

平成 22 年 6 月 7 日現在

研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2007 ～ 2009  
 課題番号：19500826  
 研究課題名 (和文) プリント教材と携帯電話用 Web 教材を連携させた基礎数学の教材開発  
 研究課題名 (英文) DEVELOPMENT OF MATH LEARNING MATERIALS: INTEGRATING PRINT MATERIALS AND WEB MATERIALS UTILIZING A MOBILE PHONE  
 研究代表者  
 中村 晃 (NAKAMURA AKIRA)  
 金沢工業大学・基礎教育部・准教授  
 研究者番号：60387355

## 研究成果の概要 (和文)：

プリント教材と Web 教材の互いの長所を組み合わせ手軽に学習することができる新しいタイプの基礎数学の教材を開発した。e-ラーニングにおける数式入力の問題を回避し計算過程の記述を行わせる目的でプリント教材を用い、効率よく学習できるリンクバックラーニングを行うために Web 教材を用いている。さらに、「いつでもどこでも学習できる」ことを実現するために Web 教材は携帯電話対応とした。開発した教材を使った学習事例では、当該教材の有用性が確認できた。

## 研究成果の概要 (英文)：

The new type of basic math teaching materials which integrate print materials and web materials have been developed. The print materials are used to avert the problems of inputting mathematics expressions into computer and to promote the writing of mathematics expressions in the process of answering. The web materials are used to ensure the efficient learning through the link back learning method. To ensure students can learn anytime and anywhere, this approach utilizes cell phones as a learning tool. The case example which is obtained by using these teaching materials indicates the benefit and potential use of these teaching materials.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
20 年度	500,000	150,000	650,000
21 年度	600,000	180,000	780,000
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、教育工学

キーワード：携帯電話、QR コード、数式、数学、Web 教材、プリント教材、e ラーニング、MathML

## 1. 研究開始当初の背景

いつでもどこでも学べる新しい学習スタイルとしてインターネットを用いた e ラーニングが多くの大学で導入され、e ラーニングの端末としてはパソコンが利用されている。

しかしながら、有線 LAN、無線 LAN の接続環境が整いつつあるがインターネットに接続するには、まだまだ場所的な制約が多い。また、パソコンは携帯タイプのノートパソコンでも常に持ち運ぶにはまだまだ大きくて重

たい。それに対して携帯電話は多くの学生が文字通り常に携帯しており、電子メールのやり取りやWebの閲覧などいつでもどこでも携帯電話によるインターネット利用が日常的に行なわれるようになった。しかも、携帯電話の機能の向上は著しく、表示画面も大きくなりeラーニングの端末として十分利用が可能な状態になった。

基礎数学の学習において、学力が不十分な学生が、自学自習するとき問題となるのは、

- (1) 教科書に載っている問題それが理解できないこと。
- (2) 問題を解くのに必要な基礎的な知識が不足していて、その不足している知識をどのように学習したらよいかわからないこと。

である。(1)の対策に対しては、学力の低い学習者でも理解できるような、詳細な解説を提供することであるが、書籍では携帯性やコスト面などから学力の低い学習者が十分理解できるような内容をすべて一冊の本に記載することが困難である。よって、ページ数に対する制約は実質的にないWeb教材を活用することが有効である。

(2)の対策に対しては、筆者が開発しているWeb教材「KIT数学ナビゲーション」を活用したリンクをたどって学習する「立ち返り学習（以後、リンクバックラーニングと呼ぶ）」が非常に有効である。

このように考えると、eラーニングですべて解決しそうであるが、基礎数学の学習においては計算過程を正しく記述することが重要で、計算過程を書く能力を養いにくいという課題がある。しかも、パソコンがなければ学習できない。

以上のことから、本研究では手書きによる計算過程の記述に重点をおいたプリント教材と、eラーニングの端末として携帯電話が利用できるWeb教材を融合し、両者の長所を取り入れた新しいコンセプトの基礎数学の教材開発を行なう。

## 2. 研究の目的

本研究は、紙の媒体と電子媒体とを連携させ従来の印刷された教材およびWeb教材の短所を補い長所を活かすことにより学力が不足している学習者に対しても自学自習が可能となる基礎数学の教材を開発するための研究である。

## 3. 研究の方法

本研究では、紙の媒体としてプリントに印刷されたQRコードを携帯電話のカメラを用いてWeb教材のURLを読み込み電子媒体の携帯電話の画面にWeb教材を表示させることにより、新しいブレンディットラーニングを実践するための基礎数学の教材開発を行なう。

本研究教材について説明をする。

### (1) プリント教材

- ① 各プリント1分野とし、厳選した問題を記載する。
- ② 解答欄があり、手書きで解答できる構成とする。
- ③ プリントのある箇所にWeb教材に導くためのURL記述したQRコードが印刷されている。

### (2) ウェブ教材

- ① Web教材の作成は、手書きしたものをスキャナーで読み込み、画像ファイルとしてHTML文書に組込む手法も取り入れる。手書きする理由は、教材作成が簡便になること学習者が答案の書き方を修得しやすいと考えているからである。
- ② 教材の構成は、[1]問題の解答、[2]問題のヒント(学力レベルに応じたヒントをいくつか準備しておく)、[3]問題の解説(学力レベルに応じたヒントをいくつか準備しておく)、[4]問題を解くのに必要な知識(KIT数学ナビゲーションの同様にリンクバックラーニングが可能な携帯端末用の教材とする)、とする。

次に本研究で作成した教材の学習手順の要点を記す。

- (1) 教員がプリントを配布する。
- (2) 学習者は手書きで解答を作成する。
- (3) 携帯電話でQRコードを読み取り、解答、ヒントなどが掲載されたWeb教材に携帯電話でアクセスし、Web教材を見ながら答え合わせをする。(URLを入力すればパソコンでもWeb教材の利用は可能)。
- (4) 不足している知識はWeb教材で効率よくリンクバックラーニングにより修得する。
- (5) Web教材だけでは解らない場合は、プリントに書いた答案を写真に撮り具体的に電子メールにより教員に質問する。

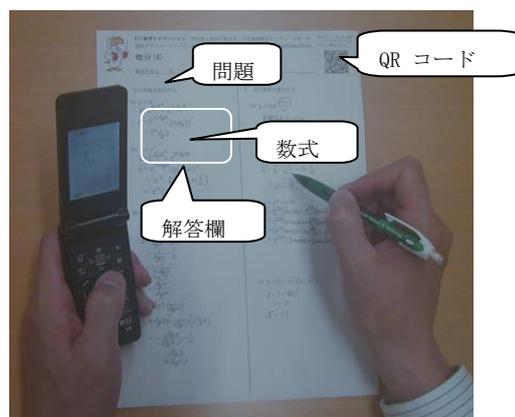


図1 開発した教材を用いて学習している様子

また、学習者が利用したWeb教材から得られるアクセスログ解析により、学習者のWeb

教材の利用動向を分析する。この分析結果、および学習者から寄せられるメールによる質問、Web で実施したアンケートなどから Web 教材の見直しを行い Web 教材の改善を行なう。教材の作成、評価、改善のステップを繰り返すことにより、教材の質を高めていく。

図 1 は今回作成する教材を使って学習している様子を撮影したものである。パソコンを用いないので場所も取らずどこでも学習できることがわかる。

本研究期間内に関数、指数、対数、三角関数および、微分、積分に関する教材を開発する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 開発教材

関数、微分、積分に関する教材は開発が完了し一般に公開している。指数、対数、三角関数に関しては一部開発が完了していない部分があるので公開には至っていない。

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/download/index.html>

で作成した教材を公開しており、誰でも利用することが可能である。

プリント教材の参考書(数学辞典として活用することもできる)の役割を果たす携帯版 KIT 数学ナビゲーションは、現在高校数学の重要な内容はほぼ完成し公開している。開発中のページも含めるとページ数は約 1000 である。携帯版は表示領域が限られるので、PC 版 KIT 数学ナビゲーションとも連携できるように工夫してある。携帯版数学ナビゲーションは、

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/k-tai/k-tai.cgi?target=/math/k-tai/index.html>

で一般公開している。

##### (2) 携帯電話での数式表示

従来、PC 用の Web 教材の数式表示はマークアップ言語の MathML (Mathematical Markup Language) を利用していた。携帯電話の Web ブラウザーは機能が限定されているので、MathML は利用できない。そこで今回、従来手法で作成した教材を携帯電話で表示するために、CGI (Common Gateway Interface) で Web 教材のソースコードの中の MathML を mimeTeX に変換し GIF 画像として数式を Web ブラウザー上に表示することにした。この MathML を mimeTeX に変換する CGI は筆者が perl により作成した。mimeTeX は TeX 形式の数式を GIF 形式の数式の画像に変換する CGI で、Web ブラウザー上に数式を表示するためによく使われている。この方法を採用することにより、従来作成した PC 用の Web 教材も今回の Web 教材に活用することが可能になった。

この変換を具体的に示す。  
 $y = f(x)$  という数式について

[変換前 : MathML の記述]

```
<m:math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML">
```

```
<m:mrow>
  <m:mi>y</m:mi>
  <m:mo>=</m:mo>
  <m:mi>f</m:mi>
  <m:mrow>
    <m:mo>(</m:mo>
    <m:mi>x</m:mi>
    <m:mo>)</m:mo>
  </m:mrow>
</m:mrow>
</m:math>
```

[変換後 : mimeTeX の記述]

```

```

上記のようにサーバ側で MathML の数式を GIF 形式の画像に自動変換することにより携帯電話のブラウザでも数式を表示できるようにした。この成果は特許出願している。

##### (3) アクセスログ解析

Web 教材を用いた学習の分析をするにはアクセスログ分析は欠かせない。今回開発した Web 教材は学習者の利便性も考慮し、ユーザーログインなしで利用できるようにした。また、Web 教材は一般にも公開しているため、分析対象者を利用者全体の中から抽出する仕組みを作り上げる必要があった。QR コードに URL 情報以外にパラメータ値を埋込むことにより、いつでも配布したプリントからのアクセスであるかを特定できるようにした。このパラメータ値をプリント毎に設定し学生に配布することにより、個々の学生のアクセスログを分析することも可能になる。アクセスログ分析ツールを PHP と MySQL で構築し運用している。

##### (4) 学力、学習意欲の評価

今回開発した教材の評価のためにモニターを募集して、実際にプリント教材の問題を解き、Web 教材で学習し答え合わせをしてもらった。図 2 はある学生が微分に関するプリント教材を用いて学習した結果と学習時の Web 教材のアクセスログ結果である。学習者が自己採点した結果、問題の 1. (1)、(2)、(3) の計算が間違えていた。アクセスログを確認すると違えた問題ではヒントも見ているこ

とが分かる。特に問題の 1. (2) に関しては、ヒント 4→対数微分法→合成関数の微分というようにリンクバックして学習をしていることが確認できる。教材を表示している時間(滞在時間)も数分あり教材の内容をじっくり読んでいると推定できる。プリント教材の問題の 1. (4) については間違えているが解答だけを見ているので、解答のみで間違えた原因を理解できたと推定できる。このように自己採点結果とアクセスログを解析することにより、採点結果だけでは分からない学生の学力や学習意欲を評価することが可能となった。

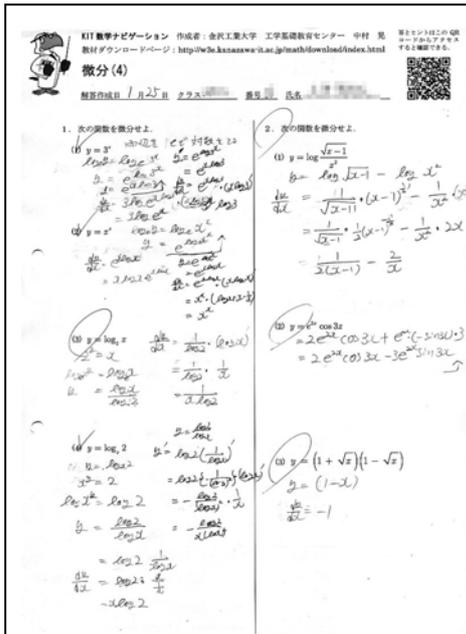


図 2 自己採点結果

表 1 アクセスログデータ

アクセス時間	滞在時間	閲覧ページ
1:24:15	0:00:10	微分(4)の1. (1)の解答
1:24:25	0:03:19	微分(4)の2. (1)の解答
1:27:44	0:00:04	微分(4)のヒント
1:27:48	0:03:57	微分(4)の1. (1)のヒント1
1:31:45	0:00:02	微分(4)の1. (2)のヒント4
1:31:47	0:01:51	対数微分法
1:33:38	0:01:20	合成関数の微分
1:34:58	0:00:40	微分(4)の1. (2)の解答
1:35:38	0:00:17	微分の公式 (微分の性質)
1:35:55	0:11:36	微分(4)の1. (1)のヒント1
1:47:31	0:00:49	微分(4)の解説
1:48:20	0:03:26	微分(4)の1. (3)のヒント1
1:51:46	0:10:06	微分(4)の1. (4)の解答
2:01:52	0:00:09	微分(4)の2. (3)の解答
2:02:01	0:01:32	微分(4)の2. (2)の解答
2:03:33	0:18:53	微分(4)の1. (3)の解答
2:22:26		微分(4)の1. (2)の解答2

#### (5) 教材の活用事例

今回使用した教材は微分(1)、微分(2)、微分(3)、微分(4)のプリント4枚である。本学の数理工統合 III という科目の積分に関する授業を実施する前に、微分の復習目的で上記プリントを学生に宿題として配布した。そして自己採点させた後、次回の授業で提出させた。対象学生は 65 名である。パソコンによるインターネット通信でも学習できるように、授業連絡用のウェブページを利用して、パソコン用の URL も学生に案内した。

プリント配布は 4 月 6 日(月) 5 時限目、プリント提出は 4 月 9 日(木) 1 時限目である。アクセスログデータより学習時間帯を調査した。その結果、夜中に提出前日の夜中に学習していることが明らかになった。

表 2 学習時間帯調査結果

	4月8日	4月9日
0時-2時		9
2時-4時		7
4時-6時		
6時-8時		5
8時-10時		3
10時-12時		
12時-14時	3	
14時-16時	2	
16時-18時	3	
18時-20時	3	
20時-22時	11	
22時-24時	13	

表 3 は開発した教材に関するアンケート結果である。率直な意見を回答してもらるようにアンケートは無記名とした。約 7 割が携帯電話でウェブ教材を確認していた。ウェブ教材は学力が不足している学生に対しても理解できるように心がけたが、15%の学生が分かりにくいところがあると回答していた。今後、分かりにくいところを分析し、教材を修正あるいは追加する必要がある。アンケートの結果より今回開発した教材を肯定的に捉える学生が 9 割り近く存在することが分り、開発した教材が有用であると言える。

#### (6) 携帯端末での利用

無線 LAN 機能を搭載した携帯端末の普及が進んでいる。例えば、PSP(プレステーションポータブル)、ニンテンドーDS、iPod touch、windows mobile を搭載した iPAQ などが挙げられる。これらの携帯端末はウェブブラウザーによりインターネットアクセスが可能で、今回開発した Web 教材を表示することができる。ただし、端末毎に表示を最適化する必要がある。携帯電話だけでなく携帯端末でも

Web 教材を利用できることにより、利用対称者を広げることができた。

表3 教材のアンケート結果

1. 解答やヒントはどのようにして確認しましたか？				
携帯電話で確認した	パソコンで確認した	友達に教えてもらった	認しなかった	携帯電話とパソコン併用
41名	17名	1名	2名	2名
2. ウェブ教材のヒントは分かりやすかったか				
分かりやすかった	一部分からないところがあった	分からなかった	無回答	
50名	10名	1名	2名	
3. ウェブ教材の解答は分かりやすかったか				
分かりやすかった	一部分からないところがあった	分からなかった	無回答	
53名	9名	0名	1名	
4. 教科書や他の参考書を使って学習していた場合と比べて、今回のプリント教材は役に立ったか				
大変役にたった	役に立った	変わらない	あまり役に立たなかった	まったく役に立たなかった
28名	27名	6名	2名	0名

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 中村晃、プリント教材と携帯電話用 Web 教材を連携させた基礎数学の教材開発、KIT Progress 工学教育研究、査読有、No. 16、2009、pp53-61、<http://ci.nii.ac.jp/naid/110007004234/>

[学会発表] (計7件)

- ① Akira Nakamura, THE DEVELOPMENT OF MATH LEARNING MATERIALS: INTEGRATING PRINT MATERIALS AND WEB MATERIALS UTILIZING A MOBILE PHONE、IADIS International Conference Mobile Learning 2010、2010年3月19日、Porto Portugal
- ② 中村晃、リンクバックラーニングによる学力評価方法の開発、CIEC (コンピュータ利用教育協議会) 2009PCカンファレンス、2009年8月10日、愛媛県 愛媛大学、
- ③ 中村晃、携帯電話用ウェブ教材と連携させたプリント教材による数学の学習、日本工学教育協会 平成21年度工学・工業教育研究講演会、2009年8月8日、愛知県 名古屋大学、
- ④ 中村晃、プリント教材と携帯電話用 Web

教材を連携させた基礎数学の教材開発、日本教育工学会 第24回全国大会、2008年10月13日、新潟県 上越教育大学、

- ⑤ 中村晃、携帯電話に対応した数式を含む Web 教材の作成方法、CIEC (コンピュータ利用教育協議会) 2008PCカンファレンス、2008年8月6日、神奈川県 慶應義塾大学(湘南藤沢キャンパス)、
- ⑥ 中村晃、ネット版工学基礎教育センターへの展開、日本工学教育協会 平成20年度工学・工業教育研究講演会、2008年8月3日、兵庫県 神戸大学、
- ⑦ 中村晃、プリント教材と携帯電話用 Web 教材を連携させた基礎数学の教材開発、社団法人私立大学情報教育協会 平成19年度大学教育・情報戦略大会、2007年9月5日、東京都 アルカディア市ヶ谷、[http://www.juce.jp/archives/taikai\\_2007/b\\_02.pdf](http://www.juce.jp/archives/taikai_2007/b_02.pdf)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 数式表示制御装置、コンピュータプログラム、プログラム格納媒体

発明者: 中村晃

権利者: 金沢工業大学

種類: 特願

番号: 2009-002005

出願年月日: 平成21年1月7日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/k-tai/k-tai.cgi?target=/math/k-tai/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 晃 (NAKAMURA AKIRA)

金沢工業大学・基礎教育部・准教授

研究者番号: 60387355

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: