〈研究論文〉

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol.2 No.2 December 1983

人間－機械시스템의 評価에 관한 研究

－ 誤謬를 利用한 整合性 評価 －

A Study on Man-Machine System Evaluation

李相道†, 鄭重喜†, 李東春††

Abstract

In designing a man-machine system(machines, work surfaces, work places, etc.), human's internal and external characteristics should be considered. But the resulting system may not be perfect, and many idiosyncratic and situational errors occur while operating.

The entropy model with the limited data is known as a useful method to verify the internal system status.

This paper shows a quantitative method to describe the system compatability between man and machine by entropy model and error data.

I. 序 論

人間－機械시스템에서의 機械設計에 있어서, 人間의 精神的, 肉体的 特性을 얼마나 잘 受容하고 있는가, 또는 人間과 機械가 相互 얼마나 調和되고 있는가를 計量的으로 把握할 수 있다면, 시스템의 設計, 改善, 또는 相互比較 等에 있어서 有用한 尺度가 될 수 있을 것이다.

시스템의 主構成要素인 人間과 機械間의 不整合은, 人間으로 하여금 여러가지 形態의 誤謬(error)를 誘發케 하여, 시스템의 有効性(effectiveness)을 低下시키는 要因이 된다. 人間과 機械間의 不整合의 程度가 심할 수록 誤謬를 빚을 確率은 잦다고 볼 수 있다.

本 研究에서는 既存시스템의 運用 結果로부터 蒐集될 수 있는 誤謬를 利用하여 그 시스템의 人間과 機械間의 整合性(compatability)을 評價하는 한 方法을 提示하고자 한다.

II. 誤謬와 情報伝達

2.1 誤謬의 発生 및 分類

시스템 内에서의 人間이 저지르는 誤謬에 대하여는 1970年代 初, 美國에서 實施된 原子力發電危險性評價(Rasmussen 報告書)를 기점으로하여 많은 研究가 되고 있다.

시스템内에서의 人間의 誤謬를 어떻게 定義하고 區分하느냐 하는 點에 대하여는 많은 意見이 있으나, Meister와 Swain의 說이 가장 一般的

† 東亞大學校 工科大學 工業經營學科
†† 東亞大學校 大學院 博士課程

이다.

Meister[1] 는 人間의 誤謬란 「要求되는 performance 로부터의 偏差(deviation)」라고 定義하고, 이는 機器를 操作, 補修할 때 만이 아니고 機器를 開發하는 段階에서도 일어난다고 하였다. 그는 또 操作이나 補修上의 誤謬의 대부분은 시스템의 設計 잘못에 기인하며, 시스템 開發 時에 人間工學的 配慮를 충분히 하여 人的 誤謬對策을 重視할 것을 提示하고 있다.

한편, Swain[2] 은 人間의 誤謬에 대하여「受容可能한 어떤 限界를 벗어난 一連의 人間行動」이라고 定義하고, performance의 許容限界가 시스템에 대하여 정의되는 경우에는, 誤謬란 단순히 「許容되는 行爲를 벗어난 짓(out-of-tolerance action)이라고 定義」하였다.

이러한 誤謬의 發生 原因은 크게 나누어 作業狀況(work situation)의 設計잘못에서 비롯되는 狀況的 誤謬(situation-caused error)와 오퍼레이타의 人間的 要因이 一次的 原因이 되는 人爲的 誤謬(human-caused error/idiosyncratic factor error)로 구분할 수 있다. 前者는 裝置나 機械에의 人間工學的 配慮의 不足, 環境條件이나 作業空間의 不備, 作業條件의 不適, 運轉이나 保全에 心要한 技術的인 데이타의 不適切等 시스템의 不適合에 따른 諸般 誤謬를 포함하며, 後者는 오퍼레이타 個人의 能力이나 訓練不足, 모티베이션의 부족에서 비롯된 誤謬들을 말한다.

이러한 두 가지 原因에 의하여 發生된 誤謬를 形에 따라, 또는 情報處理의 視點에 따라 分類하면 다음과 같다[3].

(1) Swain의 分類(誤謬의 形을 結果로부터 分類)

① 看過(omission error)
必要한 課業이나 節次를 行하지 않은 誤謬

② 蹉跌(commission error)
必要한 課業이나 節次를 잘못 行한 誤謬

③ 쓸데 없는 짓(extraneous act)
해서는 안될 不必要한 일이나 行動을 한 誤謬

④ 順序 上의 誤謬(sequential error)
課業遂行의 順序를 잘못한 誤謬

⑤ 時間的 誤謬(time error)
所定의 時間보다 더 빨리 또는 더 늦게 遂行했기 때문에 생긴 誤謬

(2) 橋本의 分類(情報處理面에서 본 誤謬)

① 認知·確認 上의 誤謬
外部의 情報를 받아들여 感覺中樞에서 認知할 때까지의 過程에서 일어난 誤謬

② 判斷·記憶의 誤謬
狀況을 判斷, 對應的인 行動을 意思決定하여 運動中樞로부터 指令을 보낼 때까지의 大腦過程에서의 誤謬

③ 動作·操作 上의 誤謬
運動中樞로부터 對應動作이 指令되었으나 動作 發現의 途中에서 操作을 잘못한 誤謬

한편, 人間－機械시스템에서의 人間과 機械間의 機能關係를 하나의 圖式모델로 表現하면 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다. 시스템 內에서의 오퍼레이타는 機械를 利用하여 所定의 職務를 遂行함에 있어서 兩者間에 적절한 均衡(trade-off)을 維持할 수 있어야 하며, 그 사이에 不整合이 생기면 그것이 原因이 되어 誤謬를 범할 수 있는 潛在力(potentiality)이 顯現된다고 볼 수 있다. 따라서 시스템의 設計에 있어서 人間工學的 要素를 考慮한다는 것은 어떤 의미에서 보면 그러한 誤謬發生潛在力이 發現되지 않도록 함에 있다고도 할 수 있을 것이다.

한편, 人間－機械시스템에서 誘發된 誤謬는 Table 1 및 Fig. 2와 같이 구분할 수도 있다.

2.2 情報伝達과 誤謬

人間－機械시스템에서는 Fig.1에서 보는 바와 같이 人間과 機械間에 直接 또는 間接的으로 항상 情報의 授受가 이루어진다. 人間은 주로 機器의 表示裝置(display)로부터 시스템의 狀態를 알리는 情報를 읽어들여 判斷하고, 制御, 監視한다. 人間과 機械間에 이러한 情報의 授受가 圓滑치 못하거나 斷切되면 各種 誤謬를 發生한다거나 安全事故의 原因이 된다. Swain의 分類에 의한 誤謬들이나 橋本에 의하여 分類되고 있는 誤謬도 모두가 情報의 斷切, 情報의 非圓滑

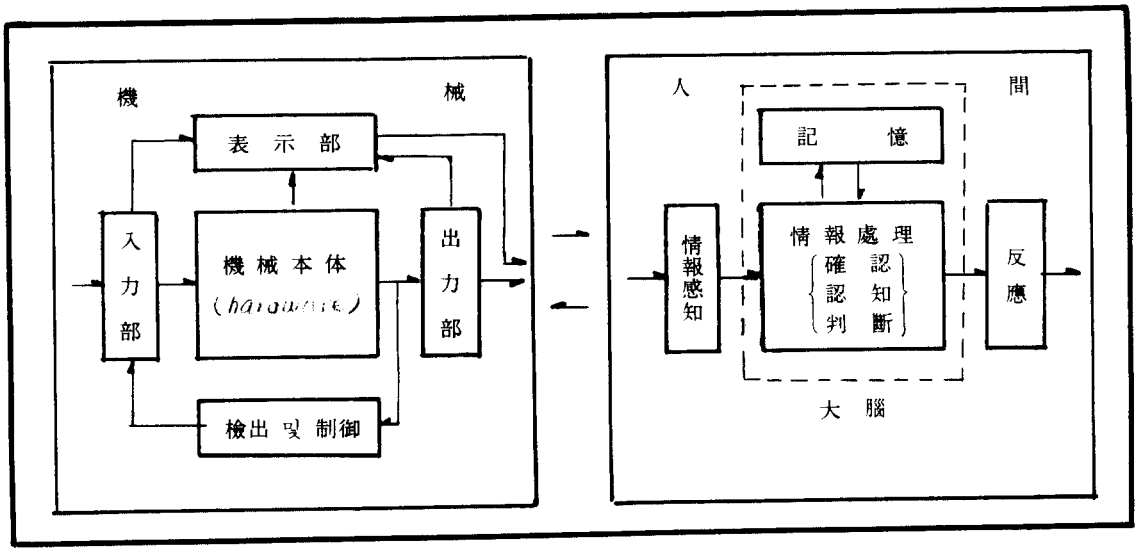
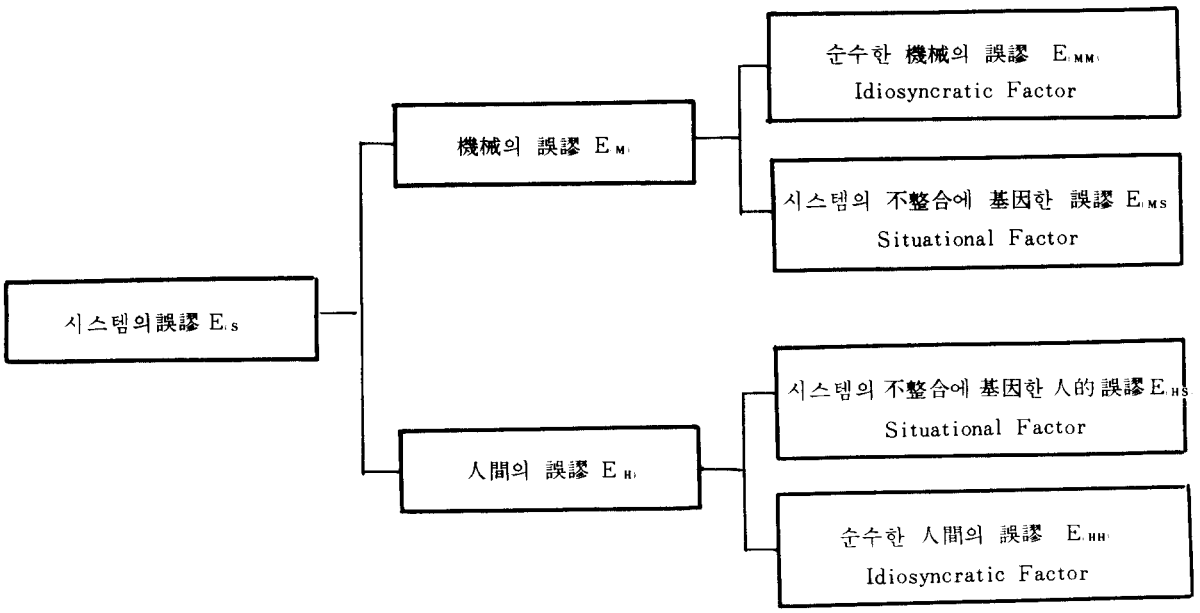


Fig. 1. A Functional Model of Man-Machine System

Table 1. Partition of Man-Machine System Errors



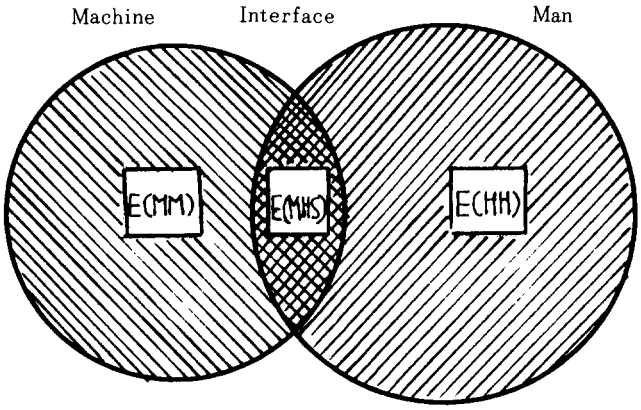


Fig. 2 Set Representation of Man-Machine System Errors

한 흐름 내지는 不正確한 情報의 흐름에서 그 原因을 찾을 수 있다.

따라서 人間－機械시스템의 設計는 人間과 機械間에 正確하고 圓滑한 情報疏通이 될 수 있도록 되어야 한다.

III. 시스템의 評価

3.1 情報量과 엔트로피 모델

人間－機械시스템에서 人間과 機械間의 不完全한 整合은 시스템 內에서의 情報傳達을 沮害하는 外部的 要素로 作用한다. 다시 말해서 整合이 잘 되어 있을수록 傳達되는 有効情報量은 많아지게 된다. 情報量이란 본래 어떤 確準變數를 x라 하고 그의 確準密度函數(pdf)를 f(x) 라 할 때

$$\begin{cases} I=\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\log f(x)\,dx & -(1) \\ \quad -\infty<x<\infty \end{cases}$$

로 定義된다[4].

또한 엔트로피(entropy)모델은 주로 限定된 데이타로서 시스템의 內部 構造를 明確히 하는데 쓰이는 手法으로서, 다음과 같이 나타내어진다[5,6,7].

$$\begin{cases} H=-\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i & -(2) \\ s.t\ \sum_{i=1}^{n} p_i=1 \end{cases}$$

式(2)에서 H의 單位는 [bit]이며, Pi는 事象의 發生 確率을 나타낸다. 式(1)과 (2)는 各各 連續變數와 離散變數를 取할 뿐 그 表現 方法이 같음을 알 수 있다. 이는 情報量과 엔트로피와의 關係를 說明해 주고 있는 것이다.

3.2 誤謬를 利用한 시스템의 評価모델

人間과 機械間의 不整合이 誤謬 發生의 原因이 되고, 이러한 誤謬는 情報傳達 上의 瑕疵에서 비롯된다고 보면 式(2)와 같은 엔트로피 모델을 利用하여 人間－機械시스템에서의 人間과 機械間의 整合의 程度를 평가할 수 있게 된다. 앞의 Table 1은 다음 Fig. 3과 같은 形態로 나타 낼 수 있다. Fig. 3에서는 다음과 같은 關係를 前提하고 있다.

$$\left.\begin{array}{l} P_{(S)}=P_{(H)}+P_{(M)}=1 \\ P_{(HH)}+P_{(HS)}=1 \\ P_{(MM)}+P_{(MS)}=1 \\ E_{(H)}=E_{(HH)}+E_{(HS)} \\ E_{(M)}=E_{(MM)}+E_{(MS)} \\ 0\leqq P_{(\cdot)}\leqq 1 \end{array}\right\} \quad (3)$$

시스템의 不整合에 따른 誤謬는 點線部分, 즉 $P_{(HS)}$와 $P_{(MS)}$이므로 이들에 의한 시스템의 엔트로피를 $H_{(S)}\{P_{(HS)}, P_{(MS)}\}$ 라 두면

$$H_{(S)}\{P_{(HS)}, P_{(MS)}\}=-[P_{(H)}\cdot P_{(HS)}\cdot \log_2\{P_{(H)}\cdot P_{(HS)}\} + P_{(M)}\cdot P_{(MS)}\cdot \log_2\{P_{(M)}\cdot {}_{(MS)}\}] \quad (4)$$

가 된다. 여기서 $P_{(H)}\cdot P_{(HS)}$와 $P_{(M)}\cdot P_{(MS)}$는 각각

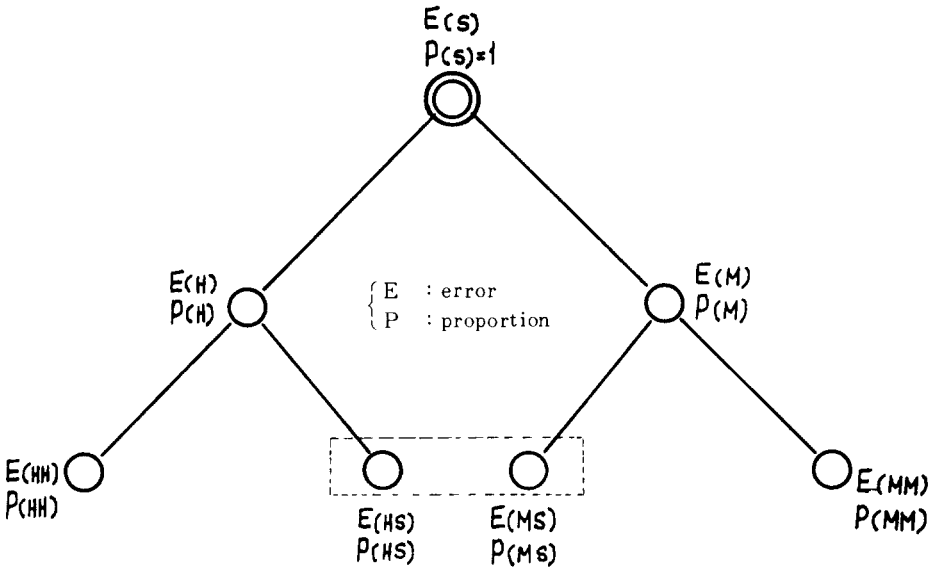


Fig. 3. Error Partition and the Proportion

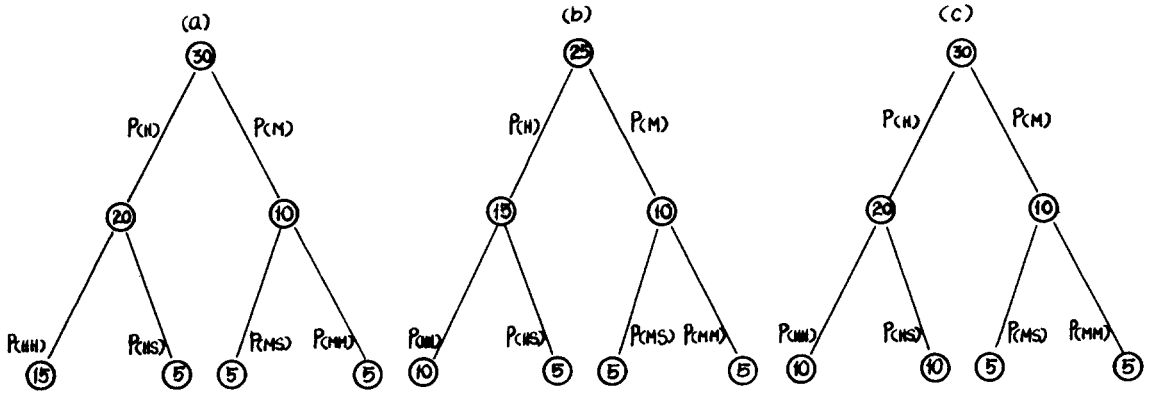


Fig. 4. Comparison of system Compatability among a, b, c

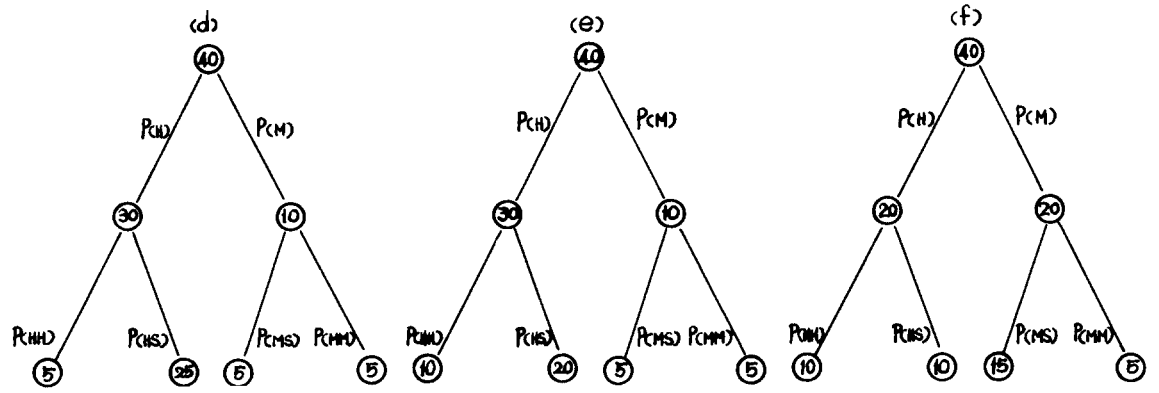


Fig. 5. Comparison of system Compatability among d, e, f

人間과 機械의 誤謬 中 시스템의 不整合에서 비롯되는 誤謬의 全体 誤謬에 대한 比를 뜻한다. 따라서 式(4)에 의하여 情報傳達의 側面에서 人間－機械시스템의 整合性을 評價할 수 있다.

Ⅳ. 事例및 考察

$P_i \log_2 P_i$는 $P_i = 0.370$일 때 最大値 0.530729를 가진다. 즉 P_i가 $0 \leqq P_i \leqq 0.370$에서는 $H_{(S)}$는 增加函數가 되고 그 外의 域에서는 減少한다. 따라서 式(4)에서는 $P_{(H)} \cdot P_{HS)}$ 나 $P_{(M)} \cdot P_{(MS)}$의 값이 모두 0.370이하 일 때는 $H_{S)}$의 값이 작을수록 優秀한 整合을 나타내며 그 反對일 때는 $H_{(S)}$의 값이 클수록 좋은 整合이 된다. 誤謬의 發生 現況이 Fig.4와 같은 例에서는 a, b, c의 順으로 좋은 整合이 되고, Fig.5와 같은 경우에는 d, e, f의 順으로 나쁜 整合이 됨을 보여 주고 있다.

Ⅴ. 結 論

人間－機械시스템 內에서의 人間과 機械間의 不整合은 情報傳達의 非圓滑을 惹起하고, 그것은 또 誤謬發生의 原因이 된다는 仮定 下에 시스템의 運用 結果로부터 얻어지는 誤謬를 分類하여 엔트로피 모델을 利用, 시스템의 整合性을 評價하는 方法에 대하여 論하였다.

式(4) 또는 그와 같은 形態의 모델을 利用하면 人間과 機械間의 抽象的인 整合의 程度를 [bit] 單位로 表示 可能하게 된다.

이러한 것은 人間工學的 側面에서 시스템의 相互比較를 計量的인 값으로 表現 可能케하여, 시스템의 設計, 改善및 評價에 도움이 되리라 생각된다.

参 考 文 献

(1) Meister D., *Human Factors-Theory and Practice*, Wiley & Sons, Inc, 1971. p. 21.

(2) 橋本邦衛, "ヒューマンエラーと安全設計", 日本人間工學會, Vol. 17, No. 4, Aug. 1981, p. 146

(3) 橋本邦衛, 前揭稿, pp. 150～151.

(4) 中山伊知郎, "統計學辭典", 日本東洋經濟新報社, 1969, P. 516.

(5) 森口繁一(譯), "システムユ學" 日科技連, 1972, P. 525.

(6) 國決清典, "エントロピーモデル", 日科技連, 1975, P. 11.

(7) Van Cott H. P. & R. G. Kinkade, *Human Engineering Guide to Equipment Design*, American Institute for Research, Washington D. C, 1972, p. 27.