

The Biological Value of Survival and Its Implications on Behavioral Studies 生物学的な生存価値とその人間行動研究における可能性*

影山純二[†]

明海大学経済学部

2012年11月9日

Abstract

本研究は、生物学的な生存価値 (value of survival) の人間行動研究における可能性を考察する。この目的のため、本論文ではまず生物学のモデルを用いて生存価値を導出し、その上で生存価値が人間行動研究においてどのように応用できるかその例を示す。中でも経済学には生物学の生存価値に対応する概念があり、その両価値を比較検討することによって、経済学をより現実的な行動研究へ近づけることを示す。

JEL: A12, B41, D03

Keywords: value of survival; value of life; bioeconomics

1 イントロダクション

人間行動研究において行動経済学が果たした大きな貢献の一つは、人間の行動が効用最大化モデルによって導き出される予想からシステマティックに乖離し、従来の経済学の選好や合理性に関する仮定が必ずしも正確でないことを示したことである。この結果、行動経済学が、経済学において、より現実的な人間像を前提としてより広い分野における人間行動を分析する道を開いたと言えるだろう。

しかしその一方で、なぜ人間の行動に経済学的合理性では説明できない「くせ」があるのか、その原因については何らかの合意が得られているとは言いがたい。このような状況の下、数多くの研究がその理由を解明しようと試みているが、その1つが、経済学のテクニカルな仮定にその原因を求める研究である。理論モデルにおいて意味ある解を導出するために利用されている技術的あるいは補助的な仮定が、現実の人間行動を説明する上で制約となっていると考えられるためである。例えば、人間が将来を軽視するという時間割引について考えると、Bommier (2006) は、効用の時間分離性という一般的に使われている仮定を排除するところによって双曲割引が説明できることを示した。

その一方、経済学における人間の見方自体が、場合によっては正確ではないとも考えられる。経済学モデルが現実の人間行動から乖離する原因を、単に技術的な要因としてではなく、経済学が礎とする選好や合理性に関する問題として捉えるのである。

*本研究は文部科学省挑戦的萌芽研究 (No. 23653055) の助成を受けたものである。

[†]〒 279-8550 千葉県浦安市明海 1. Tel: 047-355-5120, Fax: 047-350-5504, E-mail: kagejun@meikai.ac.jp

後者の立場に立つと、そもそも、どのような人間像に立脚して分析を行うことが理にかなうのかという疑問が生じる。この間に対して、心理学に解を求める研究もあれば、生物学を参考にする研究もある。中でも生物学に答えを求める研究は、進化生物学に着目し、行動や選好を生物学的に基礎づけようとする。すなわち、進化上自然によって選択された選好（より広い意味で遺伝形質やそれに関連する表現型）は、過去人間が進化した環境において子孫を残すことに成功した選好であり、したがって、現生人類に備わっている選好も、進化上の最適性から逆算できると考えるのである。¹

この最たる例が、人間の時間割引行動を生物学的に基礎づけようとする試みである。これらの研究の中でも、Kageyama (2011, 2012) は時間選好率が年齢とともにどう変化するか生物学のモデルを利用して考察し、時間選好率が死亡率と同様に生物学的な生存価値 (value of survival) に依存することを示した。

しかし、上記の研究で得られた生存価値の応用可能性は、死亡率や時間選好率を分析にとどまるわけではない。そこで本論文は、生物学的な生存価値が人間行動の研究においてどのように応用できるのか、その可能性を示すことを目的とする。中でも経済学との類似性に関して論ずる。

本論文の構成は下記のとおりである。まず次章において、生物学モデルを用いて生存価値を導出する。その上で第3章では、生存価値の応用例とその経済学における含意を示す。最後に第4章にて結語を述べる。

2 生物学モデル

2.1 基本的構成

本論文において利用する生物学モデルは生活史理論 (life history theory) と呼ばれるモデルである。生活史理論は、生物学における理論モデルの一つで、死亡率や出生率の年齢別推移、成熟時期といった種に特定の生活史戦略を、自然淘汰の帰結して分析する手法である。テクニカルに言えば、与えられた条件の下で、適応度 (fitness) を最大化する戦略を求めることになる。²

特に本論文では生活史理論の基本的なモデルに従い、下記の状況を考える。第一に生殖は無性生殖 (asexual reproduction) である。そして個体群 (人口) は、環境収容力の上限で静止している (stationary) と考える。この結果、適応度を測る指標は生まれた時に将来どれだけ子どもを持つか、その期待値で表すことができ、 $l(x)$ を年齢 x までの生存確率、 $m(x)$ を年齢 x における生殖産出高 (子供の数)、 X を生存しうる年齢上限とおくと、

$$R(0) = \sum_{x=0}^X l(x)m(x), \quad (1)$$

と表現できる。この指標が適応度の指標として使われる理由は、自然淘汰の結果、 $R(0)$ を最大化した遺伝型 (genotypes) やそれに関連する表現型 (phenotypes) が、ある特定の人口においてより支配的となり、人口全体に広がっていくためである。なお、静止人口においては、 $R(0)$ は生殖価 (reproductive value) と一致し、1 に収束する。生きている間に持つ子供の数は、自分自身を置き換えるのに十分な数と一致するのである。

また、年齢 x における死亡率を $\mu(x)$ 、0 歳の時の生存確率を $l(x) = 1$ とすると、1 歳以降の生存確率は $l(x) = \prod_{\hat{x}=0}^{x-1} [1 - \mu(\hat{x})]$ と表すことができる。さらに死亡率、生殖産出高はそれぞれに費や

¹この分野における近年の進歩については Robson and Samuelson (2008) を参照せよ。

²生活史戦略に関しては Stearns (1992) を、技術的な手法に関しては Perrin and Sibly (1993) を参照のこと。

された資源量に依存するので、 $w(x)$ と $v(x)$ をそれぞれ生存と生殖に対する投資量とおくと、 $\mu(x) = \mu[w(x), x]$ および $m(x) = m[v(x), x]$ と表すことができる。なお添字で偏微分を表すと、 $\mu_w[w(x), x] < 0$, $\mu_{ww}[w(x), x] > 0$, $m_v[v(x), x] > 0$, および $m_{vv}[v(x), x] < 0$ が成立し、加えて $w(x) = 0$ では生存可能性がゼロ、 $v(x) = 0$ では生殖産出高がゼロだと仮定する。

次に資源制約を考える。ヒトの主要な特徴として挙げられる点は、個人間で資源移転を大々的に行うことである。この点を考慮すると、個人の資源制約は各期ではなく、生きている期間全体において成立していれば十分となり、個人の資源制約は、

$$\sum_{x=0}^X l(x)y(x) \geq \sum_{x=0}^X l(x)[v(x) + w(x)] \quad (2)$$

で与えられる。なお $y(x)$ は年齢 x において個人が得る外生的な資源量を表す。

成熟後の生活史に焦点を当てると、モデルの設定は以上である。³ そして最適な生活史戦略は、各年齢の $v(x)$ と $w(x)$ とラグランジ乗数 λ に関して、下記のラグランジアンを最大化することにより求められる：

$$L = \sum_{x=0}^X l(x)m[v(x), x] + \lambda \left\{ \sum_{x=0}^X l(x)[y(x) - v(x) - w(x)] \right\}. \quad (3)$$

この結果、一階の条件は

$$\frac{\partial L}{\partial v(x)} = l(x)m_v[v(x), x] - \lambda l(x) = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial L}{\partial w(x)} = \frac{-\mu_w[w(x), x]}{1 - \mu[w(x), x]} [R(x+1) + \lambda k(x+1)] - \lambda l(x) = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{x=0}^X l(x)[y(x) - v(x) - w(x)] = 0, \quad (6)$$

と表すことができる。この際、 $R(x+1)$ と $k(x+1)$ は

$$R(x+1) = \sum_{\hat{x}=x+1}^X l(\hat{x})m[v(\hat{x}), x], \quad (7)$$

$$k(x+1) = \sum_{\hat{x}=x+1}^X l(\hat{x})[y(\hat{x}) - v(\hat{x}) - w(\hat{x})], \quad (8)$$

で与えられる。

2.2 生存価値

ここで $R(x+1)$ と $k(x+1)$ を

$$\bar{R}(x+1) = \sum_{\hat{x}=x+1}^X \frac{l(\hat{x})}{l(x+1)} m[v(\hat{x}), x], \quad (9)$$

$$\bar{k}(x+1) = \sum_{\hat{x}=x+1}^X \frac{l(\hat{x})}{l(x+1)} [y(\hat{x}) - v(\hat{x}) - w(\hat{x})], \quad (10)$$

³成熟までの成長過程については Kageyama (2012) を参照のこと。

と書き換える。この結果, (5) 式は

$$-\mu_w [w(x), x] [\bar{R}(x+1) + \lambda \bar{k}(x+1)] = \lambda \quad (11)$$

と書くことができる。すなわち R と k の上のバーは、それぞれの価値がその年齢までの生存確率で調整されたことを示している。この結果, $\bar{R}(x+1)$ は $x+1$ 歳の個人が残りの人生で期待しうる生殖産出高 (年齢 $x+1$ の生殖価) となり, $\bar{k}(x+1)$ は $x+1$ 歳の個人が残りの人生で期待しうる資源余剰となる。

しかし注意すべき点は、資源余剰を得ること自体が生き残る目的ではないということである。資源を得ることは、それが生殖に転換できるからこそ価値があるのであり、(11) 式において $\bar{k}(x+1)$ に λ が掛かっているのはそのためである。つまり λ が資源と生殖の交換レートを表し、 $\lambda \bar{k}(x+1)$ が生殖から見た資源余剰の価値を表しているのである。

上記の結果、(11) 式の角カッコ内の項目である $\bar{R}(x+1) + \lambda \bar{k}(x+1)$ は、年齢 x の個人が来期まで生き残ることによって得られる直接的および間接的な価値の合計と解釈でき、生殖価値と呼ぶことができる。そして (11) 式は、生存投資の限界効果がシャドウプライスと等しいことを示しているのである。

3 行動研究における含意

3.1 生活史上の特性における含意

(11) 式より、人間行動に関する様々な含意を得ることができる。まず第一に、生存投資の限界効果が各年齢で λ に等しいという点より、生存価値が最も高い時に、 $-\mu_w [w(x), x]$ で示される生存投資の限界生産性が最も低くなると言える。例えば、この限界生産性が年齢に依存しないとすると、生存価値が最も高い時点で死亡率は最も低くなり、それ以前は死亡率は低下し、それ以降は死亡率が上昇すると推測できるのである。

第二に、生存価値が生殖の直接価値と生産の間接価値から成り立っていることは、ヒトにおける生産の重要性を物語っている。先に述べたように、ヒトの大きな特徴の1つは個人間で資源移転を大規模に行うことであり、このことが生存価値における生産の間接価値を生み出している。すなわち資源移転と生産の重要性は切っても切れない関係であり、両方ともヒトの特性と言えるのである。この結果をヒトの生活史上の特性に当てはめると、生存価値が最も高いのは、他の種によく見られるように生殖価である $\bar{R}(x)$ が最も高い年齢と一致する必要はないと言えることができる。ヒトが進化した環境下においてヒトの生産効率性が成熟後も上昇したことを考えると、ヒトの死亡率が最も低くなるのは、成熟後と考えられるのである。

またヒトにおける生産の重要性は、女性が閉経によって直接的な生殖能力を失った後も長い期間生存する理由を説明している。彼女らは生産に特化し、彼女らの子どもたちがより短いインターバルで出産するのを可能にして、自分自身の適応度を上げているのである。このことは、閉経や短い出産期間といったヒトの特性もヒトが資源移転を行うことに関連していることを示している。⁴ そして、生産上の貢献である $\bar{k}(x)$ が正であるからこそ、例え生殖価がゼロになろうとも、生存価値は正に保たれるのである。

⁴異なる設定の下、Kaplan and Robson (2009) も同じ結果を得ている。

3.2 経済学における含意

経済学は人間の行動が効用最大化によって十分に近似できると仮定している。一方生物学は、人間の行動は、人間が進化した環境下における適応度最大化より推測できると仮定している。このことは、両分野における人間行動研究が整合的であるためには、効用と適応度が独立ではありえないことを示している。

本論文の焦点である生存価値からも、経済学と生物学の関係を紐解くことができる。この目的のため、今しばらく、第2章で出てきた $m[v(x), x]$ を年齢 x における消費 $v(x)$ による効用と、また $w(x)$ を年齢 x における健康投資と解釈しよう。このように視点を変えることによって、第2章のモデルを、予算制約 (2) 式の下、個人が生涯効用を最大化するように資源を毎期の消費と健康投資に配分する経済学モデルと見なすことができるのである。

この経済学モデルは、当然ながら第2章と同じ解を導き出す。しかし解釈は異なる。とくに、 $\bar{R}(x+1) + \lambda \bar{k}(x+1)$ は、効用単位で測った将来の効用と所得余剰の現在割引価値となり、経済学において人生価値 (value of life) と呼ばれる価値に対応する。⁵ すなわち、生物学において生存価値と解釈された価値が、経済学では人生価値と解釈されるのである。

このことは、経済学と生物学が相互に整合的な結果を導出するためには、効用と適応度との関係と同様に、人生価値と生存価値も何らかの形で関係している必要があることを示している。しかし、現実には必ずしもそうではない。最も大きな違いは、経済学において時間分離可能な効用関数を利用する際に、各期の効用が年齢に依存しないと仮定している点である。この結果、 $\bar{R}(x)$ の年齢カーブは経済学と生物学で異なることになり、人間行動に対して異なった予想を導出することになる。この非整合性を克服する方法は、経済学において年齢ごとに効用関数がどう変化するか考察し、その帰結を取り入れることだろう。

その一方で、上記で定義した両価値が完全に一致すると考える必要はない。生物学における研究は、群淘汰や有性生殖といった、本研究では排除した諸処の要因が適応度に影響を与えることを示している。例えば Chu, Chien and Lee (2008) は、彼らが「compound effects」と呼ぶ生産効率性上昇による価値を生存価値に含めることができることを示した。また経済学における研究も、人生価値の複合性を示している。例えば Kuhn, Wrzaczek and Oeppen (2010) は経済学モデルに子孫の価値を導入し、人生価値が経済学と生物学の両者の価値を包括できることを明らかにした。これらの結果が示唆することは、人生価値も生存価値も、本来は本研究で示したものより複雑であり、両価値の整合性に関しては、より立ち入った研究が必要になるということである。

4 結語

本論文は、生物学上の生存価値に焦点を当て、それがどのように行動研究に利用できるか示した。中でも経済学には、生存価値に対応する価値として人生価値があり、これら両価値の整合性を図る形で経済学を生物学的に基礎づける可能性について論じた。生物学の成果を経済学に導入することによって、人間行動研究をより強固な土台の上に組み立てることができるのである。

このような考え方は必ずしも目新しいものではない。例えばアダム・スミスは『国富論』にて経済学を確立する前に、『道徳感情論』において下記のように論じている。

自己保存と種の増殖は、自然がすべての動物の形成に当たって意図したように思われる、

⁵人生価値に関しては、例えば、Shepard and Zeckhauser (1984) を参照せよ。

大目的なのである。人類は、それらの目的についての欲望と、その反対物への嫌悪が与えられている。(中略)しかしわれわれはこのようにして、それらの目的へのひじょうに強い欲望があたえられてるとはいえ、それらをもたらすための適切な手段を見つけ出すことは、われわれの理性の、遅くて不確実な決定にゆだねられてはいなかった。自然は、これらの大半にたいして、本源的で直接的は諸本能によって、われわれを方向づけたのである (Smith, 1759, II.i.5.10. 水田洋訳『道徳感情論 (上下)』岩波文庫, 2003).

経済学的思考は、その始まりより生物学の要素を含んでいるのである。

References

- Bommier, Antoine**, “Uncertain lifetime and intertemporal choice: Risk aversion as a rationale for time discounting,” *International Economic Review*, 2006, 47, 1223–1245.
- Chu, C.Y. Cyrus, Hung-Ken Chien, and Ronald D. Lee**, “Explaining the optimality of U-shaped age-specific mortality,” *Theoretical Population Biology*, 2008, 73, 171–180.
- Kageyama, Junji**, “The intertemporal allocation of consumption, time preference, and life-history strategies,” *Journal of Bioeconomics*, 2011, 13, 79–95.
- , “Why Are Children Impatient? A Life-history Approach,” *Meikai University Discussion Paper*, 2012, 2012-001.
- Kaplan, Hillard S. and Arthur J. Robson**, “We age because we grow,” *Proceedings of the Royal Society B*, 2009, 276, 1837–1844.
- Kuhn, Michael, Stefan Wrzaczek, and Jim Oeppen**, “Recognizing progeny in the value of life,” *Economics Letters*, 2010, 107, 17–21.
- Perrin, Nicolas and Richard M. Sibly**, “Dynamic Models of Energy Allocation and Investment,” *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1993, 24, 379–410.
- Robson, Arthur J. and Larry Samuelson**, “The evolutionary foundations of preferences,” in Jess Benhabib, Alberto Bisin, and Matthew Jackson, eds., *The Social Economics Handbook*, Elsevier Press, 2008.
- Shepard, Donald S. and Richard J. Zeckhauser**, “Survival versus Consumption,” *Management Science*, 1984, 30, 423–439.
- Smith, Adam**, *The theory of moral sentiments* 1759.
- Stearns, Stephen C.**, *The Evolution of Life Histories*, Oxford: Oxford University Press, 1992.