

受付ID	17a7
分野	地球環境

## 複雑地形・都市を対象とした並列版 LES モデルの開発

### Development of Large Eddy Simulation model written in the Parallel Computational Code for complex terrain and urban areas

日下 博幸

筑波大学計算科学研究センター

#### 1. 研究目的

Large Eddy Simulation(LES)は都市気象の研究において、ヒートアイランドの基礎研究、都市で発生する豪雨（いわゆるゲリラ豪雨）発生前の熱対流の構造や、局所的な暑熱環境の計算等に注目されている。また、ビル風や局地的な風況解析においても、LESによる研究が着目されている。

本研究では、次世代の建物解像都市気象 LES モデルの開発・計算高速化を Oakforest-PACS, COMA 及び HA-PACS を利用して行う。本モデルは、気象分野と工学分野の双方の技術を取り入れたモデルであり、気象の物理過程の他、建物解像かつ街路樹一本一本の効果も考慮可能な新たな LES モデルである。開発した LES モデルを用いて、従来の気象モデルでは計算できないような時間・空間スケールの小さい現象のシミュレーションを実施し、それぞれの現象の乱流構造や発生過程の解明に取り組む。

#### 2. 研究成果の内容

平成29年度までに、COMA 及び Oakforest-PACS を利用し、建物解像都市気象 LES モデルの開発・計算高速化を行ってきた。平成29年度は、より現実的な場での計算を可能にするため、WRF の計算結果を LES の初期値境界値として設定できるようにする改良を行った。また、LES 計算領域内でさらに高解像度計算をする領域を設けることができるようにする改良も行った。これらの改良により、理想条件での計算だけでなく、より現実に即した条件で街区内の暑熱環境や風環境の計算が可能となった。

LES の公開に向けては、コードの整備、マニュアルの整備を開始した。

ウィンドファームを対象とした LES の改良では、OpenFOAM を用いた風車のモデル化を開始した。平成29年度は、OpenFOAM を用いた風車翼全解像計算を Oakforest-PACS を用いて実験的に行い、粗い格子用の風車翼のモデル化を行うための基礎データを得た。

LES の計算時間に占める割合の大きいポアソン方程式求解の高速化に関して、コンピュータサイエンス分野の多田野助教と連携して進め、解法としてマルチグリッド前処理付き Orthomin(1)法を採用し、高速化の検証を行った。さらに、コードの GPU 化については、コンピュータサイエンス分野の朴教授の研究室と連携してコード開発を進めている。

### 3. 学際共同利用として実施した意義

LES の計算は一般的に計算コストが高く、大規模計算を想定したモデル開発をする必要がある。また、計算コードの並列化・高速化 (MPI+OpenMP によるハイブリッド並列コード開発、GPU 対応コードの開発) には、コンピュータサイエンス分野との連携が不可欠であるため、学際共同利用として本研究を実施した。

### 4. 今後の展望

今後は、LES の実運用・公開に向けたコード整備・検証、ネスティング手法の改良・検証、暑熱環境緩和策に資するような都市熱環境計算、街区内風況計算、複雑地形を対象とした局地的な風況計算 (ウインドファーム等) のための改良を行う。

### 5. 成果発表

[解説]

池田, 日下, 2017: 都市街区気象モデル「City-LES」の概要, 日本ヒートアイランド学会誌, 12, 19-22.

[講演]

日下博幸, 2017: Developing Large Eddy Simulation(LES) model for urban meteorology, 2017 CCS-EPCC Workshop.

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
HA-PACS/TCA	○	3640	-
COMA	○	65160	-
Oakforest-PACS	○	82940	-
※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。			