



7 変量模型、枝分れ実験

7.3 乱塊法の拡張

テキスト

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 改訂版、サイエンティスト社、p.294



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
- 変量模型ほか**・・・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



7.3 乱塊法の拡張

p.263

- (1) 2 因子実験の例題
- (2) 乱塊法 (1)
- (3) 乱塊法 (2)

テキストの
該当ページ

補足 完全無作為化法、乱塊法、分割法、枝分れ法によって得られたデータを
JMP [モデルのあてはめ] で解析する方法を解説

使用するファイル

Excel ファイル：「DE改7-変量.xlsx」

JMP ファイル：「7-乱塊法.jmp」

サイエンティスト社ホームページからダウンロード

JMP 10.0.2 の出力を表示

★プレゼンテーションの
スピーカーノートを、
PDF の注釈に変換してあります

● 1 因子実験（乱塊法）

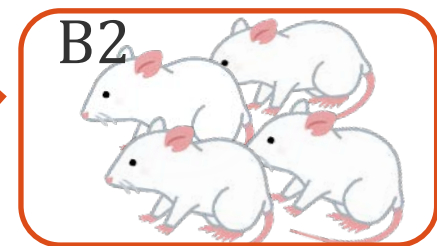
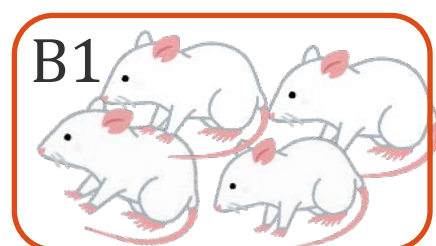
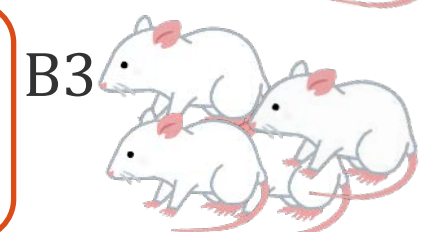
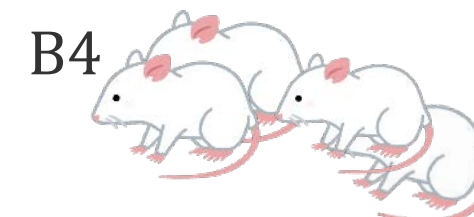
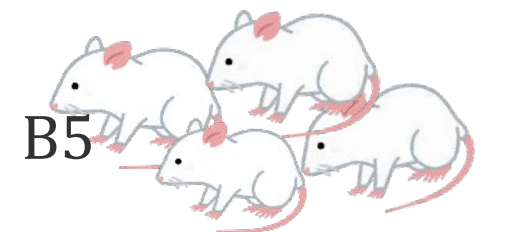
§3 の事例：4 種類の薬剤（A1～A4）を取り上げ、薬効を比較（[§3.1](#)）

各薬剤を5匹（全部で20匹）の実験動物に投与して薬効を評価

同腹の新生仔4匹を1ブロックとし、5匹の母獣から5ブロック（B1～B5）を作成

ブロック内の1匹ずつに4薬剤（A1～A4）をランダムに割付

薬剤	ブロック				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1					
A2					
A3					
A4					



同一母獣の新生仔4匹

ランダム
に割付

● 1 因子実験 (乱塊法)

§3 の事例：4 種類の薬剤 (A1~A4) を取り上げ、薬効を比較 (§3.1)

各薬剤を 5 匹 (全部で 20 匹) の実験動物に投与して薬効を評価

同腹の新生仔 4 匹を 1 ブロックとし、5 匹の母獣から 5 ブロック (B1~B5) を作成

ブロック内の 1 匹ずつに 4 薬剤 (A1~A4) をランダムに割付

薬剤：制御因子
解析の目的となる因子

薬剤	ブロック				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1					
A2					
A3					
A4					

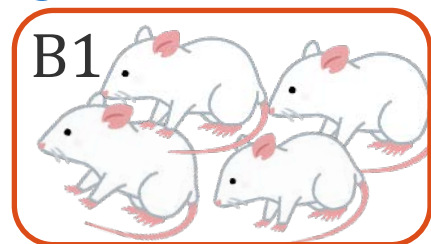
母獣由来の集団：
ブロック因子
実験の誤差を
小さくするための因子

同一母獣由来の 4 匹の新生仔は、
たまたま材料として選ばれた

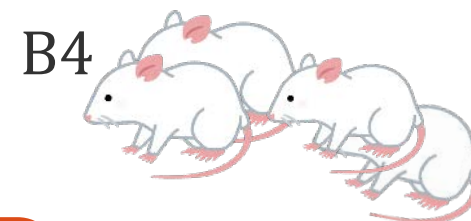
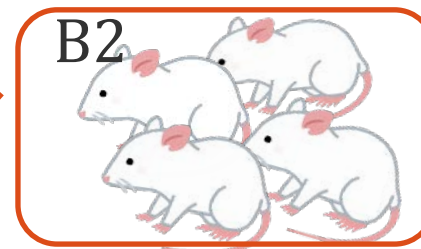
再現性がない

ブロック因子は変量因子 (§7.1)

同一母獣の新生仔 4 匹



ランダム
に割付



● 1 因子実験（乱塊法）

JMP [モデルのあてはめ] で
ブロック因子は変量因子として
扱うべきであるが、
§3 では便宜的に母数因子と
区別しなかった



本節で、乱塊法における
ブロック因子を変量因子として
取り扱う

JMP [モデルのあてはめ] での設定 (§3.1)

モデルの指定

列の選択

- 薬剤
- ブロック
- y
- 投与量
- y*

役割変数の選択

Y: y (オプション)

重み: オプション(数値)

度数: オプション(数値)

By: オプション

手法: 標準最小2乗

強調点: 最小レポート

ヘルプ 実行

前回の設定 ダイアログを開く

削除

モデル効果の構成

追加: 薬剤

交差: **ブロック**

ブロック因子を変量効果に指定しなかった

はじめに

● 2 因子実験（本節）

2 因子実験（質的因子×質的因子）をどのように行うか？

(1) 2 因子実験（[§5.1](#)、[§5.2](#)） p.169、 p.174

各実験をランダムに実施（完全無作為化法）

実験計画法：反復、無作為化

テキストには
表記されていない

(2) 2 因子実験（乱塊法）(1)

2 因子実験に「ブロック因子」を導入

実験計画法：反復、無作為化、局所管理

テキストでの
便宜的な表記

(3) 2 因子実験（乱塊法）(2)

2 因子実験に「枝分れしたブロック因子」を導入

実験計画法：反復、無作為化、局所管理

テキストでの
便宜的な表記



はじめに

● 2 因子実験（本節）

2 因子実験（質的因子×質的因子）をどのように行うか？

- (1) 2 因子実験（[§5.1](#)、[§5.2](#)） p.169、 p.174
各実験をランダムに実施（完全無作為化法）・・・ 1 因子実験（[§0](#)） p.11
実験計画法：反復、無作為化
ストーブの実験（1）、（4）

- (2) 2 因子実験（乱塊法）(1)
2 因子実験に「ブロック因子」を導入・・・・・・・・・・ ストーブの実験（5）
実験計画法：反復、無作為化、局所管理

- (3) 2 因子実験（乱塊法）(2)
2 因子実験に「枝分れしたブロック因子」を導入
実験計画法：反復、無作為化、局所管理

はじめに

● 2 因子実験（本節）

2 因子実験（質的因子×質的因子）をどのように行うか？

2 因子の動物実験を完全無作為化法で行うことは難しい

(1) 2 因子実験（[§5.1](#)、[§5.2](#)） p.169、 p.174

各実験をランダムに実施（完全無作為化法）

実験計画法：反復、無作為化

(2) 2 因子実験（乱塊法）(1)

2 因子実験に「ブロック因子」を導入

実験計画法：反復、無作為化、局所管理

(3) 2 因子実験（乱塊法）(2)

2 因子実験に「枝分れしたブロック因子」を導入

実験計画法：反復、無作為化、局所管理

2 因子実験（質的因子×質的因子）

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	159
		150	144	152	150
		165	155	166	164
		157	150	156	154
		145	154	153	149

はじめに

●Excelファイルの読み込みと表示

Excel ファイル「DE改7-変量.xls」、
名前ボックスから

「表示7.3.1」(Fig73_01) を選択

3つのグループ

- (1) 2因子実験
- (2) 2因子実験(乱塊法)(1)
- (3) 2因子実験(乱塊法)(2)

3つのグループを比較して
理解を深める

テキストには、これらの表が
すべて掲載されていない

Excelファイルで確認

(1) 2因子実験

表示 7.3.1 計算過程

表示 7.3.2 分散分析表

(2) 2因子実験(乱塊法)(1)

表示 7.3.4 計算過程

表示 7.3.5 分散分析表

(3) 2因子実験(乱塊法)(2)

表示 7.3.6 計算過程

表示 7.3.7 分散分析表

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	157	150	139	131	144.25
	160	172	149	151	158.00
	167	152	153	134	151.50
	153	131	140	133	139.25
	159	151	137	141	147.00
A2	157	155	150	159	154.25
	150	144	152	150	150.00
	165	155	166	164	162.50
	157	150	156	154	154.25
	145	154	153	148	150.00
平均	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
標準	153.00	151.60	149.20	146.80	151.05

	a	b	c	d	f
要因	2	4	5		
A	409.60	1	409.00	8.285	0.0175
B	587.50	3	195.83	3.005	0.0448
A*B	763.20	3	254.40	3.903	0.0175
e	2085.80	32	65.18	1.000	
T	3845.80	39			
標準	3845.80	39			

	B1	B2	B3	B4	平均	ブロック効果					
A1	C1	C1	C1	C1	A1	157	150	139	131	144.25	-1.68
	C2	C2	C2	C2		160	172	149	151	153.50	2.45
	C3	C3	C3	C3		167	152	153	134	151.00	5.95
	C4	C4	C4	C4		153	131	140	133	146.75	-4.30
	C5	C5	C5	C5		159	151	137	141	148.83	-2.43
A2	C1	C1	C1	C1	A2	157	155	150	159	154.25	0.00
	C2	C2	C2	C2		150	144	152	150	150.00	
	C3	C3	C3	C3		165	155	166	164	162.50	
	C4	C4	C4	C4		157	150	156	154	154.25	
	C5	C5	C5	C5		145	154	153	148	150.00	
平均	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85						
標準	153.00	151.60	149.20	146.80	151.05						

	a	b	c	d	f
要因	2	4	5		
A	409.60	1	409.00	7.662	0.0198
B	587.50	3	195.83	3.088	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0084
C(実験効果)	548.65	4	137.16	2.489	0.0852
e	1528.85	28	54.89	1.000	
T	3345.80	38			
標準	3345.80	38			

	2	4	5		
要因	2	4	5	F値	p値
A	409.60	1	409.00	5.9097	0.0038
B	587.50	3	195.83	5.9097	0.0038
A*B	763.20	3	254.40	7.8771	0.0008
D(A)*A	1290.30	8	161.28	4.8572	0.0012
e	795.30	24	33.138	1.0000	
T	3845.80	39			
標準	3845.80	39			



(1) 2因子実験の例題

2因子実験の復習 ([§5.2](#))

● 2 因子実験データ

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	159
		150	144	152	150
		165	155	166	164
		157	150	156	154
		145	154	153	149

2つの制御因子
因子A (2水準)
因子B (4水準)
↑ブロック因子ではない

繰り返し数が5
欠測値はない

実験方法 (完全無作為化法) テキストでは使われていない

- (1) 40匹を用いて全体でランダム化して 40 個の観測値を得る
- (2) 1 匹を用いてランダムに 40 個の観測値を得る
1 匹で繰り返し実験して観測値が得られるという前提
ただし、一般可能性が問題 (§0.7 p.10)、系統誤差

●水準組合せの平均

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

	観測値				
	B1	B2	B3	B4	
A1	157	150	136	131	
	160	172	149	151	
	167	152	153	134	
	153	131	140	133	
	159	151	137	141	
A2	157	155	150	159	
	150	144	152	150	
	165	155	166	164	
	157	150	156	154	
	145	154	153	149	
	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

	残差の推定値				
	B1	B2	B3	B4	
A1	-2.20	-1.20	-7.00	-7.00	
	0.80	20.80	6.00	13.00	
	7.80	0.80	10.00	-4.00	
	-6.20	-20.20	-3.00	-5.00	
	-0.20	-0.20	-6.00	3.00	
A2	2.20	3.40	-5.40	3.80	
	-4.80	-7.60	-3.40	-5.20	
	10.20	3.40	10.60	8.80	
	2.20	-1.60	0.60	-1.20	
	-9.80	2.40	-2.40	-6.20	
交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

●水準組合せの平均

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	159
		150	144	152	150
		165	155	166	164
		157	150	156	154
		145	154	153	149

		B1	B2	B3	B4	平均
A1		159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2		154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均		157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

		残差の推定値			
		B1	B2	B3	B4
A1		-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
		-0.20	-0.20	-6.00	3.00
A2		2.20	3.40	-5.40	3.80
		-4.80	-7.60	-3.40	-5.20
		10.20	3.40	10.60	8.80
		2.20	-1.60	0.60	-1.20
		-9.80	2.40	-2.40	-6.20

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

繰り返し数が5

繰り返しの平均

●水準の平均

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

観測値

	B1	B2	B3	B4
A1	157	150	136	131
	160	172	149	151
	167	152	153	134
	153	131	140	133
	159	151	137	141
A2	157	155	150	159
	150	144	152	150
	165	155	166	164
	157	150	156	154
	145	154	153	149

残差の推定値

	B1	B2	B3	B4
A1	-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
	0.80	20.80	6.00	13.00
	7.80	0.80	10.00	-4.00
	-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
	-0.20	-0.20	-6.00	3.00
A2	2.20	3.40	-5.40	3.80
	-4.80	-7.60	-3.40	-5.20
	10.20	3.40	10.60	8.80
	2.20	-1.60	0.60	-1.20
	-9.80	2.40	-2.40	-6.20

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

水準平均

総平均

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

●主効果

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	159
		150	144	152	150
		165	155	166	164
		157	150	156	154
		145	154	153	149

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

		残差の推定値			
		B1	B2	B3	B4
A1		-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
		-0.20	-0.20	-6.00	3.00
A2		2.20	3.40	-5.40	3.80
		-4.80	-7.60	-3.40	-5.20
		10.20	3.40	10.60	8.80
		-2.20	-1.60	0.60	-1.20
		-9.80	2.20	-2.40	-6.20

水準平均 - 総平均
147.85 - 151.05 = -3.20

水準平均

総平均

	交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1		5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2		-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果		5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

● 交互作用

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	150
		150	144	150	150
		165	155	150	150
		157	150	156	154
		145	154	153	149

水準組合せの平均 - (総平均 + 主効果 + 主効果)
 $159.20 - (151.05 - 3.20 + 5.95) = 5.40$

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

計算手順：2 因子実験 (質的因子×質的因子)
 表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

		残差の推定値			
		B1	B2	B3	B4
A1		-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
		-0.20	-0.20	-6.00	3.00
A2		2.20	3.40	-5.40	3.80
		0.00	-7.60	-3.40	-5.20
		0.00	3.40	10.60	8.80
		2.20	-1.60	0.60	-1.20
		-9.80	2.40	-2.40	-6.20

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

●残差

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	159
		150	144	152	150
		165	155	166	164
		157	150	156	154
		145	154	153	149

観測値 - 繰り返しの平均
157 - 159.20 = -2.20

		残差の推定値			
		B1	B2	B3	B4
A1		-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
		-0.20	-0.20	-6.00	3.00
A2		2.20	3.40	-5.40	3.80
		-4.80	-7.60	-3.40	-5.20
		10.20	3.40	10.60	8.80
		2.20	-1.60	0.60	-1.20
		-9.80	2.40	-2.40	-6.20

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

●要因の平方和と自由度

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	159
		150	144	152	150
		165	155	166	164
		157	150	156	154
		145	154	153	149

20個

10個

因子B

$$S_B = 10 \times (5.95^2 + 0.35^2 + (-1.85)^2 + (-4.45)^2) = 409.60$$

$$v_B = 4 - 1 = 3$$

AZ	B1	B2	B3	B4	平均
A1	154.80	151.60	135.40	135.20	151.40
A2	154.80	151.60	135.40	135.20	151.40
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

計算手順：2 因子実験 (質的因子×質的因子)

表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

残差の推定値

		B1	B2	B3	B4
A1		-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
		-0.20	-0.20	-6.00	3.00
A2		2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
		-0.20	-0.20	-6.00	3.00

因子A

$$S_A = 20 \times ((-3.20)^2 + 3.20^2) = 409.60$$

$$v_A = 2 - 1 = 1$$

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

● 交互作用の平方和

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値			
		B1	B2	B3	B4
A1		157	150	136	131
		160	172	149	151
		167	152	153	134
		153	131	140	133
		159	151	137	141
A2		157	155	150	159
		150	144	152	150
		165	155	166	164
		157	150	156	154
		145	154	153	149

5 個

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

		残差の推定値			
		B1	B2	B3	B4
A1		-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
		-0.20	-0.20	-6.00	3.00
A2		2.20	3.40	-5.40	3.80
		-4.80	-7.60	-3.40	-5.20
		10.20	3.40	10.60	8.80
		2.20	-1.60	0.60	-1.20
		-9.80	2.40	-2.40	-6.20

交互作用A×B

$$S_{A \times B} = 5 \times (5.40^2 + 3.00^2 + \dots + 3.00^2 + 5.40^2) = 763.20$$

$$v_{A \times B} = (4-1) \times (2-1) = 3$$

	B1	B2	B3	B4	平均
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

●残差平方和

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

		観測値							
		B1	B2	B3	B4				
A1		157	150	136	131				
		160	172	149	151				
		167	152	153	134				
残差		$S_e = (-2.20)^2 + (-1.20)^2 + \dots + 3.00^2 + 5.40^2 = 2085.60$ $v_e = 8 \times (5-1) = 32$							
A2						165	155	166	164
						157	150	156	154
		145	154	153	149				

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

		残差の推定値			
		B1	B2	B3	B4
A1		-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
		0.80	20.80	6.00	13.00
		7.80	0.80	10.00	-4.00
		-6.20	-20.20	-3.00	-5.00
A2		-0.20	-0.20	-6.00	3.00
		2.20	3.40	-5.40	3.80
		-4.80	-7.60	-3.40	-5.20
		10.20	3.40	10.60	8.80
		2.20	-1.60	0.60	-1.20
		-9.80	2.40	-2.40	-6.20

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

● 総平方和

表示 7.3.1 2 因子実験データと解析

	観測値			
	B1	B2	B3	B4
A1	157	150	136	131
	160	172	149	151
	167	152	153	134
	153	131	140	133
	159	151	137	141
A2	157	155	150	159
	150	144	152	150
	165	155	166	164
	157	150	156	154
	145	154	153	149

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

計算手順：2 因子実験（質的因子×質的因子）
表示 5.2.1 p.174 (§5.2)

	残差の推定値			
	B1	B2	B3	B4
A1	-2.20	-1.20	-7.00	-7.00
	0.80	20.80	6.00	13.00
	-4.80	-7.60	-3.40	-5.20
	10.20	3.40	10.60	8.80
	2.20	-1.60	0.60	-1.20
A2	-9.80	2.40	-2.40	-6.20

全体

$$S_T = (157 - 151.05)^2 + (160 - 151.05)^2 + \dots + (154 - 151.05)^2 + (149 - 151.05)^2 = 3845.90$$

$$v_T = 40 - 1 = 39$$

総平均

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

●平方和と自由度

因子A	$S_A = 20 \times ((-3.20)^2 + 3.20^2) = 409.60$	$v_A = 2 - 1 = 1$
因子B	$S_B = 10 \times (5.95^2 + 0.35^2 + (-1.85)^2 + (-4.45)^2) = 587.50$	$v_B = 4 - 1 = 3$
交互作用A×B	$S_{A \times B} = 5 \times (5.40^2 + 3.00^2 + \dots + 3.00^2 + 5.40^2) = 763.20$	$v_{A \times B} = (4 - 1) \times (2 - 1) = 3$
残差	$S_e = (-2.20)^2 + (-1.20)^2 + \dots + 3.00^2 + 5.40^2 = 2085.60$	$v_e = 8 \times (5 - 1) = 32$
全体	$S_T = (157 - 151.05)^2 + \dots + (149 - 151.05)^2 = 3845.90$	$v_T = 40 - 1 = 39$

●分散分析表

表示 7.3.2 分散分析表 (2 因子実験)

帰無仮説 H_0 :

主効果と交互作用がない
水準組合せの平均値が等しい

主効果、交互作用いずれも

有意水準 0.05 で有意

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	6.285	0.0175
B	587.50	3	195.83	3.005	0.0448
A*B	763.20	3	254.40	3.903	0.0175
e	2085.60	32	65.18	1.000	
T	3845.90	39			

2 因子実験

分割

- JMP ファイルの読み込みと表示
JMP ファイル「7-乱塊法.jmp」を読み込み

- データ
表示 7.3.1 の内容を JMP 用に並び替えたデータ

表示 7.3.1 観測値

	B1	B2	B3	B4
A1	157	150	136	131
	160	172	149	151
	167	152	153	134
	153	131	140	133
	159	151	137	141
	157	155	150	159
A2	150	144	152	150
	165	155	166	164
	157	150	156	154
	145	154	153	149



表示 7.3.3
JMP データ

i	A	B	C	D	y
1	A1	B1	C1	D1	157
2	A1	B2	C1	D1	150
3	A1	B3	C1	D1	136
4	A1	B4	C1	D1	131
5	A1	B1	C2	D2	160
6	A1	B2	C2	D2	172
7	A1	B3	C2	D2	149
8	A1	B4	C2	D2	151
9	A1	B1	C3	D3	167
10	A1	B2	C3	D3	152
11	A1	B3	C3	D3	153
12	A1	B4	C3	D3	134
13	A1	B1	C4	D4	153
14	A1	B2	C4	D4	131
15	A1	B3	C4	D4	140
16	A1	B4	C4	D4	133
17	A1	B1	C5	D5	159
18	A1	B2	C5	D5	151
19	A1	B3	C5	D5	137
20	A1	B4	C5	D5	141
21	A2	B1	C1	D6	157
22	A2	B2	C1	D6	155
23	A2	B3	C1	D6	150
24	A2	B4	C1	D6	159
25	A2	B1	C2	D7	150
26	A2	B2	C2	D7	144
27	A2	B3	C2	D7	152
28	A2	B4	C2	D7	150
29	A2	B1	C3	D8	165
30	A2	B2	C3	D8	155
31	A2	B3	C3	D8	166
32	A2	B4	C3	D8	164
33	A2	B1	C4	D9	157
34	A2	B2	C4	D9	150
35	A2	B3	C4	D9	156
36	A2	B4	C4	D9	154
37	A2	B1	C5	D10	145
38	A2	B2	C5	D10	154
39	A2	B3	C5	D10	153
40	A2	B4	C5	D10	149

2 因子実験

- JMPファイルの読み込みと表示
JMP ファイル「7-乱塊法.jump」を読み込み

- データ
表示 7.3.1 の内容を JMP 用に並び替えたデータ
因子 : 「A」 「B」 … 名義尺度
(「C」 「D」 は使わない)
観測値 : 「y」 … 連続尺度

- 解析
[分析] > [モデルのあてはめ]
[役割変数の選択、Y] : 「y」
[モデル効果の構成] : 「A」 「B」 「A*B」
[強調点] : [最小レポート]
(§5.2 p.178 参照)

表示 7.3.3
JMP データ

i	A	B	C	D	y	i	A	B	C	D	y
1	A1	B1	C1	D1	157	21	A2	B1	C1	D6	157
2	A1	B2	C1	D1	150	22	A2	B2	C1	D6	155
3	A1	B3	C1	D1	136	23	A2	B3	C1	D6	150
4	A1	B4	C1	D1	131	24	A2	B4	C1	D6	159
5	A1	B1	C2	D2	160	25	A2	B1	C2	D7	150
6	A1	B2	C2	D2	172	26	A2	B2	C2	D7	144
7	A1	B3	C2	D2	149	27	A2	B3	C2	D7	152
8	A1	B4	C2	D2	151	28	A2	B4	C2	D7	150
9	A1	B1	C3	D3	167	29	A2	B1	C3	D8	165
10	A1	B2	C3	D3	152	30	A2	B2	C3	D8	155
11	A1	B3	C3	D3	153	31	A2	B3	C3	D8	166
12	A1	B4	C3	D3	134	32	A2	B4	C3	D8	164
13	A1	B1	C4	D4	153	33	A2	B1	C4	D9	157
14	A1	B2	C4	D4	131	34	A2	B2	C4	D9	150
15	A1	B3	C4	D4	140	35	A2	B3	C4	D9	156
16	A1	B4	C4	D4	133	36	A2	B4	C4	D9	154
17	A1	B1	C5	D5	159	37	A2	B1	C5	D10	145
18	A1	B2	C5	D5	151	38	A2	B2	C5	D10	154
19	A1	B3	C5	D5	137	39	A2	B3	C5	D10	153
20	A1	B4	C5	D5	141	40	A2	B4	C5	D10	149

使わない

交差

2 因子実験

●JMP [モデルのあてはめ]

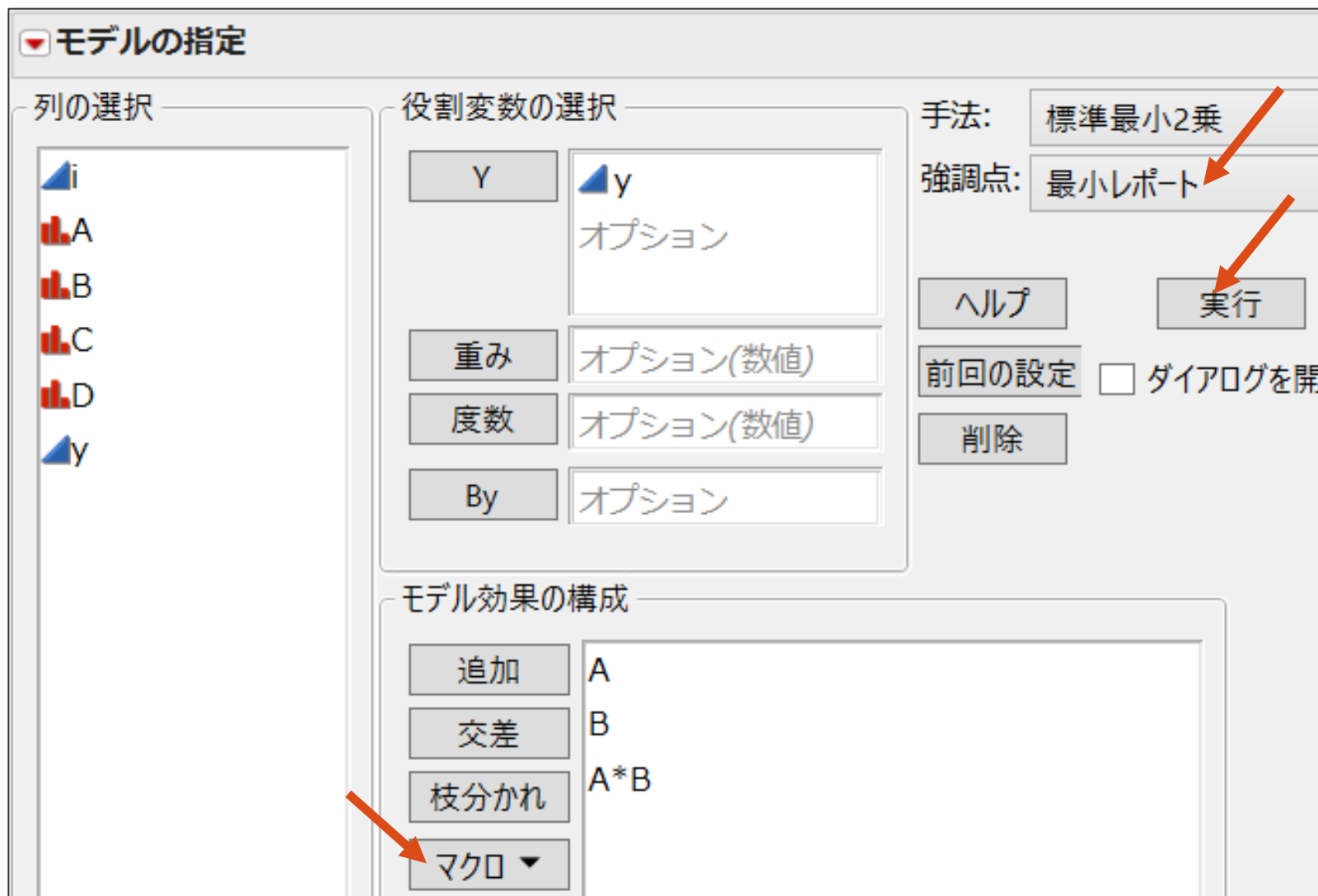
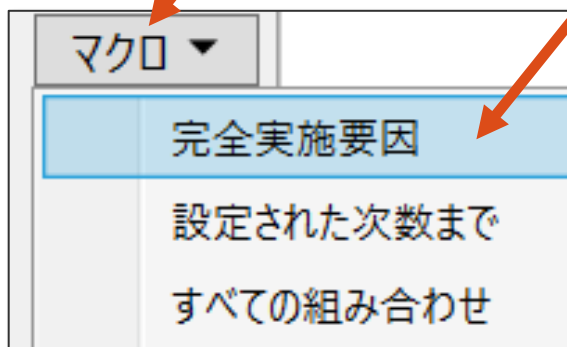
[モデル効果の構成]

列の選択メニューで

A と B を選択し、

[マクロ] >

[完全実施要因]



2 因子実験

- JMP [モデルのあてはめ]
表示 7.3.2 と同じ出力

JMP の出力

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	7	1760.3000	251.471	3.8584
誤差	32	2085.6000	65.175	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	39	3845.9000		0.0038*

表示 7.3.2 分散分析表 (2 因子実験)

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p 値
A	409.60	1	409.60	6.285	0.0175
B	587.50	3	195.83	3.005	0.0448
A*B	763.20	3	254.40	3.903	0.0175
e	2085.60	32	65.18	1.000	
T	3845.90	39			

モデル

2 因子実験

- JMP [モデルのあてはめ]

表示 7.3.2 と同じ出力

(§5.2 の復習)

JMP の出力

効果の検定					
要因	パラメータ数	自由度	平方和	F値	p値(Prob>F)
A	1	1	409.60000	6.2846	0.0175*
B	3	3	587.50000	3.0047	0.0448*
A*B	3	3	763.20000	3.9033	0.0175*

表示 7.3.2 分散分析表 (2 因子実験)

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	6.285	0.0175
B	587.50	3	195.83	3.005	0.0448
A*B	763.20	3	254.40	3.903	0.0175
e	2085.60	32	65.18	1.000	
T	3845.90	39			



(2) 乱塊法(1)

2 因子実験 (乱塊法)

2 因子実験（乱塊法） (1)

● 2 因子実験へブロック因子を導入

表示 7.3.1 2 因子実験データ

	B1	B2	B3	B4
A1	157	150	136	131
	160	172	149	151
	167	152	153	134
	153	131	140	133
	159	151	137	141
A2	157	155	150	159
	150	144	152	150
	165	155	166	164
	157	150	156	154
	145	154	153	149

40 匹を用いて、ランダムに 40 個の観測値を得る
or
1 匹を用いて、ランダムに 40 個の観測値を得る
(1 匹で複数個の観測値が得られるという前提)

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法）

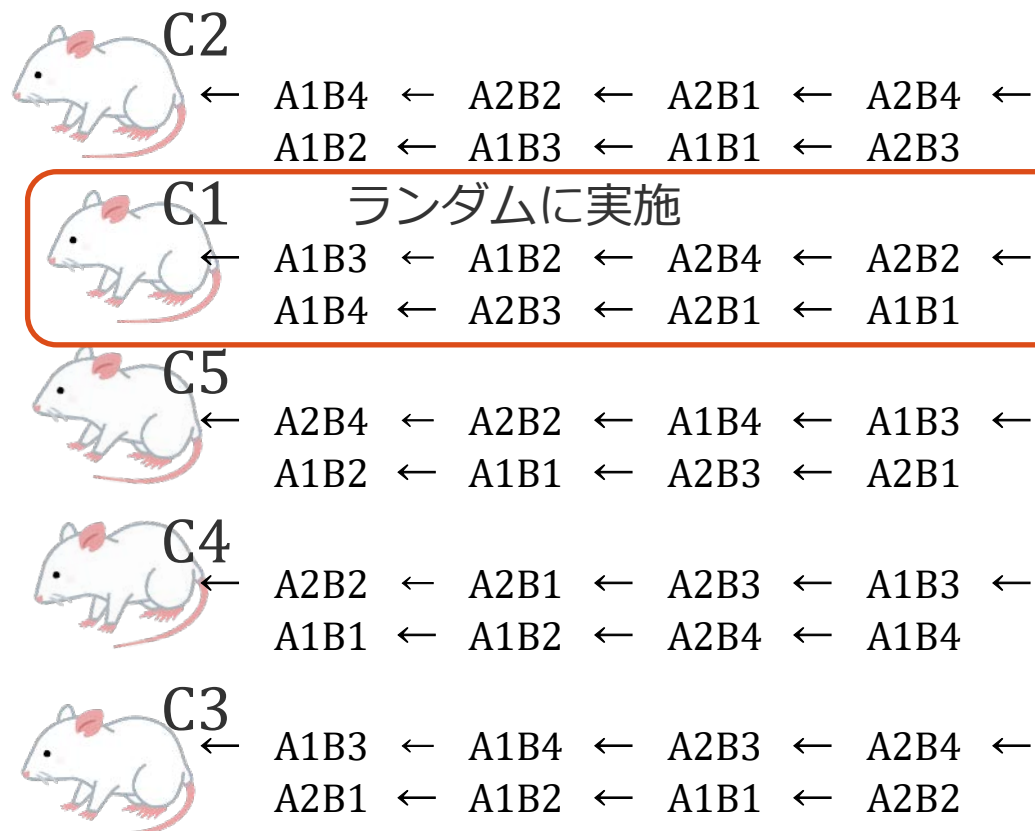
	B1	B2	B3	B4		B1	B2	B3	B4
A1	C1	C1	C1	C1	A1	157	150	136	131
	C2	C2	C2	C2		160	172	149	151
	C3	C3	C3	C3		167	152	153	134
	C4	C4	C4	C4		153	131	140	133
	C5	C5	C5	C5		159	151	137	141
A2	C1	C1	C1	C1	A2	157	155	150	159
	C2	C2	C2	C2		150	144	152	150
	C3	C3	C3	C3		165	155	166	164
	C4	C4	C4	C4		157	150	156	154
	C5	C5	C5	C5		145	154	153	149

ブロック因子C
(C1~C5)

5 匹 (C1~C5) を用いて、
ブロックごとにランダムに 8 個ずつの観測値を得る
(A と B の組合せ $2 \times 4 = 8$ 通り)
(1 匹で複数個の観測値が得られるという前提)

2 因子実験（乱塊法）(1)

● 2 因子実験へブロック因子を導入



表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法）

		B1	B2	B3	B4			B1	B2	B3	B4
A1	C1	C1	C1	C1	C1	A1	157	150	136	131	
	C2	C2	C2	C2	C2		160	172	149	151	
	C3	C3	C3	C3	C3		167	152	153	134	
	C4	C4	C4	C4	C4		153	131	140	133	
	C5	C5	C5	C5	C5		159	151	137	141	
A2	C1	C1	C1	C1	C1	A2	157	155	150	159	
	C2	C2	C2	C2	C2		150	144	152	150	
	C3	C3	C3	C3	C3		165	155	166	164	
	C4	C4	C4	C4	C4		157	150	156	154	
	C5	C5	C5	C5	C5		145	154	153	149	

ブロック因子C (C1~C5)

5匹 (C1~C5) をブロックとして、
 この中でランダムに8個ずつの観測値を得る
 (AとBの組合せ 2×4=8通り)
 (1匹で複数個の観測値が得られるという前提)

2 因子実験（乱塊法）（1）

● 2 因子実験へブロック因子を導入

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法）

	B1	B2	B3	B4
A1	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5
A2	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5

ブロック因子C
(C1~C5)

	B1	B2	B3	B4
A1	157	150	136	131
	160	172	149	151
	167	152	153	134
	153	131	140	133
	159	151	137	141
A2	157	155	150	159
	150	144	152	150
	165	155	166	164
	157	150	156	154
	145	154	153	149

表示7.3.4を改変
実験動物ごとにまとめて表示

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法、改変）

動物		B1	B2	B3	B4
C1	A1	157	150	136	131
	A2	157	155	150	159
C2	A1	160	172	149	151
	A2	150	144	152	150
C3	A1	167	152	153	134
	A2	165	155	166	164
C4	A1	153	131	140	133
	A2	157	150	156	154
C5	A1	159	151	137	141
	A2	145	154	153	149

2 因子実験（乱塊法）（1）

● 2 因子実験へブロック因子を導入

表示 7.3.1 2 因子実験データ

	B1	B2	B3	B4
A1	157	150	136	131
	160	172	149	151
	167	152	153	134
	153	131	140	133
	159	151	137	141
A2	157	155	150	159
	150	144	152	150
	165	155	166	164
	157	150	156	154
	145	154	153	149

全体をランダム化

ブロックごとに
ランダム化
(乱塊法)
= 局所管理

40匹を用いて、
全体でランダムに40個の観測値を得る
(1匹を用いてランダムに40個の観測値を得る)

表示7.3.4を改変
実験動物ごとにまとめて表示

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法、改変）

動物		B1	B2	B3	B4
C1	A1	157	150	136	131
	A2	157	155	150	159
C2	A1	160	172	149	151
	A2	150	144	152	150
C3	A1	167	152	153	134
	A2	165	155	166	164
C4	A1	153	131	140	133
	A2	157	150	156	154
C5	A1	159	151	137	141
	A2	145	154	153	149

5匹（C1～C5）を用いて、
ブロックごとにランダムに8個ずつの観測値を得る
(AとBの組合せ $2 \times 4 = 8$ 通り)



2 因子実験（乱塊法）(1)

● 2 因子実験へブロック因子を導入

乱塊法のブロックの例

実験材料の動物

(C1個体、C2個体、C3個体、C4個体、C5個体)

実験動物のゲージの位置

(上から 1 段目、 2 段目、 3 段目、
4 段目、 5 段目)

実験日

(1 日目、 2 日目、 3 日目、 4 日目、 5 日目)

測定者

(C1さん、 C2さん、 C3さん、 C4さん、 C5さん)

ブロック		B1	B2	B3	B4
C1	A1	157	150	136	131
	A2	157	155	150	159
C2	A1	160	172	149	151
	A2	150	144	152	150
C3	A1	167	152	153	134
	A2	165	155	166	164
C4	A1	153	131	140	133
	A2	157	150	156	154
C5	A1	159	151	137	141
	A2	145	154	153	149

2 因子実験（乱塊法）（1）

●ブロック効果

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法）と事前解析

割付		観測値				ブロック平均		ブロック効果		ブロック効果を除いた観測値					
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果		B1	B2	B3	B4
A1	C1	C1	C1	C1	157	150	136	131	149.38	-1.68	A1	158.68	151.68	137.68	132.68
	C2	C2	C2	C2	160	172	149	151	153.50	2.45	A1	157.55	169.55	146.55	148.55
	C3	C3	C3	C3	167	152	153	134	157.00	5.95	A1	161.05	146.05	147.05	128.05
	C4	C4	C4	C4	153	131	140	133	146.75	-4.30	A1	157.30	135.30	144.30	137.30
	C5	C5	C5	C5	159	151	137	141	148.63	-2.43	A1	161.43	153.43	139.43	143.43
A2	C1	C1	C1	C1	157	155	150	159	151.05	0.00	A2	158.68	156.68	151.68	160.68
	C2	C2	C2	C2	150	144	152	150	150.00		A2	147.55	141.55	149.55	147.55
	C3	C3	C3	C3	165	155	166	164	160.00		A2	159.05	149.05	160.05	158.05
	C4	C4	C4	C4	157	150	156	154	154.00		A2	161.30	154.30	160.30	158.30
	C5	C5	C5	C5	145	154	153	149	150.00		A2	147.43	156.43	155.43	151.43

ブロック C1 の観測値 8 個

C1 の平均

C1 のブロック効果
C1の平均 - 総平均
 $149.38 - 151.05 = -1.68$

総平均



2 因子実験（乱塊法）(1)

●ブロック因子の平方和と自由度

ブロック因子C
 $S_C = 8 \times ((-1.68)^2 + 2.43^2 + \dots + (-2.43)^2) = 137.16$
 $\nu_C = 5 - 1 = 4$

表示

割付		B1	B2	B3	B4
A1	C1	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5	C5
A2	C1	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5	C5

観測値		B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果
A1		157	150	136	131	149.38	-1.68
		160	172	149	151	153.50	2.45
		167	152	153	134	157.00	5.95
		153	131	140	133	146.75	-4.30
		159	151	137	141	148.63	-2.43
A2		157	155	150	159	151.05	0.00
		150	144	152	150		
		165	155	166	164		
		157	150	156	154		
		145	154	153	149		

ブロック効果を除いた観測値		B1	B2	B3	B4
A1		158.68	151.68	137.68	132.68
		157.55	169.55	146.55	148.55
		161.05	146.05	147.05	128.05
		157.30	135.30	144.30	137.30
		161.43	153.43	139.43	143.43
A2		158.68	156.68	151.68	160.68
		147.55	141.55	149.55	147.55
		159.05	149.05	160.05	158.05
		161.30	154.30	160.30	158.30
		147.43	156.43	155.43	151.43

5つの効果の和が0

2 因子実験（乱塊法）(1)

●ブロック効果を除いた観測値

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法）と事前解析

割付		B1	B2	B3	B4
A1	C1	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5	C5
A2	C1	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5	C5

観測値		B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果
A1		157	150	136	131	149.38	-1.68
		160	172	149	151	153.50	2.45
		167	152	153	134	157.00	5.95
		153	131	140	133	146.75	-4.30
		159	151	137	141	148.63	-2.43
A2		157	155	150	159	151.05	0.00
		150	144	152	150		
		165	155	166	164		
		157	150	156	154		
		145	154	153	149		

$$157 - (-1.68) = 158.68$$

$$134 - 5.95 = 128.05$$

ブロック効果を除いた観測値		B1	B2	B3	B4
A1		158.68	151.68	137.68	132.68
		157.55	169.55	146.55	148.55
		161.05	146.05	147.05	128.05
		157.30	135.30	144.30	137.30
		161.43	153.43	139.43	143.43
A2		158.68	156.68	151.68	160.68
		147.55	141.55	149.55	147.55
		159.05	149.05	160.05	158.05
		161.30	154.30	160.30	158.30
		147.43	156.43	155.43	151.43



2 因子実験（乱塊法）（1）

● 2 因子実験として計算

完全無作為化法の2因子実験（表示 7.3.1）として主効果、交互作用、残差を計算する

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法）と事前解析

割付		B1	B2	B3	B4
A1	C1	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5	C5
A2	C1	C1	C1	C1	C1
	C2	C2	C2	C2	C2
	C3	C3	C3	C3	C3
	C4	C4	C4	C4	C4
	C5	C5	C5	C5	C5

観測値		B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果
A1		157	150	136	131	149.38	-1.68
		160	172	149	151	153.50	2.45
		167	152	153	134	157.00	5.95
		153	131	140	133	146.75	-4.30
		159	151	137	141	148.63	-2.43
A2		157	155	150	159	151.05	0.00
		150	144	152	150		
		165	155	166	164		
		157	150	156	154		
		145	154	153	149		

$$157 - (-1.68) = 158.68$$

$$134 - 5.95 = 128.05$$

ブロック効果を除いた観測値		B1	B2	B3	B4
A1		158.68	151.68	137.68	132.68
		157.55	169.55	146.55	148.55
		161.05	146.05	147.05	128.05
		157.30	135.30	144.30	137.30
		161.43	153.43	139.43	143.43
A2		158.68	156.68	151.68	160.68
		147.55	141.55	149.55	147.55
		159.05	149.05	160.05	158.05
		161.30	154.30	160.30	158.30
		147.43	156.43	155.43	151.43

2 因子実験（乱塊法）(1)

● 2 因子実験として計算

表示 7.3.4 2 因子実験データ（乱塊法）と事前解析

通常の2因子実験（表示 7.3.1）として、主効果、交互作用、残差を計算する

ブロック効果を除いた観測値

	B1	B2	B3	B4
A1	158.68	151.68	137.68	132.68
	157.55	169.55	146.55	148.55
	161.05	146.05	147.05	128.05
	157.30	135.30	144.30	137.30
	161.43	153.43	139.43	143.43
A2	158.68	156.68	151.68	160.68
	147.55	141.55	149.55	147.55
	159.05	149.05	160.05	158.05
	161.30	154.30	160.30	158.30
	147.43	156.43	155.43	151.43

（テキストでは
計算過程が省略）

残差の推定値

	B1	B2	B3	B4
A1	-0.52	0.48	-5.32	-5.32
	-1.65	18.35	3.55	10.55
	1.85	-5.15	4.05	-9.95
	-1.90	-15.90	1.30	-0.70
	2.23	2.23	-3.57	5.43
A2	3.88	5.08	-3.72	5.48
	-7.25	-10.05	-5.85	-7.65
	4.25	-2.55	4.65	2.85
	6.50	2.70	4.90	3.10
	-7.38	4.83	0.03	-3.77

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05

2 因子実験（乱塊法）(1)

p.265

●分散分析表

ブロック因子を導入しても
全体と要因A、B、A×Bの
平方和、自由度は不変

表示 7.3.2 分散分析表（2 因子実験）

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値
A	409.60	1	409.60	6.285	0.0175
B	587.50	3	195.83	3.005	0.0448
A*B	763.20	3	254.40	3.903	0.0175
e	2085.60	32	65.18	1.000	
T	3845.90	39			

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			

ブロック因子

2 因子実験（乱塊法）(1)

●分散分析表

ブロック因子を導入しても
全体と要因A、B、A×Bの
平方和、自由度は不変

残差の平方和と自由度から
ブロック因子の分が
除かれる

→ F検定の分母が減少
F比が増加、p値が減少
(検出力が向上→ §3.1)
ブロック因子の平方和が
小さい場合は逆効果 → §3.1
欠測値の対応 → §3.3 p.123

表示 7.3.2 分散分析表（2 因子実験）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	6.285	0.0175
B	587.50	3	195.83	3.005	0.0448
A*B	763.20	3	254.40	3.903	0.0175
e	2085.60	32	65.18	1.000	
T	3845.90	39			

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
	2085.60	32			
T	3845.90	39			

F比が増加

2 因子実験（乱塊法）(1)

●JMPファイルの読み込みと表示

JMP ファイル「7-乱塊法.jmp」を読み込み

●JMP のデータ

表示 7.3.1 の内容を JMP 用に並び替えたデータ

因子 : 「A」 「B」 「C」 … 名義尺度

観測値 : 「y」 … 連続尺度

ブロック因子

●JMP による解析

[分析] > [モデルのあてはめ]

[役割変数の選択、Y] : 「y」

[モデル効果の構成] : 「A」 「B」 「A*B」

「C&変量効果」

[方法] : [EMS (従来)]

[強調点] : [最小レポート]

ブロック因子

表示 7.3.3
JMP データ

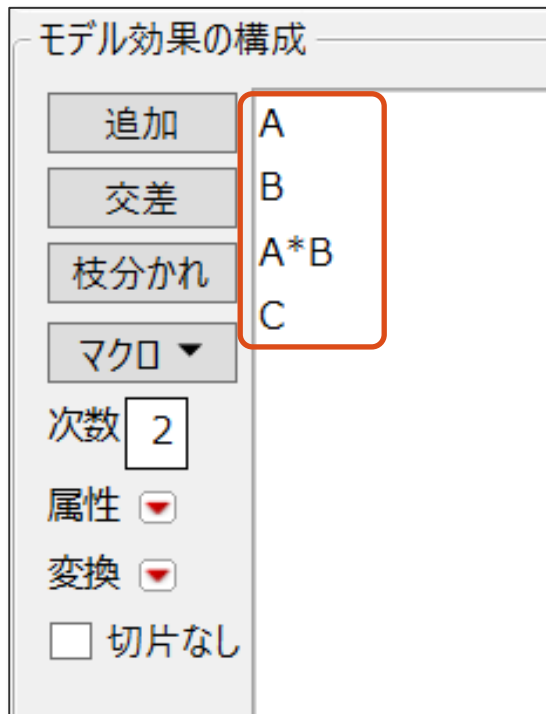
i	A	B	C	D	y
1	A1	B1	C1	D1	157
2	A1	B2	C1	D1	150
3	A1	B3	C1	D1	136
4	A1	B4	C1	D1	131
5	A1	B1	C2	D2	160
6	A1	B2	C2	D2	172
7	A1	B3	C2	D2	149
8	A1	B4	C2	D2	151
9	A1	B1	C3	D3	167
10	A1	B2	C3	D3	152
11	A1	B3	C3	D3	153
12	A1	B4	C3	D3	134
13	A1	B1	C4	D4	153
14	A1	B2	C4	D4	131
15	A1	B3	C4	D4	140
16	A1	B4	C4	D4	133
17	A1	B1	C5	D5	159
18	A1	B2	C5	D5	151
19	A1	B3	C5	D5	137
20	A1	B4	C5	D5	141

i	A	B	C	D	y
21	A2	B1	C1	D6	157
22	A2	B2	C1	D6	155
23	A2	B3	C1	D6	150
24	A2	B4	C1	D6	159
25	A2	B1	C2	D7	150
26	A2	B2	C2	D7	144
27	A2	B3	C2	D7	152
28	A2	B4	C2	D7	150
29	A2	B1	C3	D8	165
30	A2	B2	C3	D8	155
31	A2	B3	C3	D8	166
32	A2	B4	C3	D8	164
33	A2	B1	C4	D9	157
34	A2	B2	C4	D9	150
35	A2	B3	C4	D9	156
36	A2	B4	C4	D9	154
37	A2	B1	C5	D10	145
38	A2	B2	C5	D10	154
39	A2	B3	C5	D10	153
40	A2	B4	C5	D10	149

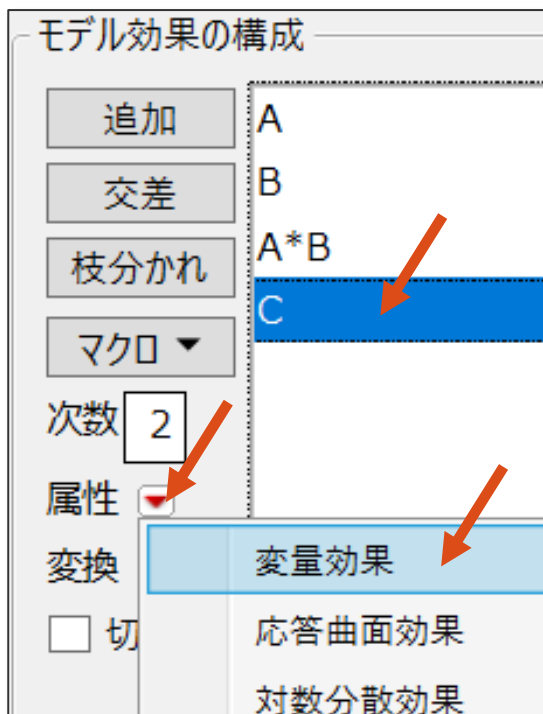
2 因子実験（乱塊法）（1）

●JMP [モデルのあてはめ]

(i)



(ii)



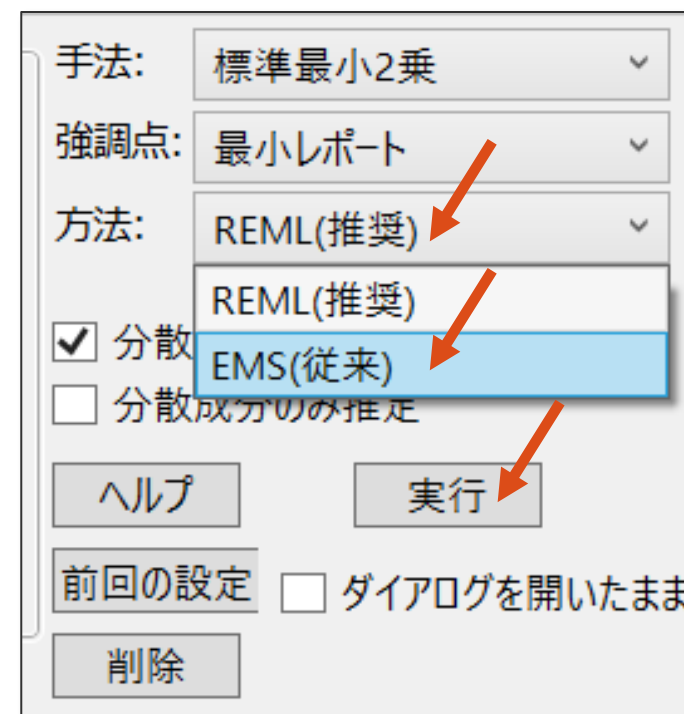
「C」を選択
[属性] を選択
[変量効果] を選択

(iii)



変量効果の指定

(iv)



[EMS] を選択

2 因子実験（乱塊法）(1)

p.266

●JMP [分散分析表]

F 検定の結果を表示

変量効果を考慮した検定					
要因	平方和	分子平均平方	分子自由度	F値	p値(Prob>F)
A	409.6	409.6	1	7.4621	0.0108*
B	587.5	195.833	3	3.5677	0.0265*
A*B	763.2	254.4	3	4.6346	0.0094*
C&変量効果	548.65	137.163	4	2.4988	0.0652

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			

2 因子実験（乱塊法）(1)

p.266

●JMP [分散分析表]

F 検定の分母を表示

テキストでは、
 F 比が 1 であることで、
 F 検定の分母を表示

(本テキストの独自表現)

F検定の分母			
要因	分母平均平方	分母自由度	分母平均平方合成
A	54.8911	28	残差
B	54.8911	28	残差
A*B	54.8911	28	残差
C&変量効果	54.8911	28	残差

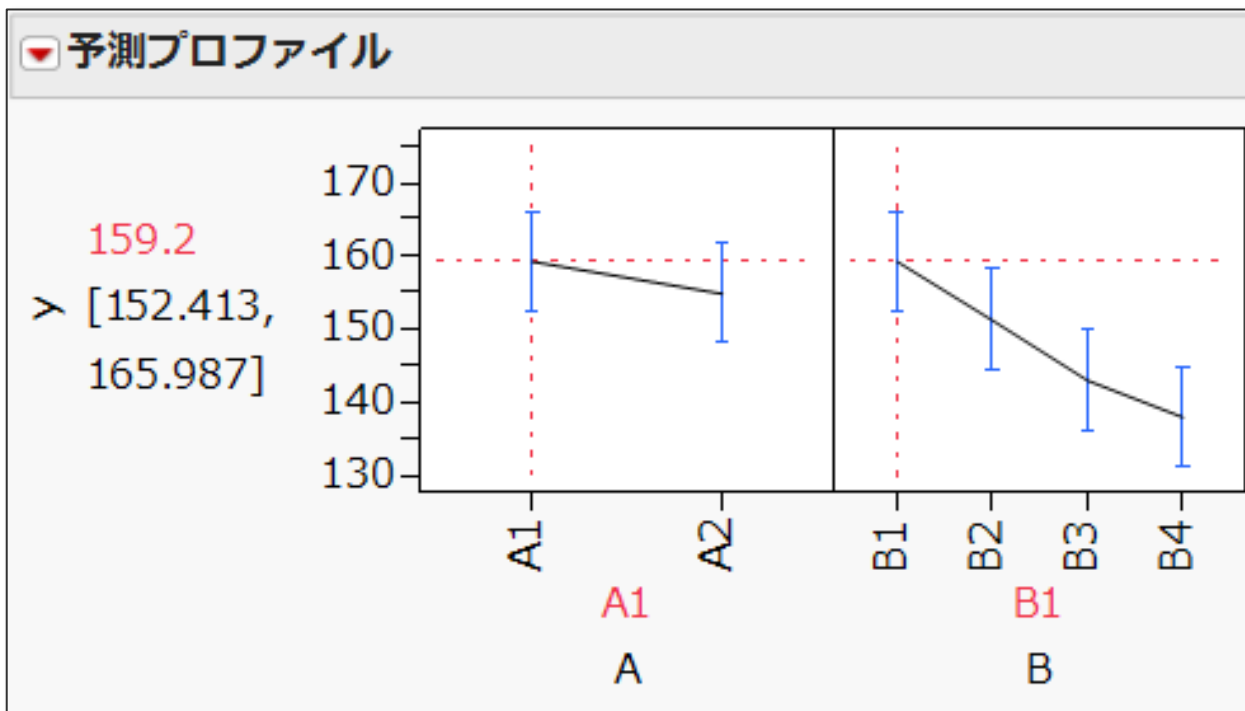
表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			

2 因子実験（乱塊法）(1)

●JMP [モデルのあてはめ]

[効果の詳細] > [効果の検定]、[予測プロファイル]
[交互作用プロファイル] などの機能をフルに活用
(§5.2 参照)



平方和	F値	自由度	p値(Prob>F)
409.60000	7.4621	1	0.0108*

水準	最小2乗平均	標準誤差	平均
A1	147.85000	1.6566694	147.850
A2	154.25000	1.6566694	154.250

- 最小2乗平均表
- 最小2乗平均プロット
- 最小2乗平均の対比...
- 最小2乗平均のStudentのt検定
- 最小2乗平均のTukeyのHSD検定
- 最小2乗平均のDunnettの検定



(3) 乱塊法(2)

2 因子実験 (乱塊法) . . . 分割法



2 因子実験（乱塊法） (2)

●ブロック因子の違い

表示 7.3.4 乱塊法 (1)

	B1	B2	B3	B4	
A1	C1	C1	C1	C1	A1におけるC1~C5と A2におけるC1~C5には 対応がある (同じ動物で実験)
	C2	C2	C2	C2	
	C3	C3	C3	C3	
	C4	C4	C4	C4	
	C5	C5	C5	C5	
A2	C1	C1	C1	C1	
	C2	C2	C2	C2	
	C3	C3	C3	C3	
	C4	C4	C4	C4	
	C5	C5	C5	C5	

5匹 (C1~C5) の動物を使い
1匹で A と B の組合せ実験を 8 回行う











表示 7.3.6 乱塊法 (2)

	B1	B2	B3	B4	
A1	D1	D1	D1	D1	A1におけるD1~D5と A2におけるD6~D10には 対応がない (別の動物で実験) ↓ ブロック因子 D は 因子 A から 枝分れ している
	D2	D2	D2	D2	
	D3	D3	D3	D3	
	D4	D4	D4	D4	
	D5	D5	D5	D5	
A2	D6	D6	D6	D6	
	D7	D7	D7	D7	
	D8	D8	D8	D8	
	D9	D9	D9	D9	
	D10	D10	D10	D10	

10匹 (D1~D10) の動物を使い
1匹で A1 または A2 と B の組合せ実験を 4 回行う

2 因子実験（乱塊法）(2)

●ブロック因子の違い 動物毎に A1 か A2 に固定

- D6  A2+ ← B2 ← B3 ← B4 ← B1
- D4  A1+ ← B4 ← B2 ← B1 ← B3
- D1  A1+ ← B2 ← B4 ← B1 ← B3
- D10  A2+ ← B4 ← B3 ← B2 ← B1
- D8  A2+ ← B2 ← B3 ← B1 ← B4
- D7  A2+ ← B3 ← B4 ← B2 ← B1
- D2  A1+ ← B2 ← B1 ← B3 ← B4
- D9  A2+ ← B3 ← B1 ← B4 ← B2
- D3  A1+ ← B2 ← B4 ← B3 ← B1
- D5  A1+ ← B3 ← B2 ← B4 ← B1

表示7.3.6 乱塊法 (2)

	B1	B2	B3	B4
A1	D1	D1	D1	D1
	D2	D2	D2	D2
	D3	D3	D3	D3
	D4	D4	D4	D4
	D5	D5	D5	D5
A2	D6	D6	D6	D6
	D7	D7	D7	D7
	D8	D8	D8	D8
	D9	D9	D9	D9
	D10	D10	D10	D10

A1におけるD1～D5と
 A2におけるD6～D10には
対応がない
 (別の動物で実験)
 ↓
 ブロック因子 D は
 因子Aから
枝分れしている

10匹 (D1～D10) の動物を使い
 1匹で A1 または A2 と B の組合せ実験を 4 回行う











2 因子実験（乱塊法）（2）

●ブロック因子の違い

ランダム化

ランダム化

表示7.3.6 乱塊法（2）

D6		A2+	← B2 ← B3 ← B4 ← B1
D4		A1+	← B4 ← B2 ← B1 ← B3
D1		A1+	← B2 ← B4 ← B1 ← B3
D10		A2+	← B4 ← B3 ← B2 ← B1
D8		A2+	← B2 ← B3 ← B1 ← B4
D7		A2+	← B3 ← B4 ← B2 ← B1
D2		A1+	← B2 ← B1 ← B3 ← B4
D9		A2+	← B3 ← B1 ← B4 ← B2
D3		A1+	← B2 ← B4 ← B3 ← B1
D5		A1+	← B3 ← B2 ← B4 ← B1

	B1	B2	B3	B4
A1	D1	D1	D1	D1
	D2	D2	D2	D2
	D3	D3	D3	D3
	D4	D4	D4	D4
	D5	D5	D5	D5
A2	D6	D6	D6	D6
	D7	D7	D7	D7
	D8	D8	D8	D8
	D9	D9	D9	D9
	D10	D10	D10	D10

A1におけるD1～D5と
A2におけるD6～D10には
対応がない
(別の動物で実験)
↓
ブロック因子 D は
因子Aから
枝分れしている

10匹 (D1～D10) の動物を使い
1匹で A1 または A2 と B の組合せ実験を 4 回行う



2 因子実験（乱塊法）(2)

●観測値

A1 と B1~B4 の組合せ実験に、実験動物 D1~D5 をランダムに割り付けて観測値を得る

A2 と B1~B4 の組合せ実験に、実験動物 D6~D10 をランダムに割り付けて観測値を得る

表示 7.3.6 2 因子実験データ（乱塊法 (2)）と事前解析（一部改変）

割付					観測値				ブロック効果を除いた観測値							
	B1	B2	B3	B4		B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果		B1	B2	B3	B4
A1	D1	D1	D1	D1	A1	157	150	136	131	143.50	-4.35	A1	161.35	154.35	140.35	135.35
	D2	D2	D2	D2		160	172	149	151	158.00	10.15		149.85	161.85	138.85	140.85
	D3	D3	D3	D3		167	152	153	134	151.50	3.65		163.35	148.35	149.35	130.35
	D4	D4	D4	D4		153	131	140	133	139.25	-8.60		161.60	139.60	148.60	141.60
	D5	D5	D5	D5		159	151	137	141	147.00	-0.85		159.85	151.85	137.85	141.85
										147.85	0.00					
A2	D6	D6	D6	D6	A2	157	155	150	159	155.25	1.00	A2	156.00	154.00	149.00	158.00
	D7	D7	D7	D7		150	144	152	150	149.00	-5.25		155.25	149.25	157.25	155.25
	D8	D8	D8	D8		165	155	166	164	162.50	8.25		156.75	146.75	157.75	155.75
	D9	D9	D9	D9		157	150	156	154	154.25	0.00		157.00	150.00	156.00	154.00
	D10	D10	D10	D10		145	154	153	149	150.25	-4.00		149.00	158.00	157.00	153.00
										154.25	0.00					

2 因子実験（乱塊法）(2)

●ブロック効果

ブロックは因子Aの水準から枝分かれしている

表示 7.3.6 2 因子実験データ（乱塊法(2)）と事前解析

割付		観測値				ブロック平均		ブロック効果を除いた観測値							
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果		B1	B2	B3	B4
A1	D1	D1	D1	D1	157	150	136	131	143.50	-4.35	A1	161.35	154.35	140.35	135.35
	D2	D2	D2	D2	160	172	149	151	158.00	10.15		149.85	161.85	138.85	140.85
	D3	D3	D3	D3	167	152	153	134	151.50	3.65		163.35	148.35	149.35	130.35
	D4	D4	D4	D4	153	131	140	133	139.25	-8.60		161.60	139.60	148.60	141.60
	D5	D5	D5	D5	159			141	147.00	-0.85		159.85	151.85	137.85	141.85
		A1での平均				147.85					0.00				
A2	D6	D6	D6	D6	157	155	150	159	155.25	1.00	A2	156.00	154.00	149.00	158.00
	D7	D7	D7	D7	150	144	152	150	149.00	-5.25		155.25	149.25	157.25	155.25
	D8	D8	D8	D8	165	155	166	164	162.50	8.25		156.75	146.75	157.75	155.75
	D9	D9	D9	D9	157			154	154.25	0.00		157.00	150.00	156.00	154.00
	D10	D10	D10	D10	145			149	150.25	-4.00		149.00	158.00	157.00	153.00
		A2での平均				154.25					0.00				

4個

D1の平均

D1の効果
D1の平均 - A1での平均
 $143.50 - 147.85 = -4.35$

A1での平均

A2での平均

2 因子実験（乱塊法）（2）

●ブロック効果の平方和と自由度

ブロック因子D

$$S_c = 4 \times ((-4.35)^2 + 10.15^2 + \dots + (-4.00)^2) = 1290.30$$

$$v_c = (5 - 1) \times 2 = 8$$

割付					観測値							ブロック効果を除いた観測値				
	B1	B2	B3	B4		B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果		B1	B2	B3	B4
A1	D1	D1	D1	D1	A1	157	150	136	131	143.50	-4.35	A1	161.35	154.35	140.35	135.35
	D2	D2	D2	D2		160	172	149	151	158.00	10.15		149.85	161.85	138.85	140.85
	D3	D3	D3	D3		167	152	153	134	151.50	3.65		163.35	148.35	149.35	130.35
	D4	D4	D4	D4		153	131	140	133	139.25	-8.60		161.60	139.60	148.60	141.60
	D5	D5	D5	D5		159	151	137	141	147.00	-0.85		159.85	151.85	137.85	141.85
										147.85	0.00					
A2	D6	D6	D6	D6	A2	157	155	150	159	155.25	1.00	A2	156.00	154.00	149.00	158.00
	D7	D7	D7	D7		150	144	152	150	149.00	-5.25		155.25	149.25	157.25	155.25
	D8	D8	D8	D8		165	155	166	164	162.50	8.25		156.75	146.75	157.75	155.75
	D9	D9	D9	D9		157	150	156	154	154.25	0.00		157.00	150.00	156.00	154.00
	D10	D10	D10	D10		145	154	153	149	150.25	-4.00		149.00	158.00	157.00	153.00
										154.25	0.00					

2 因子実験（乱塊法）(2)

●ブロック効果を除いた観測値

完全無作為化法の2因子実験（表示 7.3.1）として主効果、交互作用、残差を計算する

表示 7.3.6 2 因子実験データ（乱塊法(2)）と事前解析

割付		B1	B2	B3	B4
A1	D1	D1	D1	D1	D1
	D2	D2	D2	D2	D2
	D3	D3	D3	D3	D3
	D4	D4	D4	D4	D4
	D5	D5	D5	D5	D5
A2	D6	D6	D6	D6	D6
	D7	D7	D7	D7	D7
	D8	D8	D8	D8	D8
	D9	D9	D9	D9	D9
	D10	D10	D10	D10	D10

観測値		B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果
A1		157	150	136	131	143.50	-4.35
		160	172	149	151	158.00	10.15
		167	152	153	134	151.50	3.65
		153	131	140	133	139.25	-8.60
		159	151	137	141	147.00	-0.85
						147.85	0.00
A2		157	155	150	159	155.25	1.00
		150	144	152	150	149.00	-5.25
		165	155	166	164	162.50	8.25
		157	150	156	154	154.25	0.00
		145	154	153	149	150.25	-4.00
						154.25	0.00

$157 - (-4.35) = 161.35$

ブロック効果を除いた観測値		B1	B2	B3	B4
A1		161.35	154.35	140.35	135.35
		149.85	161.85	138.85	140.85
		163.35	148.35	149.35	130.35
		161.60	139.60	148.60	141.60
		159.85	151.85	137.85	141.85
A2		156.00	154.00	149.00	158.00
		155.25	149.25	157.25	155.25
		156.75	146.75	157.75	155.75
		157.00	150.00	156.00	154.00
		149.00	158.00	157.00	153.00

2 因子実験（乱塊法）(2)

●ブロック効果を除いた観測値

完全無作為化法の2因子実験（表示 7.3.1）として主効果、交互作用、残差を計算する

表示 7.3.6 2 因子実験データ（乱塊法(2)）と事前解析

割付		B1	B2	B3	B4
A1	D1	D1	D1	D1	D1
	D2	D2	D2	D2	D2
	D3	D3	D3	D3	D3
	D4	D4	D4	D4	D4
	D5	D5	D5	D5	D5
A2	D6	D6	D6	D6	D6
	D7	D7	D7	D7	D7
	D8	D8	D8	D8	D8
	D9	D9	D9	D9	D9
	D10	D10	D10	D10	D10

観測値		B1	B2	B3	B4	ブロック平均	ブロック効果
A1		157	150	136	131	143.50	-4.35
		160	172	149	151	158.00	10.15
		167	152	153	134	151.50	3.65
		153	131	140	133	139.25	-8.60
		159	151	137	141	147.00	-0.85
						147.85	0.00
A2		157	155	150	159	155.25	1.00
		150	144	152	150	149.00	-5.25
		165	155	166	164	162.50	8.25
		157	150	156	154	154.25	0.00
		145	154	153	149	150.25	-4.00
						154.25	0.00

$157 - (-4.35) = 161.35$

ブロック効果を除いた観測値		B1	B2	B3	B4
A1		161.35	154.35	140.35	135.35
		149.85	161.85	138.85	140.85
		163.35	148.35	149.35	130.35
		161.60	139.60	148.60	141.60
		159.85	151.85	137.85	141.85
A2		156.00	154.00	149.00	158.00
		155.25	149.25	157.25	155.25
		156.75	146.75	157.75	155.75
		157.00	150.00	156.00	154.00
		149.00	158.00	157.00	153.00

2 因子実験（乱塊法）(2)

● 2 因子実験として計算

2 因子実験データ（乱塊法(2)）と事前解析

ブロック効果を除いた観測値（テキストでは省略）

	B1	B2	B3	B4
A1	161.35	154.35	140.35	135.35
	149.85	161.85	138.85	140.85
	163.35	148.35	149.35	130.35
	161.60	139.60	148.60	141.60
	159.85	151.85	137.85	141.85
A2	156.00	154.00	149.00	158.00
	155.25	149.25	157.25	155.25
	156.75	146.75	157.75	155.75
	157.00	150.00	156.00	154.00
	149.00	158.00	157.00	153.00

	B1	B2	B3	B4	平均
A1	159.20	151.20	143.00	138.00	147.85
A2	154.80	151.60	155.40	155.20	154.25
平均	157.00	151.40	149.20	146.60	151.05

完全無作為化法の2因子実験（表示 7.3.1）として主効果、交互作用、残差を計算する

残差の推定値

	B1	B2	B3	B4
A1	2.15	3.15	-2.65	-2.65
	-9.35	10.65	-4.15	2.85
	4.15	-2.85	6.35	-7.65
	2.40	-11.60	5.60	3.60
	0.65	0.65	-5.15	3.85
A2	1.20	2.40	-6.40	2.80
	0.45	-2.35	1.85	0.05
	1.95	-4.85	2.35	0.55
	2.20	-1.60	0.60	-1.20
	-5.80	6.40	1.60	-2.20

交互作用	B1	B2	B3	B4	主効果
A1	5.40	3.00	-3.00	-5.40	-3.20
A2	-5.40	-3.00	3.00	5.40	3.20
主効果	5.95	0.35	-1.85	-4.45	151.05



2 因子実験（乱塊法）(2)

●分散分析表

F 検定の分母

因子B、 因子A×B、 因子D について、 F 検定の分母は「残差 e」

因子A について、 F 検定の分母は「D(A)変量効果」

因子A の水準平均には、 ブロック効果の誤差が含まれるため

([§7.2](#) 枝分かれ実験 参照)

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値	F 比	p 値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					

ブロック効果



2 因子実験（乱塊法）(2)

●分散分析表

F 検定の分母

因子B、 因子A×B、 因子D について、F 検定の**分母**は「残差 e」

因子A について、F 検定の**分母**は「D(A)変量効果」

因子A の水準平均には、ブロック効果の誤差が含まれるため

([§7.2](#) 枝分かれ実験 参照)

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					

ブロック効果

2 因子実験（乱塊法）（2）

- 因子A の F 検定、平均平方の期待値

因子A の平均平方に
ブロック効果の誤差が
含まれる

帰無仮説 $H_0 : \sigma_A^2 = 0$ の下で

$$E[V_A] = \sigma_e^2 + b\sigma_{D(A)}^2 + br\sigma_A^2 = \sigma_e^2 + 4\sigma_{D(A)}^2$$

$$E[V_{D(A)}] = \sigma_e^2 + b\sigma_{D(A)}^2 = \sigma_e^2 + 4\sigma_{D(A)}^2$$

帰無仮説 $H_0 : \sigma_B^2 = 0$ 、 $H_0 : \sigma_{A \times B}^2 = 0$ の下で

$$E[V_B] = \sigma_e^2 + ar\sigma_B^2 = \sigma_e^2$$

$$E[V_{A \times B}] = \sigma_e^2 + r\sigma_{A \times B}^2 = \sigma_e^2$$

$$E[V_e] = \sigma_e^2$$

楠ら（1995）参照

		観測値				$V_{D(A)}$
		B1	B2	B3	B4	ブロック平均
V_A	A1	157	150	136	131	143.50
		160	172	149	151	158.00
		167	152	153	134	151.50
		153	131	140	133	139.25
		159	151	137	141	147.00
						147.85
A2	157	155	150	159	155.25	
	150	144	152	150	149.00	
	165	155	166	164	162.50	
	157	150	156	154	154.25	
	145	154	153	149	150.25	
					154.25	
						V_e

繰り返し誤差

2 因子実験（乱塊法）(2)

p.267

●分散分析表

乱塊法(1)と(2)では、
全体と要因 A、B、A×Bの
平方和、自由度は等しい

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					

2 因子実験（乱塊法）(2)

p.267

●分散分析表

乱塊法(1)と(2)では、
ブロック因子と残差の
平方和、自由度の和が等しい

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			
				計	2085.60 32

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					
				計	2085.60 32		

2 因子実験（乱塊法）(2)

p.267

●分散分析表

乱塊法(2)の方が、
因子 B、A×B の検出力は高い
(F比の分母の平均平方が
小さい $54.89 > 33.138$)

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					

乱塊法(1)より小

2 因子実験（乱塊法）(2)

p.267

●分散分析表

乱塊法(2)の方が
因子 A の検出力は低い
(自由度が小さい $8 < 28$
 F 比の分母の平均平方が
大きい $54.89 < 161.288$)

F 比の分母

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値	F 比	p 値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					

F 比の分母
乱塊法(1)より
自由度が小
平均平方が大

$p > 0.05$

2 因子実験（乱塊法）(2)

p.267

●分散分析表

乱塊法(1)と(2)の
全体と要因 A、B、A×B の
平方和、自由度は等しい
乱塊法(2)の方が
因子B、A×B の検出力は高い
因子A の検出力は低い

表示 7.3.5 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(1)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	409.60	1	409.60	7.462	0.0108
B	587.50	3	195.83	3.568	0.0265
A*B	763.20	3	254.40	4.635	0.0094
C(変量効果)	548.65	4	137.16	2.499	0.0652
e	1536.95	28	54.89	1.000	
T	3845.90	39			

分割法

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）











(後述)	要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
1次因子	A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
2次因子	B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
	A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
1次誤差	D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
2次誤差	e	795.30	24	33.138	1.0000			
	T	3845.90	39					



2 因子実験 (乱塊法) (2)

●適用事例 (分割法)

設定の変更に手間がかかる
因子を割当 (たとえば温度)

- D6  20°C+ ← B2 ← B3 ← B4 ← B1
- D4  15°C+ ← B4 ← B2 ← B1 ← B3
- D1  15°C+ ← B2 ← B4 ← B1 ← B3
- D10  20°C+ ← B4 ← B3 ← B2 ← B1
- D8  20°C+ ← B2 ← B3 ← B1 ← B4
- D7  20°C+ ← B3 ← B4 ← B2 ← B1
- D2  15°C+ ← B2 ← B1 ← B3 ← B4
- D9  20°C+ ← B3 ← B1 ← B4 ← B2
- D3  15°C+ ← B2 ← B4 ← B3 ← B1
- D5  15°C+ ← B3 ← B2 ← B4 ← B1

仮に因子A が温度 (15°C、20°C) の場合、

表示7.3.6 乱塊法 (2)

	B1	B2	B3	B4
A1 15°C	D1	D1	D1	D1
	D2	D2	D2	D2
	D3	D3	D3	D3
	D4	D4	D4	D4
	D5	D5	D5	D5
	D6	D6	D6	D6
	D7	D7	D7	D7
A2 20°C	D8	D8	D8	D8
	D9	D9	D9	D9
	D10	D10	D10	D10

因子A×B の組合せを
ランダムに実行すると、
頻繁な温度変更が必要

乱塊法(2)を適用し、
A に温度を割り当てると
実験がしやすくなる
(A1 : 15°C、A2 : 20°C)

ただし、因子A の検出力
は低下する

10匹 (D1~D10) の動物を使い
1匹で A と B の組合せ実験を 4 回行う (Aは固定)

2 因子実験（乱塊法）(2)

●JMPファイルの読み込みと表示

JMPファイル「7-乱塊法.jmp」を読み込み

●JMP のデータ

表示 7.3.4 の内容を JMP 用に並び替えたデータ

因子 : 「A」 「B」 「D」 … 名義尺度

観測値 : 「y」 … 連続尺度

ブロック因子

●JMP による解析

[分析] > [モデルのあてはめ]

[役割変数の選択、Y] : 「y」

[モデル効果の構成] : 「A」 「B」 「A*B」

「D(A)&変量効果」

[方法] : [EMS (従来)]

[強調点] : [最小レポート]

ブロック因子

表示 7.3.3
JMP データ

i	A	B	C	D	y
1	A1	B1	C1	D1	157
2	A1	B2	C1	D1	150
3	A1	B3	C1	D1	136
4	A1	B4	C1	D1	131
5	A1	B1	C2	D2	160
6	A1	B2	C2	D2	172
7	A1	B3	C2	D2	149
8	A1	B4	C2	D2	151
9	A1	B1	C3	D3	167
10	A1	B2	C3	D3	152
11	A1	B3	C3	D3	153
12	A1	B4	C3	D3	134
13	A1	B1	C4	D4	153
14	A1	B2	C4	D4	131
15	A1	B3	C4	D4	140
16	A1	B4	C4	D4	133
17	A1	B1	C5	D5	159
18	A1	B2	C5	D5	151
19	A1	B3	C5	D5	137
20	A1	B4	C5	D5	141

i	A	B	C	D	y
21	A2	B1	C1	D6	157
22	A2	B2	C1	D6	155
23	A2	B3	C1	D6	150
24	A2	B4	C1	D6	159
25	A2	B1	C2	D7	150
26	A2	B2	C2	D7	144
27	A2	B3	C2	D7	152
28	A2	B4	C2	D7	150
29	A2	B1	C3	D8	165
30	A2	B2	C3	D8	155
31	A2	B3	C3	D8	166
32	A2	B4	C3	D8	164
33	A2	B1	C4	D9	157
34	A2	B2	C4	D9	150
35	A2	B3	C4	D9	156
36	A2	B4	C4	D9	154
37	A2	B1	C5	D10	145
38	A2	B2	C5	D10	154
39	A2	B3	C5	D10	153
40	A2	B4	C5	D10	149

2 因子実験（乱塊法） (2)

●JMP [モデルのあてはめ]

(i)

列の選択

- i
- A**
- B
- C
- D
- y

役割変数の選択

Y: y (オプション)

重み: オプション(数値)

度数: オプション(数値)

By: オプション

モデル効果の構成

追加: A

交差: B

枝分かれ: A*B

マクロ: D

次数: 2

(ii)

モデル効果の構成

追加: A

交差: B

枝分かれ: A*B

マクロ: D[A]

次数: 2

属性: 変数効果

変換: 変数効果

切片なし

(iii)

モデル効果の構成

追加: A

交差: B

枝分かれ: A*B

マクロ: D[A]& 変数効果

次数: 2

属性: 変数効果

変換: 変数効果

切片なし

枝分かれと変数効果の設定
「D&変数効果」でも可

2 因子実験（乱塊法）(2)

p.267

●JMP [分散分析]

表示 7.3.8 JMP による F 検定結果

変量効果を考慮した検定					
要因	平方和	分子平均平方	分子自由度	F値	p値(Prob>F)
A	409.6	409.6	1	2.5396	0.1497
B	587.5	195.833	3	5.9097	0.0036*
A*B	763.2	254.4	3	7.6771	0.0009*
D[A]&変量効果	1290.3	161.288	8	4.8672	0.0012*

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					

2 因子実験（乱塊法）(2)

p.267

●JMP [分散分析]

JMP の出力では、
 F 検定の結果と F 検定の分母が
 別の場所に記載されている
 F 検定の分母が異なることを
 見逃さないように注意

表示 7.3.8 JMP による F 検定結果

F検定の分母			
要因	分母平均平方	分母自由度	分母平均平方合成
A	161.288	8	D[A]&変量効果
B	33.1375	24	残差
A*B	33.1375	24	残差
D[A]&変量効果	33.1375	24	残差

表示 7.3.7 分散分析表（2 因子実験、乱塊法(2)）

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値	F 比	p 値
A	409.60	1	409.600			2.5396	0.1497
B	587.50	3	195.833	5.9097	0.0036		
A*B	763.20	3	254.400	7.6771	0.0009		
D(A)(変量効果)	1290.30	8	161.288	4.8672	0.0012	1.0000	
e	795.30	24	33.138	1.0000			
T	3845.90	39					

この行の平均平方が
 F 比の分母



補足

2 因子実験の事例

(完全無作為化法)

乱塊法

(分割法)

補足：2因子実験と2因子実験（乱塊法）の事例

●事例1（テキストの内容）

実験動物を使った因子Aと因子Bの2因子実験（1匹から複数の観測値を得られる場合）

因子A：（A1, A2）、因子B：（B1, B2, B3, B4）、繰り返し5

2因子実験 完全無作為化法

A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

50匹（1匹）を使用
 水準組合せ8通りを5回
 5日間でランダムな順番に処理

2因子実験（乱塊法(1)）

A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3

1匹を使う実験
 一般可能性の問題
 50匹を使う実験
 1匹から複数の観測値が得られるとすると
 治験コストに無駄がある

5匹を使用
 水準組合せ8通りを
 ランダムに処理

2因子実験（乱塊法(2)）

A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1
B1	B3	B3	B4	B2
B4	B4	B1	B2	B3
B2	B2	B3	B4	B4
B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2	
B3	B2	B4	B3	
B1	B1	B2	B4	
B4	B4	B3	B1	

10匹を使用
 水準組合せ4通りを
 ランダムに処理（因子Aは固定）

補足：2因子実験と2因子実験（乱塊法）の事例

●事例1（テキストの内容）

実験動物を使った因子Aと因子Bの2因子実験（1匹から複数の観測値を得られる場合）

因子A：（A1, A2）、因子B：（B1, B2, B3, B4）、繰り返し5

2因子実験 **完全無作為化法**

A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

50匹（1匹）を使用
水準組合せ8通りを5回
5日間でランダムな順番に処理

2因子実験（乱塊法(1)） **ブロック**

A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3
A2B4	A1B1	A1B4	A2B2	A1B4
A1B4	A2B2	A1B2	A2B3	A1B3
A1B2	A1B2	A1B1	A1B2	A2B4
A2B1	A1B4	A2B4	A1B1	A2B2
A2B2	A2B1	A2B2	A1B3	A1B1

5匹を使用
水準組合せ8通りを
ランダムに処理

ブロック内でランダム化

2因子実験（乱塊法(2)） **分割法**
1匹ごとに固定

A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1
B1	B3	B3	B4	B2
B4	B4	B1	B2	B3
B2	B2	B2	B3	B4
A2 B1	A1 B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2
B4	B3	B2	B4	B3
B2	B1	B1	B2	B4
B3	B4	B4	B3	B1

10匹を使用
水準組合せ4通りを
ランダムに処理（因子Aは固定）

枠内でランダム化

補足：2因子実験の事例

●事例2

触媒の種類と温度が、製品の生産量に及ぼす影響を解析（主目的は触媒の種類と比較）

因子A：温度（15℃、20℃）、因子B：触媒の種類（B1, B2, B3, B4）、恒温槽1台で8回/日実施
繰り返す5

完全無作為化法

2因子実験

1日	2日	3日	4日	5日
A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

水準組合せ8通りを繰り返す5、
計40回の実験を5日間で
ランダムな順番に実施

2因子実験（乱塊法(1)）

1日	2日	3日	4日	5日
A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3
A2B4	A1B1	A1B4	A2B2	A1B4
A1B4	A2B2	A1B2	A2B3	A1B3
A1B2				
A2B1				
A2B2	A2B1	A2B2	A1B3	A1B1

水準組合せ8通りを1日で
ランダムに実施
これを5日間実施

同じ組合せが、ある日に集中する可能性あり
水槽の温度設定を頻繁に行うため、作業が煩雑

2因子実験（乱塊法(2)）

1日	2日	3日	4日	5日
A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1
B1	B3	B3	B4	B2
B4	B4	B1	B2	B3
B2	B2	B2	B3	B4
A2 B1	A1 B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2
			B4	B3
			B2	B4
			B3	B1

水準組合せ4通りを半日で
ランダムに実施（因子Aは固定）
これを5日間実施

補足：2因子実験の事例

●事例2

触媒の種類と温度が、製品の生産量に及ぼす影響を解析（主目的は触媒の種類と比較）

因子A：温度（15°C、20°C）、因子B：触媒の種類（B1, B2, B3, B4）、恒温槽1台で8回/日実施
繰り返す5

完全無作為化法

2因子実験

1日	2日	3日	4日	5日
A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

水準組合せ8通りを繰り返す5、
計40回の実験を5日間で
ランダムな順番に実施

2因子実験（乱塊法(1)）

1日	2日	3日	4日	5日
A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3
A2B4	A1B1	A1B4	A2B2	A1B4
A1B4	A2B2	A1B2	A2B3	A1B3
A1B2	A1B2	A1B1	A1B2	A2B4
A2B1	A1B4	A2B4	A1B1	A2B2
A2B2	A2B1	A2B2	A1B3	A1B1

水準組合せ8通りを1日で
ランダムに実施
これを5日間実施

ブロック

2因子実験（乱塊法(2)）

1日	2日	3日	4日	5日
A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1
B1	B3	B3	B4	B2
B4	B4	B1	B2	B3
B2	B2	B2	B3	B4
A2 B1	A1 B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2
B4	B3	B2	B4	B3
B2	B1	B1	B2	B4
B3	B4	B4	B3	B1

水準組合せ4通りを半日で
ランダムに実施（因子Aは固定）
これを5日間実施

補足：2因子実験の事例

●事例2

触媒の種類と温度が、製品の生産量に及ぼす影響を解析（主目的は触媒の種類と比較）

因子A：温度（15°C、20°C）、因子B：触媒の種類（B1, B2, B3, B4）、恒温槽1台で8回/日実施

完全無作為化法

分割法

繰り返し5

2因子実験

1日	2日	3日	4日	5日
A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

水準組合せ8通りを繰り返し5、計40回の実験を5日間でランダムな順番に実施

2因子実験（乱塊法(1)）

1日	2日	3日	4日	5日
A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3
A2B4	A1B1	A1B4	A2B2	A1B4
A1B4	A2B2	A1B2	A2B3	A1B3
A1B2	A1B2	A1B1	A1B2	A2B4
A2B1	A1B4	A2B4	A1B1	A2B2
A2B2	A2B1	A2B2	A1B3	A1B1

水準組合せ8通りを1日ランダムに実施これを5日間実施

2因子実験（乱塊法(2)）

1日	2日	3日	4日	5日
A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1
B1	B3	B3	B4	B2
B4	B4	B1	B2	B3
B2	B2	B2	B3	B4
A2 B1	A1 B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2
B4	B3	B2	B4	B3
B2	B1	B1	B2	B4
B3	B4	B4	B3	B1

水準組合せ4通りを半日でランダムに実施（因子Aは固定）これを5日間実施

ブロック

ブロック

補足：2因子実験の事例

●事例3

肥料を2段階で、3品種を圃場に植え付けて、収穫量を比較（主目的は品種の比較）

因子A：肥料（多肥、標準）、因子B：品種（B1, B2, B3, B4）、繰り返し5

2因子実験 完全無作為化法

A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

圃場40区画に
水準組合せ8通りを繰り返し5で
ランダムに配置

2因子実験（乱塊法(1)）

A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3
A2B4	A1B1	A1B4	A2B2	A1B4
A1B4	A2B2	A1B2	A2B3	A1B3
A1B2				
A2B4				
A2B2	A2B1	A2B2	A1B3	A1B1

偶然に同じ水準が圃場の一部に偏る可能性あり
圃場全体が均一であるという前提

圃場5ブロックの中に
水準組合せ8通りを
ランダムに配置

2因子実験（乱塊法(2)）

A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1	
B1	B3	B3	B4	B2	
B4	B4	B1	B2	B3	
B2	B2	B2	B3	B4	
A2 B1	A1 B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2	
			B4	B3	
			B2	B4	
	B3	B4	B4	B3	B1

圃場10ブロックの中に
水準組合せ4通りを
ランダムに配置（因子Aは固定）

補足：2因子実験の事例

●事例3

肥料を2段階で、3品種を圃場に植え付けて、収穫量を比較（主目的は品種の比較）

因子A：肥料（多肥、標準）、因子B：品種（B1, B2, B3, B4）、繰り返し5

分割法

2因子実験 完全無作為化法

A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

圃場40区画に
水準組合せ8通りを繰り返し5で
ランダムに配置

2因子実験（乱塊法(1)） ブロック

A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3
A2B4	A1B1	A1B4	A2B2	A1B4
A1B4	A2B2	A1B2	A2B3	A1B3
A1B2	A1B2	A1B1	A1B2	A2B4
A2B1	A1B4	A2B4	A1B1	A2B2
A2B2	A2B1	A2B2	A1B3	A1B1

圃場5ブロックの中に
水準組合せ8通りを
ランダムに配置

ブロック
局所管理

2因子実験（乱塊法(2)）

A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1
B1	B3	B3	B4	B2
B4	B4	B1	B2	B3
B2	B2	B2	B3	B4
A2 B1	A1 B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2
B4	B3	B2	B4	B3
B2	B1	B1	B2	B4
B3	B4	B4	B3	B1

圃場10ブロックの中に
水準組合せ4通りを
ランダムに配置（因子Aは固定）

補足：2因子実験の事例

●事例3

肥料を2段階で、3品種を圃場に植え付けて、収穫量を比較（主目的は品種の比較）

因子A：肥料（多肥、標準）、因子B：品種（B1, B2, B3, B4）、繰り返し5

分割法

2因子実験 完全無作為化法

A1B2	A2B3	A1B2	A2B2	A1B4
A2B3	A1B4	A2B4	A2B1	A2B4
A1B1	A2B4	A2B2	A1B3	A2B4
A1B3	A1B2	A1B2	A2B4	A2B2
A1B1	A2B2	A1B4	A2B1	A1B3
A2B3	A1B2	A1B4	A1B3	A2B1
A1B1	A2B1	A1B1	A2B3	A1B3
A2B3	A1B1	A2B2	A1B4	A2B1

圃場40区画に
水準組合せ8通りを繰り返し5で
ランダムに配置

2因子実験（乱塊法(1)）

A1B3	A2B3	A2B1	A1B4	A1B2
A2B3	A1B3	A1B3	A2B1	A2B1
A1B1	A2B4	A2B3	A2B4	A2B3
A2B4	A1B1	A1B4	A2B2	A1B4
A1B4	A2B2	A1B2	A2B3	A1B3
A1B2	A1B2	A1B1	A1B2	A2B4
A2B1	A1B4	A2B4	A1B1	A2B2
A2B2	A2B1	A2B2	A1B3	A1B1

圃場5ブロックの中に
水準組合せ8通りを
ランダムに配置

2因子実験（乱塊法(2)）

A1 B3	A2 B1	A2 B4	A1 B1	A1 B1
B1	B3	B3	B4	B2
B4	B4	B1	B2	B3
B2	B2	B2	B3	B4
A2 B1	A1 B2	A1 B3	A2 B1	A2 B2
B4	B3	B2	B4	B3
B2	B1	B1	B2	B4
B3	B4	B4	B3	B1

ブロック

ブロック

圃場5ブロックの中に2ブロック
を設定し、A1 A2 を割当
その中に水準組合せ4通りを割当



補足

JMP [モデルのあてはめ]

[モデル効果の構成] の記述の仕方
質的因子の実験計画
完全無作為化法、乱塊法、分割法、枝分れ法など



JMP [モデルのあてはめ]

- (1) 1 因子実験 完全無作為化法
- (2) 1 因子実験 乱塊法
- (3) 2 因子実験 完全無作為化法
- (4) 2 因子実験 乱塊法
- (5) 3 因子実験 完全無作為化法 (繰返しなし)
- (6) 3 因子実験 完全無作為化法
- (7) 3 因子実験 乱塊法
- (8) 2 因子実験 分割法
- (9) 2 因子実験 分割法 乱塊法
- (10) 3 因子実験 分割法 (1 段分割) 乱塊法 1 次単位 : 1 因子
- (11) 3 因子実験 分割法 (1 段分割) 乱塊法 1 次単位 : 2 因子の組合せ
- (12) 3 因子実験 分割法 (2 段分割) 乱塊法
- (13) 2 因子実験 2 方分割法 乱塊法
- (14) 3 因子実験 ラテン方格法 4 × 4 の標準方格
- (15) 1 因子実験 枝分れ法 (変量因子 : 1 因子)
- (16) 2 因子実験 枝分れ法 (母数因子 : 1 因子、変量因子 : 1 因子)
- (17) 3 因子実験 枝分れ法 (母数因子 : 1 因子、変量因子 : 2 因子)

JMP [モデルのあてはめ]

●見方

処理区の数、反復数、繰り返し数が 2、3 など
 (スペースの制約により適切な試験規模ではない)

圃場試験の事例を想定

圃場を被験者、実験動物などに置き換えて他の分野に応用

因子を一括表示 (上の表、セルの結合)、実際の入力形式 (下の表)

母数因子	変量因子	観測値		
ブロック因子	1次単位	セルの結合		
R	U	A	b	y
	U1	A1	b1	11.4
			b2	11.4
R1			b1	12.3
			b2	11.9
	U2	A2	b1	12.4
			b2	11.9
R1			b1	12.1
			b2	12.5

記号の種類

母数因子 : 大文字 (A, B, C)

変量因子 : 小文字 (b, c)

ブロック因子 : R

1次単位 : U (分割法)

2次単位 : UU (分割法)

観測値 : y

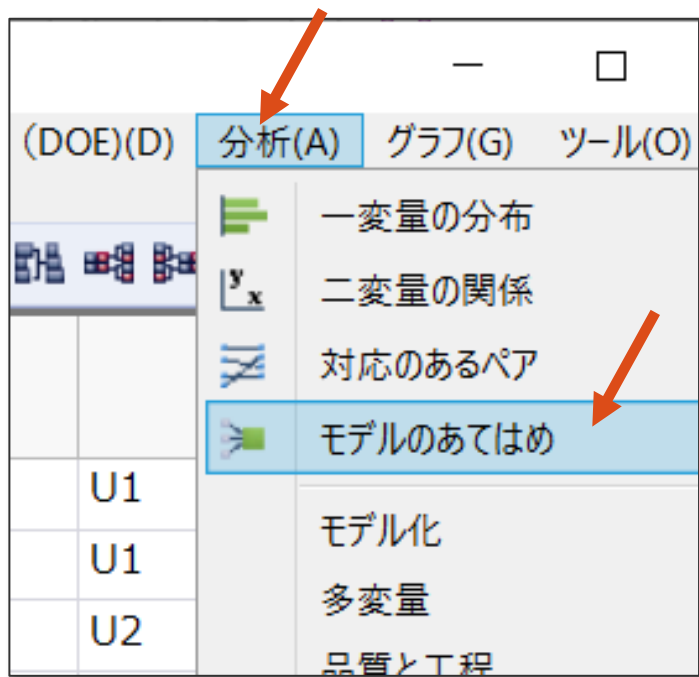
変量因子

JMP に入力する表
(一部)

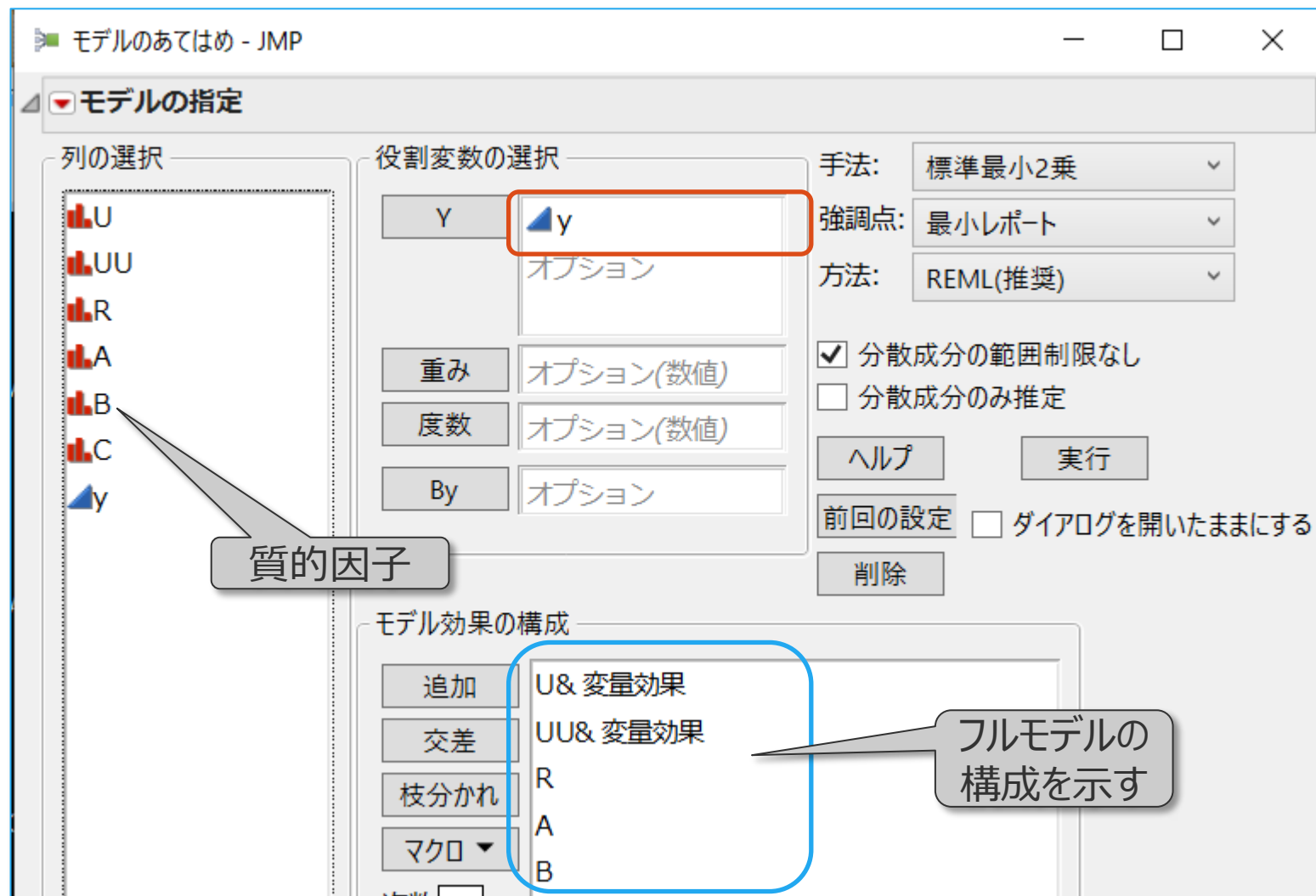
R	U	A	b	y
R1	U1	A1	b1	11.4
R1	U1	A1	b1	11.4
R1	U1	A1	b2	12.3
R1	U1	A1	b2	11.9
R1	U2	A2	b1	12.4
R1	U2	A2	b1	11.9
R1	U2	A2	b2	12.1
R1	U2	A2	b2	12.5

JMP [モデルのあてはめ]

●JMP のメニュー

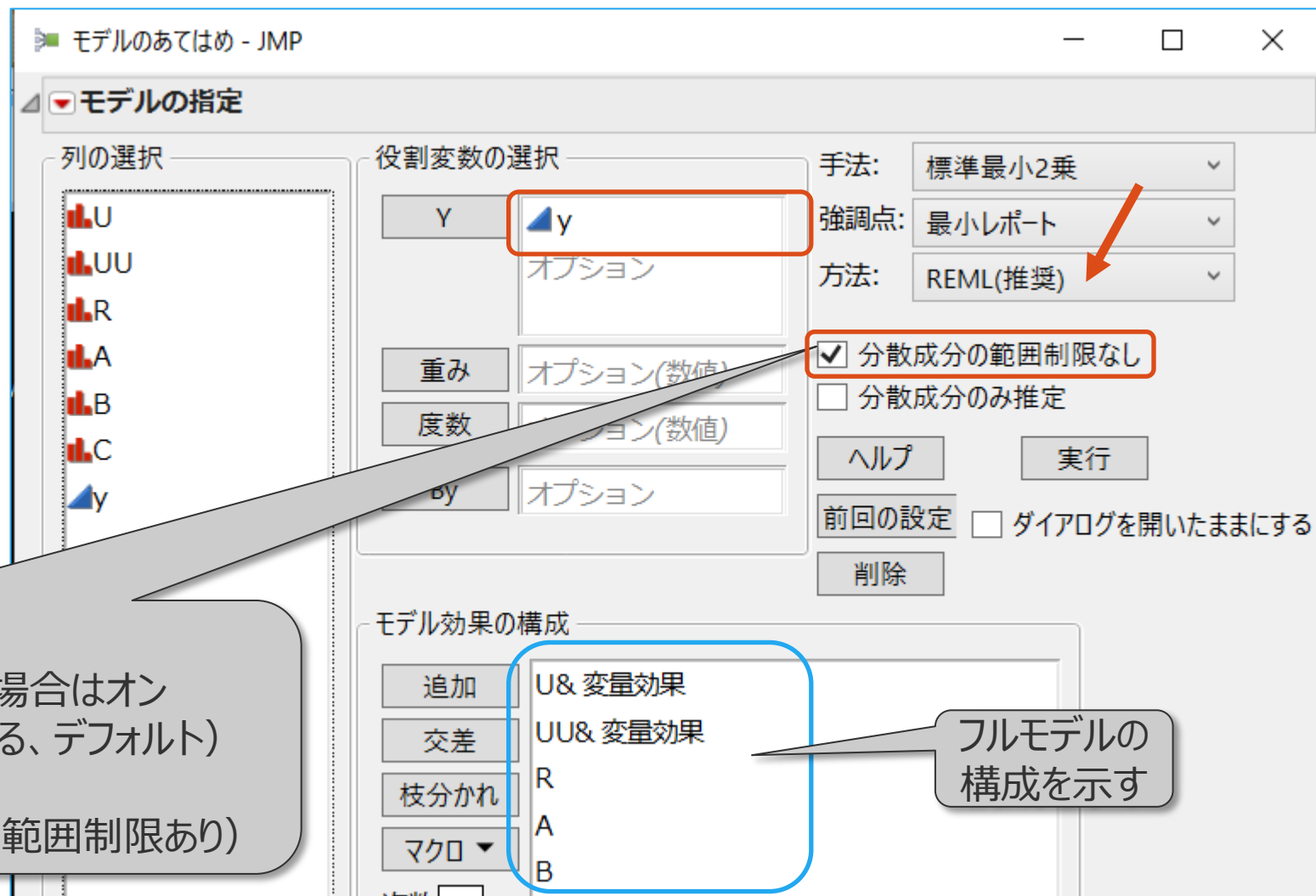
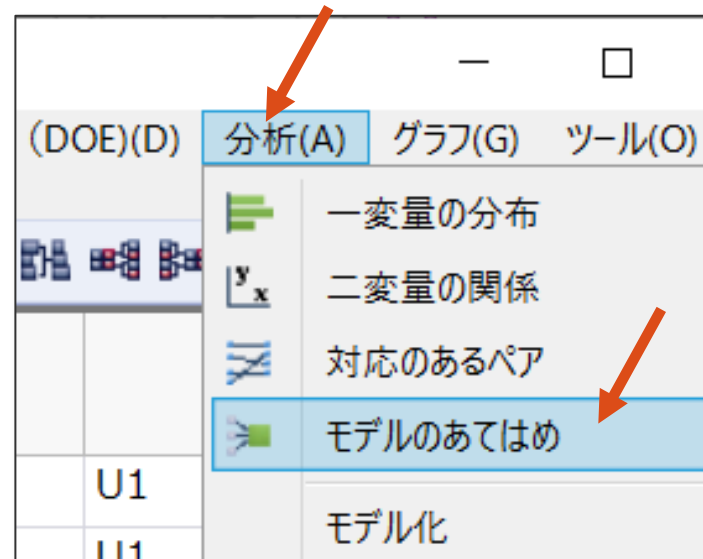


[分析] > [モデルのあてはめ]



JMP [モデルのあてはめ]

●JMP のメニュー



REML を選択した場合
母数因子の固定効果に対して検定を行う場合はオン
(分散成分の推定値が負になる場合がある、デフォルト)
分散成分の推定だけを行う場合はオフ
(分散成分の推定値が負にならないように範囲制限あり)

フルモデルの
構成を示す

JMP [モデルのあてはめ]

(1) 1 因子実験 完全無作為化法

因子A: 3 水準
繰り返し数 3

A3	A3	A2
A1	A1	A2
A3	A1	A2

無作為化の一例

9 試験区に
3 水準を
3 試験区ずつ割付

A	y
	79.3
A1	79.5
	82.1
	80.2
A2	84.6
	80.0
	80.1
A3	83.5
	78.1

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A

参照 第2部 [§1.1](#)、[§1.2](#)

(2) 1 因子実験 乱塊法

因子A: 3 水準
反復数 3

R1	R2	R3
A3	A3	A1
A1	A2	A3
A2	A1	A2

無作為化の一例

3 ブロックごとに
3 水準を
1 試験区ずつ割付

R	A	y
	A1	79.3
R1	A2	79.5
	A3	82.1
	A1	80.2
R2	A2	84.6
	A3	80.0
	A1	80.1
R3	A2	83.5
	A3	78.1

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	R A

R: 変量因子
変量効果を指定
しなくてもよい

参照 第2部 本節 [§3.1](#)、[§3.3](#)

JMP [モデルのあてはめ]

(3) 2 因子実験 完全無作為化法

A2B1	A2B2	A1B1	A2B1
A1B2	A1B2	A1B1	A2B2

無作為化の一例

A	B	y
A1	B1	79.3
A1	B1	79.5
A1	B2	82.1
A1	B2	80.2
A2	B1	84.6
A2	B1	80.0
A2	B2	80.1
A2	B2	78.1

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A B A*B

参照 第2部 [§5.2](#)

因子A: 2 水準×因子B: 2 水準
繰り返し数 2

8 試験区に
4 つの水準組合せを
2 試験区ずつ割付

R: 変量因子
変量効果を指定
しなくてもよい

(4) 2 因子実験 乱塊法

R1		R2	
A1B1	A2B1	A2B2	A2B1
A2B2	A1B2	A1B2	A1B1

無作為化の一例

R	A	B	y
R1	A1	B1	79.3
	A1	B2	82.1
	A2	B1	84.6
	A2	B2	80.1
R2	A1	B1	79.5
	A1	B2	80.2
	A2	B1	80.0
	A2	B2	78.1

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	R A B A*B

参照 本節 (2)

因子A: 2 水準×因子B: 2 水準
反復数 2

2 ブロックごとに
4 つの水準組合せを
1 試験区ずつ割付

JMP [モデルのあてはめ]

(5) 3 因子実験

繰り返しなし

完全無作為化法

因子A: 2 水準 × 因子B: 2 水準 × 因子C: 2 水準 = 8 組み合わせ

8 試験区に
8 つの水準組合せを
1 試験区ずつ割付

A2B1C2	A1B1C2
A1B2C1	A2B2C1
A2B2C2	A1B1C1
A1B2C2	A2B1C1

無作為化の一例

A	B	C	y
A1	B1	C1	78.1
A1	B1	C2	79.7
A1	B2	C1	76.9
A1	B2	C2	78.3
A2	B1	C1	79.5
A2	B1	C2	79.0
A2	B2	C1	78.4
A2	B2	C2	79.2

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A
	B
	C
	A*B
	A*C
	B*C
	A*B*C

参照 第2部 [§6.1](#)

JMP [モデルのあてはめ]

(6) 3 因子実験

繰り返しあり

完全無作為化法

因子A: 2 水準 × 因子B: 2 水準 × 因子C: 2 水準

繰り返し数 2

= 16 処理区

16 試験区に
8 つの水準組合せを
2 試験区ずつ割付

A1B2C2	A2B2C1
A1B1C2	A1B2C2
A2B1C2	A1B2C1
A1B1C2	A2B1C1
A2B1C1	A2B2C1
A1B1C1	A2B2C2
A2B2C2	A1B2C1
A1B1C1	A2B1C2

無作為化の一例

A	B	C	y
A1	B1	C1	78.1
A1	B1	C1	79.0
A1	B1	C2	79.7
A1	B1	C2	78.8
A1	B2	C1	76.9
A1	B2	C1	77.1
A1	B2	C2	78.3
A1	B2	C2	78.2
A2	B1	C1	79.5
A2	B1	C1	78.7
A2	B1	C2	79.0
A2	B1	C2	77.9
A2	B2	C1	78.4
A2	B2	C1	77.3
A2	B2	C2	79.2
A2	B2	C2	78.6

役割変数の選択	y
	A
	B
	C
モデル効果の構成	A*B
	A*B
	B*C
	A*B*C

3 因子交互作用の
解釈は困難

JMP [モデルのあてはめ]

(7) 3 因子実験 乱塊法

因子A: 2 水準 × 因子B: 2 水準 × 因子C: 2 水準
反復数 2 = 16 処理区

2 ブロックごとに
8 つの水準組合せを
1 試験区ずつ割付

R1

A2B2C1	A1B2C2
A1B2C1	A2B2C2
A1B1C1	A2B1C2
A2B1C1	A1B1C2

R2

A2B1C1	A1B2C2
A2B2C2	A1B1C1
A1B1C2	A2B2C1
A2B1C2	A1B2C1

無作為化の一例

R	A	B	C	y
R1	A1	B1	C1	78.1
	A1	B1	C2	79.7
	A1	B2	C1	76.9
	A1	B2	C2	78.3
	A2	B1	C1	79.5
	A2	B1	C2	79.0
	A2	B2	C1	78.4
	A2	B2	C2	79.2
R2	A1	B1	C1	79.0
	A1	B1	C2	78.8
	A1	B2	C1	77.1
	A1	B2	C2	78.2
	A2	B1	C1	78.7
	A2	B1	C2	77.9
	A2	B2	C1	77.3
	A2	B2	C2	78.6

R: 変量因子
変量効果を指定
しなくてもよい

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	R
	A
	B
	C
	A*B
	A*C
	B*C
	A*B*C

JMP [モデルのあてはめ]

(a) 完全無作為化法

A1B1	A1B2
A1B1	A1B2
A2B1	A2B2
A2B1	A2B2

(b) 分割法

A1	A1B1	A1B2
A1	A1B1	A1B2
A2	A2B1	A2B2
A2	A2B1	A2B2

(c) 乱塊法

R1	A1B1	A1B2
	A2B1	A2B2
R2	A1B1	A1B2
	A2B1	A2B2

2 因子実験の例

因子A: 2水準 × 因子B: 2水準
繰り返し数 (反復数) 2

無作為化していない状態
(因子の関係が分かるように)

A1B1	A1B2
A1B1	A1B2
A2B1	A2B2
A2B1	A2B2

A1	A1B1
	A1B2
A1	A1B1
	A1B2
A2	A2B1
	A2B2
A2	A2B1
	A2B2

R1	A1B1	A1B2
	A2B1	A2B2
R2	A1B1	A1B2
	A2B1	A2B2

(a)	(b)	(c)
A B	A B	R A B
A1 B1	A1 B1	A1 B1
A1 B1	A1 B2	R1 A1 B2
A1 B2	A1 B1	A2 B1
A1 B2	A1 B2	A2 B2
A2 B1	A2 B1	A1 B1
A2 B1	A2 B2	R2 A1 B2
A2 B2	A2 B1	A2 B1
A2 B2	A2 B2	A2 B2

参照 本節 (3)

JMP [モデルのあてはめ]

(a) 完全無作為化法

A1B1	A1B2
A1B1	A1B2
A2B1	A2B2
A2B1	A2B2

(b) 分割法

A1	A1B1	A1B2
A1	A1B1	A1B2
A2	A2B1	A2B2
A2	A2B1	A2B2

(c) 乱塊法

R1	A1B1	A1B2
R1	A2B1	A2B2
R2	A1B1	A1B2
R2	A2B1	A2B2

2 因子実験の例

因子A: 2水準 × 因子B: 2水準
繰り返し数 (反復数) 2

A1B1	A1B2
A1B1	A1B2
A2B1	A2B2
A2B1	A2B2

A1	A1B1
A1	A1B2
A1	A1B1
A1	A1B2
A2	A2B1
A2	A2B2
A2	A2B1
A2	A2B2

R1	A1B1	A1B2
R1	A2B1	A2B2
R2	A1B1	A1B2
R2	A2B1	A2B2

テキストでは
乱塊法(2)

テキストでは
乱塊法(1)

試験対象から繰り返し
観測値が得られる場合

(a)		(b)		(c)		
A	B	A	B	R	A	B
A1	B1	A1	B1	R1	A1	B1
A1	B1		B2		A1	B2
A1	B2	B1	A1		B1	
A1	B2	B2	A1		B2	
A2	B1	A2	B1	R2	A1	B1
A2	B1		B2		A1	B2
A2	B2	B1	A2		B1	
A2	B2	B2	A2		B2	

参照 本節 (3)

JMP [モデルのあてはめ]

(a) 完全無作為化法

	B1	B2
A1	R1	R5
	R2	R6
A2	R3	R7
	R4	R8

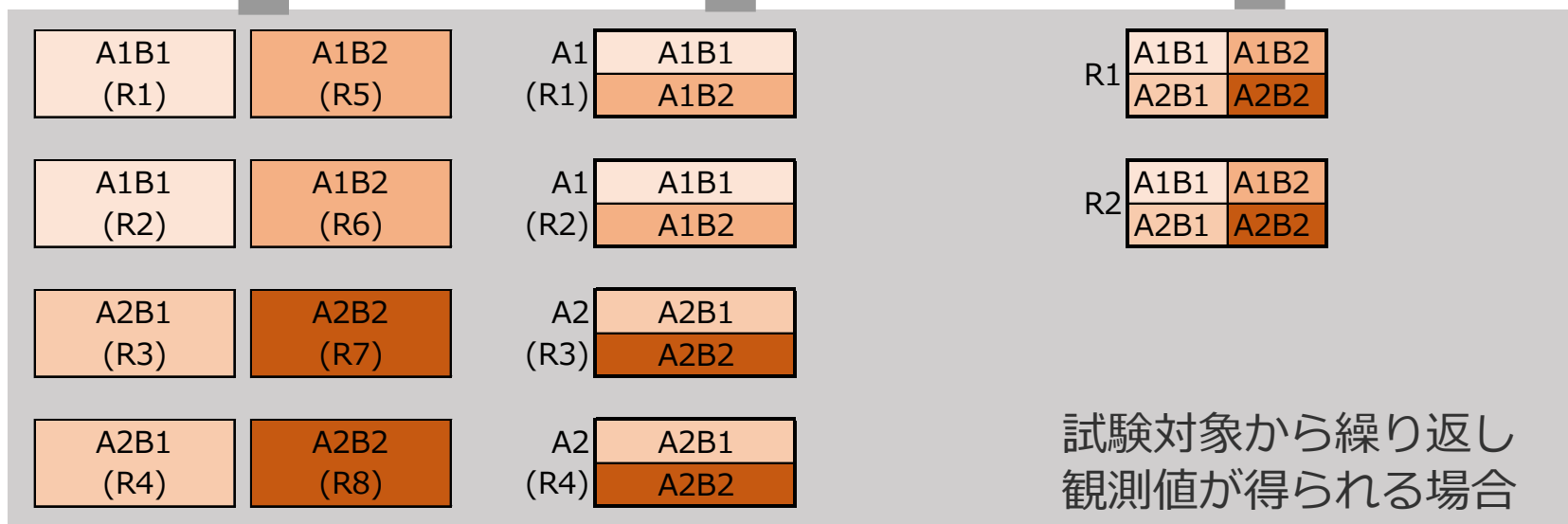
(b) 分割法

	B1	B2
A1	R1	R1
	R2	R2
A2	R3	R3
	R4	R4

(c) 乱塊法

	B1	B2
A1	R1	R1
	R2	R2
A2	R1	R1
	R2	R2

テキストでの
表記



(a)	(b)	(c)
A	B	R
A1	B1	A1 B1
A1	B1	A1 B2
A1	B2	A2 B1
A1	B2	A2 B2
A2	B1	A1 B1
A2	B1	A1 B2
A2	B2	A2 B1
A2	B2	A2 B2

参照 本節 (3)

JMP [モデルのあてはめ]

(8) 2 因子実験

分割法

1 次単位を完全無作為化法で配置

因子A: 2 水準 × 因子B: 3 水準
繰り返し数 3

1 次単位

A2 (R5)	A1 (R3)
A2B1	A1B3
A2B2	A1B2
A2B3	A1B1

A1 (R1)	A2 (R6)
A1B1	A2B2
A1B3	A2B1
A1B2	A2B3

A1 (R2)	A2 (R4)
A1B2	A2B3
A1B3	A2B2
A1B1	A2B1

1 次単位

無作為化の一例

テキストでは D

U	R	A	B	y
		A1	B1	77
U1	R1	A1	B2	84
		A1	B3	91
U2	R2	A1	B1	82
		A1	B2	87
		A1	B3	82
U3	R3	A1	B1	82
		A1	B2	71
		A1	B3	85
U4	R4	A2	B1	75
		A2	B2	84
		A2	B3	82
U5	R5	A2	B1	77
		A2	B2	84
		A2	B3	91
U6	R6	A2	B1	82
		A2	B2	87
		A2	B3	82

1 次単位

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	U& 変数効果 A B A*B

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A B A*B R(A)&変数効果

枝分かれと変数効果の設定
「R&変数効果」でも可

参照 本節 (3)

JMP [モデルのあてはめ]

(9) 2 因子実験

分割法

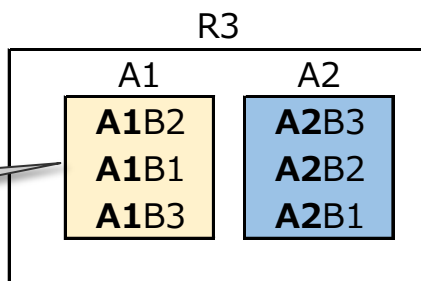
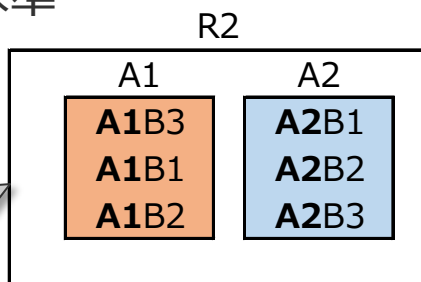
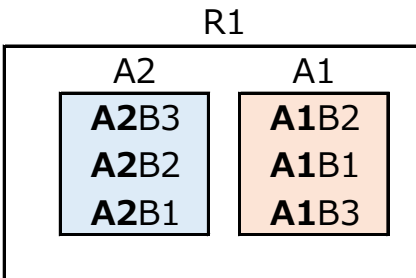
乱塊法の反復を入れる

因子A: 2 水準 × 因子B: 3 水準

反復数 3

3 ブロックごとに
因子 A の2水準を割付
その中で因子 B の3水準を割付

1 次単位



無作為化の一例

R	U	A	B	y
R1	U1	A1	B1	77
		A1	B2	84
		A1	B3	91
R2	U2	A2	B1	82
		A2	B2	87
		A2	B3	82
R3	U3	A1	B1	82
		A1	B2	71
		A1	B3	85
R3	U4	A2	B1	75
		A2	B2	84
		A2	B3	82
R3	U5	A1	B1	82
		A1	B2	71
		A1	B3	85
R3	U6	A2	B1	75
		A2	B2	84
		A2	B3	82

1 次単位

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	U& 変数効果 R A B A*B

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	R A R*A&変数効果 B A*B

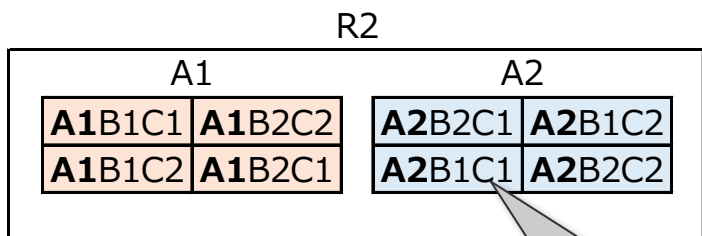
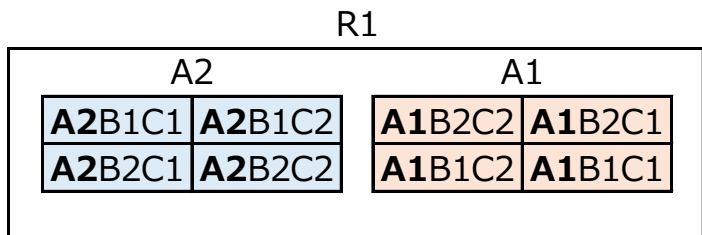
JMP [モデルのあてはめ]

(10) 3 因子実験

分割法 (1 段分割)
乱塊法の反復を入れる

因子A: 2 水準 × 因子B: 2 水準
× 因子C: 2 水準

反復数 2



無作為化の一例

1 次単位

1 次単位

R	U	A	B	C	y
R1	U1	A1	B1	C1	11.4
			B1	C2	11.4
	U2	A2	B2	C1	12.3
			B2	C2	11.9
R2	U3	A1	B1	C1	12.4
			B1	C2	11.9
	U4	A2	B2	C1	12.1
			B2	C2	12.5

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	U&変量効果
	R
	A
	B
	C
	A*B
	A*C
	A*B*C

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	R
	A
	R*A&変量効果
	B
	C
	A*B
	A*C
	A*B*C

JMP [モデルのあてはめ]

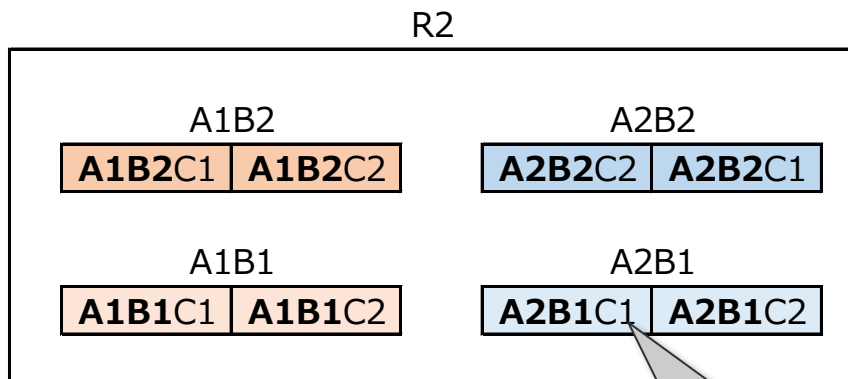
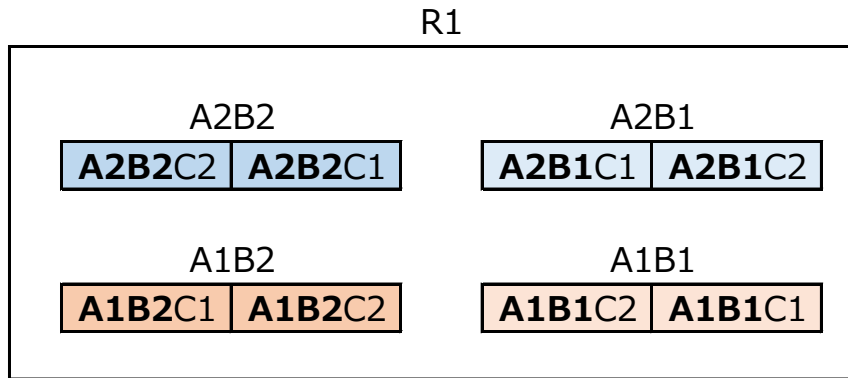
(11) 3 因子実験

因子A: 2 水準 × 因子B: 2 水準 × 因子C: 2 水準

分割法 (1 段分割)

反復数 2

乱塊法の反復を入れる



無作為化の一例

1 次単位

R	U	A	B	C	y
R1	U1	A1	B1	C1	11.4
				C2	11.4
	U2	A1	B2	C1	12.3
				C2	11.9
R2	U3	A2	B1	C1	12.4
				C2	11.9
	U4	A2	B2	C1	12.1
				C2	12.5
R2	U5	A1	B1	C1	12.9
				C2	12.6
	U6	A1	B2	C1	13.4
				C2	13.0
U7	A2	B1	C1	12.5	
			C2	12.2	
U8	A2	B2	C1	12.8	
			C2	12.3	

1 次単位

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	U&変量効果
	R
	A
	B
	C
	A*B
	A*C
	B*C
	A*B*C

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	R
	A
	B
	A*B
	R*A*B&変量効果
	C
	A*C
	B*C
	A*B*C

JMP [モデルのあてはめ]

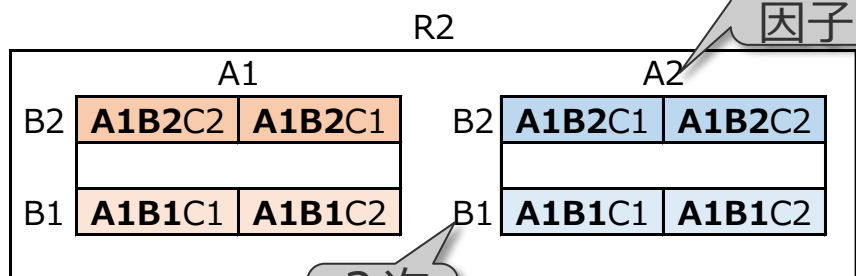
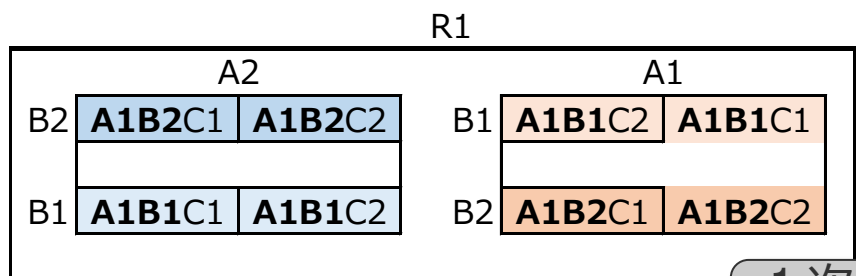
(12) 3 因子実験

分割法 (2 段分割)

乱塊法の反復を入れる

1 次因子 : 因子A

2 次因子 : 因子B



無作為化の一例

2 次
因子

1 次
因子

因子A: 2 水準 × 因子B: 3 水準
反復数 2

R	U	UU	A	B	C	y
R1	U1	U1	A1	B1	C1	11.4
		U2	A1	B2	C1	11.4
	U2	U3	A2	B1	C1	12.3
		U4	A2	B2	C2	11.9
R2	U3	U5	A1	B1	C1	12.4
		U6	A1	B2	C2	11.9
	U4	U7	A2	B1	C1	12.1
		U8	A2	B2	C2	12.5

1 次単位

2 次単位

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	U&変量効果
	UU&変量効果
	R
	A
	B
	C
	A*B
	A*C
	B*C
	A*B*C

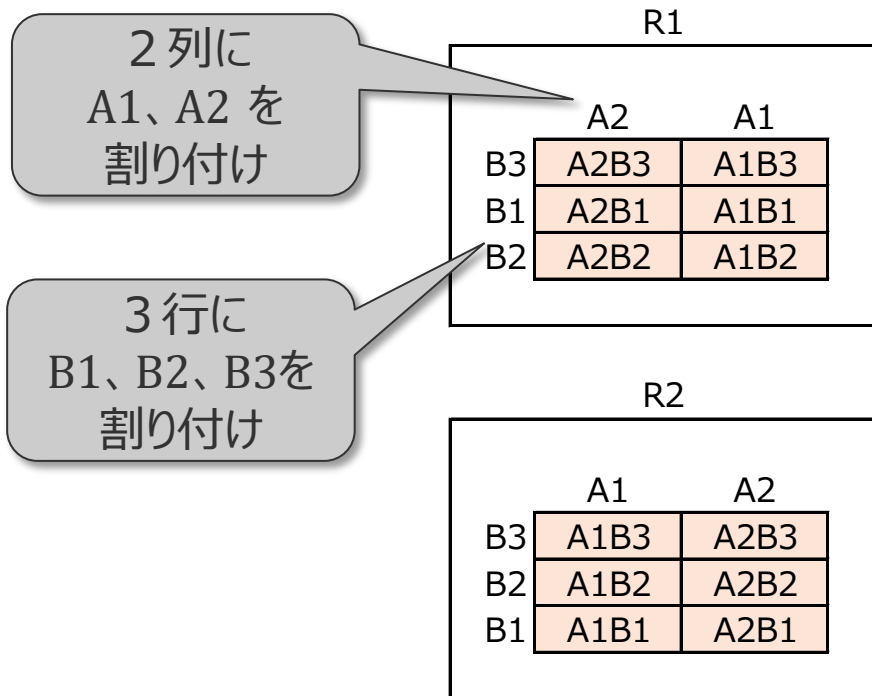
役割変数の選択	y
モデル効果の構成	R
	A
	R*A&変量効果
	B
	A*B
	R*A*B&変量効果
	C
	A*C
	B*C
	A*B*C

JMP [モデルのあてはめ]

(13) 2 因子実験

2 方分割法 (1 次単位が 2 つ、Ua、Ub)
乱塊法の反復を入れる

因子A: 2 水準 × 因子B: 3 水準
反復数 2



無作為化の一例

R	Ua	Ub	A	B	y
R1	U1	U1	A1	B1	77
		U2	A1	B2	84
		U3	A1	B3	91
	U2	U1	A2	B1	82
		U2	A2	B2	87
		U3	A2	B3	82
R2	U3	U4	A1	B1	82
		U5	A1	B2	71
		U6	A1	B3	85
	U4	U4	A2	B1	75
		U5	A2	B2	84
		U6	A2	B3	82

A 方向の 1 次単位 B 方向の 1 次単位

役割変数の選択	y
	R
	A
モデル効果の構成	Ua& 変数効果
	B
	Ub& 変数効果
	A*B

役割変数の選択	y
	R
	A
モデル効果の構成	R*A&変数効果
	B
	R*B&変数効果
	A*B

JMP [モデルのあてはめ]

(14)ラテン方格法

例：4 × 4 の標準方格

因子A: 4水準 × 因子B: 4水準 × 因子C: 4水準
繰り返し数4

	B1	B2	B3	B4
C1	A1	A2	A3	A4
C2	A2	A1	A4	A3
C3	A3	A4	A1	A2
C4	A4	A3	A2	A1

4 × 4 の標準方格

因子間の交互作用が存在しないことを
事前にわかっている場合に利用
要因実験よりも少ない数の水準組み合わせで
因子の主効果を評価できる

A	B	C	y
A1	B1	C1	77
A2	B1	C2	84
A3	B1	C3	91
A4	B1	C4	82
A2	B2	C1	87
A1	B2	C2	82
A4	B2	C3	82
A3	B2	C4	71
A3	B3	C1	85
A4	B3	C2	75
A1	B3	C3	84
A2	B3	C4	82
A4	B4	C1	86
A3	B4	C2	75
A2	B4	C3	74
A1	B4	C4	89

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A
	B
	C

JMP [モデルのあてはめ]

(15) 1 因子実験 (変量因子)、枝分かれ法

因子b:変量因子 6水準
繰り返し数3

圃場の事例

無作為に
6か所を選択

無作為に
3か所を選択

実験動物の事例

集団から無作為に
6匹を選択

3回測定

20 区間に
全体を分割

b	c	y
b1	c1	54
b1	c2	56
b1	c3	53
b2	c1	65
b2	c2	47
b2	c3	58
b3	c1	63
b3	c2	69
b3	c3	51
b4	c1	46
b4	c2	76
b4	c3	59
b5	c1	48
b5	c2	37
b5	c3	46
b6	c1	57
b6	c2	62
b6	c3	75

小文字の因子は
変量因子を示す

c は設定なし

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	b&変量効果

無作為化の一例

b1	b2	b3	b4	b5	b6
c1	c1	c1	c1	c1	c1
c2	c2	c2	c2	c2	c2
c3	c3	c3	c3	c3	c3

参照 第2部 §7.1

JMP [モデルのあてはめ]

(16) 2 因子実験 (母数因子、変量因子)、枝分かれ法

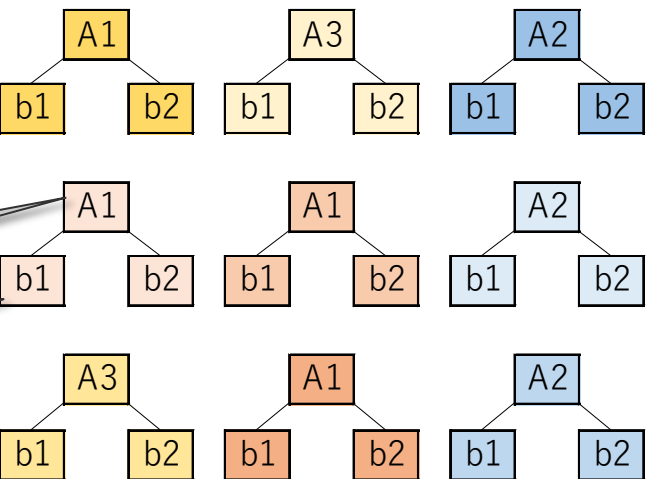
(1) 試験区あたり
2 株採取
2 回測定

A3			A3			A2		
		b1			b2			b2
			b1					b1
A1			A1			A2		
		b1			b2			
b2			b1			b2		b1
A3			A1			A2		
		b1			b1			
		b2			b2	b2	b1	

9 試験区
それぞれ 8 株

無作為化の一例

(2) 被験者あたり
2 試料採取
2 回測定



被験者
試料

(1) 2 株採取、2 回測定
(2) 2 試料採取、2 回測定

A	b	y	
A1	b1	79.3	79.6
	b2	78.4	78.5
A1	b1	79.5	80.3
	b2	80.1	80.9
A1	b1	83.1	84.1
	b2	82.1	83.1
A2	b1	80.2	80.3
	b2	79.2	79.6
A2	b1	84.6	85.4
	b2	83.9	84.8
A2	b1	78.6	78.8
	b2	80.0	80.3
A3	b1	80.1	80.2
	b2	78.9	79.6
A3	b1	83.5	83.8
	b2	83.4	83.9
A3	b1	79.9	79.9
	b2	78.1	78.8

(3) 試験区の平均値

A	y
A1	79.0
A1	80.6
A1	83.6
A2	80.0
A2	85.1
A2	79.6
A3	79.9
A3	83.9
A3	79.4

因子A の中に
因子b が枝分かれ
因子b を 2 回測定

A : 母数因子、3 水準
b : 変量因子、2 水準
2 回測定

(1) 試験区あたり 2 株測定
(2) 試験区あたり 2 回測定

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A b[A]&変量効果

参照 第 2 部 §7.2

(3) 試験区の平均値

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A

2 回測定

JMP [モデルのあてはめ]

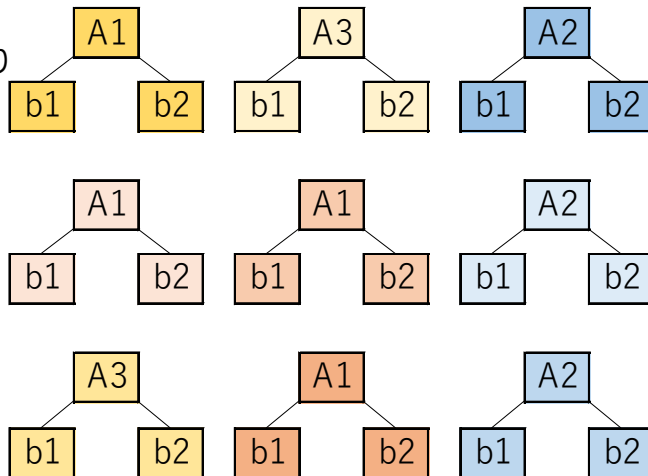
(16) 2 因子実験 (母数因子、変量因子)、枝分かれ法

(1) 試験区あたり
2 株採取
2 回測定

A3			A3			A2		
		b1			b2			b2
			b1					b1
A1			A1			A2		
		b1			b2			
b2			b1			b2		b1
A3			A1			A2		
					b1			
		b2			b2	b2	b1	

無作為化の一例

(2) 被験者あたり
2 試料採取
2 回測定



(1) 2 株採取、2 回測定

(2) 2 試料採取、2 回測定

A	b	y	
A1	b1	79.3	79.6
	b2	78.4	78.5
A1	b1	79.5	80.3
	b2	80.1	80.9
A1	b1	83.1	84.1
	b2	82.1	83.1
A2	b1	80.2	80.3
	b2	79.2	79.6
A2	b1	84.6	85.4
	b2	83.9	84.8
A2	b1	78.6	78.8
	b2	80.0	80.3
A3	b1	80.1	80.2
	b2	78.9	79.6
A3	b1	83.5	83.8
	b2	83.4	83.9
A3	b1	79.9	79.9
	b2	78.1	78.8

(3) 試験区の平均値

A	y
A1	79.0
A1	80.6
A1	83.6
A2	80.0
A2	85.1
A2	79.6
A3	79.9
A3	83.9
A3	79.4

因子A の中に
因子b が枝分かれ
因子b を 2 回測定

A : 母数因子、3 水準
b : 変量因子、2 水準
2 回測定

(1) 試験区あたり 2 株測定

(2) 試験区あたり 2 回測定

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A b[A]&変量効果

参照 第 2 部 §7.2

(3) 試験区の平均値

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A

2 回測定

JMP [モデルのあてはめ]

(17) 3 因子実験 (母数因子 1、変量因子 2)、枝分かれ法
 因子A の中に因子b が枝分かれ、因子b の中で因子c が枝分かれ

A : 母数因子、薬剤 2 水準
 b : 変量因子、被験者 9 人
 c : 変量因子、血液
 2 回分析

(1) 試験区に枝分かれした変量因子がある

A	b	c	y	A	b	c	y		
A1	b1	c1	87.4	A2	b1	c1	84.2		
			82.8				89.2		
		c2	87.7			b2	c2	89.4	
			82.6					86.0	
		c3	86.4			b3	c3	82.7	
			83.4					89.5	
	b2	c1	86.9	A2	b2		c1	82.5	
			81.4					83.4	
		c2	83.6				b2	c2	89.1
			90.0						89.6
		c3	84.7			b3	c3	85.5	
			83.0					88.3	
b3	c1	89.4	A2	b3	c1		83.7		
		89.0					86.4		
	c2	82.7			b3		c2	83.8	
		86.2						88.8	
	c3	86.0			b3	c3	80.7		
		84.1					79.2		

(2) 試験区の平均値

A	y
A1	85.1
A1	84.9
A1	86.2
A2	86.8
A2	86.4
A2	83.8

(1) 試験区に枝分かれした変量因子がある

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A b[A]&変量効果 c[A,b]&変量効果

枝分かれの状態
 (幹→枝→小枝) の
 順番に指定

2 回分析

(2) 試験区の平均値

役割変数の選択	y
モデル効果の構成	A

JMP [モデルのあてはめ]

●枝分れと変量効果の指定

(i)

モデルの指定

列の選択

- A
- b
- c
- y

役割変数の選択

Y ▲y オプション

重み オプション(数値)

度数 オプション(数値)

By オプション

モデル効果の構成

追加 A

交差 b

枝分かれ c

マクロ

次数 2

属性

変換

(ii)

モデルの指定

列の選択

- A
- b
- c
- y

役割変数の選択

Y ▲y オプション

重み オプション(数値)

度数 オプション(数値)

By オプション

モデル効果の構成

追加 A

交差 b

枝分かれ

マクロ

次数 2

属性

変換

(iii)

モデルのあてはめ - JMP

モデルの指定

列の選択

- A
- b
- c
- y

役割変数の選択

Y ▲y オプション

重み オプション(数値)

度数 オプション(数値)

By オプション

モデル効果の構成

追加 A

交差 b[A]

枝分かれ c

マクロ

次数 2

属性

変換

変量効果

応答曲面効果

JMP [モデルのあてはめ]

●枝分れと変数効果の指定

(iv)

モデルのあてはめ - JMP

モデルの指定

列の選択

- A
- b
- c
- y

役割変数の選択

Y y オプション

重み オプション(数値)

度数 オプション(数値)

By オプション

モデル効果の構成

追加 A

交差 b[A]& 変数効果

枝分れ c

マクロ

次数 2

属性

変換

(v)

モデルの指定

列の選択

- A
- b
- c
- y

役割変数の選択

Y y オプション

重み オプション(数値)

度数 オプション(数値)

By オプション

モデル効果の構成

追加 A

交差 b[A]& 変数効果

枝分れ c[A,b]

マクロ

次数 2

属性

変換 変数効果

(vi)

モデルの指定

列の選択

- A
- b
- c
- y

役割変数の選択

Y y オプション

重み オプション(数値)

度数 オプション(数値)

By オプション

モデル効果の構成

追加 A

交差 b[A]& 変数効果

枝分れ c[A,b]& 変数効果

マクロ

次数 2

属性

変換

- 2 因子実験（乱塊法）

乱塊法による 2 因子実験

2 因子実験にブロック因子を導入 乱塊法(1) の事例
(対応があるブロック因子)

2 因子実験にブロック因子を枝分かれで導入 . . . 乱塊法(2) の事例 ← 分割法
(対応がないブロック因子)



- 参考文献

楠ら（1995）応用実験計画法、日科技連
三輪（2015）実験計画法と分散分析、朝倉書店
永田（2000）実験計画法、日科技連
農林水産技術会議事務局（1968）農林水産試験研究
のための統計的方法、農林統計協会
田中・垂水（1986）パソコン統計ハンドブックⅢ、
共立出版

- 作成 片瀬雅彦
- 監修 松本一彦、長谷文雄
- 作成時期 2020年1月10日
- 改訂 2021年12月12日、2024年6月18日