意思決定過程에서의 混合戰略의 意義

李 載 寛

<目 次>

Ⅰ. 混合戰略의 論理

1. 意思決定 基準으로서의 混合戰略

意思決定者가 當面하는 狀況은 決定者 自身이 問題解決에 必要한 知識과 情報를 어느 程度 가지고 있는가에 따라 一般的으로 確實性下에서의 意思決定(decision making under certainty), 危險下에서의 意思決定(decision making under risk), 不確實性下에서의 意思決定(decision making under uncertainty) 等으로 分類된다[1]. 不確實性이란 두가지 原因 때문에 발생한다. 첫째는 任意性(randomness)이요, 둘째는 實際狀況에 대한 未知 때문이다[2]. 不確實性이 造成되는 環境은 意思決定의 決定相對가 自然이나 競爭的 人物이냐에 따라 非競爭的 狀況과 競爭的狀況으로 나누어 생각할 수 있다[3].

不確實性에 대한 決定基準은 意思決定者의 危險에 대한 姿勢와 意思決定者 集團의 狀況

筆者 : 陸軍士官學校 專任講師

(1) Luce, R.D., and Raiffa, H., *Games and Decisions*, New York: John Wiley & Sons, 1957. p. 13. 한편 意思決定狀況을 (1) deterministic certainty (2) probabilistic certainty (3) stable uncertainty (4) unstable uncertainty로 分類하기도 한다. Ehrenfeld, S., and Littauer, S. B., *Introduction to Statistical Method*, New York: McGraw-Hill, 1964, p. 218.

(2) Mood, A.M., and Graybill, F.A., *Introduction to the Theory of Statistics*, New York: McGraw-Hill, 1963. p. 1.

(3) 金海天, 高廷燮, 池淸 共著, 經營意思決定論, 博英社, 1971. p. 385. 주의할 점은 상대방이 人間이냐 自然이냐가 아니라 상대방이 合理的 意思를 가지고 牽制하느냐 하지 않느냐에 있다.

(group situation)에 깊은 影響을 받는다. 決定基準들에 대한 例를 들면, Abrakam Wald는 Maximin 基準을, Laplace는 Equal-likelihood 基準을, Leonid Hurwicz는 Optimism-Pessimism 係數 基準을, 그리고 Savage는 Minimax regret 基準을 不確實性에 대한 意思決定者의 바람직한 姿勢라고 提案하고 있으며, 그 외에도 極히 樂觀的이고 投機的인 Maximax 基準과 같은 것도 있다[(4)].

그러나 競爭的 狀況에 대하여는 게임理論이 有力한 道具로서 使用된다. 게임理論을 適用하였을 때 문제에 대한 解決策으로서 얻는 混合戰略(mixed Strategy)은 위에 列擧한 基準들과 함께 意思決定者에게 重要한 行動基準이 된다. 만일 自然을 擬人化할 수 있다면 競爭的 狀況에서와 마찬가지로 非競爭的 狀況에도 게임理論을 適用할 수 있을 것이다. 게임理論이 적용되기 위한 前提 條件으로서 몇가지 項目을 指摘할 수 있다[(5)].

첫째, 경쟁 참가자와 게임의 規則이 確定될 것.

둘째, 모든 경쟁자의 代替的 行動方案(alternative courses of action)과 그 施行 結果가 완전히 알려져 있을 것.

세째, 경쟁 참가자는 자기의 行動으로 인하여 발생할 最大 損失들 중 最小인 損失을 주는 代案을, 또는 最小의 利益들 중 最大利益을 주는 代案을 택하므로써 合理性을 追求할 것, 등의 假定들을 前提條件으로 만족시켜야 한다. 이러한 게임理論은 그 短點이 여러 面에서 指摘되고 있으며[(6)] 또한 이론상 未開拓 分野도 있으나[(7)], 반면에 게임理論은 무시할 수 없는 여러 長點도 가지고 있으며 특히 競爭的 狀況下에서 合理性을 體系的으로 提示한 우수한 理論임을 否認할 수 없을 것이다.

게임理論이 가지는 基本 槪念들 중 가장 중요한 위치를 차지하는 것이 바로 混合戰略에 대한 것이다. 混合戰略은, 마치 콘크리트제조를 위하여 씨멘트, 모래, 자갈을 일정한 비율로 配合하여 잘 섞는 것과 같이, 各 代案의 施行 比率을 事前에 구하여 그 最適比率대로 無作爲하게 每回 어느 한 代案을 선택 施行하므로써 多數回 反復되는 意思決定을 위한 戰略으로 삼는 것이다. 따라서 一回의 決定으로 끝나는 非反復的 決定狀況(nonrepetitive

---

(4) Richmond, S.B., *Operations Research for management Decisions*, New York: The Ronald Press, 1968, pp. 31—37.

(5) Ackoff, R.L., *Scientific Method Optimizing Applied Research Decisions*, New York: John Wiley & Sons, 1968. pp. 47—49.

(6) Clough, D. J., *Concepts in Management Science*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1963. pp. 103—104. 姜五佺, OR의 理論과 應用, 博英社, 1972. p. 243.

(7) McKinsey, J.C.C., *Introduction to the Theory of Games*, New York: McGraw-Hill, 1952. pp. 356-359.

decision)에서는 混合戰略의 比率이 意思決定者에게 하나의 代案을 추천해주지 못한다. 이러한 混合戰略의 弱點은 非反復的 競爭狀況에서 게임理論의 價値를 無意味하게 만들고 있다. 本稿에서는 이 混合戰略의 弱點을 克服하기 위하여 確率器(chance device)의 使用, 게임의 調整, Baysian 決定 理論의 導入 등의 方法을 提示하고자 한다.

첨언할 것은 論理의 複雜性을 피하기 위하여 위의 문제들을 취급할 때 二人게임(two-persons game)에 局限시켜 論하려 한다.

2. 混合戰略의 意義

게임의 규칙과 그 進行을 우선 定義하여 보자. 만일 青白 兩者가 경쟁에 參加하였다 하고 青側은 m가지의 代案 $A_1, A_2, \cdots, A_m$을, 白側은 n가지의 代案 $B_1, B_2, \cdots\cdots, B_n$을 택할수 있다고 할 때 일반적으로 青을 위한 支拂行列(payoff matrix)은 아래와 같은 $m \times n$行列로 표시된다.

$$
\begin{array}{ccc}
 & & \text{白} \\
 & & B_1 B_2 \cdots\cdots\cdots B_n \\
 & \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \cdots\cdots\cdots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \cdots\cdots\cdots a_{2n} \\ \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} \cdots\cdots a_{mn} \end{pmatrix}
\end{array}
$$
青

이 게임에 대한 青의 混合戰略은 확율벡터$(x_1, x_2, \cdots, x_m)$로서[8] 青은 이 게임을 進行시키는 동안 每回 意思決定을 위하여 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 중에서 하나씩 抽出 선택하되 그 確率分布가 $x_1 : x_2 : \cdots : x_m$이 되도록 함을 의미한다.[9] 마찬가지로 白의 混合戰略은 확율벡터$(y_1, y_2, \cdots, y_n)$로 定義할 수 있을 것이다. 만일 青이 混合戰略 $X = (x_1, \cdots, x_m)$을, 白은 混合戰略 $Y = (y_1, \cdots, y_n)$을 使用한다면 종합적으로 볼때 青의 기대값(value of expectation)은 $E(X, Y) = \sum_j^n \sum_i^m a_{ij} x_i y_j$이 된다. 만일 X^*라는 戰略과 Y^*라는 戰略이 있어서 餘他의 戰略 X, Y에 대하여,

$E(X, Y^*) \leq E(X^*, Y^*) \leq E(X^*, Y)$가 된다면 X^*, Y^*는 각각 青, 白의 最適混合戰略(optimal mixed strategy)이 되며 이때 $E(X^*, Y^*)$를 青側에서 본 게임의 값(value of the game)이라고 부른다. 또 한 쌍(X^*, Y^*)를 이 게임의 解 또는 戰略的 鞍裝點(strategic saddle point)이라고 부른다.[10]

---

(8) 確率 vector$(x_1, x_2 \cdots, x_m)$은 하나의 vector로서 다음과 같은 특수한 성질을 가진다. 즉 모든 구성원들의 合$\sum_{i=1}^m x_i$은 1이며 각 구성원들은 非負의 값(nonnegative number)이다.

(9) Karlin, S., *Mathematical Methods and Theory in Games, Programming, and Economics,* Addison-Wesley, 1959, p. 18

(10) McKinsey, J.C.C., *op. cit.,* p. 24.

單純戰略(pure strategy)은 混合戰略의 特別한 경우라고 생각할 수 있다. 즉, $\max_{i} \min_{j} a_{ij} = \min_{j} \max_{i} a_{ij}$ 가 성립하는 $a_{i_0j_0}$가 있어서 靑은 주저없이 A_{i_0}를, 白은 B_{j_0}를 각각 선택함으로써 靑은 최악의 경우라도 $a_{i_0j_0}$ 또는 그 以上을 획득할 수 있으며 白은 $a_{i_0j_0}$ 보다 더 많이 잃지 않게 된다. 이때 靑의 單純戰略은 $(0,0,\cdots,0,\ x_{i_0},\ 0,\cdots 0)$, $x_{i_0}=1$과 같은 混合戰略의 形戰로, 白은$(0,\cdots,0,y_{j_0},0,\cdots,0)$, $y_{j_0}=1$과 같은 混合戰略의 形態로 표시 가능하다. 그리고 이때 (i_0, j_0)를 行列의 鞍裝點(saddle point)이라고 부른다. 二人零和게임(two-person zero-sum game)이[11] 항상 解를 가짐은 게임理論의 基本定理인 Minimax Theorem에 의하여 確認할 수 있으며[12], 略算法[13], 그래프 解法, 部分行列에 의한 解法, 投射法(mapping method), 遂次的 近似値 解法(successive approximations)等[14]의 道具를 사용하여 混合戰略을 구할 수 있다.

最適混合戰略을 구하여 各 代案의 實施比率을 알았을 때 실제로 어떠한 過程을 밟아 實施할 것인가 하는 문제가 뒤 따른다. 앞에서 混合戰略은 確率벡터로 나타남을 보았고, 이 확율벡터의 元들은 바로 該當 代案을 採擇할 相對的 頻度임을 말하였다. 例를 들어 $X=\left(\frac{8}{13},\ \frac{5}{13}\right)$의 경우, 代案 1과 代案 2를 선택하는 比率(odds)은 8：5가 된다. 즉, 代案 1을 8번 택하는 동안 代案 2를 임의로 사이 사이에 5번 택하라는 의미이다. 任意的으로 선택하는 과정을 도와주는 器具가 바로 確率器(chance device)이다[15]. 確率器는 자기의 독특한 確率값을 한결같이 公正하게 生成하는 것이어야 하며, 使用者는 그 使用규칙과 方法을 事前에 合理的으로 定하여야 한다. 많이 使用되는 確率器의 例를 들면 동전, 주사위, 카드, 亂數表, 時計 等이 있다.

確率이란 수많은 事象가운데 어느 特定된 事象이 어떠한 度數로 나타 나는가를 표시하는, 즉 相對度數와 같은 概念에서 出發된 用語이다. 따라서 確率로 表示되는 混合戰略은 게임이 多數回 施行일 때 本來의 意味를 가진다. 그러나 非反復的 게임에 대한 確率器의 使用이 전혀 無意味한 것은 아니다. 이 경우는 마치 큰 母集團(population) 중에서 한 개를 標本으로 抽出하여 母集團의 特性을 推定하는 경우와 類似하다. 意思決定者는 同一한

---

(11) 게임은 零和게임과 非零和게임으로 分類된다. 非零和게임에서는 게임의 結果 支拂過程에 第三者가 介入하여 payoff의 一部가 流出되거나 兩者의 價値判斷 差異 때문에 雙方이 각각 다른 支拂行列을 가진다. 따라서 게임결과 雙方의 얻고 잃는 값의 절대치가 같지 않은 경우이다.

(12) McKinsey, J.C.C., *op. cit.*, pp. 31—37.

(13) Williams, J.D., *The Compleat Strategyst*, New York: McGraw-Hill, 1954. pp. 39—43. Sasieni, M., Yaspan, A., Friedman, L., *Operations Research*, New York: John Wiley & Sons, 1959. p. 163.

(14) Melvin Dresher, *Games of Strategy*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1961. pp. 79—92.

(15) Williams, J.D., *op. cit.*, pp. 78—80.

게임이 여러번 省略되어 있다고 보고 省略된 全 게임에 대한 平均 期待値를 最大로 한다는 心理的 基準에 의거, 단 한번의 運命的 決定을 確率器의 無作爲 抽出에 맡기는 경우로 解析할 수 있다.

3. 混合戰略의 實例

〈例 1:〉

어느 한 製品에 대하여 寡占狀態를 形成하고 있는 甲, 乙, 丙 三個會社가 있다. 甲 會社는 現在 市場을 45% 정도 占有하고 있으나, 현재와 같은 水準의 價格과 品質을 가지고는 市場競爭에 있어서 悲觀的이므로 특별한 조치가 불가피하다고 보았다. 따라서 甲社는 品質과 價格의 調整을 段階的으로 實施키로 하였으나, 먼저 品質向上을 하고 후에 價格을 調整할 것인가 아니면 먼저 價格을 引下하고 후에 品質을 調整할 것인가 하는 두가지 代替的 行動方案을 앞에 놓고 戰略的 意思決定을 하게 되었다. 競爭 乙, 丙社도 甲側과 동일한 두가지 代替的 方案을 가지며, 各 경우 예상되는 市場 占有率은 일정한 期間이 되면 아래와 같이 될 것이라고 豫測하였다.

			乙, 丙社	
			先品質向上 後價格調整 B_1	先價格引下 後品質調整 B_2
甲社	先品質向上後 價格調整	A_1	60	40
	先價格引下後 品質調整	A_2	45	55

市場占有率을 販賣戰略의 一次目標로 할 때, 이 게임을 解決하라.

(解) 위 行列은 支拂內容이 占有率(%)로 表示되어 있으나 占有率 自體를 雙方이 주고 받는다고 생각하면 零和게임(zero-sum game)이 된다. 위 行列은 鞍裝點을 가지지 않으므로 混合戰略을 구해 보면 甲社側은 $X^*=\left(\frac{1}{3},\ \frac{2}{3}\right)$, 乙, 丙社側은 $Y^*=\left(\frac{1}{2},\ \frac{1}{2}\right)$이 된다.

〈例 2:〉

어느 攻擊作戰을 앞둔 將軍의 判斷이 아래 行列과 같이 表示되었다고 하자. 行例의 숫자는 作戰의 完全 成功을 10이라는 效用(utility)으로 보았을 때 比較된 價値이다. 將軍은 部隊의 機械化 程度와 機動力의 面에서 雙方이 모두 상당한 수준으로 비슷하다고 判斷하였으며 현재 我軍의 能力으로 보아 完全한 成功을 期하기는 어려우나 잘하면 80% 정도, 즉 utility 8정도의 成果를 얻을 수 있다고 보았다.

$$
\begin{array}{lll ccc}
 & & & & \text{敵 軍} & \\
 & & & \text{지연전} & \text{지역방어} & \text{기동방어} \\
 & & & B_1 & B_2 & B_3 \\
\text{我軍} & \text{우회이동} & A_1 & \multicolumn{3}{c}{\multirow{2}{*}{$\begin{pmatrix} 4 & 8 & 0 \\ 2 & 0 & 8 \end{pmatrix}$}} \\
 & \text{정면공격} & A_2 & & &
\end{array}
$$

(解) 위의 2×3 게임을 풀면 我軍은 $X^* = \left(\frac{3}{5},\ \frac{2}{5}\right)$, 敵軍은 $Y^* = \left(\frac{4}{5},\ 0,\ \frac{1}{5}\right)$의 最適戰略을 얻게 된다.

〈例 3:〉[16]

航海中인 戰艦과 戰艦의 攻擊거리 밖의 高空을 나르며 戰艦을 追擊하는 爆擊機의 追跡 게임을 살펴보자. 戰艦은 爆擊機에게 被擊당하지 않는 것이 目標이며, 爆擊機는 爆彈이 投下된후 水面에 到達하기 까지의 時間的 隔差때문에 投下의 豫想 地點을 확실히 豫測할 수 있어야 한다. 폭격기가 가지고 있는 폭탄의 수를 한개로 制限하였을 때 戰艦의 도피 전략을 구해보자. 문제를 단순화하기 위하여, 바다를 一次元 直線이라하고 폭탄 투하의 시간격차는 2 unit time, 戰艦은 同一한 速力으로 直線上을 前後進하며 도피한다고 假定 한다.

(解) Maximum loss를 minimize한다는 minimax基準에 따라 문제를 解決하여 보자. 被擊당하였을 때 loss를 1, 避하였을때 loss를 0이라 하자. 또 戰艦이 다음 한 動作을 같은 方向으로 갈 확율을 $1-x$, 反對 方向으로 갈 확율을 x라 하면 두 動作후의 位置別 確率은 아래와 같다.

		현위치 →	
	——×——— |	———×——— |	———×——
	예상위치	예상위치	예상위치
확율 :	$x(1-x)$	$x^2+(1-x)x=x$	$(1-x)^2$

또한 위 確率의 크기가 바로 戰艦이 폭격기에게 支拂할 값도 된다. 戰艦의 最適逃避戰略은 위 세가지 경우의 값들의 maximum을 최소화하는 x값에 의거 행동하는 것이다. 즉 $x=(1-x)^2$을 풀어서 $x=0.382$가 구하여 지므로 戰艦은 前後方向을 任意로 선택하는데 단, 前後의 比率을 618 : 382로 함이 最適이다.

Ⅱ. 混合戰略의 實際

1. 非反復的 決定狀況에서의 混合戰略

例 3은 代表的인 反復的 게임이다. 戰艦은 最適比率인 618 : 382에 준하여 前後의 進行

(16) Melvin Dresher, op. cit., pp. 143—144.

方向을 無作爲하게 선택한다. 그렇게 함으로써 폭격기는 자기의 標的이 일정한 규칙없이 航海의 方向을 바꾸므로 2單位 時間 間隙후의 위치를 예측하기 곤란하게 되며, 戰艦은 maximum risk를 minimize하며 최대한으로 逃避目的을 달성할 수 있을 것이다. 이 例는 每動作 前에 한 번씩 많은 回數의 意思決定을 混合戰略에 의하여 잘 수행해 나가는 경우이다.

그러나 이러한 混合戰略의 價値는 非反復的 狀況인 例1, 例2에서는 疑問視된다. Samuel B. Richmond 教授가 指摘하고 있는 바와 같이(17) 意思決定者는 非反復的 게임에 當面하였을 때 자기의 決定權을 쉬사리 確率器에 依存하려 하지 않는다는 것이다. 그렇다면 意思決定者가 混合戰略을 포기하는 경우 일반적으로 다른 어떤 基準들에 의하여 決定에 이를 수 있는가를 例1의 경우로 살펴보자.

$$\begin{array}{ccc} & & \text{乙, 丙社} \\ & & \begin{array}{cc} B_1 & B_2 \end{array} \\ \text{甲社} & \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \end{array} & \begin{pmatrix} 60 & 40 \\ 45 & 55 \end{pmatrix} \end{array}$$

(i) Maximin 基準에 의할 때 甲社는 A_2를 택하게 된다. 즉, 가장 비관적인 경우라도 A_2를 택함으로써 45%의 市場占有率은 確保할 수 있다.

(ii) Maximax 基準에 의할 때의 決定은 A_1이다. 이 때 決定者는 最大値 60을 樂觀的으로 確信한다. 즉, 상대방이 B_2로 응수하지 않으리라는 樂觀的 判斷을 하는 경우이다.

(iii) Minimax 基準

regret란 다른 代案을 택하였다면 피할 수 있었을 손실의 크기(avoidable loss; opportunity loss)를 말한다(18). 이 게임의 支拂行列로부터 regret matrix를 계산해 보면 $\begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \end{array}\begin{pmatrix} 0 & 15 \\ 15 & 0 \end{pmatrix}$가 된다. 우연히도 각 경우 후회의 최대값이 같기 때문에 A_1과 A_2 어느 한 가지의 선택이 곤란하다. 결국 半半의 自信으로 A_1 또는 A_2를 택할 수 밖에 없다.

(iv) Equal-likelihood(Principle of Insufficient Reason)

B_1, B_2가 될 확율을 똑같이 $\frac{1}{2}$로 놓고 A_1과 A_2의 기대값을 구하여 본 결과 아래와 같이 우연히도 동일하다.

$$E(A_1) = 60 \times \frac{1}{2} + 40 \times \frac{1}{2} = 50$$

$$E(A_2) = 45 \times \frac{1}{2} + 55 \times \frac{1}{2} = 50$$

즉, 이 基準역시 어느 한가지 方案을 추천하여 주지 않는다.

---

(17) Richmond, S.B., *op. cit.*, pp. 523—524.

(18) Chao, L.L.,*Statistics: Methods and Analysis*, New York: McGraw-Hill, 1969. p.410.

(v) Optimism-Pessimism 係數 α에 의한 基準($0 \leq \alpha \leq 1$)

各 行의 最大값에 α, 最小값에 $(1-\alpha)$를 곱하여 합하므로써 該當代案을 評價한다. A_1은 $60\alpha+40(1-\alpha)$, A_2는 $55\alpha+45(1-\alpha)$가 된다. 이 때 α값은 물론 意思決定者의 主觀的 判斷에 의하며 事前에 決定된다. 일반적으로 $\alpha<0.5$이면 悲觀的, $\alpha>0.5$이면 樂觀的인 係數라고 볼 수 있다. 이 문제에서는 $60\alpha+40(1-\alpha)=55\alpha+45(1-\alpha)$를 풀면 $\alpha=0.5$를 얻는다. 따라서 약간이라도 비관적이면 A_2를, 약간이라도 낙관적이면 A_1이 선택될 것이다.

이상과 같이 不確實한 경쟁적 상황에서의 意思決定을 위하여 混合戰略을 포기하고 다른 決定基準들을 가지고 解決하여 보았다. 綜合的으로 보면 意思決定者가 문제에 대하여 樂觀的이고 冒險的이냐 아니면 悲觀的이고 신중하냐 하는데 따라 代案 A_1을 또는 代案A_2를 택하게 될 것이며 minimax regret 基準과 equal-likelihood 基準은 어느 한 代案을 추천하여 주지 못하고 있다. 또한 경쟁 상황하에서는 極端的인 樂觀도 悲觀도 용납하기 곤란하다는 점에서 다시금 게임이론의 가치를 인정하지 않을 수 없게 된다. 따라서 混合戰略이 비록 非反復的 決定狀況에 대한 弱點을 가지고 있지만 경쟁상황에 대한 게임이론의 強點을 살리는 의미에서 混合戰略의 문제를 처음부터 다시 根本的으로 檢討하여 보기로 하자.

2. 게임의 調整

狀況이 주어짐으로 해서 競爭者 全體가 이미 게임에 대하여 잘 알고 있다면 어느 한 競爭 參加者가 任意로 게임을 變更시킬 수 없음은 당연한 論理이다. 그러나 일반적으로 問題가 定型化되어 주어지는 것은 아니고 그 狀況에 當面한 意思決定者나 研究擔當者가 적절히 問題를 定型化시킨다(19). 이 定型化의 過程은 競爭狀況을 게임理論에 의하여 分析할 때에도 이루어 진다. 게임의 調整은 문제의 定型化 過程에서 認識된 統制可能要素(controllable factors)와 統制不可能要素(uncontrollable factors)에 대한 戰略的 再認識으로부터 출발된다.

먼저 統制可能 要素를 통한 게임 調整의 實例를 例2의 경우로 설명하여 보자. 將軍은 가장 합리적으로 意思決定을 하려고 게임 理論을 適用시켜 보았으나 결국 단 한번의 運命的 決心에 앞서서 混合戰略의 dilemma에 빠지게 되었다. 이러한 決定過程에서 그는 마땅히 自己의 統制下에 들어가는 兵力과 火力을 再割當하고, 自己의 代案, 즉 우회이동과 정면공격을 變質시키지 않고 그대로 施行할 것인가 아니면 第三案이 있지 않은가 檢討할 수 있을 것이다. 예를 들면 敵이 지연전을 할 경우에 대한 效果를 減少시켜서라도 敵이 기동방어로 對應하여올 경우에 重點的으로 對備하여 아래와 같이 行列을 바꿀 수 있다.

(19) Ackoff, R.L., *op. cit.*, pp. 67—106, 第三章 問題의 定型化(Formulating the Problem)參照.

$$\begin{array}{lc} & \begin{array}{ccc} \text{지연전} & \text{지역방어} & \text{기동방어} \end{array} \\ \begin{array}{l} \text{우회이동} \\ \text{정면공격} \end{array} & \begin{pmatrix} 4 & 8 & 0 \\ 2 & 0 & 8 \end{pmatrix} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{lc} & \begin{array}{ccc} \text{지연전} & \text{지역방어} & \text{기동방어} \end{array} \\ \begin{array}{l} \text{우회이동} \\ \text{정면공격} \end{array} & \begin{pmatrix} 2 & 8 & 2 \\ 2 & 0 & 8 \end{pmatrix} \end{array}$$

變換된 行列은 鞍裝點을 가지며, 代案 우회이동을 택하여 적어도 2以上의 utility를 보장받을 수 있게 된다. 그러나 이러한 一連의 思考方法은 調整 自體가 客觀的 基準을 가지지 못하며 따라서 最善의 行列 調整法이 證明되지 않음으로 해서 批判될 것이다. 前述하였거니와 게임이 이미 定型化되어 주어지는 경우는 아무런 統制可能 要素도 없으므로 위와 같은 調整은 不可能할 것이다.

다음은 統制不可能 要素를 통한 게임의 調整을 설명하여 보자. 不確實한 狀況下에서 意思決定者는 問題解決에 深刻한 影響을 미치는 統制不可能 要素를 가지게 되며, 統制不可能을 이유로 放置하는 것이 아니라 이를 戰略的 要素로 전환시킴으로써 問題를 總合的으로 취급하여 보다 合理的인 意思決定에 이를 수 있다고 본다. 아직까지의 게임의 例나 定義들은 零和게임(zero-sum game)에 대한 것이었으나 실제로 게임은 非零和의 形態를 띠는 경우도 많으며 한편 非零和게임(nonzero-sum game)은 다시 妥協的 게임(cooperative game)과 非妥協的 게임(noncooperative game)으로 分類된다[20]. 우선 이 중에서 妥協的 게임을 가지고 統制不可能 要素의 調整 例로 삼아 볼까 한다.

아래와 같은 妥協的 非零和 게임의 例를 살펴보자[21]. 青白 두 사람이 각각 두가지 씩의 代案을 가지고 게임에 참가한 결과 왼편 行列은 青을 위한, 그리고 오른편 것은 白을 위한 行列이 되었다.

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 4 & -1 \end{pmatrix}$$

青이 代案 1을, 白이 代案 2를 택한다면 青은 -2를, 白은 3을 얻게 되어 兩者의 利得 總合은 零이 아니다. 이 게임은 青側에서 볼 때 混合戰略 $\left(\frac{2}{5}, \frac{3}{5}\right)$, 게임의 값은 $-\frac{1}{5}$ 이며, 白側에서 볼 때 混合戰略은 $\left(\frac{4}{7}, \frac{3}{7}\right)$이고 게임의 값은 $\frac{17}{3}$ 이다.

그러나 青白이 서로 妥協할 수 있다면 이들은 合이 가장 큰 경우가 되도록 合議하여 그 합을 적절히 分配하는 妥協點을 발견할 수도 있을 것이다. 위 行列을 보면 青이 代案 2, 白이 代案 1을 택하였을 때 利得의 合은 $-1+4=3$으로 最大이며 이 最大點을 根據로 青白 兩者의 妥協 可能性을 살펴 보면, 青의 기대값을 x_1, 白의 기대값을 x_2라 할 때,

$$x_1+x_2=3, \qquad x_1 \geq -\frac{1}{5}, \qquad x_2 \geq \frac{13}{7} \text{ 이므로}$$

---

(20) McKinsey, J.C.C., *op. cit.*, p. 358.
(21) *Ibid.*, p. 359.

$x_1 = -\frac{1}{5} + \frac{47}{35}\theta$, $x_2 = \frac{13}{7} + \frac{47}{35}(1-\theta)$, $0 \leq \theta \leq 1$로 表示할 수 있다.

이 때 θ는 두 사람이 어떤 線에서 妥協하느냐에 따라 決定된다. 만일 $\theta = 0.5$로 한다면 靑은 代案 2를 택하여 期待値 $-\frac{1}{5} + \frac{47}{35} \times 0.5 = \frac{33}{70}$을 보장받으며, 白은 代案 1을 택하여 期待値 $\frac{13}{7} + \frac{47}{35} \times 0.5 = \frac{177}{70}$을 보장 받는다. 물론 이와같은 增加된 期待値의 보장은 妥協이 가능하기 때문이지만 Prisoners' dilemma의 例와 같은 非妥協的 게임에서는 이러한 調整이 不可能하다[22].

3. Baysian 決定理論的 分析

(1) 追加的 情報의 利用

競爭狀況에 대한 문제해결의 道具로서 게임理論의 優秀性은 非反復的인 決定을 앞에 둔 때 混合戰略을 얻게되는 弱點 때문에 問題視된다. 그러나 이 弱點은 追加的 情報의 획득으로 解消될 가능성을 가진다. 우리가 다루어온 문제는 意思決定者가 주어진 支拂行列(payoff matrix) 이외에 어떠한 다른 情報도 利用하지 못하였다. 이는 마치 統計的 決定過程에서 말하는 無資料 問題(no-data problem)[23]와 類似한 환경이며 여기에 적절한 情報를 追加시키므로써 目標로 하는 成果에 대한 危險의 比重을 調整할 수 있다. 일반적으로 完全한 情報를 획득하기는 곤란하나 비록 確率을 同伴하는 不完全한 情報를 얻더라도 통계학의 힘을 利用하여 危險의 부담을 減小시킬 수 있다[24].

不確實性下에서의 意思決定 初期段階에서는 장래 발생할 各 事象(event)에 대한 客觀的 確率(objective probability)을 알 수 없기 때문에 意思決定者는 자기의 經驗과 過去의 資料 또는 적절한 觀察을 통하여 主觀的 確率(subjective probability)의 槪念을[25] 사용할 수 밖에 없다. 이 主觀的 確率은 追加的 情報의 획득으로 妥當性있게 修正될 수 있으며 이러한 축차적 修正過程을 뒷받침하여 주는 것이 바로 Bayes의 定理이다. 우선 Bayes의 定理를 설명하고 追加的 情報의 적절한 形態를 규정하자.

$B_1, B_2, \cdots\cdots, B_k$가 相互 排反事象(mutually exclusive events)으로서 標本空間(sample space) S를 形成한다고 할 때 S의 한 部分空間 A가 한 事象으로 나타났다고 하자. 이때 條件

(22) Richmond, S.B., *op. cit.*, p. 525.

(23) Chernoff, H., and Moses, L.E., *Elementary Decision Theory*, New York: John Wiley & Sons, 1967. p. 167.

(24) Bryant, E.C., *Statistical Analysis*, New York: McGraw-Hill, 1960. p. 1 통계학이 意思決定者에게 주는 도움가운데 하나는 誤判의 위험을 표시하는 確率을 제시하여 損益을 比較할 수 있도록 해주는 것이다.

(25) Hamburg, M., *Statistical Analysis for Decision Making*, Harcourt, Brace & World, Inc., 1970. p. 12.

確率의 概念에 의하면

$$P(B_i|A)=\frac{P(A|B_i)P(B_i)}{\sum_{j=1}^{k}P(A|B_j)\,P(B_j)}=\frac{P(A|B_i)P(B_i)}{P(A)},\quad i=1,2,\cdots,\ k$$

의 關係가 成立하며 이를 Bayes의 定理라고 부른다[26]. 위 式에 의하면 條件確率 $P(B_i|A)$의 값은 모든 i에 대한 $P(A|B_i)$와 $P(B_i)$를 알면 계산할 수 있다. 만일 $P(B_i)$가 事前에 주어지고, $P(A|B_i)$를 追加的 情報로 얻을 수 있다면 결과적으로 $P(B_i|A)$를 구할 수 있게 된다.

情報 획득 이전에 主觀的 判斷으로 정하여지는 확율들 $P(B_i)$, $i=1,\cdots,k$를 事前確率(a priori probabilities)이라 부르며, 이 事前確率이 追加的 情報에 의하여 修正되었을 때 새로 얻는 확율들 $P(B_i|A)$, $i=1,\cdots,k$,를 事後確率(a posteriori probabilities)이라고 부른다[27].

따라서 情報는 條件確率 $P(A|B_i)$의 形態로 提供되어야 한다. 즉 상대방 경쟁자의 代案이 실제로 B_i로 實現된다고 할 때 그 徵候로서 A가 나타날 확율값이 提供되어야 한다는 것이다.

(2) Baysian 決定理論

Baysian 決定過程은 크게 두 부분으로 나뉘어지는데 첫 단계는 事前確率을 事後確率로 轉換시키는 過程이며 둘째 단계는 事後確率에 의거 期待値를 계산하여 유리한 代案을 선택하는 過程이다. 이 過程들을 一般性있게 說明하기 위하여 Chernoff와 Moses가 列擧한 決定의 基本要素를 紹介하겠다[28]. 즉,

i) 實行가능한 方案들(the possible actions).

ii) 實現가능한 將來의 狀況들(the possible states of nature).

iii) 行動結果가 주는 損失들(the losses, consequences of acts).

iv) 條件確率 $P(A|B_i)$를 同伴한 징후 A의 觀察(the experiment resulting in data A with probabitity distribution $P(A|B)$).

v) 戰略들(the strategies)

vi) 各戰略의 危險의 크기(the risks, consequences of strategies)

위의 要素中 i),ii),iii)은 문제의 定型化 過程에서 이미 정하여 진다. 만일 行動結果가

(26) Meyer, P.L., ***Introductory Probability and Statistical Applications***, Addison-Wesly, 1966. p.37.
(27) Chernoff, H., and Moses, L.E., ***op. cit.***, p. 136, p. 167.
(28) ***Ibid.***, p. 192.

利得(payoff)으로 주어진다면 다시 別途로 損失에 대한 資料를 구할 必要없이 바로 그 payoff matrix로 부터 regret matrix를 계산하여 要素 iii)으로 使用하면 된다. 이 세개의 要素만을 가지고 意思決定을 해야하는 문제가 바로 前述한 no-data problem이다. 이 때 적절한 情報의 追加로 事前確率은 客觀性을 가지는 事後確率로 轉換된다. 情報의 획득은 적절한 觀測에 의하여 실시된다. 觀測은 多數回 實施될 수 있기 때문에 事後確率은 每觀測 결과에 따라 變更調整될 수 있다. 만일 最終的으로 얻은 事後確率을 $\bar{w}=(w_1,w_2,\cdots,w_k)$라 하면 使用可能한 戰略들에 대한 評價는 이 $\bar{w}$를 適用한 可重平均 期待值를 계산하여 比較함으로써 이루어 진다.

B_i가 相對方의 決定案이라 할때 가장 有效한 觀測은 事後確率을 $\bar{w}=(0,\cdots,0,w_i,0,\cdots0)$, $w_i=1$의 꼴로 表示되게 해준다. 그러나 실제로 이러한 觀測은 이루어지기 어려우며 일반적으로 위와같이 理想的인 $\bar{w}$의 값을 얻지 못한다. 事後確率을 $\bar{w}=(w_1,w_2\cdots w_k)$라하고 만일 代案 A_j를 決定하였을 때 상대방이 B_i로 대응해오는 경우에 대한 regret를 $\gamma(B_i,A_j)$라 하면, 代案 A_j 決定에 대한 위험의 可重平均 期待值는 다음 式과 같다.

$$\boldsymbol{B}(\bar{w},\ A_j)=w_1\gamma(B_1,A_j)+w_2\gamma(B_2,A_j)+\cdots\cdots+w_k\gamma(B_k,A_j).$$

이때 $\boldsymbol{B}(\bar{w},A_j)$들 중 최소값인 것, 즉 $\min \boldsymbol{B}(\bar{w},\ A_j)$를 Bayes Risk라 부르며 최소값이 되는 A_j를 Bayes Strategy라고 부른다[29].

(3) 混合戰略과 Bayes 戰略

競爭的 狀況에 Bayesian 決定理論을 適用시키기 위해서는 아래와 같은 두 가지의 假定을 認定하여야 한다. 첫째는 상대방의 最適混合戰略을 상대방의 將次 行動에 대한 事前確率(a priori probability)로 보는 것이요, 둘째는 상대방에 대한 有效한 情報을 획득할 可能性이 있어야 한다는 사실이다. 이러한 假定이 成立한다면 自然을 상대로 한 즉, 非競爭的狀況에의 適用과 마찬가지로 競爭的 게임을 위하여서도 Baysian 決定理論이 사용될 수 있다.

그런데 事前確率이란 事態의 觀察이나 實驗등의 客觀的 情報없이 事前에 個人的 經驗과 過去의 資料, 또는 將來狀況에 대한 強力한 個人的 信念을 나타내는 主觀的 確率의 概念을 가진다. 한편, 混合戰略은 競爭者가 가장 合理的으로 그리고 가능한 한 최소한의 利得을 보장받기 위하여 行動한다는 게임理論의 基本概念으로부터 구해진 것이므로 다분히 競爭者의 主觀的 見解에 많은 영향을 받은 것이다. 따라서 混合戰略은 事前確率로 취급되어

(29) *Ibid.*, pp. 190—191. Chao, L.L., *op. cit.*, p. 422.

도 무리가 없을 것이다.

混合戰略下에서의 dilemma 는 事前確率만으로 決定해야 하는 문제의 경우와 같으며, 이때 상대방에 대한 情報를 追加하여 Bayes Strategy 를 決定함으로써 混合戰略의 難點은 解消될 수 있다. 여기서 어려운 점을 하나 지적하면 바로 情報획득 문제이다. 만일 競爭狀況下에서 상대방에 대한 情報를 적절한 形態로 얻을 수 있다면 非反復的 決定狀況에 대한 混合戰略의 dilemma 는 Bayes Strategy 의 決定으로 解決될 수 있을 것이다.

(4) 競爭的 게임에 대한 Baysian 決定理論 適用의 例

前述한 例2를 가지고 설명하여 보자.

$$
\begin{array}{cc}
 & \text{敵軍} \\
 & \begin{array}{ccc} B_1 & B_2 & B_3 \end{array} \\
\text{我軍} \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \end{array} & \begin{pmatrix} 4 & 8 & 0 \\ 2 & 0 & 8 \end{pmatrix}
\end{array}
$$

이 문제에서 我軍의 最適混合戰略은 $X^* = \left(\frac{3}{5}, \frac{2}{5}\right)$. 敵軍의 最適混合戰略은 $Y^* = \left(\frac{4}{5}, 0, \frac{1}{5}\right)$ 이었다.

i) 事前確率은 $P(B_1) = \frac{4}{5}$, $P(B_2) = 0$, $P(B_3) = \frac{1}{5}$이 된다.

ii) 위 行列로 부터 regret matrix 를 계산하면 아래와 같다.

$$
\begin{array}{cc}
 & \begin{array}{ccc} B_1 & B_2 & B_3 \end{array} \\
\begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \end{array} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 8 \\ 2 & 8 & 0 \end{pmatrix}
\end{array}
$$

iii) 敵軍의 實際行動이 B_j일 때 Z_i라는 情報를 획득할 條件確率 $P(Z_i|B_j)$는 아래 表와 같다. 이 例에서는 편의상 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4의 4가지 중의 하나로 觀察되리라 보고 가상적으로 표를 만들어 보자.

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
B_1	0.4	0.4	0.2	
B_2			0.5	0.5
B_3		0.3	0.2	0.5

iv) 事後確率 $P(B_j|Z_i)$는 아래 표와 같은 樣式에 맞추어 계산된다.

아래 표에서 $\sum_{i=1}^{4} P(Z_i) = 1$인 것과, 各 Z_i들에 대한 事後確率들을 확인할 수 있다.

$P(B_i|Z_i)$

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	$P(B_i)$
B_1	0.5	0.4	0.1	0	$\frac{4}{5}$
B_2	0	0	0.5	0.5	0
B_3	0	0.3	0.2	0.5	$\frac{1}{5}$

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$P(B_1)P(Z_i\|B_1)$	0.40	0.32	0.08	0
$P(B_2)P(Z_i\|B_2)$	0	0	0	0
$P(B_3)P(Z_i\|B_3)$	0	0.06	0.04	0.10
$P(Z_i)$	0.40	0.38	0.12	0.10
$P(B_1\|Z_i)=w_1$	1	0.84	0.67	0
$P(B_2\|Z_i)=w_2$	0	0	0	0
$P(B_3\|Z_i)=w_3$	0	0.16	0.33	1

v) 各 Z_i의 發生時 我軍의 代案 A_1과 A_2의 評價를 위하여 危險의 可重平均 期待値를 計算후 比較하면 아래와 같다.

Z_1이 관찰될 때, $B(\bar{w},A_1)=1\times0+0\times0+0\times8=0^*$
$B(\bar{w},A_2)=1\times2+0\times8+0\times0=2$

Z_2가 관찰될 때, $B(\bar{w},A_1)=0.84\times0+0\times0+0.16\times8=1.28^*$
$B(\bar{w},A_2)=0.84\times2+0\times8+0.16\times0=1.68$

Z_3가 관찰될 때, $B(\bar{w},A_1)=0.67\times0+0\times0+0.33\times8=2.64$
$B(\bar{w},A_2)=0.67\times2+0\times8+0.33\times0=1.34^*$

Z_4가 관찰될 때, $B(\bar{w},A_1)=0\times0+0\times0+1\times8=8$
$B(\bar{w},A_2)=0\times2+0\times8+1\times0=0^*$

각 경우 적은 값에 *표시를 하였으며 이 적은 값을 Bayes Risk, *표시가 된 代案이 Bayes Strategy 이다. 즉, Z_1 또는 Z_2라는 情報를 얻었을 때는 A_1을, Z_3 또는 Z_4라는 情報를 얻었을 때는 A_2를 決定하면 된다. 이렇게 함으로써 平均 危險 부담의 크기는

$0.4\times0+0.38\times1.28+0.12\times1.34+0.10\times0=0.6472$가 되며 이 값은 條件確率 $P(Z_i|B_j)$ 表의 正確性에 反比例한다고 볼 수 있다.

Ⅲ. 結　論

非反復的이고 一大斷案을 要求하는 戰略的 決定過程에서 게임이론은 가장 有利한 代案 하나를 指摘해 주는 대신에 一般的으로 混合戰略의 形態로 解決策을 提示하여줄 뿐이다. 이러한 게임이론의 非現實性을 意思決定者의 立場에서 批判하였고 餘他의 意思決定基準들과도 比較하여 보았다. 그러나 게임이론은 競爭狀況에 대한 定量的 分析의 道具로서 가장 合理的인 理論임을 부인할 수 없으며 이러한 게임이론의 合理性은 非反復的 競爭狀況에서도 追求되어야 마땅할 것이다. 따라서 混合戰略의 意義를 最大限으로 살리려고 示圖한 것이 바로 前述한 確率器의 使用, 게임의 調整 그리고 Baysian 決定理論的 分析등이다.

게임의 調整이란 意思決定狀況의 定型化 過程에 대한 再檢討 調整 및 相對方 競爭者와의 妥協調整을 意味한다. 이러한 調整은 意思決定過程에 있어서 feedback 作用이라고 부를 수 있을 것이다. 즉, 最終的 決定에 앞서서 問題의 始發點으로 되돌아가 統制可能한 要素와 統制不可能한 要素를 再檢討하는 것은 바람직한 意思決定者의 姿勢일 것이다. 그러나 게임을 調整함에 있어서 最善의 調整法이 理論的으로 定立되지 못하였다는 弱點은 次後 더 硏究되어야 할 것이다.

Baysian 決定理論은 未來의 自然狀態에 대한 도전에 널리 使用되어 왔으나 여기서는 競爭的 狀況에의 適用을 모색하여 보았다. 이때 문제시 되는 것은 相對 競爭者에 대한 統計的 觀察이 어떻게 이루어질 수 있는가 하는 點이다. 競爭者는 相對方에게 自己의 決定을 事前에 누설당하지 않기 위해서 僞裝과 欺瞞戰術, 逆戰術, 心理戰 등을 주저없이 사용하고 있으므로 더욱 情報 獲得은 곤란하며, 情報가 올바른 것이라 하여도 상대방의 心理的 要因이 介入되면 一擧에 그 決定을 豹變할 수도 있어서 지극히 곤란하다. 그러나 反面에 現代와 같은 情報時代에 있어서 競爭狀況에 대한 情報分析이 意思決定의 過程에 有機的으로 導入되는 것은 必要한 일이다. 또한 定性的 問題에 대한 定量的 分析이 무리가 되는 一面이 있으나 反面에 定量的 分析은 問題解決을 위한 새로운 思考方式의 提示일 수 있다는[30] 點에서 위와 같이 難點과 可能性을 同時에 提示한다.

(30) Hayes, R.H., "Qualitative Insights from Quantitative methods," *Harvard Business Review*. July-August(1969)