

論文の書き方2

図表の作り方

星川佳広 CSCS, NSCAジャパン編集委員, 東海学園大学准教授

本稿は、「論文の書き方1：投稿論文を書こう」(2013年10月号)の続編です。本文中のWEB例とは、NSCAジャパンウェブサイトに掲載中の「投稿論文(事例報告)の書き方」のことです。WEB例を参照しながら読み進めてください。

【投稿論文(事例報告)の書き方】WEB例
NSCAジャパンウェブサイトTOP → [指導者の育成] → [事例報告・研究論文]、[投稿要領]部分

これから論文作成の重要ポイントである「手持ちの材料」(データや資料)の整理の仕方について、すなわち図表の作り方と統計処理について紹介していきます。

紹介する内容は基本的な事項のみです。実際に論文を作成する際にはここで紹介する内容だけでは不十分です。世にはたくさんの統計や論文の書き方に関する本が出ています。ご紹介する内容はそれらを読む前段階という位置づけにします。何も知らないままそれらの本にあたるよりは、少しは見通しが立つ——統計の本は買ってみたいけれども難しすぎてやめてしまった、ということにならないような予備知識を紹介したいと思います。

説明は、みなさんが使うことの多い表計算ソフト『Microsoft Excel®』をイメージしながら進めます。

今回は図表の作り方です。先月、「手持ちの材料」を整理する際には、あなたの主張をデータ自らが語るように(あなたが多くを説明しなくても)、うまく整理することが大事だと書きました。このとき図表が重要な役割を果たすことは、おわかりになるかと思います。図表は、その論文が何をやったかを端的かつ視覚的に表します。読者は、「図表から見る」、「図表しか見ない」ということも多いはずですが、したがって、図表の作り込みは論文作成の中でも最も重要なステップだといって良いと思います。

1. 基本事項

まず第一に、図表は、図表を見るだけで(本文を読まなくても)中身がわかるように作ることが大原則です。したがって、図表の中には数値の単位を必

ず明記します。グラフの軸ラベルにも単位が必要です。省略語を使ったならばその意味するところを図表の下部に明示しましょう。

図と表には、それぞれに一連の番号を振り(図1、表1など)、タイトル(キャプションともいう)を付けます。WEB例にあるように、図表番号とタイトルは、「表」の場合は上に、「図」の場合は下に配置します。

図表で平均値を示す場合は、WEB例のように、「±」やカッコ、エラーバーなどを使って標準偏差(次号参照)も示します。統計的な有意差(次々号参照)がある箇所に*印などをつけると、図表の中でどこに着目すべきかがわかりやすくなります。ただし、事例報告で被検者数が少ないときなど(8人程度以下)は、平均値ではなくてすべてのデータを示してもよいでしょう。

図表はExcel[®]やPowerPoint[®]で作成しますが、それができたらコピーし、論文の本文内でその図表が最初に記述されるパラグラフ近辺に貼り付けます。そして、本文の記述がどの図表に対応するかわかるように、本文中では「表1は本報告の被検者の身長と体重である」とか、「被検者の身長、体重は、178.3 ± 5.6 cm、68.2 ± 4.1 kgであった(表1)」のように、書き込みます。図表が多い場合は、作成した論文の最後(つまり「参考文献」の後)に、図と表を別々に番号順でまとめても良いです。本紙に投稿する場合は、図表を本文中に含めても、最後にまとめてもどちらでも構いません。

2. Excelを使った表、グラフ作成

Excelには便利なグラフやテーブル(表)作成ツールがあるので、手書きをするよりはるかに簡単に図表を作成できます。しかし、私の経験からは、Excelのデフォルト(自動)設定をそのままグラフや表を完成とすべきではないと思います。

その理由は、第一に、Excelのデフォルト設定だと、余計なタイトルが挿入されたり、文字が斜めに配置されたり、グラデーションがかかっていたりするなど、かえってわかりにくい場合がたくさんあるからです。口頭のプレゼンテーションでは、図表はカラフルに見せたほうが良いこともありますが、論文では、図表も最終的には白黒で掲載されます。プレゼンテーションと論文では、図表は区別して作成すべきです。論文での図表は、余計な装飾を取り除き、必要十分な情報をシンプルに描くことが肝要だと思います。

また、デフォルト設定は、あなたが図表を通して読者に「何を見せたいか」「何を強調したいのか」までは考えてく

れません。フォントの大きさや、マーカーの種類や大きさ、ケイ線の太さ、背景の色等で図表のイメージは大きく変わります。デフォルト設定そのままの図表と、細部まで気配りされた図表とを比べれば、訴える力は違うはずで

す。以下に、表とグラフについて、その目的や選択の目安、作り方などについて簡単に説明します。

2.1 表(テーブル)

本誌で表が掲載される時は、WEB例のように編集担当者によって表の見栄えが編集されるので、投稿段階では、以下で述べるグラフほどにはこだわって作成する必要はありません。ただし、査読者がスムーズに理解できるだけの配慮は必要です。項目には必ず単位を含めます。省略語を使ったならばその説明を表の下部に明記します。

表にはとても多くの情報を含めることができます。それが長所でもあり短所にもなります。WEB例の表1では、FW、DF、GKおよび合計の4列に対して9行、すなわち、 $4 \times 9 = 36$ もの平均値データが含まれているわけです。表を使うと、たくさんのデータを示すことができる一方、どこに着目すべきかはわかりにくくなります。

「手持ちの材料」の整理という観点では、量的な違いや時間的な変化を視覚的に訴えたい場合は以下に述べるグラフのほうが適しています。一方で、結果を解釈する際に必要となる多くの情報、例えばWEB例のように、被検者の年齢や形態的特徴(身長、体重、体脂肪率など)、トレーニング歴、トレーニングのスケジュール、内容などは、表で示すことが適しています。

2.2 グラフ

代表的な3つのグラフ(棒、折れ線、散布図)を紹介します。

●棒グラフ

棒グラフの主たる目的は「比較」です。したがって、何かしらのデータについて、2つ以上の項目間の比較をしたいときには棒グラフが適しています。レギュラーとサブの比較、AチームとBチームの比較、男と女の比較などです。縦棒グラフの場合は、グラフの横軸に項目を配置して縦軸でデータの量的な比較を見せます。

最も単純な棒グラフは、2つ以上の項目間で1つのデータセットを比較するものです。このデータセットをExcelでは「系列」といいます。図1は、学年という項目間(中1~中3)で、50m走タイムのデータを比較した棒グラフの例です。中3の棒グラフに対して「*」などをつけることで、中3は中1、中2と比較して、統計的に有意に50m走タイムが短いことを示すことができます。グラフ内に*などの印を付けた場合はグラフ下に「* $p < 0.05$ 」のようにして、印の説明を加えます。

図1は、系列データが1セットの最も単純な棒グラフの例でしたが、Excelのグラフ作成ツールでは、項目に対して複数セットの系列データを含む棒グラフも簡単に作成できます。例として、表1に、項目2(男、女)、系列2(右、左)の棒グラフを作成するためのワークシートを示しました。B3:C4の領域に平均値、D3:E4の領域に標準偏差が入力されています。

Excelにおいて、表1のA2:C4の領域を選択→挿入(棒グラフ)をすると、デフォルト設定では、ワークシートの横方向のデータ(表1の男、女)が棒グラフの横軸に項目として記載され、縦

方向のデータセット(表1の右、左)が系列として利用されます。系列名(右、左)は凡例に示されます。

したがって、表1の領域A2:C4を元に図2の原型が現れます。この原型に標準偏差のエラーバーを加えるには、グラフの棒(例えば右)を選択した上で、メニュー→グラフツール→レイアウト→誤差範囲→誤差範囲の書式設定→ユーザー設定によってD3:E3を指定します。また、凡例の位置、軸目盛、色づかいなどを見やすいように適宜修正します。その結果、図2のようなグラフを完成させることができます。

ちなみに図3は、図2に対して、Excelグラフ作成ツールにあるデータの「行列の切り替え」機能を使って項目と系列を入れ替えたものです。図2と図3は、元データが同じなのでグラフ

自体に含まれた情報はよく吟味すれば同じはずですが、図2、図3は同じ主張を語っているのでしょうか？あるいは何が違うのでしょうか？ 読者

がグラフをみたときに持つ印象を想像して見てください。

もし、あなたが「握力は、男子では左右差が小さく、女子は左が弱い」こ

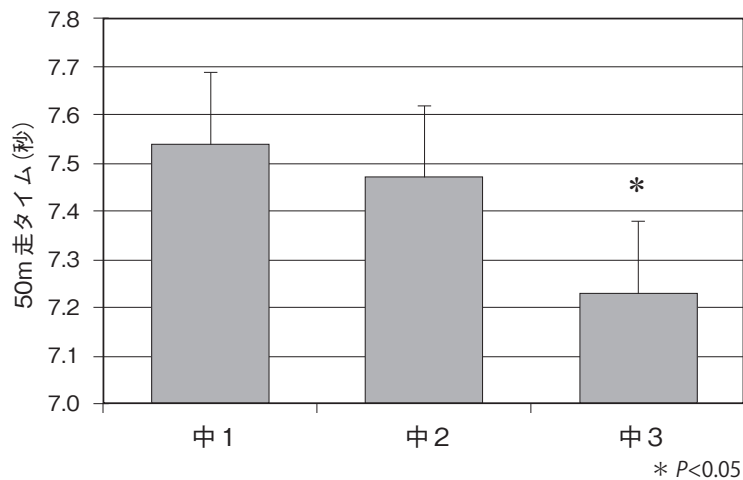


図1 棒グラフの例(項目3、系列1)

	A	B	C	D	E	F
1		平均値		標準偏差		
2		男	女	男	女	
3	右	45	34	2	4	
4	左	43	29	3	5	
5						

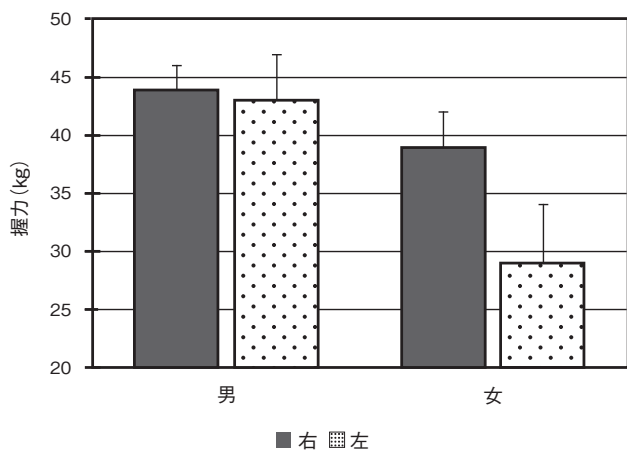


図2 表1のデータを元にしたグラフ例1

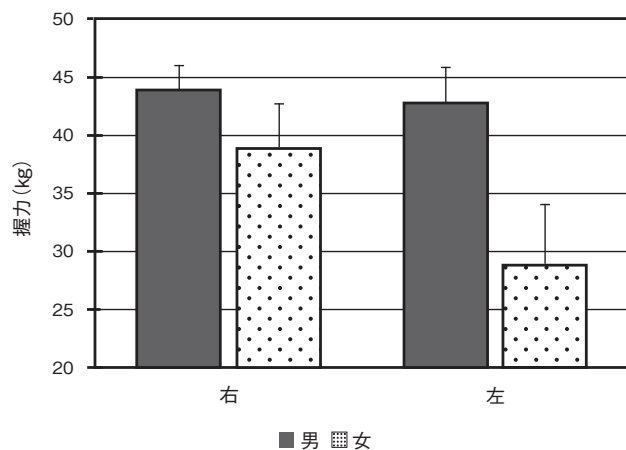


図3 表1のデータを元にしたグラフ例2 (図2の行・列を切りかえたもの)

とをいいたい場合は図2を、「握力は、右よりも左で男女差が大きい」ことをいいたい場合は、図3の選択が適切でしょう。繰り返しますが、このような選択は、Excelのデフォルト設定に任せるのではなく著者が行なうべきものです。

●折れ線グラフ

折れ線グラフの主たる目的は、時間的な「変化」を見せることです^{*}。横軸に年齢や月日などを配置し、縦軸に体重、体脂肪率などのデータを配置します(図4)。折れ線グラフの縦軸のスケールは、「変化」を見せる目的から重要な役割を果たします。縦軸のスケールの取り方(最小値と最大値の設定)によって、「変化」は大きくも見せられるし、ほとんどないようにも見せられます。この点は折れ線グラフ作成のテクニックといえるでしょう。また、折れ線グラフでの凡例は、図4のように図中に入れてしまったほうがわかりやすい場合もあります。

※時間的な変化を示す場合でも「折れ線グラフ」ではなく「棒グラフ」が使われる場合もあります。例えば、年度ごとの会社の売上げの変化などは、棒グラフのほうが一般的です。WEB例図2では、練習時間の変化を棒グラフで示しています。売上げや練習時間のように数値が積み上げられて達成されるものは、積み上げていくイメージが棒グラフに適しており、時間的な変化を棒グラフで示しても問題ありません。

表2に、NSCA会員ならばなじみ深い何かしらのトレーニングを行なった前(Pre)と後(Post)での1RMの変化についてワークシート例を示しました。被検者はA～Eの5名とします。

このワークシートにおいて、A1:C6の領域を選択し、挿入(折れ線

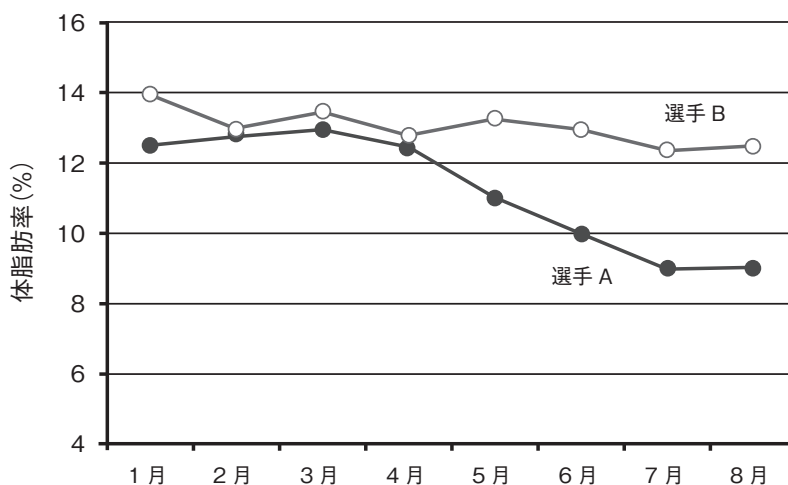


図4 折れ線グラフの例

表2 折れ線グラフ作成のワークシート例

	A	B	C	D
1	被検者	Pre	Post	
2	A	35	37.5	
3	B	40	40	
4	C	25	26	
5	D	30	28	
6	E	25	30	
7				

グラフ)をすると、デフォルト設定では被検者A～Eを横軸(項目)に、Pre、Postを凡例(系列)に配置した2本の折れ線グラフが出現します(図5)。

正直、このグラフのままでは何をいいたいかわかりにくいと思います。このときデータの選択において、データの「行列の切り替え」機能を使うと図6のグラフに変換することができます。図6の形式のグラフにすると、各被検者ごとに、PreからPostの時間的な変化(増えたのか、減ったのか)を、わかりやすく表示できます。事例報告においてすべての被検者のトレーニン

グ前後の変化を示したい場合などは便利だと思います。

●散布図

散布図は、2つの変数の関係性(回帰や相関)を示したいときに使います。身長と体重の関係、あるテストとあるテストの関係などです(図7)。

2つの変数間の関係性が統計的に有意である場合、図7のように回帰直線と回帰係数、決定係数を含めて示すと良いでしょう。回帰直線はX軸とY軸の2つの変数が、平均的にはどのような関係にあるのかを示しています。し

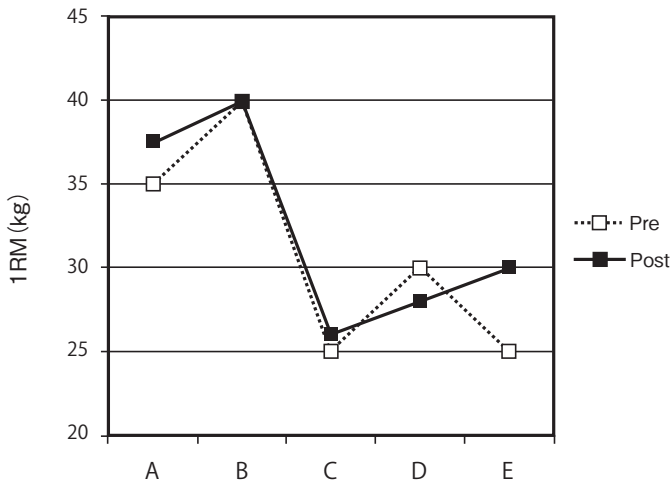


図5 表2のデータを元にデフォルト設定で作成されるグラフ例

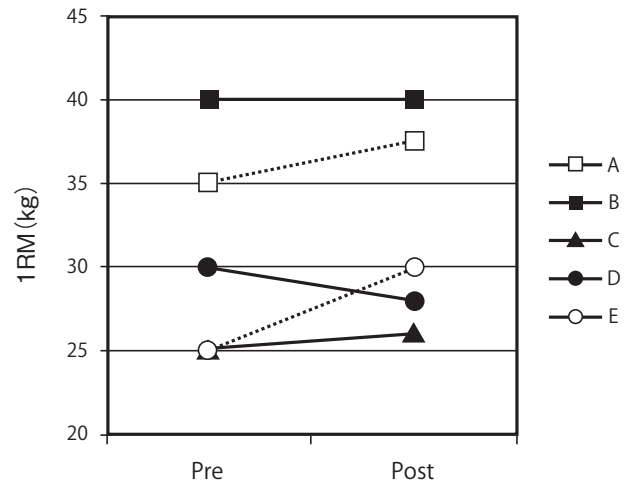


図6 トレーニング前後の比較を折れ線グラフで示す例 (図5の元データに対して行列切り替えしたもの)

たがって、グラフ内に回帰直線を含めることで、例えば図7で回帰直線近くにプロットされた被検者は、テストAとテストBの関係性が平均的であるのに対して、回帰直線から離れてプロットされた被検者は、テストAがより得意(あるいは不得意)ということを示すことができます。

また、回帰直線には「予測」という重要な役割もあります。例えば図7の回帰式からは、テストAのスコアが10点向上したならば、テストBのスコアは8.9点向上するであろうという予測が成り立ちます。

Excelでは、グラフ内のデータを選択した上で、右クリック→近似曲線の追加→線形近似曲線により、簡単に回帰直線を挿入することができます。また近似曲線のオプションにおいて、「グラフに数式を表示する」、「グラフにR2乗値を表示する」にチェックを入れれば、回帰係数($y=ax+b$)、決定係数(R^2)をグラフ内に表示することができます。回帰係数、決定係数の意味は、連載の後半で説明します。◆

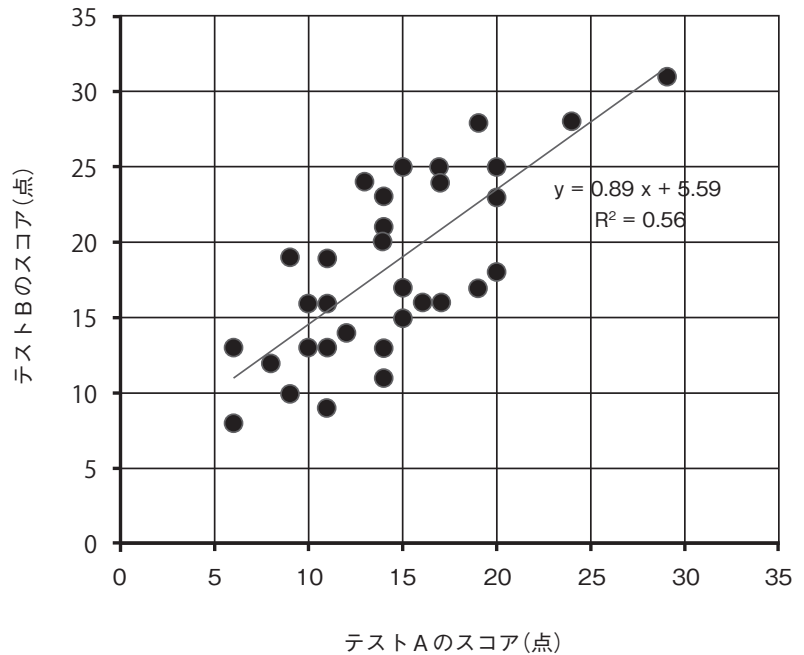


図7 散布図(テストAとBの関係性)の例