

5. 線状降水帯の理想化実験

伊藤 純 至*

我が国において局地的に極端な降水をもたらす線状降水帯の多くは、積乱雲のバックビルディング形成によって発現する (Kato 2020)。このような降水システムを、なるべくシンプルな形で精緻に再現し、基礎的性質を調べるために、メソ気象モデルを利用して、線状降水帯を再現する理想化実験を実施した。水平解像度がラージ・エディ・シミュレーションとみなせるほど高い場合を標準実験として、詳しく解析した。さらに、線状降水帯の再現に対する解像度依存性や環境場のシアに対する依存性を、感度実験を通して調べた (Ito *et al.* 2021)。

理想化実験の環境場として、2017年7月の九州北部豪雨の状況を想定した。この九州北部豪雨では、線状降水帯の中心付近の観測点において12時間積算雨量が600mmを超えており、台風と直接関係しない降水としては過去最多の雨量であった。

メソ気象モデルのひとつである、気象庁非静力学モデル (JMA-NHM ; Saito *et al.* 2006) を用い、降水がピークとなった7月5日の15時の気象庁メソ解析値を、降雨域よりやや上流となる範囲で平均した鉛直1

次元のプロファイルを作成し、初期値として与えた。側面は東西南北ともに開放境界とし、初期値と同一のプロファイルを時間変化させずに与え続けている。

計算領域の大きさは東西225km、南北135kmとしている。ただし側面22.5km分はスポンジ層としている。標準実験の水平解像度 dx は100mである。 $Dx=150m, 300m, 500m, 1\text{ km}, 1.5\text{ km}, 2\text{ km}$ と粗くしながら解像度依存性を調べた。鉛直解像度は100mとし、計算領域の上端は高度19.3kmである。時間ステップはいずれの解像度も0.5秒としている。

積乱雲を発達させるためには、何らかのトリガーが必要である。九州北部豪雨の事例では、海陸の熱コントラストによる海風の地上収束がひとつの要因であったように考えられる。そこで九州西部の地形を単純化したモデルとして、計算領域の中央1/3の下部境界を陸、その両側を海とし、陸の地面温度は海面より5°C高く設定した。

このように時間的に変化しない各種設定のもと、時間積分を12時間行った。第1図に計算領域内の各格子点における積算降水量の最大値の時系列を示す。解像度が高い場合、計算開始から約6時間経過後、計算領域の中央付近に準定常な降水システムが形成される。

* Junshi ITO, 東北大学.

© 2023 日本気象学会

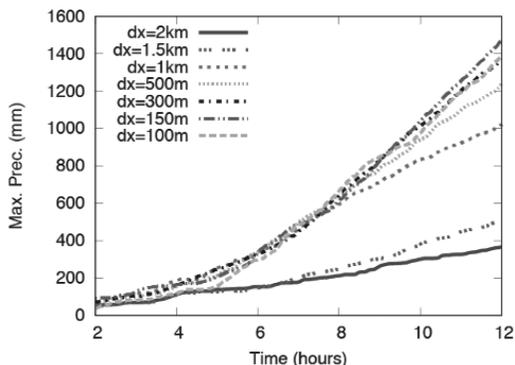
その結果、積算降水量の最大値は、計算開始6時間経過以後、ほぼ線形に増加し続ける。12時間経過後に積算降水量が1000mmを超えるような地点がみられる。このような降水システムは水平解像度が比較的粗い $dx=1.5\text{km}$ や 2km の場合には出現しなかった。

12時間経過後の積算降水量の水平分布を第2図に示す。理想化実験ではプロファイルは実事例のものを利用しているものの、大幅に単純化した計算条件を課しているため、必ずしも実際の線状降水帯の再現を意図したものではない。しかし強雨域のサイズや、内部構造をみると、実際の九州北部豪雨の観測結果にみられるような特徴とよく似ている。

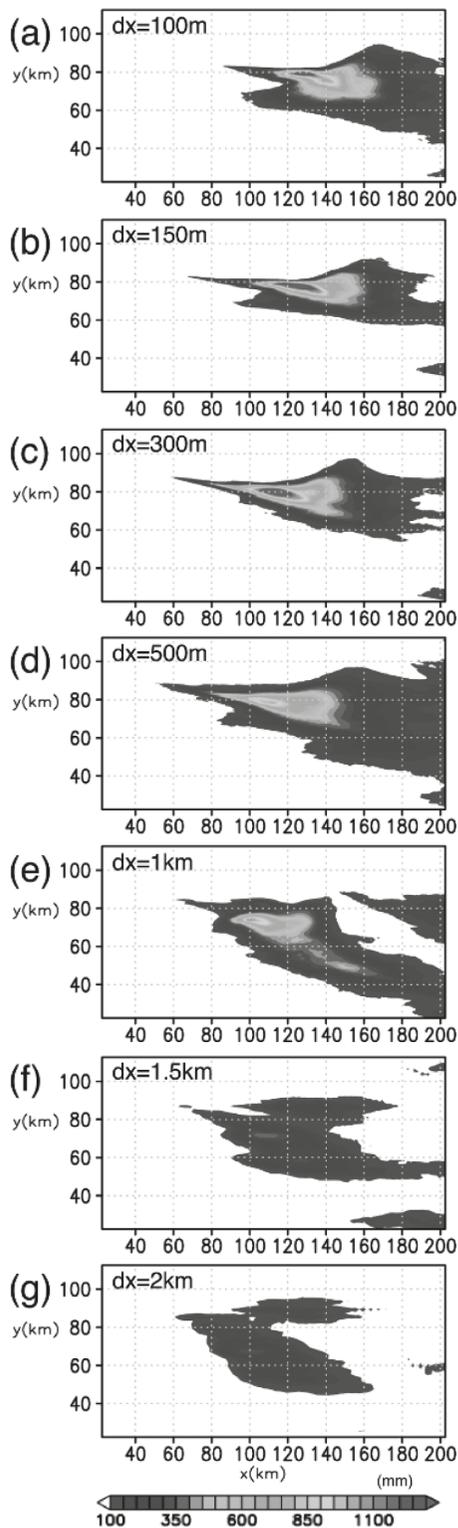
他に数度の高い温位偏差をもつ空気塊を下層に初期配置した場合や、標高1km程度の地形に起伏を与えた実験なども試行している。しかし、このような実験では積乱雲は発達するものの、停滞しながら継続的に発達するような降水システムは海陸のコントラストを導入した場合以外には出現していない。

バックビルディング型の降水システムの組織化にとって、(東西風の)鉛直シアの存在は重要である。鉛直シアを変化させた場合や、南北風を無くした場合の感度実験を行った。その結果、東西風を強めた場合、さらに降水量は大きくなっている。しかし、東西風を弱めた場合は、陸の中央における降水帯は形成されず、積算降水量も大幅に小さくなった。南北風を無くした実験では、南北対称な系になるため、降水域は陸の中央に出現するようになる。積算降水量は標準実験より大きくなった。

以上のように、実際に線状降水帯が生じた状況を平均化して、気象場を大幅に簡略化した理想化実験によ



第1図 各格子点における積算雨量の最大値の時系列。水平解像度毎に示している。



第2図 水平解像度 dx ごとの12時間積算雨量の水平分布。

り、線状降水帯をもたらすバックビルディング型の降水システムを再現することができた。シアの寄与や内部構造など、基礎的性質の理解につながる。同時に、ラージ・エディ・シミュレーションとみなせるような高解像度の計算結果は、現状ではもっとも信頼できる降水システムの再現結果といえる。本計算結果は、より粗い解像度の計算結果の検証にも利用できる。このような理想化実験をさらに発展させ、多様な感度実験や他事例の検証も可能である。

参 考 文 献

- Ito, J., H. Tsuguchi, S. Hayashi and H. Niino, 2021: Idealized high-resolution simulations of a Back-Building convective system that causes torrential rain. *J. Atmos. Sci.*, **78**, 117-132.
- Kato, T., 2020: Quasi-stationary band-shaped precipitation systems, named “senjo-kousuitai”, causing localized heavy rainfall in Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **98**, 485-509.
- 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**, 1266-1298.