

# 統計学(基礎)

## 第10回

### ノンパラメトリック検定

# ノンパラメトリック検定とは

- ノンパラメトリック検定
- パラメトリックな検定
  - t検定 対応のあるt検定
  - 分散分析(ANOVA) 反復測定(対応のある)分散分析
- パラメトリック → パラメーター
  - 統計学では、母集団の特性を示す定数、母数のこと

# パラメトリックな検定

- 分布の形を決めつけて比較する検定
    - 「母集団はこの形の分布(正規分布など)である」と仮定して比較
  - 正規分布は平均と分散という「パラメーター」で決まる
  - 平均値の比較が中心
    - 正規分布では平均が代表値になる
    - 平均の差 = 分布の中心の差を検定している
    - だから t検定や分散分析は平均の差を検定する
- t検定・分散分析に共通する特徴

# パラメトリックな検定

- メリット
  - 前提(正規性・等分散)が合っていれば強力でパワーがある
- デメリット
  - 外れ値や歪んだ分布に弱く、平均が代表値にならないと破綻する
- 前提が合えば強いが、崩れると危険
  - 平均が信じられないときはノンパラの方が安全

# パラメトリック か ノンパラメトリックか

## パラメトリック(Parametric)

- 分布の形を仮定(正規性など)
- 平均などのパラメータを比較
- 前提が合えばパワーが強い

## ノンパラメトリック(Nonparametric)

- 分布の形を仮定しない
- 中央値を含む位置の差・順位を比較
- 外れ値・歪み・順序尺度に強い

データの分布がどうなっているかで  
選択する手法を変える必要がある

# パラメトリックな検定の実際

- 「母集団の分布が正規分布に従う」ことが理論的前提。
  - 実際のデータでは「多少の歪み(非正規)」があっても、サンプルサイズが十分に大きいと 中心極限定理 により、検定統計量の分布が近似的に正規になる。
  - 実務上は「大標本であればロバスト(頑健)」とされる。
- これが成り立たないとノンパラメトリック検定を選択

# ノンパラメトリック検定

- データの正規性が仮定できない
  - データの歪み、外れ値
  - 順序尺度
- データが少なく、中心極限定理による正規性近似が保証できない
  - データ数が少なくても正規性近似という場合もある
  - データ数ではなくてあくまで分布の問題

# 平均値（3回目講義より）

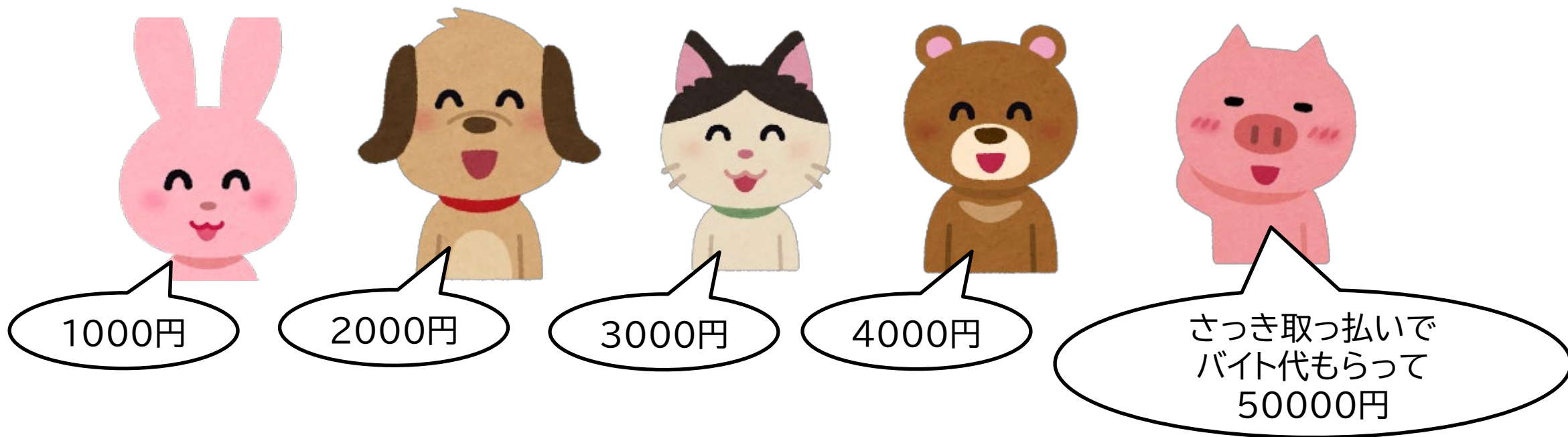
- データをすべて足して、足した数で割る
  - 極端に大きな値、小さな値があるとその影響を受ける
  - 真ん中ではない



# 平均値→真ん中ではない

(3回目講義より)

- 例 今お財布にいくら入ってる？



※取っ払い→現金支払いのこと

かわいいフリー素材集 いらすとや <https://www.irasutoya.com/9/41>

# 平均値→真ん中ではない

(3回目講義より)

- 例 今お財布にいくら入ってる？



1000



2000



3000



4000



50000

合計は、

$1000 + 2000 + 3000 + 4000 + 50000$

$= 60000$

平均は、 $60000 \div 5 = 12000$

でも、平均より多い人は1人しかいない

# 最大値・最小値・中央値

(3回目講義より)

- 例 今お財布にいくら入ってる？



1000 ← 最小値



2000



3000 ← 中央値 中央値は真ん中なので、必ずそれより大きい  
人と小さい人が同じだけいる



4000



50000 ← 最大値

# 標準偏差

(3回目講義より)

- 標準偏差は平均値からのばらつきの平均(のようなもの)
  1. 各値の平均値との差を出す
  2. 「各値の平均値との差」を2乗する
  3. 「各値の平均値との差の2乗」を全部足す
  4. 「各値の平均値との差の2乗を全部足したもの」をデータ数で割る  
(ここまでが分散)
  5. 「各値の平均値との差の2乗を全部足したものをデータ数で割ったもの」の平方根( $\sqrt{\quad}$ )を求める

# 分析の選択

- 正規分布近似が言える→パラメトリックな検定
  - 平均値を代表値として扱っても問題ない分布
  - 極端な外れ値がない
- 正規分布近似が言えない→ノンパラメトリック検定
  - 平均値が代表値にならない(中央値の方が信用できる)
  - 極端な外れ値がある
  - 順序尺度
  - 中心極限定理を言えるほどデータ数が無い

# 分析の選択

- データ数よりは、分布の状態
  - 少なくとも綺麗な分布であることもある
  - たくさんのデータでも外れ値があるデータがある
- ヒストグラム等で分布の確認
  - 検定はあまり現実的でない(サンプルサイズの影響大)
- 正規分布近似なら平均値が活用できるけど、そうでないなら中央値や順位を使う→ノンパラの利用

# パラメトリック検定とノンパラメトリック検定

| データの関係       | 群の数  | パラメトリック         | ノンパラメトリック         |
|--------------|------|-----------------|-------------------|
| 独立(別の人)      | 2群   | t検定(Welch)      | Mann-Whitney(U検定) |
|              | 3群以上 | 一元配置分散分析(ANOVA) | Kruskal-Wallis検定  |
| 対応あり(同じ人・ペア) | 2群   | 対応ありt検定         | Wilcoxon符号付順位検定   |
|              | 3群以上 | 反復測定分散分析        | Friedman検定        |

- ノンパラメトリック検定は、データが正規分布でない場合や順序尺度のときに使用。
- 結果の解釈は「中央値を含む分布の位置の差」であり、「平均値の差」ではない。
- データの性質と群の構造を見て、適切な検定を選ぶことが重要。

# 分析の選択

1. ヒストグラム or 雨雲プロットを描く
2. 外れ値・歪み・形の崩れをチェック
3. 平均が代表値として信頼できそうか
  - Yes: パラメトリック
  - No: ノンパラメトリック



# ノンパラメトリック検定

- データを順位に置き換えて、グループ間のズレをみる
    - 順位に置き換えることで分布の問題を無くす
1. 全データを並べて「順位」をつける
  2. グループごとに 順位の合計のズレ を見る
  3. そのズレが偶然かどうかを検定する
    - t検定やANOVAの「別バージョン」と考えて良い

# ノンパラメトリック検定

- Mann-Whitney (独立 2群)
  - 全データを並べて、順位合計を比較
- Kruskal-Wallis (独立 3群以上)
  - グループごとに順位の合計から順位の分布の差を見ている
- Wilcoxon (対応 2群)
  - 差の絶対値に順位をつけて、符号でグループ化
- Friedman (対応 3群以上)
  - 各行(被験者)で順位をつけて、その合計を比較

# 注意点: Wilcoxon という名前が 2種類ある問題

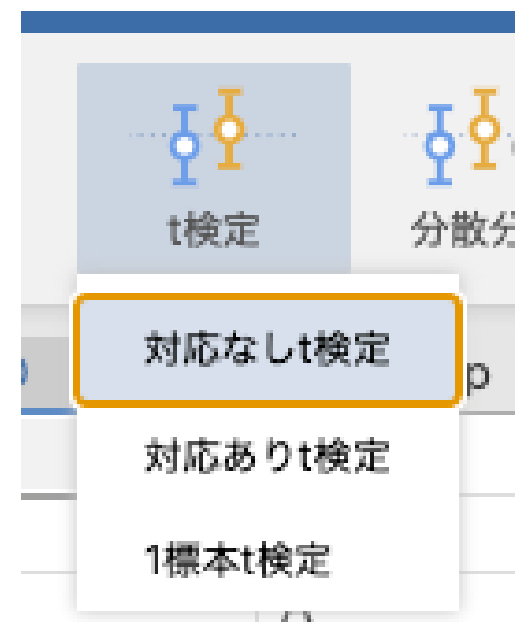
- 看護・医療系の教科書では Wilcoxon が2つの検定名に使われる
  - Wilcoxon順位和検定(独立2群) = Mann-Whitney U検定
  - Wilcoxon符号付順位検定(対応あり2群)

難しくないよ

# JASP、jamoviのノンパラメトリック検定

# Mann-Whitney(U検定)

- t検定のノンパラ版
  - 独立の2群 正規分布近似が言えない
  - data10\_01



# Mann-Whitney(JASP)



# Mann-Whitney(jamovi)

対応なしt検定

ID

→

従属変数

Score

グループ変数

Group

検定

☐ スチューデント法

☐ ペイズ因子

事前分布 0.707

☐ ウェルチ法

☒ マン=ホイットニーのU

仮説

☒ グループ1 ≠ グループ2

☐ グループ1 > グループ2

☐ グループ1 < グループ2

欠損値

☒ 分析ごとに除外

☐ 行全体を除外

追加の統計量

☐ 平均値の差

☐ 信頼区間 95 %

☐ 効果量

☐ 信頼区間 95 %

☒ 記述統計

☐ 記述統計量のグラフ

前提チェック

☐ 等質性検定

☐ 正規性検定

☐ Q-Qプロット

結果

対応なしt検定

|       |             | 統計量  | p     |
|-------|-------------|------|-------|
| Score | マン=ホイットニーのU | 31.5 | <.001 |

注:  $H_a: \mu_A \neq \mu_B$

グループ統計量

|       | グループ | N  | 平均値  | 中央値  | 標準偏差  | 標準誤差  |
|-------|------|----|------|------|-------|-------|
| Score | A    | 30 | 2.10 | 2.00 | 0.712 | 0.130 |
|       | B    | 20 | 3.90 | 4.00 | 0.788 | 0.176 |

文献

[1] The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.

[2] R Core Team (2024). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.4) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07)

23/41

川崎市立看護大学大学院 看護学研究科 博士前期課程

©Ryota Takayanagi 2025

# Kruskal-Wallis検定

- 分散分析(ANOVA)のノンパラ版
  - 独立の3群以上 正規分布近似が言えない
  - data10\_02





# Kruskal-Wallis検定(JASP)

- これじゃないけど出さないといけない

▼ 分散分析

ID

▶

▶

▶

表示

☒ 記述統計

従属変数

Score

固定要因

Group

重みづけ最小二乗法ウェイト

結果

分散分析

分散分析 - Score

| ケース       | 平方和    | df | 平均平方    | F     | p      |
|-----------|--------|----|---------|-------|--------|
| Group     | 311.60 | 2  | 155.799 | 193.0 | < .001 |
| Residuals | 70.22  | 87 | 0.807   |       |        |

注 タイプ III 平方和

記述統計量

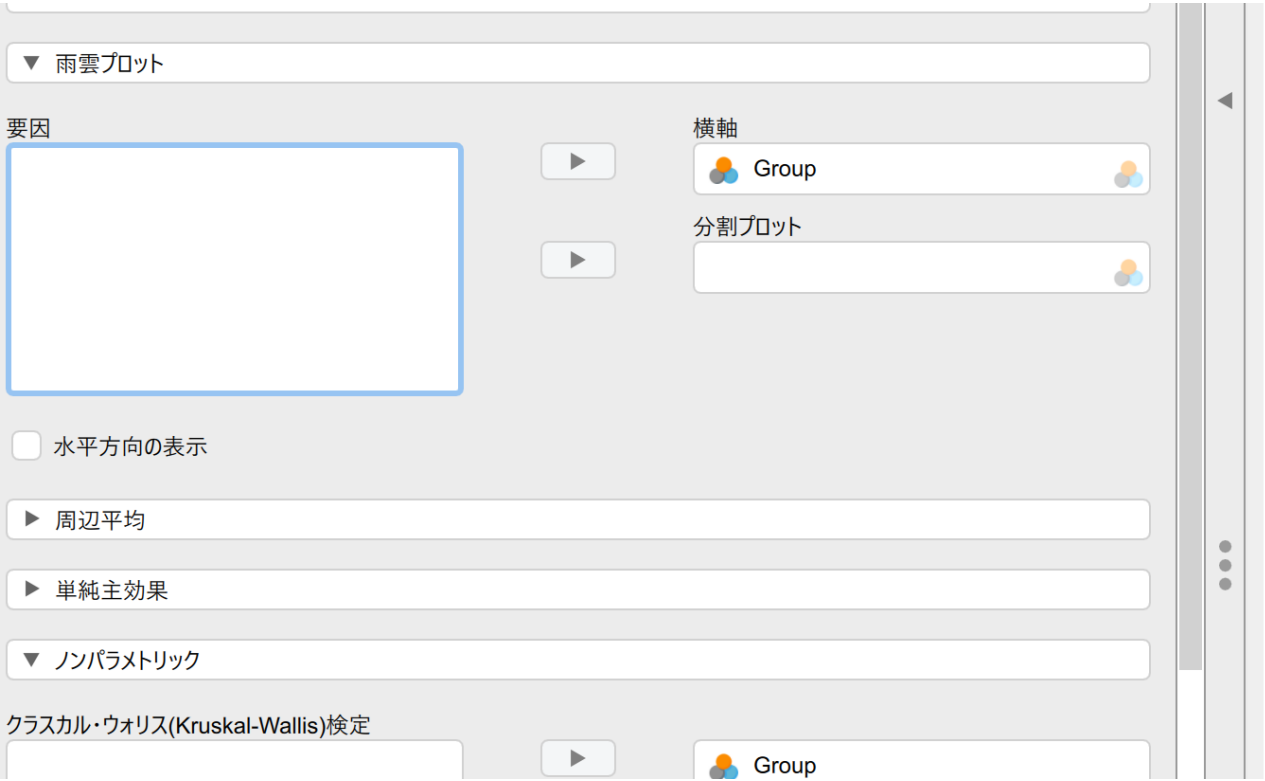
記述統計量 - Score

| Group | N  | 平均値   | 標準偏差  | 標準誤差  | 変動係数  |
|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| A     | 28 | 3.429 | 1.034 | 0.195 | 0.302 |
| B     | 32 | 5.875 | 0.871 | 0.154 | 0.148 |
| C     | 30 | 8.067 | 0.785 | 0.143 | 0.097 |

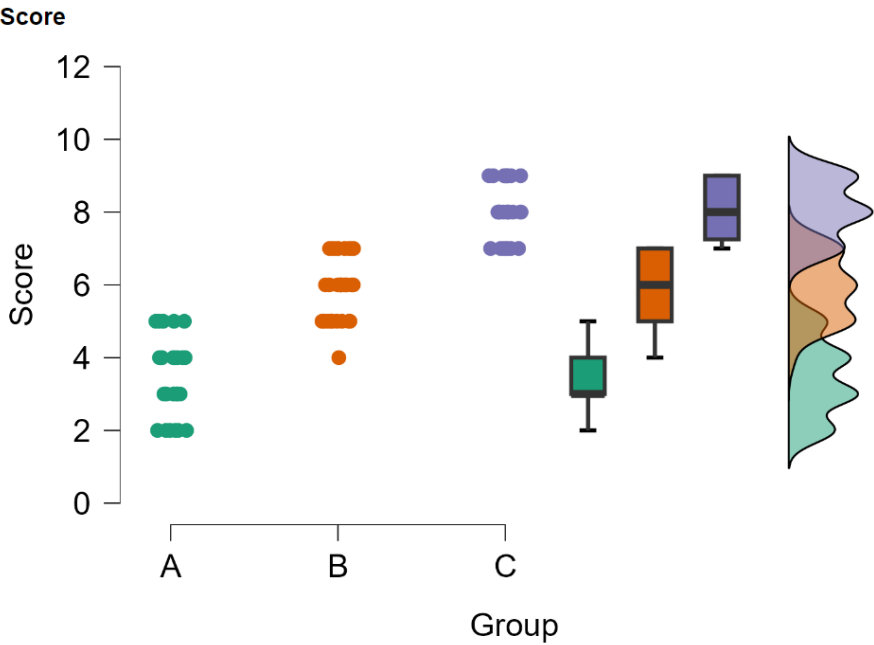
クラスカル・ウォリス(Kruskal-Wallis)検定

# Kruskal-Wallis検定(JASP)

- 雨雲プロット

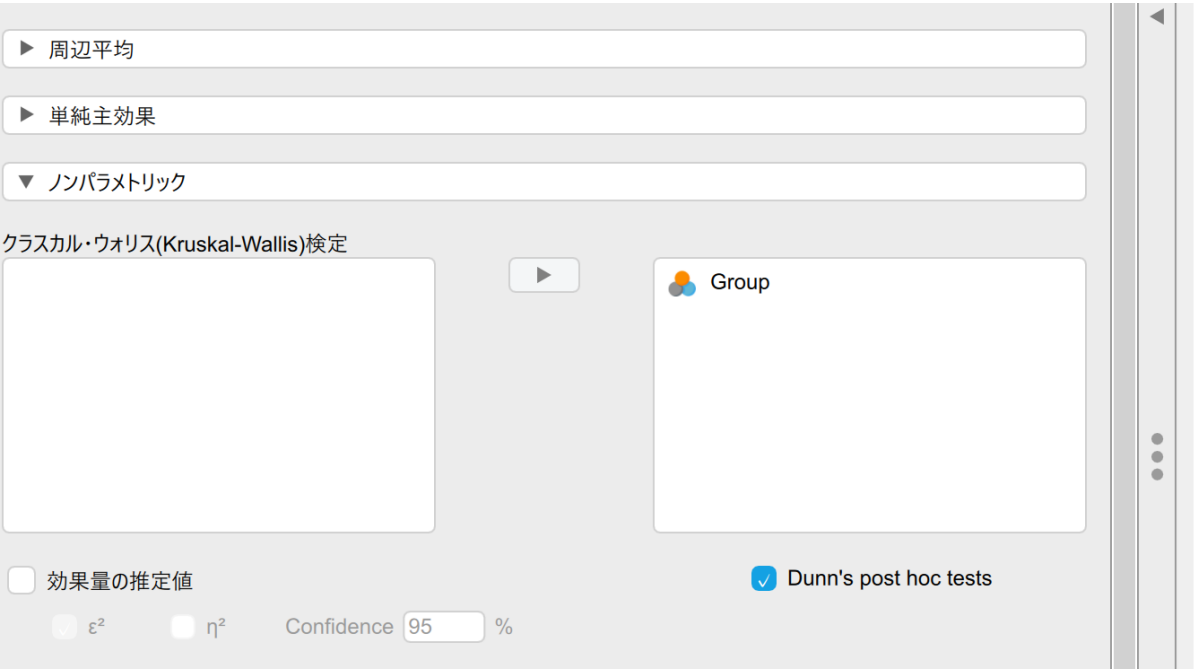


雨雲プロット



# Kruskal-Wallis検定(JASP)

- 多重比較はDunn's post hoc tests



## クラスカル・ウォリス(Kruskal-Wallis)検定

クラスカル・ウォリス(Kruskal-Wallis)検定

| 要因    | 統計量   | df | p      |
|-------|-------|----|--------|
| Group | 74.18 | 2  | < .001 |

## ダン(Dunn)

ダンの事後比較-Group

| 比較    | z      | W <sub>i</sub> | W <sub>j</sub> | r <sub>rb</sub> | p      | pボンフェローニ | pホルム   |
|-------|--------|----------------|----------------|-----------------|--------|----------|--------|
| A - B | -4.286 | 15.80          | 44.48          | 0.919           | < .001 | < .001   | < .001 |
| A - C | -8.608 | 15.80          | 74.30          | 1.000           | < .001 | < .001   | < .001 |
| B - C | -4.537 | 44.48          | 74.30          | 0.925           | < .001 | < .001   | < .001 |

注 順位-バイシリアル相関は個々のマンホイットニー検定に基づいています。

# Kruskal-Wallis 後の多重比較

- 全体で有意差 → どこが違うかを比較する
- 方法:Dunn(rank-based pairwise test)
- p値補正:Bonferroni

# Kruskal-Wallis検定(jamovi)

- これだけ

1要因分散分析（ノンパラメトリック）

ID

→

従属変数

Score

→

グループ変数

Group

効果量

☐  $\epsilon^2$

事後検定

☐ 多重比較（DSCF法）

☒ ダンの多重比較

結果

1要因分散分析（ノンパラメトリック）

クラスカル=ウォリス

|       | $\chi^2$ | 自由度 | p      |
|-------|----------|-----|--------|
| Score | 74.2     | 2   | < .001 |

ダンの多重比較

多重比較 - Score

|   |   | z     | P(調整なし) | P(ボンフェロニ) |
|---|---|-------|---------|-----------|
| A | B | -4.29 | < .001  | < .001    |
| A | C | -8.61 | < .001  | < .001    |
| B | C | -4.54 | < .001  | < .001    |

# Wilcoxon符号付順位検定

- 対応のあるt検定のノンパラ版
  - 対応のある2群 正規分布近似が言えない
  - データはWide型 data10\_03

データの編集

記述統計量

t検定

分散分析

|   | ID | Pre | Post |                                                                                                                                                                            |
|---|----|-----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 1  | 7   | 5    | <div><div>伝統的</div><div>独立したサンプルのt検定</div><div>対応のあるサンプルのt検定</div><div>1標本のt検定</div><div>ベジアン</div><div>独立したサンプルのt検定</div><div>対応のあるサンプルのt検定</div><div>1標本のt検定</div></div> |
| 2 | 2  | 6   | 4    |                                                                                                                                                                            |
| 3 | 3  | 8   | 6    |                                                                                                                                                                            |
| 4 | 4  | 5   | 4    |                                                                                                                                                                            |
| 5 | 5  | 9   | 6    |                                                                                                                                                                            |
| 6 | 6  | 4   | 3    |                                                                                                                                                                            |
| 7 | 7  | 6   | 5    |                                                                                                                                                                            |

探索

t検定

分散分析

回帰

|   | ID |   | Post |
|---|----|---|------|
| 1 |    | 7 | 5    |
| 2 |    | 6 | 4    |
| 3 |    | 8 | 6    |
| 4 |    | 4 | 5    |
| 5 |    | 5 | 9    |
| 6 |    | 4 | 3    |
| 7 |    | 6 | 5    |

# Wilcoxon符号付順位検定(JASP)

▼ 対応のあるサンプルのt検定

ID

Pre

Post

変数ペア

Pre

Post

検定

☐ スチューデント

☒ ウィルコクソンの符号付き順位検定

対立仮説

☒ 測度1 ≠ 測度2

☐ 測度1 > 測度2

☐ 測度1 < 測度2

仮定のチェック

☐ 正規性

☐ Q-Q プロット残差

その他の統計

☐ 位置パラメータ

☐ 信頼区間

95 %

☐ 効果量

☐ 信頼区間

95 %

☐ 相関の補正

☒ 記述統計量

☐ Vovk-Sellke maximum p比

プロット

☐ 記述統計量プロット

信頼区間

95 %

☒ 雨雲プロット

☐ 雨雲の差分プロット

☐ 水平方向の表示

☐ 棒グラフ

☐ 信頼区間

95 %

☐ 標準誤差

☐ 水平軸を0に固定

欠損値

☐ 分析データにのみ適用

結果

対応のあるサンプルのt検定

| 測定1 | 測定2    | W     | z     | df | p      |
|-----|--------|-------|-------|----|--------|
| Pre | - Post | 361.5 | 4.144 |    | < .001 |

注 ウィルコクソンの符号付き順位検定

記述統計量

|      | N  | 平均値   | 標準偏差  | 標準誤差  | 変動係数  |
|------|----|-------|-------|-------|-------|
| Pre  | 30 | 6.367 | 1.426 | 0.260 | 0.224 |
| Post | 30 | 4.933 | 1.552 | 0.283 | 0.315 |

雨雲プロット

Pre - Post

31/41

川崎市立看護大学大学院 看護学研究科 博士前期課程

©Ryota Takayanagi 2025

# Wilcoxon符号付順位検定(jamovi)

対応ありt検定

ID

Pre

Post

→

変数ペア

Pre

Post

検定

☐ スチューデント法

☐ ベイズ因子

事前分布 0.707

☒ ウィルコクソン順位

仮説

☒ 測定値 1 ≠ 測定値 2

☐ 測定値 1 > 測定値 2

☐ 測定値 1 < 測定値 2

欠損値

☒ 分析ごとに除外

☐ 行全体を除外

追加の統計量

☐ 平均値の差

☐ 信頼区間 95 %

☐ 効果量

☐ 信頼区間 95 %

☒ 記述統計

☒ 記述統計量のグラフ

前提チェック

☐ 正規性検定

☐ Q-Qプロット

対応ありt検定

|     |      |           | 統計量              | p      |
|-----|------|-----------|------------------|--------|
| Pre | Post | ウィルコクソンのW | 362 <sup>a</sup> | < .001 |

注. H<sub>0</sub>: μ<sub>測定値 1</sub> - 測定値 2 ≠ 0  
<sup>a</sup> 3組のペアが同順位です

記述統計

|      | N  | 平均値  | 中央値  | 標準偏差 | 標準誤差  |
|------|----|------|------|------|-------|
| Pre  | 30 | 6.37 | 6.00 | 1.43 | 0.260 |
| Post | 30 | 4.93 | 5.00 | 1.55 | 0.283 |

グラフ

Pre - Post

○ 平均値 (95%信頼区間)  
□ 中央値

| Group | Mean (95% CI)      | Median |
|-------|--------------------|--------|
| Pre   | 6.37 (6.00 - 6.74) | 6.00   |
| Post  | 4.93 (4.65 - 5.21) | 5.00   |

川崎市立看護大学大学院 看護学研究科 博士前期課程

©Ryota Takayanagi 2025

32/41



# Friedman検定

- 反復測定分散分析のノンパラ版
  - 対応ありの3群以上 正規分布近似が言えない
  - データはWide型 data10\_04

| データの編集 |    |    |    |    |  |
|--------|----|----|----|----|--|
| 記述統計量  |    |    |    |    |  |
| t検定    |    |    |    |    |  |
| 分散分析   |    |    |    |    |  |
| 混合モデル  |    |    |    |    |  |
|        | ID | T1 | T2 | T3 |  |
| 1      | 1  | 7  | 9  | 9  |  |
| 2      | 2  | 6  | 8  | 10 |  |
| 3      | 3  | 6  | 8  | 7  |  |
| 4      | 4  | 5  | 6  | 7  |  |

探索

t検定

分散分析

回帰

度

| ID | T1 | T2 | T3 |
|----|----|----|----|
| 1  | 1  |    |    |
| 2  | 2  |    |    |
| 3  | 3  |    |    |
| 4  | 4  |    |    |
| 5  | 5  |    |    |
| 6  | 6  |    |    |
| 7  | 7  |    |    |
| 8  | 8  |    |    |
| 9  | 9  |    |    |
| 10 | 10 |    |    |
| 11 | 11 |    |    |

1要因分散分析

分散分析

反復測定分散分析

共分散分析

多変量共分散分析

ノンパラメトリック

1要因分散分析

クラスカル=ウォリス

反復測定分散分析

フリードマン

# Friedman検定(JASP)

- これじゃないけど必要

▼ 反復測定分散分析

ID

反復測定要因

反復測定要因 1

水準 1

水準 2

水準 3

新しい水準

新しい要因

反復測定のセル

T1

水準 1

T2

水準 2

T3

水準 3

参加者間要因

共変量

表示

☒ 記述統計

反復測定分散分析

参加者内効果

| ケース       | 平方和   | df | 平均平方   | F     | p      |
|-----------|-------|----|--------|-------|--------|
| 反復測定要因 1  | 56.27 | 2  | 28.133 | 58.84 | < .001 |
| Residuals | 27.73 | 58 | 0.478  |       |        |

注 タイプ III 平方和

参加者間効果

| ケース       | 平方和   | df | 平均平方  | F | p |
|-----------|-------|----|-------|---|---|
| Residuals | 96.40 | 29 | 3.324 |   |   |

注 タイプ III 平方和

記述統計量

| 反復測定要因 1 | N  | 平均値   | 標準偏差  | 標準誤差  | 変動係数  |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 水準 1     | 30 | 5.200 | 1.031 | 0.188 | 0.198 |
| 水準 2     | 30 | 6.267 | 1.202 | 0.219 | 0.192 |
| 水準 3     | 30 | 7.133 | 1.332 | 0.243 | 0.187 |

# Friedman検定(JASP)

- 雨雲プロット

記述統計量プロット

Bar Plots

▼ 雨雲プロット

要因

横軸

反復測定要因 1

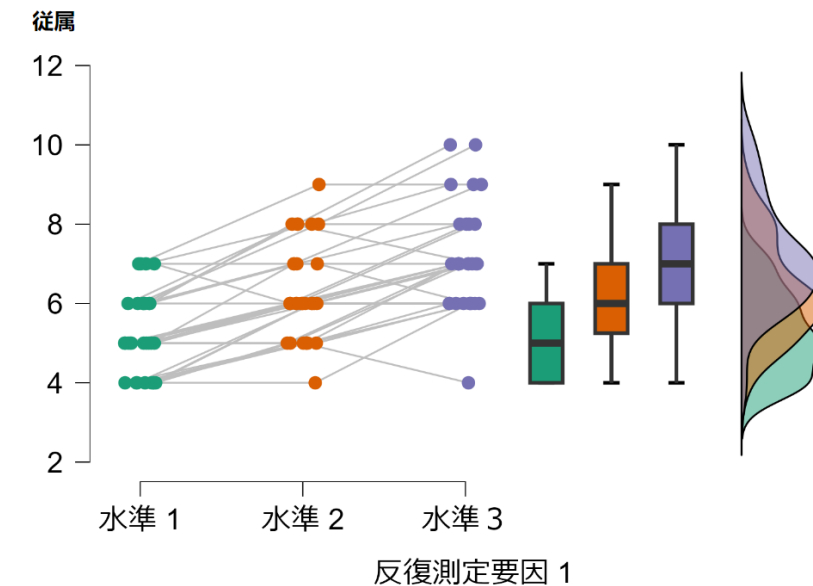
分割プロット

Y軸のラベル

周辺平均

単純主効果

雨雲プロット



# Friedman検定(JASP)

- 多重比較はConover

Y軸のラベル

▶ 周辺平均

▶ 単純主効果

▼ ノンパラメトリック

要因

▶

反復測定要因

反復測定要因 1

▶

追加的な群の要因

▶

☒ コノバー(Conover)の事後検定

ノンパラメトリック

フリードマン(Friedman)検定

| 要因       | X <sup>2</sup> <sub>F</sub> | df | p      | ケンドール(Kendall)のW |
|----------|-----------------------------|----|--------|------------------|
| 反復測定要因 1 | 41.79                       | 2  | < .001 | 0.697            |

コノバー(Conover)検定

コノバー(Conover)の事後比較 - 反復測定要因 1

|      |      | T統計量   | df | W <sub>i</sub> | W <sub>j</sub> | r <sub>rb</sub> | p      | Pボンフェローニ |
|------|------|--------|----|----------------|----------------|-----------------|--------|----------|
| 水準 1 | 水準 2 | 6.833  | 58 | 35.00          | 63.00          | -0.948          | < .001 | < .001   |
|      | 水準 3 | 11.469 | 58 | 35.00          | 82.00          | -0.975          | < .001 | < .001   |
| 水準 2 | 水準 3 | 4.636  | 58 | 63.00          | 82.00          | -0.837          | < .001 | < .001   |

注 subjectでグループ化。  
注 順位-バイシリアル相関は個別の符号順位検定に基づいています。

# Friedman 後の多重比較

- 対応ありの3時点以上の比較
- 方法: Conover (Durbin-Conover)
- p値補正: Bonferroni

# Friedman検定(jamovi)

反復測定分散分析（ノンパラメトリック）

ID

測定値

T1  
T2  
T3

☒ 多重比較（ダービン=コノバー法）

☒ 記述統計

☒ 記述統計量のグラフ

☐ 平均値

☒ 中央値

フリードマン

| $\chi^2$ | 自由度 | p      |
|----------|-----|--------|
| 41.8     | 2   | < .001 |

多重比較（ダービン=コノバー法）

|    |   |    | 統計量   | p      |
|----|---|----|-------|--------|
| T1 | - | T2 | 6.83  | < .001 |
| T1 | - | T3 | 11.47 | < .001 |
| T2 | - | T3 | 4.64  | < .001 |

[3]

記述統計

|    | 平均値  | 中央値  |
|----|------|------|
| T1 | 5.20 | 5.00 |
| T2 | 6.27 | 6.00 |
| T3 | 7.13 | 7.00 |

記述統計量のグラフ

# JASPとjamovi

- JASPは統合的な環境に積極的(SPSSっぽい)
  - いろんなことができることを目指す
  - 出力もAPA準拠
- jamoviはシンプルな環境(保守的・初学者向け)を目指す
  - 簡単に操作できることを目指す
  - 指定等は少なめ
- 結果の信頼性は同じRなので同一

# まとめ

- ノンパラメトリック検定は、データが正規分布でない場合や順序尺度のときに使用
- 結果の解釈は「中央値を使った分布の位置の差」であり、「平均値の差」ではない
- データの性質と群の構造を見て、適切な検定を選ぶことが重要
- データ数ではなくデータの分布形状が重要
  - 大きな外れ値があったら平均は役に立たない



# パラメトリック検定とノンパラメトリック検定

| データの関係              | 群の数  | パラメトリック<br>数値で正規分布近似 | ノンパラメトリック         |                                   |
|---------------------|------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|
|                     |      |                      | 正規分布近似でない・順序      | カテゴリー(名義)<br>データの分布を考えない          |
| 独立(別の人)             | 2群   | t検定(Welch)           | Mann-Whitney(U検定) | $\chi^2$ 乗検定                      |
|                     | 3群以上 | 一元配置分散分析(ANOVA)      | Kruskal-Wallis検定  |                                   |
| 対応あり<br>(同じ人・ペア・反復) | 2群   | 対応ありt検定              | Wilcoxon符号付順位検定   | McNemar検定<br>(対応のある $\chi^2$ 乗検定) |
|                     | 3群以上 | 反復測定分散分析(GG補正)       | Friedman検定        | Bowker検定<br>(拡張McNemar検定)         |

検定の名称は覚えなくていいので、  
何を基準に検定を決定するのかを理解してください