意思決定을 위한 經營情報의 活用 (2)

安 世 熙
〈江原大 産業工學科 教授〉
柳 時 正
〈KORSTIC 電算室 次長〉

4. 意思決定과 情報量

組織의 目標와 관련하여 經營者가 意思決定을 遂行함에 있어서는 앞에서 說明된 바와 같이 그 決定에 대한 解를 얻기 위하여 여러가지 計量的인 接近方法에 依存할 수 있다. 그러나 意思決定에 필요한 情報의 量에 대한 評價에 있어서는 어떤 明確한 基準을 設定하거나 이 基準에 따라 最適의 情報量을 決定한다는 것이 容易한 일이 아니다.

지금까지 情報量에 대한 파악은 대체로 情報理論(information theory)에 입각하여 計量的으로 分析되어 왔으며 本稿에서도 이에 따라 情報量의 定式化를 試圖해 보고자 한다.

4.1 情報量의 定式化

意思決定에 있어서 필요한 情報의 量은 經營者에게 提供되는 情報가 意思決定遂行에 얼마나 寄與했는가 하는 점에서 檢討되어야 할 것이다. 이것은 情報理論에서의 情報量 파악이 情報를 획득함으로써 知識의 不確實性을 어느 程度나 減少시킬 수 있는가 하는 데에서 定式化되는 것과 關聯시킬 수 있을 것이다.

n個의 事象 $A_1, A_2, \cdots\cdots, A_n$이 있다고 할 때 그중 事象 A_i가 일어났는가 하는 것을 알려주는 情報量은 n의 크기에 관계되며 n이 클수록 어떠한 事象이 일어났는가를 파악한다는 것은 어려워질 것이다. 그러므로 n이 클수록 情報量은 많아진다고 생각할 수 있으며 이때 情報量은 f(n)으로 나타낼 수 있다.

또한 n이 2개의 整數 m과 k의 積으로 되어 있고 $A_1, A_2, \cdots\cdots, A_n$은 k개씩 m個 그룹에 나누어져 있다고 할 때 이 경우 A_i가 일어난다면 m個 그룹중 어느 그룹에 포함되어 있는가를 알려주는 情報量은 f(m), 그 그룹의 k個 事象중에서 어느 것인가를 알려주는 情報量은 f(k)로 表示된다.

여기서 情報의 加法定理에 의해

$$f(mk) = f(m) + f(k) \cdots\cdots\cdots\cdots (4-1)$$

의 관계가 成立하고 이를 만족하는 것으로서 情報量을 나타내는 函數는 對數의 形態로 表示된다. 즉 $f(x) = \log x$가 되며 情報理論에서는 對數의 底의 값을 2로 하여 對數値가 1이 될 때 1bit라 定義된다. 따라서 (4-1)式으로부터 情報量의 測定單位는 bit로 나타낼 수 있다.

一般的으로 A_i가 k個씩 n個 그룹으로 되어 있는 事象이라고 한다면 A_i가 일어나는 確率은 $P = \frac{k}{n}$로 表示되며 A_i가 일어나는 情報量을 I로 할 때 다음과 같이 成立된다.

$$\log_2 n = I + \log_2 k$$

따라서 $I = \log_2 n - \log_2 k$

$$= -\log_2 \frac{k}{n} = -\log_2 P$$

즉 確率 P의 事象이 실제로 일어나는 것을 나타내는 情報量은 $-\log_2 P$ bit이다.

4.2 Entropy

$A_1, A_2, \cdots, A_n$의 n個 事象이 각각 $P_1, P_2, \cdots, P_n$의 確率로서 발생하고 있다면 $\sum_{i=1}^{n} P_i=1$이 된다. 이 경우 어느 事象이 일어나는가를 나타내는 情報量은 A_i의 位置에 따라 달라진다. 따라서 情報量의 期待値(expected value)를 구하고 狀況의 不確實性을 表示하는 量을 구하기 위하여 entropy槪念을 導入하고 이를 다음 式으로 나타낸다.

$$H(P_1, P_2, \cdots, P_n)=-\sum_{i=1}^{n} P_i \log P_i$$

여기서 entropy는 다음과 같은 性質이 있다.

첫째 entropy H는 非負(non-negativity)이며 H=0이 成立하는 경우는 어느 한개의 P_i가 1이며 다른 것은 모두 0일 때에 한한다.

둘째 n個의 事象이 表示하는 entropy의 最大値를 H(n)이라 할 때 H(n)=log n이며 모든 事象이 같은 確率 $P_i=\frac{1}{n}$로 일어날 때의 不確實性이다.

이와 같은 entropy의 槪念을 사용할 때 情報量에 대한 定義를 명확하게 내릴 수 있다. 그리고 情報는 狀態의 不確實性을 減少시키는 것이므로 그 量을 不確實性의 減少分으로 測定할 수 있다. 즉 情報를 얻기 전의 entropy H가 情報를 얻음으로써 H'로 변했을 때 그 差를 情報量 I로 하여 다음과 같이 定義할 수 있다.

$$I=H-H' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4-2)$$

以上에서의 entropy槪念에 의한 情報量測定을 基礎로 하여 다음과 같은 몇가지 경우의 情報量 파악을 誘導할 수 있다.

① 結合事象entropy

n個 事象의 集合 $A=(A_1, A_2, \cdots, A_n)$과 m個 事象의 集合 $B=(B_1, B_2, \cdots, B_m)$에서 2種類의 情報가 組合된 結合事象을 (A_i, B_j), $i=1, 2, \cdots$, $j=1, 2, \cdots$, m으로 하고 이 結合事象(joint event)이 일어나는 確率을 $Pr(A_i, B_j)$과 하면 이 結合事象의 不確実性을 表示하는 entropy는 다음과 같이 定義된다.

$$H(A, B)=-\sum Pr(A_i, B_j) \log Pr(A_i, B_j)$$

② 条件附entropy

集合 A에서는 A_i事象이 주어지고 集合 B에서는 $B_1, B_2, \cdots, B_m$의 事象이 일어난다고 할 때 그 確率은 각각 条件附確率(conditional probability)로서 $Pr(B_1|A_i)$, $Pr(B_2|A_i)$, $\cdots$, $PrB_m|A_i)$이 되며 이때의 不確実性을 나타내는 entropy는

$$H(B|A_i)=-\sum_{j=1}^{m} Pr(B_j|A_i) \log Pr(B_j|A_i)$$

로 定義된다. 그런데 集合 A에서 事象 A_i는 항상 일어나는 것이 아니며 A_i가 일어나는 確率은 $Pr(A_i)$이다. 따라서 集合 A의 狀況을 알고난 뒤에 集合 B에 관한 不確実性을 나타내는 entropy는 다음과 같이 表示되어야 한다.

$$H(B|A)=\sum_{i=1}^{n} Pr(A_i)\ H(B|A_i)$$
$$=\sum_{i,j}' Pr(A_i)\ Pr(B_j|A_i) \log Pr(B_j|A_i)$$

③ 相互情報量

集合 A와 B에 포함되는 각각의 事象이 어떤 関係를 갖는다면 A를 파악하는 것으로서 B에 대한 情報를 다소 얻을 수 있을 것이다. 이 情報量은 A를 알고 있는 것으로 초래되는 B의 entropy의 減少分, 즉 B의 entropy H(B)로부터 A가 파악됨을 条件으로 한 B의 entropy H(B A)와의 差로서 다음과 같이 定義된다.

$$I(A, B)=H(B)-H(B|A)$$

이것은 相互情報量을 나타내는 것으로서 事象의 集合 B에 대해서는 直接的으로 알 수 없더라도 B에 관계되는 A를 파악함으로써 B를 測定할 수 있다.

4.3 情報量의 評価

意思決定에 필요한 情報量을 測定함에 있어서도 앞의 (4—2)式에서와 같이 事前情報에 의한 entropy H와 事後情報에 의한 entropy H'의 差로서 說明될 수 있을 것이다. 또한 事前情報에서의 確率을 一定하게 하여도 事後確率만으로 情報量과의 関係를 찾을 수 있다. 즉 情報量을 I로 하고 事後確率을 P'로 할 때

$$I=f(P') \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4-3)$$

의 函数関係가 成立하고 그림 4와 같이 表示할

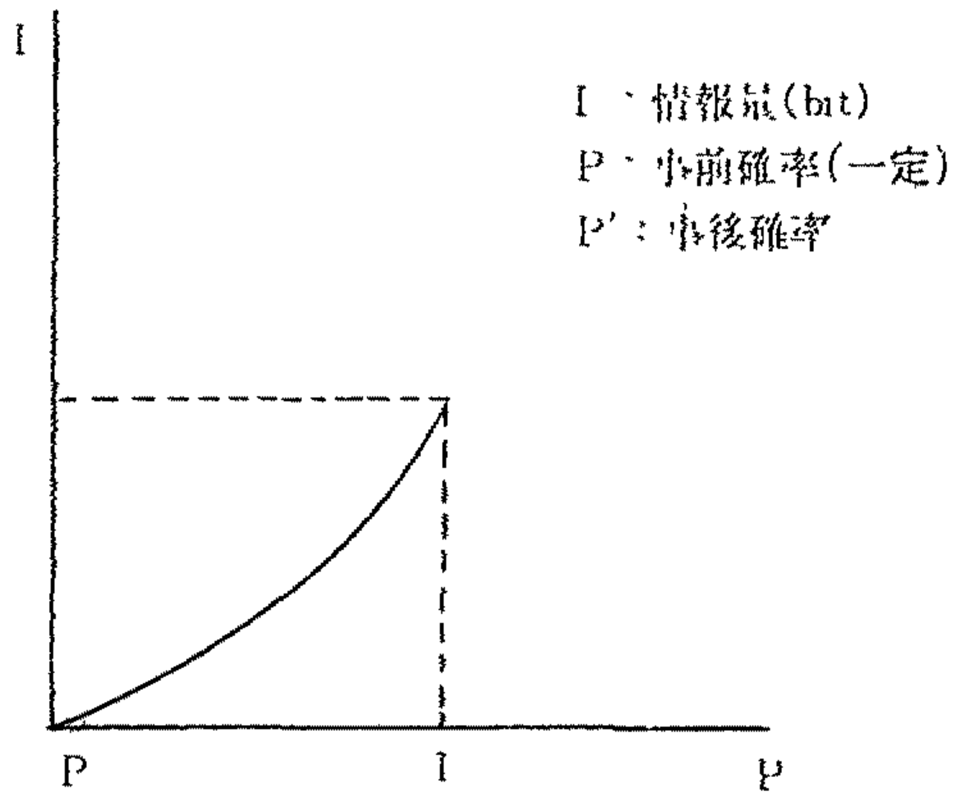

그림 4. 情報量과 事後情報의 關係

戰略 \ 狀態	X: x_1	x_2	……	x_j	……	x_n
A: a_1	p_{11}	p_{12}	……	p_{1j}	……	p_{1n}
a_2	p_{21}	p_{22}	……	p_{2j}	……	p_{2n}
⋮	⋮	⋮		⋮		
a_i	p_{i1}	p_{i2}	……	p_{ij}	……	p_{in}
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
a_m	p_{m1}	p_{m2}	……	p_{mj}	……	p_{mn}

그림 5. 利得行列(payoff matrix)의 構造

수 있다.

5. 意思決定과 情報의 活用度

意思決定에 관련되는 情報의 活用度를 높이기 위해서는 入手된 情報의 價値를 極大化해야 할 것이다. 여기에서 情報의 活用度나 情報의 價値에 대한 評価가 문제로 되는데 一般的으로 그 基準은 情報의 正確性, 情報의 適切性, 情報의 信頼性 등 抽象的인 의미를 갖고 있을 뿐이다. 이는 情報의 価値測定에 있어서도 計量的인 方法에 의한 評価의 어려움을 說明해 주는 것이다. 물론 지금까지 이에 대한 計量的인 方法으로서의 試図는 여러가지 形態로 진행되어 왔다.

그중의 한 方法으로서 意思決定의 成果로서 그 確率的 期待와 情報活用의 寄与度와 相関하여 情報의 価値에 대하여 說明할 수 있을 것이다. 즉 意思決定의 戰略方案에 대하여 利得行列(payoff matrix)에 의한 미니맥스(minimax) 原理를 適用하여 얻을 수 있는 期待值(expectation)는 意思決定遂行에 따라 얻어지는 期待效用(expected utility)으로 나타낼 수 있으며 또한 良質의 情報獲得으로 이루어지는 意思決定은 그 期待效用을 增加시킬 수 있다고 볼 때 期待效用의 增加分만큼 情報의 経済的 価値는 높아질 수 있다.

5.1 利得行列의 構造

意思決定이 이루어질 경우 생각할 수 있는 利得行列의 構造는 그림 5와 같이 表示되는데 여기서 狀態 X는 關聯되는 情報의 集合으로서 例를 들어 製品의 需給量, 原料의 供給量, 製造能力, 製造技術, 競争状況 등 마켓팅情報 또는 諸環境変数를 綜合하여 n個의 要素로 이루어져 있다. 이때 x_i(i=1, 2, …, n)는 特定狀態를 나타내는 vector量으로 간주되며 x_i에 포함되지 않는 것은 주어진 条件(constraints) 또는 一定(constant)인 狀態로 전제되어 意思決定이 이루어지는 것으로 본다.

또한 戰略 A는 意思決定者가 취할 수 있는 各種 戰略方案의 集合으로서 m個의 要素로 이루어져 있으며 이중 a_m(m=1, 2, …, m)은 特定의 戰略을 나타내는 vector量을 의미한다.

여기서 戰略과 狀態의 組合(a_m, x_n)에 대하여 意思決定이 내려짐에 따라 어떤 期待利益, 또는 效用을 그 結果로서 생각할 수 있는데 이를 利得行列의 元 p_{mn}으로 表示한다. 따라서 각각의 p_{mn}은 意思決定者의 戰略과 주어진 狀態에 따라 이루어지는 意思決定의 結果를 多次元的으로 指標化한 것으로 볼 수 있으므로 해석에 따라서는 利得行列에 포함된 p_{mn}에 대하여 経済的 価值로서 計量的 表現이 可能할 것이다. 그러므로 情報的인 意味로서의 利得行列에 대한 어떠한 変換이 필요하며 이렇게 함으로써 이 利得行列은 意思決定上 생각할 수 있는 모든 狀態와 취할 수 있는 모든 戰略方案을 포함하여 意思決定과 이에 필요한 情報活用價値에 대하여 하나의 模型化가 이루어진 것으로 볼 수 있다.

5.2 情報의 模型化

意思決定者가 어떠한 戰略을 취하여 意思決定을 行할 경우 이 戰略에 의한 影響을 想定하는

	情報 / 狀態	y_1	y_2	$\cdot$	y_j	$\cdots$	y_n
		Y					
X	x_1	q_{11}	q_{12}	$\cdots$	q_{1j}	$\cdots$	q_{1n}
	x_2	q_{21}	q_{22}	$\cdots$	q_{2j}	$\cdots$	q_{2n}
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$
	x_i	q_{i1}	q_{i2}	$\cdot$	q_{ij}	$\cdots$	q_{in}
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$
	x_m	q_{m1}	q_{m2}	$\cdot$	q_{mj}	$\cdots$	q_{mn}

그림 6. 情報의 構造

동안 狀態 X에 관해서 확실한 結果를 予想할 수는 없다. 그 이유로서는 다음의 2가지 점을 생각할 수 있다.

첫째, 戰略을 意思決定遂行에 옮기는 경우에는 一定한 時間이 소요되며 이 結果가 명확하게 판명되는 데에는 더욱 時間이 걸리게 된다. 따라서 利得行列에 表示할 수 있는 狀態는 상당히 未来에 관한 것이며 이 결과 x_i에 不確実性이 따르게 되는 것은 당연하다.

둘째, 狀態로서 나타낼 수 있는 값은 어떠한 情報시스템을 통하여 間接的으로 얻은 것이다. 이때문에 時間的인 遅延이나 内容上의 誤差가 발생하게 되는 것은 당연하다.

이와 같은 점으로 보아 意思決定上 필요한 情報는 본질적으로 未来에 관한 情報로서 이는 어떠한 調査나 予測 등의 手段으로 提供될 수 있을 것이다. 이 情報를 y_i라는 狀態로 주어지는 것으로 하고 이들 集合을 n個 要素로부터 이루어지는 集合 Y로 할 때 이 情報의 構造는 그림 6과 같이 利得行列의 형태로 나타낼 수 있다. 즉 x_i狀態에 따라 각각 y_j情報를 提供받을 것이라고 하는 条件確率 q_{ij}로 定義할 수 있다.

따라서 각각의 狀態에 관한 事前情報와 事後情報의 関係를 다음과 같이 說明할 수 있다. 즉 위의 定義에 따라 情報는 未来의 狀態에 대한 하나의 데이터로서 事前確率의 推定値로 表示되어야 하며 이것은 어떤 決定에 의해서 x_i狀態가 될 수 있는 事前確率 p_i ($i=1, 2, \cdots, m$)를 의미한다. 따라서 狀態 x_i에 대해서 情報는 y_j 内容의 形態로 받아들여지고 情報 y_j를 받아들일 수 있는 確率은 다음의 式으로 구할 수 있다.

$$Pr(y_j) = \sum_i Pr(y_j|x_i)\ Pr(x_i)$$
$$= \sum_i q_{ij} \cdot p_i \quad \cdots\cdots \quad (5\text{—}1)$$

그런데 意思決定者가 情報 y_j를 받아들일 경우 이에 適切히 対処할 수 있도록 狀態에 관한 戰略을 変更해야 한다. 이것은 狀態에 관한 주어진 確率을 修正해야 함을 뜻하며 따라서 事後確率(posterior probability)로 취급해야 한다.

Bayes定理에 의해 事後確率은 다음과 같이 尤度函数(likelihood function)의 形態로서 誘導할 수 있다.

$$Pr(x_i|y_j) \cdot Pr(y_j) = Pr(x_i \text{ and } y_j)$$
$$= Pr(y_j|x_i) \cdot Pr(x_i)$$

윗式을 $\bar{p}_{ij} = Pr(x_i|y_j)$로 하면

$$P_{ij} = \frac{Pr(y_j/x_i) \cdot Pr(x_i)}{Pr(y_j)} = \frac{q_{ij} \cdot p_i}{Pr(y_j)}$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdot \quad (5\text{—}2)$$

여기서 $i=1, 2, \cdots, m$ $j=1, 2, \cdots, n$ 이다.

以上에서 구해진 事後確率 P_{ij}는 情報 y_j에 좌우되므로 事前確率 p_i보다 많은 情報量에 依存할 수 있으므로 事後確率 P_{ij}를 活用함이 效果的이다.

또한 Bayes의 接近方式에 의해 追加情報를 얻을 수 있으면 각각의 狀態에 대한 推定値를 修正하여 意思決定者에 提供될 수 있다.

5.3 戰略의 選択

情報 y_j를 받아들인 意思決定者가 어떤 戰略을 취할 것인가 하는 것은 危険性(risk)下에서의 意思決定을 行하는 것과 마찬가지이다. 例를 들어 a_k라는 戰略을 취 했을 때의 期待値는 다음의 式으로 나타낼 수 있다.

$$U(a_k, y_j) = U_{kj} = \sum \bar{p}_{ij} \cdot u_{ki}$$

따라서 意思決定의 目標가 期待效用을 最大化하는데 있다면 U_{kj}를 最大로 하는 戰略 a_j^*를 취해야 한다. 이때의 期待效用은

$$U(a_k^*\ y_j) = U_j^* = \max U_{ki}$$

로 표시된다.

5.4 情報의 価値

情報의 集合 Y중에서 y_j를 選択한다는 것은 意思決定者에게 情報가 提供됨을 의미한다. 意思決定者에게 提供된 情報의 価値는 Y내에서 어떠한 情報 y_j가 選択될 것인가를 確率的으로 찾아야 한다. 앞에서 주어진 情報構造의 価値를

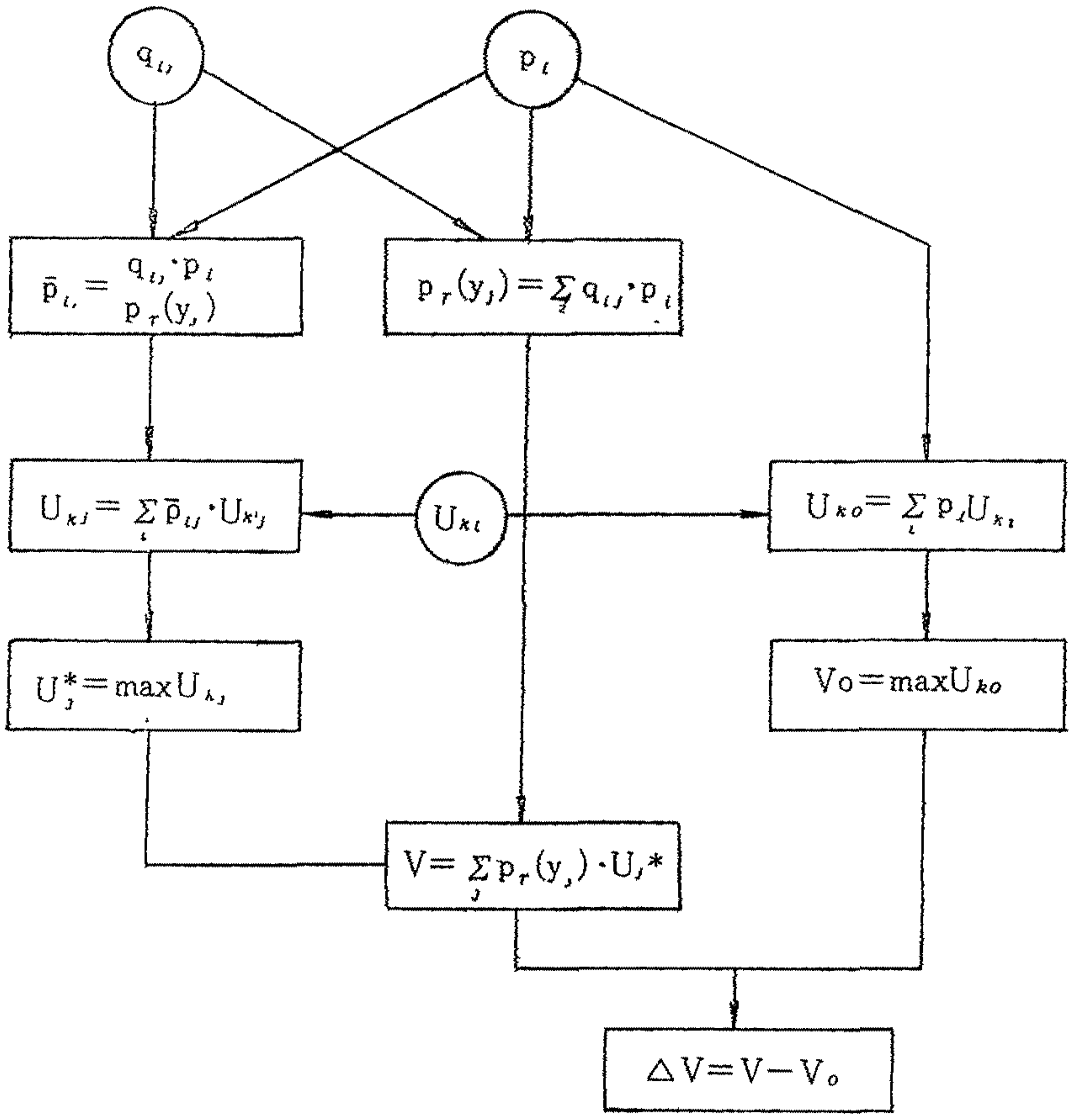

그림 7. 情報価値 計算의 흐름図

評価하는 경우 각각의 情報要素로부터 받아들여지는 事前確率이 推定되어야 할 것이다. 따라서 事前確率에 기초를 두어 情報 y_j를 받아들인다면 推定値는 앞의 (5—1)式에서와 같이 $\Sigma p_i q_{ij}$이다.

事前情報 P와 情報構造 Q에 의해 期待效用 V는 다음과 같이

$$V(P, Q) = \sum_i Pr(y_j)U_j^*$$

로 表示되며 주어진 情報構造의 価値는 增分을 기준으로 하여 測定된다. 즉 情報構造 Q의 価値는 期待效用 V(P, Q)로부터 追加된 情報가 없는 경우 最適期待效用을 $V(P_o, Q_o)$로 한다.

이때 戰略 a_k를 취했을 경우의 期待效用은

$$U_{ko} = \sum_i p_i u_{ki}$$

와 같이 나타낼 수 있으므로 다음 式이 成立된다

$$V_o = \max U_{ko}$$

따라서 追加情報의 期待增分価値 ΔV는 V와 Vo의 差로서 說明된다.

$$\Delta V = V - V_o$$

이러한 方法에 따라 推定된 ΔV를 고려하여 이에 基礎를 둔 情報構造를 適正하게 設計함이 바람직하다. 이 ΔV를 計算하는 과정의 흐름을 그림 7에 表示한다.

한편 以上의 사실로부터 事前情報의 構造가 주어졌다고 한다면 良質의 追加情報를 부여할수록 最適期待效用 V의 값은 커지고 이에 比例하여 追加情報의 期待增分価値 ΔV도 커진다고 判断할 수 있다.

그런데 事前情報의 影響에 좌우되는 事前確率을 一定으로 가정할 때 ΔV는 事前情報에 影響을 주는 事後確率과의 函数関係가 成立되고 그림 8과 같이 表示된다. 즉 情報의 価値를 W, 事前確率을 P'라고 하면

$$W = g(P') \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5-3)$$

로 나타낼 수 있으며 여기서 W는 사실상 ΔV와 同一한 값을 가지므로 事後情報의 価値는 W가 되며 이때 W는 效用(utility)을 変換하여 費

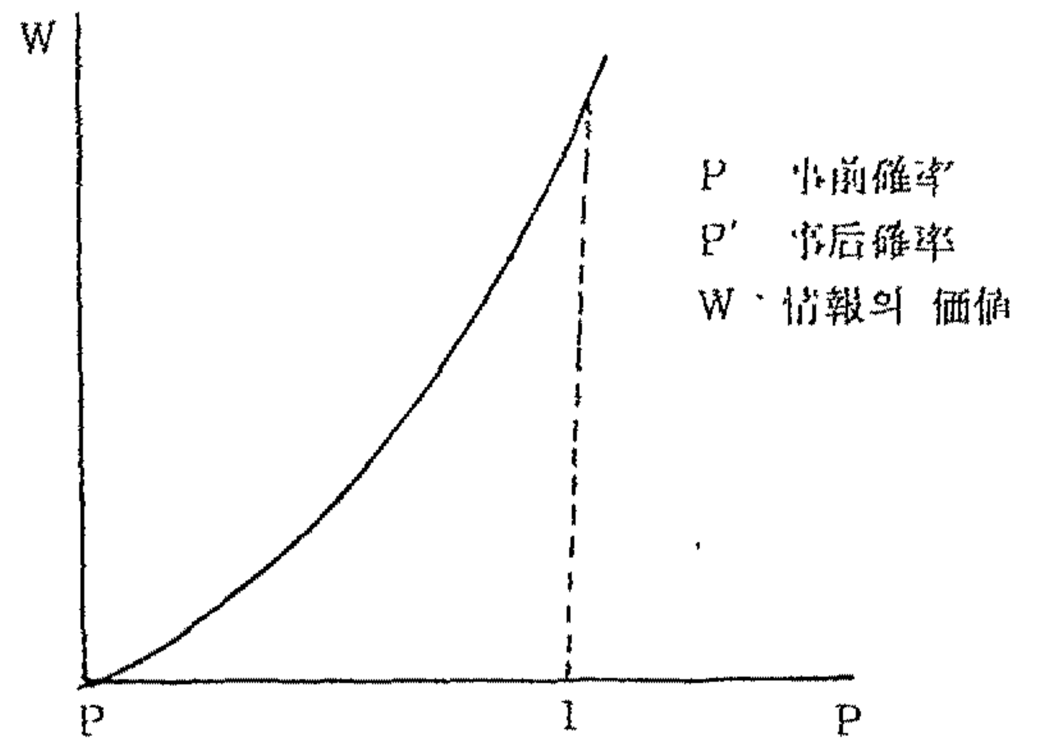

그림 8. 情報의 價値와 事後情報의 關係

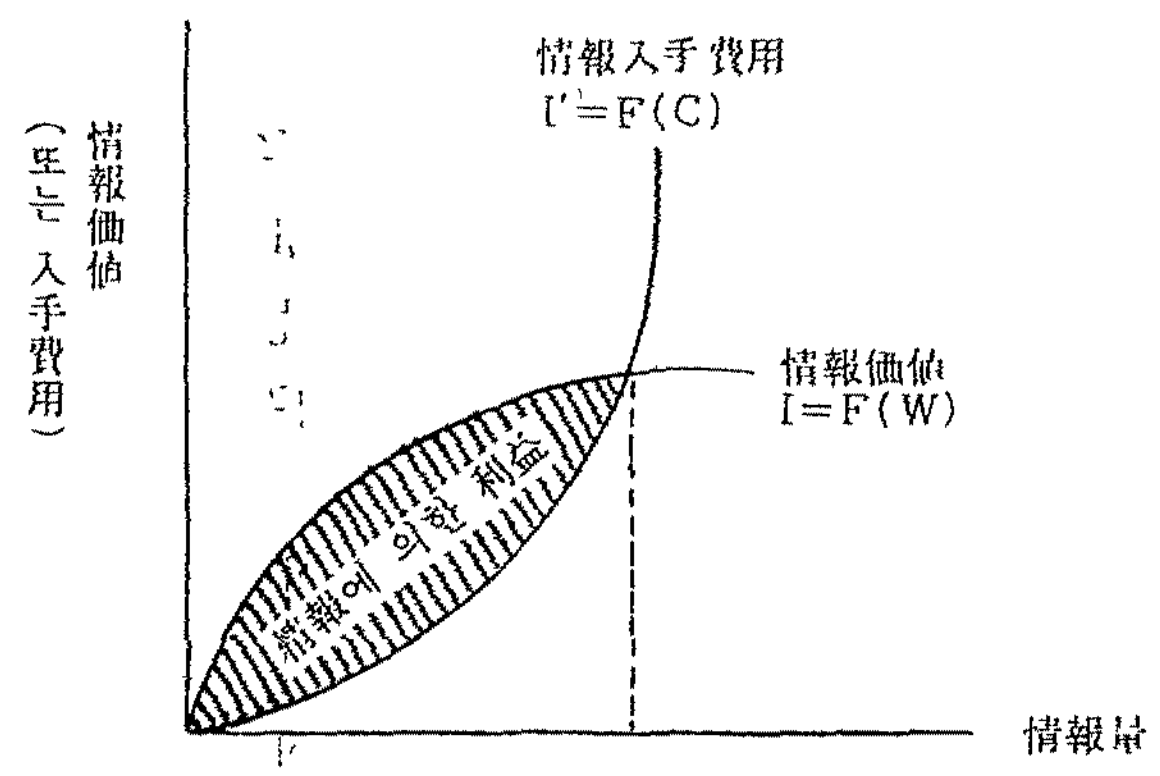

그림 9. 適正 情報量 評価

用(cost)으로 表示할 수 있다.

6. 情報의 適正水準 評価

意思決定과 관련하여 이에 필요한 情報의 適正水準을 유지하는 問題는 情報入手 및 管理 등이에 所要되는 諸費用과 밀접한 관계가 있다. 意思決定을 效果的으로 遂行하기 위해서는 情報시스팀의 機能도 直接的 要因으로 考慮되어야 할 것이나 意思決定의 質的 向上, 그 期待效用을 增大시키는 면에서는 情報量과 情報의 價値, 情報量과 이의 獲得에 投入되는 費用 등이 相互關聯되어 작용한다.

앞에서 計量的으로 評価된 바와 같이 ((4—3) 및 (5—3)식 참조) 意思決定에 필요한 情報量은 事後確率과 I=f(P')인 關係를 갖고 情報의 價値에 대해서는 追加된 情報의 事後確率과 W=g(P')의 關係가 成立된다. 따라서 事後確率을 파라미터(parameter)로 하여 情報量과 情報의 價値와의 關係는

$$I=F(W) \cdots\cdots\cdots\cdots(6-1)$$

의 函数形態로 表示할 수 있다. 一般的으로 情報量이 늘어남에 따라 情報의 價値도 높아질 수 있는데 両者의 關係는 限界效用(marginal utility)의 法則에 준하게 되며 따라서 그 增加曲線은 逓減的이다.

이에 비하여 情報量I'와 情報入手에 所要되는 費用C와의 關係는

$$I'=F(C) \cdots\cdots\cdots\cdots(6-2)$$

로서 그림 9에서와 같이 入手情報量에 따라 費用이 逓增的인 曲線을 나타낸다. 즉 意思決定에 가장 適合한 情報入手의 努力이 加重될수록 더욱 많은 費用이 所要되고 또한 이러한 情報의 正確性, 適時性, 信頼性 등의 要因들 뿐만 아니라 量的인 크기가 큰 情報일수록 더욱 많은 費用이 投入된다.

따라서 그림 9에 表示된 바와 같이 (6—1)式과 (6—2)式의 差는 意思決定上 情報利用으로부터 얻을 수 있는 経済的 利益으로 評価되며 그 利益이 最大인 경우의 情報量을 最適情報量으로 할 수 있다. 그러므로 意思決定에 있어서는 이 水準의 情報量을 維持하는 것으로서 情報獲得의 適正性을 기할 수 있을 것이다.

그런데 情報獲得費用이 너무 많이 所要됨으로써 각각의 曲線이 交叉되지 못하는 경우는 事後確率에 관계없이 事前確率만으로 意思決定에 필요한 情報量을 決定하도록 해야 한다.

7. 結論

企業의 目標達成을 위하여 経営者가 持続的인 意思決定을 遂行함에 있어서는 필요한 情報를 시스팀的으로 管理함으로써 情報活用의 完全性을 기하고 나아가 意思決定의 效用價値를 增大하도록 해야 할 것이다.

이러한 観点에서 意思決定問題와 関聯하여 意思決定의 特徵과 이에 필요한 経営情報의 活用面에서 情報量과 情報價値 등에 대하여 살펴보

았다.

意思決定過程에서의 情報의 活用度와 그 評価를 計量化할 수 있는 경우는 情報量과 情報의 経済的 価値, 그리고 情報獲得費用 등과 関聯하여 最適情報量을 測定할 수 있는 경우이다. 즉 情報를 確保하는데 所要되는 費用과 그 情報로 인하여 실현할 수 있는 意思決定上의 利潤增加額 또는 費用節減額과의 差를 명확히 測定할 수 있는 경우가 될 것이다. 그러나 앞에서의 分析에서는 情報量이 增加하는 것으로서 情報의 質的인 価値도 逓減的이나마 增加한다고 判断되었는데 이러한 関係가 반드시 成立한다고는 할 수 없으며 특히 여기에는 情報의 質的 要因에 대한 考慮가 되어 있지 않았다.

C. R. Adams의 経営情報시스템에 대한 管理者의 調査研究에 의하면 情報의 質(quality)과 量(quantity)의 関係에 있어서 意思決定者의 要求는 90%以上이 情報의 質的 要因에 대한 改善을 필요로 하고 있었다. 이러한 意味에서 経営活動을 위한 意思決定과 情報活用問題에 있어서 情報의 質的 要因을 포함하는 情報시스템의 模型化는 상당히 重要한 課題가 되고 있다.

参 考 文 献

1. N. Abramson, Information Theory and Coding McGraw-Hill, 1963
2. C. R. Adams, Attitude of Top Management Users toward Information Systems and Computer : Working papers 73-07, The MIS Research Center, Univ. of Minnesota, 1973
3. R. N. Anthony, Planning and Control Systems : A Framework for Analysis, Harvard Univ. Press, 1965
4. G. Boer, A Decision Oriented Information System, J. of System Management, Vol. 23, No. 10, 1972, pp. 36-39
5. D. V. Etz, The Marginal Utility of Information, Datamation, Vol. 11, No. 8, 1965, pp. 41~45
6. H. C. Lucas, Performance and the Use of an Information System, Management Science, Vol. 21, No. 8, 1975, pp. 908~919
7. R. G. Murdick, J. E. Ross, Information Systems for Modern Management, Prentice-Hall, 1975
8. V. K. Rohatgi, Probability Theory and Mathematical Statistics, John-Wiley, 1976
9. H. A. Simon, The New Science of Management Decisions, Harper, 1960
10. J. W. Wilkinson, Classifying Information Systems, J. of System Management, Vol. 24, No. 4, 1973, pp. 28~31
11. S. R. I. Decision Group, Readings in Decision Analysis, Stanford Research Institute, 1977