

1000人中、4→3人の効果をどう表現するか。相対リスク減少率 25%。絶対リスク減少率 0.1%。

%ではなく自然頻度で考えると、わかりやすい。

錯覚についてどれほど理解したとしても、錯覚そのものは事実上、克服できない。

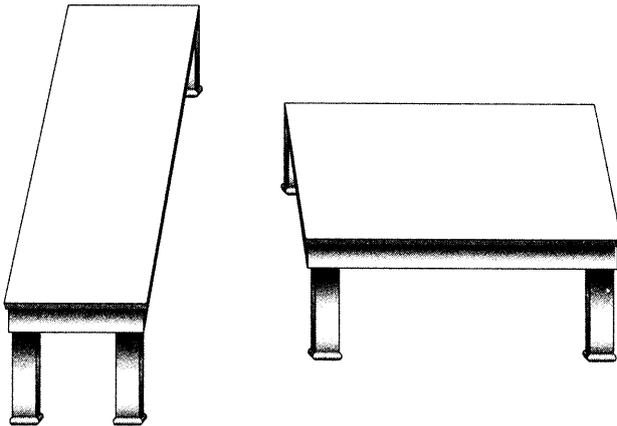


図 2-2 向きを変えたテーブル。この 2 つのテーブルは大きさも形もまったく同じだ。この錯覚図形はロジャー・シェパードの作品。(1990) (Reproduced with permission of W.H.Freeman and Company.)

一般に未熟さの克服とは、それまで信じてきた物語や事実、価値観の欠陥に気づくことを意味する。

数学オンチ innumeracy

~~~~~

innumeracy 【名】数字音痴

~~~~~

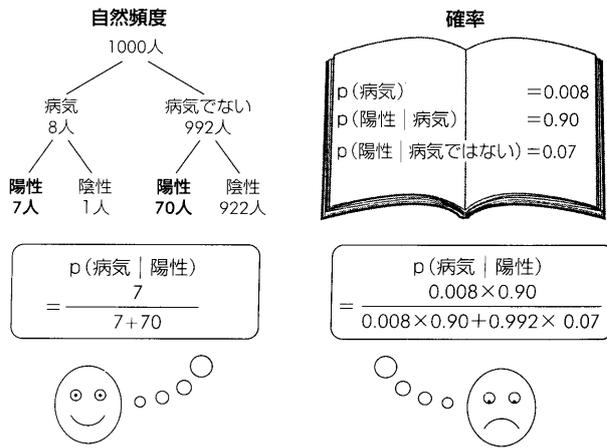


図4-2 自然頻度ならベイズの法則の計算がやりやすい。関連情報を自然頻度で受け取ったにここ顔のひとは、検査結果（あるいは症状）が陽性だった場合の病気の可能性を簡単に計算できる。この場合には、2つの数字にだけ注目すればいいからだ。検査結果が陽性で病気であるひとの数（ $a=7$ ）と、検査結果は陽性だが病気ではないひとの数（ $b=70$ ）である。しかもっ面のひとは同じ情報を確率のかたちでもらったので、計算に苦勞する。こちらのひとが組み立てた計算も、 $a/(a+b)$  で、じつはここ顔のひとの計算と同じだが、自然頻度の $a$ と $b$ が条件付確率のかたちになっている。確率の計算方式はずっとややこしいのである。

乳がん検診の目標は、早期発見によって乳がんの死亡率を低下させることだ。検診ではがんを予防できない。それでは、検診が実際にこの目標達成に役立っているのか、あるいはいっ役立つのかを見分けるにはどうすればいいのだろうか？

表5-1 10年間の乳がん死亡率の低下（40歳以上）。スウェーデンで行なわれた28万人（概数）の女性を対象とする4つのランダム化対照試験の実数による結果。（Data from Nyström et al., 1996, in Mühhauser and Höldke, 1999.）

治療（処置）	死亡者（1,000人あたり）
乳がん検診なし	4
乳がん検診受診	3

**相対リスク減少率** リスクを表現する方法の一つを使うと、乳がん検診で、乳がんによる死亡のリスクが二五パーセント低下した、つまり相対リスクが二五パーセント減少したことになる。保健機関は相対リスクでメリットを説明するのが好きで、これが誤解の可能性につながる。相対リスクが二五パーセント減少した、というのはどういう意味か？ 多くのひとは、検診に参加した一〇〇人の女性のうち二五人の生命が政われるということだろう、と誤解する。

...

（表5-1）。一〇年後、最初のグループでは四人の女性が、あとのグループでは三人の女性が乳がんで死亡していた。四人から三人に減少したのだから、相対リスク減少率は二五パーセントになる。

**絶対リスク減少率** 絶対リスクの減少は四人から三人へ、つまり一〇〇〇人に一人だ（〇・一パーセント）。言い換えれば、一〇〇〇人の女性が一〇年間検診に参加する

と、そのうち一人はたぶん、乳がんによる死を免れる。

**要治療数 (NNT)** 要治療数という、検診のメリットを伝える三番目の方法がある。一人の生命を救うために何人を治療する必要があるか、という数だ。この数が少ないほど、治療法の効果は高い。ここで取り上げたケースでは一〇〇〇人である。一人の生命を救うには、一〇〇〇人が検診を受ける必要があるからだ。

**余命増加** 最後に、余命増加によってメリットを表わすこともできる。五九歳から六九歳まで検診を受けた女性の余命は平均して一二日間延びた。

ドイツでは、三〇〇万人か

ら四〇〇万人の女性が毎年乳がん検診を受けている（ドイツの健康保険会社は検診の費用を支給しないが、医師が症状を工夫して、保険会社に乳房X線検査の費用を負担させる場合が多い）。このうち約三〇万人が偽陽性で再検査にまわされる。偽陽性がこれほど膨大な数に上る結果として、**推計一〇万人が乳がんではないのに毎年、なんらかのかたちの侵襲的な手術を受けている。**

...

オランダの医師たちは、陽性の定義

をより厳格にして偽陽性を排除しようとした。この方法によって偽陽性の率は減少したが、代償として真の陽性のほうに影響が出た。つまり、検診で見逃されるがんが増えたのである。

まとめ

乳房X線検査は女性にメリットとコストとをもたらす。コストには大きく分けて三種類ある。第一に、乳がんでない女性の二人に一人は（一〇回の検査で）一回以上偽陽性を経験し、その診断と治療の結果、乳房組織の摘出や不安の増大といった身体的、心理的な損傷を負う可能性がある。第二に、非進行性（あるいは進行の遅い）乳がん患者の大半は、検診を受けなければ、がんになっていても生涯、異常細胞に気づかない。この場合には、細胞が侵襲性のがんに発展するかどうかは誰にもわからないから、身体的、心理的影響をとまなう乳管腫瘍摘出手術や乳房切除、化学療法、さらには放射線療法などが、第二のコストとなつてのしかかる。最後に、乳がんでなかった一万人の女性のうちほぼ二人から四人は、**乳房X線検査での放射線が引き起こすがんになり、そのうち一人は死亡する。**

これらは、患者の側から見た乳房X線検査の大きな難点だ。

...

五〇歳になるまでは、乳房X線検査はコストだけでメリットがないように思われる。だが五〇歳の女性は想定されるメリットがコストを上回るかという疑問に直面する。それぞれが自分で答えを決めなければならない。医師は検診のメリットとコストについて患者の理解を助けることはできるが、それをどう評価するかについては助言できない。決断はそれぞれの女性の目標に決定的に左右される。心の安定や身体を傷つけずにおくことを優先するか、自分が検診で利益を受ける少数の一人になる可能性を試す気があるかないか、な

どだ。

賢い選択をするためには、女性がリスクを知っていなければならない。女性たちは知らされているだろうか？

予防的乳房摘出手術は、実際にはどれほどのメリットがあったのだろうか？ 家族に乳がん患者がいて、ミネソタ州のメイヨー・クリニックで予防的乳房摘出手術を受けた六三九人の女性のその後を調べた新しい調査がある。この女性たちはハイリスク（たとえば乳がん遺伝子の BRCA1、BRCA2 に突然変異がある場合や、乳がんになった一親等の家族が一人または複数いる場合）か中程度のリスクに分類されるひとたちだった。手術時の年齢の中位数は四二歳で、フォローアップ年数の中位数は一四年である。結果は表 5-4 に示したとおりだった。

表 5-4 予防的乳房摘出手術による乳がん死の減少。(Hartmann et al.1999)

処置	死亡者 (女性 100 人あたり)	
	ハイリスク・グループ	中程度のリスクのグループ
予防的乳房摘出手術	1	0
統制群 (手術なし)	5	2.4

メリットを説明する方法

#### ・ハイリスク・グループ

**絶対リスク減少率** 予防的乳房摘出手術によって、乳がんで死亡する女性の数は一〇〇人に五人から一人に減った。したがって絶対リスク減少率は一〇〇人に四人（四パーセント）である。

**相対リスク減少率** 予防的乳房摘出手術によって、乳がんで死亡するリスクは八〇パーセント減少した（五人に四人が救われたのだから、八〇パーセントになる）。相対リスク減少率は絶対リスク減少率（一〇〇人のうち四人）を処置を受けずに死んだ数の割合（一〇〇人のうち五人）で割った値であることを思い出していただきたい。

**要治療数 (NNT)** 一人の生命を救うために乳房摘出手術を受ける必要がある女性の数は二五人。この手術で一〇〇人に四人（二五人に一人）が救われたからである。

#### ・中程度のリスクのグループ

**絶対リスク減少率** 予防的乳房摘出手術によって、乳がんで死亡する女性の数は一〇〇人に二・四人からゼロに減った。したがって絶対リスク減少率は一〇〇人に二・四人（二・四パーセント）である。

**相対リスク減少率** 予防的乳房摘出手術によって、乳がんで死亡するリスクは一〇〇パーセント減少した。

**要治療数 (NNT)** 一人の生命を救うために乳房摘出手術を受ける必要がある女性

の数は四二人。

・・・

た

たとえばハイリスク・グループの女性については、乳がんによる死亡のリスクを相対リスク減少率で表わすか絶対リスク減少率で表わすかによって、八〇パーセント低下するとも四パーセント低下するとも言える。しかも要治療数からすれば、ハイリスクの女性二五人のうち一人が救われ、残る二四人は乳房摘出手術から何のメリットも受けないことになる（ハイリスク・グループの大半は、乳房を摘出しなくても乳がんで死ぬことはなく、少数は摘出後も乳がんで死亡するから）。中程度のリスクのグループでは、処置を受けた四二人に一人が救われるから、四二人のうち四一人は何のメリットもなく乳房を失ったということだ。

・・・

だが一方では、受ければもう何

の心配もいらないわけでもないことは、手術後も七人の女性が乳がんにかかっていることから明らかだし、処置を受けた大多数の女性はべつに余命が延びたわけでもないのに、生活の質の低下をもたらしている。

乳がんは予想がつきにくい病気で、成長が早い腫瘍もあれば、成長が遅くて何の症状も出ない腫瘍もあるし、その中間も存在する。

## PSA 検

査を受けた者も受けなかった者と同じように早く、同じような頻度で死ぬのである。友人は早期発見と死亡率の低下を混同していた。PSA 検査はがんを検出するかもしれないが、効果的な治療法は今のところないから、早期発見が余命の延びにつながることは証明されていないのである。

・・・

検査結果にはかなりの偽陽性が含まれる。し

たがって、PSA が高レベルであっても、ほとんどはがんではない。このことは、前立腺がんではない多くの男性が不必要な不安にさらされ、多くの場合、苦痛をとまらぬ再検査を受けさせられることを意味する。前立腺がんの男性は、もっと重いコストを払わされる可能性もある。外科手術や放射線治療を受けて、失禁や勃起不全といった生涯続く深刻なダメージを受ける男性は多い。ところが、前立腺がんの多くは進行が遅いから、検査を受けなければ一生わからなかったかもしれない（図 5-2 を参照。前立腺がんの一五四人のうち、このがんが理由で死んだのは二四人だけである）。自然死した五〇歳以上の男性の解剖結果で、三人に一人は何らかのかたちの前立腺がんをもっていたことがわかっている。多くの男性は前立腺がんのためではなく、前立腺がんをもったまま死亡するのである。

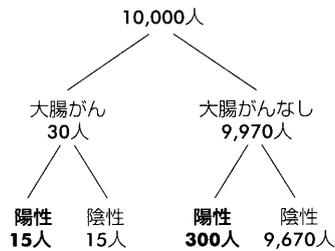


図6-2 大腸がん検診の自然頻度のツリー。便潜血検査結果が陽性と出た315人(太字)のうち、約15人が大腸がんと予想される。確率でいえば4.8%。(Data from Gigerenzer, 1996a; Hoffrage and Gigerenzer, 1998.)

「検査結果は何を意味するのか？」という質問の答えは、頻度のツリーを描いてみれば出てくる (図6-2)。便潜血検査結果が陽性だった三一五人のうち、ほんとうに大腸がんだと予想されるのは一五人で、**確率は四・八パーセント**だ。乳がん検診のときと同じように、便潜血検査の大半は検診目的で実施されるし、**検査結果の大半は偽陽性**なのだ。理由も同様だ。大腸がんになるひとはそう多くないが、こんなふうに病気が稀な場合、真の陽性の率は低く、ほとんどの陽性は偽陽性と考えられる (正確な数値は偽陽性の発生率によって違う)。たとえば、ある調査では検査結果が**陽性と出た受診者のうち九四パーセントから九人パーセントは大腸がんではなかった**。

同じ誤りでも**がんの確率を過大評価する側に傾けば**、がんを見逃すことはめったにないから、医療過誤訴訟から身を守れる。同時にこの方針なら追加的な診断や治療のおかげで病院や医院の収入が増える。この方針のコスト——大量の偽陽性とその結果患者が負担する身体的、心理的、金銭的コスト——は、**がんを見逃すことへの医師の不安の前では消えてしまう**。先に紹介した会議の主催者が言っていたように、偽陽性だったとわかれば女性患者はふつう喜ぶ。だが、検診で陽性結果が出た一〇人のうち九人は乳がんでないことを最初から知らされていれば、偽陽性だった場合の喜びはもっと小さいだろう (それに、検査結果を知ったときの不安も小さかっただろう)。

DNA 鑑定にはふつう次のような間接的な方法が取られる。研究機関は酵素を使って長い DNA 配列をいくつかの断片に切り分け、サンプルをつくる。この断片を電気泳動法によって分けて、ナイロン皮膜のうえに並べ、X線フィルムに感光させる。このプロセスでつくられるスーパーマーケットのバーコードに似た一連の線あるいはバンドは**オートラジオグラム**と呼ばれる。この何本かのバンドのパターンが DNA プロファイルだ。DNA プロファイルのバンドが**一定の誤差の範囲内で特定のサンプルと重なれば、「一致」したと言う**。

~~~~~

オートラジオグラフィー（英: autoradiography）は、放射線写真法やオートラジオグラムとも呼ばれ、分布している放射性物質から放出されるベータ線粒子やガンマ線から画像(オートラジオグラフ)を作成する手法である。生物学においては、放射性物質が特定の組織に滞留することを確認する手法として用いられる。放射性物質は、代謝系経路に導入されたり、レセプターや酵素に結合したり、核酸に組み込まれたりする。オートラジオグラフの撮影のために、放射性アイソトープでラベルされた組織部にフィルムや乾板をあてる。

~~~~~

#### ◆条件付確率

専門家証人は、犯人の可能性のある男性は一〇〇〇万人いると証言した。無作為に選び出した男性が、犯行現場で発見された痕跡と一致する DNA プロファイルをもっている確率は、ほぼ〇・〇〇〇パーセントである。ある男性がこの DNA プロファイルの持ち主であれば、ほぼ確実に DNA 分析で一致という結果が出る。同じ DNA プロファイルをもっていなくても、現在の DNA 技術では〇・〇〇パーセントの確率で一致したという結果が出てしまう。

被告の DNA と被害者に残された痕跡が一致したと報告された。

質問 1 報告された一致が真の一致である確率、つまり被告が実際に証拠の DNA プロファイルをもつ確率はどれくらいか？

質問 2 被告が証拠の帰属者である確率はどれくらいか？

質問 3 本件についてあなたが判決を下すなら、被告は有罪か、無罪か？

#### ◆自然頻度

専門家証人は、犯人の可能性のある男性は一〇〇〇万人いると証言した。このうちほぼ一〇人が、犯行現場で発見された痕跡と一致する DNA プロファイルをもっている。ある男性がこの DNA プロファイルの持ち主であれば、ほぼ確実に DNA 分析で一致という結果が出る。同じ DNA プロファイルをもっていなくても、現在の DNA 技術では一〇〇〇万人に一〇〇人は一致したという結果が出てしまう。

被告の DNA と被害者に残された痕跡が一致したと報告された。

質問 1 報告された一致が真の一致である確率、つまり被告が実際に証拠の DNA プロファイルをもつ確率はどれくらいか？

質問 2 被告が証拠の帰属者である確率はどれくらいか？

質問 3 本件についてあなたが判決を下すなら、被告は有罪か、無罪か？

基本となる人口グループに同一の DNA プロファイルをもつ男性が一〇人いること、さらに一〇〇人は DNA プロファイルが違うにもかかわらず、一致

という結果が出るのがわかる。つまり一〇人のうち、実際に DNA プロファイルが一致するのは一〇人だけである。

...

証拠の帰属者は一〇人の男性のうち一人だけ。

民主主義大国のなかではアメリカ、インド、日本だけが今も死刑を実行している。

### モンティ・ホール・プロブレム

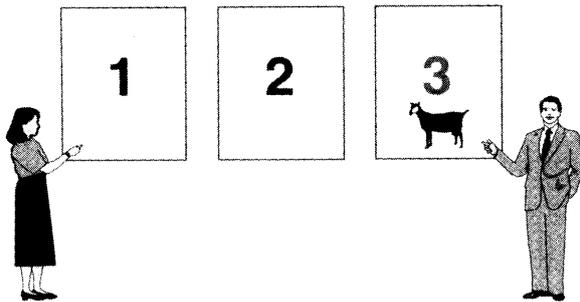


図 13-4 3つのドアの問題。モンティ・ホール・ショーの出演者は、3つのドアから1つを選ぶ。3つのうちの1つには自動車があり、あとの2つにはヤギがいる。出演者（左側）は1番を選んだ。自動車がどこにあるかを知っているモンティは3番を選んでヤギを見せる。出演者は2番に変えるべきだろうか。それとも1番のままのほうが得か？

あなたがクイズ番組の出演者だとします。あなたの前には三つのドアがあります。一つのドアの向こうには自動車があり、あとの二つにはヤギがいます。あなたがたとえば一番を選ぶと、どのドアが当たりかどうかを知っている司会者が別のドア、たとえば三番を選びます。それから司会者が言うのです。「二番のドアに変えますか？」さてドアを変えるか、変えないか、あなたにはどちらのほうが得でしょうか？

#### ●視点を考える

出演者ではなくて、モンティの立場で考えてみる。言い換えれば、ドアの前ではなくて、裏側にいると想像する。司会者であるあなたはどのドアが当たりかを知っている。当たりは三番目のドアで、出演者はすでに一度選んだとしよう。この場合、三つのケースが考えられる。出演者が一番目のドアを選んだのなら、あなたは二番目を開くしかない。出演者が二番目を選べば、あなたは一番目を開くしかない。どちらも出演者が選択を変えれば当たりになる。出演者が三番目を選んだ場合にだけ、あなたは一番目でも二番目でも好きなほうを開くことができる。三つのシナリオのうち、最後のケースだけ、出演者は自動車を獲得できない。つまり、出演者は三つのケースのうち二つで、選択を変えれば賞品が手に入り、選択を変えないほうがいいのは一つのケースだけだ。モンティの目から見れば、選択を変えることで賞品獲得の確率が三分の一から三分の二に高まるがよくわかる

### 三五回の陰性

一九九五年四月、それまでは健康だった三六歳のアメリカ人建設労働者が疲労感を訴え、HIV 検査を受けた。ELISA 法は、アメリカ食品医薬品局に承認された HIV 検査法だが、この検査の姓和果は陰性だった。

．．．

診療のときに、建設労働者は——善意から——それまでの四年間に三〇回以上も献血したと話した。どの場合にも、通常の ELISA 法——献血者の HIV 感染を調べるために実施される——の結果はすべて陰性だった。この建設労働者の血を輸血された人々がどうなったのかはわからない。HIV に感染したこの男性は四年のあいだに三五回以上も HIV 検査で陰性という結果が出ていたのだ。

．．．

どうしてこの建設労働者は感染していたにもかかわらず HIV 検査が陰性だったのか、いまだに説明がつかない。このようなケースは非常に稀だが、しかし再び起こる可能性はある。ELISA 法もその他の HIV 検査も、これまで開発されたなかでは最高の抗体検査法だが、それでも確実性には手が届かないのである。

現代のような技術社会でも、アリストテレスの二つの世界は混在する。大半の人々はあまり考えもなく二つの世界を行ったり来たりしている。たとえば、スポーツでは不確実性の世界を楽しむ。試合の結果は戦略と偶然の産物であることがわかっている。スポーツや株式市場、その他の競争的状況では不確実性を享受する。

ブラシーボというのはラテン語で「わたしに喜ばしいことが起こるだろう」という意味。

## CALCULATED RISKS

How to know When Numbers Deceive You

by Gerd Gigerenzer

ペーパーバック - 2003/3/19