

気象庁メソ数値予報モデルにおける Kain-Fritsch 対流パラメタリゼーションの特性

成田正巳（気象庁数値予報課）

1 はじめに

気象庁が参加している 21 世紀気候変動革新プログラムの課題「超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測および影響評価に関する研究」では、雲解像領域大気モデルを用いて温暖化による極端現象の予測と影響の評価を行う。この研究に用いる親モデルでは雲物理過程と Kain-Fritsch 対流パラメタリゼーションスキーム(KF スキーム)を併用するため、これらのスキームを含めたモデルの物理過程の高度化を欠かすことができない。ここでは、気象庁非静力学モデルを水平格子間隔 5 km で運用しているメソ数値予報モデル (MSM) による降水予測の精度の向上を目指した KF スキームの改良と問題点を紹介する。

2 降水予測の精度向上に向けた KF スキームの改良

2004 年 9 月に運用を始めた水平格子間隔 10 km の非静力学 MSM に KF スキームを導入した目的は、雲物理過程だけでは表現できない格子スケールより小さな対流をパラメタライズすることによって不自然な対流が発生する前に効率的に成層状態の不安定を解消すること、格子スケールで飽和していない格子において雲や降水を生成することにより特に弱い降水の予測精度を向上させることである。その後、2006 年 3 月に水平格子間隔を 5 km に高解像度化したときにも、同様の目的で雲物理過程と KF スキームを併用している。ここでは、MSM のために KF スキームに加えた主な変更とその効果をまとめる(大森ほか 2005; 成田 2006)。

(1) 高解像度化に向けた上昇流の水平平滑化

本来の KF スキームは水平格子間隔が 20~30 km のモデルに合わせて開発された。これをより高分解能なモデルに適応させるため、パラメタライズした対流雲の発生を判定するときの上昇流を計算するとき水平方向に平滑化している。この変更により、対流雲の不自然な分布が解消された。上昇流のほかに水平風や気温、混合比、気圧などを平滑化した予備的な実験では予測精度の改善が見られなかったため、導入を見送った。

(2) 除去する CAPE の割合の調整

水平格子間隔が小さなモデルでは、格子スケールで表現できる対流と比べてパラメタライズした対流の効果を小さくすることができる。そこで、KF スキームにより除去する CAPE の割合を小さくすることによりパラメタリゼーションが過剰に作用することを抑えた。

(3) 上昇流から除去される凝結物の変換方法の変更

元の KF スキームでは、パラメタライズした上昇流の中で生成された凝結物の量に比例して格子スケールの雲水や降水に変換していた。この変換方法を、閾値以上の凝結物だけを上昇流から除去する Kessler 型のオートコンバージョンに変更することによって、弱い降水

の過剰な分布を抑制できた。また、変換の閾値を調整することによって KF スキームが計算する降水の割合を小さくし、不自然な降水を抑制できた。

(4) 上昇流の発生の判定方法の変更

元の KF スキームでは、パラメタライズした上昇流の発生を判定するとき格子スケールの上昇流に基づく気温摂動を用いていた。この方法では、対流発生の条件が満たされず、雲物理過程による過剰な降水が少数の格子に集中したり、実況に見られる降水が計算されなかったりすることがあった。相対湿度に基づく気温摂動を導入することによりこれらの問題を軽減できた。

3 地形に沿った KF スキームによる不自然な降水

現業 MSM に KF スキームを導入して以来、特に梅雨期に九州や四国において地形に沿った不自然な降水を予測する問題がある。典型的な例を、図 1 に挙げる。この例では図 2 に示すように、陸地や山岳の風上側に大きな上昇流と 95 % 以上の相対湿度が鉛直方向に分布して、この領域で KF スキームが発動し、それ以外の領域では降水が計算されていない。

現時点では、第 2 項に挙げた KF スキームの変更ではこの問題を解決できないか、軽減できてもほかの事例では予測精度を改悪することがある。雲物理過程だけで湿潤過程を計算したり KF スキームの効果を弱く設定したりすれば地形に沿った降水が軽減され線状の降水を計算できることがあるが、統計的な検証では予測精度を改悪してしまうため、これらの変更を見送った。

4 おわりに

2007 年 11 月から、MSM の側面境界値は現在の領域モデルから全球モデルの予報値に変更になる。全球モデルの気温や湿度のバイアスは現在の領域モデルと異なり、大気の下層に湿潤バイアスが見られる。予備的な実験によると、GSM を側面境界とする MSM では KF スキームによる不自然な降水が過剰になる場合があった。今後は GSM の特性に合わせて MSM の湿潤過程を見直し、予測精度の向上に向けて取り組む必要がある。

参考文献

- 大森志郎, 新保明彦, 山田芳則, 2005: 気象庁非静力学モデルの積雲対流パラメタリゼーションについて. 第 7 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 33-34.
- 成田正巳, 2006: 気象庁非静力学モデルに組み込んだ Kain-Fritsch 対流スキームの改良について. 第 8 回非静力学モデルに関するワークショップ講演予稿集, 31-32.

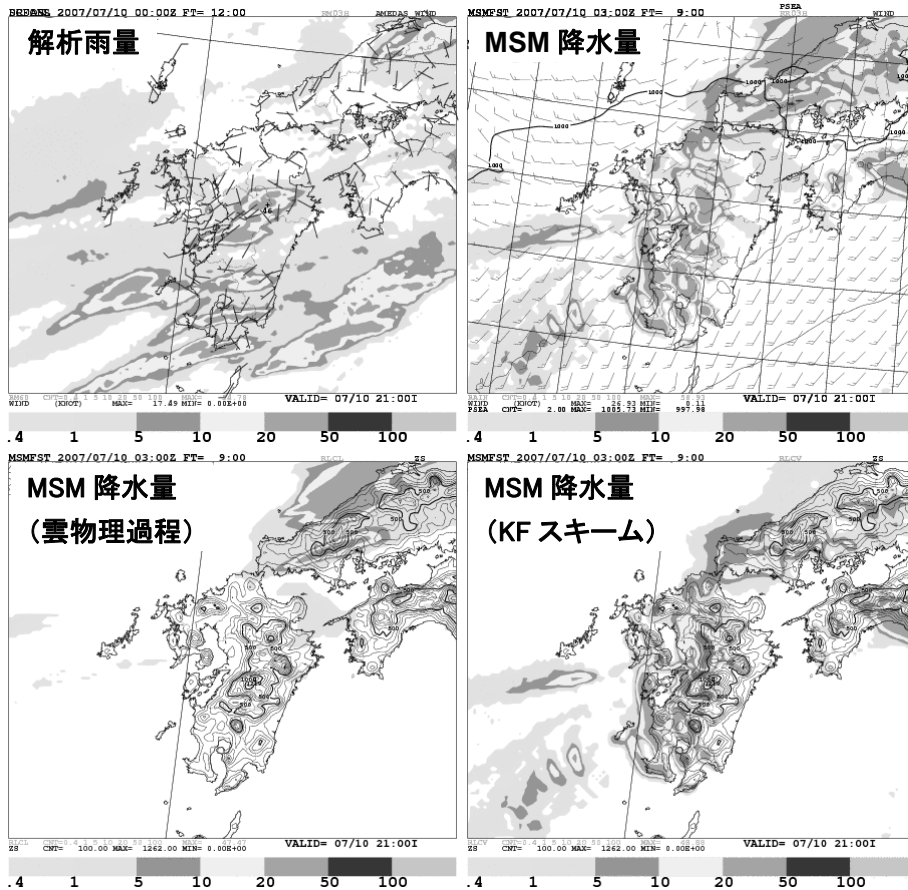


図1 2007年7月10日09 UTCから12 UTCまでの3時間降水量 [mm/3h]。
 (左上) レーダー・アメダス解析雨量。
 (右上) MSMによる予想降水量。
 (左下) MSMによる予想降水量のうち雲物理過程による寄与と標高。
 (右下) MSMによる予想降水量のうちKFスキームによる寄与と標高。
 モデルの降水量は、初期時刻2007年7月10日03 UTCからの9時間予想。

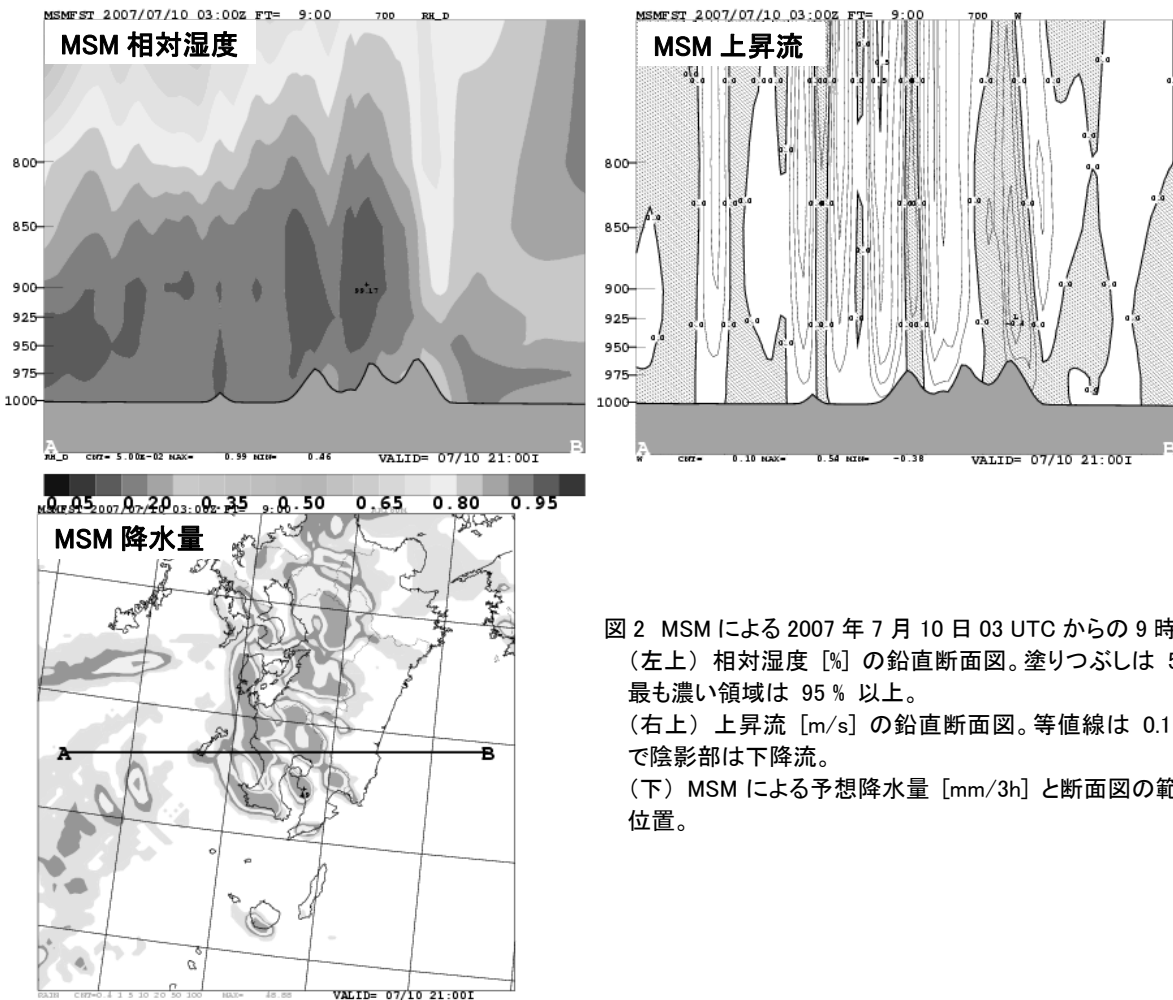


図2 MSMによる2007年7月10日03 UTCからの9時間予想。
 (左上) 相対湿度 [%] の鉛直断面図。塗りつぶしは5%間隔で最も濃い領域は95%以上。
 (右上) 上昇流 [m/s] の鉛直断面図。等値線は0.1 m/s間隔で陰影部は下降流。
 (下) MSMによる予想降水量 [mm/3h] と断面図の範囲A-Bの位置。