

集中豪雨や台風、局地的大雨を 高精度に予測し、防災・減災に貢献する



正確な予測の鍵を握るのは「初期値」と「雲解像モデル」

気象予報の精度は近年めざましく向上していますが、その一方で集中豪雨や局地的大雨など、人命損失を含む災害につながる強雨の定量的な予測精度は十分ではありません。特に狭い範囲に短時間に強い雨が降る局地的な大雨は時間的・空間的なスケールが小さく、場所や時間、強度を特定した正確な予測は大変難しいのが実情です。また台風の強度予測にも多くの課題が残っています。

上記のような現象の予測が難しい原因としては、現在の数値予報モデルの解像度が積乱雲の構造を表現するためにはまだ十分ではないこと、数値モデルの初期値の精度が現象のスケールに対して十分でないこと、などが挙げられます。また局地的大雨のような不安定な大気で生じる現象では、僅かな初期値や計算方法の違いで、結果が大きく異なってしまうこともあります。これらの問題を解決するためには、雲を解像するモデル（雲解像モデル）と初期値の高精度化が非常に重要で、予測の誤差を定量的に評価する技術の開発も必要です。

本研究では、(1) 雲解像モデルの初期値を改善するために、詳細な観測データを予測に利用する技術（データ同化技術）の開発を行いました。また、(2) スーパーコンピュータ「京」の計算能力を活用することにより、複数の予測から予測の誤差を定量的に求める「アンサンブル予測」の手法とデータ同化技術を雲解像モデルに適用する領域解析予測システムを構築し、集中豪雨や台風、局地的大雨や竜巻などの災害につな

がる顕著な気象現象の再現や予測に取り組みました。さらに、(3)「京」による超高解像度シミュレーションで上記のような現象のメカニズムを調べる基礎的研究を行うとともに、雲微物理や境界層乱流などの物理過程のモデル化に伴う誤差を調べました。

以下、図はモデルの解像度の粗いものから細かいものの順に示します。

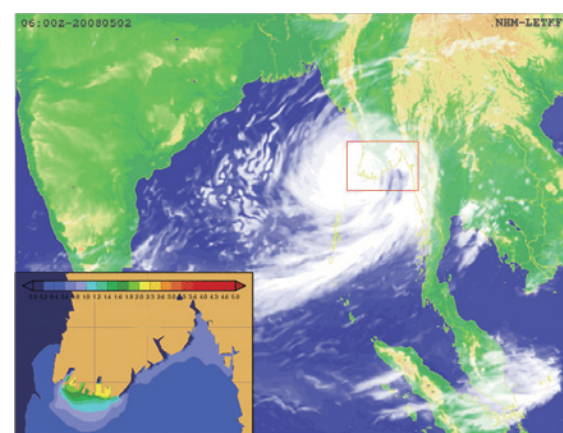


図1. 2008年5月ミャンマーに未曾有の災害をもたらしたサイクロン「ナルギス」と高潮のアンサンブルデータ同化予測実験

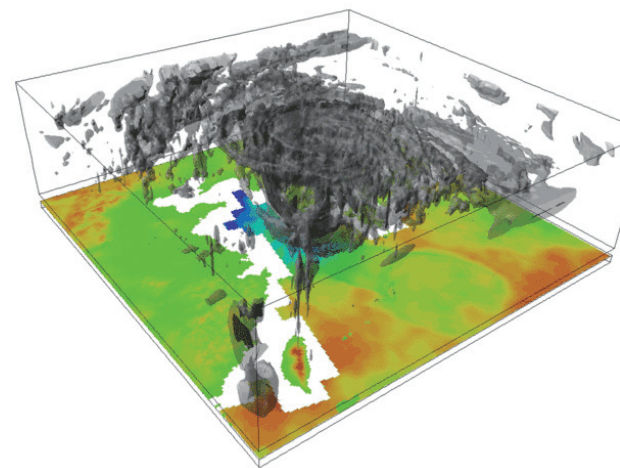


図2. 大気海洋結合モデルによる2012年台風第15号の予測実験



課題責任者：齊藤 和雄

(気象庁気象研究所 部長 / 海洋研究開発機構 招聘上席研究員)



「京」による高精度シミュレーションがさまざまな成果をもたらす

アンサンブル予測とデータ同化の技術を用いて、平成24年7月九州北部豪雨の予測を改善する実験を行ったところ、半日～1日前の初期値からの計算で、大雨の発生が高い確率で予測できました。また2008年5月にミャンマーに未曾有の災害をもたらしたサイクロン「ナルギス」についての実験では、サイクロンの進路と上陸時刻、強度の予測が既存の研究よりも改善され、実況に近い高潮を再現することができました(図1)。

2012年5月につくば市に大きな被害をもたらした竜巻の事例では、雲解像モデルで高頻度にデータを同化することにより、竜巻をもたらしたメソスケールの対流系が精度よく再現できることを示し、モデルの水平格子間隔を50mにまで上げた実験では、50m/sを超える強風を伴う竜巻がモデルで再現されました。また水平格子間隔を10mにまで上げた超高解像度の数値実験では、多重渦構造の時間変化を含む竜巻の詳細構造がシミュレートされています(図4)。

現在の気象庁の予報で用いられている数値モデルで最も解像度が高いのは局地モデルの2kmです。本研究では、2013年10月伊豆大島や2014年8月広島に大きな土石流災害を引き起こしたような豪雨が、水平解像度を変えた場合にどのように予測できるかを調べるため、気象予測モデル(気象庁非静力学モデル)を「京」に対して最適化し、ほぼ日本全域を覆う

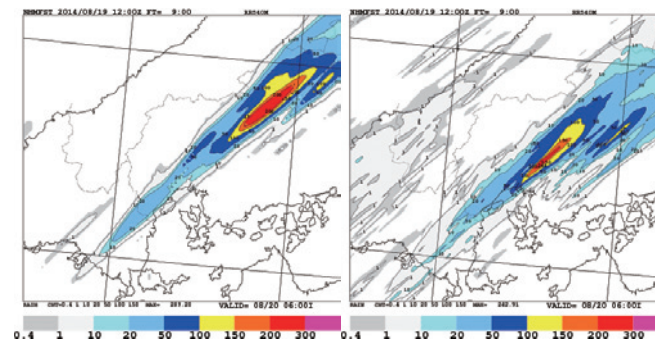


図3. 2014年8月広島での土石流災害の豪雨事例に対する超高解像度実験による20日0時から6時の予測雨量。左) 水平解像度2km, 右) 水平解像度500m

広い領域で解像度を変えた予測実験を行いました。水平解像度を500mにした場合、強い雨域の位置が2kmの実験よりも改善されることがわかりました(図3)。

台風の強度予測を改善するための実験として、海洋混合層モデルを結合した高解像度大気海洋結合モデルを開発し、「京」の資源を活かして、日本に接近した台風を対象に多数(281回)の実験を行いました。その結果、結合モデルでは既存の大気モデルに比べて、強度予測を大きく改善できることを示しました(図2)。台風については、水平格子間隔100mで台風全域をシミュレートして眼の壁雲とその周辺の詳細構造を調べる実験や、水平格子間隔75mで台風全体の構造を再現しつつ、台風に伴って竜巻が発生する可能性のある場所を予測する実験が行われています。

個々のビルを表現できる数値流体力学モデルを並列化し雲解像解析予測システムと結合させたダウンスケールシステムを開発しました。「京」を用いることにより、数メートルの格子間隔で個々のビルを解像しながら数十キロ四方の領域を対象にする実験が可能になりました(図5)。

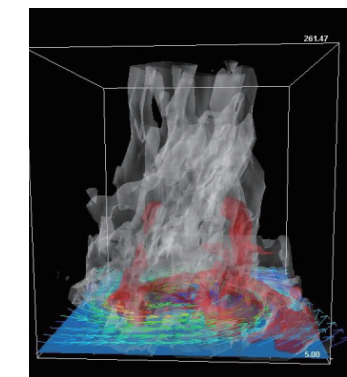


図4. 2012年5月つくばでの竜巻についての水平格子間隔10mの再現実験による竜巻の詳細構造



図5. 水平格子間隔3mのビル解像モデル(DS3)による海風侵入時(2007年6月19日13時)の仙台駅周辺の気温の分布



リードタイムを持って災害を予測する未来の防災・減災システムへ

この5年間で前ページに述べた三つの科学目標に沿った研究を進めてきました。ここでは取り上げませんでしたが、初期値改善の技術に関しては、天気予報に使われる本格的な数値予報モデルを用いてアンサンブル予測のメンバーの数を1,000にした実験も行っています。また、雲の微物理の過程を従来の手法よりも桁違いに高い精度で扱うモデルの実験も行っています。ここに紹介したさまざまな成果は、「京」の計算能力があって初めて可能になったものであり、「世界初」と言ってもいいのはわかりです。また河川の水位や洪水・氾濫を予測するモデルや、流体と礫の運動を同時に計算する土石流

シミュレーションモデルの大規模計算に向けた開発も行っています。

後継プログラムでは、超高精度のメソスケール気象予測と上記のような水文モデルを連携させて、気象現象によって引き起こされる災害そのものを直接予測する試みへと発展させていきます。本研究と後継プログラムの進展は、集中豪雨、台風、局地的大雨などメソスケール現象による災害を、十分なリードタイムをもって予測する未来の防災・減災システムへの重要な科学的知見を提供することになります。