

Pierre Baldi, *The Shattered Self: The End of Natural Evolution*,  
The MIT Press, 2001.

松浦弘枝

## 1 Fiction science

本書は、生物学とコンピュータ科学に着目し、将来、どのような応用技術(バイオテクノロジー、コンピュータテクノロジー)が可能となるのかを予測しています。著者は、このような科学技術を“fiction science”と呼んでいます。いわゆる“fiction science”は、最新の研究結果(ほとんどが一九九九―二〇〇〇年のScience誌に掲載されたもの)をもとに、科学的に実現可能と判断された科学技術であり、決してSF

(science fiction) 的な発想から端を発したもので

ではありません。著者であるBaldi Pierreは、バイオインフォマティクスの最前線に立つ研究者であり、カルフォルニア大学アーヴァイン校のICS (Information and Computer Science) の教授、IGB (Institute for Genomics and Bioinformatics) の所長を兼任しています。

本書の目次は、下記のようになっています。

第一章 導入 (Introduction)

第二章 現代の科学 (Science Today)

第三章 分子生物学 (Molecular Biology)

第四章 試験管ベビー (In Vitro Baby)

第五章 ヒトのクローニング (Human Cloning)

第六章 シヤム双生児 (Siamese Twin)

第七章 DNA操作 (Manipulating DNA)

第八章 コンピュータ (Computers)

第九章 最後のフロンティア：脳 (The Last Frontier : The Brain)

第一〇章 倫理と問題点 (Ethics and What Can Go Wrong)

第十一章 情報の空間 (The Information Space)

## 2 Shattering

本書は、私たちは何者であるのか、私たちはどこへ向かうのか、ということに強い関心をも

っている人たちに向けて書かれています。私たちの世界観や人間観などのものの見方は、科学の進歩に伴い、大きく変化してきました。この変化の様子を著者は“the decentering process”という言葉で表現しています。人間を中心とし、他の種や無機物と区別して特別視するような思想が、キリスト教主義の文明を中心として、根強く存在していたのですが、その人間を中心に置いて物事を捉える姿勢が次第に失われてきているということです。例を挙げると、地動説の証明によって、人類が生を営む地球は宇宙の中心ではなく、宇宙を構成する一つの星であることが明らかとなり、ダーウィンの進化論によって、人類は他の生物種から独立した特別な存在ではないことが示されました。現在では、全ての生物は共通の祖先から進化し、DNAという共通の物質によって、生体の設計図が描かれている

ことが判明し、また地球上の原子はあらゆる生物と無機物の間を循環して、これらを構成していることも分かっています。このように、科学によって真理が明らかにされるにつれ、人間中心の世界観や人間観は次第に崩れてきたのです。

この人間中心的思想よりさらに深く私たちは心に根づいているのが、自己中心的思想 (self-centered view) です。私たちは心理学的なレベルで、自己の独自性を強く信じています。個々は、独自の感情、知能、思想を有しており、他の人や種、情報処理システムとは区別される、独立した存在だと考えているのです。著者は、この自己中心的思想が生物学やコンピュータ科学の進歩、そしてその応用技術であるバイオテクノロジー、コンピュータテクノロジーなどによって、崩されていくと述べています。

と思います。

これまでの科学はおもに物理学や化学に重点が置かれていましたが、二〇世紀後半から、生物学とコンピュータ科学が飛躍的に発展してきました。生物学では、一九五三年のワトソンとクリックによるDNAの二重らせん構造の発見により、分子生物学が成立し、これを基礎として、生物に関する様々な分野の研究が切り開かれました。また、遺伝子工学、細胞工学、発生工学などバイオテクノロジーにつながる領域の研究も盛んに行われています。バイオテクノロジーの応用範囲は医療や農業、環境問題など多岐にわたり、国家や企業、研究所、大学など様々な機関が、その研究に取り組んでいます。

バイオテクノロジーという科学技術は、生物を技術の対象とするので、技術の種類によって

表題の *The Shattered Self* (崩壊する自己)

は、自己を中心的看着概念が崩れてゆくこと (shattering) を現わしています。また、これらの科学や技術は、自己の概念だけでなく、生命や死、知性、性別などの私たちの概念をも大きく変えるというのです。著者は、倫理的な問題をとりあえず括弧に入れて、考えられる限り徹底的に突きつめた "fiction science" を描き、さらに、これらによって自己や生命などの私たちの概念がどのように崩されてゆくのかを示しています。また、副題に現わされた *The End of Natural Evolution* (自然進化の終焉) についても、本書中の様々な場面で指摘されています。

### 三 本書の背景と大要

本書の構成と併せて現代の生物学とコンピュータ科学について、多少詳しく述べていきたい

は懸念の声が上がります。体外受精などの生殖医療、ヒトクローン、遺伝子操作などに不安を抱く人は多いことでしょう。同様に、コンピュータ科学が急速且つ多様に私たちの生活に介入していることに対して戸惑いを感じる人も少なくないでしょう。先に述べたように、これらの科学やその応用技術には、私たちの概念に革新をもたらす大きな力があるのです。本書は、"fiction science" とそれに伴う "shattering" をメインに取り挙げているのですが、科学者だけでなく一般の人にも分かるように、分子生物学やコンピュータ科学のガイドラインや最近の動向が、第三章と第八章で述べられています。また、第一〇章では、これらの応用技術の発展に伴う倫理問題を取り上げていますが、倫理学の本ではないので、それほど詳しくは述べられていません。

“fiction science”や“shattering”について本格的に取り上げられるのは、第四章からです。第四章から第七章で、生物学に関するトピックを取り上げた後、第八章でコンピュータ科学の成果が内容に加わってきます。コンピュータ科学は、生物学と連結してバイオインフォマティクスなどの新たな学問領域を誕生させました。そして、第九章では、脳とコンピュータテクノロジーとのつながりに関する新たな知見が多く示されています。この章のトピックである脳は、今、最も注目されている研究領域の一つです。分子生物学の発展により、脳研究は大きく前進し解剖学では分からなかった多くのことが解明されています。脳については、多くのページが割かれており、著者の関心の強さとともに、今後さらに重要となる分野なのだと思えました。次に、本書の内容に触れながら、重要なポイント

を明らかにしていきたいと思えます。はじめに、私たちの概念がどのように変革してゆくのかについて、特に「性」と「生と死」の概念の“shattering”について取り上げてみたいと思います。

#### 四 「性」の概念の“shattering”

「性」については、三つのバイオテクノロジーによって三段階の“shattering”が現われます。第一段階のshatteringは、第四章「試験管ベビー」に描かれています。章題の英語表現の中に見られる“in vitro.”とは、試験管内という意味で、生物学の分野では非常によく使われる用語です。試験管内ということは生体内(in vivo)ではないということを表しており、“in vitro baby”とは、試験管内で受精した赤ん坊、つまり、体外受精児を意味します。体外受精の技術

はどんどん精度を上げてきており、一九九二年までに一〇〇〇〇人以上がICSI (intracy to plasmic sperm injection : 卵細胞質内精子注入法)という技術で誕生しています。

できます。

それでは、「性」の概念はどのように変化するでしょうか。まず、体外受精を用いれば、性行為が必要なくなり、完全な体外発生技術を用いれば、母胎としての女性の役割もなくなるようになります。

他方で、未熟児保護技術が急速に進歩しています。未熟児は、非常に早い時期でも助かるようになってきました。現在の最高記録は受精後二二週間だそうです。ヒトの場合、受精から出産までの一連の流れは、自然状態では母胎内で行なわれます。しかし、体外受精と未熟児保護技術がドッキングすれば、完全な体外発生(full ectogenesis)の可能性が出てくると述べられています。そのためには、子宮や胎盤などの母胎内環境を人工的に作り出す必要がありますが、完全な体外発生が可能となれば、女性の社会進出や母体の安全に大きく貢献することでしょう。また、代理母問題も解消することが

第二段階のshatteringは、第五章「ヒトのクローンニング」に描かれています。クローンは無性生殖によって生まれることから、受精を必要としません。また、クローン技術は生殖細胞のうち卵細胞のみを必要とするので、女性だけのクローン社会も想像されます。これらのことに、「性」の概念の大きなshatteringをみることができます。

第三段階のshatteringは、第七章「DNA操作」に描かれています。DNA操作には、農業や畜産で行なわれる人為的な交配も含まれます。

DNA操作は決して新しい技術ではなく、太古から発展してきた技術だといえます。現代では、交配不可能な種の間での遺伝子組み換えが可能となり、薬の生産を目的とした遺伝子組み換え大腸菌やある種の能力を獲得させた遺伝子組み換え植物などが存在しています。そして、将来的には、一塩基のレベルで、目的とする場所で適確に遺伝子組み換えのできる技術が期待されています。

先に挙げたクローンをを用いた場合、有性生殖のように遺伝子的多様性を生み出すことができないので、ヒトの遺伝子プールが次第に単純化してしまふ可能性があります。同様に体外受精についても、受精に利用されるドナー生殖細胞には需要者の好みが反映され、その好みはある一定の域において共通するもので、クローンと同じような現象が予想されます。ところが、

われるというのです。

### 五 「生と死」の概念の shattering

「生」という観点から命の誕生について考えてみると、体外受精やクローン技術という生殖技術が目が向きます。これらの技術はヒトに用いられる場合に、批判的な意見が多く聞かれますが、自然界では珍しいことではありません。多くの生物は、発生の初期段階から母胎外で育ちます。このように、受精からとはいきませんが、完全な体外発生に近いものは確認することが出来ます。また、自然界にはクローンのように無性生殖で繁殖する生物も多く存在します。

本書では、自然界では例を見ないような生殖技術が描かれています。それは、コンピュータ上の塩基配列をもとに人工的にDNAを合成し、

遺伝子操作では、有性生殖よりはるかに大きな遺伝子的多様性を生み出すことができます。体外受精やクローン技術に遺伝子操作を組み合わせるにより、遺伝子プールの多様化の喪失という問題は解決することができるのです。

そして、先ほど述べた一塩基レベルの遺伝子組み換え技術によって、男女という違いを無くすことができることも書かれています。著者は、この技術によって起こりえる “DNA morphing” という現象を描いています。 “morphing” とは、ある映像を次第に別の映像に変えるコンピュータによる映像処理技術のことです。このようなことが、一塩基レベルの遺伝子組み換えによりDNAでも可能となるわけで、それを “DNA morphing” と言っているのです。DNA morphingの世界では、ゲノム上の男女の差もはやけてしまい、男女差というものが失

これに染色体構造をとらせ、細胞に注入し、個体を発生させるといふのです。DNAの段階から人工的に生命を作り出すということですが、これには多くの課題が残されています。DNAの人工合成は、現在の技術では数十塩基が限界で、染色体構造の研究も未発達です。また、染色体を注入するための細胞を必要としますが、細胞を人工的に作り出すにはさらに多くの課題が残されており、バイオテクノロジーによる完全な人工生命の誕生は、相当先の話だと考えられます。しかし、コンピュータ科学の領域の人工生命については、研究が大きく進められています。新たな生命として私たちが認識する時代は近いかもしれません。

「死」という観点からは、“immortality” という観念について注目したいと思います。“immortality” は、不死、不滅を意味します。

「死」の観念の shattering については、亡くなった夫の精子による体外受精の事例などに見ることが出来ます。たとえば個体が「死」を迎えたとしても、新たな「生」を生み出すことが可能となることにより、「死」の概念が “immortality” に移行していくような感覚を覚えた人は少なくないでしょう。本書では、様々な段階の “immortality” が描かれています。遺伝子情報の “immortality” は、塩基配列をコンピュータ上に保存することや体細胞を凍結保存することによって可能となります。

それでは、人の個体の “immortality” は可能なのでしょうか。クローン技術が世に出た当初、メディアはヒトラーやアインシュタインを再現できるといような表現を用いました。しかし、クローン技術によって得られる個体は、遺伝子的な相同性を有しているだけです。一卵性

ミトコンドリアゲノムの塩基配列が異なれば、個体の同一性に影響が現れます。つまり、異なるドナーの卵細胞を使用することが、個体の同一性に影響するという事です。また、同じドナーの卵細胞でも採取した時期が異なる場合、卵細胞内の環境に違いが出てきます。

個体差に対する脳の影響力も重要です。脳の “immortality” が確立されれば、個体の “immortality” はある程度達成できたといえるでしょう。脳の “immortality” のためには、遺伝子的、生理学的、解剖学的な同一性だけでなく、脳への情報のインプット、情報処理後の脳からのアウトプットの同一性が求められます。インプット・アウトプットのレベルでの同一性を得るためには、コピーする人物が経験した環境と同一のものを作成しなければなりません。社会状況や自然の変化を同一化した大規模な映

双生児から分かるように、たとえ遺伝子が相同であっても、同一の自己は得られないのです。

自己の同一性をどのレベルでみるかという問題がありますが、原子レベルで求めることはまず不可能でしょう。生命体は常にダイナミックな代謝反応を行っているので、体を構成する原子の組成もまた変化し続けているからです。DNAレベルについても、厳密に同一性を確立することは難しいでしょう。私たちには、成長過程でも変異を起こし体細胞の多型となる可能性があります。また、クローンの場合、除核した卵細胞に遺伝子を注入するわけですが、この卵細胞が個体の同一性に影響を与えます。クローンの細胞質は卵細胞に由来するものです。細胞質のひとつであるミトコンドリアは独自のゲノムを保持しており、ミトコンドリア遺伝子は私たちの生命活動になくはならないものです。

画装置を用い、家族や友人をはじめとする人間関係も同一となるようなクローン集団を用意することが求められます。

私は、この部分を読んだ時に *The Truman Show* という映画が頭に浮かびました。この映画では一人の男性が大規模なセットの中で生活をし、本人は気づかぬままに映画が撮影されていくという話ですが、私はなんとも非現実的な話だと思っていました。しかし、本書で述べられていることは、これ以上に高い精度のセットを必要とし、なおかつクローンによってヒトの集団が形成されていることを想像すると、不思議な fiction science の世界に足を踏み込んだような気分になりました。

## 六 分類学・解剖学的新生物の誕生

次に、第六章「シヤム双生児」について触れ

たいと思います。シヤム双生児とは、一卵性双生児の身体の一部が互いに連結している奇形のことを言います。自然界で生まれるシヤム双生児は一卵性双生児なので、二個体は同性で遺伝子は相同です。しかし、パイオテクノロジーを適用して生み出されるシヤム双生児の場合、このような制限を乗り越えてしまいます。胚融合という技術を用いると、男女が結合したシヤム双生児や遺伝子的に離れた生物同士が結合したシヤム双生児の誕生が可能となります。このようなシヤム双生児の存在によって、解剖学や分類学が見直されることになるかもしれません。これらの学問に混乱をもたらすような生物は遺伝子操作でも誕生します。先に述べた「DNA morphing」によって、種から別の種へのDNA Aレベルでの連続的な変化が可能となってしまうからです。

の捉え方を変えることにより、四つの概算値を示しています。一つ目の視点は遺伝子配列です。これは、個体のインプットとアウトプットの記録に関わる遺伝子配列のことで、著者は、これを「external self」と表現しています。遺伝子の情報量の概算値は $10^{16}$ ビットです。二つ目の視点は、脳内の電気活動です。これは、「internal self」と表されており、情報量の概算値は $10^{17}$ ビットです。三つ目の視点は脳内の蛋白質です。蛋白質は情報伝達や遺伝子発現のコントロールに参与しています。概算値は $10^{21}$ ビットです。最後の視点は、脳内の全ての原子であり、概算値は $10^{26}$ ビットという膨大な数になります。このようなミクロのレベルで、しかも非常に大きな数字で、自己を捉えることは、ほとんどの人にとって初めての試みだと思えます。

## 七 脳と情報量

次に、第九章「最後のフロンティア…脳」の内容について取り上げたいと思います。脳は情報処理器官であることから、コンピュータと対比した部分が多くあります。ひとつの脳の情報処理能力を、一秒あたりの全シナプスの活動として算出すると約 $10^{17}$ ビットとなります。二〇世紀最後のコンピュータの情報処理能力が、約 $10^8$ ビットなので、現段階ではコンピュータより脳の神経ネットワークの性能が高いことがわかります。しかし、コンピュータ科学の発展は目覚しく、二〇二〇年から二〇五〇年の間に $10^{17}$ ビットのコンピュータを作り出すことが可能だと予測されています。

第九章第四節の「個体のサイズを測る (Sizing Self Up)」では、ひとつの脳が一生に経験する情報量を算出しているのですが、自己

## 八 新しい音楽

最後に、第九章第九節の「新しい音楽 (New Music)」というユーモアのある小題を紹介したいと思います。ここでは、「fiction science」によって広げられた音楽の世界が描かれています。音楽に関わる三つの能力（作曲、演奏、聴覚）を、「fiction science」によって開拓することで、新しい音楽を創造しようというのです。作曲の能力は、遺伝的要因（先天的）と環境要因（後天的）が関わっているため、遺伝子操作や環境整備を用いて、音の創造力を高められます。環境については、教育など様々なことが考えられますが、インターネットが大きな役割を果たします。それは、音楽の情報交換のための最もよい手段だからです。

演奏の能力は、感性のほかに身体的な要因が関係してきます。例えば、指が長いということ

は、ピアノを弾くときに有利な身体的特徴です。ここでは、私たちが考えもしないような身体的な変化の可能性が記されています。遺伝子操作によって、四本の手や一二本の指の人間を生みだせるということです。この技術は、すでにカエルで成功しています。特定のある遺伝子を過剰発現させることによって、二つの頭を持つカエルが誕生しています。もし、二つの脳を持つ人間が存在したら、その人はどのような感性を有して、どのような演奏をするのでしょうか。

最後に、聴覚についてですが、聴くことのできる音の周波数、強度、音色などを広げることができれば、音楽に用いる音が増えることになります。自然界には様々な聴覚能力を持った生物が存在します。コウモリは一〇〇万分の一秒という非常に波長の短い音を聴くことができ、犬はヒトが認識できない高周波の音を聴きとる

あるのかということに関心がありました。このようなことについて本書から学んだことはたくさんあります。

また、“fiction science”によりもたらされる様々な概念の“shattering”に対して、不安を抱いた人は多いでしょう。自己や生、死などの概念は、私たちは何者なのかということに深く繋がるものです。私たちは何者なのかということは、誰もが関心のある問いですが、それを突きつめてゆくことに対して拒否感を抱く人が多い問いであるとも言えます。本書に描かれた“shattering”は、“fiction science”と同様に、未来に確実に起こることではありません。しかし、私たちの様々な概念の“shattering”は、バイオテクノロジーの多面的な導入などにより、少しずつ進行しているといえます。そして、本書に描かれているような“shattering”と類似す

ことができます。このような遺伝子をヒトに導入したらどうなるかという話です。この小題は独創性が高いので、強く印象に残りました。

#### 九 おわりに

著者は、倫理的な考察をあえて棚に上げて、“fiction science”を徹底的に駆使した世界を描いています。つまり、この“fiction science”は、科学的に実現が可能であるもので、将来、本書で述べられているような実用化がなされるということではありません。著者が本書に描いた世界は、未来予想ではないのです。このような書き方により、バイオテクノロジーやコンピュータテクノロジーの潜在能力がはつきりと示されています。私は、この二つの科学技術が、私たちのものの考え方や生活の仕方、社会の政策立案に対して、どのような影響を与える可能性がある

るものが当然起こってくるのだと予想されます。過去に人類は、コペルニクスの地動説やダーウインの進化論によって、概念の大きな変革を経験しました。二一世紀は新たな概念の変革期なのかもしれません。

ここで、“shattering”について、もう少し触れておきたいと思えます。著者は、生物学やコンピュータ科学の進歩によって、私たちの概念の“decentering”が究極まで進化したときの“shattering”を示しています。そこに現れるのは連続性の世界です。自己と他、自己と世界、内と外、そのような境界線が最終的には消滅して、すべてを連続性の中に見出すことができるというのです。例えば、DNA morphingが可能となれば、性差も関係なくあらゆる種の生物を、連続的な世界を構成するひとつの網の目として捉えることができるようになります。さら

に、脳の morphing や生命とコンピュータとの親和がより高いレベルに達すれば、生物間の連続性がより緻密なものとなり、この連続性の世界にコンピュータも組み込まれるようになるというのです。あらゆるものが連続性の中に存在するということは、中心となるものが存在しない究極の解放された世界だといえます。これは、“shattering” の潜在的な力の大きさを物語っており、私には非常に衝撃的でした。

“shattering” という言葉に対して、今まで形があったものが打ち崩されて、荒れ果てた状態になってしまおうというようなイメージを持ち、不快に感じた人は少なくないでしょう。ここで、大切なことは、崩壊するのは、私たちの主観によって形成された誤った概念だということです。科学によって明らかにされた真理によって、その概念の基盤となるより奥深いものが明らかと

なり、私たちの概念はより正しく再生されるということなのです。

ただし現代においては、科学技術にも概念の変革をもたらす大きな力があります。今回紹介した “shattering” の多くには、バイオテクノロジーやコンピュータテクノロジーが大きく関わっています。私たちは、これらの応用技術の利用の仕方について、しっかりと見極める必要があります。本書を通して、このことと真剣に向かい合う人が増えることを期待しています。

〈注〉

(1) 体細胞の多型

生命は、ひとつの受精卵から細胞分裂を繰り返して成長するので、個体を構成する全細胞は同じ塩基配列のゲノムをもつはずである。ただし、成長過程である細胞に変異が起きた場合、ひとつの個体の中に多型（遺伝子の塩基配列に見られる差）が現れる。これを体細胞の多型という。

(2) シナプス

神経細胞間の、あるいは神経細胞と筋肉などの効果器の間の接続関係またはその接合部位をいう。