

CFD シミュレーション制御のための遠隔 VR in-situ 可視化

Remote VR in-situ Visualization for steering CFD simulations

*下村 和也¹, 河村 拓馬¹, 井戸村 泰宏¹, 尾崎 司¹

¹国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大規模シミュレーションを設計最適化や逆問題解析に活用するため、VR 空間での In-situ 制御が重視されている。本研究では、VR による In-situ 可視化が可能な粒子ベースの可視化技術 PBVR を In-situ 制御向けに拡張し、スーパーコンピュータ上の流体シミュレーションに適用して有効性を検証した。

キーワード：可視化, VR, In-situ, ステアリング

1. 背景

In-situ 制御では、シミュレーションと同時に (In-situ) 可視化して、ユーザが観察し、計算条件の変更にフィードバックする。しかし既存の可視化アプリを利用して In-situ 制御を構築することは、大規模データの転送や可視化処理のコストがボトルネックとなり困難である。本研究では計算データを可視化用粒子に圧縮することで対話的な可視化が可能な IS-PBVR を In-situ 制御向けに拡張する手法を開発した。

2. 粒子ベースの In-situ 制御技術

IS-PBVR[1][2]は、計算ノードで可視化用粒子を生成する「粒子生成プログラム」、ログインノードで可視化用粒子と可視化パラメータを送受信する「通信プログラム」、そしてユーザ PC 上で可視化用 UI を提供する「In-situ クライアント」で構成される。通信プログラムが In-situ クライアントからの受信内容をストレージ上にファイル出力し、粒子生成プログラムがストレージを定期的にチェックすることで対話処理を実現する。また、VR ライブラリ OpenXR を用いた実装により汎用ヘッドマウントディスプレイ (HMD) による VR 可視化が可能である。本研究では IS-PBVR の対話処理機構を拡張して In-situ 制御を実現する。また全体を俯瞰するための 3 次元の可視化 (科学可視化) だけでなく、定量的な値を把握するための情報可視化機能を追加する。In-situ 制御および情報可視化のために、In-situ クライアントから計算条件や観測点、観測量を指定し、粒子生成プログラムへ送信する。粒子生成プログラムは可視化処理と同時に観測データを取得し、In-situ クライアントへ送信する。図 1 に概要を示す。計算条件や観測点/量を指定するための UI は 2 次元ディスプレイ向けに開発する。そして

VR 空間では HMD のバーチャルデスクトップの機能を利用して UI を表示し、VR コントローラーで値を設定する。

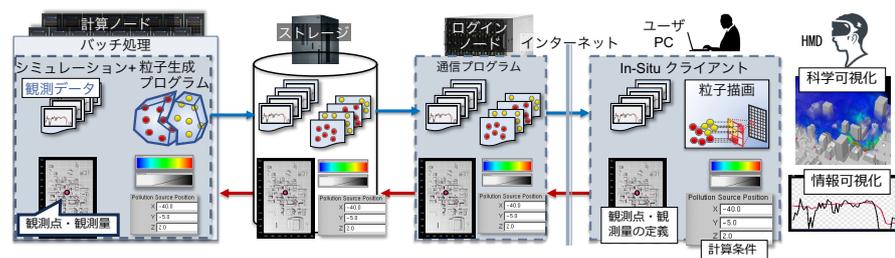


図 1 IS-PBVR の In-situ 制御機構

3. 実験と結論

HMD として Meta

Quest3 を利用し、開発した技術を JAEA のスパコン SGI8600 上の流体計算に適用した。そして、VR 空間で In-situ 可視化による時系列アニメーションと対話的な計算パラメータの変更が可能であることを確認した。講演では、大規模風況解析コード CityLBM を利用した In-situ 制御のデモを紹介する。

参考文献

[1] Takuma Kawamura, and Yasuhiro Idomura. Journal of Visualization, 2023.

[2] Takuma Kawamura, Naohisa Sakamoto, et. al.. Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, 2023

*Kazuya Shimomura¹, Takuma Kawamura¹, Yasuhiro Idomura and Tsukasa Ozaki¹

¹Japan Atomic Energy Agency