응용통계연구 제 17권 2호, 2004년, pp. 205-218

체비쉐프추정에 의한 컨조인트분석 : 휴대전화기 신제품 개발에의 활용*

김부용[1)]

요 약

제품이나 서비스에 대한 소비자의 선호도에 영향을 미치는 주요 속성들의 중요도를 평가하고 각 속성의 수준에 대한 선호도를 측정하며 제품프로파일에 대한 선호도를 예측하기 위하여 컨조인트분석이 사용되는데, 제품 포지셔닝이나 신제품 개발 분야에 이 분석이 많이 활용되고 있다. 본 논문에서는 체비쉐프추정에 바탕을 둔 컨조인트분석에 관하여 연구하였는데, 소비자로 하여금 제품프로파일별 선호도를 순위로 응답하게 하는 경우 최소자승추정에 의한 컨조인트분석의 효율성이 상대적으로 낮다고 판단되기 때문이다. 따라서 새로운 개념의 휴대전화기에 대한 소비자들의 선호도를 조사하고 체비쉐프추정에 의한 컨조인트분석을 실행하여 신제품 개발에 활용하도록 하였다. 추정방법별로 예측타당성을 측정하여 비교하였는데, 체비쉐프추정에 의한 컨조인트분석이 최소자승추정에 의한 컨조인트분석보다 타당성이 높다는 사실을 확인하였다.

주요용어: 컨조인트분석, 체비쉐프추정, 신제품개발, 휴대전화기, 예측타당성

1. 서 론

Green and Rao (1971)가 최초로 소개한 컨조인트분석(conjoint analysis)은 최근 30여 년 동안 학계와 산업계에서 시장조사분석 기법중의 하나로 발전되어 왔는데, 컴퓨터 소프트웨어의 발달에 힘입어 조사 분석 도구로서의 유용성이 크게 증가하였다. 컨조인트분석은 제품(이하에서 '제품'에는 '서비스'와 '아이디어'도 포함됨)에 대한 소비자들의 종합적인 선호도를 조사하여 제품을 구성하는 각 속성의 수준에 소비자가 부여하는 부분가치를 추정함으로써, 각 속성의 중요도를 평가하고 소비자들이 실제로 선택할 제품을 예측하는데 활용되는 분해적인 접근법이다. 이 기법은 신제품의 개발, 포지셔닝, 제품의 속성과 수준 결정, 경쟁분석, 가격설정, 시장세분화, 시장점유율 및 판매량 예측 등에 광범위하게 활용되고 있는데, Green and Srinivasan (1978, 1990)과 Carroll and Green (1995)은 컨조인트분석의 이론과 기법 그리고 응용에 관하여 종합적으로 소개하였으며, Green, Carroll, and Goldberg (1981)는 제품이나 서비스를 구성하는 속성들의 최적조합을 찾기 위해 컨조인트분석을 활용하였고, Kamakura (1988)는 시장세분화에 이 기법을 적용하였으며, Wittink and Cattin (1989)과 Wittink, Vriens, and Burhenne (1994) 그리고 Auty (1995)는 컨조인트분석이 산업계에서 어떻게 활용되고 있는지 그 현황을 조사하였다.

* 본 연구는 숙명여자대학교의 교비연구비 지원으로 수행되었음(2003).

1) (140-742) 서울특별시 용산구 청파동 효창원길 52, 숙명여자대학교 수학통계학부, 교수
E-mail: buykim@sookmyung.ac.kr

컨조인트분석 방법으로는 전통적인 컨조인트분석(traditional conjoint), 적응적 컨조인트분석(adaptive conjoint), 선택에 근거한 컨조인트분석(choice-based conjoint)이 있으며, 응답자 직접 평가법(self-explicated approach)과 혼합적 컨조인트분석(hybrid conjoint) 등도 사용된다. 일반적으로 제품 속성의 수가 6개 이하인 경우에는 선택에 근거한 컨조인트분석을 사용하고 속성의 수가 7개 이상 9개 이하일 때는 전통적인 컨조인트분석을 사용하며 10개 이상의 속성이 포함된 경우에는 응답자 직접 평가법, 혼합적 컨조인트분석, 혹은 적응적 컨조인트분석을 사용하는 것으로 알려져 있다 (Hair et al., 1998). 본 논문에서는 전통적인 컨조인트분석을 연구 대상으로 삼았으며 선호도 조사방법으로는 전프로파일(full-profile) 제시방법을 채택하였다. 이 조사방법을 사용하는 경우 소비자의 선호도는 점수나 순위의 형태로 조사할 수 있는데 각각 장단점을 가지고 있다. Wittink and Cattin (1989)의 조사결과에 의하면 미국 산업계에서 실행한 컨조인트분석 중에서 점수조사는 46%, 순위조사는 34%의 비율로 사용되었음을 알 수 있으며, Wittink, Vriens, and Burhenne (1994)는 유럽에서 점수조사가 70%, 순위조사는 22%의 비율로 사용되었음을 밝히고 있다. 이와 같이 점수조사가 산업계에서 많이 활용된 이유는 조사의 편의성, 즉 표준조사지에 여러 가지의 제품프로파일을 동시에 제시하고 응답자로 하여금 선호도를 평가하게 할 수 있는 TMT(telephone- mail-telephone)방법 등 우편조사가 가능하기 때문이고, 반면에 순위조사의 경우에는 제품프로파일 카드세트를 사용하여 직접면접조사를 해야 하기 때문인 것으로 분석된다. 한편, 실제 조사 경험에 의하면 점수조사의 경우 응답자가 선호도를 응답할 때 순위조사에 비하여 신중함이 덜 하다는 사실을 알 수 있었다. 더욱이 점수조사에서는 매번 한 가지 제품프로파일만을 대상으로 선호도를 평가하여 응답하기 때문에 변별력의 저하에 의해 응답의 정확성이 떨어지는 경향도 있었다. 반면 순위조사의 경우에는 점수조사에 비하여 소비자가 선호도를 평가하기가 용이하며, 여러 가지 제품프로파일을 상호 비교하며 선호도를 응답하기 때문에 응답의 신뢰성이 높고, 응답자들이 보다 신중하게 제품프로파일을 평가하고 순위를 매기는 모습을 발견할 수 있었다. 또한 제품프로파일 카드세트를 사용하는 순위조사가 표준조사지를 사용하는 점수조사보다 응답자의 흥미를 더 많이 끌 수 있다는 장점도 가지고 있다. Green and Srinivasan (1978)도 순위조사가 점수조사에 비하여 신뢰성이 높다고 밝혔다.

선호도를 조사한 다음 선호도 모형을 바탕으로 부분가치를 추정하기 위해서는 수집된 선호도 자료의 특성에 따라서 적절한 추정방법을 적용해야 하는데, 점수조사의 경우에는 최소자승추정법이 주로 적용되며 순위조사의 경우에는 Kruskal (1965)의 추정법이 사용될 수 있다. 그런데 Green and Srinivasan (1978)은 Kruskal의 추정법과 최소자승추정법을 적용한 컨조인트분석 결과의 타당성에 유의적인 차이가 없다는 사실을 입증하였다. 그래서 순위조사의 경우에도 컨조인트분석을 위해 최소자승추정법이 흔히 사용되어 왔다. 그러나 순위조사를 하면 반응변수가 정규분포를 따른다고 할 수 없기 때문에 최소자승추정보다 다른 추정법이 효율적일 수 있고, 그 대안으로서 체비쉐프(Chebyshev)추정법을 고려할 수 있다. 그런데 체비쉐프추정에 바탕을 둔 컨조인트분석에 관한 기존 연구가 아직 없는데 그 이유는 체비쉐프추정치의 계산과정이 용이하지 않기 때문이었다. 따라서 본 논문에서는 체비쉐프추정을 위한 알고리즘을 개발하고, 응답자에게 새로운 개념의 휴대전화기 프로파일에

대한 선호도를 순위로 응답하게 하였을 때 체비쉐프추정을 적용하여 컨조인트분석을 실행하고, 최소자승법을 적용한 분석결과와의 차이점을 파악하고, 나아가 두 추정방법 중에서 어느 것을 바탕으로 한 컨조인트분석의 타당성이 상대적으로 높은지 비교 분석하고자 한다.

2. 체비쉐프추정법

체비쉐프추정법은 L_∞-추정법이라고도 하며 최소자승추정법의 대체 추정법의 하나로 사용된다. 체비쉐프추정량의 특성에 관해서는 Appa and Smith (1973)가 연구하였는데, 이 추정량은 회귀모형에서의 오차의 분포가 짧은 꼬리 분포에 해당하는 경우에 효율성이 상대적으로 높은 것으로 알려졌다. 특히 오차의 분포가 균일분포인 경우의 최우추정량이 곧 체비쉐프추정량과 일치한다는 특성을 갖는다. 본 연구에서는 다음과 같은 다중선형모형에서의 체비쉐프추정을 위한 알고리즘을 제시하고자 한다.

$$y = X\beta + \varepsilon, \tag{2.1}$$

여기서 y는 반응변수로서 n-벡터, X는 설명변수로서 완전계수를 갖는 $n \times p$행렬, β는 회귀계수로서 p-벡터, ϵ는 오차항으로서 n-벡터이다. 모형 (2.1)에서의 체비쉐프추정량 $\hat{\beta}$은 오차의 L_∞-norm, 즉 $\|\epsilon\|_\infty$을 최소화하는 β로 정의된다. 체비쉐프추정 문제는 일종의 최소최대문제로서 추정량이 폐쇄형(closed-form)으로 표현될 수 없기 때문에 반복적 최적화기법을 사용하여 추정치를 구하는데, 흔히 선형계획법을 출발점으로 삼는다. 체비쉐프추정을 위한 선형계획모형은 다음과 같다.

$$\underset{\xi \in \Omega_\xi}{\textit{Minimize}}\ c^T\xi, \Omega_\xi : A\xi \geq b, \xi : \textit{unrestricted}, \tag{2.2}$$

$$c = \begin{bmatrix} 0_p \\ 1 \end{bmatrix}, \xi = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \lambda \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} X & l_n \\ -X & l_n \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} y \\ -y \end{bmatrix},$$

여기서 $\lambda(\geq 0)$는 최소화하려는 최대절대잔차를 나타내며, 0_p은 모든 원소가 0인 벡터, 즉 $0_p = (0, \cdots, 0)^T \in R^p$ 이고, l_n은 모든 원소가 1인 벡터, 즉 $l_n = (1, \cdots, 1)^T \in R^n$ 이다. Ω_ξ는 가능해 영역(feasible region)을 의미하는데 Ω_ξ이 비공(non-empty)이면 모형 (2.2)는 가능해를 갖는다.

Sklar and Armstrong (1984)은 단순회귀모형을 위한 체비쉐프추정 알고리즘을 제안하였으며 Barrodale and Phillips (1975)는 다중회귀모형을 위한 체비쉐프추정 알고리즘을 제안하였다. 그런데 이 알고리즘들은 단체해법에 바탕을 두기 때문에 자료의 규모가 큰 경우에는 요구되는 계산량이 방대해진다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 Sherali, Skarpness and Kim (1988)이 제안한 내부점(interior point) 방법을 체비쉐프추정 문제에 적용하여 계산의 부담을 줄이는 시도를 하고자 한다. 한편, 계산효율성의 향상을 위하여 본

원(primal)모형 (2.2)에 대응되는 다음과 같은 쌍대(dual)모형을 고려한다.

$$\underset{\phi \in \Omega_\phi}{Maximize}\ b^T\phi, \Omega_\phi : A^T\phi = c, \phi \geq 0, \tag{2.3}$$

여기서 $\phi \in R^{2n}$는 쌍대변수이며 Ω_ϕ는 쌍대모형의 가능해 영역이다. 이 쌍대문제 (2.3)의 해결은 초기 가능해인 $\phi > 0$을 설정하는 것으로부터 시작되는데, 하나의 인공변수 γ_{2n+1}을 ϕ에 도입하고 매우 큰 값 m을 인공변수의 계수로 배정하고 행렬 A^T에 다음과 같이 한 행을 추가하면

$$B = [A^T : c - A^T l_{2n}], l_{2n} = (1, \cdots, 1)^T \in R^{2n}$$

모형 (2.3)은 다음의 모형 (2.4)로 변형되며 적합한 초기 가능해를 쉽게 구할 수 있다.

$$\underset{\gamma \in \Omega_\gamma}{Maximize}\ z^T\gamma, \Omega_\gamma : B\gamma = c, \gamma \geq 0, \tag{2.4}$$

$$z = \begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix}, \gamma = \begin{bmatrix} \phi \\ \gamma_{2n+1} \end{bmatrix}.$$

매 반복(iterate)에서는 가능해 $\gamma > 0$가 주어진 상황에서 다음과 같은 척도화 선형변환(scaling linear transformation)을 채택하는데,

$$\gamma = \Gamma\tau, \Gamma = diag[\gamma_1, \cdots, \gamma_{2n+1}],$$

이러한 변환은 모형 (2.4)를 τ-공간에서의 새로운 모형 (2.5)으로 새롭게 정의되도록 한다.

$$\underset{\gamma \in \Omega_\tau}{Maximize}\ (\Gamma z)^T\tau, \Omega_\tau : (B\Gamma)\tau = c, \tau \geq 0. \tag{2.5}$$

이와 같이 변환된 영역에서, 가능해 γ는 $\tau = l$로 사상되고, 목적함수의 경사도를 등식제약조건의 영공간으로 투영한 $\boldsymbol{g}$는 다음과 같이 결정된다.

$$\boldsymbol{g} = [I - (B\Gamma)^T(B\Gamma^2B^T)^{-1}B\Gamma]\Gamma z. \tag{2.6}$$

앞에서 행렬 X가 완전계수를 갖는다고 가정하였으므로 B 역시 완전계수를 갖는다. 그리고 $\gamma > 0$이기 때문에 $B\Gamma^2B^T$는 정칙행렬이다.

각 반복에서는 목적함수를 최대한 증가시키기 위하여, 모든 원소가 1인 n-벡터; $\tau = \Gamma^{-1}\gamma$ 로부터 (2.6)의 투영된 경사도 방향 $\boldsymbol{g}$을 따라서 크기 η인 걸음을 취하게 된다. 이는 γ-영역에서 $\boldsymbol{d} = \Gamma\boldsymbol{g}$을 따라 크기 η인 걸음을 취하는 것과 동일한 것이다. 따라서 τ-해는 $\gamma = \Gamma\tau$ 에 의해 γ-공간으로 역사상되고 목적함수의 값은 증가된다. 그 결과 (2.7)과 같이 새로운 해가 최신화된다.

$$\gamma_{new} = \gamma_{old} + \eta d. \tag{2.7}$$

그런데 (2.7)에서 새로운 해 γ_{new}가 가능성(feasibility)을 유지하기 위해서는 걸음크기 η가 다음과 같이 제한되어야 한다.

$$\eta = \delta\kappa, \frac{1}{\kappa} = \underset{i=1,\cdots,2n+1}{maximum} \frac{-d_i}{\gamma_i} > 0,\ 0 < \delta < 1.$$

한편, 알고리즘 실행종료기준(termination criteria)으로는 $\|g\|_\infty < w$ (w는 아주 작은 양의 수)을 채택할 수 있으며, 이 알고리즘은 수열 $\{\gamma_{<0>}, \gamma_{<1>}, \cdots, \gamma_{<k>}\}$를 생성하게 된다. 한편 모의실험 결과에서 $m = 9999, \delta = 0.97, w = 10^{-6}$의 값을 취하는 것이 적당하다는 사실이 확인되었다. 실행종료기준에 의해서 알고리즘이 종결되면 본원모형의 해에 해당되는 체비쉐프추정치 $\hat{\beta}$은 벡터 $\xi = (B\Gamma^2 B^T)^{-1} B\Gamma^2 z$의 원소 중에서 p개의 앞부분 원소로 구성된다. 이상의 체비쉐프추정 과정을 요약하면 다음과 같다.

<알고리즘: CHEB>

[초기화] 반복수 $k = 0$ 을 설정하고, $\gamma_{<0>} = (1, \cdots, 1)^T$ 을 초기가능해로 설정한다.

[단계 1] 주어진 $\gamma_{<k>}$하에서 $\Gamma_{<k>} = diag[\gamma_{<k>1}, \cdots, \gamma_{<k>2n+1}]$을 정의하고

$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} X & l_n \\ -X & l_n \end{bmatrix}, l_n = (1, \cdots, 1)^T \in R^n, \\ c &= \begin{pmatrix} 0_p & 1 \end{pmatrix}^T, 0_p = (1, \cdots, 1)^T \in R^p, \\ B &= [A^T \vdots c - A^T l_{2n}], l_{2n} = (1, \cdots, 1)^T \in R^{2n}, \\ z &= (y, -y, m)^T, m = 9999 \end{aligned}$$

을 구성한다. 투영된 경사도 $\boldsymbol{g}_{<k>}$와 이동방향 $\boldsymbol{d}_{<k>}$을 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{g}_{<k>} &= [I - (B\Gamma_{<k>})^T (B\Gamma^2_{<k>} B^T)^{-1} B\Gamma_{<k>}]\Gamma_{<k>} z, \\ \boldsymbol{d}_{<k>} &= \Gamma_{<k>} \boldsymbol{g}_{<k>}. \end{aligned}$$

[단계 2] 만약 $\|\boldsymbol{g}_{<k>}\|_\infty < w (w = 10^{-6})$이면 [단계 5]로 간다.

[단계 3] 걸음크기 $\eta_{<k>}$을 다음과 같이 결정한다.

$$\eta_{<k>} = \delta\kappa, \frac{1}{\kappa} = \underset{i=1,\cdots,2n+1}{maximum} \frac{-d_{<k>i}}{\gamma_{<k>i}} > 0,\ \delta = 0.97.$$

[단계 4] 새로운 반복을 최신화; $\gamma_{<k+1>} = \gamma_{<k>} + \eta_{<k>} d_{<k>}$하고 반복수 k를 1만큼 증가 시키고 [단계 1]로 간다.

[단계 5] 본원모형의 해 $\xi = (B\Gamma^2_{<k>} B^T)^{-1} B\Gamma^2_{<k>} z$를 계산하고, 벡터 ξ의 원소 중에서 앞부분 p개의 원소를 체비쉐프추정치 $\hat{\beta}$로 삼고, 실행을 종료한다.

3. 휴대전화기에 대한 컨조인트 분석

3.1. 분석 목적

우리나라의 휴대전화기 시장은 그 규모가 세계적이라고 해도 과언이 아니다. 이는 우리나라 휴대전화기 보급률만 보더라도 알 수 있다. 기술력 또한 그 규모에 걸맞게 세계적임을 과시하고 있다. 이처럼 세계시장에서 우의를 보이고 있는 휴대전화기 업계에서는 해마다 새로운 기능과 디자인의 휴대전화기를 선보이고 있으며 그 경쟁 또한 치열하며 앞으로 더욱 가속화될 전망이다. 더욱이 단말기 보조금 제도가 폐지됨에 따라서 소비자들은 휴대전화기 구입에 적지 않은 비용을 지불해야 하기 때문에 소비자들의 구매형태가 더욱 까다로워지리라고 예상된다. 많은 종류의 휴대전화기 신제품이 시장에 선보이고 있으나 그중에서 상당수가 소비자로부터 외면을 당하는 것이 현실인데, 이는 소비자들이 선호하는 제품프로파일을 예측하지 못한 상태에서 제품을 출시한 결과라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 소비자들이 어떤 프로파일의 휴대전화기를 선호하는지, 신제품 컨셉트를 결정하기 위하여 중요시해야 할 속성은 어떤 것인지를 컨조인트분석을 통하여 파악해 보기로 한다.

3.2. 제품프로파일 설계

컨조인트조사를 위해서 소비자들이 중요시 하는 속성을 파악하고 각 속성의 수준을 결정하는 것이 매우 중요하기 때문에 본 연구에서는 표적집단 면접조사(focus-group interview)를 실시하여 주요 속성과 수준을 구체적으로 파악하였다. 속성의 수는 컨조인트분석 결과의 통계적 효율성과 신뢰성에 영향을 주므로 조사의 대상이 되는 제품프로파일의 개수와 수준의 수를 고려하여 4가지의 속성을 선택하였다. 새로운 개념의 멀티미디어 휴대전화기를 구입하는데 있어서 [촬영 기능], [청취 기능], [표시창 형식], [가격]등이 소비자들이 중요시 하는 선택기준임을 표적집단 면접조사를 통하여 발견하였는데, 전화기의 크기가 주요 속성으로 채택되지 않은 이유는 최근 전화기의 크기가 상당히 작아졌고 더 이상 작은 것은 오히려 사용에 불편하다는 소비자들의 인식이 반영된 때문이다. 제품의 주요 속성을 결정한 후 각 속성별 수준들을 선정하였는데, 각 수준들은 구체적으로 표현되어 명확히 구분되어야 하고, 각 속성의 범위는 비현실적으로 너무 넓거나 좁아서는 안 되고, 실제로 시장에서 경쟁하는 제품들이 가지고 있는 범위와 비슷하게 설정해야 하며, 각 속성의 수준 수는 가능한 작아야 하며, 속성들 간에 수준의 수가 비슷해야 한다는 점에 유의하여 수준을 선정하였다. 본 연구에서 최종 선정한 휴대전화기의 주요 속성과 수준은 표 3.1과 같다.

표 3.1: 휴대전화기의 주요 속성과 수준

속성	촬영 기능	청취 기능	표시창 형식	가격
수준	캠코더 기능 카메라 기능 기능 없음	MP3 기능 라디오 기능 기능 없음	폴더 형식 슬라이드 형식	50만원 40만원

3.3. 실험계획

전통적인 컨조인트분석에서는 부분가치를 추정하기 위해 각 속성의 수준들을 결합하여 제품프로파일을 구성하는 요인실험법을 채택한다. 이 실험계획법에 바탕을 둔 전프로파일 제시방법을 채택하면 트레이드오프 방법이나 짝비교 방법과는 달리 응답자들이 실제 구매 상황에서와 같이 모든 속성을 동시에 고려한 후 선호도를 평가하기 때문에 현실성이 높고 따라서 분석 결과의 타당성도 높게 된다. 그리고 순위조사뿐만 아니라 점수조사도 가능하다는 장점을 가지고 있다. 반면, 속성이나 수준의 수가 지나치게 많은 경우에는 응답자들로 하여금 모든 프로파일들에 대해 순위를 매기도록 하는 것이 지나친 부담이 되고 시간이 많이 소요되며 (Malhotra, 1986) 응답자가 정확한 선호도 평가를 하기 어렵기 때문에 불성실한 응답을 하게 된다. 더욱이 응답자가 덜 중요하다고 생각하는 속성을 무시하고 중요하다고 생각하는 속성만을 강조하여 선호도를 평가하는 단순화 경향이 있다는 단점을 가지고 있다. Auty (1995)는 사례연구를 통하여 응답자들이 선호도 순위를 부여할 때 5가지의 속성 중에서 오직 2-3가지만을 고려하는 단순화 경향을 확인하였다. 특히 시장조사에 응하는 소비자들은 조사에 협조적이지 않은 경우가 많기 때문에 그들의 부담과 피로를 최소화해 주는 노력이 필요하다. 따라서 응답자에게 제시할 제품프로파일의 수를 대폭 축소해야만 한다. 제품프로파일 수의 축소를 위하여 단순임의추출법을 사용할 수 있으나 이 경우에는 속성들에 걸친 수준들 간에 직교성을 유지한다는 보장이 없고 어떤 속성의 경우에는 모든 수준이 제품프로파일에 포함되지 않을 수 있으므로 일부요인실시법(fractional factorial design)을 채택하였다. 단순임의추출법에 의한 결과와는 달리 일부요인실시법에 의해 선정된 프로파일들은 모든 속성의 모든 수준들을 적어도 한번은 포함하고 수준들 간에 상관관계가 없는 직교성의 특징을 갖는다. 일부요인실시법을 위하여 SPSS/ORTHOPLAN을 사용하였으며 총 36개의 제품프로파일 중에서 9개를 주프로파일(main profile)로 선정하였다.

3.4. 컨조인트조사

3.4.1. 표본 설계

응답자 수를 적절한 수준에서 결정하는 방법으로서 Orme (1998)는 신뢰구간에 의한 방법, ACA(adaptive conjoint analysis)에서 채택한 방법, 그리고 CVA(conjoint value analysis)에서의 결정방법 등을 제시하였다. 그런데 신뢰구간에 의한 방법은 표본오차를 사전에 알 수 없다는 한계 때문에 적용하기 어려우며, ACA방법은 프로파일을 짝으로 구성하여 선호도조사를 하는 짝비교 방법의 경우에만 적용할 수 있다. 한편, CVA에서의 결정방법은 전프로파일 조사의 경우에 적용할 수 있는데, 본 연구에서 채택한 실험계획이 CVA의 일부요인실시법에 해당되기 때문에 CVA에서의 결정방법 (3.1)을 적용하여 응답자 수를 결정하였다.

$$S = 3(\sum_{j=1}^{a} m_j - a + 1), \tag{3.1}$$

여기서 a는 속성의 수이며 m_j는 각 속성의 수준 수이다. 그러나 본 연구에서는 1/4 일부요인실시법을 채택하였기 때문에 식(3.1)에 의한 계산치 21명보다 4배 이상 많은 107명을 보

수적인 관점에서의 응답자 수로 결정하였다.

본 연구에서는 소비자가 휴대전화기를 구입할 때 중요시하는 속성이 무엇인지, 그리고 가장 선호하는 제품프로파일이 어느 것인지 파악하는 것이 목적이므로 조사대상은 휴대전화기를 가까운 시일 내에 구입할 계획을 가지고 있는 소비자들로 선정하는 것이 바람직하다. 그러나 이런 조건을 충족시키는 소비자들을 찾아내기가 용이하지 않아 최근에 제품을 구입한 소비자들도 조사대상에 포함시켰다. 이 소비자들은 자신의 과거 구매행동을 합리화하려는 경향이 있기 때문에 분석 결과에 편의를 초래할 가능성이 있지만, 휴대전화기의 교체수명이 비교적 짧기 때문에 그 소비자들도 머지않아 제품을 다시 구입할 것이라는 가정 하에 조사대상에 포함시켰다. 휴대전화기 선호도 조사는 2003년 1-2월중에 실시하였으며, 휴대전화기 사용 비율이 상대적으로 높을 것으로 판단되는 연령층의 수도권 거주 소비자 107명을 판단추출법에 의해 조사대상으로 선정하였다. 조사대상의 구성비율은 남성이 44%, 여성이 56%이었으며 연령별로는 10대 22.4%, 20대 45.8%, 30대 21.5%, 40대이상 10.3%이었다.

3.4.2. 조사 방법

전프로파일 제시방법에서의 선호도 조사방법으로서 전화조사나 우편조사는 부적절하므로 직접면접조사를 실시하였다. 따라서 조사자는 응답자에게 조사내용과 응답방법을 구체적으로 설명할 수 있었고 조사의 전 과정을 적절히 관리할 수 있었다. 직교계획에 의해 선정된 9개의 제품프로파일을 주프로파일로 결정하고 주프로파일과 중복되지 않는 4개의 제품프로파일을 추가로 선정하여 유보프로파일(hold-out profile)로 삼아 소비자의 선호도를 조사하였다. 휴대전화기의 실제 크기와 형태를 반영한 카드에 제품프로파일의 구체적인 속성과 수준을 기록하되 순서편의를 줄이기 위해 속성의 표기 순서를 무작위로 결정하여 5개의 카드세트를 만들었다. 성별과 연령 등 예비적인 자료를 수집한 후, 응답자에게 카드세트 한 개를 무작위로 선택하게 하였다. 9개의 주프로파일 카드들을 각자의 선호도에 따라 우선 세 집단(상, 중, 하)으로 분류한 후 각 집단에 속한 카드에 대해 선호도 순위를 부여하게 함으로써 전체 카드의 완전한 순위를 얻었다. 역시 4개의 유보카드들에 대해서도 선호도 순위를 조사하였다. 응답자는 현재 새로운 휴대전화기를 구입하려고 한다고 가정하도록 하였으며 카드에 제시된 속성 이외의 속성들은 모두 동일하다고 가정하도록 하였다.

3.5. 컨조인트분석 결과

컨조인트분석을 위해 부분가치에 아무런 제약을 부과하지 않는 모형인 부분가치함수 모형을 상정하였으며, 부분가치를 추정하기 위해서 각 응답자별로 다음과 같은 주효과 선호도모형을 설정하였다.

$$U_i(X) = \beta_0 + \sum_{t=1}^{h_j} \beta_{1t} X_{1t_i} + \cdots + \sum_{t=1}^{h_j} \beta_{at} X_{at_i} + \epsilon_i (i = 1, 2, \cdots, n) \tag{3.2}$$

여기서 n은 주프로파일의 수이고, $X_{1t}, \cdots, X_{at}$는 각 속성의 수준을 나타내는 지시변수인데 각 속성별로 $h_j(= m_j - 1)$개의 지시변수가 정의된다. 모형(3.2)에 최소자승추정이나 체비

쉐프추정을 적용하여 $\beta_{1t},\cdots,\beta_{at}$를 추정하는데, 일단 추정치 $\hat{\beta_{1t}},\cdots,\hat{\beta_{at}}$가 얻어지면 j번째 속성의 k번 째 수준에 대한 부분가치 α_{jk}는 다음과 같이 얻어진다.

$$\alpha_{jk} = \begin{cases} \hat{\beta_{\square\square}}, & k = 1,\cdots,h_{\square} \\ -\sum_{\square\hat{\square}\ \square}^{\square j} \hat{\beta_{\square\square}}, & k = m_{\square} \end{cases} \qquad (j = 1,2,\cdots,a)$$

여기서 유의해야 할 점은 부분가치 추정치가 음수라고 해서 소비자가 해당 속성의 수준을 싫어한다고 해석해서는 안 되고, 소비자가 다른 수준에 비해 해당 수준을 덜 선호할 뿐이라는 것이다. 한편 응답자별로 각 속성의 상대적 중요도는 수준별 부분가치들의 범위로 정의된다. 즉,

$$w_{\square} = max_{\square}(\alpha_{\square\square}) - min_{\square}(\alpha_{\square\square}).$$

컨조인트분석에서는 응답자들의 이질성을 포괄하기 위하여 응답자 개인별로 부분가치를 추정하고 그 결과를 응답자 전체에 대하여 종합하는 과정을 거친다. 표 3.2와 표 3.3은 휴대전화기에 대한 응답자들의 부분가치의 추정치와 중요도를 종합한 결과이다.

3.5.1. 전체시장에 대한 컨조인트분석

표 3.2: 전체시장에 대한 휴대전화기의 컨조인트분석 결과

제품프로파일		부분가치 추정치	
		최소자승추정	체비쉐프추정
촬영 기능	캠코더 기능	0.43000	0.49140
	카메라 기능	-0.20233	-0.26411
	기능 없음	-0.22769	-0.22729
청취 기능	MP3 기능	0.04673	0.06664
	라디오 기능	-0.15617	-0.13748
	기능 없음	0.10944	0.07084
표시창 형식	폴더 형식	-0.08178	-0.08131
	슬라이드 형식	0.08178	0.08131
가격	50만원	0.08178	0.09579
	40만원	-0.08178	-0.09579
중요도	촬영 기능	52.59	57.32
	청취 기능	21.25	15.81
	표시창 형식	13.08	12.34
	가격	13.08	14.54

선호도 모형 (3.2)는 다중선형모형 (2.1)에 해당되므로 제시된 체비쉐프추정 알고리즘을 적용하여 각 속성수준별 부분가치를 추정할 수 있다. 전체시장에서의 휴대전화기에 대한 부분가치를 체비쉐프추정에 의해 추정하여 종합한 결과는 표 3.2에 수록되었는데, 휴대전화기 구입시 가장 중요시하는 속성은 [촬영 기능]이고, 다음은 [청취 기능], [가격], [표시

창 형식] 순서로 중요시하는 것으로 분석된다. 소비자들이 새로운 속성인 촬영 기능과 청취 기능을 중요시하는 것으로 보이며 가격이나 표시창 형식은 상대적으로 덜 중요시하는 것으로 나타났다. 각 속성수준별 부분가치를 살펴보면, 촬영 기능으로서 카메라 기능보다는 캠코더 기능을 선호하며, 청취 기능으로서 라디오 기능은 그다지 선호하지 않으며, 표시창은 폴더보다 슬라이드 형식을 선호하는 것으로 나타났다. 가격은 40만원보다는 50만원을 선호하는 것으로 나타났는데, 소비자들이 첨단 기능이 추가된 휴대전화기의 가격이 상당히 높아질 것이라고 예상하고 있기 때문인 것으로 해석된다.

한편, 전체시장에서의 휴대전화기에 대한 부분가치를 최소자승추정에 의해 추정한 결과도 표 3.2에 수록되었다. 각 속성별 중요도를 살펴보면 휴대전화기 구입시 가장 중요시하는 속성은 [촬영 기능]이고, 다음은 [청취 기능]이며 [표시창 형식]과 [가격]의 중요성은 동일한 수준으로 나타나 체비쉐프추정에 의한 결과와 차이가 있었다. 각 속성수준별 부분가치의 크기는 체비쉐프추정에 의한 결과와 상당히 차이가 있으나 선호하는 수준은 동일한 것으로 나타났다.

3.5.2. 세분시장 수준에서의 컨조인트분석

표 3.3: 세분시장에 대한 휴대전화기의 컨조인트분석 결과

제품프로파일		성별		연령별			
		남성	여성	10대	20대	30대	40대이상
촬영 기능	캠코더 기능	0.37021	0.58633	1.25125	0.53081	-0.35913	0.43636
	카메라 기능	-0.22851	-0.29200	-0.54375	-0.31980	0.15565	-0.28364
	기능 없음	-0.14170	-0.29433	-0.70750	-0.21101	0.20348	-0.15272
청취 기능	MP3 기능	0.15638	-0.00367	-0.23458	0.16592	0.20870	-0.01545
	라디오 기능	-0.06404	-0.19500	0.20708	-0.44245	-0.10130	0.39364
	기능 없음	-0.09234	0.19867	0.02750	0.27653	-0.10740	-0.37819
표시창 형식	폴더 형식	0.00106	-0.14583	0.05208	-0.18776	0.02174	-0.11363
	슬라이드 형식	-0.00106	0.14583	-0.05208	0.18776	-0.02174	0.11363
가격	50만원	-0.00532	0.17500	-0.23958	0.15816	0.00001	0.75000
	40만원	0.00532	-0.17500	0.23958	-0.15816	-0.00001	-0.75000
중요도	촬영 기능	69.60	45.96	65.65	37.61	61.01	22.37
	청취 기능	28.91	20.55	14.80	31.79	34.28	23.98
	표시창 형식	0.25	15.22	3.49	16.61	4.71	7.06
	가격	1.24	18.27	16.06	13.99	0.00	46.60

성별과 연령에 따라 구분된 세분시장에서의 컨조인트분석 결과는 표 3.3에 수록되었다. 대체로 전체시장에서의 분석결과와 차이가 있는 것으로 나타났다. 남성이 여성보다 [촬영 기능]과 [청취 기능]을 중요시하는데 남성은 특히 캠코더 촬영기능과 MP3 음악청취기능을 선호하였다. [표시창 형식]과 [가격]은 여성이 남성보다 더 중요시 하는 것으로 나타났다. 이

러한 현상은 연령에 따라 상이할 것으로 판단되어 연령별 속성 중요도를 살펴보았는데, [촬영 기능]은 10대, [청취 기능]은 30대, [표시창 형식]은 20대, [가격]은 40대 이상이 가장 중요시 하는 것으로 분석되었다. 연령별로는 10대가 캠코더 촬영 기능과 40만원의 가격을, 20대는 캠코더 촬영 기능과 MP3 음악청취 기능을, 30대는 촬영 기능이 없으나 MP3 음악청취 기능이 있는 것을, 40대 이상은 가격이 50만원인 라디오 기능이 있는 휴대전화기를 선호하는 것으로 분석되었다.

4. 컨조인트분석의 타당성 비교

체비쉐프추정에 의한 컨조인트분석과 최소자승추정에 의한 컨조인트분석 결과(표3.2)를 비교하면 각 속성의 수준별 부분가치가 상이하게 추정되었으며 중요도의 크기나 순서에 있어서도 차이를 보이고 있는데 이는 각 추정법의 효율성과 관련이 있는 것으로 판단된다. 따라서 각 추정방법별 컨조인트분석의 타당성을 비교하여 어느 추정법이 순위조사의 경우에 적절한가를 평가하고자 한다.

추정방법에 따른 컨조인트분석의 타당성을 비교하기 위해서는 예측타당성을 측정하여 비교할 수 있는데, 주프로파일에 바탕을 둔 예측순위가 유보프로파일에서의 응답순위와 어느 정도 일치하는가를 측정함으로써 이루어진다. 즉, 각 추정방법에 의해 추정된 부분가치를 유보카드의 선호도 순위를 예측하는데 적용하고 그 결과를 바탕으로 다양한 척도들을 측정하여 예측타당성을 평가한다. 컨조인트분석의 예측타당성을 측정하기 위해서는 응답자들의 실제 구매행동에 관한 자료를 바탕으로 하는 것이 이상적이지만 현실적으로 구매행동에 대한 자료를 얻는데 어려움이 많기 때문에 유보프로파일을 활용하는 것이 일반적이다. 예측타당성은 여러 가지 기준에 바탕을 두고 평가되는데 모형에 의해 추정된 예측순위가 유보카드에서의 실제 응답순위와 얼마나 가까운가를 측정한 값이 주로 사용된다. 따라서 응답순위와 예측순위간의 순위상관계수를 계산한 결과에서 상대적으로 큰 비율(PLRC: proportion of larger rank correlation coefficient between stated and predicted preference ranks), 가장 선호하는 제품프로파일을 정확히 예측하는 능력의 척도로서 유보카드 응답 제1순위 적중비율(PCF: proportion of correctly predicted first choices), 유보프로파일의 상위 제1순위와 제2순위 적중비율(PTH: proportion of top two hits), 예측순위와 응답순위간의 편차의 크기를 측정하는 절대편차평균(MAD: mean absolute deviation of preference ranks) 등이 예측타당성의 척도로 사용될 수 있다. 이러한 척도들은 Akaah and Korgaonkar (1983), Green and Helsen (1989)이나 Marshall and Bradlow (2002)에서와 같이 컨조인트 모형을 비교분석하기 위해 일반적으로 사용되는 척도들과 유사한 것들이다. 예측타당성의 척도들을 측정한 결과가 요약된 표 4.1에는 최소자승추정의 경우와 체비쉐프추정의 경우를 대비하여 타당성측정치(PLRC, PCF, PTH, MAD)가 수록되었다.

표 4.1: 모형의 예측타당성 측정치의 상대비교

추정법	PLRC	PCF	PTH	MAD
최소자승추정	0.40	0.429	0.215	4.701
체비쉐프추정	0.60	0.439	0.224	4.664

평가척도들 중에서 PLRC는 예측타당성 비교를 위한 가장 중요한 판단 기준인데, 선호도 예측순위와 응답순위간의 순위상관계수가 상대적으로 큰 비율이므로 큰 값의 경우가 예측타당성이 높은 것을 의미한다. 따라서 체비쉐프추정의 경우가 최소자승추정보다 예측타당성이 높은 것으로 해석된다. PCF는 예측결과가 제1순위 선택을 적중시킨 비율인데 높은 값의 경우가 예측타당성이 높은 것이므로 제1순위 적중률의 측면에서도 체비쉐프추정의 경우가 예측타당성이 높은 것으로 판단된다. 또한 상위 제1순위와 제2순위 적중률 PTH에 있어서도 체비쉐프추정의 경우가 예측타당성이 다소 높은 것으로 판단된다. 한편, MAD는 작을수록 예측타당성이 높은 것을 의미하므로 체비쉐프추정의 경우가 예측타당성이 높은 것으로 해석된다. 두 가지 추정법의 상대적 예측타당성을 종합 비교하면 체비쉐프추정에 의한 컨조인트분석 결과가 타당성이 우수한 것으로 판단된다.

5. 결 론

체비쉐프추정에 의한 컨조인트분석 결과, 소비자가 휴대전화기 구입시 가장 중요시하는 속성은 [촬영 기능]이고, 다음은 [청취 기능], [가격], [표시창 형식] 순서로 중요시하는 것으로 분석되었다. 소비자들이 새로운 속성인 촬영 기능과 청취 기능에 관심을 많이 가지고 있는 것으로 보이며, 가격이나 표시창 형식에는 민감하게 반응하지 않는 것으로 나타났다. 각 속성별 부분가치를 살펴보면, 캠코더 기능을 가지고 있고 MP3 기능이 있으며 가격은 50만원이고 표시창은 슬라이드 형식인 휴대전화기를 가장 선호하는 것으로 나타났다. 한편, 성별과 연령별로 구분된 세분시장에서의 컨조인트분석 결과는 전체시장에서의 분석결과와 상당히 차이가 있었으며, 성별이나 연령별 선호도 특성을 잘 반영하는 분석 결과가 얻어졌다. 한편, 각 추정방법에 의한 컨조인트분석 분석결과, 각 속성의 수준별 부분가치가 상이하게 추정되었으며 중요도의 크기나 순서에 있어서도 차이를 보였다. 따라서 각 추정방법별 컨조인트분석의 타당성을 비교한 결과, 선호도 예측순위와 응답순위간의 순위상관계수, 예측결과가 제1순위 선택을 적중시킨 비율, 제1순위와 제2순위 적중률, 예측순위와 응답순위간의 절대편차평균 등의 관점에서 두 가지 추정법의 상대적 예측타당성을 종합 판단하면 체비쉐프추정에 의한 컨조인트분석 결과가 타당성이 상대적으로 높은 것으로 평가된다. 그러나 이러한 타당성평가는 특정한 사례에 기초를 둔 것이므로 일반화하기에는 한계가 있다는 점을 지적하고자 한다.

참고문헌

Akaah, I. P. and Korgaonkar, P. K. (1983). An empirical comparison of predictive validity for self-explicated, Huber-hybrid, traditional conjoint, and hybrid conjoint models, *Journal of Marketing Research*, **20**, 187-197.

Appa, G. and Smith, C. (1973). On L_1 and Chebyshev estimation, *Mathematical Programming*, **5**, 73-87.

Auty, S. (1995). Using conjoint analysis in industrial marketing, *Industrial Marketing Management*, **24**, 191-206.

Barrodale, I. and Phillips, C. (1975). Algorithm 495 : Solution of an over-determined system of linear equations in the Chebyshev norm, *ACM Transactions on Mathematical Software*, **1**, 264-270.

Carroll, J. D. and Green, P. E. (1995). Psychometric methods in marketing research: Part I, conjoint analysis, *Journal of Marketing Research*, **32**, 385-391.

Green, P. E., Carroll, D., and Goldberg, S. M. (1981). A general approach to product design optimization via conjoint analysis, *Journal of Marketing*, **45**, 17-37.

Green, P. E. and Helsen, K. (1989). Cross-validation assessment of alternatives to individual-level conjoint analysis : A case study, *Journal of Marketing Research*, **26**, 346-350.

Green, P. E. and Rao, V. R. (1971). Conjoint measurement for quantifying judgemental data, *Journal of Marketing Research*, **8**, 355-363.

Green, P. E. and Srinivasan, V. (1978). Conjoint analysis in consumer research : issues and outlook, *Journal of Consumer Research*, **5**, 103-123.

Green, P. E. and Srinivasan, V. (1990). Conjoint analysis in marketing : new developments with implications for research and practice, *Journal of Marketing*, **54**, 3-19.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., and Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis*, Prentice Hall, New Jersey.

Kamakura, W. A. (1988). A least squares procedure for benefit segmentation with conjoint experiments, *Journal of Marketing Research*, **25**, 157-167.

Kruskal, J. B. (1965). Analysis of factorial experiments by estimating monotone transformations of the data, *Journal of the Royal Statistical Society (B)*, **27**, 251-263.

Malhotra, N. K. (1986). An approach to the measurement of consumer preferences using limited information, *Journal of Marketing Research*, **23**, 33-49.

Marshall, P. and Bradlow, E. T. (2002). A unified approach to conjoint analysis models, *Journal of the American Statistical Association*, **97**, 674-682.

Orme, B. (1998). Sample size issues for conjoint analysis studies, *Technical Report*, Sawtooth Software, Inc.

Sherali, H. D., Skarpness, B. O., and Kim, B. Y. (1988). An assumption-free convergence analysis for a perturbation of the scaling algorithm for linear programs, with application to the L_1-estimation problem, *Naval Research Logistics*, **35**, 473-492.

Sklar, M. G. and Armstrong, R. D. (1984). An algorithm for discrete Chebychev curve fitting for the simple model using a dual linear programming approach, *Commun. Statist. - Simula. Computa.*, **13**, 555-569.

Wittink, D. R. and Cattin, P. (1989). Commercial use of conjoint analysis: an update, *Journal of Marketing*, **53**, 91-96.

Wittink, D. R., Vriens, M. and Burhenne, W. (1994). Commercial use of conjoint analysis in europe: results and critical reflections, *International Journal of Research in Marketing*, **11**, 41-52.

[2003년 8월 접수, 2004년 1월 채택]

Conjoint Analysis Based on the Chebyshev Estimation, with Application to New Product Development of Cellular Phone

Bu-Yong Kim [1)]

ABSTRACT

Conjoint analysis is employed to decompose the consumer's preference judgements into the importance of attributes, and to predict the degree of preference for each profile of the products, services, or ideas. It has been widely used in industrial marketing, particularly in the areas of product positioning and new product development. This paper is mainly concerned with the conjoint analysis based on the Chebyshev estimation since the efficiency of the least squares estimator is lower than that of the Chebyshev estimator when the preferences are measured as the rank-order. A case study is performed on the preference for cellular phones. And it is shown that conjoint analysis based on the Chebyshev estimation is superior, in terms of the predictive validity, to one which is based on the least squares estimation.

Keywords: Conjoint analysis, Chebyshev estimation, New product development, Cellular phone, Predictive validity.

1) Professor, Department of Statistics, Sookmyung Women's University, Hyochangwon-gil 52, Chungpa-dong, Yongsan-gu, Seoul, 140-742, Korea
E-mail: buykim@sookmyung.ac.kr