

Fundamental study aiming for sustainable urban environment from viewpoints of wind engineering and comparative sociology

佐藤, 幹

<https://doi.org/10.15017/1807092>

出版情報 : 九州大学, 2016, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 : 全文ファイル公表済

氏 名：佐藤 幹

論 文 名：Fundamental study aiming for sustainable urban environment from viewpoints of wind engineering and comparative sociology

(持続可能な都市環境実現のための風工学と比較社会学による基礎的研究)

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

Thesis Summary

ヒートアイランド現象や空気環境の悪化等、都市部特有の環境問題は、都市人口の継続的な増加、政治経済的機能の集中による都市の重要性の増加などと相まって強い社会的関心を集めており、近年は都市における良好な環境の創出とその保全が求められている。しかしながら、今日の科学的知見をもってしてもその達成は容易でない。その理由の一つとして、都市の環境問題は様々な時間スケール・空間スケールを持つ数多の物理的・非物理的システムが相互に作用した結果生じる現象であることが挙げられる。例えば、都市の空気環境の悪化の理由の一つに自動車・住宅・工場等から排出される汚染物質の増加が挙げられるが、これは例えば欧米諸国で近年実施されているパーク・アンド・ライド、或いは昭和期の日本の工業都市に多く適用された法的規制のように、数年間の社会合意形成過程を経て、数キロメートルから数十キロメートルの都市圏全体に適用される政治的手法が解決に大きな役割を果たす問題であると考えられる。一方で、その問題の背景となる物理過程を考えるなら、都市域の建物群の高密度化による都市キャノピー空間の換気通風量の低下の影響が大きく、これは数秒から数時間程度の時間スケール、数メートルから数百メートルの空間スケールをもつ流体现象を対象とする風工学・都市境界層科学的知見が問題解決には不可欠である。

このような都市環境問題の複雑性に鑑みれば、その解決のためには文理両方の包括的視点に基づいたアプローチを重要であると考えられる。本研究はその端緒として、非物理的アプローチとしての比較社会学、物理的アプローチとしての風工学的・都市境界層科学的視点に立つ一連の基礎的な研究を一編の論文としてまとめたものである。

第一章では、本研究の背景と目的を述べることにより現状の問題点を整理した上で、比較社会学並びに風工学・都市境界層科学から都市環境問題にアプローチを行うことの意義について述べている。また両分野における既往研究を概観することによって本研究の特徴を明らかにするとともに、論文構成について言及している。

第二章では、比較社会学的手法を用いて、日本の北九州市とドイツの Emscher 地方をモデルケースとした環境親和性都市構築のための社会合意形成過程に関する研究を行っている。まず 19 世紀末から現在までの両地域における主要産業と都市環境の歴史的変遷を比較し、いずれの地域でも 20 世紀後半に環境親和性都市構築へ向けた動きが萌芽し、20 世紀末から 21 世紀初頭にかけてその動きが加速したことを明らかにしている。次いで、環境親和性都市構築のために重要な役割を果たした要素として、1) 統一的視点から環境政策を推し進めた組織、2) 環境親和性都市としてのシンボルの存在、3) 過去の遺産の有効活用の 3 つを共通する要素として提示している。

第三章では、都市大気環境の様々な物理過程のモデル化において広く用いられている大型境界層風洞を用いた実験において、特に複雑な建物周辺気流に対する強力な流速計測手法として期待される粒子画像流速測定法 (PIV, particle image velocimetry) を取り上げ、その計測精度について系統的に論じている。まず風工学・都市大気境界層科学分野でこれまでに行われた PIV 計測の事例を概観し、都市大気境界層を対象とした大型境界層風洞における PIV 計測の標準的な条件において、ピークロッキングと呼ばれるバイアスエラーが不可避免的に発生し、測定精度が低下する危険性が高いことを明らかにしている。次いでピークロッキングを緩和するための手法として、自身が大型境界層風洞内で建物模型周囲の乱流場を計測したデータを用いて粒子マスク相関法 (MCM, mask correlation method) の適用を試みた結果を示している。MCM を適用することで、粒子画像の質、とりわけ画像解析時に重要と考えられる SN 比(signal -noise 比)及びコントラストが大幅に向上し、MCM を適用しない場合と比べ、ピークロッキングが大幅に緩和されることを示している。

第四章では、都市中心部に立ち並ぶ高層建築物群を模した高アスペクト比直方体模型群周辺の非定常乱流場を PIV により計測した結果について論じている。模型近傍における乱流統計量の鉛直プロファイルにおいて、平均風速が模型高さの 0.3 倍から 0.7 倍までの領域でほぼ一定値を保ちつつ 2 つの変曲点を持つこと、Reynolds stress がキャニオン内において高さとともに急落し、模型高さの 0.5 倍以下ではほぼ 0 になること等、植物キャニオンで得られた結果と類似性が確認できることを示している。次いで非定常乱流場の連続画像を観察することで、キャニオン内で間欠的に発生する低速上昇流(ejection flow)並びに高速下降流(sweep flow)を抽出し、それらの flow pattern の空間構造を明らかにしている。加えて、流れ方向に連なったヘアピン形状の渦群から構成される大規模乱流組織構造(ヘアピンパケット構造)とよく似た特徴を持つ流れが建物模型群上空に生じていることを確認し、キャニオン内における ejection flow の発生が、上空の大規模乱流組織構造と連動している可能性を指摘している。

第五章では、街路上に張り出した庇を有する建物模型を用いて PIV 計測を行い、庇による建物周辺の非定常乱流場への影響について論じている。一般に、流れと垂直方向に十分に長い建物群の周辺の平均流は、街路アスペクト比の違いにより 3 つの典型的な flow regime に分類できることが知られて来たが、建物模型に取り付けられた庇の影響により、キャニオン内にそれらの flow regime とは大幅に異なる流れが発生することを明らかにしている。次いで、PIV により得られる高時間・高空間解像度のデータを用いて、速度の空間相関を算出し、庇の乱流組織構造に対する影響を論じている。建物模型間の距離が小さい場合、上空からキャニオン内への乱流組織構造の侵入が庇によって強く阻害され、キャニオン内外の流れ場の連動性が失われることを明らかにしている。さらに、建物模型間の距離が大きい場合には街区の空間平均の換気量に大きな変化はない一方で、建物模型間の距離が小さい場合には街路のバルクの換気量が大きく減少することを示している。加えて、建物模型間の距離の減少に対するキャニオン内の時間平均気流場の空間構造の変化と軌一にして建物群によるバルクの抗力が急減する事を明らかにしている。

第六章では、各章で得られた結論を包括的に論じるとともに、課題点、今後の展望について述べている。