

最適化原理からモノドロジーへ

科学と社会と不在の神 (with アダム・タカハシ)

Jimmy Aames

芝浦工業大学

asonosakan@gmail.com

高知工科大学「理工学のフロンティア」
自然哲学新春対談 2024/01/10

Outline

- 1 Introduction
- 2 Leibniz のモナド論
- 3 Leibniz の弾性体の研究
- 4 反射・屈折光学と最善世界説
- 5 モナド論はいかにして心身問題を解決するか
- 6 References

Leibniz：人物と業績

- Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) はドイツの哲学者・数学者・物理学者
- Newton と並んで微積分法を発明したほか、力学的エネルギー (vis viva) 保存則の発見や機械式計算機の開発などで知られる
- 哲学においては後期のモナド論や最善世界説などで知られる



Figure: Leibniz

Leibniz のモナド論の難解さ

- Leibniz のモナド論は難解である
- その難解さの大きな要因は、一般常識からかけ離れており、モチベーションが掴みづらいという点にあるのではないか
- モナド論は、世界を構成する最も根源的な要素として、無数の「モナド」(monad) と呼ばれる実体を措定する
- モナドは知覚と欲求を持つ魂であり、空間・時間の中に存在しないが、われわれが経験するあらゆる物理的現象を基礎付けている
- Leibniz は、なぜこのような突飛に思える考えに至ったのだろうか？

Leibniz の最善世界説

- **最善世界説**：あらゆる可能な世界の中から、神は最善の世界を選んで現実化（創造）した
- 「楽天主義」として揶揄されることが多い
- Voltaire が小説『カンディード』（*Candide*, 1759）において最善世界説を風刺したのは有名
- なぜ Leibniz はこのような考えに至ったのだろうか？

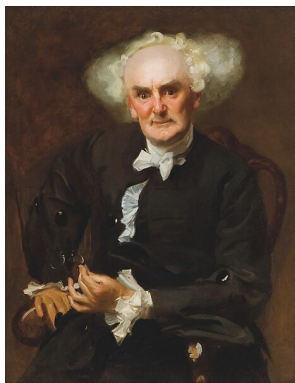


Figure: 『カンディード』に登場する Pangloss 博士

Leibniz の物理学研究

- 本発表では、Leibniz の物理学研究に注目することで、彼がモナド論と最善世界説の考えに至った背景が見えてくることを論じたい
- 特に注目するのは、彼の弾性体（連続体力学）に関する研究と、光の反射と屈折に関する研究である
- これらの研究において重要な役割を果たすのは最適化原理である
- 自然学における最適化原理の有効性は、自然が目的論的な秩序に従っていることを示している → 目的因と作用因の「二つの王国」

本発表の流れ

- Leibniz のモナド論
- 弾性体（梁の耐荷重）の研究とモナド論
- 反射・屈折光学と最善世界説
- モナド論はいかにして心身問題を解決するか

Leibniz のモナド論：概要

- 「モナド論」とは、1695年に発表された「新説」(“Système nouveau”)以降の Leibniz の後期の実体の理論を指す
- Leibniz は、どこまでいってもより小さい部分に細分されている物質の存在を説明するには、それを基礎付ける原理としての「真なる一性」(des unités véritables)が必要だという考えからモナドを導入した
- Leibniz のモナド論は、連続体の合成はいかにして可能かという「連続体の迷宮」に対する彼の問題意識と連動していた

世界を表出する視点としてのモノド

- モノドは「生きた点」ないし魂であり、「知覚」(perception) と「欲求」(l'appetit) を備えている
- 各々のモノドは、それ固有の視点から全宇宙を表出しており、その表出内容がそのモノドの「知覚」である
- モノドの欲求は、知覚の変化を決める内的な原理（遷移規則）である
- 各々のモノドの知覚は、世界創造の際に神によって決められた初期状態と遷移規則にしたがって、モノド同士が互いに交流することなく（しかしあたかも交流しているかのように）徐々に展開されていく

モナドは物質の空間的部分ではない

しかしながら，不可分な実体が物体の合成に部分として入ると考えてはならない．それはむしろ，本質的な内的要請 (requisitum internum essenziale) として物体の合成に入るのである．これはちょうど点が，線を構成する部分ではなく，別の種類のものでありながら，線が存在し，理解されるために必然的に要請されるのと同様である．

Fardella memo (AG 103, 1690)

実体界と現象界

- モナドは空間・時間の中に存在しない
- モナドは、私たちが感覚によって知る「**現象**」の世界の住人ではなく、その背後にある「**実体**」の世界に住んでいる
- 現象界は、空間・時間によって秩序化され、運動する物体から成る連続的な世界である
- 実体界は、無空間・無時間であり、不可分なモナドから成る離散的な世界である

モナドの二重性

- 私たちが経験する物理的世界（現象界）は、各々のモナドにおいて立ち現れている限りにおいてのみ存在する
- 同時に、モナドが知覚している物理的現象の正体は、他のモナドの集合体である（物質はモナドによって構成されている）
- ただ、モナドは他のモナドをそのまま知覚することはできず、現象に「翻訳」した形で知覚している
- モナドは「世界を眺める視点であると同時に、世界を構成する要素でもある」という二重性を備えている

Leibniz の弾性体の研究

- Leibniz による弾性体（連続体力学）の研究に目を向けると、彼がモノド論という突飛に思える理論にたどり着いた背景が見えてくる
- ここでの議論は、基本的に Wilson (2017), McDonough (2022, Chap. 2) の議論に沿っている
- Leibniz が 1684 年に *Acta eruditorum* に発表した「固体の抵抗に関する新たな論証」 (“Demonstrationes Novae de Resistentia Solidorum,” GM VI 106–112, NP 46–55) に注目する
- この論文は、壁に固定された梁の耐荷重を求めることを目的としている

Leibniz による梁のモデル

- Galileo は梁を**完全な剛体**として捉えていたために、梁が折れるのに必要な力を実際よりも高く見積もっていた
- それに対して Leibniz は、梁を**弾性体**（力を加えると変形する物体）としてモデル化する
- 梁を、多数の剛体ブロックが横方向の繊維（ばね）で繋がったもの
と見なし、**Hooke の法則**を使う

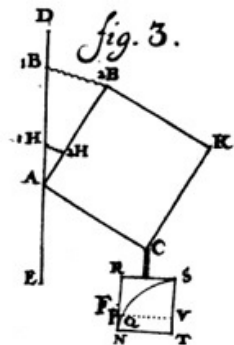


Figure: 「固体の抵抗に関する新たな論証」より

弾性体の復元と目的論

- 弾性体は、力を受けて変形すると、元の状態に戻ろうとする復元力がはたらく
- いわば、弾性体には自然な平衡状態があり、そこから外れると、そこに戻ろうとする「欲求」が生じる
- 現代的に言えば、おもりをぶら下げた梁が取る状態は、梁全体の弾性エネルギーを最小化する状態である
- 自然界のいたるところに、こうした「最適化」しようとする傾向性が見られる → 自然の目的論的秩序（?）

Leibniz の衝突のモデルと連続律

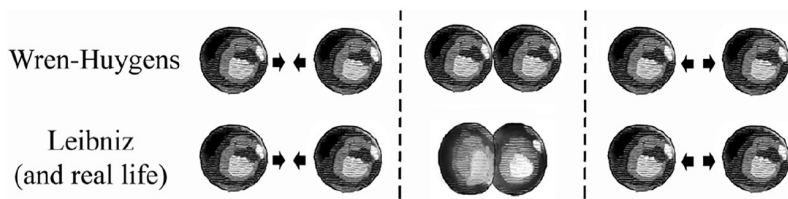


Figure: Wren-Huygens と Leibniz の衝突の捉え方 (Wilson 2017, p.104)

Wren-Huygens のモデルでは、衝突は瞬間的に起こるのに対して、Leibniz のモデルでは有限の時間間隔において起こる → 「自然は飛躍せず」(連続律)

Leibniz による力の分類

<p>原始的能動力</p> <p>モナドの知覚の変化を決める 内的原理（モナドの欲求）</p>	<p>派生的能動力</p> <p>物体の変化を生み出す力 (vis viva, vis mortua)</p>
<p>原始的受動力</p> <p>被造物たるモナドの不完全性に 由来する知覚の混雑（?）</p>	<p>派生的受動力</p> <p>物体の貫通不可能性・慣性</p>

派生的能動力としての弾性体の復元力

- 弾性体が元の状態に戻ろうとする復元力は、Leibniz の枠組みでは、派生的能動力に相当する
- 派生的力は現象界に属するものであり、実体界におけるその対応物は原始的能動力、つまりモノダの欲求である
- 物理的世界に見られるあらゆる力は、物質を構成する微細な魂の意志的な力に源泉を持っている（そのようなものとしてしか「力」というものをそもそも理解できない）

梁モデルの連続極限

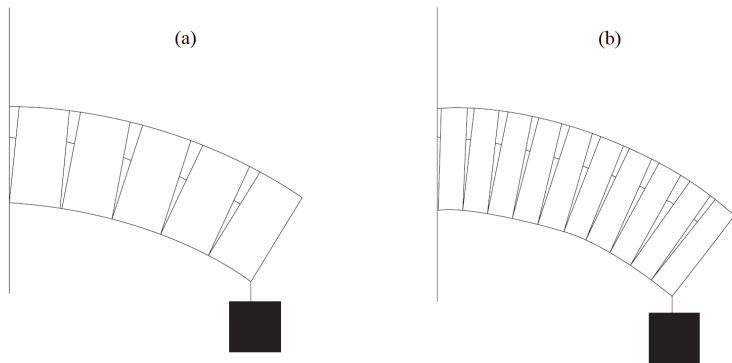


Figure: 梁モデルにおけるブロックの数を増やし、幅を小さくしていく (McDonough 2022, pp.69–71)

梁モデルの連続極限

- 連続極限では剛体ブロックは消失し、弾性的な「ばね」としてモデル化されていた梁の要素間の凝集力は、梁全体に連続的に分布する**観察不可能な力**になる
- この観察不可能な凝集力が、モノダの**原始的能動力**に相当すると見なすことができるのではないか (McDonough 2022, Chap. 2)
- われわれが実際に観察できるのは、**派生的能動力**（梁の復元力）と**派生的受動力**（梁を変形させる力）である
- Leibniz の描像では、これらの派生的力は、経験的には観察不可能な原始的力に源泉を持っている

Rutherford の比喩

- Leibniz 研究者の Donald Rutherford は原始的力と派生的力の関係を，次のような比喩によって説明している (Rutherford 1995, p.264)
- 大勢の人間が扉を押しているとして，その状況を，個々の人間を識別できない巨視的なスケールで見ると，機械的な力の作用として記述できるが，個々の人間のレベルで見ると，それは意志を持って扉を押そうとする努力の作用として記述される
- 同じ状況を，視点によって**機械的**に記述することもできるし，**精神的**（**目的論的**）に記述することもできるが，Leibniz にとって後者の記述の方がより基礎的である

反射・屈折光学と最善世界説

- **最善世界説**：あらゆる可能な世界の中から、神は最善の世界を選んで現実化した
- Leibniz の最善世界説と弁神論の背景には、彼の光学の研究がある (McDonough 2022, Chaps. 1, 3)
- 最適化原理を用いた光の反射と屈折の研究から、Leibniz は現実世界が**偶然的**であるという考えに導かれ、さらにその研究が 1680 年代以降の彼の弁神論の具体的な形を方向づけた
- ここでは、1682 年に *Acta eruditorum* に発表された「光学、反射光学、屈折光学の単一の原理」 (“Unicum Opticae, Catoptricae, et Dioptricae Principium,” NP 38–45) に注目する

光の反射と屈折

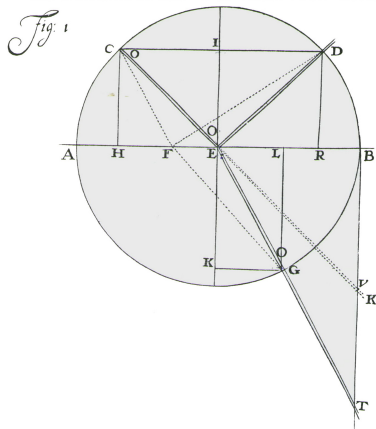


Figure: 「光学、反射光学、屈折光学の単一の原理」より

Leibniz の最適化原理

- Leibniz の最適化原理：「ある点から放射された光は、最も簡単な経路をたどって照射される点に到達する」(NP 38)
- 経路の「簡単さ」= 経路の長さ × 媒質の抵抗
- Descartes は光の反射・屈折を説明するために、純粹に作用因的な説明を展開していた（『屈折光学』 *La Dioptrique*）
- それに対して Leibniz の原理は、光の到達点を前提として、光の反射点や屈折角を導出するものであり、目的因的な説明となっている
- 「したがって我々は、目的因から得られる単一の原理によって、経験的に検証されているすべての光線の法則を、純粹な幾何学と計算に帰着させたのである」(NP 40)

Snell の法則 (屈折の法則)

Snell の法則 (屈折の法則)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

- Fermat は、「光は所要時間を最小化する経路をたどる」という原理 (Fermat の原理) によって, Snell の法則を導出していた
- Fermat と Leibniz の手法は, のちに「変分原理」(variational principle) として整備される

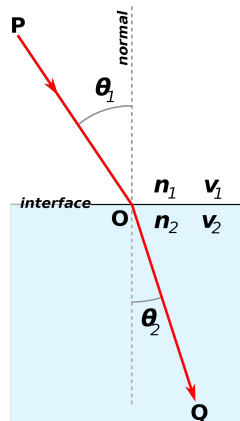


Figure: Snell の法則

最適化原理と偶然性

- Leibniz は、屈折の法則を説明するため、光の可能な経路を特徴付ける関数を定式化し、その極値を取ることで、光が現実にとどる経路を導出する
- 最善世界説との類比は明らかである：無数の可能な経路の中から、何らかの意味で「最適」な経路が現実化される
- これは同時に、現実世界が偶然的であることを含意している
- 最適化原理に含意される偶然性は、一方では Spinoza 的な必然性、他方では神の恣意的な意志との中間に位置する様相として、Leibniz の弁神論において重要な位置を占めている

作用因と目的因の「二つの王国」

物体におけるすべては形と運動とによって生じ、魂におけるすべては知覚と欲求とによって生じる。後者には目的因の王国があり、前者には作用因の王国がある。これら二つの王国は、互いに独立でありながらも、調和しているのである。

「野蛮な物理学に抗して」(GP VII 344, AG 319, c.1710–1716)

自然の目的論的秩序

ところが、最適化原理が示しているように、物理的世界にも目的因がある！

一般に、(Descartes がなんと言おうと) 物理学においては作用因だけでなく目的因も扱われる。これはちょうど、家を説明するにあたって、その使用目的を述べずに、その部分の配列だけを述べるような説明は、悪い説明であるのと同様である。

GP IV 398, AG 254, 1702

自然の目的論的な秩序は、一方では、その根底に心的なモノドの世界があることを示唆しており、他方では、この世界を創造した神の叡智の痕跡でもある

モノド論はいかにして心身問題を解決するか

- 心身問題の根底にある問い：世界がそこから立ち現れている起点である「私」が、同時に、その立ち現れている世界の中の一つの存在者であることはいかにして可能だろうか？
- Wittgenstein は『論理哲学論考』で、目は視界の中に現れないと語っている (5.633)
- しかし実際は、ある意味で「視界の中に目が現れている」と言えるような捻じれた構造が生じている
- どのような世界像を前提とすれば、この事態が自然なものとして了解可能になるだろうか？

現実の捩じれた構造






突然、私の前に脳の使者が培養脳をもって立ち現れ「この脳こそがお前の世界をつくり出しているのだ」と言うでしょう。そして事実、そいつがその脳に何か操作を加えると、そのとき（だからおそらくはそのことによって）、私の左足のつま先に激痛が走ったり、世界全体が真っ赤になったり、巨大な恐竜が現れたり……する、でしょう〔…〕。さて私は、この使者の言うことを信じるべきだろうか。〔…〕もちろん、そう信じたとしたら、その信念にはたしかに変なところがある。夢の中に夢の外が侵入してきて、その夢の中でそれが夢だという真実を知らせる、といったような捩じれた構造をしているからだ。

永井均『私・今・そして神：開闢の哲学』 p.73

モナド論と現実の捩じれた構造

- モナドは、世界を表出する視点（世界の立ち現れの起点）であると同時に、世界を構成する要素でもあるという二重性を備えている
- 物理的世界は、各々のモナドにおいて立ち現れている「現象」にすぎないが、同時に、その背後にある実体界（モナド界）の構造を反映している
- 実体界と現象界に跨るモナドの二重性によって、世界の立ち現れの起点としての「私」が、立ち現れている世界の中に「受肉」しているという（一見不可解な）状況が説明される
- 詳しくは、近刊の拙論「**ライプニッツのモナド論と現実の捩じれた構造：自然哲学試論**」(Aames 2024) をご覧ください

References I

-  Aames, Jimmy. 2024 (近刊) 「ライプニッツのモノド論と現実の振じれた構造：自然哲学試論」 近藤和敬・檜垣立哉編『21世紀の自然哲学へ』人文書院。
-  Galileo Galilei. 1974. *Two New Sciences: Including Centers of Gravity and Force of Percussion*, trans. Stillman Drake. The University of Wisconsin Press.
-  Leibniz, G. W. 1849–1863. *Leibnizens mathematische Schriften*, 7 Vols., ed. C. I. Gerhardt. Weidmann. “GM” と略記する。
-  Leibniz, G. W. 1875–1890. *Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*, 7 Vols., ed. C. I. Gerhardt. Weidmann. “GP” と略記する。
-  Leibniz, G. W. 1989. *Philosophical Essays*, trans. Roger Ariew & Daniel Garber. Hackett. “AG” と略記する。

References II

-  Leibniz, G. W. 2023. *Journal Articles on Natural Philosophy*, ed. Richard T. W. Arthur. Oxford University Press. “NP” と略記する。
-  McDonough, Jeffrey K. 2022. *A Miracle Creed: The Principle of Optimality in Leibniz's Physics and Philosophy*. Oxford University Press.
-  Rutherford, Donald. 1995. *Leibniz and the Rational Order of Nature*. Cambridge University Press.
-  Wilson, Mark. 2017. “From the Bending of Beams to the Problem of Free Will,” in *Physics Avoidance: Essays in Conceptual Strategy*. Oxford University Press.