

2023年9月20日

報道機関 各位

国立大学法人 東北大学

## 水流を観測データから深層強化学習で再現 目前の水流の遠隔地への伝送や水を使う VR 体験の新たな可能性

### 【発表のポイント】

- 実際の液体全体の流れを、限られた観測データからリアルタイムに、深層強化学習<sup>(注 1,2,3)</sup>を用いてバーチャル世界に再現する手法を開発しました。
- 目前の水の流れをそのまま遠隔地に伝送して再現し、遠隔地の人と共有することが可能です。
- 水を用いたバーチャルリアリティ (VR) 体験の新たな可能性を拓き、水を感じながらバーチャル環境でコンテンツを利用することができます。

### 【概要】

従来の流体シミュレーションは、様々な物理特性を仮定して流体の動きを全て計算していましたが、実際の一部の液体の動きを観測できたとしても、それを利用して液体全体の動きを計算して再現する手法はありませんでした。

東北大学 電気通信研究所と流体科学研究所のグループは、実観測データを利用できる新しい流体シミュレーションの方法を開発しました。深層強化学習で、少数の限られた観測データをもとに液体全体の動きをリアルタイムで計算して再現することができます。これにより、目前の実際の水の動きを、たとえそれに人がランダムにかき混ぜる等の外乱を与えた場合でも、バーチャル空間内で正確にリアルタイムに再現し、防災（治水）や建設工事などのために離れた場所での直感的なデータ共有できたりするようになります。

なお、液体の動きのリアルタイム計測には、電気通信研究所で2020年に開発した「磁気式3次元モーションキャプチャの新方式」<sup>(注4)</sup>を利用しました。

本研究成果は、9月17日に米国計算機学会（ACM：Association for Computing Machinery）の科学誌 ACM Transactions on Graphics のオンライン速報版に掲載され、コンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術のトップカンファレンス SIGGRAPH Asia 2023（12月12日～15日、オーストラリア・シドニー）で口頭発表されます。

## 【詳細な説明】

### 研究の背景

人の目前に置いてある水槽などの容器に入った液体を手などで攪拌する様子をバーチャル空間で再現することができれば、それを遠隔地の人と共有して知見を共有したり、ゲームなどのコントローラに利用したり、新たな応用がひろがります。しかし、液体の流れをリアルタイムに 3 次元計測し再現する方法はありませんでした。

液体の流れを計測するさまざまな従来技術はありますが、多くの制約がありました。たとえば、液体に微粒子を混入してそれをカメラで観測する方法は一般的ですが、リアルタイムに 3 次元計測することは困難でした。また、不透明な容器に入っていたり、液体自体が不透明で濁っていたりすると計測できませんでした。これに対して、電気通信研究所で 2020 年に開発した磁気式 3 次元モーションキャプチャの新方式<sup>(注 4)</sup>は、ブイに磁気センサを組み入れて浮かべるだけで、水の 3 次元的な流れを直接リアルタイムに簡単に計測することができます。画期的な手法を提供しました。

これによって、液体全体の流れを限られた観測データからリアルタイムに再現する手法開発の道が拓けました。

### 今回の取り組み

今回、東北大学 電気通信研究所の博士後期課程学生の朱健楓氏（所属: 大学院情報科学研究科）と北村喜文教授、流体科学研究所の高奈秀匡教授らのグループは、実観測データを利用できる新しい流体シミュレーションの方法を開発しました。これは、深層強化学習によって、少数の限られた観測データをもとに流体全体の動きをリアルタイムで計算して再現することができます。

例として、水を張った水槽が置いてあり、それを手で直接または手で持った物体でランダムに攪拌している状況を考えます。その流れを計測するために、磁気式 3 次元モーションキャプチャの新方式のセンサを組み込んでいる複数のブイを浮かべます。これらのブイは周囲の水の流れに応じて動き、その 3 次元的な動きはリアルタイムで計測することができます。本提案手法は、これらのブイの動きを用いたシミュレーションで、攪拌している物体の形状や動きが未知である場合でも、水の流れを 3 次元でリアルタイム再現することができます。

本提案手法では、まず、静止した液体の状態から、ブイの運動データに基づいて液体に作用する力を生成することにより、流れを再現します。この力の算出は、様々な外乱が存在する液体の流れのデータセットから深層強化学習で学習しておき、その結果から適切な力を探索して実行します。十分な量の学習を経ることで、学習データにない外乱に対しても、流れの高精度な再現ができるようになります。

## 今後の展開

本手法により、目前の実際の水の動きを、たとえそれに人がランダムにかき混ぜる等の外乱を与えた場合でも、サイバー空間に正確にリアルタイムに再現することができます。これによって次のような応用が考えられます。

防災（治水）や建設工事などのために離れた場所での水流の直感的なデータ共有ができるようになったり、水をコントローラとした新しいゲームを作ることができ、水を感じながらバーチャル環境でコンテンツを利用することが可能になります。

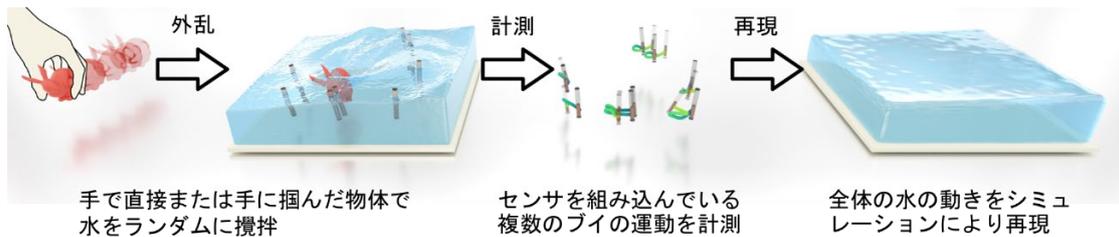


図 1. 計測データから全体の水の動きを再現する手順：ランダムな未知の外乱がある場合でも、一部の観測データから全体の水の動きをシミュレーションによって再現できる。

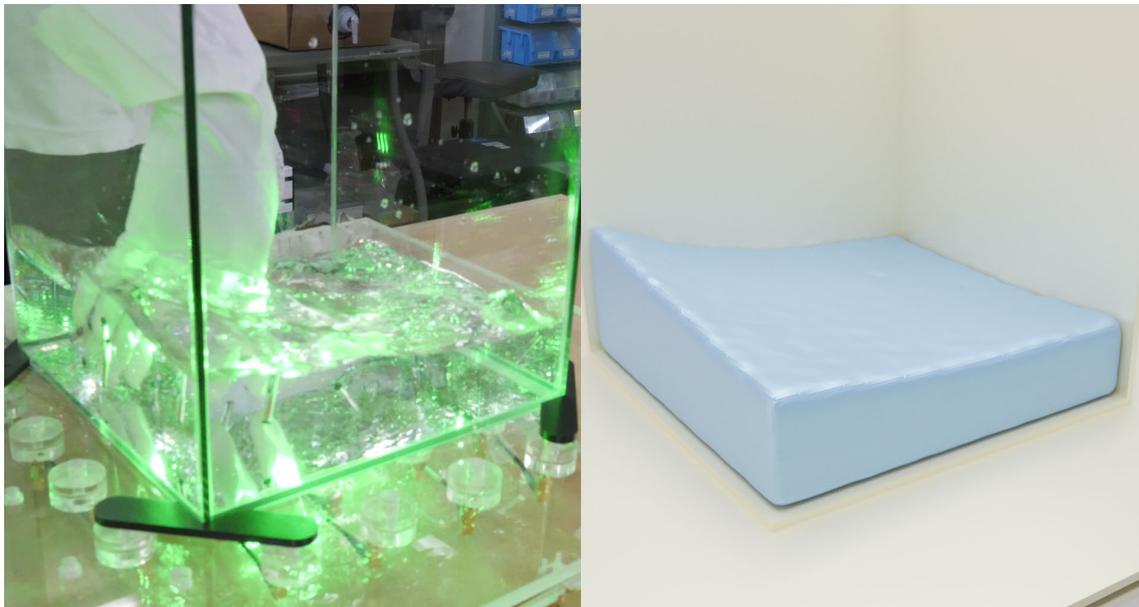


図 2. 実際に計測データから全体の水の動きを再現する例。

(GIF 動画: [fig2.gif](#))



## 【用語説明】

注1. 深層強化学習 (Deep reinforcement learning): 強化学習 (注2) と深層学習 (注3) を組み合わせた学習手法です。

注2. 強化学習 (Reinforcement learning): 人工知能 (AI) で利用される機械学習の一種。コンピュータ上のエージェントに繰り返しデータを与え、試行錯誤のやりとりを重ねることによって、タスクを実行できるようになる手法です。エージェントは、タスクの報酬を最大化するように学習します。

注3. 深層学習 (Deep learning): 人工知能 (AI) で利用される機械学習の一種。人の脳の神経回路を模した人工のニューラルネットワークを使用して、データからパターンや特長を学習することで、認識等のタスクを自動化します。ニューラルネットワークを多層で使用することで、データの複雑な特徴やパターンを階層的に学習することができます。

注4. 「3次元モーションキャプチャの新方式を開発 人やモノの動きを連続して滑らかに、しかも正確に計ることが可能に」東北大学プレスリリース (2020年11月6日)  
<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/11/press20201106-02-3d.html>



## 【論文情報】

論文タイトル: Real-Time Reconstruction of Fluid Flow under Unknown Disturbance

著者: Kinfung Chu\*, Jiawei Huang, Hidemasa Takana, and Yoshifumi Kitamura

雑誌名: ACM Transactions on Graphics

\*責任著者: 東北大学 電気通信研究所 博士後期課程 朱健楓

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3624011> (論文・動画)

## 【謝辞】

今回の研究開発は科学研究費補助金 (No. JP18H04103) により行われました。

## 【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学 電気通信研究所

教授 北村 喜文

TEL: 022-217-5540

Email: [kitamura@riec.tohoku.ac.jp](mailto:kitamura@riec.tohoku.ac.jp)

(報道に関すること)

東北大学電気通信研究所 総務係

TEL: 022-217-5420

E-mail: [riec-somu@grp.tohoku.ac.jp](mailto:riec-somu@grp.tohoku.ac.jp)