

Woodward 「メカニズム再訪」 (2011)

Woodward, J., 2011, "Mechanisms Revisited," *Synthese* 183 (3): 409–27.

紹介

因果の差異形成説である介入主義の立場からメカニズムについて論じた論文。同時掲載された Waskan (2011) の論文に対する応答であり、差異形成説ではメカニズムの重要な側面を捉えることができないという主張に対して、差異形成説によるメカニズムの特徴づけを擁護する。

概要

本論文は介入主義によるメカニズムの扱いを擁護し、Waskan (2011) による扱いと対比する。介入主義は、原因は結果に違いをもたらすという因果の差異形成的構想を具体化した、因果および因果的説明の学説である。この論文では、Waskan の提案を幾何学的／メカニカルな構想、もしくは「現実主義者の」構想と関連づけつつ、差異形成的構想をこの種の構想と対比する。介入主義によれば、メカニズム情報とはメカニズムの構成要素の時空間的配置に関する情報を含んだ詳細な差異形成情報である。メカニズムの振る舞いの特徴づけにおいて、幾何学的／メカニカルな構想を差異形成的構想に置き換えることはできないが、逆に、差異形成的構想は時空間的に組織化された差異形成情報を考慮することで、幾何学的／メカニカルな構想の背後にあるいくつかの直観を捉えることができる。

1 導入 (pp. 409–11)

- ・メカニズムに関する情報が科学の多くの領域で重要な役割を果たしていることは広く合意されている。
 - メカニズムの同定は理論構築の主な目標であり、また、メカニズム情報は因果的説明において重要。
- ・合意がないのは、メカニズム概念を理解する、または明確化する仕方について。
 - メカニズム概念が種々の異なる使用法をもつことや、定まった範囲をもっていないことに問題の一端がある。たとえば、次のような2つの異なるメカニズム概念が存在する。
 - [1] 単純な機械にかかわる「メカニカルな (力学的な)」("mechanical")¹推論を考える際に重要なメカニズム概念。

¹ 「mechanical」という語は「力学的な」「機械的な」と訳すことができ、本論文中でも、物体の時空間的關係やエネルギーや運動量といった物理的性質がメカニカルな関係や性質の代表例として挙げられている。しかし、本論文および Waskan (2011) の議論において、メカニカルな関係や性質は必ずしも物理的関係や性質のみを指すものとして用いられているわけではない。その点を踏まえ、この資料では、「メカニカルな」とカタカナ書きで訳出し、とくに物理的関係や性質を念頭にこの語が用いられていると思われる場合には「メカニカルな (力学的な)」と併記する。Waskan (2011) の議論については資料[16]を参照のこと。

- > Galileo や Descartes のような機械論哲学者に結びつけられる。
- > 因果的影響は時空間的な隣接性 (contiguity) を要求する「接触」(“contact”) 力によって概念化。
- > 物体の形状や重さ, 剛性, 不可入性, 位置, エネルギー, 運動量のような種々の性質が重要。
- [2] 或る探求領域において基礎的とされるモノ (entities) および (それらの) 因果関係としてのメカニズム概念。
- > 経済学におけるメカニズムデザインや進化生物学における自然選択のメカニズムという場合のメカニズムはこちらの意味。
- ・ こうした多様性のもとでは, メカニズムという概念のあり得る解釈や応用をすべてカバーする学説を探求するのは間違い。
 - より良い戦略は, この概念のいくつかの用法において核となる要素を明確にし, なぜ／どのような仕方において, そうした要素が重要なのかを理解すること。
 - 以下では, メカニズムの特徴づけにおける時空間情報の役割にフォーカスする形でこの戦略をとる。

2 因果の差異形成説 vs 幾何学的／メカニカルな学説 (pp. 411–16)

2.1 因果の差異形成説 (pp. 411–2)

- ・ 原因はその結果に違いをもたらす (make a difference) という着想は, 因果に関する多くの議論を導く直観の 1 つ。
 - この着想にもとづく学説は一般に差異形成説 (difference-making account, DM 説)² と呼ばれる。
 - > この着想を具体化する仕方には様々なものがあるが, 介入主義はその 1 つ³。
 - DM 説の中で共有されている考えの 1 つは, 因果主張が, 原因とされる要因が存在する状況で生じたことと, そうした要因が存在しない, もしくは異なる別の状況で生じたことの比較を含んでいるというもの。
 - > たとえば, 薬の投与が病気からの回復の原因であるというとき, 薬を投与された患者とされなかった (ただし, 薬の投与以外はよく似た) 患者に生じたことの比較が含まれている。
 - DM 説は, 因果主張の証拠として, 共起 (co-occurrence) のパターンや諸変数間の相関に関する情報を重視。
 - > 相関関係にある諸変数は因果関係項の候補。
 - DM 説はいわゆるタイプ因果 (一般因果) 関係の特徴づけにもっとも直接的にあてはまる。
- ・ 介入主義による因果の定義 (M) :

(M) X と Y は変数であるとする。このとき, 最単純ケースにおいて, X が Y に原因的にレリヴァントであるのは, (X を通じて) Y の値もしくは Y の確率分布を変化させるような X への可能な介入が存在するとき, かつそのときにかぎる。

² 本論文の中では DM 説 (DM account), DM 理論 (DM theory), DM アプローチ (DM approach) といった用語が互換的に用いられているが, 簡単化のためこの資料では DM 説という用語を使用する。

³ 差異形成説に属する介入主義以外の学説としては INUS 説や確率説, D. Lewis の反事実説などがある。

一本論文の議論において重要な、介入主義の定式化に関する 2 つの指摘。

- [1] 介入主義による反事実を利用した因果の特徴づけは、反事実を使わず「現実的な」ものだけで因果関係とメカニズムを特徴づけようとする Waskan (2011) の議論と対照的。
- [2] 介入主義的に特徴づけられた因果の概念は相対的に非特定のであり、情報量が少ない。
 - > 何らかの背景状況のもとで、 X に対する介入が Y の変化に結びつけられるならば、 X は Y に対して原因的にレリヴァントであるとみなされる。
 - > X のどの変化が Y のどの変化に結びつけられるのかなど、より詳細な情報を求められることがあるが、この種の情報は X の特定の変化を Y の特定の変化に結びつける、より特定のな「介入主義の」反事実によって与えられる。
 - > メカニズム情報を要求することは、より特定ので詳細な情報を要求することであるが、この種の要求は差異形成説あるいは介入主義と整合する。

2.2 因果の幾何学的／メカニカルな理論 (pp. 412–6)

- ・ Salmon (1984)⁴ や Dowe (2000)⁵ の因果プロセス理論 (causal process theories) は幾何学的／メカニカルな理論 (geometrical/mechanical theories, GM 理論)⁶ の代表例であり、メカニズムの役割に着目する近年の理論も大体はこの陣営に属する。
- －因果に関するこの種のアプローチの背後にある直観：
 - 2 つの出来事 c と e の間に因果関係が存在するかどうかは、 c と e が生じるかどうかということ、および、それらの間に適切な接続プロセス (connecting process)、もしくはメカニズムが存在するかどうかということに関係している。
 - > そうしたプロセスが存在するか否かは特定の状況について実際に真である事柄に依存しており、別の状況で生じることや生じるであろうことには依存していない。
- －「現実的」とみなされる因果的交互作用 (causal transaction) に特徴的なものとしては、時空間的關係やエネルギーもしくは運動量のような性質を挙げることができる。
- －接続プロセスという概念は特定の出来事もしくは相互作用するモノにあてはまる。
 - > GM 説は、DM 説とは対照的にトークン因果 (単一因果) 主張を根本的であるとみなす⁷。
- －DM 説が因果主張の証拠のソースとして随伴性／依存性 (contingency/dependency) 情報を重視するのに対して、GM 説は時空間的または幾何学的関係、もしくは剛性や重さのようなメカニカルな (力学的な) 性質の存在／欠如に関する事実を因果主張の証拠として重視。
 - > たとえば、動いているボールが静止したボールにぶつかり、静止したボールが動き出すとき、その衝突を律する時空間的なパラメーターが適切であるならば、その衝突が 2 番目のボールの動きを引き起こしたということをシンプルにみとることができる。
 - > この結論づけに必要なのは、ボールの動きとそれらの時空間的な関係だけ。

⁴ Salmon, W. C., 1984, *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton University Press.

⁵ Dowe, P., 2000, *Physical Causation*, Cambridge University Press.

⁶ GM 理論 (GM 説, GM アプローチ) についても DM 説と同様に GM 説を用いる。

⁷ 本論文では DM 説と GM 説のこうした違いを反映して、DM 関係の関係項として大文字の C と E を、GM 関係の関係項には小文字の c と e を用いている。

・因果に関する DM 説と GM 説の関係。

－両学説は概念的もしくは論理的に独立であるように思われる。

[1] 時空間的に連続したプロセスや *C* と *E* の間の隣接性は、*C* と *E* が差異形成関係にあるために必要ではない。

>たとえば、水のやり忘れは植物の枯死の原因であり、不在や欠如は、時空間的隣接性が存在しないにもかかわらず結果に違いをもたらす。

[2] (*C* と *E* が) 時空間的に接続されていることは、*C* が *E* を引き起こすのに十分ではない。

>たとえば、キューの先に付着したチョークとビリヤード球の間には、エネルギーや運動量の時空間的に連続した伝達という意味でのメカニカル（力学的）関係が存在するが、

キューに付着したチョークはビリヤード球の動きを、差異形成的な意味では引き起こさない。

－概念的な違いに加えて、DM 情報による因果主張／判断と GM 情報による因果主張／判断が経験的に分離しているということに関する証拠が存在する。

－Schlottman & Shanks (1992)⁸の実験：

[a] 被験者に、物体 A が物体 B に接触（衝突）し、A との接触後すぐに B が動くというイベント（ローンチイベント）⁹と、A と B の間に空間的な接触が存在しない、もしくは接触と B の動きに大きな時間差が存在するイベントをみせる。

>時空間的隣接性に関する上記の設定に加えて、A と B の接触および B の動きの間の随伴性／依存性は接触の有無とは独立に設定される。

>いくつかの試行では、接触があるにもかかわらず、随伴性／依存性が存在しない。

[b] 被験者には、A と B の接触と接触後の B の動きが因果的なものにみえたかどうかという質問と、物体 A の接触が B の動きを引き起こすのに、どの程度必要（necessary）かという質問がなされる。

>知覚上の因果性（perceived causality）と判断上の因果性（judged causality）がそれぞれ、隣接性（接触／衝突）と随伴性／依存性、どちらの影響を受けやすいのかを測定。

－知覚上の因果は隣接性の有無に大きく影響され、随伴性／依存性の有無の影響性は小さい。

－判断上の因果は随伴性／依存性の有無に大きく影響され、隣接性の有無の影響性は小さい。

－隣接性という GM 情報にもとづく因果主張／判断と、随伴性／依存性という DM 情報にもとづく因果主張／判断が経験的（実験的）にも分離する。

3 2つの因果概念？（pp. 416–17）

・DM 説と GM 説の論理的な違い、および異なる種類の判断の存在は、私たちが2つの異なる因果概念を用いていることを示唆。

－Hall (2004)¹⁰は「依存性（dependence）」と「産出」（production）という2つの因果概念を区別。

⁸ Schlottman, A. and D. Shanks, 1992, "Evidence for A Distinction between Judged and Perceived Causality," *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 44 (A): 321–42.

⁹ ローンチイベントについては資料[16]も参照のこと。

¹⁰ Hall, N., 2004, "Two Concepts of Causation," In J. Collins, N. Hall, and L. A. Paul (eds.), *Causation and Counterfactuals*,

- －前者は DM 説の、後者は GM 説の因果概念に対応。
- ・しかし、時空間的關係や接続プロセスと差異形成には密接な関連がある。
 - －適切な状況のもとで、何らかの時空間的關係／パターンとメカニカルな性質の存在は、何らかの種類の差異形成の存在の指標であり得る（ただし、誤った指標であることもある）。
 - －異なる種類の差異形成はしばしば特徴的な時空間的「サイン」をもつ。
 - > 通常の場合において、ビリヤード球は空間的接触なしには他の球の動きに差異をもたらさない。

4 メカニズムの特徴づけにおける DM 情報と GM 情報の役割 (pp. 417)

- ・メカニズムの役割を強調することが DM 説に対するオルタナティブの表明になるのは、メカニストが GM 説は DM 説よりも基礎的であり、差異形成關係が存在しているときに、より「深い」レベルで「実際に生じている」ことを捉える有力な方法であると考えているから。
 - －以下ではこの考えに対する疑念と、より適切なメカニズムの概念の特徴づけについて論じる。

5 Waskan の提案 (pp. 417–22)

- ・介入主義による因果の定義 (M) は、 X と Y を結びつけるメカニズムに関する情報が分からずとも満たされる。
 - －たとえば、アスピリンの投与が頭痛の緩和を引き起こすことは長年知られていたが、アスピリンの作用に関するメカニズムが知られるようになったのはごく最近のこと。
 - －(M)はこの種の観察に自然な仕方で適合。
 - > X と Y の間に因果關係が存在するために要求されるのは、 X と Y の間に存在する適切な種類の随伴性であり、随伴性の成立に関する知識は、 X と Y を結びつけるものが何かを知らなくとももつことができる。
- ・Waskan が指摘するように、この種の観察は因果主張の意味論に関する次のような提案に不利。
 - － C は E を引き起こすという主張は、 C を E に結びつける特定のメカニズムが C と E の間に成立しているという主張である。
- ・Waskan の応答は、 C は E と何らかの一般的な種類のメカニカル關係にあるという非特定の主張として C は E を引き起こすという主張を解釈するというもの。
- ・Waskan の着想を具体化する際の難点：
 - [1] 一般的なメカニカル關係に含まれるものの特徴づけを与える必要があるが、この種の特徴づけは、たとえば、メカニカル關係が神経メカニズムを含むことができるように、エネルギーや運動量の伝達による特徴づけよりも広いものであり、かつ、或る種の差異形成關係を、メカニズム情報をもたらさないものとして排除するものでなければならない。

[2] [1]で述べたような特徴づけを与えることができたとしても、*C*と*E*の間にメカニカル関係が存在するということは*C*が*E*を引き起こすのに十分ではない。

- ・上記の問題以外にも、メカニズム主張がもたらす情報に関してはさらに興味深く重要な問題がある。
 - －この種の情報はより詳細なDM情報ではないのか？あるいは、DM情報とはまったく異なるものを含んでいるのか？
 - －メカニズム情報が、*C*と*E*の関係の基礎にある、または、*C*と*E*の関係を媒介する中間的／介在的な因果関係の情報を含むということには合意がある。
 - －たとえば、アスピリンが痛みの緩和を引き起こすメカニズムとは以下のようなもの：
頭痛や他の様々な損傷／不調はプロスタグランジンの産出を引き起こす。プロスタグランジンはそれが作用する部分の腫れを引き起こし、痛みの信号に関与する。プロスタグランジンの合成には、アラキドン酸に作用するCOX-1とCOX-2という2種類の酵素が必要である。アスピリンは2つの酵素の合成作用、アラキドン酸のプロスタグランジンへの変換を妨げることで機能する。
 - －この種のメカニズム情報は差異形成の枠組みにうまく当てはまるように思われる。
 - －メカニズム情報は、より詳細できめの細かい（more detailed, fine grained）差異形成情報。
 - >プロスタグランジンの存在は、痛みや炎症の経験に違いをもたらす、COX-1とCOX-2の合成活動はプロスタグランジンの存在に違いをもたらす。
- ・Waskanによれば、メカニズム情報は差異形成情報とは異なる種類の情報。
 - －メカニズム情報は実際に生じることにに関する情報であるのに対して、差異形成情報は様相的／反事実的な要素をもつ。
 - －因果主張は原因と結果を結びつける現実の産出的メカニズムについて述べたもの。
- ・介入のもとで生じるであろうことに関する情報に対する「現実の」メカニカルな接続に関する情報の重要性とは何か。
 - －「現実の接続」が意味し得るのは、たとえば、異なる神経構造をつなぐニューロンやシナプスを含む解剖学的もしくは物理的な接続。
 - －しかし、この種の解剖学的接続についての事実から種々の神経構造の因果的役割を読み取ることはできない。
 - >このことは、神経生物学者による解剖学的接続性（anatomical connectivity）と機能的接続性（functional connectivity）の区別に反映されている。
 - >後者は、或る神経構造における様々な変化が別の神経構造の変化を引き起こすかどうかにかかわる差異形成概念。
 - －適切な種類の解剖学的接続が存在することは、或る神経領域が別の神経領域に影響するために必要ではあるが、そうした接続の存在それ自体は、2つの領域の機能的接続のパターンや或る領域で生じることが別の領域で生じることとどのように依存するかということをお教えしない。
 - >実験的介入や受動的観察から得られる或る種の共変情報が必要。

6 メカニズムと介入主義的反事実に関するいろいろ (pp. 422–3)

- ・ここまでは、DM 説が中間的な因果連結の情報にかかわるメカニズム情報を捉えようとするやり方にフォーカスしてきた。
 - 以下ではそれ以外の方法について論じる。
- ・ X と Y の関係に関する量的情報が利用できない場合でも、この関係の質的特徴を発見することは可能。
 - この情報は X を Y に結びつけるメカニズムにかかわる。
 - もし、 X が増加／減少し得るような変数であるならば、そうした変化が Y の増加／減少に結びつけられるかどうかを知ることは重要。
 - >こうしたことは差異形成情報であると考えるのが自然であり、メカニズムの同定に有益。
 - >たとえば、喫煙が肺ガンを引き起こす分子メカニズムが判明する以前でも、研究者は喫煙が肺ガンを産み出すメカニズムについての一般的なアイデアをもっていた。
 - >タバコの煙の中の物質が喫煙中に吸い込まれ、肺の中に蓄積し、その存在が発ガン効果をもつ。
 - >こうしたことは、介入主義的に理解されるような、喫煙／肺ガン関係の質的な特徴に関する仮説を提示。
 - >この種の仮説によって、喫煙者の肺にはタバコ由来の物質の証拠がみられると予測できる。さらに、喫煙者の肺には非喫煙者よりも多くの発ガン物質が蓄積しているということや、喫煙者は非喫煙者よりも肺ガンになる確率が高くなるという推論なども可能。
 - >メカニズム情報に価値があるのは、因果仮説の検証において重要な役割を果たし得るため。
- ・メカニズム情報のもう 1 つ別の特徴は、安定性 (stability) にかかわる。
 - 因果関係や反事実関係の安定性は、様々な別の「背景」要因が変化したとき、その関係が成立し続けるかどうかということにかかわる。
 - メカニズム情報はしばしば因果関係全体の基礎にある中間的な因果つながりに関する情報を提供。中間的な因果連結は、全体の因果関係よりも安定していることがある。
 - >たとえば、 X と Y の間に両者をつなぐ Z という因果的要因があるとする。
 - このとき、 X - Y 関係よりも X - Z 関係や Z - Y 関係がより安定的であるということがあり得る。
 - 安定した関係を同定するという関心は基礎的なメカニズムにおける中間的なつながりを同定するという関心につながる。

7 メカニズムと時空間的に組織化された差異形成情報 (pp. 423–5)

- ・メカニズム主張を明確にするために介入主義の着想をどのように用いるかに関する種々の提案にもかかわらず、多くのメカニストは何か重要なことが省かれていると考えるだろう。
 - この節では、省かれているとされるものが何なのかについて論じる。
- ・哲学におけるメカニズム説や科学におけるメカニズム的説明を一瞥すると、メカニズムの働きにおいて、種々の構成要素の時空間的構造や組織が果たしている役割が際立っている。

- －或る反応が中間産出物を介して展開する場合，その因果構造は時空間的な関係を反映すると予測される。
 - ＞その反応の初期ステップと最終ステップを時間空間的に媒介する中間産出物が或る位置にみつかりと予測される。
- ・メカニズム的説明が行っているのは，DM 関係と GM 関係の結びつきに関する情報の提供。
 - －因果関係にある物体やプロセスが，差異形成的役割を果たし得るような仕方では，どのように時空間的に関係づけられているかについて教えてくれる。
- ・差異形成構造と時空間的構造の相互関係は多種多様であり，簡単には要約できない。
 - －この相互関係の哲学的取り扱いにおいては，因果関係における原因と結果の時空間的な隣接性にフォーカスする傾向がある。
 - －しかし，差異形成関係が時空間的な隣接性を含まないときでさえ，差異形成関係は別の特徴的な時空間的パターンを含んでいるかもしれない。
 - ＞たとえば，薬とその薬の効果や病気の原因と病気の発症には，原因にさらされたことと結果の生起の間に特徴的な時間差が存在する。

8 因果知覚と因果表象の発達（pp. 425–6）

- ・因果表象（causal representation）の発達に関するいくつかの簡単な見解。
 - －幼児の（ローンチイベントに結びついた）因果知覚の能力はごく早い時期に生じる。
 - －そうした因果知覚が誘発する表象は，他の種類の因果関係を表象するためのより一般的な使用や別の種類の因果推論および因果学習に利用できるようになる。
 - －しかし，概念や推論パターン自体はそれほど大きく変化，発達するものではない。
 - －大人の因果概念を作り上げている異なる要素がどのように統合されているかを理解することは重要。
 - ＞差異形成的な考えにかかわる要素はそうしたものの1つ。
 - －差異形成的な考えは，時空間的な接続性にかかわる概念や Waskan のような現実主義者の用語で定義可能な他の概念からは概念的に独立している。
 - ＞差異形成的な考えが現実主義者の用語で特徴づけられた表象から生じるということや，前者が後者に還元される，または置き換えられるというようなことはありそうにない。
- ・十分な大人の因果概念の獲得は複雑なものだが，その一部に関する推測的な示唆は次のようなもの。
 - －幼児は，ローンチイベントや他の接触イベントに含まれる時空間的関係を見出すことから始めて，早い時点でこれらの関係が差異形成的な仕方では運動に結びつくことに気づく。
 - ＞たとえば，他の動く物体との接触があるときだけボールは動く...など。
 - －幼児は，共変情報が時空間的な特徴を含まない場合でさえ，この種の情報に感応的（sensitive）。
 - －動くボールなどについての幼児の経験は，共変関係と時空間的関係の関係に関する予測へと至る。
 - －さらに，幼児は時空間的関係の詳細が差異形成関係に体系的に結びつけられることを学習すると同時に，差異形成関係が時空間上の接触とは独立に存在し得るという経験も獲得。