

寡占市場における協力の創出

有 定 愛 展

(受付 2015 年 10 月 30 日)

1. 序 論

寡占企業が協力することは、独占禁止法のもとでは困難である。ゲーム理論の見地から述べると、後述のとおり、もっとも代表的なクールノータイプの寡占市場は、実は囚人のジレンマと同一構造にあり、“協力状態”ではなく“競合状態”がナッシュ均衡として成立する。寡占企業のあいだには、明示的にはもちろん、暗黙裡にも協力が創出されるのは難しい¹⁾。

しかしながら、現実世界を見ると、寡占企業のあいだに暗黙の協力が存在しているようにも思える。プライス・リーダーシップは、その一例であろう。本稿は、寡占企業間の協力創出について、進化ゲームの手法を用いてアプローチするものである。進化ゲームを取り扱う以上、登場する寡占企業は限定合理的である。伝統的ゲーム理論における(完全)合理的な寡占企業は容易には協力を創出することはできない。しかしながら、進化ゲーム理論における限定合理的な寡占企業は、“人並みに喰いたい”という本能行動にもとづいて進化するとき、協力を創出する。

本稿の構成は、以下のとおりである。第2節では、本稿全体に共通する基本モデルを示す。この基本モデルに対して、第3節では伝統的ゲーム理論におけるナッシュ均衡を求め、第4節では進化ゲームの静学的安定概念であるESSを求める。ここまでの段階では、協力は創出されない。第5節では、モデルを長期的に取り扱い、進化的長期均衡を導出する。この進化的長期均衡によって、寡占企業間に協力が創出される。第6節は、本稿の分析上の立場を、「情報の経済学」と「進化ゲームの経済学」の観点から振り返る。第7節は結語である。

なお、本稿の主要部分は有定(2012)および有定(2013)にもとづいており。本稿は言わばそれらの副産物である。ESSに関する詳細は前者を、進化的長期均衡に関する詳細は後者をそれぞれ参考のこと。

1) 囚人のジレンマを無限回繰り返すとき、割引因子が1に近ければ協力は創出される。しかし、これはプレイヤーたちに高度な合理性が要求されるであろう。

2. 基本モデル

以下のように、企業数2の寡占市場すなわち複占市場を想定する。企業1, 2は、ある同質的な財の産出量 q_1, q_2 を決定する。財の価格は、逆需要関数 $p = a - b(q_1 + q_2)$ で定められる。 a, b は、いずれも正の定数であり、 a は逆需要関数の切片、 $-b$ はその傾きである。各企業の費用は簡単化のために、一般性を失うことなく0と仮定する。

各企業の産出量は非負の実数であり、したがってそれらは連続的である。しかしながら、本稿では寡占市場の特徴を明確にするために、各企業の産出量を敢えて離散的にする。すなわち、企業1, 2が選択できる産出量は、

$$c = \frac{a}{4b}, \quad d = \frac{a}{3b}$$

のいずれかとする。産出量 c は、独占均衡を企業1, 2で折半したものであり、(暗黙の) カルテル型戦略である。産出量 d は、クールノー均衡に他ならず、複占型戦略である。企業1, 2の利潤関数 π_1, π_2 は、

$$\begin{aligned} \pi_1 &= aq_1 - bq_1^2 - bq_1q_2, \\ \pi_2 &= aq_2 - bq_2^2 - bq_1q_2 \end{aligned}$$

であるから、各企業の利潤を計算すると、この状況は表1の双行列としてあらわされる。表2は参考のために $a = 12, b = 1$ としたときの数値例である。

表 1

企業2 企業1	$c = \frac{a}{4b}$	$d = \frac{a}{3b}$
$c = \frac{a}{4b}$	$\frac{a^2}{8b} \quad \frac{a^2}{8b}$	$\frac{5a^2}{48b} \quad \frac{5a^2}{36b}$
$d = \frac{a}{3b}$	$\frac{5a^2}{36b} \quad \frac{5a^2}{48b}$	$\frac{a^2}{9b} \quad \frac{a^2}{9b}$

表 2

企業2 企業1	3	4
3	18 18	15 20
4	20 15	16 16

3. 寡占とナッシュ均衡

表1は、言わば離散型のクールノーモデルであるが、そのナッシュ均衡は、明らかに (d, d)

である。すなわち、企業1, 2ともに、 $\frac{a}{3b}$ を産出して、 $\frac{a^2}{9b}$ の利潤を得る。これは、通常の連続型のクールノー均衡の公式に、当然ながら一致している。 (c, c) のほうが両企業に大きな利潤をもたらすが、寡占市場では協力的なカルテル型戦略はとられないことがわかる。

ところで、ここで、表1ないしは表2が実は囚人のジレンマの状態にあることに注意しよう。以下の表3が囚人のジレンマであるが、表2と表3を比較すれば明白である。いずれも2行2列がナッシュ均衡であるが、1行1列に対してパレート劣位にあり、このナッシュ均衡はパレート最適は達成しえない。

表3

囚人2 囚人1	裏切らない	裏切る
裏切らない	-1 -1	-10 0
裏切る	0 -10	-8 -8

このように、寡占市場が囚人のジレンマの状態にあることは、非常に興味深い。寡占企業は、より少ない産出量でより多くの利潤が得られる“協力状態”ではなく、逆に、より多い産出量でより少ない利潤しか得られない“競合状態”を実現してしまう。独占禁止法が寡占企業間の協力を認めないとはいえ、暗黙の協力あるいは暗黙のカルテルさえも、寡占市場では成立しない。

以上が、ナッシュ均衡の見地からの寡占市場の解釈である。ナッシュ均衡は、(完全)合理的なプレイヤーたちの到達点であり、一旦それが成立すると、いかなるプレイヤーも戦略を変更するインセンティブをもたない。寡占市場においては、合理的な寡占企業たちのあいだに、暗黙裡にも協力は生まれないのである。

命題1 寡占市場において各企業が合理的に行動するとき、ナッシュ均衡 (d, d) が成立して競合状態を生む。協力は創出されない。

4. 寡占 と ESS

前節において、ナッシュ均衡は合理的なプレイヤーたちの到達点であると述べた。ここに、何を以てプレイヤーたちが合理的であると定義するかは非常に難しい問題である。本稿では、Binmore (1990) にもとづいて、プレイヤーたちが“推論の連鎖”を正しく実行できること

と見做す。

この“推論の連鎖”については後述するが、しかしながら、その説明をもってしても抽象的で、何のことかわからないというのが正直なところである。そこで本稿では、より簡潔に、プレイヤーたちが合理的であるとは、プレイヤーたちが正確に最適反応を計算でき、そして最適反応行動から乖離しないことと見做す。このようなプレイヤーたちであれば、互いに最適反応しあってナッシュ均衡を成立させ、そしてそこに戦略変更のインセンティブが存在しないことを理解する。

ところが、近年、プレイヤーたちは本当に合理的なのかという素朴な疑問が呈され始め、そのような見地から、限定合理的なプレイヤーを取り扱う進化ゲーム理論が着目されるようになった。限定合理性の概念を定義することも非常に難しいが、通常、進化ゲーム理論においては、限定合理的性を導入するために、プレイヤーたちは、①慣性、②近視眼性、③突然変異の三つの特性を持つと仮定される。慣性とは、進化ゲーム理論におけるプレイヤーたちは、文字通り慣性にしたがって戦略を定めるということである。すなわち、どのような戦略をプレイヤーがとるかは、遺伝子によって定められているのである。したがって、全てのプレイヤーが同時に戦略を変更するということはあるにない。しかし、一部のプレイヤーが戦略を変更することはあり、その結果、戦略分布に徐々に変化が生じることはありうる。近視眼性とは、進化ゲーム理論におけるプレイヤーたちは、戦略を変更するにせよしないにせよ、現時点における利得のみに着目して行動するという、つまり文字通り近視眼ということである。したがって、将来、他のプレイヤーが戦略を変更するかもしれないと予想し、深慮遠望して行動をとることなどは決してありえない。それから突然変異とは、進化ゲーム理論におけるプレイヤーたちは、まさに突然変異して、これまでとられていなかった戦略に、急に変更することもあるということである。突然変異が発生するときは、慣性も近視眼性も無関係である。このような進化ゲーム理論におけるプレイヤーたちには、もはや最適反応を計算することは困難であろう。そこで本稿では、プレイヤーたちが限定合理的であるとは、端的には、プレイヤーたちが最適反応を計算することができず、したがってまた、最適反応にもとづいた利得最大化ができないことと見做すことにしよう。

さて、進化ゲームにおける安定概念は、周知の ESS（進化的安定戦略）である²⁾。全てのプレイヤーが戦略 s を選んでいるとき、突然変異で他の戦略 s' を選ぶプレイヤーが出現しても、 s を選択したときの期待利得が s' を選択したときの期待利得よりも大きいとき、戦略 s は ESS である。つまり、ESS の意味するところは、突然変異によって社会が s' に侵入されることはなく、 s が安定して維持されるということである。いま、この ESS の概念を、表 1

2) 以下、第 4 節の分析は有定 (2012) にもとづく。

の離散型のクールノーモデルに適用すると、戦略 d が戦略 c の侵入を阻止する。すなわち、表 1 の ESS は (d, d) であり、企業 1, 2 ともに、 $\frac{a}{3b}$ を産出して、 $\frac{a^2}{9b}$ の利潤を得る。

したがって、合理的な寡占企業は、伝統的なゲーム理論にもとづいてナッシュ均衡 (d, d) を成立させたが、限定合理的な寡占企業も、進化ゲーム理論にもとづいて ESS (d, d) を成立させる。合理的な寡占企業と同様に、限定合理的な寡占企業も、より少ない産出量でより多くの利潤が得られる“協力状態”ではなく、より多い産出量でより少ない利潤しか得られない“競合状態”を実現してしまう。寡占市場においては、合理的な寡占企業であれ限定合理的な寡占企業であれ、いかなる寡占企業間にも、暗黙裡にさえ協力は生まれない。

命題 2 寡占市場において各企業が限定合理的に行動するとき、ESS (d, d) が成立して競合状態を生む。協力は創出されない。

5. 寡占と進化的長期均衡

5.1 ナッシュ均衡および ESS の解釈

ここで、以上を簡単に振り返る。第 3 節では、合理的な寡占企業は、伝統的なゲーム理論にもとづいてナッシュ均衡として (d, d) を成立させ、協力を生み出さないことが示された。第 4 節では、限定合理的な寡占企業も、進化ゲーム理論にもとづいて ESS として (d, d) を成立させ、やはり協力を生み出さないことが示された。しかしながら、これらの結果は、限定合理性の分析目的からすると、実は重大な矛盾を孕んでいる。

限定合理性の概念が経済学に導入された理由は、プレイヤーの合理性を前提とする伝統的なゲーム理論では、必ずしも説明が十分ではない、あるいは全く説明できない経済現象が数多くあったからである。言うならば、既存の伝統的ゲーム理論が説明できない経済現象に新たな解釈を与えるべく、プレイヤーの限定合理性を前提とした進化ゲーム理論が経済学に導入されたのである。しかるに、合理的な寡占企業も限定合理的な寡占企業も、到達点が全く同様では不興の感は否めない。そのうえ、実は ESS はナッシュ均衡よりも数学的に厳しい概念であること、つまり ESS は精緻化されたナッシュ均衡の一種であることに思い至れば、根本的な矛盾の存在に気づくことになる。合理的な寡占企業が成立ならしめるのが通常のナッシュ均衡であり、限定合理的な寡占企業が成立ならしめるのが精緻化されたナッシュ均衡であるというのは、いかにも矛盾であると言わざるを得ない。以下では、ESS ではなく進化的長期均衡の概念を導入し、改めて進化ゲームの見地から限定合理的な寡占市場を分析する³⁾。

3) 以下、第 5 節の分析は有定 (2013) にもとづく。

5.2 進化的長期モデル

第2節で本稿における基本モデルを示したが、ここではいくつかの仮定を追加して、寡占市場の進化的長期モデルを構築する。まず、第2節の基本モデルを再掲する。それは、仮定1～仮定4で表現される。

仮定1 企業1, 2が、ある同質的な財の産出量 q_1, q_2 を決定する。

仮定2 財の価格は、 $p = a - b(q_1 + q_2)$ で定められる。ただし a, b は正の定数である。

仮定3 各企業の費用は0とする。

仮定4 企業1, 2は、 $c = \frac{a}{4b}$, $d = \frac{a}{3b}$ のいずれかの産出量を選択する。

この仮定1～仮定4が、第2節で述べた本稿における基本モデルであり、それは典型的なクールノータイプの寡占市場を離散化したものであった。これらに加え、本稿では第4節において、限定合理的な寡占企業を考察すべく次のように仮定した。

仮定5 各企業は、相手の産出量に対して最適反応を行えない。

既に述べたとおり、限定合理性の概念を明確に定義することは容易ではない。しかしながら、寡占市場を取り扱う場合、このように企業が何らかの理由で最適反応を行えないことを以て、限定合理性の本質とみなすことができる。

さて、われわれは第3節において仮定1～仮定4のもとで寡占市場のナッシュ均衡を分析し、また、第4節において仮定1～仮定5のもとで寡占市場のESSを分析した。これに対して、この第5節では、さらに仮定6～仮定9を導入して、寡占市場の進化的長期均衡を分析する。

仮定6 各企業は、仮定1～仮定5で定められるゲームを繰り返しプレイする。

仮定7 各企業は、各時点において、自分および相手が選択した産出量を観察することができ、また、自分および相手が獲得した利潤を観察することができる。

仮定8 各企業は、突然変異を起こさない限り、次のルールで産出量を選択する。

- (1) ある時点で自分の利潤が平均利潤 μ より大きければ、次の時点の産出量を変更しない。
- (2) ある時点で自分の利潤が平均利潤 μ と等しければ、次の時点の産出量を変更しない。
- (3) ある時点で自分の利潤が平均利潤 μ より小さければ、次の時点において欲求充足の本能にもとづいて産出量を変更する。

仮定9 各企業は、各時点において、仮定8のルールのもとづかず、突然変異によって、本来選択すべきものと異なる産出量を選択することがある。突然変異の起こる確率は $\varepsilon (>0)$ とする。

以上が、本節における進化的長期モデルである。なお、仮定8における平均利潤 μ とは、

各企業について、自分自身が獲得できる利潤の単純平均である。たとえば、表2の数値例では $\mu = 17.25$ になる。仮定8の(1)および(2)は、平均利潤以上を獲得していれば、欲求が満たされている以上、各企業は慣性的に戦略を変更しないことを意味している。仮定8の(3)は、平均利潤未滿しか獲得していなければ、各企業は近視眼的に欲求充足の本能にもとづいて戦略を変更することを意味している。比喩的に言えば、“人並み(平均)以上に喰える”ならば戦略は変更しないが、“人並み未滿しか喰えない”ならば戦略を変更するわけであり、欲求充足のために至って本能的に行動するプレイヤーを想定している。

以下、仮定1～仮定5で定められた進化ゲームが、仮定6～仮定9のもとで長期の時間を経たとき、どのような均衡状態に落ち着くかを分析する。

5.3 進化的長期均衡

いま、産出量の組 (c, c) が実現しているとき、状態Cと呼ぶことにする⁴⁾。これは、独占均衡を折半したかたちでカルテル解が成立している状態であり、両企業の戦略も利潤も等しくなっている。また、産出量の組 (d, d) が実現しているとき、状態Dと呼ぶことにする。これは、クールノー的な複占均衡が成立している状態であり、この場合も両企業の戦略も利潤も等しくなっている。さらに、産出量の組 (c, d) または (d, c) が実現しているとき、状態Aと呼ぶことにする。このときは、両企業の戦略も産出量も相異なり、非対称な状態である。

これら3種類の状態は、仮定8のルールにもとづいて、あるいは仮定9の突然変異によって、ある時点から次の時点に維持されることもあれば変化することもある。そこで、これらの状態が移行する確率を求めると、次のように計算される。

- (1) ある時点で状態Cであれば、次の時点において、再び状態Cである確率は $(1-\varepsilon)^2$ 、状態Aになる確率は $2\varepsilon(1-\varepsilon)$ 、そして状態Dになる確率は ε^2 。
- (2) ある時点で状態Aであれば、次の時点において、状態Cになる確率は ε^2 、再び状態Aである確率は $2\varepsilon(1-\varepsilon)$ 、そして状態Dになる確率は $(1-\varepsilon)^2$ 。
- (3) ある時点で状態Dであれば、次の時点において、状態Cになる確率は $(1-\varepsilon)^2$ 、状態Aになる確率は $2\varepsilon(1-\varepsilon)$ 、そして再び状態Dである確率は ε^2 。

いま、定常分布における状態Cの確率を x 、状態Aの確率を $1-x-y$ 、状態Dの確率を y とおくと、次の2式が成立する。

$$\begin{aligned} (1-\varepsilon)^2 x + \varepsilon^2(1-x-y) + (1-\varepsilon)^2 y &= x \\ \varepsilon^2 x + (1-\varepsilon)^2(1-x-y) + \varepsilon^2 y &= y \end{aligned}$$

4) 以下の分析手法は、基本的に田中(2002)にもとづいている。

これらを整理すると、

$$(1-\varepsilon)^2(x+y)+\varepsilon^2(1-x-y)=x$$

$$\varepsilon^2(x+y)+(1-\varepsilon)^2(1-x-y)=y$$

である。この連立方程式は幾分複雑であるので、ここで定常分布における状態 A の確率に注目すると、

$$2\varepsilon(1-\varepsilon)x+2\varepsilon(1-\varepsilon)(1-x-y)+2\varepsilon(1-\varepsilon)y=1-x-y$$

であるから、

$$2\varepsilon(1-\varepsilon)=1-x-y$$

が成立していることがわかる。この関係を代入して x および y を計算すると、

$$x=1-4\varepsilon+7\varepsilon^2-4\varepsilon^3$$

$$y=2\varepsilon-5\varepsilon^2+4\varepsilon^3$$

となり、結局、定常分布は、

$$(x, 1-x-y, y)=(1-4\varepsilon+7\varepsilon^2-4\varepsilon^3, 2\varepsilon(1-\varepsilon), 2\varepsilon-5\varepsilon^2+4\varepsilon^3)$$

となる。

したがって、 ε が十分小さいならば、換言すれば $\varepsilon \rightarrow 0$ のとき、

$$x \rightarrow 1, 1-x-y \rightarrow 0, y \rightarrow 0$$

となる。すなわち、突然変異の発生する確率が十分小さければ、状態 C が発生する確率は殆ど 1、状態 A が発生する確率は殆ど 0、そして、状態 D が発生する確率も殆ど 0 となる。このことは、状態 C が確率的に安定状態であり、殆どの時点で状態 C が実現することを意味する。結局、各企業が欲求充足という本能行動にもとづいて進化する場合、状態 C すなわち協力的なカルテル解が進化的長期均衡となることがわかる。

命題 3 寡占市場において、各企業が限定合理的ではあるが、本能行動にもとづく進化プロセスを辿るとき、複占型戦略 (d, d) はカルテル型戦略 (c, c) に淘汰され、進化的長期均衡 (c, c) が実現する。協力が創出される。

6. 「情報の経済学」と「進化ゲームの経済学」

ナッシュ均衡とは、「相手の戦略を固定して自分の戦略のみ動かすとき、自分の利得が最大になる」ということが、各プレイヤーに同時成立する点である。すなわち、ナッシュ均衡とは、最適反応が各プレイヤーに同時成立する点である。したがって、ナッシュ均衡は、それが一旦成立すれば、いかなるプレイヤーも戦略を変更するインセンティブを持たず、非協力ゲームの解概念として極めて妥当である。

しかしながら、ナッシュ均衡の概念を適用する際には、第1に各プレイヤーにゲームの構造が周知徹底されていること、第2に各プレイヤーが合理的に思考・行動することが大前提である。第1の前提はゲームが「完備情報」であることを意味し、第2の前提はプレイヤーが「完全合理性」を有することを意味する。

ゲームが完備情報であるとは、ゲーム構造が共有知識になっているということであり、所謂「知の連鎖」が存在することを意味する。また、プレイヤーが完全合理的であるとは、プ

表 4

事柄 F に関する知の連鎖	
ステップ 1	各プレイヤーは F を知っている。
ステップ 2	各プレイヤーは「各プレイヤーは F を知っている」ことを知っている。
ステップ 3	各プレイヤーは『各プレイヤーは「各プレイヤーは F を知っている」ことを知っている』ことを知っている。
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮

表 5

	プレイヤー 1 の推論の連鎖	プレイヤー 2 の推論の連鎖
ステップ 1	1 は、「2 が考える」ことを考える。	2 は、「1 が考える」ことを考える。
ステップ 2	1 は、「2 が「1 が考える」と考える」ことを考える。	2 は、「1 が「2 が考える」と考える」ことを考える。
ステップ 3	1 は、「2 が「1 が「2 が考える」と考える」と考える」ことを考える。	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

レイヤーたちが所謂「推論の連鎖」を正しく実行することを意味する。したがって、ナッシュ均衡の概念は、「知の連鎖」と「推論の連鎖」という二つの連鎖の存在が大前提となっているのである。「知の連鎖」については表4に、「推論の連鎖」については表5に、それぞれ示している。

もしもゲームに「知の連鎖」が欠落していたら、そのゲームは不完備情報ゲームであり、それは「情報の経済学」が取り扱う領域である。また、もしもプレイヤーたちに「推論の連鎖」が欠落していたら、それらのプレイヤーは限定合理的プレイヤーであり、「進化ゲームの経済学」が取り扱う領域である。不完備情報を取り扱う「情報の経済学」と限定合理性を取り扱う「進化ゲームの経済学」は、伝統的ゲーム理論が説明しえなかった経済現象に対して、それぞれの立場から改めて再説明を試みる。「情報の経済学」と「進化ゲームの経済学」は車輪の両輪のごとく、伝統的なゲーム理論とそれにもとづく経済分析を補強しているのである。

本稿が取り扱った寡占市場における協力の問題も、言うまでもなく「進化ゲームの経済学」の一環である。実際の寡占企業は、完全合理的というよりも限定合理的であり、その意味においては、伝統的ゲーム理論よりも進化ゲーム理論を適用するほうが、あるいは妥当なのかもしれない。

7. 結 語

本稿の主要な帰結は、言うまでもなく第5節に示した命題3である。寡占企業が限定合理的ではあるが、“人並みに喰いたい”という本能行動にもとづいて進化プロセスを辿るとき、進化的長期均衡 (c,c) が実現して協力が創出される。伝統的ゲーム理論の合理的寡占企業は容易に協力を創出することはできないが、進化ゲーム理論の限定合理的寡占企業は“何も考えず、人並みに喰いたい”と思うだけで協力を創出する。

なお、先駆的研究である Vega-Redondo (1997) や田中 (2002) は、本稿の仮定8に相当する箇所では、本能行動ではなく模倣行動にもとづく進化プロセスを想定し、進化的長期均衡はワルラスタイプの“完全競争状態”であると唱えた。それらと本稿とは、一見すると反する帰結を導出しているが、仮定する進化プロセスが異なるからにすぎない。いずれの帰結も経済学的に十分に意味を有する。

参 考 文 献

- 青木昌彦・奥野正寛編 (1996) 『経済システムの比較制度分析』東京大学出版会。
 有定愛展 (2012) 「寡占と ESS の基礎理論」『経済科学研究』(広島修道大学) 第15巻第2号。
 有定愛展 (2013) 「進化ゲームと寡占市場の基礎研究」『経済科学研究』(広島修道大学) 第16巻第2号。

- Binmore, K. (1990) *Essays on the Foundation of Game Theory*, Blackwell.
- Maynard-Smith, J. (1982) *Evolution and the Theory of Games*, Cambridge University Press (寺本英・梯正之訳 [1985] 『進化とゲーム理論』 産業図書).
- 岡田章 (1996) 『ゲーム理論』 有斐閣.
- Vega-Redondo, F. (1997) "The Evolution of Walrasian Behavior," *Econometrica*, Vol. 65, pp. 375–384.
- 田中靖人 (2001) 『ゲーム理論と寡占』 中央大学出版部.
- 田中靖人 (2002) 「進化ゲームと寡占」『経済セミナー』 No. 575 (2002年12月), 日本評論社.
- Weibull, J. W. (1995) *Evolutionary Game Theory*, MIT Press (大和瀬達二監訳 [1998] 『進化ゲームの理論』 オフィスカノウチ).