

中間変数が複数存在する場合の直接効果・間接効果とその評価

横浜市立大学

田栗 正隆

University of California, San Francisco Jing Cheng

1. 要旨

介入あるいは曝露効果に関心のある多くの医学研究では、推定した介入効果を、中間変数を介さない直接効果と、中間変数を介した間接効果に分解することにも興味もたれる。近年、因果推論の枠組みにおいて多数の方法論研究が行われているが、大部分は中間変数が一つの場合の議論に限られている。本発表では、関心のある中間変数が複数（主として二つ）存在する場合についての直接効果・間接効果の定義と識別のための仮定について簡単にまとめ、既存の定義の問題点を指摘する。また、解析結果の解釈において有用と考えられる新しい効果の分解の仕方とその推定方法について論じる。提案する方法を小児の虫歯予防を目的としたランダム化臨床試験データに適用した結果を報告する。

2. 二つの中間変数が存在する場合の効果の分解

A を二値の介入を表す指示変数、 M_1, M_2 を興味ある二つの中間変数、 Y を結果変数とする。また、 $Y(a, m_1, m_2)$ を $(A = a, M_1 = m_1, M_2 = m_2)$ に固定した場合に観察されるであろう潜在結果変数、 $Y(a) = Y(a, M_1(a), M_2(a))$ 及び $M_1(a), M_2(a)$ をそれぞれ治療変数を a に固定した場合に観察されるであろう潜在結果変数、潜在中間変数とする。

個人毎の治療の総合効果 $\{Y(1) - Y(0)\}$ について、以下のような分解が成立する[1]。

$$\begin{aligned} Y(1) - Y(0) \\ = \{Y(1, M_1(0), M_2(0)) - Y(0, M_1(0), M_2(0))\} + \{Y(1, M_1(1), M_2(1)) - Y(1, M_1(0), M_2(0))\}. \end{aligned}$$

上式右辺第一項は自然な直接効果 (Natural Direct Effect) と呼ばれ、中間変数を未介入の場合の値 ($A = 0$) に固定した場合の介入効果を表す。右辺第二項は自然な間接効果 (Natural Indirect Effect) と呼ばれ、介入変数を $A = 1$ に固定した場合に、二つの中間変数が $\{M_1(0), M_2(0)\}$ から $\{M_1(1), M_2(1)\}$ に変化した場合の比較として定義される。自然な間接効果は、 M_1, M_2 それぞれのみを介する特定経路効果 (Path-specific Effects) にさらに分解されるが、この分解は二通り考えられ、一意ではない[2]。本研究では、自然な間接効果を二つの特定経路効果と M_1, M_2 の交互作用に関連した効果に一意的に分解することを考え、解析事例を通じてその解釈及び有用性について議論を行う。

参考文献

[1] VanderWeele TJ, Vansteelandt S. *Epidemiologic Methods* 2013; **2**: 95–115.

[2] Daniel RM, De Stavola BL, Cousens SN, Vansteelandt S. *Biometrics* 2015; **71**: 1–14.