

石田崇, 小林学, 梅澤克之, 平澤茂一, 「大学授業におけるインタラクティブ教材の活用」,
『経営情報学会 全国研究発表大会要旨集』, 2013 年春季研究発表大会, 298-301 ページ,
2013 年.

大学授業におけるインタラクティブ教材の活用

Design and development of prototype interactive educational materials for a class in university

石田 崇 [†]	小林 学 [‡]	梅澤克之 ^{††}	平澤茂一 [†]
Takashi ISHIDA	Manabu KOBAYASHI	Katsuyuki UMEZAWA	Shigeichi HIRASAWA
[†] 早稲田大学	[‡] 湘南工科大学	^{††} 日立製作所	
Waseda University	Shonan Institute of Technology	Hitachi, Ltd.	

要 旨: 本発表では、大学における情報数理科目を対象とした、インタラクティブな電子教材の開発の検討を行う。この教材は主に学生の自習に用いることを前提としたインタラクティブなものとする。また、タブレット端末やスマートフォン端末などでのマルチプラットフォームへの対応や、複雑な数式も表示可能であること、できるだけ一般的な環境での開発を念頭に置いて HTML5+JavaScript を用いることを前提とする。実際に教材を試作して大学の授業において使用し、問題点の検討や教材の効果の評価を行う。これらの検討結果は大学に限らず、より一般的なインタラクティブ教材を制作する際の有益な示唆を与えられとされる。

Abstract: In this study, we discuss the design and development of prototype interactive educational materials for a class of mathematical information science in university. These materials are mainly assumed to be used for learning by oneself. In addition, we assume that (1) these materials are used on several types of devices, (2) complex mathematical formula can be handled, and (3) the developing tools are as usual as possible. We have actually developed the prototype materials and used them in the class. The effectiveness of them and the contents in the development are discussed.

1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレット端末の普及に伴って、電子書籍の利用も急速に拡大している [1][2]。アメリカのシンクタンクによる調べでは 2012 年末の段階で電子書籍利用者が 23% に達したとされている。また、日本でも Kindle ストアや iBookstore において本格的な電子書籍コンテンツの配信が開始され、今後も電子書籍の利用が爆発的に普及すると見られている。

この流れに伴い、教育の分野における電子書籍や電子教材の導入も進んでいる [1][2]。韓国では 2015 年を目処に小学校から高校までで全面的に電子教科書を導入することを目指すとしている。また、アメリカでは大学における電子教科書の利用が既に進んでいる。

日本においても教育の分野における電子教科書や電子教材の利用は進んでおり、有効性や課題について検討した結果の報告も存在している（例えば、[3]-[7] など）。

本研究では特に大学での情報数理科目で用いる電子教材を対象として、特に数式表現を多く含むインタラクティブなコンテンツ作成の検討と試作を行っている。試作の経過報告についてはすでに [6] でも報告済みであるが、本発表では引き続き検討した内容と有効性の評価に焦点を当てる。

2 作成教材の概要

2.1 検討事項

本研究では、以下の 3 点を想定して教材の検討と試作を行った [6]。

(1) 一般的な WEB ブラウザ上で動作すること
端末室や自宅において、学生がインターネット接続可能な PC を通して Web サーバ上にある教材を利用することを想定して HTML と JavaScript により教材を作成する。最近の HTML5 を用いれば、比較的容易にマルチメディアコンテンツを扱うこともできる。基本的にブラウザが対応さえしていればマルチプラットフォームでの利用が可能である。

(2) オフラインで動作すること
学生がいつでもどこでも教材を利用できるようにタブレット端末等に配付することを目的とする。この場合、常にインターネットに接続されているとは限らないため、オフライン環境でも動作できる教材とする。また、多岐に渡るタブレット端末や OS に対応している必要がある。その解決法として Adobe 社による PhoneGap Build [8] サービスを利用して教材をアプリケーションプログラム（以下、アプリ）化する。

(3) 数式を多く含むインタラクティブな教材
インタラクティブ性を考慮して動的に数式の表示が可能な方法の検討を行い、本研究では

MathJax[9]を用いることとした。

以下では、本研究で利用した技術について以下で概要を述べる。

[MathJax による数式表示]

MathJax は数式を表示するためのエンジンであり、一般的なブラウザ上で動作可能である。HTML のヘッダに指定されたコード(図1)を記述することにより使用可能となる。

```
<script type="text/x-mathjax-config">
MathJax.Hub.Config({tex2jax: {inlineMath: [['$','$'],
['¥¥(','¥¥')]]});</script>
<script type="text/javascript" src="http://cdn.mathjax.
org/mathjax/latest/MathJax.js?config=
TeX-AMS_HTML"></script>
```

図1: MathJax の指定コード

数式自体は、HTML の本文中で $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 等の形式で記述しておき、ブラウザ上で表示されるときに自動的に変換されて数式が表示されることになる(数式の表示例(図2))。

```
<body bgcolor="#FFFFFF">
<math display="block">
\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{\sqrt{x}} dx = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2k)!}{2^{2k}(k!)^2} \frac{1}{2k+1} = \prod_{k=1}^{\infty} \frac{4k^2}{4k^2-1} = \frac{\pi}{2}
</math>
```

(4)

$$\left(\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{\sqrt{x}} dx\right)^2 = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2k)!}{2^{2k}(k!)^2} \frac{1}{2k+1} = \prod_{k=1}^{\infty} \frac{4k^2}{4k^2-1} = \frac{\pi}{2}$$

図2: MathJax による数式表現の例

MathJax サイト[9]よりエンジンをあらかじめダウンロードしておくことでオフライン環境での利用にも対応が可能である。

[PhoneGap Build による教材のアプリ化]

PhoneGap Build[8]は、HTML と JavaScript で記述されたコンテンツクラウド上でアプリに変換する Web サービスである。コンテンツは各 OS に対応したアプリとして自動的に変換される。

2.2 対象の授業

本研究の対象は、情報工学科の大学3年生向けの情報セキュリティ関係の授業である。対象学生数は39名である。特にRSA暗号に関連するいくつかの項目について、実際に自分で数値を指定して例題を解く自習用の補助教材をHTML5+JavaScriptによって作成した。作成したコンテンツの一例を図3に示す。

これらのコンテンツでは、HTML 上のフォームにより学生が数値を自由に指定してアルゴリ

拡張ユークリッド互除法(与えられた a, c から $ab + cd = 1$ となる b, d を求める)

$a = 1010, c = 1071$

計算
 $r_0 = c = 1071, r_1 = a = 1010$

ユークリッド互除法	書き換え	変数に書き換え
$1071 \div 1010 = 1$ 余り61	$1071 = 1 \times 1010 + 61$	$r_0 = 1 \times r_1 + r_2$
$1010 \div 61 = 16$ 余り34	$1010 = 16 \times 61 + 34$	$r_1 = 16 \times r_2 + r_3$
$61 \div 34 = 1$ 余り27	$61 = 1 \times 34 + 27$	$r_2 = 1 \times r_3 + r_4$
$34 \div 27 = 1$ 余り7	$34 = 1 \times 27 + 7$	$r_3 = 1 \times r_4 + r_5$
$27 \div 7 = 3$ 余り6	$27 = 3 \times 7 + 6$	$r_4 = 3 \times r_5 + r_6$
$7 \div 6 = 1$ 余り1	$7 = 1 \times 6 + 1$	$r_5 = 1 \times r_6 + r_7$
$6 \div 1 = 6$ 余り0	使わない	使わない
移項	代入	計算結果
$r_2 = r_0 - 1 \times r_1$	$r_2 = r_0 - 1 \times r_1$	$r_2 = 1 \times r_0 - 1 \times r_1$
$r_3 = r_1 - 16 \times r_2$	$r_3 = r_1 - 16 \times (1 \times r_0 - 1 \times r_1)$	$r_3 = -16 \times r_0 + 17 \times r_1$
$r_4 = r_2 - 1 \times r_3$	$r_4 = (1 \times r_0 - 1 \times r_1) - 1 \times (-16 \times r_0 + 17 \times r_1)$	$r_4 = 17 \times r_0 - 18 \times r_1$
$r_5 = r_3 - 1 \times r_4$	$r_5 = (-16 \times r_0 + 17 \times r_1) - 1 \times (17 \times r_0 - 18 \times r_1)$	$r_5 = -33 \times r_0 + 35 \times r_1$
$r_6 = r_4 - 3 \times r_5$	$r_6 = (17 \times r_0 - 18 \times r_1) - 3 \times (-33 \times r_0 + 35 \times r_1)$	$r_6 = 116 \times r_0 - 123 \times r_1$
$r_7 = r_5 - 1 \times r_6$	$r_7 = (-33 \times r_0 + 35 \times r_1) - 1 \times (116 \times r_0 - 123 \times r_1)$	$r_7 = -149 \times r_0 + 158 \times r_1$

以上より、 $1 = r_7 = -149 \times r_0 + 158 \times r_1 = -149 \times c + 158 \times a$ であるから $b = 158, d = -149$ となる。

図3: 拡張ユークリッド互除法コンテンツ

ズムの計算を行い、計算の結果に応じて動的に数式が表示されるようになっている。HTML5 の規格である canvas 要素と JavaScript を用いて画像の暗号化も動的に表示可能なコンテンツも作成している。

また、PhoneGap Build によりこれらのコンテンツのアプリ化を行い、タブレット端末上での動作を確認している。

3 アンケートによる試作教材の有効性の評価

3.1 調査の概要

受講生39名の授業において試作教材を授業で使用し、教育上の効果や学生の満足度について調査を行った。ここでは「べき乗法」と「拡張ユークリッド互除法」の2項目を取り上げ、試作のWeb教材を用いて以下のような流れで講義を行った。

- (1) 講義において、板書・口頭での解説
- (2) 理解度確認テスト(1回目)
- (3) Web教材による自主学習(自習)
- (4) 理解度確認テスト(2回目)
- (5) アンケート調査

・理解度確認テスト

理解度確認テストでは1回目と2回目のそれぞれに4問ずつを学生に解いてもらった。テスト内容の一例は以下の通りである。

- ・ 次の値をべき乗法で計算し求めよ。
 $3^{13} \bmod 7$
- ・ 整数方程式 $ac + cd = 1$ について、 a と c が次の値のとき、拡張ユークリッド互除法を用いて b, d の値を求めよ。
 $a = 5, c = 11$

・学生アンケート

アンケート調査では、主に興味や満足度、有効性に関する質問を選択式・自由記述式回答形式で29問設定した。選択式の回答は「非常にそう思

う」から「全くそう思わない」までの5段階回答とした．質問項目の一例を以下の通りである．

[この教材について]

- ・内容に興味を持った
- ・内容が分かりやすかった
- ・自分に必要だった
- ・満足だった

[口頭での解説だけの場合に比べて]

- ・理解がしやすかった
- ・確認テストが良くできた

[自分自身について]

- ・コンピュータの仕組みについて興味がある
- ・情報セキュリティについて興味がある

[自由回答項目]

- ・良かった点，悪かった点

[計算回数]

- ・数値を設定したパターン数を回答してください

[総合満足点]

- ・教材の満足度を10点満点で答えてください

表 2: 総合満足点の結果

	総合満足度 (10点満点)	
	平均	標準偏差
A群	7.76点	1.73点
B群	8.23点	1.25点

表2の結果から，A群の方がB群よりも満足度の平均が低く，また，ばらつきが大きいことが分かった．本教材は理解度が低いと考えられるB群の学生に対して全体的に満足度が高い傾向がみられた．

(2) 個別の選択回答項目

選択回答項目についてのアンケート結果の一部の例を図4，図5に示す．

図4の個別項目は，学生が教材に対して感じた満足感や効果に関する質問である．この結果からは，A群の学生よりもB群の学生の方が満足感や学習効果があった，という問いに対してそう思うと回答した割合が高いことが分かる．先に述べた総合満足点の結果と同様，本教材は理解度の低い学生にとって有効な教材であると考えられる．

一方，図5の項目は内容の分かりやすさや自分への必要性に関する質問である．この結果からは，A群の学生は教材の内容への理解度が高い一方で，教材は特に必要なかったと思う学生や講義のみで満足だったという学生の比率が多いことが分かった．

以上から，本教材は理解度の低い学生群に対して理解の補助のために必要性が高いこと，また，有効であると学生自身が認識していることが分かった．

(3) 自由記述回答項目

自由記述回答の結果の一例を以下に示す．

[教材の良かった点]

- ・自由に数値を記入できるのは良かった
- ・答え合わせがすぐでき，問題もすぐ作れるところ

[教材の悪かった点]

- ・表示がシンプルすぎる
- ・理解が無ければ教材をみても分からない
- ・Tabキー，テンキーが使えない

3.2 理解度確認テストの結果

2回目のテストの正答数が1回目から向上した学生が14名，低下した学生が4名，変化が無かったのは21名であった．全体として正答数が向上した傾向はあるが，これは繰り返し学習によるものと考えられ，必ずしもWeb教材の効果のみによるものとは限らない．

3.3 アンケート調査の結果

1回目の理解度確認テスト(全4問)の正答数に応じて表1のように層別を行った．

表 1: 学生の層別

群	1回目テスト 正答数	人数	理解度テスト平均正答数 (各4問ずつ)	
			1回目	2回目
A群	3/4問以上	18名	3.67問	3.67問
B群	2/4問以下	21名	0.90問	1.76問

ここで，A群の学生は学習の初期の段階で理解度が高いと考えられる学生群，B群はそうではないと考えられる学生群である．

表1の結果より，理解度確認テストにおいてA群では1回目から2回目の平均正答数で変化は見られず(3.67問→3.67問)，B群では向上していることが分かる(0.90問→1.76問)．

(1) 教材に対する総合満足点

A群とB群のそれぞれにおける総合満足点の結果を表2に示す．

自由記述回答の結果からは，良かった点としてインタラクティブ性のメリットを挙げるものが多かった．その一方，悪かった点としては表示がわかりにくいことや理解度が特に不十分な場合には教材の内容も理解できない，ということで，もう少し内容についての説明や分かりやすい表示など改良の余地があることが分かった．

4 まとめ

本研究では大学における情報数理向け教材の試作を行い、実際に授業で利用してその有効性の検証を行なった。情報数理系の科目では学生の事前知識のばらつきが大きい場合が多く、本教材は補助教材として特に有用であると期待できる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 学術研究助成基金助成金基盤研究 (C)No.23501178 の助成を受けたものです。

本研究は経営情報学会「ICTと教育研究部会」の活動の一部として実施しています。

参考文献

- [1] 野村総合研究所：2015年の電子書籍，東洋経済新報社，2011。

- [2] 斎藤正武，“（連載）電子書籍をめぐる業界再編 (2) 教育界への影響”，経営情報学会誌，Vol.19，No.3，pp.300-305，2010。
[3] 菅谷克行，長滝美都子，“教材としての電子書籍に関する一考察”，2008年日本教育工学会研究報告集，No.5，pp.1-6，2008。
[4] 菅谷克行，“教育分野における電子書籍活用に向けて”，2010年日本教育工学会研究報告集，No.4，pp.37-42，2008。
[5] 小柳和喜雄，“電子教科書の運用に関する試行調査研究”，奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要，Vol.20，pp.205-208，2011。
[6] 小林学，石田崇，梅澤克之，平澤茂一，“大学教育のための電子教材の試作～マルチメディアコンテンツの活用～”，情報処理学会第75回全国大会，2013。
[7] 梅澤克之，小林学，石田崇，平澤茂一，“大学教育のための電子教材の試作～情報数理教育向けインタラクティブコンテンツ～”，情報処理学会第75回全国大会，2013。
[8] <https://build.phonegap.com/>
[9] <http://www.mathjax.org/>
[10] <http://publicweb.shonan-it.ac.jp/info/RSA/>

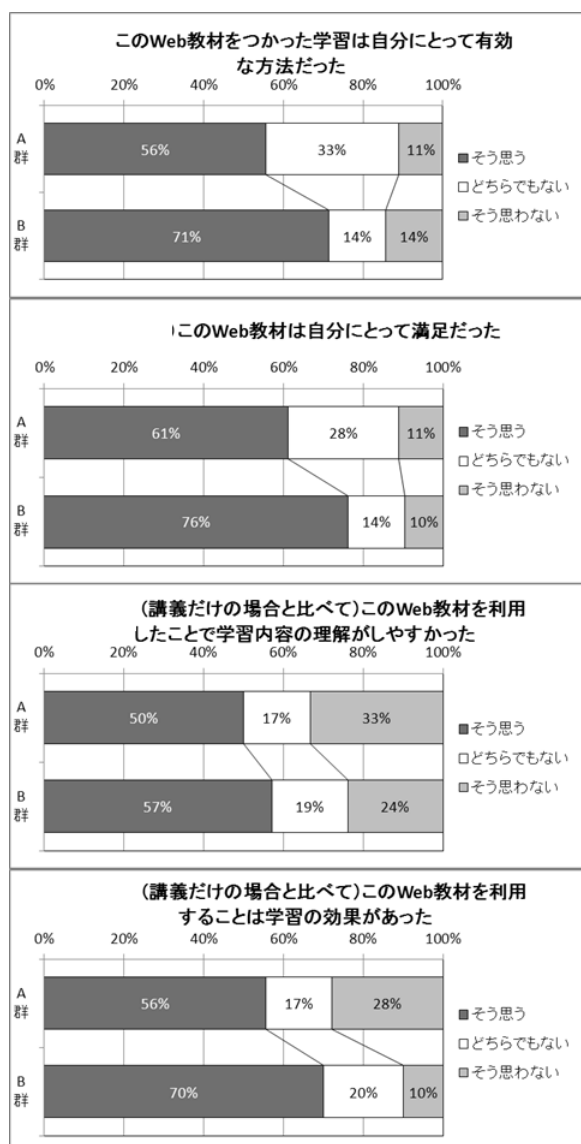


図 4: アンケート回答結果 (その 1)

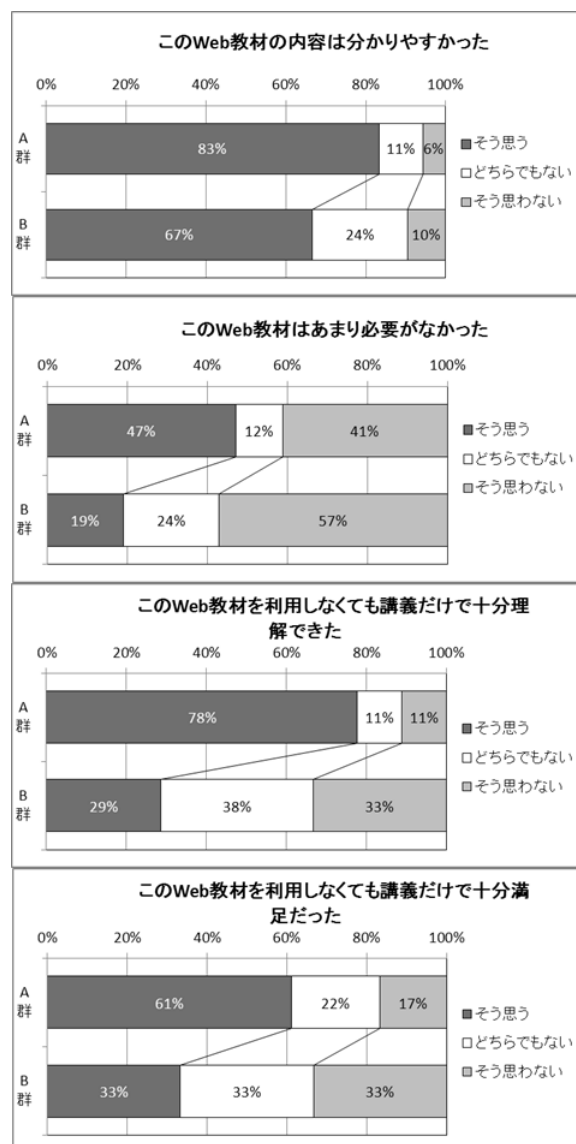


図 5: アンケート回答結果 (その 2)