

Counterfactual based Prevented Fraction

黒木 学 データ科学研究系 教授

はじめに

あるワクチンを接種しているのにある症状が現れたとき、

「(ワクチンを接種しなかったら症状が現れる人たちの)どのくらいがワクチン接種で助かったの？」

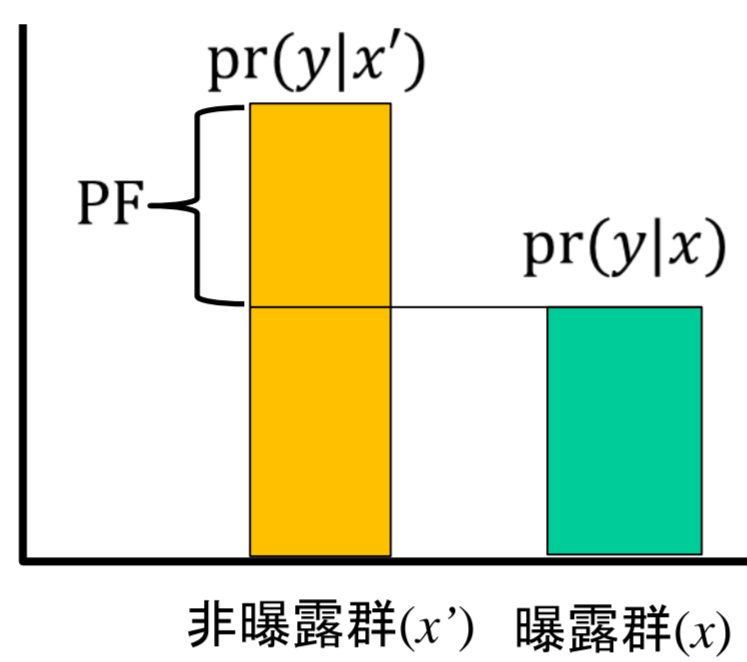
と思ったことはないでしょうか？本ポスターでは、潜在反応モデルの立場からこの問題に取り組んでみたいと思います。

問題意識

Miettinen (1974)

“ the preventive fraction (PF) is the proportion of cases prevented by the factor among the totality of cases that would have developed in the absence of the protective factor”

$$PF = 1 - \frac{\text{pr}(y | x)}{\text{pr}(y | x')} = 1 - RR$$



曝露を受けず (x')に疾病にかかった(y)患者のうち、曝露を受けなかったことが原因となって疾病にかかった(y)人の割合

問題点

- a). PFはProportionではない(PFは[0,1]以外の値もとりうる)
Miettinen (1974)は相対リスクRRが1以下であることを仮定
- b). 反事実表現がどのように反映されているのか不明
ランダム化試験などを想定

交通工学では

“A traffic conflict is an observable situation in which two or more road users approach each other in space and time to such an extent that there is a risk of collision if their movements remain unchanged” (Amundsen and Hyden, 1977).

PFのニーズがあるのは医学だけではない！

潜在反応アプローチ

対象者に対してある外的操作を行った際に現れる反応を、その対象者が持つ特徴と決定論的に結びつけたうえで、ランダムサンプリングなどの統計的要素を付加して因果効果の定量的評価を試みる統計的アプローチ

Y_x :対象者が曝露を受けたときに観測されるであろう健康状態(y;疾病, y' ; 健康)
 $Y_{x'}$:対象者が曝露を受けなかったときに観測されるであろう健康状態

一致性

$$X = x \Rightarrow Y_x = Y$$

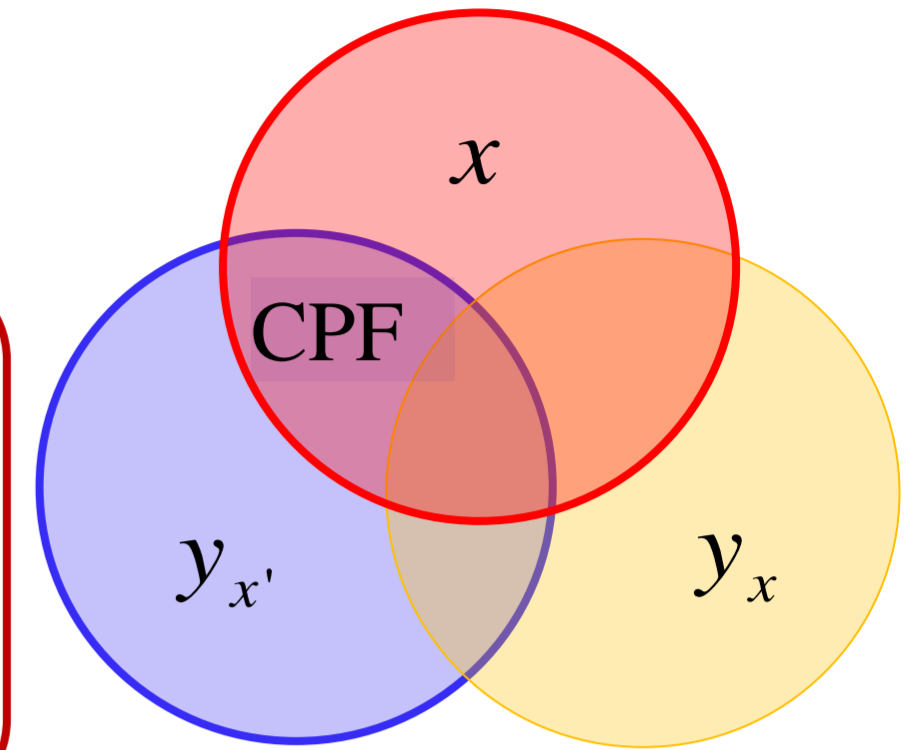
実際に曝露を受けてはじめて、曝露を受けて疾病にかかったかどうか分かる。

Counterfactual based Prevented Fraction (CPF)

定式化

$$CPF = \text{pr}(y' | x, y_{x'})$$

曝露を受けなければ(x')に疾病にかかったであろう(y)患者のうち、実際には曝露を受けて(x')疾病にかからなかった(y')人の割合



$$CPF = \text{pr}(y_{x'} | x, y') \frac{\text{pr}(x, y')}{\text{pr}(x, y_{x'})}$$

CPFはProbabilities of Causation(PCs)と多くの性質を共有

識別可能条件

単調性 $\text{pr}(y_x, y'_{x'}) = 0$ が成り立つとき

$$CPF = \frac{\text{pr}(y_{x'} | x) - \text{pr}(y | x)}{\text{pr}(y_{x'} | x)}$$

$\text{pr}(y_{x'})$ が識別可能であれば(共変量調整・ランダム化実験など)、CPFも識別可能

例:ランダム化実験が行われている状況であれば

$$(Y_x, Y_{x'}) \perp X$$

が成り立つので

$$CPF = PF$$

存在範囲

$$\max \left\{ 0, \frac{\text{pr}(y_{x'} | x) - \text{pr}(y | x)}{\text{pr}(y_{x'} | x)} \right\} \leq CPF$$

$$CPF \leq \min \left\{ 1, \frac{\text{pr}(y' | x)}{\text{pr}(y_{x'} | x)} \right\}$$

参考文献

- [1] Amundsen, F.H. and Hyden, C., Eds.(1977) .*Proceeding of First Workshop on Traffic Conflicts*. Institute of Transport Economics, Oslo/Lund Institute of Technology, Oslo, Norway.
- [2] Yamada,K. and Kuroki,M. (2016).Counterfactual based Prevented Proportions, In preparation.
- [3] Miettinen, O. S. (1974). Proportion of disease caused or prevented by a given exposure, trait or intervention. *American journal of epidemiology*, 99, 325-332.
- [4] Pearl, J. (2009). *Causality: Models, reasoning, and inference* , The 2nd Edition. Cambridge University Press (黒木学訳 (2009). 「統計的因果推論-モデル・推論・推測-」, 共立出版).