

受付 ID	15a-12
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 (LES) model written in the Parallel Computational Code for the 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

本研究では、次世代の建物解像都市気象 LES モデルの開発を COMA 及び HA-PACS を利用して行う。また、開発したモデルを用いて、従来の気象モデルでは計算できないような時間スケール・空間スケールの小さい現象を対象としたシミュレーションを行い、現象の解明に取り組むことを目的とする。

気象分野では、高解像度計算の一手段として大気境界層乱流の基礎研究等で LES による研究が行われている。都市気象の研究では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、都市街区スケールでの暑熱環境の計算等に LES が注目されている。他に、大気境界層サーマルの構造や霧の発生メカニズムの解明でも注目されている。しかし、気象分野の LES は、大気の大気物理過程（大気放射・雲物理等）を表現するモデルは導入されているものの、建物を直接解像し、都市街区内を解析できるレベルのモデルは少ない。また、都市街区スケールの計算には、街区内の複雑な放射過程（短波・長波放射の多重反射）や街路樹の効果をモデルで表現できる必要がある。建物解像の LES は工学分野で広く使用されているが、工学分野で開発された LES は気象学的な要素が考慮されていないため（大気成層の取り扱いが無い、雲物理や大気放射などの大気物理のモデルが導入されていない）、気象分野で直接利用することはできない。そこで本研究では、気象分野と工学分野の双方の技術を取り入れ、かつ街区内放射や街路樹の効果も考慮可能な新たな LES モデルを開発してきた。

LES の計算は一般的に要求される格子点数が多い。そのため、モデルの並列化・高速化が不可欠である。MPI による並列化に加え、GPU による高速化及びメニーコアプロセッサに対応したモデル開発を行う必要性から、コンピュータサイエンス分野と連携し、大規模計算を想定した計算コード開発を行う。

#### 2. 研究成果の内容

筑波大学計算科学研究センターの申請者(日下)は朴教授のグループと連携して、建物

解像都市気象 LES モデルの開発(解像度 1m)を行ってきた。また、建物解像に加え、比較的粗いメッシュ (100m 程度) でも都市の建物効果を表現できるようにするため、Ikeda and Kusaka(2010)の多層都市キャノピーモデルを導入した。これにより、現象の着目スケールに従い、解像度 1m の建物解像の計算から解像度 50m から 100m 程度の粗い格子でも都市建物の効果を反映した計算が可能となった。

LES の GPU 化については、PGI CUDA Fortran を用いた開発を進めており、平成 27 年度からは GPU/TCA 対応の取り組みを開始した。

岐阜県多治見市の暑熱環境緩和策提言に向け、多治見の現実街区を対象とした暑熱環境シミュレーションを開始した。シミュレーションでは、ドライミストと街路樹の設置効果の検討を行った。

### 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。MPI による並列化に加え、GPU 及びメニーコアプロセッサに対応したモデル開発を行うためには、コンピュータサイエンス分野と連携し開発を行うこと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

メニーコアプロセッサ対応に向け、実用計算に耐え得るハイブリット並列コード (MPI + OpenMP) の開発を進める。また、HA-PACS における GPU/TCA 対応も継続して取り組む。

開発した LES モデルを用いて、都市街区スケールの熱環境、都市上空で発生する背の低い小積雲、スカイスポーツパイロット支援のための筑波山系で発生する熱対流、空間スケールの小さな盆地霧の計算を行い、これらの現象の解析、現象の発生メカニズムの解明に取り組む。

### 5. 成果発表

#### (1) 学術論文

#### (2) 学会発表

Ikeda, R., H. Kusaka, S. Iizuka, and T. Boku, 2015: Development of Urban Meteorological LES model for thermal environment at city scale. 9th International Conference for Urban Climate, Toulouse, France. 2015/07/23

池田 亮作, 日下 博幸, 2015: 街区・建物微気象 LES モデルの開発. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015/05/25

#### (3) その他

平成 27 年度気温観測報告会, 多治見の熱環境緩和策に向けた数値シミュレーション

ン, 2015/5/11

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※
HA-PACS	○	
HA-PACS/TCA	○	
COMA	○	
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		