

機関番号：17104

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007 ~ 2010

課題番号：19300263

研究課題名 (和文) e-ラーニングを用いた物理リメディアル教育の実践

研究課題名 (英文) Practice of remedial education of physics with e-learning

研究代表者

高橋 公也 (TAKAHASHI KINYA)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：70188001

研究成果の概要 (和文)：理工系大学・学部における高校物理リメディアル教育のための e-ラーニング教材を開発し、それを入学前教育などで活用した。教材は、テキスト、授業のビデオ、演習・小テストなどから構成される自学自習が可能な統合的な教材である。さらに、補助教材として実験ビデオおよびリアルタイムアニメーションとその内容を理解するための演習問題をリンクさせた教材を開発した。

研究成果の概要 (英文)：We report about one of the development methods of the teaching material for the remedial education of physics by e-learning. It is that unified material consisting of the core text, teaching videos and exercises, with which a student reviews the whole course of high school physics by himself. We also develop the supplemental material that is formed by movies of the physical experiments and real-time animations combined with exercises.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	7,900,000	2,370,000	10,270,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：自然科学教育、e-ラーニング、物理教育、リメディアル教育

1. 研究開始当初の背景

本プロジェクトの目的は、九州工業大学・情報工学部において、e-ラーニングを取り入れた物理リメディアル教育の教育プログラムの構築とその実践を行うことである。本プロジェクト開始当初の背景を述べる。

九州工業大学・情報工学部は情報系の工学部であり、情報技術の教育だけでなく、情報技術と他分野の技術を融合させた教育を行うことを学習・教育目標に掲げている。したがって、専門教育の基礎となる物理系科目の修得は極めて重要であり、物理の基礎科目は、必修科目に指定されている。しかし、総単位

数における物理系科目の割合は他の工学系学部に比べると少なく、全ての学生が物理の基礎知識を十分に身につけるまでには至っていない。

これらの背景に加え、平成18年度から、平成11年度の学習指導要領改訂にともなう新課程の物理教育を受けた学生が入学してきた(2006年問題)。新課程の高校物理の教科書では、波動などの一部の分野でその内容が大幅に削除されている。また、現代物理の項目は選択になっていて、本大学をはじめとする多くの大学で、現代物理を入学試験の指定範囲からはずしている。そのため、平成18

年度以降の入学生は、これまで大学の物理教育が前提としてきた知識の一部が不足しており、これらの不足した知識を入学前の事前教育および入学後の教育で補い定着させる必要がある。

一方、平成18年度から情報工学部の全学科で JABEE の認定を受けた教育プログラムが始動し、さらなる教育内容の充実が求められている。特に、JABEE の要求する授業評価を教育改善に役立てるフィードバック機構を取り入れた教育体制を確立することは重要である。

このような問題の解決手段として本プロジェクトではeラーニングに特に注目するに至った、当時の学術的背景は以下の通りである。欧米をはじめとする諸外国で大学教育や生涯学習の支援システムとしてのeラーニングの開発が行なわれ、それをを用いた教育が実践されて来ている。それを受け、わが国においても企業内教育や大学教育等で eラーニングを用いた教育が推進されていた（清水康敬, e-learning のあり方と展開の視点, 教育システム情報学会誌, Vol. 20 pp. 238-243, 2003）。その中で、eラーニングは、リメディアル教育にとって重要なスキルであることが明らかになってきた。

さらに、国内における他大学等の教育機関では、例えば、eラーニングを用いた物理教育の教材の開発や教育効果のアンケート調査などが行われ多くの実績が挙げられ、その効果についても検証がなされていた（日本物理学会邦文誌「大学の物理教育」等）。

そのような流れの中で、本大学ではeラーニング事業推進室を立ち上げ大学の様々な教育へのeラーニングの実践を行ってきた（大西淑雅他, 九州工業大学における eラーニングの実践, メディア教育研究論文誌 Vol. 1, pp. 45-58, 2004）。物理教育においても、本プロジェクトのメンバーが中心となり教育戦略経費（学内公募資金、平成18-19年度5508千円）を獲得し、eラーニングを取り入れた高校補習教育等が始まった段階にあり、今後のより実践的なeラーニングを取り入れた物理リメディアル教育の展開が強く望まれている状況にあった。

2. 研究の目的

本プロジェクトの目的は、上記の様々な問題の解決に向け、eラーニング用いた物理リメディアル教育の教育プログラムの構築とその実践にある。その成果をもとに、学部教育の新たな教育形態を確立し、大学教育におけるリメディアル教育のモデルの提示を行なう

ことである。具体的には、物理の基礎知識を効率的に学ばせ、それを専門教育と融合させるために、以下の項目を実施することを目指した。

(1) 推薦入試合格者の入学前教育、(2) 高校物理の補習、(3) 予習復習宿題のための教材の開発、(4) 専門教育と物理の知識の融合。

これらの項目を実現するために4年計画でeラーニングを実行するシステムを開発し、教材の開発や教育効果を評価するシステムの構築を行い、評価を教育改善に役立てるフィードバック機構の構築を目指す事を目指した。

3. 研究の方法

本研究費および学内競争的資金（教育戦略経費：平成18-19年度5508千円、平成20-21年度3989千円）を用い、一部教育GP「自学習力育成による学習意欲と学力の向上」（代表：西野和典、平成21-23年度）と連携して以下の項目を行う。

(1) 初年時リメディアル教育のeラーニング教材の開発

高校物理未履修者および学力不足者を対象とした初等物理補習の授業を立ち上げ、そのビデオ撮影・編集を行い、ビデオ教材を作る。また、授業に用いたテキストをeラーニング教材に適したスタイルに書き直し、補助教材としての演習・小テスト問題を作成し、ビデオ教材と共に、高校物理の統合的なeラーニング教材を開発する。その構成を図1に示す。

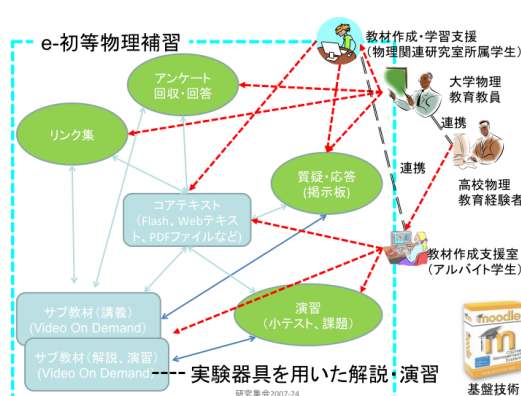


図 1 e-ラーニング教材の構成

(2) 入学前教育のビデオ教材の製作

本大学情報工学部で行っている推薦入試合格者合宿研修（入学前教育）の物理の授業の撮影を行い、ビデオ教材を作成する。また、初等物理補習のeラーニング教材を入学前教育に活用する。

(3) 実験およびアニメーションを用いた補助教材の開発

実験をビデオ化した補助教材の開発を行う。この教材は、講義に関連したビデオ教材を単に作成するだけでなく、パラメータなどを変えた数種類の実験を行い、それらの実験データを学生に提供し解析を行わせることが可能な環境を Moodle 上に構築するという極めて新しい試みである。この教材の目的は、学生に実験データから現象を読み取り解析する能力を養成する点にある。実験項目の選定、実験機材の購入、実験ビデオの撮影、演習問題の作成を行う。また、実験ビデオを補助する教材として物理現象のリアルタイムシミュレーションを行うアニメーション教材の開発を行う。さらに、実際の実験ではパラメータの変更やビデオ化が難しい実験では、フィジカルコンピューティングを用いた教材を開発、ビデオ化し、アニメーション教材と併用した教材を開発する。

(4) 物理教育および専門教育に於ける補助教材の活用

初等物理補習に参加しなかった学生で物理の基礎学力が不足していると判断される学生に対し、初等物理 eラーニング教材を初年次の物理系科目の副教材として活用する。また、項目(3)で開発した教材で、専門教育にも使える教材を選定し、授業の補助教材として活用する。

(5) 教材の評価

開発した教材の評価を行う。具体的には、評価シートを作成し、評価補助の学生アルバイト（十数名程度）に教材を使用させ評価を行わせる。評価シートの回答内容を検討し改善点を明確にし、次年度以降の授業および教材の内容を検討する。

4. 研究成果

(1) 初年時物理リメディアル教育

① 初等物理補習の実施

平成19年度より、本プロジェクトのメンバーが中心となり、高校物理のリメディアル教育を行う科目として「初等物理補習」（1年前期、単位なし）を全学科共通科目として立ち上げた。本科目は、高校物理未履修者および高校物理の復習を望む者を対象としており、毎年100弱の受講生がいる。退職したベテラン高校教員に講師をお願いし、学部の経費

で非常勤講師として雇用した。内容は、力学を主体に、熱、波動、電磁気など大学教育に必要な高校物理の重要な部分をカバーしている。教材となるテキストは、本プロジェクトのメンバーと講義担当者が独自に作成したものを用いている（図2）。

21初等物理補習-2 21A2011

等加速度運動

$$\begin{cases} a = \frac{v - v_0}{t} \dots\dots ① \\ v = v_0 + at \dots\dots ② \\ x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \dots\dots ③ \\ v^2 - v_0^2 = 2ax \dots\dots ④ \end{cases}$$

v_0 : 初速
 v : t 秒後の速度
 a : 加速度
 x : 位置

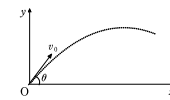
放物運動

物体を斜め上方に投げるとき、水平方向(x軸)と鉛直方向(y軸)に分けて考えると、
水平方向……力が作用しないので等速度運動。
鉛直方向……重力が作用するので、鉛直下向きに $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ の等加速度運動。

□ 物体を初速 v_0 、水平と θ の角度で投げると、どのような運動になるか考えてみよう。ただし、空気抵抗はないものとする。答は解答群の番号で記入すること。

(1) 初速 v_0 を x 方向の成分 v_{0x} と y 方向の成分 v_{0y} に分解すると

$$\begin{cases} v_{0x} = \text{ } \\ v_{0y} = \text{ } \end{cases}$$



(2) 投げ上げて時間が t だけ経過したときの x、y 方向の速度成分 v_x 、 v_y は重力加速度 g の方向を考慮して

$$\begin{cases} v_x = \text{ } \\ v_y = \text{ } \end{cases}$$

(3) また、この時刻における物体の位置 x 、 y は、

$$\begin{cases} x = \text{ } \\ y = \text{ } \end{cases}$$

(4) ③の結果の式は、時間の関数である。この2式より t を消去すれば、 $y = f(x)$ の形にすることができる。したがって、

$$y = \text{ }$$

となり、これは x の二次式であるから物体の軌跡(放物線)を表す。

図 2 初等物理補習のテキスト

② 初等物理補習 eラーニング教材の開発

「初等物理補習」の講義のビデオを撮影し、それと使用したテキストをもとに、演習・小テスト教材、アンケート機能等を加えた eラーニング教材を作成した。図2に、本大学の eラーニング推進室のサーバー上に置かれた eラーニング教材を示す。初等物理補習の講義は14回行われるが、それに合わせて14の単元にわかれている。講義を録画したビデオ教材は、数分の小項目毎に編集しラベル付けして置いてある。また各項目の終わりには、図3に示すような数問の練習問題（選択肢式）が置かれ、学習者がその単元の理解度をチェックすることができるようになっている。また、教材の最後には、最終確認テストおよび実験およびアニメーションを用いた補助教材（項目(3)参照）も置かれている。したがって、この教材を用いれば、高校物理全般を自習することが可能である。

初等物理補習の授業内容を毎年改善したため、それに合わせ、平成19-21年度の3年間は、毎年授業を撮影し、eラーニング教材を作り直した。平成19年度版は、大学の物理教育との繋ぎ教育に主点を置いた、高校物理を履修した学生が復習するのに適した教材

になっている。一方、平成20-21年度版は、教材の難度を下げ、高校物理未履修者に適した教材になっている。



図 3 サーバー上 e-ラーニング教材

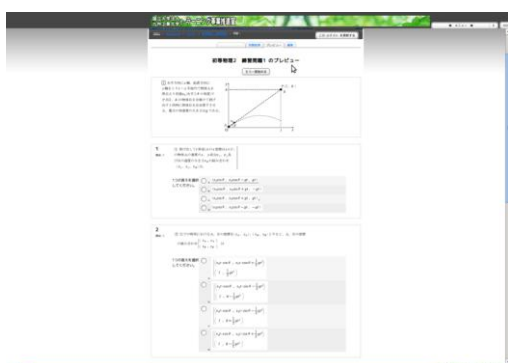


図 4 選択肢式の練習問題

(2) 入学前教育

平成19-20年度では、推薦入試合格者合宿研修の物理の授業の撮影を行い、ビデオの編集を行った。このビデオは将来高校物理短期習得コース教材を作成するときに活用する予定である。また、平成20年度より初等物理補習のe-ラーニング教材を、合宿研修に入る前の予習教材として活用している。

(3) 実験およびアニメーションを用いた補助教材の検討

平成20-22年度にかけ、台車の衝突実験や気柱共鳴など8項目の実験を選定し、実験ビデオを作成した。実験はパラメータを変えて数回作成し、そのパラメータ毎の実験データを用い、データから物理量を計算する演習問題を作成した。図5に台車の衝突実験のビデオを、図6に演習問題を示す。また、実験ビデオを補う教材としてリアルタイムでシミュレーションを行うアニメーション教材の作成を行った。図7に空中衝突実験のアニメーション教材を示す。これらの教材は、初等物理補習の補助教材として活用される。

さらに、平成21年度から、フィジカルコンピューティング用の市販キットを用いてLRC回路やローパス・ハイパスフィルター回

路などを作成し、その実験データをまとめたテキストとそれに合わせたアニメーション教材も作成した。また、物理に近い専門教育(機械力学等)のためのシミュレーション教材の開発も行った。



図 5 台車の衝突実験のビデオ



図 6 台車の衝突実験の演習問題



図 7 アニメーション教材 (空中衝突実験)

(4) 物理教育および専門教育に於ける補助教材の活用

初等物理補習のe-ラーニング教材を、初年時に行われる物理系科目(力学)の再試験対象者に対して、再試験前に試験対策の補習教材として用いた(平成20-21年度)。また、フィジカルコンピューティング+アニメーション教材を電気回路の授業に活用した(平成22年度)。

さらに、平成21年度には、電磁気・電気回路の補習授業を行い、それをビデオ撮影・編集し、授業に用いたテキストと共に、短気習得型のeラーニング教材を作成した。

(5)教材の評価と今後の展望

①初等物理補習の効果

平成19年度から行っている初等物理補習の効果調べるために、補習を受けた学生と受けていない学生の物理系科目の期末試験の比較を行った。図8は、平成21年度に行われた、機械情報工学科の基礎物理学A(1年前期)期末試験における補習を受けた学生と受けていない学生の得点分布を比較したものである。図を見てわかるように、補習を受けた学生は高校物理未履修または学力不足にも関わらず、その分布のピークが補習なしの学生の分布より上の方にあり、補習の効果が見て取れる。他学科においても同じような傾向がみられる。したがって、初等物理補習は一定の成果を上げていると考えられる。

②教材の評価

作成したeラーニング教材の詳細な評価を行うために、平成19-21年度に作成した教材に対し、数十項目にわたる評価シートを作成し、評価補助の学生アルバイト(十数名程度)に教材を使用させ評価を行わせた。

図9に、「(初等物理補習の)教材の内容は、高校物理未履修者の自習に役に立ちますか」との問いに対する回答を示す。ほぼ2/3の学生が肯定的な評価を下している。他の項目についても全体的に肯定的な回答が多い。また、自由記述欄では、電磁気・電気回路等の項目の充実を望む意見があった。これは、初等物理補習が力学に主眼を置いた構成になっているからである。それに対処すべく、項目(4)で述べたように、電磁気・電気回路の短期コース教材を作成した。

図10は、実験+演習教材の有効性に対する回答である。80%の学生が肯定的な評価を下している。その他の質問項目でもほぼ好意的な意見が多くみられた。したがって、実験と演習を組み合わせる教材は、一定の効果があると考えられる。

③教材の活用と今後の展望

これまでにも、推薦入試合格者合宿研修や物理系科目、専門科目の一部で教材を活用してきた。これに加え、平成21年度から、高専生を対象とした遠隔地教育に活用している。また、教育GP「自学自習力育成による学習意欲と学力の向上」で行われている初年時のポトプアップ・トップアップ教育にも教材の活用が可能であると考えられる。

現在、これまで行ったアンケート結果を詳細に解析し、今後の教材改良および本学で検討している初年時物理教育の共通化におけるeラーニング教材の活用について検討を行っ

ている。

今後は、外部への公開も視野に入れて教材の開発を進めていく予定である。平成22年度に本学部で開かれた高校教員対象研修会で、eラーニングを用いた物理リメディアル教育の取り組みを紹介し、その時のアンケートでは、7割以上の参加者が興味を持ったとの回答を得た。今後、物理教育における高大連携に活用して行きたい。また、学外のeラーニング教材開発グループと接触を持ち相互協力の可能性について検討を行っていく。このような試みの中で、大学教育におけるリメディアル教育のモデルの提示し、学部教育の新たな教育形態の確立を模索する。

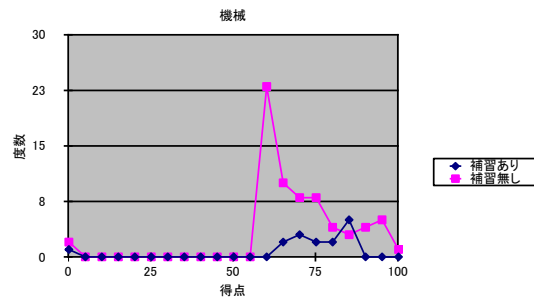


図8 初等物理補習の効果

機械情報工学科における基礎物理学A(力学)の期末試験の得点分布

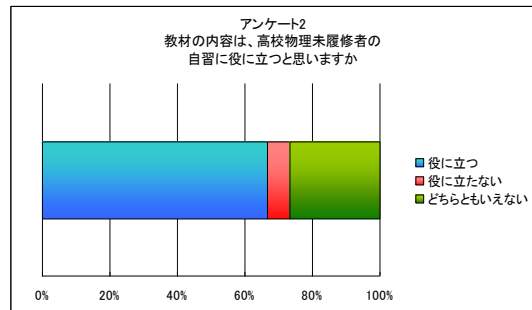


図9 アンケート結果(初等物理補習 eラーニング教材)

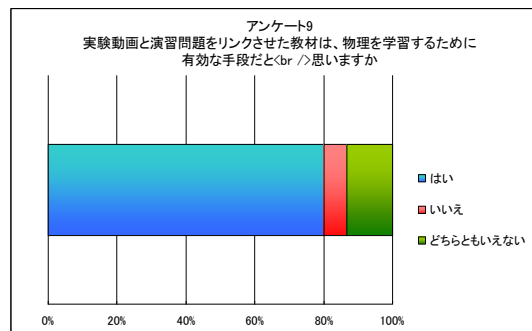


図10 アンケート結果(実験ビデオ+演習問題)

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3件)

- 1) Nishino, K., Iribe, Y., Mizuno, S., Aoki, K. and Fukumura, Y., "An analysis of learning preference and e-learning suitability for effective e-learning architecture", Intelligent Decision Technology, Vol.4, No. 4, pp. 269-276 (2010) 査読有
- 2) Nishino, K., Shimoda, T., H., Mizuno, S., Aoki, K. and Fukumura, Y., "Predicting e-Learning Course Adaptability and Changes in Learning Preferences after Taking e-Learning Course", Proc. of 14th International Conference KES 2010, Vol. II, pp. 143-152 (2010) 査読有
- 3) Nishino, K., Toya, H., Mizuno, S., Aoki, K., Fukumura, Y., "The Relationship between the Learning Styles of the Students and their e-Learning Course Adaptability", Proc. of 13th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, Part II, pp. 539-546 (2009) 査読有

[学会発表] (計9件)

- 1) 山口真之介, 荒牧慎二, 堀内親悟, 大西淑雅 「小テスト教材の作成と配信への取り組み」, 大学eラーニング協議会フォーラム 2010 pp. 42-45 (2011年3月25日) 金沢大学
- 2) 山口真之介, 有馬明日菜, 大西淑雅, 西野和典, 小林史典「音声認識ソフトウェアを活用した講義アーカイブシステムの検討」平成22年度情報教育研究集会 (CDROM 4 ページ) (2010年12月11日), 京都府民総合交流プラザ 京都テルサ
- 3) 高橋公也, 鳥越敏裕, 上野昭治, 小田部 荘司, 大西淑雅, 山口真之介, 西野和典, 永山勝也, 許宗ふん 「実験動画と演習を組み合わせた e-ラーニング教材」日本物理学会講演概要集 第65巻第2号第2分冊 p. 354 (2010年9月24日), 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス
- 4) 小田部 荘司, 鳥越敏裕, 上野昭治, 大西淑雅, 山口真之介, 高橋公也, 永山勝也, 許宗ふん, 西野和典 「実験動画と演習を組み合わせた e-ラーニング教材の作成」2010年秋季第71回応用物理学会学術講演会, pp. 15a-P6-15, (2010年9月15日), 長崎大学文教キャンパス
- 5) 大西淑雅, 戸田哲也, 福田豊, 山口真之介, 西野和典 「mPage を用いた小テスト実施のための予備実験」情報処理学会研究報告 CLE 研究会 Vol. 2010-CLE-2 No. 8, pp. 1-8 (2010年9月2日), 徳島大学

6) 高橋公也, 小田部 荘司, 西野和典, 永山勝也, 大西淑雅, 山口真之介, 許宗ふん, 上野昭治 「e-ラーニングを用いた物理リメディアル教育3」日本物理学会講演概要集 第64巻第2号第2分冊 p. 413, (2009年3月28日), 立教大学

7) 高橋公也, 許宗ふん, 永山勝也, 小田部 荘司, 西野和典, 大西淑雅, 山口真之介, 上野昭治 「e-ラーニングを用いた物理リメディアル教育2」日本物理学会講演概要集 第63巻第2号第2分冊 p. 404 (2008年3月24日), 東大阪市

8) 大西淑雅, 山口真之介, 小田部 荘司, 永山勝也, 高橋公也 「初等物理教育のためのリメディアル教材の開発」平成19年度情報処理教育研究集会講演論文集, No. C1-1, pp. 4, (2007年11月10日), 大阪市

9) 大西淑雅, 山口真之介, 西野和典, 永山勝也, 高橋公也 「Moodle を用いたリメディアル教材の開発」教育システム情報学会第32回全国大会講演論文集, pp. 48-49, (2007年9月12日), 長野市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 公也 (TAKAHASHI KIN' YA)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・

准教授

研究者番号: 70188001

(2) 研究分担者

小田部 荘司 (OTABE SOJI)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号: 30231236

西野 和典 (NISHINO KAZUNORI)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号: 70330157

永山 勝也 (NAGAYAMA KATSUYA)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号: 70363398

許 宗ふん (HUH Jong-HOON)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号: 50325578

大西 淑雅 (OHNISHI YOSHIMASA)

九州工業大学・情報科学センター・講師

研究者番号: 50213806

山口 真之介 (YAMAGUCHI SHIN' NOSUKE)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号: 00380733