

実践報告

総合学習に向けて：大学における授業実践例

福江 純（大阪教育大学）

1 はじめに

教育系大学で、卒論や実験などに携わるようになって15年以上、講義を受け持つようになって10年以上経った。その間、大学の天文学として、“何を”“どのように”教えたいのか、ずっと悩み続けてきた（わけでもないか）。うちの大学では4、5年おきぐらいにカリキュラムの改正をしているが、最近も完全 Semester制（前後期制）の実施や総合学習などの絡みで、かなり大幅な改正（？）があり、新カリキュラムが年次進行している（2002年次で3回生まで新カリキュラムが進む）。

その「総合学習」だが、“問題発見学習”とかなんとか、指導要領に謳われている内容自体はそれほど悪くはない。ただ、具体的に何をすべきかがわからずに、「生活科」導入のときと同様、学校現場は今回も混乱状態のようだ。それは大学の対応でも同じである。

講義内容や演習・実験に関する試みは、いままでにもあちこちで紹介してきたし[1] - [14]、ホームページ[15]などにも一部は掲載してあるが、上記のように新カリがスタートしたこともあり、とくに総合学習に関連しそうな講義・実験を中心に実践報告をしたい。何らかの参考にしていただければ幸いです、またいろいろなお批判をいただければありがたい。

以下、2節でぼく自身の基本スタンスについて触れ、3節から7節にかけて、

地学実験 I（小理；3回生；必修）

地学実験 II（中理；3回生；選択）

自然科学概論（共通；1回生；選択必修）

理科教育内容学（小中理；2回生；必修）

総合演習（小中理科；3回生；必修）

の順に、具体的な実践例を紹介する。最後の8節では簡単なまとめを述べる。

2 「楽道」のススメ

講義をしたり実験を指導すること自体、決して嫌いではない。とはいっても、体力を使ったり面倒なのは嫌いなので、楽なのに越したことはない。そこで可能な限り手を抜きつつも、できるだけ効率的×効果的に講義・実験を行う方法を編み出さざるを得ないわけだ。必要は発明の母で、結果的にみて、試みたことの多くに関しては、成果は上々だろうと考えている。

ということで、まず最初に、楽をするというモチベーションによってはじまった、授業に対するポリシーというかスタンスから話したい。授業に関しては、基本的に、3つの“楽”で臨んでいる。

【楽問】

学問は、本来はすっごく楽しいもののはずだ[10]。研究などでもそうだが、自分が面白いと信じていなければ誰も興味をもたないのが当たり前だ。だから講義などでも、まず自分が面白いと思うテーマについて話す。基礎的な内容の場合も、必ず自分が面白いと思う問題を織り込む。たとえば、数年前までは、天体力学の基本的な話では、スペースコロニーを引き合いに出していた[1]。今年（2001年度）は、新旧カリキュラムの重複を避けるのを言い訳に、専門課程の講義では、「ブラックホール宇宙物理学」を基礎から説き起こしたりした。

【楽習】

学問に王道がないとはいえ、楽しく学ぶことができればそれに越したことはない。後でも述べるが、ずっと前は、数値データから星のHR図作成をさせるような、いわゆる伝統的な演習をしていたが、こっちは学生もまったく楽しくないし、たいして効果もないので、そのうち止めた。この10年ぐらいは、実験の一部などで、学生自身に関心のあるテーマを探させて、それについて調査・報告・発表をさせている。プレゼンテーションの訓練にもなるし一石多鳥だと思っている。こっちは、毎年、意外な答えが出て楽しいし、学生自身の感想も概ね好評である。

【楽道】

苦労は買ってでもしろという話もあるが、楽ができれば、それに越したことはない。講義をはじめた頃は、黒板を何度も消しては大量の板書をして、へとへとになっていた。講義が肉体的労働だとは知らなかった。そこまでしんどい目をして、たいして情報量は書けへんし、だいたい学生はノート取ってへんやんか。そこで、どうしたら楽できるか考えて出した答えが、講義ノートをきちんとした文章と図にまとめ、プリントにして配ることだった。講義中は要点だけ板書して説明し、細かいことはプリント読んどけ、で済む。もちろん、ときどき演習を入れて、さらに運動量と仕事量を減らすことは忘れない。人数が多いとこの方法は使えなかったが、いまではマルチメディアコンテンツを利用したりインターネットに貼ればいだろう。

3 口頭発表と討論**一 地学実験Ⅰ（小理；3回生；必修）**

「地学実験Ⅰ」は、小学校課程理科3回生が対象の必修実験科目（通年）で、理科全分野の学生が受講する（2コマあり、1コマで40人程度）。うちの大学では、天文・気象・地質・鉱物など

地学全分野の実験を行ってきたが、新しいカリキュラムでは時間数が減って、全分野できなくなった。

この「地学実験Ⅰ」は、大阪教育大学に赴任した当初から受け持っているので、かれこれ20年近くやっている。必修科目で受講者が多いので、最初のうちは、まあ普通のやりかたをしていた。すなわち、毎回、天文学の演習書[13]などから適当な課題を選び、実習の最初にそのテーマについて説明して、残りの時間でそのテーマに関する実習作業を行っていた。

この「定番方式」は、ルーチン化したら楽は楽で、その意味ではポリシーには合うのだが、“楽”をはるかに上回る“退屈”という敵がいた。ようは飽きてしまったわけである。また効率の面からも、毎回一つのテーマだけなので、あまり多くのテーマが扱えないし、こちらから画一的にテーマを指定するため（そのテーマに）興味をもてない学生もいる。7、8年やってマンネリ化したこともあり、10年ぐら前にガラッと方式を変更した。“発表と討論”のトレーニングの場としてみたのである。

具体的には以下のような方法にした。原則として2人の組をつくり（一人でもOKとしたが、責任を明確にするために2人以下という制限をつけた）、(1)各自で好きなテーマを選び、(2)そのテーマについて事前に調べ、(3)簡単なレポートにまとめておき、(4)全員の前で発表し（毎回5組ぐらい）、(5)全員からの質疑応答を受けて討論する、というシステムにしてみた（表1に初回で配るプリントを示す）。これが案外うまくいった[3]。

テーマについては、狭い意味での天文学領域に限定せず、天文の“て”の字でも入っていたらOKだとしている。また方式について説明しペア決めをする初回に、仮のテーマも決めて黒板に書いてもらい、テーマの重複が減るような調整をしている。実際、今年（2001年）、学生が出したテーマの例を並べてみると、

- ・空はなぜ青いのか
- ・どうして満月時には殺人事件が増加するのか
- ・オーロラ
- ・地球外生命体について
- ・ブラックホールの証拠
- ・惑星のリング
- ・恐竜絶滅の原因は何か
- ・火星への旅
- ・古代遺跡と天文学—ストーンヘンジ、ナスカの地上絵
- ・生命の起源について
- ・月の色について
- ・隕石の可能性
- ・占星術は科学的であるか
- ・タイムマシンは実現するか
- ・ブラックホールについて
- ・天地を結ぶ神秘的な光 オーロラ
- ・彗星と流星と隕石の違い
- ・人類の宇宙観のあゆみ
- ・虹について
- ・Gene と Meme の違い

というような感じで、千差万別のテーマが並ぶ。

発表に際しては、ぼくに同時に提出するレポート以外に、必要なら全員に資料を配ってもらう。図1に、「月の色について」の発表で配られた資料を示しておく。このような資料調べは、従来は図書館が中心だったが、最近ではインターネット検索が増えてきた。

「地学実験I」に対する感想（無記名で提出）をいくつか紹介しよう（今年はずっかり感想を取り忘れたので、数年前のものだが）。

・論文発表？形式の授業は、はじめてだったので、すこしとまどった。でもみんなががんばって調べていたし、わりとかみくだいて発表してくれていたの、わかりやすいのもあったし、すごく良い授業だった。

・おもしろかったです。自分の知りたいこと

表1 「地学実験I」で配るプリント

地学実験：方式（木：4限）

1 地学実験の基本方針

天文学に関する内容で、講義ではできないようなことを、できるだけたくさんのテーマについて行う。同時に、口頭発表や討論・議論の訓練もする。

2 地学実験の実施形式

原則として2人でペアを組み（一人でも可とするが、3人以上はダメ）、天文学に関する適当なテーマを選択し、そのテーマについて共同で調べ、その結果をレポートにまとめ、さらに全員の前で口頭発表して質疑を受ける。（ま、夏休みの自由研究のようなものだと思えばよい）。

3 テーマの例

- ・月のクレーターは火山か隕石か
 - ・ブラックホールの証拠
 - ・宇宙人はいるかいらないか
 - ・占星術は本当か嘘か
 - ・ジーンとミームの違い
- （その他省略）

4 レポートについて◆発表前に提出すること

- ・表紙の上部にテーマと提出日・提出者を書き、下部に問題設定と目的を述べる
- ・解析の方法、結果を簡潔にまとめる
- ・結論とその理由を10行以内で整理すること
- ・参考文献を必ず記すこと

5 発表について

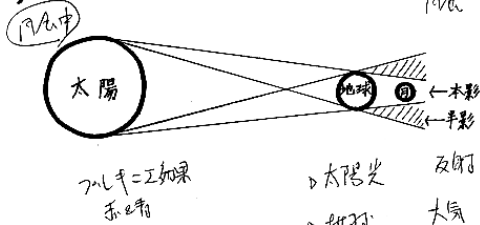
- ・発表時間は、質疑・討論を含め、15分（発表10分+質疑5分が目安）。
- ・レポートに沿って、目的・方法・結果を明確に述べる

「月の色について」 資料

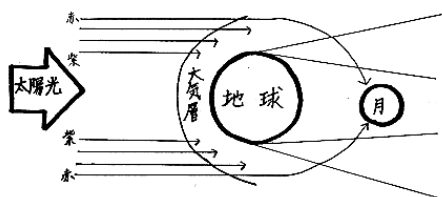
(図1)

波長 (nm)	10 ~380	380 ~430	430 ~460	460 ~500	500 ~570	570 ~590	590 ~610	610 ~780	780 ~1mm
色相	紫外線	紫	藍	青	緑	黄	橙	赤	赤外線

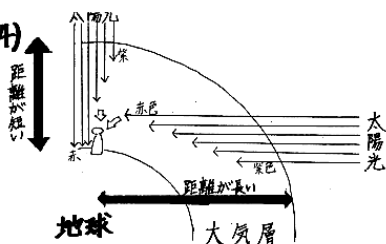
(図2)



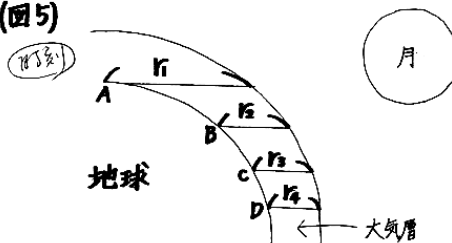
(図3)



(図4)



(図5)



(図6)

見る場所	通過した波の幅	透過率:赤	透過率:緑	透過率:青	備考
A	3.4	93%	70%	38%	月の出頃
B	1.6	99%	84%	63%	月の出 2時間後頃
C	1.1	98%	89%	73%	月の出 4時間後頃
D	1.0	98%	90%	75%	月の出 6時間後頃

図1 「地学実験I」での配布資料の例。「月の色について」の場合。汚い字の書き込みは、発表を聞きながらのぼくのメモ。

について調べることができたのがまずよくて、他の人の天文学というものに対する視点が自分とちがうということが分かったこともとてもおもしろかったです。人を評価するという事は難しかったです。

・いつも行われている講義形式とは違って、このような発表形式で授業が行われたので、活気があったと思うし、実際ぼくもリフレッシュした気分で取り組めたように思う。

・みんなそれぞれ違ったテーマをもちよって自分自身の意見をのべるといった、聞いて楽しい授業であった。また、宇宙に対する興味、関心、知識を深める上でも、大変効率的でもありました。そして先生の補足説明が、質問に対する回答者の精神的負荷を和らげてくれ

ました。

・もう少し、質疑応答、討論の方も本格的にやれたらよかったと思う。対立する意見を二つに無理やり分けて、それを弁護し合うというようなことをしてもおもしろいと思う。

まあ、比較的好意的な感想だろう。タイマー係をやったり座長をやったり補足説明をしたり、なかなか忙しいものがあるが、聞いて楽しかったし、また学生も結構楽しんでくれたようだ。一番の反省点としては、最後のものにあるように、質疑応答や討論の部分だ。元気な学生が数人いると盛り上がるが、年によっては、ぼくだけが質問してしまう年もあり、なかなか思うように上手く行かないもんだ。

この「地学実験I」は、3時から始まることもあり、(食いはダメだが)飲み物の持ち込みはOKとした。ぼくも毎回コーヒーを持ち込んで、一服しながら発表に突っ込みを入れていた。その点、スタッフも学生も楽しめるお気楽なものになっていただろうと思う。ただ、この節の冒頭にも書いたように、カリキュラム改正に伴う時間数の減少で、天文分野はなくなる予定である(その分は、集中の野外実習などで補うことになるだろう)。まあ、今の形式で10年ぐらいやってきたので、一つの節目かもしれない。

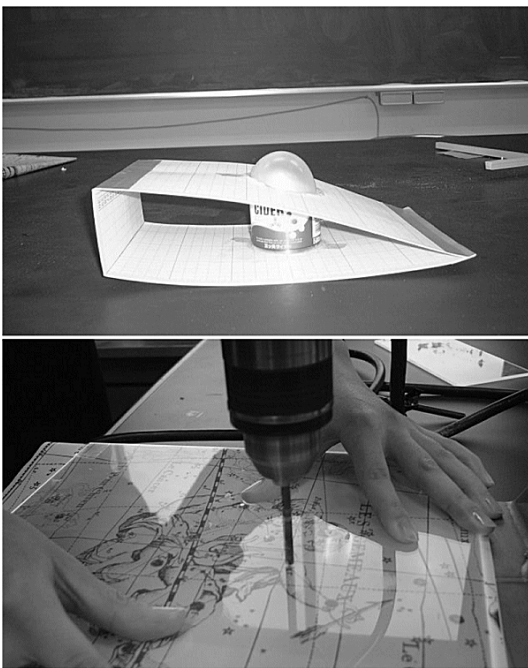


図2 「地学実験II」(2000年度)で作成した教具の例。上は、揚力の実験“装置”のペーパー翼。翼を固定して扇風機の風を吹き付けると、筒の中の風船が、さあ、どっちに動くでしょう(笑)。下は、光る星座絵の製作風景。蛍光アクリル板の下に星座絵のコピーを敷いて、電動ドリルで星の窪みを刻んでいるところ。アクリルカッターで星座線を刻むと完成する。蛍光ペイントで星座絵を描くこともある。

4 モノ作りと展示

ー地学実験II(中理;3回生;選択)

「地学実験II」は、中学校課程理科3回生が対象の選択実験科目(半期)で、受講者は主に地学専攻の学生の一部である(10人弱)。地学全分野の実習実験を行っているが、半期で2コマ開講しているので、各分野あたりの時間数は1/4年ほどになる。

この実験科目は、選択制で受講者も少ないため、さまざまな試みができる。

たとえば、10年ほど前だが、NASAのADC(Astronomical Data Center)などから、デジタル化された天体データがCD-ROMなどの形で天文学のコミュニティに出回り始めた頃は、

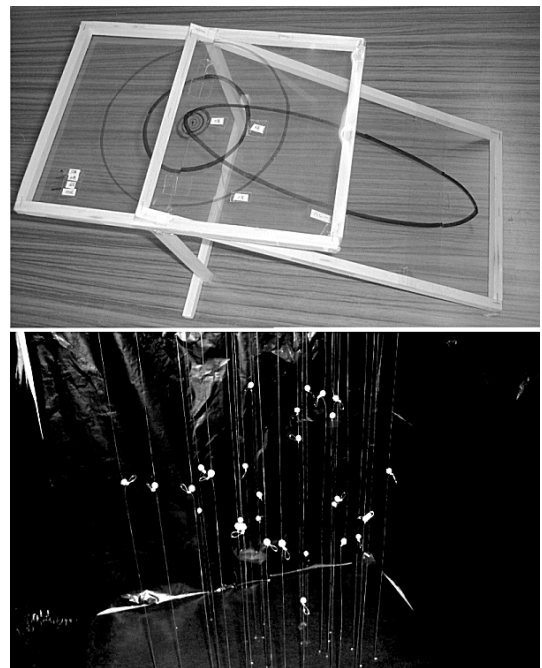


図3 「地学実験II」(2001年度)で作成した教具の例。上は、彗星軌道模型。太陽系の惑星の軌道とハレー彗星の軌道をOHPシートに描いて組み合わせたもの。補強用のバルサ材に切り込みを入れて上手に噛み合せていた。下は、近傍星(30個程度)の3D立体模型。星に擬したプラスチック玉にテグス糸を通し、黒いゴミ袋で内張りをした段ボール箱に取り付けて作った。見る向きによってはテグス糸が目立たなくなり、なかなかイケル。

それらのデジタルデータを利用した実習実験を行った。具体的には、散開星団のデータを用いて散開星団の分布やHR図を描いたり、CfA 銀河カタログの座標データを用いて銀河分布の立体模型を製作した。データ処理はこちらもあまり慣れていなかったが、むしろ学生の方がチャッチャとやって、結構、遊べたものだ。このCD-ROMデータの利用については、『天文月報』で詳しく報告してある[4][5]。

インターネットが普及し、天文学関係のサイトが充実し始めた頃には、ネットサーフィンなどで、あちこちのサイトからいろいろなデータを集めて回って、紹介しあったりしたこともある。これはあまり印象も残っておらず、イマイチだった気がする。

この数年は、“天文教具(天文アイテム)”を作成し、できた作品を実験室の前などに展示している。

長年の間に多くの先人が天文教具を考案し工夫してきている。それらの多数のアイテムの中から、身近な材料でごく手軽に作成できる天文アイテムを取り上げて、実験で作成したわけである。うちの場合は、すぐそばに“歩く智恵袋”もあるので、大変ありがたい。実際、やり方がよくわからないときは、実験中に研究室まで学生を連れて行き、横尾さんから直接教えてもらったことも少なくない。

実施に当たっては、受講者が少ないこともあり、こちらで多数のテーマを用意して、それらの中から興味のもてそうなアイテムを選んでもらい、一人ひとり違うアイテムを作ってもらおうようにしている。

具体的に1999年度の例では、「箱庭の虹」「青空を作る」「ペーパー分光器」「宇宙の3次元マップ」「オリオン座立体模型」「ヤコブの杖」「高度計&日時計」「折り畳み彗星軌道」「ナノ太陽系」「重力レンズ実験」などを作成した。また2000年度と2001年度に作成した教具の写真を、図2と図3に示す。

「地学実験II」に対する代表的な感想を紹介

しておこう。

一人一人別の実験をするというのは、はじめは嫌だったけど、やってみると、他の人のやった実験をいろいろ見れたので、楽しい授業だったと思います。他の人の実験は、「空は何故青い」「虹をつくる」が面白そうだと思います。「分光器」はきれいに分光しているのが見れ、簡単な材料でこんなにちゃんとしたものがつくれるんだなと思いました。どの実験もおもしろく、実際に、自分でもやってみたいものが多かったです。

いつもうまくいくわけではないが、この感想の出た年は、かなりうまくいった年である。こちらが気が緩んだりすると、一部未完成のまままで終わってしまったり、何人かの学生がギブアップしてしまうこともある。

なお、この実験で試してみたことの一部は、横尾武夫編・坂元 誠絵『マンガ 手作りの宇宙』[14]でも紹介してあるし、最近のものはホームページにもまとめてあるので、関心のある方は、それらも参照していただきたい。また今年の卒論では、これらの天文関連アイテムを集約したデジタルコンテンツを作成しているので、何らかの形で発表や公開をしたいと考えている。

5 マルチメディアコンテンツ

－自然科学概論(共通;1回生;選択必修)

「自然科学概論」は、新カリキュラムで昨年(2000年度)出現した、理科・数学・生活系向けの共通講義科目(半期)で、主に数学科や家政科の1回生が受講する(昨年の受講生は40人ぐらいだった)。いわば、理系でありながら理科を学ぶチャンスがない(なかった)学生向けの概論科目で、理科の物理・化学・生物・地学の4分野のスタッフが、3回ずつ細切れで担当している。

この「自然科学概論」を担当することになっ

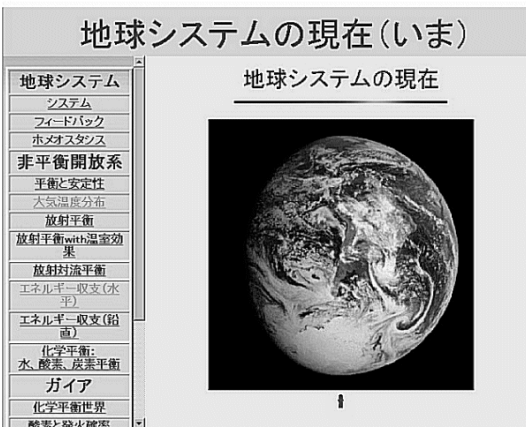
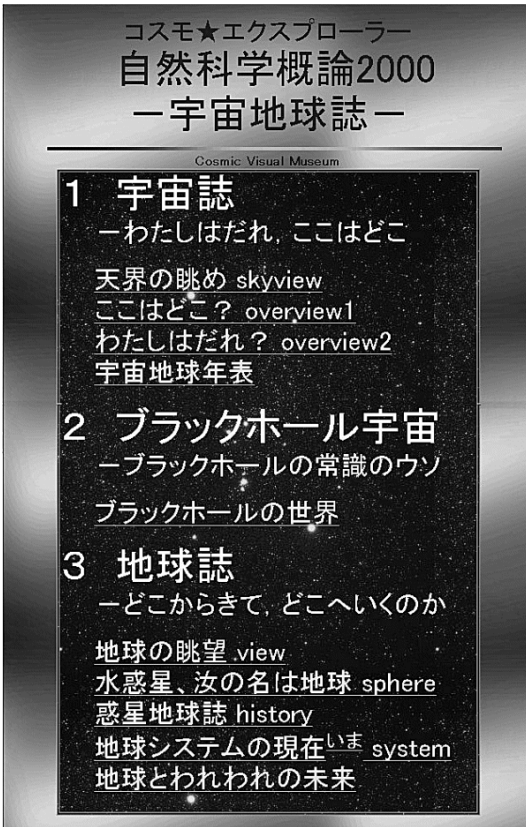


図4 「自然科学概論」向けに作成したマルチメディアコンテンツの画面写真。上は目次の部分で、下は地球誌の内容の一部。実際の中身は、ブラックホールの部分以外は、教科書などをコピったものが多く、WEBなどでの公開はできない。いずれ、自前の図にしていきたいとは、考えているが…。

たのはいいが、講義のコンセプトはあまり明瞭ではないし、物化生地における内容の有機的つながりもできていない。相談をもちかけたが、各自勝手にやりましょうということになり(まあよくある話だ)、ぼくは、この機会に、“マルチメディアコンテンツ”を使った講義を試みることにした。

具体的には、

- (1) 宇宙誌—ここはどこ、わたしはだれ
- (2) ブラックホール宇宙—ブラックホールの常識のウン
- (3) 地球誌—どこからきて、どこへいくのかという形で、3回分の講義を行った。図4にコンテンツの一部画面を示す。

一般向けの講演などではかなり以前からコンピュータやマルチメディアコンテンツを使ってきたが、大学の講義で全面的に使用したのは、この「自然科学概論」がはじめてだった。貧乏大学で2年ほど前までは手近に携帯プロジェクトがなく、一般教室で投影ができなかったせいもある。でもこのプロジェクト(地学共有)が重いんだよなあ。研究室で1kgぐらいのが欲しい…。

なお、マルチメディアコンテンツの利用に関する利点と問題点は、本論の主旨からずれるので、プレゼンテーションに関する論考として、できれば別に議論したい。

この講義では、知識や技術を覚えることではなく、(だいたい、それだけの内容を紹介する時間もなかったし)、世界観・宇宙観について、少し考えて欲しかった。さてまた、講義の性格上、試験はもちろん通常のレポート課題も課しにくい。そこで、いままで専門の講義では一度も問うたことがなかったが、一度は問うてみたかった、自己の存在などに関する“哲学的な”質問をした。この講義をしてもっとも楽しかったのが、“哲学的な”回答の数々だが、本稿の主題とはズレるので、詳しくはホームページや別の報告[11]を参照して欲しい。

ちなみに、これらを含め、簡単なレポートや

感想は、楽道の原理に基づき、メール提出とした。最近是在学生全員がメールアカウントをもらうなど、学内の環境も整備されてきたためだが、現実には、携帯やプロバイダからの発信が、学内アカウントからの発信と同じくらいあった。予想では、ほとんど携帯から発信してくるかと思ったけど、うちの学生って、あまり携帯をもってないのかもしれない。

「自然科学概論」に対する感想も、メールしてもらった。感想は総じて好評である。好評だった理由も明白だ。一つは、パソコンとプロジェクタを使って、マルチメディアコンテンツを見せるという形式のインパクトが大きかった。こういう方式は最近ではそれほど珍しくないのだが、まだまだ免疫のない学生が少なくなかったようである。もう一つは、だれでも関心の高いブラックホールについて、2回目で取り上げたことである。

批判点としては、やはり、講義全体に対して、一人三講ずつという形式が、切れ切れでわかりにくいという批判が出た。これについては、教官内でなかなか連携を取るといふ雰囲気にならないのが残念であるが、今後検討すべきであろう。また、もっと身近な話題で実感できるものがないとか、小学生に教えることを前提にした内容にして欲しいという意見もあったのだが、こっちはなかなか難しい問題だ。地学に限らず学問は、しばしば、身近なスケールで測れない部分に面白さがあるのだから。しかし、身近な話題から興味を引き出し、はるか彼方まで興味を延ばしていくような工夫は必要であろう。

6 模擬“講義”

—理科教育内容学(小中理;2回生;必修)

「理科教育内容学」も新カリキュラムで今年(2001年度)新開講された、小中学校課程理科2回生が対象の必修講義科目(半期)で、理科のいろいろな分野の学生が受講する。半期で2コマ開講されていて、片方は物理と化学、もう

一方が生物と地学の担当で、したがって地学分野の時間数は1/4年である。後者の今年を受講者は、登録は20人以上いるが、前半の生物のパートで半減したらしい。ぼくにバトンタッチするときに、生物の先生が申し訳ないことをしたと言ってはったけど、厳しい講義だったのだろうか?

さて、この「理科教育内容学」だが、文部省向けの資料では、

【理科教育内容学II】

理科教育の中で特に、生物・地学系の分野を中心として、理科の指導目標を、学習内容の観点から整理する。このために具体的な実験・観察教材を系統的に例示することによって、実践的な理解を深める。また、総合的な学習の時間との関連を考慮して、教材開発やカリキュラム開発を行うための基礎的な背景知識や方法論の習得を目指す。

てえ、何のことかわかります? 最初に読んだとき、ぼくは、一体何じゃらほいと思った。何でもありで何でもない、ビカビカの玉虫色である。もちろん、この作文をした先生が悪いわけじゃなく、誰が書いても同じような“作文”になったろう(教務委員でなくてよかった)。ようは、“総合学習”という呪文に振り回された結果の一つにすぎない。しかしなあ、講義を担当するものの身にもなってくれい。どんなのしたらええんじやろう。

講義担当に決まった後、講義の組み立てをいろいろこねくったけど、なかなかまとまらない。最初は、昨年実施した「自然科学概論」を膨らませて、マルチメディアコンテンツの流れを考えてみた。でも、天文だけなら6回でも10回でもできる材料があるが、天文学以外を視野に入れると準備がどうにも間に合わん。「地学実験II」でやっていたような教具作りも検討したが、後で触れる「総合演習」で教具作りを取り入れることになり、受講生が一部重

なる可能性があるので、これも断念した。この1年ほどの間に、4度も5度も教案を見直し、最終的に“模擬講義”を中心に据えることにしたのが、12月頭の地学分野開始直前だった。

講義は1/4年（約7回）の予定で、

- (1) ここはどこ、わたしはだれ
- 自然界における自分の位置付け
- (2) ものごとを観るということ
- 自然界の中の光と色
- (3), (4), (5) 模擬講義
- (6) どこからきて、どこへいくのか
- 地球誌と地球システム
- (7) 意思を疎通し理解し合うということ
- 異星人とのファーストコンタクトを計画した。

講義計画の(1)は「自然科学概論」の1回目のものとほぼ同じ、(2)はマルチメディアソフト『宇宙スペクトル博物館<可視光編>』（栗野他、裳華房）の前半を使用した。(3)(4)(5)は模擬講義に充てて、毎回2組ずつ実施した（後述）。余った時間は、天文学のさまざまな話題を『スペクトル博物館』などから拾って紹介し

た。(6)は「自然科学概論」の3回目のものを使う予定だったが、時間の関係で(7)と一緒にした。(7)は宇宙人やSETIについての話とファーストコンタクトシミュレーション（FCS；仮定した異星人とのコンタクトシミュレーション）などを紹介して、小学生＝異星人と意思を疎通する問題を考えるつもりだった。が、今年はFCSの紹介だけで終わってしまったのは、少し残念だった。なおFCSについて詳しくは、今号の山田氏の記事を参照していただきたい。

さて、「理科教育内容学」のメインに据えた“模擬講義”だが、これは以下のようなものである。“模擬講義”は、「地学実験I」で実施していた“口頭発表”を発展させたものだが、発表練習が目的の“口頭発表”では、テーマは自由だし発表時間も短いので、全体としての統一性や整合性はとくにない。一方、“模擬講義”では、“講義”と銘打つからには、板書などもきちんとしてもらい、全員の“講義”をつなげてみれば、あるコンセプトについては内容のまとまったものになって欲しいと考えた。そのためには、全体的なテーマ、いわば縦糸はこち

表2 「理科教育内容学」の“模擬講義”のテーマとキーワード

【テーマ1 形・結晶】	
物理系	固体、対称性、ばね、らせん
化学系	分子構造、右旋性・左旋性、ジャボチンスキー反応
生物系	左右対称、シマウマ、巻貝、群体
地学系	雪の結晶、鉱物の結晶、木星の縞模様
理教系	対称性、エントロピー

【テーマ2 非平衡開放系】	
物理系	力学平衡、中立、振動、力学不安定、熱的不安定
化学系	飽和、化学平衡、不安定反応、破局的反応
生物系	生体、ホメオスタシス、アポトーシス、崩壊
地学系	惑星の平衡温度、気温、温室効果、氷河期、暴走温室効果
理教系	線形・非線形、正の（負の）フィードバック



図5 (左) 「理科教育内容学」での模擬“講義”。写真の例は、3人で、「シマウマの縞」と「雪の結晶」について、板書やプリントを使いながら“講義”しているところ。



図6 (下) 模擬“講義”の受講風景。みな、一所懸命ノートを取っている。もっとも、この写真は、講評のときに撮った“やらせ”だけど(笑)。



らで設定し、また一組あたりの時間を20分ぐらいと長めに設定した。さらに横糸としては、理科の各分野の特徴も生かせるようなキーワードを与えた。表2に、今年取り上げた2つのテーマとキーワードをまとめておく。

表2に挙げたテーマについて、各担当者はキーワードを参考に、概略の説明、図や絵を用いた演示、身近な具体例などを示して、板書や資料プリントの配布なども行い、“講義”をしてもらったのである(図5、図6)。また全体としてみれば、自然の類似性・共通性や相違性、

似て非なるものなど、ある一貫した描像が得られるようにと目論んだ(まあ、目論見は目論見で、目論んだとおりになったかどうかは…)。

受講生は2回生で、理科の各分野の必修講義もまだ途中だし、教育実習もしていない。口頭発表の経験さえないところに、模擬講義はかなりしんどいかなと心配したが、自分の専攻分野のテーマを選んでいくこともあってか、それなりにまとまった話になっていた。時間は20分ぐらいとしたが、他分野の話はぼくもいろいろ質問したくなり、補足説明をしたり

2002.1.25 (2回生)
北川 本村
非平衡的分子, 複雑系
アポトーシス
プログラムされた死

▽ アポトーシスとネクローシス

アポトーシス→自殺, ネクローシス→事故死

アポトーシス	ネクローシス
要因 生理的, 病理的	病的
過程 細胞の縮小 ヌクレオソーム単位でのDNA断片化 クロマチンの凝縮 細胞の断片化	ミトコンドリアの影響 イオン輸送系の崩壊 細胞の膨潤 DNAのランダムな分解 細胞の溶解
特性 細胞群の中で数発的に起こる 短時間に段階的に進行する エネルギーを必要とする 能動的な目録過程	細胞群の中で集団として起こる 長時間かけて漸次進行する 受動的な崩壊過程

▽ アポトーシスの過程

- ① アポトーシスを引き起こす情報が伝達される
- ② アポトーシスプログラムの発現
- ③ アポトーシスの実行
- ④ マクロファージによる死細胞の除去

▽ どんたときにアポトーシスが起こるのか? 図2

- ・ 形態形成のための細胞死
→ 発生過程において見られる。器官形成の際の造形や、立体構造を形成する際に生じる細胞死 (図2: 胚芽形成におけるプログラム細胞死)
- ・ 組織形成のための細胞死
→ 組織の分化に関する細胞死 (図3)
- ・ 系統発生論的細胞死
→ “個体発生は系統発生を繰り返す”
個体発生の過程において痕跡器官の
一時的な出現と消失 (図4)
ex. エラの消失

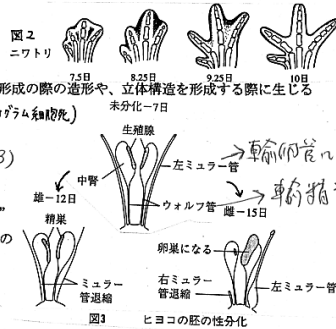


図1 アポトーシスにもなる細胞表面構造の変化/上は生きている細胞, 下はアポトーシス細胞

図7 配布資料の例。これは「アポトーシス」に関する“講義”のときに配布された資料。汚い字の書き込みは、発表を聞きながらのぼくのメモ。

▽ がん細胞とアポトーシス

がん細胞→正常な細胞で働く接触阻止機構が働かず、際限なく増殖し続け、周囲の細胞(組織)に浸潤し、破壊していく。

実際に体内でのガンの成長は、シャーレの中で培養されているがん細胞の増殖速度と比較するとはるかに遅い。その理由として、細胞が組織から出て行く・細胞死で細胞がなくなる・アポトーシスなどによる「細胞の喪失」が考えられる。ガンの成長は、細胞の増殖と喪失のバランスによって決まる。つまり、細胞増殖能が小さくても、細胞死が起こりにくく細胞喪失が少なければ、ガンは成長する。(アポトーシス機構の低下は、ガンの成長を助長する。)

*参考文献

- 『アポトーシスの科学 - プログラムされた細胞死』 山田 武・大山 弘と著 講談社 丸の内 (1994. 2. 20)
- 『アポトーシスとは何か - 死から見える生命の科学』 田沼 靖一 著 講談社 現代新書 (1996. 6. 20)

P53のDNA
HeLa cell
from 1959

アポトーシスを利用してがんの治療

すると、すぐ30分を超えてしまう。また各“講義”の最後には“講義”に対する講評も付け加えた。もともと、後の方ほど、板書も配布資料(図7)も上手くなって、コメントもなくなったが。

そうそう、“生物の先生からは、(地学パート)は50点満点で付けてくれて言われてるんやけど、こんなやり方やと、点数なんて付けられんしなあ。まあ、ノートは提出してもらおうか

らな”と初回で言っておいたせいもあるのか、ノートも頑張って取っていたようだ(図8)。

さて、この講義でも、例によって感想を出してもらった。その一つを示す。[]はぼくの注記。

・発表というものを、2回生ではまだしたことがなかったので、模擬講義というのは、その前段階となる体験にも思え、大変良かったよう

理科教育内容学 — 地学編 —

NO. 1
DATE

§1. 宇宙の中での自分の位置づけ
1. 「マクロはどこ? 私はどこ?」

macro
↓
meso
↓
micro

力 { 重力
電磁力
(原子核の中) 強い力
弱い力

ばいり、名前
(レボ) あなたは誰? (何?)
2. 何を? 存在? 存在と可なり
存在と理由
fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

予講義 テーマ example

物	形・結晶 固体・灯台性 ばいり	非平衡 力学平衡
化	分子構造、右旋性、左旋性	化学平衡
生	生物の左右灯台・シマウマの縞 巻貝、群生生物	生体、ホ
地	雲の結晶、鉱物学 木星の縞	惑星の子 氷河期
理教	灯台・エンロビ	縞形、非

1/4 天体スケール… 指教
・元素組成
・状態、温度、密度
・運動

NO. 1.25
DATE

模範講義: 生物分野 資料参照
テーマ: アポトーシス について
1. ネクローシスとアポトーシスの違い

ネクローシス: (事故死) 傷がついた細胞 → 除去= 含まれ → 石炭になります → 炎症

アポトーシス: (自殺死) 核の凝縮 → 細胞の切斷 → DNAにより自解のスイッチが入る → アポトーシス体 → マクロファージ等による貪食

4. ガン細胞とアポトーシス
正常細胞 ↓ ガン細胞 ↓
となりわりの細胞増殖が停止するように作り。 停止する機構が壊れるから増殖しつづける。

HeLa細胞 (1959年) 肝細胞 1/2年 神経 18年
本体はとくなっているが、細胞はまだ分裂しつづけている。
がんの一番始めの細胞。

DNAに傷のある細胞 (がん細胞) → P53 → 修復が自に始まる → P53が修復の命令を → 細胞の消滅

P53遺伝子が細胞の増殖を止める。DNAの修復の時前に働かせた。

図8 (右頁) 受講者のノートの一部。初回の説明と図7の「アポトーシス」に関する「講義」に対応する部分で、ノートは異なる受講者のもの。

におもいます [そやる!]。テーマを自ら選べるので、自分の興味ある分野について、調べることができ、おもしろかったです [とーぜんや!!]。だから、模擬講義は、これからも続けてほしいと思います [よっしゃ、わかったで!!!]。

この理科教育内容学という講座は、物理・化学・生物・地学の教授 [まだ教授ちゃうんやけど] が分担してうけもって下さったのだから、

講義時間が少なかったのですが [そやねん]、もう少し地学分野の全般的な事についても話していただきたかったです [しもた、よお考えたら、地学の話、あまりせんかった]。たぶん、高校で地学を学習してきた方は少ないと思うので [困ったこっちゃ]、分属前の方に先生の講義があるなら、地学がどのようなかを知ることでもできると思うので、そうした方がいいのではないかなと思いました。

問題点としては、

・人数が多くなると、こういう模擬講義は難しいだろう

・(一方で)、模擬講義が、1回だけでなく2回あれば、1回目の反省に基づいて2回目ができるので、より効果的だろう

・各分野で講義内容がバラバラ

・プロジェクト画面の説明が早過ぎた

・ブラックホールの話が聞きたかった

・もう少し具体的なテーマを出して欲しかったなどがあった。

まあ、工夫できる部分は直しながら、しばらくは楽しめそうだ。

7 何しよう？

－総合演習（小中理科；3回生；必修）

この「総合演習」も、新カリで今春（2002年度）からスタートする、3回生全体が対象の必修実験科目（半期）である。総合学習との絡みでできた科目で、これを受講しないと教員免許は出ない。したがって、うちの場合、教員養成系の学生だけじゃなく、教員免許が欲しい教養学科（ゼロ免）の学生も受講する。基本的には、各専修（たとえば地学）が所属の学生に開講するのだが、ゼロ免の学生も入れるとかなり人数は増えるだろう。

この「総合演習」、地学の教官が全員でタッチするというので、この1年近く、どーすべえ、と教官会議の度ごとぐらいに議論しているが、まだ明確な方針は確立していない。物理・化学・生物などの他専攻でも似たような状況みたいだ。教務を担当している地質の先生から、地学の各分野からいろいろな課題を出したらどうだろうとか、受講者一人一人でテーマを決めさせて演示・教具作成などをさせたらどうかとか、いくつかの案が提示されているが、まあ、新学期になって実際に始まってから、試行錯誤していくことになるのだろう。逆に、こんなこと試みて欲しいという意見

などあれば、いますぐ（！）提案して欲しい。でも、教具作成が中心になったら、「地学実験II」は、また何か別の内容を考えなあかんなあ…。

8 遥かなる「楽道」

ところで、2節で“楽道”について述べたが、今回紹介した以外の専門の講義などでも、また卒論などでも、基本的には楽しいもの・面白いものが最優先である。卒論のテーマを決めるときには、横尾さんもぼくも、“修論はとにかく、卒論では自分の興味のあることをやってくれい”というのが、研究室のモットーになっている。オーロラを取り上げたときなども、こちらの方が勉強になって楽しかった覚えがある。

また、経験的に知っている人も多いだろうが、自分が学生のとときに授業を受けていたときより、自分が教える立場になったときの方が、はるかに勉強になったし理解もすすむものだ。講義ノートを作る過程でものごとや素材を体系的に整理できるし、教えるための準備で論点などが明確になり、さらに質問などで問題点が浮き彫りにされ説明の不備もわかる。実際、わかっているつもりだったことが、本当にただの“つもり”に過ぎず、実はまったくわかっていなかったことに気づくことも少なくない。教えられるよりは教える方がはるかに勉強になるのだ。だから、テーマ発表だとか、模擬講義だとかは、楽をするというモチベーションから出ているものの、きわめて効果的な方式だと、ぼくは思っている。もちろんいつでも使える方法ではなく、人数が多い Semester（半期）の講義などではまとまった話をしているが、いろいろな場面で使えるだろうと思う。

ところで、楽になりたい一心で、いろいろな工夫してきたわけだが、そのわりに、一向に楽にならないのは、困ったもんである。

“工夫せど、工夫せど、わが講義、楽にならず”

今回は、「総合学習」を念頭に置いて、演習・実験系のものや、講義系でも「総合学習」と関係の深いものの実践例を紹介した。一方で、うちで開講している講義、とくに専門の講義は、「地学II」「天文学I」「天文学II」「地学構造論」など、いくつかある。現在、新カリの移行期で、**<天文学ミニマム>**[6]のプログラムも全面的に見直ししているの、またいずれ紹介できたらと思う。

参考文献

- [1]福江 純, 1987, 「物理・天文教育へのS F的素材の導入」, パリティ, 2巻, 5号, 68
- [2]福江 純, 1993, 「危機の時代を迎えて」, 天文月報, 86, 75
- [3]福江 純, 1994, 「楽しんで講義する方法」, パリティ, 9巻, 8号, 55
- [4]酒造晃子, 高橋 敦, 三分一清隆, 福江 純, 横尾武夫, 1994, 「CD-ROMの宇宙」, 天文月報, 87, 391
- [5]田島由起子, 三分一清隆, 船越美智世, 福江 純, 横尾武夫, 1994, 「神の掌の宇宙—宇宙の立体模型—」, 天文月報, 87, 441
- [6]福江 純, 1994, 「天文学ミニマム(宇宙物理学教程)の理想と現実」, 天文月報, 87, 496
- [7]福江 純, 1995, 「パソコンで学ぶ天文学」, パリティ, 10巻, 3号, 73
- [8] 福江 純, 赤石和幸, 石井和彦, 奥埜良信, 小西啓之, 山口 弘, 山下 晃, 横尾武夫, 1995, 「宇宙地球誌における天文学」, 天文月報, 88, 423
- [9]横尾武夫, 加藤好博, 蜂屋正雄, 福江 純, 1998, 「手作り重力レンズのすすめ」, 天文月報, 91, 543
- [10]福江 純, 2001, 「気持ちイイ「科楽」—<楽道>のススメ」, 科学, 71, 593
- [11]福江 純, 2001, 「当節学生自分的存在理

由」, パリティ, 16巻, 9号, 58

[12]福江 純, 2001, 「サイエンスデザイナー志望」, 科学, 71, 1413

[13]横尾武夫編, 1993, 『新・宇宙を解く』, 恒星社

[14]横尾武夫編, 坂元 誠絵, 2000, 『マンガ 手作りの宇宙』, 裳華房

[15]福江 純@天文学研究室ホームページ (<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~fukue>)



福江 純

fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp