総合薬学講座 生物統計の基礎

内田 吉昭

神戸薬科大学

2012 年 10 月 26 日

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

内容

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

内容

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

内容

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

内容

p.648

目標

1. 帰無仮説の概念を説明できる.
2. パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分けを説明できる.
3. 主な 2 群間の平均値の差の検定法（t 検定、Mann–Whitney U 検定) について、適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
4. χ^2 検定の適用できるデータの特性を説明し、実施できる.（知識・技能）
5. 最小二乗法による直線回帰を説明でき、回帰係数の有意性を検定できる.（知識・技能）
6. 主な多重比較検定法（分散分析、Dunnett 検定、Tukey 検定など）の概要を説明できる.
7. 主な多変量解析の概要を説明できる.
8. 基本的な生存時間解析法（Kaplan–Meier 曲線など）の特徴を説明できる.

赤字は味村先生の教科書には載っていない. 香川のいるマン U.

勉強方法

国試に出題される量は多くない.

青本の pp.677–680 の問題と
旧版の教科書の付録 A(国試過去問) を勉強していれば十分かもしれない

⇐ 欲しい学生は研究室へ

1 時間で講義しなければならないのでスピードは早いです.
そこで, この pdf ファイルをホームページに載せておきます.

大学→研究室→数学研究室→研究室のホームページ

- または内田吉昭で google 検索で一発

勉強方法

国試に出題される量は多くない.

青本の pp.677–680 の問題と
旧版の教科書の付録 A(国試過去問) を勉強していれば十分かもしれない

⇐ 欲しい学生は研究室へ

1 時間で講義しなければならないのでスピードは早いです.
そこで, この pdf ファイルをホームページに載せておきます.

大学→研究室→数学研究室→研究室のホームページ

- または内田吉昭で google 検索で一発

勉強方法

国試に出題される量は多くない.

青本の pp.677–680 の問題と
旧版の教科書の付録 A(国試過去問) を勉強していれば十分かもしれない

⇐ 欲しい学生は研究室へ

1 時間で講義しなければならないのでスピードは早いです.
そこで, この pdf ファイルをホームページに載せておきます.

大学→研究室→数学研究室→研究室のホームページ

- または内田吉昭で google 検索で一発

勉強方法

国試に出題される量は多くない.

青本の pp.677–680 の問題と
旧版の教科書の付録 A(国試過去問) を勉強していれば十分かもしれない

⇐ 欲しい学生は研究室へ

1 時間で講義しなければならないのでスピードは早いです.
そこで, この pdf ファイルをホームページに載せておきます.

大学→研究室→数学研究室→研究室のホームページ

- または内田吉昭で google 検索で一発

勉強方法

国試に出題される量は多くない.

青本の pp.677–680 の問題と
旧版の教科書の付録 A(国試過去問) を勉強していれば十分かもしれない

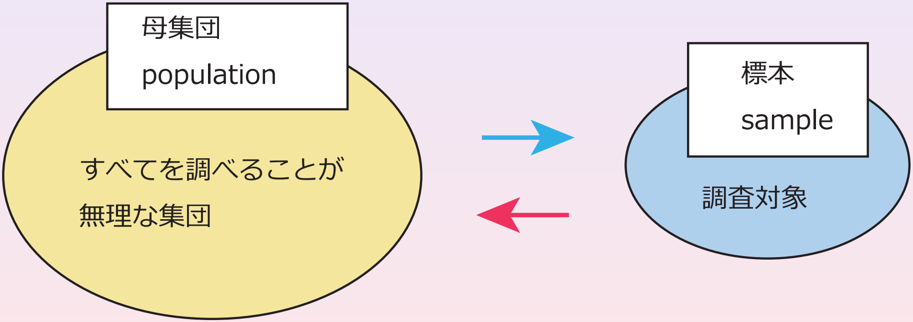
⇐ 欲しい学生は研究室へ

1 時間で講義しなければならないのでスピードは早いです.
そこで, この pdf ファイルをホームページに載せておきます.

大学→研究室→数学研究室→研究室のホームページ

- または内田吉昭で google 検索で一発

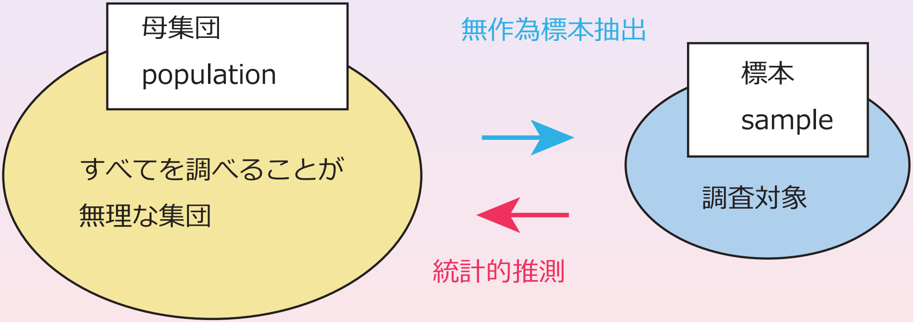
1) 母集団と標本



母集団と標本

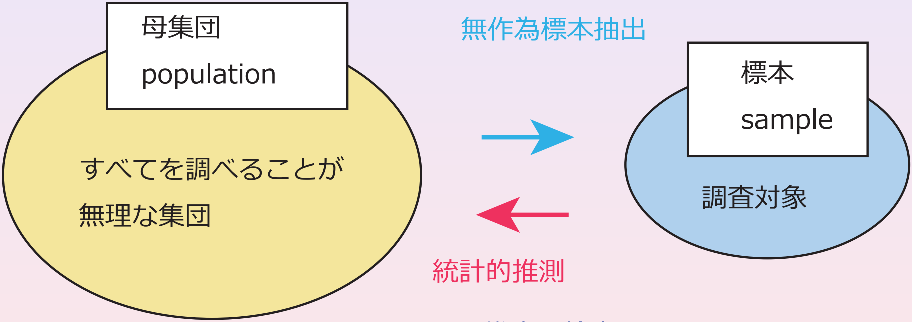
1) 母集団と標本

無作為 (ランダム) が重要



1) 母集団と標本

標本から全体像の母集団を推測する.



推定と検定

2) 推定

母集団 ➡

100 人の患者 (標本)
薬剤 A を投与 60 人に効果

$$\text{有効率 } \mathbf{0.6} = \frac{\mathbf{60}}{\mathbf{100}}$$

⇧

点推定 (1 つの値だけで評価)

母集団の値と近いけれど, どれくらい近いかがわからない.

母集団の比率は **0.625** かもしれない ⇒ 確率付きで考える.

2) 推定

100 人の患者 (標本)
薬剤 A を投与 60 人に効果

母集団 ➡

$$\text{有効率 } \mathbf{0.6} = \frac{\mathbf{60}}{\mathbf{100}}$$

⇧

点推定 (1 つの値だけで評価)

母集団の値と近いけれど, どれくらい近いかがわからない.

母集団の比率は **0.625** かもしれない ⇒ 確率付きで考える.

2) 推定

100 人の患者 (標本)
薬剤 A を投与 60 人に効果

$$\text{有効率 } \mathbf{0.6} = \frac{\mathbf{60}}{\mathbf{100}}$$

母集団 ➡

⇧

点推定 (1 つの値だけで評価)

母集団の値と近いけれど, どれくらい近いかがわからない.

母集団の比率は **0.625** かもしれない ⇒ 確率付きで考える.

2) 推定

母集団 ➨ 100 人の患者 (標本)
薬剤 A を投与 60 人に効果

$$\text{有効率 } \mathbf{0.6} = \frac{\mathbf{60}}{\mathbf{100}}$$

⇧

点推定 (1 つの値だけで評価)

母集団の値と近いけれど, どれくらい近いかがわからない.

母集団の比率は **0.625** かもしれない ⇒ 確率付きで考える.

2) 推定

100 人の患者 (標本)
薬剤 A を投与 60 人に効果

母集団 ➡ 有効率 $\mathbf{0.6 = \frac{60}{100}}$

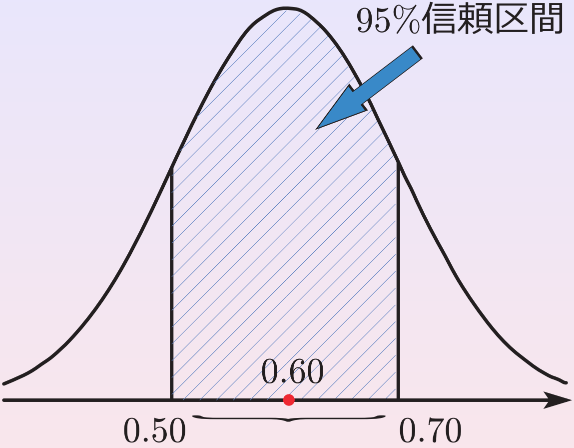
⇧

点推定 (1 つの値だけで評価)

母集団の値と近いけれど, どれくらい近いかがわからない.

母集団の比率は **0.625** かもしれない ⇒ 確率付きで考える.

区間推定



この区間が母比率を含む確率が95%

母集団と標本の評価が確率でできる. ⇒ 教科書 第 4 章

3) 検定

100 人の標本 (患者) に対して, 薬剤 A を投与 ➨ 60 人に効果 有効率 **60%**

従来の薬剤 B の有効率は **50%**

薬剤 A の有効率は薬剤 B より本当に高いか

もしかすると, 薬剤 A の本当の有効率は **45%** なのだが,
偶然標本 100 人のうち 60 人に効いたのかもしれない.

☞検定を行なって調べる.

検定

3) 検定

100 人の標本 (患者) に対して, 薬剤 A を投与 ➨ 60 人に効果 有効率 **60%**

従来の薬剤 B の有効率は **50%**

薬剤 A の有効率は薬剤 B より本当に高いか

もしかすると, 薬剤 A の本当の有効率は **45%** なのだが,

偶然標本 100 人のうち 60 人に効いたのかもしれない.

☞検定を行なって調べる.

3) 検定

100 人の標本 (患者) に対して, 薬剤 A を投与 ➨ 60 人に効果 有効率 **60%**

従来の薬剤 B の有効率は **50%**

薬剤 A の有効率は薬剤 B より本当に高いか

もしかすると, 薬剤 A の本当の有効率は **45%** なのだが,

偶然標本 100 人のうち 60 人に効いたのかもしれない.

☞検定を行なって調べる.

3) 検定

100 人の標本 (患者) に対して, 薬剤 A を投与 ➨ 60 人に効果 有効率 **60%**

従来の薬剤 B の有効率は **50%**

薬剤 A の有効率は薬剤 B より本当に高いか

もしかすると, 薬剤 A の本当の有効率は **45%** なのだが,
偶然標本 100 人のうち 60 人に効いたのかもしれない.

☞検定を行なって調べる.

3) 検定

100 人の標本 (患者) に対して, 薬剤 A を投与 ➨ 60 人に効果 有効率 **60%**

従来の薬剤 B の有効率は **50%**

薬剤 A の有効率は薬剤 B より本当に高いか

もしかすると, 薬剤 A の本当の有効率は **45%** なのだが,
偶然標本 100 人のうち 60 人に効いたのかもしれない.

☞検定を行なって調べる.

帰無仮説

1.5.1 帰無仮説の概念

$\boldsymbol{H_1}$(対立仮説)　自分が主張したいこと
$\boldsymbol{H_0}$(帰無仮説)　それとは反対のこと

有意水準 (危険率)　α

標本のデータから検定統計量を計算し $\boldsymbol{p}$ 値を求める.

注意 2 回生の授業では検定統計量が棄却域に入るかどうかで判断した.

帰無仮説の考え方は
「宇宙怪人しまりす 医療統計を学ぶ 検定の巻」
第 1 話 がわかりやすい.

宇宙怪人しまりす

帰無仮説

1.5.1 帰無仮説の概念

H_1(対立仮説)　自分が主張したいこと
H_0(帰無仮説)　それとは反対のこと

有意水準 (危険率)　α

標本のデータから検定統計量を計算し p 値を求める.

注意 2 回生の授業では検定統計量が棄却域に入るかどうかで判断した.

帰無仮説の考え方は
「宇宙怪人しまりす 医療統計を学ぶ 検定の巻」
第 1 話 がわかりやすい.

宇宙怪人しまりす

1.5.1 帰無仮説の概念

$\boldsymbol{H_1}$(対立仮説)　自分が主張したいこと
$\boldsymbol{H_0}$(帰無仮説)　それとは反対のこと

有意水準 (危険率)　α

標本のデータから検定統計量を計算し ***p*** 値を求める.

注意 2 回生の授業では検定統計量が棄却域に入るかどうかで判断した.

帰無仮説の考え方は
「宇宙怪人しまりす 医療統計を学ぶ 検定の巻」
第 1 話 がわかりやすい.

宇宙怪人しまりす

1.5.1 帰無仮説の概念

H_1(対立仮説)　自分が主張したいこと
H_0(帰無仮説)　それとは反対のこと

有意水準 (危険率)　α

標本のデータから検定統計量を計算し p 値を求める.

注意 2 回生の授業では検定統計量が棄却域に入るかどうかで判断した.

帰無仮説の考え方は
「宇宙怪人しまりす 医療統計を学ぶ 検定の巻」
第 1 話 がわかりやすい.

宇宙怪人しまりす

帰無仮説

1.5.1 帰無仮説の概念

H_1(対立仮説)　自分が主張したいこと
H_0(帰無仮説)　それとは反対のこと

有意水準 (危険率)　α

標本のデータから検定統計量を計算し p 値を求める.

注意 2 回生の授業では検定統計量が棄却域に入るかどうかで判断した.

帰無仮説の考え方は
「宇宙怪人しまりす 医療統計を学ぶ 検定の巻」
第 1 話 がわかりやすい.

宇宙怪人しまりす

1.5.1 帰無仮説の概念

H_1(対立仮説)　自分が主張したいこと
H_0(帰無仮説)　それとは反対のこと

有意水準 (危険率)　α

標本のデータから検定統計量を計算し p 値を求める.

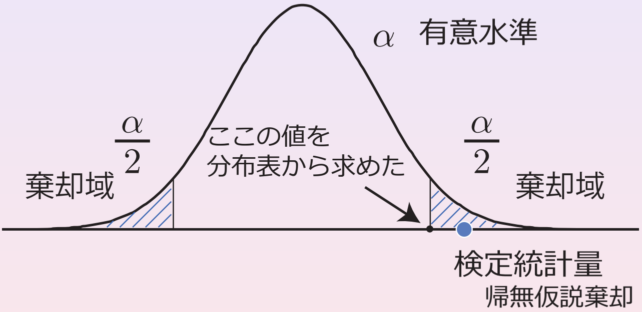
注意 2 回生の授業では検定統計量が棄却域に入るかどうかで判断した.

帰無仮説の考え方は
「宇宙怪人しまりす 医療統計を学ぶ 検定の巻」
第 1 話 がわかりやすい.

宇宙怪人しまりす

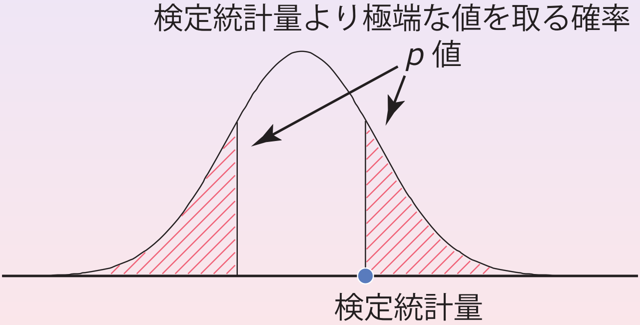
有意水準と棄却域

検定統計量が棄却域に入ると帰無仮説を棄却した.



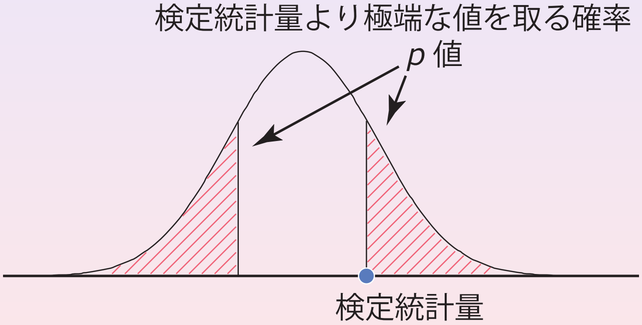
p 値とは,

帰無仮説のもとで, 標本から得られた検定統計量より
標本平均値 $\bar{x}$ がより極端な値をとる確率



p 値

$\boldsymbol{p}$ 値とは,
帰無仮説のもとで, 標本から得られた検定統計量より
標本平均値 $\bar{x}$ がより極端な値をとる確率



注意

p.665 の注意

帰無仮説は等号で表される ($\mu = \mu_0$)

対立仮説は $\neq$ または不等号で表される ($\mu \neq \mu_0$)

p 値が 0.05 未満（5 %未満）であれば小さい（統計的に有意）と判定される. $\Rightarrow$ 有意水準 $\alpha = 0.05$ と同じ

このことは、誤って帰無仮説を棄却することが 5 %存在していることを意味する

注意

p.665 の注意

帰無仮説は等号で表される ($\mu = \mu_0$)

対立仮説は $\neq$ または不等号で表される ($\mu \neq \mu_0$)

p 値が 0.05 未満（5 %未満）であれば小さい（統計的に有意）と判定される. $\Rightarrow$ 有意水準 $\alpha = 0.05$ と同じ

このことは、誤って帰無仮説を棄却することが 5 %存在していることを意味する

注意

p.665 の注意

帰無仮説は等号で表される ($\mu = \mu_0$)

対立仮説は $\neq$ または不等号で表される ($\mu \neq \mu_0$)

p 値が 0.05 未満（5 %未満）であれば小さい（統計的に有意）と判定される. ⇒ 有意水準 $\alpha = 0.05$ と同じ

このことは、誤って帰無仮説を棄却することが 5 %存在していることを意味する

検定では、対立仮説を支持するという結論は得られるが、
帰無仮説を積極的に支持するという結論は原則として得られない.

☞ p.666 2 行目から 3 行目 マーカー

そのために採択されたときには, 対立仮説を棄却して
「H_1 であるとはいえない」という表現をする

$$\begin{cases} H_0 : \text{棄却} & \Rightarrow \quad H_1\text{である. 積極的に支持} \\ H_0 : \text{採択} & \Rightarrow \quad H_1\text{であるとはいえない. 積極的には支持していない} \end{cases}$$

結論は H_1 を使って述べれば良い.

検定では、対立仮説を支持するという結論は得られるが、
帰無仮説を積極的に支持するという結論は原則として得られない.

☞ p.666 2 行目から 3 行目 マーカー

そのために採択されたときには, 対立仮説を棄却して
「H_1 であるとはいえない」という表現をする

$$\begin{cases} H_0 : \text{棄却} & \Rightarrow \quad H_1 \text{である. 積極的に支持} \\ H_0 : \text{採択} & \Rightarrow \quad H_1 \text{であるとはいえない. 積極的には支持していない} \end{cases}$$

結論は H_1 を使って述べれば良い.

検定では、対立仮説を支持するという結論は得られるが、
帰無仮説を積極的に支持するという結論は原則として得られない.

☞ p.666 2 行目から 3 行目 マーカー

そのために採択されたときには, 対立仮説を棄却して
「H_1 であるとはいえない」という表現をする

$$\begin{cases} H_0 : \text{棄却} & \Rightarrow \quad H_1 \text{である. 積極的に支持} \\ H_0 : \text{採択} & \Rightarrow \quad H_1 \text{であるとはいえない. 積極的には支持していない} \end{cases}$$

結論は H_1 を使って述べれば良い.

教科書 p.55 表 5.2

	$\mu = \mu_0$ (H_0 正しい)	$\mu \neq \mu_0$ (H_0 間違い)
有意差なし (H_0 棄却できず)	正しい	第 2 種の過誤 β
有効差あり (H_0 を棄却)	第 1 種の過誤 α	正しい

α (有意水準) : H_0 が正しいのに あわてて捨ててしまった
あわて者の誤り

β : H_0 が間違っているので捨てないといけないのに
ぼんやり (べーたー として) として捨てなかった誤り

1.5.2 パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分け ☞教科書第 9 章

パラメトリック手法 母集団に対して例えば正規分布のようなある特定の分布を仮定した手法母集団にパラメーターが入っている

ノンパラメトリック手法 母集団に対して特定の分布を仮定しない手法

パラメトリック検定は母集団が正規分布であることを仮定する事が多い

1) 正規分布については教科書 p.23-26 を参照せよ

1.5.2 パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分け ☞教科書第 9 章

パラメトリック手法 母集団に対して例えば正規分布のようなある特定の分布を仮定した手法母集団にパラメーターが入っている

ノンパラメトリック手法 母集団に対して特定の分布を仮定しない手法

パラメトリック検定は母集団が正規分布であることを仮定する事が多い

1) 正規分布については教科書 p.23-26 を参照せよ

1.5.2 パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分け ☞教科書第 9 章

パラメトリック手法 母集団に対して例えば正規分布のようなある特定の分布を仮定した手法母集団にパラメーターが入っている

ノンパラメトリック手法 母集団に対して特定の分布を仮定しない手法

パラメトリック検定は母集団が正規分布であることを仮定する事が多い

1) 正規分布については教科書 p.23-26 を参照せよ

1.5.2 パラメトリック検定とノンパラメトリック検定の使い分け ☞教科書第 9 章

パラメトリック手法 母集団に対して例えば正規分布のようなある特定の分布を仮定した手法母集団にパラメーターが入っている

ノンパラメトリック手法 母集団に対して特定の分布を仮定しない手法

パラメトリック検定は母集団が正規分布であることを仮定する事が多い

1) 正規分布については教科書 p.23-26 を参照せよ

1.5.3 *t* 検定, Mann-Whitney U 検定

データの種類 ☞ p.668 データの種類と特徴 マーカー

連続データ	測定可能な連続量で表されるデータを連続データという.
順序データ	グループ間の順序が意味を持つような幾つかのグループに分けられたデータを順序データという
分類データ	順番のない幾つかのカテゴリー (分類) に分けられたデータを分類データという

1.5.3 *t* 検定, Mann-Whitney U 検定

データの種類 ☞ p.668 データの種類と特徴 マーカー

連続データ	測定可能な連続量で表されるデータを連続データという.
順序データ	グループ間の順序が意味を持つような幾つかのグループに分けられたデータを順序データという
分類データ	順番のない幾つかのカテゴリー (分類) に分けられたデータを分類データという

〈 平均値, 分散, 標準偏差, 標準誤差 〉

データ $\{x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n\}$

$$平均\ \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n}{n}$$

$$分散\ s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$標準偏差\ s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

〈 平均値, 分散, 標準偏差, 標準誤差 〉

データ $\{x_1,\ x_2,\ x_3, \ldots,\ x_n\}$

$$\text{平均}\ \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n}{n}$$

$$\text{分散}\ s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$\text{標準偏差}\ s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}}$$

標準偏差 (SD:Standard Deviation) は標本のばらつきを表す.

$$\text{標準偏差 } s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

標準誤差 (SE：Standard Error) は標本平均 $\bar{x}$(または統計量) のばらつきを表す.

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

☞教科書 p.11 参照

標準偏差 (SD:Standard Deviation) は標本のばらつきを表す.

$$\text{標準偏差}\ s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}}$$

標準誤差 (SE：Standard Error) は標本平均 $\bar{x}$(または統計量) のばらつきを表す.

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

☞教科書 p.11 参照

標準偏差 (SD:Standard Deviation) は標本のばらつきを表す.

$$\text{標準偏差 } s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \cdots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

標準誤差 (SE：Standard Error) は標本平均 $\bar{x}$(または統計量) のばらつきを表す.

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

☞教科書 p.11 参照

1) *t* 検定 (パラメトリック検定)

対応のない *t* 検定–薬剤 A と薬剤 B は別々の患者に投与され、各患者からは 1 つのデータだけが得られる. ☞教科書 p.63 5.3.2

対応のある *t* 検定–標本の各々の患者に時期を違えて薬剤 A と薬剤 B を投与する方法. ☞教科書 p.65 5.4

1) t 検定 (パラメトリック検定)

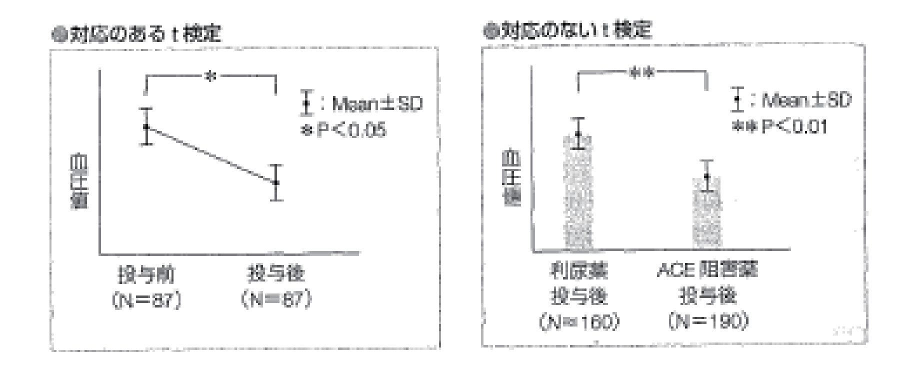
対応のない t 検定–薬剤 A と薬剤 B は別々の患者に投与され、各患者からは 1 つのデータだけが得られる. ☞教科書 p.63 5.3.2

対応のある t 検定–標本の各々の患者に時期を違えて薬剤 A と薬剤 B を投与する方法. ☞教科書 p.65 5.4

1) ***t*** 検定 (パラメトリック検定)

対応のない ***t*** 検定–薬剤 A と薬剤 B は別々の患者に投与され、各患者からは 1 つのデータだけが得られる. ☞教科書 p.63 5.3.2

対応のある ***t*** 検定–標本の各々の患者に時期を違えて薬剤 A と薬剤 B を投与する方法. ☞教科書 p.65 5.4



対応のない *t* 検定の計算式は難しい (p.47 (5.9)-(5.10)) が,
計算するソフトがあるので意味を理解すれば良い.

H_0（帰無仮説）：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がない ☜帰無仮説は差がないに注意

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がある

帰無仮説・対立仮説

H_0（帰無仮説）：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がない ☜帰無仮説は差がないに注意

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がある

2) Wilcoxon 順位和検定 (Mann-Whitney U 検定)

教科書 p.133 9.3 の Wilcoxon の符号付き順位和検定とは異なる
特定の分布を仮定しないノンパラメトリック検定である.

定義等を知りたい学生は後で研究室に来るように

H_0 (帰無仮説)：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がない ☞差がないに注意

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がある

2) Wilcoxon 順位和検定 (Mann-Whitney U 検定)

教科書 p.133 9.3 の Wilcoxon の符号付き順位和検定とは異なる特定の分布を仮定しないノンパラメトリック検定である.

定義等を知りたい学生は後で研究室に来るように

H_0 (帰無仮説):母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がない ☞差がないに注意

H_1 (対立仮説):母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がある

2) Wilcoxon 順位和検定 (Mann-Whitney U 検定)

教科書 p.133 9.3 の Wilcoxon の符号付き順位和検定とは異なる
特定の分布を仮定しないノンパラメトリック検定である.

定義等を知りたい学生は後で研究室に来るように

H_0 (帰無仮説）：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がない ☞差がないに注意

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B 投与後の血圧値の平均値には差がある

1.5.4 χ^2 検定　☞教科書 第 6 章

χ^2 検定は観測値と期待値の差を見ている.
ノンパラメトリック検定である

2×2 分割表 (*cf.* イエーツの補正 教科書 p.82 (6.5))

H_0（帰無仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率に差はない ☞差はない

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率には差がある

1.5.4 χ^2 検定　☞教科書 第 6 章

χ^2 検定は観測値と期待値の差を見ている.
ノンパラメトリック検定である

2×2 分割表 (*cf.* イエーツの補正 教科書 p.82 (6.5))

H_0（帰無仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率に差はない ☞差はない

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率には差がある

1.5.4 χ^2 検定　☞教科書 第 6 章

χ^2 検定は観測値と期待値の差を見ている.

ノンパラメトリック検定である

2 × 2 分割表 (*cf.* イエーツの補正 教科書 p.82 (6.5))

H_0（帰無仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率に差はない ☞差はない

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率には差がある

1.5.4 χ^2 検定 ☞教科書 第 6 章

χ^2 検定は観測値と期待値の差を見ている.
ノンパラメトリック検定である

2 × 2 分割表 (*cf.* イエーツの補正 教科書 p.82 (6.5))

H_0（帰無仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率に差はない ☞差はない

H_1（対立仮説）：母集団における薬剤 A 又は B による副作用発生率には差がある

χ^2 検定に使う分布は χ^2 分布である

訂正

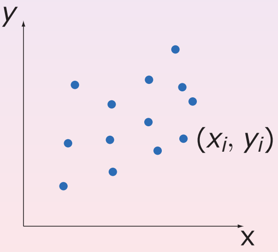
p.672 ℓ.12 計算された検定統計量が正規分布に

$\Rightarrow$ 計算された検定統計量が χ^2 分布に

1.5.5 最小 2 乗法による直線回帰

回帰直線は進化論で有名なダーウィンの従兄弟である
ゴールトンによって発見された.

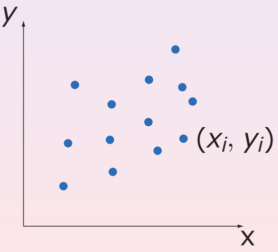
体重と身長など 2 つの変量 $(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y})$ で与えられたデータ.
相関図



1.5.5 最小 2 乗法による直線回帰

回帰直線は進化論で有名なダーウィンの従兄弟である
ゴールトンによって発見された.

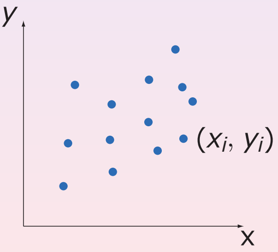
体重と身長など 2 つの変量 (x, y) で与えられたデータ.
相関図



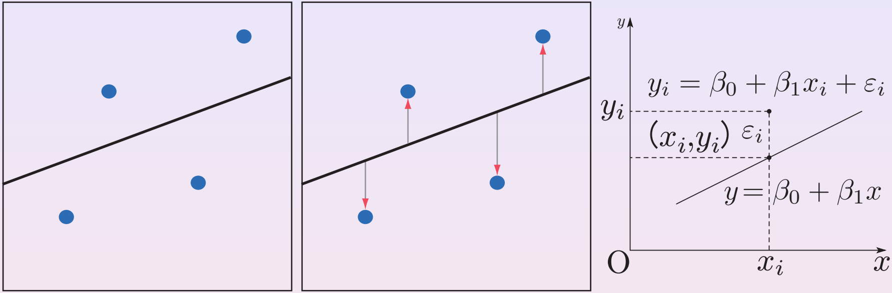
1.5.5 最小 2 乗法による直線回帰

回帰直線は進化論で有名なダーウィンの従兄弟である
ゴールトンによって発見された.

体重と身長など 2 つの変量 $(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y})$ で与えられたデータ.
相関図



回帰直線 $y = \beta_0 + \beta_1 x$ で近似

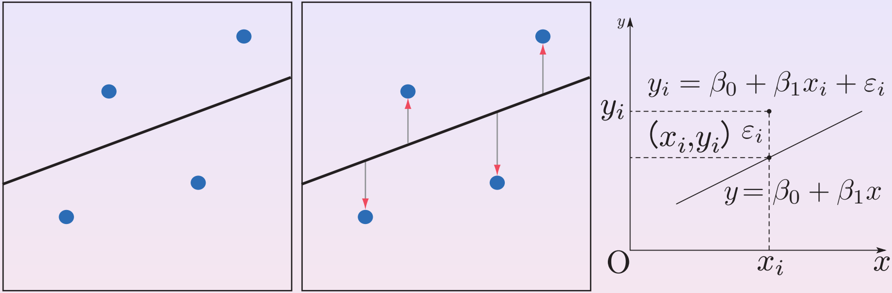


β_0 回帰直線の y 切片

β_1 傾き

ε_i 誤差項

回帰直線 $y = \beta_0 + \beta_1 x$ で近似



β_0 回帰直線の y 切片

β_1 傾き

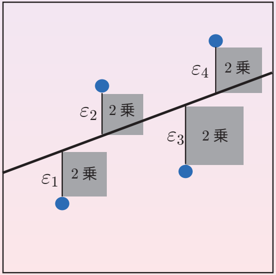
ε_i 誤差項

最小 2 乗法

点と直線の y 軸方向の差は $\varepsilon_i = y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i)$ より, 差の平方和は

$$\delta = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \cdots + \varepsilon_n^2$$

となる. この値が最小になるように β_0, β_1 を求める



H_0（帰無仮説）: $\beta_1 = 0$ 等号で表示

H_1（対立仮説）: $\beta_1 \neq 0$

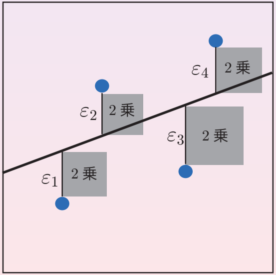
t 分布を使って検定.

最小 2 乗法

点と直線の y 軸方向の差は $\varepsilon_i = y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i)$ より, 差の平方和は

$$\delta = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \cdots + \varepsilon_n^2$$

となる. この値が最小になるように β_0, β_1 を求める



H_0（帰無仮説）: $\beta_1 = 0$ 等号で表示

H_1（対立仮説）: $\beta_1 \neq 0$

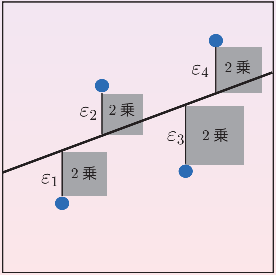
t 分布を使って検定.

最小 2 乗法

点と直線の y 軸方向の差は $\varepsilon_i = y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i)$ より, 差の平方和は

$$\delta = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \cdots + \varepsilon_n^2$$

となる. この値が最小になるように β_0, β_1 を求める



H_0（帰無仮説）: $\beta_1 = 0$ 等号で表示

H_1（対立仮説）: $\beta_1 \neq 0$

t 分布を使って検定.

多重比較検定法

1.5.6 主な多重比較検定法（分散分析, Dunnett 検定, Turkey 検定など)

多重比較　　例えば有意水準 α で群 (A, B, C) の検定で A-B, A-C, B-C と 3 回すると第 1 種の過誤の確率がほぼ **3**α と上がってしまう.

差がない群間にも有意差が生じやすくなる.

⇒ 多重性 (multiplicity) の問題

第 1 種の過誤の確率を制御する方法 ⇒ 多重比較法

1.5.6 主な多重比較検定法（分散分析, Dunnett 検定, Turkey 検定など)

多重比較　　例えば有意水準 α で群 (A, B, C) の検定で A-B, A-C, B-C と 3 回すると第 1 種の過誤の確率がほぼ $\mathbf{3}\alpha$ と上がってしまう.

差がない群間にも有意差が生じやすくなる.

⇒ 多重性 (multiplicity) の問題

第 1 種の過誤の確率を制御する方法 ⇒ 多重比較法

多重比較検定法

1.5.6 主な多重比較検定法（分散分析, Dunnett 検定, Turkey 検定など)

多重比較　　例えば有意水準 α で群 (A, B, C) の検定で A-B, A-C, B-C と 3 回すると第 1 種の過誤の確率がほぼ $\mathbf{3}\alpha$ と上がってしまう.

差がない群間にも有意差が生じやすくなる.

⇒ 多重性 (multiplicity) の問題

第 1 種の過誤の確率を制御する方法 ⇒ 多重比較法

1）分散分析法 ☞教科書 p.105

H_0（帰無仮説）：4 群の母集団における平均値はすべて等しい

H_1（対立仮説）：4 群の母集団における平均値はすべて等しいとはいえない (等しくない組み合わせがある)

H_0:棄却 ⇒ 母集団における平均値に異なるものがある

どの対の平均値が異なるのかはわからない

1）分散分析法 ☞教科書 p.105

H_0（帰無仮説）: 4 群の母集団における平均値はすべて等しい

H_1（対立仮説）: 4 群の母集団における平均値はすべて等しいとはいえない (等しくない組み合わせがある)

H_0:棄却 ⇒ 母集団における平均値に異なるものがある

どの対の平均値が異なるのかはわからない

1）分散分析法 ☞教科書 p.105

H_0（帰無仮説）: 4 群の母集団における平均値はすべて等しい

H_1（対立仮説）: 4 群の母集団における平均値はすべて等しいとはいえない
(等しくない組み合わせがある)

H_0:棄却 ⇒ 母集団における平均値に異なるものがある

どの対の平均値が異なるのかはわからない

2）Bonferroni 法

3 群の比較では合計 3 回の検定が必要

全体の有意水準を 0.05 としたい場合、各比較の有意水準を **$0.05 \div 3 \fallingdotseq 0.01$** として検定を行う

1. 単純でわかりやすい
2. かなり保守的
3. 検出力が低下する欠点

2）Bonferroni 法

3 群の比較では合計 3 回の検定が必要

全体の有意水準を 0.05 としたい場合、各比較の有意水準を **0.05 ÷ 3 ≒ 0.01** として検定を行う

1. 単純でわかりやすい
2. かなり保守的
3. 検出力が低下する欠点

2）Bonferroni 法

3 群の比較では合計 3 回の検定が必要

全体の有意水準を 0.05 としたい場合、各比較の有意水準を **0.05 ÷ 3 ≒ 0.01** として検定を行う

1. 単純でわかりやすい
2. かなり保守的
3. 検出力が低下する欠点

3）Dunnett 法

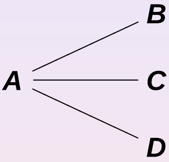
A 群（コントロール群）とそれ以外の群（B,C, D）

対ごとに平均値の差を検定するために, 検定統計量及び有意水準の棄却限界値を定める.

全体としての第一種の過誤を制御しながら検定を行う

3）Dunnett 法

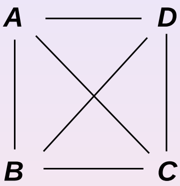
A 群（コントロール群）とそれ以外の群（B,C, D）



対ごとに平均値の差を検定するために, 検定統計量及び有意水準の棄却限界値を定める.

全体としての第一種の過誤を制御しながら検定を行う

4）Tukey 法



対ごとに平均値の差を検定するために, 検定統計量及び有意水準の棄却限界値を定める.

全体としての第一種の過誤を制御しながら検定を行う

1.5.7 主な多変量解析の概要

医学・薬学のデータ

多くの変数 (年齢・性別・体重・身長,...e.t.c.)

説明変数 (原因となる事柄に関する変数)

⇒ 応答変数 (結果となる事柄に関する変数)

1) 主成分分析

多くの説明変数 ⇒ 少数の無相関な合成変数に縮約して分析

2) 因子分析

多くの説明変数から少数の変数 (因子) によって説明

3) 重回帰分析

(単) 回帰分析を 2 つ以上の説明変数に拡張したもの

1.5.7 主な多変量解析の概要

医学・薬学のデータ

多くの変数 (年齢・性別・体重・身長,...e.t.c.)

説明変数 (原因となる事柄に関する変数)

⇒ 応答変数 (結果となる事柄に関する変数)

1) 主成分分析

多くの説明変数 ⇒ 少数の無相関な合成変数に縮約して分析

2) 因子分析

多くの説明変数から少数の変数 (因子) によって説明

3) 重回帰分析

(単) 回帰分析を 2 つ以上の説明変数に拡張したもの

1.5.7 主な多変量解析の概要

医学・薬学のデータ

多くの変数 (年齢・性別・体重・身長,...e.t.c.)

説明変数 (原因となる事柄に関する変数)

⇒ 応答変数 (結果となる事柄に関する変数)

1) 主成分分析

多くの説明変数 ⇒ 少数の無相関な合成変数に縮約して分析

2) 因子分析

多くの説明変数から少数の変数 (因子) によって説明

3) 重回帰分析

(単) 回帰分析を 2 つ以上の説明変数に拡張したもの

1.5.7 主な多変量解析の概要

医学・薬学のデータ

多くの変数 (年齢・性別・体重・身長,...e.t.c.)

説明変数 (原因となる事柄に関する変数)

⇒ 応答変数 (結果となる事柄に関する変数)

1) 主成分分析

多くの説明変数 ⇒ 少数の無相関な合成変数に縮約して分析

2) 因子分析

多くの説明変数から少数の変数 (因子) によって説明

3) 重回帰分析

(単) 回帰分析を 2 つ以上の説明変数に拡張したもの

1.5.7 主な多変量解析の概要

医学・薬学のデータ

多くの変数 (年齢・性別・体重・身長,...e.t.c.)

説明変数 (原因となる事柄に関する変数)

⇒ 応答変数 (結果となる事柄に関する変数)

1) 主成分分析

多くの説明変数 ⇒ 少数の無相関な合成変数に縮約して分析

2) 因子分析

多くの説明変数から少数の変数 (因子) によって説明

3) 重回帰分析

(単) 回帰分析を 2 つ以上の説明変数に拡張したもの

1.5.7 主な多変量解析の概要

医学・薬学のデータ

多くの変数 (年齢・性別・体重・身長,...e.t.c.)

説明変数 (原因となる事柄に関する変数)

⇒ 応答変数 (結果となる事柄に関する変数)

1) 主成分分析

多くの説明変数 ⇒ 少数の無相関な合成変数に縮約して分析

2) 因子分析

多くの説明変数から少数の変数 (因子) によって説明

3) 重回帰分析

(単) 回帰分析を 2 つ以上の説明変数に拡張したもの

1.5.8 生存時間解析法

1）Kaplan-Meier 法　☞教科書 p.141 参照

Kaplan-Meier 曲線

2）ログランク（Log-rank）検定

☞ (コクラン) マンテル・ヘンツェルと同じ

教科書 p.143 参照

生存-死亡の複数の **2 × 2** 分割表を併合して検定を行う.

ノンパラメトリック検定

1.5.8 生存時間解析法

1）Kaplan-Meier 法　☞教科書 p.141 参照

Kaplan-Meier 曲線

2）ログランク（Log-rank）検定

☞ (コクラン) マンテル・ヘンツェルと同じ

教科書 p.143 参照

生存-死亡の複数の **2 × 2** 分割表を併合して検定を行う.

ノンパラメトリック検定

1.5.8 生存時間解析法

1）Kaplan-Meier 法　☞教科書 p.141 参照

Kaplan-Meier 曲線

2）ログランク（Log-rank）検定

☞ (コクラン) マンテル・ヘンツェルと同じ

教科書 p.143 参照

生存-死亡の複数の **2 × 2** 分割表を併合して検定を行う.

ノンパラメトリック検定

1.5.8 生存時間解析法

1）Kaplan-Meier 法　☞教科書 p.141 参照

Kaplan-Meier 曲線

2）ログランク（Log-rank）検定

☞ (コクラン) マンテル・ヘンツェルと同じ

教科書 p.143 参照

生存-死亡の複数の **2 × 2** 分割表を併合して検定を行う.

ノンパラメトリック検定

3）Cox 比例ハザードモデル

生存時間に影響を及ぼすと考えられる共変量 (試験参加者の個人的な特徴（年齢、性別など）や疾患歴・治療歴など) の影響を含めて生存時間をモデル化し、2 群間の生存状況を比較したり、共変量の影響を検討するための手法

比例ハザードの説明はわからなくても (今は) よい.
(説明にかなり時間が掛かる)

3）Cox 比例ハザードモデル

生存時間に影響を及ぼすと考えられる共変量 (試験参加者の個人的な特徴（年齢、性別など）や疾患歴・治療歴など) の影響を含めて生存時間をモデル化し、2 群間の生存状況を比較したり、共変量の影響を検討するための手法

比例ハザードの説明はわからなくても (今は) よい.
(説明にかなり時間が掛かる)

3）Cox 比例ハザードモデル

生存時間に影響を及ぼすと考えられる共変量 (試験参加者の個人的な特徴（年齢、性別など）や疾患歴・治療歴など) の影響を含めて生存時間をモデル化し、2 群間の生存状況を比較したり、共変量の影響を検討するための手法

比例ハザードの説明はわからなくても (今は) よい.
(説明にかなり時間が掛かる)

確認問題練習問題過去の国家試験問題を見て

標準偏差 ⇒ データのばらつきを表す

標準誤差 ⇒ 検定統計量のばらつきを表す

ある検定がパラメトリック検定かノンパラメトリック検定を答えさす

連続データはどれか
　値がアナログで表示される–アナログメモリの体重計・身長計など

離散的データはデジタル表示 飛び飛びの値

試験対策としては, pp.677-680 の問題を行えばよいだろう

確認問題練習問題過去の国家試験問題を見て

標準偏差 ⇒ データのばらつきを表す

標準誤差 ⇒ 検定統計量のばらつきを表す

ある検定がパラメトリック検定かノンパラメトリック検定を答えさす

連続データはどれか

　　値がアナログで表示される–アナログメモリの体重計・身長計など

離散的データはデジタル表示 飛び飛びの値

試験対策としては, pp.677-680 の問題を行えばよいだろう

標準偏差 ⇒ データのばらつきを表す

標準誤差 ⇒ 検定統計量のばらつきを表す

ある検定がパラメトリック検定かノンパラメトリック検定を答えさす

連続データはどれか
　値がアナログで表示される–アナログメモリの体重計・身長計など

離散的データはデジタル表示 飛び飛びの値

試験対策としては, pp.677-680 の問題を行えばよいだろう

確認問題練習問題過去の国家試験問題を見て

標準偏差 ⇒ データのばらつきを表す

標準誤差 ⇒ 検定統計量のばらつきを表す

ある検定がパラメトリック検定かノンパラメトリック検定を答えさす

連続データはどれか
値がアナログで表示される–アナログメモリの体重計・身長計など

離散的データはデジタル表示 飛び飛びの値

試験対策としては, pp.677-680 の問題を行えばよいだろう

確認問題練習問題過去の国家試験問題を見て

標準偏差 ⇒ データのばらつきを表す

標準誤差 ⇒ 検定統計量のばらつきを表す

ある検定がパラメトリック検定かノンパラメトリック検定を答えさす

連続データはどれか
　　値がアナログで表示される–アナログメモリの体重計・身長計など

離散的データはデジタル表示 飛び飛びの値

試験対策としては, pp.677-680 の問題を行えばよいだろう