

## 研究で君が光り輝くために



## 第3回 表と図，そして単位系を使いこなそう

筑波大学 教授

野村 港二

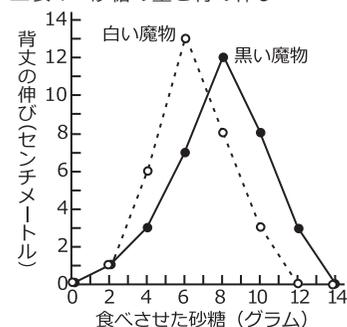
実験や調査で得られた数値データは、表やグラフとして表すのが普通です。そこで今回は、表やグラフ、単位系を使いこなすためのヒントをまとめてみました。表やグラフの使い分けは、実は、何をどう伝えるべきか、いい換えれば自分がデータで伝えたい事は何なのかを、はっきり自覚することから始まります。伝えたいのが数字なのか、比率なのか、変化なのか、あるいは別の何かなのか、自分が伝えるメッセージがはっきり自覚できたら、図表使いの達人になれます。今回も石井葉子先生にご意見を頂きながら進めます。

## 1. 表とグラフの使い分け

表とグラフでは、何を読ませたいのかが異なります。表1と図1は、いずれも飼育している魔物に与える砂糖の量と、背が伸びた量のデータです。表1では砂糖の量に対応した背の伸びの数値が具体的に分かるので、最も背を伸ばす砂糖の量を一日で知ることができます。一方で、白い魔物の方が、黒い魔物よりわずかに少ない量で背が伸びる効果が出るという違いは、図1のグラフの方が直感的に理解できます。このように、ある日の最高気温と最低気温など正確な数値が大切なときは表を用いると良い一方で、一日の気温の変化の様子など、全体の傾向をつかんだり、変化を動きとして捉えたりするにはグラフの方が効果的です。静的で絶対的に見せる表と、動的で相対的に見せるグラフと考えて、使い分けてください。なお、前号の「第2回 データと向き合おう」では、表を安易にグラフ化することの危険についても触れましたので、参考にしてください。

食べさせた砂糖 (g)	背丈の伸び (cm)	
	白い魔物	黒い魔物
0	0	0
2	1	1
4	6	3
6	13	7
8	8	12
10	3	8
12	0	3
14	0	0

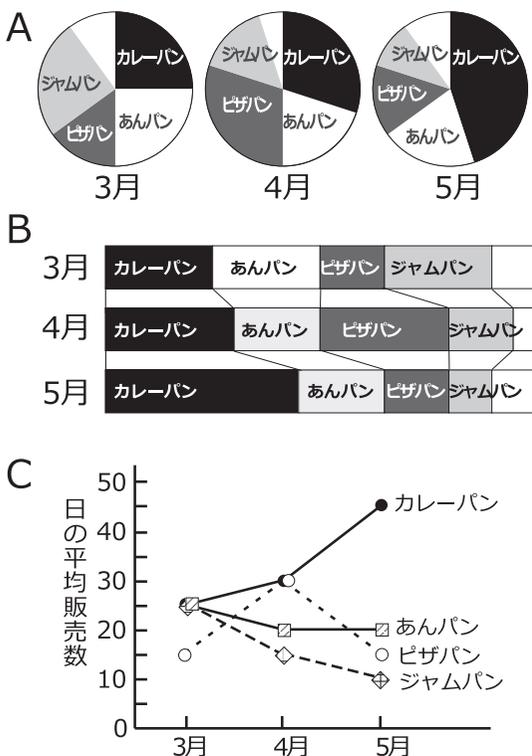
▲表1 砂糖の量と背の伸び



▲図1 魔物における砂糖の摂取量と背丈の伸び生後10か月の白い魔物 (○) と黒い魔物 (●) に20日間に与えた砂糖の総量 (g) と、その間の背丈の伸び (cm)。 (n=5)

## 2. グラフの種類

グラフには、棒グラフ、折れ線グラフなどの種類があります。どれを選べば良いでしょうか。図2は、菓子パンの売り上げのグラフです。月ごとにどのパンが良く売れたかは、図2Aの円グラフで簡単に分かります。図2Bの帯グラフでは、各月のパンの売り上げ比率は円グラフよりは捉えにくいかもしれませんが、3月から5月までのパンごとの売り上げの増減は、3つの円グラフを比較するより分かりやすいはずですが。同じデータを折れ線グラフにした図2Cだと、すべてのパンの売り上げの増減の傾向が一目で分かります。一方、折れ線グラフでは、月ごとの各パンの売り上げ比率は直観的には分かりません。縦軸の値を読んで比較する必要があります。



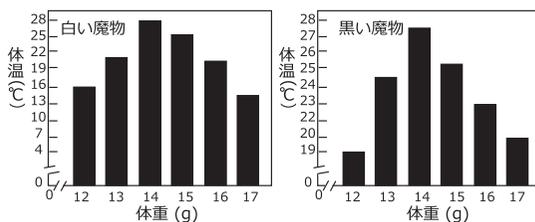
▲図2 販売部における菓子パンの売り上げ

表とグラフの関係と同じように、何をどのように表現したいかによって、選ぶべきグラフの種類が変わります。円グラフは、ある時点や条件での項目の比率を直観的に伝えるのに有効ですが、変化を伝えるのは苦手です。帯グラフは、項目の比率をある程度伝えるとともに、並べて使うことで項目ごとの変化を示すのに適しています。棒グラフは、項目間の比較をするのに適しているため、科目ごとのテストの平均点の分布など頻度分布を表すのにもよく使われます。なお、科目ごとの平均点などは、横軸にそって並んでいても、隣同士の連続性はありません。棒グラフで気をつけたのは、連続性のない物事を比較することが多いことです。横軸が、区間を区切って断続的に示しているのか、もともと独立の項目を並べたのかに気をつけながら描く必要があります。折れ線グラフは、基本的には、独立変数  $x$  と従属変数  $y$  の  $y = f(x)$  の関係を描いたグラフですから、 $x$  の変化に対する  $y$  の変化を表現するのが得意です。一方で、たとえばこの例では菓子パンの種類ごとの  $y$  の値を比較するためには、縦軸の値を読まなければならないのが面倒といえ面倒です。折れ線グラフは、飛び飛びに取った独立変数  $x$  の

うち、測定した  $x$  に対応する従属変数  $y$  をプロットし、その間を直線でつないだグラフです。本当のところ  $f(x)$  は直線ではないかもしれませんが。測定値を近似曲線で示す必要がある場合は、専門書で勉強してください。

### 3. グラフを比較して説明するとき

複数のグラフを比較しながら議論をしたいときもあります。たとえば、飼っている魔物の体重と体温との関係を示した図3を見てください。魔物の白黒によらず、体温の最大値は28℃程度で、一見すると、白い魔物と黒い魔物で黒い魔物の方が体重による体温の差が大きく感じます。しかし、グラフの縦軸をよく読んでください。目盛は等間隔に振ってありますが、白い魔物のグラフは3度ごと、黒い魔物のグラフは1度ごとになっています。黒い魔物のグラフは、差が大きく示されているのです。実際、白い魔物では体温の最高値と最低値の差は13.5度ですが、黒い魔物では8.5度しかありません。差が顕著なのは白い魔物です。表計算ソフトでグラフの外枠を同じに描くと、縦横のレイアウトを目盛の間隔で調整してしまうので、このように外枠が同じで実はスケールの違うグラフを作りがちです。比較のためのグラフを作るときには、読み手に誤解をあたえないためにも、直接比較できるようにレイアウトをそろえるのがポイントです。



▲図3 魔物の体重と体温の関係

### 4. 論文、スライド、ポスターでの図表の書き分け

苦勞して測定したり、調査したりして得たデータですが、いつでも全てを示すのが良いというものでもありません。論文の場合には、多くのデータに基づいて徹底的な議論する必要があり、また読み手は時間をかけて結果と考察を吟味できますから、データの全てを載せた図表を作ると良い場合が多いでしょう。結論を間接的にしか支持しないデータであっても、研究が十分な時間と検討を経て行われたことを証明します。

それらは、いわば城の外堀を埋めるような働きをし、結論の信頼性を高めることもあるでしょう。

一方で、口頭発表のスライドに載せる図表は、後ろの方の席からでも読める必要があります。また発表時間も限られていますから、すべての情報を盛り込むわけにはいきません。結論に直接的に結びつくデータだけを簡潔に示すことが大切です。さらに、たとえば複数の折れ線があるグラフなどの場合には、どの折れ線が何を示しているかを、図2Cのように図中に書き込むなどの配慮が必要です。

ポスター発表での図表は、論文とスライドの間になると考えられます。聴衆は、時間をかけて内容を読むことができ、発表者が不在の時間ではポスターに語らせなければならぬので、スライドに比べれば図表の説明を充実させておく必要があります。また、通りがかりの聴衆の目を引くことも大切なので、あまりに込み入っていて立ち止まる気が起きないものや、あまりにそっけないものにならないようなセンスも求められるでしょう。

具体的な例を表2A、Bに示します。表2Aはスライド用の表です。魔物は成長すると遠くまでジャンプできるようになり、距離は白い魔物と黒いもので少し異なるという結論だけを示してあります。表2Bは、スライドからポスターに向くと思います。魔物が飛べるようになるのは、どうやら脚が長くなるのと視力が良くなるためらしいという、原因を含めて示しています。しかし、他にも要因があるかもしれません。表が大きくなるので、載せてはありませんが、論文用には脚力、体重、体温、重心など飛ぶのに関係がありそうな要素も、漏らさず調べたうえで、脚長と視力らしいと結論づければ、納得ができますよね。

月齢	ジャンプ距離 (cm)	
	白い魔物	黒い魔物
2	0.5	0.4
4	2.2	2.6
6	3.2	4.8

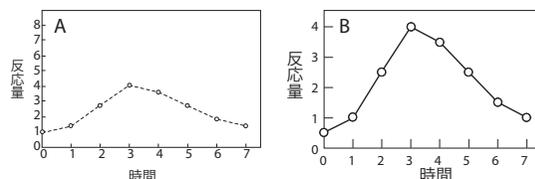
▲表2A 魔物の成長とジャンプ距離

月齢	ジャンプ距離 (cm)		脚の長さ (cm)		視力	
	白い魔物	黒い魔物	白い魔物	黒い魔物	白い魔物	黒い魔物
2	0.5	0.4	0.6	0.6	3.3	3.3
4	2.2	2.6	1.0	1.2	5.6	5.5
6	3.2	4.8	2.6	3.2	6.3	8.3

▲表2B 魔物の成長とジャンプ距離

## 5. 読みやすいグラフ

図4のAとB、どちらのグラフが読みやすいでしょうか。Aのグラフのほうが美しく上品な感じかもしれませんが、研究では正確に伝わるのが何より大切です。一般的には、折れ線を軸線より太くすると読みやすいといわれていて、Bのグラフもそのようになっています。目盛りの長さ、○や□などのマーカーも、ちょっと目立ちすぎかなと思える程度まで大きくするのがコツです。



▲図4 何かの時間と反応量の関係

私自身は、横16cm、縦10cm程度の軸線のグラフを描くときに、3ポイント程度の線を使っています。この軸線にあわせると、マーカーの大きさも自然と大きくなりますし、貼りこむ文字も18から24ポイント程度になるはずで、このように太く、大きなパーツで描かれたグラフは、印刷物にするために縮小したときにも十分に読めますし、スライドとして使ったときは遠くからでも読みやすいグラフとして効果的です。

## 6. グラフのカラー化

グラフをカラーで作りたいときには、カラーユニバーサルデザイン機構のウェブサイトを参照すると、誰にでも分かりやすくなります。赤をハイライトに使わないなど基本的なルールがあるのですが、何よりも、安易にカラー化するだけでなく、網かけなど誰にでも分かる方法をとるのが得策です。カラーで作ったグラフを、モノクロモードで表示してもコントラストで違いが分かるようであれば、誰にでも伝わりやすいことが確認できます。

## 7. グラフのキャプション

形式的な話ですが、論文中の図には、タイトルと共に、実験の方法等を簡単に説明するキャプションをつけるのが通例です。キャプションには、材料や方法の概略、複数の折れ線がある場合には、どのマーカーや線が何を示しているかなどを明記します。図1に

その例を示してあります。

## 8. 英語で発表するとき

英語で発表する機会が増えているので、グラフを英語で説明するための用語をまとめてみます。単語集として使ってください。

折れ線グラフ Line graph  
棒グラフ Bar graph  
円グラフ Pie chart/Pie graph  
レーダーチャート Spider chart/Radar chart  
散布図 Scatter plot  
ヒストグラム Histogram  
横軸 (the) X-axis  
縦軸 (the) Y-axis  
ラベル Axis label  
めもり Scale/Grid/Axis numbering  
白丸 Open circle/White circle  
黒丸 Closed circle/Black circle/Filled circle  
ばつ A cross/An X/A cross mar  
実線 Solid line  
点線 Dotted line  
破線 Dashed line  
鎖線 Dash-dotted line/Dash-dot line/Alternate long and short dashes line

## 9. 単位系の基礎知識

図表には単位が必要です。研究で用いる単位は、国際単位系 (Système International d'unités, 英語では International System of Units, 略称 SI) として国際的に定められています。SI では、時間の秒、長さのメートル、質量のキログラム、電流のアンペア、温度のケルビン、物質量のモル、光度のカンデラの 7 つを基本単位としています。歴史的には、これら基本単位は、たとえばメートルは秒では測れないなど、互いに測りあうことができない単位として定義されました。また、すべての物理量は、これら 7 つの基本単位のべき乗の乗除だけで表すことが可能です。逆にたとえば、熱量の単位として生活に密着してきたカロリーには、水の比熱という係数を含む SI から外れたものなので、熱量はジュールで表すことになっていま

す。ただし現実には、分野によって許容される単位の書き方が存在しています。論文の投稿規定 (Instruction to authors など) などに使える単位がリストされていることがあるので、学会の高校生発表枠などで発表するときには、その学会誌の投稿規定を見ておくのも良いと思います。

最後に、最近、物理量を表すための基本単位の定義が根本的に変わったことに触れておきます。高校での物理や化学や、一般的な研究に直接の影響はないはずですが、たとえば質量の定義がキログラム原器から、光子のエネルギーに基づくものに変更されるなど、根本的な見直しがなされました。特に質量については、本理科資料 82 号に分かりやすく解説されているので、ぜひ読んでください。SI 全般については、産業技術総合研究所計量標準総合センターの翻訳による「国際文書第 8 版 (2006)/日本語版 国際単位系 (SI)」が参考になります。発表のときには SI を意識した表記をすると、世界のどこでも通用するはずですよ。

参考文献等

カラーユニバーサルデザイン機構 <http://www.cudo.jp/>

国際文書第 8 版 (2006)/日本語版 国際単位系 (SI), 日本規格協会, 2007