

統計用言語Rの使い方



基礎工学研究科 M1 奥野彰文

予定時間 約60分

今日の話のメインターゲット

- Rを(入れてみたが)**使い方が分からない**人
- そもそも**使ったことが無い**人
- Rの**存在を知らなかった**人

今日の目標

R/Rstudioをインストールして
簡単な計算を**実行**する。
(Rで何が**できるか**)把握する。

目次

1. R言語とは

- I. 何ができるのか?

2. インストールから実行まで

- I. Rのダウンロード/インストール
- II. Rstudioのダウンロード/インストール
- III. コンソールとスクリプト

3. 簡単な統計解析

- I. 平均, 分散を求める+a

4. グラフを描いてみよう

- I. データのプロット
- II. 線形回帰

余った時間:
R-番外編

R言語とは?

[本節の内容]

- ✓ Rって何
- ✓ Rを使って何ができるのか
- ✓ Rstudioの紹介

R言語って何ですか

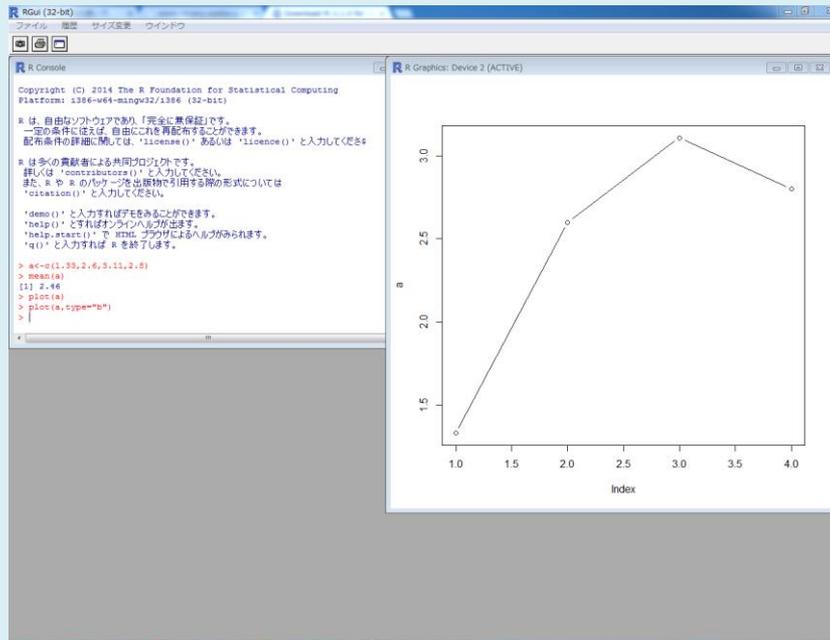
- 統計解析用のプログラム言語



タダ
無料

何ができるのか

- だいたいなんでもできる
 - 通常の四則演算+行列やベクトルの演算
 - 様々な統計分析(回帰や分散分析etc)
 - データのグラフ表示



R実行画面

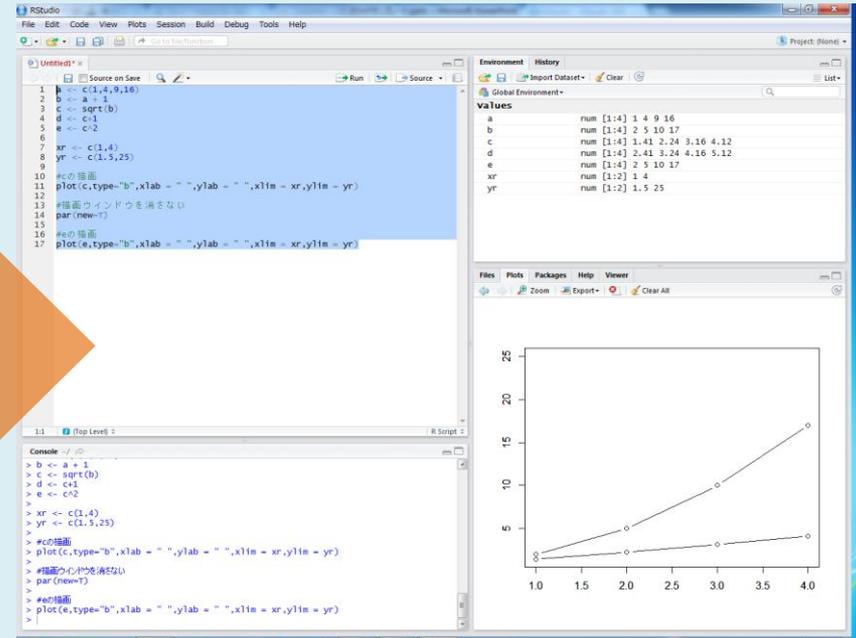
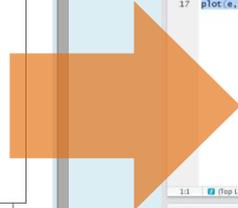
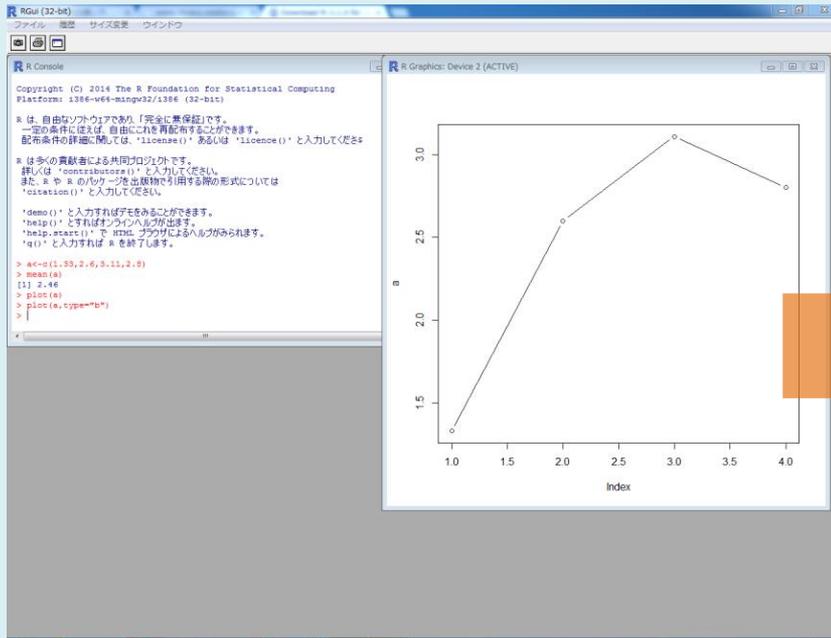
超優秀なツール RStudio

- Rのための統合開発環境(便利なツール)
- もちろん

タダ
無料

- Rを見やすくしたようなもの.
- データを分析している感が出て恰好良い
- 導入も簡単

RStudio



RからRstudioへ

RStudioをインストールする前に、
先にRをインストールする必要があります!

インストールから実行まで

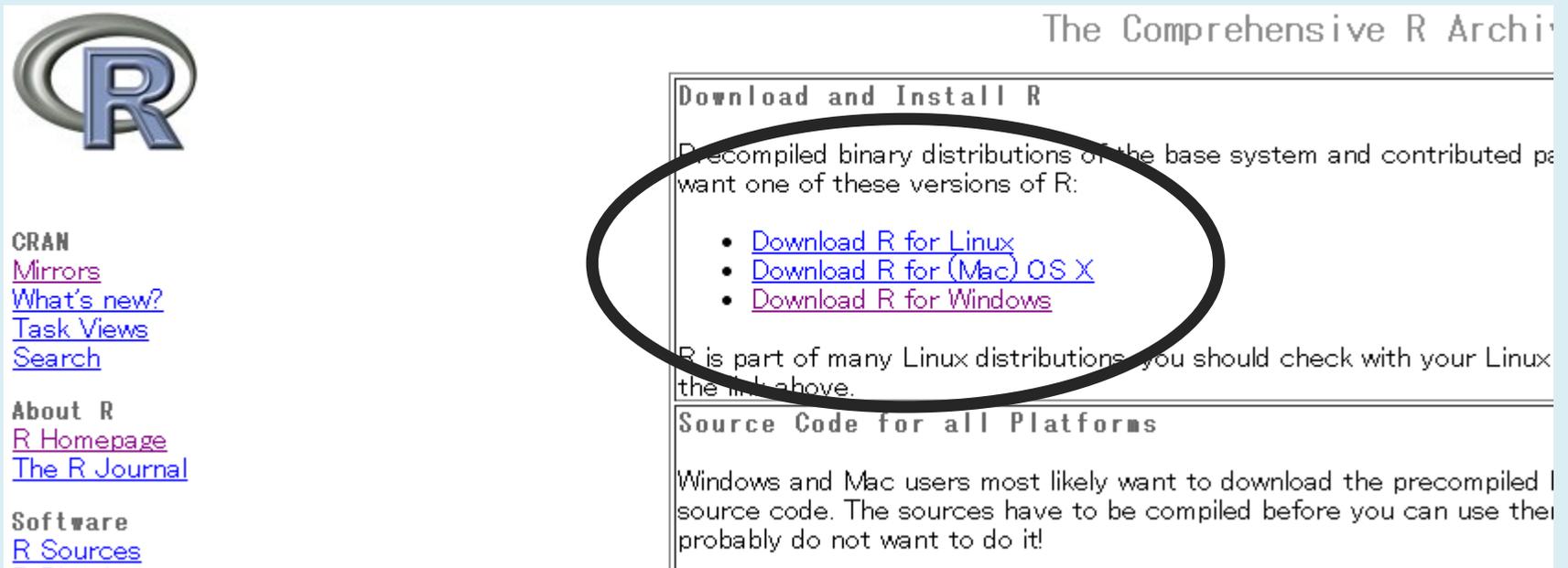
[本節の内容]

- ✓ Rをインストール
- ✓ Rstudioをインストール
- ✓ Rstudioを実行する

Rをダウンロード(1)

- CRANからプログラムをダウンロード

<http://cran.r-project.org/index.html>



The Comprehensive R Archive Network

Download and Install R

Precompiled binary distributions of the base system and contributed packages are available for the following operating systems. If you want one of these versions of R:

- [Download R for Linux](#)
- [Download R for \(Mac\) OS X](#)
- [Download R for Windows](#)

R is part of many Linux distributions, you should check with your Linux distribution for the link above.

Source Code for all Platforms

Windows and Mac users most likely want to download the precompiled binaries. Linux users may want to download the source code. The sources have to be compiled before you can use them. If you are a Linux user and you probably do not want to do it!

CRAN
[Mirrors](#)
[What's new?](#)
[Task Views](#)
[Search](#)

About R
[R Homepage](#)
[The R Journal](#)

Software
[R Sources](#)

「Download R for (Windows)」 → 「base」

Rをダウンロード(2)



R-3.1.0 for

[Download R 3.1.0 for Windows](#) (54 megabytes, 32/64 bit)

[Installation and user instructions](#)

[New features in this version](#)

CRAN
[Mirrors](#)
[What's new?](#)
[Task Views](#)
[Search](#)

About R
[R Homepage](#)
[The R Journal](#)

Software

If you want to do the package you have downloaded the .exe to the will need a version of md5sum f

Frequent

- [How do I install R on Windows Vista?](#)
- [How do I upgrade from my previous version of R?](#)
- [Should I install R on my computer?](#)

クリック！

適当なフォルダに保存。

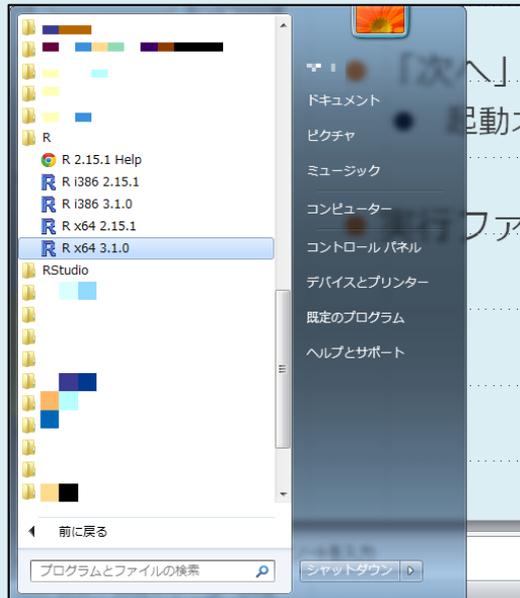
(英語版ですが、インストール時に日本語が選択できます。)

Rをインストール(3)

- ダウンロードしたファイルを実行.

R-***-win.exe

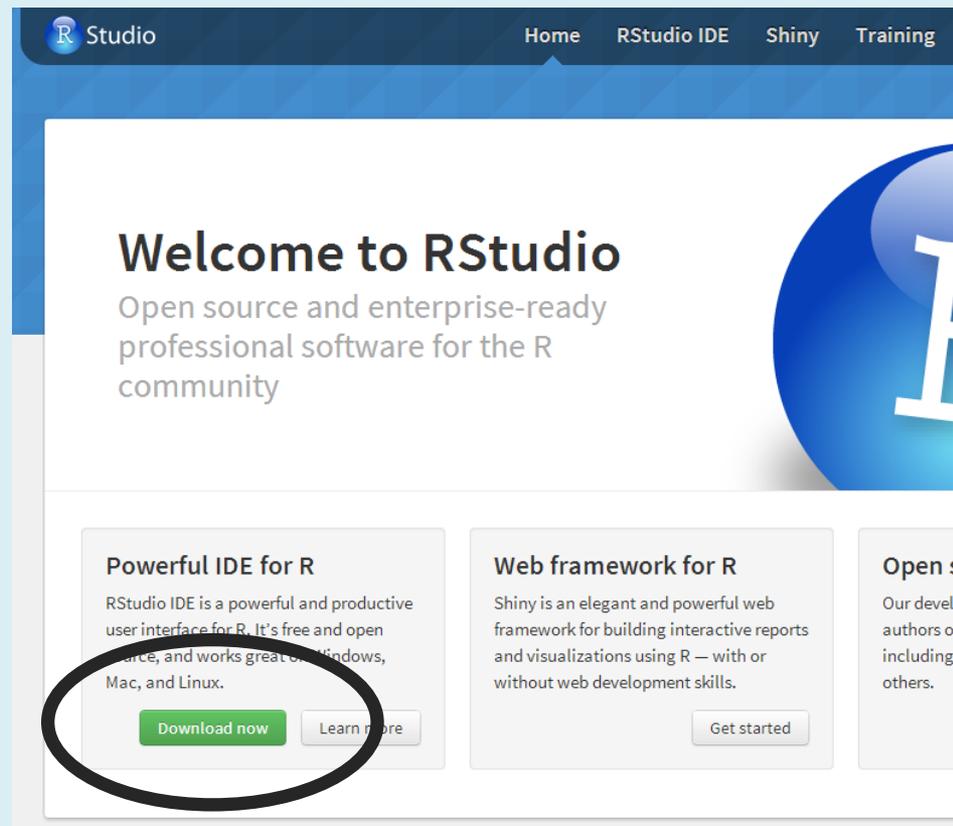
- 「次へ」で進む.
 - 起動オプションなど設定する必要は無い
- 実行ファイルがインストールできました.



これでRが使用可能に.

Rstudioをダウンロード(1)

- 公式サイトからプログラムをダウンロードする。
<https://www.rstudio.com/>



Rstudioをダウンロード(2)



R Studio Home RStudio IDE Shiny Training Pro

RStudio IDE

About Screenshots Download

Download RStudio v0.98

v0.98.507 — [Release Notes](#)

If you run R on your desktop:

[Download RStudio Desktop](#)

OR

If you run R on a Linux server and want to enable users to remotely access RStudio using a web browser:

[Download RStudio Server](#)

on your desktop を選択
(ノートPCの方もこちら)

こっちはサーバー用

Rstudioをダウンロード(3)

RStudio requires R 2.11.1 (or higher). If you don't

Recommended For Your System

[RStudio 0.98.507 - Windows XP/Vista/7/8](#)

All Platforms

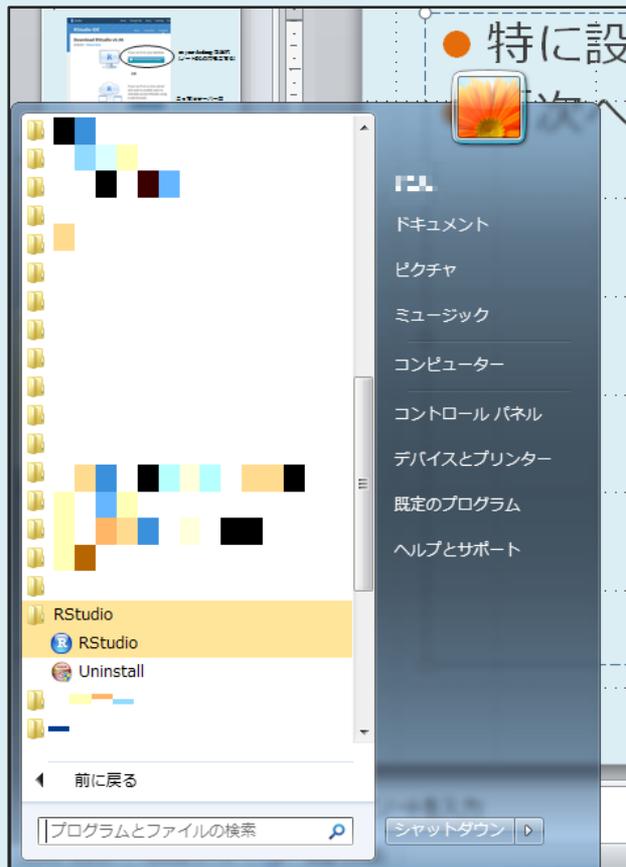
| | Size | Date | MD5 |
|---|---------|------------|------------|
| RStudio 0.98.507 - Windows XP/Vista/7/8 | 35.4 MB | 2014-04-25 | c4cf4f26df |
| RStudio 0.98.507 - Mac OS X 10.6+ (64-bit) | 15.8 MB | 2014-04-25 | 8947a77670 |
| RStudio 0.98.507 - Debian 6+/Ubuntu 10.04+ (32-bit) | 31.7 MB | 2014-04-25 | 4c05ffb4e+ |
| RStudio 0.98.507 - Debian 6+/Ubuntu 10.04+ (64-bit) | 31.9 MB | 2014-04-25 | 9a75bd065 |
| RStudio 0.98.507 - Fedora 13+/openSUSE 11.4+ (32-bit) | 32.3 MB | 2014-04-25 | e77796294f |
| RStudio 0.98.507 - Fedora 13+/openSUSE 11.4+ (64-bit) | 32.4 MB | 2014-04-25 | 266a6e92c2 |

“Recommended for your system”

にあるリンクをクリック

Rstudioをインストール(4)

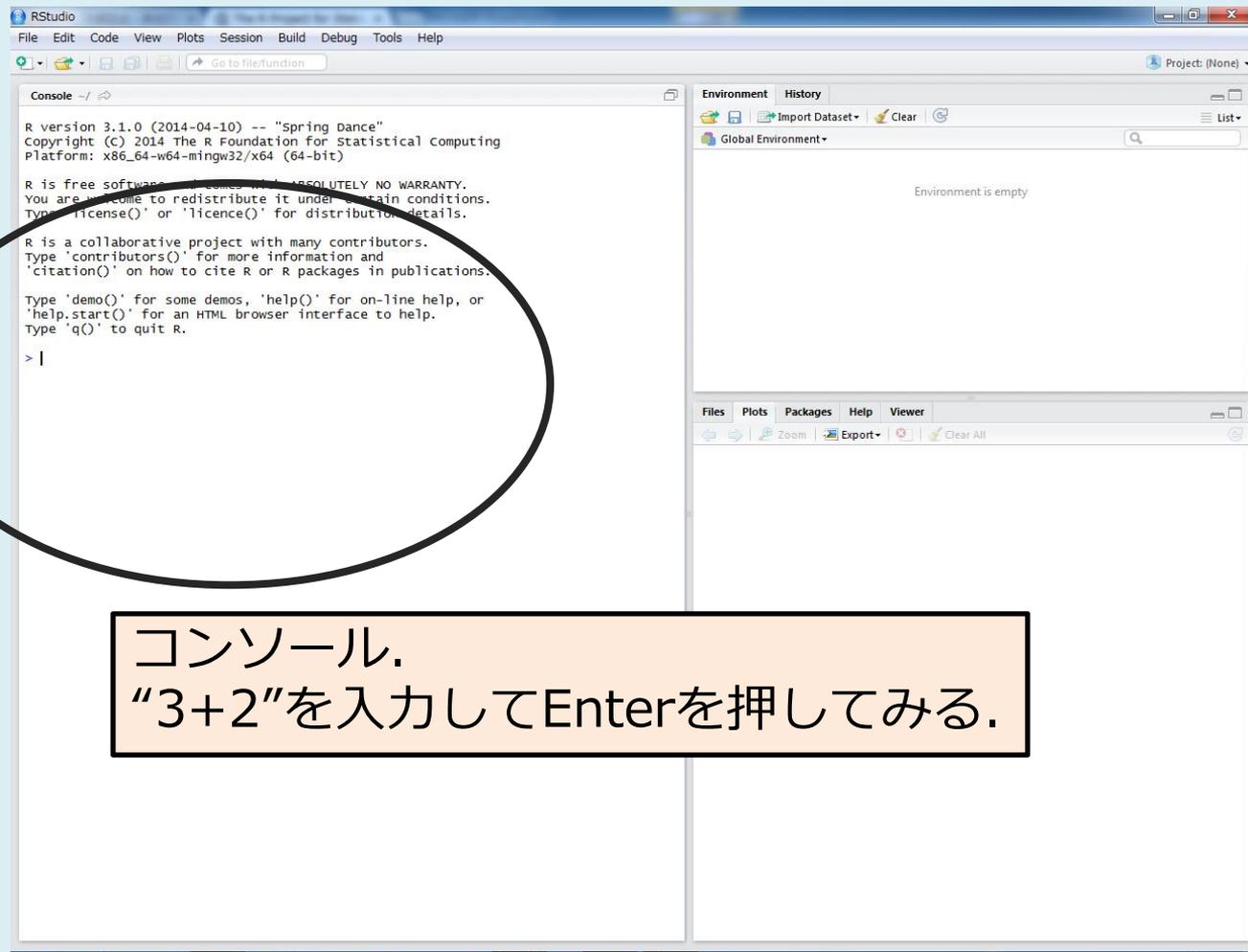
- 特に設定は必要ない.
- 「次へ」で進めばよい.



RStudioが使用可能に.

Rstudioを実行する(コンソール)

- 起動(初期画面).



コンソール。
"3+2"を入力してEnterを押してみる。

```
> 3+2  
[1] 5  
> |
```

単純な計算機として機能している.

```
[1] 5  
> 3*5+6/2-(2+4)/3  
[1] 16  
> |
```

複雑な計算も可能

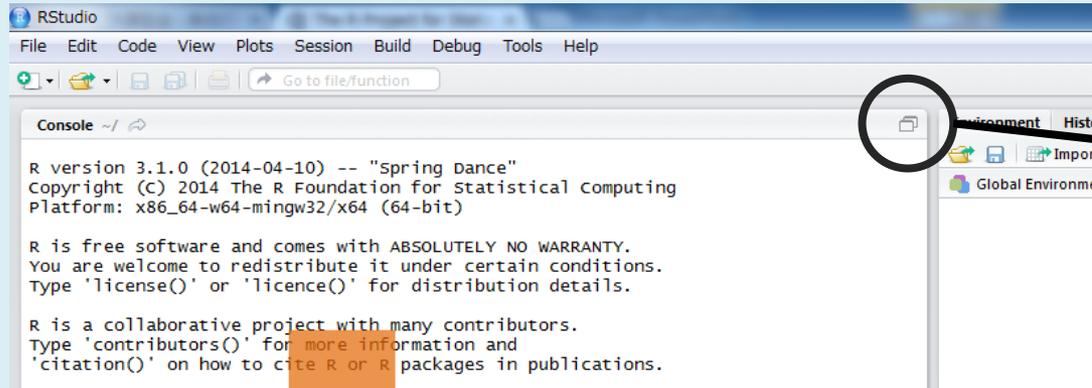
```
> a <- 3  
> b <- 2  
> a+b  
[1] 5
```

変数も利用可能.
(変数宣言必要なし. 詳細は後で.)

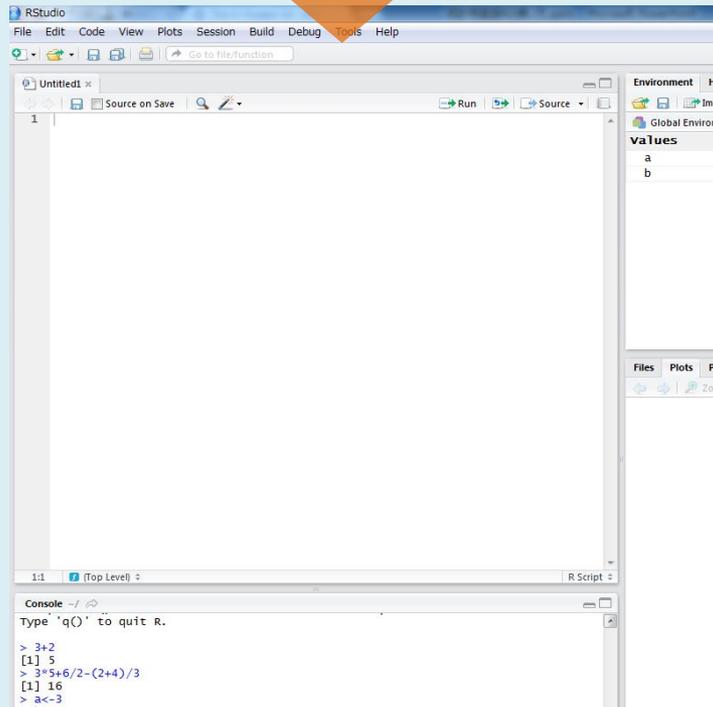
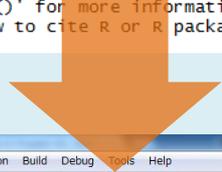
対話的に計算ができる.

電卓の利用.

もう少しプログラミングっぽい使い方



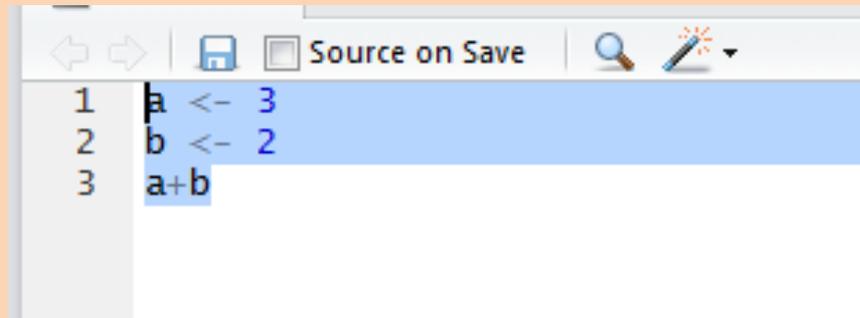
ここをクリック



左上部分に新しい画面が出てきた。
(スクリプト編集画面)

コンソールとスクリプト

- コンソール = 1行ずつ実行
- スクリプト = プログラムを**まとめて**実行



```
1 a <- 3
2 b <- 2
3 a+b
```

さっきのコードを書いて…
実行する範囲を選択,



で実行!

スクリプトの編集

- 出来るだけ**スクリプト**を使いましょう.
- 直接コンソールに打つと, 間違った時が大変.

next

統計っぽい解析

簡単な統計解析

[本節の内容]

- ✓ “ベクトル”という考え方
- ✓ 平均, 分散を計算する
- ✓ (偏差値を計算する)
- ✓ (ヒストグラムを描く)

“ベクトル”という考え方

- 配列みたいなもの。
- 数字の列ぐらいに思ってください。

```
← → | 📁 Source on Save |  
1 a <- c(1,2,3,4,5)
```

aに(1,2,3,4,5)という数字の列を入れる

```
> a  
[1] 1 2 3 4 5
```

aに5つの数字が入っている。

ベクトルに対して、様々な関数が用意されています。

```
> max(a)  
[1] 5
```

最大値

```
> mean(a)  
[1] 3
```

平均値

```
> var(a)  
[1] 2.5
```

分散

計算は“ベクトル”が基本

- 例) あるテストの平均点を求める。

| | Aさん | Bさん | Cさん | Dさん | Eさん | Fさん | Gさん | Hさん |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 点数 | 55 | 45 | 65 | 30 | 85 | 90 | 95 | 50 |

- 1) 点数のデータをベクトルで表現

```
pts <- c(55, 45, 65, 30, 85, 90, 95, 50)
```

- 2) 平均点を計算 (meanを使う)

```
> mean(pts)  
[1] 64.375
```

- 3) 最高点等も計算できる!

```
> max(pts)  
[1] 95
```

ベクトルに名前を付ける

①

```
> pts  
[1] 55 45 65 30 85 90 95 50
```

 ←誰が何点なのか分からない

②

```
pts.names <- c("A","B","C","D","E","F","G","H")
```

名前を入れたベクトルを作成. (点数の順番と対応)

③

```
names(pts) <- pts.names
```

 pts(点数一覧)に名前を入れる

④

```
> pts  
  A  B  C  D  E  F  G  H  
55 45 65 30 85 90 95 50
```

 名前がつけました!

⑤

```
> which.max(pts)  
G  
7
```

 最高点はGさんでした.

もっと巨大なデータの処理

200人分の点数のデータがあったとする。

```
> pts
 [1] 70 60 65 56 62 86 73 54 36 64 50 61 58 22 49 63 44 65 59 62 64 64 65 68 71
 [26] 47 56 53 51 51 57 20 39 67 63 76 62 95 49 58 38 40 73 74 37 81 74 90 48 53
 [51] 66 32 65 47 64 62 56 74 46 68 71 37 32 61 65 80 57 48 42 48 56 40 59 75 63
 [76] 49 80 67 92 48 75 36 59 69 43 68 58 78 84 72 56 40 56 67 35 66 47 61 62 51
 [101] 51 50 51 50 57 62 73 43 63 71 48 66 68 68 58 60 73 54 38 40 49 58 69 51 87
 [126] 54 57 52 64 57 48 64 62 64 61 80 62 93 71 34 63 62 55 75 39 53 57 42 34 45
 [151] 33 25 50 52 70 76 65 85 71 57 56 81 69 32 53 53 90 47 71 69 45 73 41 75 67
 [176] 68 49 56 58 74 39 71 77 73 68 40 77 47 50 39 52 82 65 56 71 59 45 64 66 47
```

mean, max, minを調べる

```
> mean(pts)
 [1] 58.905
> max(pts)
 [1] 95
> min(pts)
 [1] 20
```

:平均点

:最高点

:最低点

手計算だとしんどい

魔法のコマンド(偏差値編)

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N X_t$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X_t - \mu)^2$$

$$Z_i := \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

`normalized.pts <- scale(pts,center=TRUE,scale=TRUE)`

$R_i = 50 + 10Z_i$:偏差値

`50 + 10*normalized.pts`

2行だけ書けば計算できる

```
> 50 + 10*normalized.pts
```

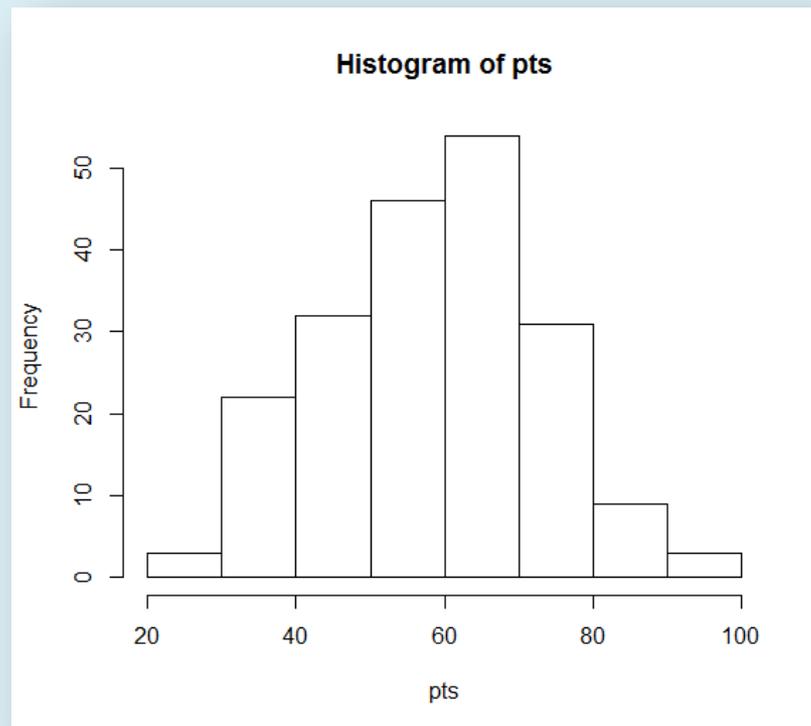
```
      [,1]  
[1,] 57.80125  
[2,] 50.76993  
[3,] 54.28559  
[4,] 47.95740  
[5,] 52.17619  
[6,] 69.05137  
[7,] 59.91065  
[8,] 46.55114
```

グラフ的な処理

- さっきの点数のヒストグラムを描く

たった一言命令するだけ

```
> hist(pts)
```



まとめ

- R/Rstudioのダウンロード/インストール
- 計算はベクトルが基本
- コマンドいろいろあって便利です

グラフを描いてみよう

[本節の内容]

- ✓ データのプロット
- ✓ 線形回帰

データのプロット

事例) 最高気温とアイスコーヒーの注文個数

| 最高気温 (°C) | アイスコーヒー注文数 (個数) |
|--------------|--------------------|
| 22 | 300 |
| 23 | 310 |
| 23 | 320 |
| 24 | 330 |
| 24 | 320 |
| 25 | 330 |
| 25 | 310 |
| 26 | 320 |
| 26 | 310 |
| 27 | 340 |
| 27 | 360 |
| 28 | 350 |
| 29 | 360 |
| 32 | 400 |
| 28 | 370 |
| 24 | 310 |
| 31 | 360 |
| 31 | 390 |
| 32 | 390 |
| 33 | 400 |
| 33 | 410 |
| 34 | 450 |
| 34 | 460 |
| 35 | 440 |
| 35 | 480 |

「アイスコーヒーの注文数を予測しよう」
<http://markezine.jp/article/detail/16164>

データを入力

- 頑張って入力します。

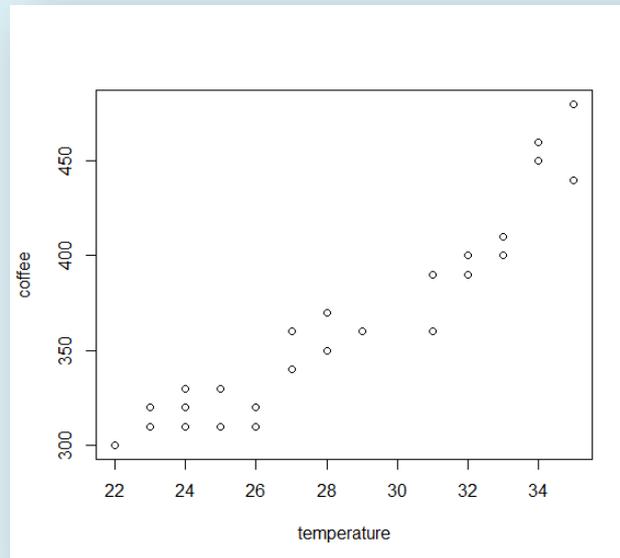
```
temperature <- c(22, 23, 23, 24, 24, 25, 25, 26, 26, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 30, 30, 31, 31, 32, 32, 33, 33, 34, 34, 35, 35, 36, 36, 37, 37, 38, 38, 39, 39, 40, 40, 41, 41, 42, 42, 43, 43, 44, 44, 45, 45, 46, 46, 47, 47, 48, 48, 49, 49, 50, 50, 51, 51, 52, 52, 53, 53, 54, 54, 55, 55, 56, 56, 57, 57, 58, 58, 59, 59, 60, 60, 61, 61, 62, 62, 63, 63, 64, 64, 65, 65, 66, 66, 67, 67, 68, 68, 69, 69, 70, 70, 71, 71, 72, 72, 73, 73, 74, 74, 75, 75, 76, 76, 77, 77, 78, 78, 79, 79, 80, 80, 81, 81, 82, 82, 83, 83, 84, 84, 85, 85, 86, 86, 87, 87, 88, 88, 89, 89, 90, 90, 91, 91, 92, 92, 93, 93, 94, 94, 95, 95, 96, 96, 97, 97, 98, 98, 99, 99, 100, 100)
```

…こんな感じ

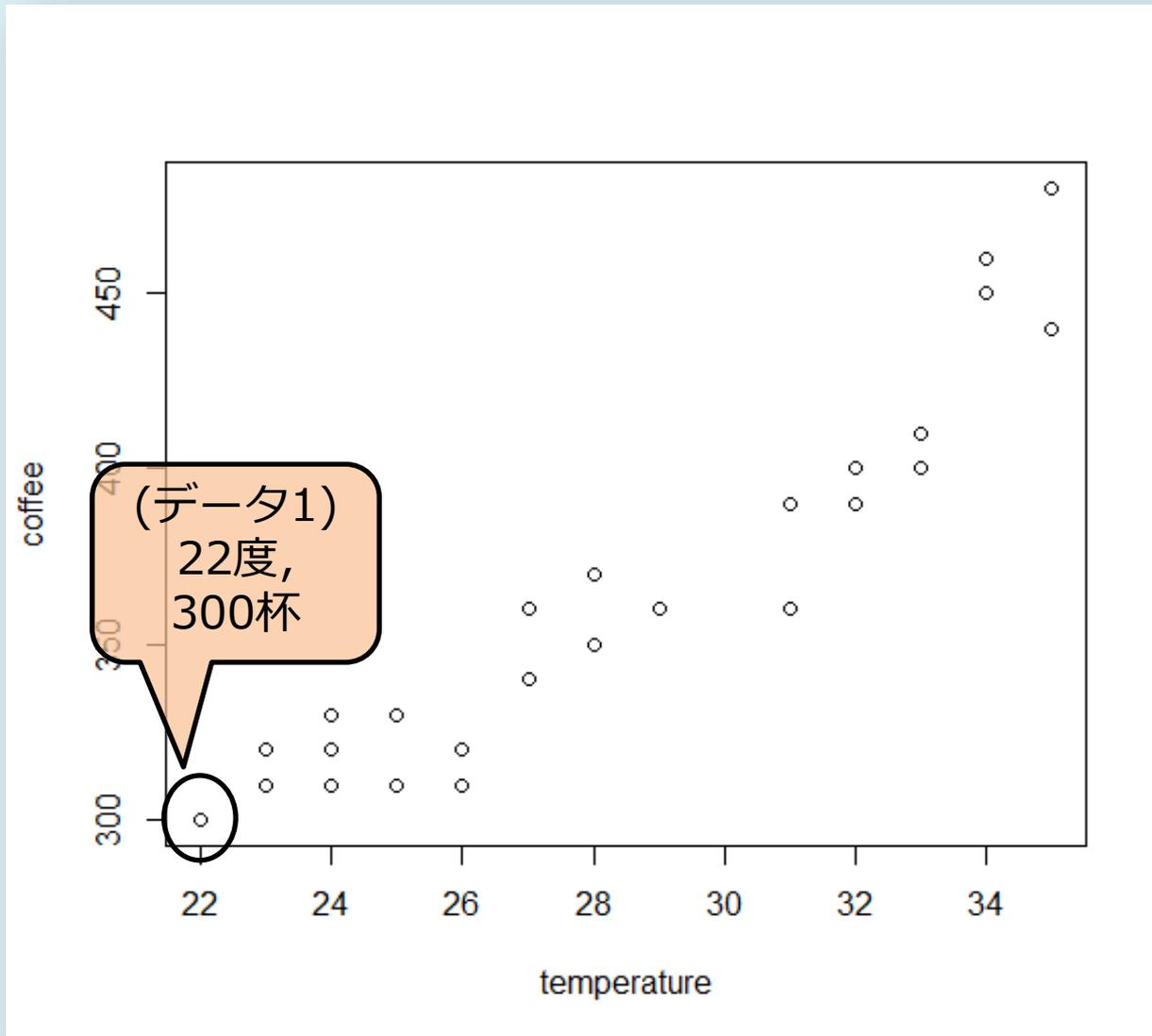
表の**上から順**に入力 (順番を変えてはいけません)

一言だけ命令

```
> plot(temperature, coffee)
```



図を拡大

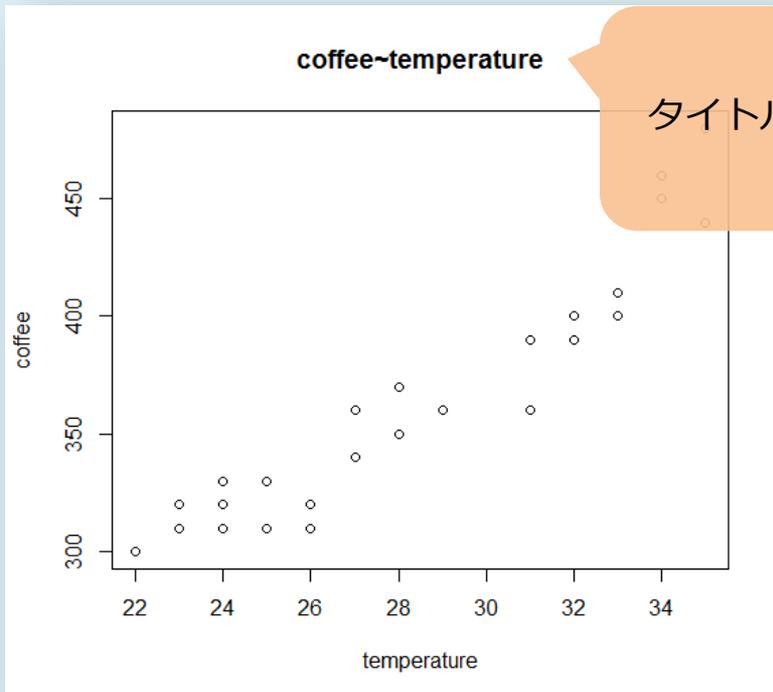


図を修正する

- plot() だと図は**自動**で調整される
- が, 手動で修正できる.

```
plot(temperature, coffee, xlim=c(22, 35),  
     ylim=c(300, 480),  
     main="coffee~temperature")
```

:x軸,y軸の範囲
:グラフのタイトル



色々なsettingを試してみましょう.
(点の間を線で結んでくれる設定等)

図を修正する(2)

- pchとか変えてみる

| pch | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 出力 | □ | ○ | △ | + | × | ◇ | ▽ | ⊠ | ✳ |

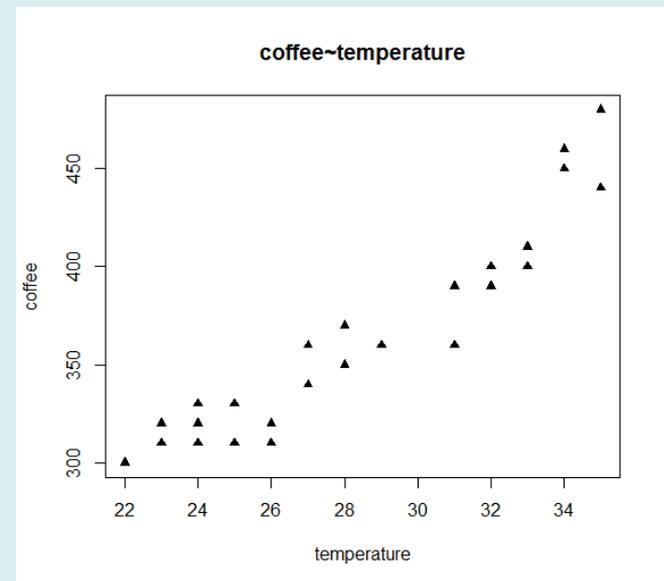
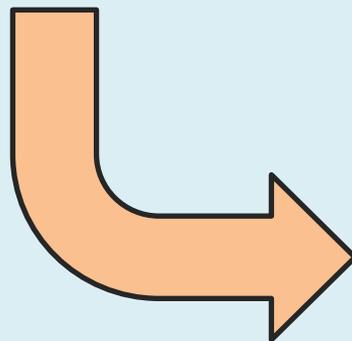
| pch | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|-----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 出力 | ◊ | ⊕ | ⊗ | ⊞ | ⊗ | ◻ | ■ | ● | ▲ |

| pch | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 出力 | ◆ | ● | ● | ○ | □ | ◇ | △ | ▽ | |

[R-Source]

<http://cse.naro.affrc.go.jp/takezawa/r-tips/r/53.html>

```
plot(temperature, coffee, xlim=c(22, 35),  
     ylim=c(300, 480),  
     main="coffee~temperature",  
     pch=17)
```



相関係数を計算

- (統計を知っている人用)

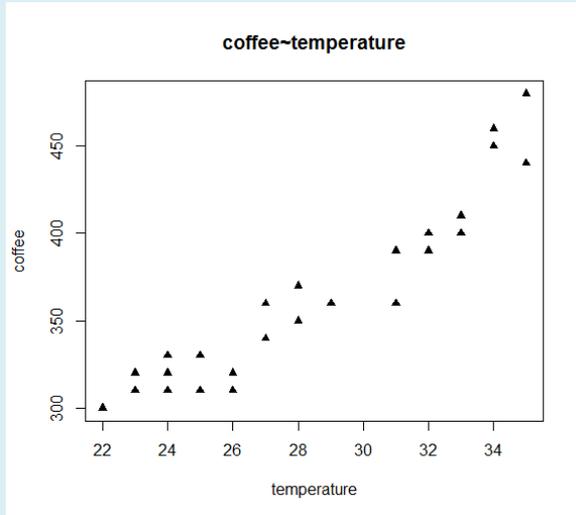
$$\text{Cor}(X, Y) := \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{V(X)V(Y)}}$$

面倒な計算も一発

```
> cor(temperature, coffee)
[1] 0.9431283
```

かなり強い相関がある (>0.8)
グラフから見ても線形に近似できそう

線形回帰



$$\text{coffee} = a \times \text{temperature} + b$$

計算の方法について、
興味のある人は「線形回帰」で調べましょう
省略!

また一言だけ命令:

```
> lm(coffee ~ temperature)
```

線形回帰(2)

```
> lm(coffee ~ temperature)

call:
lm(formula = coffee ~ temperature)

coefficients:
(Intercept)  temperature
    30.21         11.76
```

$$\text{coffee} = 11.76 \times \text{temperature} + 30.21$$

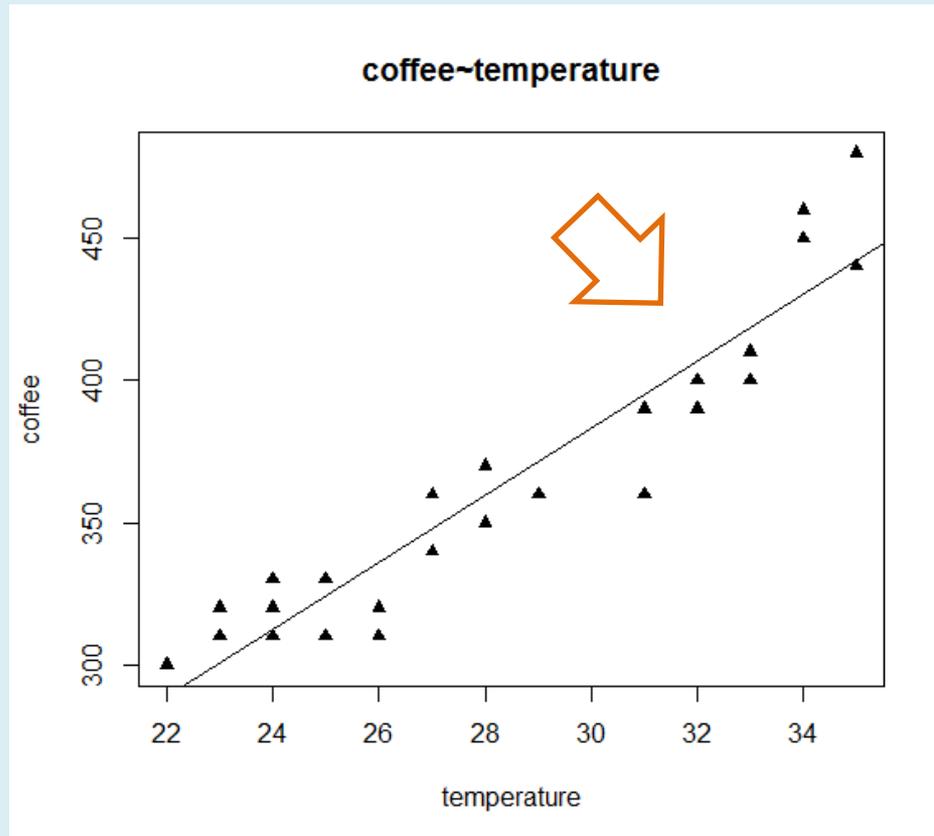
たった一言で式が求まった!

これをグラフに書き込んでみる

線形回帰(3)

回帰直線を図に書き込む

```
prd <- lm(coffee~temperature)
abline(prd)
```



この章のまとめ

- データとplot()で図を書ける
- 手動調整用のコマンドも豊富
- 線形回帰も楽々

今日やったことのおさらい

- R/RStudioのDL/Install
- 簡単な統計解析
 - 平均や分散の計算
 - 偏差値とヒストグラム
- グラフを描いてみる
 - plot() 関数
 - 手動でのグラフの調整
 - 線形回帰

最後に

- 講習会終了後の質問は,
 - 火曜日15:00-18:00
 - 金曜日15:00-18:00@利用支援カウンター
- または, E-mail:
sogo-ta52@library.osaka-u.ac.jp
まで.

おまけ

[本節の内容]

- ✓ 今日使ったソースコード
- ✓ 参考文献

今日使ったコード(1)

```
#analyze points
pts <- c(55,45,65,30,85,90,95,50)
mean(pts)
max(pts)

#big data
pts<-ceiling(rnorm(200,mean=60,sd=15))
min(pts)
max(pts)
mean(pts)

#standard score
normalized.pts <- scale(pts,center=TRUE,scale=TRUE)
50 + 10*normalized.pts

#coffee ~ temperature
temperature <-
  c(22,23,23,24,24,25,25,26,26,27,27,28,29,32,28,24,31,31,32,33,33,34,34,35,35)
coffee <- c(300,310,320,330,320,330,310,320,310,340,360,350,360,400,370,310,
            360,390,390,400,410,450,460,440,480)
```

今日使ったコード(2)

```
#simple plot
plot(temperature,coffee)

#manual
plot(temperature,coffee,xlim=c(22,35),
      ylim=c(300,480),
      main="coffee~temperature",
      pch=17)

#linear regression
lm(coffee~temperature)

#plot predicted line
prd <- lm(coffee~temperature)
abline(prd)
```

参考文献

定番の本

The R tips データ解析環境Rの基本技・グラフィックス活用集 / 舟尾暢男著

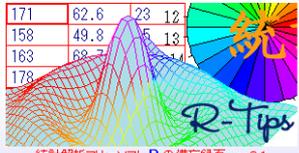
言語: Japanese

出版物情報: 東京 オーム社 2009.11.

版: 第2版

出版時期: 2009

同じ内容が無料で公開(web)



統計解析フロント R の備忘録 ver.3.1

Rは有名な統計言語「S言語」をオープンソースとして実装し直した統計解析ソフトです。さまざまなプラットフォーム(OS)でロードすることができます。それにも関わらず、世界中の専門家が開発に携わっており、日々新しい手法・アルゴリズムが新しいグラフィックも充実しているので数値計算などにも持ってこいです。このドキュメントは Windows 版 R と Mac 版 R を調べた足跡です。

ちなみに、この頁の内容を新しくした書籍は [こちら](#)、電子書籍版は [こちら](#) で販売されています。

◎ 入門篇 ◎

| | | | |
|------|---------------------------------------|------|-----------------------------|
| リンク | The R Project | リンク | RioWiki |
| リンク | PDF版 R-Tips(200頁・3Mb) | 索引 | この頁の索引 |
| 第01節 | R のセットアップ+参考文献 | 第02節 | R の起動と終了 |
| 第03節 | 簡単な計算 | 第04節 | R 用エディタ |
| 第05節 | オブジェクトと代入(付値) | 第06節 | 作業ディレクトリの管理 |
| 第07節 | ヘルプを見る | 第08節 | パッケージ・ライブラリ |
| 第09節 | R のインストール | | |

R-Tips
<http://cse.naro.affrc.go.jp/takezawa/r-tips/r.html>

R-番外編

[本節の内容]

- ✓ ヘルプを読む(?mean)
- ✓ プログラミングっぽい書き方
- ✓ ベクトルの応用

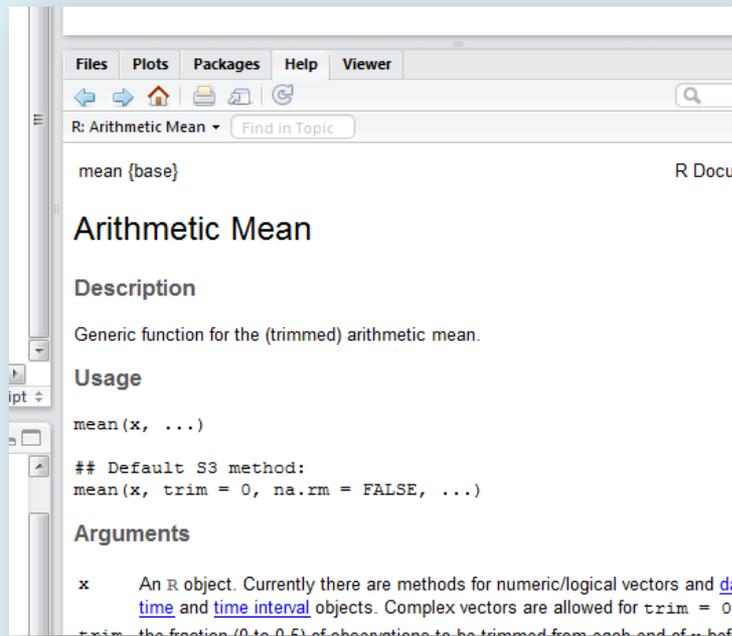
ヘルプを読む

- コマンド(mean等)のヘルプを読む。

例) mean() の使い方を調べる

```
> ?mean
```

“? + コマンド名”



RStudioの右下のウィンドウにヘルプが表示される。

mean()のhelp

Usage

```
mean(x, ...)
```

```
## Default S3 method:
```

```
mean(x, trim = 0, na.rm = FALSE, ...)
```

Arguments

x An R object. Currently there are methods for numeric/logical vectors and [date](#), [date-time](#) and [time interval](#) objects. Complex vectors are allowed for `trim = 0`, only.

trim the fraction (0 to 0.5) of observations to be trimmed from each end of `x` before the mean is computed. Values of `trim` outside that range are taken as the nearest endpoint.

na.rm a logical value indicating whether NA values should be stripped before the

Arguments(引数)

オプションみたいなもの

- meanではtrimという引数を入力できる。
(入力しなければデフォルト値=0)

ちょっと使ってみる。

meanの引数-trim

- ヘルプの下の方に, Exampleが載っている.

Examples

```
x <- c(0:10, 50)
xm <- mean(x)
c(xm, mean(x, trim = 0.10))
```

1行目:

xに(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,50)というベクトルを代入

```
> x<-c(0:10,50)
> x
[1] 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 50
```

```
> mean(x)
[1] 8.75
```

```
> mean(x,trim=0.10)
[1] 5.5
```

} 何が違う?

trimの続き

- the fraction (0 to 0.5) of observations to be trimmed from each end of x before the mean is computed. Values of trim outside that range are taken as the nearest endpoint.

trim無し

(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 50)

$$\frac{0 + 1 + 2 + \dots + 10 + 50}{12} = 8.75$$

trim=0.1

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

$$\frac{1 + 2 + \dots + 10}{10} = 5.5$$

他にも色々調べてみましょう

- ?plot, ?hist, ?lm, ?abline, …等々

けど分かりにくい場合もある。
(英語を読むのが面倒臭い)

メジャーな関数なら…

Web検索. またはR-tipsの方が分かりやすいかも.

加) 平均です。 $x > 0$ の場合しか意味を持ちません。

少なくするために、点数を大きさの順に並べて、両側から回数ずつ削除してから平均を求めることがあります。切り込み平均(trimmed mean)などと呼びます。Rでは `mean()` に `trim=...` というオプションを与えて計算します(正確には、回数 $\times 0.2$ を切り捨てて整数にした回数ずつ両側から外します)。

プログラミングっぽい書き方

1+2+3+...+100を求めたい.

方法1) ベクトルを使う方法.

```
> x <- seq(1,100,1)
> sum(x)
[1] 5050
```

方法2) forを使う方法.

```
> s <- 0
> for(i in 1:100) s <- s + i
> cat(s)
5050
```

少しプログラミング風になった.

プログラミングっぽい書き方

- for文について.
 - Rでfor文を使うと遅い.
 - forではなく**ベクトル**を使う方が良い.

```
> x <- seq(1,100,1)
> sum(x)
[1] 5050
```

>

```
> s <- 0
> for(i in 1:100) s <- s + i
> cat(s)
5050
```

速い.
(場合によっては数百倍)

通常の利用では, 単なる好みの問題

関数を作る

1変数の関数

```
f <- function(x){  
  return(x+2)  
}
```



```
> f(2)  
[1] 4
```

2変数の関数

```
g <- function(x,y){  
  return(x+3*y)  
}
```



```
> g(1,2)  
[1] 7
```

更に複雑な関数

```
h <- function(x){  
  x.max <- max(x)  
  x.min <- min(x)  
  x.mean <- mean(x)  
  return(list(max=x.max,  
              min=x.min,  
              mean=x.mean))  
}
```



```
> h(pts)  
$max  
[1] 95  
  
$min  
[1] 30  
  
$mean  
[1] 64.375
```

ベクトル(pts)

ベクトルで計算する

```
> x <- c(1,2,3,4,5)
> x
[1] 1 2 3 4 5
> x+1
[1] 2 3 4 5 6
```

全ての要素に適用される

```
a <- seq(1,5,1)

f <- function(x){
  return(4 + x^2 / (x+1))
}

f(a)
```

```
> a
[1] 1 2 3 4 5
> f(a)
[1] 4.500000 5.333333 6.250000 7.200000 8.166667
```

$4 + 2^2 / (2 + 1) = 4 + 4/3 = 5.33333...$

ベクトルで計算する(発展)

$\sum_{k=1}^{100} (3k^2 + 2k)$ を求めるにはどうするか?

```
k <- seq(1,100,1)
sum(3*k^2 + 2*k)
```

```
> sum(3*k^2 + 2*k)
[1] 1025150
```

行列で計算する(発展)

$\sum_{i,j=1}^{10} \frac{1}{ij}$ をどうやって計算するか?

```
a <- seq(1,10,1)
b <- a %**% t(a)
sum(1/b)
```

```
> b
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9] [,10]
[1,]    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10
[2,]    2    4    6    8   10   12   14   16   18   20
[3,]    3    6    9   12   15   18   21   24   27   30
[4,]    4    8   12   16   20   24   28   32   36   40
[5,]    5   10   15   20   25   30   35   40   45   50
[6,]    6   12   18   24   30   36   42   48   54   60
[7,]    7   14   21   28   35   42   49   56   63   70
[8,]    8   16   24   32   40   48   56   64   72   80
[9,]    9   18   27   36   45   54   63   72   81   90
[10,]   10   20   30   40   50   60   70   80   90  100
```

```
> sum(1/b)
[1] 8.578855
```

(i,j)要素=ij

R-番外編, まとめ

- 困ったらヘルプを読みましょう。
 - Web検索, R-tips,
 - またはRから呼び出せるヘルプへ.
- プログラムっぽい書き方もできます。
 - for, while, repeat系も利用可.
 - ただしベクトルを利用した方が早い.
 - (発展)行列を使って書くのがRの醍醐味.
 - 関数も作れます. 活用しましょう.