

野外調査における臭気強度 表示法の検討 (I)

パネル間の応答の相関性

Field surveys by six grades odor intensity
method in odor polluted areas (1)

The correlations of responses among panels

永田 好男* 重田 芳廣* 竹内 教文*

Yoshio Nagata, Yoshihiro Shigeta and Norihumi Takeuchi,

はじめに

悪臭の実態を評価し、数量化する手法として大きく分けて、機器測定法と官能試験法の2法がある。官能試験法の一つに、においの強さ(感覚量)をある設定尺度で数量化する臭気強度表示法があるが、物理的な測定法と異なり、刺激に対する応答にいろんなノイズが入ってくる。測定者(パネル)の個人差もあるし、また同じ人でも緊張、倦怠、疲労、熟練度、環境による影響など、そのときの状態による差もあろう。そこで、野外において臭気の拡散状況、汚染範囲、頻度などを官能的に測定する場合、データの評価は主として総パネルの平均値を重視する。しかし、これら個人差が総合的精度に与える影響の大きいことはいうまでもない。本報では、某クラフトパルプ工場および某魚腸骨処理工場を中心に実施して得た臭気強度表示データについて、専門パネルと一般パネル間の応答の相関性、パネル間の応答の比較をおもな解析の目的とし、近似的な検定と経験的な検討を加え、今後野外調査を実施するうえでの参考資料としたい。

調査方法

発生源の風下、約40度の広がり角度をもって、距離別に2~5か所、合計10~16か所の測定点を置いた。そして、1地点に3~5名の専門および一般パネルを配置し、測定時間30分間、10秒ごとに6段階の臭気強度を判定し記録した。6段階臭気強度の表示尺度を表1に、また調査時の臭気強度の測定チャート例を図1および図2に示した。

なお、専門パネルは、すべて香料会社の調香師で、6段階臭気強度表示法の測定経験者である。また、一般パ

ネルは現地の住民で構成され、調査実施前に調査目的、臭気強度の表示法、記録法について説明し、約20分間測定練習を行った。

表1 6段階臭気強度表示法

0	……	無臭
1	……	やっとかすかに感じるにおい
2	……	楽に感じる弱いにおい(においの性質を想像しうる)
3	……	明らかに感じるにおい
4	……	強いにおい
5	……	耐えられないほど強く感じるにおい

解析の方針および方法

3.1 解析の方針

(1) 専門パネルの判断と一般パネルの判断の独立性の検定

発生源より、連続してあるいは不連続的にくるにおいの強さの比較的大きな経時変化(波形)の相関について、専門パネルと一般パネルの間で近似的に検定する。

(2) 臭気強度の判定基準に関する検定

専門パネルと一般パネルおよび一般パネル間で、臭気強度の判定基準に差があるかを近似的に検定する。

(3) 専門パネルと一般パネルの連の数に関する検定
においの間歇性について、専門パネルと一般パネル間の判断の相関を連(同じ強さのにおいの連続性)の立場から近似的に検定する。

3.2 解析方法

(1) 専門パネルの判断と一般パネルの判断の独立性の検定

(a) 専門パネルと一般パネルがともに配置されている地点の測定チャート(計84枚)から検定のためのチャート(計54枚)をランダムに選び出す。

(b) 専門パネルと一般パネルのクロス表を作成する。

* 日本環境衛生センター公害部特殊公害課

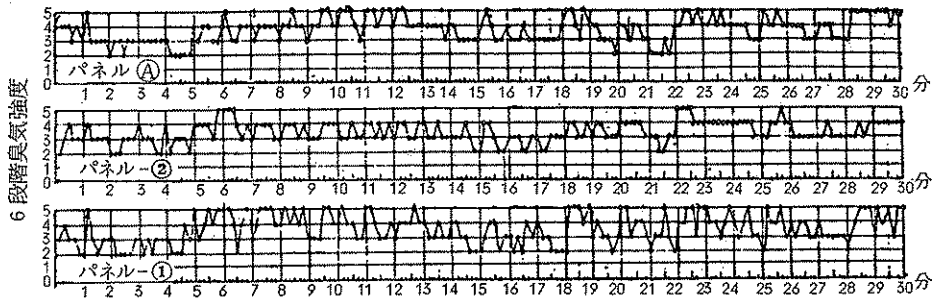


図1 クラフトパルプ工場, 測定地点0 (工場敷地境)

測定日時 S.46.12.2 14:20~14:50

風向 NNE 風速 2.0m/S

① 専門パネル, ② 一般パネル

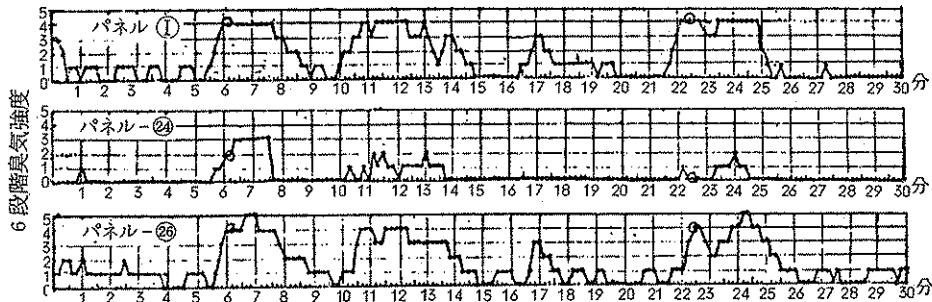


図2 魚腸骨処理場, 測定地点3-4 (発生源より700m),

測定日時 S.47.2.17 15:00~15:30

風向 NNE~WNN 風速 1m/S

① 専門パネル, ②③ 一般パネル

(c) クロス表による各臭気強度別合計値が, 専門パネルと一般パネルともほぼ2等分されるようにカテゴリーをまとめ, 2×2 の分割表を作成する。

(d) カイ二乗検定を行う。

帰無仮説 H_0 : "パネルの判断と一般パネルの判断は互いに独立である。"

カイ二乗値が有意ならば, H_0 を棄却する。つまり, パネルの判断と一般パネルの判断に相関があるといえる。

(2) 臭気強度の判定基準に関する検定

(a) 同一地点における専門パネルと一般パネルの判定チャートから臭気強度別に判定度数を集計する。

(b) 一般パネルの判定度数をプールのする。

(c) 臭気強度別の判定度数の合計が, ほぼ2等分されるようにカテゴリーを2つにまとめ, 専門および一般パネルとの 2×2 の分割表をつくる。

(d) カイ二乗の検定を行う。

帰無仮説 H_0 : "パネルの熟練度のちがいと臭気強度判定基準とは独立である。"

カイ二乗値が有意なら H_0 を棄却する。つまり, 専門パネルと一般パネルの判定基準に差があるといえる。

(e) 一般パネル間においても, 同様の検定を行う。

(3) 専門パネルと一般パネルの連の数に関する検定

(a) 専門および一般パネルについて, 連(たとえば臭気強度が2 2 2 3 3 3 2 2 1 1となっている場合, 連の数は4)の数をかぞえる。

(b) 専門および一般パネルの連の数を合計し, その平均値を期待値として, カイ二乗の検定を行う。

H_0 : "パネルと連の判断は独立である。"

解析結果および考察

4.1 専門パネルの判断と一般パネルの判断の独立性に関する検定結果

(1) クラフトパルプ工場の調査データについての検定結果

検定結果を表2に示した。

表 2 専門パネルと一般パネルの判断の独立性に関する検定結果
(クラフトパルプ工場調査データ)

発生源からの距離	測定地点	測定時間	χ^2 値	自由度	有意性の検定	内 容
工場敷地境	0-1	10:50 ~	0.28	1	①-① ⁰	専門Pの応答の変化が一般Pに比べ非常に少ないことが相関性の有意でない原因となっている(連の検定参考)
			0.20	1	①-② ⁰	
			2.45	1	①-③ ⁰	
		11:20	4.43	1	①-④ [*]	
200m	1-1	13:40 ~	31.57	1	②-⑨ ^{**}	比較的相関性がよく現われてくる
			3.91	1	②-⑩ [*]	
			38.13	1	②-⑪ ^{**}	
		14:10	0.07	1	②-⑫ ⁰	
500m	2-1	13:40 ~	19.77	1	③-⑰ ^{**}	⑰と⑱との相関がよく現われている
			28.80	1	③-⑱ ^{**}	
		14:10	4.73	1	③-⑲ [*]	
1Km	3-3	10:50 ~	0.44	1	④-⑳ ⁰	④の強度表示が2.5, 3.5を使用しているため検定に無理がある
			15.04	1	④-㉑ ^{**}	
		11:20	0.33	1	④-㉒ ⁰	
	3-4	10:50 ~	9.40	1	⑤-㉓ ^{**}	0の表示が多いが、主ににおいの変化に相関が現われている
			13.57	1	⑤-㉔ ^{**}	
			11:20	7.77	1	
2Km	4-2	13:40 ~	7.64	1	⑥-㉖ ^{**}	比較的相関性がよく現われている
			2.61	1	⑥-㉗ ⁰	
		14:10	36.22	1	⑥-㉘ ^{**}	
	4-4	10:50 ~	15.03	1	⑦-㉙ ^{**}	3者とも中頃の特有なにおいの変化に相関がよく現われている
			20.85	1	⑦-㉚ ^{**}	
			11:20	1.25	1	

アルファベット……専門パネル(専門P) 数字……一般パネル(一般P)

- *) 5%以下の危険率で相関が有意
- **) 1%以下の危険率で相関が有意
- 0) 相関が有意であるとはいえない

表 2 の交互作用の検定結果

表 2 の χ^2 値の合計 (χ^2_t) = 264.45^{**} d. f. t = 23

分割表をプールした χ^2 値 (χ^2_p) = 209.86^{**}
d. f. p = 1

$$\chi^2_t - \chi^2_p = 54.59^{**} \quad d. f. t - p = 22$$

つまり、測定地点、測定時間、パネルなどと臭気強度との判断の間に交互作用がある。

(2) 魚腸骨処理工場の調査データについての検定結果

検定結果を表3に示した。

表3 専門パネルと一般パネルの判断の独立性に関する検定結果
(魚腸骨処理工場調査データ)

発生源からの距離	測定地点	測定時間	χ^2 値	自由度	有意性の検定	内 容
工場敷地境	0	14:02	31.21	1	A-①**	専門Pと一般Pの間に比較的良好な相関性が示されている
		~14:32	32.21	1	A-②**	
		14:40	57.18	1	A-①**	
		~15:00	38.01	1	A-②**	
100m	1-2	14:20	1.85	1	B-⑥ ⁰	一部の波に相関が見られる
		~14:50	5.91	1	B-⑦*	相関性が示されている
		15:00	—	—	B-⑥	欠測点が多く、検定が困難
		~15:30	3.45	1	B-⑦ ⁰	時間のずれを考慮しても相関が見にくい
300m	2-2	14:20	37.53	1	C-⑪**	専門Pと一般Pの間に比較的良好な相関性が示されている
		~14:50	40.50	1	C-⑫**	
		15:00	60.92	1	C-⑪**	
		~15:30	17.90	1	C-⑫**	
700m	3-2	14:20	81.5	1	D-⑲**	相関が示されている
		~14:50	3.61	1	D-⑳ ⁰	一般Pの強弱の変化に比べ、専門Pの変化が少ない
		15:00	0.39	1	D-⑲ ⁰	全般に強弱の変化が少ない
		~15:30	0.92	1	D-⑳ ⁰	//

アルファベット……専門パネル 数字……一般パネル

- *) 5%以下の危険率で相関が有意
- **) 1%以下の危険率で相関が有意
- 0) 相関が有意であるといえない

表4 専門パネルと一般パネル間の臭気強度の判定基準に関する検定結果
(クラフトパルプ工場調査データ)

発生源からの距離	測定地点	測定時間	χ^2 値	自由度	有意性の検定	専門パネルの30分間の臭気強度の平均	一般パネルの30分間の臭気強度の平均	差	備 考
工場敷地境	0-1	10:50 ~ 11:20	211.30	1	A-1, 2, 3, 4, **	3.07	2.26	0.81	臭気強度の表示範囲 A-4~2 ①-3~2 ②-3~2 ③-3~2 ④-4~1
200m	1-1	13:40 ~ 14:10	49.38	1	B-9, 10, 11, 12 **	3.38	2.67	0.71	臭気強度の表示範囲 B-4~2 ③-4~2 ⑩-4~1 ⑪-5~2 ⑲-3~1
500m	2-1	13:40 ~ 14:10	166.57	1	C-17, 18, 19 **	1.61	0.53	1.08	臭気強度の表示範囲 C-3~0 ⑰-3~0 ⑱-2~0 ⑲-2~0
1km	(3-3)	10:50 ~ 11:20	527.42	1	E-32, 33, 34 **	(3.19)	(0.69)	(2.50)	専門Pが脱臭塔からの異臭を同時に判定したため、高い評価となっている
	3-4	10:50 ~ 11:20	1.20	1	F-34, 35, 36 ⁰	0.29	0.44	-0.15	臭気強度の表示範囲 F-2~0 ⑳-2~0 ㉙-1~0 ㉚-1~0
2km	4-2	13:40 ~ 14:10	1.11	1	G-40, 41, 42 ⁰	1.77	1.90	-0.13	判定水準に差がないと考えられる
	4-4	10:50 ~ 11:20	33.60	1	H-46, 47, 48 **	1.80	1.10	0.62	臭気強度の表示範囲は同じ(3~0), 強度3の判定数 ①-37 ④-8 ⑦-7 ⑧-30

アルファベット……専門パネル 数字……一般パネル

- **) 1%以下の危険率で水準の差が有意
- 0) 水準の差に有意差なし

表5 一般パネル間の臭気強度の判定基準に関する検定結果
(クラフトパルプ工場調査データ)

発生源からの距離	測定地点	測定時間	χ^2 値	自由度	有意性の検定	一般パネルの臭気強度の平均値				
						P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	レンジ
工場敷地境	0-1	10:50 ~11:20	48.00	3	**	2.46	2.41	2.48	1.72	0.76
200m	1-1	13:40 ~14:10	104.76	3	**	2.73	2.72	3.12	2.10	1.02
500m	2-1	13:40 ~14:10	225	2	0	0.63	0.51	0.44	-	0.19
1km	3-3	10:50 ~11:20	26.77	2	**	0.37	0.83	0.88	-	0.51
	3-4	10:50 ~11:20	13.57	2	**	0.24	0.24	0.35	-	0.11
2km	4-2	13:40 ~14:10	6.49	4	0	1.89	1.87	1.88	-	0.02
	4-4	10:50 ~11:20	141.84	2	**	0.48	1.24	1.83	-	1.35

**) 1%以下の危険率で水準の差は有意
0) 水準の差に有意差なし

表6 専門パネルと一般パネル間の臭気強度の判定基準に関する検定
(魚腸骨処理工場調査データ)

発生源からの距離	測定地点	測定時間	χ^2 値	自由度	有意性の検定	30分間の臭気強度平均値			備 考
						専門パネル	一般パネル	差	
工場敷地境	0	14:00 ~14:30	0.03	1	Ⓐ-1, 2 0	3.60	3.63	-0.03	水準に差があるとはいえない。
		14:40 ~15:10	6.85	1	Ⓐ-1, 2 **	3.72	3.49	0.23	臭気強度の表示範囲は、同じ(5~2),強度5の測定数 Ⓐ-35 ①-41 ②-9
100m	1-2	14:20 ~14:50	57.54	1	Ⓑ-6, 7 **	2.43	3.39	-0.96	臭気強度の表示範囲は、ほぼ同じ(4~2),強度4の測定数 Ⓑ-21 ⑥-46 ⑦-101
		15:00 ~15:30	7.48	1	Ⓑ-6, 7 **	2.99	3.25	-0.26	臭気強度の表示範囲は、ほぼ同じ(4~2),強度4の測定数 Ⓑ-44 ⑥-56 ⑦-74
300m	2-2	14:20 ~14:50	62.01	1	Ⓒ-11, 12 **	1.94	3.14	-1.20	臭気強度の表示範囲は、Ⓒが4~0 ⑩が5~2 ⑪が5~1で専門Pの表示が低い
		15:00 ~15:30	0.99	1	Ⓒ-11, 12 0	2.16	2.19	-0.03	臭気強度の表示範囲は3者とも異なるが、⑩と⑪の間にⒸのレベルがある
700m	3-2	14:20 ~14:50	24.08	1	Ⓓ-19, 20 **	1.48	1.07	0.41	臭気強度の表示範囲 ①が3~1 ⑨が2~0 ②が4~0である
		15:30 ~16:00	7.46	1	Ⓓ-19, 20 **	1.12	0.92	0.20	臭気強度の表示範囲 ①が2~1 ⑨が3~1 ②が2~0である

アルファベット…… 専門パネル 数字…… 一般パネル
**) 1%以下の危険率で水準の差に有意差あり
0) 水準の差に有意差なし

表3の交互作用の検定結果

1%の危険率で交互作用が有意である。つまり、測定地点、測定時間、パネルなどと臭気強度との判断の間に交互作用がある。

においの強さの経時変化を、専門および一般パネルがどのように感じているかを巨視的に見た場合、比較的高い相関をなしている場合が多く見られた。これは、においの強さの変化の差がはげしい所ではとくにそうであった。また、専門パネルと一般パネル間よりも一般パネル間の方が相関が高い場合もあり、臭気強度の判定基準の妥当性ある程度軽視し、においの強さの経時的な変化のみを見ようとする時は、一般パネルのグループのみの測定でも十分に測定可能であると考えられる。なお、この検定は、測定チャートにおいて、専門パネルのある強度の一定水準（全体のプロットの度数をほぼ半分に分ける強度）より上（あるいは下）の部分とそれに対応する一般パネルの一定水準より上（あるいは下）の部分とどの程度一致するかを巨視的に見たものであり、秒単位の微視的な検定では、相関が有意でなくなる可能性が十分考えられる。

4.2 臭気強度の判定基準に関する検定結果

(1) クラフトパルプ工場の調査データについての検定結果

検定結果を表4および表5に示した。

表4の交互作用の検定結果

1%の危険率で交互作用が有意である。つまり、測定地点、測定時間、パネルなどと臭気強度の判定基準との間で交互作用がある。

(2) 魚腸骨処理工場の調査データについての検定結果
検定結果を表6に示した。

表6の交互作用の検定結果

1%の危険率で交互作用が有意である。

専門パネルと一般パネル間の臭気強度の判定基準に関する検定では、両調査とも、場所、時間、パネルの組合せで差がある場合とない場合があるという結果を得た。しかし、表4、表5および表6の検定結果からもわかるように判定基準の差が有意となる場合が多く見られた。30分間の平均値で比較すると、表4では専門パネルの方が高くなる傾向が見られ、表6では専門パネルの方が高くなる場合と低くなる場合とが見られた。

今回の検定結果では、平均値の差が0.2位でも水準の差が有意となり、悪臭公害を官能的に評価するうえでどのくらいの差を生じれば測定上問題となるのか、また官能試験上の誤差として考えられるのか検討を要するところである。

表4、表6の検定結果は、専門パネルと全一般パネルとの比較であり、一般パネル個々に専門パネルとの比較

は行わなかった。

臭気強度の判定基準に差が生じた要因について次のことが考えられる。一般パネルの居住地（汚染、非汚染地域）の生活環境および工場側との利害関係などパネルの属性によって差が生じるのではないかと、また、調査実施前に臭気強度表示法について練習を行ったが、そのさいパネルの解釈、理解度、真剣さのちがいで差が生じるのではないかと、その他、生理的、心理的な要因も重なって、専門パネルと一般パネル間、また一般パネル間の判定基準に差が生じたものと思われる。

なお、表4の測定地点3-3においてかなりの差（平均値で約2.5専門パネルの方が高い）を生じたが、これは測定地点の近くにある某工場の脱臭塔からの異臭を専門パネルが同時に判定したとの説明がなされた。

4.3 専門パネルと一般パネルの連の数に関する検定結果

(1) クラフトパルプ工場の調査データについての検定結果

検定結果を表7に示した。

表7 専門パネルと一般パネルの連の数に関する検定結果（クラフトパルプ工場調査データ）

発生源からの距離	採取地点	採取時間	連の総数	χ^2 値	自由度	有意性の検定
工場敷地	0-1	10:50	①-15 ②-54 ③-59	44.26	4	**
		~11:20	④-42 ⑤-79			
200m	1-1	13:40	①-40 ②-25 ③-61	31.49	4	**
		~14:10	④-59 ⑤-14			
500m	2-1	13:40	①-65 ②-42 ③-34	12.93	3	**
		~14:10	④-38			
1km	3-3	10:50	①-31 ②-77 ③-31	32.61	3	**
		~11:20	④-39			
	3-4	10:50	①-41 ②-17 ③-46	18.35	3	**
		~11:20	④-23			
2km	4-2	13:40	①-80 ②-67 ③-48	16.10	3	**
		~14:10	④-41			
	4-4	10:50	①-66 ②-59 ③-81	12.12	3	**
		~11:20	④-89			

アルファベット……専門パネル
数字……一般パネル

**）1%以下の危険率で連の総数に有意差あり

(2) 魚腸骨処理工場の調査データについての検定結果
検定結果を表8に示した。

両調査データともに連の数は、パネル間で有意な差が生じた。つまり、パネルによって臭気強度の間の差が変化のとりえ方が異なることがわかった。しかし、今回の調査データに関しては、ある強度に対し、±1の尺度の範囲内での変化の差（連の総数の差）が相関をなくしている原因となっていることが多く見られた。たとえば、あるパネルが強度1を連続して表示しているときに、あ

表8 専門パネルと一般パネルの連の数に関する検定結果(魚腸骨処理工場調査データ)

発生源からの距離	採取地点	採取時間	連の総数	χ^2 値	自由度	有意性の検定
工敷地場境	0	14:02 ~14:32	①-94 ②-122 ③-82	8.1	2	*
		15:40 ~15:10	④-85 ⑤-120 ⑥-77	10.6	2	**
		14:20 ~14:50	⑦-19 ⑧-42 ⑨-76	29.7	2	**
100m	1-2	15:00 ~15:30	⑩-17 ⑪-138 ⑫-75	93.5	2	**
		14:20 ~14:50	⑬-99 ⑭-61 ⑮-74	9.1	2	*
		15:00 ~15:30	⑯-97 ⑰-33 ⑱-59	31.8	2	**
300m	2-2	14:20 ~14:50	⑲-68 ⑳-21 ㉑-64	25.5	2	**
		15:00 ~15:30	㉒-23 ㉓-29 ㉔-57	17.0	2	**
		14:20 ~14:50				
700m	3-2	15:00 ~15:30				

アルファベット………専門パネル
数 字………一般パネル

*) 5%以下の危険率で連の総数に有意差あり
**) 1%以下の危険率で連の総数に有意差あり

るパネルは強度0.1あるいは2の表示を繰返しているなど測定者自身の嗅覚反応の相違によるほか、個人内の判定基準の不安定さ、感覚と表示尺度との対応の不馴れさ、真剣さ、慎重さの度合など、心理的な影響もかなりあるものと思われる。

む す び

野外調査におけるパネル間の臭気強度の応答の相関性を見る試みとして、カイ二乗検定法により、パネル間の判断(波形)の独立性の検定、判定基準に関する検定、連の数に関する検定を行った。その結果、判断の独立性の検定ではパネル間で比較的高い相関関係が見られたが、判定基準および連の数に関する検定では十分な相関関係を得ることができなかった。この結果から、パネルの人数ならびに十分なる試験目的と試験方法の教示理解、判定の仕方の練習、予備試験実施の必要性などが指摘されるが、以上の配慮を行えば一般パネルにおいても、十分に妥当性、安定性のある悪臭強度の評価を得ることができると考えた。

野外調査において、6段階臭気強度表示法を実施する場合、パネル構成要員、測定時間、測定点設置条件など多くの検討の余地を残しているが、中でも同時連続測定による化学的測定データとの対応付けは最も大きな課題であろう。

本調査は、環境庁委託の悪臭規制基準設定に関する調査研究の一環として実施した。調査を行うにあたり、パネルとして参加していただいた各香料会社の調香師各位、また解析手法等について終始御指導を賜った国税庁醸造試験所佐藤信先生ならびに関係各位に謹んで感謝の意を表したい。

Summary

In the present paper, the statistic evaluation of the odor sensory test methods by means of scale of six grades conducted in the fields was reported. Odor panel members at a measuring point were constituted of 2 to 4 untrained men and women and a trained panel.

They were stationed at 10 to 16 points on the leeward of stationary sources of odor (a kraft pulp factory and a fish meal plant). The evaluations of odor intensities by panels were carried out for 30 minutes at intervals of every 10 seconds.

The correlation of responses among panels, particularly untrained panels and a trained panel, were concluded statistically as follows.

(1) On the time-intensity curve of intermittent odor, the correlation of responses among panels were significant statistically in many cases.

(2) On the criteria of odor intensities, the differences among panels were significant statistically in many cases.

(3) On the number of run of same intensities, the difference among panels were significant statistically in every cases.

(4) There were the interactions between responses and panels, measuring points or measuring periods.

From the present results, the importance of selection of panel, training of panel in advance and preliminary trial in field survey of odor were emphasized.