

高分解能局地モデルの開発

*竹之内健介、荒波恒平、中山寛、藤田匡、倉橋永、石川宜広（気象庁予報部数値予報課）

1 はじめに

気象庁は、21世紀気候変動予測革新プログラム「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」に参加している。この研究プロジェクトでは、気象庁非静力学モデルをベースとした高解像度モデルの開発を行っている。また、航空機の安全運行・航空交通流管理の向上および洪水等の防災を目的に、航空気象予報と防災気象情報の高度化に向け、気象庁非静力学モデルをベースとした水平解像度2km程度の高分解能局地モデル(LFM)の開発を行っている。

本発表では、2007年6月から実施しているLFMによる予備実験の結果を基にモデルの高解像度化に伴う現象予測の向上や現在の課題等について示す。

2 高解像度化に関する予備実験の概要

LFMによる予備的な実験は、関東地方周辺の約300km四方の領域を対象に、1日8回3時間毎に12時間予報を行っている。予備実験における解析・予報サイクルの概要を図1に、また対象領域を図2に示す。

毎時間得られる最新の各種観測データを利用し、非静力学変分法解析システムの3次元版(JNoVA-3DVAR)を用いた解析・予報サイクルを実行し、その解析値を用いてLFMによる予測計算を行っている。解析に使用する観測値は、アメダス(風・気温)、ウィンドプロファイラ(風)、ドップラーレーダー(動径風)、航空機自動観測(風・気温)である。ウィンドプロファイラは10分ごとの観測値が得られるが、正時の観測値のみを使用する。また航空機自動観測は解析時刻の前後15分以内の観測値を使用している。

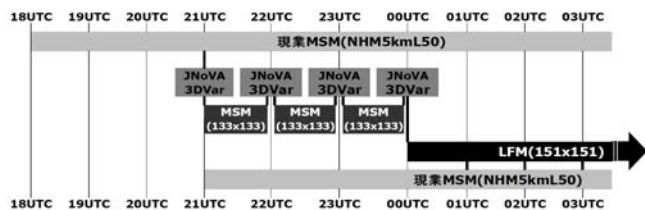


図1 LFM予備実験における解析・予報サイクルの概要。00UTCを初期値とする計算の例。

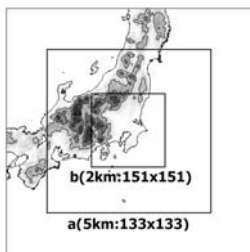


図2 高分解能局地モデルの計算領域。a：解析予報サイクルにおける狭域MSM、b：高分解能局地モデルLFM。

表1：LFMとMSMの仕様の比較

	LFM	MSM
格子数	151×151×60	721×577×50
格子間隔	2km	5km
積分時間間隔	10秒	24秒
予報時間	12時間	15/33時間
初期時刻	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC	同左
初期値	JNoVA-3DVARによる解析値。地上気温、風を同化。	メソ4次元変分法による解析値。
境界値	MSM予報値	RSM予報値
雲物理過程	3-iceのバルク法	同左
積雲対流	Kain-Fritsch法	同左(パラメータ変更)

LFMの現在の設定を表1にまとめる。これまでの調査から、後述するように、積雲パラメタリゼーションを利用しない場合、実況にない格子スケールの降水が発生するケースがある。そのため暫定措置として、Kain-Fritsch法(KF法)を現業メソ数値予報モデル(MSM)よりもCAPEの残存率を大きくするように調整した上で、利用している。

3 事例紹介

高分解能化により、局地的豪雨をもたらすライフサイクルの短い現象の予測精度が向上することが見込まれる。実際、LFMでは、夏季に頻繁に発生する局地的豪雨の再現性の向上が顕著である。図3に2006年8月24日の事例を示す。水平解像度5kmのMSMと異なり、散在して発生する強雨域をLFMは予測している。

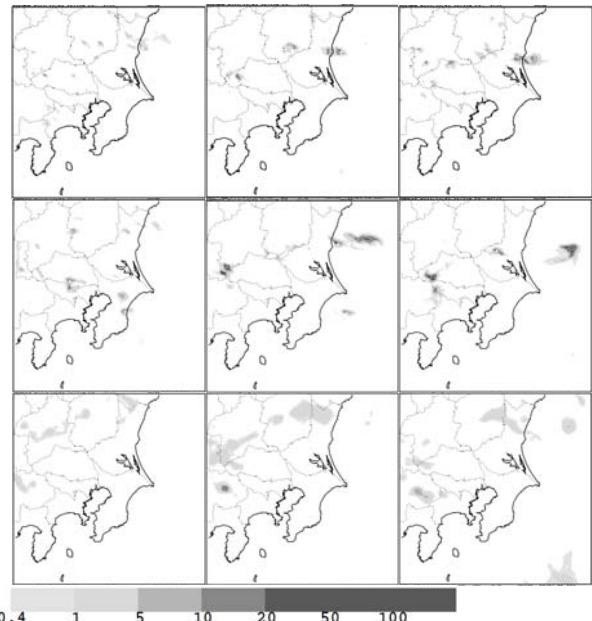


図3 LFMによる局地的豪雨の再現事例(初期時刻：2006年8月24日03UTC)。上から、解析雨量、LFM、MSM。左から、6、7、8時間後の予報。単位：mm/hr。

4 課題

予備実験の過程で、高解像度モデルにおけるいくつかの課題が判明した。ここでは、そのうち2つを取り挙げる。

4.1 格子スケールの降雨

現在の予備実験では、積雲対流パラメタリゼーションとして、KF法を導入している。これは、予備実験の開始前に行った調査で、実況にない格子スケールの降雨が数事例発生したためである。図4にその1例を示す。KF法の導入により、格子スケールの降雨は軽減されている。この格子スケールの降雨の特徴として、夏季に発生し冬季はほとんど発生しないこと、境界値として用いるMSMの降雨域と対応して発生する場合が多いことが挙げられる。現在、発生メカニズムの解明および対策の検討をしている。

4.2 予報初期の降水過少

予備実験において、予報初期(特に初期時刻から1~2時間先まで)に降水現象が発生しづらいケースが見受けられる。図5にその事例を示す。この問題については、解析予報サイクルの影響が大きいことがわかっている。解析予報サイクルの結果得られる解析値において、下層で顕著な乾燥が見られるが、この乾燥との関係を現在調査中である。

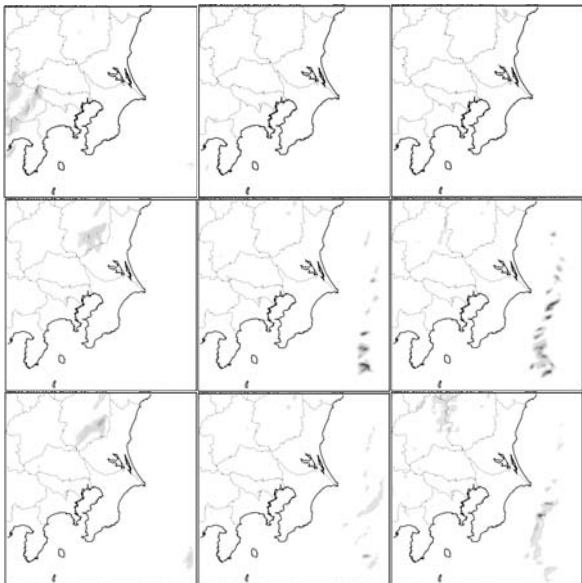


図4 LFMにおける格子スケールの降雨発生事例(初期時刻:2006年8月21日15UTC)。上から、解析雨量, LFM(積雲対流パラメタリゼーションなし), LFM(KF法適用)。左から、6, 8, 10時間後の予報。単位および強度は図3に同じ。



図5 LFMにおける予報初期の降水過少事例(初期時刻:2007年1月2日06UTC、予報時刻:1時間後)。左から、解析雨量, LFM, MSM。単位および強度は図3に同じ。

5 統計検証

予備実験の2007年7月の統計検証の結果を図7~9に示す。MSM-3は境界値である3時間前初期値のMSMの結果である。

図6は、降水量の強度別検証スコアである。実況値として解析雨量を用い、1時間降水量について水平格子間隔20kmの検証用格子で計算した。10mm/hour以上でMSMと比較して精度が向上しており、強い雨の予報が改善している。一方、5mm/hourのスレットスコアはともにLFMが小さく、弱い雨の表現が悪い傾向がある。

図7, 8は、地上気象要素の平均誤差(ME)と平方根平均二乗誤差(RMSE)である。実況値は、アメダスや気象官署のデータを用い、横軸には予報対象時刻をとっている。風速の特性や精度はMSMとほぼ同じである。気温は夜から午前中のバイアスが低下し、1日をとおしてRMSEが小さくなっており、地上気温の同化の効果が見られる。

6 まとめと課題

高分解能化に関するこれまでの高分解能局地モデルの予備実験において、強い降水はよく表現するものの、弱い降水の予報精度が悪いことが分かった。その他事例によっては、降水強度が強すぎるなど、改善すべき点がいくつか見つかっている。格子スケールの降雨については、発生原因を解明し、積雲対流パラメタリゼーションの適用の是非を含め、検討していく。解析予報サイクルに見られる下層の乾燥についても、問題点を抽出し、改良を行っていきたい。

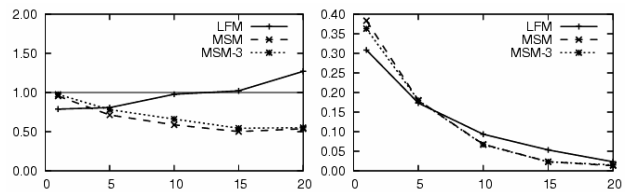


図6 2007年7月の水平格子間隔20km検証用格子内における平均1時間降水量の降水強度別のバイアススコア(左)とスレットスコア(右)。横軸は降水強度で単位はmm/hr。

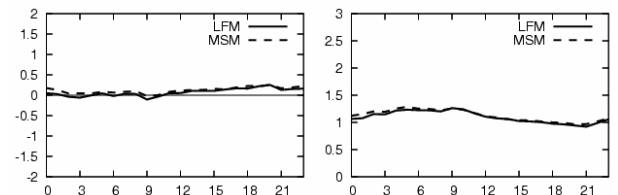


図7 2007年7月の風速の平均誤差(左)と平方根平均二乗誤差(右)。縦軸の単位はm/s、横軸は予報対象時刻で単位はUTC。

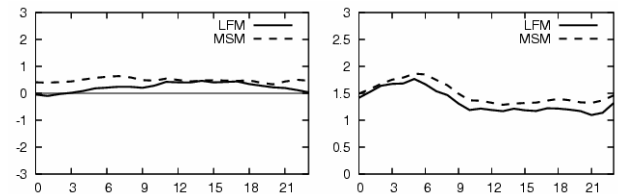


図8 2007年7月の気温の平均誤差(左)と平方根平均二乗誤差(右)。縦軸の単位は°C、横軸は予報対象時刻で単位はUTC。