

## 序 知識の島

私が自然界に見ているものは壮大な構造であり、それは私たちがきわめて不完全な形でしか理解できないもので、思慮深い者を謙虚な思いで満たすに違いない。

——アルベルト・アインシュタイン

私たちが観察するものは自然そのものではなく、私たちの探究する手法に応じて露わとなった自然である。

——ヴェルナー・ハイゼンベルク

私たちはどれだけ世界を知ることができるだろうか？ 私たちはすべてを知ることができるのだろうか？ あるいは、科学で説明可能な領域に根源的な限界はあるのだろうか？ 限界があるのなら、どのくらいまで物理的な実在の性質を理解できるのだろうか？ 本書では、こうした質問と

その驚くべき結末に焦点を当てる。これは、この宇宙と私たち自身をどこまで理解できるのかという探究である。

世界のうちで私たちが見るものは、「向こうに」あるもののほんの一部分にすぎない。望遠鏡や顕微鏡、ほかの観測ツールを使ったとしても、目に見えないものが大量に存在する。私たちの感覚と同じで、どんな器具にも測定できる範囲がある。自然界の大部分は私たちから隠されているため、世界に対する私たちの見方は、測定し解析できるわずかな実在のみに基づいている。私たちが見るものや、自然界があると推測されるものを記述する科学には、必然的に限界があり、物語のごく一部しか教えてくれない。では、私たちの手が届かない、ほかの部分はどうか？ 過去の成功から自信をもって言えるのは、現時点で隠されているものの一部はやがて科学の物語に組み込まれ、未知が既知になるということだ。だが本書を通して見ていくように、ある時代の未知が次の時代の既知になることがあったとしても、別の部分は隠され、未知のまま。私たちは常により多くの知識を求めて努力するが、今もこの先も、謎に囲まれ続けるのだということを理解しなければならぬ。

この見解は反科学的でも、敗北主義的でもない。また、宗教サイドからの反啓蒙主義に屈するという提案でもない。むしろまったく反対で、謎と戯れることであり、既知の領域の境界を越えたいという衝動にほかならない。そしてこれがクリエイティブな精神を刺激し、もっと知りたいという思いに私たちを駆り立てるのである。

私たちが実在と呼ぶものの諸相は、さまざまな考えが寄り集まってできた絶え間なく変わるモザイクである。本書は、西洋の思想史を通じてこのモザイクをたどる相補的な三つの部パートからなり、過

去から現在までの科学的な世界観の移り変わりを順に追っていく。各部では、概念の転換によっていかに知識と意味の探究が特徴づけられたのかを探ることを意図しながら、さまざまな科学的・哲学的な世界観の変化に光を当てるような心がけた。第I部では、この宇宙と、その起源や物理学的な性質に焦点を当てるほか、私たち自身に対する理解と、空間や時間やエネルギーの性質への理解が、宇宙についての変容し続ける物語によっていかに形づくられてきたかを論じる。第II部では、古代の錬金術的な思索から、量子世界やそれが物理的な実在の本質とそれを決定するうえでの私たちの役割に関する最新の考え方で、物質の性質とこの世界の物質的な構成について見ていく。第III部では、心やコンピューターや数学の世界を探索し、特に知識の限界と実在の性質に関する議論にそれらがどのような情報をもたらすのかを論じる。本書で見えていくように、知識の不完全さや科学的な世界観がもつ限界は、意味を求める私たちの探究を深めこそすれ、挫くことはない。それらは誤りを犯しやすい人間の性質や強い願望と科学との間を取り持つてくれるのだ。

この数行を書く間、私の脳の中では何百万ものニューロンがよくわかっていない法則に従って整然と発火している。その結果、考えが浮かんできては、言葉として表現され、目と腕の筋肉の緊密な協調によってラップトップに文章が打ち込まれる。何か、漠然と「心」と呼ばれるものがこうしたことを司っている。私は今、ロサンゼルスでドキュメンタリーを撮影し終えて家へと戻る、三万フィート上空の旅の途中だ。ドキュメンタリーのテーマは既知の宇宙。天文学と宇宙論を中心とした、現代科学の素晴らしい成果をふり返るといふものだった。眼下には白い雲が漂い、その上には青い空が広がる。そこに、ジェットエンジンのうなりと、音楽を聴いている隣の乗客が iPod を

叩く不快な音が聞こえる。

世界についてのこうした知覚は、認知神経科学が教えるとおり、脳のさまざまな部位によって合成されている。私が実在と呼ぶものは、外部から神経系によって脳へと運ばれる五感を通してもたらされる無数の刺激が統合されたものに由来する。今ここに存在するという認識は、私のニューロン間の無数のシナプス結合を流れる大量の化学物質が生み出した作りごとである。私、そしてあなたは、無数の細胞という織物にまたがる、自立的な電気化学ネットワークなのである。しかし、私たちはそれだけではない。同じ材料からできていたとしても、私は私、あなたはあなたであり、互いに異なっている。現代科学は厳格な物質主義に立ち、物質と魂という古いデカルトの二元論を排除してきた。つまり、自己という劇場は脳の中で起こっていて、脳はクリスマスツリーの電球のようにひっきりなしに発火し相互作用するニューロンの集合体だというのだ。

このニューロンの発火パターンがどのようにして存在しているという感覚を生んでいるのか、正確にはほとんどわかっていない。私たちは、周囲の環境から自分自身を切り離し、実在に対する客観的な視点を築けると確信して、日常の活動を続けている。私は、私があなたではないということを知っているし、私の座っている椅子ではないということを知っている。私はあなたと椅子から離れられるが、私の体からは（トランス状態ではない限り）離れられない。また一方で私たちは、自己の感覚の土台となる実在に対する私たちの知覚がひどく不完全であることも知っている。私たちの感覚は、周囲で起こることのほんの一部をとらえているにすぎない。脳は起こっていることの多くを認識しない。なぜなら、厳しい環境を生きた祖先の生存率を高めるために特に有用ではなかった大量の情報は、目にも耳にも入らないようになっていいるからだ。たとえば、太陽の中心部からや

つて来て、私たちの身体を毎秒何兆個も通り抜けるニュートリノや、目に見えない情報を運ぶマイクロ波や電波、紫外線、赤外線といった電磁波などだ。また、可聴域を超えた音や、目に見えない塵の粒子やバクテリアもそうだ。アントワヌ・ド・サン＝テグジュペリの寓話で、キツネが星の王子様に話したとおり、「大切なことは目に見えない」のである。

非常に小さいものであれ、非常に遠くにあるものであれ、観測の器具や装置のおかげで、私たちの視野は大きく広がった。観測機器は、目では見えない微生物や電磁放射、亜原子粒子（原子よりも小さい粒子）、数十億光年離れた星の爆発などを「見せて」くれる。ハイテクな装置によって、医師は肺や脳の内部の腫瘍を目視でき、地質学者は地下の油田を発見できる。しかしどんな検出技術や測定技術にも、精度や測定範囲に限界がある。秤は最小の目盛りの半分の精度で重さを量る。したがって、目盛りの刻みが一グラムごとであれば、〇・五グラムまでの精度でしか測定できない。ぴったり正確な測定などというものは、あらゆる測定はその精度の範囲内で示さなければならず、誤差の大きさを算出した「エラーバー」を併記する必要がある。高精度の測定とは、エラーバーが小さい、つまり高い信頼水準をもった測定であるにすぎない。つまり、完全な誤差のない測定など存在しないのである。

秤よりも興味深い例として、粒子加速器を考えてみよう。加速器は物質の基本的な組成を研究する目的で設計され、世界に存在するあらゆるものを形づくる物質の最小の部品を探求している。粒子加速器はアインシュタインの有名な方程式  $E=mc^2$  を十分に活用して、高速の粒子がもつ運動エネルギーを新たな物質の塊に変換する。要は加速器は凶暴にも、光速に近い速度で運動する粒子を正面衝突させているのだ。ほかにどのようなようにして、科学者は、たとえば陽子の中に何が存在するの

かを研究できるというのか。オレンジとは違って、陽子を切ることはできない。だから高速で運動する陽子同士をぶつけて、衝突の後に飛び散る破片を研究するのだ。もしナイフがなかったら、オレンジの組成も同じようにして調べられる。放り投げたオレンジを高速でぶつけて、噴き出した種や果汁や果肉を観察すればいい。喩えをさらに進めて言うと、オレンジをより高速でぶつけると、もっと多くのことがわかる。たとえば、ちよつと速いくらいの衝突では種があるのがわかるのだが、もっと高速で衝突させれば、種も割れて、その中身までも露わになるかもしれない。これは重要なポイントだ。つまり、高いエネルギーで衝突させればさせるほど、物質はより内部まで調べられるのである。

過去半世紀の間に、粒子加速器の威力は劇的に向上した。一九一一年にアーネスト・ラザフォードが原子核の構造を研究するために使った放射性粒子のもつエネルギーは現在、ジュネーブ（スイス）にある巨大な粒子加速器の大型ハドロン衝突型加速器（LHC）で達成されるエネルギーの一〇〇万分の一度にすぎないのだ。したがって現代の素粒子物理学者は、物質の性質を深く探索することができ、ラザフォードが夢にも思わなかったものを「見て」いる。たとえば、二〇一二年七月に発見されたヒッグス粒子のような、陽子の一〇〇倍も重い「基本的な」粒子などがそうだ。将来の加速器への資金——これらの施設に付いた値札からすると、莫大な資金——が確保されれば、新しい技術によって、さらなる高エネルギープロセスの研究が可能になり、エキサイティングで、おそらくかつてないほどの革新的な発見がもたらされると十分に考えられる。

しかし重要なのは、実験によってどの程度深くまで物理的な実在を探索できるのかということに、技術が制限をかけることだ。すなわち、私たちが測定できるものや、科学者がこの宇宙や私たち自身について学べることを、機械が決めてしまうのだ。人類の発明品である以上、機械は私たちの創造力と利用できる資源に依存する。うまくいけば、機械はかつてない精度で測定し、ときには予想外のことを明らかにする可能性がある。その絶好の例はラザフォードがなした驚きの発見だ。ラザフォードは実験により、原子核が原子の体積のごくわずかな部分を占めているだけなのに、質量の大部分を占めることを明らかにした。二十世紀初めのころのラザフォードら科学者にとっては、原子と亜原子粒子の世界は今とはまったく違ったものだった。同様に、今から一〇〇年後の亜原子の物理学が今の私たちの知識とまったく違っていると確信できる。さしあたり、純粹に実証的な観点に絞った本書の議論では、科学者は実験で実現できるエネルギー内で起こることしか把握できない。そうであれば、現在の限界の数千倍あるいは数百万倍の高エネルギーにおける物質の特性について、私たちは確信をもつて、何が言えるのだろうか？ 理論はそのような高エネルギーでの物質の特性について仮説を立てられるかもしれない、物質がなぜこのようであって、別のようではないのかについて、簡潔さとエレガントさに基づいた説得力のある議論を与えるかもしれない。しかし経験科学の本質は、自然が常に最終決定権をもっているところにある。拙著『創造の境界の裂け目』（*Tear at the Edge of Creation*）で詳しく述べたように、データは美に対する私たちの渴望をほとんど考慮しない。すると、自然にアクセスする手段がツールや限界のある研究方法を通じた制限されたものでしかないのだとしたら、自然界に対する私たちの知識は必然的に制限されることになる。

自然をどの程度まで探索できるのかという技術的な制限に加え、過去二〇〇年間の物理学や数学やコンピューター科学の発展は、自然の捉えにくさを幾度となく私たちに教え込んできた。本書で詳しく見ていくように、私たちがどれだけ世界を知ることができるのかということには、基本的な

限界が存在する。それは探索のためのツールに由来するだけでなく、自然それ自体が——少なくとも人間が知覚する自然が——ある一定の限界の中で働いていることにも由来している。ギリシャの哲学者ヘラクレイトスは二五世紀前にこのことを認識し、「自然は隠れるのが好きである」と述べた。数えきれないほどの苦難と成功の物語を通じて人は、自然がこのかくれんぼで絶対に負けないことを学んだ。特定の動詞を定義しようと試みるサミュエル・ジョンソンが漏らした不満の言葉を借りれば、私たちは嵐で波立つ湖面に映る森を描こうとしているようなものなのだ。

その結果として、観測の力は上がり続けているにもかかわらず、いつも自然界の大部分は見えないままで、もっと言えば発見できないままである。しかし、この先の見えない状態は私たちの想像力を大いに刺激する。限界は、乗り越えられない障壁ではなく、挑戦と見なせばいい。それは、先見の明のあるフランスの著述家ベルナル・ル・ボヴィエ・ド・フオンネルが一六八六年に「私たちは見ることができ以上を知りたがる」と述べたとおりだ。<sup>4</sup> ガリレオが覗いた一六〇九年の天体望遠鏡では、現在の家庭用の天体望遠鏡で観測可能な土星の輪をほとんど認めることができなかつた。世界についての私たちの知識は、私たちが発見し測定できることがすべてである。私たちはガリレオよりもっと多くのものを見ることができ、すべてを見られるわけではない。そして、この制限は測定に限った話ではない。物理的な実在のうちの未知の領域へ外挿される思弁的な理論やモデルもまた、現在の知識に頼らなければならぬのである。科学者は、直観を導くデータが存在しないとき、「互換性」の基準を適用する。それは、検証済みの知見を越えて推測を試みる新しい理論はすべて、適切な範囲内で現在の知識を再現できなければならない、というものだ。たとえば、物質（とエネルギー）の存在による時空の歪みとして重力を説明するアインシュタインの一般

相対性理論は、弱い重力場という範囲内ではニュートンの万有引力の法則に単純化できる。木星に向けて宇宙船を打ち上げるのに相対性理論は必要ないが、ブラックホールを説明するためには必要だ。

もし世界の大部分が私たちに見え、アクセス不可能であるのなら、「実在」という言葉の意味について十分に注意を払って考えなければならない。私たちは、「究極の実在」なるもの——すべての存在の最終的な下地——が存在するかどうかを考えなければならないし、もしそんなものがあるのなら、その全体を把握できる望みが果たしてあるのかも考えなければならない。注意していただきたいのは、私はこの究極の実在を神と呼ばないようにしている点だ。なぜなら、ほとんどの宗教が主張するように、神の性質は理解不能だからだ。加えて神の性質は科学研究の対象でもない。また、瞑想によって達成できる涅槃の境地やヒンドゥー教ヴェーダーンタ哲学のパラモンあるいはすべてを包含する道などといった東洋哲学が考える超越した実在という概念とも、究極の実在を同一視しない。さしあたり私は、科学をきちんと応用することで推測可能な物理的な実在のもっと具体的な性質だけを検討している。したがって私たちは、自然のもっとも基本的な性質を理解することが単に科学の限界を押し広げるだけで達成可能なかどうかや、科学ができること、できないことについての自分たちの認識の甘さを問わなければならない。

違う視点から、このことについて考えてみよう。もし、ある人がみずからの感覚のみを通じて世界を知覚しており（ほとんどの人はそうしている）、別のある人は器具を使って感覚を増強させているのだとしたら、どちらがより忠実な実在の感覚をもっているか適切に断定できるだろうか？ 一方はミクロのバクテリアや遠く離れた銀河や亜原子粒子を「見る」が、他方はそのような存在を

まったく見ることができない。もし彼らが見たものをそのまま受け取れば、明らかに彼らは異なるものを「見て」おり、世界は、少なくとも物理的な実在の性質はまったく異なっていると結論づけらるだろう。両者のうちどちらが正しいのだろうか？

たしかに器具を使った者が物事の性質をいっそう見通せるが、誰が正しいのかと問うのは的外れである。実際、世界を構成しているものをより明瞭に見ることと、その過程で世界や自分たち自身を理解することは、知識の境界を押し広げる主な動機だ。ド・フォントネルが「すべての哲学は次の二つに基づく。好奇心と狭い視野である」と述べたとおりだ。<sup>⑤</sup> 私たちがしていることの多くは、近視眼的な注視を和らげるためのさまざまな試みだと言えるのだ。

私たちが「実体」と呼ぶものは、<sup>リアリティ</sup>実在をどれだけ深く調べることができるかに左右される。たとえ真あるいは究極の実在なるものが存在していたとしても、それについて知りうるものが私たちがもてるすべてなのである。議論の糸口として、将来のある時点で、画期的な実験に裏打ちされた素晴らしい理論によって、実在の究極的な性質について驚くべき推論が導かれたとしよう。そして、検出器を通してこの実在を垣間見たとしても、私たちに結論づけることができるのは、その理論が部分的には筋が通っているということぐらいなのである。私たちが世界を知るのに頼らざるをえない機器を用いる手法では、実在の究極的な性質に関する理論的な言説を、証明することも反証することもできない。論点を強調して言うと、何が実体であるかという認識は、自然を研究するために用いる機器とともに進化するのである。未知のものが徐々に既知になる。このため、私たちが「実在」と呼ぶものは常に変わっている。コロンブスの地球を中心とした宇宙は、太陽が中心にあるニュートンの宇宙と根本的に異なっている。そしてニュートンは、それぞれ数十億個の星をもつ渦巻

銀河が数十億個存在する宇宙の現在の状況に当惑するのではないだろうか。それにはアインシュタインでさえ啞然としたのだ。私たちがあつた時点で「真実」とする実在の説明は、別の時点では真ではなくなっている。

もちろん、ニュートンの運動法則は有効な範囲内で常に適用でき、水は常に酸素と水素からなる。少なくとも、原子で物理・化学的なプロセスを記述する人間の方法で言えばそうだ。しかしこれらは、自然界に対し、古来続く私たちの説明なのであって、それらの適用範囲内や概念構造内でのみ妥当なのである。機器が常に進歩するとすれば、宇宙物理学的な物体であれ、基本粒子やウィルスであれ、明日の実在には今日まだ知られていない存在が必然的に含まれる。さらに重要なことに、私たちが存在する限り、技術が進歩をやめると考える理由はどこにもなく、技術が進歩する限りは、私たちはこの探究の終わりを予見することができない。究極の真実はとらえどころがない。それは幻影なのだ。

蓄積された知識の総体を島に喩えて、私は「知識の島」と呼ぶことにする。この島は人類の文化や芸術的な創作物などすべてを含むが、ここでは主に科学技術の知識を指すことにしたい。知識の島を取り囲む広大な海は、まだ探索されていない未知の海で、興味をかき立てる謎を無数に隠している。この海の広がりが無限かどうかについては後で検討することにして、今のところは、私たちが世界や自分たち自身について発見を重ねるにつれて、知識の島が成長するのを想像していただければ十分だ。この成長はしばしば予期せぬルートをとり、その海岸線は既知と未知の間のぎざぎざの境界線を描く。実際、かつて受け入れられた考え方が新しい発見を考慮する中で捨て去られるなどして、成長は時に後退する。

島の成長には、驚きではあるが本質的な結果が伴う。私たちは世界についてより深く知れば、終着地のようなものに近づけると素朴に期待する。ある人はそれを万物理論と呼び、別の人は実在の究極の性質と呼ぶ。しかし島の喩えを進めると、知識の島が成長するにつれて、既知と未知の間の境界である無知なる海岸も広がっていくのがわかる。世界についてより深く学んでも、終着地に近いところへと導いてくれるわけではなく、疑問や謎がますます増えるだけだ。終着地など希望的観測にすぎない。知れば知るほど、私たちの無知が露呈し、次から次へと疑問が湧いてくるのだ。

科学者をやっているたくさんの友人を含め、この知識に関する見方には気が滅入ると考える人たちがいる。私はかつて敗北主義者とさえ呼ばれたが、それはとんでもない間違いだ。なにしろ私はまったく逆のこと、つまり新しい知識を求めていつまでも努力することから成し遂げられた人類の業績をたたえようとしているのだから。「最終的な答えに決してたどり着けないのなら、挑戦することに何の意味があるのか？」とか、「何よりも、あなたはどうかやって自分が正しいとわかるのか？」などと、人々から尋ねられる。本書ではこうした疑問に答えようと思う。しかしまずは、人間の知識の性質——私たちがどのようにして、世界やその中で自分たちの場所を理解しようとするのか——について見ていく。すると、私たちの手法が基本的なところでさまざまに制限されることをはつきりと見て取れるはずだ。この認識は可能性を狭めるのではなく、広げる。なぜなら、これによって知識の探究は果てしない営みとなり、終わりのない未知とのロマンスになるのだから。さらに、自然界には新しく発見される何かが常にある、つまりどれだけ知っても予想もつかないことがまだまだ存在すると知る以上に、刺激的なことがほかにあるだろうか？ 私にとって本当に気が滅入るのは、研究に終わりがあり、終着地に行き着くと考えることだ。『アルカディア』でのト

ム・ストッパードの言葉を簡単にまとめると、「私たちを重要な存在にするのは、知りたいという欲求なのだ」。

新しい発見はあちこちに光を投げかけるが、遠くのほうに差した光は闇にかき消されてしまう。この事実と折り合いをつける上でどういう選択をするのかは、ほとんどの人が人生の謎とどう向き合うかを昔から決めてきた。つまり、理性がゆつくりとではあるが確実に未知を克服していくと考えるのか、理性では未知を克服できないと考えるのかである。後者であれば、理性を超えた何かが必要とよく続く無知に対処しなければならず、たとえば超常的なものを含むほかの説明を信じる必要がある。私たちにこれら二つの選択肢しかないのなら、今の時代の大部分を貫く科学主義と超自然主義の不幸な対立しか残らない。そこで私は三つめの道を提案する。それは、終着点や不滅の真実を約束せずとも、実在の探索方法に対する理解がいかに無尽蔵なインスピレーションの源になりうるのかというに基づいた提案である。

科学が発展するにつれ、私たちは多くを知る。しかし知るべきこともまた増える。新しい探索ツールは新しい問題を提起する。そして、それらはツールが利用可能になる前には想像すらできなかった問いであることがしばしばだ。二つわかりやすい例を挙げるとすると、望遠鏡（一六〇九年）と顕微鏡（一六七四年）が登場する前と後だ。これらの二種類の器具とその後継機が革命を起こすとは、誰も予想できなかった。この移ろいやすい様相は、まさしく科学の血液である。科学が前進するためには、失敗が必要とされる。理論は壊され、その限界が暴かれなければならない。ツールは自然界を深く探査する中で、古い理論のほころびを明らかにし、新しい理論の出現を可能にした。しかし、このプロセスに終わりがあるなどと盲信してはならない。知識獲得を目指す科学的手法に

は本質的な限界があり、いくつかの問いはその守備範囲を超えるのだ。実際に、自然のある種の重要な側面は必然的に未知のままである。本書で私は、そのいくつかは知ることが不可能だと論じるつもりだ。

科学の限界を暴くことは、決して反啓蒙主義などではない。それどころか事実には正反対で、科学に憶測と傲慢がはびこるときにこそ必要とされる自己分析である。物理的な実在に対する説明の限界を科学的方法論に基づいて描写することで、一貫性を保とうとする姿勢につけ入る攻撃から私は科学を守ろうとしている。また、知識があることではなく、知識がないことよって、科学がいかに進歩するのかを説明しようと試みた。コロンビア大学の神経科学者ステュアート・ファイアスタインが近著『イグノランス——無知こそ科学の原動力』で述べたように、現在の無知は補助金の申請書に真っ先に表れる。「真実」を知っていると主張することは、科学者にはとても耐えられない重荷なのである。私たちは測定できるものから知り、そして私たちがいかに知りえないかということを謙虚に受け止めるべきだ。私たちの知らない事柄が重要なのだ。

実在に対する私たちの認識は、主観と客観との人工的な分離に依存している。この分離は、あらゆる時代の思想家を刺激し混乱させた問いだった。どこまでがあなたで、どこからが「向こう側」の世界なのかを、あなたは知っていると思っているかもしれない。しかしこれから見えていくように、問題は決して単純ではない。厳密に同じ世界観をもつ人は二人と存在しない。しかし一方で科学は、個人差を越える共通語をつくらないではいられない最たるツールでもある。本書を通じて、未知を克服したいという人類の切なる願いを見なければ、変革し創造力をかき立てる科学の力を実感せずにはいられないはずだ。

## I 世界の起源と天界の本質