



## 4 共分散分析

### 4.3 医薬品開発における共分散分析の例

#### 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
- 変量モデルほか・・・7.1 1 因子実験、7.2 枝分れ実験、7.3 乱塊法の拡張、7.4 経時データ、7.5 交差試験



## 4.3 医薬品開発における共分散分析の例

p.152

- (1) 例 1 : 実験方法とデータ
- (2) 傾きの差の検定
- (3) 共分散分析
- (4) 量的因子の場合の解析
- (5) 例 2 : 降圧剤の比較 (方法とデータ)
- (6) 単純な解析
- (7) 投与前値を補助因子とする共分散分析
- (8) 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

使用するファイル      Excel ファイル : 「DE改4-共分散.xlsx」

JMP ファイル : 「4-共分散2.jmp」 「4-共分散3.jmp」

JMP 10.0.2 の出力を表示

テキストの  
該当ページ

★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



## 4.3 医薬品開発における共分散分析の例

p.152

- (1) 例 1 : 実験方法とデータ
- (2) 傾きの差の検定
- (3) 共分散分析

例1 : 骨粗鬆症モデルラットを用いて  
生理活性物質の種類の効果を比較  
(質的因子)

- (4) 量的因子の場合の解析

例 1 : 骨粗鬆症モデルラットを用いて  
生理活性物質の投与量の効果を比較  
(量的因子)

- (5) 例 2 : 降圧剤の比較 (方法とデータ)
- (6) 単純な解析
- (7) 投与前値を補助因子とする共分散分析
- (8) 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

例 2 : 高血圧モデル動物を用いて  
降圧剤の種類の効果を比較  
(質的因子)



## (1) 例 1 : 実験方法とデータ

例 1 : 骨粗鬆症モデルラットを用いて、生理活性物質の種類の効果を比較

## ●実験の目的

4種類の生理活性物質について、骨粗鬆症に対する効果を比較する（制御因子は質的因子）

## ●実験方法

材料：骨粗鬆症モデルラット（卵巣を摘出したラットに低カルシウム飼料を給与）

方法：4種類の生理活性物質（D1, D2, D3, D4）を一定期間給餌し、大腿骨の破断強度を測定  
 コントロール\*を含む5群に、それぞれ7匹のラットを割り当て  
 共分散分析の補助因子として「実験前の体重」を測定

同一の大腿骨をもった複数のラットを用意することはできない（個体差がある）  
 大腿骨の破断強度は、骨の実質的な強度のほか、太さの影響を受ける  
 そこで、破断強度は大腿骨の太さで補正して比較することが望ましい  
 体重を大腿骨の太さの指標と見なす（実験前の体重は制御因子の影響を受けない）

\* コントロールとは、生理活性物質を含まない餌を給餌した群  
 35匹のラットを体重で7匹ずつ5群に群分けする（§4.4(1)、[§4.1](#)）

補助因子に  
 設定する条件

# 例 1 : 実験方法とデータ

## ●Excelファイルの読み込みと表示

Excel ファイル「DE改4-共分散.xls」、名前ボックスから「表示4.3.1」 (Fig43\_01) を選択

## ●実験データ

表示4.3.1 データと基本統計量

	ラット体重 ( $x, g$ )				破断強度 ( $y, \times 10^6 \text{ dyne}$ )					
	Control		D1群		D2群		D3群		D4群	
	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
4	255	7.4	245	6.9	249	8.2	252	9.3	235	9.0
5	251	8.1	254	8.6	263	11.9	302	12.9	256	10.6
6	258	9.4	295	12.9	270	10.1	290	11.5	243	10.0
7	290	9.6	217	6.3	246	9.5	273	11.8	273	13.1
平均	263.9	9.09	256.6	9.29	265.4	10.76	268.0	10.59	261.6	11.41
標準偏差	20.6	1.42	24.8	2.33	13.7	1.66	21.0	1.55	21.9	1.56
相関係数	0.816		0.949		0.814		0.920		0.779	
傾き	0.056		0.089		0.099		0.068		0.056	

# 例 1 : 実験方法とデータ

## ●実験データと基本統計量

体重を使って35匹のラットが7匹ずつ5群に群分け (§4.4(1)、[§4.1](#))

これを5水準にランダムに割付

観測値

$y$  : 大腿骨の破断強度  
 $x$  : ラットの実験前の体重  
 (補助因子)

解析の第1歩はグラフ化

表示4.3.1      ラット体重 ( $x$ , g)      破断強度 ( $y$ ,  $\times 10^6$  dyne)

観測値	個体番号	Control		D1群		D2群		D3群		D4群	
		$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
	1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
	2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
	3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
	4	255	7.4	245	6.9	249	8.2	252	9.3	235	9.0
	5	251	8.1	254	8.6	263	11.9	302	12.9	256	10.6
	6	258	9.4	295	12.9	270	10.1	290	11.5	243	10.0
	7	290	9.6	217	6.3	246	9.5	273	11.8	273	13.1
	平均	263.9	9.09	256.6	9.29	265.4	10.76	268.0	10.59	261.6	11.41
	標準偏差	20.6	1.42	24.8	2.33	13.7	1.66	21.0	1.55	21.9	1.56
	相関係数	0.816		0.949		0.814		0.920		0.779	
	傾き	0.056		0.089		0.099		0.068		0.056	

群分けで、平均体重は 256.6~268.0  
標準偏差は 13.7~24.8

$x$ と $y$ に強い相関がある

回帰係数 (傾き) は 0.056~0.099

# 例 1 : 実験方法とデータ

## ●グラフ化：層別散布図

回帰係数（傾き）

0.056~0.099の範囲

差があるように見える



共分散分析

目的変数と補助因子の

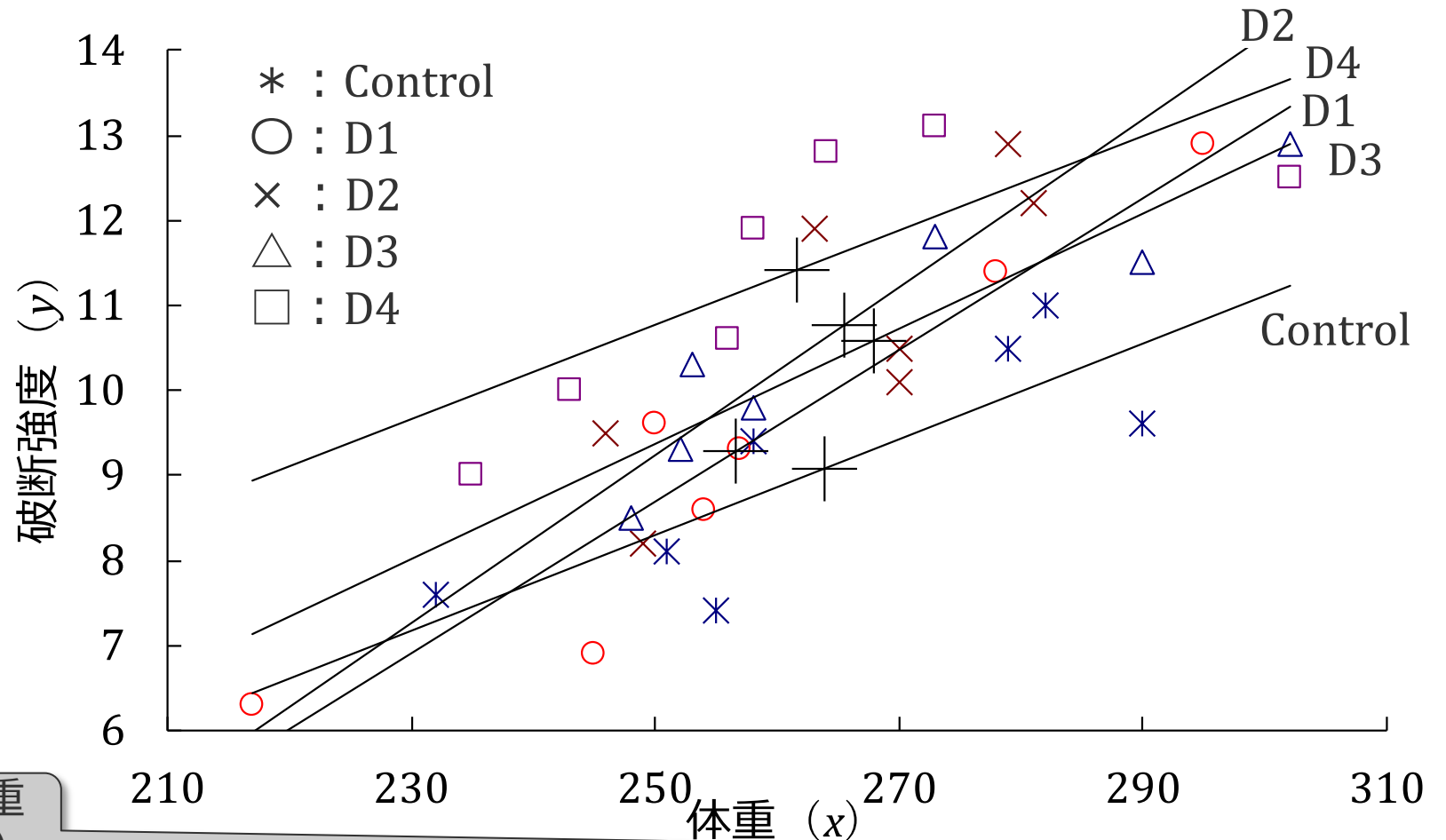
傾きが等しいと

見なせることが前提



傾きの差の検定

表示4.3.2 層別散布図、群ごとの回帰直線と平均値



実験前の体重  
(補助因子)



## (2) 傾きの差の検定

例 1 : 骨粗鬆症モデルラットを用いて、生理活性物質の種類の効果を比較

# 例 1 : 傾きの差の検定

後で使用

## ●JMPファイルの読み込みと表示

JMP ファイル「4-共分散2.jmp」を読み込み

## ●データ

表示 4.3.1 のデータ

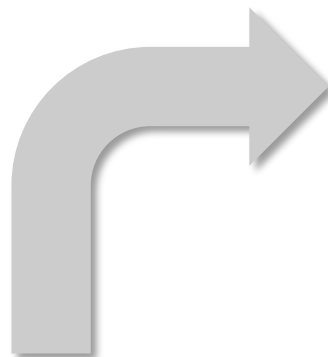
制御因子 : 「薬剤」

補助因子 : 「体重」 (x)

観測値 : 「効果」 (破断強度、y)

同じ変数を指す

同じ変数を指す



表示4.3.1 データと基本統計量

	ラット体重 (x, g)				破断強度 (y, $\times 10^6$ dyne)					
	Control		D1群		D2群		D3群		D4群	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
4	255	7.4	245	6.0	240	0.2	252	0.2	225	0.0

	薬剤	効果	体重	dose
1	Control	7.6	232	0
2	Control	11	282	0
3	Control	10.5	279	0
4	Control	7.4	255	0
5	Control	8.1	251	0
6	Control	9.4	258	0
7	Control	9.6	290	0
8	D1	9.6	250	2
9	D1	11.4	278	2
10	D1	9.3	257	2
11	D1	6.9	245	2
12	D1	8.6	254	2
13	D1	12.9	295	2
14	D1	6.3	217	2
15	D2	12.9	279	4
16	D2	12.2	281	4

# 例 1 : 傾きの差の検定

## ●データ

表示 4.3.1 のデータ

制御因子 : 「薬剤」

補助因子 : 「体重」 (x)

観測値 : 「効果」 (破断強度、 y)

▼列プロパティ  
> 列の値による色/マーカ分け

後で使用

列の値によるマーカ分け

色: JMP 標準

連続尺度

スケールの逆転

マーカ: なし

凡例のウィンドウを表示

列プロパティに保存

テーブルプロパティに保存

除外されている行

行の属性

薬剤

- Control
- D1
- D2
- D3

OK キャンセル ヘルプ

	薬剤	効果	体重	dose
1	Control	7.6	232	0
2	Control	11	282	0
3	Control	10.5	279	0
4	Control	7.4	255	0
5	Control	8.1	251	0
6	Control	9.4	258	0
7	Control	9.6	290	0
8	D1	9.6	250	2
9	D1	11.4	278	2
10	D1	9.3	257	2
11	D1	6.9	245	2
12	D1	8.6	254	2
13	D1	12.9	295	2
14	D1	6.3	217	2
15	D2	12.9	279	4
16	D2	12.2	281	4

# 例 1 : 傾きの差の検定

p.153

## ●データ

表示 4.3.1 のデータ

制御因子 : 「薬剤」

補助因子 : 「体重」 (x)

観測値 : 「効果」 (破断強度、y)

## ●解析方法

傾きの差が有意であるか否かの検定 ([§4.2](#))

[分析] > [モデルのあてはめ]

[役割変数の選択、Y] : 「効果」

[モデル効果の構成] : 「薬剤」 「体重」

[強調点] : [最小レポート]

交差の項を  
モデルに追加

「薬剤\*体重」

	薬剤	効果	体重	dose
1	Control	7.6	232	0
2	Control	11	282	0
3	Control	10.5	279	0
4	Control	7.4	255	0
5	Control	8.1	251	0
6	Control	9.4	258	0
7	Control	9.6	290	0
8	D1	9.6	250	2
9	D1	11.4	278	2
10	D1	9.3	257	2
11	D1	6.9	245	2
12	D1	8.6	254	2
13	D1	12.9	295	2
14	D1	6.3	217	2
15	D2	12.9	279	4
16	D2	12.2	281	4
17	D2	10.5	270	4

# 例 1 : 傾きの差の検定

## ●JMP [モデルのあてはめ] での交差の指定

中心化を外さない

モデルの指定

列の選択

- 薬剤
- 効果
- 体重
- dose

役割変数の選択

Y: 効果

オプション

重み: オプション(数)

度数: オプション(数)

By: オプション

モデル効果の構成

追加: 薬剤

交差: 体重

枝分かれ

「薬剤」と「体重」を選択 (Ctrl キーを利用)  
[交差] をクリック  
[モデル効果の構成] に「薬剤\*体重」が追加

交差「薬剤\*体重」を加えることにより  
薬剤によって「体重が効果に与える影響」が  
異なる項をモデルに含める  
(→§5「2因子実験」)

モデル効果の構成

追加: 薬剤

交差: 体重

枝分かれ: 薬剤\*体重

# 例 1 : 傾きの差の検定

## ● JMP [モデルのあてはめ]

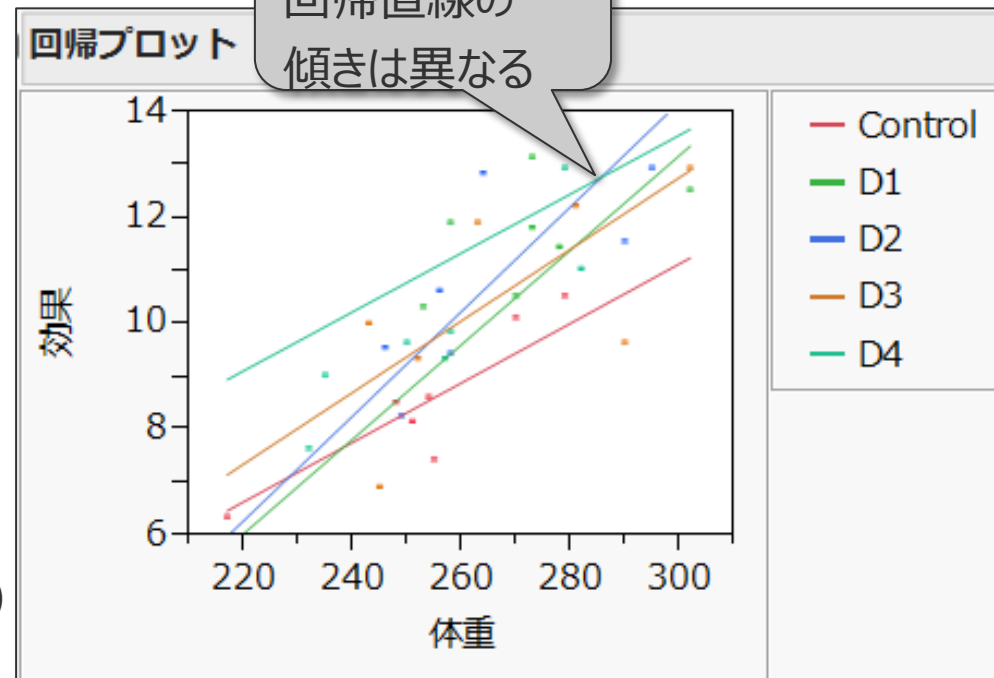
表示4.3.3  
傾きの違いの検定

「薬剤\*体重」の  $p$  値は 0.4209  
グラフからは傾きに違いが認められるが、  
この程度の変化は平均的に出現する  
各群の傾きは等しいと見なす

注)  $\alpha = 0.05$  で帰無仮説が棄却されない場合、  
直ちに帰無仮説が認められるということではない  
(第1部 §1.4)

第2種の誤りを考慮して、 $p > 0.2$  で、  
帰無仮説が認められると判断

$0.05 < p < 0.2$  の場合、  
傾きが異なる可能性は  
無視できないと考え  
慎重に解釈する必要がある



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	4	4	22.499948	6.7509	0.0008*
体重	1	1	59.357713	71.2390	<.0001*
薬剤*体重	4	4	3.367683	1.0104	0.4209



## (3) 共分散分析

例 1 : 骨粗鬆症モデルラットを用いて、生理活性物質の種類の効果を比較

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

前項(2) の設定を利用 : [分析] > [モデルのあてはめ] > [前回の設定]

「薬剤\*体重」を選択して [削除] をクリック、 [実行] (前項(2) の設定を利用)

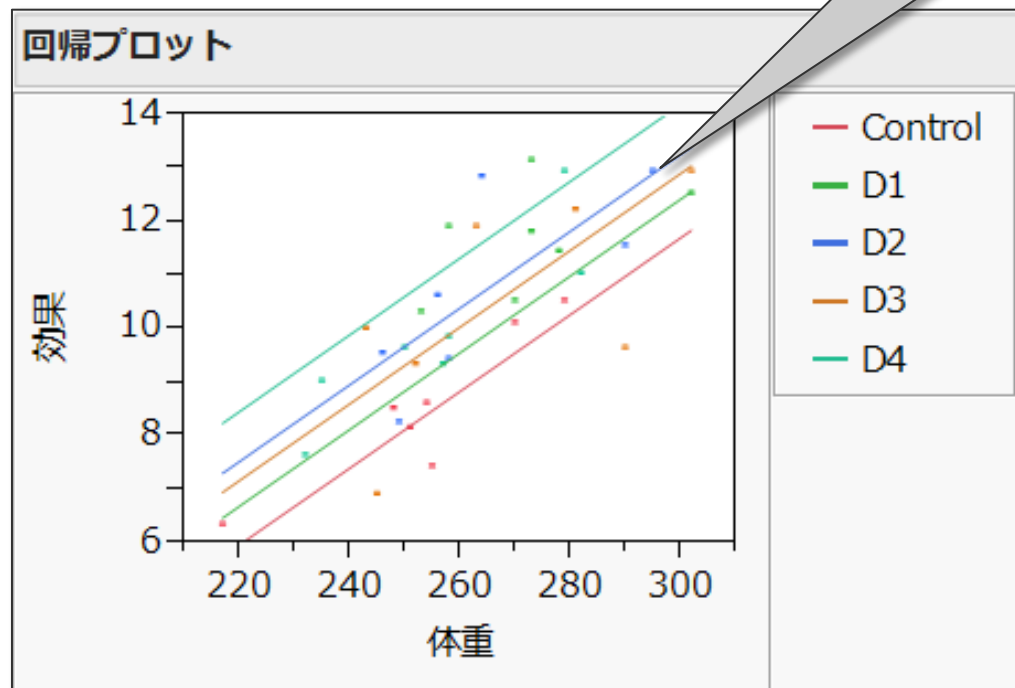
Model Specification dialog box. The 'List of Selections' (列の選択) section shows 'Drug' (薬剤), 'Effect' (効果), 'Weight' (体重), and 'dose' selected. The 'Role Variable Selection' (役割変数の選択) section shows 'Y' as 'Must' (必須) with 'Options' (オプション) selected. The 'Method' (手法) section has 'Previous Settings' (前回の設定) selected. The 'Model Effect Structure' (モデル効果の構成) section has 'Add' (追加), 'Interaction' (交差), and 'Branch' (枝分かれ) buttons. A red arrow points to the 'Previous Settings' button.

Model Specification dialog box. The 'List of Selections' (列の選択) section shows 'Drug' (薬剤), 'Effect' (効果), 'Weight' (体重), and 'dose' selected. The 'Role Variable Selection' (役割変数の選択) section shows 'Y' as 'Effect' (効果) with 'Options' (オプション) selected. The 'Method' (手法) section has 'Standard' (標準) selected. The 'Model Effect Structure' (モデル効果の構成) section shows 'Drug\*Weight' (薬剤\*体重) selected. A red arrow points to the 'Delete' (削除) button. A callout bubble says 'Previous settings are reproduced' (前回の設定が再現).

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

表示4.3.4 共分散分析の解析結果



表示4.3.4 共分散分析の解析結果

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	5	94.24868	18.8497	22.5902
誤差	29	24.19817	0.8344	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	34	118.44686		<.0001*

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	4	4	24.264980	7.2700	0.0003*
体重	1	1	66.193256	79.3285	<.0001*

# 例 1 : 共分散分析

p.155

## ●JMP [モデルのあてはめ]

自由度 :  $29 = 25 + 4$

平方和 :  $24.198 = 20.830 + 3.368$

表示4.3.3 傾きの違いの検定 (交差あり)

分散分析		
要因	自由度	平方和
モデル	9	97.61637
誤差	25	20.83049
全体(修正済み)	34	118.44686

効果の検定			
要因	パラメータ数	自由度	平方和
薬剤	4	4	22.499948
体重	1	1	59.357713
薬剤*体重	4	4	3.367683

表示4.3.4 共分散分析の解析結果 (交差なし)

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	5	94.24868	18.8497	22.5902
誤差	29	24.19817	0.8344	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	34	118.44686		<.0001*

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	4	4	24.264980	7.2700	0.0003*
体重	1	1	66.193256	79.3285	<.0001*

# 例 1 : 共分散分析

- JMP [モデルのあてはめ]

表示4.3.4 共分散分析の解析結果

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	5	94.24868	18.8497	22.5902
誤差	29	24.19817	0.8344	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	34	118.44686		<.0001*

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	4	4	24.264980	7.2700	0.0003*
体重	1	1	66.193256	79.3285	<.0001*

24.265 + 66.193 = 90.458  
≠ 94.249

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

水準間 (Control、4 薬剤) の差は  
高度に有意

↓

個別の水準ごとの比較

(1) [効果の詳細]

(テキストでは省略)

(2) [カスタム検定]

表示4.3.5 分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
薬剤 + 体重	94.249	5			
薬剤	24.265	4	6.07	7.270	0.0003
体重	66.193	1	66.19	79.328	0.0000
残差	24.198	29	0.83	1.000	
全体	118.447	34			

表示4.3.4 共分散分析の解析結果

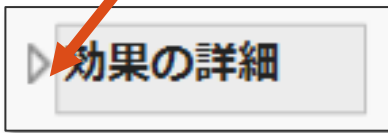
分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	5	94.24868	18.8497	22.5902
誤差	29	24.19817	0.8344	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	34	118.44686		<.0001*

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	4	4	24.264980	7.2700	0.0003*
体重	1	1	66.193256	79.3285	<.0001*

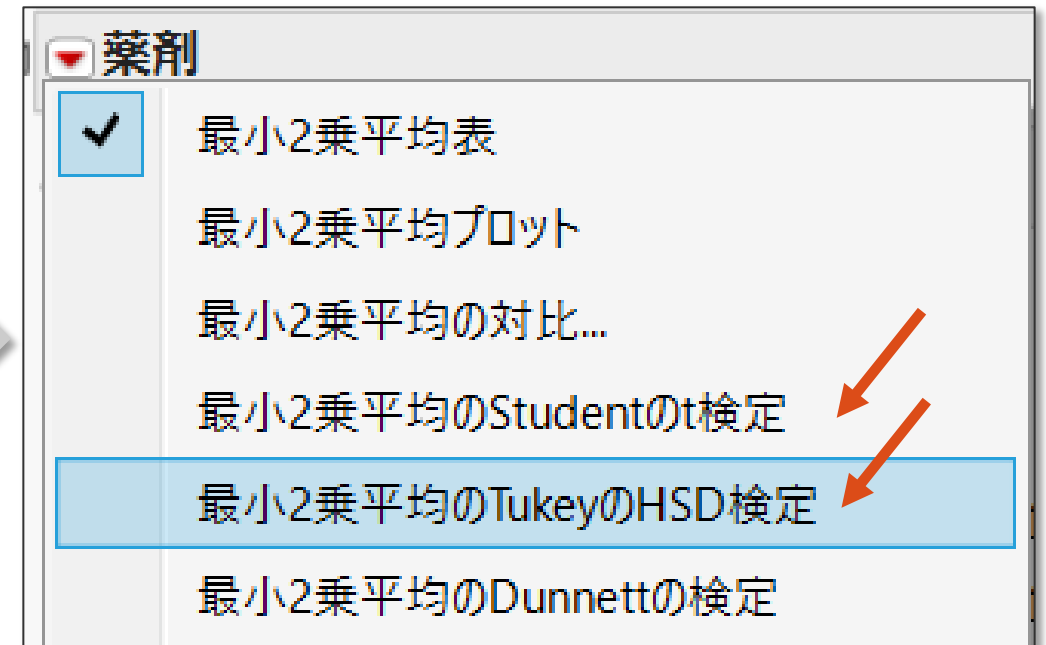
# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [効果の詳細] : 各水準間の平均値の差の検定

[効果の詳細] > ▼ 「薬剤」 > 最小 2 乗平均の Student の t 検定 (多重性を考慮しない検定)  
最小 2 乗平均の Tukey の HSD 検定 (多重比較法の 1 つ [§1.3](#))



効果の詳細			
▼ 薬剤			
▲ 最小2乗平均表			
水準	最小2乗平均	標準誤差	平均
Control	9.030356	0.34531355	9.0857
D1	9.753185	0.34922422	9.2857
D2	10.589017	0.34577325	10.7571
D3	10.233061	0.34752055	10.5857
D4	11.522952	0.34547312	11.4143



# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [効果の詳細] : 各水準間の平均値の差の検定

各水準の対の平均値の比較

[効果の詳細]

左 : [最小2乗平均の

Student の t 検定]

多重性を考慮しない

右 : [最小2乗平均の

TukeyのHSD検定]

多重性を考慮

最小2乗平均

→[§4.2](#)、[ブログ](#) 参照

最小2乗平均差のStudentのt検定					
最小2乗平均[j]					
平均[i]-平均[j]	Control	D1	D2	D3	D4
差の標準誤差					
差の下側信頼限界					
差の上側信頼限界					
	0.55971	-0.1734	0	-0.6436	-1.9346
	2.55762	1.84506	0	1.35548	0.06671
D3	1.2027	0.47988	-0.356	0	-1.2899
	0.48941	0.49687	0.48871	0	0.49101
	0.20175	-0.5363	-1.3555	0	-2.2941
	2.20366	1.4961	0.64356	0	-0.2857
D4	2.4926	1.76977	0.93393	1.28989	0
	0.48862	0.48993	0.48926	0.49101	0
	1.49327	0.76775	-0.0667	0.28567	0
	3.49193	2.77178	1.93458	2.29411	0

水準	~文字A列	~文字B列	~文字C列	最小2乗平均
D4	A			11.522952
D2	A	B		10.589017
D3		B		10.233061
D1		B	C	9.753185
Control			C	9.030356

同じ文字でつながっていない水準は有意に異なります。

最小2乗平均差のTukeyのHSD検定					
最小2乗平均[j]					
平均[i]-平均[j]	Control	D1	D2	D3	D4
差の標準誤差					
差の下側信頼限界					
差の上側信頼限界					
	0.13888	-0.5986	0	-1.0646	-2.3561
	2.97845	2.27022	0	1.77654	0.48824
D3	1.2027	0.47988	-0.356	0	-1.2899
	0.48941	0.49687	0.48871	0	0.49101
	-0.2199	-0.9644	-1.7765	0	-2.7172
	2.62533	1.9242	1.06463	0	0.13738
D4	2.4926	1.76977	0.93393	1.28989	0
	0.48862	0.48993	0.48926	0.49101	0
	1.07228	0.34564	-0.4882	-0.1374	0
	3.91291	3.1939	2.35611	2.71716	0

水準	~文字A列	~文字B列	~文字C列	最小2乗平均
D4	A			11.522952
D2	A	B		10.589017
D3	A	B	C	10.233061
D1		B	C	9.753185
Control			C	9.030356

同じ文字でつながっていない水準は有意に異なります。

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [効果の詳細] : 各水準間の平均値の差の検定

[効果の詳細] > ▼

> 最小 2 乗平均の Dunnett の検定

> コントロール群を選択 → 「Control」

(多重比較 [§1.3](#))

検証的解析の場合、実験前にこの 4 回の検定を行うことが決まっている必要がある [§1.3](#)

効果の詳細

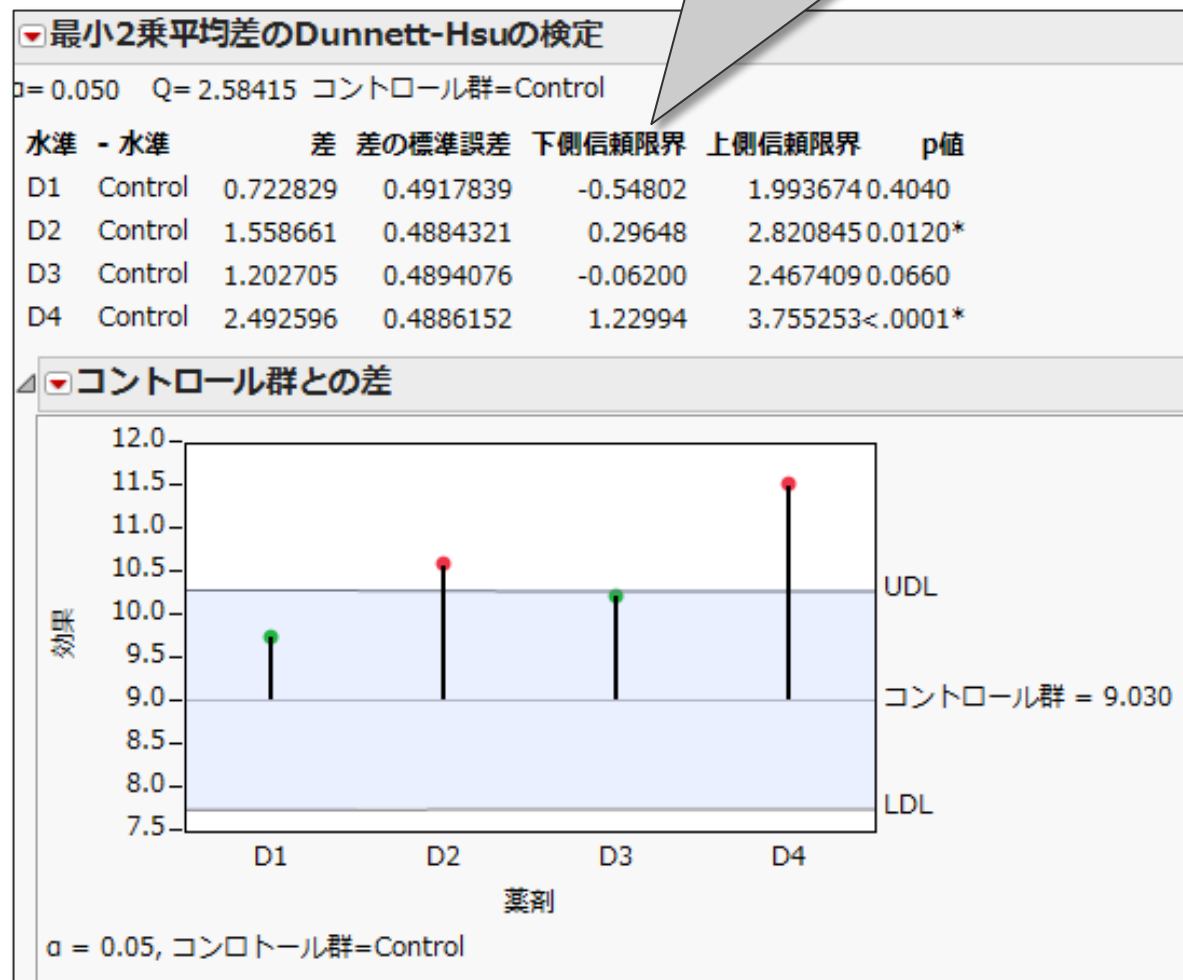
- 薬剤
  - ✓ 最小2乗平均表
  - 最小2乗平均プロット
  - 最小2乗平均の対比...
  - 最小2乗平均のStudentのt検定
  - 最小2乗平均のTukeyのHSD検定
  - 最小2乗平均のDunnettの検定
  - 輪切り検定(単純主効果検定)
  - 検出力の分析

コントロール群を選択

水準の選択

- Control
- D1
- D2
- D3
- D4

OK キャンセル ヘルプ



# 例 1 : 共分散分析

- JMP [カスタム検定] : 各水準間の平均値の差の検定  
多重性を考慮せずに、Controlと4薬剤を比較  
(D1 - Control, D2 - Control, D3 - Control, D4 - Control)

検証的解析：実験前に決めておく  
探索的解析：実験後に自由に選択  
(結果の取り扱いに注意)

このスクリーンショットは、JMPの「応答 効果」メニューを開いた状態を示しています。メニューには「回帰レポート」、「推定値」、「要因のスクリーニング」、「因子プロフィール」、「行ごとの診断統計量」、「列の保存」、「モデルダイアログ」、「スクリプト」があります。また、「推定値」の下には「予測式の表示」、「推定値の並べ替え」、「全水準の推定値」、「指示変数に対する推定値」、「逐次検定」、「カスタム検定」、「複合因子検定」がリストアップされています。赤い矢印は「応答 効果」メニューのチェックボックス、および「推定値」メニュー内の「カスタム検定」項目を指しています。

このスクリーンショットは、JMPの「カスタム検定」ダイアログボックスを示しています。ダイアログのタイトルは「カスタム検定」で、その下に「Controlとの比較」という検定タイプが選択されています。また、「パラメータ」セクションには、以下の値が設定されています。

パラメータ	値
切片	0
薬剤[Control]	0
薬剤[D1]	0
薬剤[D2]	0
薬剤[D3]	0
体重	0
=	0

ダイアログの下部には「完了」、「列の追加」、「ヘルプ」のボタンがあります。また、「3列追加して4列にする」という注釈が、薬剤[D1]から[D3]の列を指しています。さらに、「表題を入力」という注釈が「Controlとの比較」のテキストフィールドを指しています。

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [カスタム検定] : 各水準間の平均値の差の検定

Controlと4薬剤を比較 (帰無仮説)

(1)  $D1 - Control = 0$

(2)  $D2 - Control = 0$

(3)  $D3 - Control = 0$

(4)  $D4 - Control = 0$

いずれも、

「両者に差はない」という帰無仮説

パラメータ	(1)	(2)	(3)	(4)
切片	0	0	0	0
薬剤[Control]	-1	-1	-1	-2
薬剤[D1]	1	0	0	-1
薬剤[D2]	0	1	0	-1
薬剤[D3]	0	0	1	-1
体重	0	0	0	0
=	0	0	0	0

上のボックスをクリックし、仮説検定のための値を入力。

完了 列の追加 ヘルプ

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [カスタム検定] : 各水準間の平均値の差の検定

Controlと4薬剤を比較 (帰無仮説)

- (1)  $D_1 - \text{Control} = 0$
- (2)  $D_2 - \text{Control} = 0$
- (3)  $D_3 - \text{Control} = 0$
- (4)  $D_4 - \text{Control} = 0$

D4とControlの比較 (Co : Control)

$$Co + D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0$$
$$\rightarrow D_4 = -(Co + D_1 + D_2 + D_3)$$
$$D_4 - Co = -(Co + D_1 + D_2 + D_3) - Co$$
$$= -2Co - D_1 - D_2 - D_3 = 0$$

薬剤[D4]がない

▼ カスタム検定

Controlとの比較

パラメータ

切片	0	0	0	0
薬剤[Control]	-1	-1	-1	-2
薬剤[D1]	1	0	0	-1
薬剤[D2]	0	1	0	-1
薬剤[D3]	0	0	1	-1
体重	0	0	0	0
=	0	0	0	0

上のボックスをクリックし、仮説検定のための値を入力。

完了 列の追加 ヘルプ



# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [カスタム検定] : 各水準間の平均値の差の検定

表示4.3.6 各薬剤とコントロールとの比較

Controlと4薬剤を比較 (帰無仮説)

- (1)  $D1 - Control = 0$
- (2)  $D2 - Control = 0$
- (3)  $D3 - Control = 0$
- (4)  $D4 - Control = 0$

▼ カスタム検定				
Controlとの比較				
パラメータ	(1)	(2)	(3)	(4)
切片	0	0	0	0
薬剤[Control]	-1	-1	-1	-2
薬剤[D1]	1	0	0	-1
薬剤[D2]	0	1	0	-1
薬剤[D3]	0	0	1	-1
体重	0	0	0	0
=	0	0	0	0
値	0.7228292313	1.5586614823	1.2027049469	2.4925962854
標準誤差	0.4917839398	0.4884321247	0.4894075971	0.4886151741
t値	1.4698105667	3.1911526772	2.4574709382	5.1013484998
p値(Prob> t )	0.1523796225	0.0033942566	0.020209814	0.0000191383
平方和	1.8026329269	8.4972762032	5.0391971571	21.714736116
平方和	24.264979696			
分子自由度	4			
F値	7.2700160861			
p値(Prob>F)	0.0003494282			

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [カスタム検定] : 各水準間の平均値の差の検定

Controlと4薬剤を比較 (帰無仮説)

(1)  $D1 - Control = 0$

(2)  $D2 - Control = 0$  : 棄却

(3)  $D3 - Control = 0$  : 棄却

(4)  $D4 - Control = 0$  : 棄却

多重性を考慮しない探索的解析

表示4.3.6 各薬剤とコントロールとの比較

▼ カスタム検定				
Controlとの比較				
パラメータ	(1)	(2)	(3)	(4)
切片	0	0	0	0
薬剤[Control]	-1	-1	-1	-2
薬剤[D1]	1	0	0	-1
薬剤[D2]	0	1	0	-1
薬剤[D3]	0	0	1	-1
体重	0	0	0	0
=	0	0	0	0
値	0.7228292313	1.5586614823	1.2027049469	2.4925962854
標準誤差	0.4917839398	0.4884321247	0.4894075971	0.4886151741
t値	1.4698105667	3.1911526772	2.4574709382	5.1013484998
p値(Prob> t )	0.1523796225	0.0033942566	0.020209814	0.0000191383
平方和	1.8026329269	8.4972762032	5.0391971571	21.714736116

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [カスタム検定] : 各水準間の平均値の差の検定

赤は差が有意

Controlと4薬剤を比較 (帰無仮説)

- (1)  $D1 - \text{Control} = 0$
- (2)  $D2 - \text{Control} = 0$  : 棄却
- (3)  $D3 - \text{Control} = 0$  : 棄却
- (4)  $D4 - \text{Control} = 0$  : 棄却

[最小2乗平均のStudentのt検定]  
と一致

最小2乗平均

表示4.3.6

カスタム検定		最小2乗平均[j]				
Controlとの比較		Control	D1	D2	D3	D4
パラメータ						
切片						
薬剤[Control]						
薬剤[D1]						
薬剤[D2]						
薬剤[D3]						
体重		0	0	0	0	0
=	(1)	0	(2)	0	(3)	0
						(4)
値		0.7228292313	1.5586614823	1.2027049469	2.4925962854	
標準誤差		0.4917839398	0.4884321247	0.4894075971	0.4886151741	
t値		1.4698105667	3.1911526772	2.4574709382	5.1013484998	
p値(Prob> t )		0.1523796225	0.0033942566	0.020209814	0.0000191383	
平方和		1.8026329269	8.4972762032	5.0391971571	21.714736116	

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [カスタム検定] : 各水準間の平均値の差の検定

Controlと4薬剤を比較

- (1)  $D1 - \text{Control} = 0$
- (2)  $D2 - \text{Control} = 0$
- (3)  $D3 - \text{Control} = 0$
- (4)  $D4 - \text{Control} = 0$

表示4.3.5  
分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
薬剤 + 体重	94.249	5			
薬剤	24.265	4	6.07	7.270	0.0003
体重	66.193	1	66.19	79.328	0.0000
残差	24.198	29	0.83	1.000	
全体	118.447	34			

表示4.3.6

標準誤差	0.7228292515	1.5580014825
t値	0.4917839398	0.4884321247
p値(Prob> t )	1.4698105667	3.1911526772
平方和	0.1523796225	0.0033942566
平方和	1.8026329269	8.4972762032
平方和	24.264979696	
分子自由度		4
F値	7.2700160861	
p値(Prob>F)	0.0003494282	

検定した水準全体の結合検定

ここでは5水準すべてを比較したので表示4.3.5の結果と一致  
(体重だけのモデルに薬剤を加えることにより残差平方和が減少、  
この減少分の平方和 → 薬剤の寄与する分の平方和)

# 例 1 : 共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ] (補足)

あてはまりの悪さ (LOF) が出力される  
この出力には意味がない

D2 群にある  $x$  の同値 270 を  
意図的な繰り返しと JMP が判断  
試しに 1 つの 270 を 271 にすると  
LOF の出力はなくなる

(p. 157 補足 参照)

表示4.3.1  
(一部)

	Control		D1群		D2群		D3群		D4群	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
4	255	7.4	245	6.9	249	8.2	252	9.3	235	9.0
5	251	8.1	254	8.6	263	11.9	302	12.9	256	10.6
6	258	9.4	295	12.9	270	10.1	290	11.5	243	10.0
7	290	9.6	217	6.3	246	9.5	273	11.8	273	13.1

あてはまりの悪さ(LOF)				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
あてはまりの悪さ(LOF)	28	24.118172	0.861363	10.7670
純粋誤差	1	0.080000	0.080000	p値(Prob>F)
合計誤差	29	24.198172		0.2372
				最大R2乗
				0.9993



# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析 (演習4.3.1)

Excel の LINEST 関数を使って解析して、JMP の出力した計算過程を追う

手順

(1) 表示4.3.1 からダミー変数を作成 : 質的因子「薬剤」にダミー変数を割り当てる

(2) LINEST 関数で解析 : 3通りの解析

「y」と「薬剤」+「体重 (x)」・・・共分散分析

「y」と「薬剤」・・・・・・質的因子の1因子実験

「y」と「体重 (x)」・・・・・・単回帰分析

(3) 平方和の関係を作図 (表示 4.2.6 参照)

(4) 分散分析表を作成

表示4.3.1

	Control		D1群		D2群		D3群		D4群	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
4	255	7.4	245	6.9	249	8.2	252	9.3	235	9.0
5	251	8.1	254	8.6	263	11.9	302	12.9	256	10.6
6	258	9.4	295	12.9	270	10.1	290	11.5	243	10.0
7	290	9.6	217	6.3	246	9.5	273	11.8	273	13.1

# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析 (演習4.3.1)

(1) 表示4.3.1 からダミー変数を作成 : ダミー変数 1 (D1、D2、D3、D4)

ダミー変数 1

表示 4.5.1 の隣の表 (ダミー変数 1) (分割して横に表示)

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
Co	0	0	0	0	232	7.6
Co	0	0	0	0	282	11.0
Co	0	0	0	0	279	10.5
Co	0	0	0	0	255	7.4
Co	0	0	0	0	251	8.1
Co	0	0	0	0	258	9.4
Co	0	0	0	0	290	9.6
D1	1	0	0	0	250	9.6
D1	1	0	0	0	278	11.4
D1	1	0	0	0	257	9.3
D1	1	0	0	0	245	6.9
D1	1	0	0	0	254	8.6
D1	0	0	0	0	295	12.9
D1	0	0	0	0	217	6.3

Co と省略

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D2	0	1	0	0	279	12.9
D2	0	1	0	0	281	12.2
D2	0	1	0	0	270	10.5
D2	0	1	0	0	249	8.2
D2	0	1	0	0	263	11.9
D2	0	1	0	0	270	10.1
D2	0	1	0	0	246	9.5
D3	0	0	1	0	253	10.3
D3	0	0	1	0	248	8.5
D3	0	0	1	0	258	9.8
D3	0	0	1	0	252	9.3
D3	0	0	1	0	302	12.9
D3	0	0	1	0	290	11.5
D3	0	0	1	0	273	11.8

便宜的に分割して横に配置

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D4	0	0	0	1	264	12.8
D4	0	0	0	1	258	11.9
D4	0	0	0	1	302	12.5
D4	0	0	0	1	235	9.0
D4	0	0	0	1	256	10.6
D4	0	0	0	1	243	10.0
D4	0	0	0	1	273	13.1

表示4.3.1

Co と省略

	Control		D1群		D2群		D3群		D4群	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
4	255	7.4	245	6.9	249	8.2	252	9.3	235	9.0
5	251	8.1	254	8.6	263	11.9	302	12.9	256	10.6
6	258	9.4	295	12.9	270	10.1	290	11.5	243	10.0
7	290	9.6	217	6.3	246	9.5	273	11.8	273	13.1

# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析 (演習4.3.1)

(1) 表示4.3.1 からダミー変数を作成 : ダミー変数 2 (Co、D1、D2、D3)

表示 4.5.1 の隣の表 (ダミー変数 2)

水準	Co	D1	D2	D3	x	y
Co	1	0	0	0	232	7.6
Co	1	0	0	0	282	11.0
Co	1	0	0	0	279	10.5
Co	1	0	0	0	255	7.4
Co	1	0	0	0	251	8.1
Co	1	0	0	0	258	9.4
Co	1	0	0	0	290	9.6
D1	0	1	0	0	250	9.6
D1	0	1	0	0	278	11.4
D1	0	1	0	0	257	9.3
D1	0	1	0	0	245	6.9
D1	0	1	0	0	254	8.6
D1	0	1	0	0	295	12.9
D1	0	1	0	0	217	6.3

Co と省略

水準	Co	D1	D2	D3	x	y
D2	0	0	1	0	279	12.9
D2	0	0	1	0	281	12.2
D2	0	0	1	0	270	10.5
D2	0	0	1	0	249	8.2
D2	0	0	1	0	263	11.9
D2	0	0	1	0	270	10.1
D2	0	0	1	0	246	9.5
D3	0	0	0	1	253	10.3
D3	0	0	0	1	248	8.5
D3	0	0	0	1	258	9.8
D3	0	0	0	1	252	9.3
D3	0	0	0	1	302	12.9
D3	0	0	0	1	290	11.5
D3	0	0	0	1	273	11.8

Co と省略

水準	Co	D1	D2	D3	x	y
D4	-1	-1	-1	-1	264	12.8
D4	-1	-1	-1	-1	258	11.9
D4	-1	-1	-1	-1	302	12.5
D4	-1	-1	-1	-1	235	9.0
D4	-1	-1	-1	-1	256	10.6
D4	-1	-1	-1	-1	243	10.0
D4	-1	-1	-1	-1	273	13.1

Control

表示4.3.1

	Control		D1群		D2群		D3群		D4群	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
4	255	7.4	245	6.9	249	8.2	252	9.3	235	9.0
5	251	8.1	254	8.6	263	11.9	302	12.9	256	10.6
6	258	9.4	295	12.9	270	10.1	290	11.5	243	10.0
7	290	9.6	217	6.3	246	9.5	273	11.8	273	13.1

# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析 (演習4.3.1)

(2) LINEST 関数で解析 : 「y」と「薬剤」 + 「体重 (x)」・・・共分散分析

表示 4.5.1 の隣の表 (ダミー変数 1)

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
Co	0	0	0	0	232	7.6
Co	0	0	0	0	282	11.0
Co	0	0	0	0	279	10.5
Co	0	0	0	0	255	7.4
Co	0	0	0	0	251	8.1
Co	0	0	0	0	258	9.4
Co	0	0	0	0	290	9.6
D1	1	0	0	0	250	9.6
D1	1	0	0	0	278	11.4
D1	1	0	0	0	257	9.3
D1	1	0	0	0	245	6.9
D1	1	0	0	0	254	8.6
D1	1	0	0	0	295	12.9
D1	1	0	0	0	217	6.3

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D2	0	1	0	0	279	12.9
D2	0	1	0	0	281	12.2
D2	0	1	0	0	270	10.5
D2	0	1	0	0	249	8.2
D2	0	1	0	0	263	11.9
D2	0	1	0	0	270	10.1
D2	0	1	0	0	246	9.5
D3	0	0	1	0	253	10.3
D3	0	0	1	0	248	8.5
D3	0	0	1	0	258	9.8
D3	0	0	1	0	252	9.3
D3	0	0	1	0	302	12.9
D3	0	0	1	0	290	11.5
D3	0	0	1	0	273	11.8

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D4	0	0	0	1	264	12.8
D4	0	0	0	1	258	11.9
D4	0	0	0	1	302	12.5
D4	0	0	0	1	235	9.0
D4	0	0	0	1	256	10.6
D4	0	0	0	1	243	10.0
D4	0	0	0	1	273	13.1

[ブログ](#)  
「Excel のスピルと配列数式」  
参照

空いているセルで 5 行 6 列を範囲指定

列数 : ダミー変数 4 つ + 年齢(x) + 切片 1 つ = 6 列

=LINEST(y の範囲(ブルー枠), x の範囲(オレンジ枠), , TRUE)

Ctrlキー + Shiftキー + Enterキーで確定

カンマ2つ

周囲のコメントと数式をコピー (§2.3、第1部 §3.2)

# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析 (演習4.3.1)

(2) LINEST 関数で解析 : 「y」と「薬剤」・・・質的因子の1因子実験

表示 4.5.1 の隣の表 (ダミー変数 1)

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
Co	0	0	0	0	232	7.6
Co	0	0	0	0	282	11.0
Co	0	0	0	0	279	10.5
Co	0	0	0	0	255	7.4
Co	0	0	0	0	251	8.1
Co	0	0	0	0	258	9.4
Co	0	0	0	0	290	9.6
D1	1	0	0	0	250	9.6
D1	1	0	0	0	278	11.4
D1	1	0	0	0	257	9.3
D1	1	0	0	0	245	6.9
D1	1	0	0	0	254	8.6
D1	1	0	0	0	295	12.9
D1	1	0	0	0	217	6.3

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D2	0	1	0	0	279	12.9
D2	0	1	0	0	281	12.2
D2	0	1	0	0	270	10.5
D2	0	1	0	0	249	8.2
D2	0	1	0	0	263	11.9
D2	0	1	0	0	270	10.1
D2	0	1	0	0	246	9.5
D3	0	0	1	0	253	10.3
D3	0	0	1	0	248	8.5
D3	0	0	1	0	258	9.8
D3	0	0	1	0	252	9.3
D3	0	0	1	0	302	12.9
D3	0	0	1	0	290	11.5
D3	0	0	1	0	273	11.8

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D4	0	0	0	1	264	12.8
D4	0	0	0	1	258	11.9
D4	0	0	0	1	302	12.5
D4	0	0	0	1	235	9.0
D4	0	0	0	1	256	10.6
D4	0	0	0	1	243	10.0
D4	0	0	0	1	273	13.1

空いているセルで 5 行 5 列を範囲指定

列数 : ダミー変数 4 つ + 切片 1 つ = 5 列

=LINEST(y の範囲(ブルー枠), x の範囲(オレンジ枠), , TRUE)

Ctrlキー + Shiftキー + Enterキーで確定

カンマ2つ

周囲のコメントと数式をコピー ( §2.3、第1部 §3.2)

# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析 (演習4.3.1)

(3) LINEST 関数で解析 : 「y」と「体重 (x)」・・・単回帰分析

表示 4.5.1 の隣の表 (ダミー変数 1)

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
Co	0	0	0	0	232	7.6
Co	0	0	0	0	282	11.0
Co	0	0	0	0	279	10.5
Co	0	0	0	0	255	7.4
Co	0	0	0	0	251	8.1
Co	0	0	0	0	258	9.4
Co	0	0	0	0	290	9.6
D1	1	0	0	0	250	9.6
D1	1	0	0	0	278	11.4
D1	1	0	0	0	257	9.3
D1	1	0	0	0	245	6.9
D1	1	0	0	0	254	8.6
D1	1	0	0	0	295	12.9
D1	1	0	0	0	217	6.3

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D2	0	1	0	0	279	12.9
D2	0	1	0	0	281	12.2
D2	0	1	0	0	270	10.5
D2	0	1	0	0	249	8.2
D2	0	1	0	0	263	11.9
D2	0	1	0	0	270	10.1
D2	0	1	0	0	246	9.5
D3	0	0	1	0	253	10.3
D3	0	0	1	0	248	8.5
D3	0	0	1	0	258	9.8
D3	0	0	1	0	252	9.3
D3	0	0	1	0	302	12.9
D3	0	0	1	0	290	11.5
D3	0	0	1	0	273	11.8

水準	D1	D2	D3	D4	x	y
D4	0	0	0	1	264	12.8
D4	0	0	0	1	258	11.9
D4	0	0	0	1	302	12.5
D4	0	0	0	1	235	9.0
D4	0	0	0	1	256	10.6
D4	0	0	0	1	243	10.0
D4	0	0	0	1	273	13.1

空いているセルで 5 行 2 列を範囲指定

列数 : ダミー変数 1 つ + 切片 1 つ = 2 列

=LINEST(y の範囲(ブルー枠), x の範囲(オレンジ枠), , TRUE)

Ctrlキー + Shiftキー + Enterキーで確定

カンマ2つ

周囲のコメントと数式をコピー ( §2.3、第1部 §3.2)

# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析

### (2) LINEST 関数で解析

	$S_M$	$S_e$	$\nu_e$
薬剤	28.055	90.391	30
薬剤 + 体重	94.249	24.198	29
体重	69.984	48.463	33

モデルの平方和

残差平方和

残差自由度

ダミー変数 1 を使った結果

表示 4.5.1 LINEST 関数による解析結果  
(ダミー変数 1 の結果)

### 「y」と「薬剤」 + 「体重 (x)」

	x	D4	D3	D2	D1	const
回帰係数	0.072	2.493	1.203	1.559	0.723	-9.849
その標準誤差	0.008	0.489	0.489	0.488	0.492	2.154
寄与率	0.796	0.913	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
F比	22.590	<b>29</b>	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
回帰平方和	<b>94.249</b>	<b>24.198</b>	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

### 「y」と「薬剤」

	D4	D3	D2	D1	const	
回帰係数	2.329	1.500	1.671	0.200	9.086	切片
その標準誤差	0.928	0.928	0.928	0.928	0.656	その標準誤差
寄与率	0.237	1.736	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	2.328	<b>30</b>	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	<b>28.055</b>	<b>90.391</b>	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

### 「y」と「体重 (x)」

	x	const	
回帰係数	0.072	-8.802	切片
その標準誤差	0.010	2.764	その標準誤差
寄与率	0.591	1.212	標準偏差
F比	47.65	<b>33</b>	残差自由度
回帰平方和	<b>69.984</b>	<b>48.463</b>	残差平方和

# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析

### (2) LINEST 関数で解析

	$S_M$	$S_e$	$\nu_e$
薬剤	28.055	90.391	30
薬剤 + 体重	94.249	24.198	29
体重	69.984	48.463	33

モデルの平方和

残差平方和

残差自由度

ダミー変数 2 を使った結果  
(ダミー変数 1 と  
平方和と自由度は一致)

表示 4.5.1 LINEST 関数による解析結果  
(ダミー変数 2 の結果)

### 「y」と「薬剤」 + 「体重 (x)」

	x	D3	D2	D1	Co	const
回帰係数	0.072	0.007	0.363	-0.473	-1.195	-8.654
その標準誤差	0.008	0.311	0.309	0.313	0.309	2.125
寄与率	0.796	0.913	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
F比	22.590	<b>29</b>	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
回帰平方和	<b>94.249</b>	<b>24.198</b>	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

パラメータ推定値は  
ダミー変数 1 の結果と異なる

### 「y」と「薬剤」

	D3	D2	D1	Co	const	
回帰係数	0.360	0.531	-0.940	-1.140	10.226	切片
その標準誤差	0.587	0.587	0.587	0.587	0.293	その標準誤差
寄与率	0.237	1.736	#N/A	#N/A	#N/A	標準偏差
F比	2.328	<b>30</b>	#N/A	#N/A	#N/A	残差自由度
回帰平方和	<b>28.055</b>	<b>90.391</b>	#N/A	#N/A	#N/A	残差平方和

### 「y」と「体重 (x)」

	x	const	
回帰係数	0.072	-8.802	切片
その標準誤差	0.010	2.764	その標準誤差
寄与率	0.591	1.212	標準偏差
F比	47.65	<b>33</b>	残差自由度
回帰平方和	<b>69.984</b>	<b>48.463</b>	残差平方和

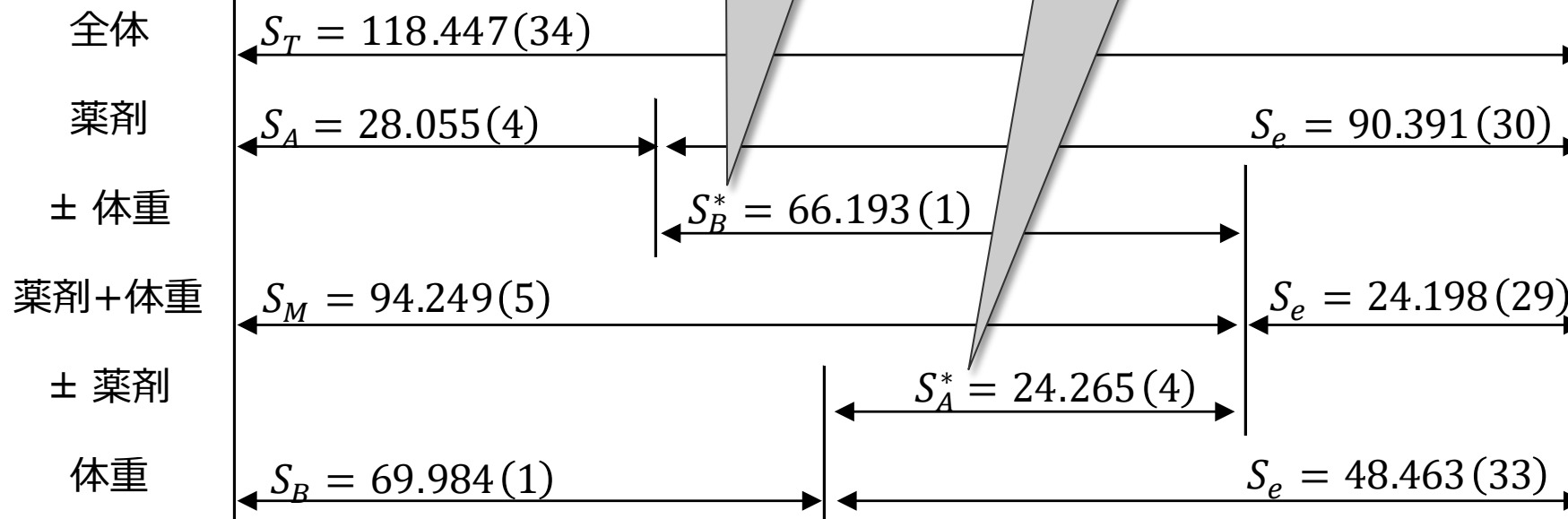
# 例 1 : 共分散分析

## ●LINEST 関数を使った解析

(3) 平方和の関係を作図 (表示 4.2.6 参照)

	$S_M$	$S_e$	$\nu_e$
薬剤	28.055	90.391	30
薬剤 + 体重	94.249	24.198	29
体重	69.984	48.463	33

表示4.5.2



# 例 1 : 共分散分析

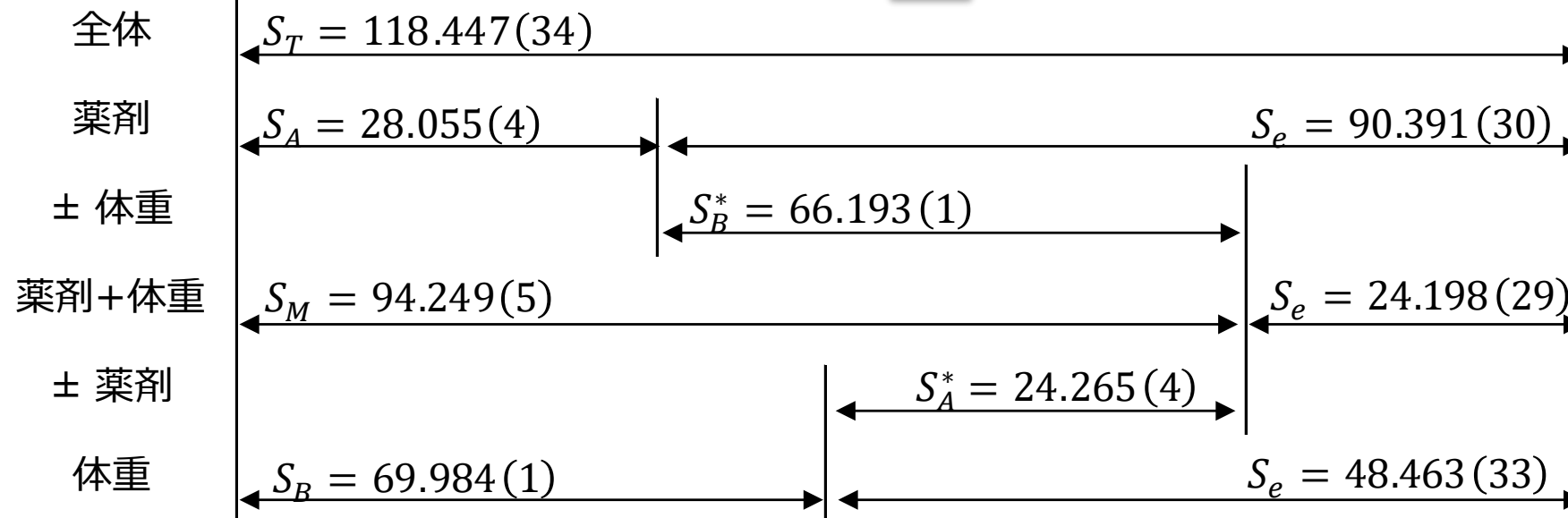
- LINEST 関数を使った解析
- (4) 分散分析表を作成

表示4.3.5

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値
薬剤+体重	94.249	5			
薬剤	24.265	4	6.07	7.270	0.0003
体重	66.193	1	66.19	79.328	0.0000
残差	24.198	29	0.83	1.000	
全体	118.447	34			



表示4.5.2





## (4) 量的因子の場合の解析

例 1' : 骨粗鬆症モデルラットを用いて、生理活性物質の投与量の効果を比較

# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●実験の目的

生理活性物質の投与量を変えて、骨粗鬆症に対する効果を比較する

## ●実験方法

例 1 と同じ

制御因子の変更

Control、D1、D2、D3、D4

↓

0 mg、2 mg、4 mg、6 mg、8 mg

制御因子の変更

	ラット体重 (x, g)				破断強度 (y, ×10 <sup>6</sup> dyne)					
	0 mg		2 mg		4 mg		6 mg		8 mg	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	232	7.6	250	9.6	279	12.9	253	10.3	264	12.8
2	282	11.0	278	11.4	281	12.2	248	8.5	258	11.9
3	279	10.5	257	9.3	270	10.5	258	9.8	302	12.5
4	255	7.4	245	6.9	249	8.2	252	9.3	235	9.0
5	251	8.1	254	8.6	263	11.9	302	12.9	256	10.6
6	258	9.4	295	12.9	270	10.1	290	11.5	243	10.0
7	290	9.6	217	6.3	246	9.5	273	11.8	273	13.1
平均	263.9	9.09	256.6	9.29	265.4	10.76	268.0	10.59	261.6	11.41
標準偏差	20.6	1.42	24.8	2.33	13.7	1.66	21.0	1.55	21.9	1.56
相関係数	0.816		0.949		0.814		0.920		0.779	
傾き	0.056		0.089		0.099		0.068		0.056	

# 例 1' : 量的因子の場合の解析

制御因子

- JMPファイルの読み込みと表示

JMP ファイル「4-共分散2.jmp」を読み込み

- データ

表示 4.3.1 のデータ (制御因子は dose = 0, 2, 4, 6, 8 を使う)

制御因子 : 「dose」

補助因子 : 「体重」 (x)

観測値 : 「効果」 (破断強度、y)

- 解析

薬剤の投与量で骨粗鬆症への効果がどう変わるか解析

[分析] > [モデルのあてはめ]

[役割変数の選択、Y] : 「効果」

[モデル効果の構成] : 「dose」 「体重」

[強調点] : [最小レポート]

	薬剤	効果	体重	dose
1	Control	7.6	232	0
2	Control	11	282	0
3	Control	10.5	279	0
4	Control	7.4	255	0
5	Control	8.1	251	0
6	Control	9.4	258	0
7	Control	9.6	290	0
8	D1	9.6	250	2
9	D1	11.4	278	2
10	D1	9.3	257	2
11	D1	6.9	245	2
12	D1	8.6	254	2
13	D1	12.9	295	2
14	D1	6.3	217	2
15	D2	12.9	279	4
16	D2	12.2	281	4
17	D2	10.5	270	4

# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

表示4.3.7 量的因子の場合の解析結果

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	2	90.91247	45.4562	52.8285
誤差	32	27.53439	0.8604	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	34	118.44686		<.0001*

パラメータ推定値				
項	推定値	標準誤差	t値	p値(Prob> t )
切片	-9.380247	2.118917	-4.43	0.0001*
dose	0.2737333	0.055503	4.93	<.0001*
体重	0.0703612	0.00803	8.76	<.0001*

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)
dose	1	1	20.928762	24.3231	<.0001*
体重	1	1	66.071181	76.7868	<.0001*

# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

質的因子の場合：薬剤の平方和 24.265、自由度 4

量的因子の場合：doseの平方和 20.929、自由度 1

差 3.336

差 3 . . . 直線をあてはめたモデルからの外れ  
(LOF の平方和と自由度)

表示4.3.4  
共分散分析の  
解析結果  
(質定因子の場合)

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	4	4	24.264980	7.2700	0.0003*
体重	1	1	66.193256	79.3285	<.0001*

表示4.3.7  
量的因子の場合の  
解析結果

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)
dose	1	1	20.928762	24.3231	<.0001*
体重	1	1	66.071181	76.7868	<.0001*

# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

質的因子の場合 : 薬剤の平方和 24.265、自由度 4

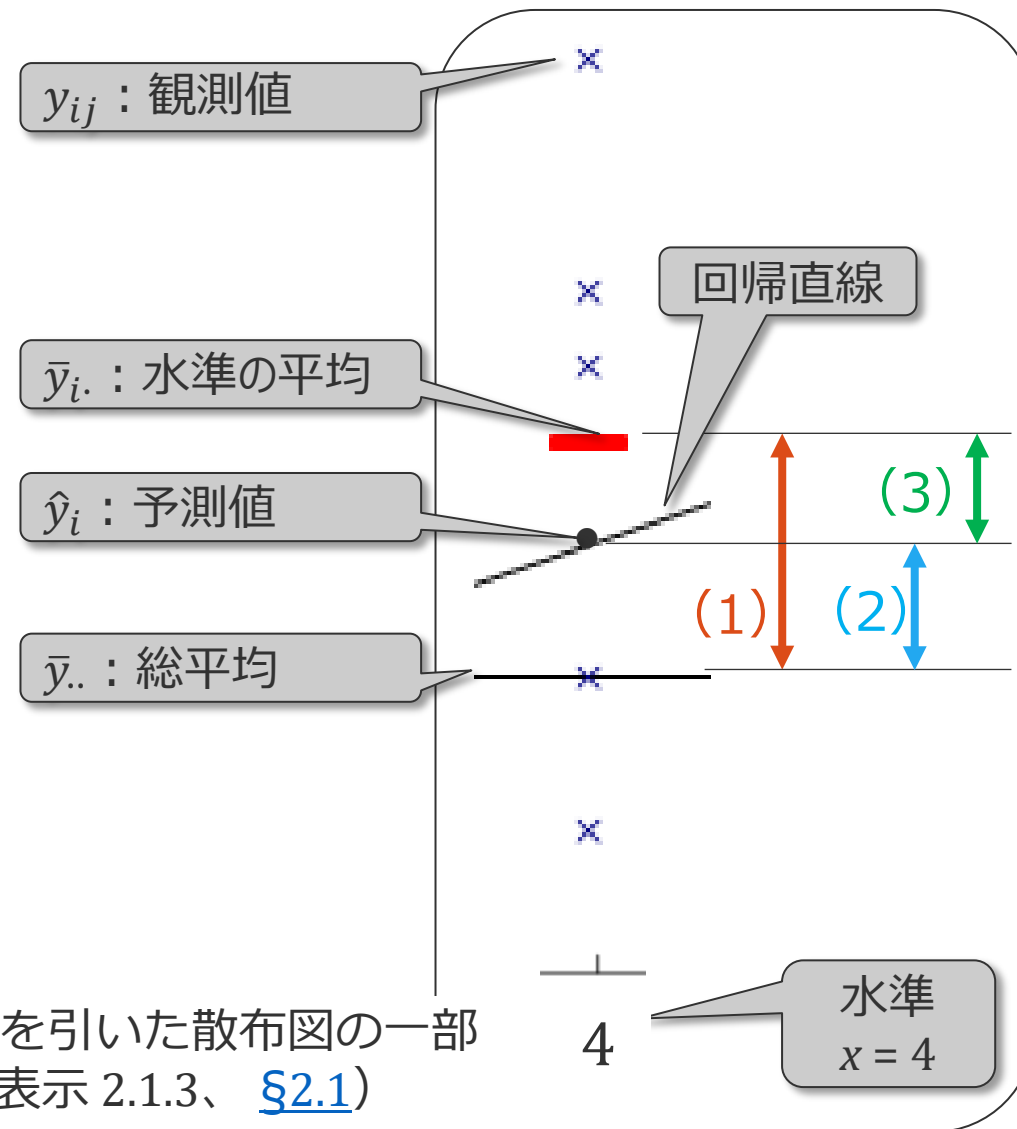
量的因子の場合 : doseの平方和 20.929、自由度 1  
差 3.336 差 3

平方和の由来となるばらつきの距離

- (1) 質的因子の平方和
  - (2) 量的因子の平方和
  - (3) LOF (あてはまりの悪さ) の平方和
- ↓ (§2.1 p.79)

この値が大きければ、  
直線のモデルをあてはめるのは  
適当ではないと判断

回帰直線を引いた散布図の一部  
(表示 2.1.3、 §2.1)



# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●分散分析表

表示4.3.8  
量的因子の場合の  
分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
dose + 体重	90.912	2					
dose	20.929	1	20.93	24.32	0.00		
体重	66.071	1	66.07	76.79	0.00		
残差	27.534	32	0.86	1.00			
LOF	3.336	3	1.11			1.33	0.28
純粋誤差	24.198	29	0.83			1.00	
全体	118.447	34					

20.929 + 66.071 = 87.000  
≠ 90.912

dose (投与量) の違いによる  
効果の差は有意

表示4.3.7 量的因子の場合の解析結果

分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	2	90.91247	45.4562	52.8285
誤差	32	27.53439	0.8604	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	34	118.44686		<.0001*

効果の検定				
要因	パラメータ数	自由度	平方和	F値
dose	1	1	20.928762	24.3231
体重	1	1	66.071181	76.7868



# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●JMP の出力するLOF 表示4.3.8

JMPは、  
水準内に同値がある場合、  
それを意図的な繰り返しと  
見なして LOF を出力する  
(D2群に  $x = 270$  が 2 つ)

要因	平方和	自由度	平均平方	F比	p値	F比	p値
dose + 体重	90.912	2					
dose	20.929	1	20.93	24.32	0.00		
体重	66.071	1	66.07	76.79	0.00		
残差	27.534	32	0.86	1.00			
LOF	3.336	3	1.11			1.33	0.28
純粋誤差	24.198	29	0.83			1.00	
全体	118.447	34					

この場合、JMP が出力する LOF に  
意味がない

JMP が出力するあてはまりの悪さ

あてはまりの悪さ(LOF)				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
あてはまりの悪さ(LOF)	31	27.454390	0.885625	11.0703
純粋誤差	1	0.080000	0.080000	p値(Prob>F)
合計誤差	32	27.534390		0.2342

LOF の自由度が異常に大きく、  
純粋誤差の自由度が異常に小さい

# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●補足

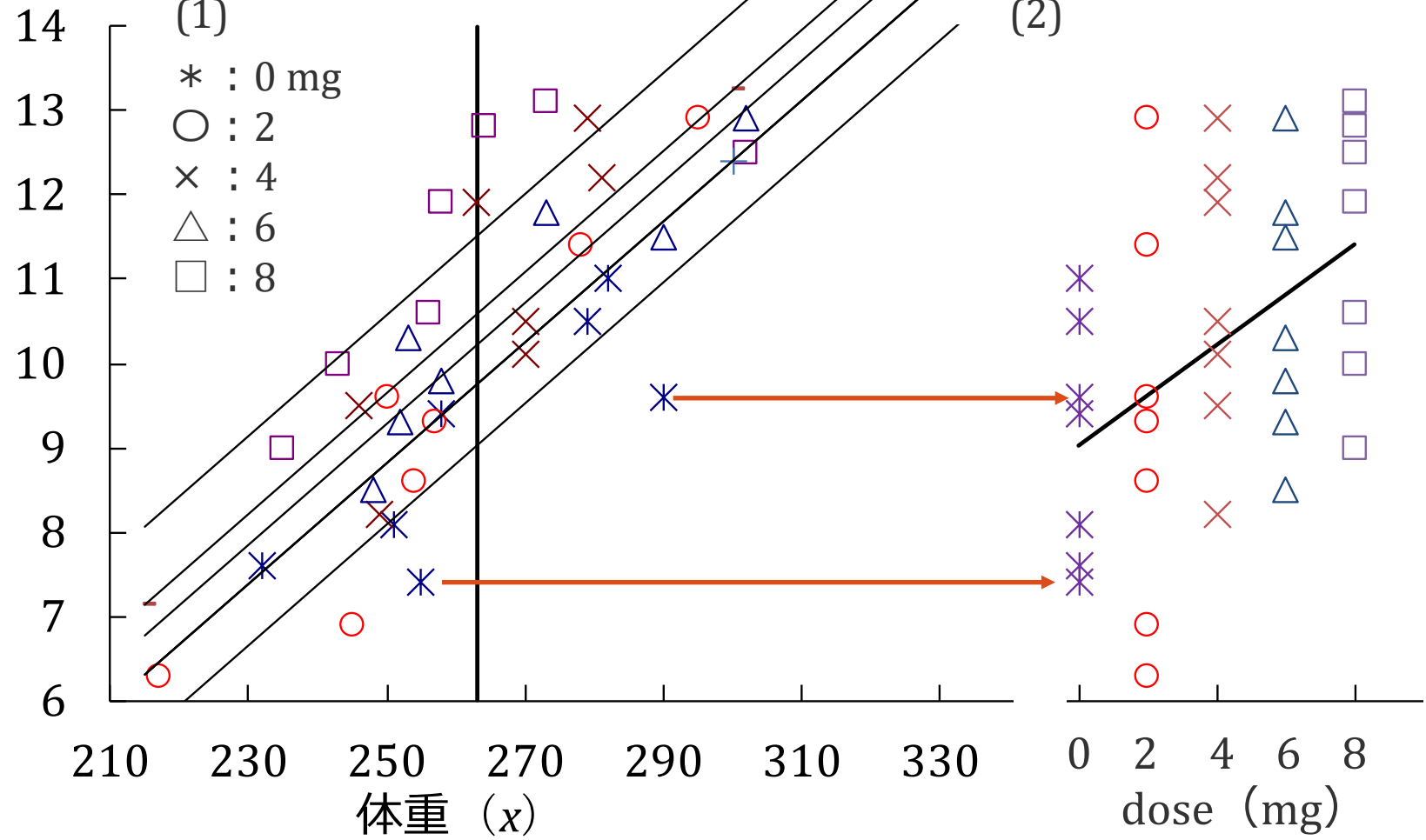
表示  
4.3.2  
(改変)

破断強度 (y)  
効果

体重 (x) と効果 (破断強度 y) の関係  
(1)

- \* : 0 mg
- : 2
- × : 4
- △ : 6
- : 8

dose と補正前の効果  
(2)



# 例 1' : 量的因子の場合の解析

## ●補足

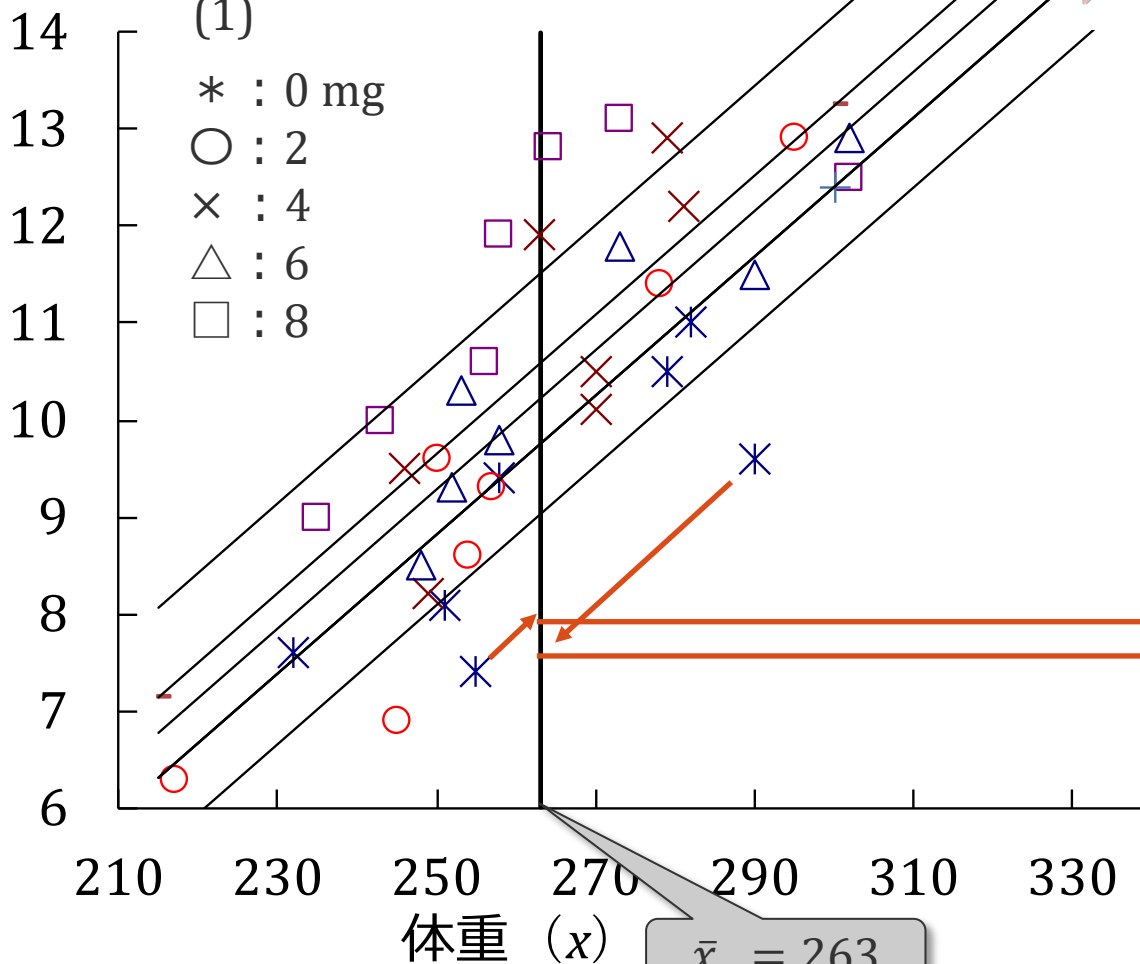
表示  
4.3.2  
(改変)

体重 (x) と効果 (破断強度 y) の関係  
(1)

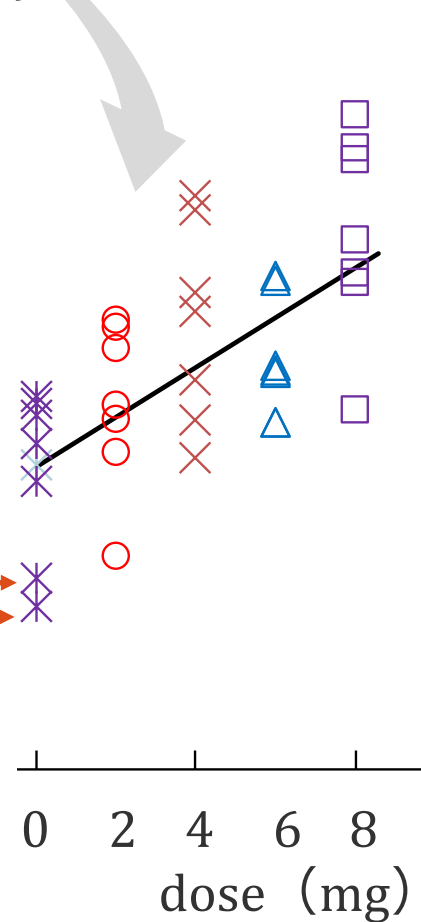
- \* : 0 mg
- : 2
- × : 4
- △ : 6
- : 8

破断強度 (y)

効果



dose と平均体重263g に  
補正した効果  
(3)



# 例 1' : 量的因子の場合の解析

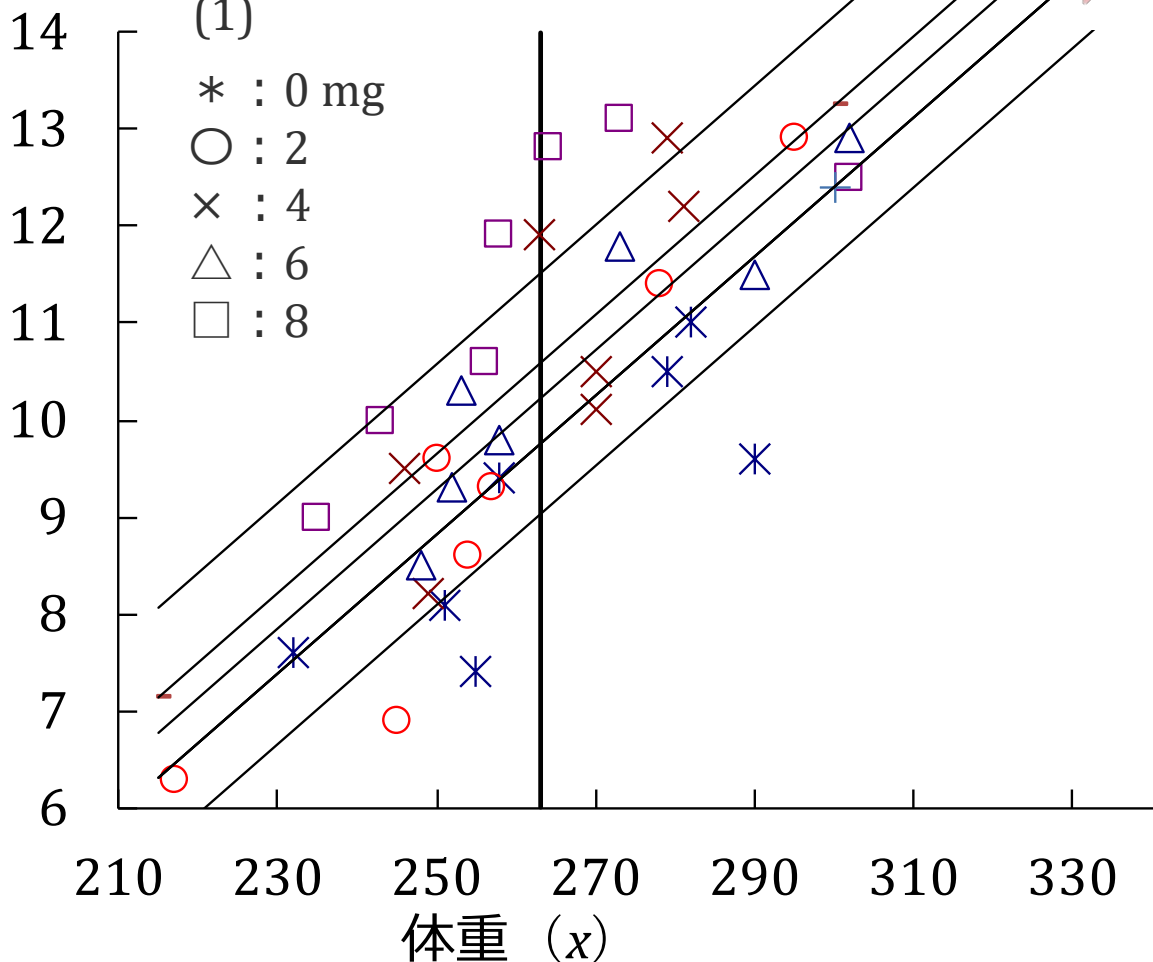
## ●補足

表示  
4.3.2  
(改変)

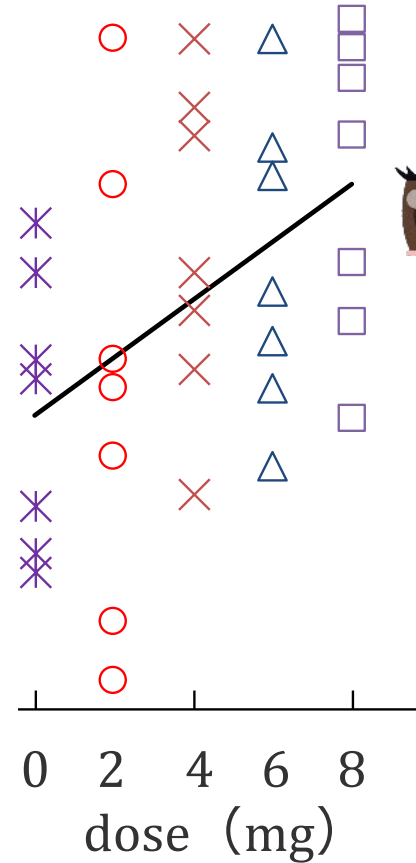
破断強度 (y)  
効果

体重 (x) と効果 (破断強度 y) の関係  
(1)

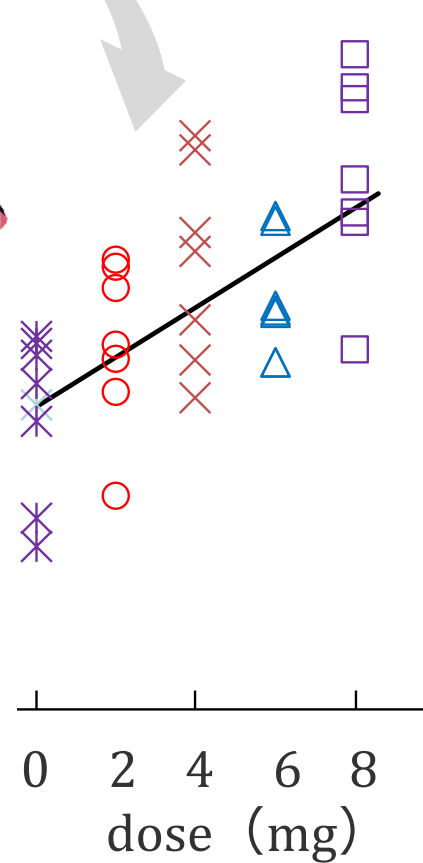
- \* : 0 mg
- : 2
- × : 4
- △ : 6
- : 8



dose と補正前の効果  
(2)



dose と平均体重263gに補正した効果  
(3)





## (5) 例 2 : 降圧剤の比較 (方法とデータ)

例 2 : 高血圧モデル動物を用いて、降圧剤の種類の効果と比較

## 例 2 : 降圧剤の比較 (方法とデータ)

p.158

### ●実験の目的

高血圧症に処方する2種類の降圧剤 ( $A_1, A_2$ ) について、その効果を比較する

### ●実験方法

材料：高血圧モデル動物 (正常血圧の動物を高血圧の状態にして実験に使用)

方法：2薬剤にそれぞれ10匹の動物を割り当てる

実験前に20匹の動物の血圧 ( $z$ ) を測定し、  
平均値が近い値になるように2群に群分け

高血圧モデル作成後、降圧剤を投与

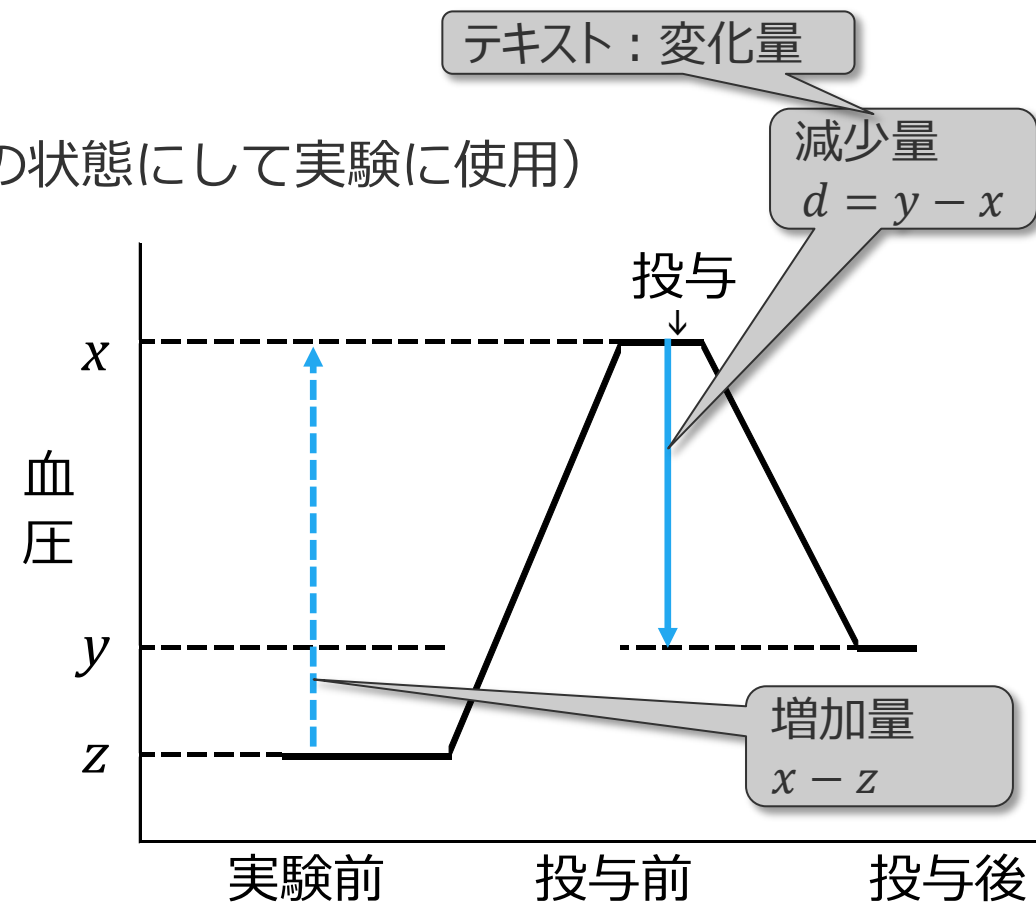
投与前 ( $x$ ) と投与後 ( $y$ ) の血圧を測定

血圧測定： $z$ 、実験前 (正常血圧)

$x$ 、薬剤の投与前 (高血圧)

$y$ 、薬剤の投与後

$d$ 、減少量 ( $y - x$ )



# 例 2 : 降圧剤の比較 (方法とデータ)

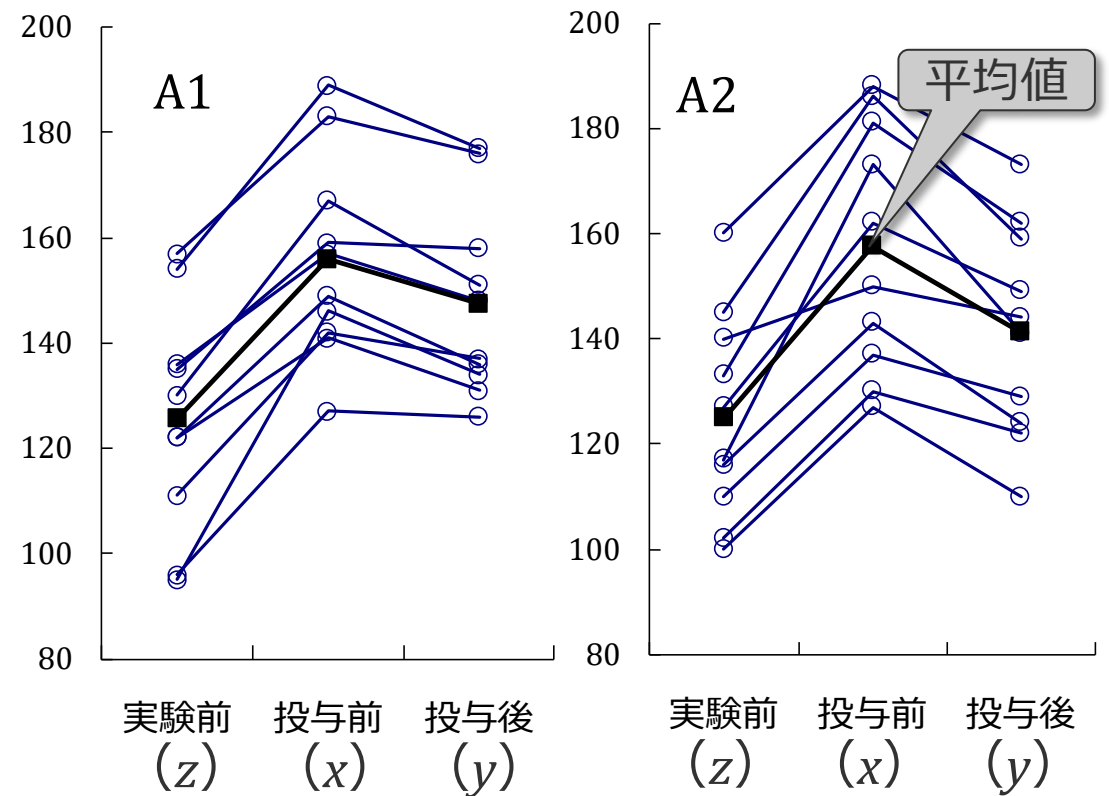
## ●データ

Excel ファイル「DE改4-共分散.xls」、「表示4.3.9」「表示 4.3.10」を選択

表示 4.3.9 降圧剤A1、A2の効果の比較データ

	A1				A2			
	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	$d = y - x$	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	$d = y - x$
	実験前	投与前	投与後	減少量	実験前	投与前	投与後	減少量
1	135	159	158	-1	133	181	162	-19
2	96	127	126	-1	127	162	149	-13
3	111	142	137	-5	160	188	173	-15
4	95	146	134	-12	102	130	122	-8
5	136	157	148	-9	100	127	110	-17
6	157	183	176	-7	145	186	159	-27
7	122	149	136	-13	110	137	129	-8
8	122	141	131	-10	117	173	141	-32
9	154	189	177	-12	116	143	124	-19
10	130	167	151	-16	140	150	144	-6
平均	125.8	156.0	147.4	-8.6	125.0	157.7	141.3	-16.4

表示 4.3.10 個体ごとの血圧の変化グラフ



# 例 2 : 降圧剤の比較 (方法とデータ)

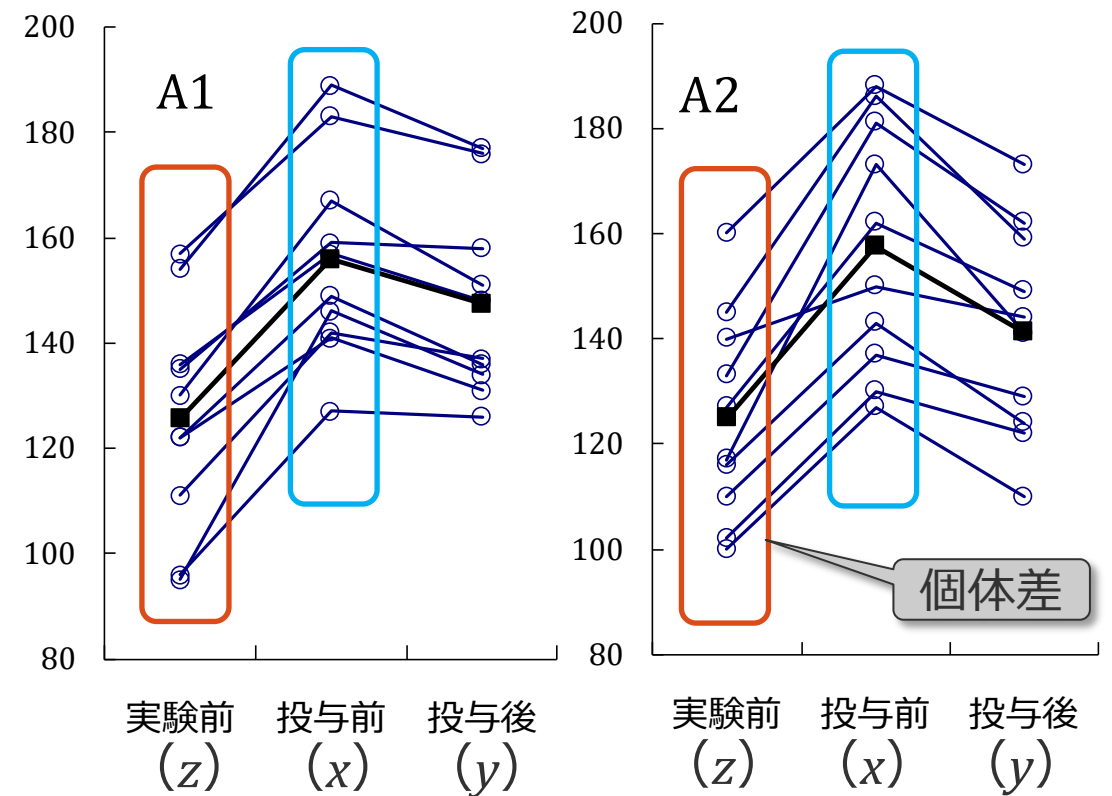
## ●データ

実験前  $z$ 、投与前の血圧  $x$  の個体差が大きいのので、効果を単純に比較することは困難

表示 4.3.9 降圧剤A1、A2の効果の比較データ

	A1				A2			
	$z$	$x$	$y$	$d = y - x$	$z$	$x$	$y$	$d = y - x$
	実験前	投与前	投与後	減少量	実験前	投与前	投与後	減少量
1	135	159	158	-1	133	181	162	-19
2	96	127	126	-1	127	162	149	-13
3	111	142	137	-5	160	188	173	-15
4	95	146	134	-12	102	130	122	-8
5	136	157	148	-9	100	127	110	-17
6	157	183	176	-7	145	186	159	-27
7	122	149	136	-13	110	137	129	-8
8	122	141	131	-10	117	173	141	-32
9	154	189	177	-12	116	143	124	-19
10	130	167	151	-16	140	150	144	-6
平均	125.8	156.0	147.4	-8.6	125.0	157.7	141.3	-16.4

表示 4.3.10 個体ごとの血圧の変化グラフ



## (6) 単純な解析

例 2 : 高血圧モデル動物を用いて、降圧剤の種類の効果と比較

投与後の血圧 ( $x$ ) の比較

投与前後の血圧の減少量 ( $d=y-x$ ) の比較

# 例 2 : 単純な解析

## ●JMP データテーブルの作成

- (1) JMP の新規データテーブルを作成
- (2) 新規データテーブルにデータ入力
  - (a) JMP のデータテーブルに直接入力
  - (b) Excel から JMP に貼り付け (コピー&ペースト)
- (3) 血圧増加量 ( $x - z$ )、血圧減少量 ( $y - x$ ) の列を作成  
新規の列を作成し、計算式を入力

JMP データテーブル  
「4-共分散3.JMP」

計算式を入力

	薬剂	z	x	y	y-x	x-z
•	1 A1	135	159	158	-1	24
•	2 A1	96	127	126	-1	31
•	3 A1	111	142	137	-5	31
•	4 A1	95	146	134	-12	51
•	5 A1	136	157	148	-9	21
•	6 A1	157	183	176	-7	26
•	7 A1	122	149	136	-13	27
•	8 A1	122	141	131	-10	19
•	9 A1	154	189	177	-12	35
•	10 A1	130	167	151	-16	37
+	11 A2	133	181	162	-19	48
+	12 A2	127	162	149	-13	35
+	13 A2	160	188	173	-15	28
+	14 A2	102	130	122	-8	28
+	15 A2	100	127	110	-17	27
+	16 A2	145	186	159	-27	41
+	17 A2	110	137	129	-8	27
+	18 A2	117	173	141	-32	56
+	19 A2	116	143	124	-19	27
+	20 A2	140	150	144	-6	10

表示 4.3.9 降圧剤A1、A2の効果の比較データ

	A1				A2			
	z	x	y	d = y-x	z	x	y	d = y-x
	実験前	投与前	投与後	減少量	実験前	投与前	投与後	減少量
1	135	159	158	-1	133	181	162	-19
2	96	127	126	-1	127	162	149	-13
3	111	142	137	-5	160	188	173	-15
4	95	146	134	-12	102	130	122	-8
5	136	157	148	-9	100	127	110	-17

## 例 2 : 単純な解析

p.159

- JMP : 血圧減少量 ( $y - x$ ) の列を作成

空の列で  
右クリック

	薬剤	z	x	y	
1	A1	135	159	158	
2	A1	96	127	126	
3	A1	111	142	137	
4	A1	95	146	134	
5	A1	136	157	148	
6	A1	157	183	176	
7	A1	122	149	136	
8	A1	122	141	131	
9	A1	154	180	177	

列の新規作成 - JMP

4-共分散3の新しい列

列名

ロック

データタイプ

尺度

表示形式  総桁数

桁区切り(.)を使用

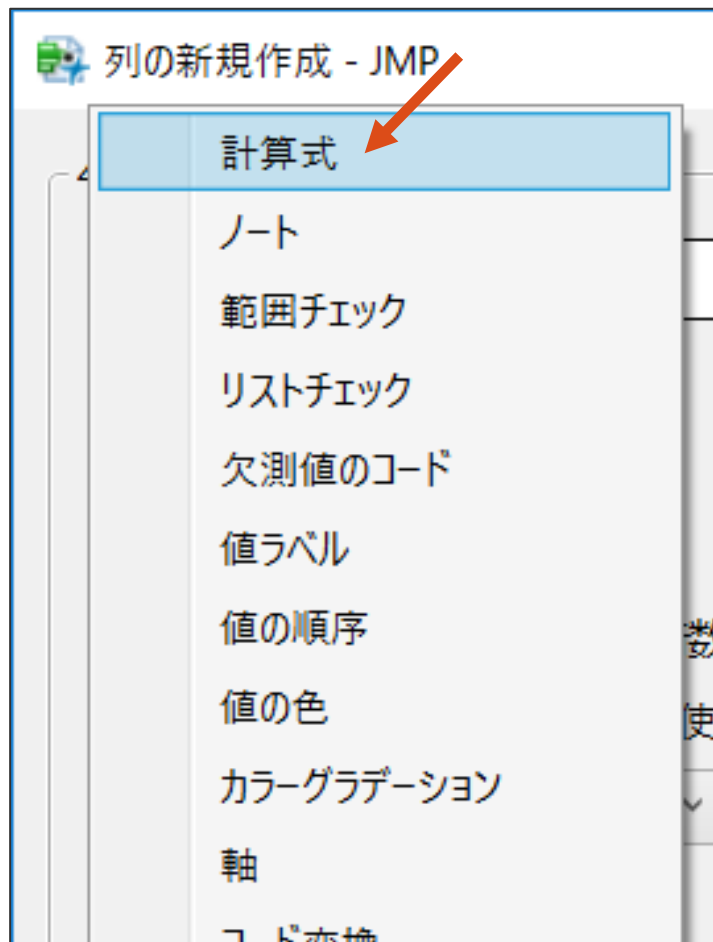
データの初期化

OK  
キャンセル  
適用  
次へ  
ヘルプ

## 例 2 : 単純な解析

p.159

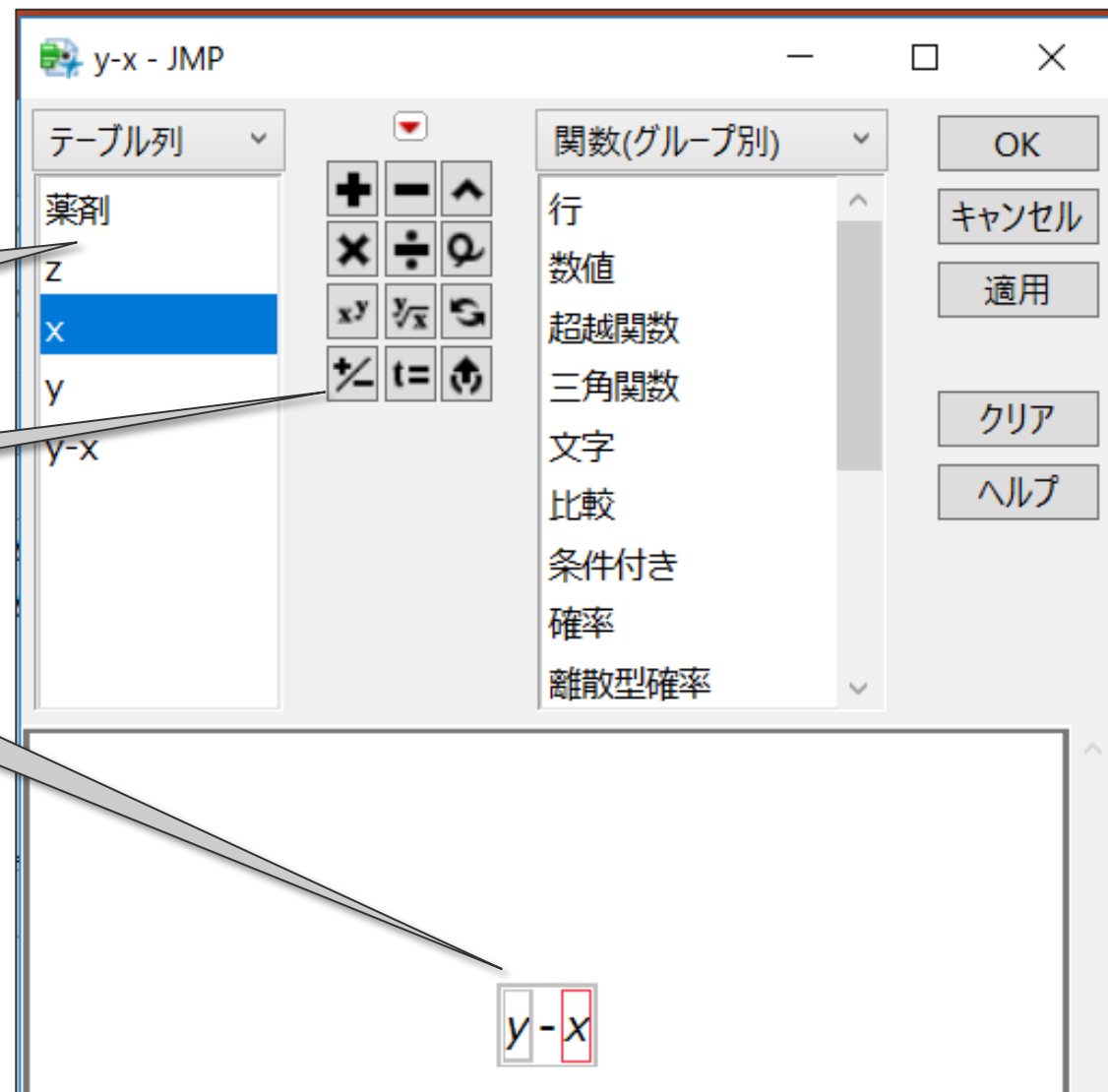
- JMP : 血圧減少量 ( $y - x$ ) の列を作成



テーブル列

演算子

計算式



# 例 2 : 単純な解析

## ●JMP : 列の値によるマーカ分け

列オプションをクリック  
[列の値による色/  
マーカ分け]

新規の列

	薬剤	z	x	y	y-x
1	A1	135	159	158	-1
2	A1	96	127	126	-1
3	A1	111	142	137	-5
4	A1	95	146	134	-12
5	A1	136	157	148	-9
6	A1	157	183	176	-7
7	A1	122	149	136	-13
8	A1	122	141	131	-10
9	A1	154	189	177	-12

列の値によるマーカ分け

色: JMP 標準

連続尺度

スケールの逆転

マーカ: なし

なし

標準

中抜き

塗りつぶし

ペア

クラシック

英数字

凡例の

列プロ

テーブル

除外さ

行の属性

薬剤

A1

A2

キャンセル

ヘルプ

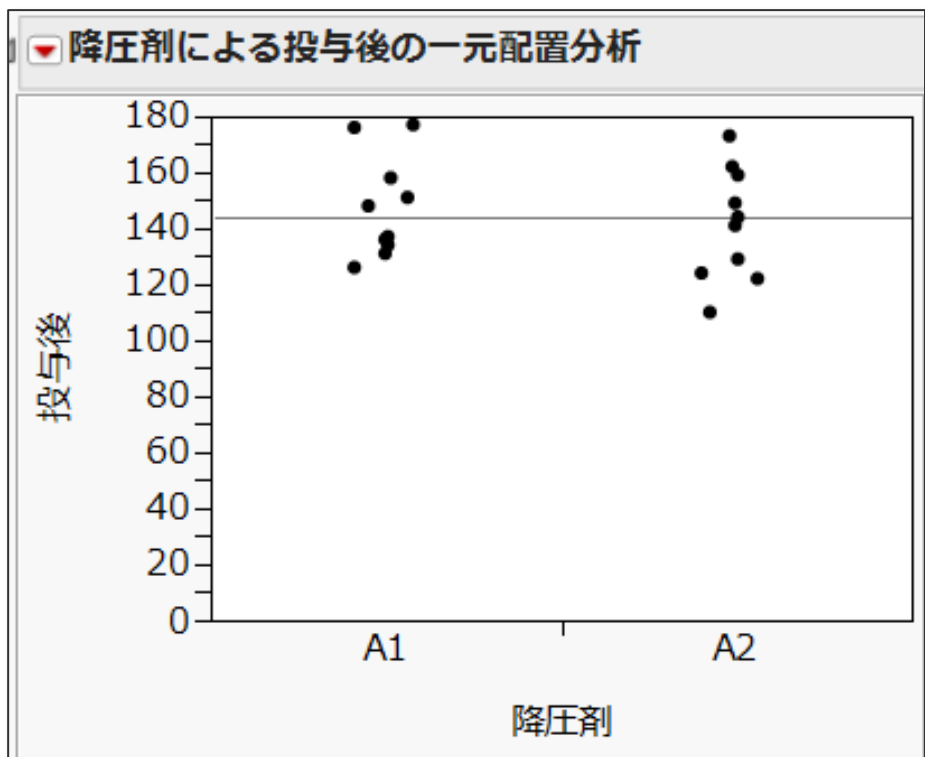
## 例 2 : 単純な解析

p.159

### ●JMP [二変量の関係] : 投与後の血圧 ( $y$ ) の $t$ 検定

[分析] > [二変量の関係] (第1部 [§3.2](#))

2 薬剤について、投与後の血圧 ( $y$ ) を比較 :  $t$  検定の結果  $p = 0.485$ 、有意差なし



#### t検定

A2-A1

分散が等しいと仮定

差	-6.100	t値	-0.71338
差の標準誤差	8.551	自由度	18
差の上側信頼限界	11.865	p値(Prob> t )	0.4848
差の下側信頼限界	-24.065	p値(Prob>t)	0.7576
信頼率	0.95	p値(Prob<t)	0.2424

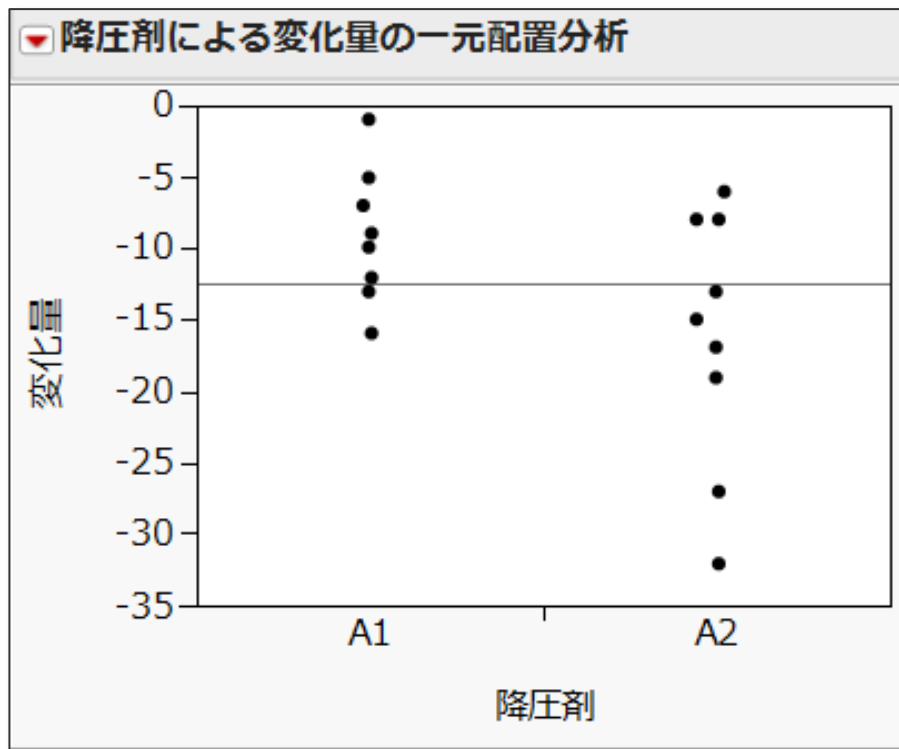
## 例 2 : 単純な解析

p.159

- JMP [二変量の関係] : 投与前後の血圧の減少量 ( $y-x$ ) の  $t$  検定

[分析] > [二変量の関係] (第1部 [§3.2](#))

2 薬剤について、投与前後の血圧の減少量 ( $y-x$ ) を比較 :  $t$  検定の結果  $p = 0.021$ 、有意差あり



### t検定

A2-A1

分散が等しいと仮定

差	-7.800	t値	-2.51919
差の標準誤差	3.096	自由度	18
差の上側信頼限界	-1.295	p値(Prob> t )	0.0214*
差の下側信頼限界	-14.305	p値(Prob>t)	0.9893
信頼率	0.95	p値(Prob<t)	0.0107*

## 例 2 : 単純な解析

p.159

### ●Excel : 投与後の血圧 ( $y$ )、投与前後の血圧の減少量 ( $y-x$ ) の $t$ 検定

投与後の血圧 ( $y$ ) :  $t$  検定の結果  $p = 0.485$  . . . 2 薬剤に有意差なし

投与前後の血圧の減少量 ( $y-x$ ) :  $t$  検定の結果  $p = 0.021$  . . . 2 薬剤に有意差あり

2 薬剤を比較すると、  
投与後の血圧に有意差はないが、  
投与前後の減少量では有意差がある

投与前の血圧 ( $z$ 、 $x$ ) の個体差が  
大きく影響している

計算方法は  
第1部 [§3.2](#) 参照

表示4.3.11 血圧の減少量 ( $d$ ) の違いの検定

	投与後 ( $y$ )			変化量 ( $d = y - x$ )		
	A1	A2	差	A1	A2	差
平均	147.4	141.3	-6.1	-8.6	-16.4	-7.8
平方和	2964	3616	6581	230.4	632.4	862.8
自由度	9	9	18	9	9	18
平均平方			365.6			47.9
$t$ 値			-0.713			-2.519
$p$ 値			0.485			0.021

有意差なし

有意差あり



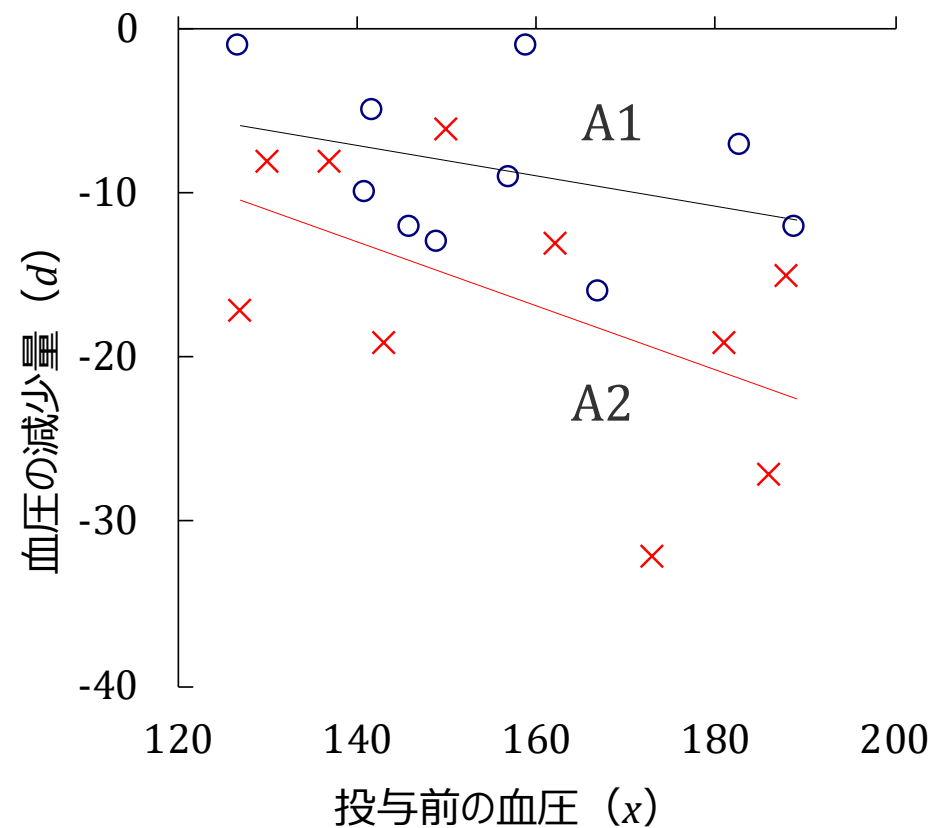
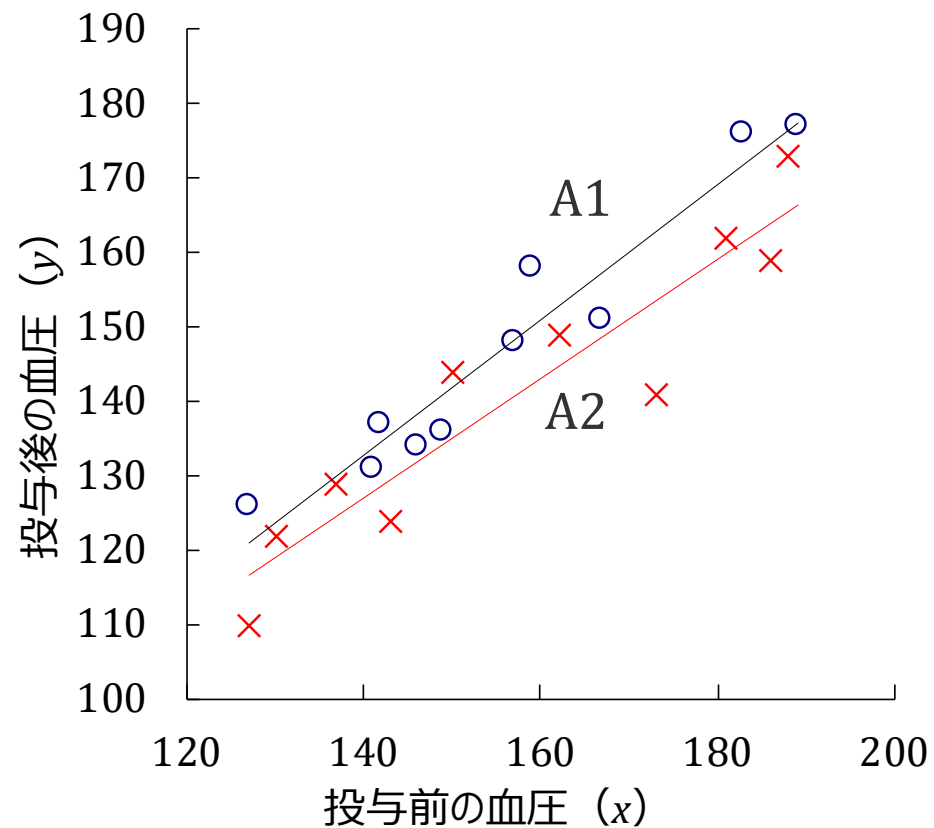
## (7) 投与前値を補助因子とする共分散分析

例 2 : 高血圧モデル動物を用いて、降圧剤の種類の効果と比較

# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ● 散布図

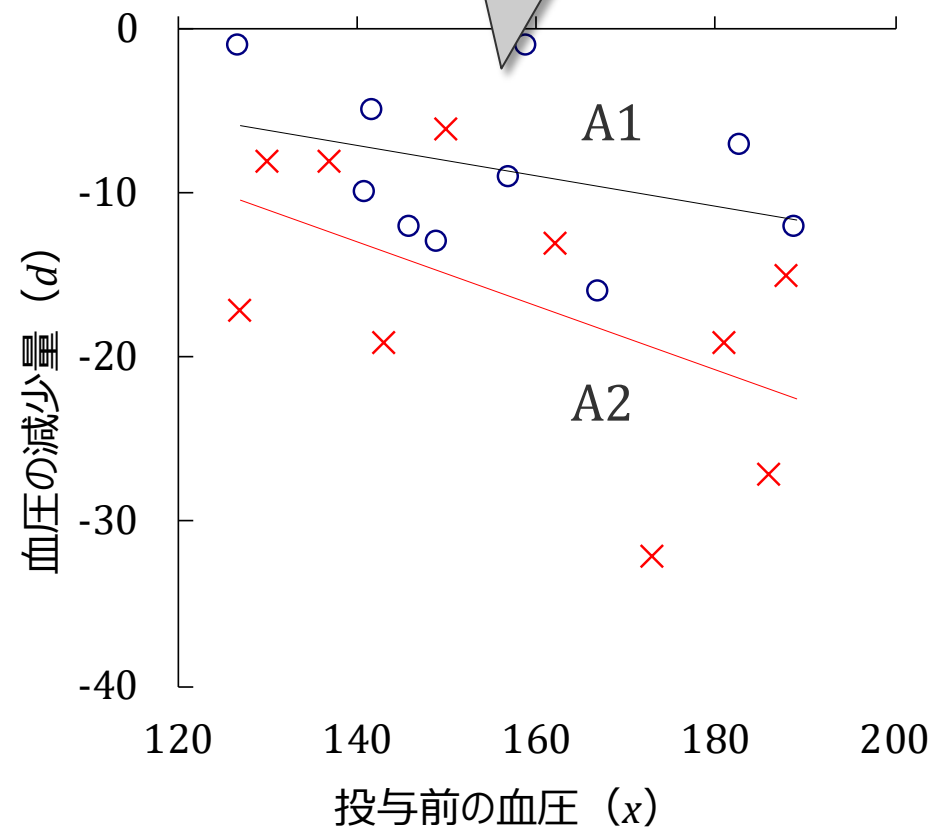
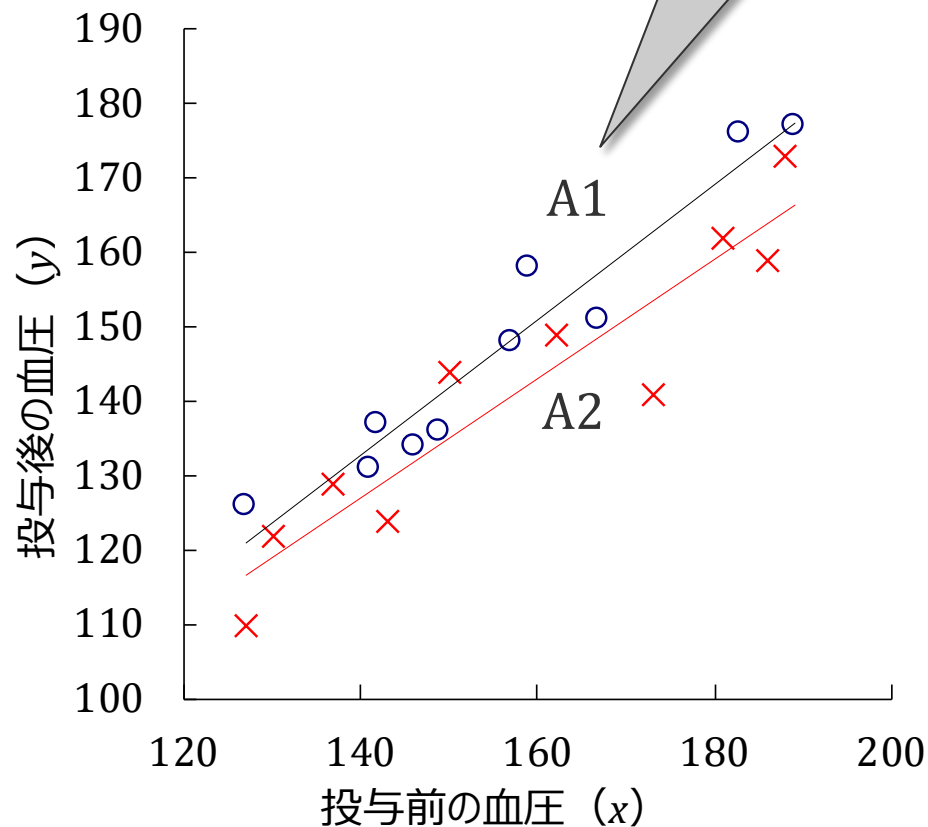
表示4.3.12 投与前値  $x$  を横軸とする  $y$  と  $d = y - x$  の散布図



# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ● 散布図

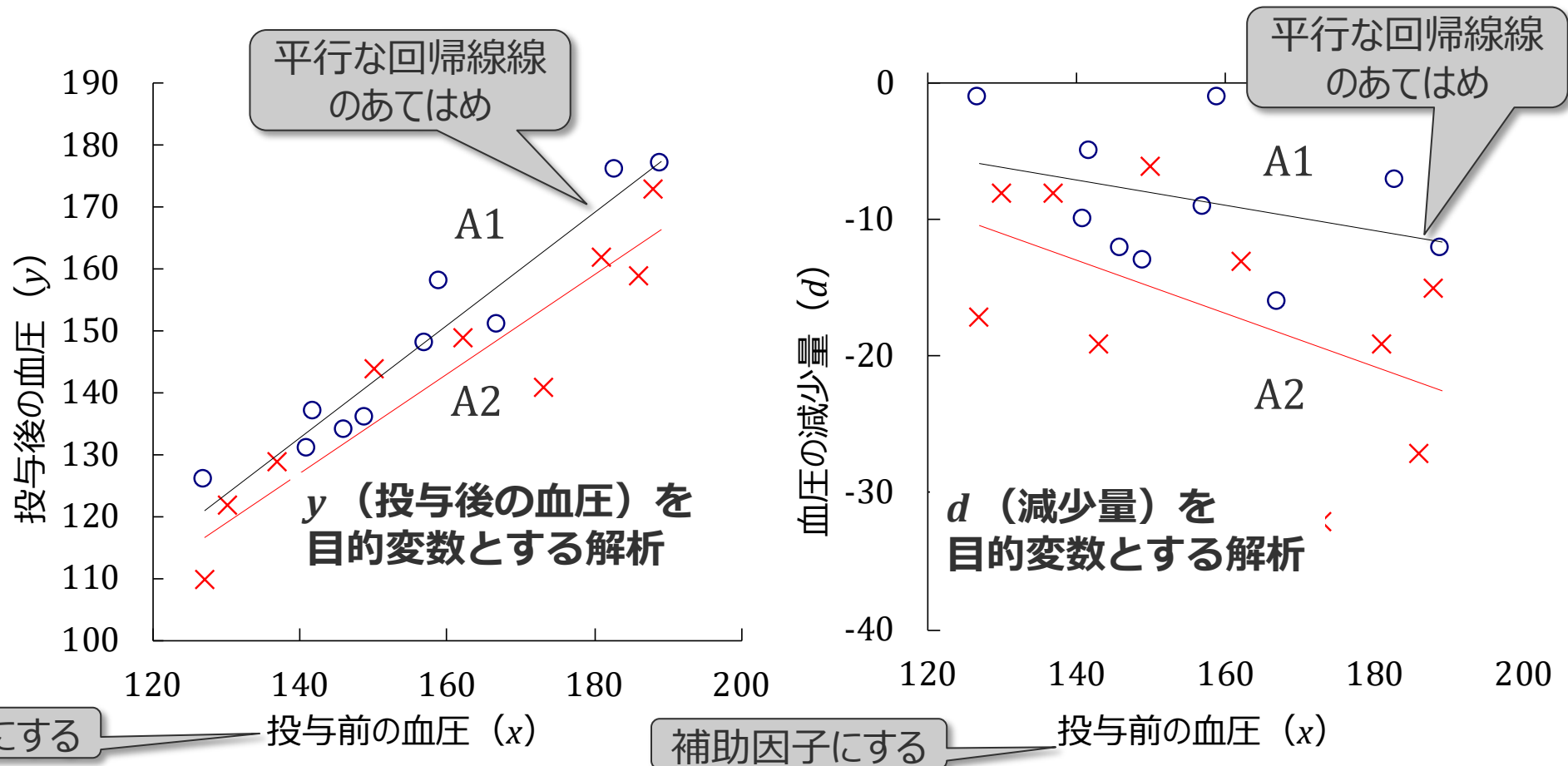
表示4.3.12 投与前値  $x$  を横軸とすると  $y$  と  $d = y - x$  の散布図



# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ● 散布図

投与前の血圧を補助因子とする（投与前の血圧制御因子（薬剤）の影響を受けない）



# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●LINEST 関数による共分散分析

(1) 薬剤のダミー変数 1 の「A2」を作成

(2) LINEST 関数による解析

### d (減少量) を目的変数とする解析

空いているセルで 5 行 3 列を範囲指定

y の範囲 : 減少量 ( $d = y - x$ )、x の範囲 : A2 + 投与前血压 (x)

=LINEST(y の範囲(ブルー枠), x の範囲(オレンジ枠),, TRUE)

y (投与後の血压) を目的変数とする解析

空いているセルで 5 行 3 列を範囲指定

y の範囲 : 投与後の血压 (y)、x の範囲 : A2 + 投与前血压 (x)

=LINEST(y の範囲(ブルー枠), x の範囲(オレンジ枠),, TRUE)

表示4.3.13 共分散分析の結果 (左)

ダミー変数

カンマ 2 個

薬剤	A2	x	d	y
A1	0	159	-1	158
A1	0	127	-1	126
A1	0	142	-5	137
A1	0	146	-12	134
A1	0	157	-9	148
A1	0	183	-7	176
A1	0	149	-13	136
A1	0	141	-10	131
A1	0	189	-12	177
A1	0	167	-16	151
A2	1	181	-19	162
A2	1	162	-13	149
A2	1	188	-15	173
A2	1	130	-8	122
A2	1	127	-17	110
A2	1	186	-27	159
A2	1	137	-8	129
A2	1	173	-32	141
A2	1	143	-19	124
A2	1	150	-6	144

# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●LINEST 関数による共分散分析

(1) 薬剤のダミー変数 1 の「A2」を作成

(2) LINEST 関数による解析

d (減少量) を目的変数とする解析

空いているセルで 5 行 3 列を範囲指定

y の範囲 : 減少量 ( $d = y - x$ )、x の範囲 : A2 + 投与前血压 (x)

=LINEST(y の範囲(ブルー枠), x の範囲(オレンジ枠),, TRUE)

y (投与後の血压) を目的変数とする解析

空いているセルで 5 行 3 列を範囲指定

y の範囲 : 投与後の血压 (y)、x の範囲 : A2 + 投与前血压 (x)

=LINEST(y の範囲(ブルー枠), x の範囲(オレンジ枠),, TRUE)

表示4.3.13 共分散分析の結果 (左)

薬剤	A2	x	d	y
A1	0	159	-1	158
A1	0	127	-1	126
A1	0	142	-5	137
A1	0	146	-12	134
A1	0	157	-9	148
A1	0	183	-7	176
A1	0	149	-13	136
A1	0	141	-10	131
A1	0	189	-12	177
A1	0	167	-16	151
A2	1	181	-19	162
A2	1	162	-13	149
A2	1	188	-15	173
A2	1	130	-8	122
A2	1	127	-17	110
A2	1	186	-27	159
A2	1	137	-8	129
A2	1	173	-32	141
A2	1	143	-19	124
A2	1	150	-6	144

ダミー変数

カンマ 2 個

# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●LINEST 関数による共分散分析 表示4.3.13 (右)

ダミー変数 A2 (2 薬剤の効果の差、 $A_2 - A_1$ ) の

回帰係数 -7.536、p 値 0.015

d の解析、y の解析ともに同じ結果

減少量を単純に比較した p 値 0.021 (表示 4.3.11)

よりも小さい、共分散分析で検出力が高まった

## d (減少量) を目的変数とする解析 A<sub>2</sub> - A<sub>1</sub>

	x	A2	const	
回帰係数	-0.155	-7.536	15.590	切片
その標準誤差	0.069	2.796	10.886	その標準誤差
寄与率	0.431	6.247	#N/A	標準偏差
F比	6.450	17	#N/A	残差自由度
回帰平方和	503.5	663.5	#N/A	残差平方和
t 値	-2.260	-2.695	1.432	
p 値	0.037	0.015	0.170	

表示 4.3.11 血圧の減少量 (d) の違いの検定 (単純な解析)

	投与後 (y)			変化量 (d = y - x)		
	A1	A2	差	A1	A2	差
平均	147.4	141.3	-6.1	-8.6	-16.4	-7.8
平方和	2964	3616	6581	230.4	632.4	862.8
自由度	9	9	18	9	9	18
平均平方			365.6			47.9
t 値			-0.713			-2.519
p 値			0.485			0.021

## y (投与後の血圧) を目的変数とする解析

	x	A2	const	
回帰係数	0.845	-7.536	15.590	
その標準誤差	0.069	2.796	10.886	
寄与率	0.902	6.247	#N/A	標準偏差
F比	78.184	17	#N/A	残差自由度
回帰平方和	6103.0	663.5	#N/A	残差平方和
t 値	12.313	-2.695	1.432	
p 値	0.000	0.015	0.170	

# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●LINEST 関数による共分散分析

$$d = y - x$$

$$= 15.590 + \begin{pmatrix} 0.00 \\ -7.536 \end{pmatrix} - 0.155x$$

$$= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} - 0.155x$$

$$y = d + x = \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} - 0.155x + x$$

$$= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} + 0.845x$$

$$y = 15.590 + \begin{pmatrix} 0.00 \\ -7.536 \end{pmatrix} + 0.845x$$

$$= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} + 0.845x$$

表示4.3.13  $d$  (減少量) を目的変数とする解析 (右)

	x	A2	const	
回帰係数	-0.155	-7.536	15.590	切片
その標準誤差	0.069	2.796	10.886	その標準誤差
寄与率	0.431	6.247	#N/A	標準偏差
F比	6.450	17	#N/A	残差自由度
回帰平方和	503.5	663.5	#N/A	残差平方和
t 値	-2.260	-2.695	1.432	
p 値	0.037	0.015	0.170	

$y$  (投与後の血圧) を目的変数とする解析

	x	A2	const	
回帰係数	0.845	-7.536	15.590	
その標準誤差	0.069	2.796	10.886	
寄与率	0.902	6.247	#N/A	標準偏差
F比	78.184	17	#N/A	残差自由度
回帰平方和	6103.0	663.5	#N/A	残差平方和
t 値	12.313	-2.695	1.432	
p 値	0.000	0.015	0.170	

両者は同じ式になる

# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●LINEST 関数による共分散分析

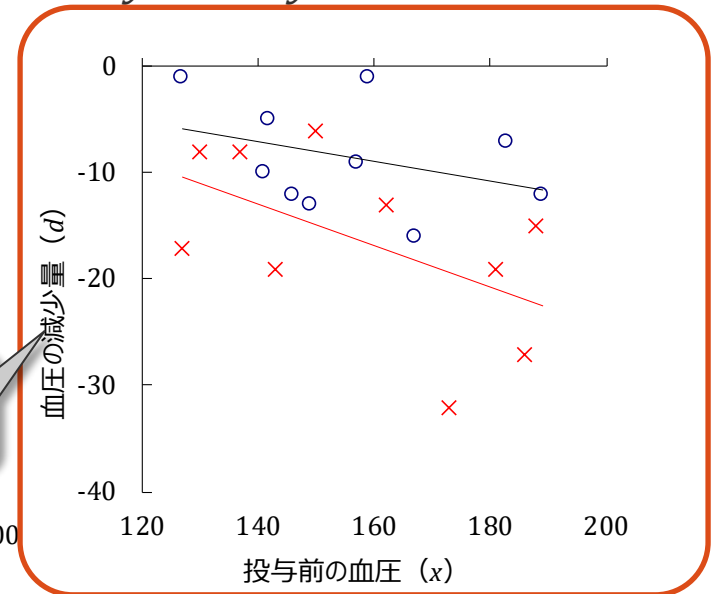
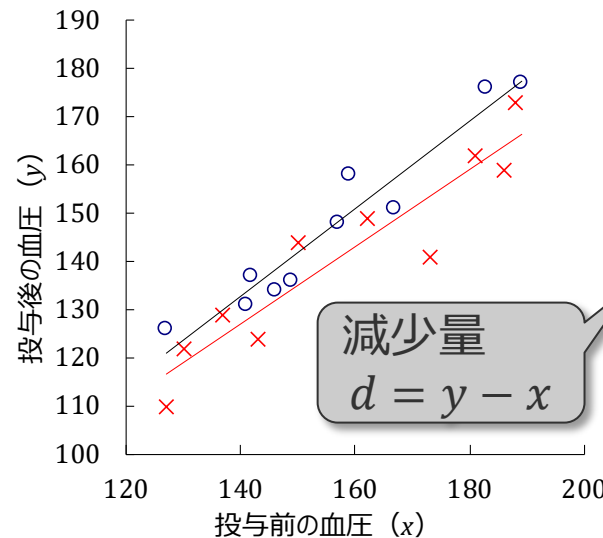
$$\begin{aligned}d &= y - x \\ &= 15.590 + \begin{pmatrix} 0.00 \\ -7.536 \end{pmatrix} - 0.155x \\ &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} - 0.155x\end{aligned}$$

目的変数に  $x$  が含まれる ( $y - x$ )  
説明変数の中の補助因子も  $x$  が含まれる  
両方に同じ変数の成分が含まれる  
表示4.3.12 の2本の直線が傾いていることから、  
 $x$  を補助因子とする共分散分析を発想したため

$$\begin{aligned}y = d + x &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} - 0.155x + x \\ &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} + 0.845x\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= 15.590 + \begin{pmatrix} 0.00 \\ -7.536 \end{pmatrix} + 0.845x \\ &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} + 0.845x\end{aligned}$$

表示4.3.12 投与前値  $x$  を横軸とする  $y$  と  $d = y - x$  の散布図



# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●LINEST 関数による共分散分析

$$\begin{aligned}d &= y - x \\ &= 15.590 + \begin{pmatrix} 0.00 \\ -7.536 \end{pmatrix} - 0.155x \\ &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} - 0.155x\end{aligned}$$

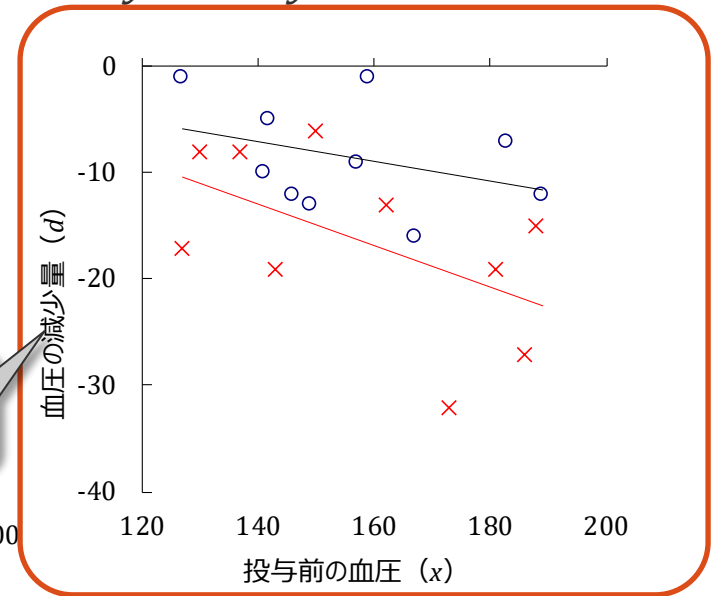
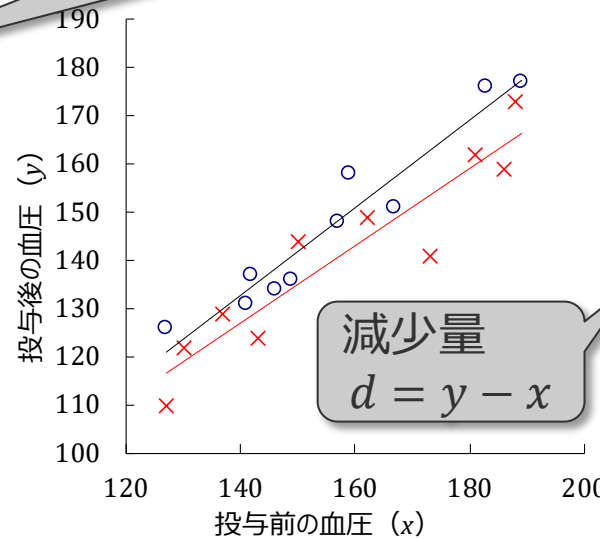
↓

$$\begin{aligned}y = d + x &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} - 0.155x + x \\ &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} + (-0.155 + 1)x \\ &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} + 0.845x\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= 15.590 + \begin{pmatrix} 0.00 \\ -7.536 \end{pmatrix} + 0.845x \\ &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} + 0.845x\end{aligned}$$

上段の x のパラメータと下段の x のパラメータの差は 1  
 $0.845 - (-0.155) = 1$

表示4.3.12 投与前値 x を横軸とする y と d = y - x の散布図



# 例2：投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

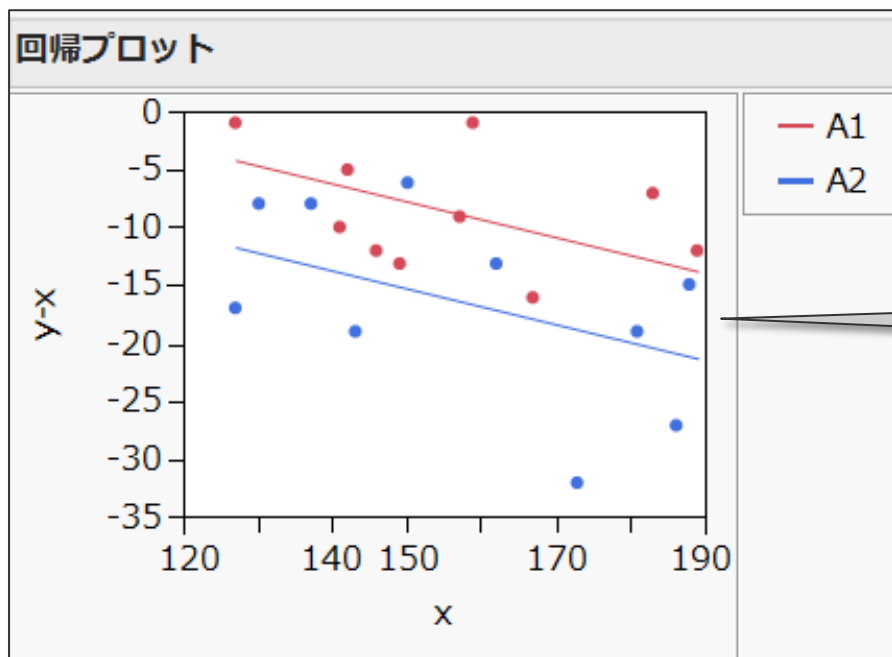
**d (減少量) を目的変数とする解析**

役割変数の選択 [Y] : 「y-x」

モデル効果の構成 : 「x」、 「薬剤」

JMP データテーブル  
「4-共分散3.JMP」

表示4.3.14 JMPによる共分散分析の結果



交差の項がないので平行

	薬剤	z	x	y	y-x	x-z	
•	1	A1	135	159	158	-1	24
•	2	A1	96	127	126	-1	31
•	3	A1	111	142	137	-5	31
•	4	A1	95	146	134	-12	51
•	5	A1	136	157	148	-9	21
•	6	A1	157	183	176	-7	26
•	7	A1	122	149	136	-13	27
•	8	A1	122	141	131	-10	19
•	9	A1	154	189	177	-12	35
•	10	A1	130	167	151	-16	37
+	11	A2	133	181	162	-19	48
+	12	A2	127	162	149	-13	35
+	13	A2	160	188	173	-15	28
+	14	A2	102	130	122	-8	28
+	15	A2	100	127	110	-17	27
+	16	A2	145	186	159	-27	41
+	17	A2	110	137	129	-8	27
+	18	A2	117	173	141	-32	56
+	19	A2	116	143	124	-19	27
+	20	A2	140	150	144	-6	10

# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

役割変数の選択 [Y] : 「y-x」  
 モデル効果の構成 : 「x」、「薬剤」  
 LINEST 関数の結果と一致

表示4.3.13 (右上)

### d (減少量) を目的変数とする解析

	x	A2	const	
回帰係数	-0.155	-7.536	15.590	切片
その標準誤差	0.069	2.796	10.886	その標準誤差
寄与率	0.431	6.247	#N/A	標準偏差
F比	6.450	17	#N/A	残差自由度
回帰平方和	503.5	663.5	#N/A	残差平方和
t 値	-2.260	-2.695	1.432	
p 値	0.037	0.015	0.170	

ダミー変数 1 を使用

JMP 内部で  
ダミー変数 2 を使用

$$\begin{aligned}
 y &= 11.822 + \begin{pmatrix} 3.768 \\ -3.768 \end{pmatrix} - 0.155x \\
 &= \begin{pmatrix} 15.590 \\ 8.054 \end{pmatrix} - 0.155x \\
 &= 15.590 + \begin{pmatrix} 0 \\ -7.536 \end{pmatrix} - 0.155x
 \end{aligned}$$

ダミー変数 2 で  
得られたパラメータ

ダミー変数 1 で  
得られたパラメータ

表示4.3.14

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	11.822055	10.85384	1.09	0.2913
薬剤[A1]	3.7681942	1.398178	2.70	0.0153*
薬剤[A2]	-3.768194	1.398178	-2.70	0.0153*
x	-0.155066	0.068623	-2.26	0.0373*

# 例 2 : 投与前値を補助因子とする共分散分析

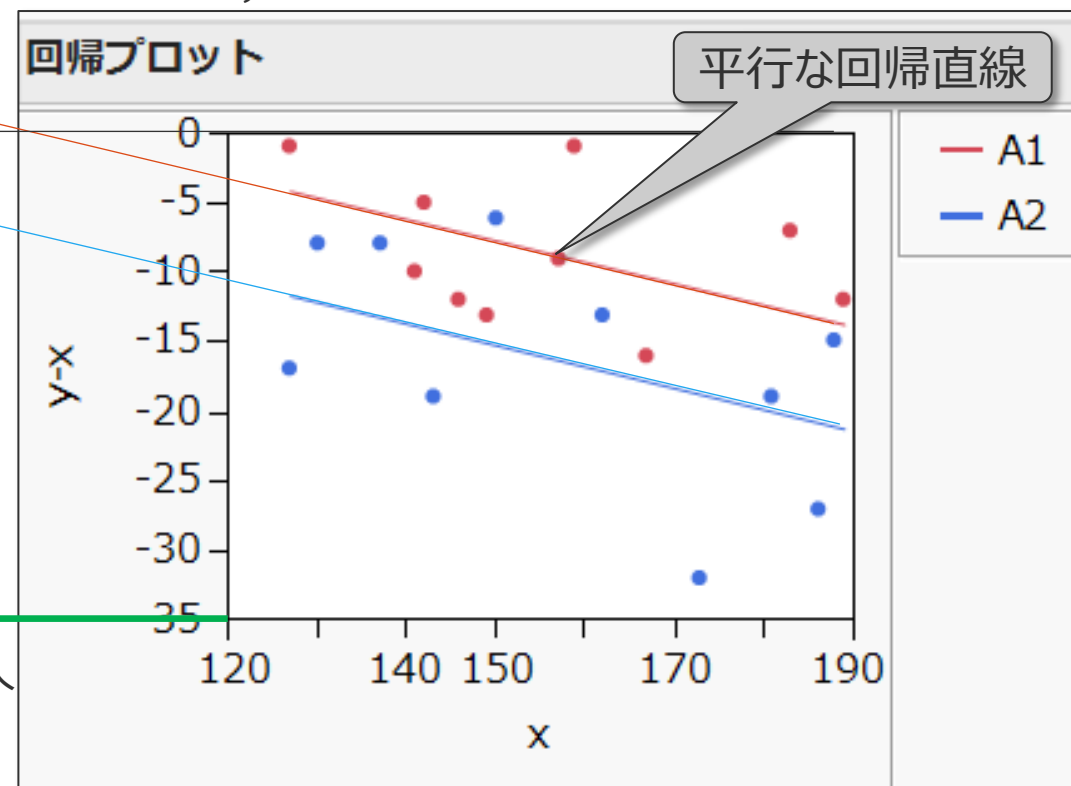
## ●JMP [モデルのあてはめ]

役割変数の選択 [Y] : 「y-x」

モデル効果の構成 : 「x」、 「薬剤」

$d = y - x > 0 \rightarrow y > x$   
低血圧の人は、降圧剤の投与で血圧(y) が上がる？

表示4.3.14 JMPによる共分散分析の結果



2 薬剤が平行な直線をあてはめた場合

x の範囲を左に外挿すると  $d = y - x > 0$  になる  
投与前の血圧 (x) が低い人 (低血圧の人) は  
降圧剤の投与後に血圧が上がることになり不自然



モデルを再検討

← x (投与前の血圧) が低い人



## (8) 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

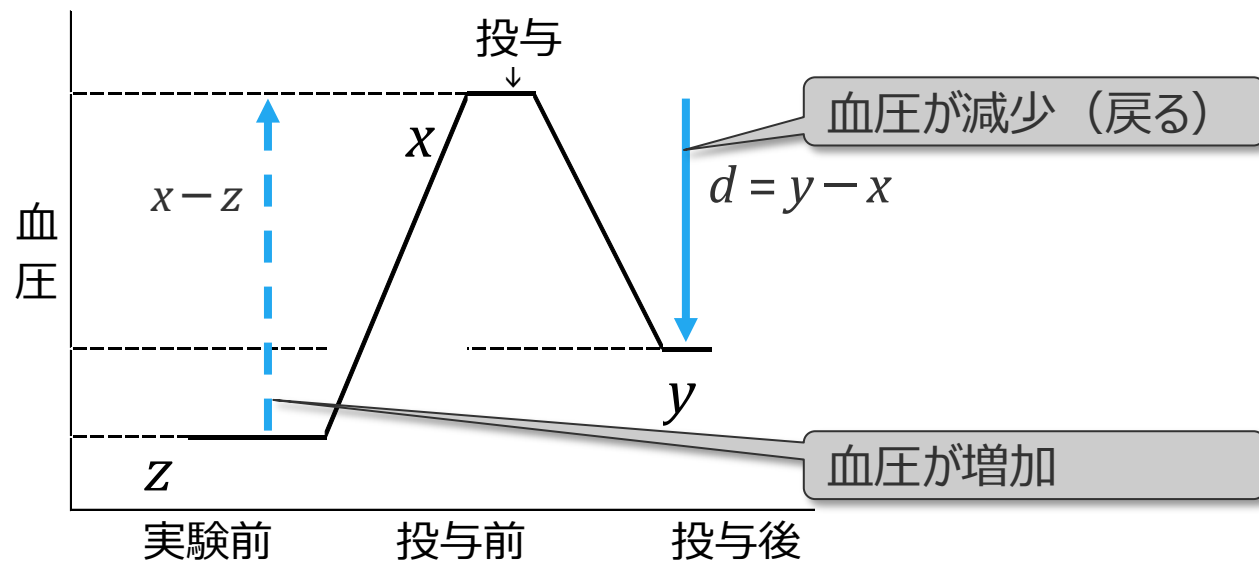
例 2 : 高血圧モデル動物を用いて、降圧剤の種類の効果を比較

実験前の血圧・・・実験前の血圧増加量

## 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

p.162

- 実験前の血圧増加量  $(x - z)$  と血圧の減少量  $d$   
増加した血圧が、降圧剤の効果で減少する (戻る)



# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

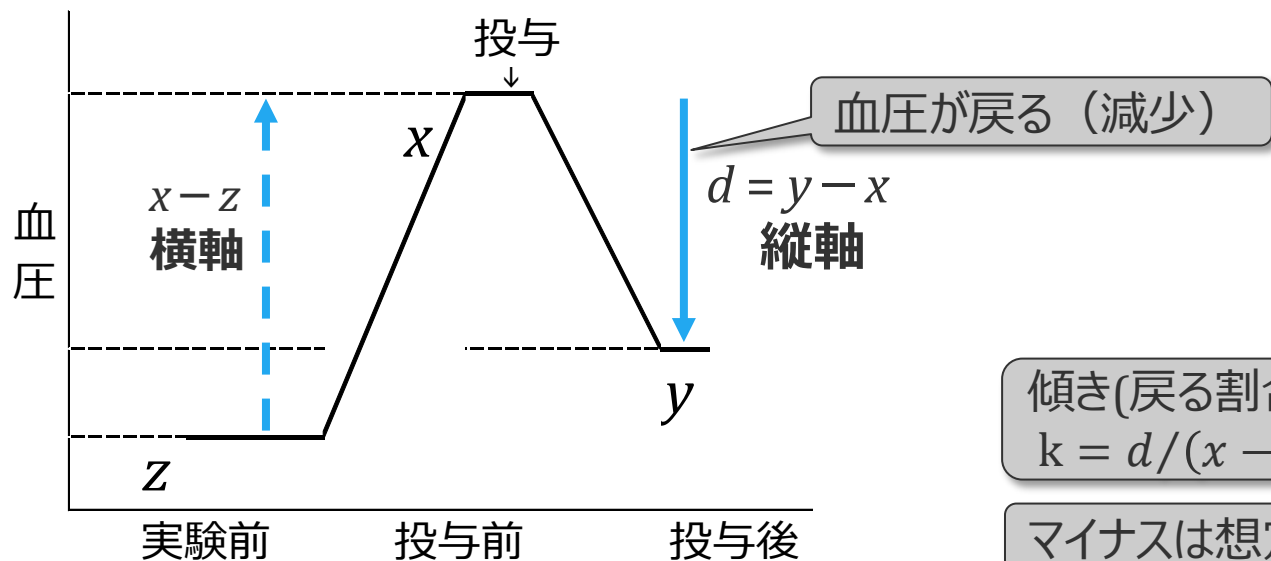
## ●実験前の血圧増加量 $(x-z)$ と血圧の減少量 $d$

横軸：実験前の正常血圧  $(z)$  から投与前の高血圧  $(x)$  への血圧増加量  $(x-z)$

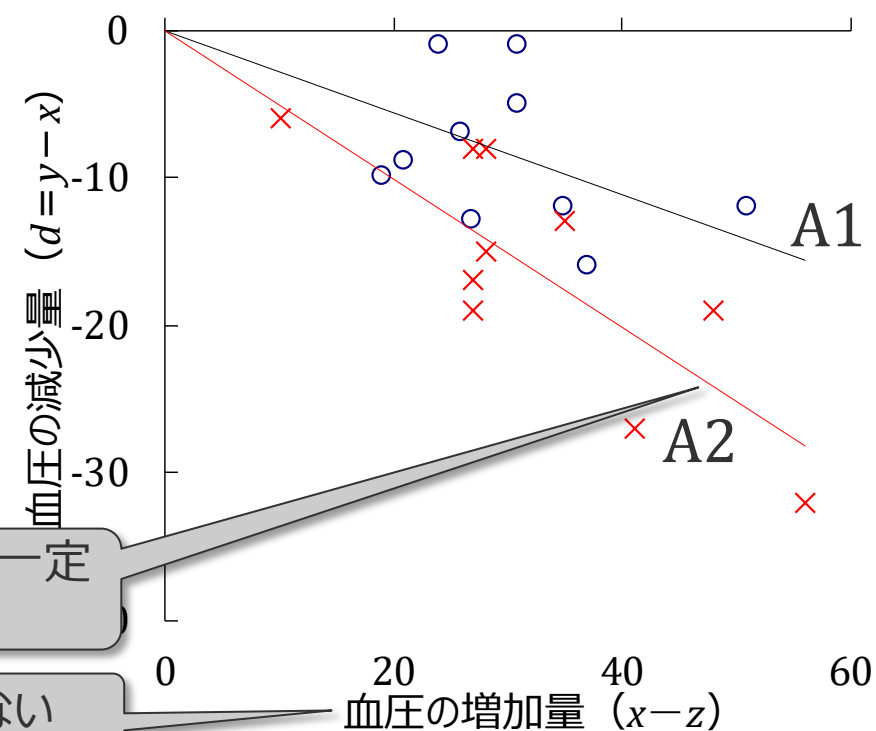
縦軸：投与前の高血圧  $(x)$  から戻る量 (減少量、 $d = y-x$ )

直線関係 → 戻る割合  $(d/(x-z))$  が薬剤で異なるモデル

$d/(x-z)$  が一定 →  $d/(x-z) = k \rightarrow d = k(x-z)$   
原点を通る直線



表示4.3.15 横軸を  $x-z$  とする散布図

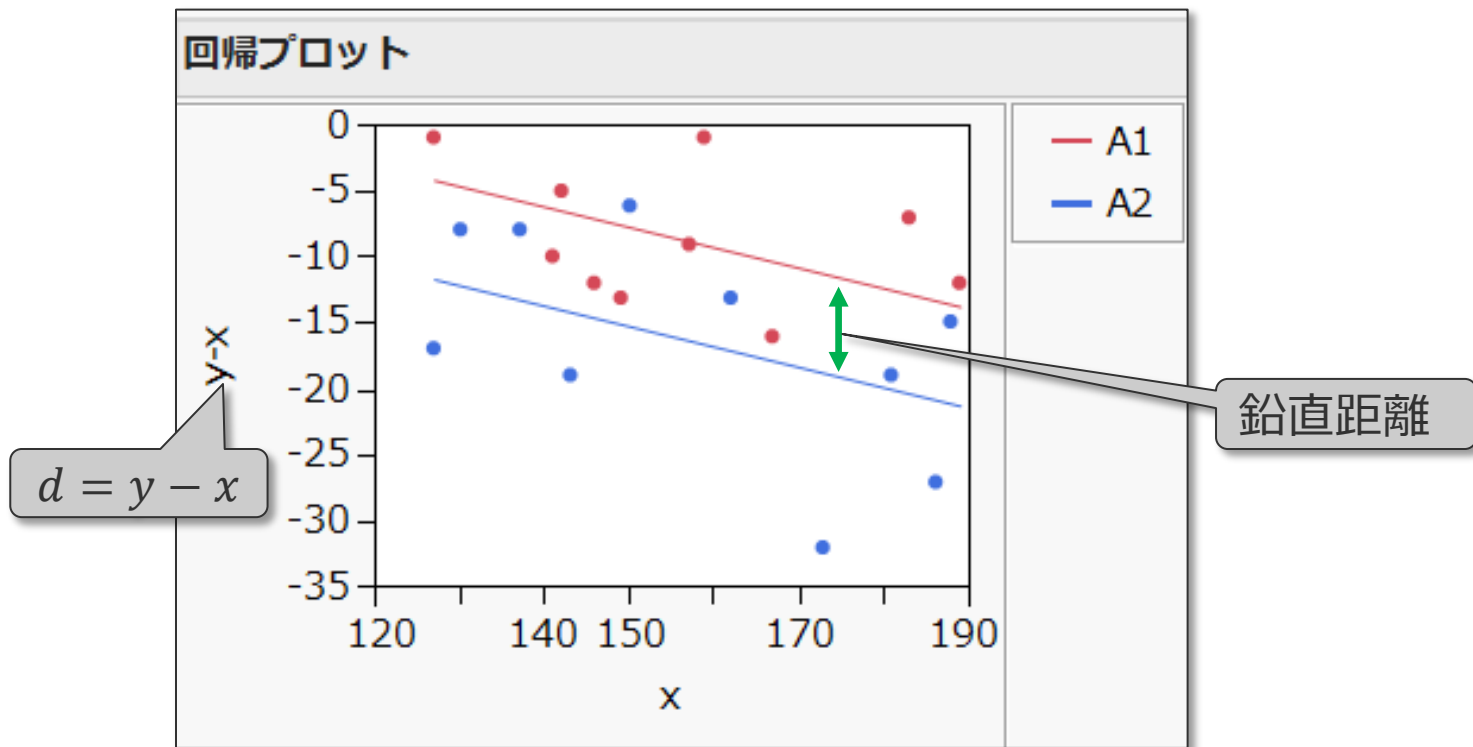


# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

## ●実験前の血圧増加量 $(x-z)$ と血圧の減少量 $d$

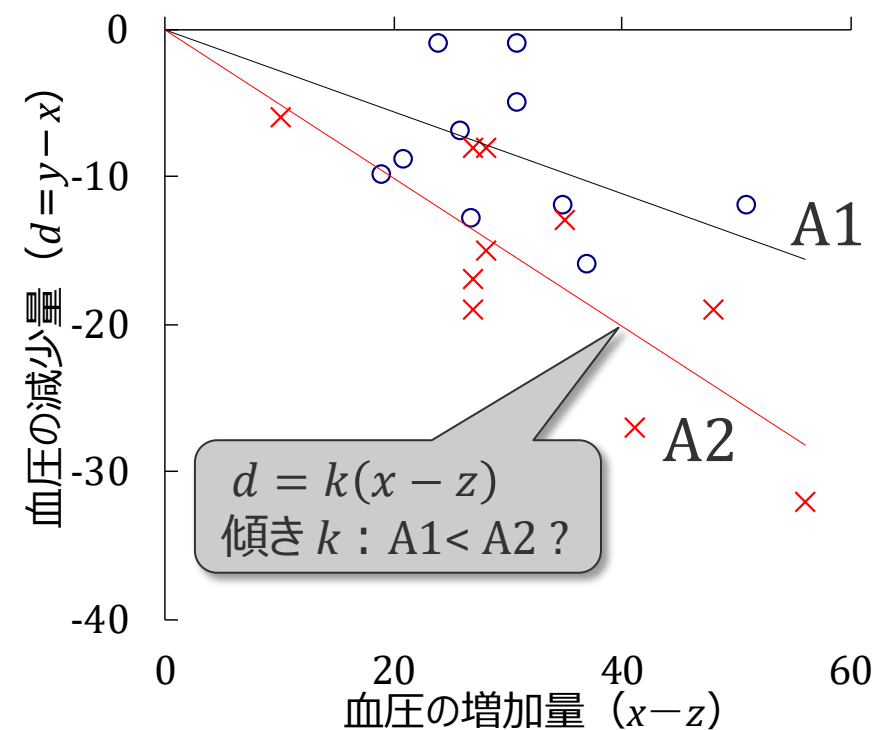
目的変数と補助因子の回帰直線が平行なモデル → 回帰直線の**鉛直距離**を比較

表示4.3.14 JMPによる共分散分析の結果



目的変数と補助因子の回帰直線が原点を通るモデル → 回帰直線の**傾き**を比較

表示4.3.15 横軸を  $x-z$  とする散布図



# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

## ●原点を通る直線モデル

Excelで原点を通る回帰直線を求める

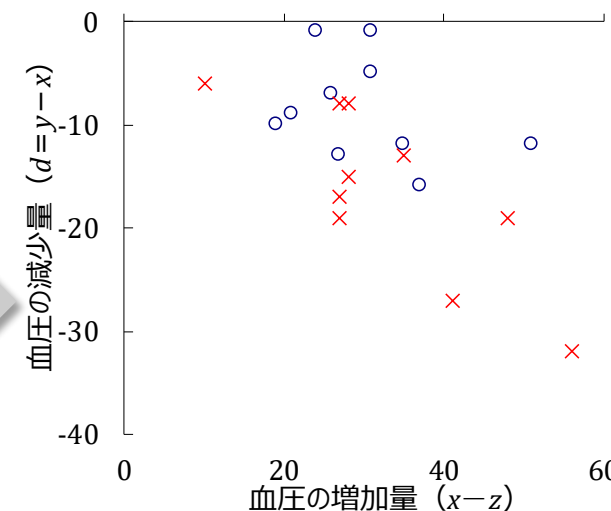
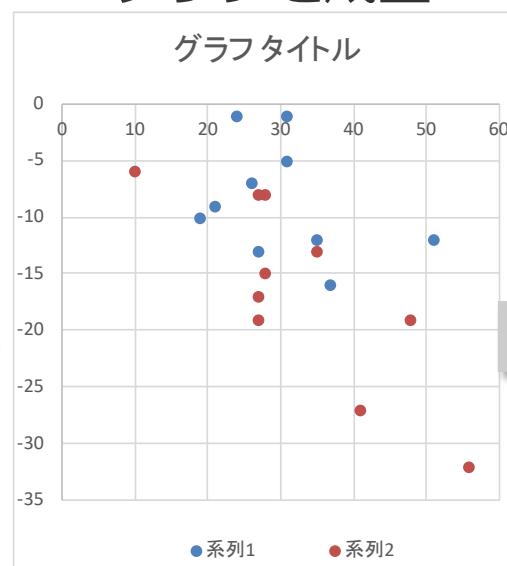
シート  
「§4.3例2」

薬剤	z	x	x-z	y		y-x	
				A1	A2	A1	A2
A1	135	159	24	158		-1	
A1	96	127	31	126		-1	
A1	111	142	31	137		-5	
A1	95	146	51	134		-12	
A1	136	157	21	148		-9	
A1	157	183	26	176		-7	
A1	122	149	27	136		-13	
A1	122	141	19	131		-10	
A1	154	189	35	177		-12	
A1	130	167	37	151		-16	
A2	133	181	48		162		-19
A2	127	162	35		149		-13
A2	160	188	28		173		-15
A2	102	130	28		122		-8
A2	100	127	27		110		-17
A2	145	186	41		159		-27
A2	110	137	27		129		-8
A2	117	173	56		141		-32
A2	116	143	27		124		-19
A2	140	150	10		144		-6

散布図の作成

「x-z」列「y-x」列のデータ部分を範囲指定  
[挿入] > [グラフ] > [散布図]

グラフを成型



(x-y) 列より右側

2列に分ける

# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

## ●原点を通る直線モデル

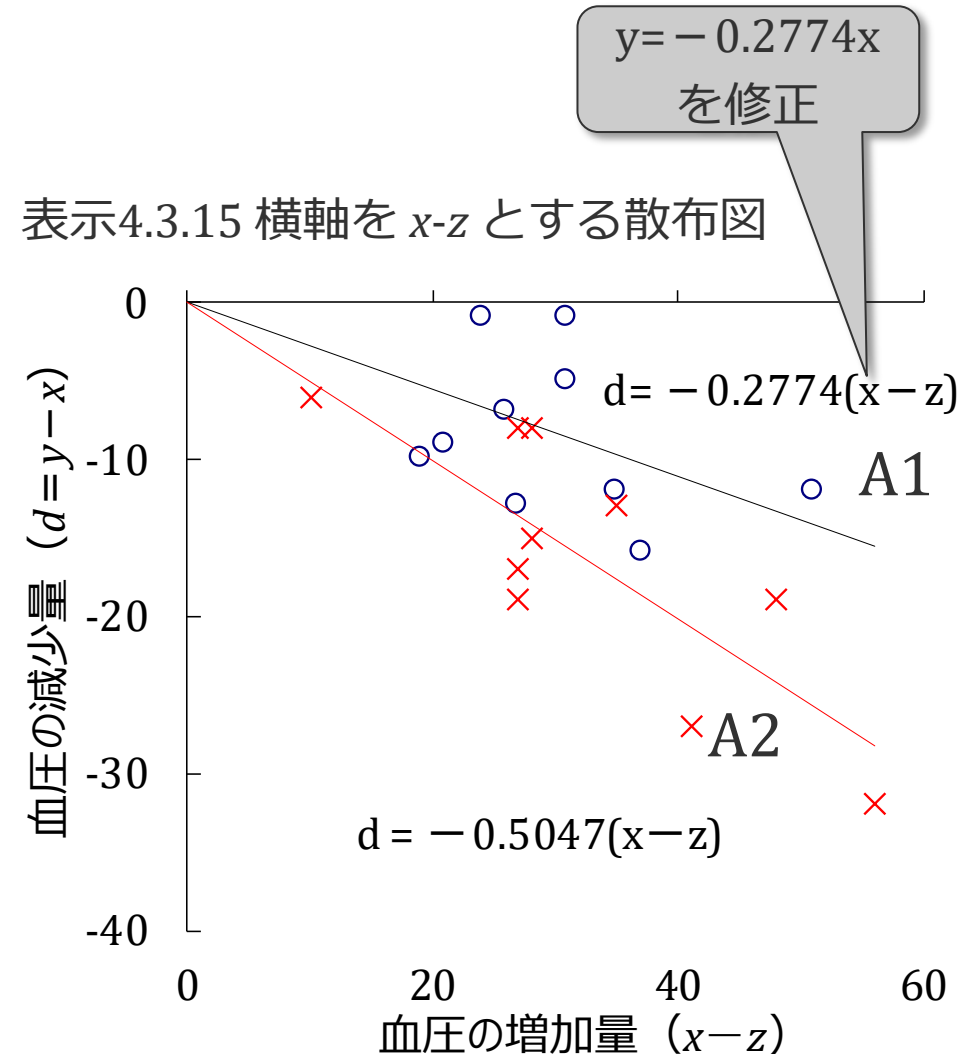
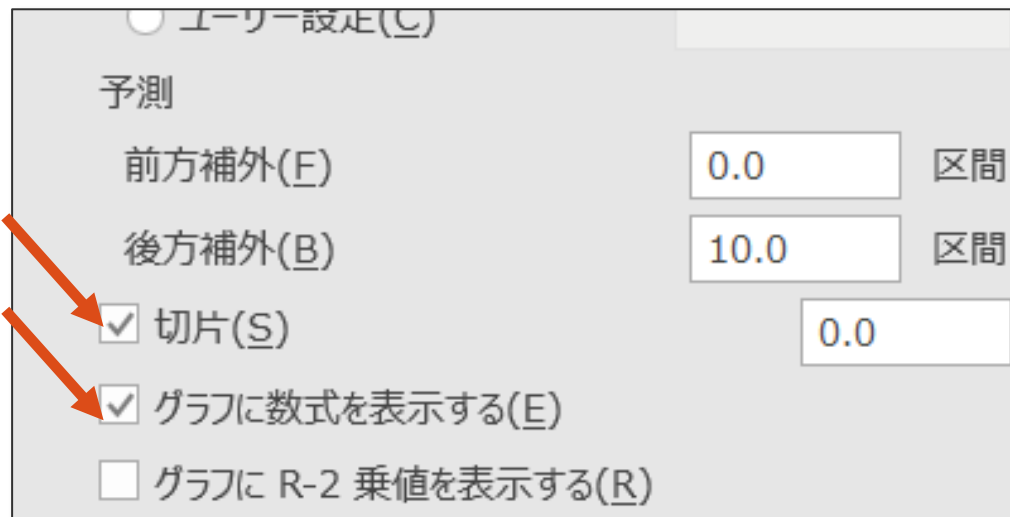
Excelで原点を通る回帰直線を求める

散布図で A<sub>1</sub> の 1 点を選択して右クリック

[近似曲線の追加] > [近似曲線のオプション]

- 切片「0」
  - グラフに数式を表示する
- 回帰式を書き換え

同様に A<sub>2</sub> も回帰直線を描画



# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

## ●原点を通る直線モデル

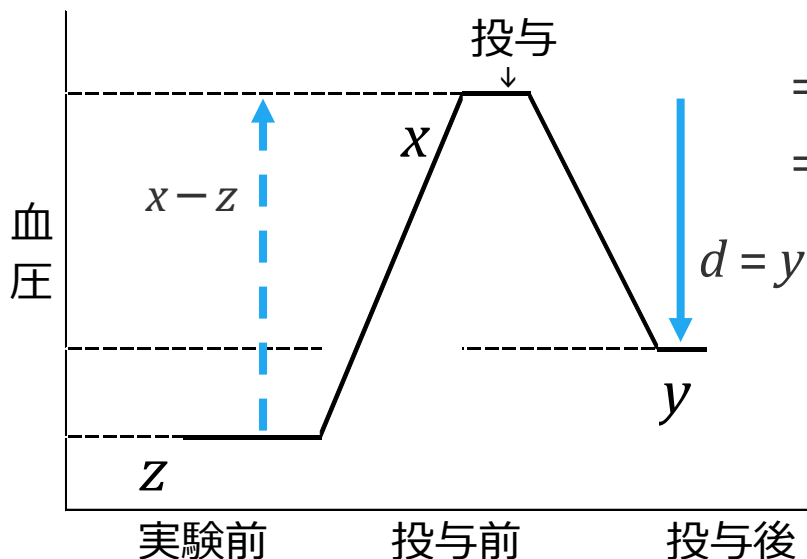
回帰式  $d = -0.2774(x - z)$  (A<sub>1</sub>)

$d = -0.5047(x - z)$  (A<sub>2</sub>)

高血圧にしたときの血圧増加量から

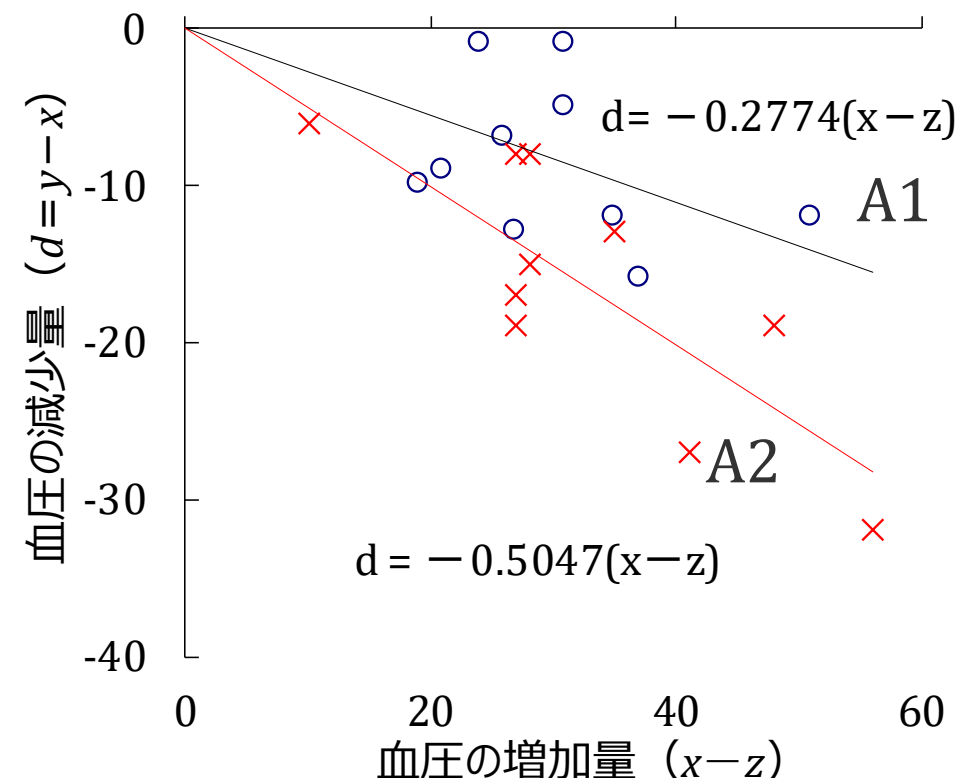
A<sub>1</sub> は 28% 減少 (回復)、A<sub>2</sub> は 50% 減少 (回復)

この A<sub>1</sub> と A<sub>2</sub> の傾きの差が統計的に有意か知りたい



$$b_2 - b_1 = -0.5057 - (-0.2774) = -0.2273$$

表示4.3.15 横軸を  $x-z$  とする散布図



# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

## ●原点を通る直線モデル

$$d = -0.2774(x - z) \quad (A_1)$$

$$d = -0.5047(x - z) \quad (A_2)$$

$$d = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} (x - z) = \begin{pmatrix} -0.2774 \\ -0.5047 \end{pmatrix} (x - z) \quad \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix}$$

$$d = b_1(x - z) + \begin{pmatrix} 0 \\ b_2 - b_1 \end{pmatrix} (x - z)$$

$$= b_1(x - z) + (b_2 - b_1) \begin{pmatrix} 0 \\ x - z \end{pmatrix}$$

$$= b_1(x - z) + (b_2 - b_1)(x - z) \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix}$$

パラメータ

目的のパラメータ

ダミー変数  $A_2$

式(4.2.2) p.140 の変形を参照

$$y = \begin{pmatrix} 195.3 \\ 119.7 \\ 201.3 \end{pmatrix} + 16.20x \quad \begin{pmatrix} A_1 \text{社} \\ A_2 \text{社} \\ A_3 \text{社} \end{pmatrix}$$

$$= 195.28 + \begin{pmatrix} 0.00 \\ -75.59 \\ 6.01 \end{pmatrix} + 16.20x$$

「最初の切片」と「2 番目以降の切片と最初の切片の差」で表記

切片がないモデル

# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

●LINEST 関数による解析：原点を通る直線モデル

$$d = b_1(x - z) + (b_2 - b_1)(x - z) \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix}$$

表示4.3.16 (左)

薬剤	A2	x-z	(x-z)A2	d
A1	0	24	0	-1
A1	0	31	0	-1
A1	0	31	0	-5
A1	0	51	0	-12
A1	0	21	0	-9
A1	0	26	0	-7
A1	0	27	0	-13
A1	0	19	0	-10
A1	0	35	0	-12
A1	0	37	0	-16
A2	1	48	48	-19
A2	1	35	35	-13
A2	1	28	28	-15
A2	1	28	28	-8
A2	1	27	27	-17
A2	1	41	41	-27
A2	1	27	27	-8
A2	1	56	56	-32
A2	1	27	27	-19
A2	1	10	10	-6

ダミー変数 A<sub>2</sub>

原点を通る設定

パラメータ  $b_1$  と  $(b_2 - b_1)$  を LINEST 関数で推定

切片 0 の回帰式を求める：LINEST(y, x, FALSE, TRUE)

説明変数 X として、2 変数を用意：(x-z)、(x-z)A<sub>2</sub>...A<sub>1</sub> のときには 0

A<sub>2</sub> のときには x - z

表示4.3.16

	(x-z)A2	x-z	const	切片
回帰係数	-0.2273	-0.2774	0.0000	
その標準誤差	0.0655	0.0487	#N/A	その標準誤差
寄与率	0.9016	4.8437	#N/A	標準偏差
F比	82.4682	18	#N/A	残差自由度
回帰平方和	3869.7	422.3	#N/A	残差平方和
t 値	-3.4698	-5.6977	#N/A	
p 値	0.0027	0.0000	#N/A	

# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

●LINEST 関数による解析：原点を通る直線モデル

$$d = b_1(x - z) + (b_2 - b_1)(x - z) \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix}$$

傾きの差  $(b_2 - b_1)$  は  
高度に有意

ダミー変数  $A_2$

ダミー変数  $A_2$

表示4.3.16 (左)

薬剤	A2	x-z	(x-z)A2	d
A1	0	24	0	-1
A1	0	31	0	-1
A1	0	31	0	-5
A1	0	51	0	-12
A1	0	21	0	-9
A1	0	26	0	-7
A1	0	27	0	-13
A1	0	19	0	-10
A1	0	35	0	-12
A1	0	37	0	-16
A2	1	48	48	-19
A2	1	35	35	-13
A2	1	28	28	-15
A2	1	28	28	-8
A2	1	27	27	-17
A2	1	41	41	-27
A2	1	27	27	-8
A2	1	56	56	-32
A2	1	27	27	-19
A2	1	10	10	-6

表示4.3.16

	(x-z)A2	x-z	const	
回帰係数	-0.2273	-0.2774	0.0000	切片
その標準誤差	0.0655	0.0487	#N/A	その標準誤差
寄与率	0.9016	4.8437	#N/A	標準偏差
F比	82.4682	18	#N/A	残差自由度
回帰平方和	3869.7	422.3	#N/A	残差平方和
t値	-3.4698	-5.6977	#N/A	
p値	0.0027	0.0000	#N/A	

$(b_2 - b_1) = 0$  の  
帰無仮説は  
棄却される  
( $\alpha = 0.05$ )

# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

- JMP [モデルのあてはめ] : 原点を通る直線モデル

$$d = b_1(x - z) + (b_2 - b_1)(x - z) \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix}$$



表示4.3.16 (左)   
 ダミー変数  $A_2$

薬剤	A2	x-z	(x-z)A2	d
A1	0	24	0	-1
A1	0	31	0	-1
A1	0	31	0	-5
A1	0	51	0	-12
A1	0	21	0	-9
A1	0	26	0	-7
A1	0	27	0	-13
A1	0	19	0	-10
A1	0	35	0	-12
A1	0	37	0	-16
A2	1	48	48	-19
A2	1	35	35	-13
A2	1	28	28	-15
A2	1	28	28	-8
A2	1	27	27	-17
A2	1	41	41	-27
A2	1	27	27	-8
A2	1	56	56	-32
A2	1	27	27	-19
A2	1	10	10	-6

$(y-x)$   $(x-z)$  「薬剤」の列を使用

[分析] > [モデルのあてはめ]  
 役割変数の選択 [Y] : 「y-x」  
 モデル効果の構成 : 「x-z」  
                                   「x-z」 \* 「薬剤」  
                                   (交差)

薬剤	z	x	y	y-x	x-z
1 A1	135	159	158	-1	24
2 A1	96	127	126	-1	31
3 A1	111	142	137	-5	31
4 A1	95	146	134	-12	51
5 A1	136	157	148	-9	21
6 A1	157	183	176	-7	26
7 A1	122	149	136	-13	27
8 A1	122	141	131	-10	19

# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ]

[交差] の指定

チェックを外す

[切片なし]

チェックを入れる

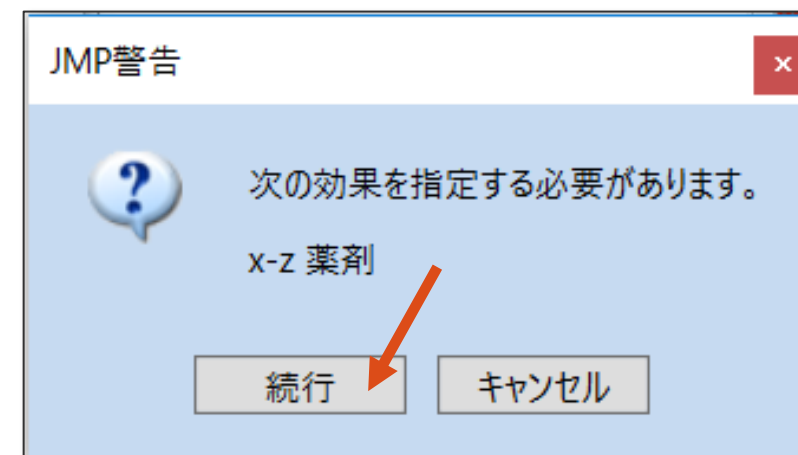
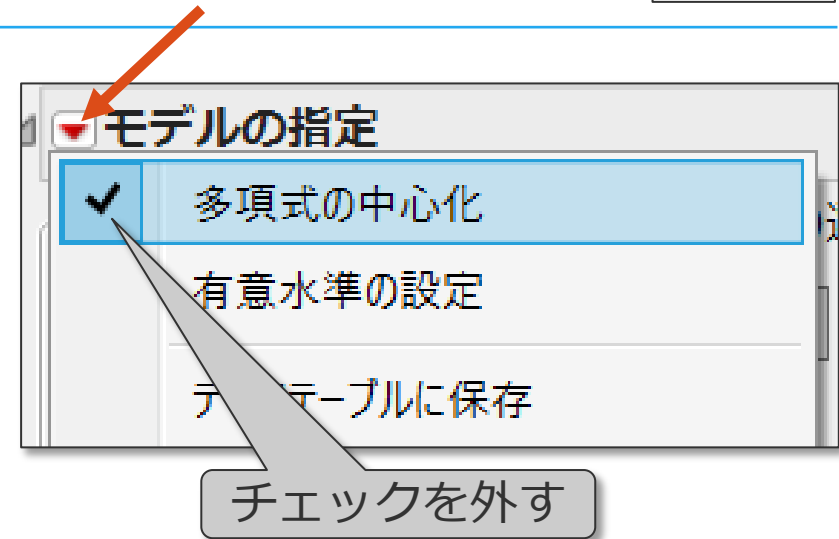
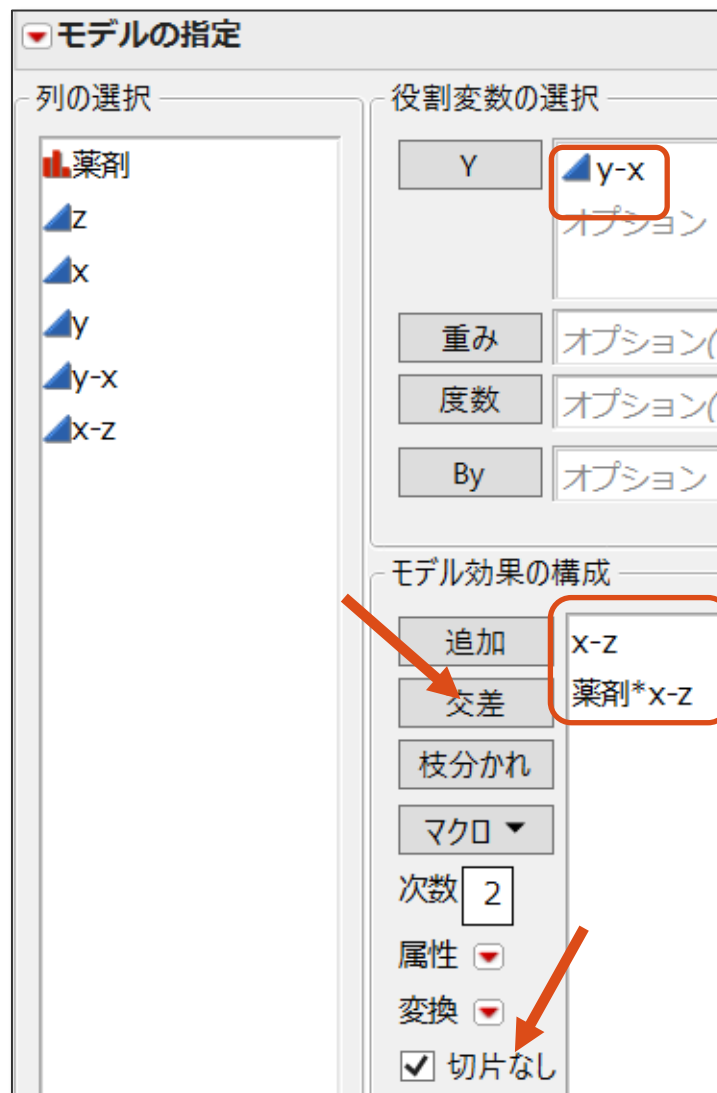
[多項式の中心化]

チェックを外す

[JMP警告] の処理

JMP では,

[交差] を指定したとき  
それを構成する変数が  
モデルに含まれることを  
基本としている

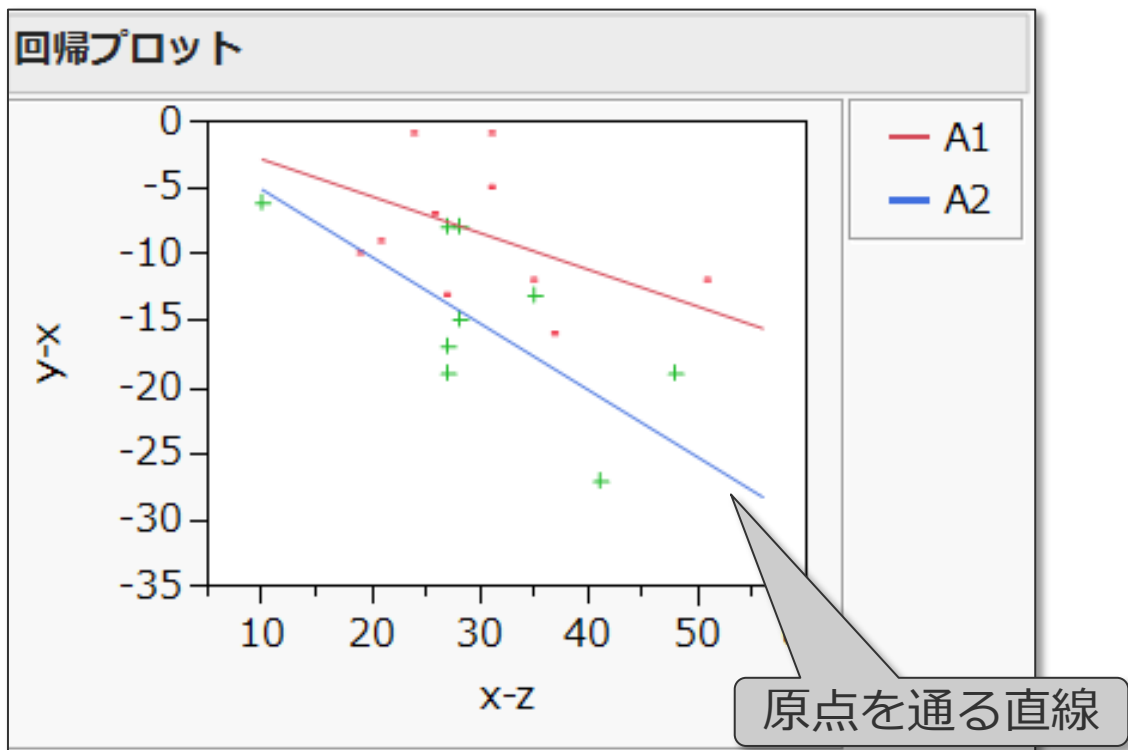


# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

●JMP [モデルのあてはめ] : 原点を通る直線モデル

▼ [応答] > [推定値] > [全水準の推定値]

表示4.3.17



分散分析				
要因	自由度	平方和	平均平方	F値
モデル	2	3869.6893	1934.84	82.4682
誤差	18	422.3107	23.46	p値(Prob>F)
全体(修正済み)	20	4292.0000		<.0001*

縮小モデルで検定: Y=0

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 )
x-z	-0.391043	0.03276	-11.94	<.0001*
薬剤[A1]*x-z	0.1136695	0.03276	3.47	0.0027*
薬剤[A2]*x-z	-0.113669	0.03276	-3.47	0.0027*

# 例 2 : 実験前の血圧を補助因子とする共分散分析

## ●JMP [モデルのあてはめ] : 原点を通る直線モデル

JMP から得られたモデル式  $d = -0.3910(x - z) + \begin{pmatrix} 0.1137 \\ -0.1137 \end{pmatrix} (x - z) = \begin{pmatrix} -0.2774 \\ -0.5047 \end{pmatrix} (x - z)$

Excel の散布図から得られたモデル式

$$d = -0.2774(x - z) \quad (A_1)$$

$$d = -0.5047(x - z) \quad (A_2)$$

$$b_2 = b_1 + (b_2 - b_1)$$

$$= -0.2774 + (-0.2273)$$

$$= -0.5047$$

表示4.3.16

	(x-z)A2	x-z	const	
回帰係数	-0.2273	-0.2774	0.0000	切片
その標準誤差	0.0655	0.0487	#N/A	その標準誤差
寄与率	0.9016	4.8437	#N/A	標準偏差
F比	82.4682	18	#N/A	残差自由度
回帰平方和	3869.7	422.3	#N/A	残差平方和
t 値	-3.4698	5.6977	#N/A	
p 値	0.0027	0.0000	#N/A	

表示4.3.17

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 )
x-z	-0.391043	0.03276	-11.94	<.0001*
薬剤[A1]*x-z	0.1136695	0.03276	3.47	0.0027*
薬剤[A2]*x-z	-0.113669	0.03276	-3.47	0.0027*

- 例 1 : 骨粗鬆症モデルラットを用いて、生理活性物質の種類の効果と比較

体重の影響を無視した単純な解析と比較して、共分散分析の利点を明確にした

ExcelのLINEST関数の結果から、JMPの解析結果の意味を理解した

- 例 2 : 高血圧モデル動物を用いて、降圧剤の種類の効果と比較

同じデータでも色々な解析方法が考えられることを示した



- 作成 片瀬雅彦
- 監修 松本一彦、長谷文雄
- 作成時期 2019年9月25日
- 改訂 2020年4月15日、2023年11月20日