

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04735

研究課題名（和文）可搬型局所換気装置による介護空間の空気環境改善に関する研究

研究課題名（英文）Study on Improvement of Air Quality in a Nursing Space by Portable Local Ventilation System

研究代表者

吉野 一（Yoshino, Hajime）

日本工業大学・建築学部・教授

研究者番号：60792554

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では数値解析で捕集率が良好となる可搬型局所換気装置を検討し、これに基づき実機を試作した。試作した実機と産業換気分野で発生汚染源対策として用いられている局所換気装置のそれぞれについて介護空間を想定した実験室で捕集性状を評価し、本研究で開発した実機の捕集性状が良好となることを確認した。また、数値解析に基づき、開発した実機の捕集性状が良好な状態を維持できる空調方式についても検討した。すなわち、局所換気と空調との相互作用による影響を考慮することにより、介護空間における臭いの問題が軽減される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では労働環境における局所換気装置の捕集性能の評価指標を介護空間に展開して、捕集性状と空間の臭いの拡がり方の関係性を明らかにするものである。また、局所換気装置の捕集性状に大きく影響する空気流動（冷暖房による擾乱）も本研究で検討した例から類似する空間への展開が可能だと考えられる。今後、介護施設は高齢化が進むことで、働き手の確保がより一層必要となる。介護施設では少子高齢化によって介護を必要とする高齢者が増え続ける一方で、介護を担う若者が減少していることが考えられ、本研究で実施した局所換気装置によって臭いを効率的に除去することができれば、介護関連の職に就く若者が増えるものと思われる。

研究成果の概要（英文）：In this study, a portable local ventilation system with a good capture efficiency was investigated by numerical simulation, and a prototype was built based on this simulation. The capture efficiency was evaluated a prototype and a conventional type in a full-scale laboratory.

As a result of experiment, confirmed that the capture efficiency of the prototype was good. The air conditioning system that can maintain the good capture efficiency of the developed prototype was also examined through numerical simulation. In other words, by considering the influence of the interaction between local ventilation and air conditioning system, the odor problem in the care space can be reduced.

研究分野：工学

キーワード：介護空間 におい 換気 局所換気装置 捕集率 実験 数値解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 平成 28 年度では立ち上がりや歩行、食事、排せつ、入浴の際に全面的な介助が必要な要介護 3 以上の高齢者認定者が約 215 万人おり、そのうち約 83 万人が特別養護老人ホーム(以降、特養)に入所している。特養では加齢による体臭、糞便臭および尿臭などの臭いが発生するが、特に気になる臭いとしてはポータブルトイレやおむつ交換時の糞便臭である。

これまで特養などの高齢者施設を対象とした研究では、高齢者に対する温冷感などの熱環境分野の研究、冷暖房の種類や機械換気方式や臭い対策の実態調査に基づく研究などが主体であった。一方、空気環境分野における研究では、おむつ交換時の臭気発生量とこれに基づく必要換気量に関する研究例があるが、室内の空気流動、特に局所換気を対象とした研究はなされていない。

(2) 臭い対策として換気扇が最も多く行われているが、この場合、新鮮外気によって室内を効率良く混合させ、臭いを希釈させることが重要である。これには室形状毎に給気口と排気口(換気扇)の位置を調整し、室内空気の混合状態を良好にするための空気流動パターンを検討する必要があり、多くの実務設計者がこのような配慮を要する換気計画・設計の術やその認識を持っていない。このようなことから、施設の職員は臭いが不快であると感じながらも施設の性質上、我慢をしていることが多い。

工場などの労働環境では有害物質や熱などの発生源対策として発生源付近で局所換気を行う。おむつ交換時の糞便臭もこれと同様に、発生源付近で局所換気することが最も有効な手段であるが、介護空間において検討した例はない。特に局所換気をする場合、捕集率を低下させる妨害気流の影響を極力小さくするために、静穏な気流環境を形成する空調方式についても検討する必要がある。また、固定タイプの局所換気では設置スペースなどの問題があることから、可搬型の局所換気装置を開発する必要性がある。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、可搬型局所換気装置を開発することにより、糞便臭を効率良く捕集することで、介護空間における臭いの問題を解決することが目的である。以下のように研究を遂行する。

数値解析により局所換気装置を開発・設計するための検討を行う。

数値解析の検討結果に基づき可搬型局所換気装置を設計・試作する。

試作した局所換気装置の性能評価を実験により行う。

局所換気装置の効果を実大実験により確認する。

可搬型局所換気装置の捕集性状を良好にする空調方式を数値解析により検討する。

3. 研究の方法

(1) 数値解析により人体および局所換気装置をモデル化し、この結果に基づき局所換気装置開発のための設計検討を行う。

可搬型局所換気装置を試作するにあたり、装置の基本的性能を決定する必要がある。そこで、非構造格子系 CFD 解析により局所換気装置の基本的性能の検討や介護者や医療用具を取り扱っている企業などからヒアリングし、これを参考に試作機の基本設計資料を整理する。

(2) 前年度実施した数値解析の検討結果に基づき可搬型局所換気装置の詳細設計と試作を行う。

試作した局所換気装置の操作性の確認と捕集性状を実験により評価する必要がある。そこで、糞便臭の主な臭気物質である硫化水素と同程度の密度に調整した CO₂ トレーサガスを発生させ、局所換気装置の捕集率を高応答の CO₂ センサで測定する。

(3) 実験室実験で臭気の空間分布測定および数値解析に基づき、局所換気装置の空調との相互作用についても検討し、本研究を総括する。

介護空間を想定した実大実験室実験により局所換気装置の捕集性状などを実験により確認する必要がある。また、局所換気装置の妨害風となり得る空調擾乱の影響も検討する必要がある。そこで、実験室実験では前述する CO₂ トレーサガス実験により局所換気装置の捕集率測定その他、糞便臭を模擬したメチルメルカプタンとセンサが模擬臭に対して高感度であることを確認した後、臭気の空間分布測定を行う。また、数値解析により冷暖房時の空調と局所換気の相互作用を検討する。

4. 研究成果

(1) 数値解析により産業換気分野における局所換気システムとして フランジ付きダクト、REEXS¹⁾(Reinforced Exhaust System)、本研究で開発する局所換気装置(以降、高効率局所換

気)について、捕捉風速の比較を行った。上記 と については G.R.Hunt²⁾らの実験結果と比較し、本研究のモデル化の妥当性を確認している。上記 と の捕捉風速は概ね同等となったことから、図-1 に示す介護空間を想定したモデル内にこれらを設置して捕集率の算定を行い、本研究で開発する高効率局所換気の捕集率が高いことを確認した(図 - 2)。

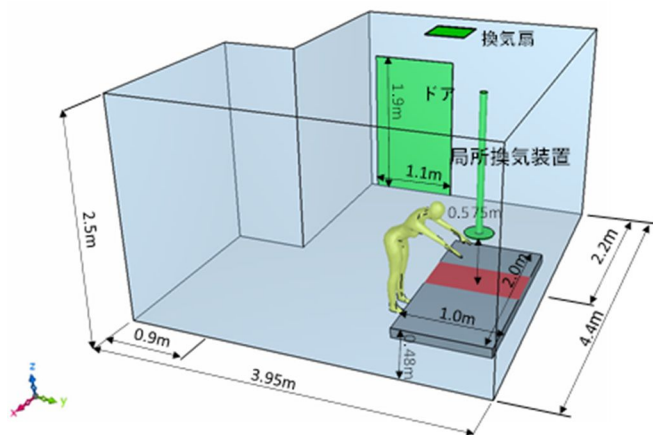
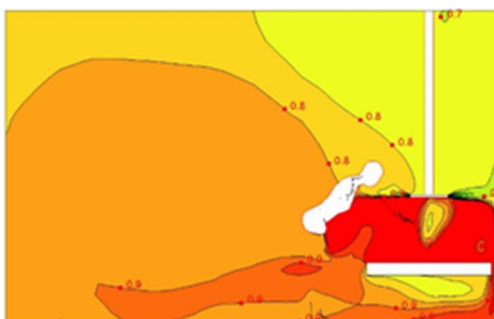


図 - 1 解析モデル



(a) REEXS(捕集率 : 37.9%)



(b) 高効率局所換気(捕集率 : 90.0%)

図 - 2 無次元化濃度分布

(2) 図 - 3 に示すように介護空間用の実験室を構築し、そこに フランジ付きダクト、 本研究で開発する高効率局所換気を設置し、CO₂をトレーサガス(空気密度と同じになるよう CO₂と He の混合ガス)とし、捕集率の測定を実施した。上記 は冷暖房時において、最大で約 60%、最低で約 10%の捕集率となった。一方、上記 は冷暖房時において、捕集率が約 65%となりフランジ付きダクトと比較すると捕集性状が高いことが実験により明らかになった。

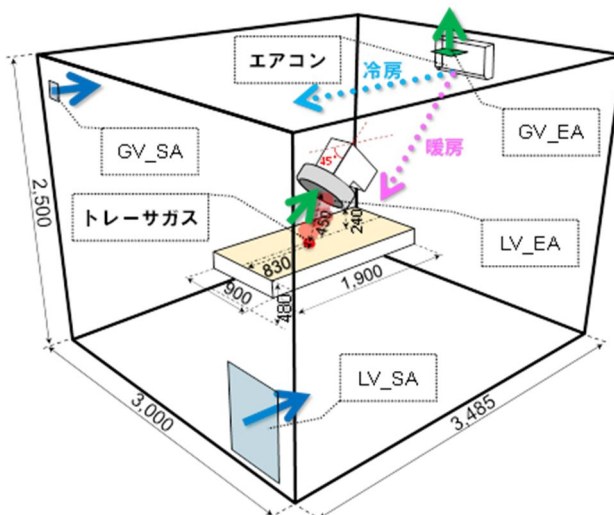


図 - 3 介護空間用実験室

(3) 図 - 4 に示すように介護者と被介護者の人体モデルを加えた介護空間に対して混合空調(エアコン)、置換空調の 2 タイプの空調方式をモデル化し、 フランジ付きダクト、 本研究で開発する高効率局所換気のそれぞれの捕集性状を数値解析に基づき検討した。混合空調時では上

記、の局所換気において捕集率は約80%となったのに対し、置換空調時ではが約80%、一方、が95%以上となった。静穏な置換空調時ではの捕集率には殆ど差異はないが、については15%程度捕集率が向上していることが分かり、局所換気装置周辺の気流場によって捕集性状が大きく影響されることが明らかになった(表-1)。

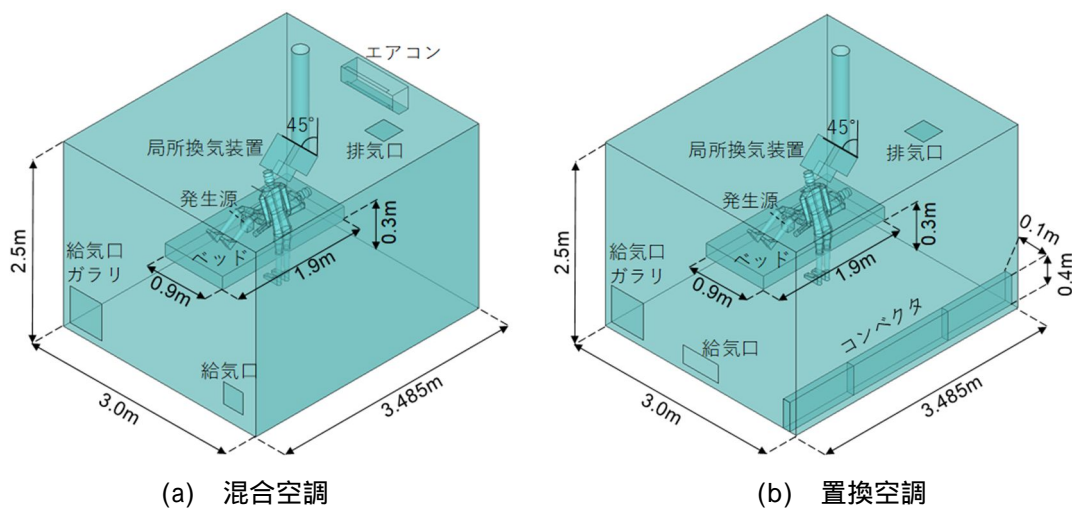


図-4 解析モデル

表-1 各種局所換気装置における空調方式毎の捕集率

| ケース名 | 空調方式 | 局所換気装置 | 冷・暖房 | 捕集率(%) |
|-------------|------|--------|------|--------|
| Case M-F-S | 混合空調 | フランジ | 冷房 | 81.6 |
| Case M-H-S | | 高効率 | | 81.0 |
| Case M-F-W | | フランジ | 暖房 | 82.3 |
| Case M-H-W | | 高効率 | | 79.8 |
| Case D-F-S | 置換空調 | フランジ | 冷房 | 82.7 |
| Case D-H-S | | 高効率 | | 95.3 |
| Case D-F-W | | フランジ | 暖房 | 83.8 |
| Case D-H-W | | 高効率 | | 99.2 |
| Case D-F-SS | | フランジ | 冷房 | 87.0 |
| Case D-H-SS | | 高効率 | | 95.5 |
| Case D-F-WS | | フランジ | 暖房 | 78.5 |
| Case D-HWS | | 高効率 | | 96.7 |

< 引用文献 >

Daniel Gubler : REEXS - Reinforced Exhaust System Optimization of Operating and Design Parameters ETHzurich Research Collection, NO.4670, pp.7-18, 2002 年

G.R.Hunt, D.B.Ingham : LONG RANGE EXHAUSTION A MATHEMATICAL MODEL FOR THE AXISYMMETRIC AIR FLOW OF A LOCAL EXHAUST VENTILATION HOOD ASSISTED BY A TURBULENT RADIAL JET, Ann. occup. Hyg., VOL 40, No.2, pp.171-196, 1996 Elsevier Science Ltd

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉野 一、鳥海 吉弘、光田 恵、倉嶋 睦 |
| 2. 発表標題 可搬型局所換気装置による介護空間の空気環境改善に関する研究 その3 実験室実験による各種局所換気方式の捕集率測定 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉野 一、鳥海 吉弘、光田 恵、倉嶋 睦 |
| 2. 発表標題 可搬型局所換気装置による介護空間の空気環境改善に関する研究 その4 CFD解析による各種局所換気方式の捕集率 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉野 一、鳥海 吉弘、光田 恵、倉嶋 睦 |
| 2. 発表標題 可搬型局所換気装置による介護空間の空気環境改善に関する研究 その1 CFD解析による各種局所換気装置の比較 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉野 一、鳥海 吉弘、光田 恵、倉嶋 睦 |
| 2. 発表標題 可搬型局所換気装置による介護空間の空気環境改善に関する研究 その2 CFD解析による各種局所換気システムの捕集率 |
| 3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|