

気象影響を考慮した都市 LES モデル開発と応用  
Development and Application of Urban Large-Eddy Simulation Model Combining Meteorological Influences

竹見哲也  
Tetsuya TAKEMI

Large-eddy simulation (LES) models are capable of explicitly capturing turbulent boundary-layer airflows over complex topography. Especially, building-resolving LES models are practically important to quantitatively estimate turbulence and dispersion in urban areas in order to cope with problems related to disaster prevention/mitigation, environmental assessment, and health issues in such populated areas. Including meteorological influences in such LES models is required to gain insights into those urban problems. This presentation will overview the research developments on merging large-eddy and meteorological simulations of turbulent airflows in urban areas. A hybrid modeling approach of a mesoscale meteorological model and an LES model is employed. Some applications of the hybrid approach are demonstrated.

## 1. はじめに

都市の気象防災・大気環境に係る諸問題や日常生活で極めて重要である。特に、都市の風は、台風など強風現象の発生時に瞬間的な風速の強化による災害、夏季晴天時には風速の抑制による熱環境の悪化、様々な気象状況下での大気質の問題など、災害や環境の観点から、定量的に把握することが大事である。都市の風は激しく変動することから、細密な観測網の構築によるリアルタイムでのモニタリングとともに、個々の建物や構造物を陽に表現可能とする数値モデルも必要である。

これまでの研究で、建物周りの詳細な乱流変動を数値解析する技術が発達し、都市の建物群を想定した気流のモデリングも発達してきた。一方で、現実的な気象状況での都市の風の変動性状を理解することも大事であることから、気象モデルと都市モデルを組み合わせた解析手法も提案されてきている。我々の研究グループでは、都市の気流変動を解析するモデルとして、建物解像 LES モデルを開発し (Nakayama et al. 2011)、気象モデルによる気象解析結果を LES モデルの平均場として取り入れた乱流生成手法を開発し (Nakayama et al. 2012)、台風通過時の東京都心での突風を定量的に評価したり (Nakayama et al. 2012; Takemi et al. 2019; Takemi et al. 2020)、オクラホマシティでの都市での拡散実験によるトレーサー濃度の再現精度を評価したり (Nakayama et al. 2016)、またモデルの

検証のため宇治川オープンラボラトリーでの気象観測鉄塔での乱流計測値と比較したりした (Yoshida et al. 2018)。さらに、最近では、乱流観測データを LES モデルに同化させる手法の開発 (Nakayama and Takemi 2020)、流れ場に応じてダイナミックに流入変動風を効果的に生成する手法を開発 (Nakayama and Takemi 2023) している。

本発表では、こういった気象モデルと建物解像 LES モデルを組み合わせ、気象防災に係る最近の進展について紹介する。

## 2. 最近の進展

台風や豪雨といった極端気象現象が地球温暖化時に激化することが懸念されていることから、将来の風水害への影響を都市スケールで評価することが大切である。環境研究総合推進費の研究課題「気候変動に伴う都市災害への適応」では、京都・大阪を対象都市として選定し、台風通過時の街区内的突風を量的に評価し、地球温暖化により想定される台風外力の変化の影響を見積もった。こういった街区スケールでの数値解析の技術開発に基づき、ムーンショット型研究開発制度の目標 8 のコア研究課題「ゲリラ豪雨・線状対流系豪雨と共に生きる気象制御」では、都市の熱効果により励起される積乱雲発達を抑制するため、市街地の乱流変動や熱輸送を制御する手法を開発する研究を展開している。

## 参考文献

- Nakayama, H., and T. Takemi, 2020: Development of a data assimilation method using vibration equation for large-eddy simulations of turbulent boundary layer flows. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, Vol. 12, e2019MS001872, doi:10.1029/2019MS001872.
- Nakayama, H., and T. Takemi, 2023: Large-eddy simulation of plume dispersion in a turbulent boundary layer flow generated by a dynamically controlled recycling method. *Atmospheric Science Letters*, e1204, doi:10.1002/asl.1204.
- Nakayama, H., T. Takemi, and H. Nagai, 2011: LES analysis of the aerodynamic surface properties for turbulent flows over building arrays with various geometries. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 50, pp. 1692-1712, doi: 10.1175/2011JAMC2567.1.
- Nakayama, H., T. Takemi, and H. Nagai, 2012: Large-eddy simulation of urban boundary-layer flows by generating turbulent inflows from mesoscale meteorological simulations. *Atmospheric Science Letters*, Vol. 13, pp. 180-186, doi: 10.1002/asl.377.
- Nakayama, H., T. Takemi, and H. Nagai, 2016: Development of local-scale high-resolution atmospheric dispersion model using large-eddy simulation. Part 5: Detailed simulation of turbulent flows and plume dispersion in an actual urban area under real meteorological conditions. *Journal of Nuclear Science and Technology*, Vol. 53, pp. 887-908, doi: 10.1080/00223131.2015.1078262.
- Takemi, T., T. Yoshida, S. Yamasaki, and K. Hase, 2019: Quantitative estimation of strong winds in an urban district during Typhoon Jebi (2018) by merging mesoscale meteorological and large-eddy simulations. *SOLA*, Vol. 15, pp. 22-27, doi:10.2151/sola.2019-005.
- Takemi, T., T. Yoshida, M. Horiguchi, and W. Vanderbauwhede, 2020: Large-eddy-simulation analysis of airflows and strong wind hazards in urban areas. *Urban Climate*, Vol. 32, 100625, doi:10.1016/j.uclim.2020.100625.
- Yoshida, T., T. Takemi, and M. Horiguchi, 2018: Large-eddy-simulation study of the effects of building height variability on turbulent flows over an actual urban area. *Boundary-Layer Meteorology*, Vol. 168, pp. 127-153, doi: 10.1007/s10546-018-0344-8.