

## 出生率低下に関わる経済学的・進化生物学的要因の検討

安藤 明人

(武庫川女子大学文学部心理・社会福祉学科)

### Economical and Evolutionary Biological Analysis of Fertility Decline

Akihito Ando

Department of Psychology and Social Welfare, School of Letters  
Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663-8558, Japan

#### Abstract

The purpose of this study is to describe factors relating recent fertility decline from the standpoint of economics and evolutionary biology. Japan is perhaps the world's most rapidly aging country, with high life expectancy and low fertility rate. Japan's total fertility rate (TFR) in 2005 was 1.25, which is lowest-ever level of fertility. The factors that influence fertility can be broadly divided into two factors: one is socioeconomic factor, and the other is biological factor. To explain the fertility decline, several standard economic theories, such as Leibenstein utility function hypothesis, Becker quality-quantity model, and Easterlin relative income hypothesis, are described. Next, evolutionary biological theories on animal reproductive strategy are presented as one of the alternative explanation of fertility decline. Evolutionarily, human reproductive behavior is interpreted as adaptive strategies which maximize fitness and survival value of *Homo sapiens*.

#### 1. はじめに

2006年6月1日の新聞各紙に、日本の合計特殊出生率が1.25と過去最低を更新したことが大きく報じられた。

人口減少社会を目前に控えて、政府・各省庁は10年以上にわたって少子化対策に取り組んできていただけたに、この1.25という数値は、それらが少子化を食い止める有効な施策として機能し得なかったという現実を示すものとして、衝撃をもって受け止められた。年金の財政計算などの基礎となる社会保障・人口問題研究所の中位推計では、出生率の低下は1.31で下げ止まり、その後上昇に転じると予想されていたが、今回のデータにより、現実には、少子化がその予想を超える勢いで進行していることが明らかになった。

日本に限らず、多くの先進諸国で出生率の低下とそれに伴う少子・高齢化の問題は、今後のわれわれの進むべき社会を考える上できわめて重要な問題であるという認識は共有され、その分析に基づいて、国や地方レベルでさまざまな政策の検討が行われている。

本論では、現象として生じている出生率低下のメカニズムについて、経済学的観点から行われてきた理論的研究およびその実証研究について総覧し、主要な理論の貢献について検討する。その後、ヒトの出生・繁殖の生物学側面に焦点を当てた進化生物学的研究を紹介し、出生率低下に対する別の側面からのアプローチの可能性について検討する。

出生行動に関する経済学的アプローチと進化生物学的アプローチは、それぞれ独自の理論に基づいて発展してきており、その理論形成の過程における直接的・相互的な影響過程はそれほど顕著なものではない。しかし、本論で取り上げるベッカーの質・量モデル、イースタリンの相対所得仮説も進化生物学的なモデルも、人間あるいはヒトは、子どもをもつことによる効用を最大化しようとしているという基本的な発想においては同じであると考えられる。したがって、この2つのアプローチの比較検討を行うことにより、その「シナジー効果」が発揮されるとすれば、出生行動に関わるメカニズムの解明がより進むものと期待することができる。

## 2. 出生率決定要因に関する諸研究

出生率の低下をめぐることは、これまでさまざまな学問分野においてさまざまな仮説が提出されてきている。以下、その代表的な理論として、ライベンシュタインの効用・不効用仮説、ベッカーの質・量モデル、イースタリンの相対所得仮説の3つを紹介する。そのなかでとくに、ベッカーの質・量モデル、イースタリンの相対所得仮説については、後に述べる出生行動の進化生物学的モデルの妥当性を検討する上で重要な人口経済モデルであるので、少し詳しく述べる。

### 2.1 ライベンシュタインの効用・不効用仮説

Leibenstein(1957)<sup>1)</sup>は、一人あたりの所得が上昇すると出生力が低下することを指摘し、この出生力低下を子どもを持つことの効用と不効用によって分析した。子どもを持つことの効用としては、①消費効用(consumption utility)、②労働効用(work or income utility)、③保障効用(security)の3つをあげ、一方、子どもを持つことのコスト(不効用)としては、①直接コスト(子どもの衣食住にかかる直接的経費)と②間接コスト(出産や育児による機会費用)をあげた。そして、 $n$ 番目の子どもを持つかどうかの決定にあたって、子どもを持つことによって得られる効用がコスト(不効用)を上回れば、 $n$ 番目の子どもを持つという意思決定を行うと考えた。そして、所得と出生力との関連については、一人あたりの所得の上昇に伴って、労働効用と保障効用が低下するために、出生率の低下がもたらされるとした。ただし、この議論は3人目以降の「付加的」な子どもにあてはまらず、2人目までは当てはまらない点は注意が必要である。

### 2.2 ベッカーの質・量モデル

Becker(1960)<sup>2)</sup>は、出産に関わる意思決定にミクロ経済理論(特に消費者理論)を応用して、いわゆる質・量モデル(quality-quantity model)を提出した。

この理論では子どもを他と同様の消費財と考え、出生行動は通常、次の4つの要素の結果であるとする。第1は予算制約であり、通常家族収入で測られる。第2は子どもにかかるコストであり、それは $\pi NQ$ ( $\pi$ :子ども1人あたり、質1単位あたりの価格、 $N$ :子どもの数、 $Q$ :子ども1人あたりにかける予定の費用である子どもの「質」)で表される。第3は出産・育児の機会コストである。そして第4が子どもから得る効用で、これは $N$ と $Q$ の両方に依存し、効用は $N$ および $Q$ の単調増加関数と考えられる。

Beckerは、出産する子どもの数と、子ども一人あたりのシャドープライス(子ども一人を養育するためのコストであり、養育費と出産・育児のための機会費用からなる)は家計にとって内生的に決定されるため、両者はトレードオフの関係にあると考えた。そして問題になっている出生率の低下は、子どもの「量」(子どもの数)に対する需要の所得弾力性が子どもの「質」に対する需要の所得弾力性を下回ることによって説明できる、とした。つまり、所得上昇は質に関してより弾力的であり、子どもの価格の上昇は質を高める一方で、量を減少させる方向に働くので、出生率は低下すると予測した。

この予測を日本の事例で確かめてみると、消費支出に占める子どもの教育関係費の割合がこの30年で倍増しており、子どもに高い教育を受けさせようとする子どもの質に対する投資の増加が子育てコストを大きくし、出生率を減少させる一つの要因になっている(内閣府, 2003)<sup>3)</sup>。

質のコストの価格効果は子どもの数とともに増大するのに対して、収入効果は子どもの数には依存しないので、現存する子どもの数が少ないと、収入効果が質の価格効果を上回り、所得の上昇は出生率を上昇させることが予測される。しかし、現存する子どもの数が多くなると、質の効果が収入効果を上回ること

になるので、結果として出生率を低下させることが予測される。この仮説に関しては、米国のデータでは Seiver(1978)<sup>4)</sup>や Yamaguchi & Ferguson(1995)<sup>5)</sup>によってすでにその妥当性が実証されている。また山口(2005)<sup>6)</sup>は日本のデータを用いて、既存の子どもの数と夫の収入の間に見られる負の交互作用効果が、有配偶女性の出生意欲と出生率の決定に作用していることを示している。

子どもの「質のコスト」に関して、育児手当に代表される政府の少子化対策の有効性についても検討が行われている。育児手当が子ども一人あたりで支給される場合、それは実質的に子どもの一人あたりの「質のコスト」を下げるので、出生率は上昇するという予測が理論的に成り立つ。この点に関して、Gauthier & Hatzius(1997)<sup>7)</sup>は、1970年から90年代のOECD22カ国のデータ分析により、育児手当が出生率増加に及ぼす効果は大きくはないが、しかし第1子、第2子、第3子の出生率を有意に増加させると報告している。

Willis(1973)<sup>8)</sup>は、Becker(1960)<sup>2)</sup>の考え方を拡張し、家計内生産や時間配分、市場活動との関係を明示的に組み込むことにより、各家計が所与の所得のもとで、育児コストと子どもから得られる効用を比較して最適な子どもの数を決定するモデルを構築した。Willisのモデルでは、子どもの質が重視される理由として、女性の就業により出産・育児の機会費用が上昇する点に注目した。そして一人あたりの所得の高い国では女性の機会費用も大きいと考えられるので、それが出生率低下の要因になりうると考えた。

このWillisの仮説を内閣府(2003)<sup>3)</sup>が試算した日本のデータで見てみると、大学卒の女性が28歳で出産のために退職し、34歳で職場に復帰する場合、就業を継続した場合と比較して、児童手当あるいは所得控除等の収益を除くと、約8500万円の所得の損失になるという。退職前の職場に復帰できずパートタイマーとして労働市場に復帰した場合(実際はこの可能性のほうが高いが)損失は大幅に拡大し、約2億3800万円の機会費用が発生するという。

女性が出産によって職を離れる傾向にあることについては多くの実証研究で確認されている(e.g., Brewster & Rindfuss, 2000)<sup>9)</sup>。しかし女性の就業が機会コストとして働き、実際に出生率を下げる効果があるか否かについては明確なデータはなく、両者の関係が地域や時代とともに変化しているという指摘がなされている。

たとえば、Engelhardt et al.(2004)<sup>10)</sup>によると、OECD諸国における合計特殊出生率と女性の労働力参加率の相関は、Figure 1に示すように、およそ1985年ごろを境として負から正に転じた。

Figure 2は、OECD加盟24カ国の15~64歳の女性労働力率と出生率の関係を示したものである。これによると、女性の労働力率の高い社会進出が進んだ国ほど合計特殊出生率が高いという正の相関が認められる。2000年におけるこの傾向は、地域的に、以前は女性の労働力参加率の低い国で出生率が高かったのが、最近では、労働力参加率の高い国のほうが出生率が

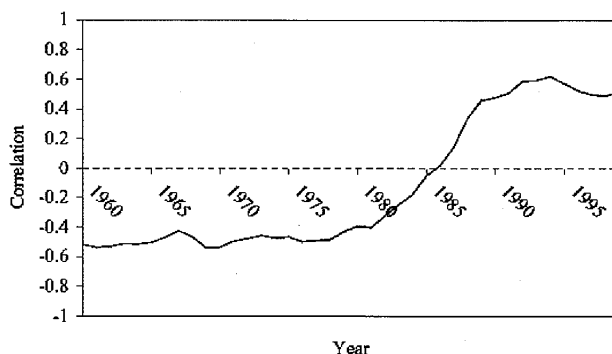
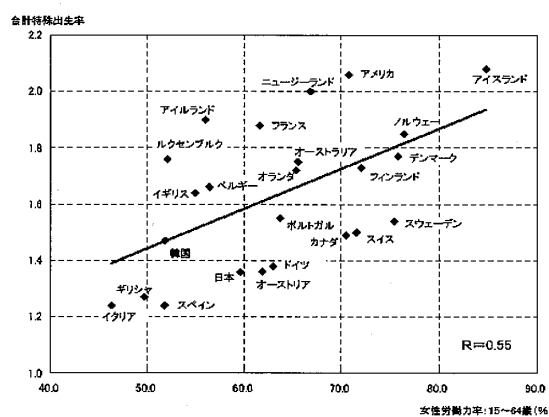


Fig. 1. OECD 諸国における合計特殊出生率と女性の労働力率との相関の推移(Engelhardt et al., 2004)<sup>10)</sup>



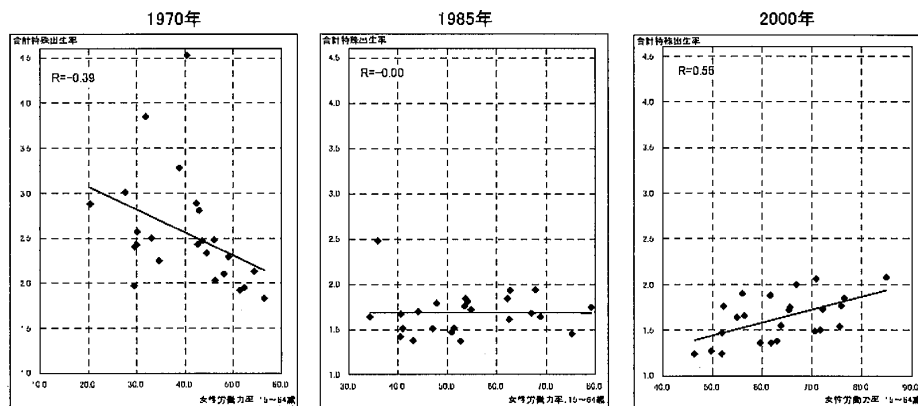
(資料) Recent Demographic Developments in Europe 2004, 日本: 人口動態統計, オーストラリア Births, No.3301, カナダ: Statistics Canada, 韓国: Annual report on the Vital Statistics, コーゼン: Demographic trends, U.S.: National Vital Statistics Report, ILO Year Book of Labour Statistics より作成。

(注) 女性労働力率: アイスランド, アメリカ, スウェーデン, スペイン, ノルウェーは、16歳~64歳。イギリスは16歳以上。

Fig. 2. OECD 諸国における合計特殊出生率と女性の労働力率との相関(2000年)(男女共同参画会議, 2005)<sup>11)</sup>

高い傾向へと変化してきたことが大きな要因となっている。

この変化をもう少し詳細に検討するために、1970、1985、2000年の各年ごとのデータを示したものがFigure 3である。1970年には、OECD24カ国の合計特殊出生率の平均はおよそ2.5で、女性労働力率とは負の相関(-0.39)を示していた。1985年になると、合計特殊出生率の平均は約1.7まで減少し、女性労働力率との相関関係は見られなくなった。女性労働力率の平均は、1970年の40%弱から50%強に上昇し、70%近くの高い水準を示す北欧諸国と30%台のスペイン、アイルランドなどの国々との格差が拡大した。2000年は、合計特殊出生率の平均は1.6台で1985年の水準を維持していた。そして今までと異なり、合計特殊出生率と女性労働力率との間に正の相関(0.55)が見られるようになった。女性労働力率はさらに上昇し、60%を上回る水準にまで達した。北欧諸国の女性労働力率は高止まりの傾向にあるのに対して、1985年に低水準であったスペイン、アイルランドなどが50%を越える水準にまで上昇し、それが全体の水準を押し上げる要因となった。



(資料) Recent Demographic Developments in Europe 2004. 日本: 人口動態統計オーストラリア Births.No.3301. カナダ: Statistics Canada. 韓国: Annual report on the Vital Statistics. ニュージーランド: Demographic trends. U.S.: National Vital Statistics Report. ILO Year Book of Labour Statistics より作成。

(注) 女性労働力率: 国により一部、調査年および対象年齢が異なる。詳細は、参考Ⅱ: 指標項目出典/定義一覧参照。

Fig. 3. OECD 諸国における合計特殊出生率と女性の労働力率との相関(1970年、1985年、2000年)  
(男女共同参画会議, 2005)<sup>11)</sup>

しかし Engelhardt et al.(2004)<sup>10)</sup>の共著者の一人である Kogel(2004)<sup>12)</sup>は、分析対象となった OECD 諸国のそれぞれに固有な、出生率に影響を与える観察されない固定要因があるという仮定のもとに、国別固定効果を加味したモデルを用いて分析すると、女性の労働力参加率と出生率の相関は一貫してマイナスであることを見出している。ただそのマイナスの相関関係は、以前より最近の方が弱くなってきている。

このように見てくると、女性の就業は出生率を下げるという仮説の単純な一般化はむずかしい。すなわち日本のケースを考えれば、家族と仕事の両立が困難な場合、家族と仕事は、一方のためにどちらかを犠牲にするというトレードオフの関係となる。そのため仕事を犠牲にすることの機会費用の大きい女性は、家族を犠牲にして仕事の継続を選択する傾向にあり、それは出生率の低下につながる、という経路の妥当性は高いと考えられる。実際 Raymo(2003)<sup>13)</sup>は、日本の女性は高学歴であるほど晩婚化・非婚化の傾向が高く、これは高学歴者の機会コストが高いからであると指摘している。

しかし米国は、女子の労働力率が先進諸国の中でトップクラスにあるにもかかわらず、合計特殊出生率は2.04(2003年)ときわめて高いレベルを維持している。米国ではヒスパニック系米国人の出生率が2.79と非常に高く、これが全体の平均値を押し上げているが、それを除いた非ヒスパニック系白人だけでも1.86と高い値となっている。同年の日本の合計特殊出生率1.29と比較すれば、その値の高さがよくわかる。

この出生率に関する日本と米国の相違を生み出している要因について、2006年7月7日付産経新聞朝刊は次のように報じている。それは、日本の職場は仕事以外の拘束時間が長すぎ、合理化されていない。そのため、この日本流の企業風土が改善されない限り、いくら出産・育児支援態勢を整えても、その効果

は薄いと指摘している。実際、出生率が高い米国企業の、有給産休・育児休暇制度の導入率は13%、託児所紹介制度は20%、父親の有給育児休暇制度は15%(いずれも人材マネジメント協会調べ)と、出産・育児支援が手厚いとはいえない。にもかかわらず米国の出生率が高いというデータは、職場が「家庭にやさしい(family friendly)」環境であるかが、女性の就業参加と出生との関係に影響を与える大きな要因であることを示唆している。

### 2.3 イースタリンの相対所得仮説

Becker に代表されるシカゴ派の基本的発想は、ケインズ流の「嗜好一定の公準」のもと、所得水準が上がっても子どもの養育にかかる相対的なコストが上昇したことにより、子どもの質を同等に保つために子どもの数に対する需要が減少した、というものであった。

このシカゴ派の主張と激しく争ったのが Easterlin, R.A. である。Easterlin (1969)<sup>14)</sup> はシカゴ派がアプリアリの前提として置いていた「嗜好一定の公準」を否定した。すなわち、個人の熱望(aspiration)や希望はその個人が生まれ育った環境に大きく依存し、したがってコホート(cohort)によってその満足度の大きさは異なると考えた。

彼が提出した説は、相対所得仮説(relative income hypothesis)と需要供給理論の2つに大別できる。相対所得仮説では、出生行動に影響を与えるのは、親元にいたときの親の経済力によって与えられた経済的環境と、親から自立し自らが労働市場で経験した経済環境の相違であると考えられる。子どもの相対価格は不変であり、所得の増加により子どもの数が減るのは、親の物質的生活水準に対する熱望が上昇するためであるとした。つまり、出産・育児のシャドープライスが大きく、子どもを多く出産することにより親世代以上の生活水準が維持できないと判断される場合、子どもの数を減らす方向で意思決定がなされる。逆に経済が成長している場合、親世代の生活水準を維持することが容易であるため、出産の抑制要因は小さくなる、と説明される。

Easterlin の相対所得仮説を実証する指標として、コホートの相対的規模が用いられることが多い。コホートの相対的規模と出生力との関係を非線形モデルとして定式化したのが、次の非線形積分方程式で表されるイースタリン・モデルである。

$$B(t) = \int_0^{\infty} \beta(a, B(t-a)) l(a) B(t-a) da$$

ここで  $\beta(a, B(t-a))$  は  $t$  時点で  $a$  歳の人口の出生率であり、コホート・サイズ  $B(t-a)$  に依存している。より大きなコホートに属する人口の出生率はより小さくなると仮定すれば、 $\beta(a, x)$  は  $x$  の減少関数である。大きなコホートを形成する世代内において、一定の資源をめぐる厳しい競争が所得低下をもたらす、それが低い出生力を導くと考える。

需要供給理論では、前近代社会では出世力の超過供給状態があり、したがって自然出生力が現実に発現するが、近代化によって、子どもに対する需要が減退し、同時に潜在供給が上昇し、調整費用が減少するために、超過供給状態への転換が起こって、出産制限への動機づけが生じた、と説明される。近代化の当初は、調整費用が大きいため抑制行動が具体化せず、しばらくは自然出生力が維持されるか、もしくは近代化に伴う自然出生力上昇によって出生力の上昇が見られるが、近代化の進行とともにしだいに意図的な出産制限が起こり、超過供給状態が調整されて、現実の子ども数が必要と一致する点まで出生力が低下する、と考える。

Easterlin の相対所得仮説では、景気の拡大期には出生力が上昇し、景気後退期には出生力が低下するという、出生力と景気の順循環命題が導かれる(加藤, 2001)<sup>15)</sup>。そもそも Easterlin が、米国の出生率が約20年の周期で循環する(クズネッツ循環)ことに気がついたことが、相対所得仮説の出発点となった。

Easterlin はコホートの相対規模を用いて、米国の1950年代の好況期におけるベビーブーム(baby boom)と70年代の不況期におけるベビーバスタ(baby bust)の発生機序を説明しようとした。すなわち、50年代に育った世代のコホート・サイズは大きいので、競争が激しく利用可能な資源の分配率も小さくなることから、自分たちが再生産可能年齢となった70年代にあっては、自分たちが子ども時代に享受した

生活水準の維持が困難であると判断して、出生を抑制した。同様の議論により、70年台に育った世代はコホート・サイズが相対的に小さいので、自分たちが親となる90年代に出生率が上昇することが理論的に予測されるが、実際のデータもわずかではあるが出生率の上昇傾向を示した。この間米国は、出生率回復のための特段の政策を実施したわけではないので、相対所得仮説により説明が説得力をもつ。しかし、90年代における出生率の上昇について別の説明も試みられている。これはキャッチアップ仮説と呼ばれ、ある時期に結婚してからの出生を遅らせた人びとが、出生の遅れを取り戻そうとする(キャッチアップ)傾向によって出生率の上昇は説明できるとする。米国のデータでは、1960年代後半以降に25歳未満における第1子の出生確率が低下したが、1980年代に入り、30歳代の第1子の出生確率が上昇し、キャッチアップ仮説が裏付けられた形となった。

このEasterlinを代表とするペンシルバニア派は、純粋に経済学理論に基づいて出生行動を明らかにしようとするシカゴ派と比較して、次の2点をその特徴として指摘することができる。第一は、経済変数に個人の経験や社会的階層、あるいは文化的要因などといった社会学的要因を加えることによって出生行動を理解しようとする。第二に、出産のリスクや妊孕力(fecundity)といった生物学的メカニズムの要因を積極的に取り込んで、出生行動を説明しようとするところに特徴がある。

そこで次に、ヒトのもつ生物性に注目し、出生行動をヒトの繁殖戦略としてとらえて分析しようとする立場を紹介する。

### 3. ヒトの繁殖戦略あるいは生存戦略としての出生行動

#### 3.1 ヒトの出生行動の進化論的解釈

Darwin, C. の自然淘汰説(natural selection)では、生物の形態や生理的特質、さらには行動は、当該生物種の生息環境の中でうまく適応した形態をとるように進化してきたと考える。それは、個体の生存とその結果としての繁殖的成功(reproductive success)を高めるよう、形質を支配する遺伝子が、遺伝子プール(gene pool)の中でその頻度を増すことにより実現されてきたからである。

生物の形態や行動がその適応度(fitness)を増す方向に進化してきたということを考えれば、ヒトの出生行動もヒトという種の生存価(survival value)を高める方向に進化してきていると解釈することが可能である。そう考えるとヒトの出生率の低下も、進化論的な意味において適応的であるという仮説が成立する。それではなぜ低出生のほうが適応的なのか、その仮説を検討してみよう。

第1の仮説は、子どもの生息環境が子どもにとって競争的な環境になってきたので、低出生が最適になった、という解釈である。子どもの生存を保障するためには親による大きな投資が必要となったため、次世代に貢献できる子ども数が総子ども数とトレードオフの関係になり、総子ども数が減少したとする解釈である。

第2の仮説はBoyd & Richerson(1985)<sup>16)</sup>による理論である。彼らは、成功した個人に関連した特性は他の人からまねされることがあり、そのため、遺伝的適応度を上げなくても、ある行動特性は文化の中に広まることありうると考える。それは、競争的な市場経済においては、子どものいない人(あるいは平均より少ない人)のほうが子どもの多い人よりも、他人に影響を与える職で成功するのに有利であるからと解釈する。

再生産行動のもととなる心理的なメカニズムに焦点を当て、それが進化的に淘汰されてきているとする進化心理学的な解釈も行われている。

経済的に豊かな社会階層の人ほど子どもの数が少ないという現象に着目し、それは、子どもを残すことへの最適化ではなく、一人あたりの物質的豊かさに向かっての最適化が起こったためと説明する。この考え方は、子どもの「質」の問題を重視したシカゴ派の考え方と類似しているが、進化心理学的解釈では、それを遺伝する適応戦略とみなす点に本質的な違いがある。

そこで次に、子どもの質を重視することが少子化につながると考えたシカゴ派の質・量モデルの考え方を、生態学やエソロジー(ethology)の立場からアプローチするとどのように説明できるか考えてみる。

### 3.2 r 選択と K 選択

動物の繁殖様式の多様性は驚くほど大きい。たとえば、魚類や昆虫類は大量の卵を産卵するが、基本的に親はその子どもの生育に保護を加えることはなく、したがって、繁殖可能年齢にまで到達する個体数はごくわずかである。それに対して哺乳類は、一生のうちある一定期間において何度も繰り返し繁殖し(多数回繁殖)、子どもに対して保護的な行動(いわゆる養育行動)を加え、その生存をできるだけ保障する戦略をとる。そのため、繁殖可能年齢に到達する子どもの割合は高い。

このような動物種による繁殖様式の相違は、その種の生息環境と生存期間(寿命)に関連している。

MacArthur & Wilson(1967)<sup>17)</sup>は、このような対照的な繁殖戦略・生活史戦略の相違を、動物の繁殖に働く淘汰圧(selection pressure)の違いによって r 選択(淘汰)と K 選択(淘汰)に大別して説明した。

この r と K は、個体群生態学において個体群成長モデルとして提出されたロジスティック式の内的増加率(r)と当該環境が無理なく生物を支えることが可能な個体の最大数を示す環境収容力(あるいは飽和密度)を示す K に由来する(Figure 4 参照)。

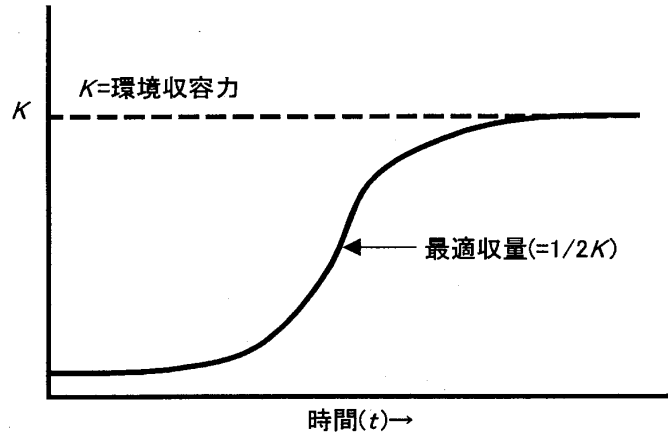


Fig. 4. ロジスティック的成長曲線 (Wilson & Bossert, 1971)<sup>18)</sup>

$$\frac{dN}{dt} = rN \left( \frac{K-N}{K} \right)$$

生息域に十分な食料があり、個体密度が低い状態では内的増加率 r の大きな遺伝子が選択に有利である。これを r 選択と呼ぶ。この場合、食物を十分に消費し子どもをたくさん生む遺伝子型が適していることになる。しかししだいに個体数が増加し個体密度が増加すると、個体あたりの食料が乏しくなり、別の選択が有利に働くようになる。すなわち、わずかな食料を効率的に消費し、「少数精鋭」の子どもを育てることができる能力のある遺伝子型が有利になる。これが K 選択である。Pianka(1970)<sup>19)</sup>は、この2つの選択に関連する特徴を整理し、Table 1 のようにまとめている。

Table 1. r 選択と K 選択の特徴(Pianka, 1970)<sup>19)</sup>

	r 選択	K 選択
気 候	変化に富む、あるいは不規則に変化する	安定、または規則的に変化する
死 亡 率	破滅的に起こることが多い。方向性なし。密度に依存しない。	方向性あり、密度に依存する。
個 体 数	変化はなほ大きく、平衡がない。通常環境収容力より低いレベルにあり、飽和していない生物群集中にある。すなわち、生態的空白、毎年再侵入あり。	安定しており、平衡状態にあって、環境収容力の限界に近い高密度。生物群集は飽和しており、再侵入なしに個体群を保つ。
種内・種間 淘汰する形質	程度はいろいろだが、穏やかなことが多い。	通常きびしい。
生存期間	短い(1年以下が多い)	長い(1年以上が多い)
結 果	生産力	効率
遷移の段階	初期段階	後期段階

MacArthur & Wilson(1967)<sup>17)</sup>は、この2つの淘汰圧において優位に働く生活史戦略を想定し、それぞれ  $r$  戦略( $r$  strategy)と  $K$  戦略( $K$  strategy)と呼んだ。 $r$  戦略は、大きな再生産能力により不安定な生息環境に適応使用とする生活史戦略であり、一方  $K$  戦略は、安定した生息環境下で、環境収容力に近い密度で少数精鋭主義の繁殖戦略をとり、資源の有効利用を図る生活史戦略である。これによると魚類や昆虫類に見られる、親による子どもの養育が行われない「大量生みっぱなし」繁殖様式は、 $r$  戦略にあたる。

これに対して、一般に子どもを保護・養育する繁殖様式では、1回の産子数を少なくして多数回繁殖を行う。健康なヒトの場合、意図的な出産制限がなければ、一生の間に産む子どもの数は、4人から10人程度であるといわれている。MacArthur & Wilson(1967)<sup>17)</sup>の  $r$  選択、 $K$  選択の考え方によれば、このレベルの出生力は、ヒトが  $K$  選択者、すなわち、少数の子どもを大事に育てる戦略をとる動物であることを示している。 $K$  選択は、比較的安定した自然環境の下で外敵の少ない種が発達させる繁殖戦略であり、霊長類が外敵の少ない森林という生息環境化で進化したことを考慮に入れば、理解しやすい。

ヒトに代表的に見られる  $K$  戦略的繁殖様式は、産んだ子どものうち繁殖可能となる個体数で示される繁殖成功度を最大化するという、生物種が長い進化の歴史の中で獲得してきた基本的な生存・繁殖戦略として理解することができる。

### 3.3 生物における繁殖への投資

生物にとって繁殖への投資は非常に負担の大きい投資であり、ある時点での出産は次の機会への繁殖に影響を及ぼすと考えられ、一般にある時点で多く生みすぎると次回の繁殖率が低減するといわれている。この点に関して Pianka (1978)<sup>20)</sup>は、個体が一生の間に繁殖に投資できる量は一定であると仮定して、ある時点での繁殖投資量(繁殖努力)と将来の繁殖に費やす可能性のある投資量(残存繁殖能力)との関係を検討した(Figure 5)。

Figure 5 に示した4つの曲線は、現在の産子数による利益と将来の産子の損失との関係を示して、各曲線上の点は、生涯の繁殖成功度を最大にする繁殖戦略を示している。原点に対して凸の曲線は1回繁殖を、凹の曲線は多数回繁殖を示したものである。

生涯の繁殖成功度を最大にする投資については、それぞれの種の生存曲線と年齢を基準とした繁殖価(reproductive value)のパターンによって異なり、1回繁殖が最適になる場合も多数回繁殖が最適になる場合もある。

Figure 6 は生存曲線の典型的な3つの基本型を示したものである。曲線Iは文明化した人間や大切に育てられたペットなどに典型的に見られる生存曲線のタイプで、大部分の個体は老衰するまで生き残る。タイプIIの生存曲線は、死亡率がどの年齢でもほぼ等しいことを示してい

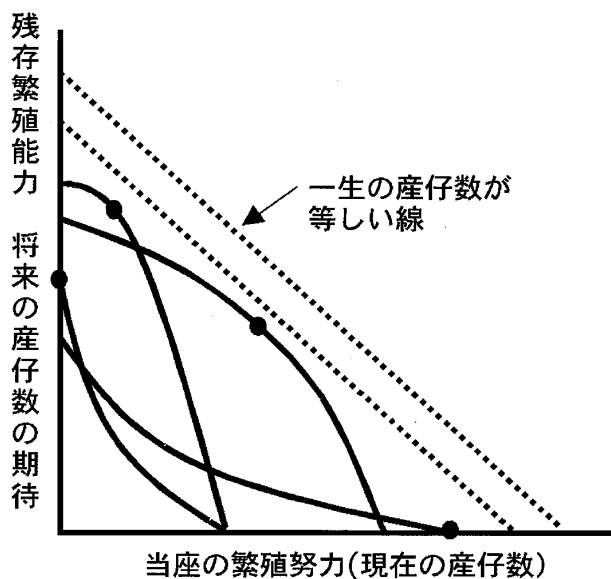


Fig. 5. 当座の繁殖努力とある時点における将来の産子数の期待値との関係 (Pianka, 1978)<sup>20)</sup>

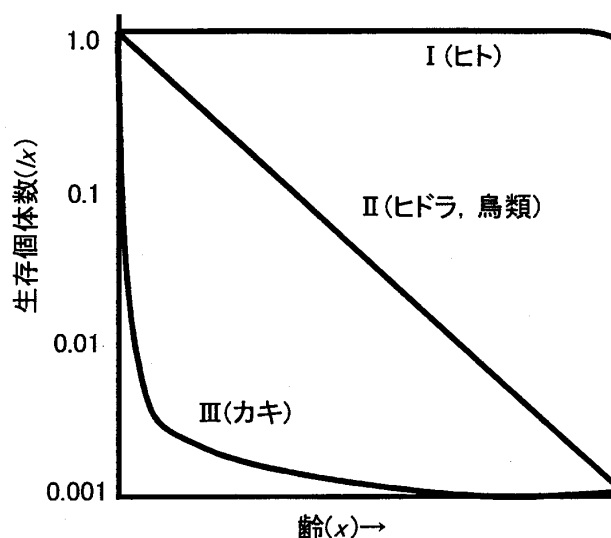


Fig. 6 生存曲線の3つの基本型(縦軸は対数目盛り) (Wilson & Bossert, 1971)<sup>18)</sup>



る。すなわち、各单位時間内に各年齢群の一定割合の個体が捕食、事故等の要因により個体群より取り除かれていくタイプである。タイプⅢの生存曲線は、自然界に最も多く見られるタイプである。すなわち多数の子孫が卵、孢子、種子といった形で環境にばらまかれるが、大多数の者は速やかに死滅し、生存曲線は齢の若い段階で急速に低下する。そして安全な場所をうまく見つけて定着したものだけが、成熟まで生き残る。前述の  $r$ - $K$  戦略のタイプでいうと、極端な  $K$  戦略者がタイプⅠで、一方極端な  $r$  戦略者がタイプⅢの生存曲線を示す。

繁殖価は次世代に対するある個体の貢献の度合いを示す指標で、 $x$  齢の各雌が産むべき雌の子どもの数の相対値である。当然のことながら、この値は繁殖を開始したばかりの雌において最高になり、繁殖可能年齢をすぎると 0 になる。Fisher(1930)<sup>21)</sup> は、 $x$  齢における繁殖価( $v_x$ )は出生時における繁殖価( $v_0$ )に対する相対値として次式のように定式化した。

$$\frac{V_x}{V_0} = \frac{e^{rx}}{l_x} \int_0^{\infty} e^{-ry} l_y m_y dy$$

これは、1 頭の雌が  $x$  齢から死ぬまで( $\infty$ で示してある)の間に産むであろう子どもの数を示している( $y$  は  $x$  から  $\infty$  までに位置する齢のすべてを示す)。

Figure 7 は、Fisher(1930)<sup>21)</sup> が具体例として、1911 年のオーストラリアの女性のデータを用いて、加齢に伴う繁殖価の変化を示したものである。この図に示されているように、20 歳少し前に繁殖価はピークを示し、その後は閉経に至り、繁殖可能年齢がすぎ 0 になるまで低減を示す。このようにヒトは、進化論的には、生存曲線とこの繁殖価の低減のパターンから得られる最適解として、多数回繁殖という繁殖成功度を最大にする繁殖への投資を行ってきたと考えることができる。

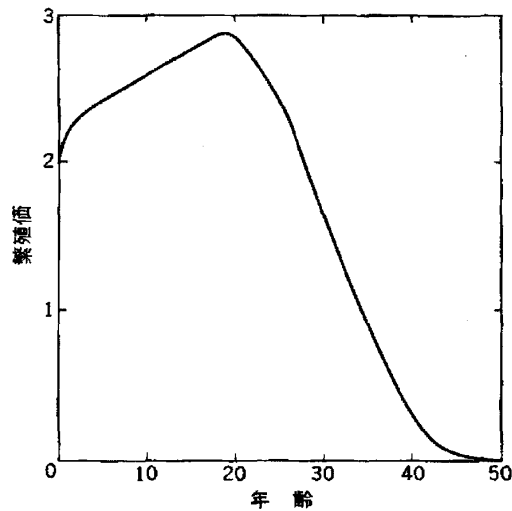


Fig. 7. オーストラリア女性の繁殖価(Fisher, 1930)<sup>21)</sup>

### 3.4 ヒトの多数回繁殖戦略と子どもへの投資

自然界に生きるすべての生物にとって、自分のもつ遺伝子をできるだけ多く次世代に残すことが個体に課せられた最大の生物学的使命である。ダーウィンの進化論、なかでもその自然選択説においては、当時はまだ遺伝子の存在が知られていなかったため、その生物学的使命は、子孫をできるだけ多く後の世代に残すこととしてとらえられていた。そしてそのために適応度(fitness)の高い形態や行動が進化すると考えられた。

しかしこのダーウィン流の適応度の考え方では、自分の適応度を下げて他個体の適応度を上げる行動である利他的行動(altruistic behavior)が進化してきた理由を合理的に説明することができなかった。なぜならば、たまたま自分の生命の危険を賭して(適応度を下げて)他個体を助けようとする個体がいたとしても、そのような個体の生存可能性(したがって繁殖可能性も)は下がるので、このような利他的行動は進化しないと考えられるからである。

このダーウィンが残したいわば宿題に解答を与えたのが、のちのイギリスの天才的な生物学者であったハミルトン(Hamilton, W.A.)であった。Hamilton(1964)<sup>22)</sup> は、進化にとって問題なのは「個体」ではなく「遺伝子」であると考え、自分の遺伝子が後の世代により多く残り広がる方向に進化が進んできたと考えた。そして、ある遺伝子にとっての真の適応度は、ダーウィン流の適応度(古典的適応度)に自分と遺伝子を共有する個体(近親個体)の適応度を加えたものであるという包括的適応度(inclusive fitness)の概念を提出した。

すなわち、包括的適応度  $W$  は

$$W = W_A + \sum_{i=1}^n r_i W_i \quad (\text{ただし } i \neq A)$$

$W_A$  は古典的適応度、 $W_i$  は A 以外の  $i$  番目の個体の適応度、 $r_i$  はその個体と A との遺伝子の共有率で、血縁度 (relatedness) と呼ばれる。

この考え方をすれば、次世代に残る遺伝子の「総量」として、個体 A が利他的行動を行うことによる低下分よりも、そのことによる近親個体が共有する遺伝子量の上昇分の総和の方が大きければ、その行動は進化することになり、ダーウィンの適応度概念では説明できなかった利他的行動の進化が、この包括的適応度の概念を導入することにより合理的に説明できることになる。

この包括的適応度の考え方をベースとして、多数回繁殖というヒトの繁殖戦略と子どもへの投資との関連について考えてみる。

親と子どもの血縁度は 0.5 なので、子どもをたくさん残せば残すほど次世代に継承される自分の遺伝子量は多くなる。しかし前述したように、ヒトは育児という形で子どもに多くの投資を行う  $K$  戦略者なので、多数回繁殖により子どもの数が多くなり、親による子どもへの投資が大きくなると、次の子どもの繁殖への投資が少なくなっていく。つまり、親の立場からすると、ある時点での子どもへの投資は利益と損失の両側面を併せもっている。親の投資により子どもの生存確率が上昇すればそれは親の利益であり、子どもへの投資により将来の子どもの繁殖可能性が減る度合いが損失になる。子どもへの投資コストが繁殖利益より大きくなれば、親は子どもに対する投資を打ち切ろうとするが、子どもは親からより長期の投資を受け続けようとする。

Trivers (1972<sup>23</sup>), 1974<sup>24</sup>) は、親性投資 (parental investment) という概念を導入することにより、上述のような養育をめぐる投資について親子間で利害対立がみられることを理論的に示した。親性投資とは、親が子どものなかのある個体の生存確率を高めるために、それ以外の子どもに対する投資能力を犠牲にして親が行う投資のことである。親は自分の繁殖成功度が最大になるように子どもへの投資量を決めるように進化してきたと考えられるので、損失が利益を上回るような子どもへの投資は、結果的に生き残る子どもの数が減り、包括的適応度も下げることになるので進化しないことが考えられる。この親性投資の概念では、同じ霊長類の中で、ヒトだけが他の霊長類と比べて大きな完結出生力をもつことや、ヒトだけが閉経後にも長い期間生存することの説明はむずかしい。しかし、後者に関しては、Hawkes et al. (1998)<sup>25</sup>) が、ヒトがチンパンジーと再生産期間がそれほど変わらないのに、ヒトの再生産完了後の生存年数が長いのは、母親が忙しい娘の子育てを手伝うためであるという説を唱えている。つまりヒトの場合は、子どもが再生産年齢に達するまでの養育コスト (投資) が大きいので、その養育に関して親世代だけでなく、祖父母世代も関与することにより生存確率を高める方向に進化してきていると解釈することが可能である。

#### 4. おわりに

進化生物学では出生・繁殖は、極端な表現をすれば、自己の遺伝子を次の世代に残し、増殖させるための手段としての役割を与えられている、と言うことができる。進化にとって重要なのは「個体」ではなく、個体もつ遺伝子なのである。後世に引き継がれる自己の遺伝子の最大化を図るべく、最適の繁殖戦略をとるように生物は進化してきていると考える。つまりハミルトンの包括的適応度の考えを用いれば、包括的適応度を増加させるために、さまざまな生存・繁殖戦略を獲得してきていると考える。

ヒトが編み出してきたその戦略の一つが、他のどの動物よりも親子の結びつきを強固にし、親が子に対して長期にわたる投資を行うというものであった。これはヒトが繁殖において典型的な  $K$  戦略を採用する種であることからわかる。

それではなぜヒトは  $K$  戦略を採用することに至ったのか。それはヒトの子どもが極端に無力な状態で誕生し、種特有な行動 (species-specific behavior) を獲得し自立するのに長い期間を必要とするという生物学的特徴に起因する。ヒトの胎児は、生理学的には本来あと 1 年母親の胎内で育つべきであるのだが、も

しそうなると胎児が大きくなりすぎて、身体解剖学上、出産が不可能になる。そのため、ヒトは長い進化の歴史の中で、本来よりも1年早く出産することを選択した(生理的早産説)。したがって、「子宮外の胎児期」と呼ばれる生後1年間、ヒトは恒常的な環境である子宮内で過ごすのではなく、さまざまな豊富な外的刺激にあふれる子宮外の環境の中で成長することにより、生物学的規定性を超えた行動の可塑性を獲得することができた。そしてそれこそが、ヒトを生物の中で最も繁栄した種にしている要因であると考えられる。

ヒト以外の種が、長い進化の結果として遺伝子情報に組み込まれた情報による生物学的規定性を超えることのできない存在であるのに対して、ヒトはその遺伝子をもつ生物学的規定性を超えた社会・文化的存在として、その環境に積極的に働きかけ、環境に最も適応した行動を選択してきた。

そのように考えると、ヒトの近年における出生率の低下も、環境変化に対する何らかの適応的行動であると理解することも可能である。しかしここで、ヒトが適応的進化を達成してきた進化の時間軸が、出生率の低下を経験している時間軸と比較にならないほど長い時間軸であることは忘れてはならない。したがって、現在私たちが経験している出生率低下を、環境の変化に対する種としての適応行動であると理解すべきか、早計な判断を下すことはできない。

また上で出生率の決定に関する進化生物学的解釈を試みたが、この場合、多くの生物種の中におけるヒトという種の特異性を忘れてはならない。すなわちヒト以外の種において出生率は、その生物学的規定性のもとで、包括的適応度を最大化する「解」となるホメオスタティックな均衡点として理解することが可能であった。しかしヒトに限って言えば、その出生率の決定は、進化生物学的合目的性によってのみ説明できるものでないことは明らかである。ヒトは繁殖ペアの意向によって出生をコントロールしており、そのために必要となる産児制限のための技術を有している。さらには妊娠中絶、誕生後の子殺し、子の遺棄といった社会・文化的な強制的な出生コントロールを行うこともある。

その意味において、生物界において独自の位置を占めるヒトの出生コントロールを考える上で、経済学的観点からの出生行動の分析が重要であることは疑う余地がない。さらに、ヒトが出生コントロールの意向をもち、そのための技術を開発してきたという事実は、純粋に生物学的な出生数の調節機構だけでは、 $K$  戦略的な出生・繁殖戦略を維持できないということを意味している。つまり生物学的自然にゆだねると、ヒトの出生は  $K$  戦略を維持できない高いレベルの出生率になってしまうことが予想される。ヒトには他の種に見られるような繁殖期がなく、1年中繁殖行動を行う。さらに、繁殖行動は新しい子孫の生産という再生産の目的のみによって行われるのではなく、性行動に伴う「快楽」という心理的満足(効用)を目的としても行われる。ヒトが再生産活動から分離した形で繁殖活動を行うことがあるという点は、これまでの経済学的観点からの出生行動の分析に欠けていた視点である。

いずれにせよ、ヒトの出生率が人口の置換水準を大きく割り込み、人口減少社会に入ったことは、社会・経済的に大きな問題を現出させることになったが、このことは同時に、種の保存という生物学使命からいっても健全な状態でないことは確かである。

この出生率の低下が、人間・ヒトにとって「適応」過程なのか、それとも「不適応」過程なのか解答を出すためには、今後の更なる検討が必要であろう。

## 引用文献

- 1) Leibenstein, H.(1957). *Economic backwardness and economic growth: Studies in the theory of economic development*. New York: Wiley.
- 2) Becker, G.S.(1960). An economic analysis of fertility. In A.Coale (Ed.), *Demographic and economic change in developed countries*. Princeton: Princeton University Press.
- 3) 内閣府(2003). 高齢化・人口減少への挑戦(平成15年度年次経済財政報告)
- 4) Seiver, D.A.(1978). Which couples at given parties have additional births? *Research in Population Economics*, 1, 309-319.

- 5) Yamaguchi, K., & Ferguson, L.(1995). The stopping and spacing of childbirths and their birth-history predictors: Rational-choice theory and event-history analysis. *American Sociological Review*, 60, 272-298.
- 6) 山口一男(2005). 少子化の決定要因と対策について:夫の役割, 職場の役割, 政府の役割, 社会の役割 家計経済研究, 66, 57-67.
- 7) Gauthier, A.H., & Hatzius, J.(1997). Family benefits and fertility: An economic analysis. *Population Studies*, 51, 295-306.
- 8) Willis, R.(1973). A new approach to the economic theory of fertility behavior. *Journal of Political Economy*, 81, 14-64.
- 9) Brewster, K.L., & Rindfuss, R.R.(2000). Fertility and women's employment in industrialized nations. *Annual Review of Sociology*, 26, 271-286.
- 10) Engelhardt, H., Kogel, T., & Prskawetz, A.(2004). Fertility and women's employment reconsidered: A macro-level time-series analysis for developed countries, 1900-2000. *Population Studies*, 58, 109-120.
- 11) 男女共同参画会議 少子化と男女共同参画に関する専門調査会(2005). 少子化と男女共同参画に関する社会環境の国際比較報告書
- 12) Kogel, T.(2004). Did the association between fertility and female employment within OECD countries really change in sign? *Journal of Population Economics*, 17, 45-65.
- 13) Raymo, J.M.(2003). Educational attainment and the transition to first marriage among Japanese women. *Demography*, 40, 83-103.
- 14) Easterlin, R.A.(1969). Towards a socioeconomic theory of fertility. In S.J. Behrman et al. (Eds.), *Fertility and family planning: A world view*. University of Michigan Press.
- 15) 加藤久和(2001). 人口経済学入門 日本評論社
- 16) Boyd, R. & Richerson, P.J.(1985). *Culture and the evolutionary process*. Chicago: University of Chicago Press.
- 17) MacArthur, R.H., & Wilson, E.O.(1967). *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press.
- 18) Wilson, E.O., & Bossert, W.H.(1971). A primer of population biology. MA: Sinauer. (巖俊一・石和貞夫訳 集団の生物学入門 培風館, 1977)
- 19) Pianka, E.R.(1970). On  $r$ - and  $K$ -selection. *American Naturalist*, 104, 592-597.
- 20) Pianka, E.R.(1978). *Evolutionary ecology(2nd ed.)*. Harper & Row. 伊藤嘉昭監訳 1980 進化生態学(原書第2版) 蒼樹書房
- 21) Fisher, R.A.(1930). *The genetical theory of natural selection*. Oxford: Clarendon Press.
- 22) Hamilton, W.A.(1964). The genetical evolution of social behaviour. I, II. *Journal of Theoretical Biology*, 7, 1-52.
- 23) Trivers, R.L.(1972). Parental investment and sexual selection. In B.Campbell(Ed.), *Sexual selection and the descent of man*. New York: Aldine, pp.36-179.
- 24) Trivers, R.L.(1974). Parent-offspring conflict. *American Zoologist*, 11, 249-264.
- 25) Hawkes, K., O'Connell, J.F., Blurton-Jones, N.G., Alvarez, H. & Charnov, E.L.(1998). Grandmothering, menopause, and the evolution of human life histories. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 95, 1336-1339.