

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：55201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560728

研究課題名(和文) 悪臭環境が脳疲労および作業誤認に及ぼす影響に関する研究

研究課題名(英文) Effects of Malodorous Environment on Task Performances and Autonomic Nervous System

研究代表者

山田 裕巳 (Yamada, Hiromi)

松江工業高等専門学校・環境・建設工学科・教授

研究者番号：30610787

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者介護の際の臭気対策が求められている。本研究は、臭気が自律神経系及び行為に及ぼす影響を明らかにしたのちに、改善手法としての香りの体感の可能性を導くことを目的としたものである。研究の結果、体臭成分であるイソ吉草酸環境下において、自律神経指標であるLF/HFに影響がみられ、ストレスの増大が確認された。しかし作業を伴った評価の場合、快適性は影響があったものの、筋電および姿勢に関しては影響がみられなかった。最後に臭気の改善手法としてパルス状の香り体感では快適性が持続する結果が得られた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to examine the effects of malodorous environment on autonomic nervous system and human behavior. First, participants were in different odor conditions in a sitting position. They were subjected to evaluations of subjective evaluation and changes of APG. Next, fatigue-inducing experiment with carrying burden was measured. Results of experiment showed that subjective evaluations of indoor air in malodorous conditions were lower than those in the non-smell condition. Furthermore, changes of LF/HF ratio in the isovaleric acid condition were higher than those in the other conditions. Also, in fatigue-inducing session with carrying burden, a change of LF/HF ratio in the isovaleric acid condition was higher than that in the non-smell condition. However, changes of the motion and myoelectricity of waist were similar under the two different odor conditions. The results showed that the influence of fatigue-inducing session is stronger in the malodorous condition.

研究分野：建築環境工学

キーワード：臭気 疲労 パフォーマンス 高齢者 香り 自律神経 筋電 動作

1. 研究開始当初の背景

近年の住宅構造の変化に伴い、高齢者介護施設の臭気やシックハウス症候群が問題となっている。居住者は多くの時間を住居内で過ごすことから、健康を害さない防除技術の確立が強く求められている。疾病や障害を持つ要支援高齢者の医療福祉施設においては、入居高齢者の快適性向上のみならず、施設職員や家族などの介護者に対する臭気対策が強く求められている。特に、し尿・汚物から発散される臭気に関しては、床面および壁面・天井面への臭気の吸着再放散による長期的かつ深刻な臭気ストレス環境下にあり、換気を導入するなど多くの施設で対策を講じているものの、抜本的な対策には至っていない。このような介護環境は、介護者の長期的な健康状態および作業パフォーマンスに悪影響をもたらすことが懸念される。この臭気環境が疲労および作業パフォーマンスへの影響に関する研究は十分ではないと考える。

またこのような臭気問題の解決方法として、香りを用いる方法がある。既往研究においては、ラットを用いた試験により、緑の香りをストレスの際にかがせることにより、香りを嗅がせなかった群に比較して、有意に疲労が回復していることが実証されている¹⁾。しかし、人は香りに対して順応、すなわち快適性の低下が起こることが示されており、臭気環境の改善のための香りを用いる際には、持続的な快適性を持つ体感方式の検討が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

し尿・汚物から発散される臭気は、長期的なストレスを生じさせる恐れがあり、介護者の長期的な健康状態及び作業パフォーマンスに悪影響をもたらすことが懸念されることから、臭気環境下での自律神経への影響を明らかにする(図1 研究1)。次に、動作および腰部への影響を明らかにする(図1 研究2)。その後、香りの体感方法を変更することで、快適性にどのように影響するかを明らかにする(図1 研究3)。以上の研究を通じて、臭気が自律神経系及び行為に及ぼす影響を明らかにした後に、改善手法としての香りの体感の可能性を導くことを目的とする。

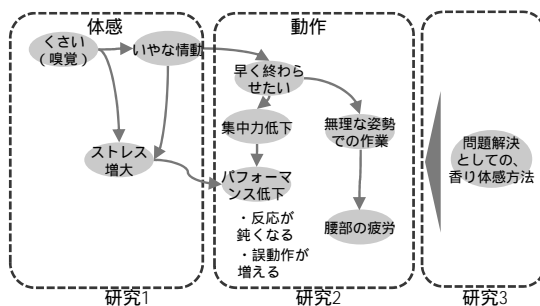


図1 研究の全体像

3. 研究の方法

(1) 悪臭環境での滞在が快適性と自律神経系に及ぼす影響

実験概要

介護時の体臭成分と考えられる「アンモニア」、「イソ吉草酸」を対象として、被験者を悪臭環境及び臭気無し環境下に滞在させ、快適性と自律神経の変動を疲労負荷前後、安静後の時間変動において評価した。

実験条件

実験は、異なる臭気環境(「臭気設定なし」、「アンモニア」、「イソ吉草酸」)を対象として、疲労負荷前後、安静後の自律神経変動・パフォーマンス等を測定した。所定の臭気環境を実現した部屋を被験者が移動することで評価を行った(表1)。被験者12人(男性6人・女性6人)を男女同数となるように午前(Aグループ)と午後(Bグループ)の2つに分け、順序効果に配慮し実施した。アンモニア、イソ吉草酸濃度は、臭気強度2.5程度を目標として設定し、それぞれAグループ1.6[ppm]、0.0012[ppm]、Bグループ1.3[ppm]、0.0016[ppm]であった。実験に伴う疲労を考え、各グループの試験日は1週間程度の間隔を空けた。

表1 実験条件

条件	疲労負荷前	疲労負荷	安静
臭気設定なし	臭気設定なし	←	←
アンモニア	臭気設定なし	アンモニア	臭気設定なし
イソ吉草酸	臭気設定なし	イソ吉草酸	←

評価方法

実験手順を図2に示す。疲労を負荷する方法として2-back試験を用いた²⁾。これは、PCモニタ上に3秒ごとに表示される記号の一致を判断させ、疲労を負荷するものである。主観評価法は、PCモニタ上の線分上の自由位置に回答する方法を用いた(v-ツール)。パフォーマンスの評価は、PC上に表示される各種タスク(マネキン、座標、Four choice、計算記号、分類規則発見、パターン認識)を用いた³⁾。自律神経系活動は、加速度脈波測定法を用い、LF/HF比を交感神経系活動の指標とした。

疲労負荷前		疲労負荷		安静		
p-ツール	休息	移動	p-ツール	移動	休息	p-ツール
(15min)	(15min)		(15min)		(15min)	(15min)

▲:自律神経評価(脈波) △:主観評価(v-ツール)

図2 実験手順

(2) 臭気が人の行為および疲労に及ぼす影響
実験概要

介護動作においては、リフティング作業における腰部への負担が指摘されていること

から、精神疲労を付加した状況下で悪臭環境下もしくは臭気無環境下でリフティング作業に相当する運搬試験を行い、主観評価・自律神経系指標・動作の変化を測定した。

実験条件・手順

実験は、臭気の有無の2空間において作業を実施し、作業行為・疲労感を評価した。被験者4人(男性のみ)を対象として、2013年12月15日に実施した。異なる臭気環境条件での疲労負荷試験を20分間の休憩をはさみ2回実施した。順序効果に配慮し、被験者a、cは臭気無条件から、被験者b、dは臭気有条件から開始した(表2)。対象臭気は、イソ吉草酸(濃度0.0011ppm)を用いた。

実験手順を図3に示す。作業空間において疲労を負荷し、その後安静にする。疲労負荷前後に主観評価・加速度脈波の測定を行った。

表2 スケジュール

被験者	実験条件 (1回目→2回目)	実験時刻
a	臭気無→有	9:00~11:00
b	臭気有→無	11:30~13:30
c	臭気無→有	14:00~16:00
d	臭気有→無	16:30~18:30

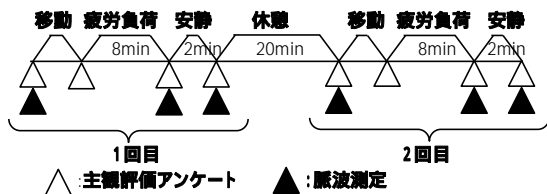


図3 実験手順

運搬試験(疲労負荷試験)

作業は、2-back試験を加えた運搬試験とした⁴⁾。PCモニタ上に6秒おきに呈示される記号を読み、現在呈示されている記号と2つ前に呈示された記号の一致を判断した上で、一致している場合、5kgの荷物を「右」に、不一致の場合「左」に動かすものである。8分間にわたって、これを実施させ精神疲労を付加した疲労を付加した。

評価方法

実験は運搬試験にあわせて、筋電・姿勢・問診票を用いた快適性などの評価・自律神経系評価として加速度脈波を用いた。

筋電は、疲労負荷試験時の腰への負荷を0.01秒毎に測定した⁵⁾。姿勢評価は荷物を持つ際の肩-腰-膝の角度を θ_1 、腰-膝-踝の角度を θ_2 とし、被験者の動作を横からビデオ撮影し、1分毎の静止画から評価した。主観的評価は、VASを用いて、線分上の自由な位置に回答させた。また加速度脈波から得られる低周波成分(LF)と高周波成分(HF)を算出し、LF/HFを交感神経系活動の指標とした。

(3)香りのゆらぎが快適性に及ぼす影響

実験概要

木の香りの成分である α -ピネンによる疲労軽減効果が明らかにされている。嗅覚は、一定濃度のおいを嗅ぎ続けることにより、そのおいに慣れてしまう「順応」が知られているため、においの濃度を変動させ体感させるパルス状を設定し、連続体感及びパルス状体感の条件の違いによる快適性を評価した。

実験条件・手順

実験は、桧の香りを対象とし、図4に示す様に、香りを体感しない(以下、「発生なし」)、香りを体感させ続ける(以下、「連続発生」)、5分間体感、5分間無臭を3回繰り返す(以下、「パルス55」)、5分間体感、2分間無臭を3回繰り返す(以下、「パルス52」)の4条件で実験を行った。

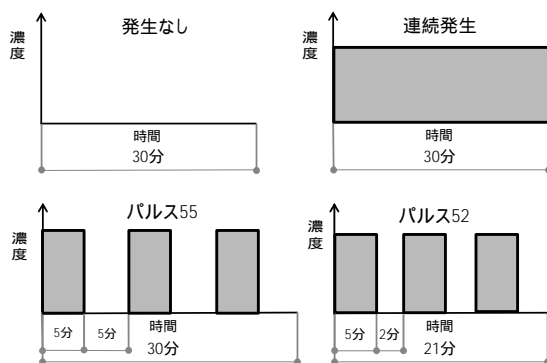


図4 実験条件

実験は被験者6名(男性5名・女性1名)を3名2グループに分け、順序効果に配慮し実施した(表3)。

事前に実験内容や実験作業の説明のためのガイダンスを設け、その後8日間にわたって実験を行った。実験時間は約1時間である。実験手順を図5に示す。体感中は、30秒毎に臭気強度・快適性評価を行った。

表3 スケジュール

	A	B
1日目	ガイダンス 「発生なし」	ガイダンス 「パルス52」
2日目		
3日目	「連続発生」	「パルス55」
4日目		
5日目	「パルス55」	「連続発生」
6日目		
7日目	「パルス52」	「発生なし」
8日目		

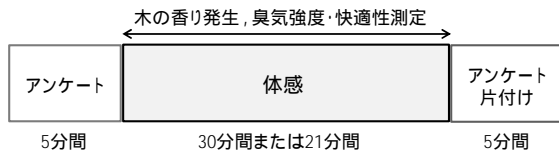


図5 タイムスケジュール

評価方法

実験は実験手順に従い、評価手法としてV-ツールによる臭気強度・快適性評価を用いた。V-ツールは図6の様に臭気強度を6段階、快適性を9段階で図の線上の自由な位置に記入するものである。

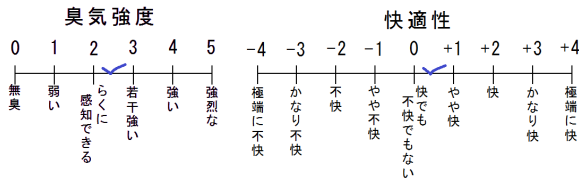


図6 臭気強度・快適性評価項目

4. 研究成果

(1) 悪臭環境での滞在が快適性と自律神経系に及ぼす影響

快適性への影響

空気質に対する満足度及び受容度を図7に示す。「臭気設定なし」に比較し、「アンモニア」と「イソ吉草酸」は、実験空間に入室後に有意に不満足の申告となった($p < 0.01$)。受容度に関しては、「アンモニア」はどちらでもないとなったものの、「イソ吉草酸」は、入室後強い不快感を感じていたことが分かる。

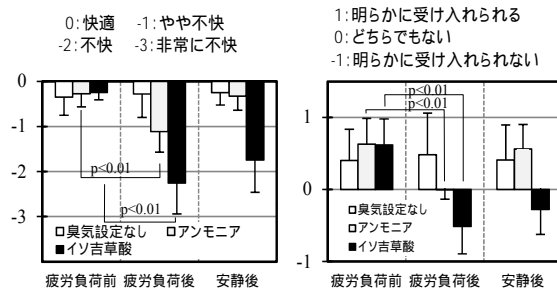


図7 空気質に関する快適度・受容度

パフォーマンスへの影響

図8にp-ツールを用いた疲労負荷前後の平均問題数の差を示す。パターン認識課題を除き「臭気設定なし」、「アンモニア」とも疲労負荷後に解いた問題数は、疲労前の問題数に比較して増加した。これは慣れによるものと考えられた。しかし、「イソ吉草酸」では問題数が減少しており、作業パフォーマンスの低下傾向が示された。

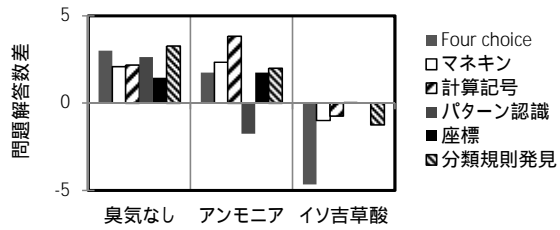


図8 問題解答数差(疲労負荷後 - 疲労負荷前)

自律神経系への影響

疲労負荷前後及び安静後の LF/HF 比の結果から、各条件とも疲労負荷後には LF/HF 比が増大する傾向を示した(図9)。「イソ吉草酸」で疲労後、有意に上昇しており($p = 0.032$)、ストレスの上昇が確認された。また、安静後においては、「イソ吉草酸」条件は、他の条件に比較して下降しにくい傾向を示した。

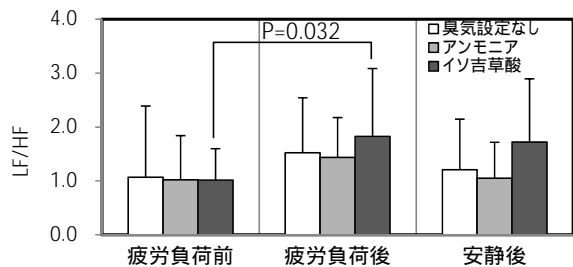


図9 疲労負荷前後、安静後の LF/HF (平均値+標準偏差)

実験の結果、悪臭環境は被験者の心理・生理に影響を及ぼすことが分かった。特に「イソ吉草酸」条件は、独特の臭気による低い受容度から集中力を欠いた環境となり、作業性に影響したことが推定された。

(2) 臭気が人の行為および疲労に及ぼす影響

腰部筋電への影響

被験者 a, d の運搬試験中の腰部筋電範囲の別による時刻変動を示す(図10)。臭気条件に関係なく、0.005~0.010[mV]の範囲が最も高く、臭気条件の違いによる筋電の傾向に影響がみられない。

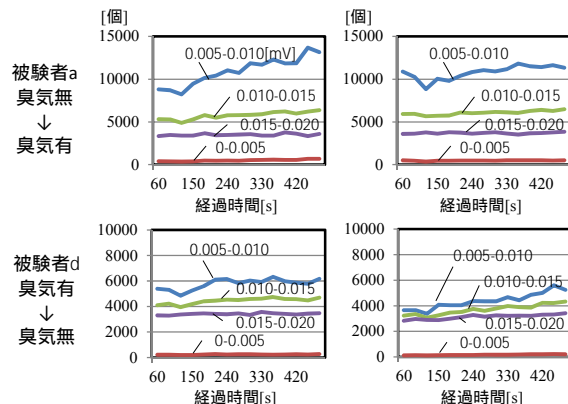


図10 腰部筋電頻度変化(被験者 a, d)

姿勢への影響

01 (腰角度)、02 (膝角度) の 1 分毎の全被験者の平均角度を図 11 に示す。ほぼ同様の傾向を示し、臭気条件による違いは見られない。

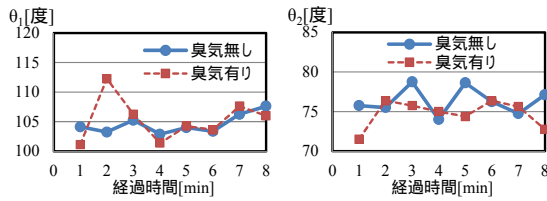


図 11 関節角度の時間的変化

快適性への影響

ストレスは、移動後直後から臭気有り条件において高い傾向を示した(図 12)。快適性は、移動後・安静後に比較して疲労負荷後が低い値を示し、臭気環境下での作業が快適性を更に損なう恐れがあることを示した。

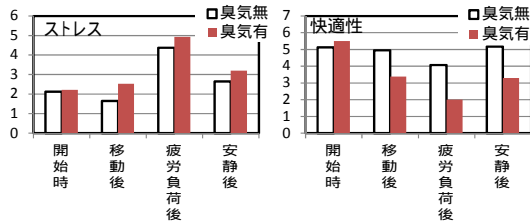


図 12 疲労感・快適性の変化

自律神経系への影響

全被験者の LF/HF の変化の差の平均を図 13 に示す。臭気有条件では、疲労負荷後、安静後に強く増大する傾向を示した。

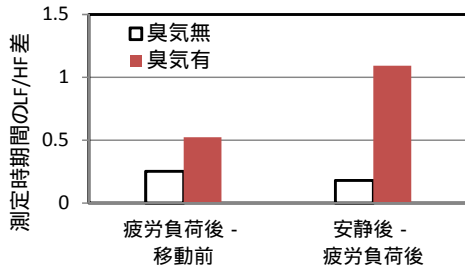


図 13 各期間の LF/HF 差

筋電・姿勢は臭気条件の影響より、作業の慣れに依存する傾向が読み取れた。これは作業負荷の影響の強さを示している。一方で快適性に関しては、臭気環境下での作業が快適性をより低下させたことから空気環境の重要性が示唆された。

(3) 香りのゆらぎが快適性に及ぼす影響

臭気強度・快適性評価の結果

臭気強度・快適性評価の結果を図 14 に示す。この結果、香り発生停止後も、一定時間は臭気強度が残るが、快適性はほぼ 0 になることが分かった。また、連続発生の場合、一定時間経つと快適性がほぼ 0 になったが、パ

ルス間隔によらず、パルスの場合は快適性を長時間維持出来ることが判明した。

実験の結果、香りにゆらぎがある方が、快適性をより維持できることが分かった。また香り発生停止後、一定時間は臭気強度が残るが、快適性はほぼ 0 になることが判明した。

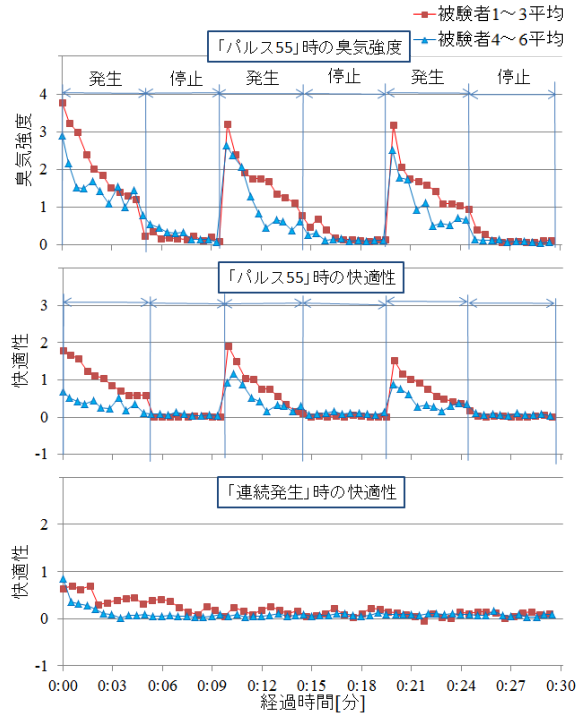


図 14 臭気強度・快適性評価結果

4. 考察

本研究は、臭気が自律神経系及び行為に及ぼす影響を明らかにした後に、改善手法としての香りの体感の可能性を導くことを目的としたものである。臭気が自律神経に及ぼす影響に関しては、イソ吉草酸環境下において脈波を用いた測定法により、自律神経指標である LF/HF に影響が見られた。また、快適性に関して有意に低下していた。一方で、作業を伴った評価の場合、快適性は影響があったものの、筋電および姿勢に関しては、影響がみられなかった。当初臭気環境下での自律神経への影響は「不快さ」という認識が精神へ影響するものと想定していた。臭気環境下における作業は、不快さを伴って、いわゆる「作業が雑になる」ことを想定していたが、結果として作業そのものおよびそれに伴って生じる筋電への影響は見られなかった。これには、2つの理由が考えられた。一点目は実験条件上の問題である。今回の実験は、精神的な疲労を付加した運搬試験であり、PC モニタ上に 6 秒おきに呈示される記号から判断し、5kg の荷物を左右に 8 分間動かせるものである。予備実験により、荷物の重さ、2-back 試験時の提示間隔、実験を継続する時間を設定したものの、この時間が行為や筋電に影響が出るほどの条件でなかったことが考えられた。二点目は、運搬試験と臭気負荷が 8 分間に同時に寄与したのではなく、運搬

試験での負荷が臭気の体への影響に比較して大きく、影響が見られなかったことが原因と考えられた。

次に、臭気の改善手法としてのマスキング方法として、香りのパルス体感による快適性の持続に関しては、5分間の体感中に順応により、快適性及び臭気強度が低下するものの、その後5分間香りのない空気の体感で再び同程度の快適性・臭気強度が発現した。これから快適な香り環境を持続させるための「香り無し」環境の体感による快適性持続の可能性を確認することができた。しかし、本研究では悪臭環境下において木の香りをパルス発生させることによる快適性への影響は明らかにしていない。このため今後は、介護者の作業領域での悪臭対策として、ベッド横で香りのパルス発生装置を用いることによる、常時発生する臭気に対して、不快さを軽減する可能性の検証が必要であると考えられる。

引用文献

- 1)宮崎良文：「森の香り」, フレグランスジャーナル社,1996
- 2) Masaaki Tanaka : Central nervous system fatigue alters autonomic nerve activity , Life Sciences , Vol. 84, 235-239, 2009
- 3) 羽田ら : 室内環境が知的生産性に与える影響 (その 17), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1159-1160, 2007
- 4) Kermit G. Davis, Partitioning the contributing role of biomechanical, psychosocial, and individual risk factors in the development of spine loads, 2003
- 5)山川隆由他：「体幹前屈運動における腰部脊柱起立筋の動作筋電図学的研究」, 甲南病院整形外科, 2000

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計3件)

山田裕巳、林基哉

臭気が人の行為および疲労に及ぼす影響
2014年 室内環境学会、p.42、2014

山田裕巳、林基哉

悪臭環境での滞在が作業性と自律神経系に及ぼす影響 2013年 第37回人間-生活環境系シンポジウム報告集、pp.201-202、2013.11

山田裕巳、田辺新一、森田健

臭気が作業パフォーマンス及び自律神経系に及ぼす影響 2011年 日本建築学会 D-1分冊、pp.127-128、2013.8

6. 研究組織

(1)研究代表者

研究代表者氏名：山田 裕巳

(HIROMI YAMADA)

所属研究機関：松江工業高等専門学校

部局：環境・建設工学科

職：教授

研究者番号：30610787