

科学史における伝記という方法と知識のインフラストラクチャー

—『励起—仁科芳雄と日本の現代物理学』を例として—

伊藤 憲二*

Knowledge Infrastructure and Biographies in the History of Science:
In the Case of *Reiki (Excitation): Nishina Yoshio and Modern Physics in Japan*

Kenji Ito

§1 はじめに

本稿は、2023 年 7 月 18 日、みすず書房から刊行された拙著、『励起: 仁科芳雄と日本の現代物理学』（以下では『励起』とする）の執筆に関連して行った科学史における方法論的な考察を整理することを試みたものである。これは 2024 年 1 月 16 日東京工業大学における私の講義に対して、受講生から資料を請求されたのに応えるもので、この授業内容に基づいているが、字数の都合とその後の進展などにより、大幅に改稿している。

§2 知識の集団性と人間以外のアクター

「序: 仁科芳雄という出来事」でも述べたように、『励起』の方法論は仁科芳雄自身の言葉、「環境は人を創り 人は環境を創る」が良く表している。個人が環境と密接に絡み合って切り離せない以上、個人を描くことは環境を描くことでもある。現代の科学史研究においては、伝記が描くのは個人だけではなく、その個人の置かれた時代状況・学問状況も含む¹。

このような伝記の捉え方は知識の集団的な側面に大きな注意を向ける現代の科学史

* 京都大学大学院文学研究科科学哲学科学史専修。ito.kenji.6m@kyoto-u.ac.jp

¹ 伊藤 2023, p. 2.

の傾向と整合的である。これを説明するために、まず科学史自体について述べておく。科学史は History of Science の訳語として、「科学」の「歴史」のことであると考えられがちであるが、これは大きな誤解である。「科学」が何かについての了解が得られていないのに、その歴史だと言っても学問分野の規定にならない。科学史という学問の目標の一つが「科学」の本性についての理解を深めることならば、「科学」が何かということは、出発点ではなく到達地点なのだ。そこに到達するために科学以外のもの、一般的には非科学と思われるものを研究対象にすることがあっても不思議はない。

科学的知識が知識の一種である以上、知識一般のなかで位置づけてこそ、「科学」についていうことができるし、「科学」を事例として扱うことによって、知識一般についての理解を深めることができる。知識に関わること、例えば知識の生産、流通、維持、消滅などがどのように起こるかを、実証的、長期的に研究するには歴史的手法が良い。そこに科学史という学問の一つの存在意義があると言えるだろう。

ところで、知識に関する重大な誤解は知識が個人に属し、個人の頭脳のなかで生まれたり、発展したりするということである。この立場からすると、個人の思考や思想を理解すれば、知識の生産や変化を理解できるということになる。実際に、知識の研究における思想の偏重はしばしば見られ、特に科学史においては思想史的な方法、すなわち著作などから、過去の個人（科学者、学者、研究者）の思考や思想を推測して歴史記述をするような方法は常套手段である。実際には、知識、特に科学知を含む学問知は個人的なものではなく、集团的・社会的な性格を強く持つ。学問知に関わる実践、それも流通や維持はもちろん生産も共同的、社会的な性格が強い。これは理論ではなく、単なる経験的事実である。この性格を捉えるような理論枠組みは、20 世紀前半には、Ludwik Fleck によってすでに提案されていた。Fleck は、1935 年の著作のなかで、思考集団 (Denkkollektiv) と思考様式 (Denkstil) という概念を導入している²。

このような考えは、科学史において決して傍流だったわけではない。Fleck の考えを継承したのが 1962 年に出た Thomas Kuhn の『科学革命の構造』だった。いうまでもなく、この本は科学史において最も重要な本である。パラダイムとはこの本では多様かつ曖昧に定義されているが、一つの理解の仕方は、まだ解決されていない問題が残っていて、研究者を引き寄せて、持続的な支持者を形成、維持できるような研究成果である。通常科学については次のように書かれている。

ひとつまたはそれ以上の過去の成果——いずれかの科学コミュニティが、そ

² Fleck 1935=1979.

のコミュニティのさらなる実践に基礎を供給するものとして当面認める科学的成果——に、しっかりと立脚して行われる研究...³.

このような「パズル解き」としての科学が通常科学の性格であるが、その基本的な前提は科学的知識が科学者集団によって生み出され、維持され、流通されるものだということである。このような科学の集団的な性格の指摘が Kuhn の考えの最も重要な特徴で、ほかの側面、例えば、パラダイムの考えに基づいて科学の相対性を強調するのは、科学史の研究にはあまり有益ではない。

現在、Kuhn の考えをそのまま受け入れる科学史研究者はほとんどいない。パラダイムのようなあいまいな概念は学術用語としての使用に耐えず、科学史の文献ではもうほとんど見ることはない。しかし、Kuhn に対して概念的な問題点を指摘するだけでなく、実証研究に基づいてそれに置き換わる理論的な提案をするのでなければ、生産的な批判であるとは言えない。そして、Kuhn を乗り越えようとする科学史の発展のなかで、知識の社会的、集団の性格をどのように捉えるかということが最も重要な理論的関心の一つだった。

Kuhn に対する批判や発展的な継承の例は、例えば、Peter L. Galison に見ることができる。Galison は 1997 年の著作 *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* において、高エネルギー物理学における検出器の歴史的研究を行い、論理的伝統と視覚的伝統の二つにわけて分析した。高エネルギー物理学では巨大な加速器に目が行きがちであるが、加速器は高エネルギー状態の粒子を作り出す役割をするにすぎず、実際に物理現象を観測するのは検出器であり、多くの場合、観測されるべき物理現象と検出器とが一体となっている。典型的な検出器は、論理的伝統では GM 管、視覚的伝統においては、霧箱や泡箱などがある⁴。

Galison は CERN（欧州原子核研究機構）のような巨大な高エネルギー物理学研究所においては、全体として一つの文化を持つだけでなく、その内部に多様な文化（それを彼は下位分類の集団の文化という意味で「下位文化 (subculture)」と呼ぶ）が内包されていることを示した。具体的には、装置製作者、実験家、理論家である。これらのそれぞれは、異なる知識体系を持ち、その発展の仕方はそれぞれ異なる。Kuhn の場合、観測の理論負荷性のために、理論的な変化（「科学革命」）が、そのまま実験分野における大きな変化となり、理論と実験の不連続性が一致すると考えられたが、Galison

³ Kuhn 1962=2023, 邦訳 p. 29.

⁴ Galison 1997.

は装置製作, 実験, 理論で, それぞれ不連続な発展が同時に起こるわけではないことを指摘する⁵.

装置製作者, 実験家, 理論家は一つの研究所の中に共存して, それぞれ異なる文化を持ち, 全く異なる科学的実践を行う. それぞれの集団は異なる専門性を持つので, 相互に完全に理解し合えるわけではない. にもかかわらず, これらの集団は部分的な理解に基づいて協力することができる. これに関して Galison は交易圏 (trading zone) の概念を導入する. 異なる集団が交易する場所では, ピジンのような複数の言語が混合した共通言語を用いて, 交易が可能な程度に, コミュニケーションが成立することがある. 交易圏はそのようなことが起こる場所を指す. Kuhn においては, 異なるパラダイムの間では共約不可能性によって, 言葉の意味が根源的に異なり, まったく違う世界を見ることが想定されているが, 高エネルギー物理学の研究所においては, 必ずしもそのようになっていないのである⁶.

このように Kuhn の考えは普遍的に当てはまる一般法則ではなく, 個々の事例に当てはまったり, 当てはまらなかったりする性質のものだ. 当てはまるかどうかは個別の事例に即して実証研究によって示されねばならない. この点は Kuhn が批判し, 論駁したことになる Karl Popper の反証主義, さらに Popper が反駁したことになる論理実証主義についても同様で, 個別の事例に関して後 2 者がより良く当てはまることもありえるし, 3 者とも当てはまらないこともある. いずれにせよ, 集団的な知識生産に対する理論的枠組みを提唱した Kuhn の切り拓いた道は発展性の高いもので, それまでになかった新たな理論的な可能性を拓くものであり, 集団的な知識のあり方を問題にしている点で Galison も同様なのだ.

今や研究の集団的な性格は, かなり広い分野においてもはや常識に近いだろう. 科学史や科学論における理論枠組みであるだけでなく, 研究に関する倫理や, 方法論に関わる極めて実践的な事柄に属する. 例えば, 英語圏で標準的な研究のハウツー本である *The Craft of Research* では, 研究を共同体の営みとして捉えることが明記されているのだ⁷.

だが, 研究に関わるのは人間だけではない. Galison の *Image and Logic* のもう一つの重要な特徴は, 物質文化への注目である. この本は上記のように, 研究者集団の持つ文化 (あるいは下位文化) に注目したが, 全体としては検出器のような実験装置や,

⁵ Galison 1997, pp. 784-803.

⁶ Galison 1997, pp. 803-827.

⁷ Booth et al. 2024.

研究所の建物の分析とこの文化を結び付け、装置と物質にかかわる文化に注目した⁸。この物質性の側面をさらに先鋭に打ち出して、人間中心主義的な Kuhn の考えに重要な修正を加えた例として挙げることができるのが Andrew Pickering の研究である。Pickering は Galison と同様に、高エネルギー物理学における実験を研究し、Galison の論敵であるが共通点も多い。Image and Logic の 2 年前に発表された 1995 年の *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science* において、人間以外のエイジェンシーを強調し、科学的実践を人間だけではなく、人間以外の多様なアクターからなる総体による実践のマングル（洗濯物絞り器）として考えた⁹。

このような人間以外のアクターへの注目は Pickering の独創ではない。おそらく最も代表的なのは、Michel Callon や、Bruno Latour のアクターネットワーク理論である。人間以外のものも含めて、すべての存在のエイジェンシーをおおよそ対等に考える理論枠組みは、大まかに「平坦な存在論」と呼ばれ、後に触れる自然と社会の二分法を回避するという重要な利点を持ち、最近の科学論では大きな潮流となっている。その一つの例が Karen Barad である (Barad 2009=2023)。科学を個人の思想を中心に置いて論じるのは人間中心主義的な偏見に基づくもので、現在の科学の集団的性格を適切に扱えないだけでなく、人間以外のアクターを重視する最近の科学論を把握することは困難であろう。

認知の単位として、人間個体ではなく、集団あるいは環境も含めた全体を考えることは、科学論と認知科学・認知人類学との境界領域でも発展させられ、「状況依存型認知 (situated cognition)」や「分散認知 (distributed cognition)」といった概念が提唱された。これも起源を 1960 年代までさかのぼることができると思われるが¹⁰、科学史・科学論と近いところで起こった重要な転機の一つは 1987 年に出た Lucy Suchman の『プランと情動的行為』であろう。Suchman は認知が個体のみによってではなく、個体をとりまく環境も含めた全体によって成立するという状況依存型認知を提唱し、その観点から人間と機械の相互行為を分析したことで、認知科学や計算機科学の分野でも知られている¹¹。エスノメソドロジーを用いた研究であるが、Michael Lynch や Steve Woolgar を通して、Kuhn 以降の科学論の系譜を部分的に引き継ぐものでもあった。こ

⁸ Galison 1997, pp. 1-7.

⁹ Pickering 1995, pp. 22-23..

¹⁰ Roberts 1964. あるいはさらに 1930 年代の Lev Vygotsky までさかのぼれるとされることもある: Vygotsky 1934=2001

¹¹ Suchman 1987=1999.

の後の Jean Lave と Etienne Wenger の『状況に埋め込まれた学習』は Suchman の考えを引き継ぐものである¹²。Edwin Hutchins は 1995 年の *Cognition in the Wild* において、集団を認知の単位として捉える分散認知の考えを提唱しているが、これも同じ流れのなかで現れたといえる¹³。こうした発展は、日本では認知科学や人類学の分野で早くから注目されていた¹⁴。日本の科学史に対するインパクトはほとんどなかったように思われるが、先の仁科の言葉が示唆するように、もし個人と環境が相互に浸透し合って不可分ならば、当然、認知の過程もまた両者に基礎を置くはずなのだ。

認知の単位をどこに置くかという問題は事例に依存し、経験的・実証的な問題である。それでも分散認知の考えは、認知の単位を人間個体に置く先入見から脱却し、新たな可能性を拓く理論枠組みである。科学史における理論的主張は普遍原理を提唱するものではなく、様々な事例の新たな可能性を拓き、先入見から逃れる役割を果たす。そのことは先入見が成り立つ事例が存在しないことを主張するものではない。例えば、拙著においてミューオンの事例において見られるように、「一般に実験は複雑なプロセスであり、どの時点をもって発見とするかという問い方は、実際の実験に関してあまり意味を持たない」と書いているが¹⁵、そのことは単純な実験があったり、単一の発見についていうことができる事例が原理的に存在しないと主張するものではない。単純な現象は複雑な現象を包括する理論の枠組みのなかで扱うことができる。リニア・モデル批判や欠如モデル批判が妥当であることは、リニア・モデルや欠如モデルに当てはまる事例が存在しないことを含意しないし（もっとも、そのような主張をする者もいるが）、複素数を考えることは実数の存在を否定するわけではない。問題なのは、分散認知や状況依存型認知のような知のあり方の可能性が、個人を軸にした科学思想的な方法が優勢な状況では無視されがちなことである。

§3 実践論的転回と認識的徳

科学思想史は必ずしも個人の思想を問題にするものばかりではない。古典的な科学思想史の著作、例えば Alexandre Koyré の『コスモスの崩壊』は、個人の思想を対象としているわけではなく、世界（宇宙）の無限性についての様々な時代の様々な人物

¹² Lave & Wenger 1991=1993.

¹³ Hutchins 1995.

¹⁴ 波多野 & 三宅 1992, 751 頁; 中島 1994,

¹⁵ 伊藤 2023, p. 515.

の思想を取り上げている¹⁶。このような研究は、個人を対象とする研究を連ねた形式をとっているとはいえ、思想史的研究が集団を対象にする可能性を示している。

しかし、科学史を思想史の桎梏から解き放つべき理由はほかにもある。それは科学史および科学社会学における科学的実践への関心である。これは実践論的転回 (practice turn あるいは practical turn) と呼ばれる¹⁷。科学者が書き残したことから彼らが何を考えていたのかを考察するのではなく、彼らが実際に何をしたか (実践) に目を向けるのは、科学史が歴史研究ならばむしろ当然のことである。

さらに、20 世紀以降の科学では「思想」は科学的内容にとって相対的に重要でないか、分析の道具として粗すぎることが多い。論文以外の著作を残し、思想を論じるような科学者は例外的である。科学者が自らの思想を書き残しても、それが実際に研究として行っていたことと乖離することもある。学問知の社会性と同様に、この側面もまた、経験的事実の問題である。そうだとすると、個人や集団の思想や思考だけを問題にする種類の科学史には、大きな限界があると言わざるをえない。例えば、思想的には重要ではない個人が、実践の側面からみると極めて重要であることがあるが、そのような個人は研究の対象から抜け落ちてしまう。あるいは思想に還元できないような実践がいかに科学的実践において重要であっても、思想史的には扱えない。

実験室科学や野外科学のような「手をうごかす」科学では、科学的実践を観察しやすく、わかりやすい。実際に科学的実践についての研究が進捗したのは、それらの分野、特に実験室科学である。この種類の研究は実験室研究 (laboratory studies) と呼ばれるもので 1980 年ごろから重要なものが現れ始めた。これは、主に科学社会学や科学人類学において研究が進展したが、科学史においても、おそらく Kuhn の『科学革命の構造』の次に重要な著作と言ってよいと思われる Steven Shapin と Simon Schaffer の『リヴァイアサンと空気ポンプ』は、実験室研究の科学史的なものといえるだろう¹⁸。また、Galison の最初の著作、*How Experiments End* もその流れのなかにある¹⁹。また、理論研究でも、科学的実践がないわけではない。ダイアグラムの作成や計算など、手をうごかす側面がある。これについてのおそらく最も良く知られているものは、私自身も関わったファインマン・ダイアグラムについての研究である²⁰。

¹⁶ Koyré, 1968=1999.

¹⁷ Soler et al. 2014.

¹⁸ Shapin & Schaffer 1985=2016.

¹⁹ Galison 1987.

²⁰ Kaiser, Ito, & Hall. また、次も参照: 伊藤 2015.

このように、思想よりも実践に着目するのは英語圏の科学史においては 1990 年代からはむしろ主流になった。例えば、先ほどのべた Pickering による 1992 年の編著、*Science as Practice and Culture* がこの傾向を示す代表的なものである²¹。また、ペンシルヴァニア大学の科学史・科学社会学プログラムで教えていた Robert E. Kohler は次のように指摘している。

科学はどのように機能するのか？科学者たちは自然界の知識を創造するためにどのような仕事をしているのだろうか？科学史家や科学社会学者は、1970 年代後半からこのような問いをますます執拗に自らに問いかけるようになった。ほんの 20 年前には、理論の論理的分析が科学論にとって中心的な課題だったが、今日、科学的作業と実践への関心がそれに置き換わっている²²。

むしろ不思議なのは、なぜ日本の科学史はこうまでも英語圏と乖離して科学的実践の実証研究に向かわず、思想史偏重であり続けたのかということである。一つの理由は、日本の人文学の思想偏重だろう。人文系の代表的な商業雑誌が『思想』であったり『現代思想』であったりするのだ。そして、科学史の読者も人文系の読者が大きな割合を占めると思われ、思想史的な叙述を好む傾向があったかもしれない。例えば、最近になって半世紀以上前に原著が書かれた思想史的な傾向の強い科学史の入門書、Joseph Agassi による『父が子に語る科学の話』が改訳され、新書として出版された²³。この本は方法論的には Popper と Koyré が基礎であり、Kuhn の本より後に出ているが、内容的には『科学革命の構造』以前の本である²⁴。つまり、今でも一般読者はこのような書物を希求するのだ。本来、一般読者の科学史に対する需要は、学問的な科学史の発展とは別ものであるはずだが、日本の科学史においては査読論文や専門書などのアカデミックな業績よりも、一般向けの書籍を通した知名度の高さが研究者の評価に大きなウェイトを占め、学問のあり方を大きく規定している可能性がある。

もう一つの理由は Kuhn 受容の仕方だったと思われる。『科学革命の構造』は科学知の集団的な性格よりも、それに関する一種の相対主義を論じたものと捉えられた。パラダイムが変われば何が正しいかも変わるので、科学も絶対的ではないという種類の議論である。このような科学の捉え方は一部の人文系の学者に魅力的に映った可能性

²¹ Pickering 1992.

²² Kohler 1999, p. 243. 筆者による邦訳。

²³ Agassi 1968=2024.

²⁴ Kuhn 1957=1976 は参照しているが、Kuhn 1962=2023 は参照していない。

がある。また、集団的な側面よりも認知の側面が注目されることによって、科学思想史的な傾向を助長したかもしれない。

さらに別の理由は、日本ではアーカイブズ資料へのアクセスが困難だったことかもしれない。日本の科学史にはかつて強烈なオキシデンタリズムがあり、科学史の研究の研究対象が圧倒的に西洋科学だった。西洋科学を研究対象にするならば、そのソースとして扱うのにやりやすいのは、出版された著作である。網羅的なアーカイブズ調査には、長期にわたる海外出張が必要であり、それは留学でもしないかぎり、かつては非常に困難だった。そして、日本を研究対象にする場合でも、科学史関係のアーカイブズはあまり整備されていなかった。

さらに、科学的実践の歴史記述の方法が日本の科学史研究者にはあまり良く知られていなかったということもあるかもしれない。科学的実践を研究対象とするといっても、科学者がやることは多種多様である。それらをどのように記述すれば歴史記述として意味を成すのか。集団の行動や実践を記述することに関しては、社会学が様々な方法を発展させていた。これは一般社会学だけでなく、科学社会学においても同様だ。古典的には Robert K. Merton らの科学社会学がすでにそうであったし、Kuhn の後の科学的知識の社会学もそうである。ところが、日本では科学社会学や科学人類学が英語圏に比べて極めて少数の人たちによってしかなされてこなかった。さらに後で述べる内的科学史と外的科学史の間の鋭い分離のために、外的科学史に属するとされた社会学的な方法が、細かな科学実践の分析に使われるところまでいかなかった。そのやり方の手本となるような研究も、かなり最近まで紹介されなかったし、十分に理解されなかった。紹介されても、自ら使えるような研究方法を含むものとしては受け取られないことが多かった。

例えば、数年前に翻訳された Lorrain Daston と Galison の共著『客観性』がある。これは、視覚実践の科学史的分析であり、その意味で、科学的実践の歴史研究なのである²⁵。その際に、彼らが用いた方法は、研究者集団の規範を捉えることだった。それが認識的徳であり、つまり「客観性」やそれに関連する概念だった。このように集団の持つ科学的実践という一見混沌として、捉え難いものを、歴史的な分析の俎上にのせるのに、認識的徳のような規範的な概念を導入して行うのは、Merton 以来の常套手段の一つである。Daston と Galison の本はそのような一般性の高い科学的実践の科学史的分析の方法を示唆している。だが、日本の科学史研究者のどれだけがそのよう

²⁵ Daston & Galison 2007=2021.

な方法を読み取り、自らの方法として取り入れるだろうか。多くの読者は、客観性という概念についての思想史的研究として読み、「客観性」に歴史があるという結論しか吸収しない可能性がある。学術が思想として消費されていく日本の人文学のなかでは、本来は実践についての科学史研究として書かれたものが思想史的研究として読まれてしまい、実証的な研究への方法論的な刺激として作用しにくい。このようなことが、日本の科学史ではずっと起こり続けてきたのではないだろうか。

§4 内外二元論からの脱却と知識生産のインフラストラクチャー論

先に日本の科学史における思想史の優勢について述べたが、これについては、科学の社会史的、制度史的研究もあるではないかという反論もあるだろう。実際、日本でも、科学の社会史、制度史を研究する人たちは半世紀前から存在していた。特に日本の科学技術についての研究ではかなりの成果を上げ、半世紀前には世界的にも先進的だったと言ってよいだろう。廣重徹の『科学の社会史』がその代表的なものである²⁶。

その一方で、科学史の場合、制度史でなければ、思想史しかないかのような二元論がはびこることにもなった。「内的科学史」と「外的科学史」という科学史における内外二元論は、今となってはあまりにも意味不明なので、改めて特徴づけることがなかなか難しい。通常、「内的科学史」として想定されているのは、科学に関する思想史、学説史であり、「外的科学史」は制度史、社会史、文化史であると思われる。この区別は、科学の概念的、理論的、あるいは技術的な内容に踏み込んだ歴史記述をするか、あるいは内容に踏み込まずに、その周囲の事柄（科学の外の事柄）について歴史記述をするかの違いであろう。

この種の二元論の問題点は、まず「内的科学史」だけでは科学のける知識の生産・流通・維持を不完全にしか捉えることができないことである。すでに述べたように科学的知識には集団的性格があるので、個人の思考や思想をたどるだけでは、十分に捉えることができないのだ。他方で、「外的科学史」はしばしば知識内容に関心を払わない。その結果、科学に関する制度史、社会史、文化史的な分析が、実際にどれだけ科学知識の内容と関係するのかわからない、ということになる。科学史をこのどちらかに分類するような二分法は有害である。この二分法により制度史、社会史、文化

²⁶ 廣重 1973.

史的な分析をする人たちが知識の内容に立ち入ることが阻害され、逆に思想や理論や概念を分析する人たちが、制度史、社会史、文化史的側面に目を向けないことが正当化されてしまう。

こうした区分が導入されたのは、一つには研究上の専門性のためだろう。「内的科学史」を研究するためには、対象とする時代の思想史や、対象とする学問分野の内容を理解することが必要であり、「外的科学史」を研究するためには、社会制度や文化史の理解が必要となる。両方の専門性を備えることは確かに困難だ。しかし、英語圏の科学史を見る限り、優れた研究者はなんとかそれを実現させているように見える。

内的科学史と外的科学史の区分は、自然と社会の区分に対応している。この意味で、科学的知識の社会学が直面する問題とパラレルであると言える。科学的知識の生産は集団的なものであり従って社会的なものであるが、社会学的な分析だけで知識のすべてが説明できるわけではない。むしろ自然と社会を含めた総体から自然についての知識が生まれるのだと考えなければならない（そして、社会についての知識も）。

このように考えたとき、先に述べた平坦な存在論は科学史における困難を乗り越えるのに自然な発想であることがわかる。平坦な存在論を採用すれば、自然と社会の二分法が解消される。しかし意識的に平坦な存在論を採用するところまでしなくても、内的なものとの外的なものをむりに区別しなければ良い。その一つのやり方を提示しているのは、知識生産のインフラストラクチャーを考えることである。インフラストラクチャーとは、下部構造と訳されることがあるが、社会の基盤となるような人工的な環境のことを指す。例えば、学校、病院、道路、港湾、工業用地、公営住宅、橋梁、鉄道路線、バス路線、上水道、下水道、電気、ガス、通信網などが挙げられる。これらは建設することが困難であるだけでなく、維持することが必要となる。インフラストラクチャーはいったん建設された後は目立たない。正常に機能していればしているほど、不可視になる。しかし、機能不全におちいると、可視化され、多くの人たちが困ることになる。

科学や技術においてインフラストラクチャーや、それに伴う保守や修理を考えることは極めて重要な潮流になっていると言ってよい。例えば、拙著でも紹介した Lee Vinsel と Andrew L. Russell は、技術においてインフラストラクチャーを考えることの重要性を極めて鮮やかに描いている。技術に関して我々はイノベーションに過大な重要性を置きがちであるが、技術が有効に作用するためには、そのためのインフラスト

ラクチャーを維持することが重要であり、それはしばしば見逃されてしまうのだ²⁷。

同じようなことは知識のインフラストラクチャーについても言うことができる。知識に関するインフラストラクチャーについては、Geoffrey Bowker と Susan Leigh Star の *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences* が、一つの重要な出発点であると言ってよいだろう。これは様々な分類を知識のインフラストラクチャーとして扱うものである²⁸。Bowker と Star の本は日本ではまだほとんど紹介されていないが、知識のインフラストラクチャーを扱う重要な書籍が二つ、最近邦訳された。一つは、Alex Csiszar の『科学ジャーナルの成立』である。Csiszar は、インフラストラクチャーという言葉をも明的に用いていないが、学術雑誌は、科学研究における重要なインフラストラクチャーであることはいうまでもないであろう²⁹。もう一つは Paul Edwards の『気候変動社会の技術史』である。これは地球温暖化についての書籍と見なされがちだが、Edwards は現在、英語圏の科学史において知識のインフラストラクチャー研究の代表人物であり、この本も地球温暖化に関する知識の世界的なインフラストラクチャーを歴史的に分析するものである³⁰。

ここで提示したような知識のインフラストラクチャーにおいて注意すべきなのは、インフラストラクチャーとそのユーザーとしての人的アクターという二分法を前提とすべきではないということである。通常、インフラストラクチャーと言う言葉は、例えば道路や水道のように、人が利用する社会基盤を指すものとして使われている。しかし、知識生産に関しては、インフラストラクチャーといっても、Bowker と Star における分類も、私が『励起』で論じたような研究者グループの文化も、物質的なものよりも、人的なアクターの集団によって担われる側面が大きい。その意味で、インフラストラクチャーも、人的アクターと人間以外のアクターや環境が混然一体とした知識生産のシステムから成り立つ。このように知識のインフラストラクチャーは分類のような非物質的な仕組みも、学術雑誌や気候変動に関する観測ネットワークのような、観測所や観測装置、観測者、通信網などから構成される人間と物質のハイブリッドでもありえる。これは知識の生産、流通、維持の社会的・集団的な仕組みであり、知識の集団的性格を捉える伝統の延長にあり、内的、外的科学史を融合するものである。

先に Kuhn について述べたのと同様に、これまで述べてきた知識の集団的性格、平

²⁷ Vinsel & Russell 2020.

²⁸ Bowker & Star 2000.

²⁹ Csiszar 2018=2024.

³⁰ Edwards 2013=2024.

坦な存在論、科学的実践の分析、知識のインフラストラクチャーといった理論枠組みは、科学史研究者にとって実証的な研究をする上で参照するモデルに過ぎず、普遍的に成り立つ理論という性質のものではない。実証研究をする上で重要なのは、入手可能な資料から得られる情報に適合したモデルを見出すことであるが、資料の内容を最大限に生かすためには様々な理論枠組みのレパートリーを備え、必要に応じてカスタマイズできるようにするべきである。理論枠組みの議論を、それこそ新奇な「思想」として消費することには何の意味もないが、他方で、特定の理論枠組み、例えば科学を個人の思想を中心とするような科学思想史的な枠組みを科学史の王道と勘違いし、金科玉条として固執することは、存在する資料を活用し損ね、重要な知見を得る機会を逃してしまう可能性がある。

§5 科学史的伝記

さて、以上の準備をもとに、ようやく科学史的伝記のあり方について議論することができる。『励起』の序でも述べたように、科学者の伝記というのは、かつての科学史においてはポピュラーであったと同時に、科学史が学問として精緻になるにつれて、忌諱されたジャンルだった。学問的であるよりは、一般向けの読み物と見なされることも多かった。実際、かつての科学者の伝記は、人物を美化・称揚するものが多かった。このような種類の科学者の伝記というジャンルは科学史が学問になる過程でいったん否定されることになる。学説史・思想史にとっては、あまり伝記的事実は関係ないので、伝記という形式ではなく、学説や思想について書けばよかった。他方で、社会史・制度史は個人を対象にしない。

しかし、伝記にまつわる問題は解決不可能なわけではない。伝記は対象となる人物の良い面ばかりを書く必要はなく、批判的な記述・分析を中心とすることもできる。伝記は実践とその文脈を結び付けて分析するのに良い形式であり、個人を対象としながら、個人を人間関係の網の中に置き、社会や、環境や、歴史的な文脈のなかで論じることができる。個人を対象とすることで、むしろ個人を解体し、再構築し、様々な要素の結節点としての個人を描くことができるのだ。実際、科学史における伝記の再評価がなされるようになり、社会的、文化的、科学的文脈の非常に詳しい分析を伴うような伝記が出現した。例えば、David Cassidy による Werner Heisenberg の伝記がその例だ。この本では Heisenberg の実生活と物理学上の業績とが混ざりあっていることが

良くわかるようになっている³¹。同じようなことは、Adrian Desmond と James Moore による Charles Darwin の伝記についても言えるだろう。Darwin の思考だけでなく、その時代背景についての詳しい描写がなされている³²。それ以上に、『励起』にとって示唆的だったのは、Hélène Miallet による Stephen Hawking についての本である。これはもはや伝記ではないとされ、企業体としての Hawking（つまり個人の解体と再構築）を描いた本である³³。あるいは、私自身はそれほど意識していなかったが、Miallet のアプローチの源流にもある Bruno Latour の Louis Pasteur についての本にも知らずに触発されていたかもしれない。この本の英語版を米国の大学院に進学したときに読み、強い印象を受けた³⁴。

§6 『励起』の方法論的位置づけ

『励起』は仁科芳雄を対象として、上記のような新しい種類の科学史的伝記を実現しようとしたものである。しかし、仁科に関しては、その対象の特殊性のために、もう一つ別の要素を持つことになった。そのためには、仁科芳雄とはなにものかについて述べなければならない。

仁科芳雄の主要な科学上の業績としては、Klein=Nishina の式、サイクロトロン建設、ラジオアイソトープに関わる事績が著名なものであろう。Klein=Nishina の式は Dirac の相対論的電子論に基づいたコンプトン散乱の式である。コンプトン散乱とは、電子に光が当たったときに、光が粒子であるかのように電子と衝突し、運動量に変化する現象で、Klein=Nishina の式はそれに量子力学的な効果と相対性理論の効果を考慮に入れたものである。Dirac の理論の最初の具体的な応用であり、実験的検証の基礎となった。これにより仁科は最初に量子力学以降の現代物理学に貢献した日本の物理学者の一人と見なすことができる。これ以外の仁科の物理学上の業績としては、宇宙線研究やウランの核分裂に関する研究を重要なものとして挙げることができるが、ここでは詳しくは立ち入らない。Klein=Nishina の式は大学院レベルの量子力学（相対論的量子力学）の教科書に登場する式であり、その意味で学説史的にはある程度重要だといってよい。このように、仁科は物理学者として、日本では初期に重要な研究

³¹ Cassidy 1992=1998.

³² Desmond & Moore 1991=1999.

³³ Miallet 2012=2014.

³⁴ Latour 2011=2023.

業績を挙げた人物であったといえる。

しかし、『励起』が示すのは、仁科はそれよりもはるかに大きな存在であるということである。「日本の現代物理学の父」と書かれることがあるが、それは具体的にどのようなことなのかということだ。仁科の研究業績は当時の日本の物理学者のなかでは重要だったが、国際的な量子物理学史のなかで特に特筆すべき業績だったというわけではない。また、思想史的にはほとんど見るべき点はない。量子力学の思想に関しては、日本で相補性について最も早く書いた人物の一人といってもよいが、それほど大きな役割を果たしたとは言えないだろう。むしろ科学啓蒙や科学行政に関する一般向けの著作のほうが重要かもしれないが、あまり独創性があるとはいえない。仁科が重要なのは彼が何をしたかという実践の次元である。仁科個人が重要なのではなく、仁科が作った研究環境と、その環境によって作られた研究者集団が重要なのだ。例えば、朝永振一郎は仁科について次のように書いている。

先生によって我々にもたらされたものは、学問的な発見よりも、サイクロトロンよりも、もっと貴重なものである。先生はわれわれの間に物理学的研究の近代的な方法に対する自覚をもたらされた³⁵。

あるいは朝永は次のようにも書いた。

実際、先生の行き方は、仕事の実績よりも、まず必要なその土台を作ることにあった。この土台を作る仕事があまりに困難であって、それだけで手一杯であったのである³⁶。

つまり、仁科芳雄の重要な役割はオーガナイザーとしての役割であり、次の世代の人たちが研究を発展させていくための土台を作ったことである。朝永の「土台」という表現を「研究のインフラストラクチャー」を作ったといってもよいだろう。仁科を対象にすることによって日本の原子物理学における知識のインフラストラクチャーの形成も扱うことができるのである。

朝永がこのように書いているからといって、その言葉が仁科の実際の活動を的確に描いているとは限らない。歴史研究者としては、実際に仁科が何をしていたのか、どのように知識を生み出していたのかを明らかにしなければならない。仁科と彼の周辺

³⁵ 朝永 1951, 2005, p. 7.

³⁶ 朝永 1951, 2005, p. 5.

人物によるその実践を詳細に述べたのが拙著である。

例えば、オーガナイザーとしての業績には次のようなものがある。まず、仁科研究室の運営があった。そして、それは全国的な理論物理学者グループの組織・形成に拡張された。仁科研究室が創設される前から、Heisenberg, Dirac ら海外研究者の招聘をし、1937 年には Bohr の来日を実現させた。上述の三名だけでなく、Irving Langmuir や George Hevesy が来日したときも、重要な役割を果たした³⁷。

戦時期に入ると、仁科の役割は研究室運営や、国内外の研究ネットワークだけに限定されなくなる。国の科学政策に対して発言し、米国を手本とした科学と国家の関係を唱えるようになったのである。戦争の進展とともに、仁科は戦時核研究に巻き込まれていった。仁科にとってはそれは第一にラジオアイソトープ研究や、重い元素の核分裂の研究の延長であり、基礎研究、すなわち、核分裂の連鎖反応を維持して、エネルギーを発生させる可能性についての研究であった。しかし、戦況の悪化とともに、原子爆弾が決戦兵器と位置づけられ、それによって日本にとって大きく不利になっていた戦況を一変させることが期待されるようになった。原爆と思しき新型爆弾が広島に投下されると、仁科はそれが原爆であるかどうかを判定する視察団に加わった。それとともに、原爆の被害調査の中心人物としての役割が大きな位置を占めるようになった³⁸。

戦後、仁科は物理学のみならず、日本の自然科学を代表する人物となり、日本学術会議が創設されると、二人の副会長の一人となった。そして、日本を国際的な学術研究のネットワークに戻す役割を担った。つまりインフラストラクチャーの修復である。学術会議以上に、仁科の精力と時間を要したのは、理化学研究所の再建である。終戦とともに、理研は大きな財政上の問題に直面した。仁科は資金集めだけではなく、理化学研究所を持続可能なものにするために、新たな形態を設計しなければならなかった³⁹。理研のような組織を新たに作り直すことは、知識のインフラストラクチャー構築の一つの典型である。

³⁷ 伊藤 2023, Chaps. 9, 10, 15.

³⁸ 伊藤 2023, Chaps. 21-23.

³⁹ 伊藤 2023, Chaps. 25, 26.

§7 科学思想史の限界と可能性

本稿は（そして拙著『励起』自体も）現代の日本の科学史において科学思想史的方法が大きな位置を占め続けていることに対して批判的再検討を提案するものであるが、これについて少し整理しておきたい。科学思想史といっても、方法論は多様であり、その研究成果には当然ながら有益なものも含まれているので、一概に捨て去ってよいものでもないからだ。そして、内外科学史の二分法に問題があるのと同様に、思想の科学史と実践の科学史の間には一定の連続性があり、科学思想史的研究の方法や成果を科学的実践の歴史的研究に接続したり、転用することもある程度可能であるように思われる。

科学思想史の問題点の一つは、著者が書いたことが著者の考えていたことだという前提は必ずしも成り立たないので、書物からその著者の思想を歴史的事実として記述することは必ずしもできない、ということである。逆に、この前提を無批判に認めてしまうと、かなり安易に科学思想史的な記述ができてしまう。実際に歴史的事実と言えるのは、著者がそのことを書いたということまでだ。書かれたことが考えられたことだという前提が特定の事例において成り立つと思われる根拠をなんらかの形で示すのが個人の思考を対象とした思想史的な記述が正当化される最低条件であろう。それができなければ歴史的事実を扱っているということができない。

もし科学思想史を個人が持っていた思考ではなく、著作に記述された思想を問題にするものと定式化するならば、その著者が実際に何を考えていたかという問題は回避できる。このようなアプローチは特定の思想が歴史的に果たした役割を記述する上でも有意義だろう。ただし、ある著作にどのような思想が書かれているかということを誰が読み取るのか、という問題がある。現代の我々が読み取る思想は当時の理解と異なる可能性が高い。ある著作が過去のある時代においてどのように読まれていたかということを明らかにするのは、必ずしも容易ではない。そして、ある歴史上の人物がある著作をどのように読んでいたのかを問うとすれば、その人物の思考内容を問題にせざるをえないことになるので、なんとかそのような問いを回避することを考えなければならない。このような問題は残るとは言え、このアプローチは著者と読者との共同体を考えるので集団的な側面を盛り込みやすく、発展の可能性はあるかもしれない。

このように科学思想史的研究に関して起こる様々な困難をその枠内で取り組むのも、

思想史的研究の醍醐味であり、多くの蓄積とも言えるだろう。だが、はたしてこれを繰り返していくだけで良いのだろうか。先に、歴史的事実として言えるのは著者がそのことを書いたということまでだと書いたが、実際のところ、「書いた」ということが何を指しているのかに曖昧さがあり、その意味によって事実としての確かさも違う。書き手が筆記用具で線を引いた、特定の文字を連ねた、特定の意味の単語を連ねた、あるいは、特定の意味の文を連ねた、これらのうちのどれまで確かに言えるのか。一方で、文章を書くということは書き手の研究上の実践であり、他方で単語の意味や文の意味の確実性は個別の事例に依存し、前段落で触れたような問題が生じる。このように、「書く」という側面を見る限り、実践の記述と思想の記述は連続したスペクトラムの上にあり、はっきりと区分できることではない。そしてそれは良いことである。なぜなら、科学思想史的研究と科学的実践の歴史研究に結びつける手がかりを与えてくれるからだ。

おそらく一つのやり方は、著作をその著者の思想を表したものと考えようような表象主義を捨て、広い意味での「書く」ということをパフォーマンスに捉えることである⁴⁰。これによって、思想内容・科学的内容と研究・執筆・発表などを含む科学的実践とを結び付け、かつそれらの集団的性格も捉えることができるかもしれない。これは現在私が模索している方向性でもある。これについてはいずれ別個に論じるべきであろう。

§8 むすび

このように『励起』は、仁科芳雄を中心に置きながら、知識を生み出すものを人間の集団と制度と装置を含めて全体で考え、知識の生産、流通、維持の土台となるような集団の文化や実践、組織、装置、制度を明らかにしようとするものとして、科学史的伝記を考えるものである。『励起』の方法論は仁科個人だけでなく、仁科が創った知識のインフラストラクチャーに集まった集団を対象とする。このような知識のインフラストラクチャーは単なる外的なものでも、内的なものでもなく、環境と個人を共形成するものとすることによって、内外二元論から脱却するものだ。

科学史が科学思想史でなければならないというのも、科学史において人物の思想について語らなければならないというのも偏見にすぎない。思想を論じることだけがそ

⁴⁰ 表象主義批判については次を参照: Barad 2009=2023. パフォーマンスヴィティティについては次も見よ: Butler 1990=1999.

れ自体なにかありがたいもの、価値のあるものだというのは既成の人文学によって維持され、再生産されてきた錯覚のようなものに過ぎず、次世代の研究者に押し付けるべきものではない。科学史研究に残された資料は希少であり、不要な偏見のために有効な使用法を見逃し、科学史の新たな可能性を見逃すべきではない。

科学思想史はけっして無効なやり方ではないし、研究の余地はまだまだあり、科学思想史的方法を再定義して新たなものにすることもおそらく可能である。しかし、旧来の思想史的研究に基づいた思い込みを捨て、すでになされている集団的な知識生産や科学的実践の分析などの研究を踏まえてこそ、これまでの科学思想史の遺産を新たな方向性を切り拓くことに生かせるのではないだろうか。

§9 謝辞

本研究は部分的に JSPS 科研費 JP22K00271 の助成を受けてなされた。

参考文献

- 伊藤憲二. 2015 年. 「研究における物質的なものと非物質的なもの—日本の学問史からの視座」. 『思想』1090 号: 34-52.
- . 2020 年. 「学術雑誌の科学史的研究：査読システムと学協会との関係を軸として」. 『科学史研究』58 巻第 292 号: 344-355.
- . 2023 年. 『励起：仁科芳雄と日本の現代物理学』. みすず書房.
- 朝永振一郎. 1951 年. 「仁科先生」. 『科学』21 巻 4 号: 211-212 (以下に再録: 朝永振一郎・玉木英彦編. 1952 年. 『仁科芳雄：伝記と回想』. みすず書房, pp. 71-76 ; 玉木英彦・江沢洋編. 1991, 2005 年. 『仁科芳雄：日本の原子科学の曙』. みすず書房, pp. 3-7. 本稿では後者から参照) .
- 中島秀之. 1994 年. 「認知の状況依存性と分散認知」. 『認知科学の発展』7 巻: 1-4.
- 波多野諠余夫 & 三宅芳雄. 1992 年. 「認知科学の動向」. 『人工知能学会誌』7 巻 5 号: 746-754.
- 廣重徹. 1973, 2002-2003 年. 『科学の社会史：近代日本の科学体制』. 中央公論社, 岩波書店.
- Agassi, Joseph. 1968. *The Continuing Revolution: A History of Physics From The Greeks to Einstein*. New York: McGraw Hill. 立花希一訳. 2024 年. 『父が子に語る科学の話 親子の対話から生まれた感動の科学入門』. 講談社.

- Baldwin, Melinda. 2015. *Making Nature: The History of a Scientific Journal*. Chicago: University of Chicago Press.
- Barad, Karen. 2009. *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*. Durham: Duke University Press. 水田博子・南菜緒子・南晃記. 2023 年. 『宇宙の途上で出会う：量子物理学からみる物質と意味のもつれ』. 人文書院.
- Booth, Wayne C., Gregory G. Colomb, Joseph M. Williams, Joseph Bizup, & William T. Fitzgerald. 2024. *The Craft of Research*. Fifth Ed. Chicago: University of Chicago Press.
- Bowker, Geoffrey C. & Susan Leigh Star. 2000. *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Butler, Judith. 1990. *Gender Trouble: Feminism and the Subversion of Identity*. New York: Routledge. 竹村和子 訳. 1999 年. 『ジェンダー・トラブル: フェミニズムとアイデンティティの攪乱』. 青土社.
- Cassidy, David. 1992. *Uncertainty: Life and Science of Werner Heisenberg*. W. H. Freeman. 金子務監訳・伊藤憲二ほか訳. 1998 年. 『不確定性：ハイゼンベルクの科学と生涯』. 白揚社.
- Csiszar, Alex. 2018. *The Scientific Journal: Authorship and the Politics of Knowledge in the Nineteenth Century*. Chicago: University of Chicago Press. 柴田和宏訳. 伊藤憲二解説. 2024 年. 『科学ジャーナルの成立』. 名古屋大学出版会.
- Daston, Lorraine, & Peter L. Galison. 2007. *Objectivity*. New York: Zone Books. 瀬戸口明久, 岡澤康浩, 坂本邦暢, 有賀暢迪訳. 2021 年. 『客観性』. 名古屋大学出版会.
- Desmond, Adrian, & James Moore. 1991. *Darwin*. London: Michael Joseph. 渡辺政隆訳. 1999 年. 『ダーウィン：世界を変えたナチュラリストの生涯』. 工作舎.
- Edwards, Paul N. 2013. *A Vast Machine: Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*. Cambridge, Mass.: MIT Press. 堤之智訳. 2024 年. 『気候変動社会の技術史：気候モデルと観測データと国際政治』. 日本評論社.
- Fleck, Ludwik. 1935, 1980. *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Frankfurt am Main: Suhrkamp. Fred Bradley and Thaddeus J. Trenn, Trans. 1979. *Genesis and Development of a Scientific Fact*. Chicago: University of Chicago Press. 本稿では英訳のみ参照.

- Galison, Peter L. 1987. *How Experiments End*. Chicago: University of Chicago Press.
- . 1997. *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hutchins, Edwin. 1995. *Cognition in the Wild*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Kaiser, David, Kenji Ito & Karl Hall, “Spreading the tools of theory: Feynman diagrams in the USA, Japan, and the Soviet Union.” *Social Studies of Science* 34 (2004): 879-922;
- Kohler, Robert E. 1999. “Moral Economy, Material Culture, and Community in *Drosophila* Genetics.” In Mario Biagioli, ed., *The Science Studies Reader*, New York: Routledge, pp. 243-257.
- Koyré, Alexandre. 1968. *From the Closed World to the Infinite Universe*. Baltimore: Johns Hopkins Press. 野沢協訳. 1999 年. 『コスモスの崩壊：閉ざされた世界から無限の宇宙へ』. 白水社.
- Kuhn, Thomas. 1957. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. 常石敬一訳. 1976, 1989 年. 『コペルニクス革命：科学思想史序説』. 紀伊国屋書店, 講談社.
- . 1962, 1970, 2012. *The Structure of Scientific Revolutions* Chicago: University of Chicago Press. 青木薫訳. 2023 年. 『科学革命の構造』. みすず書房.
- Latour, Bruno. 2011. *Pasteur: Guerre et paix des microbes, suivi de Irréductions*. Paris: Éditions La Découverte. 荒金直人訳. 2023 年. 『パストゥール：あるいは微生物の戦争と平和, ならびに「非還元」』. 以文社.
- Lave, Jean, and Etienne Wenger. 1991. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press. 佐伯胖訳. 福島真人解説. 1993 年. 『状況に埋め込まれた学習：正統的周縁参加』. 産業図書.
- Mialet, Hélène. 2012. *Hawking Incorporated: Stephen Hawking and The Anthropology of the Knowing Subject*. Chicago: University of Chicago Press. 河野純治訳. 2014 年. 『ホーキング Inc.』. 柏書房.
- Pickering, Andrew. ed. 1992. *Science as Practice and Culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- . 1995. *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*. Chicago: University of Chicago Press.

- Roberts, John M. 1964. "The Self-Management of Cultures." In. Ward H. Goodenough, ed., *Explorations in Cultural Anthropology*, New York: McGraw Hill, pp. 433-454.
- Shapin, Steven, & Simon Schaffer. 1985, 2017. *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton, NJ: Princeton University Press. 吉本秀之監訳. 柴田和宏, 坂本邦暢訳. 2016 年. 『リヴァイアサンと空気ポンプ: ホッブズ, ボイル, 実験的生活』. 名古屋大学出版会.
- Soler, Léna, Sjoerd Zwart, Michael Lynch, & Vincent Israel-Jost. 2014. *Science after the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science*. New York: Routledge.
- Suchman, L. 1987. *Plans and situated actions : The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge University Press, New York. 上野直樹, 水上喜文, 鈴木栄幸訳. 1999 年. 『プランと状況の行為: 人間-機械コミュニケーションの可能性』. 産業図書.
- Vigotsky, Lev. 1934. Мышление и речь, Москва Соцгиз. 柴田義松訳. 2001 年. 『思考と言語』. 新読書社. 本稿では邦訳のみ参照.
- Vinsel, Lee, & Andrew L. Russell. 2020. *The Innovation Delusion: How Our Obsession with the New Has Disrupted the Work That Matters Most*. New York: Currency.