

R と RStudio の使い方

芳賀敏郎 (2014) 医薬品開発のための統計解析 第2部 実験計画法
6 多因子実験
6.2 スクリーニング計画

テキストと利用上の注意

●テキスト

芳賀敏郎（2011）医薬品開発のための統計解析

第2部 実験計画法 改訂版、サイエンティスト社、p.294

（サイトへアップすることに対して、サイエンティスト社の了解を得ています）

●Rによる解析事例を紹介

R スクリプトの出力結果を紹介します（tidyverse 系には次期バージョンで対応します）

R スクリプト（文字コードUTF-8に設定）を、このサイトから[ダウンロード](#)できます

R スクリプトを [Compile Report] することにより、Word または HTML で見ることが出来ます

R と RStudio の設定と基本的な使い方は「[R と RStudio の使い方](#)」を参照してください

R の出力結果の見方は、テキストとそれを解説した [PDF ファイル](#) を参照してください

グラフ表示は、解析手段として、必要最小限の表現に止めています

●自己責任で利用

上記のことを理解した上で、自己責任により利用してください

第2部 実験計画法

- 1 因子実験・・・質的因子
 - 1.1 繰り返し数が等しい場合、1.2 繰り返し数が異なる場合
 - 1.3 多重比較、1.4 ばらつきを特性値とする実験
 - 1.5 ノンパラメトリック検定
- 量的因子
 - 2.1 直線関係の場合、2.2 非直線関係の場合
 - 2.3 ダミー変数による質的因子の効果の推定
- 乱塊法・・・3.1 質的因子の乱塊法、3.2 量的因子の乱塊法、3.3 欠測値のある場合
- 共分散分析・・・4.1 共分散分析の目的、4.2 解析手順、4.3 医薬品開発における共分散分析の例
- 2 因子実験・・・5.1 2 因子実験の基礎、5.2 質的因子×質的因子、5.3 質的因子×量的因子
- 5.4 質的因子×量的因子（変形）、5.5 量的因子×量的因子
- 多因子実験**・・・6.1 多因子実験の基礎、**6.2 スクリーニング計画**、6.3 応答曲面計画
- 変量モデルほか・・・7.1 1 因子実験、7.2 枝分れ実験、7.3 乱塊法の拡張、7.4 経時データ、7.5 交差試験



直交表データの解析：直交表の割付

- 表示6.2.4 Excelによる直交表 L16 の解析
 スクリプトファイル：Green2-6-2a.R
 利用した関数：data.frame、with、cbind

Excelファイル
L16の内容

L₁₆ 直交表
(1)~(15)列

```
L16 <- read_excel("Green2-6.xlsx",
                  sheet = "L16") # L16直交表

df <- with(L16,
           data.frame(A = col_1,
                     B = col_2,
                     C = col_4,
                     D = col_8,
                     E = col_14,
                     F = col_13)
           )

df <- cbind(df, y = df_y$y)
```

L₁₆ 直交表
(1)~(15)列に
因子を割付

No	col_1	col_2	...	col_14	col_15
1	1	1	...	1	1
2	1	1	...	-1	-1
3	1	1	...	-1	-1
4	1	1	...	1	1
5	1	-1	...	-1	-1
6	1	-1	...	1	1
...
10	-1	1	...	-1	1
11	-1	1	...	-1	1
12	-1	1	...	1	-1
13	-1	-1	...	-1	1
14	-1	-1	...	1	-1
15	-1	-1	...	1	-1
16	-1	-1	...	-1	1



直交表データの解析：直交表の割付

- 表示6.2.4 Excel による直交表 L16 の解析
 スクリプトファイル：Green2-6-2a.R
 利用した関数：data.frame、with、cbind

Excelファイル
L16の内容

L₁₆ 直交表
(1)~(15)列

No	col_1	col_2	...	col_14	col_15
1	1	1	...	1	1
2	1	1	...	-1	-1
3	1	1	...	-1	-1
4	1	1	...	1	1
5	1	-1	...	-1	-1
6	1	-1	...	1	1
...
10	-1	1	...	-1	1
11	-1	1	...	-1	1
12	-1	1	...	1	-1
13	-1	-1	...	-1	1
14	-1	-1	...	1	-1
15	-1	-1	...	1	-1
16	-1	-1	...	-1	1

```
L16 <- read_excel("Green2-6.xlsx",
                  sheet = "L16") # L16直交表
```

```
df <- with(L16,
           data.frame(A = col_1,
                     B = col_2,
                     C = col_4,
                     D = col_8,
                     E = col_14,
                     F = col_13)
           )
```

第1引数

第2引数

L16\$col_1
→
col_1

```
df <- cbind(df, y = df_y$y)
```



直交表データの解析：直交表の割付

観測値 y

p.219

- 表示6.2.4 Excel による直交表 L16 の解析

スクリプトファイル：Green2-6-2a.R

利用した関数：data.frame、with、cbind

データフレーム
dfの内容

```

L16 <- read_excel("Green2-6.xlsx",
                  sheet = "L16") # L16直交表

df <- with(L16,
           data.frame(A = col_1,
                      B = col_2,
                      C = col_4,
                      D = col_8,
                      E = col_14,
                      F = col_13)
           )

df <- cbind(df, y = df_y$y)

```

観測値 y

##	A	B	C	D	E	F	y
## 1	1	1	1	1	1	1	28
## 2	1	1	1	-1	-1	-1	21
## 3	1	1	-1	1	-1	-1	31
## 4	1	1	-1	-1	1	1	28
## 5	1	-1	1	1	-1	1	26
## 6	1	-1	1	-1	1	-1	23
## 7	1	-1	-1	1	1	-1	34
## 8	1	-1	-1	-1	-1	1	33
## 9	-1	1	1	1	1	-1	33
## 10	-1	1	1	-1	-1	1	27
## 11	-1	1	-1	1	-1	1	27
## 12	-1	1	-1	-1	1	-1	28
## 13	-1	-1	1	1	-1	-1	43
## 14	-1	-1	1	-1	1	1	46
## 15	-1	-1	-1	1	1	1	43
## 16	-1	-1	-1	-1	-1	-1	30



直交表データの解析：lm 関数の実行

- 表示6.2.4 Excel による

直交表 L16 の解析

- 表示6.2.5 JMP による

直交表 L16 の解析 (左)

スクリプトファイル

Green2-6-2a.R

利用した関数

lm.、summary、anova

```
lm_out1 <- lm(y ~ A + B + C + D + E + F + A:B + A:C
              + A:D + B:C + B:D + C:D, data = df)
```

```
summary(lm_out1)
```

##	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
## (Intercept)	31.3125	1.0963	28.563	9.42e-05	***
## A	-3.3125	1.0963	-3.022	0.0567	.
## B	-3.4375	1.0963	-3.136	0.0518	.
## C	-0.4375	1.0963	-0.399	0.7165	
## D	1.8125	1.0963	1.653	0.1968	
## E	1.5625	1.0963	1.425	0.2493	
## F	0.9375	1.0963	0.855	0.4553	
## A:B	2.4375	1.0963	2.223	0.1127	
## A:C	-3.0625	1.0963	-2.794	0.0682	.
## A:D	-0.0625	1.0963	-0.057	0.9581	
## B:C	-0.1875	1.0963	-0.171	0.8751	
## B:D	0.0625	1.0963	0.057	0.9581	
## C:D	-0.1875	1.0963	-0.171	0.8751	



直交表データの解析：lm 関数の実行

- 表示6.3.4 Excel による

直交表 L16 の解析

- 表示6.2.5 JMP による

直交表 L16 の解析

スクリプトファイル

Green2-6-2a.R

利用した関数

lm.、summary、anova

方法

p 値が0.2 以下の因子を

ピックアップする

A、B、D、A:B、A:C

それに関わる主効果も加える

C

```
anova(lm_out1)
```

##		Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
##	A	1	175.562	175.562	9.1300	0.05669 .
##	B	1	189.063	189.063	9.8321	0.05184 .
##	C	1	3.063	3.063	0.1593	0.71655
##	D	1	52.562	52.562	2.7335	0.19684
##	E	1	39.062	39.062	2.0314	0.24931
##	F	1	14.062	14.062	0.7313	0.45532
##	A:B	1	95.062	95.062	4.9437	0.11268
##	A:C	1	150.063	150.063	7.8039	0.06822 .
##	A:D	1	0.063	0.063	0.0033	0.95812
##	B:C	1	0.562	0.562	0.0293	0.87508
##	B:D	1	0.062	0.062	0.0033	0.95812
##	C:D	1	0.563	0.563	0.0293	0.87508
##	Residuals	3	57.688	19.229		



直交表データの解析：lm 関数の実行

- 表示6.2.5 JMP による直交表 L16 の解析 (右)

スクリプトファイル

Green2-6-2a.R

利用した関数

lm.、summary、anova

```
lm_out2 <- lm(y ~ A + B + C + D + A:B + A:C, data = df)
summary(lm_out2)
```

##		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
##	(Intercept)	31.3125	0.8822	35.495	5.53e-11	***
##	A	-3.3125	0.8822	-3.755	0.00452	**
##	B	-3.4375	0.8822	-3.897	0.00364	**
##	C	-0.4375	0.8822	-0.496	0.63182	
##	D	1.8125	0.8822	2.055	0.07009	.
##	A:B	2.4375	0.8822	2.763	0.02200	*
##	A:C	-3.0625	0.8822	-3.472	0.00703	**



直交表データの解析：交互作用プロット

- 表示6.2.6 交互作用プロファイル
スクリプトファイル

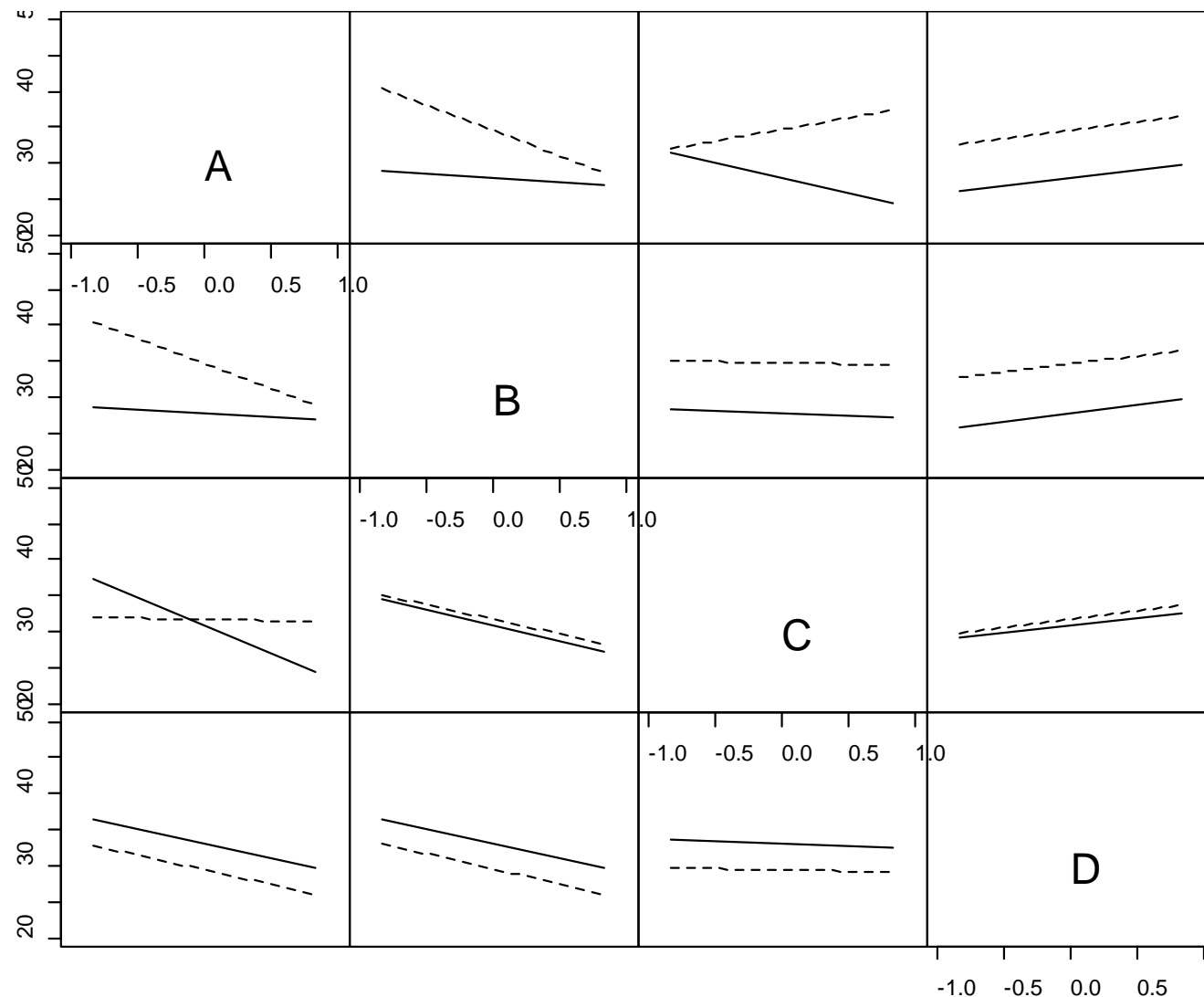
Green2-6-2a.R

利用した関数

aggregate、colnames、for、if、
interaction.plot、plot、text

方法

interaction.plot と plot を組み合わせ
16個のグラフを 4×4 のマス目状に
並べる





直交表データの解析：ステップワイズ法

● 表示6.2.7～表示6.2.9

ステップワイズの変数選択

スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm.、summary、

MASS::stepAIC、update

方法

変数を増減させながら

AIC（赤池の情報量基準）

をモデルごとに算出

AICの最も小さなモデル

を見出す → 目安と考え、

固有技術を重視

```
mod_full <- y ~ (A + B + C + D + E + F)^2
mod_null <- y ~ 1
```

解析1 フルモデルからのステップワイズ法

```
lm_out1 <- lm(mod_full, data = df)
```

```
stepAIC_out1 <- stepAIC(lm_out1,
```

```
scope = list(upper = mod_full,
```

```
lower = mod_null),
```

```
direction = "both")
```

```
stepAIC_out1$anova
```

解析2 ヌルモデルからのステップワイズ法

```
lm_out2 <- lm(mod_null, data = df)
```

```
stepAIC_out2 <- stepAIC(lm_out2,
```

```
scope = list(upper = mod_full,
```

```
lower = mod_null),
```

```
direction = "both")
```

```
stepAIC_out2$anova
```

主効果と
1次の交互作用
からなるモデル

切片だけの
モデル



直交表データの解析：ステップワイズ法

p.222

- 表示6.2.7～表示6.2.9

ステップワイズの変数選択

スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm.、summary、

MASS::stepAIC、update

方法

変数を増減させながら

AIC（赤池の情報量基準）

をモデルごとに算出

AICの最も小さなモデル

を見出す → 目安と考え、

固有技術を重視

```
mod_full <- y ~ (A + B + C + D + E + F)^2
```

```
mod_null <- y ~ 1
```

```
# 解析1 フルモデルからのステップワイズ法
```

```
lm_out1 <- lm(mod_full, data = df)
```

```
stepAIC_out1 <- stepAIC(lm_out1,  
                        scope = list(upper = mod_full,  
                                     lower = mod_null),  
                        direction = "both")
```

```
stepAIC_out1$anova
```

```
# 解析2 ヌルモデルからのステップワイズ法
```

```
lm_out2 <- lm(mod_null, data = df)
```

```
stepAIC_out2 <- stepAIC(lm_out2,  
                        scope = list(upper = mod_full,  
                                     lower = mod_null),  
                        direction = "both")
```

```
stepAIC_out2$anova
```



直交表データの解析：ステップワイズ法

● 表示6.2.7～表示6.2.9

ステップワイズの変数選択

スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm., summary,

MASS::stepAIC, update

方法

変数を増減させながら

AIC (赤池の情報量基準)

をモデルごとに算出

AIC の最も小さなモデル

を見出す → 目安と考え、

固有技術も重視

```
mod_full <- y ~ (A + B + C + D + E + F)^2
```

```
mod_null <- y ~ 1
```

```
# 解析1 フルモデルからのステップワイズ法
```

```
lm_out1 <- lm(mod_full, data = df)
```

```
stepAIC_out1 <- stepAIC(lm_out1,
```

```
scope = list(upper = mod_full,
```

```
lower = mod_null),
```

```
direction = "both")
```

```
stepAIC_out1$anova
```

```
# 解析2 ヌルモデルからのステップワイズ法
```

```
lm_out2 <- lm(mod_null, data = df)
```

```
stepAIC_out2 <- stepAIC(lm_out2,
```

```
scope = list(upper = mod_full,
```

```
lower = mod_null),
```

```
direction = "both")
```

```
stepAIC_out2$anova
```

主効果と
1次の交互作用
からなるモデル



直交表データの解析：ステップワイズ法 解析 1

● 表示6.2.7～表示6.2.9

ステップワイズの変数選択

スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm.、summary

MASS::stepAIC、update

途中経過
のモデル

途中経過
のモデル

解析 1：フルモデルからの自動選択（途中経過の一部）

```
## Step:  AIC=36.16
## y ~ A + B + C + D + E + F
##       + A:B + A:C + A:E + A:F + B:C + B:D
##
##           Df Sum of Sq    RSS    AIC
## - B:D      1     0.062  30.250  34.191
## - A:F      1     0.562  30.750  34.453
## - B:C      1     0.562  30.750  34.453
## <none>                    30.187  36.157
## + A:D      1     0.062  30.125  38.124
## + C:F      1     0.062  30.125  38.124
## - A:E      1    27.563  57.750  44.537
## - A:B      1    95.062 125.250  56.924
## - A:C      1   150.063 180.250  62.748
```



- 表示6.2.7～表示6.2.9

ステップワイズの変数選択

スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm.、summary、

MASS::stepAIC、update

解析 1：フルモデルからの自動選択（途中経過の一部）

```
stepAIC_out1$anova
## Stepwise Model Path
## Analysis of Deviance Table
##
## Initial Model:
## y ~ (A + B + C + D + E + F)^2
##
## Final Model:
## y ~ A + B + C + D + E + F + A:B + A:C + A:E
##
##      Step Df Deviance Resid. Df Resid. Dev      AIC
## 1          2    30.1250  38.12427
## 2 - E:F    0    0.0000    2    30.1250  38.12427
##      . . . . .
## 12 - B:C   1    0.5625    5    30.8125  32.48531
## 13 - A:F   1    0.5625    6    31.3750  30.77476
```



直交表データの解析：ステップワイズ法 解析 2

● 表示6.2.7～表示6.2.9

ステップワイズの変数選択

スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm.、summary、

MASS::stepAIC、update

途中経過
のモデル

解析 2：ヌルモデルからの自動選択（途中経過の一部）

```
## Step:  AIC=54.93
## y ~ B + A + D + B:A
##
##           Df Sum of Sq   RSS   AIC
## + E         1   39.062 226.13 54.376
## <none>                265.19 54.926
## - D         1   52.563 317.75 55.819
## + F         1   14.062 251.13 56.054
## + C         1    3.062 262.13 56.740
## + A:D        1    0.062 265.12 56.922
## + B:D        1    0.062 265.12 56.922
## - B:A        1   95.063 360.25 57.827
```

途中経過
のモデル



● 表示6.2.7～表示6.2.9

ステップワイズの変数選択

スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm.、summary、

MASS::stepAIC、update

解析 2：ヌルモデルからの自動選択（途中経過の一部）

```

stepAIC_out1$anova
## Stepwise Model Path
## Analysis of Deviance Table
##
## Initial Model:
## y ~ 1
##
## Final Model:
## y ~ B + A + D + E + B:A + A:E
##
##
##          Step Df Deviance Resid. Df Resid. Dev      AIC
## 1              15    777.4375 64.13463
## 2    + B         1   189.0625    14    588.3750 61.67641
##          . . . . .
## 6    + E         1    39.0625    10    226.1250 54.37599
## 7  + A:E         1    27.5625     9    198.5625 54.29624

```



- 表示6.2.7～表示6.2.9

 - ステップワイズの変数選択

 - スクリプトファイル

 - Green2-6-2b.R

 - 利用した関数

 - lm.、summary、
uMASS::stepAIC、
update

解析 3 あるモデルからの手動選択

```
lm_out3 <- lm(y ~ A + B + D + E + A:B + A:E, data = df)
summary(lm_out3)
```

##		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
##	(Intercept)	31.312	1.174	26.666	7.1e-10	***
##	A	-3.312	1.174	-2.821	0.0200	*
##	B	-3.438	1.174	-2.927	0.0168	*
##	D	1.813	1.174	1.544	0.1571	
##	E	1.562	1.174	1.331	0.2160	
##	A:B	2.438	1.174	2.076	0.0677	.
##	A:E	-1.313	1.174	-1.118	0.2926	



● 表示6.2.7～表示6.2.9

解析 3 あるモデルからの手動選択

ステップワイズの変数選択
スクリプトファイル

Green2-6-2b.R

利用した関数

lm.、MASS::stepAIC、
summary、update

方法

固有技術を重視して
変数選択を実施
(テキスト p.222～)

```
lm_out3 <- lm(y ~ A + B + D + E + A:B + A:E,  
              data = df)
```

ピリオド、チルダ、ピリオド

```
lm_out4 <- update(lm_out3, . ~ . - A:E + A:C + C)  
summary(lm_out4)
```

Coefficients:

##		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
##	(Intercept)	31.3125	0.7552	41.463	1.26e-10	***
##	A	-3.3125	0.7552	-4.386	0.00233	**
##	B	-3.4375	0.7552	-4.552	0.00187	**
##	D	1.8125	0.7552	2.400	0.04317	*
##	E	1.5625	0.7552	2.069	0.07234	.
##	C	-0.4375	0.7552	-0.579	0.57831	
##	A:B	2.4375	0.7552	3.228	0.01210	*
##	A:C	-3.0625	0.7552	-4.055	0.00366	**

● 表示6.2.10 5 因子のPlackett-Burman 計画

スクリプトファイル

Green2-6-2c.R

利用した関数

FrF2::pb

方法

pb関数により計画を出力

nruns は実験回数（実行回数）で、4の倍数
かつ2の累乗（4, 8, 16...）ではない数値

```
pb(nruns = 12, randomize = FALSE)
##      A  B  C  D  E  F  G  H  J  K  L
## 1    1  1 -1  1  1  1 -1 -1 -1  1 -1
## 2   -1  1  1 -1  1  1  1 -1 -1 -1  1
## 3    1 -1  1  1 -1  1  1  1 -1 -1 -1
## 4   -1  1 -1  1  1 -1  1  1  1 -1 -1
## 5   -1 -1  1 -1  1  1 -1  1  1  1 -1
## 6   -1 -1 -1  1 -1  1  1  1 -1  1  1
## 7    1 -1 -1 -1  1 -1  1  1 -1  1  1
## 8    1  1 -1 -1 -1  1 -1  1  1 -1  1
## 9    1  1  1 -1 -1 -1  1 -1  1  1 -1
## 10   -1  1  1  1 -1 -1 -1  1 -1  1  1
## 11    1 -1  1  1  1 -1 -1 -1  1 -1  1
## 12   -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
## class=design, type= pb
```

- 表示6.2.11 JMP の Plackett-Burman 計画

表示6.2.12 ステップワイズの結果

スクリプトファイル

Green2-6-2c.R

利用した関数

FrF2::pb

方法

pb関数により計画を出力

nruns は実験回数（実行回数）で、4の倍数

かつ2の倍数ではない数値を設定

JMPが出力するの計画（表示6.2.11）と
第1水準と第2水準の正負が逆
左右、上下が逆

```
pb(nruns = 12, randomize = FALSE)
```

```
##      A  B  C  D  E  F  G  H  J  K  L
## 1    1  1 -1  1  1  1 -1 -1 -1  1 -1
## 2   -1  1  1 -1  1  1  1 -1 -1 -1  1
## 3    1 -1  1  1 -1  1  1  1 -1 -1 -1
## 4   -1  1 -1  1  1 -1  1  1  1 -1 -1
## 5   -1 -1  1 -1  1  1 -1  1  1  1 -1
## 6   -1 -1 -1  1 -1  1  1 -1  1  1  1
## 7    1 -1 -1 -1  1 -1  1  1 -1  1  1
## 8    1  1 -1 -1 -1  1 -1  1  1 -1  1
## 9    1  1  1 -1 -1 -1  1 -1  1  1 -1
## 10   -1  1  1  1 -1 -1 -1  1 -1  1  1
## 11    1 -1  1  1  1 -1 -1 -1  1 -1  1
## 12   -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
## class=design, type= pb
```



- 表示6.2.11 JMP の Plackett-Burman 計画

表示6.2.12 ステップワイズの結果

スクリプトファイル：Green2-6-2c.R

利用した関数：FrF2::pb

方法：pb関数により計画を出力

製造過程における反応率と関連する因子との関係

因子	2水準	Rでの因子名
送り速度	(10,15)	okuri
触媒	(1, 2)	shokubai
攪拌速度	(100, 120)	kakuhan
温度	(140, 180)	ondo
濃度	(3, 6)	noudo

```
pb_out <- pb(nruns = 12, randomize = FALSE,  
            factor.names = list(okuri = c(10, 15),  
                                shokubai = c(1, 2),  
                                kakuhan = c(100, 120),  
                                ondo = c(140, 180),  
                                noudo = c(3, 6)  
            )  
)
```



- 表示6.2.11 JMP の Plackett-Bruman 計画

表示6.2.12 ステップワイズの結果

スクリプトファイル：Green2-6-2c.R

利用した関数：FrF2::pb

方法：pb関数により計画を出力

```
summary(pb_out)
## Experimental design of type  pb
## 12  runs
##
## Factor settings (scale ends):
##   okuri shokubai kakuhan ondo noudo   e1 e2 e3 e4 e5 e6
## 1    10         1    100  140     3  -1 -1 -1 -1 -1 -1
## 2    15         2    120  180     6   1  1  1  1  1  1
##
## . . . . .
```

- 表示6.2.11 JMP の Plackett-Burman 計画

表示6.2.12 ステップワイズの結果

スクリプトファイル

Green2-6-2c.R

利用した関数

FrF2::pb

方法

pb関数により計画を出力

この水準組み合わせで実験

観測値 y を得る

randomize をTRUE にして

実権順序を無作為化する

```
summary(pb_out)
```

```
## The design itself:
```

```
##      okuri shokubai kakuhan ondo noudo e1 e2 e3 e4 e5 e6
## 1      15         2      100  180     6  1 -1 -1 -1  1 -1
## 2      10         2      120  140     6  1  1 -1 -1 -1  1
## 3      15         1      120  180     3  1  1  1 -1 -1 -1
## 4      10         2      100  180     6 -1  1  1  1 -1 -1
## 5      10         1      120  140     6  1 -1  1  1  1 -1
## 6      10         1      100  180     3  1  1 -1  1  1  1
## 7      15         1      100  140     6 -1  1  1 -1  1  1
## 8      15         2      100  140     3  1 -1  1  1 -1  1
## 9      15         2      120  140     3 -1  1 -1  1  1 -1
## 10     10         2      120  180     3 -1 -1  1 -1  1  1
## 11     15         1      120  180     6 -1 -1 -1  1 -1  1
## 12     10         1      100  140     3 -1 -1 -1 -1 -1 -1
## class=design, type= pb
```


Plackett-Burman 計画

p.225

- 表示6.2.11 JMP の Plackett-Bruman 計画

表示6.2.12 ステップワイズの結果

スクリプトファイル

Green2-6-2c.R

利用した関数

FrF2::pb、

DoE.base::add.response

方法

add.response 関数で

計画に観測値を併合

lm 関数で解析

観測値を
Excelファイルから入力し
付値したデータフレーム

```
pb_out2 <- add.response(pb_out, df)
summary(lm(pb_out2))

## Number of observations used: 12
## Formula:
## y ~ okuri + shokubai + kakuhan + ondo + noudo

## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  66.1667    4.3949  15.055 5.41e-06 ***
## okuri1       -5.3333    4.3949  -1.214  0.271
## shokubai1    -1.5000    4.3949  -0.341  0.745
## kakuhan1     3.3333    4.3949   0.758  0.477
## ondo1        -4.5000    4.3949  -1.024  0.345
## noudo1       -0.8333    4.3949  -0.190  0.856
```



- 参考文献

山田 秀 (2004) 実験計画法－方法編－,日科技連

- 作成

片瀬雅彦

- 作成時期

2021年8月9日