

階層的領域分割に基づくプログラミング学習者の視線追跡に関する基礎的検討

岩佐 英彦[†]近畿大学工業高等専門学校[†]明石 拓也[‡]大阪市立大学[‡]大野 修一[§]大阪公立大学大学院[§]

1 研究背景

プログラミングの初学者の学習を支援するために花房らは代入演算と算術演算で構成される比較的単純なプログラムの読解パターンを分析する手法を提案した [1]。また、酒井らは for 文などを含む比較的複雑なプログラムを読解する際の視線運動を K-medoids クラスタリングを用いて分析し、問題の正答者に共通する傾向や誤答者にのみ見られる特徴を明らかにした [2]。

プログラムの理解度を推定して学習者の支援を適切に行うシステムを開発するためには複雑な文法構文を含むプログラムの理解度を、プログラムの内的構造を踏まえて推定する仕組みが必要であると考えられる。

本研究では、プログラムの表示領域を階層的に分割しプログラム読解者の視点を計測することで、プログラムの読解者がプログラムの内的構造を理解できているかどうかを推定の可能性について検討する。

2 プログラム提示画面の階層的な領域分割

図 1 に for 文を含む Java 言語のプログラムを階層的に領域分割した様子を示す。

まず、プログラム全体を一つの領域 (0 番) とする。この一番大きな領域の外部に視線があると判定された場合は被験者がプログラムを見て

```

1 class Main {
2     public static void main(String[] args){
3
4         int sum = 0;
5
6         int a[] = {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10};
7
8         for(int i=0; i<a.length; i++){
9
10            sum=sum+a[i];
11        }
12
13
14        System.out.print(sum);
15
16    }
17 }

```

図 1: プログラムの階層的な領域分割の例

いないことを示す。第一階層として、4 行目の代入文 (1 番)、6 行目の配列の定義と値の代入 (2 番)、8 行目から 12 行目の for 文 (3 番)、そして 14 行目の画面出力 (9 番) の四つの領域を設定している。そして、for 文の領域の内部を for 文の 8 行目の部分 (4 番) と 10 行目 (8 番) に分割し、さらに 8 行目の内部がカウンタの初期化 (5 番)、繰り返し条件 (6 番)、カウンタの更新 (7 番) という三つの領域に分割している。

3 実験

3.1 実験環境と手順

プログラム読解時の視線情報の計測には、Tobii eye tracker nano pro を使用した。本装置は、ディスプレイ装置の下部に設置することによって、ディスプレイ平面状の被験者の注視点の座標を計測するものであり、サンプリングレートは 60Hz である。計測を行うためには、被験者毎にキャリブレーションを行った。

実験では、図 1 のプログラムを被験者に提示する前に、プログラムが何を行うとしているか

A Fundamental Study on Gaze Tracking for Programming Learners Based on Hierarchical Segmentation

[†] Hidehiko Iwasa, KINDAI University Technical College

[‡] Takuya Akashi, Osaka City University

[§] Shuichi Ohno, Osaka Metropolitan University

がわかったか、または、わからないと判断したかのどちらかのタイミングで計測を停止するためのキーを押下するように指示をしてからプログラムを提示した。対象は3名とし、被験者Aはプログラムをほとんど理解していない者、被験者Bは初級者、被験者Cはプログラムの上級者の3名とした。

3.2 実験結果

3名の被験者がプログラムを読解した際に注視した領域の推移をグラフとして表したものを図2に示す。各図は、各被験者の注視領域としてfor文の領域を5,6,7,8の領域に分割した場合(分割1)と、3として一つにまとめた場合(分割2)の2通りのグラフである。プログラムの提示から読解終了までに要した時間は被験者Aが約13秒、被験者Bが約23秒、被験者Cが約10秒であった。

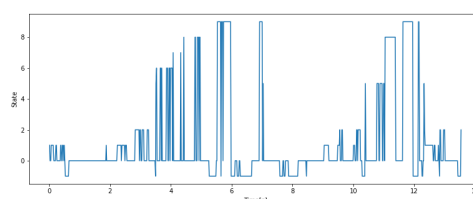
4 考察

実験結果より、各被験者の分割2によるグラフを比較するほうが、各被験者がプログラムのどの部分を読解しているかの大局的な推測が容易になると考えられるが、この結果だけを用いて被験者のプログラムの理解度を判定することは容易ではない。

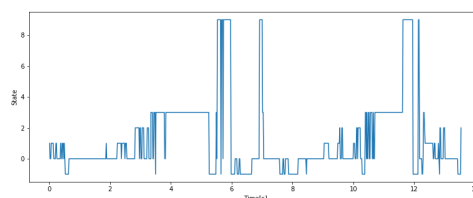
今後は被験者数を増やすと同時に実験に用いるプログラムの種類も追加して実験を行う。また、領域分割の階層構造とプログラムの内的構造を関連付けてプログラム読解者の理解度を推定する手法について検討する予定である。

参考文献

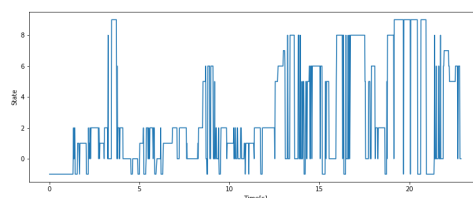
- [1] 花房亮, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗. 視線運動を用いたプログラム読解パターンのデータ依存関係に基づく分析——代入演算と算術演算で構成されるプログラムを対象として——. 教育システム情報学会誌, Vol. 35, No. 2, pp. 192-203, 2018.
- [2] 酒井泰地, 浦野昌一. 視線情報の傾向分析による特徴抽出. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2021, pp. 4G1GS2j04-4G1GS2j04, 2021.



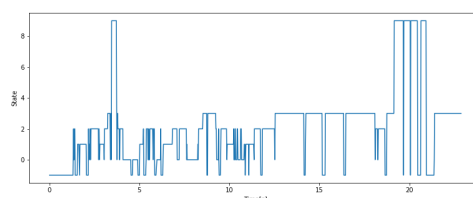
(a) 被験者 A: 分割 1



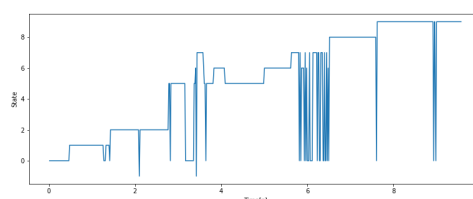
(b) 被験者 A: 分割 2



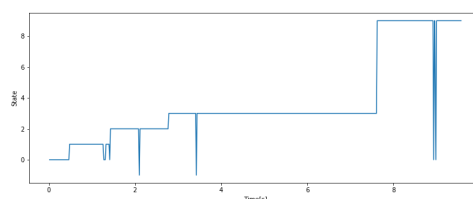
(c) 被験者 B: 分割 1



(d) 被験者 B: 分割 2



(e) 被験者 C: 分割 1



(f) 被験者 C: 分割 2

図2: プログラム表示画面内の注視領域の推移