

# Examining the Effect of Sound Type on Intercissors During Programming Learning

Ryota SHINHAMA\* , Hikaru SUGAWA\* , Erina MAKIHARA\*\* , Keiko ONO\*\*\* and Naoya IKUSHIMA\*

(Received July 7, 2021)

In this study, we aim to construct an optimal learning environment by investigating the effects of different sounds during programming learning. For this purpose, we compared a quiet environment, a relaxing sound environment, and a meaningful noise environment containing linguistic information during debugging. As a result of the experiment, it was found that in a noisy environment, the concentration of the worker and the programming performance was likely to decrease. On the other hand, in an environment with relaxing noise, it was likely to have a conducive effect on the learners' concentration.

**Key words :** Programming Education, Sound Environment, Concentration

**キーワード :** プログラミング教育, 音環境, 集中力

## 音の種類がプログラミング学習時における学習者に及ぼす影響の検証

新濱 遼大・須川 光・楨原 絵里奈・小野 景子・幾島 直哉

### 1. はじめに

近年、学習を行う場所を問わないオンラインプログラミング教育に注目が集まっており、オンライン教育サービス利用者が増加している。また、学習環境として提供されるスペースが増加していることから、プログラミング学習環境が多様化している。学習環境には光や音、温度など複数の環境要因があるが、音環境が作業環境の重要な構成要素であることが報告されている<sup>1)</sup>。したがって、プログラミング学習における最適な環境を構築するために、音環境が学習者に及ぼす影

響を考慮する必要がある。

リラクセス効果の性質をもつ音には、小川のせせらぎや波の音、クラシック音楽などが挙げられる<sup>2,3)</sup>。リラクセス効果のある音は、波形のパワースペクトルが周波数 $f$ に反比例する $1/f$ ゆらぎという性質を持つ。人間の神経細胞が発する生体信号（心拍や脳波など）が $1/f$ ゆらぎの性質を持つことから、 $1/f$ ゆらぎを持つ音は快適性と関係があることが判明している<sup>4)</sup>。しかし、一般に快適とされる音が学習者の集中力や遂行成績に及ぼす影響については検証されておらず、学習者が行う知的作業に対してどのような影響を及ぼすか

\* Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto  
Telephone:+81-90-4214-9852, Fax:+81-790-45-0043, E-mail:shinhama.ryota@mikilab.doshisha.ac.jp

\*\* Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto  
Telephone:+81-774-65-6930, Fax:+81-774-65-6716, E-mail:emakihar@mail.doshisha.ac.jp

\*\*\* Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto  
Telephone:+81-774-65-6930, Fax:+81-774-65-6716, E-mail:kono@mail.doshisha.ac.jp

については明らかでない。

藤井らは、雑音は演算作業に対して有害であり、特に言語情報を含む有意雑音が阻害要因になり得ると報告している<sup>5)</sup>。また、Herwegらは、雑音が人間に及ぼす影響は作業の種類によって異なると報告している<sup>6)</sup>。しかし、先行研究による検証は記憶作業や計算作業などの単純作業を対象としたものであり、我々の知る限りプログラミング学習を対象とした検証は行われていない。プログラミング学習は、問題文やプログラムの読解、使用変数の記憶、論理思考などを含む複合的な思考を要する。したがって、プログラミング学習と単純作業では雑音が学習者に及ぼす影響に差異があるのではないかと考えた。

そこで本研究では、音の種類がプログラミング学習時における学習者にどのような影響を及ぼすか検証する。音環境が学習者に与える影響を調査するため、本稿ではプログラミング学習のうちデバッグ作業に着目した。デバッグ作業は問題文やプログラムの読解能力、論理思考力が必要な作業のため、プログラミング学習において重要度が高い作業であると考えられる。したがって、音環境が学習者のデバッグ作業に与える影響を調査することで、プログラミング学習における最適な環境の構築に繋がると考えられる。

## 2. 先行研究の調査

### 2.1 単純作業に対して外来雑音が及ぼす影響についての研究

藤井らは、有意雑音および無意味雑音が演算作業の疲労感や作業量に及ぼす影響を検証した<sup>5)</sup>。加算演算作業後の疲労感は、雑音が存在しない場合と比較して、雑音が存在する場合には作業に対する作業意欲の減退といった精神症状が現れた。特に有意雑音の場合、「いらいらする」や「根気がなくなる」といった理由から集中力の低下がみられた。加算演算作業の作業量については、雑音が存在しない場合と比較し、雑音が存在すると減少した。また、無意味雑音に比べ、有意雑音の方が特に作業遂行の阻害要因になり得ることがわかった。

### 2.2 1/f ゆらぎがリラックス度に及ぼす影響についての研究

渡邊らは、1/f ゆらぎを持つ音声を聴取した場合のリラックス度をストレス値の指標である LH/HF を用いて調査した<sup>7)</sup>。LH/HF とは、心拍変動の時系列データから、呼吸変動に対応する高周波変動成分である HF (High Frequency) と血圧変動に対応する LF (Low Frequency) 成分の比を差し、交感神経と副交感神経のバランスを表したものである<sup>8)</sup>。呼吸変動を反映する HF 成分は、副交感神経が緊張(活性化)している場合にのみ心拍変動に現れる。一方、LF 成分は、交感神経が緊張しているときも、副交感神経が緊張しているときも心拍変動に現れる。つまり、LF/HF が減少すると副交感神経が優位となり、リラックスした状態である。調査の結果、1/f ゆらぎを持つ音を聴取した場合、LF/HF が減少した。したがって、1/f ゆらぎを持つ音は、リラックス効果があることが示された。

### 2.3 異なる種類のタスクに対して雑音が及ぼす影響についての研究

Herwegらは、無意味雑音を聴取することによって注意と記憶機能が促進することの実証を目的とし、白色雑音を聴取した状態において異なるタスクを実行することで、白色雑音が及ぼす影響について検証した<sup>6)</sup>。作業記憶課題では、無意味雑音を聴取することによって記憶機能が低下した。長期記憶課題では、無意味雑音を聴取することによって提示された画像の知覚判断を促進させたが、その後の記憶機能には影響を及ぼさなかった。したがって、タスクの種類によって学習者に及ぼす影響は異なることがわかった。

## 3. 音の種類がプログラミング学習時における学習者に及ぼす影響の検証

### 3.1 実験目的

本実験では、音の種類がプログラミング学習時における学習者に及ぼす影響を調査する。複数の音環境下においてデバッグ作業を行い、バグの発見数と生体情報から音の種類がプログラミング学習者に及ぼす影響を検証する。

### 3.2 実験条件

本実験では、演習として意図的にバグを含んだプログラムのデバッグ作業を目視により行う。実験で使った問題の例を List.1 に示す。List.1 に示したソースコードは、9 行目と 12 行目に論理演算子の違いによるバグ、14 行目に数学的誤りを含むバグが存在する。被験者は、聴覚に異常がない 20 代の大学生 6 名である。プログラミング言語は、被験者が同一の講義を受講しており、知識が同等と考えられることから Java を採用した。

デバッグ作業の課題成績を評価するために、実験終了後デバッグの正誤判定を行った。また、本研究では学習者の集中力を推定するために瞬目数に着目した。瞬目数は、心理学の分野において注意や集中力の測定指標となり<sup>9)</sup>、瞬目数が多いほど集中力が低下していることが報告されている<sup>10)</sup>。本実験では瞬目数を取得するために、ジンズ社の JINS MEME ES で計測した瞬目数を採用した。

本実験を行う全ての音環境は、Apple 社のイヤホン AirPods Pro を用いて構築した。構築した 3 つの環境を以下に示す。なお、1/f ゆらぎ雑音環境と有意義雑音環境は、一般的なオフィス騒音に相当する約 50 dB とした。

- 静音環境 (約 30 dB)

本稿における静音環境とは、一般的に静かとされる騒音レベルである 30 dB 以下の環境である。静音環境を実現するためには、実験を行う環境の空調動作音や道路の交通音が学習者に及ぼす影響を排除する必要がある。そこで、AirPods Pro のアクティブノイズキャンセリング機能を用いてこれらの雑音を低減した。

- 1/f ゆらぎ雑音環境 (約 50 dB)

1/f ゆらぎとは、波形のパワースペクトルが周波数  $f$  に反比例する性質であり、鳥のさえずりや小川のせせらぎなどが挙げられる。人間が発する生体信号も同様の性質を持つことから 1/f ゆらぎを持つ音は快適と感じるとされており、自然界に多く存在する。本実験では、1/f ゆらぎの性質を持

つピンクノイズを使用した。

- 有意義雑音環境 (約 50 dB)

有意義雑音とは言語情報を含む雑音のことであり、話し声や歌詞のある楽曲などが挙げられる。本実験では、日本語によるスピーチ音声を使用した。また、発話内容は課題内容と関連性のないものとした。

List 1. Example of source code containing a bug (Divisor output).

```

1  import java.io.*;
2  class Main
3  {
4  public static void main(String[] args) throws
      IOException {
5      int i, j, yakusuu;
6      System.out.println("数字を入力してください。 \n");
7      BufferedReader br = new BufferedReader(new
          InputStreamReader(System.in));
8      int a = Integer.parseInt( br.readLine() );
9      for (i = 1; i >= a; i++) {
10         yakusuu = 0;
11         for (j = 1; j <= i; j++) {
12             if (j % i == 0) yakusuu++;
13         }
14         if (yakusuu == 3) System.out.print(i+" ");
15     }
16     System.out.print("\n");
17 }
18 }
```

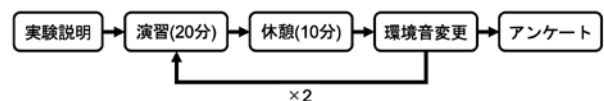


Fig. 1. Experimental procedure.

### 3.3 実験手順

実験手順を Fig.1 に示す。実験の概要について説明し、作業時間外の瞬目数を 5 分間計測する。各音環境につき合計 15 個のバグを含む 3 つのプログラムを 20 分間目視によるデバッグ作業を行い、10 分間の休憩時間を設けた後に音環境を変更する。全ての音環境において同様に演習を行い、演習終了後にアンケートによ

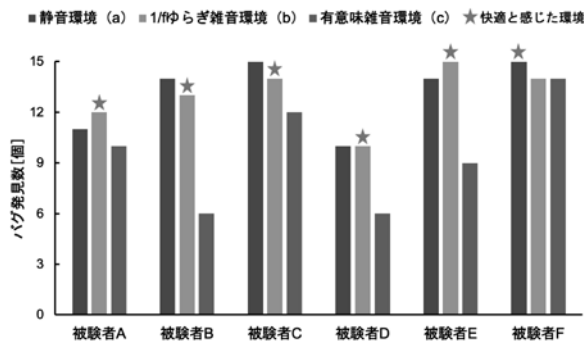


Fig. 2. Score in each sound environment.

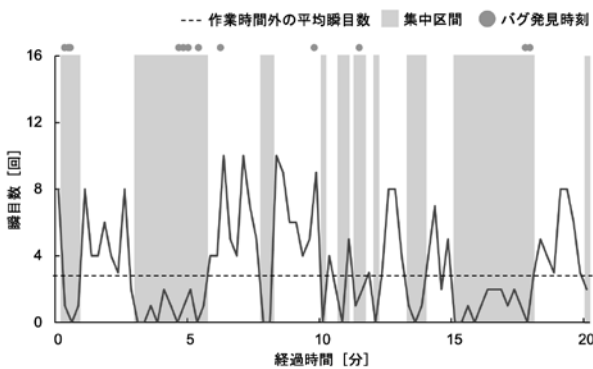


Fig. 3. Concentration interval and bug finding time of subject A (quiet environment).

り各音環境の快適さに関する主観評価を行う。また、全ての演習終了後にデバッグの正誤判定を行う。課題の難易度が課題成績に及ぼす影響を考慮し、音環境と課題の組み合わせは被験者によって変更した。また、順序効果を考慮し、演習を行う音環境は順不同とした。

#### 4. 実験結果と考察

##### 4.1 音の種類が課題成績に及ぼす影響の検証

本実験では、課題成績のスコアを20分間で発見したバグの個数とする。Fig.2に、各音環境におけるスコアを示す。Fig.2から、最もスコアの高い音環境には個人差があり、音環境による傾向がみられなかった。一方、被験者に関わらず有意雑音環境におけるスコアが最も低いことがわかる。そのため、有意雑音はデバッグ作業の課題成績に対して阻害作用を及ぼす可能性があると考えられる。また、被験者が快適と感じた音環境は被験者6名のうち5名が1/fゆらぎ雑音環

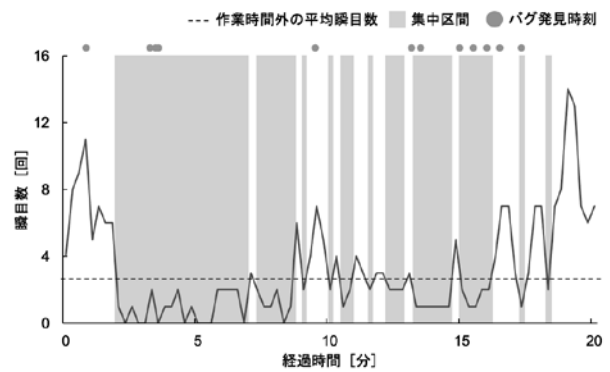


Fig. 4. Concentration interval and bug finding time of subject A (1/f fluctuation noise environment).

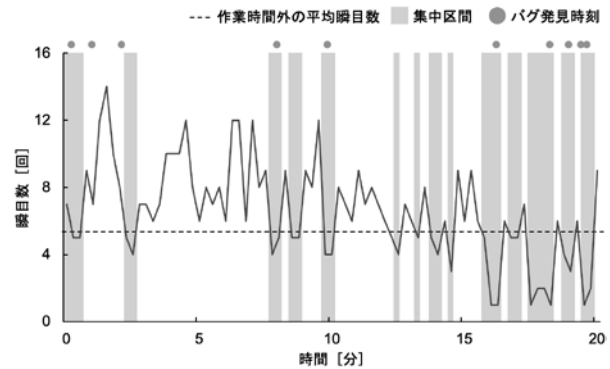


Fig. 5. Concentration interval and bug finding time of subject A (significant noise environment).

境であった。そのため、デバッグ作業時において1/fゆらぎ雑音は快適と感じられる傾向があると考えられる。しかし、快適と感じた音環境においてはスコアが高い傾向はみられなかった。したがって、快適と感じる音環境がデバッグにおける課題成績に及ぼす影響には個人差があると考えられる。

##### 4.2 デバッグ作業時における集中力に及ぼす影響

本実験では、作業時間外において被験者毎に15秒間の平均瞬目数を算出し、15秒単位の瞬目数が平均値を下回っている区間を集中区間と定義した。20分間の演習における集中区間の分布の一例として、各音環境における被験者Aのバグ発見時刻と集中区間をFig.3-5に示す。Fig.3-5から、瞬目数が多く集中力が低下していると考えられる区間と比較して、集中区間においてバグを多く発見していることがわかる。

Table 1. Percentage of exercise time that is spent in the intensive section for each environment.

被験者	静音	1/f ゆらぎ雑音	有意味雑音
A	62.2%	70.8%	39.5%
B	64.8%	60.2%	47.8%
C	51.2%	63.3%	38.9%
D	53.8%	59.3%	46.9%
E	62.8%	65.8%	46.7%
F	52.8%	63.8%	44.6%

Table 1 に、各音環境における作業時間に占める集中区間の割合を示す。Table 1 から、被験者 6 名のうち 5 名が 1/f ゆらぎ雑音環境における集中区間の割合が最も高いことがわかる。そのため、1/f ゆらぎ雑音はプログラミング学習者の集中力に助長作用を及ぼす可能性があることが示唆される。一方、有意味雑音環境は、すべての被験者において集中区間の割合が最も低かった。よって、有意味雑音はデバッグ作業時の集中力に対して阻害作用を及ぼすと考えられる。

#### 4.3 集中力の持続性に及ぼす影響

本稿では集中力の持続時間を断続的な集中区間のそれぞれの長さとする。例えば、Fig.4 における約 2～7 分では持続時間の長い集中区間が見受けられるが、Fig.5 における約 12～15 分では、持続時間の短い集中区間が断続的に存在していることがわかる。そのため、集中力の持続時間において、音の種類による差異があると考えた。算出した持続時間の平均値を Fig.6 に示す。Fig.6 から、5 名の被験者は 1/f ゆらぎ雑音環境における持続時間の平均値が最も高かった。したがって、1/f ゆらぎ雑音が集中力の持続性に助長作用を及ぼす可能性があると考えられる。一方、全ての被験者において有意味雑音環境における集中力の持続時間が最も短かった。そのため、有意味雑音が阻害作用を及ぼすと考えられる。

#### 5. おわりに

本実験では、音の種類によってデバッグ作業を行う学習者に異なる影響を及ぼすことがわかった。課題成

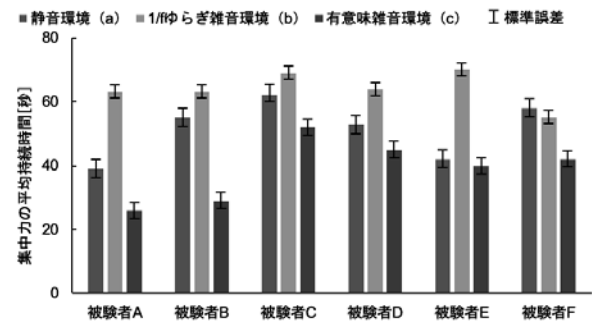


Fig. 6. Average duration of concentration in each sound environment.

績に及ぼす影響では、最もスコアの高い音環境には個人差があり、音環境による傾向はみられなかった。一方、全ての被験者において有意味雑音環境におけるスコアが最も低いことがわかった。そのため、音の種類が学習者に及ぼす助長作用はないが、有意味雑音は学習者に対して阻害作用を及ぼすと考えられる。

集中力に及ぼす影響では、1/f ゆらぎ雑音環境における集中区間の割合が他の音環境に比べて高いことから、1/f ゆらぎ雑音は学習者に対して助長作用を及ぼす可能性があることがわかった。また、集中力の持続時間では、1/f ゆらぎ雑音が学習者に対して助長作用を及ぼす可能性があることがわかった。対して、有意味雑音は学習者の集中力と持続時間に対して阻害作用を及ぼすことがわかった。

以上の結果から、言語情報を含む雑音が存在する空間では学習者の集中力が低下し、課題成績が低下する可能性が高いと考えられる。一方、1/f ゆらぎ雑音が課題成績に及ぼす影響はみられなかったが、プログラミング学習時における学習者の集中力に助長作用を及ぼす可能性が高いと考えられる。

したがって、学習者が知見を持つ言語情報を含む雑音（テレビ音声や少数の人間による会話など）が存在する環境は、プログラミング学習時において阻害要因になり得ると考えられる。一方、学習環境に鳥のさえずりや川のせせらぎ等の 1/f ゆらぎの性質を持つ音声を付与することで、プログラミング学習時における学習者に有益な影響を及ぼすことが期待できる。

本研究ではデバッグ作業において音環境が学習者に及ぼす影響を検証したが、今後はコーディング時の進

捗状態や集中力の観点から検証を行う。そして、二つの検証から得られた知見を基にプログラミング学習における最適な環境の構築を行う。

### 参考文献

- 1) P.R. Boyce, “User’s Assessments of a Landscaped Office”, *Journal of Architectural Research*, **3**[3], 44-62 (1974).
- 2) 大久典子, 吉田克己, 山家智之, 賀来満夫, “音楽刺激が自律神経に及ぼす影響”, *自律神経*, **42**[3], 265-269 (2005).
- 3) 松井琴代, 河合淳子, 澤村貫太, 小原依子, 松本和雄, “音楽刺激による生体反応に関する生理・心理学的研究”, *臨床教育心理学研究*, **29**[1], 43-57 (2003).
- 4) 中尾光之, 山本光璋, 生体リズムとゆらぎ モデルが明らかにするもの, (コロナ社, 東京, 2004), pp.109-124.
- 5) 藤井健生, 山口静馬, 佐伯徹郎, “有意味・無意味外来雑音が単純精神作業者に及ぼす影響”, *人間工学*, **38**[1], 63-68 (2002).
- 6) N.A. Herweg, N. Bunzeck, “Differential Effects of White Noise in Cognitive and Perceptual Tasks”, *Frontiers in Psychology*, **6**, 1639 (2015).
- 7) 渡邊志, 塚本博之, 松本有二, 中川 雅文, 白濱 成希, 宮本 和典, 中谷 直史, 富田 雅史, 森 幸男, “1/f ゆらぎを持つとみなせる楽曲および環境音聴取時の脈波解析と Visual Analog Scale による主観評価”, *バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌*, **16**[1], 75-84 (2014).
- 8) 熊野宏昭, “ストレスの評価”, *臨床と研究*, **83**, 320-324 (2006).
- 9) 田多英興, 福田恭介, 山田富美雄, まばたきの心理学:瞬目行動の研究を総括する, (北大路書房, 京都, 1991), pp. 48-49.
- 10) 田中裕, “覚醒水準と瞬目活動”, *心理学研究*, **70**[1], 1-8 (1999).