

실증 연구에서 RMD에 의한 신뢰도와 대응  
분석에 의한  $\chi^2$  분할표 검정의 평가  
- Evaluation of Reliability Using RMD and  
 $\chi^2$  Contingency Tests Using Correspondence  
Analysis in Survey Study-

최 성 운\*

**Abstract**

Reliability measures of questionnaire and  $\chi^2$  contingency tests of categorized responses are most practical tools to analyze the characteristics of subjects of survey study. This research evaluates the Cronbaha's reliability measures by using Repeated Measure Design (RMD) with illustrated MINITAB examples. In addition,  $\chi^2$  statistics of each cell of categorized tables can be effectively interpreted with the symmetric plot of correspondence analysis. The practical example is also discussed to provide comprehensive understanding of topic.

**Keywords:** Evaluation, Reliability Measures, RMD,  $\chi^2$  Statistics, Categorized Tables, Symmetric Plot, Correspondence Analysis

---

\* 가천대학교 산업공학과 교수

## 1. 서론

국가 규격인 KS가 제품 중심인 규격에서 서비스품질의 인증 범위를 확대하여 한국 산업표준이라는 명칭을 사용하게 되었다. KS 인증범위 부문으로 A:기본, B:기계, C:전기전자, D:금속, E:광산, F:건설, G:일용품, H:식품, I:환경, J:생물, K:섬유, L:요업, M:화학, P:의료, Q:품질경영, R:수송기계, S:서비스, T:물류, V:조선, W:항공우주, X:정보 등의 21종류가 있다. 여기서 서비스 품질 인증범위인 KSS에서는 사업장 심사와 서비스 심사를 요구하는데 사업장 심사 기준에는 표준화 일반, 서비스 운영체계, 서비스 운영, 서비스 인력관리, 시설, 장비, 환경 및 안전관리의 5가지 기준에 의한 문서심사를 수행하며 서비스 심사에서는 고객이 제공받은 사전, 현재, 사후 서비스에 대한 실증조사(Survey Study)를 수행한다.

고객의 기대(Expectation)와 지각(Perception)의 Gap을 개선하는 PZB SERVQUAL 서비스 품질 모형에서는 고객의 기대(Expectation)와 지각(Perception)의 Gap을 개선하기 위해 유형성(Tangibles), 신뢰성(Reliability), 확실성(Assurance), 공감성(Empathy), 반응성(Response)의 평가기준으로 실증조사(Survey Study)를 실시하며 고객만족(Customer Satisfaction)의 향상방안을 추구한다. PZB 모형의 서비스 품질 평가 기준은 자원의 유형성, 약속의 신뢰성, 보증의 확실성, 감정이입(Empathy)의 공감성, 응답의 반응성 등 5가지 이외에도 서비스 업종의 특성에 맞는 다양한 기준을 고려할 수 있다. 이러한 품질기준으로는 고객을 돕는 대응성, 지식의 능력, 정중함의 예절, 정직의 신빙성, 위험에 대한 안전성, 접촉의 가용성, 이해하기 쉬운 언어와 고객의 소리(VOC)에 귀 기울이는 커뮤니케이션, 고객욕구를 이해하려는 노력인 고객이해 등이 있다.

또한 공급이 수요를 초과하는 무한 경쟁의 제조업 시장에서는 소비자의 제품요구에 대한 트렌드를 빠르게 파악하여 대응할 수 있는 (QR : Quick Response) 상품기획 시스템을 구축하여야 하며 이를 위해 마케팅 실증조사(Survey Study)가 적절히 이루어져야 한다. 특히 상품 기획시 기능품질이외에 감성품질 또는 브랜드 이미지 제고를 위해 소비자의 성별, 연령별, 학력별, 소득별, 지역별, 주거 형태별 인구통계학적 조사방법을 활용한다.

이렇듯 서비스품질, 고객만족도, 상품기획마케팅에서 실증조사(Survey Study)는 필수불가결한 활동으로 양케이트 설계와 더불어 분석, 평가할 수 있는 통계적 기법[2-6]의 이해가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 실증조사의 양케이트 설계의 신뢰성 평가를 위한 Cronbach's  $\alpha$ 의 의미와 특징을 수치 예와 함께 RMD(Repeated Measure Design)[1]와 비교, 평가한다. 또한 조사대상자(Subject)의 인구통계학적 관점에서 범주형 자료(Categorical Data)로 유형화된 경우 사용되는  $\chi^2$  분할표(Contingency Table)검정과 대응분석(Correspondence Analysis)의 연계분석방안을 수치예를 들어 제시한다. 본 연구의 기여도는 실증조사에서 가장 많이 사용되는 Cronbach's  $\alpha$ 의 의미와 특징을 새로운 관점에서 해석하고 범주형 qns할표 검정에 대한 조사분석방법의 효율적인 연계방안을 제시하는 데 있다.

## 2. Cronbach's $\alpha$ 의 신뢰도 평가

양케이트를 이용한 실증조사에서는 동일한 조사대상자(Person, People, Subject, Student)가 1개로 Block화된 설문지의 여러 문항(Item, Treatment, Measuring, Instrument, Teacher, Judge)들을 반복 응답하기 때문에 실험계획법에서는 RMD(Repeated Measure Design)라고 한다. RMD의 조사대상자간(Between Subjects) 차이를 크게 하고 조사대상자 내(Within Subjects) 차이가 작을 경우, 각 조사대상자에 대한 문항 점수가 일관되게 나와(Internal Consistency, Homogeneity) 조사대상자 간의 특성을 유형화할 수 있다. 양케이트 실증조사시 조사대상자가 여러 문항을 반복 응답하기 때문에 조사대상자마다 문항들의 순서를 다르게 하거나(Randomization), 문항마다 시간간격을 충분히 주어 학습, 연습, 잔류, 이월 효과(Carryover Effects)가 상쇄(Counter Balancing)되도록 실증조사 설계를 조절해야 한다. 특히 RMD에서는 문항들 간의 관계가 종속적(Dependent)이거나 양의 상관관계(Positively Correlated)이기 때문에 상관이 동일한(Equal Correlation), 복합대칭성(Compound Symmetry)의 구형성(Sphericity) 가정과 공변량 동질성 검정이 요구되나 Hotelling's  $T^2$  통계량을 사용할 경우 이러한 가정을 만족하지 않아도 된다. RMD를 이용한 실증연구에 대한 응답점수의 데이터 배열은 <표 1>과 같으며 ANOVA 분석은 <표 2>와 같다. <표 2>에서 Total = Between Persons + Within Persons로 직교분해(Orthogonal Decomposition)가 가능하며(1단계 직교분해), Within Persons = Between Items + Error로 2단계 직교분해가 가능하다. <표 3>은 <표 2>에서 1단계, 2단계로 직교분해된 MS(Mean Square)로 개별문항 신뢰도  $R_1$ 과 전체문항 신뢰도  $R_\ell$ 을 구하는 공식이다.

<표 1> RMD를 이용한 실증 연구 응답 점수 데이터 배열

조사대상자 \ 문항	문항				$\bar{y}_{.j}$
	$I_1$	$I_2$	...	$I_l$	
$P_1$					
$P_2$					
...					
$P_m$					
$\bar{y}_{.i}$					$\bar{y}$

$$\bar{y}_{.i} = \sum_{j=1}^m \frac{y_{ij}}{m}, \quad \bar{y}_{.j} = \sum_{i=1}^l \frac{y_{ij}}{l}, \quad \bar{y} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \frac{y_{ij}}{\ell m}$$

<표 2> RMD를 이용한 실증연구 응답 점수 ANOVA

Source	기호	SS	DF	MS=SS/DF	$F_0$
1. Between Persons	P	$SS_P = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^l (\bar{y}_{.j} - \bar{y})^2$	$DF_P = m - 1$	$MS_P$	
2. Within Persons	W	$SS_W = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^l (y_{ij} - \bar{y}_{.j})^2$	$DF_W = lm - m$	$MS_W$	
2.1 Between Items	I	$SS_I = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m (\bar{y}_{i.} - \bar{y})^2$	$DF_I = l - 1$	$MS_I$	$F_0 = \frac{MS_I}{MS_E}$
2.2 Error(2=2.1+2.2)	E	$SS_E = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y})^2$	$DF_E = lm - l - m + 1$	$MS_E$	$> F(DF_I, DF_E; \alpha)$ $\rightarrow H_1$ 채택
Total (1+2)	T	$SS_T = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y})^2$	$DF_T = lm - 1$		



오차부분은 두 영역에 해당한다. Cronbaha's  $\alpha$ 는  $T = E' + I$ 에서  $(y_{ij} - \bar{y}) = (y_{ij} - \bar{y}_i) + (\bar{y}_i - \bar{y})$ 로 직교분해하여  $(y_{ij} - \bar{y}_i)$ 의 오차항을 최소로 하려는 설계 방식이다. 결국 RMD와 Cronbaha's  $\alpha$ 의 차이는 조사대상자간의 P에 대한 포함 여부에 따른 오차 설계이다.

<표4> 실증연구사례  
(a)

조사대상자 \ 문항	문항			
	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
1	3	4	3	4
2	1	2	1	2
3	4	5	4	5
4	2	3	2	3
5	3	4	4	4

(b)

조사대상자 \ 문항	문항			
	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
1	3	3	4	4
2	2	3	4	3
3	2	3	3	2
4	4	3	2	2
5	2	2	3	3

<표 4>에서 4개 문항에 대한 5명의 조사대상자의 응답점수를 보면 (a)가 (b)보다 조사대상자별 문항점수가 일관성이 있어 <표 4.a>의 경우 Cronbaha's  $\alpha=0.9908$ , <표 4.b>의 경우 Cronbaha's  $\alpha=0.1905$ 으로 나온다. MINITAB 16에서는 각 문항을 제거할 시 문항별 Cronbaha's  $\alpha$ 가 나와 이것이 높다면 그 문항은 내적일관성에 문제가 있으므로 문항을 제외시켜야한다.

문항간 상관관계가 높을 경우 문항간 조사대상자 내 일관성이 높다고 할 수 있어 상관계수의 평균(Interclass Correlation)으로 Cronbaha's  $\alpha$ 가 설명된다.

### 3. $\chi^2$ 분할표 검정과 대응분석의 평가

양케이트를 이용한 실증연구에서 조사대상자의 인구통계학적 관점에서 범주형으로 유형화된 조사항목으로 계수이산형의 데이터를 분석, 평가하는 대표적인 방법이  $\chi^2$  분할표 검정이다.  $\chi^2$  분할표 검정은 행과 열의 빈도(Frequency)를 고려한 기대빈도(Expected Frequency)와 관측 빈도(Observed Frequency)의 차이를

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \frac{(E_{ij} - O_{ij})^2}{E_{ij}}, \text{ where } E_{ij} = \frac{O_{i.} O_{.j}}{O_{ij}}$$

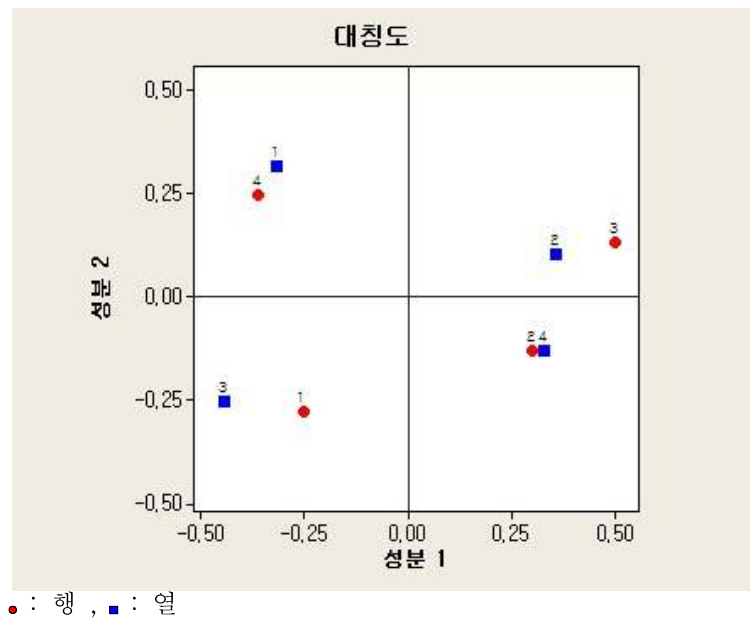
는 동질성, 독립성 검정 방식이다.

$\chi^2$  분할표 검정이 유의적으로 나올 경우  $\chi^2$  검정 통계량 값이 크게 나온 Cell을 기준으로 조사 대상자의 특성을 유형화하고 기술하는데 이를 그림으로 표현할 수 있는 방법이 대응분석(Correspondence Analysis)이다. MINITAB에서 의하면 숫자에 의한  $\chi^2$  분할표 검정과 그림에 의한 대응분석의 대칭도의 관계는 <표 5>와 <그림 2>와 같으며 1행 3열, 2행 4열, 3행 2열, 4행 1열에서 큰  $\chi^2$  값과 대응 그림이 연관된다는 것을 파악할 수 있다.

<표 5>  $\chi^2$  분할표 검정

	C1	C2	C3	C4	총계
1	34 44.83 2.618	35 46.47 2.832	78 46.20 21.889	46 55.49 1.624	193
2	23 33.68 3.388	32 34.92 0.243	23 34.71 3.950	67 41.69 15.362	145
3	25 37.40 4.111	68 38.77 22.042	12 38.54 18.276	56 46.29 2.035	161
4	82 48.08 23.921	35 49.84 4.421	56 49.55 0.839	34 59.52 10.942	207
총계	164	170	169	203	706

■



<그림 2> 대응 분석의 대칭도

#### 4. 결 론

본 연구에서는 앙케이트를 이용한 실증연구에서 설문지의 신뢰도를 평가하기 위한 방안으로 RMD를 제시하고 Cronbaha's  $\alpha$ 와 비교분석하였다. RMD의 조사대상자간 변동을 오차항에 풀링한 Cronbaha's  $\alpha$ 는 간이법으로는 사용가능하나, 편차제공합을 직교분해하여 분산분석의 비로 검정하는 RMD의 사용이 문항을 평가하고 조사대상자를 분석하는 데 더욱 유용하다. 또한 본 연구에서는 숫자에 의한  $\chi^2$  분할표검정을 대칭도 그림에 의한 대응분석과 연계 분석하는 방안과 사례를 제시하였다.

#### 5. 참 고 문 헌

[1] 최성운, “일반화가능도 디자인에 의한 반복측정 실험설계의 모형 생성 및 확장”, 대한안전경영과학회지, B(2)(2011):195-202.  
 [2] 최성운, “서베이 설계 모형별 Cronbach's Alpha 계수와 GI, DI 산출방안”, 대한안전경영과학회 춘계학술대회 발표문집, (2011):701-705.  
 [3] Brennan R., Generalizability Theory, Springer, 2010.  
 [4] Gramines E.G., Zeller R.A., Reliability and Validity Assessment, Sage Publications, 1979.  
 [5] Johnson R.A., Wichern D.W., Applied Multivariate Statistical Analysis, 6 Edition, Prentice Hall, 2007.  
 [6] <http://www.minitab.com>