

工学的合理性と反証可能性

高木 健治郎

1. 工学的合理性を問題にする意味

工学的合理性は、その深淵に「合理性とは何か」という問題がある。「合理性とは何か」ということを考える時に広がっている世界が、手探りの闇のような世界であるのは言うまでもない。2005年哲学若手研究者フォーラム発表で、手探りの闇に方法論的手法から踏み込む、それが多少、振り払えたにしても依然として大きな問題は残っている。

これは純粹に哲学的な思考から捉えた「合理性とは何か」ということを、現実世界には「合理的とは何か」と問わずして、合理的な事物が存在する。私たちの使っているシャープペン、ナイフ、電気、ガス、電車、携帯電話など、この紙でさえ、合理を持った事物としてある。ナイフ等の単純な人工物は哲学的思考が羊皮紙や紙に残される前からあり、連綿とした継続という点においては、人類最古の合理性を考える拠点になる。こうした合理的な事物は、ある性質によって取捨選択され、洗練されてきた。洗練には自然科学の発展が大いに寄与したが、技術と科学が根本的に異なり、ある性質はひとつの合理性を有していた。その性質を最後に「工学的合理性」と定義したい。

このように工学的合理性を提言する理由は、自然科学の合理性と工学の合理性の違いによって現代の大きな問題が生じているからである。水俣病などの公害やオゾン層破壊などの環境保全の問題、原子力発電や廃棄された核兵器による放射能汚染の問題などである。こうした問題を捉える思想的な足がかりが現代の思想界にはないように思われる。科学哲学は科学哲学史や科学哲学内の論争に終始しているように思われてならない。そこで自然科学の合理性については諸論文で検討されているので、ここで工学についての合理性を問題にしていきたい。

「工学的合理性」を広い視点から眺めれば、概念の目的合理性に、物質上の目的合理性を加えたものになる。概念上の目的合理性に適うものは、例えば、プラトンの思想が挙げられる。彼は当時のアテネのポリスの民主主義を憂い、思想を主張した。けれども、政治的には挫折した。政治的な挫折が概念上の目的合理性に反していないことは哲学史から明らかである。政治上の事実を出したので少々ややこしくなるが、政治的な合理性と概念上の目的合理性を有していた例としては、20世紀初頭のカール・マルクスが真っ先に挙げられる。

物質上の目的合理性は、「目的のために適した性質を有していること」である。何が「目的のために適しているか」は大きな哲学議論的であるから、ここでは具体的に述べていく。工学における物質上の目的合理性の具体的なひとつの形は、「冗長性 (redundancy)」である。冗長性は、「同一機能を遂行しうる2つ以上のシステムを装備していること」と表現される。この概念を広く捉え、さらに発展させると、「公衆の福利」、あるいは「公衆の安全」となる。「全米プロフェッショナル・エンジニア協会」(NSPE) は、基本綱領第1項に「1. 公衆の安全、健康、および福利を最優先する」と書いている¹。工学を専門にする技術者にとって第一に優先すべき概念である。この「公衆の安全」や「公衆の福利」は物質上において達成されるべきことは言うまでもない。さらに、この「公衆の福利」に20世紀後半から、同様に地球環境保全の観点が取り入れられるようになった。近年、明文化された物質上の目的合理性に、概念上の目的合理性を加えて定義する「工学的合理性」がある。この工学的合理性を問う基本問題として、スペースシャトル『チャレンジャー号』事故を例として引用しつつ、具体的に見ていく。

2. チャレンジャー事故と「工学の全体性」

2003年2月にスペースシャトル「コロンビア号」事故が発生し²、17年前のスペースシャトル「チャレンジャー号」事故が再び検討されるようになった。1986年1月26日、チャレンジャー号が打ち上げ76秒後に爆発し、7名の宇宙飛行士が失われた。経済的損失は1兆円以上である。メインロケットとその横についているブースターロケットを結合するO-リングが気象条件により低温

で硬化し弾性が失われたため、粘着性の喪失損傷原因である。このO-リングは冗長性と安全性を考慮して二重に配列されていたが、打ち上げ前夜からの異常な寒波（-8℃）では、弾性が失われると技術者は危惧しており製造会社での検討が行われた。この技術者と経営者とのやりとりの中で、「技術者の帽子を経営者の帽子にかぶり換えろ」という工学倫理では有名な言葉が生まれている。製造会社が受注の独占を欲するという要因、当時のアメリカの政治状況上の要因、NASA がスペースシャトルの発射中止や延期を7回も繰り返してきて存在理由そのものを問われていたという要因などから、工学倫理の導入問題として必ず引用される事故である³。

チャレンジャー事故について事前に担当技術者は 12℃以下では打ち上げるべきではないと提言していた。しかし、その説明に定量的なデータがなく、また技術者自身の持っている実行データが少ない点と作図能力の欠乏のため、目視点検を元に説明した。経営者は不確実な目視データと自然科学的な定量的実験データの無い状況から、また、NASA は他の技術者の問題なしという意見を考慮に入れて、打ち上げを行った。

このチャレンジャー事故には工学的合理性を捉えるための大きな足掛かりがある。まず、「工学は自然科学的なデータがなくても成立しうる」という点である。先に結論を述べると、根本原因として「質量の不確実さ」があるだろう。この点に関しては後に非決定論との中で述べていく。もうひとつの根本原因として提言したい「工学の全体性 (technological holism)」がある。チャレンジャー事故でも明らかのように、工学物の成否には、政治や経営や福利や利益、はたまた現代では倫理なども関わっている。自然科学ではこうした点が関わっていない。例えば、SSC (Superconducting Super Collider, 超伝導超大型加速器) は、純粋に自然科学的な結果をもたらす。それは、変数項を限定した特定の目的のための実験であり、「工学の全体性」のように代替物が認められない点にある。また、「工学の全体性」は、知識全体の全体性 (holism) としてデュエムが提唱した「デュエム-クワインテーゼ (Duhem-Quine thesis)」と、自然科学のみに対して提唱した「デュエムテーゼ (Duhem thesis)」⁴として考えた場合とも異なる。異なる点は、反証実験や決定実験の有無にある。デュエムがフーコーの光の実験を例にして「決定的実験は仮説の科学上の新しい信仰箇条 [全体的真理] とす

る」⁵とするが、ここで問われているのは理論そのものの決定的実験である。

対して「工学の全体性」を保持しているのは、チャレンジャー事故でも明らかのように、製造された事物そのものの全体性なのである。工学的な理論そのものというものは、工学的結果に多数の要素が介入しているように理論一つひとつを問うことはできない。あくまで、製造された事物そのものの全体性が、実験、チャレンジャー事故の場合は打ち上げによって検証を得るのである。ただし、工学上の実験は得てして「決定的」と看做すことが難しい。例えば、ナイフがナイフとしての役割を果たさなくなるのはいつかという問題は、切れ味がどの程度まで落ちたときなのか、という問題である。この「工学の全体性」は、観察可能性と実際の観察との差異を明確に示す。自然科学における「観察可能」な事物は、各論一つひとつの依存度は異なるにしても理論全体との関係で決定される。運動として点の移動と時間の経過から速度や加速度を計測するには、移動点や時間経過が「観測可能」として実験理論の中で定義されているからである。それが「実際に観測」されていないにしても、その実験理論そのものは有効である。いやむしろニュートンの運動の3法則は摩擦や空気抵抗などを排除した理想化の結果であり、そもそも自然科学、特に物理学が扱う事実は、「実際に観測」される一つひとつの事実ではなく、「実際に観測」される具体的な事実に翻訳可能な「理論的な事実」なのである⁶。対して、工学的結果は、一つひとつの具体的で「実際に観察」される具体的な事実の集積であり、先ほど述べたように、理論一つひとつを問うことはできず、工学上の実験は得てして「決定的」と看做すことが難しい。ここに「工学の全体性」のひとつの特徴がある。

それゆえ、理論化できない工学的物には、「冗長性」が必要とされる。つまり、チャレンジャー事故は、O-リング低温時の弾性喪失の自然科学的な数量化されたデータがあった場合でも、その工学的な結果は、自然科学のように100%に近似した形で打ち上げ成功とはならない。何故なら、自然科学的視点でひとつの変換要素、この場合はO-リングの安全性のみを考えるのならば、二重よりも三重、四重となり、材質もさらにコストのかかるものを使用するのが良いからである。これではスペースシャトルという工学的物として完成しなくなる⁷。私たちがシャープペンを使う時、その使用限度は一つひとつ「実際に

観察」できるが、使用限度が何時であるかは理論的に「観察可能」ではないのである。また、シャープペンは如何なる理論によって構築されているか、という問題を私たちは気にせず使用している。そうした事物たちは、思想体系の中で安定的な位置を占めている観念とは異なる存在者である。大学入試の時にシャープペンを2本以上持っていくという「冗長性」はそれらを有効利用とするひとつの方便なのである。と同時に自然科学の理論のように代替不可能なものではなく、他の物と代替可能な存在者でもある。この点についての議論は、カール・R・ポパーの反証可能性と思想全体を覆う非決定論を引用しながら、次に検討していく。

3. 反証可能性と非決定論

反証可能性 (Falsifiability) は、科学哲学者カール・R・ポパー (Karl R. Popper) の中心概念である。理論体系全体とその理論体系を支える基礎言明 (basic statement) に適用される概念であり、端的に言えば「潜在的な反証者の集合 (the class of the potential falsifiers)」⁸と言える。ポパーは哲学上、論理実証主義と同一視されたり、フランクフルト学派との実証主義論争やクーンのパラダイム論争などで誤解の多い思想家でもある。彼は、因果律批判や理論負荷性の議論においてヒュームやカントと深くつながっている。その主要な原因のひとつとして反証可能性が反証という具体的な行為と同一視され「単純に1回の反証によって理論を捨てなければならない」と決定論的に誤解されることが多かったからである⁹。しかし、反証可能性は方法論的要請であって、本来の意義は人間の可謬性に着目し、未知の事柄に対して受け入れ可能であるかどうか、という点にある。それゆえ、反証可能性は、非決定論としての性格を備えている¹⁰。ポパーは不完全に「批判的合理主義」として自らの立場をも批判に対して開かれていることを示した。そして、非決定論を軸にして自然科学上の量子力学のコペンハーゲン解釈や、社会科学上のマルクス主義や、人文科学上のプラトンについて批判検討を加えたのである¹¹。

決定論としては、「自然界を含む世界の構造は、過去現在の事象が全て正確に知ることができれば自然法則を用いて、未来が合理的に予測決定可能である」

というラプラスの「科学的決定論」が代表例である¹²。形而上学的な決定論はポパーによれば、その性質のみを論じる点において意味内容に情報が少なく、時として欺瞞的としている¹³。これを工学的合理性で捉え直してみる。確かにチャレンジャー事故において、技術者が目視点検で「O-リングが黒く変色している」という性質についての説明は説得力を持たず、温度と確率のグラフの方が説得力と情報量がある、ということは社会的に受け入れられている。スペースシャトルの打ち上げは、定性的な説明で中止されなかったのであるし、今後ともそうした事は極めて限られた事例にとどまるであろう。

さらに、非決定論を哲学的位置の中で捉えてみる¹⁴。ポパーは、カントに認識論上の重要な素地を得ていて¹⁵、特に感覚経験に先んじてア・プリオリな知識を有しているという認識論上の観点は、反証可能性を基礎付けるひとつの土台になった。ただし、ポパーは、カントの「ア・プリオリ」という語の意味内容から、「ア・プリオリに妥当である」という確実性や必然的な真実性を省いている点には留意が必要であるとする¹⁶。ポパーは、カントからの影響を以下のように書き残している。

おそらくカントは、科学的言明の客観性が理論の構成と——仮説および普遍言明の使用と——密接に関係しているのを最初に認識した。¹⁷

また、ポパーの科学的知識の可謬性は、アインシュタインが自身の理論に対して決定的実験 (crucial experiment) を認めた点から影響を受けた。それはポパーの自伝『果てしなき探求』の中の以下の個所に見られる。

しかし私に最も感銘を与えたのはアインシュタイン自身が、もし自分の理論が一定のテストに落第したならば支持しがたいものと認めると、はっきりと言明したことであった。たとえば、彼はこう書いた。もし引力ポテンシャルに起因するスペクトル線の赤方向偏倚が存在しないとすれば、一般相対性理論は支持できないであろう。¹⁸

以上のようにポパーはカントとアインシュタインなどに思想的な影響を受

けた。

ベーコン (Bacon) 以来の帰納主義における科学観では、科学が感覚経験 (sense-date) や理論を帰納法 (induction) で論理的に根拠づけていた。すなわち、日常経験の蓄積によって、知識や記号体系や科学的理論 (Scientific theories) までもが提出されるという認識である。近代の科学哲学の主流は、科学の認識論上の基礎づけとして帰納法を用いた。ポパーがよく混同される論理実証主義もまた、帰納法の一形態である検証可能性 (verifiability) に終始していた。論理実証主義の実証可能性は、科学と非科学を区別する有意味性の基準として、観察命題を論拠に知識や科学的法則を含む普遍的言明を正当化したのであった。

また、先ほどの述べた「反証 (falsification)」と「反証可能性」を別のものとして厳しく峻別している。例えば、実際に決定的な反証が行われたとしても、その理論の放棄を直接結びつける訳ではない。さらに、ポパーの演繹主義の論理的基礎は先のヒューム問題——普遍的言明は個別事象によって正当化されるか——を、「個別事象によって正当化されない。しかし、反証はされる」と論理的に結論付けた。ここにポパーの科学哲学の独自性があり¹⁹、非正当化主義 (nonjustificationism) と呼ばれる所以がある。ポパーの演繹主義は、非正当化主義によってカントと袂を分かち、20世紀の科学哲学の基礎となった。また、ポパー自身、反証可能性の持つメタ的な「合意あるいは約束の提案 (proposal for an agreement or convention)」としての資質を認めていた²⁰。形而上学的の思弁が科学的前進に不可欠なものとして擁護する一方で正当化を退け、論理的帰結の実り豊かさ、つまり有用性によって位置づけた。こうして、従来の演繹主義にも相対したのであった。

ポパーは、カント、アインシュタイン、触れなかったがヒュームやその先生であった心理学者のビューラーらに影響を受けて、反証可能性を方法論的要請として主張し、知識を絶え間なく改善していくという立場をとった。その根本となったのが未来を知ることができない、という非決定論だったのである。これは、私たち人間が、いかなる肯定も否定も明確に手に入れられなくなった現代においてさらなる意味を持つようになってきている。定量化された自然科学理論においてさえ、決定的な反証、あるいは決定的な実証実験が不可能である、という歴史的な事例が挙げられるであろう²¹。さらには、カオス理論によれば、

多くの自然現象において初期条件と予測の関係は、指数関数的なものである。つまり、初期条件の有効数字に関する精度の問題は、予測の内容そのものを根本的に変える恐れを含んでいることになる。この予測の精度の問題に関しても、ポパーは初期条件に反証可能性を導入することで、結果との比較検討が可能となるための条件である「算出可能性 (accountability)」を導入した。予測の精度と結果によって改善の余地を求めようにするためである²²。この算出可能性もまた、方法論的要請として私たちの世界が非決定的であると看做す根拠となり、それゆえ実り多いとして肯定される。

以上がポパーの非決定論である。次に、世界を掴み取っているひとつの知としての工学と非決定論との関係を述べていく。

4. 工学的合理性と非決定論

ポパーの非決定論が工学の分野で直接言及されることはなかったが、社会科学においてマルクス主義のユートピア社会工学に対して、ピースミール社会工学を提言している。マルクス主義をポパー独自の言い方で「ヒストリシズム (historicism)」と呼び、あらゆる形態の必然的決定論を批判し、漸近的に改良していく立場を主張する。チャレンジャー事故後の対応はまさにこうしたピースミールな社会工学のモデルのようである。調査委員会が事故原因として物質的要因や組織的要因などを詳解したレポートを作成し、次回に再び過ちを犯さないように改良していくのである。ポパーは、「ヒストリシズム」の代表として、カール・マルクスとプラトンが挙げている。ポパーの思想は、何人にも真なる理論を含む普遍言明 (universal statement) を掴み取ることを認めず、全ての人に理論の批判的検討や反証の可能性を認めさせ、批判や反証という過程を通して知識が成長していく、というものであるから、「ヒストリシズム」はまさに攻撃の対象となったのである。ポパーはこの思想的源泉をアインシュタインの相対性理論の解説書にあるとしているが、マイモニデスの否定神学の伝統に乗っ取っているという指摘が、立花氏によってなされている²³。トマス・アクィナスとマイモニデスは両者ともアリストテレスの哲学とキリスト教の調和を図り、アクィナスはその後、ローマカトリックの正統の権威ある教義となり、マイモ

ニデスは激しい論争的になりキリスト教社会から消えていった。マイモニデスの批判そのものを内在させ、批判によってのみ信仰が開かれるとした思想は、2005年哲学若手研究者フォーラム発表の「ほらふき男爵のトリレンマと「対象の完全なる把握の希求」」の前半部で述べたドクマ的になった西欧合理主義へのひとつのアンチテーゼになるのではないだろうか。

ポパーの非決定論を工学の分野に適用するとどのようになるであろうか。まず、工学の分野においては「真理への探求」という目的がない点が自然科学との決定的な違いとして挙げられる。哲学は多くの解釈が可能であるので、同じ定量化という記号体系を持つ自然科学との比較になるが、工学において求められているのは、「真理の探求」ではなく有用性である。

道具の道具として目的に合致する有用性は、世界の真理としての希求を持つことはない。何故ならば、有用性の中には廉価という経済性や、有効であったとしても危険度との兼ね合いを計るメリット、デメリットや、付加価値や人間工学に基づいたデザイン性などの多数の項目が含まれているからである。「真理への探求」という自然科学、および宗教や哲学のある範囲の中で共有されている目的とは全く切り離された工学というものが存在している。逆説的に述べれば、「真理への探求」がなくとも政治や幸福や倫理や生活というものが成り立つのである。例えば、11世紀までの中国は、近代自然科学を発展させることはなかったが、工学としては第一級のものを発見している。灌漑設備、羅針盤や火薬とロケット、印刷とインクの使用、紙や絹、当時の欧州を遥かに凌駕した非常に詳細な天文学や数学である²⁴。さらには13世紀から14世紀までの代数は世界で最も進んでいた²⁵。

このことは自然科学のように定量化する記号体系に還元されないものを、質量を持った自然物が保持していることを現している。現代日本にある私たちが「真理の探究」として求める世界像とは別に切り離された性質があることによって、それを不完全な形であったとしても日常経験的な積み重ねによって工学的製造物として結果を出せるのである。それを「質量の不確かさ」と定義しておきたい。それは、運動量と位置の積がプランク定数以下にならないというハイゼンベルグの不確定性原理として現代物理学が提示している「不確かさ」とはまったく別のものである。定量的な記号体系の進歩の果てに現れた「不確かさ」

ではなく、定量的な記号体系として切り取られる前からあり、はたまた、「真理の探究」にも抵触しない「不確かさ」である。この「質量の不確かさ」は、アリストテレス以降の思想のように存在論において定性的にのみ扱ってきた物質の性質とは、また別の概念でもある。それは、定性的な物質の性質が定量的に還元されることによって排除されないからである。「真理の探究」という同一の目標を有する場合の定性的な物質の性質ではないからである。そしてまた、自然科学の革新と確信と、「真理の探究」としての核心によって捨て去られない残滓とも言い直せるであろう。何故なら「質量の不確かさ」は、自然科学的な方法によって切り取りえない事物の側面があるからである。このことはチャレンジャー事故の際の自然科学的なデータを全ての工学物が備えているわけではない、という点に見られる。

自然科学の方法は、定量的な記号体系によって事物の性質の変数項を特定した上で切り取る。その意味において「真理の探究」の目的に合致している、物質の性質を区分してきた定性的な古典的説明は取り替えられてしまう。けれどもこうした方法論に内在するひとつの側面として、変数項として特定し得ない、あるいは特定されなかった、さらには永遠に特定しえない性質も存在するのである。こうした点は、工学にあり自然科学にはない「冗長性」という概念から支えられる。「冗長性」を繰り返して述べれば、「同一機能を遂行しうる2つ以上のシステムを装備していること」である。この2つ以上のシステムを装備していることは、実は、「物質の不確かさ」が原因のひとつである。われわれが知りえない、あるいは知りえなかった、さらには永遠に知りえない性質の存在が、補完的なシステムを工学に求めるのである。客観性を「再現性」に求める自然科学と比較するとさらに鮮明になるであろうが、次の機会に置くことにする。

また、この「物質の不確かさ」は、自然科学的方法論が変数項の限定という方法によってもなお²⁶、物質の中に残っているものではあるが、文化的や宗教的ではないものである。例えば死や神などの認識不可能なもの（概念）として西欧思想の中で探求されてきたものではない。死生観は欧州と日本では全く異なるので、死や神が文化的であるか宗教的であるかの議論はさておき、こうした概念として設定されてきたものではなく、工学としてあくまで事物、すなわ

ち物質としての側面の中にあるものを強調したいのである。

その根幹を炙り出す方法としてポパーの非決定論がある。自然科学の方法において何人にも真なる理論を含む普遍言明を掴み取ることを認めず、全ての人に理論の批判的検討や反証の可能性を認めさせ、批判や反証という過程を通して知識が成長していく、という前提を受け入れることで発生してくる物質的な不確かさが工学の分野には見られる。何故ならば、批判と検討、そして事故等の反証によって知識が増大していくからである。それでも、そこには決して対象化しえない「質量の不確かさ」もまたあるのである。「真理の探究」という単一の目的に括られていない工学において、製造物はいわば継ぎはぎをして修正していくしかないのである。

5. まとめ

自然科学と工学の差異は、現代の公害や環境問題で大きくクローズアップされている。熊本水俣病、新潟水俣病の原因となった有機水銀の毒性について会社や国家、被害者がその原因を知りえなかったのである。京都議定書として有名になった二酸化炭素による地球温暖化問題は手続きの上で科学的ではないとして論争の大きいものの、二酸化炭素による温暖化や、フロンガスによるオゾン層破壊などは工学的製造過程において認識されていなかった。これは先ほど述べたように自然科学のもつ定量的な記号体系による変数項の特定と、工学的な多量の変数項の「工学の全体性」の差異によって生まれるものである。

そして最後のまとめになるが、「工学の全体性」と「物質の不確かさ」を含んだ工学的合理性を、「工学的合理性」として提言したい。

註

¹ NSPE (National Society of Professional Engineers) については HP <http://www.nspe.org/>、基本綱領については <http://syllabus.numazu-ct.ac.jp/proc/rinriweb/nspej.htm>。

² 宇宙航空研究開発機構 HP に日本語訳がある。 http://iss.sfo.jaxa.jp/shuttle/sts_accident/。

³ 発表原稿には以下にチャレンジャー事故の図を挿入した。

⁴ Pierre Duhem『物理理論の目的と構造』(小林道夫他訳)、247-256 頁、また、小林道夫『科学哲学』、111-116 頁に比較検討がなされている。この検討を元に、提議したもの

である。

- ⁵ Duhem『物理解論の目的と構造』、255頁。〔 〕内は訳者補足。
- ⁶ Duhem『物理解論の目的と構造』、192-196頁。
- ⁷ このように工学には、理論化し得ないがゆえの「質量の不確実さ」があり、そこにはハイゼンベルグの不確定性原理とは異なる意味での「確率的構造化」のような性質がある。「確率的構造化」については本論では紙面の関係上、削除する。
- ⁸ K. Popper, *The Logic Of Scientific Discovery*, p. 86. (以下 L. S. D)
- ⁹ 例えば A. F. チャルマーズがいる。A. F. Chalmers, *WHAT IS THIS THING CALLED SCIENCE?*, chapter 4.
- ¹⁰ 蔭山泰之「算出可能性の原理—ポパーにおける宇宙論と方法論の接点—」3. を参照のこと。ポパー哲学研究会で読める。<http://www.law.keio.ac.jp/~popper/v9n2kage2fr.html>。
- ¹¹ 但し、量子力学とプラトンについての批判については、識者の中でも解釈が割れている。
- ¹² そもそも世界の本質としての「決定論」という言葉は、1820年以降にラプラスなどによって導入された言葉に過ぎない。方法論的決定論は、世界の本質として決定論とは異なり、偽であったとしても棄却する必要がないと、ラッセルは述べている。(Russell, *Religion and Science*, pp. 145-146.)
- ¹³ *The Poverty of Historicism*, p. 142.
- ¹⁴ 以下は拙論「反証可能性と数学的体系」よりの抜粋である。
- ¹⁵ Popper『確定性の世界』、77頁。
- ¹⁶ K. Popper, *Conjectures And Refutations*, pp. 184-193. (『推論と反駁』、306-322頁；参照した日本語訳。但し、本文中の訳文は筆者による)。
- ¹⁷ L. S. D, p. 45.
- ¹⁸ Popper『果てしなき探求 知的自伝』、63-64頁より引用。本文注は以下の通り。
Albert Einstein, *Relativity: The Special the General Theory. A Popular Exposition*, p. 132. (訳文をいささか改めた)。
- ¹⁹ 小河原誠『批判と挑戦』、96-97頁。
- ²⁰ L. S. D, p. 37. (『科学的発見の論理』、45頁)。
- ²¹ 例えばボーアの原子構造論における電子の崩壊時間がある。『批判と知識の成長』、201-220頁。
- ²² 蔭山「算出可能性の原理」1. を参照のこと。
- ²³ ポパー哲学研究会編『批判的合理主義』「ポパーの反証主義の背景としてのマイモニデスの神学」2。
- ²⁴ Robin Dunbar, *The Trouble with Science*, chapter 3. (『科学が嫌われる理由』(松浦俊輔訳)、青土社、3章)。
- ²⁵ ジョセフ・ジョージ『非ヨーロッパ起源の数学』(垣田高夫他訳)。
- ²⁶ 方法によって対象が決定するというを前提としているが、この点に関する拙論は、2005年哲学若手研究者フォーラム発表の「ほらふき男爵のトリレンマと「対象の完全なる把握の希求」、4. を参照のこと。

引用文献

- Chalmers, A. F. *WHAT IS THIS THING CALLED SCIENCE?*, University of Queensland Press, 1982.
- Duhem, Pierre 『物理理論の目的と構造』(小林道夫他訳)、勁草書房、1991年。
- Dunbar, Robin, *The Trouble with Science*, Faber and Faber Ltd., 1995.
- Einstein, Albert, *Relativity: The Special the General Theory. A Popular Exposition*, Methuen & Co., 1930.
- Joseph, George 『非ヨーロッパ起源の数学』(垣田高夫他訳)、講談社ブルーバックス、1996年。
- 小河原誠編 『批判と挑戦』、未来社、2000年。
- 小林道夫 『科学哲学』、産業図書、1996年。
- Popper, K., *Conjectures And Refutations*, Routledge, 1996.
- , *A World of Propensities*, Thoemmes Antiquarian Books, 1990.
- , *The Logic Of Scientific Discovery*, Routledge, 1997.
- , *The Poverty of Historicism*, Routledge, 1997.
- , *Unended Quest An Interlectual Autobiography*, Iwanami Shoten, This Japanese edition 1995.
- ポパー哲学研究会編 『批判的合理主義 第1巻 基本的諸問題』、未来社、2001年。
- Russell, Bertrand, *Religion and Science*, Oxford University Press, 1997.
- Schininger, Roland & Mike W. Martin, *Introduction To Engineering*, The McGraw-Hill Companies, Inc. 2000. (『工学倫理入門』西原英晃監訳、丸善、2002年)。
- 島本進 『工学／技術者の倫理』、産業図書、2006年。
- 高木健治郎 「ほらふき男爵のトリレンマと「対象の完全なる把握の希求」」『哲学の探求：2005年度哲学若手研究者フォーラム論文集 33号』(哲学若手研究者フォーラム)、2006年5月、87-97頁。
- 「反証可能性と数学的体系」『日本ポパー哲学研究会会報』、2001 Vol.13, No. 2.
- Whitbeck, Caroline, *Ethic In Engineering Practice And Research*, Cambridge University Press, 1998. (『技術倫理 1』札野順・飯野弘之訳、みすず書房、2006年)。

(たかぎ けんじろう／静岡産業大学)