

또  $\theta$ 가 작을수록,  $Q$ 가 클수록 變速에 의한  $\Delta\beta$ 의 變化는 급격히 커짐을 알 수 있다.

## 5. 結 論

Radar航法을 實施할 때 Plotting에 의하여 相對船의 움직임을 관찰하고 衝突의 위험을 豫期할 수 있을 때 衝突을 豫防하기 위하여 취할 變針, 變速에 있어서는 무엇보다도 義務船인 自己船舶이 취한 動作을 相對船에 明確히 認識시켜야 하므로 變針하거나 變速하거나  $\Delta\beta$ 가 어느 정도 크지 않으면 안된다.  $\Delta\beta$ 가 얼마以上 되어야 하는가는 避航動作을 취하는 時機에 두船舶間의 距離등에 관계가 있으므로 一律적으로 定하기 곤란하기 때문에 變針과 變速의 두가지 경우를 比較하여 考察하면 다음과 같은 事實이 明白하여 진다

- (1) 速力이 느린 船舶일수록 즉 速力比  $Q$ 가 1보다 작은 때일수록 大角度變針이 必要하다. 右舷으로 變針할 때에는 變針에 의한  $\Delta\beta$ 와 減速에 의한  $\Delta\beta$ 가 相加되어 가장 效果的이다.
- (2) 衝突角  $\theta$ 가 클 때 ( $\theta > 90^\circ$ )에는 速力比가 작을수록 減速만 하는 것 보다는 右舷으로 變針하여 避航하는 것이 效果的이다. 그러나 衝突角  $\theta$ 가 작을 때 ( $\theta < 90^\circ$ )에는  $60^\circ$ 以上 變針하는 것 보다는 Slow down以下로 變速하는 것이 效果的인 避航方法이다.

(3) 衝突角  $\theta$ 가 크고 ( $\theta > 90^\circ$ ), 速力比  $Q$ 가 1以下일 때에는 左舷으로 變針하여서는  $\Delta\beta$ 를 크게 할 수 없으며  $\Delta\beta$ 를 크게 하려면 變換角보다 훨씬 큰 大角度 變針이 必要하고  $\theta$ 가 클수록 變換角도 커지므로 그에 따라 變針角을 크게 하여야 한다.

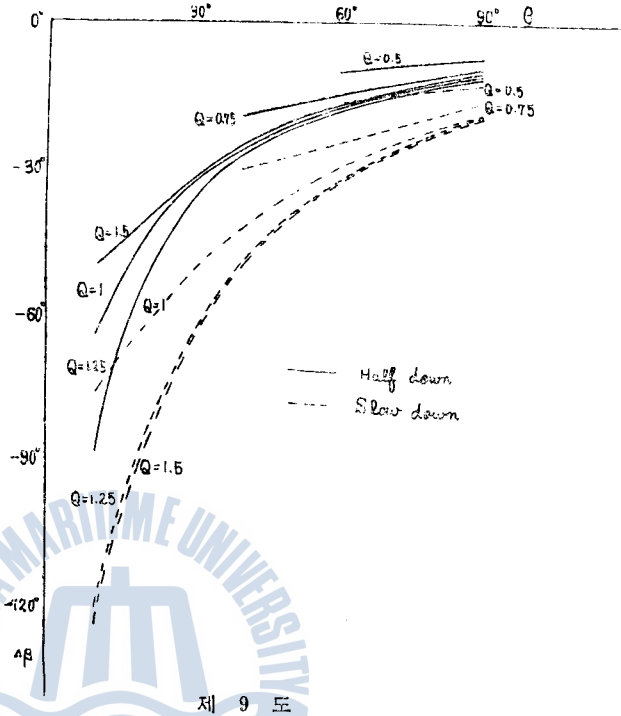
한편 速力比  $Q$ 가 1以上이면 右舷으로 變針하는 것보다 左舷으로 變針하는 것이  $\Delta\beta$ 가 커서 避航效果는 增大한다.

그러나 左舷으로 變針하고 變速도 하면 變針 및 變速에 의한  $\Delta\beta$ 의 符號가 相反되어 Radar plotting에 있어서는 變針 또는 變速만 하는 것보다 오히려 避航效果를 減少시키게 된다.

특히  $\theta$ 가 크고  $Q$ 가 클수록 이와같은 現象은 뚜렷이 나타난다. 이 때에는 左舷으로 비록 大角度變針하였더라도 減速한 때문에 오히려  $\Delta\beta$ 를 작게 하는 結果가 되므로 正確한 判斷없이 左舷變針은 삼가하지 않으면 안된다.

## 6. 參 考 文 獻

1. 松本吉春, 井上篤次郎; 레더-航法에 있어서의 避航措置에 對하여, 日本航海學會誌 第20號 (1958)
2. 松本吉春; 레더-航法에 있어서의 最も 近づく 距離의 變化, 日本航海學會誌 第25號 (1961)
3. 坂 平吾; Davis Newton Lott의 Collision Preventionより, 日本航海誌 第18號 (1963)
4. Robert M. Slack; The Keystone System of Anti-Collision Radar Navigation, Codan Marine Inc.



# 機器의 信賴性에 關하여

金 喜 澈

Reliability of machinery

Kim Hi Choul

## Abstract

Reliability is shown by means of probability, which is the measure of judgment that whether a machine continues to operate or not under the circumstances and condition of its operation during a given period.

This paper intends to define reliability, and present the method of computation and the relationship between maintenance and reliability.

## 〈目 次〉

- |            |              |
|------------|--------------|
| 1. 序 論     | 4. 信賴性的 時間分布 |
| 2. 信賴性的 定義 | 5. 保全과 信賴性   |
| 3. 信賴度的 計算 | 6. 結 論       |

## 1. 序 論

近來 技術革新의 進展에 따라 製品에 對한 要求가 漸次 高度化 및 複雜化 되었으며 製造現場에서는 機械의 故障, 當初의 計劃下의 稼動與否, 性能의 低下의 原因 等を 究明하여야 하며 稼動率 低下가 故障의 原因에 依한 것이면 어떻게 對處할 것인가, 調査 檢討가 必要하게 된다. 信賴性은 이와 같은 問題에 對處하기 위한 技法으로 開發하게 된 것이며 組織的으로 研究하게 이른 것은 第2次 世界大戰中 美軍이 使用하는 諸種 機器가 納入된 時點에서는 規定의 性能이었던 것이 現地에 到着하였을 때는 大半이 故障, 使用不能이란 事實이 頻發하여 그 對策으로 本格的으로 研究하게 된 것이라고 알려졌다.

어떤 製品이 原因은 如何問에 故障으로 어떤 損失이 있었다면 그 程度를 數量化 하므로써 故障의 重要性이 認識하게 되는 것이다. 信賴性에서는 確率을 利用하여 그 尺度를 表現하게 된다. 信賴性 工學에서는 다음의 두 가지를 基礎로 하여 研究되고 있다.

- (1) 製造面에서의 信賴性(固有信賴性)
- (2) 故障인 境遇에 機能을 充分히 回復하기 爲한 保全技術의 開發(使用信賴性)

이와 같은 두가지 事項은 Data의 收集, 統計的 技術的인 解析 等 情報技術의 뒤받침과 有機的인 關係가 있다.

## 2. 信賴性이란

信賴性(Reliability)의 定義는 여러가지 表現方法이 있으나 JISz(品質管理用語)에 있어서는 다음과 같이 表現하고 있다. “信賴性이란 製品의 作動 또는 性能의 時間的 安定性을 나타내는 程度 또는 性質”이 定義로부터 信賴性의 尺度인 信賴度의 定義는 “系(System), 機器 또는 部品이 規定의 條件下에서 意圖하는 期間, 規定의 機能을 適正히 遂行하는 確率” 이라 같이 抽象的인 表現을 確率로서 具體的인 尺度로 明確하게 한 點이 意義가 있다고 할 수 있다. 처음에 말한 바와 같이 信賴性은 固有信賴性和 使用信賴性으로 나누어 생각할 必要가 있다.

固有信賴性이란 “System 나 製品이 規定의 條件下에서 意圖하는 期間, 規定대로 機能을 故障 없이 遂行하는 確率”이고, 使用信賴性 또는 保全의 能力을 나타내는 保全度(Maintainability)는 “System 또는 製品에 故障이 發生한 後 規定의 環境에서 어떤 時間內에 修理가 完了하는 確率” 이다. 以上 信賴性에 關한 定義에서의 思想은 製品의 特性值가 滿足한 狀態에 놓여 있는 時間의 持續의 程度를 重視하고 있다. 즉 品質의 時間的 變化에 傾注한 點에 意義가 있다고 본다.

## 3. 信賴性의 計算

信賴性은 尺度를 確率로서 表現하기 때문에 基礎的인 數理에 對해서 論할 必要가 있으나 이것은 略하고 여기서는 System의 信賴性에 對한 基本的인 計算方法에 對해서만 論하겠다.

어떤 System의 信賴性(確率)  $R_s$ 와 構成要素의 信賴性  $R_1, R_2, R_3, \dots$ 와의 關係를 考察하면 다음 두 가지로 分類된다.

(1) 要素의 어느 하나가 故障이면 그 System의 故障이 된다. (直列系)

圖 1에서 Pipe 中에 Steam을 左에서 右로 흐르는 한 System로 보고 要素  $E_1, E_2, E_3$ 을 Valve라 하면  $E_1, E_2, E_3$ 가 어떤 原因으로 故障이 생겨 Valve가 開口되지 않았다면 Steam의 흐름이 完全 停止하게 되는 것은 分明하다. 이와 같은 直列系의 System의 信賴度(確率)은 다음 式으로 求할 수 있다.

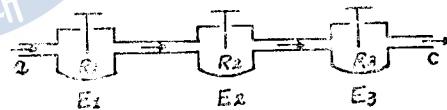


圖 1 直列系

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$$

(2) 要素에는 故障인 境遇에도 그 System에는 故障이 없도록 要素를 並列로 配置한다면가 豫備品을 備置하는 경우

즉 圖 2에서 要素  $E_1$ 에 對해  $E_2$ 가 並列로 設置된 境遇에 Steam의 흐름에 對해서 考察하면 Valve  $E_1$ 이 故障이라면 그 System의 活動은 多少 機能低下는 있을 지 모르나 Valve  $E_2$ 에 依해서 그 機能은 達成하게 된다. 이 System의 機能이 完全 停止하게 되는 것은 Valve  $E_1, E_2$ 가 同時에 故障인 경우이다. 이 System의 信賴度(確率)은 다음 式으로 얻어진다.

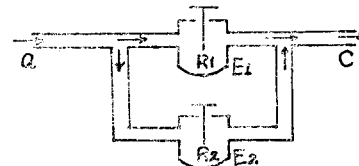


圖 2 並列系

$$R_s = 1 - (\text{全要素가 故障인 確率})$$

$$= 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)$$

이 式에서  $0 \leq R_1, R_2 \leq 1$  이므로

$$R_s \geq 1 - (1 - R_1) = R_1$$

따라서 System의 信賴性은 要素  $E_1$  만의 境遇와 比較하면 높은 信賴性을 가짐을 알 수 있다. 이와 같이 信賴性을 높이기 위해서는 必要 以上の 豫備設計를 考慮하면 되나 反面 Cost가 높게 되기 때문에 設計에 있어서는 考慮하여야 할 點이라고 본다.

例로서 圖 3와 같이 接續된 4個의 Valve A, B, C, D의 故障일 確率을  $p, q, r, s$ 라 할 때 Valve가 故障이면 Steam이 흐르지 않는다고 하고 ac 間에 Steam이 흐르는 信賴度(確率)을 求해 보면 A, B, C, D의 作動에 對해서 System로서의 機能(ac 間 Steam의 흐름) 遂行 與否를 調査한다. Valve의 故障이면 1, 作動이면 0라 하고 表 1과같이 System이 作動(S)하고 있는가, 故障(F)인가를 表와 같이 作成하면 容易하게 信賴度(確率)을 計算할 수 있다.

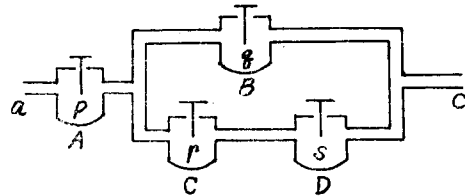


圖 3

確率計算方法으로 5의 경우를 計算하면

$$R_s = (A \text{ 作動確率}) \times (B \text{ 故障確率}) \times (C \text{ 作動確率}) \times (D \text{ 作動確率}) \\ = (1-p) \cdot q \cdot (1-r) \cdot (1-s) \text{ 이다.}$$

信賴度이므로 System이 作動(S)하는 確率을 求하면 1~5의 個個의 確率의 和이므로 表 1의 計와 같다.

	A	B	C	D	S, F	確 率 計 算
1	0	0	0	0	S	$(1-p)(1-q)(1-r)(1-s)$
2	0	0	0	1	S	$(1-p)(1-q)(1-r)s$
3	0	0	1	0	S	$(1-p)(1-q)r(1-s)$
4	0	0	1	1	S	$(1-p)(1-q)rs$
5	0	1	0	0	S	$(1-p)q(1-r)(1-s)$
6	0	1	0	1	F	$(1-p)(1-q)$
7	0	1	1	0	F	$(1-p)q(1-r)(1-s)$
8	0	1	1	1	F	
9	1	0	0	0	F	
10	1	0	0	1	F	
11	1	0	1	0	F	
12	1	0	1	1	F	
13	1	1	0	1	F	
14	1	1	1	0	F	
15	1	1	1	1	F	
計						$(1-p)\{(1-q)+q(1-r)(1-s)\}$

### 4. 信賴性的 時間分布

信賴性工學은 時間的 品質을 問題로 하고 있다. 熱管理의 立場에서 생각해 보면 Boiler 効率의 時間的低下, 計器類의 精度의 時間的低下 其他 經時變化로 因한 品質劣化 등으로 保全에 努力을 傾注하여야 할 것이다. 假令 Steam trap의 例로서 Steam trap의 壽命이 圖 4의 壽命分布 曲線 I, II와 같은 境遇 保全方式은 어떻게 變할 것인가.

I, II의 壽命分布 曲線이 同一平均壽命  $\mu$ 를 取하는 경우에도 I의 曲線이면 Steam trap를 交換한 直後부터 故障이 起할 可能性, 즉 經過時間에는 關係없이 故障이 發生하는 性質을 말하며 II의 曲線은 交換後 어느 時間이 經過하지 않으면 故障이 發生하지 않는 것을 意味한다. 따라서 I의 경우는 事後保全方式을, II의 경우는 豫防保全方式을 採用하여 壽命劣化에 對處하여야 할 것이다. 이와 같이 製品의 時間的 劣化의 狀態에 依해서 對處하여야 할 方法이 全然 다르게 되므로 信賴性工學에 있어서는 이 分布를 調査하여 方法을 決定하게 된다. 信賴性的 時間分布로서는 指數分布, 正規分布 등이 있으나 Weibull이 提案한 다음과같은 分布(Weibull 分布)가 利用되고 있다.

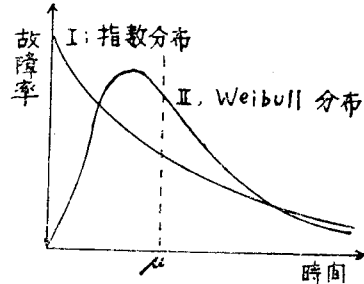


圖 4 壽命分布曲線

$$F(t) = 1 - \exp \left[ - \frac{(t-r)^m}{t_0} \right]$$

이 分布의 特徵은 Parameter  $m$ ,  $t_0$ ,  $r$ 에 依해서 融通性이 있고 各 Parameter는 다음의 뜻을 갖는다.

※  $m$ ; 形의 Parameter

$m=1$  指數分布

$m=2$  對數正規分布

$m=3$  近似正規分布

$t_0$ ; 尺度的 Parameter

$r$ ; 位置의 Parameter

$r \neq 0$  이면 故障이  $t=r$ 부터 始作한다는 뜻. 一般的으로 製品의 代表的 壽命曲線은 圖 6과 같이 된다고 생각되고 있다. 즉 使用開始 直後는 製造의 mis나 機器 相互間의 初期圓滑하지 못한 狀態 或은 不良部品の 混入 등으로 事故가 發生하기 쉽다. (初期不良) 다음에 漸次 不良原因이 除去되어 偶發原因에 依한 劣化 最後에 製品의 固有壽命에 依한 劣化가 이어나게 된다.

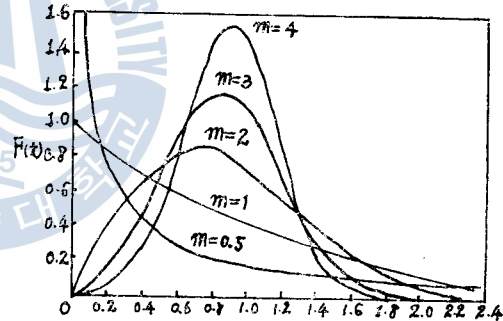


圖 5 m의 값에 依한 分布의 型

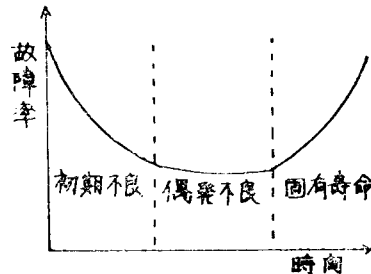


圖 6 壽命曲線

### 5. 保全과 信賴性

實際로 機器를 使用하는 境遇의 信賴性(動作 信賴性)은 固有信賴性和 使用信賴性的 積으로

表現되었고 機器의 固有信賴性이 아무리 높다 하여도 使用面의 管理가 不充分하면 結局은 높은 信賴性을 發揮하지 못한다. 使用信賴性은 保全과 操作에 依해서 決定되는 것이며 特히 操作에 있어서는 人間이 關與하는 것이 大部分이므로 人間과 機械와의 組合關係를 考慮하여 合理的인 設計를 要하게 된다. 一般的으로 固有信賴性을 더욱 높이기 위하여 保全이란 것을 생각할 수 있다. 우리의 日常生活에서 衣服, 家具 等은 各各 適切한 손질을 하므로써 그 壽命이 延長될 可能이 있을 것이다. 마찬가지로 機械, 設備類에 對해서 各各 適切한 保全方法을 擇하므로써 所期의 信賴性을 維持하도록 積極的인 保全活動을 行하는 것이다.

保全方式은 故障이 發生後 修理(事後保全), 故障 發生前 點檢修理(豫防保全)로 區別할 수 있다. 前述한 바와 같이 壽命分布가 指數型이면 故障은 偶發的인 發生이므로 豫防保全은 아무 意味가 없는 것이다. 그래서 豫防保全이 有効한 것은 다음 경우이다.

- (1) 故障의 壽命分布曲線이 大體로 明確하고 時間과 더부러 增加傾向일 때
- (2) Mending에 依해서 故障이 未然防止되든가 또는 實質的인 壽命分布를 變하게 할 수 있을 때이다.

다음에 事後保全과 豫防保全에 依한 取替方法으로는

- 1) 故障났을 때 部品을 個別取替(個別取替, 事後保全)
- 2) 一定時間 作動한 後에 一齊히 取替(一齊取替, 豫防保全)
- 3) 一定時間 經過後에도 故障이 없을 때는 個別로 取替하여 간다. (個別事前取替)

信賴性에서는 保全度를 故障發生後의 能力回復을 하나의 尺度로 하고 있기 때문에 保全은 使用者의 段階에서 始作하는 것이 아니고 이미 設計段階에서부터 始作되어 있는 것이다. 假令 長時間 無故障인 것은 좋으나 故障이 났을 때 그 部分의 配置가 複雜한 關係로 機械를 分解하지 않으면 取扱할 수 없는 位置에 있고 必要 以上の 保全時間이 所要된다면 아무리 固有信賴性은 높아도 그 製品은 保全의 立場에서는 信賴性이 낮은 結果가 된다. 이와 같은 問題를 防止하는 意味에서 하나의 計器에서 생각하면 計器의 機能을 分類 整理하여 機能別로 Unit 化하여 그 組合으로 1臺의 計器을 完成하고 故障이면 豫備의 Unit로 交換하여 計測可能한 狀態로 한다. 즉 固有信賴性과 使用信賴性을 높이므로써 最終的으로 그 計器의 信賴性이 높게 되는 것이다.

## 6. 結 言

以上 簡單히 信賴性에 對해서 記述하였으나 信賴性은 Man, Machine, Material의 3M를 總合하여 System로서 所期의 機能을 發揮할 수 있도록 合理的으로 設計管理하기 위한 工學이라 말할 수 있겠다. 信賴性을 維持하고 向上하기 위해서 固有技術과 管理技術의 不斷한 情報의 交換이 必要하게 되며 性報活動이 없는 限 信賴의 維持 및 向上은 期待할 수 없다.

## 參 考 文 獻

- ① Feller; "An Introduction to Probability Theory and Its Applications"
- ② 日技技連編; 信賴性 Data 解析
- ③ 日本中央熱管理協議會; 熱管理(Vol 18. No. 8. Vol 20. No 7)
- ④ 鹽見 弘; 信賴性工學 入門
- ⑤ 日本船用機關學會誌; (Vol 2, No. 4)