

〈一般研究課題〉 高齢者の熱中症及びヒートショック予防のための安全
かつ快適な温熱環境形成手段および温熱環境指標の開発
助成研究者 中部大学 横江 彩



高齢者の熱中症及びヒートショック予防のための安全 かつ快適な温熱環境形成手段および温熱環境指標の開発

横江 彩
(中部大学)

Safety and comfortable thermal environment formation means for prevention of heat stroke
and heat shock of the elderly and clues to development of thermal environmental index

Aya Yokoe
(Chubu University)

Abstract :

Based on the actual measurement results of elderly facilities, it was found that elderly people and caregivers possess different PMVs under the same circumstances because the amount of activity and the amount of clothes are different. Since caregivers are psychologically uncomfortable when the amount of activity becomes large, it seems that the air conditioning method using air flow together is preferable. Therefore, subject experiments confirmed what kind of physiological / psychological responses the young person does without feeling of airflow. As a result, in physiological responses, mean skin temperature showed a tendency to decline prematurely when entering the room after the exercise, but there was no difference between the conditions in the Lorenz plot showing the arousal degree. Furthermore, no significant difference was found in the psychological response, and no significant difference was observed in the results of the Kleperin test. Under the experimental conditions in this case, it was found that psychological comfort does not rise much even if air flow is used in combination.

1. はじめに

現在の日本は超高齢化社会であり、高齢者施設の需要も高くその数も増加傾向にある。高齢者施設の温熱環境に関する既往研究は多々ある。室内温熱環境の実態調査^{1)~9)}では、室内温湿度の実態

を把握し、換気と加湿の問題点等を明らかにしている。また、高齢者施設の種類により環境調整方法が異なることや、ヒアリングにより入所者の温熱環境評価を把握した研究¹⁰⁾もある。これらの研究結果より、高齢者施設で必要な知見整備や衛生管理、ひいては疾病予防等につながる対策も考慮可能である。

しかし、高齢者施設には、入所者である高齢者のみならず、介護者である若年者も滞在し、異なる生理・心理反応を有した高齢者と若年者が滞在している^{11)~15)}。両者には、個人の活動量によって、空調に対する要望や適切な温熱環境が異なる可能性があるが、双方に着目した研究は少なく、差¹⁶⁾の通所型高齢者施設について、利用空間の温熱環境とアンケート調査により高齢者と若年者の心理量における差異を見つけた研究がある程度である。一方、高齢者介護環境のにおいについては、介護者からの改善要求が高い。介護者からの改善要求対象となるにおいの種類は、「便臭」「尿臭」「体臭」である¹⁷⁾。これまでにも排泄物臭の対策を検討するために、においの発生特性に関する調査が行われてきた^{18)~20)}。しかし、においの発生は温熱環境と関係すると考えられるが、施設調査において、両者の測定結果ら相互関係についての検討はなされていない。そこで本研究では、温熱環境とも影響すると考えられるにおい環境についても同時に調査を行い、におい環境の実態と温熱環境との相互関係についても調査を行った。

さらに、実験室実験により、屋外から入室という日常的な非定常状態における温熱環境と人体生理・心理反応を明らかにすることで日常的に快適な温熱環境形成要素を探った。

上記、高齢者施設の温熱・におい環境の実態調査により、高齢者と介護者の双方にとって温熱的に快適な施設の在り方を探り、実験室実験で、日常的に快適な温熱環境形成要素探索により人体モデル構築への足掛かりとした。

2. 研究方法

2.1 高齢者施設の実態調査

対象施設は、表1に概要を示す、愛知県春日井市にある施設A(小規模特別養護老人ホーム)と施設B(介護老人保健施設)である。

表1. 対象施設概要

Facility	Building age (year)	Number of storeys	Floor area(m ²)	Number of residents	Number of staffs
A	2009	1	1090	29	26
B	1997	5	4279	97	61

表2. 被験者属性

Season	Name	Body type	Sensitiveness	Gender	Occupation
Summer	A-1	Lean	Neither	F	caregiver
	A-2	Normal	Neither	M	caregiver
	B-1	Normal	Neither	M	nurse
	B-2	Normal	Neither	F	caregiver
Winter	A-3	Lean	Neither	F	caregiver
	A-4	Normal	Neither	M	caregiver
	B-3	Normal	Sensitive to cold	M	therapist
	B-4	Normal	Neither	M	caregiver

施設Aでは居室や脱衣所等10㎡以下は家庭用エアコン各1台、食堂、集会所等はビル用マルチパッケージ型空調方式(室内機4方向天井カセット)複数台を設置している。施設Bでは居室には各1台、廊下や食堂、集会所は複数台ビル用マルチパッケージ型空調方式を設置している。2017年夏期(2017年7月24日～8月8日)と2018年冬期(2017年11月27日～12月11日)に調査を行った。調査は、温熱環境は連続計測と一日計測(施設A：2017年7月28日、2017年12月11日 施設B：2017年8月3日、2017年12月6日)、におい環境は一日計測(温熱環境と同日)を行った。

温熱環境の連続計測では温湿度(TR-72nw,TR-72U,TR-71Ui T AND D)を、一日計測では、さらにCO2濃度(TR-76Ui T AND D)、風速(温湿度計測ポイントにて)、介護者の活動量(HJA-750C OMRON)、臭気分析を行った。測定機器を載せた測定箇所(施設Bは主な測定階1、2階)を図1に示す。一重丸は温湿度計測、二重丸はCO2濃度計測地点である。なお、計測者は各施設の活動量計を付けた介護者を目視し、行動記録を付け、およそ1時間ごとにアンケートを行った。アンケートの内容は、寒暑感(-3非常に寒い～+3非常に暑い)、快適感(-3非常に不快～+3非常に快適)である。対象となった介護者は施設Aでは4名(以下A-1、A-2、A-3、A-4とする)、施設Bでは4名(以下B-1、B-2、B-3、B-4とする)の計8名であった(表2参照)。

におい環境の一日計測では、施設Aでは図1に示す場所にて、施設Bでは図2に示す場所にて、熱線型半導体式ガスセンサ(ARU-02C)による連続測定と、調査員によるにおい評価、アンモニア検知管による測定を30分間隔で行った。また、250L(50Lにおい採取用袋5個)のにおい試料の採取と捕集管(TenaxTA)への採取(1L/minで10Lを4本、20Lを4本の合計8本)を行った。

におい評価項目は、「2段階の容認性評価」「6段階臭気強度評価」「9段階快不快度評価」SD法を用いた「におい質評価」である。また、採取試料については、試験室にて三点比較式臭袋法により、臭気濃度を求め、現地での調査員のにおい評価と同様の評価を行った。臭気濃度については、パネル3名による簡易嗅覚測定法により求め、その他のにおい評価については、パネル8名による評価を行った。パネルはパネル選定試験に合格した21～23歳の男女大学生である。

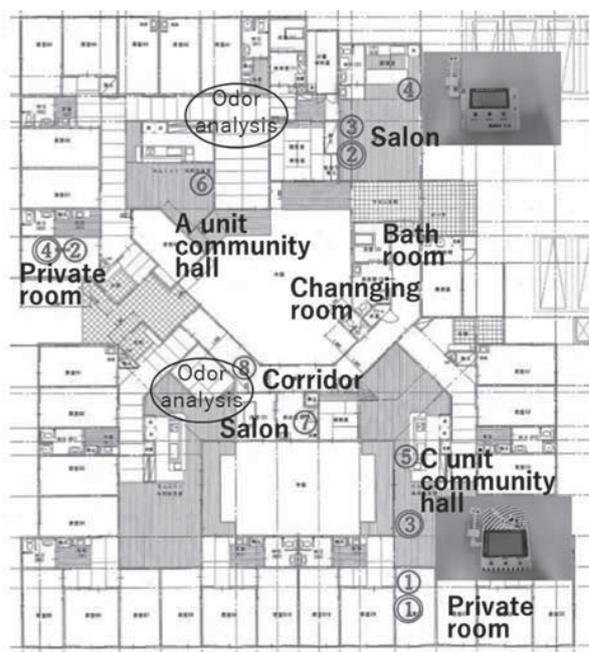


図1.施設A 平面図

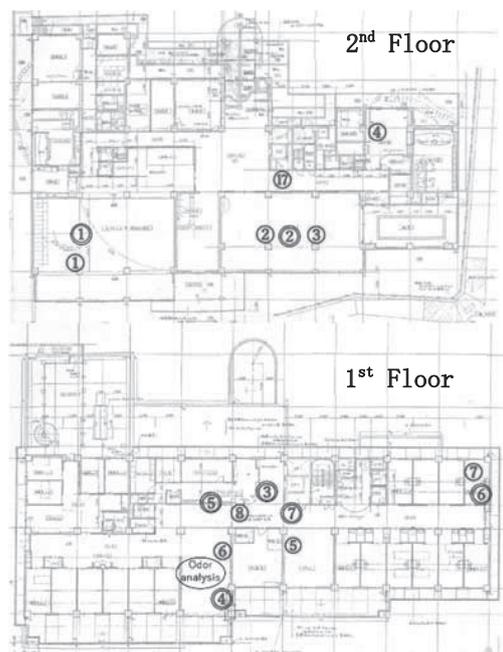


図2.施設B 平面図

においの成分分析については、島津GCMS-QP2010(以下におい嗅ぎGC)と島津GC-14B、島津GC-2014を用いて分析を行った。

2.2 実験室実験

中部大学8号館2階環境実験室内に構築した気流感のない空調システム(図3参照)を用いて被験者実験を行い、システムの有効性を検証した。実験は2017年8月上旬から9月上旬に行った。被験者は若年者10名(大学生男性6名、女性4名)を対象とした。

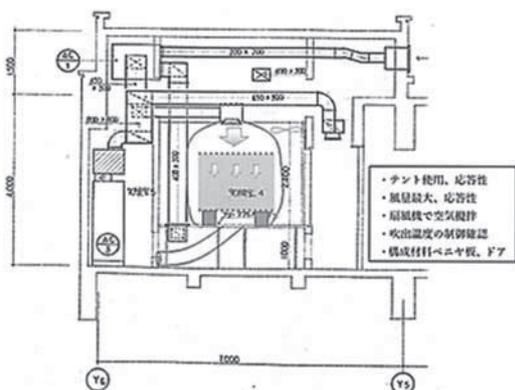


図3.空調システム概要図



写真1.実験風景

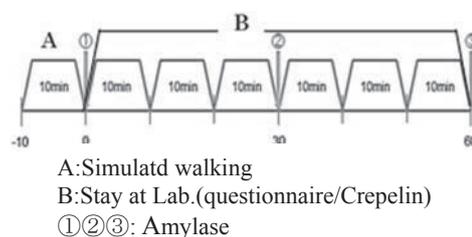


写真2.製作の様子

実験条件を表3、スケジュールを図4に示す。図4に示すAは屋外での歩行を模擬しており、バイクを用いて実験室入室前に10分間行った。実験室入室後は10分間でアンケートとクレペリン検査を行い、これを6回繰り返した。①、②、③時にアミラーゼを測定した。

表3.実験条件

	ConditionA	ConditionB
Air-conditioning method	VAV-1 620-1550CMH VAV-2 740-1850CMH	
Ceiling type		Aluminum perforated metal open area ratio22.8%
Setting temp.	27 degree	



A: Simulated walking
B: Stay at Lab. (questionnaire/Crepelin)
①②③: Amylase

図4.実験スケジュール

表4.測定項目

Item	Measure point	Interval	Equipment	
Physical	Temp.	1.2m on the floor	Thermocouple, Ondotori (TANDD TR-72U)	
	Humidity			
Physiological	Skin temp.	Upper arm, Abdominal, Instep, Hand instep, Thigh, Shin, Head	30s	High precision temperature logger (NK-TC NT-Logger N543)
	R-R	—	—	Heart rate monitor (POLAR V800)
	Amount of perspiration	—	2s	Logger TSDL-HT3, Perspiration meter TPL3520
	Amylase	—	—	Amylase monitor (NIPRO)
Psychological	Comfort etc.	—	—	—
Work load	Crepelin	—	—	—

3. 実験結果

3.1 実態調査

3.1.1 夏期

連続計測時の温熱環境を図5および6に示す。施設Aで室間の温度幅の差が大きかった。同じ居室でも、居室Cと居室Aとではエアコンの使用状況等により温度幅が異なった。高齢者の滞在時間と人数の多い共同生活室では比較的溫度幅も小さく、溫度帯も26～28℃と施設Aの中では低めであり、使用頻度の少ないサロンでは最高34℃の高い溫度が記録された。図7に示すCO₂濃度の結果からも、施設Aでは使用者の滞在状況により空調をON-OFF運転していると考えられる。一方、施設Bでは各室の溫度幅は4℃以内と小さく、その溫度帯も25～27℃と施設Aより低めであった。これは空調を常に運転しているためと言える。

PMVの算出を行った。高齢者の着衣量は、半袖長ズボンを想定した0.8[clo]と、長袖長ズボンを想定した1.0[clo]で、代謝量を1.0[met]に設定した。介護者は、着衣量は半袖長ズボンを想定した0.7[clo]、放射溫度は溫度と等しいと仮定し、温・湿度、風速、介護者の代謝量は測定値を用いた。その結果、高齢者の活動量はほぼ1.0[met]、介護者は1.0[met]以上の活動量を計測しているため、同じ温熱環境下では高齢者のPMVが低くなる。同じ場所にいる介護者と高齢者とでは、活動量の低い高齢者にとっては温熱的に快適である室内温熱環境であっても、活動量の高い介護者にとっては、「暑く」「不快」になる可能性がある。そこで介護者について、PMVと寒暑感、快適感との関係についてA-1とB-2の結果を図8、9に示す。A-1、B-2共にPMVは1.5～2付近でほぼ同程度であるものの、A-1の方が寒暑感で「暑く」快適感で「不快」側を申告していることが分かる。B-2はPMV

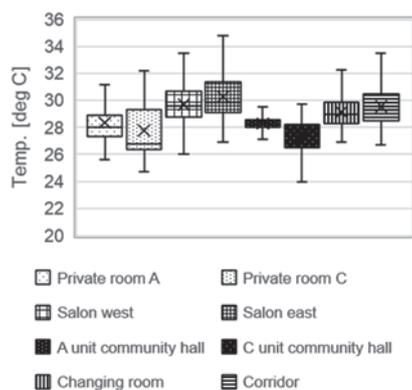


図5.施設Aの溫度分布

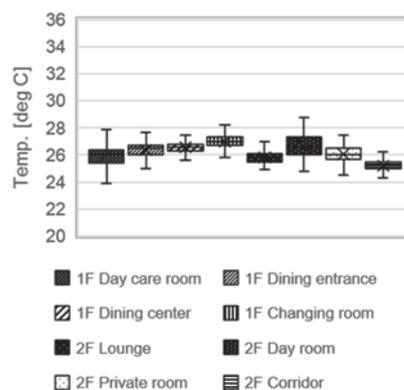


図6.施設Bの溫度分布

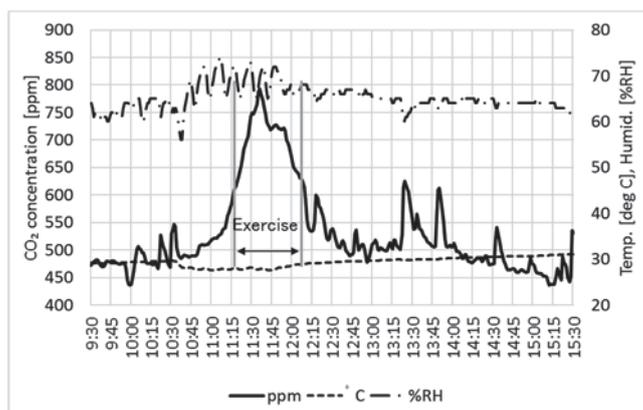


図7.CO₂濃度の経時変化

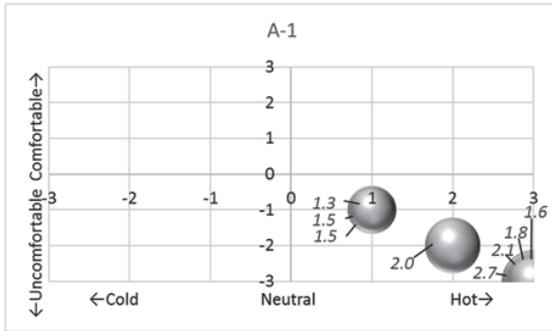


図8.PMVと快適感(A-1)

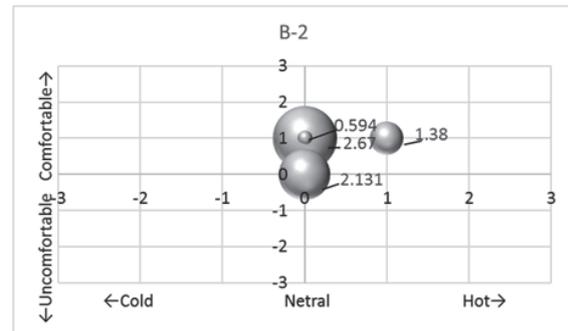


図9.PMVと快適感(B-2)

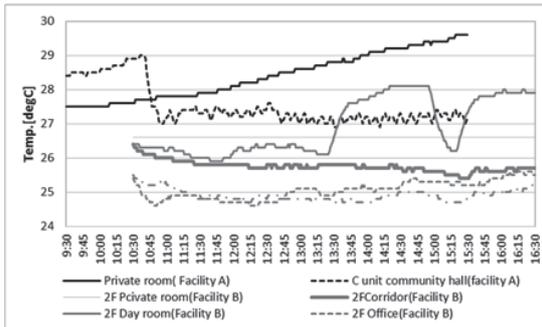


図10.A-1とB-2が主に滞在した室の温度

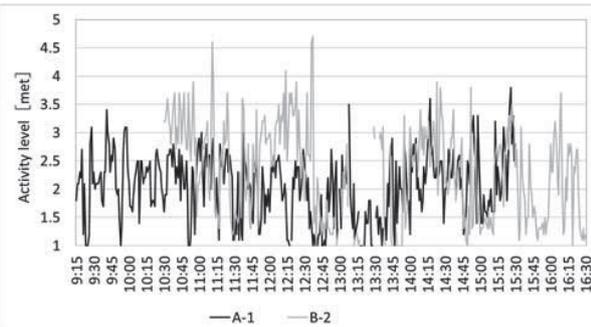


図11.活動量(A-1とB-2)

が2付近であっても「暑い」側の申告を行わなかった。この原因として考えられるPMVを決定する要素である環境側の温度と人体側の活動量について見た。両施設にて一日計測時室温の経時変化を図10に示す。A-1は共同生活室を中心に活動しており温度幅は27℃～29.5℃であった。B-2は2階の活動時間が長く、温度幅は24.5℃～28℃であった。よってA-2はB-2に比べて室温の高い状況で活動していたと考えられる。活動量については図10に示すように一日の活動量はB-2の方が高かった。以上より、算出されるPMVは同程度であったが室温が高い方がより「暑く」「不快」側である可能性が示された。

3.1.2 冬期

冬期の各室間の温度差について、連続計測時における施設Aの共同生活室・廊下・脱衣室の温度差を図11に示す。廊下・脱衣室の最大温度差計測時に着目すると、短期間の間に10℃以上の急激な温度変化にさらされていたことがわかる。一方、図12に示す施設Bにおける2F廊下・1F廊下・脱衣室の温度差を見ると、短期間の間に5℃以上の温度変化に曝されていたものの、施設Aよりは温度差は少なかった。これは、施設Bが空調をON-OFFすることなく24時間暖房していたためと考えられる。東京都福祉保健局は室温17～22℃程度に保持し、室間温度差は5℃以内が望ましいとしており、空調をON-OFFすることで室温が保持できず、室間温度差が生じ健康を阻害する要因ともなりかねないことに注意する必要がある。

高齢者の着衣量は長袖長ズボンを想定した1.0[clo]で、代謝量を1.0[met]に設定した。介護者は、着衣量は高齢者と同じく1.0[clo]、放射温度は温度と等しいと仮定し、温湿度、風速、介護者の代謝量は測定値を用いて、夏期同様PMVを算出した。図13～15に介護者のPMVと寒暑感、快適感との関係を示す。A-3が「暑く」て「不快」と申告しており、A-4が「暑く」て「快適」と申告した。また、B-3はPMVも小さく、「寒く」「不快」側の申告を行っていた。この「不快」の原因について室温と活動量を中心に見た。室温については、B-3は1階ダイケアルームでの滞在時間がほとんどであり、

17～27℃の温度幅であった。活動量は全体的に他の介護者より少なく平均活動量は1.89metであった。以上より、PMVも低く室温と活動量も低かったため得られた結果であった。一方、A-3はPMVが1以下であっても「暑い」側の申告を行い、PMVが2を超えても「快適」側の申告を行った。図16に示すようにA-3とA-4の一日の活動量に大きな違いはなかった。活動場所の温度については図17に示すようにA-3が滞在していたCユニット共同生活室の方がA-4の滞在場所Aユニット共同生活室よりも高めの温度であった。また、申告時の少し前に、活動量の大きな入浴補助・脱衣室の掃除をしていたため、「やや暑い」と申告していたが、移動後の温熱環境は「快適」だと、感じていたためと推測できる。同じ場所に滞在していた高齢者と介護者のPMVを図17,18に示す。同じ温度に暴露されていても活動量が異なるため、高齢者のPMVは低い結果となっている。さらに高齢者は基礎代謝量が少ないこと2)、温度認知が正しくないこと3)、を加味すると、高齢者にとっては不快ではない温熱環境であっても、介護者にとっては「暑く」「不快」な温熱環境となりえる可能性がある。前述した温度履歴による心理量への影響も考慮した上で、介護者には気流を併用する等の工夫が必要であると考ええる。

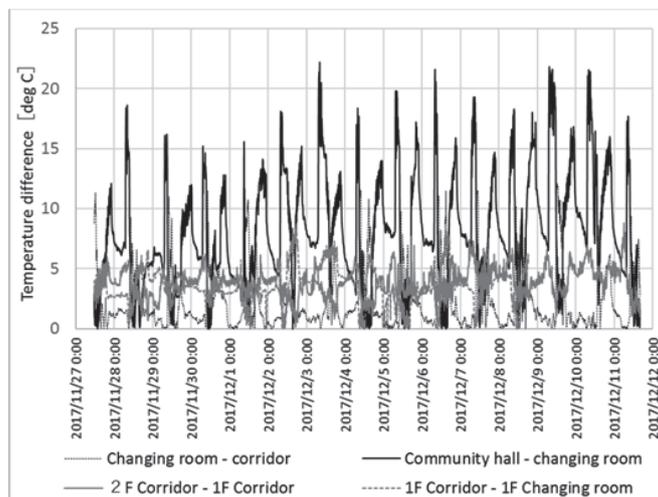


図12.温度差(施設Aと施設B)

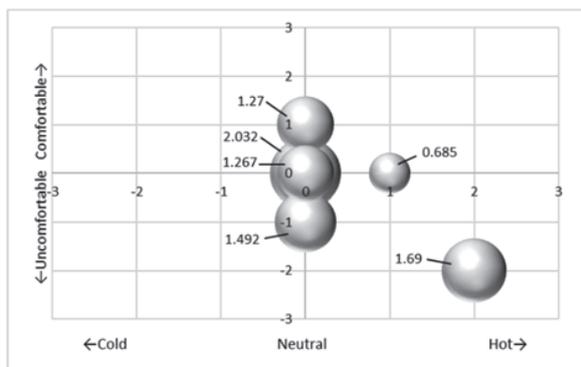


図13.PMVと快適感(A-3)

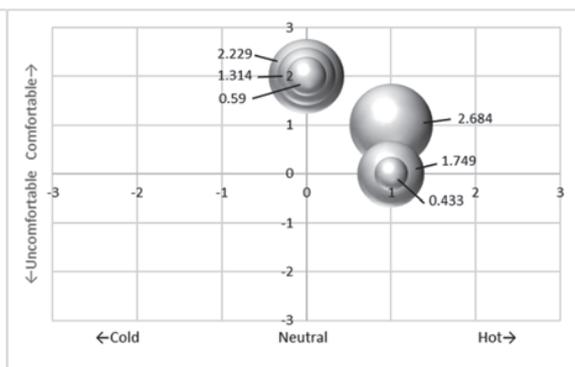


図14.PMVと快適感(B-4)

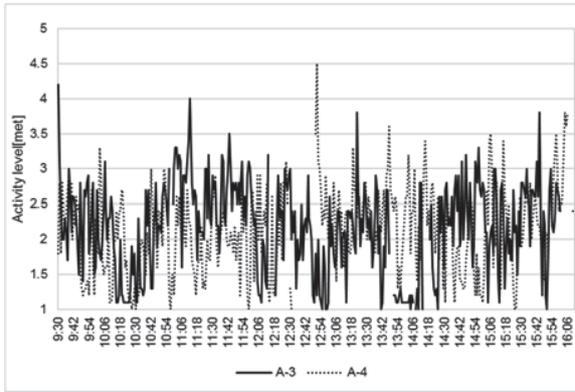


図15.活動量(A-3とB-4)

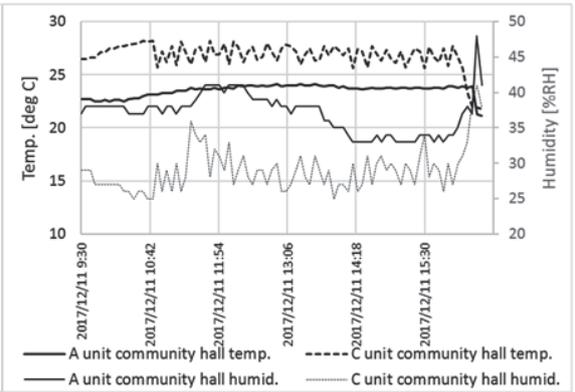


図16.A-3とB-4が滞在した室の温湿度

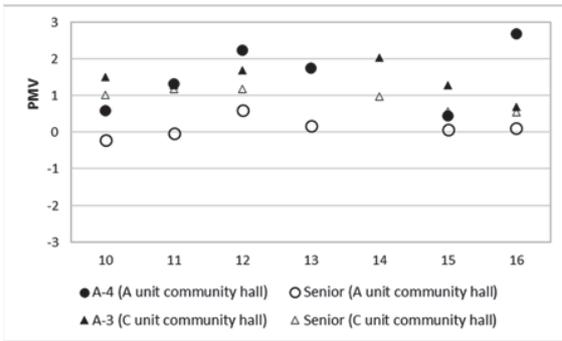


図17.高齢者と介護者のPMV(施設A)

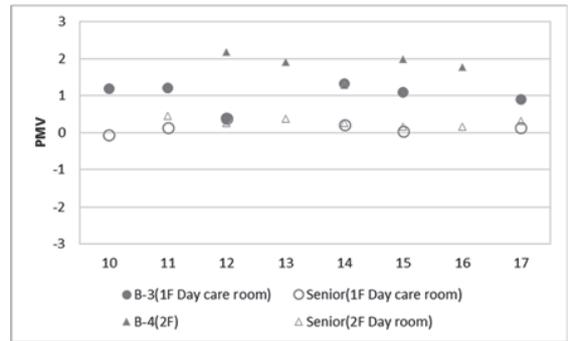


図18.高齢者と介護者のPMV(施設B)

3.1.3におい環境

施設Bではヒト由来の物質が検出され、嗅覚測定法でも汗や体臭に関する項目が出た。これは夏期のみであり、温度の影響が考えられる。図19に臭気強度と快不快度の関係を示す。特に介護者は入浴補助等活動量が高いことで高めの室温設定では発汗し、それが今回の結果になったと考えられる。施設Bでは夏期の室温は施設Aに比べて低いことから、今回測定していない施設Aの他の場所ではヒト由来の物質が検出される可能性も否めない。外訪者にとっては、体臭は不快性が高いと考えられるため、速やかに汗を乾かすような空調による何らかの対策が必要である。

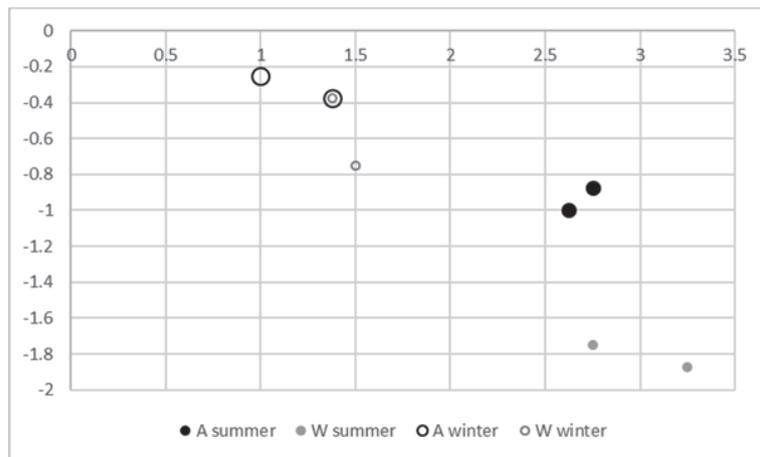


図19.臭気強度と快不快度

3.2 実験室実験

3.2.1 物理量

条件Aの温度の範囲は24～28℃、条件Bの温度の範囲は25.4～32.3℃であった。条件Bの室内温度が設定温度の27℃より高くなってしまったケースがあった。条件Aの湿度の範囲は35～60%、条件Bの湿度の範囲は29～56%であった。

3.2.2 生理量

図20、21に示すように平均皮膚温は条件Aの方が入室後に急激に低下する傾向にあった。しかし、条件Aと条件Bの結果をt検定により検証したが、いずれも非有意であった($p>0.10$)。R-R間隔は測定された心拍情報に図22に示すローレンツプロットを使用して条件ごとに比較をした。ローレンツプロットとは、X軸をRR間隔のN番目をとりY軸にはRR間隔のN+1番目の値をとったものである。このグラフから心拍の前後間でどの程度の揺らぎがあるか判断できる。点の集まっている個所の広がり大きいものほどリラックスしており、さらにその箇所が図の右寄りに位置しているものほどリラックスしていることが分かる。しかし、今回の実験では図22の代表被検者の結果のように、被験者全員が条件Aと条件Bの差がほとんど見られなかった。また、条件Aと条件Bの結果をt検定により検証したが、いずれも非有意であった($p>0.10$)。

3.2.3 心理量

被験者10名の快適感と寒暑感の平均値(標準偏差)を図23、24に示す。心理量は条件Bで不快と申告する被験者が見られた。しかし、条件Aと条件Bの結果をt検定により検証したが、いずれも非有意であった($p>0.10$)。

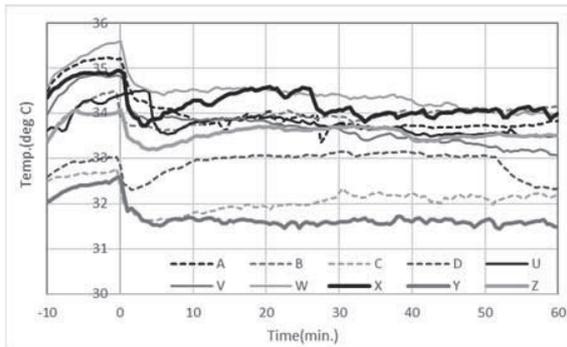


図20.平均皮膚温の経時変化(条件A)

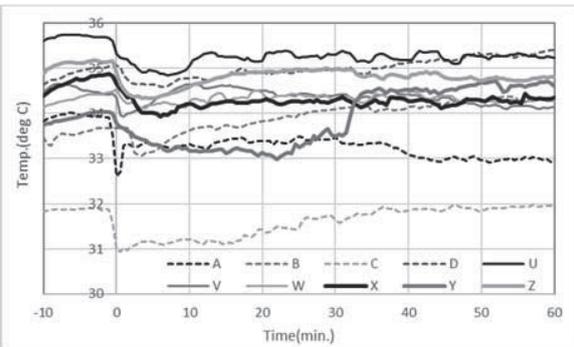


図21.平均皮膚温の経時変化(条件B)

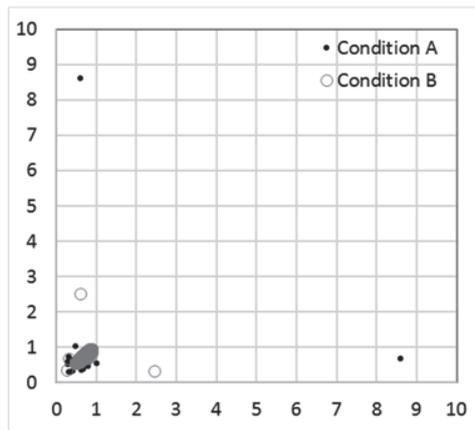


図22.代表被験者のローレンツプロット

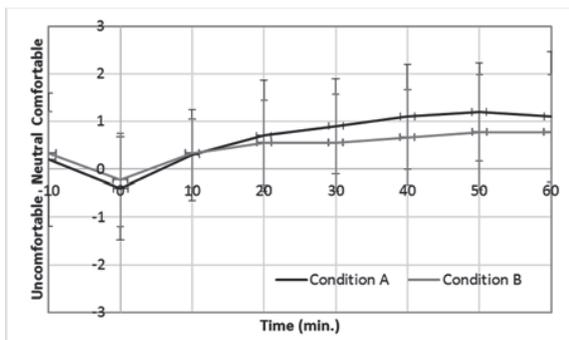


図23.快適感の経時変化

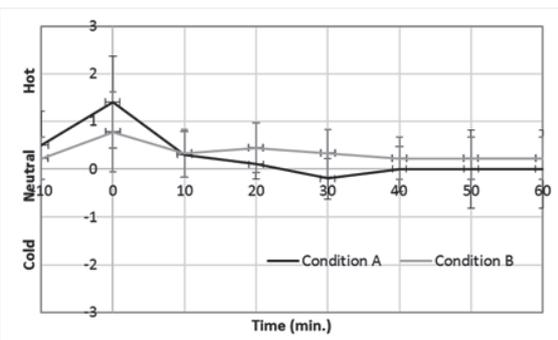


図24.寒暑感の経時変化

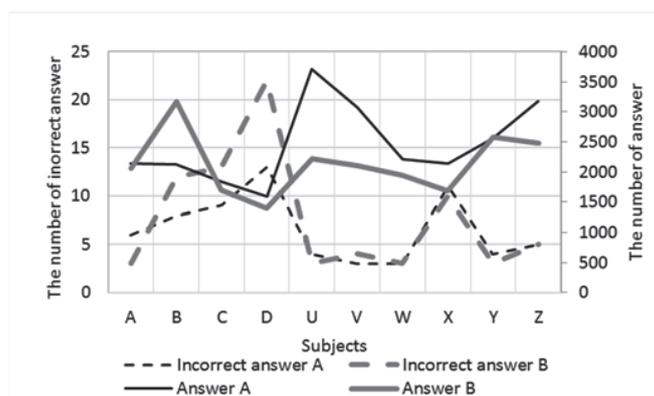


図25.クレペリン検査の誤答数・回答数

3.2.4 作業量

クレペリンによる作業量の測定を行った。クレペリンの結果を図25に示す。条件Aと条件Bの結果をt検定により検証したが、誤答数、回答数ともに非有意であった($p > 0.10$)。

4. まとめ

高齢者施設の実測結果から、高齢者と介護者は活動量や着衣量が異なるため、同じ環境下においても異なるPMVを保有することが分かった。介護者は活動量が大となると心理的に不快となるため、気流を併用した空調方法が好ましいと考えられた。よって、被験者実験により若年者が気流感のあるなしでどのような生理・心理反応を示すか確認した。その結果、生理反応のうち、皮膚温は運動後入室すると気流がある方が早期に低下する傾向が見られたが、覚醒度合いを示すローレンツプロットでは条件間に差がなかった。さらに、心理反応でも有意差は見られず、クレペリン検査の結果も有意差は見られなかった。今回の実験条件では、気流を併用してもそれほど心理的な快適性が上昇することはないということが分かった。

謝辞

本研究遂行にあたり、春日井市にある高齢者福祉施設2施設の職員の皆様には多大な協力を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 飯野由香利, 飯野秋成, 内山剛志: 特別用語老人ホームと老人保健施設の居室における入所

- 者の居住域の温熱環境, 日本建築学会技術報告集, 第16号, pp.197-202, 2002.12
- 2) 開原典子, 林基哉, 金勲, 大澤元毅, 阪東美智子, 小林健一, 本間義規, 巖爽, 菊田弘輝, 羽山広文, 日本建築学会環境系論文集, 第83巻 第745号, pp.267-276, 2018.3
 - 3) 開原典子: 高齢者施設の室内温熱環境の実態, 保健医療科学, Vol.66 No.2, pp.147-153, 2017.3
 - 4) 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦: 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査 その1東北・東海および山陽地域の冬季観測結果の比較, 日本生気象学会雑誌, 第47巻, 第3号, s44, 2010.9
 - 5) 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦: 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査 第2報—瀬戸内地域に建つ某施設について—, 日本生気象学会雑誌, 第47巻, 第3号, s45, 2010.9
 - 6) 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦: 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査 第3報—新潟県魚沼地方の某特別老人ホームにおける室内温湿度—, 日本生気象学会雑誌, 第48巻, 第3号, s80, 2011.9
 - 7) 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦: 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査 第4報—宮城県平野部に建つ某施設について—, 日本生気象学会雑誌, 第48巻, 第3号, s91, 2011.9
 - 8) 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦: 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査 第5報—沖縄県那覇市内に建つ某施設について—, 日本生気象学会雑誌, 第49巻, 第3号, s82, 2012.10
 - 9) 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦: 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査 第6報, 日本生気象学会雑誌, 第50巻, 第3号, s76, 2013.10
 - 10) 飯野由香利, 飯野秋成, 内山剛志: 新潟県内の高齢者居住施設の種類別にみた居室内温熱環境の特性, 日本建築学会技術報告集, 第15号, pp.179-184, 2002.6
 - 11) 徳田哲男, 枋原祐, 梁瀬度子: 環境温度の変化と高齢者の心身諸機能に関する研究, 人間工学, Vol.25, No.4, pp.197-206, 1989
 - 12) 安藤由佳, 藏澄美仁, 堀越哲美: 高齢期人体に対する温熱環境のステップ変化が生理・心理的反応へ及ぼす影響, 人間と生活環境, 19(2), pp.129-136, 2012
 - 13) 榎本ヒカル, 久保博子, 磯田憲生, 梁瀬度子: 加齢による温熱環境の生理・心理反応の違いに関する実験的研究—夏期における気温および気流による人体影響について—, 人間工学, Vol.31, No.2, pp.161-168, 1995
 - 14) 五十嵐由利子, 岩重博文, 宮沢モリエ, 榊原典子, 水野由美, 久保博子, 磯田憲生, 梁瀬度子: 高齢者の温熱環境に関する実態調査(第3報) 高齢者の皮膚温の特性, 日本家政学会誌, Vol.46, No.6, pp.587-596, 1995
 - 15) 大淵律子, 橋本修左: 高齢者の夏季空調への温冷感に関する調査, 日健医誌, 11(1), pp.40-46, 2002
 - 16) 姜燕, 龍有二, 香川治美: 高齢者福祉施設における温熱環境と利用者の心理反応に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第73号, 第624号, pp.191-197, 2008.2

- 17) 板倉朋世, 光田恵, 稲垣卓造: 病院内のにおいに対する看護職員の意識に関するアンケート調査, におい・かおり環境学会誌, 37(6), pp.437-447, 2006
- 18) 板倉朋世, 光田恵: 医療施設における病室内の臭気のレベルに関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 625, pp.327-334, 2008
- 19) 板倉朋世, 光田恵, 棚村壽三: 高齢者のおむつ交換時における排泄物の臭気特性に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 625, pp.335-341, 2008
- 20) 板倉朋世, 光田恵: 医療施設における尿管用排液バッグからの臭気発生量と臭気対策に関する一手法の検討, におい・かおり環境学会誌, 39(1), pp.44-50, 2008

本研究にて発表論文

- 1) 五井奏乃, 横江彩, 山羽基: 介護者と利用者の視点から見た高齢者福祉施設の実態調査、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集・第19号・pp.93-96、2018.3
- 2) 五井奏乃, 長谷川裕梨, 和藤雪佳, 横江彩, 山羽基: 春日井市にある高齢者福祉施設における居住者の滞在空間の温熱環境実態調査、日本建築学会東海支部研究報告集・第56号・pp.333-336、2018.2