



6 多因子実験

6.2 スクリーニング計画

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



6.2 スクリーニング計画

p216

- (1) 直交表実験
- (2) Excelによる直交表データの解析
- (3) JMP [モデルのあてはめ] による直交表データの解析
- (4) Plackett-Burman 計画

テキストの
該当ページ

使用するファイル

Excel ファイル：「DE改6-多因子.xlsx」

JMP ファイル：「6-直交表.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



●スクリーニング計画

多数の x (因子) の中から y (特性、応答) に影響を与えている x を探し出す実験計画
実験の初期段階で、効率的に少ない実験数で行う実験計画
一般に 2 水準の実験が用いられる

前節 2 水準の 3 因子実験の解析

主効果と交互作用の計算方法

ダミー変数とLINEST 関数による解析

2 水準の多因子実験の解析 (補足)

$L_4(2^3)$ 直交表、 $L_8(2^7)$ 直交表とその利用方法

本節 2 水準の多因子実験の解析

$L_{16}(2^{15})$ 直交表とその利用方法、JMP による解析方法

Plankett-Burman 計画



(1) 直交表実験

$L_{16}(2^{15})$ 直交表とその利用方法

●多因子実験の水準の組合せ

因子の個数が増えると、水準の組合せ個数は等比級数的に増加 → すべての実施は困難

5 因子の場合、水準組合せは 32、推定する主効果は 5 個、2 因子交互作用は 10 個

$2^5 = 32$ 、 $5 \times (5 - 1) / 2 = 10$ (5 因子から 2 因子を選ぶ組合せ数)

3 因子以上の交互作用は通常考えない → 誤差にプールすると自由度は 16 → 不経済
 合計 15 個のパラメータを推定するには 16 回の実験で十分 → L_{16} 直交表 多すぎる

(すべての水準組合せを実験しない)

因子数とパラメータ推定数

因子数	因子毎の 水準数	水準の 組合せ数	パラメータ推定数		
			主効果	2 因子 交互作用	計
2	2	4	2	1	3
3	2	8	3	3	6
4	2	16	4	6	10
5	2	32	5	10	15
6	2	64	6	15	21

32回の実験 (5 因子) の自由度

要因	自由度の計
主効果	5
2 因子交互作用	10
3 因子交互作用	10
4 因子交互作用	5
5 因子交互作用	1
総自由度	31

通常は
誤差と考える
自由度 16

●多因子実験の水準の組合せ

因子の個数が増えると、水準の組合せ個数は等比級数的に増加 → すべての実施は困難

5 因子の場合、水準組合せは 32、推定する主効果は 5 個、2 因子交互作用は 10 個

$2^5 = 32$ 、 $5 \times (5 - 1) / 2 = 10$ (5 因子から 2 因子を選ぶ組合せ数)

3 因子以上の交互作用は通常考えない → 誤差にプールすると自由度は 16 → 不経済
合計 15 個のパラメータを推定するには 16 回の実験で十分 → L_{16} 直交表 多すぎる

(すべての水準組合せを実験しない)

32回の実験 (5 因子) の自由度

要因	自由度の計
主効果	5
2 因子交互作用	10
3 因子交互作用	10
4 因子交互作用	5
5 因子交互作用	1
総自由度	31

要因計画 : 全ての水準組合せについて実験を実施
(多因子要因計画)

一部実施要因計画 : 一部の水準組合せだけの実験を実施
(一部実施法) 直交表を用いた実験はこれに含まれる

L₁₆(2¹⁵) 直交表

●Excelファイルの読み込みと表示

Excel ファイル「DE改6-多因子.xls」

名前ボックスから「表示6.2.1」

(Fig62_01) を選択

●L₁₆(2¹⁵)直交表 (L₁₆ 直交表)

L : ラテン方格法 (Latin square)

の頭文字

16 : 行番号の最大値、実験規模

2 : 2水準の実験系

15 : 列番号の最大値、
要因 (誤差を含む) の最大数

表示6.2.1 直交表 L₁₆

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1
9	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
12	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1
13	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
14	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
15	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1
列名	a	b	b	c	c	c	c	d	d	d	d	d	d	d	d

行番号



L₁₆(2¹⁵) 直交表

●Excelファイルの読み込みと表示

Excel ファイル「DE改6-多因子.xls」
 名前ボックスから「表示6.2.1」
 (Fig62_01) を選択

●L₁₆(2¹⁵)直交表 (L₁₆ 直交表)

L : ラテン方格法 (Latin square)
 の頭文字

16 : 行番号の最大値、実験規模

2 : 2水準の実験系

15 : 列番号の最大値、
 要因 (誤差を含む) の最大数

表示6.2.1 直交表 L₁₆

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1
9	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
12	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1
13	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
14	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
15	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1
列名	a	b	a	b	c	c	a	b	b	c	c	d	d	d	d

2水準
 1, -1
 (1, 2)

列番号
 () 付き

行番号

列名 (成分記号、成分)
 JIS では「別名」と呼ぶ

L₁₆(2¹⁵) 直交表

●列番号と列名

表示6.2.2 列番号と列名の関係 (改変)

列番号	2進数表示				列名
	d	c	b	a	
(1)	0	0	0	1	a
(2)	0	0	1	0	b
(3)	0	0	1	1	b a
(4)	0	1	0	0	c
(5)	0	1	0	1	c a
(6)	0	1	1	0	c b
(7)	0	1	1	1	c b a
(8)	1	0	0	0	d
(9)	1	0	0	1	d a
(10)	1	0	1	0	d b
(11)	1	0	1	1	d b a
(12)	1	1	0	0	d c
(13)	1	1	0	1	d c a
(14)	1	1	1	0	d c b
(15)	1	1	1	1	d c b a

表示6.2.1 直交表 L₁₆

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1
9	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
12	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1
13	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
14	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1
15	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
列名	a	b	b	c	c	c	c	d	d	d	d	d	d	d	d

列名の並び順は、
2進数に由来



● L_{16} 直交表の割付方法

事例：8 因子（2 水準）のスクリーニングを行う

L_{16} 直交表に因子と交互作用を割付（[§6.1](#) 参照）

割付ける 因子は A、B、C、D、E、F、G、H の 8 因子、これらの 2 因子交互作用

表示6.2.3 5 因子以上の**割付**（一部改変）

割付	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>
		<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>
				<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>					<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>
								<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>



L₁₆(2¹⁵) 直交表

●L₁₆ 直交表の割付方法

(i) 列名が1文字の列（(1)列、(2)列、(4)列、(8)列）に、因子A、B、C、Dを割付ける

割付1	A		B		C				D							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
列名	a		a		a		a		a		a		a		a	
		b	b			b	b			b	b			b	b	
				c	c	c	c					c	c	c	c	
								d	d	d	d	d	d	d	d	

(ii) 交互作用が**現れる**列に、A×B、A×C、A×D、B×C、B×D、C×Dを割付ける

AB : a×b = ab →(3)

AC : a×c = ac →(5)

AD : a×d = ad →(9)

BC : b×c = bc →(6)

BD : b×d = bd →(10)

CD : c×d = cd →(12)

割付1	A	B	AB	C	AC	BC	D	AD	BD	CD	(13)	(14)	(15)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

2 因子交互作用を割付けた列の列名はアルファベット2文字



L₁₆(2¹⁵) 直交表

●L₁₆ 直交表の割付方法

(i) 列名が1文字の列（(1)列、(2)列、(4)列、(8)列）に、因子A、B、C、Dを割付ける

割付1	A	B	C				D								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
										b	b			b	b
												c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

スペースの関係で A×B を AB と省略

スペースの関係で A×B を AB と省略

(ii) 交互作用が**現れる**列に、A×B、A×C、A×D、B×C、B×D、C×Dを割付ける

AB : a×b = ab →(3)

AC : a×c = ac →(5)

AD : a×d = ad →(9)

BC : b×c = bc →(6)

BD : b×d = bd →(10)

CD : c×d = cd →(12)

割付1	A	B	AB	C	AC	BC	D	AD	BD	CD					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a	a	a	a	a	a	a	a	a
		b	b			b	b		b	b				b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d



L₁₆(2¹⁵) 直交表

●L₁₆ 直交表の割付方法

(iii) (15) 列に、因子 E を割付ける (理由: 下の (iv) で主効果と交互作用が重ならないため)

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC		D	AD	BD		CD			E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

(iv) 因子 E と他の因子の交互作用が現れる列に、それぞれの交互作用を割付ける

AE : a×abcd = bcd →(14)

BE : b×abcd = acd →(13)

CE : c×abcd = abd →(11)

DE : d×abcd = abc →(7)

ルール a² = b² = c² = d² = 1

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	DE	D	AD	BD	CE	CD	BE	AE	E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d



L₁₆(2¹⁵) 直交表

●L₁₆ 直交表の割付方法

(iii) (15) 列に、因子 E を割付ける (理由: 下の (iv) で主効果と交互作用が重ならないため)

$a \times abcd = a^2bcd = bcd$
 $b \times abcd = ab^2cd = acd$
 $c \times abcd = abc^2d = abd$
 $d \times abcd = abcd^2 = abc$

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC		D	AD	BD		CD			E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

(iv) 因子 E と他の因子の交互作用が現れる列に、それぞれの交互作用を割付ける

AE : a×abcd = bcd →(14)

BE : b×abcd = acd →(13)

CE : c×abcd = abd →(11)

DE : d×abcd = abc →(7)

ルール a² = b² = c² = d² = 1

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	DE	D	AD	BD	CE	CD	BE	AE	E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

●L₁₆ 直交表の割付方法

(iii) (15) 列に、因子 E を割付ける (理由: (4) で主効果と交互作用が重ならないため)

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC		D	AD	BD		CD			E
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

主効果を割付けた列は 1 文字 or 4 文字
 交互作用は 2 文字か 3 文字の列に現れる
 ↓
 主効果と交互作用が重ならない
 つまり、それぞれ独立に推定できる

(iv) 因子 E と他の因子の交互作用が現れる列に、それぞれの交互作用を割付ける

AE : a × abcd = bcd → (14)
 BE : b × abcd = acd → (13)
 CE : c × abcd = abd → (11)
 DE : d × abcd = abc → (7)
 ルール a² = b² = c² = d² = 1

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	DE	D	AD	BD	CE	CD	BE	AE	E
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d



L₁₆(2¹⁵) 直交表

主効果が5個 (A~E)、交互作用10個 (1)~(15)列の数に一致

●L₁₆ 直交表の割付方法

(iv) 因子 E と他の因子の交互作用が現れる列に、それぞれの交互作用を割付ける

これ以上割付ける

列は残っていない

まだ、因子 F, G, H が割付けられていない

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	DE	D	AD	BD	CE	CD	BE	AE	E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

(v) 因子 E を (14) 列に、因子 F を (13) 列に割付、交互作用の現れる列に交互作用を割付 (列名が3文字の列)

E を削除

事前に、「割付 1」で (15) 列に割付けた E とその交互作用を除く

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	D	AD	BD	CD					
割付 2						DE			CE	BE		E	AE		
割付 3			EF		DF			CF		AF	F		BF		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

L₁₆(2¹⁵) 直交表

主効果が5個 (A~E)、交互作用10個 (1)~(15)列の数に一致

●L₁₆ 直交表の割付方法

(iv) 因子 E と他の因子の交互作用が現れる列に、それぞれの交互作用を割付ける

これ以上割付ける

列は残っていない

まだ、因子 F, G, H が割付けられていない

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	DE	D	AD	BD	CE	CD	BE	AE	E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

(v) 因子 E を (14) 列に、因子 F を (13) 列に割付、交互作用の現れる列に交互作用を割付 (列名が3文字の列)

E を削除

「割付 2」で

(14) 列に E を割付る

「割付 3」で

(13) 列に E を割付る

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	D	AD	BD	CD					
割付 2						DE			CE	BE		E	AE		
割付 3			EF		DF			CF		AF	F		BF		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a		a		a		a		a		a		a		a
		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

●L₁₆ 直交表の割付方法

(v) 因子 E を (14) 列に、因子 F を (13) 列に割付、交互作用の現れる列に交互作用を割付

主効果は

列名 1 文字の列と

列名 3 文字の列に割当

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC		D	AD	BD	CD				
割付 2						DE				CE	BE			E	AE
割付 3			EF		DF				CF		AF	F			BF
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	c	a	b	a
			b		c	c	c			d	d	d	d	c	c
													d	d	d

主効果が「列名 1 文字の列」と「列名 3 文字の列」の場合、交互作用は「2 文字 or 4 文字の列」に現れる

$$bcd \times a = abcd, \quad bcd \times b = b^2cd = cd, \quad c \times d = cd$$

こうすることで、主効果どうし、主効果と 2 因子交互作用は交絡しない（別名関係にならない）

交互作用は交絡するので、(3)、(5)、(6)、(9)、(10)、(12)、(15) の効果が有意のとき区別不可

●L₁₆ 直交表の割付方法

(v) 因子 E を (14) 列に、因子 F を (13) 列に割付、交互作用の現れる列に交互作用を割付

主効果は

列名 1 文字の列と

列名 3 文字の列に割当

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	D	AD	BD	CD					
割付 2						DE			CE	BE		E	AE		
割付 3			EF		DF			CF		AF	F		BF		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	d	a	b	a
			b		c	c			d	d	d		d	d	d

交互作用が重なっている
お互いに**交絡**している
お互いが**別名**の関係にある

主効果が「列名 1 文字の列」と「列名 3 文字の列」の場合、交互作用は「2 文字 or 4 文字の列」に現れる

$$bcd \times a = abcd, \quad bcd \times b = b^2cd = cd, \quad c \times d = cd$$

こうすることで、主効果どうし、主効果と 2 因子交互作用は交絡しない（別名関係にならない）

主効果を優先

交互作用は交絡するので、(3)、(5)、(6)、(9)、(10)、(12)、(15) の効果が有意のとき区別不可

●L₁₆ 直交表の割付方法

(vi) 因子 G を (11) 列に、因子 H を (7) 列に割付、交互作用の現れる列に交互作用を割付
(列名が3つの列)

多くの交互作用が交絡
主効果は交互作用の
影響を受けずに推定可

割付 1	A	B	AB	C	AC	BC	D	AD	BD	CD					
割付 2						DE			CE	BE	E	AE			
割付 3			EF		DF			CF		AF	F	BF			
割付 4			DG		EG	FG		BG	AG	G		CG			
割付 5			CH		BH	AG	H	EH	FH		GH	DH			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
	a		a		a		a		a		a		a		a
列名		b	b			b	b			b	b			b	b
				c	c	c	c					c	c	c	c
								d	d	d	d	d	d	d	d

9 番目の因子 I を追加すると、主効果に交互作用が交絡し、主効果を正しく推測できない
9 以上の因子の場合、さらに大きな直交表を使う (L₁₆ の次は L₃₂ 直交表、2 倍)

注) 分散分析には誤差を評価する列が必要 (効果は推定できるが、検定はできない、後述)



● 2水準系直交表

直交表	割付可能な要因数 (誤差含む)	実験回数
$L_4(2^3)$	3	4
$L_8(2^7)$	7	8
$L_{16}(2^{15})$	15	16
$L_{32}(2^{31})$	31	32
$L_{64}(2^{63})$	63	64
...

実験規模が極端に拡大

この他に 3 水準の直交表、 2 水準と 3 水準が混合した直交表もある（説明は省略）



(2) Excel による直交表データの解析

別の事例で、 L_{16} 直交表を使った解析を説明

●事例

目的：製品の製造条件をスクリーニングする

因子：A、B、C、D、E、Fの6因子（2水準）

交互作用は因子A、B、C、D間の6個（ $4(4-1)/2 = 6$ ）、計12個 → L_{16} 直交表を利用

（固有技術から考慮すべき交互作用であると判断）

（残り3列）

● L_{16} 直交表への割付の事例

表示6.2.4 Excel による直交表 L_{16} の解析（一部）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>
		<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>
				<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>					<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>
								<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
割付	A	B	AB	C	AC	BC	誤差	D	AD	BD	誤差	CD	F	E	誤差
			EF		DF	DE			CF	CE		BE			
												AF			

●事例

目的：製品の製造条件をスクリーニングする

因子：A、B、C、D、E、Fの6因子（2水準）

例) 温度 (10, 20 °C)、圧力 (1、1.5気圧)
触媒量 (10,20 mg)、反応時間 (1, 2 hr) …

交互作用は因子 A、B、C、D 間の6個 ($4(4-1) / 2 = 6$)、計12個 → L_{16} 直交表を利用

(固有技術から考慮すべき交互作用であると判断)

(残り3列)

● L_{16} 直交表への割付の事例

表示6.2.4 Excel による直交表 L_{16} の解析 (一部)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>		<i>a</i>
		<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>			<i>b</i>	<i>b</i>
				<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>					<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>
								<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
割付	A	B	AB	C	AC	BC	誤差	D	AD	BD	誤差	CD	F	E	誤差
			EF		DF	DE			CE			BE			
								CF				AF			

●事例

目的：製品の製造条件をスクリーニングする

因子：A、B、C、D、E、Fの6因子（2水準）

交互作用は因子A、B、C、D間の6個（ $4(4-1)/2 = 6$ ）、計12個 → L_{16} 直交表を利用

（固有技術から考慮すべき交互作用であると判断）

（残り3列）

● L_{16} 直交表への割付の事例

因子Aを(1)列、Bを(2)列、Cを(4)列、Dを(8)列、Eを(14)列、Fを(13)列に割付

表示6.2.4 Excelによる直交表 L_{16} の解析（一部）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	c	d	b	a
割付	A	B	AB	C	AC	BC	誤差	D	AD	BD	誤差	CD	F	E	誤差
			EF		DF	DE			CF	CE		BE	AF		

Excel による直交表データの解析

●事例

目的：製品の製造条件をスクリーニングする

因子：A、B、C、D、E、Fの6因子（2水準）

交互作用は因子A、B、C、D間の6個（ $4(4-1)/2 = 6$ ）、計12個 → L_{16} 直交表を利用

（固有技術から考慮すべき交互作用であると判断）

（残り3列）

● L_{16} 直交表への割付の事例

交互作用AB、AC、AD、BC、BD、CDを割付（交絡なし、EとFに関する交互作用は交絡あり）

表示6.2.4 Excel による直交表 L_{16} の解析（一部）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	a b	c	a c	b c	a b c	d	a d	b d	a b d	c d	a c d	b c d	a b c d
割付	A	B	AB EF	C	AC DF	BC DE	誤差	D	AD CF	BD CE	誤差	CD BE AF	F	E	誤差

考慮すべき交互作用

AB : (1)(2) $a \times b = ab$ →(3)
 AC : (1)(4) $a \times c = ac$ →(5)
 AD : (1)(8) $a \times d = ad$ →(9)
 BC : (2)(4) $b \times c = bc$ →(6)
 BD : (2)(8) $b \times d = bd$ →(10)
 CD : (4)(8) $c \times d = cd$ →(12)

Excel による直交表データの解析

●事例

目的：製品の製造条件をスクリーニングする

因子：A、B、C、D、E、Fの6因子（2水準）

交互作用は因子A、B、C、D間の6個 $(4(4-1)/2)$

(固有技術から考慮すべき交互作用)

●L₁₆ 直交表への割付の事例

交互作用 AB、AC、AD、BC、BD、CD を割付（交絡なし、EとFに関する交互作用は交絡あり）

EF : (13)(14) $acd \times bcd = ab \rightarrow (3)$
 DF : (8)(13) $d \times acd = ac \rightarrow (5)$
 DE : (8)(14) $d \times bcd = bc \rightarrow (6)$
 CF : (4)(13) $c \times acd = ad \rightarrow (9)$
 CE : (4)(14) $c \times bcd = bd \rightarrow (10)$
 BE : (4)(8) $b \times bcd = cd \rightarrow (12)$
 AF : (1)(13) $a \times acd = cd \rightarrow (12)$

表示6.2.4 Excel による直交表 L₁₆ の解析（一部）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	c	a	b	a
割付	A	B	AB	C	AC	BC	誤差	D	AD	BD	誤差	CD	F	E	誤差
			EF		DF	DE			CF	CE		BE	AF		

考慮すべき交互作用

EとFに関する交互作用

●事例

目的：製品の製造条件をスクリーニングする

因子：A、B、C、D、E、Fの6因子（2水準）

交互作用は因子A、B、C、D間の6個（ $4(4-1)/2 = 6$ ）、計12個 → L_{16} 直交表を利用

（固有技術から考慮すべき交互作用であると判断）

（残り3列）

● L_{16} 直交表への割付の事例

交互作用AB、AC、AD、BC、BD、CDを割付（交絡なし、EとFに関する交互作用は交絡あり）

誤差の推定に 表示6.2.4 Excelによる直交表 L_{16} の解析（一部）

(7)(11)(15)列を
使う
最低3列、
できれば5列
を誤差に割付

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	d	a	b	a
割付	A	B	AB	C	AC	BC	誤差	D	AD	BD	誤差	CD	F	E	誤差
			EF		DF	DE			CF	CE		BE			
												AF			

誤差の推定

Excel による直交表データの解析

●実験

表示6.2.4
(一部改変)

水準組合せ
無作為に実験
観測値を得る

16回の実験を
無作為に
実施

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	水準組合せ	y
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A1B1C1D1E1F1	28
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	A1B1C1D2E2F2	21
3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	A1B1C2D1E2F2	31
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	A1B1C2D2E1F1	28
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	A1B2C1D1E1F2	26
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	A1B2C1D2E2F1	23
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	A1B2C2D1E2F1	34
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	A1B2C2D2E1F2	33
9	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	A2B1C1D1E2F1	33
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	A2B1C1D2E1F2	27
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	A2B1C2D1E1F2	27
12	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	A2B1C2D2E2F1	28
13	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	A2B2C1D1E2F2	43
14	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	A2B2C1D2E2F2	46
15	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	A2B2C2D1E1F1	43
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	A2B2C2D2E2F2	30
列名	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>AB</i>	<i>C</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>		<i>D</i>	<i>AD</i>	<i>BD</i>		<i>CD</i>	<i>F</i>	<i>E</i>			
			<i>EF</i>		<i>DF</i>	<i>DE</i>				<i>CE</i>		<i>BE</i>			<i>AE</i>		
								<i>CF</i>				<i>AF</i>			<i>BF</i>		

観測値
(生産量)

1→水準1
-1→水準2

●効果と平方和の計算

前節 (§6.1) の L_8 直交表と同様に計算する

主効果と交互作用：各列と観測値 y の列の積和を平均

$$a = \frac{1 \times 28 + 1 \times 21 + \dots + (-1) \times 43 + (-1) \times 30}{16} = -3.3$$

観測値の数

平方和：上の効果を求める式の分子の部分を2乗して平均

$$S_A = \frac{(1 \times 28 + 1 \times 21 + \dots + (-1) \times 43 + (-1) \times 30)^2}{16} = 175.6$$

表示6.2.4
(一部改変)

	(1)	(2)	...	(15)	y
1	1	1	...	1	28
2	1	1	...	-1	21
3	1	1	...	-1	31
4	1	1	...	1	28
5	1	-1	...	-1	26
6	1	-1	...	1	23
7	1	-1	...	1	34
8	1	-1	...	-1	33
9	-1	1	...	-1	33
10	-1	1	...	1	27
11	-1	1	...	1	27
12	-1	1	...	-1	28
13	-1	-1	...	1	43
14	-1	-1	...	-1	46
15	-1	-1	...	-1	43
16	-1	-1	...	1	30
	A	B	...	AE	
効果	-3.3	-3.4	...	-1.3	
平方和	175.6	189.1	...	27.6	

因子Aを
割付けた
(1)列

観測値 y

●効果と平方和の計算

前節 (§6.1) の L_8 直交表と同様に計算する

主効果と交互作用：各列と観測値 y の列の積和を平均

$$a = \frac{1 \times 28 + 1 \times 21 + \dots + (-1) \times 43 + (-1) \times 30}{16} = -3.3$$

{=AVERAGE(各列 * 観測値 y の列)}

=SUMPRODUCT(各列 * 観測値 y の列) / 16

平方和：上の効果を求める式の分子の部分を 2 乗して平均

$$S_A = \frac{(1 \times 28 + 1 \times 21 + \dots + (-1) \times 43 + (-1) \times 30)^2}{16} = 175.6$$

=SUMPRODUCT(各列 * 観測値 y)^2 / 16

表示6.2.4
(一部改変)

	(1)	(2)	...	(15)	y
1	1	1	...	1	28
2	1	1	...	-1	21
3	1	1	...	-1	31
4	1	1	...	1	28
5	1	-1	...	-1	26
6	1	-1	...	1	23
7	1	-1	...	1	34
8	1	-1	...	-1	33
9	-1	1	...	-1	33
10	-1	1	...	1	27
11	-1	1	...	1	27
12	-1	1	...	-1	28
13	-1	-1	...	1	43
14	-1	-1	...	-1	46
15	-1	-1	...	-1	43
16	-1	-1	...	1	30
	A	B	...	AE	
効果	-3.3	-3.4	...	-1.3	
平方和	175.6	189.1	...	27.6	

因子Aを
割付けた
(1)列

観測値 y

配列数式
(第1部 §2.2)
ブログ

Excel 関数で算出

Excel による直交表データの解析

●効果と平方和の計算

表示6.2.4
(一部改変)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	y
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	21
3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	31
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	28
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	26
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	23
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	34
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	33
9	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	33
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	27
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	27
12	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	28
13	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	43
14	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	46
15	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	43
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	30
列名	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i> <i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i> <i>c</i>	<i>b</i> <i>c</i>	<i>b</i> <i>c</i>	<i>d</i>	<i>a</i> <i>d</i>	<i>b</i> <i>d</i>	<i>a</i> <i>d</i>	<i>c</i> <i>d</i>	<i>a</i> <i>d</i>	<i>b</i> <i>d</i>	<i>a</i> <i>c</i> <i>d</i>	
	A	B	AB	C	AC	BC DE	D	AD	BD CE		CD	F	E		AE BF	
効果	-3.31	-3.44	2.44	-0.44	-3.06	-0.19	1.19	1.81	-0.06	0.06	0.69	-0.19	0.94	1.56	-1.31	
平方和	175.56	189.06	95.06	3.06	150.06	0.56	22.56	52.56	0.06	0.06	7.56	0.56	14.06	39.06	27.56	

平方和は
テキストにない

Excel による直交表データの解析

●LINEST 関数による解析

前節 (§6.1) と同様の方法

x の範囲：誤差の
(7) (11)(15) 列を除く

y の範囲

主効果と交互作用

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(8)	(9)	(10)	(12)	(13)	(14)	y
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28
2	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	21
3	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	31
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	28
5	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	26
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	23
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	34
8	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	33
9	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	33
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	27
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	27
12	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	28
13	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	43
14	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	46
15	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	43
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	30
	A	B	AB	C	AC	BC	D	AD	BD	CD	F	E	
			EF		DF			CF	CE	BE			
										AF			

	E	F	CD	BD	AD	D	BC
回帰係数	1.56	0.94	-0.19	0.06	-0.06	1.81	-0.19
その標準誤差	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
	0.9	4.4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	3.1	3.0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
回帰平方和	719.8	57.7	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
t 値	1.43	0.86	-0.17	0.06	-0.06	1.65	-0.17
F 値	2.03	0.73	0.03	0.00	0.00	2.73	0.03

	AC	C	AB	B	A	const
回帰係数	-3.06	-0.44	2.44	-3.44	-3.31	31.31
その標準誤差	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
回帰平方和	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
t 値	-2.79	-0.40	2.22	-3.14	-3.02	28.56
F 値	7.80	0.16	4.94	9.83	9.13	

表示6.1.4 参照

●LINEST 関数による解析

前節 ([§6.1](#)) の表示6.1.2 と同様に
効果と平方和の計算結果と
LINEST 関数の結果とを合わせて作成

いずれの要因も $\alpha = 0.05$ で有意ではない
 p 値が 0.2 以下の因子の主効果と交互作用は
A、B、D、A×B、A×C

直交表を用いた解析では、
誤差の自由度が小さいため、
効果の小さい因子や交互作用を
誤差と見なして再解析する → JMPで解説

要因	効果	平方和	自由度	平均平方	F比	p 値
A	-3.31	175.6	1	175.6	9.13	0.057
B	-3.44	189.1	1	189.1	9.83	0.052
C	-0.44	3.1	1	3.1	0.16	0.717
D	1.81	52.6	1	52.6	2.73	0.197
E	1.56	39.1	1	39.1	2.03	0.249
F	0.94	14.1	1	14.1	0.73	0.455
A×B	2.44	95.1	1	95.1	4.94	0.113
A×C	-3.06	150.1	1	150.1	7.80	0.068
A×D	-0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
B×C	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
B×D	0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
C×D	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
e		57.7	3	19.2		
T		777.4	15			

(3) JMP [モデルのあてはめ] による 直交表データの解析

- (a) 2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合の手順
- (b) 2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合の手順
因子と 2 因子交互作用を試行錯誤で増加・減少させる方法
(ステップワイズ法)



2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.220

●JMP を使った直交表データの解析の手順

(i) Excel で直交表データを作成

あらかじめ Excel で作成した直交表に割付けて、交絡関係を確認（前項 (2) で実施済）

(ii) Excel からJMP にデータを貼り付け

主効果の列と観測値「y」の列だけを貼り付ける（交互作用と誤差を割付けた列は不要）

(iii) JMP [モデルのあてはめ] で解析

因子：A、B、C、D、E、F

2 因子交互作用：A×B、A×C、A×D、B×C、B×D、C×D（前項 (2) 参照）

A, B, C, D の交互作用

なお、JMP では、「直交表」という用語は使われていない

また、JMP の「一部実施要因計画」の機能を使って、直交表計画を作成できる



2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

(ii) Excel から JMP にデータを貼り付け

(1) (2) (4) (8) (14) (13) y 列

表示 6.2.4

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	y
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	21
3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	31
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	28
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	26
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	23
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	34
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	23
9	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	33
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	27
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	27
12	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	28
13	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	43
14	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	46
15	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	43
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	30
列名	a		a		a		a		a		a		a		a	
		b	b			b	b			b	b			b	b	
				c	c	c	c					c	c	c	c	
								d	d	d	d	d	d	d	d	
	A	B	AB	C	AC	BC		D	AD	BD		CD	F	E		
						DE				CE		BE			AE	
			EF		DF				CF			AF			BF	

主効果のみ
交互作用と誤差を
割付けた列は不要

	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	23
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

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.220

●JMPファイルの読み込みと表示

JMP ファイル「6-直交表.jmp」を読み込み

●データ

表示 6.2.4 のデータ (Excel のデータを JMP に貼り付けたという想定)

因子 : 「A」 「B」 「C」 「D」 「E」 「F」 … 名義尺度

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」 「C」 「D」 「E」 「F」

「A*B」 「A*C」 「A*D」 「B*C」 「B*D」 「C*D」

[強調点] : [最小レポート]

A, B, C, D の交互作用

	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

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

●モデルの設定

(i) A~F を選択

モデルの指定

列の選択

役割変数の選択

モデル効果の構成

追加

交差

枝分かれ

マクロ

次数 2

属性

2 因子交互作用
= 1 次交互作用

(ii) 2 次を確認

(ii) A~D を選択

モデルの指定

列の選択

役割変数の選択

モデル効果の構成

追加

交差

枝分かれ

マクロ

次数 2

属性

追加

交差

枝分かれ

マクロ

次数 2

属性

変換

切片なし

(ii) 2 因子交互作用

A

B

C

D

E

F

A*B

A*C

A*D

B*C

B*D

C*D

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.220

●分散分析

要因	効果	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	-3.31	175.6	1	175.6	9.13	0.057
B	-3.44	189.1	1	189.1	9.83	0.052
C	-0.44	3.1	1	3.1	0.16	0.717
D	1.81	52.6	1	52.6	2.73	0.197
E	1.56	39.1	1	39.1	2.03	0.249
F	0.94	14.1	1	14.1	0.73	0.455
A×B	2.44	95.1	1	95.1	4.94	0.113
A×C	-3.06	150.1	1	150.1	7.80	0.068
A×D	-0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
B×C	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
B×D	0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
C×D	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
e		57.7	3	19.2		
T		777.4	15			

計 719.8

計 12

表示 6.2.5 JMPによる直交表L16の解析

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	12	719.75000	59.9792	3.1192
誤差	3	57.68750	19.2292	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	15	777.43750		0.1896

$p > 0.05$ 、有意ではない

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

●パラメータ推定値

自由度 v の t 分布の 2 乗は
 自由度 $(1, v)$ の F 分布に一致
 $-3.02^2 = 9.13$
 (第 1 部 p.187 参照)

表示 6.2.5 JMPによる直交表L16の解析

要因	効果	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	-3.31	175.6	1	175.6	9.13	0.057
B	-3.44	189.1	1	189.1	9.83	0.052
C	-0.44	3.1	1	3.1	0.16	0.717
D	1.81	52.6	1	52.6	2.73	0.197
E	1.56	39.1	1	39.1	2.03	0.249
F	0.94	14.1	1	14.1	0.73	0.455
A×B	2.44	95.1	1	95.1	4.94	0.113
A×C	-3.06	150.1	1	150.1	7.80	0.068
A×D	-0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
B×C	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
B×D	0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
C×D	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
e		57.7	3	19.2		
T		777.4	15			

パラメータ推定値				
項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
切片	31.3125	1.096277	28.56	<.0001*
A	-3.3125	1.096277	-3.02	0.0567
B	-3.4375	1.096277	-3.14	0.0518
C	-0.4375	1.096277	-0.40	0.7165
D	1.8125	1.096277	1.65	0.1968
E	1.5625	1.096277	1.43	0.2493
F	0.9375	1.096277	0.86	0.4553
A*B	2.4375	1.096277	2.22	0.1127
A*C	-3.0625	1.096277	-2.79	0.0682
A*D	-0.0625	1.096277	-0.06	0.9581
B*C	-0.1875	1.096277	-0.17	0.8751
B*D	0.0625	1.096277	0.06	0.9581
C*D	-0.1875	1.096277	-0.17	0.8751

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.220

●分散分析

$\alpha=0.05$ で有意になる要因はない

$p > 0.05$ 、有意ではない

要因	効果	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
A	-3.31	175.6	1	175.6	9.13	0.057
B	-3.44	189.1	1	189.1	9.83	0.052
C	-0.44	3.1	1	3.1	0.16	0.717
D	1.81	52.6	1	52.6	2.73	0.197
E	1.56	39.1	1	39.1	2.03	0.249
F	0.94	14.1	1	14.1	0.73	0.455
A×B	2.44	95.1	1	95.1	4.94	0.113
A×C	-3.06	150.1	1	150.1	7.80	0.068
A×D	-0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
B×C	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
B×D	0.06	0.1	1	0.1	0.00	0.958
C×D	-0.19	0.6	1	0.6	0.03	0.875
e		57.7	3	19.2		
T		777.4	15			

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	175.56250	9.1300	0.0567
B	1	1	189.06250	9.8321	0.0518
C	1	1	3.06250	0.1593	0.7165
D	1	1	52.56250	2.7335	0.1968
E	1	1	39.06250	2.0314	0.2493
F	1	1	14.06250	0.7313	0.4553
A*B	1	1	95.06250	4.9437	0.1127
A*C	1	1	150.06250	7.8039	0.0682
A*D	1	1	0.06250	0.0033	0.9581
B*C	1	1	0.56250	0.0293	0.8751
B*D	1	1	0.06250	0.0033	0.9581
C*D	1	1	0.56250	0.0293	0.8751

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.220

●誤差へのプーリング

直交表を用いた解析では、誤差の自由度が小さいため、効果の小さい因子や交互作用を誤差と見なして再解析

表示 6.2.5 JMPによる直交表L16の解析

p 値が 0.2 以下の要因をモデルに取り入れてみる

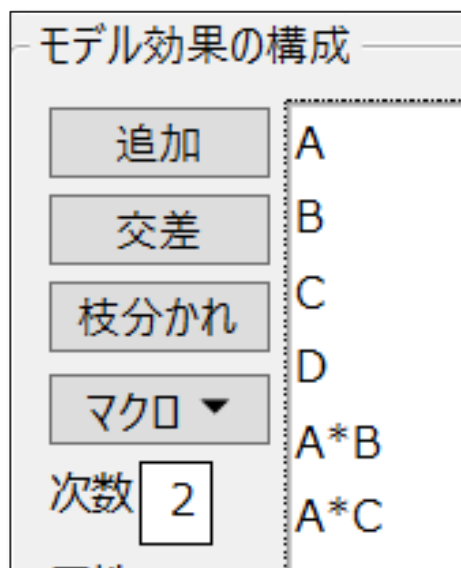
A、B、D、A×B、A×C

A×Cが含まれるので、Cも取り入れる

それ以外は誤差と見なす

→ 再計算

$p < 0.20$ の要因



パラメータ推定値				
項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
切片	31.3125	1.096277	28.56	<.0001*
A	-3.3125	1.096277	-3.02	0.0567
B	-3.4375	1.096277	-3.14	0.0518
C	-0.4375	1.096277	-0.40	0.7165
D	1.8125	1.096277	1.65	0.1968
E	1.5625	1.096277	1.43	0.2493
F	0.9375	1.096277	0.86	0.4553
A*B	2.4375	1.096277	2.22	0.1127
A*C	-3.0625	1.096277	-2.79	0.0682
A*D	-0.0625	1.096277	-0.06	0.9581
B*C	-0.1875	1.096277	-0.17	0.8751
B*D	0.0625	1.096277	0.06	0.9581
C*D	-0.1875	1.096277	-0.17	0.8751

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.220

●誤差へのプーリング

プーリングにより、
誤差の自由度は 3 → 9
誤差の平均平方は 19.2 → 12.4

誤差の自由度が増え、
平均平方が小さくなったため
誤差が精度よく推測されるようになった

表示 6.2.5 JMPによる直交表L16の解析 (左)

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	12	719.75000	59.9792	3.1192
誤差	3	57.68750	19.2292	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	15	777.43750		0.1896

プーリング

表示 6.2.5 JMPによる直交表L16の解析 (右、再計算)

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	6	665.37500	110.896	8.9063
誤差	9	112.06250	12.451	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	15	777.43750		0.0023*

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.221

●誤差へのプーリング

再解析した結果、標準誤差は減少、 p 値も減少、有意になった要因は A、B、 $A \times B$ 、 $A \times C$
(1.096 \rightarrow 0.882)

パラメータ推定値は変わらない (取り上げた因子がすべて直交しているため)

表示 6.2.5 JMPによる直交表L16の解析 (左)

パラメータ推定値				
項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
切片	31.3125	1.096277	28.56	<.0001*
A	-3.3125	1.096277	-3.02	0.0567
B	-3.4375	1.096277	-3.14	0.0518
C	-0.4375	1.096277	-0.40	0.7165
D	1.8125	1.096277	1.65	0.1968
E	1.5625	1.096277	1.43	0.2493
F	0.9375	1.096277	0.86	0.4553
A*B	2.4375	1.096277	2.22	0.1127
A*C	-3.0625	1.096277	-2.79	0.0682
A*D	0.0625	1.096277	0.06	0.0581

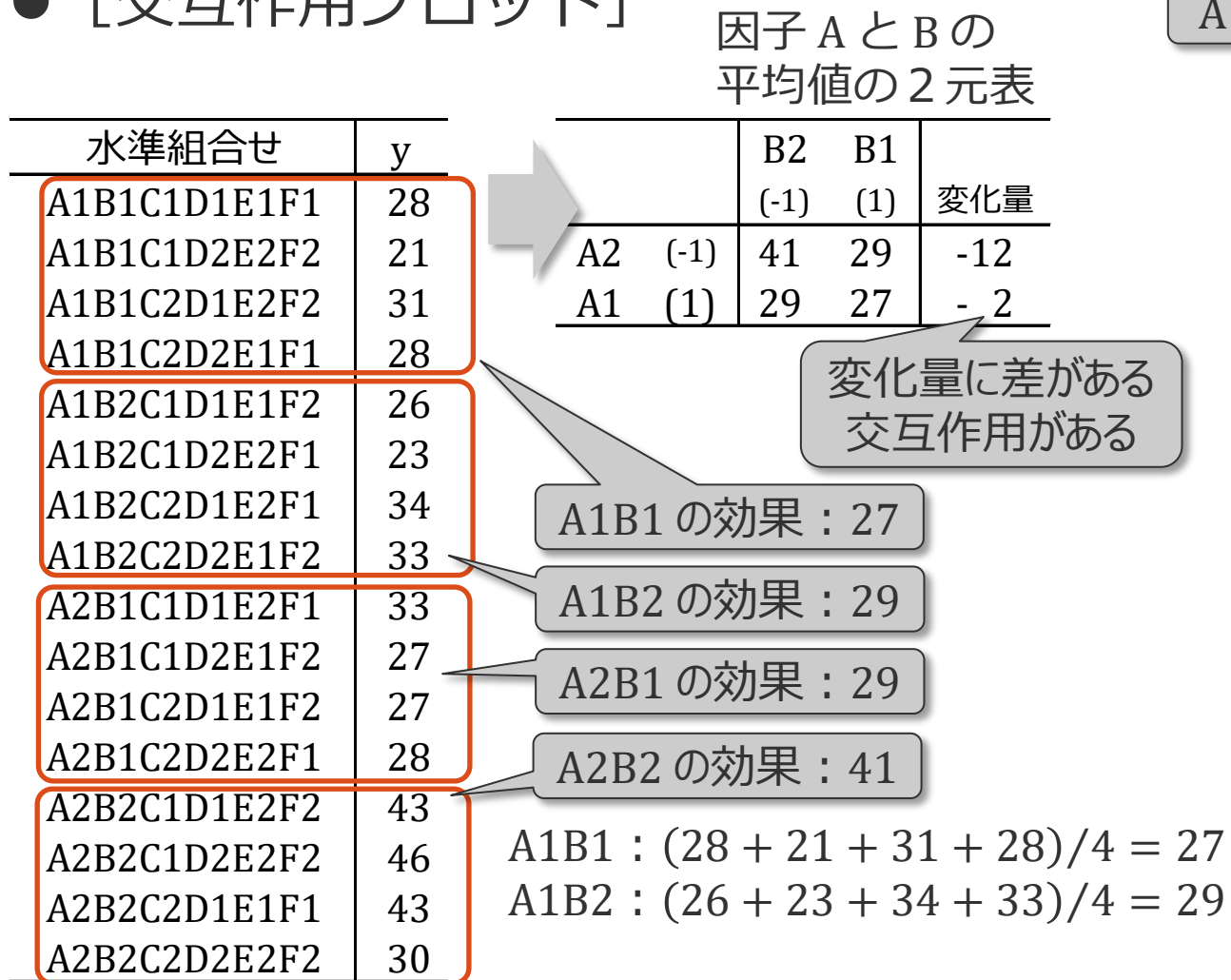
プーリング

表示 6.2.5 JMPによる直交表L16の解析 (右、再計算)

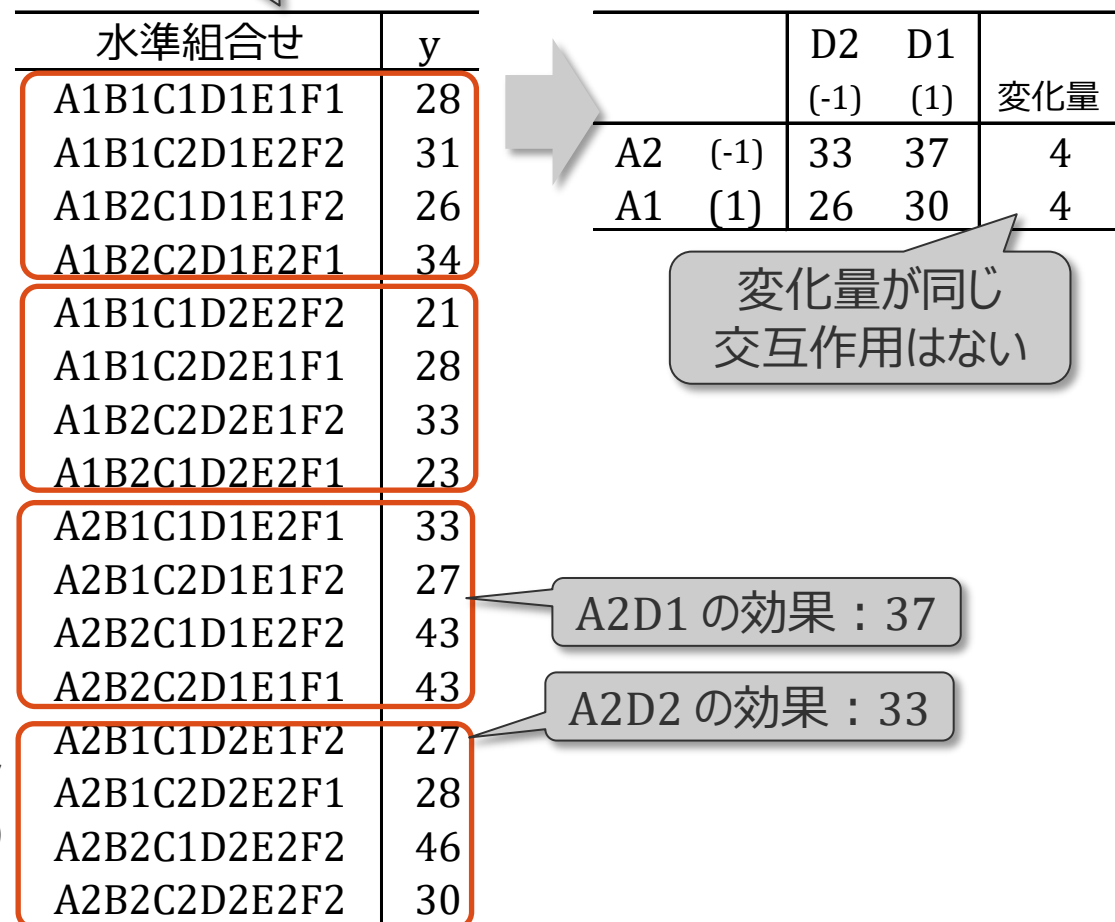
パラメータ推定値				
項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
切片	31.3125	0.882163	35.50	<.0001*
A	-3.3125	0.882163	-3.75	0.0045*
B	-3.4375	0.882163	-3.90	0.0036*
C	-0.4375	0.882163	-0.50	0.6318
D	1.8125	0.882163	2.05	0.0701
A*B	2.4375	0.882163	2.76	0.0220*
A*C	-3.0625	0.882163	-3.47	0.0070*

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

● [交互作用プロット]



A と D で並び替え





2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.221

● [交互作用プロット]

ブーリングして再計算する前の
計算結果に戻る

▼ 応答 y > [因子プロファイル]
> [交互作用プロット]
([§5.2](#) 参照)

モデル	6	665			
誤差	9	112.06250	12.451		p値(Pro

2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

● [交互作用プロット] 表示 6.2.6

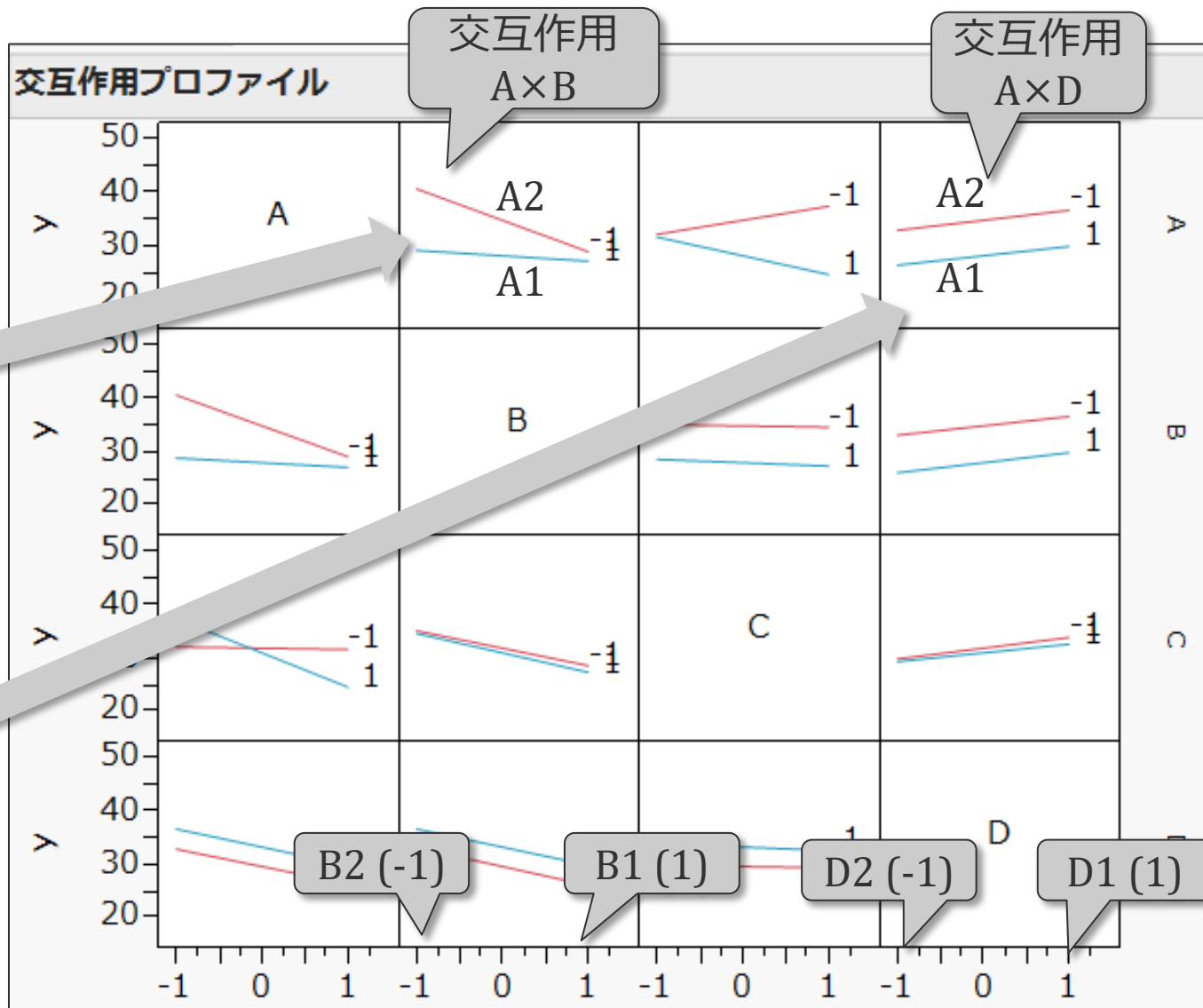
因子 A と B の平均値の 2 元表

	B2	B1	変化量
	(-1)	(1)	
A2 (-1)	41	29	-12
A1 (1)	29	27	- 2

因子 A と D の平均値の 2 元表

	D2	D1	変化量
	(-1)	(1)	
A2 (-1)	33	37	4
A1 (1)	26	30	4

変化量は
右図の傾きに反映



2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合

p.221

● [交互作用プロット] 表示 6.2.6

2 因子ずつ

すべての因子の組合せで表示

傾きが異なる → 交互作用がある

$A \times B$ 、 $A \times C$

Bが低いときにAの効果は高く

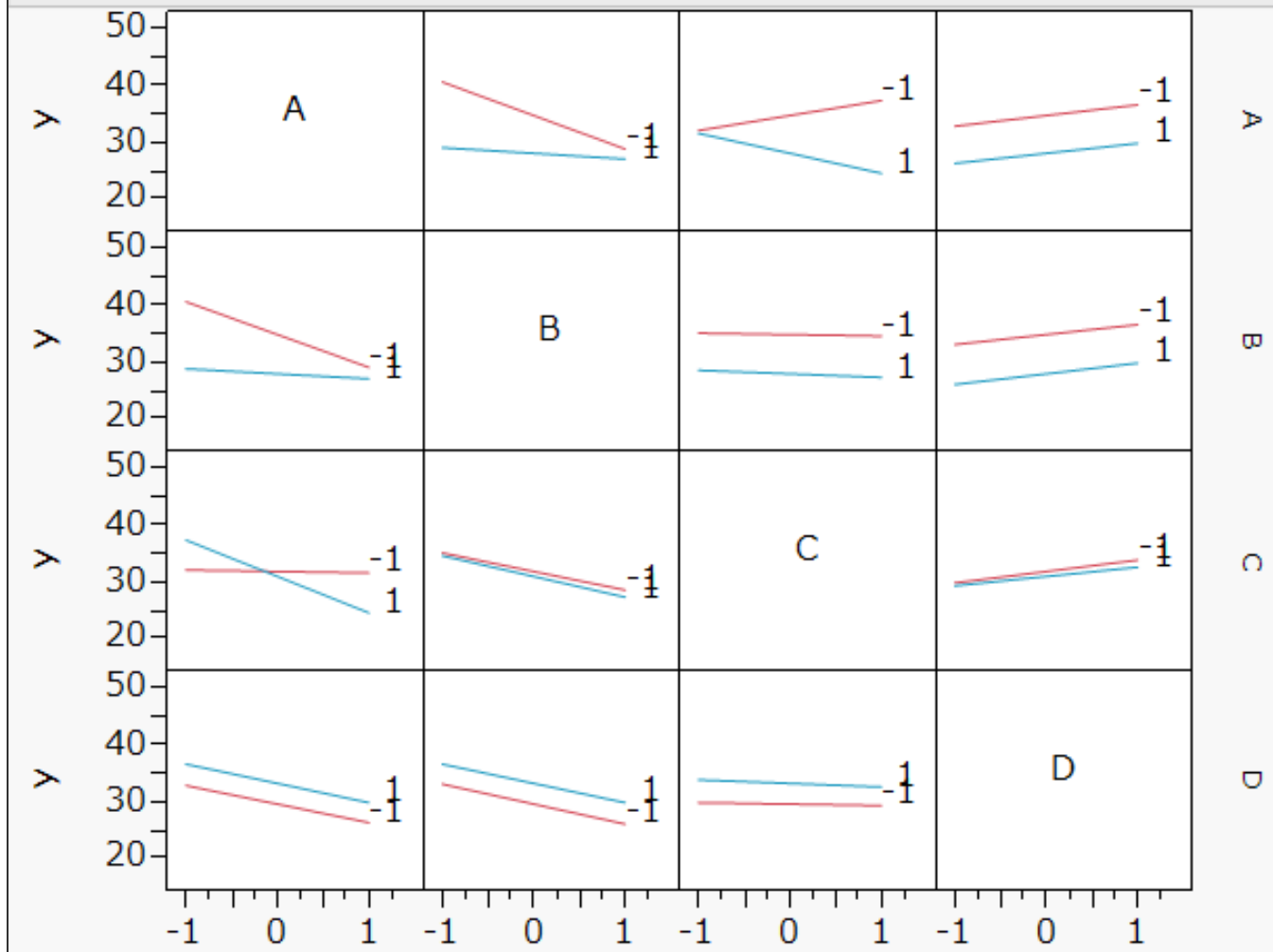
Bが高いときにAの効果は低い

モデルから外した交互作用は

平行に近い → 交互作用が小さい

$A \times D$ 、 $B \times C$ 、 $B \times D$ 、 $C \times D$

交互作用プロファイル





2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.221

● 交互作用の考え方とその解析方法

(a) 2 因子交互作用があらかじめ予想されている場合の手順

因子 : A、B、C、D、E、F

2 因子交互作用 : $A \times B$ 、 $A \times C$ 、 $A \times D$ 、 $B \times C$ 、 $B \times D$ 、 $C \times D$

(b) 2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合の手順

探索的な実験では、

実験前に交互作用の存在する因子の組合せが予想できないこともある



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.221

●ステップワイズ法を利用

探索的な実験では、実験前に交互作用の存在する因子の組合せが予想できないこともある
主効果と交互作用の全てをモデルに設定し、試行錯誤でモデルへの増加・減少を行う



ステップワイズ法

変数増加法： p 値が小さい変数から順に、モデルに増加させる方法

変数減少法： p 値が大きい変数から順に、モデルから減少させる方法

変数増減法：変数の増加と減少を交互に行う方法

JMP では自動的に行う方法と、解析者が自分で増加・減少させる方法（手動選択）がある
手動選択は、JMP 固有の機能、極めて有効な手段

JMP を操作しながら「手動選択」の概要を説明

便宜的に使用する用語

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.221

●JMPファイルの読み込みと表示

JMP ファイル「6-直交表.jmp」を読み込み

●データ

表示 6.2.4 のデータ

因子 : 「A」 「B」 「C」 「D」 「E」 「F」 …… 連続尺度

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」 「C」 「D」 「E」 「F」

これらの全ての2因子交互作用

[手法] : [ステップワイズ法]、[実行]

	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

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

モデルの設定

モデルの指定

列の選択

役割変数の選択

モデル効果の構成

[マクロ] >
[設定された次数まで]

2 因子交互作用
= 1 次交互作用

モデルの指定

列の選択

役割変数の選択

手法:

強調点:

ステップワイズ法

モデル効果の構成

追加

交差

枝分かれ

マクロ

次数 2

属性

因子A~Fの主効果と
全ての2因子交互作用
下の部分は省略

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

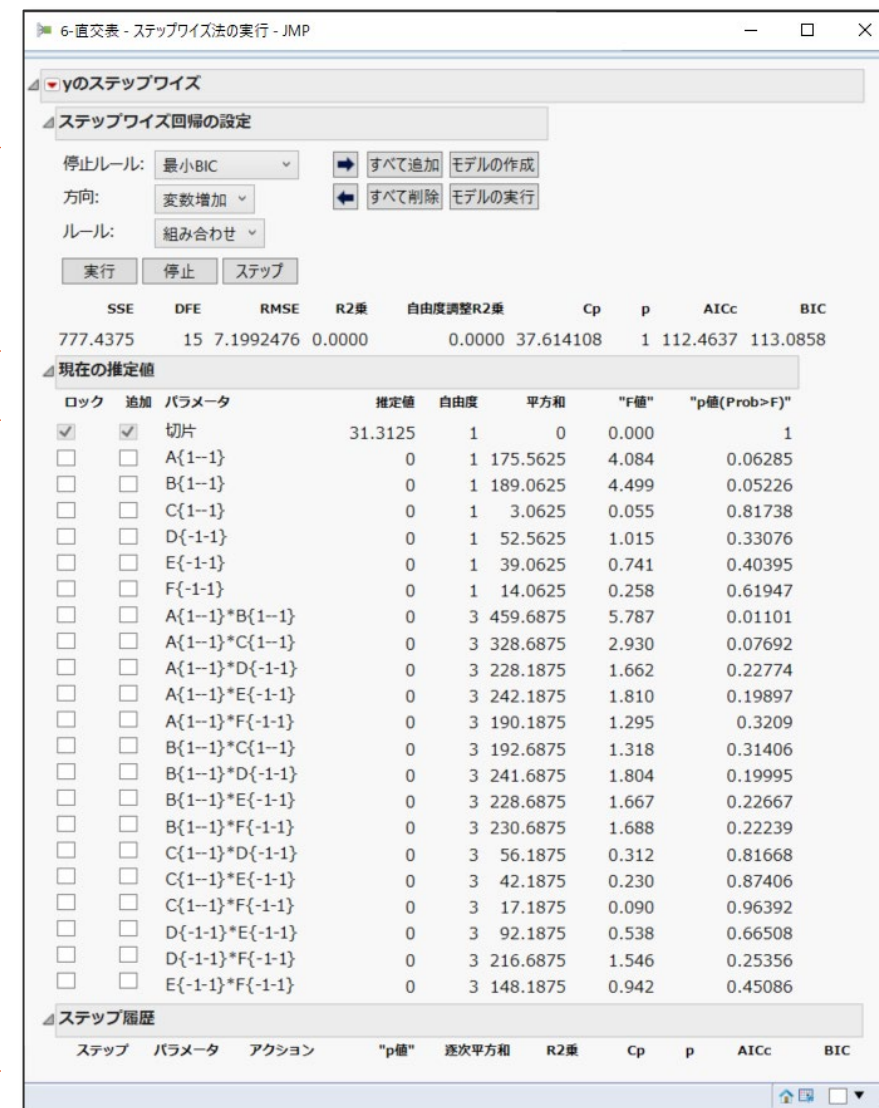
●ステップワイズ法

ステップワイズ法の初期画面
この一部を拡大して操作を説明

表示 6.2.7
ステップワイズの初期画面

変数増加法
変数減少法
変数増減法
による自動機能

手動で解析を
進める機能
「**手動選択**」



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

ステップワイズ法の初期画面
この一部を拡大して操作を説明

表示 6.2.7
ステップワイズの初期画面

変数増加法
変数減少法
変数増減法
による自動機能

手動で解析を
進める機能
「**手動選択**」

6-直交表 - ステップワイズ法の実行 - JMP

yのステップワイズ

ステップワイズ回帰の設定

停止ルール: 最小BIC [すべて追加] [モデルの作成]

方向: 変数増加 [すべて削除] [モデルの実行]

ルール: 組み合わせ

実行 停止 ステップ

SSE	DFE	RMSE	R2乗	自由度調整R2乗	Cp	p	AICc	BIC
777.4375	15	7.1992476	0.0000	0.0000	37.614108	1	112.4637	113.0858

現在の推定値

ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}	0	1	175.5625	4.084	0.06285
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}	0	1	189.0625	4.499	0.05226
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1-1}	0	1	3.0625	0.055	0.81738
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	52.5625	1.015	0.33076
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	39.0625	0.741	0.40395
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.258	0.61947
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*B{1-1}	0	3	459.6875	5.787	0.01101
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*C{1-1}	0	3	328.6875	2.930	0.07692
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*D{-1-1}	0	3	228.1875	1.662	0.22774
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*E{-1-1}	0	3	242.1875	1.810	0.19897
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*F{-1-1}	0	3	190.1875	1.295	0.3209
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*C{1-1}	0	3	192.6875	1.318	0.31406
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*D{-1-1}	0	3	241.6875	1.804	0.19095
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*E{-1-1}	0	3	228.6875	1.667	0.22667
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*F{-1-1}	0	3	230.6875	1.688	0.22239
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1-1}*D{-1-1}	0	3	56.1875	0.312	0.81668
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1-1}*E{-1-1}	0	3	42.1875	0.230	0.87406
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1-1}*F{-1-1}	0	3	17.1875	0.090	0.96392
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}*E{-1-1}	0	3	92.1875	0.538	0.66508
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}*F{-1-1}	0	3	216.6875	1.546	0.25356
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}*F{-1-1}	0	3	148.1875	0.942	0.45086

ステップ履歴

ステップ	パラメータ	アクション	"p値"	逐次平方和	R2乗	Cp	p	AICc	BIC
------	-------	-------	------	-------	-----	----	---	------	-----



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

初期画面

表示 6.2.7 (一部)

主効果

交互作用

現在の推定値							
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}	0	1	175.5625	4.084	0.06285
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}	0	1	189.0625	4.499	0.05226
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}	0	1	3.0625	0.055	0.81738
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	52.5625	1.015	0.33076
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	39.0625	0.741	0.40395
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.258	0.61947
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	0	3	459.6875	5.787	0.01101
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	0	3	328.6875	2.930	0.07692
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	3	228.1875	1.662	0.22774
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	0	3	242.1875	1.810	0.10807

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.222

●ステップワイズ法

自由度 主効果の自由度は 1

交互作用の自由度は 3 : 交互作用を選択すると、自動的に主効果も選択するため、
3つのパラメータを取り入れることを示している

パラメータの選択基準

主効果と交互作用の選択基準
交互作用より主効果を優先
選択の基準は p 値
(いくつかある)

現在の推定値		パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}	0	1	175.5625	4.084	0.06285
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}	0	1	189.0625	4.499	0.05226
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}	0	1	3.0625	0.055	0.81738
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	52.5625	1.015	0.33076
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	39.0625	0.741	0.40395
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.258	0.61947
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	0	3	459.6875	5.787	0.01101
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	0	3	328.6875	2.930	0.07692
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	3	228.1875	1.662	0.22774
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	0	3	242.1875	1.810	0.19907

主効果の
自由度は 1

この交互作用の
自由度は 3

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.222

●ステップワイズ法

(i) p 値の小さいパラメータを探す

主効果 A, B の p 値は 0.05 に近い。両者の交互作用 $A \times B$ の p 値は 0.011 で最小
[追加] の列の $A \times B$ の行にチェックマークを入れる

現在の推定値							
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}	0	1	175.5625	4.084	0.06285
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}	0	1	189.0625	4.499	0.05226
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}	0	1	3.0625	0.055	0.81738
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	52.5625	1.015	0.33076
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	39.0625	0.741	0.40395
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.258	0.61947
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	0	3	459.6875	5.787	0.01101
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	0	3	328.6875	2.930	0.07692
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	3	228.1875	1.662	0.22774
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	0	3	242.1875	1.810	0.19807

主効果 A と B の p 値は 0.05 に近い

交互作用 $A \times B$ の p 値は最小

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.222

●ステップワイズ法

(i) p 値の小さいパラメータを探す

交互作用 $A \times B$ を [追加] すると、自動的に主効果 A, B も [追加] される (チェックが入る)

A の自由度は $1 \rightarrow 2$

$A \times B$ の自由度は $3 \rightarrow 1$

A と B が関わる交互作用の
自由度は 1 つ減少

表示 6.2.8 (一部)

現在の推定値							
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}	-3.3125	2	270.625	5.110	0.02481
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	B{1--1}	-3.4375	2	284.125	5.365	0.02165
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}	0	1	3.0625	0.107	0.74967
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	3.0625	0.107	0.16783
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	3.0625	1.542	0.24017
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.509	0.49028
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	2.4375	1	95.0625	3.590	0.08247
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	0	2	153.125	4.651	0.03733
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}*F{-1-1}	0	3	210.0625	0.432	0.01283
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}*F{-1-1}	0	0	0	.	.

自動的に
 A, B [追加]

交互作用 $A \times B$
を [追加]

自由度は $1 \rightarrow 2$

自由度は $3 \rightarrow 1$

自由度は 1 つ減少



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

- (i) p 値の小さいパラメータを探す：交互作用 $A \times B$ を [追加]、自動的に主効果 A, B も [追加]
 $A \times B$ と $E \times F$ は交絡（表示6.2.4）、 $E * F$ を追加することはできない（平方和 0、以降空白）

表示 6.2.4 (一部)

	(1)	(2)	(3)	(4)
列名	a		a	
		b	b	
				c
割付	A	B	AB	C
			EF	

表示 6.2.8 (一部)

現在の推定値

ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}	-3.3125	2	270.625	5.110	0.02481
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	B{1--1}	-3.4375	2	284.125	5.365	0.02165
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}	0	1	3.0625	0.107	0.74967
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	52.5625	2.180	0.16783
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	39.0625	1.542	0.24017
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.509	0.49028
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	2.4375	1	95.0625	3.590	0.08247
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	0	2	153.125	4.651	0.03733
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}*F{-1-1}	0	3	216.6875	6.432	0.01283
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}*F{-1-1}	0	0	0	.	.

E×Fは、A×Bと交絡しているので追加不可

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.222

●ステップワイズ法

- (ii) [追加] されていない行の中で p 値が0.05 より小さいのは $D*F$ の 0.013、 $A*C$ の 0.037
両者は交絡（表示6.2.4）、固有技術から重要な交互作用は $A*C$ と判断して $A*C$ を [追加]

表示 6.2.8 (一部)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
列名	a	b	a	c	a
割付	A	B	AB	C	AC
			EF		DF

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	0	2	153.125	4.651	0.03733	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	2	52.625	0.992	0.40441	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	0	2	66.625	1.327	0.30833	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*F{-1-1}	0	2	14.625	0.241	0.7901	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*C{1--1}	0	2	3.625	0.058	0.94425	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*D{-1-1}	0	2	52.625	0.992	0.40441	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*E{-1-1}	0	2	39.625	0.712	0.51377	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*F{-1-1}	0	2	41.625	0.754	0.49557	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}*D{-1-1}	0	3	56.1875	0.644	0.60567	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}*E{-1-1}	0	3	42.1875	0.459	0.71746	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}*F{-1-1}	0	3	17.1875	0.172	0.91293	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}*E{-1-1}	0	3	92.1875	1.226	0.35566	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}*F{-1-1}	0	3	216.6875	6.432	0.01283	



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

(i) (ii) これまで A×B、A×Cを [追加]、自動的に主効果 A, B, C が [追加]

ステップ履歴に経過が表示 (最下段)

現在の推定値							
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}	-3.3125	3	420.6875	8.518	0.00417
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	B{1--1}	-3.4375	2	284.125	8.629	0.00664
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	C{1--1}	-0.4375	2	153.125	4.651	0.03733
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	52.5625	4.221	0.07009
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	39.0625	2.800	0.1286
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.841	0.38314
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	2.4375	1	95.0625	5.774	0.03712
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	-3.0625	1	150.0625	9.115	0.01291
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	2	52.625	1.870	0.21422

ステップ履歴										
ステップ	パラメータ	アクション	"p値"	逐次平方和	R2乗	Cp	p	AICc	BIC	
1	A{1--1}*B{1--1}	追加	0.0110	459.6875	0.5913	13.095	4	109.225	107.088	<input type="radio"/>
2	A{1--1}*C{1--1}	追加	0.0373	153.125	0.7882	6.9295	6	110.703	102.111	<input checked="" type="radio"/>

ステップ履歴に経過が記録



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

(iii) [追加] されていない行の中で p 値が 0.2 より小さいのは D の 0.070、D*E の 0.106、A*E の 0.125、E の 0.129 の 4 つ、主効果を優先するという基準から D と E を [追加]

主効果優先
 p 値が小さい
D, E を [追加]

ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}	-3.3125	3	420.6875	8.518	0.00417
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	B{1--1}	-3.4375	2	284.125	8.629	0.00664
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	C{1--1}	-0.4375	2	153.125	4.651	0.03733
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	D{-1-1}	0	1	52.5625	4.221	0.07009
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E{-1-1}	0	1	39.0625	2.800	0.1286
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	0.841	0.38314
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	2.4375	1	95.0625	5.774	0.03712
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	-3.0625	1	150.0625	9.115	0.01291
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	2	52.625	1.879	0.21423
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	0	2	66.625	2.719	0.12558
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*F{-1-1}	0	2	14.625	0.390	0.68926



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

(i) (ii) (iii) の結果

表示6.2.9 ステップワイズの選択過程の画面 (一部)

ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}	-3.3125	3	420.6875	15.368	0.0011
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	B{1--1}	-3.4375	2	284.125	15.568	0.00175
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	C{1--1}	-0.4375	2	153.125	8.390	0.01086
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D{-1-1}	-1.8125	1	52.5625	5.760	0.04317
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E{-1-1}	-1.5625	1	39.0625	4.281	0.07234
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	1.670	0.23726
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	2.4375	1	95.0625	10.418	0.0121
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	-3.0625	1	150.0625	16.445	0.00366
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	1	0.0625	0.006	0.94043
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	0	1	27.5625	4.246	0.07829

ステップ履歴									
ステップ	パラメータ	アクション	"p値"	逐次平方和	R2乗	Cp	p	AICc	BIC
1	A{1--1}*B{1--1}	追加	0.0110	459.6875	0.5913	13.095	4	109.225	107.088 ○
2	A{1--1}*C{1--1}	追加	0.0373	153.125	0.7882	6.9295	6	110.703	102.111 ○
3	D{-1-1}	追加	0.0701	52.5625	0.8559	5.4398	7	113.121	98.7302 ○
4	E{-1-1}	追加	0.0723	39.0625	0.9061	4.8465	8	117.692	94.6453 ●

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

事前の考慮が不十分？

(iv) 前の解析 (表示 6.2.5) では技術的に無視された交互作用 A*E と B*F の p 値が 0.078, 0.079
 A*E と B*F は交絡 (表示 6.2.4) 技術的配慮から A*E を [追加]

表示 6.2.4 (一部)

	(13)	(14)	(15)
列名	a	b	b
	c	c	c
	d	d	d
割付	F	E	AE BF

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E{-1-1}	-1.5625	1	39.0625	4.281	0.07234
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	1.670	0.23726
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	2.4375	1	95.0625	10.418	0.0121
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	-3.0625	1	150.0625	16.445	0.00366
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	1	0.0625	0.006	0.94043
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	0	1	27.5625	4.246	0.07829
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*F{-1-1}	0	2	14.625	0.752	0.51134
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*C{1--1}	0	1	0.5625	0.054	0.82232
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*D{-1-1}	0	1	0.0625	0.006	0.94043
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*E{-1-1}	0	1	0.5625	0.054	0.82232
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1--1}*F{-1-1}	0	2	41.625	3.980	0.07939
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}*D{-1-1}	0	1	0.5625	0.054	0.82232
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1--1}*E{-1-1}	0	1	0.0625	0.006	0.94043

A×E [追加]

A×E [追加] 後
平方和などが 0

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.224

●ステップワイズ法

(iv) 前の解析（表示 6.2.5）では技術的に無視された交互作用 A*E と B*F の p 値が 0.078, 0.079

A*E と B*F は交絡（表示 6.2.4） 技術的配慮から A*E を [追加]

A*E ではなく B*F を [追加]

モデルの係数の
値と符号の変化を
参考にして検討

モデルの係数
(パラメータ)

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E{-1-1}	-1.5625	1	30.0625	4.281	0.07234
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	1.670	0.23726
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1-1}*B{1-1}	2.4375	1	95.0625	10.418	0.0121
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1-1}*C{1-1}	-3.0625	1	150.0625	16.445	0.00366
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*D{-1-1}	0	1	0.0625	0.006	0.94043
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*E{-1-1}	0	1	27.5625	4.246	0.07829
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1-1}*F{-1-1}	0	2	14.625	0.752	0.51134
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*C{1-1}	0	1	0.5625	0.054	0.82232
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*D{-1-1}	0	1	0.0625	0.006	0.94043
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*E{-1-1}	0	1	0.5625	0.054	0.82232
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B{1-1}*F{-1-1}	0	2	41.625	3.980	0.07939
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1-1}*D{-1-1}	0	1	0.5625	0.054	0.82232
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C{1-1}*E{-1-1}	0	1	0.0625	0.006	0.94043

B×F [追加] 後
平方和などが 0

B×F [追加]



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.224

●ステップワイズ法

(iv) [現在の推定値] に最終的に手動選択した主効果と交互作用が表示される

現在の推定値								
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	31.3125	1	0	0.000	1	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}	-3.3125	4	448.25	17.264	0.00099	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	B{1--1}	-3.4375	2	284.125	21.886	0.00097	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	C{1--1}	-0.4375	2	153.125	11.795	0.00573	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	D{-1-1}	-1.8125	1	52.5625	8.098	0.02484	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E{-1-1}	-1.5625	2	66.625	5.132	0.04245	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F{-1-1}	0	1	14.0625	2.689	0.15214	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*B{1--1}	2.4375	1	95.0625	14.645	0.00648	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*C{1--1}	-3.0625	1	150.0625	23.118	0.00195	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A{1--1}*D{-1-1}	0	1	0.0625	0.008	0.93052	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A{1--1}*E{-1-1}	1.3125	1	27.5625	4.246	0.07829	

2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

- (v) 分散分析などの分析に進むには、
[モデルの作成] をクリック
選択した主効果と交互作用が、
[モデルの指定] ダイアログボックスに
表示

yのステップワイズ

ステップワイズ回帰の設定

停止ルール: 最小BIC [すべて追加] [モデルの作成]

方向: 変数増加 [すべて削除] [モデルの実行]

ルール: 組み合わせ

[実行] [停止] [ステップ]

SSE	DFE	RMSE	R2乗	自由度調整R2乗
45.4375	7	2.5477581	0.9416	0.8748 5.016

モデルの指定

列の選択

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- 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: 要因のスクリーニング

[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] [交差] [枝分かれ] [マクロ]

次数 2

属性

変換

A B C D E A*B A*C A*E

最小レポート or 要因のスクリーニング

選択した主効果と交互作用



2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

(v) JMP による解析結果

分散分析表

パラメータ推定値

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	8	732.00000	91.5000	14.0963
誤差	7	45.43750	6.4911	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	15	777.43750		0.0011*

並べ替えたパラメータ推定値					
項	推定値	標準誤差	t値		p値(Prob> t)
B[-1]	3.4375	0.63694	5.40		0.0010*
A[-1]	3.3125	0.63694	5.20		0.0013*
A[-1]*C[-1]	-3.0625	0.63694	-4.81		0.0019*
A[-1]*B[-1]	2.4375	0.63694	3.83		0.0065*
D[-1]	-1.8125	0.63694	-2.85		0.0248*
E[-1]	-1.5625	0.63694	-2.45		0.0439*
A[-1]*E[-1]	-1.3125	0.63694	-2.06		0.0783
C[-1]	0.4375	0.63694	0.69		0.5143

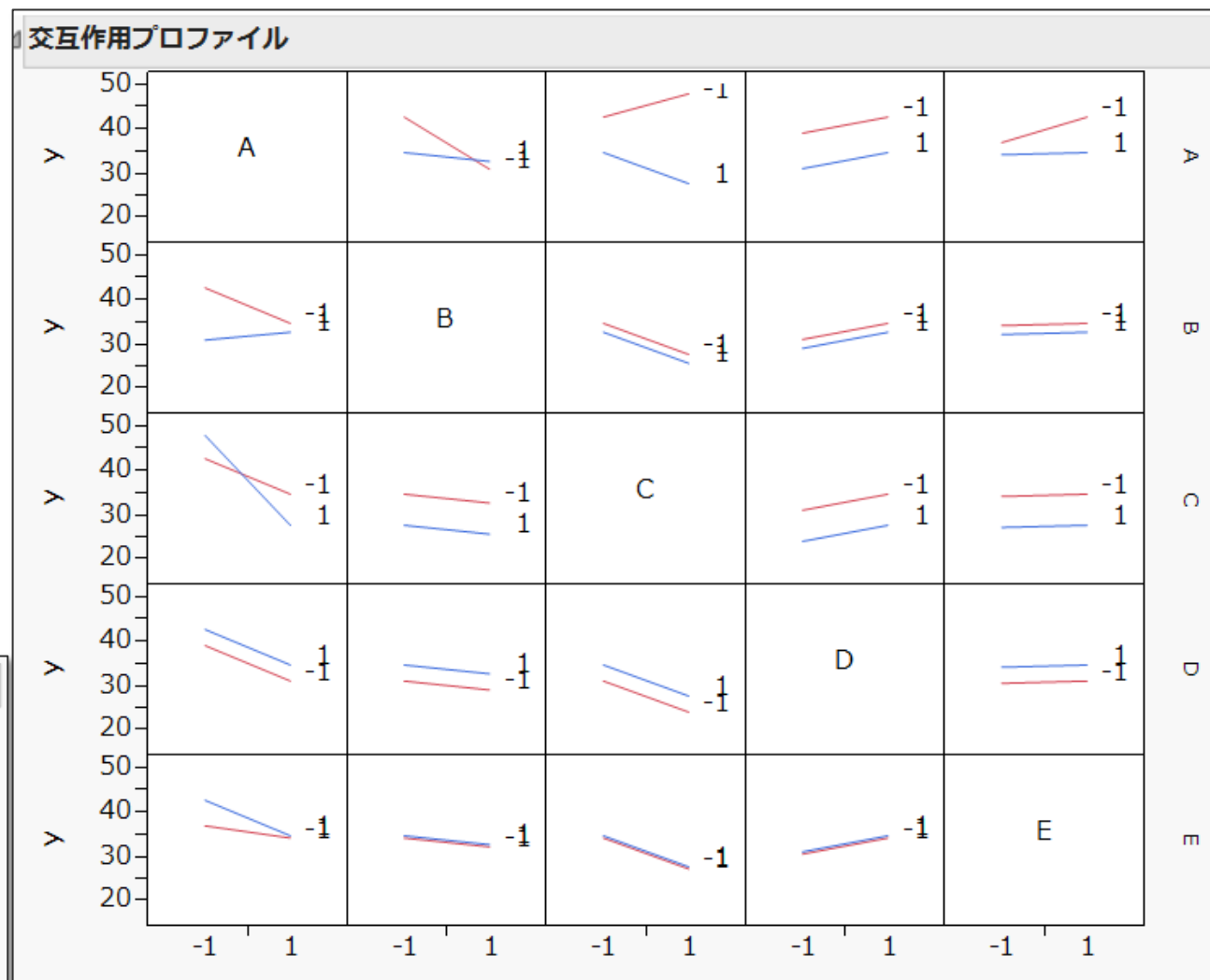
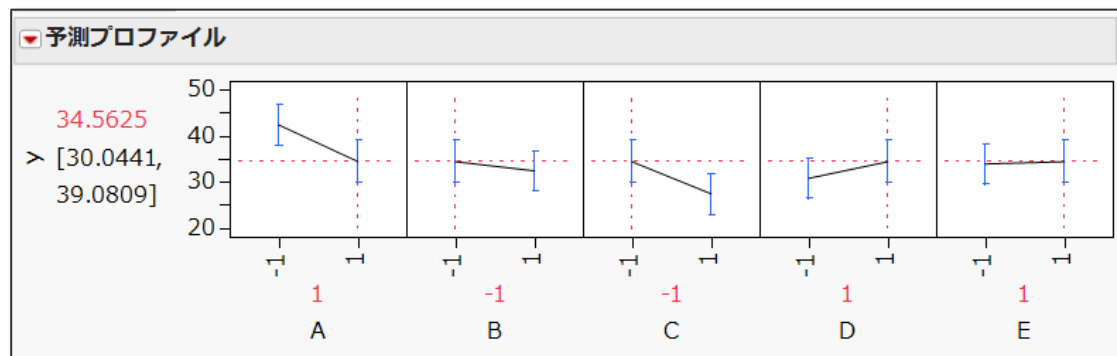
2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

●ステップワイズ法

(vi) JMP による解析結果

- ▼> [因子プロファイル]
 > [プロファイル]
- ▼> [因子プロファイル]
 > [交互作用プロファイル]

([§5.2](#) 参照)





2 因子交互作用があらかじめ予想されていない場合

p.224

●ステップワイズ法

ステップワイズ法が常に良いという保証はない

ステップワイズ法は固有技術を配慮して試行錯誤を加えることができるので、
良い解が見つかるチャンスが多いと思われる

ステップワイズ法で、手動選択していく手法はJMP 固有の機能、極めて有用な手段



(4) Plackett – Burman 計画

2水準系の一部実施要因計画
(プラケット–バーマン 計画)



●Plackett-Burman 計画の特徴

(i) Plackett-Burman 計画は、2水準の一部実施要因計画（2水準系直交表と同じ）

(ii) 実験回数

2水準系直交表の実験回数 (N) は、2のべき乗

L_4, L_8, L_{16}, L_{32} の実験回数は、それぞれ 4, 8, 16, 32回（直交表の間隔が広い）

Plackett-Burman 計画の実験回数 (N) は、4の倍数

実験回数を、12, 16, 20, 24, 28, 36回などに設定できる

10回、20回程度の実験に適用不可

(iii) Plackett-Burman 計画の主効果と交互作用

主効果どうしは直交するので、主効果を独立に推定できる

2因子交互作用は主効果と部分的に交絡する（直交表では、交絡した場合は完全交絡）

しかし、完全には交絡していないことから、不確かではあるが、モデルを推定できる

交互作用を正確に求めるような段階での使用は勧められない（山田, 2004）



●Plackett-Burman 計画の特徴

(i) Plackett-Burman 計画は、2水準の一部実施要因計画（2水準系直交表と同じ）

(ii) 実験回数

2水準系直交表の実験回数 (N) は、2のべき乗

L_4, L_8, L_{16}, L_{32} の実験回数は、4, 8, 16, 32回（直交表の間隔が広い）

Plackett-Burman 計画の実験回数 (N) は、4の倍数

実験回数を、12, 16, 20, 24, 28, 36回などに設定できる

(iii) Plackett-Burman 計画の主効果と交互作用

主効果どうしは直交するので、主効果を独立に推定できる

2因子交互作用は主効果と部分的に交絡する（直交表では、交絡した場合は完全交絡）

しかし、完全には交絡していないことから、不確かではあるが、モデルを推定できる
交互作用を正確に求めるような段階での使用は勧められない（山田, 2004）

●Excelファイルの読み込みと表示

Excel ファイル「DE改6-多因子.xls」、名前ボックスから「表示6.2.10」 (Fig62_10) を選択

●Plackett-Burman 計画 ($N=12$)

Excelファイル表示6.2.10の右隣りの表

山田 (2004) 参照

表示 6.2.10 は、右表の (1)~(5) 列

Plackett-Burman 計画 ($N=12$) (Excelファイル)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
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

●Plackett-Burman 計画 (N=12) の特徴

- 直交表のように、行番号と列番号がある
列番号には () が付く
直交表の列名に相当するものはない
- 1 と -1 (または 1 と 2) から成る
- 1 番下の行は全て -1
- 左上から右下に同じ水準が並ぶ
11行目の水準は次の列の 1 行目に繋がる
- (1)~(11) 列まで、因子を割付けられる

Plackett-Burman 計画 (N=12) (Excelファイル)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
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

12 行はすべて -1

●事例 1

表示 6.2.10 (一部改変)

	A	B	C	D	E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1	1	-1	1	1
2	-1	1	1	-1	1
3	1	-1	1	1	-1
4	-1	1	-1	1	1
5	-1	-1	1	-1	1
6	-1	-1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1
8	1	1	-1	-1	-1
9	1	1	1	-1	-1
10	-1	1	1	1	-1
11	1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1

(1)~(5) 列に因子 A~E の 5 因子を割付けて、その特徴を確認



Plackett-Burman 計画 (N=12) (Excelファイル)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
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



Plackett-Burman 計画

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(1)~(5)列に因子A~Eを割付
右の列に 2 因子交互作用を計算

Plackett-Burman 計画に
因子 A~E を割付

2 因子交互作用

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(4)×(5)

(1)~(5)列に因子A~Eを割付
 右の列に2因子交互作用を計算
 例：DE列は(4)列×(5)列

最下行の合計は、全ての列で0
 各列とも、±1がバランスしている

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

主効果どうしの積和は 0 (両者は直交している)
主効果は互いに独立に推定可能

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	4	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	0	-4	4	0	0	4
AD								12	0	-4	0	4	0	4	0
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

D 行と E 列の積和

左下半分は省略

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

任意の 2 列における積和を計算

主効果間の積和：対角線上は 12 (実験回数)

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	4	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	0	-4	4	0	0	4
AD								12	0	-4	0	4	0	4	0
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

D 行と D 列
の積和

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

主効果と交互作用の積和

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	4	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	0	-4	4	0	0	4
AD								12	0	-4	0	4	0	4	0
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

行が主効果
列が交互作用

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

主効果と交互作用の積和：主効果 C の行で、C を含む交互作用との積和は 0

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	4	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	0	-4	4	0	0	4
AD								12	0	-4	0	4	0	4	0
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

主効果 C と C を含む交互作用との積和：0

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

主効果と交互作用の積和：主効果 C の行で、
C を含まない交互作用との積和は ± 4

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	4	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	-4	4	0	0	4	
AD								12	0	-4	0	4	0	4	0
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

C を含まない交互作用 AB
と主効果 C との積和：4

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

主効果の推定では、自分を含まない交互作用と独立に主効果を推定することは不可

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	0	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	-4	4	0	0	4	
AD								12	0	-4	0	4	0	4	0
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

主効果 C と交互作用の
積和 : 4
対角要素 12 の $1/3 = 0.333$
…部分交絡

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

交互作用どうしも部分交絡している

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	4	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	0	-4	4	0	0	4
AD								12	0	0	4	0	4	0	
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

交互作用 AB と CD の
積和: -4

Plackett-Burman 計画

●L₁₆ 直交表の交絡との比較

表示6.2.4
(一部改変)

同じ列にある交互作用どうしは交絡する
この交絡は完全交絡
この列がどちらの効果か全く判断不能

Plackett-Burman 計画は完全交絡ではない
不確定ではあるが推測可能

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
4	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
6	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1
9	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
10	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
11	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
12	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1
13	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
14	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
15	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
16	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1
列名	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
	A	B	AB	C	AC	BC		D	AD	BD		CD	F	E	
			EF		DF	DE			CF	CE		BE			AE
												AF			BF

主効果 A の自分自身の積和 ((1)と(1)) : 16

交互作用 AB と EF の積和 ((3)と(3)) : 16
16 / 16 = 1 ... 完全交絡



●部分交絡

説明変数が複数個あるときの回帰分析を「重回帰分析」という

重回帰分析では、説明変数が互いに相関を持つのが普通

相関係数が ± 1 に近いと重回帰分析の結果が不安定になるので

回帰係数の値が注意深く観察される

Plackett-Burman 計画で部分交絡した場合、

対角要素と非対角要素の比 0.333 ($1/3$) は説明変数間の相関係数に相当

通常、回帰分析では相関係数の2乗が 0.5 以下ならば許される

この基準によれば、 $r = 0.333$ 、 $r^2 = 0.111$ は問題にならない

主効果 C と交互作用の
積和：4
対角要素 12 の $1/3$
…部分交絡

●事例 1

表示 6.2.10 5 因子の Plackett-Burman 計画 (一部改変)

	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
11	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

完全には交絡していないという性質がある
不確かではあるがモデルの推定は可能

積和	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
A	12	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-4	-4	4	4	4
B		12	0	0	0	0	4	-4	-4	0	0	0	4	-4	4
C			12	0	0	4	0	4	4	0	4	-4	0	0	4
D				12	0	-4	4	0	4	4	0	4	0	4	0
E					12	-4	4	0	0	-4	4	0	4	0	0
AB						12	0	0	0	0	0	0	-4	4	4
AC							12	0	0	-4	4	0	0	4	
AD								12	0	-4	0	4	0	4	0
AE									12	4	4	0	4	0	0
BC										12	0	0	0	0	-4
BD											12	0	0	-4	0
BE												12	-4	0	0
CD													12	0	0
CE														12	0
DE															12

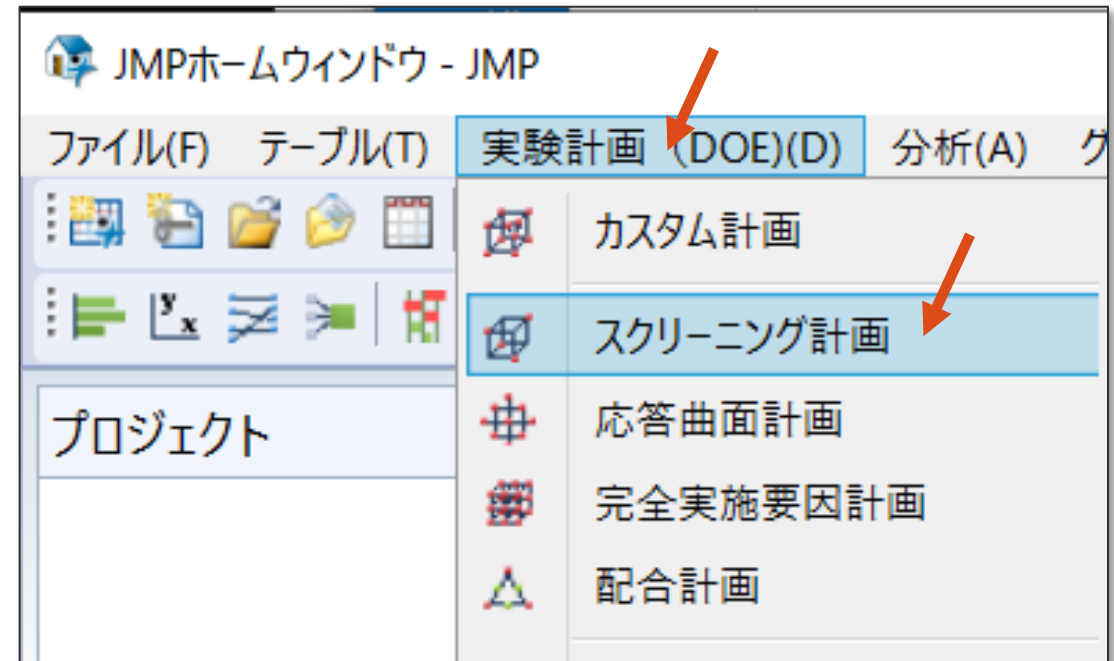
主効果 C と交互作用の
積和 : 4
対角要素 12 の $1/3 = 0.333$
…部分交絡

- JMP [実験計画 (DOE)] による計画の作成

JMP には、Plackett-Burman 計画を作成する機能がある

5つの因子の実験を、Plackett-Burman 計画で行うことを考える (表示 6.2.10 の事例と同じ)

(i) トップメニュー [実験計画 (DOE)] > [スクリーニング計画]

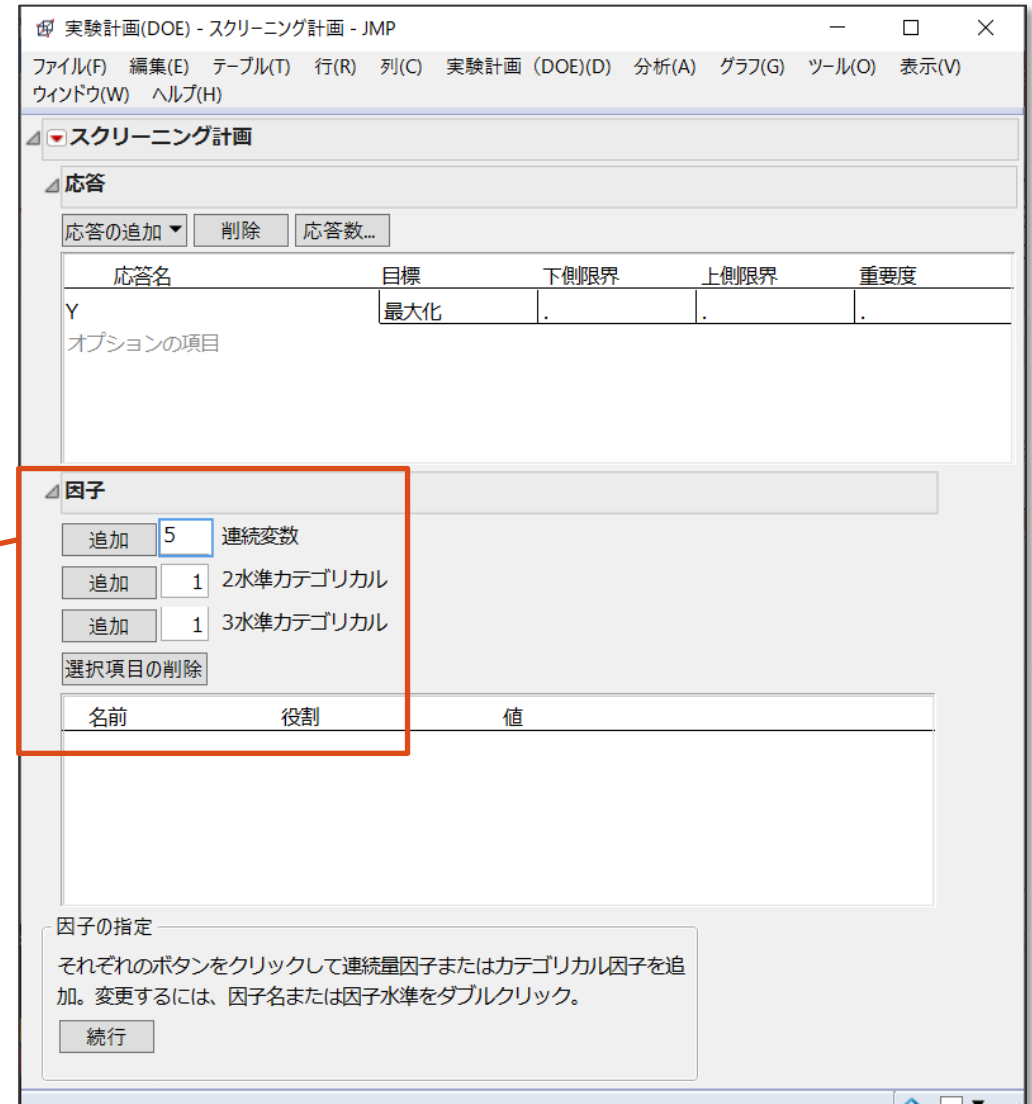
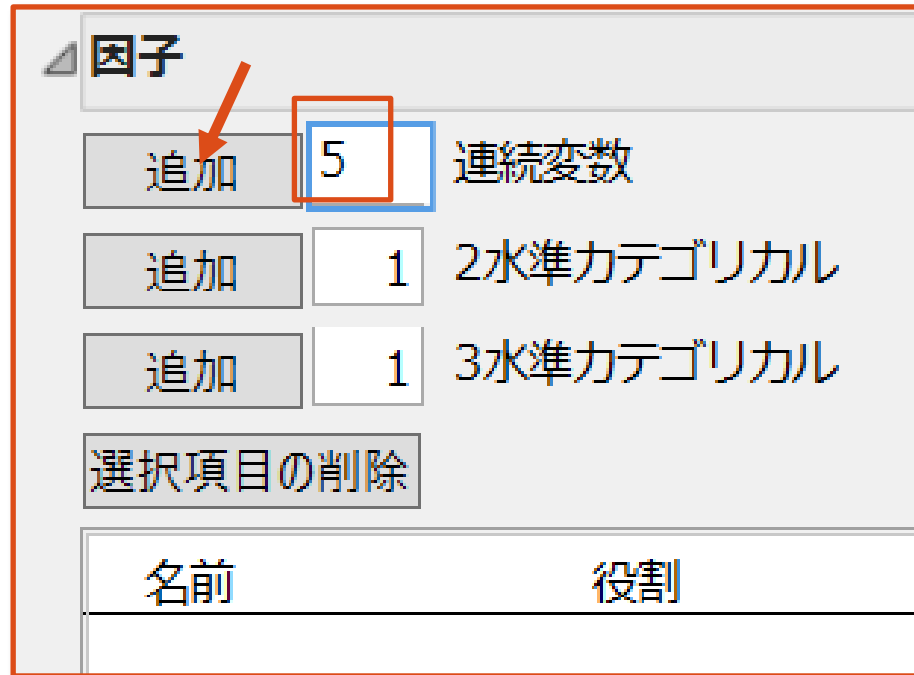


● JMP [実験計画] による計画の作成

(ii) 因子の設定
5 因子

スクリーニング計画の
設定画面

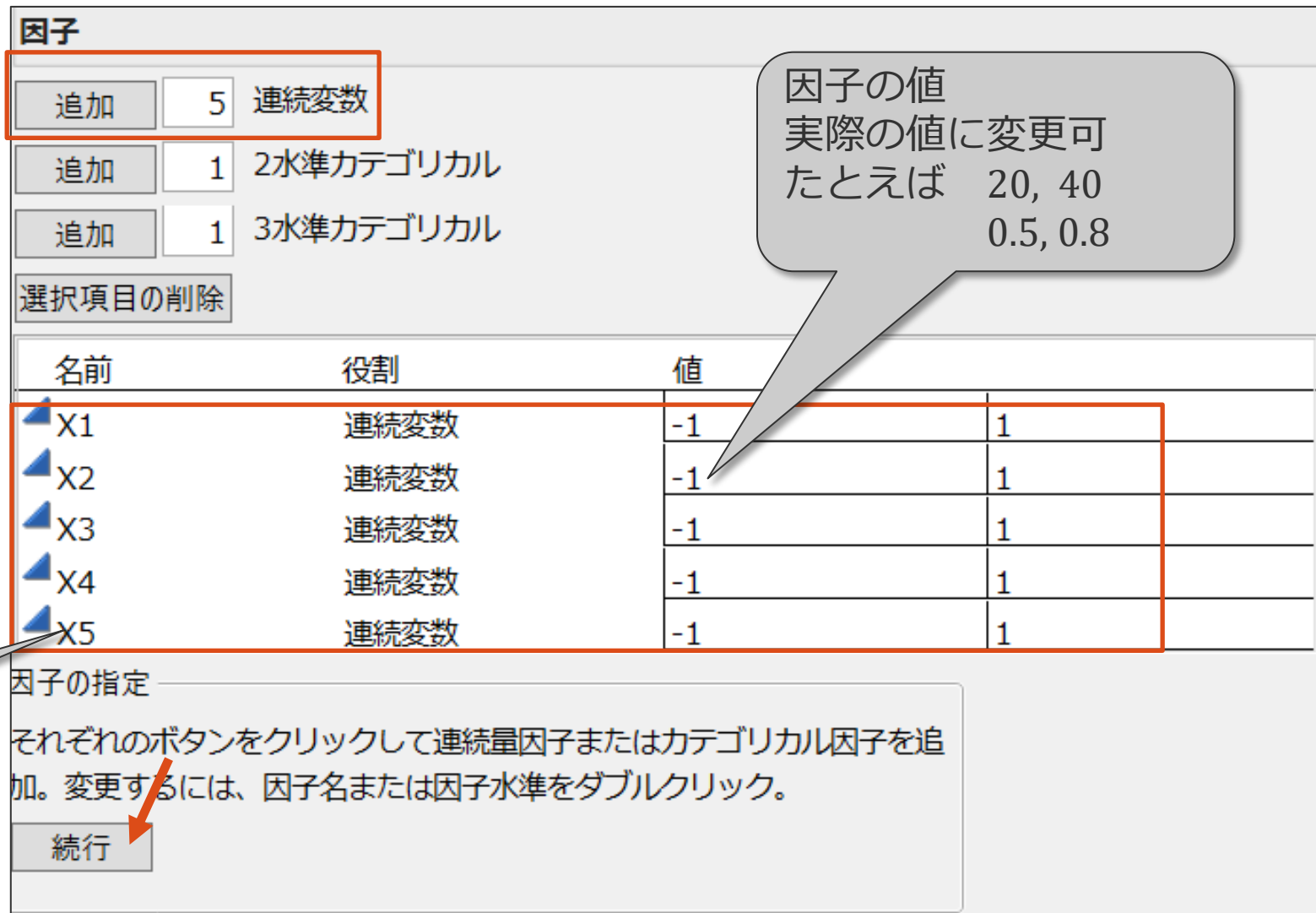
因子の設定



● JMP [実験計画]

(ii) 因子の設定

因子の名前、因子の値は
任意に設定できる
因子の設定終了



因子

追加 5 連続変数

追加 1 2水準カテゴリカル

追加 1 3水準カテゴリカル

選択項目の削除

名前	役割	値
X1	連続変数	-1 1
X2	連続変数	-1 1
X3	連続変数	-1 1
X4	連続変数	-1 1
X5	連続変数	-1 1

因子の指定

それぞれのボタンをクリックして連続量因子またはカテゴリカル因子を追加。変更するには、因子名または因子水準をダブルクリック。

続行

因子の値
実際の値に変更可
たとえば 20, 40
0.5, 0.8

因子の名前
実際の名前に変更可

●JMP [実験計画] による計画の作成

(iii) 計画の種類を設定

[Plackett-Burman 計画] を選択、[続行]

[実験の数] : 12、[レゾリューション] : 3

レゾリューション (分解能)

要因の関係	レゾリューション		
	3	4	5
主効果どうし	交絡なし	交絡なし	交絡なし
主効果と2因子交互作用	交絡	交絡なし	交絡なし
2因子交互作用どうし	交絡	交絡	交絡なし

(山田, 2004 ; JMP マニュアル)

計画のリスト

リスト内の行をクリックして計画を選択してください。

実験の数	ブロック サイズ	計画の種類	レゾリューション - 推定できるもの
8		一部実施要因計画	3 - 主効果のみ
8	4	一部実施要因計画	3 - 主効果のみ
12		Plackett-Burman計画	3 - 主効果のみ
16		一部実施要因計画	5 - すべての2因子交互作用
16	8	一部実施要因計画	4 - 一部の2因子交互作用
16	4	一部実施要因計画	4 - 一部の2因子交互作用
16	2	一部実施要因計画	4 - 一部の2因子交互作用
32		完全実施要因計画	>6 - 最大
32	16	完全実施要因計画	5+ - すべての2因子交互作用
32	8	完全実施要因計画	5+ - すべての2因子交互作用
32	4	完全実施要因計画	4 - 一部の2因子交互作用
32	2	完全実施要因計画	4 - 一部の2因子交互作用

オプションの項目

続行

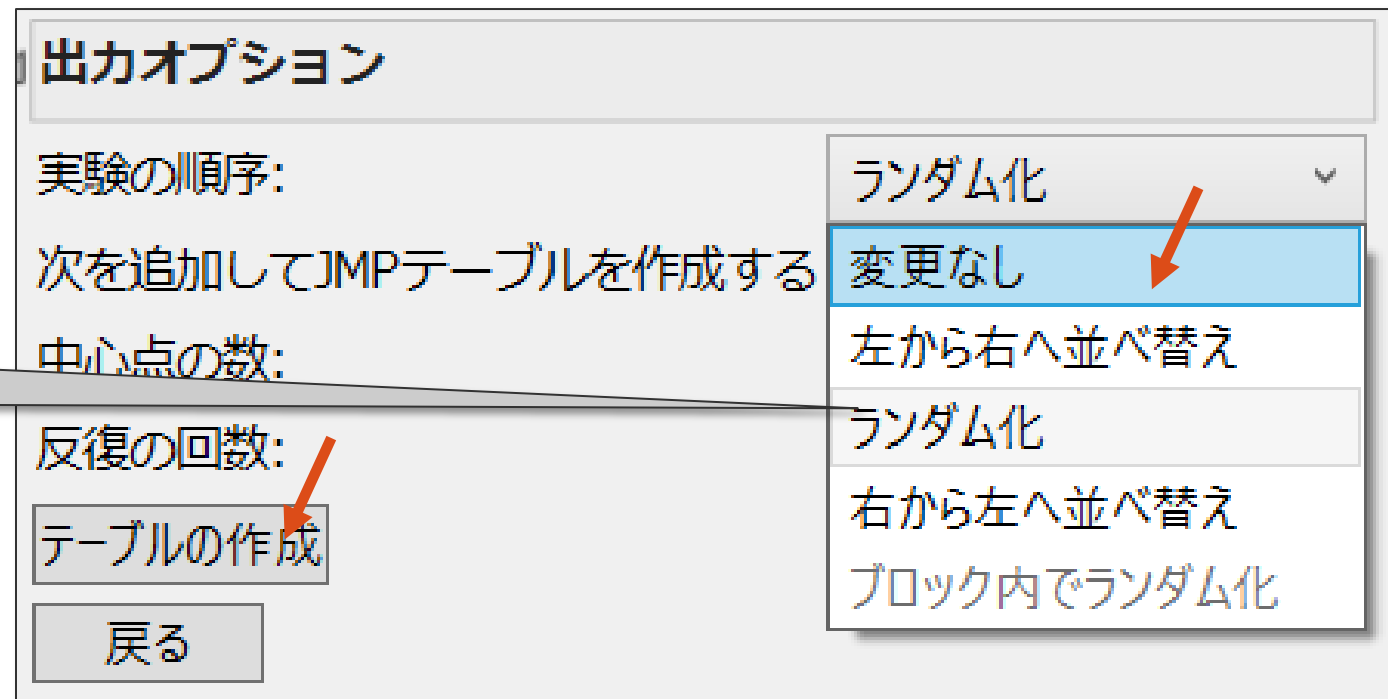
●JMP [実験計画] による計画の作成

(iv) 出力オプションの設定

[実験の順序] を [変更なし] に設定 (テキスト表示6.2.11 と比較するため)

[テーブルの作成] をクリック

通常は、[ランダム化] を選択して、
実験の順番を自動的にランダム化



●JMP [実験計画] による計画の作成

前のスライドで、
 [ランダム化] を選択すると
 行の並びがランダムになる
 これに従って実験を実施

表示6.2.10

同じ水準の並びは最下段の -1

表示6.2.11

同じ水準の並びは最上段の 1

第 1 水準と第 2 水準の正負が逆
 水準の並び方は同じ性質がある

表示 6.2.10 (一部)

	A	B	C	D	E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1	1	-1	1	1
2	-1	1	1	-1	1
3	1	-1	1	1	-1
4	-1	1	-1	1	1
5	-1	-1	1	-1	1
6	-1	-1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1
8	1	1	-1	-1	-1
9	1	1	1	-1	-1
10	-1	1	1	1	-1
11	1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1

表示 6.2.11 JMP の Plackett-Burman 計画

	パターン	X1	X2	X3	X4	X5	Y
1	+++++	1	1	1	1	1	•
2	-+-++	-1	1	-1	1	1	•
3	--+--	-1	-1	1	-1	1	•
4	+---+	1	-1	-1	1	-1	•
5	-+---	-1	1	-1	-1	1	•
6	---+-	-1	-1	1	-1	-1	•
7	----+	-1	-1	-1	1	-1	•
8	+----	1	-1	-1	-1	1	•
9	++---	1	1	-1	-1	-1	•
10	+++--	1	1	1	-1	-1	•
11	-++++	-1	1	1	1	-1	•
12	+---+	1	-1	1	1	1	•

●JMP [実験計画] による計画の作成

前のスライドで、
 [ランダム化] を選択すると
 行の並びがランダムになる
 これに従って実験を実施

表示6.2.10

同じ水準の並びは最下段の -1

表示6.2.11

同じ水準の並びは最上段の 1

第 1 水準と第 2 水準の正負が逆
 水準の並び方は同じ性質がある
 (配列順序の対応は次スライド)

表示 6.2.10 (一部)

	A	B	C	D	E
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1	1	-1	1	1
2	-1	1	1	-1	1
3	1	-1	1	1	-1
4	-1	1	-1	1	1
5	-1	-1	1	-1	1
6	-1	-1	-1	1	-1
7	1	-1	-1	-1	1
8	1	1	-1	-1	-1
9	1	1	1	-1	-1
10	-1	1	1	1	-1
11	1	-1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1

表示 6.2.11 JMP の Plackett-Burman 計画

	パターン	X1	X2	X3	X4	X5	Y
1	+++++	1	1	1	1	1	•
2	-+-++	-1	1	-1	1	1	•
3	--+--	-1	-1	1	-1	1	•
4	+---+	1	-1	-1	1	-1	•
5	-+---	-1	1	-1	-1	1	•
6	---+-	-1	-1	1	-1	-1	•
7	----+	-1	-1	-1	1	-1	•
8	+----	1	-1	-1	-1	1	•
9	++---	1	1	-1	-1	-1	•
10	+++--	1	1	1	-1	-1	•
11	-++++	-1	1	1	1	-1	•
12	+----	1	-1	1	1	1	•

●JMP [実験計画] による計画の作成

JMPで変数の個数を11個としたときに得られる計画表

	パターン	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
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

表示 6.2.10 (一部改変)

Plackett-Burman 計画 (N=12) (山田, 2004 p.129)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
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

符号を逆にして, 左右・上下を逆転

(Excel ファイル参照)

●JMP [実験計画] による計画の作成

(v) 実験を実施

12 組の水準組合せで

ランダムに実験を実施、観測値を得る

(vi) y 列に観測値を入力

[モデルのあてはめ]で解析

操作の説明は省略

JMP のサンプルデータで操作を説明

表示 6.2.11 JMP の Plackett-Burman 計画

	パターン	X1	X2	X3	X4	X5	Y
1	+++++	1	1	1	1	1	•
2	-+-++	-1	1	-1	1	1	•
3	---+-	-1	-1	1	-1	1	•
4	+--+-	1	-1	-1	1	-1	•
5	-+---	-1	1	-1	-1	1	•
6	---+--	-1	-1	1	-1	-1	•
7	----+-	-1	-1	-1	1	-1	•
8	+----+	1	-1	-1	-1	1	•
9	++---	1	1	-1	-1	-1	•
10	+++--	1	1	1	-1	-1	•
11	-++++-	-1	1	1	1	-1	•
12	+---++	1	-1	1	1	1	•

水準組合せ

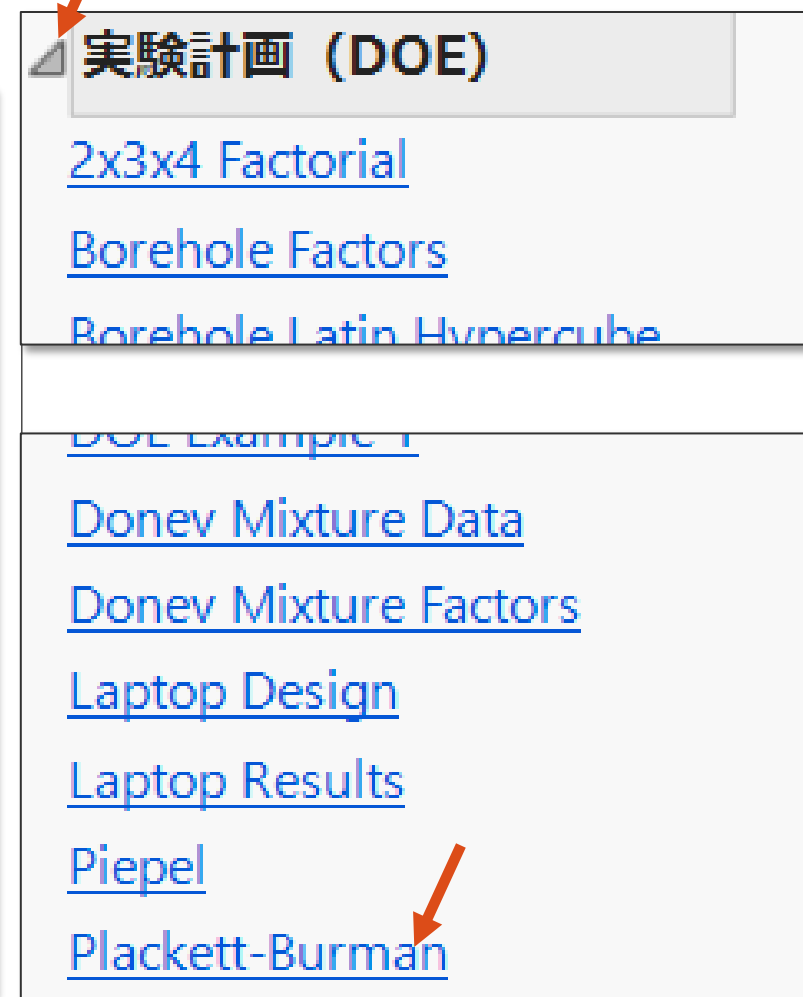
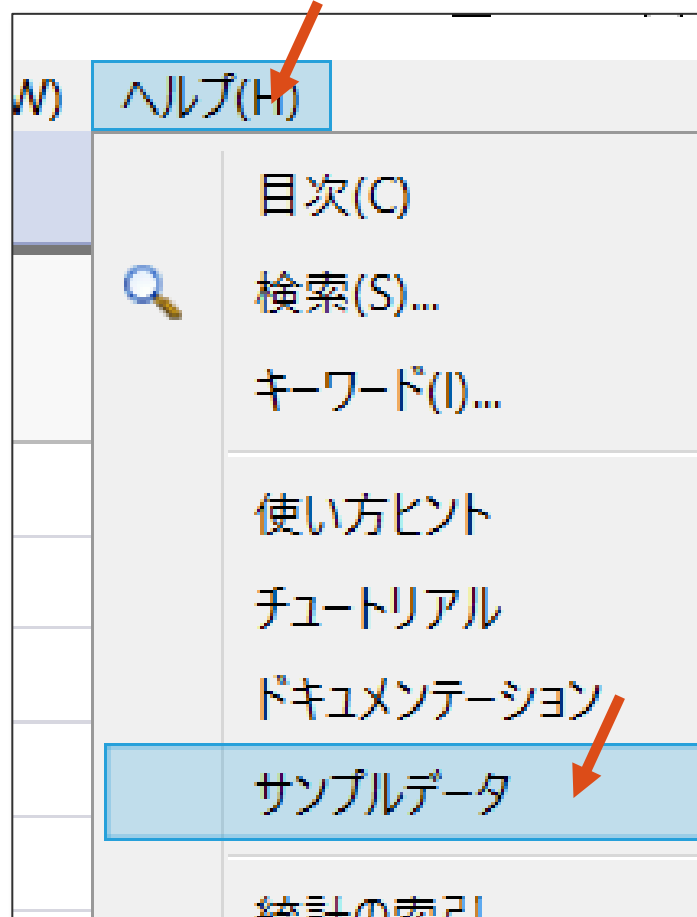
ランダムに実験
観測値を入力

●JMP の準備した解析

JMP のサンプルデータを使って、
Plackett-Burman 計画によって
得られた結果を解析

トップメニュー

- > [ヘルプ]
- > [サンプルデータ]
- > [実験計画 (DOE)]
- > [Plackett-Burman]



Plackett-Burman 計画

p.227

●JMP の準備した解析

事例

JMP の [実験計画] で Plackett-Burman 計画を作成

因子数 : 5

因子名と 2 水準を具体的な名称と値に変更

実験した得られた反応率 (%) を入力

反応率 (%) に及ぼす因子のスクリーニング

因子 (2 水準)

送り速度 (10, 15)

触媒 (1, 2)

攪拌速度 (100, 120)

温度 (140, 180)

濃度 (3, 6)

JMP のサンプルデータ

	パターン	送り速度	触媒	攪拌速度	温度	濃度	反応率 (%)
1	----+-	10	1	100	180	3	69
2	---+--	10	1	120	140	3	53
3	---+--	10	1	120	140	6	59
4	-+----	10	2	100	140	6	70
5	-+----	10	2	100	180	6	78
6	-++++-	10	2	120	180	3	95
7	+----+	15	1	100	140	6	63
8	+----+	15	1	100	180	3	61
9	+----+	15	1	120	180	6	42
10	++----	15	2	100	140	3	61
11	++----	15	2	120	140	3	61
12	+++++	15	2	120	180	6	82

表示 6.2.11 JMP のPlackett-Burman 計画

	パターン	X1	X2	X3	X4	X5
1	+++++	1	1	1	1	1
2	-+-++	-1	1	-1	1	1
3	---+-	-1	-1	1	-1	1
4	+--+-	1	-1	-1	1	-1
5	-+---	-1	1	-1	-1	1
6	---+-	-1	-1	1	-1	-1
7	----+	-1	-1	-1	1	-1
8	+----	1	-1	-1	-1	1
9	++---	1	1	-1	-1	-1
10	+++--	1	1	1	-1	-1
11	-++++	-1	1	1	1	-1
12	+-----	1	-1	1	1	1

-1を
着色

JMP のサンプルデータ (行を並び替え)

	パターン	送り 速度	触媒	攪拌 速度	温度	濃度	反応率 (%)
1	+++++	15	2	120	180	6	82
2	-+-++	10	2	100	180	6	78
3	---+-	10	1	120	140	6	59
4	+--+-	15	1	100	180	3	61
5	-+---	10	2	100	140	6	70
6	---+-	10	1	120	140	3	53
7	----+	10	1	100	180	3	69
8	+----	15	1	100	140	6	63
9	++---	15	2	100	140	3	61
10	+++--	15	2	120	140	3	61
11	-++++	10	2	120	180	3	95
12	+-----	15	1	120	180	6	42

小さい
水準を
着色

●JMP の準備した解析

▼> [スクリーニング] > [スクリプトの実行]

Plackett-Burman		
ロックされたファイル C:¥		パタ
計画 Plackett-Burman	1	---
スクリーニング	2	--+
モデル	3	--+
	4	--+
	5	--+
列(7/0)	6	--++
パターン	7	+--
送り速度*	8	+--
触媒*	9	+--+

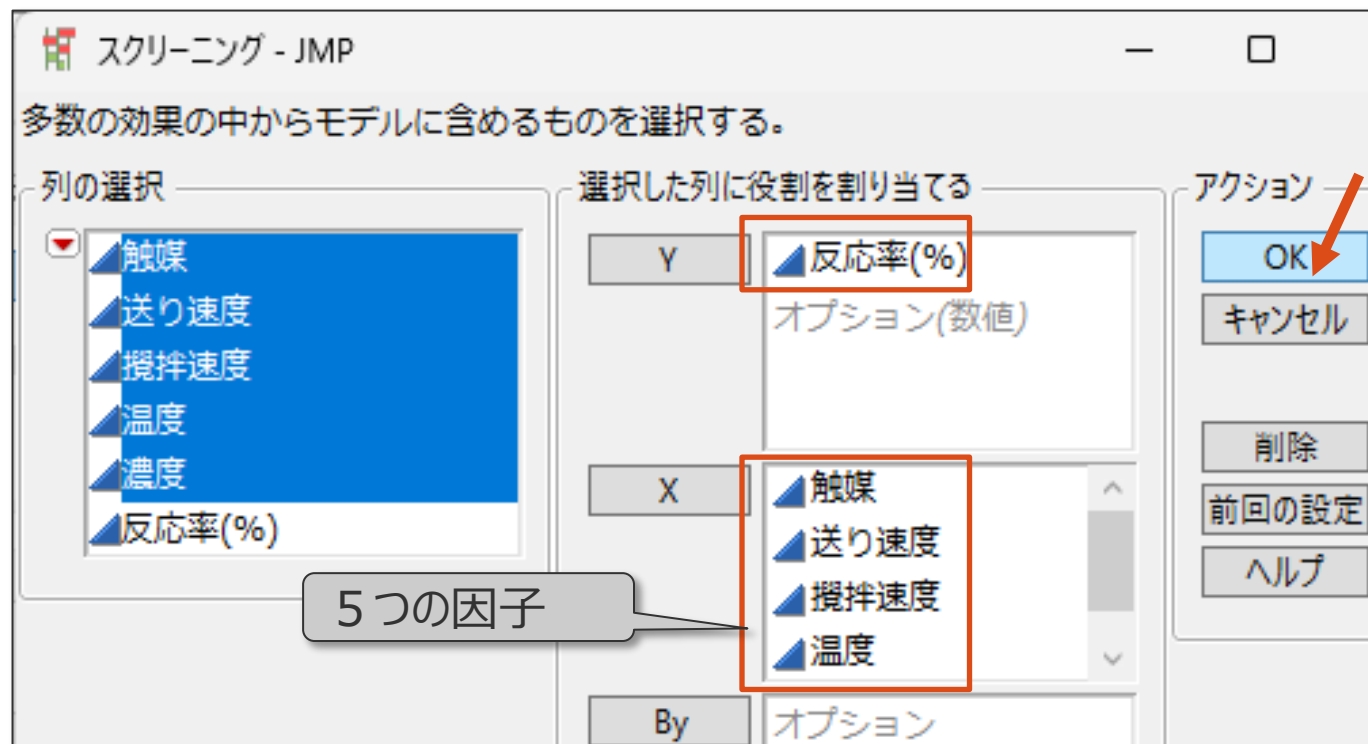
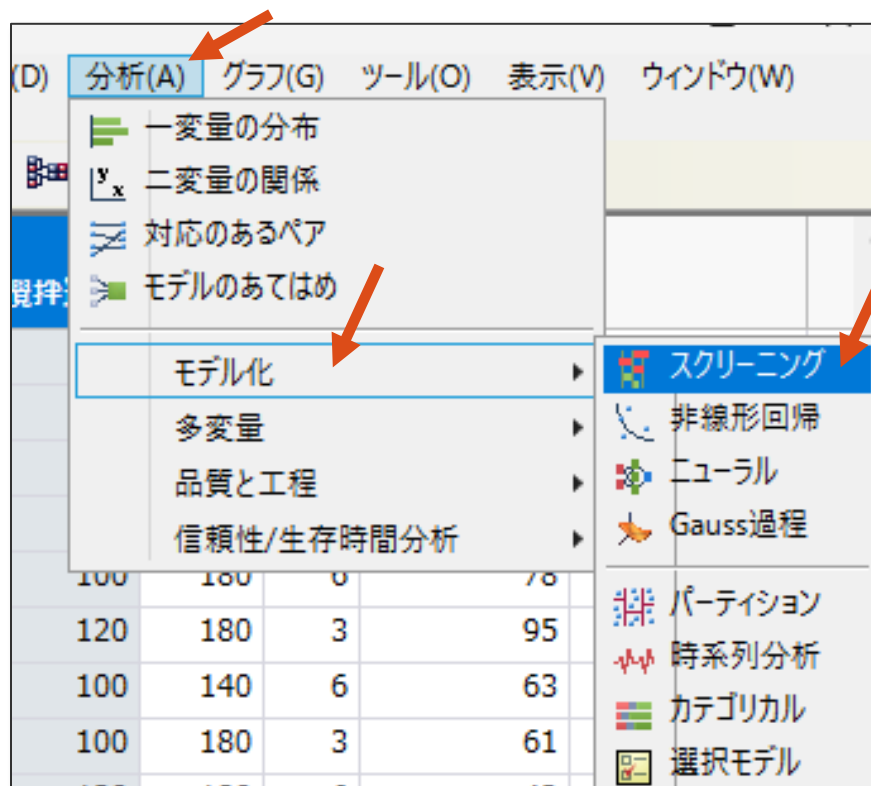
Plackett-Burman		
ロックされたファイル C:¥		パタ
計画 Plackett-Burman	1	---
スクリーニング	2	--+
モデル	3	--+
	4	--+
	5	--+
列(7/0)	6	--++
パターン	7	+--
送り速度*	8	+--
触媒*	9	+--+

Plackett-Burman 計画

- JMP の準備した解析：スクリプトの内容
保存されているスクリプト

Screening(Y(:Name(“反応率(%)”)), X(:送り速度, :触媒, :攪拌速度, :温度, :濃度))

[分析] > [モデル化] > [スクリーニング]



●JMP の準備した解析

Length の t 値
(JMP マニュアル参照)

すべての
2 因子交互作用を
候補に含めて解析

選ばれた要因

- 触媒
- 温度
- 触媒*温度
- 触媒*攪拌速度

選ばれた要因

Length の t 値

▼ 反応率(%)のスクリーニング						
▲ 対比						
項	対比			Lengthの t 値	個別 p 値	同時 p 値
触媒	8.33333			2.88	0.0265*	0.1847
温度	5.00000			1.73	0.0975	0.5702
送り速度	-4.50000			-1.55	0.1256	0.6788
攪拌速度	-0.83333			-0.29	0.8026	1.0000
濃度	-0.50000			-0.17	0.8799	1.0000
触媒*温度	5.44331 *			1.88	0.0779	0.4745
触媒*送り速度	-0.27217 *			-0.09	0.9362	1.0000
温度*送り速度	-0.38490 *			-0.13	0.9104	1.0000
触媒*攪拌速度	5.06842 *			1.75	0.0943	0.5536
温度*攪拌速度	1.92450 *			0.66	0.5575	1.0000
送り速度*攪拌速度	-1.93793 *			-0.67	0.4734	1.0000

●JMP の準備した解析

この手法は、Lenth の t 値を10000回シミュレーションすることにより p 値が求められる
(出力の注釈)

同じデータでも、分析を繰り返し実行すると、異なる p 値が得られ、結果が異なる
説明変数の配列順序を変えると、異なる結果が得られる

温度が選ばれていない

項	対比	Lenthのt値	個別p値	同時p値
触媒	8.33333	2.88	0.0265*	0.1847
温度	5.00000	1.73	0.0975	0.5702
送り速度	-4.50000	-1.55	0.1256	0.6788
攪拌速度	-0.83333	-0.29	0.8026	1.0000
濃度	-0.50000	-0.17	0.8799	1.0000
触媒*温度	5.44331 *	1.88	0.0779	0.4745
触媒*送り速度	-0.27217 *	-0.09	0.9362	1.0000
温度*送り速度	-0.38490 *	-0.13	0.9104	1.0000
触媒*攪拌速度	5.06842 *	1.75	0.0943	0.5536
温度*攪拌速度	1.92450 *	0.66	0.5575	1.0000
送り速度*攪拌速度	-1.93793 *	-0.67	0.4734	1.0000

項	対比	Lenthのt値	個別p値	同時p値
触媒	8.33333	2.88	0.0277*	0.1908
温度	5.00000	1.73	0.1019	0.5675
送り速度	-4.50000	-1.55	0.1313	0.6802
攪拌速度	-0.83333	-0.29	0.7973	1.0000
濃度	-0.50000	-0.17	0.8774	1.0000
触媒*温度	5.44331 *	1.88	0.0835	0.4757
触媒*送り速度	-0.27217 *	-0.09	0.9304	1.0000
温度*送り速度	-0.38490 *	-0.13	0.9032	1.0000
触媒*攪拌速度	5.06842 *	1.75	0.0984	0.5509
温度*攪拌速度	1.92450 *	0.66	0.5603	1.0000
送り速度*攪拌速度	-1.93793 *	-0.67	0.4825	1.0000

●JMP のステップワイズ法による解析

事例

JMP の [実験計画] で Plackett-Burman 計画を作成

因子数 : 5

因子名と 2 水準を具体的な名称に変更

実験して反応率 (%) を得て、入力

反応率 (%) に及ぼす因子のスクリーニング

因子 (2 水準)

送り速度 (10, 15)

触媒 (1, 2)

攪拌速度 (100, 120)

温度 (140, 180)

濃度 (3, 6)

JMP のサンプルデータ

	パターン	送り速度	触媒	攪拌速度	温度	濃度	反応率 (%)
1	----+-	10	1	100	180	3	69
2	---+--	10	1	120	140	3	53
3	---+--	10	1	120	140	6	59
4	-+----	10	2	100	140	6	70
5	-+----	10	2	100	180	6	78
6	-++++-	10	2	120	180	3	95
7	+----+	15	1	100	140	6	63
8	+----+	15	1	100	180	3	61
9	+----+	15	1	120	180	6	42
10	++----	15	2	100	140	3	61
11	++----	15	2	120	140	3	61
12	+++++	15	2	120	180	6	82

●JMP のステップワイズ法による解析

[分析] > [モデルのあてはめ]

[役割変数の選択、Y]

: 「反応率 (%)」

[モデル効果の構成]

: 「送り速度」

「触媒」

「攪拌速度」

「温度」

「濃度」

全ての 2 因子交互作用

[手法] : [ステップワイズ法]

[実行]

列の選択

- パターン
- 送り速度
- 触媒
- 攪拌速度
- 温度
- 濃度
- 反応率 (%)

役割変数の選択

Y: 反応率 (%)

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: ステップワイズ法

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: 送り速度

交差: 触媒

枝分かれ: 攪拌速度

マクロ: 温度

濃度

次数: 2

送り速度*触媒

送り速度*攪拌速度

送り速度*温度

[マクロ] >
[設定された次数まで]

●JMP のステップワイズ法による解析

ステップワイズ法の初期画面

この一部を拡大表示して「手動選択」を説明

拡大

Plackett-Burman - ステップワイズ法の実行 - JMP

反応率(%)のステップワイズ

ステップワイズ回帰の設定

停止ルール: 最小BIC [すべて追加] [モデルの作成]

方向: 変数増加 [すべて削除] [モデルの実行]

ルール: 組み合わせ

[実行] [停止] [ステップ]

	SSE	DFE	RMSE	R2乗	自由度調整R2乗	Cp	p	AICc	BIC
	2143.6667	11	13.959899	-0.000	-0.0000	.	1	101.6123	101.2487

現在の推定値

ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	66.1666667	1	0	0.000	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度(10,15)	0	1	243	1.278	0.28457
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒(1,2)	0	1	833.3333	6.360	0.03029
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度(100,120)	0	1	8.333333	0.039	0.84736
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	温度(140,180)	0	1	300	1.627	0.23093
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	濃度(3,6)	0	1	3	0.014	0.90811
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*触媒	0	3	1124.333	2.941	0.09885
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*攪拌速度	0	3	259.6667	0.368	0.7786
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*温度	0	3	843	1.728	0.23823
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*濃度	0	3	262.3333	0.372	0.77571
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*攪拌速度	0	3	1227	3.569	0.06665
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*温度	0	3	1496.333	6.164	0.01781
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*濃度	0	3	921.6667	2.011	0.19101
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度*温度	0	3	393.6667	0.600	0.63294
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度*濃度	0	3	187.6667	0.256	0.85516
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	温度*濃度	0	3	436.3333	0.682	0.58775

ステップ履歴

ステップ	パラメータ	アクション	"p値"	逐次平方和	R2乗	Cp	p	AICc	BIC
------	-------	-------	------	-------	-----	----	---	------	-----

●JMP のステップワイズ法による解析

- (i) 主効果の中で「触媒」の p 値は 0.030、「触媒*温度」の p 値は 0.017で最小、
主効果「触媒」を [追加]
(主効果を優先)

「触媒」の
 p 値は0.030 選択

「触媒*温度」の
 p 値は0.017 最小

現在の推定値								
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	66.1666667	1	0	0.000	1	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度(10,15)	0	1	243	1.278	0.28457	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒(1,2)	0	1	833.3333	6.360	0.03029	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度(100,120)	0	1	8.333333	0.039	0.84736	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	温度(140,180)	0	1	300	1.627	0.23093	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	濃度(3,6)	0	1	3	0.014	0.90811	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*触媒	0	3	1124.333	2.941	0.09885	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*攪拌速度	0	3	259.6667	0.368	0.7786	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*温度	0	3	843	1.728	0.23823	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*濃度	0	3	262.3333	0.372	0.77571	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*攪拌速度	0	3	1227	3.569	0.06665	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*温度	0	3	1496.333	6.164	0.01781	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*濃度	0	3	921.6667	2.011	0.19101	

●JMP のステップワイズ法による解析

(ii) 「触媒*温度」の p 値は 0.0595 で最小、 [追加]

現在の推定値								
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	66.1666667	1	0	0.000	1	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度(10,15)	0	1	243	2.049	0.1861	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	触媒(1,2)	8.33333333	1	833.3333	6.360	0.03029	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度(100,120)	0	1	8.333333	0.058	0.8157	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	温度(140,180)	0	1	300	2.672	0.13653	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	濃度(3,6)	0	1	3	0.021	0.8889	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*触媒	0	2	291	1.142	0.36622	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*攪拌速度	0	3	302.375	0.700	0.58126	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*温度	0	3	609.6667	2.030	0.19832	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*濃度	0	3	456.0417	1.246	0.36342	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*攪拌速度	0	2	393.6667	1.718	0.23951	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*温度	0	2	663	4.097	0.05956	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*濃度	0	2	88.33333	0.289	0.75641	

「触媒*温度」の
 p 値は0.0595

●JMP のステップワイズ法による解析

(iii) 「温度*濃度」の p 値は 0.001 で最小、 [追加]

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度(10,15)	0	1	96	1.219	0.30608
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	触媒(1,2)	8.333333333	2	1196.333	7.392	0.0152
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度(100,120)	0	1	96	1.219	0.30608
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	温度(140,180)	5	2	663	4.097	0.05956
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	濃度(3,6)	0	1	73.5	0.897	0.37523
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*触媒	0	2	97.5	0.532	0.61279
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*攪拌速度	0	3	230.4	0.921	0.49454
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*温度	0	2	162.6667	1.007	0.41971
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*濃度	0	3	155.4333	0.527	0.68302
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*攪拌速度	0	2	312	2.791	0.13901
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	触媒*温度	5.5	1	363	4.486	0.06703
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*濃度	0	2	87	0.466	0.64857
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度*温度	0	2	96.16667	0.523	0.61726
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度*濃度	0	3	194.1	0.714	0.58456
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	温度*濃度	0	2	577.6667	24.876	0.00125

「温度」が
自動的に追加

「温度*濃度」の
 p 値は0.0001

●ステップワイズ法

(iv) 最終結果

選ばれた要因

触媒

温度

濃度

触媒*温度

温度*濃度

JMPの準備した解析では
「濃度」は選ばれなかった
(ここでは $p = 0.001$)

現在の推定値								
ロック	追加	パラメータ	推定値	自由度	平方和	"F値"	"p値(Prob>F)"	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	切片	66.1666667	1	0	0.000	1	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度(10,15)	0	1	0.111111	0.008	0.93226	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	触媒(1,2)	10.625	2	1637.667	70.522	6.79e-5	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度(100,120)	0	1	7.111111	0.568	0.48487	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	温度(140,180)	5	3	1237.667	35.531	0.00032	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	濃度(3,6)	-2.625	2	577.6667	24.876	0.00125	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*触媒	0	2	22.09804	0.929	0.46622	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*攪拌速度	0	3	44.77778	1.799	0.32075	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*温度	0	2	5.8	0.182	0.84042	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	送り速度*濃度	0	2	16.45098	0.618	0.58348	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*攪拌速度	0	2	22.80392	0.973	0.45249	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	触媒*温度	6.375	1	433.5	37.335	0.00088	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	触媒*濃度	0	1	13.5	1.202	0.32294	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度*温度	0	2	7.2	0.231	0.80398	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	攪拌速度*濃度	0	2	8.215686	0.267	0.77805	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	温度*濃度	-6.875	1	504.1667	43.421	0.00059	

●JMP のステップワイズ法による解析

(v) 分散分析などの分析に進むには、

[モデルの作成] をクリック

選択した主効果と交互作用が、

[モデルの指定] ダイアログボックスに
表示される

ステップワイズ回帰の設定

停止ルール: 最小BIC

方向: 変数増加

ルール: 組み合わせ

実行 停止 ステップ

SSE	DFE	RMSE	R2乗	自由度調整R2乗
69.666667	6	3.4075081	0.9675	0.9404

モデルの指定

列の選択

- パターン
- 送り速度
- 触媒
- 攪拌速度
- 温度
- 濃度
- 反応率(%)

役割変数の選択

Y: 反応率(%) 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: 触媒
- 交差: 温度
- 枝分かれ: 濃度
- マクロ: 触媒*温度, 温度*濃度

選択した要因

●JMP のステップワイズ法による解析

(vi) JMP による解析結果

分散分析表

パラメータ推定値

選択したパラメータは
いずれも $\alpha=0.05$ で有意

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	5	2074.0000	414.800	35.7244
誤差	6	69.6667	11.611	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	11	2143.6667		0.0002*

パラメータ推定値				
項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t)
切片	66.166667	0.983663	67.27	<.0001*
触媒(1,2)	10.625	1.043332	10.18	<.0001*
温度(140,180)	5	0.983663	5.08	0.0023*
濃度(3,6)	-2.625	1.043332	-2.52	0.0455*
触媒*温度	6.375	1.043332	6.11	0.0009*
温度*濃度	-6.875	1.043332	-6.59	0.0006*

●JMP のステップワイズ法による解析

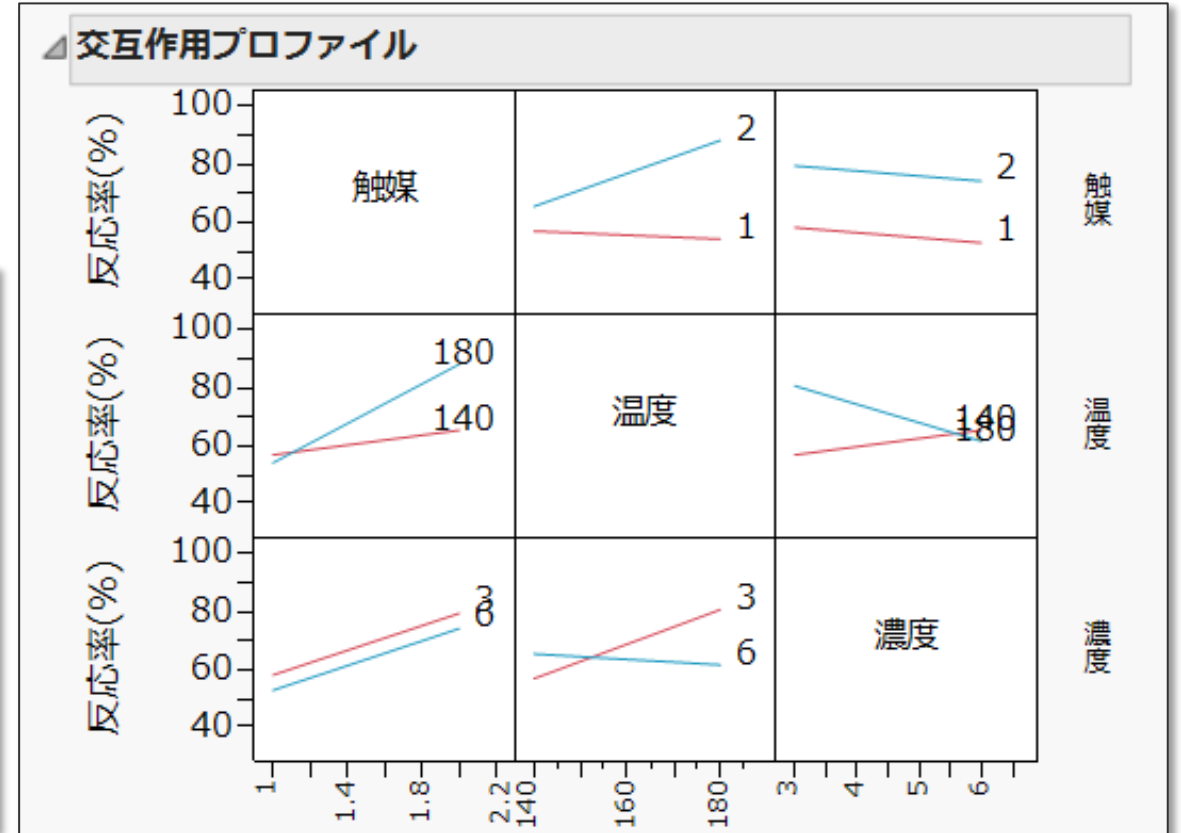
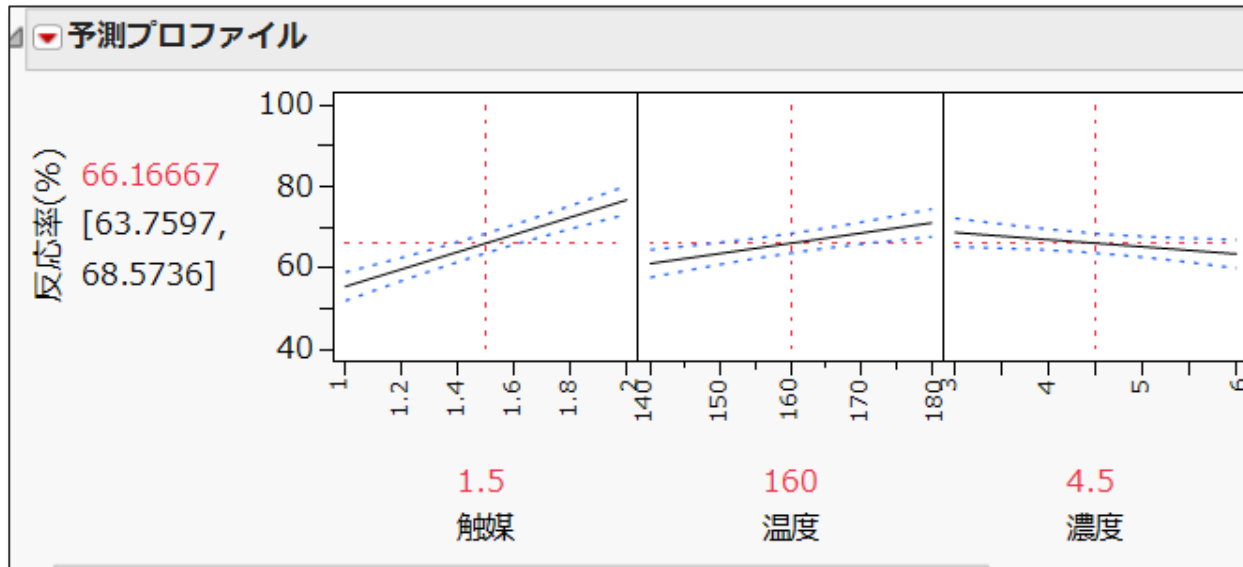
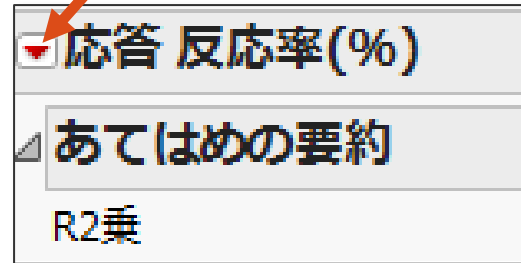
(vii) JMP による解析結果

▼> [因子プロファイル] > [プロファイル]

▼> [因子プロファイル]

> [交互作用プロファイル]

利用方法は [§5.2](#) 参照





- 2水準系の一部実施要因計画

- 2水準系直交表

- $L_4(2^3)$ 直交表、 $L_8(2^7)$ 直交表、 $L_{16}(2^{15})$ 直交表

- Plankett-Burman 計画 ($N=12$)

計画の立案、結果の解析を Excel で実行することは難しいので、JMP などの統計ソフトを使う



- 引用文献

山田 秀 (2004) 実験計画法－方法偏、日科技連

- 作成

片瀬雅彦

- 監修

松本一彦、長谷文雄

- 作成時期

2019年12月25日

- 改訂

2020年12月4日、2024年3月18日