

都市を対象とした気象学 LES モデルの開発と応用

Development and Application of Large Eddy simulation Model for Urban Areas

佐藤 拓人

筑波大学 計算科学研究センター

1. 研究目的

本課題では、建物解像都市気象 LES モデルの開発と応用を、Oakforest-PACS および Cygnus システムを用いて行う。特に本年度は、(1) LES の計算条件を拡充するためのコード開発・検証、(2) 暑熱緩和策の策定に資するような都市熱環境・街区内風況計算、(3) 理想的な熱対流場における乱流の構造解析を行う。さらに、(2)のような実都市を対象とした計算を GPU 上で行うための City-LES/GPU の開発・検証も試みる。

2. 研究成果の内容

まず、(1) LES の計算条件を拡充するためのコード開発・検証では、本計算のために詳細な地表面温度の初期値を得るためのスピニアップ機能を実装した。これは、気温や風速などの気象データを観測値から与え、地表面や放射に関する計算のみを行うことで空間詳細でより確からしい地表面温度や地中温度の初期値を得るものである。また、乱れを考慮した境界条件についても検討を開始し、いくつかの乱流生成手法を試験的に実装した。

次に、(2)暑熱緩和策の策定に資するような都市熱環境・街区内風況計算では、熊谷駅周辺、新潟駅周辺を対象とした熱環境シミュレーションを実施した。いずれのシミュレーションでも現在の熱環境に加えて、計画・検討されている暑熱適応策(街路樹やドライミストの敷設など)を施したと仮定した場合のシミュレーションも行うことで、暑熱適応策の効果を評価した。

さらに、(3) 理想的な熱対流場における乱流の構造解析では、昨年度までの結果を踏まえ、建物がある場合の乱れに関する調査も必要であると分かったため、理想的な建物群内の乱れの特性的についての調査を行った。

最後に、実都市を対象とした計算を GPU 上で行うための City-LES/GPU の開発・検証では、今まで対象とできていなかった街区内放射など、実都市周りの計算を行うためのオプションの全てを GPU 化した。これにより、実都市周りの熱環境シミュレーションを全て GPU で実行可能となった。City-LES/GPU は、CPU 版と比べ少なくとも 6 倍以上の高速に実行可能である。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

本研究は、建物解像都市気象 LES モデルの開発・応用を目的としている。特に応用部分では、実都市周りの計算を行うため、理想的な計算よりも格子点数が増大しやすく、計算負荷が大きくなりやすい。そのため、GPU 版の開発をはじめとした最適化は計算可能な問題の幅を広げ、かつ研究の効率化を図ることができる。このような技術は HPC 分野との連携によって進められたものであり、学際共同利用として実施する意義は大きかったと言える。また、大規模な計算機を用いることで、乱流解析のように時空間的に大きなデータを用いるような研究も実現できている。そのため、学際共同利用によって得られた大規模な計算資源が不可欠であったと思われる。

4. 今後の展望

今後は、本年度と同様コードの本公開に向けた整備を継続する。乱流生成を含む境界条件は本年度に試験的に実装したものであるため、この条件の検証や問題点の検討も継続する予定である。暑熱緩和策のシミュレーションは、先述した境界条件を組み合わせることでより多様なケースに対応できるようになるとと思われるため、境界条件の開発と並行して様々なケースに対応できるように検証実験を重ねる予定である。乱流構造解析は、テスト用に小規模な計算で行っていた実験を、境界条件の影響等を考慮して、より広いドメインで実行する。最後に、CPU 版で開発を進めていた機能を GPU 版に順次同期していく必要があると思われる。

5. 成果発表

(1) 学術論文

Watanabe, K., K. Kikuchi, T. Boku, T. Sato, H. Kusaka, 2021: High Resolution of City-Level Climate Simulation by GPU with Multi-Physical Phenomena. 8th Annual IFIP International Conference on Network and Parallel Computing (IFIP NPC), 2021/11

(2) 学会発表

佐藤拓人, 日下博幸, 2021: 都市内の流れの乱流長さスケールと建物の代表パラメータとの関係の調査, 第 32 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2021/10, オンライン

日下博幸, 佐藤拓人, 中村真悟, 中村祐輔, 軽辺凌太, 2021: 都市構造が都市内部の暑熱環境に与える影響の調査(その 2) ドライミストの効果, CSIS days 2021, 2021/11, オンライン

佐藤拓人, 日下博幸, 2021: 都市内の流れの乱流長さスケールを支配する都市パラメータの調査, 気象学会 2021 年秋季大会, 2021/12, オンライン

佐藤拓人, 日下博幸, 2021: 都市内の流れの乱流長さスケールの精度向上に向けた

支配パラメータの調査, 第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021/12, オンライン

渡邊孔英, 菊池航平, 朴泰祐, 佐藤拓人, ドアングアンヴァン, 日下博幸, 2022: 都市気象シミュレーション City-LES の OpenACC による完全 GPU 化と並列性能評価, 第 183 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 2022/3, オンライン

鎌田碧, 日下博幸, 2022: 都市街区気象 LES モデルを使用したオフィス街と住宅街の暑熱要因比較解析, 日本地理学会 2022 年春季学術大会, 2022/3, オンライン

(3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	153,000	
Oakforest-PACS	○	12,960	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			