

非静力学モデルの高度化とデータ同化技術の改善に関する研究

中村誠臣、斉藤和雄(予報研究部)、上野充(台風研究部)

1. はじめに

平成16年9月に非静力学モデルが水平格子間隔10kmで気象庁の現業モデルとして運用開始され、平成18年3月からは格子間隔を5kmに強化して運用されている。このモデルは、気象研究所で開発され、後に予報部数値予報課と共同で開発されてきたものである(このモデルを以下ではNHMと呼ぶ)。NHMは、水平格子間隔を細かくして、大雨の原因となる対流雲を直接表現できるなど、顕著現象の予測に高い可能性を有している。その可能性を生かし、予測精度を向上させるためには、NHMを構成する、物理プロセスを表現する様々なパーツの性能を全体として向上させる必要がある。更に、モデルに初期値を与える初期値解析手法の高度化が不可欠である。

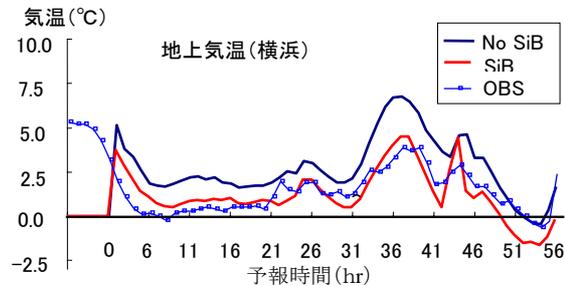
気象研究所では、平成16年度から3年計画で融合型経常研究として、NHMの高度化とデータ同化技術の改善に関する研究を実施してきた。本報告では、その成果の一部を紹介する。

2. 研究の成果

2. 1. NHMの高度化

NHMの予測性能を向上させるため、数値計算法の改善、SiB(植生モデル)や雲物理過程の改善等、物理過程の改良を行った。また、NHMの予測する雲微物理量を使って雷を予測する、雷予測モデルを開発した。台風に関わる事項として、2way移動多重格子モデルの物理過程を更新したほか、同モデルに海洋混合層モデルを結合して台風の強風による海面水温低下およびその結果として生じる台風強度抑制の効果(海気相互作用)を取り込めるようにした。(2way移動多重格子モデル: 台風の中心部は細かい格子で、周辺部は粗い格子で覆い、異なる格子間で相互に情報交換を行いながら時間積分を進める手法を採用したモデル)

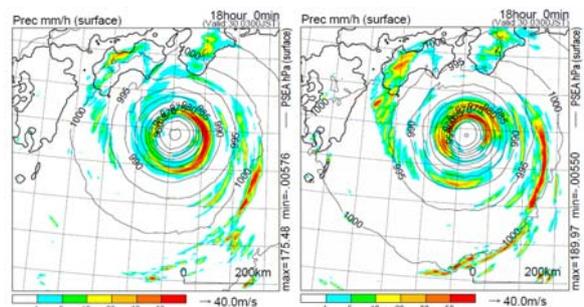
NHMにSiBを導入した実験の結果を第1図に示す。2006年1月20日深夜からの降雪により、21日には横浜11cm、水戸17cmなど、関東平野沿岸部に積雪があった。関東地方の平野部では、南岸低気圧による積雪で、交通機関などがしばしば大きな影響を受ける。関東地方の積雪時には、地表付近の気温が雨・雪の境目あたりにあることが多く、地表付近の



第1図: NHMにSiBを導入した、2006年1月21日3時を初期値とする再現実験(赤線:SiB)。従来の簡易な地表面過程によるもの(紺色の線:No SiB)、観測(青線:OBS)。横浜地点の気温の時間変化。

気温の予想の数度のずれが、雨あるいは雪の違いとして予報結果に大きく影響する。SiBでは、降雪による積雪の形成や昇温による融雪が考慮される。一方、従来の簡易な陸面モデルでは、予報初期時刻に積雪が観測されていないと、その格子点では、予報の期間中、積雪の影響は一切考慮されない。第1図中、SiBでは、予報開始直後から積雪が形成され、積雪に伴う冷却効果が見られる。No SiBに比べて気温の低下が再現できている。

2way移動多重格子モデルを用いて台風0410号の事例を対象に海気相互作用の影響を調べた結果を第2図に示す。この事例では海気相互作用を導入することにより、台風の発達が抑制されるだけでなく(図2では中心気圧が約10hPa浅まっている)、台風を取り巻くレインバンドの降水表現もかなり異なっており、台風の構造や時間変化が、大気海洋相互作用の影響を大きく受けることが分かる。

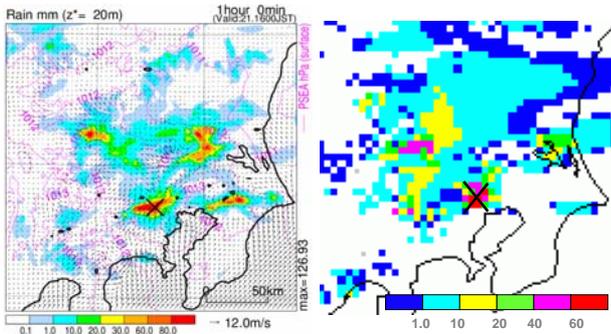


第2図: 非静力学台風モデル(2way移動多重格子モデル)による台風0410号のシミュレーション結果。台風コア域を2km格子で、それ以外は6km格子で計算。海洋混合層モデルを結合した場合(左図)としない場合(右図)で、2004年7月29日午前9時を初期値とする36時間目。降水は前1時間降水量。

2. 2. 初期値解析技術の高度化

予報初期値を改善するために、NHMによる四次元変分法データ同化システムを開発するとともに、メソ現象の解析に有効と考えられる各種リモートセンシングデータの同化法の開発を行った。GPSデータ、GPS掩蔽データ、衛星搭載マイクロ波放射計などの衛星データ、ならびに、ドップラーレーダー、ウインドプロファイラーから、風や水蒸気量などに関する情報を引き出してデータ同化に利用することにより、降水予測が改善されるという事例が得られてきている。

第3図に、1999年の練馬豪雨の事例について、格子間隔2 kmでNHM4次元変分法によるデータ同化実験を行った結果を示した。ドップラーレーダー動径風、GPSによる水蒸気量、アメダスによる風・気温などのデータを同化することにより、練馬豪雨を発生させた対流雲が良く再現された。



第3図： NHM4次元変分法による練馬豪雨のデータ同化実験の結果(左図)。1999年7月21日16時の前1時間降水量。右図は解析雨量。×印が練馬付近。

2. 3. 顕著現象のメカニズムの解明

NHMを使って顕著現象の再現実験を行い、1999年福岡豪雨、2004年新潟・福島豪雨、福井豪雨等での、メソスケール擾乱の発生・発達メカニズムや環境場の特徴を明らかにした。福岡豪雨においては、中層の乾燥気塊侵入により、水物質の蒸発で中層が相対的に低温に保たれて不安定成層が維持され、豪雨となったことが分かった。2001年1月16日の新潟県の日本海沿岸地方での大雪では、雪の昇華蒸発によって形成された冷気層が、降雪バンド形成後に弱まった陸風を補う形で北西季節風との収束を維持し、降雪バンドの維持に寄与していたことが分かった。

2. 4. メソアンサンブル予報

一般に予報モデルは完全ではなく、初期値には誤差が含まれるため、予報に誤差が生じることは避けられない。豪雨などの顕著現象が予測された場合、それがどの程度信頼できるかは、防災対策をとる上で重要である。そのような情報を得るための技術として、NHMによるアンサンブル予報 一初

期値などをわずかに変化させて多数の予報を行い、結果のばらつき具合から予報の信頼度を調べる手法一の開発に着手した。2004年新潟・福島豪雨を対象とするケーススタディでは、全球アンサンブル予報の摂動をメソモデルの初期値に加えることにより、通常の予報では不十分だった東北地方でのライン状の強い降水の集中がいくつかのメンバーで表現された。このほか、メソモデルに基づく特異ベクトル抽出などの調査を行った。

3. まとめ

- (1) NHMの数値計算法や物理過程の改善、台風予報の改善に関する研究を実施した。NHMはデータ同化でも使われるため、初期値の精度向上のためにも、性能向上が不可欠である。今後も検証に基づく改善や高度化を進めていく必要がある。
- (2) 各種リモートセンシングデータの同化法、NHMによる4次元変分法を開発した。練馬豪雨等で、豪雨の予測改善に成功したが、レーダー反射率の同化など、今後取り組むべき課題は多い。
- (3) 福岡豪雨など顕著現象について環境場の特徴を明らかにし、メカニズム解明を行った。更に事例を積み重ね、メカニズムについてより統一的な見解を作っていく必要がある。
- (4) メソアンサンブル予報の開発に着手した。実用化を目指して、今後、初期値摂動作成手法の開発、側面境界条件への摂動付加、モデル不確定性の導入などの課題に取り組む必要がある。

参考文献

Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model. Mon. Wea. Rev., 134, 1266–1289.

※本研究は、融合型経常研究「非静力学モデル(NHM)の高度化とデータ同化技術の改善に関する研究(H16-18)」の一環として行われた。主任研究者: 吉崎正憲(H16-17)、中村誠臣(H18)、研究担当者: 大泉三津夫、加藤輝之、室井ちあし、永戸久喜、林修吾、齊藤和雄、青梨和正、瀬古弘、小司禎教、川畑拓矢、藤部文昭、大関誠、武田重夫、柳野健、原昌弘、中澤哲夫、北島尚子、楠研一、別所康太郎、星野俊介、國井勝、中里真久、上野充、村田昭彦、高野洋雄、和田章義、益子渉、國井勝、本田有機、田宮久一郎、石田純一、原旅人