無限反復競技의 戰略的 談合解에 대한 研究

李 承 勳[1]

'囚人의 困境' 경기를 무한히 반복하는 경우에 각 경기자가 담합을 선도할 유인을 가짐을 보인다. 그러나 상대방의 선도를 기다렸다가 응하는 것이 더 유리하기 때문에 실제 전개상황은 '持久力競技'가 됨을 보인다. 마지막으로 지구력경기의 균형을 분석하여 비담합적 解는 결코 영구히 지속될 수 없음을 보인다.

1. 머 리 말

어떤 非協同的 競技를 한 번 시행할 때 그 결과가 非效率的인 것으로 실현되는 예는 많다. 가장 대표적인 예로는 囚人의 困境(prisoners' dilemma)을 들 수가 있다. 그러나 이 경기를 무한한 횟수에 걸쳐서 반복시행할 경우에는 競技者들 시이에 상호협조의 유인이 발생하고 실제로 협조가 이루어진 결과가 실현된다는 사실은 일찍부터 인식되어 왔다〔예컨대 Chamberlin(1933) 참조〕. 다양한 형태로 발표되어 온 소위 傳來定理(folk theorem)들은 1회 경기의 내쉬均衡이 반복되는 결과는 물론 이보다 더 파레토優越한 결과를 部分競技完全均衡으로 유지한다는 사실을 여러 각도에서 논증하고 있다〔Friedman(1977), Abreu(1982)〕.

그러나 지금까지 발표된 연구들은 모두 무한반복경기에서 협조적 행위가 일어날 수 있다는 점을 보이는 것만으로 그친다는 한계를 지닌다. 즉 경기자들 사이에서 협조가 일어나지 않는 1회 경기의 내쉬均衡이 계속 반복되는 결과도 역시 부분경기완전균형이기 때문에, 傳來定理는 무한반복경기에서 반드시 담합이 형성됨을 보이는 수준에까지는 이르지 못하고 있는 것이다〔Aumann(1981) 참조〕.

또한 전래정리는 協調的 行爲가 하나의 균형으로 유지될 수 있음만을 보일 뿐 협조적 행위가 발생하는 과정까지는 보이지 못한다. 예컨대 어느 순간까지는 非協助的 결과가 반복되다가 갑자기 協助的 行爲가 이루어지는 것은 그 자신 하나의 균형으로 유지됨을 보일 수가 있지만, 왜 어느 순간부터 협조적 행위가 발생하는가에 대한 의문은 설명되지 못하는 상태이다.

---

(1) 이 연구는 1990년도 修岩財團 연구지원비 지원 아래 수행된 것이다.

본연구에서는 '囚人의 困境'이 무한반복되는 경우를 대상으로 하여 談合이 형성되는 과정을 설명하고자 한다. 그리고 이 설명을 기초로 하여 1회 경기의 내쉬均衡이 무한히 반복될 확률은 零임을 보임으로써 '囚人의 困境'이 무한히 반복되는 경기에서는 반드시 談合이 형성됨을 밝힐 것이다.

최근의 연구 가운데에서도 반복경기의 균형중에서 非效率的 均衡은 安定的(stable)이지 못함을 보임으로써 效率的 均衡만 실현될 것임을 시사한 연구가 있다〔Van Damme(1990) 참조〕. 그러나 이들 연구에서 분석한 경기는 매우 제약적인 구조의 경기로서 '囚人의 困境'이 반복되는 경우가 아니다. 더욱이 본연구에서는 均衡의 安定性보다는 예상의 合理性에 의존하여 논의를 전개하는 점이 앞의 연구들과 서로 다르다.

2. 한 가지 例

먼저 본연구의 내용을 될 수 있는 한 선명하게 부각시키기 위하여 아주 간단한 예를 들어보기로 한다. 割引率 r이 0.5인 상태에서 〈그림 1〉과 같은 '囚人의 困境' 경기가 무한히 반복되는 超競技(supergame)를 생각해보자. 이 경우 完全談合的 解로서 (U, L)이 무한히 反復되는 상태가 실제로 실현될 수 있다고 하는 사실은 傳來定理를 통하여 잘 알려져 있는 바와 같다. 즉 이 담합을 그대로 유지시킬 수 있는 部分競技完全均衡戰略(subgame perfect equilibrium strategies)이 존재하는 것이다.

ⓘ \ ⓘⓘ	L	R
U	20, 20	0, 21
D	21, 0	10, 10

〈그림 1〉 囚人의 困境(r=0.5)

傳來定理는 또한 처음 l회 동안은 非談合的 解 (D, R)이 반복되다가 $(l+1)$회부터는 (U, L)이 반복되는 상태도 部分競技完全均衡으로 지지됨을 보이고 있다. 그러나 처음 l회 동안은 담합이 이루어지지 못하다가 왜 하필 $(l+1)$회 째에 이르러서 비로소 담합이 전개되는지에 대한 합리적인 설명은 전혀 주어져 있지 않다. 즉 傳來定理는 한 번 談合 (U, L)이 형성된 다음에는 이것이 붕괴되지 않고 그대로 유지된다는 데 대해서는 설득력있는 설명을 제시하고 있지만 談合이 형성되는 過程에 대해서는 적어도 모형내부적으로는 아무런 설명도 제공하고 있지 못한 것이다.

본연구의 목적은 非談合的 結果가 계속되어 온 상태에서 談合이 어떻게 형성될 것인가를

알아보려는 것이다. 따라서 처음부터 지금까지 (D, R)만이 반복되어 온, 즉 전혀 담합이 형성되지 못한 경우만을 고찰의 대상으로 삼기로 한다.

이제 시점 t에서 경기자 ⓘ이 U를 선택하였다고 하자. 이 경우 ⓘ은 경기자 ⓘⓘ가 동시에 L을 선택하는 경우에만 10만큼의 이득을 보게 되고 종전과 같이 R을 선택하는 경우에는 역으로 10만큼의 손실을 입게 된다. 그러나 경기자 ⓘ로서는 ⓘⓘ가 시점 t에서 L을 선택할 것이라고 추론할 수 있는 아무 근거가 없기 때문에 정황적으로 보아서 ⓘ의 행동이 단순하게 ⓘⓘ의 L 선택을 기대하고 U를 선택한 합리적 행동이었다고 말하기는 어렵다. 그렇다면 지금까지(D, R)이 반복되어 온 상황에서 ⓘ의 U 선택이 事前的으로 합리화될 수 있는 길은 없는 것인가? 만약 이것이 합리화될 수 없다면 일단 非談合的 결과 (D, R)이 형성된 다음에 담합(U, L)로 이행해 가는 과정을 이해하는 데에는 두 경기자가 공개적으로 협의하는 등의 模型外的 설명이 동원되어야 한다.

경기자 ⓘ이 U를 선택할 때 기대하는 목표 가운데 객관적으로 볼 때 合理的인 것은 談合(U, L)의 실현이라고 할 수 있다. 만약 경기자 ⓘⓘ가 ⓘ의 U선택에 대하여 (U, R)을 노리고 계속 R을 고집한다면 ⓘ은 다시 선택 D로 되돌아가고 말 것이다. 만약 경기자 ⓘ이 ⓘⓘ의 L 선택을 유도한 다음 스스로 D로 선택을 바꿈으로써 (D, L)의 실현을 노린다면 이번에는 ⓘⓘ가 R로 되돌아가고 말 것이다. 두 경우 모두 각 경기자는 상대방이 談合狀態 (U, L)에 머무는 것이 이탈하는 것보다 더 유리하도록 벌칙을 가할 수 있기 때문에 어느 경기자도 자신에게만 일방적으로 유리한 결과인 (U, R) 또는 (D, L)을 장기간 유지할 수 있을 것으로 기대할 수는 없는 것이다. 그러므로 문제는 ⓘ의 U선택이 談合的 狀態 (U, L)을 불러올 수 있는가라는 점이다.

경기자 ⓘ이 시점 t에서 U를 택할 때 경기자 ⓘⓘ도 동시에 L을 택한다면 물론 담합적 상태 (U, L)은 즉각 실현된다. 그러나 이러한 전개는 模型外的 대화를 통하여 이미 약속이 이루어져 있는 경우이거나 지극히 우연하게 발생하는 경우에 국한된다. 현실적으로는 카르텔 禁止를 법률로 정하는 등 경기자들 상호간에 대화를 통하여 담합하는 행위를 금지하는 경우가 많다. 또한 가늠할 수 없는 우연만을 기대하고 ⓘ 또는 ⓘⓘ가 U 또는 L을 선택할 것이라는 설명도 설득력이 없다. 경기자 ⓘ이 ⓘⓘ의 우연적 選擇 L을 확신하지 않았던 만큼 ⓘ은 ⓘⓘ가 같은 시점 t에서 R을 선택할 수도 있음을 예상하고 있었다고 보는 것이 타당하다. 경기자 ⓘⓘ가 시점 t에서 R을 선택하는 경우에 狀況은 어떻게 전개되겠는가?

이 질문에 대한 해답을 구하기 위하여 세 가지의 部分競技完全均衡에 대한 特性을 고찰하여 보자. 첫번째의 均衡은 (U, L)이 계속 반복적으로 시행되도록 짜여진 均衡이다. 이것

을 均衡1이라고 부르기로 한다. 두번째의 균형은 (D, R)이 1회 실시된 다음 (U, L)이 1회 실시되고 하는 것이 되풀이되도록 짜여진 均衡이다. 이것을 均衡2라고 부르기로 한다. 均衡1과 均衡2가 각각 部分競技完全均衡임은 쉽게 보일 수가 있다. 마지막으로 均衡3은 (U, R)과 (D, L)이 번갈아 실현되지만 매 50회 째(숫자 50은 임의적인 것으로 별다른 의미는 없다)에는 (D, L)이 연속 2회 실현되도록 짜여진 균형이다. 이 均衡3도 부분경기완전균형임은 쉽게 보일 수가 있다. 均衡1 및 均衡2와는 달리 均衡3은 경기자 ⓘ에게 유리하도록 되어있는 非對稱性을 특징으로 가진다.

그러나 均衡2와 均衡3은 이것들이 비록 부분경기완전균형이라고는 하나 현실적으로는 실현될 수 있는 상태로 보기 어려운 균형이다. 現實的인 談合은, 그것이 명시적이든 암묵적이든, 균형1로 나타날 것이고 결코 균형2나 균형3의 형태로는 나타나지 않을 것이다. 예컨대 협조적 행위 U 또는 L로부터 벗어날 때 상대방은 즉각 유효한 보복수단을 펼칠 수 있는 상태에서 (U, L)로부터 상식에 벗어나게 (D, R)로 옮겨가는 내용의 談合이 이루어질 리가 없는 것이다. 또한 동등한 여건에 있는 두 경기자에게 차별적 보수를 가져다줄 균형3과 같은 담합도 이루어지기 어려운 것이다.

전통적 傳來定理는 한 경기자가 담합하기로 합의한 協助的 行動으로부터 이탈하는 경우에 이 경기자에게 벌칙을 가하는 것을 行動原理로 전제하고 구성되어 있다. 우리는 이 行動原理와 유사하지만 조금 다른 행동원리를 전제하기로 한다.

行動原理: 어느 한 경기자가 友好的 또는 協調的 행동으로부터 非友好的 또는 非協助的 행동으로 전환하는 경우에 다른 경기자는 그 직후의 시점에서 역시 非友好的 또는 非協助的 행동을 선택한다.

이 원리에 따르면 경기자 ⓘ이 U를 취하다가 D를 취하면 ⓘⓘ는 그 다음 시점에 R을 취하게 된다. 이 행동원리를 기준으로 삼으면 균형3과 같은 非對稱的 均衡을 실현가능한 상태로부터 효과적으로 배제할 수 있다. 즉 50회 째에 (D, L)이 이루어진다면 ⓘⓘ는 51회 째에 R을 선택할 것이므로 다시 (D, L)이 반복될 수는 없는 것이다.

이제 다시 시점 t에서 경기자 ⓘ이 U를 택하고 ⓘⓘ는 R을 택한 경우의 문제를 생각하여 보자. 만약 ⓘ이 시점 $(t+1)$에서 D를 택한다면, 우리들의 行動原理에 따르면 ⓘⓘ는 $(t+2)$에서 분명히 R을 택하게 된다. 그러므로 ⓘ도 $(t+2)$에서는 D를 택하게 되어 원래의 상태 (D, R)로 되돌아간다. 이 경우에 ⓘ에게는 시점 t에서 U를 택함으로써 (U, R) 그리고 이어서 (D, L)이 전개되고 다시 (D, R)로 되돌아가는 상태를 얻는 것이 최선이다. 그러나 이 결과는 t 및 $(t+1)$ 시점을 원래의 상태 (D, R)로 일관하는 것보다 더 못한 것이다. 따라서

경기자 ⓘ은 시점 $(t+1)$에서 반드시 U를 택하게 되며, 경기의 구조상 ⓘⓘ도 이 사실을 잘 알고 있다. 결국 (D, R)이 반복되어 온 상태에서 ⓘ이 시점 t에서 U를 선택한다면 $(t+1)$에서도 U를 선택할 것이다. 그리고 ⓘⓘ도 이 사실을 알고 있는 것이다.

이 경우에 ⓘⓘ로서는 시점 $(t+1)$에서 어떠한 행동을 선택할 것인가? 경기자 ⓘⓘ가 L을 선택한다면 그 이후는 줄곧 (U, L)이 반복되는 결과가 얻어지게 되고 각 경기자가 얻는 보수의 現在價値는

$$20+\frac{20}{0.5}=60$$

으로 결정될 것이다. 경기자 ⓘⓘ가 R을 선택한다면 시점 $(t+2)$로부터 (U, L)이 이루어진다고 하더라도 ⓘ의 보수의 現在價値는 시점 t에서 볼 때

$$0+0+\sum_{t=2}^{\infty}\frac{20}{(1+0.5)^t}=20$$

으로 결정되므로 시점 t부터 계속 (D, R)이 시행되는 경우의 보수

$$10+\frac{10}{0.5}=30$$

보다 더 작다. 그러므로 만약 경기자 ⓘⓘ가 $(t+1)$의 시점에서도 R을 선택한다면 ⓘ로서는 시점 t에서 U를 선택할 까닭이 없으며 경기자 ⓘⓘ도 이 사실을 잘 알고 있다. 그러나 ⓘⓘ가 시점 $(t+1)$ 이후부터는 줄곧 L을 선택한다면 ⓘ의 보수는

$$0+\frac{20}{0.5}=40\ (>30)$$

이 되므로 시점 t에서 ⓘ은 U를 선택할 유인을 가지게 된다. 즉 경기자 ⓘⓘ는 일단 ⓘ이 시점 t에서 U를 선택한다면 $(t+1)$에서도 U를 선택하지만 만약 ⓘⓘ가 시점 $(t+1)$에서 L로 호응해 오지 않는다면 다시 D로 돌아간다는 사실을 정확하게 이해하고 있는 것이다. 그러므로 경기자 ⓘ이 (ⓘⓘ가) 어느 시점에서 갑자기 U를 (L을) 선택한다면 이 行動은 상대방에게 위와 같은 내용을 전달하는 유효한 신호로서 기능하게 된다.

경기자 ⓘ이 시점 t에서 이와 같은 신호를 보낸다면 경기자 ⓘⓘ의 반응은 어떠하겠는가? ⓘⓘ가 t에서 R를 택하였을 경우에 대하여 살펴보자. ⓘⓘ가 시점 $(t+1)$에서 역시 R을 택한다면 그 보수는

$$21+\frac{10}{0.5}=51$$

이 된다. 그러나 ⓘⓘ가 L을 택함으로써 우호적으로 반응한다면

$$20+\frac{20}{0.5}=60\ (>51)$$

으로서 더 큰 보수를 누리게 된다. 그러므로 경기자 ⓘⓘ로서는 경기자 ⓘ이 시점 t에서 U를 선택하는 경우에 적어도 시점 $(t+1)$에서는 반드시 L을 선택하게 되어 있고, 경기자 ⓘ도 이 사실을 알고 있는 것이다. 즉 지금까지 (D, R)이 반복된 상태에서 경기자 ⓘ이 U를 택한 시점 이후에 전개되는 부분경기에서는 오직 (U, L)이 반복되는 것만이 行動原理를 충족시키는 部分競技完全均衡이고 다른 균형들은 모두 시점 t에서 볼 때 (D, R)이 계속 반복되는 균형보다도 ⓘ에게 불리하다.

이상의 논의를 요약하면 다음과 같다. 〈그림 1〉과 같은 경기를 무한히 반복하는 경기에서 非協助的 상태 (D, R)이 계속 반복되어 온 경우에 어느 한 경기자가 $U(L)$를 선택하면 그 다음 시점부터는 반드시 협조적 상태(U, L)이 반복되는 결과가 얻어지고 그 경기자와 상대방은 모두 다 (D, R)이 반복되는 경우보다 더 높은 보수를 얻게 되는 것이다. 그러므로 非協助的 상태가 유지되어 온다고 하더라도 각 경기자는 談合을 선도할 유인을 가지고, 동시에 상대방의 선도에 기꺼이 순응하게 되어 있다.

그렇다면 왜 談合은 초기부터 이루어지지 않고 非協助的 狀態가 한동안 계속될 수 있는 것인가? 그 까닭은 어느 한 경기자가 담합을 선도할 때 이 경기자가 상대적으로 불리한 처지에 놓이는 非對稱性 때문이다. 즉 선도하는 경기자는 선도를 위하여 시점 t에서 0의 보수를 감수하여야 하는 반면에 선도에 순응하는 기업은 21의 보수를 누리게 되는 것이다. 이러한 까닭에 각 경기자는 담합을 先導할 유인도 가지고 있지만 서로 상대방이 먼저 선도해 주기를 기다릴 유인도 가지고 있게 된다. 이제 이 측면을 좀더 자세히 고찰해보기로 하자.

지금까지 (D, R)의 반복으로 일관해 온 상태에서 매 시점 각 경기자의 선택은 $U(L)$와 D (R), 즉 담합의 선도를 시도하는 행동과 종전과 같이 非協助的 行動으로 일관하는 행동 사이의 선택문제로 귀결된다. 이것을 그림으로 나타내면 〈그림 2〉와 같다. 단 G는 매 시점 각 경기자가 기대하는 균형보수의 現在價値를 나타낸다. 어느 경기자이건 일단 協助的 行動(U 또는 L)을 선택하면 그 이후의 전개과정은 위에서 설명한대로 진행되어 〈그림 2〉의 해당하는 난에 표시된 대로의 보수를 얻는다. 만약 둘 다 非協助的 行動(D 또는 R)을 선택하는 경우에는 다시 〈그림 2〉와 꼭 같은 상황을 직면하게 된다.

ⓘ \ ⓘⓘ	K	R
U	60, 60	40, 61
D	61, 40	$10+\frac{2}{3}G$, $10+\frac{2}{3}G$

〈그림 2〉 持久力競爭

〈그림 2〉의 경기에서 (D, R)이 유일한 均衡이기 위해서는

$$10+\frac{2}{3}G>40$$

의 관계가 성립하여야 하는데 그렇게 되면 매번 (D, R)만이 반복할 것이다. 그러나 이 경우에는

$$G=10+\frac{10}{0.5}=30$$

이므로 위의 부등식이 성립하지 않는다. 즉,

$$10+\frac{2}{3}G\leq 40$$

의 관계가 성립하는 것이다.

이 부등식이 뜻하는 바는 (D, L) 또는 (U, R)만이 〈그림 2〉의 경기의 純粹戰略均衡이고 등호가 성립할 때만(D, R)도 균형으로 추가된다는 것이다. 그러나 이 균형은 다른 균형 (D, L) 및 (U, R)에 의하여 弱壓倒(weakly dominated)된 均衡이다. 그러므로 매 시점의 상황 〈그림 2〉는 소위 Chicken으로서 서로 자기에게 유리한 균형을 주장하다 보면 최악의 狀態 (D, R)로 귀결되는 경기가 되고, 이것이 반복되는 것은 다름아닌 持久力競技(war of attrition)의 상황인 것이다. 즉 먼저 양보하여 談合을 선도하는 것이 서로 이익임은 알고 있지만 이것이 선도자에게 상대적으로 불리함에 따라서 서로 눈치를 살피는 상황인 것이다.

이 경우에 우리가 고려하여야 하는 또 다른 한 종류의 균형은 混合戰略均衡이다. 즉 각 경기자가 자신의 선택을 적절하게 확률적으로 배합함으로써 이루어지는 均衡이 존재하는 것이다.

이제 균형에서 ⓘ이 U를 선택하는 확률과 ⓘⓘ가 L을 선택하는 확률은 경기의 對稱性으로 인하여 동일할 것이다. 이것을 α로 표시하기로 하자. 그러면 均衡에서는

$$60\alpha+40(1-\alpha)=61\alpha+\left(10+\frac{2}{3}G\right)(1-\alpha)=G$$

의 관계가 성립한다. 이 관계는 각 선택에서 얻어지는 경기자의 期待報酬가 같음을 뜻하며 이것이 동시에 〈그림 2〉의 상황에서 각 경기자의 期待報酬와도 같음을 뜻한다.

만약 $\alpha=0$라면 $G=40$이면서 $G=30$이어야 하므로 모순이다. 따라서 $\alpha>0$ 이어야 한다. $\alpha=1$ 또한, $G=60$ 이면서 $G=61$ 이어야 가능하므로 역시 모순이다. 그러므로 $0<\alpha<1$의 결과가 성립함을 알 수가 있다. 구체적인 풀이과정은 생략하기로 한다. 이 사실로부터 우리는 매 시점 (D, R)이 실현될 確率은 $(1-\alpha)^2$이고 이것이 t회 거듭될 확률은 $(1-\alpha)^{2t}$가 될 것임을 알 수 있다. 그러므로 談合이 이루어지지 않고 (D, R)이 무한정 반복될 확률은

0으로 수렴하기 마련이다.

이상의 논의를 요약하면 다음과 같다.

(1) 〈그림 1〉의 '囚人의 困境' 경기를 무한히 반복하는, 경우에 각 경기자는 談合을 선도할 유인을 가진다.

(2) 그러나 상대방의 선도를 기다렸다가 응하는 것이 더 유리하기 때문에 실제 전개되는 상황은 매 시점의 선택이 〈그림 2〉로 표현되는 '持久力競技'가 된다.

(3) 경기의 對稱性을 고려할 때 〈그림 2〉의 해는 완비혼합전략균형(completely mixed strategy equilibrium)으로 얻어진다. 그러므로 非協調的 解 (D, R)이 무한정 반복될 확률은 0이 되고 언젠가는 담합이 형성된다.

3. 談合形成의 一般的 模型

통상의 '囚人의 困境' 경기를 생각해보자. 경기자 ⓘ은 U와 D 가운데에서 하나를 선택하고 경기자 ⓘⓘ는 L과 R 가운데에서 하나를 선택하는데 각 경우의 경기자별 報酬는 〈그림 3〉과 같다. 단, $b<d<a<c$의 관계가 성립한다. 割引率을 $r(0<r<1)$이라고 하고 〈그림 3〉의 경기를 무한히 반복하는 경우를 생각해보자. 그리고 $(a-b)(1+r)>c-a$라고 하자.

이미 談合이 이루어진 상태라면 그 담합은 앞으로도 계속 그대로 유지될 것이다(즉 이 담합을 유지시킬 수 있는 均衡戰略이 존재한다). 이 연구의 관심은 아직까지 談合이 이루어지지 못한 경우에 담합이 어떻게 형성될 것인가를 알아보려는 것이므로 처음부터 (D, R)이 반복되어 온, 즉 담합이 형성되지 못한 경우만을 고려하기로 한다〔조건 $(a-b)(1+r)>c-a$는 (U, L)을 거듭 반복하는 것이 (U, R)과 (D, L)을 교대로 반복하는 談合보다도 더 優越함을 보장한다〕.

경기자 ⓘ의 행동 U와 ⓘⓘ의 행동 L은 단기적으로 각각 자신에게는 불리하지만 상대방에게는 유리한 행동이다. 우리는 이것을 友好的 行動(friendly move)이라고 부르기로 한다. 그리고 상대방에게는 불리하고 자신에게 유리한 행동 D와 R을 敵對的 行動(hostile move)이라고 부르기로 한다. 경기가 반복되는 동안 각 경기자는 상대방에게 우호적 행동을 취할

ⓘ \ ⓘⓘ	L	R
U	$a,\ a$	$b,\ c$
D	$c,\ b$	$d,\ d$

〈그림 3〉 囚人의 困境($b<d<a<c$, $(a-b)(1+r)>c-a$)

수도 있고 적대적 행동을 취할 수도 있다. 경기가 1회로 끝나는 것이 아닌 만큼 한 경기자의 행동에 대해서 상대방은 항상 적절히 反應할 기회를 가진다. 이 反應의 형태에 대하여 우리는 다음의 가정을 채택하기로 한다.

假定: 한 경기자가 우호적 행동으로부터 敵對的 行動으로 轉換하면 그 다음기에 상대방은 적대적 행동을 취한다.

이 가정은 앞에서 거론한 '行動原理'로서 상대방의 행동에 대한 경기자의 반응에 대하여 最小限의 조건을 부여한다.

3.1. 談合의 先導

非談合的 結果 (D, R)이 반복되어 온 상황에서 t기에 경기자 ⓘ이 U를 선택하는 문제를 생각하자. 第2節에서 살펴본대로 ⓘ의 의도 가운데 객관적으로 보아 유일하게 합리적인 것은 談合 (U, L)을 도출하는 것이다. 이제

$$K = \max\left\{ m \;\middle|\; b + \frac{a}{r} - \sum_{i=1}^{m} \frac{a-b}{(1+r)^i} > d + \frac{d}{r} \right\} \tag{3.1}$$

로 정의하자. 단, $b + \frac{a}{r} - \frac{a-b}{1+r} \leq d + \frac{d}{r}$이면 $K=0$이다.

식 (3.1)로 정의된 K는 경기자 ⓘ이 어느 시점에서 U를 선택한 다음에 계속 U선택을 유지할 경우 ⓘⓘ가 이 횟수만큼 敵對的 行爲 R을 유지하였다가 L을 택하고 이후 계속 우호적 행동을 유지하더라도 ⓘ로서는 같은 기간 동안 (D, R)을 반복할 때보다 총체적으로 더 큰 보수를 얻을 수 있는 최대치를 나타낸다. 그러므로 $K=0$이면 상대방이 동시에 우호적 행위로 맞서 온다는 보증이 없는 한 어느 누구도 談合을 선도하려 하지 않는다.

일단 경기자 ⓘ이 우호적 행동 U를 선택하였다면 적어도 그 이후 $(K+1)$期 동안은 이 선택을 그대로 維持할 誘因을 가진다. 만약 중간에 적대적 행동 D로 轉換하는 경우에는 가정에 따라서 상대방도 즉각 R을 취할 것이기 때문에 ⓘ에게는 손실만 돌아오고 원상회복되는 결과가 될 것이다. 그러나 상대방이 $(K+1)$期 이내에 같이 우호적 행동으로 전환해 온다면 ⓘ은 기대하였던 이익을 얻을 수 있으므로, 상대방의 轉換에 대한 확신만 선다면 ⓘ은 U를 선택한 이후 $(K+1)$期 동안은 계속 U를 선택하려 할 것이다. 이 사실을 알고 있는 ⓘⓘ로서는 $(K+1)$期 이내에 마주 友好的 行動을 취하는 것이 유리하므로 그렇게 할 것이다. 단 ⓘ이 양보하는 최대한의 이익을 확보하기 위하여 가능한 最後까지 우호적 행동을 유보하고 마지막 순간에 友好的 行動을 취할 것이다. 경기자 ⓘ도 이 사실을 추론할 수 있기 때문에 한 번 U를 택하였으면 ⓘⓘ가 계속 敵對的 行動 R을 유지한다고 하더라도 그 이후 $(K+1)$期 동안은 계속 U를 택하게 되는 것이다.

이제 시점 t에서 ⓘ이 U를 택하고 ⓘⓘ가 R을 택하였다고 하자. 경기자 ⓘ은 (D, R)이 반복되는 상태와 비교할 때 $(K+1)$기간 동안 매기 $(d-b)$의 손실을 보지만 그 이후부터는 매기$(a-d)$의 이득을 얻게 된다. 이것을 시점 t의 現在價值로 환산해보면

$$b+\frac{b}{1+r}+\cdots+\frac{b}{(1+r)^{K}}+\frac{a}{(1+r)^{K+1}}+\cdots-\left(d+\frac{d}{r}\right)$$

$$=\left[b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{K}\frac{a-b}{(1+r)^{i}}\right]-\left(d+\frac{d}{r}\right)$$

로 결정된다. K의 정의에 의하여 이 값은 양수로서 ⓘ이 시점 t에서 U를 택함으로써 얻게 될 순이익을 나타낸다. 같은 경우에 ⓘⓘ가 얻게될 純利益은

$$\left[c+\frac{a}{r}+\sum_{i=1}^{K}\frac{c-a}{(1+r)^{i}}\right]-\left(d+\frac{d}{r}\right)$$

로 결정된다.

ⓘⓘ의 순이익은 ⓘ의 순이익보다 더 크다. 즉 先導를 하는 경우보다 상대방의 선도에 응하는 경우의 利得이 더 큰 것이다. 그렇기 때문에 각 경기자는 상대방의 선도에 반드시 응하기 마련인 것이다. 실제로 寡占市場에서 한 기업이 단독적으로 價格을 올릴 경우에 다른 기업들도 동조적으로 가격을 인상하는 행위는 허다하게 발견된다〔예컨대 Stigler(1947) 참조〕.

3.2. 談合의 形成

현재까지 (D, R)만이 반복되어 온 시점 t에서 다시 선택을 하여야 하는 각 경기자의 期待報酬를 G로 표시하고 그 선택문제를 표시해보면 〈그림 4〉와 같다. 주어진 조건으로부터 $c>a$이므로, 만약

$$d+\frac{G}{1+r}>b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{K}\frac{a-b}{(1+r)^{i}}$$

이라면, D와 R은 각각 優勢戰略(dominant strategies)이고 따라서 항상 선택된다. 그렇다면 (D, R)이 계속 반복될 것이기 때문에

$$G=d+\frac{d}{r}$$

ⓘⓘ / ⓘ	L	R
U	$a+\frac{a}{r}$, $a+\frac{a}{r}$	$b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{k}\frac{a-b}{(1+r)^{i}}$, $c+\frac{a}{r}+\sum_{i=1}^{K}\frac{c-a}{(1+r)^{i}}$
D	$c+\frac{a}{r}+\sum_{i=1}^{K}\frac{c-a}{(1+r)^{i}}$, $b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{K}\frac{a-b}{(1+r)^{i}}$	$d+\frac{G}{1+r}$, $d+\frac{G}{1+r}$

〈그림 4〉 持久力 競技

로 결정된다. 그러나 식(3.1)에 의하여

$$d+\frac{d+\frac{d}{r}}{1+r}<b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{K}\frac{a-b}{(1+r)^{i}},$$

이므로 이것은 모순이다. 따라서

$$d+\frac{G}{1+r}\leq b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{K}\frac{a-b}{(1+r)^{i}} \tag{3.2}$$

의 관계가 성립하여야 한다.

결국 〈그림 4〉의 선택상황은 다름아닌 Chicken이며, 어느 한 쪽이 U 또는 L을 선택할 때까지 〈그림 4〉의 상황이 반복되는 현실은 바로 持久力競技인 것이다. 이 경우에 〈그림 4〉에 대한 가장 合理的 均衡은 混合戰略均衡이다.

이제 혼합전략균형에서 $U(L)$을 선택할 확률이 α로 결정되었다고 하자. 그렇다면

$$\begin{aligned} G&=\alpha\left(a+\frac{a}{r}\right)+(1-\alpha)\left[b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{K}\frac{a-b}{(1+r)^{i}}\right] \\ &=\alpha\left[c+\frac{a}{r}+\sum_{i=1}^{K}\frac{c-a}{(1+r)^{i}}\right]+(1-\alpha)\left[d+\frac{G}{1+r}\right] \end{aligned} \tag{3.3}$$

의 관계가 성립하여야 한다. 확률 α의 값에 대해서는 다음의 보조정리가 성립한다.

補助定理: $0<\alpha<1$

證明:

$$A=a+\frac{a}{r},\quad B=b+\frac{a}{r}-\sum_{i=1}^{K}\frac{a-b}{(1+r)^{i}}$$

$$C=c+\frac{a}{r}+\sum_{i=1}^{K}\frac{c-a}{(1+r)^{i}},\quad D=d+\frac{G}{1+r}$$

로 놓자. 그러면 $D\leq B<A<C$의 관계가 성립한다. 주어진 조건은

$$\alpha A+(1-\alpha)B=\alpha C+(1-\alpha)D$$

이다. 이 식을 정리하면

$$\alpha[(C-D)-(A-B)]=B-D\geq 0$$

이므로 $\alpha\geq 0$이다. 그런데 $\alpha=0$이면 $G=d+\frac{d}{r}$가 되어 위에서 보인 바와 같이 모순이다. 따라서 $\alpha>0$이다.

원식을 다시 정리하면

$$(1-\alpha)\,[(C-D)-(A-B)]=C-A>0$$

이므로 $(1-\alpha)>0$인 것이다. ▨

그러므로 〈그림 4〉와 같은 Chicken이 1회 시행되는 경우 非談合的 結果인 (D,R)이 실현

될 확률은 $(1-\alpha)^2$이다. 그리고 이것이 반복될 경우에도 무한정 (D, R)로 實現될 確率은

$$\lim_{i \to \infty}(1-\alpha)^{2i}=0$$

인 것이다. 따라서 우리는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

定理 : 〈그림 3〉과 같은 '囚人의 困境' 경기가 무한히 반복되는 경우에, 한 경기자가 우호적 행동을 적대적 행동으로 전환시킬 때 그 상대방이 그 다음 期에 적대적 행동을 유지한다면, 非談合的 解 (D, R)이 무한히 반복될 확률은 0이다.

이 정리는 '囚人의 困境' 경기가 무한히 반복될 경우 '持久力競技' 형태의 버티기가 어느 정도 전개되겠지만 결국은 담합해 (U, L)로 이르게 됨을 뜻한다.

서울大學校 經濟學科 敎授
151-742 서울 관악구 신림동
전화 : (02)880-6369
팩시 : (02)888-4454

參 考 文 獻

Abreu, D. (1982) : *Repeated Games with Discounting: A General Theory and an Application to Oligopoly*, Thesis, Princeton University.

Aumann, R. (1981) : *Survey of Repeated Games*, Mannheim, Wien, Zürich, pp. 11～42.

Chamberlin, E.H. (1933) : *The Theory of Monopolistic Competition*, Cambridge(MA), Harvard University Press.

Friedman, J.W. (1977) : *Oligopoly and the Theory of Games*, Amsterdam, North-Holland.

Stigler, G.J. (1947) : "The Kinky Oligopoly Demand Curve and Rigid Prices," *The Journal of Political Economy*, pp. 432～449.

Van Damme, E. (1990) : *Refinements of Nash Equilibrium Concepts*, Springer-Verlag.