經營論集, 第 46 卷 統合號 (2012年 12月)

소비자 반품을 고려한 뉴스벤더(Newsvendor) 모형

남 익 현*

소비자의 반품을 허용할 경우 잠재 소비자는 편안한 마음으로 구매결정을 내리고, 사용해 보고 마음에 들지 않을 경우 반품을 하게 된다. 이로써 판매자에게는 소비자의 반품으로 인해 다른 추가 비용이 발생하지만 반품정책에 따라 주문량이 늘어날 수 있기 때문에 추가 이익이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 소비자의 반품을 허용할 경우 발생하는 추가 비용과 추가 이익과의 상반관계를 분석해 보기로 한다. 먼저 기존 뉴스벤더 모형에 대해 정리해 보고, 이를 소비자 반품이 허용된 경우로 확장하기로 한다. 소비자 반품정책을 도입함으로써 발생하는 주된 효과는 소비자의 주문 증가라고 할 수 있다. 이 논문에서 우리는 반품정책의 시행에 따른 소비자의 주문 증가가 고정적으로 발생한다고 가정하였다. 또한 우리는 소비자의 반품을 모형화할 때 반품비율이 주어진 것으로 가정했다.

주제어: 소비자 반품, 뉴스벤더 모형, 반품 비율, 주문 증가

I. 들어가며

수요의 불확실성 하에서 소매상이 자신의 기대이익을 최대화하기 위해 도매상으로부터 최적의 구매량을 결정하는 과정을 다루는 것을 뉴스벤더 모형이라고 부른다. 수요의 불확실성은 수요량이 확률변수 D로 표시되며 확률밀도함수 f(누적분포함수는 F)를 따르는 것으로 표현된다. 소매상이 도매상으로부터 구매하는 물건의 구입원가는 한 개당 c원이며, 이것을 소비자에게 한 개당 p원을 받고 판매한다고 하자. 일정 기간이 지나면 물건의 가치는 급격히 떨어지므로 그때까지 판매하지 못한 재고 물건은 개당 s원을 받고 처분된다고 하자. 의미 있는 모형이 되기 위해서는 $s < c < p$가 성립해야 한다.

기존 뉴스벤더 모형을 첸과 벨(Chen & Bell, 2010)은 소비자의 반품을 허용할 때 소

*서울대학교 경영대학 교수

매상과 도매상 사이 미판매분에 대한 재구매 조건이 있을 경우로 확장하고 있다. 이 논문에서는 소비자의 반품이 허용될 경우 추가되는 비용이 있지만 반면에 잠재수요를 개발하는 효과가 있다는 것을 다룬다. 인터넷이나 홈쇼핑의 경우 판매자가 물리적 점포 공간을 확보할 필요가 없다는 것이 원가절감의 중요 요인으로 작용하고, 이로 인해 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다. 한편 고객의 입장에서는 직접 보거나 만져 보지 못한 상황에서 구매를 결정해야 하므로 실제 구매결정에 주저하게 된다. 따라서 소비자의 반품을 허용할 경우 잠재 소비자는 편안한 마음으로 구매결정을 내리고, 사용해 보고 마음에 들지 않을 경우 반품하게 된다. 이로써 판매자에게는 소비자의 반품으로 인해 다른 추가 비용이 발생하지만 반품정책에 따라 주문량이 늘어날 수 있기 때문에 추가 이익이 발생할 수 있다.

이 논문에서는 소비자의 반품을 허용할 경우 발생하는 추가 비용과 추가 이익과의 상반관계를 분석해 보기로 한다. 먼저 기존 뉴스벤더 모형에 대해 정리해 보고, 이를 소비자 반품이 허용된 경우로 확장하기로 한다.

II. 기존 뉴스벤더 모델의 검토

신문팔이 소년이 q를 주문하고 신문 수요가 D일 경우 신문팔이 소년의 이익을 나타내는 식은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$p\min\{D,q\}-cq+s\max\{q-D,0\}$$

첫 항은 신문팔이 소년이 신문을 일반인에게 판매함으로써 얻는 수익을 말한다. 실제 신문 판매량은 $\min\{D,q\}$인데, 이는 신문 구입량과 수요량에 의해 실제 판매량이 결정됨을 나타내는 것이다. 두 번째 항은 신문 구입원가를 나타내는 것이다. 마지막 항은 신문이 판매되지 않아 재고로 남은 경우 고물상에게 판매하여 얻는 추가 수익을 나타내는 것이다. $\max\{q-D,0\}$이 미판매된 신문 수량을 나타냄을 알 수 있다. 신문팔이 소년은 이러한 이익함수의 기댓값을 최대화하려고 할 것이다. 따라서 위 이익식의 기댓값은 다음과 같이 표현할 수 있다. 여기서 우리는 분석의 편의상 신문 수요를 나타내는 D가 연

속형 확률변수라고 가정하고 이에 해당하는 확률밀도함수를 $f(t)$로 표시하기로 한다.

$$R(q) = E[p\min\{D,q\} - cq + s\max\{q-D,0\}]$$
$$= \int_0^\infty [p\min\{t,q\} - cq + s\max\{q-t,0\}]f(t)dt$$

위 마지막 식이 나타내는 기댓값을 구하는 적분에서 min과 max 항을 적분구간을 나눔으로써 제거할 수 있는데 이를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\int_0^\infty [p\min\{t,q\} - cq + s\max\{q-t,0\}]f(t)dt$$
$$= \int_0^q ptf(t)dt + \int_q^\infty pqf(t)dt - cq + \int_0^q s(q-t)f(t)dt$$

적분구간에 따라 항을 정리하고 f의 누적분포함수가 F임을 상기하면, 즉 $\int_0^q f(t)dt = F(q)$를 이용하여 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$R(q) = \int_0^q (p-s)tf(t)dt + \int_q^\infty pqf(t)dt - cq + sqF(q)$$

따라서 신문팔이 소년의 문제는 $R(q)$를 최대화하는 문제임을 알 수 있다. 즉, $Max_{\{q \geq 0\}} R(q)$이다.

$Max_{\{q \geq 0\}} R(q)$로 표현되는 뉴스벤더 모델을 풀기 위해서 우선 $R(q)$의 극대값을 구하고 다음에 $R(q)$가 오목함수(concave function)임을 보임으로써 우리가 앞서 구한 극대값이 최대값임을 보일 것이다. $R(q)$를 구성하는 항들 중에서 적분으로 표현된 두 개의 항에 라이프니츠 규칙(Leibniz rule)을 적용하면 다음을 얻을 수 있다.

$$\frac{d}{dq}\int_0^q (p-s)tf(t)dt = (p-s)qf(q)$$
$$\frac{d}{dq}\int_q^\infty pqf(t)dt = -pqf(q) + \int_q^\infty \frac{\partial}{\partial q}pqf(t)dt = -pqf(q) + \int_q^\infty pf(t)dt$$
$$= -pqf(q) + p[1-F(q)]$$

여기에 연쇄법칙(chain rule)을 적용하면 $\frac{d}{dq}qF(q) = F(q) + qf(q)$을 구할 수 있고, 이를 이용하면 $R(q)$의 미분을 최종적으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$R'(q) = (p-s)qf(q) - pqf(q) + p[1-F(q)] - c + sF(q) + sqf(q) = p - c + (s-p)F(q)$$

극값을 구하기 위해 $R'(q) = p - c + (s-p)F(q) = 0$을 풀면 $F(q) = \frac{p-c}{p-s}$이 되고 극값은 다음과 같이 표현될 수 있다. 여기서 F^{-1}는 F의 역함수를 나타내는 것이다.

$$q^* = F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})$$

$R(q)$ 함수가 q^*에서 극값을 갖게 됨을 알게 되었는데, 이제 2단계로 이익함수 $R(q)$가 오목함수임을 보이기로 하자. 우리는 $R''(q) = (s-p)f(q) < 0$을 알 수 있고 이로부터 $R(q)$는 오목함수임을 알 수 있다. $R''(q) < 0$라는 부등식은 $s < p$이라는 가정으로부터 도출된다. 따라서 $R(q)$가 오목함수이기 때문에 $R'(q) = 0$으로부터 구한 q^*는 극값일 뿐더러 최대값이 됨을 알 수 있다. 우리는 $F(x)$는 $F(x) = \int_0^x f(t)dt$로 표현되는 누적분포함수를 나타내므로 증가함수이면서 x가 증가함에 따라 $F(x) \rightarrow 1$임을 알 수 있다.

여기서 뉴스벤더 모델의 최적해 q^*와 관련하여 두 가지 개념의 비용을 살펴보기로 하자. 단위당 재고초과 비용(overage cost)은 신문팔이 소년이 신문을 실제 수요보다 한 부 초과하여 보유할 경우 발생하는 비용을 말한다. 신문을 실제 수요보다 초과하여 보유할 경우 발생하는 손해는 신문을 c원에 구입하여 고물상에게 s원에 판매하게 되므로 초과 보유하는 신문 한 단위당 $c-s$의 손해가 발생하게 되며 이러한 초과비용을 c_o로 표시하기로 하자.

$$c_o = c - s$$

반면에 단위당 재고부족 비용(underage cost)은 신문팔이 소년이 신문을 실제 수요보다 한 부 부족하게 보유할 경우 발생하는 비용을 말한다. 신문을 실제 수요보다 부족하게 보유할 경우 발생하는 손해는 신문을 c원에 구입하여 손님에게 p원에 판매하여 얻

을 수 있는 이익인 $p-c$를 얻지 못하게 되는 것이며 이러한 기회비용을 c_u로 표시하기로 하자.

$$c_u = p - c$$

극값을 구하기 위해 다룬 $F(q) = \frac{p-c}{p-s}$에서 최적해의 기준값이 되는 수치는 $\frac{p-c}{p-s} = \frac{c_u}{c_u + c_o} = r$임을 알 수 있고 이러한 비율 수치 r을 긴급률(critical ratio)이라고 부른다. 우리는 $r = \frac{c_u}{c_u + c_o}$의 표현으로부터 몇 가지 의미 있는 해석을 도출할 수 있다. 우선 $p > c > s$라는 가정으로부터 $c_u > 0, c_o > 0$이므로 $0 < r < 1$을 알 수 있고 따라서 누적분포함수로부터

$$q^* = F^{-1}(r) \qquad \text{식 (1)}$$

을 구할 수 있다.

여기서 최적해 q^*를 통해 구할 수 있는 최적목적함수값 $R(q^*)$를 보다 구체적으로 살펴보기로 하자.

$$R(q^*) = \int_0^{q^*} (p-s)tf(t)dt + \int_{q^*}^{\infty} pq^* f(t)dt - cq^* + sq^* F(q^*)$$

이 식에서 부분적분(integration by parts)을 적용하면 $\int tf(t)dt = tF(t) - \int F(t)dt$을 알 수 있고 $F(q^*) = r$을 이용한다면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} R(q^*) &= (p-s)[q^* r - \int_0^{q^*} F(t)dt] + pq^*(1-r) + (rs-c)q^* \\ &= (p-c)q^* - (p-s)\int_0^{q^*} F(t)dt \\ &= (p-c)F^{-1}(r) - (p-s)\int_0^{F^{-1}(r)} F(t)dt \\ &= c_u F^{-1}(r) - (c_o + c_u)\int_0^{F^{-1}(r)} F(t)dt \end{aligned} \qquad \text{식 (2)}$$

III. 소비자 반품을 고려한 뉴스벤더 모델

이 논문에서 우리는 기존의 뉴스벤더 모델을 변경하여 소비자가 소매상에게 반품할 수 있는 경우를 다루고자 한다. 보다 구체적으로 소비자의 반품을 허용하는 경우 발생하는 비용과 효과에 대해 다음을 가정하기로 하자. 소비자가 구입한 물건을 반품할 경우 발생하는 반송비용은 분석의 편의상 소비자가 부담을 하지 않고 소매상이 부담한다고 가정하자. 소비자가 반품을 할 경우 소매상의 입장에서는 우송료, 재포장 비용 등이 발생하는데 이를 c'이라고 표시한다.

구매상품의 반송이 허용되는 경우 잠재 구매자들은 구입 의사결정에 보다 긍정적으로 접근할 것이다. 만약 구매하여 사용해 본 후 만족스럽지 못할 경우 반품을 하면 되기 때문에 일단 구매를 원하는 수요는 증가할 것이다. 소비자 반품정책에 따른 수요의 증가를 기존의 확률적 수요 D에 추가하여 발생하는 확정분 수요 d로 표현하기로 하자. 따라서 소비자 반품정책이 시행되는 경우의 수요는 $D+d$로 표현된다. 여기서 d가 클수록 소비자 반품정책의 효과가 큰 것으로 볼 수 있을 것이다.

소매상은 자신이 준비한 물량을 바탕으로 소비자에게 물건을 판매할 것이다. 소매상이 처음에 소비자에게 판매한 물건의 수량을 1차 판매량이라고 부르기로 하자. 1차적으로 소비자에게 판매가 이루어지지만 소비자가 반품을 할 수 있기 때문에 1차 판매량이 모두 최종 판매량으로 실현되는 것은 아니다. 우리는 이 논문에서 소비자의 반품과 관련하여 1차 판매된 물건 중 b의 비율로 반품 요청이 된다고 가정하자. 따라서 소매상의 유효 판매량은 1차 판매량과 $1-b$의 곱으로 표현할 수 있다.

따라서 1차 판매량은 $\min\{D+d,q\}$가 되고 유효 판매량은 $(1-b)\min\{D+d,q\}$으로 표현할 수 있다. 그러면 여기서 최종 재고로 남아 처분해야 하는 수량을 계산해 보기로 하자. 먼저 $q \geq D+d$인 경우를 살펴보기로 하자. 이 경우 1차 판매 후 바로 발생하는 미판매 재고 수량은 $q-(D+d)$이고 1차 판매한 것으로부터 반품이 되어 발생하는 반품 물량은 $b(D+d)$이어서 총 $q-(1-b)(D+d)$만큼의 재고가 발생하게 된다. 다음으로 $q \leq D+d$의 경우에는 1차 판매 직후 발생하는 재고는 없으며 소비자로부터 반품되어 오는 것이 bq가 됨을 알 수 있다. 이들을 이용하고 반품 물량을 B로 표시하여 소매상의 이익을 나타내면 다음과 같다.

$$p\min\{D+d,q\}-cq+s\max\{q-D-d,0\}-(c'+p-s)B \qquad \text{식 (3)}$$

그러면 반품이 된 물건 하나에 대해 발생하는 비용을 살펴보기로 하자. 일단 반송에 따른 직접적인 비용이 c'이고 소비자가 지불하였던 가격 p를 환불하여 주어야 하고 대신 재고로 처분하여 s원을 받을 수 있게 되므로 $c'+p-s$이 반송 물품 당 비용이 된다. 식 (3)을 수요 D에 대해 적분을 하여 구한 소매상 이익에 대한 기댓값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} R(q) = & \int_0^{q-d} p(t+d)f(t)dt + \int_{q-d}^{\infty} pqf(t)dt - cq + \int_0^{q-d} s(q-d-t)f(t)dt \\ & -(c'+p-s)\int_0^{q-d} b(t+d)f(t)dt - (c'+p-s)\int_{q-d}^{\infty} bqf(t)dt \end{aligned} \qquad \text{식 (4)}$$

이 식에서 아래에 있는 두 개의 항은 주문량이 충분한지에 따라 발생하는 두 가지 경우의 반품비용을 기댓값으로 구한 것이다. 위의 항들은 1차 판매로부터 발생하는 이익의 기댓값을 나타냄을 알 수 있다. $R(q)$를 최대화하기 위해 라이프니츠 규칙을 이용하여 q에 대해 1차 미분을 한 식을 구해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} R'(q) = & [((p-s)(1-b)-bc')(q-d)+d(p-s)(1-b)-bc'd+sq]f(q-d) \\ & + \int_0^{q-d} sf(t)dt - [pq-(c'+p-s)bq]f(q-d) \\ & + \int_{q-d}^{\infty} (p-b(c'+p-s))f(t)dt - c \\ & = p-c-(c'+p-s)b-(p-s-b(c'+p-s))F(q-d) \end{aligned}$$

$R'(q)=0$에서 극값을 주는 주문량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q^* = d + F^{-1}\left(\frac{p-c-b(c'+p-s)}{p-s-b(c'+p-s)}\right)$$

여기서 반품정책의 경우에 적용되는 재고초과 비용 $c_o{}'$은 $c-s$로 기존 모형의 c_o과 동일하다. 하지만 반품정책의 경우에 적용되는 재고부족 비용은

$$c_u{}' = p-c-b(p+c'-s) = c_u - b(p+c'-s) = c_u - \alpha$$

이다. 마지막 항에 나오는 $\alpha \equiv b(p+c'-s)$는 1차 판매량 한 개당 발생하는 반품 비용으로 해석할 수 있다.

여기서 반품정책의 경우에 적용되는 새로운 긴급률(critical ratio)을 $r' = \dfrac{p-c-\alpha}{p-s-\alpha} = \dfrac{c_u{}'}{c_o + c_u{}'}$와 같이 정의하면 최적 주문량은 식 (1)과 유사한 형태로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q^* = d + F^{-1}(r') \qquad \text{식 (5)}$$

q^*를 활용하여 최적목적함수 값을 구하면

$$\begin{aligned} R(q^*) &= (p-c-r(p+c'-s))(F^{-1}(r')+d) - (p-s-r(p+c'-s))\int_0^{F^{-1}(r')} F(t)dt \\ &= c_u{}'(F^{-1}(r')+d) - (c_o + c_u{}')\int_0^{F^{-1}(r')} F(t)dt \qquad \text{식 (6)} \end{aligned}$$

로 기존 모형에서의 최적목적함수 값인 식 (2)와 유사한 형태를 띤다.

IV. 지수분포의 예시

본 절에서는 앞서 분석한 내용을 확률적 수요함수가 지수분포를 따를 경우에 적용하여 보기로 하자. 지수분포의 가정에 의해 확률적 수요 D의 확률밀도함수가

$$f(x) = ae^{-ax}$$

라고 하자. 이러한 확률밀도함수에서 누적분포함수는 다음과 같이 유도된다.

$$F(x) = 1 - e^{-ax}.$$

기존의 뉴스벤더 모형에서 식 (1)과 식 (2)를 적용하면 다음과 같이 최적 주문량과 최적목적함수 값을 구할 수 있다. 기존 모형의 경우를 나타내기 위해 아래 첨자 1을 사용하고 소비자의 반품정책을 실시하는 경우 아래 첨자 2를 사용하기로 하자.

$$q_1^* = -\frac{1}{a} ln(1-r) = -\frac{1}{a} ln(\frac{c-s}{p-s}), \qquad \text{식 (7)}$$

$$\begin{aligned} R_1^* &= (p-c)q_1^* - (p-s)\int_0^{q_1^*}(1-e^{-at})dt \\ &= \frac{p-c}{-a} ln(1-r) + \frac{p-s}{a}[\ln(1-r)+r] = \frac{1}{a}[p-c+(c-s)\ln(1-r)] \\ &= \frac{1}{a}[c_u + c_o \ln(\frac{c_o}{c_u+c_o})]. \end{aligned} \qquad \text{식 (8)}$$

소비자의 반품이 허용될 경우 최적목적함수 값에 영향을 주는 매개변수는 (b, c', d)일 것이다. 이들 매개변수의 값에 따라 소매상의 이익에 어떤 영향이 오는지 살펴보기로 하자.

먼저 식 (5)로부터 최적주문량을 구하면 다음과 같다.

$$q_2^* = d - \frac{1}{a} ln(\frac{c-s}{p-s-\alpha}) \qquad \text{식 (9)}$$

이 식을 q_1^*과 비교해 보면 $q_1^* = -\frac{1}{a} ln(\frac{c-s}{p-s}) > -\frac{1}{a} ln(\frac{c-s}{p-s-\alpha})$이지만 d로 인해 q_1^*이 q_2^*보다 클 것인지는 단정할 수 없다. 식 (9)를 살펴보면 우리가 예상할 수 있듯이 반품정책의 효과인 d가 클수록 최적 주문량은 증가할 것이고 반품정책에 따른 비용인 α가 작으면 작을수록 역시 최적 주문량은 증가할 것이다. 반품정책이 시행되는 경우의 최적목적함수 값을 식 (6)을 통해 구해 보면

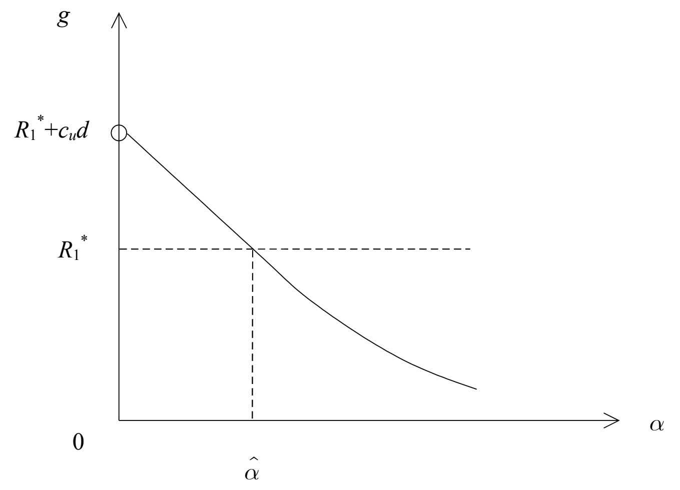
$$R_2^* = (p-c-\alpha)q_2^* - (p-s-\alpha)\int_0^{q_2^*-d}(1-e^{-at})dt$$
$$= \frac{1}{a}[c_u - \alpha + c_o \ln(\frac{c_o}{c_u+c_o-\alpha})] + (c_u-\alpha)d. \qquad \text{식 (10)}$$

이다. 이를 R_1^*와 비교하기 위해 $0<\alpha<c_u$의 구간에서 R_2^*가 α에 의해 어떤 영향을 받는지를 보기 위해 다음 식을 분석하자.

$$g(\alpha) = \frac{1}{a}[c_u - \alpha + c_o \ln(\frac{c_o}{c_u+c_o-\alpha})] + (c_u-\alpha)d$$
$$g'(\alpha) = \frac{\alpha - c_u}{a(c_u+c_o-\alpha)} - d < 0 \qquad \text{식 (11)}$$

이다. 따라서 g는 감소함수임을 알 수 있다. $g(0+) = \frac{1}{a}[c_u + c_o \ln(\frac{c_o}{c_u+c_o})] + c_u d$로써 첫째 항은 식 (8)로부터 R_1^*임을 알 수 있기 때문에 $g(0+)$는 R_1^*보다 $c_u d$ 만큼 크다는 것을 알 수 있다. 또한 $g(c_u)=0$을 구할 수 있으며 $g(\hat{\alpha}) = R_1^*$를 만족하는 $\hat{\alpha}$가 존재한다. 따라서 함수 g는 다음과 같은 그래프로 나타낼 수 있고 우리는 $0<\alpha<\hat{\alpha}$에서 소비자 반품정책이 보다 유리함을 알 수 있다.

여기서 $g'(\alpha)$을 이용하는 과정에서 $\alpha \equiv b(p+c'-s)$를 증가시킨다는 것의 의미를



보다 명확하게 하기로 하자. α가 증가한다는 것은 기존의 매개변수인 p, s는 일정한 것으로 보고 (c', b)가 증가해 α가 증가함을 의미한다. 또한 앞의 그래프에서 반품정책의 수요증대효과인 d와 관련해서는 d가 증가할수록 반품정책의 효과는 커진다는 것을 알 수 있다.

V. 확장

소비자 반품정책을 도입함으로써 발생하는 주된 효과는 소비자의 주문 증가라고 할 수 있다. 이 논문에서 우리는 반품정책의 시행에 따른 소비자의 주문 증가 폭에 대해 확정적으로 d가 발생한다고 가정하였다. 소비자의 주문 증가를 모형화하는 과정에서 개별 소비자가 해당 물건에 대해 인식하는 가치를 V로 표시하고, 이것이 확률분포를 따른다고 할 수 있다. 개별 소비자가 구매결정을 할 확률은 V가 소비자 가격 p와 실제 구매 후 불만족에 따른 위험 비용의 합을 초과할 확률로 계산된다. 하지만 반품정책이 실시될 경우 소비자는 사용에서 불만족스러울 경우 반품이 가능해지므로 V가 반품에 따른 번거로움보다 크기만 하면 구매를 결정할 것이다. 이와 같이 개별 고객이 해당 물건을 구매할 확률이 커지는 것을 이용하여 모형을 구성할 수도 있을 것이다.

또한 우리는 소비자의 반품을 모형화할 때 반품비율이 b로서 상수로 주어진 것으로 가정했다. 이를 각 개별 소비자가 반품할 확률이 주어지고 각자 독립적으로 의사결정을 한다고 할 경우 실제 반품결정을 내리는 고객의 숫자는 이항분포로 모형화하는 것이 적절할 것이다. 또한 반품비율도 소비자의 수요 상황에 따라 세분화하는 것이 보다 타당할 수 있다. 가령 소매상이 준비한 물량보다 수요가 클 경우($q \leq D+d$), 즉 초과수요가 발생할 경우 반품률이 그렇지 않은 경우보다 낮은 것이 타당할 수 있다. 왜냐하면 초과수요가 발생한다는 것은 해당 제품이 고객에게 인기가 큰 상황을 나타내고, 이 경우 구매자의 반품율은 낮을 것으로 볼 수 있기 때문이다. 이때 반품된 물건에 대한 비용을 나타내는 식 (4)의 아래 항은 차별적인 두 개의 반품률을 도입하여 $b' < b$에 대해 다음과 같이 보다 정교하게 표현할 수 있다.

$$-(c'+p-s)b\int_{0}^{q-d}(t+d)f(t)dt-(c'+p-s)b'\int_{q-d}^{\infty}qf(t)dt$$

참고문헌

Chen, J. & Bell, P., The Impact of Customer Returns on Decisions in a Newsvendor Problem With and Without Buyback Policies. *International Transactions in Operational Research* 18, pp. 473-491, 2011.

Nahmias, S., *Production and Operations Analysis*, IRWIN, 1993.

Protter, M. H. & Morrey, C. B., *A First Course in Real Analysis*, Springer-Verlag, 1977.

The Analysis on Customer Returns in Newsvendor Problem

Nam, Ick-Hyun*

When returning products is allowed, customers have an option to return products if they are not satisfied with products. Whereas a firm bears extra costs from customer returns, it can utilize extra profits from demand increases. This study examines the trade-offs between demand increase and returning cost in the customer return policy. We extend the traditional newsvendor model into the customer return policy. A major effect of customer return is the demand increase. We assume that both the demand increase and the return ratio is fixed.

Keywords: Customer Returns, Newsvendor Model, the return ratio, demand increase

*Professor of Operations Management, College of Business Administration, Seoul National Univserity