

統計グラフの指導に関する一考察

－表現手段としてのグラフの活用に注目して－

愛知教育大学 青山和裕

1. はじめに

中学校数学科「資料の活用」、高等学校数学Ⅰ「データの分析」が教育課程に設置されたことで、統計領域の指導に対する関心が高まっている。新設領域の大きな特徴としては、単なる統計的な計算・処理にとどまらない実践的な内容であることや活用を視野に入れていることなどが挙げられる(例えば永田, 2008)。「活用」というコンセプトをより具体的にした形で、「統計的な探究プロセス」という用語を用い、問題設定からデータ収集、分析、結論付けまでの一連の活動を授業の中に盛り込もうとする動きも見られる(渡辺, 2011)。ここで、統計グラフ(以下、グラフ)の指導に目を向けてみると、小学校段階では、質的データの扱いが中心であることから、第3学年での棒グラフの学習に始まり、折れ線グラフや円グラフ、帯グラフ、第6学年で量的データの分析のためのヒストグラム、また高等学校では複数の量的データの分析のための散布図などを扱う。統計的探究プロセスにおけるグラフの位置づけは「分析」のための方法論であり、それは小・中・高等学校の教科書の指導内容においても同様である。

一方で、「資料の活用」や「データの分析」の授業実践において、新教育課程において求められる「表現力の育成」(中央教育審議会, 2008)という観点を盛り込み、生徒に自らの考えを発表させる場面を設定した授業を参観すると、グラフが「分析手段」としてだけでなく、「表現手段」として実に効果的に活用されているケースが散見される。発表の際にグラフを用いるよう教師が指示したわけではなく、生徒が自分の発表内容を効果的に相手に伝えるための工夫として、グラフを用いていることもある。このような「表現手段」としてのグラフの活用方法については、現状では小・中・高等学校を通じて指導されていない。だが、数学教育ならではの表現力育成の1つの在り方ととらえることができ、統計指導において今後加えていくべき側面である。

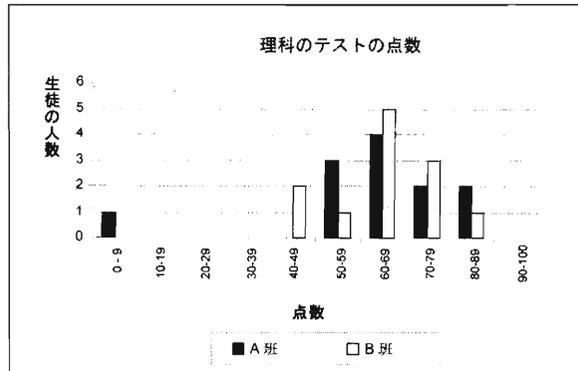
そこで本稿では、授業実践において観察された「表現手段としてのグラフ」の実際と、その指導について考察することを目的とする。

2. 表現手段としてのグラフについて

図1はOECDによるPISA調査2003年の数学的リテラシーの問題である(国立教育政策研究所, 2004)。

次のグラフは、二つの班 A と B の理科のテスト結果を示しています。A 班の平均点は 62.0、B 班の平均点は 64.5 です。50 点以上とった生徒が合格になります。

先生はこのグラフを見て、今回のテストでは、B 班のほうが A 班より良かったと言いました。A 班の生徒たちは先生の意見に納得できません。A 班の生徒たちは、B 班のほうが必ずしも良かったとは言えないことを先生に納得させようとしています。



グラフを使い、A 班の生徒が主張できる数学的な理由を 1 つ挙げてください。

図 1 : OECD・PISA 調査 2003 の問題例

この問題の採点基準は、正答(1 点)と誤答/無答(0 点)で設定されており、正答例としては次の 3 つが挙げられている。

- テストに合格した生徒は B 班より A 班の方が多いため
- A 班の一番点数の悪い生徒を除けば、A 班の生徒は B 班の生徒より良い
- 80 点以上をとった生徒は B 班より A 班のほうが多い

この問題に対する回答として、例えば次のグラフを示してみてもはどうだろうか(図 2)。これは、50 点未満の得点を「不合格」、50 点以上 80 点未満を「合格」、80 点以上を「高得点」と分類し、A、B それぞれの班の人数を棒グラフで表したものである。

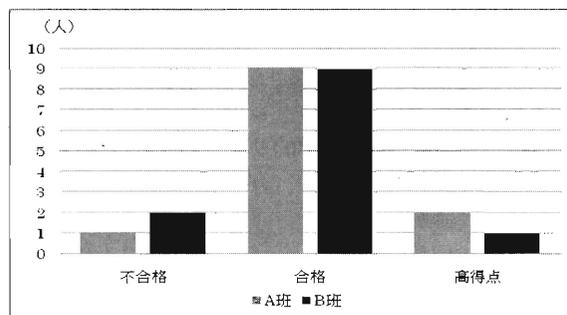


図 2 : 理科のテスト結果を表すグラフ表現

これは正答例の 1 つ目と 3 つ目の観点を組み合わせたものと見ることもできるが、第 3 者に提示することを想定した際には、文章のみで伝えるよりも説得力は高いだろう。

合格者の人数が等しく、不合格者は B 班の方が多い。さらに高得点は A 班の方が多いということがグラフから伝わるので、例えばこのグラフを見せられて、B 班の方が良いと判断するものはいないだろう。

このようなグラフの使い方は、「統計でだます」(ハフ, 1968) といったものとは根本的に異なっている。「統計でだます」といった際によく用いられる手法は、数値軸を歪めてみたり、平面で表示するところを立体にすることで差を強調するなどが挙げられる(ストレイジ, 2008)。それに比べて図 2 のグラフは、正当な観点でデータを分析した結果に基づき、その観点が伝わりやすくなるように棒グラフを作ったものである。

このようなグラフは、データを分析する際に作るのではなく、分析した結果見えてきたデータの側面を、第 3 者にわかりやすく伝えるために作るものである。採点基準として挙げられている項目を言語で他者に伝えるよりも、このようなグラフを提示しながら伝えた方が説得力が増すことは明らかであり、これが表現手段としてのグラフの活用の一例である。

3. 統計的な探究プロセスにおけるグラフの位置づけ

統計的な探究プロセスにおいては、グラフを用いる段階というのは、データを分析する場面に限られている。ここでは一例として、ニュージーランドの統計教育で用いられている PPDAC サイクル(Frankcom, 2009)(図 3, 表 1)を取り上げる。

表 1 を見てみると、グラフを用いるという説明があるのは、分析(Analysis)の段階においてのみである。結論(Conclusion)の段階でも分析の際に作成したグラフを用いて主張したり、コミュニケーションをとることは想定されているだろうが、主張するために新たなグラフを作るといような視点は見受けられない。

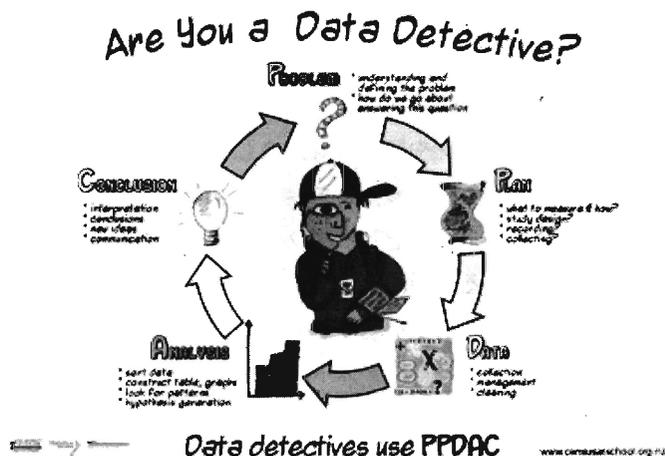


図 3 : 統計的な探究プロセス (PPDAC サイクル)

表 1 : PPDAC サイクルの内容

Problem	<ul style="list-style-type: none"> ・問題について理解し、定める ・その問題に答えるためにどうすべきか考える
Plan	<ul style="list-style-type: none"> ・何をどう測るべきか？ ・研究計画や記録の仕方、データの集め方について考える
Data	<ul style="list-style-type: none"> ・データを集める ・データの扱い方に注意する ・データのクリーニングを行う
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> ・データを分類する ・表やグラフを作る ・パターンを探す ・仮説を立てる
Conclusion	<ul style="list-style-type: none"> ・解釈する ・結論付ける ・別のアイデアを浮かべる ・コミュニケーションをとる

統計的な探究プロセスとしては、他にも日本の「とらえる－あつめる－まとめる－よみとる－いかす」(全国統計教育研究協議会, 1999)やイギリス流の「Plan－Collect－Process－Discuss」(Marriott, Davies, & Gibson, 2009)などもあるが、共通してグラフは分析にあたる段階において用いるものとされている。

新教育課程においては「表現力の育成」が求められている(中央教育審議会, 2008)。統計教育にそれをあてはめると、児童・生徒が統計的に分析して得られた考えや結論を、いかに他者に表現し伝えるかということが課題となる。そうした時、妥当な数学的・統計的な根拠に基づいた言語表現をするというのはもちろんのこと、それをただ文章で伝えたり、分析の際に用いたグラフを提示するだけでなく、効果的なグラフを用い提示するというのも重要になってくるはずである。

4. 表現手段としてのグラフの選び方

統計的な探究プロセスの分析の段階において用いるグラフというのは、データの特性によって定まることが多い。例えば、質的データや個別の対象のもつ数量を表すには棒グラフ、時系列データであれば折れ線グラフ、量的データの分布をみるためにヒストグラムや箱ひげ図といったようにである。データの特性と分析目的に応じたグラフを選択できるということも大切な学習内容である。だが、他者に主張を伝えるために効果的なグラフを選ぶというのは、分析の際のグラフの選択とは異なり、そのグラフから相手が受けるであろう印象なども考慮する必要がある。

図 1 で取り上げた PISA 調査問題の理科のテストの得点は、通常であれば出題の通りヒストグラムや棒グラフで表すことが多い。それを図 2 では、「不合格」、「合格」、「高得点」という独自のカテゴリー分けに基づき、それぞれの人数をカウントして棒グラフに表している。これを

同様のカテゴリー分けに基づき、構成比率を示した下の図 4 のような帯グラフにすることもできる。

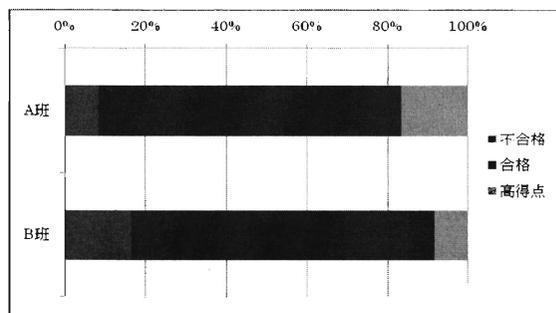


図 4：理科のテストの得点を表した帯グラフ

表現手段としてグラフをとらえたとき、元となるデータの特性に応じて用いるグラフが定まるのではなく、分析の観点や主張したい内容、用いたグラフが他者に与える印象などを考慮して決定される。そのため、分析の段階でグラフを用いるよりも、選択の幅やアレンジの方法は広くなり、ある面では高度な課題となることが予想される。

5. 「データの分析」授業実践に見る表現手段としてのグラフの活用のされ方

5.1 授業実践の概要と扱った題材

ここでは、高等学校数学 I 「データの分析」に関する授業実践において見られた生徒による表現手段としてのグラフの活用の例を示す。この実践は、愛知県内の私学教員によって 2011 年 2 月に開催された「授業改革フェスティバル」の企画の 1 つとして、県内私立中・高 3 校の生徒が集まり合同授業として行ったものである。授業の詳細についてはここでは割愛するが、扱った題材は、A 社と B 社の電池 100 個ずつの電池寿命のデータを比較し、どちらの会社の電池が優れているかについて、議論や主張を行うというものである。

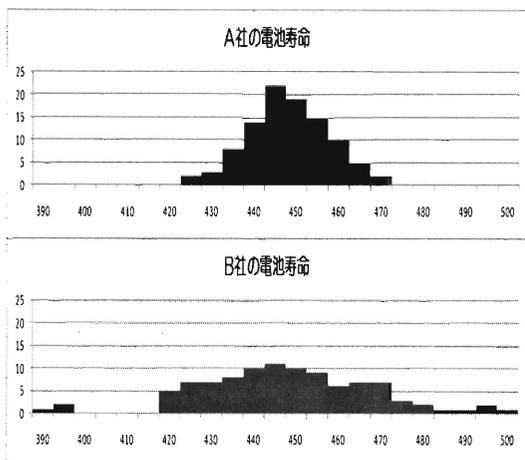


図 5：A 社と B 社の電池寿命のデータ

表 2：両社の電池の統計量(単位：時間)

	A 社	B 社
平均	448.1	447.9
最頻値	445	445
中央値	448	447
最小値	423	391
最大値	472	501
範囲	49	110
分散	94.4	399.2
標準偏差	9.71	19.98

図5は、この授業で扱ったデータをヒストグラムにまとめたものである。実際の授業では、両者の電池寿命データを100個ずつ表にまとめたものを配布している。このデータでは、代表値はそれほど違わないようにし、分布が大きく異なるように設定してある。数時間かけて分析を行った後、A社の社員とB社の社員に生徒を振り分け、プレゼン対決という形式で授業を行っている。

5.2 表現手段としてのグラフ活用の実際

A社の社員となった生徒の発表では次のような主張が見られた。

- ①最低でも420時間は使える
- ②平均時間は0.2時間長いので、12分間も長く使えることになる。
- ③直列つなぎで使う製品だったら、片方が切れたら使えなくなってしまうので、最低時間が長い方が損しない

特に、①の最低420時間以上使えるという主張の際には、次のようなグラフを提示していた。

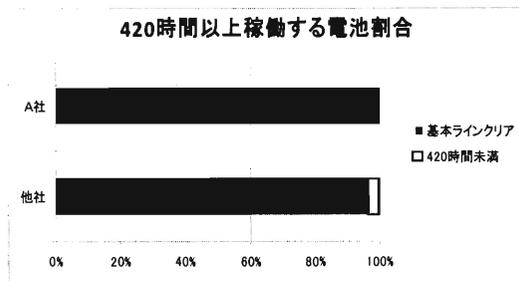


図6：A社のプレゼン例

420時間という基準を「基本ライン」として設定し、B社の電池にはその規格から漏れるものがあるということを端的に示すために帯グラフにして説得力を持たせていた。420時間以上使えるかどうかという自分たちなりの分析の観点で主張することで、A社のデータの長所をアピールすることができるかと生徒たちは判断し、それを効果的に伝えられるグラフを自分たちで考えたのである。

次に、B社の社員となった生徒の発表では次のような主張が見られた。2グループの生徒たちが発表していたことをまとめると次の4点である。

- ①平均を見ると特に変わりはないし、B社の電池には、すごく長く使えるお得なものも多い
- ②短い時間のももあるがそれはたった3個だけで、他はA社とそんなに変わりなく使える
- ③A社に比べて短いものがあると言っても、実際には400時間近く使えているわけで、それは十分に長いと言える

④何時間ではなく、何日使えるかというように換算すると、B 社の電池で長く使えるものが
 すごく多いことが良くわかる

③の主張をしたグループは、次のようなグラフを提示していた。

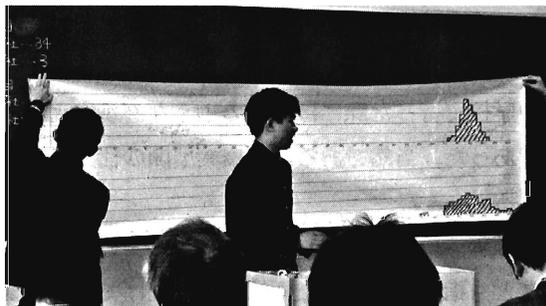


図 7 : B 社のプレゼン例①(ヒストグラム)

分析の際に授業で扱っていたヒストグラムは図 5 のものであったが、横軸の数値を 0 から設定したヒストグラムを用いることで、390 時間程度の寿命が短い電池でも、十分に長いと見えるし、A 社の電池と比べてもそれほど差は大きくないということであった。

また、④に関しては、次のような棒グラフを示していた。実際に家庭で使っている時には、何時間で切れたかを考えるよりも、何日目に切れたかということの方が印象に残るだろうという判断である。

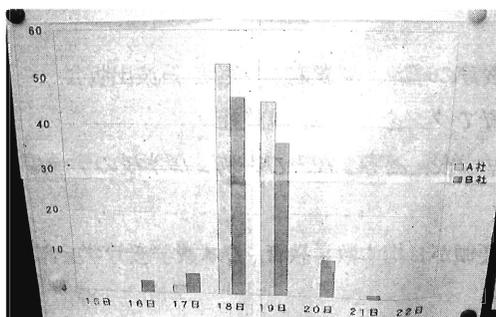


図 8 : B 社のプレゼン例②(日数換算)



図 9 : 日数の特徴

上の図 8 と合わせて、右の図 9 も提示し、16、17 日と早く切れてしまう電池に関しては確かに B 社は多いが、20、21 日と長く使える電池は A 社には見当らず、B 社にしかないという主張をしていた。

6. まとめ

以上見てきたように、データに基づいて何かを主張する際に、生徒は自分たちなりに効果的に主張を伝えるためにグラフを用いることがある。この授業実践では、グラフ表現を工夫するように指示を出したわけではなく、主張に説得力を持たせるためにどうすればいいのかを考えるようにだけ指示をし、プレゼンの仕方は生徒に任せていたが、生徒たちは授業者の想定を上回る表現を用いてプレゼンを行ってくれた。

同様な授業実践を別の中学校で行った際には、このようなグラフ表現の工夫は見られず、生徒は口頭で主張をするだけであった。当然であるが、授業展開の仕方や生徒への投げかけ方によって生徒の反応は変わってくる。

表現力育成について数学教育、統計教育において取り組んでいくのであれば、生徒が表現手段としてグラフを活用することも指導において積極的に取り上げていく必要がある。「分析手段」としてグラフを学習するだけでなく、「表現手段」としてとらえたとき、それぞれどんな特性を持っているのか、受け手にどう伝わるのかなどについても学習することで、生徒のグラフを用いた表現力の育成につながっていくのである。

現状では、新設の「資料の活用」、「データの分析」の指導の普及・定着が喫緊の課題であるが、その後の統計教育の展開、あるいは新教育課程における「表現力の育成」などを想定した際に、表現手段としてグラフの活用に関する指導も検討していく必要があるだろう。

参考・引用文献

- 国立教育政策研究所(2004). *生きるための知識と技能2 OECD 生徒の学習到達度調査(PISA) 2003 年調査国際結果報告書*, ぎょうせい.
- 全国統計教育研究協議会(1999). *統計情報教育の理論と授業実践の展開*, 筑波出版会.
- ダレル・ハフ著 高木秀玄訳(1968). *統計でウソをつく法*, 講談社.
- 中央教育審議会(2008). *幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)*, 中央教育審議会.
- 永田潤一郎 (2008). 新しい中学校学習指導要領が目指す数学教育, *日本数学教育学会誌*第 90 巻, 第 5 号, pp.14-22.
- ニコラス・ストレイジ(酒井泰介訳) (2008). *グラフで9割だまされる*, ランダムハウス講談社.
- 渡辺美智子(2011). 科学的探究・問題解決・意思決定のプロセスを通して育成する統計的思考力, *科学教育研究*, Vol. 35, No. 2, pp.1-13.
- Frankcom G (2009). Statistics Teaching and Learning: The New Zealand Experience, *統計教育実践研究 No.1*, pp.18-27, 統計数理研究所.
- Marriott J., Davies N., & Gibson L. (2009). Teaching, Learning and Assessing Statistical Problem Solving, *Journal of Statistics Education*, Vol. 17, No. 1.