

機械学習を用いた流体シミュレーション

日大生産工 ○守政 佑人 日大生産工(院) 岡庭 渉
 日大生産工(院) 榎本 知幸
 日大生産工 三浦 慎一郎
 日大生産工 角田 和彦

1. はじめに

従来より流体解析では様々な研究が進められてきた。コンピューターの発展に伴い、新たな解析手法が提案され、計算速度の向上が図られている。代表的な解析手法として粒子法を用いた圧縮性のある流れの解析に用いるSPH法 (Smoothed Particle Hydrodynamics method)⁽¹⁾⁽²⁾や非圧縮性流体の解析に用いるMPS法 (Moving Particle Semi-implicit method)⁽³⁾が挙げられる。しかし、いまだこれらの手法によるリアルタイムでの演算は難しいとされている。

また最近では、自動運転や画像認識といった様々な分野で機械学習が用いられ、特に深層学習の適用が注目されている。

本研究では、機械学習を用いることによりSPH法流体シミュレーションのデータ駆動解析の可能性を図ることを目的としている。

2. 支配方程式

流体の挙動を支配する方程式として以下のラグランジュタイプの非線形方程式を用いる。

$$\rho \frac{Du}{Dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 u + f_s + f_g \quad (1)$$

この式はナビエーストックス方程式と呼ばれ、右辺第1項を圧力勾配項、第2項を粘性項、第3項を表面張力項、第4項を重力項としている。

3. GPU計算

GPU(Graphics Processing Unit)とは複数のコアを持ち、主に画像処理に用いられるプロセッサのことである。コアを複数持っていることから並列演算を得意としており、計算量が膨大である流体シミュレーションや機械学習でもGPUを用いることにより解析時間の短縮を図る。本研究に用いるGPUとして、流体解析時にNVIDIA TITAN V、後述の機械学習時にはNVIDIA GeForce RTX 2080Tiを使用する。

4. 機械学習

文献(4)では解析結果をCNN(Convolutional neural network)に適応させるため、粒子法で得られたデータを格子状のデータに変換し、ニューラルネットワークに読み込ませている。本研究でもこれに倣い粒子法であるSPH法で解析したデータを格子状のデータに変換し、ニューラルネットワークに読み込ませている。

学習の順序を以下に示す。

Step1:流れの速度を入力データとして情報をEncoderで圧縮し、潜在変数に変換する。

Step2:潜在変数からDecoderを使い、入力データと同じ内容を再現する。

Step3:潜在変数のみをニューラルネットワークに学習させ、時間tの潜在変数から次のタイムステップである時間t+1の潜在変数を再現させる。

Step4:Step3で得られた潜在変数をDecoderに適応することによってそのタイムステップにおける格子状のデータを再現する。

EncoderとDecoderを合わせた機械学習をAutoencoderと呼ぶ。入力データを一度潜在変数として圧縮し、そこから同様のデータを出力として得る目的の機械学習である。

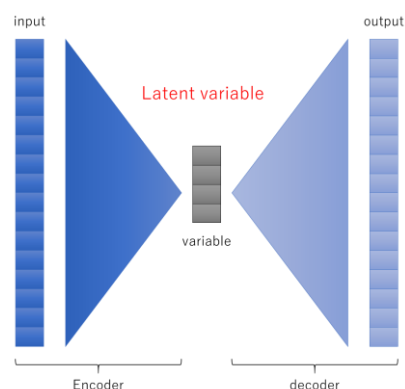


Fig.1 autoencoder

5. Autoencoderを用いた再現

本研究では、SPH法を用いた流体解析によってダムブレイクを再現した。SPH法による解析結果、解析結果を格子状に変換したデータセット、学習後の出力データの比較画像を以下に示す。

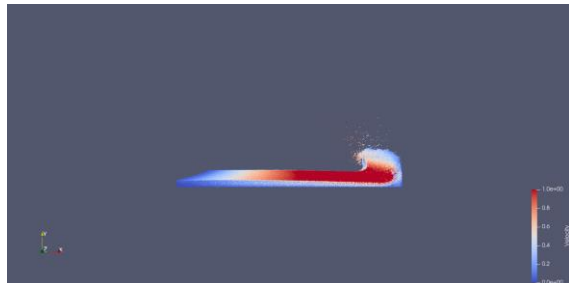


Fig.2 Analysis result by SPH method

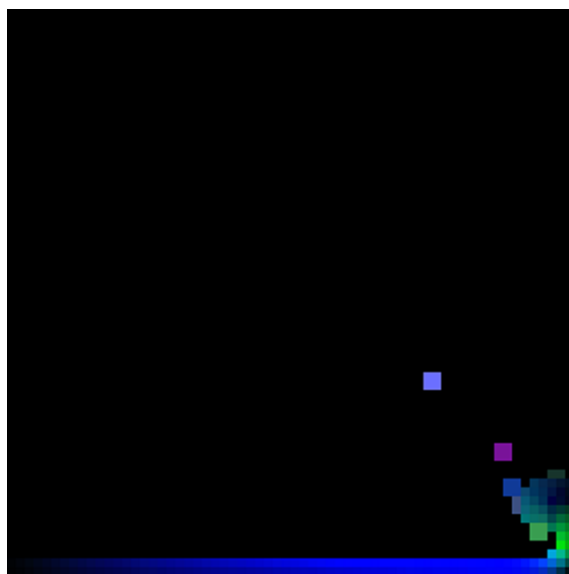


Fig.3 Data obtained by converting the analysis results into a grid

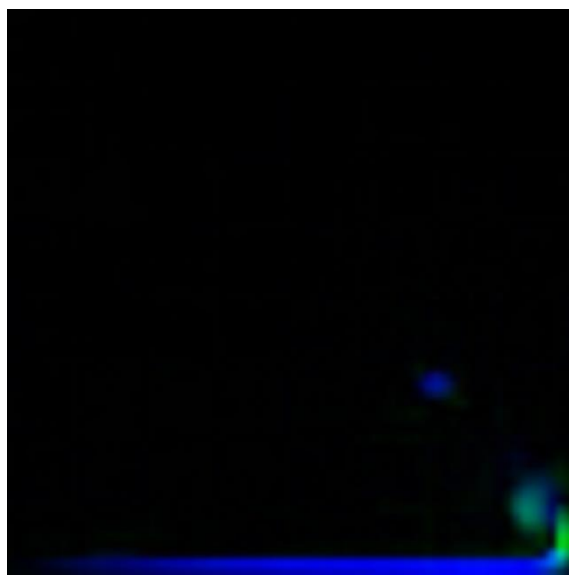


Fig.4 Output data after learning

6. おわりに

本研究では、機械学習を用いたことによって視覚的に実際の流体解析に近い結果が得られた。しかし、格子法に変換したことによる誤差や機械学習にかかった時間を考慮し、正確性や演算速度といった点において改良の余地が存在すると考えている。

参考文献

- 1) Lucy, L.B., A Numerical Approach to the Testing of the Fission Hypothesis, *The Astronomical J.*, Vol.82, No.12, (1977), pp.1013-1024
- 2) Gingold, R.A. and Monaghan, J.J., Smoothed Particle Hydrodynamics: Theory and Application to Non-spherical Stars, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, Vol.181, 1977(1977), pp.375-389
- 3) 塚越誠一, 粒子法による流れの数値解析, *ながれ* 21 (2002) pp.230-239.
- 4) Byungsoo Kim, Vinicius C. Azevedo, Nils Thuerey, Theodore Kim, Markus Gross and Barbara Solenthaler., Deep Fluids: A Generative Network for Parameterized Fluid Simulations., *EUROGRAPHICS* (2019), pp. 4-5.