

1. 実験計画法 [【動画】](#)

実験計画法（その中の分散分析）は、農業試験場に努めていた R.A.フィッシャーという有名な統計学者が考えた、実験結果を効率よく比較する手法です。実験だけでなく、アンケートなどで集めたデータを解析する際にも使われます。皆さんは統計の授業で 2 群間の量的データの比較の検定を習いましたが、この手法はその拡張です。

1.1 1 元配置実験計画法

統計の授業で学んだ量的データの比較の検定では、対応がない場合、t 検定、Welch の t 検定、Wilcoxon の順位和検定が利用されました。しかし、これらは 2 群間の比較の問題で、質的データの  $\chi^2$  検定が可能だったように、多群間には適用できませんでした。ここで学ぶ 1 元配置実験計画法は、3 群以上の量的データの比較の検定を行う手法です。1 元配置とは、1 つの質的なデータ（例えば作物の場合なら肥料の種類など）で分類を行うという意味です。

2 群間と多群間の最も大きな違いは、多群間では差があるのならどの群の間に差があるのかを知りたいと思う点です。しかし、これを調べようとすると同じような差の検定を何回も（3 群で 3 回、4 群で 6 回、…、一般に  $n$  群で  ${}_nC_2$  回）実行しなければなりません。我々は有意水準 5% と言ってきましたが、何回も検定すると偶然この 5% 未満の確率が出るかも知れません。これを統計学者は気にして、「多重比較の問題」と読んでいます。多重比較の問題の解決法には決定版がなく、いろいろな方法が提案されています。ここでは、本家フィッシャーの提案したフィッシャーの LSD 法というのを使ってみましょう。しかしまずは単純な 1 元配置実験計画法について述べておきます。

以下の図を見て下さい。2 群間の量的データの比較検定のところで見た図によく似ていますが、後ろに多重比較というのが付いています。最初はその手前までのところを話します。

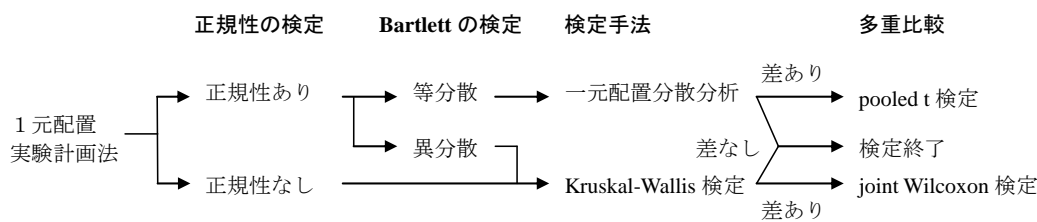


図 1 1 元配置実験計画法の構造

以下の例を見て下さい。

例

3 つの条件で、ある商品の売上を調査したところ、実験計画法.txt(p1)の結果を得た。各群に差があるといえるか、実験計画法を用いて有意水準 5% で判定せよ。

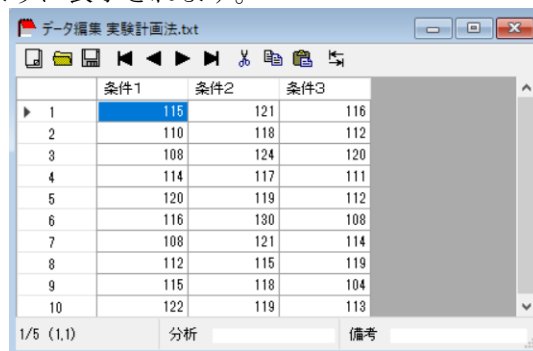
正規性の検定                      正規分布と [みなす・いえない]  
等分散性の検定                  検定確率 [                      ]    等分散と [みなす・いえない]

検定名 [ ] 検定確率 [ ]

判定 条件間に差があると [いえる・いえない]

注) データは「ファイル名.txt(p1)」のように表されていますが、(p1) は1 頁目 (page1) という意味です。

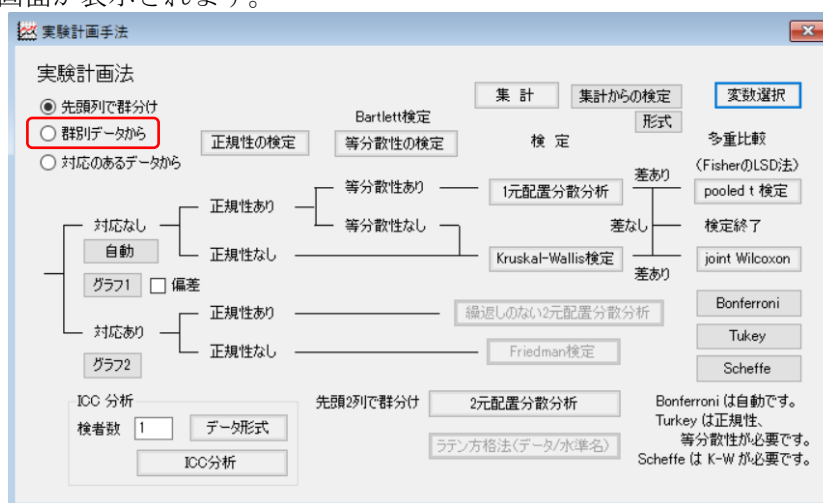
この例の分析データは、[ファイルを開く] で、Samples の中から実験計画法.txt を選び、1 頁目を開くと以下のように表示されます。



	条件1	条件2	条件3
1	115	121	116
2	110	118	112
3	108	124	120
4	114	117	111
5	120	119	112
6	116	130	108
7	108	121	114
8	112	115	119
9	115	118	104
10	122	119	113

図1 実験計画法.txt (p1)

C.Analysis のメニュー [分析→多変量解析→実験計画手法→実験計画法] を選ぶと、以下のような実行画面が表示されます。



実験計画手法

実験計画法

☒ 先頭列で群分け

☐ 群別データから

☐ 対応のあるデータから

正規性の検定

正規性あり

正規性なし

等分散性の検定

等分散性あり

等分散性なし

検定

1元配置分散分析

Kruskal-Wallis検定

繰返しのない2元配置分散分析

Friedman検定

2元配置分散分析

ラテン方格法(データ/水準名)

変数選択

多重比較

(FisherのLSD法)

pooled t 検定

検定終了

joint Wilcoxon

Bonferroni

Tukey

Scheffe

Bonferroni は自動です。

Tukey は正規性、等分散性が必要です。

Scheffe は K-W が必要です。

ICC 分析

検者数 1

データ形式

ICC分析

図2 実験計画法実行画面

データはすでに群に分かれていますので、「群別データから」ラジオボタンを選択します。「変数選択」は「All」を選択して下さい。今は対応のないデータと考えていますから、「対応なし」の線をたどり、正規性を検定します。正規性の検定画面と結果は以下の通りです。

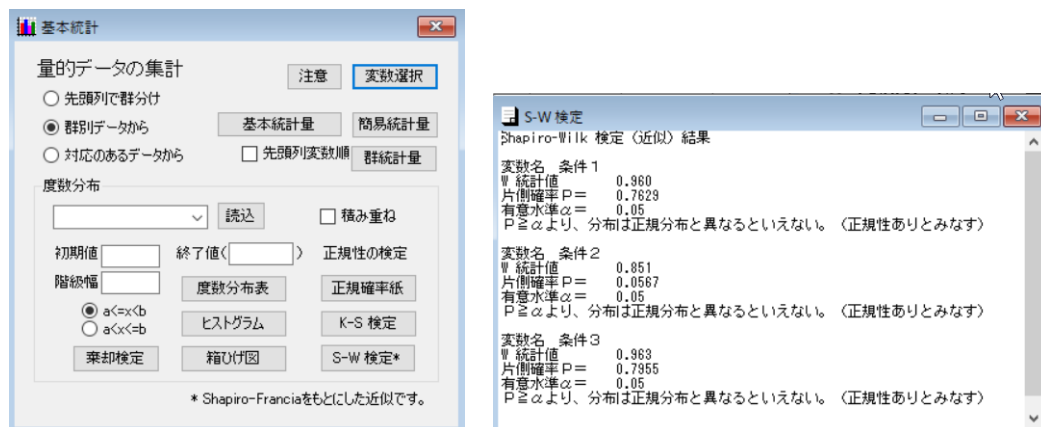


図3 正規性の検定

分析実行画面で「群別データから」を選択していたら、連動してこの画面でも「群別データから」になっています。正規性の検定は「S-W 検定」ボタンをクリックします。結果は図のように3つ出てきますが、すべて「正規性ありとみなす」なので、正規性ありと判断します。ここで1つでも「正規性なし」が出てきたら、正規性なしの方の線をたどって下さい。

ここでは正規性ありと判断しましたので、そちらの方の線をたどり、次は等分散性の検定です。「等分散の検定」ボタンをクリックすると、以下の結果が表示されます。

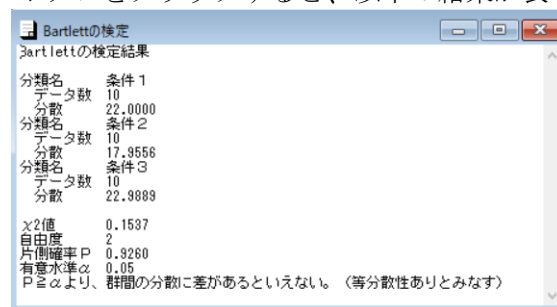


図4 等分散性の検定結果

これによると、検定確率は0.1523ですから、「等分散性ありとみなす」になります。そこで等分散性ありの線をたどって、「1 元配置分散分析」にたどり着きます。これが群間の差を調べる検定の名前で、2 群間の検定の t 検定に相当します。もし等分散性がなければ、2 群間の検定では Welch の t 検定というのがありましたが、3 群以上では、Wilcoxon の順位和検定に相当する Kruskal-Wallis の検定に進みます。1 元配置分散分析も Kruskal-Wallis 検定も、3 群以上ではどこかに差があることを示すだけで、特定のどの群間に差があるのかは示せません。以上の結果を踏まえ、ここまでの例題の解答を書いておきましょう。

### 例解答

正規性の検定                      正規分布と [みなす]・いえない]  
 等分散性の検定                  検定確率 [ 0.9260 ]    等分散と [みなす]・いえない]  
 検定名 [ 1 元配置分散分析 ]    検定確率 [ 0.0028 ]  
 判定 条件間に差があると [いえる]・いえない]

## 例続き

差があるとするどどの条件間に差があるか。差がある条件同士を条件2 < 条件3（これは実際の結果とは関係ない）のように不等号で表せ。

検定名 [ ]

結果 [ ]

続いて、差がどこにあるのかを見てみましょう。ここで使うのはフィッシャーのLSD法と呼ばれる方法です。この方法ではまず、多群間の検定を必要とします。多群間のどこかに差があると判定された場合だけ、個別の検定が可能です。1元配置分散分析で差があると判定された場合は「pooled t 検定」、Kruskal-Wallis 検定で差があると判定された場合は「結合順位の Wilcoxon 順位和検定 (joint Wilcoxon 検定)」を利用して、群ごとの比較が可能です。多群の検定で差がないとした場合、群ごとの比較は実施せずに、分析は終了となります。ここでは例題の pooled t 検定の結果を表示しておきます。

	条件1	条件2	条件3
データ数	10	10	10
平均	114.000	120.200	112.900
不偏分散	22.000	17.956	22.989
Pooled不偏分散	20.981		
自由度	27		
確率(両側)			
条件1	1.0000	0.0054	0.5957
条件2	0.0054	1.0000	0.0014
条件3	0.5957	0.0014	1.0000

図5 pooled t 検定結果

有意差を見るには「確率(両側)」の部分に注目します。条件1と条件2は確率0.0054、条件1と条件3は確率0.5957、条件2と条件3は確率0.0014となっていて、条件1と条件2、条件2と条件3に差があります。平均値を見ても、条件2が大きくなっているの、うなずけると思います。

## 例解答続き

検定名 [ pooled t 検定 ]

結果 [ 条件1 < 条件2, 条件3 < 条件2 ]

結果は、差があると判定されたところだけ、平均値を比較して大きさを比較しています。

最後に、これまでは線をたどって検定を行いましたが、分析実行メニューの「対応なし」の下「自動」ボタンをクリックすると以下のように結果をまとめて表示してくれます。「群別データから」ではあまり有難みはありませんが、「先頭列で群分け」で、同じ変数で群を分け、多くの量的データを比較する場合、一度に判定できるので、卒業研究などでは役に立つでしょう。

	正規性	等分散性	検定手法	片側確率
群別データ	ありとみなす	ありとみなす	1元配置分	0.0028

図6 「自動」の検定結果

## 問題 1

実験計画法.txt (p2)は3つの工場群の不良品率を与えたものである。各群に差があるといえるか、実験計画法を用いて有意水準 5%で検討せよ。

正規性の検定      正規分布と [みなす・いけない]

等分散性の検定      検定確率 [                      ]      等分散と [みなす・いえない]

検定名 [ ] 検定確率 [ ]

判定 工場群間の不良品率に差があると [いえる・いえない]

差があるとする。どの条件間に差があるか。差がある条件同士を工場 2 < 工場 3（これは実際の結果とは関係ない）のように不等号で表せ。

検定名「 」

結果 [ ]

## 問題 2

実験計画法.txt (p3) は 4 つの群のデータであるが、各群に差があるといえるか、実験計画法を用いて有意水準 5% で検討せよ。

正規性の検定      正規分布と [みなす・いえない]

等分散性の検定      検定確率 [                      ]      等分散と [みなす・いえない]

検定名 [ ] 検定確率 [ ]

判定 群間に差があると [いえる・いえない]

差があるとする。どの群間に差があるか。差がある群同士を群2 < 群3（これは実際の結果とは関係ない）のように不等号で表せ。

検定名 [ ]

結果 [ ]

### 問題 3

実験計画法.txt(p4) は3群のデータであるが、各群に差があるといえるか、実験計画法を用いて有意水準 5%で検討せよ。

正規性の検定      正規分布と [みなす・いえない]

等分散性の検定      検定確率 [                      ]      等分散と [みなす・いえない]

検定名 [ ] 検定確率 [ ]

判定 群間に差があると「いえる・いえない」

差があるとする。どの群間に差があるか。差がある群同士を群2 < 群3（これは実際の結果とは関係ない）のように不等号で表せ。

検定名 [ ]

結果 [ ]

### 問題 1 解答 (先頭列で群分け)

正規性の検定            正規分布と [ **みなす** ] ・ いえない ]  
 等分散性の検定        検定確率 [ **0.7038** ]    等分散と [ **みなす** ] ・ いえない ]  
 検定名 [ 1 元配置分散分析 ]    検定確率 [ **0.0047** ]  
 判定   工場群間の不良品率に差があると [ **いえる** ] ・ いえない ]  
 差があるとするどどの条件間に差があるか。  
 検定名 [ **pooled t** 検定 ]  
 結果 [ 工場 1 < 工場 2, 工場 1 < 工場 3 ]

## 問題2解答（先頭列で群分け）

[illegible]

### 問題3解答 (群別データから)

正規性の検定            正規分布と [みなす・**いえない**]  
等分散性の検定        検定確率 [                  ]     等分散と [みなす・いえない]  
検定名 [ Kruskal-Wallis 検定 ]    検定確率 [ 0.0213 ]  
判定 群間に差があると [**いえる**]・いえない  
差があるとするどどの群間に差があるか。  
検定名 [ joint Wilcoxon 検定 ]  
結果 [ 群 2 < 群 3 ]