HN-2021-2224、［ＮＰ開］-21010

# Convolutional LSTM による流動挙動の予測 非定常バックステップ流れへの適用

Prediction of Flow Behavior with Machine Learning Using Convolutional LSTM
Application to Unsteady Backward-Facing Step Flow

*鬼頭　理[1]，前島　啓[1]，滝脇　賢也[1]，堀江　英樹[1]
[1]東芝エネルギーシステムズ株式会社

近年、機械学習や深層学習の流体解析への適用手法は著しい発展を遂げており、本研究では流体機器の設計・開発支援のために機械学習の流体解析への適用性を検討している。今回、高レイノルズ数（*Re*）のバックステップ流れについて Convolutional LSTM（ConvLSTM）により流動挙動を予測し、有用性を評価した。

**キーワード：機械学習、深層学習、畳み込み、LSTM、バックステップ、非定常**

## 1. 緒言

本研究では機械学習の流体解析への適用性検討の一貫として、これまでに定常バックステップ流れについてオートエンコーダーを用いた流動挙動を評価し良好な結果が得られた。今回、*Re*＝4000～5000 の非定常バックステップ流れの数値流体解析(CFD)結果について、ConvLSTM による学習・予測を行い評価した。

## 2. ConvLSTM による流れ場予測

### 2-1. ConvLSTM による学習

ConvLSTM は、再帰型ニューラルネットワークである LSTM に畳み込み層を追加して空間情報を保持できるようにした手法[1]である。図 1 のように渦放出位置付近を切り出した CFD の時系列画像 1440 枚を、ConvLSTM を 2 層、時間進行の活性化関数を Sigmoid、その他の活性化関数を tanh、誤差関数を平均二乗誤差(MSE)としたネットワークで学習させ、過去の速度場を与えて未来の速度場を予測した。

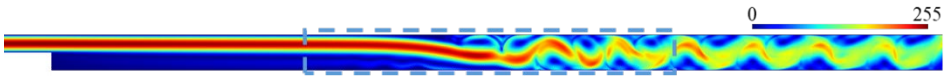


図 1　学習データ（*Re*＝4500）

### 2-2. 結果

CFD と ConvLSTM による速度の絶対値の予測とこれらの誤差率を図 2 に示す。時間進行とともに主流の再付着領域で生成された渦が下流に向かい、拡散される挙動が ConvLSTM で予測できた。なお、MSE は 3.9%であった。

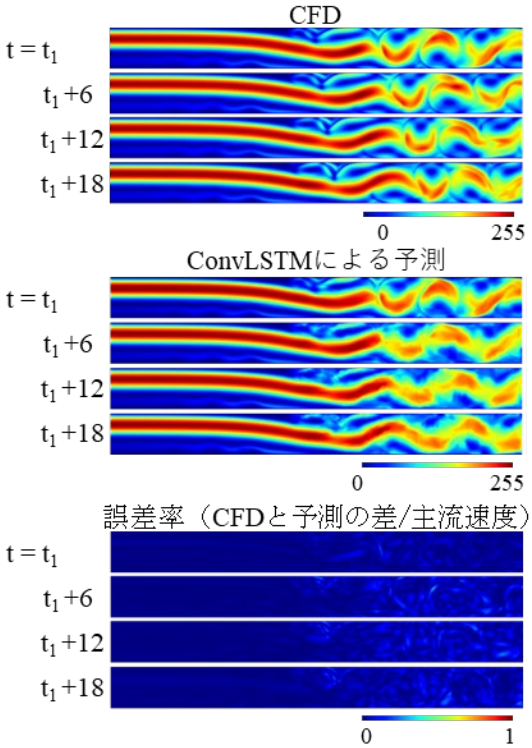


図 2　任意の時刻 $t_1$ からの CFD と ConvLSTM による予測の比較

## 3. 結論

非定常バックステップ流れの渦の放出・拡散の時系列予測に ConvLSTM が有用であることを示した。

### 参考文献

[1] Shi et al, “Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting”, arXiv:1506.04214

*Aya Kitoh[1], Kei Maeshima[1], Kenya Takiwaki[1] and Hideki Horie[1]
[1]TOSHIBA ENERGY SYSTEMS & SOLUTIONS CORPORATION