2011/04/12

データ解析　01
イントロ　Rに慣れる

東工大　情報科学科
下平英寿

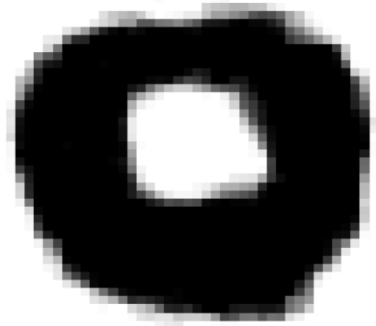
イントロダクション
今日は雑談です

「データ解析」の課題より．．．

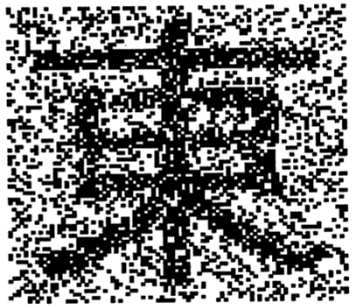
観測画像　Y

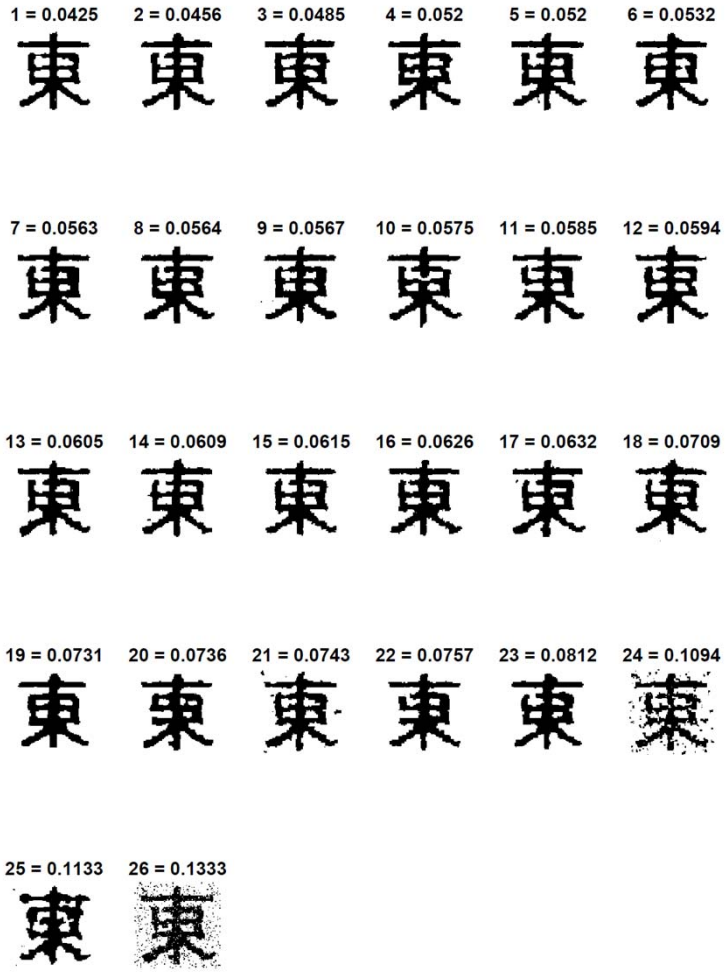
画像復元

推定画像　X



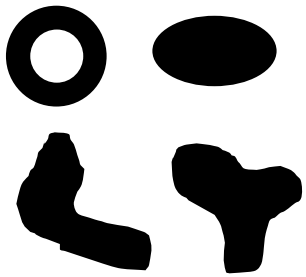
画像復元




1 = 0.0425
2 = 0.0456
3 = 0.0485
4 = 0.052
5 = 0.052
6 = 0.0532
7 = 0.0563
8 = 0.0564
9 = 0.0567
10 = 0.0575
11 = 0.0585
12 = 0.0594
13 = 0.0605
14 = 0.0609
15 = 0.0615
16 = 0.0626
17 = 0.0632
18 = 0.0709
19 = 0.0731
20 = 0.0736
21 = 0.0743
22 = 0.0757
23 = 0.0812
24 = 0.1094
25 = 0.1133
26 = 0.1333

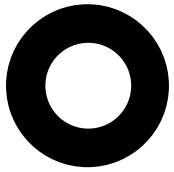
3X10^{752}通りをどうやって計算？

Xの事前分布



$P(X)$

真の画像 X

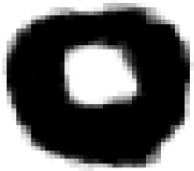


$P(Y \mid X)$

ノイズの確率モデル

観測画像 Y

推定画像 X



$$P(X \mid Y) = \frac{P(Y \mid X)P(X)}{\sum_{X'} P(Y \mid X')P(X')}$$

50x50＝2500ピクセル

Xの組み合わせ ＝ 2^{2500} ＝ 3 x 10^{752} 通り

ベイズ
(1702-1761)

マルコフチェイン・モンテカルロ法 （MCMC法，ギブス・サンプラー）

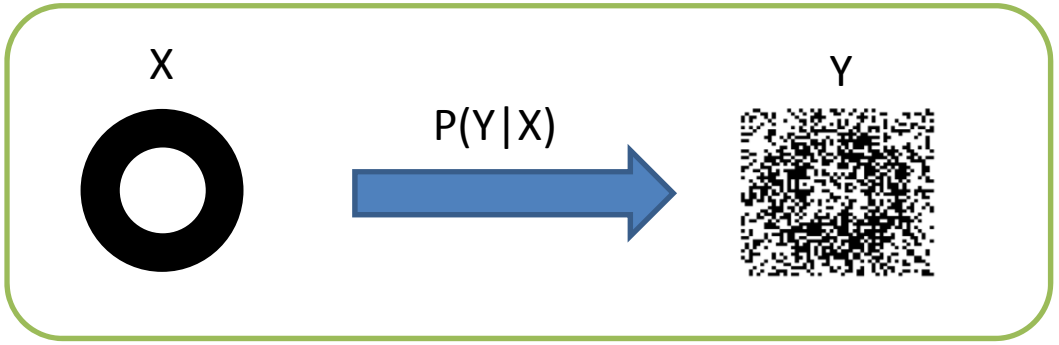
ところで

「確率」と「統計」の違いは？

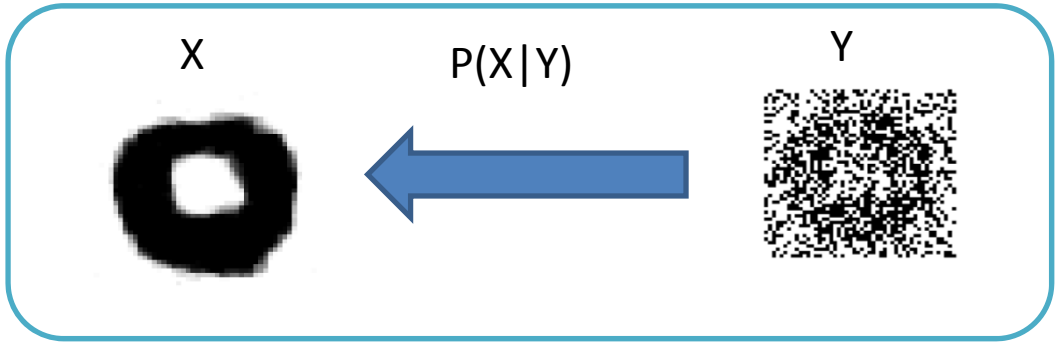
「統計」では「確率」も使います

- amazon.co.jpの「確率・統計」

統計学は逆向きの思考



「確率」



「統計」

演繹と帰納

「データの科学」の歴史

- 1702-1761 ベイズ
- 1795 ガウス　最小2乗法，正規分布
- 1890頃　ガルトン　相関，回帰分析
- 1908　ゴセット（スチューデント）　t-分布
- 1920頃　フィッシャー　最尤法
- 1950頃？　ロジスティック回帰
- 1970 ヘィスティングス　MCMC法
- 1974 赤池　情報量規準
- 1979 エフロン　ブートストラップ法

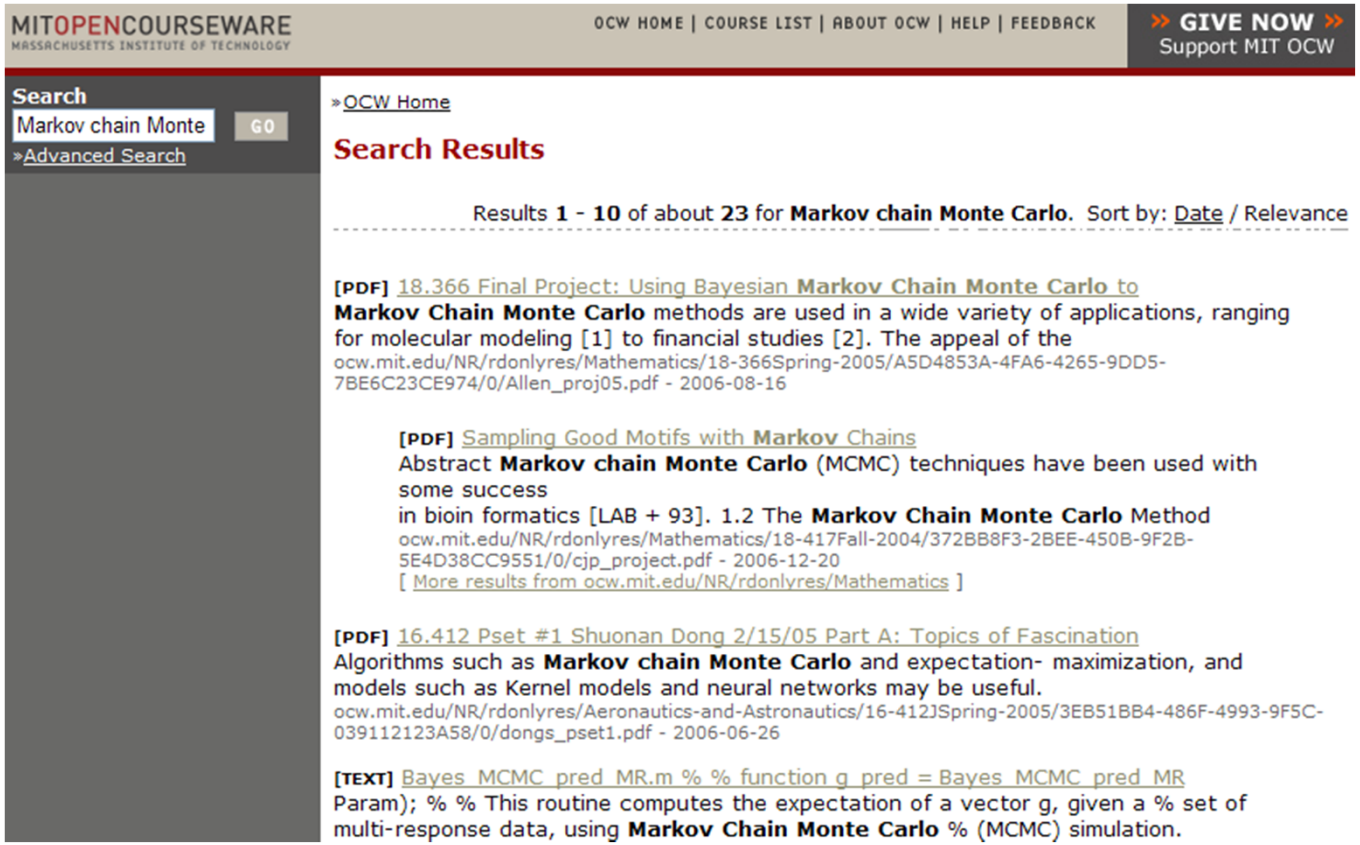
画像の課題で使う

下平研の研究

統計科学
数学，コンピュータ
機械学習
生命科学

データから情報を抽出する
アルゴリズム　＋　コンピューティング

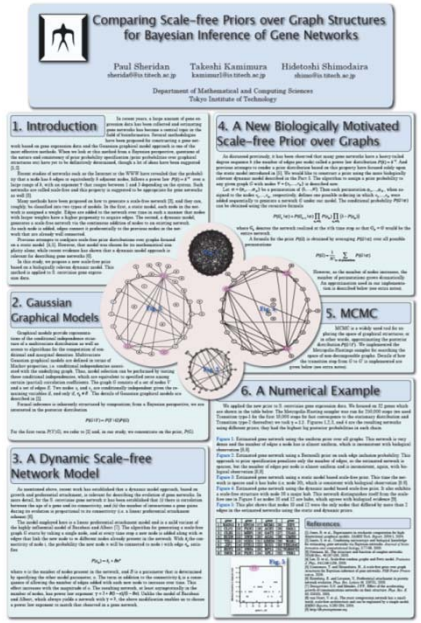
MITの講義資料
“Markov chain Monte Carlo”を検索

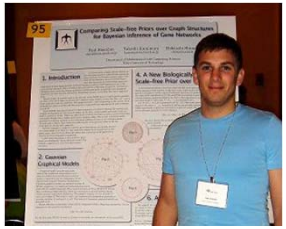


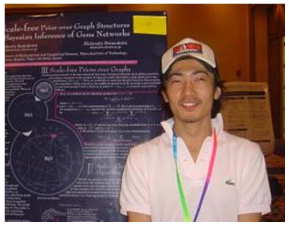
マルコフチェイン・モンテカルロ法　：　MIT（または東工大）の大学院講義ですね．．．

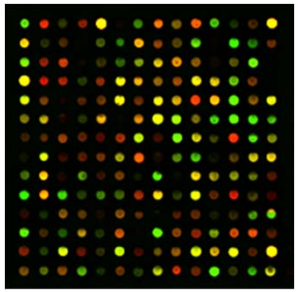
ちょっと難しいかも．．．とりあえずやってみる！

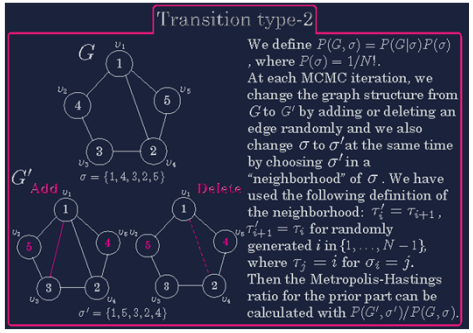
研究プロジェクト1
MCMC法でグラフ構造を推定







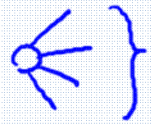




（応用：DNAチップから
遺伝子ネットワークを推定）

k = "degree" : the number of edges
or "links" of each node

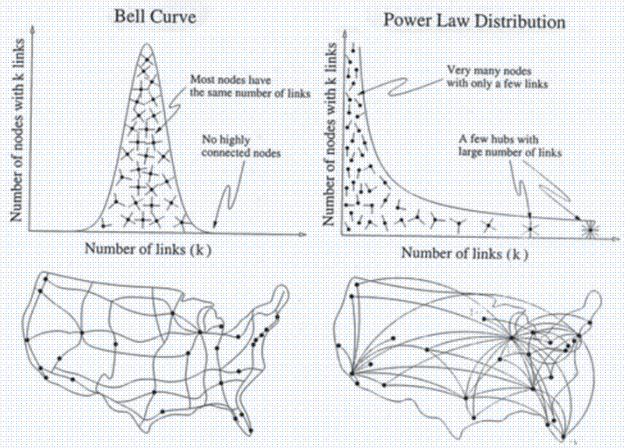
$P(k) \propto k^{-\gamma}$



k本

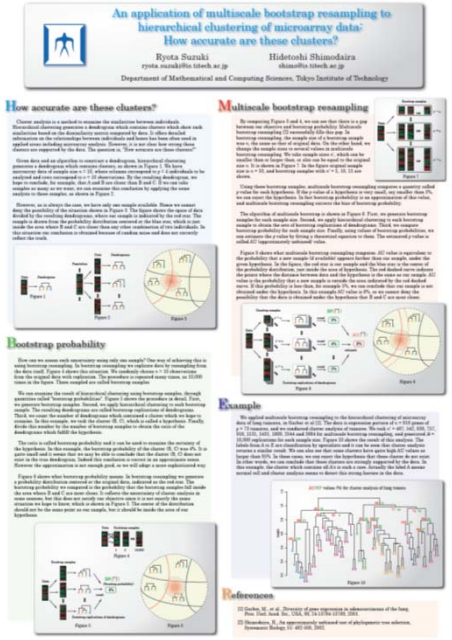
k：各ノードのリンク数

www $\gamma = 2.1 \sim 2.7$
gene $\gamma = 2.2$



Barabasi, A., Albert, R., Emergence of scaling in random networks, Science, 1999.

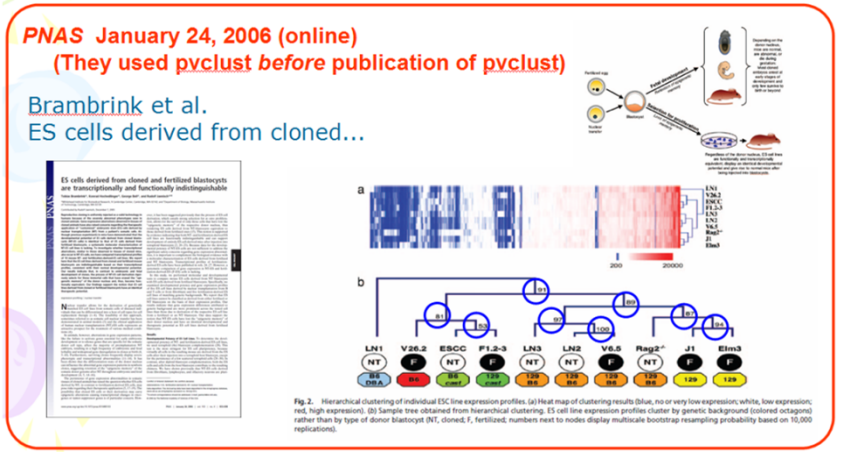
研究プロジェクト2
「分類」のランダムネスを計算



鈴木了太くんの修論

「マルチスケール・ブートストラップ法」を分類の確率値計算のために実装した．並列計算による高速化．

- Rの公式ライブラリ「pvclust」を作成
- 鈴木君の書いた学術論文： Bioinformatics誌に掲載
- 生物学のクローン研究などで利用されている



アルゴリズム＋数学理論 (下平研の論文)

$\frac{1}{24}\phi^{pppp}$, $\bar{b}_0^c = -\frac{1}{2}d^{aa}\phi^{cpp} + d^{ab}\phi^{abc} - 3e^{aac}$ and $\bar{b}_2^c = \frac{1}{2}\phi^{bpp}(2d^{bc} - \phi^{bcp}) - \frac{1}{4}\phi^{cpp}\phi^{ppp} + \frac{1}{6}\phi^{cppp}$. Then the distribution function of $\hat{z}_\infty(y)$ is obtained immediately from Lemma 4 as shown below.

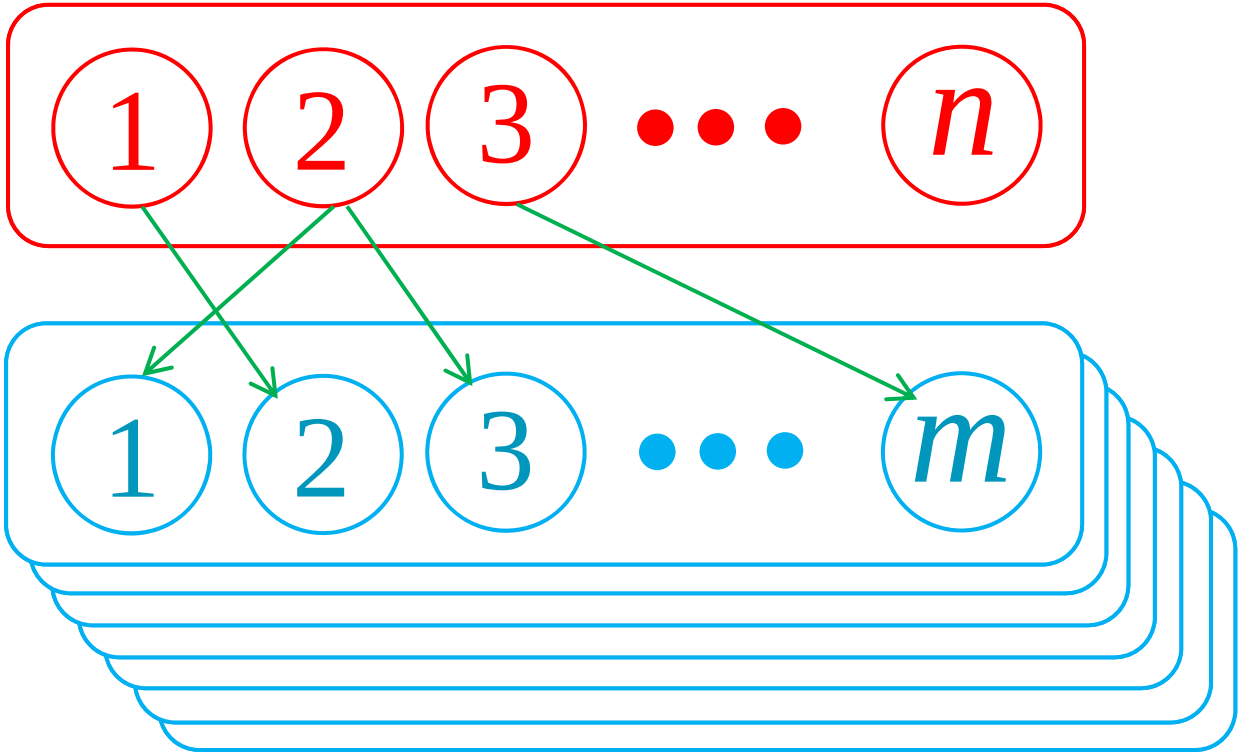
LEMMA 6. *Let us consider a statistic*

$$\hat{z}_q(y) \approx \hat{z}_\infty(y) + q_0 + q_1\hat{v} + q_2\hat{v}^2 + q_3\hat{v}^3 + \hat{u}_c g^c(\hat{v}),$$

where the coefficients are $q_0 = O(n^{-1/2})$, $q_1 = O(n^{-1})$, $q_2 = O(n^{-1/2})$ *and* $q_3 = O(n^{-1})$, *and* $g^c(\hat{v}) = O(n^{-1})$, $c = 1, \ldots, p-1$, *representing arbitrary polynomials of* $\hat{v}$. *The index* q *of* z_q *indicates the coefficients. Assuming* $(\hat{U}, \hat{V}) \sim f(\hat{u}, \hat{v}; \lambda, 1)$, *the distribution function of* $\hat{z}_q(y)$ *is expressed as*

$$\begin{aligned}\Pr\{\hat{z}_q(Y) \le x; \lambda\} &\approx \Phi[x - \lambda - q_0 - \tfrac{1}{3}\phi^{ppp}\lambda^2 + \tfrac{1}{6}\phi^{ppp}\lambda x - q_2 x^2 \\ &\quad + \{(d^{ab})^2 + \tfrac{1}{8}(\phi^{app})^2 + \tfrac{7}{72}(\phi^{ppp})^2 - \tfrac{1}{24}\phi^{pppp} - \tfrac{1}{6}\phi^{ppp}q_0\}\lambda \qquad (7.14)\end{aligned}$$

サンプルサイズを m に変更

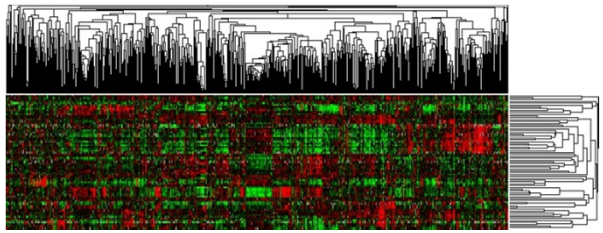


ブートストラップ法

普通は当然 m=n　　最新手法は???

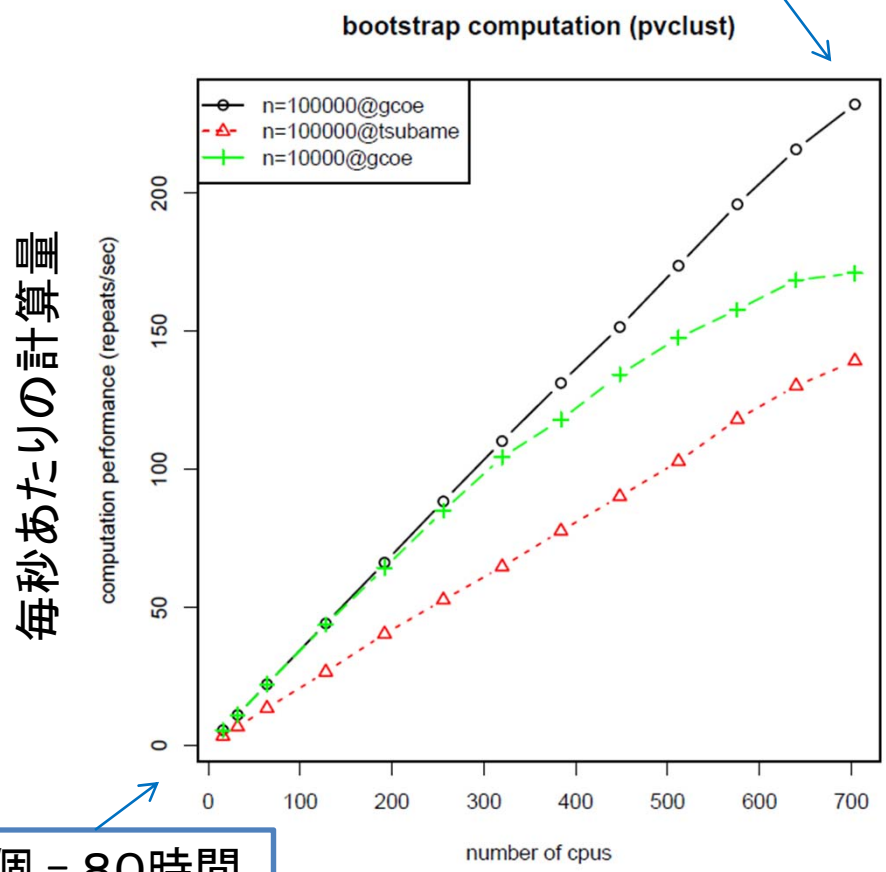
並列計算でスピードアップ
(下平研究室　2008/04/10)

問題：　DNAチップから癌の診断



東工大のスパコン
TSUBAME+TSUBASA

700個 = 7分



毎秒あたりの計算量

1個 = 80時間

計算プロセッサ（コア）の個数

データ解析　2011年度

日時：　金曜3-4時限　10：45－12：15　西8号館W834講義室.

評価方法：　レポート，ミニテストなど　（出席はとりません．期末試験は行いません．）

教員：　下平英寿　（数理・計算科学専攻　准教授，情報科学科を担当します）

TA:　永田（M1)，金城（M1)

メールアドレス：shimo-data2@is.titech.ac.jp　レポート添付ファイルの提出先や質問受付のために講義専用のメールアドレスを用意しています．

講義ウェブサイト（2011年度版）
http://www.is.titech.ac.jp/~shimo/class/data2011/index.html

2008年版の講義資料　（uda2008/main.tex 2008/05/02) を随時参照します．各自でダウンロードしてください．たぶん印刷して持参する必要はないと思います．

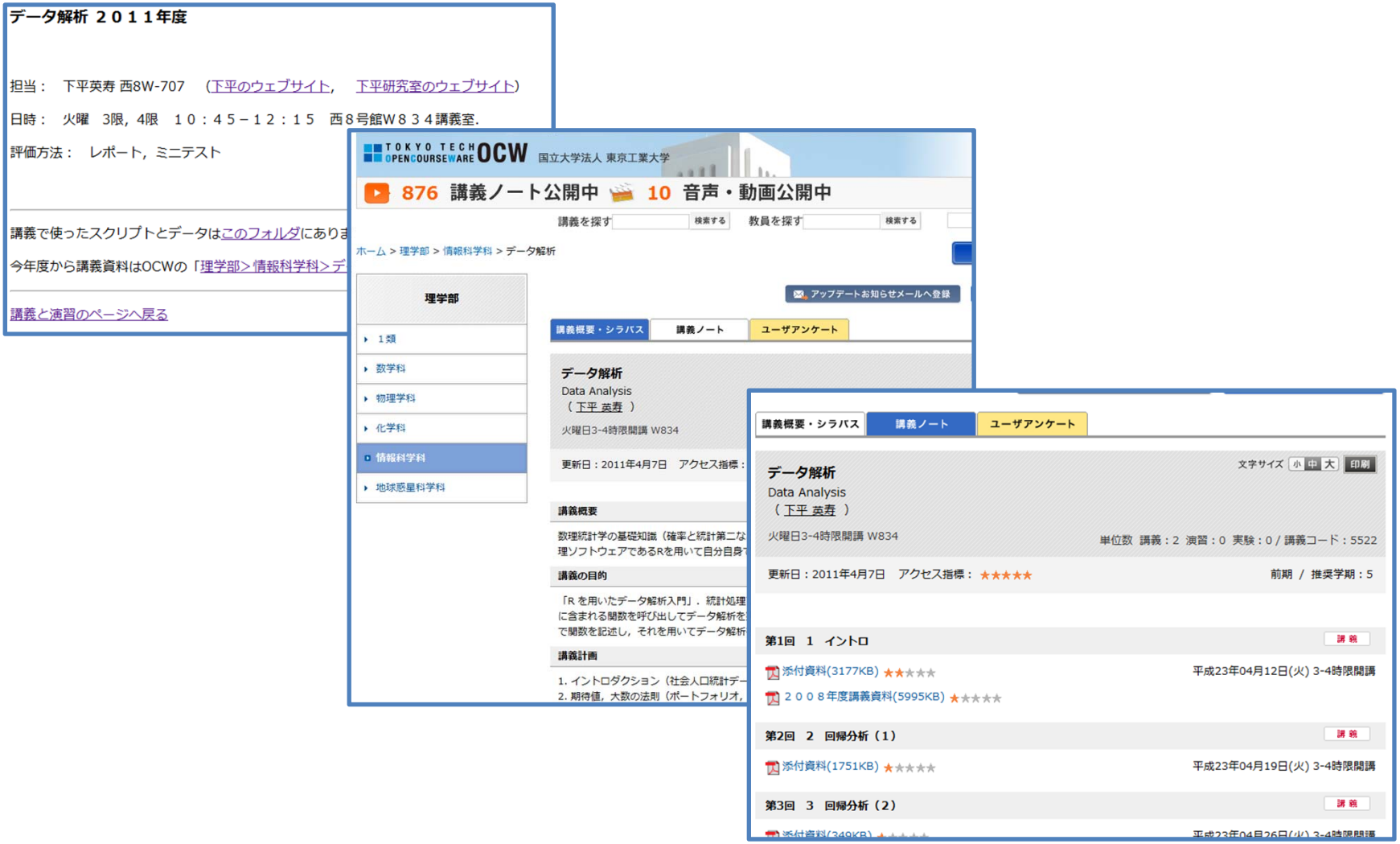
講義や資料にないことは，ウェブなど利用して各自が自分で調べることが期待されています．

レポート

- レポートボックス「データ解析」 西８W３階のエレベータ付近
- 課題を出した授業から１週間後の13:00
- 基本的に紙で提出

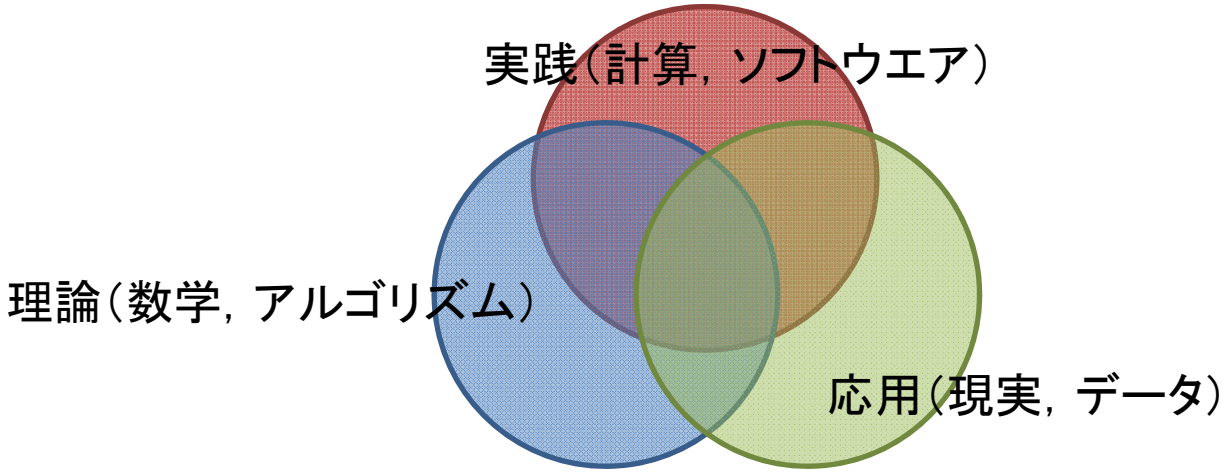
ウェブサイト

http://www.is.titech.ac.jp/~shimo/class/data2011/index.html



今後の授業予定

1. イントロ
2. 回帰分析（その１） 実践編
3. 回帰分析（その２） 理論編
4. ロジスティック回帰 （スパムメール判別）
5. 検定・信頼区間 （理論）
6. ミニテスト？
7. ．．．



シラバス

講　義　名	データ解析 (Data Analysis)		
開講時期	第 5 学期	単位数	2–0–0
担当教員	下平 英寿 西 8 号館 (W) 7 階 707 号室 (内線 3219)		

【講義のねらい】

「R を用いたデータ解析入門」．統計処理ソフトウエアである R を利用して実践的なデータ解析ができるようになること（R に含まれる関数を呼び出してデータ解析を実行する），背後にある数学，統計学，アルゴリズムを理解すること（自分自身で関数を記述し，それを用いてデータ解析を行う）を目標とする．

【講義計画】

1. イントロダクション（社会人口統計データ，バイオインフォマティクス）
2. 期待値，大数の法則（ポートフォリオ，ヒストグラム）
3. モンテカルロ法 （ＭＣＭＣ法，ギブスサンプラ）
4. ベイズの定理（画像復元）
5. 積率母関数，中心極限定理
6. 確率モデル（正規混合分布）
7. 判別問題，分類，識別（スパムメール判別）
8. パラメタ推定（最尤推定）
9. EM アルゴリズム（教師無し学習）
10. 最尤推定量の性質（クラメール・ラオの不等式，フィッシャー情報行列）
11. 検定と信頼区間
12. 線形回帰分析（ボストン住宅価格）
13. ロジスティック回帰分析（スパムメール判別のつづき，ニュートン法）
14. 主成分分析（ボストン住宅価格のつづき）

【成績評価】

レポート提出．

【テキスト等】

講義資料（PDF 形式）を講義ウェブサイトから各自ダウンロードする．

【履修の条件】

理論的な理解を深めるためには確率と統計第一・第二を履修していることが望ましいが，履修していなくても可能．R にシンタックスが類似の言語（Java 等）の経験があればよい．R プログラミングの詳細は講義中で説明せず，アルゴリズムの説明をとおして多少説明する程度である．

詳細は講義ウェブサイトを参照

`http://www.is.titech.ac.jp/~shimo/class`

「データ解析」の講義目標

1. Rを利用してデータ解析する　：　Rに含まれる関数を使う
2. 背後にある数学，統計学，アルゴリズムを理解する　：　自分で関数を作る

Rってなんですか？

ja.wikipedia.org/wiki/R言語

R言語

R言語(アールげんご)は、オープンソースでフリーソフトウェアの統計解析向けプログラミング言語、及びその開発実行環境である。

R言語は、ニュージーランドのAuckland大学のRoss IhakaとRobert Gentlemanにより作られた。現在では、R Development Core Team（S言語開発者であるJohn M. Chambersも参画。 R Project Contributors）によって、メンテナンスと拡張がなされている。

なお、R言語仕様を実装した処理系の呼称名はプロジェクトを支援するフリーソフトウェア財団によれば **GNU R**（GNU R - Free Software Directory）だが、他の実装形態が存在しないため当記事では日本での慣用的呼称にならい仕様・実装をまとめて適宜 “R言語” や “R” 等と呼ぶ。

目次 [非表示]

1 特徴
- 1.1 ベクトル処理言語
- 1.2 統計に適した解析環境
- 1.3 メルセンヌ・ツイスタによる乱数生成
- 1.4 高速な組込み関数群
- 1.5 視覚化に優れたグラフ機能
- 1.6 データ互換性
- 1.7 ユーザープログラムを配信・利用できるCRANネットワーク機能
- 1.8 教育現場から実務・研究現場へ永続的に利用可能

2 言語仕様
- 2.1 制御構造、サブルーチン
- 2.2 オブジェクト指向
- 2.3 データ型
  - 2.3.1 ベクトルとリスト
  - 2.3.2 データフレーム

3 機能
- 3.1 データ入出力
- 3.2 データのプロット
- 3.3 ワークスペースの保存

4 その他

R言語

パラダイム	マルチパラダイム、関数型、オブジェクト指向、命令型
登場時期	1996年
設計者	Ross Ihaka、 Gentleman（ く）
開発者	R Developme
最新リリース	2.12.1 / 2010
型付け	動的型付け
主な処理系	GNU R
影響を受けた言語	S言語、Schen
プラットフォーム	クロスプラッ
ライセンス	GNU GPL
ウェブサイト	www.r-proje

S言語

S言語 (えすげんご) とは、1984年、AT&Tベル研究所のJohn Chambers、Rick Becker、Allan Wilks らによって研究・開発された統計処理言語である。当初は「Sシステム」と呼ばれ、UNIX上における統計処理を行うソフトのコマンドの役割を果たす言語として開発された。 その後、機能の拡張を続け1988年にプログラミング言語としてのS言語が策定された。さらに1991年にオブジェクト指向プログラミングの機能が追加され現在に至る。

言語の特長はChambersによって、*to turn ideas into software, quickly and faithfully*と説明されている。

GNUプロジェクトによりオープンソースで作成されているR言語はS言語の文法を取り入れており、ほぼ同等の機能をもつ。S言語自体の処理系としては商用版のS-PLUSが知られている。

S言語は1998年にACMのソフトウェアシステム賞を獲得している。

S

設計者	Rick Becker, Allan Wilks, John Chambers
開発者	ベル研究所
主な処理系	S-PLUS
影響を与えた言語	R言語
ウェブサイト	S-PLUS

表・話・編・歴

プログラミング言語
>>他のプログラミング言語

■カテゴリ / ■テンプレート

Rをつかってみる

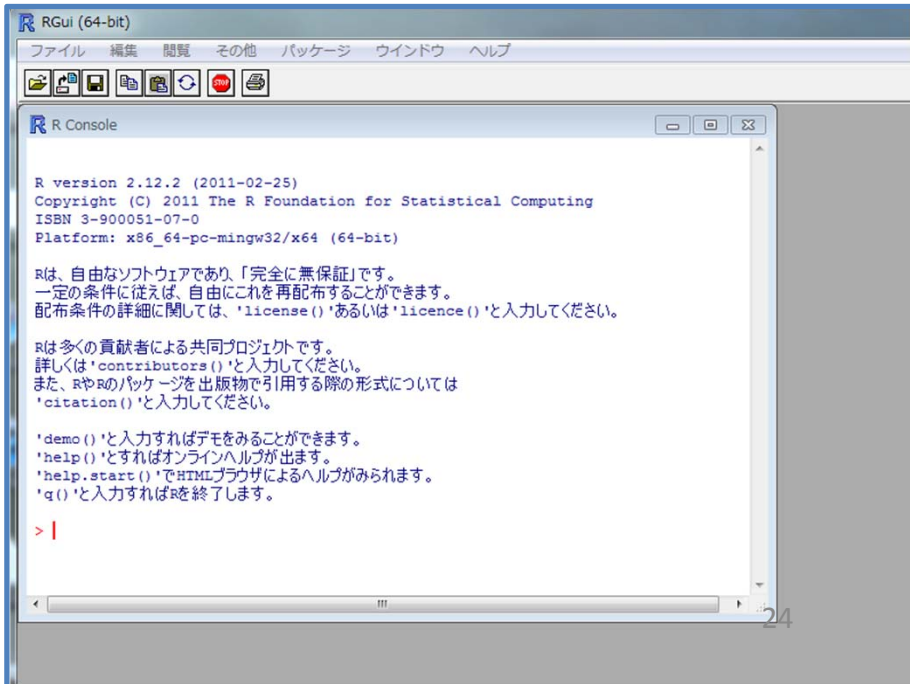
Rのダウンロード

- CRANを検索して，http://cran.r-project.org/
- Windows => baseとたどって次をクリック
- Download R 2.12.2 for Windows

Rのインストール

- ダウンロードしたR-2.12.2-win.exeを実行
- 指示に従ってクリックしていけば完了
- アイコンクリックすれば実行

（私の環境Windows7 64bitでは32bit版と64bit版の両方がインストールされました）



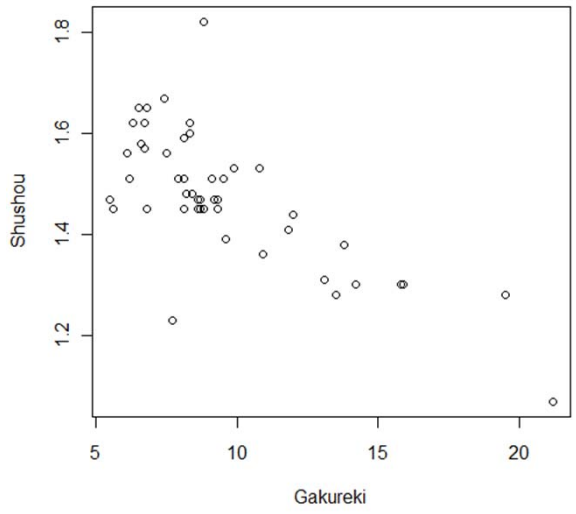
表形式データの読み込み

- dat = read.table("gakureki-shushou.txt")
- plot(dat)

テキストファイルのデータ

"Gakureki" "Shushou"
"Hokkaido" 7.7 1.23
"Aomori" 5.5 1.47
"Iwate" 6.1 1.56
"Miyagi" 9.6 1.39
. . . .

```
> dat = read.table("gakureki-shushou.txt")
> dat[1:5,]
         Gakureki Shushou
Hokkaido      7.7    1.23
Aomori        5.5    1.47
Iwate         6.1    1.56
Miyagi        9.6    1.39
Akita         5.6    1.45
> dim(dat)
[1] 47  2
> plot(dat)
>
```



ヘルプのみかた

- help(plot)とタイプ

plot {graphics} R Documentation

Generic X-Y Plotting

Description

Generic function for plotting of R objects. For more details about the graphical parameter arguments, see par.

Usage

```
plot(x, y, ...)
```

Arguments

x the coordinates of points in the plot. Alternatively, a single plotting structure, function or *any R object with a plot method* can be provided.

y the y coordinates of points in the plot, *optional* if x is an appropriate structure.

... Arguments to be passed to methods, such as graphical parameters (see par). Many methods will accept the following arguments:

type
what type of plot should be drawn. Possible types are

- "p" for **p**oints,
- "l" for **l**ines,
- "b" for **b**oth,
- "c" for the lines part alone of "b",
- "o" for both '**o**verplotted',
- "h" for '**h**istogram' like (or 'high-density') vertical lines,
- "s" for stair **s**teps,
- "S" for other **s**teps, see 'Details' below,
- "n" for no plotting.

All other types give a warning or an error; using, e.g., type = "punkte" being equivalent to type = "p" for S compatibility. Note that some methods, e.g. plot.factor, do not accept this.

main
an overall title for the plot: see title.

sub
a sub title for the plot: see title.

xlab
a title for the x axis: see title.

ylab
a title for the y axis: see title.

asp
the *y/x* aspect ratio, see plot.window.

```
plot(x, y, ...)
```

Arguments

x the coordinates of points in the plot. Altern
plot method can be provided.

y the y coordinates of points in the plot, *opti*

... Arguments to be passed to methods, such
following arguments:

Details

For simple scatter plots, plot.default will be used. Howe ere are plot methods for many R objects, including functions, data.frames, density objects, etc. Use methods(plot) and the documentation for these.

The two step types differ in their x-y preference: Going from *(x1,y1)* to *(x2,y2)* with *x1 < x2*, type = "s" moves first horizontal, then vertical, whereas type = "S" moves the other way around.

See Also

plot.default, plot.formula and other methods; points, lines, par.

For X-Y-Z plotting see contour, persp and image.

Examples

```
require(stats)
plot(cars)
lines(lowess(cars))

plot(sin, -pi, 2*pi)

## Discrete Distribution Plot:
plot(table(rpois(100,5)), type = "h", col = "red", lwd=10,
     main="rpois(100,lambda=5)")

## Simple quantiles/ECDF, see ecdf() {library(stats)} for a better one:
plot(x <- sort(rnorm(47)), type = "s", main = "plot(x, type = ¥"s¥")")
points(x, cex = .5, col = "dark red")
```

ヘルプは全部読む必要なし！

- plot.default

plot.default {graphics} R Documentation

The Default Scatterplot Function

Description

Draw a scatter plot with decorations such as axes and titles in the active graphics window.

Usage

```
## Default S3 method:
plot(x, y = NULL, type = "p",  xlim = NULL, ylim = NULL,
     log = "", main = NULL, sub = NULL, xlab = NULL, ylab = NULL,
     ann = par("ann"), axes = TRUE, frame.plot = axes,
     panel.first = NULL, panel.last = NULL, asp = NA, ...)
```

Arguments

x, y	the x and y arguments provide the x and y coordinates for the plot. Any reasonable way of defining the coordinates is acceptable. See the function xy.coords for details. If supplied separately, they must be of the same length.
type	1-character string giving the type of plot desired. The following values are possible, for details, see plot: "p" for points, "l" for lines, "o" for overplotted points and lines, "b", "c") for (empty if "c") points joined by lines, "s" and "S" for stair steps and "h" for histogram-like vertical lines. Finally, "n" does not produce any points or lines.
xlim	the x limits (x1, x2) of the plot. Note that x1 > x2 is allowed and leads to a 'reversed axis'.
ylim	the y limits of the plot.
log	a character string which contains "x" if the x axis is to be logarithmic, "y" if the y axis is to be logarithmic and "xy" or "yx" if both axes are to be logarithmic.
main	a main title for the plot, see also title.
sub	a sub title for the plot.
xlab	a label for the x axis, defaults to a description of x.
ylab	a label for the y axis, defaults to a description of y.
ann	a logical value indicating whether the default annotation (title and x and y axis labels) should appear on the plot.
axes	a logical value indicating whether both axes should be drawn on the plot. Use graphical parameter "xaxt" or "yaxt" to suppress just one of the axes.
frame.plot	a logical indicating whether a box should be drawn around the plot.
panel.first	an expression to be evaluated after the plot axes are set up but before any plotting takes place. This can be useful for drawing background grids or scatterplot smooths.
panel.last	an expression to be evaluated after plotting has taken place.
asp	the *y/x* aspect ratio, see plot.window.
...	other graphical parameters (see par and section 'Details' below).

- methods(plot)

```
> methods(plot)
 [1] plot.acf*           plot.data.frame*    plot.decomposed.ts*
 [4] plot.default        plot.dendrogram*    plot.density
 [7] plot.ecdf           plot.factor*        plot.formula*
[10] plot.hclust*        plot.histogram*     plot.HoltWinters*
[13] plot.isoreg*        plot.lm             plot.medpolish*
[16] plot.mlm            plot.ppr*           plot.prcomp*
[19] plot.princomp*      plot.profile.nls*   plot.spec
[22] plot.spec.coherency plot.spec.phase     plot.stepfun
[25] plot.stl*           plot.table*         plot.ts
[28] plot.tskernel*      plot.TukeyHSD

   Non-visible functions are asterisked
```

直線を当てはめてみる（単回帰分析）

- kekka = lm(Shushou ~ Gakureki, dat)
- abline(kekka,col="red")

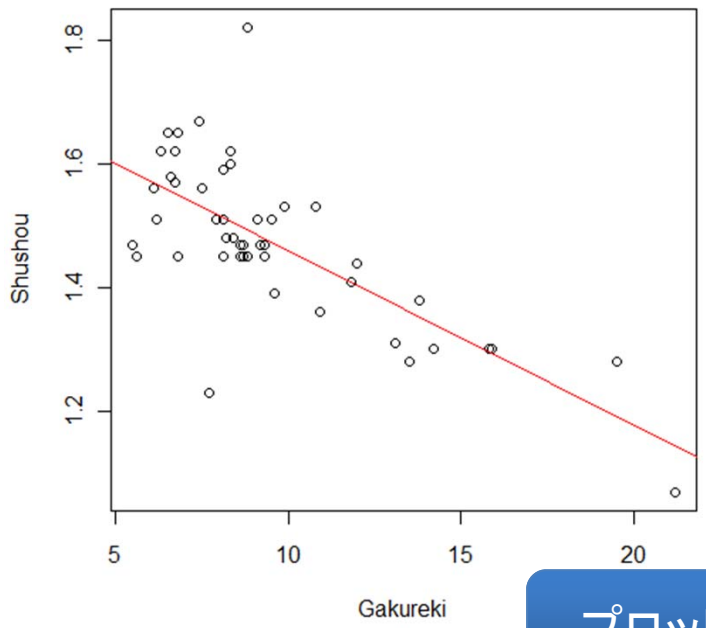
```
> dat = read.table("gakureki-shushou.txt")
> dat[1:5,]
         Gakureki Shushou
Hokkaido      7.7    1.23
Aomori        5.5    1.47
Iwate         6.1    1.56
Miyagi        9.6    1.39
Akita         5.6    1.45
> dim(dat)
[1] 47  2
> plot(dat)
> kekka = lm(Shushou ~ Gakureki, dat)
> kekka

Call:
lm(formula = Shushou ~ Gakureki, data = dat)

Coefficients:
(Intercept)     Gakureki
    1.74248     -0.02825

> abline(kekka,col="red")
>
```

実行結果



プロットの図

lmは線形モデルのあてはめ

- kekka = lm(Shushou ~ Gakureki, dat)

lm {stats} R Documentation

Fitting Linear Models

Description

lm is used to fit linear models. It can be used to carry out regression, single stratum analysis of variance and analysis of covariance (although aov may provide a more convenient interface for these).

Usage

```
lm(formula, data, subset, weights, na.action,
   method = "qr", model = TRUE, x = FALSE, y = FALSE, qr = TRUE,
   singular.ok = TRUE, contrasts = NULL, offset, ...)
```

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

最小二乗法でパラメータを推定

Shushou Gakureki

スクリプトの作成，保存，実行

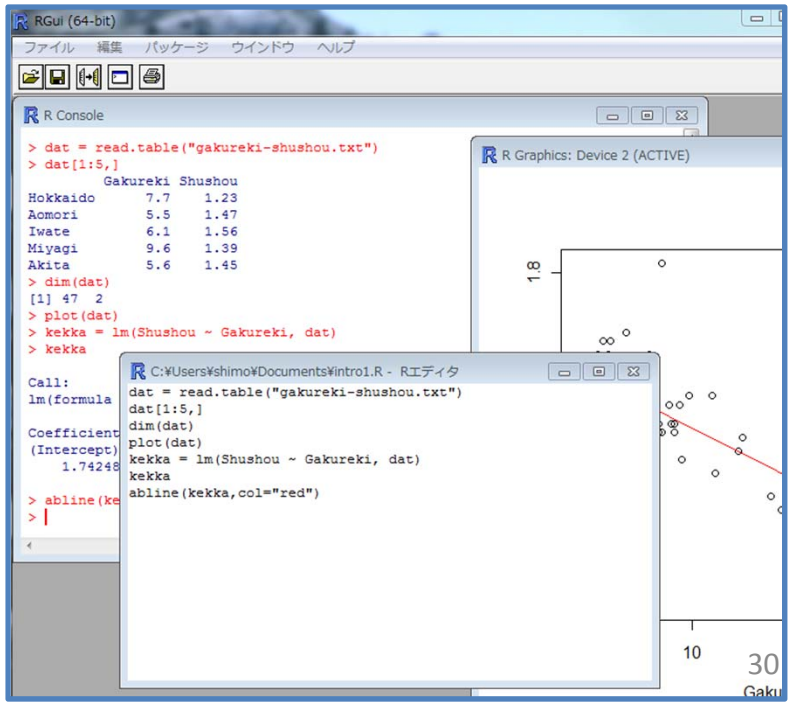
- ファイル＝＞新しいスクリプト
- Rエディタで作成
- ファイル＝＞保存
- 拡張子は　．R

- ファイル＝＞スクリプトを開く
- 編集＝＞すべて実行

C:¥Users¥shimo¥Documents¥intro1.R - Rエディタ

```
dat = read.table("gakureki-shushou.txt")
dat[1:5,]
dim(dat)
plot(dat)
kekka = lm(Shushou ~ Gakureki, dat)
kekka
abline(kekka,col="red")
```

intro1.R　スクリプト

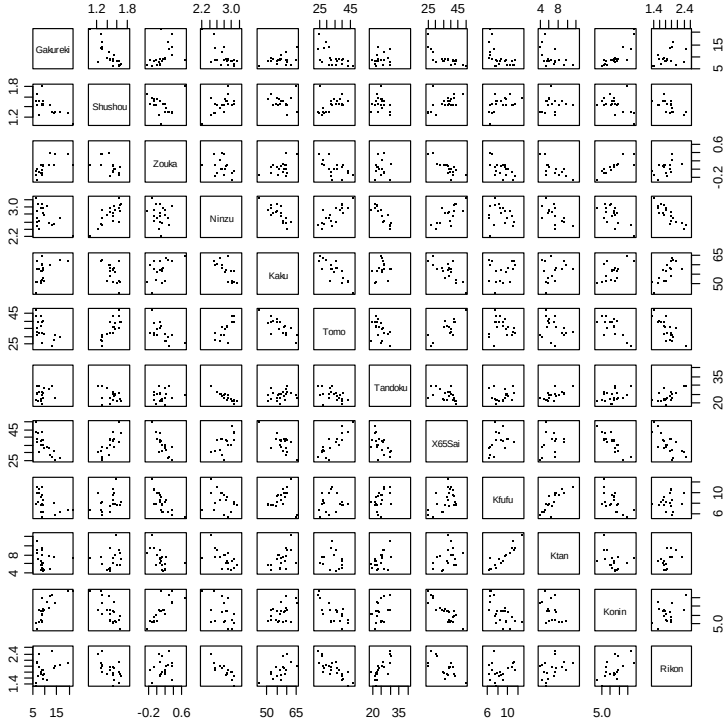


変数間の関係を調べるのは難しい

- “gakureki-rikon-12.txt” ４７都道府県について１２変量のデータ（学歴，出生率，増加率，世帯人数，など）

```
> dat2 <- read.table("gakureki-rikon-12.txt") # データの読み込み
> dim(dat2) # 行列の次元
[1] 47 12
> dat2[1:3,] # 最初の3行だけ表示
         Gakureki Shushou Zouka Ninzu  Kaku  Tomo Tandoku X65Sai Kfufu Ktan
Hokkaido      7.7    1.23  0.04  2.42 60.54 26.54   29.95  30.50  9.90 7.39
Aomori        5.5    1.47 -0.02  2.86 54.20 34.38   24.08  38.99  7.45 6.61
Iwate         6.1    1.56 -0.07  2.92 50.87 38.82   24.47  42.42  7.87 6.05
         Konin Rikon
Hokkaido  5.77  2.40
Aomori    5.24  1.96
Iwate     5.14  1.48
> pairs(dat2,pch=".") # ペアごとの散布図
```

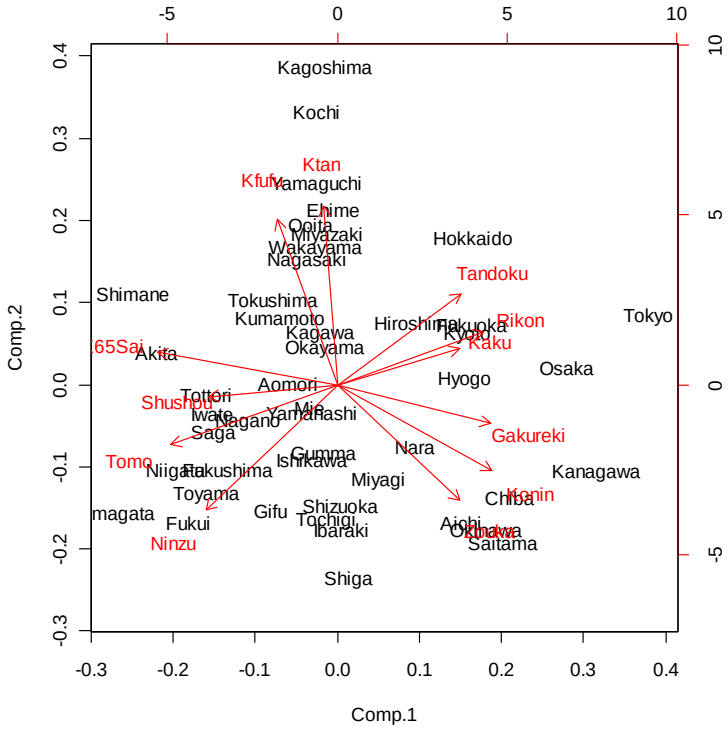
intro2.R

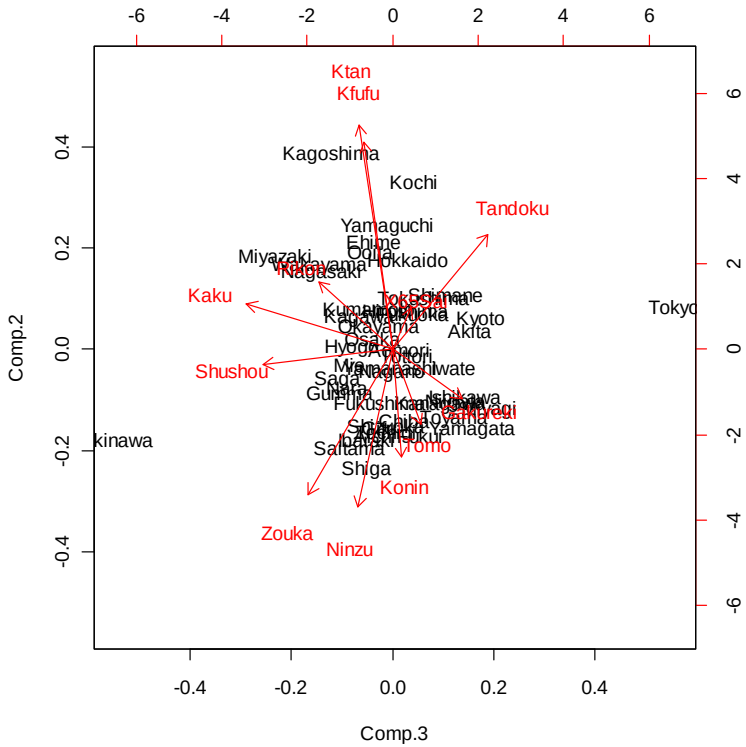


変量を合成してみる（主成分分析）

- princompとbiplotを使う

```
> kekka2 <- princomp(dat2,cor=T) # 主成分分析
> biplot(kekka2) # バイプロット （第1、第2主成分）
> biplot(kekka2,choi=c(3,2)) # バイプット （第3、第2主成分）
```





まとめ

- 「統計」ってなに？　逆向き思考，帰納推論
- 数学，計算，データ
- 最近の研究動向，たくさん計算する
- メール shimo-data2@is.titech.ac.jp
- Rってなに？　インストール
- 「スクリプト」，「実行結果」，「プロットの図」
- 回帰分析(lm)，主成分分析(princomp)

（参考） プロットのオプション

- pch=2, pch="A" などでマーク変更 (R plot pchなどをウェブ検索！）
- col=2, col="blue" などで色変更 (R plot colでウェブ検索！）
- lwd=2　などで線幅変更
- lty=2　などで線種変更
- そのほかはhelp(par)で一覧できます
- プロットをワードにコピーしたりファイルに保存するには，プロットウィンドウで右クリックしてみる

（参考）社会・人口統計体系データ

- 総務庁統計局統計センターが公開
- http://www.stat.go.jp/data/ssds/
- 47 都道府県の様々な調査項目(2000 年度の 1182 項目)を下平がRで読み取れる形式に変換したものを自由に利用してください.
- X2000data.txt データ，X2000item.txt 変数名
- 詳細は２００８年版講義資料の３０ページ

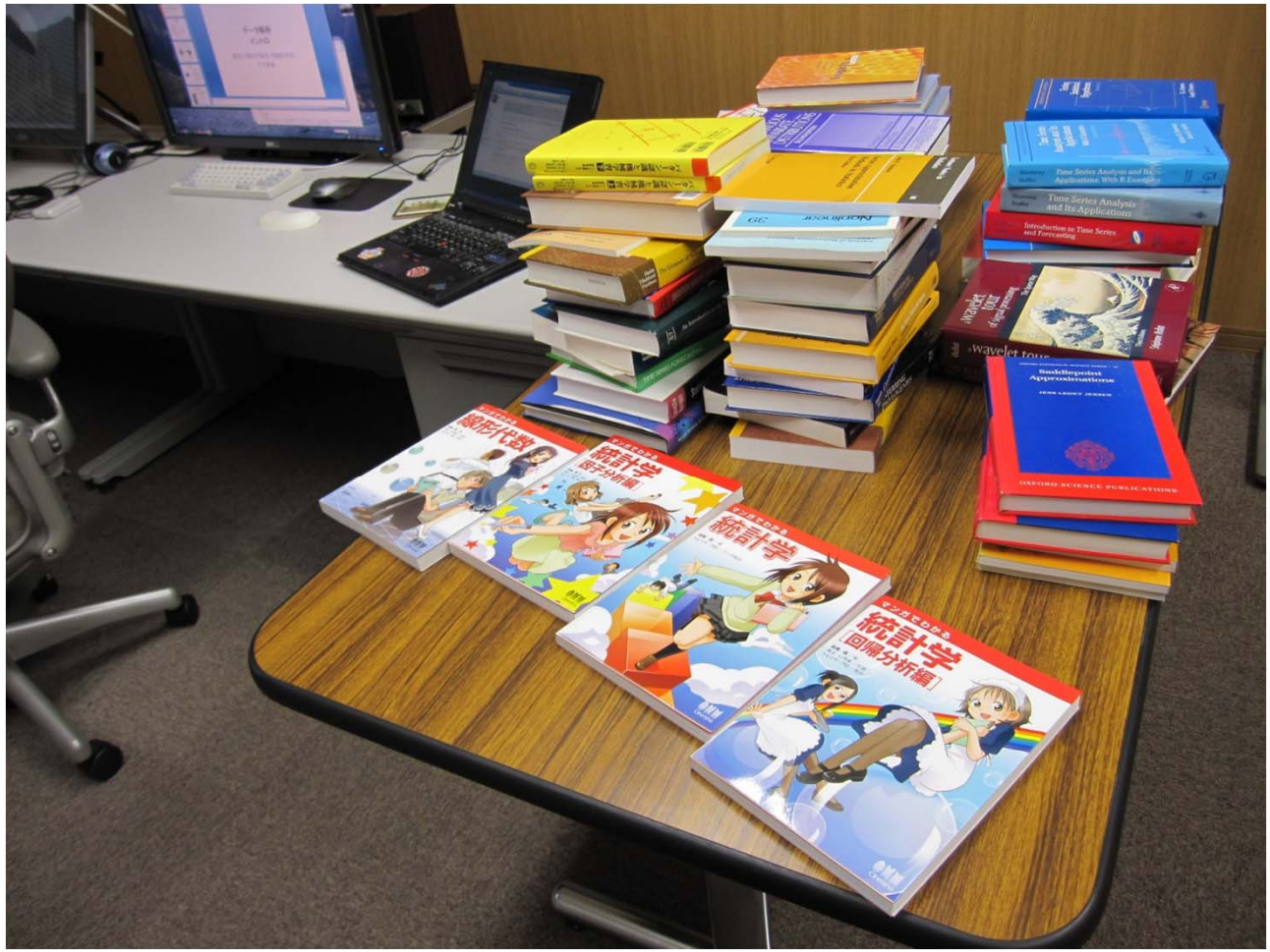
（参考）X2000の一部を取り出す方法

```
> ### データの読み込み
> X2000.data <- read.table("X2000data.txt") # X2000 データ本体です
> dim(X2000.data) # 行列の次元
[1]   47 1182
> X2000.data[1:5,500:503] # 一部だけ表示
         I1520301 I1520302 I1520401 I1520402
Hokkaido  6859.22  6898.59   121958   101431
Aomori    7064.20  7822.26    98232    93142
Iwate     7031.80  7857.32   104052    99401
Miyagi    6769.70  7170.04    97727    85584
Akita     7021.92  8142.30    94738    95532
> X2000.item <- read.table("X2000item.txt") # X2000 変数名, 単位, 全国平均, $
> dim(X2000.item) # 行列の次元
[1] 1182    4
> X2000.item[500:503,] # 一部だけ表示
                                                Imi     Tani   Zenkoku
I1520301   政府管掌健康保険受診率(被保険者千人当たり)            6831.72
I1520302   政府管掌健康保険受診率(被扶養者千人当たり)            6939.54
I1520401 政府管掌健康保険受診金額(被保険者1人当たり) (円:yen) 101121.00
I1520402 政府管掌健康保険受診金額(被扶養者1人当たり) (円:yen)  85331.00
                              Bunrui
I1520301 J. 福祉・社会保障7)医療保険
I1520302 J. 福祉・社会保障7)医療保険
I1520401 J. 福祉・社会保障7)医療保険
I1520402 J. 福祉・社会保障7)医療保険
> ### 一部だけ取り出す方法
> dat <- X2000.data[,c("E09504","A05203")] # 変数のID番号
> names(dat) <- c("Gakureki","Shushou") # 分かりやすい名前をつけておく
> write.table(dat,"test.txt") # 表の書き出し
```

intro3.R

おまけ

参考文献？


線形代数
統計学
回帰分析編
統計学
統計学
回帰分析編
Saddlepoint Approximations
OXFORD SCIENCE PUBLICATIONS
Time Series Analysis and Its Applications
Introduction to Time Series and Forecasting
wavelet tour

2010/04/15

売れている順番@amazon.co.jp「トレンドプロ　マンガでわかる」

21冊中

1位

2位

3位

「統計学」は大人気じゃないか！