

現代を生きるための科学リテラシー (ニ セ科学問題と科学を伝えることなど)

菊池誠

大阪大学サイバーメディアセンター

今日の予定

- オウム
- ニセ科学
- コミュニケーション
- 原発
- (おまけ)911 陰謀論



地下鉄サリン事件 1995/3/20



科学技術省長官村井秀夫 (阪大物理・修士)

オウム真理教事件が問いかけたもの

- 「ニセ科学」的言説とオカルト的言説の双方を巧みに使ったカルト
 - (ニセ) 科学的言説によるオカルト的言説の正当化
- 科学技術省
 - ヘッドギアからサリンまで
- 理系出身者多数
 - 専門的な科学教育は合理的思考を育てない?
 - 個人的体験?
 - 科学への幻滅?

- 日本人、とりわけ科学教育の関係者はオウム事件を清算したか
- 科学的・合理的思考を伝える努力はなされてきたか

ニセ科学とはなにか

科学であるかのように装っているが、実は科学とはよべないもの

- 見かけが「科学的」
 - 一般の人には科学と**区別がつかない** (これが重要)
 - 専門家にはまったく科学に見えないかもしれない
 - ブランド (あるいはお墨付き) としての科学
- 学術用語ではない
 - 疑似科学・pseudoscience 等微妙にニュアンスの異なる言葉もよく使われる
- さまざまな問題があり、問題の特性は千差万別

科学の鏡としての二セ科学

二セ科学問題を通して、科学リテラシーや科学コミュニケーションについて考える

- 科学の送り手と受け手の関係
- 必要なりテラシーは何か
- 科学を伝える側は何を考えるべきか
- 科学者は何をするべきか

歴史的に重要な問題

- 創造論科学
 - ルイセンコ問題
 - オウム真理教事件
 - 水俣病問題の展開
-
- 日本でのルイセンコ説受容と水俣病は科学者が反省すべき材料
 - どちらも科学と政治との不健全な関係による
 - 水俣病については、『医学者は公害事件で何をしてきたのか』(津田)
 - オウムは科学の専門教育が科学的考え方を育てたかに反省を求める事件

創造論科学（進化論否定）

キリスト教国アメリカでは深刻

- スコープス裁判 (1925)
- ルイジアナ州の授業時間均等化法が最高裁で無効とされる (1987)
- Intelligent Design 説
 - 神をあらわに出さず、より科学的な見かけに
 - 日本でも産経新聞と統一教会が推進
 - 創造デザイン学会 (世界平和教授アカデミーの関連組織)

身近で比較的易しい問題の例

- マイナスイオン
 - 血液型性格判断
 - 波動・水からの伝言
 - ゲーム脳
 - 万能のEM菌
 - 磁気水・活水等怪しい水
 - ホメオパシー等の民間療法
 - ゲルマニウム健康法
-
- 「ニセ度」「ニセ具合」「意味」はそれぞれ違う
 - 世間に広まっているのはなぜか
 - 「科学」に対する誤解・科学でないものが科学に見える

周辺の問題

- オカルト・超常現象・UFO など
- 陰謀論
 - 世の中を誰かが陰であやつっていて、それを自分は知っている、という妄想
 - アポロは月に行かなかった
 - 9.11 同時多発テロは米政府の自作自演
- 俗流スピリチュアル
 - 江原・細木
 - ズバリ言われたい
 - とりあえず、霊のせいにしておきたい

ニセ科学とは言えないが 危うい議論になりがちなもの

分野はニセ科学ではないが、怪しい説が飛び交う難しい領域の例。リスクや安全にまつわるものが多く、不確実性が高く、白黒はっきりした正解はない(トランス・サイエンスに近い)。

- 脳科学
 - まともな脳科学と怪しい脳科学
- 環境問題・温暖化問題・エネルギー問題
 - イメージ先行の無意味なもの、リスクの問題等
- 薬・安全・食
 - タミフル・予防接種・BSE・有機野菜
- 電磁波問題

脳研究の「神話」独り歩きに警鐘

脳科学研究の成果が、脳ブームに伴って拡大解釈されて広がっていることなどを懸念し、日本神経科学学会は8日、研究指針の改定を発表した。脳活動の測定方法の安全性や測定でわかることの限界を知り、検証を受けた論文などを発信するように求めた。指針では、科学的根拠のない「神経神話」と呼ばれる疑似脳科学が独り歩きしていることを憂慮。不正確な情報や大げさな解釈で脳科学への信頼が失われることがないように、科学的な根拠を明確にして研究成果を公表するよう求めた。

asahi.com 2010年1月8日 20時15分

なぜ問題なのか

- 社会的損失
 - 経済的・時間的・人的
- 社会の非合理化・思考の単純化
 - 二分法思考: ゼロリスク幻想
 - **考えない**世界: 民主主義の基盤

グレーゾーン問題

- 科学と二セ科学のあいだにはっきりした境界を引くことはできない。評価の分かれる問題はいくらかでもある(グレーゾーン)
 - 無理に線を引く必要はない
- 多くの二セ科学は「誰が見ても二セ科学」の領域にあり、グレーゾーンではない

二セ科学ではないもの

- 間違っているだけでは二セ科学ではない
 - 科学の手続きに従った上での間違いは「単なる間違い」
- 未科学は二セ科学ではない
 - 未科学を科学的事実と主張すると二セ科学
- 科学的かどうかは「手続き」
 - 二セ科学的な題材でも科学的な研究はしうる
- 「メカニズムがわからない」からといって二セ科学とは限らない
 - 再現性がある客観的事実は科学的事実

例「水からの伝言」



水の結晶と道徳教育

「水からの伝言」が小学校の道徳の教材として使われている

- 言葉遣いを教える教材
 - 体の中の水が反応するので、よい言葉を使いましょう
- T O S S（教育技術法則化運動）を通じて、全国に広まる
 - T O S Sではすでに止めつつあるが、T O S S以外に広まっている
- 研究授業や教師の研修会などでとりあげられ、参観授業にも使われる

なにがいけないか

- 明らかに非科学的なものを事実であるかのように教える
 - 「事実」でなければ成り立たないシナリオ
- 笑い出す生徒は？
 - 疑問の声を上げた生徒が怒られた実例
- 結晶と道徳の関連性がまったく示されない
 - 美しければ、それでよいか
 - 「美しさ」の基準はなにか
- 文脈を離れた言葉に意味があるか

道徳の根拠を物質科学に求めてはならない

- 道徳は文化や習慣で決まる
- 物質科学は普遍的

人生の生き方の根拠を科学に求めないように

信じる側のスペクトル

科学的事実の持つ重みの違い

- 科学的に誤りだとわかれば、信じるのをやめる
 - 筋が通っていればよい
- 科学的に誤りというなら、科学のほうが間違っていると思う
 - 科学的に誤っていると言わずに、なぜ言葉に反応するかを解明するべき

「科学的にありえない」が意味を持つ場合と持たない場合がある

科学者が何を示せば誤りであることを認めますか、という質問には答が得られない

例:ホメオパシー (同種療法)

代替療法 (民間療法) のひとつ

- ヨーロッパで 200 年ほどの歴史を持つ
 - 発祥地ドイツやイギリスでは盛ん
 - 最近では日本でも広まりつつある
 - 最も大きな団体が過激でカルト的

わかっていること

- 物質化学的には心理的効果しかないことは自明
 - ただの砂糖粒なので、効果も害もない
- 臨床的にも確かめられている
 - 条件をきちんと設定したプラセボ対照二重盲検法では効果が出ない

無害なものによる被害

しかるべき医療を受けない・受けさせないことによる死亡事故

金澤日本学会議会議長談話

- ホメオパシーには効果がない
- 医療機関では厳に慎むべき

実害の例

- 助産院で新生児にビタミン K2 シロップの代わりに K2 レメディ
 - ビタミン K 欠乏症で死亡例
- 悪性リンパ腫の悪化を「好転反応」として、医療を受けなかった例
 - 医師の診察を受けたときには手遅れに (リンパ腫は適切な治療を受ければ治りやすい病気)
- 予防接種の否定
 - ホメオパシーは決して予防接種の代わりにならない

効果のないことをすることによる害

助産師はどこで間違えたのか

- ビタミンK2を投与しない場合、ビタミンK2欠乏症は2000人に1人程度の割合で発生
 - 投与しなくても、特定の助産師が欠乏症に出会う確率は低い
 - レメディを投与してきて、欠乏症を起こしたこどもはいなかったに違いない
- 欠乏症にならなくても、ホメオパシーのおかげではない
- これまでは大丈夫だったのは、なんの根拠にもならない
 - 個人的体験

背景

- 医療不信
 - 医療は冷たいという印象
 - レアな事故を大きく取り上げる報道
 - 不可抗力的な事故の責任追及は意味がない
 - リスクの読み違い
- ファッションナブルな自然指向
 - 安全が確保されていることに気づかない

今の問題

放射能の恐怖につけこんで、広めようとしている

ニセ科学のわかりやすさ

ニセ科学は科学よりもわかりやすく、口あたりもよい

- 思い切りのよさ、二分法的割り切り
 - 白黒はっきりしている
 - プラスはよくて、マイナスは悪い) など
 - 適用条件など、うるさいことを言わない
- 願いをかなえてくれる
 - 信じたいと思うことを言ってくれる
 - 道徳・しつけ・健康・美容・環境
 - 先に危険を煽るケースも多い

二分法的思考

- 結論のみ
 - 複雑な条件を考えない
- 総合的に判断するのはめんどくさい
 - 「程度問題」の軽視
- いい・悪い、危険・安全
 - タミフルや狂牛病全頭検査
- 思考の単純化
 - 二分法的思考
 - 自然 vs 人工

バランスの問題

- よい面と悪い面
 - あらゆるものには「よい面」と「悪い面」がある
 - 悪い面が少しでもあればだめ、という考え方は誤り
- たとえば、タミフルや牛全頭検査の問題
- 意思決定
 - バランスを考慮して、総合的に決める
- 「正解」はない

科学を受け取る側に求められるリテラシー

- 好き嫌いと事実かどうかとの違い
 - 科学的事実は希望通りとは限らない
- ありえなさの程度の判断
 - 他の科学的事実との整合性 (科学的事実は独立していない)
- 個人的体験と客観的事実との違い
 - どちらも事実だが、意味が違う
 - 認知バイアスの理解
- 相関関係と因果関係との違い
- 統計的な考え方・データの読み方・疫学的な考え方
- 実験的検証の意味
 - demonstration と experiment の違い
 - テレビの「実験」は demonstration

どれも難しい

科学を伝えることとクラークの第三法則

クラークの第三法則

高度に発達した科学は魔法と区別がつかない
(A. C. クラーク)

- 科学が魔法に見えるなら、魔法は科学に見える
- 科学を「わかりやすく」伝えることの落とし穴
 - 「科学ではこんなに不思議なことが起きるんです」…
だけでは、魔法と同じ
- 科学をブラックボックス化させない
 - 科学の結果だけではなく、**論理**を伝える
 - 知識だけではなく、科学的事実の整合性

ニセ科学をはさんだコミュニケーション

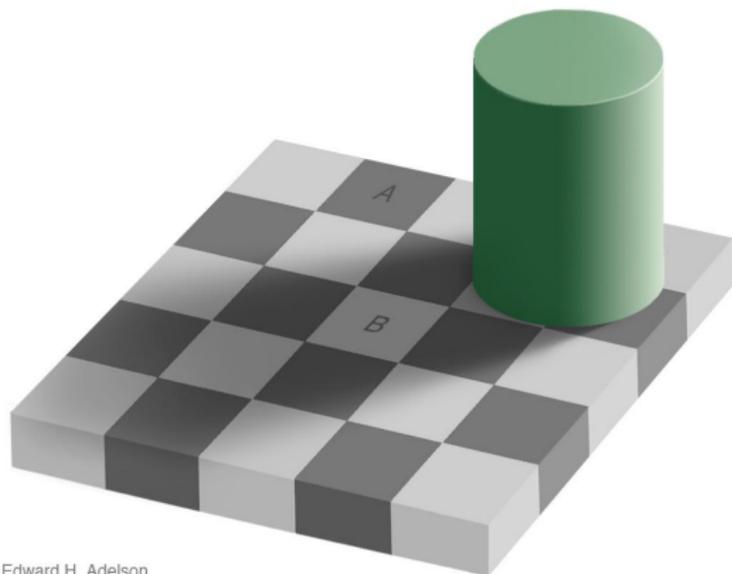
- 個人的体験は事実なので否定できない
- 科学用語が比喩として日常用語になっている場合には注意
 - 「言葉にはエネルギーがある」は日常会話として正しい
- 勝ち負けではない
- 納得と理解は違う
 - 納得には時間がかかる
- 科学的誤りを指摘すれば済むわけではない

個人的体験

- 二セ科学は個人的体験を重視
 - 体験談
- 体験談はなにも証明しない

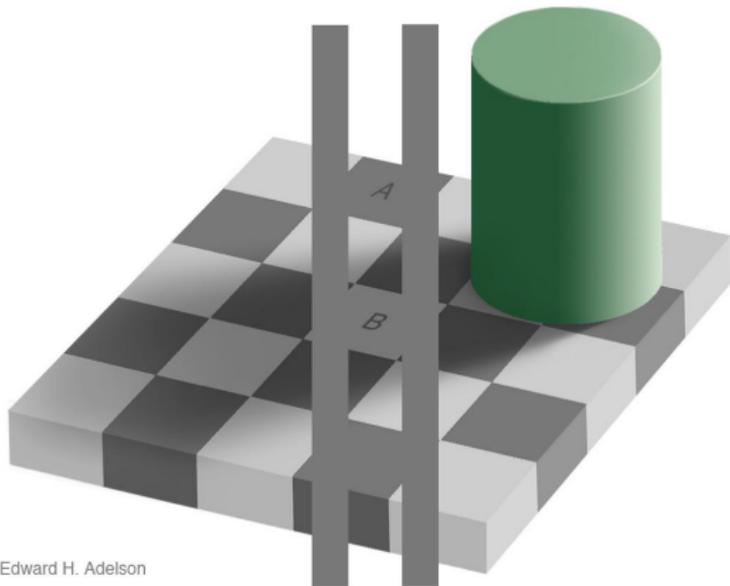
個人的体験の危うさ

Checker Shadow illusion



Edward H. Adelson

Checker Shadow illusion



Edward H. Adelson

疫学的な考え方の重要性

- 因果関係の推測には疫学的な考えかたが必須
 - 病気・故障、あるいは何かの効果
- メカニズム論よりもまず疫学
- 個人的体験と客観的事実の違いを理解するには、疫学で使われる 2×2 表がわかりやすい

例:お祈りの効果

| | 効果あり | 効果なし |
|------|------|------|
| 祈った | A | B |
| 祈らない | C | D |

- 効果の検証には4欄すべてが必要
 - 個人的体験はAのみ

リスクの問題

- リスクは合理的に判断されていない
 - 瑣末なリスクを大きなリスクより重視する人は多い
 - 何を重視するかは、好き嫌い・信念、など
- ゼロリスク幻想
 - 日本ではどれほど小さくともリスクは嫌われる
 - 十分に小さなリスクをさらに小さくすることは難しい
 - 危険性の評価とそれに基づく意思決定が重要

絶対安全神話とゼロリスク幻想

一度流れた「危険情報」は消えない。「安全情報」は大きく報道されない。嘘はあとあとまで影響する

- 医療事故の過剰報道・訴訟リスク
 - 周産期医療の危機

市民のゼロリスク幻想は科学や行政が絶対安全神話を振り まいたことと裏表

入倉：確かに 1994 年の米国のノースリッジ地震で高速道路が倒壊した際、日本では起こらないと自信を持って工学の研究者が発言していました。地震の力を過小評価して耐震安全性に自信過剰となっていたこと、それゆえ適切な忠告がまったくできなかったことに、地震の研究者としては痛みがあります。今の時点で最悪のシナリオを想定しておくのは大事ですね。分かっていない時には最悪のシナリオはどのようなものかを考えておくことが重要ですね。

日本地震学会広報誌「なみふる（ナイフル）」第 15 号
(p.1-3)



1994 Northridge 地震で崩壊した高速道路

<http://www.calstatela.edu/dept/geology/GeoCareerPhotos/DamagedFreeway.jpg>



1995 阪神淡路大震災で倒壊した阪神高速神戸線

http://www.city.kobe.lg.jp/information/public/online/kids/traffic/road/kotsu_kosoku.html

原発事故と科学コミュニケーション

昨日の授業 (科学技術論) で話したこと

理系の学生なら、福島第一原発の事故について質問されることは多いのに違いない。それに対して、「専門じゃないからわからない」で済ませてしまうことは、どの程度許されるだろうか。少なくとも、なにがしかのことが言えるべきだ。そのために、少しくらい勉強しておくのは理系大学生・大学院生の義務か。

- 絶対安全なはずの原発に大事故が起きたので、「不信感」が基本
 - 過去の原子力政策の負の遺産
 - リスクコミュニケーションの失敗
- 突然、見たこともない物質や数字が出てくることへのとまどい
 - 不安と安心の両極端でのゆれ
 - 明らかにおかしい情報とそうでない情報を見分ける力が要求されている
 - それは厳しい

日常会話の変容

- シーベルトやベクレル
 - 核種の名前や半減期
 - 原子炉の構造
 - メルトダウンという言葉
 - etc.
-
- 市民が一般的な科学リテラシーを超えた知識・判断を要求されている
 - 実態以上の安心、必要以上の恐怖、デマの流通

さまざまな誤解

- 放射線と放射性物質
- 被曝はうつる? (放射能差別)
- シーベルトとシーベルト毎時 (総被曝量と放射線強度)
 - 20mSv/y 問題とも関係
- 核爆発と臨界事故 (必要以上の恐怖)
- 測定値・測定手法の解釈

discommunication

- 原子力専門家の積極的な発言があまり見られない
 - 専門家が発言しないのは問題
- 情報提供への躊躇
 - 気象学会が「放射性物質拡散予測」を勝手に発表しないよう要請したこと
- 情報提供に躊躇すると、妙な情報だけが広まる

communication

- インターネットでは研究者による多くのボランティア的
情報提供が行われた
- データの可視化
 - 地図上での放射線強度分布
 - 放射線強度の時間変化
- 現象・状況の解説
 - 早野 (東大)、野尻 (KEK) など原子核物理学者 (twitter など)
- さまざまな見通し
 - 牧野 (天文台) など
- 放射線被曝と防護の解説

例:測定をめぐる問題

- 市民が自らの手で放射線強度測定を行って公開している
 - 望ましい
 - 誤った測定法でとんでもない結果を出している例も見られる
- 測定器と測定方法について知るといいうリテラシー (高度すぎる?)
 - 一般市民が使うことを想定しないプロの道具

電磁波問題などでもあったが、科学者の支援が必要であると同時に市民側には「スイッチを入れて表示を読むだけではない」ことを理解する必要

例: リスク判断の意味

- 疫学的知見
 - 累計 100mSv で発ガン率 0.5
- 防護モデルとしての「閾値なし線形モデル」
 - 正しいかどうかは棚上げにして防護指針を作る
- 境のないところに線を引く「制限値」
 - 「閾値なし」なのに制限値を設定することの意味と理解
 - 社会的に許容できる限度 (科学だけで決められるのではない)

- 平時ではありえないほどの専門的な知識や判断が求められている
- 学生も含め、小さくてもいいから、情報や知識を提供するのが科学をするものの義務ではないか
 - 知らなければ勉強する

911 陰謀論: メディアリテラシーの練習問題

- 陰謀説が出る理由は理解できる

当日の主な誤りの例

- ① 10 機以上の飛行機がハイジャックされた
- ② BBC がまだ倒れていないビルを倒れると報道

誰もみたことがない光景

飛行機突入後安定しているかに見えた巨大ビルが突如崩壊
爆破ではないか

政府高官・機関の発言

- ① FAA と NORAD 間のハイジャック連絡時刻 (ハイジャック時刻以前)
- ② ブッシュ大統領が、一機目の WTC 突入をテレビで見たと発言 (当然ながら、一機目の突入はリアルタイムでテレビ中継されていない)

不完全な映像からの誤解

ペンタゴンに開いた穴が 5m しかなく、とても飛行機が突入したようには見えなかった (実は大きな穴があった)

たくさんの疑問

- 疑問の多くが合理的に解決
- 未解決の疑問はある
 - 解決しない疑問はいくつも残るだろう (偶然を認めなければ)
- 解決済みの疑問まで未解決の疑問と主張するのが陰謀説

例

- ① ペンタゴンに開いた穴の幅が 5m しかない
- ② 飛行機内から携帯電話で連絡できるはずがない

互いに矛盾した疑問が多いので疑問の「数」だけでは考えない

WTCの崩壊

- 前例のない事件
- 高層ビルの専門家にとっても意外
- 「崩壊のしかたが不自然」と考えるのは当然。
 - では「どのように崩壊すれば自然か」
- 人類が初めて目撃した崩壊
 - 鉄骨構造の超高層ビルに飛行機が突入するとこのように壊れうることを我々はこの事件で初めて知った

ツインタワー

なぜ不自然に見えるのか

- 飛行機突入後、いったんは安定したものが、突然崩壊
- 垂直に崩壊
- 崩壊速度が速いように見える
- 粉塵噴出
垂直に崩壊するのはなんとなく不自然だが、よく考えてみると、横倒しになるはずはないし、垂直に崩壊しないほうが不自然であることはわかる

NIST の報告

- 「崩壊メカニズムの最終的な理解」とは限らない
 - NIST の目的は防災
- 高層ビル崩壊は非常に複雑な現象
 - 崩壊メカニズムの完全な理解には更に研究が必要
 - 「航空機の衝突 (WTC7 については、タワーからの瓦礫) とそれに起因する火災によって WTC が崩壊した」ことは十分に明らか

制御解体と似ているか(WTC7)

- 探せば、WTC7の崩壊と似た制御解体映像は見つけれられる。
- 制御解体では崩壊は最終プロセス
 - 制御崩壊は入念に準備する(人数と期間)
 - WTCのような巨大で、使用中のオフィスビルで秘密裏に準備できない
- 制御解体は轟音がするが、それは報告されていない

準備段階まで含めれば、制御崩壊にはまったく似ていない
と言うべき

スティーヴン・ジョーンズの論理

- 映像で見られる WTC の崩壊は物理的におかしい
 - 自由落下している
 - 爆破である
- 粉塵からテルミットの成分が出た (アルミと鉄)
 - テルミットだ
- 普通のテルミット反応にしてはおかしいところがある
 - ナノテルミット (まだ実用化されていない) だ

- とてつもない事件なので、見たことのない光景が広がり、政府の対応も混乱していた。これから、「なにかおかしいのではないか」と考えること自体はおかしなことではない
- さまざまな検証を経た今、自作自演説(爆破説)は合理的ではない

大きく考えよう

- アメリカは世界最大の陰謀国家だが、自国内で多くの自国民を犠牲にするような陰謀をするか
- ハイジャックは少人数で実行可。自作自演には膨大な人数が必要
 - 発覚の危険が増すのに、本当にそんな危険をおかすだろうか
- 自作自演説は、「大統領が命令すれば、軍人は自国内でのビルを爆破して自国民を殺すこともいとわない」という前提でしか成り立たない
 - 人間の集まりという基本的な認識を欠く
- 命令された人の中には親類や友人・知人がWTCで働いていた人もいるに違いない
- 使用中のオフィスビルで爆破準備を秘密裏に実行できるか