3 乱塊法実験

3.3 欠測値のある場合

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　必須の予備知識

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

3.3 欠測値のある場合

p.123

テキストの
該当ページ

（1）問題点
（2）質的因子（Excel による解析）
（3）質的因子（JMP による解析）
（4）量的因子（Excel による解析）
（5）量的因子（JMP による解析）

使用するファイル
Excel ファイル：「DE改3-乱塊法.xlsm」
JMP ファイル：「3-乱塊法.jmp」
サイエンティスト社の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

はじめに

●実験の名称

乱塊法データ

質的因子の１因子実験（乱塊法）
質的因子の乱塊法
乱塊法

薬剤	ブロック				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8	9.9	9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	11.7
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

量的因子の１因子実験（乱塊法）
量的因子の乱塊法
乱塊法

投与量	ブロック				
	B1	B2	B3	B4	B5
0	10.8	9.9	9.7	10.4	10.7
10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
20	11.4	10.7	10.9	11.3	11.7
30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

（1）問題点

乱塊法データで
欠測値が生じた場合の問題点

欠測値がある乱塊法データ

p.123

- 欠測値がある乱塊法データ

  Excel ファイル「DE改3-乱塊法.xls」、名前ボックスから「表示3.3.1」（Fig33_01）を選択

  ２つの表を一つにまとめてある

薬剤、投与量のいずれか一方

表示3.3.1
欠測値のあるデータ

		ブロック						
薬剤	投与量	B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

欠測値がある乱塊法データ

p.123

● 欠測値がある乱塊法データ

質的因子４水準（薬剤：A1, A2, A3, A4）で薬効を比較（§3.1）

量的因子４水準（投与量：0, 10, 20, 30 mg）で薬効を比較（§3.2）

５匹の母獣由来の新生仔４匹ずつを５ブロック（B1, B2, B3, B4, B5）とした乱塊法の実験

表示3.3.1
欠測値のあるデータ

		ブロック						
薬剤	投与量	B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

B2 

ランダムに割付

薬効を示す観測値

欠測値がある乱塊法データ

p.123

●欠測値がある乱塊法データ

質的因子４水準（薬剤：A1, A2, A3, A4）で薬効を比較（§3.1）
量的因子４水準（投与量：0, 10, 20, 30 mg）で薬効を比較（§3.2）
５匹の母獣由来の新生仔４匹ずつを５ブロック（B1, B2, B3, B4, B5）とした乱塊法の実験
水準 A1 のブロック B2 と水準 A3 のブロック B5 の２個体が、薬剤投与とは別の原因で死亡
実際の現場では、このような欠測値がしばしば発生（めずらしいことではない）　↓

欠測値

表示3.3.1
欠測値のあるデータ

薬剤	投与量	ブロック B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

欠測値のある乱塊法データを解析する上で、どのような問題点があるか？

欠測値がある乱塊法データ

- 欠測値がある乱塊法データを解析する上での問題点

　重みが異なる平均値が混在

　３種類の総平均が存在する（欠測値がないと総平均は１つ）・・・効果の計算をどうするか？

　　総平均 10.911 ：18 個体の平均

　　行平均 10.894 ：４水準ごとの平均の平均

　　列平均 10.910 ： ５ブロックの平均の平均

表示3.3.1
欠測値のある
データ

		ブロック						
薬剤	投与量	B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

薬剤効果、仮の計算値
（薬剤平均－**行平均**）

４匹の平均

５匹の平均

行平均
（水準の平均の平均）

総平均

列平均
ブロックの平均の平均

ブロック効果、仮の計算値
（ブロック平均－**列平均**）

欠測値がある乱塊法データ

●欠測値がない場合の平方和の計算（§3.1）

$$S_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$

総平均

欠測値がある場合
3 種類の総平均がある

$$S_A = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = b\sum_{i=1}^{a} a_i{}^2 = 5 \times \{(-0.6)^2 + \cdots + 0.4^2\} = 3.100$$

薬剤効果　総平均

$$S_B = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2 = a\sum_{j=1}^{b} c_j{}^2 = 4 \times \{0.3^2 + \cdots + 0.25^2\} = 1.220$$

ブロック効果　総平均

(p.113)

表示 3.5.1乱塊法データの分解
（欠測値がない場合）

y_{ij}

	B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8	9.9	9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	11.7
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

=

$y_{..}$

A1	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A2	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A3	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A4	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9

+

a_i

$S_A = 3.100$

A1	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
A2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
A3	0.3	0.3	[illegible]	[illegible]	[illegible]
A4	0.4	0.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]

薬剤効果

+

c_j

$S_B = 1.220$

A1	0.30	-0.30	-0.25	0.00	0.25
A2	0.30	-0.30	[illegible]	0.00	0.25
A3	0.30	-0.30	[illegible]	[illegible]	[illegible]
A4	0.30	-0.30	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ブロック効果

+

e_{ij}

$S_e = 0.960$

A1	0.20	-0.10	-0.35	0.10	0.15
A2	-0.40	0.10	0.45	0.00	-0.15
A3	-0.10	-0.20	-0.05	0.10	0.25
A4	0.30	0.20	-0.05	-0.20	-0.25

欠測値がある乱塊法データ

p.123

●欠測値がない場合の総平均の計算（§3.1）

$$S_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$

総平均

欠測値がある場合
３種類の総平均がある

$$S_A = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = b\sum_{i=1}^{a} a_i{}^2 = 5 \times \{(-0.6)^2 + \cdots + 0.4^2\} = 3.100$$

薬剤効果　総平均

$$S_B = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2 = a\sum_{j=1}^{b} c_j{}^2 = 4 \times \{0.3^2 + \cdots + 0.25^2\} = 1.220$$

ブロック効果　総平均

（p.113）

表示 3.5.1乱塊法データの分解
（欠測値がない場合）

y_{ij}

	B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8	9.9	9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	11.7
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

＝

$y_{..}$

A1	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A2	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A3	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A4	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9

＋

a_i

$S_A = 3.100$

A1	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
A2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
A3	0.3	0.3	[illegible]	[illegible]	[illegible]
A4	0.4	0.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]

薬剤効果

＋

c_j

$S_B = 1.220$

A1	0.30	-0.30	-0.25	0.00	0.25
A2	0.30	-0.30	[illegible]	0.00	0.25
A3	0.30	-0.30	[illegible]	[illegible]	[illegible]
A4	0.30	-0.30	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ブロック効果

＋

e_{ij}

$S_e = 0.960$

A1	0.20	-0.10	-0.35	0.10	0.15
A2	-0.40	0.10	0.45	0.00	-0.15
A3	-0.10	-0.20	-0.05	0.10	0.25
A4	0.30	0.20	-0.05	-0.20	-0.25

欠測値がある乱塊法データ

p.123

●B1 列のデータが d=1 増加した場合

欠測値なし

+ 1

薬剤	ﾌﾞﾛｯｸ B1	B2	B3	B4	B5	平均 (f)
A1	10.8	9.9	9.7	10.4	10.7	10.30
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.80
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	11.7	11.20
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.30
平均(h)	11.2	10.6	10.7	10.9	11.2	10.90

行平均の変化量

薬剤	ﾌﾞﾛｯｸ B1	B2	B3	B4	B5	平均 (g)	変化量 (g-f)	
A1	11.8	9.9	9.7	10.4	10.7	10.50	0.20	
A2	11.7	10.6	11.0	10.8	10.9	11.00	0.20	
A3	12.4	10.7	10.9	11.3	11.7	11.40	0.20	
A4	12.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.50	0.20	
平均(i)	12.2	10.6	10.7	10.9	11.2	11.10	0.20	行平均
変化量(i-h)	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.10	0.20	総平均

d/5
=1/5=0.2

列平均の変化量

欠測値あり

+ 1

薬剤	ﾌﾞﾛｯｸ B1	B2	B3	B4	B5	平均 (f)
A1	10.8		9.7	10.4	10.7	10.40
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.80
A3	11.4	10.7	10.9	11.3		11.08
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.30
平均(h)	11.2	10.8	10.7	10.9	11.0	10.89
						10.91

薬剤	ﾌﾞﾛｯｸ B1	B2	B3	B4	B5	平均 (g)	変化量 (g-f)	
A1	11.8		9.7	10.4	10.7	10.65	0.25	
A2	11.7	10.6	11.0	10.8	10.9	11.00	0.20	
A3	12.4	10.7	10.9	11.3		11.33	0.25	
A4	12.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.50	0.20	
平均(i)	12.2	10.8	10.7	10.9	11.0	11.12	0.23	行平均
変化量(i-h)	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.13	0.22	総平均

d/4
=1/4

d/5
=1/5=0.2

欠測値がある乱塊法データ

●B1 列のデータが d=1 増加した場合

欠測値なし

+d/5 = +0.20

総平均　+0.20

$$S_A = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})^2 = b\sum_{i=1}^{a}{a_i}^2$$
$$= 5 \times \{(-0.6)^2 + \cdots + 0.4^2\} = 3.100$$

B1 列のデータが d=1 増加した場合

$(\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})$ は相殺されて変化なし、S_A も変化なし

「乱塊法の性質」

あるブロックの値に d を加えても、

薬剤の効果に影響しない（§3.1 p.114）

欠測値あり

+d/4 = +0.25

+d/5 = +0.20

総平均　+0.22

行平均　+0.23

$$S_A = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})^2$$

B1 列のデータが d=1 増加した場合

$(\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})$ は変化するため、S_A も変化する

欠測値がある場合、

上記の「乱塊法の性質」は成立しない

欠測値がある乱塊法データ

p.123

● 欠測値がある乱塊法データを解析する上での問題点

行平均（水準の平均の平均）、列平均（ブロックの平均の平均）
総平均（全観測値の平均）が一致しない

「あるブロックの値に d 加えても、
薬剤の効果に影響しない」は成立しない

データをモデル式に従って分解し、
その成分から平方和を計算することはできない

どのように考えて乱塊法データから平方和を求めるか
　質的因子の乱塊法（Excel、JMP）
　量的因子の乱塊法（Excel、JMP）

y_{ij}

	B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8	9.9	9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	11.7
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

=

$y_{..}$

A1	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A2	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A3	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
A4	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9

+

a_i
3.100

A1	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
A2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
A3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
A4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

+

c_j
1.220

A1	0.30	-0.30	-0.25	0.00	0.25
A2	0.30	-0.30	-0.25	0.00	0.25
A3	0.30	-0.30	-0.25	0.00	0.25
A4	0.30	-0.30	-0.25	0.00	0.25

+

e_{ij}
0.960

A1	0.20	-0.10	-0.35	0.10	0.15
A2	-0.40	0.10	0.45	0.00	-0.15
A3	-0.10	-0.20	-0.05	0.10	0.25
A4	0.30	0.20	-0.05	-0.20	-0.25

表示 3.5.1
乱塊法データの分解
（欠測値がない場合）

（2）質的因子（Excel による解析）

欠測値のある質的因子の乱塊法データ

ダミー変数 2 を使って Excel で解析

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.124

●ダミー変数

質的変数（薬剤、ブロック）に
ダミー変数 2 を割り当てて
回帰分析を実施（§2.3 p.97）

質的因子にダミー変数を割り当てることにより、
質的因子と量的因子を一緒に、
回帰分析という一貫した手法で分析可能

表示 3.3.1 欠測値のあるデータ

薬剤	ブロック B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8		9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

表示 3.3.2 2組のダミー変数の生成

薬剤	ﾌﾞﾛｯｸ	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	y
A1	B1	1	0	0	1	0	0	0	10.8
A1	B3	1	0	0	0	0	1	0	9.7
A1	B4	1	0	0	0	0	0	1	10.4
A1	B5	1	0	0	-1	-1	-1	-1	10.7
A2	B1	0	1	0	1	0	0	0	10.7
A2	B2	0	1	0	0	1	0	0	10.6
A2	B3	0	1	0	0	0	1	0	11.0
A2	B4	0	1	0	0	0	0	1	10.8
A2	B5	0	1	0	-1	-1	-1	-1	10.9
A3	B1	0	0	1	1	0	0	0	11.4
A3	B2	0	0	1	0	1	0	0	10.7
A3	B3	0	0	1	0	0	1	0	10.9
A3	B4	0	0	1	0	0	0	1	11.3
A4	B1	-1	-1	-1	1	0	0	0	11.9
A4	B2	-1	-1	-1	0	1	0	0	11.2
A4	B3	-1	-1	-1	0	0	1	0	11.0
A4	B4	-1	-1	-1	0	0	0	1	11.1
A4	B5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	11.3

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.124

●ダミー変数

質的変数（薬剤、ブロック）に
ダミー変数２を割り当てて
回帰分析を実施（§2.3 p.97）

表示 3.3.1
欠測値のあるデータ

A1, B2 欠測

A3, B5 欠測

薬剤	ブロック				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8		9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

表示 3.3.2 ２組のダミー変数の生成

A1, B2 欠測

薬剤	ﾌﾞﾛｯｸ	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	y
A1	B1	1	0	0	1	0	0	0	10.8
A1	B3	1	0	0	0	0	1	0	9.7
A1	B4	1	0	0	0	0	0	1	10.4
A1	B5	1	0	0	-1	-1	-1	-1	10.7
A2	B1	0	1	0	1	0	0	0	10.7
A2	B2	0	1	0	0	1	0	0	10.6
A2	B3	0	1	0	0	0	1	0	11.0
A2	B4	0	1	0	0	0	0	1	10.8
A2	B5	0	1	0	-1	-1	-1	-1	10.9
A3	B1	0	0	1	1	0	0	0	11.4
A3	B2	0	0	1	0	1	0	0	10.7
A3	B3	0	0	1	0	0	1	0	10.9
A3	B4	0	0	1	0	0	0	1	11.3
A4	B1	-1	-1	-1	1	0	0	0	11.9
A4	B2	-1	-1	-1	0	1	0	[illegible]	11.2
A4	[illegible]	[illegible]	-1	-1	0	0	1	0	11.0
A4	B4	-1	-1	-1	0	0	0	1	11.1
A4	B5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	11.3

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.124

● ダミー変数

質的変数（薬剤、ブロック）に
ダミー変数２を割り当てて
回帰分析を実施（§2.3 p.97）

ダミー変数２
（効果の単純平均が 0、和が 0、JMP 利用）
薬剤：A1, A2, A3
ブロック：B1, B2, B3, B4　（← 水準名と区別）

表示 3.3.1
欠測値のある
データ

薬剤	ブロック B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8		9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

表示 3.3.2 ２組の
ダミー変数の生成

ダミー変数名

水準名

薬剤	ﾌﾞﾛｯｸ	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	y
A1	B1	1	0	0	1	0	0	0	10.8
A1	B3	1	0	0	0	0	1	0	9.7
A1	B4	1	0	0	0	0	0	1	10.4
A1	B5	1	0	0	-1	-1	-1	-1	10.7
A2	B1	0	1	0	1	0	0	0	10.7
A2	B2	0	1	0	0	1	0	0	10.6
A2	B3	0	1	0	0	0	1	0	11.0
A2	B4	0	1	0	0	0	0	1	10.8
A2	B5	0	1	0	-1	-1	-1	-1	10.9
A3	B1	0	0	1	1	0	0	0	11.4
A3	B2	0	0	1	0	1	0	0	10.7
A3	B3	0	0	1	0	0	1	0	10.9
A3	B4	0	0	1	0	0	0	1	11.3
A4	B1	-1	-1	-1	1	0	0	0	11.9
A4	B2	-1	-1	-1	0	1	0	0	11.2
A4	B3	-1	-1	-1	0	0	1	0	11.0
A4	B4	-1	-1	-1	0	0	0	1	11.1
A4	B5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	11.3

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.124

●LINEST 関数による回帰分析

LINEST 関数による３通りの回帰分析

(a)「y」と「薬剤」（A1, A2, A3）

(b)「y」と「ブロック」（B1, B2, B3, B4）

(c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」

テキストにはない記号

表示 3.3.1 欠測値のあるデータ

薬剤	ブロック				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1	10.8		9.7	10.4	10.7
A2	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
A3	11.4	10.7	10.9	11.3	
A4	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

表示 3.3.2 ２組のダミー変数の生成

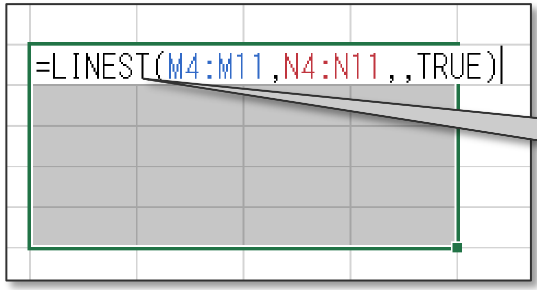
薬剤	ブロック	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	y
A1	B1	1	0	0	1	0	0	0	10.8
A1	B3	1	0	0	0	0	1	0	9.7
A1	B4	1	0	0	0	0	0	1	10.4
A1	B5	1	0	0	-1	-1	-1	-1	10.7
A2	B1	0	1	0	1	0	0	0	10.7
A2	B2	0	1	0	0	1	0	0	10.6
A2	B3	0	1	0	0	0	1	0	11.0
A2	B4	0	1	0	0	0	0	1	10.8
A2	B5	0	1	0	-1	-1	-1	-1	10.9
A3	B1	0	0	1	1	0	0	0	11.4
A3	B2	0	0	1	0	1	0	0	10.7
A3	B3	0	0	1	0	0	1	0	10.9
A3	B4	0	0	1	0	0	0	1	11.3
A4	B1	-1	-1	-1	1	0	0	0	11.9
A4	B2	-1	-1	-1	0	1	0	0	11.2
A4	B3	-1	-1	-1	0	0	1	0	11.0
A4	B4	-1	-1	-1	0	0	0	1	11.1
A4	B5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	11.3

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.124

●LINEST 関数による回帰分析

（1）出力領域を範囲指定して反転させる



反転した状態で
関数を入力

(a)「y」と「薬剤」：５行４列（ダミー変数の数＋切片）
(b)「y」と「ブロック」：５行５列
(c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」：５行８列

（2）反転させた状態で、関数を入力

= LINEST(y 範囲, x 範囲 , , TRUE)

カンマ２つ

（3）Ctrlキー・Shiftキーを
同時に押しながらEnterキーを押す

（4）指定した範囲に結果が表示される（数値のみ）

y 範囲：オレンジ枠
x 範囲
(a) ブルー枠
(b) グリーン枠
(c) ブルー枠＋グリーン枠

表示 3.3.2 ２組の
ダミー変数の生成

薬剤	ブロック	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	y
A1	B1	1	0	0	1	0	0	0	10.8
A1	B3	1	0	0	0	0	1	0	9.7
A1	B4	1	0	0	0	0	0	1	10.4
A1	B5	1	0	0	-1	-1	-1	-1	10.7
A2	B1	0	1	0	1	0	0	0	10.7
A2	B2	0	1	0	0	1	0	0	10.6
A2	B3	0	1	0	0	0	1	0	11.0
A2	B4	0	1	0	0	0	0	1	10.8
A2	B5	0	1	0	-1	-1	-1	-1	10.9
A3	B1	0	0	1	1	0	0	0	11.4
A3	B2	0	0	1	0	1	0	0	10.7
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	1	0	0	1	0	10.9
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	1	0	0	0	1	11.3
[illegible]	[illegible]	[illegible]	-1	-1	1	0	0	0	11.9
[illegible]	[illegible]	[illegible]	-1	-1	0	1	0	0	11.2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	-1	-1	0	0	1	0	11.0
A4	B4	-1	-1	-1	0	0	0	1	11.1
A4	B5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	11.3

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

表示 3.3.3　LINEST関数の解

●LINEST 関数による回帰分析

(a)「y」と「薬剤」

	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.181	-0.094	-0.494	10.894	
その標準誤差	0.147	0.136	0.147	0.082	
寄与率	0.542	0.345	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	5.514	14	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	1.970	1.668	#N/A	#N/A	残差平方和

ダミー変数名と切片
順番に注意

既存の表示から
コピー

ブロック	A1	A2	A3	B1	B
B1	1	0	0	1	

データの順番

(b)「y」と「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
その標準誤差	0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

(c)「y」と「薬剤」
＋「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.125

●LINEST 関数による回帰分析

(a)「y」と「薬剤」の結果

LINEST 関数の回帰係数は
表示 3.3.1 の効果（行平均を使用）
と一致

表示 3.3.3　LINEST 関数の解　(a)「y」と「薬剤」の結果

	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.181	-0.094	-0.494	10.894	
その標準誤差	0.147	0.136	0.147	0.082	
寄与率	0.542	0.345	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	5.514	14	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	1.970	1.668	#N/A	#N/A	残差平方和

ダミー変数 2 は効果の和が 0 になる

$$-0.494 - 0.094 + 0.181 + A4 = 0$$

$$\downarrow$$

$$A4 = -(-0.494 - 0.094 + 0.181)$$

$$= \boxed{0.406}$$

表示 3.3.1 欠測値のあるデータ

薬剤	投与量	ブロック B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

薬剤効果、仮の計算値
（水準平均－**行平均**）

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.125

●LINEST 関数による回帰分析

(b)「y」と「ブロック」の結果

LINEST 関数の回帰係数は
表示 3.3.1 の効果（列平均を使用）
と一致

ダミー変数 2 は効果の和が 0 になる

$$0.290 - 0.077 - 0.260 - 0.010 + B5 = 0$$

↓

$$B5 = -(0.290 - 0.077 - 0.260 - 0.010) = \boxed{0.057}$$

表示 3.3.3　LINEST 関数の解　(b)「y」と「ブロック」の結果

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
その標準誤差	0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

表示 3.3.1 欠測値のあるデータ

薬剤	投与量	ブロック B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

ブロック効果、仮の計算値
（ブロック平均 – **列平均**）

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.125

●LINEST 関数による回帰分析

(c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」の結果

LINEST 関数の回帰係数の推定値から予測式が得られる

表示 3.3.3　LINEST 関数の解　(c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」の結果

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

$$\mathrm{A4} = -(0.225 - 0.088 - 0.548) = 0.411$$

$$\mathrm{B5} = -(0.312 - 0.238 - 0.238 + 0.012) = 0.152$$

$$\hat{y}_{ij} = 10.888 + \begin{pmatrix} -0.548 \\ -0.088 \\ 0.225 \\ 0.411 \end{pmatrix} + (0.312 \quad -0.238 \quad -0.238 \quad 0.012 \quad 0.152)$$

$\hat{y}_{11} = 10.888 + (-0.548) + 0.312 = 10.652$　・・・　薬剤 A1、ブロック B1 の予測値

$\hat{y}_{45} = 10.888 + 0.411 + 0.152 = 11.451$　・・・・・　薬剤 A4、ブロック B5 の予測値

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.125

- LINEST 関数による回帰分析

  (c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」の結果

  LINEST 関数の回帰係数は
  表示 3.3.1 の効果と
  一致しない

  ダミー変数を使用して
  LINEST 関数で回帰分析すると
  薬剤とブロックを一緒に
  取上げてモデルの解が得られる

表示 3.3.3　LINEST 関数の解　(c)「y」と「薬剤」
＋「ブロック」の結果

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

表示 3.3.1 欠測値のあるデータ

薬剤	投与量	ブロック B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

薬剤効果、仮の計算値
（水準平均 – **行平均**）

ブロック効果、仮の計算値
（ブロック平均 – **列平均**）

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.125

表示 3.3.3　LINEST関数の解

●LINEST 関数による回帰分析

(a)「y」と「薬剤」

薬剤の単独の解析
（水準平均 – **行平均**）

	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.181	-0.094	-0.494	10.894	
その標準誤差	0.147	0.136	0.147	0.082	
寄与率	0.542	0.345	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	5.514	14	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	1.970	1.668	#N/A	#N/A	残差平方和

回帰係数 不一致

(b)「y」と「ブロック」

ブロック因子の単独の解析
（ブロック平均 – **列平均**）

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
その標準誤差	0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

(c)「y」と「薬剤」
＋「ブロック」

両因子を一緒に解析

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.125

●LINEST 関数による回帰分析

(a)「y」と「薬剤」

	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.181	-0.094	-0.494	10.894	
その標準誤差	0.147	0.136	0.147	0.082	
寄与率	0.542	0.345	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	5.514	14	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	1.970	1.668	#N/A	#N/A	残差平方和

回帰平方和＋残差平方和
1.970 + 1.668 = 3.638

(b)「y」と「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
その標準誤差	0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標[illegible]
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	[illegible]
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	[illegible]	残[illegible]

0.634 + 3.003 = 3.637

回帰平方和
1.970+0.634 ＝2.604
≠ 2.806
不一しない

(c)「y」と「薬剤」
＋「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	[illegible]	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	[illegible]	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	[illegible]	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

2.806 + 0.831 = 3.637

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

●LINEST 関数による回帰分析

補足：**欠測値がない場合**

（§3.1）

(a)「y」と「薬剤」

(b)「y」と「ブロック」

(c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」

表示 3.3.3　LINEST関数の解（**欠測値がないデータに改変**）

	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.300	-0.100	-0.600	10.900	
その標準誤差	0.143	0.143	0.143	0.083	
寄与率	0.587	0.369	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	7.584	16	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	3.100	2.180	#N/A	#N/A	残差平方和

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	0.000	-0.250	-0.300	0.300	10.900	
その標準誤差	0.233	0.233	0.233	0.233	0.116	
寄与率	0.231	0.520	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	1.127	15	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	1.220	4.060	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.000	-0.250	-0.300	0.300	0.300	-0.100	-0.600	10.900	
その標準誤差	0.126	0.126	0.126	0.126	0.110	0.110	0.110	0.063	
寄与率	0.818	0.283	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	7.714	12	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	4.320	0.960	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

回帰係数
欠測値がない場合、一致

回帰平方和
3.100+1.220 ＝4.320
欠測値がない場合、一致

欠測値がある質的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.125

●LINEST 関数による回帰分析

表示 3.3.3　LINEST関数の解

(a)「y」と「薬剤」

	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.181	-0.094	-0.494	10.894	
その標準誤差	0.147	0.136	0.147	0.082	
寄与率	0.542	0.345	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	5.514	14	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	1.970	1.668	#N/A	#N/A	残差平方和

(b)「y」と「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
その標準誤差	0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

回帰係数は
(c) の結果と
不一致
平方和は
次項で利用

ダミー変数 2 を使い、
LINEST 関数により
両因子を一緒に回帰分析

(c)「y」と「薬剤」
＋「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

次項で JMP の結果を取上げる
平方和の分解について説明

（3）質的因子（JMP による解析）

欠測値のある質的因子の乱塊法データ

JMP［モデルのあてはめ］で解析

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.125

●JMPファイルの読み込みと表示

JMP ファイル「3-乱塊法.jmp」を読み込み

●データ

表示 3.3.1 のデータ

乱塊法実験データ、ブロックによる反復 5

質的因子の列名は「薬剤」

ブロックの列名は「ブロック」、

観測値の列名は「y*」（欠測値のある列）

●解析

［モデルのあてはめ］

［Y］：「y」

［モデル効果の構成］：「薬剤」、「ブロック」

強調点：最小レポート

欠測値

		薬剤	ブロック	y	投与量	y*
A	1	A1	B1	10.8	0	10.8
B	2	A1	B2	9.9	0	•
C	3	A1	B3	9.7	0	9.7
D	4	A1	B4	10.4	0	10.4
E	5	A1	B5	10.7	0	10.7
A	6	A2	B1	10.7	10	10.7
B	7	A2	B2	10.6	10	10.6
C	8	A2	B3	11	10	11
D	9	A2	B4	10.8	10	10.8
E	10	A2	B5	10.9	10	10.9
A	11	A3	B1	11.4	20	11.4
B	12	A3	B2	10.7	20	10.7

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.125

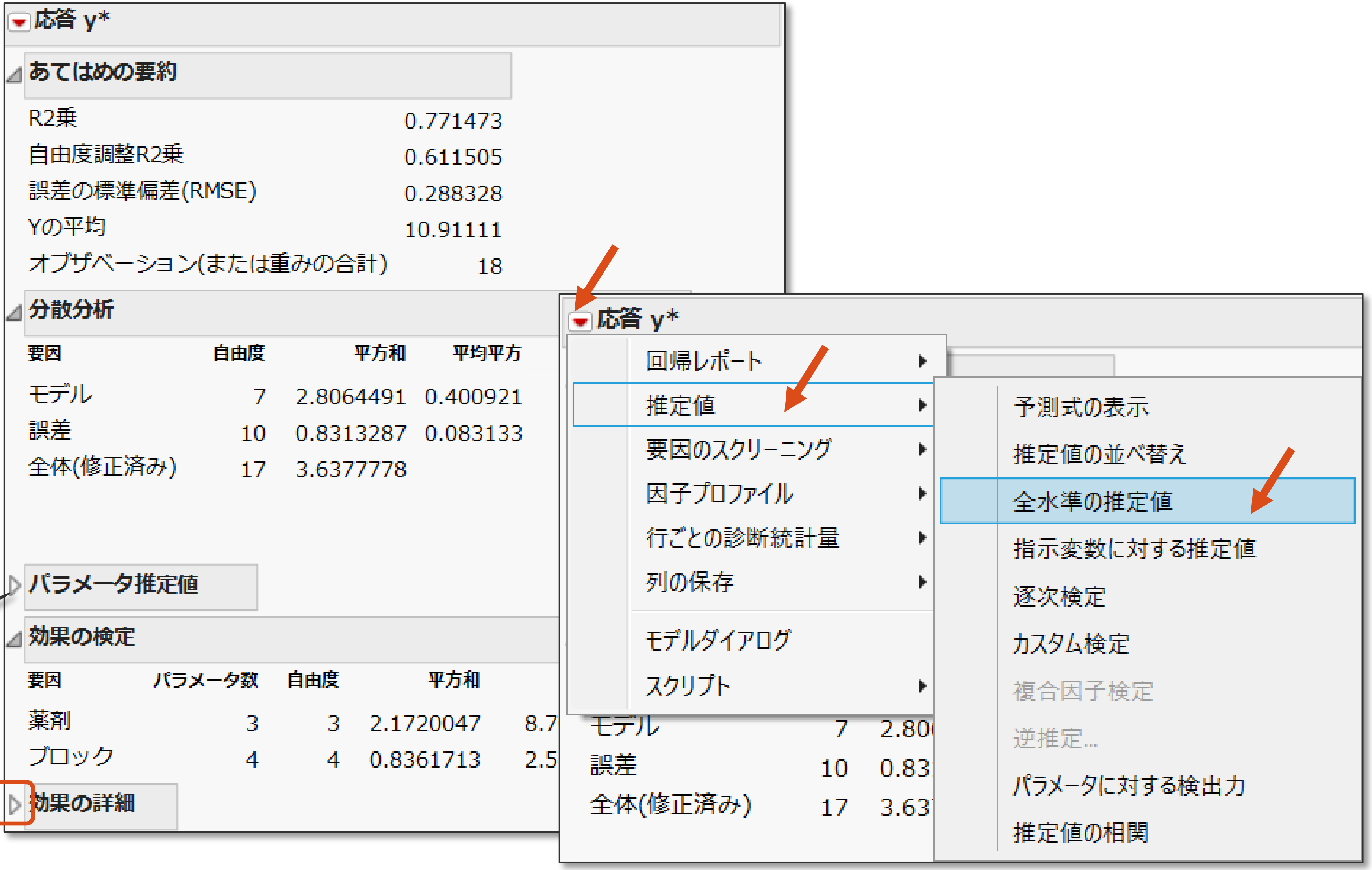
●JMP の出力

[あてはめの要約]
[分散分析]
[パラメータ推定値]
[効果の検定]
[効果の詳細]

▼オプション>
[推定値] >
[全水準の推定値]

[全水準の推定値]を代わりに使用

表示が閉じている クリックすると表示



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.126

● ［分散分析］

表示 3.3.3 (c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」の解析（LINEST 関数）

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

パラメータ７個→自由度

ダミー変数２を使用した
LINEST 関数の結果

表示 3.3.4　JMPによる解析（一部）

分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	7	2.8064491	0.400921	4.8227
誤差	10	0.8313287	0.083133	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	17	3.6377778		0.0130*

全体の自由度
18 − 1 = 17

［分散分析］

モデルの平方和、残差の平方和と自由度は、JMP の結果とLINEST 関数の結果 (c) が一致

JMP は内部でダミー変数２を使って解析している

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

● ［全水準の推定］

表示 3.3.4（一部）

全水準の推定値

名義尺度の要因においては、全水準に対して
る

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob>|t|)
切片	10.888462	0.069254	157.22	<.0001*
薬剤[A1]	-0.547902	0.127013	-4.31	0.0015*
薬剤[A2]	-0.088462	0.114496	-0.77	0.4576
薬剤[A3]	0.2248252	0.127013	1.77	0.1071
薬剤[A4]	0.4115385	0.114496	3.59	0.0049*
ブロック[B1]	0.3115385	0.1314	2.37	0.0392*
ブロック[B2]	-0.237762	0.15096	-1.58	0.1463
ブロック[B3]	-0.238462	0.1314	-1.81	0.0996
ブロック[B4]	0.0115385	0.1314	0.09	0.9318
ブロック[B5]	0.1531469	0.15096	1.01	0.3343

表示 3.3.3 (c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」の解析（LINEST 関数）

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

A4＝－(-0.548-0.088+0.225) = 0.412

B5＝－(0.312-0.238-0.238+0.012) = 0.153

［全水準の推定］

パラメータの推定値とその標準誤差は、

JMP の結果とLINEST 関数の結果 (c) が一致

［パラメータ推定値］

水準A4、B5 の表示がない

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.126

- ［効果の検定］

表示 3.3.4（一部）

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080

2.172 + 0.836 = 3.008

(a)「y」と「薬剤」

回帰係数	0.				
その標準誤差	0.				
寄与率	0.				
F比	5.514	14	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	1.970	1.668	#N/A	#N/A	残差平方和

(b)「y」と「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
その標準誤差	0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

(c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	[illegible]	[illegible]	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	[illegible]	[illegible]	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#N/A	[illegible]	[illegible]	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

回帰平方和
残差平方和
図示

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.126

- ［効果の検定］

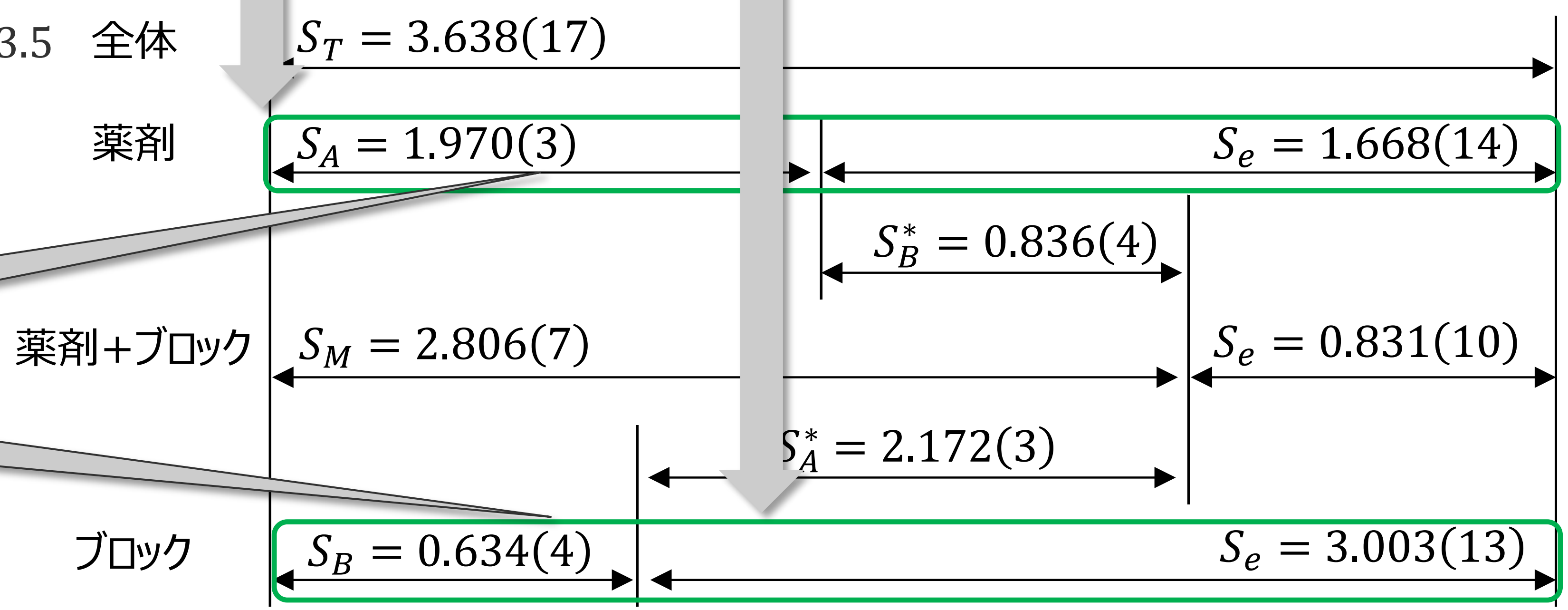
表示 3.3.3 (a)「y」と「薬剤」の解析

	A3	A2	A1	const
回帰係数	0.181	-0.094	-0.494	10.894
その標準誤差	0.147	0.136	0.147	0.082
寄与率	0.542	0.345	#N/A	#N/A
F比	5.514	14	#N/A	#N/A
回帰平方和	1.970	1.668	#N/A	#N/A

(b)「y」と「ブロック」の解析

B4	B3	B2	B1	const	
-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

表示 3.3.5



LINEST 関数の結果

(a) (b) を表示 3.3.5 に移行

薬剤の水準数－1
＝4－1＝3

ブロックの水準数－1
＝5－1＝4

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

- ［効果の検定］

  LINEST 関数の結果 (c) を表示 3.3.5 に移行

表示 3.3.3 (c)「y」と「薬剤」＋「ブロック」の解析

	B4	B3	B2	B1	A3	A2	A1	const	
回帰係数	0.012	-0.238	-0.238	0.312	0.225	-0.088	-0.548	10.888	
その標準誤差	0.131	0.131	0.151	0.131	0.127	0.114	0.127	0.069	
寄与率	0.771	0.288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	4.823	10	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.806	0.831	#	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

この図を基にして［効果の検定］の平方和と自由度の関係を読み解く

表示 3.3.5

全体 $S_T = 3.638(17)$

薬剤 $S_A = 1.970(3)$ $S_e = 1.668(14)$

$S_B^* = 0.836(4)$

薬剤+ブロック $S_M = 2.806(7)$ $S_e = 0.831(10)$

$S_A^* = 2.172(3)$

ブロック $S_B = 0.634(4)$ $S_e = 3.003(13)$

回帰平方和
薬剤＋ブロック
モデル

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- ［効果の検定］

  「薬剤」の平方和　2.172

  「薬剤」の自由度　3

  「ブロック」の平方和　0.836

  「ブロック」の自由度　4

表示 3.3.4　JMPによる解析（一部）

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080

表示 3.3.5

全体：$S_T = 3.638(17)$

薬剤：$S_A = 1.970(3)$　$S_e = 1.668(14)$

$S_B^* = 0.836(4)$

薬剤+ブロック：$S_M = 2.806(7)$　$S_e = 0.831(10)$

$S_A^* = 2.172(3)$

ブロック：$S_B = 0.634(4)$　$S_e = 3.003(13)$

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

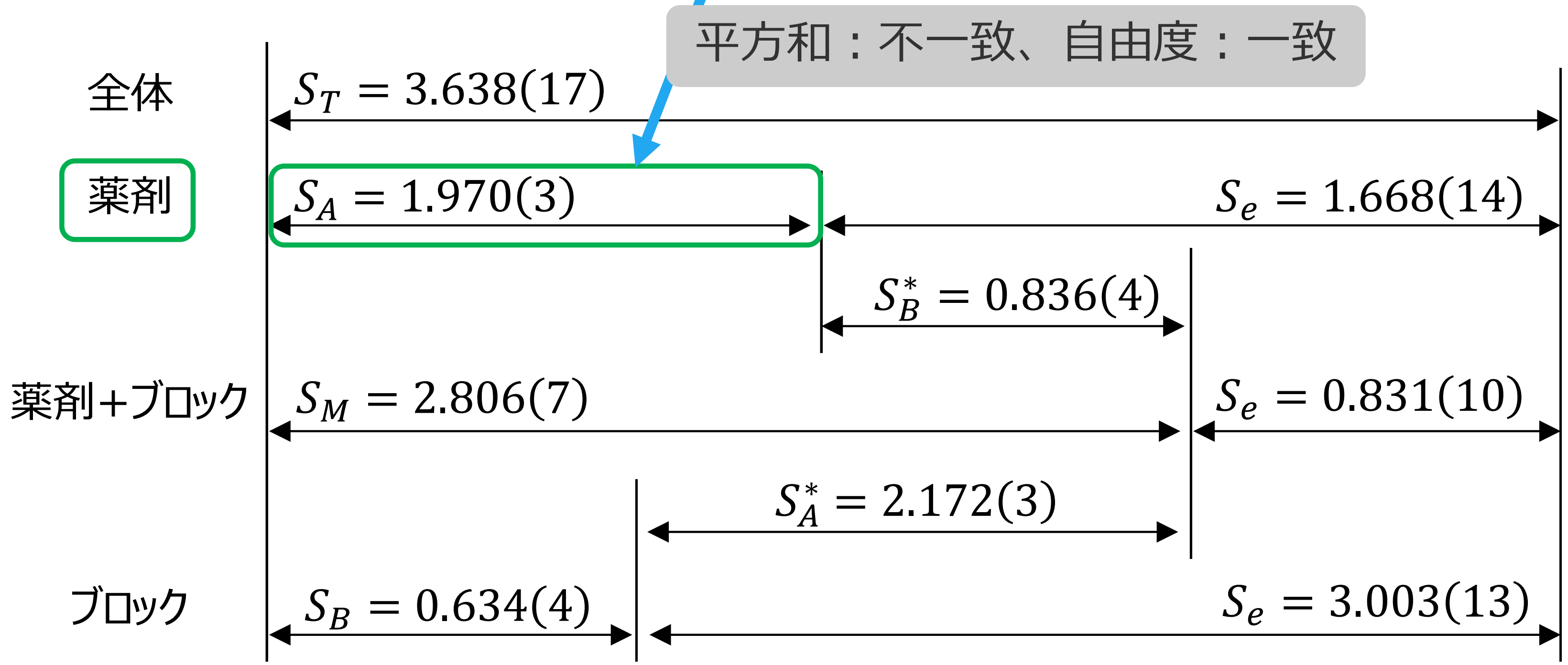
p.127

- ［効果の検定］
  - 「薬剤」の平方和
    - S_A と不一致
  - 「薬剤」の自由度
    - 3で一致

表示 3.3.4　JMPによる解析

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- ［効果の検定］

「薬剤」の平方和

薬剤の追加による

平方和の増加分（S_A^*）

「薬剤」の自由度

$7-4=3$

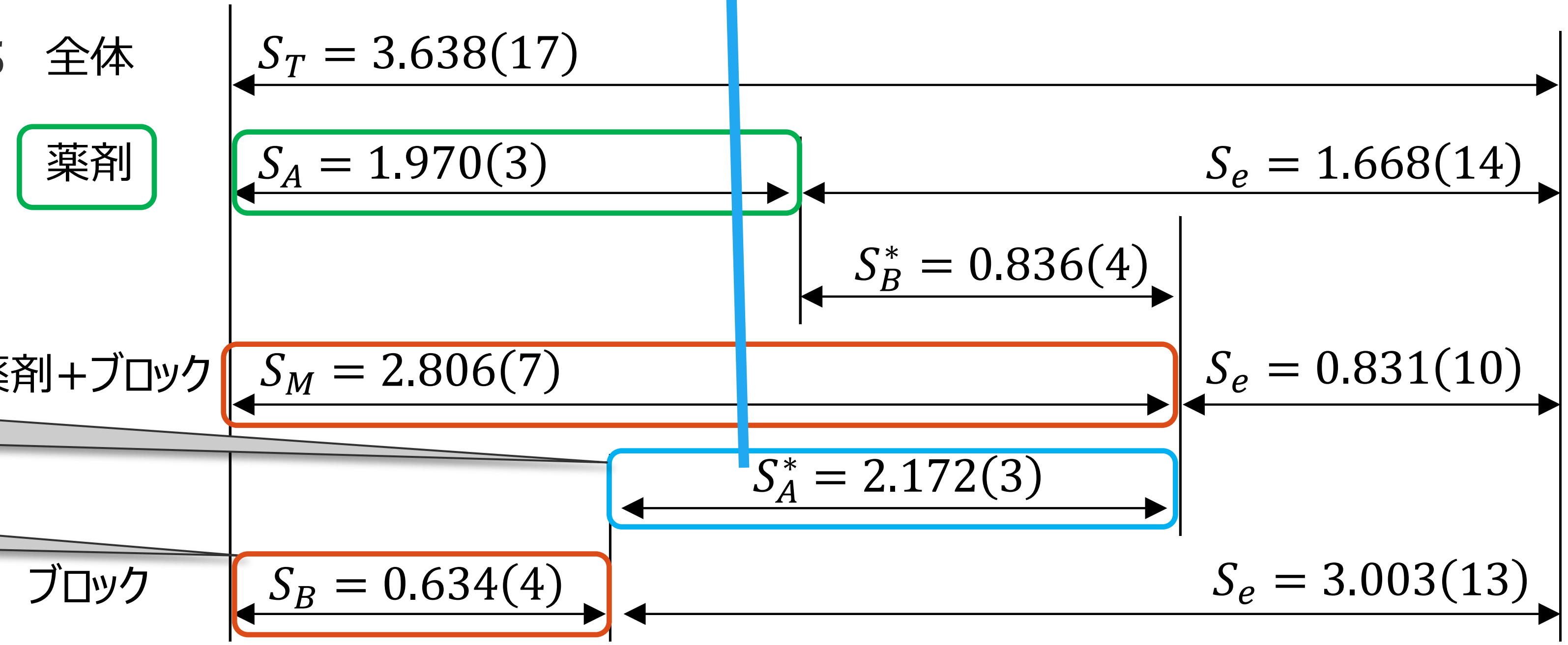
$4-1=3$

表示 3.3.4　JMPによる解析

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080

表示 3.3.5



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- ［効果の検定］

  「ブロック」の平方和

  S_B と不一致

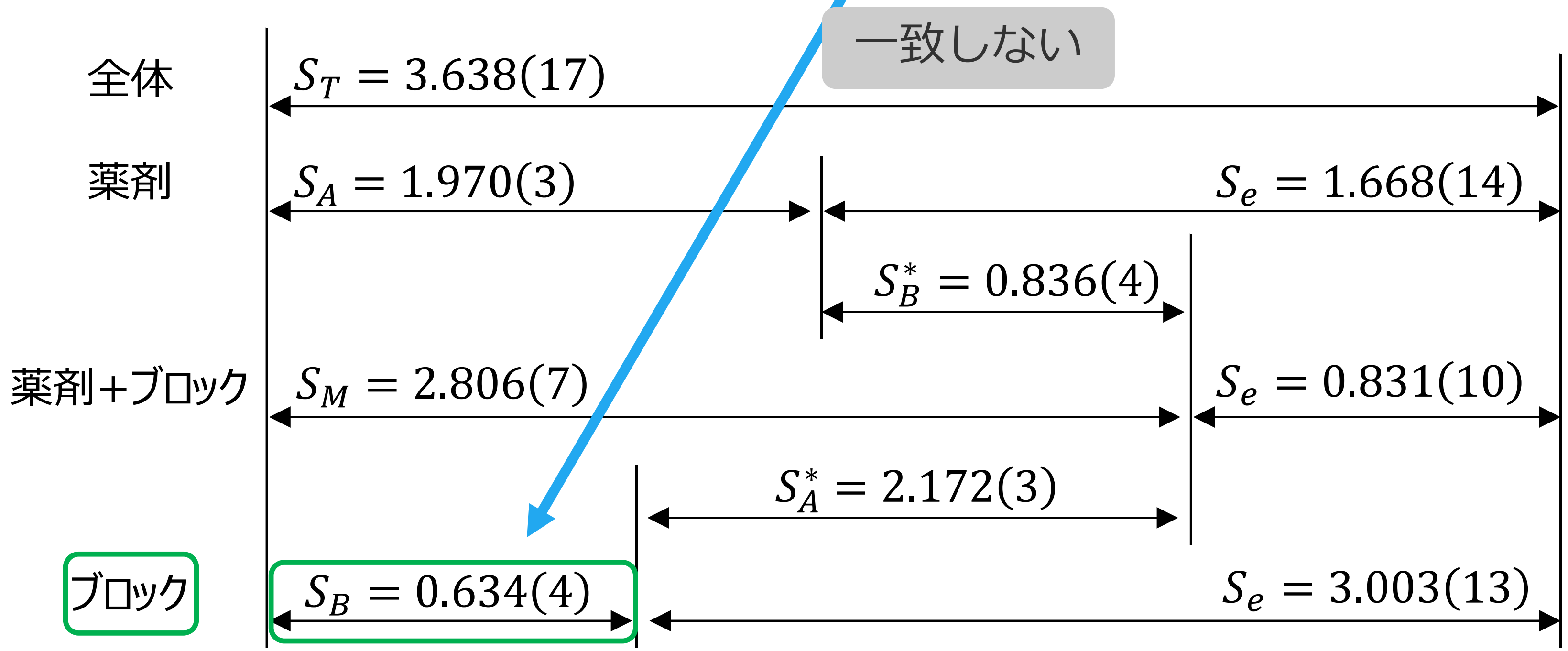
  「ブロック」の自由度

  4 で一致

表示 3.3.4　JMPによる解析

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- ［効果の検定］

  「ブロック」の平方和

  ブロックの追加による

  平方和の増加分（S_B^*）

  「薬剤」の自由度

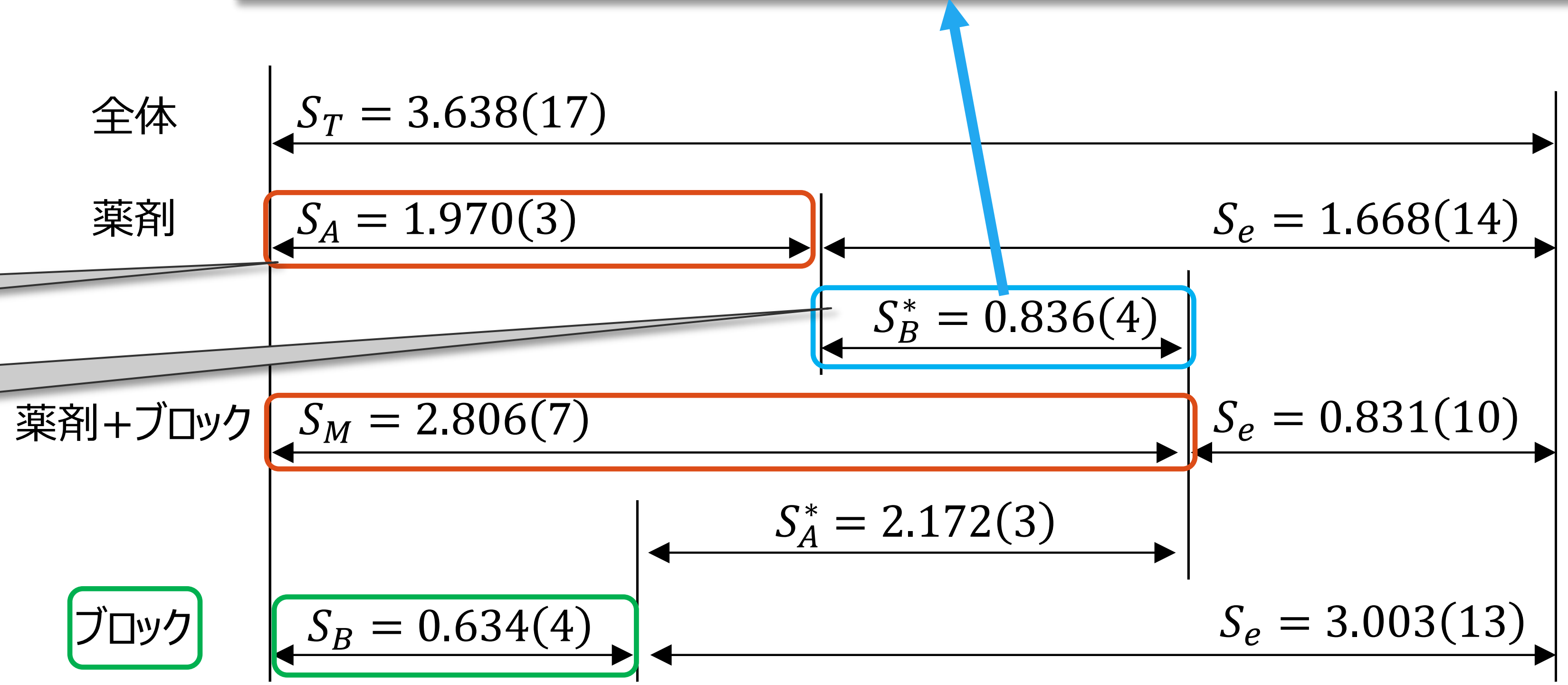
  $7-3=4$

  $5-1=4$

表示 3.3.4　JMPによる解析

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080



「薬剤」で説明できる分

「ブロック」の追加による増加分
$2.806-1.970=0.836$

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- ［効果の検定］

  「薬剤」の平方和

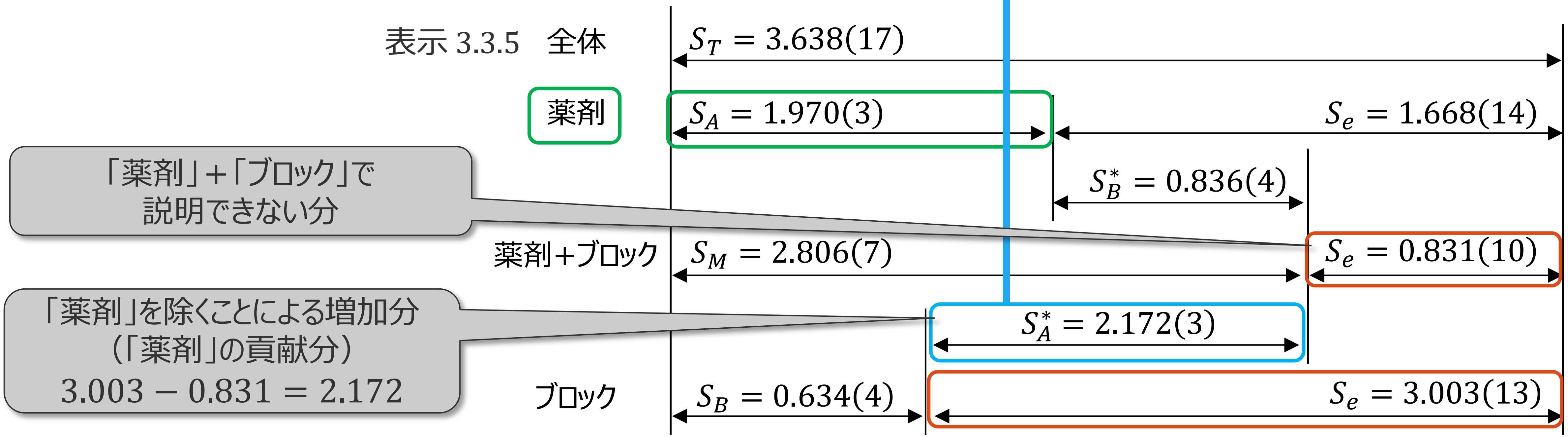
  薬剤を加えることによって

  残差平方和が減少する分（S_A^*）

表示 3.3.4　JMPによる解析

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- ［効果の検定］

  「ブロック」の平方和

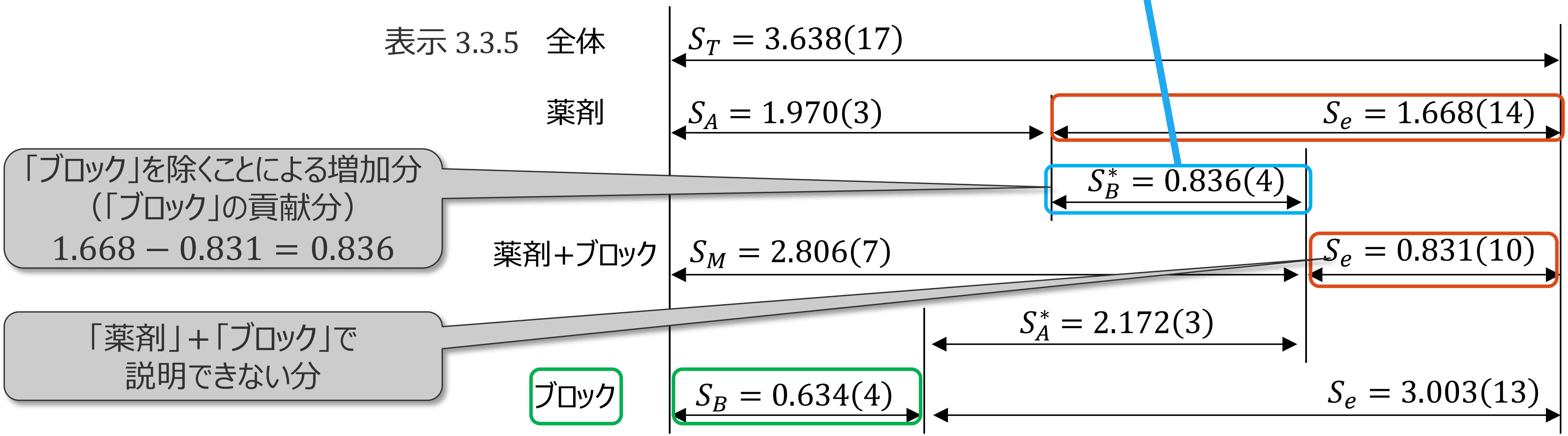
  ブロックを加えることによって
  残差平方和が減少する分（S_B^*）

表示 3.3.4　JMPによる解析

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080

表示 3.3.5



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

●分散分析表

欠測値のある乱塊法の
分散分析表（見方に注意）

表示 3.3.6
分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
モデル	2.806	7			
薬剤	2.172	3	0.724	8.709	0.004
ﾌﾞﾛｯｸ	0.836	4	0.209	2.515	0.108
残差	0.831	10	0.083	1.000	
全体	3.638	17			

$2.172 + 0.836 = 3.008$
$\neq 2.806$

表示 3.3.5　全体

$S_T = 3.638(17)$

JMP［分散分析］

薬剤

$S_A = 1.970(3)$　　$S_e = 1.668(14)$

$S_B^* = 0.836(4)$

JMP［分散分析］

薬剤+ブロック

$S_M = 2.806(7)$　　$S_e = 0.831(10)$

JMP［効果の検定］

$S_A^* = 2.172(3)$

JMP［効果の検定］

ブロック

$S_B = 0.634(4)$　　$S_e = 3.003(13)$

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

●分散分析表

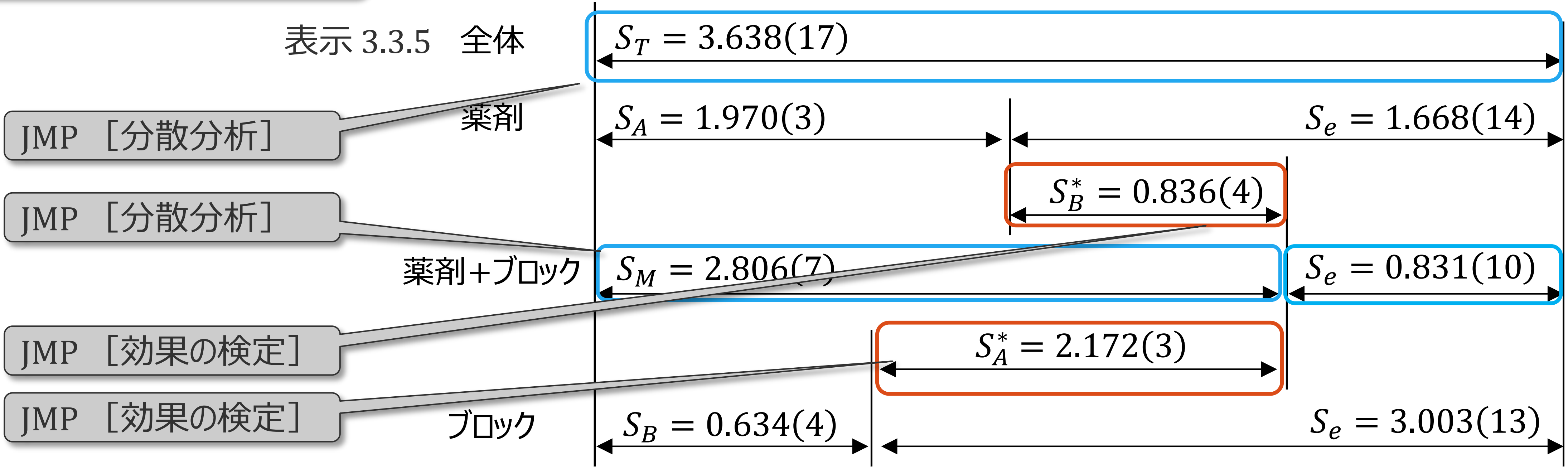
平均平方、F 値、p 値の計算は通常通り

表示 3.3.6 分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値
モデル	2.806	7			
薬剤	2.172	3	0.724	8.709	0.004
ブロック	0.836	4	0.209	2.515	0.108
残差	0.831	10	0.083	1.000	
全体	3.638	17			

$2.172 + 0.836 = 3.008$
$\neq 2.806$

通常の F 検定



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

●分散分析表

欠測値がある乱塊法データの場合、
JMP の［効果の検定］の平方和の合計は、［分散分析］のモデルの平方和と一致しない
（欠測値がないバランスの取れた乱塊法データであれば一致）

表示 3.3.4 質的因子（JMPによる解析、一部）

分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	7	$\boxed{2.8064491}$	0.400921	4.8227
誤差	10	0.8313287	0.083133	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	17	3.6377778		0.0130*

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)
薬剤	3	3	2.1720047	8.7090	0.0039*
ブロック	4	4	0.8361713	2.5146	0.1080

$$2.172 + 0.836 = 3.008 \neq 2.806$$

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

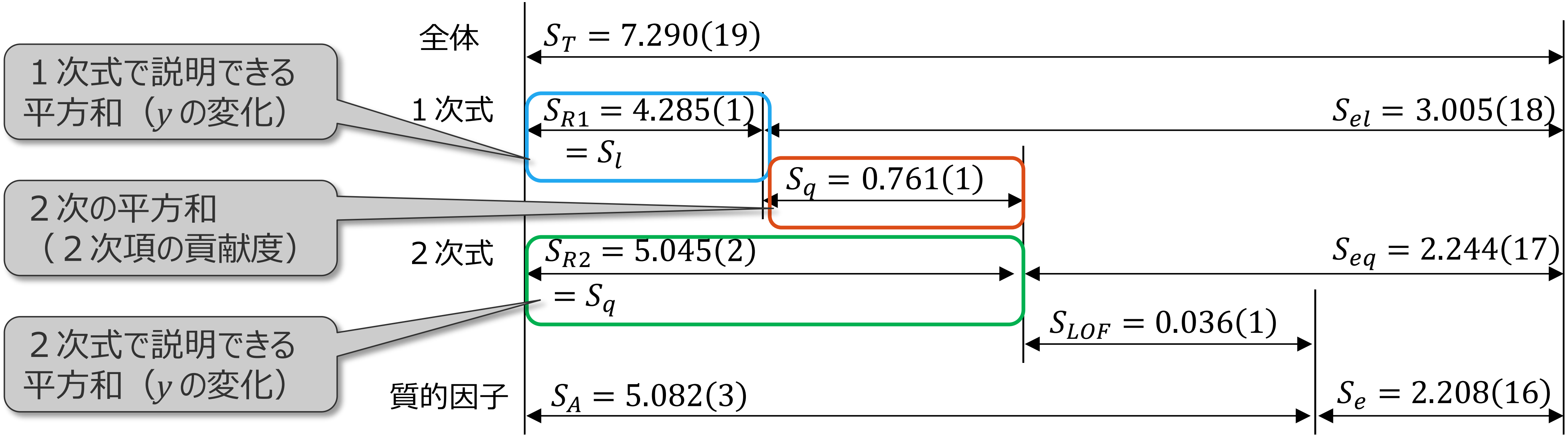
●平方和の求め方

多項式 の例（§2.2 p.89）

2 次式で説明できる平方和 － 1 次式で説明できる平方和 ＝ 2 次項の平方和

1 次式で説明できる平方和を優先、平方和の増加量からモデルに組み込んだ順に評価

簡単なモデルから複雑なモデルに改善している順序で平方和を推定（自然な順序）



欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

●平方和の求め方

多項式 の例（§2.2 p.89）

2 次式で説明できる平方和 − 1 次式で説明できる平方和 ＝ 2 次項の平方和

1 次式で説明できる平方和を優先、平方和の増加量からモデルに組み込んだ順に評価

簡単なモデルから複雑なモデルに改善している順序で平方和を推定（自然な順序）

（平方和 タイプ I ）

2 つの要因には優先順位がある

欠測値のある乱塊法データの例（本節）

因子 A（薬剤） と因子 B（ブロック因子） をモデルに含める順序には一意性がない

全部を含むモデルから「ある因子」を除くと誤差の平方和が大きくなる

この変化した分の平方和が「ある因子」の平方和　（モデルの平方和が小さくなる）

（平方和 タイプ II 、平方和 タイプ III）

2 つの要因は同等

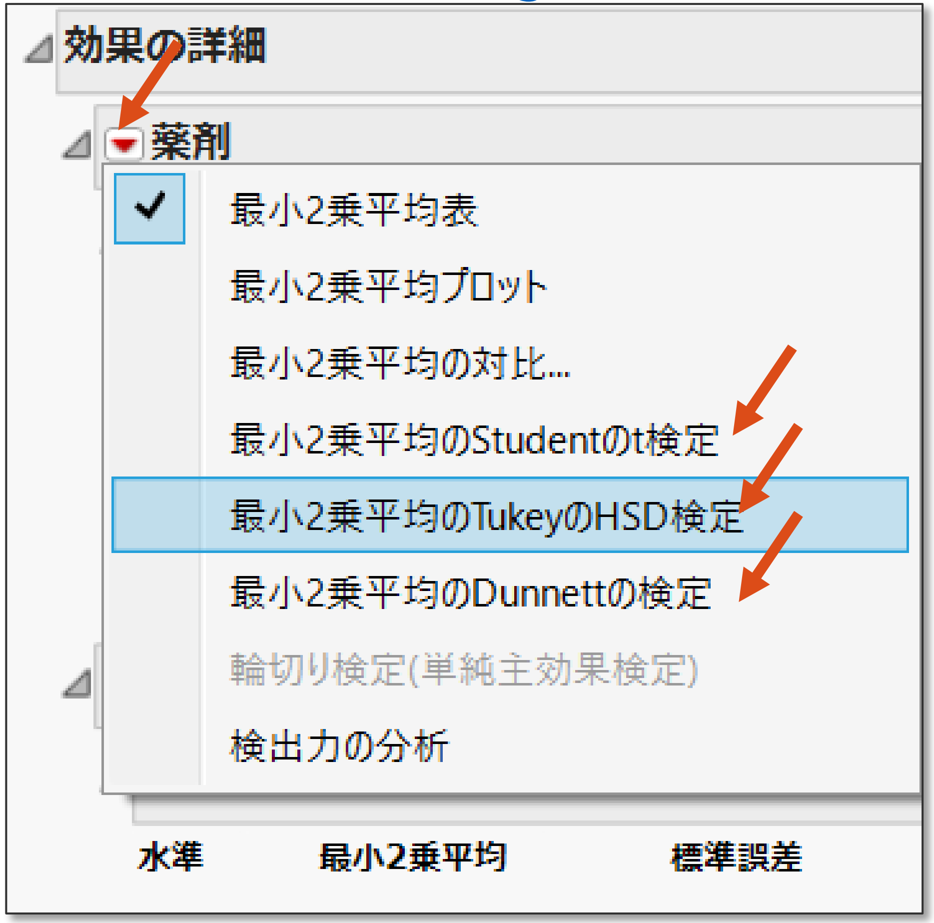
「JMP は SAS の GLM プロシジャにおける平方和タイプ III および平方和タイプ IV と同様の計算をしている」（JMP マニュアル）

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- ［効果の詳細］

ペアごとの水準間の平均値の比較（t 検定、Tukey の方法、Dunnett の方法）、§1.3 参照

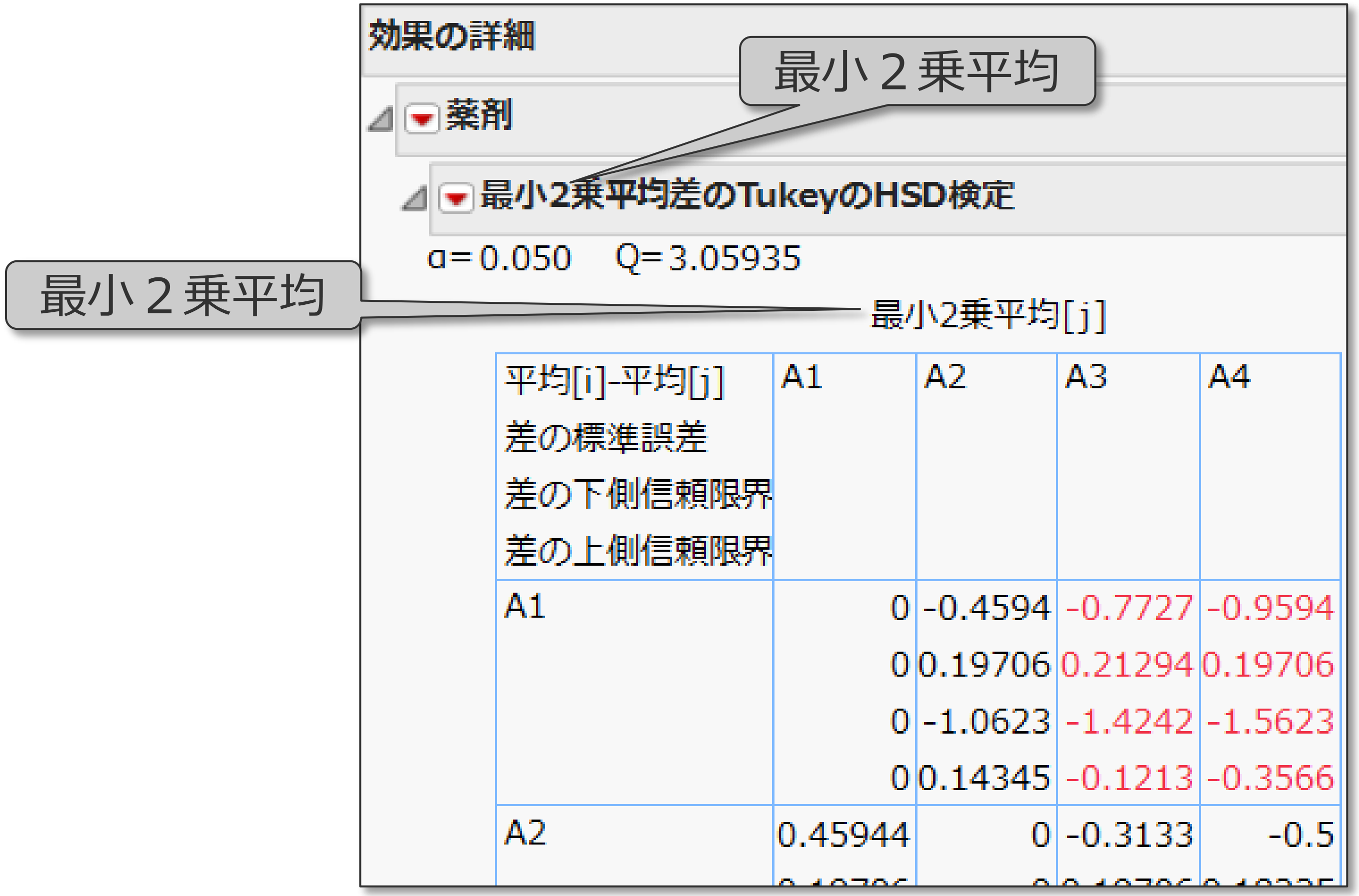


欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

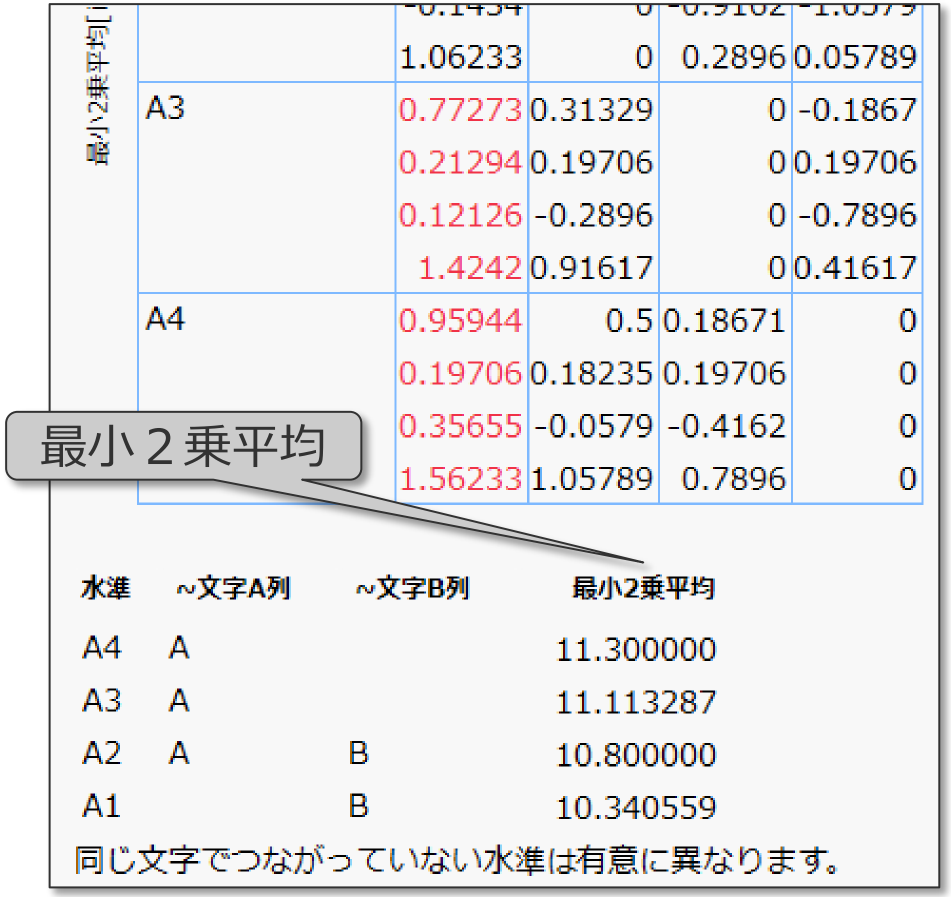
p.127

● ［効果の詳細］

Tukey 法による平均値（最小２乗平均）の比較（多重比較）



平均[i]-平均[j] 差の標準誤差 差の下側信頼限界 差の上側信頼限界	A1	A2	A3	A4
A1	0	-0.4594	-0.7727	-0.9594
	0	0.19706	0.21294	0.19706
	0	-1.0623	-1.4242	-1.5623
	0	0.14345	-0.1213	-0.3566
A2	0.45944	0	-0.3133	-0.5



	1.06233	0	0.2896	0.05789
A3	0.77273	0.31329	0	-0.1867
	0.21294	0.19706	0	0.19706
	0.12126	-0.2896	0	-0.7896
	1.4242	0.91617	0	0.41617
A4	0.95944	0.5	0.18671	0
	0.19706	0.18235	0.19706	0
	0.35655	-0.0579	-0.4162	0
	1.56233	1.05789	0.7896	0

水準	~文字A列	~文字B列	最小2乗平均
A4	A		11.300000
A3	A		11.113287
A2	A	B	10.800000
A1		B	10.340559

同じ文字でつながっていない水準は有意に異なります。

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

- 最小２乗平均
  - 欠測値がない場合
    - 平均と最小２乗平均は一致
  - 欠測値がある場合
    - 平均と最小２乗平均は一致しない

表示3.3.1 欠測値のあるデータ

薬剤	投与量	ブロック B1	B2	B3	B4	B5	平均	効果
A1	0	10.8		9.7	10.4	10.7	10.400	-0.494
A2	10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9	10.800	-0.094
A3	20	11.4	10.7	10.9	11.3		11.075	0.181
A4	30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3	11.300	0.406
	平均	11.200	10.833	10.650	10.900	10.967	10.911	10.894
	効果	0.290	-0.077	-0.260	-0.010	0.057	10.910	

欠測値がない場合（バランスがとれたデータ、§3.1）

薬剤

最小２乗平均＝平均

最小2乗平均表

水準	最小2乗平均	標準誤差	平均
A1	10.300000	0.12649111	10.3000
A2	10.800000	0.12649111	10.8000
A3	11.200000	0.12649111	11.2000
A4	11.300000	0.12649111	11.3000

欠測値がある場合（アンバランスなデータ）

薬剤

最小２乗平均≠平均

最小2乗平均表

水準	最小2乗平均	標準誤差	平均
A1	10.340559	0.14902188	10.4000
A2	10.800000	0.12894407	10.8000
A3	11.113287	0.14902188	11.0750
A4	11.300000	0.12894407	11.3000

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

●最小２乗平均

表示 3.3.4 質的因子（JMP による解析）

全水準の推定値

名義尺度の要因においては、全水準に対して推定値が求められている

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob>|t|)
切片	10.888462	0.069254	157.22	<.0001*
薬剤[A1]	-0.547902	0.127013	-4.31	0.0015*
薬剤[A2]	-0.088462	0.114496	-0.77	0.4576
薬剤[A3]	0.2248252	0.127013	1.77	0.1071
薬剤[A4]	0.4115385	0.1[illegible]	3.59	0.0049*
ブロック[B1]	0.3115385	0.1314	2.37	0.0392*
ブロック[B2]	-0.237762	0.15096	-1.58	0.1463
ブロック[B3]	-0.238462	0.1314	-1.81	0.0996
ブロック[B4]	0.0115385	0.1314	0.09	0.9318
ブロック[B5]	0.1531469	0.15096	1.01	0.3343

平均は 0

最小２乗平均はモデルから推定した予測値

$$\hat{y}_{ij} = \bar{y}_{..} + a_i + c_j$$

薬剤 A1：

$$\hat{y}_{1.} = 10.888 + (-0.5479) + 0 = \boxed{10.3406}$$

欠測値がある場合（アンバランスなデータ）
最小２乗平均 ≠ 平均

薬剤

最小2乗平均表

水準	最小2乗平均	標準誤差	平均
A1	10.340559	0.14902188	10.4000
A2	10.800000	0.12894407	10.8000
A3	11.113287	0.14902188	11.0750
A4	11.300000	0.12894407	11.3000

欠測値がある質的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.127

●最小２乗平均

最小２乗平均は、欠測による過少評価、あるいは過大評価を調整した平均

（別の事例）

ここまでと同様の同腹ラットの実験
ブロックB2の観測地が他よりも高い場合
このブロックのA4が欠測になると、
A4の単純平均は過少評価になる（ブログ参照）
最小２乗平均はこれを調整している

同腹ラット B1		同腹ラット B2		同腹ラット B3		同腹ラット B4		同腹ラット B5	
A3	A4		A1	A4	A1	A1	A4	A4	A2
A2	A1	A3	A2	A2	A3	A3	A2	A1	A3

ﾌﾞﾛｯｸ / 薬剤	B1	B2	B3	B4	B5	平均
A1	10.8	11.9	9.7	10.4	10.7	10.7
A2	10.7	12.6	11.0	10.8	10.9	11.2
A3	11.4	12.7	10.9	11.3	11.7	11.6
A4	11.9		11.0	11.1	11.3	11.3
平均	11.2	12.4	10.7	10.9	11.2	

欠測

値が高いブロック

薬剤

最小2乗平均表

水準	最小2乗平均	標準誤差	平均
A1	10.700000	0.12744577	10.7000
A2	11.200000	0.12744577	11.2000
A3	11.600000	0.12744577	11.6000
A4	11.633333	0.14716170	11.3250

過少評価

（4）量的因子（Excel による解析）

欠測値のある量的因子の乱塊法データ

ダミー変数 2 を使って Excel で解析

欠測値がある量的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.127

●ダミー変数

質的変数（ブロック）にダミー変数２を
割り当てて、回帰分析を実施（§2.3 p.97）
ダミー変数２　ブロック：B1, B2, B3, B4
（効果の単純平均が 0、和が 0、JMP 利用）

LINEST関数による３通りの解析
(d)「y」と「x」（投与量）
(e)「y」と「ブロック」
(f)「y」と「x」＋「ブロック」

表示 3.3.1
欠測値のある
データ

投与量	ブロック B1	B2	B3	B4	B5
0	10.8		9.7	10.4	10.7
10	10.7	10.6	11.0	10.8	10.9
20	11.4	10.7	10.9	11.3	
30	11.9	11.2	11.0	11.1	11.3

表示 3.3.4　の下部にある表

ダミー変数

投与量

投与量	ﾌﾞﾛｯｸ	B1	B2	B3	B4	x	y
0	B1	1	0	0	0	0	10.8
0	B3	0	0	1	0	0	9.7
0	B4	0	0	0	1	0	10.4
0	B5	-1	-1	-1	-1	0	10.7
10	B1	1	0	0	0	10	10.7
10	B2	0	1	0	0	10	10.6
10	B3	0	0	1	0	10	11.0
10	B4	0	0	0	1	10	10.8
10	B5	-1	-1	-1	-1	10	10.9
20	B1	1	0	0	0	20	11.4
20	B2	0	1	0	0	20	10.7
20	B3	0	0	1	0	20	10.9
20	B4	0	0	0	1	20	11.3
30	B1	1	0	0	0	30	11.9
30	B2	0	1	0	0	30	11.2
30	B3	0	0	1	0	30	11.0
30	B4	0	0	0	1	30	11.1
30	B5	-1	-1	-1	-1	30	11.3

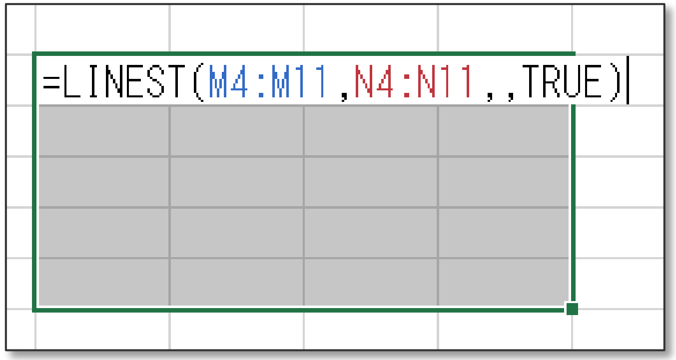
欠測値がある量的因子の乱塊法

ブルー枠とグリーン枠を同時に x 範囲に
指定する場合、両者を隣同士にする

p.127

●LINEST 関数による解析

（1）出力領域を範囲指定して反転



(d)「y」と「x」：５行２列（量的変数１＋切片 1）

(e)「y」と「ブロック」：５行５列（ダミー変数４＋切片 1）

(f)「y」と「x」＋「ブロック」：５行６列

（ダミー変数 4、量的変数 1、切片 1）

（2）反転させた状態で、関数を入力

カンマ２つ

= LINEST(y 範囲, x 範囲 , , TRUE)

（3）Ctrlキー・Shiftキーを同時に押しながらEnterキーを押す

（4）指定した範囲に結果が表示される

投与量	ﾌﾞﾛｯｸ	B1	B2	B3	B4	x	y
0	B1	1	0	0	0	0	10.8
0	B3	0	0	1	0	0	9.7
0	B4	0	0	0	1	0	10.4
0	B5	-1	-1	-1	-1	0	10.7
10	B1	1	0	0	0	10	10.7
10	B2	0	1	0	0	10	10.6
10	B3	0	0	1	0	10	11.0
10	B4	0	0	0	1	10	10.8
10	B5	-1	-1	-1	-1	10	10.9
20	B1	1	0	0	0	20	11.4
20	B2	0	1	0	0	20	10.7
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	10.9
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	11.3
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	11.9
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	11.2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	11.0
30	B4	0	0	0	1	30	11.1
30	B5	-1	-1	-1	-1	30	11.3

y 範囲：オレンジ枠
x 範囲
(d) グリーン枠
(e) ブルー枠
(f) グリーン枠＋ブルー枠

欠測値がある量的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.128

●LINEST 関数による解析

表示 3.3.7 LINEST 関数の解

(d)「y」と「x」

	x	const	
回帰係数	0.029	10.454	
その標準誤差	0.007	0.132	
寄与率	0.532	0.326	標準偏差
F比	18.167	16	残差自由度
回帰平方和	1.934	1.704	残差平方和

既存の表示からコピー

(e)「y」と「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.290	10.910	
その標準誤差	0.219	0.219	0.244	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

ダミー変数名、x、切片
順番に注意

投与量	ブロック	B1	B2	B3	B4	x	y
0	B1	1	0	0	0	0	10.8
0	B3	0	0	1	0	0	9.7

(f)「y」と「x」
＋「ブロック」

	x	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	0.031	0.011	-0.239	-0.211	0.311	10.423	
その標準誤差	0.006	0.125	0.125	0.142	0.125	0.114	
寄与率	0.750	0.276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	7.185	12	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.727	0.911	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和
t値	5.251	0.086	-1.910	-1.489	2.480	91.773	
p値	0.0002	0.9332	0.0804	0.1622	0.0290	0.0000	

セルの参照を調節
（絶対参照 $ の付いた数式 ）

欠測値がある量的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.128

●LINEST 関数による解析

(d)と(f)、(e)と(f)の
回帰係数は一致しない
（欠測値がなければ一致）

(d)＋(e) の回帰平方和は
(f) と一致しない
（欠測値がなければ一致）

回帰平方和
1.934 + 0.634 ＝2.568
≠ 2.727

表示 3.3.7 LINEST 関数の解

(d)「y」と「x」

	x	const	
回帰係数	0.029	10.454	
その標準誤差	0.007	0.132	
寄与率	0.532	0.326	標準偏差
F比	18.167	16	残差自由度
回帰平方和	1.934	1.704	残差平方和

(e)「y」と「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	0.[illegible]0	10.910	
その標準誤差	0.219	0.21[illegible]	0.24[illegible]	0.219	0.114	
寄与率	0.174	0.48[illegible]	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

回帰係数 不一致

(f)「y」と「x」＋「ブロック」

	x	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	0.031	0.011	-0.239	-0.211	0.311	10.423	
その標準誤差	0.006	0.125	0.125	0.142	0.125	0.114	
寄与率	0.750	0.276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	7.185	12	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.727	0.911	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和
t値	5.251	0.086	-1.910	-1.489	2.480	91.773	
p値	0.0002	0.9332	0.0804	0.1622	0.0290	0.0000	

欠測値がある量的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.128

●LINEST 関数による解析

(d)と(f)、(e)と(f)の
回帰係数は一致しない
（欠測値がなければ一致）

(d)＋(e) の回帰平方和は
(f) と一致しない
（欠測値がなければ一致）

表示 3.3.7 LINEST 関数の解

(d)「y」と「x」

	x	const	
回帰係数	0.029	10.454	
その標準誤差	0.007	0.132	
寄与率	0.532	0.326	標準偏差
F比	18.167	16	残差自由度
回帰平方和	1.934	1.704	残差平方和

(e)「y」
と「ブロック」

	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	-0.010	-0.260	-0.077	[illegible]	10.910	
その標準誤差	0.219	[illegible]	[illegible]	0.219	0.114	
寄与率	0.174	[illegible]	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	0.687	13	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	0.634	3.003	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

回帰係数 不一致

(f)「y」と「x」
＋「ブロック」

	x	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	0.031	0.011	-0.239	-0.211	0.311	10.423	
その標準誤差	0.006	0.125	0.125	0.142	0.125	0.114	
寄与率	0.750	0.276	#N/A	[illegible]	[illegible]	#N/A	標準偏差
F比	7.185	12	#N/A	[illegible]	[illegible]	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.727	0.911	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	残差平方和
t値	5.251	0.086	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
p値	0.0002	0.9332	0.0804	[illegible]	[illegible]	0.0000	

回帰平方和
残差平方和
図示

回帰平方和
1.934 + 0.634 ＝2.568
≠ 2.727

欠測値がある量的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.128

●分散分析表

「投与量」の平方和

投与量を加えることによって残差平方和が減少する分（S_R^*）

「投与量」の自由度

13－12 ＝1

（回帰係数 1 個）

表示 3.3.8

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
モデル	2.727	5			
投与量	2.093	1	2.093	27.569	0.0002
ﾌﾞﾛｯｸ	0.793	4	0.198	2.611	0.0886
残差	0.911	12	0.076	1.000	
全体	3.638	17			

表示 3.3.5（改変）

質的因子から量的因子に改変

全体　$S_T = 3.638(17)$

投与量(x)　$S_R = 1.934(1)$　$S_e = 1.704(16)$

$S_B^* = 0.793(4)$

「投与量」+「ブロック」で説明できない分

投与量(x)+ブロック　$S_M = 2.727(5)$　$S_e = 0.911(12)$

「投与量」を除くことによる増加分（「投与量」の貢献分）

$S_R^* = 2.093(1)$

ブロック　$S_B = 0.634(4)$　$S_e = 3.003(13)$

欠測値がある量的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.128

●分散分析表

「ブロック」の平方和

ブロックを加えることによって残差平方和が減少する分（S_B^*）

「ブロック」の自由度

$16 - 12 = 4$

$5 - 1 = 4$

表示 3.3.8

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
モデル	2.727	5			
投与量	2.093	1	2.093	27.569	0.0002
ブロック	0.793	4	0.198	2.611	0.0886
残差	0.911	12	0.076	1.000	
全体	3.638	17			

全体　$S_T = 3.638(17)$

投与量(x)　$S_R = 1.934(1)$　$S_e = 1.704(16)$

$S_B^* = 0.793(4)$

「ブロック」を除くことによる増加分（「ブロック」の貢献分）

投与量(x)+ブロック　$S_M = 2.727(5)$　$S_e = 0.911(12)$

$S_R^* = 2.093(1)$

「投与量」+「ブロック」で説明できない分

ブロック　$S_B = 0.634(4)$　$S_e = 3.003(13)$

欠測値がある量的因子の乱塊法（Excel による解析）

p.128

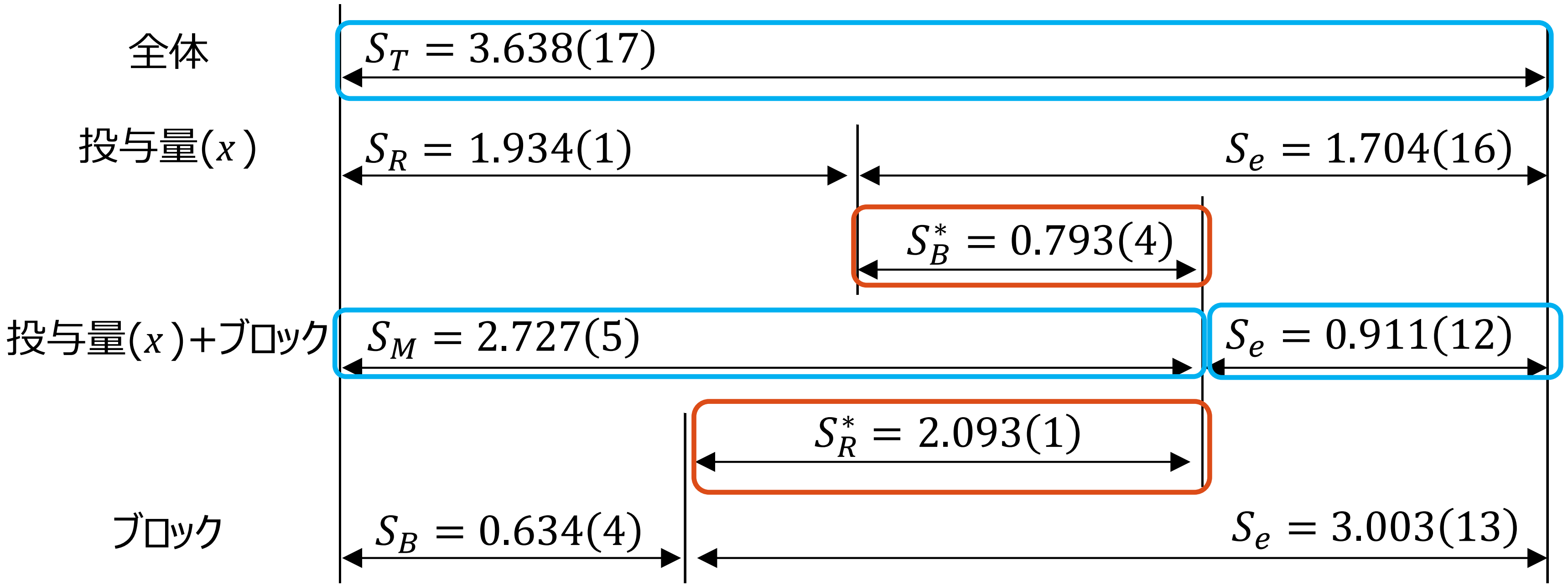
●分散分析表

表示 3.3.8

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
モデル	2.727	5			
投与量	2.093	1	2.093	27.569	0.0002
ﾌﾞﾛｯｸ	0.793	4	0.198	2.611	0.0886
残差	0.911	12	0.076	1.000	
全体	3.638	17			

$2.093 + 0.793 = 2.886$
$\neq 2.727$

モデルの自由度
投与量の自由度 1
ブロックの自由度 4
$1 + 4 = 5$



（5）量的因子（JMP による解析）

欠測値のある量的因子の乱塊法データ

JMP［モデルのあてはめ］で解析

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.128

●JMPファイルの読み込みと表示

JMP ファイル「3-乱塊法.jmp」を読み込み

●データ

表示 3.3.1 のデータ

乱塊法実験データ、ブロックによる反復 5

「投与量」：量的因子

「ブロック」：質的因子

「y*」：観測値の列名（欠測値のある列）

●解析

［モデルのあてはめ］

［Y］：「y」

［モデル効果の構成］：「投与量」、「ブロック」

強調点：最小レポート

欠測値

		薬剤	ブロック	y	投与量	y*
A	1	A1	B1	10.8	0	10.8
B	2	A1	B2	9.9	0	•
C	3	A1	B3	9.7	0	9.7
D	4	A1	B4	10.4	0	10.4
E	5	A1	B5	10.7	0	10.7
A	6	A2	B1	10.7	10	10.7
B	7	A2	B2	10.6	10	10.6
C	8	A2	B3	11	10	11
D	9	A2	B4	10.8	10	10.8
E	10	A2	B5	10.9	10	10.9
A	11	A3	B1	11.4	20	11.4
B	12	A3	B2	10.7	20	10.7
C	13	A3	B3	[illegible]	20	[illegible]

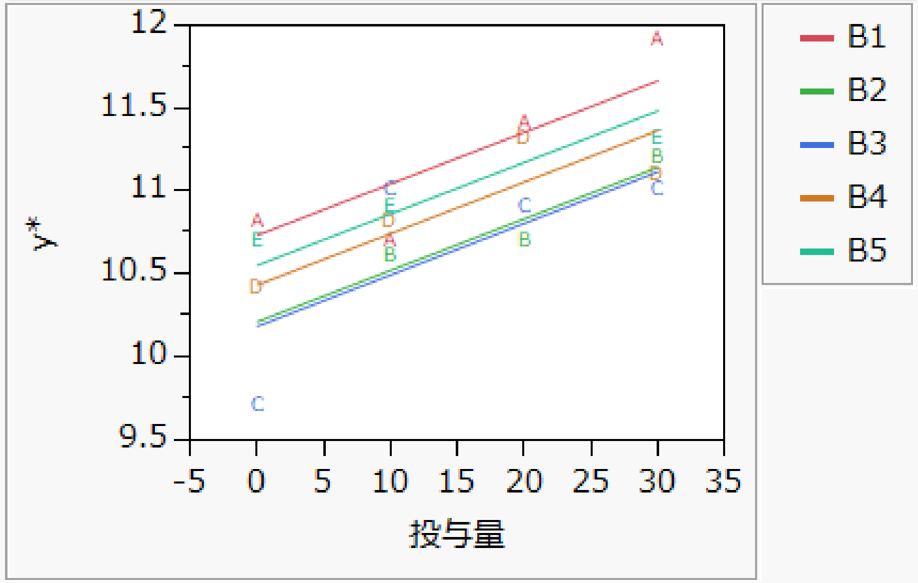
欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

●JMP 出力

応答 y*

回帰プロット



あてはめの要約

R2乗	0.749622
自由度調整R2乗	0.645297
誤差の標準偏差(RMSE)	0.275503
Yの平均	10.91111
オブザベーション(または重みの合計)	18

分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	5	2.7269573	0.545391	7.1855
誤差	12	0.9108205	0.075902	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	17	3.6377778		0.0025*

パラメータ推定値

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob>|t|)
切片	10.423128	0.113576	91.77	<.0001*
投与量	0.0310769	0.005919	5.25	0.0002*
ブロック[B1]	0.3107179	0.125307	2.48	0.0290*
ブロック[B2]	-0.211333	0.141913	-1.49	0.1622
ブロック[B3]	-0.239282	0.125307	-1.91	0.0804
ブロック[B4]	0.0107179	0.125307	0.09	0.9332

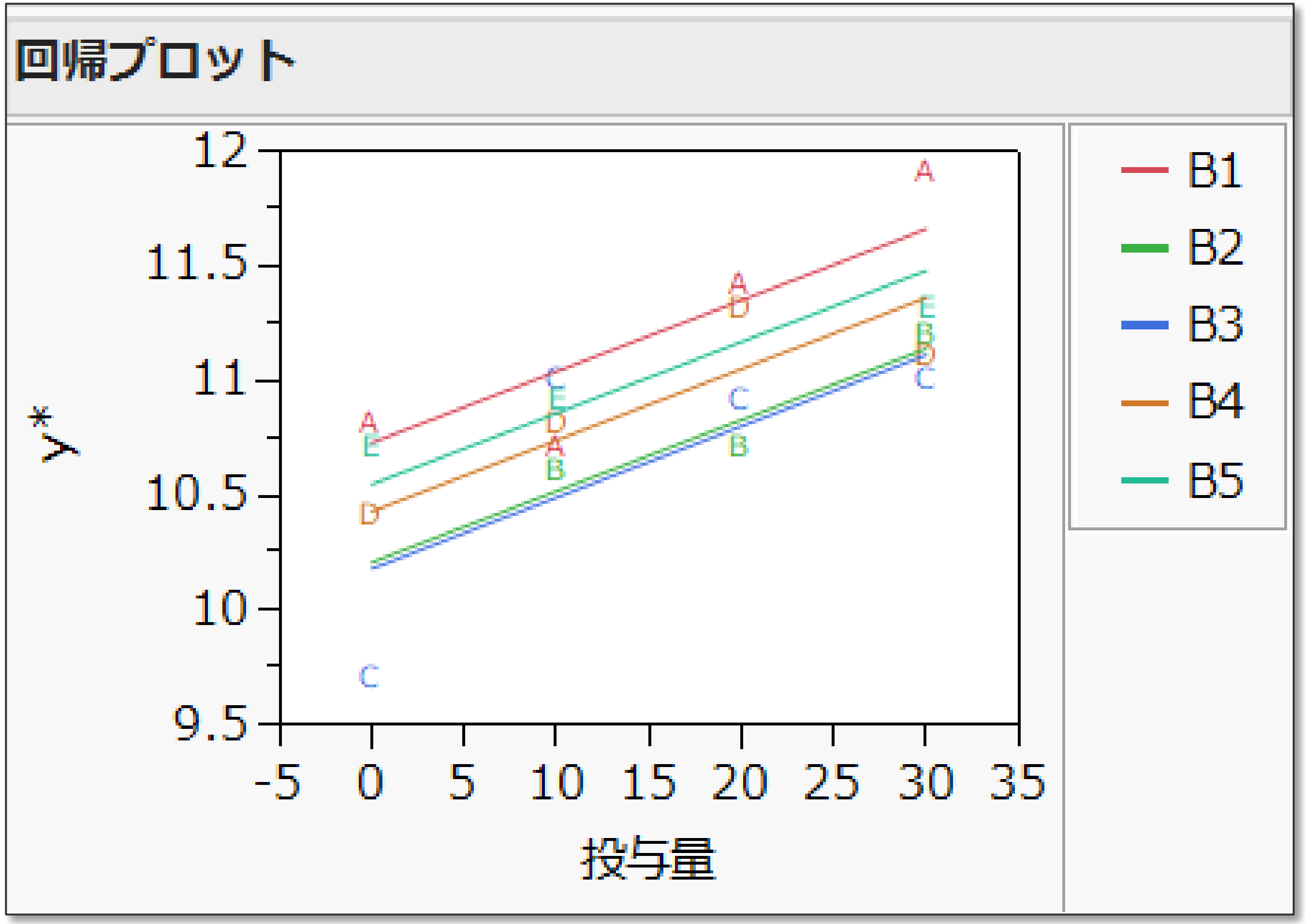
効果の検定

要因	パラメータ数	自由度	平方和	F値	p値(Prob>F)
投与量	1	1	2.0925128	27.5687	0.0002*
ブロック	4	4	0.7926943	2.6109	0.0886

効果の詳細

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

●グラフと［あてはめの要約］



あてはめの要約

R2乗	0.749622
自由度調整R2乗	0.645297
誤差の標準偏差(RMSE)	0.275503
Yの平均	10.91111
オブザベーション(または重みの合計)	18

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

- ［分散分析］
  ［効果の検定］

表示 3.3.8

要因	平方和	自由度	平均平方	*F* 比	*p* 値
モデル	2.727	5			
投与量	2.093	1	2.093	27.569	0.0002
ﾌﾞﾛｯｸ	0.793	4	0.198	2.611	0.0886
残差	0.911	12	0.076	1.000	
全体	3.638	17			

表示 3.3.9

2.093 + 0.793 = 2.886
≠ 2.727

分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	5	2.7269573	0.545391	7.1855
誤差	12	0.9108205	0.075902	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	17	3.6377778		0.0025*

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)
投与量	1	1	2.0925128	27.5687	0.0002*
ブロック	4	4	0.7926943	2.6109	0.0886

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

● ［全水準の推定値］

▼オプション＞［推定値］

＞［全水準の推定値］

パラメータの推定値とその標準誤差は、JMP の結果とLINEST 関数の結果 (f) が一致

［パラメータ推定値］は水準 B5 の表示がない

B5 ： －(0.311-0.211-0.239+0.011)

=0.129

表示 3.3.7 (f)

	x	B4	B3	B2	B1	const	
回帰係数	0.031	0.011	-0.239	-0.211	0.311	10.423	
その標準誤差	0.006	0.125	0.125	0.142	0.125	0.114	
寄与率	0.750	0.276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	7.185	12	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	2.727	0.911	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和
t値	5.251	0.086	-1.910	-1.489	2.480	91.773	
p値	0.0002	0.9332	0.0804	0.1622	0.0290	0.0000	

全水準の推定値

名義尺度の要因においては、全水準に対して推定値が求められている

項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob>|t|)
切片	10.423128	0.113576	91.77	<.0001*
投与量	0.0310769	0.005919	5.25	0.0002*
ブロック[B1]	0.3107179	0.125307	2.48	0.0290*
ブロック[B2]	-0.211333	0.141913	-1.49	0.1622
ブロック[B3]	-0.239282	0.125307	-1.91	0.0804
ブロック[B4]	0.0107179	0.125307	0.09	0.9332
ブロック[B5]	0.1291795	0.140257	0.92	0.3752

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

●あてはまりの悪さ（LOF）

LOF は回帰モデルのあてはまりの指標（「量的因子の１因子実験」§2.1、§2.2）
JMP［モデルのあてはめ］では LOF の出力はない → 自分で求める

LOF の平方和は、回帰の誤差から純粋誤差を引いて求める
LOF の平方和は、量的因子のモデルの平方和から、質的因子と見なしたモデルの平方和を引いて求める

純粋誤差は質的因子の残差から推定（繰り返し誤差）

表示 3.3.10 2 つの分散分析表（平方和と自由度）の比較

要因	質的因子		量的因子		差	
	平方和	自由度	平方和	自由度	平方和	自由度
モデル	2.806	7	2.727	5	-0.079	-2
薬剤／投与量	2.172	3	2.093	1	-0.079	-2
ブロック	0.836	4	0.793	4	-0.043	0
残差	0.831	10	0.911	12	0.079	2
全体	3.638	17	3.638	17	0.000	0

質的因子：質的因子の１次因子実験（乱塊法）
量的因子：量的因子の１次因子実験（乱塊法）

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

●あてはまりの悪さ（LOF）

LOF は回帰モデルのあてはまりの指標（「量的因子の１因子実験」§2.1、§2.2）
JMP［モデルのあてはめ］では LOF の出力はない → 自分で求める

LOF の平方和は、回帰の誤差から純粋誤差を引いて求める
LOF の平方和は、量的因子のモデルの平方和から、質的因子と見なしたモデルの平方和を引いて求める

純粋誤差は質的因子の残差から推定（繰り返し誤差）

表示 3.3.10 ２つの分散分析表（平方和と自由度）の比較

要因	質的因子		量的因子		差	
	平方和	自由度	平方和	自由度	平方和	自由度
モデル	2.806	7	2.727	5	-0.079	-2
薬剤／投与量	2.172	3	2.093	1	-0.079	-2
ブロック	0.836	4	0.793	4	-0.043	0
残差	0.831	10	0.911	12	0.079	2
全体	3.638	17	3.638	17	0.000	0

質的因子：質的因子の１次因子実験（乱塊法）
量的因子：量的因子の１次因子実験（乱塊法）

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

●あてはまりの悪さ（LOF）

LOF は回帰モデルのあてはまりの指標（「量的因子の１因子実験」§2.1、§2.2）
JMP［モデルのあてはめ］では LOF の出力はない

LOF の平方和は、回帰の誤差から純粋誤差を引いて求める
LOF の平方和は、量的因子のモデルの平方和から、質的因子と見なしたモデルの平方和を引いて求める（§3.2）

純粋誤差は質的因子の残差から推定
（繰り返し誤差）

表示 3.3.10' 平方和（改変）　LOF

要因	質的	量的	差
モデル	2.806	2.727	-0.079
薬剤 投与量	2.172	2.093	-0.079
残差	0.831	0.911	0.079

表示 3.3.10 ２つの分散分析表（平方和と自由度）の比較

要因	質的因子		量的因子		差	
	平方和	自由度	平方和	自由度	平方和	自由度
モデル	2.806	7	2.727	5	-0.079	-2
薬剤／投与量	2.172	3	2.093	1	-0.079	-2
ブロック	0.836	4	0.793	4	-0.043	0
残差	0.831	10	0.911	12	0.079	2
全体	3.638	17	3.638	17	0.000	0

純粋誤差　LOF

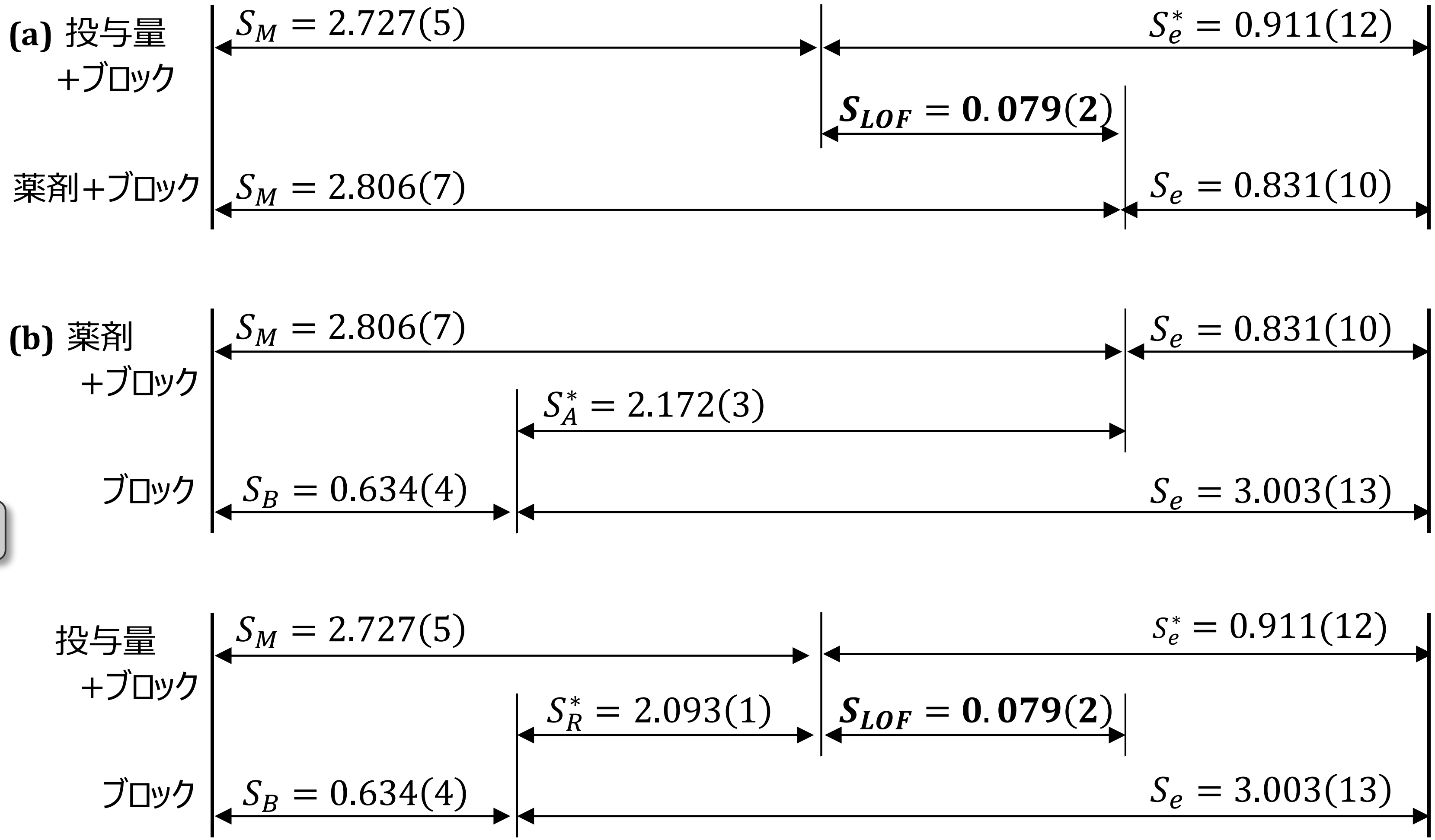
質的因子：質的因子の１次因子実験（乱塊法）
量的因子：量的因子の１次因子実験（乱塊法）

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

●あてはまりの悪さ（LOF）

表示 3.3.5 平方和の関係（改変）



表示 3.3.10' 平方和（改変）

LOF

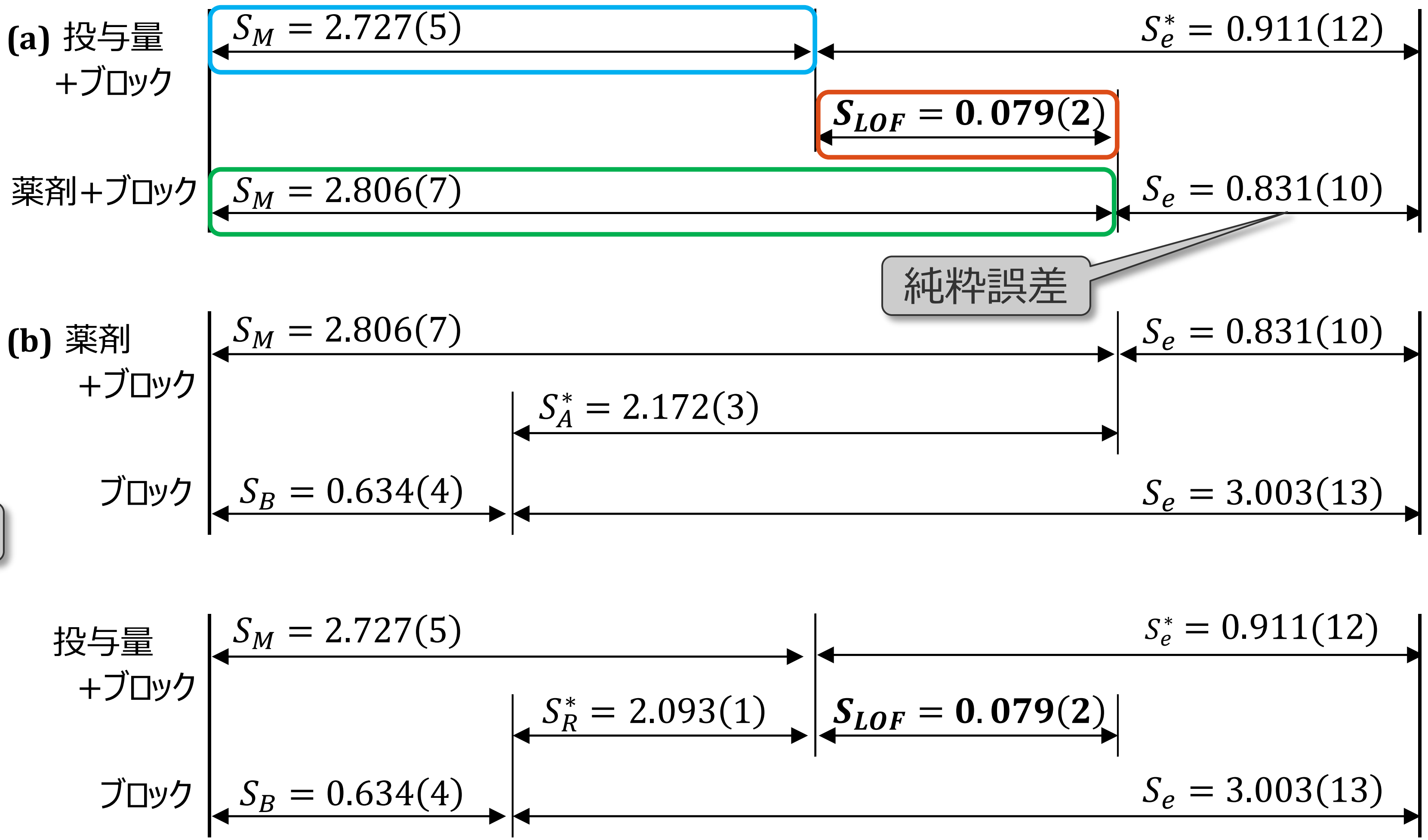
要因	質的	量的	差
モデル	2.806	2.727	-0.079
薬剤 投与量	2.172	2.093	-0.079
残差	0.831	0.911	0.079

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

●あてはまりの悪さ（LOF）

表示 3.3.5 平方和の関係 （改変）



表示 3.3.10' 平方和（改変） LOF

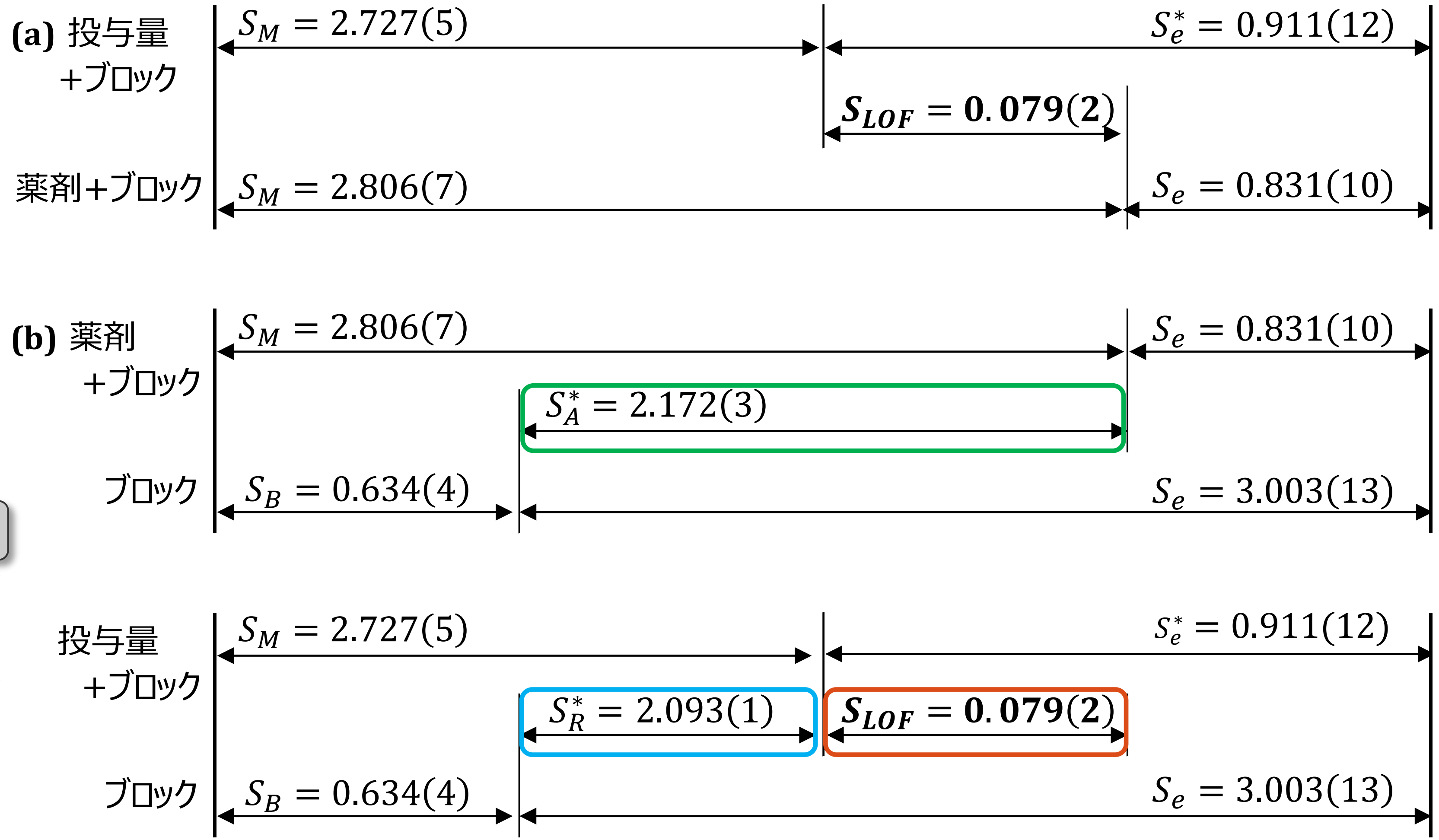
要因	質的	量的	差	
モデル	2.806	2.727	-0.079	**(a)**
薬剤	2.172		-0.079	**(b)**
投与量		2.093		
残差	0.831	0.911	0.079	**(a)(b)**

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

p.129

●あてはまりの悪さ（LOF）

表示 3.3.5 平方和の関係 （改変）



表示 3.3.10' 平方和（改変） LOF

要因	質的	量的	差	
モデル	2.806	2.727	-0.079	**(a)**
薬剤 投与量	2.172	2.093	-0.079	**(b)**
残差	0.831	0.911	0.079	**(a)(b)**

欠測値がある量的因子の乱塊法（JMPによる解析）

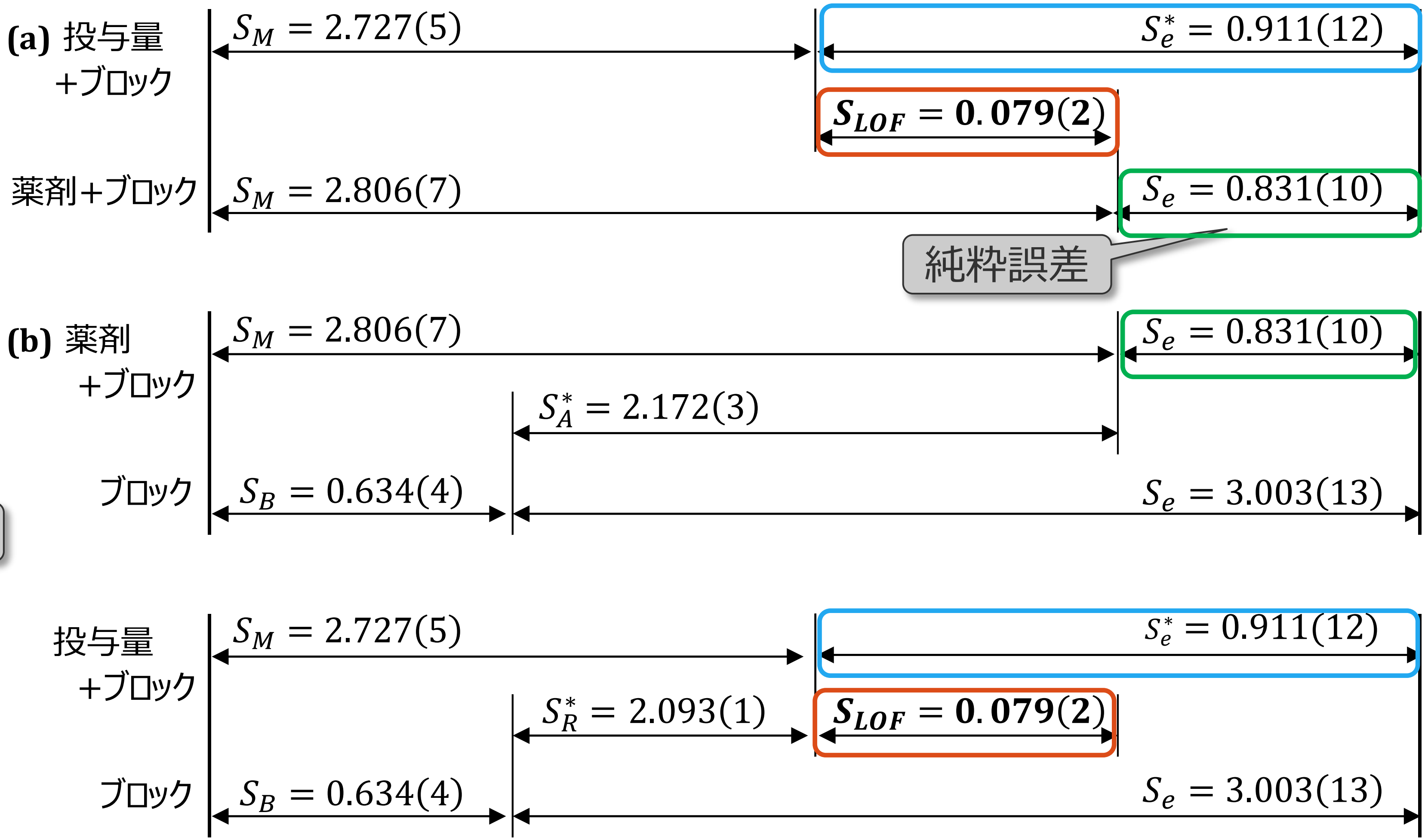
p.129

●あてはまりの悪さ（LOF）

LOF の検定

$$F = (0.079/2)/(0.831/10)$$
$$= 0.475$$
$$p = \mathrm{F.DIST.RT}(0.475, 2, 10)$$
$$= 0.635$$ （Excel 関数）

表示 3.3.5 平方和の関係（改変）



表示 3.3.10' 平方和（改変） LOF

要因	質的	量的	差
モデル	2.806	2.727	-0.079 **(a)**
薬剤	2.172		-0.079 **(b)**
投与量		2.093	
残差	0.831	0.911	0.079 **(a)(b)**

まとめ

- 欠測値があるデータの解析
  - この内容が丁寧に解説された著書は極めて少ない
  - 現実の実験で欠測値の発生はしばしば起こる
  - JMPなどの解析プログラムでは解を出力する（平方和に不一致があることを十分認識する）
- ダミー変数の利用
  - ダミー変数により、質的因子と量的因子を一緒にして，LINEST 関数を使って解析が可能
  - この方法は，次章以降でも広く用いられる.
- 表示 3.3.5 の意味
  - 一度で理解することはかなり難しい
  - 次章以降でもしばしば出てくる重要な意味をもつグラフ

ここで取り上げた考えを一度に自分のものにすることはかなり難しい
次章の共分散分析でも同様の考え方が必要となり，再度説明がある
読者は，繰り返して考え，計算を試みることで，順次理解を深めていくことができる

- 参考文献

高橋行雄・大橋靖雄・芳賀敏郎（1989）SAS による
　実験データの解析、東京大学出版

- 作成　片瀬雅彦
- 監修　松本一彦、長谷文雄
- 作成時期　2019年9月1日
- 改訂　2020年3月15日、2022年2月21日
　2023年10月16日