

統計的活動における創造性の育成のための教材研究

垣花 京子*

An Educational Material for Developing Creativity in Statistic Education

KAKIHANA Kyoko*

抄 録

概要：2008年と2009年に改訂された新学習指導要領で、数学教育の中の1つの単元として中学校では「資料の活用」、高等学校では「データ分析」が組み込まれ、全員が統計の考え方を学ぶことになった。新しく始まった統計教育では知識基盤社会に対応できるよう、いろいろなデータから統計的活動を通して創造性の育成につながる教材が必要である。本研究の目的は実験を通してデータを集め、そのデータをもとに統計的活動を進め、創造性を育成するための教材化を構築することである。今後、本研究の結果を利用し、新しい時代に対応するための統計教育のための電子教科書を作成に当たり、教材として利用することを計画している。

Abstract

In the unit of mathematics of lower and upper secondary school of new Education Ministry guidelines, "Use of Data" and "Data Analysis" are included and all students have been required to study statistics. For these new statistic courses, new educational materials to cultivate creativity through statistical activities for students to live in knowledge-based society are needed. The objective of this study is to construct a new active educational material for statistical activities and evaluate it. In this material, activities to gather data through experiment, analyze them and then create new ideas are included. As the results of this research, a new digital textbook will be developed.

キーワード：統計教育、教材研究、創造性の育成、実験

* 経営情報学部経営情報学科、Tsukuba Gakuin University

1. はじめに

知識基盤社会に対応するため、大量の情報
を整理し、さらに活用ができるような統計的
思考の育成が注目され、新しく始まった学習
指導要領で、数学教育の中で中学校では「資
料の活用」、高等学校では「データ分析」と
して、全員が統計の考え方を学ぶことになっ
た。そして、学習指導要領では、学習活動の
中にテクノロジーの利用が要求されている。
具体的には、中学1年の内容の説明で「(1)
目的に応じて資料を収集し、コンピュータを
用いたりするなどして表やグラフに整理し、
代表値や資料の散らばりに着目してその資料
の傾向を読み取ることができるようにする。」
中学3年の内容の説明でも「(1) コンピュ
ータを用いたりするなどして、母集団から標本
を取り出し、標本の傾向を調べることで、母
集団の傾向が読み取れることを理解できるよ
うにする。」(下線は筆者がつけている)と述
べられている。できるだけ多くの実際のデー
タを利用した統計的活動が求められる。その
ためにはコンピュータの活用は不可避である
ことは明確であるが、学習環境としては十分
に活用できるとは言えない。

また、本研究では統計的活動(木村他、
2005)を「現象をとらえる、情報をあつめる、
そして、それらをまとめる、まとめたものを
よみとる、そして、それらをいかし、知の創
造につなげ、新たな現象をとらえる」この一
連の活動のサイクルを指す。これらの活動は
まさに、創造性を育成する活動でもある。数
学教育の中での統計教育もこの活動を取り入
れ、「創造性の育成」という観点で実施され、
テキストの編集も考えられるべきである。本
研究は、コンピュータの利用しながら、「創
造性の育成」を目指した実験を取り入れた統
計教育教材の検討の報告である。

2. 教育における創造性の育成

創造性の定義に関しては、「創造性とは生
徒が自分自身で考え、自分にとって新しいこ
とを見つけていく過程を経験させること」で
ある。「創造性の育成には動機付けが重要」
である。あるいは、「考えに対する柔軟性、
豊かさがあり、好奇心旺盛な人は創造性がある」
などさまざまな意見が議論されている
(Sheffield, J. Linda (2008))。また、1997年
に出版された和田義信の講演集の中でも数学
教育と創造性について述べられている。たと
えば「現状に対して肯定的な立場をとるなら
、創造は生まれてこない・中略・教育は過
去の文化遺産の伝達、伝承という非常に保守
的な面を持っているので、教育と創造は対立
的な要素がある。」と述べ、今までの数学教
育の中での創造性の育成に対する考えが伺わ
れる。しかし、本書では「解法とか計算の後
ろにあるアイデアとか原理とかが面白い、
きれいだ、美しい普遍性がある、一般性
がある、そうゆうところの面白さ、きれいさ
が、もっと現れるように、又生徒たちに考え
させるようする」ことが創造性の育成に重要
であるとも述べている。このようないろいろ
な議論を基に、筆者は、創造性の育成のため
に、(1)自分が直面している状況に疑問を感
じたり、おかしいと感じたりする機会を作る。
(2)自分で見つけ、整理し、よりよい考え
を見つけないかと思うきっかけを作る。さらに(3)
新しいアイデアを得る過程や出てきた考え
を重視し、それらに関連付け、説明する機会
を多く作ることでありと考えている(垣花、
福田2007)。“Nacherfindung(数学的な組織
化という創造的な活動とその活動の機会を与
えることを要請する教授原理)”の活動に伴
う「遊び」、「アハ体験」(伊藤、2004)が
できるように、すなわち、生徒が「おや!」、
「おかしい?」、「なんかいつも同じ?」・・な

ど感じる場面や環境を作り、学習者の創造性を育成しようとするものである。



数学教育では、問題解決プロセスにおいて、具体例にあたり、帰納し、そこから推測を生み出すこと、類比を行うことは、数学的な知識を自ら生み出すという点で、「創造的活動」(清水、2010)であり、類推を通して実験的な数学を行うことができる。一方、統計的活動では、ある一定の条件のもとで多くのデータ集め、グラフや数値的にまとめ、分析を通して、新しい事象に気づき、その解決策を自ら生み出すこと活動が重要であり、統計教育におけるこの活動そのものが創造的活動で、創造性の育成につながる。

学校教育の中での統計教育では10個か15個のデータを基に計算中心の学習が進められ、グラフからデータの大きさや変化だけを読むなどの活動で終わりがちである。現在は、日々の生活の中でもコンピュータを利用して非常に多くのデータを処理し、そこから何かを生み出すことが必要になっている。そこで、教育の中でも多くのデータを処理し、活動する体験が求められる。できるだけ多くのデータを集める方法として、政府が公開しているデータを利用することが可能であるが、ほとんどがすでに加工され、整理されたもので、まとめるためのいろいろな活動ができない。また、アンケート調査によるデータ収集も行われるが多くのデータを集めることは難しい。

本研究では、できるだけ多くのデータを利

用するために、比較的簡単にできる実験を計画し、実験データを利用する統計的活動を行うものである。人間の感覚にはいろいろあるが、筆者は、長さや重さ、速度に関する感覚を調査し、その感覚を育てるにはどのようにしたらいいかを実験し、データを集め、統計教育の教材として検討している。今回は重さに関する実験を3グループで行い、その中で高校での実践をもとに、報告し、その教材化について検討する。

3. 実験による統計的活動の事例

< 100gの感覚はあるか? >

1円玉が1gということを利用し、100gの感覚を調べるものである。3つのグループで実験を行った。高校生と実施した授業実践を基に、本教材の検討を報告する。

対象者：

グループ1：大学生27名、専門基礎「データ分析と統計①」履修者、公開講座参加者12名、平均年齢60

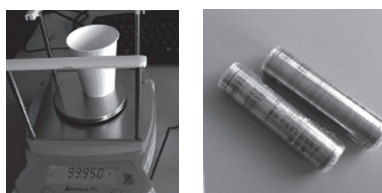
グループ2：群馬県立富岡東高校1、2年生24名：SPP (Science Partner Project) 参加者

(1) 実験目的

肉屋さんが200gの肉を一回でとって、正確に測ったり、おにぎりやでバイトしている学生が1回でご飯を取って100gのおにぎりを作ったりしている。人は重さに対してどのくらい感覚を持ち合わせているのだろうか。重さは目に見えないので、長さに関する感覚より、感覚は悪いのではないか。訓練をすれば正確につかむことはできるようになるのだろうかという仮定のもとに、人間の重さに対する感覚を調べることを目的とした実験である。

(2) 準備するもの

1円玉3000枚、コップ、0.1gまで測れるはかり、50枚ずつ束になっている1年玉(50g)2束、記録用紙



(3) 実験設定

グループ1は「コップですくって測り、記録する」を3回繰り返して、右の100gの1円玉を持って、100gの感触をつかんでから再度3回挑戦した。

グループ2は、始める前に100gを持って感触をつかんで始めた。1回ずつ交代で、6回測定することとした。

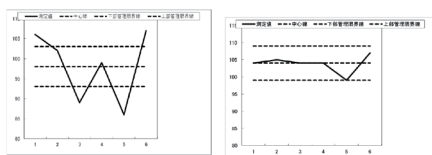
両グループには量で見ないように、できるだけ中を見ないで、コップを持ってその感覚で測るように指示した。

(4) 分析

①個人のデータの分析

高校生の授業では個々のデータを管理図を描き、全体のデータを、ヒストグラムを描いて検討をした。

下の図はAさんとBさんの管理図の例(実際は色で区別して書いている)である。



それぞれ自分の平均を中心線とし、上方と下方の管理限界線を $\pm 5g$ として管理図を描いて自分のデータについて次のように分析している。

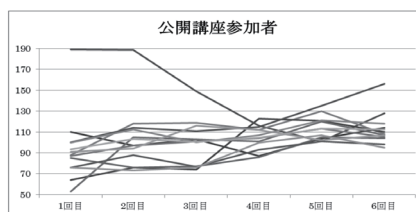
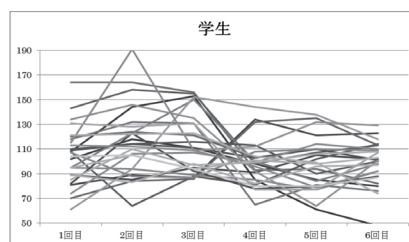
Aさんの場合：多くなったり少なくなったり、バラバラ。多かったから次は少くしようとか、少なかったから次は多くしようと思ってやっていたのに、減らしすぎたり、多くしすぎたりしてしまっていることがグラフから分かった。

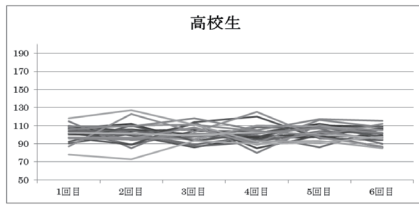
Bさんの場合：平均を出してみると割と100に近づいたので良かったです。私のグラフは後半にむけて、がたがたになっていっているのも、もしかしたら1回1回少し時間を置くといいのかもしれないと思った。

それぞれの生徒が自分のグラフから自分の測定したときの状況を見直し、正確に測るためのヒントをいろいろ提案している。管理図は見方が比較的簡単で、各自のデータを分析し、その後の平均や分散に分析に対して導入として有効である。

②グループ比較

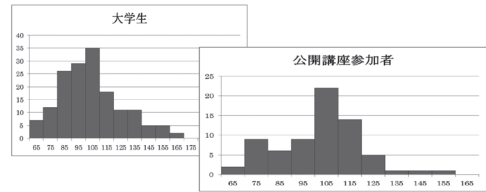
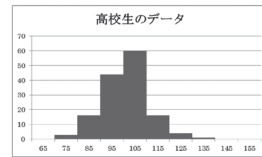
実際の100gを前もって、感触をつかんでから始めた高校生の場合は、ばらつきが少ないことが、全部のデータをプロットしたグラフから分かる。グループ1の人たちは、一部の人を除いて、実際の100gの感触をつかんだ後の4回目以降は比較的ばらつきが少なくなっていることから、高校生から正確に測るためには「訓練が必要」と考えがでてきた。



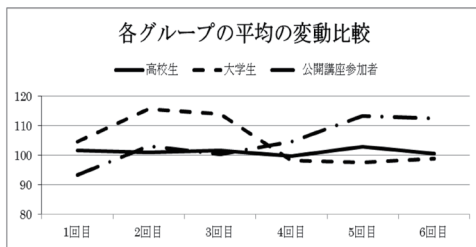


さらにグループごとにまとめてそれぞれの回の平均をとってみると、各グループの傾向をより明確に見ることができる。高校生は100gに、ほぼ近いことが分かり、大学生は明らかに4回目以降100gに近づいている。公開講座参加者は、最初は少なめだったものが後半にはより重くなっていて、なかなか調整がむずかしいことも伺える。

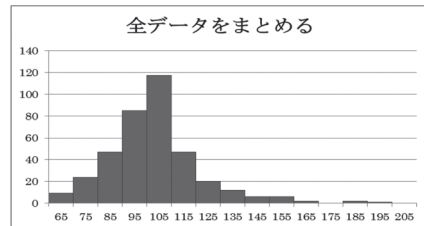
全体の傾向をつかむには、適切でないことも気が付くことができる。



さらに、全データをまとめることでデータが多く集めると正規分布に近づくことを視覚的に確認することができた。



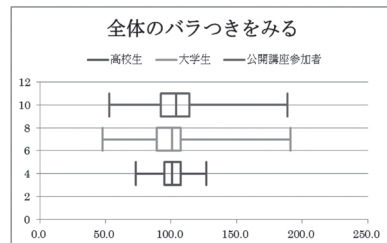
高校生の授業で、ほかのグループとの比較という活動を実施したことで、他のグループの結果を見る前は、自分自身のデータがばらついていて、自分の測定に対して性格が影響しているかもしれないなどの意見が出ていたが、全体を見ることで、結構、うまくいっていることに気づき、前もってちょっと感触をつかんでおくだけでも測定に影響を与えることが、分かった。このように、グループ比較をすることでさらに新たな気づきが出てくることうかがえる。



ヒストグラムからも外れ値について、気が付くことができるが、さらに箱ひげ図を利用することで、最大値、最小値が強調されるので、外れ値についても学ぶことができる。高校生の実践では、実践を行った学習環境で箱ひげ図を簡単に描くことができなかつたので、箱ひげ図を利用する活動はできなかつた。

③全体を分布としてとらえる

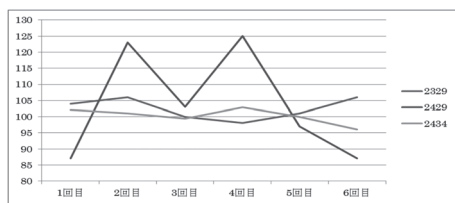
各グループのデータをヒストグラムで表現することで、それぞれの分布の様子を見ることができる。公開講座参加者が少ないために



④他の人のデータと比較
(分散の考えの導入)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	平均
2329	104	106	100	98	101	109	102.5
2429	87	123	103	125	97	87	104
2434	102.05	100.99	99.4	102.94	99.95	96.04	100

平均がほぼ同じ3人のデータを取り上げ、質問をした。これら3人のデータの違いを判断するには何を見るかという質問をした。高校生は既習事項の中から最大値と最小値を見ると答えていた。そこで、バラつきの指標として分散の考えを導入し、簡単な分散の計算練習と表計算ソフトの関数を使って多くのデータの分散を求めて比較した。



(5) 実験からの結論

「重さの感覚調べ」という実験の結論としては、グループ1の実験をした時点では、重さに対する感覚はあまりないと判断していたが、100gを体験することで、その感覚が捉えられ、少し訓練すればより正確なデータを得られそうだということが、結論付けられた。今後、さらに、この事実を確かめるために訓練した場合などを実験し、比較していく必要がある。

(6) さらなる実験

高校生は、さらに、自分が持参したキャンディーやお菓子、ペットボトル、消しゴムなど身近なものを測定し、平均±3σにすべてのデータが入っていることが分かり、その正確さを実感した。±2σでは少し外れるものが出てくることも分かった。さらに、菓子袋などは袋に書かれている重さより少し多く入っていることが分かり、人の心理と結びつ

けて商売がされているのだろうと生徒たちは考察していた。また、ペットボトルを測定したチームは90本測定して1本だけ(平均 - 3σ)より少ないものがあり、100本近く測定すると外れるものがあるが、販売されている製品の正確さということも納得した。また、ピンポン球を測定したグループは新品のものと使用中のものでも重量が変わっていることにも気が付いた。



本実践では、持参してきたものを測定し、平均と分散を求め、グラフを作るという活動にとどまったが、その結果からもいろいろな発想や製品を見る目が違ってきた。さらに、実験として、測定する前にそれぞれの重さを予測し、測定値と比較し、自分の感覚と実際を比較する活動も考えられる。

4. 結果と考察

本研究では、1円玉を測定する実験から始め、統計的活動を実施した結果から「創造性」に結びつく教材としての検討をした、比較的手軽に実験として多くのデータを得ることができが2台の測りで25人くらいの実験の場合、6回ずつ測定するのが時間的に限界であることが分かった。この活動を通して、バラつき、平均、中央値、サンプルと母集団、データの分布、外れ値、データの数などについて実感しながら学ぶことができる。創造的な活動としては、重さに対する感覚についてのそれぞれの主張を作ることができる。高校生の実践では、正確に測定方法として「コップに

印をつけておくといい」という意見が出たり、間隔をあけて測った方が、集中ができ正確な値に近づくかもしれないなど正確な値の測定についての議論を行うことができた。また、自分の性格と関係づけて考察している生徒もいた。これらの実験を通して、より正確に測るための考察をしたり、バラつきが出る状況について、その背景を考察する機会を持つこともできた。木村（2005）は統計データの読みに関して5段階のレベルがあると述べ、5段階目の「高次元・異次元の知（情報）への変換や新しい知（情報）の創造読み」に至る体験が重要であることを述べている。すなわち、教材作成においても、データから大きい、小さい、変化しているなどの段階から、その背景にあるものとの関係を考え、さらにそこから何か提案したり、決定したりを体験できるようにすることが必要である。本教材での実験を通して、生徒たちは「正確なものの測定」、「重さに対する人間の感覚」について気づき、品質管理の背景を理解したり、正確に測定するための提案をいろいろ考えたり、測定と性格について関係付けたりするなど第5段階目のデータの読みの活動が可能であるといえる。

また、大学生の活動では、得られたサンプルから一般にどれくらいになるかをさらに推測したり、100gという真の値との差を検定したりするなど、予測や検定の課題として発展させることができる。また、測定者の性格と測定の正確度に関して関係を分析するなどの活動ができる。

さらなる実験としては、重さを量で判断しているかどうかを判断する実験をしたり、どれくらい訓練すると正確になるかを実験したり、いろいろな場合を考えることができる。しっかりした実験計画をたてる教材としても利用可能である。

今後、新しい時代に対応する統計の電子教科書を作成するに当たり、本教材を利用する

計画である。今回は分析のために表計算ソフトを利用したが、ヒストグラムや箱ひげ図の描画には表計算ソフトの操作指導をしながら進めることになり、限られた時間内で統計的活動に集中するためには、テクノロジーを有効に活用するためには、コンピュータや携帯端末で、グラフ電卓のようにデータを入力し、ボタン1つでグラフを表示したり、統計に必要な計算ができるツールの開発し、その電子テキストに取り込むことが必要であり、その開発も進めていく計画である。

参考文献

- 1) 伊藤伸也（2004）H.フロイデンタールの教授原理 “Nacherfindung” における「アハ体験」の働き、第37回数学教育論文発表会論文集、pp535 - 540
- 2) 垣花京子、福田千枝子（2008）、数学教育における創造性の育成とテクノロジーの役割、第41回日本数学教育学会論文発表会論文集、pp.243 - 248
- 3) 木村捨雄、垣花京子、村瀬康一郎編集、進む情報化社会の統計リテラシー、東洋館出版社、2005
- 4) 清水克彦（2010）、実験数学による創造性の育成についての検討ーテクノロジーによる帰納・類比、そして推測の導入ー、日本科学教育学会第35回年会、pp.127 - 128
- 5) Sheffield, J. Linda（2008）Promoting Creativity for All Students in Mathematics Education: An Overview, Proceedings of the Discussing Group 9 in ICME 11, pp.369-381
- 6) 和田義信（1997）、著作・講演集5、PP.207 - 262

[謝辞] 本研究の一部は科研基盤（B）23300290（垣花京子代表）の助成を受けて行った。

