

# NIRS と眼球運動計測を用いた プログラミング教材の評価に関する研究

日大生産工(院) ○今井 健翔 日大生産工 柳澤 一機

## 1. 緒言

現在、プログラミング教育を含む情報活用能力を育成していくことが重要になっている<sup>1)</sup>。高等学校では2022年にプログラミングが段階的に必修化された<sup>2)</sup>。さらに、2025年の大学入学共通テストでも「情報」の教科が導入される予定である。

そのため、様々なプログラミング教材が提案されているが、その評価はアンケートによる主観的評価が中心であり、客観的評価は不十分である。教材の客観的な評価方法としては、竹野の研究では脳活動計測をするNIRS (Near infrared spectroscopy)を用いて、学習教材「足し算レース」が脳にどのような影響を及ぼすかを計測した<sup>2)</sup>。その結果、安静時と比べて課題取組時では、前頭前野の脳血流量の増加が見られた。また課題難易度によって脳血流に変化があったことを報告している。

また、プログラミング教材の評価ではないが、白澤らの研究では瞬目回数に着目した学習者の状態の評価を行った<sup>3)</sup>。瞬目回数と脳波を計測することで、学習者の集中状態を評価できる可能性を示しており、この方法を応用して、プログラミング教材に取り組む学習者の瞬目回数、脳活動の情報から教材の定量的な評価が実現できる可能性がある。

本研究では、プログラミングの課題取組時の瞬目回数などの眼球運動、前頭前野の脳活動からプログラミング教材を評価するための基礎検討として、学習者の集中状態や教材の難易度の評価をすることができるか検証を行う。

## 2. 評価方法

### 2.1 脳活動計測

自然な状態での脳活動を計測する方法としてNIRSが挙げられる。NIRSとは生体透過性の高い近赤外光を頭部に照射し、血液中の酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb)、脱酸素化ヘモグロビン (deoxy-Hb) を非侵襲的に測定する方法である。脳が活動すると酸素が使われるためoxy-Hbが上昇しdeoxy-Hbは減少する。

### 2.2 眼球運動

人間の眼球は、角膜側に正の電位、網膜側に負の電位を帯びている。そのため電位差が発生し目を動かすと周辺の皮膚の電位に変化が生じる。この電位差を測定することで視線や瞬きの回数や強度などを測定することができる。先行研究より、集中しているときは瞬目回数が減少することが報告されている<sup>3)</sup>。

## 3. 実験方法

### 3.1 実験概要

実験に使用するプログラミング課題は、生産工学特別演習で制作した繰り返しや条件分岐等の重要なプログラミングの要素を一通り学べるライントレースロボットの教材を対象とした。実験参加者は大学4年生の男性6名とした。

脳活動の計測は、ウェアラブルNIRSのHb132(アステム社製)を用いて前頭前野の活動を全5チャンネル計測した(サンプリング0.5sとした)。眼球運動については、JINS MEME(JINS社製)を使用し瞬目頻度・強度、視線移動回数などを15s間隔で計測した。また、同時に実験参加者の課題に取り組む様子、及びプログラミングした画面の様子を録画した。

### 3.2教材課題

プログラミングはobnizのブロックプログラミングを使用した。ライントレースロボットの制御に必要な要素を4段階に分けて学習させる内容である。

まず、①基本的なブロックプログラミングのやり方をモータの制御を対象に学習してもらおう。次に、②繰り返し文について学習する課題として、「センサの値を繰り返し読み取る」課題を設定した。その後、③「センサが黒色を検出した場合は停止、白色を検出した場合はモータを回転させる」課題を設定し、条件分岐文について学んでもらう。最後に、④条件分岐文や繰り返し文など学習したすべての要素を組み合わせてライントレースロボットの制御プログラムを制作してもらった。

A study on evaluation of programming materials  
using NIRS and eye movement measurements

Kento IMAI and Kazuki YANAGISAWA

### 3.3 実験手順

実験は1人約90分程度で行い、最初に注意事項、及び実験について説明を行った。

その後、それぞれの段階ごとにプログラムやロボットの操作方法の説明、例題、設定した課題の順番で実施した。最終課題のみ、事前説明は行わずに、設定した課題に取り組んでもらった。

4段階それぞれの課題の前後に3分間の安静条件を設置し、前頭前野の活動と眼球運動を計測した。

## 4. 実験結果

まず、使用した教材や設定した課題について、実験参加者が集中して取り組めたか検証するために、先行研究に基づき<sup>3)</sup>、各課題の瞬目回数について、安静時と課題時の比較を行った。参加者Aの結果を図1に示す。4段階のすべての課題において、課題時は安静時より瞬目回数が減少していた。このことから、参加者が集中して課題に取り組んでいたことがわかる。

次に、参加者Aの最終課題であるライトレースロボットの制御プログラム作成時の脳活動を図2(a)、視線移動回数を図2(b)に示す。脳活動のデータは離散ウェーブレット変換による多重解像度解析<sup>4)</sup>を用いて脳活動に関連する成分を抽出した。さらに、JINS MEMEの計測データと比較しやすいように15秒ごとの移動平均を求めた。

脳活動は、先行研究<sup>2)</sup>と同様に悩んでいるときにoxy-Hbが上昇し、脳が活動する傾向があった。①～③の課題と比較して、最も難易度の高い、すべての課題の要素を組み合わせるライトレースロボットの制御プログラムを作成する④の課題のときにoxy-Hbが最も大きく上昇した。

視線移動回数については、悩んでいる場合に視線移動の回数が増える傾向確認できた。しかし、脳活動と比べて視線移動回数については、作成したプログラムに間違いがないか資料の確認などを行う場面でも増加する傾向があった。そのため、視線移動回数では各課題の難易度の違いによる差はほとんど見られなかった。

これらの結果から瞬目回数から集中度、脳活動から難易度が評価できる可能性がある。眼球運動と脳活動の同時計測を行うことで参加者の状態を評価し、プログラミング教材の定量的な評価が実現できる可能性がある。

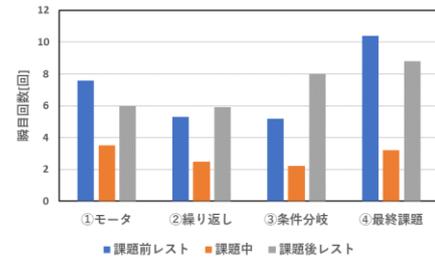


Fig.1 参加者Aの課題ごとの瞬目回数の変化

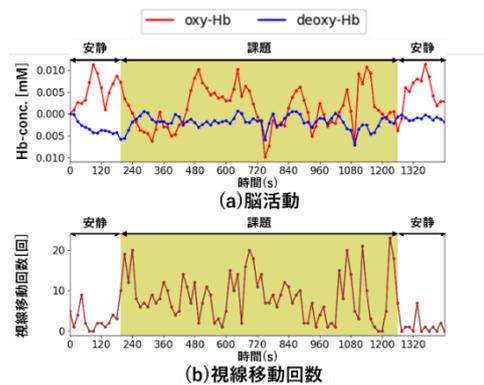


Fig.2 参加者Aの最終課題④の脳活動と視線移動回数

## 5. まとめ

本研究では、プログラミングの課題時の瞬目回数、前頭前野の脳活動からプログラミング教材を評価するための基礎検討として、学習者の集中状態や教材の難易度の評価をすることができるか検証し、その可能性を示した。

## 参考文献

- 1) 小学校プログラミング教育の趣旨と計画的な準備の必要性について (1), [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/05/21/1417047\\_001.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/05/21/1417047_001.pdf) (2022.10.8 閲覧)
- 2) 竹野英敏, NIRSを用いた小学校向けプログラミングのデバッグ学習における脳活動の評価, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol. 35, No. 7, pp.5-8, 2021
- 3) 白澤秀剛, 及川義道, 瞬目センサーによる学習行動測定可能性の検証, 教育システム情報学会, JSiSE2017 第42回全国大会, C1-3, pp17-18, 2017
- 4) 柳澤一機, 綱島均, 丸茂喜高, 広瀬悟, 清水俊行, 泰羅雅登, 土師知己, 機能的近赤外分光装置(fNIRS)を用いた高次脳機能計測とその評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.183-191, 2009