

## What is a mechanism? A counterfactual account

Woodward, J (2002)

*Philosophy of Science* 69, pp.S366-377

---

### 【要旨】

メカニズムとは何か。この論文は、反事実条件文による説明を提案する。メカニズムは部分から成り、その部分の挙動は「干渉化不変」な一般言明に従う。その部分は原理的には、他の部分と独立にある部分の挙動を変化させることができるという意味で、モジュラーである。この特徴は特定の反事実条件文の真理性によって捉えることができる。

---

## 1. Introduction

### ● MDC のメカニズム説に賛成するけれど

- 最近私は、因果説明的関係を、干渉化で不変な関係にリンクさせた。このアイデアは、メカニズムの考えを特徴付けるのにも使える。
- MDC2000 「メカニズムとは、開始（または設定条件）から終了（または停止条件）までの規則的变化を生産するように組織化された、実体と活動である」
- メカニズムの記述は、「生産的關係」を示すので説明的だと言う。「メカニズム」「生産」について、もっと一般的でディシプリン特異的ではないような特徴付けはないものか。

## 2. A physical example

### ● 法則説

- 規則性を描く一般言明のすべてが、生産的または因果的關係を記述するわけではない。共通原因のふたつの結果の間には相関關係だけがある。
- 非因果的規則を排除するために、法則に訴える人もいる。例えば、Glennan はメカニズムを次のように特徴づける——「部分は直接因果法則に従う」。Glennan 的に言うと、単なる相関（気圧計と嵐）が生産的關係でない理由は、直接因果法則でないことである。

- 斜面を滑る物体を考える。この例はメカニズムと特徴を共有する——部分と要素から成り、「規則的変化を生産する」。Glennan ならこう言うだろう——部分間相互作用を支配する一般言明 ( $F_k = \mu N$ ) は「法則」である、ただし「局所的に適用可能」なものではあるが。

### ● 反・法則説

- MDC と私の意見では、法則が役に立つ機会は限られている。哲学者にとっての法則と、多くのメカニズム的一般言明には、大きな隔りがある。
- Maxwell 方程式とか、一般相対性の場の理論とかは、「パラダイムの法則」である。すなわち、法則とはおそらくパラダイムに似たような一般化である。また法則とは、多くの異なる種類のシステムに当てはまる広範な一般言明であり、例外をまったく（もしくはほとんど）もたない。
- $F = mg$  は落体「法則」と呼ばれるが、このような特徴を欠いている。なぜなら、地球表面では近似的に成り立つだけで、地球表面から離れたところでは近似的に成り立つことすらないからだ。地球表面というのは、明らかに偶然的である。
- $F_k = \mu N$  は法則に該当しない。ある教科書では、これは法則ではなく非基礎的で近似的な「経験的關係」だとされる。動摩擦係数  $\mu$  は、様々な相互作用の総和であり、それは基礎理論からは未だ理解されていないし、状況によって変化する。これはパラダイムの法則とは言えない。同様のことがバネ・滑車・歯車についても言える。

### ● 反事実条件文

- $F_k = \mu N$  は、反事実条件文という法則的特徴なら持つ。例えば、実験システムが潤滑のような活動で妨げられない限りにおいて、「もし垂直抗力  $N$  が変わるなら摩擦力  $F_k$  がいかに変わるか」に関する反事実条件文を  $F_k = \mu N$  は支持する。
- でも、単なる相関も反事実条件文を支持すると解釈可能である。「もし気圧計が上昇したら、嵐が起こる（起こりやすくなる）だろう」という反事実条件文は、やはりシステムが妨げられない限り、真である。
- メカニズムの作動を説明するにあたって、「 $F_k = \mu N$ 」は有効だが「気圧計と嵐」は無効なのはなぜか？前者だけを法則と名付けるのは役に立たない。

## 3. Intervention and Invariance

## ● 干渉下での不変性

- **メカニズムの部分や要素において、何が規則的「生産的」挙動であるのか。それは「干渉下不変性」(invariance under intervention)である。**
- **XがYの原因であるか否かを決定する目的で、Xに対して理想的な実験操作をするときに必要な条件——それを「干渉」概念は捉える。**
  - ◇ 直観的アイデア：Yに照らしてXに干渉することとは、Yを変化させずにXを変化させることである。Yが変化するとしても、それはXを通じて（他の経路を通らず）Y変化をもたらすときだけである。
  - ◇ 干渉はYの他の原因と相関してはならない（ただしXとYの間に因果的にあるようなものとなら相関してもよい）。そして、干渉はXと独立にYに影響してはならない。
  - ◇ 例：もしAがB（気圧計）とS（嵐）の共通原因であるとする。A操作によるB操作は、「Sに照らしてBに干渉する」ことではない。なぜなら、この操作はBを通らずにSに影響するからだ。
  - ◇ 例：Bをランダムに与える（例えばランダム変数でもってBの値と見なす）ことは、「Sに照らしてBに干渉すること」である。この時、BS間の相関は消失し、「干渉下不変」ではないことになる。
- **もしXをYに関係づける一般言明が因果関係（もしくはMDCに言わせれば生産的関係）を記述するなら、それは少なくともいくつかの「Xに対する干渉」のもとで「不変」でなければならない。ここで言う「不変」とは、「その干渉下でも一般言明Gが（近似的にでも）成り立つ」ということである。**
  - ◇ 例：Nに対する一定範囲内の干渉において、 $Fk = \mu N$  は不変である（すなわち、ある $\mu$ はNとは独立な定数であり、N変化によるFk変化を正確に記述できる）。

## ● 干渉下不変と操作

- **ある関係が「干渉下不変」なら、それは操作と制御のために利用できる。Xに対する干渉があるなら、それはYを操作・制御する方法になる（事実問題としてはXに干渉できないかもしれないけど）。**
- このような考え方は、「因果関係は非因果関係と違って反事実条件文を支持する」という伝統的考え方にも合う。
  - ◇ 例： $Fk = \mu N$ に特徴的なのは、「干渉下での変化」を記述する種類の反事実条件文を支持することである。

- ◇ 例：BS 相関を記述する一般言明は、なんらかの反事実条件文を支持はするが、このような「干渉的反事実条件文」(interventionist counterfactual) を支持することはない。干渉的反事実条件文によって、操作・制御とともにある反事実条件文的依存性に特徴的なパターンがわかる。
- 一般言明が「不変」であるかどうかは、法則性の伝統的基準にかなうか否かとは独立である。
  - ◇ 例：一般言明が特定時空間でのみ成り立ったり、例外を持ったり、より大きな理論に統合されなかつたりするにも関わらず、ある干渉範囲において一般言明は不変であるかもしれない。
- ある一般言明が因果関係を記述するかどうかで真に問題であるのは、それが操作のために潜在的に利用可能な関係を記述するかどうかであって、伝統的法則の特徴をもつかどうかではない。「不変性」という観点によって、このようなアイデアを捉えることができる。法則という観点で捉えようとしても、上記の問題で困難になる。

## 4. Production and Counterfactual dependence

### ● 反事実条件文的アプローチかボトムアウトアプローチか

- ボトムアウトアプローチ：因果的生産のすべてのケースの基にある特徴の経験的特徴や disjunction を探す。(Salmon & Dowe では保存量の移動、MDC ではボトムアウトで生産をもたらす基礎活動を探す)
- lac オペロン
  - ◇ Salmon 批判：アロラクトース存在と酵素合成の間に因果関係はあるが、前者から後者へのエネルギー伝達においては明らかではない。
  - ◇ MDC 批判①：個々のステップを記述するために MDC のボトムアウト活動を使える。しかしアロラクトース存在と酵素生産の間に全体的生産的關係があるというアイデアを捉えるためには、反事実条件文依存性に訴えなければならない。
  - ◇ MDC 批判②：アロラクトース存在と酵素合成の間の因果性は、MDC のボトムアウト活動のリストにない。ボトムアウトでその中間ステップを描くことはできるが、因果性は遷移的ではない。
  - ◇ 法則説批判：アロラクトース存在と酵素合成の關係も、その中間ステップの關係も、法則とは言うにはローカルすぎるし例外アリすぎる。

- それでもやはりアロラクトース存在と酵素合成の関係は、干渉下不変という条件において、因果的または生産的である、
  - ◇ 例：ラクトースが存在するか否かに対する干渉下において、ラクトース存在と酵素合成の関係は安定である
  - ◇ 例：リプレッサーが存在するか否かに対する干渉下において、リプレッサーとオペレーターの関係は安定である etc
- →これらの関係は操作・制御目的のために潜在的に利用可能である。すなわち酵素合成を操作するために、この関係を使える。
- →**反事実条件文アプローチは、ボトムアウトアプローチよりも、生産の意味をうまく捉えられる。**

#### ● 説明と操作

- 分子生物学では、因果関係・説明関心・メカニズムの記述は、潜在的に操作・制御に関わる情報を与える。
- Weinberg は「伝統的に生物学は記述的であった。分子生物学はその実験技術によって、説明を与え、因果メカニズムを同定する」と言う。彼によれば、現在の生物学が説明的であるのは、生物システムに干渉し操作するための情報を与える実験技術と理論を発見したからだ。

## 5. Modularity

#### ● 独立変化可能性

- **原則的に、メカニズムの要素は、他の要素の挙動に必然的に干渉することなしに、干渉できなければ成らない**（「独立変化可能性」。もちろん、プラクティカルに干渉できるかどうかは問題ではない）。**このときシステムは「モジュラー」である。**
- メカニズムの要素  $C_1 \dots C_n$  において、システムがモジュラーで、 $C_1$  が変化した。このとき、システム全体の挙動がどうなるかを決定するために、 $C_1$  が変化したことと、 $C_2 \dots C_n$  の一般言明とを合わせることができる。このような独立性があれば、要素の変化の帰結を追跡できる。
  - ◇ ある要素を支配する一般言明の変化が、他の要素を支配する一般言明の変化を自動的にもたらすなら、これはメカニズム分解が不正確であったことを示す。

- 斜面の例：重力（という要素）と垂直抗力（という要素）。もしこれらの要素が真に別個なら、各々は独立に変化可能でなくてはならない。この例でそれは原理的に可能である。重力と垂直抗力の関係を変えずに、それぞれを独立に変化させることができる。

#### ● メカニズムを特徴付ける

- (MECH)：ある表現がメカニズムのモデルであるために必要条件は次の通り。
  - ◇ ①表現が、組織化・構造化された部分と要素のセットを記述する。
  - ◇ ②各要素の挙動が干渉下不変な一般言明によって記述される。
  - ◇ ③各要素を支配する一般言明は独立変化可能である。
  - ◇ ④表現によって、①②③のおかげで、各要素に対する入力の操作及び要素自身の変化のもとでメカニズム全体の出力がいかに変化するかがわかる。
- 例：オペロンモデルが正しいメカニズムモデルであり生産的関係を正しく記述すると言うために必要なのは、それが正確に仮想実験の結果を予想することである。

## 6. conclusion

#### ● 心理学的メカニズム

- MECH に近いメカニズムの考え方は心理学でも認められるだろうが、その正当性は疑問である。心理学では MECH は真に規範的なものである。特に、心理学的メカニズムを描くとされる標準的なボックスダイアグラムでは、ボックスに対応する部分がモジュラリティー条件を満たすことの証拠はめったにない。

#### 教示

「初めの合図で眼を開け、刺激にインクの文字は無視して色名（印刷色）をできるだけ早く読み上げてください。左上の刺激から横方向に進み、右下まで読み終わったら終了です。」

被験者 107 人 色名 無意味

反応時間 3 1 秒 4.31 2 6 秒 4.22 t 検定 t(106) p <.0001

誤答数 0.8 個 1.01 0.5 個 0.58 t 検定 t(106) <.001