

第2回 科学史と 科学技術社会論

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

授業の前に

- 今回の授業中レポートを受け取ってください

今回の問い

- 科学はいつから科学？ 科学者 scientist はいつ生まれた？
- 科学はどのように発展していくのか？

科学はいつから科学？ 科学者はいつ生まれた？

science の語源

- ラテン語の動詞 ^{スキオー}scio (知る) → 抽象名詞 ^{スキエンティア}scientia (知識)
- 英語の scissors と関連？
- 知ること = 日本語 (分かる) / ラテン語 (切る)

科学の前は自然哲学

- 科学 science という言葉が生まれるまで、現在の科学分野は自然哲学 natural philosophy と呼ばれた
- 英語 philosophy ← ギリシャ語 ^{フィロソフィア} φιλοσοφία (知を愛する)
- 現在でも博士号は Ph.D (Philosophiæ Doctor) と呼ばれており、philosophy が自然科学の分野でも残っている
- ちなみに、ラテン語動詞 amo (愛する) → 英語 amateur (アマチュア)

自然哲学と科学の略年表

500	1400	1600	1800	1950	
古典古代	中世	ルネサンス	近世	近代	現代
タレス	フーリスミー	レオナルド・ダ・ビンチ	ボイル	ダーウィン	クリック
ピタゴラス	イブン・スィーナー	コペルニクス	ドルトン	マクスウェル	
ソクラテス	イブン・ルシュド	ガリレオ・ガリレイ	ラプラス	シュレディンガー	
プラトン	オッカムのウィリアム	デカルト	ラマルク	アインシュタイン	
アリストテレス		フランシス・ベーコン	メンデル	ハイゼンベルク	
ヒポクラテス		ニュートン	アボガドロ	プランク	
デモクリトス			ファラデー		
アルキメデス					
エラトステネス					
ガレノス					
ギリシャ ローマ	イスラム世界	西欧	西欧	全世界	全世界

コペルニクス (1472—1543)
ガリレオ・ガリレイ (1564—1642)
ケプラー (1571—1630)
ニュートン (1642—1727)

「科学革命」 the Scientific Revolution

「科学革命」 前

17世紀

「科学革命」 後

■ 天動説

■ アリストテレス以来の
目的論的自然観

■ 地動説

■ 機械論的自然観

■ 実験や観察

■ 数学を用いた証明

「聖俗革命」

「聖俗革命」前

18世紀

「聖俗革命」後

■ 神の恩恵に照らされた特定の人間だけに科学的知識が共有される

■ 人間が世界・宇宙を調べることによって、世界・宇宙を造った神を知ることにつながる

■ 科学的知識はすべての人間に共有される

■ 世界・宇宙の向こう側に、神様をみることはなくなった

「聖俗革命」

「聖俗革命」 前

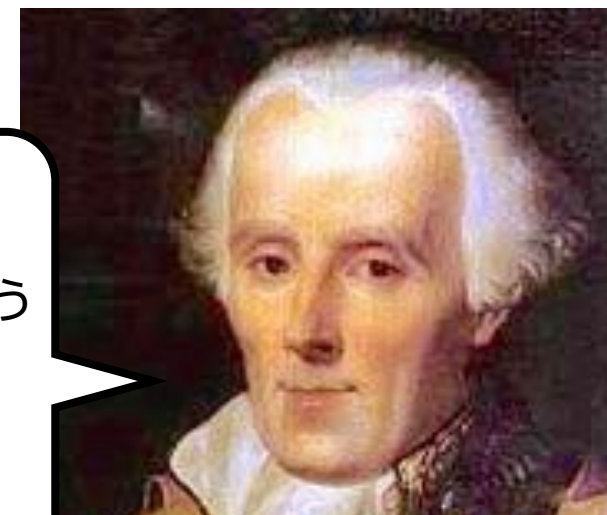
お前の本は
評判がいいけど、
神様がどこにも
出てこない
じゃないか！



ナポレオン・ボナパルト (1769–1821)

「聖俗革命」 後

私には神様という
仮説は不要です



ピエール=サイモン・ラプラス (1749–1827)

科学者という職業が誕生したとき、 日本は何時代だったでしょうか？



江戸時代 (1834年ごろ)

ヒューエル

- William Wheel (1794–1866)
- イギリス
- 神学、哲学、詩学、翻訳学、化学、金属学、気象学…
- 英国科学振興協会（BAAS）の設立と発展に寄与
- 当時生まれつつあった、scienceの新しい意味（「自然」現象のみを扱う学問であり、かつ細かい領域に専門分化しているもの）に -ist をつけて、scientist という語を造った（1834年のこと）



ハクスリー

- Thomas H. Huxley (1825–1895)
- イギリス
- 生物学
- ダーウィンの進化論を擁護し、ダーウィンの代わりに批判の矢面に立ったため、「ダーウィンの^{フルドッグ}番犬」と呼ばれた
- 「scientist ではなく、a man of science と呼んで欲しい」
 - scientist : 科学者
 - a man of science : 知識人、有識者、智の人



国民国家の成立と大学： なぜ科学者は誕生したのか？

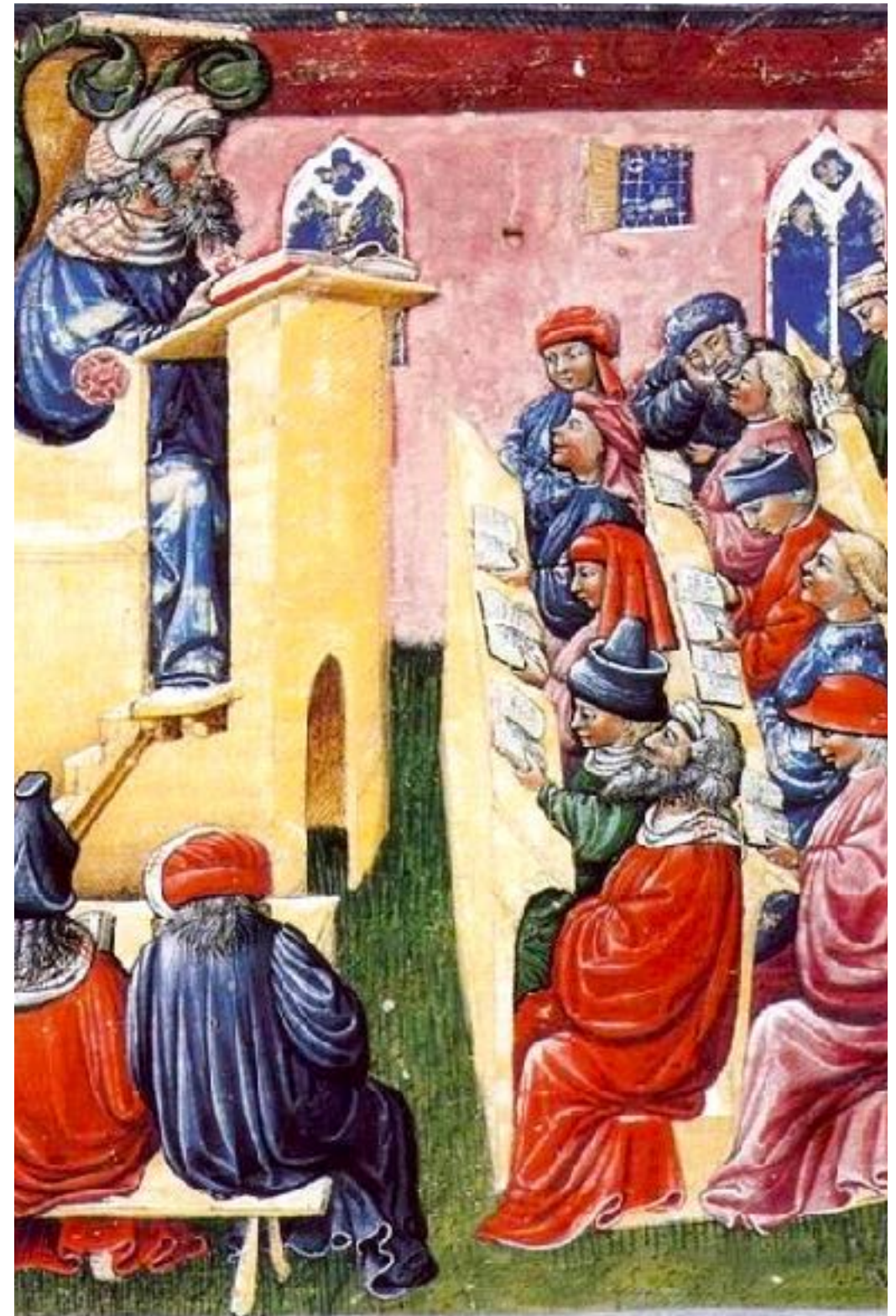
世界最古の総合大学について ウソはどれでしょうか？

- A. 教師が学生に雇われていた
- B. 教会の聖堂のなかで授業がおこなわれていた
- C. 神様について研究する学部、「神学部」があった
- D. 現在も大学として残っている

B. 教会の聖堂のなかで授業がおこなわれていた

総合大学の起源

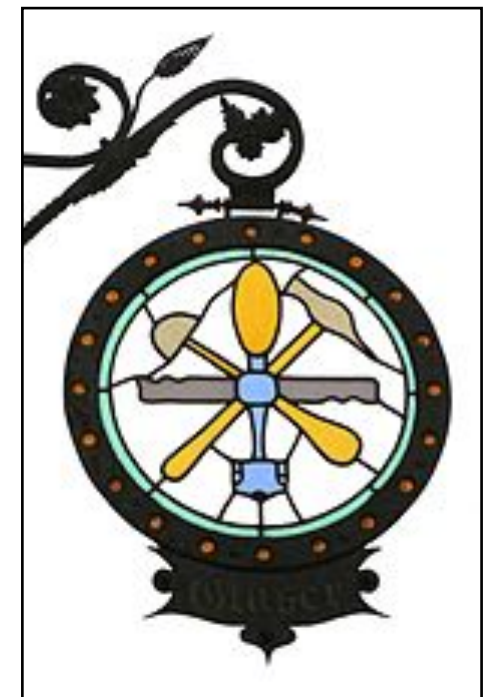
- 世界最古の総合大学
= ボローニャ大学 (1088-)
- 神学部、法学部、医学部、
哲学部
- 知的探求の場、共同体
- 先生が生徒に雇われている
- 一部の特権階級のための知識
- 医学・数学以外の自然科学は
なし



1350年ごろのボローニャ大学 (イタリア)

技術のありか

- 大学にはなかった
- 産業革命以前は、技術は基本的に親方・徒弟制度であるギルドのなかに閉じ込められるような形で存在していた
- 徒弟は親方のもつ技術を模倣し、正確に再現することを期待され、要求される
- 閉じたサークルのなかの少数の人達に、縦に安定した形で、忠実に伝承されていくので、技術革新を必然的に抑制し、新機軸（イノベーション）を嫌うことにもなっていた



錬鉄ギルドの看板

市民革命・産業革命・ギルドの崩壊

- 産業革命を契機に、繊維に始まって、鉱山、機械、鉄鋼、電気などに波及していく19世紀の技術革新は、ギルドの内部では対応しきれない要素を多分に含んでいた（少数精鋭の技術者育成では無理）
- ギルドが職業選択の自由を制限しているため、自由と平等を求める観点からは『旧制度（アンシャン・レジーム）』として打倒すべき対象として捉えられた
- 産業革命とギルド崩壊の2重の関係性
 - 産業革命→ギルド崩壊（少数精鋭方式の崩壊）
 - ギルド崩壊→技術革新（よりイノベーティブな環境へ）



ギルドに代わるもの

- 市民革命の結果、国家は軍事と民事の両面にわたって、十分な働きのできる人材を民衆の間から見つけだし、教育を施して、事に当たらせなければならないことになった
- 大学という伝統的教育機関では不可能なミッションだった（神学、哲学、法学、医学）
- 1794年、フランス革命後の技術将校不足に対応するため、ナポレオンがエコール・ポリテクニークを設置した



ナポレオン・ボナパルト (1769–1821)

高等専門教育機関の広がり

- グランゼコール（高等専門職教育機関、現在は200校ほどある）のひとつで最古のもの
- 入学するとユニフォーム・給料が支給され、卒業すると軍隊か国家官僚組織の中枢に参画する（「公務員」養成機関）
- ドイツ語圏では工業高等専門学校（Technische Hochschule: TH）が誕生し、各地に普及



科学者誕生の背景

- 国民国家が成立・展開していく
- 大学のなかに「科学」が入り、科学研究と科学者養成の2つの役割を担うようになっていった
- 自らの好奇心というよりは、国家や社会の必要に応える「人材」や「職業」として
- 愛知の人→職業的な見地から1つの狭い知識領域を専門的に追究する人



日本の場合

- 明治維新で一気に西欧型スタイルに
- お雇い外国人にとって、日本は彼らの理想的な研究・教育環境を構築できる場所だった（ある意味、真空地帯）
- 東京大学（1878年～）法理文医薬神学部なし、理学部あり、1886年に工部大学校を統合



Heinrich Edmund Naumann
(1854–1927)



William Smith Clark
(1826–1886)

科学はどのように 発展していくのか？

数学は…

- 数学では他の分野と違って学説というものがない。一度正しいと認められた定理は、真理として永遠に生き続ける。直角三角形に関するピタゴラスの定理は、2000年以上も前に正しいと認められたが、それは今日も正しく、また今から2000年後も正しい
- だから数学の内容は、時代とともに単調に増大する。いくつかの細かい定理が、一つの一般的な定理の中にまとめて吸収される、ということは始終あるが、それでも、数学理論の骨格をなす定義や定理は確実に増えていく

『科学革命の構造』

- トマス・クーンが1962年に "*The Structure of Scientific Revolutions*" を出版 (revolutions 複数形)
- 1971年に『科学革命の構造』として日本語訳も出版された
- 科学は革命のようなパラダイム転換によって発展してきた
- 科学の発展には断絶の歴史がある

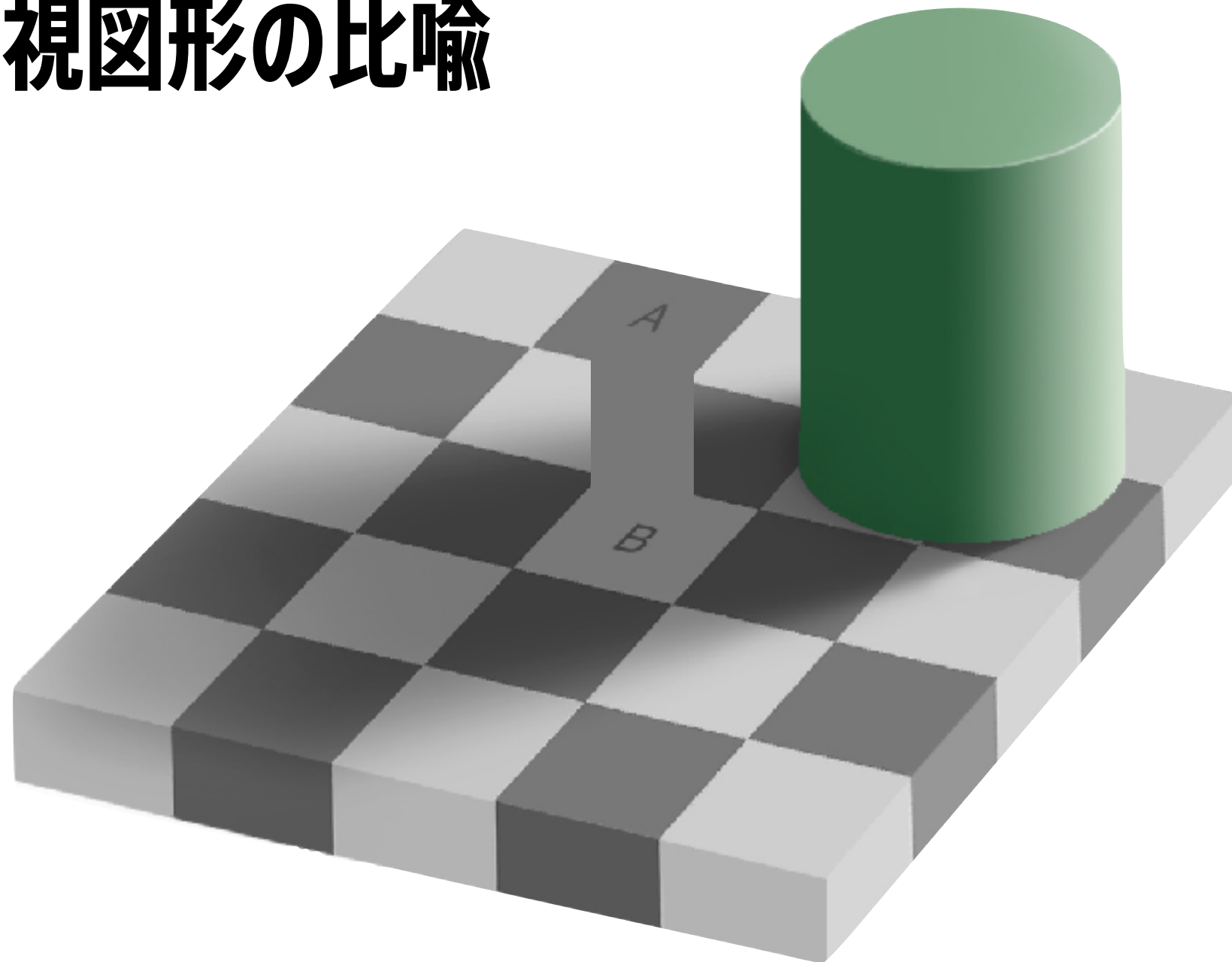


トマス・クーン
(1922–96)



【出典】 Kuhn, T. S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

錯視図形の比喻

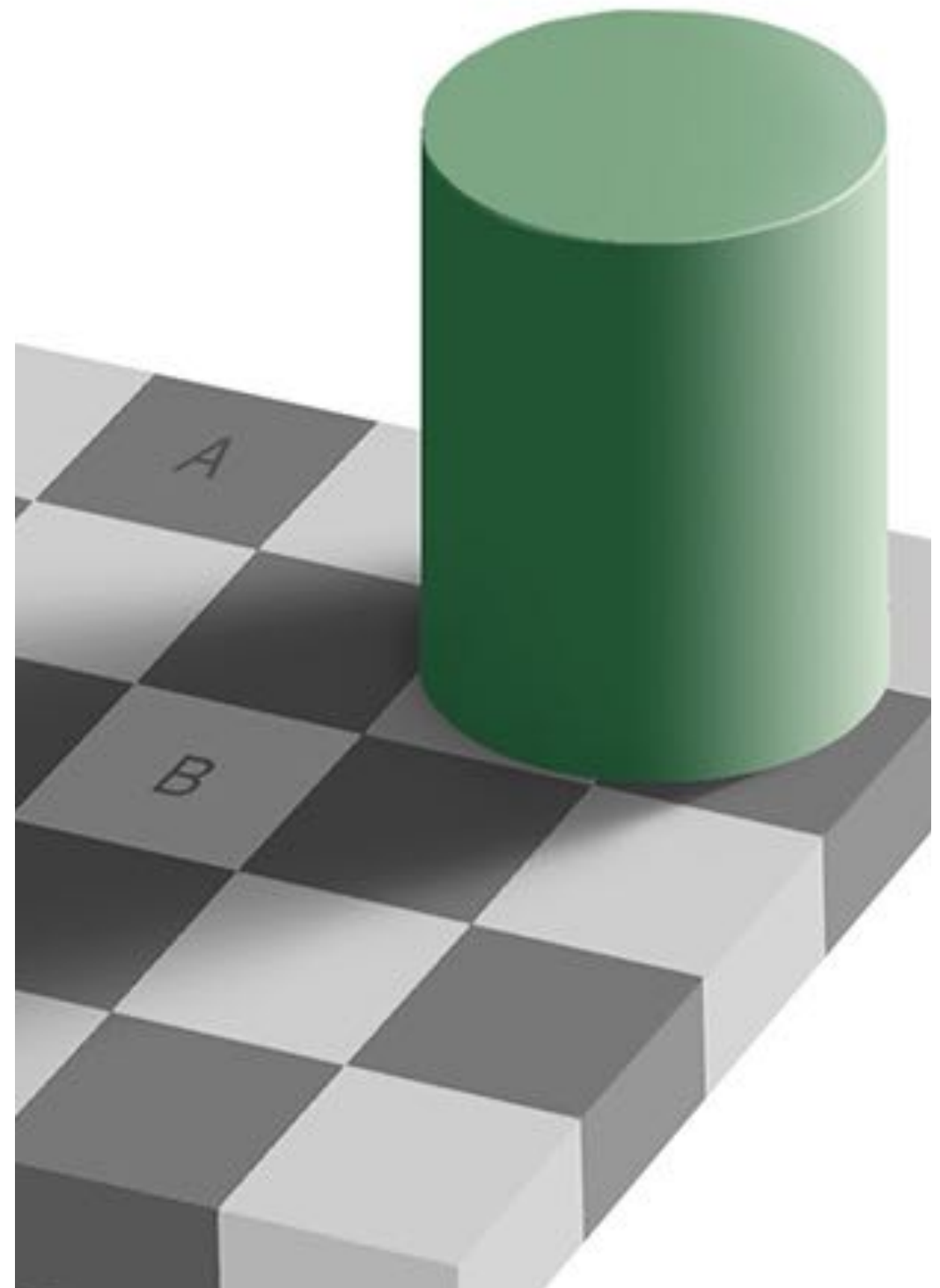


【出典】Adelson, E. H. 1995. Checker shadow illusion.

パラダイム

- 観察者＝科学者の「世界モデル」
- ある特定の理論だけではなく、明文化できないような研究活動上の指針や模範的な研究なども含めたもの
- 特定の時代の科学者集団の多数に共有され、支配的な影響を与える
- どのように観察するか、どのように実験装置を使うか、ある理論を検証するためにはどのような実験を設計すればよいか、どのように観察結果を解釈するか、どのように理論を適用するのか、どのようなテーマを追求するのか

【出典】Adelson, E. H. 1995. Checker shadow illusion.



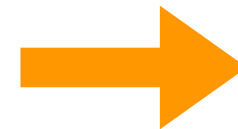
世界を見るとき的前提

科学革命の構造

パラダイム形成

通常科学

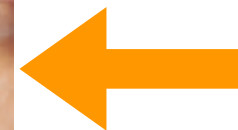
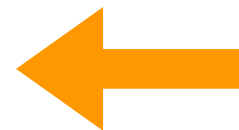
変則事例



新パラダイムの出現

パラダイム転換

別の通常科学



通常科学 normal science

- 多くのその分野の科学者によって認められたパラダイムに基づいた形でおこなわれる科学研究
- その支配的なパラダイムに則って理論を洗練していく
- 理論が実験結果（経験的事象）と整合的かどうか検証（パズル解きのプロセス）
- 理論の大きな前提、基礎フレームワーク（パラダイム）は変化しない

変則事例 anomaly

- ノーマル (nomal) ではない (a-) もの
- 通常科学のパズル解きのプロセスのなかで、どうしても既存のパラダイムやそれに基づいた理論と整合的でない（あるいは説明できない）例外的事象
- 通常科学はアノマリーを探す（蓄積する）活動とも換言できる
- 既存パラダイムに則りつつ、アノマリーを説明するための理論の修正・精緻化が繰り返されるが、パラダイムが変わらなければアノマリーは解決されないだろうというところまで科学研究が進んでいく

新パラダイムの出現

- 既存のパラダイムに基づいた通常科学が継続するなか、ごく少数の研究者集団において、既存のパラダイムとは異なる考え方、前提、仮定等を基にした研究が実践されるようになる
- 既存のパラダイムとはライバル関係になるが、最初は少数でしか共有されないので、多くの研究者には認識されない
- 新パラダイムの出現時には、いまだ多くの研究者は既存のパラダイムはに依拠している

パラダイム転換

- 既存の支配的パラダイムに対抗するライバルとしての新パラダイムがより多くの研究者の目にとまるようになる
- 新パラダイムに基づいた研究により、新たな経験的証拠が蓄積され、既存パラダイムにおけるアノマリーがうまく説明できているという認識が共有されていく
- ついに既存のパラダイムと新パラダイムの関係が逆転する

再び（別の）通常科学

- パラダイムシフト後は、新パラダイムが以前のパラダイムのよ
うに支配的なものとなり、そのパラダイムに基づく理論が生み
出され、実証研究の対象となる
- パラダイムは異なるが、再びパラダイムに則ったパズル解きが
続けられる

具体例

■ 物理

■ 天動説から地動説へ

■ 古典力学から相対論・
量子力学へ

■ 化学

■ 原子論

■ 熱素論

■ 原子構造

■ 生物

■ ダーウィンの進化論

■ DNAの発見

きょうやく 共約不可能性 incommensurability

- 共軌（共役）不可能性、通訳（通約）不可能性とも
- 複数のパラダイムはいわば「異なった世界」であり、同一の基準に照らして優劣をつけることができない
- だから革命（断絶）
 - 新旧のパラダイムの選択基準には、政治革命と同様、関連する共同体の賛同より高い規準は何もない
 - つまり客観的規準はない！（→ 相対主義）

絶対主義 vs 相対主義

パラダイム、生活様式、概念図式、社会、文化、集団などに相対的なものであるとする立場

絶対主義

- 合理性、知識、真理、実在などに関して不変で絶対的な規準の存在を認める立場
- 同じ現象について説明する異なるふたつの理論AとBがあったとき、科学としては理論AとBのどちらが選択されるか、客観的に決まる（人によって変わらない）

相対主義

- 合理性、知識、真理、実在などに関して絶対的な規準の存在を認めない立場
- 同じ現象について説明する異なるふたつの理論AとBがあったとき、科学として理論AとBのどちらが選択されるかは客観的には決まらない（人によって変わる）

どちらの意見に賛成する？

絶対主義的意見

- 昔の科学と現在の科学を比較すれば、現在の科学の方がより正しいと言える
- 科学は間違っている部分を訂正し、どんどん正しくなっていく
- 現在の科学の姿は必然

相対主義的意見

- 昔の科学と現在の科学は単純に比較できない
- 間違っている部分の訂正方法も複数存在するので、同一の基準に基づいてどんどん正しくなっているとも言えない
- 現在の科学の姿は偶然

非累積的發展

- 同一パラダイムに則った通常科学期であれば累積的發展は可能であるが、異なるパラダイムは互いに共約不可能であるので、複数のパラダイムを通じた科学の累積的發展はない
- クーン自身は進歩 progress という用語を用いているが、それは連続的な發展ではない
- 科学に対して認識論的には相対主義をとる（科学で分かったこと ≠ 真理）が、価値論的には相対主義ではない
- パラダイムがあるからこそ科学は他の知的活動とは異なる価値を有している

「良い」パラダイムの持つ性質

性質	内容
正確さ	理論が扱うその領域において、理論から導出される帰結が既存の実験結果と一致する
無矛盾性	理論がその内部のみならず、それと関連した他の理論とも無矛盾である
射程の広さ	理論が幅広い適用範囲をもつ
単純性	理論が単純である
豊穡性	理論が新しい研究上の発見を実り豊かにする

今回のまとめ

- 科学者 scientist という言葉は1830年ごろから
- 国民国家の誕生とともに、科学者という職業が成り立った
- 科学と技術はもともと別のものだった
- 科学理論の進展は、生物の進化論になぞらえると分かりやすい
(突然変異、淘汰)
- 科学理論の進展に関して、絶対主義と相対主義という考え方がある

参考文献

- バターフィールド, H. 1949. 『近代科学の誕生（上・下）』, 渡辺正雄訳, 講談社.
- 藤原正彦. 1993. 『数学者の休憩時間』, 新潮社.
- Kuhn, T. S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- 村上陽一郎. 1976. 『近代科学と聖俗革命』, 新曜社.