

因果媒介分析における Natural Direct Effect の  
influence function に基づく one-step 推定量

因果媒介分析 (Causal Mediation Analysis) では、曝露-アウトカム間の興味のある中間変数 (Mediator) について、曝露のアウトカムに対する因果効果において興味のある中間変数を介した間接効果 (Indirect Effect) と興味のある中間変数を介さない直接効果 (Direct Effect) をそれぞれ推定する。因果媒介分析の一般的な推定対象として、自然な直接効果 (Natural Direct Effect; NDE) と自然な間接効果 (Natural Indirect Effect; NIE) が挙げられる。これらは総合効果 (Total Effect; TE) の分解が可能であるという利点がある。しかし因果媒介分析では因果効果の推定量の分散としてはブートストラップ法等を用いた事後的な評価が一般的で、事前に解析的に分散を評価することは少ない。さらに、因果効果の推定量の漸近的性質についての議論も少ない。

このような背景を踏まえ、本抄読会では NDE のノンパラメトリック推定量として influence function に基づく one-step 推定量を紹介する。one-step 推定量の特徴として、(i) 経験分布を plug-in した plug-in 推定量の 1 次のバイアスを補正した一致推定量であり、(ii) 漸近正規性を有することが挙げられる。

最後に NDE の識別可能性は no-exposure induced mediator-outcome confounder という非現実的な仮定に基づいており、その仮定が無くとも識別可能で、かつ効果の分解が可能な Interventional Effects について簡単に紹介する。さらに influence function に関する話題として、ノンパラメトリックな仮定の下では、one-step 推定量は有効推定量であることにも触れる。

【参考文献】

1. VanderWeele, T. 2015. *Explanation in causal inference: methods for mediation and interaction*. Oxford University Press.
2. Kennedy, Edward H. 2022. "Semiparametric Doubly Robust Targeted Double Machine Learning: A Review." *arXiv [stat.ME]*. arXiv. <http://arxiv.org/abs/2203.06469>.