

## Excelによる実験データ処理1

背景:

機械技術者は様々な力学現象を解析, グラフ化し, 新たな知見を得ることが求められる。ここでは表計算に特化したソフトウェアを用いてグラフ化, データ処理などの機械技術者に必携の知識を学ぶ。

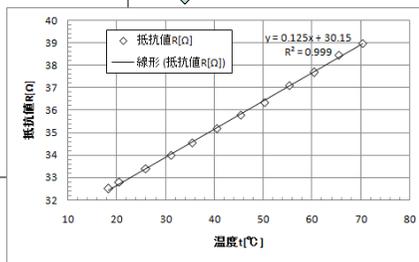
目標	具体的内容
1 実験データ処理	・実験データのグラフ化 ・近似式の導出
2 近似式の導出	・近似式の導出原理の理解

## 今回の目標

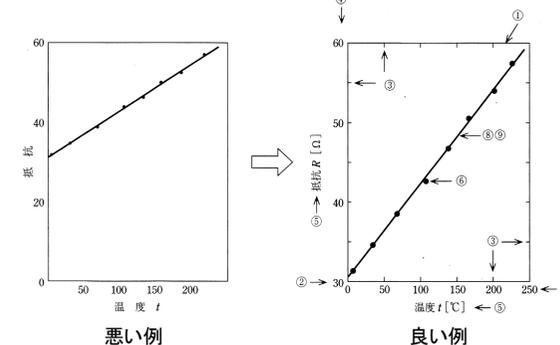
番号, 温度 $t$  [°C], 抵抗値 $R$  [Ω]

1, 18. 3, 32. 50  
2, 20. 5, 32. 81  
3, 25. 9, 33. 39  
4, 31. 0, 33. 99  
5, 35. 4, 34. 55  
6, 40. 5, 35. 19  
7, 45. 4, 35. 78  
8, 50. 2, 36. 36  
9, 55. 3, 37. 10  
10, 60. 4, 37. 69  
11, 65. 4, 38. 47  
12, 70. 3, 38. 99

- (1) データの読み込み
- (2) グラフの作成
- (3) 近似式の導出
- (4) R-2乗値の明示

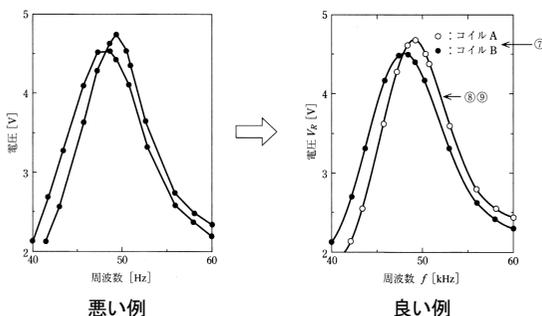


## グラフ作成の注意点(1)



物理学実験p.28 図6-1

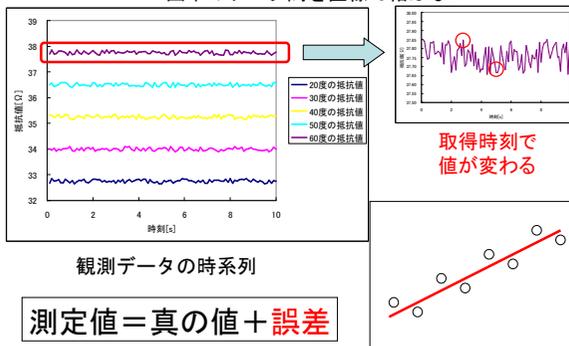
## グラフ作成の注意点(2)



物理学実験p.28 図6-1

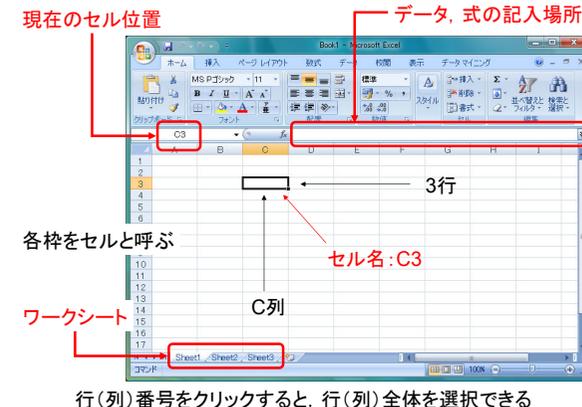
## データに含まれるノイズ

- ・データにはノイズ (偶然誤差) が含まれる
- ⇒ 図中のデータ間を直線で結ばない



測定値 = 真の値 + 誤差

## Excelの表



行(列)番号をクリックすると, 行(列)全体を選択できる

## 演習1: 金属抵抗の温度変化

金属抵抗の温度変化を測定したところ, 表のような結果が得られた。温度と抵抗値との関係を求めなさい。  
(出展: 物理学実験)

金属抵抗の温度変化.csv

番号	温度 $t$ [°C]	抵抗値 $R$ [Ω]
1	18.3	32.50
2	20.5	32.81
3	25.9	33.39
4	31.0	33.99
5	35.4	34.55
6	40.5	35.19
7	45.4	35.78
8	50.2	36.36
9	55.3	37.10
10	60.4	37.69
11	65.4	38.47
12	70.3	38.99

## CSVファイル

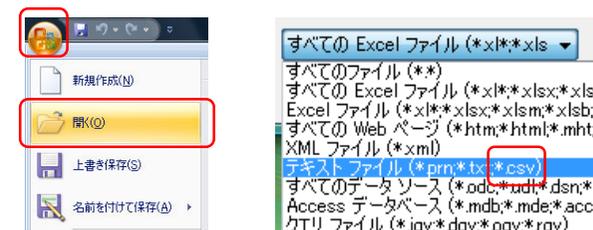
CSV (Comma Separated Value)  
・データをコンマで区切ったテキスト形式のファイル  
・ファイルの拡張子を「csv」とする

番号, 温度 $t$  [°C], 抵抗値 $R$  [Ω]  
1, 18. 3, 32. 50  
2, 20. 5, 32. 81  
3, 25. 9, 33. 39  
4, 31. 0, 33. 99  
5, 35. 4, 34. 55  
6, 40. 5, 35. 19  
7, 45. 4, 35. 78  
8, 50. 2, 36. 36  
9, 55. 3, 37. 10  
10, 60. 4, 37. 69  
11, 65. 4, 38. 47  
12, 70. 3, 38. 99

A	B	C
1	番号	抵抗値 $R$ [Ω]
2	1	32.50
3	2	32.81
4	3	33.39
5	4	33.99
6	5	34.55
7	6	35.19
8	7	35.78
9	8	36.36
10	9	37.10
11	10	37.69
12	11	38.47
13	12	38.99

## CSVファイルの読み込み方

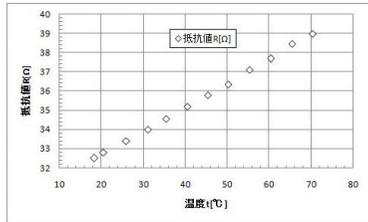
- 方法1: 「ファイル」→「開く」  
→「ファイルの種類」→「テキストファイル」  
方法2: CSVファイルをクリックする。  
(CSVファイルがExcelに関連付けられているため, Excelが起動され表に読み込まれる)



## グラフ化

10

- (1) 温度を横軸に、抵抗値を縦軸にしてグラフを作成しない。
- (2) 座標軸等を調整しない。(物理学実験6.3(1)を参考に)



散布図

グラフからの知見

グラフ化する利点

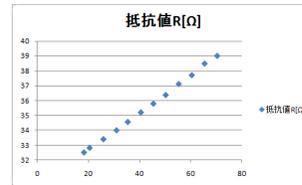
- データの傾向が瞬時に分かる

- 直線的傾向がある。
- 近似の直線式は？

## グラフの作成手順

11

- (1) B1~C13をマウスで選択する
- (2) 挿入→グラフ→散布図



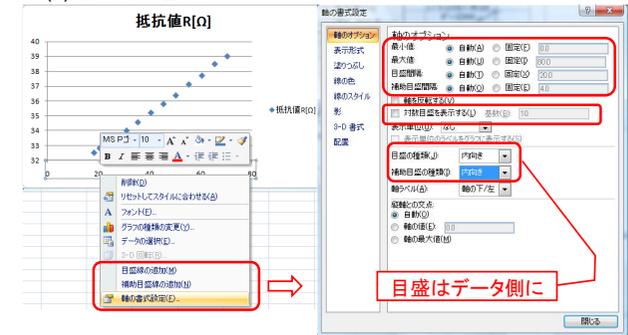
データ間を直線で結ばない

	A	B	C
1	番号	温度 t [°C]	抵抗値 R [Ω]
2	1	18.3	32.50
3	2	20.5	32.81
4	3	25.9	33.39
5	4	31.0	33.99
6	5	35.4	34.55
7	6	40.5	35.19
8	7	45.4	35.78
9	8	50.2	36.36
10	9	55.3	37.10
11	10	60.4	37.69
12	11	65.4	38.47
13	12	70.3	38.99

## 軸の書式設定

12

- (1) 座標軸の辺りを右クリック→「軸の書式設定」

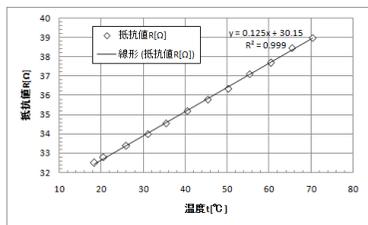


目盛の範囲, 対数目盛, 目盛の向きなどを調整する

## 近似曲線の追加

13

- (1) 近似曲線を追加しない。
- (2) グラフ中に数式とR-2乗値を表示しない。



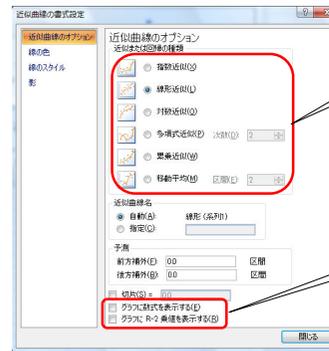
グラフからの知見

- データは、ほぼ直線上にある。
- 式の信頼性も非常に高い。

## 近似曲線の追加

14

- 方法1: 「レイアウト」→「分析」→「近似曲線」  
→「その他の近似曲線オプション」



近似式の選択

数式の表示  
R-2乗値の表示

## 近似曲線(回帰分析)

15

回帰分析

- データの傾向を式で表現
- 回帰式により
- データ間の推定
- データ外の予測

R-2乗値

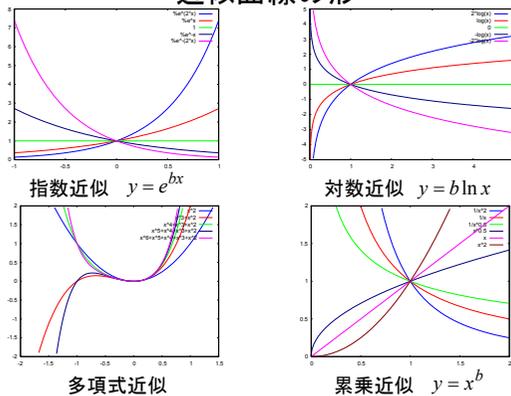
- 近似式の信頼性を表わす
- 0~1の値をとる
- 1に近いほど信頼性が高い

種類	近似式	次数, 区間	R <sup>2</sup>
指数近似	$y = ae^{bx}$	---	○
直線近似	$y = a + bx$	---	○
対数近似	$y = a + b \ln x$	---	○
多項式近似	$y = a_0 + a_1x + \dots + a_nx^n$	次数 $2 \leq n \leq 6$	○
累乗近似	$y = ax^b$	---	○
移動平均	$\hat{y}_i = (x_i + x_{i-1} + \dots + x_{i-(n-1)})/n$	区間 $n \geq 2$	---

a, b, ... を推定する

## 近似曲線の形

16



物理学実験 p.240 図B2-5も参照

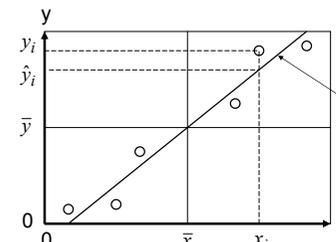
## R-2乗値(決定係数)

17

決定係数: yの変動のうち回帰式によって説明できる変動の割合

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

$$0 \leq R^2 \leq 1$$



平均  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$

最確値  $\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i$

$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i$   
 $\hat{a}, \hat{b}$ : 推定値

## 適切な近似曲線の選択

18

- (1) 物理的な特性から近似式を選ぶ。
- (2) R-2乗値が1に近い近似式を選ぶ。
- (3) 多項式近似の場合、R-2乗値があまり変わらなければ次数の小さい方を選ぶ。(現象をシンプルに考える。)

Excelの近似曲線には無い式の例

$y = \frac{1}{a + bx}$   $\downarrow Y = 1/y$   $Y = a + bx$

$y = ae^{-bx^2}$   $\downarrow X = -x^2$   $y = ae^{bX}$

変数変換により、近似式を計算できる場合がある。

物理学実験 p.241 表B2-1も参照

## 参考文献

19

- (1) 名古屋工業大学物理学教室: 物理学実験 第5版
- (2) 国立天文台: 理科年表, 丸善
- (3) 竹村彰通: 統計, 共立出版
- (4) 山崎信也: なるほど統計学とおどろきExcel統計処理
- (5) 赤間, 山口: Rによる統計入門, 技報堂出版

### 用語

回帰分析: Regression Analysis

回帰: 道を外れても, いつかはそこに戻ってくる

## 次回の予習

20

Excelの近似式(回帰式)は最小二乗法により計算されている。

- (1) 「付録B2: 実験式の求め方」のキーポイントをまとめなさい。
- (2) 最小二乗法の原理について, キーポイントをまとめなさい。  
(物理学実験B3を参照)
- (3) 表B3-1, 表B3-2を理解しておきなさい。

### 直線の場合

近似したい式	$y = a + bx$
既知のデータ	$(x_i, y_i), (i = 1, 2, \dots, n)$
推定したい係数	$a, b$