

# 雲解像モデルの開発とその並列計算

\* 坪木和久 (名古屋大学 大気水圏科学研究所)・榊原篤志 (高度情報科学技術研究機構)  
神谷信彦 (愛知学泉大学)

## 1. はじめに

大規模な並列計算により雲スケールからメソスケール現象のシミュレーションを行うことを目的として、大規模並列計算機で効率よく実行できる雲解像モデルを開発している。現在、その第1段階を完了したので、そのモデルの特徴といくつかの結果について報告する。

## 2. 数値モデルの概要

ここで開発している雲解像メソスケールモデルの主要な特徴は次の通りである。基礎方程式系は非静力学・圧縮系、計算は3次元領域で地形を含む。力学過程の従属変数は、速度の3成分、温位偏差、気圧偏差、および乱流運動エネルギーである。現在のところ雲物理学過程として、バルク法の「暖かい雨」および数濃度と混合比を計算する「冷たい雨」を導入した。空間微分は差分法を用い、時間積分は時間分割の方法を採用している。乱流は乱流運動エネルギーを用いた1.5次のクロージャによるパラメタリゼーションを用いている。移流の計算は4次の精度である。初期条件には高層観測などのプロファイルを水平一様に与えるか、広領域モデルにネスティングする場合は、その出力値を内挿した3次元の非均一データを与える。境界条件には放射境界を含む様々なものを用いることができる。

並列計算にはMPI (Message Passing Interface) を用い、領域分割は矩形領域の2次元分割を用いている。計算領域はメソスケール程度を考えているので、地図投影は今のところ取り入れておらず、矩形領域での計算のみである。

## 3. シミュレーション

スーパーセル内に形成された竜巻について、このモデルを用いた水平解像度 100m のシミュレーションの結果については前回発表した。ここではその他のいくつかの計算例を簡単にまとめる。図1はケルビンヘルムホルツ不安定波の結果で、2次元で水平解像度 20m の計算である。この結果、KH波が時間的に発達していく様子がみられ、それに特有のキャッツアイ構造などの特徴が表現され、渦の移流による温位の逆転成層なども再現されている。

図2は水平解像度 300m の3次元で行なった積乱雲の下降気流の形成についての結果で、上昇流でできた降水の落下により雲の下に下降流が形成されている様子が示されている。基本場として非常に湿潤な場を与えた場合、降水粒子の蒸発冷却ではなく、多量の降水粒子の形成により、その荷重で下降気流ができることを示しており、日本のような湿潤な地域のダウンバーストの形成のメカニズムにつ

いて示唆を与える。

## 4. モデルの公開について

ここで開発したモデル、CReSS (Cloud Resolving Storm Simulator) は、ソースコードレベルで公開しており、その目的にかかわらず自由に使うことができる。詳細は <http://www.tokyo.rist.or.jp> にある。また、このモデルはほとんどの計算機で実行を確認している。

謝辞：本研究は科学技術振興調整費「ダウンバースト現象の高度シミュレーションに関する研究」により支援されています。ここに記して感謝申し上げます。

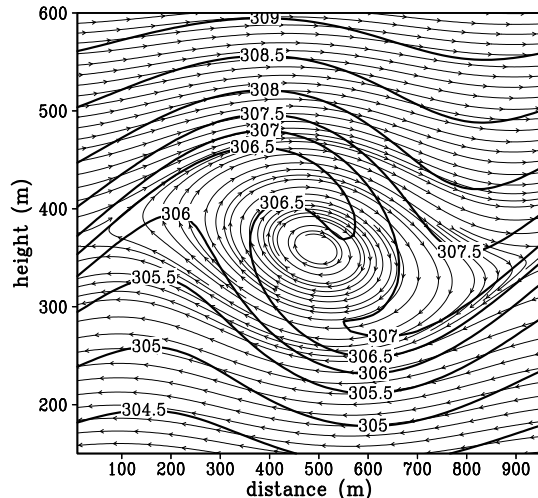


図1: 乾燥大気における2次元ケルビンヘルムホルツ波の実験で得られた流線と温位。

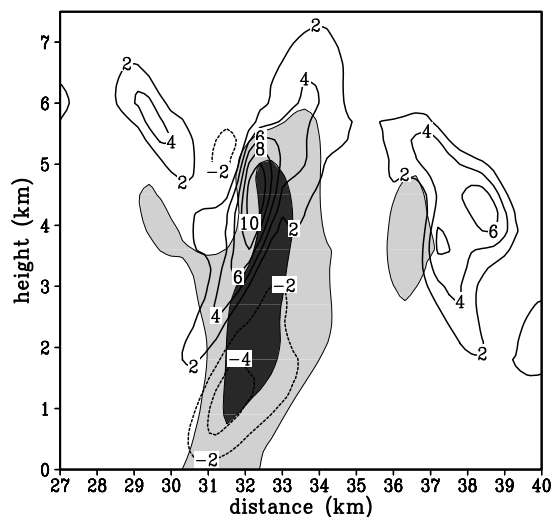


図2: 積乱雲に伴う下降気流の形成の実験。陰影は雨水混合比で2(淡)、4g kg<sup>-1</sup>(濃)、等値線は鉛直速度 (m s<sup>-1</sup>)。