

R入門

基礎生物学研究所

ゲノムインフォマティクストレーニングコース

内山 郁夫 (**uchiyama@nibb.ac.jp**)

Rとは

- ベル研究所で開発された統計処理言語「S」を基に、フリーソフトとして開発された**統計解析環境・プログラミング言語**
- **コマンドラインインターフェイス**が基本。対話的なコマンド実行による解析のほか、プログラム(スクリプト)を書いて一括処理を行うことも可能
- **ベクトル・行列演算**が簡便かつ効率的に行える
- 独自の**関数**を作成することによって機能拡張が可能
- 作成した関数等を**パッケージ**単位でまとめることにより、機能拡張が容易に行える。様々なパッケージが公開されており、これらを導入することによって、最先端の統計手法を用いることができる。

作業ディレクトリの設定

- 作業ディレクトリ: 読み込むデータファイルや結果を書き出すファイルを保存するディレクトリ。
- メニューから、その他→作業ディレクトリの変更をえらんでディレクトリを選択する。

作業ディレクトリ ~/Desktop/gitc/data/2_R に移動

- 作業ディレクトリを常に固定したい場合は、環境設定から起動タブを開いて初期ディレクトリを設定する。
- 作業ディレクトリをコマンドで設定することも可能
 `setwd("ディレクトリ名")` 作業ディレクトリの設定
 `getwd()` 作業ディレクトリの確認

R入門

1. 基本演算

Rにおけるデータ処理の概要(ベクトルと行列)

表データ (データフレーム)

	条件1	条件2	条件3
遺伝子1	5.2	5.6	4.5
遺伝子2	2.3	3.2	3.2
遺伝子3	1.2	0.8	2.1
遺伝子4	3.2	1.2	1.8

行列

M

5.2	5.6	4.5
2.3	3.2	3.2
1.2	0.8	2.1
3.2	1.2	1.8

ベクトル

(5.2, 5.6, 4.5)

a

変数に代入

x

ベクトル

(5.2, 2.3, 1.2, 3.2)

y

(5.6, 3.2, 0.8, 1.2)

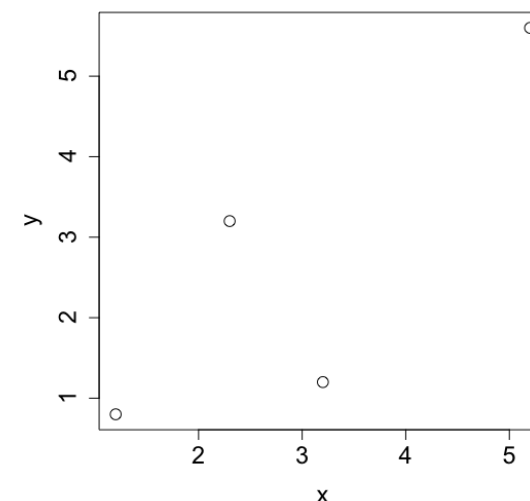
ベクトル演算

x / y

5.2	2.3	1.2	3.2
5.6	3.2	0.8	1.2

プロットの作成

plot(x, y)



スカラー演算

```
> 1+3
```

```
[1] 4
```

```
> 1+3*5
```

```
[1] 16
```

```
> a <- 1+3*5
```

```
> a
```

```
[1] 16
```

```
> a > 10
```

```
[1] TRUE
```

通常通り、*(かけ算)は
+(足し算)より優先する

結果を変数 a に代入する

a とだけタイプすると、変
数aの内容が出力される

論理演算は、論理値
TRUEまたはFALSEを返
す

変数と代入

● 計算結果を変数に代入することにより、再利用できる

- 変数名にはアルファベット、数字、'.' (dot)、'_' (underscore)が利用できる。ただし、先頭はアルファベット。
- 大文字と小文字は区別される。

● 代入を表す演算子には、`<-` `=` `->` の3通りがある。

以下の3つはいずれも `a` に 4 が代入される。

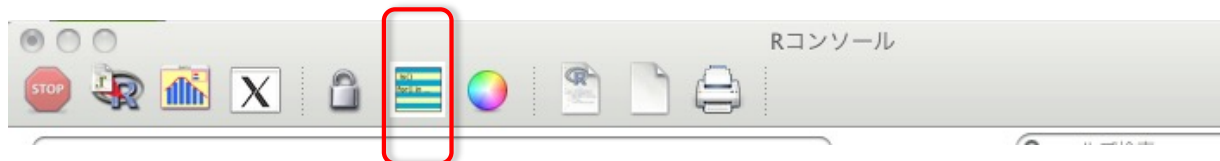
```
> a <- 1 + 3
```

```
> a = 1 + 3
```

```
> 1 + 3 -> a
```

ヒストリー(履歴)

- コンソール上で、上下の矢印キー(↑↓)によて、コマンドの履歴を前後にたどることができる。
- 左右の矢印キー(←→)によって、カーソルを左右に動かせる。これによってコマンドの編集ができる。
- 以下のコントロールキーを使った操作も可能
 - Control+P 履歴を前に移動(↑と同じ)
 - Control+N 履歴を後ろに移動(↓と同じ)
 - Control+B カーソルを左に移動(←と同じ)
 - Control+F カーソルを右に移動(→と同じ)
 - Control+A カーソルを行の先頭に移動
 - Control+E カーソルを行の最後に移動
- GUIからヒストリーパネルを使って履歴をたどることも可能



ヒストリーパネルの表示・非表示

履歴のファイルへの保存・読み込みはこのヒストリーパネル上で行える

ベクトル

```
> a <- c(1, 3, 7, 4, 6)
```

ベクトルは関数 c を用いて作成する

```
> a
```

```
[1] 1 3 7 4 6
```

```
> b <- 3:7
```

3から7までの連続した整数

```
> b
```

```
[1] 3 4 5 6 7
```

```
> length(a)
```

ベクトルaの長さ(要素数)

```
[1] 5
```

```
> b[3]
```

bの3番目の要素

```
[1] 5
```

ベクトル演算

`a=c(1,3,7,4 6); b=c(3,4,5,6,7)` と設定されている

`> 1 + a`

`[1] 2 4 8 5 7`

aの各要素に1を加える

`> 2 * a`

`[1] 2 6 14 8 12`

aの各要素を2倍する

`> a + b`

`[1] 4 7 12 10 13`

aとbの要素ごとの和をとる

`> a * b`

`[1] 3 12 35 24 42`

aとbの要素ごとの積をとる

`> a > 3`

`[1] FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE`

aの要素ごとに3より大きい比較する

`> a < b`

`[1] TRUE TRUE FALSE TRUE TRUE`

aとbを要素ごとに大小を比較する

基本統計量の計算

`a=c(1,3,7,4,6)`と設定されている

<code>> length(a)</code>	aの長さ(要素数)
<code>> sum(a)</code>	aの要素の合計値
<code>> mean(a)</code>	aの要素の平均値
<code>> median(a)</code>	aの要素の中央値
<code>> var(a)</code>	aの要素の不偏分散
<code>> sd(a)</code>	aの要素の標準偏差

問題) `mean(a)`を`sum(a)`と`length(a)`を使って計算してみよう。

ベクトル要素の抽出

`a=c(1,3,7,4,6)`と設定されている

`> a[2:4]` # 2番目から4番目までの要素

`[1] 3 7 4`

`> a[c(3,5,2)]` # 3, 5, 2番目の要素

`[1] 7 6 3`

`> a[c(T,T,F,F,T)]` # `T(TRUE)`である要素だけ出力

`[1] 1 3 6`

`> a[a > 3]` # `a>3`が`TRUE`である要素だけ出力

`[1] 7 4 6`

並べかえ(ソート)

```
> x <- c(3,5,8,6,2,4,9)
```

```
> sort(x) # 小さい順に並べかえ
```

```
[1] 2 3 4 5 6 8 9
```

```
> sort(x, decreasing=TRUE) # 大きい順
```

```
[1] 9 8 6 5 4 3 2
```

プロットの作成(1)

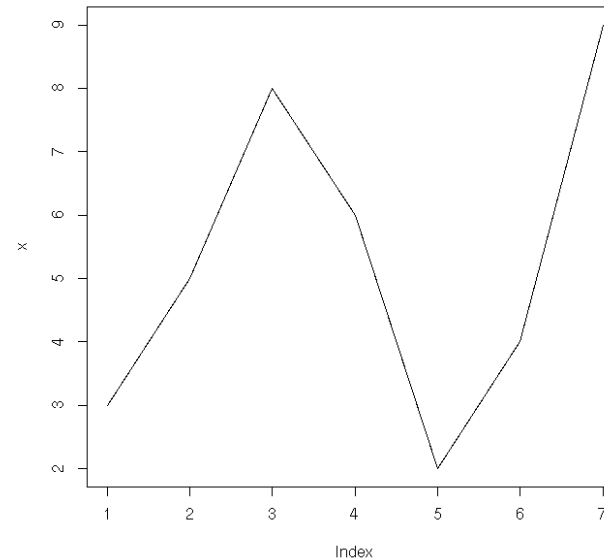
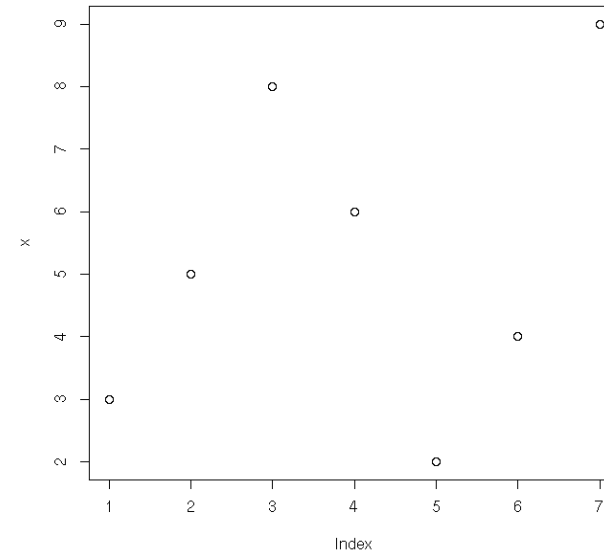
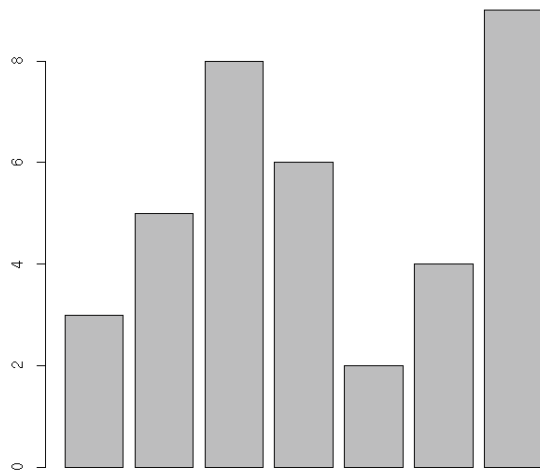
```
> x
```

```
[1] 3 5 8 6 2 4 9
```

```
> plot(x)
```

```
> plot(x,type="l")
```

```
> barplot(x)
```



プロットの作成(2)

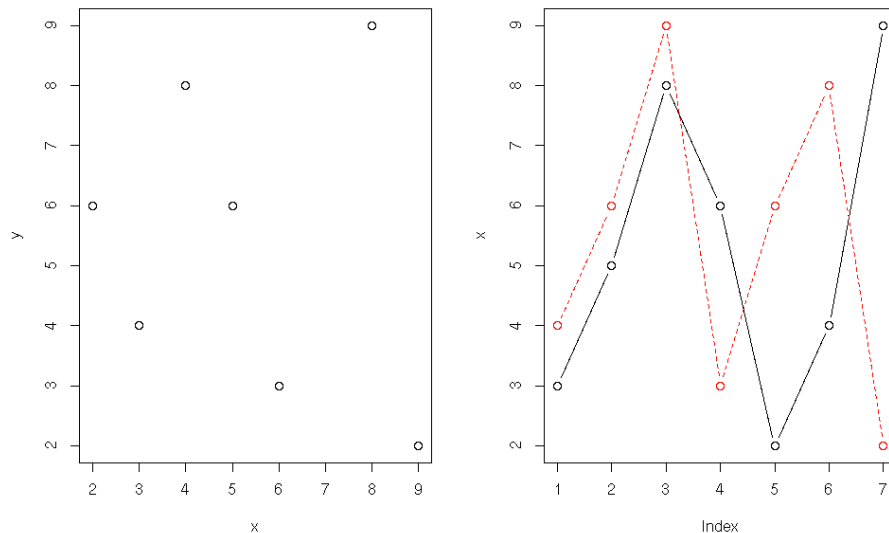
```
# x <- c(3,5,8,6,2,4,9)と設定されている
> y <- c(4,6,9,3,6,8,2)

> par(mfrow=c(1,2)) # 2つのプロットを1行2列の形に並べて表示
# x,y をx軸、y軸にとって散布図としてプロット

> plot(x,y)
# x,yを別々にプロット。まずxをプロット。点と線を両方描く。

> plot(x,type="b")
# yを重ねてプロット。linesは枠を描き直さずに線だけを引く。
# lty はline type, col は colorを指定。

> lines(y, type="b", lty=2, col=2)
```



Rにおける基本データ型

- Rの「原子データ型」として以下のものがある
 - 数値型 `numeric` (実数または整数)
 - 論理型 `logical` (TRUE/FALSE)
 - 文字列型 `character` ("abc", "123" のように、二重引用符で囲まれた文字列として表す)
- Rの原子データはベクトルである。スカラー値も長さ1のベクトルである。すなわち、ベクトルは型を持ち、すべての要素は同じ型のデータからなる。
- 異なる型のデータを集めた構造として「リスト」がある。
- `mode(x)` によって、変数 `x` の型を調べられる

演算子

- 算術演算子

+ (加算) - (減算) * (乗算) / (除算) ^ (累乗)

- 論理演算子

& (論理積「かつ」) | (論理和「または」) !a (aの否定)

- 比較演算子

>, >=, <, <= (不等号) == (等しい) != (等しくない)

これらの演算子はベクトルの要素ごとにはたらく

(例) $a=c(1,3,7,4,6)$ と設定されている

`> a >= 2 & a < 5`

`[1] FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE`

ワークスペースとオブジェクト

- コンソール上で `ls()` または `objects()` とすると、変数に保存されたデータ(オブジェクト)のリストを参照できる。

```
>ls()
```

```
[1] "a" "b" "x"
```

- ワークスペースブラウザ(メニューバー「ワークスペース」から起動)でより詳細な情報を閲覧可能
- `rm(変数名)` で、オブジェクトを消去できる。

関数

関数名(引数1, 引数2, ...)

- 関数は、一般に複数の引数を入力としてとり、何らかの計算を行って一つのオブジェクトを返す(戻り値)。
- 引数には、必須のものと省略可能なものがある。後者は省略すると「デフォルト値」が使用される。
- 引数は、順番によって指定する方法と、「名前=値」の形式で指定する方法がある。通例、必須の引数は前者、選択可能な引数は後者で指定する。

例1) ベクトル x を小さい順(increasing order)でソートする

```
sort(x)
```

例2) ベクトル x を大きい順 (decreasing order)でソートする

```
sort(x, decreasing=TRUE)
```

マニュアルの表示

- **help(関数名)**または **?関数名** でマニュアルを表示する

> **help(median)**

```
median           package:stats      R Documentation
Median Value
Description:
  Compute the sample median.
Usage:
  median(x, na.rm = FALSE)
Arguments:
  x: an object for which a method has been defined, or a numeric
    vector containing the values whose median is to be computed.
  na.rm: a logical value indicating whether 'NA' values should be
    stripped before the computation proceeds.
Details:
  This is a generic function for which methods can be written.
  However, the default method makes use of 'sort' and 'mean' from
  package 'base' both of which are generic, and so the default
  method will work for most classes (e.g. "Date") for which a
  median is a reasonable concept.
Value:
  The default method returns a length-one object of the same type as
  'x', except when 'x' is integer of even length, when the result
  will be double.
  If there are no values or if 'na.rm = FALSE' and there are 'NA'
  values the result is 'NA' of the same type as 'x' (or more
  generally the result of 'x[FALSE][NA]').
References:
  Becker, R. A., Chambers, J. M. and Wilks, A. R. (1988) _The New S
  Language_. Wadsworth & Brooks/Cole.
See Also:
  'quantile' for general quantiles.
Examples:
  median(1:4)# = 2.5 [even number]
  median(c(1:3,100,1000))# = 3 [odd, robust]
```

Description: 関数の簡単な説明

Usage: 関数の呼び出し方

median(x, na.rm = FALSE)

x: 必須の引数

na.rm: 省略可能な引数

デフォルト値はFALSE

Arguments: 各引数の詳しい説明

Details: 関数の動作の詳しい説明

Values: 戻り値の説明

Reference:方法に関する文献

See Also: 関連するコマンド

Examples: 実行例

(参考) plotのオプション

- `main="title"` グラフのタイトル
- `xlab(ylab)="label"` x軸(y軸)のラベル
- `log="xy"` 対数軸の指定
- `xlim(ylim)=c(0,100)` x軸(y軸)の値の範囲の設定
- `type="l"` "p"(点), "l"(線), "b"(両方), "n"(枠だけ) など
- `lty=1` プロットする線の種類
- `pch=1` プロットする点の種類(文字)
- `col=2` プロットする点および線の色
- `cex=0.8` プロットする文字の大きさ

ベクトルとして指定することにより、点ごとに色や種類を変更することもできる。例) `pch=c(1,2,1,3,2)`

										
<code>pch</code>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<code>col</code>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<code>cex</code>	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5

- ✧ `plot`のオプションは、`help(plot)`だけでは調べられない。一部のオプションは `help(plot.default)`, `help(par)`を参照する必要がある。
- ✧ 既存のグラフ上に線を重ねる場合は`lines`, 点を重ねる場合は`points`を使う。
- ✧ 凡例をつけたいときは`legend`関数を使う。

宿題の確認

> 0:20

0から20までの整数を並べたベクトル(0, 1, 2, ..., 20)

> 0:20/20

上のベクトルを20で割ったもの(0, 1/20, 2/20, ..., 1)

> 0:20/20*pi

上のベクトルに円周率 π をかけたもの(0, $\pi/20$, $2\pi/20$, ..., π)

> sin(0:20/20*pi)

上のベクトルの各要素のサインをとったもの(0, $\sin(\pi/20)$, ..., $\sin(\pi)$)

> plot(sin(0:20/20*pi))

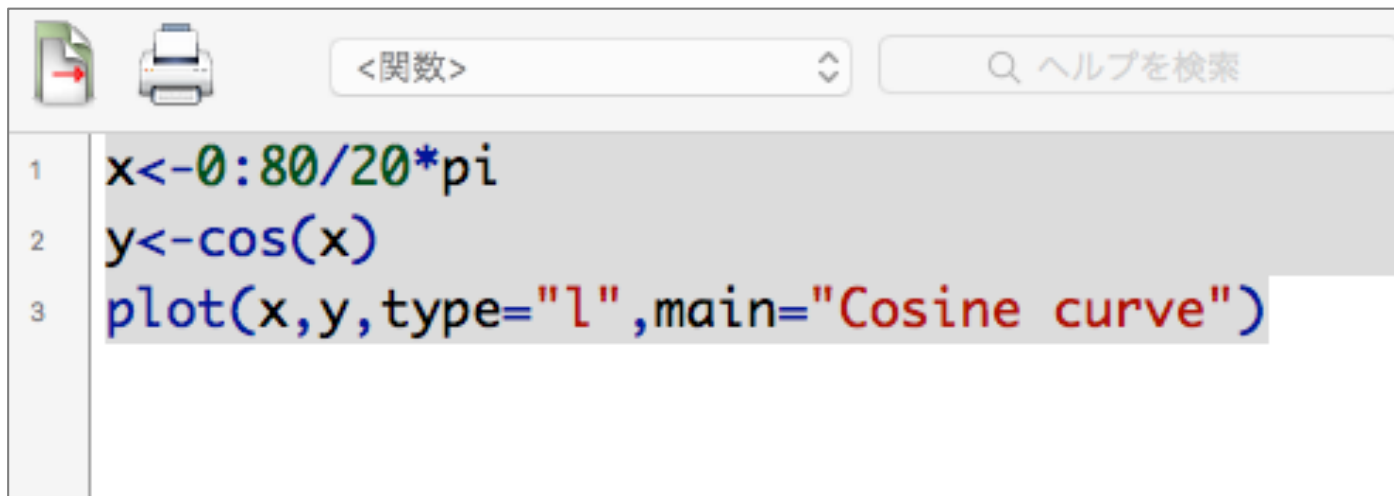
上のベクトルの各要素の値を順にY軸にとってプロットしたもの

> plot(sin(0:20/20*pi), type="l")

上のプロットを線でつないだもの ($0 \leq x \leq \pi$ の範囲のサインカーブ)

エディタからのコマンドの入力と実行

- メニューから ファイル→新規文書 でエディタが開く
- Rのコマンド群を入力(複数行にまたがってよい)



The screenshot shows the RStudio editor window. At the top, there are icons for a file and a printer, followed by a dropdown menu showing "<関数>" and a search bar with the text "ヘルプを検索". Below the toolbar, the editor area contains three lines of R code, numbered 1, 2, and 3 on the left margin. The code is as follows:

```
1 x<-0:80/20*pi
2 y<-cos(x)
3 plot(x,y,type="l",main="Cosine curve")
```

- マウスで実行するコマンド群を選択して Command+Return を押すと、そのコマンド群がコンソール上にコピーされて実行される

行列の作成

一つのベクトルを行列の形に並べる

```
> v <- 1:9  
> m1 <- matrix(v, 3, 3)  
> m1
```

	[,1]	[,2]	[,3]
[1,]	1	4	7
[2,]	2	5	8
[3,]	3	6	9

複数のベクトルを行または列として束ねる

```
> a <- c(1,3,5)  
> b <- c(2,4,9)  
> c <- c(3,5,7)  
> m2 <- cbind(a,b,c)  
> m2
```

	a	b	c
[1,]	1	2	3
[2,]	3	4	5
[3,]	5	9	7

9つの要素を持つベクトル

これを3行3列の行列として定義

3つの要素を持つベクトル3つ

これらを列(縦)に並べて行列とする

行列の要素の取り出し

```
> m1
```

```
      [,1] [,2] [,3]
[1,]    1    4    7
[2,]    2    5    8
[3,]    3    6    9
```

```
> m1[2,3]
```

```
[1] 8
```

2行3列目の要素

```
> m1[2,]
```

```
[1] 2 5 8
```

2行目の要素すべてをベクトルとして取り出す

```
> m1[,3]
```

```
[1] 7 8 9
```

3列目の要素すべてをベクトルとして取り出す

```
> m1[1:2,2:3]
```

```
      [,1] [,2]
[1,]    4    7
[2,]    5    8
```

1,2行目と2,3列目の要素からなる
部分行列を取り出す

```
> dim(m1)
```

```
[1] 3 3
```

行列の大きさ(3行3列)

行列の演算

```
> m1 + m2
      a  b  c
m1 = [1,] 2  6 10
      1 4  7
      2 5  8
      3 6  9
      > m1 * m2
      a  b  c
m2 = [1,] 1  8 21
      1 2  3
      3 4  5
      5 9  7
      > m1 %*% m2
      a  b  c
      [1,] 48  81  72
      [2,] 57  96  87
      [3,] 66 111 102
      > t(m1)
      [,1] [,2] [,3]
      [1,] 1  2  3
      [2,] 4  5  6
      [3,] 7  8  9
```

要素ごとの足し算

要素ごとのかけ算

行列積

転置行列(行と列の入れ換え)

データフレーム

- Rの統計解析でもっとも基本的となるデータ。
- 行列のような表形式のデータだが、各列が一般に異なる型のデータを持つ（行列はすべてが同じ型のデータ）。
- 行や列に名前がつけられることが多い。
- 通常、タブ区切りテキストやエクセルファイル等から読み込んで処理する。
- 標準で利用可能なサンプルデータがある。

```
> data()
```

... 利用可能なサンプルデータの表示

```
> women
```

	height	weight
1	58	115
2	59	117
3	60	120
4	61	123
5	62	126

...

```
> plot(women)
```

height と weight 間のプロット

データフレームの要素の取り出し

- 行の取り出し。3行目を取り出す。

> `women[3,]`

- 身長之列(1列目)の取り出し 以下の3つは同じ結果を返す

> `women[,1]`

> `women[, "height"]`

> `women$height`

- 身長が65インチ以上かの判定

> `women[,1] >= 65`
(8行目から15行目がTRUE)

- 身長が65インチ以上のデータを取り出す

> `women[women[,1]>=65,]`
(8行目から15行目のデータを取り出す)

R入門

2. 統計解析



Rにおけるデータ処理の概要(統計解析)

表データ
(エクセル・タブ区切りテキスト)

	条件1.1	条件1.2	条件2.2	条件2.2
遺伝子1	5.2	5.6	4.5	3.0
遺伝子2	2.3	3.2	3.2	3.5
遺伝子3	1.2	0.8	2.1	2.5
遺伝子4	3.2	3.1	1.8	2.0

読み込み

read.table()

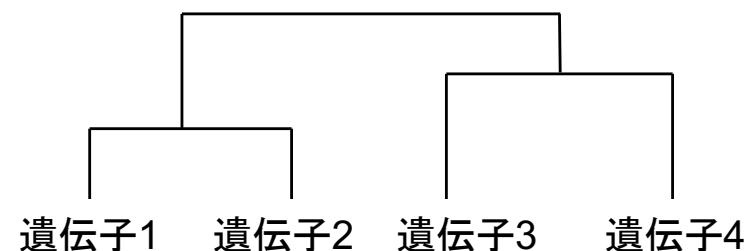
データフレーム

	条件1.1	条件1.2	条件2.2	条件2.2
遺伝子1	5.2	5.6	4.5	3.0
遺伝子2	2.3	3.2	3.2	3.5
遺伝子3	1.2	0.8	2.1	2.5
遺伝子4	3.2	3.1	1.8	2.0

統計的検定

	条件1	条件2
遺伝子4	3.2 3.1	1.8 2.0

多変量解析
(クラスタリング、主成分分析等)



- ・有意差検定 (t検定、ノンパラメトリック検定等)
 - ・線形モデル (回帰分析、分散分析)
- 発現量 ~ 性別 + 病態

データフレーム lung_cancer

データフレーム

Rの統計解析で基本となるデータ。

行列のような表形式のデータだが、各列が一般に異なる型のデータを持ちうる

lung_cancer.txt

肺がん患者の遺伝子発現プロファイルデータ (GEO: GDS3257の抜粋)

tissue: 腫瘍or正常
smoking: 喫煙歴
stage: 癌のステージ
gender: 性別
gene1 – gene6:
遺伝子発現データ

ID_REF	tissue	smoking	stage	gender	gene1	gene2	gene3
GSM254629	tumor	never	stage I	female	7.4191	5.9318	5.67496
GSM254648	tumor	never	stage I	female	7.5627	6.93398	5.76701
GSM254694	tumor	never	stage I	female	7.54599	7.53287	5.84134
GSM254701	tumor	never	stage I	female	8.31452	7.88291	5.44759
GSM254728	tumor	never	stage I	female	7.19835	6.58398	4.79089
GSM254726	tumor	never	stage I	male	11.9811	8.45595	5.7083
GSM254639	tumor	never	stage II	female	7.41762	7.75681	4.74084
GSM254652	tumor	never	stage II	female	7.62703	7.7446	4.69937
GSM254700	tumor	never	stage II	female	7.40064	10.1866	4.92612
GSM254625	tumor	never	stage II	male	11.9	8.89865	6.69416
GSM254636	tumor	never	stage III	female	7.09852	6.39122	4.54743
GSM254659	tumor	never	stage III	female	7.39159	7.06924	5.12113
GSM254680	tumor	never	stage III	female	7.32462	7.24284	4.90953
GSM254686	tumor	never	stage III	female	7.65883	7.93856	5.09535
GSM254718	tumor	never	stage III	female	7.67937	7.03277	5.64789
GSM254674	tumor	never	stage IV	male	11.0711	6.3368	5.48673
GSM254668	tumor	former	stage I	male	10.9011	6.52462	5.19564

データフレームの読み込み(1)

```
read.table(file, options... )  
read.delim(file, options... )
```

Options: sep=列の区切り文字(タブ、空白文字など)
header=ヘッダの有無(TRUE/FALSE)
row.names=各行の名前を何カラム目からとるか など

タブ区切りテキストファイル lung_cancer.txt からデータの読み込み
区切り文字はタブ(␣)、ヘッダ行あり、1列目をヘッダ列として指定

```
> cancer <- read.table("lung_cancer.txt", sep="␣", header=T,  
  row.names=1, stringsAsFactors=T)
```

```
> head(cancer)          データの先頭数行を表示して内容を確認
```

	tissue	smoking	stage	gender	gene1	gene2	...
GSM254629	tumor	never	stage I	female	7.41910	5.93180	...
GSM254648	tumor	never	stage I	female	7.56270	6.93398	...
GSM254694	tumor	never	stage I	female	7.54599	7.53287	...
GSM254701	tumor	never	stage I	female	8.31452	7.88291	...
...							

註)\(バックスラッシュ)は日本語キーボードでは ␣ で入力。うまくいかないときは option+␣ とする。

データフレームの読み込み(2)

ヘッダなし

ヘッダ行あり

ヘッダ行、ヘッダ列あり

ファイルの
形式

198	119
192	83
191	110
191	91

Height	Weight
198	119
192	83
191	110
191	91

ID	Height	Weight
1	198	119
2	192	83
3	191	110
4	191	91

	Height	Weight
1	198	119
2	192	83
3	191	110
4	191	91

先頭行のみ要素数が一つ少ない

read.table
オプション

header=FALSE

header=TRUE

header=TRUE,
row.names=1

(オプションなしで
自動認識)

read.table が読み込みのための基本的な関数だが、デフォルト値の異なる読み込み関数がいくつか用意されている

read.table(file)	デフォルトでセパレータがタブまたは空白文字、header=FALSE
read.delim(file)	デフォルトでセパレータがタブ、header=TRUE
read.csv(file)	デフォルトでセパレータがコンマ、header=TRUE

データフレームの情報表示

`str(data)` data のデータ構造の表示
`summary(data)` data の内容サマリの表示

> **str(cancer)** 各列のデータ型と内容の一部を表示

```
'data.frame': 107 obs. of 10 variables:
 $ tissue : Factor w/ 2 levels "normal","tumor": 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 ...
 $ smoking: Factor w/ 3 levels "current","former",...: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 ...
 $ stage : Factor w/ 4 levels "stage I","stage II",...: 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 ...
 $ gender : Factor w/ 2 levels "female","male": 1 1 1 1 1 2 1 1 1 2 ...
 $ gene1 : num 7.42 7.56 7.55 8.31 7.2 ...
 $ gene2 : num 5.93 6.93 7.53 7.88 6.58 ...
 .....
```

> **summary(cancer)** 各列のデータの分布の要約を表示

tissue	smoking	stage	gender	gene1	gene2
normal:49	current:40	stage I :45	female:38	Min. : 6.729	Min. : 5.728
tumor :58	former :36	stage II :35	male :69	1st Qu.: 7.543	1st Qu.: 6.761
	never :31	stage III:21		Median :11.224	Median : 8.452
		stage IV : 6		Mean :10.074	Mean : 8.894
				3rd Qu.:11.875	3rd Qu.:11.130
				Max. :12.659	Max. :12.293

因子 factor

- gender (male, female)のように、限られた数のカテゴリーで表現されるもの。カテゴリー変数、要因などともいう。
- 因子の取り得る値を水準levelという。
例) genderは2つ(female, male)、smokingは3つ(current, former, never)の水準を持つ
- 文字列として表示されるが、内部的には整数値で保持されている。

註1) R ver.3 までは、read.tableで読み込む際に、デフォルトで文字列が因子に変換される。ver.4では、オプションstringsAsFactors=TRUEを指定する必要がある。

註2) 文字列ベクトルを因子に変更するにはfactor関数を使う。その際、levels引数で並び順を指定し、ordered=TRUEとすることでその順序に大小関係を持たせることができる。

例) `factor(c("One","Four","Three","Two"), levels=c("One","Two","Three","Four"), ordered=TRUE)`

データフレームの要素の取り出し

> **cancer[5,]**

5行目の人のデータの取り出し

	tissue	smoking	stage	gender	gene1	gene2	gene3	gene4	gene5	gene6
GSM254728	tumor	never	stage I	female	7.19835	6.58398	4.79089	7.26575	7.46492	5.02376

> **cancer[,5]**

5列目(gene1)の取り出し

[1]	7.41910	7.56270	7.54599	8.31452	7.19835	11.98110	7.41762	7.62703
[9]	7.40064	11.90000	7.09852	7.39159	7.32462	7.65883	7.67937	11.07110
[17]	10.90110	9.30280	11.42620	12.10840	11.00710	11.43570	9.58576	11.37820
[25]	11.46580	11.98080	7.17584	11.62510	11.22410	7.45557	7.70254	11.65150
[33]	11.01420	12.03040	7.00001	7.53943	10.81220	11.47220	12.05180	11.37000
....								

> **cancer\$gene1** gene1 データの取り出し(名前によるアクセス。cancer[,5]と同じ)

> **cancer["GSM254728",]** 行の取り出し(名前によるアクセス。cancer[5,]と同じ)

> **cancer[7:10,2:7]**

7-10行、2-7列の要素からなる部分データの取り出し

	smoking	stage	gender	gene1	gene2	gene3
GSM254639	never	stage II	female	7.41762	7.75681	4.74084
GSM254652	never	stage II	female	7.62703	7.74460	4.69937
GSM254700	never	stage II	female	7.40064	10.18660	4.92612
GSM254625	never	stage II	male	11.90000	8.89865	6.69416

データフレームの操作

条件式による部分データの抽出

```
subset(データフレーム, 条件式 [, 抽出するカラム])
```

性別が女性でgene1の発現が8以上

```
> subset(cancer, gender=="female" & gene1 > 8)
```

	tissue	smoking	stage	gender	gene1	gene2	gene3	gene4	gene5	gene6
GSM254701	tumor	never	stage I	female	8.31452	7.88291	5.44759	5.99769	7.66485	5.06010
GSM254687	tumor	current	stage III	female	10.15150	7.64551	6.61338	7.24318	7.91872	7.36862

喫煙歴がある人(過去または現在に) 結果を変数に保存

```
> cancer.smoking <- subset(cancer, smoking %in%  
c('former', 'current'))
```

その数(行数をカウント)

```
> nrow(cancer.smoking)
```

```
[1] 76
```

A %in% B ベクトルAの各要素について、ベクトルBの要素のいずれかと一致すればTRUE, そうでなければFALSEを返す。

```
> c("A", "B", "C", "B", "A") %in% c("B", "C")
```

```
[1] FALSE TRUE TRUE TRUE FALSE
```

データフレームのファイルへの書き出し

```
write.table(data, file="", options... )
```

タブ区切りテキストとしてファイルに保存

```
> write.table(cancer.smoking, sep="¥t",  
              file="cancer.smoking.txt")
```

そのまま読み込んで表示してみる

```
> read.table("cancer.smoking.txt")
```

Rによるデータ解析

plotによる散布図の作成

各カラム対総当たりの散布図を作成する

```
> plot(cancer)
```

pairs(cancer)としても同じ

gene3とgene4の散布図を作成する

```
> plot(cancer$gene3, cancer$gene4)
```

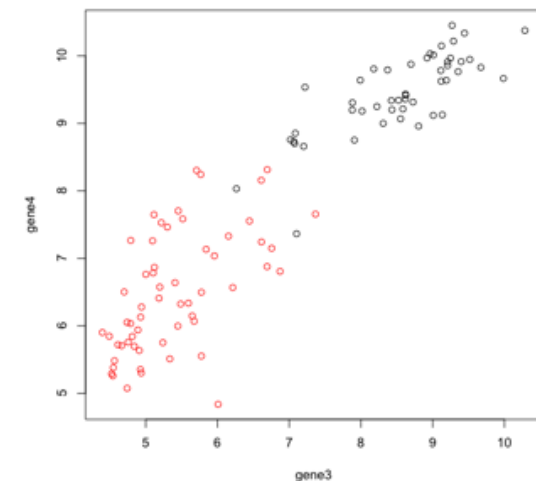
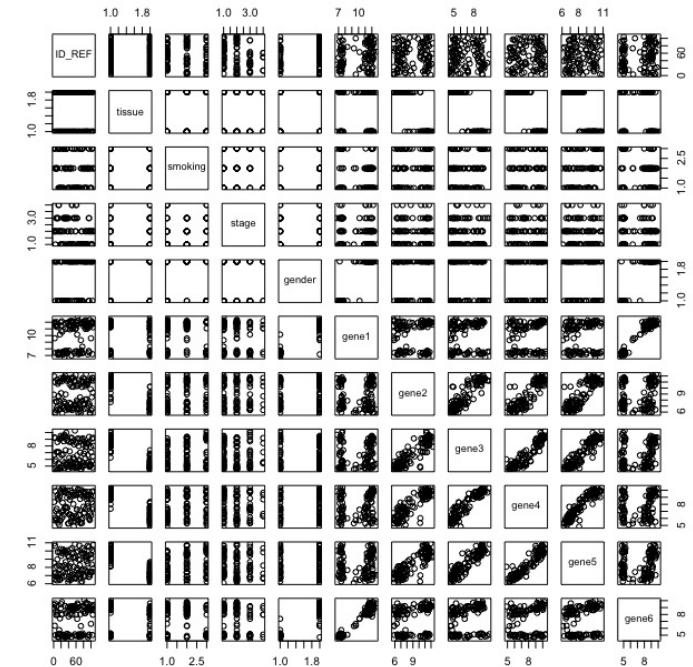
以下もほぼ同じプロットを生成する

```
> plot(gene4 ~ gene3, cancer)
```

tissue (tumor/normal) によって点の色づけする

```
> plot(gene4 ~ gene3, cancer,  
      col=tissue)
```

cancer\$tissue は normal=1, tumor=2 として定義されており、各点が 1=black, 2=redで色づけされる。



Rによるデータ解析

回帰直線の追加

gene3とgene4の散布図(前掲)

```
> plot(gene4 ~ gene3, cancer)
```

線型モデルを用いた直線への当てはめ(回帰直線の決定)

```
> lm(gene4 ~ gene3, cancer)
```

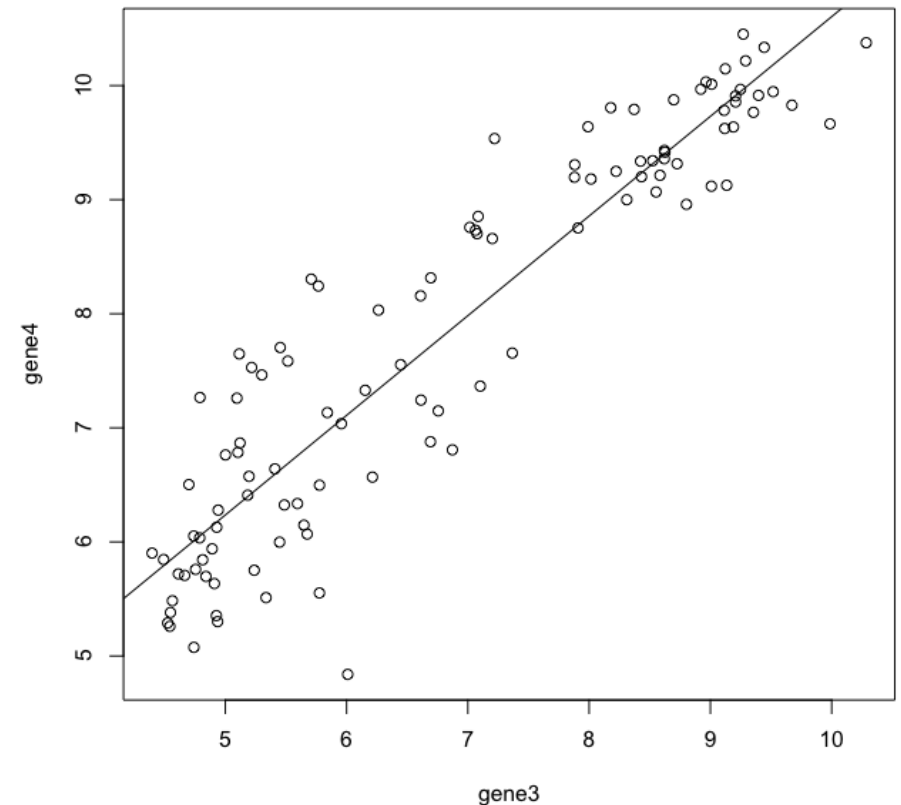
...(結果は画面に出力される)...

結果を変数 `result.lm` に代入

```
> result.lm <- lm(gene4 ~ gene3,  
                  cancer)
```

この結果を使って回帰直線をプロットに追加

```
> abline(result.lm)
```



モデル式と線型モデル(1)

- `lm` の第1引数で指定される式は、データを当てはめる**モデル式**を簡潔に表現したものとなっている

例) $Y \sim X1 + X2$

$X1, X2$ を説明変数、 Y を目的変数(応答変数)として、

$$Y = a * X1 + b * X2 + c + \varepsilon \text{ (残差)}$$

という式に当てはめる(残差が小さくなるよう係数 a, b, c の最適な値を決める)。

Y	X1	X2
6.4 =	3.2	$a + 2.1b + c + \varepsilon_1$
4.0 =	1.5	$a + 1.8b + c + \varepsilon_2$
9.8 =	2.7	$a + 3.8b + c + \varepsilon_3$
5.8 =	1.2	$a + 2.7b + c + \varepsilon_4$

- モデル式が係数の一次式で表されるモデルを**線型モデル**といい、最小二乗法で当てはめが行われる。
- `lm`関数では、係数の決定と同時に、係数が有意に0でないといえるかの検定も行われる。

Rによるデータ解析

回帰分析結果の詳細表示

```
> summary(result.lm) # 解析結果の詳細表示
```

```
Call:
```

```
lm(formula = gene4 ~ gene3, data = cancer)
```

```
Residuals:
```

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.27983	-0.41889	-0.01643	0.45094	1.44834

```
Coefficients:
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.86604	0.24801	7.524	1.9e-11	***
gene3	0.87403	0.03514	24.870	< 2e-16	***

← 各回帰係数が0でない
といえるかの検定

```
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.6395 on 105 degrees of freedom
```

```
Multiple R-squared:  0.8549,      Adjusted R-squared:  0.8535
```

```
F-statistic: 618.5 on 1 and 105 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

← 回帰分析全体の
有意性

モデル式と線型モデル(2)

- **モデル式**は、目的変数の値が、説明変数の値によってどのように決まるか（説明されるか）という関係を表している。

例) $Y \sim X1 + X2$

目的変数

説明変数

- 説明変数は、量的なデータでも、カテゴリカルなデータ(因子)でもよい。
分散分析は、カテゴリ変数を説明変数とした線形モデルへの当てはめによって計算される。

例) $Y \sim \text{Gender}$

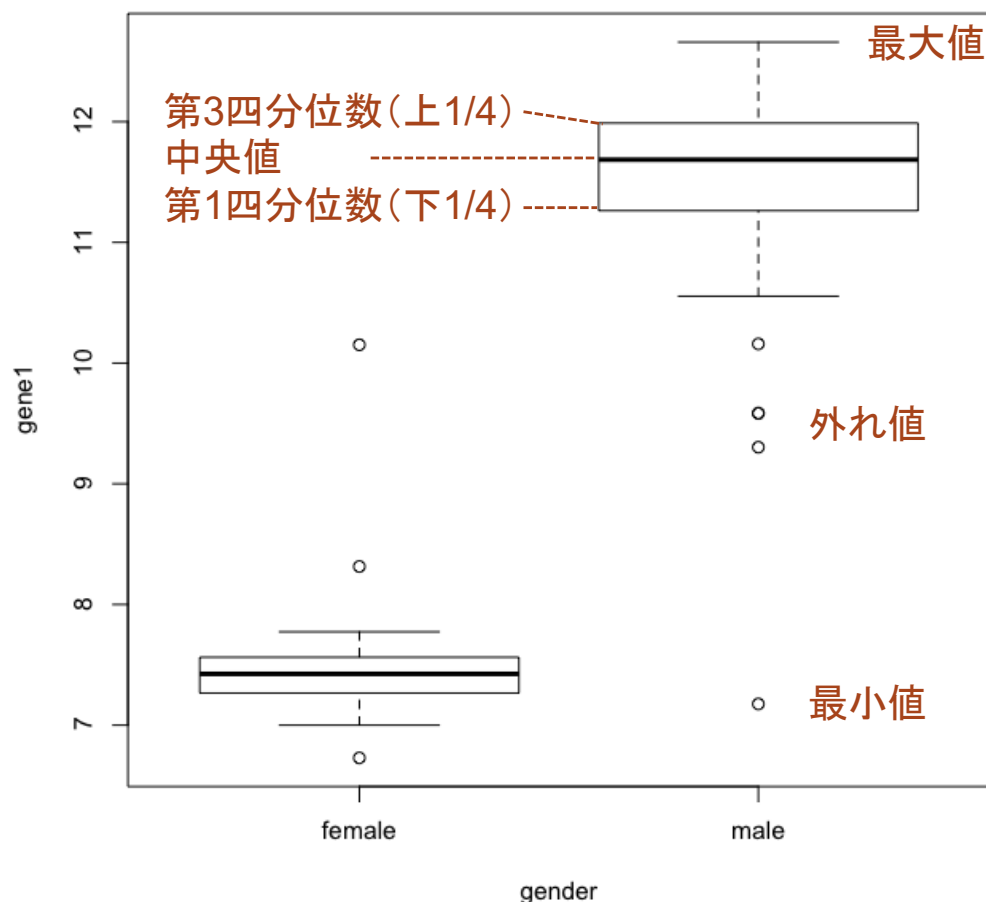
$$Y = \mu + \left[\begin{array}{l} \alpha_{MALE} \text{ if (Gender=MALE)} \\ \alpha_{FEMALE} \text{ if (Gender=FEMALE)} \end{array} \right] + \varepsilon$$

Rによるデータ解析

boxplot(箱ひげ図)の作成

性別ごとのgene1の発現量をboxplotで比較する

```
> plot(gene1 ~ gender, cancer)
```



または
`boxplot(gene1 ~ gender, cancer)`

Rによるデータ解析

t検定

2組の標本の平均値に差があるかどうかを検定する

```
t.test(v1, v2)  # v1, v2 は比較するベクトル
```

男女でgene1の発現量に違いがあるかどうかをt検定で検定する

男女それぞれのgene1の発現量を抽出

```
> gene1.m <- subset(cancer, gender=="male", gene1)
```

```
> gene1.f <- subset(cancer, gender=="female", gene1)
```

t検定の実行（等分散性を仮定しないWelchの検定）

```
> t.test(gene1.m, gene1.f)
```

Welch Two Sample t-test

data: gene1.m and gene1.f

```
t = 30.734, df = 103.48, p-value < 2.2e-16
```

別法（データフレームから直接データを取り出して検定を実行する）

```
> t.test(gene1 ~ gender, cancer)
```

Rによるデータ解析

分散分析

- 線形モデルを用いて、因子の水準によって目的変数の平均値に違いがあるかを検定する
- 因子が3つ以上の水準をもつ場合も、また考慮する因子が複数ある場合でも使える

癌のステージ(I~IV の4つの水準がある)によって、gene1の発現に違いがあるかどうかを検定する

lmを実行して、結果を変数 `result.aov` に格納し、`anova`関数で、分散分析表を出力する

```
> result.aov <- lm(gene1 ~ stage, cancer)
> anova(result.aov)
```

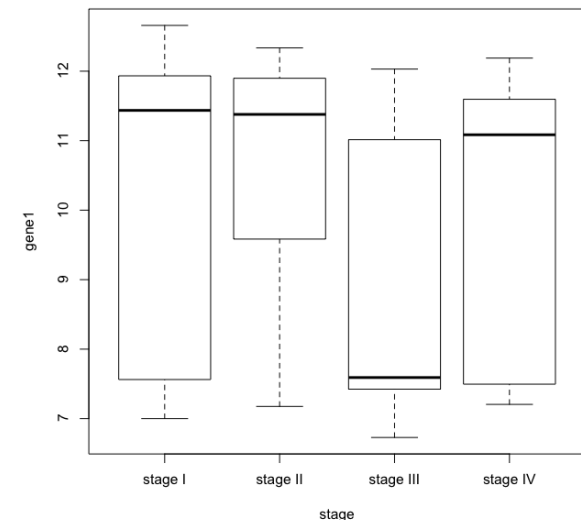
Analysis of Variance Table

Response: gene1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
stage	3	47.07	15.6892	4.0434	0.009211 **
Residuals	103	399.66	3.8802		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
plot(gene1 ~ stage, cancer)
```



分散分析表

stageがgene1の変動
に及ぼす効果の検定

解析結果の保存

現在のワークスペース中のオブジェクトをすべて保存

> `save.image()`

または、メニューから「ワークスペース」→「ワークスペースを保存」

データはカレントディレクトリの `.Rdata` というファイルに格納される。

ファイル名を指定して、特定のファイルに保存することも可能。

保存したオブジェクトを読み込む

> `load(".RData")`

- または、メニューから「ワークスペース」→「ワークスペースの読み込み」
- 明示的に `save.image()` コマンドを実行しなくても、終了時にワークスペースを保存するか聞かれるので、そこで保存を選択することにより保存できる。
- 終了時に保存したデータは、現在の作業ディレクトリが起動時のディレクトリと同じであれば、次回起動時に自動的にロードされるが、ディレクトリを変更した場合は `load(".RData")` で明示的にロードする必要がある。

補足：データ構造、プログラミング、パッケージの利用

リスト

- ベクトルは同一の型のデータを要素とするが、リストは任意の一般に異なる型のデータを要素として含むことができる。

```
> list(1, "a")
```

- リストは、ベクトルや行列、リストをも要素として含むことができるため、複雑なデータを表現できる。

```
> list(c(1,2), c("a","b"), list(1, "a"))
```

- リストの各要素は[[]]で参照できるほか、名前をつけて参照することもできる。

```
> x <- list(first=1, second="b")
```

```
> x[[1]]      # 1番目の要素
```

```
[1] 1
```

```
> x$second    # second という名前の要素
```

```
[1] "b"
```

- データフレームのほか、各種の統計処理の結果などもリストとして表現されている。リストの内部構造はstr関数で確認できる。

```
> str(x)
```

```
> str(cancer)
```

オブジェクトの属性とクラス

- 統計解析の結果などは、一般に決まった型と名前要素を持ち、一定のクラス名をアサインされたリスト(オブジェクト)として返される。

例) lm 関数の結果を格納した変数 result.lm

> **class(result.lm)** クラス名の表示

```
[1] "lm"
```

> **names(result.lm)** 要素名の一覧の表示

```
[1] "coefficients" "residuals" "effects" "rank" ...
```

> **str(result.lm)** データ構造の階層的な表示

```
List of 12
```

```
$ coefficients : Named num [1:2] 1.866 0.874
```

```
..- attr(*, "names")= chr [1:2] "(Intercept)" "gene3"
```

```
$ residuals : Named num [1:107] -0.757 1.336 0.162 -0.63 1.212 ...
```

```
..- attr(*, "names")= chr [1:107] "1" "2" "3" "4" ...
```

このオブジェクトの詳細は、`help(lm)` の Value セクションで確認できる

総称関数 **generic function**

- plot, print, summaryなど多くの関数は、引数となるオブジェクトのクラスによって、異なる関数が呼び出されるようになっている。これらを総称関数という
 - ・ 例) plot は、引数のクラスによって plot.data.frame, plot.formula, plot.lm などが呼び出される。デフォルトでは、plot.default が呼び出される。
- これにより、Rでは典型的には以下のような定型的な処理の流れによって解析が進められる。

```
> result <- some.function(data, opt=value, ...)
```

```
> summary(result)      解析結果の要約の表示
```

```
> plot(result)         解析結果に基づくプロットの作成
```

参考) コンソールで単に x と入力したときは、print(x) が実行されている。
print は総称関数であり、x のクラスによって表示される内容は違っている。

関数の作成(1)

- function 関数によって、新たな関数を作成できる

```
function (引数リスト) { 関数本体 }
```

例) 引数の2乗を計算して返す関数を square として定義

```
square <- function(x) {  
    sq <- x^2  
    return(sq)  
}
```

引数: 呼び出し時に指定した値がxに代入され、関数本体が実行される

戻り値: 関数が返す値(ここではsq=x²)

```
> square(1:5)           引数1:5を与えて関数の呼び出し  
[1]  1  4  9 16 25
```

関数の作成はエディタを使って行うとよい。実行するにはマウスでコマンド全体を選択して、Command+Returnを押す。

関数の作成(2)

- 関数は、通常はファイル上に作成し、読み込んで使う。ファイル上に作成したRコマンドを読み込むにはsource("ファイル名")とする。

ファイル plotAll.R (plotAll: 指定した2つの部分データフレーム間での総当たりプロットを作成する関数)

```
plotAll <- function(x, y=x) {  
  par(mfrow=c(ncol(x), ncol(y)))  
  for (i in 1:ncol(x)) {  
    x.name=names(x)[i]  
    for (j in 1:ncol(y)) {  
      y.name=names(y)[j]  
      if (x.name == y.name) {  
        plot(x[,i], main=x.name)  
      } else {  
        plot(x[,i], y[,j],  
             xlab=x.name,ylab=y.name)  
      }  
    }  
  }  
}
```

プログラムの読み込みと実行

```
> source("plotAll.R")  
> plotAll(cancer[,1:4], cancer[,5:10])
```

繰り返し

for (変数 in ベクトル) { 式 }

「変数」に「ベクトル」の要素を順次代入して、「式」を繰り返し実行する。

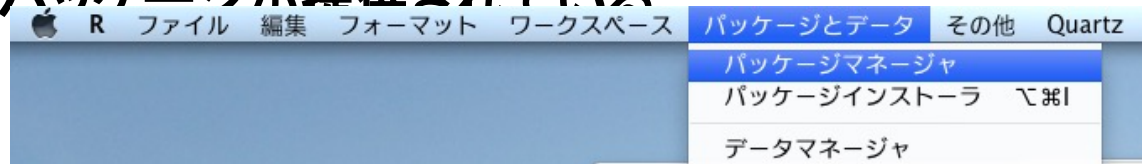
条件分岐

if (条件式) { 式1 } else { 式2 }

「条件式」がTRUEなら、「式1」を実行し、FALSEなら「式2」を実行する。

パッケージの利用

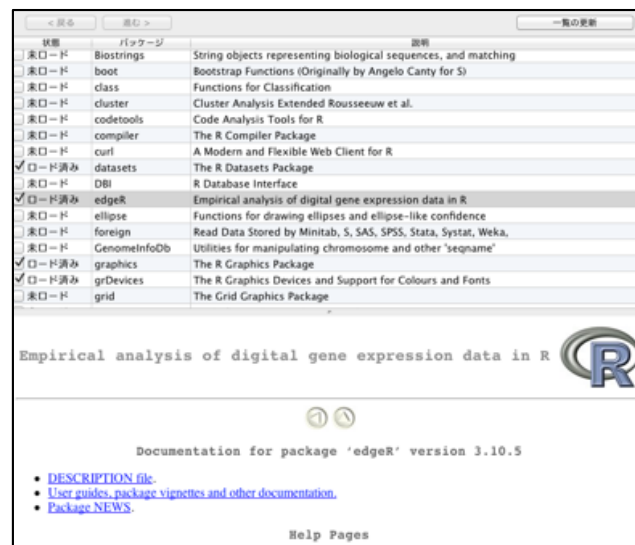
- 様々なパッケージをインストールし、ロードすることによりRの機能を拡張できる。
- バイオインフォマティクス関連では、**Bioconductor**プロジェクトによって、膨大な種類のパッケージが提供されている



パッケージインストーラ パッケージのインストール/更新



パッケージマネージャ パッケージのロード



コマンドラインからの実行

パッケージのインストール
`install.packages("パッケージ名")`

パッケージの更新
`update.packages("パッケージ名")`

パッケージのロード
`library("パッケージ名")`

Bioconductor パッケージのインストール
(あらかじめ"BiocManager"パッケージを
上記コマンドでインストールし、ロードしておく)
`BiocManager::install("パッケージ名")`