

非同期型 E-Learning における
学習者の挙動履歴を利用する
講義改善に関する研究

Research on Improving Lectures
by Utilizing Histories of Learners' Behaviors
in Asynchronous E-Learning

2013 年 2 月

早稲田大学大学院国際情報通信研究科
国際情報通信学専攻 画像処理研究Ⅱ

大川内 隆朗

目次

第1章 序論	1
1.1 背景	1
1.1.1 Faculty Development	1
1.1.2 ICT と FD	2
1.1.3 日本独自の FD 研究の必要性	3
1.2 e-learning における講義改善	4
1.2.1 同期型 e-learning と非同期型 e-learning	4
1.2.2 e-learning の分類	6
1.2.3 非同期型 e-learning における講義改善活動	8
1.3 本研究の位置付けと目的	10
1.3.1 非同期型 e-learning における主観的難易度	10
1.3.2 本研究の目的	13
1.3.3 アプローチの概要	14
1.4 本論文の構成	17
第2章 講義改善の従来研究と本研究の位置付け	19
2.1 講義改善に対する多用なアプローチ	19
2.1.1 学習における教授者の役割	19
2.1.2 講義改善のアプローチの方向性	21
2.2 多様化する講義形態	24
2.2.1 講義に内在するローカリティ	24
2.2.2 数学講義の特性	27
2.2.3 数学教員が抱える問題意識	28
2.3 講義改善における困難	31
2.3.1 教員の実践的知識の不足	31
2.3.2 講義コンテンツを改善するアプローチ	32
2.4 まとめ	33

第3章 非同期型 e-learning における	
学習者の主観的難易度把握の重要性	35
3.1 はじめに.....	35
3.2 提案する理解度呈示システム	37
3.3 実験.....	39
3.3.1 予備実験（学生の主観的難易度の取得）	39
3.3.2 本実験（教員へのフィードバック）	40
3.3.3 インタビューによる評価.....	41
3.4 考察.....	45
3.5 まとめ	48
第4章 非同期型 e-learning 特有の学習行動を利用した	
主観的難易度把握の自動的捕捉	50
4.1 はじめに.....	50
4.1.1 本章の目的	50
4.1.2 学習者の主観的難易度補足に関する従来のアプローチ	51
4.2 提案手法.....	53
4.2.1 主観的難易度の補足方法の概要	53
4.2.2 主観的難易度を捕捉するシステム.....	54
4.3 実験.....	56
4.3.1 実験の概要	56
4.3.2 実験の結果	60
4.3.3 統計的分析	63
4.4 考察.....	66
4.5 まとめ	68

第5章 教員の講義改善活動を支援するシステム	70
5.1 はじめに.....	70
5.2 提案するシステム	72
5.3 実験.....	80
5.3.1 実験の概要	80
5.3.2 各STEPにおけるインタビューデータ	81
5.3.3 学習者と教員の発話の差異	87
5.3.4 本システムの利用上の評価	90
5.4 考察.....	93
5.5 まとめ	97
第6章 結論と今後の課題	98
6.1 結論.....	98
6.2 今後の課題.....	100
謝辞	102
参考文献	103



図 1.1	日本と米国における FD の対象範囲	1
図 1.2	同期型 e-learning	7
図 1.3	非同期型 e-learning	7
図 1.4	主観的難易度と客観的難易度	12
図 1.5	主観的難易度の呈示	14
図 1.6	学生の主観的難易度の確認	15
図 1.7	教員の講義改善を促すシステム	16
図 1.8	本論文の構成	18
図 2.1	教育と学習	19
図 2.2	最近接発達領域	20
図 2.3	講義内のインタラクションの方向	23
図 2.4	講義におけるローカリティ	24
図 2.5	演習問題を通じたインタラクション	30
図 2.6	e-learning 研究が対象とする領域	32
図 3.1	対面講義と非同期型 e-learning のフィードバックの差	36
図 3.2	学生の主観的難易度を捕捉するシステム	37
図 3.3	システムのバックグラウンド	38
図 3.4	教員に対するフィードバック	41
図 3.5	レベルの違いによる理解度の差	46
図 3.6	非同期型 e-learning におけるレベル設定の困難さ	47

図 4.1 実験に利用するシステム	55
図 4.2 実験の環境	57
図 4.3 背後のカメラから撮影を行った実験の様子	58
図 4.4 実験に利用したビデオプレイヤーの画面	58
図 4.5 被験者 B の操作履歴	60
図 5.1 本章で提案するシステムの位置付け	71
図 5.2 STEP1 の画面	74
図 5.3 STEP2 の画面	75
図 5.4 STEP3 の画面	76
図 5.5 各タイムラインにおける一時停止時間の累計	77
図 5.6 上位三箇所選出の方法	77
図 5.7 STEP4 の画面	79
図 5.8 客観的難易度の転化	94
図 5.9 主観的難易度のレベル	95
図 5.10 非同期型 e-learning における FD	96

表

表 1.1 各分野における同期型／非同期型通信の定義.....	5
表 1.2 e-learning の分類.....	6
表 1.3 対面講義と非同期型 e-learning の講義改善.....	10
表 3.1 対面講義と非同期型 e-learning のフィードバックの差.....	36
表 4.1 学習者の主観的難易度補足に関わる従来研究.....	53
表 4.2 学習行動の記録.....	56
表 4.3 検索ワードの記録.....	56
表 4.4 被験者の属性.....	59
表 4.5 実験に利用したビデオ.....	59
表 4.6 被験者 B の各行動履歴の集計.....	65
表 4.7 学習行動と主観的難易度の相関.....	65
表 5.1 講義のスライドと内容の概略.....	72
表 5.2 各 STEP におけるフィードバックの内容.....	79
表 5.3 教員と学生の付けた難易度.....	82
表 5.4 本システムによる振り返り所要時間.....	90

第1章 序論

1.1 背景

1.1.1 Faculty Development

日本では2007年度に大学院においてFaculty Development (FD) が義務化され、翌2008年度には学部においてもFDは義務化された。それ以来、各高等教育機関ではそれぞれ独自の手法でFDに関する活動を取り入れている。夏目によると、大学に課せられている内容は「授業の内容及び方法の改善を図るための組織的な研修及び研究」であり、大学全体・教員全体に対し、学生への講義活動の質を高めることが明示されている[41]。ただし田中によるとこのようなFDの認識は世界的には一般的とは言えず、米国などではより広義に捉えられている[35]。日本的なFDといえる「教育方法」のみでなく、Rodneyは「専門性」、「組織」、「キャリア」、「人間性」を含めた開発・向上を提唱している[9]。米国のこのようなFDの捉え方は、高等教育機関における業務の一つである「講義」についてのみではなく、業務活動のすべて、さらには生涯職業としてFDを考えていると言えるだろう(図1.1)。



図 1.1 日本と米国におけるFDの対象範囲

米国と日本のFDの捉え方の差の是非を検証する上で、次のような調査研究がある。田口らは就任3年以内の初任者教員を対象にアンケート調査を行った[34]。その結果、「教育方法」、「学生」、「教育システム」に関して多くの不安を抱えていることが分かった。やはり教員にとって教育方法（講義）に対する不安は存在するが、それ以外にも「研究と他の業務の両立に対する不安」、「将来に対する不安」などがあることがわかる。高等教育機関の教員ならではの特性がいくつかあるが、特に新任のうちは任期付きの採用を行うケースが増加しており[29]、自身の専門性や将来のキャリアを考えるうえで、「教育方法（講義）」が自分自身の慢性的な悩みと直結しないことも多いだろう。すなわち講義の質を向上させることに努めることは、彼らのキャリアや悩みの解決につながるとは限らないのである。さらには、彼ら自身がこの状況を批判することは難しく、ストレスを感じながら勤務せざるを得ない[13]。このあたりに関しては、日本でも米国のようにFDの視野をより広げて考えなくてはならないと言える。

1.1.2 Information Communication and Technology

近年はInformation Communication and Technology (ICT) が各大学内にも徐々に浸透しており、学内生活の一環として利用されている。例えば、事務局との連絡などは十数年前までは事務所内での直接連絡やポストを通じて行うことが主流であったが、現在は教職員・学生にメールアカウントを配布していることはごく一般的となり、またポータルサイトが用意されていて、大学側との連絡事項をインターネット上で行っているような形式も珍しくないだろう。例えば、早稲田大学においてはWaseda-net portal というサービスが用意されており、メールの送受信や大学からの連絡事項のやり取りのみでなく、成績の管理や照会、各種申請、また教員にとっては研究費の管理なども同サービスを通じて行われている。

米国式の広義でのFDとICTの関わりを考えた場合、留学生の受け入れ制度や国内外の大学間との連携など、多様化する各大学環境の中でもICTが利用されている。遠隔会議や研修の中でICTツールを利用しているケースも少なくない。前述のように、各教員同士は授業の時間がずれていたり、出張や研究調査などで地理的・時間的な制約が厳しく、多くの教員同士で時間を揃えて顔を合わせることはそう簡単なことではないためである。

このような環境の中で悩みや問題を抱えた場合、教員はどのように解決していけばよいのだろうか。職務においてストレスや不安を感じ、悩みを抱えることは、大学のみでなく多くの職場で起こりうることであり、その解決法も業種や環境によって変化するものと考えられる。大学の場合、新任教員にとって主な職務活動の場は、学部や研究科、研究室といったように比較的小規模なことが多く、また同僚と呼べるような人数も少ない。同期というレベルで考えるとさらに狭く、学部・研究科での新任は自分一人のみ、

といったケースも稀ではないだろう。さらに教員同士は業務時間内に顔を合わせている時間は少なく、業務中の交流や対話を通して不安や悩みを解決することは難しい。したがって教員という職業の特性にあった悩みの解消法が求められてきた。

例えば重田らの研究ではリフレクティングチーム[23]や車座[43]といった臨床学的手法を取り入れ、遠隔で教員同士が対話することにより不安の緩和を図るシステムが提案された[31]。しかし義務としてのFDの対象範囲を「授業の方法」として捉えている日本の場合、このような米国式の広義にFDを支援する取り組みが、日本で課せられているFD活動に対して直接的に役立つかという疑問である。日本で対象とする授業方法の改善により特化した取り組みやシステムが求められる。

1.1.3 日本独自のFD研究の必要性

そもそも日本のように対象を授業の方法に絞ったようなFDの意義は低いのかと考えると、そうとも限らない。重田らの研究において被験者の教員から挙げた悩みの中には、授業の方法に対する問題もあった[31]。また前述の田口らの研究調査において挙げられた複数の不安の中で「教育方法に関する不安」が最も顕著に表れていることが指摘されている[34]。このことから、日本的な狭義のFD、すなわち教育方法の改善に対する支援を行うことの重要性が高いという立場の認識も理解出来る。

講義改善を議論するにあたっては、ローカリティ（個別性）を無視して語ることはできない[27]。例えば、「大きな声で話しましょう」「配付資料を有効に使いましょう」「学生の反応を見て授業を進めましょう」「最初にその日のゴールや目次を提示しましょう」「授業の準備をしっかりとデモンストレーション・練習をよくしておきましょう」といったことは、多くの大学の研修などで教えられどどの講義でも一般的に言われるような内容である。しかし、各大学には講義形式やカリキュラムに特色があり、講義改善にあたって教室環境や、利用できる情報、あるいは成績を考えるうえでも重視するポイントなどが異なったりする。ほかにも数学は式を解く時間が多くなったり、英語は文章を読んでいる時間が長くなったりというような科目毎のローカリティもある。さらには同じ環境で同じカリキュラムで授業を行ったとしても、教員が異なれば授業のわかりやすさや進行も変わってくるだろう。このように各教員のパーソナリティやスペシャリティに起因するローカリティも存在する。尾関らによると組織的取組や問題点を検討するに当たり、まず教員個人に目を向け、教員個人の講義改善に対する意識について検討する必要があると述べている[22]。

大学全体・教員全体を対象とした講義改善活動や研修は、ローカリティがあまり深くないところで行われることが多い。すなわち、教員一人一人の講義の仕方や内容まで踏み込んでいないことが多い。結果として、各教員の各講義・各コマについて「どこが

悪い」「何が悪い」といった詳細なポイントに議論がいかない。ローカリティを意識してより細分化された議論ができると、個別の教員にとっては講義改善に役立てることができると考えられる。もう一つ重要な点は、この FD に対する認識や対象範囲そのものが一つのローカリティであり、米国を始めとする海外諸国とは大きく異なる。すなわち、米国で研究されている内容、行われている取り組みが、そのままの形で日本の FD に適用することは困難であるといえる。

日本と米国では文化や環境、カリキュラム、教育方針も異なる。そのようなローカリティの差を考慮せずに講義改善を考えることは危険な面も多く含んでいる。したがって、日本の FD の認識やローカリティに合わせた研究や方法論が求められている。

1.2 e-learning における講義改善

1.2.1 同期型 e-learning と非同期型 e-learning

大学教育に利用されている ICT ということを問われた際に、e-learning の存在を挙げる人も多いただろう。実際、メディア教育開発センターの調査報告によると、2008 年の段階で、大学において ICT 活用教育を導入している割合は 81.6%であり、導入を予定・検討している箇所を含めると 85%を超える[50]。この数字より、すでに e-learning は大学の教育活動において、一定以上の役割を果たしている存在であると考えられる。さらに、その質を向上させることは義務づけられている FD 活動の一環であると考えられる。

また e-learning には同期型と非同期型の二種類が存在する。まずはその両者の差、経緯について説明を行う。

●同期型通信と非同期型通信

コンピュータの世界において、同期型と非同期型という言葉は、通信を行う相手とタイミングを合わせるかどうかで分類する。相手とタイミングを合わせる通信方法が同期型で、相手と特にタイミングを合わせる必要が無いのが非同期型である。

通信の世界では、1980 年代以前のまだ 64kbps などの通信速度が遅かった時代の名残もあり、Synchronous Transfer Mode (STM) と Asynchronous Transfer Mode (ATM) と呼ばれ、パケットの送り方で同期/非同期を分類することがある。同期型通信である STM では回線を占有して通信を行い、非同期型通信である ATM では必要に応じて回線をつなぐ形式で通信を行い、複数のユーザが同時にパケットを送ることも可能である。

また 1990 年代後半に入ってくると、インターネットの通信速度も向上し、様々なユーザ

サービスが展開されるようになった。その基本モデルであるクライアント／サーバモデルにおいては、ユーザの要求に対してサーバの応答を待つかどうかで同期／非同期を分類することもある。同期型通信においては、ユーザは入力／要求を行ったら、サーバ側からの応答を待って次の入力／要求を行う。サーバ側の処理に時間が掛かるとその分だけクライアント側は次の入力／要求を行うまでの待ち時間が発生する。非同期通信の場合、クライアントはサーバ側からの応答を待つことなく、次の処理／入力を送る。サーバとクライアントのタイミングを合わせる必要の無いシステムの場合、非同期型通信が利用される。

また 2000 年代に入り、インターネットを介して動画を配信することも一般的となってくると、さらにその定義は広義に拡張してきた。教育工学やコミュニケーションの世界では、コンピュータというよりは、同じ時間を共有してリアルタイムに相手（人間）と通信が接続されている状態を同期型と呼ぶ。例えば、電話やテレビ会議などの場合、お互いの言葉／映像はリアルタイムに配信されるし、質問を行えばそれに対する反応も返ってくる。それに対し、同じ時間を共有する必要が無く、相手がパソコンの前になくても成立するような通信手段を非同期型と呼んでいる。例えばメールやWEBなどがこの形式である。

それぞれの分野における同期／非同期の言葉の扱いを表 1.1 にまとめる

表 1.1 各分野における同期型／非同期型通信の定義

	同期型	非同期型
通信	回線を占有して、通信を切るまで相手と常に接続された状態にする形式	必要に応じて回線を接続し、相手にパケットを送信する形式
クライアント／サーバモデル	サーバからの反応を待ってから次の要求を行う形式	サーバの反応を待つ必要がなく、クライアント側のタイミングのみで要求を行う形式
教育工学・コミュニケーション	インターネットで接続された相手がPCの前にいる形式 (例) 電話, テレビ会議	インターネットに接続された相手はPCの前になくても成立する形式 (例) メール, WEB

本論文内においては (3) にあたる、教育工学やコミュニケーションの分野における同期型／非同期型の使い分けを用いる。すなわちインターネットを介して、相手と同じ時間空間を共有したり、相手とリアルタイムにコミュニケーションが取れたりする状態のことを同期型と記述し、相手と時間を合わせることなく情報の送信／受信を行う形式を非同期型と記述する。

1.2.2 e-learning の分類

e-learning という言葉もまた、文脈や業界によって若干の認識の差が生じるが、本節ではその分類と、本論文内での定義について解説を行う。まず常磐らの論文を参考に e-learning を分類すると、表 1.2 のように、同期型 e-learning、非同期型 e-learning、WBT システムの 3 つに分類可能である[37]。いずれもインターネットを通して学習を提供するシステムであるが、WBT システムは講義などの映像を利用せずに WWW の機能を利用して学習の提供を行うシステムのことである。同期型 e-learning と非同期型 e-learning は、どちらも講義映像による学習機能を提供するものであるが、その提供方式が異なる。同期型 e-learning の場合、講義映像はリアルタイムに提供される（図 1.2）。すなわち学習者がビデオを見ている同時刻には、教員は実際にどこかで講義を行っている。非同期型 e-learning は、予め録画しておいた講義コンテンツを LMS やストリーミングサーバから配信する仕組みである（図 1.3）。

同期型 e-learning の場合、学習者から教員に問いかけるような仕組みが実装されていれば、講義中に学習者から教員にリアルタイムに質問を行うことも可能である。しかし、教員と学生が同じ時間に集まって講義を行うので時間的な制約を受けることになる。非同期型 e-learning の場合、時間的な制約と地理的な制約から解放されるが、講義が一方通行になり、学習者から教員に反応や質問をリアルタイムに呈示できない短所がある。

表 1.2 e-learning の分類

	(1) 同期型 e-learning	(2) 非同期型 e-learning	(3) WBT システム
概要	リアルタイムに講義を遠隔地に提供	録画済み講義映像コンテンツの提供	WEB ベース型の学習コンテンツの提供
通信	同期型通信	非同期型通信	非同期型通信
学習形態	集合学習	個別学習	個別学習
学習可能な時間帯	指定	任意	任意
学習管理	不可	不可	可

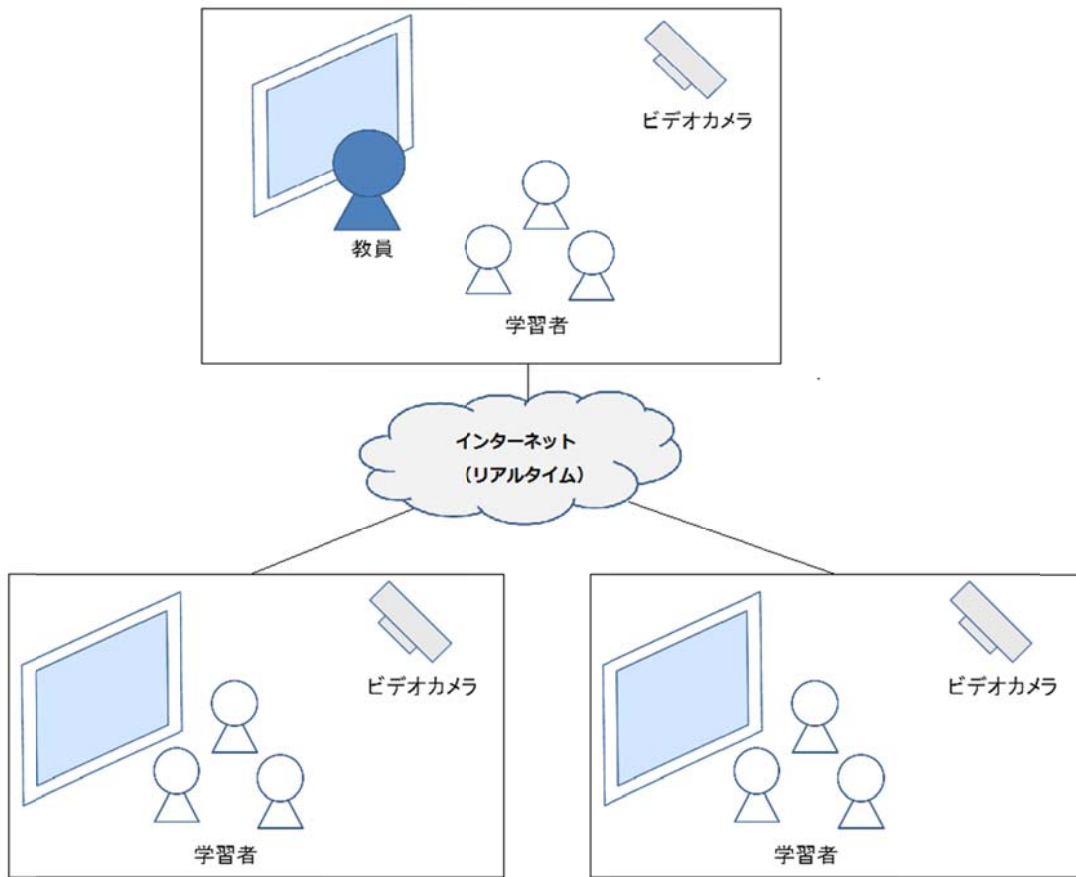


図 1.2 同期型 e-learning

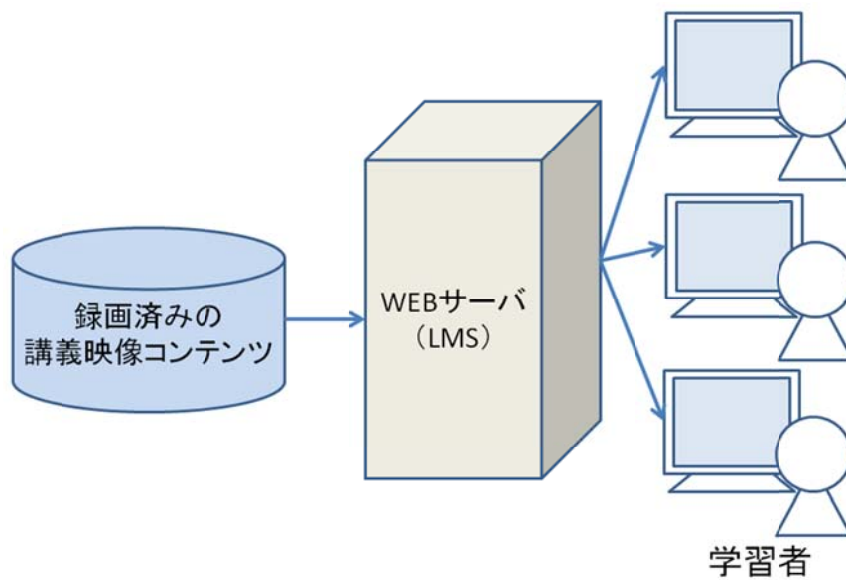


図 1.3 非同期型 e-learning

本論文内では表 1.2 で挙げたように、各参加者が同じ時間に PC の前に集まり、同じ時間を共有して参加する (1) の形式を「同期型 e-learning」、予め録画された講義ビデオを視聴する (2) の形式を「非同期型 e-learning」と表記することにより両者を区別する。また区別することなく同期／非同期形式の両者に言及する場合には「e-learning」と表記する。

より詳細に分類を行えば、例えば同期型 e-learning 形式に関して、学習者と教員が各 1 人で行う形式 (個別指導形式) や、教員一人に対して学習者が複数いる形式 (大人数講義形式)、教員から一方的に話すのではなく教員と学生がそれぞれの対話の中で学んでいく形式 (ゼミ講義形式) があり、それぞれ長所／短所がある。

その中でも本論文では、非同期型 e-learning 上において、学習者個人で学ぶ形式の e-learning について検討を行っていく。すなわち、予め録画された講義コンテンツを、学習者が好きな時間に好きな場所から視聴する形式の、多くの大学で最も広く利用されている種別の e-learning である。

1.2.3 非同期型 e-learning における講義改善活動

講義を受けた学生の質を向上させるということを考えた場合に、1. 講義内容のレベルを上げること、2. 学生がわかりやすい講義を行うこと、の二つの視点から考えることができる。この二つは両立させることの困難な要求であり、高い専門性を持った大学教員にとって、講義のレベルを上げることが容易であるが、工夫もせずにレベルを上げれば、その分だけ内容を理解できる学生の数は減ってしまうことになるだろう。講義内容のレベルと、学生にとって理解できる内容、この両者のバランスを取ることが不可欠であり、そのために教員は、自身の講義を受ける学生の知識レベルや、講義に対して学生がどれくらい付いてくることができているのかという、学生の理解度を把握しなくてはならない。

教員がどのように学生の理解度を把握しているのかという、いくつかの方法が考えられる。まず試験を行うことによって、数値化された学生の客観的な理解度を把握することが可能だろう。ほかには、所定回数の講義終了後の「授業評価アンケート[20]」が多くの大学で行われている。同アンケートは学生が教員の講義に対して、様々な角度から評価を行い、自由記述欄では教員に対する直接的な意見を呈示することができる。また対面の講義においては、講義中の学生の反応から、理解度を測るケースもある。これは特に決められた手続きが存在するわけではなく、教員が学生の表情や雰囲気を読みながら、自身の説明に学生が付いてきているかを感じ取るなどの方法が挙げられる。

Davis は授業改善において重要なことは、講義の中で学習者にとって何が効果的であるのかを知ることであり、そのためには 1. 学習者からのフィードバック, 2. 自らの講義の視聴, 3. 自己評価, が必要であることを示している[3]. また川崎らの調査では数学教員に実施したアンケートにおいて、講義改善を行う手掛かり・手法を7つのカテゴリに分類しているが、その中でも教員が最も気にしているものとして「学生の反応」を挙げている[24]. これらの調査に代表されるように、講義改善における重要な要素として、学習者の反応を得る必要性は従来から提唱されている。

対面形式の講義においては、教員は学生と同じ空間や時間を共有するので、意識や工夫次第で学生の反応を捉えることは可能であるし、それを支援し有効性を検証する類の研究も多い。しかし非同期型 e-learning, すなわちインターネットを介して、好きな時間に好きな場所からアクセスを行い、予め録画しておいた講義を学生が視聴する形式の講義においては、受講中（講義ビデオ視聴中）の学生の反応を教員が捉えることは困難であると考えられるし、そのような試みはまだ少ない。

Davis の提唱した授業改善における3つの要素を「対面講義」と「非同期型 e-learning」に照らし合わせると、それぞれ強み・弱みがあるように考えられる。1. 学習者からのフィードバックに関しては、対面講義、非同期型 e-learning 講義ともに、受講後のアンケートを取ることができる点に関して差異は無いだろう。しかし受講中の学習者からのフィードバックや反応を考えた場合、対面式講義でははっきりと質問されるケースもあるだろうし、あるいはその教室内の雰囲気のようなものもあるだろう。それに対し、非同期型 e-learning については受講中の学生のフィードバックや反応は皆無である。

「2. 自らの講義の視聴」に関しては対面講義の場合には、機材などを予め準備し、録画する必要がある。非同期型 e-learning に関してはコンテンツ作成（録画）を行う手間は大きいだろうが、自らの講義の視聴という観点では一切手間を掛ける必要が無い。さらにはすべての学習者が同じ映像を見るし、教員もそれとまったく同じ映像で自らの講義を振り返ることが可能である。対面形式の場合、実際には座席によって教員やホワイトボードなどの見え方が異なるし、文字の大きさや声の大きさに対する印象なども、前列に座っている学生と後列に座っている学生とで異なることが考えられるだろう。北川や Holliman らの研究では、対面講義の際に前列に座るグループと後列に座るグループで成績が異なる傾向を指摘した[25] [26] [6]. 北川は着座する席を選択する際にはいくつかの理由があり、講義に対する積極性と関わることを示唆した。座席による見え方の違いや、着座の選択による学生の意識の差を、どう講義改善に結びつけるかといった検討はまだ無いが、このような差やバイアスを考慮せずに映像を振り返ることができる点も非同期型 e-learning の現時点での強みと言えるだろう。

「3. 自己評価」については、先行研究でも指摘されているように、対面形式の場合には講義中の学生の反応が重要視される反面、自らの映像とともに振り返ることに対する

手軽さには欠け、録画して振り返りを行っているような大学体制や教員は実際にはごく少数だろう。非同期型 e-learning の場合、ビデオによる振り返りを行うことに対する手軽さはあるものの、受講中の学生の反応が無いため、客観的な反応からの振り返りは難しく、教員自らの視点を中心とした講義改善に陥りがちと言える。

対面形式と非同期型 e-learning に関する、上記に挙げた得手／不得手を、表 1.3 にまとめる。それぞれ一長一短あることが伺える。

表 1.3 対面講義と非同期型 e-learning の講義改善

	対面講義	非同期型 e-learning
学習者からの フィードバック	○ 講義中に直接的な反応を受けることが可能。別途アンケートなども利用可	× 講義中の受講生たちの反応は無い。別途アンケートなどに頼るしかない
自らの講義の視聴	× 録画などを別途行う必要がある	○ 受講生達が見ている映像とまったく同じ映像を視聴可能
自己評価	△ 講義中の反応により行われ、講義後の振り返り活動はあまり行われない	△ ビデオによる自分の視点のみからの振り返りに陥りがち

1.3 本研究の位置付けと目的

1.3.1 非同期型 e-learning における主観的難易度

近年の FD の義務化と ICT 教育の広がり、講義改善の重要性が指摘されている現状の中で、非同期型 e-learning における講義改善に着目した研究は非常に少ない。多くの大学において、非同期型 e-learning 固有の講義改善活動を行っているようなケースはあまり見られず、対面式講義の延長として捉えていたり、あるいは非同期型 e-learning においては講義改善そのものが見過ごされているようなケースも見られる。

本論文では、非同期型 e-learning における講義改善方法について、学習者の受講時の行動を把握する方法、および教員へのフィードバックの呈示法の観点から扱っていく。次章以降でより詳細にレビューを行っていくが、本研究で着目した二つの観点に関してここで述べる。

(1) 非同期型 e-learning 講義受講中の学習者の行動の捕捉

まず非同期型 e-learning における「学習者からのフィードバック」について考えてみる。Jecker らを始めとして、講義教室内における学習者からの非言語情報が、教員の講義改善や講義中の意志決定に役立つことが指摘されている[4]。非言語情報とはわからないことを言葉で質問するのではなく、例えばじっと黒板を見たりうつむいたり、あるいは教科書の前のページに戻ったり、という学習中の声に出さない行動のことである。わからないことを毎回声に出して発してくれれば、教員としては生徒が何をわかっていないのか捉えやすいただろうが、他の学習者の目や授業の進行が気になることもあり、実際はそう簡単にはいかないだろう。

また三宅は講義中に出る質問について、次のような特徴を述べた[48]。初学の学習者からは、簡単な問題に対する質問が多く、複雑で難しい問題に対する質問は少ない。一方、経験を積んだ学習者からは簡単な問題に対する質問は少なく、複雑で難しい問題に対する質問が多かった。この結果が示す内容は、学習者が質問を行う範囲というのは、自分の知識レベルにあった内容が多いということである。知識レベルの高い学生が簡単な問題に対する質問を行わないことは当然であり問題の無いことと考えられるが、知識レベルの低い学生がわかっていなくても質問できないことは講義改善と非言語情報の関係を考えるうえで重要な要素と考えられる。

これらの知見を非同期型 e-learning に照らし合わせて考えると、学習者には非同期型 e-learning ならではの非言語情報や学習行動がある。例えば講義の内容がわからないときに、対面講義ではうつむいて教科書の前のページに戻るかもしれない。しかし非同期型 e-learning の場合は、講義を一時停止する、巻き戻す、インターネットで調べる、といったような、対面形式とは異なる非言語情報が考えられる。このような非同期型 e-learning 特有ではの反応を捉えることによって、学習者がどこをわかっていないのか、何をわかっていないのかを捉え、講義改善に役立てることが可能であると考えた。本研究ではこのような非同期型 e-learning 特有の学習行動に着目して講義改善活動に関する提案を行っていく。

(2) 主観的難易度の利用

次に、学習者の立場から見た二つの難易度について述べる。講義受講中の学習者の難易度は、「客観的難易度」と「主観的難易度」に分かれる。

●客観的難易度

客観的難易度とは、生徒が講義の内容を実際にどの程度理解しているかということ、客観的な尺度を用いて判断したものである。

代表的な例としては、

- (a) 教員が講義中に受講生に質問を投げかける（非数値データ）
- (b) 小テストを行う（数値データ）

といった方法が挙げられる。実際にどれくらい理解しているかを、学習者自身の感覚ではなく、外部からの客観的な指標のもとで測ることができる。同例のように、数値化した指標で計測することも、質問とそれに対する反応のような非数値化データで読み取ることも可能である。定量的データ、定性的データに関わらず、学習者本人以外の指標で測っていれば客観的難易度となる。

●主観的難易度

主観的難易度とは、個々の学習者自身が講義の中で、講義の内容について「理解出来ている」「ちょっと自分には難しい、わからない」など、講義に対する難易度を、当該の学習者本人の基準で測る方法である。学生自身が講義に付いて行けていない旨を教員に呈示したり、あるいは質問を行ったりすることもありえるが、基本的には学習者の思考の中で起こることであるので、表面化されずに教員を含めた他者には気付かれないうまに終わることも多い。

客観的難易度の場合は、学習者の「理解しているという思い込み」のリスクを低減することが可能であり、主観的難易度の場合にはどの部分がわかっていないのかを学習を行う主体である「学習者自身の感覚」から捉えることが可能である。どちらの方法も一長一短あるが、学習内容の理解を深めるためには、「教師による客観的理解度」と「学習者の主観的評価」の両者を考慮することが必要不可欠である[30]。

本研究では従来の講義改善研究と比較し、図 1.4 に示すような、非同期型 e-learning における主観的難易度を利用した領域を研究対象として提案を行っていく。

	対面式講義	非同期型e-learning
主観的難易度		○ 本研究の対象
客観的難易度		

図 1.4 主観的難易度と客観的難易度

1.3.2 本研究の目的

本研究の目的を、次の3つとする。

(1) 非同期型 e-learning における主観的難易度の重要性を明らかにすること

対面形式の講義では学習者の反応、特に主観的難易度の重要性が示されてきたが、非同期型 e-learning に関しては、教員自身も「学生からの反応は無いもの」という前提で講義運営を行っているケースが多く、学生からの講義中の反応の重要性に対する検討はあまり行われなかった。そこで本研究では、非同期型 e-learning においても、学生の主観的難易度を講義ビデオ映像と同期する時系列のデータとして教員に呈示することにより、自らの講義ビデオの問題点や改善点を挙げることができるか検証を行った。

(2) 主観的難易度の取得方法に関する提案

主観的難易度が非同期型 e-learning においても重要なデータとなり得たとしても、そのデータの取得については実用的な方法で行われる必要がある。最も容易な方法は、講義中に学生に呈示してもらう方法であるが、それは講義を良くしたいと考える教員側の都合であり、学習者にとっては講義ビデオを見て学習している最中に自分の理解度を呈示し続けるメリットは無い。本研究では、調べ学習や巻き戻し行為などの非同期型 e-learning 特有の学習行動を利用し、学習者が講義中にリアルタイムに感じている主観的難易度を推定する方法論について提案を行う。

(3) 教員の講義改善点への気づきを促すシステムの提案

データは取得するだけではなく、より効果的な形でフィードバックを行う必要がある。学生の授業評価アンケートでも、受講生たちが皆、自由に好き放題に書いていて、結果を受け取った際に、その漠然としたデータの前に、どう利用していけば良いのか困惑した経験のある教員も多いだろう。本研究ではデータの取得のみでなく、(2)で取得した学生の主観的難易度や各学習行動について、ステップという形で教員に段階的に呈示することで、自らの非同期型 e-learning 講義において、より多くの改善点を見つけることを支援するシステムの提案を行う

以上のように、本研究では Davis が提案した、「1. 学習者からのフィードバック」「2. 自らの講義の視聴」「3. 自己評価」の提案について、学習者の主観的難易度という情報に着目し、非同期型 e-learning において、その情報をどのように取得し、どの

ようなフィードバックをもって有用な形で教員に呈示することができるのかといった内容について検討を行っていく。

1.3.3 アプローチの概要

本研究では前節で示した目的を達成するため、次の順序で検証することを試みた。

(1) 非同期型 e-learning における主観的難易度の重要性を明らかにすること

教員の講義改善のために受講中の学生から有益な情報を捉えることが求められる。一つ目の事項として、学生が講義中に感じる主観的難易度が、教員の講義改善活動にとって有益な情報となり得るかどうかについて検討を行う。

具体的には図 1.5 に示したシステムの実装を行い、非同期型 e-learning 受講中の学生たちに、その時点で講義についてどの程度ついて行けているかを、講義ビデオの右側にある 7 段階式のレバーで入力してもらう。講義に付いて行けている際にはレバーを上、付いて行けていないほどレバーを下げるという容易な操作のシステムである。

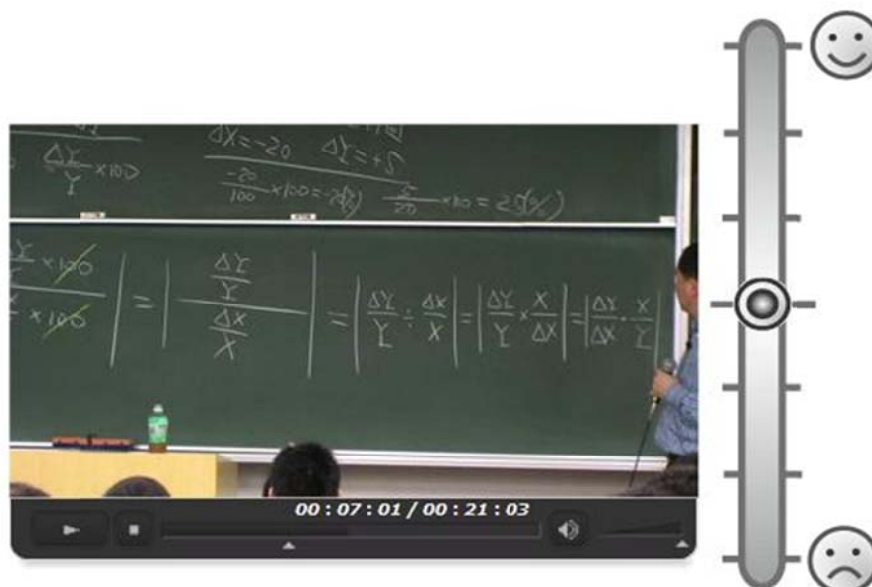


図 1.5 主観的難易度の呈示

各学習者の非同期型 e-learning の受講が終了したら、各タイムライン上で学生がどの程度講義に困難を感じていたかを機械的に集計し、図 1.6 に示すようなグラフの形で教員にフィードバックを返す。

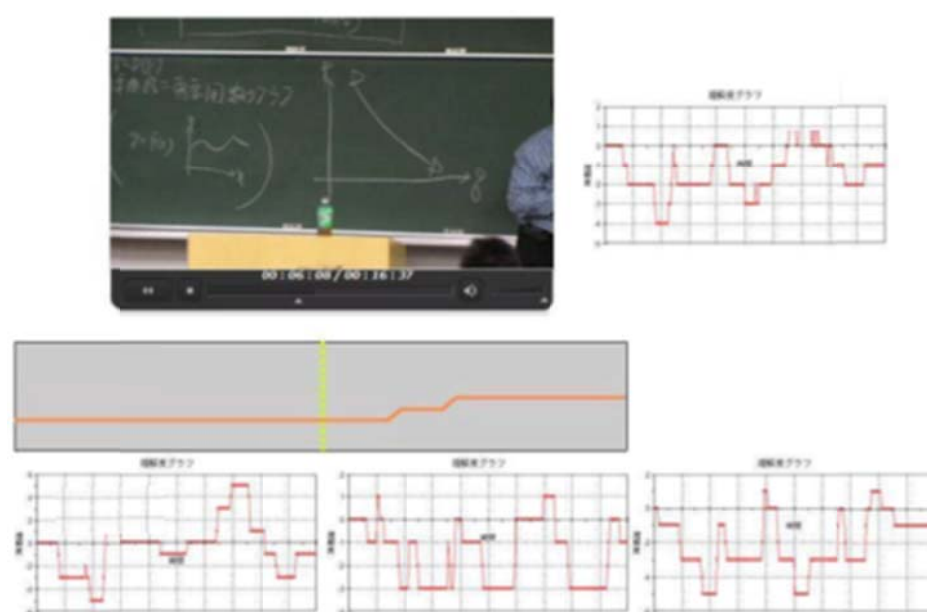


図 1.6 学生の主観的難易度の確認

教員が自身の講義について、学生がどの程度難しいかと感じているかを時系列にグラフ化された情報を見ることによって、自身の講義の難易度が学生にとって適切なものであったか、改善点を感じることができるか、といった内容について検証を行う。同内容は本論文の第三章に該当する。

(2) 主観的難易度の自動的捕捉

学生の主観的難易度が講義改善にとって有用な情報となりえることがわかっていても、その情報は実用性のある方法で取得する必要がある。受講中にずっと手入力することを求める方法には実用的でない。

そこで本研究では、受講中の学生の「講義を巻き戻す／早送りする」「調べ学習を行う」「講義を一時停止する」といった行動に着目し、その回数や累計時間の集計を各学習者について行った。集計したデータを統計的に分析し、学習者が受講中に感じる主観

的難易度と関係性があるか、逆に学習中の行動データから学習者の感じる主観的難易度を推定することは可能であるか、といった内容について提案を行う。同内容については第四章に詳細を記述する。

(3) 教員へのフィードバック

どのようなデータを扱っても、どのような方法で捕捉を行っても、最終的に教員の講義改善につながるデータになり得ることができなければ、講義改善研究としての意義が低い。本研究では(2)について捕捉したデータについて教員にフィードバックする方法について提案を行う。

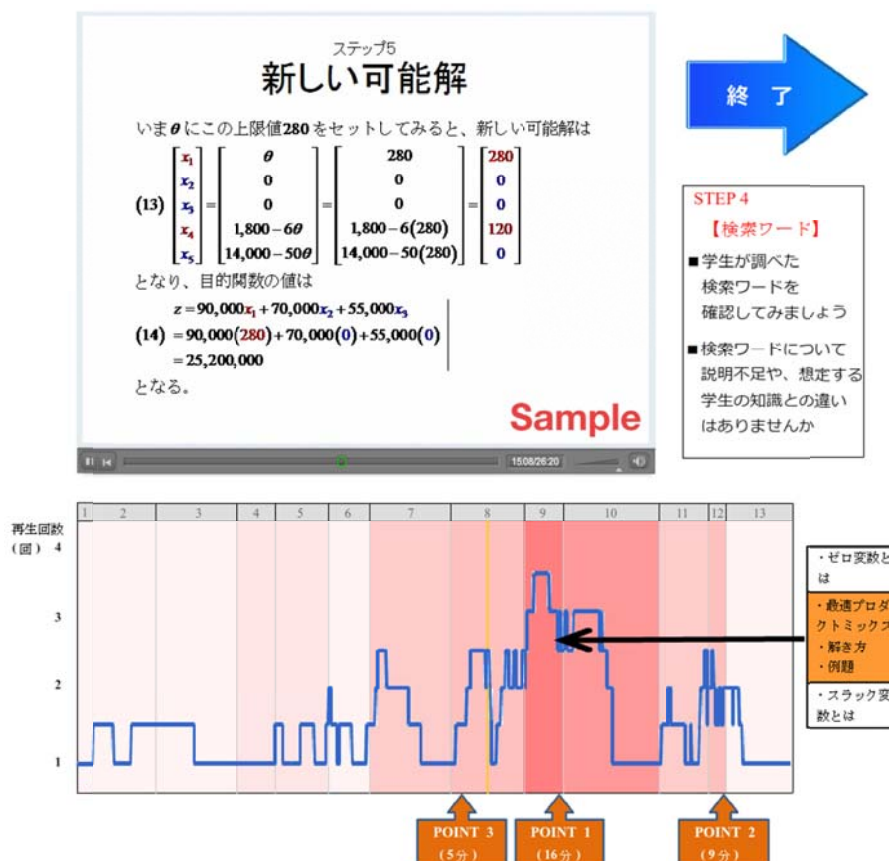


図 1.7 教員の講義改善を促すシステム

図 1.7 に示すような、自らの講義を学生の反応から生成されたグラフとともに振り返るシステムを実際に教員に利用してもらうことにより、講義改善について新しい気付きが生まれるかといった内容について検証を行っていく。同内容については第五章にその詳細を述べる。

以上の三点の検証をもって，非同期型 e-learning 形式の講義において，従来困難とされていた講義改善活動の支援を，システム的に行うことを考えていく．

1.4 本論文の構成

本章の最後に，本論文の構成をに示し（図 1.8），その概要を記述する．第 1 章では，本研究の背景と位置付けを明確にする．第 2 章では講義を改善するための現在までどのような取り組みが行われてきたのかをレビューし，本研究の動機付けをより明確にする．第 3 章では非同期型 e-learning においても学生の主観的難易度を教員に呈示することによって，講義改善につなげることのできる可能性を示す．第 4 章では，非同期型 e-learning において取得することの困難とされていた受講中の学習者の主観的難易度を自動的に捕捉する手法について言及する．第 5 章では，第 4 章で取得したデータについて，教員に効果的にフィードバックを行うシステムの提案をする．第 6 章では，各章での研究成果を整理し，そこから結論を導くとともに，今後の展望について述べる．

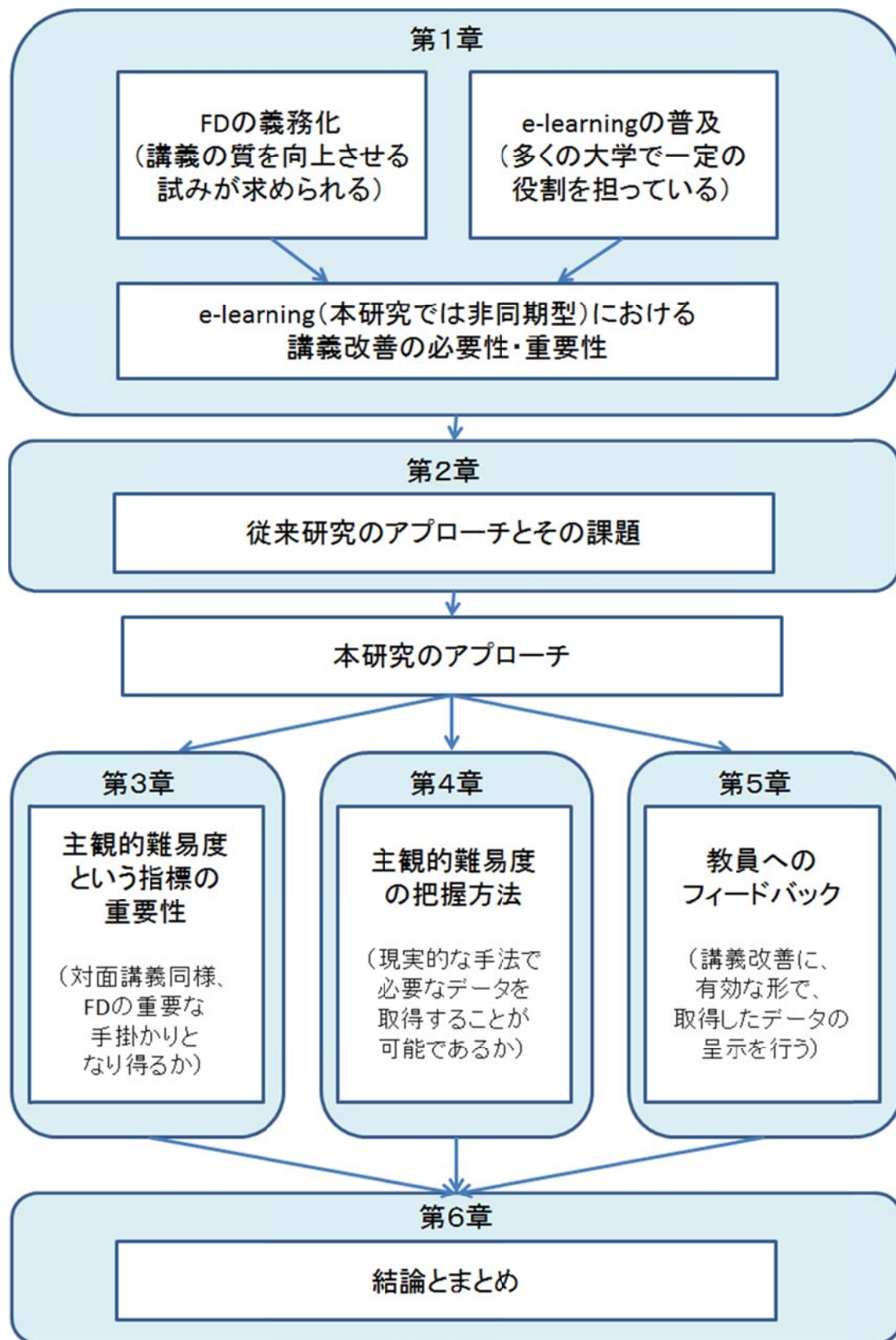


図 1.8 本論文の構成

第2章 講義改善の従来研究と 本研究の位置付け

2.1 講義改善に対する多用なアプローチ

2.1.1 学習における教授者の役割

ここで本研究における目的を明確化するために、学習の定義を行う。まず教育と学習の違いを述べる。人によってはほぼ同義に捉えていたり、あるいは学習は能動的で教育は受動的といったようにスタンスの違いとして認識していたり、学問として考えると改めて定義することの難しい言葉である。大辞林では以下のように定義されている。

【教育】

ある人間を望ましい姿に変化させるために、身心両面にわたって、意図的、計画的に働きかけること。知識の啓発、技能の教授、人間性の涵養(かんよう)などを図り、その人のもつ能力を伸ばそうと試みること。

【学習】

学問・技術などをまなびなうこと。

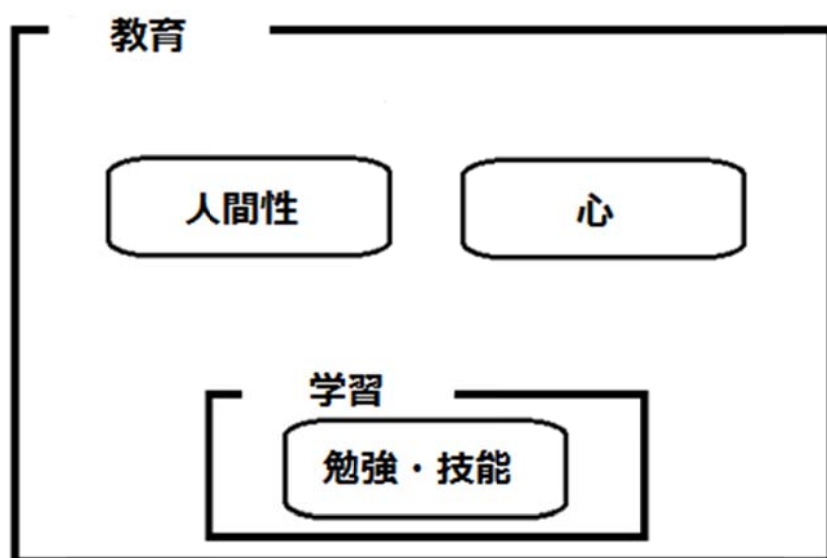


図 2.1 教育と学習

同定義は、図 2.1 に示すよう、教育が人間像全体を対象としているのに対し、学習はその部分集合である学問、いわゆる勉強の部分を対象とすることと考えられる。この考え方は、広範囲にわたる人間性まで対象とするか、知識や勉強のみを対象とするかという、図 1.1 で示した米国と日本の FD の対象範囲の差に似ている。これは高等教育機関を、「教育機関」として考えるか「学習機関」として考えるかの違いとも言えるであろう。本研究では、人間性までを対象とするような形ではなく、上記で定義した学習という範囲で授業を捉えることとする。

個人にとって、「学習する」ということは今まだ理解出来ていないことを理解できるようになることである。Vygotsky[10]の提案した最近接発達領域 (the Zone of Proximal Development, ZPD) の考え方を援用すれば、学習者には他者の力を借りずに一人で理解出来る部分を持っている。それと同時に一人では理解できなくても他者の力を借りることにより、理解の幅を広げられる可能性を持っている。

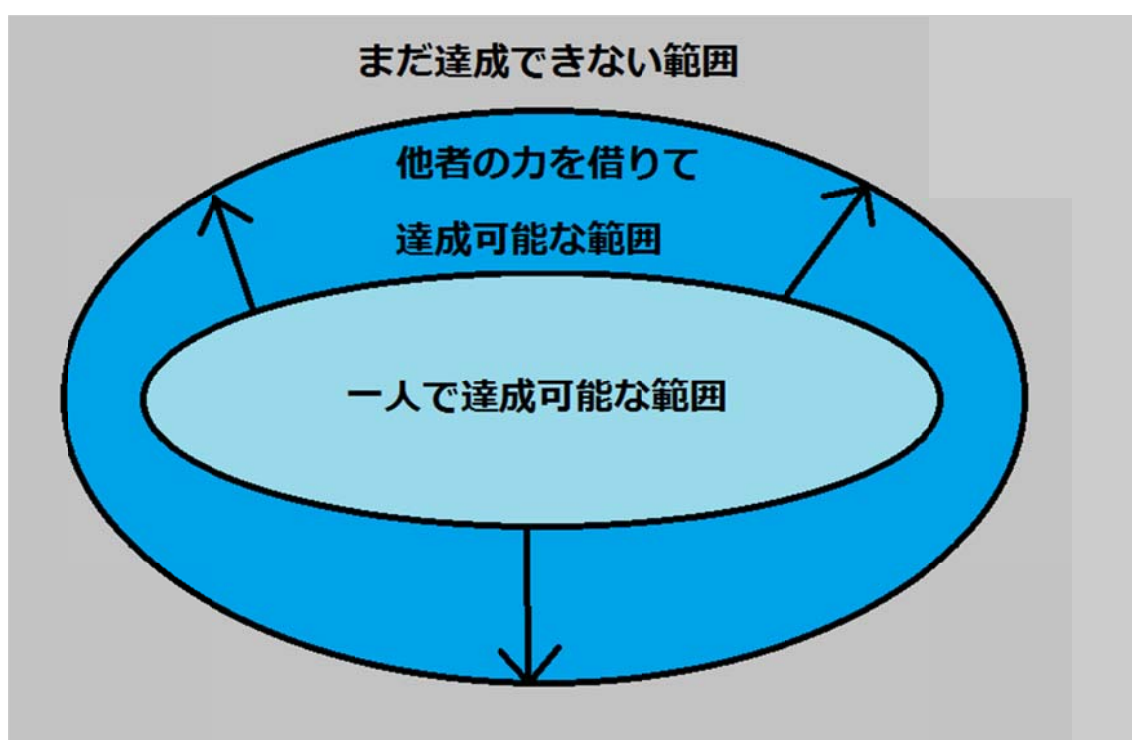


図 2.2 最近接発達領域

すなわち高等教育機関における授業の役割を考えた場合、図 2.2 の「他者の力を借りて達成可能な範囲」をできるだけ広げてあげることにある。これをスキヤフォルディング (足場掛け) と呼んでいる。すなわち、学習者に対して「代わりにやってあげる」の

ではなく、「自分でできる」ように、上手く足場を掛けてあげるのである。Wood らは、スキャフォールディングの機能・方法論を次のように定義している[11].

1. 課題についての興味の喚起を行う
2. 課題を易しくする
3. 課題達成への過程を維持する
4. 学習者が行ったことと、良い解決法について、その違いと重要な要素を明確化する
5. 問題解決過程でのフラストレーションを制御する
6. 良い行動のモデルを提示する

これらはまさに、多くの教員が講義中に生徒に対して心掛けていること、心掛けなくてはならないことと一致する。無論、講義にはそれぞれやり方や特徴もあるので、具体的な方法論については統一的に考えることはできないだろうが、上記に挙げた事項を教員個々の講義の中で達成することで講義の質、講義を受けた学生の質は向上することと考えられる。

2.1.2 講義改善のアプローチの方向性

次にアプローチの方向を考える。従来から、講義の方法と学習者の理解度についての研究は広く行われてきた。それらを、アプローチの主な視点で整理すると次の三つに分類することができる。

1. 授業方法の改善

一つ目は、講義を行う教員の、方法論や意識からのアプローチである。対面式の講義においては、OHP や学習テキストなどの提示時に受講者の視点を誘導することにより、理解度を向上させる試みが行われている[51]。また、e-learning 型の講義においても、講義ビデオにポインタを表示し学習者の視点の動きを誘導することにより、理解度を向上させる試みが行われている[14]。また音楽や音声を用いたり、映像を用いたり、あるいは PC を学生に利用させたり ICT・マルチメディアを利用した講義を行っている教員も多いだろう。こちらは教員が自らの講義を準備の段階から工夫することによって、学生の理解度を向上させようとする試みである。

2. 学生の理解度の捕捉

二点目は学生の理解度を捕捉するための試みである。これはさらに二つの方法により細かく分類できる。一つは教員側の意識改善である。FD の研修などでも取り上げられることも多いが、「生徒の表情を見て理解度を確認しましょう」「質問をするなどして、

学生が理解しているか確認してみましょう」といったことが挙げられる。こちらに関しては研究として行われている試みは少なく、教員の慣れや意識に依存する事が多い。

教員ではなく学生自身が自らの理解度を示す方法もある。最近では学習者が自ら「わからない」という反応を発信する方法が取られているケースも多い。レスポンス・アナライザがそれに該当する。本来は「教員が出題する多義選択型問題に対して学生がボタンを押して回答」する目的で使われてきた[38]。しかし近年では、主に対面形式あるいは同期型の遠隔講義において、講義を受けている最中に、学習者が教員やほかの学生に対して、反応を示すためのシステムとして広く利用されている。どのような反応を、どのような形で入力するかはシステムによって異なるが、例えば奥井らの研究では、対面式の講義中において、学生がモバイル端末で自分が今どれくらい講義に付いていけているかを三段階のボタンで示すシステムを開発した[21]。同システムでは講義中に多くの学生から「理解できていない」ことを示すボタンがたくさん押された場合は、教員は現在話している内容について補足を行う、もう一度ゆっくり説明し直すなど、その場で講義の修正を行うことが可能となる。

3. 学生同士のコミュニケーション

また教員とのインタラクションではなく、生徒間同士で意見を交換することで理解の向上を試みる取り組みも多い。Vygotsky の提案した最近説発達領域の考え方を援用すれば、学習には個人の力でできない場合に、他者の力を借りることに達成可能な領域がある。その際に、教員のような専門家の手助けではなく、ほかの学習者や自分より少し理解している先輩や同僚の力を借りるのである。特に大学教員の場合は知識量や深さについては高い専門性を持っていても、前述のように「教えること」については素人同然のようなケースもある。したがって、そういった教員たちの言葉よりも、学習者自身に知識レベルが近い人間の考え方や教え方、言葉の方がわかりやすいというケースもある。またその方が教員に直接聞くよりも、精神的な敷居も低く、学習者の期待している、より平易な内容から質問できるというメリットもある。

対面講義、あるいは同期型の講義においては、受講者の反応や質問をリアルタイムに把握するための多くの研究が行われている。例えば、ILS(Interactive Lecture System) というシステムでは、受講者が講義中に独自の入力支援システムを利用して質問し、他の受講生が回答するような仕組みを実現している[15]。これにより、受講者同士のインタラクションを増加させ、学習者の理解度の向上を試みている。

特に最近では twitter などのインターネット上のコミュニケーション・ツールも普及してきており、3. で挙げたコミュニケーションの敷居は低くなっている。講義内で twitter を用いることにより授業への関心を向上させる試みもある[49]。また教室の人間内に収まらず、大学間の学生同士でコミュニケーション量の向上を図ったケースもある[18]。

講義の中心は教員の話であり，3.のように講義の裏で行われているコミュニケーションや情報交換を「バックチャンネル（裏番組）」と呼んでいる．バックチャンネルは教員が直接的に関与しない形式で行われることが多く，その質を担保することの困難さと，またフロントチャンネルである講義そのものに対する意識や集中の低下を招くことがないかという懸念がある．

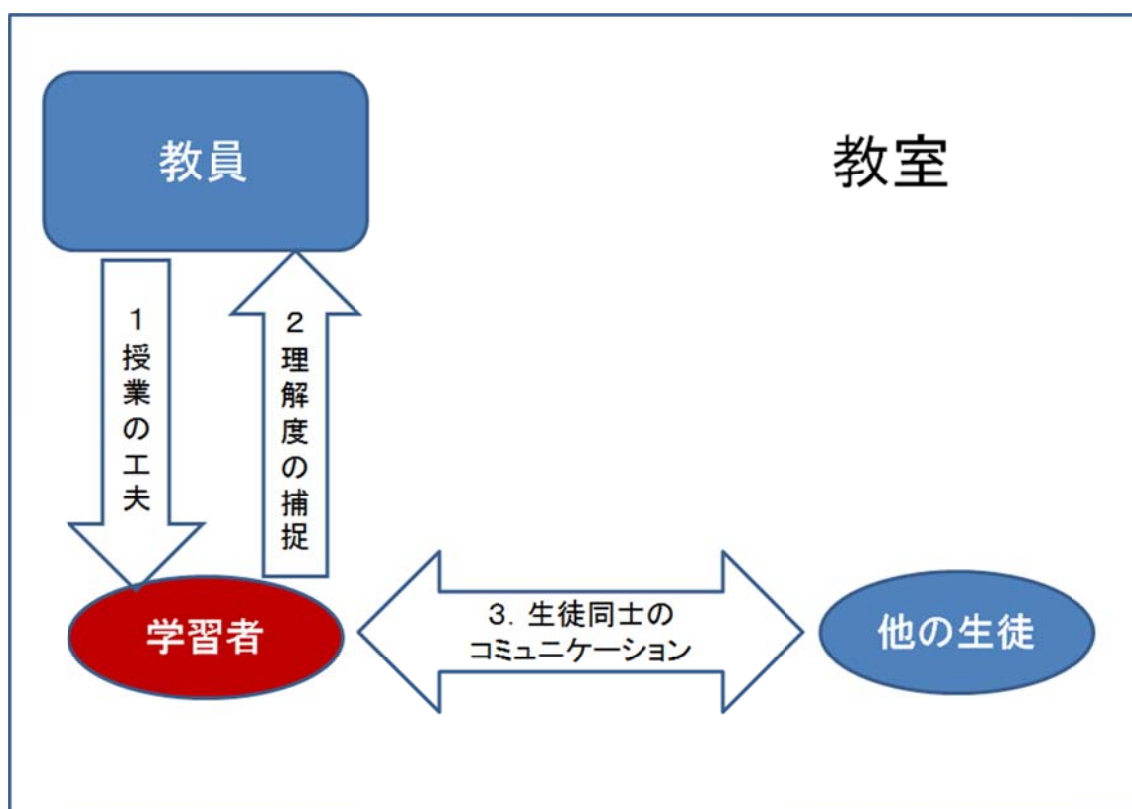


図 2.3 講義内のインタラクションの方向

以上のように教室内のインタラクションを考えた場合，図 2.3 に示す 3 つの方向からの視点で考えることが可能である．非同期型 e-learning の場合，前述のようにその場のインタラクションにより講義を柔軟に変更することは不可能である．すなわち 1. に挙げたような授業の方法論の改善を行うためには，講義の撮り直しが必要である．学生は自宅や PC 教室などで録画されたビデオを見ているのみであるから，撮り直しの際には講義を受けている学生の状況などの情報は一切無い．

また他の受講者同士が同じタイミングで同一の講義ビデオのまったく同じタイムラインを視聴していることはまず考えられない．例えば講義ビデオを見ている最中に，ほかの学生に問いかけても，他の学生はまったくビデオを観ていないか，あるいは観ていても全然違うタイムラインを観ていて，何のことを言っているのか全くわからないとい

う状況が考えられる。講義中に学習者が「学習したい」という意思を確固として持っている場合、「今困っていること」に対して即座に反応が無いようでは、講義中にバックチャンネルでコストを掛ける動機付けが弱いと言える。すなわち、非同期型 e-learning においては、教員と受講者のインタラクションから講義改善に結びつけることを考えた場合でも、リアルタイムに行うことは非常に困難であるし、そこに固執してしまうと、非同期型 e-learning 本来の地理的・時間的な拘束からの解放というメリットを失ってしまうことにもつながる。

本研究においては、まず非同期型 e-learning 講義において 2. の講義を受講している学習者の理解度を捕捉する方法を検討し、次にそれらの情報を用いて講義改善を行うための方法論について提案を行う。

2.2 多様化する講義形態

2.2.1 講義に内在するローカリティ

講義改善と一言で述べても様々な講義の種類・形態があり、前章で言及したように、そこにはいくつものローカリティが存在する。ローカリティの視点から非同期型 e-learning を考える場合、図 2.4 に示す 5 段階のローカリティが考えられる。それぞれについて以下に述べる。

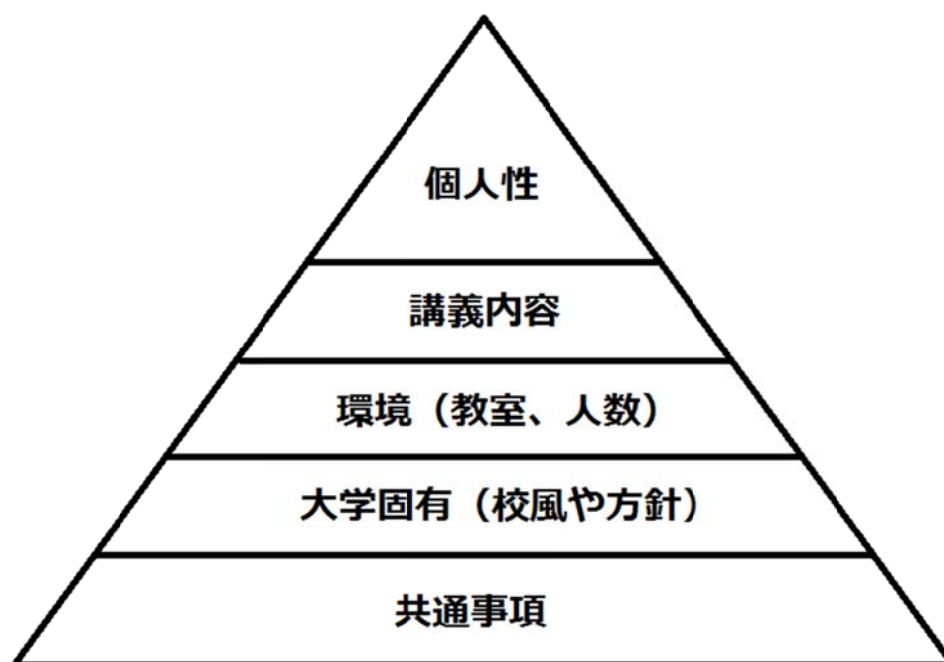


図 2.4 講義におけるローカリティ

・ 共通事項

「授業やゴールや、問題設定を明確にしましょう」といったような、講義全体に言える一般的な内容は、非同期型 e-learning の講義の種類・形態に特に影響される点はないと考えられる。FD の研修やガイドラインで示される内容は、この範囲にとどまることも多い。

・ 大学固有の問題

教育方針やカリキュラムの要求事項など、それを達成する方法論については異なると考えられるが、理念や方針を設定する段階においては非同期型 e-learning の講義種類や形態に影響されるものではない。しかし、学部や研究科の方針により、選択科目で少人数のディスカッション形式で行っていた講義が、必修となり、内容や形式を変えなくてはならないというケースもあるだろう。

・ 環境

対面形式においては、環境により授業の方法論や進め方が影響されることが多い。講義の種類や形態によって、教室や人数、環境を選ぶといった形が主流である。場合によっては、講義の質を高めるために、人数を調整して少人数制にしたり、環境を変更することも可能である。

しかし、非同期型 e-learning においては、環境が先に固定されている。PC の画面上で学ぶという環境が先にある中で、教員はそれぞれの講義の工夫を行うことになる。その際には受講生の人数が 1 人でも 1000 人でも、講義ビデオの内容を何か差し替えなくてはいけないような必要性は特に見当たらない。

・ 講義内容と個人性

PC の画面上で学ぶという予め定められた環境の中で、どのように講義を展開していくか、またどのように講義を改善していくか、ということに注目していくことが、非同期型 e-learning における主体的な課題といえるだろう。例えば、英語の講義と数学の講義では、学生をつまずくポイントは違うだろうし、そういったポイントを的確に捉えることが講義改善の重要な要素であると考えられる。

また同じカリキュラムのもとで行われる講義についても、教員によっては現場の知識や例など実践的な話に長所を持っている教員もいれば、学問的な概念などに重きを置く教員がいたり、それ以上の時間配分やレベルの設定などは、個々の教員の裁量に任せられていることが多い。このあたりも高校までと違い、大学のカリキュラムにおいては「この問題が解ける程度の知識を身に付けさせること」といった明確な基準が無いことに起因すると考えられる。

以上のように、全体に共通するような講義改善意識もあるし、あるいは同じ大学内であれば通じるような改善意識もあるし、同じ環境で同じカリキュラムで教えても、教える教師のパーソナリティによっても異なってきたり、講義に対する議論は踏み込むほどに多くのローカリティが関わってくる。そしてその改善点も異なると言えるだろう。

また文部科学省の規定によると大学の授業は「講義」「演習」「実験・実習・実技」に分かれる。同規定を踏まえ各講義形式を解釈すると、下記のように定義することができる。

【講義形式】

多人数を対象とし、教員が学生に向かって話をする形式の授業

【演習形式】

学生同士の協調作業や、発表、ディスカッションを中心とした授業

【実験・実習・実技形式】

上記2つに該当しないもの。具体的には科学の実験や、スポーツなどが挙げられる。

この中で、「演習形式」と「実験・実習・実技形式」は e-learning では難しいと考えられている。演習形式の授業は、学習者同士のインタラクションや同期を前提としているケースが多く、そこを強制して縛ることは、地理的・時間的なメリットからの解放といった非同期型 e-learning の最も優れている点を失いかねないから当然である。実技形式は、環境に依存することが多く、そもそも身体を動かしたり、機器の操作を行って学習したりすることが主体となるため、PC の画面を観ることが講義の基本となる非同期型 e-learning には適さない[47]。

このあたりの e-learning の弱点を補うために、Blended Learning といった方法も提案されている[1]。Blended Learning は当初「異なった教授法を融合させた学習」といった位置づけで捉えられていた[5]。例えば発見学習と協調学習の組み合わせにより効果的なより学習効果を生む、といったことが考えられていた。しかし時代の変化とともに「Blended Learning=対面形式と e-learning を融合させた学習」という定義が一般的に取って代わった[8]。すなわち15コマの講義のうち、PCの画面上で学習する回と、大学に来て実験や演習を行う回とを共存させ、併用することによって授業を成立させようとする試みである。すなわち e-learning のみでは困難な部分だけ、大学に来て授業

を行うというスタンスである。

また信州大学では、実技部分においても地理的・時間的なメリットを失うことなく学習させようとする試みが見られた[46]。電子回路の授業において、講義部分は e-learning で学習し、実技で組み立てる部分は学生の自宅に電子回路キットを郵送し、講義ビデオを見ながら直接手を動かして回路の作成を行う授業を試みた。このように、実技形式を補うための準備や資金繰りには相当なコストが掛かると考えられる。

2.2.2 数学講義の特性

本研究では、そういった Blended 型ではなく、従来型の非同期型 e-learning, すなわち講義ビデオを PC の画面上で視聴する形式の講義の改善を考える。e-learning が始まった 00' 年代の半ばくらいまでは、その信頼性への懸念もあってか、大学においては対面と併用する Blended 型の講義の方が圧倒的に多かった。しかし最近では、信州大学、早稲田大学、東京大学をはじめとし、非同期型 e-learning のみで単位取得を可能とする大学や授業は数を増やしており、放送大学やサイバー大学のように、大学そのものが e-learning で学習することを前提に作られているようなケースもある。さらには Blended 型も、一定以上の部分は e-learning によって成立しているため、非同期型 e-learning の講義改善を提案する意義は大きいと言える。本研究では、上記のような経緯も含め、非同期型 e-learning の講義の授業改善を行うことを目的として考えることにする。

また講義の科目という視点から考えても様々な多様性があり、科目特有の講義改善のローカリティが存在すると考えられる。それらの科目、一つ一つにおける e-learning のあり方を検証することは不可能といえる。そこで本研究においては、数学における非同期型 e-learning の講義を対象に扱う。その理由は下記の通りである。

1. 理解度の明確さ

人文学などの講義の場合、理解度に対する基準が難しい。教員の立場からも採点が難しいケースもあるだろうが、主観的難易度を考えた場合、何よりも学生本人にとっての理解度が測れるかどうかの方が重要である。本研究の目的は「学習者が主観的に感じる難易度」を捉えることが目的であるため、その主体となる学習者本人が、自身の難易度を把握できる形式の講義が好ましい。この点において数学は、解けたか解けないか、どこまではわかっているかの箇所がわからなくなったか、といったことが他の科目と比較して学習者にとって明確であると考えられる。

2. 科目としての従来研究の多さ

日本教育工学会, e-learning 教育学会, 日本高等教育学会のように, 抽象度の高いレベルで教育やその方法論を対象とした学会は多いが, ある科目の教授法や学習法を対象とした学会は多くない. その中では, 数学教育学会と日本理科教育学会がその筆頭に挙げられ, 科目特有の講義実践の困難さに対する知見も多い. ただし理科教育の場合, 概念や理論のみでなく, e-learning が不向きとする実験の要素も強くなってしまう可能性が考えられる. 本研究では講義形式の授業を対象とするため, 数学の講義の方が適当であると考えた.

2.2.3 数学教員が抱える問題意識

川崎らの調査によると, 数学教員に対し講義改善についてのアンケート行った結果, その内容は下記の7項目に分類できる[24].

- (1) 同僚の協力による授業改善
- (2) 立場の違う人との協力による授業改善
- (3) 学生の反応を考慮した授業改善
- (4) 授業設計の工夫
- (5) 教員の個人的努力
- (6) 授業を見る, 見られることへの抵抗感
- (7) その他の提言

(1)(2)は, 現在のFD研修などでも用いられている手法である. 同研究が行われた当時は, まだFDが義務化される前であったので, 教員・大学の自主的な努力や活動と考えられる. そして同論文では, 講義改善において(3)が最も教員が気にしている項目として挙げている. この点においても数学における非同期型e-learningにおいて, 学習者の理解度や反応を捉えることの重要性が伺える.

同論文によると, 数学には演習問題が多用され, その傾向は大きく二つに分かれるという. 一つは講義の内容の復習的なもので, 確認的な問題で, 全員が解けることを目的とした演習問題である. もう一方は, 発展的な問題で, 講義の内容を数学的に理解して応用させることのできる一部の学生が解けることを目的とした演習問題である.

上記において, 「(a) 確認的な演習問題」を大半の学生が本当に解くことができたか, 「(b) 応用的な演習問題」を想定する人数程度は解くことができたか, あるいは解けなかった学生も, 後の解説を行った段階で正しく理解できたかどうか, そういった情報は授業の質を考えたい重要な事項である. そして, このような情報は非同期型e-learningにおいては非常に捉えづらい.

樋口らも、授業の講義部分と演習問題の部分のつながりの重要性を述べている[45]. 講義を説明した直後に演習問題を取り入れるような講義を行った方が、学習効率が高く、また高校までの講義スタイルに近いと、学習者にとっても違和感が少ないという。

また 2008 年度に、文部科学省の教育 GP (Good Practice) に採用された「工学教育を支える「数学力」養成プログラム (広島大学)」でも、その取り組みの一部として、

- ・問題解決型の演習問題を積極的に取り入れる
- ・TA の訓練を行い、受講生のサポートを行う
- ・動画による補助教材の作成を行う

とある[17]. この点からも、数学教育における、演習問題に対する意識の高さが伺える。演習問題を行うことにより、学生に手を動かして考える時間を与え、知識の定着化を行うのである。

学生が演習問題を解けるレベルに無かったらどうなるだろうか. 上記に挙げた取り組みのように充実した環境であれば、訓練された TA がサポートを行い、学習者の側につき、どこまで出来るのか、どこがわからないのかを見極めて、足場掛けを行う。しかし、非同期型 e-learning の場合は、そのような手厚いサポートを期待することは出来ず、学習するうえでのより大きな比重を映像コンテンツに依存することになる。そのような環境の中で、コンテンツを始めに一度作り、後は手放しにするようなシステム・運用では学習効果の低下を招くだろう。これは補助教材として非同期型 e-learning を利用する場合も同様で、学習教材としてコンテンツを提供する以上は、そのとき学習する学生の時代背景や学習指導要領を含めた学力に合わせる必要があるし、提供する側はそのための改善する努力を行い続けなくてはならない。

川崎らの指摘した「(a) 確認的な演習問題」という視点から演習問題を捉えると、つまり演習問題は、内容の定着と、そこまでの講義に学生がついてこられているかという確認なのである。教員は演習問題を提示することで、学生の理解度を測り、必要なサポートを行うことが可能であった。すなわち図 2.5 に示すように、演習問題 (に対する反応) というインタラクションを通して、サポートというフィードバックを返すことができるのである。

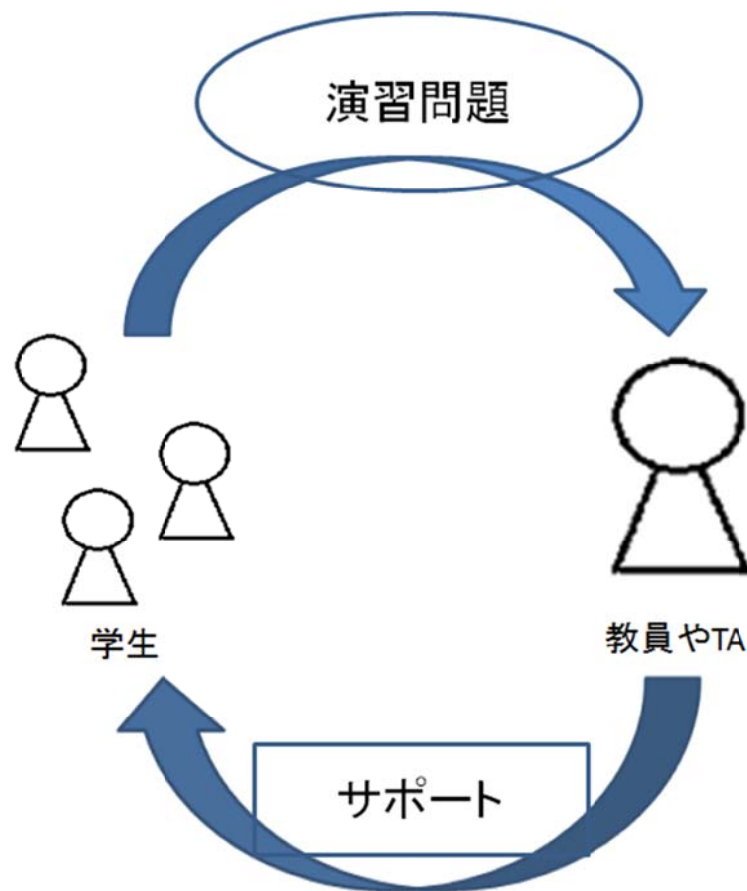


図 2.5 演習問題を通したインタラクション

では数学の演習問題を、非同期型 e-learning に適用した場合はどうなるだろうか。問題を提示することは容易だろう。また映像の中でヒントを出したりすることも可能だろう。問題点は、

- 学生が演習問題を解けているか
- 自身のヒントや説明に学生がついてこられているか

といったことが見えないことである。学生が理解していないことがわからないので、教員によるサポートや講義改善を行うことはできない。逆に学生の反応や理解度が呈示されることによって、教員は講義の問題点を発見することができるのではないかと考えた。

また前述のように、この演習問題のような、教員からも学生本人からも理解度を測る明確なポイントがある点で、数学講義を題材にすることが本研究の目的に合致する。

2.3 講義改善における困難

2.3.1 教員の実践的知識の不足

ここで、教員が講義改善のために利用できるツールや資料について考えていく。従来、多くの教育学者らが授業の質を向上させるための方法論についての提言を行ってきた。代表的なものとして、Davis[3]やMcKeachie[7]が作成したガイドブックなどが挙げられる。日本においても、それらを翻訳したもの[44]のみでなく、日本の教育制度に適用した形でのガイドブックの作成も行われている[16]。

しかし、それらは大学教員にとって、授業改善に直結するものとは限らない。第1章でも説明したように、大学教員は教員免許を必須としておらず、インストラクショナル・デザイン[32]、ティーチング・ポートフォリオ[36]などに対する知見やノウハウを持っておらず、実践に結びつけることは難しいだろう。また、ガイドブック自体が、比較的高い抽象度で書かれており、理論や概要の位置付けとも考えられる。抽象性の高い「教授法の理論」と同様に、それを実現する「実践手法」の提供も現場の教員にとっては重要である[39]。

実践的で、かつ、教育法に対する知識が少ない教員にとっても利用可能なことを考えたチェックリスト型のガイドブックがChickeringら[2]によって、米国で提案されている。

1. 学生と教員のコンタクトを促す
2. 学生間で協力する機会を増やす
3. 能動的に学習させる手法を使う
4. 素早いフィードバックを与える
5. 学習に要する時間の大切さを強調する
6. 学生に高い期待を伝える
7. 多様な才能と学習方法を尊重する

上記の7つの視点に対し、それぞれ複数個の設問からチェックを行うことが可能である。その内容も、「課題をお互いに評価し合う活動を取り入れているか?」「課題やレポートは一週間以内に返却して解答の説明を行っているか?」といったことを「1. まったくあてはまらない」～「5. とてもあてはまる」までの5件法で行う。チェックリストの質問の内容がかなり具体的であるため、チェックを行うことも、改善に向けての一步を踏み出すことも従来に比べて容易になった。

しかし、このガイドブックにおいても、第1章で述べた二つの問題が解決されていな

い。一点目は、米国と日本のFDの差である。米国は高等教育機関のFDや教育活動を広義に捉えているため、「学生が主催する行事・勉強会などに参加していますか?」「自分の(学生時代など)過去の経験を学生に伝えていますか?」「疑問があった際には研究室に来るように促していますか?」といったような項目がある。これらは日本のFD活動として義務化されている講義改善とは異なる内容であり、日本の大学組織から求められている内容とチェックリストで問われている内容に乖離があっては、混乱を招いてしまうことだろう。やはり日本においては主に「授業(特に授業中)」を対象とする項目や方法論に絞ることが求められているだろう。

2.3.2 講義コンテンツを改善するアプローチ

二点目は、e-learningを始めとしたITメディアを利用した教育活動に対する考慮がされていないことである。例えば、「グループ活動を積極的に取り入れていますか?」「良い学生のレポートや課題を褒めていますか?」といったことは、予め録画しておいた映像を流す形式の非同期型e-learningにとっては厳しい項目である。2000年以降に普及してきたe-learningに対するチェック項目が考慮していないことは、当然であるが、大学教育にとってe-learningが一定以上の役割を果たしている現在、それを考慮しなくてはならない。

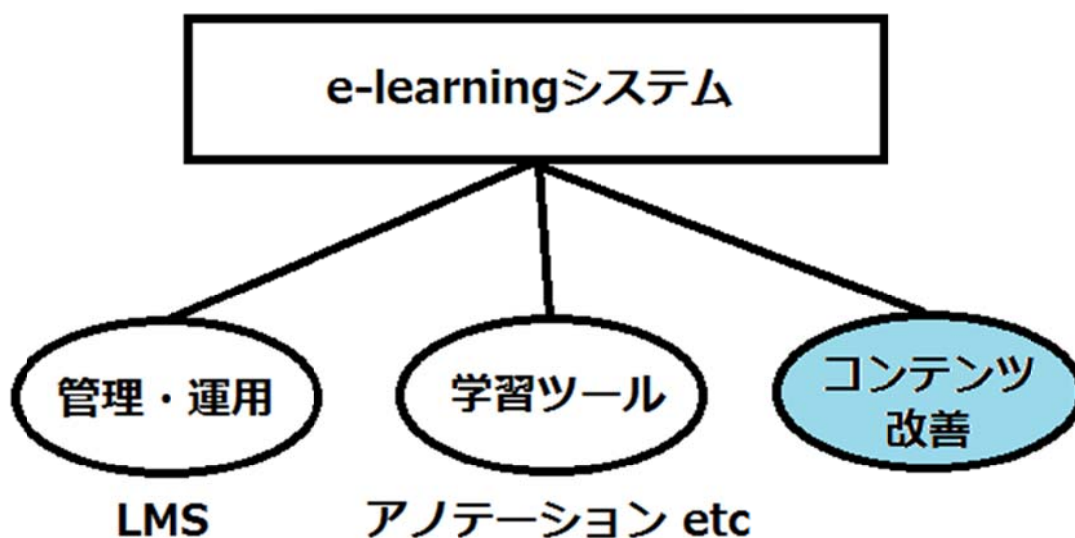


図 2.6 e-learning 研究が対象とする領域

図 2.6 に示したように、e-learning に対する講義改善に焦点を当てた場合、大別して三つの方法論が考えられる。一つ目は e-learning システムの学習管理や、コンテンツ管理を容易にする機能である。これらは CMS (Contents Management System) と呼ばれる機能に該当し、その中でも学習に特化した機能を特に LMS (Learning Management System) と定義し、幅広く研究されてきた。代表的な LMS として、Martin Dougiamas らが開発する Moodle が挙げられ、現在も教育の現場で利用されている[33]。e-learning 講義の困難さとして、運用コストの大きさが言われる中では、こういった研究は重要であり、この部分の負担を減らすことにより間接的な学習効果の向上にもつながるだろう。

二つ目は e-learning のシステム自体に機能を加える方法である。これに関しては、例えば講義教材に対してタグ付けする機能[28]や、アノテーションを追加する機能[12]、あるいは学習の精度によって次の教材や問題を誘導する機能[42]が挙げられる。これらは基本的に、学習者に対してのツールの提供、あるいは行動の変容により学習効率を向上させようとする試みである。

三点目の e-learning 講義の改善法は、システム自体は従来式の固定的なものと考え、コンテンツの内容、すなわち教員による授業自体の内容を改善する方法である。過去の e-learning 研究においては、システムに新機能を加えることに関する研究例が多いことに対して、教員に対して講義の改善を求めるような提案は少なかった。学生の質を上げることに對し、教員が講義改善に努めることは最も基本的なことであるし、教員に対して講義改善活動が義務化された現状では、従来以上にこの点に関する研究が求められていると考えられる。

2.4 まとめ

講義中の学習効率を高めるための方法論としては、学生同士のインタラクションも考えられるが、本研究ではそのようなバックチャネルのインタラクションではなく、教員と学生のインタラクションを検討する。数学教育においては、教員が学生の理解度を測るためのインタラクション・ツールとして、演習問題が利用されてきた。演習問題は、教員にとっても、学生にとっても理解度の指標としてわかりやすいツールである。学生が理解出来ていないことがわかれば教員はサポートできるし、また翌年度以降の授業改善にもつなげることが可能となる。

現在、数学教育においても、e-learning で単位を取ることができる大学もあるし、あるいはメインの講義の補助教材として利用されているケースもある。しかし非同期型 e-learning においては、学生の反応は皆無である。試験を行うなどで、後から理解度を測ったりサポートを行ったりすることは可能かもしれないが、その場合学生は授業以外の部分で準備や勉強を行ってくる可能性も高い。それでは授業の役割として疑問が残

る。授業に対してのサポートや、あるいは講義改善を考えるのであれば、その授業を行っている最中の、リアルタイムな学生の反応が必要であると考えられる。本論文ではまず、講義を受けている最中の学生の反応を取得し、教員に対して呈示する方法を研究する。

第3章 非同期型 e-learning における 学習者の主観的難易度把握の 重要性

3.1 はじめに

本章では非同期型 e-learning において、学習者自身の感じる難易度(主観的難易度)が講義改善に与える影響について述べる。対面式講義においては、学習者からの反応が講義改善に役立つことを裏付ける類の研究が多くある。しかし、非同期型 e-learning における検証については少ない。非同期型 e-learning においても、学習者の反応を捉えることで講義改善につながることを示すことができないと、反応を捉える必要も無いし、教員にそれを呈示する必要性も無い。本章では非同期型 e-learning 講義において学習者の難易度に対する反応を把握する手法を提案するとともに、その手法を用いて把握された主観的難易度を教員に呈示し、講義改善にどのような影響があるのかを検証する。

レスポンス・アナライザについては、今その場で講義が行われているという、同期型の特徴を利用した研究が多い。同期型の講義においては、今理解できていないことを教員に示せば、教員はその場で対応してくれる。このメリットがあるからこそ、学生は講義を聞きながら、「理解できていない」という反応をわざわざ手間を掛けてまでシステム上で入力を行う。しかし非同期型の講義においては、学生がいくら反応を示しても、その場で講義の内容が変更されることはありえず、学生にとってはシステムに反応を入力する動機付けが無い。したがって非同期型の e-learning コンテンツにおいては、わざわざ手間を掛けてまで反応を入力する以上のメリットを何らかの形で生み出すか、あるいは学生の反応を自動的に捕捉する必要がある。

レスポンス・アナライザを応用して非同期型 e-learning 受講中の反応を捉えようとする研究としては、八重樫らが開発した iPlayer が挙げられる[52]。同システムは、非同期型 e-learning 受講中に学習者が関心を示したタイムラインについてボタンを押すというシステムである。それを集計し、グラフ化したものを講義ビデオと並列する形で見せることにより、ほかの受講生たちの存在感やインタラクションを向上させた。同研

究では、「非同期型 e-learning 上で他の学生の存在感を出す」といったような生徒間のインタラクションが目的であり、その反応は教員へのフィードバックを目的としているわけではなく、また学習者の理解度に対するデータではないので、生徒の関心を示すポイントを捉えることについては有効かもしれないが、そのままの形で講義改善への適用は難しいと考えられる。

教員が講義改善を行わなくてはならないのはどのようなときかを考えた場合、第一に考えられるのは「学生が自身の講義を理解していないとき」だろう。FDの義務化項目として同事項が含まれている現在では、個々の大学教員の意思や方針に関係なく、このような学生が理解できていない箇所は改善を心掛けるべきではない。したがって、講義改善に役立つ反応、講義改善に利用すべきデータとして、まず「学生の理解度に関する反応やデータ」が挙げられる。本章では、非同期型 e-learning 受講中において、学習者の理解度に対する反応を教員にフィードバックすることによって、講義改善点が挙げられるかどうかの検証を行う。

対面講義では従来、首を傾げたりうつむいたり、といった学習者の受講中の行動によって教員は講義改善の必要性を感じるし、その箇所や方法の手掛かりを得る、といった研究はあった。しかし、非同期型 e-learning ではフィードバックを受けるタイミングや形式が対面式講義とは異なる。対面形式では学習者の反応は、講義を行っている最中にリアルタイムに感じるが、非同期型 e-learning の場合は、講義はすでに録画されたものであり、教員が授業を行っている最中に学習者の反応を得ることは不可能である。また学生の表情や顔の向きといった雰囲気を利用されることが報告されているが、講義を受けている学習者を WEB カメラで撮影することでもしない限り、対面形式と同じ情報を利用するわけにもいかない。すなわち、学生の理解度に対する反応を学習者の顔の向きや表情以外の何らかの方法で代替を行わなくてはならない。

表 3.1 対面講義と非同期型 e-learning のフィードバックの差

	対面式講義	非同期型 e-learning
フィードバックを受けるタイミング	講義を行っている最中	講義の録画を終えて、何日も経過した後
フィードバックの内容	顔の向きや表情などの雰囲気	代替する形式で可視化されたデータ

また対面式講義においては、教員が講義を行いながらリアルタイムに受ける反応であるから、学習者の反応は有用であるといった考え方もあるだろう。そこで、表 3.1 のよ

うに対面形式とはフィードバックに対するタイミングと内容が異なる環境であっても、学習者の理解度に対する反応が講義改善にとって有用なデータとなり得るかどうかを検証することを本章の目的とする。

3.2 提案する理解度呈示システム

どのような方法によって学習者の理解度の対する反応を捕捉するかといった内容については、精度や実用性など、従来研究も含めた各研究の目的も異なるし一長一短あると考えられる。本章では、データの取得方法については、学習者が直接入力する方式を用い、扱うデータの有効性を確かめることを目的とした。前述のように、講義改善にとって最も重要なデータは「学習者が講義を理解しているかどうか」であると考えため、各学習者に講義を受講している最中に当該のデータを入力してもらい、そのデータを教員に呈示することによって、教員は自身の講義の改善点が発見できるかどうかを確認する。すなわち、学生が理解に困難を感じている箇所を確認することによって、教員が自身の講義の内容や進め方を省みることが可能となるかどうかの検証を行う。

本研究では、学習者が非同期型 e-learning 講義を受けている最中に、自身が現在どれくらい講義内容を理解しているかを示すための理解度入力システムを提案し検討する。

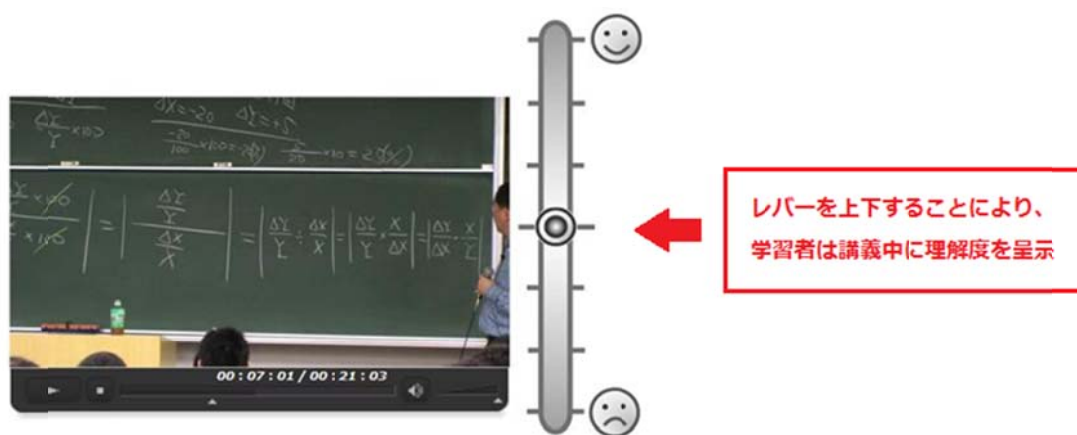


図 3.2 学生の主観的難易度を捕捉するシステム

図 3.2 に本提案システムの学習者への提示画面を示す。本システムは、再生ボタン、一時停止ボタン、シークバーなど一般的な WEB 上のビデオプレイヤーの右側に 7 段階式

のレバーを追加したプレイヤーである。学習者は講義視聴中に、講義の内容についていけているときはレバーを上方に、講義の内容が理解出来なくなってきた際にはその程度に応じてレバーを下げる操作によって、常に自らの理解度を示すことができる。

理解度呈示システムの提案にあたっては次の点を考慮した。

(1) 講義の視聴に極力影響を与えないインターフェース

学習システムにおいて、最も避けなくてはならないことは、システムを操作することによって学習効率を妨げてしまうことである。本章における実験では、学習効率を高めることではなく、理解度を正確に提示できるかが重要であるが、それでも提示する際に負担が掛かってはならないので、極力負荷の少ないインターフェースを採用した。

(2) 量的なデータ

実際の講義においてシステムを通して学生の理解度を測ろうとする場合、学生に対して文字などのデータの入力を求めることはかなり負荷が高い。さらには質的なデータの場合、フィードバックを受け取った教員側も利用が難しい。また次章以降では、理解度を測るためのデータを自動的に捕捉することを考えている。したがって、文字データのような質的なデータではなく、収集・集計のしやすい量的なデータを扱うことにした。

図 3.3 に示すように、システムは WEB サーバ (Apache2.1) と DB サーバ (MySQL 4.0) とストリーミングサーバ (Flash Media Server3.0) から構成されており、学習者はストリーミング形式で講義を受講し、図 3.2 のレバーの状態は 1 秒単位で DB サーバに送信される。

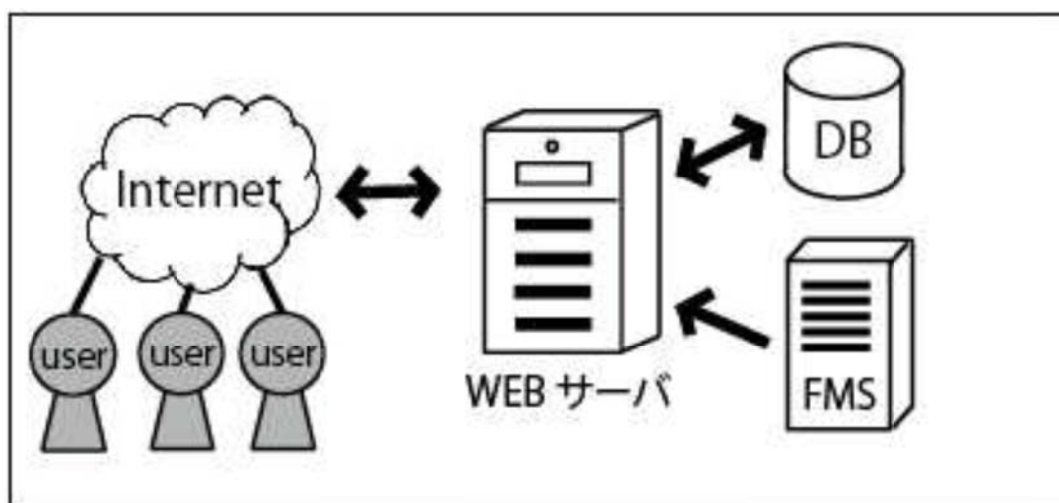


図 3.3 システムのバックグラウンド

前述のように学習者の感じる難易度を、学習者自身に入力させることは実際の非同期型 e-learning の運用では困難であるが、本章では仮にその反応を捉えることができた場合の、講義改善への有効性を検証することが目的である。そのため、本章の範囲では、人的なコストを掛けることでデータを収集することとし、データの自動取得のためのインターフェースについては検討の対象外とした。

3.3 実験

3.3.1 予備実験（学生の主観的難易度の取得）

本実験では大学院における経済学初級レベルの講義を題材に実験を行った。本来は対面形式で行われている講義であるが、本実験用に講義を録画した。図 3.2 の講義画面からもうかがえるように、経済の講義の中でも数学的なトピックを扱う回を選択し利用した。講義の構成としては、前半部分は概念を説明しながら、教員が手順を一つ一つ手順を詳しく説明する形で、問題を解いていく。後半は内容確認の演習という形で、概念的なものは共通の問題を学生に提示し、時間を与えながら解かせる、というものである。また解かせていく中では、教員が教室の状況を見てヒントを出したり、途中過程まで黒板で解いて見せたりする。

実験は 2007 年度に講義の録画を行い、2008 年度に本講義を登録した 4 人の受講生に対して実験を行った。途中までは正規の科目生として対面形式で受講してもらい、目的の回が来たところで、対面講義を受ける前に本章で提案した非同期型 e-learning システムを利用して講義を受講してもらった。

学生への指示としては、システムによる巻き戻しや一時停止操作は行わずに、ビデオ一本を通して視聴してもらった。本来、非同期型 e-learning であればビデオを巻き戻したり一時停止を行ったりする操作は当然の行為である。しかし、何度も見ることによって理解できたり、調べ学習を行うことで解決したりするケースが起こった場合、当該の学生にとってはその箇所は難しかったのか簡単だったのかという判断基準や、それをビデオのタイムラインとともに示すことは困難になると考えた。したがって、本システムでは一本のビデオを通して見てもらいながら、そのときに感じる難易度を率直にレバーで入力してもらった。

また本研究では、タイムラインと表記した場合、講義映像の中でのある一点の再生箇所を示す。同用語は最近では Twitter などの機能でも利用されているが、本論文内ではそれとは異なり、ビデオ編集などによく用いられる用語と同義である。

講義中の各タイムラインにおける難易度は、本システムによりレバーで入力してもらったが、それとは別に 4 人の学生に、5 件法で全体的な難易度を質問したところ「4.

少し難しかった」が1人で、残りの3人は「3. 普通」と答えた。

またシステムの負荷については、4人の学生ともに、「レバーを上下することによって、講義を聞き逃したり、理解の妨げとなるようなことは無かった」、「講義に対する理解度をある程度呈示することができた」という回答であった。最もレバー操作の多い学生で20回のレバー操作であった。90分の講義の間に1,2秒のレバー操作が20回であるから、学生にとって呈示するメリットこそ無いが、感想にもあるように学生に対する負荷はそこまで高くなかったと考えられる。

3.3.2 本実験（教員へのフィードバック）

教員へのフィードバックは図3.4のような画面を呈示して行う。左上は通常のビデオプレイヤーのように講義の映像コンテンツが流れる。右上の(A)の部分には学習者が入力した難易度の平均値が時系列で表示される。左端が講義の始まりを表しており、右端が講義の終了となる。教員は(A)のエリアに基づき、自身の講義の全体的な難易度や、どのあたりで学生の理解度が変化し始めたかを確認できる。(B)のエリアは個々の学生が入力した難易度である。全体を見るか、個人（特に理解度の悪い生徒）を見るか、このあたりは講義改善の今後の課題となっていくと考えられるが、本システムにおいては全体と個人、両方から確認できるようなインターフェースとした。(C)のグラフは、現在再生中のタイムラインについての難易度を拡大したものとなる。(A)や(B)のグラフはやや大局的に「大体何分あたり」といった形では把握できるが、(C)のグラフではより詳細なタイムラインで学習者の理解度を把握することが可能となる。また(C)にいずれのグラフのデータを反映させるかは、(A)や(B)の各グラフをクリックすることで切り替えを行うことが可能である。

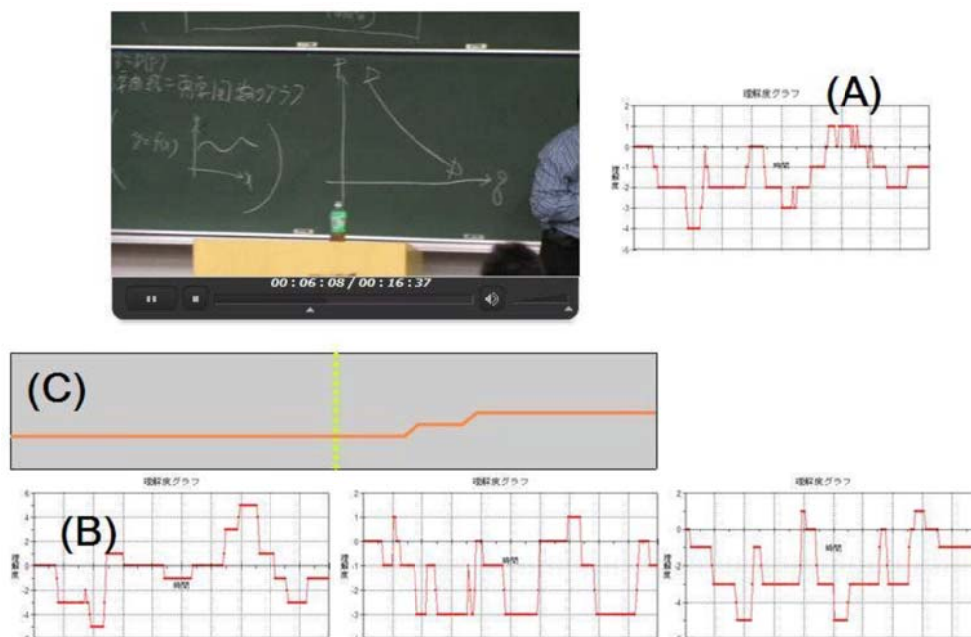


図 3.4 教員に対するフィードバック

図 3.4 に呈示したシステムを，授業を行った教員に利用してもらい，インタビューを実行することによって，定性的評価を試みた．教員は 20 年以上の教歴を持つ，ベテランの部類に入る教員である．

3.3.3 インタビューによる評価

評価の項目として下記の点に着目した．

- A) 主観的難易度という指標が講義改善を考えるうえで適切であったか
- B) どこを改善すれば良いかわかるか
- C) どのように改善すれば良いかわかるか
- D) システムの改善点

得られた発話の中からの特徴的なものを下記に示す．

A) 主観的難易度という指標について

実験者「学生が講義中に感じている難易度は気にされますか？」

教員「それはもちろん気になりますね」

実験者「それを普段の講義（対面講義）ではどうやって把握していますか？」

教員「授業を行なっている途中での学生の反応だね．学生が頷いているとかか，目を見れば，理解しているかは何となくはわかりますね．もし反応が悪いようだったら，もう一度例を変えたりして説明するようにしてるかな．ただそれも，前の方の学生の反応で

しかないんだけどね」

実験者「テストとかで理解度を確認することもありますか」

教員「テストは毎回やっていけば、どのあたりの内容でつまづいている学生が多いかわかるけど、なかなかそうもいかないからね。しかも（期末試験の結果は）次の学生にしかフィードバックがいかないの、テストはやっぱり理解度を測ったり授業改善とは少し意味が違いますね」

以上の発言からこの教員は学生の感じる難易度に対して、比較的関心を強く示していることがうかがえる。試験に関しては、「単位・成績決め」という位置付けの認識が強いようで、授業改善という目的のために積極的に利用しようとは考えていない様子が見える。フィードバックの対象が来年の学生にしかいかないことも消極的な理由として挙げている。この試験に対する認識は、多くの教員に共通していることかもしれないが、やはり「単位・成績決め」という目的で作成し、生徒がどのステップで躓いているのか、講義のどの部分に問題があったのかを明らかにするような試験問題の作成の仕方を行っている教員は少ないだろう。

授業中のフィードバックについては、教室前方の、教員の近くに着席した学生のみからしか受けていないと自己分析を行っている。このあたりは第1章でも述べたように、対面形式の講義においては、教室環境があり、またどこにいるかによっても学生の意識や成績も異なってくる。どのレベルを対象に講義をやりたいかという教員の意識と同時に、その意識とは別に講義中のインタラクションは結局は一部からしか得られないという諦めもあると考えられる。

また本システムの利用時に、全体の難易度と個人の学生の難易度について、どちらが気になるか質問したところ、全体的な難易度に目がいくと話していた。理由としては、本実験の場合は、まだ学生の人数が少ないから可能だが、同教員が本来行っているような100人を超える大人数の講義の場合、一人一人を見ていくことは難しいだろうということが一点目に挙げられた。ただし同教員は、授業に付いてきていない学生がいることは問題という認識を持っており、本システムが理解度の低い学生をピックアップしたり、あるいは成績システムと連動して、実際に出来の悪い学生のデータを中心に講義のリフレクションができるようなシステムになっていれば、全体ではなく成績の悪いグループを中心とした振り返りを行う有効性があるかもしれない、ということが挙げられた。この発話は、先行研究に挙げた、学生の主観的難易度と客観的難易度の両方から講義改善を考えていく必要性と一致している。また講義改善について「理解している学生を伸ばす」というよりは「理解出来ていない学生を減らす」という方向を第一に考えている様子が見える。

B) どこを改善すべきかがわかるか

実験者「システムを利用してもらって、自分の講義のどのあたりが気になりましたか？」

教員「個人的にはグラフが動いた部分が一番気になりますね。難易度が上がったときはどんな説明をしていたのか、逆に難易度が下がったときはどんな説明をしていたのか、気になりますね。」

実験者「このシステムの中で学生の（感じる）難易度に変化が現れた場所はわかりましたか？」

教員「それはグラフだとハッキリとわかりますね。」

実験者「普段の授業や、学生の授業アンケートと比較するとどうですか？同じように変化が現れた箇所がわかりますか？」

教員「それは全然違いますね。この情報をどう使うかは置いておいて、授業アンケートなんかだと絶対にこんな風にはわかりません」

上記の発話より、本システムを利用することによって、学生の理解に変化が表れたポイントや、授業の改善の可能性のある箇所を容易に特定することを可能にしたといえる。また授業アンケートではタイムラインやポイントは明確にはわからないという、他の手法と比較した際の優位性についても挙げられている。さらには上記以外にも「対面講義では結構気付いているつもりでも、実は見逃してしまっているポイントもあるかもしれない」という発話もあった。

第一章で述べたように、非同期型 e-learning においては学生の反応が見えず、講義中のどこで学生の反応が変わったのかを捉えることが非常に困難である。それに対し、本システムではポイントがハッキリわかるという強みを確認することができた。それにとどまらず、本システムにおいては、学生の理解度に対する反応や変化の見落としをしってしまう危険性も回避できるような設計になっていることがわかる。

特に着目するタイムラインについては、グラフの上がり始めと下がり始め、すなわち学習者の感じる難易度に変化したポイントに着目していることがわかる。これについては、学習者がずっと難しいとグラフが一定で続いている途中の箇所よりも、変化が訪れた箇所を確認する方が、「これがわからなくて難易度が上がったのか」「この説明を行ったときに難易度が下がったのか」ということがわかり、学習者の難易度が動くポイントに自らの講義のあり方や講義改善の手掛かりを感じているというインタビュー結果が得られた。

C) どのように改善すれば良いか

実験者「難易度が変わった原因とかってわかりますか。」

教員「う～ん、理解が良くなっている方は、絵を書いて説明したから視覚的に理解ができたんだろうね。みんなが難しいと思ってしまった方は、途中で説明のゴール地点が見えなかったからかな。で、最後の方でみんな「そういうことか」というのがわかったときに一気にグラフが下がっているのかな」

実験者「その部分に関して説明の仕方を変えた方が良いとかは思いますか」

教員「ん～、それは少し難しいところで、最後まで学生が理解していなかったら、もちろんそれは変えなきゃいけないと思うけど、一つの講義の中では途中で多少くらい難しいと感じるくらいの方が良いときっていうのもあるからね」

改善の必要性については、難易度と絡めて判断を行っていることがわかる。本発話より、同教員が最も避けようとしていることが「わからないまま終わる」ことであることが確認できる。学生の理解度について、理由を推測できている様子がうかがえる。単純に難易度を下げればよいと考えているわけでもなく、緩急のようなものの必要性を感じている様子であった。すなわち、必ずしも「難易度のより低い講義＝良い講義」と考えてはいない。このあたりはベテランならではなのか、あるいは教員個人の性格や、講義のローカリティと関わっているのかもしれない。

また上記発話とは別の箇所、教員は「もっと簡単に丁寧に説明すれば良かったかな」という発言が得られた。その内容について言及すると、「講義を簡単にしようと思えばいくらでも簡単にできる」といったことであった。ただし、そこには二つの問題が内在していた。

一点目は、簡単にすることで退屈を感じる学生も増えてきてしまうことである。学生にとっても、講義の説明の中に目新しい内容や学ぶ事が無いと、退屈してしまうだろうし、その学生にとってはほとんど意味の無い授業であった、という印象を持たれてしまう危険性もある。このあたりは、誰に講義のレベルを合わせるか、何%の人間が満足できる講義を目指すか、といった講義の目標設定に依存してくるだろう。

もう一点は、普段の授業では学生の雰囲気から同学生の理解度が自分なりに把握できるとのことであったが、一般的な非同期型 e-learning システムではそれが全く見え無いということである。対面の講義であれば、授業後に聞きに来たりする生徒もいるが、非同期型 e-learning の講義ではわざわざ大学の研究室まで来たり、あるいはメールで質問してくるような学生は少ない。テストなどで測ろうとしても、単位や成績がかかっている場合、学生は授業以外の部分でも勉強してくるし、全 15 コマの講義の内容で、教えられる内容やテストの出題問題も限られており、過去問の傾向なども出回る影響も

あり、テストの出来が良かったからと言って、そのまま授業が良かったということは言えないということであった。所定回数の講義終了後のアンケートはある程度は役に立つが、授業をわかりやすく行うためには、本システムが最適かはわからないが、本システムのような何らかの形で受講中の学習者たちのリアルタイムな反応を感じ取ることができるのが一番ではないかという話であった。

D) システムとしての改善点・課題

実験者「本日使ってもらったシステムに関して、何か要望とか気付いた点はありますか？」

教員「そうですね、自分がやった講義なので、どの話をしているときかっていうのは前後を見なくても大体わかるので、理解が下がったポイント、理解が上がったポイントっていうのを、自分でグラフから見つける必要なく、その部分をピックアップしてくれたら、見やすいとは思います。」

情報の提示の方法に関して、改善する余地があったと考えられる。講義コンテンツは、その教員にとっては、手順や内容をかなり熟知しているコンテンツである。したがって、映像を見て思い出しながら振り返りを行っていくような操作はある程度限定すべきなのかもしれない。それよりも、いくつかのポイントをシステムの方で呈示して振り返りを支援するような仕組みにした方が良いことも考えられる。このあたりは、本論文の後半でのシステム実装にあたっての考慮点とすることにした。

またインタビューを通して、顔が見えないことによるフィードバックの優位性もあるのではないかと考えた。大学教員が小中学校の教員ほど、学生一人一人の成績や人となりを把握してないとしても、顔と名前、あるいは大体の成績を認識できる学生もいるだろうし、授業中に前の方に座るなどのインタラクションを起こしやすい生徒は、そもそも一定以上講義を理解している成績の良い生徒であることも多いだろう。教員が講義改善を行う際に求めているのは、理解していない学生の反応であることが多い。顔が見えない場合は、そういった先入観無しに反応を受け取ることが可能であるし、あるいは教員の発話にもあったように、成績システムなどと連動すれば、成績以外の余計なバイアスを受けることなくインタラクションを受ける相手を選ぶことも可能である。いずれの発話にも、理解出来ていない学生を気遣う発話、すなわち理解度や主観的難易度から講義改善を考えている様子がうかがえた。

3.4 考察

先行研究で指摘されているような主観的難易度の重要性については、なぜ重要なのが本章の実験で一部明らかにできたと考える。学習者の「わからない」にもレベルがあり、まったくわからない状態のこともあれば、自分で何がわかっていないのかを説明できる段階にまで達しているケースもあるだろう。

そして教員の講義改善についても同様にレベルがある。何がわかっていないのか、学生から指摘されないと気付くことのできない内容もあれば、学生がわかっていないことだけ認識できれば、教員側である程度調整が可能な内容もある。本実験における教員の「もっと丁寧に教えた方が良かったな」という発言は、もっと簡単に教える方法論を持っていることと同義と考えられる。

すなわち、講義改善というのは、ある程度はレベルの設定の議論に落とせるのではないだろうか。例えば、掛け算を教える際に、それまでのカリキュラムや学習内容を一定以上理解している学生であれば、掛け算の話をいきなり始めても良いかもしれない。しかし、まだ足し算を理解していない学生がいたら、足し算の話から始めないといけな

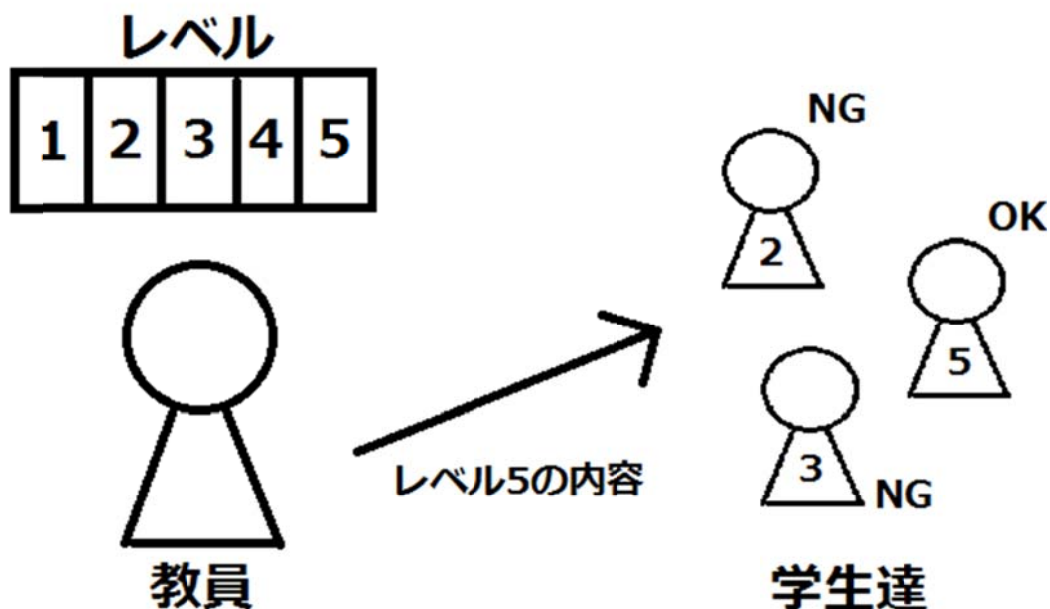


図 3.5 レベルの違いによる理解度の差

難易度5の内容を学習させるために、難易度4程度までの内容を理解しているレベルの学生であればその次のレベルの内容をいきなり説明し始めても理解できるかも知れない。しかし、教室内の大半の学生のレベルが難易度2程度であれば、そのレベルの内容から説明し始めないと理解出来ないだろう。

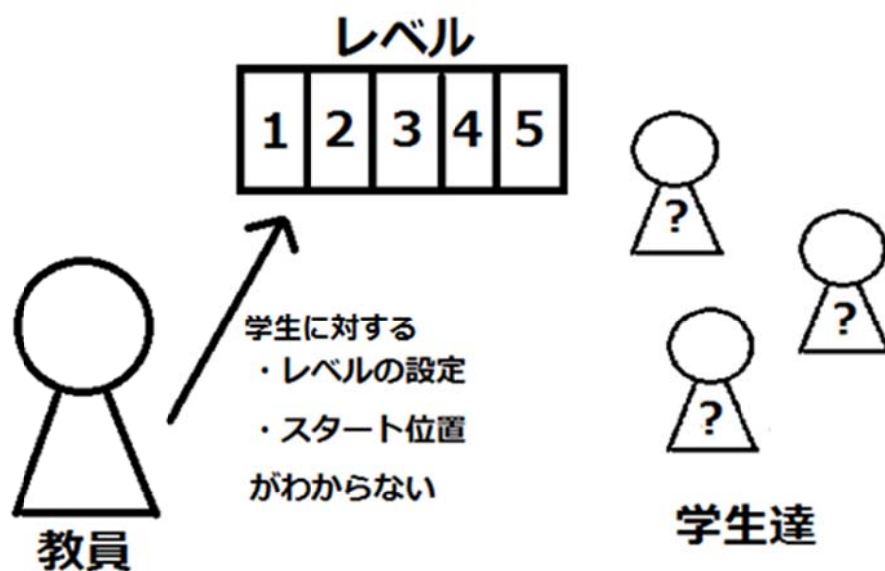


図 3.6 e-learning におけるレベル設定の困難さ

すなわち非同期型 e-learning にとっての一つの大きな問題は、教員は易しく教えるための方法論を持っているのに、学生のレベルがわからないため、どこから話して良いかわからない点である (図 3.6)。さらには、そのレベルに関しても、小中学校・高校のカリキュラムや、あるいはその他教育機関以外の環境もあるだろうし、年々変化していく可能性があり、毎年同じレベルの講義をしていけば問題無いということではない。学生が理解できる講義を行うためには、教員側と学生側、両者からのアプローチが重要であることが従来から指摘されているが、教員一人では気付けないような改善点は学生や他者の力が必要になってくる。

同様に、学生が持っていない方法論については教員が持っている可能性がある。本章のシステムのように、わからないという事実のみを示すシステムにより、教員がそもそも持っているより簡単で丁寧な教授法を引き出せる可能性が見いだせたのではないだろうか。

このあたりは大学教員全体の、学習指導要領に対する知識の乏しさや、更新の無さが原因とも言えるだろう。しかし、「学生が理解していないこと」がわかるだけで、ある程度のレベルの設定は可能なのである。

学習指導要領は、1900年代中盤から何度も改訂が行われてきている。この20年間のみを見ても3回もの改訂が行われており、その3回以外にも一部改正などにより、刻々と変化を続けている。もちろん、それに合わせて、科目やカリキュラムなども変化している。大学教員の中でこういった学習指導要領の内容改訂に対する詳細を把握している教員は、ほとんどいないのでは無いただろうか。多くの教員は、自身の講義科目に関連するカリキュラムの改訂すら知らないのが現状ではないだろうか。すなわち「これくらいならわかるだろう」「これは高校で勉強しているはず」といった認識は、現在の学生の常識とはかけ離れていることも十分に考えられる。対面形式の講義ではそれを会話や雰囲気の中で感じることもあるだろうが、従来の非同期型 e-learning システムの講義では、それを感じ取ることができなかつたことは大きな問題であったといえる。

本実験のシステムでは、学生が理解出来ていないという漠然とした内容を示すだけで、教員は自らの持っている方法論で、ある程度授業内容を改善可能であることを示唆した。その意味でも学生の主観的難易度を把握することの重要性を明らかにできたと考える。

3.5 まとめ

本章では学習者が講義中に感じる主観的難易度を捕捉することの有効性について明らかにした。まずレバーという単純な方法を用いることによって、学習者が講義中の各タイミングで感じる主観的難易度を呈示できることが確認できた。

そのような方法で取得された主観的難易度の情報は、教員が自身の講義を振り返る際に、講義改善のポイントとして関心を示すことがわかった。また講義を振り返る際に、グラフ化という可視化は、全体像を把握したり、逆にポイントを特定したりする上でも有効なインターフェースであることを明らかにできた。また本実験の教員がベテランであったことも影響しているのかもしれないが、学生が理解できていない箇所やレベルを特定出来れば、教員は自らその理由を探したり、説明の手順や方法を変えることができる旨の発話も得られた。

(A) 主観的難易度という指標が講義改善を考えるうえで適切であったか

同指標が講義改善に有用でないのであれば、教員は本システムのフィードバックについて、講義改善と結びつけたりすることはないだろう。教員の発話からも、「もちろん重要視している」との発話を得られた。非同期型 e-learning だからといってその重要性が失われるわけではない。教員が講義を行いながらリアルタイム

ムにその場で反応を受けなくとも、講義ビデオのタイムラインと共に、グラフ形式の時系列のフィードバックを受けることで代替可能であった。

(B) どこを改善すれば良いかわかるか

タイムラインを軸としてグラフ化するという呈示方法は、箇所を特定するのに有用であったと考えられる。教員はビデオをもう一度全部視聴するわけでもなくとも全体像を把握できたし、また振り返りの際にはポイントを絞って行うことができていた

(C) どう改善すれば良いかわかるか

教員は自身の中に、易しく教えるための方法論や、別の教え方も持っている様子が伺えた。「どう改善すれば良いか」については、教員が持っている方法論もあれば、学生から直接指摘されないと気付きづらいものもある。前者については、学習者が理解出来ていないことがわかるだけで、もっと丁寧に教えるための方法論を出すことは可能である、という発話を得られた。

(D) システムの改善点

グラフの機能は有用であったが、より具体的なポイントを示すような仕組みがあると、良いのかもしれない。グラフが呈示されても、どこを見るべきかを教員任せにするのは、振り返りの質や幅の低下にもつながってくる。これに関しては、どういったポイントに着目して振り返りを行うべきかインストラクションを呈示する、あるいはよりピンポイントで振り返りを行う箇所を指摘する、といった方法論が求められてくる。

本研究では、非同期型 e-learning において、主観的難易度を利用した講義改善の支援について、一定の評価が得られた。ただし本システムには大きな課題がある。一点目は、今回は教員の講義改善にとって有用な情報となるかという観点からレバーでの入力を学生に求めたが、この操作は学習を行う生徒にとってはメリットの無いことであるし、この行為自体が少なからず学習の妨げとなりかねない。また予備実験の際の学生のインタビューの中で「一箇所、授業に集中しすぎてレバーの操作が遅れた」という発話もあった。やはり反応の取得は自動的に行われることが好ましいと考えられる。

二点目は、巻き戻しや一時停止などの非同期型 e-learning 特有の学習行動が出せないような実験環境では、学習者にとっては通常の学習環境とはいえない。本来学習者には、自宅で e-learning 講義を受けるような感覚で実践を行ってほしい。この点が解決できないと、本格的な環境で運用可能な方法論には行き着くことはできないだろう。

第4章 非同期型 e-learning 特有の 学習行動を利用した 主観的難易度の自動的捕捉

4.1 はじめに

4.1.1 本章の目的

前章では非同期型 e-learning 講義においても学習者がリアルタイムに感じている反応を数値化し時系列データを教員に示すことによって、講義改善につながる可能性を示すことができた。しかし、学習者の反応の取得方法に問題があった。先の手法では学習者が自分自身の理解度に対する反応をレバー形式で入力を行った。対面形式の場合、今理解できていないこと／授業の内容に付いていけないことを示せば、通常、教員はそれに対してもう一度ゆっくり説明したり、あるいは言葉を変えたり例を示したりして、より学習者にとって理解が容易になるような工夫をして説明し直すだろう。逆に、学習者が反応を示さなければ、学習者の理解度が下がっていることに特に教員は気付くことなく講義を進めてしまうかもしれない。言葉を換えれば、学習者からすれば、自らが理解度に対する反応を示すことによって授業の進行や内容を変えることができるし、反応を示すメリットや動機付けがあると考えられる。

しかしながら非同期型 e-learning の場合はそうではない。学習者がどれだけ反応を示しても、すでに録画されている講義の内容が変わるわけではないし、自らの理解度を示したり、システムに対して入力を行ったりするメリットは無い。したがって、教員の講義改善のために学習者から積極的に理解度の呈示を行うことは実用的な手法ではない。

本章では、前章で得られたような、学習者が講義中に感じている主観的難易度に対する反応を、非同期型 e-learning 特有の学習行動を利用することによって、実用に耐える方法で自動的に取得することを目的とする。

4.1.2 学習者の主観的難易度補足に関する従来のアプローチ

非同期型 e-learning において学習者の反応を取得する手法を考えた場合、以下の二つが挙げられる。

1. 学習者の入力に応じて、学習者自身にフィードバックを返す

講義を対象とした研究では無いがレコメンド・システム（推薦システム）などが挙げられる。これはユーザが面白い・面白くない、あるいは点数を付けたりしてレーティングを行うことによって、ほかのユーザとの比較を行い、個々人に対応したコンテンツを呈示してくれるものである。学習システムにおいても、WBT（Web-Based Test）などで、学習者がよく理解しているほど難しい問題やコンテンツに進むように、理解していないほどより簡単なコンテンツに誘導させる、といった試みもある。例えば小テスト挟むなどして、正答すればより難しい問題やコンテンツに、誤答であった場合はより簡単な問題やコンテンツに促すといった手法が挙げられる。同手法の場合は、学習者の入力の手間に相当する、あるいはそれ以上のメリットを提供することが、システムに対する入力の動機付けとして求められる。

2. 学習者の反応を自動的に捕捉する

学習者自身が意識することなく反応を自動的に取得する方法も考えられる。行動履歴や生体反応を利用する手法が考えられ、両者に対する試みが行われているが、同手法の場合、学習者の学習の妨げにならない手法であることが最低条件であり、それを満たしたうえでの精度が議論される。

上記の二つの手法のうち、本論文では後者の、自動的に学習者の主観的難易度を捉える方法について提案を行う。現在までにいくつか行われている取り組みとしては、まず非同期型 e-learning 受講中に、学習者の表情や顔の動きなどを WEB カメラで撮影し、首を傾げる、注視するなどのタイミングを画像処理で解析することにより学習者の主観的難易度の取得を試みた研究が挙げられる[40]。同研究では、顔の動きの特徴に個人差があることなどから各学習者に合わせた推定器を事前に作成する必要があったのでやや準備にコストがかかることと、汎用性に欠ける問題がある。それに対し、個人差の影響の少ない眼球運動を測定することで、主観的難易度を捕捉する試みもある[30]。しかし、同手法では眼球運動を測定するための専用装置が必要であり、また計測の際には顎を固定することが被験者のストレスとなり、学習効率に影響を与えている可能性が否定できない。

そもそも e-learning と対面式の講義における学習者の行動を比較した際に、学習者はいずれの場合も同等の行動を起こすだろうか。「メモを取る」などについては、e-learning 講義でも対面講義でも現れる行動かもしれない。しかし「首を傾げる」「頷

く」などの行為は教員とのインタラクションが起こらない非同期型e-learning形式の講義においては、行うこともあるだろうし、行わないこともあるだろう。また従来研究での実験の多くは、非同期型e-learning形式の講義を対象としたものではなく、WBTなどの試験形式で問題を解かせるものが多い。講義改善を考えるのであれば、やはり試験ではなく、講義コンテンツそのものを題材として扱うことのできるデータの取り方が必要であると考えられる。

非同期型e-learning形式の講義における学習の行動履歴を利用した研究としては、LMS (Learning Management System) の分野において、植野が過去のデータから学習者のコンテンツに掛ける学習所要時間を予測し、予測時間と大きく外れる異常値を検出する研究を行っている[19]。同研究においては、非同期型e-learningコンテンツの難易度や質による平均所要時間の差異などに影響されずに学習者の異常を高い精度で検出することが可能であることを示した。しかし、コンテンツに費やす所要時間の異常値を検出することは可能であっても、その異常値に対する理由や質を明らかにするものではない。また、学習者の異常を検出することが目的でありコンテンツの質は標準化される。すなわち、多くの人が時間を掛けているコンテンツに時間を掛けることは異常値ではないとされる。講義改善から考えた場合、多くの人が学習に時間を掛けているということは、多くの人が学習に困難を抱えている、講義改善の必要がある、という見方も可能である。したがって同研究の異常値のみをもとに講義コンテンツ自体の良し悪しの判断や講義改善の目的に利用することは難しいと考えられる。

表4.1 学習者の主観的難易度補足に関わる従来研究

	アプローチの概要	課題
顔の動き	ステレオカメラで、首を傾げる／うつむくなどの顔の動きを測定	<ul style="list-style-type: none"> ・ステレオカメラの付いたPCが必要である ・個人差があるため事前に測定が必要である
眼球の動き	赤外線カメラによって眼球の動きを測定	<ul style="list-style-type: none"> ・赤外線カメラが必要である ・受講中は顎を固定する必要がある
学習時間の異常値の検出	ほかのビデオや学習者の学習時間の平均値から、当該ビデオに対する学習時間を推定	<ul style="list-style-type: none"> ・多くの学習者が時間を掛けて学習するコンテンツは、時間を掛けて学習しても異常ではない (コンテンツに改善する余地があるという発想ではない)

表 4.1 にまとめたような従来研究の課題を考慮しつつ主観的難易度の自動的捕捉を行うために、筆者らは非同期型 e-learning 講義における「講義を一時停止する・巻き戻す」「中断してわからないことを調べる」といったような、対面形式では通常は起こり得ない、非同期型 e-learning 特有の学習行動に着目する。このような非同期型 e-learning 固有の行動の中には、学習者の主観的難易度と大きく関連する行動があると考えられる。すなわち、そういった非同期型 e-learning 特有の行動について、例えば学習者は「なぜ巻き戻したか」を考えた場合、「まだ理解出来ていないから」といった形で、その行動は各学習者がそのときに感じている理解に対する困難、主観的難易度の変化に関係していると考えた。

前述のように、非同期型 e-learning における主観的難易度の捕捉に関する従来研究は、顔の動きや眼球の動きなど、対面の講義でも起こりうるような学習者の行動を対象にしており、データの取得しやすさの観点から e-learning という場を選択した研究が中心であり、非同期型 e-learning を研究対象とすることに対する、より積極的な理由は無い。その結果、データの取得について非実用的な手法になっているアプローチも少なくない。

本研究では、学習者の非同期型 e-learning 講義特有の学習行動から講義ビデオに対

する主観的難易度の捕捉する方法の検証を行う。

4.2 提案手法

4.2.1 主観的難易度の補足方法の概要

非同期型 e-learning 講義における主観的難易度の捕捉について、従来行われてきた研究の多くは、学習者に対して実験を行う際に、1本のビデオを通して見てもらうような実験方法が多かった。しかし実際の非同期型 e-learning における学習者の主観的難易度に関する行動を考えると、以下のような行動が挙げられると考えられる。

- ・学習者が講義についていけなくなった、話の一部を聞き逃した、ノートを取る時間がほしい、といったときに講義ビデオを一時停止したり巻き戻したりする
- ・学習者がわからない単語や概念が出てきたときに、google 等の検索サイトで調べる。

そういった行動は、非同期型 e-learning の学習における大きな長所であると同時に、学習者の感じる主観的難易度に大きく関わるポイントであると考えられる。また、非同期型 e-learning における通常の学習行動が出せないような実験方法では、従来研究に見られたような、学習者に特殊な装置を装着させたり、操作を行わせたりするシステムと同様、得られるデータに何らかのバイアスが掛かる可能性は否定できないと筆者らは考える。

本研究では特に、対面式の講義では起こりえない、あるいは取得することの困難なデータを用いて、主観的難易度の自動的取得を目指す。実験の際に取得するデータは次の通りである。

・学習者が講義を巻き戻した／早送りしたタイミング

学習者が講義を巻き戻すタイミングというのは、「単純に聞き逃した」「理解／納得出来なかった」など様々な理由が考えられる。特に後者の場合は、主観的難易度と大きな関わりがあると考えられる。巻き戻すタイミングは、講義が最後まで終わった後かもしれないし、あるいは何か疑問を持ったその場かもしれない。いずれにせよ、「もう一度聞きたい理由」があるから巻き戻すのである。また、回数についても、巻き戻す回数が多いほど、「難易度が高い」「まだ理解できていない」といったように、複数回再生するなどの理由があるはずである。早送りについても同様に、そのタイムラインに移動する何らかの理由があるために、そのような操作を行うと考えられる。

なお、本研究で用いる「早送り」や「巻き戻し」とは、再生速度のことではなく、シークバーによるタイムラインの移動を指す。

- ・一時停止した回数と時間

一時停止についても上記の項目と同様に、何らかの「止める理由」があるはずである。例えば「メモが追いつかなくなった」「考えて整理する時間が欲しい」のような理由が考えられる。これらには「学習者のペースに合う講義をしていない」といったように学習者の主観的難易度に大きく関わるデータが含まれていると考えられる。

- ・講義ビデオがバックグラウンドに入った回数と時間

今見ている講義ビデオのアプリケーションがバックグラウンドに入るということは、別の画面やアプリケーションを立ち上げる必要があったためと考えられる。例えば、「わからない単語が出てきたので検索サイトで調べた」といった理由が考えられる。これは講義の進め方や主観的難易度の観点から非常に重要な要素と考えることができる。

4.2.1 主観的難易度を捕捉するシステム

本実験で提案したシステムを図 4.1 に示す。サーバは、講義コンテンツを配信するためのストリーミング機能 (Flash Media Server3.5) と学習者の行動を記録するためのデータベース機能 (MySQL4.1) を持つ。

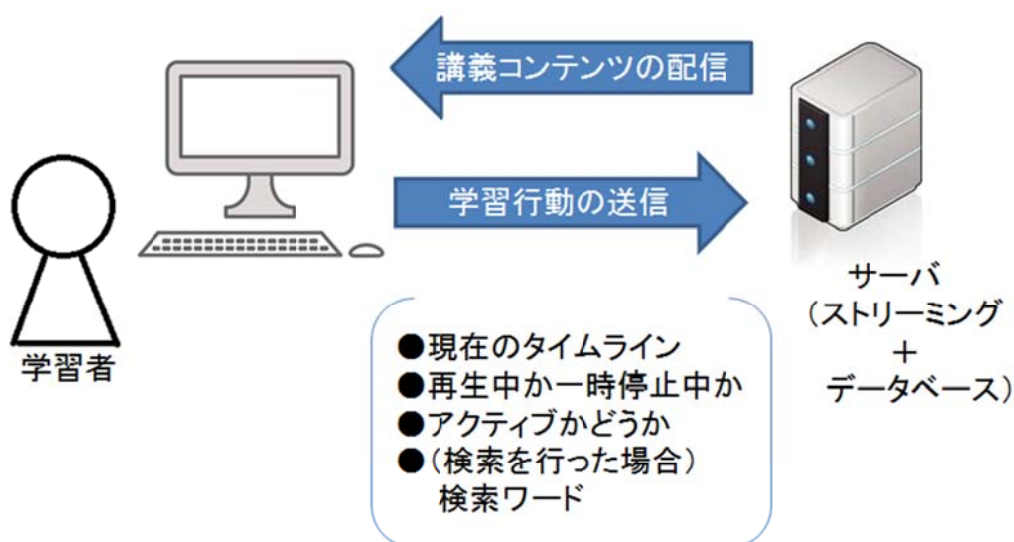


図 4.2 実験に利用するシステム

学習者が講義を視聴している際には、下記の4つのデータが送信される。

1. 現在のタイムライン

現在のタイムラインが秒単位で記録される。

2. 再生中状態

再生中の場合にはデータベースに「1」が記録され、一時停止中には「0」が記録される。

3. アクティブ状態

ビデオがアクティブの状態、すなわちビデオプレイヤーのアプリケーションが先頭に表示されている際には「1」が記録される。ほかのアプリケーションを操作中など、ビデオプレイヤーがバックグラウンドに入った際には「0」が格納される。

4. 検索ワード

検索を行った際には、そのタイムラインと検索したワードが記録される

どのようにデータベースに格納されているか、そのイメージを表4.1と表4.2に示す。

表 4.2 学習行動の記録

ID	総時間	タイムライン	再生中	アクティブ
1	1	1	1	1
2	2	2	1	1
3	3	3	1	1
4	4	1(巻き戻し)	1	1
5	5	2	0(一時停止)	0(非アクティブ)

表 4.3 検索ワードの記録

ID	タイムライン	検索ワード
1	50	検索語 A
2	120	検索語 B 検索語 C

例えば、表 4.2 において、一つ前のタイムラインと比較して、タイムラインが戻っている場合は、講義ビデオを巻き戻したことがわかる。一時停止に関しては、タイムラインが動いておらず、かつ、再生中のフラグが 0 になっていれば、一時停止中であることが確認できる。

表 4.2 と表 4.3 のデータベーステーブルにより、前項で示した学習者の各行動を記録することが可能となる。

4.3 実験

4.3.1 実験の概要

6 人の大学院生を対象に、PC 上で非同期型 e-learning の講義ビデオを閲覧してもらった。その際に利用する閲覧用のビデオプレイヤーは筆者らが開発したものを利用する。学習者から見えるインターフェースとしては再生、一時停止、シークバーによる巻き戻し／早送り機能など、一般的なプレイヤーと比較して特徴の無いプレイヤーであるが、システムのバックグラウンドでは「学習者が講義を巻き戻した／早送りのタイミング」「一時停止した回数と時間」「講義ビデオがバックグラウンドに入った回数と時間」をビデオのタイムラインとともに取得する。

また、被験者の PC の画面は、専用のソフトウェアで録画し、e-learning 受講中の様子は背後から別途ビデオカメラにより記録した（図 4.2, 図 4.3）。

被験者については、PC 操作や非同期型 e-learning に慣れていないと、そもそも非同期型 e-learning をどのように利用したり操作したりすれば良いかがわからない可能性があるため、別途アンケート調査により、普段から週に数回以上 PC を利用し、非同期型 e-learning による講義を数コマ（あるいは数回）以上受講した経験のある学習者とした。被験者に関する属性を表 4.4 にまとめる。

また講義ビデオについては、e-learning 専用に収録・編集された 2 種類のコンテンツを利用した（表 4.5）。また、学習者から見える講義システムのインターフェースを図 4.4 に示す。

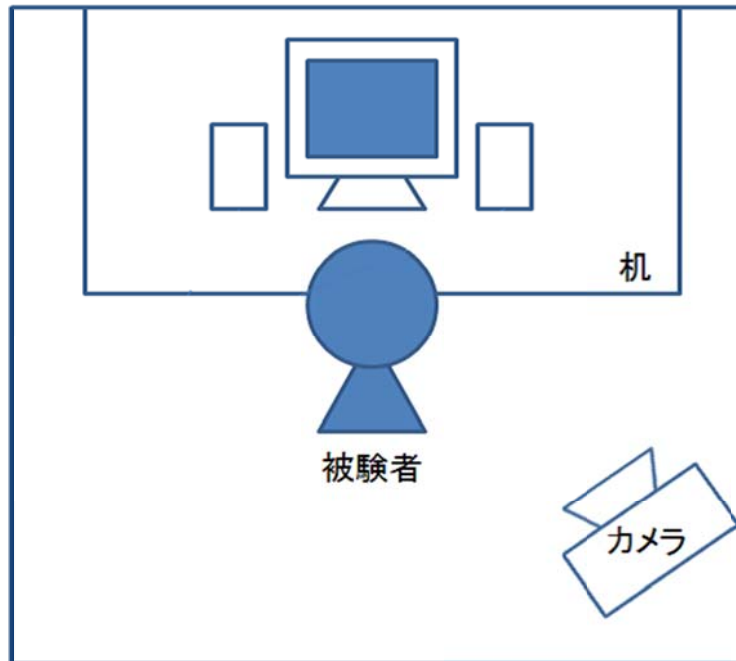


図 4.2 実験環境



図 4.3 背後のカメラから撮影を行った実験の様子

ステップ5
新しい可能解

いま θ にこの上限値 **280** をセットしてみると、新しい可能解は

$$(13) \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta \\ 0 \\ 0 \\ 1,800 - 6\theta \\ 14,000 - 50\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 280 \\ 0 \\ 0 \\ 1,800 - 6(280) \\ 14,000 - 50(280) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 280 \\ 0 \\ 0 \\ 120 \\ 0 \end{bmatrix}$$

となり、目的関数の値は

$$(14) \begin{aligned} z &= 90,000x_1 + 70,000x_2 + 55,000x_3 \\ &= 90,000(280) + 70,000(0) + 55,000(0) \\ &= 25,200,000 \end{aligned}$$

となる。

図4.4 実験に利用したビデオプレイヤーの画面

表 4.4 被験者の属性

	学年	性別	専門	非同期型 e-learning 受講経験	本実験で 学習したビデオ (※表 4.4 参照)
被験者 A	M1	M	情報工学	有	ビデオ 1
被験者 B	M1	M	情報工学	有	ビデオ 1
被験者 C	M1	M	情報工学	有	ビデオ 1
被験者 D	M1	M	情報工学	有	ビデオ 2
被験者 E	M1	M	情報工学	有	ビデオ 2
被験者 F	M1	M	情報工学	有	ビデオ 2

表4.5 実験に利用したビデオ

	内容	長さ	スライド
ビデオ 1	大学院初級レベルの数学	26分20秒 (1580秒)	13枚
ビデオ 2	セキュリティ (SSLなど)	11分26秒 (686秒)	11枚

6人の被験者のうち、被験者A～Cにはビデオ1を、被験者D～Fにはビデオ2を用いて実験を行った。非同期型 e-learning コンテンツによる学習を始める前に、被験者たちにはいくつかの指示を行った。

1. PCの環境は、Windows 標準インストール+Microsoft Office 程度であること。
2. ビデオの総時間（ビデオAは26分20秒、ビデオBは11分26秒）を伝えるが、あまり時間を気にせず自分のペースで勉強してもらって良い。また再生が終わった後も必要であれば勉強して良いこと。
3. 受講中は一時停止や巻き戻しなど自由にビデオ操作を行って構わない。また、ビデオを見ている最中や終わった後に、必要であれば他のアプリケーションを用いて学習しても問題無いこと。
4. 学習終了後には、内容確認の試験を行うこと。
5. 全体として、e-learning 形式の講義を受け、翌日に試験を受けるような想定での学習を行うこと。

4項目の内容確認のテストに関しては、客観的難易度の評価になるため、試験自体は実際には行わないものであるが、学習者が講義ビデオを視聴して学習を行う際に、一定以上の真剣味を持って臨んでもらえるようにするための指示となる。また、被験者には受講にあたって、シャープペンシル、ボールペン（黒・赤・青）、ルーズリーフ、電卓を自由に使えるよう用意した。

4.3.2 実験の結果

実験中は被験者の行動や操作画面の映像を確認しながら、それぞれの被験者の講義ビデオ閲覧時の中で、ポイントとなる箇所（巻き戻し、早送り、一時停止）を操作ポイントとして図示した（図4.5）。

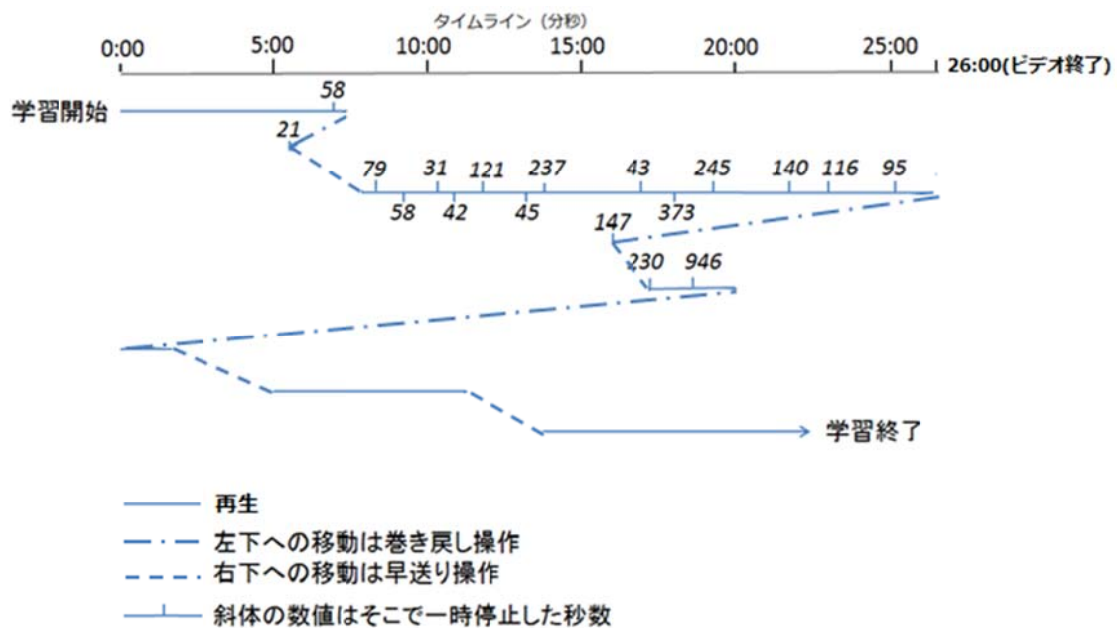


図 4.5 被験者 B の操作履歴

図 4.5 は一本の矢印により、学習を開始してから終了するまでの間に、どのタイミングで講義ビデオの「巻き戻し」「早送り」「一時停止」の操作を行ったかを示したものである。鎖線の部分が巻き戻し操作、破線の部分が早送り操作となる。例えば、図 4.5 で示した被験者 B の場合、学習を開始してから最初に巻き戻しを行ったポイントはタイムラインの 7 分あたりで、タイムラインの 5 分過ぎの位置まで巻き戻している。また線の側に書かれている数字は、そこで何秒間の一時停止操作を行ったかを示している。図 4.5 の場合、タイムラインの 7 分あたりで最初に巻き戻し操作を行う直前、58 秒の一時停止操作を行っている。また同被験者 B の場合、学習の後半は一時停止操作を行っていない。

各被験者に対しては e-learning 講義受講後に、図 4.5 のグラフに現れた一時停止操作とタイムラインの移動を行った各箇所について、「何故巻き戻しを行ったのか」「何故ここで一時停止したのか」といった形で、その理由を質問した。質問の際には、実験中に録画しておいた PC の画面を一緒に振り返りながら確認を行った。次にその一例を示す。

実験者：「何故ここで、一時停止したのですか？」

被験者 C：「式の変形で、こうなります、て言われたところをきちんと自分の手で計算したくて、でないといけないがわからないまま先に進んでいってしまう気がして、あとやっぱ

「自分で一度は解かないと身につかないというか、絶対に後から自分一人で解けないんですよね」

それぞれの被験者からすべての行動についてのインタビューを行い、確認できた理由を、行動毎にいくつかのパターンに分類し、下記に示す。

○巻き戻し操作

理由1. 見たいポイントへ移動する

理由2. 別の再生ポイントを探している途中

理由3. 聞き逃した分を巻き戻す

理由1については、いずれの場合においても、「わからない」「確認したい」「まだ理解していない」など、主観的難易度に関わると考えられる発話が見られた。行動パターンとしては、他の理由と比較しタイムラインの移動幅が大きく、また移動後の再生時間が長かった。

理由2は、自分が見たい再生ポイントを探している途中で数秒間だけ再生して「見たい場所はもう少し前だったな」という感覚ですぐに移動してしまう行動である。こちらに関しては、再生したことに対する積極的な意志は無く、主観的難易度とは明らかに関係が無いと考えられる。同理由による巻き戻し後の再生時間は、いずれの場合も10秒以内であった。

理由3については、言葉が聞き取れなかったり、ノートを取っていたりして聞き逃した時間だけ巻き戻すケースである。行動のパターンとしてはタイムラインの移動幅が比較的短く、長くても十数秒程度であった。主観的難易度との関わりについては、「わからない単語を後で調べるためにメモしていた」というように関連のある行動と、「試験に出そうだからメモしただけ」「単純に聞き取れなかった」というように特に関連は無いと考えられる両者があった。

○早送り操作

理由1. 見たいポイントへ移動する

理由2. 別の再生ポイントを探している途中

理由3. 元の再生ポイントへ戻る

理由1と2に関しては、巻き戻しの理由や行動パターンと同一のものであった。理由3については、今見ている部分でわからない箇所があったときに、前の説明に戻り、確認を終えたら元の箇所に戻るパターンである。例えば被験者Bについて、

実験者：「何故ここで、巻き戻してこの部分を見ようとしたのですか？」

被験者 B：「新しい式が出てきて、少し今までのいろいろな変数が出てきて、あれ、この変数の内容何だったっけと思って、ここでもう一度ちゃんと確認しておかないとまずいなと思って戻りました」

といった理由により巻き戻しを行った後に、元の再生ポイントへ戻っている。理由 1 と似ているが、「見たいポイントがあるから移動する」というよりは「元のタイムラインに戻る」という要素が強いことから理由を分けて考えた。

○一時停止操作

理由 1. メモを取る時間の確保

理由 2. 講義が早くてついていけない

理由 3. 自分で解く／覚える時間の確保

理由 1 に関しては、メモを取るために一時停止を行うケースである。メモを取る理由に関しては、前述のように主観的難易度に関わる理由もあれば、特に関係が無いと思われる理由もあった。行動のパターンとしては、一時停止中のキーボードやマウスの入力を確認できた。

理由 2 については、講義のペースと学習者のペースが合っていないケースである。下記の発話は、学習者が講義に対して「そのままではついていけない」と感じているので、講義の改善点でもあり、主観的難易度に関係する箇所であると考えられる。

被験者 E：「(パワーポイントの) アニメーションでわかりやすいとは思うんですけど、アニメーションが早いのと、どんどんどんどん先に進んでしまうので全然付いて行けなくて、1 ステップごとに一時停止しながら確認していくとよくわかりました」

行動パターンとしては、比較的短い頻度で一時停止を繰り返していて、また一回毎の一時停止時間も十数秒から数十秒の間に収まっていた。

理由 3 に関しては、学習者が一時停止を行い、教員の説明を少し離れ、自分でそこまでの内容を整理して覚えたり、問題や式を解いたり、言葉や概念を覚えるための時間を確保するケースである。理由 2 は基本的に、講義を聴くための一時停止であるが、理由 3 は自分の行動に時間を使うための一時停止である。ほかの理由と比較して一時停止時間が長く、15 分以上停止するようなケースも見られた。

○ビデオをバックグラウンドにする

理由 1. メモを取る

理由 2. わからないことを調べる

理由 3. メモを見る

理由 1 については前述までの通りである。理由 2 に関しては、ブラウザを起動し、わからない単語や内容を調べるケースである。いずれの場合も、「講義ビデオだけではわからなかった」という旨の発話を得られ、学習者の主観的難易度や講義改善の点からも重要なポイントであると考えられる。理由 3 はほかのアプリケーションで取ったメモを見返して自身で学習する行動である。こちらについてもまだ理解が十分で無いからビデオを止めて自分のメモを見ながら確認していたという、主観的難易度に関わる発言が見られた。各行動パターンは、利用するアプリケーションソフトやキーボード・マウスの入力の有無によって判断することが可能であった。

4.3.3 統計的分析

次に、実験中に取得したデータと、被験者が本実験の学習中に、講義ビデオに対して主観的に感じた難易度との関係を分析した。分析にあたり、本実験で使用したビデオについて、それぞれ複数のシーンに分けた。ビデオは 2 本ともに、Power Point のスライドを提示しながら進めていくビデオであったので、各スライドの説明時間を 1 つのシーンとした。各被験者には学習終了直後に、ビデオ中のそれぞれのスライドについて、講義の中で、その説明が自身にとってどの程度難しかったかを、「まったく難しくなかった (1)」から「とても難しかった (5)」までの 5 段階で評価してもらった。各スライドに対して被験者が答えたそれぞれの値を主観的難易度の正解値とし、学習中に自動的に取得した各データとの相関を求めた。ただし、分析の際には、巻き戻し後／早送り後の再生時間が 10 秒以内のデータに関しては機械的に分析対象から除外した。理由は、前節で示したように、そのような行動パターンのほとんどは再生したいポイントを探している途中であり、本研究の目的に対して明らかなノイズであり、またその数も相当数あったためである。

分析にあたっては、自動的に取得したデータを (a) ～ (e) の 5 つの項目に分けて集計した。

(a) 一時停止時間の累計

シーン毎に一時停止時間 (秒数) を累計し、主観的難易度との相関を求めた。

(b) シーンへの移動回数の累計

早送り操作や巻き戻し操作によって、シーンに入った回数を累計した。例えば、巻き戻し操作によってあるシーンへ移動した場合、1 回分のカウントを増やす。

(c) 再生回数の最大値

1つのシーンの中でも、学習中に一度しか再生されなかった箇所もあれば、複数回再生された箇所もある。ここでは各シーンのタイムライン上で、最も多かった箇所の再生回数と主観的難易度の関係を求めた。

(d) バックグラウンドに入っていた時間

講義ビデオが非アクティブになっている時間、すなわち、別のアプリケーションを操作している時間を累計した。

(e) 検索を行っている時間

前項のバックグラウンドに入っている時間の中で、さらにインターネット等で検索を行っている時間をシーン毎に累計し、主観的難易度との相関を確認した。

例として、表 4.6 に被験者 B について、各シーンにおける主観的難易度と、(a) ~ (e) の値をまとめたものを示す。

表 4.6 被験者 B の各行動履歴の集計

シーン	主観的難易度 (1が易しく, 5が難しい)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
		秒	回	回	秒	秒
1	1	0	1	2	0	0
2	1	0	0	2	0	0
3	1	0	1	1	0	0
4	2	79	1	2	50	55
5	1	104	1	2	0	0
6	1	31	0	2	0	0
7	2	208	0	2	0	0
8	3	384	0	2	0	0
9	5	1592	3	5	124	129
10	3	245	0	3	0	0
11	2	140	0	2	0	0
12	2	116	0	2	0	0
13	1	95	0	1	0	0

次に、すべての被験者について、主観的難易度の値と（a）～（e）の値の相関を表 4.7 にまとめた。相関係数の算出にあたっては、Spearman の順位相関係数を用いた。

表 4.7 学習行動と主観的難易度の相関

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
被験者A	-	0.70	0.90	-	-
被験者B	0.88	0.15	0.70	0.48	0.48
被験者C	0.94	-	-	-	-
被験者D	0.95	-0.03	0.61	0.36	0.36
被験者E	0.80	0.57	0.85	0.80	0.15
被験者F	0.74	0.41	0.84	0.37	0.37

※欠損データに関しては、同項目に該当する操作が行われなかった

表 4.7 より、講義ビデオ中の各シーンにおける一時停止時間の累計（a）と、最大再生回数（c）がいずれの被験者についても高く表れていることが確認できる。他の項目に関しては、被験者によっては高く表れている項目もあれば、相関の低い項目も存在した。

また被験者 A については一度も一時停止操作とバックグラウンド操作を行わず、被験者 C については一度も巻き戻しや早送り操作、バックグラウンド操作を行わなかった。そのため表にはいくつかの欠損データが存在する。

4.4 考察

表 4.7 より、いずれの被験者においても、一時停止の累計時間（a）が、主観的難易度と高い相関があることを確認できた。すなわち、学習者は講義ビデオについて困難を感じた箇所については、何度も繰り返し視聴するし、長時間ビデオを止めるのである。

各シーンの最大再生回数（c）は主観的難易度と比較的高い相関が確認できたが、各シーンへ再生ポイントが移動した回数（b）には、被験者 A を除いて大きな相関は見られなかった。理由としては、各シーンに対する切れ目の問題が挙げられる。シーンの途中の映像を視聴したい場合には当該シーンへ移動するので問題無いが、あるシーンの先頭から見たい場合には、1 つ前のシーンの最後の数秒から再生するようなケースも多く見られた。このような場合、例えばシーン 5 を視聴したくて再生ポイントを移動したにも関わらず、計測上はシーン 4 へ移動したとカウントされてしまう。このあたりは「シ

ーンのラスト 10 秒以内に移動した場合は、後ろのシーンへの移動とカウントする」といったように、ノイズ対策を行う必要があったかもしれない。今回はタイムラインの移動の際にどちらのスライドが見たくて移動したのかを、被験者に明確に質問していないが、そのような計測方法に切り替えてカウントし直すと、いずれの被験者についても相関係数の向上が確認できた。

被験者 A の場合は、一時停止を一切利用しておらず、巻き戻し操作に関して、一時停止のような使い方をしている場面が多く見られた。例えば、ビデオを再生したまま自分で考えたり紙の上で式を解いたりして、自分の作業が一段落したら、先ほど聞いていたところまで戻す、といった操作を繰り返していた。他の被験者の場合は、このように自分の作業に入る際にはビデオを一時停止していた。すなわち、理由が同じでも行動パターンが異なることがある。被験者 A に理由を尋ねると、「いつでも巻き戻せるので一時停止はしなかった。一時停止に対して積極的な理由は無い。もし静かに一人で解きたいと感じた場合には止めると思う」という旨の発話を得られた。

検索を行っていた時間 (e) との相関については特に大きな相関は見られなかったが、すぐに検索を終える場合と、検索に時間を掛ける場合で主観的難易度に差が見られた。例えば、シーンの中で不明瞭な単語・用語を調べたい場合は、その意味だけ確認して短い時間で検索作業を終える。そのように短い時間で解決する調べ学習については、シーンの内容に対して感じる主観的難易度に反映されることは少ないと考えられる。しかし説明の内容自体がわからないときは、同様の内容を紹介しているようなサイトを検索する、といった行動が見られた。こちらに関しては、単語の意味を確認する場合と比較し、ブラウザによる作業に大きく時間を費やしており、シーンに対する主観的難易度も高く付けられる傾向にあった。相関の値だけをもとに同項目が主観的難易度に直結するとは言い難いが、上記のように特に時間を費やした箇所については講義内容の理解に苦しんでいる様子が見られた。また検索ワードや参考にしていったサイト情報などは、本実験の範囲においては、唯一の数値以外のデータであり、その内容が教員へのフィードバックを考えた場合には有用なデータとなる可能性は高い。

また被験者 B, D, F について、(d) と (e) の項目を比較すると同一の値となっている。これは同被験者たちが、検索作業以外にバックグラウンド操作を行わなかったためである。それに対し、被験者 E は (d) のみに強く相関が出ている。被験者 E は実験者の中で唯一、紙では無く PC を利用し他のアプリケーションを用いてメモをしたり、メモした内容を自分で見直して学習したりしていた。さらにはこの時間が長い箇所ほど、主観的難易度が高く表れた。

全体として、インタビュー調査と累計データの 2 つから確認できたことは、主観的難易度が高く表れる箇所については (1) 何度も繰り返し再生する、(2) 自分の作業に費やす時間が多くなることである。ただし、(2) の場合には、被験者 A のように主に巻き

戻し操作を利用したり、被験者Eのようにバックグラウンドで作業をしていたり、あるいは別の被験者たちのように一時停止して画面をじっと見たり手書きで作業したり、作業の方法に違いがあった。しかし、インタビューによる発話と照らし合わせ、いずれも取得したデータの中に数値として反映されており、不可測なデータでは無いことが確認できた。学習中の行動データのパターンにより、どのような作業方法で自分の作業を行っているかを判別することにより、主観的難易度の一定精度での推定、特に顕著に表れている箇所の特定は可能であると考えられる。

ただし課題もある。例えば、e-learningには様々な形式がある。試験ではなくレポート提出形式の講義もあるだろうし、あるいは復習や予習などに利用され、そもそも課題を設定されていない講義もあるだろう。そのような場合に、今回の実験と同様の行動を取るとは限らない。また、本実験では数学とセキュリティという、比較的関連性の低い二つの題材を利用したが、英語や国語などまた別の題材によって学習者の行動パターンが大きく変わるケースも考えられる。また家事やほかのことを行いながら視聴する、いわゆる「ながら学習」も指摘されている。学習以外の要因で、巻き戻しや一時停止が行われると、本研究で利用したような相関がどこまで通用するかといった問題もある。

今後は、ビデオの題材や被験者の数を増やすとともに、講義改善を目的とした教員へのフィードバックの方法を考えていく必要があるだろう。

4.5 まとめ

本章では、非同期型 e-learning 固有の学習行動から自動的に取得出来るデータを用いて、各学習者が感じる主観的難易度の捕捉を提案した。その結果、非同期型 e-learning においては普通の講義では決して起こさないような学習行動があり、それらの累計量を中心としたデータは、学習者が講義中に感じる主観的難易度と大きく関わっていることが確認できた。学習者が講義中の困難に直面した際には、一時停止、巻き戻しの操作を行う。また、理解度が低いと自らが感じている箇所については、理解できるまで何度も再生を行い、その累計回数や時間が、学習者の感じる難易度と相関する。受講中の学習者の反応を得ることが難しい非同期型 e-learning において、これらの情報は講義改善を考えた場合に有用な情報であると考えられる。

また、本研究で取得した、学習者が講義中のどのタイムラインでどのようなキーワードを検索し、どのようなサイトを参考したかといった情報は、本研究の中では唯一の質的なデータである。主観的難易度と直接的な相関関係は無くとも、教員にフィードバックすることにより、講義改善に対する大きな情報となる可能性が高い。

以上のように、第三章において、その重要性が確認出来たデータについて、第四章では実用的な方法で自動取得することが可能となった。最後に、取得したすべてのデータ

について、それぞれ最も有効な形で教員にフィードバックする方法が求められる。

第5章 教員の講義改善活動を支援するシステム

5.1 はじめに

講義改善の視点から非同期型 e-learning を考えた場合、大きな長所として、学生が閲覧したものと全く同じビデオが残っており、教員を含め、誰もがそれを視聴できる環境が挙げられるだろう。しかし、従来研究を見てみると、以下の二点の問題がある。

(1) データの取得とフィードバックの接続

非同期型 e-learning 受講中の学生の反応を取得しようとする試みはいくつかある。しかし、いずれの研究も、データの取得にとどまっており、取得したデータを教員にフィードバックするところまでは至っていない。

(2) 非同期型 e-learning の特性を活かしたフィードバック

前章では非同期型 e-learning 特有の学習行動を利用して主観的難易度の捕捉を試みた。これは教員へのフィードバックを考えた際も同様で、「講義ビデオを閲覧できる」といった非同期型 e-learning の特性を利用することにより、より効果的なフィードバックやリフレクションを行うことができると考えられる。

対面形式の講義でも起こり、さらにそれが講義改善にとって有用であることがわかっているデータであれば、データの取得のみを対象としてその精度の検証を行うことも考えられるだろう。しかし、本研究での提案のように、対面形式の講義では起こりえないような学習行動やデータを扱うのであれば、データの取得方法のみでなく、取得したデータに関して、講義改善を考えた場合に有用なフィードバックデータとなり得るかどうかを検証しなくてはならない。

本章では、図 5.1 に示すように、第 4 章で取得した学生の主観的難易度や、各学習行動について、効果的な形で可視化を行うことにより、教員の講義振り返り活動の質を向上させるシステムの実装を行う。

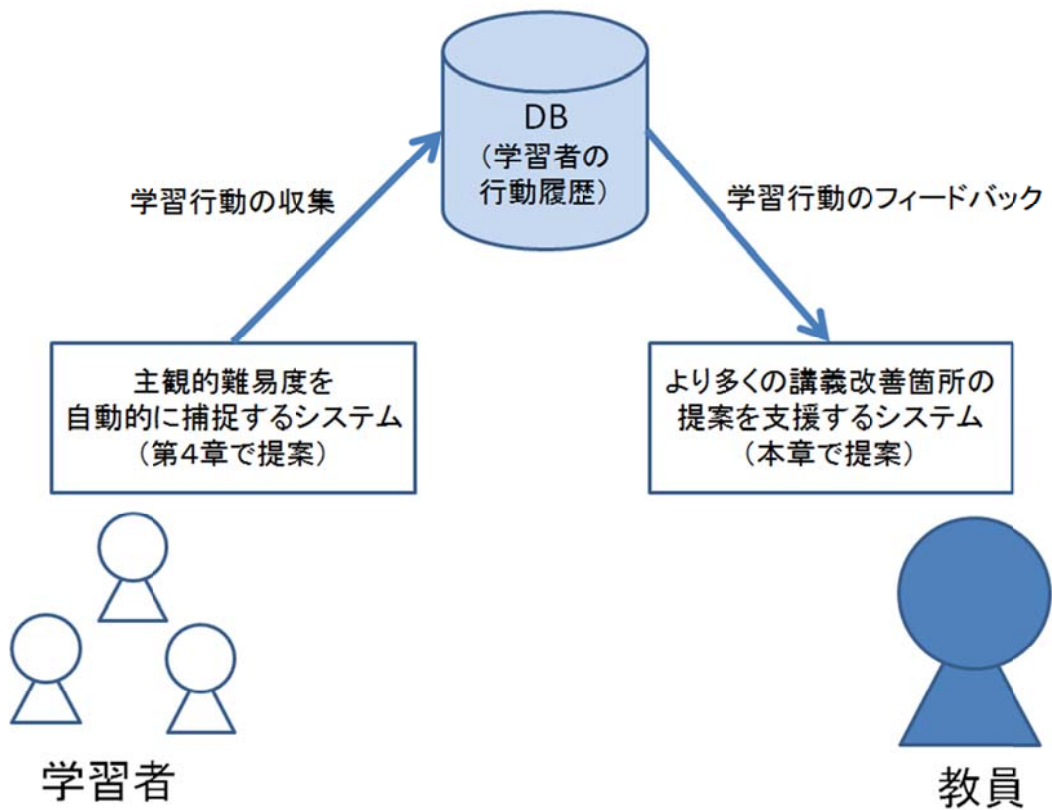


図 5.1 本章で提案するシステムの位置付け

非同期型 e-learning システムにおける講義改善の問題点として、受講中の学生の反応を把握できないために、講義の改善点やその必要性が見えないといった問題があった。本章で提案するシステムにより、教員が自身の非同期型 e-learning 講義を振り返る際に、より多くの改善点を挙げることを可能とすることを狙いとする。

5.2 提案するシステム

振り返りに利用したデータは、第4章での実験として用いたもののうち、数学の講義ビデオである。同ビデオの内容について、ここで詳細を記述しておく。

表 5.1 講義のスライドと内容の概略

スライド	主な内容
1～2	問題の提示
3～4	各変数を定義し、問題文を定式化する
5～7	1つ目の可能解を見つける
8～11	2つ目の可能解を見つける
12～13	3つ目の可能解を見つける

講義は、理系の大学院入学者レベルを対象としたもので「最適プロダクトミックス」の内容となる。具体的には、決められた資源の中で製品A, B, Cを作成する際に、どの製品をいくつ作れば最も利益が多くなるか、変数や方程式を定義しながら可能となる解を導き出し、各場合における利益を比較して最適解を求める。表 5.1 に講義の主な構成を示す。より具体的な内容としては、1～2枚目のスライドで問題の提示と、何を解くかの説明を行う。3～4枚目のスライドでは、先ほどの問題に対し、わからない値は変数で置き換え、連立方程式にする。

5～7枚目のスライド、8～11枚目のスライド、12～13枚目のスライドでは各連立方程式に対して、一つずつ可能な解を探していき、求めた3つの解の中で最も利益の大きくなる解を、最適解の正解として導く。

解かなくてはならない問題は一つであるが、その中で数学的な概念の等しい操作（計算の展開）を3回行う。3～7枚目のスライドが講義形式でかなり詳細に説明を行っており、8～11枚目のスライドでは演習形式でポイントのみを説明するような形式となっており、12枚目のスライド以降は、さらにかいつまんだ説明となる。

前章において取得したデータは以下の4つのデータであった。

- (a) 受講中の再生回数
- (b) 受講中の一時停止時間
- (c) 受講中の検索ワード
- (d) 各シーンに対して感じる難易度

取得したデータを一度に見せてしまうと、教員が混乱する恐れがあるので、本章のシステムにおいては、講義の振り返りを4つのSTEPにわけ、それぞれのSTEPで学習者から取得した(a)～(d)の各データを一つずつ振り返っていく形にした。

提案するシステムと4つのSTEPは次の通りである。

- ・STEP 1：各シーン難易度の確認

最初のSTEPでは「(d) 各シーンに対して感じる難易度」に対応するデータから講義を振り返る。教員の講義改善を支援するシステムを図5.2に示す。同図で講義映像エリア(ア)には、コンテンツである講義のビデオ映像が呈示される。

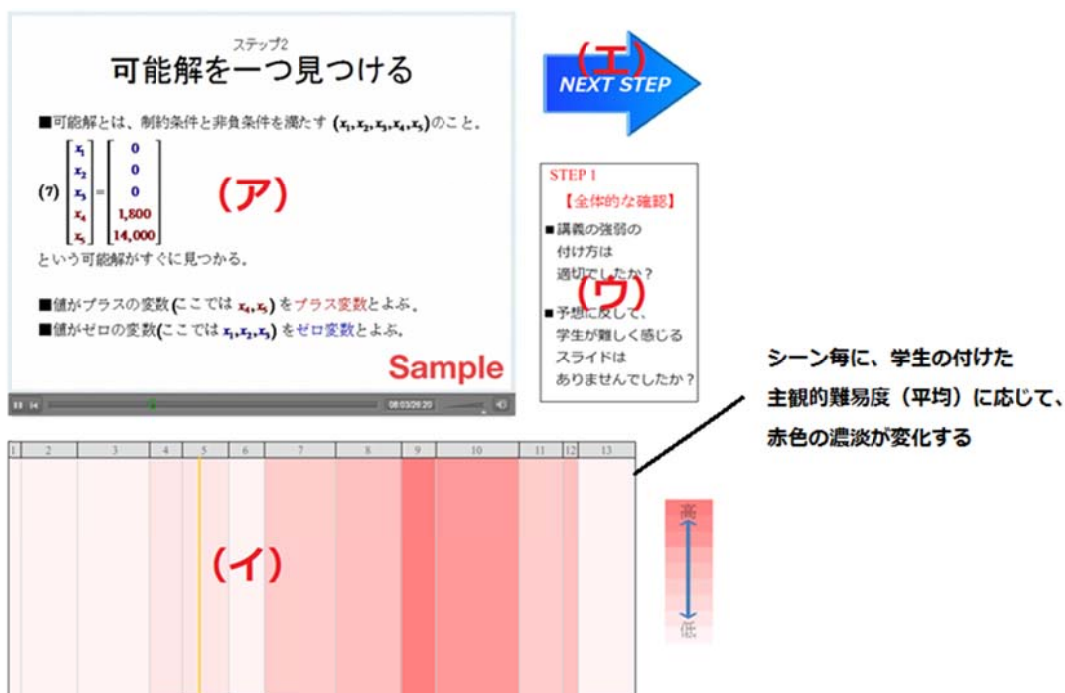


図 5.2 STEP 1 の画面

(イ) のタイムライン・エリアは、ビデオプレイヤーのシークバーのような役割を果たしており、一番左が講義の開始で、一番右が講義の終了部分を表しており、このエリアをクリックすることで講義映像中の該当するタイムラインに移動することができる。

(イ) の上部には 1~13 の番号が振られているが、これは現在の再生ポイントが何番目のシーンなのかを示している。本実験で使用した講義ビデオは 13 個のシーンより成るコンテンツであったので 1~13 番までとなっている。(イ) のエリアにはもう一つ特徴があり、各シーンが赤の濃淡で色分けされている。これは各学習者がそれぞれのシーンに対して付けた難易度を平均化し、難易度に応じて濃淡が変化する。すなわち教員にとっては、色が濃いシーンほど、学習者が困難に感じているシーンであるとわかる。

(ウ) のインストラクション・エリアは、同 STEP を振り返る際のインストラクションとなる。漠然と難易度を示す色のみが表示されてもどう手を付けて良いか難しいと考えられるので、教員に対し『この STEP ではこのようなことに着目して講義を振り返ってみましょう』という指針が示されている。

(エ) は次の STEP に進むためのボタンであり、この STEP での振り返りが終了した際には同ボタンにより次の STEP に進む。

・STEP 2 : 再生回数の確認

STEP 2 (図 5.3) では「(a) 受講中の再生回数」を確認する。STEP 1 と比較して画面が変わる箇所は (イ) のタイムライン・エリアと、(ウ) のインストラクション・エ

リアとなる。(イ)のエリアには学習者が講義ビデオを見て学習する際に、各タイムラインが平均で何回程度再生されたかを線グラフにより示される。本実験においては、平均再生回数が一番高かった箇所がグラフの最大値となるような形式を取った。本格的な運用を考えた場合は、再生回数グラフの最大値や基準値は、他の講義も含めた多くのデータから算出する、あるいは教員が「この内容だったら多くても〇回くらいで理解できるだろう」といったように、予め入力しておく形も考えられる。

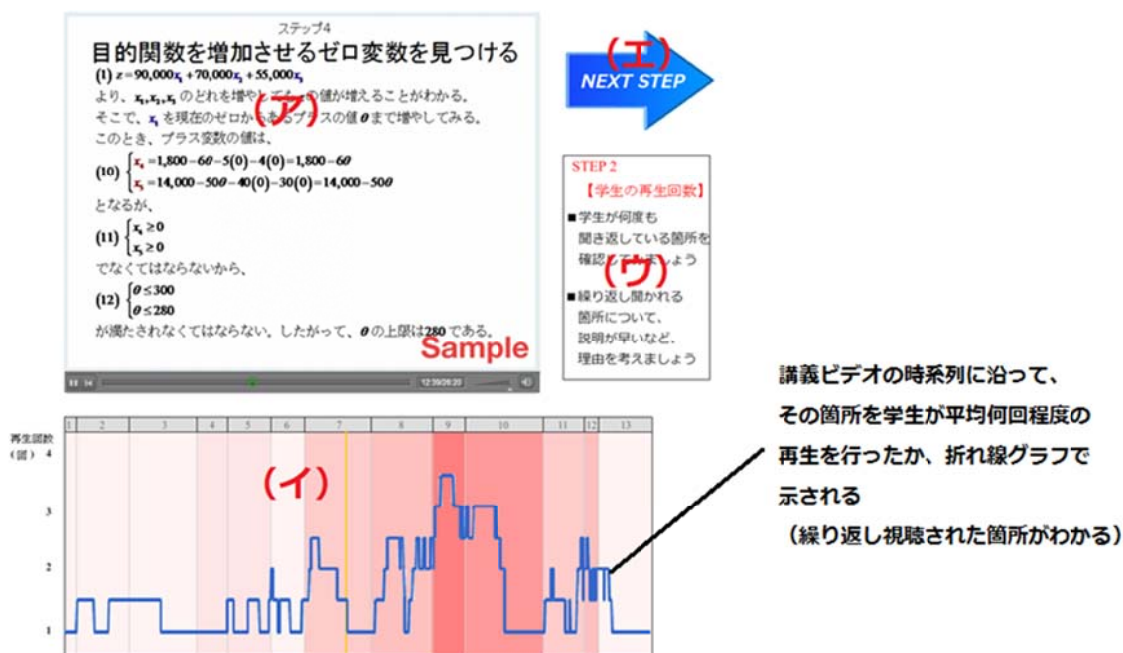


図 5.3 STEP 2 の画面

一つのシーンの中でも、再生される回数というのは、タイムラインによって異なる。本STEPの基本的な狙いとしては、再生回数が上がり始めた箇所、あるいは下がり始めた箇所を中心に振り返りを行ってもらおう想定である。

それに伴い、(ウ)のインストラクション・エリアは、このSTEPに対応した内容となり「学生が何度も聞き返している箇所を確認してみましょう」「学生が繰り返し再生した箇所について、その理由を考えてみましょう」といった内容になる。STEP 2の基本的な操作イメージとしては、グラフが上がっている箇所を中心に(イ)のエリアをクリックして講義映像を振り返っていく形となる。

・STEP 3 : 一時停止時間の確認

STEP 3 (図 5.4) は「(b) 受講中の一時停止時間」を確認するSTEPとなる。同STEPでは(イ)のエリアの下に矢印が表れ、学習者が一時停止した累計時間の上位三箇所について、そのタイムラインと停止時間がともに表示される。

ステップ4

目的関数を増加させるゼロ変数を見つける
 (1) $z = 90,000x_1 + 70,000x_2 + 55,000x_3$
 より、 x_1, x_2, x_3 のどれを増やしても z の値が増えることがわかる。
 そこで、 x_1 を現在のゼロからあるプラスの値 θ まで増やしてみる。
 このとき、プラス変数の値は(ア)

(10)
$$\begin{cases} x_1 = 1,800 - 6\theta - 5(0) - 4(0) = 1,800 - 6\theta \\ x_2 = 14,000 - 50\theta - 40(0) - 30(0) = 14,000 - 50\theta \end{cases}$$

 となるが、

(11)
$$\begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$$

 でなくてはならないから、

(12)
$$\begin{cases} \theta \leq 300 \\ \theta \leq 280 \end{cases}$$

 が満たされなくてはならない。したがって、 θ の上限は280である。

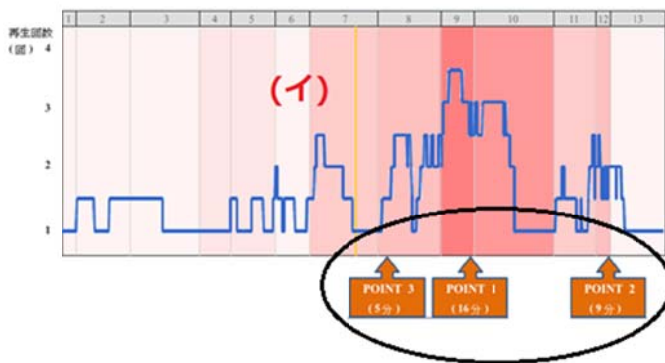
Sample



STEP 3

【一時停止箇所】

- 学生が長時間一時停止した箇所をその授業中に確認してみましょう
- 一時停止理由について説明不足ではなく、想定内の一時停止箇所でしたか。



学生が長時間一時停止を行った箇所のTOP3が、その累計時間とともに表示される

図 5.4 STEP 3 の画面

具体的なアルゴリズムとしては、次の通りである。まず各学習者を区別することなく、一時停止を行った箇所について、そのタイムラインと一時停止時間の集計を行い（図 5.5）、フィードバックの方法を提案した。

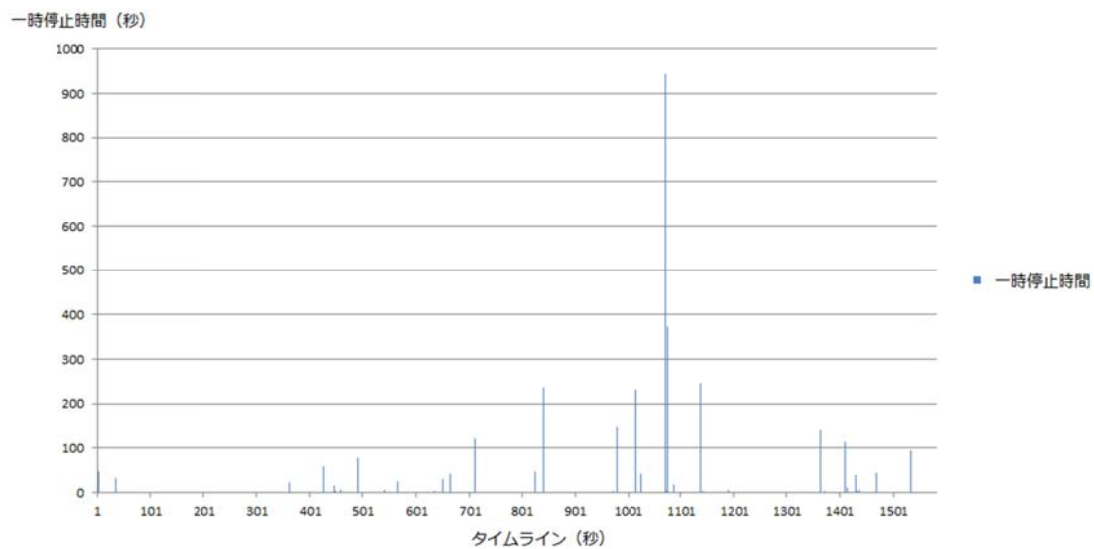


図 5.5 各タイムラインにおける一時停止時間の累計

図 5.6 に示したように、数秒違いで長時間一時停止されているような箇所については、同じ箇所、同じ理由で一時停止が行われたという可能性も高い。

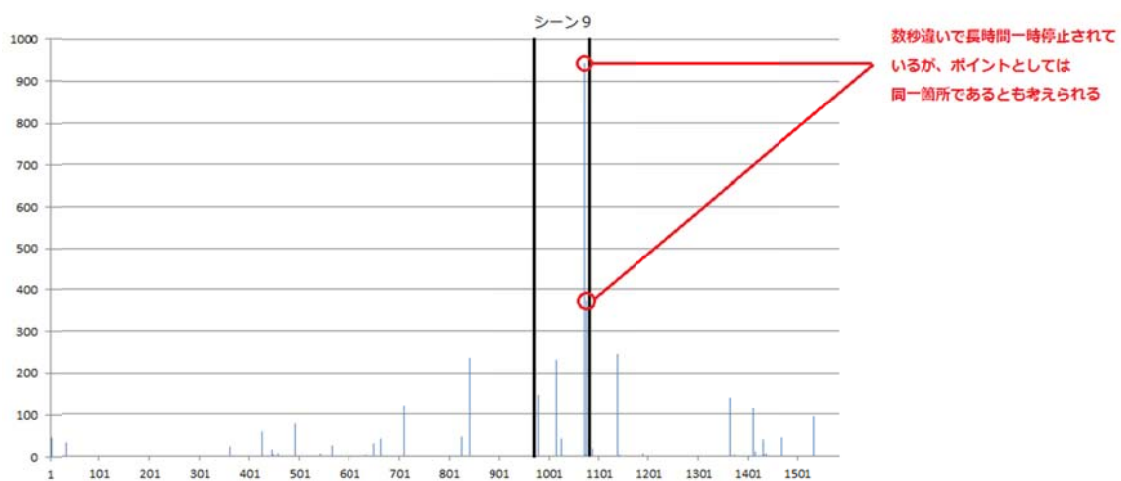


図 5.6 上位三箇所の選出の方法

また前章の学習者に対するインタビューデータによると、あるシーンで学習者が困難に直面した際には、その該当箇所のみでなく、前のシーンに戻って解決するようなケースも見られた。この場合、移動元と移動先、2つの方向で改善点を検討することが考えられる。すなわち、一箇所に集中的に偏るインストラクションに陥ることよりも、ある

程度は複数の箇所分散されて講義改善ポイントを呈示される方が、支援システムとしては好ましいと考えた。また前述のように、図 5.5 に表したような一時停止時間をすべて教員にフィードバックしてしまうと、教員の混乱を招きかねない。したがって、

- 長時間一時停止時間を行ったポイント、上位三箇所のフィードバック
- 同一のシーン内では二箇所以上のポイントは表示されない

といった形を採用した。本研究では一時停止時間に関して定量的なデータしか利用しなかったが、ある一時停止の箇所について、止まった後にどのタイムラインに移動したなど、より踏み込んだデータまで分析することによって、その質の向上を図ることは考えられる。このあたりに関しては、今後の課題と言える。

(ウ) に表示される指示としては、「学生が長時間一時停止を行った箇所についてその理由を考えてみましょう」「その箇所での一時停止の時間について、妥当な長さであるか考えてみましょう」といった内容である。

・STEP 4：検索ワードの確認

最後の STEP (図 5.7) は、学習者の「(c) 受講中の検索ワード」に対する確認となる。(オ) のエリアに学生がインターネット上の検索エンジンを利用して検索したワードが表示される。複数の検索ワードが同時に入力された場合は、(オ) の一つの枠内に複数個のワードが列挙される。枠内の検索ワードをクリックすると、その検索ワードが、どのタイムラインで検索されたかを示すような矢印が表示される。

講義改善のインストラクションとしては「学生が調べた検索ワードを確認してみましょう」「検索ワードについて、講義の中での説明不足や想定する学生の知識との違いを感じませんでしたか」といった内容である。

以上のようにシステムの全体的な流れとしては、取得したデータが各 STEP において視覚的に表示されるので、教員は特徴が強く表れたタイムラインをクリックしながら、インストラクション・フィールドに書かれている内容を参考に、自身の講義を振り返っていくようなシステムとなる。

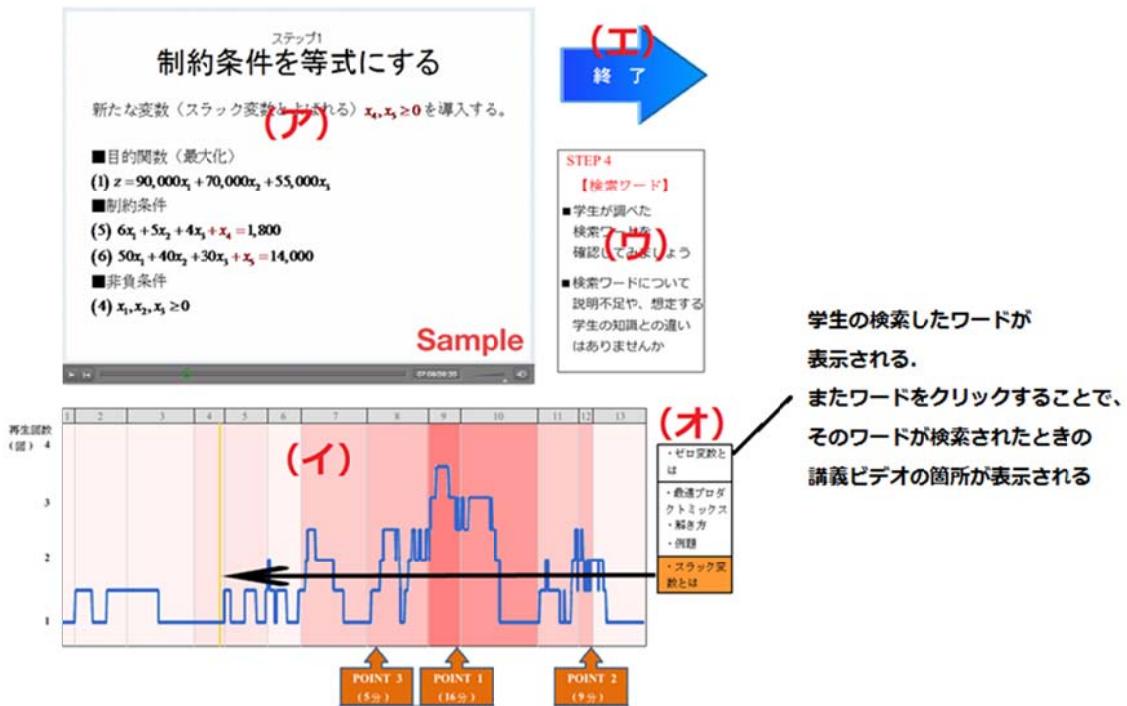


図 5.7 STEP 4 の画面

第 4 章で取得した各データと各 STEP におけるフィードバックデータの対応を下記の表 5.2 に示す。

表 5.2 各 STEP におけるフィードバックの内容

	対応する学習行動	フィードバックの概要
STEP 1	学生の主観的難易度 (量的データ)	シーン毎の色の濃淡
STEP 2	各タイムラインにおける 講義ビデオの再生回数 (量的データ)	時系列の折れ線グラフ
STEP 3	各タイムラインにおける 一時停止の秒数 (量的データ)	累計時間の多かった箇所 TOP 3 の呈示
STEP 4	学生が受講中に行った 検索のワード (質的データ)	検索されたタイムラインと 検索ワードの呈示

5.3 実験

5.3.1 実験の概要

本章で提案したシステムの有効性を検証するために実験を行った。被験者は本研究で利用した非同期型 e-learning コンテンツで授業を行っている教員本人である。被験者は同分野で10年目となる教歴を持っており、対面形式の講義については十分な経験を持ち、また非同期型 e-learning の講義についても今回が初めてではなく何度か実践を行ってきた経歴を持っている。

(1) システム使用前

まず教員が同コンテンツを録画してから時間が経っていたので、教員には講義の内容や、自身の説明の流れを思い出してもらうために、本システムを利用せずに、一般的なビデオプレイヤーで講義を一度通して視聴してもらった。その際に、講義を受ける対象として自身が想定するレベルの学生が受講した場合、それぞれのシーンの説明内容をどの程度難しいと感じると思うかを、担当教員の立場から1～5で付けてもらった。

その後にインタビュー調査を行い、自身の非同期型 e-learning 講義に関して、講義改善を行うとしたらどのようなポイントを修正する必要があると感じるか尋ねた。

(2) システム使用中

本システム無しでの振り返り作業を終えたら、次に本システムを利用して講義の振り返りを行ってもらった。また本システムを使ってもらう前には、著者らが準備したシステムの説明書を読んでもらいながらデモ画面を通して説明を行い、システムの操作方法は十分に伝えておいた。

前章で紹介した4つのSTEPについて、各STEPを切り替えるときにインタビューを挟み、システムのフィードバックについて、どのように感じたか、講義改善するポイントはあるか、ということを中心に尋ねた。

5.3.2 各 STEP におけるインタビューデータ

まず本システム使用前に、ビデオプレイヤーで振り返ってもらったときのインタビューデータのうち、特徴的な一部を示す。

実験者：「早速ですが、自身の講義を振り返っていただいて、次回受講する学生に向けて、講義のここを直さないといけないな、っていうポイントがあれば教えていただけますか？」

教員：「（数秒間考えた後・・・）無いね。トピック的にそれほど難しい内容でも無いし、理系の学生ならこのビデオで十分理解出来ると思うね」

実験者：「スライドの内容とか、説明のスピードとかも大丈夫そうですか？」

教員：「そうね、スライドの内容や量も、話すスピードもちょうどいい感じだと思うね」

実験者：「（先生に付けていただいた）各スライドごとの説明の難しさについても、一箇所だけ3で、その周りに少し2があって、ほとんど1という感じですね。講義の難易度は適切だと感じましたか」

教員：「うん、それもちょうどいいくらいに感じたな」

といったように、自身の講義について修正点に関わるような発話は特に見られなかった。また講義改善にあたって、普段はどのようなことを手掛かりに行っているかを確認したところ、「講義中の学生の反応」「授業評価アンケート」「試験」といった答えが得られたので、より詳しく質問を行った。

実験者：「今、先生が普段、講義改善する際のきっかけや手掛かりを伺いましたが、その中でも一番重要視しているのはどれですか？」

教員：「やっぱり授業中の学生の反応だね。テストは結局問題を解けたか解けなかったかはわかるけど、どう授業をすれば良くなるのかまでは難しいよね。授業中だったら、説明をしたときの瞬間の反応がリアルタイムにくるから、今この説明が理解出来てないということがわかるし、もう一度説明したり補足しなきゃとわかるんだけどね」

この発言から、講義改善にあたって、学生の反応、特に理解に関わると自身が感じた反応を最も重要視している様子が伺える。

次にシステムを利用してもらった際の、各 STEP 終了直後のインタビューの内容（抜粋）を示す。

【STEP 1 終了直後】

STEP 1 は学生のシーン（スライド）毎の難易度を確認する STEP である。こちらに関しては、教員にも予め「学生が受講したときの難易度の予想」を付けてもらっていたので、それと実際に学生が付けた難易度の平均を示しておく（表 5.3）。ただし、学生が実際に付けた難易度に関しては、システム上は教員から数値が直接見えるわけではなく、図 5.2 で示したように色の濃淡によって表現される。

表 5.3 教員と学生の付けた難易度

シーン番号	教員の予想難易度	実際の学生の難易度（平均）
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1.33
5	1	1.33
6	2	1
7	3	2
8	2	2.33
9	2	5
10	2	3
11	2	1.67
12	1	2.67
13	1	1

実験者：「先生ご自身に先ほど付けていただいた難易度と、複数の学生に実際に付けてもらった難易度を比較してどうですか？近かったですか、予想通りでしたか？」

教員：「同じ操作（計算）を何回か繰り返し替えるのに、最初に説明したときより二回目の方が難易度高く感じてるんだね。なんでだろう」

実験者：「理由はわかりますか？」

教員：「いや、今ちょっと（システムを操作しながらビデオの一部を）見たけどそこまではわからなかったね」

といったように、学生の付けた難易度を気にする発話や、その原因を探ろうとする姿勢が見られた。

実験者：「これで（システムによって）学生の付けた難易度の全体を見て、講義全体の難易度を調整しなくちゃ、ってことは思いますか？」

教員：「ああ、この結果からは思わなかったな、（26分20秒の中で）ひと山あるくらいな感じに見えて割とちょうどいい印象受けたかな」

実験者：「もっと全体的に色が濃かったり薄かったりしたら思うと思いますか？」

教員：「全体的に赤かったらそうだね、それは説明が悪いかな、難しすぎるから考えないといけないよね。白かったらそうは思わないな。自分が教えたいこと説明して学生が簡単に感じるなら、それはそれでいいと思う。むしろ真っ白くらいが理想なのかもしれないね」

実験者：「来年はもっと深い内容まで教えても大丈夫だな、教えよう、とかは思わないですか？」

教員：「そうだね、そのときにならないとわからないけど、やっぱり難しいと感じている場所があるなら、そっちの方が気になるし、先に何とかしたいね」

上記の発話からは講義の難易度に対して、一定以下には抑えておく必要があると考えていることがうかがえる。言葉を換えれば、学生の講義に対する理解度を一定以上に保ちたいという発話とも言えるだろう。またシステムの操作に関しては、学生が付けた難易度が高いシーンを短い時間ではあったが再生して確認を行っていた。

【STEP 2 終了直後】

STEP 2は学生の再生回数のグラフが表示されるSTEPであるが、教員は学生の再生回数が上がっている箇所、特に上がり始めのあたりを中心に講義を確認する様子が伺えた。

実験者：「今操作画面を後ろから見させていただいたところ、グラフが上がっているところを結構確認していたようですが」

教員：「そう、学生がどうしてここを何回も再生しているのか気になったんだけど、これね、資料（スライド）に不備があったんだよ」

実験者：「えっと、スライドの内容が間違っていたということですか？」

教員：「式はあってんだけどね、プラス変数を青で、ゼロ変数を赤で示すと言ってるのに、 X_1 はプラス変数なのに赤く書きちゃってるんだよね」

実験者：「なるほど。だから学生は何回も再生して確認していたと考えますか？」

教員：「そうだね、これ直せば大分変わってくると思うよ。ボクが学生だったらやっぱり気になって何度も確認しちゃうもん」

実験者：「そのスライドって難易度が一番赤く表れている箇所ですけど、そこ直せば、そのあたりも変わってくると思いますか？」

教員：「もちろん、それだけかわからないけど下がるとは思うよ。とりあえずそこ直してそれからもう一度経過を見てみたいね」

実験者：「そこは来年度講義を作り替えるとしたら、修正する必要あると思いますか？」

教員：「もう絶対だね。ただ撮り直すのは面倒だから資料だけ差し替えたり、労力を抑えてやりたいとこだけ」

上記は講義内容の明らかな不備を発見したケースである。修正の必要性に関しても、上記に挙げた会話以外にも、対面講義ではいつも学生の反応を見て口頭の説明を補足しているようなことも、非同期型 e-learning で一方的な情報発信になるため中々気づきにくく、些細な間違いや誤解を生むような表現にならないよう事前に十分に気をつける必要がある、といった旨の会話も得られた。また反応が悪かったらその場での補足という概念が無いので、講義改善について、「今回はこのように直してみても、それで来年度の反応を見て」、といったように、現状では実験的な試行錯誤のサイクルに陥る可能性も指摘された。

実験者：「ほかのポイントについてもいくつか確認していらっしゃいましたが、繰り返し再生された理由とか見当が付きましたか。」

教員：「今回の内容は、同じ操作（計算）を繰り返すんだけど、一つは2回目の方が値が複雑になったからだね。もう一つは1回目の方が手順をひとつひとつ細かく丁寧に説明してたから、再生回数少なかったんだと思うね」

STEP 1 では学習者の変化や様子の原因についてはわからないと言っていた事項について、シーン毎ではなく図 5.3 のように時系列にグラフ化されたことにより、原因にいくつか推測することが出来るようになったことが確認できた。

【STEP 3 終了直後】

STEP 3 に関しては、一時停止時間を確認する STEP である。教員はシステムが提示した 3 箇所の一時停止箇所について講義映像を確認していた。

実験者：「一時停止箇所について、そのポイントの周りを確認していらっしゃいましたが、学生が一時停止した理由はわかりますか？」

教員：「まず一番停止している箇所については、さっきと同じで、これ変数の色がおかしくて、自分で解きながらやっぱ違うよなとか、確認に時間が掛かったんだろうね」

実験者：「ほかのポイントについてはどうでしたか？」

教員：「やっぱり自分で解いてたんだらうね. 1回目は僕が丁寧に説明しながら解いちゃったから停止する必要なかったんだらうけど, 2回目は端折った部分を自分で確認してたんだと思うね」

実験者：「一時停止の停止時間は, これ, 妥当な停止時間だと思いますか？」

教員：「うん, これは妥当なラインだね. たぶん学生が解いたらこれくらいだろうなと思う. 一番停止している箇所は時間掛かってるけど, これさっきも言ったようにスライドに不備があるから, 長いけどそれを踏まえたら妥当な時間かな. スライド修正すれば時間ももっと短くなって難易度の評価もある程度下がるよ」

実験者：「仮にその5分の停止の箇所（停止箇所が3番目に長いポイント）, 停止時間20分とかになってたらどう思います？」

教員：「それは掛かりすぎだから, 説明がきつと悪いから, もっと細かく丁寧に説明しようね, て思うね. 」

一時停止時間の可視化については, 学生がその時間で何をしていたかを教員自身が推測していることが伺えた. 思い当たった行動と, それに掛ける時間から説明の善し悪し, また講義の難易度に結びつけるような発話も得られた.

【STEP 4 終了直後】

STEP 4 に関しては, 検索したキーワードを確認する STEP である. 学生が検索した回数は計3回でキーワードはそれぞれ「ゼロ変数とは」「スラック変数とは」「最適プロダクトミックス 解き方 例題」であった. 特徴的な対話を下記に示す

実験者：「それぞれのキーワード, 学生が検索したときの理由は想像付きます？」

教員：「単語については意味を調べたんだらうね. 口頭で説明したけど, やっぱり自分の目で確認したかったのかな. 」

実験者：「『解き方』とか『例題』とかの方はどうですか？」

教員：「これは理解できてなかったんじゃないかな. で, 本当にこんな解き方するのか疑ったりとか, 別の問題見て自分でも解けるかやってみよう, て調べたんじゃないのかな」

実験者：「ちなみに, このとき学生さん, 困ってたと思います？」

教員：「思う思う. で, 一度別のサイトを参考に勉強してみようと考えた感じがするね」

実験者：「ほかの2個の検索ワードについては, 困ってた感じしますか？」

教員：「ほかは困ってたという感じはしないね. 確認であったり, より深く知りたいみたいな感じが強いね」

この会話より、検索ワードから学習者の学習に対する心境や状態を推測している様子が伺えた。またこの STEP で表示されたキーワードと講義改善の可能性について確認した。

実験者：「この STEP で学生さんの調べたキーワード見て、何か授業の中で変えようと思ったことはありますか？」

教員：「単語に関しては、口頭で十分に説明はしているんだけど、やっぱりスライド（文字）にした方が良いのかもしれないね。『スラック変数とは何か』だけでなく、『スラックとは英語で余剰とか余りを指します』と説明しておくによりイメージが湧きやすかったかな。あとやっぱりこれ（最適プロダクトミックス、解き方、例題）が調べられた箇所は、一時停止や再生時間も強く出ていたところだから、もう少し丁寧に、例えば今は『これを解くと』と言っていると『 X_4 についての連立方程式として解くと』とか変えた方が良いのかな。あと過程ももう少しはさんだ方が良いかな」

上記のように講義の改善点についても、スライドに単語の説明を足す、式の変形過程をもう少し細かく表示させる、など具体的な発話がいくつか見られた。

4つすべての STEP を終了した後にもう一度講義の改善点を聞くと、「スライドの不備を訂正する」「いくつかの言葉をもう少し深く説明するか、スライドに文字化する」「式の変形過程について、変形ステップを狭くしたり、口頭でもう少し補うようにする」といったように改善点がいくつか挙げられ、その方法論についてもかなり具体的な発話を得られた。

本システム・本実験を通じて、教員は下記の4つの視点から自身の講義を振り返り、学生の反応に対する情報の取得や講義改善案の気づきを得ることができた。

(a) 講義全体の難易度

自身の想定した難易度設定と学生が評価した難易度が一致していること、全体としての難易度に問題がなかったことを STEP 1 から確認した。

(b) 教材

講義資料に対する不備の訂正や、説明を加える箇所の候補に関して、STEP 2, 3, 4 に特徴的に表れたポイントを確認することによって改善案を得ることができた。

(c) 進行のスピードや説明量

STEP 4で教員が検索ワードと箇所を確認して、ある学生にとってはもう少しゆっくり丁寧に解き方や式の展開を説明した方が良かった、という意見が述べられた。またSTEP 2, 3についても講義資料の不備を訂正した段階でもう一度確認したら、また違うかもしれないという意識の変化が見られた。

(d) 用語や前提知識

システム利用前には必要十分に解説されていると述べられていた用語や前提知識の想定についても、実際にはズレがあった、もう少し説明や方法を変更したほうが良いという振り返りが、STEP 4で挙げられた。

5.3.3 学習者と教員の発話の差異

次に学生がつまづいたポイントと教員の推測する理由の比較を行っていく。教員は、学生が何に困っているかを知ることが求められる。本システムにより、どれくらい的一致が見られるかを検証していく。

●主観的難易度について

まずSTEP 1において、教員は7番目のスライドを説明している箇所を、最も困難な箇所として挙げた。それに対し、学生の平均値では9番目のスライドを最も困難なシーンとして挙げている。表5.1にもあるように、本講義は同様の操作を3回繰り返していく。教員はその最初の説明が難しいと想定しているが、学生は2回目の説明を困難に感じている。すべてのSTEPが終了した後に、教員はこの理由について以下のように述べている。

教員：「これ、同じ操作を三回繰り返すんだけど、で、どんどん説明が簡略化されるんだけど、僕は一番最初に説明をするときに難しいかなと思ったんだけど、学生は『自分でやってみてください』って手放しにして、いざ自分で解かなくちゃってなったら解けなくて難しいことがここでわかったんだろうね。」

この発話と、講義の内容と照らし合みると、講義の中で1回目の操作（計算）は教員が細かく説明して、計算式をすべて教員側で解いている。2回目は、ポイントとなる箇所を除いて計算の途中を省略していて、3回目は最初の式と最後の答えを呈示する程度となっている。

すべての学習者が難易度5を付けていたシーンについて、学習者Aは次のように述べ

ている.

学習者 A:「前のスライドでは先生が全部解いてくれて、ふんふんって聞きながらわかってるつもりだったんですけど、ここで自分で解いてくださいって言われて、やってみたら意外と解けなくて、(後略)」

他の学習者についても同様のことを述べており、「自分で解いてみて難しさがわかったこと」、「途中の計算式が急に大きく省略されたこと」を困難に感じた理由として挙げている. このあたりは教員が本システム利用後の改善点として挙げた、「式の展開をもっと細かくする」といった内容と合致する. また一時停止についても、その間に何をしていたか、どの式を解いていたのか、といった内容について大半は一致した.

●再生回数について

再生回数が上がったポイントについて、教員は「理解できるまで何度か見たのだろう」と推測をしていた. 広い意味で捉えれば一致するのかもしれないが、学生があるシーンを複数回再生する理由の中には、「自分で解いてみて解けなかったから、当該の箇所をもう一度視聴した」といった回答が複数あった. それに対し教員からは、別のシーンと結びつけるような発話は得られなかった. このあたりはシステムのインターフェースとして、再生回数については単純な累計としてしか表示されず、どのタイムラインから移動してきたかという情報がフィードバックされないためと考えられる.

本システムにおいては教員の振り返りのコストをある程度考慮し、主に量的なデータ、特に累計量を中心としたデータのフィードバックを利用した. 「どの学習者がどこを見ているときにどこに戻って、その後またどこへ移動したのか」といったビデオ視聴中の軌跡を教員が追っていく作業は非常に大きなコストだと考えられるし、情報が多すぎて手を付けられなくなってしまう恐れがある. また本論文では「一時停止した」「巻き戻し/早送りした」という表面的な行動のみを取得して利用したが、そのとき学習者はどのようなことを考えていたのか、あるいは一時停止した結果理解出来たのか出来なかったのかといったように、もう一步踏み込んだデータを取得し、それをハイライトして教員に呈示するような仕組みを実装することが出来たら、本実験で起こったような教員と学生の認識の差異は小さくなっていたと考えられる. こちらに関しては今後の課題と言える.

●検索ワードについて

検索ワードについては学生のそのときの状況が伝わっている様子が伺えた. 「スラック変数とは」「ゼロ変数とは」のキーワードを検索した学生については、「確認程度にちょっと調べただけだろう」という教員の発話は、実際に検索を行った学生の発話と一致

した。すなわち、困っているというよりは確認であり、特に困難を感じていないということである。それに対し、「最適プロダクトミックス、解き方、例題」を検索した学生については、

学習者 B：「最初の方はわかってたんですけど、段々わからなくなってきた、一度別の説明や問題が無いかなと思って検索しました。」

実験者：「それは同じような、どこかの大学の講義ビデオとかを見ようとしたのですか？それともテキストや図の情報ですか？」

学習者 B：「ビデオがあれば良かったんですけど、何でも良かったので、別の説明や問題が見たいなって思ったんです。何か少しでもほかのが見られればヒントになると思って」

実験者：「それで、何か見つかりましたか？」

学習者 B：「一つだけ（PDF を）見たんですけど、何かもっと設定が複雑で変数も多くて難しく、やっぱり（本実験の講義ビデオに）戻った方がいいなと思って戻りました」

これは教員の推測した「かなり困っている」「自身の講義だけでは解決できないという心境だった」という発話は学生の状況と一致している。同学習者について教員は、「焦らずにゆっくりやれば十分に理解できるのではないだろうか」と推測していた。また、問題に取り組むステップをより簡単に、より丁寧に行うことにより、同じ講義時間に収めることはできないだろうが、時間さえ掛ければ十分に対応できるのではないかという意見が得られた。

本実験においては、教員と学生で、述べていることや認識が全く異なるという点は見られなかった。ただし、教員のみが述べた点と、学生のみが述べた点が見られた。教員は、講義資料の不備を、学生がつかずく原因になっているだろうと推測していた。しかし実際には、気付いているのか気付いていないのかまでは確認を行っていないが、講義資料の不備を明示的に指摘した学生はいなかった。

5.3.4 本システムの利用上の評価

システムの利用時間、振り返りの時間にも差が現れた。Davis らの指摘にもあるように自身の講義を振り返ることが講義改善には不可欠である。その際に、他人の講義を見ることと異なり、ビデオを見る前から自身の講義の内容や流れは把握しているはずである。そのような状況の中で、教員が一人で一般的なビデオプレイヤーにより自身の講義を振り返る場合は、どこを観ればよいだろうか。「手掛かりも無いから、とりあえず始めから全部観てみる」という発想に行き着くのではないだろうか。

一方、本システムの所要時間は下記の通りであった（表 5.4）。

表 5.4 本システムによる振り返り所要時間

	所要時間	振り返ったシーンの数
STEP 1	6 5 秒	1
STEP 2	2 1 3 秒	4
STEP 3	1 3 7 秒	3
STEP 4	9 0 秒	3
合計	5 0 5 秒	合計 1 1（重複あり） 合計 5（重複無し）

ビデオの総時間は 26 分 20 秒（1520 秒）に対して、その約 1 / 3 の時間である 5 0 5 秒で振り返り作業を終えている。またシーンも全部で 1 3 あったが、振り返っているシーンは全部で 5 シーンにとどまっている。

特に、各 STEP におけるこの振り返りの際のシーンの数は、システムのインストラクションが有効に機能した結果であることがうかがえる。STEP 1 では、学生の難易度が最も高く現れた箇所はシーン 9 であり、教員はそのスライドのみを数十秒間、再生を行った。図 5.2 のように、STEP 2 では、再生回数グラフの中で山状に上がって下がるような、箇所が複数あった。その上がりはじめの部分を教員は必ず振り返っていた。下がり始めたポイントについては、振り返った箇所と振り返らない箇所があったが、この山の上がり下がりポイント以外に、教員がビデオを振り返ったポイントは無かった。STEP 3 では、教員は 3 つのシーンを振り返っているが、これはいずれもシステムから提示される、学習者の一時停止時間の最も長い 3 つの箇所に該当する。STEP 4 では 4 つのシーンの振り返りが行われたが、こちらに関しても、今回の実験で学生が検索を行った箇所は 3 箇所であり、その検索箇所に該当するシーンと重なった。

今回は実験のはじめに、本システムを利用せずに一度、講義の振り返りを行ってもら

っているので、システム利用時には講義の内容や流れを明確に覚えている状態であった。もし始めから本システムで振り返りを行っていた場合は、もう少し時間が掛かったり振り返りのシーン数も変わってくる可能性も否定はできないが、自身の講義ビデオの内容を一定以上明確に覚えている場合は、インストラクションは非常に有効に機能していたと考えることができる。

教員にシステム中の各 STEP が講義を振り返ったり、講義改善を考えたりする上で参考になったかを尋ねると、『各 STEP とともに特徴的に出ている箇所に関しては、理由無くそのような行動を取る学生はいないと思うし、その理由を考えることは講義活動の役に立った』、『特に改善の可能性を持った箇所がピンポイントで出てくる、わかることが良い』と言った旨の発話を得られた。

また今回の実験においては、各 STEP の特徴が表れた箇所について、重なる箇所も多かった。例えば、難易度が強く出ている箇所について、一時停止や再生回数も高く表れているし、そこで検索も発生している、といった形である。このように複数の学習行動の特徴が重なるような箇所は、教員側からすると講義改善を行う際の重要な候補して確認しておく必要があるだろう。

そしてシステムを通して教員が学生の反応を感じ取ることができた旨の発話も得られた。

実験者：「本システムにより、授業を受けている最中の学生の反応を感じることはできましたか？」

教員：「そうね、対面講義の表情や雰囲気とはまた違うんだけど、学生が勉強しているときに考えてることをなんとなく想像したり、パソコンで授業を受けている様子をちょっと後ろから見てるような感じはあったね」

このあたりの発話は、授業評価アンケートでは得ることの難しい、授業を受けている最中の学生の様子を感じることができたという旨の発話である。事例の数を増やしたり、長期的な評価から検証を行っていく必要はあるが、非同期型 e-learning で受講中の学生の反応をタイムラインとともに感じることは、教員が講義改善のポイントを考えるきっかけにつながり、授業の質の向上にもつながると考えられる。

また講義中のちょっとしたミスは授業評価アンケートには表れにくいだろう。例えば本事例のように、1枚のスライドの変数と色付けの対応関係が間違っていたときに、対面の講義であれば『なんか学生の反応悪いな。あ、色が違う』と気付くこともあるかも

しれないが、一定回数講義終了後の授業評価アンケートで学習者がわざわざそのような細かいスライドのミス指摘するケースは稀だろう。今回は学生の一時停止時間や再生回数に特徴が表れた箇所を確認し、その箇所にミスを発見することができた。これは従来の非同期型 e-learning の評価システムや運用体制からは得ることの困難であった、受講中の反応を学習者から取得できたためだと考えられる。

教員が自身の講義を振り返る際に、手掛かりが無ければ、本実験のように、始めから一度通して視聴するかもしれない。特に今回のケースのように、講義を収録してから時間が経っている場合は、このような振り返りを行う可能性も高いただろう。しかし、教員が講義内容をよく覚えていて、講義の中で重要なポイントや難しい箇所を、自身でそもそも把握している場合は、講義を通して視聴することなく、当該箇所を直接チェックすることも考えられる。しかし、そのようなチェックを行ったところで、講義の内容を変更する結論に行き着くだろうか。

何の情報も持たずに自身の講義を振り返った場合、その振り返りの範囲や質は限られてくると考えられる。そもそもの授業の準備が不十分であった場合は、講義資料のミスを発見したり、時間があれば加えたかった内容を追加したりすることは可能だろう。しかし、十分な準備のもとに録画された講義ほど、個人の振り返り作業の中で改善点を見出すことは困難だろう。したがって、本システムで示した学習者の受講中の反応など、教員が自分一人の力で気付くことができない部分を支援する仕組みが必要となってくる。

第三章の実験のインタビューデータからも述べたように、教員は、そもそも難しい内容として設定している箇所の説明については、レベルを下げて教えたり、易しく教えたりすること自体は可能なのである。本実験においては「もう少し式の展開を細かくしてゆっくり教えてもよかった」といったような発話でそのことがうかがえた。そのような箇所については、難易度がグラフのような形で定量的なデータとして示されれば、それだけである程度は改善へとつながると考えられる。

その一方で、教員の想定には無かったような改善点に対する気付きもあった。例えば、本実験の範囲では「用語」の説明などが挙げられる。特に用語の場合は、対面形式の講義でわからなかったらそのまま取り残されて授業の難易度を高く感じたまま終わってしまうようなケースも考えられるだろう。しかし、非同期型 e-learning の場合は、そうとも限らない。「調べ学習」という手段が学生に許されており、ちょっとわからない単語などは検索すればすぐにわかることも多い。前章のデータより、このようなちょっとした検索の手間で済んだような箇所については、主観的に難易度にあまり影響が無い。

本システム、本実験の場合は、「検索ワード」という形でデータを取得しており、それを教員にフィードバックさせることにより、授業の範囲で学生は用語を理解しきって

はいなかった様子を教員が理解し、授業の改善点として挙げた。しかし、教員によっては、非同期型 e-learning という環境なのだから「調べ学習」は当然の前提であり、調べてすぐわかることであれば授業の内容で改善する必要は無いという発想の教員もいるだろう。e-learning という新しいツールの登場は、講義のあり方や学生の学習姿勢に対する意識、授業はどの範囲で完結させるべきなのか、教員のそういったローカリティを拡張させた可能性もある。

5.4 考察

第一章でも述べたように、学生の理解を向上させるためには、主観的難易度と客観的難易度の両方からのアプローチが必要である。では非同期型 e-learning においてこれらはどのような位置付けで捉えることができるのだろうか。第三章と本章の実験とインタビューデータを通して、学習者は学習者で「自身が何を理解していないのか」に関して、わかっている部分とわかっている部分があることが示唆された。同様に、教員は教員で「学習者が何を理解していないのか」に関して、把握している部分と把握していない部分を持っている。

対面形式の講義において、小テストや演習により教員が客観的難易度で学生の理解を図ろうとするのは、理解していない学生やその割合、度合いを把握するためである。教員自身の中に、もっと簡単に教えるための方法論や、違う教え方を持っており、それを出す必要があるかどうかを客観的難易度により測っているようにも考えられる。もしより易しく教える手法や違う教え方を持っていないのであれば、講義中に学生の客観的難易度や理解度を測る必要はそもそも無いのである。

この客観的難易度に関しては、講義中の学生の反応から捉えることは非常に困難であると考えられる。「本当に理解している学生」も「理解しているつもりで実際には理解していない学生」も、同じ心境、精神状態であるため、同様の学習行動を取る、あるいは特に反応を示さない可能性が高い。そのため、対面形式の授業では、問題を解かせたり、教員から質問の投げかけを行ったりするのである。このあたりは非同期型 e-learning でも同様に、問題を提示するなど、何らかの形で学生に、自身が理解していないことをわからせるための仕組みが必要である（図 5.8）。理解していないことがわかった時点で、その客観的難易度は主観的難易度に変わり、理解していないと自覚している学習者特有の学習行動が起こるだろう。

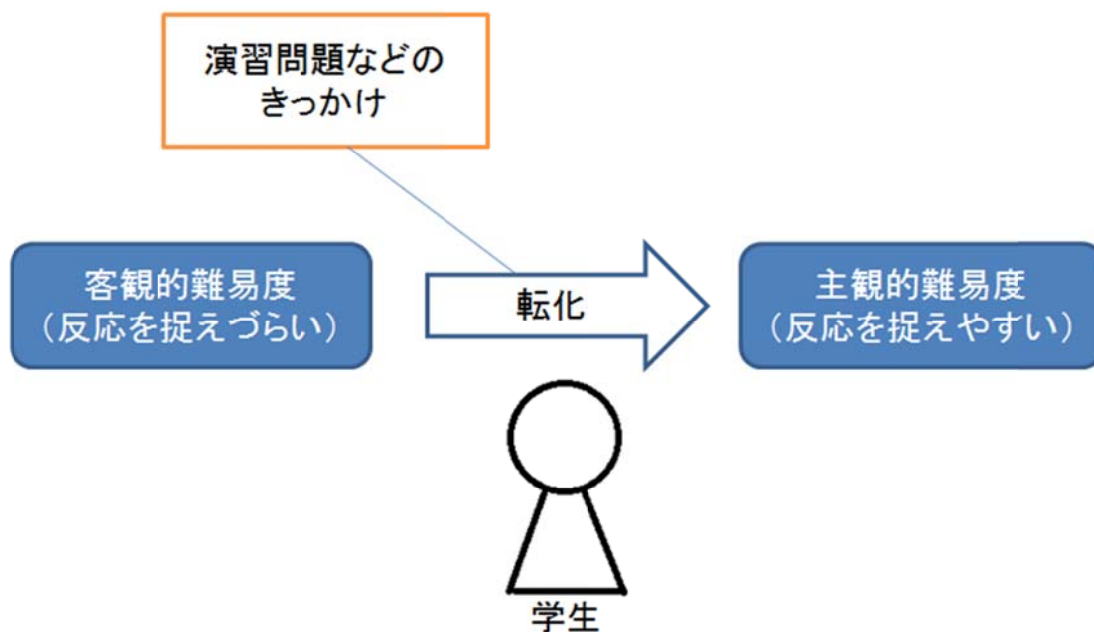


図 5.8 客観的難易度の転化

そういった意味では、本実験で利用した数学の講義などは上記の目的に適していると考えられる。明確な正解・解答が存在することは、学習者に対して、理解しているのか理解していないのかを自覚させやすいためである。

本実験の学生側の被験者の数人の中に、「いざ自分で解こうと思ったら解けなかった」という内容の発話が共通して見られたし、その時点までビデオ操作を特に行っていなかった学生が、巻き戻しや一時停止操作を行う頻度が上がったりするようなケースも見られた。その場で学生の客観的な理解度を測ることができない非同期型 e-learning においては、この客観的難易度から主観的難易度の転化が重要な視点であると考えられる。

次に学生の感じる主観的難易度についてであるが、こちらに関してもレベルが存在する。先行研究でも説明したように、学生が質問をするためには一定以上の理解が必要となるケースが多いのである。すなわち、ほとんど理解していない学生は、何がわかっていないのかもわからないのである。

レベルが存在するものの、2極端に大別すると「何がわかっていないのか説明可能な事項」と「理解していることだけ漠然とわかっている状況」である(図 5.9)。対面形式の講義であれば、前者の場合、学生は質問を行ったりすることが考えられる。後者の場合、対面形式の講義で俗に言われる、「雰囲気」や「表情」で捉えられるのだろう。これを非同期型 e-learning 上で取得することを試みたことが本研究の一つの成果と言える。学習者が理解していないことを自覚した場合、非同期型 e-learning においては繰

繰り返し再生を行ったり、一時停止操作を行ったりするのである。対面講義の雰囲気や表情に大体できるような反応を、しかも回数や累計時間といった形でより明確な指標のもとで計測可能な反応を利用できるのである。

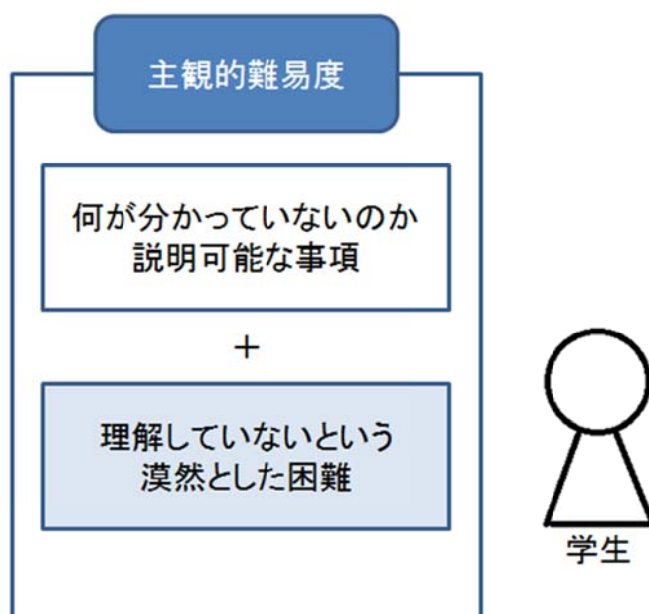


図 5.9 主観的難易度のレベル

もう一方の「説明可能な困難」に関しては、やはりその性質もあって、量的なデータで捉えることよりも、質的なフィードバックを行うことにより、より効果的な講義改善支援となるだろう。例えば、そのレベルにまで達して理解出来ないことは教員に質問を行ってしまうような運用も考えられる。講義中や手をあげて質問したり、講義後に教壇にいる教員に聞きに行くよりも、後からメールで質問することは敷居が高いと考えられる。インターネットで少し調べて解決するような事項であれば、おそらく学生は質問しないだろう。

その意味でも本システムのように、学習者がインターネットで検索したワードを確認することは、「学生が何をわからなかったのか」に辿り着くための一つの手法と考えられる。実際に、本実験において、学生の検索ワードを確認することによって、教員は「学生が何に困っているのか」を推測することが可能であった。また「ちょっと困っていた、確認程度の検索」や「全然わからなくて、他のサイトに頼るしかなかった検索」といったようにそのレベルも推定できた。本実験ではサンプル数が少ないので一概には言えない部分もあるが、学生が検索を行った時間、参考にしたサイトの数などと組み合わせることによって、より精度の高い推測が可能となることも考えられる。

教員にとって、学生の主観的難易度によって、どのような支援となりえるのかを考える。本実験では、量的なデータのフィードバックにより、学習者の感じる主観的難易度を教員が推測し、レベルの設定を行うことが可能であることが明らかになった。一方、教員が講義展開についての新しい切り口を見出すためには、質的なフィードバックが必要であると考え。学習者は、何がわからないかを教員へ明確に示すことができれば、教員は工夫が出来るようになる。

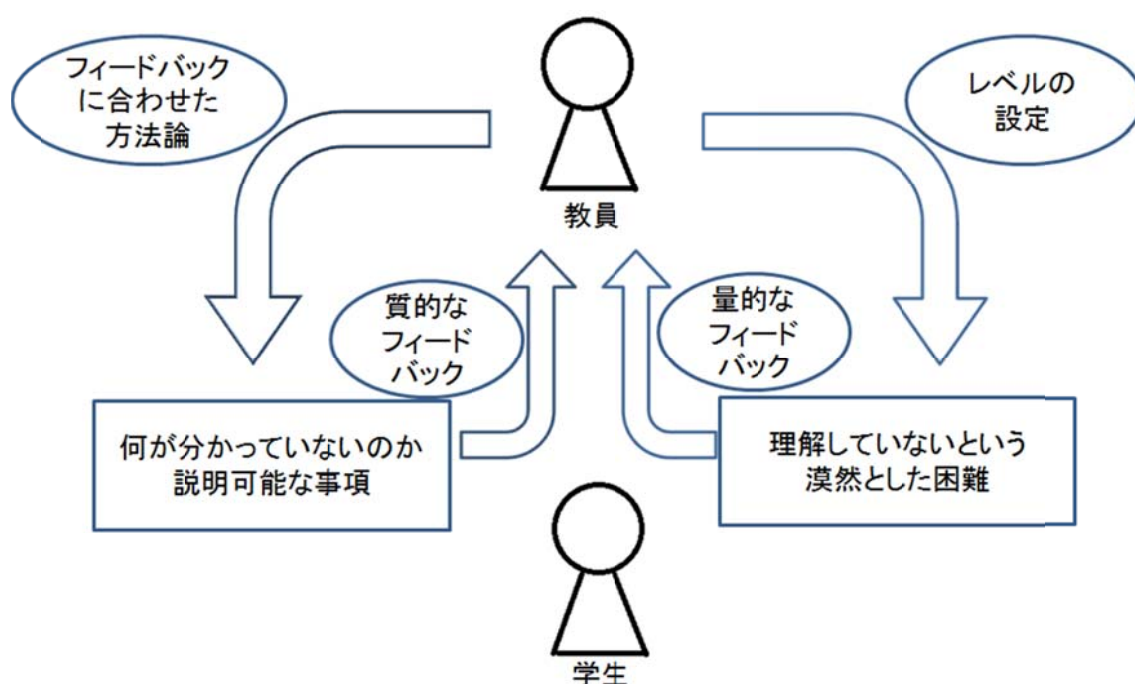


図 5.10 非同期型 e-learning における FD

図 5.10 に示した、学習者の主観的難易度と講義改善のフィードバックのモデルに関しては、対面形式の講義と変わらないように考えられる。重要な点は、何によってそれを捉えるのかということである。対面形式の講義と非同期型 e-learning では、位置空間、時間空間、学習行動、把握できる情報など、様々な点で異なる。本研究のように、その特性を考慮した方法論が必要である。

5.5 まとめ

本システム利用前には講義の改善点を特に挙げなかった教員が、本システム利用後にはいくつかのポイントを指摘し、また改善にあたっての具体的な発案も見られた。これはシステムにより、振り返りの質や、自身の講義に対する考え方が変化した影響と考えられる。

STEP 1 では各シーンにおける学習者の主観的難易度を平均化し、濃淡によって教員に呈示を行った。そのフィードバックにより、全体的な授業の難しさの傾向を確認するのに役に立ったという発話があった。STEP 2 では学生の講義ビデオの再生回数をグラフ化することにより繰り返し見始めるポイント、あるいは最も再生回数の多かったポイントを確認でき、講義改善を考えたり、資料の不備に気付いたりするきっかけになったとの評価が得られた。STEP 3 では、学習者の一時停止の累計時間上位 3 箇所について、その累計停止時間とタイムラインを呈示した。学生の一時的停止時間について、「この程度なら問題無い、妥当」、「少し掛かりすぎているので、もう少し丁寧に説明すべき」といった講義改善の是非の検討に役に立ったという発話があった。STEP 4 に関しては検索されたキーワードとその箇所について、それぞれ理由とともに振り返ることがシステムによって促された様子がインタビューデータより確認できた。

本研究で取得した 4 つのデータについて、それぞれが振り返りを行う際のきっかけや判断基準になりえること、さらには本システムの利用により教員からより多くの改善箇所を引き出すことができた。以上の振り返りの質や内容については設計段階で期待していた効果が確認できた。

第6章 結論と今後の課題

6.1 結論

本研究では、従来困難と考えられていた、非同期型 e-learning 受講中の学習者の反応を取得し、講義改善を考えたいうえで有効な形での、教員に対するフィードバックを行う方法について提案を行った。第1章で挙げたように、その目的は主に下記の3つであった。

- (1) 非同期型 e-learning における主観的難易度の重要性を明らかにすること
- (2) 主観的難易度の取得方法に関する提案
- (3) 教員の講義改善点への気づきを促すシステムの提案

それぞれについて、明らかにできたことを示す。

- (1) 非同期型 e-learning における主観的難易度の重要性を明らかにすること

本研究では、講義改善を行ううえで、学習者の主観的難易度が重要な指標であると考えた。第三章では学習者が手入力で、講義中に感じている主観的難易度を提示することにより、講義改善にとって有用な情報を教員に提供できることを示した。教員は講義改善を行う際には、学習者が理解しているかどうかという点について最も気にしており、本実験による振り返りもその視点から行われていた。特に注目したいことは、学習者が講義の各タイミングでどれくらい理解しているつもりかを教員が感じ取ることができたことと、インタビューデータの中で、教員は「簡単に教えること（レベルの設定）」は可能であることを示唆したことである。これに関する発話は、第五章の実験での教員からも得られた。

- (2) 主観的難易度の取得方法に関する提案

第三章で提案したシステムの最大の短所は、理解度の提示が手入力であり、学習者に負担が掛かるという点である。第四章では自動的に推定する方法の提案とその有効性の検証を行った。具体的には、一時停止や巻き戻し、検索の累積回数・累積時間から主観的難易度の相関を確認した。その結果、学習者の非同期型 e-learning を受講している際の行動要因をいくつかのパターンに分類することができた。特に学習中の一時停止時

間と、累計再生回数は各学習者の持つ主観的難易度に大きく相関があることを確認できた。また検索ワードなどは、ケースによっては時間を掛けずに終わり、単純な相関データには現れにくい場合もあるが、各学習者が自身の理解度に自信の無い内容、理解出来なかった内容と関連があることも明らかになった。さらには本研究で提案した手法であれば、学習者に何か特別な負荷を掛けることなく、普段の勉強スタイルにそのままの形で適用可能であることも、従来研究と比較した際には大きなメリットとなるだろう。

ただし、前述のような一定以上の相関は確認できたものの、それぞれの学生ごとに、一時停止を多用したり、講義ビデオの巻き戻し・早送りを多用したり、あるいはまったく巻き戻しを利用しなかったりと、学習方法やスタイルに対するいくつかのパターンが見られ、それに応じて相関の大きさは異なっていた。このあたりは従来研究の知見を利用して、個人の学習スタイルやパターンに合わせた個別の推定器や推定アルゴリズムを作成したり、あるいはLMSにデータを蓄積して、過去のデータや他人のデータからベイズ推定などを利用し推測を行うといった方法も考えられる。

総括として、改善の可能性はあるものの、(a) 一時停止時間、(b) 再生回数の2つを捉えることで、比較的高い精度で学習者が講義コンテンツ上の各タイムラインに対して感じる主観的難易度を捉えることが明らかになった。

(3) 教員の講義改善点への気づきを促すシステムの提案

第五章では、学習者の講義中の行動履歴を教員に対してフィードバックするシステムを提案し、実際に教員に呈示して有効性を検証した。(2)で取得したデータについて、4つのステップに分け、グラフを中心としたフィードバックにより講義の振り返り活動を促すシステムである。

本システムを利用前には、教員は何の情報も無く自身の講義ビデオを振り返り、改善点を特に見いだすことはできなかった。しかしそこに学習者が受講した際の一時停止時間や再生回数の情報が加わることで、教員が自分の中で感じている難易度と照らし合わせ、その回数や停止時間の妥当性、さらには自身の講義方法の妥当性といった、講義の難易度設定の確認や反省ができたことは、講義の振り返りや改善にとっては非常に大きなことといえる。

また教員は、検索ワードを入力したときの学生の状況や、あるいは検索されたワードに対する妥当性も判断しており、本システムを通して、講義受講中の学習者がどのタイムラインでどのような学習行動を取っているかを把握できたことは、従来の非同期型e-learningシステムでは得ることができなかった効果だと考えられる。

また第二章で挙げた、教員にとって、抽象的ではなく、具体的な改善ポイントまで導くことができたかという点においても、第五章の実験結果より目的を果たすことができたのではないかと考える。講義アンケートのように講義全体の総括としての評価ではな

く、本システムのような改善候補の箇所が特定できるような仕組みは有効であったと考えられる。講義改善にとって重要なことは、学生がどこで困っているのかをよりミクロなレベルで、かつ、実践可能な情報として把握することである。

その後は、講義科目の特性もあるし、調べ学習や巻き戻し学習などの非同期型 e-learning 環境をどう捉えるか、教員の経歴など、様々なローカリティがあるだろうし、あるいは何%の学生の理解を授業の目標と持っていくかによっても方向性や改善の方法は異なる。問題は従来の非同期型 e-learning システムにおいては、受講中の学生たちのリアルタイムな学習行動がデータとして得られなかったことであり、本システムはその点において非常に有効に機能したと言える。

重要な点は、教員は講義について、自身の持つ唯一の教え方で行っているわけではなく、講義を設計する際に学習者のレベルを想定し、それに合わせた講義を行っていることである。したがって教員は、講義ビデオ内のある箇所について、「タイムライン（時分秒）」と、「学生が難しいと感じているという事実」さえあれば、講義の方法を改善しようと試みることは可能である。

本実験で扱った非同期型 e-learning の場合、

(A) 繰り返し再生を行っている箇所

(B) 長時間一時停止を行った箇所

について、学習者の観点から見たら、困難を抱えている度合い（主観的難易度）と実際に相関していた。一方、教員の視点から捉えた場合、(A) (B) のような箇所について、実験者から「こういったポイントで学習者は難しいと感じている」という指示を特に行ったわけではないにも関わらず、教員は「この箇所については学習者が困難を感じていた箇所であるから、講義を改善する必要がある」という旨の振り返りを行った。すなわち「学習者が困難を感じている箇所」と「教員が改善しないといけないと感じる箇所」が一致したのである。これは対面形式の講義で、従来指摘されていた、「講義中の学習者の反応や雰囲気から、講義改善のポイントがわかる」といった内容を非同期型 e-learning においても再現できたと考えられる。

6.2 今後の課題

本研究において、以下のような課題が残されている。

(1) 講義のローカリティにどこまで適用できるかという問題がある。第二章で述べたように、講義や教員は非常に多用であり、理系科目の場合、正解・不正回、理解の可否は比較的明確であり、学習者自身も理解度に対応した反応を示すだろう。しかし、人文

系の講義の場合、あるいは演習問題のような明確な課題が存在しない講義の場合、同様に機能するとは限らない。今後はより多くの講義で実践を行い、講義の改善点の提示数の増減に有意差が得られるかなどの統計的な検証も行っていく必要があると考えられる。

(2) 学生にとって講義が本当に改善されたのかを確認する必要がある。教員から改善点がより多く呈示されることは一つの指標とはなりえるが、講義の内容をそれに合わせて作り替えた際に、(a) 学生の主観的難易度に変化は現れるか、(b) 試験など実際の成績の向上が見られるか、といったような評価を行うことによって、教員の自己満足ではなく、本質的に講義が改善されたのかを測ることが求められる。今後は長期的な評価に関しても検討を行っていく。

(3) 学習環境と学習者の個人差による相関の影響である。学習者によって、一時停止する、巻き戻す、ノートを取る、調べ学習を多用する、といった傾向がある様子も伺えた。過去の履歴や、他者との統計データなど、各学習者の個人差にあった推定器を作成できればより精度の高い主観的難易度の推定が可能と考えられる。また本研究の範囲では、e-learning コンテンツを利用している時間、学習者は真面目に学習のみに取り組んでいるという前提で行っている。e-learning はその利便性や、後からいつでもやり直せる特性を活かして、「ながら学習」を行ったり、あるいは食事や電話などの外的要因で一時停止を行ったりといった行動も指摘されている。そのようなより現実の環境にも耐えうるような工夫が求められるだろう。

非同期型 e-learning については、学生に対して追加機能を提供したり働きかけを行ったりする研究は多いが、教員の授業改善努力を促そうとしたり、それを支援しようとする試みは少ない。本研究では、教員側の支援、すなわち講義映像のコンテンツ改善に着目し、非同期型 e-learning システムの提案を行った。しかし、学習者にとっては目新しい機能は無かった。最も良い形は、学習者にとって、何か機能を実装しつつ、さらには同機能が教員の講義改善に対するフィードバックにもつながるような形である。今後は、学習者のみ、教員のみ、といった形ではなく、実用性も兼ね備えたうえで、両者のインタラクションとフィードバックを考慮した、パッケージとして最大限に FD への有効性を発揮できるような e-learning システムが求められているのではないだろうか。

謝辞

本研究を進めるにあたって、様々な人たちに助けていただきました。早稲田大学大学院国際情報通信研究科（GITS）大谷研究室の皆様は、博士課程から入学した私を暖かく受け入れてくださいました。修士課程の頃からの付き合いである東京大学大学院学際情報学府の山内研究室、中原研究室のメンバーの皆様には、まだアイデアにもなっていないような段階から、幾度も研究相談に乗っていただきました。共同研究者でもある芝浦工業大学の徳永幸生教授、米村俊一教授には、厳しくも優しいご意見・お言葉をたくさんいただきました。

また私が博士課程後半より所属している、早稲田大学大学院商学大学院：ファイナンス研究科、会計研究科の皆様には、とても良い研究環境、条件をいただき感謝しております。特に、会計研究科 現研究科長 佐々木宏夫教授、鈴木孝則教授、豊泉洋教授には、修士課程の頃からお世話になり、本実験にもご協力いただき本当に助かりました。

GITS の松本充司教授、河合隆史教授、芝浦工業大学の徳永幸生教授には副査を引き受けてもらい、また博士論文を良くするための的確なご指摘をいただき誠にありがとうございました。

とても暖かく和やかで過ごしやすい家庭環境を常に提供してくれる妻と二人の子供たちにもいつも感謝しています。

そして指導教員である大谷淳教授、研究や論文がいつも締め切りギリギリで迷惑ばかり掛けてしまい本当に申し訳なく感じております。しかし本論文を書き終えるまで、いつも暖かい言葉で勇気づけてくださり、研究を進めるうえで迅速で的確なアドバイスを常にくくださり、誠にありがとうございます。大谷先生のもとで、大谷先生と一緒に研究ができて本当に良かったです。

博士課程が始まってからの研究、生活の中で触れあったすべての方々に感謝いたします。

参考文献

[1] Bliuca. A., Goodyearb, P., Ellis, R. A., "Research focus and methodological choices in studies into students' experiences of blended learning in higher education", *The Internet and Higher Education*, Volume 10, Issue 4: 231-244, 2007.

[2] Chickering, A. and Gamson, Z., "Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education", *AAHE Bulletin*, a publication of the American Association of Higher Education, 1987.

[3] Davis, B., G., "Tools for Teaching", Jossey-Bass, San Francisco, 1993.

[4] Jecker, J., D., Maccoby, N., and Breitrose, H., S., "Improving Accuracy in Interpreting Non-Verbal Cues of Comprehension," *Psychology in the Schools*, Vol. 2, pp. 239-244, 1965.

[5] Kerres, M. & De Witt, C, "A Didactical Framework for the Design of Blended Learning Arrangements ", *Journal of Educational Media*, Volume 28, Issue 2-3, 2003

[6] Holliman, W.B., and Anderson, H. N. , "proximity and students density as ecological variables in a college classroom", *Teachng of Psychology*, 13, 200-203, 1986

[7] McKeachie, W., "McKeachie' s Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers", Houghton Mifflin Wadsworth Publishing Co Inc. Company, 1999.

[8] Miller, W. R., Yahne, C. E., Moyers, T. B., Martinez, J., & Pirritano, M. , "A randomized trial of methods tohelp clinicians learn motivational interviewing.", *Journal ofConsulting and Clinical Psychology*, 72: 1050-1062, 2004.

- [9] Rodney, P., Riegler, "Conceptions of Faculty Development", Educational Theory 37(1), 1987.
- [10] Vygotsky, L.S., "Mind in Society: the Development of Higher Psychological Processes", Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- [11] Wood, D., Bruner, J.S. and Ross, G., "The role of tutoring in problem solving", Journal of Child Psychology and Psychiatry 17: 89-100, 1976.
- [12] 阿部 裕行, 伊藤 一成, Durst Martin J., "アノテーションを活用した学習教材のリッチコンテンツ化に関する検討", 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告, 2007(12):151-156., 2007.
- [13] 新雅史, 大学の専門学校化と衰退する「知」 『論座』157号, 朝日新聞社, pp120-125., 2008.
- [14] 安藤雅洋, 植野真臣, "アイマークレコーダを用いた e ラーニングにおけるポイント提示の有効性についての分析", 日本行動計量学会大会発表論文抄録集, 35: 265-268, 2007.
- [15] 池谷晴生, 佐藤邦俊, 山田博文, 新田恒雄, "講義支援システムにおける学生の質問・回答促進機能", 情報処理学会第66回全国大会論文集, 401-402, 2004.
- [16] 池田輝政, 戸田山和久, 近田政博, 中井俊樹, "成長するティップス先生ー授業デザインのための秘訣集", 玉川大学出版部, 2001.
- [17] 伊藤 浩行, "工学教育を支える「数学力」養成プログラムについて", 工学・工業教育研究講演会講演論文集, 平成21年度:154-155, 2009.
- [18] 今井 福司, 岡部 晋典, "Twitter を用いた大学間授業実践", 情報科学技術協会, 情報の科学と技術, 第61巻, 第9号, pp. 368-373, 2011.
- [19] 植野真臣, "e ラーニングにおける所要時間データの異常値オンライン検出", 電子情報通信学会論文誌, J90-D(1): 40-51, 2007.

- [20] 宇田光, 大学の授業改革—BRD 方式の提案, 北大路書房, 京都, 2005.
- [21] 奥井 善也, 田口 浩, 糸賀 裕弥, 高田 秀志, 島川 博光, “双方向講義を促進する学生・教員間での理解度共有,” 電子情報通信学会 第 18 回データ工学ワークショップ, 2007.
- [22] 尾関美喜, 山田政寛, 末本哲雄, 青野透, “大学教員を対象とした授業改善の現状に関するケーススタディ”, メディア教育研究論文誌, 6(2) : 14-20, 2010.
- [23] 加藤雅則, “自分を立てなおす対話” 日本経済新聞出版社, 東京, 2011.
- [24] 川崎 徹郎, 蓮井 敏, 西森 敏之, “大学の数学教師の授業改善に関する意識 : 日本数学会のある調査より,” 高等教育ジャーナル, Vol. 3, No. 9, pp. 1-9, 2001.
- [25] 北川 歳昭, “座席行動の研究 (1) -教室内の座席行動と成績-”, 中国短期大学紀要, 9:51-56, 1978.
- [26] 北川 歳昭, “座席行動の研究 (2) -教室内の座席行動と性格特性-”, 中国短期大学紀要, 11:32-45 , 1980.
- [27] 絹川正吉 , “FDのダイナミックス”, 大学教育学会誌, 29(1): 71-75, 2007
- [28] 國宗永佳, 横山健造, 新村正明, 不破泰, “「メモが書ける Web ページ」を実現するシステムの開発と評価”, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 106(437), 33-37, 2006.
- [29] 佐藤, 龍子, “私立大学の任期制教員の現状 : ヒアリング調査から”, 静岡大学教育研究 7, pp. 37-45., 2011.
- [30] 繁田亜友子, 濱本和彦, 野須潔, “英語リスニング電子教材を対象とした眼球運動分析による学習者の主観難易度の推定”, 東海大学紀要 開発工学部, 20 : 117-125, 2011.
- [31] 重田勝介, 大川内隆朗, 舘野泰一, 福山佑樹, 香川順子, 田中さやか, 加藤雅則, 上田純子, “大学初任者教員が悩みについて対話するオンライン環境を用いた実践と評価”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 35, No. 4 pp399-409, 2012.

- [32] 島宗 理, "インストラクショナルデザイン—教師のためのルールブック", 米田出版, 2004.
- [33] 白井達也, "Moodle を利用した学校ポータルサイト構築の事例紹介とネットワーク化の提案" 日本高専学会誌 17(3), 63-69, 2012.
- [34] 田口真奈・西森年寿・神藤貴昭・中村晃・中原淳 (2006) 高等教育機関における初任者を対象としたFDの現状と課題. 日本教育工学雑誌, 30(1), pp19-28
- [35] 田中每実(2003)ファカルティ・ディベロップメント論-大学教育主体の相互形成, 京都大学口頭教育研究開発推進センター編, 「大学教育学」培風館, 東京
- [36] 谷塚 光典, 東原 義訓, "ティーチング・ポートフォリオを活用した教育実習事前・事後指導の実践", 教育実践研究』(信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要), 第3号:127~134, 2002.
- [37] 常盤祐司, 住友仁, "大学における e - ラーニングの現状と次世代への提案", IBM プロフェッショナル論文 PROVISION L4063A , 35 : 64-73, 2002.
- [38] 中島 平, "レスポンスアナライザによるリアルタイムフィードバックと授業映像の統合による授業改善の支援," 日本教育工学会論文誌, Vol. 32, No. 2, pp.169-179, 2008.
- [39] 中島英博・中井俊樹, "優れた授業実践のための7つの原則に基づく学生用・教員用・大学用チェックリスト", 大学教育研究ジャーナル, 第2号, pp.71-80, 2005.
- [40] 中村和晃, 角所考, 村上正行, 美濃導彦, "e-learning における学習者の顔動作観測に基づく主観的難易度の推定," 電子情報通信学会論文誌, Vol. J93-D, No. 5, pp. 568-578, 2010.
- [41] 夏目達也, "FD の実施義務化が提起しているもの—諸外国との比較によるFDのダイナミクス—FDモデル構築へ向けた今後の課題", 大学教育学会誌, 31:70-75, 2009.
- [42] 難波 道弘, "3 値出力 CNN を用いた理解度診断システムの評価", 日本教育工学会論文誌 35, 133-136, 2011.

- [43] 野口裕二, “ナラティブ・アプローチ”, 勁草書房, 東京, 2009
- [44] バーバラ・グロス・デイビス, “授業の道具箱”, 東海大学出版会, 2002.
- [45] 樋口 勇夫, 伊藤 浩行, 三上 敏夫, “数学基礎教育における講義演習融合授業の効果について”, 工学教育研究講演会講演論文集 平成23年度(59):610-611, 2011.
- [46] 不破泰, 國宗永佳, 和崎克己, 新村正明, 師玉康成, 中村八束, “信州大学インターネット大学院の経緯と現状”, 情報管理 47(8) pp. 547-553 , 2004.
- [47] 放送大学, “ICT 活用教育導入ガイドブック”, 2011.
- [48] 三宅なほみ To Ask a Question, One Must Know Enough to Know What Is Not Known.
R
- [49] 村上正行, “授業中における twitter 活用の有効性に関する評価”, 日本教育工学会第 26 回全国大会論文集, 2010.
- [50] メディア教育開発センター, “e ラーニング等の ICT を活用した教育に関する調査報告書”, 2008.
- [51] 持田典彦, 福添誠一, 中山実, 清水康敬, “学習テキストの提示方法に関する実験的研究-要約表示と指示棒による効果を中心として-”, 日本教育工学会論文誌, 19(3) : 151-158, 1996.
- [52] 八重樫文, 北村智, 久松 慎一, 酒井 俊典, 望月俊男, 山内 祐平, “iPlayer : e ラーニング用インタラクティブ・ストリーミング・プレイヤーの開発と評価”, 日本教育工学会論文誌, 29(3) : 207-216, 2006.

研 究 業 績

類 別	著者 連名者 題名 発表・発行掲載誌名 発表・発行年月日
論文 (査読付)	<p>○ 大川内隆朗, 大谷淳, 米村俊一, 徳永幸生, "e-learning 用講義ビデオにおける学習者の学習行動を利用した主観的難易度の把握方法の基礎的検討", 日本教育工学会論文誌, 36 (3) , p.193-203, 2012 年 12 月. ※第四章に該当</p> <p>○ 大川内隆朗, 大谷淳, 米村俊一, 徳永幸生, "e-learning 用講義コンテンツにおける教員の講義改善活動を支援するシステムの提案と評価", 早稲田大学国際情報通信研究科紀要 2011-2012, p.11-19, 2012 年 10 月. ※第五章に該当</p>
国際会議 (査読付)	<p>○ OHKAWAUCHI, T, OHYA, J. and TATENNO, Y., "Development and Evaluation of the System for Educational Method Using Students' Understanding Degree", Proceedings of ICoME (International Conference for Media in Education), pp.266-273, 2008 年 8 月. ※第三章に該当</p> <p>○ OHKAWAUCHI, T, OHYA, J. , YONEMURA, S. and TOKUNAGA, Y., "Study of a Teacher Support Method for Improving Lectures for e-Learning on Demand", Image Electronics and Visual Computing Workshop, 2012 年 11 月. ※第五章に該当</p>
国内 研究会	<p>大川内隆朗, 大谷淳, 米村俊一, 徳永幸生, "オンデマンド型 e-learning における履修者の学習行動を利用した主観的難易度の把握方法の基礎的検討", 電子情報通信学会技術研究報告, 111(332), pp13-18, 2011 年 12 月.</p>
国内大会	<p>大川内隆朗, 大谷淳, "e-learning における講義ビデオのスキミング手法に関する提案と実装", 2008 年電子情報通信学会総合大会, D-15-32, 情報・システム講演論文集 1, p.226, 2008 年 3 月.</p> <p>大川内隆朗, 大谷淳, 米村俊一, 徳永幸生, "e-learning における学習者の行動履歴を利用した講義改善支援システムの開発", FIT2012 (第 11 回情報科学技術フォーラム), 第 3 分冊, pp.615-616, 2012 年 9 月.</p>

<p>その他</p>	<p>(1)研究会（査読付）</p> <p>重田 勝介，大川内 隆朗，舘野 泰一，福山 佑樹，香川 順子，田中 さやか，加藤 雅則，上田 純子，“高等教育初任者教員の不安を緩和する対話システムを用いた実践と評価”，日本教育工学会第 26 回全国大会講演論文集，pp149 -152，2010 年 9 月.</p> <p>大磯恵子，中原淳，吉村春美，舘野泰一，重田勝介，大房潤一，大川内隆朗，高木光太郎（2011）” 「キャリアの風景」ワークショップ：デジタル・ストーリーテリングによるキャリアの再構成”，2011 年度組織学会研究発表大会・報告要旨集，pp38-41，京都大学 2011/10/8</p> <p>(2)研究会</p> <p>重田勝介，舘野泰一，大川内隆朗，福山佑樹，“高等教育初任者教員の不安・孤独感を緩和する対話システムの開発”，日本教育工学研究会報告，JSET09-2:1-4，2009 年 5 月.</p> <p>舘野泰一，大川内隆朗，平野智紀，中原淳，“ライティング・センターにおけるチューターの指導を支援するシステムの開発”. 日本教育工学会研究会報告，JSET10-5:29-36，2010 年 12 月.</p> <p>(3)国内大会</p> <p>大川内隆朗，“研究室所蔵書籍を介したコミュニティ参入支援システムの開発と評価”，日本教育工学会全国大会，2006 年 10 月.</p> <p>TANG Huabin，大谷淳，大川内隆朗，“近赤外画像を用いた人物の鼻の位置からの視線推定法の基礎的検討”，電子情報通信学会，2008 年 3 月.</p> <p>舘野泰一，大川内隆朗，中原淳，“アカデミックライティングにおける書くプロセスの内省を促すシステムの開発”，日本教育工学会研究会全国大会，2010 年 12 月.</p>
------------	---

	<p>舘野泰一，大川内隆朗，平野智紀，中原淳，“ライティング・センターにおける学生の執筆プロセスに着目した指導の実践”，日本教育工学会研究会，2011年9月.</p>
--	---