

## Menzies 「メカニズムの因果的構造」 (2012)

Menzies, P., 2012, "The Causal Structure of Mechanisms," *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 43(4): 796–805.

### 紹介

メカニズム的説明に関する従来の学説にメカニズムの因果的構造に関する詳細な特徴づけが欠けていることを指摘した上で、因果の介入主義／構造方程式モデルの枠組みを用いることでその欠点を補うことができることを主張する論考。

### 概要

本論文は、メカニズムとメカニズム的説明の概念が科学における説明実践を理解するために有効であることを認めつつ、従来のメカニズム論に欠けている点があることを指摘し、それを補うための学説を提示する。まず、従来のメカニズム論の例として、相対的に最も詳細な議論を展開している Craver の著作を取り上げ、その中においてもメカニズムの因果的な構造／組織化の特徴づけが不十分であることを指摘する。その上で、因果に関する介入主義の学説を前提に、構造方程式と有向グラフによって表現される因果モデルを明示的に導入することによって、メカニズムの因果的構造をより精確に特徴づけられると論じる。また、介入主義と因果モデルに基づいて考えることで、メカニズムの特徴づけにおいて重要な意味を持つモジュール性要件についても明確化できることを指摘する。

## 1. はじめに (pp. 796–7)

- ・近年、多数の科学哲学者が、科学的説明の多く（特に生物医学や社会科学）がメカニズム的説明であると主張している。
  - Machamer, Darden, & Craver (2000)<sup>1</sup>, Craver (2007)<sup>2</sup>, Bechtel (2008)<sup>3</sup>など。
  - メカニズム的説明という固有の説明形式があることを認めることによって、科学における説明実践の多くの重要な側面を理解することが可能になる。
- ・上述の潮流の中で論じられているメカニズム的説明の学説は完全に満足のものになっていない。
  - メカニズム（的説明）の因果的構造の完全な詳細を等閑視している。
  - これを明らかにするために、そこに（相対的に）最も踏み込んでいる Craver (2007) を検討する。
- ・本論文は、因果の介入説を用いて、メカニズム的説明の因果的構造に関する学説を与える。
  - 出発点となる Craver の議論に欠けている部分を補う。

<sup>1</sup> Machamer, P., L. Darden, and C. Craver, 2000, "Thinking about Mechanism," *Philosophy of Science* 46: 523–44.

<sup>2</sup> Craver, C., 2007, *Explaining the Brain: Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*, Oxford University Press.

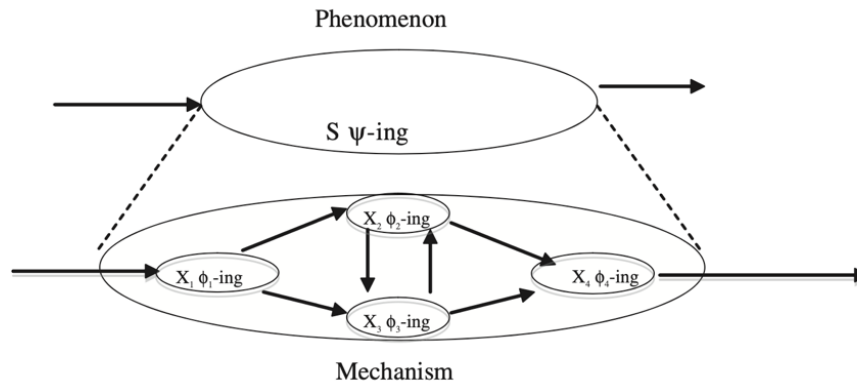
<sup>3</sup> Bechtel, W., 2008, *Mental Mechanisms: Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*, Routledge.

## 2. Craver によるメカニズム的説明の例（p. 797）

・ Craver によるメカニズム的説明の学説。

－メカニズム的説明は、基底にあるメカニズムを明らかにすることによって事象を説明する。

＞メカニズムは、当該事象を発動（exhibit）させるような仕方で組織化された一組のモノと動作。



・ 上図は、何らかの系 S が ψ するという事象のメカニズムを図式化したもの。

－X<sub>1</sub>–X<sub>4</sub> は S を構成する部分を、φ<sub>1</sub>–φ<sub>4</sub> は各部分の動作を、矢印は因果関係を表している。

－このメカニズムは、各部分の空間的・階層的な組織化と各動作の時間的・因果的な組織化が S が ψ することを構成するという事実によって、S が ψ することを説明する。

## 3. Craver の学説の詳細（pp. 797–9）

・ 本節では、Craver がメカニズムに帰している諸々の因果的特性を確認する。

－メカニズムの因果的構造のより体系的な理論は次節で示す。

### 3.1. 被説明事象とは何か（pp. 797–8）

・ Craver は、被説明事象を特徴づけるにあたり、被説明事象は何らかの系が持つ諸々の性能（capacities）から成る、という Cummins（1983）<sup>4</sup>の見解から出発する。

－Craver は、さらに、ここでいう性能とは、単純なインプット／アウトプット条件とは限らず、諸々の誘発・抑制・調整条件や非標準的条件に対する系の反応も含まれるとする。

－また、性能の発現は、より詳細に記述することも、より概略的に記述することもできるとする。

＞アウトプット条件をどこまで詳述するかによって、要求されるメカニズム的モデルが異なる。

－全般的に見て、被説明事象に関する Craver の議論は、Cummins の見解から逸れるものではない。

<sup>4</sup> Cummins, R., 1983, *The Nature of Psychological Explanation*, MIT Press.

### 3.2. 動作とは何か（p. 798）

- ・他の学説と同様，Craver のメカニズム的説明の学説においても動作の概念が重要な位置を占める。
  - －Craver において，動作とは，メカニズムの因果的な構成要素であり，「動作」という用語は，産出的振る舞い・因果的相互作用・欠落（omission）・阻止（prevention）などを広く表す。
  - －多くのメカニズム論者は，動作というものを概念的・存在論的に原初的（primitive）なものとし，それを産出的振る舞いに限る傾向があるが，Craver は，欠落や阻止のような否定的な因果関係も動作に含まれるということを確認している。
- ・Craver は，因果については，Woodward<sup>5</sup>の介入主義的アプローチを採用している。
  - －変数 X が変数 Y に対して因果的に関連するとは，もし介入によって X を変化させたら，Y も変化するだろうということである<sup>6</sup>。
- ・Woodward のアプローチにおいては，介入の概念が決定的に重要な役割を果たしている。
  - －Y に関する X への介入とは，Y に対する X の因果的影響を確定するために理想的であるような，X に対する仮説的な実験的操作。
- ・因果関係に関する Woodward の介入主義的基準を用いることによって，Craver は，メカニズム的説明の他の学説よりも大幅に進んだ議論を展開している。
  - －その結果，Craver のメカニズム的説明において動作の概念は余計なものとなっている。
  - －動作概念の因果的本性を介入主義的に説明できるなら，メカニズムの因果的構造の学説を介入主義的な因果論によって直接展開すればよく，動作概念という不明瞭な回り道は不要になる。

### 3.3. いかにして構成要素であるモノと動作は被説明事象を表すよう組織化されるか（pp. 798–9）

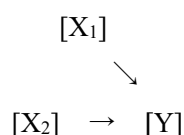
- ・Craver は，メカニズム的説明における組織化の役割に関する議論において，モノの空間的組織化と動作の時間的組織化について強調して論じている。
  - －それらの因果的組織化についてはあまり論じていない。
  - －間接的に関連する以下の問題については（明示的ではないが）論じている。
- ・メカニズムの構成的部分と認められるモノと動作はどのように決まるのか。
  - －構成的関連性（constitutive relevance）の問題。
- ・構成的関連性を調べるにはレベル間の介入実験（ボトムアップ／トップダウン）が重要。
  - －ボトムアップ実験：構成要素に介入してメカニズム全体への影響を調べる。
  - －トップダウン実験：メカニズム全体に対するインプットに介入して構成要素への影響を調べる。
- ・構成的関連性の学説。
  - －X が  $\phi$  することは系 S が  $\psi$  するメカニズムの構成要素であるとは，以下が成立することである：
    - (i) X は S の部分である；
    - (ii) X が  $\phi$  することに介入して変化させることで S が  $\psi$  することを変化させることができる；
    - (iii) S が  $\psi$  することに介入して変化させることで X が  $\phi$  することを変化させることができる。
- ・メカニズムの因果的構造に関する議論はされていない。（構成的関連性は構成要素の識別の問題）
  - －構成部分が因果的に組織化されるべき仕方については議論が不足。（暗黙の想定があるのみ）

<sup>5</sup> Woodward, J., 2003, *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*, Oxford University Press.

<sup>6</sup> 因果の介入説については資料[7]など別資料も参照。

#### 4. メカニズムの構造方程式説 (pp. 799–802)

- ・因果に関する介入主義／構造方程式の枠組みを用いることによって、Craver の議論に基づきつつメカニズムの因果的構造に関する体系的で正確な学説を与えることができる。
  - －因果に関する介入主義／構造方程式の枠組みを与えている文献：
    - Pearl (2000)<sup>7</sup>, Spirtes, Glymour, & Scheines (2000)<sup>8</sup>, Woodward (2003).
- ・この枠組みにおいて、因果関係は因果モデルを用いて表現される。
  - －因果モデルは順序対  $\langle V, E \rangle$  から成る<sup>9</sup>。
    - >  $V$  は変数の集合,  $E$  は構造方程式の集合。
  - －変数には外生変数と内生変数の 2 種類があり<sup>10</sup>, それぞれに対応する構造方程式がある。
    - > 外生変数に関する構造方程式: 各変数の値を直接与える。
    - > 内生変数に関する構造方程式: 各変数の値が他の変数の値に応じて決まる仕方を与える。
 形式的には  $Y = f(X_1, \dots, X_n)$  で,  $Y$  が当該の内生変数,  $X_1, \dots, X_n$  が  $Y$  の直接原因である変数。
- ・Pearl と Woodward によれば, 内生変数の構造方程式が因果関係を捉えたものであるためには, それらが介入の下で不変的に成立するものでなければならない<sup>11</sup>。
  - －つまり, 右辺の変数 ( $X_1, \dots, X_n$ ) の値が通常の成り行きで決まる場合だけでなく, 一定の範囲内の可能な介入によって決められるような場合にも成立しなければならない。
  - －「因果メカニズム」という用語の使い方が Pearl や Woodward と本論文では異なる。
    - > Pearl や Woodward の用語法では個別の介入不変的な構造方程式が表しているものだが, 本論文の用語法では介入不変的な構造方程式の集合全体が表している因果の系。
    - > Pearl らが「因果メカニズム」と呼ぶものを, 本論文では因果的性能 (causal capacity) と呼ぶ。
- ・反事実的条件文「もし  $X=x$  なら,  $Y=y$  となるだろう」を評価するには,  $X$  に関する式を  $X=x$  に置き換えた上で  $Y$  に関する式を解き,  $Y$  の値が  $y$  になるかどうかを確認すればよい。
  - －もしそうなら上述の反事実文は真, そうでなければ偽。
- ・因果モデルにおける因果関係は有向グラフ (点と矢印から成る図形) によって表現できる。
  - －構造方程式の右辺にある変数から左辺にある変数に向かって矢印が描かれる。
    - > たとえば, 或る内生変数  $Y$  に関する構造方程式の右辺に  $X_1$  と  $X_2$  が含まれているとき, それに対応する有向グラフ (因果グラフとも呼ばれる) は以下ようになる。



<sup>7</sup> Pearl, J., 2000, *Causality: Models, Reasoning, and Inference*, Cambridge University Press. (2009 年に第 2 版)

<sup>8</sup> Spirtes, P., C. Glymour, and R. Scheines, [1993] 2000, *Causation, Prediction, and Search*, Springer-Verlag.

<sup>9</sup> 文献によっては, 変数の集合を 2 つに分けて (外生変数と内生変数) 順序三つ組で表現することもある。

<sup>10</sup> 外生変数はモデルの外から値が与えられる変数, 内生変数はモデル内の因果関係によって値が決まる変数。

<sup>11</sup> 介入不変性についても資料[7]など別資料を参照。

- Pearl (2000) と Woodward (2003) は、構造方程式の集合が因果関係の正確な記述を与えるための要件としてモジュール性 (modularity) を挙げている。
  - 方程式の集合がモジュラーであるとは、集合内の他の方程式に干渉することなく、1つの方程式の左辺の変数に介入できるということ。
  - Pearl や Woodward によれば、方程式の集合が因果的に正しいものであるためには、各方程式がモジュラーでなければならない。
- 以上の枠組みによって、メカニズムの因果的構造を精確に特徴づけることができる。
  - メカニズムの因果的構造：説明されるべき (因果) 性能のインプット／アウトプット特性をもたらすようなモジュラーな下位性能の集合によって与えられる構造。
  - このメカニズム論は Woodward (2002)<sup>12</sup>が論じたものとよく似ているが、構造方程式の道具立てを明示的に用いている点が異なっている。
- 構造方程式によって記述される各因果的性能の連なり自体は (必ずしも) メカニズムを構成しない。
  - この点は、因果の推移性に対するよく知られた反例によって明らかになる。
  - 或る人物が山道を歩いているときに、敵対者がその人物を狙って上から岩を押し落す；しかし、その人物は岩に気づき、身をかがめ、生存する。
    - > P：敵対者による岩落とし、D：件の人物のかがみ、S：件の人物の生存。(値はどれも 1 か 0)
    - > このケースに対応する各構造方程式は、 $P = 1, D = P, S = \sim P \vee D$ <sup>13</sup>。
  - 敵対者の岩落としは件の人物のかがみを引き起こし、件の人物のかがみは生存を引き起こすが、敵対者の岩落としが件の人物の生存を引き起こしたわけではない。
    - > 敵対者が岩を落としても落とさなくても件の人物は生存するから。
    - > 式で書けば  $S = \sim P \vee P$  で、P の値に関係なく S の値は 1 になるということ。
  - 因果的性能の連なりがメカニズムを構成するのは、それが真正の因果的性能をもたらすように組み合わせられているときだけ。
    - > 真正の因果的性能は、差異形成的 (difference-making) な因果的関連性関係を支持する<sup>14</sup>。
- Craver は、メカニズムがいかにして事象を説明するのかという点について、単に「構成することによって」と述べているが、そこでの「構成」が何かを明らかにしていない。
  - 介入主義／構造方程式の枠組みは、この問題に答えを与えることができる。
  - 被説明項となる性能は下位性能群によって構成される。
    - > 後者を表す構造方程式群が組み合わせることで前者を表す方程式がもたらされるということ。
    - > つまり、Craver の「構成による説明」の「構成」は関数または性能の合成として理解できる。(ここでの「構成」は構成的関連性の問題とは別物であることに注意。)

<sup>12</sup> 資料[7].

<sup>13</sup>  $P = 1$  は、岩落としが実行されたということ (されなければ  $P = 0$ )。  $D = P$  は、件の人物が身をかがめるか否かは、岩落としが実行されるか否かによって決まるということ。 今回の場合は、 $P = 1$  なので、D の値は 1 (つまり身をかがめる) となる。  $S = \sim P \vee D$  は、岩落としが実行されない場合、または、身をかがめる場合に、件の人物が生存するという (岩落としが実行されず、かつ、身をかがめる場合も、もちろん生存)。 今回の場合、 $D = 1$  なので、S の値は 1 (つまり生存する)。

<sup>14</sup> ここでの例において、P の値は S の値について差異形成しない (違いを生まない)。

- ・ 構造方程式モデルが優れている別の点は、より包括的な構成的関連性の学説を与えられること。
  - － 被説明項となる性能の基底にあるメカニズムの構成要素（部分）とは、当該性能のインプット変数とアウトプット変数の経路上にある変数である。
  - － 構成的関連性（メカニズムの構成要素と認められるのはどのようなものか）に関するこの学説は、Craver の学説よりもリベラルなものであり、Craver の学説も包摂できる。
    - > Craver の学説では、被説明事象より低レベルのものだけが当該事象の構成要素となり得るが、この学説では被説明事象と同レベルのものも構成要素となり得ることを認められる。

（第 5 節「心理学の例」（pp. 802–4）は省略）

## 6. 結論（pp. 804–5）

---

- ・ 残される課題。
  - [1] モジュール性想定 of 適用可能範囲，モジュール性要件と因果概念との関係。
    - > モジュール性はすべての領域で必ずしも成立するわけではないように思われるが、モジュール性を想定できるのはどのような領域か。
    - > モジュール性は因果関係のアプリオリな要件か、それともデフォルトの要件か。
  - [2] メカニズム（的説明）における空間的組織化と時間的組織化の位置づけ。
    - > 構成要素の因果的作動に関する情報は、構成要素の時間的組織化や空間的組織化に関する情報とどのように関係するのか。