

数学オンラインテストにおける視線データを用いた解答過程の分析

Analysis of the answering process using gaze data in online mathematics tests

青野 稜也, 中村 泰之

Ryoya AONO, Yasuyuki NAKAMURA

名古屋大学大学院情報学研究科

Graduate School of Informatics, Nagoya University

Email: aono.ryoya.g1@s.mail.nagoya-u.ac.jp

あらまし：本論文では、数式自動採点システム STACK の機能を用いて微分・積分の問題を視線計測装置をつけながら解いてもらい、視線データの分析を行った。注視点と注視時間を連続的な色調の変化で表した Heat map と、どこからどの位置を、どの順番で、どの程度見たのかを、線、数字、円の大きさで表した Gaze plot も分析に用いた。各問題について視線解析を行った結果、それぞれの問題に応じて特徴的な注視点、視線移動があることがわかった。

キーワード：数式自動採点システム, STACK, 視線計測

1. はじめに

情報技術の発達とともに教育の情報化が進み、教育の ICT 化が求められるようになった。文部科学省の 2020 年の指針では、中等教育機関における全生徒へのコンピュータやタブレットなどの機器導入を目指している⁽¹⁾。しかし、今まで指導を行ってきた教員は、急にタブレットを利用しながらの授業を行えば機器操作の不慣れが原因で、授業の進度が低下したり、生徒の授業に対する理解度が低下する可能性がある。また、近年になって、映像技術の発達とともに人の視線を計測する機器の開発が積み重ねられ、対象者がリアルタイムで何をどのように見ているのかを可視化できるようになり、視線を用いて認知や思考を推定する研究が注目されている⁽²⁾。

本研究では、視線を解析することで、学生 1 人 1 人にとっての視線計測データと解答の関連性がみられるかを検証することを目的とし、学生 3 名に数学 III で学習する微分・積分の問題を小問 5 つ、長文問題 1 つを、記述型問題で解いてもらった。また、問題を解いてもらう際には、数式自動採点システムの 1 つである STACK⁽³⁾ を用いた。3 名の被験者を対象に実験を行ったが、1 名の被験者の視線データが不具合により正確に測るができなかったため、解析は 2 名のみ行った。

2. STACK について

STACK(System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel)は、英国のバーミンガム大学の Christopher Sangwin 氏が中心となって開発した数式自動採点システムである。

教員は学生に対して解答や数式を直接入力する形で要求することができ、数式処理システムによって、その正誤評価を自動的に行うことができる。また、STACK には、係数を変化させて同形式数値の異なる問題をランダム生成したり、学生の解答が部分的に

正しい場合は部分点を与えるといった、教員が問題を作成・管理するための様々な便利機能が存在する⁽⁴⁾。他にも、STACK には計算過程を画面上に手書きで記入し、問題と解答とともに提出できるノート提出機能がある⁽⁵⁾。これは、計算過程をただ書くだけでなく、誤った文字を消すことのできる消しゴム機能、書いた問題を 1 度にすべて削除できたり、書いた内容を保存しておく機能もあるため、問題を解く上で便利である。

3. 視線計測を用いた研究動向

視線計測を用いた研究は幅広い分野で行われている。数学教育分野においては、人間工学や医学に比べて視線計測を用いた研究の数は少なかったが、近年増加傾向にある。1921 年から 2018 年までに発表された、数学教育で視線計測を利用した文献は 161 件あったが、そのうちの 61%の文献が 2014 年以降に発表されたものであり、研究の大半は初歩的な数値と算術に焦点を当てたものであった⁽⁶⁾。

4. 研究方法

被験者には、本研究の実験内容をあらかじめ説明し、同意を得た上で十分な注意のもと体調に配慮して実験を実施した。今回の実験で使用した視線計測装置は、モバイル型視線計測装置である Tobii Pro グラス 2 (トビー・テクノロジー株式会社)50Hz モデルである。実験では被験者に椅子に座ってもらい、前方の机に A3 の問題用紙、プリントに書き込む用のペン、タブレット、タブレットに書き込む用のペンを準備して、実験実施説明を行ったあと、視線計測装置を装着してもらい、視線計測を行った。視線計測は、問題を解く際の解答過程で、どの位置の注視時間が長く、回数が多いかを調べるために行った。問題用紙には、数学 III で学習する微分・積分の問題が小問 5 つ、長文 1 つ書かれている。被験者には 30 分程度で

数学 III の問題を解いてもらったが、厳密な時間設定は行わなかった。また、計算過程は STACK の機能の 1 つであるノート機能を使って解いてもらった。

実験結果の分析には、Tobii Pro Lab (x64) という解析用ソフトウェアで行った。なお、解析を行った結果、1 名の被験者の視線データが不具合により正確に測ることができなかったため、解析は 2 名のみ行った。まず、視線付き動画データと STACK に保存されていたノートデータを比較し、視線データを手入力でノートデータにプロットした。その後プロットしたデータを注視点と注視時間を Heat map で、視線移動の順番を Gaze plot で可視化して、数学の問題を解く上で視線にどのような特徴があるのかを分析した。

5. 結果

結果の一部として、問 1-4 について書く。問 1-4 は $\int e^x \sin x dx$ という問題で、最終的な答えは $\frac{1}{2}e^x(\sin x - \cos x) + C$ である。三角関数の微分および、部分積分を 2 回利用して解くことができる問題である。なお、2 名とも誤答であった。1 人は積分定数のつけ忘れて、もう 1 人は三角関数の微分を誤って積分してしまっており、積分定数もつけ忘れていた。

以下の図 1 が実際に分析に使った Heat map で、図 2 が、途中の特徴的な視線部分だけを抜き取った Gaze plot である。Heat map から、被験者の 1 名は最初の問題部分に最も注目していたことがわかる。Gaze plot からは問題の途中で視線が 1 番最初に出てくる $\int e^x \sin x dx$ に視線が移動していることがわかり、右辺に出てくる $\int e^x \sin x dx$ を左辺に移項することに気づいて解けたことが視線からわかる。

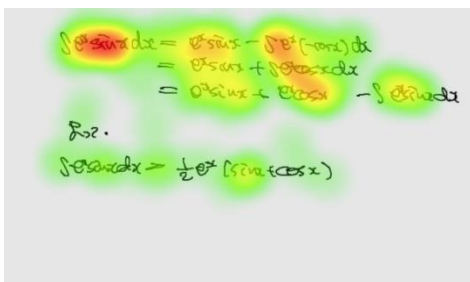


図 1 問 1-4 の Heat map

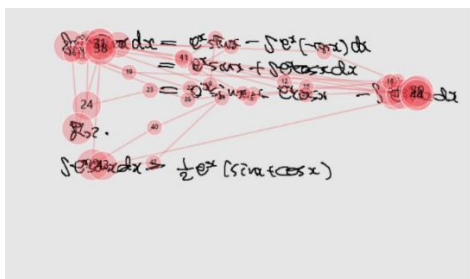


図 2 問 1-4 の Gaze plot

6. まとめと考察

本研究では、STACK の機能と視線計測装置を用い

て、微分・積分を解く際の解答過程の分析を行った。視線を解析した結果から考えられることの 1 つとして、学生 1 人 1 人にとってのその人がどの程度計算ミスに気を付けて問題を解いているのかを測ることができる。小問 5 問を解く際の Heat map の全体的な傾向として、計算過程の前半部分に視線が集まっている。これは動画データと見比べてわかったが、計算の最中もしくは後に、何度か見直ししていることが 1 つの要因として挙げられる。よって、視線が前半部分に集中している学生は、見直しする回数が増えるということになり、計算ミスが減ると考えられる。

今後の課題としては、明確な時間設定をすることである。今回の実験は 30 分程度という時間は設けたものの、時間を測って 30 分たったら問題をやめさせるなどといった措置は行わず、学生には納得がいくまで問題を解いてもらった。今後実験を行う際、厳密な時間設定をすれば、よりテスト形式に近いものとなり、より有用性のあるデータをとれる可能性がある。今回の実験では個別事例の分析にとどまっているので、一般的な傾向としてどのような視線の特徴があるのかはわかっていないが、いくつかの示唆を得ることができた。今後は被験者の人数をさらに増やすことで、新たな視線計測データと解答の関連性や結びつきの特徴が見つかるかもしれない。

参考文献

- (1) 文部科学省:「GIGA スクール構想」について、https://www.mext.go.jp/kagisiryoo/content/20200706-mxt_syoto01-000008468-22.pdf
参照日 2022 年 5 月 23 日
- (2) 天野功士, 當日雅代: “動作を伴う視線計測に関する文献的考察”, 同志社看護 Doshisha Kango, Vol.3, pp.21-29, (2018)
- (3) STACK | The University of Edinburgh,
<https://www.ed.ac.uk/maths/stack>
参照日 2022 年 5 月 23 日
- (4) 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 における理工系教育”, 東京電機大学出版局, (2010)
- (5) Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara: “NOTE-SUBMISSION FUNCTION FOR MOODLE QUIZ AND COLLECTING PEN-STROKE DATA”, 15th International Conference Mobile Learning, (2019)
- (6) Anselm R. Strohmaier, Kelsey J. MacKay, Andreas Obersteiner, Kristina M. Reiss: “Eye-tracking methodology in mathematics education research: A systematic literature review”, Educational Studies in Mathematics, Vol.104, pp.147-200 (2020)