

デジタルペンを活用したリメディアル教育での授業デザイン

今井 順一¹⁾・山本 大輔²⁾・小松川 浩¹⁾

我々は、学習者の学力向上に向けた授業改善を目指し、e-Learningを活用したブレンド型の授業デザインを確立してきた。本稿では、特に大学入学後教育でのe-Learning利用という視点で、千歳科学技術大学で現在運用されているシステムを活用した学習の問題点を整理し、数学等の科目を想定して、学習の途中過程を把握する必要性を論じた。そして、ブレンドラーニング環境にデジタルペンの適用を図り、入学後の初年次数学科目での実証を試みた。その結果、学習に対するモチベーションの持続に寄与する可能性が考えられる。

キーワード

デジタルペン, e-Learning, リメディアル教育, 授業デザイン, 学力向上

1. はじめに

物理や数学を必修としない理工系一般入試や推薦入試、AO入試等大学入試の多様化に伴い、多くの大学ではリメディアル教育を行い、高等学校での学習の空白を埋める取り組みを行っている。推薦入試やAO入試等、早い段階で合格が内定した生徒に対し行う入学前教育では、大学入学後必要となる学習内容を、課題を始めとした様々な形態で提示し、入学後の学習がスムーズに行われるように対応している。一般入試で入学してくる高校生は、入学試験が行われる1、2月頃に学力のピークが来るのに対し、推薦入試等で入学してくる生徒は入学内定が決まる早い段階で学習に対するモチベーションの低下が起こる傾向にあり、課題等を提示することにより4月段階での学力差を事前に防止する効果があると思われる。また高等学校側も、合格内定者の学習を維持・継続させることは、一般入試で受験する生徒の心情を考慮した場合、進路指導・生徒指導・クラス経営の観点からも望ましいものと捉えている。近年入学前教育をe-Learningを用いて実施する大学もあり、千歳科学技術大学でも初等中等教育機関と連携し開発したWeb Based Training(以下WBTと記述する)型のe-Learning(小松川・佐々木・今井・大河内, 2004)を活用した入学前教育を行い、効果を上げているところである(川西・今井・小松川, 2006)。入学前教育においてe-Learningを活用する大学は増加傾向にある一方で、我々は、大学初年次におけるリメディアル教育でのe-Learning活用事例は、まだあま

り多くないとの認識を持っている。千歳科学技術大学では数学を中心として、リメディアル教育において積極的にe-Learningを活用した授業展開を推進しており、さらに高等学校でのe-Learning活用もサポートしてきた(今井・山中・小松川, 2005)。一連の研究での実際の活用方法は大きく2つの形態に分類される。ひとつは通常の授業とのブレンドラーニングで、e-Learningはおもに授業の復習や宿題として取り組ませ、集合学習の形態は取らず、各自が学習場所や時間等自由に設定する自律的な取り組みとしている形態である。もうひとつは再履修での取り組みで、基本的にe-Learningでの課題学習を中心として通常の集合対面型の授業は行わない形態である。あくまでもオンキャンパス型であることから、教員からの指導も必要に応じて対面で行われることもあるが、対面形式の授業自体をe-Learningで置き換える遠隔学習に近い形態となっている。これらの取り組みで我々は、効果的に学習が行われるような、ブレンドラーニングによる授業デザインの構築を行った(今井・山中・小松川, 2006)。

e-Learningの取り組みは、多くの大学で浸透してきており、e-Learningの教材開発の手法(鈴木・井町・笠原・佐藤・車古・高田・松本・森・堀井, 2006)や、e-Learningによる教育方法の研究(穂屋下・田代・藤井・米満・梅崎, 2007)、社会人向けのe-Learning(不破・右代・國宗・新村, 2007)等様々な取り組みが行われている。しかし上記の通りリメディアル教育での本格的なe-Learning活用事例(長加奈子, 2006)(鈴木・石黒・佐藤・森, 2006)はまだまだ少なく、そのため先行して行われている多くのe-Learningの活用事例を踏まえ、リメディアル教育での活用に向け、今後さらなる幅広い検証を行っていくことが必要な状況にある。そこで、本研究では、上

¹⁾ 千歳科学技術大学

²⁾ 北海道札幌稲雲高等学校

記の2つ代表的な事例について、e-Learning学習の問題点等を整理した上で、ICT活用の可能性の提案および検証を行う。具体的には、e-Learningに取り組む学習者の途中過程の把握を可能とするデジタルペンを活用して、e-Learningを通じた自学自習と授業の置き換え型の再履修授業についての実証評価を行う。従来のe-Learningによる学習指導は、LMSを活用して行ってきた。しかしLMSから得られるデータは、完結した学習情報を把握することは可能であったが、学習の途中過程までは把握出来ていなかったのが現状である。そこでデジタルペンから得られる現在進行形的な学習の途中過程の情報と、e-LearningのLMSデータによる完結した学習情報とを、一元的に管理する形態の学習指導による教育手法を試みる。

2. e-Learning学習の問題点

2.1 e-Learningの限界

e-Learningによる学習のメリットとしては、演習問題のヒント機能やアニメーションを多用した教科書等、学習を飽きさせないサポートにより、学習者が自分のペースで学習でき、自律的な学習を促す効果が見られる点であろう。また教員は学習管理システム(Learning Management System : LMS)により学習者全員の学習時間や学習状況を詳細に把握できることから、成績に問題が起りそうな学習者を事前に予測して速やかな対応が可能となる。学習者もLMSにより、各自の学習状況を把握・分析できることから、個に応じた対策を講じることができる。

一方、e-Learningを利用したりメディア教育や大学初年次教育を効果的に推進するには、e-Learningでの学習方法を学習者にしっかりと指導することが重要である。LMSからの学習情報は、「どの教科を学習したか」「学習を行った時間帯と実施時間」「正解率・ヒント率・学習の達成度」等の完結した情報であり、これらは詳細に把握可能である。しかし、「どのように取り組んだのか」等、学習のプロセスに関する情報をLMSだけで把握することは困難である。例えば、LMS上では学習時間はそれなりに確保できていても、本当に勉強していたのかを把握するためには、学習時間以外のLMS情報を総合的に判断しなければならず、なかなか容易ではない。学習結果としてのテストの点数はもちろん重要ではあるが、学習者の取り組む学習のプロセスはそれ以上に重要なものと考えられる。学習過程を検証することにより、学習者の抱える弱点や問題点等が明確になり、より効果的な対策を講じることが可能となり、学力向上に繋がると考えるからである。そのためe-Learningで課題等を行う際、事前に学習者にLMSの限界を示すことを含め、真面目に取り組むことの重要性等を教育ポリシーとしてしっかりと伝えることが必要となる。最先端のICTを活用した

教育システムとして、e-Learningは効果的な学習ツールではあるが、指導者の経験や指導方法といったものとの相乗効果により、大きな成果が上がるものであり、あくまでも学習の中心は学習者と教師であることに変わりはない。

2.2 先行研究

本研究グループでの実証事例(特に数学等)での思考過程や計算過程が重要となる教科においては、e-Learningで課題を行う際、計算過程を記したノートの提出も義務化している。これは学習過程を正確に把握することが困難であるLMSの機能を補完する取り組みと考えている。こうしたノート提出といったアナログ的な手法とe-Learningといったデジタル的な手法の組み合わせにより、学力の向上に関する確認も行っている(今井他, 2006)。

しかし、こうした手法にも問題点は残っている。提出されたノートを一人一人詳細にチェックすることで、ある程度学習の状況は理解できる。しかしながら、一方でこれはICT活用による効率的な学習状況の把握というメリットには相反する。本研究グループでは、教師は簡便に学習者の学習状況を把握して、詳細に学習者に学習指導を図る教育デザインを基本としている。

そこで我々は、これらの問題の解決を図るひとつの手法として、従来のLMSと併用する形でノート等に記述した筆跡情報を時系列的に追跡することが可能なアノト方式デジタルペン(アノト社:以下デジタルペンと記述する)を活用した学習状況の把握を試みた。実証実験において、課題等に取り組む学習時間全体に対し、デジタルペンが用紙についている時間、すなわち文字等を書いている時間の割合を筆記率と定義し、データの分析を行ったところ、詳細な学習状況を把握することが可能となり、効果的な学習指導を行うことが期待できる結果となった(川西・今井・小松川, 2008)。

これに対し本研究では、開発したシステムを活用して、実際の教育現場への適用を図ろうとしている。特に、初年次教育を中心としたe-Learning利用における学習プロセス上の問題点を改善するための取り組みを実践・評価して行く。

3. デジタルペンの概要

3.1 アノト技術

コンピュータ技術の向上やネットワーク網の整備により、e-Learningのみならず携帯電話を利用した授業管理(植木・米坂・冬木・荒川, 2005)や学習教材としての利用(加藤・江見・石井, 2005)等、教育分野にもユビキタスネットワークが浸透してきている。一方、日本語教育や理数科目の計算等では、キーボードからの入力だけでは限界があり、「紙に書く」ことが必要となってきた。

そこで、タブレットやデジタルペン等のユビキタスイインターフェイスの研究も進んでいる（栗原・伊藤・五十嵐, 2006）。特にデジタルペンは、筆跡の追跡が可能となるため、学習指導での応用が期待されている。アノト技術とは、デジタルペンで紙に手書きした文字やイラスト等の情報がデジタル化され、保存・送信することができる機能である。

デジタルペン（図1）は、カメラ、イメージプロセッサ、メモリ、通信ユニット、インクカートリッジ、筆圧センサ等から構成されている。使用する紙は、微細な円形ドットで構成される特殊なドットパターンが印刷された専用紙を使用する（図2）。ドットは約0.3mmの間隔で直交する格子状に配置され、しかも格子から上下左右のいずれかにずれており、専用紙はすべて固有のドットパターンを持っていることから、用紙の種別や座標の特定が可能となる。この専用紙にデジタルペンで書き込むと、ペン先に内蔵されたカメラがドットパターンを毎秒75回の速さで撮影する。デジタルペンに内蔵されたカメラで一回に読み取れる範囲は6×6ドット（1.8×1.8mm）で、この36個の各ドットが固有のドットパターンとなり、イメージプロセッサにより、撮影されたドットパターンの処理が行われ、書き込んだ文字やイラスト等の座標、時刻、筆記速度等の情報が記録される。デジタルペンの内臓メモリはおおよそA5サイズで40ページの記録が可能である。読み取ったペン内のデータはインターネットを通じアプリケーションサーバへ送信される。アプリケーションサーバでは文字等を書いた時刻や書いた順番などのデータ処理を行う。これにより筆記情報を把握することが可能となる。図3は、デジタルペンと専用紙で、実際に学習している様子である。一般に学習者の多くは計算等を行う際、鉛筆・消しゴムを使用し、間違えたところを消しゴムで消して訂正しながら学習を進めるが、デジタルペンはインクカートリッジ式となっており、書いた文字等を消しゴムで消すという事は行わない。



図1 アノト方式デジタルペン（日立マクセル株式会社）

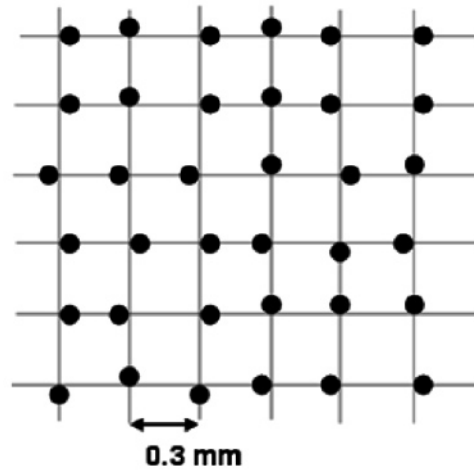


図2 アノト機能対応専用紙（アノト社）



図3 デジタルペンと専用紙

3.2 アプリケーションシステム

デジタルペンによる学習過程を閲覧するために、システム（Anoto-ICT教育システム）を構築した。本システムはデジタルペンデータ解析用アプリケーション（Application Service Handler：ASH）とLMSの機能を有する2つのシステムからなる。図4にA-ICT教育システムの構成図を、また図5に開発環境を示す。

A-ICT教育システムはブラウザ上で動作するWebアプリケーションであり、実装にはサーバーサイド技術であるJ2EE（Java 2 Enterprise Edition）を活用した。その他サーバーサイド技術として、MVC（Model View Controller）モデル2、JSP（Java Server Page）、Servlet、Strutsフレームワーク、Flashを用いた。またデータベース管理としてリレーショナルデータベースとXMLデータベースを用いた。アプリケーションの機能として、ユーザー管理機能、手書き学習情報閲覧機能、掲示板機能を有している。学習情報閲覧機能は、「筆記開始時刻」「筆



図4 A-ICT教育システム構成図

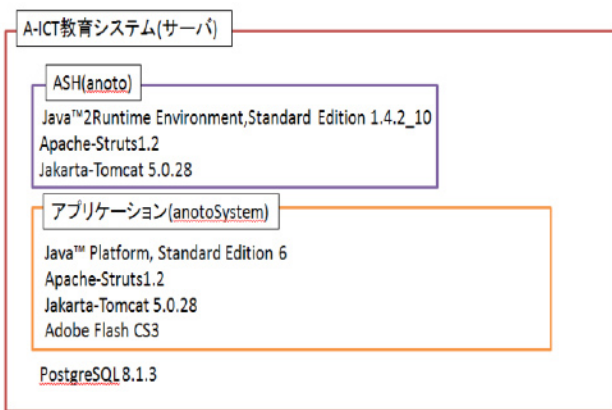


図5 開発環境

記終了時刻」「学習時間」「静止画」「アニメーションでの再生動画」となっている。再生速度も1倍速から256倍速を選択でき、グラフの動きと連動して学習者の実際の筆跡通りに計算過程等が再現される。

図6にシステムのユーザーインターフェイスを示す。画面左上のグラフは筆記の度合いに関する時系列データの動画制御画面である。縦軸はストローク数を表している。ストローク数は、「正」だと5、「三」だと3といった画数を表す。また、ポイント数はカメラが撮影を行っている回数を表す。カメラは1秒間に75回撮影を行っているが、ペンが紙から離れている時と座標が動かない時は撮影されない。我々は、全体の学習時間中で筆記に要した時間を筆記率として定義した。ここで、アルファベットの「a」から「z」までを連続して書いた場合の筆記率平均は約95%である。図6に示す結果の場合、筆記率は83.3%とかなり高い。これは、図6に示すグラフの形が直線的であることから類推できる。つまり学習者は、書くことを止めず、スムーズに書いている状況が予想される。この場合、易しい問題であったか、学習者が優秀であるか、解答やヒントを単に写していただけ、ということが考えられる。

こうした状況の詳細の把握については、該当する課題

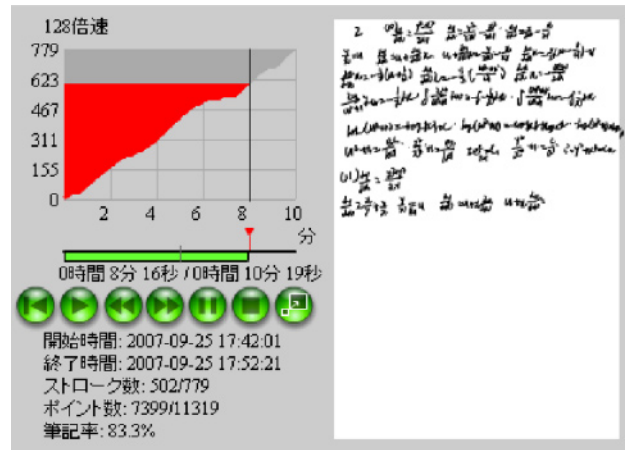


図6 時系列データの動画制御画面 (筆記率が高い例)

anoto学習データ			eラーニング学習データ	
学習時間(分)	筆記率	停止回数	コース学習時間(分)	達成度平均
197.77	58.97	85	160	30

図7 LMSとの学習データリンク画面 (個人)

の内容をe-Learningで提示し、LMSから取得できるデータとの併用からの総合的な判断により、正確な診断を下すことができる。本システムでは、図7に示すように、デジタルペンで取得できる学習時間・筆記率と、該当するe-Learning上の問題の解答に関するLMS上のデータを一元的に閲覧することができる。停止回数とは3秒以上ペンが紙から離れている状態であると、本研究では定義している。図7は個人毎のデータであるが、図8に示すように、学習者全体のe-Learningとデジタルペンの併用データを閲覧する機能も実装している。この全体データから個々のデータを見ることなく、学習者全体の取り組みを閲覧することにより、学習の取り組みに問題のありそうな学習者を絞り込み、その上で時系列データによる詳細な分析を行なうのである。このため非常に効率的でより効果的な学習指導を行うことが可能となる。

一方、図9に筆記率が低い場合(19.6%)のグラフを示す。グラフの形態は、階段状になっており、直線の傾きがフラットになっているところは、筆記が停止している状況を示している。これは、基本的には、考えながらしっかりと学習が行われていることが考えられる。しかし、難しい問題なので考えているため停止、学習者が苦手としているので手が動かない、あるいは休んでいる等も考えられるが、いずれにせよLMSとの併用により、詳細な学習状況の把握が可能となる。

アカウント名	枚数	anoto学習データ			eラーニング学習データ	
		学習時間(分)	筆記率	停止回数	コース学習時間(分)	達成度平均
B2070030	1	35	20.58	32	50	5
B2070820	11	145	41.37	90	440	52
B2071710	9	188	25.23	186	230	55
B2071460	2	106	15.29	92	210	56
B2052190	9	119	26.74	121	195	23
B2071440	12	197	58.97	85	160	30
B2071430	8	131	24.29	130	337	75
B2071280	9	110	29.92	93	160	45
B2070730	4	20	19.22	16	77	50

図8 LMSとの学習データリンク画面（全体）

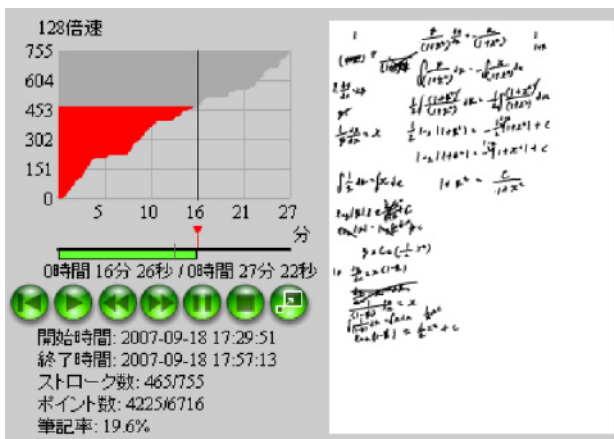


図9 時系列データの動画制御画面（筆記率が低い例）

4. 高等学校でのデジタルペン活用の実施例

我々は、e-Learningとデジタルペンの併用による利用実践の前に、比較検証実験として、デジタルペンのみを活用した際の教育評価を行った。なお千歳科学技術大学では、e-Learningを利用した数学教育が主軸となっているため、日頃e-Learningを併用していない教育機関の学習群（北海道札幌稲雲高等学校の3年生の数学Ⅲ選択者49名）での有効性を検証するため、実証実験を行った。今回は学習過程を把握できるデジタルペンを用いて、期末試験対策用課題の取り組みを行い、その後行われた期末試験での結果を検証することで、実証評価を行った。数学Ⅲ選択者はAクラス（25名）とBクラス（24名）の2つのクラスに分かれて授業を行っているが、Aクラスでデジタルペンを使い、Bクラスは使用しないこととした。授業とは別に、課題として試験範囲の演習問題(B4

プリント4枚分）と併せて解答も配付し、試験対策に役立てるように指示した。特に拘束時間は設定せず、学習を行う場所等についても生徒の自由とした。生徒は休み時間や放課後、教室や自習室等で学習したり、家庭で学習したりと、基本的に自学自習の形態とした。実施時期は平成19年8月後半から9月前半の3週間で、その直後に定期試験が行われた。図10は教室でデジタルペンを用いて試験のため自習している様子である。

デジタルペンを使用するAクラスの生徒には、最初にデジタルペン等必要機器の配付および使用方法と学習方法についての説明を行った。説明では「カメラによって学習状況がすべて把握される」ことを強調した。

先行して行われていた6月の中間試験では、Aクラスの平均点は62.8点（標準偏差17.9）、Bクラスの平均点は74.1点（標準偏差11.9）で、Aクラスの平均点からBクラスの平均点を引いた差は-11.3点であった。一方、期末試験では、Aクラスの平均点は76.7点（標準偏差24.5）、Bクラスの平均点は71.5点（標準偏差25.1）となりAクラスの平均点からBクラスの平均点を引いた差は+5.2となった。その結果、6月の中間で成績の悪かったAクラスが、9月の期末ではBクラスを逆転する結果となった。図11に、デジタルペンを使用しないBクラス



図10 デジタルペンでの自習の様子

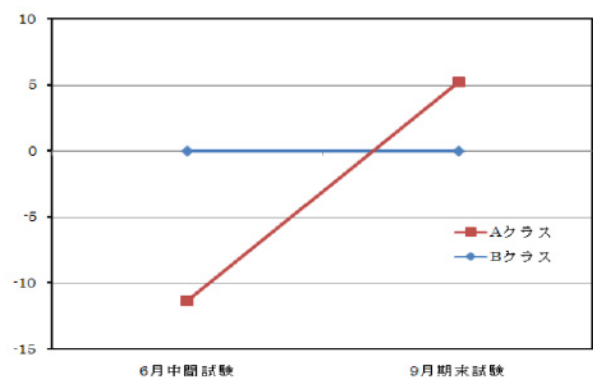


図11 高等学校での実証評価結果

の平均点を基準 (0点) とし、デジタルペンを使用したAクラスの相対的な平均点 (6月-11.3点, 9月+5.2点) のグラフを示す。

この結果、デジタルペンを利用した方が良い成績を得た。デジタルペンを使った生徒の授業評価アンケートでは、「デジタルペンによる学習に興味がありますか (図12)」、「デジタルペンでの学習は効果がありましたか (図13)」、「デジタルペンは学習のモチベーションの維持に役立ちましたか (図14)」、「デジタルペンでの学習を継続したいですか (図15)」の設問に対し、デジタルペンでの学習に概ね高い評価を行っていることが伺える。また、「学習時間がのびた」、「真面目に取り組んだ」、「解答の丸写しをしなかった」、「途中であきらめなかった」等の感想も聞かれた。カメラ効果により、学習者はあたかも学習の様子を監視されている感覚や、自分の学習を見守ってもらっているような安心感を持ち、比較的孤独感を抱く傾向にある自学自習形式の学習においても、モチベーションが維持し易かった可能性が考えられる。結果、得点の上昇に結びついたと考えられる。

5. 数学でのデジタルペン活用事例

5.1 数学Bでの取り組み

本章では、入学後教育でのe-Learning活用の問題点を解決するためのデジタルペン活用についての事例結果の報告を行う。特に本節では、宿題等の自学自習環境でのe-Learning利用についての事例を検討する。具体的には、平成19年秋学期 (10月~3月) の千歳科学技術大学での初年次教育科目である、数Bで検証を行った。数学では学生の申告による習熟度別の2クラス編成を行っており、今回検証を行ったのは、数学があまり得意でない学生のクラスで行った。このクラスは「講義」、「演習」、「基礎クラス」の3つで構成されている。「基礎クラス」は、e-Learningを活用したりメディア教育を行う補習授業で、学習者は自学自習形式で課題に対応し、質問等を決まった時間に適宜受け付ける形式となっている。

我々は、この「基礎クラス」でデジタルペンによる学習効果の実証評価を行った。この「基礎クラス」はA・Bのふたつに分かれていることから、デジタルペンの利用はAクラス (29人) のみで行った。Aクラスはデジタルペンとe-Learningの併用による学習指導を行い、Bクラス (32人) は従来通りのe-Learningのみによる学習指導とした。デジタルペン使用の説明の際、前述した高等学校の場合と同様に「学習状況がデジタルペンにより詳細に把握できる」ことを伝えた。秋学期が始まる9月に行われる共通クラス分け試験では、Aクラスの平均点は36.8点 (標準偏差14.1)、Bクラスの平均点は41.3点 (標準偏差18.2) で、Aクラスの平均点からBクラスの平均点を引いた差は-4.5点であった。10月に行われた1回目の中間試験では、Aクラスの平均点は44.1点 (標準偏

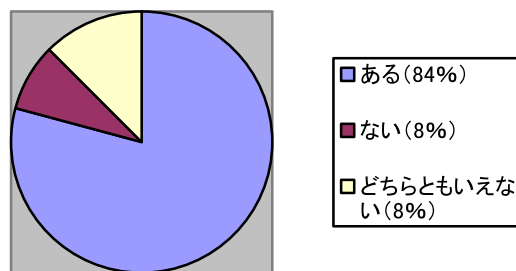


図12 デジタルペンに対する興味度

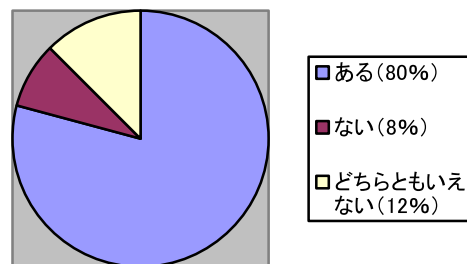


図13 デジタルペン利用での学習効果

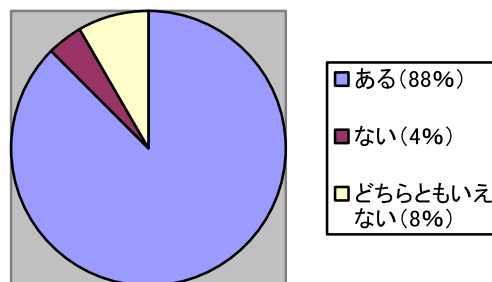


図14 モチベーションの維持効果

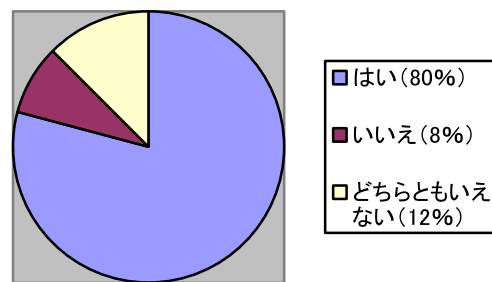


図15 デジタルペン学習の継続

差25.0)、Bクラスの平均点は41.1点 (標準偏差31.9) となりAクラスの平均点からBクラスの平均点を引いた差は+3.0となった。その結果、9月のクラス分け試験で成績の悪かったAクラスが、10月の1回目の中間試験ではBクラスを逆転する結果となった。さらに、11月に行った2回目の中間試験ではAクラスの平均点は60.9点 (標準偏差19.9)、Bクラスの平均点は60.8点 (標準偏差29.7) となりAクラスの平均点からBクラスの平均点を

引いた差は+0.1であり、ほぼ同点となった。図16に、デジタルペンを使用しないBクラスの平均点を基準（0点）とし、デジタルペンを使用したAクラスの相対的な平均点（9月-4.5点、10月+3.0点、11月+0.1点）のグラフを示す。この結果、デジタルペンの利用により、1回目の中間試験についてはAクラスの得点上昇が見られたが、2回目の中間試験では大きな得点差は見られず、デジタルペンを利用することにより、得点が上昇するとは言いきれない結果となった。一方成績不振者の対策に関しては、デジタルペンの利用が効果的である傾向が伺える。表1は各試験で、平均点の半分以下の得点であった学生の人数であり、これらの学生を成績不振者とする。デジタルペン利用クラスの成績不振者の学生が少ない結果となり、これにより、デジタルペンは学習に対するモチベーションの維持に寄与する可能性が考えられる。

さらに我々は、デジタルペンの学習に対するモチベーション持続の効果について、成績不良者を中心に検証した。1回目の中間試験で得点が平均点の半分以下か、あるいは欠席した学生を分母にし、さらにその中でその後単位不認定となった学生を分子とした数値を算出した。これをモチベーション低下率とよび、この数値が大きければモチベーションが低下しており、小さければモチベーションが維持されていることを意味するものとした（表2）。デジタルペン利用クラスでは対象学生5名で、その中で単位不認定者は1名であった。一方、未利用クラスの対象者は12名でその中で単位不認定者9名であっ

表2 モチベーション低下率

クラス名	中間1回成績不良者	単位不認定	モチベーション低下率
Aクラス（利用）	5人	1人	20%
Bクラス（未利用）	12人	9人	75%

た。利用クラスと未利用クラスを比較すると、モチベーション低下率に大きな差が現われており、利用クラスではモチベーションが維持される傾向にあることが伺える。今回は行わなかったが、さらにLMSによる学習時間の差異を分析検証することで、利用クラス・未利用クラスの取り組みの相違点の詳細な把握も可能となろう。

5.2 数学B・D再履修での取り組み

平成18年度春学期（4月～9月）に行った、数学B再履修クラスでも、デジタルペンを利用した取り組みを行っている。この授業は前述のオンキャンパス型の授業と違い、ほぼ遠隔学習の形態をとっており、学習に対するモチベーションを維持できるかが課題であった。対応策として、2週間に一回程度学習の進捗状況について、呼び出して指導を行う等、ある程度対面型の形態を取り入れながら学習指導を行った。さらにデジタルペンの利用を組み入れた授業デザインとした。その結果、受講した11名中8名が合格し、合格率は約73%となった。この科目での例年の平均合格率が30%程度であることを考えると、この取り組みによる効果が示唆される。デジタルペンを使った学生の授業評価アンケートでは、「e-Learningによる遠隔授業について（図17）」の設問では38%が良いと回答している。その理由としては「自分のペースで学習できる」「再履修だから座学でなくてもよい」との回答があった。「デジタルペンとe-Learningの併用について（図18）」の設問では、半数が併用型を支持する回答をしている。再履修の講義では授業内容の理解もさることながら、途中で諦めずに最後まで頑張れるかどうか合否におおきく影響するため、モチベーションの維持が重要となる。そのため、一週間ごとに課題の締め切り日の設定、定期的な呼び出しによる面談等モチベーションを維持させるための授業デザインによる取り組みを行ってきた。より効果的な学習指導を行うための核となる部分でもある、「モチベーションを維持できた要因（図19）」の設問に対しては、デジタルペンの活用が38%と一番多かった。学生からは、「デジタルペンがなければ頑張れなかった」、「見られているようで、さぼらずにできた」との感想を得た。従来から行ってきた「課題締め切り日の設定」、「面談」、「e-Learningシステム」に加え、デジタルペンという新たなツールのブレンドによる取り組みは、効果的な授業デザインといえよう。

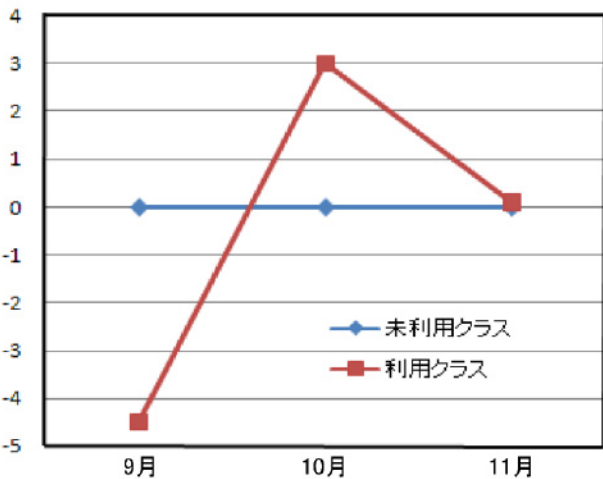


図16 数学B 実証評価結果

表1 成績不振者数

クラス名	9月 クラス分け	10月 中間1回目	11月 中間2回目
Aクラス (利用)	6人	5人	1人
Bクラス (未利用)	5人	12人	5人

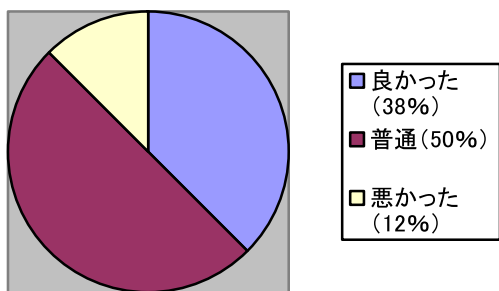


図17 e-Learningによる遠隔授業

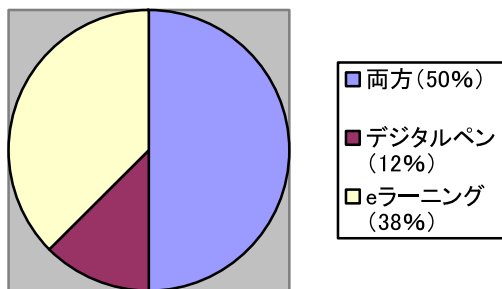


図18 デジタルペンとe-Learningの併用

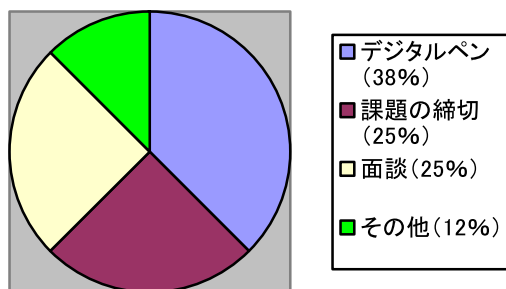


図19 モチベーション維持の理由

デジタルペンにより、教師側も学習者がどこで躓いているかをより正確にチェックできるなどの確な学習情報の取得ができ、効果的な学習指導を行うことが可能となるのである。従来手作業で行っていた、ノートチェックもデジタルペンを活用することで一元的に評価できるなど、指導の効率化も図れる。学習効果を上げるためには授業だけで閉じることなく、様々なアプローチにより、学習者に手を掛けることが大切である。従来の指導方法と新しいICT活用教育とのブレンドという手法を効果的に機能させることがより重要となろう。

なお、上記の取り組みのあと、平成18年の秋学期(10月～3月)に行った数学D再履修では、比較検証実験としてデジタルペンを使わず、e-Learningだけによる取り組みを行った。受講希望者は20名で、合格した学生は、数学B再履修と比較し大幅減となり、8名合格で合格率は40%に留まった。春学期の数学B再履修では合格したが、数学Dでは不合格となった学生からは、「デジタ

ルペンがあれば合格できた」との声も聞かれたのが印象的であった。今後さらに実証評価を行い、より効果的な授業デザイン的确立を目指す必要がある。

6. まとめ

デジタルペンの導入事例として、医療分野での「電子カルテ」等、金融関係では「商品申し込み用紙の記入」等、教育分野では「採点」、「論文指導」等、サービス業では「アンケート集計サービス」「ホテル宿泊者カード」等様々な分野において導入が進められている。まさに使い方はアイデア次第と言えよう。千歳科学技術大学では、現在約20校ある高大連校の生徒対象に、一部の大学初年度科目をe-Learningによる講義で受講することができる、科目等履修制度を行っている。実施教科は数学、英語、情報である。ほぼ完全な遠隔授業となるため、質問等のやり取りもe-Learningのシステム上で行われるが、複雑な内容の質問、特に数学等で数式や図形についての質問の対応が大きな課題であった。しかし今回テストケースとしてデジタルペンの利用を試みたところ受講生からの評判も良く、対応も比較的スムーズに出来た。e-Learningの問題点を補完する形でデジタルペンとのブレンドでの利用の場は今後大きく広がると思われる。

従来課題等をチェックする際、「やってあるか」「やってないか」といった完結した情報が概ね評価の基準となっていた。課題はよく取り組んでいたのにも拘らず、試験では点数に結び付かない学習者に対し、何が原因なのかを瞬時に判断し指導することはなかなか困難であり、原因究明は教員の経験則に大きく依存する状況であった。一方、デジタルペンからの情報は同期・非同期の別はあるが、現在進行の形で課題等への取り組み状況を確認することができる。「本当に考えて解いたのか」、「ヒントや解答を写しただけなのか」、「どこで躓いているのか」等コンピュータ上で、あたかも教員が教室で学習者の学習を観察しているような状況を再現できるのである。これらの情報から教員側も、「課題の難易度が適切であったか」「授業で理解度はどうであったか」等、指導上有益な情報を得ることもでき、授業改善に繋げることが可能となる。今後さらに実証評価を行い、より効果的な授業デザイン的确立を目指す必要がある。

引用文献

- 小松川浩・佐々木康人・今井順一・大河内佳宏 (2004). 中大連携による数学e-Learningシステムの開発 工学教育, 52-1, 82-87.
- 今井順一・山中明生・小松川浩 (2005). e-Learningによる理数系基礎教育の実施例 応用物理教育, 29-1, 35-40.
- 植木康博・米坂元宏・冬木正彦・荒川雅裕 (2005). 携帯電話を用いた出席確認システムの開発と評価 教育システ

- ム情報学会誌, 22(3), 210-215.
- 加藤 崇・江見圭司・石井 充 (2005). ケータイを活用したユビキタス英単語 教育システム情報学会, **22-3**, 206-209.
- 今井順一・山中明生・小松川浩 (2006). e-Learningによる工科系数学教育に関する実証評価 工学教育, **54-4**, 16-20.
- 川西雪也・今井順一・小松川浩 (2006). 理工系初年次教育のための教育情報システムの実践研究 リメディアル教育研究, **1-1**, 74-81.
- 栗原一貴・伊藤 乾・五十嵐健夫 (2006). 編集と発表を電子ペンで統一的行うプレゼンテーションツールとその教育現場への応用 コンピュータソフトウェア, **23-4**, 14-25.
- 鈴木恒雄・石黒克也・佐藤正英・森 祥寛 (2006). リメディアル教育内容を含む初級物理学のIT教材開発の取り組み リメディアル教育研究, **1-1**, 88-95.
- 鈴木恒雄・井町智彦・笠原禎也・佐藤正英・車古正樹・高田良宏・松本豊司・森 祥寛・堀井祐介 (2006). 教材開発とe-Learningの学内普及に向けての取り組み メディア教育研究, **2-2**, 11-17.
- 長加奈子 (2006). e-Learning教材を利用したリメディアル教育 リメディアル教育研究, **1-1**, 68-73.
- 不破 泰・右代美香・國宗永佳・新村正明 (2007). e-Learningを用いた社会人遠隔学習における質保証への取組－学生サポートの実践と評価－ メディア教育研究, **3-2**, 13-23.
- 穂屋下茂・田代雅美・藤井俊子・米満 潔・梅崎卓哉 (2007). eラーニングを活用した工学教育環境の構築 メディア教

育研究, **3-2**, 95-103.

川西雪也・今井順一・小松川浩 (2008). デジタルペンを活用したe-Learning環境下での学習管理情報の検討 リメディアル教育研究, **3-1**, 33-40.

日立マクセル株式会社: <http://www.maxell.co.jp/jpn/Industrial/digitlpen/digitalpen.html> (2008年5月1日).

アノト社: <http://www.anoto.com>, <http://www.anoto.co.jp> (2008年5月1日).



いまい じゅんいち
今井 順一

1983年北海道教育大学教育学部卒業。1984年より北海道公立高等学校教諭(数学)。1997年北海道教育大学大学院教育学研究科学校教育専攻修士課程修了。2007年千歳科学技術大学大学院光科学研究科博士課程修了。博士(理工学)。同年千歳科学技術大学光科学部光応用システム学科専任講師。2008年同大・准教授。ICTを活用した授業支援に関する研究に従事。



やまもと たかひろ
山本 大輔

1987年東京電機大学理工学部数理学科卒業。同年より北海道公立高等学校教諭(数学)。現在北海道札幌稲雲高等学校勤務。



こまつがわ ひろし
小松川 浩

1990年慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。1995年慶應義塾大学大学院理工学研究科物理学専攻博士課程修了(理学)。1998年千歳科学技術大学光科学部光応用システム学科専任講師。2001年同大・助教授。2007年同大・教授。分散処理型情報システム、知的支援技術の研究に従事。

Instructional Design of Remedial Education using a Digital Pen

Junichi Imai¹⁾ · Daisuke Yamamoto²⁾ · Hiroshi Komatsugawa¹⁾

We have researched instructional design of blended learning with web-based education to improve lectures for learners' basic learning abilities. In the present study, we summarize problems for e-Learning methods assuming the first developmental education in higher education and indicate the importance of comprehending learning process in the blended learning for mathematics and so on. To resolve this problem, we adapt digital pens to the blended learning environment and evaluate the case study for the fundamental course of mathematics. As a result there is a possibility of contributing to the continuance of motivation.

Keywords

digital pen, e-Learning, remedial education, instructional design, scholastic ability

¹⁾ Chitose Institute of Science and Technology

²⁾ Hokkaido Sapporo Touun High School