

統計学の講義資料をHTMLで記述することの有効性

----- R Markdown との連携 -----

林 篤裕 (名古屋工業大学)

(hayashi.atsumi@nitech.ac.jp (mailto:hayashi.atsumi@nitech.ac.jp))

【お知らせ】本発表の資料は以下URLで公開しています。後ほど再掲します。
<http://stat.web.nitech.ac.jp/haifu/#StatEdu2403>

(<http://stat.web.nitech.ac.jp/haifu/#StatEdu2403>)



1. はじめに

- 講義での情報伝達:
 - 時代とともに: 板書、OHP(Over Head Projector) ==> 電子資料の配布
 - オンライン講義
 - COVID-19の影響も: 集うことを避ける必要
- 学習管理システム(LMS, Learning Management System)への掲載
 - eラーニングのプラットフォーム
 - Moodle, Blackboard, Google Classroom等
 - 教員と学生間の情報やりとり: 講義資料、レポート提出、質問等
 - アクセスログの解析: 統計学的にも面白そうであるが
- 統計学の講義における電子資料の作成

【疑問】 効率的な作成ツールはないものか？

【提案】 HTMLが有効ではないか: Hyper Text Markup
Language

- R Markdownと連携しながら

- [私的気付き] グラフを抜き出して利用することも可能
- 周知の情報ばかりで既に多くの実践者がおられるのかもしれない。

【参考】 この資料もR Markdownで作成してみました。

2. 統計学の講義資料に求められる構成要素

- 統計学の説明に用いられる「部品」
 - 文字(文章)、数式、画像、グラフ、表、他のサイトへのリンク
- 修飾: **文字サイズ** やフォント、色、上
線 等
- 統計解析用プログラム: 演習として計算機言語を取り扱う場合
 - コピー&ペーストができれば入力作業を短縮できる
(講義の開講目的にも依る)
- 「横書き」であること
- 統計学の電子資料:
 - これら「部品」が表現できるかが作成ツール選択の条件
- 【表1】 作成ツールの比較表

ツール・環境	HTML / R Markdown	Power Point / MS-Word	LaTeX	テキストファイル
提示内容	文字	○(修飾可)	○(修飾可)	○(修飾なし)
	数式	○	○	△
	画像	○	○	×
	グラフ	○(Rで)	○	×
	表	○	○	△
	プログラム	○	△	△
	リンク	○	○	○
編集	エディタ	専用ソフト	エディタ	エディタ
提示	Webブラウザ	専用ソフト		エディタ
	PDF	PDF	PDF	PDF
ページの概念	ない	ある	ある	ない
Moodleへの掲載	HTML/PDF	PDF	PDF	テキスト/PDF
費用	無料	有料	無料	無料/有料

3. 講義資料の作成ツールとしてのHTML

- Power Point
 - プレゼンテーションツールとしてデファクトスタンダード
 - 洗練された発表、アニメーション、多くのユーザー、...
 - 音声も保存可。オンライン講義で重宝。 <=== 本学のガイドブック
 - 【私見】使いづらさ: 講義資料の作成・提示ツールとして
 - 高機能ゆえ? 専用ソフト: 重い
 - 「ページ」の概念: 整形作業に時間を割かれる
<===> 内容の充実
 - 体裁調整: ページから溢れたら。次ページとの関係。...
- LaTeXやMS-Wordも考えたが...: どうもシックリ来ない
- Moodle: 本学も採用。COVID-19対応として利用を求められた。

- オープンソースのLMS
- 掲載可能情報: マルチメディア(動画・音声等)、PDFファイル、
Power Point、MS-Word等、HTML
- 「手書き資料をスキャンしてPDFで掲載」という同僚も
- 『30年近いHTMLの作成経験と蓄積が活かそうだ!!』 
 - これまでHTMLで講義資料を作成してきた。
 - 講義資料を印刷して配布するとともに、
Webサーバーに公開して学生にURLを通知。<=== 各自で印刷も可
- Webブラウザ: Google Chrome, FireFox, Edge, Safari,...
 - Webページの「閲覧ソフト」 <=== 多くの方の認識
 - 別の見方: 「HTMLの表示器」
 - サーバーからダウンロードしてきてHTMLを解釈・整形表示
 - ダウンロードされたHTMLは閲覧可能 <=== 参考になる
- スクロール方向の転換(意識改革): 統計学＝横書き
 - 板書やPower Point: 横長の『シングルページ』
 - Webページ: 縦長の『巻物』、長さはほぼ無限
 - 「ページ」の概念がない。希望する場所に加筆・修正できる。
- 【表2】 代表的なHTMLのタグ:
ほとんどの構造化された説明資料の作成が可能。

ul, ol, li, h, b, p, br, font, pre, code, hr, href, img, a

4. HTMLも生成可能なR Markdown

- R言語の支援ツール: 多数発表されている
 - R Commander, R AnalyticFlow, 各種パッケージ, ...
 - RStudio、およびその中の R Markdown に注目
- RStudio:
 - R言語の統合開発環境。奥が深そう。

- R Markdown:
 - R言語を用いた 分析から計算結果のレポート生成まで。
 - R言語のプログラムのみならず、統計量(数値)やグラフまで
 - 分析の再現性記録にも
 - [蛇足] R言語以外にも延べ52言語に対応。名称から想像できないが。
 - R Markdownも(HTMLも)テキストファイル: エディタで編集=軽い
 - 出力: MS-Word、PDF(LaTeX経由)、そして HTML



引用: 「R Markdown入門 (https://kazutan.github.io/kazutanR/Rmd_intro.html)」

- R Markdownの記法:
 - Markdown由来のものもあるが、HTMLのタグもほぼ利用できる
 - Markdown: 文書を記述するための軽量マークアップ言語
 - 「R言語用に拡張されたHTML」とも言えるのではないか【私見】
 - R Markdownで解釈できないタグはそのまま出力されている?
 - HTMLのタグを用いてドンドン書き込んで試してみる
 - たまにうまく表現されないこともある
[know-how] p タグを入れると解決することも
 - 数式はLaTeX記法で記述する (HTMLの機能かも)
 - 生成されたHTMLに手を加えることも可能【奥の手】
- chunk(チャンク): R言語への指定 <=== 新たに覚える必要
 - プログラム自身の評価を行うか
 - 計算結果を表示させるか等
 - 難しいものではない。指定の On/Off を指示。

◎ 統計学の学修: 身近な生きた最新データで例示するのが有効
【私見】

- 毎年更新されるデータ: ファイル名を変更するだけで最新のデータに対する講義資料を作成できる <=== 作業の省力化

5. グラフの有効活用

- R言語の実行結果: 数値情報 と 図形情報
- どのように HTML で実現されているか? 生成されたHTMLを覗いてみる。
- 図形情報
 - 画像フォーマット: png(Portable Network Graphics) (変更も可)
 - img タグで貼り付けられている
 - 個々に取り出しが可能 ==> 他のHTMLに移植
- R言語とR Markdownを「作図ツール」と捉えることもできる

The image displays a web browser window on the left showing a scatter plot titled "Scatter Plot of Shintyou and Taijyuu". The x-axis is labeled "Height" and ranges from 150 to 180. The y-axis is labeled "Weight" and ranges from 40 to 100. A regression line is plotted through the data points. Below the plot, there are two bullet points:

- 「誤差が一番小さい」直線が良さそうだ。
- では、その「誤差」って何? どう定義する?
- また、「一番小さい」って何? どう定義する?
- ユニーク(唯一、一意)に決めるには何らかの定義が要るよね?

On the right, there are two overlapping windows showing R Markdown source code and its rendered HTML output. The top window shows R code for fitting a linear model and plotting it:

```

114 <LI>回帰分析とは?↓
115 <p>↓
116 <LI>なぜ僕らは分布の中央付近を通過する直線が相応しいと感じるのか?↓
117 <LI>それはどうやって決めたのか?↓
118 </UL>↓
119 ↓↓
120 [r.echo=FALSE]↓
121 RresultTmp.<-lm(Weight~Height,.data=StudTmp)↓
122 ##.RresultTmp↓
123 ##.summary(RresultTmp)↓
124 ↓
125 plot(Weight~Height,.data=StudTmp,↓
126       xlab="Height",ylab="Weight",↓
127       main="Scatter_Plot_of_Shintyou_and_Taijyuu")↓
128 abline(RresultTmp)↓
129 abline(h=seq(40,100,10),lty=3)↓
130 abline(v=seq(140,190,5),lty=3)↓
131

```

The bottom window shows the rendered HTML output, including the same text as the source code and a base64-encoded image of the scatter plot:

```

8599 <LI>↓
8600 回帰分析とは?↓
8601 <p>↓
8602 <LI>↓
8603 なぜ僕らは分布の中央付近を通過する直線が相応しいと感じるのか?↓
8604 <LI>↓
8605 それはどうやって決めたのか?↓
8606 </UL>↓
8607 <p> sum(StudTmp3==T)
```

```
## [1] 96
```

2. 単回帰分析：予測等に使う、連続変数の関係

- 体重を身長で説明(回帰)したい：[体重]=a+b[身長]：回帰係数
- 関係性は直線＝線形を仮定する
- 説明される変数：目的変数、従属変数、dependent variable
- 説明する変数：説明変数、独立変数、independent variable
- 誤差の取り方：指定された独立変数における測定誤差。だから誤差は垂直方向に分布する。
- 回帰直線からのズレ(誤差)のことを回帰分析では「残差」と呼ぶ。
- 残差の分布は正規分布を仮定する
- 測定の場所によらず、残差は同一の分布であることを仮定する
- どうやって直線を決める?：予測誤差の2乗和を最小にする

2.1. 定式化

回帰平面の方程式:

$$y = a + bx$$

測定値と予測値のズレ:

$$\varepsilon_i = y_i - (a + bx_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

ズレの2乗の和を最小に:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \{y_i - (a + bx_i)\}^2 \rightarrow \min$$

- [余談] 回帰分析では「2乗和」を最小にすることを考えるが、「絶対値和」とか「符号付き和(1乗和)」を最小にする方法もアイデアとしてはあり得る。2乗和だと式の展開が楽になる。
- 説明する変数の個数
 - 一つ: 単回帰分析: 身長で説明したい: [体重]=a+b[身長]
 - 複数: 重回帰分析: 身長と胸囲で説明したい: [体重]=a+b[身長]+c[胸囲]

```
# 回帰分析(指定方法1)
ResultHW <- lm(Weight ~ Height,
               data=StudHW) # 線形モデル, Linear Model
ResultHW # 簡略化した計算結果表示
```

```
##
## Call:
## lm(formula = Weight ~ Height, data = StudHW)
##
## Coefficients:
## (Intercept)      Height
##    -81.5878      0.8352
```

なお、以下のように記述しても同じ結果が得られる。こちらの方が表記としては理解し易いかもしれないが、長くなるのが難点か。

```
# 回帰分析(指定方法2)
ResultTmp1 <- lm(StudHW$Weight ~ StudHW$Height,
                 data=StudHW) # 線形モデル, Linear Model
ResultTmp1 # 簡略化した計算結果表示
```

- 回帰直線の係数はそれぞれ -81.6と0.835と求められた。
- これを使えば、教室の入り口にメジャーを貼り付けておけば体重を言い当てられるはず。

[演習2.1-1] 試しに自分の体重がうまく予測できているか計算してみよ。

- $-81.6 + 0.835 \times 178 = 67.0$ Kg。
- 残差は $87.6 - 67.0 = 20.6$ Kg。
- うーん、メタボ健診に引っかかるわけだ。
- 部分的に係数や残差を取り出して表示することもできる。

```
coef <- ResultHW$coefficient # 計算結果の取り出し(回帰係数)
coef # 回帰係数
```

```
## (Intercept)      Height
## -81.587782      0.835239
```

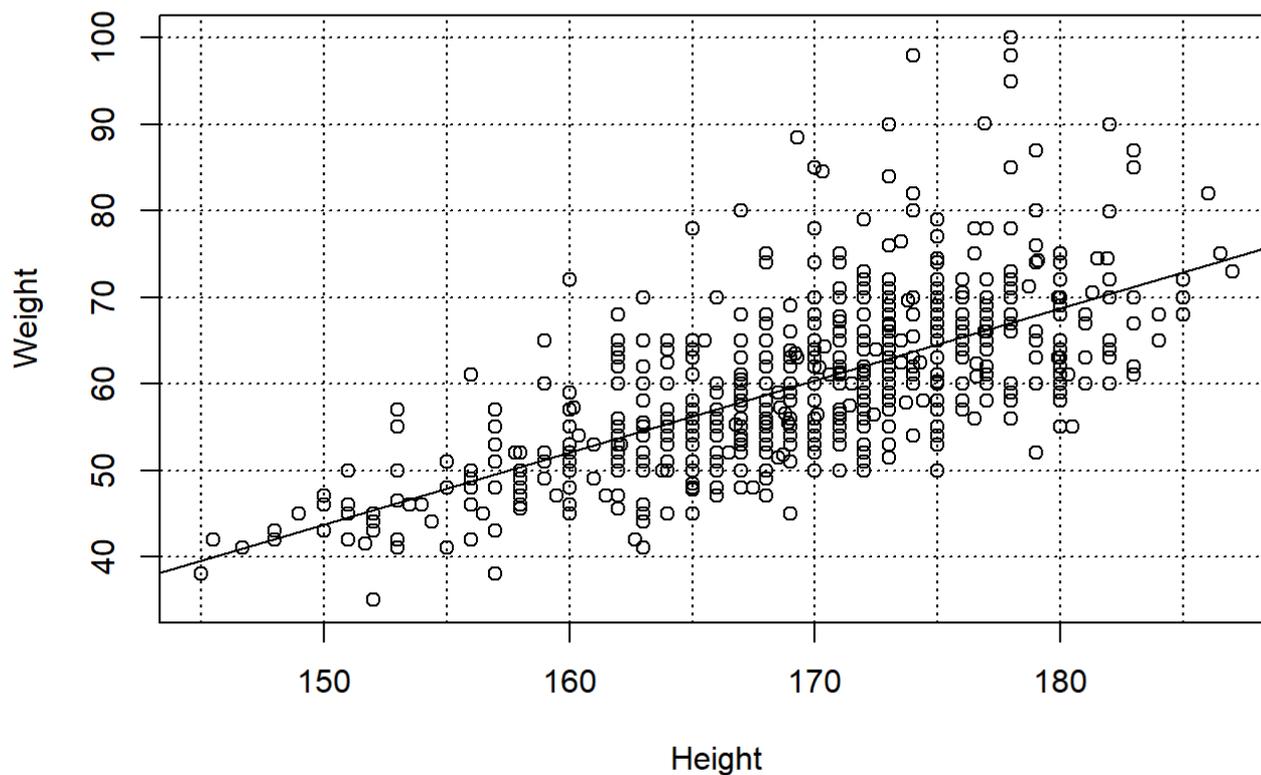
```
resid <-RresultHW$residuals # 計算結果の取り出し(残差)
resid[1:20]                 # 残差(先頭の20例)
```

```
##          1          2          3          4          5          7
## -1.52187498  2.06050551  0.05821870 -0.02759202  0.97240798  2.13716897
##          8          9          10         11         12         13
## -0.69807004  2.30192996  3.30192996 -2.53330906  0.46669094  1.46669094
##          14         16         17         18         19         20
##  5.46669094 -3.61797637 -10.36854807 -2.36854807 -1.36854807 -0.36854807
##          21         22
## -5.20378708 -4.20378708
```

- 散布図に回帰直線を付加する方法。

```
plot(Weight ~ Height, data=StudHW,
     xlab = "Height", ylab = "Weight",
     main="Scatter Plot of Shintyou and Taijyuu") # 散布図の描画(これまでと別の指定方法)
abline(RresultHW)                               # 回帰直線を付加
abline(h=seq(40, 100, 10), lty=3)
abline(v=seq(140, 190, 5), lty=3)
```

Scatter Plot of Shintyou and Taijyuu



3. 回帰係数以外の重要な情報

回帰分析について、回帰係数以外にも知っておくべき情報がある。それらは「summary(RresultHW)」の出力中に表示されている。

```
summary(RresultHW)          # より詳細な計算結果表示
```

```
##
## Call:
## lm(formula = Weight ~ Height, data = StudHW)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -15.920  -4.732  -0.917   3.435  34.256
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -81.58778    6.25615  -13.04  <2e-16 ***
## Height       0.83524    0.03688   22.65  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 7.166 on 674 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.4322, Adjusted R-squared:  0.4313
## F-statistic:  513 on 1 and 674 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

- 決定係数 : Adjusted R-squared
 - 目的変量が説明変量でどの程度説明しているかの割合。
 - 1に近いほど当てはまりが良いと言える。

```
Adjusted R-squared:  0.4306
```

- 説明変量が予測に役立っているかの検定
 - 回帰に役立っているか : p-value : 小さいと有意(役立っている)

```
F-statistic: 462.2 on 1 and 609 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

- 回帰係数がゼロではないかの検定
 - 回帰係数の検定(係数=0か?): Pr(>|t|) : 小さいと有意(係数=0ではないと言える)

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -80.70745    6.54697  -12.33  <2e-16 ***
Height       0.82931    0.03857   21.50  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

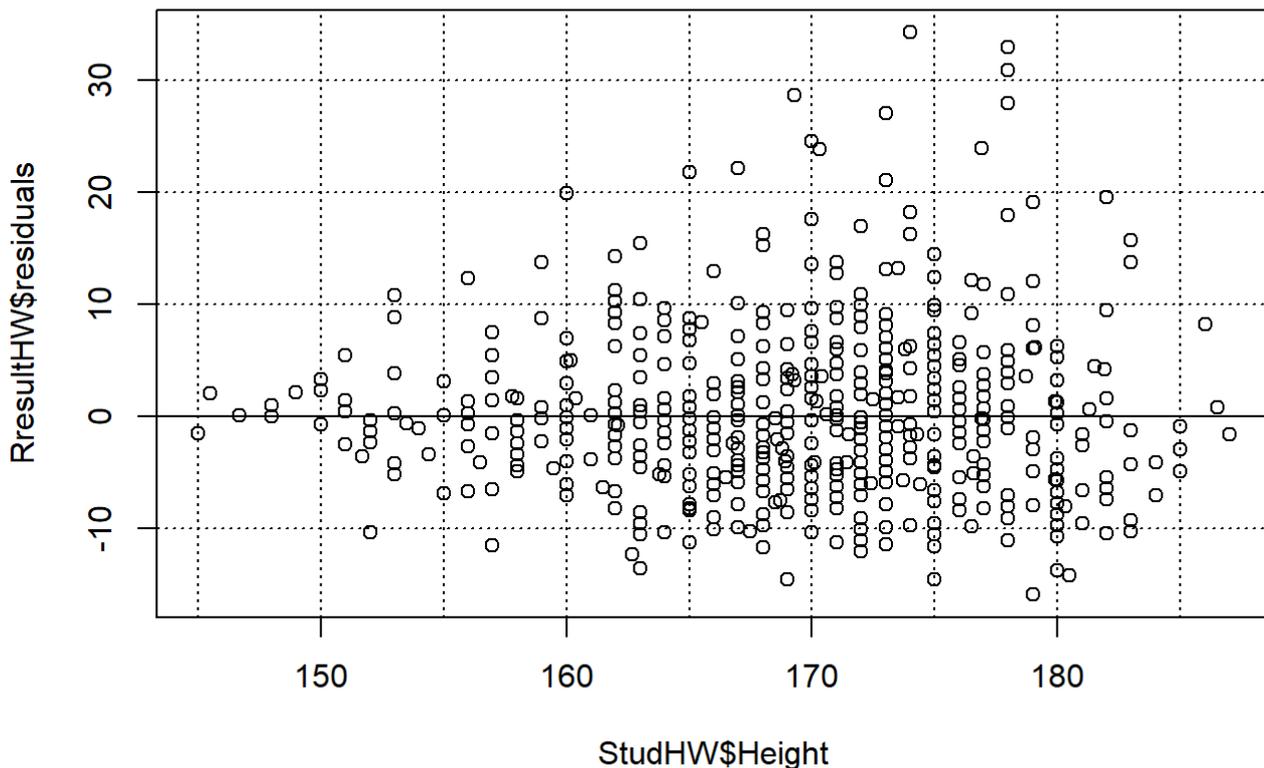
4. 残差分析もお忘れなく

- 回帰直線の係数が求まったらそれでおしまい?
- 仮定が3つあったはず
 - 関係性は直線=線形を仮定する
 - 誤差の分布は正規分布を仮定する

- 測定場所によらず、残差は同一の分布(正規分布)であることを仮定する
- 仮定が成り立っているかは確認せねば。どうやって?
 - もし、残差が何らかの傾向を示しているなら、直線=線形関係ではないのかもしれないと疑う必要がある。==> バナナカーブ
 - 測定する場所で残差の傾向が異なるなら、残差の分布が同一とは言えないかもしれない。==> 順に広がっているラッパカーブ
 - 残差のヒストグラム、箱ひげ図で偏りが判定できる。
 - Q-Q プロットの斜め直線に乗っていれば正規分布と言える。ズレが大きいようだとの検討の余地がある。
 - 程度問題ではあるが、少しぐらいの逸脱は許容範囲と言える。
 - 残差が正規分布をするということを意識してもらえば良い。

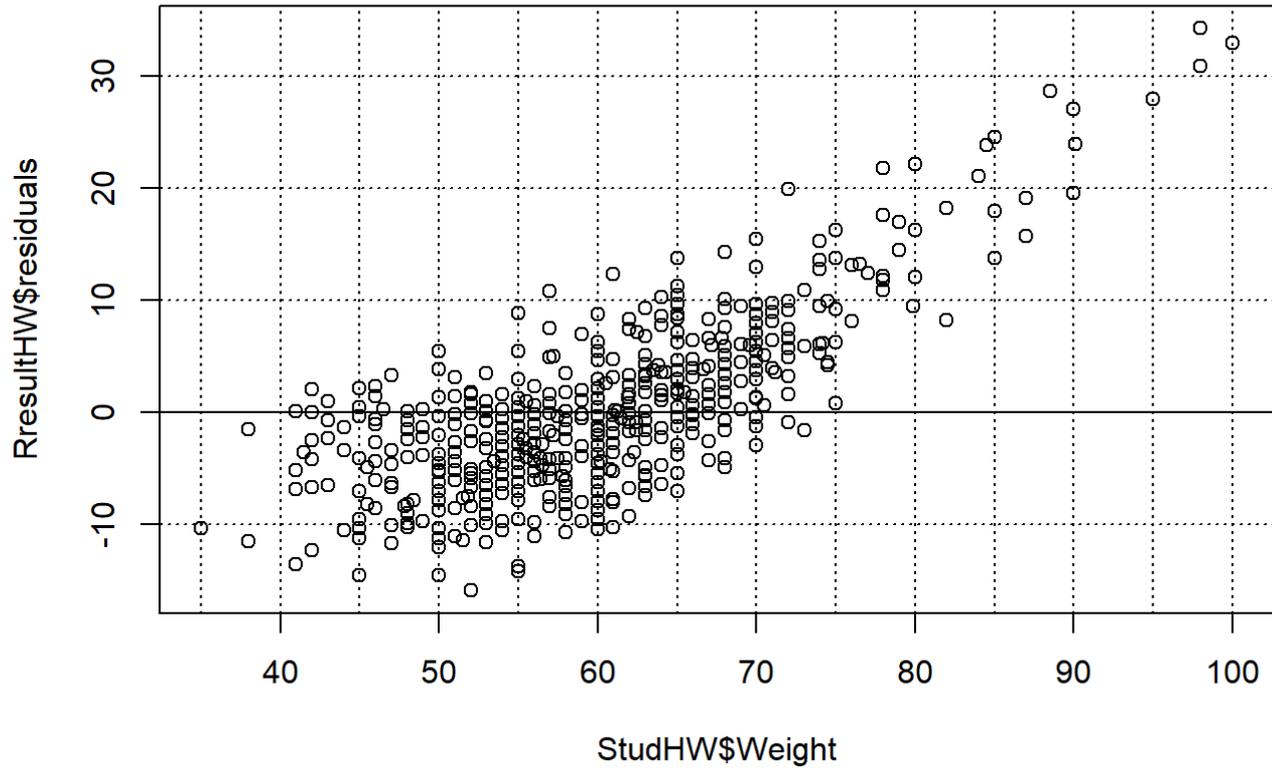
残差プロット: 対身長に対して

```
plot(StudHW$Height, ResultHW$residuals) # 残差プロット(対身長)
abline(v=seq(140, 190, 5), lty=3)      # 点線を追記
abline(h=seq(-10, 30, 10), lty=3)     # 点線を追記
abline(h=0, lty=1)                    # 原点を追記
```



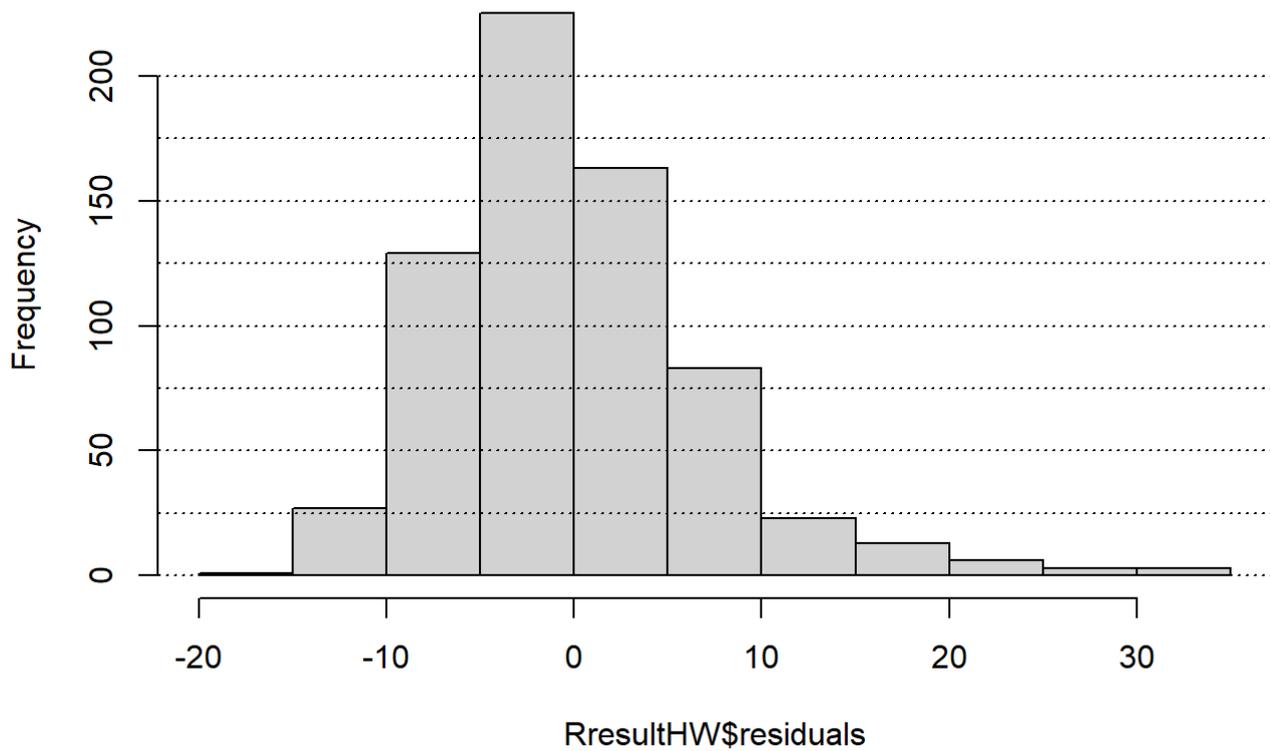
残差プロット: 対体重に対して

```
plot(StudHW$Weight, ResultHW$residuals) # 残差プロット(対体重)
abline(v=seq(30, 100, 5), lty=3)      # 点線を追記
abline(h=seq(-10, 30, 10), lty=3)     # 点線を追記
abline(h=0, lty=1)                    # 原点を追記
```

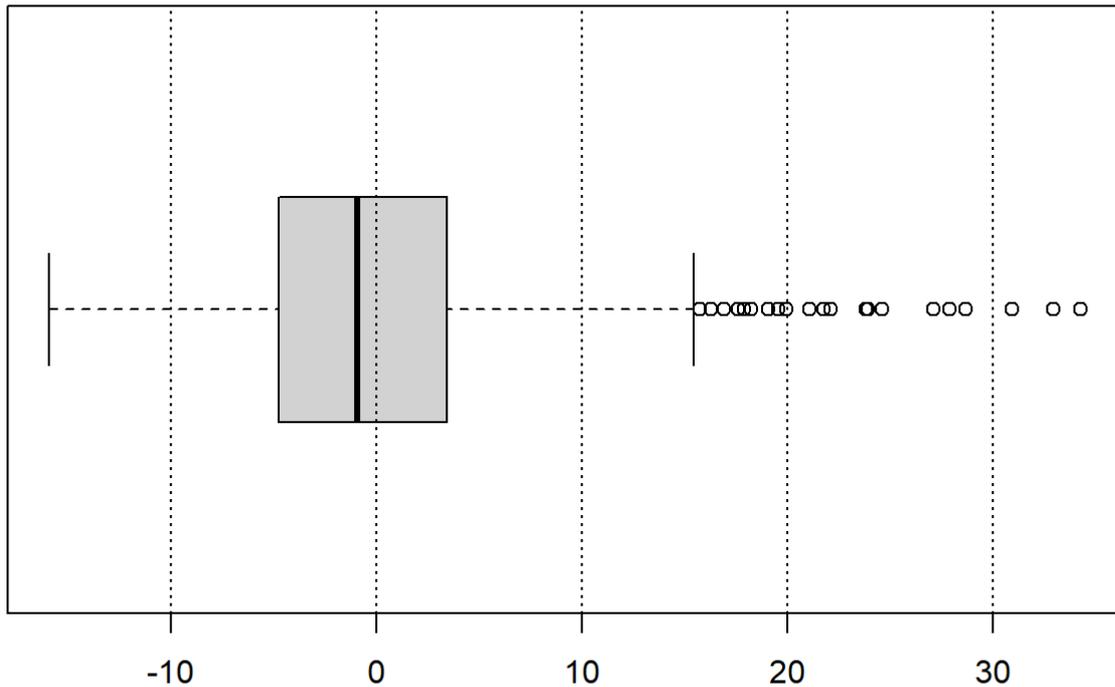


```
# 残差のヒストグラム  
hist(RresultHW$residuals, right=F)  
abline(h=seq(0, 200, 25), lty=3)      # 点線を追記
```

Histogram of RresultHW\$residuals



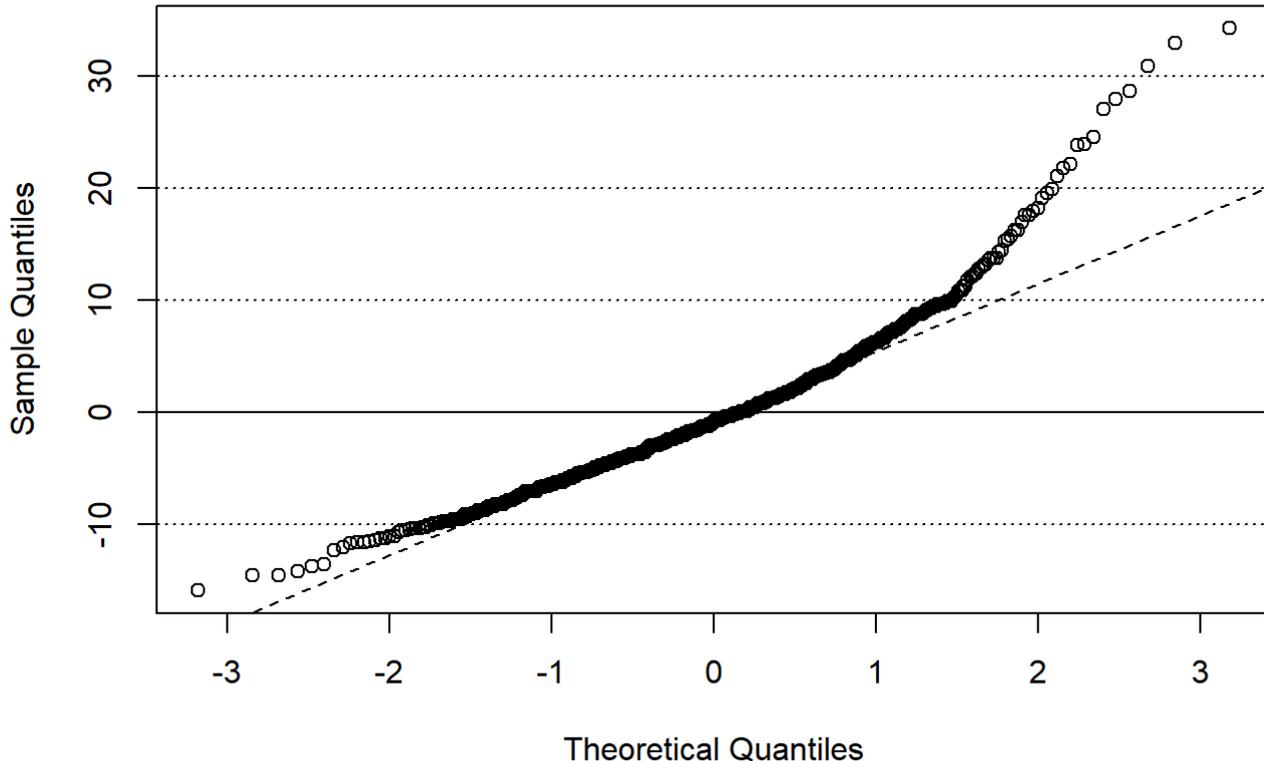
```
# 残差の箱ひげ図  
boxplot(RresultHW$residuals, horizontal=T)  
abline(v=seq(-10, 30, 10), lty=3) # 点線を追記
```



- 残差のヒストグラム、箱ひげ図で偏りが判定できる。

```
# 残差のQQプロット: 正規確率プロット
qqnorm(RresultHW$residuals) # QQプロット(正規確率プロット)
qqline(RresultHW$residuals, lty=2) # 基準線の描画
abline(h=0, lty=1) # 点線を追記
abline(h=seq(-10, 30, 10), lty=3) # 点線を追記
```

Normal Q-Q Plot



- Q-Q プロットの斜め直線に乗っていれば正規分布と言える。ズレが大きいようだとの検討の余地がある。
- [検討事項] 残差が20を超える辺りの(少なくとも)8例ほどは分布を乱しているように見える。====> 外れ値か? 吟味が必要。次回に解説。

5. この分析のまとめ(結果の見方)

- 対象になったのは 676名。
- 説明変数が予測に役立っているか?
 - 回帰に役立っているか : p-value : 小さいと有意(役立っている)
 [この例] 1% 未満(0.01%) なので役に立っているとと言える。
- 決定係数 : Adjusted R-squared: (相関係数 : R)
 - 目的変数が説明変数でどの程度説明しているかの割合。
 - 1 に近いほど当てはまりが良いと言える。
 [この例] 43% 程(約半分)を説明できている。
- 回帰係数 : Estimate
 [この例] $a=-81.6$, $b=0.835$
- 説明変数が予測に役立っているか?
 回帰係数の検定(係数=0 か?) : $\Pr(>|t|)$: 小さいと有意(係数=0ではないと言える)
 [この例] 両者とも 1% 未満(0.01%) なので回帰係数はゼロではない(何らかの意味がある数字と言える)。
- 残差の性質 ====> 正規性 : 残差プロット、残差解析
 - 残差(予測誤差)は正規分布をしていると仮定してモデルが構築されている。
 - この仮定が覆ると、回帰分析として成立していないことになる。
 - 残差が正規分布をしているか確認する必要がある。

- 均等に散らばっているか?
- 傾向はないか?
- ...

[この例] 残差には概ね傾向は見られない。ただし体重の大きい5例程度は要確認。場合によっては外れ値として除外も。

[演習5-1] 上述では[体重]を[身長]で説明する回帰式の例で説明した。では、[体重]を[胸囲]で説明するとどうなるか? 各自でやってみよ。

[演習5-2] スマホ月額料金を仕送り額で説明する回帰分析等、興味のある組み合わせで実行してみよ。

6. 有効桁数に注意せよ：どこまでが「意味ある桁」か?

測定精度上回る計算結果は表示させることはできても、意味はない。プログラムの出力をそのまま書き写さないように。

[重要な注意] 統計ソフトは単なる道具。使いこなすのは各自。

[例1] 四捨五入の数値で考えてみれば：精度(正確さ)が異なることに注意

12.3 <==== 12.25~12.34
12 <==== 11.5 ~12.4
67.8 <==== 67.75~67.84
68 <==== 67.5 ~68.4

[例2] 日本の観測史上の最高気温は、2018(平成30)年7月23日に熊谷市で観測された41.1度であり、最低気温は、1902(明治35)年1月25日に北海道旭川市の-41度であった。====> -41.0度

[例3] 2001年のイチロー選手の打率は3割5分であった。2006年は3割3分1厘であった。====> 3割5分0厘

【今週の思い】 回帰分析のアイデアを理解し、分析手順を習得せよ。

81. 参考

このページで取り扱ったプログラムだけを抜き出して以下に列挙しておく。

```

## 1.1. アイディア
tmpRand<-rnorm(2000)
tmpRand[1:40]

StudTmp<-Student23
StudTmp$Height <-Student23$Height+tmpRand[1:598]*0.2
StudTmp$Weight <-Student23$Weight+tmpRand[1001:1598]*0.2

# 乱数で位置をずらした散布図
plot(StudTmp$Height, StudTmp$Weight,
      xlab = "Height", ylab = "Weight",
      main="Scatter Plot of Shintyou and Taijyuu")
abline(h=seq(40,100,10), lty=3)
abline(v=seq(140,190,5), lty=3)

## # 元データそのものの散布図(点が重なって判読できない)
## plot(Student23$Height, Student23$Weight)
## abline(h=seq(40,100,10), lty=3)
## abline(v=seq(140,190,10), lty=3)

RresultTmp <- lm(Weight ~ Height, data=StudTmp)
## RresultTmp
## summary(RresultTmp)

plot(Weight ~ Height, data=StudTmp,
      xlab = "Height", ylab = "Weight",
      main="Scatter Plot of Shintyou and Taijyuu")
abline(RresultTmp)
abline(h=seq(40,100,10), lty=3)
abline(v=seq(140,190,5), lty=3)

## 1.2. 前準備(Rでの利用に際して)
# データの切り出し
colnames(Student23)
StudTmp1<-Student23[,2:3] # 身長(2番目)と体重(3番目)だけを切り出す
StudTmp1[1:15,]
dim(StudTmp1)

StudHW<-na.omit(StudTmp1) # 欠損値を含むデータを削除
dim(StudHW)
colnames(StudHW)
StudHW[1:15,]

# 欠損値を含むデータの例数カウント(方法1)
StudTmp2<-!is.na(StudTmp1)
# StudTmp2[1:15,]
StudTmp3<-StudTmp2[,1] & StudTmp2[,2]
# StudTmp3[1:15]
# (StudTmp3==F)[1:15]
sum(StudTmp3==F)

# 欠損値を含むデータの例数カウント(方法2)
StudTmp2<-is.na(StudTmp1)
# StudTmp2[1:15,]

```

```
StudTmp3<-StudTmp2[,1] | StudTmp2[,2]
# StudTmp3[1:15]
sum(StudTmp3) ## これと同じ意味 ==> sum(StudTmp3==T)

## 2.1. 定式化
# 回帰分析の表記方法(その1)
RresultHW <- lm(Weight ~ Height,
               data=StudHW) # 線形モデル, Linear Model
RresultHW # 簡略化した計算結果表示

# 回帰分析の表記方法(その2)
ResultTmp1 <- lm(StudHW$Weight ~ StudHW$Height,
                data=StudHW) # 線形モデル, Linear Model
ResultTmp1 # 簡略化した計算結果表示

coef <-RresultHW$coefficient # 計算結果の取り出し(回帰係数)
coef # 回帰係数

resid <-RresultHW$residuals # 計算結果の取り出し(残差)
resid[1:20] # 残差(先頭の20例)

# 散布図に回帰直線を付加する方法
plot(Weight ~ Height, data=StudHW,
     xlab = "Height", ylab = "Weight",
     main="Scatter Plot of Shintyou and Taijyuu") # 散布図の描画(これまでと別の指定方法)
abline(RresultHW) # 回帰直線を付加
abline(h=seq(40, 100, 10), lty=3)
abline(v=seq(140, 190, 5), lty=3)

## 3. その他の重要な情報
summary(RresultHW) # より詳細な計算結果表示

## 4. 残差分析もお忘れなく
# 残差プロット: 対身長に対して
plot(StudHW$Height, RresultHW$residuals) # 残差プロット(対身長)
abline(v=seq(140, 190, 5), lty=3) # 点線を追記
abline(h=seq(-10, 30, 10), lty=3) # 点線を追記
abline(h=0, lty=1) # 原点を追記

# 残差プロット: 対体重に対して
plot(StudHW$Weight, RresultHW$residuals) # 残差プロット(対体重)
abline(v=seq(30, 100, 5), lty=3) # 点線を追記
abline(h=seq(-10, 30, 10), lty=3) # 点線を追記
abline(h=0, lty=1) # 原点を追記

# 残差のヒストグラム
hist(RresultHW$residuals, right=F)
abline(h=seq(0, 200, 25), lty=3) # 点線を追記

# 残差の箱ひげ図
boxplot(RresultHW$residuals, horizontal=T)
abline(v=seq(-10, 30, 10), lty=3) # 点線を追記

# 残差のQQプロット: 正規確率プロット
qqnorm(RresultHW$residuals) # QQプロット(正規確率プロット)
qqline(RresultHW$residuals, lty=2) # 基準線の描画
```

```
abline(h=0, lty=1)      # 点線を追記  
abline(h=seq(-10, 30, 10), lty=3)  # 点線を追記
```