

佐賀大学  
知能情報システム学科 研究報告

ブレンディッドラーニングと  
強制的な自習による  
大学生の数学学力向上について

皆本 晃弥

2004年6月4日



佐賀大学工学部知能情報システム学科  
840-8502 佐賀市本庄町1番地



# ブレンディッドラーニングと強制的な自習による 大学生の数学学力向上について

皆本 晃弥\*

2004年6月4日

## 概要

本論文では、まず、対面型講義と e-Learning を組み合わせたブレンディッドラーニングの数学科目への導入とその考察について述べる。しかし、このように教育方法を工夫しても、学生に学習能力がなければ学力の向上は望めない。そこで、次に「学生は数学の勉強をしたら本当に数学ができるようになるのか?」という素朴な疑問について考察する。今回はこの疑問を考えるために、数学科目を一度不合格になった学生を集めて、強制的に 45 時間以上の自習を行ったので、この結果と考察について述べる。最後に、これらの考察を基にして大学における新たな数学教育方法を提案する。

## 1 はじめに

大学生の学力低下が進み、特に数学科目ではそれが顕著にみられる。所属学科(佐賀大学理工学部知能情報システム学科)でも、数学の学力低下は著しく、その理論はもちろんのこと、計算すらほとんどできない状態になっている。一方、2002年度より本格的に始まった JABEE(日本技術者教育認定機構:[12])の認定を受けるために、各大学は学生の学力を保証しなければならない。そのためには、学生にしっかりとした学力を身に付けさせる必要がある。所属学科でも2001年から本格的に JABEE に取り組み、2003年度に JABEE の認定を受けた。それに向けての準備の過程で感じたことは、教員が学力保証に気をとられ、学生に対する評価も厳しく

なりがちになる、ということである。年々、大学生の学力が下がってきているにもかかわらず、数学科目の評価が厳しくなれば必然的にその合格率は下がってくる。実際、平成14年度には、ついに微分積分科目の合格率が20%を切ってしまった。他学科や他大学ではすでに10%を切っているところもあるようである。大学生の学力低下と JABEE に代表されるような学力保証に対応するためには、従来の教育評価法や教育法([1, 11])では立ち打ちできないと思われる。現実に即したかなり思い切った教育方法を導入するべきである。その方法としてブレンディッドラーニングと強制的な自習という2つの方法を筆者は導入している。筆者の知る限りこれらを大学の数学教育に積極的に導入した例は報告されていない。

---

\* (Teruya Minamoto) 佐賀大学理工学部知能情報システム学科

そこで、本論文ではこれらの実践および考察について述べ、そこで得られた知見を基に大学における新たな数学教育方法を提示する。

## 2 ブレンディッドラーニングの概要

一般に、e-Learning とは IT を利用した教育や学習といった意味合いで使われている。近年、この e-Learning を高等教育に導入するための研究が行われているが ([2, 6]) が、e-Learning を主体とした教育にはアメリカの失敗事例 ([7]) にあるように注意が必要である。

著者は所属学科の数学必修科目「線形数学 II」、基礎解析学 I および「基礎解析学 II」に対してブレンディッドラーニングを導入した教育を行っている。ブレンディッドラーニングとは、オンライン学習と対面型講義で行われる両方を組み合わせた学習を指す ([9])。著者がブレンディッドラーニングを行っている理由は、e-Learning を主体とした講義は失敗例が多く、また、数学科目には板書を主体とした講義が最も有効であると考えたからである。今のところブレンディッドラーニングを数学科目に導入した事例は著者の知る限りほとんど報告されていない。

そこで、続く第 3 章では、対面型講義とブレンディッドラーニングの違いを明確にした上で、数学科目へのブレンディッドラーニングの導入目的とその制約について述べる。また、第 4 章～第 7 章では、ブレンディッドラーニングを利用した数学科目の教育実践およびその効果や問題点などについて考察する。

## 3 ブレンディッドラーニングの導入

一般に大学で行われている講義に e-Learning を導入すれば、新たに様々な負荷が生じる。今回のブレンディッドラーニングに関しても例外ではなく、そのメリットだけではなく制約についても考察しておく必要がある。そこで、本

章では、数学の講義を定義して e-Learning に委ねる部分を明確にした上で、ブレンディッドラーニングの導入目的とその制約について述べる。

### 3.1 数学の講義

数学の講義を定義するために、まず、通常の対面型講義の定義として同一時空性原理 [4] を採用する。同一時空性原理によると、「講義とは、授業者と学習者を同一時間同一の場所に拘束して活動させることである」となる。この定義は、大学で行われている対面型講義をよく表しているといえる。ただし、数学科目では板書が対面型講義において重要な役割を果たすが、文系科目に見られるように科目によっては板書を主体とした講義を行っていない例がある。そこで、文献 [8] に習い、同一時空性原理の下で、教師が教える内容を学習者に提示し、学習者はそれを受けて同期的に学習する、という講義を「教授型講義」と呼ぶことにし、板書を活用する教授型講義を「板書型講義」と呼ぶことにする。このように定義すると、数学科目の講義はそのほとんどが板書型講義であるといえる。今のところ、これが最も有効な数学教授法であることは経験的に疑う人はいないであろう。そのため、数学科目への e-Learning の導入にあたっては、まず、板書型講義を時間的にも空間的にも超えた部分への導入を考えた方が素直である。

なお、本論文ではこれ以降、講義といえば板書型講義を指すものとする。

### 3.2 導入目的

導入目的を述べる前に、今回ブレンディッドラーニングを行った 3 科目「線形数学 II」、基礎解析学 I、「基礎解析学 II」について簡単に説明する。なお、導入した時期は平成 15 年度後期で講義期間は 2003 年 10 月から 2004 年 2 月であった。

「線形数学 II」は線型写像やジョルダン標準形などを扱う科目であり、「基礎解析学 I」および「基礎解析学 II」はそれぞれ 1 変数および 2

変数の微積分学を扱う科目である。これらは 1 年次後期に開講される専門必修講義科目 (単位数は 2 単位) であり, 所属学科の技術者教育プログラム (いわゆる JABEE) の修了に関わる科目になっている。評価は, 毎行われる小テスト, 中間テストおよび定期試験によって行い, それぞれの重みは約 25%, 約 35%, 約 40% で, 総合点が 60 点以上で合格である。ただし, 技術者教育プログラムを修了するためには 70 点以上獲得しなければならない。ちなみに, 定期試験を受験した最終的な履修者は「線形数学 II」が 98 名, 「基礎解析学 I」が 140 名, 「基礎解析学 II」が 132 名であった。

通常, これらの科目の講義を 1 回聞いただけでは, 多くの学生にとってはその内容を完全に理解することは難しいと思われる。さらに, 講義ノートを作成したり, 演習問題を解いたりして復習しなければ単位の修得は難しい。そこで, 講義を何度でも視聴できるようにし, 合わせて演習問題も用意して復習のための環境を e-Learning によって提供することをブレンディッドラーニング導入の主目的とした。また, 第 4.2 節で述べるようにこの運用を工夫すれば学生の質問のレベルをレベルを上げたり, 言い訳を減らしたりすることが可能である。

なお, 本教育実践は, 講義にほとんど出席している学生の学力向上を目指しており, 現時点では途中で講義に出席しなくなるような学生への対応としてブレンディッドラーニングの利用は考えていない。

### 3.3 導入時の制約

ここでは, 数学科目へブレンディッドラーニングを導入する際の制約について考えてみる。

- (1) 法令: 大学設置基準や学則など
- (2) ハードウェア: パソコン, ネットワーク, ビデオ編集機器など
- (3) 学科や大学などの e-Learning の意識
- (4) ソフトウェア: 教材作成およびその利用に必要なソフトなど

- (5) 学生のコンピュータ能力
- (6) システム管理者の協力や授業に対する理解
- (7) 導入時の時間的・経済的成本

(1)~(3): 文献 [6] でも述べられているように所属学科ではほとんど問題とならない。(1)については, 第 6 章でも触れるが大学設置基準第 25 条 ([10]) により e-Learning 教材の導入が許されている。特に, 所属学科の学生にはノート PC の購入を奨励しており, 講義や演習での利用を進めている。その結果, 学生の PC の普及率は 100% に近い。また, 学科内は無線・有線 LAN に接続が可能となっており, 学科内ではネットワークの利用が可能な環境になっている。さらに, 所属研究グループ (所属学科の第 2 研究グループ) には B0 まで印刷できる大型プリンタも備えられているため, あらかじめ黒板の大きさに合わせて講義のポイントを応用紙に印刷しておけば, 講義中の板書の量を減らすことができ, じっくりと解説するための時間を生み出すことができる。実際, このような準備はビデオ撮影を前提とした講義を行う場合には重要である。自分の講義を収録したビデオ (以後, 講義ビデオと呼ぶ) や放送大学の講義を見れば分かるが, 問題や定理までも板書している様子を映像としてみると, 講義が間延びした感じに映ってしまう。なお, DV ビデオカメラやキャプチャボードは所属研究グループにあるものを利用したために制約にはならなかったが, これらのものがない場合は制約となり得る。

(4): 今回, ブレンディッドラーニングに必要なサーバ用のソフトはフリーソフトを利用している。また, ビデオ撮影に必要なカメラや編集に必要なソフトについても所属研究グループにあるものを利用したため, 大きな制約とはならない。ただし, 講義ビデオには同時に 5 人までしかアクセスできず, その点が利用者である学生の制約になり得る。

(5): ここでいうコンピュータ能力は, コンピュータの操作能力だけでなく, ユーザ認証, ドメイン名によるアクセス制限, パスワード管理の重要性といったネットワークの理解や情報

倫理といった内容も含む。操作能力については、1年次前期に「情報基礎演習Ⅰ」という科目で一通りのコンピュータ操作を学生は学んでいるため大きな制約とはならない。ただし、パスワードの紛失やパスワードをブラウザに記録させたために生じる問題（別のコンピュータから見なくても自分がパスワードを覚えていない、など）やファイアウォールによって生じる問題（プロトコルが制限されている場合など）などは、たびたび発生すると考えられるため、個別に対応すれば大きな制約となり得る。

(6)：今回は、教授者、教材開発者とシステム管理者が同一なので特に制約とはならない。ただし、特に教授者とシステム管理者が異なる場合は、システム管理者の協力がなければ、e-Learning を講義に導入するのは難しいと思われる。

(7)：講義ビデオを編集した後にその内容を確認をする必要があるため、配信用ビデオの作成には講義時間の約2倍程度の時間が別途必要となる。また、広用紙にあらかじめ講義のポイントを印刷したり、それと同じ内容のものを学生に配布するための準備したりしなければならないので、時間的なコストは大きな制約となる可能性がある。なお、経済的なコストは、用紙代とインク代などが余分に必要になるとはいえ、大きな制約にはならないと考える。しかし、ビデオ撮影を行うための人手が必要で、これを研究室の学生がボランティアとして行ってくれる場合はよいが、アルバイトとして誰かを雇う場合は大きな制約となり得る。

## 4 ブレンディッドラーニングの実践

ここでは、ブレンディッドラーニングの導入に伴う教材開発やその運用方法について述べる。

### 4.1 学習過程モデルと教材

ブレンディッドラーニングに必要な教材を予習教材、復習教材、講義教材の3つに分けた。

予習教材 次回の講義内容を示したもの（遅くとも講義の1週間前に提供）

復習教材 小テストの解答や講義ビデオ（遅くとも講義の翌日には提供）

講義教材 毎回の小テストやプリント（講義の際に配布）

予習教材と復習教材がオンライン上で提供され、講義教材はA4サイズの印刷物として提供される。また、講義の際に配布されるプリントの内容は予習教材のものと同じのものである。今回このように講義の際にも予習教材と同一のプリントを配布したのは、予習教材をダウンロードする学生が少ない場合には、講義自体の効果が少なくなると考えたためである。

これらの教材を用いて行ったブレンディッドラーニングによる学習過程モデルを図1に示す。

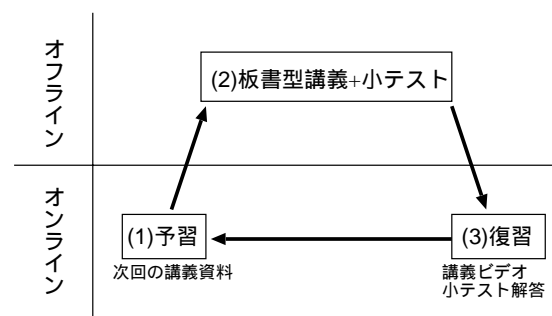


図1: ブレンディッドラーニングによる学習過程モデル

この学習過程モデルに基づいたブレンディッドラーニングの講義形態は次のような特徴を持っている。

- (1) 次回の講義内容をあらかじめ提示することにより、学生の予習にかかる負荷を減らす。

一般には、教員が教科書を指定したとしても、その順番通りに講義が進むとは限らないため、どこを予習すべきか学生が迷ってしまうことが多い。そのため、次回の講義内容を提示すれば学生の予習する意欲を高めることができると考えられる。

- (2) 講義を 75 分程度行い、その後 15 分程度の小テストを実施して学習の定着度を確認する。

小テストの問題は主に前回の内容から出題されている。これにより、復習状況を把握できる。また、小テストの際に毎週の学習時間も自己申告させるようにした。

- (3) 講義をビデオ撮影したものをストリーミング配信し、さらに、小テストの詳しい解答や評価基準を公開して復習ができる環境を提供する。

このモデルより、今回のブレンディッドラーニングはあくまで板書型講義が中心であり、それを時間的にも空間的にも超えた部分に e-Learning が導入されていることがより明確になる。

## 4.2 教材の作成とその運用法

各科目毎にホームページを用意 (以後、講義ページと呼ぶ) し、毎回、予習教材を兼ねる講義資料、復習教材である講義ビデオおよび小テストの解答を掲載した。これらを利用した復習時の画面例を図 2 に示す。

また、毎回行われる小テストの得点獲得率も約 3 回おきに公開し、現在の自分の点数が確認できるようにした。一部公開を望まない学生もいるが 95% 以上の学生は公開を望んでいるため、このような措置をとった。小テストの得点率が公開されるということもあり、講義ページへは学内からのアクセスのみを許可し、さらに学生毎にアカウントとパスワードを発行してアクセスする度に認証が必要となるようにした。こうするとログにはユーザ毎のアクセス情報も記録されるのでユーザ毎の行動が追跡でき、ひいては学生の講義への参加意欲を調べることができる。

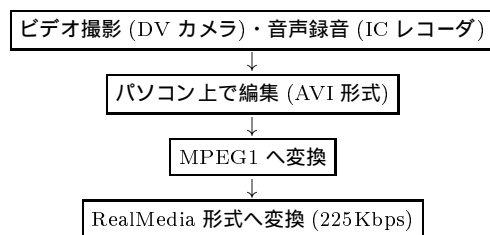
講義資料や小テストの解答などは PDF ファイルにしてダウンロードも可能としたが、ビデオの配信方法は、ストリーミング配信のみにした。これは、ダウンロードを可能にするとダウンロードしただけで学生が安心してビデオを見ない可能性があると考えたためである。また、

講義ビデオがあるにもかかわらず、それを全く見ないで質問しようとする学生がいると考えられる。そこで、講義中に説明した内容に関する質問には答えないようにした。質問した学生が本当にビデオを見ているか否かはログで確認できる。こうすることにより学習過程全体に緊張感を持たせることができ、学生の質問レベルを向上させることができると考えられる。なお、学外にもビデオを配信すると学校に来ないような消極的な学生の引きこもりを助長する可能性があるので注意が必要である。

さらに、板書訂正も講義ページのみで公開し、そこに書かれているような内容を全く見ていないような学生からの問い合わせには講義ビデオと同様に一切応じないようにして、なるべく講義ページにアクセスする習慣をつけさせるようにした。ただし、このようにしても、講義ページにアクセスしない学生がいるのは事実で、将来的には何らかのペナルティを課して強制的に活用させるようなことを考えなければいけないのかもしれない。

以上が今回行ったブレンディッドラーニングの基本的な運用方針である。

次に、ビデオ配信に関する教材の作成とその運用法について説明する。配信用の講義ビデオの作成手順はおおよそ次の通りである。



ビデオ撮影は研究室の学生がボランティアとして協力してくれた。また、講義ビデオにおいて教授者の説明がより明瞭に聞こえるように、音声は教授者が携帯している IC レコーダでも録音し、ビデオ編集時にはこの音を使うようにした。

このビデオ編集作業は、講義のポイントが教授者にしか分からないため教授者自身が行うのが望ましく、今回はこの考えに基づいて筆者自身が行った。なお、途中の MPEG1 への変換は必ずしも必要ではない。

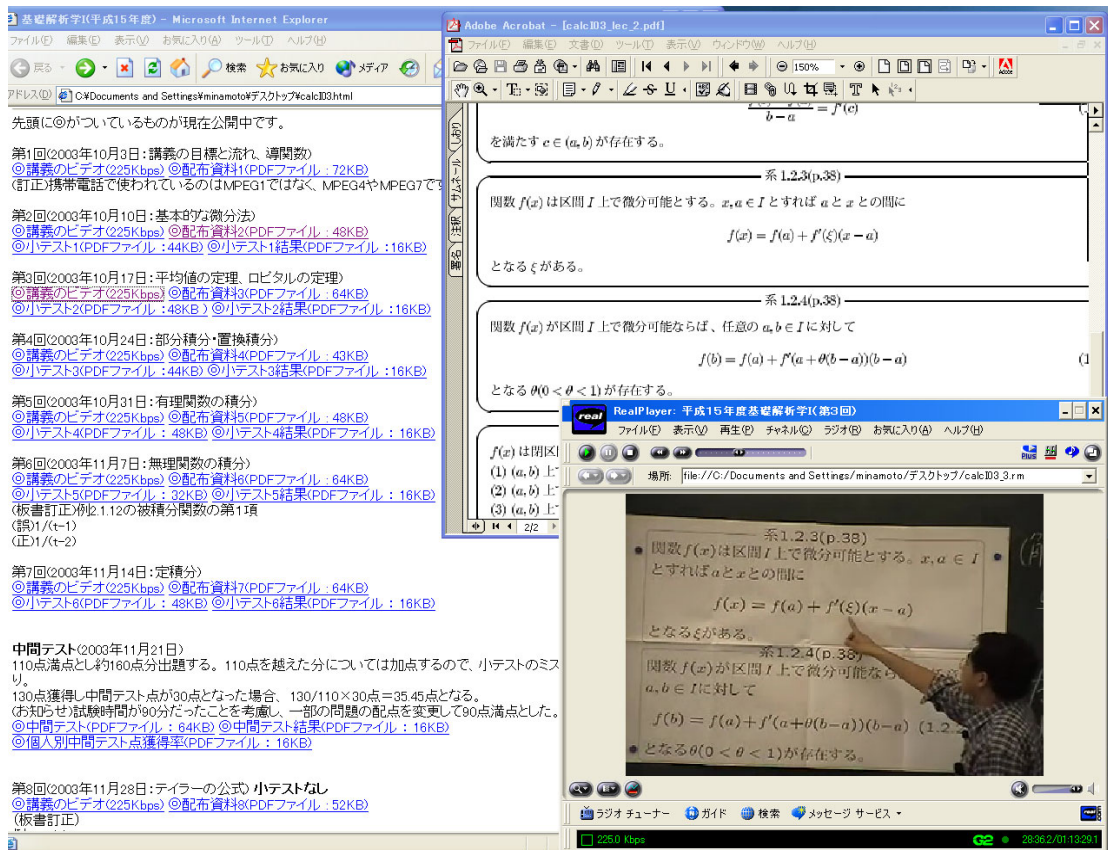


図 2: 講義ページの利用例

これは編集作業で使用したソフト (Canopus 社製: Storm Edit Version 2.00) の都合によるものである。また, RealMedia 形式へ変換する際に 225Kbps としたのは, 講義ビデオの視聴者が板書の文字を十分に読み取れる最低のビットレートが 225Kbps であると経験的に判断したためである。

参考までに, 今回利用したサーバの主なハードウェアとソフトウェアを以下に示す。

サーバのハードウェア インテル Xeon プロセッサ 2.4GHz, RAM2GB, 1000Base-T

サーバの OS Red Hat Linux 8.0

ストリーミングサーバ Helix Universal Basic Server 9

RealMedia 変換ソフト Helix Producer Basic 9

WWW サーバ Apache 2.0.40

### 4.3 講義の進め方

講義では, ビデオ撮影が行われていることを意識しつつ, 教科書や講義資料に載っていないような数学の心ともいべき本質的な部分を主に説明し, 教科書で詳細に解説されているような補題や定理の証明は行わなかった。また, あらかじめ A0 用紙に主な定理や例題を印刷しておき, それを黒板に貼って定理の証明の本質部分や例題の解答を板書するようにした。黒板に貼られるような内容は学生へ配布されている講義資料にすべて記載されている。このような講義設計は, 印刷教材と放送を利用する放送大学の講義を参考にした。こうすると, 説明にも余裕が生まれ, 何よりも小テストを実施するための時間を確保することができる。



一方では、すべてを板書するべきだとの声もあるが、学生のアンケート結果によると、従来の数学の講義は聞くことよりも板書することで精一杯だったが、ようやく説明を聞く余裕が生まれたという声が多い。

## 5 ログの分析

講義ページへのアクセスログを分析するために Webalizer(Version2.01-10) というフリーソフトを用いた。この Webalizer によって表示可能なデータを表 1 に示す。

表 1: Webalizer によるデータ

ヒット数 (図 3: 左側の濃い灰色)	すべてのアクセス数 (エラーも含む)
ファイル数 (図 3: 左側の黒)	ヒット数のうち正常なアクセス数
ページ数 (図 3: 左側の灰色)	ヒット数のうち HTML ページの数
訪問数 (図 3: 右上の白)	訪問者の数 (30 分以内で同一 IP からはカウントしない)
サイト数 (図 3: 右上の灰色)	訪問者のサイト数 (1 年間で同一 IP からはカウントしない)
キロバイト (図 3: 右下)	転送したデータ量

各科目の講義ページは HTML 形式で書かれており、あらかじめログからは講義ページの内容と直接関係しないバナー画像やアイコン画像へのアクセス記録を除いているため、次式のような関係が成り立つと考えてよい。

講義ページの参照数 = ページ数

講義資料参照数 = ファイル数 - ページ数

平均ページ参照数 = ページ数 / 訪問者数

平均講義資料参照数 = 講義資料参照数 / 訪問者数

まず、当該学年履修者と再履修者の講義期間中のアクセス状況を図 3 と図 4 に示す。

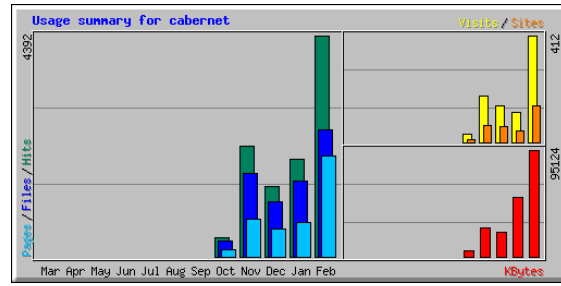


図 3: 当該学年履修者のアクセス状況

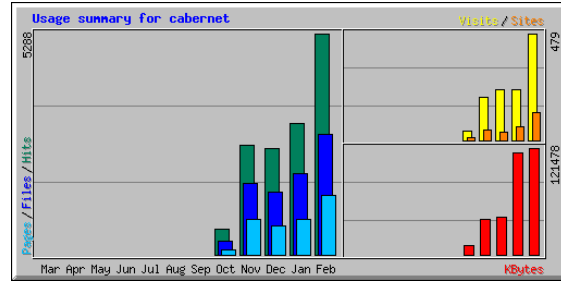


図 4: 再履修者のアクセス状況

図 3 と図 4 を比較すると当該学年履修者と再履修者とのアクセス状況には大きな違いは見られない。定期試験が 2 月に行われたので、この時期にアクセスが増えるのはもっともなことである。ただし、11 月に中間テストが行われたことを考えると、当該学年履修者の方が再履修者よりテスト対策を行おうとする姿勢が強いことが伺える。一度不合格になった学生は何としても合格するという意志が弱いのかかもしれない。なお、2 月のアクセスのほとんどが図 7 や図 8 で示すように定期試験期間中である 2 月 3 日 ~ 2 月 9 日のものであることに注意されたい。また、定期試験期間の 1 週間前からは学外からもアクセスを試験的に可能としたことも、アクセス数が増加した要因になっていると考えられる。

当該学年履修者と再履修者のアクセス状況には大きな違いは見られないので、次に当該学年履修者の合格者と不合格者とでアクセス状況に差があるのかを調べてみた。ただし、本来ならば科目別の結果を示すべきではあるが、当該学年履修者にとっては「線形数学 II」「基礎解析学 I」「基礎解析学 II」は、すべて必修科目であり、1 科目でも落すと 3 年次の必修科目を受講

できないという条件がついてある．そのため，当該学年履修者が感じる重みはこの3科目間では差がないと考えられる．

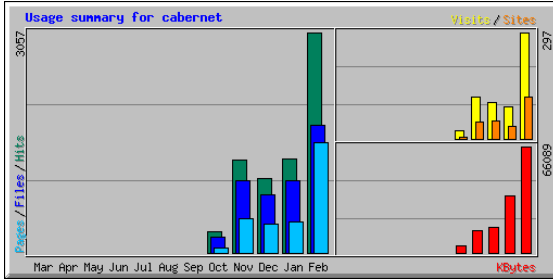


図 5: 合格者のアクセス状況

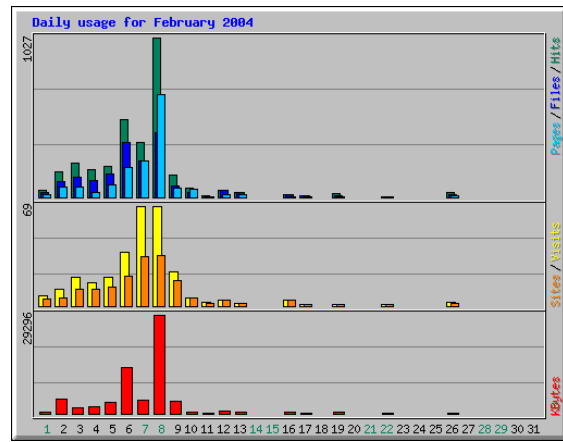


図 7: 合格者の日別アクセス状況 (2月)

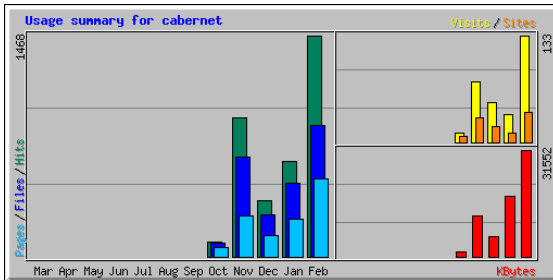


図 6: 不合格者のアクセス状況

まず気が付くのは，表 2 でも示すが，総アクセス数の違いである．合格者の方が倍以上アクセス数が多い．アクセス数が多ければ，それに応じて学習時間も多くなると考えられる．実際，毎週の学習時間を小テストの際に自己申告させたが，例えば「基礎解析学 II」の合格者の平均総学習時間時間は 31.2 時間，不合格者の平均総学習時間 22.7 時間であった．

また，不合格者の方が中間テストが実施された 11 月のアクセス数が急増していることが分かる．これより，不合格者のほうが試験前だけに勉強しようとする傾向が強いことが浮き彫りとなった．

続いて，定期試験期間中の当該学年のアクセス状況を調べた．ここで，図 6 までは右上にあった図が図 7 の 2 段目に，右下にあった図が図 7 の 3 段目に対応していることに注意されたい．

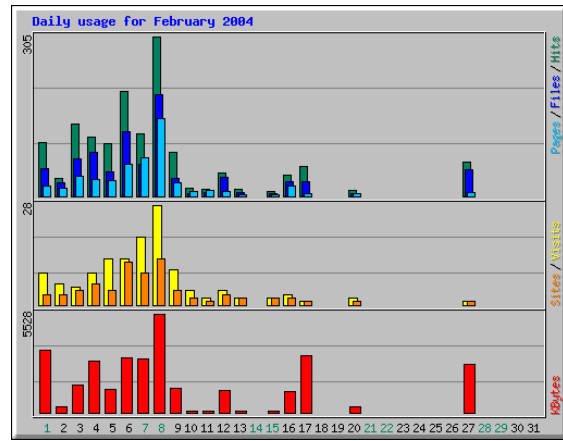


図 8: 不合格者の日別アクセス状況 (2月)

ともに定期試験直前の日曜日 (2月8日) のアクセスがピークであるが，そのときの総アクセス数は合格者の方が約 3 倍多い．また，不合格者のキロバイト数は定期試験期間中にほぼ一定量あるが，これは今まであまり復習をしていないために参照しなければならないファイルが多くあるためだと考えられる．なお，不合格者の中には定期試験後にも講義ページをアクセスする学生がいるが，これらの学生は再試験へ向けた対策をとっているものと考えられる．

さらに，時間別のアクセス状況を示す．

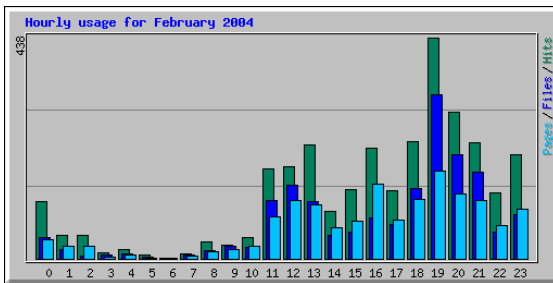


図 9: 合格者の時間別アクセス状況 (2月)

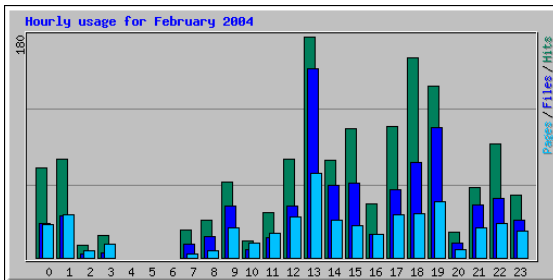


図 10: 不合格者の時間別アクセス状況 (2月)

アクセスの傾向は合格者と不合格者と比べてもあまり差はないが、合格者の方がどの時間帯にもアクセスしているといえる。一方、不合格者には極端に落ち込む時間帯がある。また、合格者の中には早朝までアクセスしている学生がいるが、不合格者にはそのような者はいない。当り前のものであるが、合格者のほうが単位取得意欲が高いということをよく示しているといえる。

最後に、当該学年の講義期間中のアクセス状況を表 2 に示す。ここで、平均訪問回数とは合格者と不合格者、それぞれの訪問者数をのべ合格者数とのべ不合格者数で割ったものである。

当該学年の 3 科目を履修したのべ人数 (放棄者は除く) は 139 名、合格したのべ人数 56 名であった。そのため、のべ合格者数は全体の半数にも満たないにも関わらず、合格者の方が講義ページに倍以上アクセスしていることが分かる。特に、一人当たりの訪問回数 (平均訪問回数) では 3 倍以上の開きがある。これより合格者のほうが講義ページを頻りに利用していることが分かり、そういう意味では、ブレンディッドラーニングは有効であったといえるかもしれ

表 2: 当該学年の講義期間中のアクセス状況

	合格者	不合格者
ページ数	2899	1239
ファイル数	4806	2387
講義資料参照数	1907	1148
訪問者数	626	303
平均ページ参照数	4.63	4.08
平均講義資料参照数	3.05	3.78
平均訪問回数	11.7	3.65

ない。しかし、もともと合格するような真面目な学生が講義ページにアクセスしていただけかもしれない、とも考えることができる。たとえばそうだとすると、合格者は普段から講義ページを利用していると判断できるため、アクセス状況をひとつの目安として、合格者、つまりは、逆に単位を修得できそうにない学生を発見しやすくなると考えられる。なお、不合格者の方が平均講義資料参照数が多くなっているが、これは、不合格者は欠席しがちで講義資料や小テストを受けとっていないことが多く、結果として 1 回あたりの資料参照数が増えているためだと考えられる。

## 6 ブレンディッドラーニング導入コスト

今回のようなブレンディッドラーニングを導入するには、通常の講義計画や板書計画に加え次のようなコストが発生する。なお、丸括弧内は 1 回の講義に必要となる目安の時間である。

- (1) 教材の作成 (3 時間)
- (2) ホームページのメンテナンス (1 時間)
- (3) ビデオ編集およびストリーミング形式への変換 (3 時間)

ここで (1) の教材とは、第 4.1 節で説明した予習、復習、講義教材からビデオに関する部分のみを除いたものである。

このうち、2年目以降にコストが下がるのは(1)だけである。ただし、放送大学のように同じ講義を数年にわたり配信する場合は(3)のコストを下げるができるかもしれない。ただし、その際には、再履修者への適用のみを考えたほうがよい。なぜならば、現在では、

大学設置基準第25条第2項

「大学は、文部科学大臣が別に定めるところにより、前項の授業を、多様なメディアを高度に利用して、当該授業を行う教室等以外の場所で履修させることができる」

のおかげで e-Learning のような授業形態が認められているとはいえ、第14回中央教育審議会大学分科会大学院部会の資料3([13])にあるように、メディアを利用した講義には対面授業と同等な効果を求められているからである。一度、講義を受けた学生に対しては講義ビデオと教員によるテストだけでも対面授業と同等な効果があると主張できるかもしれないが、初めて受講する学生に講義ビデオとテストだけで対面授業と同等な講義を提供しているとはいえないように思える。

## 7 ブレンディッドラーニングの効果

今回は数学科目へのブレンディッドラーニングの導入を行ったが、参考資料として、これを導入した後に行なわれた学生によるアンケート結果の一部を紹介する。

ビデオを見た回数は?					
科目名	7回以上	5~6回	3~4回	1~2回	なし
基礎解析学 I	1.6%	4.0%	8.9%	18.5%	58.1%
基礎解析学 II	1.7%	2.5%	9.9%	21.5%	61.2%
線形数学 II	1.2%	2.4%	8.5%	23.2%	59.8%

講義前に予習資料をダウンロードした回数は?					
科目名	7回以上	5~6回	3~4回	1~2回	なし
基礎解析学 I	2.4%	4.0%	3.2%	17.7%	63.7%
基礎解析学 II	0.8%	1.7%	9.1%	16.5%	68.6%
線形数学 II	6.1%	0.0%	7.3%	11.1%	70.7%

次に科目毎の合格率を示す。なお、筆者が平成14年度は「線形数学 II」を担当していないため、「線形数学 II」に関する昨年のデータを掲載していない。同一科目でも教員毎に評価がず

れる場合があるので、同じ教員の評価のみを掲載する方がよいと考えた。

合格率			
	基礎解析学 I	基礎解析学 II	線形数学 II
H15	32%	37%	45%
H14	19.4%	23.8%	-

平成15年度の合格率は平成14年度の合格率に比べ約10%上がったが、これが全面的にブレンディッドラーニングによる効果であると言いがたい面がある。というのも、第5章で述べたように合格者が講義ページを活用しているというのは事実だが、アクセスが多かった学生はもとも合格するくらい真面目だった可能性もあるからである。とはいえ、ブレンディッドラーニングが合格者の学習の手助けになっているとは言えるであろう。このことは、基礎解析学 I・II の合格率とそれらのビデオを1回以上見たという割合がほぼ同じであるという点からも伺い知ることができる。また、第4.2節で説明した運用の効果が出たのか、少なくとも学生の質問レベルは上がったのは事実である。質問に来る学生のほとんどが何らかの結果を出して質問するようになった。さらに、平成14年度まではよく見られた「聞き逃したのでできません」、「休んでいたので分かりません」といったような言い訳はなくなった。

最後に、今回のようなブレンディッドラーニングの継続に関するアンケート結果を示す。

講義ビデオの配信を続けるべきか?					
科目名	1	2	3	4	5
基礎解析学 I	37.1%	16.1%	34.7%	2.4%	0.8%
基礎解析学 II	44.6%	22.3%	27.3%	0.0%	2.5%
線形数学 II	37.8%	23.2%	29.3%	3.7%	1.2%

1:続けた方がよい, 2:できれば続けた方がよい, 3:どちらでもよい, 4:どちらかというとき止めた方がよい, 5:止めたほうがよい

半数以上の学生がビデオ配信の継続を望んでいるが、この数字を高いと見るか低いと見るかは判断が分かれるところである。情報系学科としては低い数字といえるかもしれない。ただし、講義資料の提供だけに話を絞ると80%以上の学生はWebを利用した講義を望んでいる。しかし、これはいわゆるサボりを助長する可能性があるため慎重に対応することが望まれる。

以上、今回行ったブレンディッドラーニングについて述べたが、やはり大学数学教育への e-Learning の導入については、すべてを e-Learning に任せるといったスタイルよりこの方法が自然な方法であるように思える。すべてを e-Learning にすると板書を写したり、先生の表情やクラスの雰囲気を感じながら学習するということがない。これらの情報が欠落すると単位修得に対する意欲も損なわれていくと考えられる。講義では数学の内容だけでなく周りのみんなが勉強しているという空気も伝えつつ、予習や復習の補助教材として e-Learning を活用するというのがよいであろう。

なお、ブレンディッドラーニングの効果をより高めるにはかなり強制的に講義ページを参照しなければ単位が修得できないような仕組みを考えるべきかもしれない。というのも、第 8 章以降で述べるように、学生を強制的に勉強しなければならない環境におくと成績が上がるということが実証されているからである。

## 8 強制的な自習の概要

ブレンディッドラーニングを導入したり、画像処理・数値シミュレーション・暗号への数学の応用といった話を行って数学への興味を引くように講義を工夫したりしたとしても学生の数学力が向上することはほとんどない。アンケート結果によれば、教員が講義を工夫したときには、数学への興味は増したという学生は増えるのは事実である。しかし、興味を持ったからといって数学ができるようにはならない。それは、数学に興味を持ったとしても実際に数学の勉強をしなければ学力が上がらないからである。今まで与えられてきた勉強しかしてきていない学生に対して「興味を持たせれば数学が好きになり、ひいては数学の学力が上がる」というのはいささか甘い考えのように思える。また、多くの大学教員は「学生は勉強していないだけで、勉強さえすればみんなできるようになる」と言うが、これが果たして本当か、という素朴な疑問を本格的に調べた例はないと思われる。そこ

で、強制的に学生に勉強をさせて数学の学力向上度を調べることにした。

## 9 強制的な自習の実践例

ここでは、話を具体的にするために、平成 14 年度前期に行われた自習に至るまでの経緯とその結果を中心に紹介する。なお、この強制的な自習は平成 15 年度も実施された。

対象科目名は「基礎解析学 I」(必修科目)であり、内容は 1 変数の微分積分である。また、履修者は再履修者を合わせて 143 名で、平成 14 年度の対象学年は 2 年生(前期)であった。ちなみに、平成 15 年度からは 1 年次後期科目になっている。

この科目は、所属学科の技術者教育プログラムの必修科目でもあるため、JABEE との関連も含めて話を進めることにする。

### 9.1 定期試験まで

毎週レポートを課題を出し、その提出後切後に解答、誤答集および評価基準を書いた A4 で平均 4 ページのプリントを配布した(全 14 回)。レポートの平均提出率は 45% であった。試験時に 60 点を取ればレポートを提出しなくても合格させると明言したために、必修科目にもかかわらずこのように提出率が低くなってしまったと考えられる。なお、平成 15 年度からはレポートを小テストに変更した。これは、小テストの方がレポートよりも結果重視指向が鮮明になるため、アウトカムズ評価を求めている JABEE にも評価の正当性が説明がしやすくなると判断したためである。ちなみに、レポートは 20 点満点、定期試験は約 150 点分出題(選択)で合計が 60 点を超えれば合格とした。一見すると評価が甘いように感じるが、定期試験時間内(90 分以内)では 80 点以上獲得するのは難しいと考えられる。実際、定期試験の最高点は 76 点であった。また、技術者教育プログラム履修者の学習・教育目標「1 変数および 2 変数関数に対して微分および積分の計算ができる」に対応す

るために、定期試験において微分で 20 点、積分で 15 点以上獲得しなければ、その獲得点数に関わらず自動的に不合格とした。

結果は、定期試験受験者 108 名、合格者 21 名 (合格率 19.4%)、定期試験平均点 29 点であり、不合格者にはすでに卒業後の進路が決まっている 4 年生 9 名も含まれていた。なお、定期試験の際には、参照用に簡単な公式集も配布した。

このように合格率が低い原因としては、学生の勉強不足もあるが、学年間のつながりが希薄なため、例年、

「4 年生になれば何とかしてくれるだろう」、

「数学は難しいから落ちて恥ずかしくない」、などと考える学生が少なからずいる、という精神面の問題が挙げられる。もし、学年間のつながりが強ければ、卒業後の進路が決っても卒業ができなかった例を知る機会があるので、甘えは少なくなると考えられる。

## 9.2 教室会議での検討

これは JABEE も要求していることであるが、所属学科では、問題が発生した場合には組織的に取り組むことにしている。そこで「基礎解析学 I」の全資料を教室会議で提出し、全スタッフに内容を審議して頂いた。その結果、出題内容、レベル、採点方法には問題がないと判断された。ただし、最近の学生は分かりやすくても量が多ければ配布プリントを読まないとの指摘があった。また、教室会議では再試験をするように要望があったが、そのまま再試験をしても合格率が上がるとは考えにくいいため、勉強する習慣をつける方法として、ある程度の自習を義務づけた上で再試験をするということを決定した。これは「学生が自主的に勉強することを望むが、この考えだけで講義を行うのは現実的ではない」と判断したためである。

この強制的な自習の運用については、担当教員に一任されることとなり、筆者が 45~60 時間程度の自習を義務づけた上で再試験をすることを決定した。なお、この自習時間は、大学設置基準第 21 条にあるように 2 単位を修得するための標準学習時間が 90 時間であり、講義で

約 30 時間、学生の自己申告総学習時間の平均が約 15 時間であることを考慮して、その残りを自習で補ってもらうという、という考えに基づいて決定した。ただし、講義中には出席だけでノートもとらず、試験勉強も全くしないような学生には 45 時間というのは少ないと思われるので、そういう学生は再試験対象にしないなどの工夫が必要となる。

## 9.3 再試験の通知

強制的に勉強をさせるために、以下の条件を課した。

休日を除き毎日約 3 時間の自習を 3 週間受ける (合計 45 時間程度)。

原則として 1 回でも休むと再試験の受験資格を失う。

評価はすべて「可」。

今までの勉強時間と取り組み、今後の取り組みをメールで提出。

再試験対象者は 82 名だったが、再試験を申し込んだのは 40 名に過ぎなかった。これにより、勉強してまで再試験は受けたくないという学生が多いという現状が浮き彫りとなった。個別に何人かの学生にインタビューを行ったが同様の答えが返って来た。また、再試験希望者が少なかった別の理由としては、後で述べるように JABEE の影響も大きい。なお、4 年生については自習期間中は卒業研究よりも自習を優先させるよう全スタッフ間で合意をとっておいた。そのため、卒業研究を理由に自習への参加を怠けようとする学生は完全に排除されることとなった。

## 9.4 自習の実施

基本的にはティーチングではなく、コーチングのスタイルをとり、自習の内容は各自に任せたが、多くの学生は今まで配布したプリントの問題を勉強した模様である。毎回、自習後に「学習報告書」を提出させ、そこには質問も書いてよいことにした。これにより、中学・高校数学

レベルすら分かっていない学生が多いことが把握できた。なお、質問への回答は、翌日プリントにして全員に配布した。ちなみに、ここで登場するような簡単な質問は、平成 15 年度はブレンディッドラーニングにより全くといっていいほどなくなった。

## 9.5 再試験の実施

再試験の受験者は 40 名で、合格者が 21 名、平均点が 59.5 点であった。再試験は質と量ともに定期試験とほぼ同レベルの問題であり、再試験においては公式集を配布していないため難易度上がっている、と考えられる。その状況下で、定期試験よりも平均点が 30 点アップしたことより、自習の効果は高いと考えられる。そういう意味では「学生は勉強していないだけで、勉強さえすればみんなできるようになる」というのは正しいといえる。

それでも、4 年生 2 名が不合格となったため、その後、強制的な自習を行わずにもう一度再試験を実施した。しかし、結果は、受験者 7 名、合格者 4 名、平均点 58 点であった。それでも 4 年生の 1 名は不合格となった。平均点がほとんど再試験と変わらなかったことより、学生の学力を上げるには、少なくとも出席を取るような強制的な自習が必要だと考えられる。

## 10 自習に伴う教員の負荷

自習時間が 45 時間であり、学習報告書の確認にほぼ同じ時間が必要となるため、自習による教員の拘束時間は、約 90 時間であった。これに加えて、再試験の準備のための時間が 1 回につき 20～30 時間程度かかる。なお、再試験の作成時間には、JABEE が要求している模範解答および評価基準の作成も含まれている。これは、自習を行えば必ず発生する負荷なので、この負荷が 2 年目以降も大きく軽減されるとは考えにくい。

なお、強制的な自習は平成 15 年度も続けているが、こちらが作成した資料はほとんど見な

いため自習時間を提供するだけで十分であるように思える。また、学生からも教えてくれなくてもいいから、自習時間だけを提供して欲しいという声が多かった。特に、一人住いで単位を落すような学生は、自分の力だけで勉強時間を確保するという精神的な強さはあまり見られない。そのため、平成 15 年度からは「学習報告書」を廃止して、最低自習時間を 45 時間から 60 時間へ変更している。これにより、今では教員が拘束される時間は約 60 時間となっている。

## 11 学生による授業評価

本学では、学生による授業評価を行っているが、その結果の一部を以下に示す。

質問	5	4	3	2	1	0
この授業はよくまとまっていた	14.1%	59.2%	19.7%	5.6%	1.4%	0.0%
授業を分かりやすくする工夫が感じられた	5.6%	49.3%	23.9%	15.5%	5.6%	0.0%
黒板、OHP等の使い方が効果的だった	8.5%	31.0%	38.0%	14.1%	4.2%	4.2%
教科書(テキスト、配布資料を含む)は役に立った	14.1%	54.9%	18.3%	5.6%	4.2%	2.8%
授業内容を理解できた	1.4%	16.9%	40.8%	25.4%	12.7%	1.4%

0: 該当しない又は分からない, 1: 全くそうは思わない, 2: そうは思わない, 3: どちらともいえない, 4: そう思う, 5: 全くそう思う。

ここで、授業を理解できたと思っている学生の割合と合格率がほぼ同じであることより、特に上位層の学生は、自分自身で現在の実力を把握できていると考えられる。

この科目の結果についてどう思いますか?		
納得している	あまり納得していない	納得していない
63.5%	24.3%	12.1%

過半数の学生は教員の評価に納得していることが分かった。ちなみに、自習実施後のアンケートでは「納得していない」は 0 名になった。これは「担当教員が自習時間まで提供してくれたのだから自分たちが悪い」という気持ちが働いている、今までは自分の答案の誤りに気が付かず結果に納得していなかった学生が、自習により自分の間違いに気付くようになった、というの

が主な理由であることが学生へのインタビューで分かってきた。ただし、納得して不合格になるのも問題だと考えている。

今回は当該科目の総学習時間を大学設置基準で定められている 90 時間をベースとして考えたがそれだけ勉強すれば単位が修得できるか、という問いに対しては以下のような回答が返って来た。

90 時間勉強すればこの科目の単位を修得できると思えますか?			
全くそう思う	思う	あまり思わない	思わない
17.9%	54.8%	11.9%	3.6%

約 15% の学生が単位を修得できないと考えている。第 13 章でも述べるように実際に自習を行っても全く学力の向上が見られない学生が約 10% いることを考えると、単位がとれないと思っている学生がその通りになっているのかもしれない。これらの学生は、高校時代にセンター試験の結果を見て急に理系学科を受験した、最初から数 III は捨てて勉強した、といった歪な勉強をしていることが多い。そのため、これらの学生を救うには今のところリメディアル教育を行うしかないと考えている。

所属学科は JABEE の認定を受けているが、JABEE が学生にどのような影響を与えているかも調べてみた。なお、所属学科の技術者教育プログラムを修了するには平均で「良」以上 (70 点以上) の成績を修める必要がある。

再試験を受けなかったのはなぜですか? (15 名中)		
JABEE に関わらず「良」以上の評価が欲しいから	JABEE のことを考えると「良」以上の評価が欲しいから	それ以外
3 名	11 名	1 名

この結果が示すように、学生にとっても JABEE の影響は少なくない。JABEE を意識しすぎているため、自分の実力が JABEE 修了基準を満たすのか否かを考えずに行動している様子が伺える。普通は、不合格になった科目を次年度に受講しても簡単に「良」以上の成績がとれるとは思わないものである。とはいえ、自信や実力がない学生ほど資格や肩書きに頼る傾向が強いので、これはある程度は予想された結果といえるかもしれない。ちなみに、次年度 (平成 15 年度) に当該科目で「良」以上の成績を修めた技術者教育プログラムの再履修者は 5 名しかいなかった。

## 12 必要な自習時間の推定

自習を行う場合には、あらかじめその対象者が全員合格するために必要な自習時間を見積もっておくことが大切である。以下では、筆者が導入している自習時間の見積もり方法について解説する。

数学の内容を理解できない学生は、たとえ成績がよい学生でも内容の理解を断念し、問題の解き方を覚えて対処しようとする傾向にある。つまり、数学の勉強において大学生の多くは記憶に頼っていると考えてもよい。また、試験の直前にしか勉強しない学生が多いのでこの傾向はさらに強まるといっても過言ではない。そこで、自習時間の推定に忘却曲線の考え方を利用する。

エビングハウスの忘却曲線 [3, 5, 14] によれば、人間の記憶は次式で表される。

$$R(t) = e^{-t/S} \quad (1)$$

ここで、 $R(t)$  が記憶力、 $t$  が時間、 $S > 0$  が記憶強度である。(1) の両辺の  $\log$  をとれば、

$$\log R(t) = -\frac{t}{S} \quad (2)$$

なので、 $\lambda = 1/S$  として

$$\log R(t) = -\lambda t \quad (3)$$

と書く。この式の両辺を  $t$  で微分すれば

$$\frac{dR}{dt} = -\lambda R \quad (4)$$

となる。次に、 $A = A(t)$  を時刻  $t$  における学習度 (学習時間と質に依存して決まる関数) とする。そして、 $A \neq 0$  ならば、獲得得点の変化率は自習の学習度  $A$  に比例し、増加可能な得点の割合  $\frac{R_\infty - R}{R_\infty}$  にも比例すると仮定する。ここで、 $R_\infty$  は獲得できる得点の限界 (100 点満点なら 100 点) を表す。このとき、 $A \neq 0$  として比例定数を  $r$  とすると、

$$\frac{dR}{dt} = rA \frac{R_\infty - R}{R_\infty} - \lambda R$$

となる。これより、次式が得られる。

$$\frac{dR}{dt} + \left( \frac{rA}{R_\infty} + \lambda \right) R = rA \quad (5)$$



簡単のため、 $A$  は  $0 < t \leq T$  において  $\bar{A}$  (定数) で、 $T > 0$  において 0 であるとする。また、 $R(0) = R_0$  とする。すると、1 階線形微分方程式 (5) は簡単に解くことができ、その解は

$$R(t) = \begin{cases} \frac{r\bar{A}}{b} + (R_0 - \frac{r\bar{A}}{b})e^{-bt} & 0 < t \leq T \\ R_T e^{-\lambda(t-T)} & t > T \end{cases} \quad (6)$$

となる。ここで、 $R_T = \frac{r\bar{A}}{b} + (R_0 - \frac{r\bar{A}}{b})e^{-bT}$ 、 $b = \frac{r\bar{A}}{R_\infty} + \lambda$  である。

3 時間/日の自習を 3 週間行った結果、定期試験終了時の総合点が 35 点以上の学生がほとんど合格したことより、 $r = 1$ 、 $S = 50$  としたとき  $\bar{A} = 4.5$  くらいだと推定できる (図 11)。

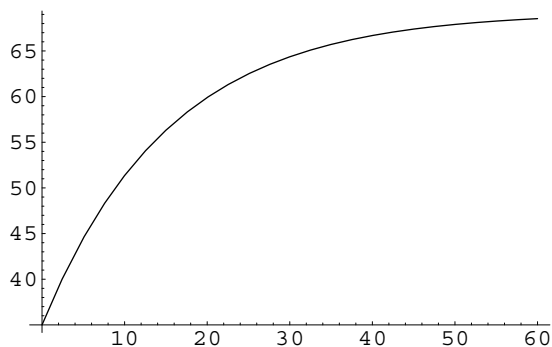


図 11: 得点の推移予想 ( $\bar{A} = 4.5$ ,  $r = 1$ ,  $S = 50$ ,  $R_0 = 35$ , 縦軸が点数, 横軸が日数)

また、このモデルを使うと 20 点くらいの学生が合格するには 4 週間、つまり、60 時間程度の自習が必要であることが分かる (図 12)。

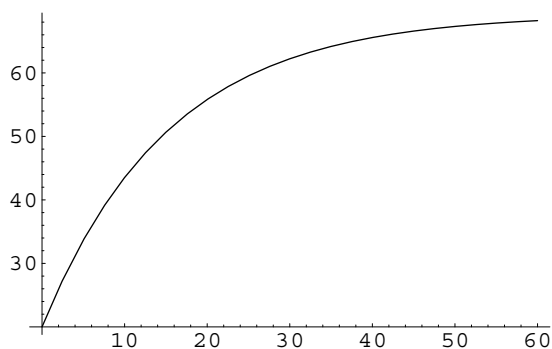


図 12: 得点の推移予想 ( $\bar{A} = 4.5$ ,  $r = 1$ ,  $S = 50$ ,  $R_0 = 20$ , 縦軸が点数, 横軸が日数)

ただし、このモデルは単純に学生は数学を記憶で行っているという仮定に基づいているため、図 11 が示すように 70 点以上を出すには 50 日近くかかることになってしまう。人は関連づけられた内容や理解した内容は忘れにくく、また数学では理解が進むと飛躍的に実力が伸びることがある。実際、45 時間の自習だけで 90 点以上の得点を獲得する学生もいた。このモデルで見積もられる時間は、数学は理解ではなく暗記だ、という考えから脱却できない合格最低ラインの学生に必要な時間と考えるべきである。

このモデルで説明できない学生が増えたほうがよいが、平成 14~15 年度前期に行った自習では、総合点で 20 点程度しかとっていない学生の 90% 以上が 45 時間の自習では不合格となった。これより、合格に必要な学習時間の推定にこのモデルが有効に働くといえる。そのため、平成 15 年度後期からは再試験は総合点で 30 点未満の者には原則として認めていない。

なお、このモデルは単位を修得するのに必要な勉強時間を学生へ説明するためにも利用しているが、身近に数学の必要性を実感させるよい例となっているようである。

### 13 自習に関するまとめ

強制的な自習を通じ、多くの大学生は勉強をすれば微分積分の学力が向上すると分かった。これは当り前の結果だと思ふかもしれないが、その一方で、ほとんど結果が変わらなかった学生がいる (40 名中 4 名) のも事実である<sup>1</sup>。強制的な自習は、多くの学生には効果があったと言えるが、本当にできない学生もしくはできないと思っている学生への救いにはなっていないのかもしれない。また、自主性を持たせた勉強では学力が向上しがたいことも浮き彫りとなった。

なお、この強制的な自習には、学生の学力が上がるというだけではなく、教員から見ても普通の学生の勉強の様子が良く分かる、というメ

<sup>1</sup>なお、この 4 名のうち 3 名は 2 年目 (平成 15 年度) に行われた 60 時間の自習により単位を修得できたことを申し添えておく。

リットがある。不合格者を集めたためかもしれないが、教科書やプリントを見るだけで、手を動かしていない学生が相当数いることが分かった。数学の勉強の仕方というのが身に付いていないとしか言いようがない。

さらに、勉強してまで単位をとりたくないという学生がいる一方で、高校で補習を行っているため、思ったより強制的な自習への抵抗がない、むしろ自習を望む学生も多いことも分かった。このような学生の態度からは、学生の自主性が全く感じられず、自主性は高校までで消滅しているのではないかと、とも思わせる。

正直なところ筆者には強制的な自習を行えば、多くの学生が「再試験のために45時間も自習を強制的にさせられるくらいならば、普段から勉強して単位を修得できるように頑張ろう」と思うようになるであろう、という考えもあったが、平成15年度までの結果を見る限りその考えは甘かったようである。

しかし、上記のような効果や問題はあるとはいえ、再試験を合格した者はもちろん、不幸にも不合格になってしまった多くの学生も、この自習により勉強をすれば数学ができるようになることが実感できた、と言っている。多くの学生が自分はやればできるということを実感したことが、この自習の最も大きい効果といえるであろう。

## 14 学力保証のための数学教育のあり方

私が担当している数学科目では、再試験のために強制的な自習を行うというのが定着しつつあるが、普段の講義期間中にこれをどのように採り入れるかが問題である。現実問題として、他の科目で課題を多く出している場合は強制的な自習のようなことはできないため、学生が履修している全科目の課題の量を考慮して課題を学生に課さなければならない。このようなことを考えると、現状では、今回の強制的な自習をすべての数学科目に導入することはできないと考えている。

また、学生に興味を持たせるような教育を否定はしないが、学生には数学以外にやりたいことがたくさんあるため、興味を持ったからといって学生が自主的に数学を勉強するようになることは期待できない。勉強する機会を強制的に与えなければならないのが現状である。従来の大学教育では、学生が基本的な勉強をした後にどのような勉強をするかは、学生自身に任されていたが、今はそんなことは期待できない。今回の強制的な自習により、今の学生には自主的に勉強することを期待してはダメで、当面は45時間以上(大量)、それも短期間(一括)で、強制的に数学の勉強をさせるしか学生の学力を保証できそうにはない、といえる。今のところ、学生に数学力をつけさせるには「大量・一括・強制」がキーワードになりそうである。もしかしたら、新課程を修了した高校生が入学したら(いわゆる2006年問題)、さらにこのキーワードが重要になるかもしれない。なお、平成15年度後期には週に1回、希望者だけを集めて数学の計算練習を行ったがほとんど効果がなかった。このことよりも、自習を行う場合は、短期間に、かつ強制的に行った方がよいことが分かる。

一方、どんなに勉強時間を強制的に与えても、全くといっていいほど自習の効果が出ない学生にもいる。そういう学生は歪な受験勉強の被害者ともいえるのではないだろうか。また、世の中には高所恐怖症というものが存在し、ある程度の高さを超えた所に立つとどうしても足がすくんでしまう人がいる。これと同じように高校レベルの数学までは理解できたが、ある一定レベルを超えると理解できなくなる、いわば数学恐怖症みたいなものがあってもおかしくはない。そういう学生に対して、数学教員が「頑張ればできる」というのはあまりにも無責任な発言である。今のところそういう学生についてはリメディアル教育を検討しているが、それでも学力が上がらない場合は、進路変更指導も必要になると考えている。くどいかもしいが、学生から見れば、数学教員に「頑張ればできる」と言われても、100メートルを9秒台で走ることができる人に「頑張れば100メートルを遅くとも10秒台で走ることができるようになる」と

言われているのと同じだとことを，大学の数学教員は意識しておくべきである．そして，とにかく学生に強制的にでもいいから勉強をさせ，「頑張ったら少しは自分もできるようになるんだ」，ということを学生に実感させるようにするべきである．

本論文のまとめとして，今までの内容を踏まえ，学力を保証するための大学数学教育方法として以下のようなことを提案する．

- 教員が教授法で行き詰まったならば，まず，学生が強制的に学習をしなければならぬ環境を 45 時間以上それも短期に設けてみる．キーワードは「大量・一括・強制」である．また，必要な自習時間の推定には忘却曲線を利用することもできる．
- 数学教育に e-Learning を導入するのであれば，板書型講義との併用を前提としたブレンディッドラーニングを導入するべきである．
- 強制的に学習させても成績が上がらない学生については高校での学習状況を把握し，リメディアル教育を行う．

特に，強制的な自習は，大学生の自主性を尊重しないような教育法かもしれないが，すべての大学生が自主的に勉強できる必要があるのだろうか？ 学力を保証するためには，まずは全員があるレベルに到達することが大切だと筆者は考えている．一昔前までは「計算しかできない学生は数学に関連する研究をするべきではない」といわれていたが，今は計算すらできない学生が数多く存在するという現実があるのである．まず，必要最低限のレベルに学生を引き上げてから初めて自主性を尊重すれば良いと思う．実際に，ブレンディッドラーニングの実践で分かったように単位を確実に修得するような学生は自主的に学習する傾向がある．まずは，できない学生には強制的に勉強をさせて，あるレベルを超えたたらブレンディッドラーニングなどを導入して，自主的に勉強する学生を増やしていけばよいと考えている．

なお，現在，リメディアル教育についても実践を行っているところである．この実践が終れば，また別の機会に発表したいと考えている．

## 参考文献

- [1] 梅沢敏夫：数学学習の理論と問題解決，培風館，1995 年．
- [2] 伊藤健二：e-Learning とは何か，情報処理，43 巻 4 号，pp.394-400, 2002.
- [3] 梅本 堯夫 編：講座心理学 第 7 巻 記憶，東京大学出版会，1969 ．
- [4] 小川正賢：大学教育における授業方法改善の可能性をもとめて - 同一時空性原理を越えて - ，茨城大学教育学部紀要 33 号，pp.1-15，1984 ．
- [5] 小保内虎夫 編：最新心理学概論，中山書店，1969 ．
- [6] 林敏浩，林田行雄：ブレンディッドラーニングに基づく自習支援のための e-learning 教材の開発，教育システム情報学会研究報告，vol.18, no.4, pp.73-78, 2003.
- [7] 吉田文：アメリカ高等教育における eラーニング 日本への教訓，東京電機大学出版局，2003 ．
- [8] 渡辺健次，林敏浩，皆本晃弥，近藤弘樹：遠隔講義のための板書型講義における教師と学習者間の情報の流れとその役割の分析，投稿中
- [9] Distefano A. , Rudestam K. E. and Silverman R. J. Eds : ENCYCLOPEDIA OF DISTRIBUTED LEARNING, SAGE Publications, 2004.
- [10] 平成 15 年度版 教育小六法，学陽書房，2003 ．
- [11] 大学セミナー・ハウス編，大学力を作る：FD ハンドブック，東信堂，1999 年 ．

- 18
- 日本 免状
- [12] JABEE(日本技術者教育認定機構) ホーム  
ページ, <http://www.jabee.org/>
- [13] 文部科学省ホームページ 中央教育審議会  
大学分科会大学院部会 (第 14 回) 資料 3  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo  
/chukyo4/gijiroku/004/021101c.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/gijiroku/004/021101c.htm)
- [14] WIKIPEDIA The Free Encyclopedia,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Forgetting\\_curve](http://en.wikipedia.org/wiki/Forgetting_curve)