

線状対流系の形態と気象モデル解像度依存性 Morphology and Horizontal grid spacing of quasi-linear convective systems

○河谷能幸・山口弘誠・中北英一・佐藤晋介・花土 弘・川村誠治

○Yoshiyuki KAWATANI, Kosei YAMAGUCHI, Eiichi NAKAKITA,

Shinsuke SATOH, Hiroshi HANADO, Seiji KAWAMURA

This study aims to investigate differences between two cases in the dominant convective scales of quasi-linear convective systems and in the model resolution required to represent them appropriately. Two QLCSSs in Kansai region were simulated in multiple resolutions. One case corresponded to back building (BB) type, whereas another case corresponded to back and side building (BSB) type. In the BSB case, smaller convection consisted of the rainfall area than in the BB case. This difference was derived from the presence of large-scale convergence associated with strong horizontal shear, which was absent in the BSB case. These results indicate that the dominant spatial scales of convection are larger in the BB case and smaller in the BSB case, and that higher model resolution is required to adequately represent convection in BSB type QLCSSs compared to BB type systems.

1. はじめに

近年、日本で線状対流系による土砂災害等の豪雨災害が頻発している。例えば Kato (2020) による大量の水蒸気の流入や大きな鉛直シア等を含む 6 条件をはじめ、既往研究により線状対流系の発生しやすい環境場が示してきた。しかしながらその予測精度には向上の余地がある。複数の研究 (Oizumi et al. 2020) により、線状対流系は 1km 以下の小さいスケールの対流により構成されることが示された。また瀬古 (2010) は、線状対流系には鉛直シアの違いにより複数の形態があることを示した。

そこで本研究は、異なる形態の線状対流系において、対流の空間スケールの違いを調査するため、同じ地域で発生した 2 事例の線状対流系に対して、モデル解像度を変化させた数値実験を行った。

2. 研究手法

本研究では、関西で発生した 2 事例の線状対流系を対象に、複数の解像度で数値実験を行った。図 1 に国土交通省が運用する XRAIN で観測された、線状対流系発生期間中の積算降水量を示す。いずれも兵庫県南部から約 50km に渡って強雨域が発生した。2012 年 8 月の事例 (図 1a) は京都府宇治市に、2012 年 7 月の事例 (図 1b) は京都府亀岡市に大きな被害をもたらしたため、それぞれ宇治豪雨、亀岡豪雨と呼ぶ。鉛直シアについて、宇治豪雨では小さく、亀岡豪雨では大きいことから、

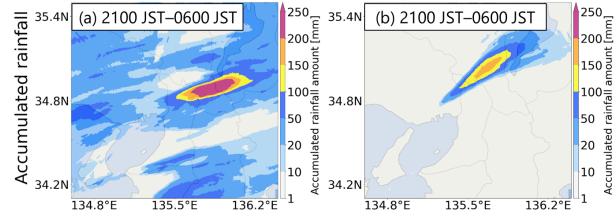


図 1: XRAIN で観測された(a) 宇治豪雨及び (b) 亀岡豪雨での 2100-0600JST の積算降水量 [mm].

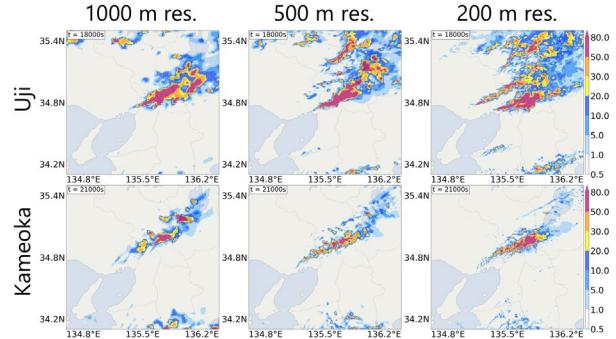


図 2: 数値実験により得られた各事例 (上段: 宇治豪雨、下段: 亀岡豪雨), 各解像度での地上降水強度 $[\text{mm h}^{-1}]$ のスナップショット.

それぞれ back building, back and side building が発生しやすい環境場であった(図略、瀬古 2010)。

使用したモデルは理化学研究所・計算科学研究機構が開発した SCALE-RM である。初期・境界条件は気象庁のメソ客観解析を使用した。

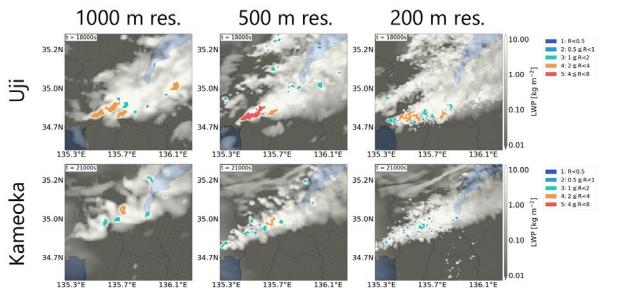


図3: 数値実験により得られた各事例 (上段: 宇治豪雨, 下段: 亀岡豪雨), 各解像度での対流スケールのスケール分類及びLWP [kg m⁻²] のスナップショット.

3. 結果

図2に1,000 m, 500 m, 200 mでの水平解像度で行った数値実験結果を示す. 両事例・全解像度において, 線状に分布する雨域が再現された. 一方, 雨域の連続性の解像度依存性が事例間で大きく異なった. 宇治豪雨では解像度に関わらず連続した雨域が再現される. 亀岡豪雨の低解像度実験では団塊状の不連続な雨域が形成され, 解像度向上に伴って連続的な雨域へと変化する. これは, 不安定性を消費する下層収束の空間スケールが, 亀岡豪雨ではより局所的であることが考えられる.

そこで事例間での対流スケールの違いを調べるために, Sueki et al. (2018) に従い対流コアを定義し, そのスケールの比較を行った. 対流コアの同定には高度2 kmから6 kmにおける, 降水粒子重量の積算値 (Liquid water path; LWP) と, 上昇流の平均値 (\bar{w}_{2-6km}) を使用した. $LWP > 0.1 \text{ kg m}^{-2}$ となる領域において, $\bar{w}_{2-6km} > 5 \text{ m s}^{-2}$ となる一続きの領域を対流コアとした. さらに, 同定した各対流コアのスケールを, 有効半径により5つに分類した (図3; 1: $R < 0.5 \text{ km}$, 2: $0.5 \leq R < 1 \text{ km}$, 3: $1 \leq R < 2 \text{ km}$, 4: $2 \leq R < 4 \text{ km}$, 5: $4 \leq R < 8 \text{ km}$).

その結果, 宇治豪雨では解像度に関わらずカテゴリ3-5の大きなスケールの対流が支配的であった. 一方, 亀岡豪雨では支配的な対流スケールが解像度により変化した. 低解像度の場合, 支配的対流スケールがカテゴリ3-4であるものの, 解像度向上に伴いカテゴリ2-3へと移行した. これは, 線状対流系発生時, 宇治豪雨ではメソスケールのシアラインが下層収束として存在した一方, 亀岡豪雨では大規模な下層収束が存在しなかつたためであった (図略).

4. まとめ

本研究では, 異なる形態の線状対流系において, 対流の空間スケールの違いを調査するため, 同じ地域で発生した形態の異なる2事例の線状対流系(宇治豪雨, 亀岡豪雨)に対して, モデル解像度を変化させる数値実験を行った.

その結果, 下層収束の空間スケールの違いから生じる, 雨域の連続性に関する違いが見られた. 支配的な対流スケールについて, 大規模な下層収束が存在した宇治豪雨では解像度への依存が小さい一方, 大規模収束のない亀岡豪雨では解像度に強く依存した. 高解像度実験では, 宇治豪雨より亀岡豪雨で対流スケールが相対的に小さかった.

今後は形態の違いと対流スケールの関係性を調べるために, 事例を拡張して統計解析を行う.

参考文献

- 1) 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.
- 2) Oizumi T, Saito K, Duc L, et al (2020) Ultra-high resolution numerical weather prediction with a large domain using the k computer. part 2: The case of the Hiroshima heavy rainfall event on august 2014 and dependency of simulated convective cells on model resolutions. *J Meteor Soc Japan* 98:1163–1182.
- 3) 瀬古弘 : 中緯度のメソβスケール線状降水系の形態と維持機構に関する研究, 気象庁研究時報, Vol. 62, pp. 1-74, 2010.
- 4) Nishizawa, S., H. Yashiro, Y. Sato, Y. Miyamoto, and H. Tomita, 2015: Influence of grid aspect ratio on planetary boundary layer turbulence in large-eddy simulations. *Geosci. Model Dev.*, 8, 3393–3419.
- 5) Sato, Y., S. Nishizawa, H. Yashiro, Y. Miyamoto, Y. Kajikawa, and H. Tomita, 2015: Impacts of cloud microphysics on trade wind cumulus: which cloud microphysics processes contribute to the diversity in a large eddy simulation?. *Prog. in Earth and Planet. Sci.*, 2, 23.
- 6) Sueki K, Yamaura T, Yashiro H, et al (2019) Convergence of convective updraft ensembles with respect to the grid spacing of atmospheric models. *Geophys Res Lett* 46:14817–14825.