

レイヤごとの描画で見通しをつけるように誘導する計算論的思考能力の育成

Developing computational thinking ability by guidance toward plan building with layer-by-layer drawing

菅野 浩太郎
Kotaro Kanno島川 博光
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

近年、計算論的思考能力は世界各国で重要視されている。計算論的思考能力は問題を解決するための見通しをつける力のことを指す。計算論的思考能力はプログラミングや新しいアイデアや解決策を生み出すための基盤を提供するのに役立つ。Sue [2] は教育における計算論的思考能力の重要性について議論しており、イギリスでは計算論的思考能力育成のため2014年から国家カリキュラムの必修科目として導入された。さらに、Fredrikらはスウェーデンの教師になる前の大学生に対してプログラミングを含む教育を行うことで彼らが計算論的思考を次の世代に教えることができることを示した。[3] また、Marcosらは計算論的思考が新たな世代の学生がコンピュータベースの世界を完全に理解して参加するために習得しなければならない一連の問題解決スキルとして生まれつつあると主張している。[4]

特に、計算論的思考能力の向上手法としてコンピュータを用いた教育方法が提案されている。これは計算論的思考能力がプログラミング能力から派生した考えられるためである。しかし、コンピュータを用いて計算論的思考能力を育成する教育にはコストが多くかかる。本研究ではコンピュータを用いない計算論的思考能力の育成手法を提案する。本研究では、描画タスクを課すことで計算論的思考能力の育成を促す手法を提案する。本手法ではタブレットと電子ペンをを用いた描画タスク中の筆跡データを分析することで計算論的思考能力を推定し、描画タスクが計算論的思考能力の向上を促すのかを分析する。

2. 計算論的思考能力の定義

Wing は計算論的思考には問題を解決するための手順があると主張している[1]。その手順は以下の5つである。

1. 問題に適切な手順があることに気づく
2. 要素分解
3. 問題への対処
4. 抽象化を行う
5. 一般化を行う

要素分解とは複雑な問題やタスクがあるときに問題を小分けにして考えることである。問題への対処は要素分解で問題を小分けにしたことに対してひとつひとつ順番に問題を対処することである。抽象化は複雑なシステムや問題を単純化し重要な部分に焦点を当てることである。具体的に

† 立命館大学情報理工学部

は、詳細や具体的な要素を取り除き、本質的な構造やパターンを抽出するプロセスのことである。つまり問題を対処するにあたって重要な部分だけを取り出すことを意味する。一般化は特定の経験やデータから普遍的な結論を導き、ほかの状況にも適応できるようにするプロセスである。

以上より計算論的思考能力は問題に対してどのように対処すればいいのかを考え、解決への見通しをつける力であるといえる。

3. 描画タスクによる計算論的思考能力の向上手法

本研究は計算論的思考能力を向上させるための手法としてパラパラ漫画を描く過程で補助を加えることで計算論的思考能力の向上を促す。

本研究の手法概要図を図1に記す。

本研究ではパラパラ漫画をタブレットと電子ペンをを用いて描画する。電子ペンとタブレットのログからデータを取得する。取得したデータをもとに計算論的思考能力を推定し、被験者に対して補助を加えたときと加えなかった時で被験者の計算論的思考能力に変化が生じるのか分析を行う。

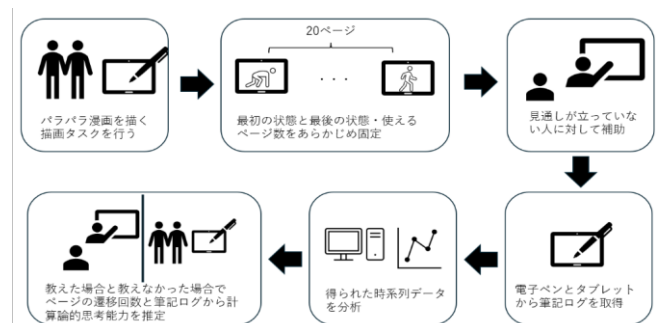


図1 手法概要図

3.1 パラパラ漫画と計算論的思考能力の関連性

パラパラ漫画とは場面が連続している複数の絵を素早く動かすことで、残像効果によって絵が動いて見える漫画である。被験者は連続性がある絵を描く必要があるため各コマにどのような状態の絵を描くかを考える必要がある。このとき、被験者は見通しをつける力を用いると予想される。つまり、計算論的思考を用いて問題に対処すると予想される。

また、特定の状況下では、pen-based tabletsを用いた学習は、従来の紙と鉛筆で学ぶ方法と同じくらい効果的であることが示されている[5-6-7]

3.2 実験の制限

パラパラ漫画を描く際にコマ数を制限しない場合、一枚前の絵につながるように現在の絵を描くため被験者は見通しをつけない。また、被験者に対してテーマに沿ってパラパラ漫画を描かせるだけでは被験者の絵が統一されないと予想される。この問題を回避するために、本研究はコマ数を制限することで被験者にどのコマにどのような絵を描くかを考えさせる。さらに、描かせるテーマを定め、最初と最後の絵をあらかじめ決めておくことが現実的であると考えられる。

3.3 見通しが立っていない人に対する補助

本研究は実験の際に被験者の描画タスクの際に補助を与える場合と与えない場合を設ける。補助とは、被験者に対してパラパラ漫画を描くときのアドバイスを口頭で与えることである。このように実験を行うことによって被験者の結果に差が生みだされることが予想される。計算論的思考能力が低い人は最初の絵から最後の絵に向かって描いていくにあたって描き直しや構想の練り直しなどでページの遷移回数が多いと考えられる。したがってアドバイスを与えることで見通しをつける力が向上しページの遷移回数が減少し計算論的思考能力が高くなると考えられる。

3.4 取得するデータ

本研究ではタブレット(iPad)と電子ペン(Apple Pencil)を用いる。電子ペンから得られるデータを図 2 に記す。電子ペンから位置座標、筆圧、高度角、方位角を計測する。0.1 秒ごとに電子ペンからタブレットに触れているときのデータを取得する。位置座標はタブレット画面の左上を原点とし水平方向を x 軸、鉛直方向を y 軸として x 座標と y 座標は小数点第一位まで記録する。筆圧は電子ペンがタブレットを押した力を数値化したものである。小数点第二位まで記録し、最大値は 4.17 である。高度角はタブレットと電子ペンの角度をラジアン値で表したものである。最大値は $\pi/2$ である。方位角とは電子ペンが倒れている方向をラジアン値で表したものである。ペンを x 軸方向と平行に傾けると 0 になり、時計回りに回転させると増加し、逆時計回りに回転させると減少する。最大値は 2π である。また、タブレット画面のページの遷移回数も計測する。電子ペンから得られるデータは計算論的思考能力が低い人に対してアドバイスを与えたときに見通しをたてて書き始めたときと見通しが立たずに書き始めたときにどのような違いがあるのか調べるために用いる。

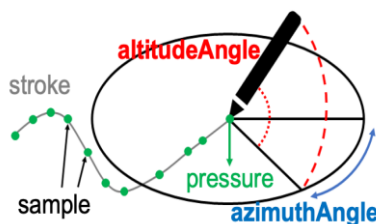


図 2 電子ペンから得られるデータ

3.5 分析手法

本研究から得られるデータは 0.1 秒ごとの位置座標、筆圧、高度角、方位角とタブレット画面のページの遷移回数のデータを特徴量として用いるため時系列データが得られる。

パラパラ漫画を描くことは連続性がある絵を描く。つまり前の状態が次の状態に影響を与えていると考える。被験者の計算論的思考能力が高い場合ページの遷移回数は少なく最初の絵から最後の絵に向かって真っすぐ進んでいきページを戻ることが少ないと考えられる。一方で被験者の計算論的思考能力が低いと最初の絵から最後の絵に向かって描くときにページを戻って絵を描きなおすと予想する。したがって本研究では機械学習モデルの一種である隠れマルコフモデルに適応させることで状態を推定できると考える。

4. おわりに

本研究では被験者に対して比較した実験を行い、筆記ログとページの遷移回数のデータをもとに隠れマルコフモデルを適応することで計算論的思考能力にどのような変化をもたらすのか分析する手法を提案した。今後は実際にこの手法の有効性を実験を通じて検証していく予定である。

参考文献

- [1] Jeannette Wing. Computational thinking. *Journal of Computing Sciences in Colleges*. Volume 24. Issue 6pp 6-7 (2009)
- [2] Sue Sentence. Moving to mainstream: developing computing for all. *WiPSCe '19: Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, October 2019, Article No.12, Pages 1-2.
- [3] Fredrik Heintz, Linda Mannila. Computational Thinking for All : An Experience Report on Scaling up Teaching Computational Thinking to All Students in a Major City in Sweden. *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* February 2018. Pages 137-142.
- [4] Marcos Román-González, Juan-Carlos Pérez-González, Jesús Moreno-León, Gregorio Robles. Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test, *International Journal of Child-Computer Interaction*, Volume 18, 2018, Pages 47-58, ISSN 2212-8689, 17
- [5] Herodotou C. (2018). Young children and tablets: A systematic review of effects on learning and development. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(1), 1-9.
- [6] Mann, Anne-Marie, Uta Hinrichs and Aaron Quigley. "Children's Creativity Lab : Creating a 'Pen of the Future' ". *Proceedings of the 2014 Workshops on Advances in Computer Entertainment Conference*. 2014. Analyzing Handwritten Log Data for Evaluating Computational Thinking 9.
- [7] Read, Janet C. "A study of the usability of handwriting recognition for text entry by children. " *Interacting with Computers* 19.1 (2007) : 57-69.