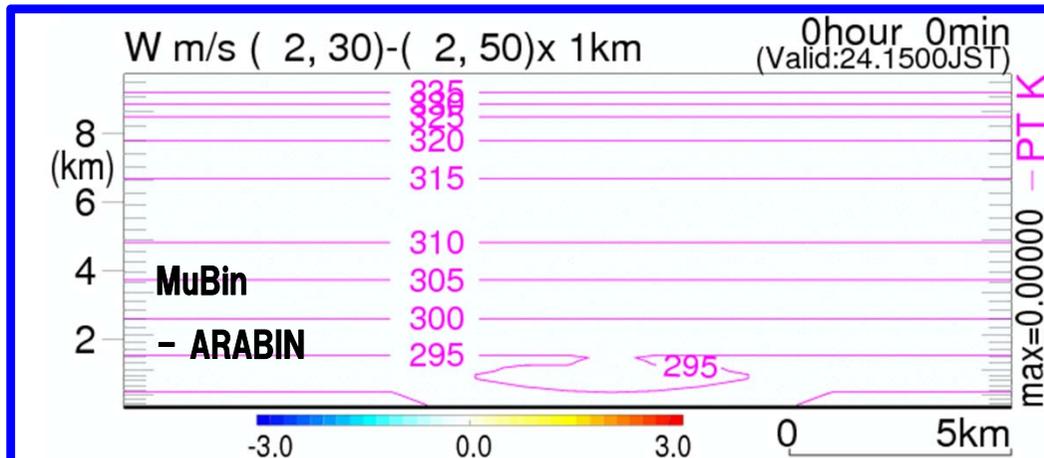
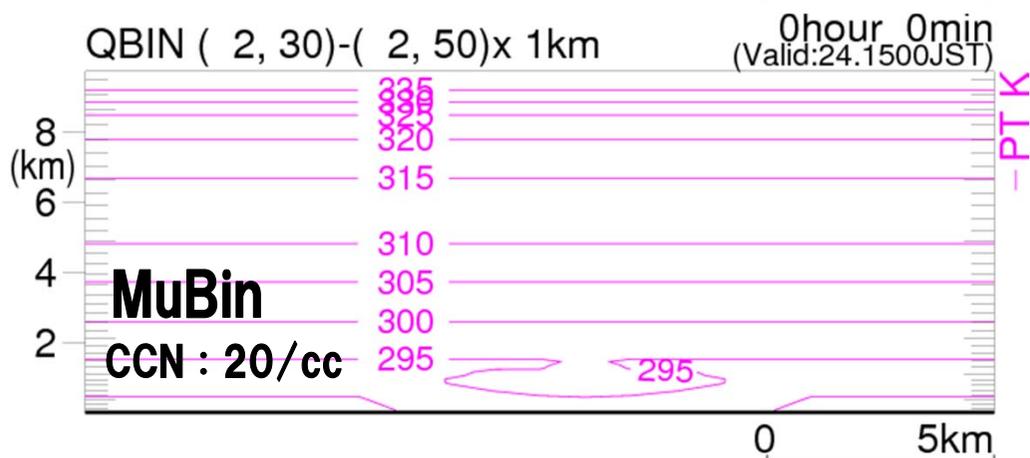
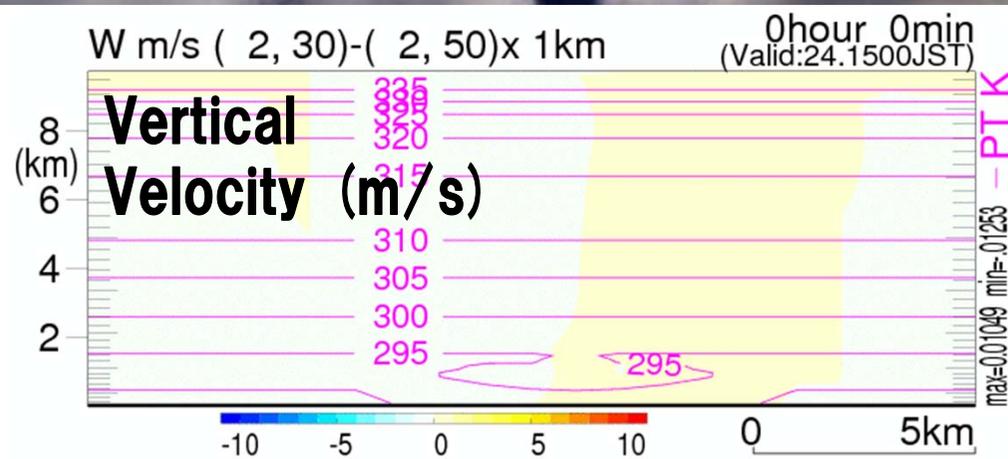
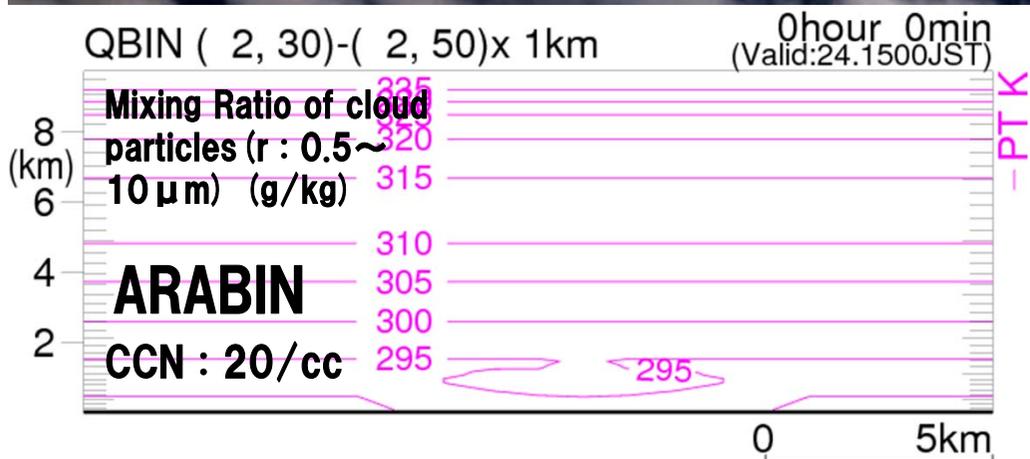
2D/Ideal experiments with Warm Bubble

Grids : (x,y,z) = (3,80,38), $\Delta x=1\text{km}$,
model top=9725m, $\Delta z=100-460\text{m}$,
dt=0.5sec, **Warm Rain**

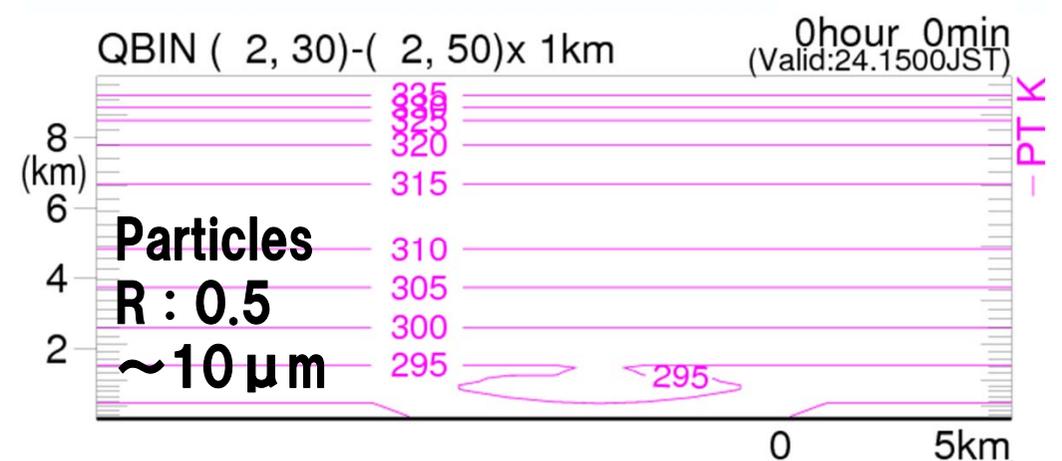
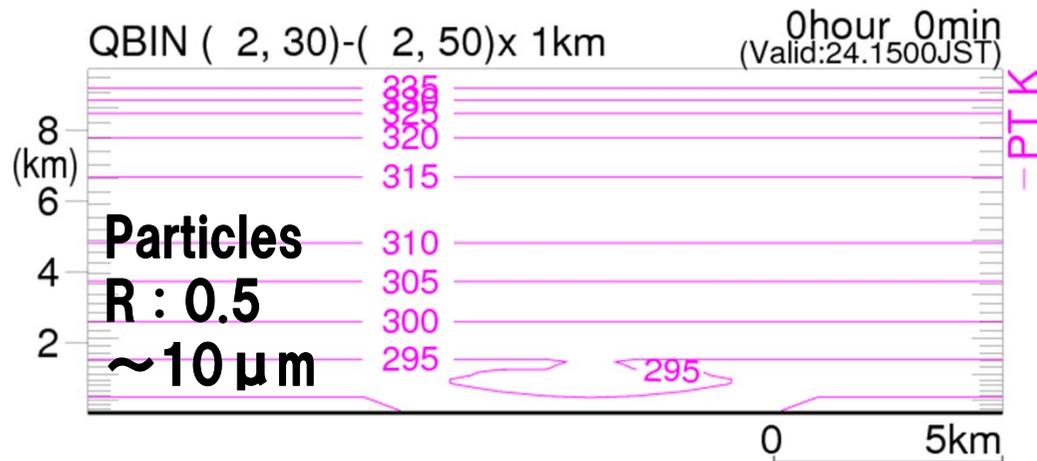
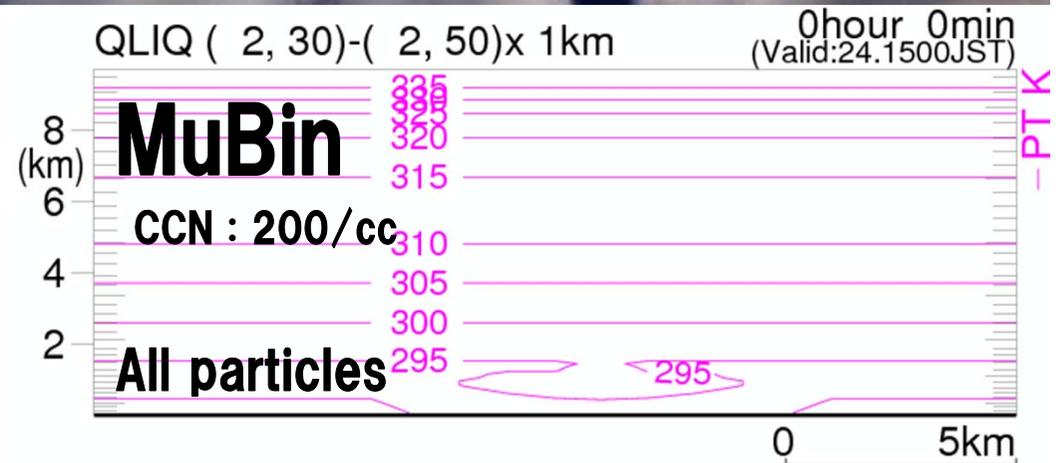
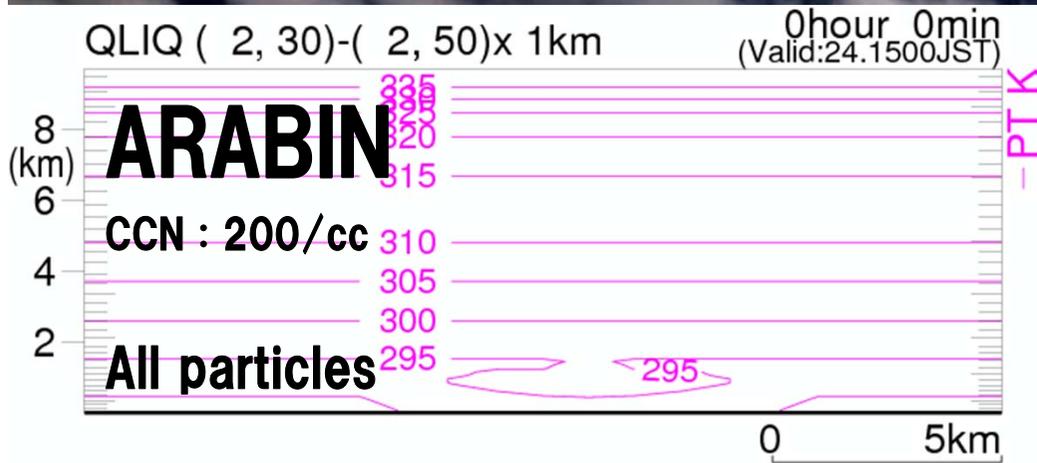
Water mass : 16bin, solute mass : 3bin



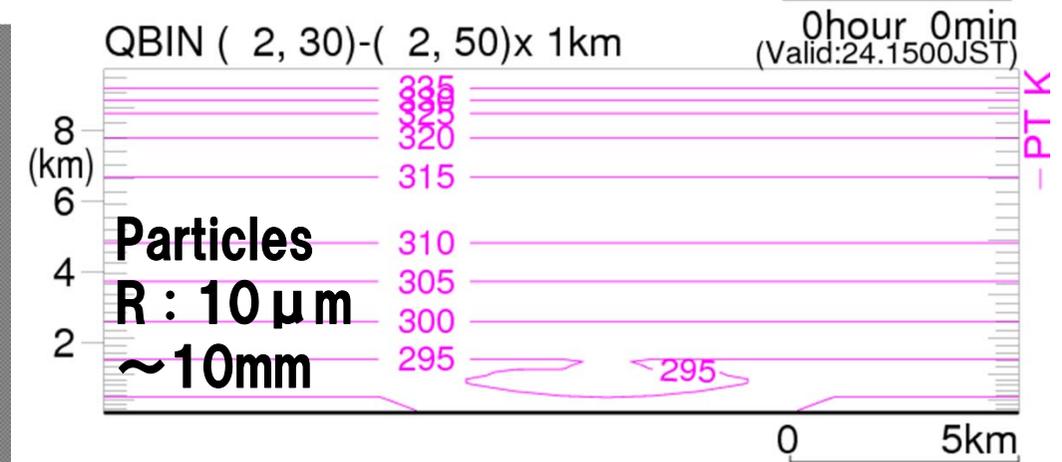
Comparison of ARABIN, MuBin, 2-moment Bulk model



Comparison of ARABIN, MuBin / Liquid Water (g/kg)



今後の課題：
適切なCCNの取り扱い
→ 大粒子の予測精度
~10mm
氷粒子の3次元ビン化 etc...



作業状況

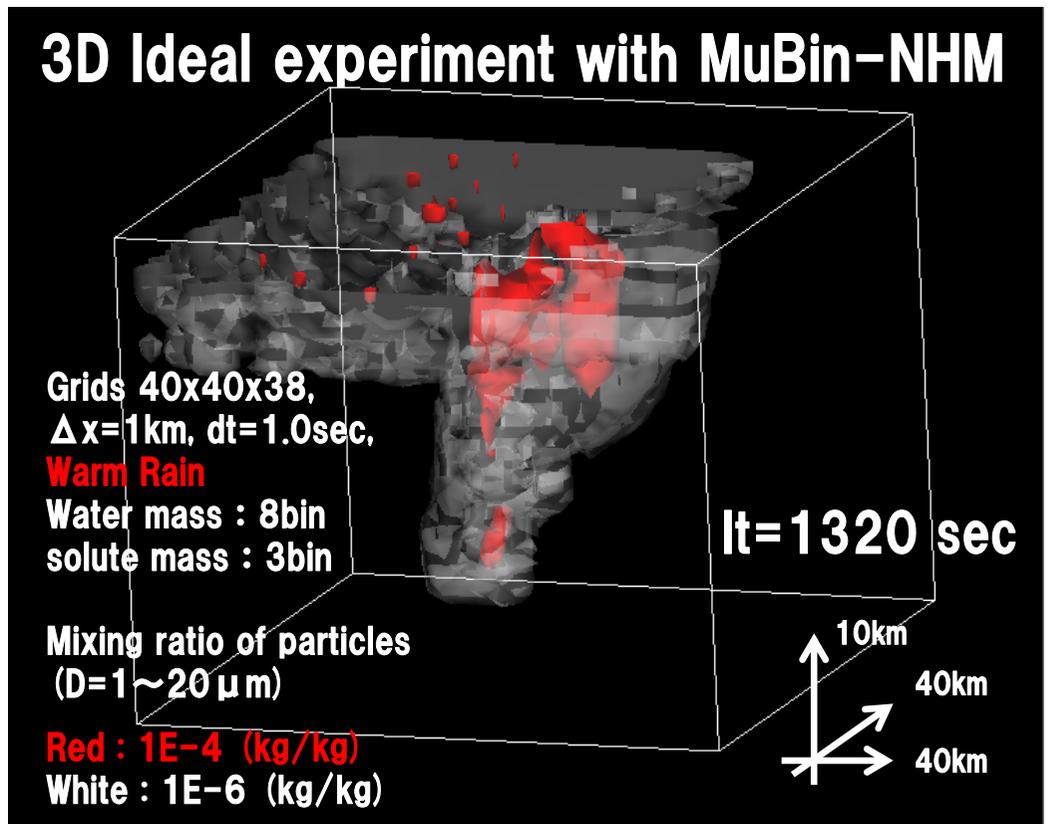
- MuBin/ARABIN-NHMのコンパイル・job投入・計算実行の確認
- MRI-SR16Kでの計算結果(2次元理想実験)と比較
- > 計算誤差程度なので大丈夫そう

京コンピュータで動かす際の問題点

現状:NHMの水平分割のみ

- > メモリを確保しようとnode数を増やすと, 水平格子数よりも大きな値になってしまう
- > 計算できても大量の通信が発生して非常に遅い

必要なメモリを抑えるコーディング等の工夫が必要



高精度ビン法雲微物理モデルARABINの開発

多次元ビン (MuBin) をベースとして開発中

水滴の1次元ビン化 (water mass) : 計算コストは1割以下に

Bugfix, CCNの取扱いの改良, 氷粒子の3次元ビン化

京コンピュータでの計算上の問題: **必要なメモリを抑える工夫**

目指すところ: 計算コストが小さく, 精緻なモデル

エアロゾル・雲・降水過程を統一的に扱うことができるモデルへ

上記の問題が解決できれば3次元実データシミュレーションも

