

高解像度数値シミュレーションによる都市気候の包括的理解と応用

Comprehensive Understanding and Application of Urban Climate through High-Resolution Numerical Simulations

軽辺 凌太

筑波大学 理工情報生命学術院 生命地球科学研究群

1. 研究目的

City-LES を用いた都市街区気象シミュレーションにより、都市街区内の詳細な風況予測や熱環境解析を重点的に評価し、異なる都市構造や気象条件に応じた解析手法を確立することを目指す。また、グリーンインフラストラクチャー（例：街路樹や壁面緑化）やブルーインフラストラクチャー（例：ドライミスト）の暑熱ストレス緩和効果をモデルシミュレーションを通じて定量的に評価し、科学的根拠に基づいた都市設計や政策提言を行う。

2. 研究成果の内容

(1) 暑熱適応策としてのブルーインフラストラクチャー（ドライミスト）の評価

ブルーインフラストラクチャーを用いた暑熱環境への適応策として、ドライミストの設置が挙げられる。本研究では、夏の晴天日に、東京都内にある公園に設置されているドライミストの周辺で、気温・湿度・暑さ指数 (Wet Bulb Globe Temperature; WBGT) の観測を実施した。さらには、都市街区気象モデルである City-LES を用いて、ドライミストの導入効果を定量的に評価した。その結果、ドライミストを設置することで、気温が 1~4°C 程度、暑さ指数である WBGT が 1~2 ランク低くなることがわかった。ただし、風が強いほどミストによる冷却効果は見込めないことも確認された。

(2) 高層都市におけるグリーン・ブルーインフラストラクチャーの熱ストレス緩和効果

都市におけるグリーン・ブルーインフラストラクチャーを用いた熱ストレス緩和策として、街路樹や池などの水域の整備が挙げられる。本研究では、夏の快晴日を対象に、東京の代表的な中心業務地区である大丸有地区を模した高層建築群を対象とした。都市街区気象モデル City-LES を用いたシミュレーションにより、街路樹と水域を導入した際の熱ストレス緩和効果を定量的に検証した。その結果、街路樹や水域を組み合わせることで、都市ストリートキャニオンにおいて、暑さ指数である WBGT や UTCI が改善し、熱的快適性が向上することがわかった。一方で、こうした熱ストレス緩和策による冷却効果は、局所的なものにとどまり、都市街区全体までには波及しにくいことも示唆された。また、熱ストレスの評価に用いる指数によって緩和効果の程度が異なる場合があるため、地点や目的に応じた適切な評価指標の選定が重要であるといえる。

(3) WRF–City–LES を用いたソフィア市の都市熱環境シミュレーション

都市の熱環境を詳細に把握する手法として、メソスケール気象モデル WRF とマイクロスケール気象モデル City–LES を組み合わせた高解像度ダウンスケーリングが有効である。本研究では、ブルガリア・ソフィア市の Lozenets 地区を対象に、建物や植生を解像した熱環境シミュレーションを実施した。その結果、メソスケールの気象モデル単体では解像が及ばない、建物配置や街路形状に起因する微細な温度コントラストを明瞭に捉えることに成功した。具体的には、建物密集地と緑地の間で約 3.0°C の温度差が生じていることが示され、現地観測データとの比較においても高い再現性が確認された。

3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

建物や樹木を数メートル単位で解像する City–LES は膨大な計算リソースを必要とするが、学際共同利用プログラムが提供する Miyabi 等の HPC リソースにより、複数の地点での熱環境シミュレーションおよび熱ストレス緩和効果の評価を実施することが可能となった。

4. 今後の展望

WRF–City–LES を用いた高解像度ダウンスケーリングのパイプラインについては、台湾・中央研究院との共同研究等を通じて、異なる気候帯や都市形態を有する他都市においてもその有効性を検証していく予定である。

5. 成果発表

(1) 学術論文

Karube, R., L. L. Vitanova, E. Shirinyan, T. Sato, D. Petrova-Antonova, and H. Kusaka, 2026: WRF–City–LES Modelling of the Urban Thermal Environment in Sofia. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, submitted.

Nakamura, K., L. L. Vitanova, R. Karube, D. Petrova-Antonova, T. Trendafilova, E. Shirinyan, Q.-V. Doan, H. Kusaka, and D. Petrova-Antonova, 2026: AI-Based Framework for Urban Climate Downscaling: A Case Study of Sofia. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, submitted.

(2) 学会発表

Ka Yuen CHENG, Hiroyuki KUSAKA, 2025: Heat stress mitigation effects of urban green-blue infrastructures in high-rise city. 日本気象学会 2025 年度秋季大会, 福岡, 2025 年 11 月

富山翔太, 日下博幸, 2025: City-LES を用いた現実都市街区におけるドライミストシステムの暑熱緩和効果の検証. 日本気象学会 2025 年度秋季大会, 福岡, 2025 年 11 月

(3) その他

特に記載すべき事項はない。

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※		
		当初配分	移行*	一般利用による追加
Pegasus	○	16,000		
Miyabi-G	○	36,000		
Miyabi-C	○	6,400		
※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。 *バジェット移行を行った場合、「+2000」「-1000」のように記入				