

SSE-DP-2022-2

ワクチンの有効率と有効者率

岩崎 学

統計数理研究所/順天堂大学大学院

2022年11月

SSE-DP(ディスカッションペーパー・シリーズ)は以下のサイトから無料で入手可能です。
<https://stat-expert.ism.ac.jp/training/discussionpaper/>
このディスカッション・ペーパーは、関係者の討論に資するための未定稿の段階にある草稿である。著者の承諾なしに引用・複写することは差し控えられたい。

SSE-DP-2022-2

Vaccine Efficacy rate and Proportion of Efficacy

Manabu Iwasaki

The Institute of Statistical Mathematics

November 2022

(Summary)

The vaccine efficacy rate is defined as $1 - RR$, where RR is the risk ratio of developing a disease with or without vaccination. However, it is still unclear what this efficacy rate means. In this paper, we use the idea of potential outcomes in statistical causal inference to make the meaning of the vaccine efficacy clearer. The proportion of efficacy is defined here as the proportion of the vaccine effective group (i.e., those without vaccination and with onset of disease, and those with vaccination and without onset of disease) in the total population. Then, based on the results of actual clinical trials and several observational studies, we calculated the efficacy rate and the proportion of efficacy. In the famous Pfizer clinical trial, it is shown that the efficacy was 95% but the efficacy rate is only 0.7%.

ワクチンの有効率と有効者率

統計数理研究所 特任教授
順天堂大学大学院 客員教授
岩崎 学

(注) 本稿は、2022年11月4日に滋賀大学で開催された「統計エキスパート人材育成—中間報告会」での特別講演「リスク比とオッズ比」(岩崎 学)の内容に加筆したものである。

1. はじめに

新型コロナへの対応として、政府によりワクチンの接種が強く奨励されている。新型コロナワクチンは「有効率 95%」とも称されるが、これが何を意味するのかを理解している人はそう多くないのではないかと推察される。それ故に、ワクチンは果たして効くのか効かないのかの議論が巻き起こっているのが現状である(巻き起こっていないのであれば、それはそれで問題かもしれない)。

そこで本論では、ワクチンの有効率に加え、有効者率なるものを定義し、それらを統計的因果推論の潜在的アウトカムの観点から考察する。有効率と有効者率の定義およびそれらの違いを示し、公表されている新型コロナワクチンの臨床試験のデータに適用する。また、ワクチンの有効率と称されるいくつかの研究レポートの解釈上の問題点にも言及する。

2. ワクチンの有効率と公表データでの計算結果

医薬品の有効率の定義は明瞭である。すなわちそれは

$$\text{医薬品の有効率} = \frac{\text{治癒数}}{\text{投与数}} \quad (2.1)$$

である。しかしワクチンは、有病者に投与するのではなく健康な人に投与するので、その定義を(2.1)とは異なるものにしなければならない。なお以下では、ワクチンの効果を疾病の「発症率」を基に議論する。ここでの「発症」とは、何らかの症状があり、その疾病に関する検査で陽性となることをいう。たとえば新型コロナであれば、発熱してPCR検査を受け陽性となることを表す。当然、「感染率、罹患率」をターゲットにすべきという議論もある。

「感染率」は発症しない人も含めた概念であるが、後に述べるように、ランダム化比較臨床試験では「感染率」の導出は容易でないことから、実データの分析を踏まえ、ここでは「発症率」としている。

議論を明確にするため、いくつか記号を定義する。ワクチン接種のありなしごとの発症率(条件付き確率)をそれぞれ

$$p_0 = P(\text{発症あり} \mid \text{接種なし}), \quad p_1 = P(\text{発症あり} \mid \text{接種あり}) \quad (2.2)$$

とする(表 2.1 参照)。

表 2.1 : 発症率

	発症あり	発症なし	計
接種あり	p_1	$1 - p_1$	1
接種なし	p_0	$1 - p_0$	1

このとき, リスク比 (Risk Ratio : RR) は

$$RR^* = \frac{p_1}{p_0} \quad (2.3)$$

であり, オッズ比 (Odds Ratio : OR) は

$$OR^* = \frac{p_1 / (1 - p_1)}{p_0 / (1 - p_0)} \quad (2.4)$$

で定義される. ここで, アスタリスク (*) は母集団での真値を意味し, 後に述べる標本での値と区別するために付けている. リスク比は相対リスク (Relative Risk) とも呼ばれるが, 省略形はともに RR なので区別しなくて済む. リスク比の値が例えば $RR^* = 0.2$ であれば, ワクチン接種によって母集団全体での発症率が $1/5$ になるということ, リスク比 RR^* は意味の明確な評価指標である. それに比してオッズ比 OR^* は意味がそう明確ではない. なお, 発生率が低い場合には, OR^* は RR^* をよく近似するが, 発生率が大きい場合にはその限りではない (例えば Bland and Altman (2000) を参照). なお, 発生率が大きい場合の RR の近似法として VanderWeele (2017, 2020) は OR を平方根変換した \sqrt{OR} を提唱している. \sqrt{OR} の性質に関しては別のところで議論している (岩崎, 2022).

表 2.1 の記号を用いて, ワクチンの有効率は

$$\text{有効率} = 1 - RR^* = 1 - \frac{p_1}{p_0} = \frac{p_0 - p_1}{p_0} \quad (2.5)$$

と定義される. 言葉で言うと

$$\text{有効率} = 1 - \frac{\text{接種者発症率}}{\text{非接種者発症率}} = \frac{\text{非接種者発症率} - \text{接種者発症率}}{\text{非接種者発症率}}$$

である. リスク比 $RR^* = p_1/p_0$ による定義であるため, 発症率の絶対値が大きくても小さくても有効率に変わりはない. すなわち, $p_0 = 0.01$, $p_1 = 0.001$ でも $p_0 = 0.0001$, $p_1 = 0.00001$ でも同じ 90% となる (極めて重要な性質. 後述). また当然であるが, 有効率の計算をどの集団について行ったが重要な問題である.

接種のありなしごとの発症の有無で観測された度数をもとに, 有効率の計算法を示しておこう. 表 2.2 は観測度数の記号の定義である.

表 2.2 : 観測度数

	発症あり	発症なし	計
接種あり	a	b	m
接種なし	c	d	n
計	s	t	N

前向き研究 (コホート研究), すなわち接種のありなしごとの人数 m と n をあらかじめ定め, 時間を追って発症の有無を観測した場合のリスク比とオッズ比およびワクチンの有効率はそれぞれ

$$\text{リスク比 } RR = \frac{a/m}{c/n}, \quad \text{オッズ比 } OR = \frac{a/b}{c/d} = \frac{ad}{bc}$$

$$\text{有効率} = 1 - RR = 1 - \frac{a/m}{c/n} = \frac{c/n - a/m}{c/n} = \frac{bc - ad}{mc} \quad (2.6)$$

により求められる. 定義式 (2.6) の右辺で見ると, 有効率の分子が表 2.1 を 2×2 行列とみた場合の行列式になることが興味深い. 有効率は $a:b=c:d$ のとき最小値 0 となり, $a=0$ のとき最大値 1 を取る. なお (2.6) の定義は, 疾病の発症率に加え, ワクチンの接種率 $v = m/N$ にもよらないことに注意する. したがって, ワクチンの接種率がいくらであっても, 接種のありなし群の人数を同じにして有効率を偏りなく算出できる. 有効率はワクチンそのものの力を表していて, 疾病発症率および接種率の高低には無関係なのである. 特に, 両群の試験参加者数が等しく $m=n$ であれば, $RR = a/c$ となり, (2.6) は

$$\text{有効率} = 1 - \frac{a}{c} = \frac{c-a}{c} \quad (2.7)$$

と計算が簡単になる. 定義式 (2.6) はワクチンの接種率によらないが, (2.7) は $m=n$ すなわち試験参加者数が両群で同じときの計算式であることに注意する. また, 試験参加者 N 人がどの母集団から得られたのが, 有効率の計算結果を一般化する際に問われる (問われなければならない).

例 2.1 (ファイザー社による臨床試験)

ファイザー社の公表しているランダム化比較臨床試験の結果は表 2.3 のようである.

表 2.3 : 臨床試験の結果

	発症あり	発症なし	計
接種あり	8	21712	21720
接種なし	162	21566	21728
計	170	43278	43278

表 2.3 からリスク比 RR とオッズ比 OR を求めると

$$RR = \frac{8}{21712} \approx 0.04940, OR = \frac{8/21712}{162/21566} \approx 0.04905$$

となる。発症率がきわめて小さいので OR は RR によく近似している。また、有効率は

$$\begin{aligned} \text{有効率} &= \frac{(162/21728) - (8/21720)}{162/21728} \approx \frac{0.00746 - 0.00037}{0.00746} = \frac{0.00709}{0.00746} \approx 0.95 \\ &\approx \frac{162-8}{162} = \frac{154}{162} \approx 0.95 \end{aligned}$$

となり、これが巷間いわれるワクチンの「有効率 95%」の根拠とされる。両群の度数がほぼ等しいので、有効率 $\approx (162-8)/162 = 154/162 \approx 0.95$ と「発症あり」の度数のみから求められている点に注意する。なお、非接種者発症率は $v = 162/21728 \approx 0.0075$ である (p_0 の推定値)。この臨床試験の結果は、ある時期において米国での試験参加者がリクルートされた集団に関する結果であり、ウィルスも変異して有効率も現在と異なることから、現在の日本にそのまま適用してよいかどうかは不透明である。

3. 統計的因果推論の観点からの考察

ここでは、統計的因果推論における潜在的アウトカムの観点からワクチンの有効性を議論しよう。統計的因果推論に関しては多くの文献がある（例えば、岩崎 (2015) および同書の参考文献を参照されたい）。統計的因果推論では、各個人に対し、ある処置を施した場合と施さなかった場合の結果の両方を潜在的に仮定する。これを潜在的アウトカム (potential outcomes) と呼ぶ。記号では、処置の有無を $Z=1$ (処置あり), $Z=0$ (処置なし) とし、結果となる事象の有無 (潜在的アウトカム) を $Y(Z)=1$ (事象あり), $Y(Z)=0$ (事象なし) とする。各個人は 2 つの潜在的な結果 $\{Y(1), Y(0)\}$ で特徴付けされ、処置あり ($Z=1$) の場合は $Y(1)$ が観測され、処置なし ($Z=0$) の場合は $Y(0)$ が観測される。すなわち、実際に観測される結果 Y は

$$Y = Z Y(1) + (1 - Z) Y(0) \quad (3.1)$$

と表される。なお、同一人で $Y(1)$, $Y(0)$ の片方のみは観測されるが両方は観測されず、このことを統計的因果推論における根本問題という (Holland, 1986)。 (3.1) の記法により、接種されて実際に発症が観測される事象は $Y = 1 | Z = 1$ と表される。この記法では表 2.1 の各度数はそれぞれ

$$a : Y = 1 | Z = 1, \quad b : Y = 0 | Z = 1, \quad c : Y = 1 | Z = 0, \quad d : Y = 0 | Z = 0$$

となる。

潜在的アウトカムによって、母集団全体は次の 4 つのカテゴリーに分けられる。

- (i) 接種なしで発症あり, 接種ありで発症あり $\{Y(0)=1, Y(1)=1\}$ 効果なし
- (ii) 接種なしで発症あり, 接種ありで発症なし $\{Y(0)=1, Y(1)=0\}$ 効果あり

(iii) 接種なしで発症なし, 接種ありで発症なし $\{Y(0)=0, Y(1)=0\}$ 効果なし

(iv) 接種なしで発症なし, 接種ありで発症あり $\{Y(0)=0, Y(1)=1\}$ 逆効果

これらのうち (i) は, 接種のあるなしにかかわらず疾病が発症するので, ワクチン接種は効果がないことになる. (iii) は, 接種のあるなしにかかわらず疾病が発症しないので, この場合もワクチン接種は効果がない. (ii) は接種しないと発症し, 接種すれば発症しないのでワクチン接種の効果が認められる. (iv) は接種しないと発症しないけれども接種すると発症する場合で, これはワクチンが逆効果であることを意味するが, 通常のワクチン接種では考えにくいので, そういう人はいないと仮定するのが妥当であり, ここでもその仮定を置く. 母集団における各カテゴリーに属する人の比率をそれぞれ

$$(i) x, (ii) y, (iii) z, (iv) w (=0) \tag{3.2}$$

とすると, ワクチンの「有効者率」(ワクチンの有効率 (2.5) との混乱を避けるため有効者率と呼ぶ) は y となる (表 3.1 参照).

表 3.1 : 潜在的アウトカムの比率

		接種なし			Z = 0				
		発症あり	発症なし	計	Y(0) = 1		Y(0) = 0		計
接種あり	発症あり	x	w (=0)	x	Z = 1	Y(1) = 1	x	w (=0)	x
	発症なし	y	z	y + z		Y(1) = 0	y	z	y + z
計		x+y	z	1	計		x+y	z	1

通常は, どの個人がどのカテゴリーかは分からないが, 仮定の置き方によってはそれが分かる場合と分からない場合とがある. 特に, $w=0$ の条件は重要であり, この仮定の下では, 表 2.1 の各度数から各カテゴリーの人数が算出できる. すなわち $w=0$ は x, y, z の値が一意に定まるための条件である. なお, $w=0$ でなくても $w=w_0$ と何らかの値に定めればよい. w の値が明確でない場合には w_0 の関数として x, y, z を表示することになる.

3.1. ランダム化比較試験の場合

ランダム化比較試験では, (3.2) で定義された接種のありなし群の両方で潜在的アウトカムを持つ個人が各カテゴリーに属する比率 $x:y:z$ は同じであると想定できる. このことを利用して各比率を求める. 以下では, 表 2.1 の各度数はそれぞれのセルの期待値を表すとする.

接種ありで発症ありの確率 $P(Y=1|Z=1)$ には, (i) $P\{Y(0)=1, Y(1)=1\}$ および (iv) $P\{Y(0)=0, Y(1)=1\}$ が含まれるが (iv) の確率は 0 と仮定しているので, (i) のみであり, $p_1=x$ となる. 接種なしで発症なしの確率 $P(Y=0|Z=0)$ には, (iii) $P\{Y(0)=0, Y(1)=0\}$ および (iv) $P\{Y(0)=0, Y(1)=1\}$ が含まれるが, (iv) の確率は 0 と仮定しているので, ここでも (iii) のみであり, $1-p_0=z$ となる. 接種なしで発症ありの確率 $P(Y=1|Z=0)$ には, (i) $P\{Y(0)=1, Y(1)=1\}$ および (ii) $P\{Y(0)=1, Y(1)=0\}$ が含まれるので, $p_0=x+y$ である. 最後に, 接

種ありで発症なしの確率 $P(Y=0|Z=1)$ には, (ii) $P\{Y(0)=1, Y(1)=0\}$ および (iii) $P\{Y(0)=0, Y(1)=0\}$ が含まれるので, $1-p_1=y+z$ となる. これらをまとめて, 発症率と潜在的アウトカムの3タイプの関係はそれぞれ

$$p_1 = x, 1-p_1 = y+z, p_0 = x+y, 1-p_0 = z$$

となる. よって, 母集団全体での効果ありの比率 (有効者率) は

$$\text{有効者率} = y = p_0 - p_1 \quad (3.3)$$

となる. これより, ワクチンの有効率 (2.5) は

$$\text{有効率} = \frac{p_1 - p_0}{p_0} = \frac{y}{x+y} \quad (3.4)$$

と表すことができる. そして, 有効率と有効者率の関係は

$$\text{有効者率} = p_0 \times \text{有効率} \quad (3.5)$$

である. 疾病の発症率が r 倍 (rp_0, rp_1) になると, 有効率は不変であるが, 有効者率は r 倍になることに注意する. 有効者率の最小値は 0 (有効率 = 0) であり, 最大値は非接種者発症率 p_0 (有効率 = 1) となる. また, 有効者率 (3.3) の定義式も (2.6) と同様, ワクチンの接種率によらず, ワクチンの力そのものを表すものとなっている. 表 2.2 の観測度数による計算式は,

$$x = \frac{a}{m}, z = \frac{d}{n}, y = 1 - x - z = \frac{bc - ad}{mn} \quad (3.6)$$

である. 各セルの度数は各比率の値に全観測値数 ($m+n$) を乗じて得られる.

例 3.1 (例 2.1 の続き)

表 2.2 の臨床試験の結果から各比率を求めると,

$$x = \frac{8}{21720} \approx 0.00037, y = \frac{21712 \times 162 - 8 \times 21566}{21720 \times 21728} \approx 0.00709, z = \frac{21566}{21728} \approx 0.99254$$

となる. すなわち, 有効者率 y はおおよそ 0.71% と算出される. これらに全参加者数 43448 を乗じて各カテゴリーの度数を求め, 整数値に四捨五入すると表 3.1 のようになる.

表 3.1 : 潜在アウトカムの度数

		接種なし ($Z=0$)		計
		発症あり ($Y(0)=1$)	発症なし ($Y(0)=0$)	
接種あり ($Z=1$)	発症あり ($Y(1)=1$)	16	0	16
	発症なし ($Y(1)=0$)	308	43124	43432
計		324	43124	43448

潜在的アウトカムの観点から, 例 2.1 で求めた有効率 95% を解釈しよう. この 95% という

数字は、接種なしで発症が観測された人 ($Y=1 | Z=0$) 162 人の中で、接種されても発症する人 ($Y=1 | Z=1$) の 8 人を引いた $162 - 8 = 154$ 人の比率 $154/162 (\approx 95\%)$ として導出された。この値は、(3.5) から分かるように、潜在的アウトカムで接種しないと発症する人 ($Y(0) = 1$) 324 人の中で、効果のある人 $\{Y(0) = 1, Y(1) = 0\}$ 308 人の比率 $308/324$ となっている。

3.2. 種々の研究結果とその解釈

ランダム化比較試験は、表 2.2 で分かるように、きわめて多くの試験参加者と時間ならびに費用を要し、しかも新型コロナウイルスの変異が多く見られることもあって、その実施は容易ではないというよりほぼ不可能である。それゆえ、様々な研究デザインによる臨床研究がワクチンの有効性を示すために実施されている。ここでは、ランダム化比較試験以外の研究デザインで収集されたデータから有効率もしくは有効者率を求める場合の注意事項を吟味する。

ランダム化比較試験ではワクチンの接種群と非接種群とで (3.2) で定義された潜在的アウトカムの比率 x, y, z が同じと想定できたが、観察研究ではその想定が成り立たない可能性が高い。したがって、3.1 項の議論はそのまま成り立つわけではないことに注意する。両群での比率が同じになるような工夫が求められる。

例 3.2 (発熱外来の受診者)

新城ほか (2022) は、関東の 13 医療機関の発熱外来などを受診した成人を対象に解析を行った。表 3.2 はその報告を基にワクチンの未接種者と 2 回接種者に関してまとめたものである。この研究では、1229 人の参加者を、ワクチンの接種の有無および PCR 検査での陽性・陰性に分類している。このデータを基に、潜在的アウトカムごとに数値を求めたのが表 3.3 である。表 3.3 によると、ワクチンの有効率は 36.1% で、有効者率は 20.7% である。有効率は低く、有効者率は相当大きい。調査対象が発熱外来などの受診者という特殊な集団での結果である。

表 3.2 : 発熱外来等受診患者に関する調査結果

	陽性	陰性	計	陽性率	オッズ	オッズ比	リスク比	有効率
2 回接種	372	644	1016	36.6%	0.578	0.431	0.639	0.361
接種なし	122	91	213	57.3%	1.341	平方根		
計	494	735	1229	40.2%	0.672	0.656		
接種率	75.3%	87.6%	82.7%					

表 3.3 : 表 3.2 から求めた潜在的アウトカムの比率と度数

		接種なし			計	潜在的	比率	度数
		陽性	陰性	計				
2 回接種	陽性	450	0	450	x	0.366	450	
	陰性	254	525	779	y	0.207	254	
	計	704	525	1229	z	0.427	525	
						計	1.000	1229

なお、新城ほか (2022) のタイトルには「症例対照研究」とあるが、研究デザインは通常の症例対照研究ではなく、受診者の「接種のありなし」と「陽性・陰性」の二重分類のデータである。また、有効率の計算を (2.6) の $1-RR$ ではなく、(調整) オッズ比を OR として $1-OR=0.571$ としているが、 $1-OR$ が何を意味するかは不明で、かつイベント率が小さくないので、 OR は RR を近似しているとはいえない。平方根変換した $\sqrt{OR}=0.656$ は $RR=0.639$ に近い。

例 3.3 (イスラエルにおける観察研究)

オミクロン株に対する新型コロナワクチンの 4 回接種の有効性を調べるため、イスラエルで、60 歳以上でファイザー社のワクチンを 4 回接種した群と 3 回接種群とが比較された。データは、イスラエルにおけるデータベースから取られたもので、4 回接種群と 3 回接種群の後ろ向きコホート研究 (観察研究) である。観察期間は約 4 週間であり、その間、参加者の脱落や新規加入などで Number at Risk の人数が変動しているため、ここでは大雑把に、それらの平均を合計人数 (表 2.1 の m および n) とした。細かな数字は異なるかもしれないがオーダーとしては合っている (審議会資料 (2022) 参照)。なお、本研究では、両群の個体がマッチングされていることから (マッチングの詳細は明らかではないが)、両群の比較可能性はある程度担保されていると考えられる。表 3.4 はイベントとして「発症」とした場合の計算結果である。また、各種イベントでの有効率および有効者率は表 3.5 のようである。

表 3.6 は、同じくイスラエルのデータに基づく別の研究での結果である。表 3.6 では、ワクチンの有効率は 8.7% と極めて低い値になっているが、これはイベントが「死亡」で、イベント発生率が極めて低いためであろうと推察される。有効者率も 0.01% とごく小さな値となっている。

表 3.4 : イスラエルでのコホート研究の結果 (イベントは「発症」)

発症	事象あり	事象なし	計	事象あり率	オッズ	オッズ比	リスク比	有効率
4 回接種	2557	134761	137318	1.862%	0.019	0.508	0.517	48.3%
3 回接種	4855	129871	134726	3.604%	0.037	平方根		
計	7412	264632	272044	2.725%	0.028	0.712		
4 回接種率	34.5%	50.9%	50.5%					

		3 回接種			潜在的		
		事象あり	事象なし	計	x	比率	度数
4 回接種	事象あり	5066	0	5066	y	1.74%	4738
	事象なし	4738	262241	266978	z	96.40%	262241
	計	9803	262241	272044	計	100.00%	272044

表 3.5 : イスラエルでのコホート研究の各種イベントの有効率と有効者率

イベント	有効率	有効者率
感染	39.7%	3.49%
発症	48.3%	1.74%
入院	61.4%	0.15%
重症	59.5%	0.06%
死亡	74.0%	0.02%

表 3.6 : イスラエルの別の研究における「死亡」の有効率と有効者率

死亡	事象あり	事象なし	計	事象あり率	オッズ	オッズ比	リスク比	有効率
4回接種	92	170327	170419	0.054%	0.001	0.913	0.913	8.7%
3回接種	232	392016	392248	0.059%	0.001	平方根		
計	324	562343	562667	0.058%	0.001	0.955		
4回接種率	28.4%	30.3%	30.3%					

		3回接種					
		事象あり	事象なし	計	潜在的	比率	度数
4回接種	事象あり	304	0	304	x	0.05%	304
	事象なし	29	562334	562363	y	0.01%	29
	計	333	562334	562667	z	99.94%	562334
		計			計	100.00%	562667

4. おわりに

ワクチンの有効率と、統計的因果推論の潜在的アウトカムから求めた有効者率について議論した。交換言われるところの有効率は、疾病の発症率およびワクチンの接種率に影響を受けない一方、有効者率はワクチンの接種率の影響を受けないが、疾病の発症率の影響を受け、発症率が r 倍になると有効者率も r 倍になることが示された。ワクチンの有効率のみが喧伝され、独り歩きしている感があるが、本論で定義した有効者率も加えての政策決定が必要と考える。特に、疾病の発症率（重症化率なども同じ）が有効者率に影響を与えることから、発症率に注意しなくてはならない。

ワクチンが「疾病の重症化を防ぐ効果は 90%」という意味は、ワクチンを接種しないと重症化する人 100 人のうち 90 人はワクチンによって重症化しない、という意味であるが、ではその 100 人は何人中か（重症化率）というと、2022 年 10 月 26 日では、多く見積もっておおよそ 1000 万人中 100 人である。90 人を救うために 999 万 9910 人は無駄にワクチンを打っていることになる。

また、マスク着用の有効率・有効者率はワクチンと比べてどの程度なのだろうか？

参考文献

Bland, J. M. and Altman, D. G. (2000). The odds ratio. *BMJ*, **320**, 1468.

Holland, P. W. (1986). Statistics and causal inference (with discussion). *Journal of the American Statistical Association*, **81**, 945-970.

- VanderWeele, T. J. (2017). On a square-root transformation of the odds ratio for a common outcome. *Epidemiology*, **28**, e58-e60.
- VanderWeele, T. J. (2020). Optimal approximate conversions of odds ratios and hazard ratios to risk ratios. *Biometrics*, **76**, 746-752.
- 岩崎 学 (2015). 統計的因果推論. 朝倉書店.
- 岩崎 学 (2022). オッズ比の平方根変換. 研究会資料.
- 新城雄士ほか (2022). 新型コロナワクチンの有効性を検討した症例対照研究の暫定報告 (第三報). 国立感染症研究所.
- 審議会資料 (2022). https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/69107/69107_20220513174703-1.pdf