

eラーニングの学習効果について

呉工業高等専門学校 自然科学系分野 赤池祐次

Yuji Akaike, National Institute of Technology, Kure College

呉工業高等専門学校 自然科学系分野 深澤謙次

Kenji Fukazawa, National Institute of Technology, Kure College

名古屋大学・情報学研究科 中村 泰之

Yasuyuki Nakamura, Graduate School of Informatics, Nagoya University

1 はじめに

近年インターネットによる教育，すなわちeラーニングが盛んに行われていて，多くの教育機関でeラーニングシステムが導入されている．その一つにMoodleがあり，教材の配信，テスト作成，メール配信などを行うことができる．ただ，eラーニングによる教材の作成には，デジタル化の手間，教員のコンピュータリテラシーなどが必要である．さらに，作成した労力に見合うだけの学習効果があるかどうか問題になってくるが，eラーニングの学習形態は学習者により様々であり，eラーニングによって成績が向上するかどうかを確かめることは大変困難である．しかし，これまでの主に紙媒体の教材と同様に，教授者が適切な正または負のインセンティブを与えることにより，eラーニングが新しい教材として利用され，学習時間を増やし，学力を向上させる機会を学習者に与える可能性はあると考えられる．

学習効果について確認することは難しいが，ここでは1つの実践 [1] を振り返り，eラーニング利用者と非利用者の成績を比較したことを紹介する．それを踏まえ，今後どのようにeラーニングの学習効果を確認するかを試みを考察してみたい．

2 Moodleでの実践報告

呉工業高等専門学校（呉高専）は5年一貫制の工業高等専門学校の1つで，機械工学科（M），電気情報工学科（E），環境都市工学科（C），建築学科（A）の4学科からなり，学年は高等学校3年間と短期大学2年間に対応する．[1]は呉高専の2年生169人の授業「線形代数I」の前期において，実際にMoodle1.9を使った授業実践の報告であり，その内容について簡単に紹介する．

今回はMoodle上で小テストを作成し，次のように2年生に取り組みさせた．線形代数Iの前期単元は表1のようになっていて，この単元ごとに教授者が50～60問程度作問し，単元ごとにランダムに5，6問程度出題されるように設定した小テスト（前期前半6，前期後半7）を学生は解答する．受験回数は複数回可能として，

表 1: 線形代数 I の前期単元

前期前半	前期後半
① ベクトルの演算	⑦ 空間の 2 点間の距離
② 平面ベクトルの成分	⑧ 空間ベクトルの成分
③ ベクトルの平行と垂直	⑨ 空間ベクトルの内積
④ 平面ベクトルの内積	⑩ 空間の直線の方程式
⑤ 位置ベクトルと内分点の公式	⑪ 平面の方程式
⑥ 直線のベクトル方程式	⑫ 球の方程式
	⑬ ベクトルの線形独立と線形従属

90 点を超えた小テストをカウント集計し、最大 5 点を前期前半の定期試験、前期後半の定期試験にそれぞれ加点するとアナウンスした。従って、定期試験に自信のある者や面倒な課題をしたくない者は小テストを受けなくてもよいことになり、利用者は 6 割程度であった。問題例として図 1 (1 つの小テストの問題ではない) を載せておく。右図は解答後の正誤判定と解答表示画面である。

1 2つの平面ベクトル
 満点 -1
 $\vec{a} = (2, 1)$ と $\vec{b} = (-1, -3)$ のなす角 θ ($0 \leq \theta \leq \pi$) を次の①~⑨から選択せよ。 $\theta =$

① 0 ② $\frac{\pi}{6}$ ③ $\frac{\pi}{4}$ ④ $\frac{\pi}{3}$ ⑤ $\frac{\pi}{2}$
 ⑥ $\frac{2}{3}\pi$ ⑦ $\frac{3}{4}\pi$ ⑧ $\frac{5}{6}\pi$ ⑨ π

送信

1点
 得点 -20 2点 $(2, -4, 0), (-2, -5, -6)$ の間の距離は \sqrt{A}

 送信

次の空欄に当てはまる数を答えよ。

送信 $2(\vec{a} + 3\vec{b}) + 3(\vec{a} - \vec{b}) = 5\vec{a} + 2\vec{b}$ ✓ $\vec{a} + 2\vec{b}$ ✗ \vec{b}

【解答】
 (与式) $= 2\vec{a} + 6\vec{b} + 3\vec{a} - 3\vec{b} = 5\vec{a} + 3\vec{b}$

部分的に正解
 この解答の得点: 1/2 この解答のペナルティ: 0.2

図 1: 小テストで使用した問題例

定期試験終了時に、eラーニングを利用したか、勉強に役立ったか、問題の量と難易、利用開始時刻、利用時間などを問うアンケートを実施した。ここでは、eラーニングを利用したか、勉強に役立ったか、の2つについて「はい」「どちらかといえばはい」「どちらかといえいいえ」「いいえ」の四択で回答してもらったことについて記しておく。

表 2 は『eラーニングを利用した』という問いに「はい」「どちらかといえばはい」と回答した者の割合である。ここで「いいえ」と回答した者を除き、『eラーニングは勉強に役立った』という問いに「はい」「どちらかといえばはい」と回答し

表 2: eラーニングを利用したと回答した割合

	全体	M	E	C	A
前期前半	53.8 %	33.3 %	69.6 %	54.8 %	56.4 %
前期後半	62.5 %	36.1 %	77.3 %	58.5 %	74.4 %

表 3: eラーニングは勉強に役立ったと回答した割合

	全体	M	E	C	A
前期前半	82.0 %	88.2 %	79.4 %	75.0 %	88.0 %
前期後半	85.6 %	72.2 %	86.1 %	86.4 %	92.9 %

た者の割合が表3である。表2から電気情報工学科の割合が高いことが分かるが、この学科の学生はパソコンやインターネットを得意とする者が多く、また、1年次に専門科目でeラーニングを利用していたので、抵抗感が少なかったと思われる。学習者の主観が多く含まれてはいるが、表3からはeラーニングに対しての満足感は大いと考えられ、この点についてはeラーニングの実施は成功したといえるのではないだろうか。

しかし、学習履歴から、eラーニングを一度も利用しなかった非利用者と、1回以上使った利用者に分け、それらの定期試験における点数を標本としたとき、母平均の差の検定を有意水準5%で行ったが（必要なデータとして表4を記す。詳しくは[1]を参照のこと）、前期中間試験の平均点については有意差が認められ、前期末試験の平均点については有意差は認められなかった。平均点についてはどちらも利用者が非利用者を上回っているが、学習分野によっては統計的に常に成果があるわけではなく、また、効果を調べる範囲が広すぎたためではないかと考えられ、具体的な問題についての学習効果を確認することも必要であると認識された。

表 4: 定期試験の標本データ

	前期中間試験			前期末試験		
	人数	標本平均	不偏分散	人数	標本平均	不偏分散
非利用者	63人	72.78	254.89	58人	69.62	333.75
利用者	106人	79.38	219.46	107人	71.69	305.46

3 対話的操作可能な図の学習効果について

前節を踏まえ、ここでは具体的な問題の学習効果を調査するための1つの試みについて報告する。eラーニングで学習者自身が操作可能な図（動的な図）を表示した場合にどの程度理解が深まるか、具体的に次の3つの問題を設定した。図はSTACK上で作成され、今回は学習者が解答した後に動的な図が表示されるように設定した。

【問題】

- 放物線 $y = x^2$ 上の2点 $A(-1, 1)$, $B(2, 4)$ と、放物線上の AB 間の動点 $C(k, k^2)$ ($-1 \leq k \leq 2$) を考える。
 - $\triangle ABC$ の面積が最大となる点 C の位置での放物線の接線の傾きを求めよ。
 - $\triangle ABC$ の面積が最大となる点 C の座標を求めよ。
 - $\triangle ABC$ の面積の最大値を求めよ。
- 連立不等式 $y \leq 4 - x^2$, $y \geq x + 2$ で定まる領域上の点 (x, y) について、次を求めよ。
 - $x + y$ の最大値
 - $x + y$ の最小値
- 方程式 $x^3 - 3x^2 + 2x = kx$ の実数解の個数について、次の空欄に当てはまる数を答えよ。
 - $\square < k < \square$, $\square < k$ のとき実数解は3個。
 - $k = \square$, \square のとき実数解は2個。
 - $k < \square$ のとき実数解は1個。

例えば、問題1はSTACK上で図2のように表示されるが、すべての問題の解答を入力して評価された後、(1)で誤答した場合のみ静的な図（学習者が操作できない静止した図）が表示され、それを見ても分からない場合はブラウザ上の指定箇所をクリックすると動的な図が表示され（図3）、学習者が実際に点 C を動かして三角形の大きさを変えて考えられるようにした。

今回、上の問題を電気情報工学科3年生2名が50分程度の時間で解答した。問題についての簡単なアンケートにも回答してもらった。両名とも問題の難易度については「難しかった」と答えており、特に問題3は解答することを諦めていた。問題1(1)について、1名は正答したため、動的な図を見ることはなかった。他の1名は正答できず、解答を見ても理解できなかったため、チューターの指示に頼りつつ動的な図を操作しながら考えていたが（図4）、「点 C が原点のとき三角形の面積が最大になるのではないか」という自分の予想が間違いであることに自らが気がついた。アンケートには「動的な図が分かりやすかった」と回答していた。



図 2: STACK 上で表示された問題 1

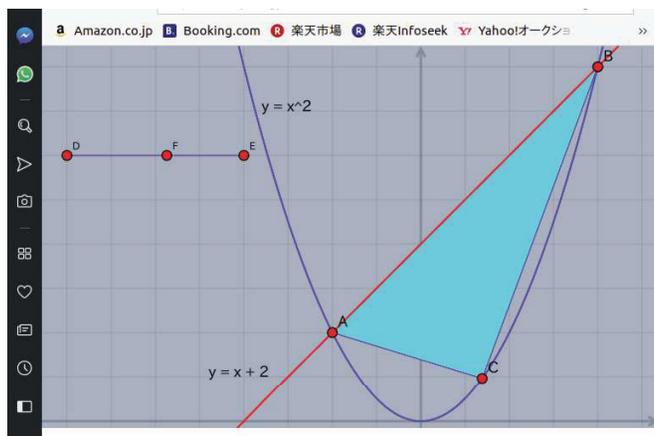


図 3: 問題 1 の図 (左のスライダーで点 C が動く)

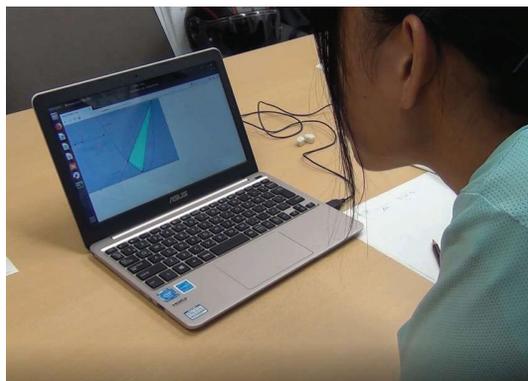


図 4: 実際に解答している様子

4 まとめと今後の課題

2節で見たように、eラーニングの学習効果について常に有意差があるわけではない。成績は学習者の意欲や勉強に対するクラスの雰囲気にも影響を受けるため、eラーニングの学習効果を抽出するのは容易ではない。そのため、具体的な問題、特に動的な図の効果进行调查する方向に考えを転換してみた。実際に今回はeラーニングとして学習効果を調べたわけではなく、トライアルとして2名の学生にSTACK上で問題を解いてもらっただけであるが、この問題のままで多人数にeラーニングで解答させてみても、おそらく良いデータは得られなかったのではないかと思われる。すなわち、

- 学習者にとって適切な難易度の問題であるか
- 動的な図をどの時点に表示させるか
- 実際の学習効果をどのように確認するか

などの設計を入念に行う必要があると感じられた。今後、適切に設定をされた問題を考え、多人数に解答してもらい、実際の学習効果が調査できるようにしてみたい。

参考文献

- [1] 赤池祐次, 影山優, 川勝望, 小林正和:「非情報系教員による Moodle を用いた数学補助教材の作成について」, 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌, Vol.23, No.1, pp.125-138, 2017.