

令和 2 年 9 月 15 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14770

研究課題名(和文) 受動喫煙による健康リスク低減のための効果的な分煙対策に関する研究

研究課題名(英文) Study on effective smoke separation for health risk by passive smoking

研究代表者

李 時桓 (Lee, Sihwan)

信州大学・学術研究院工学系・助教

研究者番号：60624997

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：喫煙室等の汚染質発生を伴う空間では、汚染質の漏洩を防止するために第3種換気方式とし、室圧を負圧に維持する対策が一般に施される。しかし、在室者の移動の際のドア開閉や人体移動による空気流動が、汚染質の漏洩につながると考えられるものの、その影響については十分解明されていない。そこで本研究では、ドア開閉や人体移動による空気流動について室間換気量の観点から定量的に解明しつつ、喫煙室から汚染質の漏洩を効果的に抑制する換気対策について検討することで、効果的な分煙対策として喫煙室設備の計画方法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

建築環境工学における主な課題の一つは、目に見えない空気流動を数値解析で把握し、適切な換気・空調計画を行うことである。しかし室内で動く物体であるドア、窓、人体などは静止している状態を想定して数値解析を行うことが多く、物体移動を組み込んだ検討事例は非常に少ない。動く物体に関する数値解析は機械・医学分野で研究が始まっているが、実験と数値解析の対応関係についての検討がまだ不十分である。そこで本研究の成果は、移動物体の影響を組み込む数値解析方法を明確に確立しつつ、受動喫煙による健康リスク低減のための喫煙室設備の計画方法を提案したもので、建築環境工学のみではなく、医学・健康学分野にも学術的価値が高い。

研究成果の概要(英文)：Ventilation plans for smoking room with contaminated air must address pollutants because they affect the air quality of adjacent areas. A ventilation plan typically maintains a negative room pressure to remedy this problem. However, the transport of indoor air pollutants between rooms is affected by the movements of humans and doors. The purposes of this study were to evaluate the effects of moving objects on the rate of transport of indoor air pollutants and to propose a method of controlling contamination. First, the rate of transport of air pollutants by a swinging door was measured by tracer gas method and also calculated using computational fluid dynamics (CFD) with a moving mesh technique. Then, the effects of moving objects were evaluated in various instances and several ventilation plans were devised for a smoking room. Results showed that leakage rates increased with an increasing velocity of door opening and human movement.

研究分野：工学

キーワード：喫煙室 人体移動 ドア開閉 汚染質 換気 受動喫煙 分煙対策 エアカーテン

## 1. 研究開始当初の背景

近年日本の喫煙室は、厚生労働省の「職場における喫煙対策のための新ガイドライン、2003」<sup>1)</sup>に従い、タバコの煙が漏れない一定の要件(図1)を満たす設計が行われている。また、化学物質による健康被害が問題となった胆管がん事案の発生、精神障害を原因とする労災認定件数の増加など、最近の社会情勢の変化や労働災害の動向に即応し、労働者の安全と健康の確保対策をより一層充実するため、「労働安全衛生法の一部を改正する法律、2014」<sup>2)</sup>が公布され、2015年6月1日から職場の受動喫煙防止対策(事業者・事業場の実情に応じた適切な措置)が事業者の努力義務となっている。

しかし、この一定の要件を満たした喫煙室でも非喫煙場所での受動喫煙(間接喫煙, passive smoking)が完全に防げるとは言えない。その理由としては、①喫煙室から退出する人の体の後ろにできる空気の渦に煙が巻き込まれること、②ドア開閉に伴い煙が押し出されること、③吐く息に含まれるタバコの煙などが挙げられる。また、この問題を解決するために喫煙室の排気装置を制御したり、非喫煙場所に空気清浄機等を設置しても、喫煙室から非喫煙場所へ漏洩するタバコの煙がどの程度なのか不明である限り事業者の経済的な負担が増加する可能性が高い。すなわち、ドア開閉や人体移動により、喫煙室から非喫煙場所へ漏洩するタバコの煙がどの程度なのか定量的に検討し、適切な喫煙室設備の計画方法を提案しなければならない。

今まで研究代表者は、室内換気/空調計画、換気装置の省エネ、健康リスク低減のための様々な研究を行ってきた。特に、オフィスビルにおける多室間換気量<sup>2)</sup>を複数のトレーサガスを用いて実測する際、

ドア開閉や人体移動が空気流動にどの程度影響を及ぼすのかを検討する必要があると考え、扉周りの気流可視化と物体移動を組み込んだCFD解析や室内における人体移動が起こす空気流動について様々な研究を行ってきた(図2, 図3)。



図1. 「一定の要件」を満たす喫煙室でも防げない受動喫煙<sup>注1)</sup>

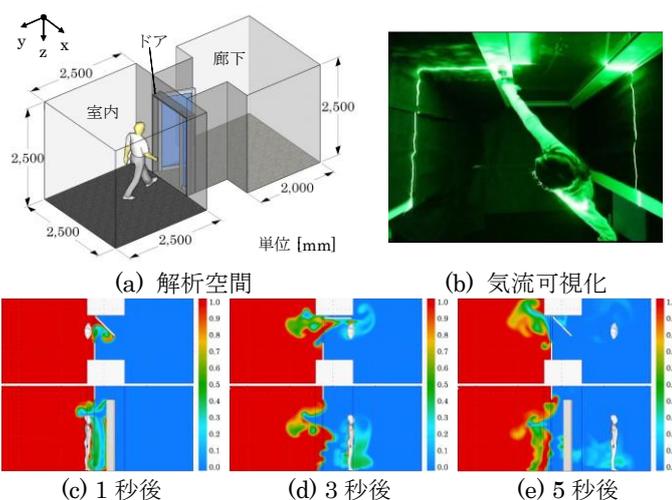


図2. 扉周りの気流可視化と物体移動を組み込んだCFD解析

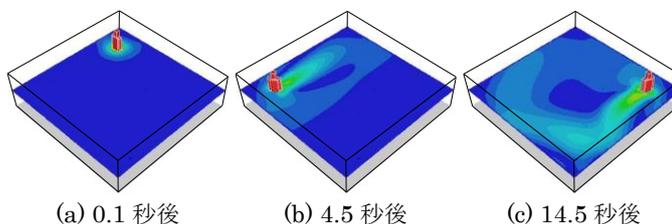


図3. 室内における人体移動を組み込んだCFD解析

## 2. 研究の目的

喫煙室、トイレ等の汚染質発生を伴う空間では、汚染質の漏洩を防止するために第3種換気方式とし、室圧を負圧に維持する対策<sup>1), 3)</sup>が一般に施される。しかし、在室者の移動の際のドア開閉や人体移動による空気流動が、汚染質の漏洩につながると考えられるものの、その影響<sup>4), 5), 6), 7), 8)</sup>については十分解明されていない。そこで本研究では、ドア開閉や人体移動による空気流動について室間換気量の観点から定量的に解明しつつ、喫煙室から汚染質の漏洩を効果的に抑制する換気対策について検討することで、効果的な分煙対策として喫煙室設備の計画方法を提案する。

## 3. 研究の方法

本研究では、ドア開閉や人体移動により発生する空気流動がどのようなパターンを示すのかを実験と物体移動を組み込んだCFD解析を用いて解明し、室間換気量の観点から定量的に検討する。また、喫煙室から汚染質の漏洩を効果的に抑制する換気対策について検討することで、効果的な分煙対策としての喫煙室設備の計画方法を提案する。

研究期間は3年間（延長期間：+1年）であり、1年目では物体移動による物体周辺の空気流動に着目した実験を行い、物体移動を組み込んだCFD解析の検証用のデータを得る。そこから、ドア開閉や人体移動により発生する空気流動の構造を明確にすることを目標とする。2年目では1年目で検証されたCFD解析モデルを使い、喫煙室から汚染質の漏洩を効果的に抑制する換気対策について検討する。特に、喫煙室に設置される排気装置及び空気清浄機、エアカーテンの効果などについて明らかにし、ドア種類別の検討や人体の移動速度による検討、等温・非等温による評価などについて検討し、効果的な分煙対策としての喫煙室設備の計画方法を提案する。また、3年目では非定常数値解析の精密を上げ、1~2年目の研究を再検討する。

## 4. 研究成果

1年目には、第1段階研究（ドア開閉や人体移動による空気流動について室間換気量の観点から定量的に解明）として（1）ドア開閉が室間換気量へ及ぼす影響、（2）人体移動が室間換気量へ及ぼす影響、（3）ドア開閉+人体移動が室間換気量へ及ぼす影響について検討を行った。特に、ドアの開閉による室間換気量の変化を明らかにし、等温・非等温条件での変動値も定量的に検討した。また、ドアの回転角速度、開き速度、開く向き、ドアの種類（開き戸、引き戸）による違い、人体の移動に伴って発生する気流挙動、ドア開閉と人体移動の組み合わせによる気流挙動などを明確にした。

2年目には、第2段階研究（受動喫煙による健康リスク低減のための効果的な分煙対策を提案）を行うために、（1）喫煙室に設置された排気装置の風量が汚染質の漏洩量へ及ぼす影響、（2）喫煙室と隣接室の温度差が室間換気量に及ぼす影響、（3）汚染質の漏洩を減らすためのエアカーテン（簡易型、循環型、プッシュプル型）の効果についてそれぞれ検討した。

補助事業期間の延長を申請して許可を受けた3年目には、コンピュータ性能によって少

し遅れていた 2 年目の (3) 汚染質の漏洩を減らすためのエアカーテン (簡易型, 循環型, プッシュプル型) の効果について非定常数値解析の精度を上げ, 再検討を行なった。

下記の図 4~9 にそれぞれの検討項目に従って行なった研究成果を示す。

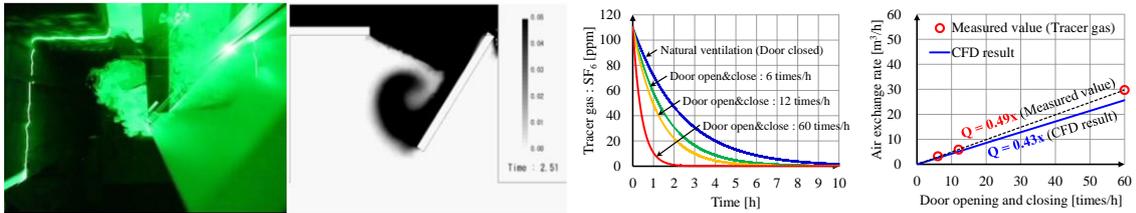


図 4. 平成 29 年度 (1) ドア開閉が室間換気量へ及ぼす影響

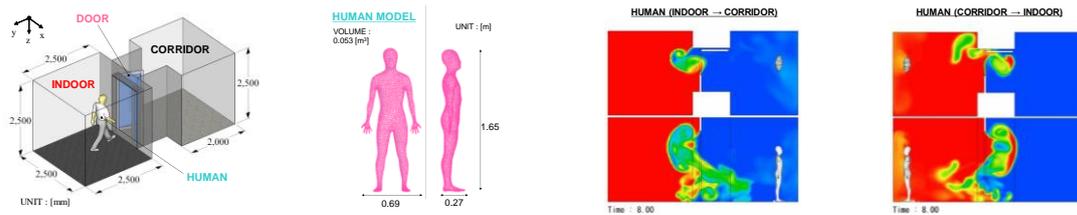


図 5. 平成 29 年度 (2) 人体移動が室間換気量へ及ぼす影響

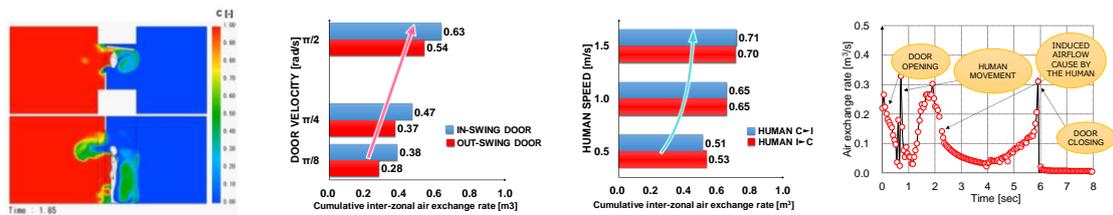


図 6. 平成 29 年度 (3) ドア開閉+人体移動が室間換気量へ及ぼす影響

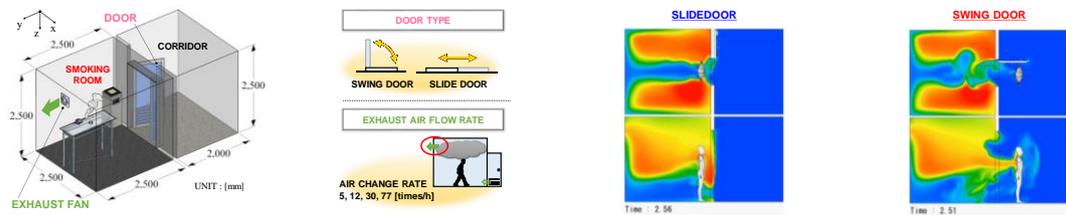


図 7. 平成 30 年度 (1) 喫煙室に設置された排気装置の風量が汚染質の漏洩量へ及ぼす影響

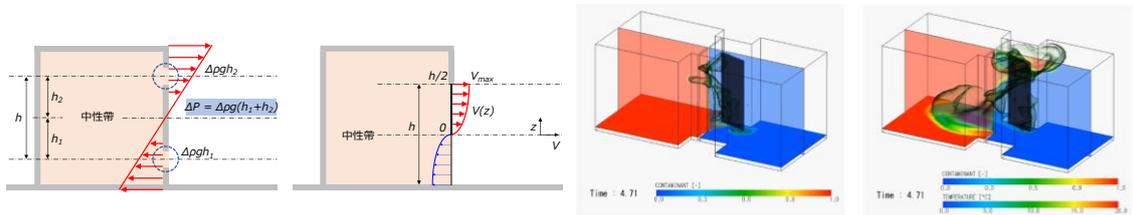


図 8. 平成 30 年度 (2) 喫煙室と隣接室の温度差が室間換気量に及ぼす影響

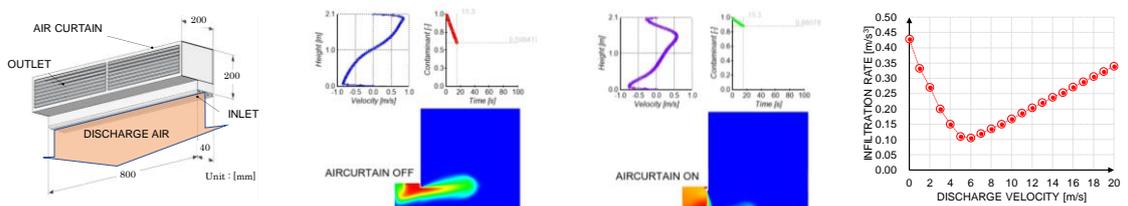


図 9. 平成 30 年度 (3) 汚染質の漏洩を減らすためのエアカーテン

以上の研究成果から本研究は、以下の知見を得た。

- (1) 実測と数値解析の誤差が小さいことから、数値解析モデルの整合性が確認され、数値解析の有効性を明らかにした。
- (2) ドア開きにおいては開き角速度に比例して汚染物質の漏気量が大きくなる。
- (3) 人体移動速度の増加に伴い汚染物質の漏気量が増えるが、その増加量は減少する。
- (4) ドア開閉と人体移動の移動向きの組み合わせが、汚染物質の漏気量の大小に影響する。
- (5) 第3種換気方式が採用されている喫煙室では、換気回数の増加に伴い、汚染物質の累積漏気量が減少する。また、引き戸を用いることで開き戸よりも汚染物質の漏気量を抑制することができる。
- (6) 人体移動を考慮した上でも、引き戸を用いることで、開き戸が設置されている喫煙室の換気ファン軸動力を約86%減らすことが可能である。しかし、室内外温度差が大きくなるとそのメリットがなくなる。
- (7) 開口から発生する汚染物質の漏気量は、非循環式エアカーテンの使用により約75%程度軽減させることが可能である。
- (8) エアカーテンの効率が最大となる最適吹出し速度は最小偏向係数に安全率2.75を乗算することで検討可能である。また、種類が異なるエアカーテンについても同様な検討で最小偏向係数に安全率を求めることが可能である。
- (9) 以上の研究成果を用いて効果的な分煙対策としての喫煙室の計画方法が提案できる。

#### 【参考文献】

- 1) 厚生労働省労働基準局：職場における喫煙対策のためのガイドライン，厚生労働省基発第0509001号，2003.
  - 2) 山口さとみ，倉渕隆，鳥海吉弘，李時桓：オフィスビルにおける複数のトレーサガスを用いた多室間換気量の現場測定に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2，pp.835-836，2014.
  - 3) 厚生労働省：労働安全衛生法の一部を改正する法律，平成26年法律第82号.
  - 4) N Rice, A Streifel, D Vesley, 2001, An evaluation of hospital special-ventilation room pressures, *Infection Control and Hospital Epidemiology* 22.
  - 5) Julian W. Tang, et al. : Different types of door-opening motions as contributing factors to containment failures in hospital isolation rooms, *PLOS ONE*, Volume 8, Issue 6, 2013.
  - 6) Petri Kalliomäki, et al., 2013, Airflow patterns through a single hinged door in hospital isolation rooms, *CLIMA* 2013.
  - 7) 並木則和，宇田貴裕，鍵直樹：低境界風速条件における空間分煙効果に関する研究（第1報）冷房期における人の動作がたばこ煙の動的挙動に及ぼす影響，*空気調和・衛生工学会論文集*，No.183，pp.59~65，2012.
  - 8) Mazumdar, S., Yin, Y., Guity, A., Marmion, P., Gulick, B., Chen, Q., 2010, Impact of moving objects on contaminant concentration distributions in an inpatient room with displacement ventilation, *HVAC&R Research*,16(5), 545-564.
- 注1) 職場の禁煙対策 WEB 版 (<http://sugu-kinen.jp/>) で「職場における喫煙対策のためのガイドライン，厚生労働省基発第0509001号」より作図したイメージ参照，2015.10.15 参照

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Sihwan Lee
2. 発表標題 Numerical study on energy loss through door open while air conditioner running
3. 学会等名 Roomvent & Ventilation 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李時桓
2. 発表標題 開門冷房におけるエネルギー損失に関する研究（第1報）単一開口における換気量とエアカーテンの熱遮断特性に関する数値的検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李時桓
2. 発表標題 非循環型吹き下ろし式エアカーテンの熱遮断特性に関する数値的検討
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李時桓
2. 発表標題 開門冷房による商店内の温熱環境と熱損失特性に関する研究
3. 学会等名 室内環境学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sihwan Lee
2. 発表標題 Transient Numerical Study on Ventilation Rate across Single-side Opening
3. 学会等名 The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sihwan Lee
2. 発表標題 Optimal Velocity of Non-Recirculating Air Curtain for Single-side Opening
3. 学会等名 The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sihwan Lee
2. 発表標題 Numerical Study on Infiltration Rates by Door Opening on Single-side Opening
3. 学会等名 The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sihwan Lee
2. 発表標題 Numerical Study on Energy Loss by Air-conditioning with Door Open
3. 学会等名 The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sihwan Lee
2. 発表標題 Numerical Study on Energy Loss Through Door Open While Air Conditioner Running
3. 学会等名 Roomvent & Ventilation 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018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
--	---------------------------	-----------------------	----