

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04820

研究課題名（和文）マスクングにおける混合臭気の快・不快度評価予測

研究課題名（英文）Prediction of Hedonics Evaluation of Mixed Odors in Masking Effect

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：換気による悪臭対策は省エネと相反するが、芳香の付加だけで対策するマスクングは省エネと両立が可能である。一方で、臭気の混合後の心理評価は予測しにくい現状だったことから悪臭対策設計が困難だった。本研究では、混合後の快・不快度改善度合いからマスクングに用いる芳香強度を求める関係について提案し、その妥当性をケーススタディを重ねて検討した。明確な不快を伴う悪臭と快側の芳香の混合であれば高い相関であることを示し、同関係の今後の活用性の一端を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

臭気の混合後の心理評価は予測しにくいと考えられてきた。混合する臭気の種類が限定されるものの、提案した関係を用いることで、期待する悪臭の不快度改善度合いと現状の悪臭強度から、マスクングで付加する香りの強度を求めることができる。マスクングは予測のしにくさから設計が困難だったが、今後は提案手法によって意図したマスクング効果を得やすくなり、悪臭対策がより簡便かつ省エネルギーと両立可能となる。

研究成果の概要（英文）：Malodor control methods using ventilation are against energy conservation. However, masking, which requires only the addition of fragrance, is compatible with energy conservation. On the other hand, it was difficult to design odor control measures because sensory evaluations of mixed odors were currently unpredictable. The relationship between the difference of discomfort between the malodor and the mixed odor and the difference of intensity between the malodor and the masking odor was proposed in this study. The validity of the relationship was examined by multiple case studies. As a result, it was shown that the correlation was high if it was a mixture of clear malodor and clear fragrance, and the possibility of this relationship being effectively utilized in the future was shown.

研究分野：建築環境工学

キーワード：臭気 マスクング 設計資料

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マスキングは、トイレの芳香剤のように元の悪臭を除去希釈するのではなく、芳香等の追加によって不快感軽減を図る悪臭対策手法のひとつである。温熱環境維持の観点から、有害性の低い臭気には換気による希釈ではなくマスキング効果による不快感の低減を行うことも省エネルギーに寄与できるにおい対策の一手法になると考えた。しかし、混合後臭気の評定の予測は複雑な問題とされてきて、混合後評価が予測できなかったことは悪臭対策の設計を非常に困難にしてきた。前課題にてマスキング前後のにおい評価や臭気濃度に関する基礎資料を整備したことにより、新たに混合後臭気の評定の予測に展開する土壌が整ったと考えた。

2. 研究の目的

室内臭気を対象としたマスキングによる悪臭対策の設計が可能となる資料の作成を目標に、マスキングに伴う臭気混合前後の臭気強度と快・不快度の傾向の把握を目的とした。

3. 研究の方法

1) 2019年度の実験データを用いて悪臭対策設計資料の検討を実施した。設計場面を想定して既知データと考えられる、現場の悪臭評価とマスキング後の希望する快・不快度を軸に、いくつかの組合せで相関を確認して最も線形性の高い関係を設計資料として位置付けることにした。

2) 上記の設計資料が他の臭気の組合せでも成立するのかについて、マスキングされる悪臭である被マスキング臭に 2-a) 過大な強度ゆえ悪臭とされる香害臭を設定した場合と 2-b) オフィスのエアコン等を想定したカビ臭、および 2-c) 住宅内の悪臭の複合臭を設定した 3 つのケーススタディについて、実験参加者への臭気提示による心理評価実験を実施した。

2-a) 20名の嗅覚検査合格者が 10L の PET 製試料採取袋に封入された臭気を順不同に検臭・評価した。被マスキング臭は柔軟剤 2 種(L,S)と香水 2 種(C,B)、マスキング臭は木曾ひのき(k)と吉野ひのき精油(y)とした。試料濃度は表 1 の通りで、被マスキング臭は高濃度条件が不快側、低濃度条件が中庸から快側になることを意図して設定し、別途実施した三点比較式臭袋法で算出された原臭臭気濃度と希釈倍数から臭気濃度で表示した。マスキング臭は臭気強度で「らくに感知できるにおい」程度になることを意図して、いずれも 0.14mL の精油を 10L の空気を封入した試料採取袋で十分に揮発させて作製した原臭の 300 倍希釈とした。被マスキング臭は濃度を 2 段階設定して、被マスキング臭は単体 8 試料、マスキング臭は単体 2 試料とそれらの組合せ 16 試料の計 26 試料を評価させた。評価項目は図 1 に示すにおいの強さ、快・不快、印象、許容の可否とした。

2-b) 20名の嗅覚検査合格者が 10L の PET 製試料採取袋に封入された臭気を順不同に検臭・評価した。被マスキング臭は真菌と発生物に関する既往研究から検出された物質である Acetone(Ac)、Acetaldehyde(Aa)、1-octen-3-ol(1o)、3-octanol(3o)、3-octanone(3n)、Isobutyl alcohol(Ib) の 6 種、マスキング臭はシソ香の成分である Perillaldehyde(p)とした。被マスキング臭の試料濃度は表 2 の通りで、最大濃度条件で「らくに感知できるにおい」または「若干強いにおい」程度の臭気強度になることを意図して各 3 段階の濃度条件を設定し、別途実施した三点比較式臭袋法で算出した原臭臭気濃度と希釈倍数から臭気濃度で表示した。マスキング臭は臭気強度で「らくに感知できるにおい」程度になることを意図して、いずれも 0.1mL の試薬液を 10L の空気を封入した試料採取袋で十分に揮発させて作製した原臭の 1000 倍希釈とした。被マスキング臭の 18 試料、マスキング臭の 1 試料とそれらの組合せ臭 18 試料の計 37 試料を評価させた。評価項目は図 2 に示すにおいの強さ、快・不快、印象、許容の可否とした。

2-c) 20名の嗅覚検査合格者が 10L の PET 製試料採取袋に封入された臭気を順不同に検臭・評価した。被マスキング臭は住宅内の悪臭を想定して、生ごみ臭

表 1 2-a) 提示臭気概要

マスキング臭	被マスキング臭									
	なし	柔軟剤 L		柔軟剤 S		香水 C		香水 B		
		600	60,000	4,800	1.6x10 <sup>6</sup>	90	90,000	150	15,000	
	なし	L1	L2	S1	S2	C1	C2	B1	B2	
木曾ひのき	300	k	kL1	kL2	kS1	kS2	kC1	kC2	kB1	kB2
吉野ひのき	300	y	yL1	yL2	yS1	yS2	yC1	yC2	yB1	yB2

表 2 2-b) 提示臭気概要

記号	臭気濃度		
	Ac1	Ac2	Ac3
Ac [ppm]	1.48	4.39	14.6
記号	臭気濃度		
	Aa1	Aa2	Aa3
Aa [ppm]	0.07	0.23	0.7
記号	臭気濃度		
	1o1	1o2	1o3
1o [ppm]	117	350	1167
記号	臭気濃度		
	3o1	3o2	3o3
3o [ppm]	73	220	733
記号	臭気濃度		
	3n1	3n2	3n3
3n [ppm]	57	170	567
記号	臭気濃度		
	Ib1	Ib2	Ib3
Ib [ppm]	0.06	0.17	0.57

表 3 2-c) 提示臭気概要

臭気濃度	臭気濃度				
	g1	g2	g3	g4	g5
M1 M5x300	1.8	5.4	18	54	540
M2 M5x100	M2g1	M2g2	M2g3	M2g4	M2g5
M3 M5x30	M3g1	M3g2	M3g3	M3g4	M3g5
M4 M5x10	M4g1	M4g2	M4g3	M4g4	M4g5
M5	M5g1	M5g2	M5g3	M5g4	M5g5
M5	diacetyl		57000		
	isovaleric acid		140		理論値
	acetaldehyde		550		
	1-octen-3-ol		350		

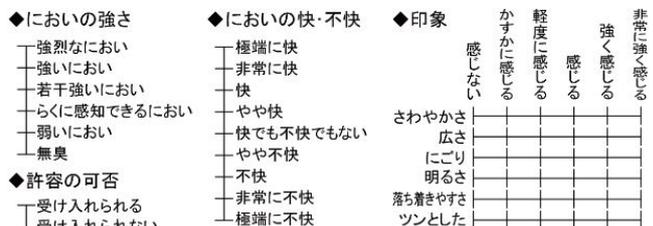


図 1 2-a) 心理評価項目と尺度

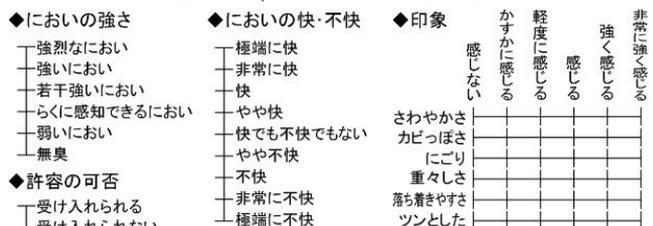


図 2 2-b,c) 心理評価項目と尺度

diacetyl, 体臭 isovaleric acid と acetaldehyde, カビ臭 1-octen-3-ol の混合臭(M1-5)とした。マスク臭はピンクグレープフルーツ(g1-5)とした。被マスク臭は表3下部のM5の通りに4物質を混合希釈して作製し、M1-4の4段階に希釈して計5条件を用いた。マスク臭も表3の5濃度を準備して、それぞれの単体試料に加えて、総当たりで混合したM1g1~M5g5の25試料を作製して、計35試料を順不同に評価させた。評価項目は図2に示すおのの強さ、快・不快、印象、許容の可否とした。

#### 4. 研究成果

1) 悪臭対策の設計資料には臭気強度と快・不快度を2軸に配した相関関係が有用と考え、いくつかの組合せについて検討した結果、「混合後と解決したい悪臭の快・不快度差」と「悪臭とマスク臭の臭気強度差」を2軸に配した相関が高く、設計に使用しやすい両軸であると考えた。図3に提案資料を示す。横軸は「被マスク臭(悪臭)とマスク臭の臭気強度差」で縦軸が「混合後の臭気と現状の被マスク臭の快・不快度差」であり、プロットは2019年度実験における20名の平均評価、斜線分は最小二乗法に基づく近似線である。設計時には悪臭の臭気強度と快・不快度を測定してマスク後に改善したい快・不快度を決定したうえで、「混合後と現状の悪臭の快・不快度差」から近似線に対応する「悪臭とマスク剤の臭気強度差」を読み取ることでマスクで使用する臭気強度を算出する。ただし、限られた実験データでの高相関に基づいた提案であったため、次の実験以降で他の組合せであってもこの資料が有効か、または一般化は可能なのかを検討した。

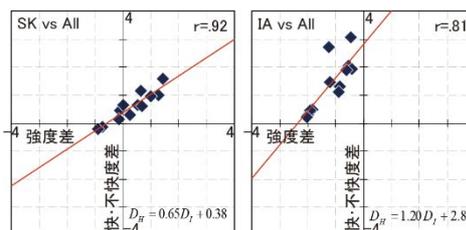


図3 提案したマスク設計資料

なお、以降の各実験では周辺情報となる印象や許容の可否についても評価させたが、本報告書では仔細の検討結果を省略して、マスク設計資料についてのみ図示して検討結果をまとめることにする。

2-a) 香害臭を対象とした被マスク臭とマスク臭の臭気強度差と、組合せ臭と被マスク臭の快・不快度差との相関について図4に示す。図4(1)は本報の全条件をプロットした場合、図4(2)は被マスク臭の種類(柔軟剤と香水)ごとの場合について、図4(3)は被マスク臭ごとに分けた場合について記載した。横軸がマスク臭と被マスク臭の臭気強度

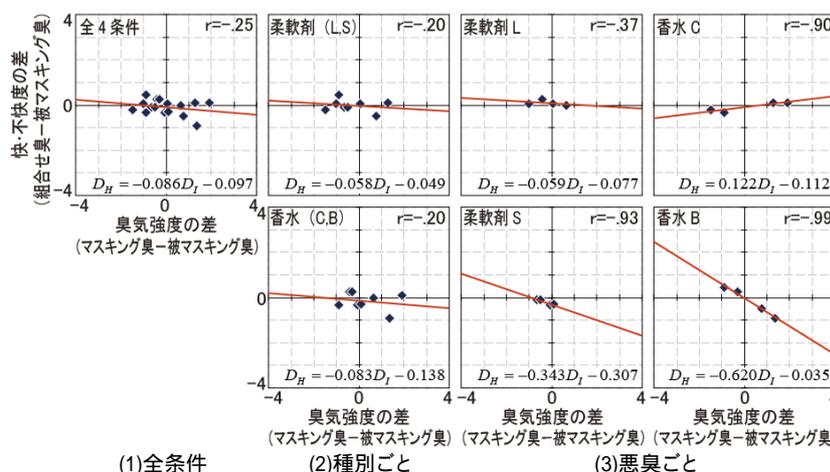


図4 2-a) マスク設計資料の検討

差で縦軸が混合臭と被マスク臭の快・不快度の差で、プロットは計16の組合せ臭条件、実線分は最小二乗法による回帰線である。プロットの相関係数と回帰式を図中に併記した。図4(1)からは概ね右下がり傾向が読み取れるが相関係数は比較的小さく、異なる質の被マスク臭をまとめて取扱ったことが原因と考えた。図4(2)では柔軟剤(L,S)と香水(C,B)とに分類して表記したが、依然として相関係数は小さかった。図4(3)で被マスク臭ごとに表記したところ、Lでやや低いものの、他の3条件では非常に高い相関がみられ、回帰線の傾きはそれぞれ異なった。被マスク臭ごとの同関係は相関が高いと推定された。

2-b) カビ臭を対象とした被マスク臭とマスク臭の臭気強度差と、組合せ臭と被マスク臭の快・不快度差との相関について図5に示す。図中のプロットで被マスク臭の種類(6種)を区別した。横軸がマスク臭と被マスク臭の臭気強度差で縦軸が混合臭と被マスク臭の快・不快度の差で、プロットは計18の組合せ臭条件、実線分は最小二乗法による回帰線である。プロットの相関係数と回帰式を図中に併記した。本報の実験では臭気強度差、快・不快度差ともに非常に小さかったため、縦横軸の表現を拡大した。1)と2-a)でもおのの質が大きく異なる被マスク臭では低相関だったが、ここでも相関係数は-0.66とあまり高くはなかった。一方で、おのい条件間の印象評価傾向は異なったため、数種を組合わせて表記する検討は行わなかった。また、負の相関は「被マスク臭より低い臭気強度のマスク臭を組合せると組合せ臭が快側になる」ことを意味する。組合せ臭の臭気強

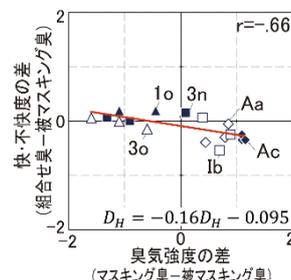


図5 2-b) マスク設計資料の検討

度やにおいの質（快・不快評価や許容の可否を含む）は、構成臭の臭気強度のより高い臭気に近くなる傾向と照らすと、マスクング臭を付加する必要がないことになる。そのため、引続き図5の関係についてはデータを拡充して一般性があるかを確認する必要があると考えた。この実験では、マスクング臭pの快・不快度が被マスクング臭と差異がなかったことがこれらの原因と考えられた。これは2-a)の一部のにおい条件でも見られたことから、2-c)ではマスクング臭の快・不快度の設定を十分に快側にするのと、マスクング臭と被マスクング臭の快・不快度の差を十分にとる、かつ被マスクング臭が不快側であることが不可欠と判断した。

2-c)被マスクング臭とマスクング臭の臭気強度差と、組合せ臭と被マスクング臭の快・不快度差との相関について図6に示す。図6(1)と(2)はいずれも混合臭25条件をプロットしたため同一の内容であるが、図6(1)は混合臭を構成する被マスクング臭条件ごとに分類し、図6(2)はマスクング臭条件ごとに分類して示した。図中の実線分は最小二乗法による回帰線で、相関係数と回帰式を図中に併記した。また、図6(1)内の一点鎖線分は図内系統ごとの回帰線である。

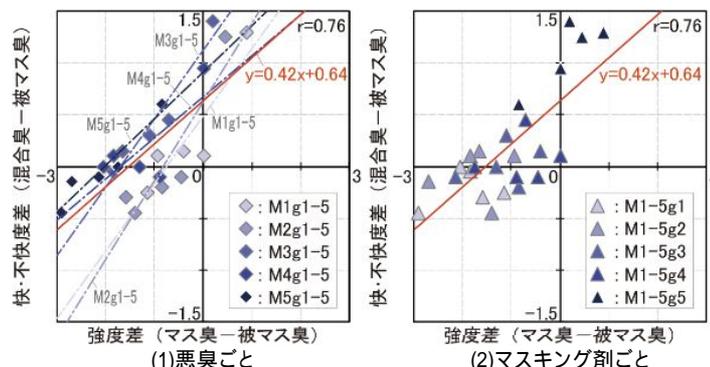


図6 2-c) マスクング設計資料の検討

図3の相関ほどは高くなかったものの0.76と比較的高く、かつ正の相関だった。図3との共通点は被マスクング臭が明確に不快側でマスクング臭が明確に快側だった点なので、この傾向は被マスクング臭に含まれる化学物質成分数が単数でも複数でも類似すると推測される。一方で、図6のプロットの分布には線形傾向と縦軸0付近の横軸方向への広い分布の2傾向が読み取れる。そのため、図を図6(1)と図6(2)の異なる分類表記として傾向を見ることにした。図6(1)では被マスクング臭で最大設定濃度だったM5の混合臭条件が左下に多く、M5g5のみ離れた位置にあった。図6(2)と合わせて見るとM1-M4も同様にg5との混合臭は右上にあったことがわかるが、g1-g4との混合臭は図6(1)における縦軸の0付近に低濃度ほど右の原点付近、高濃度ほど左の横軸の負側に分布したことがわかる。図の横軸設定がマスクング臭と被マスクング臭の臭気強度差であることからこれ自体は自明だが、図6(1)の系統ごとの回帰線である一点鎖線分を見ると、5本の回帰線はばらつきはあるものの概ね平行に低濃度のM1が縦切片の小さい方、M5が大きい方にあることから、被マスクング臭とマスクング臭が同一の組合せであれば、被マスクング臭の濃度に依らず、図6(1)の回帰線の傾きが概ね援用できるが、縦軸切片は被マスクング臭に依存すると考えられよう。図6(2)の右上にはマスクング臭の最高設定濃度だったg5の混合臭条件が集中していて、マスクング臭が高濃度だと臭気強度差(横軸)がそれほど小さくなくとも快・不快度の向上(縦軸上方向)が見込めることがわかる。また、最低設定濃度だったg1の混合臭条件は図中左下に分布していて、g2-4では分布位置は不明瞭であるものの、概ねマスクング臭の濃度で左下から右上に分布する傾向が推定でき、かつ高い強度、または高い快・不快度のマスクング臭が混合臭の快・不快評価に及ぼす影響が大きいことがわかった。

以上の検討から、「混合後と現状の悪臭の快・不快度差」と「悪臭とマスクング剤の臭気強度差」を2軸に配した設計資料は、いまだケーススタディの積み上げは必要とは考えられるものの、一つの傾向として、明確に不快とされる悪臭に対して快側評価のマスクング剤で対応する場合には、組合せごとに幾ばくかの近似線の傾きの差異は見られたものの、活用の可能性は十分であると判断された。とりわけ香害臭のように低濃度では芳香に転じる性質の悪臭に関しては、今後も検討の余地があることも示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4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 カビ臭を想定した臭気強度差と快・不快度差の相関に基づくマスクング効果予測
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹村明久
2. 発表標題 香害臭を想定した臭気強度差と快・不快度差の相関に基づくマスクング効果予測
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021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キング効果予測
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

1. 発表者名 竹村明久
2. 発表標題 複合生活悪臭の臭気強度差と快・不快度差の相関に基づくマスクング効果予測
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2023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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------