

H31 名古屋大学 HPC 計算科学連携研究プロジェクト成果報告書  
「雲解像モデルを用いたアジアメガシティの都市気象シミュレーション」

山梨大学 大学院総合研究部 相馬一義

近年日本では局地的大雨に伴う浸水被害が頻発しており、代表者らはこれまで人間活動の与える影響を取り込んだ新しい雲解像気象モデル (CReSiBUCver2.4.4 ; Souma et al., 2013)<sup>1</sup>を開発し、降水予測精度の改善に取り組んできた。局地的大雨の原因となる積乱雲は、近年急速に人口集中が進む他国のアジアのメガシティにおいても、都市河川での急激な水位上昇や浸水により大きな被害をもたらしている。そのため日本のみならず、他のアジアメガシティにおいても代表者らが開発してきた雲解像気象モデルを短時間強雨予測に活用できる可能性がある。

以上を踏まえて、本研究では日本における都市活動情報推定手法を高度化するとともに、近年急速に都市化が進行するインドネシア・ジャカルタ市を対象に都市活動情報推定手法を新たに構築する。さらに、深層学習手法等と組み合わせてアジアメガシティにおける水災害被害軽減と住環境改善に役立てる方策を検討する。

本研究課題では平成 30 年度より、深層学習手法 (畳み込みニューラルネットワーク ; CNN<sup>2</sup>) を用いて雲解像気象モデルの出力を補正し降水量を予測する手法<sup>3</sup>を構築してきた。CNN とは、人間の視神経を模して、パターンを認識するフィルタとして機能する畳み込み層と、パターンのずれを吸収する役割を持つプーリング層を組み合わせる構成されたニューラルネットワークである。

平成 31 年度にはその補正手法について、ショートカット接続を含む CNN (U-Net)<sup>4</sup>を取り入れる改良を行った<sup>5</sup>。CNN では畳み込みを行う際に情報が平滑化される欠点があるが、U-Net では、エンコーダー (畳み込みを行う層) とデコーダー (畳みこまれた情報を元の解像度に戻す層) を経由して平滑化された情報と同時に、ショートカット接続によりエンコーダの途中から空間解像度の高い情報を伝達した学習を可能としている。

改良した補正手法について、代表者らが構築してきた雲解像気象モデル (CReSiBUC) による 2001 年 8 月の京阪神地方における気象予測実験結果 (高山ら, 2016)<sup>6</sup>に適用した。補正手法への入力データとして雲解像気象モデルによる地上付近の降水量と鉛直風速予測結果を用いた。入力データと同時刻の気象庁解析雨量について、入力データと同一メッシュに最近隣法を用いて内挿したものを目標出力として用いた。補正前後の降水量 2 次元分布について気象庁解析雨量と比較した。

その結果、台風のように空間スケールの大きな降水事例では、通常の CNN を用いた補正手法では補正しきれなかった 5mm/hr~10mm/hr, 及びそれ以上の降水がみられる領域について改善がみられ、U-Net 導入の有効性が示された。しかし局地的な降水の事例では依然としてさらなる改良が必要と考えられる。

<sup>1</sup> K. Souma, 他 10 名: A comparison between the effects of artificial land cover and anthropogenic heat on a localized heavy rain event in 2008 in Zoshigaya, Tokyo, Japan, *Journal of Geophysical Research*, 118, pp.11,600-11,610, doi:10.1002/jgrd.50850, 2013

<sup>2</sup> LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., and Haffner, P.: Gradient-based learning applied to document recognition, *Proceedings of the IEEE*, .86 (11), pp.2278-2324, 1998.

<sup>3</sup> 倉上健, 相馬一義, 宮本崇, 古屋貴彦, 馬籠純, 石平博: 深層学習を用いた降水短期予測における数値気象モデル出力補正手法の構築, *土木学会論文集 G (環境)*, Vol.75, No.5, I\_33-I\_39, 2019.

<sup>4</sup> Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T.: U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation., arXiv:1505.04597, 2015.

<sup>5</sup> 倉上健, 相馬一義, 宮本崇, 古屋貴彦, 馬籠純, 石平博: ショートカット接続を含む深層学習による数値気象モデル降水量予測補正の検討, *土木学会論文集 G (環境)*, 印刷中

<sup>6</sup> 高山拓哉, 相馬一義, hok 末次忠司: 雲解像気象モデルを用いた都市発展が京阪神地方の気温に与える影響評価, *水文・水資源学会 2016 年研究発表会要旨集*, pp.110-111, 2016.