

Fenton-Glynn 「cr 法則と mr 法則」 (2016)

Fenton-Glynn, L., 2016, “Ceteris Paribus Laws and Minutis Rectis Laws,” *Philosophy and Phenomenological Research* 93 (2): 274–305.

紹介

例外を伴う特殊科学の一般則には、ceteris paribus (cp) 法則とは異なる種類の法則、minutis rectis (mr) 法則が存在すると論じた論文。本論文は、決定論的な mr 法則がより厳密な確率的法則への近似であると述べ、そうした確率的法則を導出する方法を提示している。

概要

特殊科学の一般則は例外を許容する。多くの科学哲学者は、例外を伴う特殊科学の一般則を ceteris paribus (cp) 法則とみなしている。しかし、例外を伴う特殊科学的一般則には、cp 法則とは異なる種類の一般則、minutis rectis (mr) 法則が存在する。mr 法則の例外は cp 条項が満たされないことによって生じるのではなく、この法則によって特徴づけられる系が、mr 法則に反する振る舞いに至るような（ごく稀な）基底的なマイクロ状態によって実現されることで生じる。このような例外を伴う mr 法則は、法則に期待される種々の役割を果たす上で問題を抱えているように見える。こうした問題を解決するために、本論文では mr 法則がより厳密な確率的法則への近似であるとする議論を発展させ、そうした確率的法則を導出する方法を提示する。

1 導入 (pp. 274–6)

- ・多くの科学哲学者は、反事実的主張の支持といった何らかの法則的役割を果たすような、例外を伴う科学的一般則があるならば、その種の一般則は ceteris paribus (cp) ¹一般則（法則）に属すると論じている。
- ・cp 法則の概念は、例外を許容する法則という素の概念（bare notion）よりもリッチ。
 - cp 法則の概念はどのように例外が生じるのかの学説に結びつけられる。
 - cp 法則には、「他の条件がすべて等しければ」法則が成り立つことを特定するような条項が付く。
 - > 「他の条件がすべて等しい」とは、一般に、「通常の」または「理想的な」条件が成立していることであると解釈され、さらに、この種の条件は、当該の法則が特徴づけようとする系に対する外部からの干渉が存在しないことであると説明される。
 - > 例外が生じるのは cp 条項が満たされないためであると考えられている。

¹ “ceteris paribus”は一般に「他の条件がすべて等しければ」などと訳される。cp 法則をめぐる科学哲学上の議論については資料[20]と[21]も参照のこと。

- ・本論文では、例外を伴う法則を cp 法則と等値することは誤りであると論じ、cp 法則とは異なるタイプの法則、*minutis rectis* (mr) 法則が存在すると主張する。

(Schrenk (2014) ²は、他の条件が等しい (*other things being equal*) という意味での cp 法則と他の条件が適切である (*other things being right*) という意味での *ceteris rectis* (cr) 法則を区別している。本論文における、種々の細目が適切である (*the details being right*) という意味での mr 法則のカテゴリーは Schrenk の用語法に部分的に触発されたものである。ただし、mr 法則は cp 法則の一類型でもなければ、cr 法則のような非厳密法則の一種でもない。)

- －mr 法則は、その法則が関係する様々な性質が適切な仕方を実現されたときに成り立つ。
 - －mr 法則は例外を伴う法則だが、その例外は cp 条項が満たされないために生じるのではない。
- ・mr 法則はいくつかの哲学的難問を提示する。本論文では、これらの難問に対する 3 つの潜在的な解決について概略を述べ、もっとも見込みがあると思われるものを展開する。

2 Ceteris Paribus 法則 (pp. 276–8)

- ・cp 法則の例として生態学におけるロジスティック方程式 (Logistic Equation, LE) を考える。
 - －LE : $dn/dt = r_c n(1 - n/K)$
 - > n : 或る個体群 (population) における個体の数。
 - > dn/dt : 個体群成長率 (growth rate of population)。
 - > r_c : 内的自然増加率 (intrinsic per capita growth rate of population : 資源をめぐる個体群内部での競争が存在しない場合の増加率)。
 - > K : 環境収容力 (carrying capacity : 資源制約下で維持可能な最大の個体群サイズ)。
 - －LE によれば、 n が K に対して小さいとき、 dn/dt は $r_c n$ に近くなるが、個体群が成長すると、資源をめぐる競争の増加により r_c は減少する。
- ・LE のような生態学的一般則は、法則的役割を或る程度、果たしているようにみえる。
 - －生態学者は予測や説明のために、LE を個体群同士の競争や捕食にほとんど影響されない個体群に適用する。
- ・LE は、他の条件がすべて等しければ成り立つような一般則。
 - －LE が破られるような背景条件が存在し得る。
 - > 個体群に対する淘汰の影響や、個体群を壊滅させる自然災害の発生など。
 - > LE にはそうした出来事を表す変数が含まれていない。
 - －淘汰のような出来事は、他の条件が等しくない状況を生み出す。
 - > この種の状況は阻害要因が存在する状況であり、LE は近似的にすら成立しない。
 - > こうした要因は生態学的要因ではないため、生態学者はこの種の要因をモデルに組み込まない。
 - > こうした要因は、生態学者がモデル化しようとする系 (生態系) に「外から」干渉する。

² 資料[22].

- ・LE のような一般則がどのように反事実的主張を支持し、予測や因果的説明関係を維持し得るかを説明するいくつかの試みがある。
 - －介入主義によれば、LE のような一般則は或る範囲の仮説的な介入（hypothetical intervention）の下で不変であるため、因果的説明関係を支持する。
 - －たとえば、個体群同士の競争や捕食にほとんど影響されない個体群について、もし、 r_c や K や n に介入したとすれば、 dn/dt の値は LE にしたがう。
 - －LE が介入主義的反事実を支持するという事実によって、LE の右辺にある変数は dn/dt を因果的に説明することになる。
 - －LE が成立し損なうような背景条件が存在し得るという事実は、LE が法則的役割を果たす仕方を邪魔するようなものではない。

3 Minutis Rectis 法則（pp. 278–9）

- ・科学的一般則の例外すべてが、cp 条項が満たされないことによって生じるわけではない。
 - －例外を許容するが、cp 法則ではないような法則がある。
 - 例：熱力学の第二法則（Second Law of Thermodynamics, SLT）
 - >SLT によれば、或る孤立系のエントロピーの総量は時間を通して減少しない。
 - また、或る孤立系の初期状態が平衡状態から逸脱している場合、その系のエントロピーは平衡状態に達するまで時間を通じて増大する。
 - －SLT には例外が存在する。
 - >或る孤立系の初期状態が非平衡状態である場合、そのマイクロ状態が平衡状態からさらに外れた状態に至ることがあり得る（ただし、その可能性は極めて低い）。
 - －SLT のそうした例外は、cp 条件が成立し損ねたがゆえに生じるのではない。
 - >LE の場合とは異なり、SLT が特徴づける系には、外からの干渉が存在する可能性はない。
 - －理想的な孤立系の設定は cp 条項に相当すると解釈する人がいるかもしれない。
 - >本論文で主張したいのは、cp 条項に反することとは無関係な種類の例外が存在すること。
 - >理想的な孤立系を想定しても、SLT の例外は、その系の熱力学的初期状態のめったにないミクロな物理的実現の帰結として生じ得る。
 - >こうしたタイプの例外を許容する法則が本論文で mr 法則と呼ばれているもの。
 - >熱力学的に孤立した系にとって、その系の相空間（phase space）における点の大多数はエントロピーの非減少的な軌跡（non-entropy-decreasing trajectory）の上に存在するが、わずかに、エントロピーの減少的な軌跡の上に存在する点がある。
 - >SLT は、孤立系のマクロな初期状態が前者の軌跡上の点で実現される場合に成り立つ。

- ・多くの特殊科学的一般則は、他の条件がすべて等しく（cp）、細目のすべてが適切である（mr）場合にのみ成立する。
 - －この種の一般則は cp 条項が満たされたときでさえ、例外が存在する。
 - －LE は cp 法則の一例であるが、種々の細目がすべて等しい場合にのみ成立する。
 - >たとえば、或る個体群のメンバーが一斉に SLT に反する振る舞い（神経伝達物質が複数のシナプスに拡散しなくなる、あるいは、酸素が血流に拡散しなくなるなど）を示す場合、LE は成立しない。
 - －なぜ LE が細目がすべて等しい場合だけ成立するのかについてのさらに興味深い理由がある。
 - >或る個体群の地理的分布は、或る生息地域のサブ領域における資源をめぐる競争のレベルや繁殖の可能性に違いをもたらすことで、その成長率に違いをもたらす得る。
 - >地理的分布が「適切な（right）」場合にだけ、LE は近似的に成立する。

4 なぜそれが問題か？（pp. 279–81）

- ・或る一般則の mr 的本性は、反事実的主張や予測や因果的説明関係を支持するという一般則の性能に問題があることを示しているため、cp 法則と mr 法則の区別は重要。
 - －LE の mr 的本性は介入主義的反事実を支持するという性能を損なうように見える。
 - －LE によって上手くモデル化された個体群に関してさえ、「仮に、その個体群のサイズに介入した場合、介入した後の生態系のマクロ状態は、エントロピー増大プロセスの停止に至るような仕方では実現されないだろう」という反事実的主張が真であるというのは疑わしい。
 - >個体群のサイズに介入した後の生態系のマクロ状態は、エントロピーが減少するようなミクロ状態の軌跡上に実現しているかもしれない。
 - －また、或る個体群のサイズが環境収容力以下であるような場合でも、「仮に、その個体群のサイズに介入した場合、介入後の個体群メンバーそれぞれの正確な地理的分布は個体群全体の減少に至らないような分布だろう」という反事実的主張が真であるということも疑わしい。
 - >個体群のサイズに介入した後の個体群メンバーの地理的分布は、個体群全体の減少を帰結するような分布かもしれない。
 - －上述した 2 つの反事実的主張の真理性が、Woodward 的な介入概念と Lewis 的な可能世界同士の類似性のどちらから引き出せるということについては疑念がある。
 - －このような 2 つの反事実的主張が真でないならば、個体群のサイズに介入した場合、その成長率は LE にしたがうということを推論することはできないように見える。
 - －mr 一般則が、介入のもとで生じるであろう事柄に関する反事実的主張を支持できないのであれば、mr 一般則の因果的説明関係や予測力を裏書きする性能が損なわれてしまう恐れがある。

5 潜在的な解決（pp. 281–3）

- ・ mr 法則によって示される問題に取り組もうとする際に取られ得る 3 つのアプローチ。
 - [1] Lewis 的な可能世界同士の類似性を測定する仕方を修正する。
 - －或る個体群や熱力学的系への介入が生じ、かつ、介入後の系が LE や SLT にしたがう世界は、介入後の系がそうした一般則にしたがわない世界よりも現実世界に近い。
 - －このアプローチに関する懸念は、「個体群の半分が淘汰されたならば、残った個体群のメンバーの地理的分布は個体数の減少に至るような稀な分布ではない」のような反事実的主張が真であるということを私たちに強いるというもの。
 - [2] Woodward 的な介入概念を修正する。
 - －個体群の「誤った仕方での」地理的分布に帰着するような個体群サイズへの介入は、技術的な意味で「介入」とはみなさない。
 - －このアプローチに関する懸念は、「誤った」種類の介入を体系的で、また、アドホックではない仕方で特定し得るかどうかが明確ではないというもの。
 - [3] 「決定論的な」mr 法則は確率的法則の単なる近似であると論じる。
 - －たとえば、SLT は mr 法則だが、それは mr 法則ではない確率的法則の近似である。
 - >統計力学（Statistical Mechanics, SM）は SLT の例外を伴わない確率バージョンを与えてくれる。
 - >LE についても同様の確率的近似が存在するかもしれない。
- ・ LE の確率的近似は、「もし、個体群の半分が淘汰されたならば、個体群の内的自然成長率は高いだろう」という反事実的主張を支持しないが、「もし、個体群の半分が淘汰されたならば、個体群の内的成長率が高いということの高い確率が存在するだろう」という反事実的主張を上手く支持するかもしれない。
 - －LE の確率的近似が支持するこの種の反事実的主張は、確率的な因果的説明にとって重要なものにみえる。
- ・ 次節では、この 3 つ目のオプションについて論じる。

6 決定論的 mr 法則の確率的近似の導出（pp. 283–92）

- ・ mr 法則は高レベルの一般則。
 - －mr 法則が関係する種々の性質の実現には、それが基底的な力学法則にしたがって展開した場合、mr 法則が予測する振る舞いとは異なる振る舞いを実現する状態に至るものがある。
- ・ 決定論的な mr 一般則の確率的近似を導出する際の鍵は、mr 一般則の関係する諸性質が実現される状態空間（state space）を考え、その状態空間に適切な確率分布を課すこと。
 - －このことによって、元の mr 一般則が予測するような振る舞いの実現者（realizer）となる「良い（good）」実現者の確率と、そうでない「悪い（bad）」実現者の確率が生み出される。
 - －悪い実現者はこの新しい確率的法則の例外ではない。
 - >というものの、その振る舞いには、新しい法則によって明示的な確率が割り当てられているから。

- ・以下では、このやり方でどのように SLT と LE の確率的近似が導出されるのかを概説する。

6.1 SLT の確率的近似 (pp. 283–5)

- ・SLT にしたがう振る舞いの SM 確率がどのように導出されるのかについては良く知られている。
 - －或る系の可能な熱力学的状態が実現される状態空間は相空間。
 - －或る系の相空間は $6n$ 次元 (n はその系を構成する粒子の数)。
 - > 粒子は 3 つの位置と 3 つの運動量という 6 つの変数の値が特定される必要があるため、それぞれの粒子には 6 つの次元がある。
 - －或る系の相空間における点は、その系の正確なマイクロ状態に相当する。
 - －或る系の熱力学的状態は、その系の相空間における点によって様々に実現され得る。
 - －基底的な力学は、この状態空間を通過する可能な軌跡の集合を定める。
 - > 古典的 SM の場合、基底的な力学とは決定論的なニュートン力学。
 - > ニュートン力学は、相空間における各点に対してその空間を通過する将来の軌跡を定める。
 - －この場合、相空間における「良い」点とは、次のような軌跡の上にある点。
 - > その軌跡上の連続した点が、系の連続したマクロ状態を実現し、それぞれのマクロ状態は先行するマクロ状態よりも低くないエントロピーをもつ。
 - －これに対して、相空間における「悪い」点とは、エントロピーが減少するような、系のマクロな軌跡を実現するマイクロな軌跡上に存在する点。
 - －SM において、SLT にしたがう振る舞いの確率は、或る系の相空間に何らかの確率分布を課すことで導出される。
 - > このことは、その系が良い点に存在することの条件付けなしの確率を生み出す。
 - > この確率は、或る点が良い点である確率（測度）に等しい。
 - > 悪い点についても同様。
 - －悪い点の散らばりゆえに、系が何らかのマクロ状態にあることで条件付けた場合にその系が良い点に存在している確率は、その系が良い点にあることの条件付けなしの確率に近似する。
 - －悪い点の集合の測度は低いため、その系が特定のマクロ状態にあるという条件付けのもとで、系のエントロピーは減少しない高い確率が存在する。

6.2 LE の確率的近似の導出 (pp. 285–92)

- ・或る個体群が何らかのサイズ n をもつことは、その個体群のメンバーが個体ごとの様々に異なった地理的分布を示すことと矛盾しない。
 - －その個体群の競争と再生産を決定する基底的な力学にしたがえば、初期の地理的分布のほとんどは LE におおよそ一致するような成長を帰結するが、異なる種類の成長パターンになるような分布も存在するかもしれない。
- ・決定論的な LE の確率的近似を SM 確率の導出に類似した仕方で導き出すことができる。
 - －以下では、理論的背景を押さえた上で、このことを示す。

- ・セルオートマトン (cellular automata) は、生態学者が或る生息地における或る個体群のメンバーの空間的分布をモデル化する際に使われる。
 - －セルオートマトンの基本形式は、有限個のセルをもつ格子構造と、或る初期時間 t_0 での各セルの状態、および、決定論的な更新規則 (deterministic update rules) の集合から成る。
 - －個体群生態学 (population ecology) では、格子のセルは特定の生息地のサブ領域を表し、セルの状態は各サブ領域に存在する或る個体群のメンバー数を表す。
 - －或るインターバルでの各セルにおける個体群のメンバー数は、先行するインターバルでのそのセル、および、周辺のセルにおける個体群のメンバー数に依存。
- ・本論文では単純化のため、 m 個のセルをもつオートマトンを考える。
 - －各セルの状態は、単一の変数で表される。
 - ＞この変数の値はそのセルにおける個体群のメンバーの数に相当する。
 - －このとき、 m 次元の状態空間 S を定義することができる。
 - ＞ S における或る点は、各セルの状態を特徴づける変数の値、すなわち、個体群メンバーの正確な地理的分布 (サブ領域における個体数)。
 - －更新規則は S を通過する可能な軌跡の集合、すなわち、 m 個のセルの状態が時間を通じて展開する可能な仕方の集合を定める。
 - －LE における変数 n の或る値は S における点の集合に相当。
 - ＞変数 n は個体群のメンバー数 (各セルにおける個体群メンバーの数の合計、サイズ)。
 - －或る初期時点における個体群全体のサイズ n について、その個体群の種々の可能な地理的分布は、個体群全体のサイズの将来の発展に対するまったく異なった帰結をもち得る。
- ・生態学者はしばしば、個体群のあり得る初期の地理的分布についての確率分布を介して、或る個体群の初期の地理的分布をモデル化する。
 - －セルオートマトンモデルでこうしたことを行う自然なやり方は、そうしたモデルの状態空間 S に一様確率分布を与え、その分布を、個体群の初期の全体サイズにあたる系が、状態空間 S におけるサブ領域 R を占めているという事実で条件付けること。
 - －これによって、LE にしたがうような (個体群の) 成長に対する或る確率が与えられる。
 - ＞その確率は、LE にしたがうような成長を生み出す点が占める、状態空間 S におけるサブ領域 R の比率に等しい。
 - ＞ R を占めている LE に反する振る舞いを帰結する点の割合は小さいため、LE にしたがう成長の確率は高い (ただし、1 ではない)。
 - ＞LE に反する振る舞いには、この種の確率的一般則によって明示的な (低い) 確率が割り当てられているので、こうした一般則の例外にはならない。
- ・或る個体群が何らかのサイズや地理的分布をもつことは、その個体群が種々のデモグラフィックな構造をもつことと矛盾しない。
 - －或る個体群のこうした構造は個体群の成長率に違いをもたらし得る。
 - －地理的分布と同様に、LE にしたがうような成長を帰結しない何らかの初期のデモグラフィックな構造が存在し得る。

- －生態学者は「構造化された個体群モデル (structured population model)」によってデモグラフィックな要因の影響をモデル化する。
- －原理的には、個体群の構造と地理的分布の両方を表象するモデルを構築することに特有の難しさはない。
- ・ LE に関する話はこれで終わりではない。
 - －LE 違反を帰結するような稀な地理的分布やデモグラフィック構造に加えて、個体群メンバーを維持する生化学的プロセスを毀損する SLT 違反の可能性はある。
 - －その個体群について S' を通過する軌跡を伴立する方程式それ自体を mr 方程式とみなすというのが、このケースを扱う正しい方法。
 - > S' における点は、或る系の基底的な物理状態を表すものではない。
 - > S' を通過する軌跡を与えるために用いられている方程式は、基礎的な自然法則ではなく、かなり高レベルな一般則。
 - > S' における「良い」点は、熱力学的系の相空間における「悪い」点によって実現されるかもしれない。
 - > S' における「良い」点は、LE にしたがう振る舞いを実現するような軌跡を帰結するが、熱力学的系の相空間における「悪い」点は、LE にしたがう振る舞いを実現しない軌跡を帰結する。
 - －或る個体群の、 S' を通過するような軌跡に関する mr 方程式はより厳密な確率的一般則に近似。
 - > この一般則は、その個体群がその一部であるような或る熱力学的系の相空間に対する確率分布から導出することができる。
- ・ この節では、決定論的な mr 法則の確率的近似を導出する戦略が SLT と LE についてどのように実装されるのかを概説したが、この戦略は特殊科学の至る所で反復し得るように思われる。
 - －決定論的な mr 特殊科学一般則の（より）厳密な確率的近似の導出は可能であるようにみえる。
- ・ しかし、そうした一般則が伴立する確率が客観的な公算 (objective chances) である場合にのみ、確率的一般則は法則的役割を果たすように思われる。
 - －そうした場合にだけ、これらの一般則は正しい仕方で客観的な因果的説明関係や予測を支持する。
 - －そうした確率が客観的な公算であるという見解が妥当である 2 つの理由：
 - [1] 科学者たちは、基底的な状態空間についての分布から導出された確率が因果的説明と予測において重要な役割を果たすと考えている。
 - [2] これらの確率の客観的な公算は、公算に関する一群の学説、「最善体系」スタイルの学説に由来している。
- ・ 次節では[2]について論じる。

7 最善体系分析 (pp. 292–301)

- ・自然法則と客観的公算の最善体系分析 (Best System Analysis, BSA) によれば、法則とは宇宙で生じる事柄に関する公理系の定理³.
 - この種の公理系は種々の理論的徳目 (virtues) について最善のバランスを保っている.
 - 重要な理論的徳目は、強力性 (strength), 単純性 (simplicity), 適合性 (fit) の 3 つ.
 - > 世界で生じる事柄やその蓋然性についてより多くのことを述べている公理系ほど、強力.
 - > 或る公理系を構成する公理の数がより少なく単純な公理系ほど、単純.
 - > 世界の来歴の実際の経過により高い確率を割り当てている公理系ほど、適合性が高い.
 - 客観的公算とはそうした公理系によって伴立される確率.
- ・Lewis は最善の体系を決定するための理論的徳目として、完全に自然的な用語だけをもつような言語で定式化された公理系の単純性のみを想定.
 - このことは基礎物理学の法則や公算のみから導出できないような法則や公算の存在を排除.
- ・多くの哲学者は、高レベル科学の法則は存在しない、もしくは、そうした法則は基礎物理学の法則のみから導出されるということは、Lewis 流 BSA の受け入れがたい帰結であると考えている.
- ・完全に自然的ではない性質をもち出す最善の公理系を許容するように Lewis 的 BSA を修正する、より好ましい方法とは次のようなもの.
 - Lewis も認めているように、自然的性質には程度がある. 現代物理学が正しければ、 $1/2$ のスピンをもちくことは完全に自然的な性質. 他方で、緑であることのような性質は自然的性質だが、完全に自然的な性質ではない.
 - 本論文での提案は、述語の自然性が或る公理系の単純性や強力性や適合性と並んで、理論的徳目の 1 つであるということ.
 - 或る公理系が過度に非自然的でない (not-too-unnatural) 述語を用いて単純性と強力性と適合性を達成し得るのであれば、その公理系は最善体系の候補の 1 つ.
- ・LE について述べてきたことが正しければ、以下のことはもっともらしい.
 - この宇宙についての最善の体系は、もし自然災害や淘汰や核戦争…がなければ、前節で提示した仕方で導出された LE の確率的近似は適切な個体群について成立する、ということを伴立する.
- ・前節において、LE のもっとも正確な確率的近似の導出が、或る個体群がその一部であるような熱力学的に孤立した系の相空間についての分布を含むだろうということを提示した.
- ・さらに、このような孤立系の相空間に対する分布は、そのマイクロ状態が自然災害や淘汰や核戦争が存在するようなマクロな来歴 (a macro-history) を実現するものの 1 つである確率を生み出すだろう.
 - 特殊科学的 mr 法則のもっとも正確な確率的近似は単なる cp 法則として成立しないかもしれない.
 - > というのも、そうした近似には元の mr 法則の cp 条項に反するであろう出来事sの確率が組み込まれているから.
 - こうしたことが正しければ、mr 法則の問題に対する正しい回答は、cp 条項の問題に対する解答の一部となる.

³ 自然法則の最善体系分析については資料[21]も参照のこと.