

修士論文

タブレット操作ログによる受講態度の
取得とその解析

平成28年度修了

三重大学大学院工学研究科

博士前期課程 電気電子工学専攻

山田 晃司

目次

第1章	はじめに	1
第2章	教科書閲覧アプリケーション	3
2.1	対象とする講義形式	3
2.2	取得するログの考察	4
2.3	ログ取得アプリケーション	4
第3章	ログの収集	7
3.1	実験条件	7
3.1.1	使用した端末について	7
3.1.2	実験を行った講義	8
3.2	収集したログの結果	8
3.3	クラスタリング解析	16
3.3.1	クラスタリングに用いる特徴量	17
3.3.2	クラスタリングの結果とその分析	21
3.3.3	クラスタと確認テストの得点の関係性	25
第4章	結論	27
	謝辞	29
	参考文献	30
	発表	32

目 次

2.1	本アプリケーションのスクリーンショット	5
3.1	簡易版のスクリーンショット	8
3.2	アプリケーション起動ログ, ページめくりログ, 画面消灯ログの例	10
3.3	ページめくりログ, 画面点灯・消灯ログの例	11
3.4	ページ番号を付したページめくりログの例	12
3.5	講師が説明しているページを表示している人数の変化	13
3.6	検索回数の結果	14
3.7	アプリケーション起動ログ, 検索ログの例	15
3.8	アクティブウィンドウログの例	16
3.9	ページめくりログのサンプル図	19
3.10	マイクロコンピュータの基礎の講義におけるヒートマップとクラスタリング結果	22
3.11	マイクロコンピュータの応用の講義におけるヒートマップとクラスタリング結果	24

表 目 次

3.1	タブレット端末のカタログスペック	7
3.2	実験の概略	9
3.3	ページめくり回数と一連の行動の回数とその割合	12
3.4	検索回数と、検索後に再起動した回数	15
3.5	要素1：基準時間内の閲覧 [%]	18
3.6	要素2：基準時間前の閲覧 [%]	19
3.7	要素3：基準時間後の閲覧 [%]	19
3.8	要素4：到達ページ番号	19
3.9	要素5：ページめくり回数	20
3.10	要素6：平均遅れ時間	20
3.11	要素7：消灯回数	20
3.12	要素8：検索回数	20

第1章 はじめに

近年、タブレット端末の急速な普及に伴い、教育現場へのタブレット端末の導入も進んでいる [1-4]。教育現場へのタブレットの導入台数は、2012年3月には全国で2万6千台だったものが、2014年3月には7万台を超えて [1]、2016年3月には25万台となった [2]。文部科学省は、2020年までに小中学校の生徒1人に1台タブレットを整備することを目標として、さらなる普及に努めている [3]。特に、導入が進んでいる例としては、東京都荒川区や佐賀県武雄市の市内小中学校の全生徒へのタブレット導入が、2014年4月に義務付けされた [3]。導入されたタブレット端末は、ノートや本などの紙媒体の代わりとして、インタラクティブ性、マルチメディア性能を生かしたデジタル教材の提供に、主に用いられている。しかし、タブレット端末の導入の効果は、これにとどまるものではない。ネットワーク接続を利用した、学習者間および学習者と教師の間のコミュニケーションの促進にも、タブレット端末を利用できる。

文献 [5] によれば、教師側から見たタブレット端末導入の効果には、以下のようなものがある。第一の効果は、インタラクティブ教材を各学習者が利用することによる学習効果の向上である。ただし、効果的な教材の作成にはノウハウが必要であり、各教員がオリジナルの教材を作成するには、未だ敷居が高い。第二の効果は、端末を通じてさまざまな情報を教師が収集できることである。情報通信技術の近年の発展に伴い、学習に関わるさまざまな情報を収集し、学習者の指導に役立てようとする試みとして「ラーニング・アナリティクス」と呼ばれる分野が着目を浴びている。本研究でもこれに着目する。ラーニング・アナリティクスに関して、タブレット端末と関係する研究としては、教育現場に導入した際のタブレットに対する学生の反応についての研究 [6-8]、性別等の学生の属性によるICTの評価の違いに関する研究 [9,10]、モバイル端末を用いた e-Learning を m-Learning (mobile-Learning) と呼び、それに関する研究 [11-13]、タブレット端末による e-Learning を導入することでの能動学習への影響についての研究 [14]、それ以外にもいくつかの研究がある [15-17]。

本研究では、学習者のさまざまな挙動・情報を収集し、教師に提供することで、学習者のつまづきを授業中に素早く発見し、効果的に指導できるようにすることを最終的な目標とする。その第一歩として本論文では、タブレットを用いて提供された電子教科書を用いた授業において、各学習者の授業態度を検出し、それをもとに指導に役立つ情報を抽出することを試みる。多人数授業において、授業を効果的なものにするためには、学習者の状況を的確に把握し、それにもとづいた授業進行をする必要がある。しかし、これは多くの教師にとって困難である。そこで、タブレット端末を通じて情報収集し、計算機により自動で分析する手法について検討する。これが実現することで、教師が学習者の状況把握に費やす負担を軽減し、効果的な授業進行に集中することができると考える。据え置きPCではなく、タブレット端末を選択した理由としては、現段階では1人1台のパソコンが備え付けてある教室は多くはないという理由から、どの教室にも導入ができるように持ち運びが可能なタブレット端末を選択した。

教師が把握すべき学習者の状況にはさまざまなものがあるが、重要なものは理解状況、授業態度であると考えた。これらがわかることで、学習者のタイプに応じた指導や、つまづきを予期した指導が可能になる。簡単な例として、授業内容に興味がないとみられる行動をしている学習者は、授業内容についていくことができず、理解度が低下すると考えられる。また、教科書に従った授業では、そのような行動は教科書の閲覧状況から判断できると考えられる。そこで本論文では、授業中に学習者が端末上で教科書をどのように使用したのかを見るため、端末の操作ログの解析と可視化することに焦点をあてる。また授業態度の解析から、試験の点数が低くなった学習者の特徴を発見することを試みる。

以下に本論文の構成を示す。2章では本研究で使ったアプリケーションについて述べる。3章ではシステムを導入した講義の環境を実験条件として述べ、取得したログの結果とログ解析について述べる。4章で本研究についてまとめる。

第2章 教科書閲覧アプリケーション

1章で述べたように、タブレットを用いて提供された電子教科書を従った授業において、各学習者の授業態度を検出し、それをもとに指導に役立つ情報を抽出することが本研究の目的である。しかし、多人数授業において、学習者の状況を的確に把握し、それにもとづいた授業進行をするのは、多くの教師にとって困難である。そこで、タブレット端末を通じて情報収集し、計算機により自動で分析する手法について検討する。これが実現することで、教師が学習者の状況把握に費やす負担を軽減し、効果的な授業進行に集中することができると考える。

また、授業には講義・演習・実習などさまざまな形式があるため、収集する情報としてすべての授業形式で有用なものを選ぶことは困難である。そこで、研究の第一歩として授業形式を講義に限定し、そこで有用な情報の収集および分析を試みる。

この章では、情報収集のために作成したアプリケーションについて記す。まず、2.1節で対象とする授業の形式について述べ、2.2節で取得する情報について検討する。最後に2.3節で、作成したアプリケーションの概略を記す。

2.1 対象とする講義形式

教師が把握すべき学習者の状況にはさまざまなものがあるが、重要なものは理解状況、受講態度であると考えた。これらがわかることで、学習者のタイプに応じた指導や、つまづきを予期した指導が可能になる。また、受講態度で重視すべきは講義への参加の度合いだと考える。講義に参加していない被験者には、何らかの注意を払う必要がある。講義への参加の度合いを機械的に判断しやすい講義形式として、教科書に沿って順に説明を行うタイプの講義に着目する。なお、グループワーク等は課さず、教師から学習者への説明が主であるとする。また簡単のため、教師は現在のどのページの説明を行っているのかを、黒板、スクリーンなどを使いきちんと示すものとする。

2.2 取得するログの考察

タブレット端末上で、教科書閲覧アプリケーションにより被験者は講義中に教科書を閲覧する。その際、学習者の受講態度を把握するためには、どのような操作ログを取得すべきなのかを考察する。まず第1に講義に参加しているかどうかを把握するため、教師が説明しているページと同じページを各学習者が手元の端末で閲覧しているかどうかを把握する必要がある。よって、端末上でどのページを表示しているかを取得する。タブレット端末の特性上、アプリケーションで教科書の説明中のページを聞いていても、タブレット端末の画面が消灯していたら、教科書を閲覧していることにならない。そのため、端末の画面が点灯しているかどうかを把握するために画面の点灯/消灯状態を取得する。最後に、講義中に教科書を見たり、教師の説明を聞いたりせず、よそ事をしている場合はその学習者は講義内容に興味がないと言える。タブレット端末上にはいくつかの他のアプリケーションが存在するため、本研究で使用する教科書閲覧アプリケーションを使用しているかどうかを取得する。

2.3 ログ取得アプリケーション

本アプリケーションの概要として、学習者にとっては、従来の教科書をタブレット端末上で閲覧する電子教科書閲覧アプリケーションと同様に振る舞う。そのため、ページ送り・戻し、ページを指定した移動、ページの拡大・縮小の機能を最低限の機能として提供する。また、付随的な機能として、電子教科書へのマーキング機能を実装した。これにより、電子教科書上の指定した語にマークをつけたり、マークした語を Web 検索したりできる。Web 検索の機能としては、Google 検索、Wikipedia 検索、Google 翻訳での和訳、英訳があり、マークした後表示されたメニュー画面から任意の検索機能を選択することで検索できる。図 2.1 に、本研究のために開発したアプリケーションのスクリーンショットを示す。図 2.1a は、教科書にマークしたときの様子を示している。図 2.1b は、マークした後のメニュー画面を表示したときの様子を示している。ここで Web 検索の際に実行することを選択できる。マーキングのみを行う場合は、この図の MarkingMode ボタンをタップすることで、Web 検索をすることなくマーキングを残すことができる。

またタブレット端末には Android, iOS といった OS が存在するが、ここでは Android を選択した。その理由は、世界のスマートフォン市場の OS 別シェア率は、

2016年8月の時点でAndroidが86.2% [18]と圧倒的であるためである。

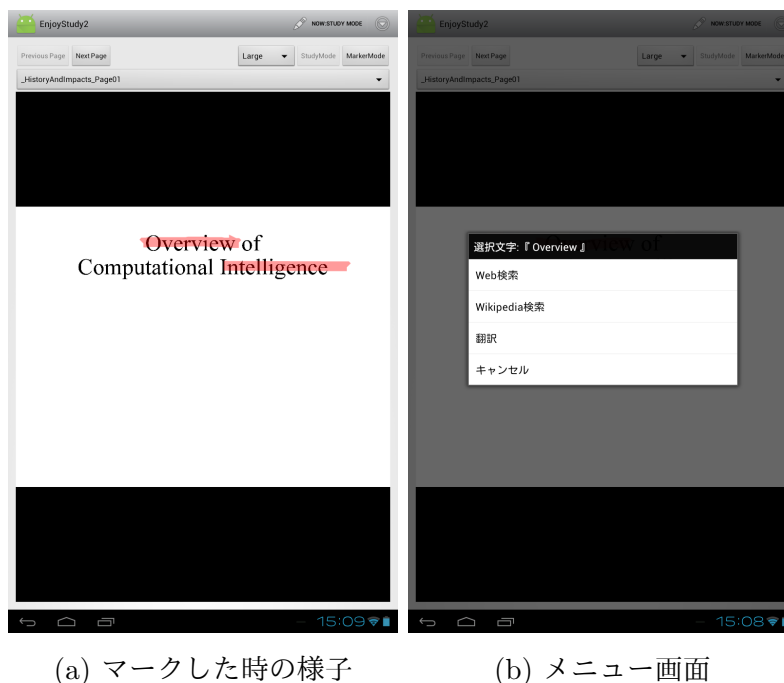


図 2.1: 本アプリケーションのスクリーンショット

このアプリケーションを使用することで、以下の情報を収集することができる。

1. アプリケーション起動ログ

このログで学習者がこのアプリケーションを最初に起動した時の時刻を記録する。Android 端末では、他アプリケーションから本アプリケーションにアプリケーションを切り替える際、初期化されていることがある。これによる学習者のモチベーションへの影響を調べるために、このログを取得する。

2. ページめくりログ

このログで被験者がページをめくった時の時刻とページ番号を記録する。講義中に教師が説明しているページと学習者が各々の端末上で表示しているページの同期具合を調べるために、このログを取得する。

3. 検索ログ

このログで被験者が検索した単語とその時の時刻、関連しているページ番号を記録する。各学習者の検索機能の利用状況を把握するために、このログを取得する。

4. アクティブウィンドウログ

このログで学習者がアプリケーション切り替えにより、本アプリケーションがアクティブになった(表示された)および非アクティブになった時刻と、そのとき表示しているページ番号を記録する。

5. 画面点灯・消灯ログ

このログで学習者が使用している端末の画面が点灯・消灯したときの時刻とページ番号を記録する。今回用いた端末は、1分間端末を放置していると自動で消灯する設定となっている。講義中にこの動作が確認できた場合は、その被験者は端末を操作していなかったと言える。

特にアクティブウィンドウログと画面点灯・消灯ログは、それ単体では指導に役立つ情報とはならないが、他のログと組み合わせることで、本アプリケーションの使用状況ひいては学習者の講義への参加状況を判断する。

既存のアプリケーションには同様のことを行うことができるものも存在する [19] が、今後の発展の可能性を踏まえて、本アプリケーションを作成した。将来は取得するログの追加、電子教科書としての機能追加などが挙げられる。

第3章 ログの収集

2章で作成したアプリケーションにより収集できる5つのログからどの程度学習者の受講態度を推定することができるかを検証するために実験を行った。

大学の講義に、あらかじめ用意したタブレット端末を導入しログを収集した。また、集めたログを講義単位でまとめ、解析した。以下、3.1節ではログを収集した際の条件について述べ、3.2節で収集したログをそれぞれ確認する。最後に3.3節でクラスタリング解析を行い、受講態度の検出を行う。

3.1 実験条件

3.1.1 使用した端末について

geaneeのAndroidタブレットを15台使用し、各学習者に1人1台提供した。表3.1に使用端末のカタログスペックを示す。

表 3.1: タブレット端末のカタログスペック

型番	ADP-721
OS	Android 4.4
CPU	Allwinner Tech 23 Dual-Core Cortex A7@1.5Ghz
液晶タイプ	7型ワイド TFT 液晶モニター・タッチパネル機能・LED バックライト
RAM	512MB DDR
無線 LAN	802.11 b/g/n
内蔵メモリ	8GB NAND フラッシュメモリ
画面解像度	1024 × 600

また、今回の実験では、被験者の受講態度を取得することに注力するため、電子教科書アプリによる、ログ収集時に有効な機能としては、電子教科書の閲覧、教科書上のワードに対してマークすることによる Web 検索。Web 検索は Wikipedia

検索のみとした。そのため、Google 検索、Google 翻訳の検索機能とマーク機能をオフにし、メニュー選択画面は表示せずマークした後直接 Wikipedia へ移動する。今回の実験で使用した簡易版電子教科書アプリのインターフェースのスクリーンショットを図 3.1 に示す。

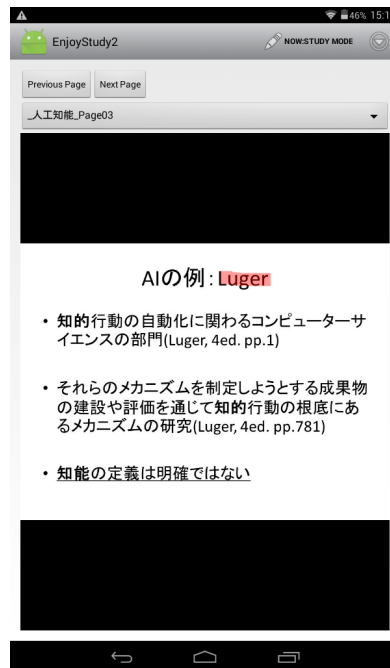


図 3.1: 簡易版のスクリーンショット

3.1.2 実験を行った講義

実験は、日米両国で行った。概略を表 3.2 にまとめる。アメリカでは 1 回の講義を、日本では 3 回の講義を行った。講義の形式は、前方のスクリーンに資料を映し、その詳細を口頭で説明するスタイルとした。スクリーンに映した資料と同一のものが、タブレット端末により閲覧できる。またいずれの講義でも、最初にタブレット端末の使用法を説明し、その後 30 分程度の講義を行い、最後に 30 分で確認テストを行った。ログは講義中のみ収集した。

3.2 収集したログの結果

この節では収集したログを示し、分析する。なお例として日本で行った第 2 回の講義（講義時間 42 分）のログを取り上げる。各タブレット端末には番号 (1~15、

表 3.2: 実験の概略

	アメリカ	日本
回数	1回	3回
被験者	経済学部の学生 (1,2 年生), 人工知能の講義の受講者	大学の情報系研究室に所属 する大学 4 年生および大学 院生 (ボランティア)
人数	受講者 40 名のうち, 協力者 15 名	第 1 回は 15 名, 第 2,3 回は 14 名
講義室	1 人 1 台の PC が設置された 計算機室. 協力者のみタブレ ット端末を追加で使用する. 前方のスクリーンで講師が 映した資料を見る.	PC は設置されていない講義 室. 参加者はタブレット端末 を各自で持つ. 前方のスク リーンで講師が映した資料 を見る.
講義内容	人工知能概論	第 1 回はアメリカの内容を翻 訳したもの (講師は異なる). 第 2,3 回は, マイクロコンピ ュータの概略 (基礎・応用) に ついて.
講義時間	1 回目 : 60 分	1 回目 : 28 分, 2 回目 : 42 分, 3 回目 : 42 分

2番は欠番)が付けられており、これで被験者を区別する。以下に、取得したログの概要を示す。

1. アプリケーション起動ログ, ページめくりログ, 画面消灯ログ

図3.2に被験者3名分のアプリケーション起動ログ, ページめくりログ, 画面消灯ログについてのログの例を示す。縦軸の数字は被験者が使用した端末の番号を表す。0番は教師がスライドをめくった時の時刻が記されている。横軸は講義経過時間を表す。縦軸に示された各端末番号の横に色をつけた点で、操作内容と操作時刻を表している。青色の点がアプリケーションを起動/再起動したことを、橙色がページをめくったことを、黄色が端末の画面が消灯したことを表す。初回起動を除いて、14台中13台の端末がこのログを出力していた。14名の被験者のうち、端末番号15番のみが講義開始から3分20秒時点でアプリケーションが再起動し、その後タブレットの操作をやめ、1分間放置したことで端末の画面が消灯している。しかし、その被験者も講義中ずっと放置するのではなく、30秒後に再度使用している。このように、アプリケーションの再起動にも関わらず、その利用が続いていることから、使用している端末のスペックは被験者の学習に対するモチベーションに大きく影響しないと考えられる。

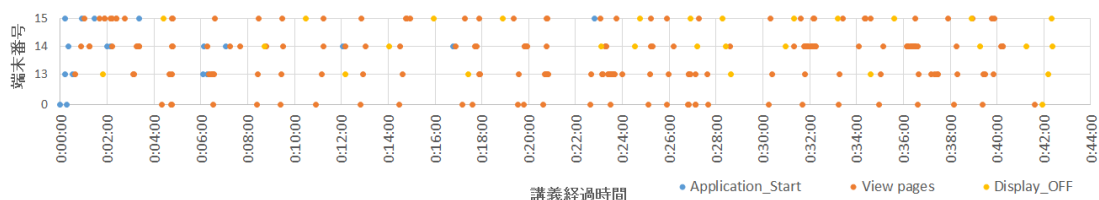


図 3.2: アプリケーション起動ログ, ページめくりログ, 画面消灯ログの例

2. ページめくりログ, 画面点灯・消灯ログ

図3.3に被験者3名分のページめくりログ, 画面点灯/消灯ログについてのログの例を示す。図の構成は図3.2と同様である。図中の各点は、橙色の点がページをめくったことを、黄色が端末の画面が消灯したことを、青色が端末の画面が点灯したことを表す。被験者14名中12名が講義の最後まで教科書をタブレット端末を用いて閲覧している。図3.4に図3.3にページ番号を付したものの一部を示す。図3.4を見ると、教師(端末番号0)が講義開始後4分50秒に3ページを、6分30秒に4ページを、8分20秒に5ページをめ

くっている。その時、端末番号 4,7 番の被験者も 3,4,5 ページを遅れることなくページをめくっていることが分かる。講義に追従している 12 名中 5 名の被験者が、図 3.4 を用いて説明したように、講師がページをめくる前後 1 分以内に講師と同じページを 50%以上の被験者が同じくページをめくっている。途中で追従するのをやめた被験者 2 名(端末番号 1,7 番)のうち、端末番号 1 番の被験者は講義開始後数ページめくって講義 6 分弱経過後に端末の使用をやめている。端末番号 7 番の被験者は中盤までしっかり追従しているが、講義開始 25 分後に端末の使用をやめている。また、図 3.3 の端末番号 4 番の講義経過時間 8 分、19 分、32 分付近に、橙色の点から少し時間が経った後に黄色の点、青色の点、橙色の点と続くログが見られる。この行動は、講師が説明しているページを各被験者が手元の端末で表示した後、端末を操作せずに 1 分経過したことで、画面が消灯。さらに講師が次のページをめくった時に、被験者は端末の画面を点灯しページをめくるという行動である。これを一連の行動とみなし、このログの解析を行う。表 3.3 に各被験者のページめくり回数とこの行動の回数とその割合を示す。被験者 1 人あたりのこの一連の行動をする割合は 14%であるが、最も割合、回数が多い被験者の割合は 53%と、ページめくりはしているが、実際は教科書の半分のページをしっかりと閲覧していないことが分かる。しかし、これから分かることは、講師と同じページを閲覧していたことだけであり、講義をきちんと聞いていたかどうかは判断できない。そのため、今後この一連の行動と他のログを組み合わせることで、講義をきちんと聞いていたかどうかを判断する必要があると考える。

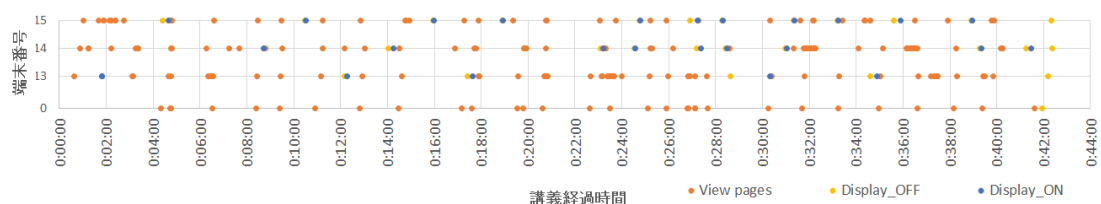


図 3.3: ページめくりログ, 画面点灯・消灯ログの例

図 3.5 に講師が説明しているページを各被験者の端末で表示している被験者の人数を時系列で表示したグラフを示す。縦軸は各時刻で講師と同じページを表示している人数を、横軸は講義経過時間を表す。各点に付したラベルは講師が説明しているページ番号を表す。図 3.5 から講義序盤の 3 ページ目

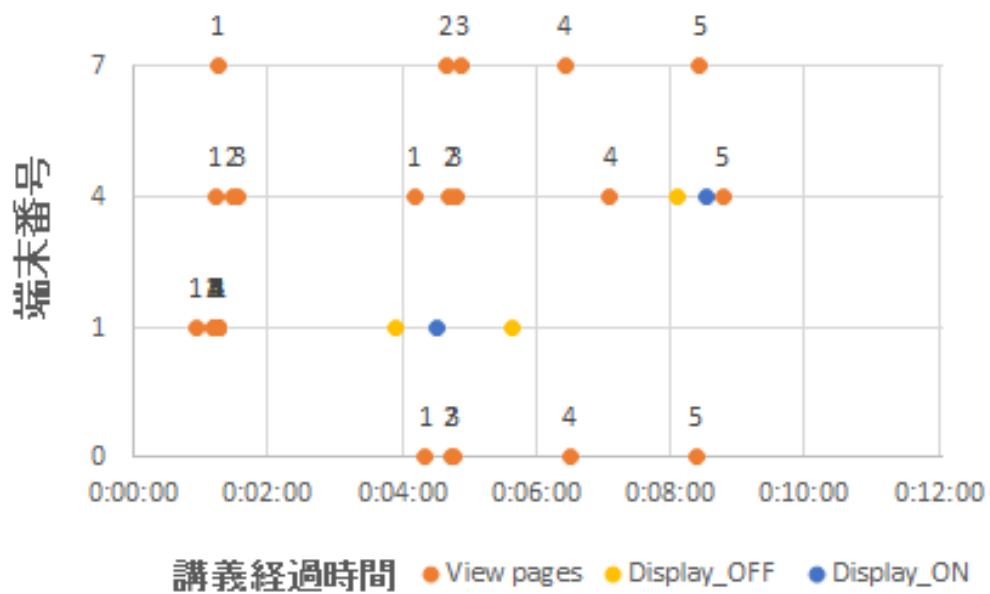


図 3.4: ページ番号を付したページめくりログの例

表 3.3: ページめくり回数と一連の行動の回数とその割合

端末番号	ページめくり回数	一連の行動の回数	一連の行動の割合 [%]
1	11	0	0
3	59	0	0
4	43	11	26
5	39	7	18
6	171	12	7
7	16	2	13
8	52	4	8
9	82	7	9
10	36	19	53
11	159	7	4
12	40	6	15
13	61	5	8
14	83	6	7
15	42	11	26

から9ページまで14名中10名以上の被験者が講義に追従し、参加していることが分かる。しかし、講義中盤の10ページから21ページでは追従している被験者が10名を超えることはなく、追従度合いが低くなっている被験者が多くなっていることが分かる。このようなページでは被験者が端末、教科書の使用をやめた原因のページ番号が分かるため、講義資料や、説明の仕方を改善を図ることができると考える。

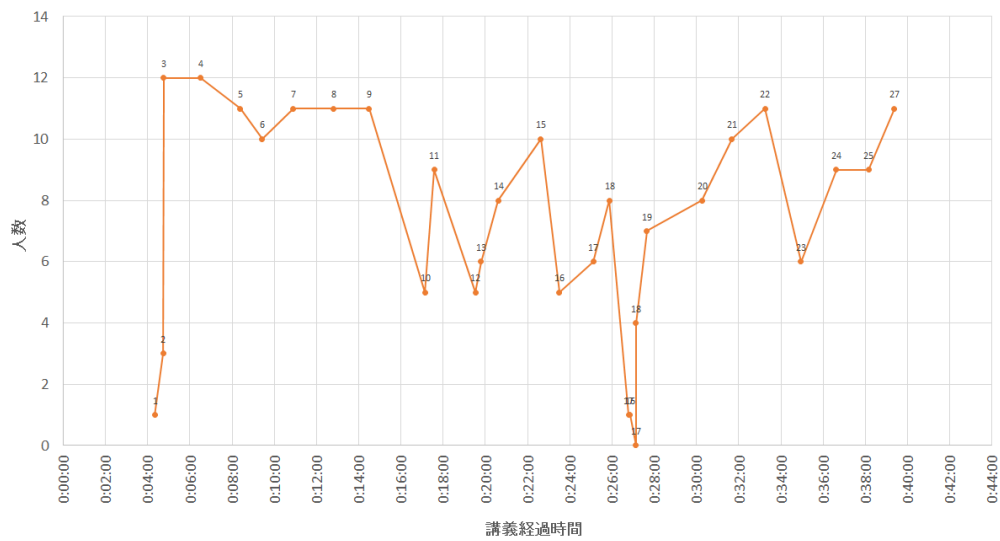


図 3.5: 講師が説明しているページを表示している人数の変化

3. 検索ログ

14名の被験者による検索の総回数は65回であった。検索された語は42種類あり、「ノイマン」、「ノイマン型の」といった類似する語を同一の検索ワードとすると検索された語は35種類となる。図3.6に講義中に被験者が検索した語と、その頻度を示す。縦軸は各語の検索回数を、横軸は検索された語の一覧を表す。検索された語はいずれも講義中の説明に使われた語であった。そのため、多くの被験者が検索した語は、教師の説明のみでは不十分であり理解できなかった被験者が多いという語であると言える。教師の立場からは、検索回数が多かった語は、次回以降より詳しく説明する必要があると考えられる。また、今回は該当するワードがなかったが、講義内容に関連してない語が多く検索された場合は、講義資料や、説明の仕方を改善するべきだと考えられる。

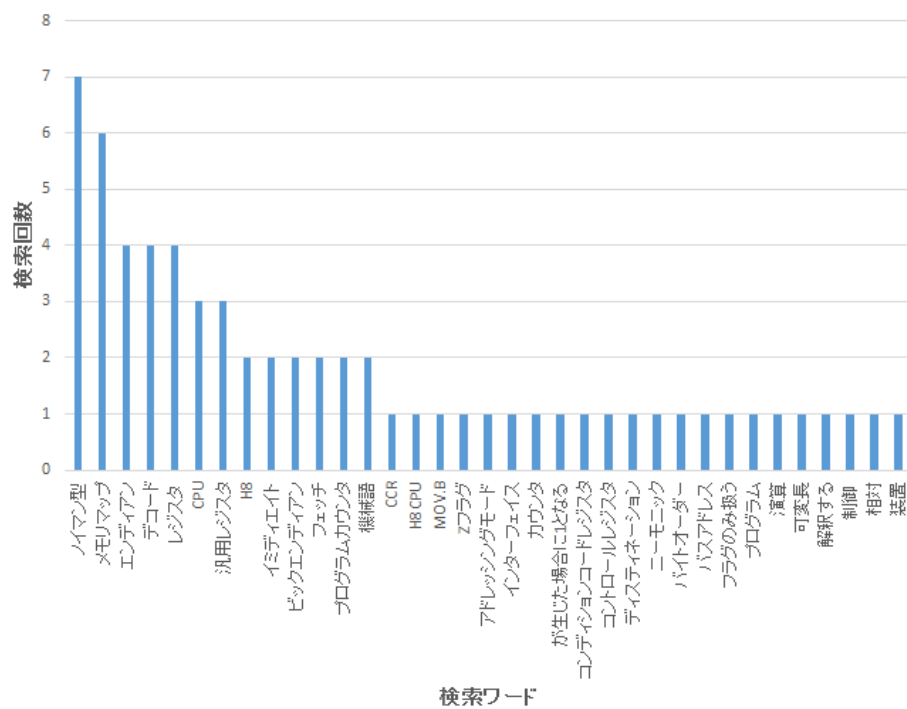


図 3.6: 検索回数の結果

図 3.7 に被験者 3 名分のアプリケーション起動ログ、検索ログの例を示す。図の構成は図 3.2 と同様である。図中の各点は、青色の点がアプリケーションが起動/再起動されたことを、灰色が本アプリケーションにより検索をしたことを表す。表 3.4 に各被験者の検索回数と、検索の後に再起動した回数

を示す。検索をした後、つまりブラウザアプリケーションから本アプリケーションに戻ってきた時に再起動している割合は37%であった。しかし、アプリケーション起動ログ、ページめくりログ、画面消灯ログの結果の考察からアプリケーションが再起動しても被験者のモチベーションが大きく落ちないことが分かっている。そして、図 3.7 の端末番号 3,5 番からアプリケーション再起動後も検索するペースは変わらないため、再起動の原因の1つである検索機能は弊害をもたらしていないと考えられる。

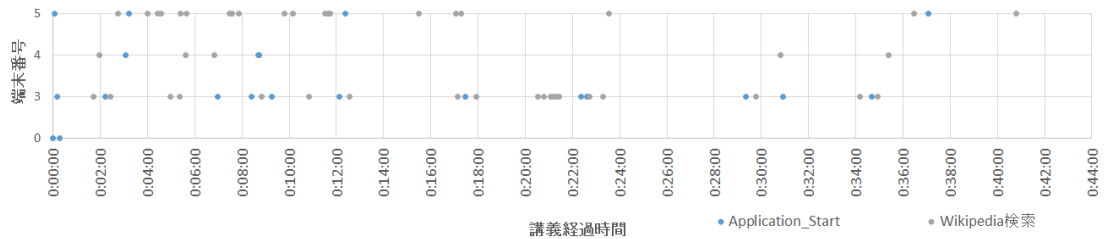


図 3.7: アプリケーション起動ログ, 検索ログの例

表 3.4: 検索回数と, 検索後に再起動した回数

端末番号	検索回数	検索後の再起動回数
1	1	0
3	20	9
4	5	1
5	20	3
6	1	1
7	0	0
8	2	0
9	7	2
10	1	1
11	1	1
12	6	4
13	7	1
14	14	5
15	4	3

4. アクティブウィンドウログ

図 3.8 にアクティブウィンドウログの例を示す。これまでと同様に被験者 3 名のタブレット端末について、本アプリケーションがアクティブ、非アクティブになった時刻を示す。なお、本アプリケーションが非アクティブになるのは、被験者の明示的な操作によるものだけでなく、本アプリケーションが提供するキーワード検索機能を使用した際の検索結果表示によるものもある。そのため、キーワード検索の時刻もあわせて表示した。青色の丸がアプリケーションが起動/再起動されたことを、灰色の丸が検索されたことを、緑色の*マークが本アプリケーションに戻ってきたことを、青色のxマークが本アプリケーションが閉じられたことを示す。本アプリケーションが非アクティブになったのは、のべ 86 回であったが、そのうち 3 回だけが被験者の明示的な操作によるものであった。このことから講義に興味を示さず他のアプリケーションを使用するという行動はほとんど見られないと言える。今回使用した端末は各被験者の所有物ではないため、娯楽のためのアプリケーションがないという条件もこのような結果になった 1 つの要因だと考える。

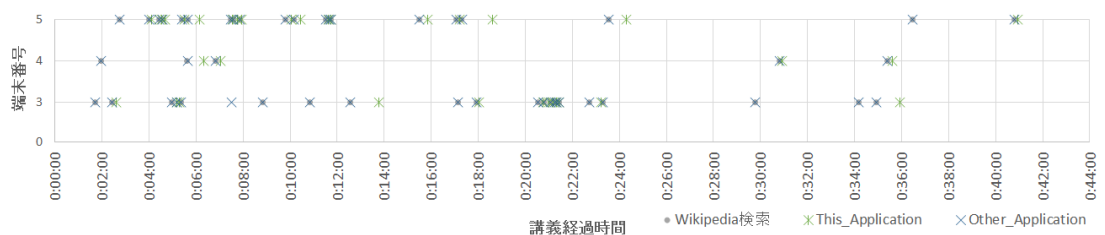


図 3.8: アクティブウィンドウログの例

3.3 クラスタリング解析

この節では、前節で収集したログから、被験者の受講態度を推定する。推定は、ログから抽出した特徴量をもとに被験者をクラスタリングし、その結果を分析することで行う。

以下、3.3.1 節でクラスタリングに用いる特徴量について検討し、3.3.2 節でクラスタリングを行い、その結果を分析する。最後に 3.3.3 節で得られたクラスと確認テストの得点の関係について検討する。

3.3.1 クラスタリングに用いる特徴量

収集したログは、時系列の情報であり、そのままクラスタリングに用いるのには適さない。そこで、それぞれのログから、各被験者についてそれぞれ以下に示す特徴量を抽出する。また、これらの特徴量は正規化を行った後クラスタリングを行う。

1. 基準時間内の閲覧

この特徴量では、講師の説明に追従している度合いを測る。

具体的には、講師のページめくりと同期してページをめくった回数の割合を特徴量とする。ここで、被験者のページめくりと講師のページめくりとの差が1分以内の場合は同期してるとみなした。

2. 基準時間前の閲覧

この特徴量では、講師の説明に先走って教科書を閲覧している度合いを測る。

具体的には、講師のページめくりよりも早くページをめくった回数の割合を特徴量とする。ここでは、1分以上早くページをめくった場合を数えた。

3. 基準時間後の閲覧

この特徴量では、講師の説明から遅れて教科書を閲覧している度合いを測る。

具体的には、講師のページめくりよりも遅くページをめくった回数の割合を特徴量とする。ここでは1分以上遅くページをめくった場合を数えた。

4. 到達ページ番号

この特徴量では、講義の追従を諦めたタイミングを測る。

具体的には、被験者が講義中に見た中で最も後ろのページ番号を特徴量とする。

5. ページめくり回数

この特徴量では、デタラメにページめくりをしている度合いを測る。

具体的には、被験者が講義中に行ったページめくりの回数を特徴量とする。

6. 平均遅れ時間

この特徴量では、講師の説明に追従している度合いを測る。

具体的には、講師のページめくりの時刻と被験者のページめくりの時刻の差を取り(被験者が遅い場合が正)、その秒数を特徴量とする。

7. 画面消灯回数

この特徴量では、被験者が端末を操作している度合いを測る。

具体的には、1分間操作せず画面が消灯された回数を特徴量とする。

8. 検索回数

この特徴量では、講師の説明に追従している度合いを測る。

具体的には、被験者が講義中に行った検索の回数を特徴量とする。

特徴量の抽出例を、以下に示す。図3.9は講師(端末番号0)及び被験者3名分(端末番号1~3)のページめくりログに閲覧ページを付したものである。講師が3分20秒に行った12ページへのページめくりに着目する。これを図中に赤線として示す。また、これと1分以内の差(図中オレンジに塗った領域)で行われた端末3の12ページへのページめくりは、基準時間内の閲覧に該当する。また、端末1での12ページへのページめくりは、それより前(図中青く塗った領域)に行われており、基準時間前の閲覧に該当する。端末2での12ページへのページめくりは、それより後(図中緑に塗った領域)に行われており、基準時間後の閲覧に該当する。このようにして、講師のすべてのページめくりを基準として各被験者のページめくりを区分し、それぞれの回数を計算することで、基準時間内・基準時間前・基準時間後の閲覧数を得る。

表3.5~3.12に、日本で行った第2回の講義である、マイクロコンピュータの基礎の講義の結果得られた各特徴量を示す。他の講義でも同様に特徴量を求めた。

表 3.5: 要素1: 基準時間内の閲覧 [%]

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
割合 [%]	100.0	11.9	9.3	23.1	51.5	6.3	44.2
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
割合 [%]	22.0	5.6	4.4	15.0	8.2	10.8	28.6

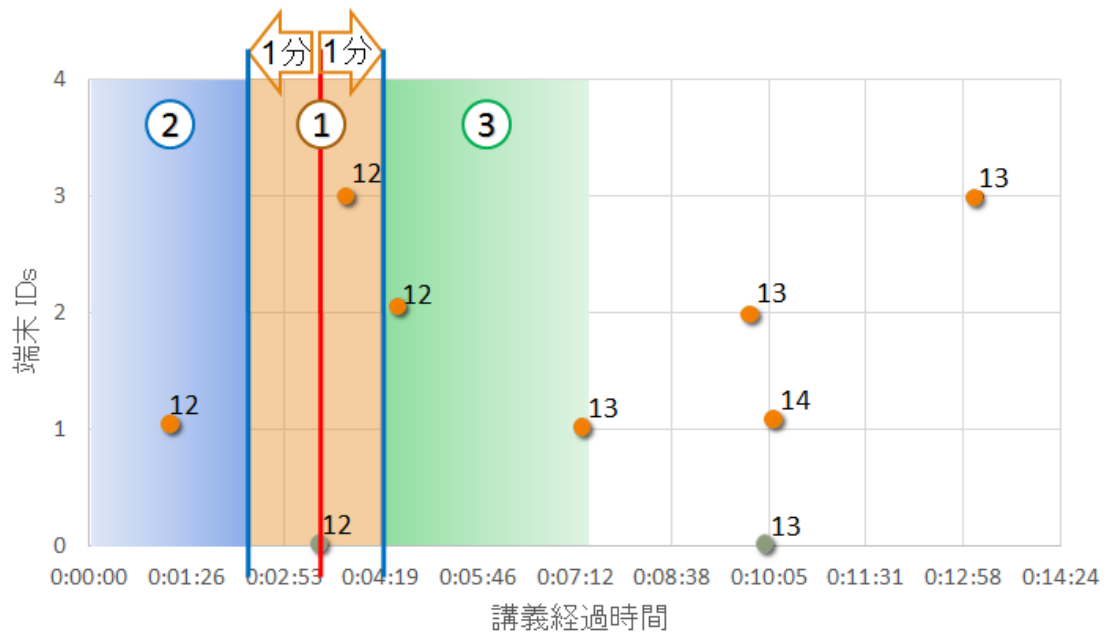


図 3.9: ページめくりログのサンプル図

表 3.6: 要素 2 : 基準時間前の閲覧 [%]

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
割合 [%]	0	30.5	53.5	41.0	25.1	62.5	19.2
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
割合 [%]	36.6	69.4	25.2	65.0	59.0	34.9	54.8

表 3.7: 要素 3 : 基準時間後の閲覧 [%]

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
割合 [%]	0	57.6	37.2	35.9	23.4	31.3	36.5
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
割合 [%]	41.5	25.0	70.4	20.0	32.8	54.2	16.7

表 3.8: 要素 4 : 到達ページ番号

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
ページ番号	6	27	27	27	27	12	27
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
ページ番号	27	27	27	27	27	27	27

表 3.9: 要素 5 : ページめくり回数

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
回数	11	59	43	39	171	16	52
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
回数	82	36	159	40	61	83	42

表 3.10: 要素 6 : 平均遅れ時間

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
時間 [s]	-286.8	112.5	34.2	64.1	-172.8	36.9	-26.9
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
時間 [s]	135.4	41.3	257.6	2.1	58.6	303.8	-16.2

表 3.11: 要素 7 : 消灯回数

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
回数	2	0	41	10	13	4	5
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
回数	8	20	8	7	6	10	12

表 3.12: 要素 8 : 検索回数

端末 ID	1	3	4	5	6	7	8
回数	1	20	5	20	1	0	2
端末 ID	9	10	11	12	13	14	15
回数	7	1	1	6	1	14	4

3.3.2 クラスタリングの結果とその分析

前節で得られた特徴量をもとに、クラスタリングを行った。クラスタ数が事前には不明だったので、階層的クラスタリング手法としてウォード法を用いた。なお、実際のクラスタリングには、統計解析ソフトウェア R を用いて行った。

マイクロコンピュータの基礎の講義についてクラスタリング結果を図 3.10 に示す。この図は、クラスタリング結果である樹形図を上部に、各端末の特徴量をヒートマップとして下部に示したものである。樹形図はより下でまとめられている端末ほど類似した特徴量を持っている。ヒートマップは、色が濃いほど対応する特徴量が大きな値を持つことを示している。この図において、以下の 4 個のクラスタに全被験者を分類する。

1. 端末番号 1 のみのクラスタ 1

このクラスタでは、他と比べ、基準時間前の閲覧が大きく、到達ページ番号が小さい。これは、このクラスタに所属する被験者は、講義の進行と関係なく、資料の最初の数ページを素早く閲覧した後、本アプリケーションを使用していないことを意味する。すなわち、このクラスタに属する被験者は「講義内容に興味がない、講義に参加する気がない不真面目」な受講態度であると考えられる。

2. 端末番号 4,7,10,12,13,15 からなるクラスタ 2

このクラスタでは、他と比べ、基準時間内の閲覧が大きい。また、到達ページ番号も大きい。そのため、このクラスタに所属する被験者は、最後まで講義にきちんと追従していると言える。すなわち、このクラスタに属する被験者は「講義内容に興味をもち、真面目」な受講態度であると考えられる。

3. 端末番号 3,5,9,14 からなるクラスタ 3

このクラスタはでは、他と比べ、基準時間内の閲覧が小さい。しかし、到達ページ番号は大きい。そのため、このクラスタに所属する被験者は、遅れ気味ではあるが、最後まで講義に追従していると言える。また、他のクラスタよりも検索回数が大きい。すなわち、このクラスタに属する被験者は「追従度合いが遅れ気味ではあるが、講義内容に興味を持っている比較的眞面目」な受講態度であると考えられる。

4. 到端末番号 6,8,11 からなるクラスタ 4

このクラスタはでは、他と比べ、基準時間内の閲覧が小さい。しかし、到

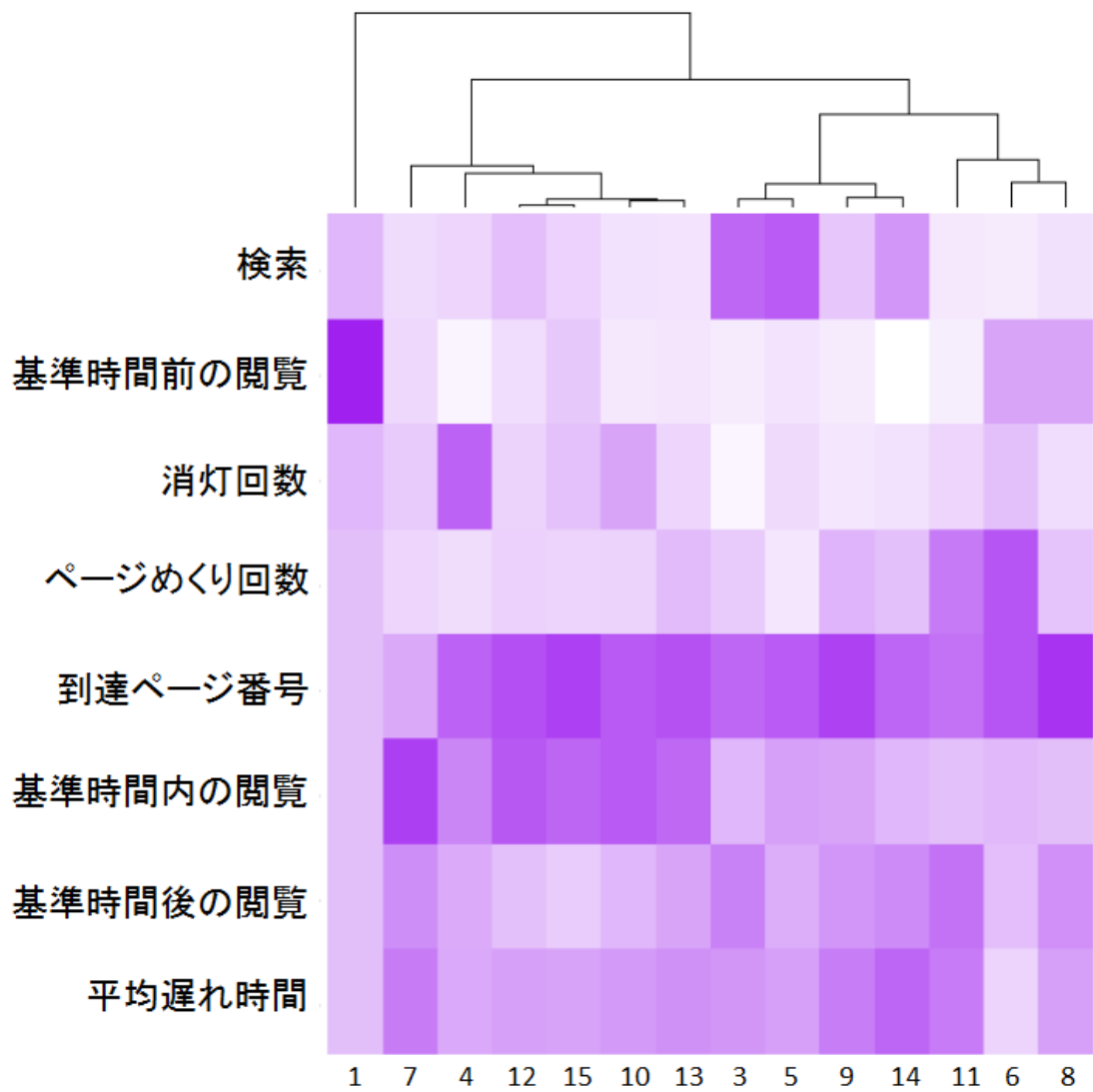


図 3.10: マイクロコンピュータの基礎の講義におけるヒートマップとクラスタリング結果

達ページ番号は大きい。そのため、このクラスタに所属する被験者は、遅れ気味ではあるが、最後まで講義に追従していると言える。しかし、検索回数も小さい。すなわち、このクラスタに属する被験者は「講義内容に興味を持っておらず、ページをめくることで講義を聞いていると考えている、講義に参加気味」な受講態度であると考えられる。

次に、別の結果の例として、日本で行った第3回のマイクロコンピュータの応用の講義についてクラスタリング結果を図3.11に示す。この図においても第2回のマイクロコンピュータの基礎の講義と同じように分かれた。以下で4個のクラスタについて述べる。

1. 端末番号1のみのクラスタ

このクラスタでは、他と比べ、基準時間前の閲覧が大きく、到達ページ番号が小さい。すなわち、このクラスタに属する被験者は「講義内容に興味がない、講義に参加する気がない不真面目」な受講態度であると考えられる。

2. 端末番号3,4,5,10,12,15からなるクラスタ

このクラスタでは、到達ページ番号が大きい。しかし、基準時間内の閲覧よりも、基準時間後の閲覧や平均遅れ時間の割合が大きい。すなわち、このクラスタに属する被験者は「講義参加しようとしている、真面目」な受講態度であると考えられる。

3. 端末番号7,9,11,14からなるクラスタ

このクラスタでは、他と比べ、基準時間内の閲覧が小さいが、到達ページ番号は大きい。また、他のクラスタよりも検索回数が大きい。すなわち、このクラスタに属する被験者は「追従度合いが遅れ気味ではあるが、講義内容に興味を持っている比較的眞面目」な受講態度であると考えられる。

4. 到端末番号6,8,13からなるクラスタ

このクラスタでは、他と比べ、基準時間内の閲覧が小さいが、到達ページ番号は大きい。また、検索回数は小さい。すなわち、このクラスタに属する被験者は「講義内容に興味を持っておらず、ページをめくることで講義を聞いていると考えている比較的眞面目」な受講態度であると考えられる。

以上のように、14名の被験者を4つの特徴的なクラスタに分類することができた。しかし、今回取得したログの解析結果のみでは、各被験者の主観との比較が

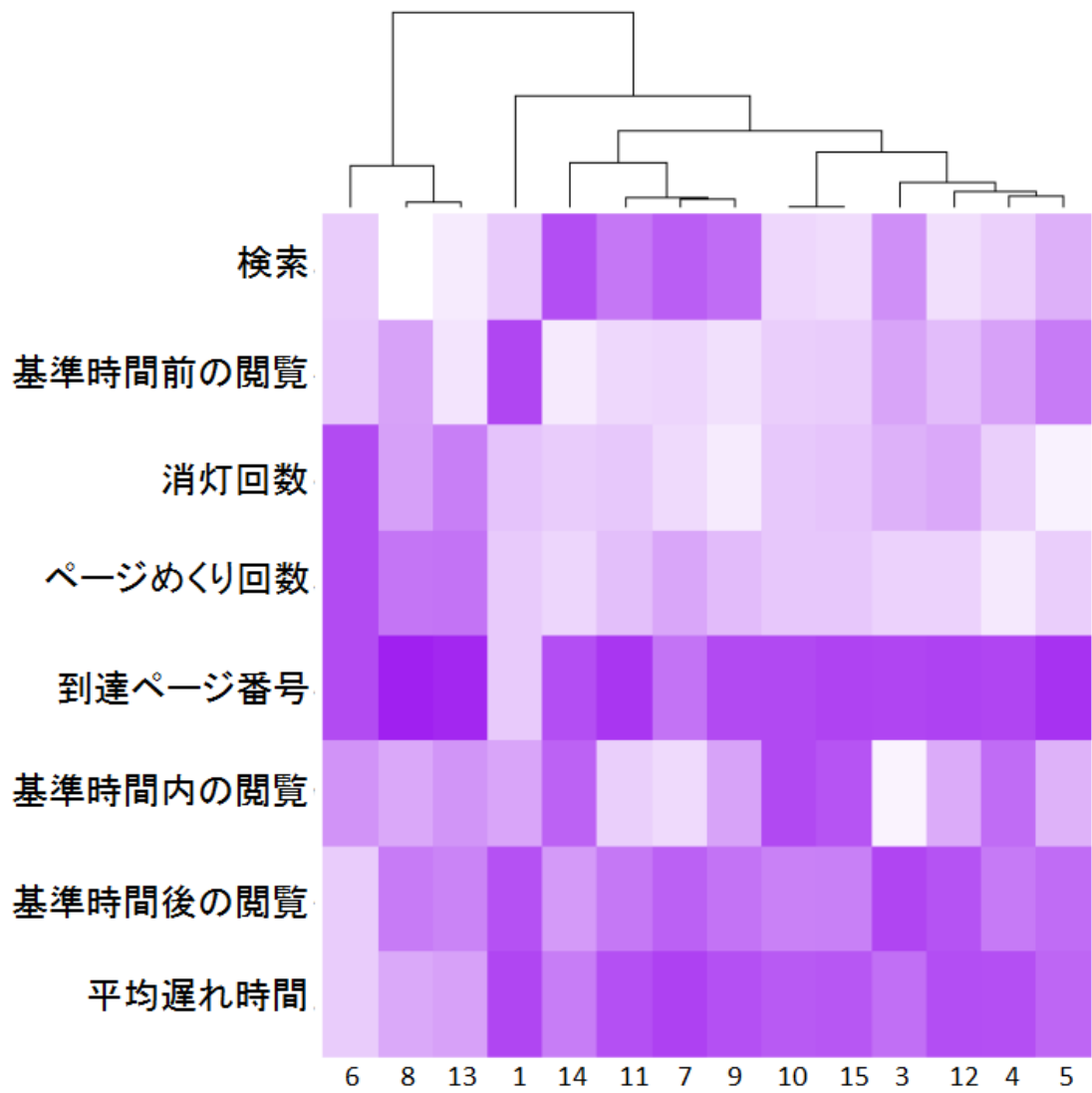


図 3.11: マイクロコンピュータの応用の講義におけるヒートマップとクラスタリング結果

できていないため、各被験者が正しく分類されているかどうかを検証する必要がある。そのため、今後の課題として、各被験者が真面目に受講したのかどうか等、各被験者の主観による受講態度に関する情報をアンケート等で収集する必要があると考える。

3.3.3 クラスタと確認テストの得点の関係性

ここで、現時点で取得した受講態度のログを解析することで、どの程度理解度が低い被験者、理解度が低い被験者を抽出することが可能か検証を行う。今回のマイクロコンピュータの基礎の講義後に行った20点満点の確認テストの各クラスタの平均点数と照らし合わせると、クラスタ1は20点、クラスタ2は15.2点、クラスタ3は14.5点、クラスタ4は17.6点となった。クラスタ4が最も点数が低くなると予想していたが、結果は逆となった。この理由としては、今回導入した講義は単発のものだったので、その時点で講義の内容をある程度知っている被験者には、既知の内容であったため、あまり興味を持たずしっかり参加しなくとも点数を取ることができたのだと考える。逆にクラスタ2,3は知らない内容であったため、講義内容に興味を持ち講義に参加をするが、講義内容の知識をあまり持っていないため、既知の被験者と比較すると確認テストの点数が低くなったのだと考える。また、マイクロコンピュータの応用の講義について各クラスタの平均点数は、クラスタ1は14点、クラスタ2は12点、クラスタ3は10.25点、クラスタ4は13.3点となった。マイクロコンピュータの基礎の講義の結果と同じく、クラスタ3、つまり検索をしている被験者が多いクラスタが最も点数が低い結果となった。このことから上記の考察は間違いではないことが分かる。

上記の結果から、いずれかのクラスタに点数が低い被験者が集まることはなかったため、次に個別で特に点数が低い被験者の抽出を試みる。今回、低いとみなす点数は多くのテストの合格ラインが6割であるため、不合格の6割未満の点数とした。図3.10を用いて個別の点数が低い被験者の抽出について考察する。マイクロコンピュータの基礎のテストにおいて点数が低くなった被験者は端末番号7, 14番である。端末番号7番の特徴的なログとしては、クラスタ2, 3, 4の中で唯一教科書、端末を最後まで使用していない。さらに、クラスタ2に属しているため基準時間内の閲覧の割合は大きい。クラスタ2の他の被験者と比較すると、平均遅れ時間が大きいことが分かる。このことから講義に追従しようとしてはいるが、内容が難しく、各ページの滞在時間が他の被験者よりも長くなり、教師が説明す

るスピードに途中でついていけなくなった可能性があると考えられる。また、本アプリケーションもしくはタブレット端末が使いにくく、端末上で教科書を見るのをやめ、教師の説明に集中したのではとも考えられる。実際にこの行動をとっているのが1番の端末を使用した被験者であり、テストは満点の20点を取っている。このことから、講義中だけの学習の行動や、単発の講義だけではこのような被験者の判別がとても難しいことが分かる。

次に端末番号14番の特徴的なログとしては、最後まで端末は使用していて、基準時間前の閲覧の割合はとても少ない。そのため教師が説明する前に最後のページまで閲覧するという行動はしていないため、講義に沿ってページをめくっていることが分かる。しかし、基準時間内の閲覧より基準時間後の閲覧の方が割合が大きく、平均遅れ時間が全端末中最も濃いことも分かる。このことから、講義をあまり聞いていなく、スクリーンのページが変わっていることに気づいたら手元のページをめくるといった行動を繰り返している、ページを追従することで講義に参加していると考えている被験者と考えられる。また、他の被験者と比較すると検索回数も多いため、講義に集中せず本アプリケーションの機能を使用して遊んでいるとも考えられる。クラスタリングの要素には含まれていないが、図3.8のアクティブウィンドウのログを見ると検索時以外で非アクティブログは出力していないため、タブレット端末の他のアプリケーションで遊んでいないことも確認できる。

以上のように、平均点が低いクラスタの特定とそのクラスタに属する被験者の特徴の抽出、不合格点となった被験者の受講態度の抽出を行うことができた。この結果から、今後、より多くのログデータを収集し、同様に解析を行うことで、ログデータの特徴量から計算機により自動で受講態度の判別や、確認テストの推測を行うことができると考えられる。

第4章 結論

本稿では、タブレット端末を教育現場に導入し、被験者の講義の追従具合の解析による、被験者の受講態度の取得とその解析を行った。また、受講態度の解析から、講義内容の理解度が低く試験の点数が低くなった被験者を発見することを試みた。

複数の講義のタブレット端末のシステムログを解析し、被験者のクラスタリングを行ったところ、4つのクラスタに分類することが出来た。各クラスタは、端末を講義の最後まで使用しているか否か、教師が説明しているページに頻繁に追従しているか否か、本システムの検索機能を多く使用しているか否かという要素で分類された。これらのクラスタとテストの点数との関連性を見ると、共通のクラスタが点数が低くなる傾向は見られた。しかし、いずれかのクラスタに点数が低い被験者が集まることはなかったため、テストの点数が不合格点となった被験者の受講態度の抽出を試みた。その結果、点数が低くなる可能性がある被験者の特徴的なログを確認することが出来た。しかし、同類の行動をしている他の被験者に点数が高い被験者もいる場合があり、現段階の単発講義による実験データでは統計的な結果は出せない状態である。そのため、今後の課題として、複数回の講義への導入を検討している。複数回の講義へ導入することで、単発の講義ではとれなかった、各被験者の受講態度の変化や、各被験者の恒常的な受講態度の傾向も見てとれるのではと考えている。また、今回取得したログの解析結果のみでは、各クラスタの受講態度を明確に判断し、確定することは難しいと言える。そのため、今後の課題として、各被験者が真面目に受講したのかどうか等、各被験者の主観による受講態度に関する情報をアンケート等で収集する必要があると考える。さらに今後、より多くのログデータを収集する際、タブレット端末の台数制限により被験者数を制限するのは好ましくない。そのため、AndroidのネイティブアプリケーションからWebアプリケーションへの移行も検討している。Webアプリケーションへ移行することで、パソコンが設置されている機器室や、各被験者が所持している端末を用いることで、講義に本アプリケーションを導入しやすくな

り，その結果多くのログデータを収集し，統計的な解析を行うことができると考えている。

謝辞

本論文は，著者が三重大学にて行った研究をまとめたものである．本論文を進めるにあたり，懇切丁寧なご指導と御督励を賜った三重大学の高瀬治彦准教授，川中普晴准教授，本学の鶴岡信治理事・副学長，Eastern Washington Universityの井上敦司教授，また貴重な時間を割いて本論文を査読していただいた三重大学の北英彦准教授に深く感謝いたします．また，日頃熱心に討論していただいた情報処理研究室の皆様方に厚く御礼申し上げます．最後に，本論文をまとめるにあたり，助言，討論，その他お世話になったすべての方々に感謝いたします．

参考文献

- [1] BUFFALO, ICT を活用した教育を支える通信環境整備, <http://buffalo.jp/products/b-solutions/industry/bunkyo/>, 2月, (2015).
- [2] ReseMom, 「公立校学校のタブレット端末導入が2年で3.5倍増…文科省調査」, <http://resemom.jp/article/2016/09/01/33526.html>, 10月, (2016).
- [3] 東京IT新聞, 教育現場でタブレット端末浸透 2020年の「1人1台目標」前倒しが進む, <http://itnp.net/story/582>, 2月, (2015).
- [4] ReseMom, 豊田市、市内の全小中学校にデジタル教科書導入, <http://resemom.jp/article/2012/10/16/10348.html>, 2月, (2015).
- [5] 藤本 満士, Web上で利用できるインタラクティブな学習支援システムの開発とその活用ー考えを共有し、学びを深める算数科の授業ー, http://www.ysn21.jp/tyousa/tyoukikensyu/houkoku/houkoku22/hou_fuji.pdf, 1月, (2017).
- [6] Sohail Iqbal, Morshed U. Chowdhury, Om Kumar Harsh, Mobile devices supported learning for novice programmers, ISBN, pp.227–282, (2013).
- [7] Ahmed Al-Sa’di, Dave Parry, Phil Carter, Usability considerations for educational tablet applications using an Arabic interface, 2014 5th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS), pp.1–6, (2014)
- [8] Jacqueline BATCHELOR, Eunice Eyitayo OLAKANMI, Preparing teachers to integrate tablet computers into teaching and learning, IST-Africa 2015 Conference Proceedings, (2015).

- [9] Kelvin C.K. Wong and William K.W. Cheung, A study of gender differences in ICT competency, 2012 8th International Conference on Information Science and Digital Content Technology (ICIDT2012), pp.12–14, (2012).
- [10] Micah Stickel, Sean V. Hum, Lessons learned from the first-time use of tablet PCs in the classroom, 2008 38th Annual Frontiers in Education Conference, S1A-7-S1A-12, (2008).
- [11] Charalampos Giousmpasoglou, Evangelia Marinakou, The Future is Here: m-Learning in Higher Education, 2013 Fourth International Conference on e-Learning "Best Practices in Management, Design and Development of e-Courses: Standards of Excellence and Creativity", pp.417–420, (2013).
- [12] Mostafa Al-Emran, Khaled Shaalan, Learners and educators attitudes towards mobile learning in higher education: State of the art, 2015 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), pp.907–913, (2015).
- [13] A. Zaldvar, Member, IEEE, C. Tripp, Member, IEEE, J. A. Aguilar, J. E. Tovar, C. E. Anguiano, Using Mobile Technologies to Support Learning in Computer Science Students, IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 13, NO. 1, (2015).
- [14] Arreytambe Tabot, Mohamed Hamada, The role of Multimedia Learning Systems in the Nigerian higher educational landscape, Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), (2014). .
- [15] Viska Mutiawani, Juwita, Developing e-learning application specifically designed, International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI) 2014 for learning introductory programming, pp.126–129, (2014).
- [16] Rosario G. Garroppo, Stefano Giordano, Stefano Lucetti, Gregorio Proccissi and Giuseppe Risi, A Pilot E-Learning Experience on Telecommunications: Towards the E-Campus Concept, Advanced International Conference on Telecommunications and International Conference on Internet and Web Applications and Services(AICT/ICIW 2006), p8, (2006).

- [17] Jamie Cromack, Technology and learning-centered education: Research-based support for how the tablet PC embodies the Seven Principles of Good Practice in Undergraduate Education, 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, T2A-1-T2A-4, (2008).
- [18] livedoor, iPhone と Android で世界のスマホ市場のシェア 99 % を占めていた, <http://news.livedoor.com/article/detail/11908269/>, 1 月, (2017).
- [19] SHARP, 大学生協仕様ビューア付電子書籍(教科書/参考書/専門書/辞書など)の授業採用開始, <http://www.sharp.co.jp/corporate/news/160427-b.html>, 2 月, (2017).
- [20] Antony Harfield, Ilkka Jormanainen, Jaratsri Rungrattanaubol, Ratchada Pattaranit, An Open Monitoring Environment for primary school children engaged in tablet-based learning, 2013 10th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), pp.195-199, (2013).

発表

- [A1] Koji Yamada, Shinji Tsuruoka, Haruhiko Takase and Hiroharu Kawanaka: PROPOSAL OF LEARNING ASSISTING SYSTEM USING TABLET TERMINAL FOR ACTIVE LEARNING, 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING TECHNOLOGY, ICIT010 (2016).
- [A2] Koji Yamada, Atsushi Inoue, Shinji Tsuruoka, Hiroharu Kawanaka and Haruhiko Takase: Analysis of computer event logs to assess student engagement in classroom: a case study in the United States, 2016 12th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD), pp.1783–1786, (2016).
- [A3] Koji Yamada, Atsushi Inoue, Hiroharu Kawanaka, Haruhiko Takase, and Shinji Tsuruoka: How can we assess student engagement in the classroom?—Analysis of computer event logs obtained at EWU, USA—, International Symposium for Sustainability by Engineering at MIU, pp.45–46, (2016).
- [A4] Koji Yamada, Atsushi Inoue, Hiroharu Kawanaka, Haruhiko Takase, and Shinji Tsuruoka: Analysis of computer event logs to assess student engagement in classroom: a case study in the Mie University, Proceedings of the Eighth International Workshop on Regional Innovation Studies, pp.9–13, (2016).
- [A5] 山田 晃司, 鶴岡 信治, 川中 晴普, 高瀬 治彦: タブレット端末でのスワイプ操作認識を利用した能動学習支援システムの試作とその評価, 平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, A3-6, (2015).
- [A6] 山田 晃司, 井上 敦司, 鶴岡 信治, 川中 晴普, 高瀬 治彦: タブレット端末でのスワイプ操作認識を利用した能動学習支援システムの検証と結果報告, 三重大学アカデミックフェア 2016, (2016).

- [A7] 山田 晃司, 鶴岡 信治, 川中 晴普, 高瀬 治彦: 能動学習のためのタブレット端末を用いた学習支援システムの提案 – Android タブレット端末上での文字認識精度の検討 – Proposal of Learning Assist System for Active Learning on Tablet – Discussion of Recognition Accuracy on Android Tablet Terminal –, 2016 年映像情報メディア学会年次大会, 33B-5, (2016).
- [A8] 山田 晃司, 鶴岡 信治, 川中 晴普, 高瀬 治彦: タブレット端末でのスワイプ操作認識を利用した能動学習支援システムの試作とその評価, 平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, C2-1, (2016).
- [A9] 山田 晃司, 井上 敦司, 川中 晴普, 高瀬 治彦, 鶴岡 信治: タブレットの操作ログの解析による講義中における学生の評価: ページ遷移について, 地域イノベーション学会誌 Vol5, p44, (2016).
- [A10] 山田 晃司, 井上 敦司, 鶴岡 信治, 川中 晴普, 高瀬 治彦: 講義中におけるタブレットの操作ログの解析による学生の評価の試み, 三重大学アカデミックフェア 2017, (2017).