

数学オンラインテストの解答のペンストロークデータの可視化と解析

Visualization and analysis of pen-stroke data of answers to an online mathematics test

藤本 和侖^{*1}, 中村 泰之^{*2}
Kazusa FUJIMOTO^{*1}, Yasuyuki NAKAMURA^{*2}

^{*1}^{*2}名古屋大学大学院情報学研究科

^{*1}^{*2}Graduate School of Informatics, Nagoya University
Email: fujimoto.kazusa.s9@s.mail.nagoya-u.ac.jp

あらまし：タブレット PC を利用した学習では、学習ログデータを取得することができる。このデータの活用は、習熟度の把握や指導方針の改善に有用である。本研究では、数式自動採点システムの一つである STACK を用い、タブレットに記述された数学の問題の解答過程から得られたペンストロークデータをもとに解答過程、筆記速度、停滞箇所を可視化した。また、筆記速度と停滞箇所を視点とし、解析することで、問題のつまづき箇所や難易度の把握を行った。

キーワード：数式自動採点システム、STACK、ペンストロークデータ、可視化

1. はじめに

情報技術の発展により、教育分野でも情報化が進んでいる。2019年に文部科学省が GIGA スクール構想⁽¹⁾を打ち出し、一人一台タブレット PC の整備が行われている。タブレット PC を学習に利用することにより、学習ログデータを取得することが可能となる。取得されたデータを分析・活用することは、学生の習熟度の把握や指導方針の改善に役立てられる。

本研究では、数式自動採点システムの一つである STACK^(2,3,4)を用い、タブレットに記述された数学の問題の解答過程から得られた、学習ログデータのうちの一つであるペンストロークデータをもとに、解答過程、筆記速度、停滞箇所を可視化する。また、筆記速度と停滞箇所を視点に解析し、問題のつまづき箇所や難易度の把握を行う。対象とするデータは、数学Ⅲ程度の微分・積分の問題をタブレットに記述形式で解答した学生の解答データである。

2. STACK の概要紹介

STACK は、英国バーミンガム大学の Christopher Sangwin (現エディンバラ大学) が中心となり 2005 年に開発した数式自動採点システムである。日本では 2010 年に日本語化され、公開された⁽⁵⁾。

STACK には、ポテンシャル・レスポンス・ツリーと呼ばれる機構を利用して、学生の解答に対応したフィードバックや部分点を与えるなどの様々な機能がある。また、中村、中原によって、解答だけではなく計算過程を記述したノートも提出でき、問題・解答と紐付けて管理することができる機能が開発された⁽⁶⁾。ノートの提出は、手書きノートを写真で添付する方法、タブレットにデジタルペンで記述する方法がある。

3. ペンストロークデータについて

タブレットにデジタルペンで記述した際のノートの例を図 1 に示す。ノートの左上には、ノート記述終了・全消去・ペン・消しゴムの選択ボタンがある。方眼部分にデジタルペンを用いて解答を記述する。

ペンストロークデータには、学生が記述したペンストロークが時系列順に記録される。図 2 は記録されたデータの一部である。Action は、筆記開始・筆記中・消しゴムを選択などといったペンの状態、X と Y はペン先の座標、Time は Action が行われた時刻が UNIX 時間で示されている。

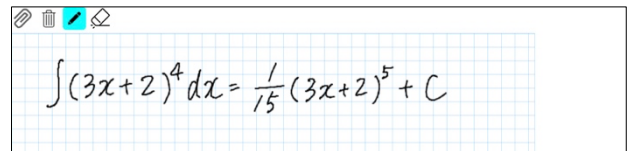


図 1 ノートに記述中の画面

Action	X	Y	Time
start-drawing	96	80	1638252453055
move-drawing	96	79	1638252453068
move-drawing	95	73	1638252453079
move-drawing	94	72	1638252453082
move-drawing	93	72	1638252453116

図 2 ペンストロークデータ

4. 可視化方法

3 章で示したペンストロークデータを用い、次の手順で解答過程、筆記速度、停滞箇所を可視化する。

- 1) ある Action とその次の Action の X 座標と Y 座標から 2 点間の距離、Time から経過時間を求める。
- 2) 1) で求めた 2 点間の距離、経過時間から筆記速度を求める。

- 3) Action と 1) で求めた 2 点間の距離, 経過時間をもとに, Python のタートルグラフィックスを使用し, ペンの軌跡をアニメーション表示する. 軌跡を表示する際に, 2) で求めた筆記速度をもとに, 速度ごとに着色する. 速度が小さいほど青色に, 大きいほど赤色に着色する. カラースケールを図 3 に示す. また, 一筆書き終わり, 次に書き始めるまでの時間が 2 秒以上経過している場合, 経過時間が長いほど文字を太く表示する. 2 秒以上の経過は, 人目で停滞と感じられる長さである (7).



図 3 筆記速度のカラースケール

- 4) 全消去, 消しゴムを使用した回数を数える.

5. 可視化

4 章で示した可視化方法を, 数学Ⅲ程度の微分・積分の問題 6 問を解答した学生 3 名の解答データに適用した. 図 4, 5, 6 がそのうちの 1 問である.

この間で全消去, 消しゴムを使用した回数は, 学生 1 が 2 回, 学生 2 が 0 回, 学生 3 が 4 回であった.

$$\begin{aligned} \int \log x dx &= \int (x)' \log x dx \\ &= x \log x - \int x (\log x)' dx \\ &= x \log x - \int x \cdot \frac{1}{x} dx \\ &= x \log x - x + C \quad (C: \text{const}) \end{aligned}$$

図 4 学生 1 の解答

$$\begin{aligned} \int \log x dx &= \int x' \log x dx \\ &= x \log x - \int x \cdot \frac{1}{x} dx \\ &= x \log x - \int dx \\ &= x \log x - x + C \end{aligned}$$

図 5 学生 2 の解答

$$\begin{aligned} \int \log x dx &= x \log x - \int x \cdot \frac{1}{x} dx \\ &= x \log x - x \end{aligned}$$

図 6 学生 3 の解答

学生 1, 2 は, 文字の色から筆記速度が頻繁に変化していることがわかる. また, 等号の一筆目や項の一文字目の一筆目の太さが変化している. 学生 3 は色があまり変化しておらず, 筆記速度がほぼ一定であることがわかる. また, 文字の太さが一箇所しか変化しておらず, 太さも通常とあまり変わらない. 途中式は, 学生 1, 2 の方が学生 3 よりも細かく書かれている. このような傾向はその他の問題でも見受けられた. 全消去, 消しゴムを使用した回数は, 誤答者が多い方が正答者が多い問題より多かった.

つまり, 学生 1, 2 は速度変化が激しく, 停滞箇所もあることから, 解き方を考えてから解答しており, 学生 3 は速度変化があまりなく, 停滞箇所も少ないことから, 解答を書きながら解き方を考えていると考えられる. また, 速度や停滞時間は途中式の書き方とも関係がある可能性も考えられる. 問題の難易度は消去された回数と対応することも推測される.

6. まとめ

本研究では, STACK を用い, タブレットに記述された数学の問題の解答過程から得られたペンストロークデータをもとに解答過程, 筆記速度, 停滞箇所を可視化した. また, 筆記速度と停滞箇所を視点に解析したが, データ数が少なかつたため, 一般的な傾向とは言い難い. そのため今後はデータ数を増やし, 今回の傾向を詳しく検証したい.

参考文献

- (1) 文部科学省:GIGA スクール構想の実現へ, https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf, 参照 2022-2-4
- (2) Christopher Sangwin: “Computer Aided Assessment of Mathematics”, OUP Oxford, (2013)
- (3) STACK | The University of Edinburgh <https://www.ed.ac.uk/maths/stack>, 参照 2022-2-5
- (4) GitHub – maths/moodle-qtype_stack:Stack question type for Moodle, https://github.com/maths/moodle-qtype_stack, 参照 2021-2-5
- (5) 中村泰之: “数学 e ラーニング 数式解答評価システム STACK と Moodle による理工系教育”, 東京電気大学出版局, (2010)
- (6) Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara: “NOTE-SUBMISSION FUNCTION FOR MOODLE QUIZ AND COLLECTING PEN-STROKE DATA”, Proc. of IADIS International Conference Mobile Learning, pp.163-164 (2019)
- (7) 飯山将晃, 中塚智尋, 森村吉貴, 橋本敦史, 村上正行, 美濃導彦: “ペンストロークの時間間隔を用いた解答停滞箇所の検出”, 教育システム情報学会誌 vol.34 No.2, pp.166-171 (2017)