

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 の計算条件の拡充のための開発、(2) 暑熱環境緩和策に資するような都市熱環境・街区内風況計算および検証実験、(3) 理想的な熱対流場における乱れの解析、(4) GPU コードと CPU コードの同期を行う。

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、流入境界における乱れ成分生成法に関して、既存の手法を昼間の対流活発な場に適用できるよう拡張した(Sato and Kusaka, 2023a)。この手法は、従来手法では対象となっていなかった熱対流も含めた乱れをもっともらしく生成できるものである。また、昼間の対流活発な場を対象とした場合の既存手法の性能も相互比較した(Sato and Kusaka, 2023b)。(2)の暑熱環境緩和策に資する計算および検証実験では、実街区内の壁面緑化の効果を実観測と City-LES によるシミュレーションの両方から議論した。また、理想化した街区を対象にドライミストの効果的な配置を検討した。さらには、検証実験として、熱対流や都市街区上にできる組織化乱流の様子など、多角的な検証実験を行った。(3)の理想的な熱対流場における乱れの解析では、その前段階として、都市内の建物が引き起こす乱れの様子を調査するべく、熱なしのシミュレーションを実施した。シミュレーション結果から都市の幾何的パラメータ(建物高さや道路幅)と乱流の代表的な空間スケールとの関係を議論した(Sato and Kusaka, 2023c)。また、都市ヒートアイランド循環とサーマルのように、時空間スケールが大きく異なる2つの現象が混在する場において、動的モード分解を用いたモード分解によってその両者が分離可能かを検討した。(4)のGPUコードとCPUコードの同期では、初期化部分の計算コストが大きい点に着目し、まずCPU並列の効率を高めるための予備検討を開始した。

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、大規模理想計算の場合は、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 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

あることから、学際共同利用として実施する意義は大きいといえる。また、大規模な計算リソースがあることで、開発した技術を実都市・理想化都市への適用や、乱流解析のように時空間的に大きなデータを取り扱うようなさまざまなユーズケースに対して対応できており、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、本年度と同様コードの本公開に向けた整備を継続する予定である。流入境界における乱れ生成法は、昼間の対流活発な時間帯に加えて、夜間の安定大気中の乱れに関しても検討を開始したい。GPU 版との同期は、特に初期化部分を中心に最適化の可能性を探る。

5. 成果発表

(1) 学術論文

Sato, T. and H. Kusaka (2023a): Applicability of methods for inflow turbulence generation developed in a CFD field to the thermally driven convective boundary layer simulations. *JAMC*, 62, 1783-1801.

Sato, T., and H. Kusaka (2023b): Intercomparison of synthetic inflow turbulence generation methods for large-eddy simulation models in thermally driven convective boundary layer simulations. *SOLA*, 19, 165-172.

Sato, T., and H. Kusaka (2023c): Investigation of a geometric parameter corresponding to the turbulent length scale within an urban canopy layer. *Boundary-Layer Meteorology*, <https://doi.org/10.1007/s10546-023-00832-y>.

(2) 学会発表

佐藤拓人, 日下博幸, 2023: 都市気象 Large-eddy simulation モデルのための地表面温度スピニアップ手法の考察, 2023 年度日本建築学会大会学術講演会, 京都, 2023/09

T. Sato, H. kusaka, T. Boku, and O. Tatebe, 2023: Recent development of city-scale large-eddy simulation model “City-LES”, The 6th International Workshop on nonhydrostatic models, Sapporo, 2023/09.

T. Sato, and H. Kusaka, 2023: Development of methods to generate inflow turbulence component applicable to the simulation of convective boundary layer over urban area, ICUC11, Sydney, 2023/09.

H. Kusaka, R. Ikeda, T. Sato, S. Iizuka, and T. Boku, 2023: New version of the state of the art city-scale large eddy simulation model (City-LES) based on CFD and meteorological modelling approaches, ICUC11, Sydney, 2023/08.

(3) その他

筑波大学計算科学研究センター 2023 年度学際共同プログラム利用報告書

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	○	24,000	
Wisteria/BDEC-01	○	200,000	
※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。			