

# 技術システム・アプローチ ヒューズ『電力の歴史』精読

宮崎 正也

東京都立大学経済学部

[E-mail: miyazaki@comp.metro-u.ac.jp](mailto:miyazaki@comp.metro-u.ac.jp)

要約：ヒューズは、19世紀末から20世紀初頭にかけて生成・発展していった電力システムの姿を「技術システム・アプローチ」の観点から記述している。「技術的側面と社会的側面」、「マクロ的問題とミクロ的問題」、「システムと環境」といった線引きをあえてせず、両者を一体的に取り扱うことで、当時の状況をよりリアルに描き出す。

キーワード：技術決定論、技術の社会的構築論、逆突出部＝決定的問題

## 1. はじめに 第3の視点

少し唐突であるが、2002年2月に新聞各紙で報道された事実の紹介からはじめよう。

2001年に全国の警察が摘発した「出会い系サイト」に絡んだ事件は、計888件に上り、前年の約8.5倍に急増した。このうち児童買春禁止法違反が387件で約半数を占め、そのほか殺人や強盗など凶悪事件の増加も目立ち、出会い系サイトが犯罪の温床になっている実態が浮き彫りになった。サイトの利用手段の80%が携帯電話であった。<sup>1</sup> 一方、これを受け、学校教育の現場でも新たな試みが始まっている。たとえば、携帯電話を上手に使うためのマニュアルづくりを横浜の中学生たちが自ら行った。「出会い系サイトは危険なので会わない」、「ワン切りかもしれない着信には公衆電話からかけ直す」などの対応策がそこに提示されているという。<sup>2</sup>

こうした一連の報道事実をまとめると、次のように表現できるだろう。インターネット接

<sup>1</sup> 各数値は、警察庁のまとめによる。

<sup>2</sup> 「携帯電話上手に使おう」『日本経済新聞』(2002年7月26日朝刊)、より。

続機能のある携帯電話が、子どもを含めた社会全体に普及した。その結果、様々なネット・ビジネスが興隆し、「出会い系サイト」の登場もそのひとつであった。当然、正当な運営を心がける出会い系サイトも存在したが、多くは犯罪を誘発しかねない問題のあるサイトであったため、児童買春など子どもにも悪影響をもたらす事態が生じた。さらに、そのまた結果として、学校教育においても携帯電話の安全な使い方を子どもたちに指導する対策が求められはじめた。すなわち、「携帯電話という新技術が大きな変革を社会全体にもたらした」として、経緯を描くことができる。

このように、社会変革を推進していく最大の要因として技術を取り上げる視点を「技術決定論 (technological determinism)」という。この見方をする代表的な言説として、マルクスの「ハンド・ミルが封建社会をもたらし、スチーム・ミルが産業資本社会をもたらした」<sup>3</sup> がよく引用される (Heilbroner, 1967)。つまり、「技術が社会を形成する」という因果関係を想定して歴史分析を行うのが、技術決定論の特徴である。

しかしながら、それとは逆に社会的状況の結果物として技術を描くことも可能である。たとえば、同じ携帯電話という新技術であっても、国が違えばそのあり方も異なっている。国土の広いアメリカでは基地局のカバー効率が悪いいため、携帯電話の普及率が40%程度にとどまっており、未だにアナログ・タイプの携帯電話サービスも残存している。<sup>4</sup> またアメリカの通信会社幹部は「日本の若者は家にいるよりも街中に出て友人たちとコミュニケーションしていることが多い。それに比べると米国の若者は学校が終われば家にいる場合が多い。」という違いに着目して、若者への携帯電話の浸透は急速に進まないと認識している。<sup>5</sup> 実際、アメリカではビジネスでの携帯電話利用が大半を占めている。一方、ヨーロッパでも日本のように携帯電話でネットを利用する(利用できる)若者の数は少ない。これは、若者の行動特性に由来するというよりも、むしろ通信料金やインターネット対応型携帯端末の価格が高額であることが原因である。英国では65%、イタリアでは80%のユーザーが、費用の安く機能的にも劣ったプリペイド式携帯端末を利用している。ほとんどの若者がインターネット対応型携帯端末を持ってない状況となっている。<sup>6</sup>

要するに、アメリカとヨーロッパではインターネット接続機能を搭載した携帯電話におけ

<sup>3</sup> Karl Marx, *The Poverty of Philosophy*. からの引用。しかし、マルクスの歴史観を精査した Bimber (1990) によると、マルクスの見方は厳密な意味での技術決定論にはなっていないことが明らかにされる。

<sup>4</sup> 「黄信号ともる第三世代携帯」『日本経済新聞』(2002年8月13日朝刊)、より。

<sup>5</sup> 「ケータイ世界制覇」『日経エレクトロニクス』 No. 783, p. 137 に掲載された AT&T Wireless Services, Inc. の Jordan Roderick 氏の意見。

<sup>6</sup> 「ケータイ世界制覇」『日経エレクトロニクス』 No. 783, p. 137 より。

る技術的な発展そして社会全体への普及が進んでいない。それに対して日本では、ネット上でコンテンツを提供する業者の自生的興隆、販売奨励金で高機能携帯端末の店頭価格を抑制する仕組み、コミュニケーション好きな若者の存在など様々な条件が整っていたおかげで携帯電話のインターネット接続・技術革新が進んだ。つまり、「日本に特有な社会的状況が新しい携帯電話技術を形成した」として、経緯を描くことができる。

このように、関係する社会集団・利害関係者・顧客ユーザーなどが技術や製品のもつ意味づけを定義し、そのデザインに多大な影響を与えているとする視点を「技術の社会的構築論 (social constructivism)」という。この視点を主張する代表的な研究として Pinch and Bijker (1987) があげられる。彼らは、社会的に共通の製品認知が形成される以前の自転車のデザインが、ユーザー・社会集団ごとに全く異なったものとして形成されていたことを事例として提示し、この視点を論証している。つまり、「社会が技術を形成する」という因果関係を想定して歴史分析を行うのが、技術の社会的構築論の特徴である。

一方、技術決定論と技術の社会的構築論という二つの極に対置される歴史分析の視点とは別に、新たに第3の視点を提示しているのが本論文で紹介・解説していく、ヒューズ (Thomas P. Hughes) の『電力の歴史』 (*Networks of Power*, 1983) である。この本でヒューズは、1880年代から1930年代のアメリカ・ドイツ・イギリスにおける電力産業の発展過程を詳細に研究した。<sup>7</sup> しかし、電力システムという技術システムの発展過程を、国際比較を交えながらダイナミックに記述していくという彼の目的のためには、ワンショット的な時間・空間設定のもとで因果関係の方向性を特定して分析を進める技術決定論や社会的構築論の研究方略はそぐわなかったのである。どちらかという、技術決定論では合理的な行為主体が自らの機能を忠実に果たすことで歴史が秩序だって展開する様をマクロな見地に立って描き、一方、社会的構築論では各種の個別的な行為者たちのアドホックな活動が技術の発展に影響を及ぼす様をミクロな見地から描き出す傾向がある (Misa, 1994)。

それに対し、技術システムのダイナミックな側面を分析対象とする場合には、マクロとミクロの両方の視座から現象をとらえる必要がある。つまり、電力システムの形成・発展過程は、それを取り巻く環境条件との影響関係、技術的・経済的・政治的・社会的な様々な種類の価値との相互作用関係を中心に、同一平面上において叙述されなくてはならないのである。「技術が社会を形成するし、また、社会によって技術が形成される」という因果関係の双方向性を分析視角の前提に据える必要がある (Hughes, 1994)。<sup>8</sup>

<sup>7</sup> 原書では約500ページ、日本語版では700ページをこえる大作である。

<sup>8</sup> 技術と社会を対等に位置づけて両者の相互作用を記述するここでの考え方は、社会学にも大きな影響を与え、科学技術社会学理論の新天地を拓いた。詳しくは松本 (1998) を参照せよ。

こうしてヒューズは、「私は技術決定論には与しないし、社会的構築論にも全面的に同調しない」(Hughes, 1994)と旗幟を鮮明にした上で、第三の視点を提示している。それが最もよく表れている研究が『電力の歴史』であり、そこで採用された切り口が「技術システム・アプローチ (technological systems approach)」と呼ばれるものである。

『電力の歴史』で取り扱われた主な論点は、以下の五つにまとめられる。

- ① 電力システム創生期における「発明家＝企業家」としてのエジソンの活動
- ② 直流と交流による「システムの戦い」と「逆突出部＝決定的問題」の解決
- ③ 総合によるシステムの成長と万能電気供給システムの誕生
- ④ 電力負荷の多様化と経済合理性の追求
- ⑤ 地域的スタイルの差異の形成

それでは、これら五つのトピックを要約的に紹介していくことで、「技術システム・アプローチ」とは何か、それはどのような性格をもっているのかを明らかにしていこう。

## 2. 発明家＝企業家としてのエジソン

エジソンは、ただの発明家、特定の技術的要素の問題解決を行う技術者ではなかった。彼は、常にシステムズ・アプローチによって自らの構想を実現させていた。彼は、電球を発明したのではなく「電灯システム」を発明した。そして、この発明を自ら事業化する「企業家」としての側面を同時に持ち合わせていた (邦訳, pp. 34-48)。<sup>9</sup>

彼は、自らの構想 (電灯システムの構築) を実現するに当たり、問題を技術的なものと同時に経済的なものとして規定していた。たとえば、配電の際に必要とされる導線に用いられる銅の費用がこのシステムを現実化する上で問題となると彼は規定した。これによって彼は、導線の長さを短くするために人口密度の高い消費区域を重点的にカバーする方針を立てた。また、導線の断面積を大きくしなくても、電流を小さくしたまま電圧をあげることで電球の明るさを維持できることを発見し、その結果として高抵抗を持つフィラメントを探し出した。つまり、抵抗が高いフィラメントは、低電流でも明るさを確保できる。電流の量が少なくてもいいのであれば、配電に用いる銅線の太さも細くて済む。銅線に用いる銅の量が少なければ、コストも下げられる……、という論理を用いた。<sup>10</sup> こうして電灯システムは銅線にかかる費用を低減させていくことで、既存のガス灯システムとの価格差を埋めていくことに成功する。エジソンは、電灯システムを「事業化」していくにあたり、当時普及していた

<sup>9</sup> 以下では、とくに断りのない限り、邦訳の該当箇所におけるページ数を示す。

<sup>10</sup> 現代では、オームの法則やジュールの法則などは中等教育の理科の教科書にでてくるほど当然の一般知識として考えられているが、エジソンが発明をしていた時代には、非常に役立つ先端的な知識であったことが思い知らされる。

ガス灯、あるいはアーク灯といった代替技術システムと比べて、自らの構想する電灯システムの採算性を徹底的に検討したのである (pp. 49-50, 52-62)。

技術上の問題、経済上の採算性を解決すると同時に、法律的・政治的な要因も新規事業の立ち上げには大きく作用する。たとえば、エジソン照明会社がニューヨーク市に最初の商業的電灯システムを設置するためには、配電システムの設置を許可する「特別許可 (franchise)」を獲得する必要があるがあった。そこでエジソンは弁護士のラウリーと協力して、市長や議員たちに対するロビー活動を果敢に行った。<sup>11</sup> それにより、ガス灯業者と (新しい白熱電灯によって職を奪われる) ガス灯点灯夫たちをバックにした反対派議員の勢いをそぎ、「特別許可」の入手にみごと成功したのであった (pp. 50-52)。

これらの記述からもわかるように、ヒューズは当時の社会的状況の中でエジソンがいかにして技術上・経済上・政治上の問題を解決していったのかをリアルに描き出す。実際、エジソンは、技術上の問題 (ランプのフィラメントの設計) と経済上の問題 (既存のガス灯業者との価格上の競争) と政治上の問題 (電力事業を発展させる上での法律的な枠組み) のすべてを同時に巧みに処理していた。技術面だけに注目した記述に終始すると、ともすれば「発明王エジソン」の伝記物語になってしまう。それに対し、技術的側面と社会的側面を分離せず、一体システムとして説明することで、「システム建設者エジソン」という本質的な側面に光を当てることができる。これがヒューズの「技術システム・アプローチ」のもつひとつの特徴であり、魅力である。

### 3. システムの戦いと逆突出部＝決定的問題の解決

19 世紀末にエジソンと仲間たちによって開発された電力システムである直流システムは 20 世紀初頭には、多相交流システムに取って代わられた。これら直流と交流の間には「システムの戦い」と呼ばれる移行期間をともなった (pp. 118-120)。

当初、直流システムは、効率的な発電機や電動機を次々と生み出して順調に進歩していくかに思われたが、当時においてはどうしても克服できないある決定的な問題に突き当たった。それは、直流で長距離を送電する場合のコストが非常に大きいという点であった。このため、人口が密集した都市区域以外にも送電網を拡大して電気を供給することは、非現実的であった。直流システムの持つこの送電コストの問題は、多くの人々によって解決が試みられた。

---

<sup>11</sup> たとえば、特別列車をしつらえて市長と議員たちをメンローパーク研究所へ招待。たそがれ時に到着した彼らは研究所の内外で輝く電球を目にする。さらに彼らが建物の二階に上がると、突然電灯がつき、豪勢な「ごちそう」が並んでいるのを照らし出す……、という趣向もこらしていた。

たとえば、蓄電池<sup>12</sup>の利用や三線システム<sup>13</sup>の発明によって長距離の送電や効率的な配電のための解決策が提示された。しかし、これらによっても送電のコストを決定的に引き下げるには至らなかった (pp. 121-127)。

この問題を最終的に解決したのは、新しいシステム、単相交流システムであった。このシステムでは、中央の発電所から高電圧で長距離送電し、それを変圧器によって個々の利用者が使用する電圧まで引き下げて配電をするというものであった。これを可能にさせたのは、交流発電機や変圧器における技術的発明に負うところが大きかった。こうして交流システムは、送電コストの低さの点で直流に代わる魅力を持ったが、この時点ではまだ交流で利用可能な電動機がないのが欠点であった。しかし、後にこの欠点は、多相電動機とりわけ誘導電動機の発明によって解決された。これにともなって、交流システムは単相から三相交流システムへと進化していき、光と動力を生み出す技術として完成された (pp. 128-158)。

以上に見られたように技術システムは、次の一手を展開する際に足手まといになっている部分を次々に解決していくことで拡張していく。このようにシステムの成長を阻害している箇所のことを、ヒューズは「逆突出部」と呼んでいる。この言葉はもともと軍事用語であり、戦場において他の地域では制圧できたにもかかわらず、敵陣営がある特定の場所で強固に持ちこたえている部分を指している。システム建設者は、将軍が兵力を結集させるかのごとく、逆突出部を取り除くために発明・開発努力を集中させる。その時に特定して解決に取り組む対象が、「決定的問題」である。

これと似たような見方は、「隘路」や「不均衡」といった言葉で他の人によっても提起されている (Goldratt & Cox, 1994; Rosenberg, 1976)。しかし、ヒューズの意図を忠実にくみ取るのであれば、やはり「逆突出部」が相応しい。なぜなら、次の一手を邪魔するものは、特定の技術システムの内部にあるというよりも、その外部にあることがほとんどだからである。たとえば、法律・慣行・政治・文化・自然・他の関連技術システムなどが考えられる。これらが提起する問題を技術的、経済的あるいは政治的に解決していくことで、システムの成長が促されるのである。

「逆突出部と決定的問題」という概念は、ヒューズの「技術システム・アプローチ」の中でミクロとマクロを架橋する重要な役目を果たしている。マクロ的に「戦況」を鳥瞰することで技術システムの成長を阻害している逆突出部の認識が可能になる。それと対応して、逆

<sup>12</sup> 直流を 1000V 以上の高電圧で長距離送電し（高電圧なので比較的lowコスト）、蓄電池群に給電。充電された蓄電池から低電圧で配電する仕組み。つまり「送電」と「配電」を分離したことが工夫点。

<sup>13</sup> 単なる主導線・二線配置ではなく、その中間に給電線を設けることによって効率的に配電を行える仕組み。三線配置の採用で従来の二線配置の運営に必要な銅の 60%が節約されたという。

突出部に関連づけられる技術システム内のマイクロな技術的要素が決定的問題として解決の俎上にのぼる。このように、マイクロとマクロとの間に絶対的な区別を置かずに分析を進めていける点が、「技術システム・アプローチ」のもつひとつの特徴である。

### 4. 総合によるシステムの成長

直流と交流の「システムの戦い」は、ひとつのシステムがもうひとつのシステムに決定的に打ち負かされるとか、パラダイム転換的に一気に移行するとかといったことをともなわずに終了した。両者の衝突は総合によって、連結と合併の組み合わせによって解決された。連結は、技術的なレベルで起こり、合併は制度的レベルで起こった (pp. 159-178)。

直流と交流の争いを技術的に解決したのは、結合装置・変換装置・回転整流機だった。これらの技術的装置によって、直流と交流のネットワークが相互に接続可能となった。長距離送電を得意とする交流システムの強みと、都市の密集区域で効率的な配電を行う直流システムの強みが総合されたのである。もはや時代は、光の時代から光と動力の時代へと移りつつあった。これらの連結技術は、電灯、電動、電鉄など多様な負荷に対応する万能電気供給システム (universal system of supply) を生み出す可能性を開いた (pp. 178-181)。

制度的な変化も争いの終結を促進した。たとえば、直流システムを推進してきたエジソン<sup>14</sup>の企業支配の放棄は、彼の威信と保守的影響力を減らし、新しい会社、ゼネラル・エレクトリック (GE) を誕生させた。その結果として GE においても、多相交流システムのための設備を導入することが決定づけられた。また、交流システムの開発に積極的に取り組んでいたウェスチングハウスと GE との間で特許交換協定が結ばれ、より合理的な技術利用と技術改良ができるようになった (pp. 182-184)。

その他、技術標準に関する取り決めも進展し、それまでバラバラに利用されていた何種類もの周波数<sup>15</sup>が、基準となる特定の周波数へと統一を図られた。「システムの戦い」の時には、メーカー間の利益をめぐる競争であったが、技術標準を決める争いはそれとは異なり、すべてを包括する総合的な供給システムをより良く強化することを目的とした技術的人間による努力であった (pp. 184-194)。

このようにして誕生することになる万能電気供給システムは、電気事業体の組織にも変化

<sup>14</sup> 実際、エジソンは自らの直流システムにとって脅威になると予想された交流システムに対して、その普及を妨害するキャンペーンを計画したりした。たとえば、交流の高電圧が死刑囚に対する電気処刑にうってつけであるという悪いイメージ・危険な印象を世間に植え付けようとした。

<sup>15</sup> 多相交流の初期の頃は、60、50、40、30、25 サイクルの周波数が使われていた。白熱電灯、変圧器、アーク灯、誘導電動機、同期交流機、等々の装置を連結するときの組み合わせによって、おのこの設計者・技術者が最適な周波数を個別に選んでいたからであった。

をもたらした。交流送電は広い地域への電気供給を可能にしたため、都市部における小さな初期の直流発電所を合併して都市部および郊外に広がる大規模な電気事業者へと発展していった (pp. 194-199)。

以上のように、万能電気供給システムが成立した背景には、システム建設者たちの技術システムに対するある視点が伴っていた。それはとりもなおさず、ヒューズの「技術システム・アプローチ」の第三の特徴点を示唆している。つまり、システムが発展していく過程では、システムと環境との間に厳格な境界線を引かないという視点である。

システム建設者たちは、システムの成長を促すような環境づくりに向けて継続的に努力を投入する。たとえば、直流と交流の「システムの戦い」や、周波数における「技術標準の確立」などの問題を「総合」によって解消しようとする技術的あるいは政治的な取り組みが、その努力の一例である。彼らは環境をシステムに対置される所与のものとして決して想定してはいない。そして時には、都市型直流発電所と郊外型交流発電所の合併に見られたように、かつては環境としてお互いに対峙していたものを同一システムの中へ取り込んでしまうこともやってのけるのである。

しかし、システムの成長を志向させる誘因については、「システム／環境」の厳密な境界設定を退けただけではまだ明確に理解できない。この点は、次のトピックに考察をゆずる。

## 5. 電力負荷の多様化と経済合理性の追求

万能電気供給システムの成立は、電気事業者にとって経済原理にしたがった発展を追求することが合理的であるという認識を強めさせる契機となった。

たとえば、電灯、工場の電動機、電車などのように、電気の利用状況の異なる需要者を組み合わせて顧客に持つことが、つまり異なる負荷曲線を描く顧客を持つことが電気事業者のコスト構造を改善した。事業者は負荷のピークをカバーできる設備を最低限用意しなくてはならない。そこで負荷を予測し、発電容量を常に最大限実際に利用すること、つまり負荷率を上げることが、資本設備に対する投資収益率を良くする。そこで、事業者は負荷率を改善させそうな顧客に対して電機メーカーと連携して機械や電器製品を売り込んだり、電車などの輸送会社を新規顧客として開拓したりした (pp. 286-321)。

さらに事業者のコスト構造の改善は、単一の発電所における負荷率の改善努力によるだけでなく、いくつかの性格の異なる発電所の相互連結によってもなされた。たとえば、立地の異なる発電所同士の連結では、それぞれの地域での負荷が季節的に異なる場合にとくに有益だった。あるいは水力発電と火力発電のように、発電に使用するエネルギー源が異なる発電所同士を連結し、それらを経済的に混合して利用することで、年間を通して発電コストを



押さえることも可能になった (pp. 374-401, 516-522)。

また、合併や統合によって拡大を果たした事業体は持株会社を背後に有している事例がアメリカでは見られた。このような場合には、投資の多様度も重視し、リスク分散を意識して運営がなされた。いわゆるポートフォリオ・マネジメントに近い発想である。そのような事業体では、いざとなれば経済が相対的に衰えた区域や産業から将来性のある区域や産業へエネルギー供給を移すことを考えた (pp. 547-563, 618-619)。

以上のような経済原理にもとづく電気事業体の自律的な拡大・発展を後押ししたのが、高圧送電技術の進歩と効率的なタービンの発明であった。これらの新技術は供給能力の増大をもたらしたため、それに見合うより大きな負荷需用を求めて顧客の拡大を目指す起爆剤となった。要するに、技術革新によって生じた規模の経済性を顕在化させるために、事業組織体の成長が促進されたのである (pp. 514-515)。

しかし実際のところ、当初から技術者や経営者たちは、顧客基盤の拡大・事業組織体の拡大を目的にして供給能力の高い蒸気タービンの開発に取り組んだのではなかった。彼らの当初のもくろみは、不動産価格の高い人口の集中した地域に立地する発電所で使われていた巨大な往復蒸気機関を代替することにあつた。そもそも蒸気タービンの開発・導入は、狭いスペースでより効率的に発電が可能な技術的装置として始められたのであつた (pp. 512-513)。

ここでヒューズが示した事例は、社会的状況が技術へ影響を与え、技術がさらに経済的な影響を社会に及ぼし、社会変革の要因となるというシステムと環境との相互作用を表す好例である。「技術システム・アプローチ」では、「システム／環境」の境界設定を厳密に行わないが故に、境界が変動してシステムの成長が可能になる。そうしてシステムが成長していく過程では、当然、「逆突出部」とそれにまつわる「決定的問題」も次々と別の点へと移動していく。ただし、「逆突出部→決定的問題」という因果関係は必ずしも一定ではない。蒸気タービンの導入によって当初の想定以上の電気供給能力を手にした事業体は、負荷率のさらなる向上のためにも新しい顧客や市場を開拓しなくてはならないという逆突出部を新たに見出すことになった。つまり、「決定的問題の解決策→逆突出部」というような逆の因果関係も生じうる。いわば「すでに手中にある解決策のための問題さがし」が進行して、新たな逆突出部の特定がなされるのである。

しかし、「逆突出部＝決定的問題」の因果関係の方向性がいずれであっても、システムの成長を可能にする「システム／環境」の境界変動を誘引するものは、負荷率を上げることでコスト構造をより改善しようという電気事業体の行動に象徴される、「経済的合理性」なのであつた。このように、システムの成長を志向させる誘因として、「経済的合理性」に着目する点も、「技術システム・アプローチ」の特徴のひとつである。

## 6. 地域的スタイルの差異の形成

ドイツ・アメリカ・イギリスそれぞれの地域における電力システムの発展過程は、本質的な側面において同様であった。それらは、決定的な技術問題を共有し、同様な解決法を具体化した。国際的な技術のプールが存在し、皆がそこから技術を引き出していたからであった。国際的な技術プールは、メーカー間の国際取引・特許の認可・科学技術文献の流通・技術教育課程の発達・技術者や発明家の国際交流によって形成されていた (pp. 568-569)。

そのうえ、西欧社会にまたがる経済的価値観もまたこれらの国々では、共有されていた。それは、原価計算をする資本主義文明の価値観であった。いずれの国・地域においても経済原理にもとづいてシステムの拡大の方向性が支えられていた (p. 648)。

このように、技術的側面・経済的側面という二つの本質的な側面において、各地域の同一性は明らかだった。しかしその一方で、これらの地域間には目に見える差異が存在していた。この表面上の差異のことを「地域的スタイル (regional style)」と呼ぶ。地域的スタイルの差異は、文化的コンテクストのような非技術的因子から生じた。これらの因子には、地理・経営組織・法制度・歴史的偶発事件・産業間関係などが含まれていた。電力システムは、それぞれの地域の社会的状況によって影響を受け、完成されていったのであった (pp. 569-573)。

たとえば、ベルリンでは政治と技術の整合性がはかられることで電力システムが進化していった。事業体経営者と政府は敵対的關係ではなく、どちらかというところ協力して事業を進展させていった。また、電機メーカーと電力事業体との間で連携しながら電力システムが構築されていった (pp. 250-284, 574-601)。

シカゴでは、政治は弱く、技術が優位性を発揮して電力システムが進化していった。産業向けの電気需要が多く、工場や電鉄など多様な大口顧客が電力システムの発展を引っ張っていった。その意味で、シカゴは経済原理によるシステムの成長を最も体現した地域でもあった (pp. 286-321, 602-620)。

ロンドンでは、政治が圧倒的に強かった。電気供給に関する様々な法律や許認可が、影響力を持った。小さな区域に供給する独自の事業体が数多く存在し、大規模化は遅々として進まなかった。また、有力な電機メーカーも国内に存在しなかったし、電鉄の負荷を早期に取り込む動きもなかった (pp. 324-371, 621-643)。

この地域的スタイルという概念は、電気を供給するためには唯一最善の道はなかった——そしてたぶん今もない——ことを示唆している。個々の技術システムが形成されるのは、それが利用される場所の社会的状況においてである。そのため、たとえ用いる技術要素が同じプールから引き出されたものであったとしても、それぞれの地域の地理・文化・法制度・経営・企業家の性格が異なるため、電力システムにもそれに応じて差異が生じたのである (p. 31)。

このように、国際比較・地域間比較を「地域的スタイルの差異」という視角から行うことで、ヒューズは「技術システム・アプローチ」の第一の特徴である「技術的側面と社会的側面を分離せずに一体システムとして説明する」方法をより強化している。つまり、様々な技術システムのもつ「地域的スタイルの差異」を説明記述するためには、技術的側面への注目だけでは不十分であり、社会的側面に対しても同等に、その差異を説明する因子が含まれていることを彼は主張しているのである。

そして最後に最も重要な点として、「世界の様々な電力システムの中に具体化されているのは、主要ないくつかのテーマの複雑なバリエーションであり、そういうバリエーションが技術が均一単調なものになるのを防ぎ、また歴史家に記述と説明という挑戦的な課題を突きつけている」(p. 31) と彼は述べている。まさに技術史家としての彼の職業的存立基盤が、この点にかかっていたのである。

### 7. 技術システム・アプローチの応用例

以上でヒューズが提示した「技術システム・アプローチ」は、代表的なネットワーク型システムである電力システムの事例を分析するための視角として非常にうまく適合していた。確かに、このアプローチはネットワーク型の「開かれたシステム」が発展していく過程を分析する上では優れているかもしれない。しかし、世の中にはネットワーク型のシステム構造をもたない技術システムが数多く存在する。果たして、それらの技術システムの発展過程を分析するときにも、ヒューズのアプローチが有効であろうか。そこで、本節では非ネットワーク型で「閉じた技術システム」の発展過程を「技術システム・アプローチ」の切り口で説明している MacKenzie (1987) を要約・紹介することで、この疑問を払拭しよう。

この論文の中でマッケンジーは、アメリカ合衆国の弾道ミサイル<sup>16</sup>に搭載されたミサイル慣性誘導装置の発展過程を「技術システム・アプローチ」を応用して記述している。ミサイル慣性誘導装置は、ミサイルにモジュール的に搭載される部品であり、技術的に「自己完結」しているタイプのシステムであるため、環境との相互作用が起きにくいと考えられる。また、軍事技術であるため、開発・運用上のコスト計算を過度に要求されることがない製品でもあ

---

<sup>16</sup> 核弾頭の運搬手段である無人の飛翔体すなわち核ミサイルには、大きく二分類ある。そのひとつが、弾道ミサイルである。これは発射後にいったん大気圏外にでて地球の引力だけで飛ぶため速度も速く1万 km 以上の長い射程距離をもつ。大陸間弾道ミサイル (ICBM)、潜水艦発射弾道ミサイル (SLBM) がその代表。一方、もうひとつの分類として、巡航ミサイルがある。これは地表か海面をすれすれに飛ぶため、速度も遅く射程も短い。しかし、レーダーの目を避けてあらかじめ与えられた高度地区にもとづいて航行するので敵に発見されにくい。この手のものは海上・海中発射ミサイル (SLCM) が中心となっている。

る。それゆえ一見すると、電力システムを「開かれたシステム」の事例として描写したヒューズの「技術システム・アプローチ」がうまく適合するとは思えない。しかし、あえてそのようなタイプの技術の発展過程に「技術システム・アプローチ」を適用することで、このアプローチの有用性が浮き彫りになる。

実際、ヒューズによる電力システムの発展過程の説明では、コスト計算にもとづく経済合理性を追求する電力事業体の姿勢が大きな役目を果たしていた。それに対し、マッケンジーによるミサイル誘導装置の発展過程の説明では、経済的要因に関する説明は後景に退いている。この点が、両者で確かに異なる点である。しかしながら、「技術システム・アプローチ」に関するその他の特徴点は、マッケンジーの説明においても有意に役立っている。

その結果として、慣性誘導装置が、実は「自己完結」した技術システムでは決してなく、環境との相互作用を通じて発展していく「開かれたシステム」であったことが明らかにされる。物理的・外見的には「閉じたシステム」であっても、「技術システム・アプローチ」の観点から検証すると、実は「環境とシステムとの相互作用」をその発展過程において伴っていることが見いだされるのである。同時にまた、「経済的要因によるシステムの拡張」が作用しにくい軍事的な技術システム（ミサイル慣性誘導装置）において「環境とシステムとの相互作用」が展開されていった背後では、ある一人の科学者の熱意と「外部」に向けた積極的な活動が大きな役目を果たしていたことが指摘される。これらが、ヒューズの「技術システム・アプローチ」を「閉じたシステム」の分析にも応用することでマッケンジーが新たに明らかにした知見である。

それではさっそく、彼によるミサイル誘導装置の発展史を見てみよう。

### (1) ミサイル誘導装置について

ミサイルの誘導には、大きく分類して二つの方法がある。ひとつは、慣性測定装置を利用して加速度を測定し、そこで得た数値をジャイロスコープと組み合わせて位置を計算することで、ターゲットにミサイルを誘導する仕組みをもつタイプ（慣性誘導: inertial guidance）である。もうひとつは、外部の情報、たとえばレーダー高度計による測定結果や衛星追尾システムによる情報を補完的に利用するタイプである。ここで研究対象とする弾道ミサイルは、前者のタイプに属しており、ミサイルに搭載された慣性誘導装置のみを利用してターゲットに向かう。この意味で、「自己完結」したシステムであるといえ、ヒューズの研究した電力供給システムとは異なっている。しかしながら、狭い物理的意味においてのみシステム概念を利用することは、それを貧困なものにしてしまう。ミサイル誘導装置の発展過程を理解する上で、「技術システム・アプローチ」にもとづく考え方は役立つ。

## 技術システム・アプローチ

慣性誘導装置は確かに機能的に自己完結したものであるが、それは限定された操作上の意味においてのみである。慣性誘導装置がきちんと作動するためには、発射地点およびターゲットの詳細な所在や、地球の重力場の範囲に関する知識が必要になる。実際に、慣性誘導システムは、まさにシステムであり、ミサイルの命中精度は体系的な産物だといえる。加速度計・ジャイロスコープ・搭載コンピュータ・重力地図・地形図・大気圏再突入時の状況、これらすべてが相互依存的に最終的な命中精度に貢献している。

さらに、技術的なことにとどまらず、誘導技術を創出し、それを運営する機関が存在するように、社会的・組織的な側面も大きく関係している。このような複雑で高価な技術を開発利用するためには、責任を分担し、サブゴールを割り当てる社会的分業なくして達成することは不可能だからである。

それと同時に、技術上の問題の特定化は、組織的・経済的・政治的になされる。とりわけ、ミサイルのもつ技術的な特性のうち、何に価値をおいて重視するのか（たとえば命中精度など）を決定づけるプロセスにおいて組織的・経済的・政治的な因子が作用する。組織内の利害関係の激突、大量配備計画におけるコスト上の問題、「反撃能力」論争にまつわる議会でのロビー活動などが、ミサイルの設計仕様に影響をもたらしたのが、その一例である。

このように、外的環境との関係で慣性誘導装置をとらえ直すことで、たとえ自己完結的な構造をもつ技術システムであっても、実は環境との相互作用を必要としていることがわかる。「技術システム・アプローチ」の視点から慣性誘導装置を見ようとすればするほど、それは「開かれたシステム」として描かざるをえなくなる。

## (2) 物語の主人公とその役割

成功した技術者というものは、成功するために「金属と数式」以上のものを巧みに処理した人たちである。時に技術者は、人間や組織のもつニーズをすっかり忘れ、技術の論理だけにもとづいて物事を処理してしまう。そのようなときには必ず、「非常にすばらしいものができた……でも、誰もそれを欲しがらない」ということが起きる。そうならないために、開発した（または開発中の）技術が「どんな意味を持ちどうして必要なのか」を人々に理解させる説得工作を行わなくてはならない。技術に関係する仕事において、「必要性の創出」にかかわる工作活動は最終的に避けては通れない部分である。

慣性誘導システムを開発し、実用化に成功させた重要人物であるドレイパー（Charles Stark Draper）は、慣性誘導技術のもちうる社会的（軍事的）有用性を常に訴え続け、人々にその存在を認めさせるために努力した人物であった。一般に、全く目新しい技術やデバイスを生み出したときには、それに対するニーズや市場を見つけだすための工作活動が行われなくて

はならない。しかし、ミサイル誘導システムへの軍事上のニーズは潜在的にあったため、その点における工作活動の必要はなかった。その代わり、慣性誘導技術の「可能性」を反対者も含めたみんなに信じさせるための説得工作を必要とした。ドレイパーは、MITの研究施設に所属して仕事をしてきたことを強みとして、資金調達や開発契約などの面で（自らの教え子も含む）MIT卒業生の軍や政府にまたがるネットワークを活用した。<sup>17</sup> また、彼は積極的に主要な学会や会議に出席し、開発の近況報告をするとともに、スポンサーを訪れては最新装置の性能を吹聴して慣性誘導装置がミサイル誘導技術の問題を解決できることを訴え続けた。

このように、慣性誘導装置の開発に徹底的にコミットした、ある種マッド・サイエンティスト的な性格を持ち合わせるドレイパーの活動によって、アメリカ合衆国のミサイル誘導技術は、その発展の方向性を規定されたのであった。

### (3) 逆突出部と決定的問題のダイナミクス

第二次大戦後のアメリカ合衆国では、1950年代の半ばにかけて、爆撃機と巡航ミサイルから弾道ミサイルへと軍関係者の関心が集まっていった。それに伴い、ミサイル誘導装置の開発に優先的な順位が付与され、巡航ミサイルや爆撃機よりも、弾道ミサイルの誘導システムが軍事上の決定的な問題であるとして研究が進められるようになった。

このような状況の中、当初よりドレイパーは、弾道ミサイルに搭載する慣性誘導システムにおける逆突出部を体系的に把握していた。<sup>18</sup> 初期の彼の分析では、慣性誘導装置を構成する二つの要素である加速度計とジャイロスコープのうち、加速度計よりもむしろジャイロスコープの改良が鍵であると指摘していた。たとえば、1時間の飛行で1マイルの誤差範囲内に命中精度をおさめるための改良には、加速度計では既存の10倍の改良努力が必要であったのに対し、ジャイロスコープではさらに100倍または1000倍の改良努力が必要であるとドレイパーは考えていた。こうして高性能のジャイロスコープの開発に向けた努力が重ねられていった。

実際、1947年までには、ジャイロスコープの強力な開発プロセスが確立されていた。それと同時に、ジャイロスコープの設計仕様に関する技術選択も明確なものになっていた。それが“floated single-degree-of-freedom integrating gyroscope”である（図1）。このデザインは、

<sup>17</sup> 酒場でウイスキー・ボトルを傾けながら、友達同士の間で交渉を進めもした。

<sup>18</sup> エジソンが電灯システムを創り出すときに、「発明家＝企業家」的な才覚を発揮してシステムズ・アプローチによってその逆突出部を特定化したのと同様に、彼もまたシステムズ・アプローチの視角から慣性誘導システムの逆突出部を特定化したのである。

その後続くジャイロスコープの開発においてひとつの「パラダイム」となった。つまり、この基本デザインをもとに改良を重ねていくことで次世代・次々世代のジャイロスコープが生まれていった。

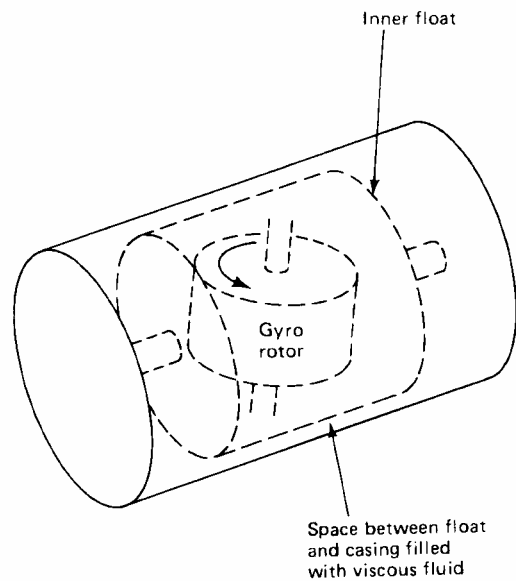
ドレイパーのグループにとっての基本的なパラダイムは、明確な目的に沿って相次ぐ改良を重ねていくプロセスを受け入れることであった。その目的は、これまでになく命中精度を高めた誘導装置であった。精度を高める上での障害と逆突出部を見きわめ、それらを解決可能な決定的問題へと変換するために、実験と理論的な研究の両方を含む骨の折れる努力が彼らによってなされた。決定的問題の解決に関しては、ドレイパーの研究所グループが中心的役割を果たしたのはいうまでもないが、MIT の他部門や外部企業も問題の解決に貢献した。<sup>19</sup>

また、慣性誘導装置の設計について詳しく見ていくと、ドレイパーの研究所で開発された装置はいずれも 1940 年代に作られた先祖的存在であるベーシックな装置の設計と基本的には類似しており、保守的かつ強力な「通常技術」<sup>20</sup>に属していた。彼らの 30 年間に及ぶ細部の修正と改良の蓄積は、めざましい性能の向上を生み出していった。

ここで注目すべき点は、アメリカ合衆国における慣性誘導装置の開発には 30 年の歴史があり、少なくとも他に 8 箇所の開発サイトがあったにもかかわらず、順調な技術開発プロセスを経たのはドレイパーの研究所が唯一に等しかった点である。他の開発サイトでも、「逆突出部＝決定的問題」の形式にしたがって開発活動が進められたのは同じである。しかし、それらがドレイパーの研究所と違っていた点は、第一に、特定化された逆突出部が同じではなかったこと、第二に、時とともに基本的な装置デザインが大きく変更されていたことである（たとえば、ある研究所では“floated”→“dry”→“laser”とジャイロスコープの設計を大きく変えた）。それでは、なぜ異なるグループには異なる逆突出部が特定化されてしまうのだら

ここで注目すべき点は、アメリカ合衆国における慣性誘導装置の開発には 30 年の歴史があり、少なくとも他に 8 箇所の開発サイトがあったにもかかわらず、順調な技術開発プロセスを経たのはドレイパーの研究所が唯一に等しかった点である。他の開発サイトでも、「逆突出部＝決定的問題」の形式にしたがって開発活動が進められたのは同じである。しかし、それらがドレイパーの研究所と違っていた点は、第一に、特定化された逆突出部が同じではなかったこと、第二に、時とともに基本的な装置デザインが大きく変更されていたことである（たとえば、ある研究所では“floated”→“dry”→“laser”とジャイロスコープの設計を大きく変えた）。それでは、なぜ異なるグループには異なる逆突出部が特定化されてしまうのだら

図 1



出所) MacKenzie (1987), p. 208.

<sup>19</sup> ときに研究所スタッフは、スピン・オフしてルート 128 地域のベンチャー企業として独立した後も、「決定的問題の解決」を引き受けていた。

<sup>20</sup> Kuhn の「通常科学」へのアナロジー。

うか。これへの明らかな答えは、異なるグループでは違った目標を優先付けしており、それ故に、異なる物事が進歩への障害として特定化されてしまうというものである。つまり、ドレイパーの研究所において行われた命中精度を重視するという考え方は、他の研究所でも一般的であったとはいえず、場合によっては、装置の信頼性・重量・大きさ・製造容易性・低コストといった別の属性に優先付けがなされることもありえたのである。

そうはいつても、なぜ異なるグループが異なる優先付けを考えてしまうのかについて説明することは、複雑すぎる問題である。しかし、想定可能なひとつの決定的な要因は、装置に対する顧客ニーズが一律ではないという点にある。たとえば、戦術ミサイル・民間飛行機・軍用飛行機・巡航ミサイル・戦略爆撃機・宇宙船ブースター・潜水艦ナビゲーション・戦略ミサイルなどおのおのニッチ的な要求が存在する。これらに応じて、異なる組織が異なるニッチ領域に専門特化していくのである。そのプロセスには、当然他の影響も含まれている。

ドレイパーの研究所が命中精度に特化していった経緯は、やはり企業の一部門ではなく大学の部門であるという出自に関係していた。とくに 1965 年以降は、戦略弾道ミサイルの需要が低下して市場が縮小する一方、民間飛行機分野での慣性誘導の採用という新市場の発展と軍用飛行機部門での根強く残る需要の存在という、分裂ぎみの市場環境が形成されてきていた。そこで、大規模投資を実施することのできる企業などは潜在的利益率の高い民間部門へと素早く主軸を移していった。これらに対して、ドレイパーの研究所のような大学研究機関は命中精度のさらなる向上に特化するというかたちに分岐していったのである。<sup>21</sup>

異なるグループが異なる逆突出部を知覚する理由として考えられる、もうひとつの微妙な点は、たとえ到達目標については人々の間に合意が見られる場合であっても、その目標を達成する際に「解決すべき対象として措定する障害」や「解決のための手段」に関しては、必ずしも見解の一致が得られないことを指摘できる。たとえば、ミサイルの命中精度を高めるという最終目標での一致はあっても、その手段として、慣性誘導装置の性能を一貫して高めることを主張するグループと、補完的な外部情報としての重力場に関する知識を豊富にすることを主張するグループの二つが存在しうる。<sup>22</sup> この種の論争が生じる可能性から理解できるように、「逆突出部＝決定的問題」は、自然に存在しているのではなく、本来的に人々の交渉の帰結として人工的に特定化され提示されるのである。

<sup>21</sup> 高利益の民間部門への参入は魅力的ではあるが、ますます高まる「参入価格」が参入障壁として作用していた。つまり、民間部門では価格が最も重視される点であったので、大規模生産で低コスト化を可能とするような投資をできる企業でないと実際の参入は無理であった。

<sup>22</sup> たとえば、高性能の TERCOM（地形照合誘導装置）が利用可能になれば、慣性誘導装置それ自体の精度の高さは必要とされなくなる。



#### (4) システムと環境

慣性誘導装置の命中精度は、単に研究所における技術的活動のみによって発展していったのではなく、少なからぬ「外部的な影響」を受けて発展していった。研究所での開発活動は、最終的には「自己完結」的ではなかった。そこで以下では、ドレイパーの研究所で慣性誘導装置の開発にたずさわった技術者たちが、自分たちを取り巻く環境／社会のニーズを形成・誘導することにうまく成功したのかについて、また、彼らの慣性誘導装置が「命中精度の究極的追求を行うこと」に対して継続的な支持を集めることに成功したのかについて見ていく。

先にも述べたように、弾道ミサイルをはじめとする軍事関連技術として慣性誘導システムに対するニーズはもともと存在していた。その代わり、必要であったのがこの技術システムの「実現可能性」を示すことにあった。その点は、実際に利用可能な慣性誘導装置の開発によって実現され、ミサイルや軍用機への採用が順調に進んでいった。これが、1950年代末までの話である。

ところが、1965年頃になると、ドレイパーのようにさらなる精度の向上を推進したいと考える人たちは、新しい第三世代の慣性誘導技術のためのニーズを確立する必要性に迫られた。これを受け、70年代初頭のドレイパーは、第三世代技術を飛行機（とりわけ民間向け）のナビゲーションに応用することで、飛行機の増加によって生じる管制システムの混乱を回避することができるかと主張しはじめた。つまり、より高精度の慣性誘導装置が航空輸送システムにおける逆突出部を解決できると、訴えた。しかし、そのもくろみは成功せず、民間飛行機の慣性誘導装置は第二世代のものを利用し続けた。結局、従来程度の精度の誘導装置で十分だったのである。またその一方でドレイパーは、空軍へのロビー活動を通じて戦略爆撃機に第三世代装置を採用させることに成功したが、後には第二世代の改良型の性能で十分だという話になり、これも一時的成功に終わってしまった。そうすると、第三世代の高性能誘導装置のための市場として残るのはICBMやSLBMなどの弾道ミサイルしかない。

従来の第二世代装置の命中精度では、弾道ミサイルによって報復的に敵方の都市を攻撃して破壊すること（敵国の国民を人質に取る）には適していた。すなわち着弾予想範囲は都市レベルであった。それに対し、第三世代装置を利用すれば、敵方の軍事施設や核ミサイル格納庫などのハード・ターゲットを正確にねらうことで相手の「反撃能力」を的確に弱めさせる軍事戦略を採用することができるという利点が生まれる。<sup>23</sup> しかしながら、実際にこの第

---

<sup>23</sup> これが一方的に可能になると、敵に対する報復攻撃用としての核ミサイルの位置づけが揺らぎ、先制攻撃用として利用することが可能になる。つまり、核抑止が効かなくなる可能性をもつ。その意味で、ドレイパーらによる命中精度の究極的追求という科学者の夢は、一転して国際政治を混乱に陥れる悪夢へと変貌してしまう恐ろしい可能性を秘めていたのである。

三世代ミサイル誘導技術が、アメリカ合衆国の核戦略や「反撃力」に対するターゲット政策を押し進めることについて、独立的に重要な役割を果たしたという証拠はどこにもない。もともと軍部における「反撃力」対策へのコミットメントは深くかつ長期的なものであったからである。そのため、高性能な誘導装置の採用に向けてドレイパーが積極的なロビー活動をする必要性はなかった。潜在的ニーズは存在していたからである。

とはいえ、高性能誘導装置のための市場を創り出すためのひとつの明らかな試みは存在した。それは、国の軍事戦略に直接的に働きかけるものではなく、空軍・海軍といった軍の部門間の対抗意識を利用するというものであった。たとえば、地上発射弾道ミサイルに対抗しうる程度に艦載弾道ミサイルの精度を高めなくては、国家的な支持を得られずに、いずれ海軍のミサイルはお払い箱になるだろうという内容の極秘文書をドレイパー自身が書いたりしていた。こうした経緯を経て、第三世代の誘導装置は、MX/Peacekeeper や Trident II ミサイルという新たな市場を獲得した。

その後、1970年代後半になっても、ドレイパーの研究所ではより高性能の第四世代装置の開発を続けていった。しかし、もはや慣性誘導装置のエラーが弾道ミサイル・システムの逆突出部を形成しているという見方に対する人々の合意はなかった。ミサイルの開発設計における人々の関心は、同等の命中精度を保ちながらいかにしてコストを大幅に削減するかという点に向けられていた。ソ連との軍拡競争において、核ミサイルの大量配備をいかにして効率的に実行するかという点が、新たな「逆突出部＝決定的問題」を形成していたのである。

## 8. 終わりに

最後に、「技術システム・アプローチ」のもつ特徴点を簡単にまとめておこう。

第一に、技術システムの発展過程を記述するにあたり、技術的側面と社会的側面とを同一平面上に置き、両者の相互作用関係に着目する。「技術は社会を形成するし、また、社会によって技術が形成される」という因果関係の双方向性を分析視角とする。とりわけ、技術システムの国際比較を行うときにこの視点は役立ち、国別・地域別に表出されている「地域的スタイル」の違いを説明するために利用できる。

第二に、「逆突出部＝決定的問題」という概念を使用することで、技術システムが特定の時点において抱えるマクロ的な問題（システム発展上の阻害要因）と、それを具体的に解決するためのミクロ的な問題（個別技術的な解決課題）とを分離せずに一体的に分析を進められる。それにより、システムの成長過程において「逆突出部＝決定的問題」がダイナミックに移動していく様子を記述できる。その際、「逆突出部の特定→決定的問題の解決」または「決定的問題の解決策→新しい逆突出部の発見」という両方向の流れがありうる。

第三に、技術システムと環境との境界線を厳格に引かないことで、システムの成長・拡大すなわち「境界の変動」を主題として取り上げることができる。これにより、複数の技術システムどうしの争いも、「総合」という名の境界変動によって解消しうる可能性が示される。また、技術システムの成長と境界変動を引き起こす誘因として、「コスト計算にもとづいて経済合理性を追求する」経済的価値観に着目する。さらに、境界変動を促す社会的・政治的な要因として、企業家や科学者の熱意から発する「外部」への積極的な働きかけ（ロビー活動など）が、システムの発展過程で重要な役目を果たしている点も見逃さずに記述する。

以上が、ヒューズ『電力の歴史』において提示された技術史分析の第3の視点、「技術システム・アプローチ」の特徴である。

### 謝辞

匿名のレフェリーならびに本誌編集長の新宅純二郎氏より頂戴した建設的なコメントを本稿作成上の一助にしました。ご両氏に、感謝申し上げます。

### 参考文献

- Bimber, B. (1990). Karl Marx and the three faces of technological determinism. *Social Studies of Science*, 20, 331-335.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (1994). *The goal: A process of ongoing improvement* (2nd ed.). Great Barrington, MA: North River Press.
- Heilbroner, R. L. (1967). Do machines make history? *Technology and Culture*, 8, 335-345.
- Hughes, T. P. (1983). *Networks of power: Electrification in Western society, 1880-1930*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press. 邦訳, T・P・ヒューズ (1996) 『電力の歴史』 市場泰男訳. 平凡社.
- Hughes, T. P. (1994). Technological momentum. In M. R. Smith, & L. Marx (Eds.), *Does technology drive history?: The dilemma of technological determinism* (pp.101-113). Cambridge, MA: MIT Press.
- MacKenzie, D. (1987). Missile accuracy: A case study in the social processes of technological change. In W. E. Bijker, T. P. Hughes, & T. J. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems* (pp. 195-222). Cambridge, MA: MIT Press.
- 松本三和夫 (1998) 『科学技術社会学の理論』 木鐸社.
- Misa, T. J. (1994). Retrieving sociotechnical change from technological determinism. In M. R. Smith, & L. Marx (Eds.), *Does technology drive history?: The dilemma of technological determinism* (pp. 115-141). Cambridge, MA: MIT Press.
- Pinch, T. P., & Bijker, W. E. (1987). The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of

science and the sociology of technology might benefit each other. In W. E. Bijker, T. P. Hughes, & T. J. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems* (pp. 17-50). Cambridge, MA: MIT Press.

Rosenberg, N. (1976). *Perspectives on technology*. London: Cambridge University Press.

[2002年7月29日受稿; 2002年8月21日受理]

**赤門マネジメント・レビュー編集委員会**

編集長 新宅 純二郎

編集委員 阿部 誠 粕谷 誠 片平 秀貴 高橋 伸夫 藤本 隆宏

編集担当 西田 麻希

**赤門マネジメント・レビュー 1巻5号** 2002年8月25日発行

編集 東京大学大学院経済学研究科 ABAS/AMR 編集委員会

発行 特定非営利活動法人グローバルビジネスリサーチセンター

理事長 片平 秀貴

東京都千代田区丸の内

<http://www.gbrc.jp>