人間工学･感性工学実験その 3:味の官能評価

鈴木　朝陽

2024 年 11 月 11 日

1.　実験目的

本実験では一対比較による味の官能評価を行い、どのような味（甘さ、酸っぱさ）の清涼飲料水が好まれるか検討することを目的とする。また、組合せ効果、順序効果の解析結果に基づいて、今後、清涼飲料水の味に関する同様の官能評価を計画する際に注意すべき点について検討する。

2.　実験方法

本実験では 5 種類のオレンジジュースを用いる。5 種類の飲料を一対ごとに比較評価するためには、どちらを先に飲むのかという順序も含め 20 通りの実験が必要である。この繰り返しを 20 回程度行うとすると合計 400 回の実験が必要となる。これを一人で行うのは不可能であるため、今回の実験では履修者約 26 名で分担し、一人約 8 対の比較を行った。

ここで、一対の飲料（A と B）の比較を行う際の実験手順を以下に示す。

実験の流れを図 1 に示す。

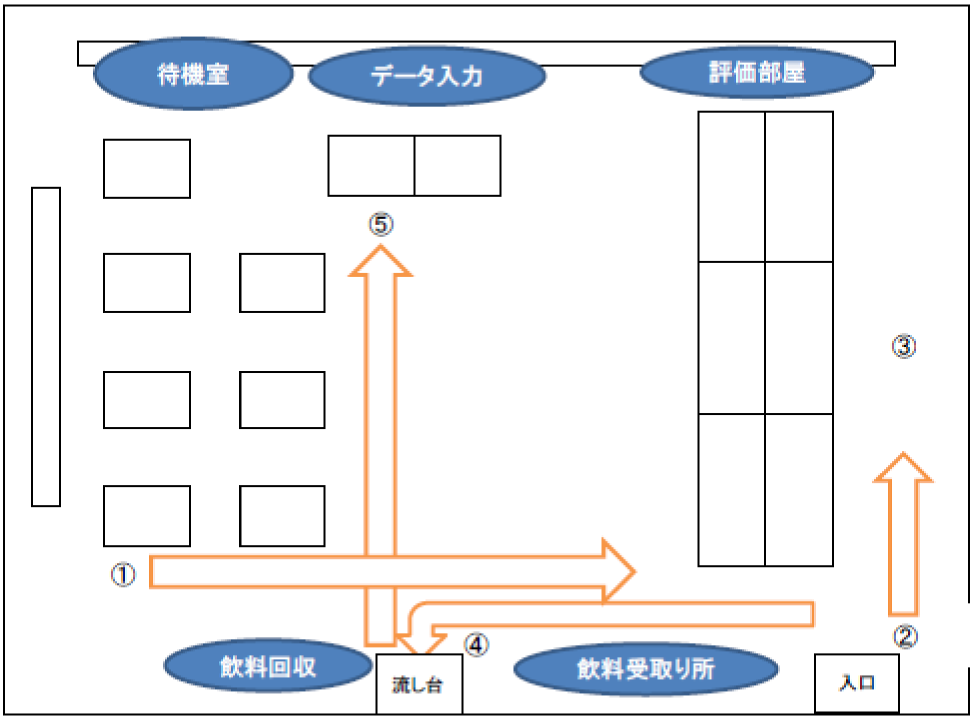

図 1　実験の流れ

① 番号を呼ばれたら、飲料受取り所の近くで並ぶ。

② 飲料と判定用紙がのったトレイを受け取る。

③ 評価部屋へ移動し、机の上の説明書きを読む。その後、評価を行う。

④ 評価終了後、飲料回収場所にて残った飲料を流しに捨て、トレイを回収する。

⑤ ＰＣに自身の評価結果を入力する。入力済みの判定用紙は、グレーのボックスに入れる。

⑥ 待機室に戻り、次に呼ばれるまで静かに待機する。

飲料の飲み方の手順を以下に示す。トレイのイメージ図を図２に示す。

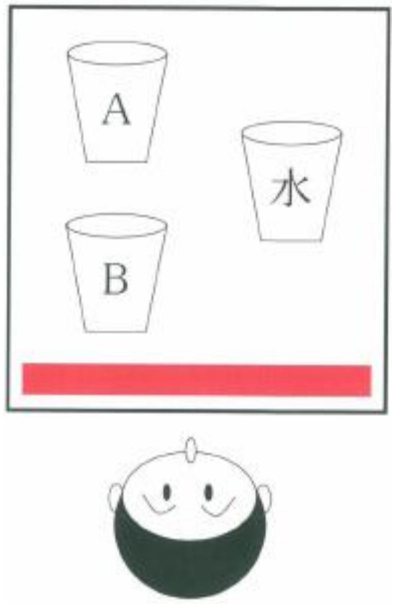

図２　トレイのイメージ図

① トレイの赤い線を手前にする。

② 水で口をゆすぐ。

③ A を飲む。

④ 次に B を飲む。

⑤ B を基準にして A を評価する。

判定用紙の書き方の手順を以下に示す。図３に判定用紙を示す。

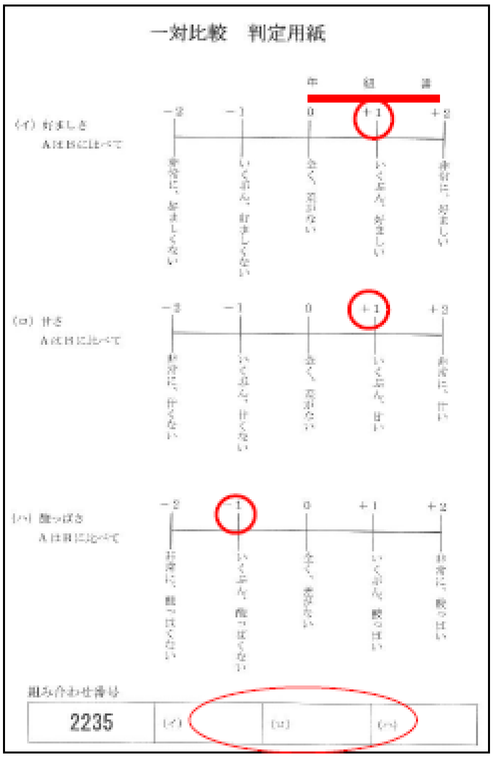

図３　判定用紙

① 学年・組・番号を記載する。

② それぞれの項目（好ましさ・甘さ・酸っぱさ）について○で判定結果を記入する。

③ 下の空白ボックスには判定結果を数字で記入する。

３．解析方法

上述の方法による実験結果を用いて解析を行う。今回の実験では解析は Scheffe’の方法を用いて行う。解析手順について以下にまとめる。

① 好ましさ、甘さ、酸っぱさのそれぞれについて，順序を区別した清涼飲料水の組 20 通りについて、−2～+2 の評価を行った人の人数を求め，データシートを作成する。

② 好ましさ、甘さ、 酸っぱさのそれぞれについて Scheffe’の方法により主効果、組合せ効果、順序効果の有無について検定する。

③ 主効果については，各々の清涼飲料水に関する嗜好度（または甘味度、酸味度）を表す $\hat{\alpha}_i$ を推定し、結果を図示する。

④ 組合せ効果または順序効果が有意になった場合には，それぞれ $\hat{\gamma}_{ij}$ または $\hat{\delta}_{ij}$ を推定し、効果が大きな清涼飲料水の組と順序を明らかにする。

4. 解析結果

(1) 好ましさ

好ましさについて Scheffe'の方法による解析結果を示す。

好ましさの集計表を表 1 に示す。

表 1 集計表（好ましさ）

Sample No.	-2	-1	0	1	2	$X_{ij.}$	${X_{ij.}}^2$
1 − 2	1	3	1	6	9	19	361
1 − 3	4	4	1	4	7	6	36
1 − 4	0	3	2	2	13	25	625
1 − 5	0	1	7	6	6	17	289
2 − 1	4	9	2	3	2	-10	100
2 − 3	1	3	8	8	0	3	9
2 − 4	1	4	4	11	0	5	25
2 − 5	2	5	2	4	7	9	81
3 − 1	3	8	0	2	7	2	4
3 − 2	0	7	2	7	4	8	64
3 − 4	1	2	7	8	2	8	64
3 − 5	5	4	1	6	4	0	0
4 − 1	5	4	0	8	3	0	0
4 − 2	2	9	1	5	3	-2	4
4 − 3	4	6	5	3	2	-7	49
4 − 5	3	5	1	8	3	3	9
5 − 1	1	12	2	4	1	-8	64
5 − 2	1	2	1	9	7	19	361
5 − 3	0	10	1	2	7	6	36
5 − 4	3	5	0	6	6	7	49
	41	106	48	112	93	110	2230

好ましさの主効果についての補助表(1)を表 2 に示す。

表 2 補助表(1)（好ましさの主効果）

	1	2	3	4	5	$X_{i..}$	$X_{.j.}$	$X_{i..} - X_{.j.}$	$(X_{i..} - X_{.j.})^2$
1	0	19	6	25	17	67	-16	83	6889
2	-10	0	3	5	9	7	44	-37	1369
3	2	8	0	8	0	18	8	10	100
4	0	-2	-7	0	3	-6	45	-51	2601
5	-8	19	6	7	0	24	29	-5	25
	-16	44	8	45	29	110	110	0	10984

好ましさの組合せ効果についての補助表(2)を表3に示す。

表3　補助表(2)（好ましさの組合せ効果）

	$X_{ij.}$					$X_{ij.}-X_{ji.}$					$(X_{ij.}-X_{ji.})^2$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	19	6	25	17	0	29	4	25	25	0	841	16	625	625
2	-10	0	3	5	9	0	0	-5	7	-10	0	0	25	49	100
3	2	8	0	8	0	0	0	0	15	-6	0	0	0	225	36
4	0	-2	-7	0	3	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	16
5	-8	19	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$\sum(X_{ij.}-X_{ji.})^2=2558$

好ましさの順序効果についての補助表(3)を表4に示す。

表4　補助表(3)（好ましさの順序効果）

	$X_{ij.}$					$X_{ij.}+X_{ji.}$					$(X_{ij.}+X_{ji.})^2$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	19	6	25	17	0	9	8	25	9	0	81	64	625	81
2	-10	0	3	5	9	0	0	11	3	28	0	0	121	9	784
3	2	8	0	8	0	0	0	0	1	6	0	0	0	1	36
4	0	-2	-7	0	3	0	0	0	0	10	0	0	0	0	100
5	-8	19	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$\sum(X_{ij.}+X_{ji.})^2=1902$

以上の結果を、表5の分散分析表にまとめ、以下の仮説を立てて、各効果の有意性を検定する。

（主効果の検定）

$H_0: \alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha_4=\alpha_5=0$ （*サンプルによる好ましさの差はない。*）

H_1: *少なくとも一つの*α_i*はゼロでない。*（$i=1,2,3,4,5$）

（組合せ効果の検定）

$H_0: \gamma_{12}=\gamma_{13}=\cdots=\gamma_{45}=0$ （*組合せ効果はない。*）

$H_1: H_1: \gamma_{12}, \gamma_{13}, \ldots, \gamma_{45}$ *の少なくとも一つはゼロではない。*

（順序効果の検定）

$H_0: \delta_{12}=\delta_{13}=\cdots=\delta_{45}=0$ （*順序効果はない。*）

$H_1: \delta_{12}, \delta_{13}, \ldots, \delta_{45}$ の少なくとも一つはゼロではない。

表５　分散分析表（好ましさ）

要因	平方和	自由度	不偏分散	F
主効果	54.9	4	13.7	8.12
組合せ効果	9.03	6	1.51	0.890
順序効果	47.6	10	4.76	2.81
誤差	643	380	1.69	
総平方和	754	400		

F(4,380,0.01)= 3.32, F(6,380,0.01)= 2.80, F(10,380,0.01)= 2.32

F(4,380,0.05)= 2.37, F(6,380,0.05)= 2.10, F(10,380,0.05)= 1.83

（自由度 380 については∞の値を参照）

表５より、F 検定を行う。

$$F = \frac{V_\alpha}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 8.12 > \mathrm{F}(4, 380, 0.01) = 3.32 > \mathrm{F}(4,380,0.05) = 2.37.$$

主効果は有意水準１%。５%において有意であり、帰無仮説は棄却された。

$$F = \frac{V_\gamma}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 0.890 < \mathrm{F}(6,380,0.05) = 2.10 < \mathrm{F}(6,380,0.01) = 2.80.$$

組合せ効果は有意水準１%、５%において有意であるとはいえず、帰無仮説は保留された。

$$F = \frac{V_\delta}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 2.81 > \mathrm{F}(10,380,0.01) = 2.32 > \mathrm{F}(10,380,0.05) = 1.83.$$

順序効果は有意水準１%、５%において有意であり、帰無仮説は棄却された。

次に主効果について推定を行い、その結果を表６、図４に示す。

表６　主効果の推定（好ましさ）

i	Xi..-X.j.	$\widehat{\alpha_\iota}$
1	83	0.415
2	-37	-0.185
3	10	0.0500

4	-51	-0.255
5	-5	-0.0250
計	0	0.00

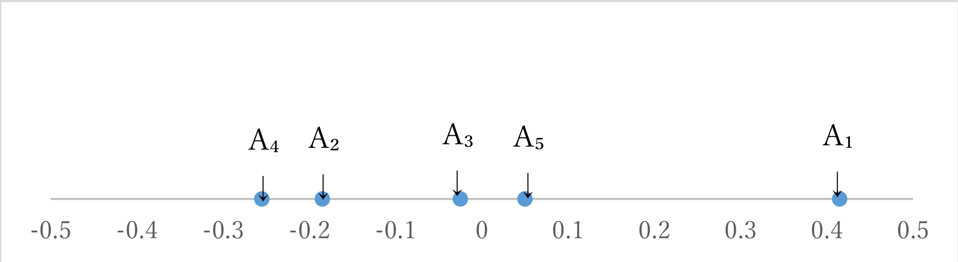

図４　主効果の推定（好ましさ）

表６・図４より、試料 1,5,3,2,4 の順に好ましいことがわかる。

続いて、主効果の差の区間推定を行い、差があるかどうか検定する。有意水準を p=0.05 として、ヤードスティック Y_p を求める。

$$Y_{0.05}=3.86\times\sqrt{1.69/(2\times5\times20)}\fallingdotseq0.355 \quad (q_{0.05}(5,\infty)=3.86)$$

主効果の差$\alpha_i-\alpha_j$の信頼区間を表７に示す。

表７　主効果の差$\alpha_i-\alpha_j$の信頼区間（好ましさ）

i-j	αi-αj-Yp	αi-αj	αi-αj+Yp	有意差
α1-α2	0.97	0.60	0.24	○
α1-α3	0.73	0.37	0.00	○
α1-α4	1.04	0.67	0.31	○
α1-α5	0.81	0.44	0.08	○
α2-α3	0.13	-0.24	-0.60	
α2-α4	0.44	0.07	-0.30	
α2-α5	0.21	-0.16	-0.53	
α3-α4	0.67	0.31	-0.06	
α3-α5	0.44	0.08	-0.29	
α4-α5	0.14	-0.23	-0.60	

$|\alpha_i-\alpha_j|>Y_{0.05}$ のとき、α_i、α_jは有意水準５％で有意差ありとすると、表７より、α_5-α_1、α_4-α_1、α_3-α_1、α_2-α_1の信頼区間は有意であり、差があるといえる。

また、有意となった順序効果について推定を行い、その結果を表８、図５に示す。

表８　順序効果の推定（好ましさ）

i	j	Xij.+Xji.	δ_{ij}
1	2	9	0.225
1	3	8	0.200

1	4	25	0.625
1	5	9	0.225
2	3	11	0.275
2	4	3	0.075
2	5	28	0.700
3	4	1	0.0250
3	5	6	0.150
4	5	10	0.250

順序効果δ_{ij}を降順に並べた表を表 9 に示す。

表 9　順序の効果を降順にした推定（好ましさ）

i	j	Xij.+Xji.	δ_{ij}
2	5	28	0.700
1	4	25	0.625
2	3	11	0.275
4	5	10	0.250
1	2	9	0.225
1	5	9	0.225
1	3	8	0.200
3	5	6	0.150
2	4	3	0.075
3	4	1	0.0250

順序効果δ_{ij}が大きな正の値を持つ場合、サンプル i を先に飲むと、サンプル j を先に飲んだ時と比べてサンプル i を好ましく感じる。よって表 9 より大きいδ_{ij}を見ていくと、1>2>3>4>5 の順に先に飲むと好ましく感じる傾向にあることが分かった。

(2) 甘さ

好ましさの集計表を表 10 に示す。

表 10 集計表（甘さ）

Sample No.	-2	-1	0	1	2	$X_{ij.}$	$X_{ij.}{}^2$
1 − 2	0	2	0	5	13	29	841
1 − 3	1	2	0	5	12	25	625
1 − 4	0	1	0	4	15	33	1089
1 − 5	0	2	6	10	2	12	144
2 − 1	10	9	0	1	0	-28	784
2 − 3	0	6	7	6	1	2	4
2 − 4	0	5	7	8	0	3	9
2 − 5	9	7	1	1	2	-20	400
3 − 1	12	3	1	2	2	-21	441
3 − 2	0	8	4	7	1	1	1
3 − 4	1	5	10	4	0	-3	9
3 − 5	11	8	0	0	1	-28	784
4 − 1	11	8	0	1	0	-29	841
4 − 2	1	11	4	3	1	-8	64
4 − 3	3	7	7	3	0	-10	100
4 − 5	7	9	0	1	3	-16	256
5 − 1	4	10	4	2	0	-16	256
5 − 2	0	1	1	13	5	22	484
5 − 3	0	2	1	8	9	24	576
5 − 4	0	1	1	9	9	26	676
	70	107	54	93	76	-2	8384

甘さの主効果についての補助表(1)を表 11 に示す。

表 11 補助表(1)（甘さの主効果）

	1	2	3	4	5	$X_{i..}$	$X_{.j.}$	$X_{i..} - X_{.j.}$	$(X_{i..} - X_{.j.})^2$
1	0	29	25	33	12	99	-94	193	37249
2	-28	0	2	3	-20	-43	44	-87	7569
3	-21	1	0	-3	-28	-51	41	-92	8464
4	-29	-8	-10	0	-16	-63	59	-122	14884
5	-16	22	24	26	0	56	-52	108	11664
	-94	44	41	59	-52	-2	-2	0	79830

好ましさの組合せ効果についての補助表(2)を表 12 に示す。

表 12 補助表(2)（甘さの組合せ効果）

	$X_{ij.}$					$X_{ij.}-X_{ji.}$					$(X_{ij.}-X_{ji.})^2$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	29	25	33	12	0	57	46	62	28	0	3249	2116	3844	784
2	-28	0	2	3	-20	0	0	1	11	-42	0	0	1	121	1764
3	-21	1	0	-3	-28	0	0	0	7	-52	0	0	0	49	2704
4	-29	-8	-10	0	-16	0	0	0	0	-42	0	0	0	0	1764
5	-16	22	24	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$\sum(X_{ij.}-X_{ji.})^2 = 16396$

甘さの順序効果についての補助表(3)を表 13 に示す。

表 13 補助表(3)（甘さの順序効果）

	$X_{ij.}$					$X_{ij.}+X_{ji.}$					$(X_{ij.}+X_{ji.})^2$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	29	25	33	12	0	1	4	4	-4	0	1	16	16	16
2	-28	0	2	3	-20	0	0	3	-5	2	0	0	9	25	4
3	-21	1	0	-3	-28	0	0	0	-13	-4	0	0	0	169	16
4	-29	-8	-10	0	-16	0	0	0	0	10	0	0	0	0	100
5	-16	22	24	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$\sum(X_{ij.}+X_{ji.})^2 = 372$

以上の結果を、表 14 の分散分析表にまとめ、仮説を立てて、各効果の有意性を検定する。

（主効果の検定）

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0$ （*サンプルによる甘さの差はない。*）

H_1: *少なくとも一つの*α_i*はゼロでない。*（$i = 1,2,3,4,5$）

（組合せ効果の検定）

$H_0: \gamma_{12} = \gamma_{13} = \cdots = \gamma_{45} = 0$ $\left(\text{組合せ効果はない。}\right)$

$H_1: H_1: \gamma_{12}, \gamma_{13}, \ldots, \gamma_{45}$ *の少なくとも一つはゼロではない。*

（順序効果の検定）

$H_0: \delta_{12} = \delta_{13} = \cdots = \delta_{45} = 0$ $\left(\text{順序効果はない。}\right)$

$H_1: \delta_{12}, \delta_{13}, \ldots, \delta_{45}$ *の少なくとも一つはゼロではない。*

表 14 分散分析表（甘さ）

要因	平方和	自由度	不偏分散	F
主効果	399	4	99.8	104
組合せ効果	10.8	6	1.79	1.87
順序効果	9.30	10	0.930	0.969
誤差	365	380	0.960	
総平方和	784	400		

F(4,380,0.01)= 3.32, F(6,380,0.01)= 2.80, F(10,380,0.01)= 2.32

F(4,380,0.05)= 2.37, F(6,380,0.05)= 2.10, F(10,380,0.05)= 1.83

（自由度 380 については∞の値を参照）

表 14 より、F 検定を行う。

$$F = \frac{V_\alpha}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 104 > \mathrm{F}(4, 380, 0.01) = 3.32 > \mathrm{F}(4,380,0.05) = 2.37.$$

主効果は有意水準 1 %。 5 %において有意であり、帰無仮説は棄却された。

$$F = \frac{V_\gamma}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 1.87 < \mathrm{F}(6,380,0.05) = 2.10 < \mathrm{F}(6,380,0.01) = 2.80.$$

組合せ効果は有意水準 1 %、5 %において有意であるとはいえず、帰無仮説は保留された。

$$F = \frac{V_\delta}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 0.969 < \mathrm{F}(10,380,0.05) = 1.83 < \mathrm{F}(10,380,0.01) = 2.32.$$

順序効果は有意水準 1 %、 5 %においてであるとはいえず、帰無仮説は保留された。

次に主効果について推定を行い、その結果を表 15、図 5 に示す。

表 15　主効果の推定（甘さ）

i	Xi..-X.j.	$\widehat{\alpha_i}$
1	193	0.965
2	-87	-0.435
3	-92	-0.460
4	-122	-0.610
5	108	0.540
計	0	0.00

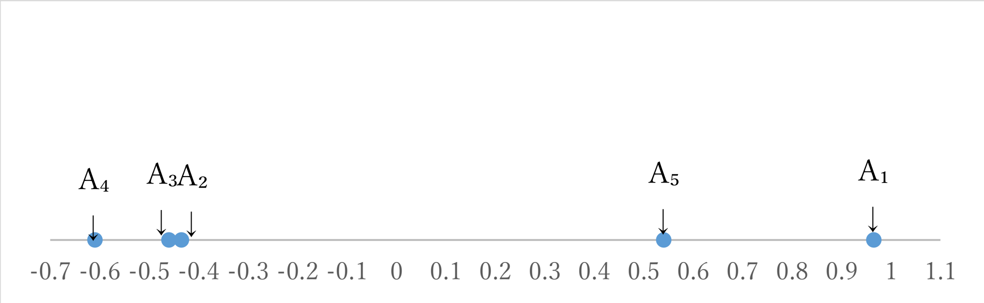

図 5　主効果の推定（甘さ）

表 15・図 5 より、試料 1, 5 , 2 , 3 ,4 の順に甘いことがわかる。

　続いて、主効果の差の区間推定を行い、差があるかどうか検定する。有意水準を p=0.05 として、ヤードスティック Y_p を求める。

$$Y_{0.05}=3.86\times\sqrt{0.960/(2\times 5\times 20)}\fallingdotseq 0.267 \quad (q_{0.05}(5,\infty)=3.86)$$

主効果の差$\alpha_i-\alpha_j$の信頼区間を表 16 に示す。

表 16　主効果の差$\alpha_i-\alpha_j$の信頼区間（甘さ）

i-j	αi-αj-Yp	αi-αi	αi-αi+Yp	有意差
α1-α2	1.13	1.40	1.67	〇
α1-α3	1.16	1.43	1.69	〇
α1-α4	1.31	1.58	1.84	〇
α1-α5	0.16	0.43	0.69	〇
α2-α3	-0.24	0.03	0.29	
α2-α4	-0.09	0.18	0.44	
α2-α5	-1.24	-0.98	-0.71	〇
α3-α4	-0.12	0.15	0.42	
α3-α5	-1.27	-1.00	-0.73	〇
α4-α5	-1.42	-1.15	-0.88	〇

$|\alpha_i-\alpha_j|>Y_{0.05}$のとき、$\alpha_i$、$\alpha_j$は有意水準 5 %で有意差ありとすると、表 16 より、α_5-α_1、α_5-α_2、α_5-α_3、α_5-α_4、α_4-α_1、α_3-α_1、α_2-α_1の信頼区間は有意であり、差があるといえる。

(3) 酸っぱさ

酸っぱさの集計表を表 17 に示す。

表 17 集計表（酸っぱさ）

Sample No.	-2	-1	0	1	2	$X_{ij.}$	$X_{ij.}{}^2$
$1-2$	11	7	0	1	1	-26	676
$1-3$	15	2	0	1	2	-27	729
$1-4$	16	3	0	0	1	-33	1089
$1-5$	0	5	11	4	0	-1	1
$2-1$	1	1	2	9	7	20	400
$2-3$	1	5	10	4	0	-3	9
$2-4$	0	7	5	8	0	1	1
$2-5$	2	3	0	7	8	16	256
$3-1$	3	0	0	6	11	22	484
$3-2$	0	5	7	8	0	3	9
$3-4$	0	6	6	7	1	3	9
$3-5$	1	2	0	5	12	25	625
$4-1$	0	2	0	7	11	27	729
$4-2$	1	4	4	9	2	7	49
$4-3$	0	7	3	8	2	5	25
$4-5$	0	2	1	8	9	24	576
$5-1$	0	4	10	5	1	3	9
$5-2$	9	9	0	2	0	-25	625
$5-3$	12	7	1	0	0	-31	961
$5-4$	10	7	1	2	0	-25	625
	82	88	61	101	68	-15	7887

酸っぱさの主効果についての補助表(1)を表 18 に示す。

表 18 補助表(1)（酸っぱさの主効果）

	1	2	3	4	5	$X_{i..}$	$X_{.j.}$	$X_{i..}-X_{.j.}$	$(X_{i..}-X_{.j.})^2$
1	0	-26	-27	-33	-1	-87	72	-159	25281
2	20	0	-3	1	16	34	-41	75	5625
3	22	3	0	3	25	53	-56	109	11881
4	27	7	5	0	24	63	-54	117	13689
5	3	-25	-31	-25	0	-78	64	-142	20164
	72	-41	-56	-54	64	-15	-15	0	76640

酸っぱさの組合せ効果についての補助表(2)を表 19 に示す。

表 19 補助表(2)（酸っぱさの組合せ効果）

	$X_{ij.}$					$X_{ij.}-X_{ji.}$					$(X_{ij.}-X_{ji.})^2$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	-26	-27	-33	-1	0	-46	-49	-60	-4	0	2116	2401	3600	16
2	20	0	-3	1	16	0	0	-6	-6	41	0	0	36	36	1681
3	22	3	0	3	25	0	0	0	-2	56	0	0	0	4	3136
4	27	7	5	0	24	0	0	0	0	49	0	0	0	0	2401
5	3	-25	-31	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$\sum(X_{ij.}-X_{ji.})^2=15427$

酸っぱさの順序効果についての補助表(3)を表 20 に示す。

表 20 補助表(3)（好ましさの順序効果）

	$X_{ij.}$					$X_{ij.}+X_{ji.}$					$(X_{ij.}+X_{ji.})^2$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	19	6	25	17	0	9	8	25	9	0	81	64	625	81
2	-10	0	3	5	9	0	0	11	3	28	0	0	121	9	784
3	2	8	0	8	0	0	0	0	1	6	0	0	0	1	36
4	0	-2	-7	0	3	0	0	0	0	10	0	0	0	0	100
5	-8	19	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$\sum(X_{ij.}+X_{ji.})^2=1902$

以上の結果を、表 21 の分散分析表にまとめ、仮説を立てて、各効果の有意性を検定する。

（主効果の検定）

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0 \quad \textit{（サンプルによる酸っぱさの差はない。）}$$

$$H_1: \textit{少なくとも一つの}\alpha_i\textit{はゼロでない。}（i = 1,2,3,4,5）$$

（組合せ効果の検定）

$$H_0: \gamma_{12} = \gamma_{13} = \cdots = \gamma_{45} = 0 \left(\textit{組合せ効果はない。}\right)$$

$$H_1: H_1: \gamma_{12}, \gamma_{13}, \ldots, \gamma_{45}\textit{の少なくとも一つはゼロではない。}$$

（順序効果の検定）

$$H_0: \delta_{12} = \delta_{13} = \cdots = \delta_{45} = 0 \left(\textit{順序効果はない。}\right)$$

$$H_1: \delta_{12}, \delta_{13}, \ldots, \delta_{45}\textit{の少なくとも一つはゼロではない。}$$

表 21 分散分析表（酸っぱさ）

要因	平方和	自由度	不偏分散	F
主効果	383	4	95.8	92.2
組合せ効果	2.48	6	0.413	0.397
順序効果	8.68	10	0.868	0.835
誤差	395	380	1.04	
総平方和	789	400		

F(4,380,0.01)= 3.32, F(6,380,0.01)= 2.80, F(10,380,0.01)= 2.32

F(4,380,0.05)= 2.37, F(6,380,0.05)= 2.10, F(10,380,0.05)= 1.83

（自由度 380 については∞の値を参照）

表 21 より、F 検定を行う。

$$F = \frac{V_\alpha}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 95.8 > \mathrm{F}(4, 380, 0.01) = 3.32 > \mathrm{F}(4,380,0.05) = 2.37.$$

主効果は有意水準 1 %。 5 %において有意であり、帰無仮説は棄却された。

$$F = \frac{V_\gamma}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 0.413 < \mathrm{F}(6,380,0.05) = 2.10 < \mathrm{F}(6,380,0.01) = 2.80.$$

組合せ効果は有意水準 1 %、5 %において有意であるとはいえず、帰無仮説は保留された。

$$F = \frac{V_\delta}{V_\varepsilon} \fallingdotseq 0.868 < \mathrm{F}(10,380,0.05) = 1.83 < \mathrm{F}(10,380,0.01) = 2.32.$$

順序効果は有意水準 1 %、 5 %においてであるとはいえず、帰無仮説は保留された。

次に主効果について推定を行い、その結果を表 22、図 6 に示す。

表 22　主効果の推定（酸っぱさ）

i	Xi..-X.j.	$\hat{\alpha}_\iota$
1	-159	-0.795
2	75	0.375
3	109	0.545
4	117	0.585
5	-142	-0.710
計	0	0.00

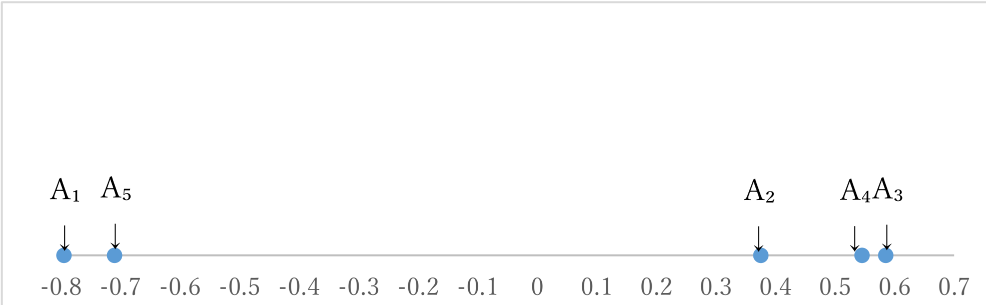

図 6　主効果の推定（酸っぱさ）

表 22・図 6 より、試料 3,4,2,5,1 の順に酸っぱいことがわかる。

続いて、主効果の差の区間推定を行い、差があるかどうか検定する。有意水準を p=0.05 として、ヤードスティック Y_p を求める。

$$Y_{0.05}=3.86\times\sqrt{1.04/(2\times5\times20)}\fallingdotseq0.278 \quad (q_{0.05}(5,\infty)=3.86)$$

主効果の差$\alpha_i-\alpha_j$の信頼区間を表 23 に示す。

表 23　主効果の差$\alpha_i-\alpha_j$の信頼区間（酸っぱさ）

i-j	αi-αj-Yp	αi-αi	αi-αi+Yp	有意差
α1-α2	-1.45	-1.17	-0.89	○
α1-α3	-1.62	-1.34	-1.06	○
α1-α4	-1.66	-1.38	-1.10	○
α1-α5	-0.36	-0.09	0.19	
α2-α3	-0.45	-0.17	0.11	
α2-α4	-0.49	-0.21	0.07	
α2-α5	0.81	1.09	1.36	○
α3-α4	-0.32	-0.04	0.24	
α3-α5	0.98	1.26	1.53	○
α4-α5	1.02	1.30	1.57	○

$|\alpha_i-\alpha_j|>Y_{0.05}$のとき、$\alpha_i$、$\alpha_j$は有意水準 5 ％で有意差ありとすると、表 16 より、α_5-α_2、α_5-α_3、α_5-α_4、α_4-α_1、α_3-α_1、α_2-α_1の信頼区間は有意であり、差があるといえる。

５．考察

主効果$\hat{\alpha}_i$の甘さ・酸っぱさと好ましさの関係を図 7 に示す。

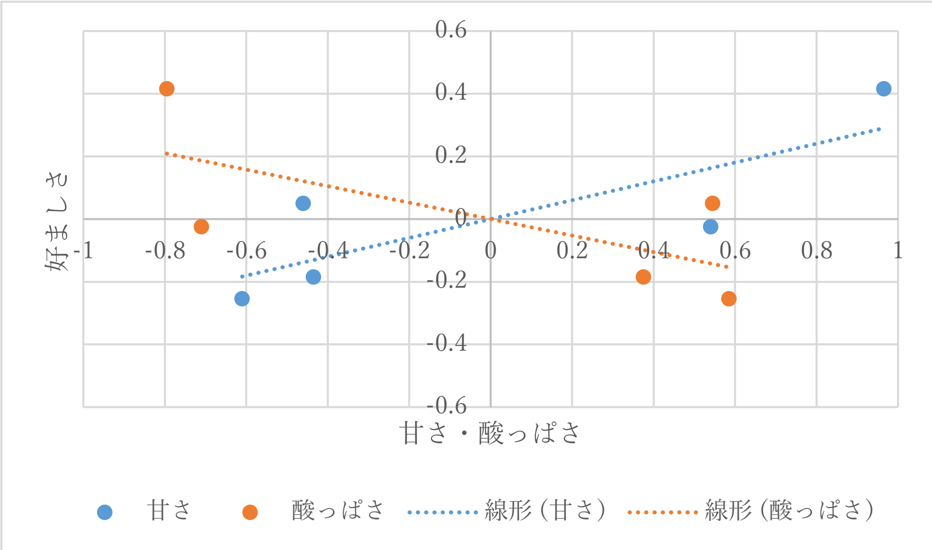

図７　甘さ・酸っぱさと好ましさの関係

図７より、近似曲線を見ると好ましさは、甘ければ甘いほど高くなり、酸っぱければ酸っぱいほど低くなる傾向にあった。したがって、甘い清涼飲料水が好まれ、酸っぱい清涼飲料水が嫌われる傾向にあると考察した。

組み合わせ効果と順序効果の解析結果からオレンジジュースを飲む順序によって好ましさの官能評価に変化が生じることが分かった。よって官能評価実験においては人が飲む順序をよく考えて実験する必要がある。

一般に一対比較によるデータ収集は、実験参加者の行う作業が単純であるために実験参加者に大きな負担をかけず、また、幅広い年齢層にも実施できるという利点がある。逆に実験回数が多くなってしまうため、時間がかかってしまう欠点がある。そして、時間をかけないように今回のように人数を増して実験を行うとすべての組み合わせを考慮したとしても個人差が出てしまう点がある。

最後に評価者の心理状態や環境条件について考えると、実験の最後の方になるとオレンジジュースの味に飽きて好ましさの感じ方にマイナスな影響を与えてしまうと考えられる。季節や時間よってもオレンジジュースに対して飲みたい・飲みたくないという感情が働いてしまう可能性がある。

６．　結論

本実験と解析を通して、好ましいオレンジジュースは甘さを多く感じられ、酸っぱさを少なく感じられるものであることがわかった。今回のような一対比較による官能評価実験を行う場合、個人によって味覚が異なるので、個人の考えが大きく結果に影響しない方法を用いる必要がある。

参考文献

[1] 中央大学理工学部ビジネスデータサイエンス学科、「データサイエンス実験 A」、p.42~45,p.102（2024）.