

科学報道はどう変わるべきか

酒井邦嘉……

さかい・くによし

いかに分かりやすく正確に伝えるか 必要なのは科学と人間への深い理解だ

東京大学大学院総合文化研究科教授。
1964年生まれ。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了、理学博士。東京大学医学部助手、マサチューセッツ工科大学客員研究員、東京大学大学院総合文化研究科助教・准教授を経て、2012年から現職。第56回毎日出版文化賞、第19回塚原伸児記念賞を受賞。主な著書に『言語の脳科学』『科学者という仕事』（中公新書）、『脳の言語地図』（明治書院）、『脳を創る読書』（実業之日本社）、『芸術を創る脳』（編者、東京大学出版会）など。

科学研究の成果をいかに正確に、そして分かりやすく伝えるか。それは、科学者と科学記者の共通した課題である。大胆すぎても非科学的な大言壮語となりかねない。一方、慎重すぎても成果のインパクトを伝えられない。その中庸を得る見識には、科学と人間に対する深い理解が必要である。

文系・理系に微妙な差異 再現性こそが科学の命

本稿は主に科学的成果の正しい、あるいは望ましい伝え方について述べるものだが、人文科学や社会科学が重きを置く

考えとの相違について、はじめに整理しておきたい。いわゆる「文系」や「理系」といつても、学問に根本的な違いがあるわけではないが、以下の3点についての意識に微妙な差異があることも否めない。その要点が示す本質を知らなければ、無用な誤解が生じやすいのである。

① 主観性と客観性

文理を問わず「○○科学」というからには、研究者の視点によらない客観性が重視される。しかし学問上のいかなる主張も、当然ながら主観を含んでいる。自然科学の論文だからといって、客観的な主張だけを述べているとは限らない。実

際、全く同じ科学的データに基づきながらも、真つ向から対立する複数の「解釈」が生じることすらある。また、科学的・論理的な推論以外にも、推測・憶測(speculation)や見解、単なる意見などが論文に書かれていることは珍しくない。従って、論文の要約や記事を書く際には、どの部分を切り取るべきか慎重に選択する必要がある。

客観的に検証可能な「結論」のみを選択すればよいのだが、魅力的な憶測が述べられている場合、それが主観的であることを見過ごしてしまう危険がある。また、「そのような面白い可能性が示唆されるような研究なら報道する価値があ

る」と見なされることも多い。科学への一般的関心 (general interests) は、科学的厳密性と全く異なる価値観なのである。

一例を挙げると、「人間にしかないと考えられていた知的能力が、他の動物にも見いだされた」という主張は面白いし、子供も興味を持つだろう。しかし、「賢いハンス(計算ができる)といわれた馬が、実際には周りの人の様子に反応していただけだった」の例からも明らかのように、動物の知的能力を客観的に評価するのは難しい。

② 個別性と普遍性

科学では普遍性のある知見が重視される。例えば、DNAの二重らせん構造の発見のように、生物種にかかわらず普遍的に存在する物質やメカニズムの解明は、科学史のマイルストーン(一里塚)である。その一方で、臨床研究などで典型的な「症例報告(case reports)」では、個別の患者の貴重な記録が、たとえその例数が少なかったとしても価値を持つ。それに、定説に対する反例がたった一つでも発見されたなら、常識を覆す可能性があるため大きく報じられることだろう。

しかし、個別の事象というものは、特殊な要因や、装置の誤作動などに基づいて起こった可能性があるため、慎重を要する。それでは、例数がある程度蓄積すれば、その主張を受け入れてよいだろうか。多数の報告があっても、同じようなミスを繰り返しただけかもしれないから、例数だけで結論できないことは明らかだ。

ただし、普遍性を志向するあまり、個別の事象やデータがあたりかも普遍性を反映しているように拡大解釈したり、推測だけで一般化を試みたりするのは危険である。そこで、いかに個別性と普遍性を峻別する^{しんべつ}か、そのセンスが問われるのである。

例えば「ケプラーの3法則(惑星の運動に関する法則)」は、火星の運動という個別の運動から着想して、太陽系、そしてあらゆる物体の普遍的な運動へと発展する好例である。個別性と普遍性に対するセンスを身につけるには、そのような科学史の実例から学ぶことが望ましい。

③ 歴史性と再現性

科学では再現性のある事象が重視される。それは再現性を保証することで、先行するさまざまな事象からの影響(歴史

性)をできるだけ排除して、純粋な法則性や因果関係を明らかにしようとするためだ。ただ、ある事象が再現しないときに、かえってそのことで他の要因の存在がはっきりすることもあるから、再現しなければ無益というわけではない。それでも、再現性こそが科学にとって命なのである。

それから、何度やっても再現しないからといって、原理的にできないのかどうかは分からない。現在の実験技術が未熟なだけかもしれないからである。しかし確たる理論的な根拠のないまま、再現しない現象に執着するのは、科学的といえない。その具体例として、錬金術や永久運動を考えてみるとよい。

生物種の進化は、科学が扱う数少ない「歴史」の問題である。実際、数万年のスケールで生ずる進化を「再現」させることはできない。しかし、進化が科学の対象になりうるのは、突然変異等のメカニズムがさまざまな種で再現するからである。また、進化を脳機能にまで広げて、「言語はどのように生まれたのか」といった問題に興味を持つ人は多いが、それはあくまで起源を問う歴史の問題であって、科学的に解きうる対象ではない。

「科学発表の3原則」が 記事にも当てはまる

『科学者という仕事』（中公新書）で、科学研究の発表の基本となる三つのポイントをとめた。この「科学発表の3原則」が科学記事にも適用できることを、ここで確認しておきたい。

第一に、正しく

真実を伝え、虚偽を伝えないこと。これはいうまでもなく常識だと思われがちだが、すべてのポイントに先立つ大原則だということが認識されているだろうか。分かりやすさを優先するあまり、不正確な説明になつてはいないだろうか。大切なことは、書き手が何を「正しい」と考えるかである。既に述べたように、同じデータに基づいていても、実際にはある程度の解釈の幅がある。研究成果の紹介記事である以上、著者の論点を逸脱するわけにはいかないが、どこまでを「新たな知見」と見なし、どこから先を「推測」と見なすかは、判断に迷うこともあるだろう。

そこで、同じ分野の専門家に意見を求

めてみることになる。しかし、全く新しい論文を短時間で読み込んで整合性などを判断するのは容易ではないし、先端的な分野であるほど専門家の間で評価が分かれる可能性もある。詰まるどころ、書き手の見識で「正しい」と考えたことを書くしかない。

第二に、分かりやすく

一般の新聞などの場合、読者の予備知識を過剰に見込んでおらず、たとえば子供が読むことまで想定して、できる限り分かりやすく書く必要がある。そのためにも、書き手自身に理解の正確さと深さの両方が必要だ。また、読み手の中には書き手を上回る知性の人がいるものもある。多くの科学記者は「広く浅く」という主義であろうが、幅広い知識をいかに深めていけるかが勝負だろう。

論文の執筆にも全く同じことが当てはまるが、書くべき内容が十分に分かっている場合、何も知らない読者を想定することがかえって難しくなる。読み手にとって理解が困難なことが何なのか想像しにくくなるからである。そこで、「自分の説明のどこでどのように読者が分からなくなるか」を常に想像しながら執筆

しなくてはならない。

日本画家の千住博さんが大徳寺の襖ふすま絵を描かれたとき、その和尚さんから「毎回悟つたと思ひ、次の瞬間にその境地を忘れ、仕方なくまた一から修行をする。それが本当の姿だ」といわれたという。論文や記事の執筆でも、「毎回伝わったと思ひ、次の瞬間にその達成感を忘れ、また一から推敲すいこうをする」ことが大切だろう。

第三に、短く

同じ内容を伝えられるのなら、できる限り短いことが望ましい。また、論点が絞られた簡潔な文章ほど分かりやすい。そこで文章から冗長さを廃し、それでも内容が過不足なく伝わるように手を入れることが、最終段階での推敲である。

新聞では、記事の長さが先に決まっていることが多い。1行12字の行数単位でもあろう。しかし、分量の制限は正確さや分かりやすさが犠牲にされる危険と隣り合わせであることを意識しておく必要がある。正確さを重視して労を厭いとわず加えていって、最後にできる限り削るのである。

「超光速」の素粒子 大報道から一転、幻に

以上の一般論を踏まえて、「超光速」のニュートリノをめぐる2011〜12年の報道の事例について考えてみたい。

① 最初の報道

このニュースはOPERAと呼ばれる国際共同研究チームの発表であり、世界中で大きく報道された。朝日新聞では、1面に「光より速い素粒子発見」(全体に括弧付き)という見出しで掲載された(紙面1)。見出し全体に括弧を付けたことで、強調したかっただけなのか、伝聞体で疑義を意図したのかは分からない。

残念なことには、「相対性理論の枠組みは大きく揺らぐ」と報じたことで、実際には「アインシュタインは間違っていた」というセンサーショナルなニュースとして流布してしまっただけ。

この実験では、欧州合同原子核研究機関(CERN)の設備が使われ、日本からの参加もあった。全地球測位システム(GPS)を用いたヨーロッパでの3年にわたる計測の結果、ニュートリノの速度が光速を 0.00248% 上回っていたというもので、測定の見積り誤差はその1桁少ない 0.00028% であった。

最大の問題は、十分な査読を要求する通常の学術雑誌に発表されたのではなく、不十分な形でマスコミに発信されてしまったことだ。その少し前からソーシャ

「光より速い素粒子発見」

国際実験 相対性理論と矛盾

名古屋大や神戸大などが、結果が正しければ、「超光速」に参加する国際共同研究グループ(PAPER)は28日、素粒子の一種「ニュートリノ」が、光より速く飛ぶことを示す実験結果を発表した。になる。

タリヤの研究の地、検出器に到着するまでの距離を、全地球測位システム(GPS)を使って3年間・1万5千回以上、精密に計測した。その結果、ニュートリノは光よりも億分の6秒ほど早く到達し、速度を計算すると真空中の光速(秒速約30万m)を約速 7.5% (0.00025%)上回っていた。アインシュタインの特殊相対性理論によると、質量を持つものは光の速さを超えることができません。今回の実験結果は現代物理学では説明がつかない。実験の精度がGPSよりも1桁以上、精密であることなどからデータが科学全般に与える潜在的な衝撃の大きさを、抽速な結論や物理的解釈をするべきものではないと考へていく」とコメントを添え、世界の研究者に検証や解釈を促すように頼んで、結果を公表した。(田中誠士)

② 解説記事

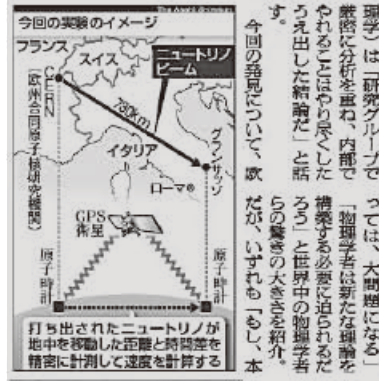
理論物理学のように専門性の高い内容の発表なら、1面の限られた記事では足りないし、一般の読者にその意味を理解させるには、より詳細な解説が必要になる。ここでは最初の発表時の関連記事に

超光速 本当か

「実験だけでは」専門家慎重

光より速いニュートリノの発見が事実ならば、特殊相対性理論「超」の前提を揺るがす「世紀の大発見」になる。だが、多くの専門家は「ひとつの実験結果だけでは信じられない」と慎重な見方を示している。

研究グループに参加する、米メソリアも連発した。有名な大教養教育局の「副総長」なら、革命的な小松雅彦教授（素粒子物理学）「衝撃的。我々にも驚かす結果を、内部で検討する必要があるのではないか」と話している。実験の大きさを紹介。



注目してみよう（紙面2）。その見出しは、「超光速 本当か」という慎重なものになっている。

これに続くリード（前文）には、「光より速いニュートリノの発見が事実ならば、特殊相対性理論の前提を否定する……」という記述がある。キーワードとして「特殊相対性理論」を解説した記事でも、「物

ニュートリノ

物質を構成する粒子のうち、オーグとよばれる素粒子の一種。ほとんどのものをすり抜けるのでとらえるのが難しいが、小柴昌俊・東大特

授（宇宙物理学）も「事実ならば、画期的な発見。ただし、素直には信じられない」と話す。

アインシュタインの理論では、光速を超える物体は「負の質量」を持つことになり、その上では時計が止ま

科学者たちは公開討論を

「解説」現代物理学の根幹を揺るがすような実験結果が出た。物質が光より速く飛ぶというのである。これは「原因があって結果が生じる」という日常常識（因果律）を支えるおきこえであり、それを破るという想定でタイムマシン以下の事態が生まれたりしている。

20世紀に確立した物理学の本質は、相対性理論と量子論だ。アインシュタインが1905年に定めた特殊

相対性理論は、光速を超えるものはないことを前提に組み立てられている。これは「原因があって結果が生じる」という日常常識（因果律）を支えるおきこえであり、それを破るという想定でタイムマシン以下の事態が生まれたりしている。

特殊相対性理論 アインシュタインが1905年、物体の速度は光速を超えることはないことを前提に組み立てた「時間・空間に関する理論。光速で飛ぶと

教授（素粒子物理学・高エネルギー物理学）は「速いかもしれない」と話すが、ある分野で証明された実験が、たまたまの偶然か否か定かでないという懸念がある。

東大物理研主任研究員 小松雅彦教授は「素粒子物理学は1980年代に目覚ましい発展を遂げた。特にニュートリノの発見は、16万光年離れた天体の爆発で出た光とニュートリノがほぼ同時に地球に届いたが、今回の速さはニュートリノの方が数分早く飛来する距離に相当する」と話している。

「私たちが、家の間口、飛行機、高速時の流れなど、4次元の空間と時間を経験している。物理学の4次元空間の構造、超光速を意味する次元は、ニュートリノの方が数分早く飛来する距離に相当する」と話している。

「これは、私たちが、家の間口、飛行機、高速時の流れなど、4次元の空間と時間を経験している。物理学の4次元空間の構造、超光速を意味する次元は、ニュートリノの方が数分早く飛来する距離に相当する」と話している。

研究チーム内でも正否への意見が分かれ、論文に名前を連ねることを望むというメンバーがいる。丹羽公雄も古川大名誉教授もその一人。実験がそのものの精度は確かなが、ニュートリノの速度を決めるのに必要な飛行距離と飛行時間の基準を念頭で位置システム（GPS）に頼っている。GPSの精度が、このような精密測定が求められるのか検証が必要と話した。

「私たちが、家の間口、飛行機、高速時の流れなど、4次元の空間と時間を経験している。物理学の4次元空間の構造、超光速を意味する次元は、ニュートリノの方が数分早く飛来する距離に相当する」と話している。

「これは、私たちが、家の間口、飛行機、高速時の流れなど、4次元の空間と時間を経験している。物理学の4次元空間の構造、超光速を意味する次元は、ニュートリノの方が数分早く飛来する距離に相当する」と話している。

体の速度は光速を超えられないことを前提に組み立てた……理論」とされている。

特殊相対性原理であって、物体の速度が光速を超えられないのは相対論の「帰結」である。ここで「特殊相対性原理」とは、「四次元空間（三次元空間と時間）の慣性系（慣性の法則が成り立つ系）はすべて

同等であり、あらゆる物理法則（光などの電磁波の法則を含む）は、座標変換に對して不変」というものである。物理学の前提となる「原理」は、数々の法則よりも上位に位置しており、そもそも直接的な実証あるいは反証が必要とされない（あるいは原理的に不可能である）。特殊相対性原理もまた同様であり、数学の「公

理」に近いものなのだ。

一般にある理論の帰結が実験的に反証された場合、その前提ではなく推論の過程に間違いがあるケースが多い。超光速の発見が直ちに「前提を否定する」ことにはならないのである。

同じ記事にある、相対論の専門家のコメントには、「事実ならば、画期的な発見」とある。リードと同じ、この「事実ならば」という表現は、さまざまな科学記事で用いられる。「超光速」を報じたアメリカの「サイエンス」誌の最初の記事でも、「もし本当ならば (If it's true, ...)」という但し書きをつけていた。

しかし、不用意に「事実」や「本当」という言葉を用いるべきではないと私は考える。たとえ経験的に「事実」や「本当」と思えるようなことであつても、それが正しい科学的真理とは限らないからだ。このことを理解するため、次の二つの例がそれぞれ正しいかどうか吟味していただきたい。

例①「太陽は地球の周りを毎日回る」

例②「地球は太陽の周りを毎年回る」

どちらの例も「観察事実」なので、正しいと考える人がいるのは無理もない。しかし、科学の知識がある人なら、例①

の現象が地球の自転に基づくもので、太陽が回るのとは正しくないということを知っている。一方、地球の公転に基づく例②は、地動説の知識があれば正しいと思えるかもしれないが、太陽の質量が地球よりもはるかに大きいため近似的に成り立つだけである。例②では、「太陽と地球は両者を合わせた重心の周りを互いに回る」というのが物理学的に正しい。

なお、その記事には、「アインシュタインの理論では、光速を超える物体は『負の質量』を持つことになり、……」とあるが、2日後に『虚数の質量』を持つ』と訂正された。相対性理論では、質量を座標変換で変化しない「不変量」と見なすため、たとえ計算上であつても質量が変化するわけではない。

より問題なのは、その記事の中で「未だから過去へ旅するタイムマシンの基礎となる」と表現したことである。これでは、「タイムマシン」に物理学的根拠があるかのような誤った理解を、一般に浸透させることになりかねない。「ドラえもん」などに度々登場するタイムマシンの話は確かに一般の関心を引きやすいが、面白さを優先させて正しさを犠牲にしてはいけなかった。今後は、科学の理論と

SFの着想では何が違うのかはつきりさせる記事がほしい。

③ その後の反証

「超光速」は観察事実としても誤りであつた。ただ、そのことを果たしてどれほどの人が現在正しく認識しているだろう。翌年の2月になつて、GPS受信用アンテナと検出器(フォトダイオード)を接続する光ファイバーケーブルに緩みがあつたと報じられた。このケーブルを接続し直したところ、ニュートリノの速度が光速を上回ることはなくなつたという。この不具合は、最初の発表から3週間後には内部調査で早々に発見されていたらしい。その後、追試(再現実験)が続けられ、OPERAは6月に当初の発表の誤りを正式に認めた。そのニュースは、朝日新聞では夕刊の1面に掲載され(紙面3、次ページ)、その後も詳しい検証記事によつて適切に報道がなされた。「超光速」は幻想に終わったのである。

統計的な解析で留意すべきこと

実験科学では、ごく少数の例外を除い

「超光速」撤回へ

素粒子の一つ、ニュートリノが光より速いとした実験結果は誤りだったと、研究グループが3日から京都市で始まる国際会議で発表する。問題を修正した上で再実験したところ、光速を超える結果は出なかった。実験は、スイス・ジュネーブ郊外にある欧州合同原子核研究

ニュートリノ

再実験で誤り確認

機関(CERN)から約730キロ離れたイタリアのグランサツソまでニュートリノを飛ばすもので、名古屋大や神戸大なども参加する国際研究グループ「OPERA」が実施。昨年9月、ニュートリノが飛び時間と距離を測り、光速(秒速約30万キロ)を超えたと発表した。

物質は光速を超えられないという特殊相対性理論に反し、「現代物理学の根幹を揺るがす」とニュースになった。だが、CERNは今年2月、実験に一つの問題があったと発表した。再実験は5月に実施された。再実験は再現されなかった。5月末、主要メンバーが名古屋大に集まって協議。京都で国際会議で正式に「撤回」宣言することになった。(飯沼信太郎)

紙面3 朝日新聞 2012年6月2日付夕刊1面

て統計的な解析が必要となる。二つの群で測定されたデータがあり、それぞれで求めた平均値の間に差があったとしても、それだけで何かを結論することはできない。なぜなら、データのばらつき(誤差)を正しく評価すれば、平均値の差は誤差の範囲内かもしれないからだ。そこで、平均値の差に意味がある(有意である)ことを正当に示すために、統計的な解析が用いられる。

もし二つの群間に有意な差がなかったならば(これを「ネガティブ・データ」という)、何も推論できないことになる。例えば、薬品Aを使った場合と使わなかった場合で、両者の結果に差が認められなかったとき、「薬品Aは効果がなかつ

た」と結論してはならない。その実験からは薬品の効果が確かめられなかっただけであり、もつと精度の高い実験を行えば効果が確かめられるかもしれないからだ。要するに、ネガティブ・データからは結論が導き出せないのである。科学論文はもちろん記事を書くときにも、ネガティブ・データに基づいて推論していかどうかを十分にチェックする必要がある。

統計的な解析では、観察された現象が偶然生じる確率を見積もることで評価する。分野を問わず世界的に通用する許容ライン(有意水準)は、「5%」である。つまり、20回に1回の確率で偶然起こるような現象ならば、誤差で説明されない

可能性がある。このラインを超えて、例えば「8%」の確率で生じるような結果に基づいて推論をしている論文は、非科学的と見なされる。

しかしこの有意水準を裏返せば、20回に1回は偶然によって同様の結果が得られるかもしれないのである。そうした統計結果がデータとして論文に記載されうるということを留意しなくてはならない。また、観察データよりもつと大きな差がプラスマイナス両方で得られる確率を積算すると5%以内でなくてはならないが(両側検定)、平均値の差がプラスかマイナスの一方に定まる場合に限って「片側検定」が用いられる。いずれにせよ、統計的推論に基づく結果は単純に「事実」と見なせるものではないから、条件やサンプルを変えて同じ結果が再現するかを検証しなくてはならない。

さらに統計で留意しなくてはならないのは、分布の形である。通常は釣り鐘型の「正規分布」が仮定されているが、一方に偏った分布となることは珍しくなく、平均値と分散に基づく通常の検定では正しい評価ができないことがある。例えば、試験問題がやさしすぎると高得点側に偏った分布になってしまうと、成績評価

がしにくくなるのと同じである。

また、同様の検定を複数の組み合わせで繰り返すときは、繰り返しが多いほど同じ結果が偶然生じる可能性も高まるため、「多重比較の補正」が必要である。脳科学から具体例を挙げると、脳の画像データは数千を超える画素を含むので、そのいずれかに脳機能を反映した信号変化があつたとしても、適切な補正を行わない限りは画像ノイズの変動と判別がつかないのだ。関心のある領域をあらかじめ絞り込む方法はあるが、その選択に必然性がないと恣意的と見なされる。

適切な統計を効果的に使えば観察結果が生きてくる。その一方で、統計の乱用は危険である。文章表現のレトリックと似ていて、統計の使い方にはセンスが表れる。論文の評価でも統計の適切さを見極める必要があるから、統計に関する知識は科学記事を書く上で必須なのだ。

科学の不正は犯罪と同じ 未来への信念持ち研究を

科学研究における不正とは、虚偽のデータや理論を「故意に伝える」ことである。典型的なのは、データやサンプル

ルの捏造や改ざん（画像データの加工など）、そして他人の文章の盗用であり、さらには不適切な統計操作（正当化できないサンプルの抽出や排除など）や、論文の二重投稿なども含まれる。

ここでいう「故意」とは、自分の行為が問題を生むことを認識しながら、あえてそれをするということである。一方、「過失」とは、問題が認識できたはずなのに、注意を怠つてその問題を見過ごしたことである。不正の認定では両者の違いが重要だが、科学ではどちらも看過されない。

まして、度重なる過失が発覚すれば、論文だけでなく科学者としての信用を失う。共著者にも弁解の余地はない。また、論文中に明らかな論理の飛躍や循環論（結論を前提とすること）があれば、それが故意であろうと過失であろうと、信用と信頼を損ねる結果になる。

科学における不正の大半が人間の野心や功名心などに基づく以上、それを根絶することはできないだろう。社会でめぐらされるさまざまな権謀術数と同様、いかなる刑罰があろうとも、そのリスクを覚悟で不正をはたらく人は絶えないものだ。不正は科学の世界だけで起きている

のではない。

科学の不正は詐欺や偽造などの犯罪と同じである。そして、犯人がいかに巧妙に証拠を隠蔽しようとも、その行為を「科学的に」立証する可能性がある。また、自然現象に対して人為的に、しかも「故意」に働きかければ、必然的に自然状態からのずれが発生するから、そのずれを科学的に検出できるかもしれない。

科学では、不正だけでなく悪用も深刻な問題だ。技術の使用に関するガイドラインや監視をどんなに強化しようとも、武器や兵器などに悪用される危険が常にある。そして科学の成果は、深刻な副作用や環境破壊に結びつくこともありうる。どんなに素晴らしい技術であっても、正しくコントロールしなければ悪用と同じ結果になってしまうのは恐ろしい。「原子力」はその典型である。

科学の研究、論文の執筆、記事の執筆はすべて、個人ではなく社会と自然に関わる福利や知的財産をいかに大切にするか、という視点から考えれば、おのずから進むべき道筋が見えてくるであろう。科学の未来に対して揺るぎない信念を持つことは、科学に携わるすべての者の使命である。