過去から未来を訪ねる技術史という 視座の定着のために*

日本機械学会論文集(C編)
74巻746号(2008-10)

佐 藤 建 吉^{*1}

In Order to Well-establish the History of Engineering for Viewing the Future States Through the Past Experience

Kenkichi SATO^{*2}

^{*2} Graduate School of Engineering, Chiba University,
1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba, 263-8522 Japan

Key Words: History of Technology, Future Perspective, Brunel, Monodzukuri, Brunel Spirit

1. 序

「技術と社会」は、日本機械学会の部門名として掲げている言葉ですが、もちろん一般にも用いられています。いま、これを「技術社会」と書いた場合、読者はどのように感じるでしょうか。ずいぶんと硬い感じを受けるのではないのでしょうか。それでは、「科学技術」はどうでしょうか。これは、同じ4字熟語ですが、毎日、新聞やTVで見聞きする言葉で違和感はなく、本論文集を手にしてしている読者は、むしろそれが自分の専門であるという方が多いことでしょう。それでは、「科学と技術」はどのように感じられるでしょうか。先にあげた「科学技術」という現代性が消え「科学」と「技術」の対比ばかりが強く感じるのは筆者ばかりでしょうか？

上の書き出しは、私たちの生活や活動が、科学・技術、そして技術・社会という両面に強く関わっており、現状は言葉とそれが持つ意味合いで、かなり異なるということの確認のためです。技術と社会部門では、「技術・工学教育」、「技術倫理」、「知的財産権」、「技術史・工学史」、そして「機械遺産」ほか、技術と社会に深く係わる委員会活動を行っています。個々の委員会で対象とするテーマは、上に述べたような現状における捉え方や認識を基盤とし、将来における方向性を予測し、その時代に遅れを取らない研究活動、委員会活動が重要になります。これは、機械工学は勿論のこと、日本機械学会および他部門の活動が社会との関わりなしには成立しないので、これらに共通する重

要な認識です。

では、未来を創成する機械工学者たちにとって重要なことは何でしょうか。数学や力学、そして関連するその他の科学についての一般的な知識を身につけていることは勿論のこと、設計というもののづくりを進める工学や技術について、先人が培って来た歴史を知ることが挙げられます。いま私たちが対象とするのは、機械技術を中心とする工学、すなわち機械工学における「技術の歴史」、広くくるとしては、「技術史」・「工学史」です。

この小論では、主として、日本機械学会の技術と社会部門における「技術史」について取り上げ、『技術と社会の関連を巡って：過去から未来を訪ねる』というフレーズに込めるように、過去から現在、そして未来へと、時間と位相を変えて、社会と技術に関する写像を述べてみたいと思います。

地球において通り過ぎた時間と場所への知識は、
人類にとって装飾品となり、食糧となる⁽¹⁾。

(ダ・ヴィンチ)

2. 破

2・1 技術史研究の意義 日本機械学会・技術と社会部門では、毎年秋季には「技術と社会の関連を巡って：過去から未来を訪ねる」と題する講演会を開催しています。このフレーズの由来については不明ですが、いまここで述べようとしている内容を体現しており、筆者はこのメッセージを大切にしたいと考えています。また、「過去を訪ね未来を展望する」、これが技術の歴史を技術史として呼び、学問として取り上げる

* 原稿受付 2008年7月3日。

^{*1} 正員、千葉大学大学院工学研究科(〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)。

E-mail: ksato@tu.chiba-u.ac.jp

別の見方です。

三輪修三氏は、「機械工学史」(丸善, 2000 年刊)で、技術史, 科学技術史を学ぶことは、次のような意味があると述べています⁽²⁾。

① 現代の機械技術と機械工学の範囲と内容は果てしなく広がって、当事者ですら全体が見えなくなってしまった。これは危険なことである。しかし歴史によってこれらを過去からの「変化のすがた」として捉えれば、全体を総合的・立体的に把握することができる。

② 重要な工学概念, 原理, 法則などは「与えられたもの」としてではなく、着想から論争を経て、定着に至る「創造のダイナミクス」の中で捉えることができる。この立場の歴史は〈内部史〉あるいは〈学説史〉といわれる。

③ 技術は社会を変える。社会もまた技術のすがたを強く規定する。各時代, 各場所で社会は技術に何を求めてきたか。このような「技術と社会との関わり」を歴史の中に見れば、技術の生成・変転のありさまがわかり、未来への手がかりが得られる。また、人間の文化と文明における技術の功罪について幅広い視野をもつことができる。この立場の歴史を〈外部史〉または〈社会史〉という。

④ 時代を切り開いた技術者・工学者の姿と生きざまを歴史の中に見ることで、ある状況におかれた個人の決断と行動の正しさと限界、あるいは歴史における個人の役割を知ることができる。これは技術と工学の世界で専門職業人として生きようとする自分への励みと反省を与える。

三輪氏は、②を内部史、③を外部史とされていますが、筆者はこれに追加して、①を鳥瞰視観、④を演劇舞台物語観と呼ぶことに致します。技術史の4つのとらえ方、意味です。

2・2 現在から過去と未来への探訪 現在から過去へそして未来を訪ねることは、2002年の映画“Back to the Future”で明確に描かれています。この映画は、現在から過去へ、そして過去から未来へとタイムスリップし、自分自身の過去や未来を覗くことができるコメディ系の科学映画でした。科学としてとらえる技術史は、著述により過去と未来の関連を取り上げますが、その切り口として、小説家で評論家の堀田善衛氏による『未来からの挨拶』⁽³⁾があります。同氏は、自身がスペイン滞在中に得たヒントから、この映画“Back to the Future”をホメロスの歴史書『オデュッセイア』に由来するとして、以下のような見解を述べています⁽³⁾。

「古代ギリシアでは、過去と現在が(われわれの)前

方にあるものであり、したがって(われわれが)見ることのできるものであり、(われわれが)見るることのできない未来は、(われわれの)背後にあるものである、と考えられていた。」

さらに、未来を見据えることができる人は、ごく少数で、大半は、過去や現在を見つめるにとどまるだけであると語っています。過去から現在までは歴史として置き換えられており、「温故知新」の精神にそれを高めることが可能です。「温故知新」を辞書で引くと、過去の多くのことを知って初めて未来のことがわかるということの意味しており、過去を訪ねて未来を展望することこそ、普通の人物に取っては、必要で妥当なことであります。

歴史とは、混沌や偶然を意味するものではない。

それは、むしろ一部には予想可能で、

目に見える秩序や規範として現れる

人間の行動である⁽¹⁾。

(社会科学の歴史研究会)

2・3 過去から未来への継続 前項では、未来を直ちに予測することは困難であり、過去を尋訪し初めてそれが可能にあることを述べました。しばしば引用されるのですが、未来予測の成功例として Moore の法則が挙げられます。それは、Intel の共同創始者の Moore が 1965 年に発表した記述に由来していますが、計算速度が毎年、2 倍になるというものでした。

Kurzweil は、その後、図 1⁽⁴⁾に示すように今日に至る技術の発展は、前歴の技術によって支援されることをプロットしました。初期の電子計算機からリレー、真空管、トランジスタの技術的背景があって、LSI の

Fig. 1 Moore's law by Kurzweil

発展につながったというものです。5年ごとにメモリー容量が10倍になるというものです。この図では、1900-2000年までの100年間の西暦年とプロセッサの価格1000ドル当たり、1秒当りの計算処理回数の関係をプロットしています。この法則においても通常は、1985年以降のLSIのデータで語られていますが、実はそれ以前の真空管、トランジスタの発展を踏まえての予測でした。

このことは、明確に、将来予測は、その当時の過去と現在における傾向を知って、かつその業界の予測が可能で、事実、Mooreのトレンドが、目標としての技術を生み、社会も技術に期待した背景がありました。上の進展は、LSIなどの先端的な製品の例でした。一方、もう少し年数を要した成長と変革の例とし

Fig. 2 Surface transportation substitution from draft horses to cars in the USA.

Fig. 3 The top space of Houchi Shinbun, describing "A Prospect for the 20th Century"

ては、馬車と自動車があります。図2⁽⁹⁾がそれで、陸上交通が馬車から自動車への推移が、著しく普及したことがわかります。この図で細線は予想曲線ですが、太線は実績です。

100年後の未来予測では、1901年の報知新聞による「二十世紀の予測」⁽⁶⁾がしばしば引用されます。その予測では、テレビや電話、ファックス、戦闘機など多くのものが予測されています。

以上は、「過去」「現在」「未来」と時世、すなわち時間の位相を区分しますが、決して非関連ではなく、連続的な挙動として推移するものであることを示しています。

現在、問題となっている地球温暖化におけるCO₂の増加も、同じく急激に増加していますが、それを如何にCO₂の排出しない方式に転換するかが問われています。技術と社会のキャッチボールこそがそれを実現することになります。

すべての機械は、自然から得られたものであり、
天空の回転という教えと教訓に基礎がある⁽¹⁾。

(ヴィトリウス)

2.4 過去から未来をつなぐエンジニアの存在

変革は上述したような趨勢であるのですが、それは社会が技術をそして技術が社会を誘導した結果としての現れでした。そうした背景にはエンジニアの存在が必須です。

いま筆者が注目しているのは、イギリスのヴィクトリア時代のエンジニア、イザムバード・キングダム・ブルネル(Isambard Kingdom Brunel, 1806-1859)⁽⁶⁾⁻⁽¹⁰⁾です。ブルネルは、多くの歴史研究家などが評論しているように変革のエンジニアであったといえます。ブルネルは日本人にはあまり知られていませんが、母国イギリスでは表1⁽¹¹⁾のように、第2位の偉大な英国人として得票しています。いまブルネルを知ることが、私たちの未来を挑戦的につくことで、換言すれば過去の偉大なエンジニアの気概を知り、未来を構築することになるといえるでしょう。

2.5 イザムバード・キングダム・ブルネル⁽⁷⁾⁻⁽¹⁰⁾

ブルネルは、1806年4月9日、ポーツマスのポートシー(Portsea)で生まれました(図4)。発明家のエンジニアであった父マーク・イザムバード・ブルネル(1769-1849)は、息子ブルネルが6歳のときから才能を現した数学と図学の能力を、イギリス南部のホープ(Hove)にある寄宿学校に入学させ、英才教育を施しました。

その後ブルネルは、フランスのカーン(Carne)で、

後にパリのヘンリ 4 世学校(Henri Quadric Ecole)で学びました。パリでは、時計修理業を営む業界の秀逸のブルゲー (Louis Breguet) のところで徒弟修行しました。16 歳になったブルネルはロンドンに戻り、父の事業であるテムズ河底トンネル工事に参画しました。工事中、4 度目の出水事故で怪我し、ブリストルで療養中に、クリフトン吊り橋の設計コンペに優勝し、エンジニアとしての成功の鍵を勝ち取りました。その後、GWR(Great Western Railway)で、ロンドン～ブリストル間の鉄道建設を行いました。

ブルネルが設計し、監督・製造した橋やトンネル、鉄道や船、そして建築物は、デザインの面でもすぐれており、「よいモノは美しい、美しいモノはよい」が活かされています。彼の事績を調査しその価値を知ると、ものづくりへの感動を受け取ることができます。その結果として、学生や生徒、若い機械エンジニアが、ブルネルに負けない設計やものづくりに挑戦し、さらには科学技術への興味を引き出すことができると、筆者は考えています。

ブルネルは、19 世紀の激動の時代にイギリスで、

170 年以上先の今日につなぐ、橋やトンネル、鉄道や船など都市・交通インフラの分野で、技術を通して問題や現状を開き、変革を成し遂げたエンジニアでした。彼は、「ものづくり」、「ことづくり」、「しくみづくり」に挑戦し続けたのでした。

2・6 ブルネルの事績^{(7)～(10)} ブルネルの革新的な事績について述べます。それには、①クリフトン吊り橋(1830 年設計、図 5)、②ロンドン～ブリストル間を高速・大量・安定走行の超広軌鉄道 GWR 建設(ゲージ 2 140 mm, 1841 年開通、図 6)、③低橋桁で長スパンのメイデンヘッドのアーチ橋(1844 年完成、図 7)、④当時世界最長のボックス・トンネル(1841 年、図 8)、⑤大西洋横断蒸気船のグレイト・ウェスタン号(1837 年進水、図 9)、⑥総鉄鋼・スクリュー(プロペラ)推進の蒸気船グレイト・ブリテン号(1843 年進水、図 10)、⑦高勾配走行可能、騒音・環境配慮の大気圧鉄道(1847-1848 年運転、図 11)、⑧ロンドンパディントン駅(1854 年完成)、⑨シダナムのクリスタルパレスの給水塔(1853 年)、⑩空調設備のあるクリミア戦争の野戦プレハブ病院(1855 年設置)、⑪オーストラリア航路用巨大蒸気船のグレイト・イースタン号(1858 年進水、

Table 1 The best ten ranking for Great Britons

1	Churchill	456,498 (28.1%)
2	Brunel	398,526 (24.6%)
3	Diana	225,584 (13.9%)
4	Darwin	112,496 (6.9%)
5	Shakespeare	109,919 (6.8%)
6	Newton	84,628 (5.2%)
7	Elizabeth I	71,928 (4.4%)
8	Lennon	68,445 (4.2%)
9	Nelson	49,171 (3%)
10	Cromwell	45,053 (2.8%)

Fig. 4 Isambard Kingdom Brunel

Fig. 5 Clifton suspension bridge, Bristol

Fig. 6 North Star and Brunel's statue, Swindon

Fig. 7 Arch bridge, Maidenhead

Fig. 8 Box tunnel, Box

Fig. 10 Great Britain and its Propeller

Fig. 9 Great Western steam ship

Fig. 11 Atmospheric railway

図12), ⑫ロイヤル・アルバート橋(1859年開通, 図13)などがあり, ()に示した年代で先例を越える実績でした。

このように、ブルネルは53年の短い人生、37年の実務年間で上のような吊り橋、蒸気鉄道、トンネル、蒸気船、駅舎などの都市交通インフラの多くの対象の設計、建設を行いました。以下に、そのうちの一部についてその特長を記します。

ブルネルは、クリフトンの吊り橋のコンペでは、760 ft から 900 ft の長大スパンの4案を提案しましたが、審査委員長を務めた当時の橋の権威者テルフォード(Telford)の定めたスパンの最大値 600 ft (183 m) を超えていたため、他の提案とともに全部で22案は失格とされ、コンペはやり直しとなりました。2回目のコ

Fig. 12 Great Eastern

ンペは、テルフォード自身も提案しましたが、ブルネルの設計案が選定されました。その橋のスパンは 630 ft (192 m) で、その優美なデザインは、その後「構造芸術」の端緒、と評価されることになりました。

次にブルネルの超広軌鉄道について述べます。貿易港ブリストルと首都ロンドンの交通は、馬を乗り継い

Fig. 13 Royal Albert bridge, Saltash

での馬車では16時間を要し、冬季には運河が凍結するなど苦痛で、プリストルの富裕商人には、鉄道は悲願でした。ブルネルは、高速で安定、しかも輸送量を多くするためには、スティーブンソンのゲージを超える7 ft 1/4 in (2 140 mm)の超広軌ゲージが必要であるとし、できるだけ平坦な経路を選択し、グレイト・ウェスタン鉄道GWRを敷設しました。

テムズ河を越えるために必要だったのがメイデンヘッドのアーチ橋でした。前述のようにこのアーチ橋で橋桁を低く抑えたのは、テムズ河を越える際に線路に勾配を大きくしないためでした。同様に、プリストル手前、バースの近くには大きな丘陵地があり、そこを勾配なしに通過するために造られたのがボックス・トンネルでした。こうした工夫をして、GWRは最初にロンドン～メイデンヘッド間が1838年に部分開通し、1841年にはロンドン～プリストル間約190 kmが全線開通しました。ブルネルは、高速・大量・安定輸送という今日の要求をすでに鉄道の発展期に着眼し、それを主張し、実現しています。

最後に、大気圧鉄道について紹介します。この鉄道は、線路間に設置された鑄鉄製パイプの中にピストンを入れ、列車の進行方向にあるパイプ内の空気圧を負圧にすると、ピストンが移動することを推進力としました。この推進方式は、19世紀の初めにサムエル・クレグ(Samuel Clegg)ならびにヤコブとヨセフのサムダ兄弟(Jacob Samuda & Joseph Samuda)が特許を取得しております。彼らは、ロンドンで長さ半マイル(0.8 km)の線路で実験しておりましたが、1844年にアイルランドのダブリン-キングスタウン鉄道で実用されていました。

ブルネルは、ロンドンで実験を行い、アイルランドも視察し、丘陵地があり勾配のきつい南デボン鉄道会社(South Devon Railway)では大気圧方式にすべきであると提案しました。彼の主張が通り、大気圧鉄道は1847年9月にエクセター～ニュートンアボット間

で実験走行が開始されました。パイプ内を真空にする蒸気機関が駆動する真空ポンプ(パワーステーション)は、エクセター、スタークロスほか8ヶ所に設置されました。

試験運転すると多くの問題が露呈しました。推力不足でブルネルは、エクセター～ニュートンアボット間に敷設したパイプの直径を12 in (30 cm)から15 in (38 cm)に増加させると、今度はポンプの出力不足を引き起こし、設計点を越える高速回転で蒸気機関を運転することになり、石炭消費量が増えて運転コストが増加しました。また当時は電信技術が開発中で使用できなかったため、列車と駅(パワーステーション)間での通信が取れなく、列車が前駅から出発したのか、いつ次駅に到着するか不明であったため、真空ポンプを常時運転し続けなければならず、石炭消費量はこのためにも大幅に増加しました。

大気圧鉄道はこうして走行しましたが、最大速度は時速70 mile (112 km)に達し、通常の営業は時速40 mile (32 km)でした。しかし、パイプの上部にある開閉式の弁から真空漏れが発生し、運転半年の1848年には、終止されました。筆者は、ブルネルのこの挑戦は時代が早すぎたためで、現在では通信技術と制御技術、さらに優れた耐摩耗材料があるのでブルネルの大気圧鉄道は、環境面でも有利さがあるので、観光地でのミニ鉄道として復元利用できると考えて、その実施に向けて準備しております。

◇

科学は、司令官であり、実戦であり、兵士である⁽¹⁾。

(ダ・ヴィンチ)

◇

3. 急

いま私たちがブルネルを知ることが、私たちの未来を挑戦的につくることで、換言すれば過去の偉大なエンジニアの気概を知り、未来を構築するということです。私たちは、これまでブルネルについて調査研究し、彼の实像の一部を知りました。イギリスのバース大学のブキャナン(Angus Buchanan)名誉教授のほか多くの方々がイギリスでブルネルについて研究していますが、それはイギリス人の視点であり、日本人による見解として、理解し、定着しなければなりません。

ブルネルの実際の技術は、日本の中に伝承され存在しているわけではありません。しかし、ヴィクトリア時代に彼が自身の健康をも蝕みながら、研鑽と精神力をもって、対象に向かって挑戦的に技術開発し、その提案を資本家に合意させ、しかも事業を完成させた気

概を学ぶことができます。それを、筆者は「ブルネル・スピリット」と呼んでいます。

この点についての一層の理解には、ブルネルの行った事績の先進性、革新性を、要素技術として解析し、評価・研究することが重要であると考えます。これは、三輪氏による外部史としての技術史であり、また物語観としての技術史でもあります。わが国にブルネル・スピリットを周知、定着させ、ものづくりに挑戦する気概を再び醸成させることができそうです。過去から未来、西から東へ(イギリスから日本へ)のスピリットの移転を図りたいと思います。

その活動として、日本機械学会・技術と社会部門の「ブルネル研究会」(主査、佐藤建吉)は取り組んでいます^{(12)~(15)}。これまでの活動歴を記しますと、2004年12月には、公開講演会として「時代を超えて活躍したブルネル父子の物語」⁽¹²⁾としてブルネルとスティーブンソンの比較(菅建彦氏)、ブルネルからエンジニア魂を学ぶ(与儀博氏)、ブルネル作品の模型製作教室(筆者)などが展開されました。

2005年12月には、「ブルネリストのひろがりがつくるエンジニアリング」⁽¹³⁾として、模型展示のほかブルネル賞について(酒井敦司氏)、イギリスのシビルエンジニアからみたブルネル(近藤邦明氏)、ブルネルからいま何を学ぶか(北河大次郎氏)の講演を行い、その後ブルネルを超えるエンジニア像と題して討論が行われました。

2006年は、ブルネルの生誕200年にあたり、千葉県立現代産業科学館において、10月27、28日の両日にわたり、「ブルネル生誕200年記念行事」⁽¹⁴⁾が開催されました。この行事では、ロバート・ハルス氏(Robert Hulse, ブルネル博物館長)、アンガス・ブキャナン氏(Angus Buchanan, パース大学名誉教授)の2名のイギリス人によるブルネル紹介がなされました。また、日本人によるブルネル紹介では、フォトシネマ(綿貫潤氏, ブルネル研究会)、TV番組(日本テレビ系列で10月17日に放送、藤保修一氏, TVディレクタ)、また講談(田辺一鶴氏, 講談師)が行われました。

その後パネルディスカッション(司会:大川時夫氏)では、英国人3名のほか小池滋氏(英文学者)、菅建彦氏(交通文化振興財団)、鈴木孝氏(元・日野自動車)により、関連分野からわかりやすくブルネル・スピリットについて提言がなされました。

また、第2日目は、ブルネルの革新性、挑戦心を「ものづくり、ひとづくり」に生かすために、各界の方々による講演、提言がなされました。レオナルド・

ダ・ヴィンチの創造性(神谷和秀氏, 富山県立大学, 司会:白井靖幸氏)、デザインは公共のために(水戸岡鋭治氏, ドーンデザイン研究所)、また江戸の技術の粋、万年時計の復元模型製作(土屋栄夫氏, 元・精工舎)、本田宗一郎について(西田通弘氏, 元・本田技研工業, 司会:渡辺辰郎氏)が、講演されました。

パネルディスカッション(司会:大河内信夫氏)では、大輪武司氏(日本機械学会, 元・工学教育センター長)、坂本勇氏(大阪産業大学名誉教授)、上野耕史氏(文部科学省)、出浦淑枝氏(小松製作所)、山崎和雄氏(日刊工業新聞社)が登壇し、ものづくり、ひとづくりについて意見討論が行われました。

2007年8月には、2週間にわたり、機械の日記念行事「自分発見ものづくり発見…第1回」⁽¹⁵⁾が東京上野の国立科学博物館で開催され、夏休みの子供たちにブルネルの事績と、大気圧鉄道の模型による走行実演が行われ、感動を提供しました。こうして、多くの行事にご参加、ご協力頂いた方々に謝意を述べ、技術史への深い関心とその適用をお願いする次第です。

文 献

- (1) Dowson, D., *History of Tribology*, (1979); p. 1, Longman Group Ltd.
- (2) Miwa, S., *History of Mechanical Engineering*, (2000), p. 5, Maruzen.
- (3) Hotta, Z., *Modern Sentence (revised edition), A Greeting from the Future*, (2002), p. 8, Chikuma Shobou.
- (4) On line web for the word "Moore's Law", http://en.wikipedia.org/wiki/Moore's_law
- (5) Nakicenovic, N., *Technological Forecasting and Social Change*, (1986), Vol. 29, pp. 309-340.
- (6) Hochi Shimbun, *Prophecy of the 20th Century*, No. 8503 (1901).
- (7) Buchanan, A., *The Life and Times of Isambard Kingdom Brunel*, (2002), p. 294, Humbleton and London.
- (8) Ookawa, T., *Translated book of 7*, (2006), LLP House of History of Engineering.
- (9) Brunel, I., *The Life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer*, (1870), p. 105, Nonsuch Pub.
- (10) Sato, K., *The Great Challenge of Brunel*, (2006), Nikkan Kogyo Shimbun Press.
- (11) Eikoku news Digest, No. 877 (2003).
- (12) Sato, K. ed., *Stories of the Great Engineers of Brunel's Father and Son, Proceeding of the Technology and Society Division of the JSME*, No. 04-79 (2004), pp. 82-104.
- (13) Sato, K. ed., *Re-engineering built by Brunelists in Japan, Proceeding of the Technology and Society Division of the JSME*, No. 05-86 (2005), pp. 147-166.
- (14) On line web, *Newsletter of the Technology and Society*, No. 17, February 2007, <http://www.jsme.or.jp/tds/news/newsletter17/satoh.html>
- (15) On line web, *Newsletter of the Technology and Society*, No. 18, November 2007, <http://www.jsme.or.jp/tds/news/newsletter18/conf2.html>