

環境試料の臭気指数測定における

ベルヌーイ試行明白率の試算

資源循環・環境制御システム研究所 所長 柳橋 泰生

1. 臭気指数とは

- 臭気を薄めていくと、臭いがなくなるポイント「閾値(いきち)」に達する
- 臭気を「閾値」のレベルにするのに何倍薄める必要があるのかを示すのが「臭気濃度」であり、感覚の尺度に合わせるため、対数値をとり10倍した値が「臭気指数」
- 閾値付近の検体を作製し、鼻で嗅いで閾値に到達したかを判定するが、主観的になりがち
- このため、悪臭防止法に基づく規制で用いられる測定では「三点比較法」が用いられている

2. 三点比較法とは

- 【オペレーター(操作をする人)】
- 特定の希釈倍数のフラスコを1つ作製する(付臭フラスコ)
 - 無臭水を入れたフラスコを2つ作製する(無臭フラスコ)
 - 3つのフラスコをパネルに提示する(パネルは付臭・無臭の別を知らない)



- 【パネル(臭いを嗅ぐ人)】
- 3つのフラスコの臭いを嗅ぎ、付臭フラスコを当てる
- 希釈倍数を上げて、①から④の操作を繰り返す

空気の臭いを測定する際はフラスコではなく「におい袋」を用いる

3. しかし、三種類の 방법이混在

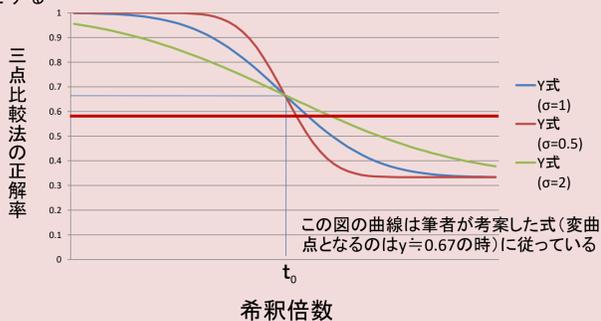
- 同一のデータでも、算出方法により「測定結果」が異なる
- 悪臭防止法の環境試料の方法・・・臭気濃度: 25 臭気指数: 14
 - 悪臭防止法の排出口試料の方法・・・臭気濃度: 100 臭気指数: 20
 - 上水試験方法・・・臭気濃度: 10 臭気指数: 10

パネル	希釈倍数 1倍 (対数値0)	10倍 (対数値1)	100倍 (対数値2)	1000倍 (対数値3)	1回目的 中で正解と みなすと	1回目・2 回目両方 的中で正 解とみな すと
A	○×○	○××	×○×	××○	1.5	<(0)カット
B	○○○	×○×	×××	○××	(0.5)カット	0.5
C	○○○	○××	○○×	×○×	2.5	0.5
D	○○○	○○○	○××	×○○	2.5	1.5
E	○○○	○○○	××○	×××	1.5	1.5
F	○○○	○○○	○○○	○××	(≥3.5)カット	(2.5)カット
正解数/測定数	17/18	12/18	8/18	6/18	2.0 (平均)	1.0 (平均)
正解率	0.94	0.67	0.44	0.33		

【研究の目的】それぞれの方法の数学的構造を考察し、最も良い方法を明らかにする

1. 環境測定の方法の概要

悪臭防止法の環境測定の方法では、正解率曲線を次の式で近似
 $y = 2/3 \cdot e^{-x} + 1/3$
 臭いの質nに関係なく、 $x = 1/a$ のとき $y = 0.58$ (グラフ上の変曲点になる)
 となることから、正解率曲線(近似直線)と0.58の交点の希釈倍数を臭気濃度とする



2. 正解率の生起確率(%)

正解率	偶然0人	1人	2人	3人	4人	5人	6人
1.00	100	3.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
0.94		22.2	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0
0.89		44.4	8.2	0.7	0.0	0.0	0.0
0.83		29.6	21.9	3.4	0.3	0.0	0.0
0.78			32.9	10.2	1.5	0.2	0.0
0.72			26.3	20.5	4.8	0.7	0.0
0.67			8.8	27.3	11.1	2.2	0.3
0.61				23.4	19.1	5.7	1.1
0.56				11.7	23.8	11.5	2.9
0.50				2.6	21.2	17.9	6.4
0.44					12.7	21.4	11.6
0.39					4.6	19.5	16.8
0.33					0.8	13.0	19.6
0.28						6.0	18.1
0.22						1.7	12.9
0.17						0.2	6.9
0.11							2.6
0.06							0.6
0.00							0.1

希釈倍数が高くなる

正解率が偶然である領域(二項分布に従って正解率が積み上がる)

正解率0.58

正解が必然である領域

3. 「ベルヌーイ試行明白率」の考え方

不正解が出た後の赤字の測定は、偶然に左右されていることが明らかであり測定を行うことは無意味ではない

パネル	希釈倍数 1倍 (対数値0)	10倍 (対数値1)	100倍 (対数値2)	1000倍 (対数値3)
A	○×○	○××	×○×	××○
B	○○○	×○×	×××	○××
C	○○○	○××	○○×	×○×
D	○○○	○○○	○××	×○○
E	○○○	○○○	××○	×××
F	○○○	○○○	○○○	○××
正解数/測定数	17/18	12/18	8/18	6/18
正解率	0.94	0.67	0.44	0.33

4. 「ベルヌーイ試行明白率」の定義

- 環境試料の測定方法に焦点を当て、研究を行った。
- 「偶然に左右されてしまうことが明らかな測定の比率」をベルヌーイ試行明白率と仮に定義した。
- 閾値より低濃度となり、正解が偶然である領域に入った測定で、サイコロを振る(ルーレット、乱数表、くじ引き等)ことにより代替できる測定回数の比率
- 例えば、同一希釈倍数における3回の測定において、×○○となった場合、1回目の×で能力を超えていることが明らかなので、2回目と3回目の○は偶然の正解と判断できる
- 2回目、3回目は行わなくてもよいように思われるが、正解率曲線を描くためには測定が必要

5. ベルヌーイ試行回数別の明白率の試算

- ベルヌーイ試行の回数(3回、6回、9回および12回)別にベルヌーイ試行であることが明らかな測定の回数、生起確率、その積(期待値)を計算した
- 最右欄は10倍の測定後1倍を測定した場合の計算

3回		6回		9回		12回		6回(10倍・1倍の測定)		
明白数	生起確率	明白数	生起確率	明白数	生起確率	明白数	生起確率	明白数	生起確率	
2	2/3	5	5/33	8	8/33	11	11/33	7	7/33	
1	1/3	0.22	4	1/3	0.89	7	1/3	1.56	10	1/3
0	(1/3) ³	0.00	2	(1/3) ²	0.22	6	(1/3) ²	0.44	9	(1/3) ²
計	1	1.56	1	(1/3) ³	0.05	5	(1/3) ³	0.12	8	(1/3) ³
			1	(1/3) ²	0.01	4	(1/3) ²	0.03	7	(1/3) ²
			0	(1/3)	0.00	3	(1/3)	0.01	6	(1/3)
			0	(1/3) ³	0.00	2	(1/3) ³	0.02	計	1
			計	1	4.50	2	(1/3) ³	0.00	5	(1/3) ³
				1	(1/3) ²	0.00	4	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	3	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	2	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	1	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計
				0	(1/3) ²	0.00	0	(1/3) ²	0.00	計
				0	(1/3)	0.00	0	(1/3)	0.00	計
				0	(1/3) ³	0.00	0	(1/3) ³	0.00	計