

第3回

科学哲学と

科学技術社会論

関谷 翔 SEKIYA, Sho
sho.sekiya+toho@gmail.com

今回の主な内容

■ 科学で用いられる推論にはどのような種類があるか？

■ 演繹・帰納

■ 仮説演繹法

■ 科学と疑似科学はどう区別できるか？

■ 検証可能性基準

■ 確証可能性基準

■ 反証可能性基準

■ 科学的命題に関する厄介な問題

■ 観察の理論負荷性

■ 全体論

■ 实在論・非实在論

科学で用いられる推論には どのような種類があるか？

推論・演繹・帰納

用語	意味
推論 reasoning	ある事実をもとにして、他の事をおしはかること。推理や推定を重ねて結論を導くこと。「調査結果から事故原因を――する」
演繹 deduction	諸前提から論理の規則にしたがって必然的に結論を導き出すこと。普通、一般的原理から特殊な原理や事実を導くことをいう。演繹的推理。↔帰納。
帰納 induction	個々の特殊な事実や命題の集まりからそこに共通する性質や関係を取り出し、一般的な命題や法則を導き出すこと。↔演繹。

【出典】松村明(編). 2008. 『スーパー大辞林3.0』. 三省堂.

推論の種類

	演繹		広義の帰納		
			枚挙的帰納法	アブダクション	アナロジー
前提	<div><div>• AならばB</div><div>• Aである</div></div>	<div><div>• AならばB</div><div>• Bでない</div></div>	<div><div>• A₁はPである</div><div>• A₂はPである</div><div>...</div></div>	<div><div>• Aである</div><div>• 仮定HはAを説明可能</div></div>	<div><div>• AはPである</div><div>• AとBは類似</div></div>
結論	Bである	Aでない	Aは全てPである	Hである	BはPである
得意技	前提に暗に含まれていた情報を取り出す		個々の事例から一般化する	筋のよさそうな説明へと至る	類比的に知識を拡張する
真理保存性	あり 前提が真なら結論も真		なし 前提が真でも結論が真とは限らない		
情報量	増えない		増える 前提に含まれていなかった情報が結論につけ加わる		

【出典】戸田山 (2005, 51) を参考に筆者作成

演繹の例

前提1

物体であり、かつ外力が働いていないならば、
物体はその運動状態を保つ。（慣性の法則）

前提2

Aは物体であり、かつAには外力が働いていない。

結論

Aはその運動状態を保つ。

枚挙的帰納法の例

前提1

カラスの太郎君は黒い。

前提2

カラスの次郎君は黒い。

結論

すべてのカラスは黒い。

アブダクションの例①

前提1	化学反応の前後で、反応にかかわった物質の全質量は変化しない。（質量保存の法則）
前提2	化学反応に際して、反応にかかわる物質の質量の割合は常に一定である。（定比例の法則）
前提3	原子が存在し、化学反応では原子と原子の結合の仕方が変化するのだと仮定すると、前提1と前提2をとともにうまく説明できる。
結論	原子が存在する。化学反応とは原子と原子の結合の仕方の変化である。

アブダクションの例②

前提1

この鉄は膨張した。

前提2

すべての金属は熱すると膨張する。

結論

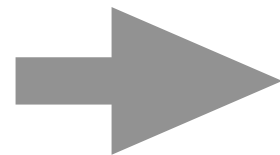
この鉄が膨張したのは、熱せられたからだ。

演繹とアブダクションの関係

■ 演繹

■ AならばB

■ Aである

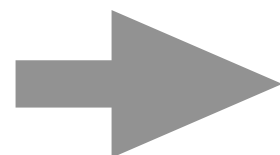


Bである (必ず真)

■ アブダクション

■ AならばB

■ Bである



Aである (真とは限らない)

アナロジーの例①

前提1

重力は遠隔作用（のように見える力）であり、その強さは力の働く2物体間の距離の2乗に反比例する。

前提2

電磁力も遠隔作用（のように見える力）である。

結論

電磁力も、その強さは力の働く2物体間の距離の2乗に反比例する。

アナロジーの例②

前提1

いままで波であると思われていた光は、
実は粒子的な性質もあわせ持つ。

前提2

電子はいままで粒子だと思われていた。

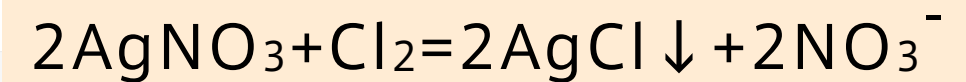
結論

電子は波動的な性質もあわせ持つ。

次の推論はどの種類でしょうか？

前提1

水道水に硝酸銀水溶液を加えると白濁した。



前提2

硝酸銀水溶液は塩素と反応して白濁する。

結論

水道水には塩素が含まれている。

次の推論の種類は何か？

次の推論にツッコミを入れてみよう

1. 私の住む村の麦畑で、夜のうちに麦をきれいになぎ倒して奇妙な模様が描かれるという現象が頻発している（ミステリー・サークル）。これは、宇宙人が地球に飛来する際に乗ってきたUFOの着陸跡だと考えるとつじつまが合う。したがって、おそらく宇宙人は地球にやってきている。
2. ニワトリくんのした推論（日本語に訳してあります）「コッコッコ。一昨日朝日が昇るとえさがもらえた。昨日も朝日が昇るとえさをもらった。今朝も朝日が昇るとえさをもらえた。だから明日もそうに違いない」
3. 石炭燃料が燃えても、ウラン燃料が燃えても、同じように熱エネルギーが出て、それで発電できる。燃えている石炭を消火するには、酸素を遮断すれば良いんだから、酸素を遮断すれば、原子炉の中のウラン燃料も冷たくなるんじゃないの？

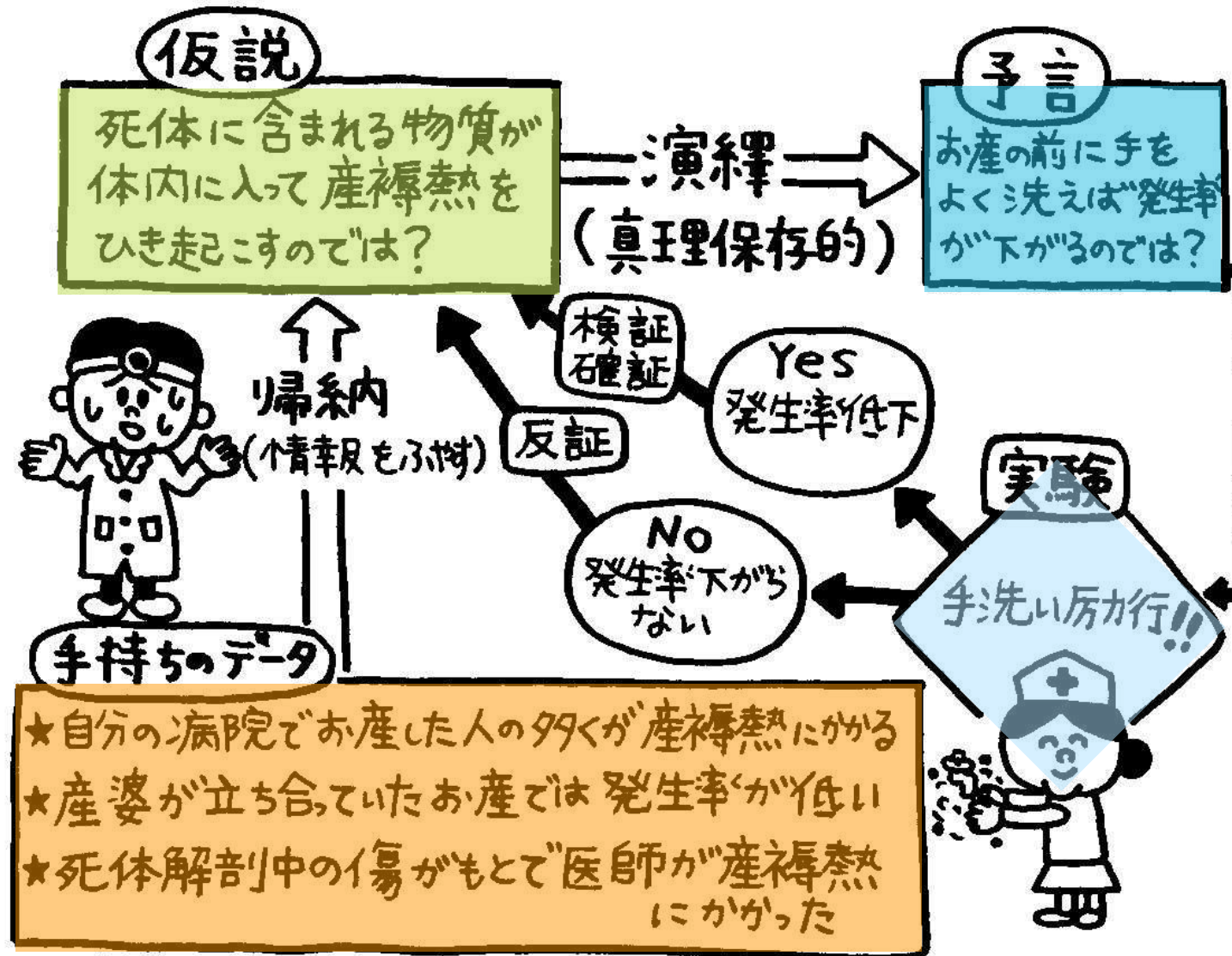
ゼンメルヴァイスと産^{じょく}褥熱①

- 出産した女性の多くが産褥熱にかかって死亡
- 産婆が立ち会った病棟よりも医師が立ち会っている病棟のほうが死亡率が高い
- 死体の解剖をしている間に刺し傷を作った同僚の医師が、妊婦と同様の産褥熱にかかった
- 産婆は解剖には携わらないが、医師は携わる
- 死体に含まれる何らかの物質が体内に入ると産褥熱にかかる

ゼンメルヴァイスと産^{じよく}褥熱②

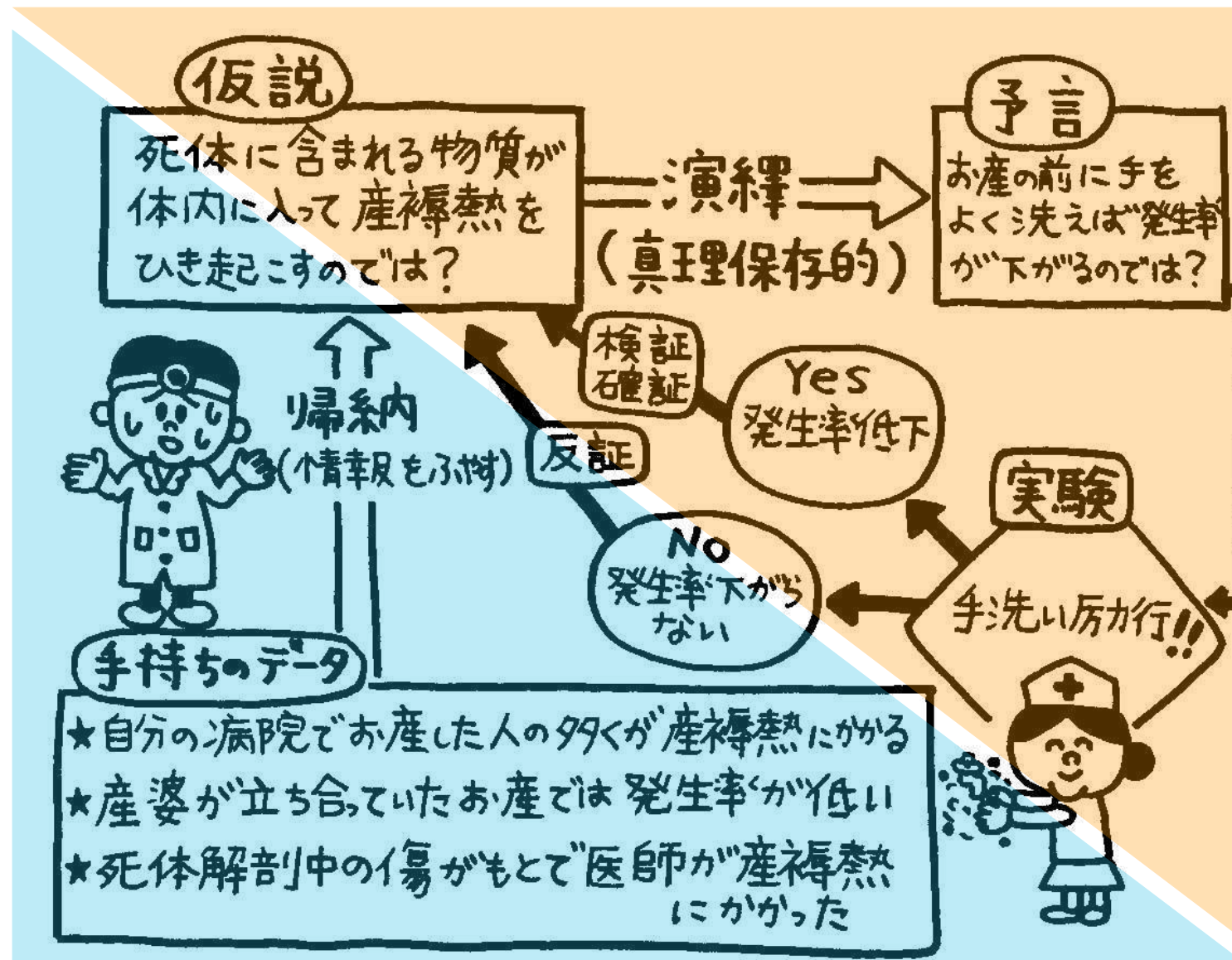
- 死体に含まれる何らかの物質が体内に入ると産褥熱にかかる
- お産の前に手をよく洗えば死亡率が下がるのでは？
- 手洗いを励行してみる
- 死亡率が減る（死亡率が減らない）
- 検証・確証（反証）

仮説演繹法



仮説演繹法

発見
の文脈



正当化
の文脈

ここまでのまとめ

- 科学には帰納と演繹の両方の推論が使われている
 - 帰納は情報量を増やすが、結論が間違っている可能性がある
 - 演繹は結論が間違っていることはないが、情報量を増やさない
- 科学は帰納と演繹を組み合わせた仮説演繹法に則っていると見ることができ
 - 仮説から導き出される予言が実験や観察によって否定されず、したがって仮説は「正しそう」だと言っても、この推論自体が帰納なので、仮説は確からしくはなるが、100%正しいことを保証することはできない

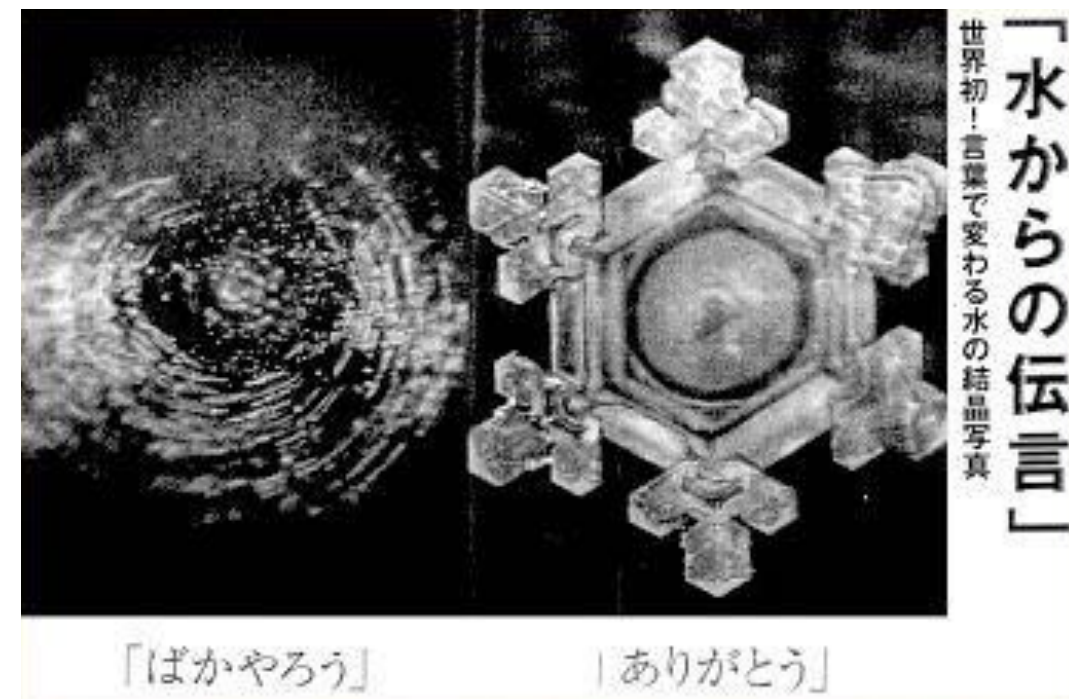
科学と疑似科学は どう区別できるか？

疑似科学とは

- 見かけは科学のようでも、実は科学ではないもの
- 疑似科学（であると強く疑われるもの）の例
 - 血液型性格診断
 - マイナスイオン
 - 波動
 - インテリジェント・デザイン（ID）説
 - 水素水
 - EM菌

波動説『水からの伝言』

- 結晶を作る際に「ありがとう」や「平和」など「よい言葉」をかけると美しい雪花状の結晶ができて、「ばかやろう」や「戦争」など「悪い言葉」をかけると汚い結晶ができる



インテリジェント・デザイン説

- 「知性ある何か」によって生命や宇宙の精妙なシステムが設計されたとする説
- 「創造論 vs 進化論」の文脈で特に米国で議論が活発
- フライイング・スパゲッティ・モンスター教



**実は！
科学と疑似科学を簡単に
区別することはできない！**

検証可能性基準

- 科学的命題は経験によって正しいかどうか確かめることができるなければならない。
 - 「カラスは黒い」 検証可能
 - 「死んだら地獄に行く」 検証不可能

検証可能性基準の問題点

- 「すべてのカラスは黒い」という命題は検証不可能
- 科学的命題のなかには
「すべてのAはPである」のようなものがある
- 慣性の法則、質量保存の法則、…
- 原理的に「すべて」を検証することは不可能

確証可能性基準

- ルドルフ・カルナップが提唱
- 科学的命題は経験によって確からしさが増す可能性がなければならない。
 - 「すべてのカラスは黒い」 確からしさUP可能
 - 「死んだら地獄に行く」 確からしさUP不可能

確証可能性基準の問題点

- 「AならばP」の対偶は「PでないならばAでない」
もとの命題と対偶命題は論理的に等しい
- 「カラスは黒い」の対偶は「黒くないならばカラスでない」
- 手当たり次第、黒くないものを調べていくと、「カラスは黒い」の確からしさがUPしていく？（これも科学的態度？）
- 世の中に存在する「黒くないもの」が「カラス」に比べて圧倒的に多い

反証可能性基準

- カール・ポパーが提唱
- 科学的命題は経験によって誤っていることが証明される可能性がなければならない
 - 「化石はノアの洪水で一斉にできたものだ」 反証可能なのでOK
- アドホックな修正（新たな反証可能性を生み出さない修正）はダメ
 - 「神はあたかもさまざまな時代に化石ができたかのように作った」 アドホックな修正なのでNG

反証可能性基準の具体例

- 天王星の運動はニュートン力学と既知の惑星からの重力では説明ができなかった（アノマリーだった）
- 天王星の軌道の外に別の惑星があると仮定すると、天王星の運動が説明できる（アドホックでない修正）
- 海王星の発見へ

科学は提案された仮説を反証する努力と、反証された仮説を捨て去り、より豊かな内容をもった新しい仮説を作りだす努力により進められる

反証可能性基準で却下されるもの

- どのような意味にもとれる曖昧な命題
- たいていの場合に当てはまるような命題
- どのような事象についても都合よく説明できてしまう命題

反証可能性基準の問題点

- 反証可能性基準によると、「科学的命題は経験によって誤っていることが証明される可能性がなければならない」のだが…
- 観察の理論負荷性（ハンソン）
 - 科学的命題（理論）と経験（観察・実験）が互いに依存している
- 全体論（クワイン）
 - 実際の科学では、科学的命題（理論）が経験（観察・実験）によって、直ちに誤っているとはされない場合もある

観察の理論負荷性： 観察が先？ 理論が先？

観察の理論負荷性

- ノーウッド・ラッセル・ハンソンが提唱
- 何を観察するか、また、観察された結果をどう解釈するかは、何らかの理論に依存している

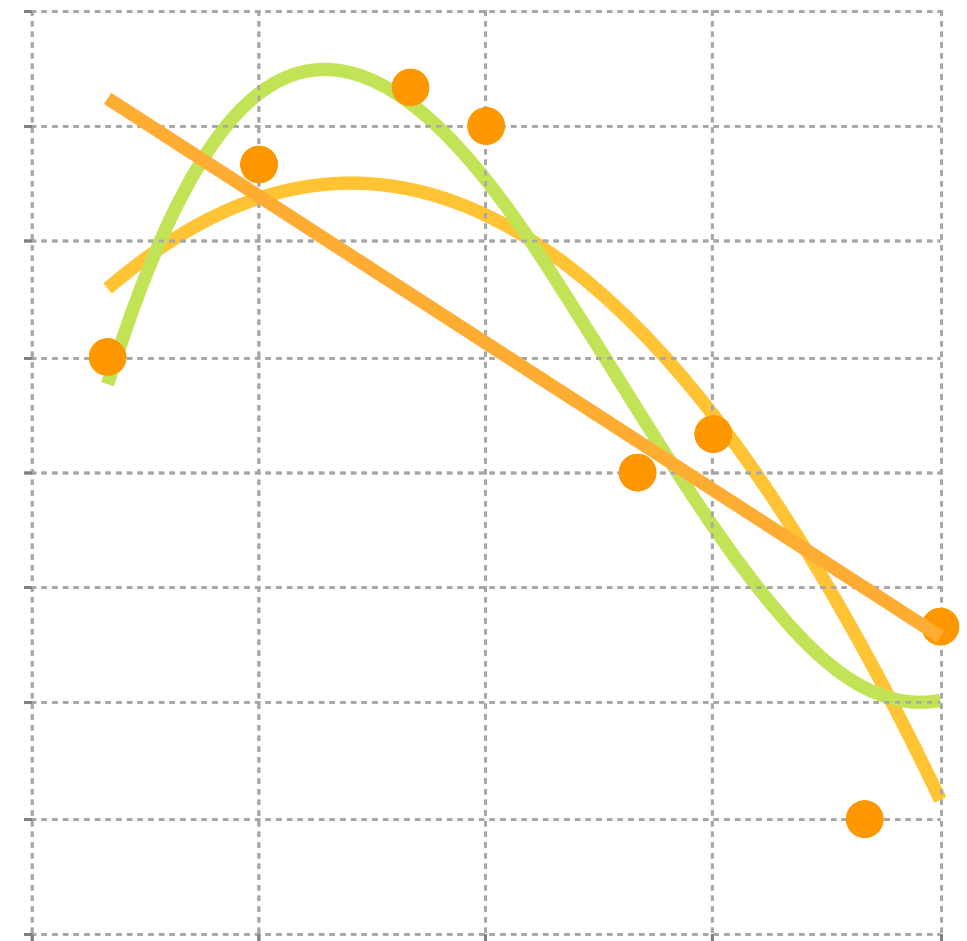


観察の理論負荷性の例①

- 溶液の色の変化や沈殿物生成の有無等を観察して、どの金属イオンが溶液中に存在しているかを推定する
- 有機物を酸素によって燃焼させ、発生した水や二酸化炭素の量から組成式を求める
- 理論が手元にあるからこそ、何をおこない、何を観察し、その結果をどう解釈すれば良いかが分かる

観察の理論負荷性の例②

- 理論を知っていることにより、予期が観察にフィルターをかける
 - トランプのカードにどんな種類があるかを知っていることによって、赤いスペードのエースがダイヤや黒いスペードに見える
- カーブ・フィッティング
- 実験装置・観測装置も何らかの理論にもとづいて製作されている



観察に潜む問題点・注意点

- 観察者のスキルに問題がある可能性
- 実験・観測機器の精度に問題がある可能性
 - 理論から予測される年周視差が観測されなかったため、実験から地動説が棄却されてしまった（16世紀）
- あるいはその両方
 - ニュートリノ「超光速」撤回（2012年）

全体論：
間違ってるのは分かったけど、
どこを訂正すればいいの？

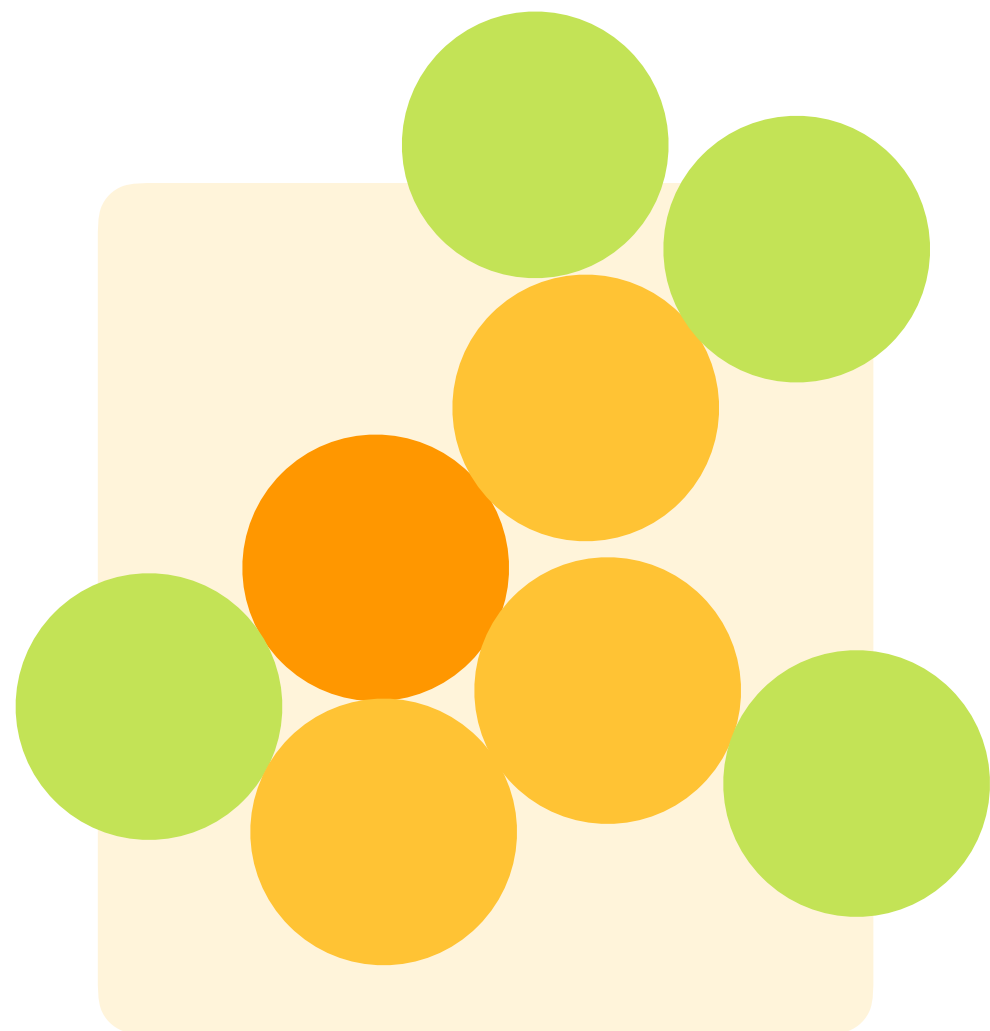
決定実験は不可能

- 決定実験とは、ある理論が導き出す予測を明確に検証・反証する実験
- 実験の結果、反証された！→ 理論は間違っている…？
- 実際にはそうならないことが多い

全体論

- ウィラード・ヴァン・オーマン・クワインが提唱
- われわれの知識や信念の全体は相互に関連したひとつの構造体になっている
- 科学議論はひとつの命題で代表されるようなものではなく、いくつもの命題群から成り立っていて、しかもそれらが相互に関連している

全体論のイメージ



経験の世界

理論の世界



中心命題



補助命題

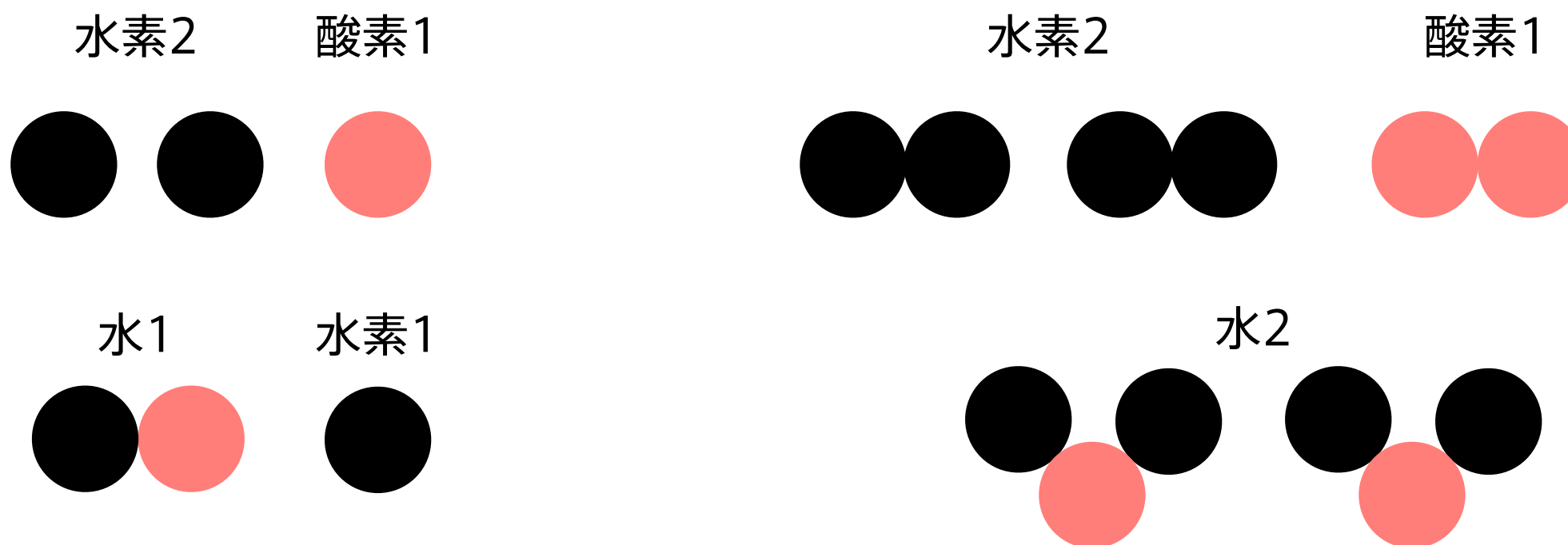


テスト可能な命題

天王星の例

- 天王星の運動はニュートン力学と既知の惑星からの重力では説明ができなかった
- 天王星の軌道の外に未知の惑星があると仮定すると、天王星の運動が説明できる（海王星の発見へ）
- 「天王星の運動がニュートン力学を反証した」のに、ニュートン力学は捨て去られなかった
- 天王星の外に未知の惑星があると仮定されることで、ニュートン力学が保護された

ドルトンの原子論の例



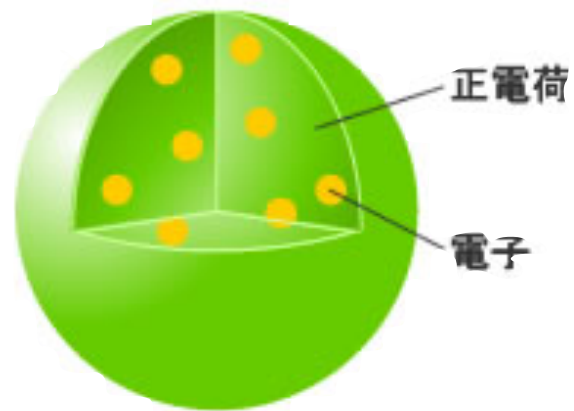
しかし実際には水2が生成される → 原子論自体が間違い? → 原子論は捨てずに一部を修正する → 実験結果と一致

実在論 vs 反実在論： 理論に登場するものは 実際に存在するの？

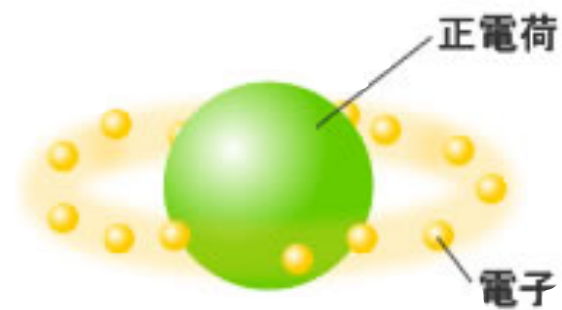
あとで間違いと証明されたもの

- 熱素（カロリック）＝ 熱の正体？
- 燃素（フロギストン）＝ 燃えるときに放出される？
- エーテル＝ 光の媒質？

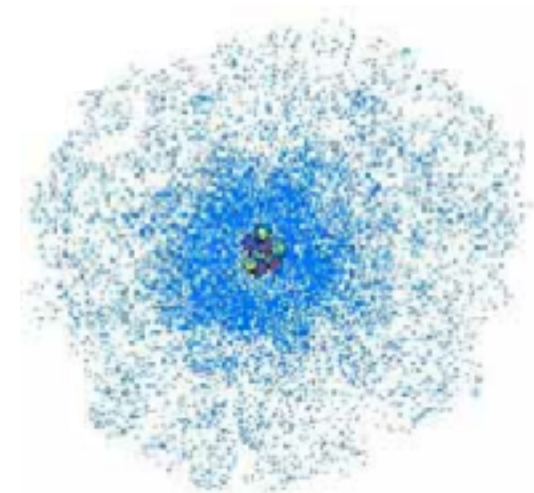
電子像の変遷



トムソン型



ボーア・長岡型



電子雲 (s軌道)

科学的实在論

- 科学の理論に登場するモノや概念は、実際にこの世に存在している
- もし、将来、理論が間違っていたことが分かったとしたら、その部分は人間が正しく認識していなかっただけ（世界を間違っ
て認識していただけ）
- 人間じゃなくて、たとえば宇宙人が存在して同じように宇宙に
ついての理論を立てているとすれば、レベルの違いはあるかも
しれないが、同じような理論を立てているはず（世界はひとつ
なのだから）

操作主義

- 理論は、特に直接観察できないモノや概念に関しては、間違っている可能性がどうしてもあるので、それを世界に実際に存在していると言い切ってしまうのは言い過ぎ
- 直接観察できないモノや概念が存在すると言いすぎるのは強すぎるが、実際にどのような操作をしてどのような結果を得るかだけを取り出してくれば、間違いようはない
- 科学的实在論者から、いろんな種類の操作で共通のモノや概念（例えば電子）を別個に定義しており、科学の良さである体系だった理論構築ができなくなっていると批判される

道具主義

- 理論は、特に直接観察できないモノや概念に関しては、間違っている可能性がどうしてもあるので、それを世界に実際に存在していると言い切ってしまうのは言い過ぎ
- 直接観察できないモノや概念が存在するかどうかはどうでもいい
- 直接観察できないモノや概念は、理論構築や説明を便利に行うために作った道具である

構成的経験主義

- 理論は、特に直接観察できないモノや概念に関しては、間違っている可能性がどうしてもあるので、それを世界に実際に存在していると言い切ってしまうのは言い過ぎ
- 直接観察できないモノや概念が存在するかどうかはどうでもいい
- そもそも科学の目的は世界の全てを正しく認識することではなく、直接観察できる範囲で起こる事柄をうまく説明することである
- 直接観察できないモノや概念が存在するかどうかは科学の問題ではない

観念論

- 世界は人々が見ている夢のようなものであり、人々が認識していなければ世界は存在しない
- 人々は、人々に備わっている感覚器官に頼って世界を知覚している
- 与えられた感覚器官が異なれば、世界の知覚の仕方も違うはずである
- もし、人間とは異なる感覚器官を備えた宇宙人がいれば、彼らは我々とは異なる宇宙に関する理論を構築しているはずである（たとえば量子の世界ほどの小さい生物だとしたら？）

社会構成主義

- 科学の理論に登場するモノや概念が、実際にこの世に存在しているかどうかはどうでもいい
- 科学の理論に登場するモノや概念が、人々（特に科学者集団）に「ある」と思われるかどうか重要
- 「現実」「事実」として記述される元の何かはそこにあるだろうが、それを記述しようとした瞬間、私たちはある言説の世界（ある伝統、生き方、価値観の世界）に入り込んでしまう
- 何かについて語り、その他のあるものについて語らないというこの意識・無意識下の選択が重要
- そうした選択の重ね合わせで社会のなかで通用する理論は構成されていく（科学理論は社会のなかで作られていく）

奇跡論法 miracle argument

- もし科学的实在論が偽であるならば、科学の成功は奇跡となってしまう
- (ブラウン管) テレビの技術は光電効果に基礎をおいている。したがって、テレビの原理を説明しようとすれば、どうしても光子の振る舞いに触れざるをえない。では光子というものがないのなら、なぜ(光子という存在を仮定した理論を用いた技術で)テレビは映るのか
- アボガドロ数の計算の仕方はいろいろあるが、どのやり方でもほぼ同じ数になる。これは分子というものが実際にあると考えなくては説明できないのではないか
- 「○○という結果が生じるならば、理論Aが正しい」とは演繹的には言えない (これはアブダクション)

悲観的帰納論 pessimistic induction

- 科学は蓄積的な進歩を遂げているように見えるが、実は蓄積しているのは現象的な規則のレベルの話であって、観察不能な実体についての理論レベルでは前の理論を根本的に否定するような変化が繰り返し生じている
- これまでの科学の歴史で現象的なレベルで非常に成功を収めた科学理論はいずれも文字通りには誤りであることが後になって判明している。そうであるならば、現在非常に成功している理論もまた遠くない将来、誤りであることが判明するだろう

参考文献

- 伊勢田哲治. 2003. 『疑似科学と科学の哲学』, 名古屋大学出版会.
- 森田邦久. 2010. 『理系人に役立つ科学哲学』, 化学同人.
- 戸田山和久. 2005. 『科学哲学の冒険: サイエンスの目的と方法をさぐる』, NHKブックス.
- 戸田山和久. 2011. 『「科学的思考」のレッスン: 学校で教えてくれないサイエンス』, NHK出版新書.
- 内井惣七. 1995. 『科学哲学入門: 科学の方法・科学の目的』, 世界思想社.
- 江本勝. 1999. 『水からの伝言』, 波動教育社.