段階別 事後保證制度에서의 消費者費用分析

The Cost Analysis of Consumer's View of the Stepdown Warranty Policy

金 原 中*
金 在 重**

Abstract

This article suggests the costs analysis of cosumer's view under the stepdown warranty is renewd whenever a failure occurs in the warranty period. And the general warranty policy is showed ssuch as free replacement policy. prorata warranty policy. hybrid warranty policy. In this respect case. the cost of consumer is also calculated. In order to study the cost analysis of consumer. "RENEWAL THEORY" is introduced and the cost of consumer is calculated.

1. 序 論

일반적으로 事後保證은 판매된 제품에 대하여 供給者가 제품판매후 일정기간에 발생하는 고장에 대하여 그 수리 또는 교체에 필요한 비용의 전부나 일부를 부담한다는 일종의 消費者와의 契約이다. 이러한 事後保證制度는 生產者나 消費者 모두에게 중요한 것이다. 왜냐하면 生產者의 立場에서 볼 때 사후보증은 소비자의 購買意欲을 북돋을 수 있는 중요한 경영정책의 하나일 뿐만 아니라 기업이 생산·판매한 제품은 기업이 책임진다는 社會的 責任의 이행이라고 볼 수 있기 때문이다. 또한 소비자의 입장에서는 비슷한 정도의 性能, 機能이라면 事後保證이 잘 되어 있는 제품을 선택하는 것이 더 經濟的이다. 이는 특히 높은 안전성이 필요한 제품에서는 그 重要性이 排加된다. Undell과 Anderson(1968)의 조사연구에 따르면 많은 기업들은 복잡하고 高價인 제품일수록, 內容壽命이 길수록, 市場占有率이 작을수록, 消費者가 제품에 관한 경보가 많을수록 사후보증제도의 비중을 높이고 있으며, 이로 인한 많은 효과도 올리고 있음을 알 수 있다. 사후보증제도의 중요성은 또한 철저한 사후보증항목의 설정으로 製品의 誤用으로 인한 故障 등 消費者들의 부당한 클레임으로 供給者를 보호할 수 있다는 데에서도 찾아볼 수 있다.

本 硏究에서는 段階別 事後保證制度를 제안하고 이에 대한 費用을 分析하였다. 단계별 사후보증제도는 保證期間을 몇개의 구간으로 나누어, 처음에는 無料保證을 실시하다 시간이 지날수록 점차 供給者의 부담을 段階別로 줄여나가는 제도이다. 단계별 사후 보증 제도는 기존의 無料保證制度·比率保證制度·混合型保證制度를 一般化시킨 것으로서, 이들의 장점을 모두 지니면서 현실적용에 편리하도록 설계되었다. 단계별보증제도는 또한 이들 기존의 3가지 제도가 단계별 보증제도의 특수한 경우로 취급될 수 있다는 장점도 아울러 갖고 있다.

본 연구에서는 위에서 제안된 단계별사후보증제도가 되어 있는 제품에 대한 비용분석을 다루고자 하며 구체적으로 修理 不可能한 제품에 대하여 保證은 每 故障發生時 新製品으로 交替된 경우에 更新될 때 소비자가 부담하여야 되는 비용을 구하고자 한다.

*亞洲大學校 工科大學 產業工學科 敎授
**亞洲大學校 工科大學 產業工學科 大學院
접수일 : 1988. 5. 20

2. 記號 및 假定

記 號

$X_1, X_2, \cdots\cdots$: 故障 時間 간격

μ : $E(x)$

$F(x)$: 故障 分析 函數

$R(x)$: 新製品인 時間 x에서 故障날 때 消費者의 負擔費用

$N(t)$: 時間 t까지 發生한 故障數

$M(t)$: $E(N(t))$

$C(T)$: 時間 T까지의 消費者의 費用

$A(T)$: $E\{C(T)\}$

$\bar{A}$: 單位時間當 消費者의 平均費用

$A_F(T)$: 無料保證政策에서의 시간 T까지 消費者의 平均費用

$\bar{A}_F(T)$: 無料保證政策에서의 단위시간당 소비자의 평균비용

$A_p(T)$: 比率保證政策에서의 시간 T까지 消費者의 平均費用

$\bar{A}_p(T)$: 比率保證政策에서의 단위시간당 소비자 평균비용

$A_H(T)$: 混合保證政策에서의 시간 T까지의 소비자의 평균비용

$\bar{A}_H(T)$: 混合保證政策에서의 單位時間當 소비자의 평균비용

假 定

1. 소비자는 故障이 발생하면 즉시 동일한 新製品으로 交替한다.
2. 제품에 대한 保證은 每 故障發生時 新製品으로 交替되면 更新된다.
3. 임의의 시간 T는 보증기간 W보다 크다.
4. 제품의 故障分布函數는 母數 λ를 갖는 指數分布이다.

3. 段階別 保證政策

本節에서는 우선 段階別 事後證政策의 定義를 알아보자. W를 保證期間 c를 製品의 交替 또는 修理에 필요한 費用이라고 하자. 段階別 事後保證制度는 W를 그림 3.1과 같이 k개의 시간 간격 $[0, W_1]$, $[W_1, W_2]$, $\cdots\cdots[W_{k-1}, W_k]$으로 나누고 판매된 제품이 시간 간격 $[W_{i-1}, W_i]$에서 故障이 나면 供給者는 消費者에게 C_i만큼의 비용을 補償하는 制度이다.

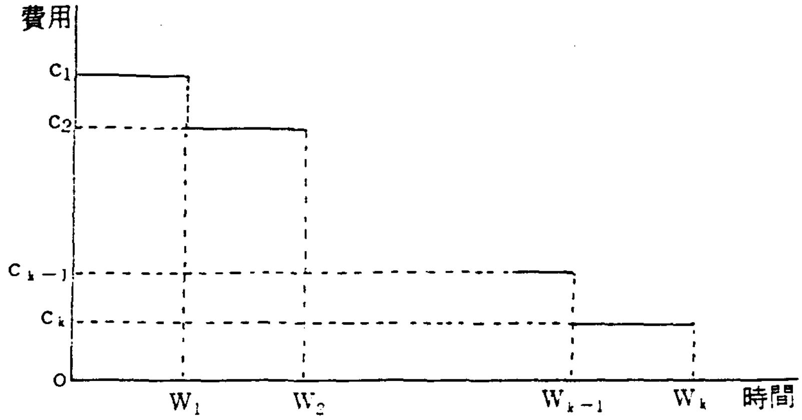

Fig. 3.1. Stepdown Warranty Policy

단 여기서 $W_0=0$, $W_k=W$ $C_1=C$이며 $C_1>C_2>C_3>\cdots>C_k$이다.

그림 3.1로부터 단계별사후보증제도는 기존의 무료보증정책, 비율보증정책, 혼합형보증정책 등을 일반화시킨 정책임을 알 수 있다. 왜냐하면 $k=1$인 경우 단계별 보증정책은 무료보증정책이 되며 W가 고정된 상태에서 K값을 크게하여 모든 $|W_i-W_{i-1}|$가 0이 되도록 하면 단계별 보증정책은 비율보증정책이 되기 때문이다. 또한 W_1을 고정시키면 $|W_i-W_{i-1}|$을 $i\geq 2$인 경우에 대하여 0에 접근시키면 단계별 보증정책은 혼합형 보증정책이 된다. 따라서 단계별 사후보증정책은 무료보증정책, 비율보증정책, 혼합형보증정책의 장점을 모두 갖춘 일반적인 保證政策임을 알 수 있다.

4. 修理 不可能한 製品의 費用分析

本 硏究에서는 수리 불가능한 제품에 대하여 단계별 보증정책에 필요한 비용을 분석하고자 하며 보증제도는 제품의 교체시에 保證契約을 更新할 것인가 아닌가에 따라 달라지게 되므로 본 연구에서는 다음과 같은 政策을 고려하고자 한다.

政策 : 제품에 대한 보증은 매 고장발생시 신제품으로 교체된 경우에 更新된다.

즉 이 정책은 매 고장마다 소비자가 무료 또는 유료로 신제품으로 교체하였을 경우 보증계약이 갱신되는 경우이다.

X_i i번째 신제품에서 고장이 발생한 시간 간격을 나타내는 확률변수 $i=1, 2, \cdots\cdots$

$R(x_i)$ i번째 신제품이 x_i만에 고장이 발생하였을때 소비자가 부담하여야 하는 비용.

단계별 보증정책의 정의에 의하여 소비자가 부담하는 비용은

$$R(x_i)=\begin{cases} c-c_i, & W_{i-1}<x_i\leq W_i, \quad i=1,2\cdots\cdots k \\ c \quad, & x_i>W \end{cases}$$

가 된다.

$$N(t)=\max\{n:\sum_{i=1}^{n} x_i\leq t\}$$

이 되며 $N(t)$는 t시간 까지의 고장횟수, 즉 신제품으로 교체된 횟수를 나타낸다. 이와같은 경우 시간 T까지 초기 신품 매입비용을 제외하고 소비자가 부담하여야 하는 비용은

$$C(T)=\sum_{i=1}^{N(T)} R(x_i) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.1)$$

가 된다. 따라서 시간 T까지 소비자가 부담하여야 하는 平均費用은 다음과 같이 구해진다. 여기서 T는 보증기간 W보다 크다고 가정한다.

<u>定理 1</u>

시간 T까지 소비자가 부담하여야 하는 평균비용 $A(t)$는

$$A(T)=C\cdot M(T)-\sum_{i=1}^{k} c_i\int_{W_{i-1}}^{W_i}(M(T-x)+1)dF(x) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.2)$$

가 된다.

<u>證 明</u>

확률변수 X_1, X_2, ……등은 서로 독립이고 동일 분포를 따르므로 $\{N(t),t\geq 0\}$ 는 Renewal Process이다.

$A(T)=E(C(T))$일 때

$E(C(T)\mid X_1=x)$: 첫번째 고장이 X에서 일어났을 때 시간 t까지의 소비자가 부담하는 비용.

$$E(C(T) \mid X_1=x)=\begin{cases} R(x)+A(T-x) & , \quad T\geq x \\ 0 & , \quad T<x \end{cases}$$

이므로
기대값의 일반적인 성질에 의해서 다음식이 성립한다.

$$E\{E\{C(T) \mid X=x\}\}=E\{C(T)\}$$

$$\begin{aligned} \therefore A(T) &= E\{E\{C(T) \mid X=x\}\} \\ &= \int_0^\infty E\{C(T) \mid X_1=x\}\cdot dF(x) \\ &= \int_0^\infty \{R(x)+A(T-x)\}\,dF(x) \\ &= \int_0^T \{R(x)\cdot dF(x)\} + \int_0^T A(T-x)dF(x) \\ &= H(T)+\int_0^T A(T-x)\,dF(x) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3) \end{aligned}$$

가 된다. 단, $\int_0^t R(x)d\,F(x)=H(T)$ 이다.

위의 (4,3)식은 Renewal Equation이다. 그러므로 위의 식을 만족하는 唯一한 解가 존재하며 이 유일한 해는

$$A(T)=H(T)+\int_0^T H(T-x)d\,M(x)$$

이다.

여기서

$$\begin{aligned} H(T) &= \sum_{i=1}^{k}(c-c_i)\{F(W_i)-F(W_{i-1}))+c\cdot F(T)-F(W_k)\} \\ &= c\cdot\sum_{i=1}^{k}F(W_i)-c\sum_{i=1}^{k}F(W_{i-1})-\sum_{i=1}^{k}c_i F(W_i)-\sum_{i=1}^{k}c_i F(W_{i-1}))+c(F(T)-c\ F(W_k)) \\ &= c\,F(T)-\sum_{i=1}^{k}c_i\{F(W_i)-F(W_{i-1})\} \end{aligned}$$

이며

$$\begin{aligned} \int_0^T H(T-x)d\,M(x) &= \int_0^T\int_0^{T-x}R(t)d\,F(t)d\,M(x) \\ &= \int_0^T\int_0^{T-x}d\,M(t)R(x)d\,F(x) \\ &= \int_0^T M(T-x)R(x)d\,F(x) \\ &= c\int_0^T M(T-x)d\,F(x)-\sum_{i=1}^{k}c_i\int_{W_{i-1}}^{W}M(T-x)d\,F(x) \end{aligned}$$

이다.

$$M(t)=F(t)+\int_0^t M(t-x)dF(x)$$

이므로

$$A(T)=cM(T)-\sum_{i=1}^{k} c_i \int_{W_{i-1}}^{W_i} (M(T-x)+1)dF(x)$$

가 성립한다.

정리 1은 단계별 사후보증이 되어 있는 제품을 T시간 까지 운용하는 데 필요한 비용이다. 그러므로 $T=\infty$ 인 경우는 제품을 운용하는 데 필요한 단위시간당 평균비용 $\bar{A}$가 관심이 되는 데 이는 다음과 같이 구할 수 있다.

<u>定理 2</u>

제품에 대한 保證은 매 고장발생시 신제품으로 交替된 경우에 更新된다는 정책하에서 소비자의 單位時間當平均費用 $\bar{A}$는 다음과 같다.

$$\bar{A}=\frac{1}{\mu}\{c-\sum_{i=1}^{k} c_i\{F(W_i)-F(W_{i-1})\}\} \quad \cdots\cdots (4.4)$$

단, 여기서 $\mu=E(X)$이다.

<u>證 明</u>

$X_1, X_2, X_3, \cdots\cdots$들은 서로 독립이고 동일한 분포를 갖고 있으므로 $\{N(t), C(t), t>0\}$는 renewal reward process를 따르게 된다.

따라서

$$\bar{A}=\frac{E(R(X))}{E(X)}$$

$$=\frac{1}{E(X)}\{c-\sum_{i=1}^{k} c_i(F(W_i)-F(W_{i-1}))\}$$

이 성립함을 알 수 있다.

만일 제품의 고장분포함수가 모두 λ를 갖는 지수분포인 경우 CDF는 $F(t)=1-e^{-\lambda t}$ 경우에는 $\{N(t), t\geq 0\}$는 포와슨 과정이 되며

$$E\{N(t)\}=M(t)=\lambda t$$

이다.

따라서 (4.2)식을 풀면

$$A(T)=cM(T)-\sum_{i=1}^{k} c_i \int_{W_{i-1}}^{W_i} (M(T-x)+1)dF(x)$$

$$M(T)=\lambda T \qquad F(x)=1-e^{-\lambda T} \qquad \text{代入}$$

$$A(T)=C\cdot\lambda T-\sum_{i=1}^{k} C_i\ \lambda T(-e^{-\lambda W_i}+e^{-\lambda W_{i-1}})+\sum_{i=1}^{k} C_i\ \lambda$$

$$\int_{W_{i-1}}^{W_i} x\ dF(x)-\sum_{i=1}^{k} C_i(-e^{-\lambda W_i}+e^{-W_{i-1}})$$

여기서

$$\sum_{i=1}^{k} C_i \lambda \int_{W_{i-1}}^{W_i} x\, dF(x) = \sum_{i=1}^{k} C_i \lambda \{x F(x) - \int_{W_{i-1}}^{W_i} F(x)dx\}\Big|_{W_{i-1}}^{W_i}$$

$$= \sum_{i=1}^{k} C_i \lambda \{x(1-e^{-\lambda x}) \Big|_{W_{i-1}}^{W_i} - \int_{W_{i-1}}^{W_i} (1-e^{-\lambda x})dx\}$$

$$= \sum_{i=1}^{k} C_i \lambda \{W_{i-1}e^{-\lambda W_i} - W_i e^{-\lambda W_i} - \frac{e^{\lambda W_i}}{\lambda} + \frac{e^{-\lambda W_{i-1}}}{\lambda}\}$$

⊙ 위의 식을 정리하면

$$A(T) = \lambda T \{c - \sum_{i=1}^{k} c_i(e^{-\lambda W_{i-1}} - e^{-\lambda W_i})\} + \sum_{i=1}^{k} c_i \lambda \{W_{i-1} e^{-\lambda W_{i-1}} - W_i e^{-\lambda W_i})\}$$

이 된다.

(4.4)식으로 부터

$$\bar{A} = \lambda \{C - \sum_{i=1}^{k} C_i(e^{-\lambda W_{i-1}} - e^{-\lambda W_i})\}$$

임을 알 수 있다.

앞에서 구한 소비자의 평균비용 및 단위시간당 평균비용을 이용하여 단계별 보증정책의 특수한 경우인 無料保證・比率保證・混合保證政策들을 일반화시킨 것이므로 위와같은 결과들을 이용하면 다음과 같은 정리를 얻을 수 있다.

定理 3

無料保證政策에서의 消費者의 시간 T까지의 費用은

$$A_F(T) = c\{M(T) - \int_0^W \{M(T-x)+1\} dF(x)\} \quad \cdots\cdots (4.5)$$

이고 단위시간당 평균비용은

$$\bar{A}_F = \frac{c}{\mu}(C - F(W)) \quad \cdots\cdots (4.6)$$

이 된다.

證 明

$$A_p(T) = cM(T) - \sum_{i=1}^{k} c_i \int_{W_{i-1}}^{W_i} (M(T-x)+1) dF(x) \quad \cdots\cdots (4.2)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{\mu}\{c - \sum_{i=1}^{k} c_i (F(W_i) - F(W_{i-1}))\} \quad \cdots\cdots (4.4)$$

(4.2)와 (4.4)에 각각 $K=1$을 대입하면 (4.5)와 (4.6)式을 얻을 수 있다.

定理 4

比率保證政策에서의 시간 T까지의 消費者 費用은

$$A_p(T) = cM(T) + \frac{c}{W}\int_0^W (x-W)(M(T-x)+1) dF(x) \quad \cdots\cdots (4.7)$$

이고 단위시간당 평균비용은

$$\bar{A}_p=\frac{c}{\mu W}\int_0^W \bar{F}(x)dx \quad \cdots\cdots (4.8)$$

이다. 단 여기서 $\bar{F}(x)=1-F(x)$이다.

證 明

比率保證政策은 W는 고정되고 $\lim_{k\to\infty} \max|W_i-W_{i-1}|=0$이며 $\lim_{k\to\infty}\frac{W_i}{W}=xW$라고 할 때

$\lim_{k\to\infty} c_i=\frac{c}{W}(W-x)$인 경우이므로

$$\begin{aligned}A_p(T)&=\lim_{k\to\infty} A(T)\\&=cM(T)-\lim_{k\to\infty}\sum_{i=1}^{k} c_i\int_{W_{i-1}}^{W_i}(M(T-x+1)dF(x)\\&=cM(T)+\frac{c}{W}\int_0^W(x-W)(M(T-x)+1)dF(x)\end{aligned}$$

이며

$$\begin{aligned}\bar{A}_p&=\lim_{k\to\infty}\bar{A}\\&=\frac{1}{\mu}c-\frac{1}{\mu}\lim_{k\to\infty}c_i(F(W_i)-F(W_{i-1}))\\&=\frac{1}{\mu}c-\frac{1}{\mu}\int_0^W\frac{c}{W}(W-x)dF(x)\\&=\frac{c}{\mu}(1-F(W))+\frac{c}{\mu W}\int_0^W xdF(x)\\&=\frac{c}{\mu W}\int_0^W\bar{F}(x)dx\end{aligned}$$

이다.

定理 5

混合保證政策은 W와 W_1은 고정되어 있고 $i\geq 2$인 경우에 대하여 $\lim \max|W_i-W_{i-1}|=0$인 경우로 $\lim\frac{W_i}{W}=xW$라고 할때 $\lim C_i=\frac{W-x}{W-W_1}C$인 경우이므로

$$\begin{aligned}A_H(T)&=\lim_{k\to\infty} A(T)\\&=cM(T)-c_1\int_0^{W_1}(M(T-x)+1)dF(x)+\lim_{k\to\infty}\sum_{i=2}^{k} c_i\int_{W_{i-1}}^{W_i}(M(T-x)+1)dF(x)\\&=c\{M(T)-\int_0^{W_1}(M(T-x)+1)dF(x)\}+\frac{1}{W-W_1}\int_{W_1}^{W}(x-W)(M(T-x)+1)dF(x)\\&=c\{M(T)-\int_0^{W_1}(M(T-x)+1)dF(x)\}+\frac{1}{W-W_1}\int_{W_1}^{W}(x-W)(M(T-x)+1)dF(x)\end{aligned}$$

이고

$$\bar{A}_H = \lim_{k\to\infty} \bar{A}$$
$$= \frac{1}{\mu} \{(c - cF(W_1)) - \lim_{k\to\infty} \sum_{i=2}^{k} c_i(F(W_i) - F(W_{i-1})\}$$
$$= \frac{1}{\mu} \{c\bar{F}(W_1) + \frac{c}{W - W_1} \int_{W_1}^{W} (x - W) d F(x)\}$$
$$= \frac{c}{\mu(W - W_1)} \int_{W_1}^{W} \bar{F}(x) dx$$

가 성립함을 알 수 있다.

만일 제품의 고장분포함수가 모수 λ를 갖는 지수분포인 경우 즉 $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$인 경우에는 $\{N(t), t \geq 0\}$는 포와송 과정이 되며 $M(t) = \lambda t$인 경우의 無料保證政策에서는

$$A_F(T) = C\{M(T) - \int_0^W (M(T-x)+1)\ dF(x)\}$$
$$= C\{\lambda T - \int_0^W (\lambda(T-x)+1)\ dF(x)\}$$
$$= C\{\lambda T - \int_0^W \lambda(T-x)\ dF(x) - \int_0^W dF(x)\}$$
$$= C\{\lambda T - \lambda^2 (\frac{(T-x)e^{-\lambda x}}{-\lambda} + \frac{e^{-\lambda x}}{\lambda^2})_0^W - (1 - e^{-\lambda W})\}$$
$$= C\{\lambda T - \lambda^2 \{\frac{(T-W)e^{-\lambda W}}{-\lambda} + \frac{e^{-\lambda W}}{\lambda^2} + \frac{T}{\lambda} - \frac{1}{\lambda^2}\} - 1 + e^{\lambda W}$$
$$= C\{\lambda T + \lambda(T-W)e^{-\lambda W} - e^{-\lambda W} - \lambda t + 1 - 1 + e^{-\lambda W}\}$$
$$= C\{\lambda(T-W)e^{-\lambda W}\}$$

이며

$$\bar{A}_F = \frac{c}{\mu}(1 - F(W))$$
$$= C\lambda(1 - (1 - e^{-\lambda W}))$$
$$= C\lambda e^{-\lambda W}$$

임을 알 수 있다.

比率保證政策에서의 시간 T까지의 소비자 비용은

$$A_P = C\ M(T) + \frac{C}{W} \int_0^W (x - W)(M(T-x)+1)dF(x)$$
$$= C\lambda T + \frac{C}{W} \int^W (x - W)(\lambda(T-x)+1)dF(x)$$
$$\int_0^W (\lambda Tx - \lambda x^2 + x - \lambda TW + \lambda Wx - W)dF(x)$$
$$= C\ \ \lambda T + \frac{C}{W} \int_0^W \{x(\lambda T + 1 + \lambda W) - \lambda x^2 - \lambda TW - W\}\ dF(x)$$

$$\int_0^W x(\lambda T+1+\lambda W)dF(x)=(\lambda T+1+\lambda W)(-x\ e^{-\lambda x}-\frac{e^{-\lambda x}}{\lambda})_0^W$$

$$=(\lambda T+1+\lambda W)(-W\ e^{-\lambda W}-\frac{e^{-\lambda W}}{\lambda}+\frac{1}{\lambda})\cdots\cdots\cdots ①$$

이고

$$-\lambda\int_0^W x^2dF(x)=-\lambda(x^2e^{-\lambda x}\mid_0^W-\int_0^W 2x\ e^{-\lambda x}dF(x)$$

$$=-\lambda\{x^2e^{-\lambda x}\mid_0^W+\frac{2}{\lambda}(-W\ e^{-\lambda W}-\frac{e^{-\lambda W}}{\lambda}+\frac{1}{\lambda})\}$$

$$=W^2\lambda\ e^{-\lambda W}+2\ W\ e^{-\lambda W}+\frac{2e^{-\lambda W}}{\lambda}-\frac{2}{\lambda}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

$$-\lambda TW\int_0^W dF(x)-W\int_0^W dF(x)=-\lambda TW+\lambda TW\ e^{-\lambda W}-W+W\ e^{-\lambda W}\cdots\cdots ③$$

가 된다.

①, ②, ③式을 정리하면

$$A=W\ e^{-\lambda W}+\frac{e^{-\lambda W}}{\lambda}-T\ e^{-\lambda W}+T-\lambda TW$$

$$\therefore A_P=C\lambda T+\frac{C}{W}(W\ e^{-\lambda W}+\frac{e^{-\lambda W}}{\lambda}-T\cdot e^{-\lambda W}+T-\lambda TW)$$

$$=\frac{C}{W}(W\ e^{-\lambda W}+\frac{1}{\lambda}\ e^{-\lambda W}-T\ e^{-\lambda W}+T-\frac{1}{\lambda})$$

$$=\frac{C}{W}\{T-\frac{1}{\lambda}-(T-\frac{1}{\lambda}-W)e^{-\lambda W}\}$$

$$\bar{A}_P=\frac{C}{\mu W}\int_0^W\bar{F}(x)dx$$

$$=\frac{C}{\mu W}\int_0^W e^{-\lambda W}dx$$

$$=\frac{C}{\mu W}(\frac{e^{-\lambda W}}{-\lambda})_0^W$$

$$=\frac{C}{W}\lambda(\frac{e^{-\lambda W}}{-\lambda}+\frac{1}{\lambda})$$

$$=\frac{C}{W}(1-e^{-\lambda W})$$

混合保證政策에서 T시간 까지의 소비자 비용은

$$A_H(T)=C\{M(T)-\int_0^{W_1}(M(T-x)dF(x)+\frac{1}{W-W_1}\int_{W_1}^W(x-W)(M(T-x)+1)dF(x)$$

$$=C\{\lambda T-\int_0^{W_1}\lambda(T-x)dF(x)+\frac{1}{W-W_1}\int_{W_1}^W(x-W)(\lambda(T-x)+1)dF(x)$$

$$=C\{\lambda T+\lambda(T-W)e^{-\lambda W}-\lambda T+\frac{1}{W-W_1}\int_{W_1}^{W}(x-W)(\lambda(T-x)+1)dF(x)$$

여기서

$$A=\int_{W_1}^{W}(x-W)(M(T-x)+1)dF(x)$$

라고 놓으면

$$A=(\lambda T+1+\lambda W)\int_{W_1}^{W}x\,dF(x)-\lambda\int_{W_1}^{W}x^2dF(x)-\lambda TW\int_{W_1}^{W}dF(x)-W\int_{W_1}^{W}dF(x)$$

A를 풀어서 다시 $A_H(T)$式에 代入하면

$$A_H(T)=\frac{1}{W-W_1}\{e^{-\lambda W}(W+\frac{1}{\lambda}-T)-e^{-\lambda W_1}(W_1+\frac{1}{\lambda}-T)\}$$

가 된다.

$$\bar{A}_H=\frac{C}{\mu(W-W_1)}\int_{W_1}^{W}\bar{F}(x)dx$$

$$=\frac{C}{\mu(W-W_1)}\int_{W_1}^{W}e^{-\lambda W}dx$$

$$=\frac{C}{\mu(W-W_1)}\left(\frac{e^{-\lambda W}}{-\lambda}\right)_{W_1}^{W}$$

$$=\frac{C}{\mu(W-W_1)}\left(\frac{e^{-\lambda W}}{-\lambda}+\frac{e^{-\lambda W}}{\lambda}\right)$$

$$=\frac{C}{(W-W_1)}(e^{-\lambda W}-e^{-\lambda W})$$

이 된다.

5. 結　論

本硏究에서는 修理 不可能한 段階別 事後保證 제품의 소비자가 부담하는 費用分析을 하였다. 특히 제품에 대한 보증이 每 故障發生時 신제품으로 교체된 경우에 갱신된다는 정책하에서 비용분석이 이루어졌으며 단계별 보증제도의 특별한 경우인 무료보증제도, 비율보증제도, 혼합형보증제도의 경우도 각각 소비자 부담 비용을 하였다.

本硏究에서 제시한 단계별 보증제도에서 修理 可能한 제품의 交替시에 保證契約을 어떤 政策으로 선택하느냐에 따라서도 연구가 가능하리라 생각되며 修理 不可能한 제품의 비용분석 뿐만 아니라 修理 可能한 제품의 비용분석 분야에서도 연구가 가능하리라 기대된다.

Reference

1) Kim, W. J.(1988). *A Study on Stepdown Warranty Policy.*

2) Karlin, S. and Taylor, H. M.(1975). *A First Course in Stochastic Process.*

3) Parzen, E.(1962). *Stochastic Process*, Holden-Day.

4) Kim, W. J. and Yi, G. H.(1987). "Cost Analysis for Warranty Policies, "*J. SKISE, 10(15)*, 23~32.

5) Thomas, M. U.(1983). "Optimal Warranty Policies for nonrepairable Items," *IEEE Trrans. Rel.*, Vol. R-32, 282~288.

6) Barlow, R. E. and Proschan, F.(1965). *Mathematical Theory of Reliability*, Wiley.