

## 直接効果構造ネスト平均モデルと Robins の因果モデルの实在論

東京大学 大学院医学系研究科 生物統計学分野  
篠崎 智大

James Robins の因果推測法の基盤は単一世界の介入下の反事実分布を観測分布で表現した  $g$ -formula (Robins, 1986) である。一般に観察研究データでは「次元の呪い」によって層別化ができないため、追跡中の観測変数分布をパラメトリックモデルで特定することにより  $g$ -formula の近似を行うが、Robins によれば  $g$ -null パラドクス (Robins & Wasserman, 1997) と呼ばれる、任意のモデルパラメータの検定による妥当な因果帰無仮説の検定の不可能性がこの手法の重大な欠陥であった。 $g$ -formula のこの弱点を克服するために導入された構造ネストモデル (structural nested models) は反事実分布の対比に課されたセミパラメトリックモデルで、因果帰無仮説の検定をモデルパラメータの検定 ( $g$ -null test) に対応させることでパラドクスの解消を図ったものである (Robins, 1989)。さらに、構造ネストモデルのパラメータ自身に「条件付き効果」としての因果的解釈を付与できること、 $g$ -formula に戻すことで「周辺効果」の推測を可能とすることから、Robins の因果モデル内で汎用性の高い推測法であると言える。先の統計関連学会連合大会では、構造ネストモデルの一部をレビューし、さらにそのサブモデルである直接効果構造ネスト平均モデル (Robins, 1999; Shinozaki et al., 2014) を紹介した ([講演資料](#))。

直接効果に話を移すと、2010年以降は大変面白い議論が進んでいる。中でも、効果分解の一意性 (Robins & Greenland, 1992) に端を発する自然な (natural) 直接・間接効果をはじめとして、異なる因果モデル間での因果の实在性・識別性の差異が知られている。例えば Robins の因果モデル (FRCISTG という) では、自然な効果は存在を指定できるものの、制御された (controlled) 直接効果のみ識別可能であり、実際に彼の構造モデルや  $g$ -formula で対象となるのは一貫して後者に限定されている。こうした「因果推論を支える存在論と認識論」(大塚, 2018) を意識することは、その議論を不毛にしないためにこれからの因果推論研究にとってますます重要になると考えられる。このような背景で、日本行動計量学会大会では直接効果や適応的治療方針の効果を例に、Robins の因果モデルの側から彼の「介入主義」を紹介した ([講演資料](#))。特に臨床試験に対しては、その実験的な側面を鑑みれば、このような介入主義的因果モデルが果たす役割は大きいと思われ、仮想的治療方針による効果の整理を提案した ICH E9 (R1) へのパブリックコメント (Shinozaki et al., 2018) はこの立場の重要性を主張したものである。

### 文献

- 大塚淳. 日本行動計量学会第46回大会抄録集. SB17-1.
- Robins, J.M. (1986). *Mathematical Modelling*, 7, 1393–1512.
- Robins, J.M. (1989). In: *Health Service Research Methodology: A Focus on AIDS*. pp. 113–159.
- Robins, J.M. (1999). In: *Computation, Causation, and Discovery*. pp. 349–405.
- Robins, J.M. & Greenland, S. (1992). *Epidemiology*, 3, 143–155.
- Robins, J.M. & Wasserman, L. (1997). In: *Proceedings of the 13th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*. pp. 409–420.
- Shinozaki, T. et al. (2014). *Statistics in Medicine*, 33, 3214–3228.
- Shinozaki, T. et al. (2018). Available at: <https://www.regulations.gov/document?D=FDA-2017-D-6113-0013>.