

都市街区を対象にした並列都市 LES 気象モデルの開発

Development of Parallelized Urban Meteorological Model based on LES Model

100197

池田 亮作 (筑波大・院, 学振特別研究員) *, 日下 博幸 (筑波大・計算科学研究センター)

飯塚 悟 (名古屋大・環境学研究科), 朴 泰祐 (筑波大・システム情報工学研究科)

Ryosaku IKEDA (Graduate student, Univ. Tsukuba, JSPS Research Fellow)

Hiroyuki KUSAKA (Center for Computational Sciences, Univ. Tsukuba)

Satoru IIZUKA (Department of Environmental studies, Univ. Nagoya)

Taisuke BOKU (Graduate School of Systems and Information Engineering, Univ. Tsukuba)

キーワード: LES, 都市街区の気温, 並列化

Keywords: LES, urban temperature, parallelization

1. はじめに

気象観測点のうち歴史的に長期間観測が行われている観測点の多くが都市部に位置している。その気温変化は都市化の影響を大きく受けていると考えられており、建物や樹木による観測データに与える影響が、定性的な問題提起の段階ではあるが指摘されている(例えば Runnalls and Oke 2006)。すなわち、観測点周りの局所的な環境の変化(樹木の成長や、土地利用の変化)が原因で、気温の観測データに影響を与えていると言われている。本研究では、都市街区の計算が可能な LES モデルを開発し、開発したモデルを用いて建物や公園、樹木が局所的な気温分布にどの程度影響を与えるかを評価する。また、LES での大規模計算、計算の高速化を図るためにコードの並列化も進める。

2. モデル概要

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方程式を採用する。座標系は直角座標系、格子系はArakawa-Cグリッドを採用した。数値計算アルゴリズムはSMAC法、時間スキームは3次精度Runge-Kutta法、空間スキームは2次精度中央差分である。サブグリッドの乱流モデルは、標準的なスマゴリンスキーモデルと、SGS乱流エネルギーから乱流拡散係数を求めるDeardorff(1980)のモデルを導入している。圧力に関するPoisson方程式はBi-CGStab法で解く。側方境界条件は、周期境界。上部境界での重力波の反射を防ぐために、領域上層にRayleigh damping 層を設ける。摩擦係数はKlemp and Lilly(1978)に従う。建物は0-1マスキングで表現する。すなわち、流体部は1、建物部は0とする方法である。

3. モデル検証

構築した LES モデルの検証として、サーマルの数値実験と複数建物を配置した数値実験を行った。サーマルの数値実験の結果、地表面近くでは、六角形の網目状構造が見られ(図 1)、その網目の結節点で最も上昇流が強くなっており、この地点から混合層上端にまで達する強い上昇流(サーマル)が形成されている様子が示された。この結果は既存研究でも指摘されているものである(例えば、Kanak et al. 2000)。

建物を導入した検証では、一辺 50m の建物を整形配置

し、 1 ms^{-1} の風を吹かせた数値実験を行った。その結果、風速が周辺よりも遅い領域が筋状に連なる低速ストリークが見られた。この特徴は既存研究(例えば、Kanda et al. 2004)でも指摘されているものである。ほか、乱流統計量の鉛直分布も既存研究と比べて良好な結果が得られた(図省略)。

4. モデルの並列化

大規模演算によるメモリの確保、計算時間の短縮のために、LES コードの並列化を行った。並列化はMessage Passing Interface(MPI)を用い、並列計算はT2K-Tsukubaを利用した。1024 万格子点で、1024 コアまでストロングスケールで並列化効率を測定した。その結果、1024 コアで並列化効率 0.5 程度得られた。

5. 今後の展望

公園や街路樹の樹木を表現するための植生キャノピーモデル、建物間の短波長波モデルを現在導入中である。大規模演算によるメモリの確保、計算時間の短縮のために、LES コードの並列化、GPU による計算加速化も平行して行う。

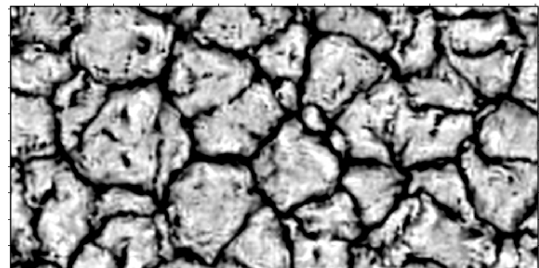


図1 鉛直速度の高度250mにおける水平断面図。図は計算領域の一部であり、x方向に10km、y方向に5km切り出している。黒い部分は上昇流域であり、網目状構造がみられる。

謝辞

本研究は特別研究員奨励費(23・477)の助成を受けたものである。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。