

パネルの嗅覚能力からみた嗅覚試験の精度管理の一考察

後藤祐哉* 野田 保** 藤原浩二***

1. はじめに

私たちが生活する環境のうち不快なものの一つに「悪臭」がある。悪臭の源となる物質は多様でかつ相互に作用するものであり、特定の悪臭物質の濃度を計測することのみでは対応が困難である。そのため、平成7年に悪臭防止法が改正され、「臭気指数」という概念が導入された。臭気指数とは、人間が臭いとしてどの程度感じるかを数値化したもので、この数値を導き出す手法として、三点比較式臭袋法が用いられている。

三点比較式臭袋法は、無臭空気を詰めた三つの袋のうち一つに希釈した臭気を注入し、それを被験者を選択させることによって、その臭いを感じなくなる希釈倍率を求め、これを基に臭気指数を算出する方法である。三点比較式臭袋法において、臭いの有無を判定する被験者は、あらかじめ一定の嗅覚能力があるものが選定される。これら被験者を「パネル」と呼称している。

三点比較式臭袋法を実施する場合、一般に6名のパネルを要する。当協会においては、緊急に臭気指数の測定業務が発生した場合に備え、多くのパネル資格者を準備し、その中から対応可能なパネルを確保することで対応している。このような体制の試験機関は多いと考えられる。

パネルの選定試験は、5種類の一定濃度の基準臭（β-フェニルエチルアルコール：花の匂い、メチルシクロペンテノロン：焦げ臭、イソ吉草酸：腐敗臭、γ-ウンデカラクトン：果実の匂い、スカトール：糞臭）の臭いの有無を判断するのみで、合格率は約

90%とすこぶる高い。

この合格率の高さは一方でパネル間の嗅覚能力の差異を生むことになる。但し、本手法を確立するにあたり、パネルの嗅覚能力の差異が大きく影響しないような工夫、例えばパネルの人数や統計処理方法などは考慮されているであろう。

本報告は、パネルの嗅覚能力の差異が、臭気指数に対してどの程度の差となるかを解析・検討し、今後の嗅覚試験業務の精度管理の一助とするために試みたものである。

2. 集計方法及び結果

2.1 集計方法

下降法により臭気指数を算出する排出口試料の1検体毎に6パネルの閾値（臭いを感じなくなった希釈倍率の対数値）の平均値を算出し、各パネルの閾値との偏差を①式により求めた。この偏差が正であれば、パネルはその検体の臭気指数を高め（臭いが強いと感じている）、負であれば臭気指数を低めている（臭いが弱いと感じている）ことになる。

偏差＝各パネルの閾値－6パネルの平均閾値……①

各パネルが行った検体の偏差の平均を求め、これを当協会におけるパネルの嗅覚能力とした。

2.2 集計基礎データ

平成19年8月～平成20年9月までに、当協会が

* (財)九州環境管理協会 調査分析部 研究員 **同 上席研究員 ***同 主任研究員

実施した延 63 回の嗅覚試験結果を対象とした。本試験には延 41 名のパネルが参加している。図 1 に 41 名分の偏差集計結果を示す。1 回の試験に 6 名のパネルが必要となるため、平均すると 1 名当たりの測定経験回数は 9 回程度となるが、実際は 2 回～ 32 回と幅がある。そこで、パネル間の差異を解析するにあたり、統計的な信頼性を高めるため、測定経験回数が 5 回未満のパネルのデータは除外した。その結果、対象とするパネルは 23 名（表 1）となった。偏差は、 $-0.46 \sim +0.60$ であり、この偏差の状況を評価することによって以下の解析を行った。

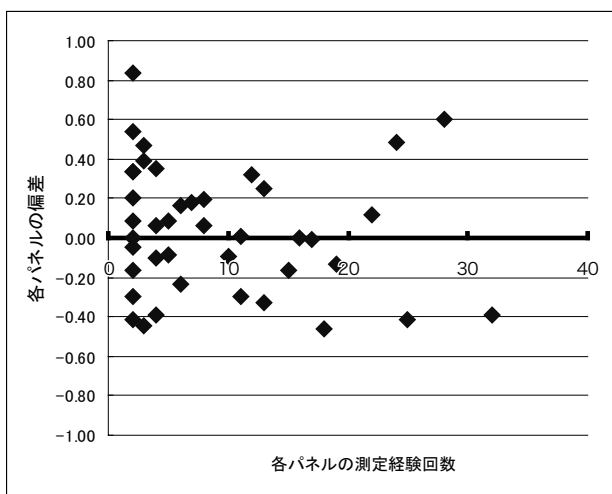


図 1 集計結果

表 1 パネル情報

	性別	測定検体数	偏差 (平均)
A	女	28	0.60
B	女	24	0.48
C	女	12	0.32
D	女	13	0.25
E	女	8	0.20
F	女	7	0.18
G	男	6	0.17
H	女	22	0.12
I	男	5	0.08
J	男	8	0.06
K	女	11	0.01
L	男	16	0.00
M	女	17	-0.01
N	男	5	-0.08
O	男	10	-0.09
P	女	19	-0.14
Q	男	15	-0.17
R	男	6	-0.23
S	男	11	-0.30
T	女	13	-0.33
U	女	32	-0.39
V	男	25	-0.42
W	男	18	-0.46

3. 解析

3. 1 男女間によるパネルの嗅覚能力差

23 名のパネルを男女（男性 11 名、女性 12 名）に区別した場合の偏差を図 2 に示す。男女間においては、偏差に明らかな違いがみられた。男性パネルは一側に多くみられ、女性パネルは若干のばらつきはみられるが、+側に多くみられた。すなわち、男性パネルは臭気指数を低める傾向がみられ、女性パネルは高める傾向がみられる。因みに、男性の偏差は平均 -0.13 であり、一方女性の偏差は平均 $+0.11$ であった。

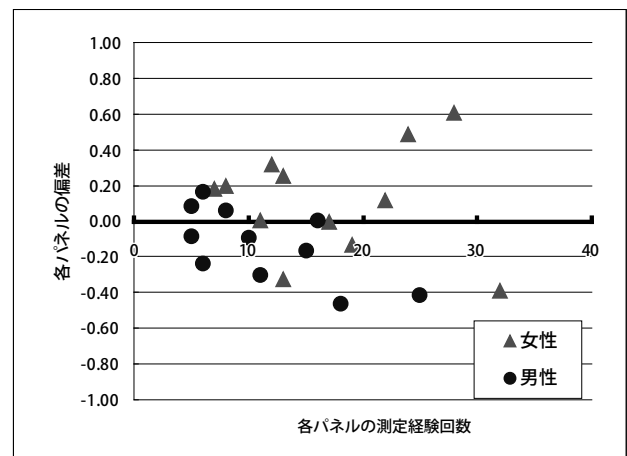


図 2 男女差

3. 2 年齢によるパネルの嗅覚能力差

23 名のパネルを年齢により区別した場合の偏差を図 3 に示す。年齢については、人により嗅力の減退がみられるといわれる 40 歳以上（12 名）と 40 歳未満（11 名）に区別した。40 歳以上は一側に多くみ

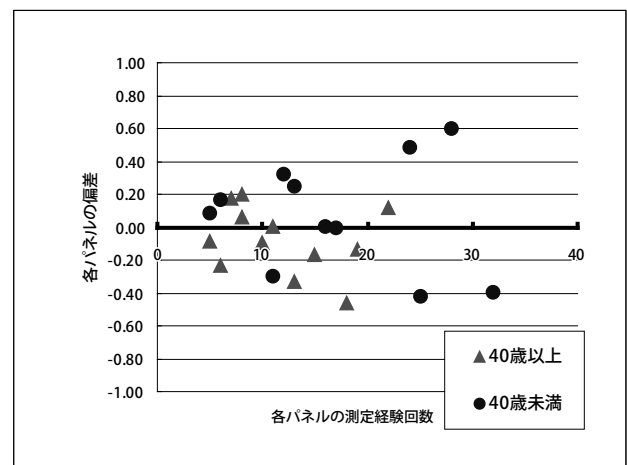


図 3 年齢差

られ、40歳未満はばらつきはみられるが、+側に多くみられた。40歳以上の偏差は平均-0.08であり、40歳未満の偏差は平均+0.07であった。このことから40歳以上のパネルは臭気指数を低める傾向が、40歳未満のパネルは高める傾向がみられたが、男女間における差よりも小さなものであった。

3.3 喫煙によるパネルの嗅覚能力差

喫煙による嗅覚への影響をみるため、パネルを喫煙者(6名)非喫煙者(5名)に区別した場合の偏差を図4に示す。なお、女性パネルに喫煙者がいなかったため、ここでは性別での偏差の影響を排除し、男性パネルでの区別とした。喫煙者、非喫煙者の大きな傾向の違いはみられず、偏差の平均はいずれも負となり、喫煙者が-0.09、非喫煙者が-0.18であった。このことから、喫煙によって嗅覚能力が減衰しているとは認められない。しかし、これらの結果は男女間、年齢差に比べると標本数が少ないため、信頼性を高めるにはより多くのデータが必要である。

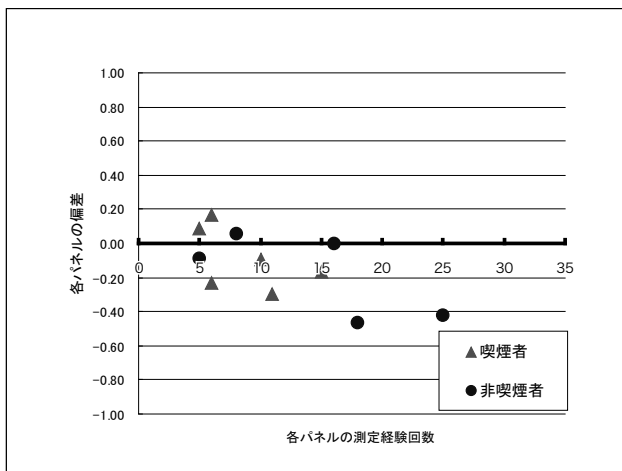


図4 喫煙の有無

3.4 臭質の違いによるパネルの嗅覚能力差

臭質の違いによる嗅覚能力の変化をみるため、排出口試料63検体について、刺激臭(燃焼過程における発生臭36検体)、有機溶剤臭(有機溶剤使用時における発生臭12検体)、製品臭(植物性製品の製造時における発生臭15検体)の3種類に分類を行い、「刺激臭-有機溶剤臭」「刺激臭-製品臭」「有機溶剤臭-製品臭」をそれぞれX Y軸上においてパネルの

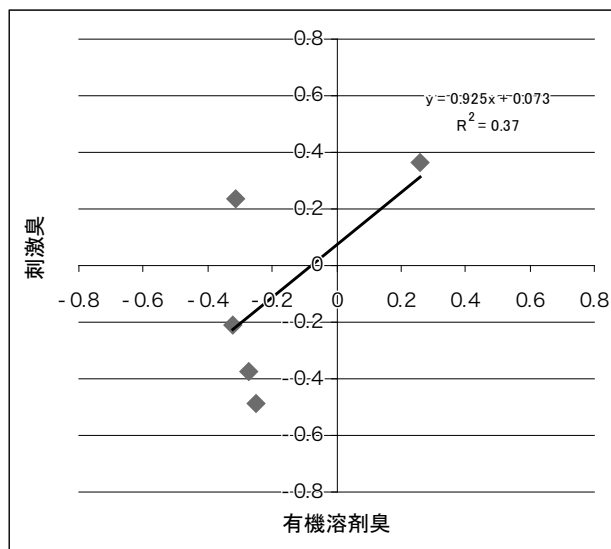


図5 刺激臭-有機溶剤臭

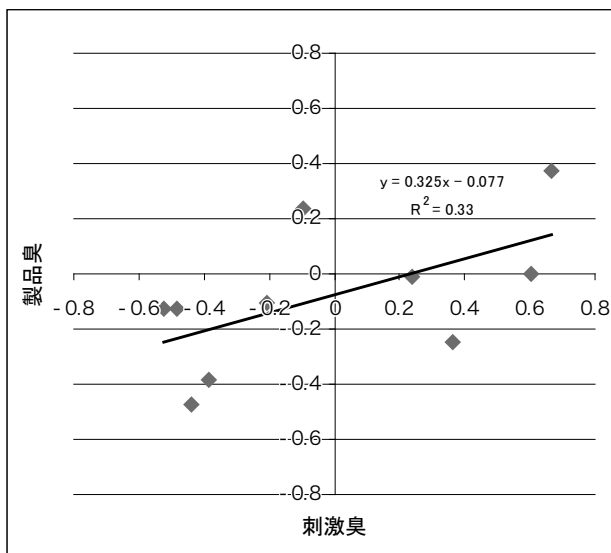


図6 刺激臭-製品臭

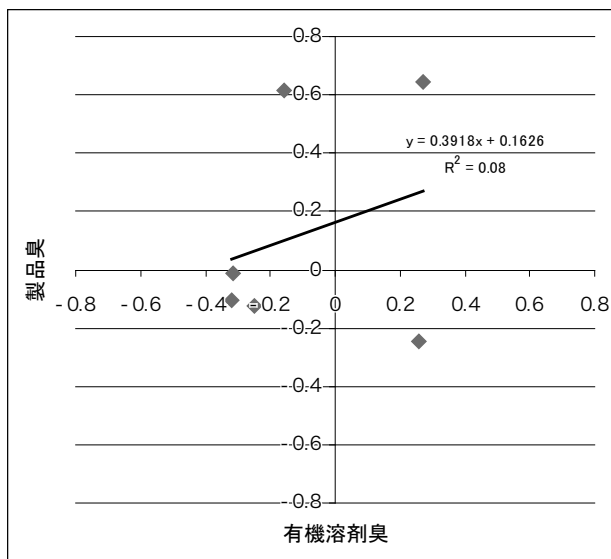


図7 有機溶剤臭-製品臭

偏差をプロットした。なお、ここでは比較するパネルは、信頼性を高めるため、3種類の臭質のうち、2種類以上かつ4検体以上測定した者を対象とした。

「刺激臭—有機溶剤臭」（比較パネル5名）、「刺激臭—製品臭」（比較パネル10名）、そして「有機溶剤臭—製品臭」（比較パネル6名）の偏差の比較をそれぞれ図5, 6, 7に示す。3つのパターンに共通して、線形回帰を用いた場合、近似式は正の傾きとなるが、その相関係数は $R = 0.27 \sim 0.61$ と決して高いものではなかった。また、数名ではあるが、固有の臭質について偏差の正負が逆転するパネルがみられ、このパネルについては臭質により、得意、不得意があることが窺えた。この比較に関しても標本数を増やすことにより、信頼性の高いデータが得られると考えられる。

3. 5 パネル間の偏差の違いによる臭気指数への影響

3. 5. 1 シミュレーションの試行

今回の集計で得られたパネル間の偏差の違いが、実際の臭気指数にどう影響してくるのかシミュレーションを試みた。シミュレーションの条件は、23名のパネルの中から偏差の上位6名、中位6名、下位6名でそれぞれ班編制を行い、臭質による得意、不得意さを無しとみなし、それぞれ臭気指数20の検体を測定した場合を仮定した。このシミュレーションでは、各パネルの偏差に臭気指数20から算出される閾値2.00を足し、それをパネルの想定する閾値（想定閾値）とした。その閾値を三点比較式臭袋法で対応される閾値（想定対応閾値）に変換し、6名の想定対応閾値から最大値、最小値を除いた4名の平均を10倍した数値を想定される臭気指数（想定臭気指数）とした。

シミュレーションの結果を表2, 3, 4に示す。なお、上位6名のパネルは後に行う検証試験に参加できないことが明らかだったパネルEを外し、パネルGを繰り上げA, B, C, D, F, Gの6名で行った。

上位班での想定臭気指数は24、中位班では20、下位班では17であり、中位班のみ仮定された臭気指数20と同値となった。上位班、下位班では仮定され

た臭気指数に対してそれぞれ+4, -3とずれが生じ、両者において想定臭気指数で7の差がみられた。

表2 上位6人班の想定臭気指数

上位6人	A	B	C	D	F	G	最大値	最小値	平均 (最大・最小 値カット)	想定 臭気 指数
偏差	+0.60	+0.48	+0.32	+0.25	+0.18	+0.17				
想定閾値 ^{※1}	2.60	2.48	2.32	2.25	2.18	2.17				
想定対応閾値 ^{※2}	2.74	2.74	2.24	2.24	2.24	2.24	2.74	2.24	2.365	24

注) ※1 臭気指数から換算した閾対数値 (2.00) + 偏差と定義する
※2 三点比較式臭袋法で対応される閾対数値

表3 中位6人班の想定臭気指数

中位6人	J	K	L	M	N	O	最大値	最小値	平均 (最大・最小 値カット)	想定 臭気 指数
偏差	+0.06	+0.01	0.00	-0.01	-0.08	-0.09				
想定閾値	2.06	2.01	2.00	1.99	1.92	1.91				
想定対応閾値	2.24	2.24	2.24	1.74	1.74	1.74	2.24	1.74	1.99	20

表4 下位6人班の想定臭気指数

下位6人	R	S	T	U	V	W	最大値	最小値	平均 (最大・最小 値カット)	想定 臭気 指数
偏差	-0.23	-0.30	-0.33	-0.39	-0.42	-0.46				
想定閾対数値	1.77	1.70	1.67	1.61	1.58	1.54				
対応対数値	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	17

3. 5. 2 シミュレーション結果の検証試験

シミュレーション結果を確認するため、次のような検証試験を行った。まず活性炭を通した無臭空気10Lを試料採取袋（ポリエチレンテレフタートフィルム製）に封入し、酢酸エチルの嗅覚閾値0.87volppm¹⁾から、酢酸エチルを3.8μL注入、気化させ、87volppm（臭気指数20）の標準物質を作製した。次にシミュレーションを行った上位6名、中位6名、下位6名からランダムに3班構成し、標準物質を用いて三点比較式臭袋法（下降法）による嗅覚試験を同一日に行った。このとき全員が不正解になるまで試験を行い、パネル18名の閾値をそれぞれ把握した。そして測定から得られた閾値をシミュレーションと同様の上位、中位、下位の班に振り分け、それぞれ臭気指数を求めた。

シミュレーション結果の検証結果を表5～7に、各パネルのシミュレーションでの想定対応閾値との比較を表8に示す。検証の結果、上位班と下位班においてはシミュレーションと同じ値が得られ、中位班においてもシミュレーションと比べ1と小さな差であった。さらに、各パネルのシミュレーションでの想定対応閾値と比較すると、18名中17名が閾値において最小差である-0.5～+0.5（前後3倍希釈）の範囲で適合しており、そのうち10名は想定対応閾値と同値であった。このことから偏差を用いた

シミュレーションの信頼性が高いことが窺えた。

表5 上位6人班の臭気指数

上位6人	A	B	C	D	F	G	最大値	最小値	平均 (最大・最小 値カット)	臭気 指数	想定 臭気 指数
閾値 (対数値)	2.74	2.24	2.74	1.74	2.24	2.24	2.74	2.24	2.365	24	24

表6 中位6人班の臭気指数

中位6人	J	K	L	M	N	O	最大値	最小値	平均 (最大・最小 値カット)	臭気 指数	想定 臭気 指数
閾値 (対数値)	2.24	1.74	1.74	2.74	1.74	1.74	2.74	1.74	1.865	19	20

表7 下位6人班の臭気指数

下位6人	R	S	T	U	V	W	最大値	最小値	平均 (最大・最小 値カット)	臭気 指数	想定 臭気 指数
閾値 (対数値)	1.74	1.74	2.24	1.74	1.74	1.24	2.24	1.24	1.74	17	17

表8 各パネルの閾値の差

	想定対応閾値	閾値(実測値)	差(閾値)	差(希釈倍率)
A	2.74	2.74	0	0
B	2.74	2.24	+0.5	+3倍
C	2.24	2.74	-0.5	-3倍
D	2.24	1.74	+0.5	+3倍
F	2.24	2.24	0	0
G	2.24	2.24	0	0
J	2.24	2.24	0	0
K	2.24	1.74	+0.5	+3倍
L	2.24	1.74	+0.5	+3倍
M	1.74	2.74	-1.0	-10倍
N	1.74	1.74	0	0
O	1.74	1.74	0	0
R	1.74	1.74	0	0
S	1.74	1.74	0	0
T	1.74	2.24	-0.5	-3倍
U	1.74	1.74	0	0
V	1.74	1.74	0	0
W	1.74	1.24	+0.5	+3倍

4. まとめ

当協会における嗅覚試験パネルを対象に嗅覚能力について、様々な解析を試みた。その結果以下のことがわかった。

- (1) 女性パネルには臭気指数を高める傾向が、男性パネルには臭気指数を低める傾向がみられる。
- (2) 40歳以上のパネルについては若干臭気指数を低める傾向がみられるが、男女差ほどの差はみられなかった。

(3) 喫煙による嗅覚能力の減衰は認められなかったが、これについてはより多くの標本数が必要である。

(4) 臭質の違いによる得意、不得意さは数名のパネルにみられた。

(5) パネルの組合せによって、臭気指数20で最大7の誤差を生じることがわかった。

今回、本研究では標本数が不足していること、臭質の細分化を図るなど、信頼性を得るための課題がいくつか考えられるが、偏差を用いてパネルの嗅覚能力を把握することについてある程度有効であることがわかった。この方法を用いれば三点比較式臭袋法におけるパネルの嗅覚能力でのばらつきを事前に把握することができ、測定結果に対して安定性の高いパネル選定をすることも可能であると考えられる。これは、嗅覚試験の信頼性が高く、かつ安定した結果を依頼者に提供することに繋がるものと確信する。

謝辞

本論文は、(社)日本環境測定分析協会に御許可いただき、同協会発行「環境と測定技術」第37巻第3号(平成22年3月26日発行)から引用しました。ここに、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 永田好男, 竹内教文: 三点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果, 第29回大気汚染学会講演要旨集, 528, 1988