

Title	都市キャニオン内の乱流構造と大気拡散に関する研究
Author(s)	佐藤, 歩
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57542
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	佐藤 歩
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24092 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	都市キャニオン内の乱流構造と大気拡散に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中辻 啓二 (副査) 教授 出口 一郎 教授 西田 修三

論文内容の要旨

建物にはさまれた半閉鎖空間である都市キャニオン内の流れは、剥離や逆流、よどみをともなう3次元かつ複雑な乱流場を形成している。そのため、キャニオン内における大気汚染物質の拡散挙動を考える上では、建物周辺流れの時間的・空間的な変動特性を捉え、複雑に変化する流れが大気拡散に及ぼす影響を解明することが重要である。また、実際の都市では日射や放射の影響により日中と夜間の大気は異なった成層状態を示し、局所的には日射によって建物表面が加熱されることにより周囲の流れや大気拡散に影響を及ぼすため、これらの熱的影響を解明することが重要である。本論文では、単独建物、ストリートキャニオン、建物群の3種類の都市キャニオンを対象に風洞実験および屋外実験を実施し、温度成層と建物壁面加熱の影響を考慮した乱流構造の解明と大気拡散の研究を行った。第1章では、まず序論として本研究の背景と目的を述べた。第2章では、温度成層風洞内に3種類の不安定成層流を模擬し、単独の立方体建物後方の流速をレーザドップラ流速計(LDV)と画像粒子計測法(PIV)により計測し、不安定成層が建物後流の乱流構造に及ぼす影響を検討した。また、建物背面に設置した煙源より放出したトレーサガス濃度を後流域で計測し、不安定成層が大気拡散に及ぼす影響を検討した。実験結果より、不安定時には接近流に含まれる熱浮力に起因した大スケールの乱流渦が建物背後における組織的な循環渦の形成や、煙源近傍における大気拡散に大きな影響を及ぼすことを示した。第3章では、建物壁面の加熱がストリートキャニオン内の乱流構造に及ぼす影響を解明するため、風速および加熱面の向きが異なる条件においてキャニオン内の流速および温度をPIVと熱電対により壁面近傍まで詳細に計測した。また、キャニオン内の地表より放出したトレーサガス濃度を高速炭化水素測定装置により計測し、キャニオン内の大気拡散に及ぼす壁面加熱の影響を検討した。実験結果より、壁面加熱時のキャニオン内には非加熱時に見られる単一の循環流と大きく異なった流れ場が形成され、加熱面近くで生じる熱浮力にともなう上昇流が上空からキャニオン内に流入する流れを阻害するため、キャニオン下層で汚染物濃度が上昇することを明らかにした。また、これらの熱的影響はキャニオン内の水平断面流れと密接な関連性があることを示した。第4章では、建物群内における乱流構造と大気拡散の特性を把握するため、低層住宅を1/5スケールで模擬した屋外都市スケールモデルにおいて、トレーサガス濃度と風速を同時に計測する屋外実験を行った。また、キャニオン内の瞬間的な流れの変化をより詳細に検討するため、屋外都市スケールモデルと同様の建物群を再現した風洞実験を実施し、PIVを用いた流速計測を行った。実験結果より、キャニオン内の濃度は上空の乱れ強さや大気安定度により変化し、特に夜間の安定時にはキャニオン屋根面での運動量の交換が不活発となるため、キャニオン内の濃度が急激に上昇することを示した。また、キャニオン内には鉛直・水平の両断面に組織渦が形成されており、大気拡散に大きな影響を及ぼしていることを明らかにした。第5章では、各章で得られた結果をまとめ、総括的な結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

建物にはさまれた半閉鎖空間である都市キャニオン内の流れは、剥離や逆流、よどみをともなう3次元かつ複雑な乱流場を形成している。そのため、キャニオン内における大気汚染物質の拡散挙動を考える上で、建物周辺流れの時間的・空間的な変動特性を捉え、複雑に変化する流れが大気拡散に及ぼす影響を解明することが重要である。また、局所的には建物表面が日射によって加熱されることにより周囲の流れや大気拡散に影響を及ぼすため、これらの熱的影響を解明することも重要である。しかしながら、そのモデル化に際して基本的に重要な安定・不安定成層下の乱流構造及び乱流輸送機構に関する知識はそれほど多くはない。それは信頼できる乱流計測が乏しいことに原因している。

本論文の特徴は、単独建物、ストリートキャニオン、建物群の3種類の都市キャニオンを対象にしていること、高性能の温度成層風洞を製作してレーザドップラ流速計(LDV)、画像粒子計測法(PIV)、高速炭化水素測定装置等を用いた高精度の乱流計測を心掛けていること、さらに、屋外に設置した建物群キャニオンで自然風を用いた実験を実施していることにある。とかく数値計算に頼りがちな研究が多い中であって、実験あるいは実測を通して乱流構造の実態を追求する研究として高く評価される。

本論文は5章から成り、第2章から第4章では3種類の都市キャニオンを模擬した実験である。第2章では、単独建物の例として立方体後方の後流の乱流構造に着目した実験を行っている。不安定成層が建物後流の乱流構造に及ぼす影響を検討するとともに、建物背面に設置した煙源より放出したトレーサガス濃度を後流域で計測し、不安定成層が大気拡散に及ぼす影響を検討している。これらの結果、不安定時には接近流に含まれる熱浮力に起因した大スケールの乱流渦が建物背後における組織的な循環渦の形成や、煙源近傍における大気拡散に大きな影響を及ぼすことを示している。

第3章では、ストリートキャニオン内の乱流構造に及ぼす建物壁面の加熱の影響を解明するため、温度成層風洞を用いた実験を行っている。この結果、壁面加熱時のキャニオン内には非加熱時に見られる単一の循環流と大きく異なった流れ場が形成され、加熱面近くで生じる熱浮力にともなう上昇流が上空からキャニオン内に流入する流れを阻害するため、キャニオン下層で汚染物濃度が上昇することを明らかにしている。また、これらの熱的影響はキャニオン内の流れの3次元性と密接な関連性があることを示している。

第4章では、一様に並んだ建物群内における乱流構造と大気拡散の特性を把握するために屋外実験と風洞実験を行っている。屋外実験では冬季の自然風環境下におけるトレーサガス濃度と風速の同時計測、風洞実験ではPIVを用いた乱流場の計測を行っている。これらの結果、キャニオン内の濃度は上空の乱れ強さや大気安定度により変化し、特に夜間の安定時にはキャニオン屋根面での運動量の交換が不活発となるため、キャニオン内の濃度が急激に上昇することを示している。また、キャニオン内には鉛直・水平の両断面に組織渦が形成されており、大気拡散に大きな影響を及ぼしていることを明らかにしている。

以上のように、本論文では都市キャニオン内の乱流構造と大気拡散に関して高精度な実験データに基づいた広範かつ詳細な検討が行われており、3次元で複雑な乱流場に及ぼす熱的影響の解明を試みた論文として高く評価される。また、現在広く活用されている数値シミュレーションの精度を検証するための基礎的なデータとしても貴重である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。