

## 「Excel→js-STAR→R」で 初歩の統計処理を学ぶ講座

### 番外編: 実験計画法

独立変数と従属変数  
要因と水準  
統制・無作為化・反復  
参加者間と参加者内(対応の有無)



## 特殊な観察「実験」

- 新しいことを知りたい場合

「観察」がもっとも大事

– しかし単に自然な状態で観察を行うだけでは  
(偶然の割合でしか対象が見つからないため) 効率が悪い

- 観察したい対象が明確な場合には、ある特定の「条件」を人為的に設定し、その下で観察を行うことで効率よくデータを収集することができる

これを「実験」と呼ぶ

例: 記憶実験 (自然観察だけではデータが取れない)

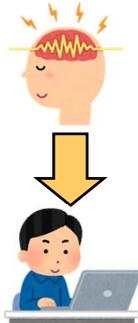


## 心の処理を取り出す実験

- 「心」は直接は観察できない



が、実験計画の工夫によって  
「心」の中の情報処理を  
「行動」として取り出して  
観察可能なデータにする



人間を対象とする「実験」の特徴

反応時間・正答率

## 実験計画法

- 合理的に「実験」を行なうための考え方の枠組み

- 基本的考え方

– 全体は一定の条件にそろえる(統制)  
– “観察したい条件”(だけ)を変化させる  
その変化だけが「原因」となって「結果」が変化する  
=因果関係の証明



「因果関係による変化」を  
効率よく観察するための方法論

## 実験計画: 2つの変数

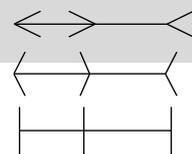
- 独立変数 (原因)

– 実験で操作する「**要因**」  
ex. ミュラーリヤー錯視実験における矢羽の角度  
– どのような要因で実験を行うかは目的や制約条件による  
“矢羽の長さの違い”による錯視量の違いを調べたい場合には  
長さが「**要因**」になる

- 従属変数 (結果)

– 独立変数の変化に**従って**変化する「**データ**」  
ex. ずれの大きさ(錯視量)

[独立変数を操作する]ことによる[従属変数の変化]を観察する  
「**実験(計画)**」



因果関係

## 実験計画の例(1)

- 「テレビゲームのプレイ時間と熟達化」
- 調べてみたいこと: テレビゲームの点数は長く行えば行うほど直線的に伸びていくものだろうか



## 実験計画の例(2)

- 「様々な映画を見たときの心拍と血圧の変化」
- 調べてみたいこと:人はどんな映画を見た時に興奮するのだろうか



## 実験計画の例(3a)

- 「対人距離と緊張感の関連」
- 他人が正面からどのくらいの距離まで近づいてくるとどの程度緊張するのか



## 実験計画の例(3b)

- 「対人距離と緊張感の関連」
- 各方向から他人がどのくらいの距離まで近づいてくると“耐えられないほど”緊張するのか



実験計画は一つではない

## 実験計画における「要因」と「水準」

- 「要因(条件)」(独立変数の別名)

ー 実験において系統的に変化させる要素

ー 最低1 複数もある(多要因計画)(実用上は3以下)

・ 例1: ゲームの種類による好みを知りたい→「ゲーム種類」

・ 例2: 年齢による記憶能力の変化を知りたい→「年齢」

・ 例3: 矢羽根の角度による錯視量の大きさを知りたい→「角度」



- 「水準(数)」

ー 要因中の比較する“カテゴリー(数)”

ー 最低2 上限は理論上はない(実用上は10以下)

・ 例1: 2種類のゲームの比較の場合には「2水準」

・ 例2a: 「10歳代」「30歳代」「50歳代」の比較の場合には「3水準」

・ 例2b: 「小学生」「中学生」「高校生」「大学生」の比較の場合には「4水準」

・ 例3: 「30度」「60度」「90度」3つの角度は「3水準」

数

↓

↓

↓

## 要因と水準

独立変数

従属変数

例1: ミュラーリヤー錯視の角度による錯視量の違い

独立変数: 角度

水準数: 30度・60度・90度の3水準

→ 従属変数: 錯視量(mm)

例2: 講義方法による成績の相違

独立変数: 講義方法

水準数: 新方式, 旧方式, 統制群の3水準

→ 従属変数: テスト得点

例3: 訓練の繰り返しによる作業成績の向上

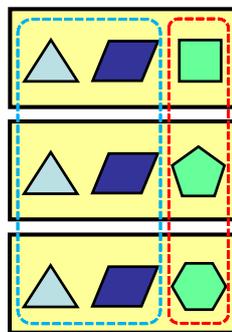
独立変数: 訓練

水準数: 訓練1回・2回・3回・4回の4水準

→ 従属変数: 作業成績

## 統制部分と(操作)変数部分

状態a



結果A

状態a'

結果A'

状態a''

結果A''

変化させない「統制」部分 → 変化させる「(操作)変数」部分 → 結果が変化する

### 実験計画の基本 3種

## 統制・無作為化・反復

例「矢羽の角度による錯視の大きさを調べたい」

(0) 角度の要因を設定する(ex.30度・60度・90度 「3水準」)

(1) その他の要因は一定に保つ→**統制**  
 ex. 同じ実験機材・場所を利用する  
 ex. どの人も手続きを同じにする

(2) 恒常誤差を除くためにランダム化して相殺→**無作為化**  
 ex. 実験の順番をランダムにする  
 ex. 標準刺激と比較刺激の左右をランダムにする etc.

(3) 偶然誤差を除くために測定を繰り返す→**反復**  
 ex. いろいろな人に実験して個人差を除く  
 ex. 同じ条件で参加者内で10回測定を繰り返す




## 統制と無作為化と反復の例

- ある要因の影響が本当にあるのかどうかを確認する方法の例
- ex. ある薬が効果があるか否か
  - (0) 薬の要因を測定する(ex. 薬の有/無)
  - (1) その他の要因は一定に保つ(→統制)  
 ex. 他の薬は飲ませない、かかり始めの人ばかりを選ぶ etc
  - (2) 統制できない偶然誤差はランダム化する(→無作為化) ex. 年齢はいろいろな年齢からランダムに etc
  - (3) 上記の条件の下で測定を繰り返す(→反復)  
 ex. 上記の条件で多くの人に試験する





## 参加者“間”計画と参加者“内”計画

- 一人の人が一つの水準だけを行う場合  
 (別な水準は別な人が行う)を  
 「参加者**間**実験計画」と呼ぶ(「**対応のない**」実験計画)  
 例: 1回訓練を行う人・2回訓練を行う人・3回訓練を行う人・4回訓練を行う人を各々**別の群**として作業成績を比較する場合
- 一人の人が複数の水準を行う場合を  
 「参加者**内**実験計画」と呼ぶ(「**対応のある**」実験計画)  
 例: **一人の人**が1回・2回・3回・4回と訓練を行い、各回の訓練終了ごとにその人の作業成績を比較する場合(を**たたくさんの人**が行う)
- 「多要因計画」の場合には一つの条件が「**間**」で別な条件を「**内**」とすることも可能(「**混合計画**」)

## 検定の「対応」

- 2つ(以上)のデータ群において、比較するデータが各々同じ人から得られている場合(被験者内計画)  
 「**対応のある実験計画**」
- 二つの水準を全員が行って比較する場合には「**対応あり**」(被験者内の分析)
 

水準1	水準2
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
- クラスを二つに分けて別な群として比較する場合には「**対応なし**」(被験者間の分析)
 

水準1	水準2
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●
●	●

## 検定における「対応」の有無

水準1	水準2	水準3	水準1	水準2	水準3
Aさん	Aさん	Aさん	Aさん	Eさん	Iさん
Bさん	Bさん	Bさん	Bさん	Fさん	Jさん
Cさん	Cさん	Cさん	Cさん	Gさん	Kさん
Dさん	Dさん	Dさん	Dさん	Hさん	Lさん
.....	.....	.....	.....	.....	.....

同じ参加者がすべての水準を行う → 「**対応のある実験計画**」  
 <参加者内計画>

一人の参加者は一つの水準のみを行う → 「**対応のない実験計画**」  
 <参加者間計画>

2水準までは「t検定」が可能 3水準以上は「分散分析(ANOVA)」で

## 多要因計画

一つの実験の内部で複数の「要因」を操作する実験計画

- 例1: 年齢による“記憶能力の変化”に“男女差”があるか
  - 要因1: 年齢(20歳/40歳/60歳) 被験者間 3水準
  - 要因2: 性別(男/女) 被験者間 2水準

被験者がたくさん必要になる  
(1水準20名×3×2=120名)

---

- 例2: 記憶能力が“素材”と“提示モダリティ”によって異なるか
  - 要因1: 記名素材(数字・無意味綴り・有意意味単語) 一人の被験者にすべての記銘素材を覚えてもらう 被験者内 3水準
  - 要因2: 刺激提示方法(視覚提示・聴覚提示) 一人の被験者に両方の記銘方法で覚えてもらう 被験者内 2水準

被験者の数は節約できる(すべての条件を一人の人が行うため20名で済む)

## 必要な被験者の数(被験者間・内)

＜被験者間実験計画＞

	女性	男性
20歳	20名	20名
40歳	20名	20名
60歳	20名	20名

全体で120名  
一人当たりの労力は少ない

---

＜被験者内実験計画＞

	視覚提示	聴覚提示
数字	20人 (すべての条件を同じ人が経験する)	
無意味綴り		
有意意味単語		

全体で20名  
一人当たりの労力が多い

## 混合計画

一つの実験の中で“被験者間要因”と“被験者内要因”を操作する多要因実験計画の一種

- 例: 記憶能力を伸ばす“3種類の訓練方法”の効果を“訓練の前後”で比較したい
  - 要因1: 訓練の種類(訓練A/訓練B/訓練C) 被験者間 3水準
  - 要因2: 記憶能力(訓練前・訓練後) 一人の被験者の訓練前後を比較 被験者内 2水準

「3×2の混合計画」と呼ぶ

被験者の数は間と内の中間程度 (20人×3水準=60名)

## 必要な被験者の数(混合計画)

＜混合実験計画＞

	訓練前	訓練後
訓練A	20名	
訓練B	20名	
訓練C	20名	

全体で60名  
一人当たりの労力は中程度

一人の被験者は1つの訓練条件に参加する(被験者間3群) その訓練の前後で比較を行う(被験者内2群)  
「3×2の混合計画」

## 特殊な実験計画

- ABABデザイン**  
被験者が少ない・稀な事例であるなどの場合に行なう特殊な「実験計画」
- 被験者は“1名”であることも多い  
- 治療・教授法などの効果の確認で用いられる技法
- 事前の「ベースライン(A)」と
- 何らかの処置を施す「操作フェーズ(B)」の繰り返しが基本

## ABAB実験計画の例

ベースラインと操作フェーズの差を観察する

## 実験計画 まとめ



- 因果関係を知るためには条件統制を行った「**実験**」が必要
- 実験の組み立て方にはコツがある
  - 「独立変数」と「従属変数」の相違を理解する
  - 「条件統制」を理解する
  - 被験者「間」要因 と 被験者「内」要因 の相違を理解する

自分で実験計画を立てられるようになろう



## 「Excel→js-STAR→R」で 初歩の統計処理を学ぶ講座

### 番外編: 実験計画法

独立変数と従属変数

要因と水準

統制・無作為化・反復

参加者間と参加者内(対応の有無)

<終>

