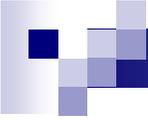


全学共通の科学リテラシー 科目「実感する科学」の実施 とe-learningの導入

大学教育学会第40回大会(2018年6月10日)

神奈川工科大学

山本 一雄、藤村 陽、栗田 泰生、神谷 克政



はじめに（その1）

- われわれの大学は大学名で理系と認知される。
- ならば、学生は皆、常識的な自然科学や科学技術の知識を持って卒業しているか？
 - ◆ 「エネルギー」を説明できる？「エントロピー」って何？
 - ◆ 「DNA」は体のどこにあってどんな役割をする？
 - ◆ どうして「低気圧」だと雨が降りやすい？
 - ◆ 地震の「マグニチュード」と「震度」は違う？
- 「理系なら最低限これくらいはわかってほしい」という問題意識を出発点として、科学リテラシーを養うための全学共通科目を立ち上げた。
- **STEM教育**の実践例として紹介したい。



はじめに（その2）

- 「実感する科学」の開講
 - ◆ 理科全般（物理・化学・生物・地学）を扱う科目
 - ◆ 2012年度より全学でほぼ必修の共通基盤教育科目として開講
 - ◆ この科目の授業設計や実施方法の紹介
- 常に最新のトピックスを取り入れながらブラッシュアップを続けているが、今回、新たにe-learningを導入
 - ◆ 事前学習と事後学習に取り入れた
 - ◆ e-learning導入の経緯と効果、発見、課題を報告する



「実感する科学」の科目概要(その1)

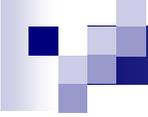
- ◆ 大学卒として持つべき自然科学の幅広い素養を身に付けるために、物理・化学・生物・地学にわたる広い分野を扱う
- ◆ 全学でほぼ必修の共通基盤教育科目として28クラス、20人の教員(一人以外全員専任)で開講
- ◆ オムニバス形式ではないので、各教員は専門外も教える
- ◆ オリジナルテキストを作成し、模擬授業を通して、教える内容に統一性を持たせている

実感する科学 I の学修内容

回	タイトル	おもな内容
1	物質は何からできている	原子、分子、元素
2	周期表はスグレモノ	周期表、原子のつながり方
3	エネルギーはめぐる	さまざまなエネルギー、エネルギーの変換
4	食事と栄養	栄養素(炭水化物、タンパク質、脂質)、代謝
5	ウサインボルト9秒58の40歩	速度、加速度
6	生きている地球	地震、火山、津波
7	海水と空気	純物質と混合物、濃度
8	汗はなぜ身体を冷やす	水を題材とした状態変化とエネルギーの出入り
9	晴れのち曇りときどき雨	圧力、天気の決まり方
10	いのちの設計図	DNA、タンパク質のはたらき
11	子供はどうして親に似る	遺伝の法則、遺伝子、DNA
12	ものを動かす力	身近な道具の中に潜む「てこの原理」など
13	身近な電気	直流と交流、オームの法則
14	原子力発電と放射線	原子核の反応、放射線
15	地球温暖化	電磁波(赤外線)、温室効果

実感する科学Ⅱの学修内容

回	タイトル	おもな内容
1	生物と無生物の間	細胞
2	病気から見る生命科学	生体のしくみ、がん、免疫
3	遊園地で力学	運動の法則、エネルギー保存
4	世界を引きつける力	物質の間にはたらく3つの力(重力、クーロン力、核力)
5	宇宙への旅	地球の自転と公転、太陽、星の一生
6	身の回りの様々な物質	化学結合
7	ガソリンで自動車が走るわけ	燃焼反応、熱と仕事
8	電気をうむ電池のからくり	酸化と還元、乾電池、燃料電池、太陽電池
9	酸性雨	酸と塩基
10	エントロピー	エントロピー増大則とエネルギー保存則
11	波のふしぎ—音、光、波	波動
12	量子の世界	量子論
13	エレクトロニクスの主役 半導体	半導体、LED、トランジスタ
14	オゾン層破壊	地球の大気、紫外線と生物
15	地球に生きる	物質循環、生態系



「実感する科学」の科目概要(その2)

- ◆ 自然科学や科学技術に興味を持たせるような様々な仕掛け(演示実験、動画やクイズなど)を用意。
- ◆ サプライズを与え、実はそうだったんだと思わせたい。
- ◆ 「暗記」ではなく、「意味をつかむ」・「考える」ことにより知的に科学を実感させる
- ◆ 教養番組のように面白かっただけでは不十分。事前、事後及び授業中の演習を通して、数量的取り扱い(数値や量の実感、計算力)、抽象化(数式やグラフの利用による概念の一般化)、論理的思考力(理解の積み重ねと筋道を立てた考え方)を訓練することを重視

教材例1(第11回): はじめのQuestion

- この写真はどんな果物の原種でしょう？

- 原種は、大きな種ばかりで、食べられるところはほとんどありませんが、

現在、我々が食べているこの果物は、**種無し**のものを**品種改良**で甘くしたもので、すべて食べられます。



- ちなみに種無しなのに増やせるのは、根元近くに生える新芽を株分けするため。
- そのかわり、同じ**遺伝子**をもつため、病気が流行ると、その種類は全滅する恐れがある(実際そういうことが過去にあったが、現在、世界の半数を占めるキャベンディッシュ種への新パナマ病の影響が出てきている)。

遺伝子が今日の話の中心

教材例2(第13回)

交流発生のお秘密はICカードにも！

- 普段使っているパスモや学生証など。
- ところで、ICって何だろう？



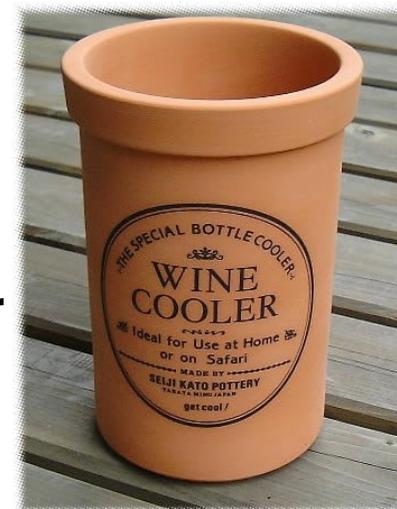
➡ Integrated Circuit (集積回路)

= 抵抗、コンデンサーなどの多数の素子を回路として動作するように一つにまとめた電子部品

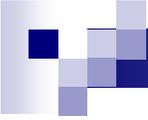
- ということは、カード上に回路を動かす電源がある？
- どのような仕組みで「電子マネー」や「学籍番号」などの情報をカードから読み取ったり、カードに書き入れたりするのだろうか

教材例3(第8回):はじめに

- 今回のテーマに関連する便利グッズ「ワインクーラー」を紹介する。これは「素焼きの器」で水を入れてボトルを浸けておくものだ。これで本当に冷える？

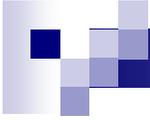


- 説明書によると「器に水分を吸わせて、その水分が蒸発する時に器の中の熱を奪い、ワインの温度上昇を防ぐ」というものらしい。
- 本当かどうか確かめてみよう。(器をそのままにした場合と器をラップに包んだ場合の器の中の水の温度変化を実験で比較してみよう。)



e-learning導入の経緯

- ◆ もともと、演習では、フィードバックを重視（答案の書き方、単位を全ての式で付けているかなど、プロセスを厳しく採点した上で返却し、繰り返し提出させる）
- ◆ ただし、これを徹底しすぎると学生よりもむしろ教員が頑張ることになり、果ては教員が敵になってしまう
- ◆ コンピュータ採点ならば、コンピュータが敵になり、教員は助っ人に回れる
- ◆ ただし、コンピュータ採点では解答のプロセスを見ることは難しい
- ◆ 宿題である事前学習（予習課題）と事後学習（発展問題）にe-learningを導入。授業中に行う基本演習はプリントのままとし、解答のプロセスを見る



使用したe-learningシステム

- ◆ e-learning学習管理システム (learning management system, LMS)
manaba course ((株)朝日ネット)
- ◆ 様々な解答形式がとれる利点
 - 選択肢からの解答 (複数解答も可能)
 - 数値や文字式での解答
 - 論述形式の解答 (字数をカウントできる)
- ◆ 2クラスで使用

事前学習の例

- 従来はキーワード(例えば、「大陸移動説とは何か」)を調べさせた
→Wikipediaや友達のプリントの丸写し
- 学生にあらかじめ配っておいた配布資料(manabaからダウンロード)を一読させることを目的に、空欄を埋め、文章を完成させる問題を与えた。
- 自動採点で正答が直ぐに分かる。合格点に至るまで何度でも挑戦できる。

#10

問題 以下の文章は、第6回の授業で学んでほしいことを述べたものです。第6回の配布資料を見ながら、そこに書かれてある言葉を用いてかっこ内の空欄を埋めて、文章を完成させてください。なお、かっこ内の番号が同じものは同じ言葉が入ることに注意すること。

地球表面の陸地と海底の変動を(①プレート)と呼ばれる厚さ100km程度の板状の岩盤の水平運動によって理解する学問を(①)テクトニクスという。これにより、(①)の境界が(②地震)の震源分布や(③火山)分布と密接な関わりがあることが理解できる。なお、1960年代に提唱された(①)テクトニクスにつながる学説として、1912年にウェゲナーによって提唱された(④大陸移動説)がある。

陸の(①)と海の(①)の間で起こる(②)を(⑤プレート内)地震という。このタイプの(②)は100年~200年の周期で起こり、(⑥マグニチュード)が大きい。(⑥)とは(②)の規模を表し、その大きさは(②)で放出されるエネルギーと対応づけられる。(②)の際によく表示される(⑦震度)は地表での揺れの大きさを表し、(⑥)とは別のものである。なお、(⑤)地震では、陸の(①)が跳ね上がるため、(⑧津波)を起こす可能性がある。

一方、陸の(①)内で起こる(②)を(⑨プレート)地震という。このタイプの(②)は繰り返す周期が長く、(⑥)も少し小さいが、震源が浅く、人間が暮らす直下で起こると被害が大きくなる。(⑨)地震の痕跡が(⑩)である。

(①)の境界が深く沈み込んだところを海溝という。(③)は海溝から一定の距離のところのところに一列に分布している。この(③)分布の境界線を(⑩)と呼ぶ。

この問題を解く時の注意

注意)この問題は8題以上正解で合格です。正解が5題未満の場合は予習課題の点数は0点です。何度でもトライできますので、頑張ってください。



事後学習 の例(1)

- 従来のプリントで与えていた問題と基本的には同じ
- 自動採点で正答が直ぐに分かる。合格点に至るまで何度でも挑戦できる。
- 解答に至るまでのプロセスは、紙に書かせて、授業時に提出

#30

第11回「子供はどうして親に似る？」の発展問題

注意)この問題は何度でもやり直せます(ドリル形式)。答えが合うまでやり直してください。答えが合ったら、どのように解いたかを授業で配布した「発展問題 解答用紙」に丁寧に清書してください。なお、清書の提出は原則1回のみです。

問題 以下の問いに答えよ。なお、解答用紙には、最終結果だけでなく、すべての数値に単位つけた計算過程も示すこと(不備な点があると減点されるので注意！)。

(1)

ミンク(イタチ科の哺乳類)の染色体の本数は15組30本である。

(a) 母ミンクの卵細胞と父ミンクの精子の染色体のパターンはそれぞれ何通りあるか求めよ。

解答欄

母ミンクの卵細胞の染色体のパターンは A^i 通り = B 通りである。ここで、

$$A = \text{[]}、i = \text{[]}、$$

$$B = \text{[]} \quad (A、i、B \text{はいずれも整数値である})$$

父ミンクの精子の染色体のパターンは C^j 通り = D 通りである。ここで、

$$C = \text{[]}、j = \text{[]}、$$

$$D = \text{[]} \quad (C、j、D \text{はいずれも整数値である})$$

(b) その答えを使って、子ミンクの染色体のパターンは何通りあるか求めよ。

解答欄

子ミンクの染色体のパターンは E^k 通り = F 通りである。ここで、

$$E = \text{[]}、k = \text{[]}、$$

$$F = \text{[]} \quad (E、k、F \text{はいずれも整数値である})$$

事後学習の例(2)

(2)

図はある家族三代(祖父母、父母と伯母、子供)のABO式血液型を示している。□(四角)は男、○(円)は女であり、その中に血液型が示してある。なお、血液型が不明の場合、書かれていない。

(1) 血液型がA型である母親の遺伝子型を決めよ。どう考えたかの理由を解答用紙に書くこと。

解答欄

母親の遺伝子型を選択せよ。複数選択可能だが、間違っただけを余計に選択した場合や正答が足りない場合は不正解になる。

1. AA 2. AO 3. BB 4. BO 5. AB 6. OO

(2) 父親(中央の□)の遺伝子型と血液型を決めよ。どう考えたかの理由を解答用紙に書くこと。

解答欄

父親の遺伝子型を選択せよ。複数選択可能だが、間違っただけを余計に選択した場合や正答が足りない場合は不正解になる。

1. AA 2. AO 3. BB 4. BO 5. AB 6. OO

父親の血液型を選択せよ。複数選択可能だが、間違っただけを余計に選択した場合や正答が足りない場合は不正解になる。

1. A 2. B 3. AB 4. O

(3) 次男(図の右下)の血液型として可能性のあるものを父母の遺伝子型をもとに決めよ。なお、解答用紙に2×2の表をつくって示すこと。

解答欄

可能性のある次男の血液型を選択せよ。複数選択可能だが、間違っただけを余計に選択した場合や正答が足りない場合は不正解になる。

1. A 2. B 3. AB 4. O

(4) 図の左上の祖父として可能な遺伝子型と血液型を決めよ。どう考えたかの理由を解答用紙に書くこと。

解答欄

可能性のある祖父の遺伝子型を選択せよ。複数選択可能だが、間違っただけを余計に選択した場合や正答が足りない場合は不正解になる。

1. AA 2. AO 3. BB 4. BO 5. AB 6. OO

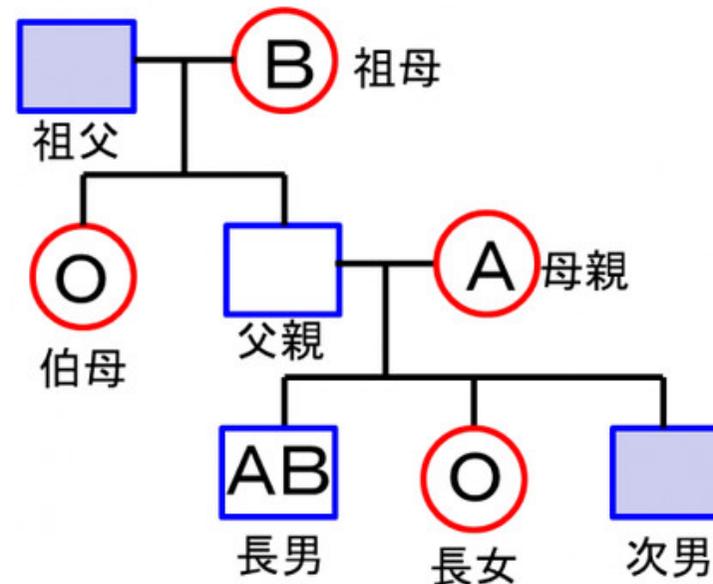
可能性のある祖父の血液型を選択せよ。複数選択可能だが、間違っただけを余計に選択した場合や正答が足りない場合は不正解になる。

1. A 2. B 3. AB 4. O

(5) 以上から、図の右下の次男と左上の祖父の血液型が一致する確率を求めよ。祖父の血液型の可能性は1通りではないが、この問題では、どの血液型でも同じ確率になることを利用せよ。なお、どのようにして求めたのかを解答用紙に書くこと。

解答欄

% (整数値で答えよ)



自己評価

- 事後学習の問題には、自己評価を付けさせた。

自己採点

あなたが解答用紙に清書した解答を自己評価して下さい。なお、提出時の点数に自己評価点は反映されませんが、これはシステムの仕様上の問題なので無視して下さい。

(1)考え方が分かるように答案を書けているか

1. よく書けている(2点)
2. 改善の余地がある(1点)
3. 書けていない(0点)

(2)答えを導く過程での途中式をきちんと書けているか

1. よく書けている(2点)
2. 改善の余地がある(1点)
3. 書けていない(0点)

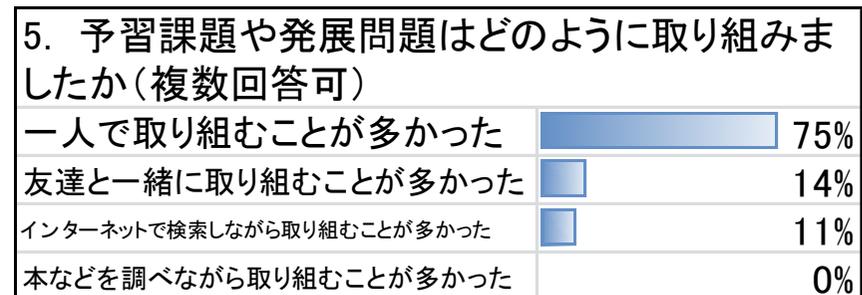
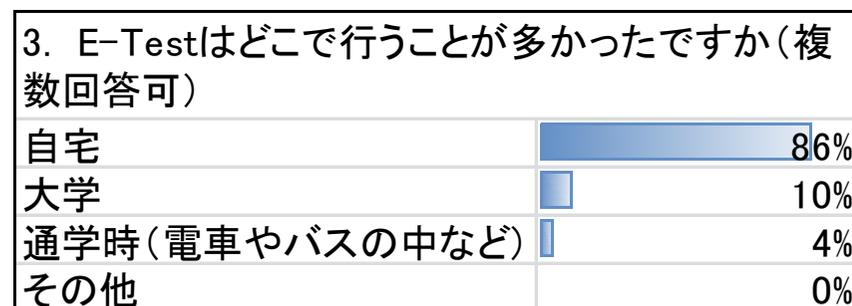
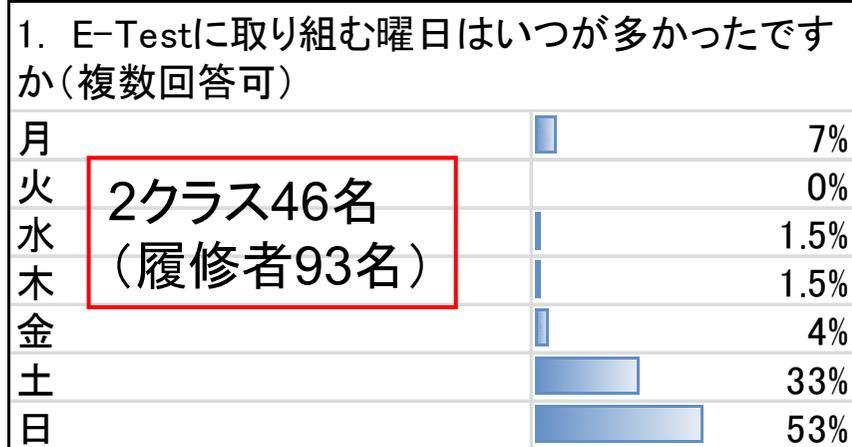
(3)選択問題は合っているか

1. すべて合っている(2点)
2. 2問間違えている(1点)
3. 4問以上間違えている(0点)

(4)計算結果は合っているか

1. すべて合っている(2点)
2. 3問間違えている(1点)
3. 6問以上間違えている(0点)

アンケートを基にしたe-learningの評価(1)



- 多くの学生が自宅で1人で学習を行っていたようだ。月曜日の1, 2限の授業ということもあるかもしれないが、他人の解答を丸写しという学生はあまり目につかなかった。

アンケートを基にしたe-learningの評価(2)

6. E-Testで、予習課題の学習時間は週平均でどれくらいでしたか。		
0分		2%
5分以下		9%
10分程度		35%
30分程度		50%
1時間以上		4%

7. E-Testで、発展問題の学習時間は週平均でどれくらいでしたか。		
0分		2%
15分以下		11%
30分程度		44%
1時間程度		30%
1.5時間以上		13%

- 予習課題は週平均30分程度が50%、発展課題は週平均30分程度が43%、1時間程度が30%、1.5時間以上が13%もいた。かなり多くの学生が毎週1時間程度は学習していた。

8. E-Testの予習課題の難易度はどうでしたか。		
もっとやさしいほうがよい		17%
ちょうどよい		70%
もう少し難しくてもよい		9%
もっと難しくてもよい		4%

9. E-Testの発展課題の難易度はどうでしたか。		
もっとやさしいほうがよい		41%
ちょうどよい		52%
もう少し難しくてもよい		2%
もっと難しくてもよい		4%

- 予習課題、発展課題とも難易度がちょうど良いという学生が半数以上であった。ただし、発展問題についてはもっとやさしい方がよいという学生も多かったので、与える問題については検討の余地がある。

アンケートを基にしたe-learningの評価(3)

10. 予習課題に取り組むときに、配布資料は役に立ちましたか。		
いいえ		2%
どちらかといえば「いいえ」		2%
どちらかといえば「はい」		37%
はい		59%

11. 予習課題に取り組むことで、授業がより理解しやすくなりましたか。		
いいえ		4%
どちらかといえば「いいえ」		4%
どちらかといえば「はい」		39%
はい		52%

12. 自己評価をすることが、提出前に課題を見直す機会になりましたか。		
いいえ		9%
どちらかといえば「いいえ」		28%
どちらかといえば「はい」		39%
はい		24%

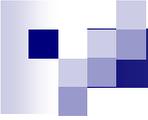
- 予習課題に取り組んだことで授業がより理解しやすくなったと答えた学生は「どちらかといえば」も含めれば91%であった。期待通りの回答であったし、実際に授業もやりやすかった。
- 課題に取り組んだ後、自己評価させた。面倒と感じる学生がいるが、半数は自分の演習への取り組み方を見直すのに役立ったと考えていた。

アンケートを基にしたe-learningの評価(4)

13. 総合的に判断して、紙ベースの宿題よりE-Testを使った宿題に満足していますか。		
いいえ		4%
どちらかといえば「いいえ」		9%
どちらかといえば「はい」		37%
はい		50%

- e-learningの方が、従来の紙による宿題よりもよかったと感じる学生が87%であった。

- 「提出して直ぐに答えが分かる上に、何回でもやり直して提出できる点がよい。おかげで、自分で間違いを何度も深く考え直すことができた。また、後日、自分の回答を振り返りやすい点がよかった。」という意見があった。
- われわれ教員が思っていた以上にe-learningが学生の自学自習を促す道具になり得ることがわかった。



アンケートを基にしたe-learningの評価(5)

- 「論述問題はやりやすかった」、「もっと記述形式の課題があってもよかった」という意見があった。
- 正直意外だったが、なるほど良く書けている学生が多かった。誤字脱字が多い普通の学生のミニットペーパーの文章を読んでいると信じられないが、漢字変換をしてくれるキーボードやスマホでの入力ならきちんとした文章を書ける学生が多いことを発見した。
- 「問題をやり直す際、正答していた部分も再度解答を求められるので、解答の一時保存の機能があればよい。」これはシステムの仕様の問題だが、今後改善の余地がある。
- 「e-learningの出題が遅い」という指摘を受けた。自転車操業で出題していたので、次年度以降は改善できると考えている。



おわりに

- e-learningで出題する問題自体は紙で出題するものと同じなので、本質的には従来の授業のやり方でも同じことができる。しかし、e-learningをうまく使えば、レポート回収の手間を含めて、教員の負担を軽減しながら、学生の自学自習を促すことはできそうだ。
- われわれ教員が思っている以上に、学生はPCやスマートフォンによる学習管理システム(LMS)の使い方が達者だ。
- 今後、さらに効果的なe-learningの利用法を探っていきたい。