

文化多様性研究のために生物多様性研究を参照すること

初見 健太郎

要旨

本論は、生態学における数理的指標、概念、基本理論のうち、社会学や経済学における文化多様性研究に応用することが可能であると考えられるものを概観する。とくに取り上げるものとして、Hill 数、ベータ多様性、種の分化、中立理論、赤の女王仮説があげられる。

ABSTRACT

This paper reviews mathematical indicators, concepts, and basic theories in ecology that can be applied to the study of cultural diversity in sociology and economics. Of particular interest are Hill number, beta diversity, speciation, neutral theory, and the Red Queen hypothesis.

1 はじめに

経済や社会を考察するうえで、生物学、とくに生態学 (ecology) や進化生物学 (evolutionary biology) を参照することは、古くから現代に至るまでよくおこなわれている。もっとも著名な例は、19世紀において、Karl Marx が Charles Darwin の『種の起源』に影響を受け、『資本論』を書くうえで参考にしたことだろう。近年の日本においても、1997年に京都大学の経済学者が中心となって「進化経済学会」を発足させたが、この学会も Darwin の思想や生態学を参考にすることを標榜している¹⁾。

生態学の主要な分析対象は「生態系」(ecosystem)、生物とそれを取り巻く

非生物的な環境からなるシステム、であり、社会科学の対象である社会とはやや異なる。もちろん、人間とそれを取り巻く非生物的な環境からなるシステムである社会も、紛うことなき「生態系」のひとつであるという考え方も存在するだろう。そういう考えに立った場合でも、生態学の主要関心、例えば種 (species) の多様性と、社会科学の関心、例えば本論の関心でいうと文化の多様性、とでは、かなり仕組み (mechanism) が異なるであろうことには、同意するのではないか。とすると、単純な比喩をこえて、現代の社会科学が生態学を参照する理由には何があるだろうか。本論では、残念ながらこの大きな疑問に答えるまでには至っていない。まだ、この疑問を考察するうえでヒントになるであろうことをいくつか、論じている段階である。

生態学は、現代科学の標準手法、数理モデルの構築、野外フィールドからのデータ収集とその統計的分析による数理モデルの検証、という方法をその根幹に置いている。よくも悪くも様々な分析手法が並立している社会科学とは対照的である。その中でも特に目を引くのが、数理モデルを用いた理論分析の盛況である。一般に化学や生物学において理論分析のみによる研究というのはそれほど大きな位置を占めるに至っていないが、生態学はやや毛色が異なり、フィールドに出ずに数学やコンピュータによるシミュレーションのみを用いた研究者も数多い。

生態学における理論研究のテーマは一言で説明できないほど多岐に渡るが、そのひとつは、いかにして生物多様性が成り立つのか、であろう。例えば、ある種構成が恒常的に表れる様を、近視眼的主体 (myopic agents) が相互作用するモデルにおいて、時間がたっても大きい変化のない平衡状態として表現し、分析をするといったことがおこなわれている。しばしば動学モデルとよばれる時間の含まれたモデルを用いた研究はマクロ経済学などでも盛んであるが、経済学では遠い将来までも見通すことが可能である合理性の高い主体を仮定することが多いため、近視眼的主体の動学モデルの分析は、生態学においてもっとも進んでいるといえる。生態学における動学モデル研究の成果は、社会科学に

ととても大いに参考になるだろう。

しかし、私にとってもっとも興味をひく箇所は、実は微細な数理モデル自体ではない。ひとつは実際のデータを解釈するための数理的指標であり、もうひとつはモデル分析のみならず野外調査などを含めた生態学全体として得た概念や基本理論である。生態学での数理的指標のいくつかは、とても単純であり、すぐそのまま文化多様性に応用可能である。また、その指標のもつ意味も興味深く、量的な側面を置いておき、質的な概念だけ取り出したとしても、文化研究に十分資するものである。また、いくつかの概念や基本理論は、少なくともアナロジー（類推）として、すぐ文化多様性研究に適応できるものである。もしかすると単なるアナロジーを越えて、文化多様性の数理モデル構築を試みる際にも、その基礎として寄与するかもしれない。本論では、そのような指標や概念、基本理論をいくつか取り上げ、検討していきたい。

本論の構成は次のとおりである。まず、参照する生物多様性研究の基本を知るために、2節において、生物多様性とは何か、3節において、生物多様性は何のためにあるのか、を概観する。また、このふたつの節で生態学の基本用語も確認する。4節において、生物多様性の中でもとくに特定の場所での種の多様性を計測するための指標として、Hill 数を紹介する。5節において、複数の場所の生物群集の非類似度を意味するベータ多様性を紹介し、その文化多様性への応用可能性にも言及する。6節において、新しい種が既存の種より分化して誕生する過程についての理論を概観し、その文化多様性研究への適応を類推により考察する。7節と8節では、それぞれ生態学の基本理論の中から中立理論と赤の女王仮説を取り上げる。9節において、結びの言葉を残すものとする。

2 生物多様性とは何か

「生物多様性」とは何かを考えると、最初に参考にしようと思いつく対象は「生物の多様性に関する条約」（Convention on Biological Diversity、以下生物

多様性条約)であろう。この国際条約は国際連合環境計画 (United Nations Environment Programme) のもとで1987年より検討が開始され、1992年に採択、1993年に発効したもので、21世紀以降、「生物多様性」について社会的、政策的検討をする際によく参照されるものである。

生物多様性条約は当然のことながら、生物多様性の定義を含むので、まずはその箇所を確認したい。

「生物の多様性」とは、すべての生物 (陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系その他生息又は生育の場のいかんを問わない。) の間の変異性をいうものとし、種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む。(生物多様性条約第二条「用語」の一部分²⁾)

ここで変異性という部分の意味がわかりにくいですが、これは“variability”の訳であり、生物学の分野で伝統的に「変異性」と訳されてきた言葉ではあるものの、この文脈では「違い」や「多様性」と解して問題ないだろう³⁾。より重要なのは、「種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む」という箇所である。生物多様性の考え方、測り方は多様であるが、そうはいつでも核となる指標がないと、現状分析もままならない。条約は、重視するものとして「遺伝子の多様性」、「種の多様性」、「生態系の多様性」をあげているのである。これらは、計測可能な指標であり、生態学においてもひんぱんに登場する。

森 (2018) も、一般には生物多様性というときまず「種の多様性」のことだと考えられるが、決してそれだけにとどまらないことを強調する。彼も、生態学において重視されている概念として「遺伝子の多様性」、「生態系の多様性」、それにくわえ、「機能的多様性」、「系統的多様性」(systematic diversity) などを紹介する。以下では、本論でも、生物多様性は種の多様性のみならず、少なくとも「遺伝子の多様性」と「生態系の多様性」も含むものと考えたい。

ここでいくつかの基本用語について説明する。「種」(species) について、こ

ここではもっとも基本的な「生物学的種」(biological species)の定義を述べる。宮下他(2012)は生物学的種概念の成立に貢献したMayr(1963)をもとに「実際にメンバー間で交配が行われるかまたは交配可能な自然集団のグループで、他の同様なグループと生殖できないことにより隔離(生殖的隔離)されているもの」としている⁴⁾。もちろん、この種概念は完全なものではない。例えば、無性繁殖をおこなう生物には適応しづらい。しかし、完全な種の定義を与えることはとても難しく、多数の定義が並立しているのが現状であり、直観的にも理解しやすいこの定義がよく代表として示される。本論では、「種」といえば、原則的には「生物学的種」を意味するものとする。

同じ種の中でも「遺伝子」に多様性があることに注意したい。もっともわかりやすい例でいえば、ヒト(ホモ・サピエンス、homo sapiens)という種には、髪の色が黒の個体、茶色の個体、ブロンド色の個体がいるし、目の色が黒の個体、茶色の個体、青色の個体がいる。これらはヒトという種の中の遺伝子の差異によるものである。種内の遺伝子にある程度多様性が存在した方が、環境変化に対して種として絶滅をさけるための耐性が強いとよく言われる。また、例えば、ある植物の急速な成長がその種の一部の個体のもつ遺伝子による場合、その遺伝子は成長に有用である、という言い方もされる。

次に「生態系」(ecosystem)であるが、これは生物多様性条約において「植物、動物及び微生物の群集とこれらを取り巻く非生物的環境とが相互に作用して一の機能的な単位を成す動的な複合体」(第二条「用語」の一部)と定義されている。森(2018)より、補足すると「たとえば、相観と呼ばれる外観的な定義によると、森林、草原、河川、岩礁、海岸、深海などといった異なる場は、異なる生態系としてとらえられる。さらに気候帯や地域によって、場の区分は細分化していく。たとえば森林は、熱帯雨林、熱帯季節輪、照葉樹林、夏緑樹林、温帯雨林、北方林などといった異なるバイオームに区分される」(32ページ)となる。また、ひとつの「生態系」をどの程度の大きさのものとしてとらえるかは、観察者の主観によるもので、この大きさが正しいというものは存在

しない。

定義からも補足からも、生物のみならず、非生物的環境がひとつの生態系を理解するうえで重要であることがわかる。非生物的環境を考えずに、その場所にいる生物のみを取り出して考えたいときは、「生物群集」(biological community) という用語が便利である。省略して、単に「群集」とよぶこともあるが、この定義は「生態系など特定の場所に、同時に存在する生物種のグループの集合体」である。生態系および生物群集の多様性については、5節でより詳細にみることにする。

3 生物多様性は何のためか

生物多様性は何のために重視せねばならないのか。この解答は、究極的には、ふたつしかない。ひとつは、生物多様性が存在すること自体が素晴らしいことであり、善であるという考えである。「ディープ・エコロジー」(deep ecology) など、やや急進的な環境思想からすれば当然の考え方であるが、多数が賛同する考え方かという点、そこまでには至っていないであろう⁵⁾。個人的には、この考え方が本当に成立するのか、深い興味をもっている。

もうひとつは、生物多様性が存在することが、人類の厚生・福祉に寄与するから重要という考えである。急進的な環境思想家からは、人間中心主義的もしくは功利主義的として批判される考えであるが、現実においてはより重要視されている。

これらふたつの考え方はどちらも生物多様性条約に取り入れられている。しかし、重み付けはいちじるしく後者に偏っている。生物多様性条約の前文の冒頭部分を確認してみよう。

生物の多様性が有する内在的な価値並びに生物の多様性及びその構成要素が有する生態学上、遺伝上、社会上、経済上、科学上、教育上、文化上、

文化多様性研究のために生物多様性研究を参照すること（初見）

レクリエーション上及び芸術上の価値を意識し、（生物多様性条約前文の一部）

生物多様性そのものの価値（内在的価値）は軽く触れられているだけで、その後、人間にとっての有用性がとうとうと述べられている。これは生物多様性条約の出自や目的を考えると仕方がないのかもしれない。その第一条「目的」を確認すると、生物多様性条約は、生物や遺伝子から生じる「利益」の配分をどう調停していくかという生々しい目的をもつことがわかる。

この条約は、生物の多様性の保全、その構成要素の持続可能な利用及び遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分をこの条約の関係規定に従って実現することを目的とする。この目的は、特に、遺伝資源の取得の適当な機会の提供及び関連のある技術の適当な移転（これらの提供及び移転は、当該遺伝資源及び当該関連のある技術についてのすべての権利を考慮して行う。）並びに適当な資金供与の方法により達成する。（生物多様性条約第一条「目的」）

ここには、生物多様性の内在的価値もへったくれもないことが、よくわかるだろう⁶⁾。

ここで、生物多様性をすこし離れて、文化多様性の意義、存在理由を考えてみよう。文化多様性の意義も、生物多様性と並行的に、ふたつ考えることができるだろう。ひとつは、社会、それが地域であれ、組織であれ、グループであれ、の多様性が存在すること自体を善とする考え方であり、もうひとつは、社会の多様性が存在することが、その構成員である人々の厚生・福祉の増大につながるという考え方である。

文化多様性に関する重要な宣言である「文化的多様性に関する世界宣言」（UNESCO Universal Declaration on Cultural Diversity、以下文化多様性宣言）

において、前者の考え方はそこまで明示的に示されていない⁷⁾。それぞれの社会の構成員のアイデンティティに関わるものという価値(第1条)、また、別の社会の構成員への波及的効果(第3条)といったかたちで、文化多様性を擁護している。

この後者の、あくまで個々の人々のための文化多様性という考え方は、理論経済学をはじめとする方法論的個人主義のモデル化と相性がよい。私自身、主流派経済学の学域でモデル分析研究をする際には、どうしてもこのような受け入れられやすい考え方に依拠することが多い。しかし、前者の考え、各社会の構成員にとっての厚生とは無関係に、文化多様性があることそのものの内在的価値というものを、思想的側面の問題として考えてみることも、十分に興味深い研究であると感じる。

4 生物多様性の指標 1 Hill 数

ある場所、生態系としよう、における生物多様性として、種数(species richness)はもっとも基本的なものになる。もちろん、その生態系におけるすべての生物種を実際に観察し、数え上げることは不可能であり、それは推計する他はない。生態学の研究では、対象を、例えばダニ、エビなど、狭く限定したうえで種数を調べることがよくおこなわれている。

種数をこえて生態系の生物多様性を測る指標にHill数(Hill number)がある⁸⁾。これは、しばしば真の多様性(true diversity)もしくは有効種数(effective number of species)とも呼ばれる。ここで、 $S \in \mathbb{N}$ を種数とし、 $1, 2, 3, \dots, S$ をそれぞれの生物種のインデックス、 p_i を*i*番目の種の個体数もしくは質量(mass)の割合とする。 p_i は割合なので、 $0 < p_i < 1$ 、 $\sum_{i=1}^S p_i = 1$ を満たす。 $q \in \mathbb{R}_+$ をパラメータとして、Hill数は

$${}^qD := \left(\sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

と定義できる⁹⁾。

$q = 0$ において、 ${}^0D = \sum_{i=1}^S p_i^0 = S$ となり、Hill数は種数に一致する。

$q = 1$ においては上のHill数の定義を用いることができないため、代わりに定義として、 q を1に近づけたときの qD の極限值を用いる。なお、これはShannonエントロピーの指数をとったもの、

$${}^1D := \exp\left(-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i\right)$$

である。

Hill数は、種ごとの個体数にばらつきがあるよりも、均質である方が数値が高くなる。言い換えると、Hill数は、個体数の少ない種の個体数が増えると、より大きくなる。なお、Hill数は $1 < q$ のとき、より個体数の多い種の個体数の変化に大きく反応し、 $0 < q < 1$ のとき、より個体数の少ない種の個体数の変化に大きく反応する。この意味では、 $q = 1$ のときが、もっとも中立的になる。

簡単な数値例をみてみよう。

例1. $S = 4$ 、 $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = 0.25$ とする。 $q = 2$ のとき、

$${}^2D = \left(\sum_{i=1}^4 0.25^2\right)^{1/(1-2)} = 4.00$$

$q = 0.5$ のとき、

$${}^{0.5}D = \left(\sum_{i=1}^4 0.25^{0.5}\right)^{1/(1-0.5)} = 4.00$$

次に、 $S = 4$ 、 $p_1 = 0.1$ 、 $p_2 = 0.2$ 、 $p_3 = 0.3$ 、 $p_4 = 0.4$ とする。 $q = 2$ のとき、

$${}^2D = (0.1^2 + 0.2^2 + 0.3^2 + 0.4^2)^{1/(1-2)} = 3.33$$

$q = 0.5$ のとき、

$${}^{0.5}D = (0.1^{0.5} + 0.2^{0.5} + 0.3^{0.5} + 0.4^{0.5})^{1/(1-0.5)} = 3.78$$

となる¹⁰⁾。

この例からわかるように、すべての種の個体数の割合が等しいときに、Hill数は最大値をとり、Hill数は種数と一致する。種ごとの個体数の割合にばらつきが生じたとき、Hill数は減少するが、パラメータ q が大きいときほど、より大きく減少する¹¹⁾。ここでHill数の別名が有効種数であったことを思い出そう。Hill数は、種の間個体数にひどくばらつきがある場合に、個体数の少ない種を適度に割り引くことにより計算された種数、と考えることもできる。

5 生物多様性の指標 2 ベータ多様性

生態系は、先の定義のとおり、「植物、動物及び微生物の群集」と「これらを取り巻く非生物的環境」との相互作用からなる複雑システムであるため、その多様性を測ること、とくに数値として計測することは、とても困難である。ただし、その一部である「群集」の多様性を測ること、とくに鳥やダニなど対象を狭く限定したうえでその多様性を測ることは比較的簡単である。その際に用いられる指標、ベータ多様性 (beta diversity) は生態学研究者の間で広く知れ渡っている。

まず、関連する概念をいくつか導入しよう。生態学の用語としての「景観」(landscape) は、複数の異なる生態系を組み合わせたもの、を意味する。したがって、景観は通常、ふたつ以上の生態系を含む。「アルファ多様性」(alpha diversity) は各生態系の生物多様性の平均概念、例えばその生態系の群集の種数やHill数を平均化したもの、「ガンマ多様性」(gamma diversity) は景観全体の生物多様性、例えばその景観全体の群集の種数やHill数である¹²⁾。

「ベータ多様性」(beta diversity) とは、「生物群集間の非類似度」(森 (2018)、ページ54) である。ベータ多様性の測り方はさまざまに存在し、また、現在進行形で数多く提案され続けている。ここでは、まず、種数をもとにしたベータ

文化多様性研究のために生物多様性研究を参照すること（初見）

多様性指数として、Jaccard 非類似度（dissimilarity index）、Sorensen (Dice) 非類似度、Simpson 非類似度を紹介しよう¹³⁾。

生態系 A と B があり、それぞれの生物群集の種の集合（有限集合）を a と b とする。 $|a|$ のように集合を $|$ と $|$ でかこった記号で、その集合の要素数を意味するものとする。Jaccard 非類似度は

$$J := 1 - \frac{|a \cap b|}{|a \cup b|}$$

Sorensen 非類似度は

$$S_o := 1 - \frac{2(|a \cap b|)}{|a| + |b|}$$

Simpson 非類似度は

$$S_I := 1 - \frac{|a \cap b|}{\min\{|a|, |b|\}}$$

と定義できる。生態学の論文では、どれかひとつの指標を用いるのではなく、すべての数値を並記しているものをよくみかける。いずれも $a = b$ であるときに最小値 0 をとり、 $a \cap b = \emptyset$ のとき、最大値 1 をとる。1 に近いほど、生物群集間の非類似度が高いと判断できる。

例 2. $a = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ 、 $b = \{5, 6, 7\}$ とする。すると、種数の平均値としてのアルファ多様性は $\frac{5+3}{2} = 4$ 、景観全体の種数としてのガンマ多様性は 7 となる。ベータ多様性は、 $J = 1 - \frac{1}{7} = 1 - 0.14 = 0.86$ 、 $S_o = 1 - \frac{2 \cdot 1}{5+3} = 1 - 0.25 = 0.75$ 、 $S_I = 1 - \frac{1}{3} = 1 - 0.33 = 0.67$ と計算できる。

次に、 $a = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ 、 $b = \{3, 4, 5, 6\}$ とする。種数の平均値としてのアルファ多様性は $\frac{5+4}{2} = 4.5$ 、景観全体の種数としてのガンマ多様性は 6 となる。ベータ多様性は、 $J = 1 - \frac{3}{6} = 1 - 0.5 = 0.5$ 、 $S_o = 1 - \frac{2 \cdot 3}{5+4} = 1 - 0.67 = 0.33$ 、 $S_I = 1 - \frac{3}{4} = 1 - 0.75 = 0.25$ と計算できる。先ほどの例と比べて、この例ではすべての指標においてベータ多様性が低くなっている。

次に Hill 数を用いたベータ多様性、真のベータ多様性 (true beta diversity) ともよばれるものについて、Jost (2007) を参考に考えてみたい。簡単のため、ふたつの生態系 A と B からなる景観を考え、またふたつの生態系は、極端な大きさのかたよりなどがなく、同等に扱えるものとする。先ほどもと同様、それぞれの生物群集の種の集合を a と b とする。ここで、真のアルファ多様性 (true alpha diversity) は次のように計算できる。 $0 < q$ に対して、

$${}^q D_\alpha := \left(\frac{1}{2} \sum_{i \in a} p_i^q + \frac{1}{2} \sum_{i \in b} p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

ただし、 $q = 1$ ときのみ、

$${}^1 D_\alpha := \exp \left(-\frac{1}{2} \sum_{i \in a} p_i \ln p_i - \frac{1}{2} \sum_{i \in b} p_i \ln p_i \right)$$

となる。景観の生物多様性を測る真のガンマ多様性 (true gamma diversity) は、 $0 < q$ に対して、

$${}^q D_\gamma := \left(\sum_{i \in a \cap b} p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

ただし、 $q = 1$ のときのみ、

$${}^1 D_\gamma := \exp \left(-\sum_{i \in a \cap b} p_i \ln p_i \right)$$

と計算できる。言うまでもないかもしれないが、真のガンマ多様性の計算式における p_i は、景観全体における種 i の個体数もしくは質量の割合であって、 A もしくは B における割合ではないことに注意してほしい。

ここで、やっと真のベータ多様性 (true beta diversity) を定義でき、

$${}^q D_\beta := \frac{{}^q D_\gamma}{{}^q D_\alpha}$$

となる。今回は、 $q = 1$ として、数値例をみてみよう。

例 3. 生態系 A と B からなる景観がある。 A には 4 種、1、2、3、4 が存在

文化多様性研究のために生物多様性研究を参照すること（初見）

し、それぞれの個体数の割合は0.1、0.2、0.3、0.4とする。Bには3種、1、2、3が存在し、それぞれの個体数の割合0.5、0.2、0.3とする。簡単のためAとBの個体総数は等しいとすると、景観全体において4種、1、2、3、4が存在し、個体数の割合は0.3、0.2、0.3、0.2となる。真のアルファ多様性は

$${}^1D_\alpha = \exp \left\{ -\frac{1}{2} (0.1 \ln 0.1 + 0.2 \ln 0.2 + 0.3 \ln 0.3 + 0.4 \ln 0.4) - \frac{1}{2} (0.5 \ln 0.5 + 0.3 \ln 0.3 + 0.2 \ln 0.2) \right\} = 3.17$$

真のガンマ多様性は

$${}^1D_\gamma = \exp \{ - (0.3 \ln 0.3 + 0.2 \ln 0.2 + 0.3 \ln 0.3 + 0.2 \ln 0.2) \} = 3.92$$

したがって、真のベータ多様性は ${}^1D_\beta = 3.92/3.17 = 1.24$ と計算できる。

真のベータ多様性は別名「有効群集数」(effective number of distinct communities or samples)とよばれる。対象となる生態系AとBの群集の種にまったく重なりがない場合、真のベータ多様性は群集数2に一致し、これが最大値となる。また、今回のようにふたつの群集の重み付けを1/2として等しくしている場合、常に ${}^qD_\beta \geq 1$ となる。重み付けを不均等なものに拡張した場合、 $q=1$ もしくは $q=0$ のときのみ、 ${}^qD_\beta \geq 1$ が保証される¹⁴⁾。

ベータ多様性は複数の生態系の生物群集の非類似性であり、その低下は対象となる生態系の生物群集が似通うことを意味する。元来、異なる生態系が人工林化や農地化などのため似通ってくると、それぞれに生息する鳥や昆虫の種構成までが似てくるということが、理屈としてはありえる。また、非常に繁殖力の強い外来種が複数の生態系に導入されると、どちらもその種にあわせた生物群集へと変化し、似通ってくるといことも、理屈として考えられる。これらの理屈に対するデータによる実証研究として、森（2018）はそれぞれ Gañez-Virueés et al (2015) と Olden (2006) を紹介している。

前節でとりあげた Hill 数と今節でとりあげたベータ多様性について、文化多

様性研究の文脈での利用可能性を考えてみたい。

まず、どちらも量的に文化多様性を検証する際にすこぶる有用であることを否定する者はいないのではないか。現在まで、文化は質的に論じられることが多く、計量分析にのせることに苦心してきた。文化は質的分析にこそなじみやすいという意見はおそらく正しく、今後も質的分析の重要性が減じることはないだろう。しかし、量的分析の寄与する余地がまったくないかという点、それは正しくはない。Hill数やベータ多様性などの指標を利用することにより、文化の量的分析は一步前進するのではないか。

Hill数に代表される指数はある社会や地域内の多様性をうまく計測する。それは人の属性であるかもしれないし、楽しまれるスポーツの数であるかもしれないし、組織形態の数であるかもしれない。経済学の対象領域では、財、とくに映画や書籍などに代表される文化製品 (cultural product) の数かもしれない。それぞれの測定値は文化多様性のほんの一断片であるかもしれないが、数多くの実証分析の積み重ねによって、多少の有用性をもつまでに育つかもわからない。

ベータ多様性はより重要である。これは量的分析のためだけでなく、質的分析のためにも重要な概念である。なるほど、あるひとつの社会や地域内の多様性は高まっていて、それはHill数などで計測できるかもしれない。しかし、世界的に多くの社会が類似してきたら、各社会の中で楽しまれる娯楽や消費される文化製品が同じになってしまったら、それは多様性が高まっているといえるのか。今日のグローバリゼーション下におけるこの素朴な疑問を考えるうえで手掛かりとなる概念こそがベータ多様性である。そして、ベータ多様性の計量分析の積み重ねは、こうした質的議論を下支えする土台となるであろう。

6 生物学的種の分化とその文化多様性文脈におけるアナロジー

新しい生物学的種はどのように生まれるのか。これは生態学の最重要問題の

文化多様性研究のために生物多様性研究を参照すること（初見）

ひとつである。もちろん、現時点でその全容が解明されているわけではない。しかし、そのもっとも基本的プロセスの理解は進んでいる。寺井（2018）にそって、その基本を確認しよう。

新しい種の誕生は、まず、既存のある種において、親個体と異なる変異 DNA をもつ個体が生まれるところからはじまる。

生物は配偶子（卵や精子など）を形成して交配し、自己複製をしますが、そのときに設計図であるゲノムも複製されます。しかし、完全に複製されるわけではなく、ほんの少しだけ複製を間違えてしまいます（DNA 複製酵素のエラー）。これがゲノム DNA におこる「変異」です。（寺井（2018）54 ページ）

この変異ゲノム DNA による新しい特徴をもつ個体は、さらなる世代交代をへて、消えてしまうかもしれないし、その種内で一定の割合を占めるにいたるかもしれない。ここで、2 節の生物学的種の定義をふりかえろう。新しい生物学的種になるためには、「既存の種と生殖できないことにより隔離」される必要がある。したがって、変異ゲノムにより新しい特徴のある個体が一定数存在しようとして、それだけで新しい種の誕生とはいえず、その過程の第一段階でしかない。とはいえ、種内の遺伝子多様性には貢献しており、それは無視できないことである。

ここで、一旦、ここまでの内容を文化多様性の文脈に置き換えるとどう考えられるかを、とても大雑把なアナロジーとしてではあるが、みていこう。まず、新しい種の誕生の第一段階として変異ゲノムをもつ個体が生まれることが重要なのだが、これを単純に文化の文脈で考えると、ある社会の中で、特異な才能をもった者が、既存のものとは異なるものを創造すること、と考えることもできる。

このかたちで、新しい文化のタネが生まれることは確かに多い。しかし、文

化の文脈では、外部、別の社会の文化との接触によって、それが刺激となり、新しい文化が生まれるという考え方も強く存在する。この後者の考え方は、生物学的種の誕生の第一段階についての標準的な考えの単純なアナロジーとしては、出てきづらいかもしれない¹⁵⁾。

新しい種の誕生の話に戻ろう。「種分化」(speciation)とは、「既存の種から新しい種がわかれていく過程」を意味する。上で説明した、変異ゲノムをもつ個体が一定数存在することも、種分化の初期段階と考えてよいが、その後の「二集団の生殖的隔離が成立する過程」により注目するときに使われる概念である。重要な種分化の分類として、地理的隔離に着目したものがある。寺井(2018)はその三分類を紹介している。「異所的種分化」(allopatric speciation)は「地理的に種が二集団に隔てられて起こる種分化」、「側所的種分化」(parapatric speciation)は「地理的に種が二集団に隔てられているが、それは完全なものではなく、制限された遺伝子交流状態から起こる種分化」、「同所的種分化」(sympatric speciation)は「全く地理的に隔離されていない同じ場所の一集団から起きる種分化」である¹⁶⁾。

異所的種分化は、数多くの証拠が発見され、実際にしばしば起きていると考えられている。寺井(2018)は例として Knowlton et al (1993) によるパナマのテッポウエビの研究をあげる。かつて北米大陸と南米大陸は陸続きではなかったが、約300万年に海底隆起によりパナマ地峡が形成され、陸続きとなった。パナマ近海には太平洋側とカリブ海側で似たテッポウエビ種が7組14種存在する。もともと7種のテッポウエビであったものがそれぞれ2種に分化し、14種になったと考えられる。調査すると、うち3組は、もともと同一種であった3種が、パナマ地峡が形成された時期に分断されたことにより、異所的種分化をとげ、計6種になったことがわかった。他の4組は、パナマ地峡が形成された時期より前に分化していたのだが、それらはより深い水深の海底に生息しており、パナマ地峡形成前からの海底隆起の影響を受けて異種的種分化したものと考えられている。なお、元が同じ種であったと考えられる同組の2種を人工的

に生殖させようと試みても、接合後隔離、オスとメスの配偶子の接合は可能でもほとんど幼生を得られない状態、が生じていた。

側所的種分化と同所的種分化は似ており、ある分化がどちらにあたるか、研究者の意見が一致しないこともある。

同所的種分化は、「性選択」(sexual selection) とよばれる、個体の性質の差異が繁殖成功率を通じて、進化に影響を与える場合などに起こりえることが、理論的には示されている。例えば、ある魚の種で元々オスは青色であったのに、変異ゲノムにより、赤色のオス個体の割合が一定割合表れたとする。また、メスに赤色のオスをより好む個体と青色のオスをより好む個体が存在したとする。すると、同所にありながら、赤色のオスとそれを好むメス、青色のオスとそれを好むメスの二集団にわかれ、世代交代を重ねて別種となる可能性はある。ただし、いくら理屈ではありえても、実証的に本当に同所的種分化が起きた痕跡をつきとめることは難しい。

側所的種分化は、次のような場合が考えられる。透明度の高い場所を好むある魚の種の中で、変異ゲノムにより、赤色や黄色の光を吸収しやすい視覚をもつ集団が生じる。この集団は、この視覚により適応する透明度の低い場所に移って定着し、もともとの集団との遺伝的交流はとても少なくなり、やがて別種となる。このことは寺井（2018）自身のビクトリア湖でのシクリッドの研究でも観察されている。シクリッドはアフリカ大陸、ユーラシア大陸、アメリカ大陸に分布している淡水魚で、千以上の種をもつ。特にアフリカ大陸のタンガニイカ湖、マラウイ湖、ビクトリア湖にはそれぞれ数百種のシクリッドが存在し、側所的種分化と同所的種分化の研究対象として注目されている¹⁷⁾。

ここで、側所的種分化、同所的種分化の研究から文化の研究に与える示唆を考えよう。ひとつは、社会を分割せずに、あたらしい文化を定着させるのは難しいのではないのか、ということであろう。ただし、変異ゲノムが同種内の遺伝子多様性に寄与することから類推すると、完全な自由交流がある大きな社会においても、新しい文化は、一時的に一定の割合をしめることは十分にありえ

る。また、性選択から類推できることとして、自由な交流がある場においても、選好、好みの違いといったものから、ふたつの集団が生まれ、集団の多様性が生じることもありえる、ただし、極めてまれではあるが、といえるのではないか。

7 中立理論

「中立理論」(neutral theory) は生態学においてもっとも重要な理論のひとつであり、ほぼすべての入門書に解説がある。それにもかかわらず、この理論をめぐってさまざまな研究者がさまざまな考えを述べているため、決まった定義を述べることは難しい。ここではHubbell (2001) の「統一中立理論」とそれを解説した森 (2018) をもとに、私の解釈を述べる。

生物多様性のかなり多くの事項、例えば各生態系や広域的な景観における種構成や個体数の比率などは、個別の種の特徴や生態系の特徴などに無関係に、「偶然の作用」を主眼にすえた、確率を組み入れた単純なモデルで説明可能だというのが、中立理論の本質である。この理論が正しいか正しくないかを考えることにはあまり意味がない。個別の生態系の細かい点を見ていけば、当然中立理論とずれる部分、例えばある種が、その性質によりその生態系に適応しやすく、そこでの生存率のきわめて高いこと、が意味をもつことも出てくる。その意味で、森 (2018) は中立理論を帰無仮説、基準点と考えるべきと述べている。

ここで、文化多様性の文脈で中立理論を考えると、何がいえるであろうか。細かな文化間の違いを捨象して、「偶然の作用」だけに注目しても、各文化の興隆、繁栄、衰退、滅亡の割合などは推測できるかもしれない。グローバル世界で考えると、長期的に文化の統合がどのように進み、数十年後、もしくは百年、二百年後には大枠としてどれだけの文化圏が存在するかなどの、大域的予測できるかもしれない。もちろん、偶然の作用が大きいので、具体的にどの文化圏が将来、生き残るかは、確率による予測しかできないだろう。他にも面白い分

析が可能なのではないだろうか。

8 赤の女王仮説

森（2018）が紹介している別の興味深い理論として、Brown et al（2004）による「生態学の代謝理論」（metabolic theory of ecology）がある。これは熱帯において生物多様性が高いのはなぜか、という生態学の伝統ある問いへの解として有力なものである。熱帯においては生物の代謝が速くなるため、新しい特徴をもった種が生まれやすい。すると、新しい種がいる新たな生態系において適切な場所（ニッチ）を占めるために、別の種からも新しい種が分化し、定着する。その新しい種に対して、更に別の種も…、という繰り返しにより、どんどんと新種が生まれるというのが、代謝理論の基本的考えである。なお、この理論は『鏡の国のアリス』に登場する赤の女王の「この国ではね、同じ場所にいようと思ったら、全速力で駆けていなければならないのさ」（Carroll（1871）北村訳 ページ48）というセリフから示唆を受け、「赤の女王仮説」とも呼ばれる。

「赤の女王仮説」は、一か所に多種多様な文化背景をもつ人々をとにかくつっこんで混ぜたら、そこから新しいものがどんどんと生まれるのではないかという考えを、アナロジーとして示唆する。ここで、まず想起されるのが、Florida（2002）の「クリエイティブ・クラス」論である。Floridaは「すぐに社会や実装に転換ができるような、幅広く役立つ新しい形式やデザインを生み出す」（ページ85）クリエイティブな仕事は、「技術（technology）、才能（talent）、寛容性（tolerance）」の「三つのT」（同313）がすべて揃った場所でなされる。特に多様な背景をもつ人材を受け入れる「寛容性」は重要であり、そのような場所は「大都市」であると論じる。

Floridaはリベラルな大学人であり、「クリエイティブ・クラス」論は文化創造論としてはお行儀のよすぎるくらいはある。「赤の女王仮説」はより混沌とした、それこそ熱帯地域の諸社会、諸文化こそが、その対比物としてふさわしい

ようにも見える。もしくは、Florida (2002) の源流のひとつでありながらも、大都市の猥雑さを重視した Jacobs (1961) が、より「赤の女王」的であるかもしれない。

私としても、ケイオティックで人々の熱量のあふれた大都市というものが、文化創造に大きく寄与するものであるという考えは否定しない。しかし、もしその大都市が実質的にひとつしか存在しなかったら、もしくは、複数であっても非常に似通ったものであったなら、本当に多様な文化創造に寄与するののか、という点は注意深くなる必要がある。どの大都市も似通っていたら、都市ごとの多様性、本論でいうベータ多様性が低下し、とても似たような文化しか生み出せなくなってしまう恐れもあるだろう。

9 おわりに

本論では、生態学における数理的指標、概念、基本理論を概観し、文化多様性研究に応用する可能性がないかを探った。どちらかというど純粋な実証学問としての生態学の確立した手法や考え方の中で、実証学問としての文化多様性研究に使えるものがないかを探ってきた。

ここでは、最後に、そうした狭義の実証学問の枠に縛られないかたちでの、エコロジーと文化の相互関係について、言葉を残したい。

文化について深く考えた思想家の中でも、Herder (1784-1791) はとくに地域ごとの文化多様性を重視したが、その多様性の源泉は、地域ごとの自然環境、本論の言葉でいえば生態系の多様性であると考えた¹⁸⁾。Herder (1784-1791) の強い影響を受けた哲学者の和辻 (1935/1979) も同様の考えに基づいて、インド、ギリシャ、中国などについての論考を展開している。生態学の側を考えても、いわゆる理系に分類される学問の中ではもっとも、実証学問の枠にとらわれずに、自然保護などの活動家、もしくは文化・社会論も含めた壮大な理論を展開する評論家として活躍する者も多い分野である。そういった、エコロジー

と文化の絡み合った、相互依存関係のある領域自体も、間違いなく存在しており、その領域を研究すること、もしくは、そこで活動することも十分興味深いことである。

注

- 1) 初期の「進化経済学会」の考え方は進化経済学会（編 1998, 2006）を参照のこと。
- 2) 生物多様性条約の日本語訳は日本国政府の公定訳を用いている。
- 3) 日本遺伝学会（編 2017）は“variability”の訳として、「変異（彷徨変異）」よりも「多様性」もしくは「変動」が適切であるとしている。
- 4) 寺井（2018）は生物学的種以外の種概念として形態学的種、系統学的種などを紹介している。
- 5) 「ディープ・エコロジー」思想の当事者たちによる解説としてDrengson and Inoue (Eds, 1995)がある。また、鬼頭（1996）は自然環境保護の思想全般を概観し、その中に「ディープ・エコロジー」を位置づけて解説している。
- 6) 生物多様性条約における遺伝資源からの利益配分の詳細は、磯崎他（編 2011）を参照のこと。
- 7) 「文化多様性宣言」は国際連合の連携機関であるユネスコ（国際連合教育科学文化機関、United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization）が2001年に採択した。
- 8) Hill 数を含む生物多様性尺度の概説論文は数多くあるが、Tuomisto（2010）は比較的わかりやすい。ただし、Tuomisto（2010）は平均についての尺度をまず説明し、その逆数として多様性の尺度を構成しているので、両概念を混同しないように注意したい。他にJost（2007）も参考になる。
- 9) Hill 数はパラメータ q が負の実数でも定義は可能であるが、あまり意味のある値にはならない。
- 10) 数値計算はMaxima Version 5.43.0を用いておこなった。
- 11) 経済学理論に親しんでいるものは、Hill 数と代替の弾力性が一定の関数（Constant elasticity of substitution function）との類似を想起するであろうが、細かい点で異なる性質をもつので注意が必要である。
- 12) 生態学の研究論文では、生態系や景観という、ややものものしい用語を用いずに、単に区域（area）、地域（region）、または、複数の区域、地域における生物多様性の研究という書き方のものも多い。
- 13) Jaccard 非類似度などを含む初歩的なベータ多様性指数の解説として、土居・岡村（2011）が参考になる。数学分野の参考書には、非類似度ではなく、類似度の定義が載っているこ

とが多い。

- 14) 詳細な証明は Jost (2007) を参照のこと。
- 15) ある生態系が異なる生態系との接触を大きくしたとき、その生態系の生物群集の構成は変わる。このことにより、それまでの生物群集では消滅するしかなかった変異 DNA をもつ個体の一群も、新しく構成された生物群集では、ニッチ (niche) とよばれる生態的地位を占める正の確率をもつこともある。このことのアナロジーとして、新しい文化のタネも、そのときの社会の状況や構成メンバーによって、花を開くのか、すぐに消滅するのか、変わってくるとはいえるだろう。
- 16) 異所的種分化の中でも、分類される二集団の大きさに大きな隔りがある場合を「周辺種分化」(peripatric speciation) とよぶ。周辺種分化を異所的種分化とは異なると考え、四分類とする分類方法もある。周辺種分化では小規模の集団の方が、ゲノムの変異の影響を大きく受け、元の集団と大きく異なるかたちに進化しやすい。
- 17) シクリッドの研究の概観については、二階堂 (2019) も参考になる。
- 18) 初見 (2022) では現代の文化多様性研究にも示唆を与える思想家のひとりとして、Herder を紹介している。

参考文献

- 磯崎博司, 炭田精造, 渡辺順子, 田上麻衣子, 安藤勝彦 (編 2011) 『生物遺伝資源へのアクセスと利益配分: 生物多様性条約の課題』 信山社
- 鬼頭秀一 (1996) 『自然保護を問いなおす: 環境倫理とネットワーク』 筑摩書房 (ちくま新書)
- 進化経済学会 (編 1998) 『進化経済学とは何か』 有斐閣
- 進化経済学会 (編 2006) 『進化経済学ハンドブック』 共立出版
- 寺井洋平 (2018) 『生物多様性の謎に迫る』 化学同人
- 土居秀幸, 岡村寛 (2011)
- 生物群集解析のための類似度とその応用: R を使った類似度の算出、グラフ化、検定, 日本生態学会誌61(1), 3-20
- 二階堂雅人 (2019) 閉ざされた湖で起こった進化: アフリカンシクリッドの世界, 神田真司 編 『遺伝子から解き明かす魚の不思議な世界』 一色出版
- 日本遺伝学会 (編 2017) 『遺伝単: 遺伝学用語集対訳付き』 NTS
- 初見健太郎 (2022) 21世紀社会経済学における文化多様性概念のあり方, 政策創造研究16, 27-53, 関西大学政策創造学部
- 宮下直, 野田隆史 (2003) 『群集生態学』 東京大学出版会
- 宮下直, 千葉聡, 井鷲裕司 (2012) 『生物多様性と生態学: 遺伝子・種・生態系』 朝倉書店

- 森章 (2018) 『生物多様性の多様性』 共立出版
- 和辻哲郎 (1935/1979) 『風土：人間学的考察』 岩波書店 / 岩波文庫
- Brown, James H.; Gillooly, James F.; Allen, Andrew P.; Savage, Van M.; West, Geoffrey B. (2004). Toward a Metabolic Theory of Ecology, *Ecology* 85 (7), 1771–89.
- Carroll, Lewis (1871) *Through the Looking-Glass, and What Alice Found There*, Macmillan, London (北村太郎訳 『鏡の国のアリス』 王国社 1990)
- Drengson, Alan; Inoue, Yuichi (Eds, 1995) *The Deep Ecology Movement: An Introductory Anthology*, North Atlantic Books, Berkeley (井上有一監訳 『ディープ・エコロジー：生き方から考える環境の思想』 昭和堂 2001)
- Florida, Richard (2002) *The Rise of the Creative Class*, Basic Books, New York (井口典夫訳 『クリエイティブ資本論：新たな経済階級の台頭』 ダイアモンド社 2008)
- Gañez-Virueś, Sagrario et al (2015), Landscape Simplification Filters Species Traits and Drives Biotic Homogenization, *Nature Communications* 6, Article 8568
- Herder, Johann Gottfried von (1784–1791) *Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit*, Gustav Hempel, Berlin (鼓常良訳 『人間史論』 白水社 1948–1949)
- Hubbell, Stephen P. (2001) *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*, Princeton University Press, Princeton (平尾聡秀, 島谷健一郎, 村上正志訳 『群集生態学：生物多様性学と生物地理学の統一中立理論』 文一総合出版 2009)
- Jacobs, Jane (1961) *The Death and Life of Great American Cities*, Random House, New York (山形浩生訳 『アメリカ大都市の死と生』 鹿島出版会 2010)
- Jost, Lou (2007) Partitioning Diversity into Independent Alpha and Beta Components, *Ecology* 88(10), 2427–2439.
- Knowlton, Nancy; Weight, Lee A.; Solorzano, Luis Anibal; Mills, DeEtta K. (1993), Divergence in Proteins, Mitochondrial DNA, and Reproductive Compatibility Across the Isthmus of Panama, *Science* 260(5114), 1629–1632.
- Mayr, Ernst (1963) *Animal Species and Evolution*, Harvard University Press, Cambridge
- Olden, Julian D. (2006) Biotic Homogenization: A New Research Agenda for Conservation Biogeography, *Journal of Biogeography* 33(12), 2027–2039
- Tuomisto, Hanna (2010) A Diversity of Beta Diversities: Straightening Up a Concept Gone Awry. Part 1. Defining Beta Diversity as a Function of Alpha and Gamma Diversity, *Ecography* 33(1), 2–22.
- Whittaker, Robert Harding (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California, *Ecological Monographs* 30(3), 279–338.

