

## 教育における概念形成の問題Ⅲ

結城 敏也\*・結城千代子\*\*

### 理論の変遷

理論は常に誤謬と錯誤にさらされる。

ここで述べる誤謬とか錯誤は、科学理論の正当性とか、科学理論の妥当性を意味しない。「科学理論の正当性」といえば、ほとんどの人が、いくつかの歴史的論争を思い浮かべるに違いない。たとえばガリレオ・ガリレイという名前と地動説と天動説、ラボアジエによるフロギストン説論破と酸素説、ゲーテとニュートンの間での光学理論の論争などだ。

しかしながらこのような対立においては、ガリレオの時代では天体の運行を説明するにあたって、地動説と天動説は同等な仮説体系であったことを忘れてはいけない。地動説のほうが数学的にエレガントであり、単純であるために説明理論としては合理的であったことについて疑はない。しかしながら、天体の運行を説明するための大きな枠組みが違ふことが、言い換えるならばこの二つの理論は異なった宇宙観を根底においているということが対立の根底には存在する。ここでの論争の主眼は科学的な正当性というよりは、どちらの理論の根底にある宇宙観を正統なものと認めるかという神学的要素が強い。むしろガリレオの時代においては、キリスト教信仰を規定におく社会の中で、キリスト教神話と相容れることがない理論の枠組みが社会的に許容されるのかが問題であったと見るべきだろう。

フロギストン説と酸素説は、仮説としては同等な妥当性を持つ理論の対立であり、新しい実験結果の出現により解決され、ラボアジエの元素表という物質の構成についての大きな認識の枠組みを生み出すこととなっている。

ゲーテとニュートンの光学理論は光の性質についての論争であるが、物理的にはニュートンの光学理論が正しいものとされたにもかかわらず、ゲーテの光学理論は色彩に関する心理学を導き出す基となっており、これは光学について設定された枠組みがずれていたために引き起こされた論争だと考えられる。

このような論争における違いは誤謬とか捏造ではなくトマス・クーンが主張するようなパラダイムの違いであり、パラダイム転換の例として捉えられる<sup>i</sup>。もちろん細かく分けるとするならば、地動説の場合は概念の枠組み設定の移行であり、酸素説の場合は現象に対するモデル構成としては同等に有効なものであり実験によってのみ確証あるいは反証されるものだったりする。またゲーテとニュートンの場合は光を心理的・生理学的な事象と捉えるかあるいは物理的な事象と捕らえるかという現象のよって立つところを設定する問題に帰結すると考えられだろう。<sup>ii</sup>

---

\*茨城キリスト教大学

\*\*上智大学

このような大きな理論の変遷に見られるのは、事象を理解する大きな枠組みが変わったということだ。理論は事象の観察に基づいた仮説体系であり、事象を合理的に説明することができる限りにおいて有効である。しかしながら、理論が事象を十分に説明できない場合にはその理論は破棄され、新しい認識の枠組みが理論として提出されることになる。大きな認識の枠組みの変化により理論が交代する場合には、古い理論は間違っていたのではない。古い理論を無効とする観察結果以前の時点では、古くなった理論は正統なものであり、古い理論を構築した科学者が誤謬を起こしたて間違った理論を構成したのでもなければ、何らかの意図に従って不正確な理論を捏造していたのでもない。

### 理論の誤謬・捏造と錯誤

ではこのような大きな枠組みの変化とは違う科学理論の誤謬というと、スキャンダラスな捏造事件を思い浮かべることが多いのではないだろうか？たとえば、2005年から2006年にかけて世界的なニュースとなった黄禹錫のES細胞論文捏造事件<sup>iii</sup>、2000年から2004年にかけてのヘンドリック・シェーンの高温超伝導体捏造事件<sup>iv</sup>、1980年代後半から1990年代にかけて一大研究ブームを引き起こした常温核融合<sup>v</sup>などは科学における捏造と誤謬の例としてすぐに思い浮かべることができるだろう。また科学理論以外の分野においても藤村新一による上高森遺跡などでの旧石器捏造事件を思い浮かべる人もあるだろう。<sup>vi</sup>

この科学分野における2つの事件について、前者はもともと単純な論文捏造事件（不正行為misconduct）ではあるものの、先端的研究と国会威信、研究予算の配分などの問題が絡み合っただけで複雑な詐欺事件の様相を呈している。後者は不確実な（間違いmistakeに基づく）薔薇色の研究結果の発表に科学コミュニティが追従して、暴走とも思える研究と予算の集中を行い、それが科学研究全体に悪影響を及ぼしたことがスキャンダルとして記憶される原因であろう。むしろこのような暴走は科学と産業の結びつき、科学的発見が特許権と結びつき産業の投資の一部となっていることの現われと見ることができるだろう。

類似した事件（間違いmistakeに由来するもの）として1966 - 1973年にソ連のボリス・デリャーギンが発見したという報告から始まったポリウォーター事件がある。<sup>vii</sup>これは不適切な実験から重合水の存在が誤認されたことに始まる物理学会の熱狂が中心である。誤った観察によりひとつの仮説が立てられ、反証により仮説が棄却されたという科学理論構築の通常のステップが度を越したブームを生み出したに過ぎない。これは常温核融合事件のように研究予算の分配や特許権とその行使による利益という問題を伴い産業界や政府を巻き込むスキャンダルに発展することはなかった。特にES細胞捏造事件は、人間心理学の側面から考察すると旧石器捏造事件との類似性が感じられる。

ES細胞事件は、常温核融合やポリウォーターのような科学界内部におけるスキャンダルとは異なり、科学的発見のスピンオフがもたらす利益をもとめて、政府が過度の関与を与え、さらには政府の威信を求める傾向性が科学研究にゆがみをもたらした例として顕著である。心理学的側面からすると、この事件は旧石器捏造事件と同質の問題に依存するものと考えられる。また政治社会的側面からすると、このES細胞事件は旧ソビエト連邦スターリン政権下で「マルクス・レーニン主義の弁証法的唯物論を証明するものだ」として、

ソビエトの公的科学として、また社会主義科学の優秀性を示すものとされたルイセンコ学説のあり方と類似したものと捉えることもできる<sup>viii</sup>。ルイセンコ学説がソビエト社会に引き起こしたことの悲惨な問題点についてメドヴェージェフの報告は、イデオロギー的正当性あるいは特定の政治的・宗教的立場に基づいて「正しさ」を求めることと、真実の追究するものとしての科学との違いを浮き彫りにしてくれる。これらの事例は、純粋な科学界の捏造事件としてではなく、ナチスドイツ期のアーリア人神話の形成と同じように社会心理的な事件として考察するべきものかもしれない。<sup>ix x</sup>

もちろん哲学の歴史を垣間見たことがあるものであれば、(当然ながら近代的な公教育を受けている限り倫理社会・公民などの授業で聞いているはずの事項ではあるが) 紀元前5世紀のアテナイにおいてソクラテスが主張したと伝承される「無知の知」「汝自身を知れ」という思想は、人間が持つ思想の有限性と限定性を明らかにすることにより、より正しい理念の獲得を人間の知的営為における重要な契機としたこと、またプラトン・アリストテレスを経由して哲学という学問領域を形成することによって、近代の学術や・思考法の基礎を提供していることは論ずる必要も無いだろう。とはいえ、現実の社会においてはソクラテスが提示した理念は守られることが無いことを、ルイセンコ事件の記録は明らかにしてくれている。また、現代のアメリカ合州国において進化論が否定され創造説を教えることを要求するグループが存在することなどを考慮に入れる限り、知における客観性が存在しえるのは人間の空想の中ではないのではないのか? 教育において、教育に携わる者が絶え間ない努力を払いながら維持していかない限り、知の客観性を保持することは不可能なのではないかと思えるしだいである。

### 意図的な捏造・非意図的な改竄

科学において意図的に捏造が行われる事情についてはさまざまな文献がある。アレクサンダー・コーンの「科学の罠—過失と不正の科学史」<sup>xi</sup>は科学における過失・不正の歴史について述べている。またウィリアム・ブロードとニコラス・ウェイドの「背信の科学者たち」<sup>xii</sup>は、歴史的に見ても極めて広い範囲で、またプトレマイオス、ガリレオ、ニュートン、メンデルといった過去の著名な科学者たちの著作の中にも、データの操作や、証明すべき理論からのデータの捏造されている事例があることを指摘している。シェーンの高温有機超伝導体捏造事件についてのNHKドキュメンタリーのプロデューサでもある村松修のルポタージュ「論文捏造」は、現代の科学における不正の問題を鋭く指摘している。

しかしながら、ここで主眼として取り上げようとする問題は、利益誘導型の詐欺的捏造、大学などの業績主義によって引き起こされるデータの意図的捏造、大学研究室の徒弟制度的慣習から引き起こされる著作権の捏造などの、意図的な捏造ではない。

科学における非意識的改竄あるいは錯誤を問題として取り上げた誤謬研究としてはスティーン・J・グールドの「人間の図りまちがい」<sup>xiii</sup>が代表的なものかもしれない。この本の中でグールドは人間の持つ偏見が科学的理論構築にバイアスを与え、理論構成をゆがませてしまうことを、過去において標準的なものとされていた生物理論を再検討することで抉り出している。

グールドは人間の差別を合理化する生物学理論を俎上にあげる。人種多起源論と頭蓋計

測学, 頭蓋学, 犯罪人類学, IQなどを問題とし, これらの人間の差別を合理化する理論は, 理論構築者の持つ偏見ないし先入観によって影響され, データの取り扱いや解釈に偏向が見られることを指摘している。グールドの指摘において重要なことは, データ解釈の変更は意識的に捏造を目的として行われるのではないこと。各研究者は真摯に真理を求めて探求を行っているにもかかわらず, 自己の持つ認識の枠組み(あるいは偏見)に合致する結論を構成するようにデータを偏向させて解釈する。そして自分自身がデータを変更させて解釈していることを認識できないということである。

### 学校教育(実験)における改竄の例

実際に大学の物理実験を観察していると, 驚くことにここに述べたような誤りをおこなう学生としばしば出会うことになる。これについてはブロード&ウェイドが提示する実験者の予期が実験結果を誘導する問題と等質なものである。<sup>xiv</sup>ブロード&ウェイドは過去の科学的研究の中から事例を提出している。またコーンは「科学の罟」第2章および第3章で「実験者の影響」として実験者が無意識的に持つ期待が実験結果に影響を及ぼし, 時には実験結果を歪め, あるいは実際の事象とは相反する観測をもたらすことを指摘している。このような無意識の前提に基づく観測の歪みはさまざまな場面で普遍的に観察することができる。ここでは日本の高校・大学での科学実験で日常的に見ることができるデータの操作を例としてみよう。

悪気のない実験値の改竄が生じる実験例として, 中高生でもっとも代表的なものは重力関係の実験である。学校の授業では, 重力加速度は $9.8\text{m/s}^2$ と教えられる。しかし実際に実験を行うとすると, 実験の結果として, この数値にぴったりの値が出るような実験は少ない。実際には空気抵抗や剛体のモーメントなどが無視できない影響を与え, 実験の結果として出てくる値は理論値である $9.8\text{m/s}^2$ からずれることになる。

たとえば高校において, 指導する教師が十分な準備を行い, 実験手順を生徒に十分に理解させた上で, 生徒自体が丁寧に実験を行った場合でも, 手法上どうしても1%以上のずれは生じてしまう。つまりどのように正確な実験を行おうともずれた値が出てきてしまうのは, 正確な実験を行い, 正確に測定を行っている結果当然なことなのである。もちろん与えられた条件下で測定の結果として出てくるずれが1%以下となり, 計測値が9.8という数字に近づくこともありうる。これは, あくまで偶然でしかない。しかしながら生徒はそうは考えない。

もう少し具体的な例をあげてみよう。重力関係の実験器具として, 高いところから落として, 落下時間を測ることのできるボールがある。このボールにはストップウォッチが内蔵されていて, 手を離す瞬間にスイッチを入れ, 地面にぶつかった瞬間にカウントが止まるようになっている。大きさは大きめの野球ボールぐらいで, 三階から落としても問題なく稼動する。もっとも, この実験においては, メジャーを使って落とした距離を測る必要があるので, 校舎の三階程度が測定限界になってくる。

自由落下の場合, ボールの運動を加速するのは重力のみと見なすことができる。そのために, 距離と落下時間の間には重力加速度を比例定数においた式が成立する。計測した落

下距離と、落下時間をこの式に代入して重力加速度を算出する。(ちなみに重力加速度は距離の二倍を落下時間の二乗で割ったものになる。)

ところが、実際にものを落下させる場合には、空気抵抗が落下に与える影響が大きな要素となって効いてくる。とくに、空気抵抗は速度が増すとともに増大するために、ボールを二階から落とした場合よりも、三階から落とした時の場合のほうが空気抵抗の影響は大きな問題になる。

それに加えて、風が直線方向の落下を大きく邪魔する。ボールの回転も影響する。いずれにしても、この実験では重力加速度は理論値の $9.8\text{m/s}^2$ に近い値がでてくるところか、 $9.0\text{m/s}^2$ にも達しない場合の方が多くなる。この実験においてはいくつかの不正確さを増大する要因がある。例えば、校舎の高さ測定は不正確なものとなる、それに加えて落とす瞬間にスイッチを入れる人間の反応速度の問題も存在する。このように物体の落下を通して重力加速度を計測しようとする実験においては、確実にずれが生じてくるずれである。このずれは物理法則にしたがって生じるずれである。

ところが、実際の実験の現場では、生徒は計測値を何とかして $9.8\text{m/s}^2$ に近づけようと苦闘する。すなわち実験を行っている生徒の頭の中には、はじめから、テキストで教えられた $9.8\text{m/s}^2$ という重力加速度の理論値がインプットされている。そのために関連する物理法則を無視して、計測値を真空中の落下で初めて実現可能なような数値にこじつけようとする。学生はこのようなデータ操作を意図的におこなうのではなく、無意図的に行う。言い方を変えるならば、自転車をこいでいる人間が、自転車をこぐという動作を意識することなくおこなうように、自分がデータの操作をおこなっているという事実を意識しない。

大学生に重力加速度の実験を行わせる場合には、これと同じともいえるし、また同時に反面教師的とも言えることが起こってくる。ここで例とするのはボルタ振子を使った実験である。ボルタ振子を使った実験は、ボールを使用した実験よりはるかに正確な数値を実験の結果入手することができる。そのためにボルタ振子を使った実験では、その地点の正確な重力加速度を測定することができる。すなわち理論的な重力加速度ではなく、地球の半径の歪みや、マントルでの物質比重の違いに基づいて各地域によって異なる重力加速度を、実測値の違いが出てくる桁まで測定することが可能となる。ところが、実験の各部分における測定精度が悪くて学生がよいと感じることができる値が出てこない場合が往々にしてある。たとえば $9.797\text{m/s}^2$ どころか、 $10.121\text{m/s}^2$ などという値が算出される場合がある。すると、学生はすぐに考察で、空気抵抗が無視できず正確な測定は難しいと結論付ける。しかし実際にはこのような考察を行うこと自体に問題がある。

この実験においては、空気抵抗やモーメントの影響を考慮に入れた装置、測定手法、式を立てて測定を行っている。そのために、正確な値を測定結果として算出できないことがある場合には、問題があるのは測定技術の未熟さということになる。測定結果がおかしな値となるのは適当な物理現象に還元できるものではない。しかしながら、学生は都合のよい概念を持ち出し、その概念をその場で使用することの妥当性を吟味することなく、測定結果が思わしくないことの言い訳に使ってしまう。思わしくない測定結果が出てくる原因が、単純な計算ミスであるばあいにも、計算にミスがあることに気がつけない、という事

態に陥ることになる。これは高校時代の重力加速度測定の経験から、重力加速度の測定は、ずれることがあるという思い込み (preconception) を持っていることが原因と考えられる。

温度の測定においても実験結果の改竄の例がよく見られる。温度の測定における改竄例の代表的なものとして、水の沸点測定がある。この場合、水の沸騰は100度という小学校理科で教えられた数値が先入観となり温度計の目盛りを都合よく読ませることになると考えられる。理論的に考察すれば、沸騰する水の温度を100度と測定することのおかしさはすぐに理解できる。お湯全体が沸騰しているとしよう、そうするとそのお湯全体は次の瞬間すべて気化していくはずである。つまり、沸き立っているお湯全体がすべて100度になっていることはありえない。場所によっては99度にはなっても100度を記録するのは難しい。ましてや高度1,000mちかい山麓の街のような場合には、当然気圧は海面気圧より低い。そのために水の沸騰温度は100度には達し得ない。それにもかかわらず学生の実験レポートには「ほぼ100度」という記述があらわれる。なんとしても、「ほぼ」とぼかしてまで、100度という値にしなければならないという思いが学生にはある。当然ながら学生は水の沸騰温度は気圧によって変動することを知識としては所持している。しかしながらこれは単に知識として保持されているだけであって、認識が行われる際の枠組みとしては機能していない、逆に「水の沸点は100度」といういわゆる「常識的知識」が認識の枠組みとして機能していることが汲み取れる。

電気関係の測定においても同様な改竄が発生する。電圧と電流と抵抗の間にはオームの法則が成立する。これを確認する単純な実験として、乾電池に既知の値の抵抗を繋ぎ電流値を測るといった測定が登場する。この場合、乾電池は常に1.5Vであり、電流値はそこからオームの法則で期待される計算値に「必ずあう」ことを学生は期待する。現実には乾電池の電圧が多少落ちている場合もあれば、電池の内部抵抗も存在する。導線の抵抗も無視することはできない。そのために実験の結果得られる値は計算値には到らない。ところが、生徒の報告を見てみると、電流計の読みが少しばかり予定の値からずれている場合には、「誤差」という都合のよい言葉を使用してずれを説明する。この場合の「誤差」は物理で考える系統誤差でも偶然誤差でもない。この「誤差」は単なる思い込みに元づく非意図的な「改竄」そのものである。

また学生は電波時計であれば正確な時を示すと思い込んでいる場合もある。このような学生は実験室の壁にかかっている電波時計が示す時刻が、自分が所持している腕時計の電波時計が示す時刻と異なり、はっきりとずれがあるのに気がついて、どちらが正しいのだろうと首を捻る。ここで問題となるのは、この2つの時計が示す時刻のどちらかは確実に正しいと信じていることにある。このような学生の頭には、どちらの時刻も正しくない可能性は頭に浮かんでいない。なぜなら、学生たちは「電波時計」の正確さを信じている。

「電波時計」はセシウム原子時計によって校正された日本標準時刻を発信する電波を受信し、常に正しい時刻に自動的に訂正している、という電波時計の説明書あるいは原理がそ

のまま現実にはすべての電波時計で実行されていると信じている。すなわち、一般的な物理知識があれば、あるいは時計というものの構造を模式化してみれば、たとえ毎時標準時刻に校正されようとも、電波時計が必ずしも正しい時刻を表示できるわけではないという単純な事実を創造することができなくなっているのだ。

### 固定された認知の枠組みと現象の認識

このような事例は、特定の事象についての知識意外に、固定的な認知の枠組みが学生の中には存在することを表している。すなわち、学校で教えられる、あるいはテキストなどに書かれている知識は、知識として保有していたとしても、実際に認識を行う場合にはその知識がもとになって認識が行われるとは限らない。一般的な了解のための枠組みは、知識とは別個に存在し、事象の認識に当たってはこの一般的な了解のための枠組みのほうが優先されるのである。

また、このような一般的な認知の枠組みが現象の認識においては大きな影響を与え、観察において期待される値からずれが生じた場合に、そのずれを一般的な認知の枠組みが示唆する「正しい」方向に補正する傾向があることを示している。

これはちょうど最近の自家用車に装備されるGPSを使用したナビゲーションシステムを例にとると理解しやすいかもしれない。GPSによる位置測定にはずれがある。電波状況にもよるが実際に数mから数十mのずれが生じ、これは理論的にも避けることはできない。しかしながら、実際にGPSナビシステムを装備した車を運転しているとシステム上の地図に表示される自車の位置は、理論的なずれよりも小さい位置に収まっている。これは、ナビシステムが、ジャイロとかマップマッチング技術などのさまざまな補助システムを利用し、自車位置を補正しているがために可能となっている。多くの場合、自分の車はナビシステム上の地図の上でも、自分が運転している位置を示している。しかしながら時として自車位置がずれることがある。特にトンネルの中とか、あるいは2本以上の道が並列して伸びている場合などに、気がつくとも地図上の自車位置が隣の道路上に位置している場合がある。実はこれはナビのマップマッチング機能が、GPSの誤差を補正し、正しいと思われる道路上の位置に自車の位置を補正していることから起こる現象である。すなわち、ナビシステムはGPSの誤差を特定のアルゴリズムによって処理し、地図の道路上に位置させている。通常はこの補正が有効に働き、自車位置は正しい道路上に表示される。しかしながらGPSの衛星補足状況などの要因で誤差の累積がある程度以上になると、マップマッチングの働きで、自車は隣の道路上に表示されることになる。

ここで学生が行ってしまう無意識的な捏造は、まさにこのような人間の認識のあり方、常識として自分が保持する固定概念を実際の経験に基づく観測結果より上位におくというあり方から、発生するものと考えられる。

### 認識と常識

教育における概念獲得の問題を俎上に挙げたのはペスタロッチー Johann Heinrich Pestalozzi (1746~1827) であると考えられる。特に1801年に出版された「ゲルトロードはいかにその子を教えたか」(および1802年に教育実践の報告書として出された「メー

デDenkschaft an die Pariser Freunde ueber Wesen und Zweck der Methode」)において「単純なものから複雑なものへ」として提示された教育方法がこの方面での考察の端緒であると考えられる。また、ペスタロッチーに触発されヘルベルト (Johann Friedrich Herbart 1776-1841), ツィラー (Tuislph Ziller 1817-1882), ライン (Wilhelm Rein 1847-1929) の流れで、準備Vorbereitung, 提示Darbietung, 結合Verknuepfung, 連関Zusammenhang, 応用Anwendungとして定式化されていった5段階教授法がある。この考えは、各国でのカリキュラム形成に多大な影響を与えたものではある。しかしながら現在の学校教育状況では、経験中心のカリキュラムよりも教科中心のカリキュラムに力点が置かれることにより、この側面は等閑視される傾向にあると思われる。

また、日本においては寺田寅吉や「雪の研究」で知られた中谷宇吉郎 (1900-1962) の活動などにも概念形成の問題についての考察が見られる。

このような流れの中で、日常的な認識の枠組みが偏見として作用し事象の認知をゆがめること、そして教育においてこの問題を解決することが重要であると考えていた人物として、東京大学物理学教授であった柿内賢信 (1913-1995) の名前を挙げることができるだろう。東大名誉教授だった柿内は国際基督教大学 (ICU) に移ってから、専門の物理から研究の重心を理科教育に移し、概念の問題に真摯に取り組んでいた。柿内は原島鮮などと共に、ICU大学院のゼミにおいて、教育における概念の問題を討議していた。

ICU大学院においては、学生に対して「 $1+1$  はなぜ  $2$  となるのか」という問いかけを行った。晩年には東京神学大学において一般教養物理の講義を行っていた。そこでは、「雨はなぜ降るのか? 雷様が柄杓で水を撒いていると考えるのはなぜいけないのか?」と学生に対して問うのが常であった。柿内の出す設問は、一見当たり前のことで、そのようなことを問いとして提出すること自体が非常識に見える。しかしながら柿内の問いに対して正しく答えることは、困難だ。多くの場合、回答者は自分自身が「 $1+1=2$  であることが正しい」、「雲の上には雷様はいない」というテーゼを信仰しているだけであることに気づかされる。柿内の問いは、実際には、現象の理解が不十分な場合には答えることが不可能な問いであった。

柿内は、最後に物理を教えていた東京神学大学において、「雨は何故降るのでしょうか。説明してごらん下さい。」と学生に問いかけを行っていた。柿内によると、その問いに対して、学生は雲、湿度、水蒸気、断熱変化など、中学や高校で習ったキーワードを駆使して「正答」を答えてくる。そこで、柿内が改めて、「では、なぜ、雷様が雨を降らせていると考えてはいけないのですか。」という設問を発すると、一気に返答が渾沌としてくる。簡単どころで、「それは迷信です。」という答えから始まり、「雷様は実在しない。」「昔信じられていた非科学的な架空の存在をもって、科学的な現象は説明できない。」「雲の上には立てないし、桶や柄杓もおけない。」などという答えが返ってきたという。柿内の設問の真意からすると、「雲の上に立てない」あたりはだいたいまじな答えということになる。しかし、学生側からは満足できる回答が戻ってくることはなかったという。

ここで科学的な手法として重要なことは、「雷様」の説明を主張する相手に、「雷様は実在しない」「雲の上に立てない」とどう実証し、納得させることができるのかということ



である。しかしながら柿内によると、これまで考えた解答は出てこなかったし、考えることに意味があると気がつけた学生もほとんどいなかった。

柿内の主張として「教え魔になるな」というものがある。教師はえてして既存の知識を知識として身に着けることのみを目的とした教授を行う「教え魔」になりがちである。そのすべてが悪いのではない。しかし、教えようとしているある概念が、さまざまな素朴な体験を積み重ねた結果として、一つの抽象概念に到ってきたものであるのかを意識することが必要である。概念として仕上がった形だけを受け渡して、「教えた」ことにしてはいけない、と柿内は主張していた。

「雷様の雨」で説明がつく範囲で、雨が降る理由として間違いと断じることとはできない。また、教える側の立場にあるものとしては「間違い」と断じてはいけない。「雷様が降らせている」と言う考え方は、その考え方では矛盾を生み出すような場面に遭遇して、始めて、その考えは修正されるべきである。

「雷様」の説明を「非科学的」として、実証あるいは論理的説明なしに排除することこそ「非科学的」な行為である、「科学的」な説明を、実証あるいは論理的説明で納得させることなしに受け入れることを要求するのは、「科学的行為」ではなく「科学という名の宗教」を受け入れることを要求する宗教的改宗の要求以外の何者でもない。

教えるという立場のものは、それが具体的にどのような場面であるのかをきちんと教わるものが意識するに至っていない場合には、頭から間違いとして一蹴することはあってはならない。上記の学生達への問いは、まさに事象を自分の体験の上で確認することにより、概念を獲得していく過程の存在を認識することを要求するものであった。

よく科学学習などを分析する場合に「誤概念 (misconception)」として扱われる子供の考えがある。「雷様」の例もこの「誤概念」として捉えられることが多いと思われる。しかしこのように「誤概念」として捉えられる概念の多くは、「前概念 (preconception)」あるいは限られた範囲で通用する概念であって、必ずしも「誤概念」ではない場合がおおい。これについては、トマス・クーンの言葉がふさわしいだろう。「その基本的概念の不安定性は科学を拒否するための根拠とはならない。新しい科学理論はどれもそれに先行する理論が持っていた堅い知識の核を保持し、その核を増強する」<sup>xv</sup>

実際の教育の現場でこのような「前概念」を「誤り」として切り捨てられる場合が多い。しかしこのような切捨ては抽象概念構築を阻害する行為であるとして理解されるべきである。なぜならばそのような「前概念」は、その概念を所持している子供が認識している世界の中では整合性を持った有用な概念だからである。そのような「前概念」を「誤り」とすると、子供がそこまでの人生という過程を通して論理的に構築してきた、整合性を持った世界観（世界を理解するための枠組み）そのものを壊すことになる。このような行為は、子供の世界観が整合性を持ったものになるのを阻害するか、世界観をドグマとして受け取る傾向を子供の中に育てることになる。教育の現場で必要なのはこのような「前概念」を「誤り」として把握することではない。子供の持つ「前概念」に矛盾が生じた場合に、「前概念」を修正することによってより妥当性がある概念を獲得させることができるのであれば、そして「前概念」を「誤概念」としてではなく「修正を要する概念」とするのであれば、子供の持つ理解の構造はばらばらに崩壊することなく、新しい構造体へと移行してい

くことになる。

私たちは、小さい頃には雷様が雨を降らせる絵本を読み、夕立ちを見上げる。小さいころの私たちの世界理解はそのような絵本から発生する。しかし私たちはいつしかそのようにして獲得した世界理解に違和感を覚えるようになる。あるいはそのような世界理解では説明し切れない諸々の現象と出会う。そしていつしか、私達は学校で習う説明を受け入れるようになる。しかしこのような世界理解の変遷は必ずしも一つの道筋をたどるものではない。個人の環境の差もあれば、その個人が生きている時代による差ももちろんある。しかし、さまざまな変遷の道筋の全体を括る普遍的なものとして「概念獲得の過程を認識」し、「その過程の存在を認識すること」こそが重要である。そしてこの変遷の過程の重要性を知らしめるという点からすると、柿内が学生に対して出していた上記の問いは、すべての学生に意味があったと考えられる。これらのことを考えもせずに、ただ、教えているのでは、やはり「教え魔」になりかねないのであろう。

このようなソクラテスを思わせる活動を通して柿内はテキストを暗記することが知識獲得と考える現代の趨勢に異議を唱えていた。しかしながら彼の真意は理解されることは少なかった。

このような教育活動と平行して、柿内はLearning and Evaluation Research Projectを立ち上げていた。これは、子供がさまざまな現象を経験することを通して抽象概念を獲得していく言語の問題から始まり、基礎的物理概念を現象の抽象化を通して獲得するに至るまで、概念生成の過程を洗い直すことによって、「抽象概念の把握には一定の過程が存在すること」の認識と「抽象概念把握における過程の重要性」を一般的な教師が把握しやすい形にして示そうとする活動であった。また、これらの成果を印刷物にして海外に発信していた。

しかし、物理や科学教育関連の学会の中で、柿内の主張の重要性を真に理解した人は少なかったように思われる。特に教育界においては、もう少し教育技術的、あるいは個別の実験開発といった、はっきりと形のある成果を示せるものが重視される風潮があり、それらの基礎となる極めて重要な哲学的な考察には十分な注意が払われないという傾向があった。

柿内の主張は一見当たり前に見える主張である。先程の「雷様」などに示唆される種類の問いかけなどは、一見もっともらしい専門用語の使用に陶醉するような者にとっては、子供っぽい稚拙な問いかけとしか見えてこない。しかしながら、この種の問いかけこそが、多くの教師や研究者自身が考慮に入ることがない、根源的な話題である。むしろ抽象的な専門用語の使用に耽溺するものには、柿内の主張そのものが理解できず、議論の俎上にさえ乗れなかったのかもしれない。

ここでは前概念がどのように認識に影響を与えるかが問題となる。しかしながら、このような前概念がどのようにして獲得されたものであるかを考える必要がある。計測の例に現れるように「知識」として与えられた前概念は、実際の事象認識の場においてバイアスとして働き、事象を補正する傾向がある。逆に、経験を積み重ねた結果獲得される前認識は、実際の生活実感において違和感をもたらさない場合には、より汎用性がある認識の枠組みを構築するにあたって障害となる場合がある。

### 認識の枠組みは単一ではない

これを別の視点から記述してみよう。降雨の原因としての「雷様」という説明は、伝承的な世界認識の枠組みの中では有効である。しかしながら、「科学的」な世界認識の枠組みの中では有効ではない。実際にはこのような異なったパラダイム上での「理解」を持ち込んでそれに「誤り」という言葉を適応すること事態に問題がある。むしろ、「違っている」とか「限定的」という言い方をしたほうが適切だろう。

ここでの問題は人間が持つ世界認識の枠組みは単一のものではなく重層的だということである。重層的な世界認識の枠組みは、経験的に、あるいは概念獲得の過程をどのように積み重ねてきたかによって規定される。私たちは、生きていくうえでのさまざまな場面において、その場面に適した枠組みを選択して認識を行う。このような選択は意図的に遂行できる場合もあるが、多くの場合には非意図的に（あるいは自己の意図とは異なった）枠組みが選択され、その枠組みにのっとって私たちは認識を行うことになる。

私たちは複数の、重なり合い、場合によっては矛盾しあうパラダイムを内包している。私たちが使用するパラダイムは、意図的に選択されるのではない。私たちの存在を規定する形成過程によって選択が影響される。もちろん特定の場面でどのようなパラダイムを選択するかという人間が持つ傾向性に対しては、経験と訓練によって影響を与えることができる。科学教育、哲学教育、教養、これらはより論理的で、「科学的」なパラダイム選択への傾向を強める方向性を与える。感情は、より規定的な、あるいはより自己存在の初期段階の形成要因に基づくパラダイムを選択する傾向性を強めることとなる。

このような状況において、正しいパラダイムに準拠して思考を貫徹するために必要なのは、知的訓練である。それは、事象の認識に当たって、問題解決のためには不適切なパラダイムに準拠することなく、より適切なパラダイムを選択することが可能な能力の育成である。

では、何が教育には必要なのだろうか？ 2500年ほど前にソクラテスが「無知の知」という言葉で定式化した知のあり方こそが必要なのではないだろうか？ 人間が持つ知の「正しさ」は、その人間が持つ有限の地平によって限定されていることを自覚することが必要なのだ。残念ながら、現在の教育状況は実用的な知を対象とすることが多く、自己認識の深化という方向性を見失いがちとなっている。そして、教育効果としての即効性が求められ、テストで計測することが可能な表層的な知識のみを重視する傾向が強い。自分の足で立ち、世界を切り開いていくような知の育成は、学校教育から失われているともいえるだろう。

この状況をどのように捉え、どのように解決していくかは、教育に従事するものに与えられている古代以来の宿題であるといえるだろう。

文章内では人名に対する敬称は省略させていただきました。

柿内謙信氏の記述は筆者と柿内氏の個人的な議論に基づくものです。

- i 「科学革命の構造」 トーマス・クーン著, 中山茂訳 みすず書房 1971
- ii 色彩論 J.W.V.ゲーテ
- iii 「色彩心理学入門ーニュートンとゲーテの流れを追って」 大山正著 中公新書 1994
- iv 「国家を騙した『科学者』」 李成柱 (イ・ソンジュ) 著 裴淵弘 (ペ・ヨンホン) 訳 牧野出版2006年
- iv 「論文捏造」 村松秀 中公新書ラクレ 2006年
- v 「常温核融合スキャンダル 迷走科学の顛末」 ガリートープス著 渡辺正訳 朝日新聞社 1993
- vi 「発掘捏造」 毎日新聞旧石器遺跡取材班 (著) 新潮社 2003  
「旧石器発掘捏造のすべて」 毎日新聞旧石器遺跡取材班 毎日新聞社 2002  
「旧石器遺跡捏造」 河合信和 文春新書 2003  
日本考古学協会報告書 (<http://www.soc.nii.ac.jp/jaa2/zenchuki/index.htm>)
- vii Experimenting on and Experimenting with: Polywater and Experimental Realism  
William J. McKinney  
The British Journal for the Philosophy of Science, Vol. 42, No. 3 (Sep., 1991), pp. 295-307  
Deryagin, B. V. Scientific American 1970, 223, 52-64, 69-71
- viii 「ルイセンコ学説の興亡ー個人崇拜と生物学」 メドヴェージェフ著 金光不二夫訳 河出書房新社 1971
- ix 「アーリア神話ーヨーロッパにおける人種主義と民族主義の源泉」 レオン・ポリャコフ著 アーリア主義研究会訳 法政大学出版局 1985
- x このような捏造はむしろK・ポッパーの言うところのより閉ざされた社会が作り出す神話がより開かれた社会との接触により否定される事例ともいうべきものかもしれない。
- xi 「科学の罫ー過失と不正の科学史」 アレクサンダー・コーン著 酒井シヅ・三浦雅訳 工作社 1990
- xii 「背信の科学者たち」 ウィリアム・ブロード ニコラス・ウェイド著 牧野賢治訳 講談社 BlueBacks 2006
- xiii 「人間の図りまちがいー差別の科学史」 スティーブン・J・グールド著 鈴木善次・森脇靖子訳 河出書房新社 1989  
Stephan Jay Gould "The Mismeasure of MAN" WW. Norton, New York 1996, 1981
- xiv 「背信の科学者たち」 第6章 「自己欺瞞と妄信」
- xv 「コペルニクス革命」 トマス・クーン著 常石敬一訳 講談社学術文庫 1989 p17