

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	都市域における気象擾乱を考慮した乱流場・放射場の連成解析手法の構築と暑熱環境評価への展開
Title(English)	
著者(和文)	新井舞子
Author(English)	Maiko Arai
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第332号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:坂田 弘安,鍵 直樹,湯淺 和博,淺輪 貴史,村田 涼
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第332号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 建築学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	新井 舞子		審査員主査： Chief Examiner	坂田 弘安	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「都市域における気象擾乱を考慮した乱流場・放射場の連成解析手法の構築と暑熱環境評価への展開」と題し、以下の 5 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、近年の猛暑に対して都市部で重要視されている熱中症防止に向けた暑熱環境の予測技術として用いられる CFD (Computational Fluid Dynamics, 数値流体計算) の活用事例について、既往研究から従来の屋外熱環境解析・評価技術の課題点を整理し、本論文の位置づけを明確にした。従来の建築環境工学分野で平均的な流れ場を簡易的に評価する際に使われてきた RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) はモデル化の影響が大きく、建物が密集する乱流場の再現性に課題がある。そこで、モデル化の影響が小さく街区内の流れ場の再現性が高い LES (Large Eddy Simulation) によって非定常な乱流場を再現する必要性を説明するとともに、暑熱環境の悪化が懸念される街区内のような弱風域において、メソ気象スケールからの風速・温度変動の影響や乱流・放射・熱伝導の相互影響を正しく推定することの重要性について示した。建物が密集する街区内での複雑な乱流場における熱中症危険性の正確な評価を実現することを目指して、乱流場と放射場の相互影響やメソ気象スケールからの影響を考慮した暑熱環境評価手法の構築を本研究の目的として述べた。

第 2 章「熱放射を考慮した都市乱流場の LES の検証と実市街地への適用性」では、街区内の乱流・放射・熱伝導の相互作用を考慮した乱流場・放射場の連成解析手法の提案と基礎的な検証を目的とした。提案手法について実測値と比較した基礎的な検証が必要となるため、実都市を対象として市街地における熱放射を考慮した LES を実施し、乱流場と放射場の相互影響を考慮した市街地内の非定常温熱場を示すとともに、一般的な夏季日中の街路気温実測データ等と比較して、提案手法の妥当性の検証と実市街地への適用性を明らかにした。

第 3 章「都市気象擾乱に基づく温度不安定性を考慮した流入変動風の作成・検証」では、猛暑時の暑熱環境解析および暑熱環境評価のための流入境界条件作成手法の構築を目的とした。猛暑時のように、地表面近傍が極端に高温となり熱的な影響が強い条件下の市街地内の非定常温熱場を再現するためには、メソ気象スケールの影響や温度の変動を考慮した流入変動風が必要となることから、気象擾乱に基づく熱的な影響を考慮した流入変動風を作成した。流入変動風の基礎的な物理特性の確認のため、一例として既往研究の風洞実験と比較し、その乱流特性をよく再現していることを確認した。

第 4 章「猛暑日の気象擾乱を考慮した都市域の乱流場・温熱場の推定と暑熱環境評価への展開」では、提案手法の猛暑日への適用例として 2018 年 7 月の東京都市域を対象とした暑熱環境解析を実施し、市街地内の暑熱環境の実態把握と暑熱環境評価のために気温、風速、平均放

射温度 (Mean Radiant Temperature, MRT) およびそれらの瞬時値から換算した湿球黒球温度 (Wet-Bulb Globe Temperature, WBGT) の非定常特性の確認を試みた。先ずメソ気象スケールの影響を考慮した流入変動風を作成する必要があるため、メソ気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting model) および WRF-LES によって猛暑日の気象場を再現し、この解に基づいて、第 3 章の手法によって作成した気象擾乱を考慮した流入変動風を市街地スケールの解析の流入境界条件として用いた。次に、観測データのある東京管区気象台を含む東京都市域の市街地スケールの解析を行い、気象台観測値との比較検証により本手法の妥当性を確認した。続いて、前述の解析により再現された街区内の複雑な乱流場・温度場を確認するとともに、熱中症リスクの評価上重要となる熱放射の影響を考慮した指標である MRT や非定常 WBGT も含めて詳細な時空間分布や時系列データを明らかにした。主要道路の交差点角部や高層建物後流の低風速域かつ日向の領域では、気温や非定常 WBGT の変動が大きく高い値が断続的に発生していることから、熱中症危険性を評価する上で時空間方向に平均化された値だけでなく、建物周辺の複雑な乱流場における局所的な暑熱環境を評価し得る本手法の有効性を示した。

第 5 章「結論」では、前章までに得られた成果を総括し、今後の課題・展望を述べた。

以上より、本研究で構築した市街地における乱流場・放射場の連成解析手法および気象擾乱を考慮した流入変動風作成手法は、建物が密集する街区内の複雑な乱流場における暑熱環境を評価する上で適切な予測精度を有することが確認され、また、猛暑日における都市域の暑熱環境評価に際し、気温、風速、MRT および非定常 WBGT の詳細な時空間分布や変動特性を明らかにすることで、今後の暑熱環境評価の発展に資するデータの取得が可能となることを示した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Science Tokyo Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 建築学	系 コース	申請学位(専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	新井 舞子		審査員主査： Chief Examiner	坂田 弘安

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Recently, it is important to evaluate heat risk for the prevention of heatstroke in urban areas. This study aimed to construct a method of thermal environment evaluation considering the interaction of turbulent flow and thermal radiation fields, and the influence of meso-scale meteorological phenomena for evaluating accurately the risk of heatstroke in complex turbulent flow fields in urban districts with high-densely buildings.

In **Chapter 2**, with the purpose of proposed and fundamental validation of the analysis method considering turbulent flow and thermal radiation fields for considering the interaction of turbulence, radiation, and heat conduction, we conducted the analysis of a real urban district where there is the observation data for verification. Comparison with observation data on a typical summer day, it is confirmed its applicability to the actual urban area.

In **Chapter 3**, for the evaluation of thermal environment on extremely hot day, we generated inflow turbulence based on meteorological disturbance considering thermal effects required to reproduce the unsteady thermal and turbulent flow field in urban area.

In **Chapter 4**, as an example of the application of the proposed method to an extremely hot day, we conducted the analysis of heat environment in Tokyo urban area in July 2018. We attempted to confirm the unsteady characteristics of temperature, velocity, MRT and unsteady WBGT, which are important for grasp the actual phenomena of the urban heat environment and evaluate heat risk. As the temperature and unsteady WBGT fluctuate greatly and high values occur intermittently in low velocity and sunny areas at the intersection corner and in the wake of high-rise buildings, it was shown that the effectiveness of this method which can evaluate not only the time and spatial averaged values but also the local heat environment in the complex turbulent field around buildings for evaluating the risk of heatstroke. As a result, it is possible to obtain data for contribution to the development of thermal environment evaluations in the future.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Science Tokyo Research Repository Website (T2R2).