

Black-Box방법과 RR기법의 효율성 비교 연구¹⁾

이 화 영²⁾, 홍 기 학³⁾

요 약

본 논문에서는 광주,전남지역 고등학생들의 약물복용 및 본드 또는 가스 흡입 실태 파악에 간접조사방법인 확률화응답기법과 직접조사방법으로 무기명 직접질문방법의 하나인 Black-Box(BB)방법을 동일한 표본에 병행 실시하고, 결과를 비교하여 개인적 또는 사회적으로 민감한 문제에 대한 조사방법으로서 두 방법의 장,단점을 경험적으로 비교 분석하였다.

1. 서론

일반적으로 사회 여러분야에서 개인의 사생활과 밀접한 관계에 있는 민감한 사항(동성 연애, 약물복용, 성 폭행, 혼전 성관계등)에 대한 조사에서는 조사대상 응답자들의 신분보장에 대한 불확신감 때문에 무응답이나 거짓응답으로 인하여 다른 조사에 비해 상대적으로 높은 비표본오차(nonsampling error)가 발생한다. 이같은 문제점을 해결하고 사생활을 보장해 주기 위한 대표적인 조사방법으로 첫째 간접질문 조사방법인 확률화응답기법(randomized response technique : RRT)과 둘째 직접질문 조사방법인 무기명 직접질문조사방법을 들 수 있다.

1965년 Warner에 의해 처음 제시된 확률화응답기법은 응답자들의 익명성을 보장해 주면서 조사자가 얻고자 하는 민감한 정보를 얻기 위하여 민감한 질문에 대해서 응답자에게 직접적인 응답을 요구하는 것이 아니라 확률장치(randomizing device)를 통한 간접적인 응답만을 요구함으로써 응답오차를 줄임과 동시에 조사의 효율을 높일 수 있다는 장점을 가지고 있다. 즉, 확률장치를 통한 간접 응답에서는 조사 대상자가 확률적 근거에 의해 선택된 질문(민감한 질문 또는 민감하지 않은 질문)에 대해서만 응답함으로써 실제 현장에서 조사자는 응답 자체만을 알 뿐, 그 응답이 어떠한 질문에 대한 응답인지는 알 수가 없다. 따라서 민감한 질문에 대한 응답자의 참여를 좀 더 높일 수 있고, 아울러 좀 더 진실된 응답을 유도할 수 있는 반면에 조사 결과 나타난 응답들은 비록 간접응답으로 인한 정보의 손실이 존재한다 하더라도 이미 조사자가 알고 있는 질문의 확률적 기법 즉, 확률 장치의 구조와 함께 알고자 하는 민감한 모수(sensitive parameter)를 추정하는데 매우 유용한 자료의 구실을 한다.

한편 사생활과 밀접한 관계에 있는 민감한 사항에 대한 조사의 또다른 방법인 Black-Box방

1) 이 논문은 1993년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 지방대학 육성 중점과제 학술연구 조성비에 의하여 연구 되었음.

2) (520-714) 전남 나주시 대호동 252, 동신대학교 전산통계학과.

3) (520-714) 전남 나주시 대호동 252, 동신대학교 전산통계학과.

법은 응답자들이 주어진 설문에 무기명으로 답한 다음 그것을 조사자에게 주는 것이 아니고 따로 설치된 밀폐된 상자 속에 집어 넣고, 조사자는 최종적으로 상자 속에 수집된 설문지만을 회수함으로써 설문의 답을 누가 했는지를 알 수가 없어 응답자는 자신의 프라이버시를 보장 받을 수 있는 조사방법이다.

그런데 우리나라에서는 아직 개인적으로 또는 사회적으로 민감한 문제에 대한 조사에 위와 같은 구체적인 방법의 적용이 제대로 시도되지 못하고 있으며, 특히 확률화응답기법의 적용은 전혀 시도되지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 응답자의 사생활에 관련되는 문제에 대한(광주,전남지역 남,여 고등학생들의 약물복용 및 가스 또는 본드 흡입) 조사를 간접응답방법인 확률화응답기법과 직접질문방법인 Black-Box방법을 병행 실시하여 두 방법에 따른 조사 결과의 차이를 분석하고자 한다. 또한 실제 조사를 통해 드러난 각 조사 방법의 장,단점을 파악해서 이들 방법들이 실제로 우리나라의 많은 분야에서 민감한 문제에 대한 표본조사 시 적용될 수 있는 방안을 강구하고자 한다.

2. 확률화응답기법의 적용사례

민감한 질문에 대한 조사시 발생하는 두 가지의 주된 고질병은 응답률의 감소와 응답편의(response bias)의 증가인데 이는 직접질문과 연관되어 있다.

확률화응답기법(RRT)은 무응답, 고의적인 거짓진술 그리고 거짓말의 수준을 줄이고 추정편의를 작게해서 추정값의 효율을 높일 수 있는 유용한 방법들 중의 하나가 된다. 이러한 RRT에 의한 조사가 응답자들의 사생활을 보호해 준다고 믿게 하고 나아가 자발적으로 정확한 응답을 하도록 유도하기 위해서는 한번 계획된 RRT는 효율적이고 확실한 방법으로 활용될 필요가 있다. 어떤 RRT가 주어 졌을 때 이의 효율을 평가하는 것이 가장 어렵고 한번 사용된 후 이의 신뢰성을 측정하는 것도 아주 위험하다. 물론 이론적으로 RRT의 적용가능성을 측정하는 것은 어렵지 않으나 실제로 그것이 얼마나 잘 활용(진행) 되는가를 평가 하는것은 쉽지 않다. 그럼에도 불구하고 직접조사로는 곤란한 민감한 문제들에 대한 조사에 RRT들이 많은 문헌(논문)에서 다양하게 활용되고 있다.

Warner(1965)가 그의 논문에서 RRT를 제시한 이후 많은 연구자들에 의해서 특정문제에 대하여 다양한 RRT의 활용이 제시되고 여러 사례를 통하여 그들의 효율성을 입증하였다. 또한 대체 방법들간의 비교연구도 하였다.

본 장에서는 사회적 또는 개인적으로 민감한 문제들에 대하여 실제 확률화응답기법들을 이용해서 조사한 외국의 사례들을 간략히 정리하여 봄으로써 확률화응답기법의 유용성을 확인해 보고자 한다.

Reinmuth et al.(1975)는 양적과 질적 확률화응답기법을 사용한 2단계 확률화응답기법을 이용하여 Honolulu에 있는 대규모 소매상가(Ala Moana쇼핑센터)에서 임의로 선택된 342명의 쇼핑객을 대상으로 들치기(shoplifting)의 경험 및 들치기들의 평균 빈도등을 조사하였다. 조사 결과 모든 고객의 약 20%가 Ala Moana에서 들치기 한 것으로 나타났고 들치기 횟수는 고객 한 사람당 평균 1.7회이고 들치기배들 중에서는 평균 7.9회나 되는 것으로 나타났다.

Charles et al.(1978)은 RRT의 실증적 연구의 결과를 제시하기 위하여 민감한 질문으로 대학

생들이 재학중 F학점 받은 과목수를 양적, 질적 그리고 2단계(Reinmuth et al.(1975)) 확률화응답기법과 직접질문을 사용하여 얻은 추정값들을 실제 조사대상 학생들의 학적부에 기록된 F학점 받은 과목수와 비교하였다. 그 결과 응답자들이 F학점을 받았다고 응답하는 자체는 꺼리지 않으나, 몇 과목이나 낙제를 했는가에는 응답을 꺼리는 것으로 나타났다. 즉, 과목을 낙제한 것은 민감한 질문이라고 볼 수 없지만 낙제한 과목수는 민감한 질문으로 볼 수 있다고 결론 짓고 있다.

Shimizu et al.(1978)은 1973년 미국의 가족수 증가에 대한 전국조사(National Survey of Family Growth : NSFG)에서 지난 1년간 낙태(유산)한 경험이 있는 부인의 수를 추정하기 위해서 두개의 표본에 두개의 무관질문을 이용한 Folsom et al.(1973)의 확률화응답기법을 사용하여 조사한 결과 조사 대상자의 약 3%가 지난 1년간 낙태한 경험이 있다는 추정값을 얻었다. 반면에 1970년 직접질문에 의한 전국출산력연구(National Fertility Study)조사에서는 15세-44세 결혼한 여성중 1년내 낙태한 경험이 있다고 응답한 비율은 0.3%에 불과 했다. 결과적으로 낙태 경험과 같은 민감한 조사에 RRT를 사용하여 얻은 추정값이 종전의 직접질문에 의한 추정값보다 높은 값을 얻게 되므로 NSFG에서 RRT의 사용은 가치가 있다는 결론을 짓고 있다.

Greenberg et al.(1971)는 North Carolina에서 가임여성들의 일생동안의 평균 낙태건수와 가정들의 년 평균소득을 추정하기 위해서 무관질문을 이용한 양적확률화응답기법을 이용하여 North Carolina Abortion Survey자료에서 인구 10만에서 25만 정도의 5개 주요도시로부터 층화집락추출(stratified cluster sampling)에 의해 뽑힌 31세 이상의 성인 여자들을 대상으로 조사하였다. 조사결과 1인당 평균 낙태건수는 흑인여성들이 약 0.6건, 백인여성들이 약 0.4건으로 나타난 반면에 1인당 소득의 경우는 백인이 흑인의 약 2배 정도로 나타나서 낙태가 소득과 어느 정도 관계가 있음을 밝히고 있다.

본 논문에서는 위와같은 확률화응답기법의 적용 사례들을 참고로하여 직접질문방법인 Black-Box방법을 병행 실시 함으로써 두 방법에 따른 조사 결과의 차이를 분석하고자 한다.

3. BB방법과 RR기법의 효율성 비교

본 장에서 실시한 표본조사의 목적은 요즘 많은 사회적 관심의 대상이 되고 있는 청소년들의 약물복용 및 가스 또는 본드 흡입률 조사에서 BB방법과 RRT방법의 효율성을 비교분석 하는데 있다. 조사대상 및 조사방법으로는 광주,전남 지역에서 임의로 추출된 5개 남자고등학교와 3개 여자고등학교에서 각각 남학생 300명 여학생 120명을 임의추출하여 총 420명의 고등학생들을 대상으로 RRT와 BB방법을 적용하였고, 조사시기는 1994년 4월 부터 6월 사이에 이루어 졌다.

3-1. BB방법의 적용

무기명 직접질문방법인 BB방법은 응답자들의 신분을 밝히지 않고, 주어진 설문에 무기명으로 답한 다음 그것을 조사자에게 주는 것이 아니고 따로 설치된 밀폐된 상자 속에 집어 넣고, 조사자는 최종적으로 상자 속에 수집된 설문지만을 회수함으로써 설문의 답을 누가 했는지를

<표1> 응답자의 특성별 퍼센트 분포

특성		남	여	전체	Chi-square (p-value)
생활정도	상	6.7	2.5	5.5	5.375 (0.0680)
	중	82.0	90.8	84.5	
	하	11.3	6.7	10.0	
	계	100.0	100.0	100.0	
	(N)	(300)	(120)	(420)	
성적정도	상	26.5	22.5	25.4	0.80314 (0.6693)
	중	55.0	59.2	56.2	
	하	18.5	18.3	18.4	
	계	100.0	100.0	100.0	
	(N)	(298)	(120)	(418)	
주된고민사항	학업	44.4	66.7	50.8	25.13627 (0.0001)
	이성교제	19.2	7.5	15.8	
	가정	10.1	3.3	8.2	
	친구	9.8	10.8	10.1	
	신체용모	9.4	10.0	9.6	
	기타	7.1	1.7	5.5	
	계	100.0	100.0	100.0	
(N)	(297)	(120)	(417)		
스트레스 해소방법	음악을 듣는다	33.3	35.0	33.8	51.7815 (0.0000)
	담배를 핀다	19.7	0.8	14.3	
	잠을 잔다	14.3	38.3	21.3	
	술을 마신다	10.9	2.5	8.5	
	기타	21.8	23.3	22.2	
	계	100.0	99.9	100.1	
	(N)	(294)	(120)	(414)	

알 수가 없다. 따라서 응답자는 자신의 프라이버시를 보장 받을 수 있는 조사방법이다.

본 연구에서 우리는 광주,전남지역 남,여 고등학생들의 약물 또는 가스나 본드 흡입물에 관한 조사에 BB방법을 이용하여 조사 하였다. 먼저 조사 응답 학생들의 사회,경제적 특성분포는 <표 1>에 요약되어 있다.

<표 1>에서 볼 수 있듯이 조사에 응한 남,여 학생들이 대체적으로 자신들이 중류정도의 생활을 하고 있다고 응답하였으며, 생활정도가 아주 낮다고 응답한 남학생의 비율은 여학생의 경우 보다 훨씬 높다. 학생들의 주된 고민거리를 묻는 설문에 대한 결과를 보면 남학생의 경우 학업에 관한 것이 전체 응답자의 44.4%로서 가장 높았고, 그 다음이 이성교제, 가정, 친구, 신체용모 순으로 나타난 반면, 여학생의 경우는 학업에 관한 것이 전체 응답자의 66.7%로서 남학생의 경우와 같이 가장 높았으나, 그 다음이 친구, 신체용모, 이성교제, 가정 순으로 나타나서 남학생과 비교해서 고민의 대상이 상당히 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. 스트레스를 푸는

방법은 남학생의 경우 음악을 듣는다가 33.3%로 가장 많고 그 다음으로 담배를 핀다, 잠을 잔다, 술을 마신다로 상당수의 남학생들이 담배를 별 꺼리낌 없이 상용하고 있음을 알 수 있다. 여학생의 경우는 음악을 듣거나 잠을 잔다라고 응답한 비율이 전체의 73.3%인데 반하여 술을 마신다는 2.5%, 담배를 핀다는 0.8%로 나타나 남학생의 경우보다는 건전한 방향으로 스트레스를 풀고 있음을 알 수 있다.

조사의 주 목적인 남,여 고등학생들의 약물 또는 가스나 본드 흡입 유,무에 관한 응답 결과를 살펴보면 남학생의 경우 조사에 참여한 전체 300명의 학생들 중 설문에 응답한 학생은 280명으로서 응답률은 약 93%를 나타내고 있으며, 응답한 학생들 중에서 약물 또는 가스나 본드 흡입 경험이 있다고 응답한 학생이 17명으로서 전체 응답자의 약 6%를 나타내고 있다. 여학생은 조사에 참여한 전체 120명의 학생들 중 설문에 응답한 학생이 116명으로서 응답률은 약 97%로 남학생의 경우 보다는 다소 높게 나타났다. 응답한 학생들 중에서 약물 또는 가스나 본드 흡입 경험이 있는 학생은 5명으로 전체 응답자의 약 4.3%를 나타내고 있다.

한편, 전라북도 약사회와 마약퇴치운동본부 전북지회에서 1993년 12월 1일 부터 12월 13일 사이에 전북지역 남,여 고등학생 각각 278명과 1479명을 대상으로 무기명 직접질문조사를 실시한 결과 보고서를 보면 마약을 단 1회라도 복용한 경험이 있거나, 부탄가스 또는 대마초 경험자 그리고 마약이라 부르는 종류 경험자는 남학생의 경우 약 5.74% 여학생의 경우 약 1.01%로 나타났다.

3-2. RRT의 적용

본 장에서는 광주,전남지역 남,여 고등학생들의 약물 또는 가스나 본드 흡입률에 관한 조사 방법으로 기본적으로 Folsom et al.(1973)의 RRT를 이용했다. 그런데 Folsom et al.모형의 경우 설문지의 구조를 보면 직접질문과 확률화응답질문에 대한 공통된 응답 빈도를 알기위해서는 반드시 조사자가 조사대상자와 1:1 면접 하에서 직접질문과 확률화응답질문에 대한 “예”, “아니오”를 체크하거나 또는 그렇지 않은 경우에도 반드시 응답자 개인의 응답 결과를 일일이 체크 해야한다는 번거로움이 있다.

따라서 본 연구에서는 조사자가 현장에서 일일이 조사대상자의 응답을 체크하지않고 BB방법과 같이 조사후 최종 집계만으로 조사 결과를 분석 할 수 있도록 다음과 같이 설문구조를 한 장의 설문지에 직접질문과 확률화응답질문을 동시에 포함하도록 변경한 다음 그림 I, II에 각각 적용하여 조사하였다.

(1) 그룹I의 경우:

직접질문(Y2): 지금 사는 동네와 태어난 동네가 같습니까? (예, 아니오)

확률화응답질문 :

동전의 앞면 ---> 가스나 본드 흡입 또는 약 복용으로 정신적 안정 혹은 흥분을 경험한 적이 있습니까? (A)

동전의 뒷면 ---> 3월과 6월 사이에 당신의 생일이 들어 있습니까? (Y1)

(예, 아니오)

(2) 그룹II의 경우:

직접질문(Y1): 3월과 6월 사이에 당신의 생일이 들어있습니까? (예, 아니오)

확률화응답질문 :

동전의 앞면 ---> 가스나 본드 흡입 또는 약 복용으로 정신적 안정 혹은 흥분을 경험한 적이 있습니까? (A)

동전의 뒷면 ---> 지금 사는 동네와 태어난 동네가 같습니까? (Y2)

(예, 아니오)

λ^r_I (λ^r_{II})를 각각 그룹 I (그룹 II)에 속한 사람들이 확률장치를 통해 얻어진 질문에 대하여 “예” 라고 응답할 확률, λ^d_I (λ^d_{II})를 직접질문에 대하여 “예”라고 응답할 확률, 그리고 λ^{rd}_I (λ^{rd}_{II})를 두 질문 모두에 대하여 “예”라고 응답할 확률이라 하면, 이러한 확률들은 각 그룹에서 민감한 질문이 선택될 확률이 P 일때 그룹 I, II에 대하여 각각 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 \text{그룹 I : } \lambda^r_I &= P\pi_A + (1-P)\pi_{N1} , \\
 \lambda^d_I &= \pi_{Y2} , \\
 \lambda^{rd}_I &= P\pi_{AY2} + (1-P)\pi_{NY2} ,
 \end{aligned}
 \tag{3-1}$$

$$\begin{aligned}
\text{그룹 II : } \lambda^r_{II} &= P\pi_A + (1-P)\pi_{Y2} , \\
\lambda^d_{II} &= \pi_{Y1} , \\
\lambda^{rd}_{II} &= P\pi_{AY1} + (1-P)\pi_{Y1Y2} .
\end{aligned} \tag{3-2}$$

위식에서 π_A 는 민감한 속성 A를 가지고 있는 사람들의 모비율이고, π_{Y1} (π_{Y2})는 각 그룹I(II)에서 무관한 속성인 Y1(Y2)를 가진 사람들의 모비율이다. 또한 π_{AY1} (π_{AY2})는 각 그룹I(II)에서 민감한 속성 A와 무관한 속성 Y1(Y2)를 동시에 가진 사람들의 모비율이고, π_{Y1Y2} 는 각 그룹 I(II)에서 무관한 속성 Y1 과 Y2를 동시에 가진 사람들의 모비율이다.

식 (3-1)과 (3-2)로 부터 모비율 π_A 에 대한 불편 추정량은 다음과 같이 주어진다.

$$\hat{\pi}_A(I) = \frac{(\hat{\lambda}^r_I - (1-P)\hat{\lambda}^d_{II})}{P}, \tag{3-3}$$

$$\hat{\pi}_A(II) = \frac{(\hat{\lambda}^r_{II} - (1-P)\hat{\lambda}^d_I)}{P}. \tag{3-4}$$

각 추정량에 대한 분산추정량 및 두 추정량의 공분산추정량은 아래 식과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
\hat{\Sigma}^2_I &= \widehat{Var}(\hat{\pi}_A(I)) \\
&= \frac{\{\widehat{Var}(\hat{\lambda}^r_I) + (1-P)^2 \widehat{Var}(\hat{\lambda}^d_{II})\}}{P^2},
\end{aligned} \tag{3-5}$$

$$\begin{aligned}
\hat{\Sigma}^2_{II} &= \widehat{Var}(\hat{\pi}_A(II)) \\
&= \frac{\{\widehat{Var}(\hat{\lambda}^r_{II}) + (1-P)^2 \widehat{Var}(\hat{\lambda}^d_I)\}}{P^2},
\end{aligned} \tag{3-6}$$

또한,

$$\widehat{Cov}(\hat{\lambda}^r_I, \hat{\lambda}^r_{II}) = 0, \quad \widehat{Cov}(\hat{\lambda}^d_I, \hat{\lambda}^d_{II}) = 0$$

이므로

$$\begin{aligned}
\hat{\Sigma}_{I,II} &= \widehat{Cov}\{\hat{\pi}_A(I), \hat{\pi}_A(II)\} \\
&= \frac{-(1-P)\{\widehat{Cov}(\hat{\lambda}^d_I, \hat{\lambda}^r_I) + \widehat{Cov}(\hat{\lambda}^d_{II}, \hat{\lambda}^r_{II})\}}{P^2} \\
&= -\frac{(1-P)}{P^2} \left\{ \frac{\hat{\lambda}^{rd}_I - \hat{\lambda}^r_I \hat{\pi}_{Y2}}{N_1} + \frac{\hat{\lambda}^{rd}_{II} - \hat{\lambda}^r_{II} \hat{\pi}_{Y1}}{N_2} \right\}.
\end{aligned} \tag{3-7}$$

이제 우리가 구하고자 하는 민감한 모비율에 대한 최종추정량은 다음과 같이 가중추정량의 형태로 주어진다.

$$\hat{\pi}_A = W\hat{\pi}_A(I) + (1-W)\hat{\pi}_A(II), \quad (3-8)$$

이때 W는 식(3-8)의 분산을 최소화 시켜 주는 값으로서 다음과 같다.

$$W_{opt} = \frac{(\Sigma^2_{II} - \Sigma_{I,II})}{(\Sigma^2_I + \Sigma^2_{II} - 2\Sigma_{I,II})}, \quad (3-9)$$

실제 최적가중값은 식(3-9)에 식(3-5), (3-6) 그리고 (3-7)의 값을 대입하여 구한다. 끝으로 $\hat{\pi}_A$ 의 최적분산추정량은 다음과 같다.

$$\widehat{Var}(\hat{\pi}_A^2) = \frac{(\Sigma^2_I \Sigma^2_{II} - \Sigma^2_{I,II})}{(\Sigma^2_I + \Sigma^2_{II} - 2\Sigma_{I,II})}. \quad (3-10)$$

실제 조사에서는 확률장치(randomizing device)로 100원짜리 동전을 사용하여, 응답자로하여금 조사자가 그 결과를 못 보도록 손바닥에 가볍게 던져 동전의 앞면(100원 표시가 된 곳)이 나오면 민감한 질문에 그리고 동전의 뒷면(거북선이 그려진 곳)이 나오면 무관한 질문에 대하여 “예” 또는 “아니오”의 답을 설문지의 하단에 있는 (예, 아니오) 응답란에 체크하도록 하였다.

먼저 남학생의 경우 뽑혀진 300명을 각각 크기가 153, 147 인 I, II 두 그룹으로 나누고 각 그룹에 속한 학생들에게 위에서 예시한 것과 같은 설문지를 나눠주고 조사한 결과 다음과 같은 결과표를 얻었다.

<표 2> 질문방법별 민감한 질문에 대한 남자 응답자수

질문	그룹 I			그룹 II		
	예	아니오	계	예	아니오	계
확률화용 답질문						
직접질문						
예	11	36	47	14	31	45
아니오	18	88	106	22	80	102
계	29	124	153	36	111	147

결과표를 이용하여 응답확률들에 대한 추정값 및 모비율에 대한 추정값을 계산하면 다음과 같다.

$$\text{그룹I : } \hat{\lambda}_{M_I}^r = 29/153 = 0.1895,$$

$$\hat{\lambda}_{M_I}^d = 47/153 = 0.3072,$$

$$\hat{\lambda}_{M_I}^{rd} = 11/153 = 0.0719,$$

$$N_{M_I} = 153,$$

$$\text{그룹II: } \hat{\lambda}_{M_{II}}^r = 0.2449, \quad \hat{\lambda}_{M_{II}}^d = 0.3061, \quad \hat{\lambda}_{M_{II}}^{rd} = 0.0952, \quad N_{M_{II}} = 147.$$

$$\hat{\pi}_{A(I)}^M = \frac{0.1895 - 0.5 \cdot 0.3061}{0.5} = 0.0729.$$

$$\hat{\pi}_{A(II)}^M = \frac{0.2449 - 0.5 \cdot 0.3072}{0.5} = 0.1826.$$

식 (3-5), (3-6) 그리고 (3-7)을 이용하여 각 추정량에 대한 분산추정값 및 두 추정량의 공분산추정값이 다음 식과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \hat{\Sigma}_{M_I}^2 &= \widehat{Var}(\hat{\pi}_{A(I)}^M) \\ &= \frac{1}{0.25} \left\{ \frac{0.1895 \cdot (1 - 0.1895)}{153} + 0.25 \frac{0.3061 \cdot (1 - 0.3061)}{147} \right\} \\ &= 0.00546, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{\Sigma}_{M_{II}}^2 &= \widehat{Var}(\hat{\pi}_{A(II)}^M) \\ &= \frac{1}{0.25} \left\{ \frac{0.2449 \cdot (1 - 0.2449)}{147} + 0.25 \frac{0.3072 \cdot (1 - 0.3072)}{153} \right\} \\ &= 0.00642, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{\Sigma}_{M_I, II} &= \widehat{Cov}(\hat{\pi}_{A(I)}^M, \hat{\pi}_{A(II)}^M) \\ &= -\frac{0.5}{0.25} \left\{ \frac{0.0719 - 0.1895 \cdot 0.3072}{153} + \frac{0.0952 - 0.2449 \cdot 0.3061}{147} \right\} \\ &= -0.0004, \end{aligned}$$

위 결과를 식 (3-9)에 대입하면 최적가중값 \widehat{W} 는 다음과 같이 구해진다.

$$\widehat{W}_M = \frac{(\sum^2_{M_{II}} - \sum_{M_{I,II}})}{(\sum^2_{M_I} + \sum^2_{M_{II}} - 2\sum_{M_{I,II}})} = 0.538 .$$

따라서 남학생들의 경우 민감한 모수 π_A 에 대한 최적추정값과 분산추정값은 식 (3-8)과 (3-10)으로 부터 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \widehat{\pi}^M_A &= \widehat{W}_M \widehat{\pi}^M_A(I) + (1 - \widehat{W}_M) \widehat{\pi}^M_A(II) \\ &= 0.54 * 0.0729 + 0.46 * 0.1826 \\ &= 0.1234. \end{aligned} \tag{3-11}$$

$$\begin{aligned} \widehat{Var}(\widehat{\pi}^M_A) &= \frac{(\sum^2_{M_I} \sum^2_{M_{II}} - \sum^2_{M_{I,II}})}{(\sum^2_{M_I} + \sum^2_{M_{II}} - 2\sum_{M_{I,II}})} \\ &= 0.00275. \end{aligned} \tag{3-12}$$

여학생의 경우도 뽑혀진 120명을 각각 크기가 57, 63인 두 그룹(I,II)으로 나누고, 남학생의 경우와 동일한 방법으로 조사하였으며, 결과표 및 그에 따른 추정값들의 계산 결과는 다음 표3과 같다. 남학생의 경우와 동일한 방법으로 응답확률에 대한 추정값 및 모비율에 대한 계산된 추정 결과는 다음과 같다.

<표 3> 질문방법별 민감한 질문에 대한 여자 응답자수

질문	그룹 I			그룹 II		
	예	아니오	계	예	아니오	계
확률화응답질문						
직접질문						
예	2	11	13	2	13	15
아니오	6	38	44	8	40	48
계	8	49	57	10	53	63

$$\text{그룹I : } \hat{\lambda}_{F_I}^r = 0.1404, \quad \hat{\lambda}_{F_I}^d = 0.2281, \quad \hat{\lambda}_{F_I}^{rd} = 0.03509, \quad N_{F_I} = 57,$$

$$\hat{\pi}_{A(I)}^F = \frac{0.1404 - 0.5*0.2381}{0.5} = 0.0427.$$

$$\text{그룹II : } \hat{\lambda}_{F_{II}}^r = 0.1587, \quad \hat{\lambda}_{F_{II}}^d = 0.2381, \quad \hat{\lambda}_{F_{II}}^{rd} = 0.03175, \quad N_{F_{II}} = 63,$$

$$\hat{\pi}_{A(II)}^F = \frac{0.1587 - 0.5*0.2281}{0.5} = 0.0893.$$

또한 각 추정량에 대한 분산추정값 및 두 추정량의 공분산추정값의 계산결과는 아래와 같다.

$$\hat{\Sigma}_{F_I}^2 = 0.01135, \quad \hat{\Sigma}_{F_{II}}^2 = 0.01157, \quad \hat{\Sigma}_{F_I, II} = 0.000084, \quad \hat{W}_F = 0.50 .$$

따라서 여학생들의 경우 민감한 모수 π_A 에 대한 최적추정값과 분산추정값은 식 (3-8)과 (3-10) 으로부터 다음과 같다.

$$\hat{\pi}_A^F = 0.066. \quad (3-13)$$

$$\widehat{Var}(\hat{\pi}_A^F) = 0.00577. \quad (3-14)$$

3-3. 두 방법의 효율성 비교

먼저 민감한 질문에 대한 RRT기법과 BB기법의 이용에 따른 응답률을 보면 다음 <표 4>와 같다

<표 4> RRT와 BB방법의 응답률 비교

조사방법	표본의 수 (N)	무응답	응답률(%)
RRT			
남학생	300	—	100
여학생	120	—	100
BB			
남학생	300	20	93.3
여학생	120	4	96.7

<표 4>에서 볼 수 있듯이 개인의 사생활에 민감한 문제에 관한 조사에서 BB방법 보다는 RRT가 응답자의 호응을 얻고 무응답을 줄이는데 더 적절한 조사방법임을 알 수 있다. 또한 각 방법으로부터 구한 민감한 모비율 π_A 에 대한 추정값과 정규분포로 근사 시켰을 때의 95% 신뢰구간 그리고 표준편차들이 <표 5>에 정리되어 있다. <표 5>에서 볼 수 있는 바와 같이 광주, 전남지역 고등학생들의 약물 복용 및 가스나 본드 흡입에 대한 조사에서 추정값의 결과로만 보면 RRT가 BB방법에 의한 것보다 남학생의 경우 약 2.1배, 여학생의 경우는 약 1.5배 정도 높게 나타나고, 전체 비율로 보면 약 1.9배 정도 높게 나타나서, 민감한 문제를 조사하는데 있어서 RRT가 BB방법보다 통계적으로 유의하다고 얘기 할 수 있다. 각 추정값들에 대한 표준편차를 비교하면 RRT가 BB방법에 의한 것보다 큰데, 이는 RRT 사용으로 인한 분산 증가분과 추정값의 크기 등에 기인한다고 볼 수 있다.

RRT와 BB에서 구한 추정값만을 가지고 두 방법의 효율성을 비교하는 것은 다소 무리가 따르는 것은 사실이나, 현재 청소년들의 가스흡입이나 약물복용에 관한 정부차원 또는 광주, 전남의 행정 당국에 의한 비교기준이 될 만한 공식 통계자료가 없는 실정에서 전라북도 약사회와 마약퇴치운동본부 전북지회에서 공동조사한 약물 오,남용 설문조사 결과, 마약을 단 1회라도 복용한 경험이 있거나, 부탄가스 또는 대마초 경험자 그리고 마약이라 부르는 종류 경험자는 남학생의 경우 약 5.74% 여학생의 경우 약 1.01%인 것을 비추어 볼 때 본 연구에서 시도한 BB방법과 RRT에 의한 추정값 비교는 의미가 있다고 생각한다.

또한 각 방법에 의한 추정값들의 신뢰구간이 여학생이 남학생보다 큰 이유는 표본의 수가 남학생에 비하여 상대적으로 작은 사실에서(40%) 기인한다고 볼 수 있다.

<표 5> 약물복용 및 가스 또는 본드 흡입 추정 비율

표본	RRT에 의한 추정값 (95% 신뢰구간 ; 표준편차) (%)	BB에 의한 추정값 (%)
남학생	12.34 (± .60 ; 5.24)	6.0 (± .16 ; 1.4)
여학생	6.60 (± 1.36 ; 7.6)	4.3 (± .35 ; 1.9)
전체	10.70 (± .42 ; 4.4)	5.6 (± .16 ; 1.6)

4. 요약 및 결론

본 연구는 개인의 사생활과 밀접한 관계에 있는 민감한 사항(동성연애, 약물복용, 성 폭행, 혼전 성관계, 개인의 소득, 부채, 청소년들의 약물복용 및 가스나 본드 흡입 실태등)에 관한 조사에 매우 유용하게 쓰일 수 있으나 국내에서는 아직까지 적용되지 못한 조사기법인 확률화용

답기법들을 이용한 외국의 조사 사례들을 살펴 보았다. 그리고 요즘 사회적인 문제점으로 심각하게 논의되고 있는 청소년들의 약물복용 및 가스 또는 본드 흡입 실태 파악을 위하여 광주, 전남지역의 고등학생들을 대상으로 국내 최초로 확률화응답기법을 이용하여 조사하였다.

확률화응답기법의 효율성을 알아보기 위하여 응답자의 민감한 사항에 Black-Box방법을 동일한 표본에 대해서 적용 실시 하였다.

그 결과 Black-Box방법은 실제 우리가 추정하고자 하는 민감한 문제외에 민감하지 않은 문제들을 동시에 질문 할 수 있다는 장점을 가지고 있는 반면에 조사의 주 목적인 민감한 문제에 대해서는 응답(체크)을 하지 않는 경우가 발생해서 결과적으로 무응답으로 인한 비표본 오차가 발생 할 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 한편 약물복용 및 본드 또는 가스 흡입 경험을 만을 보면 확률화응답기법을 적용한 경우에는 남,여학생 각각 12.34%, 6.60%로 추정되었는데 BB방법 적용결과에서는 그 보다 훨씬 낮은 6.0%, 4.3%로 나타나서 BB방법이 간접조사방법인 확률화응답기법에 비해 상대적으로 추정 값의 크기가 떨어진다고 볼 수 있다. 각 추정값들에 대한 표준편차를 비교하면 RRT가 BB방법에 의한 것보다 큰데, 이는 RRT 사용으로 인한 분산 증가분과 추정값의 크기 등에 기인한다고 볼 수 있다.

추정값의 크기만으로 두 조사방법의 효율성을 논하는것에는 어느정도 무리가 있는 것이 사실이다. 그러나 광주,전남지역 고등학생들의 약물복용 및 본드 또는 가스 흡입 실태들과 같은 민감한 문제에 관한 비교 기준이 될만한 조사자료가 없는 실정에서 선택한 방법이고, 차후에 모수를 알고있는 민감한 모집단을 대상으로한 RRT의 효율성에 관한 조사가 이루어져야 한다고 생각한다.

조사 후 실시한 공개 조사에서 응답자들이 느끼는 사생활 보호의 정도는 6 : 4 정도로 RRT가 BB방법보다 더 좋은 것으로 나타나고 있는데 이는 비록 무기명이라 하더라도 자신들이 체크한 설문지가 조사자의 손으로 넘어 간다는데 느끼는 불안감에서 연유 한다고 볼 수 있다.

표본조사에서 간접조사방법의 하나인 확률화응답기법은 조사 사항이 매우 민감한 경우 직접 조사방법에 비하여 모수에 대한 효율적인 추정량을 생산할 수 있는 반면에 조사의 성격상 조사전에 조사대상자들을 상대로 확률장치의 사용에 따른 응답 요령을 자세히 설명하여야 하며, 그로 인한 응답자 개인의 사생활 보장정도의 신뢰감을 심어줘야 하는 어려움이 있다. 또한 확률장치의 구조 및 조사 방법이 실제 조사에서는 잘 적용되지 않으므로 확률화응답기법을 실제 조사에 적용하기 위해서는 사전 조사 및 확률화응답기법을 이용한 조사경험이 있는 연구자와의 상담이 꼭 필요하다고 사료된다.

확률화응답기법은 약물복용의 유,무나 혼전 성관계의 유,무등과 같이 조사 대상자의 응답의 형태가 “예, 아니오” 또는 “ 0, 1”과 같이 나타나는 질적조사뿐만 아니라 낙태의 횟수, 개인의 소득이나 부채 또는 어느 특정 지역 상점들의 하루 평균 매장액 조사와 같은 양적조사에도 매우 유용하게 이용 될 수 있다고 외국의 연구사례에서는 지적되고 있으나 아직까지 우리나라에서는 적용된 경우가 없어 그 효율성이 입증되지 못하였다. 따라서 가능한 빠른 시일내에 민감한 양적조사에 확률화응답기법을 적용하여 효율성을 입증하고, 조사실시에 있어서 유의사항등이 명확하게 제시될 수 있도록 향후 연구가 계속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 류제복, 홍기학, 이기성 (1993). 「확률화응답모형」, 자유아카데미, 서울.
- [2] 전라북도약사회 와 마약퇴치운동본부 전북지부 (1994). 약물 오, 남용 설문조사 결과.
- [3] Charles, Jr. W. L. and Donald, Jr. E. S. (1978). An empirical validation of the randomized response technique, *Journal of Marketing Research*, Vol. 15, 616-621.
- [4] Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques*, 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.
- [5] Folsom, R. E., Greenberg, B. G. and Horvitz, G. D. (1973). The two alternative questions randomized response model for human surveys, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 68, 158-163.
- [6] Greenberg, B. G. Abul-Ela, A. L. A., Simmons, W. R. and Horvitz, D. G. (1969). The unrelated question randomized response model: theoretical framework, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 64, 521-539.
- [7] Greenberg, B. G., Kuebler, Jr. R. R., Abernathy, J.R. and Horvitz, D. G. (1971). Applications of the randomized response technique in obtaining quantitative data, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 66, 243-250.
- [8] Reinmuth, J. E. and Geurts, M. D. (1975). The collection of sensitive information using a two-stage, randomized response technique, *Journal of Marketing Research*, Vol. 12, 402-407.
- [9] Shimizu, I. M. and Gordon, S. B. (1978). Randomized response technique in a national survey, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 73, 35-39.
- [10] Warner, S. L. (1965). Randomized response: A survey technique for eliminating evasive answer bias, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 60, 63-69.

A study on the Efficiency Comparison of the Black-Box Method with the Randomized Response Technique⁴⁾

Hwa-Young Lee⁵⁾, Ki-Hak Hong⁶⁾

Abstract

In this paper, the proportion of drug-abuse and gas/bond-inhalation among the high school students in Kwangju and Chonnam has been estimated using the survey of the Black-Box method and randomized response technique. We have analyzed empirically the effects of both methods for the surveys of sensitive characters.

4) This research is supported by the Korean Research Foundation, 1993.

5) Department of Computer Science and statistics, Dongshin University, 252 DaehoDong, Naju, Chonnam, 520-714, KOREA.

6) Department of Computer Science and statistics, Dongshin University, 252 DaehoDong, Naju, Chonnam, 520-714, KOREA.