

【書評】

W・ブライアン・アーサー（日暮雅通訳）『テクノロジーとイノベーション 進化/生成の理論』みすず書房,2011年, 283ページ+xxii

W. Brian Arthur, *The Nature of Technology: What It Is and It Evolves*, Free Press, 2009

宇 田 理
Osamu Uda

本書は「テクノロジーとは何か、それは何に由来し、いかに進化していくのか」を考察したものである。これまでもテクノロジーの歴史は数多く書かれてきた。しかし、それらは、個別のテクノロジーに限られたものや、経済的要因がテクノロジーにどのような影響を与えてきたのか、あるいは、経済のなかでテクノロジーがどのように普及してきたのかといった「テクノロジーと経済社会の相互作用の変遷」を描くものだった。そのため、テクノロジーという言葉が意味するところも、テクノロジーがどのように生まれてきたのかに関する統一理論も、テクノロジーに関する進化理論も未発達のまま今日に至っている。

我々は個々のテクノロジーの中身（コンテンツ）はよく知っている。そして、それゆえに、テクノロジーは生活社会のあらゆる局面で活用されている。一方で、テクノロジー全体を司っている原理、あるいは深部にあるテクノロジーの本質を知っているわけではない。まさに、我々は、著者の言うところの「テクノロジーの学（オロジー）」がない状況に生きている。そして本書は、その「オロジー」を提起しようとする意欲的な著作である。こうした「オロジー」を提起する意味は、著者が同時に「テクノロジーの進化」を説明しよ

うとするときに際立ったものとなる。それはテクノロジーの進化の本質を「組み合わせ（combination）」に求めた部分に代表される。以下、章ごとに著者の主張を要約しつつ、末尾に本書の学術的意義、とりわけ、歴史研究に関するそれについてコメントし、書評に代えたい。

本書は、全体で11章からなり、第1章から4章までは「テクノロジーの本質」について議論するための道具立てを提起している。つづく第5章から8章までは、テクノロジーがどこからやってきて（発生）、どのような進化（あるいは深化）を遂げていくのかといった「進化のプロセス」を述べ、第9章では「オロジー」の核となる「進化のメカニズム」を説明している。第10章と11章では、テクノロジーの外部要因（経済）との共進化を踏まえて、我々がテクノロジーとどう共存していくべきかに関して語っている。

具体的に見ていくと、第1章の「疑問」では、「テクノロジーの学（オロジー）」を「テクノロジーのための進化論」として語ることを宣言する。そして「テクノロジーとは何か」に関する3つの基本原則、①すべてのテクノロジーは組み合わせである、②テクノロジーの各コンポーネントが、テクノロジーの

縮小形になっている, ③すべてのテクノロジーは通常いくつかの効果, あるいは現象を利用し, 活用している, が提示される。端的に言えば, 「組み合わせ (combination)」, 「再帰性 (recursiveness)」, 「効果・現象の利活用」という3原則に集約できる。最後に, 現代のテクノロジーのイメージは, 従来の比較的独立し, ある目的のために組み合わせられた「生産手段の集合体」といったイメージよりもむしろ, 経済社会に新しい構造や機能を生じさせる「オープンな言語」たる「化学反応 (chemistry)」といったイメージに変わりつつあると指摘している。

第2章の「組み合わせと構造」では, 2章で掲げた最初の2つの基本原則を説明する基準として, テクノロジーをどう捉えるかに関する「3つの定義」を掲げる。それは, ①人間の目的を達成する手段, ②実践方法とコンポーネント (部品) の組み合わせ, ③文化に役立てることができる装置と工学の集合体, である。①の定義に関して補足すると, 著者はテクノロジーを「実行可能なプログラム (executable)」としても語ると述べているように, テクノロジーを「何かするためのモノ (手段)」と捉えていて, そのプロセスに人間は介在しているものの, テクノロジーの「駆動プロセスのロジック」だけを説明の対象にしている。その意味では, 技術論で言われる目的と手段が完全に分離した中立論に近い定義付けをしている (後段で再び触れる)。また②の定義に関連して, 著者は, もっとも単純なテクノロジーの構造は「パーツ (部品) から構成されるテクノロジー」と捉えているが, そうしたテクノロジーも, それ自体がテクノロジーである構成要素で成り立っている再帰的な「階層構造」あるいは「入れ子構造」をなしている。そのため, テクノロジーの根本的な構造は, その基本機能を担う「主要アセンブリ」, それをサポートする「下位アセンブリ」, その「下位アセンブリ」をサポー

トする「さらに下位のアセンブリ」, そして最終的に行き着く「個別パーツ (コンポーネント)」から構成されているという階層状のイメージが提起されている。

第3章の「現象」では, 2章で掲げた3番目の原則について説明している。テクノロジーは, 常に自然から派生した (物理的な) 現象に依拠している意味では, 人間は基本的に自然のルールに従っており, 自然自体を人間の目的達成のために利活用するというイメージである。これはテクノロジーと対になる語である「科学 (science)」との既存の区別の仕方に一定のスタンスを置く意味で重要である。我々が通常抱いている, 科学がこれまで知られていない効果を発見し, テクノロジーはそれを応用するという分業のイメージよりも, 真実はもっと複雑だとしている。著者が, テクノロジーは科学と自らの経験からできている, というように, テクノロジーの独自の意味を見出そうとしている。いずれにしても, 著者は, 我々人間は, 無意識的に, テクノロジーへの大きな希望を持ちつつも, 基底では, 自然に対して深い信頼を寄せている, というスタンスを提示している。

第4章の「ドメイン—目的を達成させる世界」は, テクノロジーを把握する上で「ドメイン」という著者の最もオリジナリティあふれる概念が提起されている興味深い章である。著者が言う「ドメイン」とは, 個々のテクノロジーがまとまっているクラスター (テクノロジーの複合体) を指し, 「テクノロジー」とはっきり区別されている。「テクノロジー」は仕事をすることで目的を達成するが, 「ドメイン」自体は仕事をせず, 役に立つコンポーネントが引き出される, ただの道具箱を指す。つまり, テクノロジーは, 人間がある目的に従って考案したもので, 具体的な生産物や処理方法を生み出すが, 一方のドメインは, 人間が考案したというよりも, 道具箱にある個々のパーツから湧き上がってくるもの

で、ドメイン自体が具体的な生産物を生み出すことはない、とする。ちなみに、テクノロジーの生産主体が「企業」によって代表される場合、ドメインは「産業」あるいは「業界」を規定することになる。

ドメインというのは、芸術家にとっての様式であるように、エンジニアにとっては新しいイメージを可能にしてくれる世界であり、実践方法のレシピを取り出す「要素の貯蔵庫」のようなものである、と述べている。その意味では「ドメイン」は、ある時代に可能になるコトを決定しており、ある時代に固有な産業を生み出す極めてダイナミックなモノである。そのため、我々が技術進化と呼ぶような変化が起こったときは、技術自体が変化したというよりも、エンジニアが採用する「ドメイン」が変更したり、「ドメイン」の在り方が進化したりにすることによって考えられると述べている。

第5章の「エンジニアリングとその解決法」では、エンジニアがある目的のために採用する解決法は、テクノロジーの構造に依拠していることを確認している。つまり、テクノロジーは、単独のパーツそのものではなく、いくつかのパーツからなる構成要素の階層といった(再帰性のある)内部構造をもっている。そして、そうしたテクノロジーを外側から見たときには変化がなくとも、内部構造に分け入ると、常に変化していることが見て取れる。つまり、あるパーツがより良い部品に交換されたり、使われている素材が改良されたり、組み付けのやり方が向上したりすると、テクノロジーの基礎となる現象の理解が進み、当該テクノロジーが入っているドメインが進化し、エンジニアに対して新しいイメージを可能にしてくれるのである。そうした進化のプロセスが顕著な時期においても「標準的なエンジニアリング(解決法)」は存在しており、個々のエンジニア・レベルでは、そうした標準的な解決法の採用を繰り返す傾向

にある。そのため、「ドメイン」の中にある、特定の実践方法に対する「ロックイン」が起こり、テクノロジーの選択にポジティブ・フィードバックが生じることが述べられている。

第6章の「テクノロジーの起源」では、新しいテクノロジーが生まれるとき、すなわち、発明が起こるときには、何らかの「原理の変更」が伴うことを指摘している。著者は、技術と社会の関係を重視する「技術史のエクスターナリスト的視点」を批判的にとらえている。つまり、新しいテクノロジーが社会の要求に応える形で作られてくるという見方では、ある「種」が発芽しやすい土壌に落ちたため発芽したといった「適所」を示す程度のことしか説明できないとし、新しいテクノロジー(発明)とは、対象となる目標にとって新しいか、あるいは、それまでとは違う原理を元にしたものであるから、そうした発明が生じるパターンには、目標あるいは必要性の認識から始まって、それを達成する原理を見出す場合と、現象あるいは効果の把握から始まって、その中に何か役立つ原理を見出す場合の2つがあると指摘している。この両者に共通するのは、原理を見出すまでの、ある種の関係付け(リンケージを張る)行為にある。こうした関係付けは、ある目的を持ったニーズ(必要性)が、利用可能な効果と概念的かつ物理的な形でリンクさせられながら、テクノロジーの再帰的プロセス(入れ子構造)が明示化され、具体的な解決方法へと導かれるのである。

第7章の「構造の進化」では、新しく生成したテクノロジーがどのように発展していくかを説明している。通常、新しいテクノロジーは、既存のアセンブリの寄せ集めでできたとくに褒められたものではない。しかし、そこからテクノロジー開発の長旅が始まり、試作の段階、つづく商用化の段階で様々な改善点や機能の向上がなされていく。とりわけ、

商用化の段階に入ると量産のための競争圧力がかかり、既存のテクノロジーの限界に直面する。そのときにテクノロジーの内部構造を別のモノに交換することが試みられる(「内部構造の交換 (internal replacement)」。この場合、問題となっている階層のテクノロジーの下位のテクノロジーをより性能の高いものに入れ替えたり、全く異なるテクノロジーに置換したりする。同時に、交換したテクノロジーの上位・下位のテクノロジーとの調整が求められ、その過程で、テクノロジー複合体はより複雑になっていく。このプロセスを著者は「構造深化 (structural deepening)」と呼ぶ。この「内部構造の交換」と「構造深化」という2つのメカニズムにより、テクノロジーは発展を遂げると述べている。

第8章の「変革とドメイン変更」では、テクノロジーの生成および進化(深化)の過程で、ドメイン(あるいはテクノロジーの本体)はどう進化しているのかを説明している。著者は、ドメインは、テクノロジーのように、作られ発明されるものではなく、テクノロジーの周辺で具体化し、有機的に構築されることで発現されていくものだとしている。核となるテクノロジーが急激な変化を見せると、ドメインは変形する。時には、新しい「下位ドメイン」を生み出す。コンピュータを例にとれば、論理素子のパーツが真空管からトランジスタ、ICへと進化していくと、それに応じて、既存のドメインたるコンピュータと電気通信の下位にインターネットという新しいドメインが形成されていくことになる。そして、元々の(親)ドメイン自体は、下位にインターネットという新しいドメインが作られることで、より活性化し、新しい生態系へと変貌をしていく様子が述べられている。もちろん、新しいドメインは、常にすでに確立された分野から生まれる。そのため、著者が述べているように、コンピュータといった

ドメインは、プロセッサやデータバスといったテクノロジーから構成されたのではなく、1940年代の真空管を使った電子技術のコンポーネントと、その運用から生じたものなのである。

ドメインを変更するプロセスは、産業が新しいドメインに適応していく過程と見て取れる。その際、産業が新しいドメインを採用することが、その適応の本質ではない。産業が新しいドメインに「出会い」、そこから産業にとって必要な要素を選択しながら、部分的に新しいドメインにリンクさせていく。その過程で、ドメイン自体も当該産業の持っている新しい機能を獲得し、当該産業に、より適応した道具箱となっていくと述べられている。

第9章の「進化のメカニズム」では、テクノロジーの「進化のメカニズム」を説明する。前章までに、新たなテクノロジーは、すべて過去に世に出たテクノロジーから創出されることが確認された。つまり、新たなテクノロジーの原動力は既存のテクノロジーに内包されているということである。しかし、そうした創出を促す諸力には、組み合わせによって生み出されるサプライサイドの力だけでなく、目的達成の手段としての「新しいテクノロジーの必要性」といったダイヤモンドサイドの力もあることが指摘されている。そして、新しいテクノロジーの創出を駆動するのは、あるテクノロジーが有益とみなされるフィールド、すなわち、著者の言う「機会のニッチ」の存在にある。そうした「機会のニッチ」自体は、人間のニーズからだけでなく、テクノロジーそのもののニーズからも創出される(self-creation)。つまり、新しいテクノロジーが生み出されると、テクノロジーの集合体のなかで、それをより広い文脈で利用しようとしたり、組み合わせようとしていたりする。その過程でテクノロジーの進化の「新しい機会」が出現する。別言すれば、個別のテクノロジー

のノード(結節点)からなる「能動的な集合体(active collection)」の構成要素が変わる(追加されたり,消滅したりする)ときに,機会のニッチの構成要素が変わり,新しいテクノロジーを創出し,新しい産業のベースになったり,逆に機会のニッチが消失し,産業が衰退に向かう場合もある。そして,著者は,こうした流れを調整するのが「経済」だと指摘している。ここで著者の変化のイメージは,嵐のような「創造的破壊」が起こるといっても,能動的集合体の各ノードにおけるランダムな変化が,まるで「ドミノ倒し」のように静かに進み,終わってみれば全体が大きく変わっているものと見ている。

第10章の「テクノロジーの進化に伴う経済の進化」では,テクノロジーのダイナミックな変化の流れを調整する「経済」について言及されている。著者は,変化自体を創出する原動力は既存のテクノロジーに内包されているものの,そのダイナミズムが表出するのは,活動,行動,財貨サービスのフローの集合体たる「経済」を通じてと考えている。著者の言葉を借りれば「経済とはテクノロジーの表現」なのである。

第11章の「テクノロジー—この創造物とどう共存するか」では,本書でのテクノロジーの理解を踏まえて,テクノロジーの二面性を指摘する。つまり,テクノロジーは人間の生活の方向性を規定するという面と,我々の生活を豊かなものにするという面である。この両者の見方の間には,常に緊張感が生じている。人間はテクノロジーによって自然を開発してきたが,本書で主張されてきたように,テクノロジーは新しいテクノロジーを自己創出する意味では,自身が目的であり,人間にとって完全にコントロールできるものではない。テクノロジーに対するある種の「期待」のなかに,人間の未来に資する思いを託しているだけである。人間が信頼を寄せている「自然」の延長上にあるテクノロジーのイメージ

と,自然を隷属させようとするテクノロジーのイメージを分けて考えることは賢明であるが,それ故に,本書で述べられたテクノロジーの本質と,それが経済社会のなかで,どのように進化していくのかを知ることは,我々の極めて大事なつとめになってくると指摘している。

最後に,技術史における「技術選択」の考え方のなかで,ブライアン・アーサーの提起する「技術の生成/進化の説明理論」は,どう位置づけられるか述べておこうと思う。従来,技術選択の考え方のなかで支配的だったものは,物理や数学に基づく「技術的必然性(technical necessity)」が技術の(ひいては社会の)発展経路を決定づけるというもので,こうした経路は効率の追求を通じて見出されていくというものである。こうしたある種の決定論的技術選択論に対し,多くの問題提起がなされてきた。昨今顕著な問題提起は,①社会構成主義(social construction approach)¹,②システムズ・アプローチ(systems approach)²,③アクターネットワーク理論(actor network theory)³の3つである。①の社会構成主義によると,技術選択は,技術自体あるいは経済効率性によって決まるわけではなく,技術がデザインされていく過程で,当該技術のステークホルダー(利害関係者)の関心と信念が,どういった影響を及ぼすかで決まるとされる。技術は社会との関係のなかで決まるという視点である。とくに,技術のデザインが決まっていく初期の段階では,いくつもの技術解釈が併存し,これという選択に至らず,技術選択が並行して進むことを,トレバー & ピンチは「柔軟な解釈(interpretative flexibility)」という概念を以て説明している。②のシステムズ・アプローチによると,どの技術が選択されるかは,テクノロジーに代表される物理的人造物,制度,それらが置かれている環境との相互に絡み合うシステムのなかで決まるとされ,シ

システムのなかで技術的に問題がある箇所につきずられる形で、技術システム全体が形成されてくるという「逆突出 (reverse salient)」概念を以て説明している。③のアクターネットワーク理論によると、これまでの人間に留まらず、自然現象をも行為主体とすることで、人間と行為主体の関係をつまびらかにし、技術選択のカギとなるネットワーク構造を明示化することを目指している⁴。

こうした最近の動きを踏まえて見てみると、アーサーの説明理論は、テクノロジー全体を説明しようとしたものであり、一見すると極めて折衷的に映る。つまり、個別のテクノロジーに関して、技術が生成/進化していくなかで、当初の技術の開発者の手(意図)を離れて独り歩きをするとか、技術選択/発展の軌道は、人間が技術をどう意味づけるかで変わってくるとか、様々な見方が生じる部分を、テクノロジー全体という括りのなかに入れ込み、テクノロジーの生成/進化の構造を、再帰的で自己創出的、かつ、ダイナミックなものとして捉えることで、すべて説明しようとする意欲が見られる。

ただ、重要だと認めながらも、近年、「社会構成主義」やアンドリュー・フィーンバーグ(Andrew Feenberg)の「技術の政治学⁵」

といった研究分野が進めているような、技術が人と人の間にあって、その行為や意味を媒介し、再構成されていくプロセスを描き出すことや、技術はすでに社会や文化に埋め込まれており、テクノロジーに代表される人工物は価値中立ではないといった主張に関しては明示的な介入を避けている。もちろん、著者が提起する「ドメイン」というテクノロジーの道具箱を指す概念は、テクノロジーの進化に関して、自生的、創発的であることを強調しながらも、「ある目的を達成する世界」を体現させている意味では、まさに、ドメイン自体が「意味の世界」でもあり、「技術の政治学」との対話が可能である。この可能性を追求するためには、アーサーのテクノロジー観が絶対存在としての「自然」にルーツを持つものであり、さらに、テクノロジーの自己創出(self-creation)を語っていることからして、「間」や「関係性」に注目する研究との親和性がどれだけあるかの考察が必要になってくる。この点に関しては書評の枠を超えるので、別稿に譲りたいと思う。

最後に、翻訳自体は、著者独自の概念が多発するにっては読みやすく、訳者の努力の跡が忍ばれる。

- 1 バイカーの以下の著作が社会構成主義的アプローチの代表的なものである。Bijker, Wiebe E., *Of Bicycles, Bakelite and Bulbs*, MIT Pr., 1995.
- 2 ヒューズの以下の著作がシステムズ・アプローチの代表的なものである。Hughes, Thomas P., *Network of Power*, Johns Hopkins U.P., 1983 (市場泰男訳『電力の歴史』平凡社, 1996年)。
- 3 ラトゥールの以下の著作がアクターネットワーク理論の代表的なものである。Latour, Bruno, *Science in Action*, Harvard U.P., 1988

(川崎・高田訳『科学が作られているとき』産業図書, 1999年)。

- 4 かかる一連の議論のスケッチは, Bijker, Huges and Pinch ed., *The Social Construction of Technological Systems*, MIT Pr., 1987および, Smith & Marx, *Does Technology Drive History?*, MIT Pr., 1994を参照。
- 5 フィーンバーグの主張は, Feenberg, Andrew, *Questioning Technology*, Routledge, 1999 (直江清隆訳『技術への問い』岩波書店, 2004年)。