

# 医学統計学演習：課題簡易解答

芳賀昭弘 \*

以下の演習問題のレポートを作成し word で haga@tokushima-u.ac.jp まで提出してください。  
ファイル名は学籍番号\_ローマ字.docx とすること。  
例：2024000000\_haga\_akihiro.docx (c を入れない)

- 締め切り：2026 年 1 月 28 日深夜 23:59 まで  
レポート作成にあたっては以下を留意すること。
- ・レポートは必ず自分でやること。他の人に見せるのも同罪で不正行為とみなします。また、生成 AI の丸写しはダメです。
  - ・生成 AI を使うと、学んでいないライブラリや関数、表現を使って解答が書かれる場合があります。授業で使用していないライブラリや関数、表現を使う箇所があった場合、a) 授業ではどのようにしていたのか、b) なぜそれが必要なのか、を記述がなければ解答とみなしません。
  - ・グラフの作成では、「図番号: タイトルとキャプション」を図の直下に記し、縦軸・横軸、レジェンドを挿入すること。また、単位がある量についてはその単位を明示すること。
  - ・表の作成では、「表番号: タイトルとキャプション」を表の上に記すこと。単位がある量についてはその単位を明示すること。
  - ・図表ともに略語は避けること。略語を使う場合はその前にフルスペルと略語の対応を示すこと（例：Standard Deviation (SD)）。
  - ・レポートに定義されていない記号を使用しないこと（使用する場合はきちんと定義してから使用すること）。
  - ・数字を必要以上に何桁も書かないこと。有効数字があればその桁まで記載すること。

## 1 演習問題

- E\_1.csv の診断結果値（無次元）データについて以下の問題に答えよ。

ここで、項目 A は健康、項目 B は病気の、各 50 人の AI による診断結果値、項目 C は健康、項目 D は病気の、各 50 人の医師による診断結果値、である。(1) 項目 A と項目 B についてヒストグラムを表示し、それぞれの平均、不偏標準偏差、中央値を有効数字 3 術まで記載せよ。

(2) 同様に項目 C と項目 D についてヒストグラムを表示し、それぞれの平均、標準偏差、中央値を記載せよ。

(3) 項目 A と項目 B の平均値に差があるか検定せよ。ただし、有意水準を両側 1% とする。また、それぞれの母集団は正規分布に従っているとする。

(4) 項目 A (健康)、項目 B (病気) の各 50 人の AI による診断結果値から、AI が病気と健康を分類で

---

\* Electronic address: haga@tokushima-u.ac.jp

きるかを考えたい。そのために AI による診断結果値に基づいて ROC 曲線を作成し、AUC の値を算出せよ。

(5) 項目 C (健康), 項目 D (病気) の各 50 人の医師による診断結果値から、医師が病気と健康を分類できるかを考えたい。そのために医師による診断結果値に基づいて ROC 曲線を作成し、AUC の値を算出せよ。

(6) 上記 (4),(5) について検討する。A と B のヒストグラムと (4) の ROC の曲線の形, C と D のヒストグラムと (5) の ROC の曲線の形について、その関係性を考察せよ。

(7) 偽陰性を極力減らしたい場合、上記の AI と医師とでどちらの診断結果値が良いと考えられるか。解答の根拠も述べること。

(8) (4) について、項目 A の平均値を閾値としたとき、項目 B の平均値を閾値としたときのそれぞれの  $2 \times 2$  分割表を作成せよ。ここで、閾値以下は健康と判断するものとする。

(1)

A: 平均 2.86, 不偏標準偏差 1.06, 中央値 2.64

B: 平均 7.19, 不偏標準偏差 2.96, 中央値 7.31

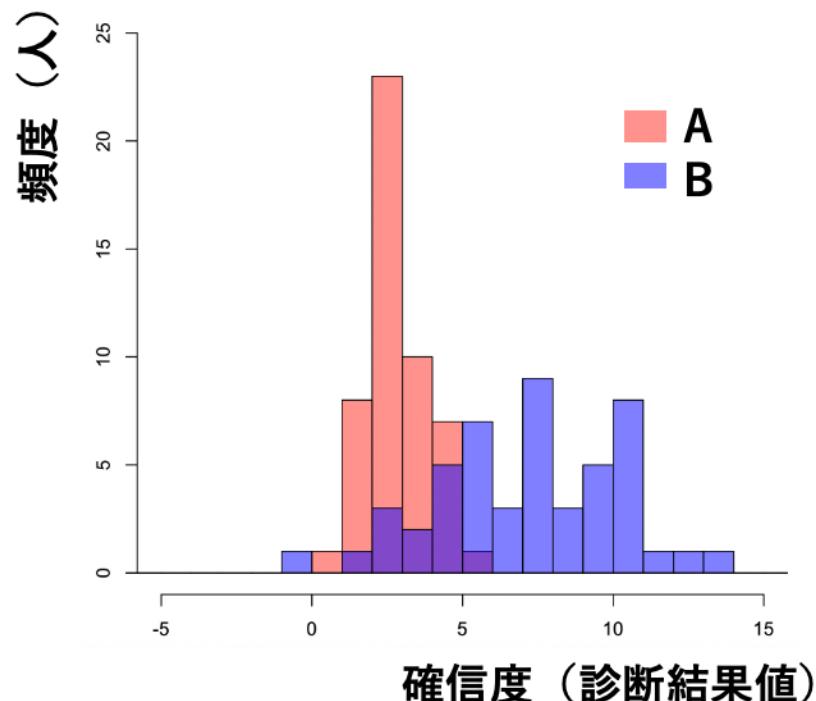


図 1 項目 A (健康; 赤) と項目 B (病気; 青) の AI による診断結果値のヒストグラム。

(2)

C: 平均 3.37, 不偏標準偏差 2.98, 中央値 3.11

D: 平均 6.94, 不偏標準偏差 1.03, 中央値 6.85

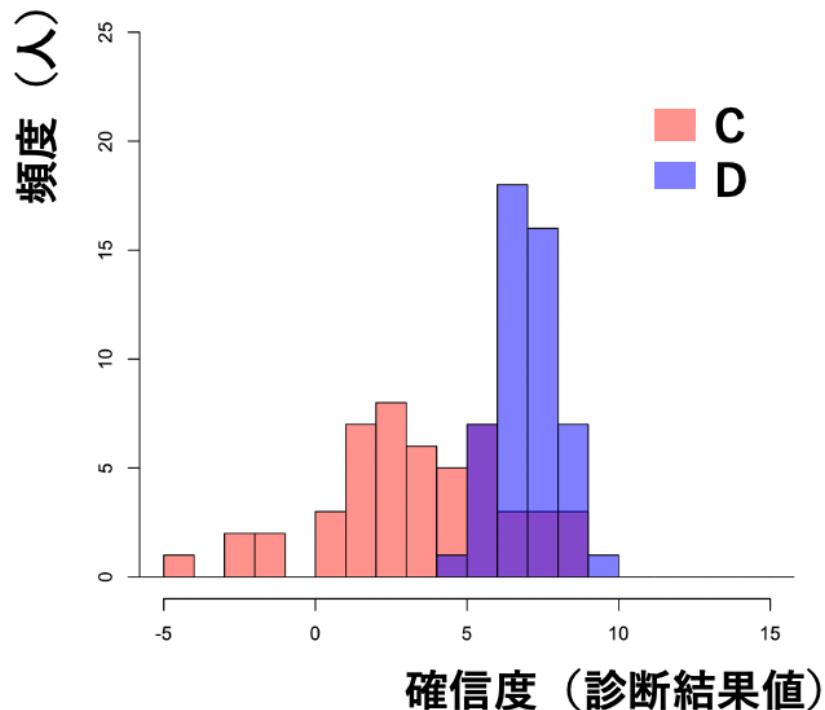


図2 項目C（健康；赤）と項目D（病気；青）の医師による診断結果値のヒストグラム。

(3)

項目Aと項目Bが対応しているか不明である。そのため対応がないものとして検定を進めるため、まずは項目Aと項目Bの分散に差があるかどうかを検定する。分散に差がある場合はWelch検定、差がない場合は通常の対応のないt-検定を行う。

帰無仮説：項目Aと項目Bの分散に差がない。対立仮説：項目Aと項目Bの分散に差がある。

検定統計量：F-検定（母集団は正規分布に従う場合の2群の分散の差の検定であるため、F-検定を使用することができる。）

有意水準：両側1%

統計量の実現値： $F = 0.129$

p値： $3.47 \times 10^{-11}$

p値が有意水準に対して十分小さいため、帰無仮説が棄却され対立仮説が採用される。つまり、項目Aと項目Bの分散に差がある。

分散に差があるため、項目Aと項目Bの平均値の差を検定するには Welch 検定を実施する。

帰無仮説：項目Aと項目Bの平均値に差がない。対立仮説：項目Aと項目Bの平均値に差がある。

検定統計量：t-検定（母集団は正規分布に従う場合の2群の平均値の差の検定であるため、t-検定を使用することができる。）

有意水準：両側 1%

統計量の実現値： $t = -9.71$

p 値： $5.00\text{e-}14$

p 値が有意水準に対して十分小さいため、帰無仮説が棄却され対立仮説が採用される。つまり、項目 A と項目 B の平均値に差がある。

(4)

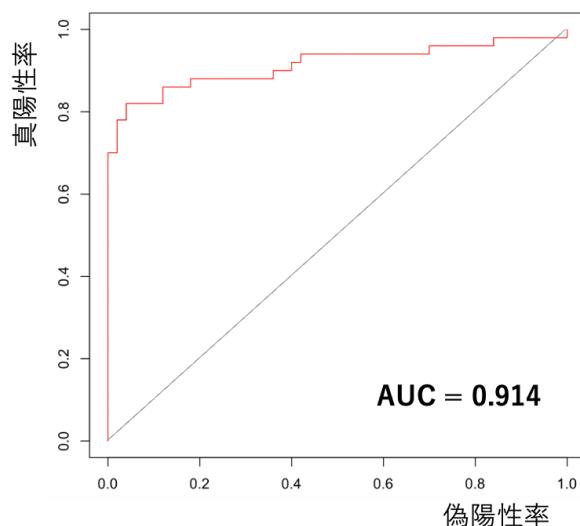


図 3 AI による健康（項目 A）と病気（項目 B）の診断結果値の Receiver Operating Characteristic (ROC) 曲線と Area Under the Curve (AUC)。

(5)

(6)

ヒストグラムでは、平均値・中央値と標準偏差（分布のばらつき）に着目する。図 1 と図 2 のヒストグラムを見比べると、図 1 は健康な場合の分布の分散が小さく、病気の場合の分散が大きいが、図 2 は健康な場合の分布の分散が大きく、病気の場合の分散が小さいという特徴を持っている。健康な場合の分布の標準偏差（分散）が小さく、病気の場合の分散が大きい図 1 の場合、ROC 曲線の形としては左側に膨らんだ曲線形となる（図 3 のように偽陽性率が小さい段階で真陽性率が高くなる）。健康な場合の分布の標準偏差（分散）が大きく、病気の場合の分散が小さい図 2 の場合、ROC 曲線の形としては右側に膨らんだ曲線形となる（図 4 のように偽陽性率が小さい段階で真陽性率はさほど高くならない。一方、偽陽性率が 1 から小さくなっても真陽性率は 1 を保っている）。

(7)

偽陰性とは、本当は病気であるが誤って健康と診断することである。これは図 1 と図 2 のヒストグラムからその大きさがわかる。例えば閾値を 4 に設定した場合、図 1 のヒストグラムでは、病気 (B) では 4 より小さいところに分布する数が多い。この数は偽陰性数であるので、病気に対する診断結果値が広く分布するような図 1 の場合、偽陰性はある程度避けられないことを意味する。一方、図 2 のヒストグラムでは、病気 (D) は 4 より小さいところに分布していない。つまり偽陰性はこの場合 0 である。病気に対して診断結果値が狭い範囲で分布するような場合は、偽陰性を少なくできる可能性がある (D の分

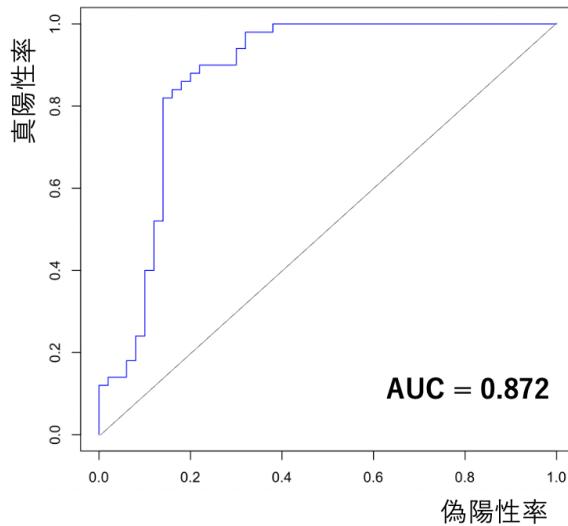


図4 医師による健康（項目C）と病気（項目D）の診断結果値の Receiver Operating Characteristic (ROC) 曲線と Area Under the Curve (AUC)。

布がもっと左側によっていくとその限りではなくなる)。

従って、極力偽陰性を排除したいのであれば、今回は医師による診断結果値を採用すべきである。

(8)

表1: A の平均値 2.86 を閾値に採用した場合の  $2 \times 2$  分割表。

	実際		計
予測	病気	健康	
陽性	47	21	68
陰性	3	29	32
計	50	50	100

表2: B の平均値 7.19 を閾値に採用した場合の  $2 \times 2$  分割表。

	実際		計
予測	病気	健康	
陽性	26	0	26
陰性	24	50	74
計	50	50	100