

## 第8章 いろいろな統計グラフ Data&Statistic

List&Spreadsheet を利用すると、いろいろなリスト処理をエクセルの感覚で行うことができます。棒グラフや散布図などのグラフも描画することができるのですが、後で **ctrl** ▲によりページ一覧を表示させると大量のグラフページが追加されていて、ビックリしてしまいます。

Data&Statistic アプリケーションは、リストデータのグラフ化に特化したアプリケーションです。このアプリケーションを利用すると、リストに関するいろいろなグラフを描画させてもページが増えることはありません。

この章では、作成済みのリストデータをグラフ化するためのいろいろな方法について解説します。この章で必要とするリストデータは、List&Spreadsheet か計算画面においてすでに作成済みであるか、または別途作成するものとします。この章では、前章で作成した math と phys というリストを利用例とします(7-15 頁参照)。統計 (Statistic) に関する部分は、章を改めて説明します。

### 25 統計プロット Data&Statistic

#### 25.1 Data&Statistic の追加方法

「Data&Statistic」を追加するには、そのページを現在のプロブレムの中のページとして追加するのか、それとも新たなプロブレムを作ってその中のページとして追加するのかを自分で決定する必要があります。どちらにしてよいか分からないときは、現在のプロブレムの中のページとして追加しておきましょう。

現在のプロブレムの中のページとして追加するには、単に **ctrl** **doc** を押すと現れるメニューから「5: Add Data&Statistic」を選択するだけです。あるいは、**on** を押して Home 画面に戻ります。そして、下部に表示され

ている「Data&Statistic」のアイコンを選択しても、同じプログラム内のページとして追加されます。

新しいプロブレムを作ってその中のページとして追加するには、**doc** **4** によるメニューから「1: Problem」を選び、そこに表示されるメニューから「5: Add Data&Statistic」を選択します。ただし、プロブレムを新しくすると、前のプロブレムで作成した各種のデータは引き継がれないので注意してください。

図 25.1 では、前章で作成したリストデータを使えるようにするため、現在のプロブレムの中のページとして追加しています。登録済みのリストデータの個々の値がドットで表示され、左上の「Caption」に表示されているリストデータについては、具体的な値が表示されます。このページを、この章では「プロット画面」と呼ぶことにします。

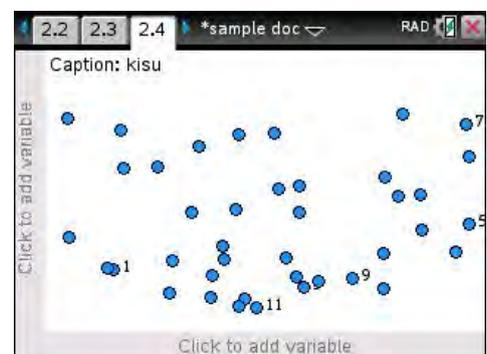


図 25.1: プロット画面

## 25.2 ドットとリストデータ

図 25.1 のプロット画面では、作成済みのリストデータの個々のデータが一つ一つのドットでランダムに表示されます。ドットが大きいので、一つのドットが複数のリストデータを表す場合もあります。どのドットが、どのリストデータの値を表すかを見るには、タッチパッドでマウスポインターを出してドットに近づけます。マウスポインターが「つかむ」マークに変わり、プロット画面に表示されているリストの一覧が表示されます。そして、そのドットが表すリストについては、リスト名の右側にデータが表示されます。図 25.2 では、1つのドットが7つのリストデータの値を表しています。

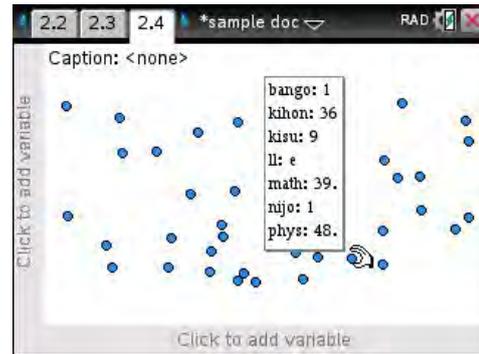
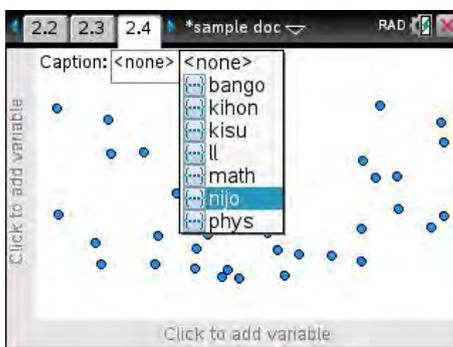


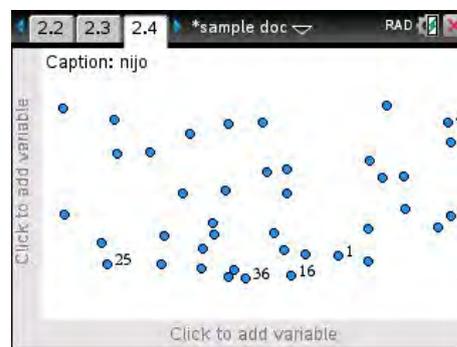
図 25.2: ドットの表すリストデータ

特定のリストデータがどのように分布しているかを見るには、マウスポインタを左上の Caption の箇所に近づけます。Caption の右側に長方形が現れてマウスポインターが+印に変わるので、 でクリックすると図 25.3(a) のようなリストデータの一覧が表示されます。リストを選択して  をクリックすると、指定したリストのデータが (b) のようにプロット画面に表示されます。

ただし、そのドットの散らばり具合には特に意味はありません。Caption の箇所で「none」を選択すると、単にドットだけの表示に戻ります。



(a) Caption の指定



(b) 特定のリストデータの分布

図 25.3: プロット画面のドットとリストデータ

リストデータのデータ数が多くなるとプロット画面はドットだらけになります。たとえば、計算画面で

```
ransu := randInt(1, 100, 1000)
```

として1から100までの整数乱数を1000個持つリストを作成すると、プロット画面は表 25.4 のようになります。

このリストは単なる例示だけのために作成したもので、 ◀により計算画面に戻って、   から「DelVar ransu」として削除しておきます。 ▶によりプロット画面に戻ると、図 25.3(b) の画面になります。

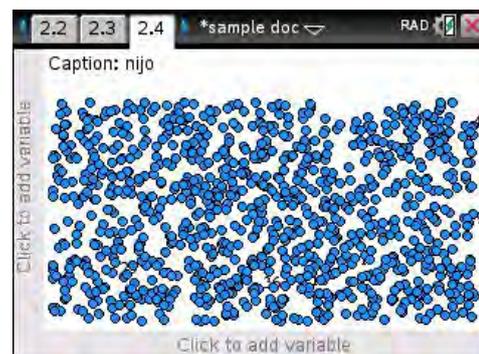


図 25.4: ドット数の多いプロット画面

### 25.3 1 変量リストのグラフ

プロット画面では、多数のリストデータがドットで表示されています。その中から特定のリストを指定して、いろいろなグラフを作成することができます。「Data&Statistic」でのグラフは「List&Spreadsheet」でのグラフ化と違い、グラフを描画してもページが増えることはありません。

#### 1: ドットプロット menu 1 1

グラフを作成するには、まず軸を横軸・縦軸のいずれに取るかを自分で指定します。特にこだわりがなければ、横軸に取っておきましょう。軸の指定の仕方には、2つの方法があります。

一つの方法は menu の利用です。 ctrl menu から「1: Add X Variable」を選択するか、または menu 2 から「5: Add X Variable」を選択します。リストの一覧が現れるので、その中からグラフを描画したいリストを選択します。

もう一つの方法は、マウスポインタの利用です。マウスポインタを出して、プロット画面の最下行に薄く表示されている「Click to add variable」の箇所近づけます。その箇所が四角で囲まれてポインタが+印になるので、↵ をクリックするとリストの一覧が表示されます。その中からグラフを描画したいリスト指定して enter を押します。

図 25.5(a) は、マウスポインタを利用しています。リストとして、たとえば math を選択して enter を押すと、指定したリストデータを表すドットが (b) のように横軸の上に積み上がります。この図をドットプロットといい、図 24.10 の右側のグラフと同じものです。ページが増えることはありません。

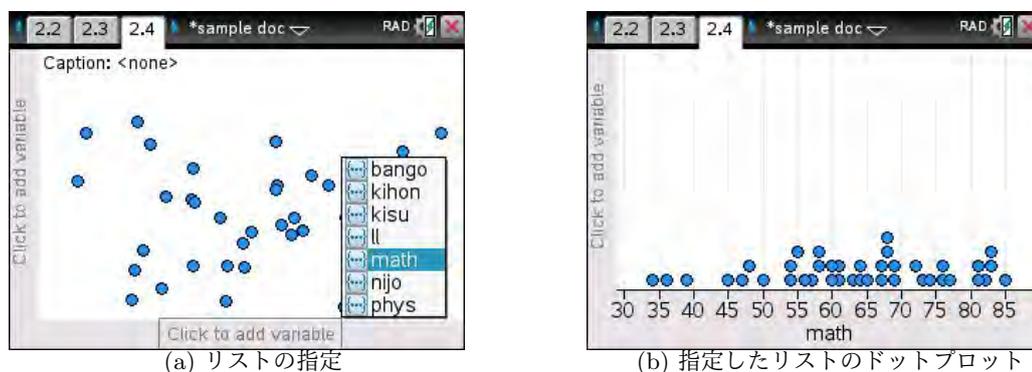


図 25.5: リストの指定とドットプロット

軸を縦軸に取るには、 ctrl menu か、または menu 2 から「Add Y Variable」を選択します。プロット画面の左端の「Click to add variable」の箇所にマウスポインタをあてがってクリックしても、リストの一覧が表示されます。軸を縦軸に取ると、ドットが画面左端から右方向に積み上がったグラフが表示されます。

このドットプロットを複数のリストで作成することもできます。 ctrl menu か、または menu 2 から「Add X Variable」を選択すると、追加するリストの一覧が表示されます。そこから、たとえば「phys」を選択すると、math のドットプロットが上に移動して、図 25.6 のように phys のドットプロットが表示されます。

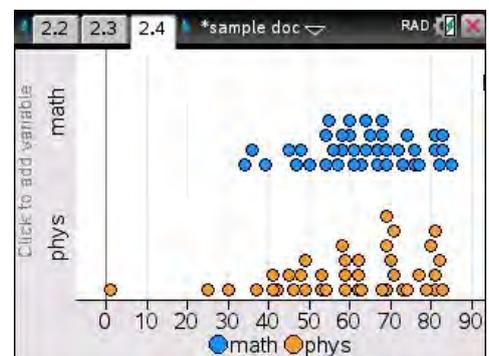


図 25.6: 複数リストのドットプロット

## 作成できるグラフの種類

1変量リストでは、そのデータが数値データであるか、それともカテゴリカルデータであるかにより、作成できるグラフが異なります。カテゴリカルデータは、色の名前などのように数値ではないデータです。

グラフを描画するには、前頁で説明したようにして、最初に横軸か縦軸にグラフを描画したいリストを割り当てます。選択したリストのデータのタイプにより、作成できるグラフの種類が異なります。

グラフの種類は **menu** ① から選択します。すべての項目が表示されていますが、作成可能なグラフしか選択できません。作成できないグラフは薄く表示されます。データのタイプは Nspire が自動的に判断します。

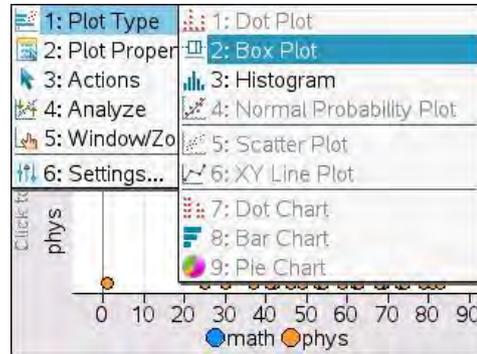


図 25.7: **menu** ① グラフの種類

図 25.7 では、図 25.6 の状態からは「2: Box Plot」と「3: Histogram」しか選択できないことを示しています。

## (1) 数値データの場合

- 1: Dot Plot～ 図 25.5 のようなドットを積み上げたグラフ。
- 2: Box Plot～ 第1四分位数から第3四分位数までを箱で囲った箱ひげ図。
- 3: Histogram～ 幾つかの階級に分けられたヒストグラム。
- 4: Normal Probability Plot～ データを Z 変換の直線の回りに分布させた正規確率プロット

## (2) カテゴリカルデータの場合

- 7: Dot Chart～ 同じデータをドットで積み上げたグラフ。
- 8: Bar Chart～ 同じデータの度数の大小を棒の長さで区別した棒グラフ。
- 9: Pie Chart～ 同じデータの度数の大小を扇形の角度で区別した円グラフ。

データが数値で表されているときは、それを数値として扱うか、それともカテゴリカルデータとして扱うかを指定することができます。特に指定がなければ数値データとして扱われます。カテゴリカルデータとして扱うと、円グラフや棒グラフを作成することができます。

数値データをカテゴリカルデータとして扱うためには、**menu** ② から「B: Force Categorical X」を選択します。ただし、図 25.6 の状態で **menu** ② を押しても、その項目は薄く表示されて選択できません。

そこで、**menu** ② ⑦ により phys を削除して、改めて **menu** ② とすると「B: Force Categorical X」が選択可能になっています。実際に選択すると、すべてのデータが区別されて色分けされ、同じ値は積み上がります。

もとの数値データとするには、**menu** ② から「Force Numeric X」を選択します。「X」は、横軸のリストに対する指定です。縦軸の場合は「Y」と書かれた箇所指定します。

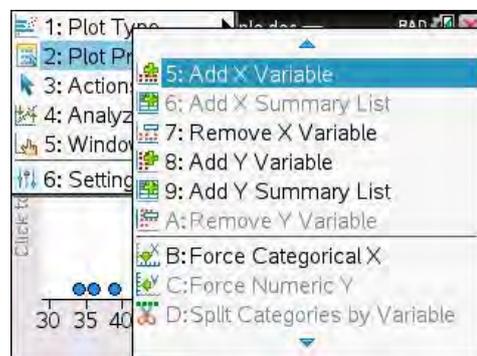


図 25.8: 「B: Force Categorical X」

次の説明の都合もあるので、math は **menu** ② ⑧ により必ず数値データに戻しておいてください。

2: 箱ひげ図 menu 1 2

箱ひげ図は、データの分布の様子を簡潔な図で示したものです。図 25.8 では phys が削除されているので、横軸には math だけが指定されているはずですが、この状態で menu 1 2 を押すと、math の箱ひげ図が描画されます。menu 1 では、その状態からは指定できない項目も表示されます。ctrl menu を押すと実際に選択可能な項目だけが表示されるので、その中から「1: Box Plot」を選択してもかまいません。

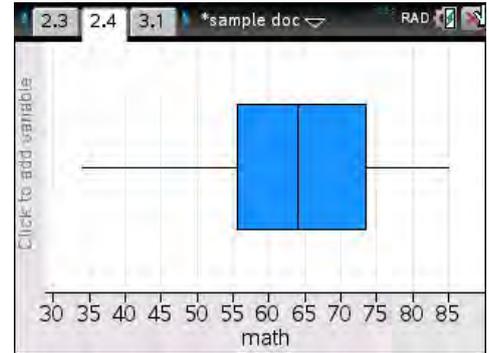
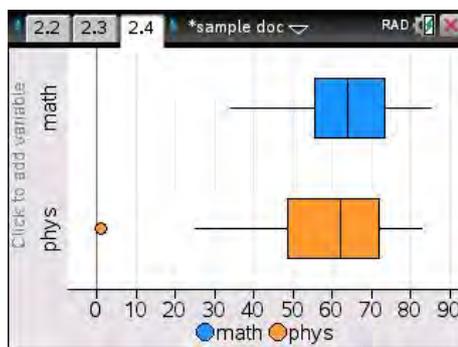


図 25.9: 箱ひげ図

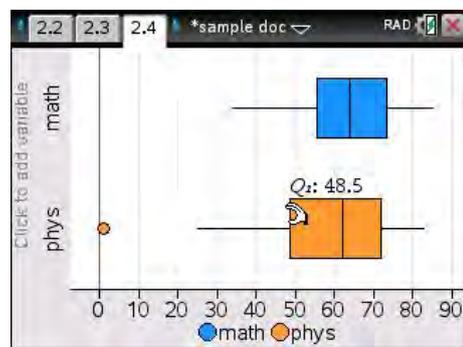
全データの半数が箱の中にあります。箱の真ん中の線はメディアン (中央値) を表し、この線の左側と右側に分けることで全体を半数に分けることができます。

menu 2 5 により軸に phys を追加すると、図 25.10(a) のように複数の箱ひげ図が描画されます。phys では左端にドットが表示されますが、これは「外れ値」です。外れ値であるかどうかの判断は、第 1 四分位数を  $Q_1$ 、第 3 四分位数を  $Q_3$  として、 $X = 1.5(Q_3 - Q_1)$  とするとき、データが区間  $[Q_1 - X, Q_3 + X]$  の中にあるかどうかにより判断されます。マウスポインタをあてがうと、(b) のように  $Q_1$  の値が表示されます。

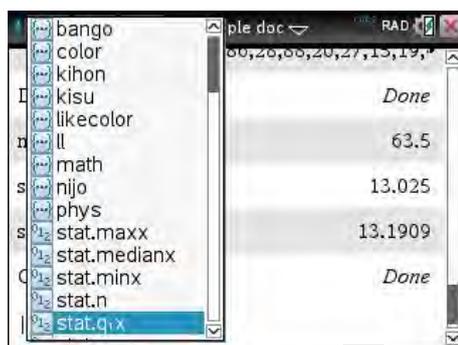
第 1 四分位数や第 3 四分位数の値を計算画面で求めるには、「OneVar phys」とします。「Done」が表示され、phys に関するいろいろな統計量が stat.results というリストに格納されます。var を押すと現れる (c) のメニューから、第 1 四分位数の値は (d) のように stat.Q1x により表示されます。



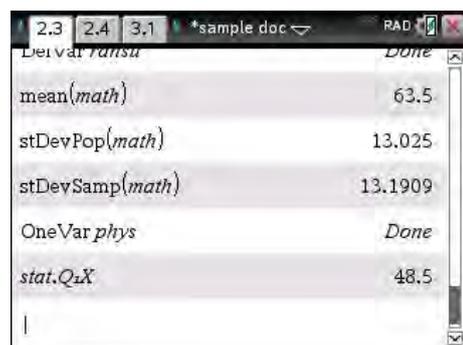
(a) 複数リストの箱ひげ図



(b) マウスポインタの利用



(c) Onevar 実行後の var



(d) 計算画面での第 1 四分位数

図 25.10: 複数の箱ひげ図

3: ヒストグラム menu 1 3

ヒストグラムを描画するには、menu 1 より「3: Histogram」を選択します。図 25.10(a) の状態で選択すると、2つのリストのヒストグラムが描画されます。

すでに 24.3 節 (7-16 頁) で説明済みですが、ヒストグラムの描画手順は下記の通りです。図 25.11 では、(3) により階級幅を 5、基準値を 30 としています。

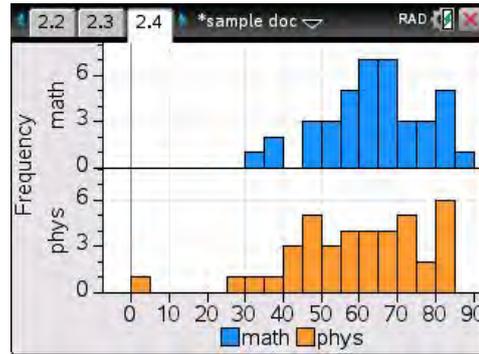


図 25.11: 複数リストのヒストグラム

- (1) menu 2 の「Add Variable」により、軸にリストを指定する。
- (2) menu 1 3 により、ヒストグラムが描画される。
- (3) 階級は、menu 2 2 1 から変更できる。  
なお、階級は、 $a \leq x < b$  の形で区分される。
- (4) 百分率や確率密度で表示するには、menu 2 2 1 から変更できる。
- (5) 軸に指定したリストは、menu 2 から「Remove Variable」により削除できる。

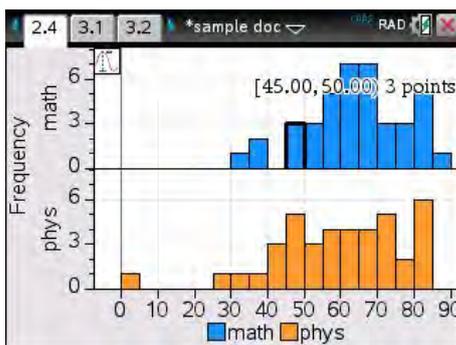
描画後のヒストグラムについて分析するには、menu 4 を押します。「A: Graph Trace」を選択すると、図 25.12(a) のように棒が黒枠で表示されて、その階級と度数が表示されます。(a) では、[45, 50] の区間に 3 個のデータがあることが分かります。黒枠は、 $\blacktriangleleft$   $\blacktriangleright$  により左右に移動し、 $\blacktriangledown$  により下部に表示されているヒストグラムに移動します。トレースから抜けるには esc を押します。

menu 4 で「9: Show Normal PDF」を選択すると、そのリストデータが正規分布に従う場合の分布曲線が描画されます。math の場合は、 $\text{mean}(\text{math}) = 63.5$ ,  $\text{stDevSamp}(\text{math}) = 13.1909$  なので、対応する正規分布は  $N(63.5, 13.1909)$  です。 $\mu = 63.5$ ,  $\sigma = 13.1909$  とおくと、確率密度関数は

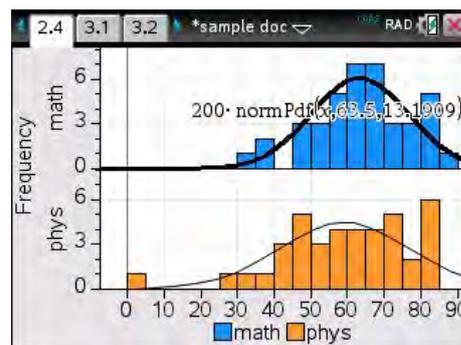
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

で表されます。この関数が、(b) の  $\text{normPdf}(x, 63.5, 13.1909)$  という関数です。

ヒストグラムは、相対度数分布表において、各階級の相対度数がその階級の棒の面積と一致するように縦軸のスケールを調整したものです。たとえば、全度数が  $N$  で、階級幅  $d$  の階級の度数が  $k$  のときの棒の高さを  $h$  とすると  $dh = \frac{k}{N}$  となるので、棒の高さは  $h = \frac{k}{Nd}$  です。(b) では、縦軸のスケールが度数 (Frequency) です。math の総度数は 40、(b) の階級幅は 5 にしてあるので、 $Nd = 40 \times 5 = 200$  が掛けられた曲線が描画されています。もう一度 menu 4 9 を押すと、曲線が消えます。



(a) トレース



(b) 正規分布曲線の当てはめ

図 25.12: ヒストグラムの分析

4: 正規確率プロット menu 1 4

確率変数  $X$  が正規分布  $N(\mu, \sigma)$  に従えば, 標準化した

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \dots\dots ①$$

は標準正規分布  $N(0, 1)$  に従います.  $N(0, 1)$  の確率密度関数は

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

で表されます.  $X$  が正規分布に従えば,  $Z$  は  $X$  の 1 次式であることから点  $(X, Z)$  は直線上に分布するはずですが. そこで, 指定したリストデータが正規分布に従っているかどうかを, ①の変換を行って直線上に分布するかどうかで判断することにします.

menu 1 において「4: Normal Probability Plot」を選択すると, ①の直線と実際のデータがドットで表示されます. ただし, 図 25.11 の状態で menu 1 4 は選択できません. 複数のリストには対応していないので, menu 2 7 により phys を削除して, math だけの状態で menu 1 4 を選択します. 図 25.13 が表示されます. この図を, 正規確率プロットといいます.

$$\text{mean}(\text{math}) = 63.5, \text{stDevSamp}(\text{math}) = 13.1909$$

なので, 標準化の式①は次のようになります.  $\sigma^2$  には不偏分散  $U^2$  が用いられているので注意してください.

$$Z = \frac{X - 63.5}{13.1909}$$

図 25.13 では, 横の座標軸は中央の横線です. 下段には, もとのデータの目盛りが表示されています. 縦の座標軸は, 直線と中央の横線の交点を通る縦線です. 対応する目盛りが左側に書かれています.

ドットをトレースして点  $(X, Z)$  の値を表示させるには, menu 4 A を押します. 図 25.14 のように大きな  $\times$  印が表示されて,  $\blacktriangleleft \blacktriangleright$  で左右に移動できます. トレースから抜けるには esc を押します.

図 25.13 を見ると, math はほぼ正規分布に従っているように見えますが, それは当然のことです. math というリストデータは,  $\text{round}(\text{randNorm}(67, 13, 40), 0)$  により生成されたものです. 40 個という有限個の抽出で, さらには小数第 1 位を四捨五入して得られています.

注意

ここまでは 1 変量の数値データのグラフ化について解説しました. 次の項目では, カテゴリカルデータのグラフ化について解説します. 横軸に割り当てた math は menu 2 7 により削除して, いったん図 25.1 の状態に戻してください.

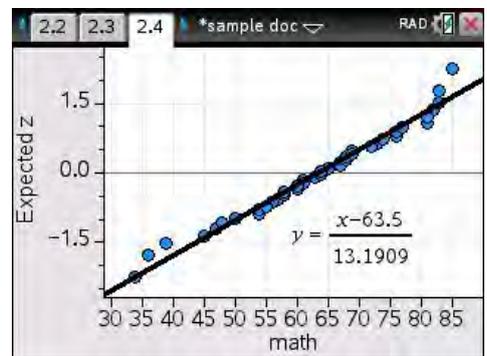


図 25.13: 正規確率プロット

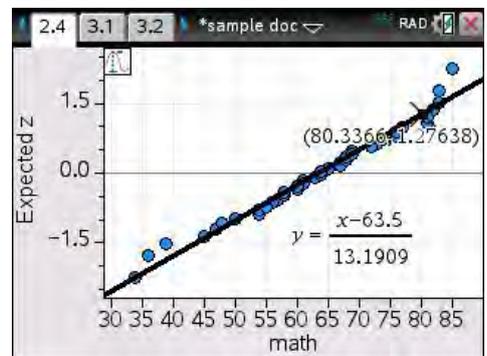


図 25.14: 正規確率プロットのトレース

7: ドットチャート menu 1 7

カテゴリカルデータは、色の名前などのように数値ではないデータです。たとえば、計算画面で

$$\text{color} := \{\text{red}, \text{white}, \text{blue}, \text{yellow}, \text{green}\}$$

として色の種類を表すリストを作成してから、40名のクラスに「好きな色」をアンケート調査したとします。その回答結果は、乱数を利用すると(7-9頁参照)

$$\text{likecolor} := \text{randSamp}(\text{color}, 40)$$

として、colorからランダムに1個抽出する操作を40回繰り返してシミュレートすることができます。

ここで、今まで例として使用してきたmathをmenu 2 7により削除して、いったん図25.1の状態に戻します。そして、menu 2 5により、今度はlikecolorを選択します。選択すると、図25.15(b)のように、データが色分けされて同じデータが積み上がったグラフが表示されます。これをドットチャートといいます。

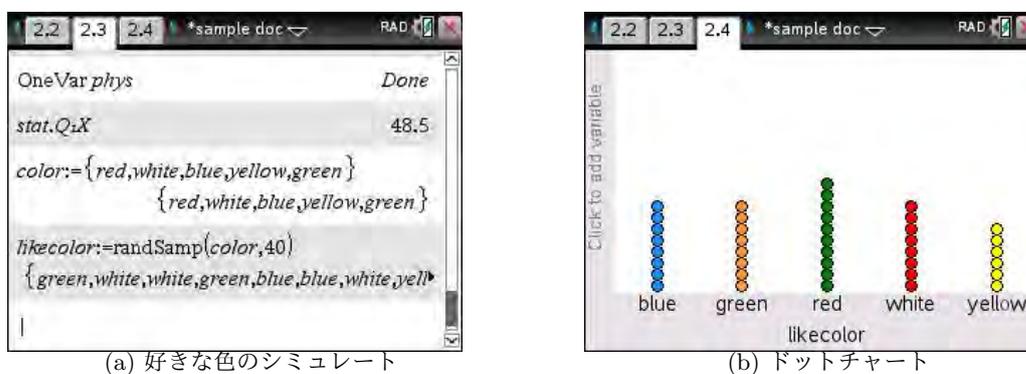


図 25.15: カテゴリカルデータのドットチャート

8: 棒グラフ menu 1 89: 円グラフ menu 1 9

図25.15(b)の状態では、menu 1から「8: Bar Chart」を選択すると図25.16(a)のような棒グラフが、「9: Pie Chart」を選択すると(b)のような円グラフが描画されます。いずれも、menu 4 Aによりトレースすることができ、個々の項目の詳細を表示させることができます。

なお、棒グラフの横軸はアルファベット順か数値順に配置され、円グラフは時計の3時の位置から時計回りに配置されます。

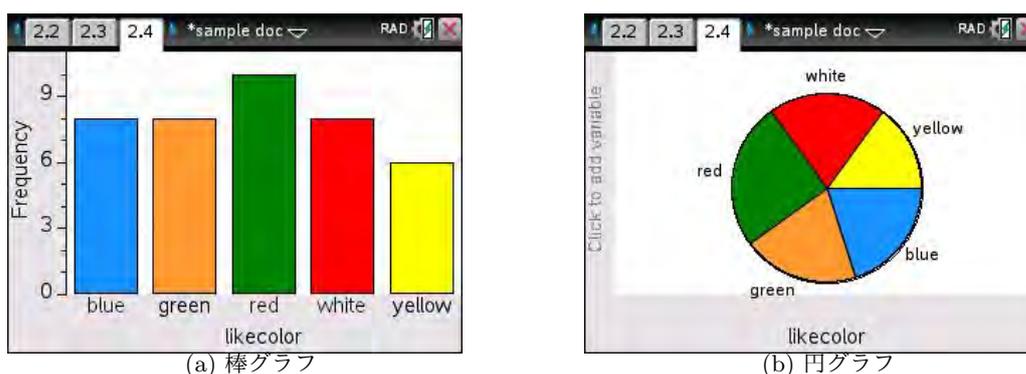


図 25.16: 棒グラフと円グラフ

### 25.4 2変量リストのグラフ

横軸と縦軸にリストを指定すると、それらのリストデータの間の関連性を見ることができます。ただし、それらのデータは、データの並ぶ順番が互に対応しているものとします。たとえば、数学の成績として math を、物理の成績として phys というリストを作成しましたが、そのデータの並ぶ順番は生徒の出席番号順に並んでいるものとします。相互に対応していないデータの散布図を作成しても意味がありません。

**5: 散布図** **menu** **1** **5** 最初に、軸に割り当てているリストを、**menu** **2** の「Remove Variable」を利用してすべて削除しておきます。数学と物理の成績の散布図を作成するには、**menu** **2** の「Add Variable」を利用して、たとえば横軸 (X) に math を、縦軸 (Y) に phys を割り当てます。

横軸に割り当てた段階で、図 25.1 のようなドットプロットが描画されます。さらに縦軸にも割り当てると、右図のような散布図が描画されます。これは、図 24.16 の右側の図と同じものです。

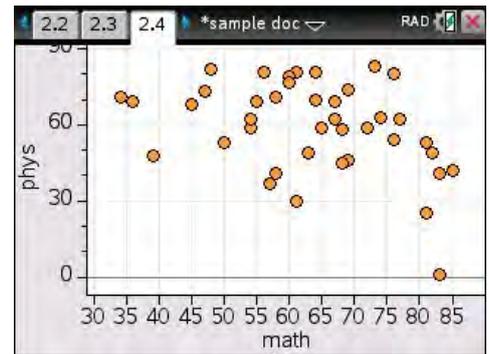


図 25.17: 散布図

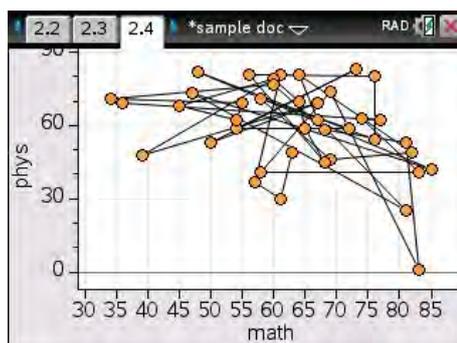
**menu** **4** **A** を利用すると、各ドットの座標を表示しながらトレースすることができます。ただし、リストの最初のデータから順番にトレースされるので、必ずしも図 25.17 の左側から順番にトレースされるわけではありません。◀▶を押すごとに、ドットは大きくジャンプしながらトレースされることになります。

**menu** **4** の「6: Regression」を利用すると、いろいろな回帰曲線を描画することもできますが、統計に関する詳細は次の章で解説します。

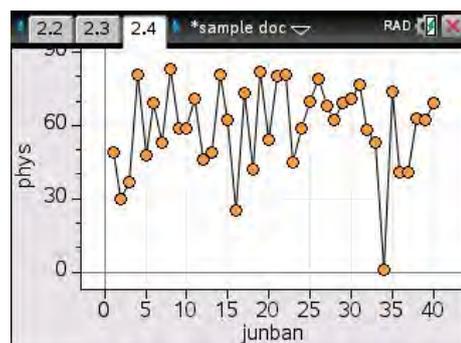
### 6: 折れ線グラフ **menu** **1** **6**

折れ線グラフは、**menu** **1** から「6: XY Line Plot」を選択しますが、横軸のリストデータは数値順に並んでいる必要があります。math と phys で指定すると図 25.18(a) のような図になります。

phys をデータが並んでいる順番に表示するには、計算画面で、たとえば `junban := seq(k, k, 1, 40)` として番号順のリストを作成して、横軸の math を削除して junban を指定します。その上で **menu** **1** **6** を押すと、(b) の折れ線グラフが表示されます。物理の成績が出席番号順に表示されたことになります。



(a) 折れ線グラフ (1)



(b) 折れ線グラフ (2)

図 25.18: 折れ線グラフ