寡占と ESS の基礎理論

有　定　愛　展

（受付　2011 年 10 月 27 日）

1.　序　　　　論

本稿および有定(forth)は，進化ゲームと寡占市場に関する基礎的分析を行なう。本稿では，進化ゲームの静学的な安定概念である ESS について概説し，寡占市場にそれを適用する。すなわち，本稿は寡占市場における静学的な進化的安定を取り扱うものである。なお，有定(forth)は本稿と対をなすべく，寡占市場の動学的な進化的安定を取り扱うが，これに関しては結語で改めて言及する。

本稿の構成は以下のとおりである。まず第 2 節で，進化ゲームと ESS に関する初等的解説を行ない，本稿におけるツールを用意する。第 3 節では，本稿における寡占モデルを提示し，その ESS を導出する。第 4 節は，得られた寡占市場の ESS を解釈すると同時に，その再検討の必要性に言及する。第 5 節は結語である。

2.　進化ゲームと ESS

本節では，進化ゲームと ESS に関する初等的な解説を行なう[1)]。周知の事項の羅列となるが，しかしながら，本稿における基本的なツールであり，また有定(forth)のための一つの準備である。

2.1　進化ゲームの概念

まず，進化ゲームの基本的な考え方を述べる。進化ゲームにおいては，多数のプレイヤーが存在する状況を一種の社会とみなす。そして，この社会においては，毎期，プレイヤーの集合からランダムに選ばれた者が出会い，予め定められたゲームで対戦をする。このゲームは要素ゲームと呼ばれ，ゲーム終了後，各プレイヤーは対戦結果に応じて一定の利得を獲得する。そして，このような要素ゲームを，毎期繰り返すというのが進化ゲームの基本的な考え方である。

1)　本節は，Maynard-Smith(1982)，Weibull(1995)，青木・奥野(1996)等にもとづいている。

通常の伝統的ゲーム理論における繰り返しゲームでは，同一プレイヤーたちがゲームを繰り返し，その際にプレイヤーたちはゲームの歴史ないしはプレイの履歴を認識している。しかしながら，進化ゲームにおいては，プレイヤーとは毎期ランダムにマッチする者たちであるから，ゲームの歴史やプレイの履歴を全く認識することなく，要素ゲームを繰り返す。進化ゲームが，しばしばランダムマッチングゲームと呼ばれる所以である。

また，通常の伝統的ゲーム理論においては，プレイヤーたちが合理的に行動をとることが大前提である。これに対して進化ゲーム理論においては，プレイヤーたちは限定合理的である。そもそも進化ゲーム理論は，タカやハトなど，プレイヤーと呼ぶよりも個体と呼ぶことがふさわしい動物や生物が，種の繁殖・繁栄をめぐって争う様子を理論化したものである。進化ゲーム理論におけるプレイヤーたちが合理的でなく，むしろ限定合理的と仮定されるのは自然なことである。

ところで，その限定合理性という概念を一般的に定義することは，実は容易ではない。端的には，プレイヤーたちが伝統的ゲーム理論とは異なり，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解釈してよいであろう。また通常は，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。以下，この 3 概念について簡単に説明する。

まず慣性とは，進化ゲーム理論においては，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，進化ゲーム理論におけるプレイヤーは，どのような戦略をとるかは遺伝子によって定めてられており，戦略を変更することは極めて稀である。したがって各期の始まりに，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りえない。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当然ありうる。

次に近視眼性とは，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，現在時点における利得のみに着目して行動するということ，つまり，やは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ということである。

そして突然変異とは，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。あるいは，突然変異とは，革新的な一部プレイヤーが現状に適応せずに，撹乱を引き起こすような試行錯誤を行なうことと解釈されることもある。

2.2　進化ゲームの例

進化ゲームの例として，以下，有名な Maynard-Smith(1982)のタカ・ハト・ゲームをあげておく。進化ゲームを知るには原典を知ることが最善である。

いま，２匹の動物が，V ほどの価値をもつ資源をめぐって争っているとする。V ほどの価値とは，ダーウィンの適応度（たとえば子孫の数など）が V ほど増加することを意味している。つまり，価値とは適応度の増加分である。たとえば，争いの原因となっている資源とは，繁殖に好適な場所であったとする。この資源をナワバリとして獲得したときは子孫の数が 5（すなわち適応度が5）であり，獲得できなかったときの子孫の数は 3（すなわち適応度が3）であったと仮定する。この場合，この資源の価値は，$V = 5 - 3 = 2$ である。

さて，２匹の動物の対戦は，もちろん実際は非常に複雑であるが，ここでは２匹は次の二つの戦略のうち一つを選択するものと仮定する。

タカ戦略 H：相手が逃げ出すか，自分が傷つき敗れるまで，徹底的に戦う。

ハト戦略 D：最初は戦う素振りを見せるが，相手が挑んできたら逃げ出す。

要するに，タカ戦略 H は好戦的な戦略，ハト戦略 D は平和的な戦略とみなせばよい。もしもタカとタカが出会えば，勝敗の確率は五分五分であり，勝利すれば適応度が V ほど増加し，敗北すれば適応度が C ほど減少すると仮定する。したがって，タカとタカが出会えば，２匹いずれの利得も $\dfrac{V-C}{2}$ となる。また，もしもタカとハトが出会えば，前者の利得は V，後者の利得は 0 である。それから，もしもハトとハトが出会えば，争いは起こることなく，２匹いずれの利得も $\dfrac{V}{2}$ である。したがって，以上の状況を表にすると，次の表１もしくは表２のようになる。表１は，伝統的ゲーム理論と同様，両プレイヤーの利得を記載したものである。しかしながら，この表１は対称ゲームのかたちをしており，表２のように一方のプレイヤー（行プレイヤー）の利得を記載すれば，それで十分である。通常，進化ゲーム理論は対称ゲームのみを取り扱う。したがって，表１よりも表２のように示されることが多いが，本稿では説明上の必要に応じ，両方（表１形式および表２形式）を併記したり，あるいは場合によっては，いずれか一方（表１形式または表２形式）のみを示したりする。

表 1

	H	D
H	$\frac{V-C}{2}, \frac{V-C}{2}$	V, 0
D	0，V	$\frac{V}{2}, \frac{V}{2}$

表 2

	H	D
H	$\frac{V-C}{2}$	V
D	0	$\frac{V}{2}$

2.3　ESS

ここで進化ゲームの安定概念である ESS を定義する。いま，全てのプレイヤーが純粋戦略 s を選んでいるとする。ところが突然変異が発生して他の純粋戦略 s' を選ぶプレイヤーが出現したとする。このとき，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，純粋戦略 s は ESS（進化的安定戦略）であると定義される。

つまり，プレイヤー全員が s を選んでいる社会に突然 s' を選ぶ異質なプレイヤーが出現しても，自身の期待利得が s' を選ぶより s を選ぶほうが大きいのであれば，誰もが依然として s を選び続ける。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ことになる。これが ESS の意味するところである。この定義を数学的に述べると，以下のとおりである。

定義 1　純粋戦略 s をとるプレイヤーの割合を $1-\varepsilon$，他の純粋戦略 s' をとるプレイヤーの割合を ε とする。このとき，s が ESS であるとは，

$$(1-\varepsilon)E(s,s)+\varepsilon E(s,s')>(1-\varepsilon)E(s',s)+\varepsilon E(s',s') \tag{1}$$

が成り立つことをいう。ただし，一般に $E(s,s')$ は，自分が s を選び相手が s' を選んだときの利得をあらわす。

式（1）の左辺は s をとったときの期待利得，右辺は s' をとったときの期待利得であることは言うまでもない。このとき，式（1）は次のように書き換えられるのは明らかである。

$$(1-\varepsilon)\{E(s,s)-E(s',s)\}+\varepsilon\{E(s,s')-E(s',s')\}>0$$

そうすると，ε が十分に小さい数であることを考慮すれば，ESS とは以下のような戦略であると述べてよい。

定理 1　ある純粋戦略 s は，他の純粋戦略 s' に対して次が成り立つとき，ESS であるという。

$$E(s,s)\geqq E(s',s) \tag{2.a}$$

かつ

$$E(s,s)=E(s',s) \quad \text{ならば} \quad E(s,s')>E(s',s') \tag{2.b}$$

（2.a）の意味するところは，相手が s をとるとき，自分も s をとると最適反応になるということである。そしてそれは，s がナッシュ均衡であるということに他ならない。他方，（2.b）の意味するところは，幾分複雑に感じられるが次のとおりである。すなわち，相手が s のとき自分にとって s と s' が無差別になるのであれば，相手が s' のときには自分にとって s が s' より優れている。なお，（2.a）が狭義不等号で成り立つ場合は，当然ながら（2.b）を確認す

る必要はなく，s は直ちに ESS である。

ところで，純粋戦略の範囲で必ずしも ESS が存在するわけではない。そこで，以下では混合戦略の範囲で改めて ESS を定義する。混合戦略とは，端的に言えば，純粋戦略の集合 S の上に確率分布を与えるものである。形式的には，混合戦略とは，

$$\sigma : S \to [0,1] \qquad (\sum_{s\in S}\sigma(s)=1)$$

である。

さて，いま，全てのプレイヤーがある混合戦略 σ を選んでいるとする。ところが突然変異が発生して他の混合戦略 σ' を選ぶプレイヤーが出現したとする。このとき，σ を選択したときの期待利得が σ' を選択したときの期待利得よりも大きいとき，混合戦略 σ は ESS（進化的安定戦略）であると定義される。数学的には，次の定義 2 のように述べてもよいし，あるいはアナロジカルに推測されるとおり，定理 2 のように述べてもよい。

定義 2　混合戦略 σ をとるプレイヤーの割合を $1-\varepsilon$，他の混合戦略 σ' をとるプレイヤーの割合を ε とする。このとき，σ が ESS であるとは，

$$(1-\varepsilon)\bar{E}(\sigma,\sigma)+\varepsilon\bar{E}(\sigma,\sigma') > (1-\varepsilon)\bar{E}(\sigma',\sigma)+\varepsilon\bar{E}(\sigma',\sigma') \tag{3}$$

が成り立つことをいう。ただし，$\bar{E}(\sigma,\sigma')$ は，自分が σ を選び相手が σ' を選んだときの期待利得，すなわち，

$$\bar{E}(\sigma,\sigma')=\sum_{s\in S}\sum_{s'\in S}\sigma(s)E(s,s')\sigma'(s')$$

である。

定理 2　ある混合戦略 σ は，他の混合戦略 σ' に対して次が成り立つとき，ESS であるという。

$$\bar{E}(\sigma,\sigma) \geqq \bar{E}(\sigma',\sigma) \tag{4.a}$$

かつ

$$\bar{E}(\sigma,\sigma)=\bar{E}(\sigma',\sigma) \ \text{ならば}\ \bar{E}(\sigma,\sigma') > \bar{E}(\sigma',\sigma') \tag{4.b}$$

なお，前述のタカ・ハト・ゲームの ESS は，$V > C$ のときはタカ戦略 H である。$V \leqq C$ のときは純粋戦略の範囲では ESS は存在せず，$\sigma(H)=\dfrac{V}{C}$，$\sigma(D)=1-\dfrac{V}{C}$ となる混合戦略 σ が ESS となる。

3. 寡占とESS

3.1 寡占モデル

以上，進化ゲームとESSについて概説した。さて，本稿では，企業数2の寡占市場すなわち複占市場を取り扱う。いま，企業1, 2が，ある同質的な財の産出量 q_1, q_2 を決定しようとしている。財の価格は，逆需要関数 $p=a-b(q_1+q_2)$ で定められる。ただし a, b は正の定数である。各企業の費用は簡単化のために0と仮定するが，これはもちろん一般性を失う仮定ではない。

ところで，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2)。しかしながら，寡占市場の特徴を明確にするために，本稿では各企業の産出量を次のように離散的と仮定する。すなわち，企業1, 2が選択できる産出量は，

$$c=\frac{a}{4b},\ d=\frac{a}{3b},\ e=\frac{a}{2b}$$

のうちのいずれかとする。産出量 c は，独占均衡を企業1, 2で折半したものであり，言わばカルテル型戦略である。産出量 d は，言うまでもなくクールノー＝ナッシュ均衡に他ならず，複占型戦略である。産出量 e はワルラス的市場均衡を等分したものであり，競争型戦略である。したがって，各企業は，協力的なカルテル型戦略をとるか，クールノー的な複占型戦略をとるか，ワルラス的な競争型戦略をとるか，これら三つの戦略のうちいずれか一つの選択に直面している。企業1, 2の利潤関数 π_1, π_2 は，

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

であるから，この状況を表にあらわすと，以下の表3のようになる。また，この表3が対称ゲームであることに着目して，企業1の利得のみを記載することにすれば表4のようになる。

この極めてシンプルな表3もしくは表4が，本稿で取り扱う寡占市場モデルである。複占市場モデルは，前述のとおり，産出量は非負の実数であるから，無限個の純粋戦略をもつゲームである。しかしながら，複占市場の特徴を明確にするためには，表3もしくは表4を考察するのがよい。なお，数値例として，$a=12$，$b=1$ のケースを表5および表6として示しておく。このとき，言うまでもなく $c=3$，$d=4$，$e=6$ である。

2） したがって，寡占市場は連続無限個の純粋戦略をもつゲームとみなされる。それゆえ，寡占市場においては混合戦略の概念は導入しないのが普通である。

表 3

	c	d	e
c	$\frac{a^2}{8b}$ $\frac{a^2}{8b}$	$\frac{5a^2}{48b}$ $\frac{5a^2}{36b}$	$\frac{a^2}{16b}$ $\frac{a^2}{8b}$
d	$\frac{5a^2}{36b}$ $\frac{5a^2}{48b}$	$\frac{a^2}{9b}$ $\frac{a^2}{9b}$	$\frac{a^2}{18b}$ $\frac{a^2}{12b}$
e	$\frac{a^2}{8b}$ $\frac{a^2}{16b}$	$\frac{a^2}{12b}$ $\frac{a^2}{18b}$	0　0

表 4

	c	d	e
c	$\frac{a^2}{8b}$	$\frac{5a^2}{48b}$	$\frac{a^2}{16b}$
d	$\frac{5a^2}{36b}$	$\frac{a^2}{9b}$	$\frac{a^2}{18b}$
e	$\frac{a^2}{8b}$	$\frac{a^2}{12b}$	0

表 5

	c	d	e
c	18　18	15　20	9　18
d	20　15	16　16	8　12
e	18　9	12　8	0　0

表 6

	c	d	e
c	18	15	9
d	20	16	8
e	18	12	0

3.2　寡占市場の ESS

寡占市場の ESS は即座に求めることが可能である。しかしながら，ここでは敢えて，若干詳細な考察を施して寡占市場の ESS を導出する。その考察過程において，興味深い副産物が得られるかもしれないからである。

さて，上述の寡占モデルにおいては，c 対 d，d 対 e，c 対 e の三つの対戦がある。すなわち，カルテル型戦略と複占型戦略との対戦，複占型戦略と競争型戦略との対戦，そしてカルテル型戦略と競争型戦略との対戦である。これら三つの対戦を表 4 から抽出すると，以下の表 7・表 8・表 9 である。あるいは，これら三つの対戦を表 6 から抽出して，表10・表11・表12を作成しておくと，計算の手間を省くために有益である。

いま，3×3行列の表 6 と2×2行列の表10・表11・表12とを参照しよう（もちろん3×3の表 4 と2×2の表 7 ・表 8 ・表 9 とを参照しても構わない)。われわれの寡占モデルにおいては，ある戦略が表 6 で ESS であるには，表10・表11・表12の三つの対戦のうち，自身が登場する二つの対戦で ESS になることが必要十分である。

比喩的な言い方をするのであれば，表10・表11・表12のうち，自身が登場する二つの対戦で，いずれも“勝利”をあげることができれば，その戦略は表 6 の ESS である。ここに勝利するとは，もちろん前述の定義 1 の意味においてであり，自身が社会において主たる戦略であるとき，突然変異的に発生した相手の侵入を許さないという意味である。そして，これら

表 7

	c	d
c	$\frac{a^2}{8b}$	$\frac{5a^2}{48b}$
d	$\frac{5a^2}{36b}$	$\frac{a^2}{9b}$

表 8

	d	e
d	$\frac{a^2}{9b}$	$\frac{a^2}{18b}$
e	$\frac{a^2}{12b}$	0

表 9

	c	e
c	$\frac{a^2}{8b}$	$\frac{a^2}{16b}$
e	$\frac{a^2}{8b}$	0

表10

	$c = 3$	$d = 4$
$c = 3$	18	15
$d = 4$	20	16

表11

	$d = 4$	$e = 6$
$d = 4$	16	8
$e = 6$	12	0

表12

	$c = 3$	$e = 6$
$c = 3$	18	9
$e = 6$	18	0

の対戦を判定するには，やはり前述の定理 1 を用いればよい。すなわち，条件（2.a）が狭義不等号で成り立つか，または条件（2.b）が成り立てば勝利である。

まず c 対 d の対決は，表10の 2 列目のとおり，戦略 d が条件（2.a）を狭義不等号で成立させて，戦略 c に勝利する。すなわち，戦略 d は戦略 c の侵入を阻止できる。次に d 対 e の対決は，今度は表11の 1 列目を見ると，やはり戦略 d が条件（2.a）を狭義不等号で成立させ，戦略 e に勝利する。すなわち，戦略 d は戦略 e の侵入も阻止できる。この時点で戦略 d は 2 勝をあげたから，寡占市場の ESS である。また，戦略 c および戦略 e は，1 敗を喫した時点で既に ESS となる資格を失っている。この結論を命題 1 として，以下にまとめておこう。

命題 1　寡占市場モデルにおいては複占型戦略 d が ESS であり，カルテル型戦略 c および競争型戦略 e の侵入を許さない。

なお，もはや c 対 e の対戦は意味をなさないが，しかしながら表12で確認作業を行なうと興味深いことがわかる。すなわち，c 対 e の対決では c が勝利するけれども，c は条件（2.a）を狭義不等号で成立させることはできず，条件（2.b）を成立させることによって勝利する。c 対 e の対戦は接戦である。本稿の想定する域を超えることであるが，もしも万一，何らかの外生的な原因で戦略 d が“排斥”あるいは“滅亡”することがあれば，そのときは戦略 c が戦略 e を凌駕して生き残るかもしれない。蛇足ではあるが含蓄は多い。

4.　寡占市場の ESS の解釈

以上，寡占市場を進化ゲームととらえるとき，命題 1 の述べるとおり，複占型戦略 d が

ESS となることがわかった。この命題 1 は，たしかに本稿における一つの帰結ではある。しかしながら，本稿でもっとも主張しなければならないことは，以下に述べることである。

さて，ESS は定理 1 から知られるとおり，ナッシュ均衡でもある。条件（2.a）は，まさにナッシュ均衡であることの定義そのものであり，それにさらに条件（2.b）が追加されている。したがって，ESS はナッシュ均衡よりも厳しい概念である。

しかし，そうすると，寡占市場の ESS が戦略 d であるということは，どのように解釈すればよいであろう。そもそも戦略 d は，周知のとおり，伝統的ゲーム理論におけるナッシュ均衡である。すなわち，寡占市場において，合理的なプレイヤーたちが達成するのがナッシュ均衡としての戦略 d である。しかしながら，寡占市場を進化ゲームととらえる，つまりプレイヤーたちが限定合理的であると仮定しても，そのときに達成されるのは ESS としての戦略 d である。しかも上述のとおり，ESS はナッシュ均衡よりも厳格な概念であり，ある意味においては精緻化されたナッシュ均衡の一種である。

ここで，限定合理性や進化ゲームが経済分析に導入された経緯を思い浮かべよう。1980年代から1990年代にかけて，伝統的ゲーム理論は経済分析に革命を引き起こした。大雑把に言えば，均衡概念の精緻化，ゲームの動学化，不完備情報ゲームという新たな三つの方法論が，ゲーム理論そのものを活性化すると同時に，とりわけミクロ経済分析の諸領域を画期的に革命した。しかしながら，この革命が進行する過程において，プレイヤーたちの合理性を大前提とするゲーム理論では，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現象が数多くあることがわかってきた。有名なチェーンストア・パラドックス[3)]の問題や繰り返し囚人のジレンマ[4)]の問題などがそうである。ゲーム理論は，このような問題に直面したとき，もはやプレイヤーたちの合理性に拘泥せず，むしろプレイヤーたちが限定合理的である場合に対応すべく，進化ゲーム理論と一種の“補完関係”を結んだのである。すなわち，プレイヤーが限定合理的なときは，伝統的ゲーム理論ではなく進化ゲーム理論の手法を適用するという柔軟な姿勢を示した。そして，人々が合理的なときはナッシュ均衡を達成するが，しかしながら，人々が限定合理的なときは必ずしもナッシュ均衡が達成されるとは限らないと示そうとしたはずである。

ところが，一般に経済モデルを進化ゲームととらえて分析するとき，ESS の概念のみに着目してしまうと，幾分不興な帰結に辿り着きかねない。本稿の寡占市場に関して言えば以下

3）新規企業が，既存企業がチェーン店を展開している各地に，参入を企図している状況を想定する。このとき理論的には，どの土地においても，新規企業が参入を選び既存企業が共存を選ぶことが，サブゲーム完全なナッシュ均衡とされる。しかしながら，実際には，ある土地で既存企業は熾烈な競争を仕掛けることが多い。Selten（1978）を参照。

4）囚人のジレンマを有限回繰り返すことを考える。このとき理論的には，（裏切る，裏切る）がサブゲーム完全なナッシュ均衡となる。しかしながら，様々な実験によると，人々は（裏切らない，裏切らない）を選ぶことが多い。繰り返しゲームについては，たとえば岡田（1996）を参照。

の如くである。合理的な寡占企業は，それらの合理的行動の結果として，戦略 d というナッシュ均衡を達成するが，限定合理的な寡占企業も，それらは限定合理的であっても，戦略 d という ESS を達成し，それはナッシュ均衡でもある。極論すれば，寡占企業は合理的であれ限定合理的であれ，ナッシュ均衡を達成することができる。この帰結をもって稿を閉じるわけにはいかない。ESS は進化ゲームの重要な安定概念ではあるが，それは静学的な安定概念にすぎない。われわれが本当に必要とするのは，進化ゲームの動学的な安定概念もしくは長期的な均衡概念であり，それらを適用して寡占市場を再度分析しなければならない。

5. 結　　　語

本稿の立場は，命題 1 は，進化ゲームの静学的な安定概念を用いた場合の帰結にすぎないということである。動学的な安定概念を用いるならば，全く異なる帰結が待っているかもしれない。有定(forth)では，そのような見地から，進化ゲームとしての寡占市場を動学的・長期的にとらえなおし，限定合理的な寡占企業の行動を改めて分析する。寡占市場を動学的な進化ゲームとしてとらえた分析としては，Vega-Redondo(1997)や田中(2002)がある。有定(forth)は，これらの先駆的研究にもとづきつつ，しかし新たな視点を導入して，進化ゲームとしての寡占市場を改めて動学的・長期的に分析することになる。

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（forth）「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）.
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.
Selten, R.（1978）“The Chain-store paradox,” *Theory and Decisio*, Vol. 9, pp. 127–159.
Vega-Redondo, F.（1997）“The Evolution of Walrasian Behavior,” *Econometrica*, Vol. 65, pp. 375–384.
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）.