

令和 2 年 5 月 16 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06685

研究課題名(和文) 会議室空間における体臭対策のためのマスクング効果の検証と設計用基礎資料の作成

研究課題名(英文) Quantification and proposal design data about masking effect on body odor in conference room

研究代表者

竹村 明久 (Takemura, Akihisa)

摂南大学・理工学部・准教授

研究者番号：70584689

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：人体に有害ではないが心理的不快を産む室内臭気への対策として、エネルギー負荷を伴う換気ではなく、芳香の付加で悪臭の不快感を緩和する感覚的消臭法を有効活用することを目標に、現象の把握と設計用基礎資料の整備を試みた。マスクング環境下での作業効率改善などは見られなかったため、心理的不快感の改善に目的を絞って、悪臭と付加する芳香の異なる混合比の心理評価を実験から取得して、臭気濃度や快・不快度がいずれのパラメータと関連性を持つか検討した。最終的に、検討した臭気の組合せに共通して、混合臭気と悪臭の不快感差から悪臭と付加する芳香の臭気強度差を推定できる関係性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マスクングの結果予測はこれまで非常に複雑で困難だったが、本研究によって対象をある程度限定した中ではあるが、どの程度の臭気強度のマスクング臭を付加すれば、混合後の臭気の快・不快度がどの程度改善するかを予測できる可能性を示すことができた。マスクングを用いた感覚的消臭法を計画的に活用できる可能性を示すことができたことによって、臭気対策としての換気への過度な依存を減ずることになり、換気による空調エネルギー負荷の削減も期待できる。

研究成果の概要(英文)：Sensory deodorant methods are very useful because they need less energy consumption than ventilation. In order to reveal the effect of masking quantitatively and to propose the design data, three experiments were conducted. Firstly, we grasped there was almost no effect of masked odor on mental work performance. Therefore, we targeted the psychological effect and investigated the relationships between mixture rate of odors and odor intensity or hedonics. Finally, it was revealed that the odor intensity difference between body odor and masking odor and the odor hedonics difference between mixed odor and body odor had a very high correlation regardless of the odor combination. Consequently, we proposed the design data that the designer could decide the odor intensity of masking odor based on the needs amount of rise in hedonics votes.

研究分野：建築環境工学

キーワード：臭気 マスクング 主観評価 臭気強度 快・不快度 作業効率 ストレス

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人体に有害ではないが心理的不快を産む室内臭気への対策として、エネルギー負荷を伴う換気ではなく、芳香の付加で悪臭の不快感を緩和する感覚的消臭法を有効活用することで、法定換気量充足だけでは不十分な悪臭への対策や、換気量の低減につながり、良好な空気・温熱環境保持の両立と省エネルギーを全て実現できると考える。感覚的消臭法のうち、マスキングは以前から室内用芳香剤などに用いられてきた手法であり、例えば生理学的メカニズムが判明しつつあるが、工学的利用にあたっての定量的な基礎データはごく少数が示されるに留まっている。感覚的不快の解消を手軽に実現できるマスキング現象を改めてパラメトリックに解き明かすことは、今後の実空間でのマスキングの活用に有意義であると考えた。

2. 研究の目的

臭気環境改善のためのマスキング設計に使用できる資料作成を目指して、会議室空間の体臭を木材香でマスキングすることを想定した混合臭と各構成臭気の主観評価から、マスキング結果予測できることを目標として、以下の3つの目的を設定した。

- 異なる混合比環境下での知的作業が作業成績や作業に伴うストレスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。
- 両臭気の混合比が臭気濃度および主観評価に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。
- マスキング後の主観評価予測を行うための基礎資料整備を目的とする。

3. 研究の方法

1) 2018年10月16日から11月7日に実験室内にPETフィルムとスチールアングルで作成した作業ブースを設置して、温度19.3~26.6[]、湿度28~62[%RH]の条件下で臭気環境下での知的作業実験を実施した。実験参加者は、嗅覚検査合格者15名(平均21.2歳、男性10名、女性5名)として、表1に示す体臭想定物質 Decanal(Dc)、マスキング剤を想定した木曽ヒノキ精油(Kc)、マスキング剤の添加量を2段階設定した混合臭(M1, M2) および臭気発生のない条件(Cr)の5条件の臭気環境下で知的作業を行わせた。Kc条件等で用いたディフューザは精油を直接空気中に噴霧する方式とした。また、5条件は異なる5日間で実施し、経験順はパネルごとに異なるよう調整した。実験では、臭気存在するブース内の座席に実験参加者を着席させてすぐに唾液アミラーゼ測定と主観評価を実施し、続いて知的作業を5分間行わせた。知的作業は「単語作成」、「加算」、「校正」の3種について実施し、各作業間に主観評価を実施し、全作業終了後に主観評価と唾液測定を行って終了した。主観評価項目は割愛する。

表1 噴霧臭気概要

記号	臭気発生内容
Cr	臭気発生なし
Dc	Decanal 液 0.07[mL] を皿で 10[s] 放置
Kc	精油をディフューザで 10[s] 噴霧
M1	Dc 条件 + 木曽ヒノキ精油 10[s] 噴霧
M2	Dc 条件 + 木曽ヒノキ精油 40[s] 噴霧

2) 混合臭気と各構成臭気の臭気濃度測定を2017年10月30日と11月6日に温度20.0~25.7[]、湿度30~40[%]の条件下で三点比較式臭袋法に基づき実施した。実験参加者は、嗅覚検査合格者10名(平均21.1歳、男性9名、女性1名)とした。検臭試料は木曽ヒノキ精油(Kc)と、体臭想定物質として Methylheptenone(Mh)を設定し、Kcは無臭空気10L入りの試料採取袋に0.14[mL]の精油を揮発させた原臭を、Mhは10L袋に20[μL]の試薬液を揮発させた原臭を作成した。混合比は1:5、1:2、2:1、5:1の4段階の濃度比になるよう調製して、木材臭Kcおよび体臭想定物質Mhを加えた計6試料を測定した。

表2 提示臭気概要

体臭想定物質	10L 無臭空気への原臭注入量 [mL] [臭気濃度換算値 (-)]	
	木曽ヒノキ	体臭想定物質
Mh_Kc1	15 [23] (Kc1)	
Mh_Kc2	39 [59] (Kc2)	
Mh_Kc4	155 [235] (Kc4)	
Mh_Kc5	387 [586] (Kc5)	
2E_Kc3	20 (2E)	100 [151] (Kc3)
2N_Kc3	10 (2N)	
De_Kc3	20 (De)	
No_Kc3	100 (No)	

また、混合臭の主観評価実験として2017年11月16日から11月29日に温度16.9~23.6、湿度25~46%の条件下で実験を行った。試料臭気は、表2内の記号で示した混合臭8条件と、その構成臭気10条件の計18条件として、ラテン方格に基づく順で評価させた。体臭想定物質Mhと木材臭Kcの組合せは表1と同一である。他の体臭想定物質には2-ethyl-1-hexanol(2E)、2-nonanone(2N)、Decanal(De)、Nonan acid(No)の4種を選定して、それぞれ「弱におい」から「らくに感知できるにおい」程度の濃度に調製して、Kc3条件(臭気濃度151相当)と混合した。実験参加者は嗅覚検査合格者20名(平均年齢21.5歳、男性11名、女性9名)とした。評価項目は、臭気強度、快・不快度、印象5項目と許容の可否とし、許容の可否については長時間そのにおいをする室にいることを想定させた上で回答させた。

表3 提示臭気概要

条件記号	臭気源	希釈倍数
YH200	吉野ひのき	200
YH20	吉野ひのき	20
YH2	吉野ひのき	2
KH200	木曽ひのき	200
KH20	木曽ひのき	20
KH2	木曽ひのき	2
SK20	スカトール	20
SK2	スカトール	2
IA2000	イソ吉草酸	2000
IA200	イソ吉草酸	200

3) 2020年2月20日から26日に温度22.8~27.1、湿度20~34%RHの環境下の実験室で嗅覚検査合格者20名(男女各10名、平均21.5歳)に臭気試料を提示した。臭気試料には、体臭想定臭の skatole(SK)と isovaleric acid(IA)の2種と、マスキング剤として吉野ひのきと木曽ひのき精油の2種を選定した。原臭はSKを5.6ppm、IAを0.018ppmに設定し、2種のひのきは10L試料採取袋に0.14mLの精油を注入後によく揮発させて作製した。それらの原臭

1. においの強さ	2. においの快不快	3. においの印象	かすかに感じる	軽度を感じる	強く感じる	非常に感じる
無臭	極端に快	さわやかさ				
弱におい	非常に快	広さ				
らくに感知できるにおい	快	にごり				
やや強におい	やや快	不快				
強におい	快でも不快でもない	明るさ				
強烈におい	やや不快	落着きやすさ				
	不快	ツンとした				
	非常に不快					
	極端に不快					

図1 主観評価尺度

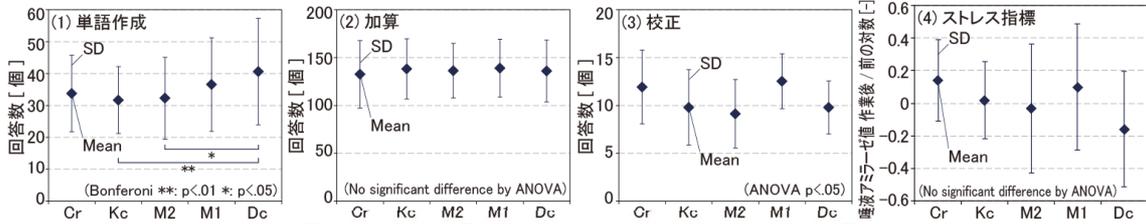


図2 臭気噴霧環境下における作業成績とストレス指標

を表3の希釈倍数の濃度条件に設定して希釈した10条件と、それぞれの混合臭気条件として体臭4条件とマスキング剤6条件を総当たりで掛け合わせた計24条件を加えて全34試料を実験参加者に提示して、図1に示す評価項目について回答させた。

4. 研究成果

1) 図2に3種の作業とストレス指標として測定した唾液アマラーゼ値の条件間比較を示す。横軸は臭気条件、縦軸は(1)~(3)では作業回答数を、(4)では作業前後の唾液アマラーゼ値の比の対数を示す。図中プロットで15名の平均値を、縦線分で標準偏差を併記した。「単語作成」では、Kc条件がCrよりわずかに低くDc条件がCrより高かった。混合臭であるM2・M1条件は、Kc・Dc条件の中間にあって、木曽ヒノキ精油の混合割合が多いM2の方がKcに近い。「加算」ではCr条件が他条件よりわずかに低いものの、ほとんど条件間の差異は見られなかった。「校正」では、Cr・M1が高く、他の3条件が低い傾向にあった。分散分析で有意水準5%の差は検知されたが、多重比較で差異は検知されなかった。ストレス指標とした唾液アマラーゼ値は個人差が大きく分散分析による有意差は検出されなかったが、「校正」に近い傾向を示した。

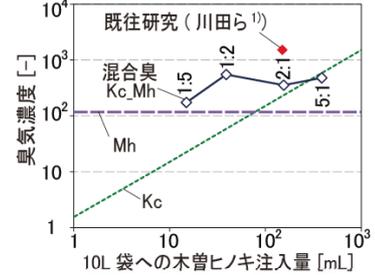


図3 臭気混合量と臭気濃度の関係

以上から、拡散的思考では混合臭の臭気成分が成績に影響する可能性が示唆され、一方で収束的思考の成績に対する環境臭気の影響は大きくない可能性が示された。情報処理は環境臭気の直接的な作業成績への影響というよりも、作業全体で回答者にかかったストレスとの相関が高い可能性が示された。これより、マスキング効果は心理評価面に絞って考えることにした。

2) 図3に10名から上下1名をカットした臭気濃度平均値を示す。横軸は試料採取袋へのKc原臭の注入量、縦軸は臭気濃度である。図中のプロット()が測定値で、既報¹⁾の値()を併記した。原臭Kcの臭気濃度は15136、Mhは30903だったため、注入量と臭気濃度が比例すると仮定して、図中に破線でそれぞれの臭気濃度を示した。混合臭Kc_Mhは、概ねKcとMhより臭気濃度が高かったが、混合比5:1条件では混合臭がKcを下回った。混合比2:1もKcに近い臭気濃度だったことから、混合比でKcが勝る場合にはKcが臭気濃度を支配する可能性が示唆されるが、既報¹⁾の値も含めて考えると検討の余地が残る。一方で、例えば混合比1:2条件の臭気濃度550はKc(59)とMh(117)の和よりも高いことから、組合せを充実させる必要がある。

図4に各条件の臭気強度評価を示す。左図はMhとKcの混合比間比較で、横軸がKcの臭気濃度を、縦軸は臭気強度を示す。水平線分はMhの評価、折れ線()はKcのみの評価、折れ線()は混合臭の評価で、それぞれの標準偏差を併記した。また、多重比較の結果、混合臭との間に有意差が検出された構成臭気を示した。Kcの評価は臭気濃度の対数と線形関係にあり、Weber-Fechner則によく合っていた。混合臭Mh_Kcは、KcのみとMhのみよりも高い評価だったが、Kcのみよりも濃度-強度関係の傾きが小さい傾向にあった。Mh_Kc4はMhおよびKc4より1段階近く強い評価で、他の混合臭条件がいずれかの構成臭気と同程度の臭気強度だったことを鑑みると、特異な混合比だった可能性がある。図4の右図は、他の体臭想定物質とKcの組合せ間比較で、横軸が体臭想定物質の種類を、縦軸は臭気強度を表す。水平線分はKc3の評価を表し、体臭想定物質()と混合臭()の評価を比較した。体臭想定物質は、全て概ね「弱いにおい」から「らくに感知できる」程度の範囲内にあった。混合臭はいずれも体臭想定物質より高い評価だった。De_Kc3は、構成臭気のKc3およびDeより高い評価だったが、2E_Kc3、2N_Kc3およびNo_Kc3はKc3とほぼ同程度だった。DeがKc3と同程度の臭気強度だったことが一因の可能性はある。

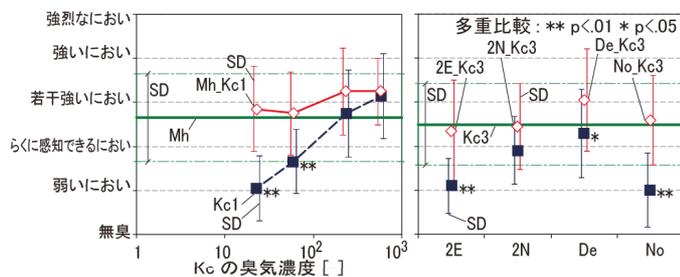


図4 混合臭気条件と臭気強度の関係

図5に各条件の快・不快度評価を示

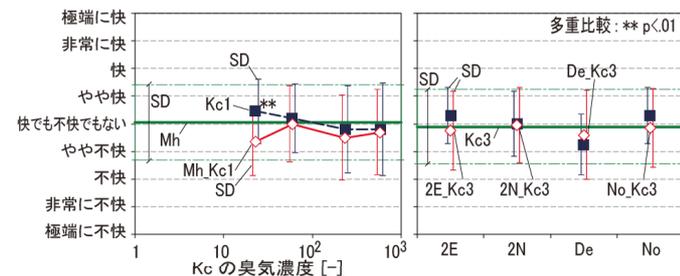


図5 混合臭気条件と快・不快度の関係

す。左図は、Mh と Kc の混合比間比較で、横軸が Kc の臭気濃度を、縦軸は快・不快度を示す。水平線分は Mh の評価、折れ線 () は Kc のみの評価、折れ線 () は混合臭の評価で、それぞれの標準偏差を併記した。また、多重比較の結果、混合臭との間に有意差が検出された条件を示した。Mh_Kc1 では Mh、Kc1 より低評価だったが、Kc2, 4, 5 との組合せでは Kc に近い評価傾向を示した。総じて混合臭の快・不快度は、Kc2, 4, 5 では Kc が卓越したと推定できる。Mh_Kc1 は、図 3 でいずれの構成臭気よりも臭気強度がやや高いこととの関連性が考えられる。図 5 の右図は、体臭想定物質と Kc の組合せ間比較で、横軸が体臭想定物質の種類を、縦軸は快・不快度を表す。水平線分は Kc3 の評価を表し、体臭想定物質 () と混合臭 () の評価を比較した。混合臭は、体臭想定臭の評価に依らず概ね Kc3 に近い評価だった。体臭想定臭の方が Kc3 よりも高い評価だった 2E、No の 2 条件でも、混合臭 2E_Kc3 と No_Kc3 は両条件より低評価だった Kc3 と同程度だった。De_Kc3 は De より不快がわずかに軽減された。

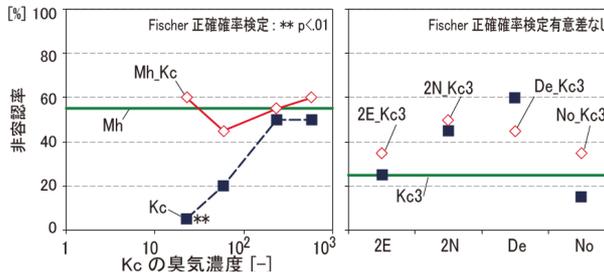


図 6 混合臭気条件と非容認率の関係

図 6 に各条件の非容認率を示す。非容認率とは、許容の可否評価で「受け入れられない」と回答した評価者数を全評価者数で除した値である。左図は、Mh と Kc の混合比間比較で、横軸が Kc の臭気濃度を、縦軸は非容認率を示す。水平線分は Mh の評価、折れ点線 () は Kc のみの評価、折れ実線 () は混合臭の評価である。また、Fischer の正確確率検定の結果、混合臭との間に有意差が検出された構成臭気を示した。Kc は臭気濃度が高いほど非容認率が高く、Kc4, 5 で 50% だったのに対し、Mh は 55% とわずかに高かった。Mh_Kc1 は Kc1 より非常に高い非容認率で、Mh と同程度だったのに対して、Mh_Kc2 は Kc2 より高いものの Mh を下回り、混合臭条件中では最低値だった。Mh_Kc4、Mh_Kc5 は、Kc よりやや高かったが、Mh および Kc と同程度だった。有意差は検出されなかったが、4 条件の中では、Mh_Kc2 でマスキング効果が最大だったと判断できる。図 6 の右図は、体臭想定物質と Kc の組合せ間比較で、横軸が体臭想定物質の種類を、縦軸は非容認率を表す。水平線分は Kc3 の評価を表し、体臭想定物質 () と混合臭 () の評価を比較した。いずれの混合臭も、Kc3 より非容認率は高かった。De_Kc3 のみ、体臭想定臭 De より非容認率が低く、2E_Kc3、2N_Kc3 および No_Kc3 は、体臭想定臭および Kc3 より非容認率は高かった。4 条件の中では、De_Kc3 でマスキング効果が最も出現したと判断できる。

3) 図 7 に希釈倍数と臭気強度の関係を示す。横軸はマスキング剤の希釈倍数を、縦軸は臭気強度を示し、白抜きプロットが混合臭評価、塗りプロットがマスキング剤単独の評価とした。縦線分はそれぞれの標準偏差を示し、図中には横実線で体臭想定物質単独の平均値と破線で標準偏差の範囲を併記した。混合臭気の強さ評価では右上がりの傾向が多く見られ、概ねマスキング剤の濃度が高いほど混合臭気の強さ評価も高かったことがわかる。一方で、(3) IA2000-(a)YH や (3) IA2000-(b)KH、(4) IA200-(b)KH のように、低濃度マスキング剤を混合した臭気が高臭気強度だった場合も見られた。これは、体臭想定物質のみの臭気強度が高かったことによると考えられ、臭気の混合における組合せによっては混合によって臭気強度の低下が顕著だったともいえる。(4) IA200-(a)YH は (4) IA200-(b)KH と傾向が異なり、YH20 との混合臭気でも IA200 単独の臭気強度とほぼ一致し、感覚的には YH20 が寄与しなかったと推測される。KH20 と IA200 の混合臭気がほぼ KH20 と同じ臭気強度であることと、(2) SK2 と YH20、KH20 との混合臭気強度にはそれほど差異が無いことを鑑みると、混合による臭気

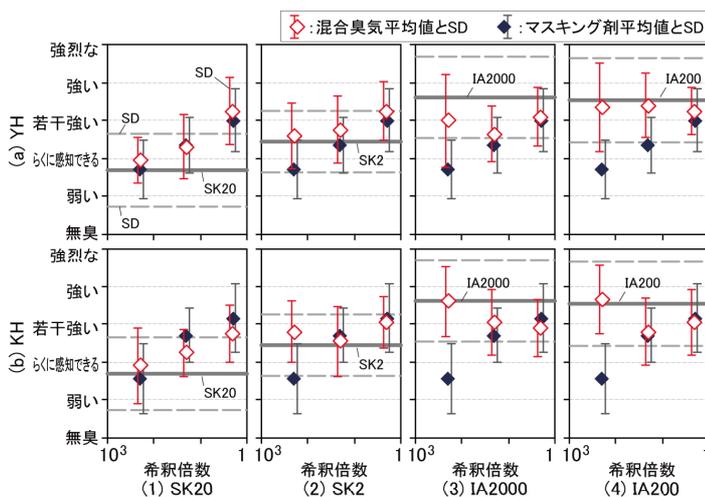


図 7 混合臭気条件と臭気強度の関係

図 8 混合臭気条件と快・不快度の関係

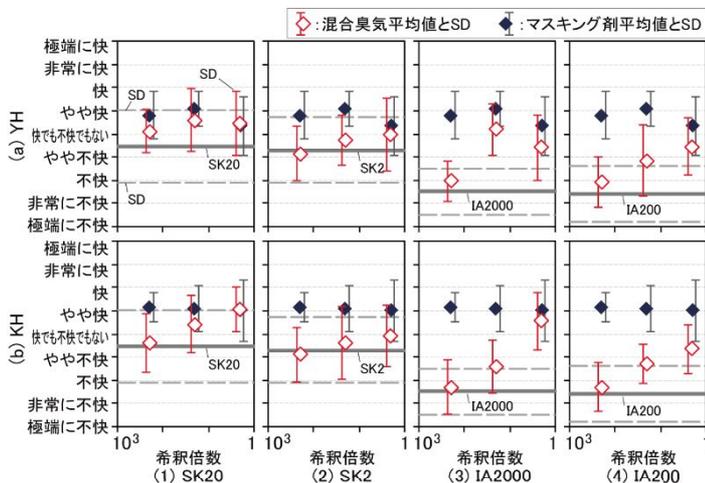


図 8 混合臭気条件と快・不快度の関係

強度低下が起こりやすい組合せとそうではない組合せが存在することがわかる。

図8に希釈倍数と快・不快度の関係を示す。表示方法は図7と同様である。混合臭気の快・不快度評価では概ね右上がりの傾向で、混合臭気中のマスクング剤の濃度が高いほど概ね快側の評価だった。一方で、(a)YHのように高濃度のYH2単独の快・不快度がYH20の単独の評価よりも低いような場合も見られ、(4)IA200-YH2は(4)IA200-YH20より高い評価だったが、(3)IA2000-YH2は(3)IA2000-YH20より低い評価になるなど、マスクング剤の濃度が一概に高ければ快であるわけではないことがわかる。また、(1)SK20とYH2やKH2の高濃度マスクング剤の混合では、快・不快度はほぼマスクング剤と一致した。一方で、(2)~(4)ではマスクング剤単独の評価と体臭想定物質単独の評価との中間からマスクング剤単独に近い程度の評価であり、マスクング効果としての影響の大きさは、体臭想定物質やマスクング剤の種類と濃度次第であると考えられる。

大迫ら²⁾は、同種で濃度の異なるマスクングの組合せ検討を行い、マスクング剤単独の臭気強度と、マスクング剤単独および悪臭単独の臭気強度の単純和との比をパラメータにして、においの種類の組合せを問わず、混合臭気の臭気強度や快・不快度の傾向がある程度パターン化できることを示した。大迫らの実験とは異なり、ここではマスクング剤が複合化学物質であるものの、傾向の確認が有意義と考えて臭気強度比と混合臭気の臭気強度の関係や、臭気強度比と混合臭気の快・不快度を描いて関係性を確認したが、さらにマスクング剤の臭気強度が高くなると大迫らの傾向と一致する可能性はあったものの、本検討ではデータ不足で言及できなかった。

室内環境におけるマスクング設計を考えた場合には、濃度までピンポイントに絞った悪臭物質への対応というのも現実的ではないことから、異なる視点から類型化できないか考えた。マスクング設計手順として、まず存在する悪臭調査、次にマスクング剤の選択と濃度調整、最後に対応後の環境評価の順に行くと予測される。そこで、悪臭調査で判明する情報のみを基にマスクング剤の濃度決定ができれば便利と考えた。まず、悪臭の臭気強度と快・不快度を評価する。次に、悪臭の快・不快度を尺度で何段階上昇させたいかを決定することで、マスクング剤を付加すべき臭気強度、すなわち概ね濃度を決定できるという構造である。

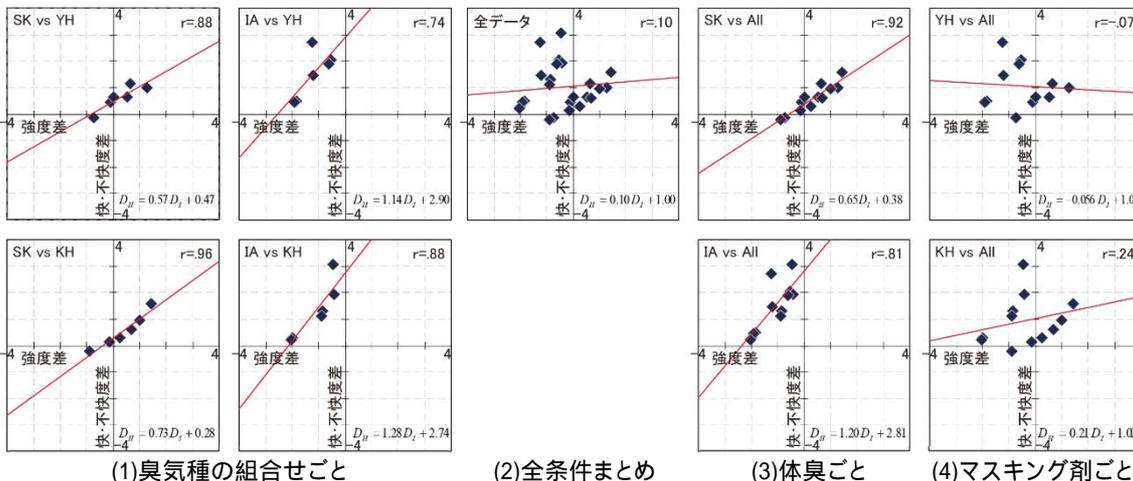


図9 体臭想定物質とマスクング剤の臭気強度差と混合臭気と体臭想定物質の快・不快度差の関係

図9に臭気強度差と快・不快度差の関係を示す。横軸は体臭想定物質とマスクング剤の臭気強度差で、縦軸は混合臭気と体臭想定物質の快・不快度差である。図中の(1)は、本報の検討における2種の体臭想定物質と2種のマスクング剤の組合せごとにプロットした散布図で、図中に線分で線形近似を、 r で相関係数を示した。いずれも非常に高い相関係数であり、両軸の関係性が高い可能性が示唆された。次に、(2)で(1)の4つの組合せをまとめて表記したところ、分布が二分化されて相関は非常に低かった。これより、マスクングにおける悪臭とマスクング剤の組合せの相性は異なることが改めて示された。そこで、まずは体臭物質ごとに分類した散布図を(3)に示す。いずれも非常に高い相関だった。対して、マスクング剤ごとに分類した(4)では相関は非常に低いこともわかった。これらのことから、悪臭の種類ごとに図9のような相関関係を求めることで、悪臭の濃度に依らず希望するマスクング効果を得るためのマスクング剤の臭気強度決定が可能であると推測される。

本研究では、臭気のマスキング効果の設計資料作成を目指して実施した実験結果から、マスクングによる作業効率やストレスへの影響は大きくないため心理評価への影響に注目すべきこと、混合比と臭気濃度および主観評価傾向の関係の複雑性、そして臭気強度差と快不快度差に基づくマスクング設計のための新提案を行った。提案手法では、悪臭の評価を行うことで必要なマスクング剤の臭気強度を予測できると考える。一方で、マスクング剤が木材とは質が大きく異なる場合の検討や、悪臭物質が異なる場合の検討も必要と考えられる。

参考文献) 1) 川田莉穂, 竹村明久: においのマスクング効果に関する基礎的研究 (その1) 木材香を用いた体臭想定物質のマスキング効果の検討, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集 (pdf), 2017

2) 大迫政浩, 西田耕之助: 芳香系消臭剤の感覚的消臭機構に関する研究- 芳香成分の中和・相殺効果およびマスクング効果-, 人間工学 vol.26 No.5, pp.271-282, 1990

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹村明久
2. 発表標題 マスクングを想定した混合臭環境下における作業効率とストレスの比較
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢野拳士, 竹村明久
2. 発表標題 においのマスクング効果に関する基礎的研究（その2）混合臭の臭気濃度と主観評価の濃度比間比較
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹村明久
2. 発表標題 臭気強度差と快・不快度差の相関に基づく臭気のマスクング効果予測
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会学術講演会
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
---------------------------	-----------------------	----