

新たなプルーフの実践報告

- 2003年度前期の実践を中心に -

おおしあきのり おかひろあき おかもとよしお しばやまとひこ せおゆうき もりなかとしゆき
大石明德・岡博昭・岡本義雄・柴山元彦・瀬尾祐貴・森中敏行

The practical report of the new Proof

OISI Akinori・OKA Hiroaki・OKAMOTO Yisio・SIBAYAMA Motohiko・SEO Yuuki・
MORINAKA Tisiyuki

抄録：1995年度から理科ではじめたプルーフは、完全週5日制が実施された2002年度に中断された。しかし本年度、数学も含めた新たなプルーフが復活した。

キーワード：学校設定科目，プルーフ，理科，数学

はじめに

プルーフ科は、平成7年度から、理科において始めた新しい教科である。その目的は、「もの」を科学的に把握、認識するためには、基礎的な科学の技法が身につけていなければならないが、それをできるだけ系統立ててトレーニングすることにある。特に、見る、処理する、表現する、発表することに重点を置く。理科の4分野で実施したテーマの一端は次の通りである。

〔物理分野〕物体の落下によるクレーターのでき方，エタノールの爆発を用いた作用反作用，振り子の瞬間の速さ，シャーペンの芯の電圧と発光，表面張力の測定等

〔化学分野〕メスシリンダーの検定，気体の質量の測定，面積の測定，温度計の精度，ガラス器具の目盛りの精度，水和による体積変化等

〔生物分野〕カイワレのクロロフィル含有量，光の及ぼす植物への影響，校庭の樹木の葉の付き方，校庭の植生，ビオトープのメダカ等

〔地学分野〕校内の放射能，校内の線量，紫外線と日焼け止め剤，チョークの粉はどこまで飛ぶか，木の年輪について，地震にメカニズム，イチョウの木の生体電位，人口増加における必要条件等

このプルーフ科の実践を通じてあきらかになってきたのは、一般の生徒は科学の知識は比較的豊富であるが、それが実生活や身近な現象とどう結びつくのか、またどのような方法で観察、実験、分析できるのかについては作業経験の不足が災いし、そのため、簡単な装置の自作や自由な分析手法の発見などには極めて貧弱な発想や経験しか持っていないことが解った。一方ひとたび、教員のアドバイスにより、実験や分析の方向性が決まれば、

その装置の操作やパソコンの操作等には極めて高い習熟性や応用性を示すことも解った。また、一旦理科プルーフ科等で研究した事柄を通じて、科学の分析手法の一端を学んだ生徒達は、他分野の既存の教科学習においても高い興味と関心を示すことがわかってきた。

週5日制などの理由により、いったん本校の教育課程からはずすことを余儀なくされたが、今年度から、理科だけではなく数学も含めプルーフを開講することにした。また、文化系の内容を中心としたユリイカも開講した。ここでは、プルーフの内容を中心に述べる。

プルーフの計画

プルーフとユリイカの実施に際して、次のような実施計画を立てた。

(1) 目的

プルーフとユリイカの目標を、必ずしも同じにする必要はないが、プルーフの以前の目標をモデルとしてはじめた。すなわち、「研究のスキルを身につけさせる。」とした。したがって、あるテーマに基づいた研究活動を基本とし、最後にレジメを作成し、研究発表会を実施させることとした。

(2) 細案

単位数

2003年入学高 の時間割に、ユリイカ・プルーフ（EP）の時間を設定した。ユリイカ・プルーフは1単位とした。

担当者

ユリイカは主に国語，地歴公民，英語の教員が担当した。プルーフは主に数学と理科の教員が担当した。

2003年担当者：E（ユリイカ）…伊藤，東元，山田，涇口，市道（5名）

P（プルーフ）…岡，岡本，森中，柴山，瀬尾，大石（6名）

定員

きめの細かい指導をするには、少人数のクラスを編成した方が好ましい。そこで、1クラス40人を3人で担当することを原則とした。教員一人あたり平均すると13.3人の生徒数になる。

期間

前後期制とし、出来るだけ多くのテーマに接するようにした。A，B組は前期プルーフ，後期ユリイカを受けるようにした。逆に，C，D組は前期ユリイカ，後期プルーフを受けるようにした。

クラス編成

最初の時間に、オリエンテーションとクラス編成を行った。クラス編成と人数調整に関しては、おもに学年の担当者が行った。

日程

月曜日6, 7限目に設定した。ただし, LHR(1単位)と交互に実施するように計画した。

前期 A, B組...プルーフ C, D組...ユリイカ

後期 A, B組...ユリイカ C, D組...プルーフ

4月14日(月) LHR

4月21日(月) EP 前期
オリエンテーション...担当者全員
講座分け, 班分け調整, 名簿作成...伊藤

4月28日(月) LHR

5月5日(月) 祝日

5月12日(月) 代休

5月19日(月) EP 前期

5月26日(月) 中間テスト

6月2日(月) LHR

6月9日(月) EP 前期

6月16日(月) LHR

6月23日(月) EP 前期

6月30日(月) LHR

7月7日(月) 期末テスト

9月8日(月) LHR

9月15日(月) 祝日

9月22日(月) EP 前期

9月29日(月) EP 前期
発表会(各講座ごと)

10月6日(月) LHR

10月13日(月) 祝日

10月20日(月) EP 後期
オリエンテーション...担当者全員
講座分け, 班分け調整, 名簿作成...伊藤

10月27日(月) LHR

11月3日(月) 祝日

11月10日(月) 代休

11月17日(月) EP 後期

11月24日(月) 振替休日

12月1日(月) LHR

12月8日(月) 期末テスト

1月12日(月) 祝日

1月19日(月) EP 後期

1月26日(月) LHR

2月2日(月) EP 後期

2月9日(月) LHR

2月16日(月) EP 後期
2月23日(月) EP 後期 発表会(各講座ごと)
3月1日(月) 代休
3月8日(月) 期末テスト

ブルーフの実践

以下、前期の各講座のねらい、シラバス、授業記録などを報告する。

(1) 目盛りの検定と定量実験(担当者 岡博昭)

ねらい

実験器具の多くには目盛りがついている。しかし、それらの目盛りは、すべて正しい体積を示している訳ではない。そのことに気づかせ、定量実験において、注意すべきことがらを学ばせる。また、そのことを利用して実際に定量実験を行わせ、量の測定がいかに難しいかを経験させる。また、与えられた課題を解決することによって、創意・工夫を養う。

シラバス

課題 目盛りのついた器具には、どのようなものがあるだろうか？それらの目盛りはすべて正しいのだろうか？どのようにすれば、目盛りの精度を知ることができるだろうか？

課題 次の ~ のうちから1つ選び、その課題を解決しよう。

市販の水酸化ナトリウムは、100%純粋なのだろうか？水酸化ナトリウムの純度を求めるには、どのようにすればよいのだろうか？

水50cm³にアルコール50cm³を混ぜると、混合物の体積はいくらになるだろうか？アルコールの種類や割合を変えると、どうなるだろうか？

食酢の中には、どの程度の酢酸が含まれているのだろうか？酢酸の濃度を知るには、どのようにすればよいのだろうか？

卵の殻には、どの程度炭酸カルシウムが含まれているのだろうか？炭酸カルシウムの割合を知るには、どのようにすればよいのだろうか？

2~3人で班をつくり、課題 および課題 を解決する。最後の授業では、研究発表会を実施する。研究発表会では、発表資料を用意する。また、他の班の発表をよく聞いて、積極的に質問すること。

評価は、研究発表会におけるレジュメ、発表の内容、発表の工夫、個人で提出するレポートの内容等を総合的に判断する。

4月21日(月) EP 前期 オリエンテーション、クラス分け、班分け
5月19日(月) EP 前期 目盛りのついた器具の検定
6月9日(月) EP 前期 目盛りのついた器具の検定
6月23日(月) EP 前期 課題
9月22日(月) EP 前期 課題
9月29日(月) EP 前期 発表会(各班ごと)

授業記録

第1回 4月21日(月) ブルーフ化学の紹介

第2回 5月19日(月) 目盛りのついた器具の検定1

・次の課題を与えて、各班ごとに自由に実験させた。

<課題> 次の器具の目盛りが同じ体積を示しているかどうか調べる。メスシリンダー(10 \bar{a})、目盛り付き試験管(18mm)、駒込ピペット(5 \bar{a})、ホールピペット(10 \bar{a})、メスピペット(10 \bar{a})、ビュレット(25 \bar{a})、メスフラスコ(50 \bar{a})

・計量容器はそこまで入っている内容積を示す器具(受用量器)と、別の容器に溶液を移したときの流出量を示す容器(出用量器)とがあることを伝えた。

受用量器...メスシリンダー、メスフラスコ

出用量器...ピペット、ビュレット

メスシリンダーは以前は出用量器であった。

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/ko1-p01.htm> 参照

第3回 6月9日(月) 目盛りのついた器具の検定2

・次のヒントを与え、実験に工夫をさせた。

<ヒント> 天秤と水を使って、次の器具の目盛りが正しいかどうか調べる。

・水の密度を提示した。

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/ko1-p02.htm> 参照

第4回 6月23日(月) 課題1

・化学の授業で物質量をまだ学んでいなかったなので、講義した。

物質量...同じ種類の粒子 6.02×10^{23} 個の集団を1 mol(モル)とする。molを単位にした量を物質量という。

モル濃度...溶液1 ζ 中に含まれる物質の物質量。単位はmol/ ζ

・物質1 molの計算方法を示した。

水酸化ナトリウムNaOH 1 molの質量 = $22.99 + 16.00 + 1.008 = 40.00$ [g/mol]

シュウ酸二水和物(COOH) $_2 \cdot 2H_2O$ 1 molの質量 = $(12.01 + 16.00 \times 2 + 1.008) \times 2 + (1.008 \times 2 + 16.00) \times 2 = 126.07$ [g/mol]

メタノールCH $_3$ OH 1 molの質量 = $12.01 + 1.008 \times 4 + 16.00 = 32.04$ [g/mol]

エタノールC $_2$ H $_5$ OH 1 molの質量 = $12.01 \times 2 + 1.008 \times 6 + 16.00 = 46.07$ [g/mol]

酢酸CH $_3$ COOH 1 molの質量 = $12.01 + 1.008 \times 4 + 16.00 \times 2 = 48.04$ [g/mol]

炭酸カルシウムCaCO $_3$ 1 molの質量 = $40.08 + 12.01 + 16.00 \times 3 = 100.09$

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/ko1-p03.htm> 参照

第5回 9月22日(月) 課題2

<課題のヒント>

まず、シュウ酸と水酸化ナトリウム水溶液を使って中和滴定を行い、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定します。シュウ酸二水和物0.63 gを100 \bar{a} のメスフラスコを使って水に溶かし、水溶液を100 \bar{a} つくる。このとき、シュウ酸水溶液の濃度は 5.00×10^{-2} mol/ ζ になる。このシュウ酸水溶液をホールピペットで正確に10 \bar{a} とり、コニカルビーカーに移す。指示薬はフェノールフタレイン溶液を使う。このシュウ酸水溶液

に、濃度の分からない水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、水溶液がかすかに赤色になるまで滴下を続ける。このときに滴下した水酸化ナトリウム水溶液の体積を $v\text{ā}$ とすると、水酸化ナトリウム水溶液の濃度 = $2 \times 5.00 \times 10^{-2} \times 10.0 / v$ で求めることができる。

次にシュウ酸の代わりに食酢を用いて、同じ操作を行えばよい。水酸化ナトリウム水溶液の濃度を $c\text{mol}/\text{ç}$ 、滴下した水酸化ナトリウム水溶液の体積を $v\text{ā}$ とすると、酢酸の濃度 = $1 \times c \times v / 10.0$ で求めることができる。

<課題 のヒント>

10ā のメスシリンダー 2 本と活栓付きの10ā のメスシリンダーを使うと便利である。アルコールと水の割合を変えて、合計が10.0ā になるようにアルコールと水の体積を決める。それぞれメスシリンダーで体積をはかり、活栓付きメスシリンダーに移してよく攪拌する。

水とアルコールの密度と、モル質量（物質 1 mol の質量）から、物質量の比を求る。そうすると、分子の数の比が分かる。実験後、水素結合の勉強も必要である。

<課題 のヒント>

課題 と方法は同じであるが、固体の水酸化ナトリウムを正確に測って水溶液をつくる。水酸化ナトリウムのモル質量 = $23.0 + 16.0 + 1.00 = 40.0$ [g/mol] である。したがって、4.00 g の水酸化ナトリウムが100%純粋だとしたら、0.100mol ということになる。これを水に溶かして100ā の水溶液をつくれれば、 $1.00\text{mol}/\text{ç}$ である。この濃度を、 $5.00 \times 10^{-2}\text{mol}/\text{ç}$ のシュウ酸水溶液で滴定する。ただし、水酸化ナトリウムは粒状で、かつ潮解性がある。よほど運が良くなければ4.00 g をはかり取ることはできない。さて、どうすれば良いか。考えてください。

<課題 のヒント>

卵の殻を細かく砕く。そして、その質量を正確に測る。ただし、乾いていなければいけない。これに塩酸を十分加える。もし、炭酸カルシウムが100%なら、すべて溶けるはずである。したがって、溶け残った物質の質量をはかるとよい。しかし、炭酸カルシウム以外に塩酸に溶ける物質が含まれていたら困る。卵の殻は、一度ボイルした方が、実験がやりやすくなるようである。

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/ko1-p04.htm> 参照

第 6 回 9 月 29 日（月） 発表会（各班ごと）

各班ごとに、レジュメを作成し、研究発表会を行なった。

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/ko1-p05.htm> 参照（各班のレジュメの内容も掲載している）

評価

レポートの感想を紹介する。

・プルーフという授業は、人生で初めてでした。短い時間だったけど、色々と経験できて良かったです。今まで、空気などはあまり考えずに測定とかしてきたけれど、実験でわかったように、空気にも質量があり、また、少しでも目盛りを真面目に読むことを怠るだけで、結果が全然かわるということにおどろきました。

・苦戦でした。実験の結果も中途半端でちょっと悔しいです。どこかではかりまちがったのかも知れませんが、自分たちですべてを考えてする実験、楽しかったです。たくさんの知識を得ることができました。

・目盛りの検定で、かなり神経質になりました。今まで、「まあいいか」でやってきたときがあった私は、深く反省させられるものがありました。実験は好きなので楽しかったです。

・私たちが今まで正しいと信じきっていた目盛りも、あいまいなものがあって、びっくりしました。実験によって適した器具を使い分けことが大事だと思いました。この授業のあとに、化学の授業で駒込ピペットではかりとるのが嫌でした(笑)。食酢の実験では、1滴の大切さを知りました。中和滴定は、1滴でも多く落としてしまうと値が変になってしまうので、何度もやり直して大変でした。でも、それだけ細かい実験のやり方が身についたと思います。普通、授業で実験というものをあまりしないので、このプルーフはすごくいい経験になりました。自分で考えることが多く、そこから得る発見はとても嬉しかったです。プルーフ化学、楽しかったです。

・今回、このプルーフを受けるまで、本当に目盛りを疑ったことなんて一度もなかった。水 50cm^3 とアルコール 50cm^3 をたしたら 100cm^3 になると思っていた。また、そのようなことに正直全然関心をもっていなかった。しかし、今回のプルーフを受けてから、「本当にこの目盛りはあっているのか?」「このはかり方でよいか?」「この数値は正しいのか?」と疑うようになり、「何故このような結果になるか?」と疑問をもつようになった。だから、これからは正しい実験結果を得ることができ、事実を知ることができるだろう。また、より深い理解につながるだろう。少しではあるけれど、事実の化学に近づいてきた気がして、嬉しいです。正直、途中一人になったときは、実験もレジュメ作成も大変だったけど、それによって、自分の理解はより深まったと思うし、実験を一人ですることの楽しさも知れた。「化学では事実一つである」という名言と、プルーフで得たたくさんのことを利用し、これからも化学を学び、楽しんでいこうと思います。

・最初、課題実験と聞いて、ほんとうにできるのかすごく不安でした。でも、先生が助言してくださるうちにだんだん実験のミスもみえてきたりしつつ、なんとか結果を出すことができほっとしています。でも、値は調べた文献とは違ってはがっかりでした。3回おこなったうち、誤差が全然でなかったことにはおどろきました。次は、この誤差のなさで90%以上含まれるというのを証明できたらなと思います。本当は実験はこの方法ではなく、塩酸と反応させて、気体(二酸化炭素)を集めて、その体積をはかり...と考えていたのですが、もっと簡単に、重さをはかるだけでよかったことに驚きつつ、まだまだ全然だめだなあと感じさせられました。課題が与えられて、それを自分たちで実験を行うことで証明するというのは、とても大変であると同時に、すごく楽しいものでもありました。今、レポートを書くにあたって、文献を調べていますが、調べてみるとはっとする実験がのっていたので、のせておきました。もっともっと、実験前に文献調査をしておけばよかったと今思います。

・最初は、もう訳分らない事だらけでおどろきましたが、先生の出してくださったヒントをもとに、調べたりして、なんとか中和滴定などできました。最初の方は、自

分が何をしたら良いかよくわからなかったけど、途中からやっとわかってきて（内容が、笑）苦痛が楽しみに変わりました。4.2%（食酢の本当の酢酸濃度）に近かったのが、うれしかったです。（たぶん、いろんなまちがいがいぐあいにまざって...笑い）化学大嫌いだったけど、少しだけ進歩した気がします。ご指導，ありがとうございました。

・今回の実験で一番学んだことは，実験は慎重にやらなければ正確な数値が出せないということです。そういうことは今まで頭の隅にあったけど，今回ほど気にしたことはありませんでした。「水滴がはねた」などで何度もやり直しをしたし，そうこうしているうちに実験器具も一度洗ったら乾くまで使わないようになりました。薬品の入ったピンの表示が正しいか確認をする実験をしたのも初めてです。そこまではじめて「正確な数値」が導けるのだとわかりました。これからの授業の実験でも，一人でやたはりきってしまいそうです。食酢のピンの表示を見たときは本当に驚きました。いくら自分なりに気をつけまくっても，やっぱりあいまいなところとかあるだろうに，ここまで近い結果が出せたとは思いませんでした。これが偶然じゃないといいなと思います。

・課題1の実験でも思ったが，今まで何も疑わずに使用していた器具や薬品が実際ではすべてが正しいとは限らないことに驚きました。また，器具の中には扱いにくいものもあり，何度も失敗しては何度もやり直しました。いい加減に実験をすると，出てくる値もいい加減なものになってしまいます。より正確な値を出すために，小さなことにも気を配らなくてはいけないことが，今回の課題実験をやった今，身にしみて思います。今回は，正確な値が出なかったのが残念だったが，実験の手順がわかり，値もいちおう出たのでまずまずだったと思います。

・分子数の計算の意味が分かって良かったです。今回は2種類のアルコールでしか実験できなかったのですが，また機会があれば他のアルコールでもいっぱい実験してみたいです。

(2) RUBYを用いた初等整数論とRSA暗号（担当者 瀬尾祐貴）

教材の概要およびねらい

平成15年より新科目「情報」が新しく高等学校で実施されることになった。各校でいろいろな取り組みがなされている。本校でも、「情報」科の取り組みの一環として、「プルーフ・ユリイカ」の学校設定教科が新設された。ここでは，その中のひとつの取り組みである実践報告をしたい。「教育用プログラミング言語」に関して，大阪教育大学の藤井淳一先生が次のような提言を行っている。

『初等・中等教育において，ようやく日本でも情報教育が本格化し始めたが，コンピュータリテラシーという観点からは，まだまだ不十分といわざるを得ない。実際にコンピュータを良く理解するためには，プログラミングを理解・活用することが必要であろう。しかし最近さまざまな発展を見せている多くの優秀な言語に関する研究は，まだまだ遅れている。』

そのうえで，注目されているスクリプト言語として Ruby のプログラミング教育への利用の可能性について述べられている。

『新教科「情報」で求められているのは、専門的でなく、実用的で使いやすい言語が必要である。義務教育も含めた一般の初等中等教育において、万人のためのプログラミング、また適切な教育用言語として必要な視点として以下の4点を挙げる。

- ・初心者に使いやすい言語であること
- ・結果がすぐ出せるインタプリタが望ましい
- ・フリーソフトであること
- ・インストールが簡単なこと

この4点を十分クリアしている言語として Ruby を提案する。Ruby の特徴を以下にまとめると

- ・シンプルな文法
- ・日本製言語 作者：まつもとゆきひろ
- ・メモリ内無限長整数が使えること
- ・object の method 型 $x.f$ に加え、従来の関数型 $f(x)$ もサポートする
- ・ハイレベルな多くの Ruby サポーターによる豊富なライブラリがある
- ・Ruby 専用エディタ KMEditor の開発が同時に行われている

さらに、Rubyは、簡単なルーチンワークのプログラム化はお手の物で、apolloを使えば簡単なGUIアプリケーションにさえすぐ手が届く。Perlより完全に使いやすいので、CGIにも威力を発揮するし、ファイル操作・テキスト操作は得意中の得意。行頭コード指定 `#!/ruby -ks` により日本語（正規表現）処理もプログラム本体をいじる必要なく行え、他のどの言語より楽と考えられる。』

そこで、本実践では、この Ruby を用いたプログラミング教育の利用の可能性について考察する。

暗号理論に的を絞ったのは、内容的にも興味深いし、この現代の暗号を理解するために必要とされる知識は初等整数論の知識で、その他の予備知識を余り必要としない。特に実施学年が高校1年生であり、数学の基本的な知識がまだ十分とはいえない。グラフィック関係では必須の三角関数・指数・対数関数、また数列の基本的考え方、複素数の扱いはこの時点では未習である。それらを考え合わせて、題材を「暗号論」にすることにした。表題は大きく「Rubyを用いた初等整数論とRSA暗号」としたが、時間の関係で、シーザー暗号までしか実践できなかった。

シラバス

授業は、2時間連続の授業である。

- | | | |
|-----|----------|--|
| 第1回 | 4月21日(月) | 講座紹介 |
| 第2回 | 5月19日(月) | Rubyの使い方講習
初等整数論の初歩と課題・宿題 |
| 第3回 | 6月9日(月) | 素数の性質を調べる中でRUBYの使い方をマスターする
初等整数論 整数の合同式について |
| 第4回 | 6月23日(月) | さあ、シーザー暗号に挑戦しよう。
課題と発表課題 |

第 5 回 9 月 22 日 (月) 課題の完成。発表とレジメ作成について

第 6 回 9 月 29 日 (月) 課題発表会 生徒の感想

授業記録

第 1 回 4 月 21 日 (月) 講座紹介

http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yukis/ruby_1.html 参照

第 2 回 5 月 19 日 (月) Ruby の使い方講習

http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yukis/ruby_2.html 参照

初等整数論の初歩と課題・宿題

http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yukis/ruby_2homework.html 参照

第 3 回 6 月 9 日 (月) 素数の性質を調べる中で RUBY の使い方をマスターする

http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yukis/ruby_3.html 参照

初等整数論 整数の合同式について

http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yukis/ruby_4homework.html 参照

第 4 回 6 月 23 日 (月) さあ、シーザー暗号に挑戦しよう。

http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yukis/ruby_5.html 参照

課題と発表課題

http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yukis/ruby_5homework.html 参照

第 5 回 9 月 22 日 (月) 課題の完成。発表とレジメ作成について

第 6 回 9 月 29 日 (月) 課題発表会 生徒の感想

評価

・やはり RSA 暗号はしたかったです。しかし数学を用いて暗号が作れてしまうのは感動です。

・正直暗号解読は難しかった。けれど英文らしくなったときは感動した。ものすごく嬉しかった。やっぱりプログラムを覚えて「 + = 」とかをやってるよりも、こういう暗号を解いたりの方が楽しかった。RSA 暗号というのがなんなのかすらわからないで終わってしまうのはやっぱり残念。

・ if then end の繰り返ししかできなかったのが残念。時間があれば while 文を使ったプログラムを作ってみたかったです。でも、簡単な命令でも組み合わせたり繰り返したりすれば、いろいろなものを求められることがわかって面白かったです。

・数学って面白いとあらためて思いました。

・ものすごく楽しい授業でした。こんなにパソコンにむかったのは初めてです。シーザー暗号も結構なレベルだし、RSA 暗号はまだ未知の世界ですが、面白いと思います。数学を RUBY でプログラムとして作成するのも楽しかったです。家で暇があれば RUBY にむかう癖ができたので何かに使えればいいなと思いました。

・せっかく RUBY を習ったのに自分のものにできなかったのは残念だ。RUBY を理解できない人のために何か対処してほしいなあ。

・RUBY の方はお手上げですが、合同式などは理解が深まってよかったです。 6^n

$(\text{mod } 14) = \pm 6$ を発見したときは驚きでした。結局暗号を作ったり解読したりということはわからずしまいましたけれど、地道に計算や証明をするのも割と面白かったです。

・「暗号を作ろう」なんて、スパイみたいでかっこいいなあとと思って、この講座を選びました。ひとつの規則を決めてパソコンでプログラミングをするのは、思っていたよりも難しくてこずりました。何回もエラーが出た後に答えが出たときは思わず「おおー」と感嘆してしまいました。シーザーの時代には、パソコンを使わずに暗号化復号化もやっていたのだから頭の回転のいい人だったんですね。

・暗号 = スパイっぽい = かっこいい と思って受講しましたが実際とても難しく、本当に数学的で難しかったです。毎回毎回頭が痛くなってしまいました。その分、暗号化できたときは嬉しかったし、楽しかったです。普段の数学が暗号になるなんて少し不思議な感じがしました。

・なかなか面白かったです。でも機械クラッシャーの私にはつらいかも。

(3) 自然度を測る (担当者 森中敏行)

ねらい

2つの目的を設定した。

・グループで議論し、検証を進める中で、豊かな自然とはどういう状態であるのかを検討し、量的な多さではなく質的な多様性が重要であることを認識する。

・多様な条件が複雑に絡みあっている自然を分析するには、多くの要因から、特定の変数を取り出し、設定した条件下で測定する必要がある。この過程を通して、克服すべき問題点を見出し、解決する

シラバス

自分たちで「自然度」の基準を定め、本校中庭のビオトープを測定する。

まず、自然が豊かな場所と乏しい場所を比較することにより、豊かな自然とはどのような状態かを議論し、自然度を表すと考えられる変数を仮定する。

次に、その変数を測定する方法を考案して、自然が豊かな場所と乏しい場所で測定して、基準を作成する。

さらに、その基準にもとづいて、ビオトープを測定し、自然度を確定する。

授業記録

第1回のみ個人で、それ以降はすべてグループ活動で行なった。

第1回 ・内容および日程の説明

・個人で、「豊かさ」を定義し、それにもとづいて3～4名のグループを設定

・グループごとに、実験方法を検討

第2回 ・実験方法の検討

・実験装置の作成、予備実験

第3回 ・実験および測定

- 第 4 回 ・ 実験および測定
- 第 5 回 ・ 実験および測定
- ・ データ整理および発表準備
- 第 6 回 ・ 成果発表会および評価

評価

2つのグループについて紹介する。

最初のグループは、生物量を豊かさの基準に設定した。具体的な測定方法は、一定の面積内の植物草本をすべて取り除いた調査区域を数ヶ所設定し、時間経過に伴う草本の生体量と丈を測定した。

次のグループは、物質の循環量を基準とし、特に分解者による分解量を測定した。具体的な方法は、現像されたスライドフィルムや肉片を一定期間土壌中や水中に放置し、その減少量を測定した。

まず、課題に設定に問題があった。豊かさという抽象的なものをテーマにしたことで、各グループの議論は活発に行なわれたが、具体的な測定方法を見出すまでに多くの時間を要した。そのため予備実験を含め2回程度の測定しか実施することができなかった。しかし、方針が決定されると、具体的な測定方法については多くの工夫がみられた。

グループでの議論の活性化には、抽象度の高いテーマ設定がふさわしいことを改めて実感した。また、どのグループにおいても、豊かさは生物量の多さを基準とし、実験中も修正されることなく、多様性に気づくことができなかった。これは、中学校での生物の学習内容が、生物の共通性ばかり扱われている状況を考えると、生徒の思考だけでは多様性に気づくことが困難であったのも無理はない。教師側である程度方向性を定めて実施するプログラムを開発できれば、今回のテーマは多様性を認識させるには良い教材になると思われる。

(4) 地下の水を調べる (担当 柴山元彦)

ねらい

地面の下には、土とともに水がある。この水がどのような状態で地下に含まれているのかなど土の中の水と、いわゆる地下水として見られる水など、地下の水について調べることを試みた。大阪市は今地下水位が上昇しすぎて困っている。地下鉄工事やビルの地下部分の工事などで地下水対策に多くの費用がかかるとともに、地下構造部分の浮力による抜け上がりなどの現象が生じている。このように地下水面が浅くなっているため、本校でも1m前後掘ると地下水が湧き出てくる。

本校敷地内にはこのような地下水が観測できる井戸を5本掘ってある。これらの井戸を利用するなどして地下水の研究を進めることにした。

シラバス

具体的には以下のようなテーマが考えられる。

- ・ 本校の地下水の3ヶ月の水面変化を調べる。

- ・本校の地下水の3ヶ月の水温変化を調べる。
- ・本校の地下水の3ヶ月の水質変化を調べる。
- ・本校の土の中の水分量を調べる。
- ・土や石がどれくらい水を含むことができるか，実験する。
- ・大阪市の地下水面の現状を調べる。
- ・地下水を利用するにはどのようにすればよいか調べる。
- ・学校周辺の地下水と本校の地下水を比較する。

授業記録

前期の研究テーマは，次の通りである。地下水D E地盤沈下，地下水とミネラルウォーターと水道水の違い，地下水と雨水の違い，地下水の水温の変化，地下水って？，地下水温の変化，地下水と水道水とミネラルウォーターを調べたぞ，地下水の水質

報告書の作成については，各班で作成したものをあわせて1冊の冊子にした。前期報告書は30ページであった。書式は表題，研究者名，動機，研究方法（測定場所，測定器具について，測定方法について），測定データ一覧，測定結果のグラフ化，考察，まとめ，参考文献，感想の順で記述し，B5レポート用紙3～4枚にまとめて作成し提出させたものを冊子にして選択者全員に配布した。

発表は，前期の最終日に出来上がった冊子を見ながら，各担当者が説明する形式でおこなった。

評価

測定方法などの工夫の度合いと提出された報告書から評価をおこなった。

(5) 自然のリズムについて調べる（担当者 岡本義雄）

ねらい

現在，地球科学の最先端の研究テーマに縞々学（川上，1994）というのがある。地層に残された様々な縞模様をもとに，地球史を再構築しようという壮大な試みである。これにならって，身近な自然に残された縞模様をこれらの新たな視点で研究してみようというのが，この研究のテーマを決めたきっかけである。生徒用のパンフには，

「身のまわりを見渡すと繰り返し起こる現象や模様がたくさんみつかります。例えば人間の脈拍はこの典型例です。また年輪や藤の花のつぼみのつき方や葉の間隔にもあるリズムがあります。なぜ身の周りにはこんなに縞模様やリズムがあふれているのでしょうか？またそのリズムには狂いやずれはないのでしょうか？そんなことを一緒に調べていくのがこのプールの時間です。とりあえず年輪を例にとって，その調べ方を見ていきましょう。」

シラバス

最初の3週は，半分リズムの解析方法の講義と個人のテーマ探し。

次の2週で結果を解析し，レポートをまとめる。

最終週が発表

成績評価は次の3点を平等に加点してA～Cで評価する。

- ・日ごろの研究に取り組む姿勢
- ・レポート内容
- ・発表プレゼンテーションの内容と姿勢

授業記録

リズムの解析について、

- ・リズムの間隔の分析方法
- ・度数分布，平均，標準偏差などの統計量の説明．
- ・エクセルを用いたグラフ分析
- ・簡単なフーリエ解析のしくみの解説

などを講義した．あとは各自のテーマをみつけてそれを個人で研究する形をとった．必要に応じて，エクセルが使える古いノートパソコンを班の数（4～5台）準備した．また，各自の研究成果は毎回ファイルで集めて評価の参考にした．

レポートおよび，発表のスタイルは各自の自由とした．

生徒個人テーマは，次の通りである．人参の模様，ホシガメの甲羅の模様，指紋の模様の縞々について，周期表から読み取れること，雪の結晶の謎，絹積雲の模様，紫苑（しおん）のしましま，巻貝の縞々について，しまうまのしまについて，雲のリズム，湾に流れ込むシマシマ，雪の結晶の謎

評価

男子：統計をとるのは大変だった。自分の出そうとしている数値は何だろう。結論は何かとか思えてきた。まだ不十分だが「河口間隔度」，「河川距離度」に結構頭を注いだ。自分でこのような単位を作るのが結構楽しかった。後期も縞々学があればいいなと思った。

女子：人参の筋は結局，私の仮説もあまり当たっておらず，はっきりした結論もだせなかった。でも一生懸命に人参と向き合って研究できたのはとても満足でした。とても楽しかったです。ちなみに測定に使った人参はとてもおいしくいただきました。

(6) 文様と変換（担当者 大石明德）

ねらいとシラバス

- ・文様と変換

内容：文様から変換を抽出。文様の多くは，1次変換と平行移動の組み合わせで構成されていることを知らせる。

- ・1次変換と図形

内容：行列の積計算と手作業とを用いて，図形を回転移動，対称移動，2時間等させる。

- ・曲線の平行移動

内容：「曲線 $y = f(x)$ を x 軸方向に p ， y 軸方向に q だけ平行移動して得られる曲線の方程式は $y = f(x - p) + q$ となる」ことを理解させる。

・プログラミング①

内容：画面上で放物線を平行移動させることを通して，for～next文，pset命令，cls命令，end命令，変数＝～の使い方を理解させる。

・弧度法

内容：180°＝radとなることを理解させる。

・円の媒介変数表示

内容：媒介変数表示が $x = r \cos \theta$, $y = r \sin \theta$ となることを理解させる。

・プログラミング②

内容：画面上に円を出力し，それに着色することを通して，paint命令の使い方を理解させる。

・プログラミング③

内容：画面上にエピトロコイド，ヒポトロコイド，トロコイドを出力し，その特徴を理解させる。

・プログラミング④

内容：画面上でヒポトロコイドを回転移動，対称移動，等させる。これは，「1次変換と図形」の作業のコンピュータ化である。

・文様作品の制作

内容：各生徒に，オリジナルの文様作品を制作させる。

2時間

2時間

2時間。但し，完成しなかった場合は延長。

評価

(a) 数学観の調査

授業終了後(文様作品完成後)，次の質問文による数学観の調査を行った。

現在のあなたの「数学観」について教えてください。即ち，次のような事柄についてまとめて下さい。

「学校(小・中・高)で学んできた教科書・参考書・問題集を中心とした算数・数学」，「塾・予備校で学んできた算数・数学」，「プルーフ数学で学んだ数学」の3者を比較・分析し，現在のあなたの「数学に対する思い・考え」をまとめて下さい。また，プルーフ数学を通して，それまでの「数学に対する思い・考え」に何らかの変化が生じたならば，それについても教えてください。さらに，「数学「教育」は...であるべきだ」といったあなたの主張のようなものがあるならば，それについても教えてください。

(b) 文様作品

生徒の文様作品の1つを紹介する。 <1>のプログラムの実行結果が，<2>である。

<1>プログラム

```
100 cls 3
110 color,,,2
120 color=(8,&hf99)
130 color=(9,&h9fc)
140 color=(10,&haf6)
:
2620 y1=1.18*y
2630 pset(x1+450+x2,y1+253+y2),14
2640 next t
2650 next x2
```

```

150 color=(11,&h7f0)
160 color=(12,&h600)
170 color=(13,&h070)
180 color=(14,&h580)
190 color=(15,&h777)
200 pai=3.14159
210 paint(0,0),10
220 for x2=0 to 1000 step 250
230 for t=0 to 2*pai step pai/300
240 x=(120+30)*cos(t)+30*cos(((120+30)
/30)*t)
250 y=(120+30)*sin(t)+30*sin(((120+30)
/30)*t)
260 x1=0.3*x
270 y1=0.3*y
280 pset(x1+200+x2,y1+53),7
290 next t
300 paint(200+x2,53),11,7
310 next x2
320 for x2=0 to 1000 step 250
330 for t=0 to 2*pai step pai/300
340 x=(120+24)*cos(t)+24*cos(((120+24)
/24)*t)
350 y=(120+24)*sin(t)+24*sin(((120+24)
/24)*t)
360 x1=0.3*x
370 y1=0.3*y
380 pset(x1+75+x2,y1+53),7
390 next t
400 paint(75+x2,53),9,7
410 next x2
: 途中略
2660 next y2
2670 for y2=0 to 3 step 1
2680 for x2=0 to 3 step 1
2690 for t=0 to 2*pai step pai/200
2700 x=(60+60)*cos(t)-60*cos(((60+60)
/60)*t)
2710 y=(60+60)*sin(t)-60*sin(((60+60)
/60)*t)
2720 x1=0.45*cos(30/180*pai)*x-0.525
*sin(30/180*pai)*y
2730 y1=0.45*sin(30/180*pai)*x+0.525
*cos(30/180*pai)*y
2740 pset(x1+325+x2,y1+250+y2),14
2750 next t
2760 next x2
2770 next y2
2780 for y2=0 to 3 step 1
2790 for x2=0 to 3 step 1
2800 for t=0 to 2*pai step pai/200
2810 x=(60+60)*cos(t)-60*cos(((60+60)
/60)*t)
2820 y=(60+60)*sin(t)-60*sin(((60+60)
/60)*t)
2830 x1=-0.45*cos(30/180*pai)*x-0.525
*sin(30/180*pai)*y
2840 y1=-0.45*sin(30/180*pai)*x+0.525
*cos(30/180*pai)*y
2850 pset(x1+200+x2,y1+225+y2),14
2860 next t
2870 next x2
2880 next y2
2890 end

```


<2>実行結果



(c) “数学観の調査”から

(a)に示した質問文による 数学観の調査結果の1つを紹介する。これは、(b)の作品を制作した生徒のものである。

プルーフは、今まで 数学は数学だけだったのが、数学&美術みたいな感じで、世界が広がりました。私は数学も美術も両方好きなのでうれしい話です。

数学“教育”についてですが、私は教科書が3割減ってとても悲しいです。内容が少なくなり、うすくなり、かんたんになり…。勉強は楽しんでやった方がおもしろいの、公式をならって、それに数字をあてはめるだけで、応用問題がなかったら、楽しさや達成感は激減してしまうと思います。… 途中略 …

私は数学という教科は好きです。普段の生活に自分で役立てることが出来ないのも多くあるけど、プルーフで絵をつくったから分かったんですけど、いろんな模様もプログラムで作られたものかもしれないと思うと、自分の周りには実はたくさん数学がひそんでいるのかも知れない、みたいな発見をしました。いろんなところで、役立ってるんでしょうね。

おわりに

本校の卒業生（大阪大学基礎工学部博士課程）から、本校の理科の授業に関して、次のような感想が寄せられている。

「大学に入り、他のいろいろな高校から来た人と会話を交わしている際、まず大きくギャップを感じたのは、理科の実験に対することでした。特に、僕の周りにはほとんど理数系のクラスにいたにもかかわらずです。中には、やったとしても先生の演示実験が大半で、自分たちで実際にものを触ったことは全くといっていいほどない、という人もいました。レポートについても同様です。中高時代、度重なるレポートの提出に当時は、『しんどいな～』などと思っていましたが、大学で指導されるレポートの書き方は、中高時代にたびたび先生方が口にされていたことと全く同じで、大学にもなっていまさら何を言っているのだろうと物足りなさを感じたこともありました。このレポートに対する姿勢は、現在でも論文を書くときに大なる糧となっていることと思います。残念ながら今は実験することがないのですが、やはり僕も理科に対する興味は実験を通して得られるのだと思っています。特に、先生の授業だったと思います。中和滴定の実験でpH値のが徐々に変化していく様子を画面で見たことは今でもはっきり印象に残っています。実験の結果やその原理は教科書や参考書を読めばすぐわかることですが、実際に目の当たりにして理屈抜きの感動を得られたことは何事にもかえられない体験だったと思います。しかし逆に、どうしても1時間で終わらなくてはいけないということがあるのでしょうか、長い間いろいろ考えて答えを導き出すという体験が少なかったように思えます。1時間で説明と実験と解説というのでは、とんとん拍子に進んでしまい、自分の頭で考えるということ、さらには実験方法すらも自分で考え出すということがなく、中高を終えた感があります。もちろんそれは自分の怠慢で、本来ならそういうことを授業中にすることを求められているのかもしれませんが、それができない・しない生徒も多いことかと思えます。大学で実際に自分で研究をすることとなり、ああでもないこうでもない、自分の頭で毎日考える体験というのは、大変新鮮なものに感じられました。そしてその感動は、やはり、実験と同じく理屈抜きに科学にたいして興味をもつ体験だったと思います。附属のホームページを拝見すれば、理科ブルーフという時間が最近ではあるらしく、その時間ではおそらく、僕が大学4年になって味わえたその感動を早くも高校で味わえることができるようで、いまの附属生が大変うらやましく、どうしてそれを僕らのときにしてくれなかったのかと先生方を恨めしくも思います。同じような試みが、実はうちの学科でも2年程前から取り入れられています。これも僕は受けられなかったわけですが。理科ブルーフの時間は、ホームページを見るだけでもその楽しさが伺え、ぜひ全国的に広めていって頂きたいと思えます。」

この卒業生は、ブルーフを経験していないが、その有効性を指摘している。本校の特色の1つとしてproofを全国的に広めたい。

summary:

Proof begun in 1995 was stopped in 2002 when perfect 5-day workweek was

enforced. But, new included Proof restored this year.