

# 街区・建物周辺微気象モデルの開発

\*池田 亮作<sup>1</sup>, 日下 博幸<sup>1</sup>, 飯塚 悟<sup>2</sup>, 朴 泰祐<sup>3</sup>, 秋本 祐子<sup>1</sup>, 高橋 一成<sup>4</sup>  
 (1. 筑波大 CCS, 2. 名古屋大環境学研究科, 3. 筑波大システム情報工学研究科,  
 4. 筑波大院生命環境)

## 1. はじめに

ヒートアイランド緩和策(風通し, ドライミスト・街路樹の設置)や温暖化に対する測定環境の変化(日だまり効果)の評価など局所的な微気象, 熱環境への関心が高まっている. これらの効果を, 数値モデルを用いて評価するためには, 街区スケール(10<sup>2</sup>~10<sup>3</sup>m)から建物周辺スケール(10<sup>1</sup>m)の現象を計算できるモデルが必要となる. そのためには, 建物を解像し, 街路樹の効果もモデルに反映させる必要がある.

本研究では, 街区・建物周辺スケールの微気象シミュレーションが可能なモデルの開発を行った.

## 2. モデル概要

本研究で開発してきた数値モデルは, Large Eddy Simulation (LES)をベースにしている. 基礎方程式は, 主に大気境界層を対象とすることからブジネスク近似を採用した. モデルの概要は表1に示す通りである.

都市を対象とする場合の建物・街路樹の取扱いに関しては, 建物も樹木も十分に解像できる場合(格子間隔1m以下)では, 建物1つ1つを陽に解像すると同時に街路樹モデルを用いる. 建物は解像できるが樹木を解像できない場合(格子間隔1m~5m)では, 建物は解像するが, 樹木は植生キャノピーモデルを用いる. 格子間隔50m以上の場合は, 都市キャノピーモデルと植生キャノピーモデルを用いて建物と樹木を取扱う.

建物と樹木を解像する場合, 街区内の複雑な放射環境の計算にはラジオシティ法を用いる. 街路樹に対しては図1のようなモデル化を行っている. 樹木は枝や幹はなく葉のみであると, 樹木を格子に分割し, 各々の格子に含まれる葉群を1枚の板(葉)で表現した. この板が樹木の葉による放射の遮蔽・透過・反射の効果を表現するものとする. 葉面間や樹木建物間の多重反射は, 建物間と同じくラジオシティ法により計算を行う.

大規模計算によるメモリの確保, 計算時間の短縮のため, MPIによる並列化に加えてGPU化も行っている. 全実行時間の約40%を占める関数群をGPUに対応させ, GPUに対応させた関数に対して, 4GPU対4CPU-coreにおいて1.6~55.2倍, 4GPU対16CPU-coreにおいて0.4~25.1倍の高速化を達成した.

## 3. 数値実験

開発したモデルの検証・テスト計算として, サーマル, 建物周辺流れ, 街区内部熱環境, 都市上空の小積雲の計算等を行い, 良好な結果が得られていることを確認した. 今後は, 現実都市における熱環境シミュレーション

を行い, 熱環境緩和策の提言のための緑地・建物改変実験を行う予定である.

表1: 都市気象LESモデルの概要

基礎方程式	非静力ブジネスク近似方程式系
座標系と離散化	直交座標系, Arakawa-C, 有限差分法
時間スキーム	3次精度 Runge-Kutta 法
空間スキーム	2次精度中央差分 3次, 5次精度風上差分 (スカラー用オプション, +monotonic limiter (Wang et al. 2009) 利用可)
アルゴリズム	SMAC 法
SGS モデル	Deardorff(1980), Smagorinsky モデル
建物の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物を3次元に解像 (<math>\Delta x &lt; 5m</math>)</li> <li>都市キャノピーモデル (<math>\Delta x &gt; 50m</math>, Ikeda and Kusaka 2010)</li> <li>建物間の放射の多重反射は短波・長波ともにラジオシティ法</li> <li>建物の(道路・壁面への)影を考慮</li> </ul>
樹木の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>街路樹一本一本をモデル化</li> <li>葉面間, 建物樹木間の放射の多重反射はラジオシティ法</li> <li>街路樹の(道路・壁面への)影を考慮</li> </ul>
雲微物理	Kessler (1969)の改良版, NCAR-Bin type warm rain (Lulin et al. 2012)
短波放射	Dudhia Simple (Dudhia, 1989)
長波放射	RRTM (Mlawer et al. 1997)
並列化・高速化	MPIによる並列化, GPU化は現在取組中

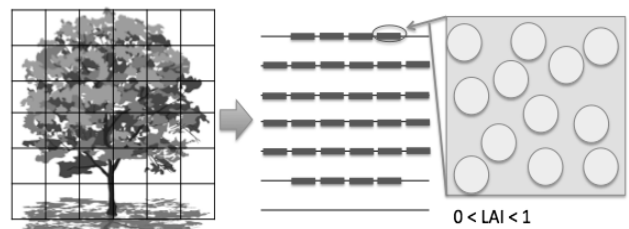


図1: 街路樹モデルの概念図. 樹木を格子に分割し, 格子中の葉を一枚の板(LAIは0以上1以下)で表現.

## 謝辞

本研究開発の一部は, 文部科学省の委託事業「気候変動適応研究推進プログラム」において実施したものである. 本研究で実施した数値シミュレーションは, 筑波大学計算科学研究センター学際共同利用プログラムで実施された.