

都市を対象とした Large-Eddy Simulation モデルの開発と応用

Development and Application of Large-Eddy Simulation Model for Urban Areas

日本原子力研究開発機構

佐藤拓人

1. 研究目的

本研究では、建物解像気象 LES モデル(City-LES)の開発・整備・応用・高速化を行う。今年度は特に、(1) LES の計算条件を拡充するための流入乱れ生成法の検討、(2) City-LES を用いて生成した大規模なシミュレーション結果のデータベースに基づく縮約モデルの構築、(3) 実都市や風洞実験の結果を用いた City-LES の検証実験、(4) CPU 版と GPU 版の同期を行う。

2. 研究成果の内容

(1)の計算条件の拡充のための開発では、昨年度に引き続き、相対的に粗な解像度の予備計算を行い、その結果を本計算の境界条件に用いるネストダウン機能を整理し、これを用いた理想的なシミュレーションを試行した。昼間の対流境界層を対象とした実験から、乱れ生成による効果が一定程度見られたものの、本計算までの過程が複雑化しやすいことや、乱れ生成の方法に検討の余地があることがわかった。そこで、本プロジェクトで以前に開発した流入乱れ生成法による単一ドメインでの計算を新たに試行することとし、開発手法のユーズケースの積み上げを行なっている。(2)の縮約モデルの開発では、単一建物まわりの流れを対象とした LES シミュレーションの結果を用いたモード分解と、分解したモードに基づく流れ場の復元を試みた。復元された流れ場は乱流構造を一部省略してしまうものの、流れ場の特徴をある程度捉えることができた。(3)の実都市・風洞実験の結果を用いた City-LES の検証実験では、実装を進めている物質拡散スキームの検証実験として、単一建物屋根面から放出された物質の拡散過程のシミュレーションを進め、同様の風洞実験の結果との比較を進めた。(4)の CPU 版・GPU 版の同期では、両コードの差分の整理やテスト実験を通して実装に向けた準備を進めた。

3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

本研究は、建物解像気象 LES モデルの開発・応用を目的としている。特に実都市周りの計算や、理想化した多数の条件によるシミュレーションは、計算時間や格子点数が増大しやすく、計算負荷がおおきくなりやすい。そのため、GPU 対応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るものであり、学際共同利用として実施する意義は大きい。また、大規模な計算リソースがあることで、乱流解析をはじめとした時空間的に大きなデータ解析にも役立てることができ、データ駆動型モデリングのような LES モデルの様々なユーズケースに対応できている。この点に関しても、学際共同利用によって得られた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、City-LES への物質拡散モジュールの導入を進め、より広範な問題設定に対応できるように改良を加えていく。また、大規模なシミュレーション結果のデータベースに基づく縮約モデルの開発と乱流解析も継続して行う。これにより、計算コストを抑えながら、流れ場を再現できる新たなデータ駆動型手法を検討したい。さらには、新たなモデルとして格子ボルツマン法に基づくモデルの開発を開始する予定である。

5. 成果発表

- (1) 学術論文
- (2) 学会発表

Ka Yuen CHENG, Hiroyuki KUSAKA, 2025: Heat stress mitigation effects of urban green-blue infrastructures in high-rise city. 日本気象学会 2025 年度秋季大会（日本気象学会），福岡（口頭），2025 年 11 月 4-8 日。

富山翔太, 日下博幸, 2025: City-LES を用いた現実都市街区におけるドライミストシステムの暑熱緩和効果の検証. 日本気象学会 2025 年度秋季大会（日本気象学会），福岡（口頭），2025 年 11 月 4-8 日。

- (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	移行*	一般利用による追加
Pegasus	○	9,600		
Miyabi-G	○	18,000		
Miyabi-C	○	3,200		
※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。 *バジェット移行を行った場合、「+2000」「-1000」のように記入				