한국농화학회지 Vol. 20, No. 3, Sept. 1977
J. Korean Agricultural Chemical Society

官能檢査에 關한 硏究

〔第2報〕 3角1對比較法에 대하여

洪 鎭
株式會社 금복주 硏究室
(1976년 10월 1일 수리)

Studies on Sensory Evaluation.

〔Part II〕 Trio Paired Comparison.

Hong, Jin
Central Lab. Gum-bog-ju Brewing Co. Ltd.
(Received Oct. 1, 1976)

SUMMARY

In case of sensory evaluation with multi-samples and long-period, in spite of using method with good sensitivity, quality differences among samples could not be detected well because of panel's fatigue and tiredness.

So new method to reduce panel's sense of psychological and physiological responsibility, "Trio Paired Comparison", is designed, and New Modified Scheffe's Method 2 as the statistical method for a test of "Trio Paired Comparison" is proposed.

And also in this paper problems and countermeasures in applicating "Trio Paired Comparison" are considered.

머 릿 말

前報[1]에서 品質硏究의 目的을 위해 試料間의 差를 檢出함에 있어서 精度가 높은 Scheffé's modified의 第1新法에 관한 解析法에 관해 檢討하였다.

관능검사의 手法으로써는 現在까지 提出되어 있는 것만해도 數10種에 達하며 이들의 變形까지 계산한다면 헤아릴 수 없을 정도로 많다. 따라서 이와 같이 數多한 手法中에서 어느 手法을 擇해 試驗할 것인가 하는것이 實際上의 문제점으로 대두될 때가 많다.

一般的으로 관능검사에 있어서 가장 적절한 手法을 선택하기 위해서 고려하여야할 점은[2]

(1) 實驗目的에 비추어 妥當한 手法을 선택할것

(2) 差를 檢出할 경우에는 精度가 좋은 方法을 선택할 것. 즉 有意差 있는 試料가 많고, 有意差가 높고, 有意差를 나타내는 파넬의 수도 많은 것이 精度가 좋은 方法이다.

(3) 經濟性을 考慮해서 선택할 것. 즉 試料量, 파넬수, 파넬노력, 파넬의 實動時間, 결과정리시간을 고려할 것.

(4) 파넬에 미치는 영향을 고려할 것.

(5) 얻어지는 지식이 많을수록 좋다.

무릇 관능검사의 제일보는 數量化의 단계에서 시작된다. 數量化를 위해서는 測定單位 즉 尺度가 요구된다. 관능검사에서 사용되고 있는 心理的 尺度는 S.S. Stevens[3]에 의해 최초로 分類된 4尺度 즉 名義尺度(Nominal scale), 序數尺度(Ordinal Scale), 間隔尺度(Interval scale) 및 比例尺度(Ratio Scale)의 分類法이 그대로 利用되고 있다.

名義尺度를 사용하고 있는 手法은 2點比較法, 3

點比較法, 1:2點比較法, Matching test, 不良率檢査, fisher의 Scoring test[4] 등이며 序數尺度를 사용하고 있는 手法으로써는 順位法이 그 代表的方法이다. 間隔尺度는 2點嗜好尺度試驗法,[5~7] 3點嗜好尺度試驗法[8], Scheffé's methods, 採點法 등에서, 比例尺度는 Bradley's method[9~12] (本法은 1對比較를 파넬로 하여금 名義尺度인 良, 不良으로 分類케하나 解析時에 判定比라는 比例尺度를 사용하고 있다) 등에서 採用되고 있다. 이들 4尺度中 名義尺度가 가장 原始的이며 차례로 高度化되어 比例尺度가 가장 發展된 尺度이다. 따라서 그들의 統計的解析方法도 名義尺度는 2次分布나 x^2 分布 등에 의한 檢定을, 序數尺度는 順位法에 의한 檢定을, 間隔尺度를 사용한 경우에는 分散分析法에 의한 檢定을 利用하게 되는 것이다.

前報[1]에서 報告한 Scheffé's method의 第1新法은 品質硏究의 目的으로 利用할 경우 이러한 측면에서 볼 때 精度가 가장 좋고 얻어지는 知識의 量도 가장 많아 有効適切한 方法임을 알 수 있다. 그러나 試料量, 파넬노력, 파넬의 實動時間 등에서 볼때에는 非經濟的이며 파넬에 지나친 피로와 권태를 줄 우려가 있다는 것이 하나의 短點으로 지적될 수 있다.

이에 著者는 精度가 높으면서 경제적이고 특히 파넬에 부담감을 주지 않는 手法의 필요성을 切感하고 「3角對1比較法」이란 새로운 手法을 考察 實施한 결과 所期의 成果를 얻기에 이르렀으므로 여기에 報告한다.

統計的 解析方法

(가) 3角1對比較法의 內容

t개($t \geqq 3$)의 試料중에서 無作爲로 3개씩의 試料를 拔取하여 3點의 試料를 同時에 파넬에게 提出한다. 이를 各各 A,B,C라 할때 파넬은 3點中에서 2개씩 즉 AB, AC, BC로 對를지어 3개 組合에 대해 通常의 1對比較法에 따라 각각 관능, 채점한다. 採點은 3點, 5點 또는 7點法에 따라 행한다. 단 관능검사는 往復試驗을 許可한다.

(나) 試料의 提出方法의 數

(1) 시료수가 $t=3$일때

이경우의 시료제출방볍의 수는 한가지 뿐이며 얻어지는 試料對의 組合數는 3개가 된다.

(2) 시료수가 $t>3$ 일때,

t개의 試料中에서 3개를 취할 수 있는 경우의 수는 ${}_tC_3=\dfrac{t!}{3!(t-3)!}$이다.

이때 얻어지는 組合數는

$$3\times{}_tC_3=\frac{t!}{2!(-3)!t} \qquad (1)式$$

한편 순서를 고려하지 않는 1對比較法에 의해 t개의 시료를 2개씩 對를 만들어 提出할 수 있는 組合數는

$${}_tC_2=\frac{t!}{2!(t-2)!} \qquad (2)式$$

(1)式에서 (2)式을 나누면

$$\frac{t!}{2!(t-3)!}\div\frac{t!}{2!(t-2)!}=(t-2) \qquad (3)式$$

따라서 순서를 고려하지 않는 1對比較法의 組合數(=試驗回數)보다 $(t-2)$倍를 더 시험하게 된다. 換言하면 순서를 고려하지 않는 1對比較法에서 실험反復回數 M을 $M=(t-2)$로 해서 시험하는 것으로 된다. 그러나 이때 試料提出 Cup數는 本手法(t개의 시료중에서 3개를 同時에 提出할때)의 경우는

$$3\times\frac{t!}{3!(t-3)!} \qquad (4)式$$

순서를 고려치 않는 1對比較法의 경우는

$$2\times\frac{t!}{2!(t-2)!}\times(t-2) \qquad (5)式$$

(4)식에서 (5)식을 나누면

$$\frac{3t!}{3!(t-3)!}\div\frac{2t!(t-2)}{2!(t-2)!}=\frac{1}{2}$$

으로 되어 $\frac{1}{2}$로 줄어들게 된다. 試料提出數가 半減된다는 것은 試料量의 절감은 물론 파넬측으로 볼때 그만큼 부담감을 輕減시켜 주는 것이 되므로 보다 경제적이며 能率的이라고 할 수 있다.

(다) 解析方法

本法은 比較順序는 고려치 않고 1人의 파넬이 全部의 組合을 數回씩 反復比較하는 新法이다.

(1) 構造模型에 대해서

t개의 試料 $A_1,A_2,\cdots A_t$를 $\dfrac{t!}{2(t-3)!}$의 組合*으로 해서 N人의 파넬 $O^1,O_2,\cdots O_N$이 각각 전체의 順序를 고려치 않은 對(A_i,A_j)를 M회(但 $M=t-2$), 反復實驗한다. 이때 反復을 $B_1,B_2,\cdots B_M$으로 둔다.

지금 파넬 l이 순서를 고려치 않는 對(A_i,A_j)에 대해 反復實驗 k회째에 부여한 評點을 x_{ijlk}로 表

* t개의 시료중에 3서개을 임의로 발취하여 3개의 시료대를 만들면 전체의 對는 $\dfrac{t!}{2(t-3)!}$개가 된다.

求할 때의 x_{ijlk}에 대한 構造模型은 다음과 같다.

$$= (\alpha_i-\alpha_j)+(\alpha_{il}-\alpha_{jl})+(\alpha_{ik}+\alpha_{ik})+(\alpha_{ilk}-\alpha_{jlk}) + \gamma_{ij}+\varepsilon_{ijlk} \qquad (6)$$

여기서

α_i; 試料 A_i의 平均的 嗜好效果로써 $\sum_i \alpha_i=0$이다.

α_{il}; 試料 A_i에 대해서 파넬 l이 갖고 있는 嗜好度의 個人差 $\sum_i \alpha_{il}=0$, $\sum_l \alpha_{il}=0$으로 된다.

α_{ik}; 試料 A_i에 대해서 平均的效果의 反復差 $\sum_i \alpha_{ik}=0$, $\sum_k \alpha_{ik}=0$으로 된다.

α_{ilk}; 試料 A_i에 대해서 파넬 l이 k번째의 실험에서 갖고 있는 嗜好度의 個人別反復差. 결국 파넬 l은 試料 A_i에 대해서 $\alpha_i+\alpha_{il}+\alpha_{ik}+\alpha_{ilk}$의 기호도를 갖고 있게 된다. $\sum_i \alpha_{ilk}=0$, $\sum_l \alpha_{ilk}=0$, $\sum_k \alpha_{ilk}=0$으로 된다.

γ_{ij}; 組合效果로써 $\sum_{i\neq j} \gamma_{ij}=0$, $\gamma_{ij}=-\gamma_{ji}$이다.

ε_{ijlk}; 殘差(나머지의 效果)로써 統計的으로 獨立이며 定해진 순서를 고려치 않는 對(A_i, A_j)에 대해서 同一한 平均을 갖고, $V(\varepsilon_{ijlk})=\sigma^2$로 된다. 다음으로 定規性을 假定한다.

(2) 母數의 推定.

各 母數의 推定値는 다음식에 의해 계산된다.

$$\text{平均嗜好度;}\quad \hat{\alpha}_i=\frac{1}{t(t-2)N}x^*_{i\cdots} \qquad (7)$$

$$\text{嗜好度의 個人差;}\quad \hat{\alpha}_{il}=\frac{1}{t(t-2)}x_{i.l.}-\hat{\alpha}_i \qquad (8)$$

$$\text{嗜好度의 反復差;}\quad \hat{\alpha}_{ik}=\frac{1}{tN}x_{i..k}-\hat{\alpha}_i \qquad (9)$$

$$\text{嗜好度의 個人別反復差;}\quad \hat{\alpha}_{ilk}=\frac{1}{t}x_{i.lk}-\hat{\alpha}_i-\hat{\alpha}_{il} \qquad (10)$$

$$\text{組合效果;}\quad \gamma_{ij}=\frac{1}{(t-2)N}x_{ij..}-(\hat{\alpha}_i-\hat{\alpha}_j) \qquad (11)$$

(3) 平方和의 計算과 分散分析表

$$S_\alpha=\frac{1}{t(t-2)N}\sum_i x_i^2\cdots \qquad (12)$$

$$S_{\alpha(O)}=\frac{1}{t(t-2)}\sum_i\sum_l x_{i.l}^2.-S_\alpha \qquad (13)$$

$$S_{\alpha(B)}=\frac{1}{tN}\sum_l\sum_k x_{i..k}^2-S_\alpha \qquad (14)$$

$$S_{\alpha(O)(B)}=\frac{1}{t}\sum_i\sum_l\sum_k x_{i.lk}^2-S_\alpha-S_{\alpha(O)} \qquad (15)$$

$$S_r=\frac{1}{(t-2)N}\sum_i\sum_{j>i}x_{ij..}^2-S_\alpha \qquad (16)$$

* $x_{i\cdots}=\sum_j\sum_l\sum_k x_{ijlk}$이다. 나머지도 同一하다.

$$S_T=\sum_i\sum_j\sum_l\sum_k x_{ijlk}^2 \qquad (17)$$

$$S_e=S_T-S_\alpha-S_{\alpha(O)}-S_{\alpha(B)}-S_{\alpha(O)(B)}-S_r \qquad (18)$$

以上과 같이 계산한 平方和에 의해 第1表와 같은 分散分析表를 作成한다.

表 1. 分散分析表

要　　　因	平方和	自　由　度
平均嗜好度	$S\alpha$	$(t-1)$
嗜好度의 個人差	$S\alpha(O)$	$(t-1)(N-1)$
嗜好度의 反復差	$S\alpha(B)$	$(t-1)(t-3)$*
嗜好度의 個人別反復差	$S\alpha(O)(B)$	$(t-1)(t-3)$* $(N-1)$
組合效果	Sr	$\frac{1}{2}(t-1)(t-2)$
殘　差	Se	
總平方和	S_T	$\frac{1}{2}t(t-1)(t-3)$*N

但 * $(t-3)=(M-1)$임. M은 反復數
$t=3$ 일경우 反復實驗을 行하면 그때는 $(M-1)$로 $(t-3)$을 代替하여 計算하면 된다.

(4) 信賴區間의 計算

分散分析의 결과 主效果가 有意할 경우 다음에 어느 α_i와 α_j간에 有意差가 있는지를 확인한다. 신뢰도를 $1-\phi$로 할 경우 Studentized range를 $q_\phi(t, f;\phi)$를 數表에서 찾아 다음식에 의해 Yardstick Y_ϕ를 계산한다.

$$Y_\phi=q_\phi\sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{t(t-2)N}} \qquad (19)$$

但 $\hat{\sigma}^2$은 分散分析表에서의 殘差의 不偏分散値이며 f는 殘差의 自由度이고 ϕ는 위험율이다.

다음에 次式에 의해 $1-\phi$의 信賴度의 信賴區間을 計算한다.

$$\hat{\alpha}_i-\hat{\alpha}_j-Y_\phi\leqq\alpha_i-\alpha_j\leqq\hat{\alpha}_i-\hat{\alpha}_j+Y_\phi \qquad (20)$$

이 區間이 (+)側에 偏在하면 $\alpha_i>\alpha_j$이고 (−)側에 偏在하면 $\alpha_i<\alpha_j$이라고 위험율 ϕ에서 認定된다. 이 區間이 (+), (−)側에 걸쳐있으면 α_i와 α_j間에 有意差가 있다고 할 수 없다.

本法은 比較順序를 考慮치 않는 Scheffé's Methods의 中屋變法[13]을 反復實驗있는 方法으로 擴張한 것으로써 前報[1]의 比較順序를 考慮하는 Scheffé's methods의 第1新法에 對해서 이를 Scheffé's methods의 第2新法이라고 略稱키로 한다.

實驗 및 結果

(가) 파넬; 관능검사방법에 관해서 훈련된 양조기술자 6名

(나) 試料; 有機酸과 糖分含量을 달리 하여 硏究室에서 醮造한 試製品 淸酒 4點

(다) 試料提出方法; 4종의 試料 A_1, A_2, A_3, A_4에서 3개를 임의로 拔取할 수 있는 방법의 수는 $_4C_3=4$가지 이므로 이 4가지에 대해서 파넬別로 無作爲化하여 提出했다. 이때 反復數 $M=4-2=2$回이다.

(라) 管能檢査方法; 各파넬은 提出된 3개의 試料 A,B,C(라고 稱한다)를 2개씩 對를 지어 AB, AC, BC의 3개의 組合에 대해서 관능검사를 실시한다. 但 이때 같은 組合內에서는 2回만의 往復試驗을 許可하며 일단 判斷 採點한 결과는 修正할 수 없게 했다. 관능검사의 시간은 組合內에서는 30秒, 往復間 및 組合間에서는 3分으로 除限했으며 입속을 溫水로 헹구는 일은 往復間 및 組合間에서만 허락했다.

(마) 判斷과 그 書式

"앞에 놓여진 3개의 試料 A,B,C에서 2개씩 對를 지어 3개의 組合에 대해서 관능검사를 실시한 후 다음 방법에 의해 採點해 주십시요.

(1) 각 組合別로 좋다고 생각되는 試料는 어느 것입니까.

(2) 그 좋은 정도를 다음의 3點法으로 採點하십시요.

3; 대단히 좋다.

2; 상당히 좋다.

1; 약간 좋다.

0; 차가 없다

組 合	어느것이좋읍니까	어느정도좋읍니까
AB		
AC		
BC		

(바) 기타; 파넬에 미치는 영향을 검출하기 위해서 연속 4日간을 每日 午前, 午後 2回씩 실시하였다. 本시험은 第2日째에 各回別로 3개의 시료를 2組씩 提出하여 試驗케 하고 第4日째에는 本手法과 比較하기 위해서(每回 6組씩의 試料對를 午前, 午後 2回에 나누어 提出하는) 試料提出方法만 通常의 1對常比較法에 따랐을뿐 나머지 條件은 同一하게하여 실험하였다.(이때의 실험 반복회수는 2回임).

(사) 實驗結果에 대한 統計的解析

各파넬別로 얻은 採點結果를 정리하면 表 2,3,4,5와 같다. 이들 表에서 式(12)~(18)에 의해서 平方和를 계산하여 分散分析表를 作成한 것이 表

表 2. 第1回 採點結果

O_1						O_2						O_3					
$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		+1	+2	−1		1		−1	−1	−2		1		−1	0	−2	
2	−1		+2	+2		2	+1		−1	+1		2	+1		−1	−1	
3	−2	−2		−2		3	+1	+1		−1		3	0	+1		−2	
4	+1	−2	+2			4	+2	−1	+1			4	+2	+1	+2		
$x_{i\cdot11}$	−2	−3	+6	−1	0	$x_{i\cdot21}$	+4	−1	−1	−2	0	$x_{i\cdot31}$	+3	+1	+1	−5	0
$x_{i\cdot11}^2$	4	9	36	1	50	$x_{i\cdot21}^2$	16	1	1	4	22	$x_{i\cdot31}^2$	9	1	1	25	3

O_4						O_5						O_6					
$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	0	−1		1	−1		+1	−1		1		+1	+1	+1	
2	+1		+2	−1		2	+1		+1	−1		2	−1		+1	−2	
3	0	−2		−1		3	−1			−2		3	−1	−1		+1	
4	+1	+1	+1			4	+1	+1	+2			4	−1	+2	−1		
$x_{i\cdot41}$	+2	−2	+3	−3	0	$x_{i\cdot51}$	+1	−1	+4	−4	0	$x_{i\cdot61}$	−3	+2	+1	0	0
$x_{i\cdot41}^2$	4	4	9	9	26	$x_{i\cdot51}$	1	1	16	16	34	$x_{i\cdot61}^2$	9	4	1	0	14

表 3. 第2回 採點結果

	O_1						O_2						O_3				
$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	+2	−2		1		+1	−1	+1		1		+1	−1	−2	
2	+2		+1	−1		2	−1		+1	−1		2	−1		+1	−2	
3	−2	−1		−1		3	+1	−1		−2		3	+1	−1		−2	
4	+2	+1	+1			4	−1	+1	+2			4	+2	+2	+2		
$x_{i\cdot 12}$	+2	−2	+4	−4	0	$x_{i\cdot 32}$	−1	+1	+2	−2	0	$x_{i\cdot 22}$	+2	+2	+2	−6	0
$x_{i\cdot 12}^2$	4	4	16	16	40	$x_{i\cdot 22}^2$	1	1	4	4	10	$x_{i\cdot 32}^2$	4	4	4	36	48

	O_4						O_5						O_6				
$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	+1	−1		1		+2	+1	+1		1		−2	+1	+1	
2	+2		0	+1		2	−2		+2	+1		2	+2		−2	+1	
3	−1	0		+1		3	−1	−2		−1		3	−1	+2		−1	
4	+1	−1	−1			4	−1	−1	+1			4	−1	−1	+1		
$x_{i\cdot 42}$	+2	−3	0	+1	0	$x_{i\cdot 52}$	−4	−1	+4	+1	0	$x_{i\cdot 62}$	0	−1	0	+1	0
$x_{i\cdot 42}^2$	4	9	0	1	14	$x_{i\cdot 52}^2$	16	1	16	1	34	$x_{i\cdot 62}^2$	0	1	0	1	2

表 4. 個人別反復合計

	O_1						O_2						O_3				
$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	+4	−3		1		0	−2	−1		1		0	−1	−4	
2	+1		+3	+1		2	0		0	0		2	0		0	−3	
3	−4	−3		−3		3	+2	0		−3		3	+1	0		−4	
4	+3	−1	+3			4	+1	0	+3			4	+4	+3	+4		
$x_{i\cdot 1}$	0	−5	+10	−5	0	$X_{i\cdot 2}$	+3	0	+1	−4		$x_{i\cdot 3}$	+5	+3	+3	−11	0
$x_{i\cdot 1}^2$	0	25	100	25	150	$x_{i\cdot 2}^2$	9	0	1	16	26	$X_{i\cdot 3}^2$	25	9	9	121	164

	O_4						O_5						O_6				
$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−3	+1	−2		1		+1	+2	0		1		−1	+2	+2	
2	+3		+2	0		2	−1		+3	0		2	+1		−1	−1	
3	−1	−2		0		3	−2	−3		−3		3	−2	+1		0	
4	+2	0	0			4	0	0	+3			4	−2	+1	0		
$x_{i\cdot 4}$	+4	−5	+3	−2	0	$x_{i\cdot 5}$	−3	−2	+8	−3	0	$x_{i\cdot 6}$	−3	+1	+1	+1	0
$x_{i\cdot 4}^2$	16	25	9	4	54	$x_{i\cdot 5}^2$	9	4	64	9	86	$x_{i\cdot 6}^2$	9	1	1	1	12

6이다. 이 分散分析表에서 알 수 있듯이 平均的嗜好度만이 1%의 위험율로 유의이다. 따라서 어느 시료간에 유의차가 있는지를 알아보기 위해서 이들에 대한 推定値와 야드스틱 Y로써 신뢰구간을 계산하여 정리한 것이 表 7로써 결국 시료 A_3와 A_4간에 위험율 1%로써 $A_3>A_4$, 시료 A_2와 A_3간에는 위험율 5%로써 $A_3>A_2$라는 사실이 인정된다.

表 8~12는 通常의 1對比較法에 따라 同一한 시료에 대해서 실험한 결과를 Scheffé's methods의 第2新法(本手法의 統計的解析法임)에 따라 정리한 表로써 여기서는 有意差가 인정되는 效果가 없다.

表 5. 反復別合計 및 總合計

第1回 合 計

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	+3	−6	
2	+2		+4	−2	
3	−3	−4		−7	
4	+6	+2	+7		
$x_{i..1}$	+5	−4	+14	−15	0
$x_{i..1}^2$	25	16	196	225	462

第2回 合 計

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	+3	−2	
2	+2		+3	−1	
3	−3	−3		−6	
4	+2	+1	+6		
$x_{i..2}$	+1	−4	+12	−9	0
$x_{i..2}^2$	1	16	144	81	242

總 合 計

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−4	+6	−8	
2	+4		+7	−3	
3	−6	−7		−13	
4	+8	+3	+13		
$x^{\prime}...$	+6	−8	+26	−24	0
$x_{i..}^2$	36	64	676	576	1352

表 6. 分散分析表

要 因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
S_α	28.17	3	9.39	6.1**
$S_{\alpha(O)}$	33.33	15	2.22	1.44
$S_{\alpha(B)}$	1.16	3	0.39	
$S_{\alpha(O)(B)}$	21.00	15	1.40	
S_r	0.41	3	0.14	
S_e	50.93	33	1.54	
S_T	135.0			

** 위험율 1%에서 有意

表 7. 主効果의 推定値

i	1	2	3	4
$\hat{\alpha}_i$	0.125	−0.167	0.542	−0.5

$$Y_\phi = q_\phi \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{tNM}}$$

$$Y_{0.01} = 4.77\sqrt{\frac{1.54}{4\times6\times2}} = 0.85$$

$$Y_{0.05} = 3.825\sqrt{\frac{1.54}{4\times6\times2}} = 0.685$$

表 8. 第1回 採點結果

O_2

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	−2	−4	
2	+1		+2	+2	
3	+2	−2		+1	
4	+1	−2	−1		
$x_{i\cdot11}$	+4	−5	−1	+2	0
$x_{i\cdot11}^2$	16	25	1	4	46

O_1

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	+1	−1	
2	+1		−1	−1	
3	−1	+1		+2	
4	+1	+1	−2		
x_{i21}	+1	+1	−2	0	0
$x_{i\cdot21}^2$	1	1	4	0	6

O_3

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	−1	−2	
2	+1		−1	−2	
3	+1	+1		−1	
4	+2	+2	+1		
$x_{i\cdot31}$	+4	+2	−1	−5	0
$x_{i\cdot31}^2$	16	4	1	25	46

O_4

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		0	+1	−1	
2	0		+1	+2	
3	−1	−1		+1	
4	+1	−2	−1		
$x_{i\cdot41}$	0	−3	+1	+2	0
$x_{i\cdot41}^2$	0	9	1	4	14

O_5

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	−3	−2	
2	+1		−2	+3	
3	+3	+2		−1	
4	+2	−3	+1		
$x_{i\cdot51}$	+6	−2	−4	0	0
$x_{i\cdot51}^2$	36	4	16	0	56

O_6

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	0	+1	
2	+1		−2	−2	
3	0	+2		−1	
4	−1	+2	+1		
$x_{i\cdot61}$	0	+3	−1	−2	0
$x_{i\cdot61}^2$	0	9	1	4	14

表 9. 第2回採點結果

O_1

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	+1	−2	
2	+1		+1	+1	
3	−1	−1		−1	
4	+2	−1	+1		
$x_{i\cdot 12}$	+2	−3	+3	−2	0
$x_{i\cdot 12}^2$	4	9	9	4	26

O_2

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		+1	−1	−1	
2	−1		−1	−2	
3	+1	+1		+1	
4	+1	+2	−1		
$x_{i\cdot 22}$	+1	+4	−3	−2	0
$x_{i\cdot 22}^2$	1	16	9	4	30

O_3

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		+1	+1	−1	
2	−1		−1	−2	
3	−1	+1		−1	
4	+1	+2	+1		
$x_{i\cdot 32}$	−1	+4	+1	−4	0
$x_{i\cdot 32}^2$	1	16	1	16	34

O_4

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	−1	−1	
2	+2		+1	+2	
3	+1	−1		−1	
4	+1	−2	+1		
$x_{i\cdot 42}$	+4	−5	+1	0	0
$x_{i\cdot 42}^2$	16	25	1	0	42

O_5

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−1	+2	−2	
2	+1		−1	+3	
3	−2	+1		+1	
4	+2	−3	−1		
$x_{i\cdot 52}$	+1	−3	0	+2	0
$x_{i\cdot 52}^2$	1	9	0	4	14

O_6

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	−2	+2	
2	+2		−1	−1	
3	+2	+1		−1	
4	−2	+1	+1		
$x_{i\cdot 62}$	+2	0	−2	0	0
$x_{i\cdot 62}^2$	4	0	4	0	8

表 10. 個人別 反復合計

O_1

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	−1	−3	
2	+2		+3	+3	
3	+1	−3		0	
4	+3	−3	0		
$x_{i\cdot 1\cdot}$	+6	−8	+2	0	0
$x_{i\cdot 1}^2\cdot$	36	64	4	0	104

O_2

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1	0	0	0	−2	
2	0		−2	−3	
3	0	+2		+3	
4	+2	+3	−3		
$x_{i\cdot 2\cdot}$	+2	+5	−5	−2	0
$x_{i\cdot 2}^2\cdot$	4	25	25	4	58

O_3

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		0	0	−3	
2	0		−2	−4	
3	0	+2		−2	
4	+3	+4	+2		
$x_{i\cdot 3\cdot}$	+2	+6	0	−9	0
$x_{i\cdot 3\cdot}^2$	9	36	0	81	126

O_4

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	0	−2	
2	+2		+2	+4	
3	0	−2		0	
4	+2	−4	0		
$x_{i\cdot 4\cdot}$	+4	−8	+2	+2	0
$x_{i\cdot 4}^2\cdot$	16	64	4	4	88

O_5

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−2	−1	−4	
2	+2		−3	+6	
3	+1	+3		0	
4	+4	−6	0		
$x_{i\cdot 5\cdot}$	+7	−5	−4	+2	0
$x_{i\cdot 5}^2\cdot$	49	25	16	4	94

O_6

$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−3	−2	+3	
2	+3		−3	−3	
3	+2	+3		−2	
4	−3	+3	+2		
$x_{i\cdot 6\cdot}$	+2	+3	−3	−2	0
$x_{i\cdot 6}^2\cdot$	4	9	9	4	26

表 11. 存復別合計 및 總合計

第1回 合 計						第2回 合 計						總 合 計					
$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計	$j \backslash i$	1	2	3	4	計
1		−5	−4	−6		1		−4	0	−5		1		−9	−4	−11	
2	+5		−3	+2		2	+4		−2	+1		2	+9		−5	+3	
3	+4	+3		+1		3	0	+2		−2		3	+4	+5		−1	
4	+6	−2	−1			4	+5	−1	+2			4	+11	−3	+1		
$x_{i..1}$	+15	−4	−8	−3	0	$x_{i..2}$	+9	−3	0	−6	0	$x_{i...}$	+24	−7	−8	−9	0
$x_{i..1}^2$	225	16	64	9	314	$x_{i..2}^2$	81	9	0	36	126	$x_i^2...$	576	49	64	81	770

表 12. 分散分析表

要 因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
S_α	16.04	3	5.35	2.688
$S_{\alpha(O)}$	45.96	15	3.06	1.54
$S_{\alpha(B)}$	2.29	3	0.76	
$S_{\alpha(O)(B)}$	22.0	15	1.47	
S_r	5.04	3	1.67	
S_e	65.67	33	1.99	
S_T	157.0			

考 察

3角1對比較法은 試料數가 $t \geqq 3$일때에 적용하는 方法으로써 本質的으로는 Paired Camparison과 다름이 없다. 다만 試料對의 提出方法에 特徵이 있을 뿐이다. 즉 通常의 1對比較法은 試驗者가 試料對를 만들어 被試驗者에게 提出하지만 3角1對比較法은 3개씩의 試料를 一時에 提出하여 被試驗者로 하여금 차례로 試料對를 構成토록하는 점에 差異가 있다. 于先 說明을 간략히 하기 위해서 시료수 $t=3$일때의 경우를 생각해 보면 시료제출방법은 2가지이다.

첫째 방법은 시료 A,B,C를 $A-B$, $A-C$, $B-C$.와 같이 3개 試料對로써 각각 提出하는 方法이고, 둘째 방법은 本法과 같이 $A-B-C$를 一時에 提出하여 파넬로 하여금 $A-B$, $A-C$, $B-C$의 試料對를 組合하여 시험케 하는 方法이다. 이때 兩者의 差異點은 첫째 方法에서는 파넬이 第1組合의 A와 第2組合의 A가 같은지 다른지 알지못하나 둘째 方法에서는 파넬 自身이 組合하므로 알고 있다는 점이다. 그리고 試料數에 있어서도 첫째 方法의 數=2×둘째方法의 數이다. 즉 첫째 方法의 경우는 第1組合에서 본 관능의 결과가 第2組合에서는 完全히 斷切되어 새로운 시작이 된다. 第3組合에서도 同一하다. 그러나 둘째 方法은 ($A-B$)에서 얻은 관능결과(情報)가 ($A-C$)에서 이용되고 ($B-C$)에서는 ($A-B$), ($A-C$)의 결과가 상당히 적용되므로 파넬은 전체 시료에 대해서 一律的이고도 體系的인 판단을 할 수가 있고 또한 同一 Cup에 對해서 첫째 方法보다 2倍數의 관능을 실시하게 되므로 시료에 대한 構體的인 特性을 파악하기 쉽고 한편으로는 파넬에 미치는 부담감을 경감시켜 주므로 파넬의 노력면에서 경제적이라는 점을 큰 長點으로 指摘할 수가 있다. 그러나 첫째 方法에서는 第1組合에서 어떤 理由로 因해 잘못판단 하였을 경우 그 情報가 第2組合以後로 傳達되지 않고 第1組合에서만 그칠 수 있으나 둘째 方法에서는 第1組合에서 誤判을 할 경우 그 결과가 第2, 第3組合까지 移行되어 全體를 잘못 判斷할 우려가 豫想된다. 特히 지적할 수 있는 것은 第1, 第2組合의 判斷結果에서 第3組合에 대한 파넬의 머리속에서의 論理的인 推定判斷 즉 先入觀이 실제 관능판단에 惡影響을 미치게 할 우려가 크다는 점이다. 이점은 本手法의 予行實驗에서 모든 파넬에게서 한결같이 發見되었던 점이기도 하다.

따라서 이러한 缺點을 排除시키기 위한 다음과 같은 對策이 강구되지 않으면 안된다. 즉

(1) 파넬의 능력구비——식별능력, 판단규준의 安定性과 妥當性 등

(2) 판단에 과오는 항상 수반됨을 파넬로 하여금 인식토록 하여 第1, 第2組合에서 혹 誤判이 있었을지도 모르므로 第2, 第3組合에서 정확한 판단을 하여야 겠다는 태도를 견지하도록 훈련시킬 것.

(3) 試料提出順序에 대해 연구할 것. 즉 N개의 試料中에서 3개를 발취한다음 3點의 試料를 늘어놓는 順列의 數는 6가지가 있으므로 되도록이면 6名의 파넬을 利用하여 6종의 順列을 6名의 파넬에게 無作爲對應시킬 것.

(4) 往復判斷을 허락하되 2回로 除限시킬 것.

이때 2번째의 관능은 첫번째의 관능순서와 逆方向으로 하도록 할 것.

(5) 일단 判斷기록한 採點은 修正하지 못하게 할 것.

(6) 組合內, 往復間, 組合間의 時間을 엄격히 규제할 것.

(7) 입안을 헹구는 일은 往復間과 組合間에서만 허락할 것 등이다.

이러한 점을 준수하면 本實驗結果에서 보는 바와 같이 파넬의 판단 과오에 의한 선입관의 作用(반복, 組合 등의 효과)은 제거될 수 있다.

특히 어떠한 종류와 목적의 파넬이든 반드시 갖추어야할 資質로써는 의욕과 흥미 그리고 心理的 및 生理的 건강이며 이를 유지 관리하는 것이 관능시험의 成敗의 관건이기도 하다. 따라서 단시간내에 실험을 완료토록 하며 同時에 파넬에게 부담감을 주지 않도록 하는 手法이 가장 要望되는 것이다.

3角1對比較法에서 사용한 것과 同一한 試料를 사용해서 通常의 1對比較法으로 實驗한 결과에서는 試料間에 有意差가 인정되지 않았던 원인은 試料差의 檢出精度에 있는 것이 아니라 파넬의 권태 피로 및 부담감 등에 있었다고 생각된다.

따라서 本手法은 試料數가 $t\geqq 3$일때 종래의 1對比較法에서 문제가 되고 있는 파넬에 미치는 生理的 心理的부담감을 경감시켜 주므로써 검출효과를 提高할 수 있다는 점이 가장 큰 長點이라 할 수 있다. 다만 시료수가 방대하여질 경우 특히 시료수 $t>6$일때는 반복수가 $M>4$로 되어 실험회수가 急增하므로 가장 이상적인 시료수는 3~6개 정도이다. 그러나 비교수가 많아지면 통상의 1對比較法에 의해서도 무리가 있게 된다. 이에 대한 적절한 手法에 대해서는 次報에서 보고 하기로 한다

結論 및 要約

(가) 試料數가 많을때, 長期間에 걸쳐 관능검사를 행할 때에는 精度가 높은 手法을 使用하더라도 파넬은 부담감을 느끼게 되어 권태 피로효과로 인해 시료간의 품질차를 검출할 수 없게 됨을 보았다.

(나) 이에 파넬에 권태·피로 등의 心的 生理的 부담감을 輕減시켜 주는 새로운 手法인 「3角1對比較法」을 考案하여 그 統計的解析方法으로써 Scheffé's methods의 第二新法을 提出하였다.

(다) 3角1對比較法은 파넬에게 피로 권태 등의 부담감을 주지 않고 精度높게 品質差를 檢出할 수 있는 有效한 手法임을 實證하였다.

(라) 3角1對比較法의 적용상의 문제점과 그에 대한 對策에 대해서도 考察하였다.

끝으로 本稿를 校閱해 주신 서울대학교 농과대학장 李春寧博士님과 同大學敎授 李啓瑚博士님께 깊은 感謝를 드리며 始終 실험과 결과정리를 맡아준 河炫八君과 여러동료들에게 深謝한다.

參考文獻

(1) 洪鎭：官能檢査에 관한 硏究(第1報), 韓農化 27, 210 1977.

(2) 日科技連：新版官能檢査ハンドブック, 日科技連(1975)

(3) Stevens, S.S.: Mathematics, measurement, and psychologics, Stevens, S.S.(ed.): Handbook of experimental psychology, John Wiley, 1951, Chap. 1, pp 1-49.

(4) Fisher, R.A.: Statistical methods for research workers, Oliver and Boyd, 1950, pp 290-298.

(5) Gridgeman, N.T.: Pair comparison, With and without ties, Biometrics, 15, 382-388 (1959)

(6) Ferris, G.E.: The k-Nisit method of consumer testing, Biometrics, 14, 39-49(1958)

(7) Ferris, G.E.: A new in consumer testing, Food Res., 25, 802-809(1960)

(8) Bradey, R.A. & Harmon, T.: The modified triangle test, Biometrics, 20, 608-625(1964)

(9) Bradley, R.A., et al: Rank analysis of Incomplete Block Designs I. Biometrika, 39, 324-345, (1952)

(10) Bradley, R.A.: Rank Analysis of Incomplete Block Designs II, Biometrika, 41, 502-537 (1954)

(11) Bradley, R.A.: Rank Analysis of Incomplete Block Designs III, Biometrika, 42, 450-470 (1955)

(12) Bradley, R.A.: Incomplete Blook Rank Analysis, Biometrics, 10, 375-390(1954)

(13) 中屋澄子：Schefféの一對比較法の一變法, 第11回 官能檢査大會報文集, 日本科學技術連盟 (1970)