

Causality, 2nd edition

星野 崇宏*

Judea Pearl 著
Cambridge University Press
2009年9月, 428+xxxvi pp.
価格 50 USD
ISBN 978-0521895606

本書の第一版は2000年に出版されており、第二版では誤植の訂正や第一版以降の関連分野の進展、および様々な分野からの批評や反応に対する回答が追加されている。第一版は当該分野で世界的に活躍する研究者であり、筆者 Pearl 氏とも共同研究をされていた黒木学氏によって邦訳が刊行されている(共立出版『統計的因果推論』)。

本書の構成は以下の通りである。第1章では確率論の簡単な導入を行った上で、統計的な概念と因果的な概念を区別し、因果ベイジアンネットワーク、関数因果モデルを定義している。第2章では変数に対する操作が行われていない観測データにおいて、忠実性(faithfulness)や定常性(stability)と呼ばれる条件の下で、データと整合的なもっとも単純なモデル(極小モデル, minimal model)を自動的に発見するアルゴリズムとしてのICアルゴリズムやIC*アルゴリズムを説明し、得られた構造からの因果関係の定義を行っている。

第3章は想定される非巡回的有向グラフ(DAG)において、確率論からではなく因果推論の必要性から要請されるdo計算法(do calculus)のアイデアを導入した上で、do演算子を用いた因果効果の定義を述べ、特定の変数に対して仮想的な介入を行ったときに得られる因果効果の識別可能性の議論を行っている。また、観察研究ではどのような交絡因子・共変量を用いて調整を行うべきかについて、バックドア基準・フロントドア基準といったグラフィカルモデリングの理論が有用であることを示している。第4章は交絡要因・共変量の値によって介入が異なる場合である条件付き因果効果や、do計算法によって識別可能な因果効果を与えるグラフの条件、直接効果・間接効果の定義とその識別可能条件などを扱う。第5章では第3・4章の結果を特に線形の構造方程式モデルの場合を中心に適用し、因果的な解釈の可能性を提示している。第6章ではSimpsonのパラドックスを題材として、do計算法の因果推論での有用性を示し、関連性基準と一般的に呼ばれる統計的な定義による基準では交絡は検出しきれないこと、一方、独立変数に影響を与える変数と与えない変数の区別さえつく状況であれば、交絡が起こっているかどうかを検証できること、定常的に交絡しないことと併合可能性の関係を示している。第7章では反実仮想(counterfactual)

* 名古屋大学大学院経済学研究科

の構造モデルを用いて記述される決定論的な因果モデルの導入を行い、これを確率的な因果モデルに拡張している。さらに、この枠組みが有用であること、例えば可能世界論で知られる哲学者 David Lewis による「因果関係の反実仮想を用いた理解」における類似性判断のあいまいさや Supper らの確率的因果推論における単一事象レベルの扱いに関する問題を回避できることなどを述べている。第 8 章ではノンコンプライアンスがある場合にグラフィカルモデルと反実仮想モデルを組み合わせて因果効果の範囲を推論する方法を紹介している。第 9 章は必要原因 (necessary cause) と十分原因 (sufficient cause)、および原因の必要性の確率、十分性の確率、必要十分性の確率などの定義と、その区別の重要性と有用性を示している。第 10 章は単一事象における原因=実原因 (actual cause) についての議論であり、確率的因果推論とは異なり、提案された枠組みを用いれば実原因が同定できると主張している。第 11 章は第一版以降の批判や意見に対する回答、それまでの内容の明確化が行われており、具体的には傾向スコアや操作変数法など既存手法との関連、do 計算と実際の操作的介入の違い、哲学者 Cartwright が示した本書での do 計算およびモジュール性 (modularity; 介入によって特定の部分だけ変化するという仮定) の批判への反論などが取り上げられている。

本書の巻末には「因果と効果の人文学と科学」というタイトルで、著者が所属する UCLA で行った公開講演の内容が記載されており、因果推論に関する議論の歴史的概観、統計学と因果推論の関わり、そして本書で説明された方法論の本質的なアイデアが説明されているため、本文より先に読まれるのがよいであろう。また本書の数理的な側面のみを考えれば、その重要な部分の多くが宮川雅巳氏の『統計的因果推論』によって非常にわかりやすくかつ統一的に説明されており、同書を一読されることをお勧めする。

本書は因果推論についての独自の定義体系の提示と 7・8・10 章及び 11 章における確率的因果推論に対する批判と解決策の提示が行われている点で、非常に刺激のかつ挑戦的である。筆者はこれまで統計学者が因果推論について言及を避けてきたことを批判し、強固な実在論の立場から、現象の背後に存在するメカニズムについての「因果的な仮定 (causal assumption)」の下に構成される因果モデルを用いれば (準) 決定論的な因果推論が可能であると主張している。これらはこれまでの経験主義的な確率的因果推論と大きく異なっており、筆者の主張に賛同するにせよしないにせよ、統計学と因果推論の関係を考える上で避けては通れない議論である。

社会学者としての評者の立場から一言述べると、宮川氏の『統計的因果推論』で紹介されている自動車のボディ塗装工程での塗装や吹付のような、背後にあるメカニズムが明確な工学的な状況で「因果的な仮定」を利用して本書の方法論を積極的に利用することには異論はない。しかし本書で紹介されている社会科学の例 (需要と価格, 収入, 賃金の関係など) では観測された変数が集計値であるのに本来の因果メカニズムは個人や企業

などのレベルで働き、また介入が背後のメカニズムにどのように作用するかが不明な以上、一般性のある「因果的な仮定」を置くことは極めて難しいため、ここでの取り上げられている方法論の多くは利用できないか、あるいは既存の統計手法に包摂されうるはずだと考えられる。

いずれにせよ、多くの統計学者が本書を読まれることで、統計学と因果推論の関係についての議論が深まることを期待するとともに、研究デザインの評価や交絡要因・共変量の選択といった分野でグラフィカルモデリングの方法論がさらに発展することを望みたい。