

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：34428

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26820250

研究課題名（和文）被験者数削減のためのおい評価訓練活用手法に関する研究

研究課題名（英文）Utilization of odor intensity evaluation training method for the reduction of participants

研究代表者

竹村 明久 (Takemura, Akihisa)

摂南大学・理工学部・講師

研究者番号：70584689

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：におい環境評価における臭気強度評価時の個人差の極小化を目的に、「臭気強度評価訓練」がISO等で採用されたが、多様な化学物質の評価にあって、1種類の単一化学物質への評価訓練のみでは不十分と考え、訓練の評価への影響の定量化指標の開発と、それをを用いた様々な臭気を用いた訓練における評価への影響の定量化、そして適切な訓練臭気の探索や、より適切なにおい評価手法の提案を行った。2種の訓練臭気を用いた場合が最も訓練によって評価の精確さ（真度と精度）が高いことがわかった。また、訓練によって評価者が元来有するにおいの心理評価基準を較正することになるため、快・不快度評価にも影響を及ぼす可能性が判明した。

研究成果の概要（英文）：It's not sufficient that participants are trained of odor intensity evaluation with only one chemical material, because there are many materials in the indoor environment. We trained participants with four chemical materials, and two of them were also used in sets. Consequently, we revealed the training with two materials was most accurate in the all cases. However, it was also cleared that the training of odor intensity brought calibration of odor hedonics too. This means the odor intensity training effects on the original evaluation structures of trained participants. Thus trained participants are not suitable for the panel of the psychological experiment to grasp the popular evaluation.

研究分野：建築環境工学

キーワード：臭気評価 評価訓練 快・不快度

1. 研究開始当初の背景

におい環境評価における臭気強度評価時の個人差の極小化を目的に、「臭気強度評価訓練」が ISO 等で採用されたが、多様な化学物質の複合体であるにおいの評価にあって、1 種類の単一化学物質への評価訓練のみでは様々なにおい評価を較正できない可能性が既往研究により判明した。そこで、より詳細な訓練による評価への影響の把握と、より適切な評価訓練の活用方法の模索が、簡易な評価手法の確立、ひいては室内におい環境の向上につながると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、訓練影響の定量化を目標に指標の作成を行うことと、それを用いた単一成分臭気や 2 種の臭気を用いた臭気訓練の影響の比較を行うことを目的として、(1) 訓練を評価するための多数パネル評価を獲得した。(2) 上記を用いて訓練影響を検討したほか、2 種の臭気で訓練を実施した場合についても検討した。評価臭気を複合成分臭気とした場合についても検討した。(3) 訓練影響の定量化のための指標を提案し、その指標を用いて各訓練影響を定量化して最適な訓練手法の検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 訓練目標値とする多人数評価の取得

評価に用いる多人数データ取得のため、本学学生 60 名(平均 21.3 歳：男性 38 名、女性 22 名)を対象に、2014 年 9 月 30 日～11 月 13 日に本学実験室でにおい評価実験を行った。試料臭気は、表 1(1)の 3 種 5 段階の計 15 条件とした。次に、上記と異なる 60 名の本学学生パネル(平均 21.2 歳、男性 46 名、女性 14 名)に対して、2015 年 10 月 6 日から 27 日に本学実験室で、表 1(2)の 3 種のアロマオイルの濃度 5 段階について計 15 条件準備した試料を評価させた。いずれの実験でも、試料は試料採取袋(容量 10L の PET 製)に封入して、ラテン方格に基づくパネルごとに異なる順序で検臭間隔を 1.5 分として提示した。評価項目は、図 1 の通りとした。また、パネルには、それぞれ適切な謝金を支払った。なお、本検討は本学研究倫理委員会の承認を得た。

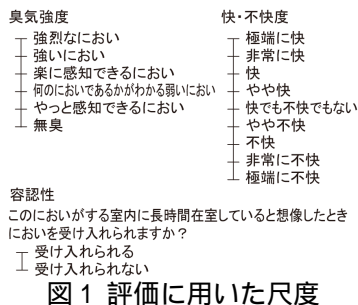


図 1 評価に用いた尺度

表 1 臭気の濃度条件

(1) 単一臭気 3 種

	臭気濃度 [ppm]				
	0.00015	0.0015	0.015	0.15	1.5
acetaldehyde	12.6	42	126	420	1260
acetone	0.087	0.87	8.7	87	870

(2) 複合臭気 3 種

	Dilution ratio from original smell				
	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ²	1
LV	1.3 × 10	1.3 × 10 ²	1.3 × 10 ³	1.3 × 10 ⁴	1.3 × 10 ⁶
OR	1.7 × 10	1.7 × 10 ²	1.7 × 10 ³	1.7 × 10 ⁴	1.7 × 10 ⁶
FR	7.3	7.3 × 10	7.3 × 10 ²	7.3 × 10 ³	7.3 × 10 ⁵

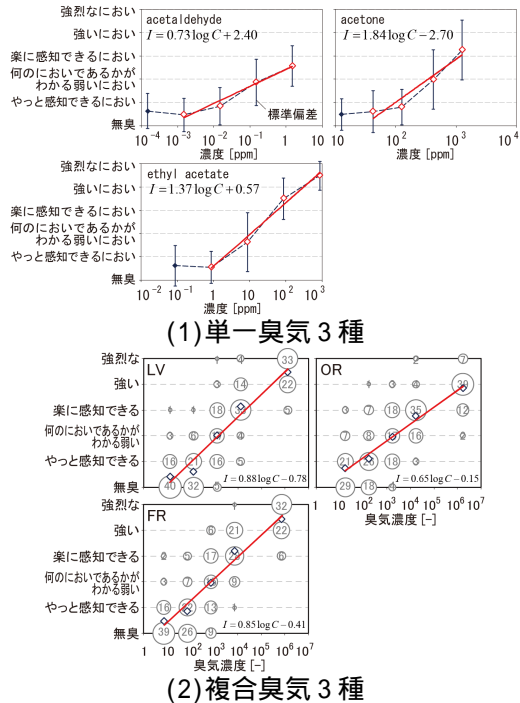


図 2 濃度と臭気強度の関係

実験から図 2 の評価が得られた。それぞれの濃度と臭気強度の関係について、図中の回帰式を算出し、任意の濃度 - 臭気強度関係を把握した。なお、n-butanol と -pinene に関しては、既往研究にて把握した同関係の回帰式を以降の検討で用いることにした。

(2) 様々な臭気の臭気強度評価訓練実験

臭気強度評価訓練の評価への影響把握を目的として、3 実験を実施した。いずれも訓練に用いる訓練臭気と、訓練影響評価のための評価臭気とを設定し、表 2(1)～(3)に示すスケジュールで訓練した。以降、(1)は n-butanol と -pinene 訓練の 2 臭気で訓練した実験、(2)は acetone または acetaldehyde で訓練した実験、(3)は n-butanol または -pinene で訓練した実験を示す。訓練手法は、ISO 16000-30 の訓練手順、またはパネル選定手順方法を応用した手法とし、表 2(1)では各パネル計 6 日間、(2)と(3)では 3 日間実施した。表中(2)、(3)の Q は下式で求められる値で、設定した臭気強度とパネルの回答の偏差

$$Q = \sum_{k=1}^k \frac{\sum_{i=1}^i (X_{ik} - I_k)^2}{i}$$

X : 訓練時のパネル評価
 k : 訓練した尺度語数
 I : 尺度番号
 i : 繰返し回数

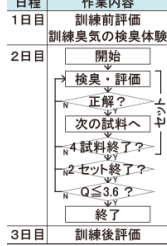
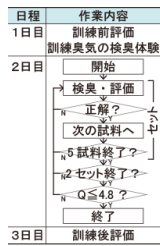
表2 訓練スケジュール

(1) n-butanol と -pinene 訓練

時系列	訓練・評価内容
事前評価	評価臭気5種×濃度3段階
訓練1日目	訓練臭気2種×濃度3段階(評価のみ)
訓練2日目	訓練臭気2種×濃度3段階(訓練)
訓練3日目	評価臭気3種×濃度3段階
訓練4日目	訓練臭気2種×濃度2段階(訓練)※
訓練5日目	評価臭気5種×濃度3段階
事後評価	評価臭気5種×濃度3段階

※3段階の濃度のうち、最小・最大濃度の2条件を使用した。

(2) acetone または (3) n-butanol または acetalddehyde 訓練



を示す。Q 値が一定以下となるまで訓練を繰返した。

訓練臭気には、表3のように各臭気強度尺度語に応じた濃度に調整した臭気を設定した。評価臭気は、既往研究と前項で把握した濃度と臭気強度の関係を基に、表4に示す各濃度条件の臭気を採用した。(3)では、複合化学物質臭を対象とすべく、前項のアロマオイルを含めた条件とした。評価尺度は(1)と(2)の検討については図1と同様とした。(3)については、ISO 16000-30の容認性尺度も加えて評価させた。また、(1)では本学学生10名(平均20.6歳：男女5名ずつ)に、2014年11月6日～12月2日に本学実験室にて室温17.0～25.0、湿度23～61%の条件下で実施した。(2)では2種の訓練臭気にそれぞれ本学学生10名ずつ(20～22歳：男女5名ずつ)のパネルを割り当て、2015年10月27日～11月26日に本学実験室にて室温21.7～26.4、湿度30～63%の条件下で実施した。(3)では2種の訓練臭気にそれぞれ20名(n訓練群：21～22歳、男16・女4、訓練群：21～23歳、男14・女6)の本学学生パネル計40名に、2016年10月18日～11月17日に本学実験室にて室温18.1～28.3、湿度21～63%の条件下で実施した。いずれのパネルも嗅覚検査合格者で、実験参加者には適切な謝金を支払い、本学研究倫理委員会の承認を得た。

4. 研究成果

n-butanol と -pinene の2臭気で訓練を行う実験から、図3に示す訓練前後の臭気強度評価が得られた。横軸が訓練前後、縦軸が臭気強度を示し、円の面積で度数、プロットで平均値を示した。図中の水平実線は非訓練パネル60名の評価の平均値で、縦方向の破

表3 訓練臭気の設定濃度

(1) n-butanol と -pinene 訓練

臭気強度尺度語	n-butanol	α-pinene
やっと感知できるにおい	0.17	0.14
何のにおいであるかがわかる弱いにおい	3.40	263
楽に感知できるにおい	70	[ppm]

※網掛けは、訓練3～5日目にも使用した条件を示す。

(2) acetone または acetalddehyde 訓練

臭気強度尺度語	J	acetone	acetalddehyde
やっと感知できるにおい	1	100	0.012
何のにおいであるかがわかる弱いにおい	2	360	0.28
楽に感知できるにおい	3	1300	6.6
強いにおい	4	4400	150

(3) n-butanol または -pinene 訓練

臭気強度尺度語	J	n-butanol	α-pinene
やっと感知できるにおい	1	0.14	
何のにおいであるかがわかる弱いにおい	2	6.0	0.17
楽に感知できるにおい	3	260	3.4
強いにおい	4		70

表4 評価臭気の設定濃度

(1) n-butanol と -pinene 訓練

n-butanol	α-pinene	acetalddehyde	acetone	ethyl acetate
0.51	0.1	0.015	126	8.7
5.1	1	0.15	420	87
51	10	1.5	1260	870

(2) acetone または acetalddehyde 訓練

acetone	acetalddehyde	n-butanol	α-pinene	ethyl acetate
42	0.0015	0.038	0.018	0.87
126	0.015	0.114	0.054	2.61
420	0.15	0.38	0.18	8.7
1260	1.5	3.8	1.8	87
4200	15	38	18	870

(3) n-butanol または -pinene 訓練

臭気強度[ppm]		臭気濃度[-]		
n-butanol	α-pinene	OR	FR	LV
0.038	0.018	9.8	6.3	1.3x10
0.11	0.054	9.8x10	6.3x10	1.3x10 ²
0.38	0.18	9.8x10 ²	6.3x10 ²	1.3x10 ³
3.8	1.8	9.8x10 ⁴	6.3x10 ⁴	1.3x10 ⁴
38	18			1.3x10 ⁶

線範囲は ISO 16000-30 の訓練手法における全体の67%程度が収まるべき範囲(コア領域)で、ここでは非訓練パネル60名の評価の標準偏差の範囲とした。一点鎖線範囲は同ISOのリム領域で、ここでは標準偏差の2倍の範囲とした。訓練影響の判断基準として、10名中6～7名がコア領域内、かつ1名以内がリム領域外にある場合にのみ訓練成功(図中*)とした。

n-butanol と -pinene では、訓練後に全濃度条件でOK判定だった。acetone では、1260ppm条件以外でOK判定だったが、1260ppm条件でも訓練前より平均値が目標値に近づく傾向にあった。acetalddehyde では、1.5ppmでのみOK判定だった。0.15ppmでは訓練前より平均値が目標から離れる傾向が見られた。ethyl acetate は訓練前からOK判定だった。

図4と図5に、acetoneおよびacetalddehyde訓練前後の濃度-臭気強度関係について示す。横軸は濃度、縦軸は臭気強度で、円の面積が評価の度数、プロットは平均値、実線分が平均値の最小二乗法に基づく回帰線、点線分は非訓練パネル60名より得た濃度-臭気

強度関係（以下、訓練目標値）である。訓練前後の回帰線の傾きは、多くの評価臭気で訓練前より訓練後が大きいの。訓練によって、濃度の差異をより大きな臭気強度の差で表現する傾向にあったといえる。詳細に傾向を見ると、図4のacetone訓練群では、acetone、

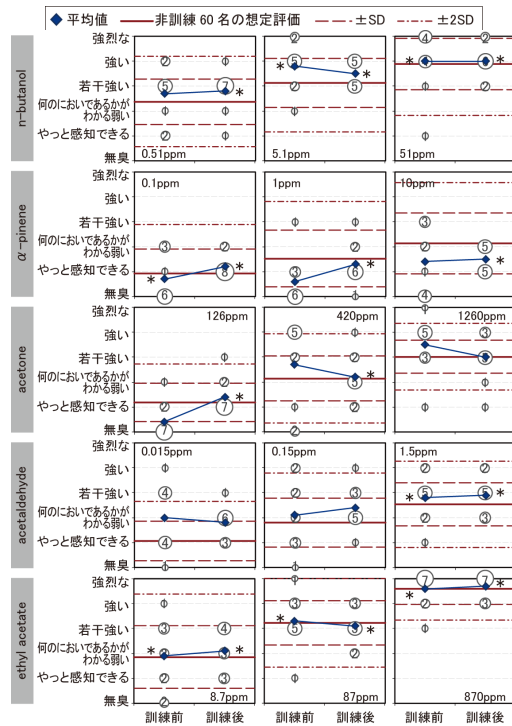


図3 n-butanol と α -pinene 訓練前後の評価の比較

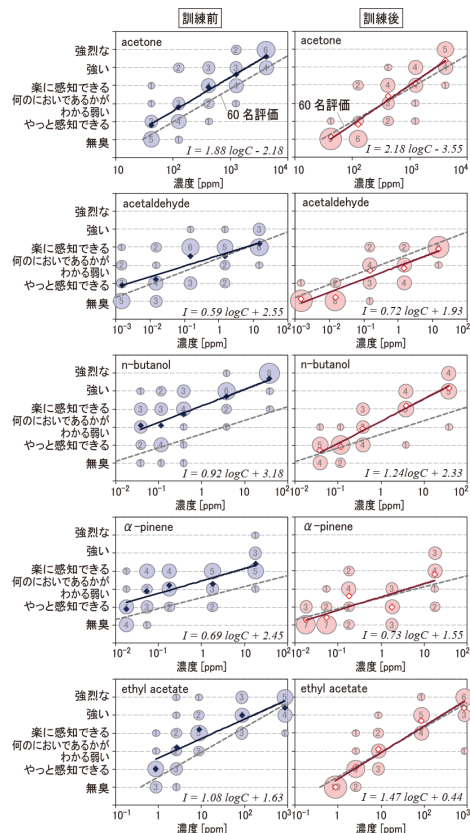


図4 acetone 訓練前後の評価の比較

-pinene、および ethyl acetate で訓練後の方が訓練前より訓練目標値に近く、評価の分布も小さい。acetaldehyde は、訓練前には訓練目標値に近かったが、訓練後はやや訓練目標値より低い評価だった。一方で、回帰線の傾きは訓練目標値に近付き、評価の分布も小さくなった。n-butanol は、全体的に評価の分布が小さくなり、低濃度評価は訓練目標値に近付いたが、高濃度評価は訓練前のままで訓練目標値との差異が見られた。図5のacetaldehyde 訓練群では、acetaldehyde で訓練前より訓練後の方が回帰線が訓練目標値に近く、評価の分布も小さかった。-pinene と ethyl acetate では、訓練前に既に訓練目標値に近い傾向だったが、いずれも訓練後には評価の分布が小さく、傾きが大きかった。acetone では、訓練前に訓練目標値に非常に近い傾向であったが、訓練後には傾きはほぼ変わらずにやや全体の評価が高く、評価の分布が小さかった。

n-butanol では、訓練後には傾きはほぼ変わらず、やや全体の評価が高い傾向にあった。

図6に、n-butanol および α -pinene 訓練前後の濃度と臭気強度との関係について示す。横軸はn-butanol と α -pinene が評価臭気については濃度で、OR、FR、LVについては臭気濃度で示した。縦軸は臭気強度で、円の面積が評価の度数分布、プロットは平均値、実線分が訓練目標値である。また、図は評価対象臭気ごとにまとめ、上段はn-butanol 訓

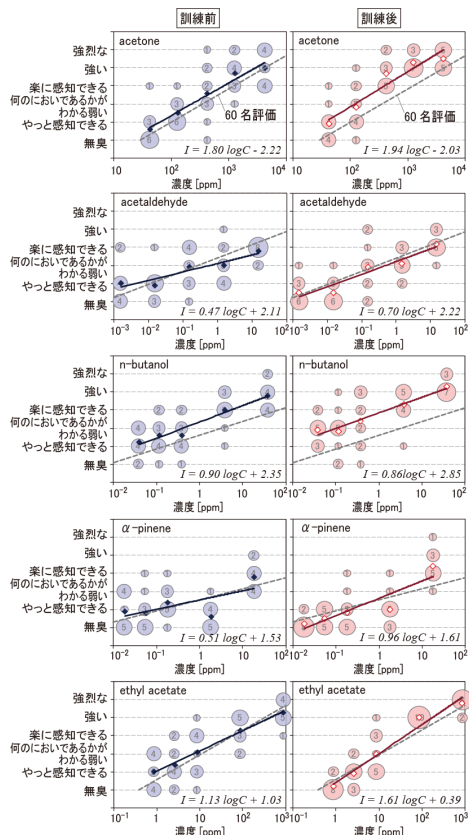


図5 acetaldehyde 訓練前後の評価の比較

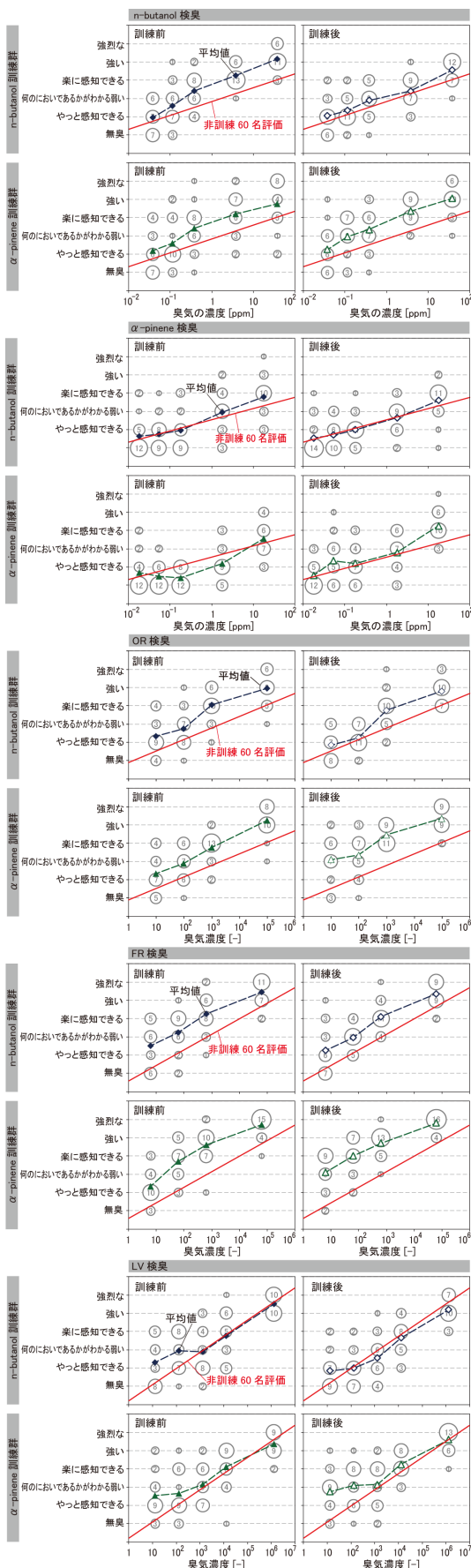


図6 n-butanol および α -pinene 訓練における訓練前後の評価の比較

訓練群(n訓練群) 下段は α -pinene 訓練群(訓練群) の評価であることを示す。

訓練前後の評価傾向を比べると、n 訓練群は n-butanol 評価では訓練後に平均値が訓練目標値に近づいた。 α -pinene 評価では、訓練前から平均値が訓練目標値に近く、訓練前後差は見られなかったが、ばらつきの縮小が見られた。OR と FR 評価は平均値がわずかに訓練目標値に近付いた。LV 評価は低濃度以外で平均値が訓練前から訓練目標値に近かったが、訓練後に低濃度の評価が訓練目標値に近付いた。訓練群は n-butanol 評価では平均値に影響は見られなかったが、ばらつきが縮小した。 α -pinene 評価では、平均値は訓練後に訓練目標値に近付いた。OR と FR 評価では訓練後の方が平均値がわずかに訓練目標値から離れた。LV 評価でも平均値は訓練の影響が小さかった。一方で、単一化学物質と、複合化学物質との評価臭気間での傾向差は見られなかった。

以上の定性的な訓練影響の把握のみでは不十分と考え、下式による訓練影響の定量化を試みた。D 値は、パネルの評価と訓練目標値である非訓練多数パネル評価との平均偏差で、D 値が小さいほど、平均値が訓練目標値に近く、かつばらつきが小さいことを示す。代表値の真度の高さのみならず、評価精度の向上も含めて評価できる。

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X}_{60})^2}{n}}$$

X_n : パネルの評価値
 \bar{X}_{60} : 訓練目標値
 n : パネル数

図7に、前述の3実験で共通して用いた2評価臭気の場合について、訓練後のD値を比較した。訓練後のD値を選択した理由は、訓練後評価が訓練前のパネルごとに異なる多様な評価傾向を較正した後の一般評価に近づいた評価傾向であるとみなしたため、訓練影響に関して、訓練前の評価傾向への依存が比較的小さく、複数の訓練実験結果間の比

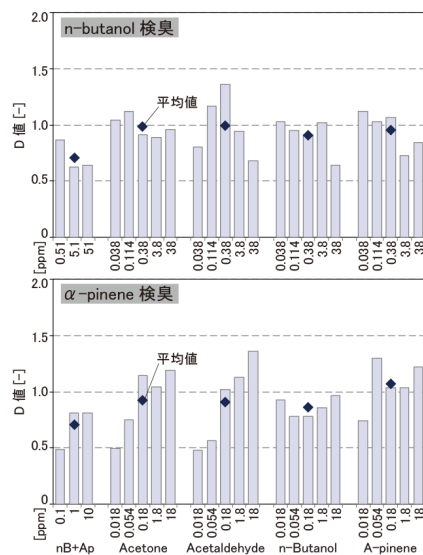


図7 訓練後D値の比較 (評価臭気 n-butanol、 α -pinene の場合)

較が可能と考えた。横軸は、訓練臭気の種類と評価時の評価臭気の濃度を示す。縦軸は訓練後のD値である。

濃度とD値の係に、濃度が高いほどD値の高低があるなどの相関は見られなかった。訓練臭気間の比較では、2臭気での訓練の場合に、両評価臭気とも訓練後D値の平均値が他の1種の訓練臭気の場合より低く、訓練には複数種の臭気を用いることが有効である可能性が示された。また、1種の訓練臭気のみで比較すると、n-butanol 訓練の場合に2臭気とも訓練後D値が低く、訓練用途に適した臭気である可能性がある。acetone や acetaldehyde 訓練では、訓練に用いたのと同じの評価臭気で訓練影響が最も大きく表れる傾向が見られたが、-pinene 評価で -pinene 訓練群の平均D値が最大であるなど、評価臭気と訓練臭気の関係は臭気種ごとに異なることがわかった。

以上が主たる検討結果であり、D値の提案によって訓練影響の定量化を図れた。一連の本研究の中では、臭気強度評価訓練がにおいの快・不快度評価に及ぼす影響についても検討を実施し、臭気強度評価訓練を行うことによって、評価者が本来有するにおいの快・不快度評価に影響を及ぼす可能性が示唆された。このことから、一般的多数評価を欲する消費者評価が必要な場合などに、訓練済みパネルを参加させるべきではないなどの配慮が必要になる可能性があることがわかった。また、非容認率の評価尺度については、図8のような日本建築学会規準の尺度と、のISOで示された尺度(厳密には準じて作成した尺度)とが存在する現状にあるが、両者の評価傾向について、前述の実験時に合わせてパネルに評価させて尺度間比較を実施した。その結果、尺度に関しては、これまで通り評価が二項分布に近い傾向にあり、ロジットモデルを用いた近似がよく合ったのに対して、尺度については、評価の分布形状が中庸の「どちらかといえば～」付近にもピークを持つことが確認され、一概に平均値等で代表値を設定することが妥当ではない可能性が示された。これに関しては、臭気強度評価訓練とは直接的に関連は薄い、容認性評価は室内におい環境を判断する上で非常に重要な項目であり、また、ISO 16000-30で提示された尺度が、今後JISに導入される可

容認性
このにおいがする室内に長時間在室していると想像したときにおいを受け入れられますか？

① 受け入れられる ├ 受け入れられない	② 受け入れられる ├ どちらかと言えば受け入れられる ├ どちらかと言えば受け入れられない ├ 受け入れられない
-------------------------	--

図8 2種の容認性尺度

能性が高いことから、この尺度を用いた評価値の取扱いには注意を要することを明らかにできた点で有意義だった。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計9件)

竹村明久, 臭気強度評価に繰り返し訓練が及ぼす影響 その6 訓練臭気間の評価への影響の比較, 日本建築学会大会投稿済, 2017

竹村明久, においの容認性評価における強制二者択一尺度と線分尺度の比較, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第57号 環境系投稿済, 2017

竹村明久, 濃度をパラメータとしたアロマ精油のかおり評価特性(その2) 閾値測定と回帰モデルに基づく心理評価傾向の把握, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.93-96, 2016

竹村明久, 臭気強度評価に繰り返し訓練が及ぼす影響 その5 Acetone 及び Acetaldehyde を訓練臭気とした場合の評価への影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, pp.633-634, 2016

竹村明久, 臭気強度評価に繰り返し訓練が及ぼす影響(その4) 臭気強度-快・不快度関係に及ぼす影響, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第56号 環境系, pp.101-104, 2016

竹村明久, 中村昂貴, 濃度をパラメータとしたアロマ精油のかおり評価特性(その1) 三点比較式臭袋法による閾値測定と濃度-評価関係に関する検討, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集(pdf), 2016

竹村明久, 臭気強度評価訓練における訓練影響の定量化に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.17-20, 2015

竹村明久, 臭気強度評価に繰り返し訓練が及ぼす影響 その3 目標値との偏差に基づく訓練影響の定量化の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, pp.799-800, 2015

竹村明久, 臭気強度評価に繰り返し訓練が及ぼす影響(その2) 訓練に用いない臭気の評価傾向に関する検討, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第55号 環境系, pp.141-144, 2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹村 明久 (TAKEMURA AKIHISA)

摂南大学・理工学部・講師

研究者番号: 70584689