

GPU 向け乱流アンサンブルデータ同化コード LBM-LETKF の開発

Development of GPU-oriented turbulence ensemble data assimilation code LBM-LETKF

*長谷川 雄太¹, 井戸村 泰宏¹, 小野寺 直幸¹

¹ 日本原子力研究開発機構システム計算科学センター

筆者らは、都市風況環境の即時予測を目的とした GPU 向け高性能流体解析コードの開発を進めている。本発表では、流体計算手法およびデータ同化手法としてそれぞれ格子ボルツマン法 (LBM) および局所アンサンブル変換カルマンフィルタ (LETKF) を用いた基礎的な乱流データ同化の精度検証結果を示す。

キーワード: LBM, LETKF, GPU

1. 緒言

筆者らは、都市風況環境の即時予測、およびその精度の改善のため、シミュレーションと観測データを融合する「データ同化」に関する研究開発を推進している。都市風況環境の計算には数 m と極めて細かい解像度を必要とするため、高速かつ大規模な計算が必須となる。このため、本研究では、GPU スパコンを用いた高性能流体計算・データ同化コードの開発を進めている。

2. LBM-LETKF による乱流データ同化

計算手法としては、GPU スパコンでの高性能計算に適したものを選定した。流体計算手法としては、完全陽解法であり、水平 4km 四方・2m 解像度の格子で実時間風況解析を実行した実績[1]のある格子ボルツマン法 (LBM) を採用した。データ同化手法としては、並列性に優れ、富岳等の最新のスパコンでも利用実績[2]のある局所アンサンブル変換カルマンフィルタ (LETKF) を採用した。

LBM-LETKF の計算例として、3 次元角柱周りの流れ (図 1) のデータ同化実験を示す。総格子点数 2300 万であり、データ同化では全格子点上の流体の圧力および速度を観測値とした。観測の時間間隔は角柱周りのカルマン渦列の半周期に相当する 3.75 とした。計算のアンサンブル数は 32 とした。計算で得られた揚力係数の時刻歴を図 2 に示す。観測値を解析値にある重みで混ぜ込む単純なデータ同化手法であるナッジングでは、時間的に疎な観測ではカルマン渦列の位相を同化できなかった。一方、LETKF ではカルマン渦列の位相が同化できており、時間的に疎な観測に対して良好なデータ同化が行えていることが確認できた。

3. 結論

GPU 向けに新規開発を始めた乱流アンサンブルデータ同化コード LBM-LETKF について述べた。基礎検証として 3 次元単一角柱周りの流れの数値実験を示し、時間的に疎な観測に対して LETKF が良好に動作することを確認した。今後、本手法を風洞・都市風況などの実在流体問題に適用し、精度検証を進める予定である。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 (課題番号 22H03599, 21K17755) および学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (JHPCN; 課題番号 jh210003, jh210049, jh220030, jh230014) より支援を受けた。計算には東京大学「Wisteria/BDEC-01 Aquarius」および日本原子力研究開発機構「HPE SGI8600」を利用した。記して謝意を示す。

参考文献

[1] N. Onodera, et al., *Boundary-Layer Meteorology*, **179**, 187–208 (2021). doi: 10.1007/s10546-020-00594-x

[2] H Yashiro, et al., *SC20*, 1–10 (2020). doi: 10.1109/SC41405.2020.00005

*Yuta Hasegawa¹, Yasuhiro Idomura¹ and Naoyuki Onodera¹

¹Japan Atomic Energy Agency

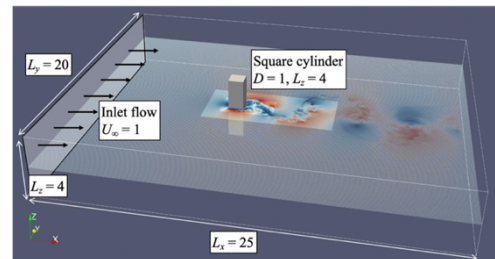


図 1 3次元角柱周りの計算条件設定

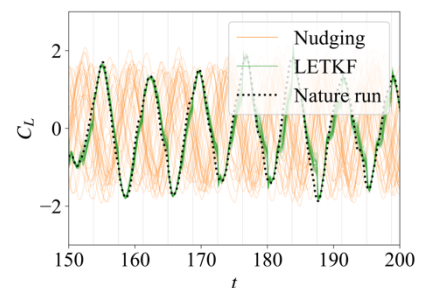


図 2 データ同化実行時の揚力係数の時刻歴