

「Excel」→「js-STAR」→「R」で
初歩の統計処理を学ぶ講座
Part 2



分散分析について(2)

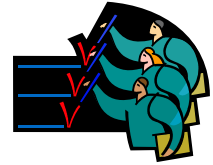
- (1)2要因計画における“主効果”のとりえ方
- (2)Rを利用した詳細な分析
- (3)Rを利用した結果の記述



前回の内容

復習

- (1)分散分析の意味
- (2)js-STARを使った分析
 - (3-1)参加者間計画
 - (3-2)参加者内計画
- (3)多重比較



今回の内容

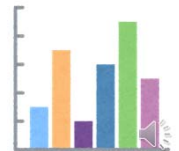


- (1)主効果のとりえ方
 - ・複数要因の主効果
- (2)js-STARが出力する“Rスクリプト”を用いたより詳細な分析
- (3)同じくRスクリプトの出力を用いた「結果文」の出力
 - ・「結果文」の修正方法

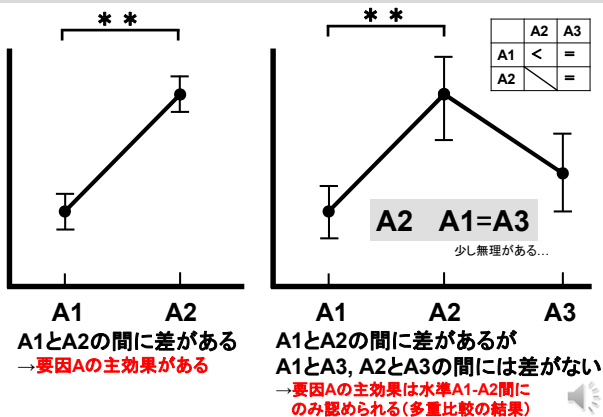


主効果 main effect

- ・実験計画で研究者が設けた「実験操作」による変化量
- ・「主効果がある」ということは「その実験操作」に（単独での）意味があったことを示唆する
 - ・例：記憶実験において“記銘項目の種類”を変えて覚えた
→ 単語 > 無意味つづり > 数字の順に再生成績が良かった
「記銘項目の種類による主効果が認められた」
- ・統計的には 要因内の“各水準”の平均値間に“有意な差”が生じている場合に
「**要因の主効果がある**」と表現する
 - ・3水準以上の場合には引き続いて「多重比較」を行う必要(part1参照)



1要因の主効果 復習(多重比較の有無)



多要因実験計画における効果

- ・ここまでは実験操作が1種類(1要因)だけ
- ・1つの実験の中で複数の要因を操作する実験
→「**多要因計画**」実験(要因数は2~3が多い)
 - ・例:「年齢別」の「各材料」による「記憶成績」の相違
 - ・要因1(独立変数): 年齢(10歳代・30歳代・50歳代)
 - ・要因2(独立変数): 記銘材料(単語・無意味つづり) ヤマ ヘナ
 - ・測定値(従属変数): 記憶成績(再生個数)

独立変数: 実験で操作する変数(要因)
従属変数: 測定する対象の値(データ)



注)通常の分散分析は「独立変数」を複数にすることだけが可能
複数の「従属変数」をまとめて分析をしたい場合には「多変量分散分析」

多要因計画における結果

•多要因計画には**複数種類の結果状況**が想定される

•例:2要因計画の場合は4種類

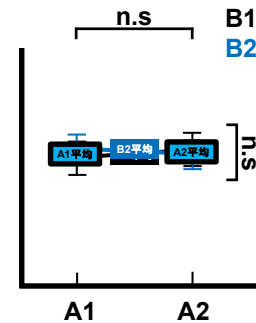
- (1)どちらの要因の主効果もない場合
- (2)両方の要因の主効果がある場合
- (3a,3b)片方の要因の主効果だけがある場合
- (4)「**交互作用**」が発生している場合(part 3)



•多要因実験計画における「主効果」のとりえ方は？

→各水準内にある複数の要因データを平均した
水準間の**平均値同士の比較**としてとらえる →参考

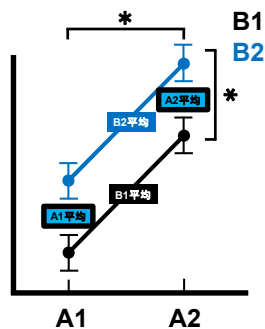
2要因の主効果の例(1)



(1)A/B2つの要因のいずれも主効果がない



2要因の主効果の例(2)

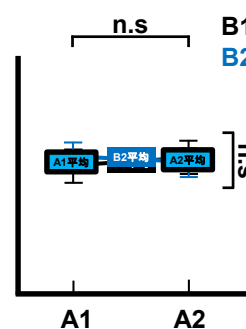


(2)A/B 2つの要因のいずれも主効果がある

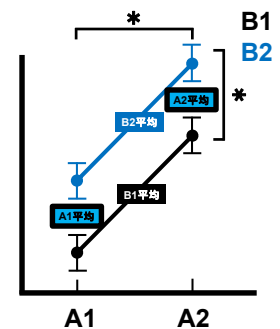


2要因の主効果の例(1)(2)

主効果は各水準“全体”の「平均値」間の差でとらえる



(1)A/B2つの要因のいずれも主効果がない



(2)A/B 2つの要因のいずれも主効果がある



例題2-1a

複数の主効果があるデータ

本資料の例題・練習問題はすべて仮想例

- 20名の参加者が2種類の材料(有意味単語・無意味つづり)10項目ずつを記憶した
- 記憶直後と一週間後(遅延時)に再生を行ったところ
- 「例題2-1a:複数主効果データ(sAB)」のようなデータとなった(2要因参加者内計画)
- このデータの分析を行い「記憶材料の効果」と「時間経過の効果」を各々確認せよ

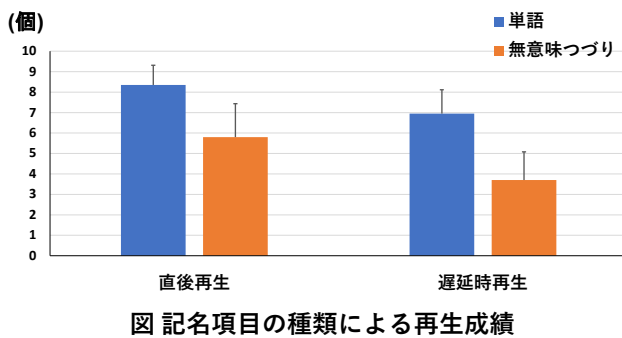


操作動画

- 操作動画を確認してみましょう



分析結果の解説 グラフ



分析結果の解説 分散分析表

S.V	SS	df	MS	F	
sub j	66.3000	19	3.4895		
A	168.2000	1	168.2000	93.17 **	記銘材料(単語・無意味つづり)の主効果がある
sxA	19.2500	19	1.0132		
B	61.2500	1	61.2500	60.45 **	時間(直後・遅延)の主効果がある
sxB	34.3000	19	1.8053		
AxB	2.4500	1	2.4500	2.73 ns	交互作用はない(後述)
sxAxB	17.0500	19	0.8974		
Total	368.8000	79		+p<.10 *p<.05 **p<.01	

論文への記載例

- 記銘材料別の直後再生と遅延再生の成績を図○に示す。これに対して、2要因2水準の参加者内分散分析を行った結果、項目の種類の主効果($F(1,19)=93.17, p<.01$)、ならびに時間経過の主効果($F(1,19)=60.45, p<.01$)が有意であった。交互作用は認められなかった($F(1,19)=2.73, n.s.$)。また、両主効果の効果量は十分な大きさを示した(記銘材料: $\text{partial } \eta^2=0.76$, 時間経過: $\text{partial } \eta^2=0.83$)。

Rのスク립トを利用した結果記述

- js-STARの分析結果の下に出力されるRのスク립トを利用する(R画面にペーストする)ことで

より詳細な結果の記述

を行うことができる

- 分析結果の記述も行える

- ただしスク립トの末尾を一部改変しないとファイルに保存できない

→「Rプログラム」を一番下までスクロール→スク립ト末尾の

write(txt.file.choose(), ap=T) # 結果のファイル保存

↑の冒頭のコメントアウト「#」を消してからコピー・ペーストすること



Rライブラリの導入

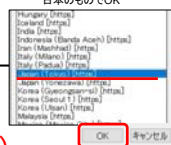
- js-STARによる結果記述を利用するためにはあらかじめRに2つの「ライブラリ」を導入しておく必要がある

- 必要ライブラリ: **car, psych**

- ネットワークにつないだコンピュータでRのコマンドライン上にコマンドを入力

```
> install.packages("car")
↓
> install.packages("psych")
↓
> ←このプロンプトが出てきたら終了
```

導入元サーバーの指定は日本のものでOK



操作動画

- js-STARとR上での操作動画を確認してみましょう
#こちらの動画にはRのライブラリの導入は含まれません



Rの文章出力

各水準における〇〇得点について基本統計量をTable(tx0)に示す。
 2要因の参加者内分散分析を行った結果 (Table(tx1)参照), 主効果Aが有意であり ($F(1,19)=93.172, p=0, \eta_p^2=0.831, 1-\beta=1$), 主効果Bが有意であり ($F(1,19)=60.455, p=0, \eta_p^2=0.761, 1-\beta=1$), 交互作用AxBが有意でなかった ($F(1,19)=2.73, p=0.114, \eta_p^2=0.126, 1-\beta=0.789$)。
 主効果Aの検出力 ($1-\beta$) は十分である。主効果Bの検出力も十分である。なお検出力の値は水準間の相関係数を用いて算出した。
 有意性を示した主効果Aについて, A1の平均7.65がA2の平均4.75よりも有意に大きいことが見いだされた。また, 主効果Bについては, B1の平均7.075がB2の平均5.325よりも有意に大きいことが見いだされた。

抽象的な文章&記述として不完全
 →これを実際の実験計画に即して変更していく

変更部分の解説

• 実験計画とデータ入力の順番を確認

• 変数部分の実験条件に即した書き換え

- 元表現「〇〇得点」→「再生成績」
- 元表現「主効果A」→「記銘材料の主効果」
- 元表現「主効果B」→「時間経過の主効果」
- 元表現「A1」→「有意意味単語」
- 元表現「A2」→「無意味つづり」
- 元表現「B1」→「直後再生」
- 元表現「B2」→「遅延再生」

「実験計画」と
 「入力データ」の対応を
 確認して置き換える

• 統計値の表現変更

- $p=0 \rightarrow p<.001 \quad 1-\beta=1 \rightarrow 1-\beta>.999$
- “アルファベット”部分はイタリックに(斜体で代用可)
 - 統計値でも「ギリシャ文字」はそのままよい
- 「偏イータ2乗」 $\eta_p^2 \rightarrow \eta_p^2$ (p は下付き 2は上付き)

$F(1,19)=2.73$

$F(1,19)=2.73$

Rの出力を利用した記載例 変更した結果

各水準における再生成績についての基本統計量をTable〇に示す。
 2要因の参加者内分散分析を行った結果 (Table〇参照), 記銘材料の主効果が有意であり ($F(1,19)=93.172, p<.001, \eta_p^2=0.831, 1-\beta>.999$), また時間経過の主効果が有意であった ($F(1,19)=60.455, p<.001, \eta_p^2=0.761, 1-\beta>.999$)。一方, 交互作用は有意でなかった ($F(1,19)=2.73, p=0.114, \eta_p^2=0.126, 1-\beta=0.789$)。
 記銘材料の主効果の検出力 ($1-\beta$) は十分である。時間経過の主効果の検出力も十分である。なお検出力の値は水準間の相関係数を用いて算出した。
 有意性を示した記銘材料の主効果について, 有意意味単語の平均再生数7.075が無意味つづりの平均再生数5.325よりも有意に大きかった。また, 時間経過の主効果については, 直後再生の平均再生数7.65が遅延再生の平均再生数4.75よりも有意に大きかった。

「日本語」として読めるように調整を

練習問題2-1a 複数の主効果がある場合

<鏡映マウス作業実験>

- 画面上の図形の輪郭をなぞる実験
- このとき「普通のマウス」でなぞる場合と、「マウス操作が上下左右反対になるソフトウェア(ドライバ)」を入れた状態(鏡映マウス状態)でなぞる実験を行った
- さらに「利き手」と「非利き手」の両方で1回ずつ実験を行った
- 一人の人がすべての条件を行った(参加者内)
 - 4種類の実験の順番はランダムとした
- 従属変数は「課題達成時間(秒)」

この時、「マウス設定(通常・鏡映)」の効果と「利き手」の効果をグラフを描いてから統計的に確認せよ

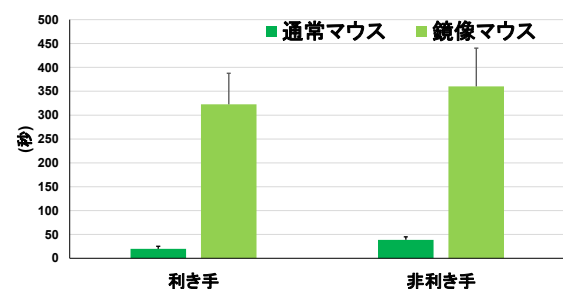
Excel: 練習問題2-1a 複数主効果がある場合(sAB)
 ファイル: 練習問題2-1a: 複数主効果がある場合(sAB).txt

操作動画

- 操作動画を確認してみましょう



分析結果の解説 グラフ



図〇 利き手とマウスの種類による課題遂行時間

分析結果の解説 分散分析表

S.V	SS	df	MS	F
subj	93391.4220	19	4915.3380	
A	1948627.5920	1	1948627.5920	427.57 **
sxA	86591.5780	19	4557.4515	
B	15978.2045	1	15978.2045	17.89 **
sxB	16973.8555	19	893.3608	
AxB	1690.9605	1	1690.9605	1.87 ns
sxAxB	17199.1195	19	905.2168	
Total	2180452.7320	79	+p<.10 *p<.05 **p<.01	

マウスの
通常・鏡映の間に
差が認められる

利き手・非利き手
の間にも差が
認められる

交互作用はない
(後述)

Rの出力を利用した記載例

各水準における課題遂行時間の基本統計量をTable O に示す。

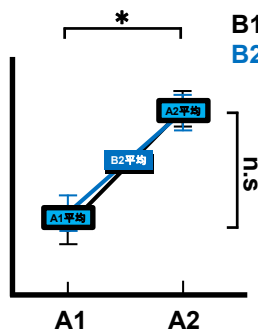
2要因の参加者内分散分析を行った結果 (Table O 参照), マウスの種類の主効果が有意であり ($F(1,19)=427.57, p<.001, \eta_p^2=0.958, 1-\beta=1$), また利き手の主効果が有意であった ($F(1,19)=17.886, p<.001, \eta_p^2=0.485, 1-\beta=0.999$)。交互作用は有意でなかった ($F(1,19)=1.868, p=0.187, \eta_p^2=0.09, 1-\beta=0.665$)。

マウス種類の要因の主効果の検出力 ($1-\beta$) は十分である。利き手の要因の主効果の検出力も十分である。なお検出力の値は水準間の相関係数を用いて算出した。

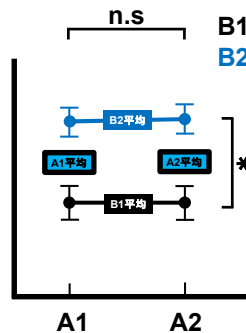
有意性を示したマウスの種類の主効果について, 通常マウスの平均29.27秒が鏡映マウスの平均341.41秒よりも有意に小さかった。また, 利き手の主効果については, 利き手の平均171.208秒が非利き手の平均199.472秒よりも有意に小さかった。

2要因の主効果の例(3a,b)

主効果は各条件「全体」の
「平均値」間の差でとらえる



(3a) 要因Aのみ
主効果がある



(3b) 要因Bのみ
主効果がある

例題2-1b

片方の主効果だけがあるデータ

- ある映像を見る前と見た後の「心拍数」を20歳の男女別に10名ずつ測定したところ「例題2-1b: 片方のみ主効果がある場合 (AsB)」のようなデータとなった (2要因混合計画)

- このデータを分析することで
 - (1) この映像が心拍数に与える影響があるか
 - (2) その影響が「性別」によって異なるか
 を検討せよ

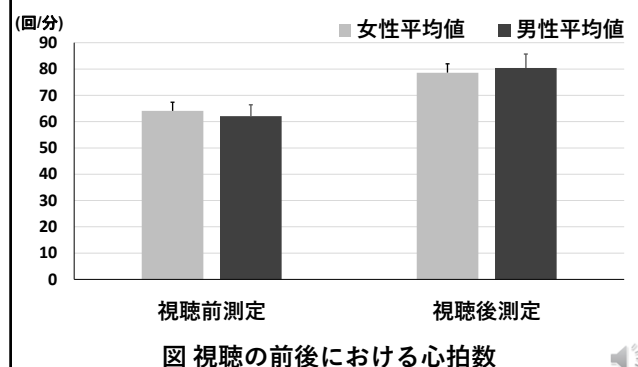


操作動画

- 操作動画を確認してみましょう



分析結果の解説 グラフ



分析結果の解説 分散分析表

S.V	SS	df	MS	F	
A	0.1000	1	0.1000	0.01 ns	性別の差はない
subj	232.3000	18	12.9056		
B	2689.6000	1	2689.6000	107.51 **	視聴の前後に 差が認められる
AxB	36.1000	1	36.1000	1.44 ns	
sxB	450.3000	18	25.0167		交互作用はない (後述)
Total	3408.4000	39		+p<.10 *p<.05 **p<.01	

Rの出力を利用した記載例

各群の各水準における心拍数について基本統計量をFig.○に示す。

性別の要因を参加者間、視聴の要因を参加者内に配置した2要因分散分析(Type SS使用)を行った結果 (Table○参照), 性別の主効果は有意でなく ($F(1,18)=0.008, p=0.93, \eta_p^2=0.00, 1-\beta=0.052$), 視聴の主効果が有意であり ($F(1,18)=107.512, p<.001, \eta_p^2=0.857, 1-\beta=1$), 交互作用は有意でなかった ($F(1,18)=1.443, p=0.245, \eta_p^2=0.074, 1-\beta=0.56$)。

視聴の主効果の検出力 ($1-\beta$) は十分である。なお検出力の値は水準間の相関係数を用いて算出した。

参加者間の分散の均一性についてBartlett検定を行った結果 (Table○参照), 視聴要因のいずれの水準においても有意でないことを確認した ($\chi^2(1)s < 1.633, ps > 0.201$)。←複数の統計値をまとめて書く書き方のs

視聴の主効果について、視聴前の平均心拍数63.1が視聴後の平均心拍数79.5よりも有意に小さかった。

「ストループ効果」

green green green

・文字の「意味」と文字の「色彩」の情報が矛盾している場合、一致している場合に比べて情報処理が遅れる現象 (Stroop,1935)

・意味と色彩に限らず、様々な素材で生じる

例 意味と大きさ 大 小

古典的な心理学実験

部分と全体

練習問題2-1b 片方だけに主効果がある場合

<文字種の異なるストループ実験>

・文字が出てきたらその文字の「色(color)」

をできるだけ素早く正確に答える実験

- ・ただし文字には色がついており
文字の意味と同じ色の場合と異なる場合がある(要因1)
- ・材料は「漢字」と「カナ」がある(要因2)

→従属変数: 色名が書かれたボタンを押すまでの反応時間(ms)

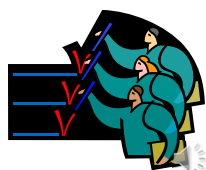
- ・「文字の色・意味のマッチ」が「文字の意味の判断」の反応時間に影響するかどうかを調査せよ
- ・その影響が「文字種類(漢字・カナ)」によっても異なるかどうかとも調べよ

Excel: 練習問題2-1b 片方のみ主効果がある場合(sAB)

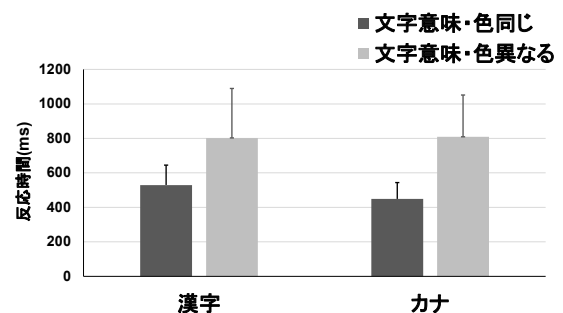
ファイル: 練習問題2-1b: 片方のみ主効果があるデータ(sAB).txt

操作動画

・操作動画を確認してみましょう



分析結果の解説 グラフ



図○ 材料による反応時間の相違

分析結果の解説 分散分析表

S.V	SS	df	MS	F
subj	346853.5793	9	38539.2866	
A	1002814.0892	1	1002814.0892	20.82 **
sxA	433575.8032	9	48175.0892	
B	13567.8039	1	13567.8039	0.63 ns
sxB	193313.1221	9	21479.2358	
AxB	19156.3782	1	19156.3782	0.26 ns
sxAxB	659597.7039	9	73288.6338	
Total	2668878.4798	39		+p<.10 *p<.05 **p<.01

文字意味と色の
異同の間に
差が認められる

文字の種類に
よる効果はない

交互作用はない
(後述)

Rの出力を利用した記載例

各水準における反応時間について基本統計量をTable○に示す。

2要因の参加者内分散分析を行った結果 (Table○参照), 文字色と意味の異同の主効果が有意であった($F(1,9)=20.816$, $p=0.001$, $\eta_p^2=0.698$, $1-\beta=0.999$)。一方、文字種類の主効果は有意でなく ($F(1,9)=0.632$, $p=0.447$, $\eta_p^2=0.066$, $1-\beta=0.305$)。交互作用も有意でなかった ($F(1,9)=0.261$, $p=0.621$, $\eta_p^2=0.028$, $1-\beta=0.105$)。

文字色と意味の異同の主効果の検出力 ($1-\beta$) は十分である。なお検出力の値は水準間の相関係数を用いて算出した。

有意性を示した文字色と意味の異同の主効果について、同じ場合の平均反応時間489.021msが異なる場合の平均反応時間805.694msよりも有意に小さかった。

まとめ

・2要因計画における「主効果」の読み方

- 各要因内における各水準間の「データの平均値」の差が主効果
- 複数の主効果がある場合と片方だけの主効果がある場合

注)3要因計画の場合にはさらに複雑になる
ex. 3要因のうち1要因だけが有意な場合
3要因のうち2要因だけが有意な場合
(要因の組み合わせも)

・js-STARのRスクリプトを利用した「結果」の記述

- 抽象的な文章が出力されるため実験計画とデータ入力の順番を確認して内容に合わせて修正する



・Part 3は「交互作用」の解説