

2015 年 12 月日(火)
火曜 4 限 英語学研究
英語教育学専修コース 修士 2 年
川本 渚凡

Chapter 10: One-Way ANOVA (pp.187-204, PDF: pp.196-213)

分散分析とは

第 9 章で扱った t 検定が 2 群の平均値を比較する検定であったのに対し、3 群以上のグループを一度に比較する場合の検定手法を分散分析と呼ぶ。

検定の多重性: t 検定を複数回行うことの危険性

A 群、B 群、C 群を 2 群ずつ (i.e. A 群 vs. B 群、B 群 vs. C 群、C 群 vs. A 群) 比較すると検定の多重性による第 1 種の誤りが起きやすくなってしまう。

有意水準 5 % の場合...

本当は差がないのに有意差が出る確率は 5%

t 検定を 3 回繰り返した場合には

$1 - (1 - 0.95) \times (1 - 0.95) \times (1 - 0.95) = 1 - 0.86 = 0.14$ となる

分散分析の前提

分散分析は前提として

1. 各群の母集団の分布が正規分布に従っていること (正規性)
2. 各母集団のデータの分散が等質であること (等分散性)
 - 分散分析での等分散性の検定方法
 - ✧ ルビーン (Levene) の検定: 対応なし要因の分析の場合、従属変数の分散がグループ間で等しいという帰無仮説を検定する。
 - ✧ ハートレイ (Hartley) 検定
 - 等分散性が棄却された場合...
 - ✧ ウェルチ (Welch) の検定あるいはブラウン・フォーサイスの検定
 - ✧ 対数変換
 - ✧ ノンパラメトリック検定:
 - 対応なし分散分析: クラスカル・ウォリス検定 (Kruskal-Wallis test)
 - 対応あり分散分析: フリードマン検定 (Friedman test)
3. 標本抽出が無作為に行われていること (無作為抽出)
 - 異なった被験者のデータが独立している (観測値の独立性)
 - : 第 1 種の誤りが起こる可能性が高くなる

例題

生徒の学習形態の違いが、課題の達成に影響するかどうかを調べるために、あらかじめ学力の等しい生徒をランダムにわけて、3つのグループを構成した。グループ1では一斉指導、グループ2では体験学習、グループ3では仲間による討議学習を行った。授業終了後、課題の到達度テストを実施したところ、次の得点が得られた。3つの学習形態の間に差はあるか。

学習形態	一斉指導	体験学習	討議学習	
	5	8	7	
	4	4	6	
	6	3	8	
	3	3	9	
	3	7	10	
	7	9	9	
	6	8	8	
	5	7	9	
	3	3	7	
	5	4	8	
平均	4.7	5.6	8.1	全平均 6.1
サイズ	10	10	10	

(小野, 2003)

分散分析の興味:

- それぞれの指導法を受ける全ての人を母集団としたときに、その母集団において、それぞれの指導法ごとに求めた得点の平均値に違いがあるかどうか
 - 無作為に抽出された標本の群間に平均値差があるからといって、母集団でも差があるとは限らない。(=たまたまある群に得点の高い人が多く抽出されたり、また逆に得点の低い人が多く抽出された可能性もある。)
 - 帰無仮説 H_0 : 3群の母平均は等しい ($\mu_A = \mu_B = \mu_C$)
→ 学習形態の違いによる到達度に差はない
対立仮説 H_1 : 3群の母平均は等しくない
→ 学習形態の違いにより到達度に差がある
- ※ 分散分析の結果、帰無仮説が棄却され対立仮説が採択されたとしても、 $\mu_A \neq \mu_B = \mu_C$ なのか、 $\mu_A = \mu_B \neq \mu_C$ なのか、 $\mu_A = \mu_C \neq \mu_B$ 、なのか、それとも $\mu_A \neq \mu_B \neq \mu_C$ なのかはわからない。
- ※ 実際にどの群とどの群に差があるのかを調べるためには、**多重比較**を行う必要がある。

分散分析を理解するために覚えておきたい用語

- **要因 (factor):** 観測値に効果を及ぼす原因
→ この例題では、学習形態
- **水準 (level):** 要因の中のそれぞれの設定条件
→ この例題では、3水準: 一斉指導、体験学習、討議学習
- **独立変数/説明変数=要因**
→ この例題では、学習形態
- **目的変数/従属変数**
→ この例題では、到達度テストの得点
- **対応あり (被験者内要因):** 異なる水準に同じ被験者を割り当てる
対応なし (被験者間要因): 異なる水準ごとに異なる被験者を割り当てる
その他に、対応あり要因と対応なし要因を含む実験計画である混合計画がある。
→ この例題では、「あらかじめ学力の等しい生徒をランダムにわけて、3つのグループを構成」= 3つの水準にデータの対応がない=被験者間要因
- **各水準での標本サイズ**
→ この例題では全て 10 で等しい

分散分析のデザイン：

- 一元配置分散分析：要因の数が1つだけの場合 (Ch.10)
 - 一元配置分散分析 (対応なし)= 1 要因試験者間計画
 - 一元配置分散分析 (対応あり)= 1 要因試験者内計画
- 二元配置分散分析
 - 二元配置分散分析 (対応なし)= 2 要因試験者間計画
 - 二元配置分散分析 (対応あり)= 2 要因試験者内計画
- 多元配置

分散分析表：結果をみやすくするためには通常作成する

要因	平方和 (Sum Sq)	自由度 (df)	平均平方 (Mean Sq)	F
群間	群間の平方和	群間の自由度	群間の平均平方	
群内=誤差	群内の平方和	群内の自由度	群内の平均平方	
全体	全体の平方和	全体の自由度		

- 自由度(df)
 - 群間の自由度：群の数 -1
 - 群内の自由度：(各群におけるデータ数-1)の合計
 - 全体の自由度：全データ数-1
- 平方和 (Sum Sq)
 - 群間の平方和：(群平均 - 全平均)² の合計
→ 群の違いによって生じるばらつきの大きさ
 - 群内の平方和 (or 誤差平方和)：(データの値 - 群平均)² の合計
→ それぞれの群の中でのばらつき
= 「群の違い」によって説明できない
= 誤差によるばらつき
 - 全体の平方和：(データの値 - 全平均)²
→ データ全体のばらつき大きさ
 - 全体平方和 = 群間平方和 + 群内平方和 (被験者間の場合)

水準 A	(得点 - 全平均)	=	(水準の平均 - 全平均)	+	(得点 - 水準の平均)
	(5-6.1)	=	(4.7 - 6.1)	+	(5 - 4.7)
	(4-6.1)	=	(4.7 - 6.1)	+	(4 - 4.7)
水準 B	(8-6.1)	=	(5.6 - 6.1)	+	(8 - 5.6)
	(4-6.1)	=	(5.6 - 6.1)	+	(4 - 5.6)
水準 C	(7-6.1)	=	(8.1 - 6.1)	+	(7 - 8.1)
	(6-6.1)	=	(8.1 - 6.1)	+	(6 - 8.1)
	二乗して合計		二乗して合計		二乗して合計
	145.57		62.07		83.4
	全体平方和	=	群間平方和	+	群内平方和 = 誤差平方和
	全体のばらつき	=	群の違いによって 説明できるばらつき	+	誤差によって 説明できるばらつき

→ 得点のばらつきを群の違いによるばらつきと誤差によるばらつきに分解する

- 平均平方和 (Mean Sq)
 - 群間の平均平方：(群間の平方和 / 群間の自由度)
 - 群内の平均平方：(群内の平方和 / 群内自由度)
- F 値 (分散分析における検定統計量は F を用いる)：群間の平均平方 / 群内の平均平方 (意味のない変動と意味のない変動の分散を分け、その分散比を求める)
→ 群の違いによって説明できるばらつきが、誤差によるばらつきに比べて十分に大きければ、ばらつきが生じた原因を群の違いによるものと見なせる。
- p 値

本章で扱うデータ

Ellis, R., & Yuan, F. (2004). The effects of planning on fluency, complexity, and accuracy in second language narrative writing. *Studies in Second Language Acquisition*, 26, 59-84.

Table 2. Task conditions (p. 70)

Task condition	n	Pretask planning	On-line planning	
No planning	14	None	Limited time (17 mins)	at least 200 words
Pretask planning	14	10 minutes	Limited time (17 mins)	at least 200 words
On-line planning	14	None	Unlimited time	None

研究設問:

- (1). ライティングの前に準備時間が設けられた場合、設けられなかったときに比べて、第2言語学習者はより **fluent** で **complex** で **accurate** な言語を産出するのか
- (2). 第2言語学習者は制限時間なしでのライティングでは制限時間があるライティングの場合より、より **fluent** で **complex** で **accurate** な言語を産出するのか
- (3). どちらの **planning** の種類 (**pretask planning** or **on-line planning**) が第2言語学習者の産出する言語の **fluency**, **complexity**, **accuracy** にいい影響を与えるのか。

■ 要因 (factor) : **planning conditions** の1要因

■ 水準 (level) : Pretask planning, Unpressured on-line planning, No planning の3水準

■ 従属変数:

Fluency: 1. Syllable per minute (spm) :

2. Number of dysfluencies (disfluencies)

Complexity: 1. Syntactic complexity (syntaxcomplexity)

2. Syntactic variety (syntactixvariety)

(産出した **grammatical verb form**(tense, modality, & voice)の数)

3. Mean segmental Type-Token Ratio / MSTTR (msttr)

Accuracy: 1. Error-free clauses (errorfreeclauses)

2. Correct verb forms (nucorrectverbs)

■ 対応なし (被験者間要因)

■ 各水準での標準サイズ: すべて14人で同じ

実際にデータを見てみると...

R コマンド

- Data > Import data > from SPSS data set...
- データセットの名前を設定: **ellisluan**
- [OK]をクリック
- データセットを表示

		group	time	words	syllables	spm	disfluencies	syntaxcomplexity	syntaxvariety	mstr	errorfreeclauses	nucorrectverbs
1		NP_No planning	17	200	232	13.647059	0.047	1.68	20	0.870	0.8570	0.9090
2		NP_No planning	17	143	165	9.705882	0.085	1.82	15	0.833	0.7740	0.6600
3		NP_No planning	17	138	163	9.588235	0.067	1.80	12	0.920	0.7770	0.8660
4		NP_No planning	17	165	194	11.411765	0.124	1.38	18	0.870	0.7270	0.9160
5		NP_No planning	17	157	185	10.882353	0.097	1.19	9	0.900	0.4690	0.7370
6		NP_No planning	17	194	237	13.941176	0.230	1.45	13	0.890	0.8444	0.8630
7		NP_No planning	17	158	185	10.882353	0.145	1.71	14	0.925	0.8270	0.8480
8		NP_No planning	17	164	233	13.705882	0.034	2.13	14	0.867	0.7500	0.8330
9		NP_No planning	17	204	227	13.352941	0.044	1.91	25	0.890	0.8333	0.8800
10		NP_No planning	17	225	258	15.176471	0.105	1.59	21	0.900	0.7650	0.8160
11		NP_No planning	17	161	191	11.235294	0.058	1.42	18	0.825	0.7840	0.8810
12		NP_No planning	17	194	208	12.235294	0.077	1.73	15	0.920	0.9210	1.0000
13		NP_No planning	17	196	230	13.529412	0.000	2.00	18	0.833	0.6900	0.7750
14		NP_No planning	17	240	276	16.235294	0.040	1.69	15	0.870	0.7770	0.8940
15	PTP_PretaskPlanning	17	240	277	16.294118	0.029	1.69	1.69	21	0.900	0.7270	0.8333
16	PTP_PretaskPlanning	17	208	236	13.882353	0.030	1.68	1.68	18	0.870	0.9360	0.9820
17	PTP_PretaskPlanning	17	285	431	25.352941	0.037	2.38	2.38	22	0.880	0.7890	0.9150
18	PTP_PretaskPlanning	17	240	279	16.411765	0.036	1.72	1.72	20	0.885	0.7600	0.8840
19	PTP_PretaskPlanning	17	240	282	16.588235	0.035	2.00	2.00	19	0.905	0.6360	0.8200
20	PTP_PretaskPlanning	17	197	221	13.000000	0.081	1.62	1.62	19	0.880	0.8060	0.8720
21	PTP_PretaskPlanning	17	240	282	16.588235	0.035	2.32	2.32	20	0.850	0.5570	0.4750
22	PTP_PretaskPlanning	17	256	304	17.882353	0.079	1.73	1.73	26	0.872	0.7880	0.8500
23	PTP_PretaskPlanning	17	253	301	17.705882	0.040	2.73	2.73	24	0.920	0.8000	0.9850
24	PTP_PretaskPlanning	17	168	192	11.294118	0.052	2.00	2.00	24	0.887	0.9120	0.9520
25	PTP_PretaskPlanning	17	242	295	17.352941	0.037	1.96	1.96	31	0.875	0.8570	0.8910
26	PTP_PretaskPlanning	17	212	246	14.470588	0.041	1.80	1.80	25	0.875	0.8880	0.9580
27	PTP_PretaskPlanning	17	200	236	13.882353	0.072	2.11	2.11	19	0.890	1.0000	1.0000
28	PTP_PretaskPlanning	17	255	299	17.588235	0.057	2.37	2.37	21	0.840	0.8222	0.9600
29	OLP_OnlinePlanning	21	240	279	13.285714	0.036	1.50	1.50	23	0.870	0.8333	0.9120
30	OLP_OnlinePlanning	17	206	235	13.823529	0.009	1.30	1.30	23	0.890	0.9070	0.9580
31	OLP_OnlinePlanning	20	313	364	18.200000	0.008	1.35	1.35	22	0.889	0.7440	0.7970
32	OLP_OnlinePlanning	21	217	283	13.476190	0.039	2.96	2.96	18	0.930	0.9480	0.9640
33	OLP_OnlinePlanning	23	157	183	7.956522	0.055	1.61	1.61	18	0.808	0.7600	0.9740
34	OLP_OnlinePlanning	23	224	259	11.260870	0.027	2.20	2.20	15	0.875	0.8180	0.9090
35	OLP_OnlinePlanning	20	232	255	12.750000	0.051	1.37	1.37	16	0.895	0.8080	0.9070
36	OLP_OnlinePlanning	21	168	199	9.476190	0.075	2.33	2.33	17	0.875	0.8570	0.9090
37	OLP_OnlinePlanning	20	193	236	11.800000	0.055	2.79	2.79	24	0.856	0.9740	0.9780
38	OLP_OnlinePlanning	20	180	210	10.500000	0.029	2.16	2.16	15	0.856	0.8780	0.9200
39	OLP_OnlinePlanning	18	206	248	13.777778	0.060	1.90	1.90	18	0.855	0.9500	0.9550
40	OLP_OnlinePlanning	20	169	194	9.700000	0.062	1.61	1.61	19	0.920	0.8960	0.9490
41	OLP_OnlinePlanning	25	194	222	8.880000	0.122	1.90	1.90	21	0.875	0.8680	0.9100
42	OLP_OnlinePlanning	22	198	230	10.454545	0.052	1.89	1.89	15	0.850	0.8300	0.8333

10.1 Numerical and Visual Inspection of the Data, Including Boxplots Overlaid with Dotcharts (p.187, PDF: p.196)

使用するデータ: Ellis and Yuan (2004)

説明変数(独立変数): planning conditions

目的変数(従属変数): syntactic variety

(1). 要約統計量を表示: 3つの水準それぞれの平均値と標準偏差を確認する

```
> numSummary(ellisluan$syntaxvariety, groups=ellisluan$group, statistics=c("mean", "sd"))
```

```
> numSummary(ellisluan[, "syntaxvariety"], statistics=c("mean", "sd"), groups=ellisluan$group)
      mean      sd data:n
NP_No planning 16.21429 4.098378    14
PTP_PretaskPlanning 22.07143 3.583387    14
OLP_OnlinePlanning 18.85714 3.207135    14
```

※ numSummary が動かない場合は パッケージ“QCAGUI”をインストールしてみてください。
> install.packages("QCAGUI")
> library(QCAGUI)

-----補足①-----

R コマンドで確認するには...

- Statistics > Summaries > Numerical Summaries
- Data : **Summarize by: group** をクリック
- Groups variable で **group** を選択
- Statistics: Mean と Standard Deviation をチェックする
(※ デフォルトでは、Mean, Standard Deviation, Interquartile Range が出力される設定)
- OK をクリックする

```
Rcmdr> numSummary(ellisyuan[, "syntaxvariety"], groups=ellisyuan$group,  
Rcmdr+   statistics=c("mean", "sd"), quantiles=c(0, .25, .5, .75, 1))
```

	mean	sd	data:n
NP_No planning	16.21429	4.098378	14
PTP_PretaskPlanning	22.07143	3.583387	14
OLP_OnlinePlanning	18.85714	3.207135	14

10.1.1 Boxplots with Overlaid Dotcharts (pp.187-190, PDF: pp.196-199)

(2). データを図示化する (箱ひげ図)

本章では、第9章で扱った箱ひげ図より specialized な箱ひげ図を作成する。

グループごとの特徴だけでなく、グループの特徴に隠された個々のデータをも同時に確認することを可能にする。

Step1: 箱ひげ図を bx.p に格納する

> bx.p<-boxplot(syntaxvariety~group, data=ellisyuan)

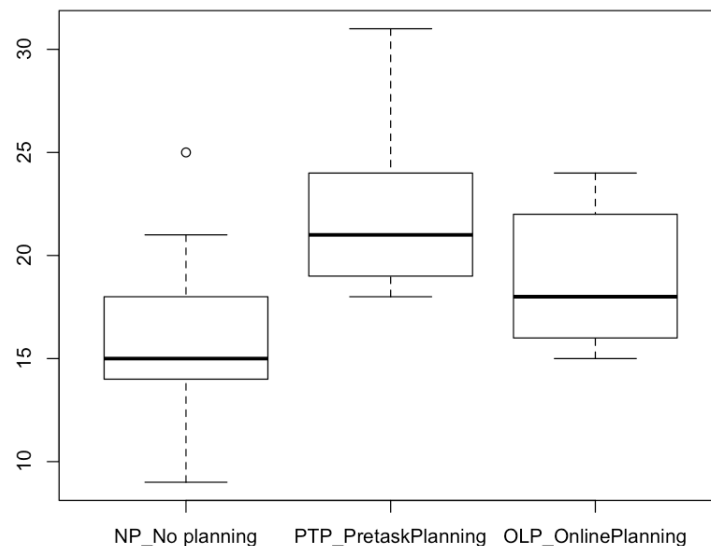


Figure 10.0 Boxplots of the Ellis and Yuan (2004) data

-----補足②-----

箱ひげ図の構成要素

- 箱の中央付近の横線：データ x の中央値
- 箱の横線：データ x の第 1 四分位数（下側）と第 3 四分位数（上側）
- 箱の上下の短い横線：データ x の最小値（下側）と最大値（上側）
※外れ値がある場合は外れ値を除いたデータでの最大値・最小値
- 箱の上下の短い横線の外側にある点：外れ値

Step2: 個々のデータを表示させる箱ひげ図を作成する

(※ 1 行ずつ入力してください)

```
> with(ellisuan,
+ {bxp(bx.p, staplewex=1, boxfill="light grey", medlwd=8, medcol="white",
+ boxwex=.5, ylab="Syntactic variety", outl=F)
+ points(jitter(rep(1:3, each=14), 1.2),
+ unlist(split(syntaxvariety, group)),
+ cex=.8, pch=16)})
```

with (data, expression, ...)		専用の環境を作成
{...}		その環境の中で作業
bxp()		箱ひげ図を作る
	bx.p	Step 1 で作った箱ヒゲ図
	staplewex=1	外れ値までの距離を指定
	boxfill= "lightgrey"	箱の色を指定
	medlwd=8	箱の幅を指定
	medcol= "white"	中央の線の色を指定
	boxwex= .5	箱の大きさを指定
	ylab= ""	y 軸のラベルを指定
	outl=F	外れ値を非表示
points (x, y, ...)		各点の x 座標と y 座標を指定することで点を描く
	jitter (x, 1.2)	点が重なり合わないようにな点をずらす
	rep(1:3, each=14) ^{*3}	数列 1 から 3 を 14 回繰り返す
unlist (split (syntaxvariety, group))		unlist(): リストの要素を端からベクトルとして融合して 1 つのベクトルとしてまとめる。 split(): ベクトルとなったものを group ごとに区別してまとめる
cex= .8		標準の大きさを 1 として、点の拡大率を指定する
pch=16		点の形を指定 (全 16 種類: see (舟尾 2009a, p. 426))



- ```
[1] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
```
- >

-----補足③ (rep 関数)-----

◇ rep(c(a:b), c(times=c)) # a から b まで 1 つずつ増加する数列を c 個生成

```
> rep(c(1:3), c(times=3))
[1] 1 2 3 1 2 3 1 2 3
```

◇ rep(c(a:b), c(c,d)) # a から b までの数列を c 個, d 個ずつ生成。a は c 個、b は d 個の数列を生成

```
> rep(c(1:3), c(2,2,4))
[1] 1 1 2 2 3 3 3 3
```

◇ rep(c(a:b), c(length=c)) # a から b まで 1 つずつ増加する数列を長さ C になるまで反復して生成  
rep(1:3, length=10) # 数列(123)を長さ 10 になるまで反復生成

```
> rep(c(1:3), c(length=10))
[1] 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3
```

10.2 Application Activities for Boxplots with Overlaid Dotcharts (p.190, PDF: p.199)

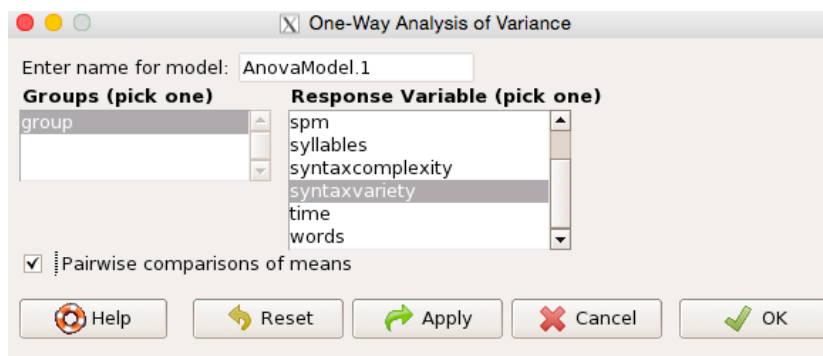
10.3 One-Way ANOVA Test (pp.190-198, PDF: pp.199-207)

R コマンドを使って一元配置分散分析を行う方法を紹介する。

- 使用するデータ: Ellis and Yuan (2004)
- **RQ:** タスクを行う前の準備時間の違いが産出する統語構造の数 (=syntax variety)に統計的有意差が現れるか
- 独立変数: group
- 従属変数: Syntax variety

R コマンド

- **STATISTICS > MEANS > ONE-WAY ANOVA**
- Name of mode: **AnovaModel.1**
- Groups: **group**
- Response Variable: **syntax variety**
- Pairwise comparisons of means (2 組ずつの平均の比較 → テューキーの方法による対比較 (多重比較))にチェックを入れて[OK]



出力される情報:

- (1). 全体としての F 検定
- (2). 記述統計
- (3). 事後の検定 (post hoc test) or 多重比較 (multiple comparison) ( (3) --- I & (3) ---II)

(4). 95%信頼区間の図

(1). 全体としての F 検定: 分散分析表が出力される

```

 Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
group 2 240.9 120.45 9.051 0.00059 ***
Residuals 39 519.0 13.31

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

◇ 水準間の平均に有意な差があることがわかる ( $F_{2,39}=9.05, p=.0006$ )

※ 分散分析では、群間の自由度 (2=水準数-1)も全体の自由度(39=全データ数-1)を報告しなければならない。 $F_{2,39}=9.05$

※ 上で示したように R コマンダーを使用して分散分析を行うと統計的な有意さがあるかどうかに関係なく多重比較の結果も出力される。統計的な有意がなかった場合はここで分析をやめる。

分散分析表：結果をみやすくするためには通常作成する

| 要因    | 平方和 (Sum Sq) | 自由度 (df) | 平均平方 (Mean Sq) | F |
|-------|--------------|----------|----------------|---|
| 群間    | 群間の平方和       | 群間の自由度   | 群間の平均平方        |   |
| 群内=誤差 | 群内の平方和       | 群内の自由度   | 群内の平均平方        |   |
| 全体    | 全体の平方和       | 全体の自由度   |                |   |

- 自由度(df)
  - 群間の自由度：群の数 -1
  - 群内の自由度：(各群におけるデータ数-1)の合計
  - 全体の自由度：全データ数-1
- 平方和 (Sum Sq)
  - 群間の平方和：(群平均 - 全平均)<sup>2</sup>の合計  
→群の違いによって生じるばらつきの大きさ
  - 群内の平方和 (or 誤差平方和)：(データの値 - 群平均)<sup>2</sup>の合計  
→それぞれの群の中でのばらつき  
= 「群の違い」によって説明できない  
= 誤差によるばらつき
  - 全体の平方和：(データの値 - 全平均)<sup>2</sup>  
→データ全体のばらつき大きさ
  - 全体平方和 = 群間平方和 + 群内平方和 (被験者間の場合)  
→得点のばらつきを群の違いによるばらつきと誤差によるばらつきに分解する
- 平均平方和 (Mean Sq)
  - 群間の平均平方：(群間の平方和 / 群間の自由度)
  - 群内の平均平方：(群内の平方和 / 群内自由度)
- F 値 (分散分析における検定統計量は F を用いる)：群間の平均平方 / 群内の平均平方 (意味のない変動と意味のない変動の分散を分け、その分散比を求める)  
→群の違いによって説明できるばらつきが、誤差によるばらつきに比べて十分に大きければ、ばらつきが生じた原因を群の違いによるものと見なせる。

(2). 記述統計: 水準ごとの平均, 標準偏差, サイズ (n)

```

 mean sd data:n
NP_No planning 16.21429 4.098378 14
PTP_PretaskPlanning 22.07143 3.583387 14
OLP_OnlinePlanning 18.85714 3.207135 14

```

✧ Figure 10.1 の箱ひげ図でも確認したが、PTP 群の平均が最も高いことがわかる

(3). 事後検定/多重比較 --- I

多重比較の結果をみることで実際にどこの水準間に差があるのかを確認することができる。

#### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

##### Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyuan)

Linear Hypotheses:

|                                               | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )   |
|-----------------------------------------------|----------|------------|---------|------------|
| PTP_PretaskPlanning - NP_No planning == 0     | 5.857    | 1.379      | 4.248   | <0.001 *** |
| OLP_OnlinePlanning - NP_No planning == 0      | 2.643    | 1.379      | 1.917   | 0.1475     |
| OLP_OnlinePlanning - PTP_PretaskPlanning == 0 | -3.214   | 1.379      | -2.331  | 0.0633 .   |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
(Adjusted p values reported -- single-step method)

出力:

✧ Estimate (平均値差): 2 つのグループ間の平均値の差の推定値  
→ 平均値差の値がプラスかマイナスかをみることで、どちらのグループがより多くの syntax variety を産出したかがわかる。

PTP - NP == 0 (PTP と NP の比較) Estimate = 5.8571

OLP - NP == 0 (OLP と NP の比較) Estimate = 2.6429

OLP - PTP == 0 (OLP と PTP の比較) Estimate = -3.2143

✧ Standard Error (標準誤差):

✧ t 値

✧ 組み合わせごとの p 値

→ PTP vs. NP において p 値 < 0.001 で帰無仮説が棄却できる。

→ この 2 群の平均値に有意な差がある

(3). 事後検定/多重比較 --- II

Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

```
Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyuan)
```

Quantile = 2.4357

95% family-wise confidence level

Linear Hypotheses:

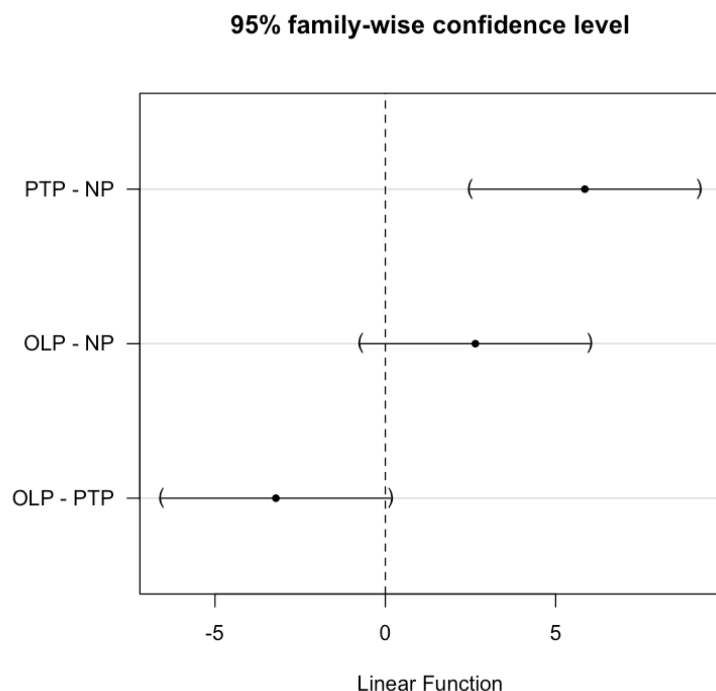
|                                               | Estimate | lwr     | upr    |
|-----------------------------------------------|----------|---------|--------|
| PTP_PretaskPlanning - NP_No planning == 0     | 5.8571   | 2.4988  | 9.2155 |
| OLP_OnlinePlanning - NP_No planning == 0      | 2.6429   | -0.7155 | 6.0012 |
| OLP_OnlinePlanning - PTP_PretaskPlanning == 0 | -3.2143  | -6.5726 | 0.1441 |

| NP_No planning | PTP_PretaskPlanning | OLP_OnlinePlanning |
|----------------|---------------------|--------------------|
| "a"            | "b"                 | "ab"               |

出力:

- ✧ 平均値差
- ✧ lwr (=lower cut-off point of a 95% confidence interval) : 信頼区間の下限値
- ✧ upr (=upper cut-off point of a 95% confidence interval) : 信頼区間の上限値
- ✧ 信頼区間が 0 を含む場合は帰無仮説「2つの群の平均値に差がない」が棄却されない。
- ✧ 平均区間が 0 を含まない場合は帰無仮説が棄却される  
→ 「2つの群の平均値に差がある」
- ✧ OLP と NP の間、OLP と PTP の間に平均値には差がないが、PTP と NP の間には有意な差があることがわかる。

(4). 95%ファミリーワイズ信頼区間



- ✧ OLP-NP と OLP-PTP のペアは信頼区間が 0 を含んでいる。  
→ 帰無仮説が棄却されない。  
→ 2 つの群の平均値に差がない。
- ✧ PTP-NP のペアの信頼区間は 0 を含む。  
→ 帰無仮説が棄却される。  
→ 2 つの群の平均値に差がある。

続いて R コンソールで一元配置分散分析を行う方法を紹介する。

(1). R コンソール①

> AnovaModel.1 <- aov(syntaxvariety~group, data=ellis yuan)

|                          |                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------|
| aov()                    | 分散分析のモデルの当てはめを行う関数                           |
| AnovaModel.1=aov         | 作ったモデルを AnovaModel.1 という名前にする。               |
| aov(syntaxvariety~group) | 独立変数: group、従属変数:syntax variety の分散分析のモデルを作る |
| data=ellis yuan          | データを指定する                                     |

> summary(AnovaModel.1)

分散分析表が出力される (R コマンダー の出力(1))

```
> AnovaModel.1 <- aov(syntaxvariety~group, data=ellis yuan)
> summary(AnovaModel.1)
 Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
group 2 240.9 120.45 9.051 0.00059 ***
Residuals 39 519.0 13.31

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
```

タイプを変えたい場合？

> Anova(AnovaModel.1, type=c('II'))

```
> Anova(AnovaModel.1, type=c('II'))
Anova Table (Type II tests)

Response: syntaxvariety
 Sum Sq Df F value Pr(>F)
group 240.9 2 9.0513 0.0005901 ***
Residuals 519.0 39

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |
```

-----補足: type -----

➤ type II と指定した場合

> Anova(AnovaModel.1, type=c("II"))

Anova Table (Type II tests)

```
Response: syntaxvariety
 Sum Sq Df F value Pr(>F)
group 240.9 2 9.0513 0.0005901 ***
Residuals 519.0 39

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

➤ type III と指定した場合

> Anova(AnovaModel.1, type=c("III"))

Anova Table (Type III tests)

```
Response: syntaxvariety
 Sum Sq Df F value Pr(>F)
(Intercept) 3680.6 1 276.5801 < 2.2e-16 ***
group 240.9 2 9.0513 0.0005901 ***
Residuals 519.0 39
```

タイプ I, II, III...では、平方和の求め方の手順が異なるので平方和の値が異なる (舟尾 b, 2009)  
Ellis and Yuan (2004)では各水準のサイズが全て 14 と同じなので平方和の数に変化が見られない。

(2). R コンソール②

```
> oneway.test(syntaxvariety~group, data=ellisyuan, var.equal=T)
```

全ての群の母分散が等しいこと（分散の等質性）が仮定できるときは `var.equal=T/TRUE` のオプションを指定する。仮定できないときは `var.equal=F/FALSE` を指定する。  
指定しなかった場合はデフォルトの満たされていないものとして検定が実行される。

```
> oneway.test(syntaxvariety~group, data=ellisyuan, var.equal=T)
```

One-way analysis of means

```
data: syntaxvariety and group
```

```
F = 9.0513, num df = 2, denom df = 39, p-value = 0.0005901
```

※ `oneway.test()`関数で出力されるのは F 値、自由度、p 値のみで、分散分析表は表示されない。

(3). ルビーン検定（ルベーン検定、レーベン検定とも呼ばれる）

：分散分析の前提条件である「複数群の母集団の分散が等質であること（分散の等質性）」を確認する検定

```
> leveneTest(ellisyuan$syntaxvariety, ellisyuan$group)
```

```
> leveneTest(ellisyuan$syntaxvariety, ellisyuan$group)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
 Df F value Pr(>F)
group 2 0.1639 0.8494
 39
```

```
>
```

ルビーン検定の出力:

■ 自由度（上は水準間の自由度、下は全体の自由度）

■ F 値

■ p 値

✧ p 値が 0.8494 で帰無仮説「3つの母分散は等しい」が棄却されない。

→ 3つの母分散は等質でないとはいえない＝分散の等質性の仮定を満たす

✧ `numSummary()`で得られた標準偏差を見てもそれほど水準間に大きな差はなさそうであった。

```
> numSummary(ellisyuan$syntaxvariety, groups=ellisyuan$group, statistics=c("mean", "sd"))
```

|                     | mean     | sd       | data:n |
|---------------------|----------|----------|--------|
| NP_No planning      | 16.21429 | 4.098378 | 14     |
| PTP_PretaskPlanning | 22.07143 | 3.583387 | 14     |
| OLP_OnlinePlanning  | 18.85714 | 3.207135 | 14     |

```
>
```

----- R commander : 等分散性の検定 -----

■ STATISTICS > VARIANCES > Levene's test

■ Factors: group

■ Response variable: syntax variety

■ Center: median or mean を選択できる。

■ [OK]



(4). R コンソールで事後検定を行うには `glht()` コマンドを用いる。

まず パッケージ“`multcomp`”をインストールする

```
> install.packages("multcomp")
```

```
> library(multcomp)
```

`glht()`関数を用いてテューキーの多重比較を行う

```
> .Pairs <- glht(AnovaModel.1, linfct=mcp(group="Tukey"))
```

```
> .Pairs
```

`glht` のみだと多重比較のみが行われる。

|                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <code>glht(AnovaModel.1)</code> | モデルを指定する必要がある                 |
| <code>linfct=</code>            | どの線形モデルをテストするかを指定             |
| <code>mcp</code>                | 多重比較を行う                       |
| <code>(group="Tukey")</code>    | Group で分類してテューキーの多重比較を行うことを指定 |

```
> .Pairs <- glht(AnovaModel.1, linfct=mcp(group="Tukey"))
```

```
> .Pairs
```

#### General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:

|                                               | Estimate |
|-----------------------------------------------|----------|
| PTP_PretaskPlanning - NP_No planning == 0     | 5.857    |
| OLP_OnlinePlanning - NP_No planning == 0      | 2.643    |
| OLP_OnlinePlanning - PTP_PretaskPlanning == 0 | -3.214   |

※ `glht()`関数では平均値差のみしか出力されない。

`confint()`関数を用いることで信頼区間を出力させられる。(R コマンドの出力 (3) ---II)

```
> confint(.Pairs)
```

```
> confint(.Pairs)
```

#### Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

```
Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyuan)
```

Quantile = 2.4362

95% family-wise confidence level

Linear Hypotheses:

|                                               | Estimate | lwr     | upr    |
|-----------------------------------------------|----------|---------|--------|
| PTP_PretaskPlanning - NP_No planning == 0     | 5.8571   | 2.4981  | 9.2162 |
| OLP_OnlinePlanning - NP_No planning == 0      | 2.6429   | -0.7162 | 6.0019 |
| OLP_OnlinePlanning - PTP_PretaskPlanning == 0 | -3.2143  | -6.5734 | 0.1448 |

また `summary()`関数を用いることで t 値や p 値をも出力できる (R コマンダーの出力 (3) ---I)

```
> summary(.Pairs)
```

#### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

##### Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

```
Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyuan)
```

##### Linear Hypotheses:

|                                               | Estimate | Std. Error | t value |
|-----------------------------------------------|----------|------------|---------|
| PTP_PretaskPlanning - NP_No planning == 0     | 5.857    | 1.379      | 4.248   |
| OLP_OnlinePlanning - NP_No planning == 0      | 2.643    | 1.379      | 1.917   |
| OLP_OnlinePlanning - PTP_PretaskPlanning == 0 | -3.214   | 1.379      | -2.331  |

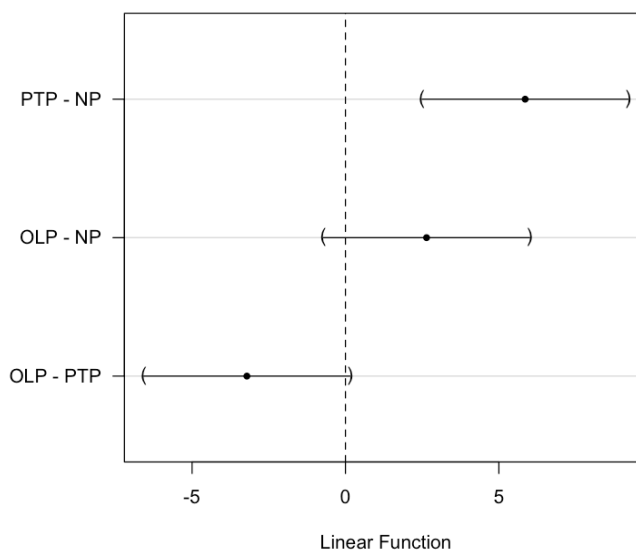
  

|                                               | Pr(> t )   |
|-----------------------------------------------|------------|
| PTP_PretaskPlanning - NP_No planning == 0     | <0.001 *** |
| OLP_OnlinePlanning - NP_No planning == 0      | 0.1475     |
| OLP_OnlinePlanning - PTP_PretaskPlanning == 0 | 0.0632 .   |

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
(Adjusted p values reported -- single-step method)

また `plot(confint(.Pairs))`で信頼区間の図を表示することができる。

#### 95% family-wise confidence level



テューキの多重比較を行ったが、

コード (`summary(.Pairs,adjusted(type=c(p.adjust.methods=c("fdr"))))`) の下線部 “fdr”を”bonferroni (ボンフェローニ)” “holm (ホルム)” “Hochberg (ホッホベルク)” “hommel” “BH” “BY” “fdr” “none (フィッシャーの LSD 法)”のいずれかに変更することで、異なる多重比較を用いることもできる。

※ 詳しい種類や特徴についてはいろいろな文献で引用されている

永田靖・吉田道弘 (1997). 『統計的多重比較法の基礎』サイエンティスト社.

で確認してみてください。

```
> summary(.Pairs,adjusted(type=c(p.adjust.methods=c("fdr"))))
```

```
> summary(.Pairs,adjusted(type=c(p.adjust.methods=c("fdr"))))
```

#### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

##### Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

```
Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyuan)
```

##### Linear Hypotheses:

|                                               | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-----------------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| PTP_PretaskPlanning - NP_No planning == 0     | 5.857    | 1.379      | 4.248   | 0.000389 | *** |
| OLP_OnlinePlanning - NP_No planning == 0      | 2.643    | 1.379      | 1.917   | 0.062615 | .   |
| OLP_OnlinePlanning - PTP_PretaskPlanning == 0 | -3.214   | 1.379      | -2.331  | 0.037504 | *   |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- fdr method)

```
> install.packages("HH")
> library(HH)
> ellisyuan.mmc <- mmc(AnovaModel.1, linfct=mcp(group="Tukey", interaction_averages=TRUE))
> mmcplot(ellisyuan.mmc)
```

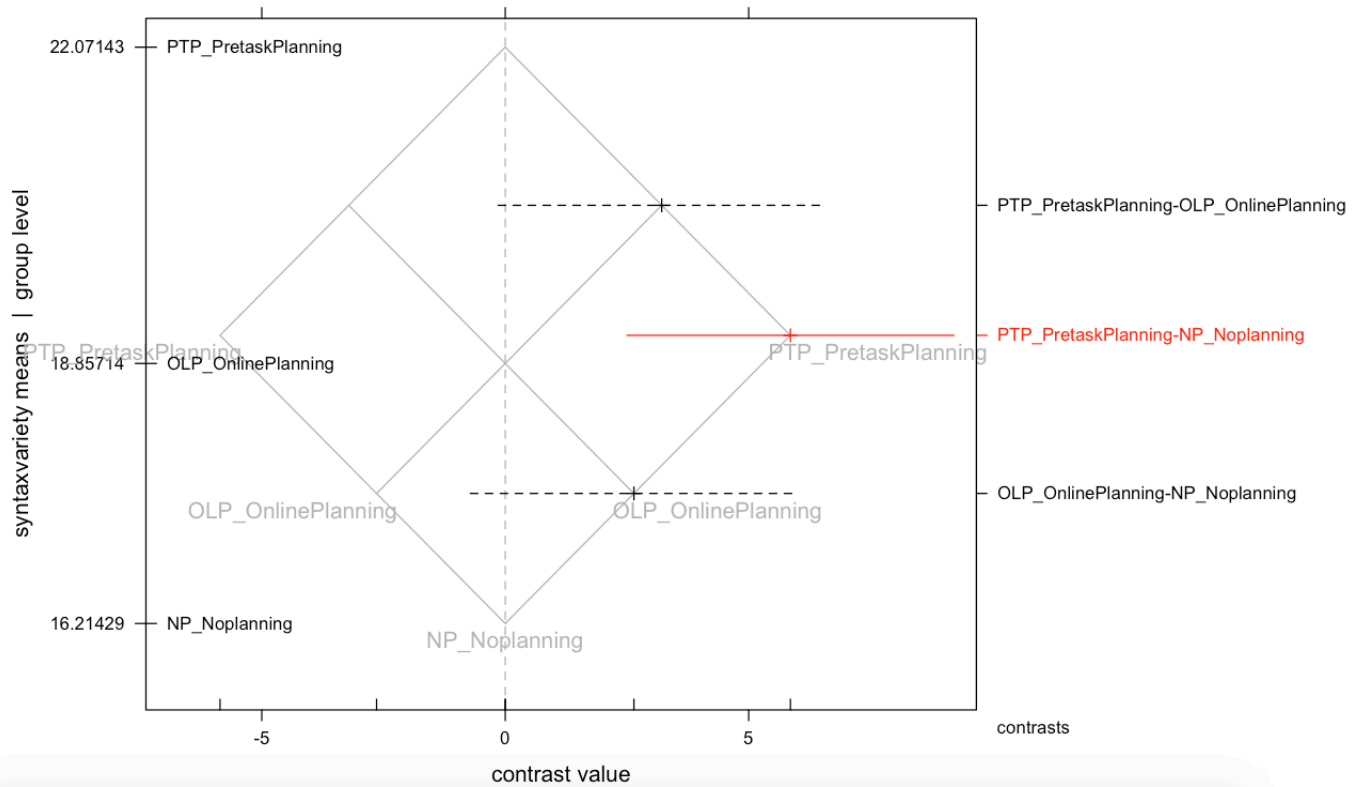


Figure 10.3 MMC (multiple comparison of means) plot with Ellis and Yuan (2004) data.

### 10.3.1 Conducting a One-Way ANOVA Using Planned Comparisons (pp.196-198, PDF: pp.205-207)

- 計画的比較 (planned comparison/ a presteriori) : 理論的な背景により比較する平均値についての仮説がある場合  
ANOVA 抜きで多重比較検定
- 事後的比較 (post-hoc comparison/a posteriori) : 比較する平均値についての明確な仮説がない  
ANOVA →有意差あり→ F 統計量を用いる多重比  
→有意差なし

先ほど述べたように分散分析の結果わかることは『各群の平均値に差がある』ことであり、実際にどこの群とどこの群に差があるかを調べるためには多重比較を行わなければならない。実際に、多くの統計の参考書に多群の検定では分散分析を使用し、有意差があれば多重比較を行うように書かれていることが多い (cf. (山田・村井 (2004))). しかし、多重比較の前に分散分析を行わなければならないわけでは必ずしもない。多群を扱う分散分析を行った結果、興味のある群の間には有意な差があるのにも関わらず、有意差なしという結果となる可能性もある。その場合、注目したい2群間の有意差が無視されてしまう。この場合、最初から多重比較 (=計画的比較) を適用した方がよい。

#### 対比係数 と対比検定

興味のある母数を  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$  とし、  
 $C_1 + C_2 + \dots + C_k = 0$  を満たす整数の係数(対比係数)を  $C_1, C_2, \dots, C_k$  とするとき  
 $C_1\mu_1 + C_2\mu_2 + \dots + C_k\mu_k$  を対比と呼び、  
 帰無仮説  $H_0: C_1\mu_1 + C_2\mu_2 + \dots + C_k\mu_k = 0$  かどうかの検定を対比検定と呼ぶ。

(舟尾, 2009b)

#### 対比係数の決め方

- (1). まとめて扱いたい水準は同符号にする
- (2). 比較したい水準は異符号にする
- (3). 考慮しない水準はゼロにする
- (4). 総和がゼロになるようにする

(Crawley, 2005)

Table 10.1 Planned Comparison Coefficients for Two-Way Comparisons (p.197)

| Groups      | Compare Group 1 to Group 2<br>(Group 1 vs. Group 2) | Compare Group 1 to Group 3<br>(Group 1 vs. Group 3) | Compare Group 2 to Group 3<br>(Group 2 vs. Group 3) |
|-------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| NP=Group 1  | 1                                                   | 1                                                   | 0                                                   |
| PTP=Group 2 | -1                                                  | 0                                                   | 1                                                   |
| OLP=Group 3 | 0                                                   | -1                                                  | -1                                                  |

Table 10.1 において...

(例) Group 1 vs. Group 2

- まとめて扱いたい水準は同符号にする : なし
- 比較したい水準は異符号にする: Group 1(=1)と Group 2(= -1)
- 考慮しない水準はゼロにする : Group 3 (=0)
- 総和がゼロになるようにする:  $1+(-1)+0=0$

対比係数は Group 1, Group 2, Group 3 でそれぞれ 1, -1, 0

帰無仮説:  $\mu_1 + (-\mu_2) + 0 \times \mu_3 = 0$   
 $\mu_1 - \mu_2 = 0 (\rightarrow \mu_1 = \mu_2)$

(1). `label()`で要因の水準を表示する。

```
> levels(ellisyuan$group)
> levels(ellisyuan$group)
[1] "NP_No planning" "PTP_PretaskPlanning" "OLP_OnlinePlanning"
-
```

(2). 水準名をシンプルにする

```
> levels(ellisyuan$group)=c("NP","PTP","OLP")
> levels(ellisyuan$group)
> levels(ellisyuan$group)=c("NP","PTP","OLP")
> levels(ellisyuan$group)
[1] "NP" "PTP" "OLP"
> |
```

(3). 先ほど決定した対比係数 (Table 10.1)を格納する

`rbind()` #行ベクトルを与えて行列を生成する (列ベクトルは `cbind()`で生成できる)

```
> contr=rbind("NP-PTP"=c(1,-1,0), "NP-OLP"=c(1,0,1), "PTP-OLP"=c(0,1,-1))
> contr
> contr=rbind("NP-PTP"=c(1,-1,0), "NP-OLP"=c(1,0,1), "PTP-OLP"=c(0,1,-1))
> contr
 [,1] [,2] [,3]
NP-PTP 1 -1 0
NP-OLP 1 0 1
PTP-OLP 0 1 -1
> |
```

(4).

```
> Ellisyuan.Pairs=glht(AnovaModel.1, linfct=mcp(group=contr))
> Ellisyuan.Pairs
```

```
> Ellisyuan.Pairs=glht(AnovaModel.1, linfct=mcp(group=contr))
> Ellisyuan.Pairs

General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: User-defined Contrasts

Linear Hypotheses:
 Estimate
NP-PTP == 0 -5.857
NP-OLP == 0 2.643
PTP-OLP == 0 3.214
>
```

**>confint (Ellisyuan.Pairs)**

```
> confint (Ellisyuan.Pairs)

 Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: User-defined Contrasts

Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyuan)

Quantile = 2.4359
95% family-wise confidence level

Linear Hypotheses:
 Estimate lwr upr
NP-PTP == 0 -5.8571 -9.2157 -2.4986
NP-OLP == 0 2.6429 -0.7157 6.0014
PTP-OLP == 0 3.2143 -0.1443 6.5729
```

**>summary(Ellisyuan.Pairs)**

```
> summary(Ellisyuan.Pairs)

 Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: User-defined Contrasts

Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyuan)

Linear Hypotheses:
 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
NP-PTP == 0 -5.857 1.379 -4.248 <0.001 ***
NP-OLP == 0 2.643 1.379 1.917 0.1473
PTP-OLP == 0 3.214 1.379 2.331 0.0632 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)
```

すべての組み合わせで比較することもできるが、  
自分の興味がある組み合わせの比較や対照群と実験群がある場合に役立つ (see Table 10.2 and 10.3)。

(例) Ellis and Yuan (2004)の RQ は比較する対象が決まっている。

- ✧ RQ1: 準備時間の有無による差があるか → PTP (時間制限あり) vs. NP & OLP (時間制限なし)
- ✧ まとめて扱いたい水準 = NP & OLP
- ✧ 比較したい水準 = PTP と NP & OLP
- ✧ 考慮しない水準 = なし

- ◇ RQ2: 時間制限の有無による差があるか → OLP (時間制限なし) vs. NP & PTP (時間制限あり)
- ◇ まとめて扱いたい水準 = NP & PTP
- ◇ 比較したい水準 = OLP と NP&PTP
- ◇ 考慮しない水準 = なし

上記のような手順で決定した対比係数は以下ようになる (see Table 10.2).  
同じ要領で、水準が4つある場合も対比係数を決定できる (see Table 10.3)

Table 10.2 Planned Comparison Coefficients for Multiple Comparisons with Ellis and Yuan (2004) (p.198)

| Groups      | Compare PTP to NP and OLP | Compare OLP to NP and PTP |
|-------------|---------------------------|---------------------------|
| NP=Group 1  | -1                        | -1                        |
| PTP=Group 2 | 2                         | -1                        |
| OLP=Group 3 | -1                        | 2                         |

Table 10.3 Planned Comparison Coefficients for Multiple Comparisons with L1 Groups (p. 198)

| Groups          | Compare Latinate Groups to NS | Compare Japanese Group to NS | Compare all NNS group to NS |
|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Native speakers | 2                             | 1                            | 3                           |
| Spanish L1      | -1                            | 0                            | -1                          |
| Portuguese L1   | -1                            | 0                            | -1                          |
| Japanese L1     | 0                             | -1                           | -1                          |

```
> levels(ellisyuan$group)
[1] "NP_No planning" "PTP_PretaskPlanning" "OLP_OnlinePlanning"
> levels(ellisyuan$group)=c("NP", "PTP", "OLP")
> levels(ellisyuan$group)
[1] "NP" "PTP" "OLP"
> contr1=rbind("PTP-NP&OLP"=c(-1, 2, -1), "OLP-NO&PTP"=c(-1, -1, 2))
> contr1
 [,1] [,2] [,3]
PTP-NP&OLP -1 2 -1
OLP-NO&PTP -1 -1 2
> ellisyuan.Pairs=glht(AnovaModel.1, linfct=mcp(group=contr1))
> ellisyuan.Pairs
```

#### General Linear Hypotheses

#### Multiple Comparisons of Means: User-defined Contrasts

#### Linear Hypotheses:

```
Estimate
PTP-NP&OLP == 0 9.0714
OLP-NO&PTP == 0 -0.5714
```



```
> summary(ellisyan.Pairs)

 Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: User-defined Contrasts

Fit: aov(formula = syntaxvariety ~ group, data = ellisyan)

Linear Hypotheses:

 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PTP-NP&OLP == 0 9.0714 2.3882 3.799 0.000969 ***
OLP-NP&PTP == 0 -0.5714 2.3882 -0.239 0.959013

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)
```

#### 10.4 Performing a Robust One-way ANOVA Test (pp.199-202, PDF: pp.208-211)

- 使用するデータ: Ellis and Yuan (2004)
- 従属変数: **words**

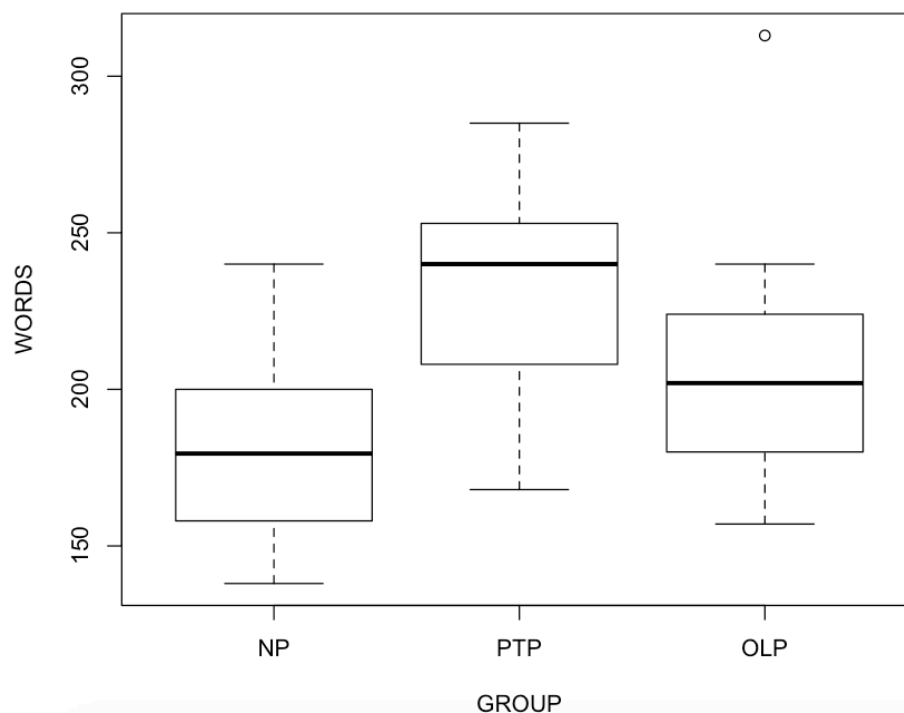


Figure 10.4 Boxplots of Ellis and Yuan (2004) data for Words. (p.199)

```
(> boxplot(words~group, data=ellisyan, ylab="WORDS", xlab="GROUP"))
```

(1). words を従属変数として分散分析を行う

```
> ellisyuan.anova <- aov(words~group, data=ellisyuan)
> ellisyuan.anova
> ellisyuan.anova <- aov(words~group, data=ellisyuan)
> ellisyuan.anova
Call:
aov(formula = words ~ group, data = ellisyuan)

Terms:
 group Residuals
Sum of Squares 17354.62 44213.86
Deg. of Freedom 2 39

Residual standard error: 33.67029
Estimated effects may be unbalanced
> |
> ellisyuan.Pairs <- glht(ellisyuan.anova, linfct=mcp(group="Tukey"))
> ellisyuan.Pairs
> ellisyuan.Pairs <- glht(ellisyuan.anova, linfct=mcp(group="Tukey"))
> ellisyuan.Pairs

General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Linear Hypotheses:
 Estimate
PTP - NP == 0 49.79
OLP - NP == 0 25.57
OLP - PTP == 0 -24.21
.
> summary(ellisyuan.Pairs)

> summary(ellisyuan.Pairs)

Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = words ~ group, data = ellisyuan)

Linear Hypotheses:
 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
PTP - NP == 0 49.79 12.73 3.912 0.000936 ***
OLP - NP == 0 25.57 12.73 2.009 0.123329
OLP - PTP == 0 -24.21 12.73 -1.903 0.151362

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)
|
```

✧ 従属変数: words においても、PTP と NP 間にのみ有意差ありという結果となった。

(2). `t1waybt()`関数を使用して再分析を試みる。

✓ パッケージ“WRS”をインストールする前段階として以下のパッケージをインストールする

```
> install.packages(c("MASS", "akima", "robustbase"))
```

```
> install.packages(c("cobs", "robust", "mgcv", "scatterplot3d", "quantreg", "rrcov", "lars", "pwr", "trimcluster",
"parallel", "mc2d", "psych", "Rfit"))
```

✓ 続いて“WRS”をインストールする

```
> install.packages("WRS", repos="http://R-Forge.R-project.org", type="source")
```

```
> library(WRS)
```

(3). 再分析の前段階として、従属変数: `words` においてそれぞれの水準ごとにサブセットとして設定する必要がある。

```
> ellis=list()
```

```
> ellis[[1]]=subset(ellisyan, subset=group=="NP", select=c(words))
```

```
> ellis[[2]] <- subset(ellisyan, subset=group=="PTP", select=c(words))
```

```
> ellis[[3]] <- subset(ellisyan, subset=group=="OLP", select=c(words))
```

---

R コマンドでも Subset を設定できる

■ Data > Active data set > subset active data set...

■ Variables: `words`

■ R コンソールに `t1waybt(ellis, tr=.2, nboot=599)` を入力

---

(4). `t1waybt()`を実行する

```
> t1waybt(ellis, tr=.2, nboot=599)
```

```
> t1waybt(ellis, tr=.2, nboot=599)
```

```
[1] "Taking bootstrap samples. Please wait."
```

```
[1] "Working on group 1"
```

```
[1] "Working on group 2"
```

```
[1] "Working on group 3"
```

```
$test
```

```
[1] 10.35645
```

```
$p.value
```

```
[1] 0.005008347
```

出力:

✧ `$test` の値は F 値

✧ `p` 値

|                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| <code>t1waybt()</code> | 刈り込み平均でブートストラップ法による比較を行う         |
| <code>ellis</code>     | リスト・行列になっているデータを指定               |
| <code>tr=.2</code>     | 刈り込み平均を 20% に指定                  |
| <code>nboot=599</code> | ブートストラップを行う回数を指定する (599 回がデフォルト) |

(5). 多重比較を行う

```
> mcppb20(ellis)
> mcppb20(ellis)
[1] "Taking bootstrap samples. Please wait."
$psihat
 con.num psihat se ci.lower ci.upper p-value
[1,] 1 -53.7 11.60203 -80.8 -24.3 0.0000
[2,] 2 -22.6 12.03546 -52.9 7.5 0.0775
[3,] 3 31.1 12.37243 -0.1 59.9 0.0180

$crit.p.value
[1] 0.017

$con
 [,1] [,2] [,3]
[1,] 1 1 0
[2,] -1 0 1
[3,] 0 -1 -1
```

そのほかに、`lincon()`関数と `linconb()`関数がある。

■ `lincon()`: trimmed means のみ

■ `linconb()`: trimmed means + bootstrap-t

```
> mcppb20(ellis, crit=NA, con=0, tr=.2, alpha=.05, nboot=2000, grp=NA)
```

```
> mcppb20(ellis, crit=NA, con=0, tr=.2, alpha=.05, nboot=2000, grp=NA)
[1] "Taking bootstrap samples. Please wait."
$psihat
 con.num psihat se ci.lower ci.upper p-value
[1,] 1 -53.7 11.60203 -80.8 -24.3 0.0000
[2,] 2 -22.6 12.03546 -52.9 7.5 0.0775
[3,] 3 31.1 12.37243 -0.1 59.9 0.0180

$crit.p.value
[1] 0.017

$con
 [,1] [,2] [,3]
[1,] 1 1 0
[2,] -1 0 1
[3,] 0 -1 -1
```

10.5 Application Activities for One-Way ANOVAs (pp.202-204, PDF: pp.211-213)

参考文献

Crawley, M. J. (2005). 『統計学：R を用いた入門書』 共立出版.

小野滋 (2003). 『読めば必ずわかる分散分析の基礎 第2版』

舟尾暢夫 (2008). 『「R」 Commander ハンドブック』 オーム社.

舟尾暢夫 (2009a). 『The T Tips データ解析環境 R の基本技・グラフィック活用集 第2版』 オーム社.

舟尾暢夫 (2009b). 『[ R 流! ] イメージで理解する統計処理入門』 カットシステム.

山田剛史・村井潤一郎 (2004) 『よくわかる心理統計』 ミネルヴァ書房.

<data>

Ellis, R., & Yuan, F. (2004). The effects of planning on fluency, complexity, and accuracy in second language narrative writing. *Studies in Second Language Acquisition*, 26, 59-84.