

プロンプト作成の負荷を軽減する生成系 AI を用いた学習支援システムの提案

高野 希澄 伊藤 恵

e ラーニングでは、フィードバックによって学習効果を高めることができるが、手作業で学習者ごとにフィードバックを行うことは負担が大きい。しかし、ChatGPT 等の生成系 AI は、学習者の回答に合わせたフィードバックを出力することが可能であり、学習支援を行うツールとして期待できる。そこで、プログラミングの個人学習を行う学習者を支援することを目的として、生成系 AI によるフィードバックを行う学習支援システムを提案する。しかし、生成系 AI を使用する際の課題として、プロンプトによって出力結果が左右されてしまうことが挙げられる。また、生成系 AI が問題の答えを出力する恐れがあることにも注意が必要である。提案するシステムでは、これらの課題を解決するためにプロンプト作成の負荷の軽減や生成系 AI からの出力のフィルタリングを行う。

1 はじめに

情報通信技術の発展により、e ラーニングと呼ばれる情報技術を用いて行う学習形態が一般的になっている。富永・向後[4]は、e ラーニングが学習効果を高める要因の 1 つとして、学習者に対するフィードバックを挙げている。学習プロセス途中でのフィードバックや学習内容に関するフィードバックがそれぞれ有効な働きをしているとも述べた。また、北澤ら[2]によると、学習者に対して課題の成績の開示や教員からのコメントの通知を行うようなフィードバックを e ラーニングシステムに導入した結果、成績だけでなく自己効力感を高めることを明らかにしている。このことから、学習者に対してフィードバックを行うことが e ラーニングの学習効果を高めるうえで重要であることがわかる。一方で、フィードバックを行うことによって、教員の負担が増加するものと考えられる[2]。また、人間が行うフィードバックにはある程度の時間がかかってしまうため、学習者の任意のタイミングで

学習を行うことができる e ラーニングのメリットの 1 つが薄れてしまう可能性がある。

そこで本研究では、e ラーニングにおいて ChatGPT^{†1} 等の生成系 AI を用いてフィードバックを行うことを提案する。e ラーニングでは、学習者に対する指導や支援といった学習支援活動を行うメンターという役割が存在しており、メンターはいないよりもいた方が効果的である[4]とされている。そのため、生成系 AI にメンターの役割を担わせることによって教師の負担を軽減するだけでなく、学習者の任意のタイミングで支援を受けることが可能になると考えた。生成系 AI の 1 つである ChatGPT は、言語嗜好、文体、文脈を学習し、適応させることができるため、それぞれのユーザのニーズに合わせた応答を生成できる[1]。さらに、学習者が書いた回答を採点し、学習指導を提供できるため、教員の負担を軽減できる可能性を秘めている[5]。また、文部科学省[3]は、生成 AI を活用することが有効と想定される場面の 1 つとして、プログラミングの補助等の学生による主体的な学びの支援を挙げている。したがって、生成系 AI がプログラミングの一部を代替できる可能性を秘めている点も踏まえて、本研究では学習者がプログラミングの個

Proposal for a Learning Support System Using Generative AI to Reduce the Burden of Prompt Creation.
Manato Takano, 公立はこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科, School of Systems Information Science and Department of Media Architecture, Future University Hakodate.

^{†1} <https://chat.openai.com/>

人学習を行う際に生成系 AI を用いてフィードバックを行うこととした。また、本研究では、生成系 AI として ChatGPT を使用する。これは、ChatGPT が、OpenAI 社に 2022 年 11 月 30 日に公開されてから急速な速度で世界中に広まっており、生成系 AI の中でも社会への影響力が高いと考えたためである。

しかし、生成系 AI を学習に用いる際の課題として、プロンプトによって出力結果が左右されてしまう点が挙げられる。適切なプロンプトの作成ができていないと、意図しないフィードバックが与えられてしまう可能性がある。そのため、学習者が自分自身でプロンプトの作成を行うことによって、受けたい学習支援を受けることができない恐れがある。また、生成系 AI は問題の答えを学習者に出力してしまう恐れがある。大学・高専における学修は学生が主体的に学ぶことが本質であり、生成 AI の出力をそのまま用いるなど学生自らの手によらずにレポート等の成果物を作成することは、学生自身の学びを深めることに繋がらない[3]とされている。そのため、生成系 AI の出力をそのまま学習者に表示するのではなく、問題の答えを表示しないようにするなどのフィルタリングを行う必要もあると考えた。

以上のことから、本研究では、プログラミングの個人学習を行う学習者を支援することを目的として、eラーニングにおいて生成系 AI によるフィードバックを行う学習支援システムを提案する。提案するシステムでは、フィードバックを行ううえで、プロンプト作成の負荷の軽減や生成系 AI からの出力のフィルタリングも行う。

2 関連研究

2.1 eラーニングシステムにおけるフィードバックの効果を調べた研究

北澤ら[2]は、大学情報教育においてブレンディッドラーニング環境を整え、その受講者を対象として eラーニングシステムに毎時間出題される課題の成績とそれに対する教員からのコメントを開示するフィードバックを導入した。フィードバックを導入した eラーニングシステムを用いることで、フィードバックの有無が eラーニングシステムに対する利用状況とそれ

に対する認識、学習方略、授業の成績、授業中に課せられた課題や授業の成績に対する意識、授業に対する感情のそれぞれにどのような影響を与えているのかを追求した。分析した結果、フィードバックの有無は、間接的に自己効力感や成績に影響を与えていることが示唆され、フィードバックを導入することによって、成績や自己効力感の向上に効果があることを示している。しかし、フィードバックを行うことによって、教員の負荷が増加するものと考えられた。よって、自動的に採点結果やコメントが表示されるようなフィードバックシステムを検討することが求められているとも述べられている。

そこで、本研究では、自動的にフィードバックを行う学習支援システムの提案を目指す。具体的には、生成系 AI を使用することで自動的なフィードバックを可能にする。

2.2 生成系 AI による自動生成を学習に用いた研究

Zhai[5]は、ChatGPT による課題や評価等の自動生成を用いた学習の可能性について述べている。実際にプロンプトを作成し、課題の生成や生徒への有益なフィードバックの生成が可能であったことから、教育者を支援する可能性を秘めていることを明らかにした。一方で、ChatGPT を教育現場に取り入れる際の注意点について教師の代わりにならないことを挙げており、適切な情報を提供することはできるが、感情的なサポートの提供は行うことができないと述べている。

以上のことから、学習において ChatGPT 等の生成系 AI を用いることによって、有益な学習支援を行うことができると考えられる。しかし、本研究では注意点にも考慮し、あくまでも学習者の主体的な学びを支援するシステムを提案する。

3 提案システム

3.1 システムの概要

本研究では、プログラミングの個人学習を行う学習者を支援することを目的として、eラーニングにおいて生成系 AI を用いることでフィードバックを行う

学習支援システムを提案する。提案するシステムでは、生成系 AI を扱うために ChatGPT を開発した OpenAI 社の API を使用する。提案システムで生成系 AI は、e ラーニングにおけるメンターの役割の一部を担うものとして、学習者に対して指導や支援を行ってもらう。提案するシステムでは、フィードバックを行ううえで、プロンプト作成の負荷の軽減や生成系 AI からの出力結果のフィルタリングも行う。

提案システムは、学習者がプログラミングの問題を解くうえで補助的に使用されることを想定しており、学習者の任意のタイミングで支援を行う。学習者はプロンプトを作成する必要はなく、支援内容の選択やキーワードの入力を行い、システムからのフィードバックを受け取る。提案システムは、入力された情報を元にシステム内でプロンプトを作成し、API を使用して生成系 AI にプロンプトの送信を行う。また、生成系 AI からの出力をそのまま学習者に表示するのではなく、フィルタリングを行うことで、学習者に問題の答えが表示されることを防ぐ。

システムの概要を図 1 に示す。

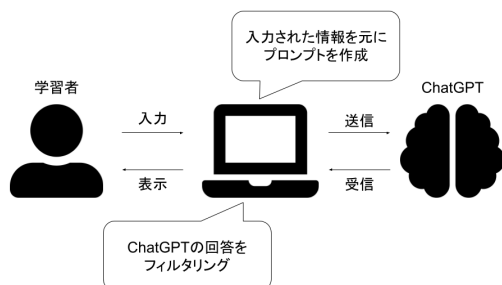


図 1 システム概要

まず、学習者がシステムに入力を行い、提案システムがプロンプトを生成系 AI に送信するまでの流れを説明する。提案システムには、コードの評価や文法の解説などの支援内容を選択肢として事前に用意しておく。学習者は選択肢のなかから支援内容を選択、必要な場合にはキーワードの入力を行う。例えば、文法の解説を選択した場合に、どの文法を解説してほしいのかを入力する。システムには、選択された内容のほかに、問題文や学習者が書いたコードなどの情報も取

り込んでおくことによって学習者の学習状況に合わせた支援を行う。そして、選択された支援内容に応じて、事前に用意しておいたプロンプトの一部と入力されたキーワード、問題、学習者のコードを組み合わせてプロンプトを完成させる。その後、API を介して生成系 AI にプロンプトの送信を行う。

次に、生成系 AI からの出力のフィルタリングを行い、学習者にフィードバックを与えるまでの流れを説明する。システムは、生成系 AI からの出力を受け取った後、出力結果のなかに問題の答えが含まれていないかの確認を行う。出力結果のなかに答えが含まれていた場合、答えを出力しないことを記述したプロンプトを再度生成系 AI に送信する。問題の答えが含まれていないことが確認できた場合は、生成系 AI からの出力を画面に表示し、学習者に学習行動に対するフィードバックを与える。システム内で、生成系 AI の出力に問題の答えが含まれていないかの確認を自動的に行うアルゴリズムを構築することが理想的ではあるが、今回は生成系 AI を用いたフィードバックの学習への効果を明らかにすることを目的としているため、まずは人の目で確認し、問題の答えが学習者に表示されないようにする。

3.2 プロンプトの試作

学習支援を行うためのフィードバックが可能であるかどうかを確認するためにプロンプトの試作を行い、出力結果の観察を行った。試作では、GPT-3.5 を使用した。

試作では、最初に ChatGPT に前提条件を与えるために以下のプロンプトを送信した。今回は、前提条件として、学習者の支援を行う点と学習者の理解が足りていないことを指摘して補足説明を行うこと、答えを教えるはいけないことを与えた。

- あなたはプログラミングのエキスパートとして学習者の支援を行ってください。これから Java に関する問題と学習者の回答を提示します。あなたは学習者の理解が足りていない部分を指摘し、補足説明を行ってください。決して答えを教えないでください。

以上の条件を与え、1 から 10 までの数値をコンソール

ルに表示する問題を学習者に解いてもらう状況を仮定して、問題文と間違った回答を送信した。出力結果は図2の通りである。前半は、学習者のコードの対するフィードバックである。学習者に修正すべき点が細かく分けて出力されており、学習者の支援を行うことがおおむねできたとと言える。しかし、後半では答えが出力されており、前提条件として与えたものが反映されていないことが明らかとなった。この後、修正後のコードを出力しないことをプロンプトで再度指示すると、修正後のコードを出力せず、前半部分のみが出力された。このことから、学習者に表示する前に答えが含まれていないかのフィルタリングを行う必要があることがわかった。

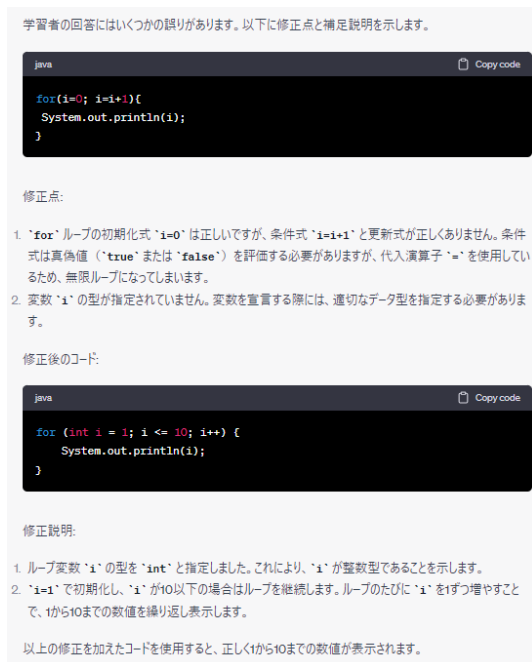


図2 ChatGPT による回答へのフィードバック

また、コードに対するフィードバックだけでなく、学習者を支援するプロンプトとして、以下のものを送信した。1つは、解答に至るまでの流れを学習者に示すものであり、もう1つは、文法の解説を行うものである。

- 先ほどの問題の解き方、解答に至るまでの流れをヒントとして学習者に提示してください。答え

を提示することは禁止とします。

- for 文について理解ができていない学習者に対して、for 文を説明してください。具体例も提示し、今回の問題とのつながりも示唆してください。

出力結果は、図3と図4の通りである。それぞれについて指示の内容を満たす出力が得られた。具体例を交えた解説などが可能であることがわかり、学習者に応じて学習支援を行うことの可能性が示された。しかし、問題の難易度や複雑性が変化しても問題なく出力されるのかなど、今後もプロンプトの作成を行ううえで、検証を行う必要がある。

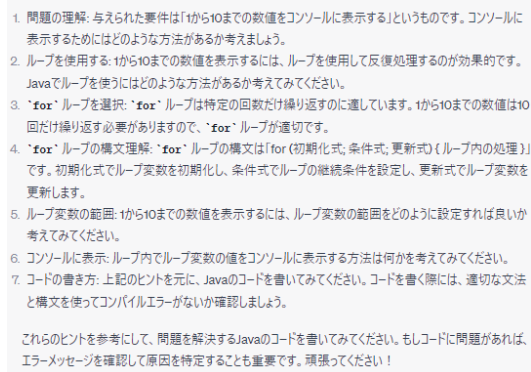


図3 ChatGPT による流れの解説

3.3 開発の課題

現在、提案システムを開発するにあたって、2つの課題がある。

1つ目は、事前に用意する支援内容の選択肢を決めることである。支援内容を選択させることは、プロンプト作成の負荷を軽減するために必要なものではあるが、適切な選択肢を用意できないことによって、学習者の求める支援を行うことができない可能性がある。そのため、学習者がプログラミング学習を行う際にどのような内容を聞きたいのかを十分に知る必要がある。そこで、アンケート調査を実施し、学生がプログラミング学習において教員やTA、生成系AIに対してどのような質問を行いたいかの調査を行うこととした。

2つ目は、事前に用意しておくプロンプトの作成で

‘for’文は、プログラム内で同じ処理を繰り返すために使用される制御構文の一つです。特定の回数だけ処理を反復する場合や、特定の条件を満たす間だけ処理を繰り返す場合によく使われます。

‘for’文の構文は以下ようになります:

```
java
for (初期化式; 条件式; 更新式) {
    // ループ内の処理
}
```

- ・ **初期化式**: ループが始まる前に最初に一度だけ実行されます。通常、ループ変数を初期化するために使用します。
- ・ **条件式**: 各反復ごとに評価され、条件が真の場合にループ内の処理が実行されます。条件が偽の場合、ループは終了します。
- ・ **更新式**: 各反復の最後に実行され、ループ変数を更新するために使用します。通常、ループ変数を増やす(‘i++’)または減らす(‘i--’)ことがあります。

具体例として、1から5までの数値をコンソールに表示する場合を考えてみましょう。以下がその例です:

```
java
for (int i = 1; i <= 5; i++) {
    System.out.println(i);
}
```

この例では、‘for’ループが5回実行されます。初期化式では変数‘i’が‘1’で初期化され、条件式では‘i’が‘5’以下の場合にループが実行されます。ループ内の処理では、‘i’の値が1から5まで順番にコンソールに表示されます。

今回の問題とのつながり:
 今回の問題は「1から10までをコンソールに表示する」というものでした。‘for’ループを使用すると、ループ変数を1から10まで増やしながら処理を繰り返すことができます。初期化式で‘i’を1で初期化し、条件式で‘i’が10以下の場合にループを続行し、更新式で‘i’を1ずつ増やすことで、1から10までの数値がコンソールに表示されるようなコードを書くことができます。

図 4 ChatGPT による文法の解説

ある。今まで行った試作によって、生成系 AI によるコードの評価や具体例を交えた文法の解説などの学習支援ができることが分かった。また、答えを出力しないように指示することが可能であることも明らかとなった。しかし、学習者に学習支援を与えるうえで最適なプロンプトであるかは定かではない。今後は、言語モデルを効率的に使用するためのプロンプト開発及び最適化する、比較的新しい学問分野であるプロンプトエンジニアリングを参考にすることでプロンプトの作成を行っていくことを予定しており、実験を通して、適切なプロンプトの作成ができているのかを検証する必要がある。

4 予備アンケート調査

プログラミングを学習中の学生が、プログラミングでの生成系 AI の使用についてどのように考えているのかを調べる予備調査としてアンケートを実施した。

4.1 目的

アンケートの目的は3つある。1つ目は、プログラミングを行う際の生成系 AI の使用経験とその目的を調べることである。2つ目は、生成系 AI を使用することに対してどのように感じているのかを調べることである。3つ目は、プログラミングを行う際に求めている支援の内容を調べることである。本アンケートを通して、生成系 AI を学習支援システムに使用するにあたって、学生は生成系 AI に対してどのように感じているのかを調査する。また、プログラミングを行う際に求めている支援の内容を調査することで、提案するシステムで学習者が選択する支援内容を決める判断材料の1つとして活用する。

アンケートは、Google フォームで作成し、回答してもらった。

4.2 対象者

アンケートの対象者は、M大学の学部生と大学院生とし、学年を絞ることなく行った。この理由は、M大学では1年生から授業でプログラミングを行う機会があり、全学年がプログラミングを行う際に生成系 AI を使用した可能性があるためである。

4.3 質問項目

質問項目は表1の通りである。

4.3.1 基本情報

アンケートで基本情報を収集するためにした質問は Q1 である。

4.3.2 生成系 AI の使用経験と使用目的

プログラミングを行う際の生成系 AI の使用経験と使用目的について調査を行うために Q2 に回答してもらった。Q2 では、使用経験の有無のみではなく、使用したことがある場合は、授業で使用したことがあるのか、それ以外の場面で使用したことがあるのか、もしくは両方の場面で使用したことがあるのかを選択してもらった。

使用したことがある人には Q3 と Q4 に答えてもらった。また、授業でもそれ以外の場面でも使用したことがあると答えた人には、それぞれの使用経験と使用目的を答えてもらった。学習が目的の場である授業

表 1 アンケートの質問項目

Q1	あなたの学年を教えてください
Q2	プログラミングで ChatGPT 等の生成系 AI を使用したことはありますか
Q3	どのくらい生成系 AI を使用したことがありますか
Q4	あなたは、生成系 AI をどのような目的で使用しましたか
Q5	生成系 AI の使用は、要件を満たすコードを書くうえで役に立つと思いますか、またその理由
Q6	生成系 AI の使用は、プログラミングに対する理解を深めるうえで役に立つと思いますか、またその理由
Q7	プログラミングを行う際、教員や TA、生成系 AI にどのようなことを質問したいですか

とそうでない場面での使用では、使用目的が異なる可能性があると考えたためである。

4.3.3 生成系 AI の使用

プログラミングを行う際に生成系 AI を使用することについてどのように感じているのかを調査するために、Q5 と Q6 に回答してもらった。

生成系 AI を使用したことがあると答えた人には、実際に役に立ったか、使用したことがないと答えた人には役に立つと思うかを答えてもらった。また、その理由を自由記述で記述してもらった。

4.3.4 プログラミングを行う際に求める支援

プログラミングを行う際に求める支援について調査を行うために Q7 に回答してもらった。

本研究で提案するシステムにて、事前に用意する支援内容の選択肢を決める参考にするために、複数回答可で選択してもらった。選択肢の中にない場合は、その他を選択し、具体的な内容を記述してもらった。

4.4 現時点での結果

現段階では、33 件の回答が集まっている。

生成系 AI の使用について、要件を満たすコードを書くうえで役に立つと思うか、また、プログラミングに対する理解を深めるうえで役に立つと思うかのそれぞれについてアンケートを行った。結果は図 5 と図 6 に示す。要件を満たすコードを書くうえでもプログラミングに対する理解を深めるうえでも役に立つとした回答のほうが多い結果となった。要件を満たすコードを書くうえで役に立つと答えた理由として、実装におけるヒントを得ることができることや条件に合ったコードを教えてくれることが挙げられた。ま

た、プログラミングに対する理解を深めるうえで役に立つと回答した理由として、コードや関数についての丁寧な説明を行ってくれることなどが挙げられた。一方で、役に立たないと答えた理由として、でたらめなコードがあったことや同じコードを自力で実装できるほどの理解がないことが挙げられた。

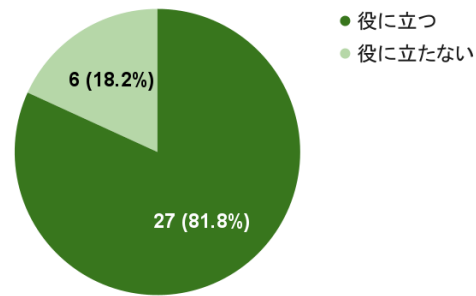


図 5 要件を満たすコードを書くうえで役に立つと思うか

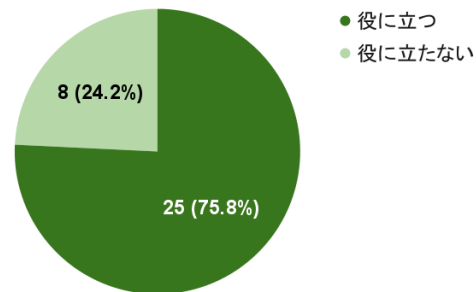


図 6 プログラミングに対する理解を深めるうえで役に立つと思うか

全体では、要件を満たすコードを書くうえでプログラミングに対する理解を深めるうえでも役に立つという回答が多かったが、プログラミングで生成系 AI を使用したことがないと答えた人の回答では、異なる傾向が見られた。結果を図 7 に示す。使用したことがないと回答した人は、半数の人がプログラミングに対する理解を深めるうえで役に立たないと回答した。全体で、理解を深めるうえで役に立たないと答えた人が 8 名であるのに対して、そのうちの 6 名が生成系 AI を使用したことがない人であった。理解を深めるうえで役に立たないとする理由として、出力結果が信用できないことや生成系 AI に頼りきりになってしまうことが挙げられていた。このことから、使用経験のない人が生成系 AI を学習を目的とする場で使用することに抵抗がある可能性があることがわかった。

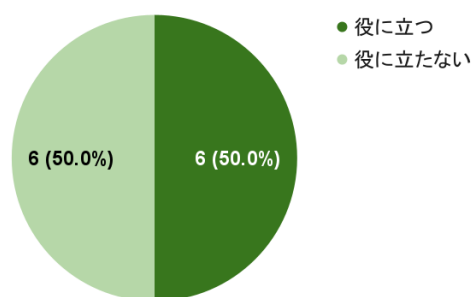


図 7 プログラミングに対する理解を深めるうえで役に立つと思うか (使用経験なし)

5 評価実験

本研究では、提案したシステムを開発したのち、評価実験を行う。実際に使用してもらうことでその効果を検証する。

実験では、被験者を 2 つのグループに分け、一方の

グループには提案システムを使用してプログラミングの問題を解いてもらい、もう一方のグループには、提案システムを使用せずに ChatGPT を使用してプログラミングの問題を解いてもらう。その後、役割を交替し、プログラミングの問題を解いてもらう。実験では、得点や解答時間などの情報を収集し、学習効果や学習効率に違いがみられたかの分析を行う。また、被験者には実験後アンケートを行うことで提案システムの効果の調査をする予定である。

6 おわりに

本稿では、プログラミングの個人学習を行う学習者を支援することを目的として、e ラーニングにおいて生成系 AI を用いたフィードバックを行う学習支援システムの提案を行った。今後は、予備アンケート調査の分析を行い、その結果をシステムに反映する。また、提案するシステムの試作を作成したのち、評価実験を行うことで、提案システムの効果について検証する。

参考文献

- [1] Hariri, W.: Unlocking the Potential of ChatGPT: A Comprehensive Exploration of its Applications, Advantages, Limitations, and Future Directions in Natural Language Processing, *arXiv preprint arXiv:2304.02017*, (2023).
- [2] 北澤武, 永井正洋, 上野淳: 大学情報教育のブレンディッドラーニング環境における e ラーニングシステムを用いたフィードバックの効果, *日本教育工学会論文誌*, Vol. 34, No. 1(2010), pp. 55–66.
- [3] 文部科学省: 大学・高専における生成 AI の教育的取り扱いについて (周知), 2020. https://www.mext.go.jp/content/20230714-mxt_senmon01-000030762_1.pdf (2023-7-31 access).
- [4] 富永敦子, 向後千春: e ラーニングに関する実践的研究の進展と課題, *教育心理学年報*, Vol. 53(2014), pp. 156–165.
- [5] Zhai, X.: ChatGPT for next generation science learning, *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, Vol. 29, No. 3(2023), pp. 42–46.