

Weinberger 「メカニズム的説明なしのメカニズム」 (2019)

Weinberger, N., 2019, “Mechanisms Without Mechanistic Explanation,” *Synthese* 196 (6): 2323–40.

紹介

メカニズム的説明が通常の因果的説明とは異なる形式をもつという主張を批判した論文。メカニズム（全体）の構成要素（部分）とは、原因から結果に至る経路上の媒介因子であり、メカニズム的説明に固有とされるレベル相互説明について、そのような形式の説明は存在しないと論じる。

概要

構成的レリヴァンスに関する近年の学説群によれば、メカニズムの構成要素とは、或るメカニズムのインプットとアウトプットの間に存在する因果的中間物である。本論文は、レベル相互説明というメカニズム的説明に独自の説明形式は存在せず、また、その種の形式の説明が存在するということを説得的に論じた文献もないと論じる。他方で、こうした主張にもかかわらず、本論文は、構成的レリヴァンスに関する諸学説が構成要素と呼ぶものが説明上の役割を果たしていると述べる。原因と結果をつなぐ因果的中間物を研究することは、原因が結果を引き起こす際の反事実的諸条件に関する知識を提供する。この説明上の役割は、中間変数が構成要素とみなされるかどうかには依存しておらず、メカニズム的説明に独自の説明形式が存在するかどうかはオープンなままである。

1 導入 (pp. 2323–4)

- ・構成という概念は、メカニズム的説明に関する最近の学説において重要な役割を果たしている。
 - －生命科学における多くの成功譚には、或る現象を産出するためにメカニズムの構成要素がどのように相互作用しているのかを示すことが含まれている。
 - －メカニズムの動作と構成要素の動作の関係は構成的関係。
 - －この事実だけで、メカニズム的現象はメカニズムの構成要素の組織化された動作によって説明され、その説明形式は従来の因果的説明とは異なるという見解が正当化されると思われるかもしれない。
- ・メカニズム的説明に関する論争に携わる人々はその種の説明の存在を認めているが、本論文はそうしたことを認めるのは性急であると論じる。
 - －議論の対象は、構成的レリヴァンス関係（constitutive relevance relation）に関する Craver の学説とこの種の関係を因果的關係とみなす Craver の学説の最近の解釈。
 - －本論文は、上記の学説群が、意図せず構成的レリヴァンスを通常の因果的レリヴァンスに変えてしまっているということ、および、このことは、構成的レリヴァンスを独自の説明的関係として扱うことと両立しないということを論じる。

－また、上記の主張にもかかわらず、本論文ではこれらの諸学説において「構成要素」と呼ばれているものの、説明における寄与を明確にすることができると論じる。

>これらの諸学説において、構成要素とは、或るメカニズムのインプットとアウトプットの間の因果的に関連する諸変数。

>この種の変数を調べることは、反事実的状況下で原因が結果を引き起こすかどうかを予測することに役立つし、その意味で、「構成要素」は中間にあるもの（intermediaries）として説明的役割を果たす。

2 メカニズムと構成的レリヴァンス（pp. 2324–8）

- ・MDC（2000）¹によるメカニズムの定義：

メカニズムとは、開始条件から終了条件への規則的な変化を産出するように組織化されたモノ（entities）と動作（activities）。

- ・メカニズムの動作を引き起こすように組織化されたモノは、そのメカニズムの構成要素であり、或るメカニズムは他のより大きなメカニズムの構成要素であり得る。

－このことは階層的秩序の存在を示しているとされる。

- ・Craver & Bechtel（2007）²によれば、メカニズムのレベル間の関係は非因果的關係。

－根拠：原因と結果は時空間上異なるものでなければならないが、構成要素とメカニズムの関係は部分－全体関係であるため、因果的關係ではあり得ない。

－或るメカニズムとその構成要素の関係は構成的関係。

- ・Craver による神経科学におけるメカニズム的説明の学説。

－或るメカニズムを S とし、その構成要素を $X_1, X_2, \dots, X_n$ とする。また、 S の動作を Ψ とし、 X の動作を ϕ とする。

－ X の動作 ϕ 同士の関係はレベル内（within-level）関係であり、因果的。

－ X の動作 ϕ と S の動作 Ψ の関係はレベル相互（inter-level）関係であり、構成的。

- ・Craver による構成的レリヴァンスの定義：

X が S に対して構成的にレリヴァントであるのは、(1) X が S の部分であり、(2) X の動作 ϕ と S の動作 Ψ が以下の2条件を満たすときである。

－或る理想的な介入のもとで ϕ が ϕ_1 という値をとるとき、 Ψ は $f(\phi_1)$ の値をとる (CR1)。

－或る理想的な介入のもとで Ψ が Ψ_1 の値をとるならば、 ϕ は $f(\Psi_1)$ の値をとる (CR2)。

>ここでの理想的な介入とは Woodward（2003）³によって定式化されたもの。

¹ Machamer, P., L. Darden, and C. F. Craver, 2000, "Thinking about Mechanisms," *Philosophy of Science* 67 (1): 1–25.

² Craver, C. and W. Bechtel, 2007, "Top-down Causation without Top-down Causes," *Biology and Philosophy* 22 (4): 547–63.

³ Woodward, J., 2003, *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*, Oxford University Press.

－例：空間記憶における海馬の役割（Craver 2002）⁴.

>ラットが迷路内を走るとき、その海馬は活性化している。迷路内を走るというプロセスを Ψ とすると、ラットが迷路内を走ること（ Ψ ）への介入は、海馬の動作（ ϕ ing X）における変化を引き起こす。

>このことは CR2 を満たすが、これだけでは海馬が空間記憶の構成要素であるということには不十分。

>海馬の活性化は迷路内を走ることの結果だが、空間記憶においては役割を果たしていないかもしれない。

>もし、海馬への介入によって、ラットが迷路内を走る能力が変化するならば、CR1 が満たされ、海馬の働きは空間記憶の一部ということになる。

・Craver の学説に対する批判。

－変数 Ψ に対する介入についての話が曖昧（e.g. Menzies 2012）⁵.

> Ψ に対する介入とは、メカニズムの作用（action）を誘発（trigger）する介入なのか？

それとも、メカニズムの動作の後の段階で生じることへの介入なのか？

>たとえば、ラットが迷路を走り始めることに対する介入なのか？

それとも、ラットが迷路を完走することに対する介入なのか？

－ ϕ する X は Ψ する S の部分だが、2 つの変数は別個（distinct）の変数ではない。

>理想的介入の条件は、介入される変数がモデル内の他の変数とは別個のものであることを要求。

・Harinen（2014）⁶は上記 2 つの問題を同時に解決する方法を提案。

－Harinen は Ψ をメカニズムのインプットとアウトプットに対応する 2 つの変数、 Ψ_{in} と Ψ_{out} に区別。

－2 つの変数は、それらの間で生じる或る構成要素の動作である ϕ とは異なる変数なので、CR1 と CR2 に対応した介入は存在し得る。

> Ψ_{in} に対する介入は ϕ の変化をもたらす、 ϕ に対する介入は Ψ_{out} の変化をもたらす。

－Harinen は、構成的関係が因果的關係であると結論。

－Harinen の学説には、 Ψ_{in} および Ψ_{out} が ϕ とは異なるレベルに存在する変数であるという根拠が欠如。

> Ψ_{in} と ϕ 、および、 ϕ と Ψ_{out} の関係は、同じレベル内の 2 つの因果關係ということになる。

・予想される応答：Harinen は構成的レリヴァンス関係を発見するために必要な介入を記述する際に、 Ψ_{in} と Ψ_{out} を区別するよう要求するが、構成的関係それ自体は ϕ と Ψ の関係である。

－しかし、その場合、 Ψ とは何か？

・Craver による学説の Harinen 解釈を重視するのは問題含みだからなのではなく、明快であるから。

－Craver の学説を明確化するためには、 Ψ の曖昧さを何とかする必要があるが、Harinen が提案した解決策はもっともストレートなもの。

－しかし、Harinen の解釈では、Craver がレベル内因果レリヴァンスから構成的レリヴァンスを区別する学説を与えているとはいえなくなる。

⁴ Craver, C., 2002, "Interlevel Experiments and Multilevel Mechanisms in The Neuroscience of Memory," *Philosophy of Science* 69: S83–97.

⁵ 資料[8].

⁶ Harinen, T., 2018, "Mutual Manipulability and Causal Inbetweenness," *Synthese* 195 (1): 35–54.

3 構成的説明なしの構成的レリヴァンス (pp. 2328–32)

- ・ 科学者が或るメカニズムの構成要素としてモデル化するようなモノが存在するということや、そうした構成要素が様々な説明的役割をもつということについては、論争はない。
- ・ しかし、説明のメカニズム説は上述の主張だけでなく、説明にはメカニズム的概念が重要であり、この概念に依拠していない学説とは別の学説を提示することができるという考えにコミットしている。
 - そうした学説によれば、メカニズムは「独自に説明する (distinctively explain)」。
 - この節では、メカニストたちが、メカニズムは独自に説明するということを示せていないと論じる。
- ・ メカニズム的現象は法則によっては説明され得ず、「因果メカニズム的 (causal mechanical)」説明を要求するという信念は広く普及している。
- ・ (しかし)「因果メカニズム的」説明がより一般的な因果的説明と異なるものなのか、あるいは、どのように異なるのかということは明らかではない。
- ・ メカニズムは独自に説明するのか？
 - もし、メカニズム的説明独自の形式が存在するならば、それは構成的レリヴァンスに関する Craver の学説の中に見出されるという前提にそもそも疑念がある。
 - Craver のレベル内因果レリヴァンスの学説は Woodward による介入主義の学説であり、Craver の寄与は、レベル間構成的レリヴァンス関係 (between-level constitutive relevance relationships)⁷の取り扱いにある。
 - ここで問われているのは、構成的レリヴァンスはレリヴァンスのレベル内形式とは異なるものであるという、レベル相互説明に必要な前提。
- ・ 本論文の議論で重要なのは次の主張：
 - 与えられた定義が適切であるならば、レベル相互説明という説明形式は存在しないと結論づけることになるような構成的レリヴァンスの定義が存在する。
 - 例：3つの変数、 X, Y, Z を含む系を想定。 X は Y を引き起こし、 Y は Z を引き起こす。 X から Y, Z に至る因果連鎖を C とし、 C と Y のような連鎖上の特定の変数との関係を記述する。 C は Y の原因ではなく、 Y も C の原因ではない。 Y は C の部分。 C と Y の関係は、 X, Y, Z 間の因果関係とは異なる関係だが、 X から Y および Z に至る因果連鎖を C に名称変更することは、新しい説明的關係を成立させるものではない。
 - もちろん、メカニストは単に名称変更することで構成的レリヴァンス関係を定義しようとしているわけではないが、この簡単な例から学ぶべき教訓は、部分 - 全体関係にはあまり価値がない (cheap) ということ。
 - 重要なのは、メカニズム的現象を産出するために様々な構成要素がまとまる仕方を説明する際に、部分 - 全体関係が役割を果たすかどうか。

⁷ 本論文におけるレベル相互関係とレベル間関係が、どのような基準にもとづいて使い分けられているのかは明確ではない。

- ・部分 - 全体関係が説明にとって重要かどうかを理解するには、説明的関係項 (explanatory relata) を明確にする必要がある。
 - －このことは Craver が構成的レリヴァンスに関する自身の学説において試みたことだが、説明上の関係項が互いに部分と全体として関係するように Craver の学説の詳細を詰めることができるかどうかは不明瞭なまま。
 - －関係項を書き出してしまうと、メカニズム的説明が単一のレベルで生じるということが明らかになる。
 - －これは Harinen の学説で生じたこと。
 - > $\Psi_{in} \rightarrow \phi \rightarrow \Psi_{out}$ という因果連鎖における諸変数を、一般的な変数 $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ へと名称変更しても、Harinen の学説から説明上の価値は何も失われない。
 - > しかし、Harinen の学説におけるすべての説明的関係が単一レベルにあるならば、名称変更による新しい説明的関係は得られない。
 - －メカニストはレベル相互説明の形式を説得的に示せていない、という批判は不可避。
 - > これらの学説には、或る出来事をその原因によって説明するのではなく、或る全体としてのメカニズムをその部分によって説明することが求められる。
 - > ここで問題になっているのは、科学者が或る現象を引き起こすモノをどのように発見するかではなく、レベル相互関係が説明において役割を果たしているかどうかということ。
 - －Harinen による学説の困難は Craver に触発された学説にとってより一般的な問題を反映。
 - －介入概念を変更することで、Craver の学説における変数間の部分 - 全体関係を維持しようという試みが存在する (e.g. Romero 2015)⁸。
 - －構成的レリヴァンスを説明するためのこの種の試みはますます洗練されているが、本論文の議論で重要なのは、そうした試みは、なぜ高レベルの動作に関する話が、低レベルの動作の再記述でないのかを明らかにするために何もしていないということ。
 - －Craver の学説がかかえている困難は、Craver がレベル内因果的レリヴァンスに関する介入主義の因果学説を使っていることに由来すると考える人がいるかもしれない。
 - －しかし、今の議論の文脈においてこの学説を拒否することは後退を意味する。
 - > 或る (同一) レベルにおけるモノ同士の関係の学説なしでは、種々のレベル間関係がメカニズム的振る舞いの説明に寄与するかどうかを評価することはより困難になる。

4 因果媒介技法 (pp. 2332–8)

- ・この節では、構成要素が或るメカニズムのインプットとアウトプットとみなされる変数間の因果的な中間者であるという可能性を探求。
 - －構成要素を中間変数 (intermediate variables) と同一視することは、なぜ科学者がメカニズムを研究するのかということを解き明かすだろうか？
 - －もし、解き明かしてくれないのだとしたら、この提案は終わり。

⁸ Romero, F., 2015, "Why There Isn't Inter-Level Causation in Mechanisms," *Synthese* 192 (11): 3731–55.

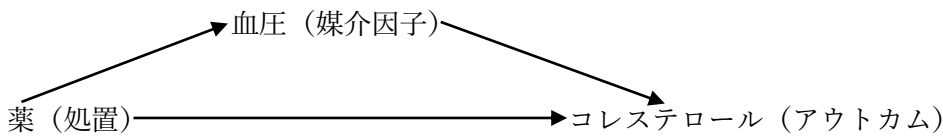
- －幸いにも、なぜ科学者が中間変数、あるいは媒介因子（mediators）の測定に関心があるのか、なぜそうすることが説明にとって重要なのかということに関する学説を与えることができる。
- －以下では、Pearl（2001）⁹などによる因果媒介技法（causal mediation technique）を提示し、説明に対する含意を引き出す。
- ・因果媒介技法は、2つの変数をつなぐ複数の因果経路が存在するモデルにあてはまる。
 - －重要なのは個別の因果経路が異なる媒介因子を通過しているケース。
 - －この種のケースでは、異なる因果経路に沿った諸変数の（因果的）寄与を特徴づけるのが難しい。
 - －因果媒介技法は2変数間の個別の因果経路の寄与を測定する概念上のリソースを提供¹⁰。
- ・因果媒介技法は、非巡回的有向グラフ（directed acyclic graphs, DAGs）を用いた形式的枠組みにもとづく。
 - －DAGは確率変数同士の因果関係を表す。
 - －変数 X と Y の間の矢線（arrows）は X が Y の直接原因であることを示す。
 - － X が Y の直接原因であるのは、モデル内の他の変数が固定されている場合に、 Y の値を変えるような X への介入が存在するとき。
 - －因果経路は、 X から Y への同一方向を指す矢線の集合。
- ・ Z が X と Y 、2つの原因をもつ場合、 X から Z への矢線と Y から Z への矢線が存在する。
 - －このとき、 X と Y の Z への因果効果が加算的で分離可能であると考えてはならない。
 - －各原因の Z に対する効果が、他の原因の値に依存しているようなケースがあり得る。
 - －個別の矢線は Z に対する X と Y の効果が独立であることを示しているのではなく、 X と Y に別々に介入する可能性を示している。
 - －例：科学者たちがコレステロールを下げる薬を開発。
 - 薬はコレステロールを下げるが、血圧も上げる。しかも、この薬は血圧の高い人により効果がある。科学者たちはこの薬の血圧への効果を妨げる補助的な薬の開発を検討中。
 - > 薬（の服用）が処置、血圧は媒介因子、コレステロール（の値）はアウトカム。
 - > 薬からコレステロールへは2つの経路が存在する（図1）¹¹。
 - [1] 薬から血圧、コレステロールへの間接経路。
 - [2] 薬からコレステロールへの直接経路。
- －アウトカムの産出において処置と媒介因子が相互作用する場合、各経路の因果的寄与を十分に分離することはできない。
 - > 薬のコレステロールに対する効果は血圧レベルに依存。
 - > 直接経路に沿った薬のコレステロールに対する効果を評価するために、血圧に介入し、間接経路を断ったとしても、これだけでは不完全。
 - > 処置のアウトカムに対する効果は、介入によって設定された媒介因子の値に依存してしまう。

⁹ Pearl, J., 2001, "Direct and indirect effects," *Proceedings of the Seventeenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*: 411–420.

¹⁰ 資料[4]および[10]も参照のこと。

¹¹ 論文中の図をもとに、少し改変し作成（図2-1、2-2も同様）。

図 1



- ・「デフォルト (default)」状態の設定は、相互作用が存在する場合に、総合効果 (total effect) に対する特定の経路の寄与を理解する方法。
 - －種々の経路の効果は、処置の値の特定の変化に対して相対的に評価されなければならない。
 - >つまり、薬を服用した場合の効果は、薬を服用しなかった場合との比較で評価される (図 2-1, 2-2)。
 - >この場合、薬を服用しなかったシナリオがデフォルト状態とみなされる。
 - >媒介因子とアウトカムも同様にデフォルト値をもつ。
 - >薬を服用するシナリオは非デフォルト状態とみなされ得る。
 - >諸変数の非デフォルト値が特定可能になる。
 - －処置のどちらの値をデフォルトにするかは約束事の問題だが、デフォルト状態の設定は、或る値から別の値への処置の変化に含まれる複雑な反事実について語ることを可能にする。
 - －デフォルト値と非デフォルト値を特定することで、次のように問うことが可能になる：
 - 介入によって媒介因子の値をデフォルト値に固定し、処置の値を非デフォルト値に変化させたとき、アウトカムに何が生じるのか？
 - －この方法で測定された効果は、自然な直接効果 (natural direct effect, NDE) と呼ばれる。
 - －例の科学者たちは、NDE がゼロでない場合にのみ、血圧を下げる補助薬を開発すべき。
 - >NDE がゼロだと、薬の効果は補助薬によって打ち消されてしまう。

図 2-1

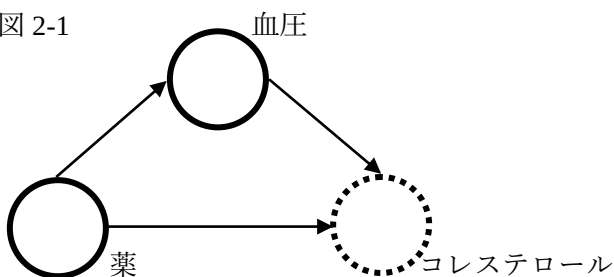
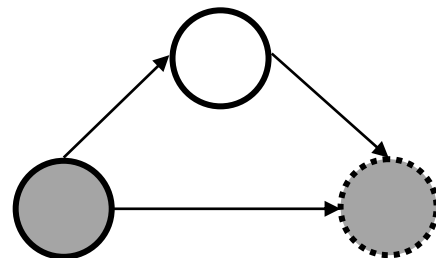


図 2-2



- －図 2-1 における各変数の値は、薬 (処置) の値をデフォルト値に設定したときの各変数の値。
 - >これらの値が各変数のデフォルト値となる。
- －図 2-2 における塗りつぶされた円は、薬とコレステロールの値が非デフォルト値であることを示す。
 - >図 2-2 の血圧の値はデフォルト値に固定。
- －どちらの図においても、実線はどの変数が介入を受けなければならないかを示している。
- －コレステロールに対する薬の NDE は図 2-2 におけるコレステロールの値から図 2-1 におけるコレステロールの値を引いたものになる。

- ・なぜ NDE に着目するのか？
 - －たとえば、媒介因子の値を、デフォルト値もしくは非デフォルト値とは異なる任意の値に設定する介入を想定.
 - －媒介因子に対するこの介入のもとでの直接経路の振る舞いを知ることは、媒介因子に介入しない場合の直接経路の寄与を理解するのに役立たない.
- ・媒介因子の測定は説明にとってなぜ重要なのか？
 - －答え：処置のアウトカムに対する効果が反事実的な諸状況のもとでどのように変化するかを予測することを可能にするから.
 - －より一般的には、NDE が媒介因子の同じデフォルト値を伴う母集団で不変的 (invariant) であると示すことが可能.
 - －このことによって、幅広い仮想疑問 (w-questions, What if things had been different? question) に答えることが可能になる.
- ・メカニズムの構成要素を媒介因子として特徴づけることで、なぜ構成要素の発見が説明にとって重要なのかを理解することができる.
 - －部分 (モノ) の説明上の価値は、それを構成要素として指示するかどうかには依存しない.
 - －「レベル」について語る必要もない.
 - －媒介技法は因果的説明を別の形式の説明で補っているのではなく、或る因果的説明をより詳細な因果的説明によってどのように置き替えることができるのかを示している.

5 結論 (p. 2338)

- ・本論文では、メカニズム的説明のレベル相互形式に関する有力学説 (Craver の学説) の詳細を詰めていくと、そうした形式の説明は存在しないということが明らかになると論じた.
- ・「レベル内」説明関係について考察するだけで、なぜメカニズムの構成要素を研究することによって原因は結果をどのように引き起こすのかということが理解可能になるのか説明することができるし、また、なぜ或るメカニズムの振る舞いが複数の反事実的状況において生じるのかを予測し得るのかということを説明することができる.
- ・メカニズムのレベル間関係について語ることが説明において役立つというのであれば、メカニストはそうしたことが何なのかを特定する必要が依然としてある.