

インタラクティブな教育デザインを支援するシステム NOVELICA

敷根伸光^{†1} 山中敏正^{†1} 星野准一^{†1}

概要: 近年アダプティブラーニングとして講義動画配信サービスなどが人気を集めている。これらにはビデオ教材による学習のしづらさ、学習者の学習状況の把握しづらさ、教師による教材作成、編集、追加の難しさといった課題がある。筆者らが開発した学習支援システム NOVELICA では授業コンテンツを意味情報に基づいたブロックに区切ることで見たいシーンの探索を容易にし、学習効率を向上させるとともに、任意のブロックを視聴していた時刻を記録することで学習者がどのように学習していたのかを知る手がかりにすることができる。本研究の目標は NOVELICA による教授、学習者からのフィードバック、教材の改善という教育における対話的サイクルの実現である。そして本稿では NOVELICA によるコンテンツを一般公開して得られた不特定多数のユーザーの操作ログを分析することで、どのように教材の改善に役立てられるのかを検討した。

キーワード: 教育デザイン, e ラーニング, ビデオ教材, リメディアル教育, ビジュアルノベル

NOVELICA:

The e-Learning system to support interactive educational design

NOBUMITSU SHIKINE^{†1} TOSHIMASA YAMANAKA^{†1}
JUNICHI HOSHINO^{†1}

1. はじめに

近年アダプティブラーニングという概念が注目されている。これは e ラーニングに関する技術や教材の発展に伴い、個々の学習者に adapt した学習環境を構築した学習のことを言う。代表的なものでは講義動画を網羅的に用意し、利用者がそれらを自由に視聴できるようにすることで各々のペースで必要な学習が行えるといった udemy[1], スタディアアプリ[2]等のビデオ教材配信サービスが多く利用されている。これらは学習の進捗状況を管理するシステムと組み合わせることで個々に合わせた学習を提供してきた。e ラーニングシステムは学校の 1 対多数の講義形式の教育に比べて、個々の学習者に対応することができるため、講義に加えたサポートやリメディアル教育の場面で多く利用されてきた。

一方でこれらの既存システムには問題点も指摘されている。大きく分けると、

- ・ 配信型教材であるがゆえの勉強のしづらさの問題
- ・ 学習者が勉強している様子を把握しづらい問題
- ・ 教師にとってシステムの利用が難しいという問題

の 3 点が挙げられ、既存のシステムおよび教材ではこれらを全て解決できていない。例えば、文書やスライドのような教材は教師が準備しやすく管理や運用も簡単である一方、学習者として単調で意欲が湧きづらく学習に取り組む際の心理障壁が高い。動画やマルチメディアを利用した教材の

場合、学習者は意欲を持って様々な情報をもとに学習することができるが、システムが複雑になるほど教師側は扱いづらく、教材コンテンツの修正や追加も容易ではない。またビデオ教材は多くのシステムやサービスで利用されているものの、集中が続かない、ペースを合わせられないという問題点が指摘されているため、ビデオ教材のみを用いた学習を行うのも難しい。

旧来の対面の教育の場面では教師が授業を行い、学習者の様子を見ながら理解できているところ、できていないところを確認しながら授業の進行ペースやカリキュラムの調整を行うといったことがされてきた。こういった対話的サイクルが個々の学習者に対して実現できれば学習効率の向上が見込めるが、e ラーニングシステムにおいてはたとえ学習者の学習状況のデータを得られたとしても教材コンテンツが複雑になるほど学習者のフィードバックを次回に反映させることが難しくなる。

筆者らはこれまで、独習用学習コンテンツの時間構造に着目し、学習者の学習ペーシングに関する研究を行ってきた[3][4]。筆者らの開発した学習支援システム NOVELICA は授業コンテンツを発話単位、会話単位といった意味単位のスライスで分割し、かつそれらの先頭にどこからでも瞬時にアクセスできるようにしたことで、動画の自然なペース感と文書の探索性の良さを両立したシステムである。これによって、学習時の認知負荷を抑制し学習効率を向上させ

^{†1} 筑波大学
University of Tsukuba

ることができた。そして筆者らは授業コンテンツを意味単位のスライスで分割することによって、さらに次の利点があることに着目した。ひとつは、意味単位で分割したコンテンツから操作ログを取得することによって学習者がどの場面を繰り返し見ているか、どの場面に時間をかけて学習しているかということがわかる点である。従来のビデオ教材を用いた学習の場合、まず授業自体が全て自動で進行してしまうため、どの部分に時間をかけて熟考したのかということが外部からはわからない。それに巻き戻しや早送りの地点を分析するにも、全てのフレームに移動可能であることから授業のどの場面を参照していたのかを意味的に推測することは難しい。加えて、ビデオ教材における早送り、巻き戻しの操作上の問題として、学習者が本当に移動したい地点に瞬時に頭出しができないというものもあるため、視聴記録から学習者のメンタルモデルを推測することは困難であった。一方、NOVELICAによって作成された授業コンテンツは意味単位のスライスを持っており、かつ半自動で進行する。半自動というのは授業コンテンツの中に問いかけを含めることができ、学習者が応答するまでは授業の進行を止めることができるということである。よって該当箇所での応答までの時間を分析することで、その問いかけにどれだけ時間をかけて考えたのかというデータを得ることができる。また、意味単位でスライスしたことによって早送りや巻き戻しで目的シーンの探索をより確実に行えるようになったため、学習者がどの話題を繰り返し確認したのかかと言う情報を外部からも推測しやすくなると考えられる。このデータを分析することによって学習の傾向や得意不得意を判定する手がかりにできると考えられる。

もうひとつは、短い単位で分割したことにより制作そのものや、修正、追加が容易になる点である。プレゼンテーションソフトで授業スライドを作るような感覚で小分けされたブロックを作ることにより、簡単な作業で魅力的なコンテンツを作成することができる。あるいは教師自らが一からコンテンツを作るのではなく、すでにあるコンテンツの一部分をカスタマイズして教育活動に役立てるといったことも可能になる。

筆者らが提案する NOVELICA を用いれば①学習者は自分のペースでストレス無く学習することができ ②外部からその学習状況を把握しやすく ③教師は学習状況を次の教材に反映させやすい という対話的なサイクルを実現できると考える。そして本稿では②の取り組みとして、NOVELICA を活用した学習時の操作ログデータの取得と分析を行った。

2. 関連研究

2.1 e-Learning システムに関する研究

主流の e-Learning システムは、データベースに格納されている膨大な教材データから学習者が必要とするデータを自

由に閲覧することができるシステムとなっている。教師は学習者の進捗状況（学習時間、学習範囲、学習内容）をリアルタイムに把握することができ、個々の学習者に合った授業を効果的に行うことが可能である[5]。しかし、これらの多くは授業1コマ単位以上の学習ペースを管理するものなので、様々な知識が要求される高校生の授業などでは必ずしも有効ではない。例えば、微分・積分の授業の成績が悪い理由が、指数・対数を忘れていたからということも十分にあるので、授業の中でも学習状況を把握できることが望ましい。

近年ではビデオ教材を用いたサービスも多い。YouTube[6]は世界最大の動画共有サイトで様々な動画を企業や個人が投稿している。大学や予備校、企業等がYouTubeを介して学習に関するレクチャー動画を公開しており、メーカーも様々な製品に関するチュートリアル動画を公開している。こういった取り組みは2019年現在非常に一般的に普及しており、教育メディア、解説メディアとしての動画の社会浸透が確認できる。また、Udemy[1]やCoursera[7]のように学習に特化した動画サービスも人気を集めている。これらのサービスでは利用者が動画の一部にタグ付けをしたりコメントを残したりすることによってチェックポイントを他の利用者とも共有できるような仕組みがあり、ビデオ教材が意味的なまとまりとして利用者の手によってセグメンテーションされている事例である。

双方向性を重視したライブ配信の映像授業システムも存在する[8]。学習者の学習状況をリアルタイムで確認することができるという利点はあるものの、教師と学習者の両者の都合によって使用場面に制限が生まれてしまうため1対多数の教育現場では導入することが難しい。映像授業に双方向性を持たせるために学習者の生体情報からビデオ教材の再生スピードを変化させた研究もあり[9]、学習者の視線情報から学習情報を把握するといった取り組みもある。

2.2 教育エージェントに関する事例

数学恐怖症や数学不安の学生の学習意欲を情意面から支援するために、教育エージェント（Pedagogical Agent）を利用した研究が多くされている。例えば、Lesterら[10]はインタラクティブ性を取り入れた教育エージェントを利用し、中学生の学習を励まして学習意欲を継続させた。Shen[11]は授業での問題の解消を補助する教育エージェントを利用し、高校生の学習意欲と数学不安の解消をさせた。数学に限らず、学習コンテンツでは単なる文字情報だけでは学習意欲や継続意欲が湧きづらいということや、学習を始めるまでの心理的障壁が高いことが一般的に言われている。そのため、ビデオ教材や教科書、web ページ等のメディアの中でも教育エージェントとしてのキャラクターや人物が描かれて、そのキャラクターによる説明という体が取られるケースは多い。

3. 学習支援システム NOVELICA

3.1 システム概要

NOVELICA は学習メディアの時間構造に着目して設計されたビジュアルノベルシステムである。ビジュアルノベルというのは文章、画像、音声が表示されるメディアで、ゲームソフト等で用いられてきた。ビジュアルノベルは動画やアニメーションよりもシンプルに作成でき、文書に比べて画像や音声を効果的に利用できる利点があるためゲームに留まらず様々な用途にも用いられている。我が国の国民生活センターは『好きになったら騙される!?デート商法を恋愛ゲームで体験! - キミならどうやって切り抜ける? -』というタイトルでビジュアルノベルを用いたコンテンツを作成し、若者に向けて悪質商法の手口を説明するのに役立っている。ビジュアルノベルを用いれば教育エージェントを活用した授業コンテンツの作成も可能であるし、コンテンツに占める文章、画像、音声の比重も自由に設計できるため、非常に自由度の高いコンテンツ作成が可能である。NOVELICA ではさらにそのビジュアルノベルというメディアの時間構造に着目した設計がされている。

従来のビジュアルノベルはコマンド 1 の次にコマンド 2 を実行し、その次にコマンド 3 を実行するといったように、時間軸として直線的にスクリプトが書かれる。スクリプトに書かれる命令の順番が重要になるため、巻き戻しや頭出しには基本的に向いていない。またこれらのコマンドをユーザーのクリック等の操作で 1 つ 1 つ進める形式が主流であるため、学習に用いるにはやや煩雑である。

一方 NOVELICA ではビジュアルノベルの利点を活かしつつ動画のような視聴感のあるメディアを作成できる。NOVELICA はコンテンツをブロックという単位で作成する。授業コンテンツの場合、1 発話あるいは 1 会話を 1 ブロックに収めるように作成すると良い。1 ブロックにはその場面で表示されるテキスト、画像、再生される音声とエフェクト、そして再生にかける時間を指定する。このブロックを複数作ることによって 1 つの授業コンテンツを作成することができる。その授業コンテンツはブロックごとにスライスされているため、どのブロックからでも任意のブロックへ瞬時に頭出しすることができるようになっている。また、あるブロックからその次のブロックへ進行を自動にすることもできるし、ユーザーのクリックなどの操作を要求することもできる。全ての進行を自動にすれば動画のように全て自動で進行するコンテンツを作れ、全て手動にすればビジュアルノベルや文書のように進行するコンテンツを作ることができる。実際には主に動画のように自動で進捗しつつ、例題などの要所要所で応答待ちを挟むようなコンテンツ設計が効果的だろう。

3.2 NOVELICA の利点

筆者らはこれまで NOVELICA を用いた研究を行ってきた。NOVELICA の最大の利点は授業の進行ペースを最適にデザインできるということである。文書など進行ペースが全て学習者に委ねられるような教材である場合、学習者の意欲によって進行が止まってしまう場合がある。学習者が進める手を止めてしまえば学習は中断される。ビデオ教材のように進行ペースが全て教師側(コンテンツの制作者)により決定される場合は、学習者に意欲がそれほど無くても学習を進めることができるが、学習者が進行ペースについていけなくなるという問題がある。動画メディアは巻き戻し操作が意図通りにやりにくいという欠点があるため NOVELICA ではより直感的に巻き戻し操作が行えるシステムになるような設計がされている。

NOVELICA と従来のビジュアルノベルおよび動画を比較し、学習中のストレス値や精神状態を計測した実験では NOVELICA による学習が他の教材に比べて実験参加者の知識量に関係なく個々の学習ペースに合わせやすかったため低ストレスかつ最適な覚醒状態で学習できたことが示唆された。また、動画学習におけるセグメンテーション効果に着目し、動画とスライス幅(ブロックに含めるコンテンツの長さ)の異なる 2 つの NOVELICA の間の認知負荷を比較した実験では、授業コンテンツを一度に 1 画面に表示できるほどのテキスト量(1 セリフ)ごとに区切った NOVELICA が動画に比べて目的のシーン探索に有利であることがわかった。

これらのことから、NOVELICA のブロックとして細かい意味単位で授業を分割し、それぞれに任意にアクセス可能にするというアプローチはシーン探索時の認知負荷を低減することに繋がり、自動で進行する授業コンテンツの中にあっても学習者は低ストレスで自分のペースで学習を行うことができるという利点があることがわかる。

3.3 NOVELICA を利用した学習状況のデータ取得

NOVELICA は授業コンテンツを意味単位のブロックで分割することによって学習者のペースに合わせた学習を可能にするシステムであるが、意味単位のブロックに分割したことにより、学習状況のデータもブロックごとに得ることができる。どの時刻にどのブロックを視聴していたのかという情報があれば、(一時停止も可能であるため)そのブロックで説明している内容にどれくらいの時間を費やしたのかという情報や、巻き戻しや早送りの様子も確認できるのでどこでつまづいているのかを教師が把握できると考えた。本稿では NOVELICA による学習アプリ「あかほん! プロトタイプ A -微分・積分編-」を WEB 上で一般公開し、利用者のデータを取得する実験を行った。

4. 実験

4.1 実験概要

NOVELICA によって開発したアプリケーション「あかほん！ プロトタイプ A-微分・積分編-」(図 1)を WEB 上で一般公開し,利用者のデータを取得する。

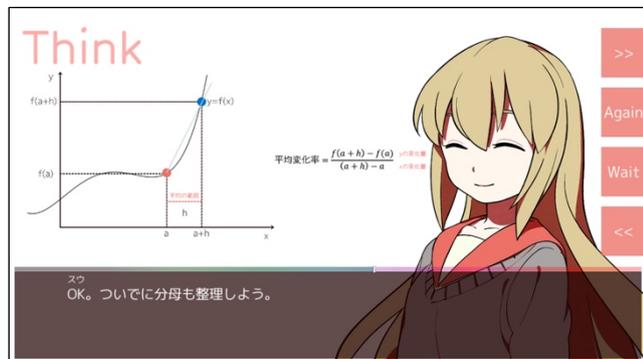


図 1 あかほん！ プロトタイプ A-微分・積分編-

4.2 アプリケーションについて

あかほん！ プロトタイプ A は教師役の学習エージェントキャラクターと学習者が自己投影できる主人公キャラクターとの会話形式で進行する,動画教材のような授業コンテンツを視聴できるアプリケーションである。

NOVELICA を利用して作られたコンテンツであるため,会話単位での頭出し(早送りや巻き戻し)や同じ会話をもう一度聞くということが動画に比べて容易になっている。また,学習者による応答が必要なブロックも挿入されているため,学習エージェントからの問いかけがあった場面などでは納得のいくまで熟考することができる。リアルタイムで会話の進行速度を変更することや,一時停止をすることもできる。学習者は自分の意欲や気分,理解の状態に従って自分のペースでアプリケーションを進行させることができる。

これら一つ一つの操作や,それぞれのブロックに到達した時刻は記録され,インターネット上のサーバーに送信される。加えて,授業コンテンツ終了後には例題と,任意のアンケートが用意されており,それらの回答もサーバーに送信される仕組みになっている。

4.3 取得した情報

- 1, ユーザー情報(ニックネーム 年齢 性別 国籍 住んでいる都道府県(任意) メールアドレス(任意) 教科への苦手意識レベル)
- 2, 学習ペースの情報(アプリケーションをどのように操作しているのかの情報)
- 3, 例題への回答
- 4, アンケートへの回答(印象評価などに関する内容 参加

は任意)

5, PC 上での利用か,スマートフォン上での利用かなどのその他の情報

- ・ 任意参加のアンケート項目
- 印象に残った,おもしろかったブロック (3つ選ぶ)
- 不安だな,いやだなと思ったブロック (3つ選ぶ)
- 難しかった,正直理解できていないと思うブロック (3つ選ぶ)
- なんとなく聞き流していたと思うブロック (3つ選ぶ)

あかほん！ プロトタイプについて聞かせてください (はいいいえ)

- 授業のレベルは自分にあった (→レベルがあったかどうか)
- 集中が切れる場面があった (→集中力がある人かどうか)
- キャラクターと会話しているような気分がした (→没入できていたかどうか)
- 自分のペースで学習を進められた (→自分のペースでできたかどうか)
- 理解できるまでじっくり考えた (→長考したかどうか)
- 数学が難しく/簡単で嫌な気分になった (→レベル不適合によるストレスがあったか)
- 勉強が楽しかった (→気分に合わせてられたかどうか)
- かわいいキャラクターがきっかけでアプリを始めた (→キャラが導線になったか)
- キャラクターの会話が聞きたくて最後までやれた (→キャラがモチベーションになったか)

あなたの数学について聞かせてください (ひとつ選択)

- あなたの学年は?
- 理系? 文系?

数学は? (ひとつ選択)

- 得意
- ふつう(得意でも苦手でもない)
- 苦手
- 好き
- 嫌い
- ふつう(好きでも嫌いでもない)

得意な単元を選んでください (一覧より選択)

苦手な単元を選んでください (一覧より選択)

コメント/自由記述

4.4 実施場所および参加者

実施場所,時間は実施者側から指定することはない.アプリケーション利用者は自分の好きなときに好きな場所で実験に参加することができる.

アプリケーションは AppStore,Google Play ストア,および PC 向けに公開されており [12],アプリケーションの利用者は本人の自由意志により実験やアンケートに参加できるようになっている.

5. 実験結果と分析

本実験は 2018 年 10 月からスタートし,2019 年 6 月現在も継続してデータを収集中である.現在までに数百件のデータを収集することに成功している.ところが,任意参加のアンケートにまで回答したユーザーの割合は学習状況の収集を許可したユーザーの半数以下であった.また,全問解答を必須としなかったため,アンケートの完答率も低かった.そのため本稿では統計的な分析を行うのではなく,今後の統計的分析の指針とすべく,ランダムに選択した 2 件の結果を質的に分析していきたい.

5.1 A さん 17 歳 性別その他 の場合

A さんは数日に渡って 12 回繰り返し授業コンテンツを視聴していた.アンケートの結果を表 1 に示す.このアンケートを見る限りでは A さんは数学学習に意欲があり,このアプリケーションに取り組んだのだと考えられる.17 歳では微分・積分に関する単元を未履修か履修中であるため 12 回も繰り返して視聴したのかもしれない.

表 1 A さんのアンケート回答

年齢 17 歳
性別 その他
国籍 日本
数学の苦手意識 全然ない
実行環境 Android 1280*720 ディスプレイ
印象に残った,おもしろかったブロック
49, 31, 26
不安だな,いやだなと思ったブロック
50, 55, 69
難しかった,正直理解できていないと思うブロック
77, 73, 80
なんとなく聞き流していたと思うブロック
回答なし
授業のレベルは自分にあった
Yes

集中が切れる場面があった
No
キャラクターと会話しているような気分がした
No
自分のペースで学習を進められた
Yes
理解できるまでじっくり考えた
Yes
数学が難しくて/簡単に嫌な気分になった
No
勉強が楽しかった
Yes
かわいいキャラクターがきっかけでアプリを始めた
No
キャラクターの会話が聞きたくて最後までやれた
No
あなたの学年は?
中学 2 年生 (誤回答の可能性あり)
理系? 文系?
理系
数学は得意?
得意
数学は好き?
好き
得意な単元を選んでください
数や計算に関する単元
方程式などに関する単元
関数・グラフに関する単元
論理や証明に関する単元
苦手な単元を選んでください
回答なし

A さんの操作情報を確認したところ全体的にどこかでつまづいているといった様子は見られず,ブロックの遷移も主に 2 回目以降の早送りに使われているようだった.コンテンツ側からの発問に対して考える場面ではしっかりと時間を使って計算をしているようだった.2 回目以降では早送り操作が多くあり,わかっているところを飛ばしていたのだと考えられるがアンケートにおいて「不安だな,いやだなと思ったブロック」「難しかった,正直理解できていないと

思うブロック」の付近では早送りをやめているようだった。(図 2)

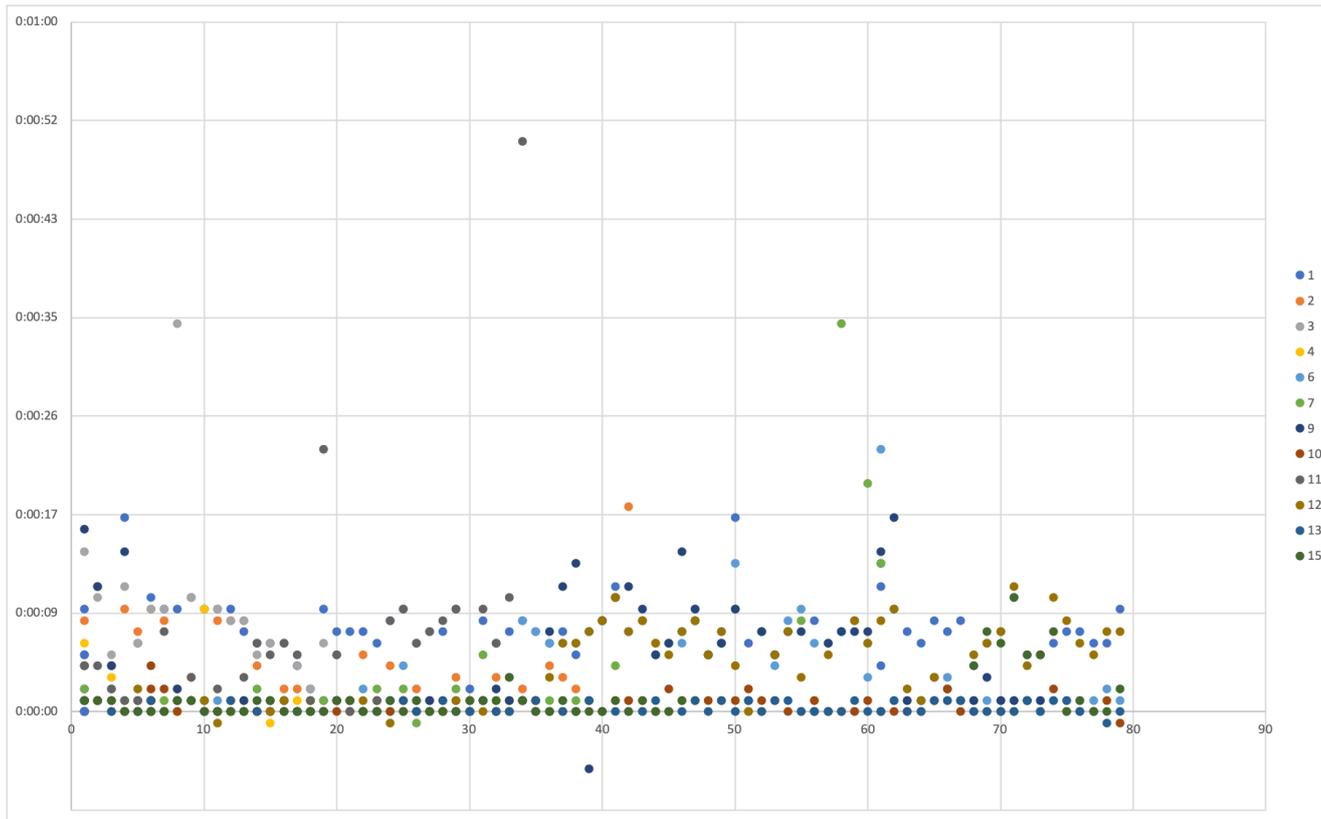


図 2 A さんの結果

5.2 B さん 20 歳 男性 の場合

B さんは実質 1 回半ほど授業コンテンツを視聴していた。表 2 に示すアンケート結果からは数学の好き嫌いがはっきりしていることがわかる。微分・積分に苦手意識を持っていた中で「あかほん！ プロトタイプ A-微分・積分編-」を視聴していた。授業コンテンツの微分・積分自体には苦痛を感じていたようだったが、コンテンツのキャラクターに魅力を感じ、勉強自体には楽しく取り組めたようである。このことは教育エージェントの従来研究から言われているように、苦手意識を持っている学習者に対してキャラクターの存在は元気づけになっていることがわかる。

表 2 B さんのアンケート回答

年齢 20 歳
性別 男性
国籍 日本
数学の苦手意識 ある
実行環境 Android 1280*720 ディスプレイ
印象に残った,おもしろかったブロック
33, 53, 1

不安だな,いやだなと思ったブロック
66, 69, 75
難しかった,正直理解できていないと思うブロック
69, 79, 68
なんとなく聞き流していたなと思うブロック
回答なし
授業のレベルは自分にあっていた
No
集中が切れる場面があった
No
キャラクターと会話しているような気分がした
Yes
自分のペースで学習を進められた
No
理解できるまでじっくり考えた
Yes
数学が難しくて/簡単に嫌な気分になった
Yes
勉強が楽しかった
Yes
かわいいキャラクターがきっかけでアプリを始めた
Yes
キャラクターの会話が聞きたくて最後までやれた

Yes
あなたの学年は？
大学3年生
理系？ 文系？
理系
数学は得意？
苦手
数学は好き？
嫌い
得意な単元を選んでください
数や計算に関する単元
方程式などに関する単元
集合や命題に関する単元
場合の数や確率に関する単元
統計やデータ分析に関する単元
苦手な単元を選んでください
微分・積分に関する単元

Bさんの操作情報を確認したところAさんに比べて全体的に各ブロックにかかる時間が長めであることに気がついた。早送りのない1視聴での平均値で比較するとAさんが1ブロックあたり6秒であったのに対し、Bさんは8秒費やしていた。BさんはAさんと比較して小まめに巻き戻しをして確認をしながら視聴していた。「不安だな、いやだなと思ったブロック」「難しかった、正直理解できていないと思うブロック」の付近では特に繰り返し確認していた。

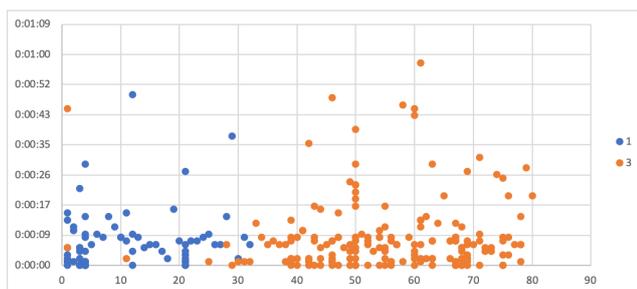


図3 Bさんの結果

5.3 分析結果の所感

今回選出した2名のデータから、NOVELICAの操作記録データと学習者のプロフィールには何らかの関係があることが示唆された。全体に時間がどれほどかかっているかどうかで、授業の単元自体に苦手意識があるかどうかを推測できると考えられる。また、どのブロックを飛ばさずに見ているか、時間をかけているかなどもその学習者がどの部分をより意欲的に学ぼうとしているかを知る手がかりになるだろう。全体にかかっている時間と、早送り巻き戻し操作の

記録から統計的な分析が行えることも期待できる。

6. まとめと今後の展望

本稿では授業コンテンツを意味単位のスライスで分割したeラーニングシステムNOVELICAによるコンテンツ「あかほん！ プロトタイプA-微分・積分編-」を用いて一般の学習者の学習状況の分析を試みた。その結果、微分・積分に苦手意識のある学習者はない学習者に比べて各ブロックの平均視聴時間が長くなることが示唆された。また、早送りや巻き戻し操作の仕方にも特徴が見られることが予想された。これらのデータをより統計的に分析することによってブロックの視聴時間の傾向から自動的に学習者の苦手意識を推測できることが期待される。そして今後はNOVELICAコンテンツの制作支援も実現したい。例えば自分の教え子の学習状況を鑑みて、ブロックの修正や追加などを簡単に行えるようなエディタを開発し、学習状況を学習教材にフィードバックさせる取り組みを支援したい。

謝辞 本研究は同人ゲームサークル Chloro と共同開発したシステムおよびコンテンツを利用して行われた。

参考文献

- [1] Udey: オンラインコース - いろんなことを、あなたのペースで : <https://www.udemy.com> (2019/02/05 閲覧)
- [2] 【公式】スタディサプリー | 短時間で、ギュッと。 : <https://studysapuri.jp> (2019/06/28 閲覧)
- [3] Nobumitsu Shikine, Toshimasa Yamanaka and Junichi Hoshino: A Game System for Learning Mathematics with Pacing Considering Individual Motivation and Feeling. ICEC 2017: pp.169-176, 2017
- [4] Nobumitsu Shikine, Toshimasa Yamanaka, Letizia Jaccheri, Javier Gomez and Junichi Hoshino: NOVELICA: A Visual Novel System to Make People Forget Their Negative Feelings on Mathematics, ICEC 2018: pp.331-333, 2018
- [5] 今井 順一: e-Learning による工系数学教育に関する実証評価と知識データベースの構築 (2007)
- [6] YouTube : <https://www.youtube.com> (2019/02/05 閲覧)
- [7] Coursera : <https://ja.coursera.org> (2019/02/05 閲覧)
- [8] ログウェア株式会社: ライブ Web セミナー配信システム【GigaCast】, 参考 URL <https://powerlive.logosware.com> (最終アクセス日 2019/6/28)
- [9] 中村亮太, 井上亮文, 市村哲, 岡田謙一, 松下温: 「Ghost-Tutor」: 個人の学習ペースを考慮した学習支援システム, 情報処理学会論文誌 47(7), 2099-2106 (2006)
- [10] James C. Lester, Sharolyn A. Converse, Susan E. Kahler, S. Todd Barlow, Brian A. Stone, Ravinder S. Bhogal: The Persona Effect: Affective Impact of Animated Pedagogical Agents, Conference: Computer Human Interaction - CHI, pp. 359-366 (1997)
- [11] E Shen: The Effects of Agent Emotional Support and Cognitive Motivational Messages on Math Anxiety, Learning, and Motivation, Florida State University Tallahassee, FL, USA (2009)
- [12] あかほん！ プロトタイプA-微分・積分編- 配信ページ iOS : <https://itunes.apple.com/jp/app/id1438322285>, Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=space.chloro.akahone.PrototypeA01>