OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study on draftless air-conditioning systems with high ventilation efficiency
Author(s)	盛, 紹宇
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/91959
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

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（盛紹宇）	
論文題名	Study on draftless air-conditioning systems with high ventilation efficiency （高換気効率を有するドラフトレス空調システムに関する研究）

論文内容の要旨

新型コロナウイルスの世界的大流行に伴い、室内における感染症防止の観点から「換気」に対する関心が高まり、換気・空調システムによる空気浄化性能が重要視されるようになった。空気浄化手法として最も効果的な方法は換気であり、感染リスクの低減のためには換気量は多いほど望ましいが、換気量の増加は空調エネルギーの増加を伴うことから、カーボンニュートラル化を実現し、地球温暖化を防止するためには、換気効率を上げることが必須と言える。また、働き方改革のためには室内における知的生産性の向上が不可欠であり、室内における在室者の快適性の向上が重要な要件となる。現在、多くの建物において採用されている対流式空調システムは、温熱環境の均一化のために大量の吹き出し風量により､室内を混合させるが、室内気流が在室者の不快な気流感（以下、ドラフト感）の原因となり、不快な室内環境が知的生産性の向上の障害となっている。そこで本研究では、数多の換気・空調システムの中から、ドラフト感のないという「ドラフトレス」を切り口として、気流感や不均一な温度分布によるドラフト感のない快適な室内温熱環境を維持できる3種類の空調システムに焦点を当て、それぞれの快適感と換気・空調効率を高める手法の確立を目的として、実験及びCFD解析による様々な検討を行った。

第1章では、本研究の背景と目的を述べるとともに、熱的快適性、ドラフト、ドラフトレス空調、換気効率などに関する基礎知識について整理した。

第2章では、吹き出し口において室内空気を誘引し、供給空気量が削減でき、空調空気の搬送動力を節約することができる全空気式誘引給気ユニットによる空調システムを対象とし、4床病室において誘引給気ユニットが縦型に設置した場合の換気・空調性能について検討した。実大実験室を用いて、室内の温度、汚染物濃度分布を分析することで、給気ユニットの縦設置により高効率な置換換気を形成できることを証明し、給気面積、給気高さと風量、ベッドカーテン、外気温度などが室内の温度・汚染物濃度分布に及ぼす影響を明らかにした。さらに、本空調方式のCFD解析における、吹き出し気流のモデリング手法を提案し、CFD解析と実大実験の結果の比較から、CFD解析の精度検証を行った。

第3章では、天井設置された空調給気口の下部に通気性の膜を分散設置することによりドラフト気流を防ぐ分割型膜天井空調システムを提案し、検討対象とした。まず、PAC型ユニットが設置された実際の室内に、分割式膜を設置することで、気流と温度の実測結果から同方式のドラフト感防止効果を示した。その上で、膜の敷設率、膜の位置、材質と設置方式の適切に変更が可能なシステムとして、可変式膜天井空調システムを提案した。同システムを対象として、実大実験により、膜の設置位置が膜上下の熱交換とペリメータ負荷処理能力に及ぼす影響の検討をするとともに、異なる材質の膜の流量係数、風速減速比などから、4種類の膜材の通気特性を明らかにした。さらに、CFD解析における各膜材のたわみ量の影響特性の再現性について検討し、実験との差異について検証した。

第4章では、室内ペリメータ用のライン型ディフューザーを対象とし、給気口の面積を可変することで、冬期暖房時の窓面からのコールドドラフトを防止し、ドラフトレスで快適な環境の確保を計る手法について検討した。給気口面積の変更が吹き出し気流の分布に及ぼす影響を検証するため、自由場における実大実験を行い、各条件におけるライン型ディフューザーの吹き出し気流の性状を把握した。その上で、CFD解析による気流再現を精度良く行うための吹き出し口での詳細な吹き出し風速モデルを作成し提案した。その上で、この詳細吹き出し風速モデルとP.V.法、及び単純吹き出し口のCFD解析結果を比較検討し、詳細吹き出し風速モデルに基づく解析が最も高精度にライン型ディフューザーの吹き出し気流を再現できることを示した。最終的に、提案した詳細吹き出し風速モデルを用いて、低Re型乱流モデルを用いたCFD解析を行い、コールドドラフトの防止効果を検証した。

第5章では、本研究で得られた知見と結果を纏め、今後の研究課題と研究方向の展望を述べた。

以上の通り、本研究ではドラフト感防止と高効率換気・空調性能のための様々なドラフトレス換気・空調システムに関する詳細な定量的検討を行っており、今後の換気・空調システムの発展に大きく寄与するものと考える。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（盛　紹宇）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主査　教授	山中　俊夫
	副査　教授	下田　吉之
	副査　准教授	小林　知広

論文審査の結果の要旨

新型コロナウイルスの世界的大流行に伴い、室内における感染症防止の観点から「換気」に対する関心が高まり、換気・空調システムによる空気浄化性能が重要視されるようになっている。空気浄化手法として最も効果的な方法は換気であり、感染リスクの低減のためには換気量は多いほど望ましいが、換気量の増加は空調エネルギーの増加を伴うことから、カーボンニュートラル化を実現し、地球温暖化を防止するためには、換気効率を上げることが必須と言える。また、働き方改革のためには室内における知的生産性の向上が不可欠であり、室内における在室者の快適性の向上が重要な要件となる。現在、多くの建物において採用されている対流式空調システムは、温熱環境の均一化のために大量の吹き出し風量により、室内を混合させるが、室内気流が在室者の不快な気流感（以下、ドラフト感）の原因となり、不快な室内環境が知的生産性の向上の障害となっている。そこで本研究では、数多の換気・空調システムの中から、ドラフト感のないという「ドラフトレス」を切り口として、気流感や不均一な温度分布によるドラフト感のない快適な室内温熱環境を維持できる 3 種類の空調システムに焦点を当て、それぞれの快適感と換気・空調効率を高める手法の確立を目的として、実験及び CFD 解析による様々な検討を行っている。

第 1 章では、本研究の背景と目的を述べるとともに、熱的快適性、ドラフト、ドラフトレス空調、換気効率などに関する基礎知識について整理している。

第 2 章では、吹き出し口において室内空気を誘引し、供給空気量が削減でき、空調空気の搬送動力を節約することができる全空気式誘引給気ユニットによる空調システムを対象とし、4 床病室において誘引給気ユニットが縦型に設置した場合の換気・空調性能について検討している。実大実験室を用いて、室内の温度、汚染物濃度分布を分析することで、給気ユニットの縦設置により高効率な置換換気を形成できることを証明し、給気面積、給気高さと風量、ベッドカーテン、外気温度などが室内の温度・汚染物濃度分布に及ぼす影響を明らかにしている。さらに、本空調方式の CFD 解析における、吹き出し気流のモデリング手法を提案し、CFD 解析と実大実験の結果の比較から、CFD 解析の精度検証を行っている。

第 3 章では、天井設置された空調給気口の下部に通気性の膜を分散設置することによりドラフト気流を防ぐ分割型膜天井空調システムを提案し、検討対象としている。まず、PAC 型ユニットが設置された実際の室内に、分割式膜を設置することで、気流と温度の実測結果から同方式のドラフト感防止効果を示している。その上で、膜の敷設率、膜の位置、材質と設置方式の適切に変更が可能なシステムとして、可変式膜天井空調システムを提案している。また、同システムを対象として、実大実験により、膜の設置位置が膜上下の熱交換とペリメータ負荷処理能力に及ぼす影響の検討をするとともに、異なる材質の膜の流量係数、風速減速比などから、4 種類の膜材の通気特性を明らかにしている。さらに、CFD 解析における各膜材のたわみ量の影響特性の再現性について検討し、実験との差異について検証している。

第4章では、室内ペリメータ用のライン型ディフューザーを対象とし、給気口の面積を可変することで、冬期暖房時の窓面からのコールドドラフトを防止し、ドラフトレスで快適な環境の確保を計る手法について検討している。給気口面積の変更が吹き出し気流の分布に及ぼす影響を検証するため、自由場における実大実験を行い、各条件におけるライン型ディフューザーの吹き出し気流の性状を把握している。その上で、CFD解析による気流再現を精度良く行うための吹き出し口での詳細な吹き出し風速モデルを作成し提案している。さらに、この詳細吹き出し風速モデル、P.V.法及び単純吹き出し口を仮定した計算方法での CFD 解析結果を比較検討し、詳細吹き出し風速モデルに基づく解析が最も高精度にライン型ディフューザーの吹き出し気流を再現できることを示している。最終的に、提案した詳細吹き出し風速モデルを用いて、低Re型乱流モデルを用いたCFD解析を行い、コールドドラフトの防止効果を検証している。

第5章では、本研究で得られた知見と結果を纏め、今後の研究課題と研究方向の展望を述べている。

以上のように、本論文はドラフト感防止と高効率換気・空調性能のための様々なドラフトレス換気・空調システムに関する詳細な定量的検討を行っており、今後の換気・空調システムの発展に大きく寄与するものと考える。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。