

理科における数理統計学を用いた評価能力の育成 —秋田大学での集中講義を通して—

八木一正*・稲波悠季*・菅原身奈*・木村真一*・押切志郎*
(2007年2月5日受理)

Ichimasa YAGI, Yuki INABA, Mina SUGAWARA, Shinichi KIMURA and Shirou OSHIKIRI

Teaching Statistical Methods for Evaluation in Science Education
— The Case of an Intensive Class at Akita University —

1. はじめに

本研究室では、実践してきた実験教室や工作教室等の実践の効果を、数理統計学を用いて調査・分析し、現在騒がれている子ども達の理科離れや物理嫌いの対策について研究している。数理統計学では、ただアンケートの結果を読み取るだけでは見えない部分を分析し、心の奥をえぐるような結果を導き出すことができる。

しかし、これは具体的な実践をすることに用いてこそ意味があると考え。そこで本研究室では、数理統計学が広く学校現場や社会で活用されることを強く望みさまざまな活動場所に取り組んでいる。特に今日、細かな評価や結果を求められている学校現場では、もっとこの方法を取り入れて研究していただきたい。評価の手法の1つとして数理統計学を用いることで、判断する視野が広がり、今よりも良い社会を作ることができる可能性がある。今の世の中、そのような評価する材料としてさまざまな試みや手段を持つ人材が求められていると示唆される。よって、本研究室では、教育現場を始めとする社会に出てから、数理統計学を用いて多様な問題を解決するという柔軟性を育成したい。

そこで今回、学生達に数理統計学のおもしろさや有用性を知ってもらい、統計学を使って問題解決能力を育てたいと考え、集中講義という機会を実施した。

2. 集中講義の詳細

(1) 集中講義の概要

平成18年12月23・24・25日に秋田大学教育文化学部を会場として、「理科内容学鑑」の時間に数理統計学の講義を行った。受講者は理科系課程を希望している1年生と4年生、計28名。

(2) 講義内容

第1日目ではまず、受講者はほぼ1年生なので、最初はExcelの基本的使用方法を学び、アンケートの集計などに必要なデータ整理の仕方を覚える。ここでは主にExcelの関数機能を使って間違いなく素早くデータを計算する練習と、グラフで自分の主張したいことを強調させて、見やすいグラフを作る練習を行った。

次に教科書を使って、基本統計量の計算の仕方に取り組み、正規分布についての説明の講義を行った。

1日目の最後にはアンケートの作り方について

*岩手大学教育学部

説明し、実際にアンケート製作に取り組んだ。アンケート製作は、事前にアンケートを取った後にどのような分析方法を使うか、このアンケートを通してどのようなことを導き出したいのかという目的を明確に考えながら作らなければ、意味の無いアンケートになってしまう。

また、本研究室ではアンケートを作る際には、5段階評定法（そう思う・少しそう思う・どちらとも・あまりそう思わない・そう思わない）の形式で回答をしてもらう方法を採用している。よって、今回の講義でもこの評定法を採用した。

しかし、ここで気を付けなければならないのが、質問の回答が「そう思う」や「そう思わない」という風に極端に偏らない回答を得られる質問を作成しなければならないということである。このアンケートを分析する時に統計ソフトを使っている



写真1 講義の様子

ので、偏りすぎるデータでは分析自体ができなくなるという結果になってしまう。

それらを踏まえてアンケート製作に取り組んだが、学生達は何度も質問項目を直しながら、熱心に取り組んでいた。また、帰りに各自にUSBを貸して、自宅でも考えられるようにした。

第2日目は、まず学生達が作ったアンケートを約20名に配り、回答をしてもらった。この結果を前日に行ったExcelでのデータ処理法を使って整理し、グラフを作った。

次に、z検定・t検定・F検定・ χ^2 検定などを説明し、最後に今回のアンケートの分析に使う「ピアソンの相関係数の検定」についての講義を行った。この検定を用いて、回答してもらったアンケートの結果を分析してもらった。

第3日目は大学の講義がある学生もいるということで、講義は「CS分析」という分析方法のみを説明した。その後は、自習の時間となり、提出課題に取り組んだ。課題の内容はCS分析・ピアソンの相関係数の検定での分析結果とグラフや分析結果・考察などをA4用紙1枚にまとめたレポートと、それを発表するためのPower Pointの作成である。学生達は集中して取り組んでおり、レ

表1 集中講義のスケジュール

12月23日	12月24日	12月25日
今回の講義の内容 アンケートと分析(例) データ整理 基本統計量 正規分布 (Z検定・t検定・F検定・ χ^2 検定) 検定の演習 アンケート作り (アンケートを作るポイント)	実験計画表 相関係数 アンケート集計・分析	課題提出 質問 探求学習 CS分析 Power pointを使って発表

表2 アンケート調査の質問項目および略語

質問項目	略語
① 授業はわかりやすかったですか。	講義の理解
② 講義を通してアンケートの作り方がわかりましたか。	問作り上達
③ 統計学の面白さや大切さが実感できましたか。	統計重要感
④ さらに統計学を学びたいと感じましたか。	統計学意欲
⑤ 統計学を学ぶことで理科教育を見る視野が広がりましたか。	統計的理科
⑥ 今後、統計学を使っていこうと感じましたか。	統計将来性

ポートも内容の濃いものができた。ここでは学生の報告書例3点を後ろで紹介する。

3. アンケート結果

学生側から見て、統計学の講義をどのように捉えられたのかを調査するために、アンケートを実施した。

アンケートの構成は、講義の目的に沿った内容で6つの項目を設け5段階評定法（5：とてもあてはまる 4：少しあてはまる 3：どちらとも 2：あまりあてはまらない 1：あてはまらない）で回答してもらった。

また、アンケートの用紙には、感想の欄も設けた。

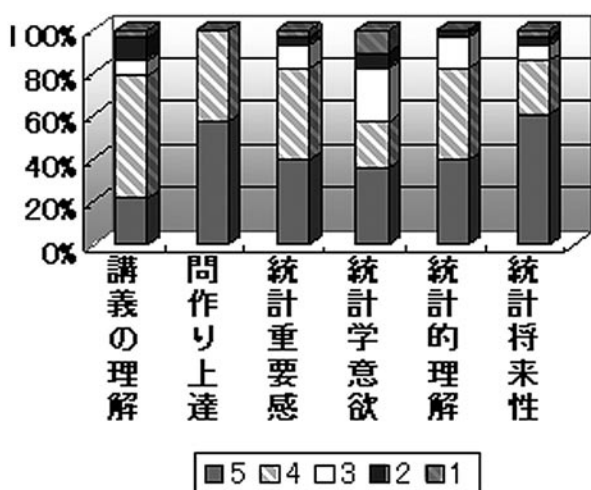


図1 アンケート結果

図1は、質問項目毎に各評価の割合を示したものである。

この結果から、数理統計学の学習は難しい部分もあるかもしれないが、自作のテキストを用いて噛み砕いて説明したことが功を奏して、約8割の学生が講義が分かりやすく満足していることが読取れる。

そして、「統計学意欲」の評価があまり高くなく「統計将来性」が非常に高いことは、統計学の内容を自ら進んで学習することは努力を要することだと感じながらも、将来非常に役立ち、重要な武器になることを理解していると考えられる。

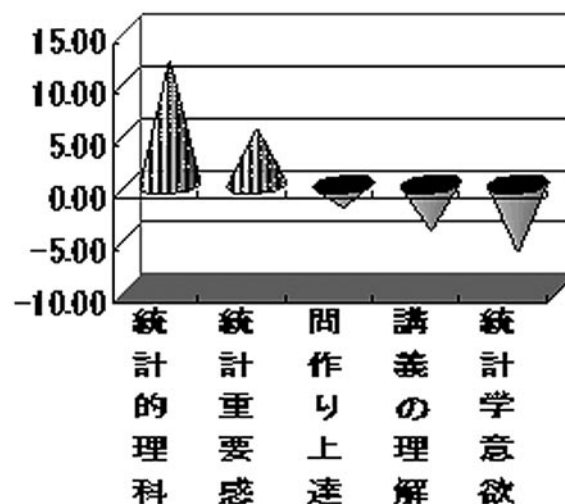


図2 (CS分析結果)

また、今回の目的である問題解決能力を高めるためには、数理統計学を用いて実践を評価していく力が必要不可欠だと考えている。従って多くの学生に問題を解決する手段の1つとして統計学的手法を用いて将来実践して欲しい。そこで、それらに関する学生の意識のあり様を多変量解析の手法で調査した。具体的には、質問項目6

表3 ピアソンの相関係数

	講義の 理解	講義の 理解	講義の 理解	講義の 理解	講義の 理解	講義の 理解
講義の理解	1	0.64*	0.49*	0.52*	0.15	0.28
問作り上達	0.64*	1	0.32	0.26	0.19	0.16
統計重要感	0.49*	0.32	1	0.64*	0.43*	0.72*
統計学意欲	0.52*	0.26	0.64*	1	0.50*	0.58*
統計的理科	0.04	0.19	0.43	0.50*	1	0.67*
統計将来性	0.28	0.16	0.72*	0.58*	0.67*	1

* $p < .05$

「統計将来性」を目的変数として、CS (Customer Satisfaction) 分析¹⁾を行い改善すべき項目を調べた。図2から統計を将来使ってみたいと思うようになるのには、やはりさまざまな実践を通して重要さを認識することが大切である。

「統計的理科」を改善すべきということは、理科教育などの視野を広めてさまざまな場所で統計的手法を用いる訓練をする必要があると感じた。実践していくなかで、統計の重要性について受け止めながら将来に役立てていくものだと実感できる。

さらに、このアンケート項目すべての相関係数を調べるために、ピアソンの相関係数の検定²⁾を行った。表3から、「統計重要感」と「統計的理科」の他に「統計学意欲」も「統計将来性」に非常に高い相関関係が見られた。

また、多くの箇所が高い相関関係が見られたが、アンケート作りを学ぶことと統計学の学びとの関係性が乏しかったのが残念だった。これは、表面上関係ないと見られがちだが、統計学を学ぶこと

でよりよいアンケート作りができるので、質問項目をもう少し吟味して実践させればよかったと考える。

4. 考察

他大学でも統計学の講義を実践することで、数理統計学の面白さや奥深さを多くの学生に知ってもらいたかった。受講生は1年生ばかりだったがPCの指導の飲み込みは非常に早かった。そのせいか、統計学を学ぶことは大変だと思いながら充実さを感じていた3日間だった見受けられた。事実、感想の欄にも始めは難しく感じたがとても興味ある分野で面白く非常に力になったと答えている学生が多かった。

講義を受講した学生が、将来統計学を使って実践をするためにも結果で述べたように、理科教育を広く見る視野を同時に身に付けさせることが大切である。

そして、統計学を多くの分野に用いて取り組んでいけるような力を講義の中である程度つけさせることが統計の重要性をより感じ真剣に学ぶことに導いてくれるだろうと示唆する。

アンケートの結果からすべての項目で高い評価を得たことの原因として、2つ考えられる。

1つ目は、3日間の間に各個人でアンケートを作り20人以上に答えてもらい集計して分析するという一連の作業を実践することで、ただ単に統



写真2 アンケート作り

計学を学ぶだけでなく、具体的に実践できる方法をきちんと指導したことが良い評価を得たと感じる。体験することが一番身についていくと考えられる。

2つ目は、3日間の間に一人ずつにUSBを貸して家でも学習できるようなシステムにしたことだ。さらに、最終日に自分の実践をCDに持ち帰っていつでも今回の学習を振り返るようにした。このように自分の3日間の講義を形にし、達成感を持たせることも重要だったと考える。

これから、問題解決能力を育成するためには、数理統計学的手法を用いて見えない部分を分析し、具体的に数値目標を定めて評価していくことも必要だと考えるのでこの方法を様々な教育分野に広めて教授していきたいと考える。

5. 結論

問題解決能力を育てる手段として統計学を用いて指導をしたが、テキスト作成や細かい学生への配慮も工夫し、実践形式の講義は、非常に有効であり、学生の意識も高まることが分かった。

さらに、多方面で統計を用いて実践できることを理解して経験を積むことで、将来的に統計を使って実践していくことが予想できた。

どの講義でも同じであろうが、学生の意欲をより引き出す工夫として、今回の細かい配慮の他に、最初により良い実践例を示していくことが重要だと感じた。

6. 今後の展望

今回の実践結果を踏まえて、統計学を用いて問題解決能力を育成するためには、教育現場や多方面での活躍が期待できるような具体的実践指導を行って、統計学の面白さを十分に伝えることが必要である。

また、今後はこのような実践指導をより教育に広めて多くの人たちに統計の魅力を知ってもらえるように講義を実施していきたい。

今回、他大学での講義により、その地方の風土や気候などさまざまな魅力を講義に取り入れていくと楽しくなる。つまりその土地に合った話題も交えて統計学を分かりやすくしていくと、学生の学ぶ意欲をそそること受け合いであると考ええる。

さらに、学校現場では必ずしも評価を数値化することを好む人ばかりでないかもしれないが、自分が判断した評価と数値評価の双方の良さを理解しつつ、偏った評価にならないような冷静さを持ち合わせることも大切である。よって、多くの学校現場で取り入れてもらえるように努力していきたい。



写真3 個人で分析をしていく様子

参考文献等；

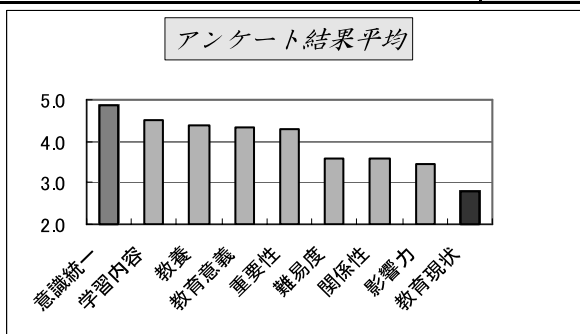
- 1) 菅民郎著「Excelで学ぶ多変量解析入門」、オーム社、2001、78-94
- 2) 柳井久江著「4 Steps エクセル統計【第2版】」、オーエムス出版、2004、157-170

温暖化に及ぼす理科教育の影響についてのアンケート

教育文化学部 学校教育課程 一年次 学生例1
温暖化の解決方法模索のための理科教育のあり方について調査しようと思いました。

アンケート項目		略語
1	貴方は温暖化について理科の授業の中で学んだことがありますか？	学習内容
2	温暖化の主な原因を授業で教わりましたか？	教養
3	温暖化等の環境問題は小、中学校の児童、生徒にとって難解ではなく、発達段階に適した履修内容だと思いませんか？	難易度
4	現代の理科教育の内容は、温暖化等の様々な環境問題の解決に根ざしたものであると思いませんか？	教育現状
5	温暖化等の環境問題は理科教育においてとても大切な範囲であると思いませんか？	重要性
6	温暖化を解消させるには、科学者の研究だけではなく、国民全体の意識構築が必要不可欠だと思いませんか？	意識統一
7	理科教育の課程の中で温暖化、および様々な環境問題について指導し、意識構築を図ったほうが良いと思いませんか？	教育意義
8	理科教育を充実させる、具体的には授業時間数を増やしたり、生徒児童に理科への興味関心を持たせたり、学習内容を拡大することで結果的に環境問題の解決を促すことができると思いませんか？	影響力
9	温暖化と理科教育には密接な相関関係があると思いませんか？	関係性

対象	回答項目
理科内容 学2の 受講者 25名	5、そう思う 4、少しそう思う 3、どちらとも思わない 2、あまりそう思わない 1、そう思わない

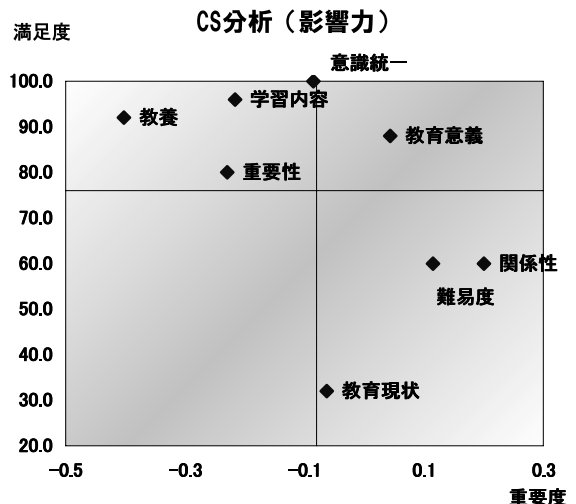


8の質問を改善させるた目的で行うために、8を目的変数とする。

ピアソンの相関係数

	学習内容	教養	難易度	教育現状	重要性	意識統一	教育意義	影響力	関係性
学習内容		0.37	0.22	-0.31	0.18	0.10	-0.16	-0.22	-0.04
教養	0.37		0.25	0.37	0.56	0.03	-0.31	-0.40	0.20
難易度	0.22	0.25		0.28	0.38	0.12	0.08	0.12	0.22
教育現状	-0.31	0.37	0.28		0.17	0.04	0.06	-0.06	0.19
重要性	0.18	0.56	0.38	0.17		0.21	-0.06	-0.23	0.26
意識統一	0.10	0.03	0.12	0.04	0.21		0.26	-0.09	0.43
教育意義	-0.16	-0.31	0.08	0.06	-0.06	0.26		0.04	-0.05
影響力	-0.22	-0.40	0.12	-0.06	-0.23	-0.09	0.04		0.20
関係性	-0.04	0.20	0.22	0.19	0.26	0.43	-0.05	0.20	

分析結果	満足率	相関係数	改善度
関係性	60	0.20	13.18
難易度	60	0.12	11.33
教育現状	32	-0.06	10.63
教育意義	88	0.04	0.51
重要性	80	-0.23	-5.30
意識統一	100	-0.09	-5.67
学習内容	96	-0.22	-10.91
教養	92	-0.40	-14.18



◎考察

今回の結果より、温暖化の解決を促すための理科教育のあり方について次のようなことが挙げられる。理科教育が、温暖化解決に良い影響を多く与えるようにするには、関係性、難易度、教育現状の三つを改善することが求められる。つまり、温暖化と理科教育との間に相関関係を確立し、小、中学校の生徒にも理解しやすい内容にして学ばせること、さらに理科教育の内容を問題解決に根ざしたものにすることが大切である。そして、3の意識統一の回答結果より、国民全体の意識構築がやはり必要とされる。

★中学校の理科に対する意識調査アンケート★

教育文化学部 学校教育課程 1年次 学生例2

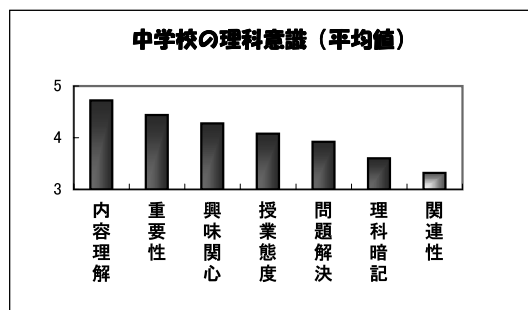
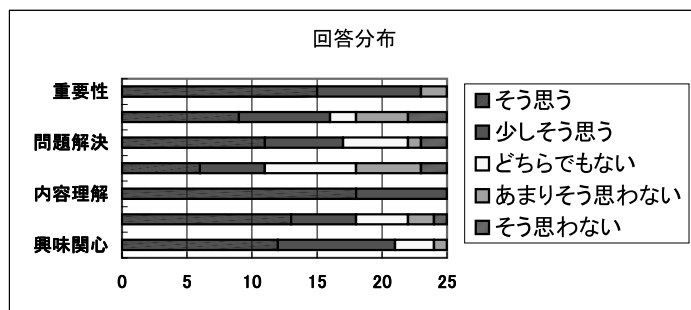
「理科嫌い」という言葉がよく聞かれますが、理科が嫌いになるのは、理科がわからないからではないか、という観点から、理科がわからない生徒を減らすことを目的としてアンケートを行いました。

●アンケート項目

アンケートの項目	略語
1. 自然に対してや身近な現象について、興味関心がありますか	興味関心
2. 学校での授業に臨む姿勢は積極的でしたか。	授業態度
3. 学校での授業で理科の内容を理解することができていましたか	内容理解
4. 身近なものに関連性のある授業をしていましたか	関連性
5. わからない問題に対して、解決をしようと努力していましたか	問題解決
6. 理科は暗記科目だと思っていましたか	理科暗記
7. 理科の学習は重要だと思っていましたか	重要性

★対象
理科内容学Ⅱ受講者 (25人)

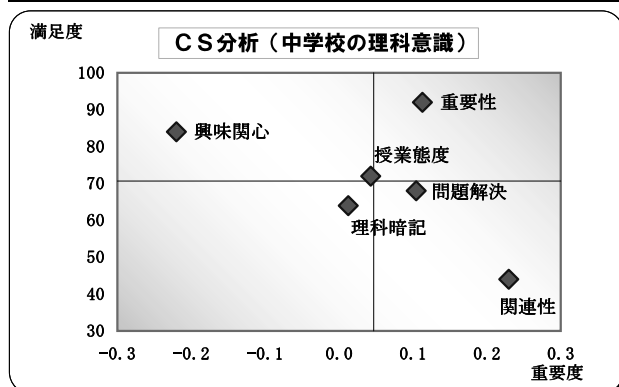
★回答項目
5. そう思う 4. 少しそう思う 3. どちらでもない 2. あまりそう思わない 1. そう思わない



●ピアソンの相関係数

	興味関心	授業態度	内容理解	関連性	問題解決	理科暗記	重要性
興味関心		0.60	-0.22	0.34	0.26	-0.11	0.34
授業態度	0.60		0.04	0.45	0.09	-0.15	0.21
内容理解	-0.22	0.04		0.23	0.10	0.01	0.11
関連性	0.34	0.45	0.23		0.40	-0.06	0.35
問題解決	0.26	0.09	0.10	0.40		-0.02	0.15
理科暗記	-0.11	-0.15	0.01	-0.06	-0.02		-0.12
重要性	0.34	0.21	0.11	0.35	0.15	-0.12	

●ピアソンの相関係数からは、あまり相関が見られなかったが、興味関心と授業態度が大きく関係している。回答分布から、関連性に対して特にバラつきが見られる。また、平均値も一番低い値をとっている。この関連性と相関が大きいのは、授業態度と問題解決である。



	満足率	相関係数	改善度
関連性	44.0	0.2298	20.06
問題解決	68.0	0.1043	3.40
理科暗記	64.0	0.0126	0.85
授業態度	72.0	0.0429	-0.66
重要性	92.0	0.1129	-4.29
興味関心	84.0	-0.2201	-16.38

●CS分析から

興味関心については、非常に満足度の高い値となっている。その他の項目も比較的満足度の高い値となっている。しかし、関連性について低い値をとっており、さらに重要度が高い。よって、今回の分析結果から、関連性について改善の必要がある。

★考察

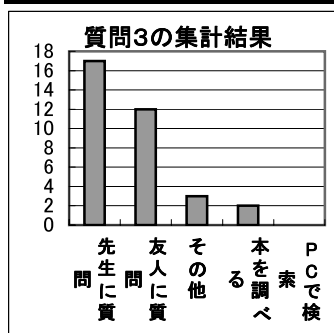
今回の結果より、生徒が授業内容を理解することができるようになるためには、教師がどのようなことをしていけばよいだろうか。一番、改善すべき点として、「関係性」が挙げられた。したがって、授業内容をもっと身近なものに関連させて行っていく必要がある。ただ、教科書の内容を教えるのではなく、より、身近なものに関連させることで、授業をわかりやすく展開していくことが重要だ。今後このCS分析を、さらに発展させて、理科に対する苦手意識をなくすためには、学ぶ姿勢が積極的になるためには、何を行っていくべきなのか調査し、教師の質を上げるとともに、「理科嫌い」を減らすことに役立てたい。

中学理科の勉強方法・意識に関するアンケート

学校教育課程 学生例3

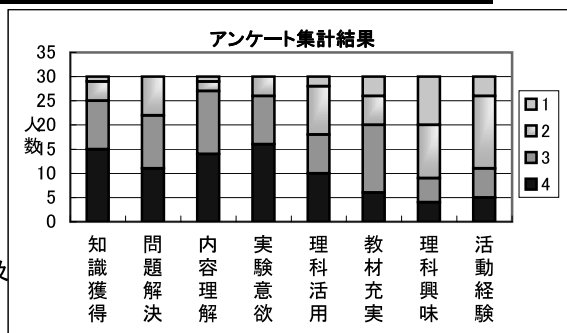
このアンケートによって、中学理科の勉強方法、どのように知識を深めてきたのかを知ることで、今後の理科教育の課題は何かを、調べてみた。(※1の質問を目的変数とする。)

■アンケート項目(回答項目は4. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9.)	
1. あなたが受けた理科の授業で得た知識は、将来役立つと思いますか。	知識獲得
2. 授業で分からないところがあったとき、すすんで解決していましたか。	問題解決
3. どのような手段で、解決していましたか。 ＜ア.先生に質問する イ.友人に質問する ウ.PCで検索 エ.本で調べる オ.その他＞	解決手段
4. 理科の授業は、分かりやすかったですか。	内容理解
5. 実験で、知識を得ようと、実験器具に触れたりなど、意欲的に活動に参加しましたか。	実験意欲
6. 理科で得た知識を、日常生活に生かそうとしましたか。	理科活用
7. 理科室の実験器具・設備などは、満足のものでしたか。	教材充実
8. 理科知識を深めるために、学校施設以外(図書館、博物館など)を利用しましたか。	理科興味
9. 最後に、解剖実験、野外活動などをする機会がよくありましたか。	活動経験



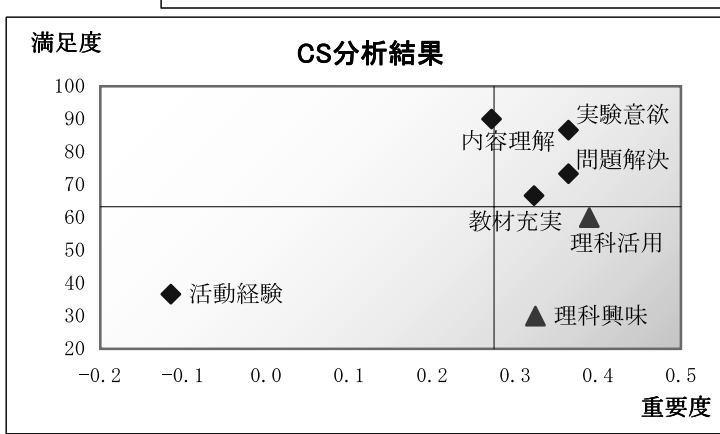
■対象
理科内容学Ⅱ受講者
教科教育実践学生
人間環境学生
30人

←質問3では、やはり先生に質問する学生が多かった。それに対してPCで検索が0人であった。この原因はインターネットが現在のように普及していなかったからだろう。



	満足率	相関係数	改善度
理科興味	30.0	0.3245	9.90
理科活用	60.0	0.3896	4.61
教材充実	66.7	0.3229	0.64
問題解決	73.3	0.3644	0.37
実験意欲	86.7	0.3643	-2.48
活動経験	36.7	-0.1150	-5.23
内容理解	90.0	0.2718	-6.35

◇CS分析は右下にあるほど改善度が高い。ここで理科興味・理科活用を改善する必要がある。実験意欲、問題解決、教材充実は重要度が高いが満足度も高いため改善度は低い。つまり、学校設備以外へ足を運ぶことを指導したり、その知識をしっかりと日常に生かす意義を見出す指導が今後必要である。



■ピアソンの相関係数 n=20 相関係数 0.36以上

	知識獲得	問題解決	内容理解	実験意欲	理科活用	教材充実	理科興味	活動経験
知識獲得	1.00	0.36	0.27	0.36	0.39	0.32	0.32	-0.11
問題解決	0.36	1.00	0.23	0.11	0.33	0.08	0.11	0.08
内容理解	0.27	0.23	1.00	0.00	0.25	0.22	0.22	-0.10
実験意欲	0.36	0.11	0.00	1.00	0.18	0.31	0.31	0.32
理科活用	0.39	0.33	0.25	0.18	1.00	0.07	0.39	0.17
教材充実	0.32	0.08	0.22	0.31	0.07	1.00	0.35	-0.07
理科興味	0.32	0.11	0.22	0.31	0.39	0.35	1.00	0.32
活動経験	-0.11	0.08	-0.10	0.32	0.17	-0.07	0.32	1.00

◎相関係数の結果・考察

理科を将来専攻する学生が多いためか、やはり理科知識に対する意欲が感じられる結果となった。日常生活で生かそうとする意識が高い学生は、学校の授業の枠をこえて、図書館、博物館などを利用していたということが分かった。また、意識の高さは理科室などの環境が良かったと感じていた学生についても言える。意識だけでなく、得た知識が役立つと考える学生は問題解決に対しても意欲的だ。よって知識獲得は意識の高さと関連し、その要因として教材充実(環境)が挙げられるであろう。

◆まとめと今後について

従来の理科教育の実態を調査することで、よりよい理科教育にするための課題を見出す。また学生側の利点は中学の時の自分を振り返ることで理科に対する意識が高まるはずだ。目的の「知識獲得」へとつながるだろう。今回アンケートで得たCS分析の技量を今後どのように活用していくか。それについては、私が教師になったら、生徒の意欲的な学習・知識定着から、快適な学校生活にいたるまでの学校全般を改善することに役立てたい。