Julia: A Fresh Programming Language for Freshmen

大学新入生に Julia で演習する

Julia Tokyo # 8

2018 年 10 月 20 日

菅原 宏治

首都大学東京 システムデザイン学部

機械システム工学科 (2018 年発足)

Hiroharu Sugawara, Ph.D.

Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

hsugawa@tmu.ac.jp

本講演の内容は講演者個人の考えに基づき、所属組織の公式見解ではありません

Julia: A Fresh Programming Language for Freshmen

大学新入生に Julia で演習する

- 経緯
  - 2018 年度 改組
  - 秋冬学期 1 限 90 分 × 15 週
  - 1 年次学生 定員 90 名
  - 学生にとって最初のプログラミング演習の授業
  - 講演者にとっても、初めての担当
- 授業設計・目論見
- 準備
- 教材案紹介
- Tips

授業設計・目論見

◎ 目標

- 今後の専門学習に役立つ
- 自ら学習する姿勢を涵養する
  （Active Learning）
- 共通の技法（Science,
  Technology, Engineering,
  Art and Mathematics ）

◎ 現実：大学 1 年次

- PC 未習熟
- 数学：未習熟 ... 行列

授業設計・目論見

◎ 目標

- 今後の専門学習に役立つ
- 自ら学習する姿勢を涵養する（Active Learning）
- 共通の技法（Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics ）

◎ 使用する言語への要求

- 数学記法との親和性
- やさしく正しい言語仕様
- ただちに結果が得られる
- 導入が容易
- 無料

◎ 現実：大学 1 年次

- PC 未習熟
- 数学：未習熟 ... 行列

授業設計・目論見

◎ 目標

- 今後の専門学習に役立つ
- 自ら学習する姿勢を涵養する（Active Learning）
- 共通の技法（Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics ）

◎ 現実：大学 1 年次

- PC 未習熟
- 数学：未習熟 ... 行列

◎ 使用する言語への要求

- 数学記法との親和性
- やさしく正しい言語仕様
- ただちに結果が得られる
- 導入が容易
- 無料

× 日本語テキスト

大学院担当授業で試行

- 2017 年度開講

  数式を全てグラフ化することを目指す

- ノート PC を教室に持参させた
- 以下をインストール
  - Julia v 0.6.4
  - IJulia パッケージ Jupyter Notebook
  - PyPlot パッケージ: matplotlob
  - Unitful
- Julia 言語のテキストは準備しない

  各回授業で、随時説明

大学院授業・グラフ描画例

パラメータ N_D, N_A に対して

$$V_b = \frac{k_B T}{e} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$

$$w = \sqrt{\frac{2\epsilon V_b}{e} \frac{N_D + N_A}{N_D N_A}}$$

k_B, T, n_i, ϵ, e : 定数

```
ee=1.602e-19 # C
kbTe=1.38e-23 * 300 / ee # V
ni=1e10 # cm^-3
vb(nap, ndp) = kbTe * log( nap .*ndp / ni^2) # V
eps=8.854e-12*11.9 * 1e-2 # F/cm
ww(nap, ndp) =  sqrt(2*eps/ee .*
    vb.(nap, ndp) .* (nap .+ ndp) / (nap .* ndp )) # cm
using PyPlot
nD=logspace(15,18)
for nA in [1e16, 5e16, 1e17, 5e17] # cm^-3
    plot(nD, ww.(nD, nA) / 1e-7, label="nA="*string(nA)*" cm^-3" )
end
legend()
xscale("log")
xlabel("nD / cm^-3")
ylabel("w / nm")
```

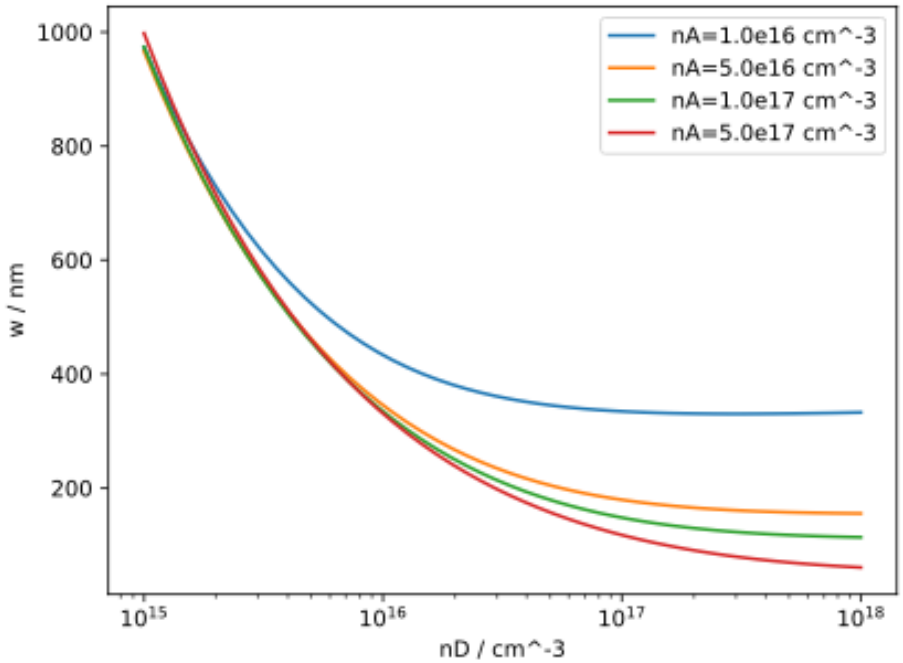
大学院授業・グラフ描画例

パラメータ N_D, N_A に対して

$$V_b = \frac{k_B T}{e} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$

$$w = \sqrt{\frac{2\epsilon V_b}{e} \frac{N_D + N_A}{N_D N_A}}$$

k_B, T, n_i, ϵ, e : 定数




```
ee=1.602e-19 # C
kbTe=1.38e-23 * 300 / ee # V
ni=1e10 # cm^-3
vb(nap, ndp) = kbTe * log( nap .*ndp / ni^2) # V
eps=8.854e-12*11.9 * 1e-2 # F/cm
ww(nap, ndp) =  sqrt(2*eps/ee .*
    vb.(nap, ndp) .* (nap .+ ndp) / (nap .* ndp )) # cm
using PyPlot
nD=logspace(15,18)
for nA in [1e16, 5e16, 1e17, 5e17] # cm^-3
    plot(nD, ww.(nD, nA) / 1e-7, label="nA="*string(nA)*" cm^-3" )
end
legend()
xscale("log")
xlabel("nD / cm^-3")
ylabel("w / nm")
```

準備・作業日程

- 授業計画書 (シラバス) : 前年 11 月頃
  - 「手続き型プログラミングの基本演習」
  - 使用言語は明記せず
- 教室 PC 環境作成依頼と検証：本年 7〜8 月
  - Julia 0.6.4
  - Julia パッケージ： PyPlot, IJulia, DataFrames, CSV,
  - PC 環境復元ツール：ファイル元イメージの作成
  - Windows10 起動ドライブに「c:\Julia」を作成
  - 公式バイナリを利用。Julia コマンドラインから Pkg.add

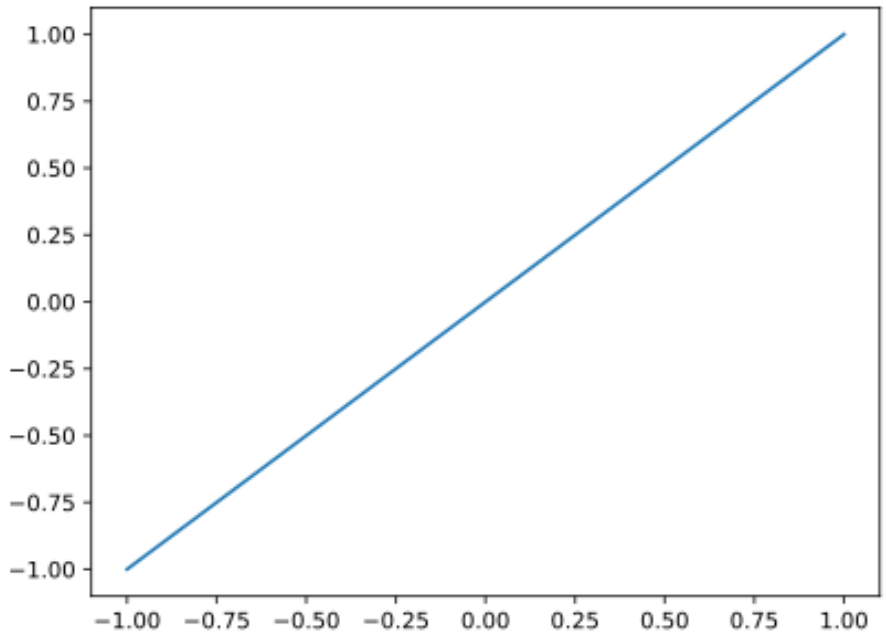
  ※ anaconda 寸法大きい。 4GB 弱。各ユーザ領域には設置不可
- Github Classroom 申請：本年 7 月
- 演習テキスト: 直前 (現在進行中)
  - 普段からネタを考える。 Jupyter notebook
  - Documenter.jl の利用
- 10 月からスタート (3 回実施済み)

教材案：導入

第 1 回目

数の四則演算，変数，
Range 型，plot 関数

```
using PyPlot
xs=-1:0.1:1
plot(xs, xs)
```

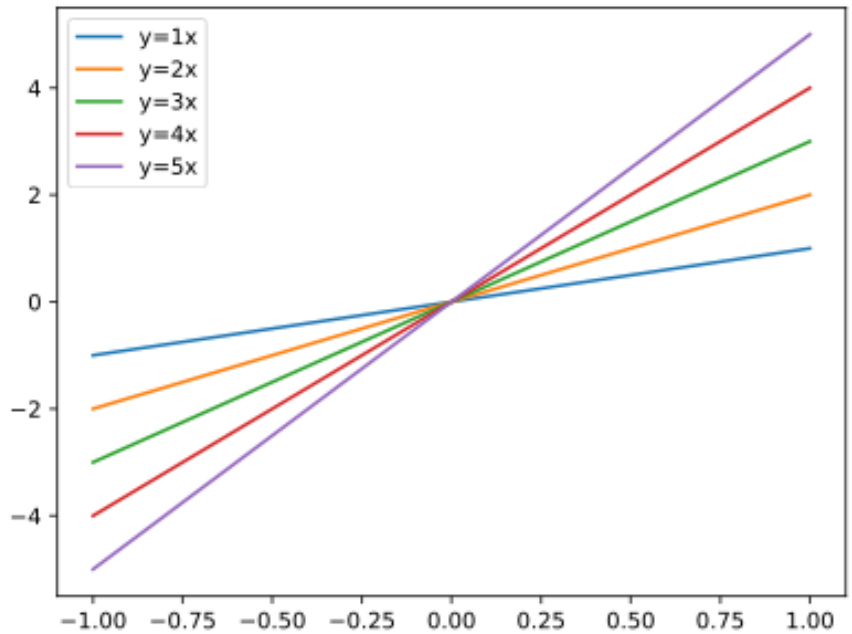


教材案：導入

第 1 回目

数の四則演算, 変数, Range 型,, plot 関数

```
using PyPlot
xs=-1:0.1:1
plot(xs, xs)
```



第 2 回目

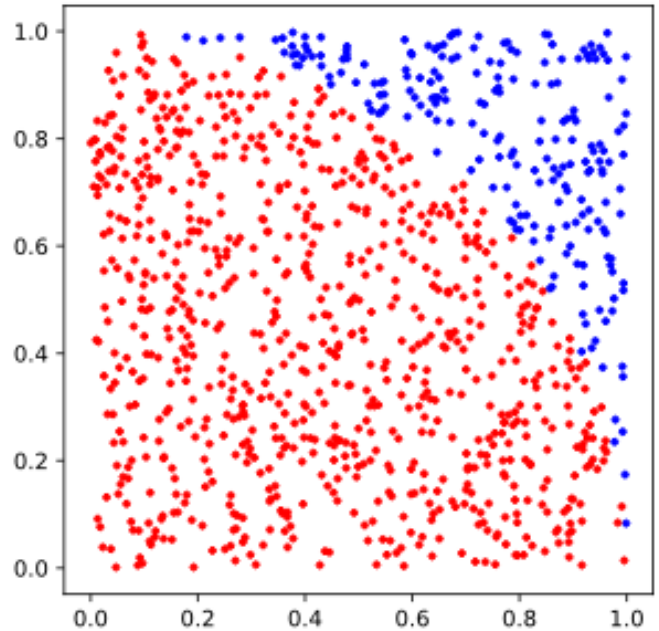
文字列,, グラフ凡例, for 文

```
using PyPlot
xs=-1:0.1:1
for a in 1:5
  plot(xs, a*xs, label="y="*string(a)*"x")
end
legend()
```

教材案 (中盤):モンテカルロ法による図形面積の推定

ランダムに落とした点の総数のうち、
図形の中に入った点の割合で、面積を推定
乱数, if 文 (for ブロック内)

```
using PyPlot
m=10
n=2^m
s=0
for i=1:n
  x=rand()
  y=rand()
  if x*x + y*y <= 1 # 四分円の中
    c="r"
    s += 1
  else
    c="b"
  end
  plot(x,y,".", color=c)
end
@show s/n
@show pi/4
plt[:axes]()[:set_aspect]("equal")
```



s / n = 0.791015625

pi / 4 = 0.7853981633974483

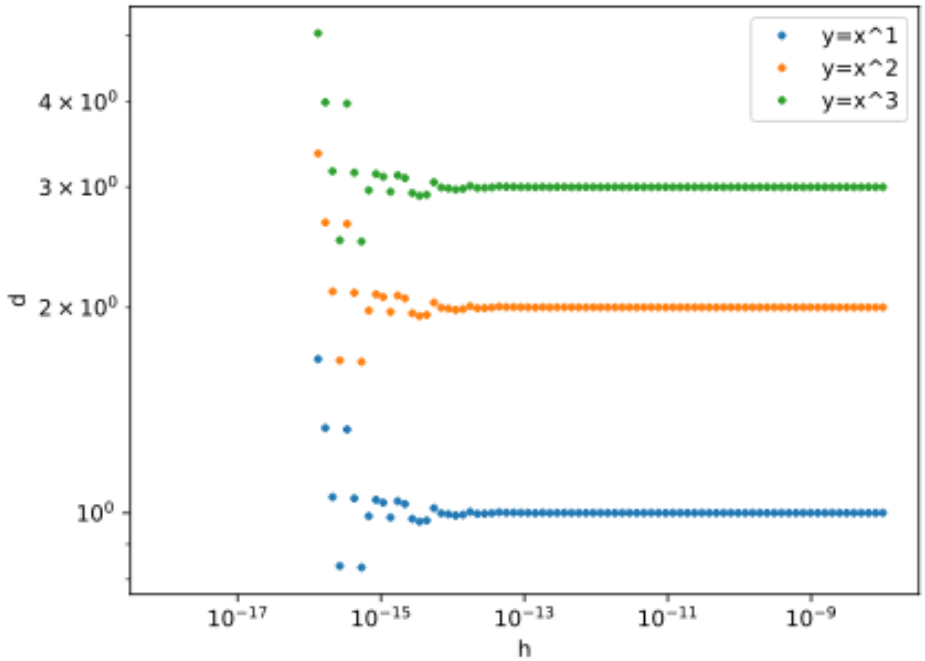
教材案 (中盤):数値微分

浮動小数点数 桁落ち・情報落ち

定義に基づく数値微分

$$f'(x) = \lim_{h \to 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

$f(x) = x^n$ $(n = 1, 2, 3)$
$x = 1$ **における微係数。**
正解は $f'(x) = n$

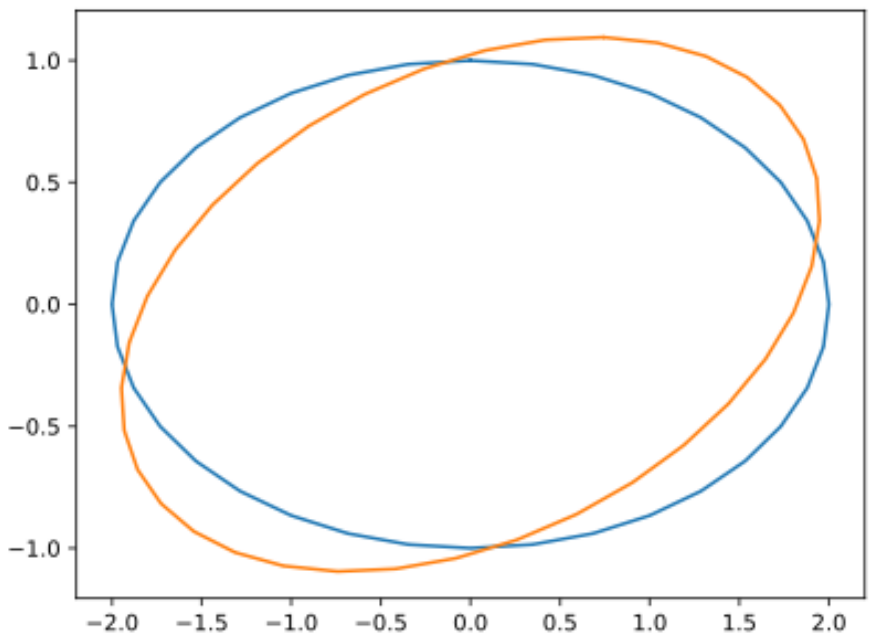



```
using PyPlot
h=logspace(-18,-8,100)
for n=1:3
  d=( (1+h).^n - 1) ./ h
  plot(h,d, ".", label="y=x^"*string(n))
end
xlabel("h")
ylabel("d")
yscale("log")
xscale("log")
legend()
```

教材案(中盤):行列を自在に使う

行列の初期化、乗算

```
julia> # 列ベクトルを並べて行列にまとめる
       xy=hcat([ [2*cos.(t); sin(t)] for t=0:pi/18:2pi]...)

2x37 Array{Float64,2}:
 2.0  1.96962   1.87939  1.73205 …    1.87939   1.96962    2.0
 0.0  0.173648  0.34202  0.5          -0.34202  -0.173648  -2.44929e-16

julia> using PyPlot
       plot(xy[1,:], xy[2,:])

julia> r15=[ cosd(15) -sind(15);
       sind(15) cosd(15)]

2x2 Array{Float64,2}:
 0.965926  -0.258819
 0.258819   0.965926

julia> # 回転行列を左から乗ずる
       xy = r15 * xy
       plot(xy[1,:], xy[2,:])
```



教材案 (中盤):線形結合・線形写像

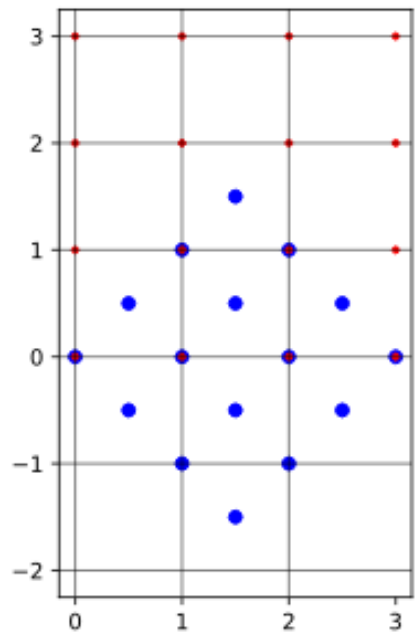
ベクトルの初期化、写像

```
julia> u1=[1/2, 1/2]; u2=[1/2,-1/2];

julia> # 面心平面格子
       xy1=hcat( [ i * u1 + j*u2
         for i in 0:3, j in 0:3 ]... )
2x16 Array{Float64,2}:
 0.0  0.5  1.0  1.5   0.5  1.0  1.5  2.0 …   2.0  2.5
 0.0  0.5  1.0  1.5  -0.5  0.0  0.5  1.0     0.0  0.5

julia> r45=[cosd(45) -sind(45);
         sind(45) cosd(45)]

julia> # 回転と拡大　→整数の格子点に重なる
       xy2=sqrt(2)*r45*xy1
2x16 Array{Float64,2}:
 0.0  0.0  0.0  1.11022e-16  1.0  1.0 …   2.0  3.0
 0.0  1.0  2.0  3.0          0.0  1.0     3.0  1.11022e-16

julia> using PyPlot
julia> plot( xy1[1,:], xy1[2,:], "bo")
julia> plot( xy2[1,:], xy2[2,:], "r.")

julia> plt[:axes]()[:set_aspect]("equal")
```

教材案 (中盤):線形結合・線形写像

ベクトルの初期化、写像

```
julia> u1=[1/2, 1/2]; u2=[1/2,-1/2];

julia> # 面心平面格子
       xy1=hcat( [ i * u1 + j*u2
         for i in 0:3, j in 0:3 ]... )
2x16 Array{Float64,2}:
 0.0  0.5  1.0  1.5   0.5  1.0  1.5  2.0 …   2.0  2.5
 0.0  0.5  1.0  1.5  -0.5  0.0  0.5  1 ⋮      ⋮ ⋮  ⋮

julia> r45=[cosd(45) -sind(45);
         sind(45) cosd(45)]

julia> # 回転と拡大　→整数の格子点に重なる
       xy2=sqrt(2)*r45*xy1
2x16 Array{Float64,2}:
 0.0  0.0  0.0  1.11022e-16  1.0  1.0
 0.0  1.0  2.0  3.0          0.0  1.0

julia> using PyPlot
julia> plot( xy1[1,:], xy1[2,:], "bo")
julia> plot( xy2[1,:], xy2[2,:], "r.")

julia> plt[:axes]()[:set_aspect]("equal")
```



評価

- 説明よりも、実行を優先する方式の演習

○ 概ね好評

※ グラフが描ける、すぐ修正して試せる

△ 不評な受講生も...

一字一句理解してから進めたい

英語文献ばかり。日本語の説明が少ない。

- Julia は繊細・ガラス細工

Predefined がたくさん。警告なく書換え可能。

- テキスト案。以下で公開。不定期に更新中

`https://hsugawa8651.github.io/memojuliav064/`

教室 PC 運用上の Tips

- anaconda ライブラリは大きい (再掲)
  インストール・ディレクトリをシステム側に設置
  Windows は c:\Julia\0.64‘, c:\Julia\Pkg を準備
  MacOSX は 調査中

- Jupyter notebook
  token 問題

- github (classroom)
  アクセスをずらす。DoS attack にならないように、

解題・まとめに代えて

- Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing

  `https://julialang.org/publications/julia-fresh-approach-BEKS.pdf`

  We introduce the Julia programming language and its design — a dance between specialization and abstraction.

- Julia: A Fresh Programming Language for Freshmen

  (New wine in new vessels)

  Comprehensive and Powerful

プログラミング導入にもぜひ

... 日本語の文献