

品質政策과 保證修理費에 관한 考察

趙 載 岑

產業工學科

(1980. 11. 10 접수)

〈要 約〉

保證修理費用은 多數의 部品으로 組立된 製品일 수록 여러要因으로 부터 복잡성을 가지고 있으나 比較的 간단한 式으로 評價할 수 있다.

品質政策에 대한 經濟的인 品質水準을 파악하기 위한 이를 式의 적절한 組合에 의해 각형태의 品質政策에 대한 정확하고 實際的인 민감도의 評價를 할 수 있다.

따라서 이 論文은 保證修理費에 대한 數學的인 概念을 提示하고 品質政策이 經濟的인 品質水準下에서 수립된다고 하는 一般的인 관계를 나타내고자 한다.

A Study on Quality policy and Warranty cost

Cho, Jai-Rip

Dept. of Industrial Engineering

(Received November 10, 1980)

〈Abstract〉

Warranty cost usually involves complex factors particularly when the product concerned consists of a great deal of parts. In spite of that it can be assessed by means of rather simple mathematical expressions. With a suitable combination of these expressions, it is possible to realistically appraise the sensitivity to any type of quality policy. This paper thus presents the mathematical concept related to the warranty cost and the general relationship showing that quality policy can be established in connection with the economic quality level.

I. 序 論

자동차와 같은 多數의 部品이 組立되어 있는 製品의 크레임(Claim) 혐황을 살펴보면 部品價格과 그 部品을 정비하는 劳資 및 缺陷에 대한 크레임을 요구하는 고객의 수요에 따라 광범위한 分類를 할 수 있다.

물론 多數의 部品組立工場에서도 部品의 製作부터 組立까지 示方에 合致되는 部品만 사용하여 組立하려고 하겠지만 수많은 部品을 일일이 재료로 부터 製品까지 檢查할 수도 없고 또 몇개의 部品이 組立되어 完成製品의 한 構成品이 되는 것도 있어 이를 일

일이 試驗하는 것도 어려운 일이므로 組立前에 統計的 方法에 의한 檢查를 하는 정도로하여 組立하는 것이 보통이다.

그런데 多數部品의 組立製品은 組立完了후 소위 出檢査 과정을 두어 사용에 적합성을 試驗하게 된다. 이때 檢査는 상당히 主觀的인 판단이 되는 경우가 많다. 즉 한개의 檢査項目을 例를 들어 專門的인 檢査員이 製品의 性能에 따라 이정도면 “완전하다”라는 든가 이정도면 크레임이 될 사항이라든가 하는 것을 예측할 수는 있지만 “60%의 고객이 크레임한다.”라는 식으로 크레임 確率을 단언하기는 어렵다.

그러나 專門検査員의 判断의 정밀도를 살펴보면 고객의 크레임 정도를 약 3단계 정도는 거의 틀림없

이 分類할 수 있다. 즉 가) 대부분의 고객에게 크레임된다. (90% 정도의 고객) 나) 일반적인 고객에게 크레임 된다. (50% 정도의 고객) 다) 예민한 고객에게 크레임 된다. (10% 정도의 고객)으로 分類하여 製品販賣후 고객의 크레임 確率을豫測할 수가 있으며 이렇게 推定한 確率을 P 라고 하면 한 제품에 대한 P 의 크기는 그製品의品質保證水準에 比例한다고 할 수 있다.

品質保證水準을 Q라고 하면

다음은 자동차를 예로하여 크레임 確率을 구분하는 一般缺陷基準을 提示한 것이다.

가) 下記사항의 하나 또는 그이상에 해당되는 標準以下의 條件에는 “90%” 確率인數를 부여한다.

(1) FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standard) 위반시는 保證可能費用에 한함.

- (2) 차운 作動불능케 하는 원인
 - (3) 차운 運行불능케 하는 원인
 - (4) 운전기의 시야를 저해하는 것
 - (5) 승객의 안전을 위협하는 것
 - (6) 고객에게 굴단을 주어 修理를 필요로 하는 것
 - (7) 部品의 機能이 달트 故障을 초래한 단 한 것
 - (8) 品質險費用을 초래하는 것

(9) 主要部品의 교환을 필요로 하는 것 여기서 主要部品이란 부착된 標準部品 중 하나를 뜯는 것이 미 그것이 없어도 기능이나 외형에 영향을 주지 않 을 수도 있다.

나) 下記 사항의 하나나 또는 그 이상에 해당하는
標準以下の條件에는 “50%”確率인 數를 부여 한다.

(1) 고객에게 보상을 주어修理를 하게 될지도 모르는 거

(2) 차의 維持費를 增加시키거나 차의 수명을 단축시키는 사항

다) 下記사항의 하나나 또는 그이상에 해당하는
標準以下의條件에는 “10%”確率이 數를 부여한다.

(1) 고객이修理를 要請하지 않을 것 같은 缺陷
 (2) 대부분의 고객에게 약간의 불만을 가져올 수

(3)品質保障費用은 이 유키지 않은 錯陷 있는 것

(4) 외형에 기인하여修理를 할만한것

II. 修理費用の最大値と最小値

保證修理期間內，製品有品質問題時，可由製造商更換或修理。

者는 해당 部品을 交換 또는 修正하기 위하여 費用이 들게된다. 整備費用의 내역은 材料費(또는 部品原價), 勞賃 및 기타 經費등이며 總費用은 部品에 따라 각각 다르다고 할 수 있다.

이때 總經費의 最大值를 E_{\max} , 最小值를 E_{\min} 로 表示하면 제작자의 製品品質 政策은 保證修理費가 적게드는 部品일 수록 最大로 크레임을 諒容하고 保證修理費가 큰 部品은 크레임을 억제하도록 한다.

III. 部品當 保證修理費用

어떤 部品의 缺陷 D 의 보증수리費用을 E 라 하고
그缺陷이 고객에 의하여 크레임될 推定確率은 P 라
고하면 제작자들은 식(1)에 의하여

의 保證修理費 청구를 받을 것으로 기대된다. 이제 各部品別로 Q 의 값을 구하면 n 개의 部品으로 組立된 製品全體의 保證費用 W 는 이들 Q 의 總合과 같다.

$$W = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i \dots \dots \dots \quad (3)$$

IV. 品質水準의 推定

식(2)는製品당保證修理費用을 정확하게 算出하는 식이긴 하지만 全製品의 構成部品 하나 하나에 대하여 Q 의 故을 구하는 것은 이미 논했드시 非經濟의 이므로 製品종에서 임의로 선정한 샘플을 가지고 Q 를 推定하게 된다.

Q에 대하여 考察해 보면 製品缺陷의 深刻度 또는 品質水準이라고도 할 수 있는 것으로서 **Q**의 값은 企業에 가장 유리한 값을 目標로 해야 할 것이다. 어떤 組立製品이 대해서 그림 1에서 보는 바와 같이 가장經濟的인 Q_c 가設定되었다면 修理費用 E_c 인 部品은 P_c 의 위험確率로 공급될 것이나 修理費用 E_i 인 部品이 P_i 의 위험確率을 가지는 경우에는 그 部品은 개선되어야 할 것이다. 또한 修理費用 E_i 인 部品이 P_i 의 위험確率을 가지는 경우에는 그 部品은 品質을 위하여 지나친 費用이 들었다고 할 수 있다.

결과적으로 保證修理費用이 $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ 인
부품에 대한 크레임確率은 $Q_e = EP$ 曲線을 중심으로
散布하게 된다.

이렇게하고 보면 部品價格이 얼마이고 또는 整備

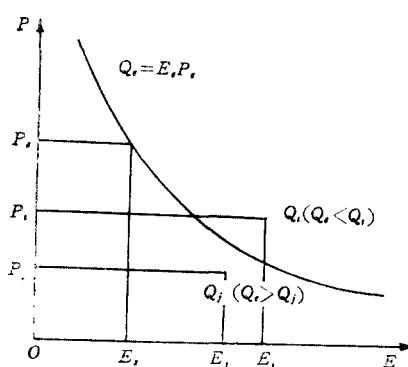


Fig. 1. Economic Quality Level

費用이 일가인 部品일수록 제작자는 크레임을 最大限 허용하게 되고 總費用 E 는 $E_{\min} = E_1 < E_2 < E_3 < \dots < E_n = E_{\max}$ 인 정수가 된다.

이제 N 개의 製品중 n 개를 선정하여 $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$ 이라하고 H_i 의 m 개의 構成品에 대하여 Q 의 값을 推定하여 그대이다를 $Q_{i1}, Q_{i2}, Q_{i3}, \dots, Q_{im}$ 이라 하면 H_i 의 品質水準은

$$Q_i = \frac{\sum_{m=1}^n Q_{im}}{m} \quad (4)$$

로 表示할 수 있다.

샘플 H_i 의 各構成品에 대한 $Q_{i1}, Q_{i2}, \dots, Q_{im}$ 은 测定하기 위한 表 1의 값이 주어진다.

Table 1. Measurement of Quality Assurance Level

90%	3.6×1,000	7.2×1,000	10.8×1,000	18.0×1,000
50%	2.0×1,000	4.0×1,000	6.0×1,000	10.0×1,000
10%	0.4×1,000	0.8×1,000	1.2×1,000	2.0×1,000

W4,000 W8,000 W12,000 W20,000
/2HR /4HR /6HR /10HR

따라서 샘플전체에 대한 品質保證水準은 品質平均으로

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (5)$$

品質標準偏差은

$$S_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q)^2}{n-1}} \quad (6)$$

으로 나된다.

만일 製品 H 가 수년간 계속 生産되어 어느정도의 品質水準이 評價되었다면 製品 H 의 品質分布는 正規分布를 한다고 할 수 있으며 全製品에서 취한 크기인 샘플의 平均 Q , 標準偏差 σ_H 에 의해 製品의 品質水準을 推定하여 보자.

信賴係數 $100(1-P)\%$ 인 製品 H 의 信賴區間은 다음과 같다.

$$Q - K_p \frac{\sigma_H}{\sqrt{n}} < H_p < Q + K_p \frac{\sigma_H}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

V. 保證修理費用의 推定

어떤 多數部品組立製品이 品質保證水準으로 제작되었을 때 所要된 保證修理費用의 總計는 얼마나 될까 推定해본다.

지금 고객의 수의 期待値는

$$N \times P_i \quad (8)$$

이들에 대해 각각 Q 의 修理費用이 所要될 것으로 예상되므로 保證修理費用은

$$NP_i \times Q \quad (9)$$

같은 方法으로 n 개의 製品에 대하여 생각하면 保證修理費用의 總計 W 는

$$\begin{aligned} W &= NP_1 Q + NP_2 Q + \dots + NP_n Q \\ &= NQ(P_1 + P_2 + \dots + P_n) \end{aligned} \quad (10)$$

그런데 금수

$$S_n = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (11)$$

의 차항은 양이고 P_1, P_2, \dots, P_n 을 각각 $E_{\min}, E_{\min+1}, \dots, E_{\max}$ 에 대응한다고 하면 $P_1 > P_2 > \dots > P_n$ 이 된다.

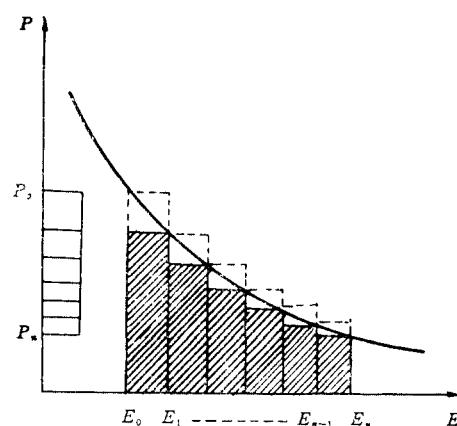


Fig. 2. The Relation of warranty cost and claim Probability

지금 이급수의 차항을 그라프로 나타내면 그림 2와 같다.

횡축상에 E_i 의 높금, 종축에는 E_i 에 대응하는 값 P_i 를 취한다. 이때 경수치 $E=E_i$ 에 대해서는 값 P_i 를 취하는 連續函數 $P=\frac{Q}{E}$ 가 식(1)에 의하여 만들 수가 있다. 이曲線은 구형의 한 꼭지점을 연결한曲線이다.

이때函數 $P=\frac{Q}{E}$ 도 非增加函數가 된다. 이와 같이 그라프로 표시하면 주어진 급수 $S_n=P_1+P_2+\cdots+P_n$ 는曲線 $P=\frac{Q}{E}$ 에 정한 구형의面積의合으로 표시된다.

$E_{\min-1}=E_{1-1}=E_0$ 를 생각하면 S_n 은曲線 $P=\frac{Q}{E}$ E 축 및 $E=E_0$, $E=E_n$ 의 두개의 종선으로 싸인 도형을 그려부에 포함하게 된다.

또한 그림 2와 같이 함수 $P=\frac{Q}{E}$ 가 구간 $[E_0, E_n]$ 에서 감소하면 주어진 갯수의 종선을 사용할 때의誤差의上界를明確히 결정할 수가 있다. 이경우 그림 2에서 곤 알 수 있는 바와 같이誤差는 사선을 그은 구형의 면적總合의 $1/2$ 을 넘지 않는다. 곤 $\frac{P_1-P_n}{2}$ 을 넘지 않는다.

따라서 적분의概念에서

$$S_n \doteq \int_{E_0}^{E_n} \frac{Q}{E} dE - \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right) \dots \dots \dots (12)$$

여기에서

$$E_1 = E_{\min}$$

$$E_n = E_{\max} \text{라고 하면}$$

$$E_0 = E_{\min-1} \text{이므로}$$

$$\int_{E_0}^{E_n} \frac{Q}{E} dE = \int_{E_{\min-1}}^{E_{\max}} \frac{Q}{E} dE$$

따라서 식(12)는

$$S_n \doteq \int_{E_{\min-1}}^{E_{\max}} \frac{Q}{E} dE - \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right) \dots \dots \dots (13)$$

$$W = NQ \left\{ \int_{E_{\min-1}}^{E_{\max}} \frac{Q}{E} dE - \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right) \right\}$$

$$= NQ^2 [\ln E] \Big|_{E_{\min-1}}^{E_{\max}} - NQ \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right)$$

$$= NQ^2 \ln \frac{E_{\max}}{E_{\min-1}} - NQ \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right)$$

$$= NQ \left\{ Q \ln \frac{E_{\max}}{E_{\min-1}} - \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right) \right\} \dots \dots \dots (14)$$

이때 $N=1$ 로 하면製品當 保證修理費用이 되므로

$$W_u = Q \left\{ Q \ln \frac{E_{\max}}{E_{\min-1}} - \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right) \right\} \dots \dots \dots (15)$$

V. 製品品質政策과 保證修理費

고객의 크레임 요청 確率要素에 의하여 製品의 保證修理費用의範圍를 정할 수 있다. 製品에 대한 고객의評價를基準으로 다음과 같이分類할 수 있다.

가) $P \leq 0.1$ 인 경우(製品의評價는 닉월하다.)

① 部品의機能: 탁월함

② 缺陷의認識程度: 認識안됨

③ N.V.H (Noise, Vibration, Harshness): 認識할 수 없음.

$P_1=0.1$ 이라 놓으면

$$E_{\min} = \frac{Q}{0.1} = 10Q$$

$$W_u \leq Q \left\{ Q \ln \frac{E_{\max}}{10Q-1} - \left(\frac{0.1 - P_n}{2} \right) \right\}$$

(방침 1) 保證修理費 10Q 이하인 部品은無缺點品이어야 한다.

(방침 2) $Q_i \geq \frac{E_{\max+1}}{10}$ 인 제품 H_i 는販賣해서는 안된다.

나) $P \leq 0.3$ 인 경우(製品의評價는 우수하다.)

① 部品의機能: 우수한 또는 대단히 우수함

② 缺陷의認識程度: 訓練된 檢查員에게만認識됨

③ N.V.H. 아주輕함 또는 알 수 없음.

$P_1=0.3$ 이라 놓으면

$$E_{\min} = \frac{Q}{0.3} = 3.33Q$$

$$W_u \leq Q \left\{ Q \ln \frac{E_{\max}}{3.33Q-1} - \left(\frac{0.3 - P_n}{2} \right) \right\}$$

(방침 1) 保證修理費 3.33Q 이하인 部品은無缺點品이어야 한다.

(방침 2) $Q_i \geq \frac{E_{\max+1}}{3.33}$ 인 製品 H_i 는販賣해서는 안된다.

다) $P \leq 0.6$ 인 경우(製品의評價는 양호하다.)

① 部品의機能: 쓸 수 있다. 또는許容할 만하다. 또는양호하다.

② 缺陷의認識程度: 약간의 고객 또는 예민한 고객은인식한다.

③ N.V.H: 개선되어야 한다. 또는보통이다. 또는輕하다.

$P_1=0.6$ 이라 놓으면

$$E_{\min} = \frac{Q}{0.6} = 1.67Q$$

$$W_u \leq Q \left\{ Q \ln \frac{E_{\max}}{1.67Q-1} - \left(\frac{0.6 - P_n}{2} \right) \right\}$$

(방침 1) 保證修理費 1.67Q 이하인 部品은無缺點品이어야 한다.

(방침 2) $Q_i = \frac{E_{\max+1}}{1.67}$ 일 製品 H_i 는 販賣되어
서는 안된다.

라) $P \leq 0.8$ 인 경우 (製品의 評價는 고객이 만족하지 않는다.)

- ① 部品의 機能: 대단히 불량이다 또는 불량이다.
 - ② 缺陷의 認識程度: 대부분의 고객이 인식한다.
 - ③ N.V.H: 대단히 크다. 또는 크다.

$P_1=0.8$ 이라 놓으면

$$E_{\min} = \frac{Q}{0.8} = 1.25Q$$

$$W_u = Q \left\{ Q \ln \frac{E_{\max}}{1.25Q - 1} - \left(\frac{0.8 - P_n}{2} \right) \right\}$$

(방침 1) 保證修理費 1.25Q 이 하인 部品은 無缺點品이어야 한다.

(방법 2) $Q_i = \frac{E_{\max+1}}{1.25}$ 일 製品 H_i 는 판매되어서는 안된다.

마) $P > 0.8$ 인 경우(製品의 評價는 불량하다.)

- ① 部品의 機能 : 용납할 수 없다. 또는 불안하다.
 - ② 缺陷의 認識程度 : 전고객이 인식 한다.
 - ③ N.V.H: 용납할 수 없다. 또는 불쾌하다.

$P_1=0.8$ 이라 놓으면

$$E_{\min} = \frac{Q}{0,8} = 1,25Q$$

$$W_u \geq Q \left\{ Q \ln \frac{E_{\max}}{1.25Q-1} - \left(\frac{0.8 - P_u}{2} \right) \right\}$$

(주의) 保證修理費 1.25 Q 이하인 部品이 있으면
保證修理費는 W 보다 커진다.

VII. 結論

保證修理費 推定額의 最大值와 實際保證修理費用을 比較하는 경우 다음과 같이 생각할 수 있다.

가) W 가 實際보다 큰 경우

- ① 낙관적인 경우는 예측보다 양호한 品質의 製品이 販賣되었다고 본다.

② 비판적인 경우는 잠재적인 고객 불만이 있는 것으로 보고 시장화대가 이루어 지지 않으면 고객의 잠소가 유발될 수도 있다.

나) W 가 實際보다 작거나 같은 경우

W 를 초과하였음은推定한 것 보다缺陷사항이 많아 있거나耐久性部品의品質악화가 되었던 것으로 추측된다.

推定하기 위한 샘플의 크기를 增加시키고 耐久性
부품의 品質管理를 強化한다.

또한 가장 經濟的인 Q_e 를 設定하는 方法은 다음과 같다.

부晶 H_a 의品質平均을 \bar{Q}_a 라 하면 식(4)에 의해

$$Q_a = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ai}}{n} \quad \dots \dots \dots \quad (16)$$

부품 H_a 의 保證修理費用推定額은 식(15)를 H_a 의 E_{\min} 및 E_{\max} 에 적용한다.

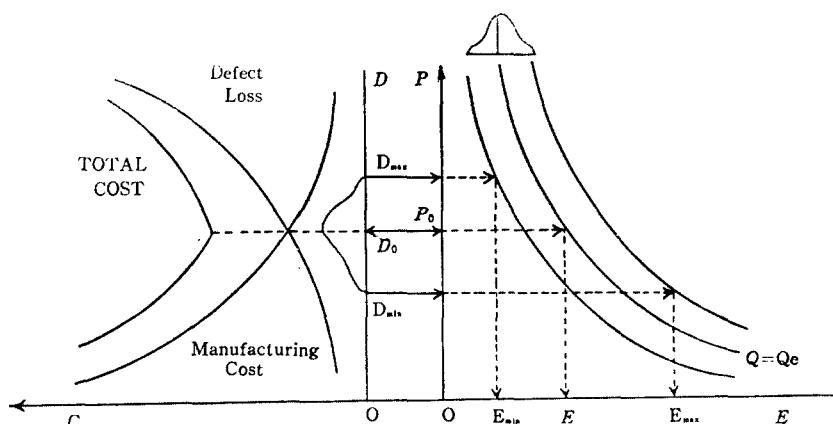


Fig. 3. TOTAL COST for Quality Level

$$W_a = Q_a \left\{ Q_a \ln \frac{E_{\max}}{E_{m:n-1}} - \left(\frac{P_1 - P_n}{2} \right) \right\} \dots \dots \dots (17)$$

한편 部品 H_a 에 투입된 재자비를 M_a 라하면 W_a 는 缺陷으로 인한 損失額이라고 할 수 있으므로

라 할때 그림 3에서 보는 것처럼 T_a 를 최소로 하도록 $M_a + W_a$ 를 調整해야 된다.

그런데 W 는 Q 의 합수이며 Q 는 정규分布를 한
나고 할 수 있으므로目標로 하는 Q 를 Q_0 라고 하면

단, n : 評價한 製品의 數量

σ : 評價對製品的品質標準偏差

K_α : 正規分布表의 값 ($\alpha\%$)

가 되도록 Q 를 Q_c 에서 Q_0 로 변화시키타 할 때 製作費用 및 保證修理費用의 變化액을 각자 ΔM , ΔW 라 하면

이면 Q_0 로 변화시킨다. 이렇게 반복하여

이 되게 하는 Q 의 값이 가장 經濟的인 Q 의 價値 Q_e 이다.

참 고 문 헌

1. W.R.B. Thody: Quality Assurance, Volume2. Number 2 pp.48-52, June, 1976.
 2. W.G.Ireson: Reliability Handbook, McGraw Hill Co, 1966.
 3. N.L.Enrick: Quality Control and Reliability, Industrial Press Inc., 1972.
 4. ASTM: Sensory Evaluation of Appearance of materials, America Society for testing and materials, 1972.
 5. E.G.Kirkpatrick: Quality Control for managers and Engineers, John Wiley and sons, 1970.
 6. B.L.Hansen: Quality Control, Theory and Applications, Prentice-Hall, 1966.
 7. Rating Index of Vehicle Evaluation System FORD Motor Co, 1969.