

# 集団授業におけるデジタル板書データを活用した 指導対象学習者通知システムの試作

岩恵裕夢<sup>1,a)</sup> 永井孝幸<sup>2,b)</sup>

**概要:** 個別指導方式は教師にとって生徒に合わせた細かな指導を可能にするといった利点があるが、学校教育の現場において一人の教師が多くの子供に対して個別指導形式で対応するのは負担が大きく、一斉指導形式が一般的である。一方で、教育現場においてペンタブレット端末の導入が進んでおり、生徒の学習状況をリアルタイムに把握することが可能になりつつある。

そこで本研究では、ペンタブレット端末より得られる筆記操作データから生徒の学習状況を教師に随時通知するシステムを試作することで、個別に指導を必要とする学習者を教師が把握できる環境の実現を目指した。システムの試作にあたって、個別指導を必要とする学習者の把握に必要な筆記操作データの指標を実験に基づいて定めた。試作システムは、学習状況の通知として指標の偏差値ランキングを用いることで、指導対象学習者の通知を行う。試作システムを Web アプリケーションとして実装し、模擬授業での利用評価を行った。

**キーワード:** 手書き, 学習状況分析, 集団指導, ペンタブレット

## Application of digital handwriting data to detect learners requiring individual support in group learning environment

HIROMU IWAE<sup>1,a)</sup> TAKAYUKI NAGAI<sup>2,b)</sup>

**Abstract:** Individual teaching method has the advantage of enabling teachers to provide detailed guidance in accordance with their students. However, group teaching method is widely used in schools because it requires much burden for a single teacher to deal with many students simultaneously in individual teaching method. Meanwhile, schools are introducing pen tablet terminals to students; that gives us an opportunity to grasp students' behavior in real time.

Our goal is to realize a group teaching environment where teachers can identify learners who need individual support. In this research, we collect digital handwriting data from pen tablets of students to detect who needs individual assistance. Based on a preliminary experiment, we focus on two properties of handwriting data, that is, (1) the amount of writing time, and (2) the amount of the area of pen strokes.

We implemented a prototype system as a Web application that notifies instructors of potential students who need individual support. The system uses the index deviation ranking of the properties of handwriting to classify students. We also evaluated the system in a mock class.

**Keywords:** handwriting, learning analytics, group teaching, pen tablet

### 1. 研究背景

現在の学校教育の仕組みは、1回の授業においては、1人

<sup>1</sup> 京都工芸繊維大学, 大学院工芸科学研究科情報工学専攻

<sup>2</sup> 京都工芸繊維大学, 情報工学・人間科学系, 准教授

a) h-iwae18@dsm.cis.kit.ac.jp

b) nagai@kit.ac.jp

の教師が複数人の生徒を指導するという仕組みになっている。この仕組みは1人の教師と1人の生徒が向き合って学習を行う仕組みと比較して、1人の教師が各生徒に対して向けることができる注意や時間は少ないという問題点が存在している。

一方で、学校教育を取り巻く環境として、ICTの活用が盛んになってきている。文部科学省は、平成28年度に教育の情報化加速プラン[1]を提案し、ICTを活用した「次世代の学校・地域」の創生を図るようになった。このような社会情勢において、ICT機器を用いたより効率的な教育システムの需要は高くなってきており、学校教育におけるICT機器の導入例として、ペンタブレットの導入[2]が挙げられる。そして、導入したICT機器を利用した効率的な教育システムを組み立てていく取り組みの1つとして、生徒の手書き入力データの解析を行うことにより、効率的な教育を実現しようとする研究が進められている[3][4]。これまでの研究においては、授業中に得られる書き込み全体のデータから学習者の学習状態を求めたり[5]、筆記データそのものの分類[6]を図ろうとしてきた。

そこで本研究では、ペンタブレット端末より得られる筆記操作データを用いて、生徒の学習状況を教師に随時通知するシステムを試作した。このシステムを用いて、教師による生徒の学習状況把握を補助することで、集団学習における個別指導的学習を目指す。

## 2. 関連事例

手書きデータ解析による学習者の状態分析という観点、および集団指導形式を想定した学習ログの分析基盤という観点において、本研究で開発したシステムは既存のシステムと類似している。本節では、システムの試作にあたって参考にした研究と、本研究のシステムと既存のシステムとの相違点を述べる。

### 2.1 オンライン手書きデータを用いた学習者のつまずき検出

早稲田大学の浅井らの研究[3]では、筆圧、筆記速度、書き込み時間、無操作時間、書き込み消去時間を特徴量として分析を行い、オンラインの手書きデータから学習者のつまずきが検出できることを示している。特徴量のうち、書き込み時間、無操作時間、書き込み消去時間を用いて、決定木による解析を行って、数学の問題演習時において一定の成果を示している。課題として、精度と再現率のバランスについて実システムに有効なパラメータ設定についての検討、他の科目など様々な教育場面における有用性に関する調査、集団教育を想定したりリアルタイムなつまずき検出手法の検討や顔画像データとの併用による詳細な学習者の心理状態の検出が挙げられている。

本研究にあたり、どのデータを用いることで手書きデー

タの解析を行うことが出来るかの参考とした。

### 2.2 手書きプロセスデータ流通基盤の構築と大学教育における利活用アプリケーション

京都大学の喜多らの研究[7]では、「手書きプロセスデータ」およびそれが生成された状況についての「手書きプロセスコンテキスト」の策定を行うことで、システムや大学の枠を超えて、コンテキスト手書きプロセスデータをビッグデータ化する。それにより、教育学習に関する既存のデータと紐づけた教育学習支援を可能にする教育イノベーションプラットフォームを構築している。

本研究とは、手書きデータの解析により教育学習支援を行うという研究目的の面で一致しているが、本研究は1つの教室での1回の授業の中での教育学習支援を目的としており、適応場面でマクロとミクロの違いがある。

### 2.3 中学校でのタブレット活用の実践と学習ログの分析

京都ICT教育モデルプロジェクトとして、京都外国語大学の村上らがタブレットの活用と学習ログの取得を行っている[8]。このプロジェクトでは、京都市立西京高校附属中学校において、生徒120人に一人一台ずつタブレット端末を用意し、授業中の学習および家庭学習において、学習を行っている時間帯の測定、および解答タイミングの遅れに注目し授業中の解答停止個所の検出をおこなっている。

本研究とは、集団指導の中でタブレットを用いた学習をおこない、その学習ログを用いて解析を行う点で類似しているが、本研究は授業をしている中で解析を行い、教師をその場で補助することを目的としている点で異なっている。

## 3. 指導対象学習者通知システムが満たすべき要求とその解決策

本節では、指導対象学習者通知システムが満たすべき要求と、その解決策について述べる。

### 3.1 集団授業データの収集に関する要求

授業中の教師は、授業時間や進行状況といった授業そのものに関する情報の把握は容易である。しかし、生徒の状況に関しては、全体の様子は認識できても、一人一人の様子を把握するのは容易ではない。そのため、生徒一人一人のデータを収集する手段が必要である。

### 3.2 集団授業における学習者の解析に対する要求

学習者の学習データの解析を行うにあたって、一つの学習データの解釈のために、他の学習データとの比較を行うことが不可欠である。例えば、個人のデータで解析を行う場合には、過去のデータとの比較により、現在の学習者の学習状況の判別を行うことが考えられる。本研究においては、集団指導による学習であることから、他の学習者との

比較により、指導が必要な学習者を判別する。

### 3.3 集団授業を行う教師に必要な情報に関する要求

複数人の生徒に対して授業を行う教師が、授業の中で生徒全員分のデータを細かく確認することは負担が大きい。また、教師が生徒のノートへの記述内容そのものを知ることがプライバシー、生徒の感情を考慮すると難しい。教師は、注意を向けるべき内容、対象だけを簡単な操作によって把握できることが求められる。

### 3.4 集団授業データの収集に関する解決策

近年、教育現場における ICT の導入が進み、タブレット端末を用いた学習も進んできている。そのため、タブレット端末を用いた学習が一般化すると考えて、本研究においては、生徒が授業でタブレット端末をノート代わりに使用することを想定する。これにより、ノートへの書き込み内容を収集して確認することが容易となる。しかし、教師が一人一人のノートの書き込み内容を確認することは容易ではない。よって、指導対象学習者通知システムを用いて、生徒一人一人の学習状況を教師が把握できるようにする。そのために、システムがタブレット端末への書き込み時間や、書き込み量、ページ移動操作といった筆記操作を学習データとして収集する。

### 3.5 集団授業における学習者の解析に対する解決策

集団指導を受ける学習者全員分のデータを比較することで、学習者の平均から外れた学習者を指導対象の学習者として抽出することにより、授業中の場面ごとでの解析を行う。

### 3.6 集団授業を行う教師に必要な情報に関する解決策

指導対象学習者通知システムが教師に通知結果を表示するにあたっては、解析結果から必要な部分を抜き出し、見やすい形で表示する必要がある。そのために、解析結果をグラフ形式で表示することで、教師が一目で指導対象の学習者を把握できるようにする。しかし、受信した解析結果データの指標をすべて表示すると、教師が確認する内容が多くなってしまい、教師による指導対象学習者の把握を容易にするという目的に適さない。そのため、解析結果のデータのうち、どの指標を表示するかについての検討を行い、学習状況通知アプリケーション上で表示するデータ指標を決定した。表示するデータ指標の検討を 5 節にて述べる。

## 4. 指導対象学習者通知システムの概要

本節では、試作した指導対象学習者通知システム（以後、試作システムとする）の概要について述べる。

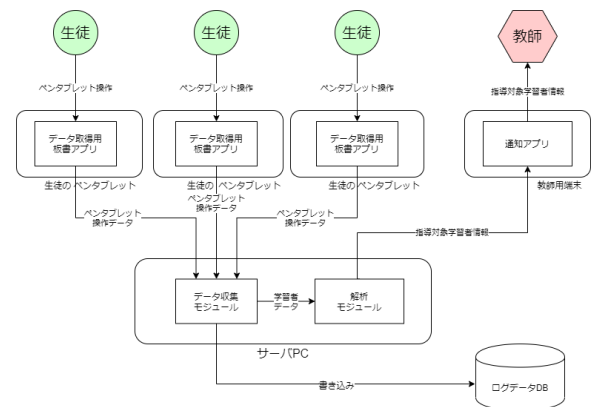


図 1 試作システムの全体構成図

### 4.1 試作システムの全体構成

試作システムは、複数のペンタブ端末の筆記画面に対するユーザのペンタブ操作データを取得し、その操作データログをサーバ上で集計、解析することで、個別指導の対象となる学習者を教師の端末に通知するシステムである。試作システムの全体構成図を図 1 に示す。

### 4.2 データ取得用板書アプリケーション

データ取得用板書アプリケーション（以降、板書アプリとする）は、入室ページ、退室ページ、ノートページで構成される Web アプリケーションであり、集団授業の中で生徒が板書用ノートとして用いるペンタブ上で実行されることを想定している。ノートページは、株式会社 Wacom のデジタルインクデータ規格である WILL (Wacom Ink Layer Language) [9] を用いて作成している。ノートページを図 2 に示す。このアプリケーションを使用する際、学習者は最初に入室ページにアクセスを行い、テキストボックスに空白を含まない 20 文字以内の英数字でユーザ名を入力することで、ノートページにアクセスすることが出来る。ノートページは縦 1000pixel で横 1600pixel のキャンバスと、操作用の 7 個のボタンを持つ。操作用のボタンおよびペンを用いて行えるユーザの操作一覧を表 1 に記す。ページ情報を画面下部に「NowPage is [現在のページ数] in [全ページ数]」の形式で表示している。アプリケーション終了時は、ログアウト操作を行うことで退室ページに遷移し、アプリケーションの使用を終了できる。ペンタブの操作が行われた際、そのペンタブ操作データがデータ格納モジュールに送信される。

### 4.3 データ収集・解析用サーバ

データ収集・解析用サーバ（以降、サーバとする）は、データの記録処理と解析処理を行うサーバである。データ収集モジュールと解析モジュールで構成される。解析処理は指導対象学習者の検知のために行う処理であり、詳細は 4.4 節にて記す。サーバは、板書アプリからペンタブ操

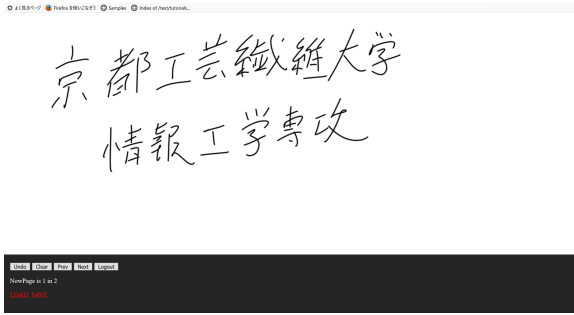


図 2 ノートページ

表 1 ノートページで実行できる操作一覧

操作名	操作方法	詳細
書き込み操作	スタイラスペン又は指でキャンバス上に線を引く	書き込む際の色は黒色 線の太さは3pixel
Undo操作	Undoボタンを押す	書き込み操作の内容を1ストロークごとに削除する。ページ内に書き込みがない場合ポップアップ警告が出現する
Clear操作	Clearボタンを押す	1ページ内の書き込み操作内容を一括で削除する
ページ戻し	Prevボタンを押す	ひとつ前のページに戻す。最初のページの場合ポップアップ警告が出現する
ページ送り	Nextボタンを押す	ひとつ次のページに送る。最新ページの場合新規ページを作成する
ログアウト	Logoutボタンを押す	板書用ページからのログアウトを行う 板書用ページの書き込み内容を1ページ1ファイルとして特殊ファイル形式でダウンロードする
データ保存	Saveボタンを押す	データ保存機能により保存されているファイルを読み込み、現在のページに書き込み内容を書きだす
データ読み込み	Loadボタンを押す	

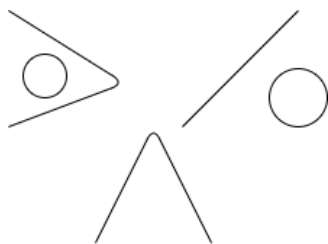


図 3 書き込み例

作データを受信し、受信したデータの保存データベースへの記録と解析処理を行う。解析処理実行後、解析処理を行った結果のデータを学習状況通知アプリケーションに送信する。

#### 4.4 指導対象学習者の検知方法

サーバは、指導対象学習者の検知にあたって解析処理を行う。ここでの解析処理は、生徒間の比較を可能とするための、ペンタブレット操作によって蓄積されていく学習者情報記録データの偏差値計算のことである。解析処理を行った学習者情報記録データを表 2 に記す。

なお書き込み面積は、ワンストロークごとに記録される Bounding Box のデータをビットマップに記録し、ビットマップ中の書き込みが行われているピクセルの数とする。そのために、サーバはノートページのキャンバスを縦 1000 × 横 1600 で分割したビットマップを保持している。書き込み面積の計算例を図 3、図 4 に示す。

表 2 学習者情報記録データ

解析用データ	詳細	単位
総書き込み時間	書き込み操作実行時間	ms
総ストローク数 (削除書き込み内容含む)	ストローク数 削除したストロークを含む	(なし)
総ストローク数 (削除書き込み内容除く)	ストローク数 削除したストロークは含めない	(なし)
総描画範囲面積 (削除書き込み内容含む)	書き込みを行った領域の面積の全ページ分の合計 削除した書き込みを含む	pixel <sup>2</sup>
1ページあたりの描画範囲面積 (削除書き込み内容含む)	書き込みを行った領域の面積の1ページ当たりの平均 削除した書き込みを含む	pixel <sup>2</sup> /ページ
総描画範囲面積 (削除書き込み内容除く)	書き込みを行った領域の面積の全ページ分の合計 削除した書き込みを含まない	pixel <sup>2</sup>
1ページあたりの描画範囲面積 (削除書き込み内容除く)	書き込みを行った領域の面積の1ページ当たりの平均 削除した書き込みを含まない	pixel <sup>2</sup> /ページ
Undo操作実行数	Undo操作を行った回数	回
ページ操作実行数	ページ送り操作とページ戻し操作を行った回数	回

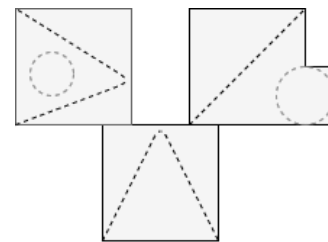


図 4 図 3 の例における筆記領域

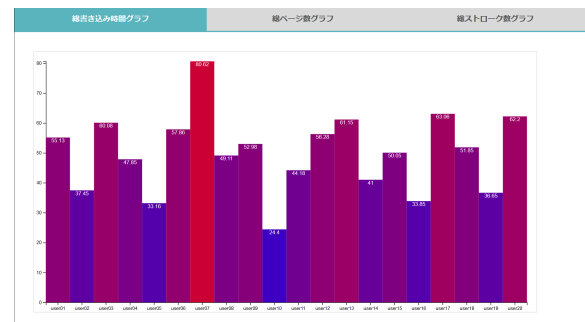


図 5 通知アプリケーション

#### 4.5 学習状況通知アプリケーション

学習状況通知アプリケーションは、教師による指導対象学習者の把握を容易にすることを目的とする、グラフィカルに表示された学習者情報記録データ閲覧用 Web アプリケーションである。学習状況通知アプリケーションは、サーバ PC と通信を行い、受信した解析結果データを各データごとに棒グラフと上位 3 名下位 3 名を示したランキング表を表示する。教師は、解析結果データの中でどのデータを確認するかを、画面上部のタブで選択することができる。通知アプリケーション画面の例を図 5 に示す。

#### 5. 通知用筆記操作データ指標についての検討

本節では、指導対象学習者通知システムの通知に適した筆記操作データ指標の検討について記す。この検討を行ったのは、4.4 節において解析に用いたデータが 10 種類あり、これらのデータをすべて表示すると、教師が確認す

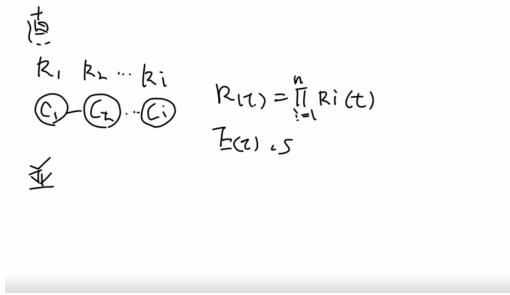


図 6 ユーザの板書内容 1

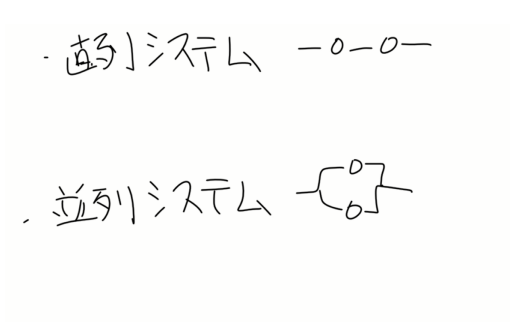


図 7 ユーザの板書内容 2

る内容が多くなってしまい、教師による指導対象学習者の把握を容易にするという目的に適さないためである。この検討に基づいて、学習状況通知アプリケーション上に表示するデータの決定を行った。

### 5.1 データの測定調査

通知に適した指標を探るために試作システムを用いて測定調査を行った。本節では実施した調査について述べる。

#### 5.1.1 調査実験の概要

京都工芸繊維大学情報工学課程・専攻の学生 4 名を対象とし、専門科目の授業映像を視聴しながら、試作システムを利用して板書を取ってもらった。その際の本研究の試作システムの解析結果データを調査結果とし、学習の状況をヒアリングした。授業映像は、2019 年度に実施された授業を録画したものであり、その中で一区切りの 11 分を切り出して用いた。4 名の被験者は同科目授業を過去に履修した学習者 2 名 (以下、UserA, UserB とする) と、録画した授業を実際に受けていた学習者 1 名 (以下 UserC とする) と、授業内容に関して学習したことのない学習者 (以下 UserD とする) で構成されている。実験を開始する前に被験者には授業内容に基づくテストを行うことを伝えた。

#### 5.1.2 実験結果

試作システムの解析結果データのグラフのうち、特に詳しく考察したものを図 8～図 10 で示す。考察は 5.2 節にて述べる。

また、本調査で実際にユーザが行った板書の一部を図 6、図 7 に示す。

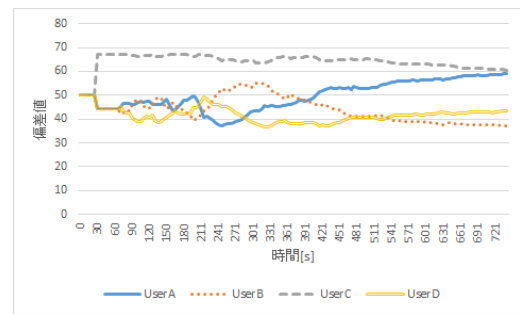


図 8 総書き込み時間の偏差値

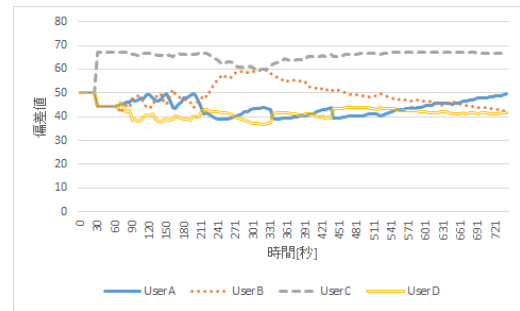


図 9 総ストローク数 (削除書き込み内容除く) の偏差値

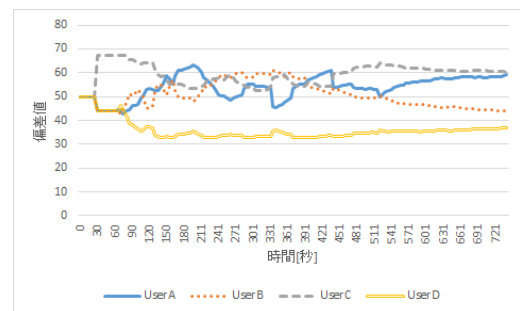


図 10 総描画範囲面積 (削除書き込み内容除く) の偏差値

#### 5.1.3 ヒアリングによる各被験者のふるまい分析

各被験者の実験の中での板書状況についてヒアリングした内容を記す。UserA は授業全体を通して、きちんと板書を取った。また、操作ミスによる削除操作が多かった。UserB は授業の内容を既に理解している為、板書をあまりとらなかつた。UserC はテストに解答できるように記録を細かく取っていた。UserD は途中で授業の進行についていけなくなり、板書をあまりとらなくなった。

### 5.2 通知に適した筆記操作データ指標に関する考察

1 ページ辺りの描画範囲面積、総ページ操作回数、総ページ数、Undo 操作回数は離散値であり、操作を行ったタイミングでの変化の影響が大きい様子がグラフから見られた。一方で、総書き込み時間、総ストローク数、総描画範囲面積といったデータは連続値であり、学習者の一度の操作では大きく変化しないため、学習者間での順位としてはそれほど頻繁には変化しない様子が見られた。教師が通知を確認するタイミングは授業に集中するためにそれほど



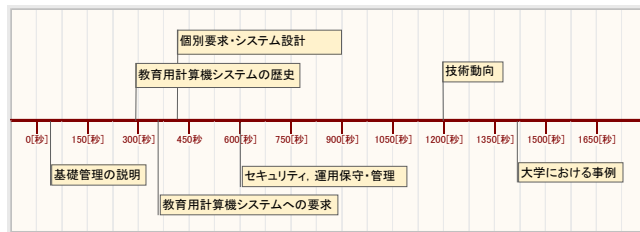


図 11 授業のタイムテーブル

頻繁ではないと考えられ、確認するタイミングが少し違うだけで得られる情報が大きく変わってしまうと、学習者の状況を正確に把握することは出来ないと考えられる。よって、総書き込み時間、総描画範囲面積、総ストローク数が通知に適するデータの候補である。

また、削除操作については、アプリケーションの操作ミスによる削除操作が多く、授業内容を受けての削除操作はあまり見られなかったことがヒアリングより分かった。そのため、削除書き込み内容を含むデータは授業内容に関連しない書き込み内容も含まれてしまい、通知に適さないと考えられる。よって、総書き込み時間、総描画範囲面積(削除書き込み内容を除く)、総ストローク数(削除書き込み内容を除く)が通知に適するデータの候補である。

候補となるデータのうち、そもそも学習内容についていけなくなった学習者、および内容を理解しているために筆記を行わなかった学習者が低い数値を出していたデータが総書き込み時間、総描画範囲面積(削除書き込み内容を除く)の2つであった。今回の調査の場面においては、筆記時間、書き込み面積のデータに関して確認できれば、指導対象の学習者を検知出来たものと考えられる。

よって、「総書き込み時間」および「総描画範囲面積(削除書き込み内容を除く)」の2つを学習状況通知アプリケーションが表示するデータとして今回のシステムの試作を行った。

## 6. 指導対象学習者通知システムの評価実験

本節では、試作した指導対象学習者通知システムの評価実験について述べる。

### 6.1 実験概要

京都工芸繊維大学情報工学課程・専攻の教員1名に依頼し、情報工学課程・専攻の学生4名を対象として、試作システムを利用しながら専門科目の授業を実施してもらった。講義内容は、情報工学の専門科目に類する内容である。そして、授業を行いながらの本システムの利用についてのアンケート調査およびヒアリング調査を行った。また、板書アプリケーションを用いる学習者側にもアンケートを行い、試作アプリケーションへの評価も行った。実施してもらった授業のたまかなタイムテーブルを図11に示す。

### 6.2 実験結果

実施した授業での学習者の総書き込み時間と総描画範囲面積(削除操作を含む)の偏差値の推移を表したグラフを図12と図13にそれぞれ示す。

授業を実施した教師へのアンケート結果を図14に示す。ヒアリングでは、スライドを用いた講義では、学習状況を可視化してもそれを確認するのに負担が掛かるといった意見が得られた。

データ取得用板書アプリケーションを利用した学習者へのアンケート結果をまとめたものを表3に記す。

### 6.3 考察

実験結果に対する考察を記す。

#### 6.3.1 教師への通知内容に関する考察

授業を受けた生徒へのアンケート中の「授業内容の中で特に理解できた内容」の回答として、userA,userC,userDの3名が同じ大学における事例を挙げていた。この内容は、授業開始後およそ1400秒頃から実施され、そのタイミングでの図12と図13のグラフを確認すると、特に総描画範囲面積(削除操作内容含む)に関して、1人だけ理解できたと回答しなかったuserBの偏差値が低くなっている様子が見られた。このことから、学習者は特に理解が進む内容に関しては筆記量が多くなる傾向があると考えられ、他と比べて低い値のuserBに注目することに意味があると考えられる。

一方で、授業を受けた生徒へのアンケート中の「授業内容の中で特に理解できなかった内容」の回答に注目すると、学習者ごとにあげている範囲が異なっている。そのため、学習者ごとにアンケートの回答とグラフの変化の考察を記す。userAが特に理解できなかったとしている内容は、授業開始後およそ400秒から600秒までの間実施されたシステム設計の話と、授業開始後およそ1400秒を経過した頃から終盤まで実施された大学における事例の話で、これらの実施タイミングでの図12と図13のグラフのuserAの様子には若干の偏差値の増加がみられた。userBが特に理解できなかったとしている内容は、授業開始後およそ300秒あたりから350秒までの間実施されたシステムの歴史の話で、この実施タイミングでの図12と図13のグラフのuserBの様子には特徴的な変化が見られなかった。userCが特に理解できなかったとしている内容は、授業開始後およそ400秒から600秒までの間に実施されたシステム設計の話で、この実施タイミングでの図12と図13のグラフのuserCの様子には特徴的な変化が見られなかった。userDは、全体的に細かな部分が理解できなかったとしているため、グラフの特定範囲についての検討は省略する。以上をまとめると、特に理解できなかったと回答している内容での特徴的なふるまいはあまり検出できなかった。授業内容全体への理解度の質問に、学習者全員が「ど

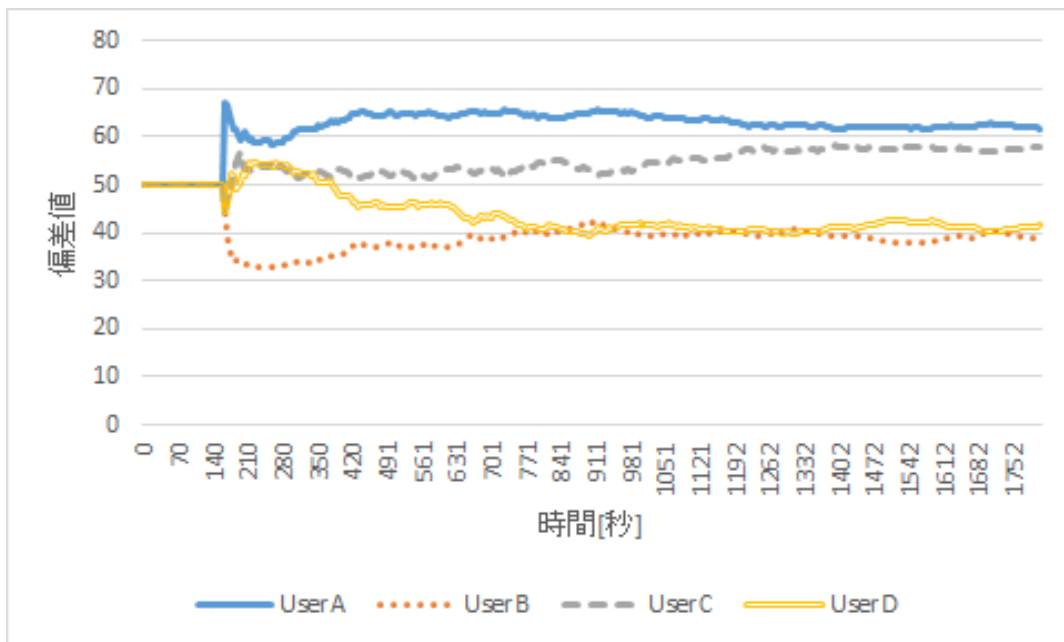


図 12 評価実験における総書き込み時間の偏差値

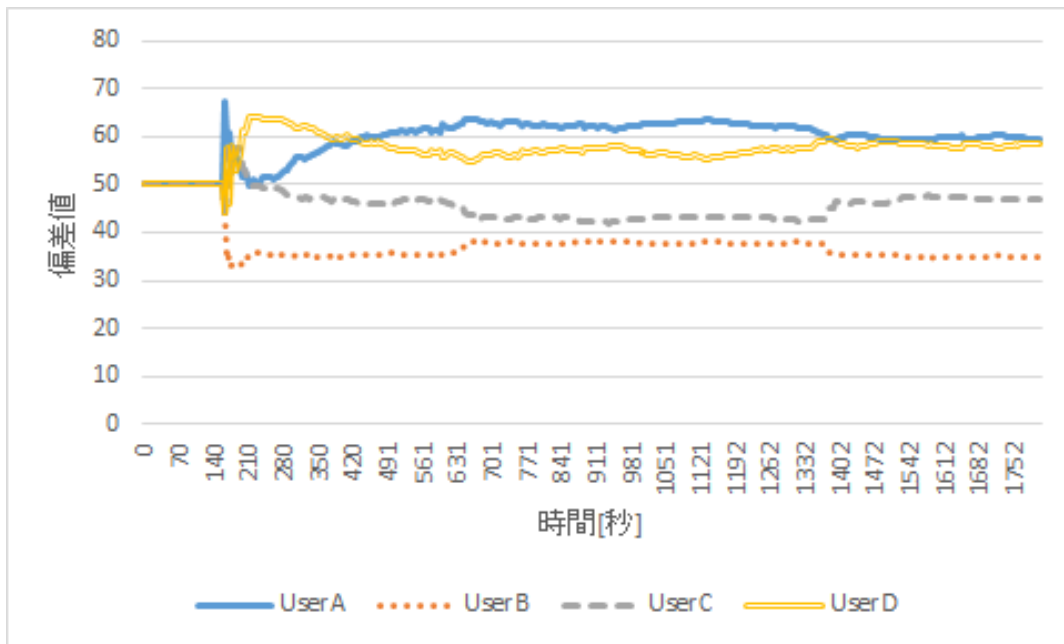


図 13 評価実験における総描画範囲面積 (削除操作含む) の偏差値

授業のやり方のこのツールの相性があると思うので、私のやり方だと(今回の資料)有用性がそれほどなかった(と)思う。  
会議で実験した時から(わか)り、書き込みの音の方が判りやすかった。

図 14 授業実施教師へのアンケート結果

「明らかに理解できた」と回答しており、授業に全くついてこれないような学習者はいなかったことを踏まえると、これは、たとえ理解が進まないような授業内容であっても、板書内容の書き写しなどで、学習を継続したからだと考えられる。

そのため、今回試作システムの通知内容として用いた指標である総書き込み時間と総描画範囲面積 (削除操作内容含む) といった指標は、一定の意味があると考えられるが、学習者の学習状況に合わせた指標に関して、検討の余地があると考えられる。

### 6.3.2 教師への通知手法に関する考察

授業を行った教師へのアンケートとヒアリング調査の結果から、学習状況をグラフとして可視化する形でも、授業を行う教員には負担となってしまうことがあると分かった。これは、授業を行う際、教師が自身のスライドや板書の内容を確認し、生徒全体の顔を確認しながら授業を行う

表 3 授業を受けた生徒へのアンケート調査のまとめ

質問内容	userA	userB	userC	userD
授業内容全体の理解度	どちらかといえば理解できた	どちらかといえば理解できた	どちらかといえば理解できた	どちらかといえば理解できた
授業範囲の中で特に理解できた範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育用計算機システムに対する要求</li> <li>大学における事例</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育用計算機システムに対する要求</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大学における事例</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術動向</li> <li>大学における事例</li> </ul>
授業範囲の中で特に理解できなかった範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>事例ごとの細かな変化</li> <li>システム設計における使用技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育用計算機システムの歴史</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体的に細かな部分の理解</li> </ul>
板書アプリケーションに関して使いにくかった部分	<ul style="list-style-type: none"> <li>Undoの反応が鈍い</li> <li>ボタンの距離が近い</li> <li>誤操作に気をつける必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペンタブレットに慣れておらず書きにくい</li> <li>Clearボタンを誤って押してしまいそうになる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペンの判定がずれることがある</li> <li>ボタンの距離が近く誤って押してしまいそうになる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続でタップするとダブルタップとして処理されブラウザの拡大が起きる</li> <li>Clearボタンで誤操作が起きる</li> </ul>

ため、通知システムに目を向ける時間が十分に確保できないからだと考えられる。

## 7. まとめと今後の課題

本研究では、集団指導学習における部分的個別指導学習の実現を目指し、授業中のペンタブレット端末操作データのうち、筆記操作時間、筆記領域面積の偏差値データをグラフとして可視化したものを教師に通知するシステムを構築した。システムの構築のために、授業中の学習者のペンタブレット操作データの分析について検討を行い、またシステムを用いた授業の評価実験を行った。

評価実験から、授業を行いながら授業資料以外の端末情報を目視で確認するのは、教師にとって負担になる可能性が示された。この解決策として、学習状況をグラフとして可視化するのではなく、音声データとして通知することにより、教師にかかる負担を減らすことが挙げられる。例えば、先に通知データに閾値を設定し、閾値を超えるデータが現れた場合に、通知音で伝える形式などが考えられる。

また、集団授業の中で指導対象となる学習者を検知するために、筆記時間と筆記面積が指標として適する可能性があることを示した。しかし、授業の内容や生徒の様子が変われば変わる可能性が考えられる。そのため、今後実験を繰り返し、授業内容、形式に合わせた適切な指標を検討していくことも課題となる。

## 参考文献

- [1] 文部科学省：次世代の教育情報化推進事業「情報教育の推進等に関する調査研究」, 文部科学省 (オンライン), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1400796.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1400796.htm)) (参照 2019-2-10).
- [2] 小宮山利恵子：IT 教育に懸ける小さな公立小学校の挑戦, 東洋経済 (オンライン), 入手先 (<http://toyokeizai.net/articles/-/101956>) (参照 2018-1-29).
- [3] 浅井洋樹, 野澤明里, 苑田翔吾, 山名早人：オンライン手書きデータを用いた学習者のつまづき検出, *DEIM Forum 2012 A8-4*, pp. 1-7 (2012).
- [4] Yu, K., Epps, J. and Chen, F.: Cognitive Load Evaluation of Handwriting Using Stroke-level Features, *Proceedings of the 16th International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI '11*, New York, NY, USA, ACM, pp. 423-426 (online), DOI: 10.1145/1943403.1943481 (2011).
- [5] 浅井洋樹, 山名早人：オンライン手書き情報を用いた未定着記憶推定システム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-CE-127, No. 1, pp. 1-6 (2014).
- [6] 高橋梓帆美, 井本和範, 山口修：オンライン筆記デー

タを用いた書き写し行為の推定, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-CE-129, No. 17, pp. 1-8 (2015).

- [7] 梶田将司：手書きプロセスデータの国際標準規格の策定に向けて, 情報処理学会研究報告, Vol. 2018-CLE-26, No. 2, pp. 1-5 (2018).
- [8] 村上正行, 飯山将昇, 美濃導彦：ペタ語義：中学校でのタブレット活用の実践と学習ログの分析-京都 ICT 教育モデル構築プロジェクト-, 情報処理学会誌, Vol. 60, No. 1, pp. 66-69 (2018).
- [9] 株式会社ワコム：WILL - インク機能とインク層におけるユニバーサルタイプのフレームワーク - Wacom, 株式会社ワコム (オンライン), 入手先 (<https://www.wacom.com/ja-jp/enterprise/will>) (参照 2019-2-18).