

意志決定의 問題

(Problems in Decision Making Process)

高 丙 俊

韓國原子力研究所 電子機器室長

序 論

最近 行動科學, 心理學, 經濟學 等の 分野에서 意志決定의 研究가 한창 盛行되고 있다. 이것은 大規模의 system을 對象으로 하는 system 工學에서도 取扱될 수 있다. 外國에서는 이미 이에 對한 많은 成果가 報告되고 있다. 물론 이 分野는 歷史가 짧고 많은 問題點을 안고 있지만 人間-機械系로서의 技術開發에 有力한 方法論을 提供할 것으로 생각 하므로, 本稿에서는 日本의 寺野寺郎씨가 쓴 意志決定에 對하여 說明하고 이것의 plant制御應用에 對하여 記述하고자 한다.

1. 工學에서의 意志決定

意志決定이라 함은 元來 政策의 決定者가 自己의 經驗과 思考를 基盤으로하여 施策의 方向을 決定하는 것으로서 學問과는 無關한 것으로 알려져 왔다. 따라서 지금부터 10年前에는 이와 같은 것은 工學分野에서 問題의 對象이 되지 않았었다. 그러나 工學의 對象이 複雜해지고 同時에 社會에 미치는 영향이 深刻해짐에 따라 技術者도 自己의 專門分野만의 좁은 生覺에서 벗어나 보다 넓은 觀點에서 事物을 判斷하지 않으면 안되는 경우가 많아지고 있다. 즉 새로운 機械 및 裝置를 開發 또는 設計할 경우 以前에는 仕様書가 이미 주어지고 그 仕様書에 依해 技術者는 開發 또는 設計를 하게되고 그것으로서 일은 끝나는 것이었다. 例를 들면 材質은 어떤 것을 써야 하는가 하는 것 등을 決定하는 意志決定의

問題가 있으나 이것은 比較的 簡單하고 客觀的인 評價를 통해서 쉽게 決定할 수 있으며, 여기에 몇개의 試案中 어느 것을 選定해야하느냐 하는 問題가 없는 것은 아니다. 따라서 現代 system 工學에서는 仕様書를 만드는 것 自體가 技術者의 重要한 일로 되어 있다. 技術者는 資源, 環境 等の 社會問題로 부터 cost, 競爭企業 등의 經濟問題, 安全性能 等の 여러 技術問題 등을 考慮해서 目標를 設定하고 仕様을 決定하지 않으면 안된다.

이것은 純技術問題에 比하여 훨씬 複雜하고 막연한 것으로서 그 答도 결코 唯一하지는 않다 따라서 이 중에서 어느 것을 實行에 옮길 것인가를 決定하는 것이 意志決定이다.

또 plant等이 完成되어 稼動이 始作되면 이번에는 運轉面에서 意志決定問題가 생긴다. 現在의 plant는 大部分 自動化되어 있지만 管理와 異常事故時의 處理는 人間에게 맡겨져 있다. 運

轉者が長時間에 걸쳐서 運轉條件을 決定하고 또 異常狀態에 좀더 빨리 防護對策을 取하는 것도 역시 意志決定의 問題인 것이다. 이와같이 運轉者が 決定하는 問題는 從來 設計者와 製作者 側에 依해서 진지하게 研究된적이 別로 없지만 plant가 人間과 協力하여 일하는 人間-機械系라는 것을 認識한다면 運轉者의 決定問題는 더욱 깊게 研究되어야 할 것이다.

人間の 意志決定能力은 아주 優秀한 것이지만 經驗만에 依해서는 잘못을 일으키는 危險도 많다. 따라서 意志決定의 手段으로서 먼저 複雜한 問題를 整理하여 決定者에게 有効한 決定을 시키기 위한 情報를 提供하고 있다. 그러나 意志決定은 人間이 大腦機能中에서도 더욱 高度의 機能이며 이것을 돕는 hard나 soft ware을 만드는 것은 容易한 것이 아니다. 意志決定의 過程은 認識, 評價, 決定의 3段階로 이루어지나 그 어느 것이나 困難한 問題를 內包하고 있다.

認識의 段階에서는 複雜한 狀況中에서 眞의 問題點만을 縮少시켜 선정할 필요가 있지만 이것은 一種의 創造이기 때문에 手法을 一般化하기가 어려운 것은 當然하다. 評價의 段階에서는 대단히 多面的인 評價觀點을 어떻게 하여 綜合化하면 좋은가, 計器에서는 計測되도록 感量의 量을 어떻게 하여 定量的으로 求하는가 등과 같은 複雜한 問題가 存在한다. 人間은 이와같은 어려운 問題을 無意識中에 解決하여 그것을 客觀化하는것이 그리 容易하지 않다. 가령 定量的인 評價가 될 경우에도 그것은 곧바로 決定으로

*連結되지 않는다. 例를 들면 2人以上の 關係者가 있어서 各各의 評價가 다를 경우와 制約條件이 加해지는 경우에는 最適化 外에 妥協의 問題가 決定段階에서 생긴다.

以上과 같은 어려운 問題는 많지만 意志決定方法은 最近 行動科學, 心理學, 經濟學 等の 各分野에서 활발히 研究되고 있으며 工學에서도 널리 應用될 것으로 생각된다.

2. 意志決定法의 種類

(1) 問題設定의 方法

意志決定에 있어서 뿐만 아니라 複雜한 system을 取扱할 경우에 있어서 最初로 해야할 일은 問題를 設定하는 일이다. 여기에는 system工學을 위한方法, 創造工學을 위한方法, 그리고 technology-accessment方法 等으로 되어 있지만 이미 이들에 對한 解說이 많이 發刊되어 이에 대해서는 論하지 않겠다. 그러나 最初에는 問題도 目標도 모두 뚜렷하지 않기 때문에 이것을 明確히 하여야 된다. 이 進行方法에는 두가지 方法이 있다. 하나는 現象의 data를 蒐集하여 그것을 客觀적으로 分析하여 問題를 求하는 것이며 또 다른 하나는 決定문제의 構造를 理論的 頭腦로 組立해 나가는 方法이다. 前者의 例로서는 大衆運動의 發展 model이 있고 後者の 例로서는 Relation tree와 Decision Tree가 있어 이들에 대해서 說明하겠다.

Jopling등은 美國에 있어서 原子力 plant建設

表 1. 大衆抵抗의 7段階

段 階	I	II	III	IV	V	VI	VII
記 述	一般公開	專門家의 質 問	情報流通	市民의 組織化	技術的 意見不一致	妥協이 없는 分 爭	法廷對決
時 間	數 個 月	數 日	數 個 月	1~2個月	數 個 月	1年以上	制限없음

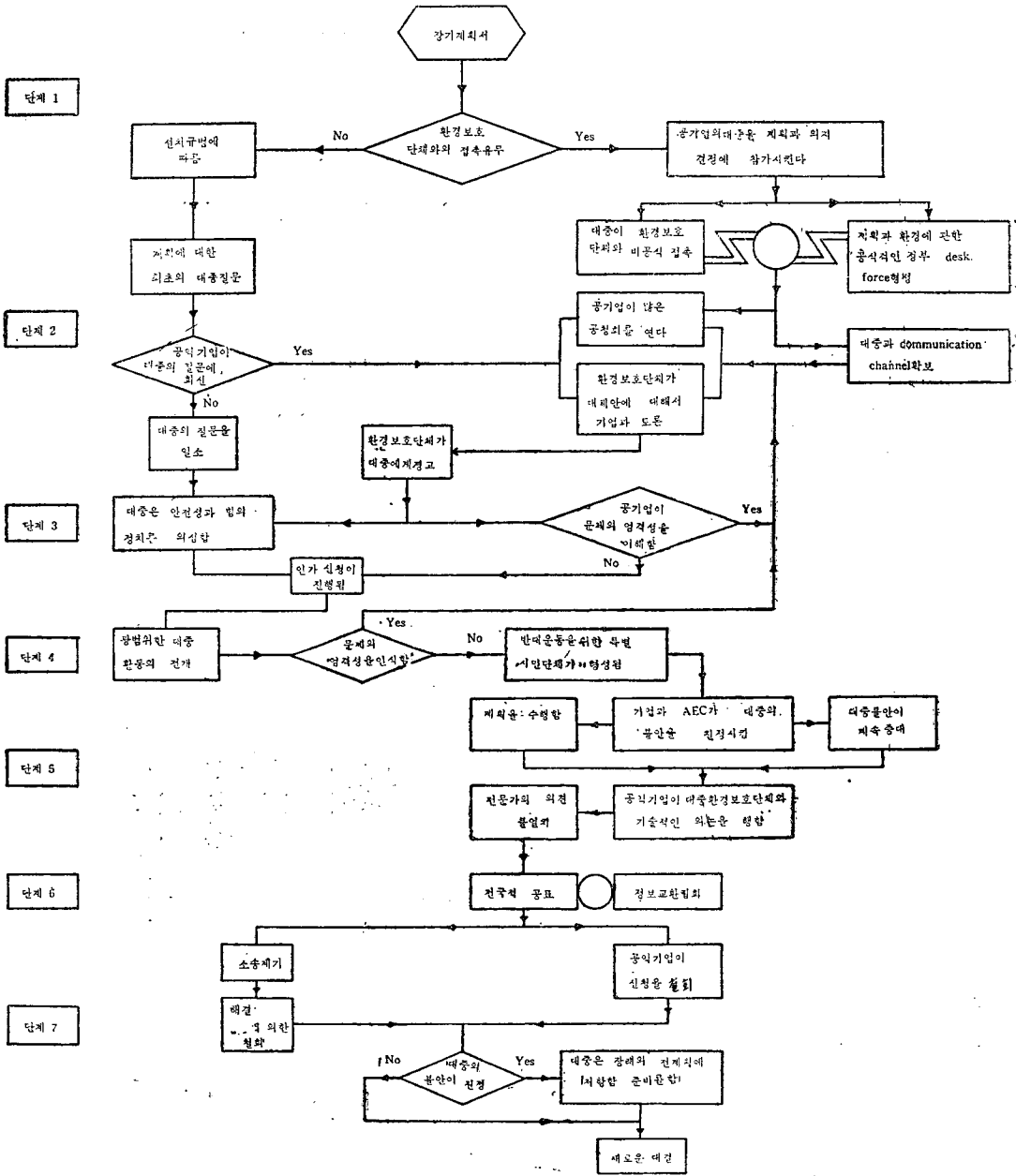


그림 1. 대중 저항의 發達 block 線圖

을 例로 들어 新技術에 對한 大衆의 抵抗發達過程을 分析하였다. 이 過程을 表1과 같이 7개의 段階로 나누었다. 第一段階은 計劃이 發表될 때부터 始作하지만 當分간은 關心을 갖지 않는다. 第二段階는 專門家로부터 質問이 나오지만 이에 對한 會社側의 回答에 不滿을 품은 專門家가 大衆에게 P.R을 始作한다. 第4段階에서는 大衆의 不安이 急速히 增大한다. 第5단계에서는 大衆側과 建設側의 專門家와의 사이에 討論이 行하여 지지만 大衆側은 不安을 鎮壓하려고 하는 議論에는 一切 귀를 기울이지 않는다. 第6段階에서는 反對運動이 격렬히 일어나고 建設側의 對策은 전혀 效果를 見지 못한다. 第7段階는 訴訟이 成立하고 그 結果 어느쪽이 勝訴하던 간에 對立은 남기 마련이다. 이것을 block線圖로 表示하면 그림 1과 같다. 이와 같은 分析은

問題의 所在를 明確히 하고 冷靜한 解決을 찾는 데 도움이 될 것이다.

다음은 Relation Tree에 對해서 說明하겠다. 이것은 어느 目的을 達成하기 爲한 많은 方法中에서 어느 것을 選定해야 할 것인가 하는 問題를 合理的으로 하는 方法이다. 먼저 問題를 設定하고 project의 目的, 範圍, 制約條件, 評價基準 等を 明白히 한 다음, 對案을 level로 나누어 各 level마다 實行可能한 代替項目을 만든다. 下位의 項目을 上位 level項目의 subsystem으로 본다면 表 2의 中央과 같이 세 graph로서 相互關係를 表示할 수 있다. 表 2는 宇宙開發이라는 project의 Relation Tree의 一部分을 나타낸 것이다. 上位의 level에는 目標, 分野, 課業 등의 概念的인 項目이 있고, 下位 level에는 system의 機能構成, 技術的困難等의 實際的인

表 2. Relation Tree의 例

Level(項目數)	主 要 項 目	評價基準	決定者
國家目的(1)	軍 事 科 學 的 優 位		
國家間競爭樣式(3)		國家存統威	Top
競爭形態(8)		兵力構成	
使命(46)		費用/有効度	
system概念(161)		要求事項	Middle
機能의 subsystem(425)		科學技術	
sub-system의 構成(840)		可能性力	技術 group
技術的問題點(1987)		Risk 能力改善 優位性條件	

項目이 있다. 意志決定者는 먼저 右側의 評價基準에 對하여 主觀的인 重要度를 決定한다. 다음에 各 level의 項目에 對하여 各 評價觀點으로부터 相對的 評價를 行한다. 이 評價值에 評價

基準의 重要度를 곱해서 그합을 求하면 level內에서의 相對評價가 決定된다. 그 값을 tree의 pass에 따라 最上位까지 乘하면 그 項目의 全體에서 본 評價値가 求해진다.

評價結果는 勿論 興味가 깊지만 Relation Tree를 만드는 자체가 이미 意志決定問題의 構造를 認識한다는 것이며 問題把握에 有効하다. 같은 意志決定의 方法이지만 對案을 實施한 結果가 明白하지 않을 경우에는 그 위험을 고려한 決定分析이라는 것이 있다. 즉 이것은 土木工事を 施工할 때 地盤의 構造를 豫測한다든가, 새로운 空港開設에 있어서 交通量을 豫測하여 新交通機關을 開設한다 든가 하는 實際의인 問題에 많이 應用되고 있다. 이것은 그림 2에 表示된 것과 같이 여러 決定의 代替案과 그 結果로 發生하는 狀態와를 tree-graph에 그려 未知의 위험에 對한 發生確率을 決定者가 主觀的으로 決定한다. 이것을 主觀確率이라 부르며 普通의 確率과는 달리 無限히 많은 試行을 前提로 하지 않는다.

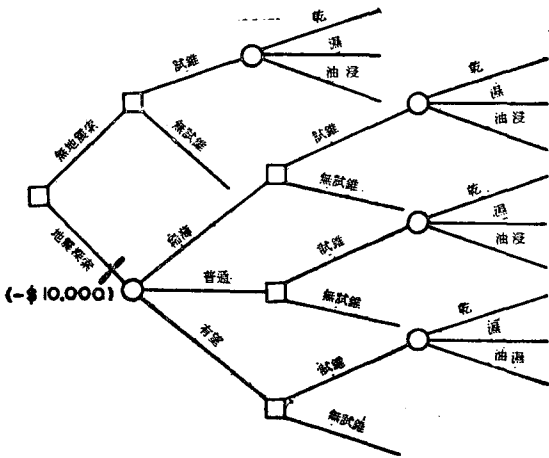


그림 2. 石油試掘問題의 Decision Tree

한편 各狀態에 對하여 主觀的인 價値를 表示하는 效用函數 (그림 3 參考)을 實測해 놓는다. 兩者에 따라 各代替案에 對한 期待效用이 決定

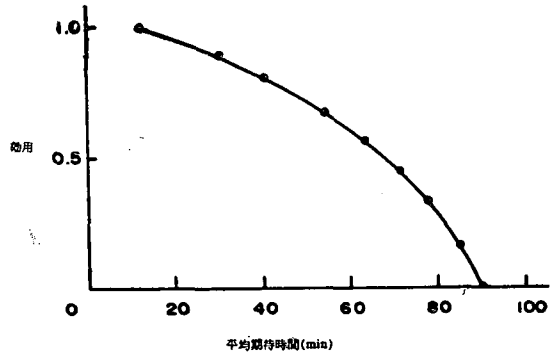


그림 3. 效用函數의 例

되고 그 最大의 것을 選定하면 된다. 이와같이 Decision Tree를 만드는 것이 바로 意志決定問題의 가장 重要하면서도 어려운 點이다.

(2) 價値의 數量化

앞에서 言及한 바와 같이 價値는 각 개인마다 다른 것이 普通이며, 그 數量化와 客觀化는 아주 어렵다.

味, 香, 등은 物理的인 尺度가 없어 測定하기 困難하지만 많은 被試驗者에게 試料를 判定시켜 그 結果를 統計的으로 處理하는 것에 따라 數値와 對應시키는 것이 可能하다. 이 방법은 感覺機官檢査라 하며 商品에 對한 消費者의 好感을 測定하는 尺度에 잘 쓰이고 있다. 다만 數量化된 結果가 對象의 客觀的인 性質을 올바르게 표시하고 있는가, 또는 그것과 被試驗者 自身의 特性을 表示한 것인가를 충분히 檢討할 필요가 있다.

이와같은 實驗을 반복하면 여러가지 矛盾된 結果가 나온다. 예를 들면 A,B,C의 세개의 代替案이 있을 경우 두개씩 選定하여 比較하면 A는 B보다 B는 C보다 나은 데도 不拘하고 A와 C를 比較하면 C쪽이 A보다 낫다는 경우가

생긴다. 이것을 心理學에 있어서는 評價函數가 多次元의 vector인것으로서, 보는 觀點에 따라 다르다고 說明되었다. 이것은 評價函數의 觀點이 두개 이상 있다는 意味인 것이다.

그림 4는 이것을 표시한 것으로서, x^1 의 座標를 보면 A,B,C의 順序이지만 A와 C의 比較를 x^2 의 座標上에서 比較하면 C,A의 順序로 되는 것을 알 수 있다. 次元이 決定되면 各座標軸의 눈금은 上記의 統計的方法에 따라 구할 수 있다. 이것을 多次元尺度構成法이라 부르며 行動科學의 分野에서 實驗的인 研究가 계속되고 있다.

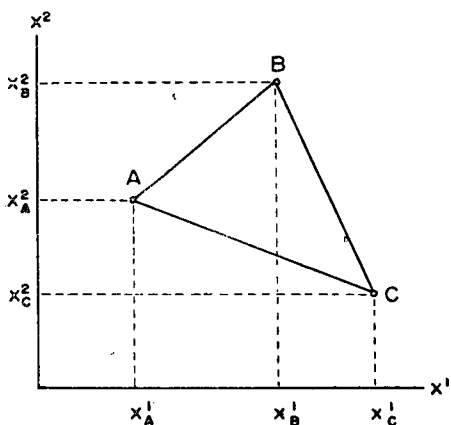


그림 4. 矛盾있는 選好

評價를 意志決定에 利用하기 위해서는 評價函數가 vector로서는 불편하므로 이것을 scalar化하는 것이 필요하다. 보통 一般的인 scalar化의 方法은 各座標로 부터 본 評價를 線形結合하는 것이다. (그림 5) 그외에 좀더 거시적인 綜合評價로서 적분방법이 있지만 어느 것이나 人間은 scalar化하여 意志決定을 하고 있는 것으로 본다.

어떠한 條件이라도 이와 같은 線形結合에 의한 綜合評價가 可能하다든가 또는 더욱 基本的인 문제로 거슬러 올라가서 어떠한 條件下에서도

$$f = \omega_1 f_1 + \omega_2 f_2 + \omega_3 f_3 + \omega_4 f_4 + \omega_5 f_5$$

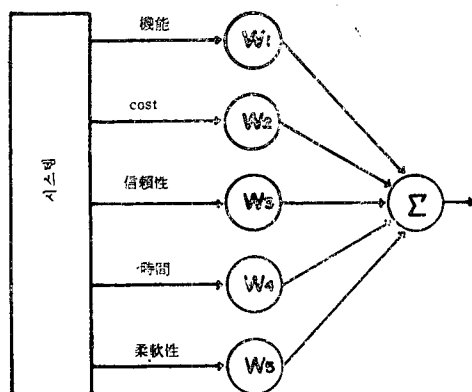


그림 5. 線形綜合評價例

評價의 數量化가 可能한가를 數學的으로 嚴密히 追求하는 學問이 行動科學의 分野에서 研究되어 왔다. 이와 같은 評價의 基本的인 問題를 알아둔다는 것은 多數人 意志決定의 限界등을 찾기에 必要한 것이다.

(3) 多數人 意志決定

이제까지의 決定方法에서 決定者는 단 1人 (또는 完全히 意見一致한 group)의 경우만을 말하여 왔다. 그러나 社會의 問題로서는 다른 評價를 갖는 몇가지 graph 相互間에 意志決定을 하지 않으면 안될 境遇가 普通이다. 이와같은 경우 決定問題는 다음과 같다.

우선 서로 對立하고 있는 두개의 評價觀點을 갖고 있는 多次元決定問題(決定者 1人)을 생각해 보자, 두개의 觀點을 座標軸에 取하여 實行 가능한 여러가지 政策의 存在範圍를 圖示하면 一般的으로 그림 6과 같이 凸領域이 얻어진다. 이것은 客觀的으로 固定된 것이다. 한편 綜合評價를 線形結合으로 表示하면 評價值一定의 領域은 傾斜一定의 直線群(이것을 無差別曲線이라

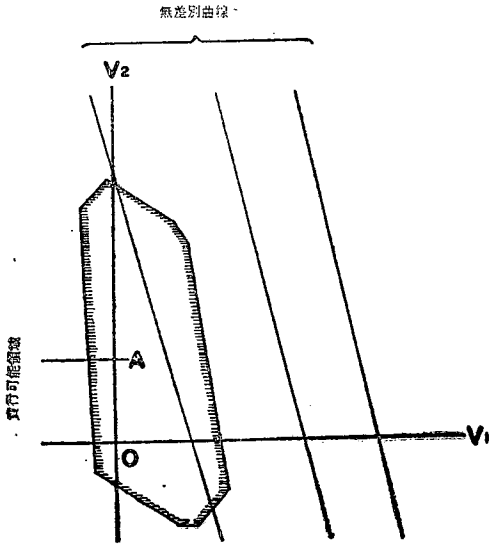


그림 6. 客觀과 主觀의 分離

함)으로 表示된다.

두개의 觀點이 중복된 것은 決定者의 主觀에 따라 決定되지만 이것이 變化해도 無差別曲線의 傾斜가 變化하기만 하지 凸領域은 變化하지 않는다. 이 경우 最適解는 無差別曲線群이 凸領域과 接하는 點이 되는것은 明白한 事實이다.

決定者가 2人이고 定性的인 利害關係는 共通이지만, 定量的인 評價가 다른 境遇를 생각해보자. 綜合利得에 限界가 있는 경우, 縱軸, 橫軸에 各各의 個人의 效用을 取하여 兩者의 許用 範圍를 그리면 그림 6과 類似한 凸領域이 얻어진다. 이 境界線이 group으로에 最適解이며 Parade 最適이라 부른다. 이 曲線上의 어느點을 意志決定點으로 選定한다는 것은 두 사람間의 危險負擔率의 問題이지 group全體의 最適化問題와는 別個의 問題인 것이다.

만일 두사람의 決定者의 效用函數는 같고, 主觀確率만이 다른 경우에는 그것을 平均한 것을 group의 主觀確率로 해도 좋을 것이다. 그러나 效用과 主觀確率이 모두 다른 경우에는 그 양쪽

이 모두 平均值(妥協值)를 採用하여 決定者한 사람의 경우와 같은 方法을 適用하는 것이 좋은지 또는 Parade最適을 採用할 것인지는 많이 생각해볼 必要가 있다. 왜냐하면 後者에서 個人이 意志決定을 할 경우의 選好順序에 關한 合理性이 group에서도 그대로 成立된다고는 볼 수 없기 때문이다. 역으로 表現한다면, "group 全員이 B보다 A를 選擇할 경우에도 그理由가 各各다르면 A가 group의 意志라고 決定하지 않고 group全體보다 더 좋은 決定이 存在하는가에 대해서 徹底히 檢討하여야 된다."라는 것이다. 多數人 意志決定의 問題는 아직 不確實한 點이 많지만 社會問題의 縮小版으로서 더욱 興味가 있어 앞으로의 發展에 期待가 크다.⁴⁾

3. 評價問題에의 曖昧性 導入

意志決定은 人間이 行하는 것으로서 運轉時의 意志決定等에서는 一部分 自動化 한다해도 그것은 어디까지나 運轉者의 最終決定을 爲한 補助에 지나지 않는다. 그러나 人間의 行動이 반드시 지금까지 기술한 바와 같이 論理的으로 나눌 수는 없다. 決定者 自身도 說明할 수 없는 非論理的인 決定도 간혹 行해지며, 그것이 成功되는 例도 多數있다. 이것은 人間이 갖는 問題抽出能力, 綜合能力, 高度의 判斷能力, 想像力이나 豫見能力 등에 未知의 部分이 많다는 것을 암시하는 것이다. 이와같이 人間의 行動에 關係된 方法論에서 解答이나 論理를 確定하지 않고 曖昧한 點을 追求하는 것이 좋은 것인지 나쁜 것인지에 대해 最近 各方面에서 論議되고 있다. 그 하나로서 Zadeh는 曖昧性 集合論을 주장하였다. 이것은 事象을 뚜렷하지 않은 集合으로 表示하는 理論으로서, 이것의 應用에 대한 研究도

활발히 進行되고 있다. 例를 들면 芹澤은 plant의 狀態를 曖昧性 集合으로 表示하고 必要度가 가장 높은 情報만을 制御盤위에 表示한 것을 提案하고 있다. King은 plant의 自動起動時 曖昧한 操作을 포함한 制御結果가 線形最適制御理論에 基因된 制御結果보다 優秀하다고 報告하고 있다. 앞으로 學習技能과 適應技能을 갖는 人功

頭腦의 自動制御가 發達될 것으로 생각되며, 거기에는 이 曖昧性 集合理論이 有効할 것이다.

한편, 人間-機械系로서 人間의 能力을 充分히 발휘하기 위해서는 兩者間의 情報交換이 잘 되어야 한다. 이 때문에 圖形을 利用하는 것이 研究되고 있지만 個中에는 Chernoff의 多次元 data를 사람의 얼굴 表情과 對應시켜 그림 7과

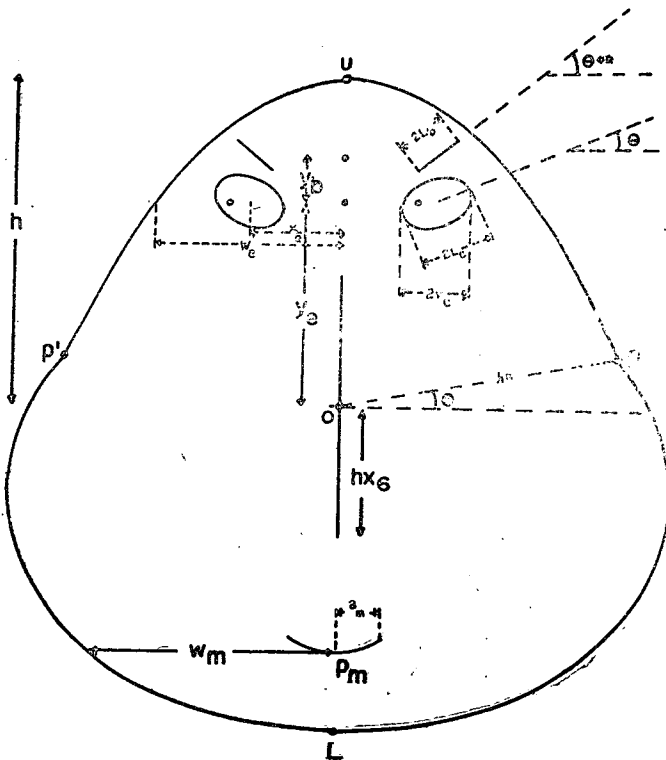


그림 7. Chernoff의 얼굴

같은 그림으로 表示하였다.

이와같이 하면 data의 大體의인 特性變化도 또 細部の인 미묘한 變化도 함께 表示할 수 있다고 한다. 이것은 plant의 狀態表示法으로서도 有効할 것이다.

4. 結 論

現在 研究對象이 되고 있는 意志決定法을 紹

介하였다. 이들을 통하여 工學은 眞實로 人間의 主觀, 經驗 等の 不確實한 것들을 제외하고 純粹하게 客觀的이고 信賴性이 높은 것만을 그 目的으로 하였다. 그러나 現在는 人間이 갖는 經驗과 主觀을 積極적으로 利用하고 그것을 情報處理技術과 關連하여 우수한 技術을 創造하려고 시도하는 傾向이 보인다.

앞으로 이 方面에 더 많은 研究 및 注意가 필요하다고 생각된다.