

令和 3 年度  
修士学位論文

# バックトラッキングリーディングを誘発するた めの学習支援システムの構築とその評価

Development of a Learning Support System to  
Trigger Backtrack Reading and Its Evaluation

1235074 溝口 瑛祐

指導教員 妻鳥 貴彦

2022 年 2 月 27 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻  
情報学コース

## 要 旨

# バックトラックリーディングを誘発するための学習支援システムの構築とその評価

溝口 瑛祐

近年、オンライン授業の導入や Moodle や Canvas などの LMS(Learning Management System) の活用により、大量の学習履歴を取得することが可能になった。そして、学習履歴を分析することで、学習や教育の改善に繋がる新たな知見を発見する Learning Analytics が注目されている。Learning Analytics の先行研究として、オンライン上にある資料に対する学生の閲覧履歴を分析し、高成績の学生に共通する学習行動を分析したものがある。これによると、高成績の学生に共通した学習行動として、特定のページへの移動を行う学習行動であるページジャンプや、閲覧済みのページへの複数回の移動を示す学習行動であるバックトラックリーディングがあることが示唆された。

そこで本研究では、高成績の学生が共通して行う学習行動であるバックトラックリーディングを誘発することを目的として、学習者がバックトラックリーディングを誘発する要因と関連があると推察される、学習者自身の学習行動、他者の学習行動、教員の行動の 3 つと関連する情報を提示するシステムを構築した。そして、このシステムによってバックトラックリーディングを誘発できたかの評価をシステムを利用しない場合と利用した場合でのジャンプ回数の比較を行うことで評価した。その結果、情報の提示によってバックトラックリーディングを誘発する学生の存在が確認された。

キーワード Learning Analytics, ページジャンプ, バックトラックリーディング, STELLA

# Abstract

## Development of a Learning Support System to Trigger Backtrack Reading and Its Evaluation

Eisuke Mizoguchi

In recent years, researchers have been able to get a large amount of learning record through the introduction of online lessons and LMS (Learning Management System) such as Moodle and Canvas. Then, they focused on Learning Analytics, which analyzes learning record to discover new findings that lead to improvements in learning and education.

Currently, there are previous studies of Learning Analytics that aims to identify learning behavior common to students who show high learning outcomes by analyzing the browsing record of students for online materials. From these studies, it found that page jumping and backtrack reading are learning behaviors common to students who show high learning outcomes. Page jumping is a learning behavior that moves to specific page, and backtrack reading is a learning behavior that moves to viewed page many times.

Therefore, the purpose of this study is to trigger backtrack reading to have a positive on students' learning outcomes. Then, we developed a system that presents three types of information: the learner's own learning behavior, the learning behavior of other students, and the behavior of the teacher, which are considered to be factors that trigger the learner's backtrack reading. We evaluated whether this system could trigger backtrack reading. The evaluation method is to compare the number of jumps

when the system is not used and when it is used. As a result of the evaluation, we confirmed students who trigger backtrack reading by presenting information.

***key words***     Learning Analytics, page jump, backtrack reading, STELLA

# 目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	研究背景	2
2.1	研究背景	2
2.2	関連研究	2
2.2.1	ページジャンプ行動と成績との関連	3
2.2.2	バックトラックリーディングに関する研究	3
2.3	研究目的	4
第 3 章	学習ログの分析	5
3.1	バックトラックリーディングが存在するかの調査	5
3.2	ページジャンプに関する調査	6
3.3	バックトラックリーディングを誘発できると考えられる要因	11
第 4 章	バックトラックリーディングを誘発するための学習支援システムの提案	13
4.1	システムの提案	13
4.2	学習者自身の学習行動	13
4.2.1	閲覧中の資料の各ページの情報	14
4.2.2	閲覧済み資料の情報	14
4.3	他者の学習行動	15
4.4	教員の行動	15
第 5 章	システムの実装	16
5.1	STELLA	16
5.2	システムの環境と全体像	17

## 目次

5.3	バックトラックリーディングを誘発する機能 . . . . .	17
5.4	リンクからのジャンプ機能 . . . . .	21
<b>第 6 章</b>	<b>評価</b>	<b>23</b>
6.1	実験の概要 . . . . .	23
6.2	結果 . . . . .	25
6.2.1	分析方法 . . . . .	25
6.2.2	テスト結果 . . . . .	26
6.2.3	アンケート結果 . . . . .	27
6.2.4	分析 1 . . . . .	28
6.2.5	分析 2 . . . . .	30
6.2.6	分析 3 . . . . .	32
6.3	考察 . . . . .	40
<b>第 7 章</b>	<b>おわりに</b>	<b>42</b>
	謝辞	<b>43</b>
	参考文献	<b>44</b>

# 目次

3.1	ページジャンプするページのみ変化 . . . . .	7
3.2	ページジャンプ先のページのみ変化 . . . . .	7
3.3	ページジャンプするページの閲覧時間が 3,4 秒 . . . . .	8
3.4	ページジャンプ先のページの閲覧時間が 3,4 秒 . . . . .	8
3.5	ページジャンプするページとページジャンプ先のページ共に閲覧時間が 3,4 秒	9
3.6	閾値 5 の場合だとページジャンプするページまたはページジャンプ先のページとなるレコードが存在しない . . . . .	9
3.7	閾値 3 では 1 ページずつめくる学習行動だが閾値 5 ではページジャンプとして扱われるもの . . . . .	10
3.8	閾値 3 では 1 ページから 3 ページへのページジャンプだが, 閾値 5 では 2 ページから 4 ページへのページジャンプ扱いになるような全く別のページジャンプとして扱われるもの . . . . .	10
5.1	構築したシステムの概観 . . . . .	18
5.2	教員用画面 . . . . .	18
5.3	My Page Information . . . . .	19
5.4	Other students . . . . .	20
5.5	Teacher . . . . .	20
5.6	My Log . . . . .	21
6.1	user001 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	35
6.2	user001 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	35
6.3	user001 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移 2 . . . . .	36
6.4	user002 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	37

## 図目次

6.5	user002 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	37
6.6	user006 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	38
6.7	user006 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	38
6.8	user007 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	38
6.9	user007 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移 . . . . .	39



# 表目次

6.1	本システムを利用しない場合のテストの成績 (10 点満点で採点) . . . . .	26
6.2	本システムを利用する場合のテストの成績 (10 点満点で採点) . . . . .	26
6.3	2 月 3 日に実施した本システムを利用する場合での被験者 4 名のテストの成績	27
6.4	アンケート結果 . . . . .	27
6.5	A 群 (システムを利用しない場合) . . . . .	28
6.6	B 群 (システムを利用しない場合) . . . . .	28
6.7	A 群 (システムを利用する場合) . . . . .	29
6.8	B 群 (システムを利用する場合) . . . . .	29
6.9	資料 1 でのページジャンプ回数 . . . . .	29
6.10	資料 2 でのページジャンプ回数 . . . . .	30
6.11	資料 1 の場合 . . . . .	30
6.12	資料 2 の場合 . . . . .	31
6.13	セルのリンクからのページ遷移の分類 . . . . .	32
6.14	各項目からのページジャンプ回数 . . . . .	32
6.15	資料 1 の場合 . . . . .	33
6.16	資料 2 の場合 . . . . .	34

# 第 1 章

## はじめに

近年, オンライン授業の導入や Moodle や Canvas などの LMS(Learning Management System) の活用によって, 大量の学習履歴を取得することが可能になった. そして, 学習履歴を分析することによって, 学習や教育の改善に繋がる新たな知見を見つける Learning Analytics が注目されている. Learning Analytics の先行研究として, オンライン上にある資料に対する学生の閲覧履歴を分析し, 高成績の学生に共通する学習行動を分析したものがある. これによると, 高成績の学生に共通した学習行動として, 特定のページへの移動を行う学習行動 [1] や, 閲覧済みのページへの複数回の移動を示す学習行動 [2] があることが示唆された.

そこで本研究では, 高成績の学生が共通して行う学習行動であるバックトラックリーディングを誘発するシステムを構築することを目的とする. 構築するシステムは, 本研究室にて開発した STELLA(Storing and Trating the Experience of Learning for Learning Analytics) と呼ばれる, LMS 上で教員がアップロードした資料を学習者が閲覧した際の学習履歴を LRS(Learning Record Store) に蓄積するシステム上に構築し, このシステムの機能である教員による付箋の貼り付けや書き込みを共有する機能を利用する [3].

## 第 2 章

# 研究背景

### 2.1 研究背景

近年, Moodle や Canvas などの学習者の学習履歴や成績管理などをオンライン上で行うシステムである LMS(Learning Management System) の学習環境への導入やオンライン授業の導入によって大量の学習履歴を取得することが可能になった. また, xAPI(Experience API) と呼ばれる学習履歴に関する国際標準規格により, 様々な学習行動を統一的な学習履歴として記録及び蓄積が可能になった. これらの大量の学習履歴を分析し, その分析結果から意味のあるデータを抽出, 学習へのフィードバックに繋げる Learning Analytics と呼ばれる研究が盛んに行われている. Learning Analytics では, 学習履歴の可視化・分析によって, 学習成果の向上に繋がる学習行動の発見や経験則を基にした指導方法に対する指導方法と成績との関連の解明が可能であり, ここで得られた成果を学習や教育の改善に繋げている. Learning Analytics 分野の先行研究として, 九州大学では M2B(みつば) システムを利用して学生の閲覧履歴を収集し, 収集したデータを分析, 分析結果を授業改善のためのフィードバックに用いられている [4].

### 2.2 関連研究

Learning Analytics の分野の研究として, 学習履歴を分析することで, 高成績の学生に共通する学習行動を特定する研究がある.

## 2.2 関連研究

### 2.2.1 ページジャンプ行動と成績との関連

Hirokawa らの研究では、高精度な成績予測モデルの構築と、最終的な成績に影響を与える要素の解明を目的としてデジタル教材配信システム BookRoll を使用した学生の学習ログを分析し、4 つの成績予測モデルを作成した。作成した 4 つの成績予測モデルは、教材の種類とページ情報を利用した成績予測モデル page, page で利用した情報に加え、学生が BookRoll で操作した内容を利用した成績予測モデル ope, ope で利用した情報に加え、1 ページ目を閲覧後、3 ページ目を閲覧のような学生が連続して閲覧したページの情報 path2 を利用した成績予測モデル ope+path2, ope で利用した情報に加え、学生が 5 連続以下で閲覧したページの情報 path5 を利用した成績予測モデル ope+path5 の 4 つである。これら成績予測モデルを用いて、最終試験にて 80 点以上を取った学生を高成績の学生と定義し、これら学生が示した学習行動と成績との関連を調査した結果、ope+path2 と ope+path5 によって特定のページに移動する学習行動であるページジャンプが高成績との関連が示された [1]。

### 2.2.2 バックトラックリーディングに関する研究

Yin らの研究では、高成績との関連を示す学習行動の可視化・特定を目的として、電子書籍を読む際の学生の学習行動を記録するシステムである BookLooper を使用した学生の学習ログから学習行動を可視化した結果、何人かの学生が前のページへ移動を複数回行なっていることが分かった。これを踏まえ、この行動をバックトラックリーディングと呼称し、前のページを見た回数を次のページを見た回数で割ることで算出した BRR(Backtrack Reading Rate) を用いて、バックトラックリーディングを数値化した。また、k-means clustering を用いて、学習者が閲覧したページ数、予習の回数、教材を学習した時間、BRR の 4 つの学習行動に関する値と 4 つの学習行動に関する値と 10 回分の講義後の小テストの合計値から C1, C2, C3, C4 という 4 つのクラスタに分類した。4 つのクラスタの特徴はそれぞれ、C1 は 4 つの学習行動に関して優れたスコアを示し、4 つのクラスタの中で最も成績の平均値が高いもの、C2 は C3 と C4 と比較すると閲覧したページ数も教材を学習した時間も長く、C1 と

## 2.3 研究目的

成績の平均値に差がないもの、C3 は C1 と C2 と比較すると閲覧したページ数と教材の学習時間に差があるが、BRR が 4 つのクラスタで最も高く、C1 とは成績の平均値に差があるが C2 とはないもの、C4 は最も閲覧したページ数と教材の学習時間が少なく、クラスタ内で最も低い成績のものである。これらの学習行動と成績に着目しクラスタ間を比較した結果、閲覧したページ数と教材を学習した時間が多いクラスタである C2 と、閲覧したページ数と教材を学習した時間は多くないが、BRR がクラスタ内で最も高いクラスタである C3 の成績に有意差が見られない点から、バックトラックリーディングが短時間での成績向上との関連を示すことが推察された [2]。

## 2.3 研究目的

前節で述べた先行研究で、ページジャンプやバックトラックリーディングが成績との関連を示す学習行動として確認された。そこで本研究では、これらの学習行動を誘発することで、成績への変化を及ぼすことが可能と仮定し、高成績の学生が共通して行う学習行動を誘発することを目的とする。

## 第 3 章

# 学習ログの分析

### 3.1 バックトラックリーディングが存在するかの調査

2.2.2 節で述べた先行研究より、バックトラックリーディングと呼ばれる学習行動が高成績との関連を示したことを踏まえ、本研究室で所有する学習ログでもバックトラックリーディングが確認できるかの調査を行なった。調査に使用した学習ログの詳細は、以下の通りである。

- 調査に使用した学習ログ
  - \* 講義名: 情報科学 3
  - \* 講義実施日: 2019 年 12 月 9 日の 1 時限 (8:50 10:20)
  - \* テキスト内容: 第 2 回講義資料
  - \* 総ページ数: 29 ページ
  - \* LMS へのログイン数: 52 名
  - \* 総レコード数: 4618 レコード

調査方法は、講義中の学習ログから各学生の次のページへの移動回数、前へのページへの移動回数、合計閲覧時間、閲覧したページ数、バックトラックリーディングの割合の 5 つの項目を算出した。その際、バックトラックリーディングの割合は、前のページに移動した回数を次のページに移動した回数で除算したものである。

調査の結果、研究室で有する学習ログからもバックトラックリーディングの存在を確認できたが、学生全員がバックトラックリーディングを行なっていないことが分かった。

### 3.2 ページジャンプに関する調査

2.2.1 節で述べた先行研究より、ページジャンプと呼ばれる学習行動が高成績との関連を示したことを踏まえ、本研究室でもページジャンプと呼ばれる学習行動を定義し、本研究室にて有する学習ログからページジャンプに当てはまる学習行動を抽出した。その際、2 ページ以上前のページへの移動または2 ページ以上後ろへのページへの移動をページジャンプとして定義した。また、調査に使用する学習ログは、3.1 節にて記載した調査で使用した学習ログと同じものを使用し、調査前に使用する学習ログに対し、閾値 3(閲覧時間が 3 秒未満の場合はそのページを閲覧していないとする処理をしたもの) と、閾値 5(閲覧時間が 5 秒未満の場合はそのページを閲覧していないとする処理をしたもの) の 2 パターンを用意して比較・検証を行った。

その結果、閾値を設定することで以下の 5 つのパターンにページジャンプを分類できた。

1. 閾値 3 と閾値 5 で同一
2. ページジャンプするページのみ変化 (図 3.1)

閾値 3 では 2 ページから 4 ページにページジャンプを行っているが、閾値 5 ではページジャンプするページの閲覧を示すレコードが除かれ、このレコードより以前に閲覧を示すレコードと繋がった結果、1 ページから 4 ページにページジャンプとページジャンプするページが変化した。

3. ページジャンプ先のページのみ変化 (図 3.2)

閾値 3 では 1 ページから 3 ページにページジャンプを行っているが、閾値 5 ではページジャンプ先のページの閲覧を示すレコードが除かれ、このレコードより以後に閲覧を示すレコードと繋がった結果、1 ページから 4 ページにページジャンプとページジャンプ先のページが変化した。

4. 閾値 3 のみに存在
5. 閾値 5 のみに存在

### 3.2 ページジャンプに関する調査

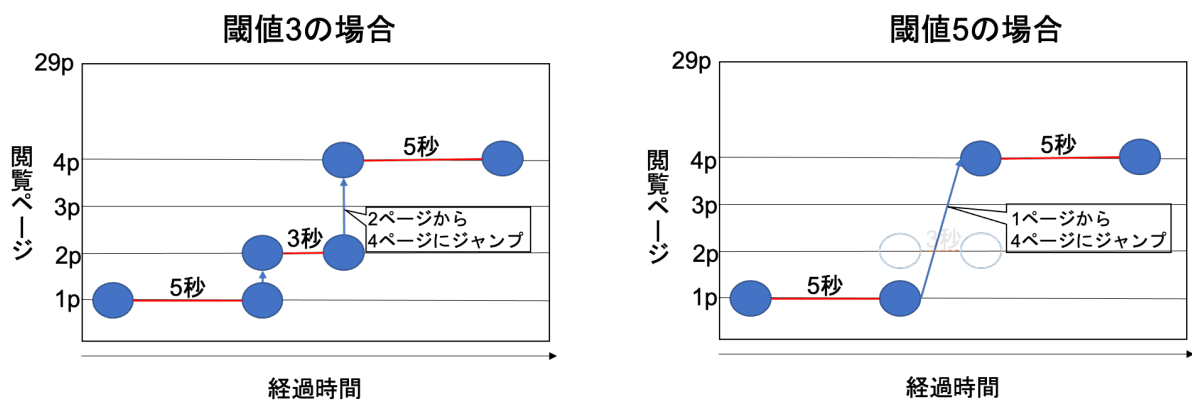


図 3.1 ページジャンプするページのみ変化

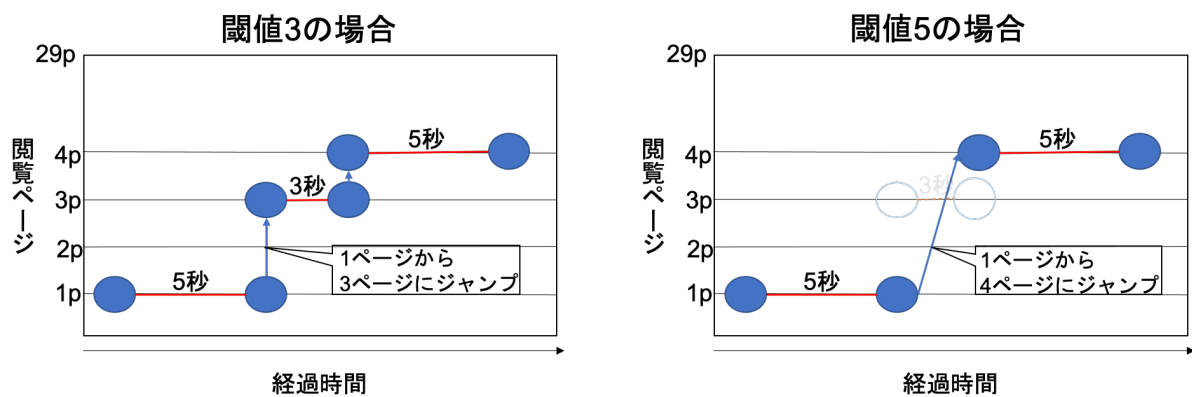


図 3.2 ページジャンプ先のページのみ変化

さらに閾値 3 のみに存在するページジャンプの履歴を分類すると、以下の 4 つのパターンに分類できた。

1. ページジャンプするページの閲覧時間が 3,4 秒 (図 3.3)

閾値 5 では、ページジャンプするページの閲覧を示すレコードが除かれ、このレコードより前に記録されたレコードと繋がった結果、ページジャンプしなかったと判断される。



### 3.2 ページジャンプに関する調査

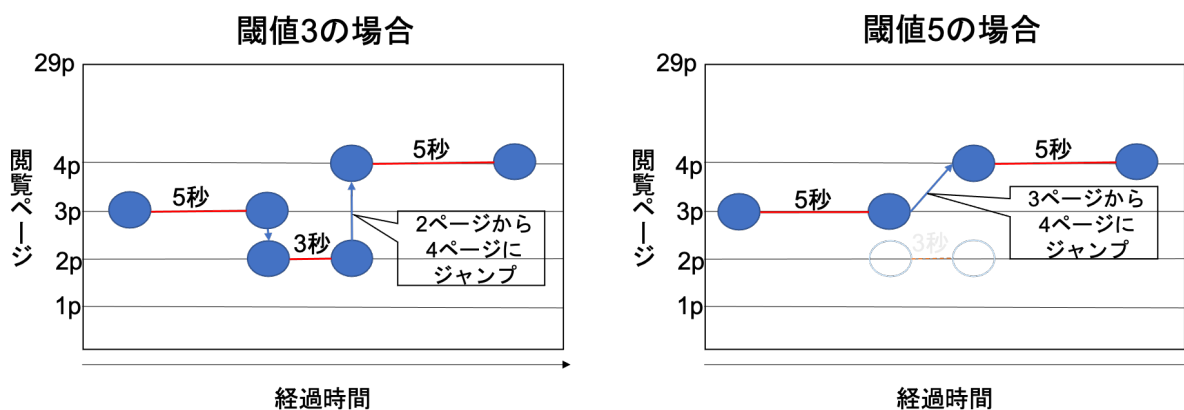


図 3.3 ページジャンプするページの閲覧時間が 3,4 秒

#### 2. ページジャンプ先のページの閲覧時間が 3,4 秒 (図 3.4)

閾値 5 では、ページジャンプ先のページの閲覧を示すレコードが除かれ、このレコードより後に記録されたレコードと繋がった結果、ページジャンプしなかったと判断される。

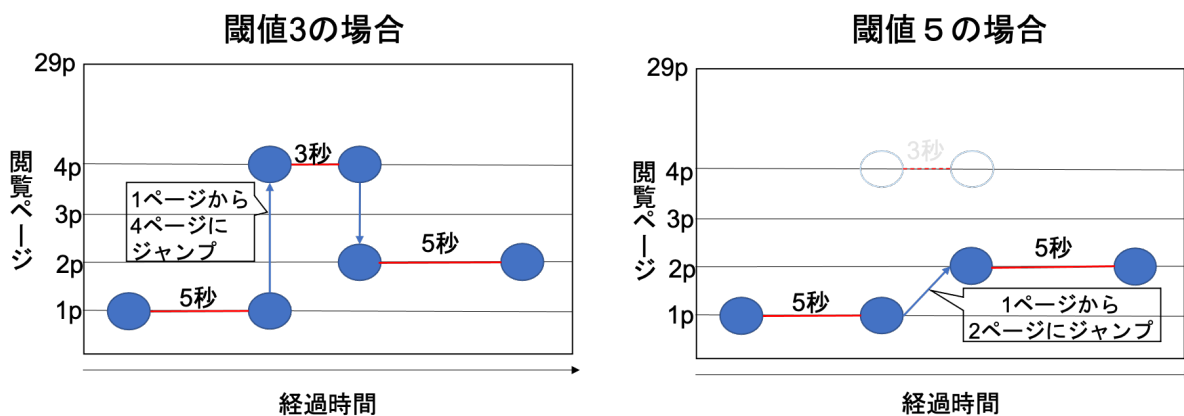


図 3.4 ページジャンプ先のページの閲覧時間が 3,4 秒

#### 3. ページジャンプするページとページジャンプ先のページ共に閲覧時間が 3,4 秒 (図 3.5)

閾値 5 では、ページジャンプするページとページジャンプ先のページの閲覧を示すレコードが除かれ、ページジャンプするページより前に記録されたレコードと、ページジャンプ先のページより後に記録されたレコードが繋がった結果、ページジャンプしなかった

### 3.2 ページジャンプに関する調査

たと判断される。

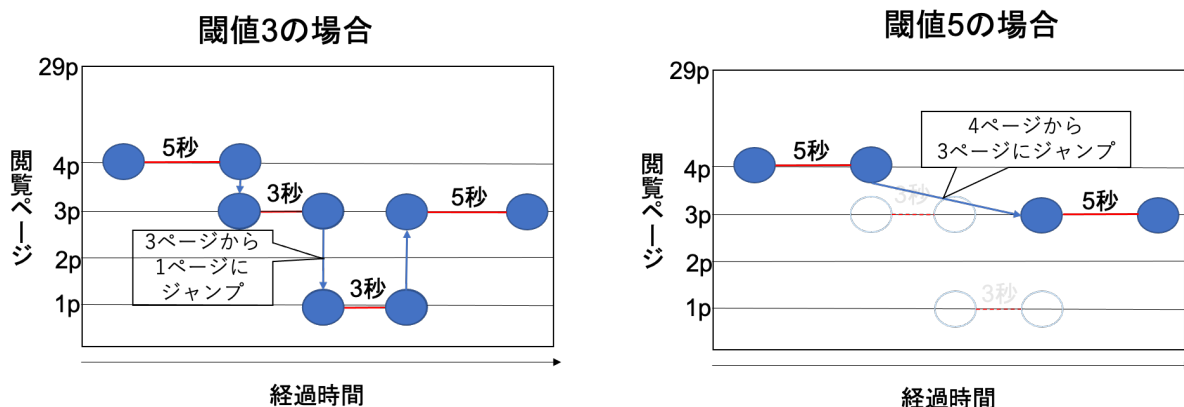


図 3.5 ページジャンプするページとページジャンプ先のページ共に閲覧時間が3,4 秒

4. 閾値 5 の場合だとページジャンプするページまたはページジャンプ先のページとなるレコードが存在しない (図 3.6)

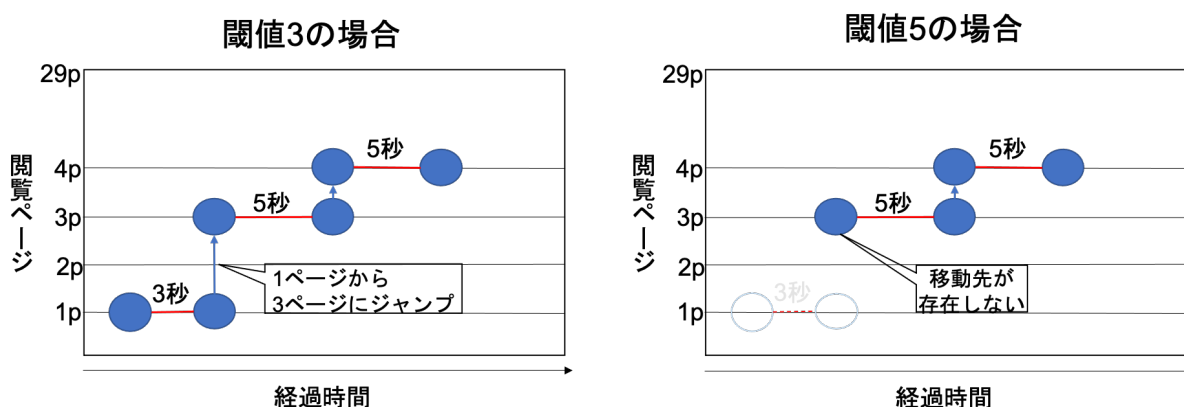


図 3.6 閾値 5 の場合だとページジャンプするページまたはページジャンプ先のページとなるレコードが存在しない

そして、3 つめのパターンから後ろのページの内容を確認後、次のページへ移動する学習行動が確認できた。また、閾値 5 のみに存在するページジャンプの履歴を分類すると、以下の 2 つのパターンに分類できた。

1. 閾値 3 では 1 ページずつめくる学習行動だが閾値 5 ではページジャンプとして扱われる

### 3.2 ページジャンプに関する調査

もの (図 3.7)

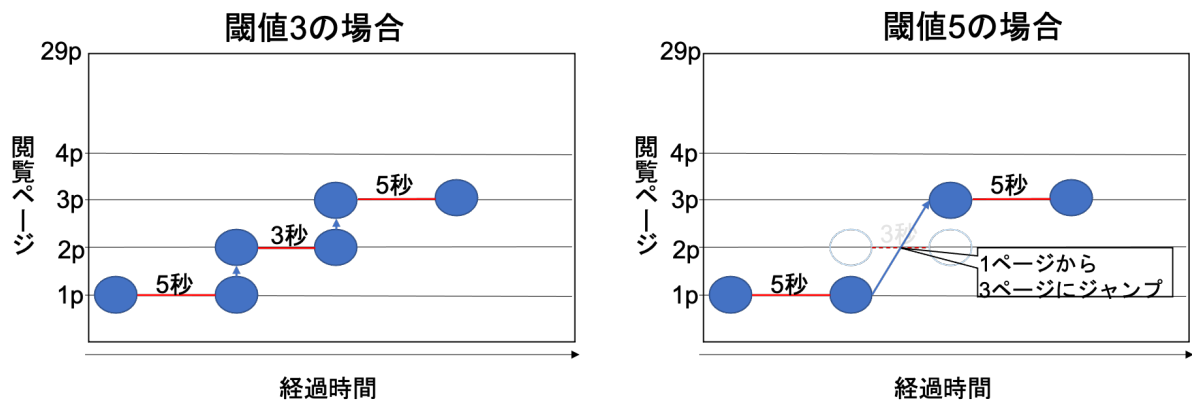


図 3.7 閾値 3 では 1 ページずつめくる学習行動だが閾値 5 ではページジャンプとして扱われるもの

2. 閾値 3 では 1 ページから 3 ページへのページジャンプだが, 閾値 5 では 2 ページから 4 ページへのページジャンプ扱いになるような全く別のページジャンプとして扱われるもの (図 3.8)

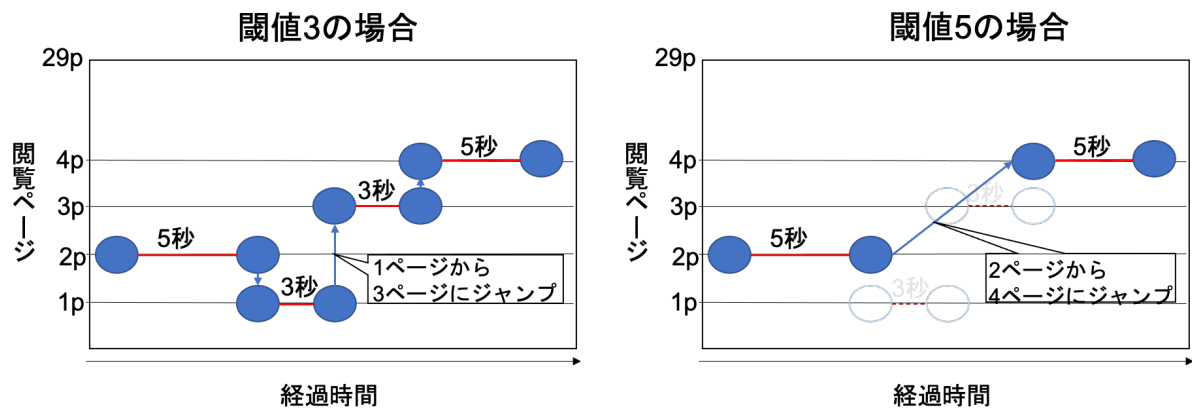


図 3.8 閾値 3 では 1 ページから 3 ページへのページジャンプだが, 閾値 5 では 2 ページから 4 ページへのページジャンプ扱いになるような全く別のページジャンプとして扱われるもの

これらの点から本研究室で有するログでもページジャンプを確認でき, バックトラックリーディングもページジャンプに含まれる場合があることが推察された。

### 3.3 バックトラックリーディングを誘発できると考えられる 要因

本研究で誘発する成績との関連を示す学習行動の1つであるバックトラックリーディングを学習者が示す要因として、学習者自身が要因となるものと、他者が要因となるものの2つがあることが考えられる。

#### 1. 学習者自身が要因となるもの

学習者自身が要因となるものとして、付箋や書き込みを行った場合、閲覧時間や閲覧回数に関係する場合、それ以外の場合が考えられる。付箋や書き込みを行った場合としては、付箋に書いた内容やアンダーラインを引いた箇所を思い出すためや、付箋に書いた内容や書き込みの内容の補足や修正のためなどからバックトラックリーディングを行う可能性が考えられる。閲覧時間や閲覧回数に関係する場合としては、長時間の閲覧や複数回の閲覧を学習者が行ったページには復習を目的としたバックトラックリーディングを行う可能性が考えられる。また、それ以外の場合としては、資料の閲覧時に閲覧済みのページを見直したい場合、どのページに何が書かれているかを確認する場合、2,3 ページにわたって書かれている内容があるかなどの資料の構成を確認する場合などにバックトラックリーディングを行う可能性が考えられる。

これらを踏まえ本研究では、ページごとの書き込みの有無や多く付箋を貼っている資料などがあることを学習者に提示することで、そのページや資料への関心を高め、バックトラックリーディングを誘発させる。

#### 2. 他者が要因となるもの

他者が要因になるものとして、他の学習者によるものの場合と、教員によるものの場合が考えられる。他の学習者によるものの場合としては、学習者自身が見ているページとは異なるページを他の学習者が長時間閲覧している場合や他の学習者が多く書き込みを行なっている場合などに学習者がそのページに対し興味を示し、バックトラックリーディングを行う可能性がある。また、教員によるものの場合としては、教員が内容の補

### 3.3 バックトラックリーディングを誘発できると考えられる要因

足のための付箋の貼り付けや書き込みを行なった場合にそのページに学習者が興味を示し、バックトラックリーディングを行う可能性がある。

これらを踏まえ本研究では、他の学習者が長時間の閲覧を示したページや、多くの他の学習者が書き込みをしているページ、教員が付箋を多く貼ったページなどの他者の意図した行動が多いページが存在することを学習者に提示することで、そのページへの関心を高め、バックトラックリーディングを誘発させる。

## 第 4 章

# バックトラッキングを誘発 するための学習支援システムの提案

3.3 節で述べた要因を踏まえ、本研究ではバックトラッキングを誘発するために学習者自身の学習行動、他者の学習行動、教員の行動の 3 つの情報を提示することを提案する。

### 4.1 システムの提案

3.3 節で述べた要因を踏まえ、本研究では学習者自身の学習行動、他者の学習行動、教員の行動の 3 つの情報を提示することで、高成績と関連する学習行動であるバックトラッキングを誘発させ、学生の成績を向上させることを目的とした学習支援システムを提案する。

### 4.2 学習者自身の学習行動

学習者自身の学習行動とは、資料への付箋の貼り付けや書き込みなどの学習者が資料の閲覧中に示した学習行動を指す。提案するシステムでは、学習者自身の学習行動の情報として、閲覧中の資料の各ページの情報と、閲覧したことのある資料の情報の 2 つを提示する。

## 4.2 学習者自身の学習行動

### 4.2.1 閲覧中の資料の各ページの情報

閲覧中の資料の各ページの情報とは、現在閲覧している資料の閲覧時に取得した学習履歴の一部を提示したものである。この情報を学習者に提示することで、学習開始時や学習中の各ページでの学習行動の把握を助け、学習者自身が意図を持って行動したページがある場合、その存在への気づきを高めることでバックトラックリーディングを誘発する。

閲覧中の資料の各ページに関する情報として、ページごとの学習者が付箋を貼った数、書き込みの有無、閲覧した回数、総閲覧時間の情報を提示する。付箋は講義中の教員の発言した内容の記録や、学習中に気づいたことの記録での使用が想定され、書き込みは資料に書かれた内容への線引きやチェック、描画での使用が想定される。そして、どちらも講義中の教員の指示等の何かしらの意図による学習者自身の学習行動の変化が生じると考えられる。そのため、この情報を提示することで、学習者自身が意図的に行動を示したページの存在への気づきを促し、バックトラックリーディングを誘発させる。

また、閲覧回数と総閲覧時間は、2, 3 ページにわたって 1 つの内容を扱っているなどの資料の構成による影響や、講義中の教員の言動などの教員からの影響を受け、ページ間に明確な差が生じると考えられる。そのため、これらの情報を提示することで、それら影響を受けて引き起こされた差異への気づきを促し、バックトラックリーディングを誘発させる。

### 4.2.2 閲覧済み資料の情報

閲覧済み資料の情報とは、閲覧したことのある資料に貼られた付箋の数、書き込みのあるページ数、資料の総閲覧時間、閲覧回数の情報を提示したものである。この情報を学習者に提示することで、学習開始時や学習中の学習者自身が過去に閲覧した資料の存在への気づきとその際に示した学習行動の大まかな把握を助けることで、学習中の資料と関連がある閲覧したことのある資料へのアクセスの増加を促し、バックトラックリーディングを誘発させる。

#### 4.3 他者の学習行動

### 4.3 他者の学習行動

他者の学習行動とは、他の学習者による付箋の貼り付けや書き込みなどの行動のことを指す。他者の学習行動に関する情報として、学習者が閲覧中の資料の各ページの資料を閲覧済みの学習者全員の付箋の数の合計値、付箋を貼った学習者の数、書き込みを行なった学習者の数、学習者1人あたりの閲覧時間の情報を提示する。これら情報を提示することで、長時間の閲覧や付箋を多く貼るなどの他の学習者のそのページに対する反応を可視化する。それにより、可視化された反応に対して学習者自身が興味を示した場合にバックトラックリーディングを誘発させる。

### 4.4 教員の行動

教員の行動とは、教員による付箋の貼り付けや書き込みなどの行動のことを指す。提案するシステムでは、教員の行動に関する情報として、学習者が閲覧中の資料の各ページの教員が貼った付箋の数と書き込みの有無の情報を提示する。付箋は資料に出てくる用語の解説や要点の整理の際に使われることを想定され、書き込みは資料の重要な点への線引きや図形や記号の板書の際に使われることを想定される。そして、これら情報を提示することで、教員が示した行動を学習者が把握することを学習者が学習開始時や学習中のタイミングで行えるようにし、教員が書き込みを加える等の変化を生じさせたページがある場合、それらページの存在の把握を促し、バックトラックリーディングを誘発させる。



## 第 5 章

# システムの実装

### 5.1 STELLA

STELLA とは, LMS の 1 つである Moodle 上で実装されたシステムであり, LMS 上で教員がアップロードした資料を学習者が閲覧した際の学習履歴を LRS(Learning Record Store) へ蓄積するシステムである. STELLA では, 教員によってアップロードされた資料をページごとにブラウザ上に表示し, 表示した資料に付箋機能や書き込み機能を用いて, ノートやメモを取ることが可能である. また, 各ページでの学習者の貼り付けた付箋, 書き込みの内容や閲覧情報を学習履歴として記録する. そして, これら記録を xAPI(Experiment API) 形式の記述で LRS に蓄積する. 学習履歴が出力されるタイミングは, 資料の閲覧開始時, ページ遷移時, 書き込みや付箋を貼る行動を示した時, 資料の閲覧終了時である. また, 資料閲覧時に付箋や書き込みの履歴を LRS から取得し, 書き込まれた内容を再現することも可能である.

本研究では, この STELLA 上に提案するシステムを構築する. また, システムの機能として, 教員が貼り付けた付箋や書き込みを共有するかを教員側で選択できる機能があり, 共有することを教員が選択した場合, 教員によって貼られた付箋や書き込みが学生側で共有される. 提案するシステムではこの機能も利用する [3].

### 5.2 システムの環境と全体像

バックトラックリーディングを誘発するための情報を提示するシステムの構築には、HTML5, JavaScript, CSS, PHP を用いた。また、バックトラックリーディングを誘発するための情報を格納するためのデータベースとして MariaDB5.5 を使用し、動作環境として、LMS は Moodle3.5, LRS は Learning Locker v2 を使用した。そして、バックトラックリーディングの誘発を実現するためのシステムの動作を以下に述べる。

1. 学習者が本システムを搭載した LMS 上の資料を閲覧できる画面にアクセスし、資料の閲覧を行う。
2. 閲覧開始のタイミングで、データベースから閲覧中の資料の各ページの情報、閲覧済みの資料の情報、教員の行動の情報を取得し、各情報を表示する項目に反映される。同時に、他の学習者の行動の情報を算出し、表示する項目に反映される。
3. 閲覧中に学習者がページ遷移をした際、閲覧中の資料の各ページの情報の項目と教員の行動の情報の項目を更新される。
4. また、閲覧中の資料の各ページの情報、他の学習者の行動の情報、教員の行動の情報を表示する各項目にあるリンクから任意のページにジャンプ可能であり、その際も同様に閲覧中の資料の各ページの情報の項目と教員の行動の情報の項目が更新される。
5. 資料閲覧終了のタイミングで、閲覧中の資料の各ページの情報、閲覧済みの資料の情報、教員の行動の情報をデータベースに格納される。

### 5.3 バックトラックリーディングを誘発する機能

バックトラックリーディングを誘発する機能の画面を図 5.1 に示す。これは 4 つの項目によって構成される。

項目 1 は、My Page Information として学習者自身の閲覧中の資料の各ページで行った学習行動に関する情報を提示する項目である。項目 2 は、Other students として閲覧中の資料の各ページの学習者全員に関する情報を提示する項目である。項目 3 は、Teacher として関

### 5.3 バックトラッキングリーディングを誘発する機能

覧中の資料の各ページの教員の行動に関する情報を提示する項目である。項目4は、My Logとして学習者自身が閲覧済みの資料で行った学習行動に関する情報を提示する項目である。

項目1: My Page Information					項目2: Other students					項目3: Teacher		
My Page Information					Other students					Teacher		
ページ	付箋	書き込み	合計閲覧時間(s)	閲覧回数	ページ	付箋	付箋を貼った学生数	書き込んだ学生数	1人あたりの平均閲覧時間(s)	ページ	付箋	書き込み
1	2	-	42	3	1	3	2	0	38.50	1	2	-
2	0	○	12	3	2	1	1	1	11.00	2	1	○
3	1	○	19	2	3	1	1	2	13.50	3	0	-

My Log												
資料名	付箋	書き込んだページ数	合計閲覧時間(s)	閲覧回数								
lecture1	3	2	78	1								

項目4: My Log

☒ Other Students ☒ Teacher

図 5.1 構築したシステムの概観

#### ● Other Students と Teacher の表示・非表示を選択できる機能

本システムでは、学習者自身で Other Students と Teacher の2つの項目の表示・非表示の選択をチェックボックス形式で選択可能である。また、教員の場合(図 5.2)には、My Page Information と Teacher で提示される情報が重複するため、Teacher の情報が非表示で固定されるが、Other Students の情報は表示された状態で開かれるように設定されている。

My Page Information					Other students				
ページ	付箋	書き込み	合計閲覧時間(s)	閲覧回数	ページ	付箋	付箋を貼った学生数	書き込んだ学生数	1人あたりの平均閲覧時間(s)
1	1	-	51	4	1	1	1	1	239.50
2	0	-	0	0	2	0	0	1	30.00
3	0	-	0	0	3	0	0	0	11.50

☒ Other Students

図 5.2 教員用画面

### 5.3 バックトラッキングリーディングを誘発する機能

- My Page Information

My Page Information(図 5.3) では, 閲覧中の資料の各ページの学習者自身が貼った付箋の数, 書き込みの有無, 閲覧した回数, 秒数形式でのページの総閲覧時間の 4 つの情報が提示される. 書き込みの有無は, 書き込みがある場合は ”○”, 書き込みがない場合は ”—” が表示される. この項目は, 学習者自身がページを移動したタイミングで内容が更新される.

My Page Information				
ページ	付箋	書き込み	合計閲覧時間(s)	閲覧回数
<u>1</u>	<u>2</u>	—	<u>42</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>0</u>	○	<u>12</u>	<u>3</u>
<u>3</u>	<u>1</u>	○	<u>19</u>	<u>2</u>

図 5.3 My Page Information

- Other students

Other students(図 5.4) では, 閲覧中の資料の各ページの資料を閲覧済みの学習者によって貼られた付箋の数と, 付箋を貼った学習者の数, 書き込みを行なった学習者の数, 秒数形式での 1 人あたりの閲覧時間の 4 つの情報が提示される. 1 人あたりの閲覧時間は, 学習者全員のそのページの閲覧時間を, 資料を閲覧済みの学習者の人数で割ることで算出している. この項目は, 資料にアクセスしたタイミングで更新され, 資料閲覧時に更新はされない.

### 5.3 バックトラッキングリーディングを誘発する機能

Other students				
ページ	付箋	付箋を貼った 学生数	書き込んだ 学生数	1人あたりの 平均閲覧時間(s)
<a href="#">1</a>	<a href="#">3</a>	<a href="#">2</a>	<a href="#">0</a>	<a href="#">38.50</a>
<a href="#">2</a>	<a href="#">1</a>	<a href="#">1</a>	<a href="#">1</a>	<a href="#">11.00</a>
<a href="#">3</a>	<a href="#">1</a>	<a href="#">1</a>	<a href="#">2</a>	<a href="#">13.50</a>

図 5.4 Other students

- Teacher

Teacher(図 5.5) では, 閲覧中の資料の各ページでの教員が貼った付箋の数と書き込みの有無の2つの情報が提示される。書き込みの有無の項目では, 書き込みがある場合は”○”, 書き込みがない場合は”-”が表示される。この項目は, 学習者がページを移動したタイミングで内容が更新される。

Teacher		
ページ	付箋	書き込み
<a href="#">1</a>	<a href="#">2</a>	<a href="#">-</a>
<a href="#">2</a>	<a href="#">1</a>	<a href="#">○</a>
<a href="#">3</a>	<a href="#">0</a>	<a href="#">-</a>

図 5.5 Teacher

- My Log

My Log(図 5.6) では, 学習者が閲覧したことのある資料に貼ってある付箋の数, 書き込みを行ったページ数, 資料を閲覧した回数, 秒数形式での資料の合計閲覧時間の4つの情報が提示される。この項目は, 資料にアクセスしたタイミングで内容が更新される。

## 5.4 リンクからのジャンプ機能

### My Log

資料名	付箋	書き込んだ ページ数	合計閲覧時間(s)	閲覧回数
lecture1	3	2	78	1

図 5.6 My Log

## 5.4 リンクからのジャンプ機能

先行研究で開発された STELLA では、学習者の学習履歴として以下の情報を xAPI 形式で LRS に蓄積される。

- STELLA で取得している学習者の学習履歴の内容

- \* actor : 機能を使用している学習者
- \* verb : 学習者が示した動作
- \* object : 閲覧中の資料名
- \* progress: 閲覧中のページ
- \* duration: 閲覧時間
- \* totalpage: 閲覧中のページのページ数
- \* OS : OS の種類
- \* browser: 閲覧に使用しているブラウザの種類
- \* ip: 使用している IP アドレス
- \* hostname: ホスト名
- \* location: 接続場所

そして、本研究で実装したシステムでは、My Page Information と Other students と Teacher の各セルからも、閲覧中の資料のそのページにジャンプすることを可能にし、その

## 5.4 リンクからのジャンプ機能

際, ジャンプを行う選択を示した要因を分析するため, ジャンプ時に以下の項目を追加した学習履歴を LRS に送信する.

- 本システムにて追加で取得した学習者の学習履歴の内容
  - \* link: ジャンプ機能を使用してのジャンプであるかの判定結果
  - \* place: 使用したジャンプ機能の箇所
  - \* my\_sticky: 各ページの学習者自身が貼り付けた付箋の個数
  - \* my\_draw: 各ページの学習者自身の書き込みの有無
  - \* my\_count: 各ページの学習者自身の閲覧回数
  - \* my\_time: 各ページの学習者自身の総閲覧時間
  - \* students\_sticky: 各ページの学習者全員の貼り付けた付箋の個数
  - \* students\_numberofsticky: 各ページの付箋を貼る行動を示した学習者の数
  - \* students\_numberofdraw: 各ページの書き込み行動を示した学習者の数
  - \* students\_time: 各ページの学習者 1 人あたりの閲覧時間数
  - \* teacher\_sticky: 各ページの教員が貼った付箋の数
  - \* teacher\_draw: 各ページの教員による書き込みの有無
  - \* course\_sticky: 学習者が閲覧済のそれぞれの資料に貼られた付箋の数
  - \* course\_draw: 学習者が閲覧済のそれぞれの資料の書き込みのあるページ数
  - \* course\_count: 学習者が閲覧済のそれぞれの資料の閲覧回数
  - \* course\_time: 学習者が閲覧済のそれぞれの資料の総閲覧時間

## 第 6 章

# 評価

### 6.1 実験の概要

本研究で構築したシステムの評価を以下の手順で行なった。

教育情報工学研究室の学生 6 名を被験者として、2 種類の資料 (それぞれ資料 1 (“Feature Engineering for Learning Log Analytics“で書かれている内容を要約した資料) と、資料 2 (“Exploring the Relationships between Reading Behavior Patterns and Learning Outcomes Based on Log Data from E-Books: A Human Factor Approach“で書かれている内容を要約した資料) と呼称) と 2 種類のテスト (資料 1 に関するテストと資料 2 に関するテスト) を用いて、2022 年の 1 月 24 日から 28 日と 2 月 2 日から 2 月 3 日の期間でシステムを利用しない場合と利用する場合の学習ログの収集を行った。この間、実験内で使用する資料の公開やテストの実施は、研究室内で運用している LMS 上で行なった。初めに、2022 年 1 月 19 日の 2 限に実験の説明を被験者に実施後、被験者を 3 名 (以下、A 群と呼称) と 3 名 (以下、B 群と呼称) に分け、本システムを利用せずに A 群に 1 月 24 日に資料 1 のみ B 群に資料 2 のみを公開し、1 月 25 日の 4 限に A 群、5 限に B 群に対し、資料の内容の解説を行った。その後、1 月 26 日に A 群に資料 1 に関するテスト、B 群に資料 2 に関するテストを実施後、本システムを利用できるようにした上で、A 群に資料 2、B 群に資料 1 を公開した。そして、1 月 27 日の 4 限に A 群、5 限に B 群に対し資料の内容の解説を行い、1 月 28 日に A 群に資料 2 に関するテスト、B 群に資料 1 に関するテストを実施した。しかし、1 月 26 日と 27 日の期間の学習ログを収集時に履歴表示の更新ができていなかったため、システムの修正と資料の内容を補足する付箋の貼り付けと書き込みを行なった後、2 月 1 日に再度被験



## 6.1 実験の概要

者の募集をかけ、2月2日から2月3日の間に1月24日から1月27日間で被験者として参加した学生4名からシステムを利用するという条件下での資料1と資料2の内容の自習で学習ログを収集した。その際、2月3日に被験者4名に資料1に関するテストと資料2に関するテストを行い、テスト終了後、本研究で構築したシステムに関するアンケートを回答者を匿名にする状態で取った。評価の際に取得したアンケートの質問項目は以下の通りである。

### ● アンケートの質問項目

1. My Page Information, Other students, Teacher のいずれかをジャンプする際の参考になりましたか。(以下から1つ選択)
  - ☐ 参考にした
  - ☐ 参考にしなかった
2. 1番目の質問で「参考にしなかった」を選んだ方にお聞きします。参考にしなかった理由があればお答えください。
3. 1番目の質問で「参考にした」を選んだ方にお聞きします。ジャンプをする際に1番参考にした項目を教えてください。(以下から1つ選択)
  - ☐ My Page Information(自分自身の情報)
  - ☐ Other students(学習者全体の情報)
  - ☐ Teacher(教員の情報)
4. 3番目で選んだ項目が1番になった理由を教えてください。
5. 1番目の質問で「参考にした」を選んだ方にお聞きします。ジャンプをする際に1番参考にしなかった項目を教えてください。(以下から1つ選択)
  - ☐ My Page Information(自分自身の情報)
  - ☐ Other students(学習者全体の情報)
  - ☐ Teacher(教員の情報)
6. 5番目で選んだ項目を1番参考にしなかった理由を教えてください。
7. 3つの項目の中で学習に必要なだと思う項目を教えてください。(必要だと思う項目を

## 6.2 結果

全て選択)

☐ My Page Information(自分自身の情報)

☐ Other students(学習者全体の情報)

☐ Teacher(教員の情報)

8. 3つの項目の中で学習に不必要だと思う項目を教えてください。(不必要だと思う項目を全て選択)

☐ My Page Information(自分自身の情報)

☐ Other students(学習者全体の情報)

☐ Teacher(教員の情報)

9. システムに関する要望や意見があれば教えてください。

## 6.2 結果

### 6.2.1 分析方法

LRS から取得した学習履歴から、学習者の閲覧したページ、閲覧時間、セルのリンクからのページジャンプであるかの可否の情報、クリックされたリンクの情報とリンクからのページジャンプ時に提示されていた各項目の内容に着目し、以下の3点の分析を行った。

- 分析 1: 閾値 5(5 秒未満の閲覧時間のレコードを除いた場合) でのページジャンプを行なった回数を取得し、システムを利用しない場合と利用した場合でのページジャンプ回数を比較
- 分析 2: システムを利用した場合でのページジャンプを行なった回数のうちで、セルのリンクからのジャンプの割合の算出
- 分析 3: クリックされたリンクの情報とその際に提示されていた内容を分析することで、学習者がどのような理由でジャンプを選択したかの推測

## 6.2 結果

### 6.2.2 テスト結果

表 6.1, 表 6.2, 表 6.3 は, それぞれ, 本システムを利用しない場合の A 群と B 群のテストの成績, 本システムを利用する場合の A 群と B 群のテストの成績, 2 月 3 日に実施した本システムを利用する場合での被験者 4 名のテストの成績を示したものである. 本システムを利用しない場合よりも, 本システムを利用する場合の方が平均点が高い結果となった.

表 6.1 本システムを利用しない場合のテストの成績 (10 点満点で採点)

A 群		B 群	
ユーザー	成績	ユーザー	成績
user001	1	user006	4
user002	1	user007	1
user003	1	user008	1

表 6.2 本システムを利用する場合のテストの成績 (10 点満点で採点)

A 群		B 群	
ユーザー	成績	ユーザー	成績
user001	3	user006	5
user002	1	user007	5
user003	2	user008	5

## 6.2 結果

表 6.3 2月3日に実施した本システムを利用する場合での被験者4名のテストの成績

資料 1		資料 2	
ユーザー	成績	ユーザー	成績
user001	2	user006	6
user002	2	user007	4
user006	2	user006	5
user007	3	user007	5

### 6.2.3 アンケート結果

2月3日のテスト終了後のアンケートの回答を表 6.4 で示す.

表 6.4 アンケート結果

質問項目 回答順	1	2	3	4
1	参考にした		Teacher	先生の付箋の情報の位置が 多い場所を見たかった
2	参考にしなかった	多くの学生が書き込んだり 付箋を貼っているページに 自分の知りたい情報があるか 分からなかったから		
3	参考にした		Teacher	教員の書き込みが 最も内容の要点を 捉えていると思ったから
4	参考にしなかった	全ページの内容を 復習する予定だったため		

## 6.2 結果

5	6	7	8	9
Other students	ジャンプしても 書き込み内容が 見えるわけではないから	Teacher		
		My Page Information Teacher	Other students	今いるページからどのページに戻る学生が多い という情報があればページ遷移の参考に したかもしれない
Other students	学習するのは自分なので 他者はあまり気にしなかった	My Page Information Teacher	Other students	
		Teacher	Other students	

### 6.2.4 分析 1

表 6.5 と表 6.6 はそれぞれ本システムを利用しない場合での A 群の資料 1 閲覧時の各ユーザの閾値なし, 閾値 3(3 秒未満の閲覧時間のレコードを除いた場合), 閾値 5 の場合のページジャンプ回数を示した表と, B 群の資料 2 閲覧時の各ユーザの閾値なし, 閾値 3, 閾値 5 の場合のページジャンプ回数を示した表である。

表 6.5 A 群 (システムを利用しない場合)

ユーザー	閾値なし	閾値 3	閾値 5
user001	6	10	10
user002	2	3	1
user003	46	27	15

表 6.6 B 群 (システムを利用しない場合)

ユーザー	閾値なし	閾値 3	閾値 5
user006	2	8	6
user007	0	1	1
user008	10	2	3

## 6.2 結果

そして、表 6.7 と表 6.8 はそれぞれ本システムを利用する場合での A 群の資料 2 閲覧時の各ユーザーの閾値なし、閾値 3、閾値 5 の場合のページジャンプ回数を示した表と、B 群の資料 1 閲覧時の各ユーザーの閾値なし、閾値 3、閾値 5 の場合のページジャンプ回数を示した表である。

表 6.7 A 群 (システムを利用する場合)

ユーザー	閾値なし	閾値 3	閾値 5
user001	5	13	12
user002	1	1	1
user003	14	12	9

表 6.8 B 群 (システムを利用する場合)

ユーザー	閾値なし	閾値 3	閾値 5
user006	0	6	4
user007	0	0	1
user008	24	10	10

表 6.9 と表 6.10 はそれぞれ 2022 年 2 月 2 日から 2 月 3 日に取得した被験者 4 名からの本システムを利用する場合の資料 1、資料 2 での閾値なし、閾値 3、閾値 5 の場合のページジャンプ回数を示した表である。

表 6.9 資料 1 でのページジャンプ回数

ユーザー	閾値なし	閾値 3	閾値 5
user001	3	5	3
user002	4	3	6
user006	0	3	4
user007	2	3	4

## 6.2 結果

表 6.10 資料 2 でのページジャンプ回数

ユーザー	閾値なし	閾値 3	閾値 5
user001	18	23	20
user002	0	3	4
user006	11	11	9
user007	5	5	3

### 6.2.5 分析 2

表 6.11 と表 6.12 は、2 月 2 日から 2 月 3 日に取得した被験者 4 名からの本システムを利用する場合の資料 1, 資料 2 での閾値なし, 閾値 3, 閾値 5 のページジャンプ回数, その中でセルのリンクからジャンプをした回数, ページジャンプ回数の中でリンクからのジャンプが占める割合を示した表である. この結果から user001, user007 はリンクからのページジャンプを利用したが, user002 と user006 はリンクからのページジャンプを利用しなかったことが確認できる.

表 6.11 資料 1 の場合

資料 1	閾値なし			閾値 3		
	ジャンプ回数	リンクからの ジャンプ回数	リンクが 占める割合	ジャンプ回数	リンクからの ジャンプ回数	リンクが 占める割合
user001	3	3	1	5	3	0.6
user002	4	0	0	3	0	0
user006	0	0	0	3	0	0
user007	2	2	1	3	2	0.67

## 6.2 結果

閾値 5		
ジャンプ回数	リンクからの ジャンプ回数	リンクが 占める割合
3	1	0.33
6	0	0
4	0	0
4	2	0.5

表 6.12 資料 2 の場合

資料 1	閾値なし			閾値 3		
ユーザー	ジャンプ回数	リンクからの ジャンプ回数	リンクが 占める割合	ジャンプ回数	リンクからの ジャンプ回数	リンクが 占める割合
user001	18	17	0.94	23	17	0.74
user002	0	0	0	3	0	0
user006	11	0	0	11	0	0
user007	5	5	1	5	5	1

閾値 5		
ジャンプ回数	リンクからの ジャンプ回数	リンクが 占める割合
20	14	0.7
4	0	0
9	0	0
3	1	0.33



## 6.2 結果

### 6.2.6 分析 3

クリックされたリンクの情報とその際に提示されていた内容を分析した結果、2月2日から2月3日の間で取得した学習ログの中でセルのリンクからのページ遷移を行った個数は全部で43個あった。この43個のセルのリンクからのページ遷移をページジャンプに該当するものとそうでないものに分類した結果、表6.13のように分類された。この結果は閾値を設けずに算出したものである。

表 6.13 セルのリンクからのページ遷移の分類

1 ページ後ろに 遷移	同じページに 遷移	1 ページ前に 遷移	ページ ジャンプ
15	2	3	23

この23個のページジャンプに該当する遷移を My Page Information, Other students, Teacher のいずれの項目にあるセルのリンクから誘発されたものかを調査した結果、表6.14のような結果が示された。この結果は閾値を設けずに算出したものである。この結果から2つのことが推察される。1つ目は、2つの資料の両方で Teacher の方が、Other students よりもページジャンプ回数が多い点から被験者に対して Teacher で提示されていた情報の方が、Other students で提示されていた情報よりもページジャンプを誘発することができたと推察される。そして2つ目は、My Page Information でのページジャンプが資料1では行われていないが資料2では行われている点から、My Page Information で提示される情報がページジャンプを誘発できるかは資料による影響を受けるのではないかと推察される。

表 6.14 各項目からのページジャンプ回数

My Page Information		Other students		Teacher	
資料 1	資料 2	資料 1	資料 2	資料 1	資料 2
0	11	2	3	3	4
11		5		7	

## 6.2 結果

この 23 個のページジャンプに該当する遷移が誘発された理由を推察するために、被験者 4 名の資料の学習方法の特徴の推測を行なった。そして、被験者 4 名の資料の学習方法の特徴を推測するために、2 月 2 日から 2 月 3 日で取得した資料 1, 資料 2 の閲覧時の学習ログから後ろのページに遷移した回数, 前のページに遷移した回数, BRR(Backtrack Reading Rate), 閲覧時間, 閲覧したページ数, セルのリンクからのページ遷移回数, ページジャンプ回数, セルのリンクからのページジャンプ回数, セルのリンクからのページジャンプの割合を算出した。そして、算出結果を表 6.15(資料 1 の閾値なしの場合) と表 6.16(資料 2 の閾値なしの場合) で示す。表 6.15, 表 6.16 の結果から, user001 と user007 はリンクを用いた学習を行っており, user001 は他の学習者と比較して短時間の学習だが, リンクからの遷移を多用している点から前回の閲覧と比較して提示されている情報に変化が生じている点を確認しているのではないかと推察される。また, user002 と user006 はリンクを用いない学習を行なったが, user002 は閲覧時間と閲覧したページ数が他の学習者と比較して多くない点から, 資料の内容を一通りめくって確認し資料を閉じたのではないかと推察できる。そして, user006 は閲覧時間も閲覧したページ数も他の学習者と比較して多い点から比較的勤勉なユーザーであると推察される。

表 6.15 資料 1 の場合

ユーザー	後ろのページに 遷移した回数	前のページに 遷移した回数	BRR	閲覧時間
user001	11	1	0.091	100
user002	19	5	0.263	152
user006	25	10	0.4	1753
user007	23	3	0.13	421

## 6.2 結果

閲覧した ページ数	セルのリンクからの ページ遷移回数	ページジャンプ回数	セルのリンクからの ページジャンプ回数	セルのリンクからの ページジャンプの割合
19	12	3	3	1
27	0	4	0	0
37	0	0	0	0
33	3	2	2	1

表 6.16 資料 2 の場合

ユーザー	後ろのページに 遷移した回数	前のページに 遷移した回数	BRR	閲覧時間
user001	33	15	0.455	859
user002	20	1	0.05	131
user006	58	40	0.69	1570
user007	19	2	0.105	800

閲覧した ページ数	セルのリンクからの ページ遷移回数	ページジャンプ回数	セルのリンクからの ページジャンプ回数	セルのリンクからの ページジャンプの割合
65	23	18	17	0.94
25	0	0	0	0
101	0	11	0	0
29	5	5	5	1

これらの推測を踏まえ、各ユーザーの資料 1、資料 2 の閲覧遷移を可視化と、各セルのリンクからのページ遷移時のクリックしたリンクの場所とクリック時に表示されていた My Page Information, Other students, Teacher の各情報の詳細を確認した。閲覧遷移を可視化するにあたって、横軸を閲覧した時刻、縦軸を閲覧したページに設定し、セルのリンクからのページ遷移でない場合は緑色、セルのリンクからのページ遷移の場合は赤色で区別した。

user001 の資料 1 の閲覧遷移 (図 6.1) と、クリックしたリンクの場所とクリック時の各情

## 6.2 結果

報の詳細から、2月2日から2月3日の自習のタイミングでは、1ページから順にページをめくっているが全ページの閲覧は行っていないことと、計12回のセルのリンクからのページ遷移を行なっているが、1回目の1ページから2ページへの遷移以外は全て、Teacherの付箋の項目からの遷移であり、1回目の遷移はMy Page Informationの書き込みの項目からの遷移であることが分かった。そして、唯一、Teacherの付箋の項目からの遷移ではない1ページから2ページへの遷移のクリック時に表示されていた各情報の詳細を確認したところ、Teacherの付箋の項目が[4,5,0,1,1,0,1,1,2,1,5,0,0,1,1,2,0](0番目の要素は1ページ目の値,1番目の要素は2ページ目の値を順に示す。)と、2ページ目の教員が貼った付箋の数が最も多いことが分かった。この点からuser001は資料1では、閲覧開始時に教員が付箋を貼った数に着目し、各ページの教員が貼った付箋の内容を順に確認する行動を取ったのではないかと推察できる。

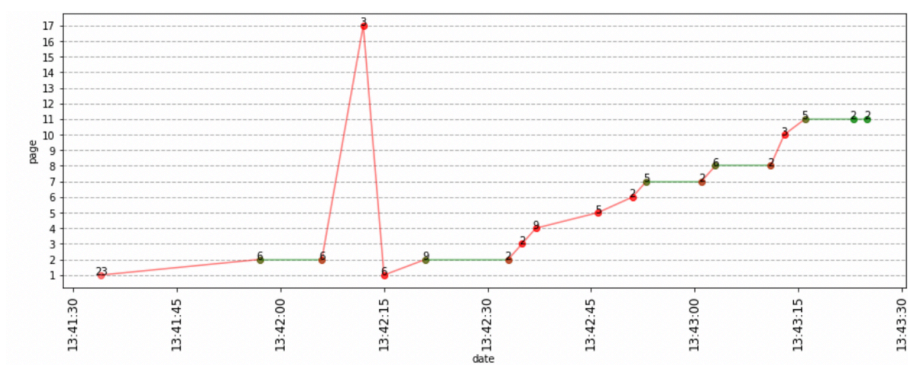


図 6.1 user001 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移

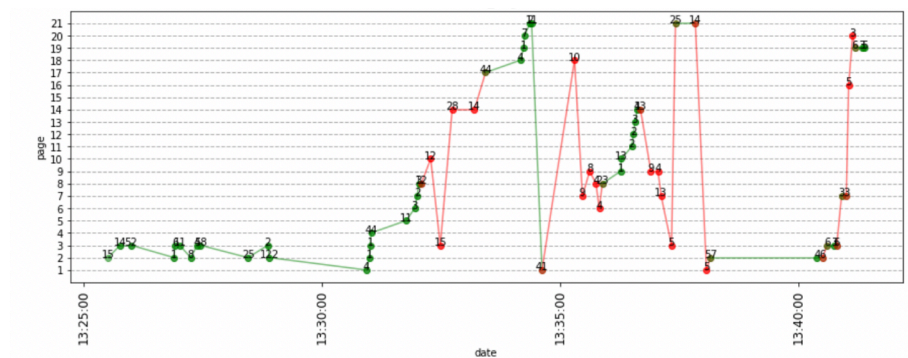


図 6.2 user001 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移

## 6.2 結果

また, user001 の資料 2 の閲覧遷移 (図 6.2) と, クリックしたリンクの場所とクリック時の各情報の詳細から, 2 月 2 日から 2 月 3 日の自習のタイミングでは, 計 23 回のセルのリンクからのページ遷移を行っており, 内訳は, My Page Information の付箋の項目から 9 回, Teacher の付箋の項目から 7 回, Other students の書き込みを行なった学習者の数の項目から 4 回, My Page Information の書き込みの項目から 2 回, My Page Information の閲覧時間の項目から 1 回である. また, My Page Information の付箋の項目からの遷移は, 図 6.3 の青線の枠内のセルのリンクからの遷移全てで, Teacher の付箋の項目からの遷移は, 図 6.3 の紫線の枠内のセルのリンクからの遷移全てで, Other students の書き込みを行なった学習者の数からの遷移は, 図 6.3 の赤線の枠内のセルのリンクからの遷移全てで行われていることが分かった. この点から, user001 は資料 2 で Other students, My Page Information, Teacher の順で関心を持ちながらページ遷移を行なっていったことが推察できる.

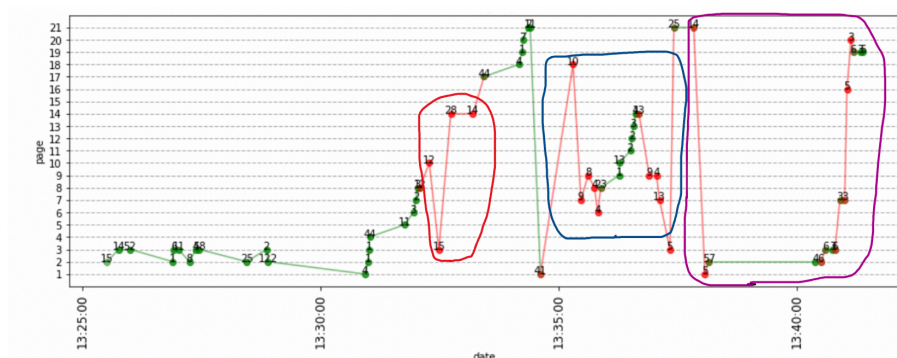


図 6.3 user001 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移 2

user002 の資料 1 の閲覧遷移 (図 6.4) と資料 2 の閲覧遷移 (図 6.5) から, user002 は資料 1, 資料 2 どちらの閲覧の際にも, 順にページをめくっていく学習行動を取っていたことが分かった.

## 6.2 結果

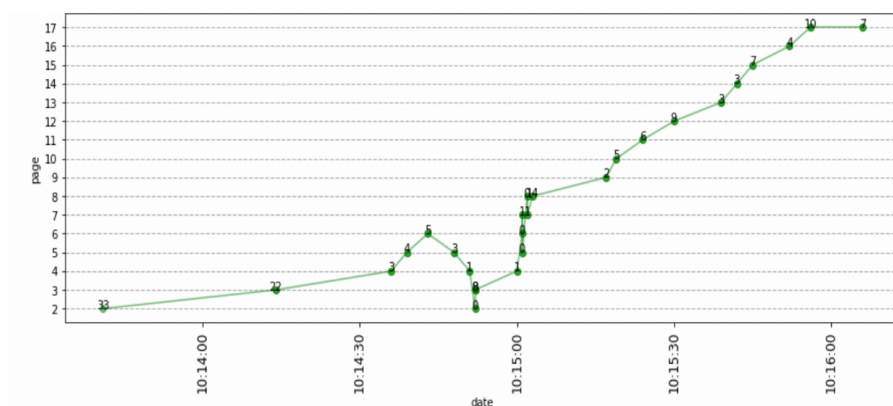


図 6.4 user002 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移

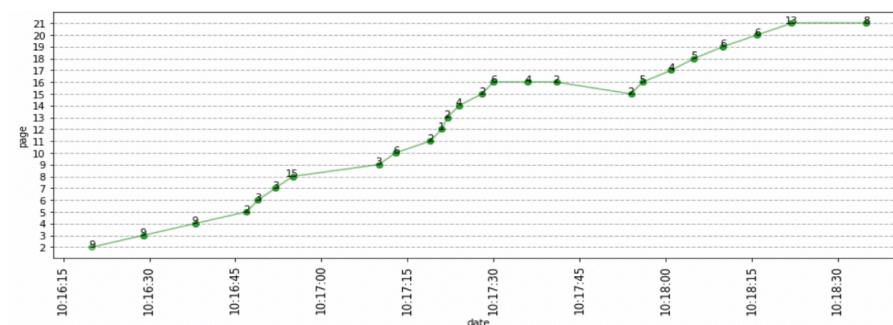


図 6.5 user002 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移

user006 の資料 1 の閲覧遷移 (図 6.6) と資料 2 の閲覧遷移 (図 6.7) から, user006 は資料 1 では 1 ページ前の内容を振り返る行動と, 複数のページを見直す行動を取りながら 2 ページから順に最終ページまで閲覧を行っていたこと, 資料 2 では複数のページを見直す行動と, 1 ページ後ろのページを先読みする行動を取りながら 1 ページから順に最終ページまでの閲覧を行っていたことが分かった.

## 6.2 結果

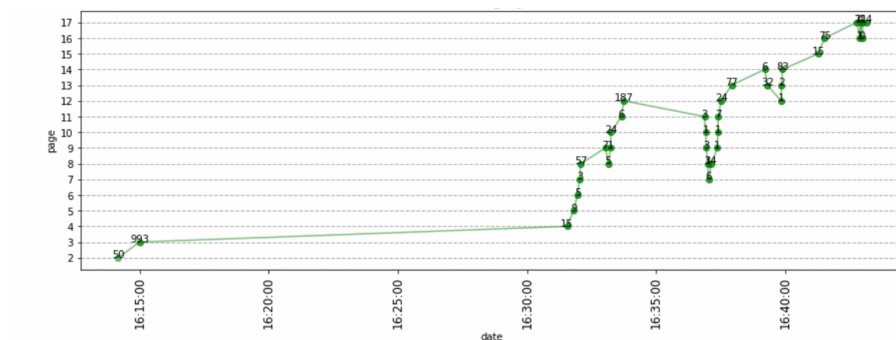


図 6.6 user006 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移

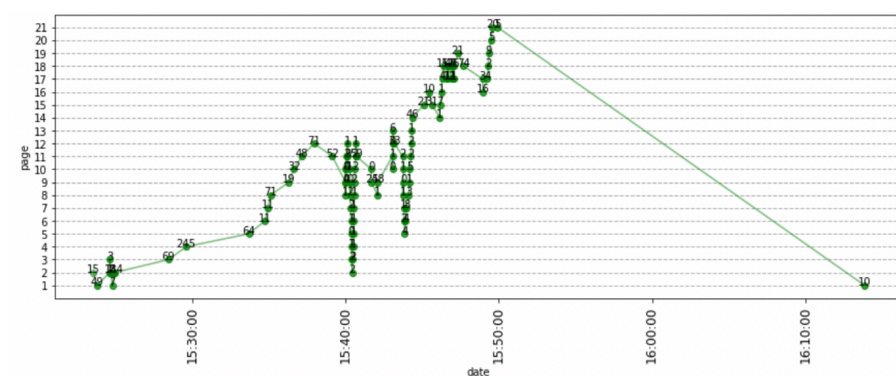


図 6.7 user006 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移

user007 の資料 1 の閲覧遷移 (図 6.8) と資料 2 の閲覧遷移 (図 6.9) から, user007 は資料 1, 資料 2 の閲覧のどちらの際にも, 最終ページまで順にページをめくった後, user007 が関心を示したページを順に見直す行動を取っていることが分かった.

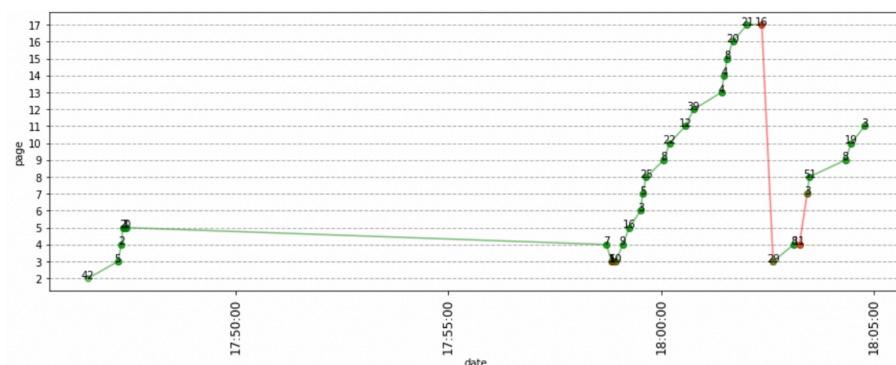


図 6.8 user007 の資料 1 閲覧時の閲覧遷移



## 6.2 結果

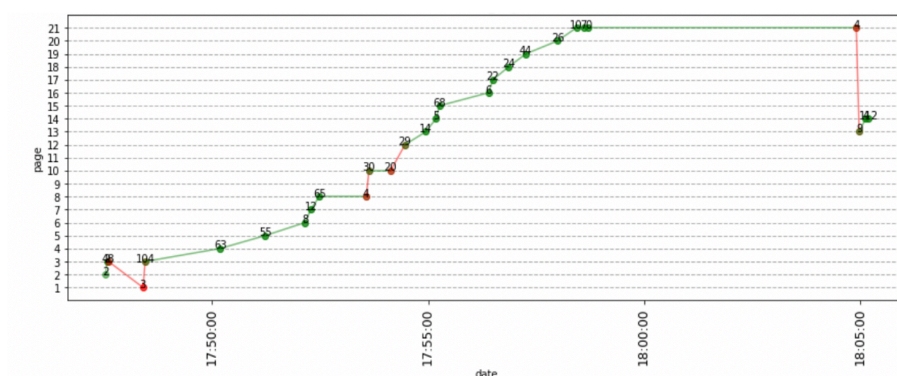


図 6.9 user007 の資料 2 閲覧時の閲覧遷移

これら各ユーザーの資料 1, 資料 2 の閲覧遷移の可視化と、各セルのリンクからのページ遷移時のクリックしたリンクの場所とクリック時に表示されていた My Page Information, Other students, Teacher の各情報の詳細を確認したことで判明したことを踏まえ、23 個のページジャンプに該当する遷移が誘発された理由を推察した結果、ページジャンプを行なった理由の推察が可能なものと、推察は立てられたが不確かなもの、推察が困難なものの 3 つに分類できた。

### 1. 理由の推察が可能なもの

理由の推察が可能なものとしては, 以下のものが挙げられた. この分類に 11 個のページジャンプが該当した.

- 学習者自身がページジャンプ先に付箋を貼っており、付箋に書かれた内容を見返すことが目的 (12 個中 5 個が該当)
- ページジャンプ先のページに書き込んだ学習者の数が、他のページと比較して多い点に学習者が興味を持ったため (12 個中 4 個が該当)
- ページジャンプ先の教員が貼った付箋の数が、他のページと比較して多い点に学習者が興味を持ったため (12 個中 2 個が該当)

2. 推察は立てられたが不確かなもの

推察は立てられたが不確かなものとしては、以下のものが挙げられた。この分類に 7 個



## 6.3 考察

のページジャンプが該当した.

- 資料の特定の内容を振り返ることを目的としたページジャンプ (7 個中 4 個が該当)
- 資料の内容を最初から振り返ることを目的とした 1 ページ目へのページジャンプ (7 個中 2 個が該当)
- ページジャンプ先のページの学習者の自身の総閲覧時間が, 他のページと比較して極端に短い点に学習者が興味を持ったため (7 個中 1 個が該当)

### 3. 推察が困難なもの

推察が困難なものとして 5 個のページジャンプが該当した.

## 6.3 考察

user001, user007 の 2 名はセルのリンクからのページ遷移を行なったが, user002 と user006 の 2 名はリンクからのページ遷移を行わなかったことから, 本システムを利用した被験者とそうでない被験者に分かれた. そして, 本システムを利用した被験者に対して My Page Information, Other students, Teacher の各項目全てで学習者のセルのリンクからのページジャンプの誘発を行うことができた. My Page Information では, 各ページに貼った付箋の数の情報を提示したことで, 学習者に付箋に書いた内容を見返すことを目的としたページジャンプを誘発することができたと考える. しかし, My Page Information からのページジャンプが資料 2 では見られたが, 資料 1 では見られなかった点からページジャンプを誘発できるかどうかは資料の中身に依存する可能性が示唆された. Other students では, 各ページの書き込みを行なった学習者の数の情報を提示したことで, 他のページと比較して書き込んだ学習者の数が多いページへのページジャンプを誘発することができたと考える. しかし, アンケートにて被験者全員が, 3 つの項目の中で Other students をページジャンプをする際に 1 番参考にしなかった項目, または, 学習に不必要な項目であると回答した. そして, この回答の理由の 1 つとして, ジャンプをしても書き込み内容が見えるわけではないからと回答していることから, 現在, Other students で提示している情報に加え, 他の学習者

### 6.3 考察

が貼った付箋の内容や書き込んだ内容などの情報を提示することで、より多くのページジャンプを誘発できる可能性があることが示唆された。Teacher では、各ページの教員が貼った付箋の数の情報を提示したことで、教員が貼った付箋の内容を確認するためのページジャンプを誘発することができたと考える。また、アンケートにて被験者全員が3つの項目の中でTeacher をページジャンプをする際に1番参考にした項目に挙げたことから、教員が提示する情報に対する学習者の関心は高く、教員が新たに貼った場所があるページを学習者がすぐに分かるようにするなどの教員が提示する情報を学習者が収集しやすくすることで、より多くのページジャンプを誘発できるのではないかと考える。

## 第 7 章

# おわりに

本研究では、高成績と関連する学習行動とされる、閲覧済みのページを複数回閲覧する行動であるバックトラックリーディングを誘発することを目的とした。そして、学習者がバックトラックリーディングを誘発する要因として、学習者自身による付箋の貼り付けや書き込みなどの学習者自身が要因のものと、他の学習者や教員の行動が要因のものに分けられると考えられる。そこで、この要因を踏まえ、学習者自身の学習行動、他者の学習行動、教員の行動のそれぞれの情報を提示し、かつ、各情報を提示する項目から任意のページにページジャンプできるシステムを構築することで、バックトラックリーディングを誘発させる。そして、本システムによってバックトラックリーディングを誘発できたかを評価するため、被験者 6 名に対し、システムを利用しない場合と利用する場合のそれぞれの学習ログを取得し、分析を行った。その結果、本システムを利用した学習方法をとった被験者とそうでない被験者に分かれた。また、各ユーザの閲覧遷移の可視化と、各セルのリンクからのページ遷移時のクリックしたリンクの場所とクリック時に表示されていた My Page Information, Other students, Teacher の各情報の詳細を確認することで、My Page Information, Other students, Teacher の各項目で被験者に対してページジャンプを誘発することができたと考えられる。この成果は、講義中に学生がオンライン上で資料を閲覧する際に、学生に与えるフィードバックの情報として、学習者自身や他の学習者、教員の情報が有効であることを示唆する。

# 謝辞

本研究および本論文に関して、ご多忙の中、多大なるご指導賜りました高知工科大学情報学群妻鳥貴彦准教授に心より御礼申し上げます。

本研究において、ご多忙の中、副査をお引き受け頂き、適切な助言、ご指導頂いた同学群吉田真一教授、竹内聖悟講師に心から感謝いたします。

本研究の遂行において様々なご協力して頂いた佐伯幸郎准教授、本研究室修士1年生、学部4年生、学部3年生に心から感謝いたします。

最後に私を支えてくれた友人、大学生活の全てにおいて支えとなって頂いた両親に心から感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Sachio Hirokawa, Chengjiu Yin, “Feature Engineering For Learning Log Analysis,” Companion Proceeding of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge(LAK’19), pp478—485, 2019
- [2] Chengjiu Yin, Masanori Yamada, Misato Oi, Atsushi Shimada, Fumiya Okubo, Kentaro Kojima, Hiroaki Ogata, “Exploring the Relationships between Reading Behavior Patterns and Learning Outcomes Based on Log Data from E-Books: A Human Factor Approach,” International Journal of Human-Computer Interaction, pp313—322, 2019
- [3] 岡村凌兵, “LMS 上のデジタルノートシステムにおける書き込み共有機能の実現,” 令和元年度高知工科大学学士学位論文, 2020 年 2 月 28 日
- [4] 緒方広明, “大学教育におけるラーニング・アナリティクスの導入と研究,” 日本教育工学会論文誌, 2017