

自由と進化

コンストラクタル
法則による自然・
社会・科学の
階層制

Freedom
and
Evolution
Hierarchy in Nature,
Society and Science
Adrian Bejan

エイドリアン・
ベジアン

柴田裕之の訳
木村繁男の解説
紀伊國屋書店



流れ
変化する
自由があれば、
すべては
より良いほうへ
進化する

予測
「生物・無生物を問
わず、すべてはより
良く流れるかたち
に進化する」とい
う新たな物理法則

《コンストラクタル法則》を世に放った熱力学界
の鬼才エイドリアン・ベジアンが、同法則の理論
的根拠を解説しながら、物理学における自由と
進化の概念を確立し、未来に資する
科学のあり方を説く。

瞠目の理論と迫る情熱が
凝縮された珠玉の書。

衝撃作『流れとかたち』
『流れといのち』に

続く三部作

未来
完結篇。

自由と進化

—— コンストラクタル法則による自然・社会・科学の階層制 目次

序 6

第1章 自然と力 17

第2章 規模の経済 40

第3章 階層制 54

第4章 不平等 82

第5章 社会的構成とイノベーション 112

第6章 複雑性 134

第7章 学問分野／規律 165

第8章 多様性 189

第9章 進化 215

第10章 収獲逓減 237

第11章 科学と自由 260

謝辞 284

著者紹介 286

解説 木村繁男 288

訳者あとがき 柴田裕之 298

原注

索引 317 313

【凡例】

「」は訳者による注を示す。

*は著者による注を示し、章ごとに番号を付し巻末に収録する。

ブックデザイン
鈴木成一デザイン室

自由と進化

—— コンストラクタル法則による自然・社会・科学の階層制

序

進化は自然を特徴づける現象だ。どこを見ても、目に入るものはみな進化している。なぜなら、自由に動き、形を変えられることができるからだ。変化する自由がなければ、何一つありえない。デザインも、進化も、ひいては未来までもが。

自由はいたるところにある。なぜなら、進化（デザインの変更）は、無生物、生物、人間の各領域の、いたるところにあるからだ。それにもかかわらず、自由は進化とは違って、科学の対象とされていない。これはおかしい。私はそう思った。まるで、科学者たちは「自由」という言葉を口にするのを恐れているかのようなではないか。来る日も来る日も、この言葉の背後にある現実（物理的現象）を抛り所としているというのに。たとえば、熱力学の書物ならどれもが、「過程」の解析とデザインを満載している。プロセスとは、当該の系の記述（「状態」における変化のことだ。当然ながら、系が変化するためには、その系は自らの記述の中に、自由と呼ばれる属性を含まざるをえない。

これまで物理学において自由が見過ごされてきたのは驚くまでもない。物理的に存在しているのが当たり前のもので見過ごされやすい。重力や音、乱流（不規則な乱れた流れ）、魚の泳ぎの場合がそうだった。疑問に思う人が登場し、新たに見つかった領域へと物理学が広がるのには、時間がかかった。

本書の目的は、進化の予測理論を提示することにある。物理学における自由の概念と進化の概念をしっかりと確立するのだ。私が選んだアプローチは、自由を見解ではなく物理的現象とする、というものだ。本書は政治家の談話についてのものではない。本書で取り上げるアイデアや例はすべて、査読を経て物理学や生物学や工学の専門誌に発表されたものだ。これらの参照元は、巻末の「原注」に示してある。

自由は、他の物理的なもの（つまり、自然の一部）と同様、測定可能だ。自由とは、系の配置の中で自由に变化できる物理的な特徴がどれだけあるかを測定した結果だ。変化する能力が、効率や力、強固さ、弾性、寿命といった、系の性能の他の尺度に与える影響もまた、測定することができる。人間が生み出したデザインにおいては、自由は、自然の流動系のモデル（複製）に見られる「自由度」の数としても測定できる。自由度は、他の明白な特徴とは無関係に、自由に変えることのできる明白な特徴だ。

物理的現象としての自由と進化とともに、他の概念も確固たる科学的基盤を獲得する。すな

わち、複雑性、画像、イメージ、図、多様性、階層制、社会的構成〔社会があるがゆえに社会の中に現れるあらゆる流動の配置・構成。「構成」の原語はorganizationだ。本書では「構成」は「目的と変化する自由を伴う流動の配置」を意味し、「デザイン」や「大きさ、形状、構造」と同義〕、アイデア、学問分野／規律、そして科学そのものの進化といった概念だ。これらの概念はすべて、科学的論議の対象となり、物理学の範疇^{はんちゆう}に入る。なぜ物理学かと言えば、それは物理学が万物を網羅する科学だからだ。物理学の概念には、意味が不明瞭なところが微塵もない。物理学の諸概念は有用で、それらが存在するのはひとえに自由があつてこそ——動き、流れ、形を変えるもののいっさいが持っている物理的特徴としての自由があつてこそなのだ。

科学は自由のおかげで進化し、自由は科学のおかげで充実する。自由の下では創造しやすい。芸術や科学の歴史を考えるだけでわかる。芸術家や科学者がどこにいたか、どこで暮らし、創造したかを見てほしい。彼らの名前は、地理や歴史、文化、富について語る。現状に疑問を投げかけて変化をもたらすアイデアと自由を持った自由な人々の物理的な動きについて語っている。自由な移動は、彼らの救済のカギだった。

本書は、これまで物理学とは結びつけられることのなかった領域を網羅する科学によって、読者に力を与える。すなわち、規模の経済〔生産量が増大すると一単位当たりのコストが下がり収益が向上すること。スケールメリット〕、収穫通減^{ていげん}〔生産要素を一単位増やすことにもたらされる生産量の増加が徐々に減る

こと〕、階層制、富、社会的構成、アイデアの拡がり、科学的思考といった領域だ。読者は、次の二つのかたちで力を得る。第一に、身の回りの世界についての理解が深まる。第二に、その理解を応用して、以前よりも速く効果的に変化を生み出すことができる。物理学は、物事が今のような在りようをしている理由や、生活や社会を改善するためには、そうした理由を当然知っておかなければならないことを教えてくれる。私たちは、ランダムで関連のなさそうに見えるものに欺^{あざむ}かれていた。それらは密接に結びついており、階層的で、私たちとともに生きていっしょに流れていて、自由と構成と進化のおかげでうまくいっている。

社会は地球規模の生命体だ。大都市のほうが小さな都市よりも大量かつ効率的に事物を動かす。だから、都市が繁栄しているときには、小さな定住地や企業は大きな定住地や企業に加わり、人々は田舎から都市へ移住するし、産業化時代にはグローバルな社会は農村から都市へと進化する。都市の繁栄にかげりが見えると、田舎へ向かって逆方向の移動が起こる。

この科学の物語は、私たちの頭に浮かぶ相反するもの——自由と平等、自由と規則や規律、揺るぎない階層制と進化、規則とランダムな多様性、進化と見たところ安定したデザインとあった、相容れないように思えるもの——に真っ向から取り組み、それらの矛盾を解消する。

そのカギを握っているのが、進化するデザインのイメージだ。みなさんは本書を読むと、川が流れ、動物が走り、歩行者が歩き、人々がバスや電車や飛行機に乗る様子を捉えた「動画」

を図らずも思い描くことだろう。じつは、力が働かなければ何一つ動かない。押すには力が必要で、力は、機械の場合は燃料、動物の場合は食物に由来する。自然の系は、いったん動きだすと、より楽に流れるために絶えず自らの配置を進化させる。進歩は、ゴールをフィールドの先へ先へと移していくものだ。系は進化し、発達し、より効率的になるにつれ、より複雑にもなる。それはなぜか？ 合わり、いっしょに動く（流れる）ほうが、個別に動くよりも必要とする力が少ないからだ。これが「規模の経済」の物理的基盤であり、その最も明白な表れが社会的構成だ。

それと同じ物理の原理で他にもさまざまなことが説明できる。河系〔河川の本流と支流の総称〕が進化して、刺繍ししゅうのように、小さな支流が主要な川に流れ込む模様を織り成すという事実も、自転車競技では個別に走る選手よりも選手の大集団（プロトン）のほうが速く動く理由も、これで説明がつく。大きい流れや動物や乗り物のほうが、小さなものよりも効率的に動き、動かす。多数の小さなものと少数の大きなものから成る階層的な系は、「一つのサイズですべて間に合わせる」系よりも効率がよいからだ。ただし、より複雑でもあるが。

したがって、人々の生活関連の動き（これを通常は経済と呼ぶ）においては、人々が消費する燃料の量は、年間に生じる富、すなわち国内総生産（GDP）に正比例する。というわけで、物理的な動き（流れ）と経済は表裏一体であり、どちらも同じ階層的な流動構造で説明がつく。

私は他にもいくつか「大きな疑問」を立て、物理学に基づいて、経済の場合と同じように扱った。第1章で、自然の複雑性と多様性を見かけ上の予測不可能性は、三つの主要な概念に凝縮してある。

第一に、デザインは私たちの周りにも中にも、いたるところにある。たとえば樹状の流れ、円形の断面、息を吸ったり吐いたりするリズムなどがそれにあたる。デザインの進化は普遍的ですべてを統合する自然現象であり、それ特有の物理法則、すなわちコンストラクタル法則に基づいて予測できる（二五ページ参照）。

第二に、自然は、「エンジン」と、「ブレーキ」として働く、力を散逸させる系とが結びついた、濃密な「網」だ。エンジンとブレーキは分かちがたく結びついて動き、自由を与えられれば進化する。

第三に、人間と、人間が考案した装置（機械、人工物、付加物）は、地球上で動き、進化する他のあらゆるものと同じだ。進化を続ける自然の何一つとして、自由がなければありえない。

何であれ、特定の量をそれぞれ別個に動かすよりも、合わせて（大量に）動かすほうが楽で効率が良い。さまざまなかたちで大きさが物を言う。とはいえ、動くもの（河川、走るもの、飛ぶものなど）すべてが、一つの大きな移動者になるわけではない。なぜなら、地球上ではあらゆる動きが、ただの二点を結ぶ線に沿ってではなく、一点と一平面領域（あるいは一立体領域）

との間で起こるからだ。平面上では、移動者は考えうるかぎりの方向へ自由にアクセスできる。移動者は階層制をとり、小区画が形成する階層的なモザイクと化したその平面領域を「網羅」する。「規模の経済」がスペース（平面領域や立体領域）という現実突き当たり、階層制を生むのだ。

階層的な流動構造はじつに多様で、人間に観察可能な範囲の隅々にまで及び、あらゆる大きさの尺度、生物と無生物、人造のものとは人造ではないもの、定常のものと時間に依存したものを網羅する（図1）。本書で詳述する例には、河川流域、人間の定住地（都市のランキング）、森の木々の大きさと数、大学のランキング、被引用回数が多い論文の著者のランキングがある。

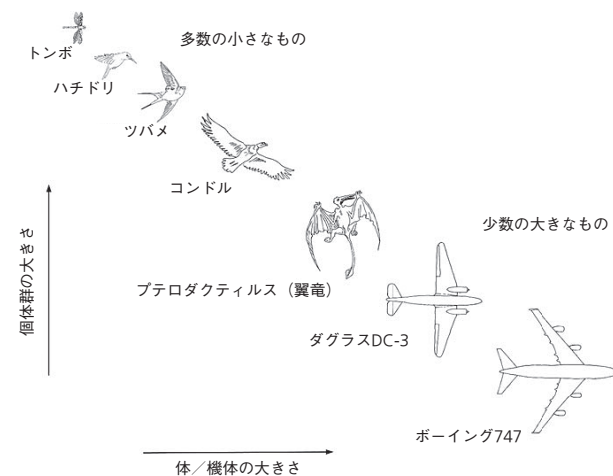


図1 動物と人間による地球上での飛翔の階層制
個体群の大きさと体／機体の大きさの関係を示す定性的分布。
（作図：エイドリアン・ベジャン）

富の偏在は予測できる。なぜならそれは、生きた社会のあらゆる流れの、進化する構造が原因だからだ。地表における物理的な動きは、樹枝状の階層的な流れとして自然に進化する。世界各国のGDPは、人間の動きに比例している。なぜなら、GDPは燃料の年間消費量に比例しており、その燃料がいったいどの人間の動きの原動力となっているからだ。経済活動が盛になれば、燃料の消費量も増える。富の不均衡は、動きの複雑性が増すにつれて際立つ。人工的なデザインが自然のデザインに加わると、富の不均衡が縮小する。交易の経路は地球上での人間の動きの屈折した道筋であり、それが動きを促進する。

社会的構成はなぜ自然に現れるのか？ そうした構成は、社会の流れが増すと、なぜ、より階層的で不均一になるのか？ 本書では、このような問いには、二つのモデルを使って物理学の観点から答える。二つのモデルとは、人間社会とは無縁のもの（河川流域）と、人間社会に関連したもの（人が居住する領域での温水の配給）だ。これら二つのモデルから得られる結果は類似しているが、人間社会に関連したモデルでは、流れの分布は不均一性が低い。なぜなら、社会の尺度ではすべてを網羅するかたちで目的（目標）が存在しており、不均一性が制御されているからだ。流路の自然な階層制が、大きさが画一の人工的な流路にあらゆる場所で取って代わられたときにさえ、不均一性は存続する。イノベーションが起こり、それが人間の居住する領域に拡がるたびに、イノベーションを起こした人だけでなく社会全体が恩恵を受ける。

自由と、規律への依存とのあいだには、何の矛盾もない。それどころか、その正反対が正しい。規律ある科学者こそが、新しい知識の領域に最も自由に入っていくことができる。科学者にとって規律ある学問は不可欠であり、それは力を与え、自由をもたらしてくれるもののだ。自然界における複雑性と構成と進化は、学問として研究したときに最も強力な役に立つ。学問の世界には、厳密な用語や規則、原理、有用性がある。図には大きさと意味（メッセージ）と繊細性（線の繊細さ）がある。図は、簡潔で、楽に描け、大き過ぎも小さ過ぎもしないときに有用だ。アイコンや黄金比の長方形が出現するのは、より楽に速く意思疎通したがる傾向が人間にはあるからだ。だから、魅力的で美しいと認識されている特徴は、維持する価値がある。この世はなぜこれほど多様性に富んでいるのか？ 私たちはなぜ、みな同じ外見をしていないのか？ 私たちの職業や装置は、なぜ多様で、さらに多様になっていくのか？ その答えは自由の中にある。あらゆる流動構造が、自由に拡がったり、移動したり、交じり合ったり、途中で出会う流動デザインと結合したりする。これは、地球上の人間の流れにも起こった。人間の身体構造は、人間が初めてアフリカ大陸を出て北と東へ移住するにつれて多様化した。その途上で人間は、一つの「人間と機械が一体化した種」に属する個体として多様化を遂げた。この一体化した種の機械部分の多様化は、近代や現代には科学とテクノロジーの進化として、はっきりと見て取れる。力学が熱力学とその数多くの下位分野へと多様化し、今日、機械工学、

土木工学、電気工学、化学工学、石油工学、原子力工学、航空工学、その他多くの種類の工学を支えている。人間と機械が一体化した種の多様性も、動物の進化における「生態的地位構築」の進化と性質を同じくするものだ。

自由の下での進化には、複雑性、多様性、階層制、大きさ、自由選択といった、目に見える特徴のいっさいが伴う。進化は、その未来も過去も予測できる（過去の予測については、第9章を参照のこと）。本書では、詳しい予測を三つ行なう。一つは生物（動物の移動）、一つは無生物（河川流域）、もう一つは人間と機械が一体化した種（飛行機）についての予測だ。それ以外にも予測は数多く行なう。たとえば、噴流（同一流体で満たされた空間内を進む流体の流れ）やブルーム（ジェットが周囲の液体と異なる温度を有する場合、浮力が作用する特徴がある）の断面、雪の結晶の成長、動物や乗り物の寿命と生涯移動距離、肺の構造、動物の移動デザインの主要な尺度（速度、動きの頻度、力）だ。物理的現象の根本には、大きな構造は小さな構造の拡大コピーではないという原理がある。

最後になるが、もし進化が継続しており、いたるところで起こっているのなら、なぜこれほど多くのものが、時間の流れの中でまるで完全に停滞してしまっているように見えるのか？ それは、収束減速という現象のせいだ。この現象は、自由に進化する流動構造が「成熟」したときに見られる。新たな変化が起こっても、成熟した構造の広範な展望や性能には、わずかな

影響や感知できない影響しか与えない。収穫通減を示す例としては、断面が自由に形を変えられる管を通る流れや、円の周辺と中心を結びつける脈管構造、荷重を支える片持ち梁^{はり}、近代以降の蒸気タービン動力装置などが挙げられる。

科学の進化は、自由とアクセスと社会的構成という物理的現象の現れだ。科学を生み出すもののそれぞれの物理的な動きは、地表で不均一に階層的に構成されている。社会は、自由と、自由に問いを発したり自己修正したりする機会を与えられていれば、発展するにつれ、より多く動き、より多くを生み出し、より多くの変化を引き起こす。

変化する自由は軌道のようなものであり、進化の列車が走って科学の他の列車を連結させる（たとえば二八ページの図1・3）。その軌道が非常に「賢く」、地球物理と生物のデザインを、私たちが驚愕させ続けるほどの水準の完成度まで導いた理由を知るとは有益だ。この進化の軌道を利用する方法を知り、私たち自身の製品がより速く、より経済的に進化して、ますます高い効率水準に到達し、人間と機械が一体化した種として私たちの生活がより自由になり続けるようにできれば、得るところが大きい。

自然に自由を与えよう。そうすれば、自然は息を吹き返す。

米国ノースカロライナ州ダーラムにて

エイドリアン・ベジャン

訳者あとがき

前々作『流れとかたち』と前作『流れといのち』は、すべての形の進化を支配するという独創的なコンストラクタル法則を紹介し、森羅万象を物理の視点から一つにまとめ上げた。そして、まさに「百聞は一見に如かず」という言葉が当てはまる写真や図やグラフ、それを裏づけるデータを「一見」どころかふんだんに掲載し、説得力を高め、理解を助けていた。両作とともに三部作を構成する本書『自由と進化』は、コンストラクタル法則を軸に、自由を見解ではなく物理的現象と捉え、進化の予測理論を提示し、物理学における自由の概念と進化の概念をしっかり確立することを目的としている。

前二作は一般読者をおもな対象としていたのに対して、本作品は、著者が携わる分野の研究者や学生も多分に意識しているのかもしれない。そうした方々に向けた数式や記述に馴染みのない読者は、それらを読み飛ばしても全体の趣旨を把握するのには差し支えがないし、前二作を読み直したり、まだご覧になっていない方は目を通したりなされば、おのずと理解が深まる

ことだろう。

この三部作を通じて、あらゆるものの根底に物理学があり、著者の提唱するコンストラクタル法則に万物が支配されていることが、繰り返し示される。社会、経済、教育、スポーツをはじめ、これほど広範に及ぶ法則があるとは思ってもいなかったもので、初めて『流れとかたち』を読んだとき、その統合的な見方に私は目を開かれる思いがし、すっかり魅了された。それまで一見すると無関係だった、さまざまな生物、無生物、現象などが結びつき、物事がなぜそうなっているかという道理を示され、全体像が浮かび上がってくるのには、胸が躍る思いだった。著者が何度となく論してくれているように、還元主義にはまり込んで「木を見て森を見ず」になっただけならず、鳥瞰が大切であることをあらためて思い知らされた。

コンストラクタル法則はこれほど普遍的なものだから、どの分野でもそれを踏まえて行動することがカギになる。たとえば言うなら、人間にも空を飛べるはずだと思ひ込み、重力や揚力^{りよく}を知らずに、あるいは考慮に入れずに、崖から身を躍らせるような愚行は避けるべきだ。階層制／不平等と自由の関係が、その好例だろう。階層制や不平等は不自然で、自由や公正に反するとし、排除しようとする向きもある。だが著者に言わせれば、それは「階層制の自然な起源と真っ向から矛盾する。階層制は動きの自由が起源なのだから」。そして、著者は続ける。「不平等が減れば嫉妬や憎しみや暴力が減り、平和が増すかもしれないが、不平等をなくすこ

とは不可能だ。したがって、残された道は（中略）自然の法則の継続、すなわち、労働倫理、慈善、成果主義、権威に対する疑問、法の支配、変化、階層制、そして何より、自由を維持することだ」（一一一ページ）。裏付けのない観念論や理想論とは一線を画す、こういう見識に、私は感銘を受ける。だからこそ、この三部作は物理学的な関心と好奇心を刺激する以上のものであり、著者のメッセージが広く伝わってほしいと思えてならないのだ。

著者が自由をこれほど重視するのは、自由が物理にとって必須の要素であるという信念を抱いているからなのはもちろんだが、この三部作を読んでいると、自由に対する著者の熱い思いがひしひしと伝わってくる。その根底には、生まれ育ったルーマニアでの、共産主義政権による圧制下での体験もあるのだろう。いや、本人だけでなく両親の体験も。父親の反骨精神には前二作でも触れられていたが、その父親は一九四八年に当時の政権によって投獄され、母親は五八年に、本書第2章末に出てくる拷問を受けたという（監禁され、八日にわたって睡眠を奪われたそうだ）。幸い二人とも生還できたが、戻れなかった人も多かったとのことだ。

著者はまた、今年のロシアによるウクライナ侵略のはるか前に、次のように懸念し、私に警告してくれた。日本のすぐそばに位置し、国民を監視する体制を敷き、領土や権力の拡大主義をとる複数の国家で起こっていることは非常に危険だ、と。本書の目的に掲げられているとおり、物理学における自由の概念が確立されるとともに、世の中の自由が増すことを願うばかり

だ。著者に言わせれば、「自由がなければ進化はない」、「科学は自由のおかげで進化し、自由は科学のおかげで充実する。自由の下では創造しやすい」のだから。

最後になったが、この三部作を通して私の質問にいつも丁寧に答えてくださった著者、訳文に目を通して問題を指摘してくださり、著者と親しく接してこられた方にしか知りえない情報を盛り込んだ解説も書いてくださった木村繁男先生、私の至らない点の数々を補ってくださった紀伊國屋書店出版部の和泉仁士さんをはじめ、刊行にあたってお世話になった大勢の方々に、この場を借りて心からお礼を申し上げる。

二〇二二年一月 柴田裕之

自由と進化

コンストラクタル法則による自然・社会・科学の階層制

2022年12月28日 第1刷発行

著者 エイドリアン・ベジヤン

訳者 柴田裕之

解説 木村繁男

発行所 株式会社紀伊國屋書店

東京都新宿区新宿3-17-7

出版部(編集)電話 03-6910-0508

ホールセール部(営業)電話 03-6910-0519

〒153-8504 東京都目黒区下目黒3-7-10

校正協力 鷗来堂

本文組版 明昌堂

印刷・製本 中央精版印刷

ISBN978-4-314-01196-9 C0040 Printed in Japan

Translation copyright © Yasushi Shibata, 2022

定価は外装に表示してあります

著者 エイドリアン・ベジヤン Adrian Bejan

1948年ルーマニア生まれ。デューク大学 J. A. Jones 特別教授(distinguished professor)。欧州アカデミー会員。マサチューセッツ工科大学にて博士号(工学)取得後、カリフォルニア大学バークレー校研究員、コロラド大学准教授を経て、1984年からデューク大学教授。30冊以上の書籍と650以上の論文を発表しており、スタンフォード大学のジョン・イオアニディスが作成した引用インパクトデータベースにおいて、最も引用されインパクトのある世界の科学者の上位0.01% (工学部門では世界トップ10)にランクされたことが2019年の *PLoS Biology* で発表されている。1999年にマックス・ヤコブ賞、2006年にルイコフメダルなど、受賞歴多数。11か国の大学から18の名誉博士号を授与されている。熱力学での業績と、科学と社会システムにおける自然のデザインと進化についてのコンストラクタル法則の提唱を認められ、2018年には米国版ノーベル賞とも言われるベンジャミン・フランクリン・メダルを、2019年にフンボルト賞を受賞。邦訳に『流れとカタチ——万物のデザインを決める新たな物理法則』『流れといのち——万物の進化を支配するコンストラクタル法則』(いずれも柴田裕之訳、木村繁男解説、紀伊國屋書店)がある。

訳 柴田裕之 しばた・やすし

1959年生まれ。翻訳家。早稲田大学理工学部、アーラム大学卒。訳書にハハリ『ホモ・デウス』『サビエンス全史』(以上、河出書房新社)、ベジヤン『流れとカタチ』『流れといのち』、コーク『身体はトラウマを記録する』(以上、紀伊國屋書店)、コルカー『統合失調症の一族』(早川書房)、ガロー『格差の起源』(監訳、NHK出版)、ファーガソン『大惨事の人類史』(東洋経済新報社)ほか多数。

解説 木村繁男 きむら・しげお

1950年生まれ。公立小松大学副学長・大学院サステイナブルシステム科学研究科長、金沢大学名誉教授。早稲田大学理工学部機械工学科卒業後、一般企業勤務ののち、コロラド大学大学院工学研究科においてエイドリアン・ベジヤンを指導教授として博士号取得(工学)。カリフォルニア大学ロサンゼルス校、通商産業省工業技術院を経て現職。専門は伝熱工学。

エイドリアン・ベジヤンの本

柴田裕之=訳 木村繁男=解説
紀伊國屋書店

流れとかたち

衝撃の新理論

肺の分岐構造と樹木の形状が似ているのも、動物たちが多種多様な姿かたちをしているのも、ただの偶然の産物ではない。さらには集積回路の放熱板も、河川の流れ、社会の階層制、富の流れ、文化の伝播も——すべてはより良く流れるかたちに進化する！ 生物、無生物を問わず、自然界に現れるかたちのすべてを決定づける《コンストラクタル法則》という新たな物理法則を提唱する衝撃の書。

万物のデザインを決める
新たな物理法則



【電子版】も好評発売中！

定価 2,530 円（10%税込）
2013 年刊

自由を我等に
「生命とは何か」という問いに
新たな視座を与える本書で著者
の思考は、富や資源、技術や都
市、政治経済の原理にまで及び、
読者を圧倒する。

流れと いのち

万物の進化を支配する
コンストラクタル法則

「快作！100冊のビジネス書を読むより
本書1冊を丹念に読むほうがずっとよい」

鎌田浩毅（京都大学名誉教授）



【電子版】も好評発売中！

定価 2,420 円（10%税込）
2019 年刊