

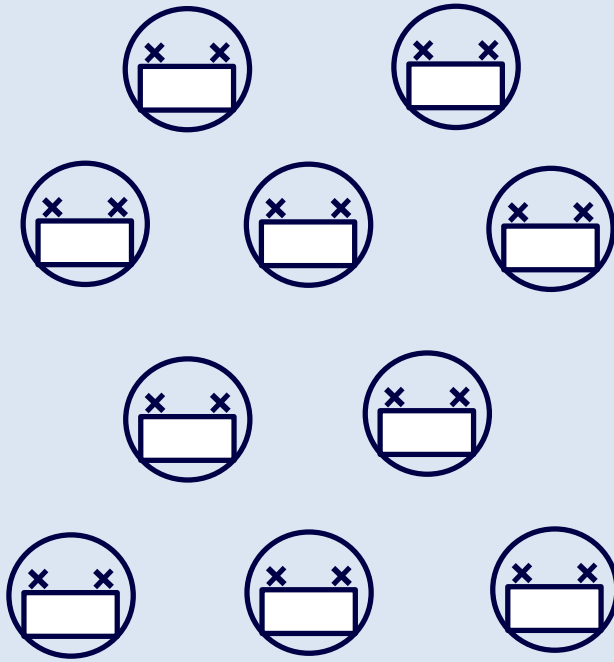
2016年度日本疫学会スライドコンテスト受賞作品

感度・特異度・ROC曲線

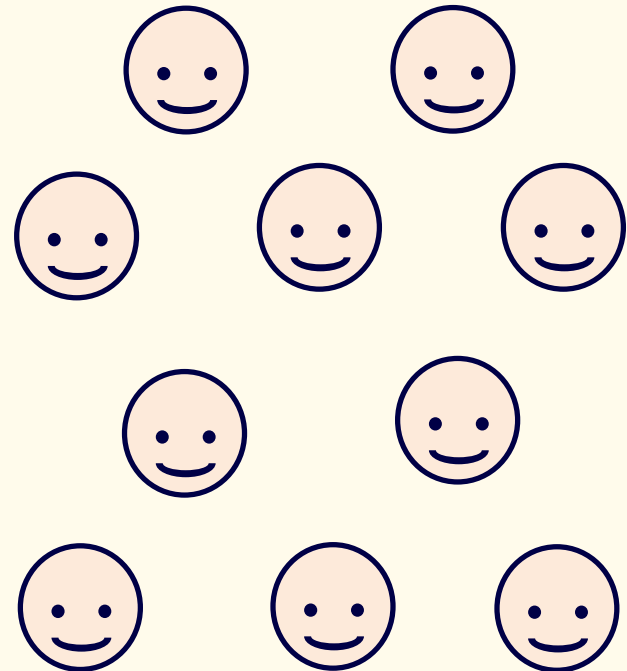
藤田保健衛生大学
柿崎真沙子

理想の検査

検査陽性 = みんな病気



検査陰性 = みんな元気



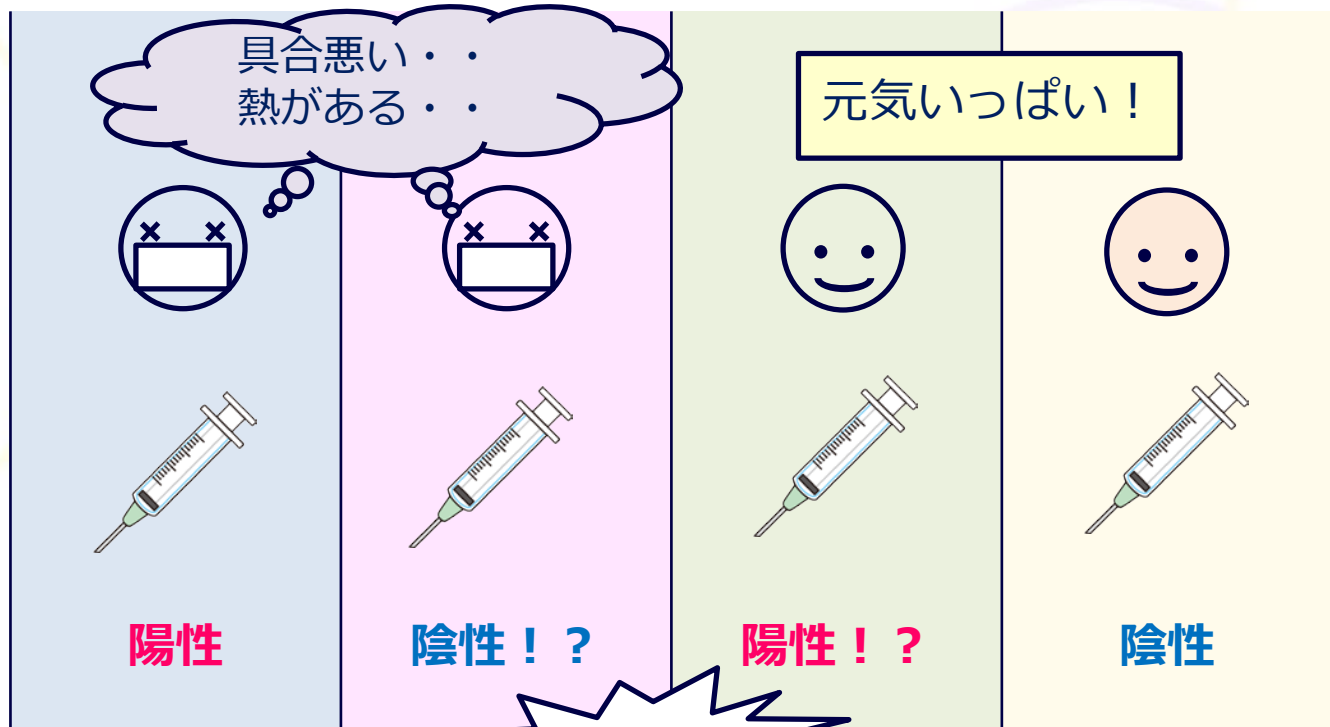
検査の結果 ≠ 疾病の有無

- 検査**陽性** → 疾患ありのことが多いが、ない場合もある
- 検査**陰性** → 疾患なしのことが多いが、ある場合もある

疾患の有無

検査

検査結果



なんで！？

疾病の有無と検査結果の実際

		疾患	
		あり	なし
検査	+	A (真陽性) ☹️	B (偽陽性) 😊
	-	C (偽陰性) ☹️	D (真陰性) 😊





真陽性 = 疾患あり、検査陽性 **偽陽性** = 疾患なし、検査陽性
偽陰性 = 疾患あり、検査陰性 **真陰性** = 疾患なし、検査陰性

だから検査にも指標が必要！

- **感度**：疾患を持った人のうち、その所見がある人の割合
- **特異度**：疾患を持たない人で、その所見がない人の割合
- 上記2つの指標で検査の特性を判断する

検査の精度（感度・特異度）





疾患

		あり	なし
検査	+	A (真陽性) 	B (偽陽性) 
	-	C (偽陰性) 	D (真陰性) 

感度 = 病気を持った人のうち、その所見がある人の割合
 $= A / (A + C)$

特異度 = 病気を持たない人で、その所見がない人の割合
 $= D / (B + D)$

検査の精度（感度・特異度）

		疾患	
		あり	なし
検査	+	A (真陽性) 	B (偽陽性) 
	-	C (偽陰性) 	D (真陰性) 





感度

= 病気を持った人のうち、その所見がある人の割合
= $A / (A + C)$

特異度

= 病気を持たない人で、その所見がない人の割合
= $D / (B + D)$

検査の精度（感度・特異度）

		疾患	
		あり	なし
検査	+	A (真陽性) 	B (偽陽性) 
	-	C (偽陰性) 	D (真陰性) 

感度 = 病気を持った人のうち、その所見がある人の割合
= $A / (A + C)$

特異度 = 病気を持たない人で、その所見がない人の割合
= $D / (B + D)$

感度・特異度

● 感度が高い

- 偽陰性が少ない
- **疾患がある人を、疾患ありと診断できるか**
- 検査結果陰性の時に威力を発揮し、除外診断に有用
- 感度が高い検査 = この検査が陰性であればその病気を持っている確率は非常に小さい！
- 感度99%：患者さん100人を診察すれば、99人に所見が見られ、疾患があるのに所見が見られない人は1人

		疾患	
		あり	なし
検査	+	A	B
	-	0	D

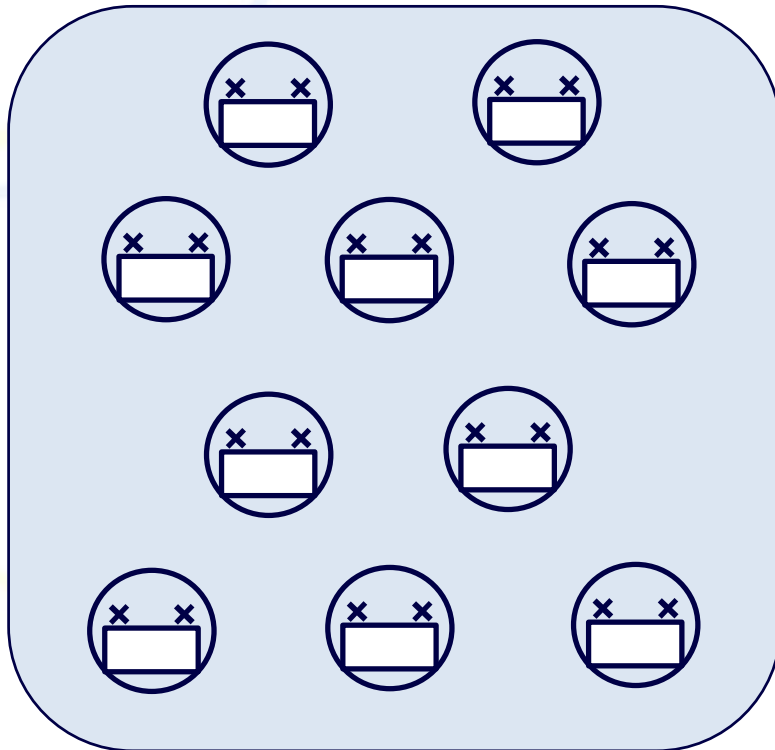
● 特異度が高い

- 偽陽性が少ない
- **疾患がない人を、きちんと健康と診断できるか**
- 検査結果陽性の時に威力を発揮し、確定診断に有用
- 特異度が高い検査 = その検査が陽性であればその病気を持っている確率は非常に高い！
- 特異度99%：100人の健康な人を診察すると、99人に所見が見られない

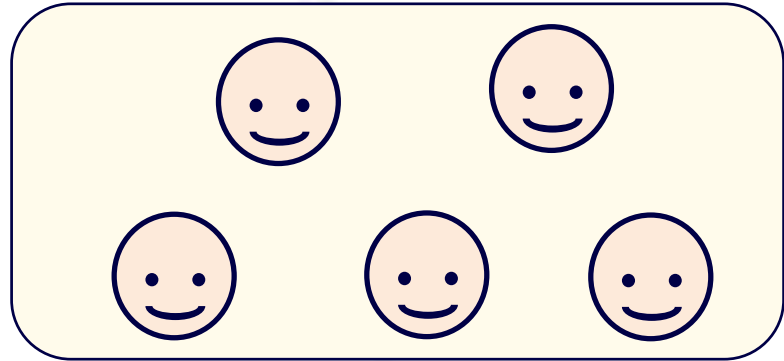
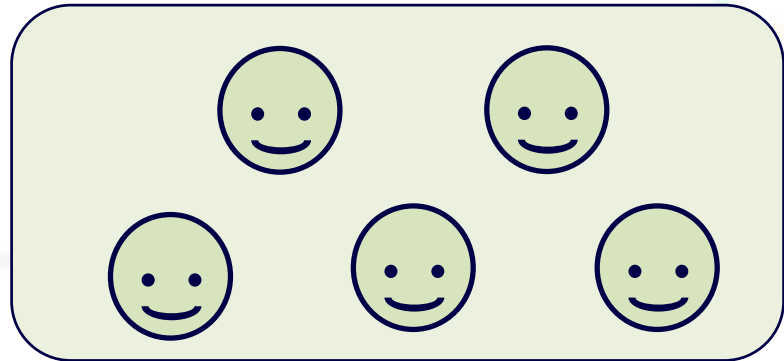
		疾患	
		あり	なし
検査	+	A	0
	-	C	D

感度が高い検査 = 偽陰性が少ない

真陽性 = 疾患あり、検査陽性



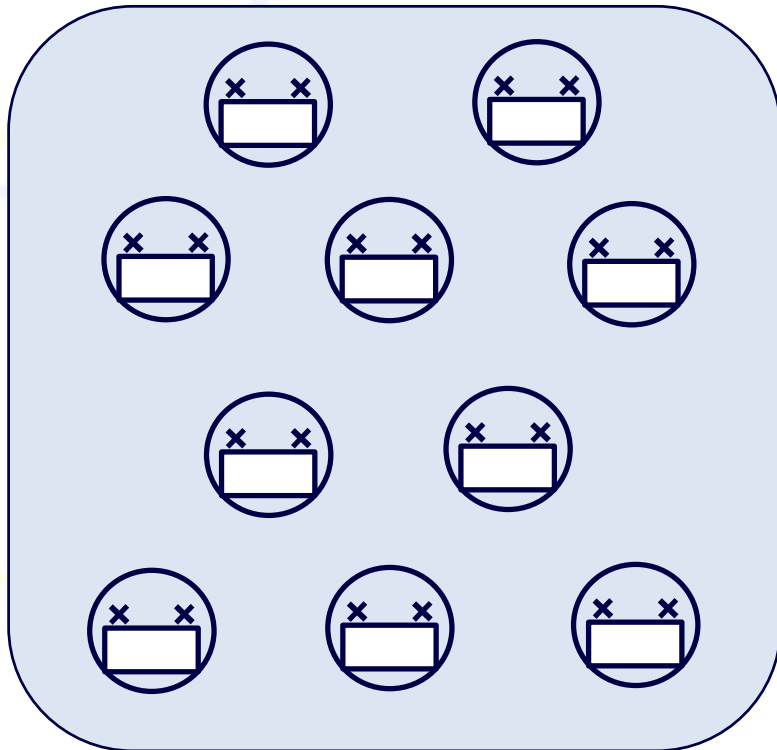
偽陽性 = 疾患なし、検査陽性



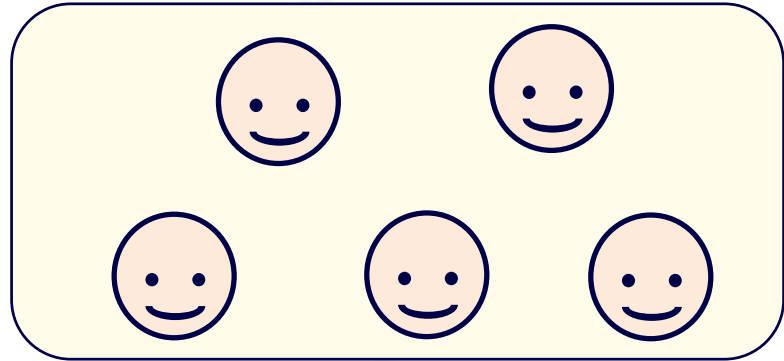
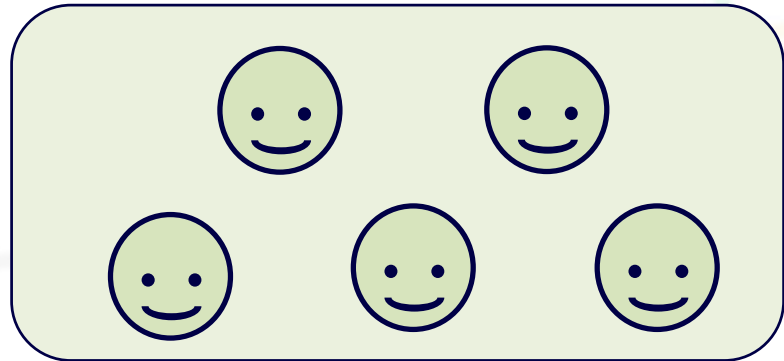
真陰性 = 疾患なし、検査陰性

感度が高い検査 = 偽陰性が少ない = 陰性なら疾病なし

真陽性 = 疾患あり、検査陽性



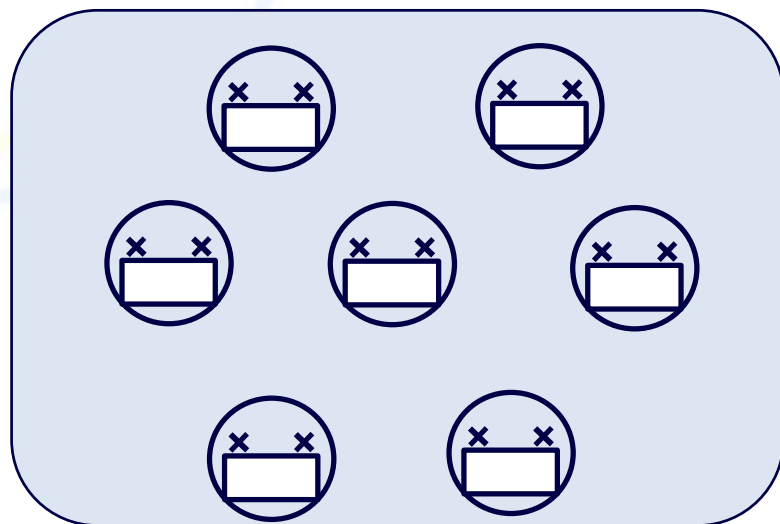
偽陽性 = 疾患なし、検査陽性



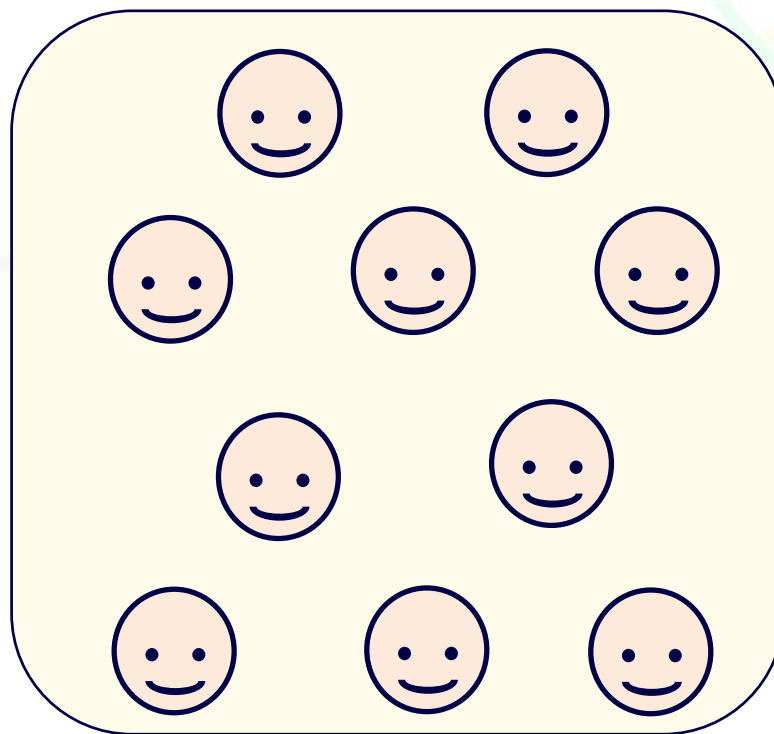
真陰性 = 疾患なし、検査陰性

特異度が高い検査 = 偽陽性が少ない

真陽性 = 疾患あり、検査陽性



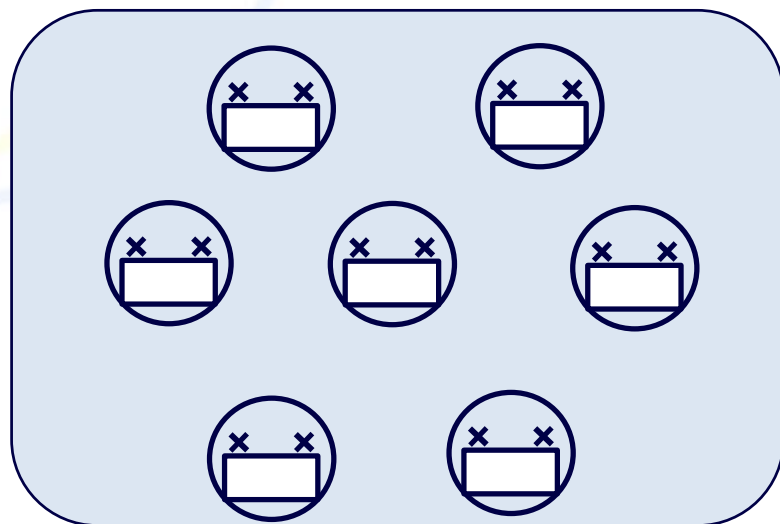
偽陰性 = 疾患あり、検査陰性



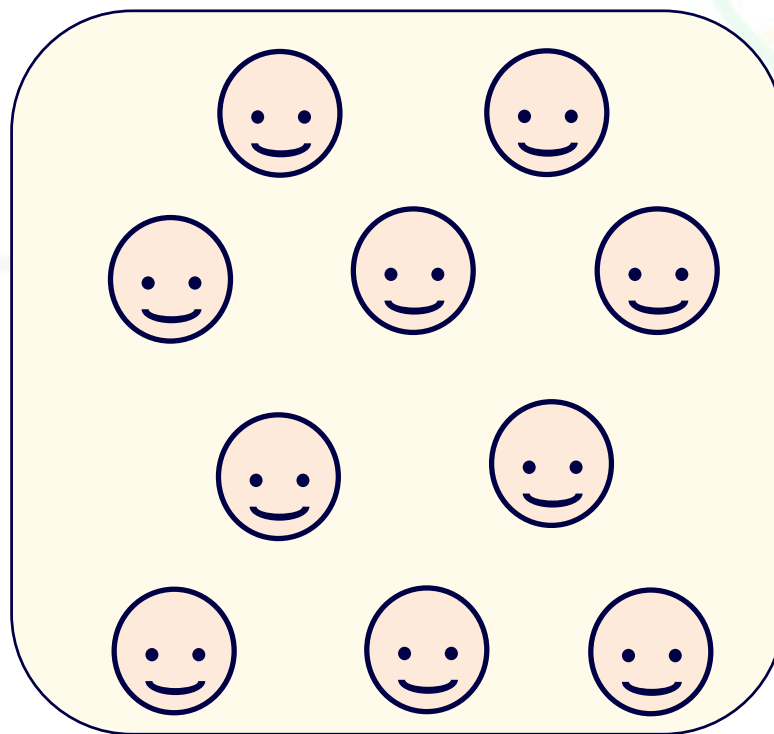
真陰性 = 疾患なし、検査陰性

特異度が高い検査 = 偽陽性が少ない = 陽性なら疾患あり

真陽性 = 疾患あり、検査陽性



偽陰性 = 疾患あり、検査陰性



真陰性 = 疾患なし、検査陰性

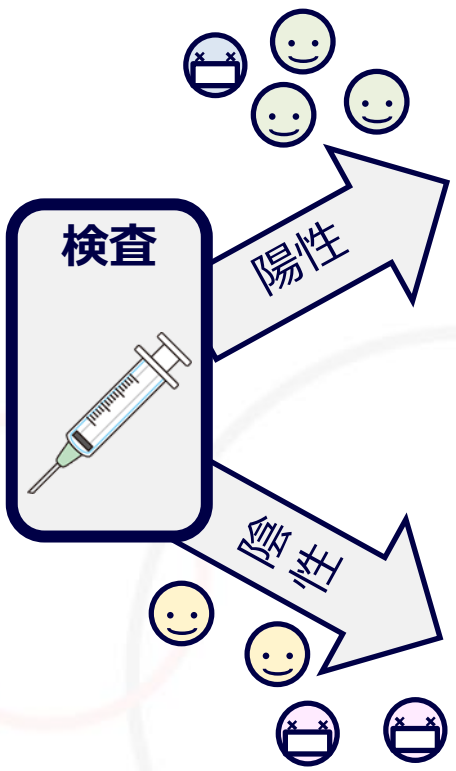
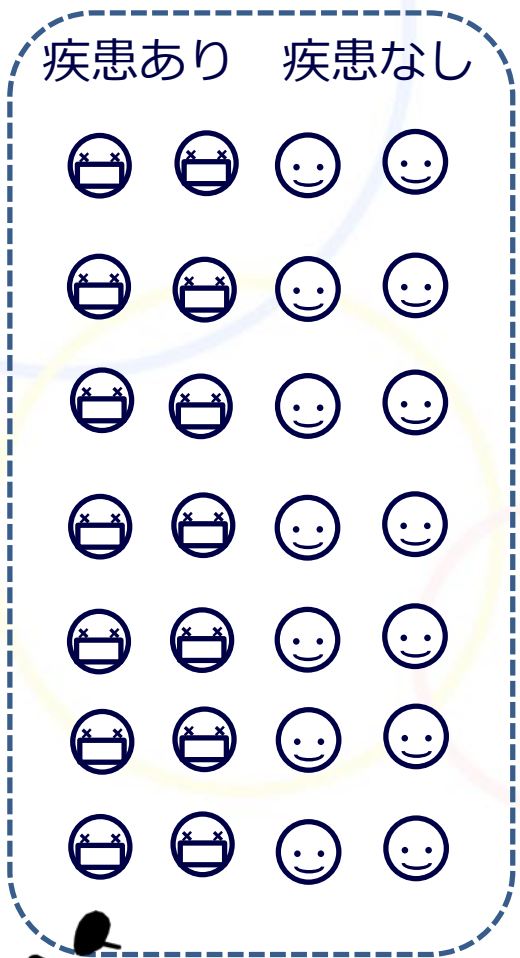
事前確率と事後確率

- 事前確率 = 検査前確率 = **有病率**
 - 検査前、その集団に疾患を持つ者がどれくらいいるか
- 事後確率 = 検査後確率 = 陽性反応的中度
陰性反応的中度
 - 検査陽性の場合の真の陽性者
 - 検査陰性の場合の真の陰性者



事前確率 (=有病率)

事後確率



陽性反応の集中度

$$\frac{\text{真陽性}}{\text{真陽性} + \text{偽陽性}}$$

陰性反応の集中度

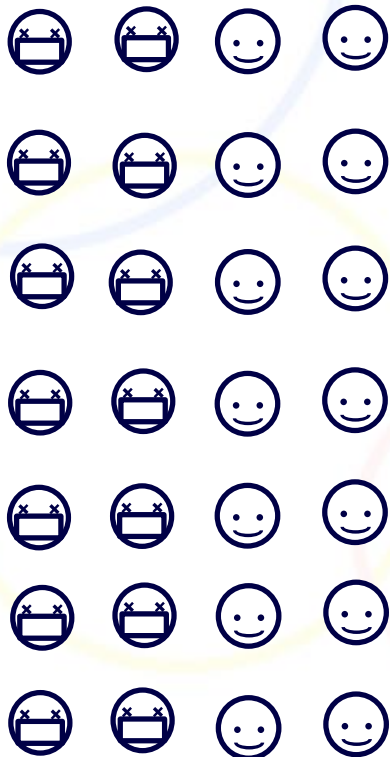
$$\frac{\text{真陰性}}{\text{真陰性} + \text{偽陰性}}$$



事前確率 (=有病率)

事後確率

疾患あり 疾患なし



陽性反応の集中度

$$\frac{\text{真陽性}}{\text{真陽性} + \text{偽陽性}}$$

陰性反応の集中度

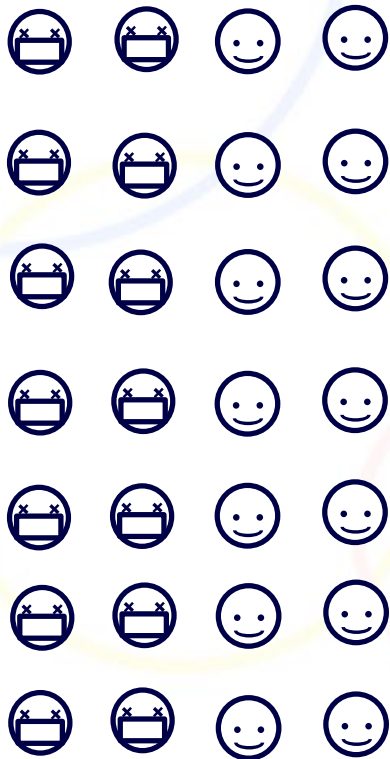
$$\frac{\text{真陰性}}{\text{真陰性} + \text{偽陰性}}$$



事前確率 (=有病率)

事後確率

疾患あり 疾患なし



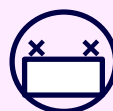
疾患+ 検査+
(真陽性)



疾患- 検査+
(偽陽性)



疾患+ 検査-
(偽陰性)



疾患- 検査-
(真陰性)



陽性反応の集中度

$$\frac{\text{真陽性}}{\text{真陽性} + \text{偽陽性}}$$

陰性反応の集中度

$$\frac{\text{真陰性}}{\text{真陰性} + \text{偽陰性}}$$



事後確率は有病率に左右される！

(感度90%、特異度90%の検査の場合)

検査前確率 (= 有病率) 10%

		疾患		
		あり	なし	
検査	+	90	90	1000
	-	10	810	
		100	900	

陽性反応的中度 = $90/180 \times 100 = 50\%$

陰性反応的中度 = $810/820 \times 100 = 99\%$

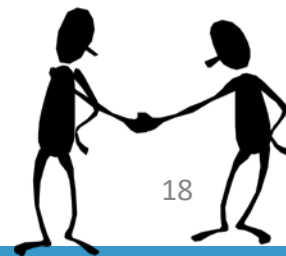
検査前確率 (= 有病率) 50%

		疾患		
		あり	なし	
検査	+	450	50	1000
	-	50	450	
		500	500	

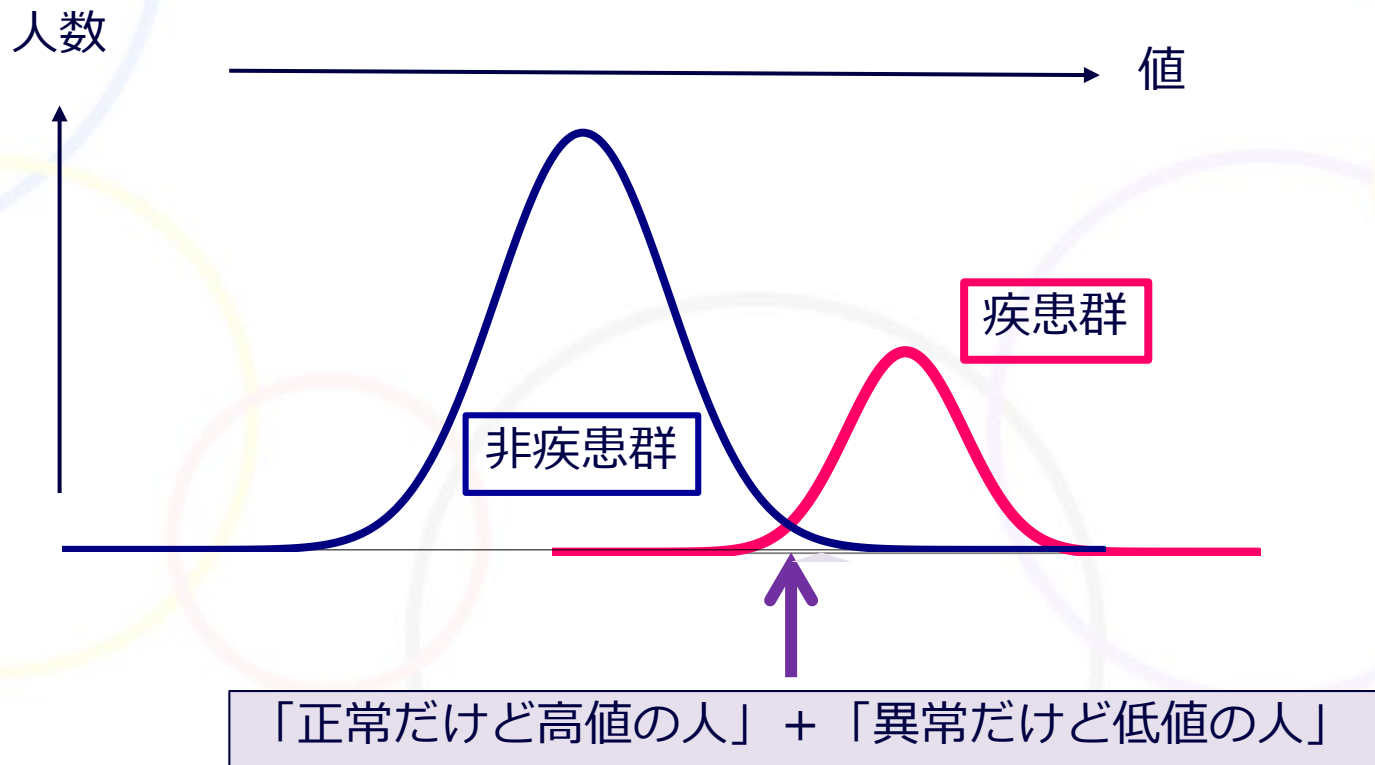
陽性反応的中度 = $450/500 \times 100 = 90\%$

陰性反応的中度 = $450/500 \times 100 = 90\%$

**同じ検査でも有病率の違い (地域・季節etc)
での的中度は異なるので注意！**

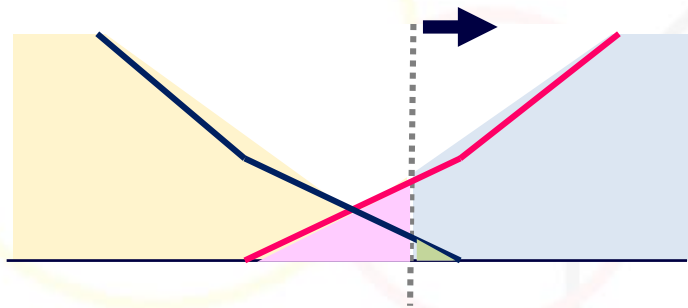
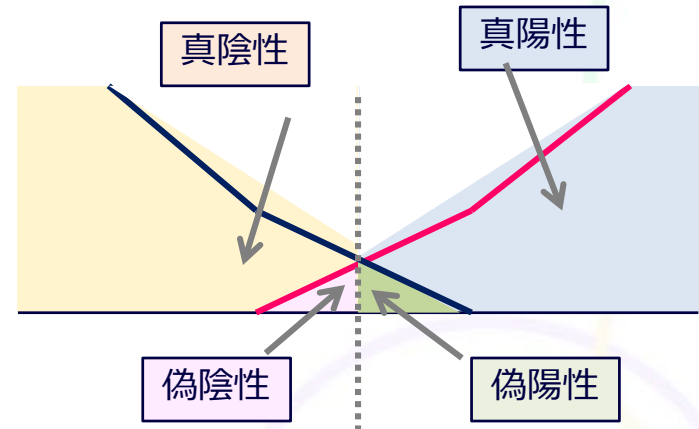


感度と特異度のトレード・オフ

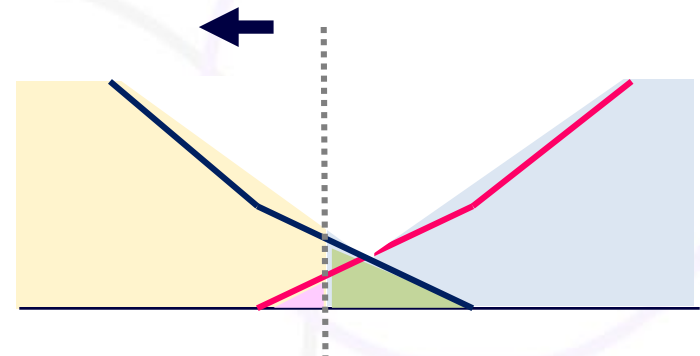


カットオフ値とトレード・オフ

- ・ 非疾患群と疾患群の境界値である「カットオフ値」を設定すると偽陰性・偽陽性がかならず出る
- ・ 高感度と高特異度は両立しない



カットオフ値を上げる
 真陽性↓ 偽陽性↓ 偽陰性↑ 真陰性↑
 感度↓ 特異度↑



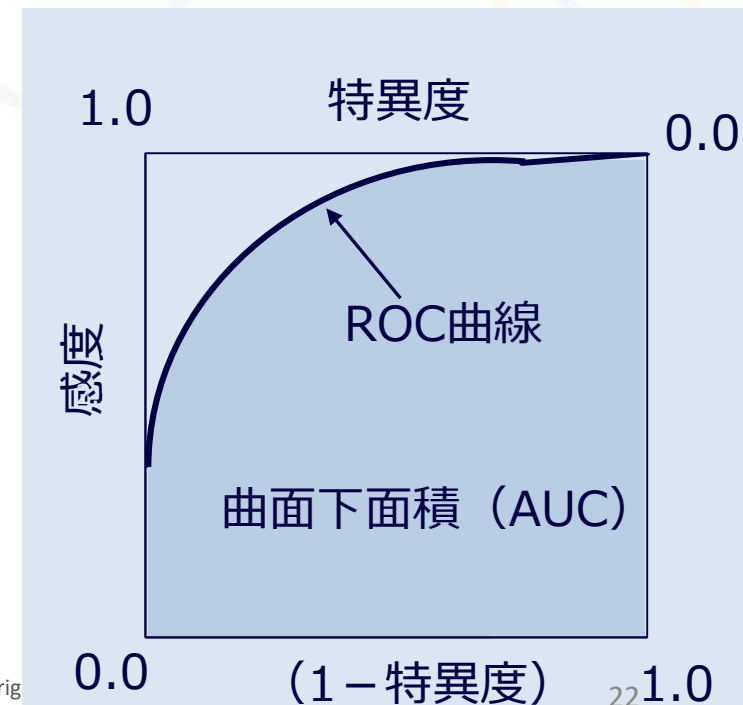
カットオフ値を下げる
 真陽性↑ 偽陽性↑ 偽陰性↓ 真陰性↓
 感度↑ 特異度↓

カットオフ値を設定する

- 考慮しなくてはならない点
 - 特異度高 → 感度低、見逃し（偽陰性）増
 - 感度高 → 特異度低、不要な検査を受ける人（偽陽性）増
 - 真陽性 → 治療につなげる、予後改善
 - 偽陽性 → 不要な検査による時間・費用の浪費、対象者への心理・肉体的負担、合併症のリスク
 - 偽陰性 → 見逃しによる症状悪化
 - 真陰性 → 安心
- ただし対象疾患により偽陰性と偽陽性のリスクは違う
- 総合的なリスクが最小になるのが最適のカットオフ
- ROC曲線を描いて最適なカットオフ値を設定する

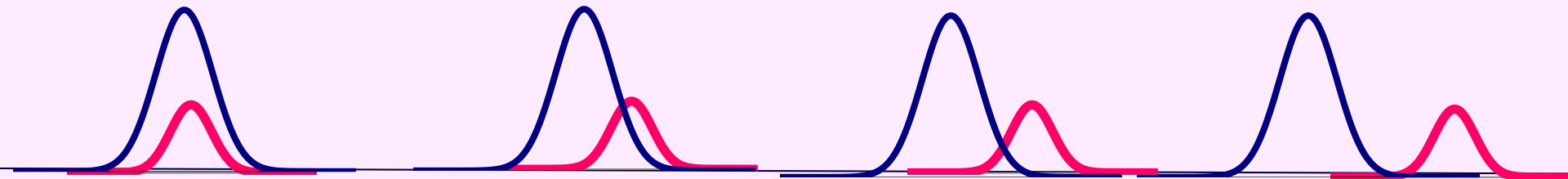
ROC曲線

- Receiver operating characteristic曲線の略
- 元来は第二次世界大戦中に開発されたレーダーの測定能力の評価に関する種々の研究や理論が1970年以降医療への応用に試みられるようになったもの
- 感度・特異度を視覚的に表したもので、診断カットオフ値の設定に活用できる
- 新しく開発されたテストの優劣の診断は、曲線が左情報に位置するものを優位とする
- この場合ROC曲線の曲面下面積 (Area under the curve) の大きさを検査の精度の優劣を比較する



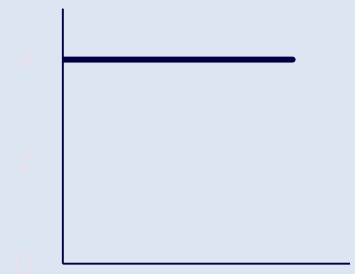
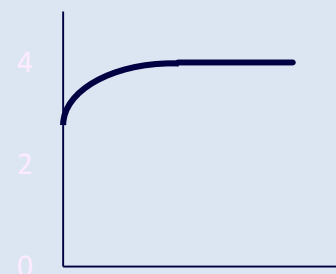
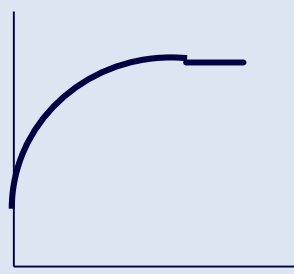
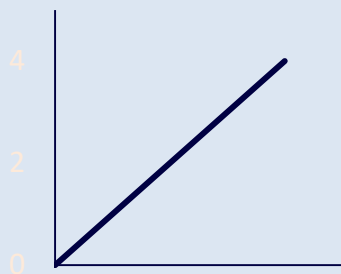
ROC曲線の例

非疾病群と疾病群の対象者分布



精度が低い

精度が高い



対応するROC曲線

感度・特異度を計算して
ROC曲線を描いてみよう！

例題

- 参考論文





- Hajian-Tilaki KO, et al., Body mass index and waist circumference are predictor biomarkers of breast cancer risk in Iranian women. *Med Oncol.* 2011;28(4):1296-301.
- Hajian-Tilaki K. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Analysis for Medical Diagnostic Test Evaluation. *Caspian J Intern Med.* 2013;4(2):627-35.
- 乳がん患者におけるBMIのカットオフポイントに関する論文
- 上記論文より表改変

まずは感度と特異度の計算

BMI (kg/m ²)	乳がん (人)	健常 (人)	感度 (%)	特異度 (%)
18未満	0	0		
18-20未満	0	2		
20-22未満	1	21		
22-24未満	4	60		
24-26未満	10	37		
26-28未満	19	27		
28-30未満	19	26		
30-32未満	13	10		
32-34未満	13	3		
34-36未満	4	8		
36-38未満	10	2		
38-40未満	6	3		
40以上	1	1		
合計	100	200		

計算方法

- たとえば、カットオフ値を26 (kg/m²) 以上にすると・・・？

		疾患	
		あり	なし
検査	+	A: 	B: 
	-	C: 	D: 





感度 = 病気を持った人のうち、その所見がある人の割合

$$= A / (A + C)$$

特異度 = 病気を持たない人で、その所見がない人の割合



$$= D / (B + D)$$

まずは感度と特異度の計算

BMI (kg/m ²)	乳がん (人)	健常 (人)	感度 (%)	特異度 (%)
18未満	0	0		
18-20未満	0	2		
20-22未満	 1	 21		
22-24未満	4	60		
24-26未満	10	37		
26-28未満	 19	 27		
28-30未満	19	26		
30-32未満	13	10		
32-34未満	13	3		
34-36未満	4	8		
36-38未満	10	2		
38-40未満	6	3		
40以上	1	1		
合計	100	200		

計算方法

- たとえば、カットオフ値を26 (kg/m²) 以上にすると・・・？

		疾患	
		あり	なし
検査	+	A : 85 	B : 80 
	-	C : 15 	D : 120 

感度 = 病気を持った人のうち、その所見がある人の割合

$$= A / (A + C)$$

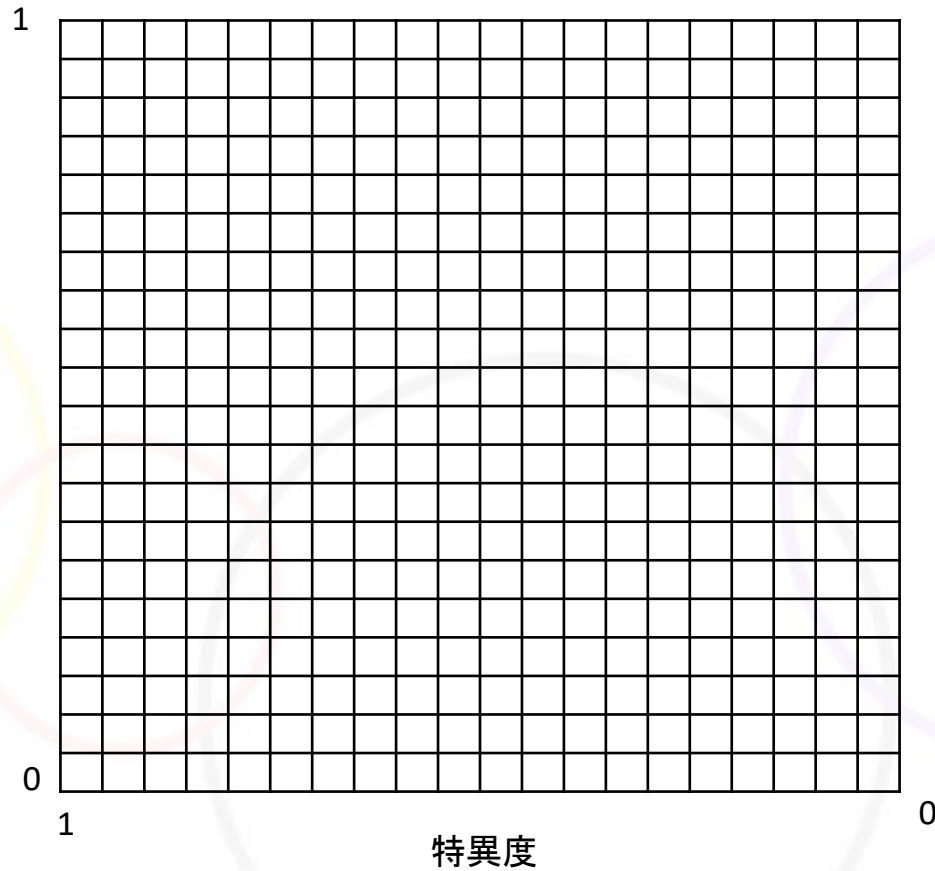
特異度 = 病気を持たない人で、その所見がない人の割合

$$= D / (B + D)$$

まずは感度と特異度の計算

BMI (kg/m ²)	乳がん (人)	健常 (人)	感度 (%)	特異度 (%)
18未満	0	0		
18-20未満	0	2	100	0
20-22未満	1	21	100	1
22-24未満	4	60	99	11.5
24-26未満	10	37	95	41.5
26-28未満	19	27	85	60
28-30未満	19	26	66	73.5
30-32未満	13	10	47	86.5
32-34未満	13	3	34	91.5
34-36未満	4	8	21	93
36-38未満	10	2	17	97
38-40未満	6	3	7	98
40以上	1	1	1	99.5
合計	100	200		30

ROC曲線をかいてみよう！



ROC曲線をかいてみよう！

