

## ■この文章について

この文章は放射線環境学第3回講義の参考資料として、Weinberg(1972) "Science and Trans-Science" Minerva 10(2) p.209の冒頭数ページを廣瀬和訳+要約したものです。かならずしも正しい訳とは限らない点にご注意ください。この文章は問題提議までの部分ですが、これを読んで興味が出た方はぜひ原著を読んでいただければと思います。トランスサイエンスな問題への対応について筆者の意見が述べられています（その際、私の誤訳に気が付いた方はご連絡いただければ幸いです）。

## ■（序文）

政治的な問題の解決に科学が持ちだされる場合、その問題は二つの要素にきれいに分離されることが一般的に仮定されている。科学者は科学的事実を述べ、政治家、もしくはその他の社会の代表者はどちらの方法に社会を進めるべきかを述べる。

つまり、政治と政治家が目的を決め、科学と科学者はその手段を供給する。

当然ながら、この見方は物事を単純化しすぎている。特に、公衆が関与する問題の場合、たとえ科学的な問いに対する科学的な回答がクリアな場合であっても、目的と手段は分かちがたい。

政治的、社会的目的と思われるものは、多くの影響をもたらす。影響の分析は適切な分野の科学者に任せなければならないし、様々な影響は倫理と政治の面からも事前検討されなければならない。

あるいは、科学的な手段とみなされるものでも、非科学的な意味合いを持つものは、やはりこれらの手段（倫理と政治）で検討される必要が有る。

したがって、科学者と政治家の関係は、最初に示したようなモデルよりもずっと複雑である。

この論文では科学知識と政治決定の関係について少し異なる角度から関心を持つ。

科学・技術・社会の相互作用で生じることから（科学技術の副作用、科学的手段による社会問題の解決）の多くは、科学に問えるが、科学がまだ答えられない問の答えに依拠している。

私はこれらの問に対し、trans-scientific という用語を提案する。これらの問いは、認識論的に言えば、事実に関する問いで、科学用語で記述できるが、しかし科学が答えられないものである。つまり、この問いは科学を超えて（transcend science）いる。

公共政策が科学的というよりはトランスサイエンス的な問題を含む限り、その政策の発布に関わる科学者の役割は、その問題が科学で明確に答えられる場合の役割とはことなるに違いない（異ならなければならない？）。この役割を検証するのが私の目的である。特に、公共政策に関する問いで、一般人、政治家、市民の代表らが科学者に科学的回答を期待し、しかし科学者がトランスサイエンスな回答のみを提供できる場合に生じる問題について詳しく検討する。

## ■トランスサイエンスな問いの例

□低線量の放射線による生物学的影響

高線量条件で行われた実験の結果からは、マウスの突然変異率を自然変異の2倍にするために必要なX線の照射線量は30レントゲンである。したがって、放射線への応答が線形であるならば約150mrem（=1.5mSv）（正確には170mrem）の被ばくは突然変異率を0.5%上昇させるであろう。150mremという数値は各種の機関が年間の許容線量として設定した値であるため、これは公共政策に置いて重要な数値である。

ところで、150mremの被ばくが突然変異率を0.5%上昇させることを95%有意で示す実験はおよそ80億匹のマウスを必要とする。もちろん、この数は有意水準を下げれば減少する。60%ならば1億9500万匹である。いずれにせよ、この数値はめまいがするほど大きく、この問いに直接の実験で答えることは現実的に不可能である。

この種のジレンマは放射線に関わることのみには存在するわけではない。環境問題の種類を問わず、極めて低レベルの影響を測定するためには、現実的に不可能な大きさの実験が必要となる。

さらに、どれほど大規模な実験を行ない、その結果影響が無いという結果が出たとしても、「本当に何の影響もないということが、ある可能性（例えば95%有意）で言える」とまでしか言えない。実験規模が有限である限り、ある環境影響が完全に無害であると証明することはできないのである。

この基本的な事実は、不幸なことに、環境汚染に関する多くの公開討論（公衆を交えた討論）において見失われている。

□ほとんど起こりそうもない事象の確率

別なトランスサイエンスな問いの例として、極めて低確率で起こる事象の確率を求めるとということが挙げられる。

破滅的な（catastrophic）原子炉事故、フーバーダムを破壊するような地震、こういった事象の確率が計算されることが有る。

例えば破滅的原子炉事故の場合にはアクシデントツリーを構築する。ツリーの各枝のトリガーは特定の部品の不具合である。多くの部品について試験が行われているため、各部品の故障率については統計データが有る。

しかし、この計算値は明らかに疑問の余地がある。まず、このような計算によって得られる数値は極めて小さい（ $10^{-7}$ /原子炉・年）。次に、あらゆる故障原因が明確になっているという保証がない。故障の可能性が極めて小さいために、故障率を実験によって直接測定すること（つまり、原子炉1000基を建造し、それを10000年運転して経時データを取る）は現実的に不可能である。

これら2つの例（低線量被ばく、破滅的原子炉事故）はトランスサイエンスな問いの例を示している。これらの問いは、もし十分な時間と費用をかけることが許されるならば、厳密に科学的なルールにしたがって答えが得られるかもしれない問いだが、そうすることは非現実的である。

#### トランスサイエンスとしてのエンジニアリング

工学分野では、特にその分野が急速に発展している場合、不完全なデータに基づく意思決定が行われるのが一般的である。

エンジニアは厳密なスケジュールと予算に従って仕事をしており、個々の疑問に対し、科学の世界で要求されるレベルの検証実験を行う余裕はない。

実際、「工学的判断」という言葉は、手元にあるなんらかの科学的データをもとに適切な決断を行うという意味を含んでいる。

時には、先に進むために決定的に必要なデータが不十分な場合もある。その場合、そのプロジェクトは科学的研究が進むまで待つ必要が有る。しかし普通の場合、エンジニアは手元のデータがどんなものであれ、プロジェクトを進めるという決断をする。この時にガイドとして使われるのが「工学的判断」という知恵である。具体的には、データが明確になっていない部分については、最悪と思われる条件でもプロジェクトが破たんしないように、数値を保守的に振ることで安全マージンを取る。安全マージンの幅は予算によって大きく左右される。エンジニアにとって、より多くのデータを集めるインセンティブは過剰なマージンによるコスト負担を減らすことである。

不確実性は工学において本来的なものである。フルスケールでプロトタイプを作り、それを遭遇しうるあらゆる条件下で厳密な試験を行わない限り、新しく、未試験の環境に対する不確実な想定が存在することは避けられない。

対象が小さいもの、例えばジェットエンジンのようなものの場合、普通はプロトタイプがつくられる。問題点はプロトタイプ、もしくは早期量産モデルにおいて洗い出される。

しかし、対象が巨大なもの、例えばアスワンダム、1000MWのプルトニウム増殖炉、巨大な橋などの場合、プロトタイプの作成は不可能である。さらに言えば、これらの耐用年数は100年といった長さになるため、次のモデルを製造する前にプロトタイプの問題点が判明する可能性は低い。

したがって、進歩し続けている技術は、原則として完全には解決できない、科学的に不確実な要素を内包している。

この意味においてこのような技術はトランスサイエンス的、あるいは少なくともトランスサイエンス的要素を含んでいる、と言える。

そして実際、以降の私のディスカッションで使用する例は技術、特に原子炉技術から引いて来ている。

#### 社会科学におけるトランスサイエンスな問い

省略

※ 自然科学の世界では、例えば、ある水素原子は他の水素原子と同じである。しかし社会科学の調査対象となる人はそれぞれのばらつきが大きい。このため、仮にある振る舞いを予測できたとしても、それはあくまで平均的な振る舞いであり、特定の個人の振る舞いを予測するような場合にはトランスサイエンス的であることを避けられない。といったことが述べられている。

#### トランスサイエンスとしての科学の価値論

省略

※ ここで例示されている問いはそもそも倫理的な要素が強く、科学的に問える問いではないように思われる）。