



Title	Prediction of Thermal Environment and Ventilation Effectiveness in a Room with Impinging Jet Ventilation System
Author(s)	山澤, 春菜
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/88077
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 （ 山 澤 春 菜 ）	
論文題名	Prediction of Thermal Environment and Ventilation Effectiveness in a Room with Impinging Jet Ventilation System (Impinging Jet Ventilation方式を有する室の温熱環境及び換気効率の予測手法に関する研究)
論文内容の要旨 2015年のパリ協定以来地球温暖化対策への意識は一層高まり、2021年のCOP26においても各国は環境配慮の必要性を確認した。換気空調設備が建物のエネルギー消費に占める割合は大きく、その省エネルギー化は重要である。換気効率の良い方式の導入は換気量の削減につながり、省エネルギー効果が期待される。加えて、適切な換気空調設計により室内環境を快適に保つことも重要である。置換換気方式は高効率な換気方式の一種であり、室下部に低温低速で給気を行うことで居住域を清浄に保つ一方で、室上部に汚染された暖かい空気を押しやり室内で温度・汚染質を成層させる。しかし、低流速給気であるため暖房には不向きとされる。本研究で対象としたImpinging Jet Ventilation System（以下IJV）は、置換換気同様に温度・汚染質を成層させるが、置換換気より高流速で下向きに給気し、床面衝突後の気流が床面を沿って室奥まで到達すると考えられ、暖房への適用も期待されている。IJVは比較的新しい換気方式のため未だ基礎的な換気性状の理解が必要であり、特に既にある程度普及している置換換気と比較した際の冷房時の長所・短所の検討が求められる。加えて、前述の暖房への適用に対する期待から、暖房時の性能検証も必要である。 本論文では、IJVによる室内環境の基礎性状の把握と室内環境を予測可能にする手法の提案を目的とした。基礎性状把握については、実大実験と数値流体力学（CFD解析）により、冷房条件では給気条件を変化させることで室内環境が置換換気状態と混合状態との間で比較的自由に制御可能であることが示唆され、また、暖房条件ではその適用可能性が示された。室内環境予測については、給気条件から温熱環境と換気効率に関する指標を予測するための資料整備を行った上で、温度・汚染質濃度の鉛直分布を予測する計算モデルを提案した。本論文は以下の9章から構成される。 第1章では、研究背景に加え、混合換気及び置換換気の課題とともにIJVに期待されることを示し、既往研究について言及しながらIJVに関する課題を明らかにした。また、研究目的及び本論文の構成を示した。 第2章では、実大実験により冷房条件下でIJVによる室内の温度・汚染質濃度分布性状を置換換気と比較した。給気温度と流量の組み合わせを4条件で、給気装置の数を1台と2台の2条件で変化させた検討を行い、給気条件を表すアルキメデス数（Ar数）により居住域内の温熱環境と換気効率の各種評価指標を予測するための関数式を作成し、換気設計のための技術資料としての設計用チャートの整備を行った。 第3章では、実大実験により暖房条件下でIJVによる室内の温度・汚染質濃度分布性状を置換換気と比較した。給気温度と流量の組み合わせを3条件で、給気位置を外壁側と内壁側の2条件で変化させた検討を行い、Ar数と給気口設置位置より居住域内の温熱環境と換気効率の評価指標を予測可能にする設計用チャートの整備を行った。 第4章では、本研究において以降の章で用いるCFD解析の乱流モデルについて、理論の概要を示した。 第5章では、熱線風速計により後述するCFD解析の流入境界条件を取得した。また、粒子画像流速測定法を用いて給気による床面付近での流速分布を明らかにするとともにCFD解析精度検証用の実験値を取得した。 第6章では、IJVを有する室を対象として適切なCFD解析を実施するため、3種類の乱流モデルと3種類の計算格子を用いて精度を検証した。乱流モデルは標準$k-\epsilon$、RNG $k-\epsilon$、SST $k-\omega$モデルを比較し、SST $k-\omega$モデルを用いて床面に7mm程度の第一計算格子を施すことで精度の良い解析結果が得られることを示した。 第7章では、冷房条件を対象として第6章で検討を行ったCFD解析手法を用いて主に給気風速・発熱密度を変化させた数値実験を行った。具体的には給気面積を5条件、在室人数を4条件で変化させ、居住域内の温熱環境・換気効率に関する指標とAr数との関係を明らかにし、Ar数から室内環境を予測可能にするための設計用チャートを整備した。 第8章では、噴流の基礎性状を考慮して室内の温度・汚染質濃度の鉛直分布、および床上0.1mでのDraught Rateを簡易的に予測する計算モデルを提案した。ここではCFD解析結果との比較を行うことで当該計算モデルの検証を行い、IJVの給気条件として現実的な条件では良い精度で一致することを示した。 第9章では、各章の内容をまとめた後に研究課題を確認するとともに、本論文で明らかにしたこと及び更なる研究課題、今後の展望を示した。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (山 澤 春 菜)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査 准教授	小林 知広
	副 査 教授	山中 俊夫
	副 査 教授	下田 吉之

論文審査の結果の要旨

本論文は床面への衝突噴流による給気を用いて室内で温度成層を形成して居住域の空調・換気を効率的に行う給気方式（Impinging Jet Ventilation 方式、以下 IJV 方式）に着目したものである。当該方式は比較的新しい給気システムであるために形成される室内環境の基礎的な性状に関する知見が不足している点と設計法が確立されていない点が課題と言える。本論文はその基礎性状把握と居住域内の温熱環境及び換気効率を予測可能にする手法の提案を目指したものであり、論文の内容を以下に要約する。

第 1 章では、関連研究のレビューを行い混合換気方式と置換換気方式の課題点とともに IJV 方式の利点と課題点を示し、研究の目的を明示している。

第 2 章では、給気温度と給気量の組み合わせを変更した冷房条件下での実大実験を実施し、IJV による温度・汚染質濃度分布性状を評価した上で置換換気方式との違いを明らかにしている。また、実験結果に基づいて給気性状を表すアルキメデス数（Ar 数）によって居住域内の温熱環境と換気効率に関する各種評価指標を予測するための関数式を作成し、設計用チャートとして利用可能な技術資料の整備を行っている。

第 3 章では、給気温度、給気量、給気口設置位置の組み合わせを変更した暖房条件下での実大実験を実施し、IJV による室内の温度・汚染質濃度分布性状を明らかにした上で置換換気との比較を行うとともに、Ar 数と給気口設置位置から暖房時の居住域内温熱環境と換気効率に関する評価指標を予測する設計用チャートの整備を行っている。

第 4 章では、以降の章で用いられる数値流体力学（CFD 解析）の乱流モデルに関する理論の概要を述べている。

第 5 章では、実大実験を実施して後述される CFD 解析の流速及び乱流統計量の流入境界条件を取得するとともに、床面付近での流速測定を行い、CFD 解析の精度検証に必要となる実験値を取得している。

第 6 章では、IJV 方式を有する室を対象とした CFD 解析を適切に実施するため、標準 $k-\epsilon$ 、RNG $k-\epsilon$ 、SST $k-\omega$ モデルの 3 種類の乱流モデルと 3 種の計算格子を組み合わせた解析精度検証を行っており、SST $k-\omega$ モデルを用いて床面に 7mm 程度の第一計算格子を施すことで精度の良い解析結果が得られることを示している。

第 7 章では、前章で選定した CFD 解析手法を用いて実験室実験では検討されていなかった発熱密度をパラメータに加えて給気風速とともに変更する数値実験を実施しており、居住域内の温熱環境・換気効率に関する評価指標を算出した上で、Ar 数からこれらの指標を予測可能にするための設計用チャートを整備している。

第 8 章では、噴流の基礎性状を考慮に入れて室内の温度及び汚染質濃度の鉛直分布を簡易的に予測する計算モデルを提案している。加えて、床上 0.1m での Draught Rate を簡易的に予測する計算モデルの提案を行っている。さらに当該モデルの検証のために IJV 方式の給気条件として現実的な条件を対象に CFD 解析結果との比較を行い、良い精度で一致することを示している。

第9章では、本論文で得られた知見をまとめ、更なる研究課題を今後の展望とともに示している。

本論文で給気条件と温度分布・汚染質濃度分布の基礎性状との関係を明らかにしている点は、これまで学術的知見が不十分であった点から価値あるものであり、居住域の温冷感指標と換気効率指標を Ar 数から簡易的に予測するチャートを整備している点は実設計への応用を可能にする有用な技術資料を提供していると言える。また、温度と汚染質濃度の鉛直分布を Draught Rate とともに予測する計算モデルの提案は設計段階でより詳細な室内環境予測を可能にするものと言える。以上のように、本論文では学術的貢献性と工学的応用性が高い知見を提供している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。