慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	第7講 : 近世 : 天動説から地動説へ
Sub Title	
Author	石川, 史郎(Ishikawa, Shirō)
Publisher	
Publication year	2018
Jtitle	理系の西洋哲学史 ; 哲学は進歩したか? (2018. 6) ,p.157- 182
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	慶應義塾大学理工学部大学院講義ノート
Genre	Book
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO52003003-00000000-0157

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

第 7 講

近世 – 天動説から地動説へ

「理系の西洋哲学史」 目次; 他

下図のように, ガリレオとデカルトあたりから, 世界記述史は本格化する.

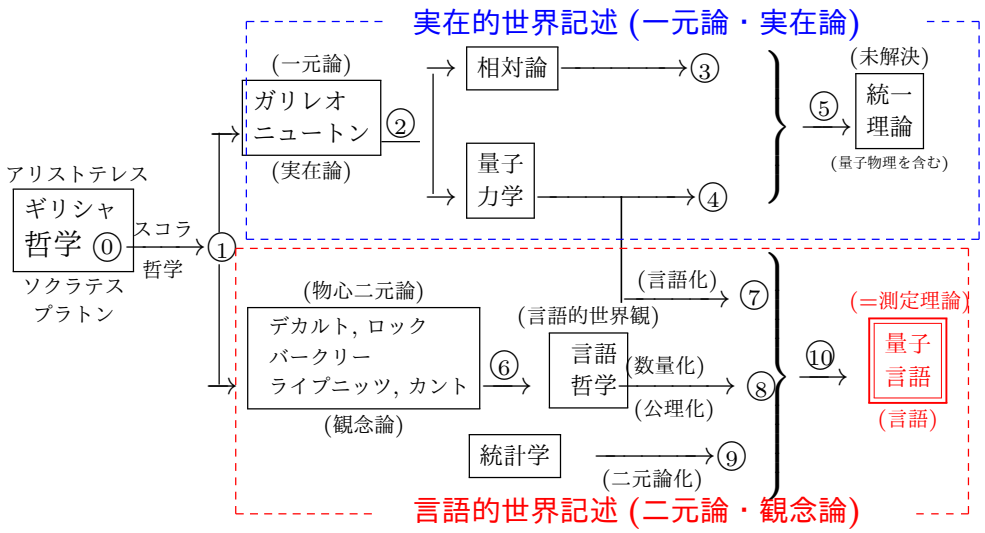


図 1.2 [世界記述史の中での「量子言語の位置づけ」(主張 1.2)]

(注 ; カント以前の物心二元論も物理以外のものという意味で一括して観念論に属するとした; 9.1 節 [J. ロック] 参照)

諸説はあるかもしれないが, 本書では, 科学の三大パラダイムシフトを, 次の三つとしておこう

($\sharp_1$) アリストテレス的世界観（目的因）$\longrightarrow$ ニュートン的世界観（因果関係）

($\sharp_2$) プトレマイオス的天動説 $\longrightarrow$ コペルニクス的地動説

($\sharp_3$) キリスト教的アダムとイヴ $\longrightarrow$ ダーウイン的進化論

本章で問題とするのは, ($\sharp_1$) と ($\sharp_2$) で, 次を結論する.

- ($\sharp_2$) は実験によって白黒付けることができない哲学論争で, ($\sharp_1$) によって解決された. すなわち, ($\sharp_1$) と ($\sharp_2$) は同じこと, つまり, コインの裏表に過ぎない.

である.

7.1 パラダイム・シフト

さて, 1453 年にオスマントルコによって, 東ローマ帝国が滅亡させられた.

- 1453 年:東ローマ帝国滅亡（コンスタンティノーブル陥落）

この大事件のキリスト文化圏への影響は計りしれない.

これにより,「シルクロード」の交通が不便になり,

大航海時代

が始まる. 東ローマ帝国の技術者, 芸術家, 文化人等が難民として, 西欧に流れてきた. これが,

ルネッサンス

を興した. スコラ哲学という中世の思考停止状態が一変する. 具体的には以下の通りである.

ガリレオ以前は観測・実験の時代

- 1450 年: グーテンベルグの活版印刷
- 1453 年: コンスタンティノーブル陥落 (東ローマ帝国滅亡)
- 1492 年: コロンブス アメリカ大陸
- 1498 年: バスコダ・ガマ インド航路
- 1500 年代: レオナルド・ダ・ビンチ「モナリザの微笑」
- 1510 年: コペルニクス 地動説
- 1510 年: ラファエロ「アテナイの学堂」: 古代ギリシャへの憧憬
- 1517 年: ルター「95 ヶ条の提題」宗教改革
- 1519 - 20 年 マゼラン 世界一周
- 1540 年代 ミケランジェロ 「最後の審判」
- 1609 年 ケプラーの法則（楕円運動と面積速度一定則, 1619 年

  公転周期 ^{2}/長半径 ^{3}=一定
- 1610 年 ガリレオ 望遠鏡を自作, 木星の衛星を発見
- 1620 年 フランシス・ベーコン 「知は知は力なり」, イギリス経験論の祖, イドラ
- 1633 年 ガリレオ裁判 「それでも地球は回っている」

ガリレオ以降は思考・思索の時代

- 1637 年: 方法序説, ルネ・デカルト（仏: 1596 年 - 1650 年）は近代哲学の祖. 「心・身・物」のデカルト図式は特筆すべき.
- 1665 年-1666 年 ニュートンの奇跡の年 (力学・万有引力, 微積分, 光学)
- 1670 年 パスカル パンセ
- 1685 年 バッハ誕生
- 1687 年ニュートン プリンキピア
- 1688 年 名誉革命
- 1690 年 ジョン・ロック 人間知性論, 第一次性質, 第二次性質, イギリス経験論の父
- 1700 年前後 大数の法則（ヤコブ・ベルヌーイ）
- 1703 年 ライプニッツ 人間知性新論
- 1715 - 16 年 ライプニッツ=クラークの往復書簡 (*cf.* 9.4 節)
- 1739 年 ヒューム 人間本性論
- 1781 年 カント 純粋理性批判

♠ **注釈 7.1.** 大数の法則とは

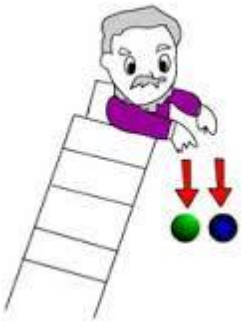
(♯) 公正なコインを何回も投げ続けると, 裏が出た回数と表が出た回数の比がほとんど「1 : 1」になる

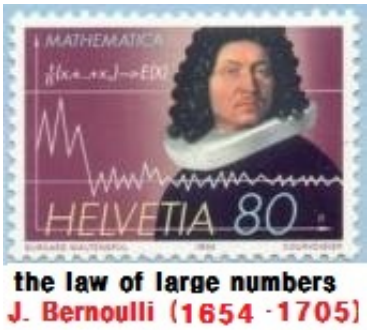
ということ. ベルヌーイ (1654 - 1705) の業績 (=大数の法則) の偉大さは, ガリレオ (1564 - 1642)

のそれに匹敵すると思う．　すなわち，

$$\begin{cases} \text{実在的世界記述の数量的嚆矢} \\ \qquad \cdots \text{ガリレオ} \\ \\ \text{科学的言語的世界記述の数量的嚆矢} \\ \qquad \cdots \text{ベルヌーイ} \end{cases}$$

と考える．確率論の創始者を一人に特定するのは難しいが，ベルヌーイはその有力な一人である (*cf.* 注釈 2.8)．





7.2 経験論の祖ベーコン: 知は力なり, 帰納主義；イドラ

7.2.1 科学の作り方；知は力なり

イギリスのフランシスコ・ベーコン（1561 年 - 1626 年）は, 帰納主義と呼ばれる「科学の作り方」を, 主著『ノヴム・オルガヌム - 新機関』（Novum organum, 1620）で提唱した.

(A):帰納主義：科学の作り方

帰納主義とは, 次の「科学の作り方」を想定すればよい.

(A) ①:悪いイドラの排除 ⟶②:データ収集 ⟶③:科学理論

これを説明しよう.

① : 科学を始めるに当たって, まずイドラ（先入観・思い込み・信念）を排除しなければならない. ここにイドラとは, たとえば, 次である：
種族のイドラ：人間の脳回路・感覚器による思い込み
洞窟のイドラ：習慣・教育による思い込み
広場（市場）のイドラ：言語による思い込み
劇場のイドラ：思想・学説による思い込み（目的因とか天動説等）

② : そして, 観測や実験などの事実を元にして, データを集めよ

③ : このようにして集めたデータから共通本質を見出して, 科学理論を作れ

である. ここで,「②+③」は**帰納法**（とかアブダクション）と呼ばれる.

7.2.1.1 ニュートン

アイザック・ニュートン（1643 - 1727） は

「我は仮説を作らず」

を標榜し, ベーコンの「帰納主義」を実践して, 以下の図式（B）のようにニュートン力学を提唱したとされている.

(B): ①イドラの排除（目的因・天動説）→ ②データ（ティコ・ブラーエ, ケプラー, ガリレオ）→③科学理論（ニュートン力学）

♠ **注釈 7.2.** 上は哲学サイドの言い分で, ニュートンは

- 『ノヴム・オルガヌム』など読んでいない

と言うかもしれない. と言うか, ベーコンの時点で, ニュートン力学のような大理論を誰も予想していなかったと思う. 理屈通りに, 大発見がなされるものではない.

7.2.2 科学の本当の作り方

実は, ベーコンの機能主義は単純ではない. 「良いイドラ（信念）」があるからである. 今度は, 下図を想定すればよい.

(C):帰納主義 (良いイドラ)

帰納主義とは, 次を想定すればよい.

(C) ①:良いイドラを信じる ⟶②:データ収集 ⟶③:科学理論

そうだとしても,「良いイドラ」と「悪いイドラ」は結果論であって, 帰納主義 (C) は何も言っていないに等しいと言われればそうかもしれない. ユークリッド (または, アリストテレス) が「There is no royal road to learning」と言っているわけで, そんなに単純な話ではない.

7.2.2.1 ニュートン (良いイデア)

アイザック・ニュートン（1643 - 1727） は

「我は仮説を作らず」

を標榜したにも関わらず, ベーコンの「帰納主義 (良いイデア)」を実践して, 以下の図式（D）のようにニュートン力学を提唱したとも考えられる.

(D): ①良いイドラを信じる（因果関係）→ ②データ（ガリレオ, ケプラー）→③科学理論（ニュートン力学）

♠ **注釈 7.3.** 皮肉なことであるが,

(♯) イドラの排除を唱えたベーコンこそが,「因果関係という最良のイドラ」の発見者の一人だった.

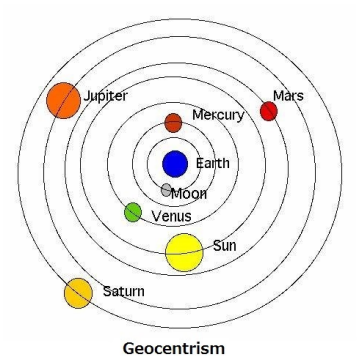
そうだとするならば, ベーコンが本当に言いたかったことは, 多分

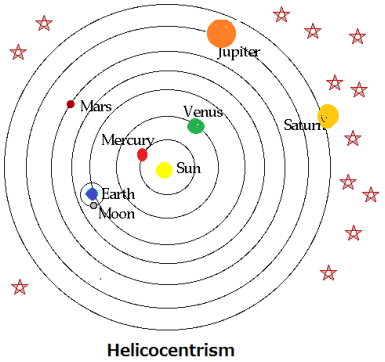
【悪いイドラ】＝【スコラ哲学のドグマ】

なのだろうが, 当時, これを声を大にして言う環境ではなかったのだろう.

7.3 天動説から地動説へ

7.3.1 天動説・地動説とは何か？





さて, 第 5 章で述べたように,

- アリスタルコス（BC.310 年 - BC.230 年頃）の地動説は,「大きい太陽が小さな地球のまわりを回っているはずがない」という論拠に基づくもので, 科学の域に達していたと思う (5.3 節参照).
- プトレマイオス（AD.83 年頃 - AD.168 年頃）の天動説も, 周転円説で惑星の運動が十分に説明できるのだから科学の域に達していた（5.6 節参照).

しかし, コペルニクス（1473 年 - 1543 年）の地動説は科学の域に達していたとは言えないかもしれない. コペルニクスの地動説の根拠はなんだったんだろうか？ 俗説かもしれないが,「当時, ヨーロッパは寒冷期で,『太陽』に飢えていたので, 太陽中心主義を大衆が熱望し, 地動説の萌芽を許容する下地があった」と言われてしまうぐらいだから, コペルニクスの地動説の科学的論拠は確固たるものとは言えなかったのだろう.

上のことは歴史家に任せておくとして, 本書は次を議論する.

（A）:地動説（または天動説）とは, 一体何だろうか？

さて,

(A) 運動は相対的のものなのだから, 地球が中心と思えば, 太陽が回っている（地動説）. また太陽が中心と思えば, 地球が回っている（天動説）と言える. 座標系の取り方の違いだけかもしれない？太陽を座標の原点に取るか？ 地球を原点に取るか？ の違いだけかもしれない.

なのだから, 問い掛け（A）は単純でない.

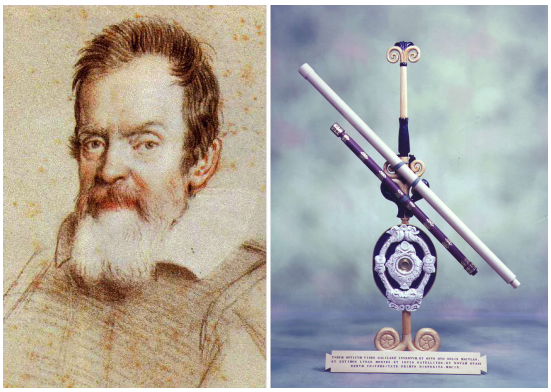
7.3.2 何となく天動説から地動説へ

以下に, 歴史を整理しておこう.

ティコ・ブラーエ（1546 - 1601）の地道な天体観測によって得られた膨大な観測データを, ケプラー（1571 年 - 1630 年）が

ケプラーの三法則（1609 年 楕円運動と面積速度一定則,
1619 年 公転周期 ^{2}/長半径 ^{3}=一定)

としてまとめた. ガリレオ・ガリレイは望遠鏡を自作して, さらなる精密な観測を行った.



1610 年 ガリレオ, 望遠鏡を自作, 木星の惑星を発見

そして, 有名な宗教裁判で, ガリレオは

1633 年 「それでも地球は回っている」

と頑張った.

このようにして,

(B)「何となく地動説へ」の空気が形成された

とされているが, やはり問い掛け「(A) : 天動説・地動説とは, 何か？」が気にかかる. そうだとしたら,

(C) ガリレオと教会の両者が共に問題の本質がわかっていなかったのではないだろうか？

さらに,

地動説が確立される決定的事件は, 何か？

と問いたくなる.

実は, この問い掛けに答えるのは, 問題「(A) : 天動説・地動説とは, 何か？」を明らかにしなければならないので, 意外に難しい.

♠ **注釈 7.4.** (i):1610 年のガリレオが木星の衛星を発見したとき, デカルト少年 (15 歳) が在籍していたイエズス会の学院では祝祭が催された. 教会とは言っても, 頭がカチカチというわけではなかった. ガリレオが病死した 1642 年の翌年に, イギリスの田舎でアイザック・ニュートンが誕生している. ニュートンが『プリンキピア』を著したのは, 1687 年で, 45 歳のときである.

7.3.3 「天動説 vs. 地動説」は哲学論争

前節で述べたように, 問い掛け「天動説・地動説とは, 何か？」に答えることは意外と難しい. なぜならば,

(D) 運動は相対的のものなのだから, 地球が中心と思えば, 太陽が回っている（天動説）また太陽が中心と思えば, 地球が回っている（地動説）と言える. 単に, 座標の原点に地球をおくか太陽をおくかの違いだけではないか？

だからである.

ガリレオが幾ら精密に天体観測しても,「地球が中心と思えば, 太陽が回っている（天動説)」, すなわち, ケプラーが「ケプラーの法則（楕円軌道等)」を発見したとしても, 惑星の逆行や年周視差を観測できても,

座標系のとり方の違い

と言われてしまえば, それまでである. つまり,

(E) 精密観測データが幾らあっても,「地動説 vs. 天動説」は決着できない

有名な宗教裁判で, ガリレオは

それでも地球は回っている (And Yet It Moves)

と頑張ったが, 「ガリレオと教会は, (E) を知っていたのだろうか？ 」とか

- 「何を示せば, 相手が頭を下げるのか？」についての両者の了解があっての論争だったのか？

が気に掛かる.

♠ **注釈 7.5.** 問題「天動説か地動説か？」の決着は, どんなに精密な測定をしてもダメで, 新しい「理論・世界観・世界記述法」が必要である. すなわち,
($\sharp_1$) 測定なくして, 科学なし
は当然だが,
($\sharp_2$) 測定データだけを集めても, 科学にはならない
ということである. 「天動説か地動説か？」の決着には, 本書のテーマである「世界記述主義」が不可欠である.

7.3.4 ガリレオと地動説；ピサの斜塔；裁判

アリストテレス世界観は 1500 年間以上その地位を保った実績があるわけで, アリストテレス世界観はそんなに悪い世界観というわけではない. しかし, 技術革新（特に, 望遠鏡, 航海術）によって得られた測定データを整理・整頓するのには, アリストテレス世界観の中では少し不便だった. この「不便の表面化の歴史」が,

【コペルニクス】⇒【ケプラー】⇒【ガリレオ】

だったのだと思う. この中では, ケプラーの仕事は最も説得力があるが, これだけで, 「天動説から地動説へ」が確定したわけではなかった. 当時のキリスト教会側にだって, 優秀な人材がいたわけで,

「運動は相対的」とか「座標の原点の取り方の違い」

と頑張れば, 最悪水掛け論にできると自信を持っていたに違いない.

ガリレオ伝説

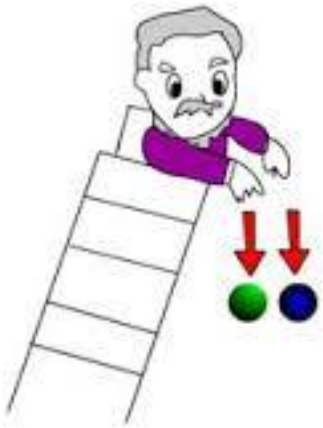
ガリレオは, 「アリストテレス世界観の打倒」の急先鋒で, 次の二つ「(F_1) と (F_2)」を標的にした.

(F_1) プトレマイオスの「天動説」(5.6 節)
(F_2) アリストテレスの「重いものは速く落ちる」 (4.2 節)

科学史はエピソードが豊富な分野ではないが, このキリスト公認の二つの「(F_1) と (F_2)」に関しては,「ガリレオ伝説」が有名である. プトレマイオスとアリストテレスは天国で「キリスト教に権威づけられて困ったことになった」と思っていたに違いない. しかし, この「教会公認」のお蔭でガリレオは「スター」になることができた.

(F_1) に対しては,「それでも, 地球は回っている」
(F_2) に対しては,「ピサの斜塔」

である.



したがって,

- ガリレオの裁判（異端審問所審査:1633 年）の時点で, 教会サイドはすべてを水掛け論にして, 頑張り切れた

と思う. ガリレオがどんなデータを見せても, 教会は

(教) 運動は相対的のものなのだから, 地球が中心と思えば, 太陽が回っている（天動説）また太陽が中心と思えば, 地球が回っている（地動説）

と頑張れば負けないだろう. そこで, ガリレオは教会に

(ガ) それでは, 私が何を示せば, あなたは頭を下げますか？

と問うとしよう. 教会は言葉を濁すかもしれないが, 最終的には,

(教) ガリレオさん. あなたがアリストテレスより上であることを示せば, 教会はあなたに頭を下げますよ.

ということになるだろう. 教会だって, 馬鹿じゃない. こう言えば, 教会の勝ちになると教会は確信していたに違いない.

「アリストテレス以上」と言われれば, さすがのガリレオも窮して,

それでも地球は回っている (And Yet It Moves)

と言うしかなかったのだろう.

しかし,

奇跡が起こる

教会は

まさか, (アリストテレス以上の) ニュートンが現れるとは, 思わなかった

だろう. ニュートン出現なんて誰も（ガリレオだって）予想しなかっただろう.

結局, ガリレオは「アリストテレス世界観の打倒の急先鋒」であったとしても, 「アリストテレス世界観に代わる新しい世界観を提示できなかったわけで, この意味では, ガリレオ伝説はニュートン登場の前座に過ぎない.

7.4 『新科学対話 (ガリレオ)』で, いまだに不思議なこと

余談になるが,『新科学対話 (ガリレオ)』の議論で感心しつつも, 未だに不思議なことがある. 次が「アリストテレスの (1500 年間の) 定説」を再考する歴史的な問題であった.

- 重い鉄球 A と軽い鉄球 B を同時に落下させるとどちらが早く地面に落ちるか?

この問題に決着を付けるには, 実験をすればよいだろう. 事実, ガリレオはピサの斜塔でこの実験を行って,「同時に落ちる」ことを発見したのであった. これが有名な「ピサの斜塔伝説」である.

ここまではわかる.

しかし, ガリレオの『新科学対話』(1638 年) を読むと,

- 「同時に落ちる」ことを実験無しで, 結論付けることができる. ピサの斜塔まで行かなくても, 自分の家で布団の中で考えるだけで「同時に落ちる」ことが結論できる

と読める.

このことをガリレオは『新科学対話』(1638 年) で以下のように書いている.

(G):『新科学対話』(1638 年)

さて,

(G_1) 重い鉄球 A の方が軽い鉄球 B より早く落下すると仮定しよう

そうならば, 重い鉄球 A と軽い鉄球 B を糸で繋げた鉄球 $[A+B]$ はどのような速度で落下するのだろうか？普通に考えれば,

(G_2) 鉄球 $[A+B]$ は重い鉄球 A と軽い鉄球 B の中間の速度で落下するだろう

しかし, これは (G_1) に矛盾する. 鉄球 $[A+B]$ は重い鉄球 A より重いのだから, (G_1) によれば, 鉄球 $[A+B]$ は重い鉄球 A より速く落下するはずだからである. 糸で繋げただけで, 急に落下速度が増すのはおかしいので, 仮定 (G_1) は間違っている. もちろん, (G_1) で逆を仮定 (軽い鉄球の方が重い鉄球より早く落下) しても矛盾を得る. よって,

(G_3) 重い鉄球と軽い鉄球は同時に落下する

ことが, 実験をしないで結論できる. そうだとしたら,「ピサの斜塔の実験」は不要だったのだろうか？

ガリレオの議論は完璧のように思う. そうだとしても,

(H) 重い鉄球と軽い鉄球は同時に落下する

は物理的命題であって, 数学の命題ではない. 数学の命題 (例えば, 三平方の定理) ならば, 自分の家で布団の中で考えるだけで証明できるかもしれない. しかし, (H) は物理的命題である.

- 実験もしないで, しかも物理法則の助けも借りないで, 物理現象を確認できるのだろうか？

と思ってしまう. ガリレオの議論は見事過ぎて, 騙されているような気もする. 多分, 著者はどこかで勘違いしているのだろうが, いまだに曖昧のままにしてこの歳になってしまった. ５０年間も放置していたことになる「少年老い易く, 学成り難し」とはよく言ったものである.

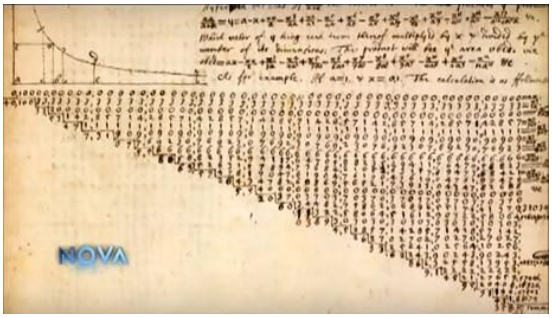
7.5 ニュートン登場『プリンキピア』

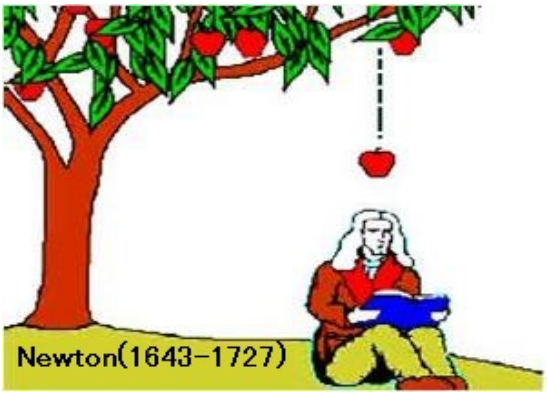
ガリレオが病死した 1642 年の翌年に, イギリスの田舎でアイザック・ニュートンが誕生している. ガリレオは

「宇宙は数学という言語で書かれている」

と言ったが, これを完全に実現したのはニュートンである.

ペスト禍でケンブリッジ大学が閉校になったわずかな期間 1664 年-1666 年) は, 「驚異の諸年」といわれ, 二項定理, 微積分, ニュートン力学 (万有引力を含む), 光学と立て続けに創始者としての仕事をした. 下の左図は, 1665 年頃のニュートンのノートの「55 桁までの対数計算」で, ニュートンが計算オタクであったことの証拠である. 林檎が落ちてくるのをボケーと見ていたわけではない.





周りからせっつかれて, ニュートンが『プリンキピア』を著したのは, 1687 年で, 45 歳のときである.

7.5.1 「天動説 vs. 地動説」の意外な決着の仕方

ニュートンによる「プリンキピア（1687 年)」は, 科学史上最も有名な著作である. 力学の三法則と万有引力の法則（=逆二乗則）から「ケプラーの三法則（惑星の楕円軌道等)」等を導いている大著であるが, 初等幾何学を基軸として記述されていて, 現在の力学の教科書のように微分方程式が使われていない.

- 微積分学を作り上げた張本人のニュートンが, なぜ微積分学を駆使してプリンキピアを著わさなかったのか?

は不可思議としか言いようが，ニュートンにとっては，微積分学法よりも, 天体の運行法則の方が, 神の御心を知るという意味では, 大きいと言われたら, 反論のしようがない． プリンキピアを微積分学で書き換える仕事は, ライプニッツ, ベルヌーイ, オイラー, ダランベール, ラグランジュ, ラプラス等に引き継がれて完成された.

♠ **サプリ 7.1.** とは言っても,

- 天才ニュートンが, なぜ微積分学を駆使してプリンキピアを著わさなかったのか?

は一考に値する. 微積分学の基礎がまだ確立していなかったので (数学者コーシー等による $\epsilon - \delta$ 論法は 19 世紀前半に確立された), そんなところで揚げ足をとられることを避けたという説を聞いたことがある.) しかし, 本書の立場から, 深読みすれば, 別の答えもある. これを 7.6 節で述べる.

7.5.2 最後に頼るのは, 世界記述主義

そうだとしても, 次の科学史上最大のパラダイムシフトはニュートンに依る：

(A) 運動【運動関数法:（パルメニデス, ゼノン, アリストテレス)】

$$\xrightarrow[\text{パラダイム・シフト}]{} \text{因果関係【運動方程式法（ニュートン)】}$$

すなわち, 次のパラダイムシフトが実現した.

(B)：パラダイムシフト [ニュートン力学的世界観]

さて, パラダイムシフト：

$$\text{(B)}\ \underset{\text{（目的因）}}{\boxed{\text{アリストテレス的世界観}}} \xrightarrow[\text{パラダイム・シフト}]{} \underset{\text{（因果関係）}}{\boxed{\text{ニュートン的世界観}}}$$

ここで, ニュートン的世界観とは, ニュートン力学のことで, すなわち,

ニュートンの運動方程式 (因果関係の連鎖)　＋ 万有引力の法則

である.

さて, 本書のテーマは世界記述主義 (*cf.* 1.3.1 節) であった． すなわち,

(C_1) 日常言語だけの議論 (または, 運動関数法の議論) は曖昧で, 天動説と地動説の区別さえ曖昧になってしまった. こういうときは, 新たな世界記述法に頼るしかない.

ここで，プリンキピアで, ニュートンは次を示したと読める.

(C_2) ニュートン力学という世界記述法の下に天体問題を議論するときには, 太陽を固定する座標系を想定したほうが, 天体問題の数式の計算が圧倒的に楽になる

である． したがって,「中心」とか「回る」という言葉の定義すら, ニュートン力学という世界記述法による.

ケプラーやガリレオが, 地動説を唱えたのも, 彼等が「ニュートン力学もどき」をイメージしていたからなのだと思う．さらに言うならば, 最も素朴な力学観によって, 地動説を唱えたのがアリスタルコスであった． それにしても, 教会側も, さすがに,「ニュートン登場」は想定外だったに違いない.

(D)「天動説 vs. 地動説」は「測定」の問題だったはずなのに，天才ニュートンが「世界観」の問題にすり替えてしまった.
すなわち,

「アリストテレスの世界観 vs. ニュートンの世界観」

としてしまった

のだから．念押しすると,

(E)「天動説 vs. 地動説」では, 最初は, 観測結果を問う問題のはずだったのに, ニュートンが
- ニュートン力学という世界記述法において, どちらを想定したほうが「計算が楽か？」という形而上学的問題

にすり替えてしまったのである.

世界記述主義 (*cf.* 1.3.1 節) の威力を確認してもらいたい.

♠ **注釈 7.6.** そうだとすると, つぎの定説とされている「三大パラダイムシフト」も考え直さなければならないかもしれない.
($\sharp_1$) プトレマイオス的天動説 → コペルニクス的地動説
($\sharp_2$) アリストテレス的世界観（目的因）→ ニュートン的世界観（因果関係）
($\sharp_3$) キリスト教的アダムとイヴ → ダーウイン的進化論
上で議論したように,（$\sharp_1$）は（$\sharp_2$）の系にすぎないからである．もちろん,（$\sharp_2$）が大きすぎてそれを強調するために重複を厭わずに可視的な例として,（$\sharp_1$）も付け足したという意味はある．また,（$\sharp_3$）は「キリスト教にとって衝撃的だった」という意味で, パラダイムシフトとされているだけかもしれない.
ここまで,（$\sharp_2$）を強調しすぎたが,「ニュートンのパラダイム・シフト」の勝利は, ダブルスタンダード（普及と理論）で理解すべきかもしれない． さらに, 付け加えるならば,
- 目に見えること :「天動説 vs. 地動説」, ガリレオのピサの斜塔伝説, ニュートンの林檎,

- 目に見えないこと：ニュートンの運動方程式

である．更に言うならば, ニュートン力学誕生の大きさを鑑みれば,「天動説 vs. 地動説」すらニュートン力学誕生の一つの逸話と理解することもできる (*cf.* 注釈 5.5).

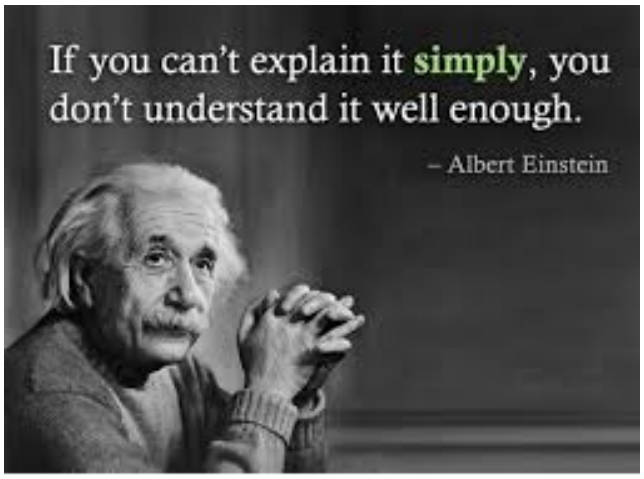
♣ **補足 7.1.** プリンキピアは図書館で立ち読みしただけであるが，大潮, 小潮の「小潮がなぜ起こるか？」が書いてあって, ビックリした記憶がある．答えは,

- 月が地球の周りを回っているのではなくて，月の地球も両者の重心を軸として回っているからで，それならば, 小潮は遠心力で海面が上昇することである．

である．理系だからと言ってこの種のことをよく知っているわけではない．たとえば,

- 土星の環はなぜできたのか？
- 惑星の軌道はなぜ楕円なのか？　　円錐の切り口はなぜ楕円になるのか？
- 月の裏はなぜ見えないのか？ (i.e.,「潮力ロック」はなぜ起こるのか？)
- 回っている独楽は何故倒れないのか？

等の答えを著者は十分に理解していない．アインシュタインの名言 「6 歳の子供に説明できなければ, 理解したとは言えない．」 の通りならば, 方程式を立てて計算で示してもアインシュタインの意味では理解したとは言えない．



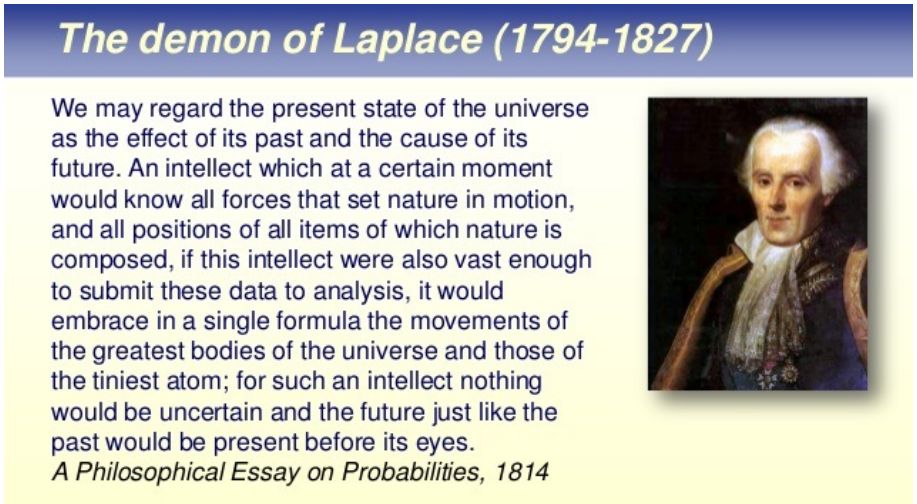
♠ **注釈 7.7.** さて, ここまでで, 次の分類を得る (*cf.* 主張 1.4[哲学者の仕分け]).

$(\flat_1)$: 実在的世界記述 (物理学)
アリストテレス, アルキメデス, ガリレオ,
ニュートン, アインシュタイン, ・・・

$(\flat_2)$: 空想的言語的世界記述　(西洋哲学の本流)
プラトン, スコラ哲学, デカルト, ロック,
ライプニッツ, バークリー, ヒューム, カント,
フッサール

$(\flat_3)$: 科学的言語的世界記述 (統計学・量子言語)
パルメニデス, ゼノン, ベルヌーイ,
統計学, 量子言語

である.



7.6 再考 [座標とは何か?]； ニュートンはなぜ微分方程式を使わないでプリンキピアを著したのか？

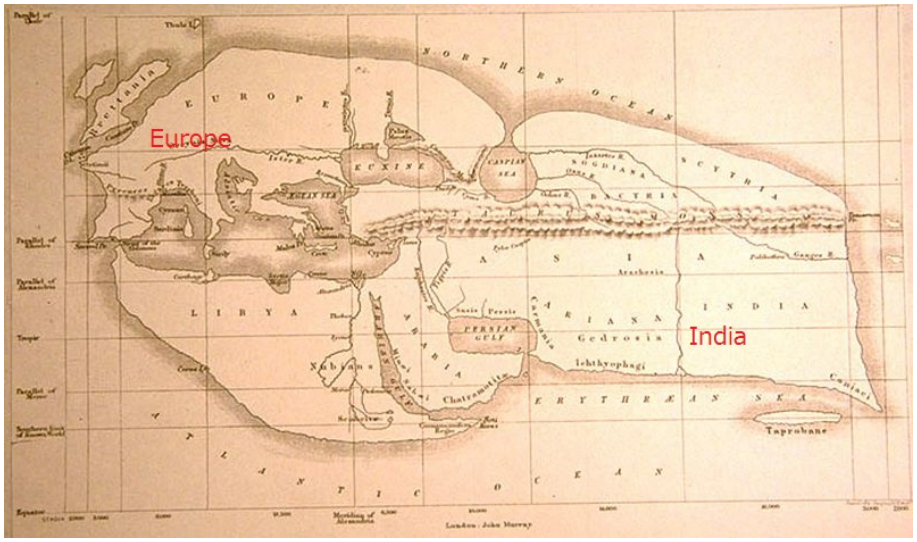
前節で, 以下を書いた.

> ニュートンによる「プリンキピア（1687 年)」は, 科学史上最も有名な著作である. 力学の三法則と万有引力の法則（=逆二乗則）から「ケプラーの三法則（惑星の楕円軌道等)」等を導いている大著であるが, 初等幾何学を基軸として記述されていて, 現在の力学の教科書のように微分方程式が使われていない.
>
> - 微積分学を作り上げた張本人のニュートンが, なぜ微積分学を駆使してプリンキピアを著わさなかったのか?
>
> は不可思議としか言いようがないが, ニュートンにとっては微積分学法よりも, 天体の運行法則の方が, 神の御心を知るという意味では, 大きいと言われたら, 反論のしようがない. プリンキピアを微積分学で書き換える仕事は, ライプニッツ, ベルヌーイ, オイラー, ダランベール, ラグランジュ, ラプラス等に引き継がれて完成された.

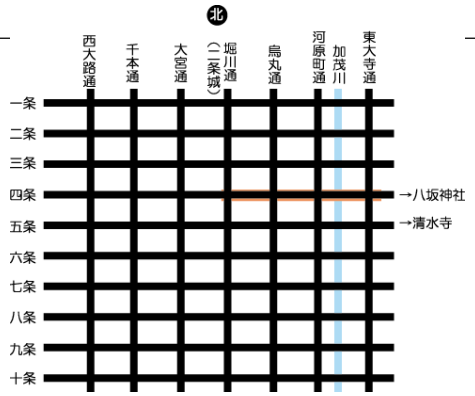
である.

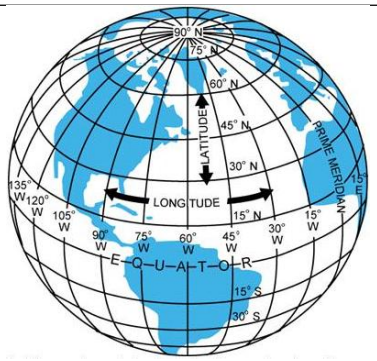
7.6.1 座標とは何か?

座標の起源は知らないが, 下図 (地図) には経線と緯線が書かれていて, これは一種の座標なのだから, エラトステネスの時代には座標は使われていたのだと思う.



また, 街並みが碁盤の目のような都市は世界中にある.

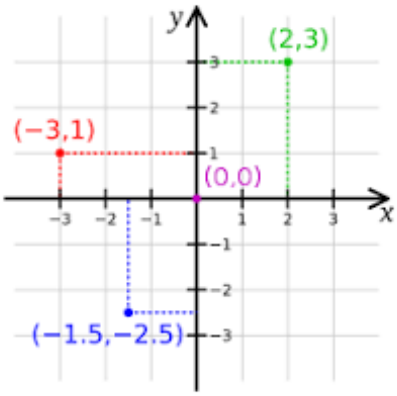




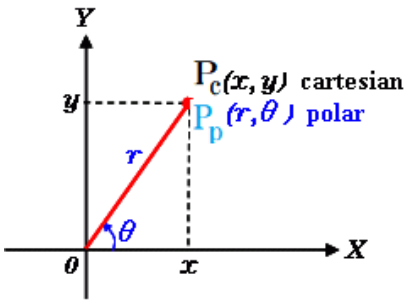
つまり,

- 座標とは, 場所に住所を定めることである. もちろん, 住所を数値で定めれば, いろいろなメリットが生じることは容易に推察できるだろう.

たとえば, デカルト座標では次のようになる.



もちろん, 数量的番地の決め方として, デカルト座標 (Cartesian Coordinates) が唯一というわけではない. いろいろあるわけで, たとえば, 次の極座標 (Polar Coordinates) もしばしば使われる.



たとえば，デカルト座標を用いれば,

$$[\text{中心が原点で, 半径が 1 の円周}] = \{P_c(x, y) \mid x^2 + y^2 = 1\} \tag{7.1}$$

であり, 極座標を用いれば,

$$[\text{中心が原点で, 半径が 1 の円周}] = \{P_p(r, \theta) \mid r = 1\} \tag{7.2}$$

である．いずれの場合も,

- 左辺 ((7.1) or (7.2)) は幾何の言葉 (中心, 半径等) で, 右辺 ((7.1) or (7.2)) は代数の言葉 ($x^2 + y^2 = 1, r = 1$)

であることに注意しよう．すなわち,

(A) 座標を使えば幾何の言葉は代数の言葉に翻訳できる．したがって, 図形の問題を計算の問題に帰着できる

である． この発見 (解析幾何の発見) はデカルトによるとされていて，デカルトがベッドに横たわって天井を動き回るハエの運動を記述するために思いついたとされている．座標の発見の歴史を詳しく知っているわけではないが，デカルト座標はキリスト教徒エレサレム巡礼や十字軍の遠征を介してギリシャ数学 (幾何) とアラビア数学 (代数) の融合の産物だろう．そして，すくなくとも, デカルトは発見者の主要メンバー (フェルマーとか) の一人であることは確実と思う．

7.6.2 デカルト座標はデカルト哲学と関係するのか？

さて,

- ニュートン力学は微分方程式論, 相対性理論は微分幾何学とそれぞれ関係する．また，量子言語は作用素代数と関係する (*cf.* 文献 [KOARA 2018; コペン]).

ことは当然だろう．さて,

(B_1) デカルト哲学はデカルト座標と関係するのか？

は愚問である．デカルト哲学は数学で書かれているわけでないので,

(B_2) 1 ミリだって関係するわけがない

が正解だろう．

しかし, デカルト哲学サイドからすれば,「密接に関係している」と主張したいわけで, そうならば次の問題を追究したくなる.

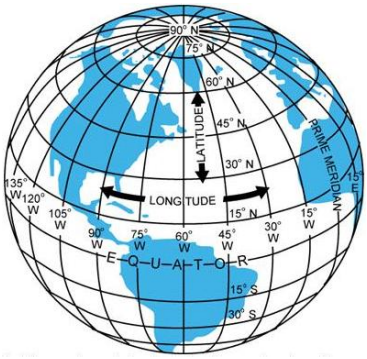
(C)「デカルト座標はデカルト哲学とは密接に関係する」という理屈を屁理屈でもよいから捻出せよ

である. 以下に, これについて考えよう.

デカルト哲学のことをよく知っているわけではないが, デカルトと言えば, やはり「我思う. 故に我あり」だろう. これの意味するところは, 様々な意見があるにしても,「我の存在」であり, すなわち,

(D) 人間がいなくては, 何も始まらない.

ということなのだと思う. そうならば, 地球の下図を見てもらいたい.



経度と緯度は実際には地球上に存在するわけではなくて, 人間が創造した言葉にすぎない. つまり, 円とか立方体は, 人間がいなくても存在する. しかし,

(E)「我思う, 故に我あり」で, さらに, 座標 (経度と緯度) は「『我』の産物」である

という意味で,「座標はデカルト哲学と大いに関係する」というストーリーも一考に値すると屁理屈を付けることもできる.

♠ **サプリ 7.2.** デカル哲学とデカルト座標は関係ないが, デカルトが大哲学者でかつ大数学者であることに誰しも異論はないだろう. したがって, 世間が次のように受け取ったことは確かだろう.

- デカルトの数学は超一流なだから, デカルト哲学もすばらしいに違いない

である. ある対象を評価をする時に, それが持つ顕著な特徴に引きずられて, 他の特徴についての評価が歪められる現象のことを心理学ではハロー効果 (後光効果) と言うらしい. もちろん, デカルトは両方とも超一流なのだから, デカルトには文句はない. 著者は哲学の部外者なので, 無責任

に書くと,

- 哲学の分野では,「数学」という小道具は抜群のハロー効果をもたらす

と思う．プラトンも「幾何学を知らざる者, この門をくぐるべからず」と言って，数学のハロー効果を利用したと言えなくもない．　最近の出来事としては, ソーカル事件 (知の欺瞞：1997) も,「哲学者たちの数学コンプレックス」を揶揄したものだった．ソーカル博士は次を言いたかったのだと思う：

($\sharp_1$) デカルト, ライプニッツ以外の哲学者の数学力については, 褒めたようなことを言わない．この二人以外は, 数学を利用したハロー効果で大きく見えているという可能性を疑った方がよい．

($\sharp_2$) 著作に数学用語を交えてハロー効果を期待するならば, 作者より数学力の高い読者には逆効果になる．したがって, 数学のことを書くときは義務教育内の初等数学に限定したほうがよい．

本書を哲学書と思う読者もいるかもしれないので, 著者は上の二点に留意して本書を書いた．

7.6.3　デカルト座標はニュートン力学と関係するのか？

ここまでは余談で, 今からが本番である．すなわち,

(F_1) デカルト座標はニュートン力学と関係するのか？

である．もちろん,

(F_2) デカルト座標はニュートン力学とは密接に関係する．

座標がなければ, ニュートンの運動方程式を立てることができないのだから, これは当然だろう．しかし,

(G) ニュートン力学という物理法則は人類誕生前から成立していたはずである．

したがって, 座標を使わずにニュートン力学を考えたいとニュートンは考えたと思うのは穿ち過ぎだろうか？　もちろん, 座標の取り方に依存せずにニュートンの運動方程式が成立することぐらいニュートンなら知っていたに違いない．しかし，これが「微分方程式を使わないでニュートンがプリンキピアを著した」理由だと考えたくなる．初等幾何ならば, 人類誕生前から意味を持っていたに違いないからである．座標の取り方に依存せずにニュートンの運動方程式が成立することのシステマティックな研究は，ラグランジュ (1736–1813), ハミルトン (1805–1865) 等の解析力学によって結実した．

♠ **サプリ 7.3.** 上記のことは著者の憶測である．　事実を調べもしないで，「著者は何故妄想に走るのか？」は当然の疑問だろう．実は本書全体を通して，アインシュタイン＝ボーア論争:

$$\boxed{\text{実在的科学観}} \quad \text{vs.} \quad \boxed{\text{言語的科学観}}$$
$$\text{(神の学問)} \qquad\qquad \text{(人間の学問)}$$

が主要テーマである．すなわち，

表 1.1：実在的世界記述 vs. 言語的世界記述

論争 ＼ [実] vs. [言]	実在的世界記述 (一元論・実在論; 測定無し)	言語的世界記述 (二元論・観念論；測定有り)
ⓐ: 運動	ヘラクレイトス	パルメニデス
ⓑ: 古代ギリシャ	アリストテレス	プラトン
ⓒ: 普遍論争	唯名論 (オッカム)	実念論 (アンセルムス)
ⓓ: 時空	ニュートン	ライプニッツ
ⓔ: 量子力学	アインシュタイン	ボーア

ニュートンは実在的世界記述法の中心人物なのだから，(必要悪のような，または人為的なような) 座標に基づく微分方程式を使いたくなかったと思いたい．ニュートンにとっては，

- **初等幾何学は神の数学で，解析幾何は人工的な数学**

だったというと言い過ぎだろうか？