

Title	AI同士の比較に着目したAIリテラシー学習システムの開発
Author(s)	清水, 誠司
Citation	
Issue Date	2024-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/18881
Rights	
Description	Supervisor: 長谷川 忍, 先端科学技術研究科, 修士(情報科学)

修士論文

AI 同士の比較に着目した AI リテラシー学習システムの開発

清水 誠司

主指導教員 長谷川 忍

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
(情報科学)

令和6年2月

Abstract

AI has a variety of applications and is playing an increasingly important role in society. In fact, the adoption rate of AI by companies is increasing, and the demand for knowledge about AI is rising in society as a whole. There is a variety of knowledge about AI, including definitions. However, memorizing definitions does not mean understanding how AI generally works. Therefore, understanding specific types and mechanisms of AI, such as neural networks and deep learning, is more useful for those using AI. In addition, the good and bad aspects of AI are part of the knowledge that must be known when using AI. The primary good aspect of AI is that it can automate tasks. For example, AI enables automated driving of cars, automated responses to customer needs, etc. On the other hand, AI has the potential to have a negative impact on people. Specifically, deep learning can distort the public's perception by using deep faking to replace a face in a video with another person's face, and generative AI can spread misinformation.

However, there are few opportunities for people other than some science students to learn about AI, meaning they use AI without fully understanding its dangers and usefulness. Without knowing more about AI, we may be more inclined to dislike it or be overconfident than we should be. In fact, data show that people in their 50s, who may not have had much exposure to AI, have a high level of distrust toward AI. If they understand how AI works, they can use it well and improve work efficiency. However, if they do not know about AI, they will not be able to find a way to use it, which may lead to lost opportunities. Therefore, it is desirable to acquire knowledge of AI as an education.

The purpose of this study is to develop a system to support the learning of AI literacy for those who have not studied AI professionally in higher education institutions, etc. Since AI literacy covers a wide range, this study defines the state of AI literacy as "the state of being able to define typical AI methods and explain their characteristics". Since this study deals with three types of AI (rule-based AI, reinforcement learning, and supervised learning), this system aims to help learners acquire the definitions and features of these three types of AI. These three types of AI were selected as the study subjects for this research because they are widely used and their mechanisms are relatively easy to understand.

One of the most important things to remember when learning AI literacy is to prevent students from losing their motivation to learn due to various factors. One of the major reasons for students' low motivation to learn is the difficulty of the material, so a system that is easy to understand visually should be developed to remove the difficulty. In addition, a system that allows students to continue learning in an active and motivated manner is desired. One approach that satisfies these requirements is a game-based system. In addition to motivating learners to learn, game-based learning is expected to promote better understanding because learners can intuitively recognize the actions of the AI.

This study is unique in that we consider AI literacy as a learning object and the advantages of game-based learning and develop a system that enables learners to learn AI literacy by creating a game AI. In particular, by using a game as an object to represent AI behavior, we aim to provide learners with a visual understanding of AI and to maintain and improve their motivation for learning. The system supports learning by developing a graphical user interface that enables even a person without knowledge of AI to create AI easily.

The system developed in this study consists of four systems: a system for learning rule-

based AI, a system for learning reinforcement learning, a system for learning supervised learning, and a system for comparing AIs. The AI comparison system allows learners to compare AIs created by each system.

In the system evaluation experiment, we evaluated the degree to which subjects' knowledge and understanding of AI improved when they used a system in which they could learn various types of AI. In addition, we evaluated the improvement of the subjects' knowledge and understanding of AI by using the AI comparison system after using the AI learning system. The results of the experiment showed that there was a significant difference between the pre-test and intermediate/post-test groups at the 5% significance level in the written test to measure the level of understanding of AI, but no significant difference between the groups in the fill-in-the-blank test to measure the level of knowledge of AI. Therefore, using this system allows users to understand how AI works but does not sufficiently allow them to learn the definition of AI.

In the evaluation experiment, a questionnaire asking subjects about their willingness to learn was created to investigate their impressions of game-based learning. According to the results of the pre-survey, 7 out of 10 participants had a positive impression of the game-based learning, while the remaining 3 participants had a negative impression. In the post-questionnaire after using the system, 9 out of 10 participants had a positive impression of game-based learning. Five participants improved their motivation to learn by using the game, and no participants decreased their motivation to learn. The results showed that the game system was generally successful in maintaining and improving the learners' motivation to learn, which was the purpose of working on the game system.

Furthermore, although there was no significant difference in the improvement of subjects' knowledge and understanding of AIs as a result of using the comparison system, 7 out of 10 participants improved their ability to explain the differences between AIs, suggesting that the use of comparison is valuable in making subjects aware of the differences between AIs.

One of the problems with the current system is that the definition of AI is not directly presented, so there are people who can read the definition of AI from the learning environment and people who cannot. This problem could be solved by incorporating some classroom elements into the game and introducing a system in which the game progresses while explaining AI.

目次

第1章 はじめに	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 本論文の構成	3
第2章 関連研究	4
2.1 授業ベースでの AI リテラシー向上支援の取り組み	4
2.2 ゲームを用いた AI リテラシー学習支援	4
第3章 提案手法	7
3.1 題材となるゲームの選出	7
3.2 ルールベース AI の学習システム	9
3.3 強化学習の学習システム	12
3.4 教師あり学習の学習システム	14
3.5 AI 比較システム	18
第4章 評価実験・考察	20
4.1 評価実験の概要	20

4.2 実験結果	23
4.3 実験結果の考察	31
第5章 おわりに	35
5.1 まとめ	35
5.2 今後の展望	36

目次

Fig. 2.1 : 教師あり学習が学べるミニゲームの GUI[18]	5
Fig. 2.2 : 強化学習が学べるゲームの GUI[18]	6
Fig. 2.3 : 機械学習が学べるゲームの GUI[19]	6
Fig. 3.1 : エージェントの正面図	8
Fig. 3.2 : 迷路内の壁	8
Fig. 3.3 : 迷路のゴール	8
Fig. 3.4 : 迷路の初期状態	9
Fig. 3.5 : ルールベース AI のメインウィンドウ	11
Fig. 3.6 : サブウィンドウ	11
Fig. 3.7 : 動作中のルールの強調	11
Fig. 3.8 : 強化学習のメインウィンドウ	13
Fig. 3.9 : 表示する矢印	14
Fig. 3.10 : 矢印を配置した後のメインウィンドウ	14
Fig. 3.11 : 教師あり学習のメインウィンドウ	16
Fig. 3.12 : 深層学習モデルの詳細	17

Fig. 3.13 : 移動したマスに着色した例	17
Fig. 3.14 : AI 比較システムのメインウィンドウ	19
Fig. 3.15 : 2 つの AI を比較した際のメインウィンドウ	19
Fig. 4.1 : テストの穴埋め式問題.....	21
Fig. 4.2 : テストの記述式問題	21
Fig. 4.3 : 実験のタイムスケジュール	23
Fig. 4.4 : 穴埋め式テストの結果.....	24
Fig. 4.5 : 記述式テストの結果	25
Fig. 4.6 : 各 AI の違いを記述させる問題の結果	25
Fig. 4.7 : 学習意欲の事前アンケート結果.....	27
Fig. 4.8 : 学習効率の事前アンケート結果.....	27
Fig. 4.9 : プログラミング経験の事前アンケート結果	27
Fig. 4.10 : AI 学習経験の事前アンケート結果.....	28
Fig. 4.11 : 学習意欲の事後アンケート結果.....	29
Fig. 4.12 : 学習効率の事後アンケート結果.....	29
Fig. 4.13 : ルールベース AI の理解度の自己評価	29
Fig. 4.14 : 強化学習の理解度の自己評価.....	30
Fig. 4.15 : 教師あり学習の理解度の自己評価	30

Fig. 4.16 : AI 同士を比較した際の理解度の変化のアンケート結果.....	30
Fig. 4.17 : ユーザビリティに関するアンケート結果	31
Fig. 4.18 : 比較に良い印象を持った被験者のテストの差分	34
Fig. 4.19 : 比較に悪い印象を持った被験者のテストの差分	34

表目次

Tab. 4.1 : テストの中央値.....25

Tab. 4.2 : フリードマン検定による P 値.....26

Tab. 4.3 : ボンフェローニ法による各テスト間の P 値.....26

第1章 はじめに

1.1 研究背景

近年、プログラミング教育の必修化をはじめとして、情報に関する知識の重要性が高まってきている[1]. 人工知能(Artificial Intelligence, 以後: AI)に関する知識も同様で、総務省が出している AI 戦略 2022 では、「大目標として AI を含むデジタル社会の基礎知識をすべての国民が身に付けること」と記述されており、今後求められるスキルの1つとなっている[2]. また、ChatGPTをはじめとした生成 AI への認知度が特に向上しており、日本人の Chat-GPT の認知度は69%、利用率は15%まで上昇している[3]. 加えて、企業の AI の導入率も同様に上昇しており、社会全体として AI の需要が高まっている[4].

AI の定義は様々で、「人工的につくられた、知能を持つ実態」や「人工的につくった知的な振る舞いをするためのもの」と定義されることがある[5]. しかしながら、この定義を覚えたところで一般に使用される AI の仕組みを理解できるわけではないため、ニューラルネットワークやディープラーニングなど具体的な AI の種類および仕組みについて理解する方が AI を使う側にとっては役に立つ知識となる. 加えて、AI には良い面と悪い面は、AI を使う上では知っておかなければいけない知識の1つである. AI の良い面は、主に自動化ができるところである. AI の活用事例として、自動車の自動運転[6]や、顧客のニーズに応じた自動対応[7]等を使用されている. その一方で、AI には人に悪い影響を与える可能性がある. 具体的には、ディープラーニングを使って動画内の顔を別の人の顔に差し替えるディープフェイクを使用して大衆の認知を歪めること[8]や、生成 AI が誤情報の拡散をする可能性などがある[9].

しかし、現状一部の理系学生以外の人々が AI について学べる機会はありません. そのため、AI の危険性と便利さを十分に理解していない状態で AI を利用していることになる. AI について詳しく知らなければ、「AI は人間に脅威を与えるものである」と認識してしまったり、「仕組みはわからないが AI ならば信頼できる」と認識してしまったりする可能性がある. 実際には、AI にあまり触れる機会がなかったであろう 50代は AI に対する不信感が高く、AI に触れる機会があったであろう 20代は AI に対する不信感が低いというデータもある[10]. また、AI の仕組みを理解していれば、上手に活用し、作業の効率化ができるが、AI につい

て知らなければ活用法が見つけれないため、機会の損失にもつながりうる。そのため、教養として AI の知識を身に付けることが望まれる。

1.2 研究目的

本研究の目的は、AI に関して高等教育機関等で専門的に学んだことがない人を対象として、AI リテラシーの学習を支援するシステムを開発することである。AI リテラシーは幅が広いので、本研究では AI リテラシーを身に付けた状態を「AI の代表的な手法に関する定義とその特徴を説明できる状態」と定義する。本研究では、ルールベース AI、強化学習、教師あり学習の 3 種類の AI を扱うため、本システムではこれらの 3 種類の AI の定義および特徴[11][12][13]を学習者に身に付けさせることを目標とする。ルールベース AI、強化学習、教師あり学習の 3 種類の AI は、一般に広く利用されており、かつ比較的仕組みの理解が容易であるため、本研究の学習対象として選択した。

AI リテラシーを学ぶにあたって、注意しなければいけないことの 1 つに様々な要因による学習意欲の低下を防ぐことが挙げられる。生徒が勉強を嫌いになる大きな理由が教材の難解さであるという調査結果[14]から、教材の難解さと学習意欲の低下には関連があると考えられる。そのため、視覚的に理解しやすいシステムを開発し、難解さを取り除く必要がある。加えて、能動的かつ意欲的に学習を継続できるシステムが望まれる。これらを満たすアプローチの 1 つにゲームを用いたシステムが挙げられる。ゲームを用いた学習は学習者に意欲的に学習に取り組んでもらえる[15]ことに加え、AI の動作を学習者が直感的に認識できるため、より理解を促せることを期待できる。

本研究では AI リテラシーという学習対象とゲームを用いた学習の利点を考慮して、学習者がゲーム AI を作成する過程を通じて AI リテラシーを学習できるシステムを開発する点に特徴がある。特に AI の挙動を表現する対象としてゲームを用いることで、学習者に対して AI の視覚的理解と学習意欲の維持・向上を狙う。本システムでは、AI に関する知識が全くない人でも容易に AI を作成できるグラフィカルユーザインタフェース(以後：GUI)を開発し導入する。さらに、各種 AI を学ぶ上でそれぞれが別のアルゴリズムで動作し、異なる特徴を持っていることを十分に理解してもらうため、異なる AI 同士を比較が簡単なシステムを開発する。

本研究の特徴は、「ゲームを取り入れた視覚的にわかりやすい」、かつ「AI 同

士の比較がしやすい」システムの開発を行うことであるため、これらの価値を評価する必要がある。システムの評価実験では、「ゲームを用いたことで学習意欲を維持することができるか」、「比較により AI の理解が促進されるか」に着目した実験計画を立て、システムの評価を試みる。

1.3 本論文の構成

本論文の構成を以下に示す。

第 1 章 序論

本研究の背景、目的と論文の構成について述べる

第 2 章 関連研究

本研究の関連研究について述べる

第 3 章 開発システム

開発した AI リテラシー学習システムについて述べる

第 4 章 評価実験・考察

開発したシステムの評価実験について述べる

第 5 章 結論

本研究のまとめ、今後の展望について述べる

第2章 関連研究

2.1 授業ベースでの AI リテラシー向上支援の取り組み

本節では、授業ベースで AI の知識の獲得を促す関連研究について述べる。

佐藤らの研究では、中学生を対象として 50 分×4 コマの授業を使い、機械学習ツールを用いて AI リテラシーを養う授業実践の開発を行った[16]。この研究では、学習者に AI に関する座学に加え画像処理の仕組みの教授、最後に身近な実例を用いた機械学習ツールの使用をさせることで、中学生であっても AI リテラシーが身につくことを示唆している。ただし、この研究では AI リテラシーを大きく分類して、「人工知能に関する知識・理解」と「人工知能を適切に活用するための思考力・判断力」としている。

松田らは、シャープ株式会社が開発したロボホン教材として使い、AI リテラシーの学習支援を行った[17]。ロボホンは、スマートフォンとロボットが一体となったモバイル型ロボット電話で、「音声認識、対話生成、画像認識の 3 つの AI エンジン」が搭載されている。松田らの研究では、この AI エンジンを学習者に利用してもらうことを通して AI リテラシーの定着を試みた。しかし、この研究ではペーパーテストを使用していないため、具体的にどの程度 AI に関する知識が身についているかを示すことはできていない。なお、この研究では AI リテラシーの構成概念を①「AI 実装と IoT 社会の仕組みの理解」、②「AI 技術への興味」、③「AI 活用センス」としている。

そこで本研究では、システム利用前と後にペーパーテストを用いることで定量的にシステムの評価及び AI リテラシーの定着度を測る。

2.2 ゲームを用いた AI リテラシー学習支援

本節では、本研究と同様にゲームを用いて AI リテラシーの学習を支援する関連研究を紹介する。

Zammit らの研究では、教師あり学習が学べるミニゲームと強化学習が学べるミニゲームの 2 つのゲームが提案された[18]。この研究の目的は、AI 教育、特に機械学習を理解できるゲームの設計を共有することとしている。教師あり学習が学べるミニゲームでは、学習者が用意された画像を絵画か彫刻か分類することで教師あり学習を学べるようなシステムとなっている。また、強化学習が学

べるミニゲームでは、ダンジョンを進むエージェントを、強化学習を使用して操作する。具体的には、どの種類のオブジェクトを取得するか、どのオブジェクトを避けるべきか、それぞれのカテゴリに正と負の報酬を割り当ててエージェントを誘導するような仕組みとなっている。それぞれのシステムの GUI を Fig. 2.1 および Fig. 2.2 に示す。

Paker らの研究では、ドラッグ&ドロップで命令を作成できる UI を使ってロボットを操作してゴールを目指すようなゲームを作成した[19]。この研究の目的は、機械がどのような学習をするのかについて、学習者に深く理解してもらうこととである。ゲームデザインの設計は、若い学生を対象としているため、スチームパンクをテーマとしたものとなっている。システムの GUI を Fig. 2.3 に示す。

しかし、本節で紹介した研究では単一の AI しか学べない、または複数の AI を学ぶことができてもゲーム環境が異なってしまっているため、学習者が AI 同士を純粹に比較することは難しい。これにより、ゲームを通して身に付けた知識がゲーム由来のものか AI の特徴なのか学習者は判別がつかなくなる可能性がある。このような問題を防ぐために、本研究ではルールベース AI と強化学習、教師あり学習の 3 種類の AI を同じゲーム環境で学習できるシステムの開発を行う。加えて、ゲーム環境を統一するだけでは十分に AI 同士の違いを知覚することは難しいことが考えられるため、さらに AI 同士を比較できるシステムを導入することで学習者の AI リテラシーの向上を支援する。

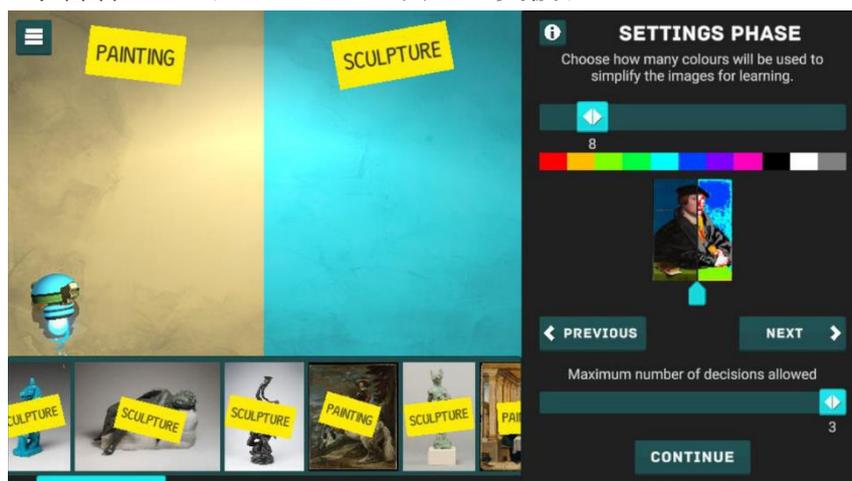


Fig. 2.1 教師あり学習が学べるミニゲームの GUI(引用[18])

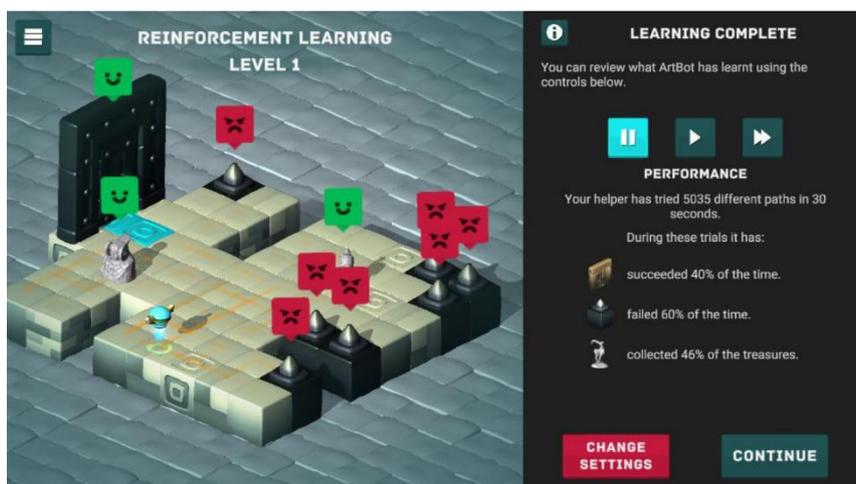


Fig. 2.2 強化学習が学べるゲームの GUI(引用[18])



Fig. 2.3 機械学習が学べるゲームの GUI(引用[19])

第3章 提案手法

本章では、本研究で使用する技術及び開発したシステムの詳細について述べる。

3.1 題材となるゲームの選出

ゲームを用いて AI リテラシーの学習を支援するためには、まず初めに題材となるゲームを選出する必要がある。本研究で使用するゲームは、①多くの人があるゲーム、②操作が簡単であるゲーム、③様々な AI を作ることができるゲーム、のすべてを満たしていなければいけない。①を満たさなければいけない理由は、ルールが分からないゲームであった場合、学習者が学習に躓いた際、ゲームルールが分からなかったためか、AI に関して理解できない箇所があったためかのどちらであるかを特定することが難しいからである。②を満たさなければいけない理由は、学習に使える時間は有限であり、AI の知識を身に付けるために必要のない部分に時間を割かなければいけないのは非常に効率が悪いからである。③を満たさなければいけない理由は、本研究ではルールベース AI、強化学習、教師あり学習の 3 種類の AI を学習できるシステムを開発するため、最低限この 3 種類の AI を実装できるゲームが求められるからである。また、今後さらに多くの AI を学べるシステムへの改良が可能な余地を残すためにも③を満たすことは重要となる。

以上の理由から、本研究で使用するゲームとして迷路を選択した。迷路のルールはシンプルかつ世間一般に広く知られているため、①と②を十分に満たしている。また、幅優先探索や A*アルゴリズム、強化学習などを学ぶ際に迷路を具体例として使用するケースがあるため、③の条件も満たしていると考えられる。

次に、本システムで利用する迷路に関する詳細を提示する。迷路を移動するエージェントの拡大図を Fig. 3.1、迷路の壁の拡大図を Fig. 3.2、ゴールの拡大図を Fig. 3.3 に示す。本システムのルールは一般の迷路と同様で、エージェントが壁以外の通路を通過してゴールの到達を目指すというものとなっている。マップの形状やエージェントの初期位置、ゴールの位置は本システムではすべて Fig. 3.4 に統一する。

次に本システムの実行環境及び開発環境、使用しているライブラリ等について述べる。本システムは、Anaconda[20]を実行環境としており、Visual Studio Code を開発環境として使用している[21]。ソースコードは Python で記述している。また、ゲームを動かすメインウィンドウは、Pygame という外部ライブラ

リを使用して作成している[22]. なお, python3.9.13, pygame2.1.2 のバージョンを使用している.



Fig. 3.1 エージェントの正面図



Fig. 3.2 迷路内の壁

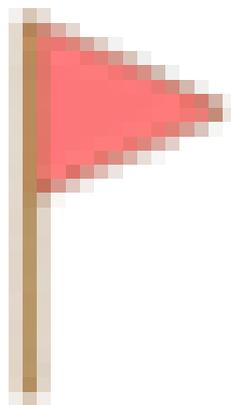


Fig. 3.3 迷路のゴール

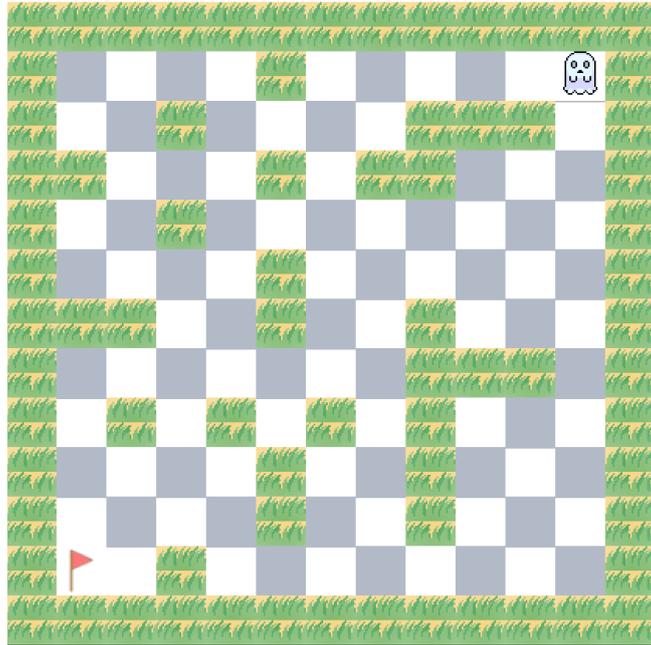


Fig. 3.4 迷路の初期状態

3.2 ルールベース AI の学習システム

本節では、ルールベース AI の学びを支援するシステムの開発の詳細を述べる。本論文では、ルールベース AI を”人が決めたルールに従って出力を決定するもの”と定義し、学習者がこの定義を理解できるようなシステムの開発を目指す。この目標を達成するためのシステムの開発手順及び詳細の説明を以下に示す。

(1) メインウィンドウの UI の設計

開発した UI を Fig. 3.5 に示す。UI には、学習者が AI を作成するための”AI 作成”ボタンとエージェントの動作を制御するための”スタート/ストップ”ボタン、AI をセーブするための”セーブ”ボタンとキー入力可能な枠、初期状態に戻すための”リセット”ボタンを設定した。

(2) 学習者がエージェントの動作を決定するルールを設定できる UI の実装

この UI は fig. 3.5 で示すゲームウィンドウ(以後メインウィンドウ)とは別のウィンドウ (以後サブウィンドウ) でルールを設定できる。サブウィンドウを Fig. 3.6 に示す。このサブウィンドウは tkinter という内部ライブラリを使用して作成している [23]。 ”GO”のボタンを押すと設定したルールがゲームウィンドウの方で実行できるようになる。 ”Remove combobox”を押すとサブ

ウィンドウのルールを 1 つ消すことができる。"Add combobox"を押すとルールの追加をすることができる。また、左側の条件を設定できる条件文と右側のエージェントの行動を決定できる行動文の 2 つでルールは構成されている。条件文は、“左に曲がれるとき”，“右に曲がれるとき”，“まっすぐ進めるとき”，“無条件で”の 4 つがあり，行動文は，“左に曲がる”，“右に曲がる”，“左を向く”，“右を向く”，“まっすぐ進む”の 5 つがある。

(3) 作成したルール通りにエージェントが動作する機能の開発

この機能を実装するために、最初にエージェントの位置とエージェントが向いている方向を取得する。次に条件文が正しいかをエージェントの状態と照らし合わせて判断し、正しいければ右側の条件文の通りに動作をさせる。最後にエージェントの状態を更新する。

(4) 学習者が設定したルールを画面内に表示できる機能の実装

最初にサブウィンドウで学習者が作成したルールを読み込み、配列に保管する。次に、保管したルールをメインウィンドウに表示する。この際、条件文または実行文が空白でもバグを起こさないように、いずれかが空白の状態でもメインウィンドウに表示しておき、実行はせずに次のルールに進むようにしている。

(5) エージェントの動作に合わせて表示したルールに色付けして、学習者にどのルールでエージェントが動作しているかを知らせる機能の実装

エージェントが動作する、つまり、条件文が真であるルールをエージェントが動作する直前から直後まで赤い枠で囲む。実際に動作しているときに表示される赤枠を Fig. 3.7 に示す。

(6) ルールのセーブ機能の実装

学習者が定めたセーブ名を使って、作成したルールを csv ファイルに保存する。

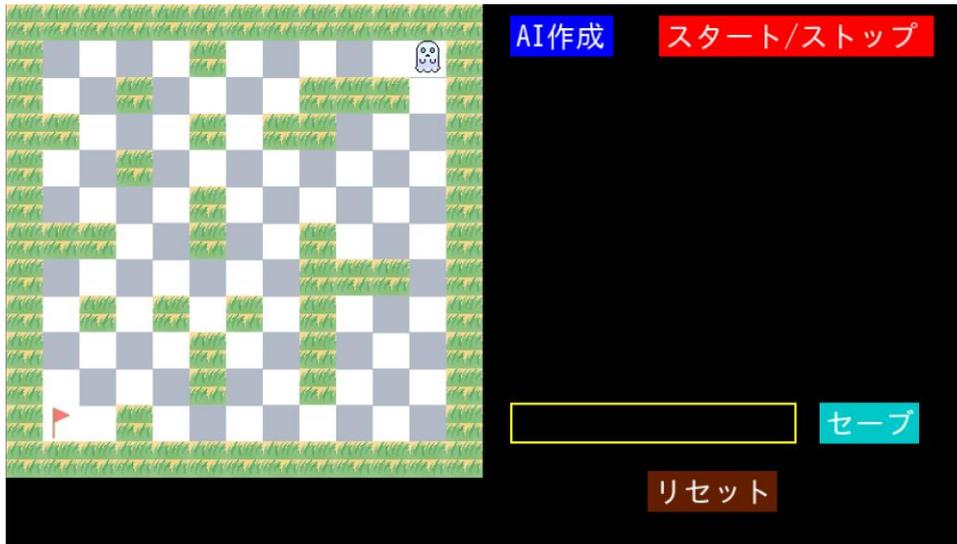


Fig. 3.5 ルールベース AI のメインウィンドウ



Fig. 3.6 サブウィンドウ

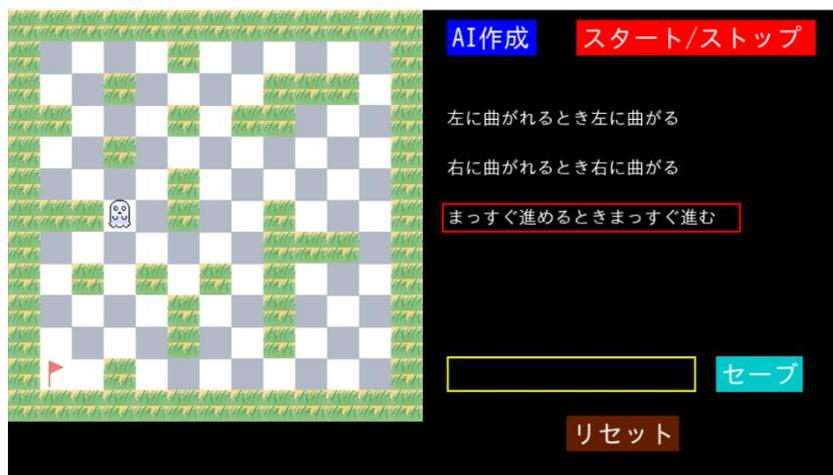


Fig. 3.7 動作中のルールの強調

3.3 強化学習の学習システム

本節では、強化学習の学びを支援するシステムの開発の詳細を述べる。本論文では、強化学習を“報酬を最大化するために、最適な出力を学習する手法”と定義し、学習者がこの定義を理解できるようなシステムの開発を目指す。この目標を達成するためのシステムの開発手順及び詳細の説明を以下に示す。

(1) メインウィンドウの UI の設計

開発した UI の全体像を Fig. 3.8 に示す。UI には、初期状態に戻せる”リセット”ボタン、報酬の設定を可能にするためのボタン、学習回数を決めるためのボックス、強化学習の学習を開始する”学習開始”ボタン、エージェントの動作を制御するための”スタート/ストップ”ボタン、AI をセーブするためのボタン等を設定した。

(2) 迷路上に報酬を設定できる機能の実装

迷路における強化学習は、設置された報酬をもとに学習し、出力を形成するため、報酬は重要な要素となる。本システムでは、学習者がゲーム内の迷路上のマスにカーソルを合わせるとそのマスに赤枠を表示し、その状態でマウスをクリックするとマスに緑枠を表示して決定状態にする。次に、学習者が -9 から 9 までの整数を報酬値として決定したマスに設置できる機能を実装した。

(3) 与えられた報酬をもとに強化学習を実行できる機能の実装

本システムでは、強化学習に Q 学習(ϵ グリディ法)を採用し、計算式は以下のように設定した。なお、Q 学習を採用した理由は、エージェントが報酬を最短経路で獲得するところを提示することができるため、学習者にエージェントの行動原理を理解しやすいと考えたからである。

$$Q(s,a) \leftarrow Q(s,a) + 0.1[-0.04 + 0.9 \max_{a'} Q(s',a') - Q(s,a)] \cdots \textcircled{1}$$

$$Q(s,a) \leftarrow Q(s,a) + 0.1[R + 0.9 \max_{a'} Q(s',a') - Q(s,a)] \cdots \textcircled{2}$$

デフォルトとして、学習率を 0.1、報酬を -0.04、割引率を 0.9 としている。また、学習者が報酬を設置していないマスで Q 値の更新を行う場合は①式を使い、報酬を設置しているマスでは②式を使っている。①式で示したように報酬を獲得できないマスでは小さい負の報酬を与えることで、ゴールに少しだけ向かいやすいようにし、学習に膨大な時間がかかることを防いでいる。②式で示した R は学習者がマスに定めた報酬であり、学習者が設置した報酬を学習に反映させている。学習する Q 値は、各マスに上下左右の 4 つで、全

体で $11 \times 11 \times 4$ 個の Q 値がある。ゴールに到達するまでが 1 回の学習で、スタート位置は 50% の確率で初期位置(右上), 50% の確率でゴールを除くランダムな位置としている。これにより、 Q 値を学習できないマスに 0 に近づけるようにしている。なお、 $\epsilon = 0.2$ と固定することで、20% の確率でランダムに行動を選択することで、より適切な探索が行えるようにしている。

(4) 各マスの最大の Q 値が向く方向に矢印を設置する機能の実装

この機能は、学習者に学習した結果、エージェントがどのように移動するかを可視化するために実装した。(3) で学習した各マスの上下左右の Q 値の中で最大な向きに対応して Fig. 3.9 に示す矢印をマスに設置する。これを全マスに対して行い、矢印のないマスを発生させないようにする。実際に矢印を表示した後の迷路を Fig. 3.10 に示す。

(5) 矢印に従ってエージェントが動作する機能の実装

エージェントの位置を取得し、エージェントが位置しているマスの Q 値の最大値の方向、つまりそのマスの矢印が向いている方向にエージェントを移動させる機能を実装する。ゴールに到達した時点で動作を停止させる。

(6) セーブ機能の実装

セーブ機能では、学習した Q 値を json ファイルに学習者が設定した名前前で保存する。json ファイルは、本システムでは Q 値を辞書として扱っており、再度読み込んだ際に形を崩さずに辞書として扱うために使用している。

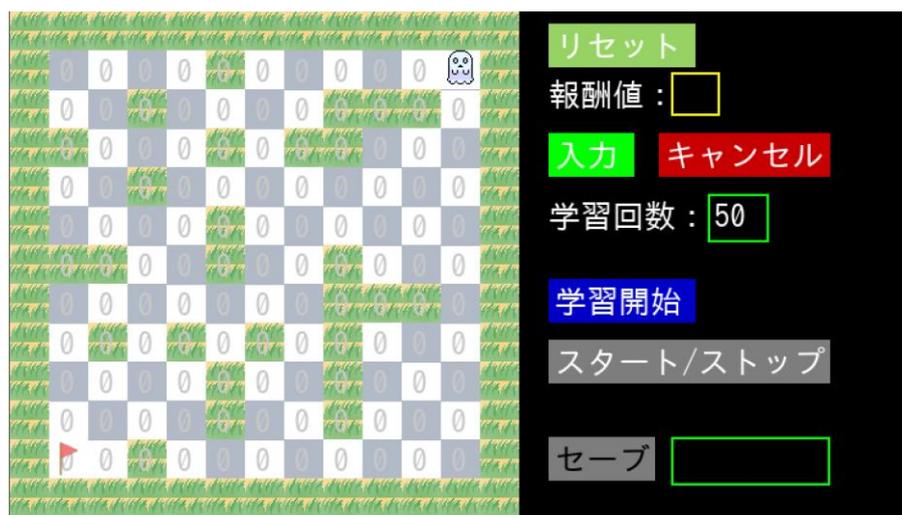


Fig. 3.8 強化学習のメインウィンドウ

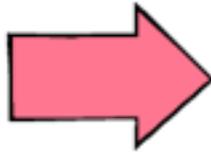


Fig. 3.9 表示する矢印

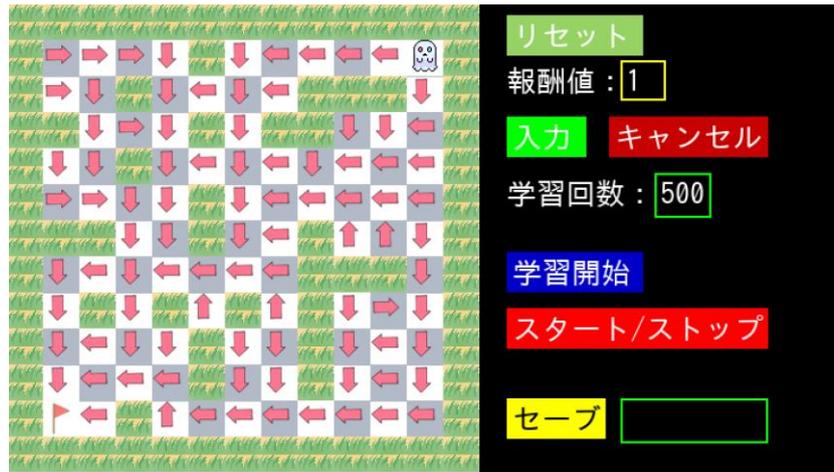


Fig. 3.10 矢印を配置した後のメインウィンドウ

3.4 教師あり学習の学習システム

本節では、教師あり学習の学びを支援するシステムの開発の詳細を述べる。本論文では、教師あり学習を”コンピュータが訓練データから共通のパターンを学習し、予測によって出力を決定する手法”と定義し、学習者がこの定義を理解できるようなシステムの開発を目指す。この目標を達成するシステムの開発手順及び詳細の説明を以下に示す。ただし、本システムでは学習回数以外の深層学習モデルのパラメータを学習者は変更できないような仕組みとなっている。

(1) メインウィンドウのUIの設計

開発したUIの全体像を Fig. 3.11 に示す。UIには、学習者が訓練データを作成するための”訓練データ作成”ボタン、学習回数を設定するためのボックス、エージェントの動作を制御するための”スタート/ストップ”ボタン、初期状態に戻すための”リセット”ボタンを設定している。

(2) エージェントの動作をファイルに保存する機能の実装

教師あり学習では、訓練データからパターンを学習するため、訓練データが

必要不可欠となる。本システムでは、学習者がエージェントを操作した履歴を訓練データとするため、一步移動するごとにデータを csv ファイルに保存する機能を実装する。保存する内容は、マップの壁と通路、エージェント、ゴールをそれぞれ数値化し、 $13 \times 13 = 169$ 個のデータを 1 行の数値に変換する。さらに、エージェントの行動を上下左右の順に、1000(上), 0100(下), 0010(左), 0001(右)の 4 つの数字に変換し、最後に 1 行に変換したマップ情報と結合して、1 つの行動を $169 + 4$ の 173 個の数値に変換し順に保存する。例えば、10 回行動した履歴を保存した場合、10 行 \times 173 列のデータを保存した csv ファイルを作成する。

(3) 深層学習モデルの作成

本システムでは、教師あり学習を実現するために深層学習モデルを採用しており、深層学習モデルの作成には tensorflow[19]と keras[20]という外部ライブラリを使用している。深層学習モデルは、学習者が作成した訓練データ、つまり学習者の行動を模倣するために採用している。深層学習モデルは、入力にマップ全体の状態と行動履歴を採用しており、出力には上下左右を意味する 4 つの数値を採用している。具体的なモデルを Fig. 3.12 に示す。マップ全体の状態および行動履歴は、(2)で保存したデータを使用しており、行動履歴は過去 5 回の行動を使用している。次に使用している層についての詳細を述べる。入力で使用しているマップの情報は、 13×13 の二次元の配列に変換し、迷路の形として扱うことで迷路の概念を学習させる。また、行動履歴を学習させているのは、エージェントがどのように動いてきたかを次の行動を予測するために使用し、突発的に一貫性のない行動をとらないようにするためである。マップ情報の処理には、畳み込み層を使用している。理由は前述したとおり、迷路の概念を学習するためである。行動履歴の処理には、LSTM 層を使用している[21]。LSTM 層を使うことで、過去の情報を次の行動を予測することを期待している。本システムで使用している深層学習モデルは、全 24 層である。

(4) 学習者がエージェントを操作するたびにマップの移動経路を着色する機能および、メインウィンドウ UI の訓練データ数が増加する機能の実装

この機能は、学習者に教師あり学習において訓練データの重要性を理解してもらうために実装した。エージェントの操作ごとに移動経路を着色する機能では、少ない回数しか通っていないマスには薄い色を、複数回通ったマスに

は濃い色を着色している。着色後の例を Fig. 3.13 に示す。

(5) セーブ機能の実装

この機能では、学習者が入力した名前でも移動経路、移動回数をそれぞれ保存している。移動経路を保存する理由は、エージェントの操作によって着色したマス情報を保存するためである。移動した箇所を 13 行×13 列の形で csv ファイルに保存している。移動回数も同様に csv ファイルに保存している。

(6) 深層学習モデルに(2)で保存したデータを与えて、学習を開始する機能の実装

まず(5)で保存した深層学習モデルと(2)で保存した学習データを読み込む。次に、(2)で保存したデータをモデルの入出力の形状に合うように、形を整える。最後に学習者が設定した学習回数に従って学習を開始し、学習終了時に深層学習モデルを.h5 形式で保存する。

(7) 深層学習の出力に従ってエージェントの行動を決定する機能の実装

この機能では、現在のマップ全体の状態とエージェントの過去 5 回の行動を深層学習モデルに入力し、その出力に従ってエージェントを上下左右のいずれかに移動させる。その際、壁に向かう出力をする可能性があるため、壁に向かう出力をしないように深層学習モデルの出力を調整する。

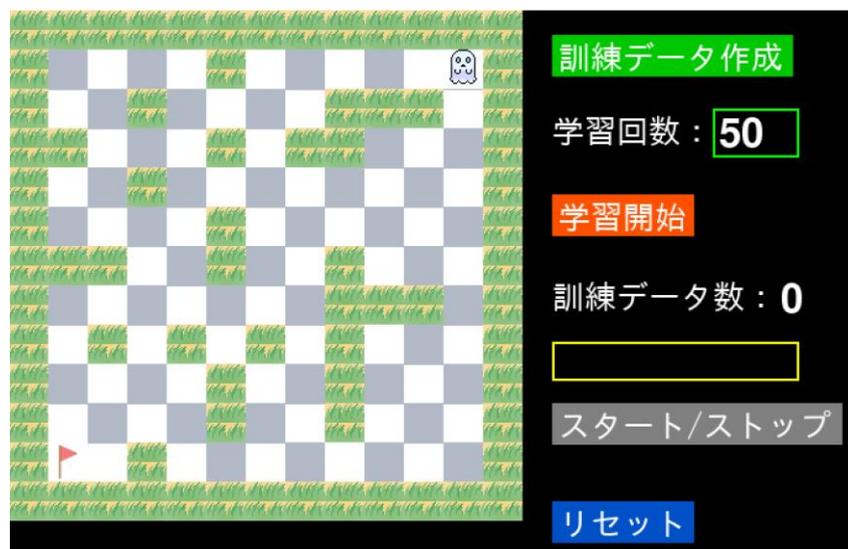


Fig. 3.11 教師あり学習のメインウィンドウ

Layer (type)	Output Shape	Param #	Connected to
input_1 (InputLayer)	[(None, 13, 13, 1)]	0	[]
conv2d (Conv2D)	(None, 12, 12, 32)	160	['input_1[0][0]']
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 6, 6, 32)	0	['conv2d[0][0]']
input_2 (InputLayer)	[(None, 5, 4)]	0	[]
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 5, 5, 64)	8256	['max_pooling2d[0][0]']
lstm (LSTM)	(None, 5, 32)	4736	['input_2[0][0]']
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 2, 2, 64)	0	['conv2d_1[0][0]']
dropout (Dropout)	(None, 5, 32)	0	['lstm[0][0]']
flatten (Flatten)	(None, 256)	0	['max_pooling2d_1[0][0]']
lstm_1 (LSTM)	(None, 64)	24832	['dropout[0][0]']
tf.concat (TFOpLambda)	(None, 320)	0	['flatten[0][0]', 'lstm_1[0][0]']
dense (Dense)	(None, 256)	82176	['tf.concat[0][0]']
batch_normalization (BatchNormalization)	(None, 256)	1024	['dense[0][0]']
dropout_1 (Dropout)	(None, 256)	0	['batch_normalization[0][0]']
dense_1 (Dense)	(None, 128)	32896	['dropout_1[0][0]']
batch_normalization_1 (BatchNormalization)	(None, 128)	512	['dense_1[0][0]']
dropout_2 (Dropout)	(None, 128)	0	['batch_normalization_1[0][0]']
dense_2 (Dense)	(None, 64)	8256	['dropout_2[0][0]']
batch_normalization_2 (BatchNormalization)	(None, 64)	256	['dense_2[0][0]']
dropout_3 (Dropout)	(None, 64)	0	['batch_normalization_2[0][0]']
dense_3 (Dense)	(None, 128)	8320	['dropout_3[0][0]']
batch_normalization_3 (BatchNormalization)	(None, 128)	512	['dense_3[0][0]']
dropout_4 (Dropout)	(None, 128)	0	['batch_normalization_3[0][0]']
dense_4 (Dense)	(None, 4)	516	['dropout_4[0][0]']

Total params: 172,452
 Trainable params: 171,300
 Non-trainable params: 1,152

Fig. 3.12 深層学習モデルの詳細

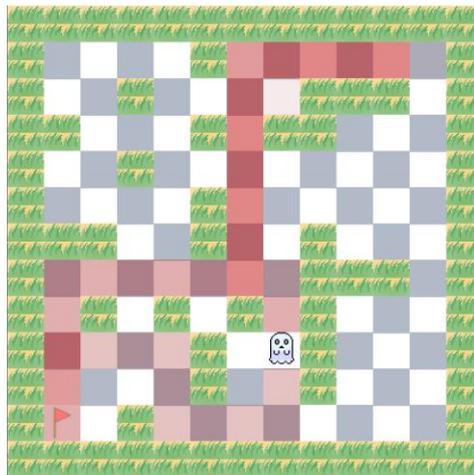


Fig. 3.13 移動したマスに着色した例

3.5 AI 比較システム

本節では、3種類のAIの理解度をより深めるためのAI比較システムの開発の詳細を述べる。AI比較システムは、本章の3.2節から3.4節で紹介したシステムで学習者が作成したAIを一つの迷路内で挙動を確認できるシステムとなっている。このシステムは、学習者に各AIが何に従って行動を決定しているかを把握してもらう目的がある。この目的を達成するシステムの開発手順及び詳細の説明を以下に示す。

(1) メインウィンドウのUIの設計

AI比較システムは、2種類のAIを1つの迷路内で比較できるシステムであるため、2つのエージェントを設置できる機能が必要となる。これを踏まえて開発したUIを図3.14に示す。UIには、1つ目のエージェントのAIを選択するボタン、2つ目のエージェントのAIを選択するボタン、状況を初期化する”リセット”ボタン、2つのエージェントの行動を制御する”スタート/ストップ”ボタンを設定した。

(2) ルールベースAIを読み込む機能

この機能では、3.2節で学習者が作成したAIを読み込み、使用できる状態にする。具体的に読み込む情報は、学習者が保存したルールだけで、csvファイルから読み込み、配列に格納する。AIを用いたエージェントの制御およびルールの表示は3.2節と同様であるため省略する。

(3) 強化学習AIを読み込む機能

この機能では、3.3節で学習者が作成したAIを読み込み、使用できる状態にする。具体的に読み込む情報は、学習者が強化学習で学習させたQ値と学習回数である。3.3節で開発した機能を用いてQ値から矢印と報酬を迷路内に表示をする。また、場合によっては矢印と報酬の表示が学習の邪魔になることが考えられるため、2つ表示を消せるボタンを設定した。

(4) 教師あり学習AIを読み込む機能

この機能では、3.4節で学習者が作成したAIを読み込み、使用できる状態にする。具体的に読み込む情報は、学習者が学習させた深層学習モデルとそのモデルの学習回数、訓練データ数、各マスで移動した回数である。3.4節で開発した機能を用いて、学習時にエージェントが移動したマスに色付けし、深層学習モデルの出力を受けてエージェントを移動できるようにする。

(5) 選択したAIを迷路内に設置する機能

この機能は、学習者が AI を選択した後に使えるようになる機能となっている。この機能では、3.3 節(2)の報酬を設置できる機能と同じようにマス選択機能を使用し、マウスをクリックした際にエージェントをクリックしたマスに設置する。2 つの異なる AI で動作するエージェントを設置した際のメインウィンドウを Fig. 3.15 に示す。

ただし、(2)から(5)の機能は、1 つ目と 2 つ目のエージェントを制御するためにそれぞれ 2 つずつ実装した。



Fig. 3.14 AI 比較システムのメインウィンドウ



Fig. 3.15 2 つの AI を比較した際のメインウィンドウ

第4章 評価実験・考察

本章では、開発した AI リテラシー学習システムの評価実験の説明及び実験結果の考察を行う。

4.1 評価実験の概要

4.1.1 実験の目的

本実験は、開発した AI リテラシー学習システムが学習者の AI リテラシーを向上するうえで有用かどうかを実証するために行う。実験では、3章で述べたルールベース AI の学習システム、強化学習の学習システム、教師あり学習の学習システム、AI 比較システムの4種類のシステムを被験者に使用してもらう。また、実験では、AI リテラシーの定着度を測るためのテストを3度学習者に解いてもらう。1回目は、システム利用前、2回目は AI 比較システム以外の3種類のシステム利用後、3回目は全てのシステム利用後に解いてもらう。本実験は事前事後アンケートを含めて計2時間で行う。

4.1.2 実験参加者

本システムの目的はシステム利用者の AI リテラシーの向上であるため、AI に関する知識が十分でない人に被験者を担当してもらう必要がある。そのため、被験者は情報系を専攻していない者に限定した。被験者は背景を統一するために、20代の男性10名を対象とし、実験を行った。

4.1.3 ペーパーテスト

被験者に課すテストは、プレテスト、中間テスト、ポストテストの3つがある。この3種類のテストの内容は全て同じで、AI に関する知識を測る穴埋め式の問題と AI に関する理解度を測る記述式の問題を併用したテストとなっている。問題の詳細は Fig. 4.2, Fig. 4.3 に示す。穴埋め式の問題は、各種 AI の定義 [9][10][11] をもとに作成している。また、記述式の問題は、各種 AI の特徴を記述する問題となっている。

1. 対応する前後の文を線でつないでください
2. 選択肢から適当な"数字"を選んで空白部分に書き込んでください
(ただし、複数回使用する選択肢や使用しない選択肢が含まれる可能性があります)

ルールベース AI とは	•	•	[]を[]するために、最適な[]を []する手法である
教師あり学習とは	•	•	[]によって定められた[]にのみ したがって[]を決定する手法である
強化学習とは	•	•	コンピュータが[]から共通の[]を []し、[]によって[]を決定する 手法である

選択肢

- ① 学習 ② パターン ③機械 ④ 出力 ⑤ 人 ⑥ ルール ⑦ 訓練データ ⑧報酬
⑨ 行動 ⑩ 予測 ⑪ 最小化 ⑫ 最大化

Fig. 4.1 テストの穴埋め式問題

3. 各種 AI の特徴を記述してください

ルールベース AI : _____

強化学習 : _____

教師あり学習 : _____

4. ルールベース AI・強化学習・教師あり学習の違いについて記述してください

Fig. 4.2 テストの記述式問題

4.1.4 事前アンケート・事後アンケート

アンケートでは、被験者の AI 関連の知識やゲームを用いた学習に対する印象等を調査した。アンケート調査内容を以下に示すとおりであり、評価実験で使用したアンケートは付録にて記載する。

事前アンケート：

- ゲームを用いた学習と通常の講義形式の学習意欲の比較
- ゲームを用いた学習と通常の講義形式の学習効率の比較
- プログラミングの習熟度
- AI リテラシーの習熟度

事後アンケート：

- ゲームを用いた学習と通常の講義形式の学習意欲の比較
- ゲームを用いた学習と通常の講義形式の学習効率の比較
- ルールベース AI の理解度の自己評価
- 強化学習の理解度の自己評価
- 教師あり学習の理解度の自己評価
- AI を比較したことで理解が深まったかの調査
- 開発したシステムのユーザビリティの評価

事前アンケートと事後アンケートの両方でゲームを用いた学習の学習意欲と学習効率を聞いている理由は、実際にゲーム学習をすることでゲームを用いた学習に対する認識が変わるかを調査するためである。事前アンケートにて AI リテラシーに関する知識だけではなく、プログラミングの習熟度を調査しているのは、IT にあまり触れたことがない人に対しても有効なシステムであるかを評価するためである。また、本研究では、“AI 同士を簡単に比較できるシステムを利用すれば AI の理解度は高まる”という仮説に基づいて、定量的な評価だけではなく、被験者の体感として理解度が深まったかを調べる項目も用意した。事後アンケートの最後にはシステムのユーザビリティを問う項目を用意しており、システムの使いづらさが学習に悪影響を及ぼしていないかを調査している。

4.1.5 実験環境

本システムの利用には PC が必要であるため、被験者にシステムがインストール

ールされている PC を貸し出して実験に参加してもらった。実験の同時参加人数はシステム上の問題はないが、トラブル時の対処を考えて 1~2 人とした。また、アンケートやテストには紙を用いた。

4.1.6 システム利用の順序

本実験の流れは基本的に、Fig. 4.3 に示す。しかし、ルールベース AI の学習システム、強化学習の学習システム、教師あり学習の学習システムの利用順序が中間テストの結果に及ぼすことを避ける必要がある。

そこで、本実験ではカウンターバランスを採用し、この 3 種類のシステムの利用順序 1 人ずつ変えて実験を実施した。ただし、順番を並べ替えても最大 6 通りしかないため、一部重複する組み合わせは存在する。

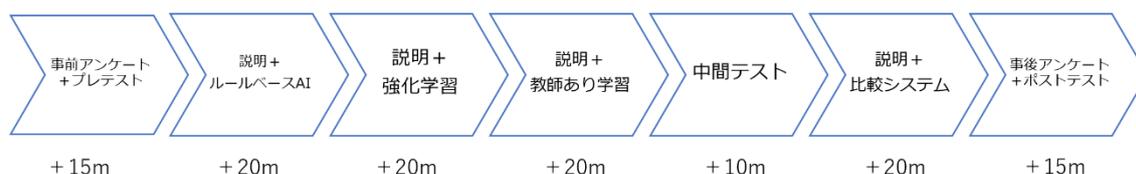


Fig. 4.3 実験のタイムスケジュール

4.2 実験結果

本節では、評価実験より得られた結果について述べる。

4.2.1 テスト結果

実験内で被験者に解いてもらったプレテスト、中間テスト、ポストテストの結果を Fig. 4.4, Fig. 4.5 に示す。また、各テストの中央値を Tab. 4.1 に示す。穴埋め式テストの最高点は 12 点、採点が難しい大問 4 を除いた記述式テストの最高点は 9 点である。その代わりにテスト間の記述内容の変化を Fig. 4.6 に示す。プレテスト、中間テスト、ポストテストの点数に有意差がないか調べるために、帰無仮説 H_0 、対立仮説 H_1 を以下のように設定して、Friedman 検定を行った。

H_0 : 各テストには差がない

H_1 : プレテスト、中間テスト、ポストテストのどれかに差がある

検定結果の P 値を Tab. 4.2 に示す。穴埋め式テストでは有意水準 5%では帰無仮説 H_0 を棄却しないため、点数に有意差はないと考えられる。記述式テストでは、有意水準 1%で帰無仮説 H_0 を棄却するため、点数に有意差があると考えられる。

次に、有意差があった記述式テストの結果についてボンフェローニ法を使用することでプレテスト-中間テスト、中間テスト-ポストテスト、プレテスト-ポストテストのどこに差があったかを調べた。結果を Tab. 4.3 に示す。プレテスト-中間テストとプレテスト-ポストテストには有意水準 5%で有意差があることが分かった。しかし、中間-ポストテストでは有意水準 5%では有意差はみられなかった。

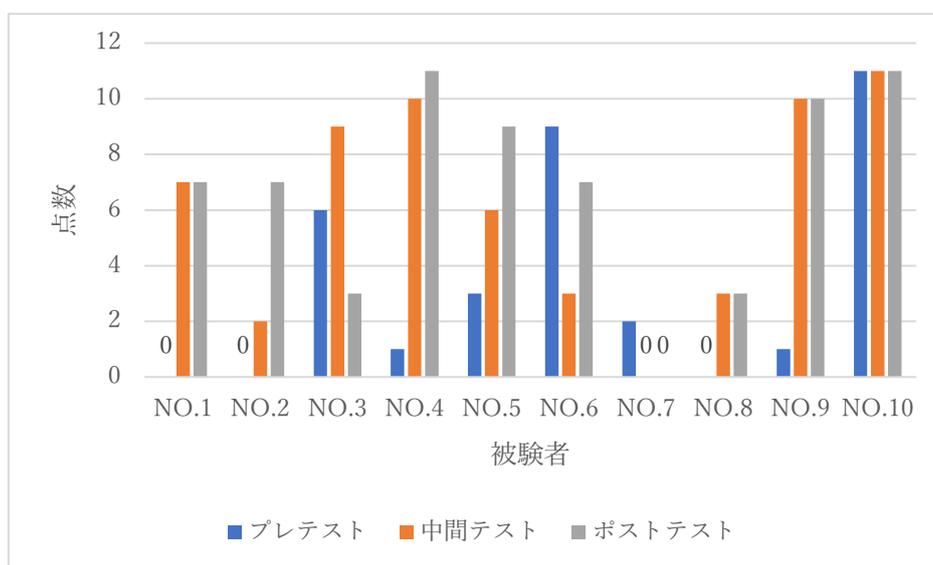


Fig. 4.4 穴埋め式テストの結果

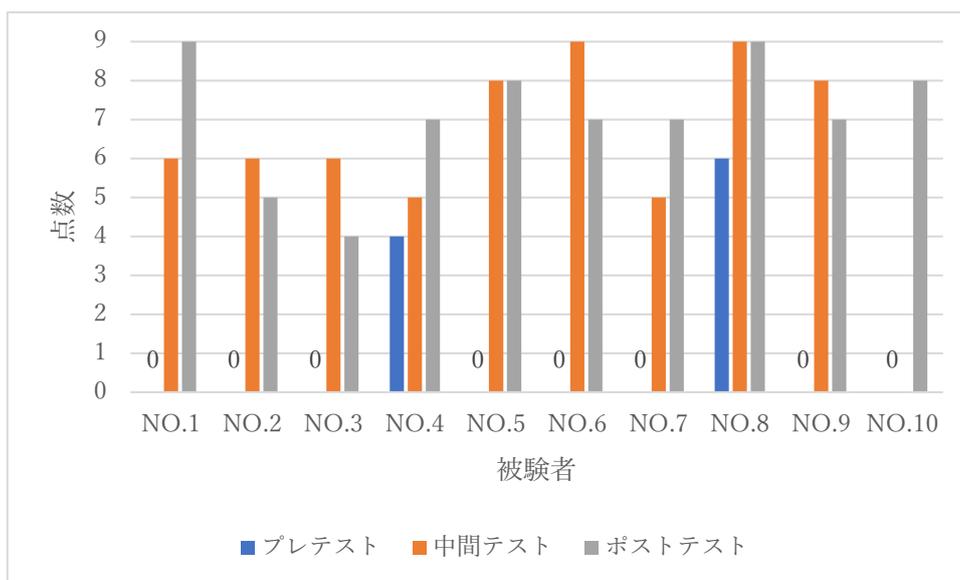


Fig. 4.5 記述式テストの結果

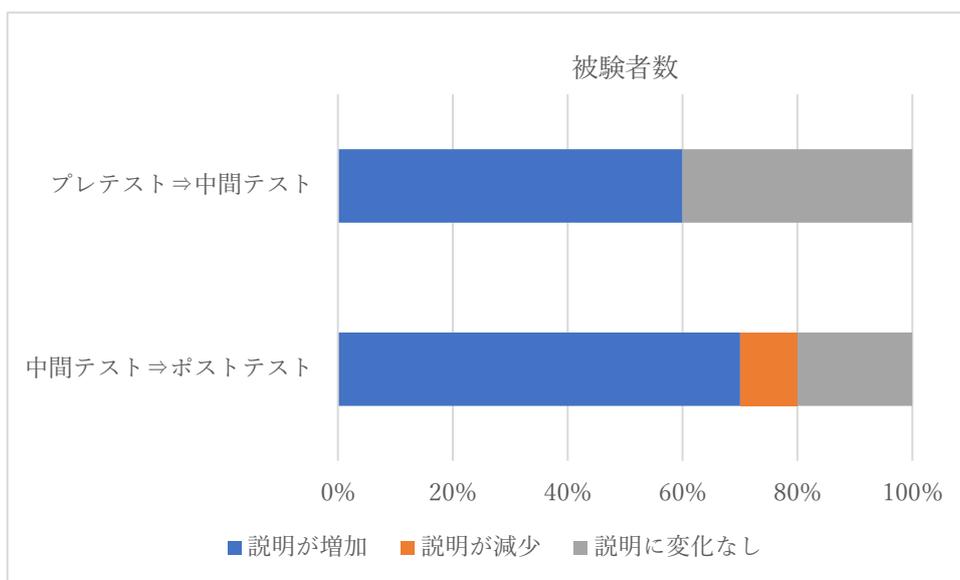


Fig. 4.6 各 AI の違いを記述させる問題の結果

Tab. 4.1 テストの中央値

	プレテスト	中間テスト	ポストテスト
穴埋め式テスト	1.5	6.5	7
記述式テスト	0	6	7

Tab. 4.2 フリードマン検定による P 値

	P 値
穴埋め式テスト	0.20
記述式テスト	0.00066

Tab. 4.3 ボンフェローニ法による各テスト間の P 値

	中間テスト	ポストテスト
ポストテスト	1.0	-
プレテスト	0.027	0.017

4.2.2 事前アンケート・事後アンケートの調査結果

本節では、事前アンケートと事後アンケートで得られた回答結果を図の提示とともに述べる。

事前アンケートの結果を Fig. 4.7~Fig. 4.10 に示す。Fig. 4.7 は通常の講義形式とゲームを用いた学習の学習意欲を比較するアンケートの調査結果であり、アンケート結果から半数より多くの方がゲームを用いた学習の方が良い印象を持っていることが分かった。Fig. 4.8 は通常の講義形式とゲームを用いた学習の学習効率を比較するアンケートの調査結果であり、半数より多くの方がゲームを用いた学習に良い印象を持っていることが分かった。Fig. 4.9 は学習者のプログラミング経験を調査したアンケート結果であり、今回実験に参加してもらった人の中にプログラミング経験がなかった人は 0 人であったことから、情報分野ではないものの被験者全員が最低限のプログラミング的思考を持っているといえる。Fig. 4.10 は AI に関する知識の調査結果であり、10 人中 6 人がほとんど AI に関する知識を有しておらず、被験者の 10 人中 4 人が AI に関する知識をある程度有しているとみなせる。

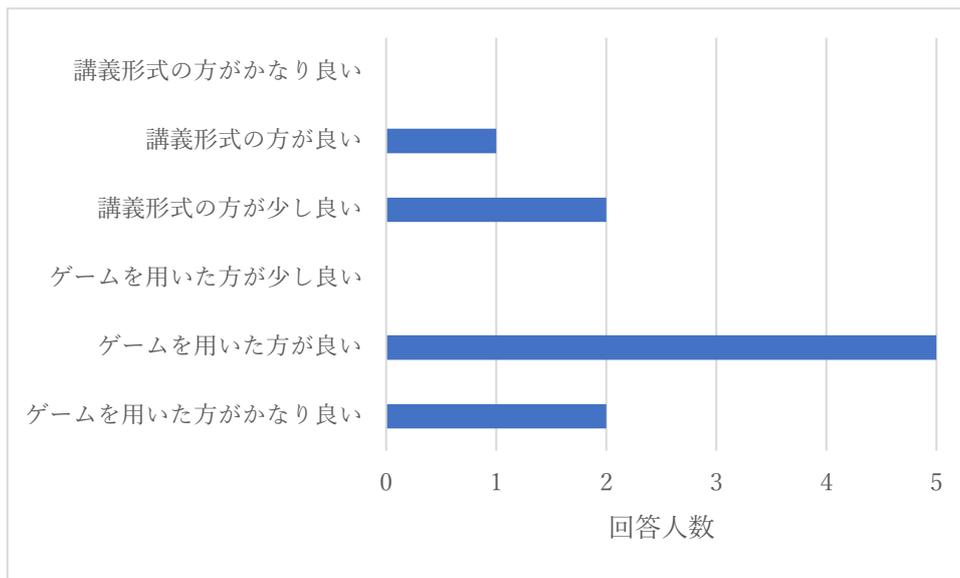


Fig. 4.7 学習意欲の事前アンケート結果

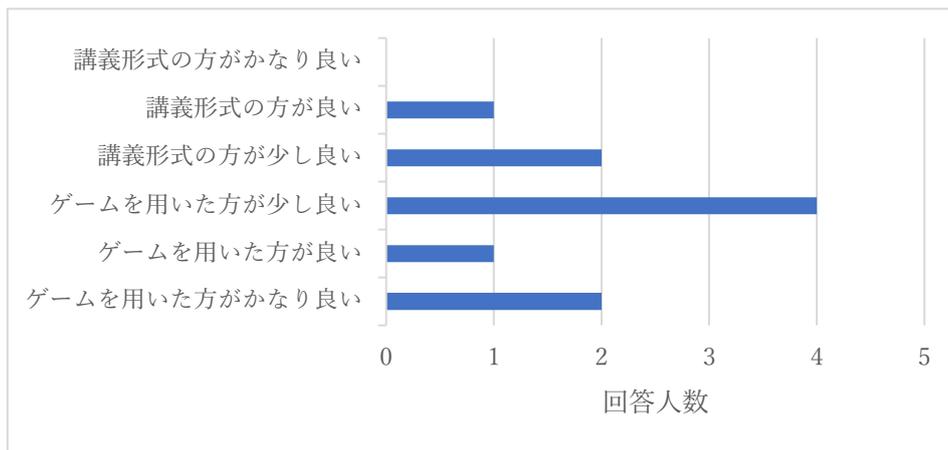


Fig. 4.8 学習効率の事前アンケート結果

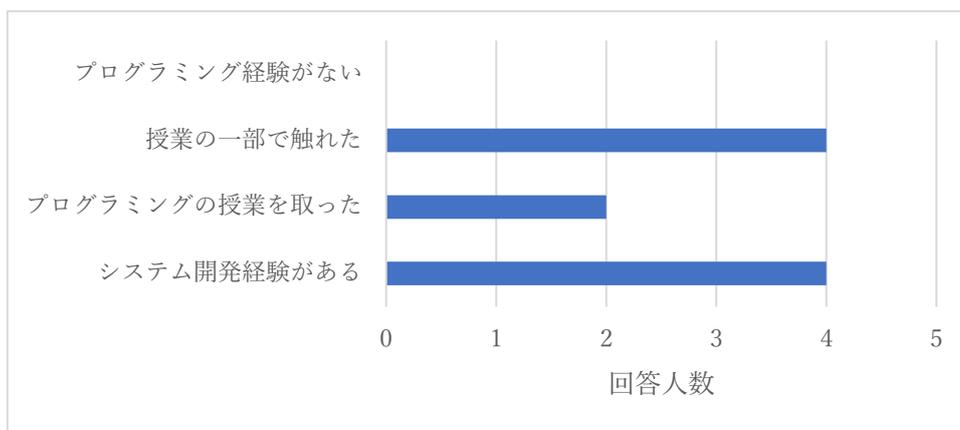


Fig. 4.9 プログラミング経験の事前アンケート結果

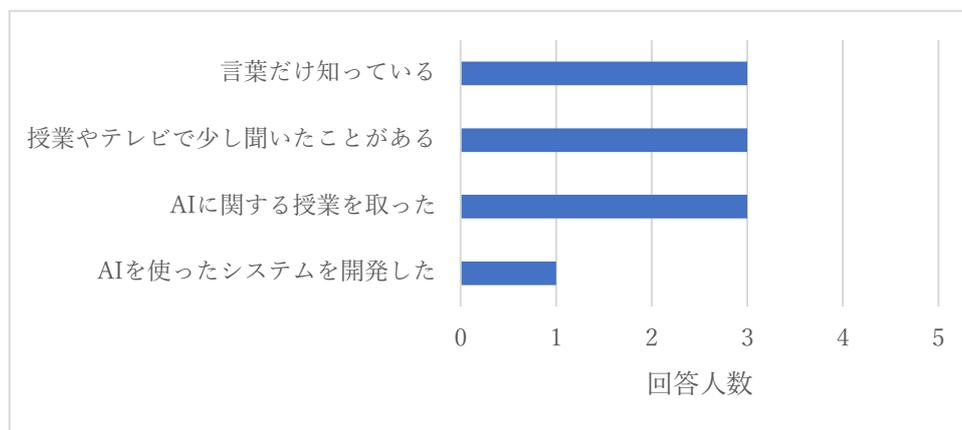


Fig. 4.10 AI 学習経験の事前アンケート結果

事後アンケートの結果を Fig. 4.11~Fig. 4.17 に示す。Fig. 4.11 は通常の講義形式の学習とゲームを用いた学習を比較するアンケート結果であり、10 人中 9 人がポジティブな印象を持っていることが分かった。学習効率に関して比較したアンケート結果である Fig. 4.12 より、ゲームを用いた学習に対して 10 人中 8 人がポジティブな印象を持っていることが分かった。Fig. 4.13~Fig. 4.15 は各種 AI に関する理解度を自己評価してもらったアンケート結果であり、ルールベース AI では 10 人中 9 人が比較的理解できたと答えており、強化学習・教師あり学習では 10 人中 8 人が比較的理解できたと答えている。Fig. 4.16 は AI 同士を比較した際に理解度の変化を問うアンケート結果であり、AI 同士の比較にポジティブな印象を持った被験者は 10 人中 5 人で残りはネガティブな印象を持っていることが分かった。Fig. 4.17 はシステムのユーザビリティを問うアンケートであり、10 人中 8 人がシステムに対してポジティブな印象を持っていることが分かった。

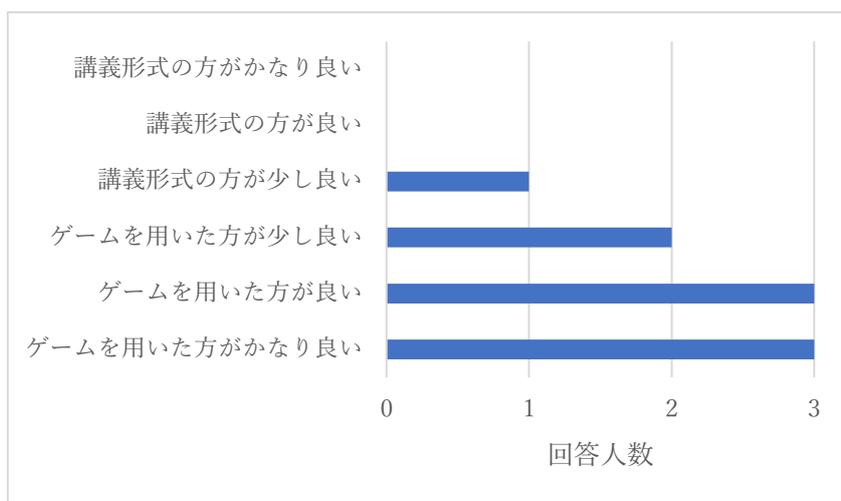


Fig. 4.11 学習意欲の事後アンケート結果

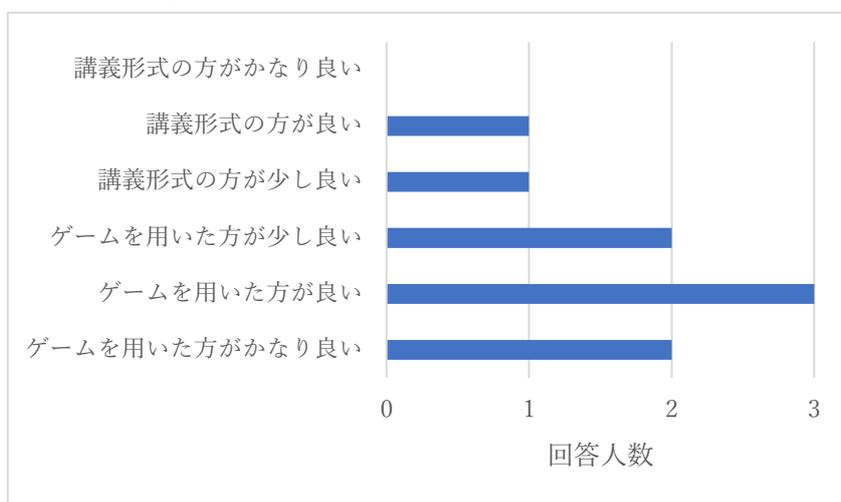


Fig. 4.12 学習効率の事後アンケート結果

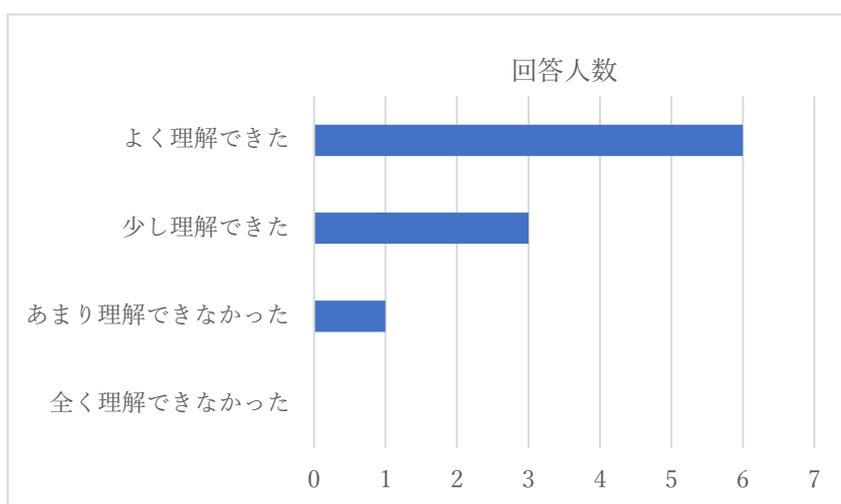


Fig. 4.13 ルールベース AI の理解度の自己評価

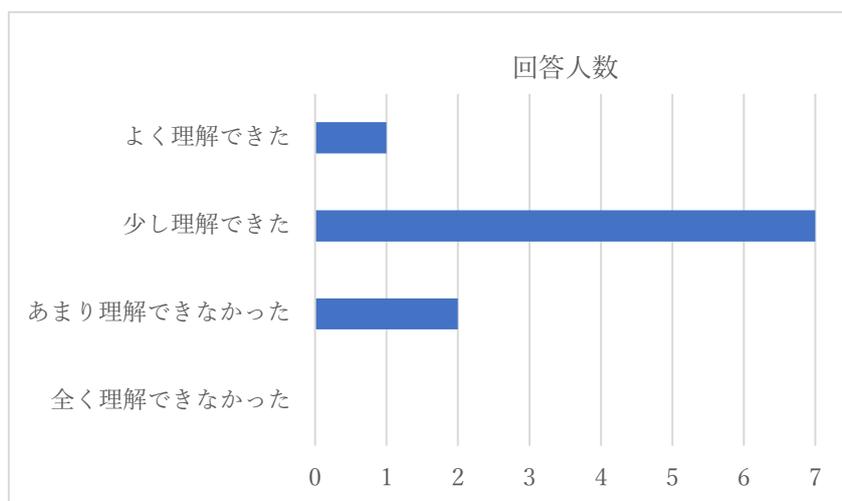


Fig. 4.14 強化学習の理解度の自己評価

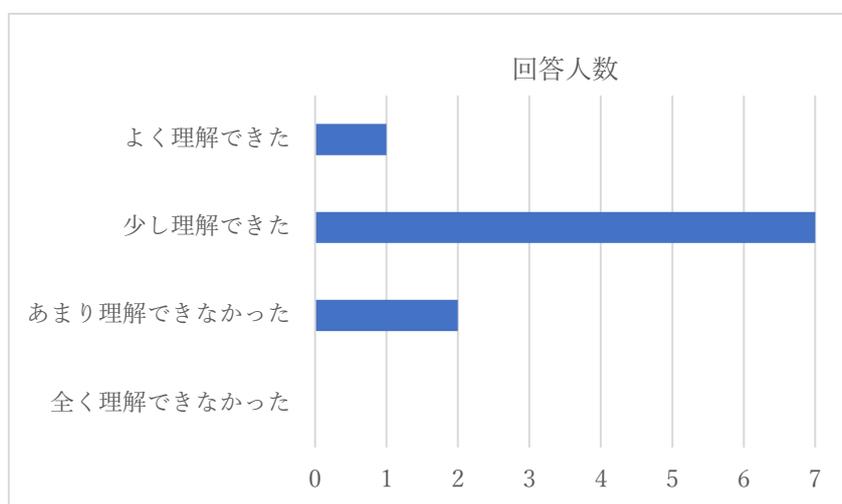


Fig. 4.15 教師あり学習の理解度の自己評価

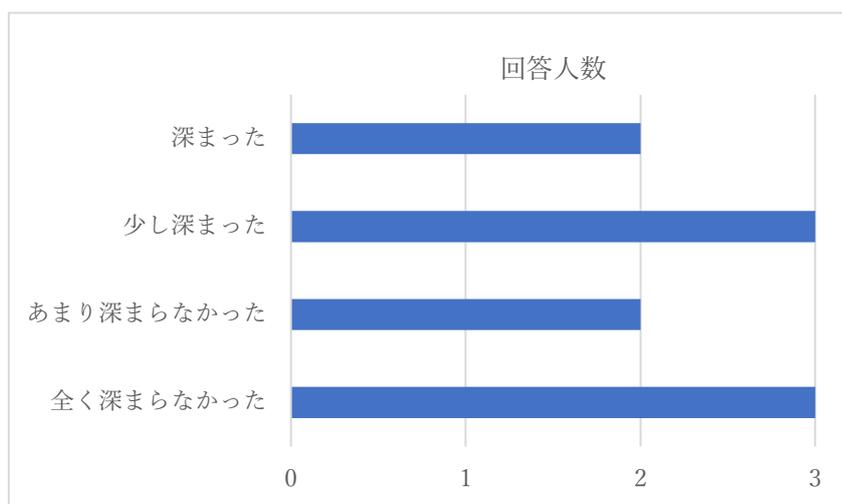


Fig. 4.16 AI 同士を比較した際の理解度の変化のアンケート結果

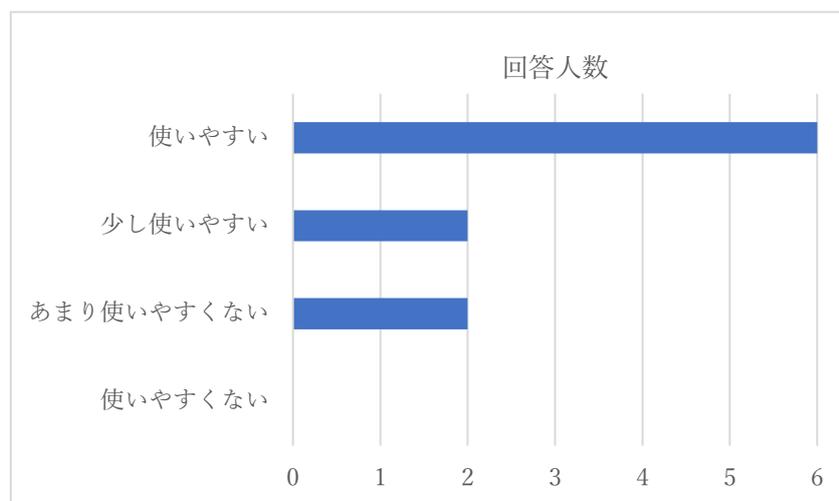


Fig. 4.17 ユーザビリティに関するアンケート結果

4.3 実験結果の考察

4.3.1 テスト結果の考察

穴埋め式テストの検定結果では有意差が見られなかった。しかし、AI について学んだことがない人が半数以上いたことから、実験前から AI の知識が十分な被験者は多くないと考えられる。システムの利用後に点数が 10 点も上昇した被験者がいたことから、システムを利用することで AI の定義を学ぶことができると考えられる。反対に、点数が減少する被験者もいたが、これはシステムで定義そのものを提示していないことによる、学習経験が直接定義の理解に結び付かなかったケースであると考えられる。ただし、穴埋め式テストでは点数が減少しているが、記述式テストでは点数が向上している被験者がいたため、穴埋め式テストにうまく対応できていなかった可能性がある。また、今回の実験では被験者数が少なく、一人の成績が結果に大きな影響を与えるため、被験者数を増やすことで結果が変わる可能性があることも考えられる。

4.3.2 学習意欲・学習効率に関するアンケート結果の考察

ゲームを用いた学習と通常の講義形式の学習意欲を比較してもらう調査では、本システムの利用前と利用後で回答を変更する被験者が数名見られた。ゲームを用いた学習に対する学習意欲が上昇した被験者は 5 名、変化がなかった被験者は 5 名、減少した被験者は 0 名であった。これにより、取り組んだ経験が少

ないであろうゲームを用いた学習に実際に触れることで、学習者はゲームを用いた学習に対する意欲が向上する可能性があると考えられる。ただし、年齢や性別など学習者の背景によって結果が異なる可能性があり、今回は被験者が全員20代の男性だったため、ゲームに対する親和性が高かったことも一つの要因であると考えられる。

また、ゲームを用いた学習と通常の講義形式の学習効率を比較してもらう調査でも、本システムの利用前と利用後で回答を変更する被験者が数名見られた。ゲームを用いた学習の学習効率が想定していたよりも高いと回答した被験者は、5名、変わらないと回答した被験者は4名、低いと回答した被験者は1名だった。以上から、実際にゲームを用いた学習を体験することで、学習効率が想定よりも高いと考える人が増えることが期待できる。一方、一部の被験者は想定したよりも学習効率が悪いと答えた。この被験者は、穴埋め式テストの結果がプレテストよりもポストテストの方が悪いという結果だったため、本システムからAIリテラシーを読み取ることができなかつたと考えられる。そのため、システムからAIリテラシーを学習できない学習者はゲームを用いた学習の効率が悪いと考えるようになる可能性があると考えられる。

4.3.3 比較システムの考察

比較システムの利用前と利用後のテスト結果では、穴埋め式テストと記述式テストの両方において平均点の向上が見られなかった。そのため、作成したAI同士を比較するという機能だけでは、AIの知識や理解を得ることは難しいといえる。また、「AI同士を比較した際に理解が深まったか?」というアンケートでは、被験者5名は理解が深まったと答えたが、5名は理解が深まらなかつたと答えた。ポストテストの点数から中間テストの点数を引いた差分を求めた結果をFig. 4.18, Fig. 4.19に示す。穴埋め式テストの差分では、理解が深まったと答えた5名のうち1名だけが点数が上昇しており、他は点数に変化がなかった。理解が深まらなかつたと答えた5名のうち3名は点数が上昇しており、1名は点数が減少していた。また、記述式テストの差分では理解が深まったと答えた5名のうち3名は点数が上昇しており、1名は減少していた。理解が深まらなかつたと答えた5名のうち3名は点数が減少しており、1名は上昇していた。このことから、AI同士の比較時に実際に仕組みの理解を深められた人は比較的ポジティブな印象を持ち、AI同士の比較によってAIの仕組みの違いを読み取れなかつた人は

比較的ネガティブな印象を持つ傾向が見られた。しかし、穴埋め式テストの点数が上昇している場合でも比較にポジティブな印象を持たないことから、AI の定義の理解は比較の印象に影響をもたらさない傾向がみられる。理解が深まらなかったと答えた被験者の意見には、「比較システムでは行動の比較しかできないため、学習段階の違いがわからない」や「AI が 3 種類しかなく、それぞれに明確な役割があったため、比較するまでもなくわかりやすかった」とあった。

そのため、比較システムでは行動や一部学習時に使用したパラメータ等の表示だけではなく、AI の作成まで行える機能が必要であることが分かった。また、学習内容がシステム全体を通してあまり多くないことも比較システムが AI の知識を獲得するうえで機能しづらかった理由の一つであると考えられるため、システムの拡張により、さらに多くの知識を身に付けられるようにする必要がある。

点数に関して有意差がなかった一方で、比較システムの利用前と利用後では、AI 同士の違いを記述させる問題の解答には違いがみられた。この問題は、Fig. 4.3 の大問 4 にあたる問題のことで、採点が難しい部分であるため、システム利用前と利用後の解答の違いを以下の 4 つに分けて判断した。

- ① 説明量増加（新たな説明の追加）
- ② 説明量増加（既存の説明の詳細化）
- ③ 変化なし
- ④ 説明量減少

結果として、①の被験者が 3 名、②が 4 名、③が 2 名、④が 1 名だった。以上より、10 人中 7 人の AI 同士の違いの説明能力が向上しているため、違いを認識させることにおいて比較システムは有効である可能性がある。ただし、正確に効果を実証するためには対照実験が必要となる。

4.3.4 ユーザビリティの考察

ユーザビリティは、Fig. 4.17 に示すように被験者の 10 人中 8 人が“使いやすい”、“少し使いやすい”と答えたため、学習に悪影響を及ぼさないシステムとなっているといえる。10 人中 2 人が“少し使いづらい”と答えた。その理由には、「一部バグがあった」や「選択した AI がどれかわからない」というものであった。バグは小さなものですでに修正済みであり、“選択した AI”は全システム中で表示がしてあるため、大きな問題はなかったと考えられる。

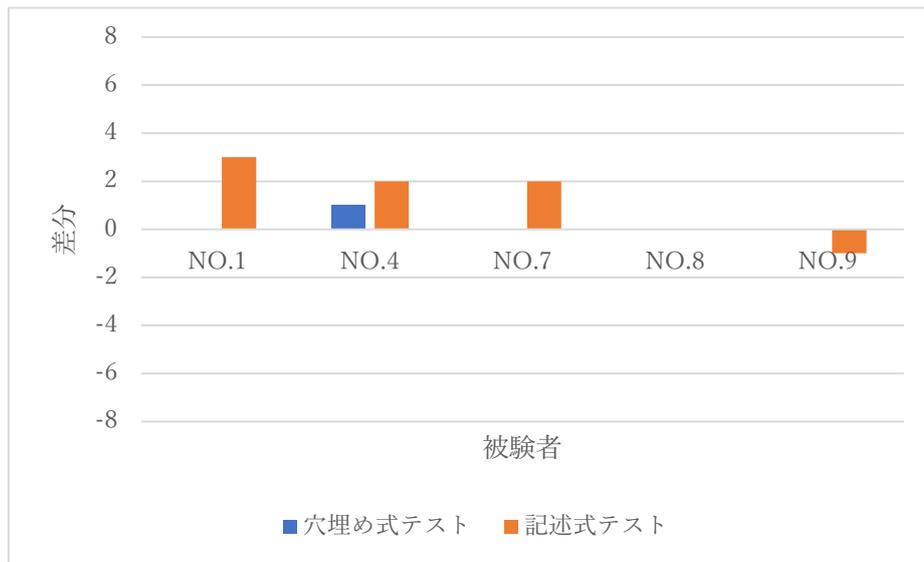


Fig. 4.18 比較に良い印象を持った被験者のポストテストと中間テストの差分

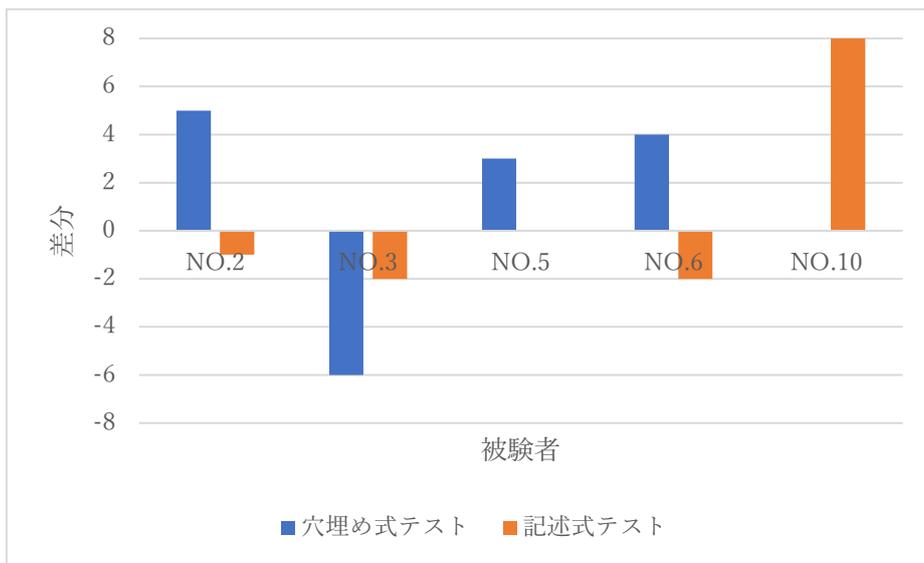


Fig. 4.19 比較に悪い印象を持った被験者のポストテストと中間テストの差分

第5章 おわりに

5.1 まとめ

本研究では、AI 同士の比較を容易にできる、かつ学習者の学習意欲維持・向上に有効なゲームを取り込んだ AI リテラシー学習システムの開発・評価を行った。本研究において、AI リテラシーは「AI の定義と仕組みを理解すること」と定めた。このシステムは、ルールベース AI を学べるシステム、強化学習が学べるシステム、教師あり学習を学べるシステム、AI 同士を比較できるシステムの4つのシステムで構成されている。これらの4つのシステムは学習者が AI 同士を比較しやすいように全て迷路をモチーフとしたゲーム環境をシステムに取り込んでおり、ゲーム環境を統一している。AI 比較システムは、学習者が各システムで作成した AI を比較できるようなシステムとなっている。

システムの評価実験では、各種 AI を学べるシステムを利用した際に被験者の AI に関する知識・理解度がどの程度向上するか評価した。さらに、各種 AI が学べるシステムの利用後に AI 比較システムを利用することで被験者の AI に関する知識・理解度がどの程度向上するか評価した。実験の結果、システムを利用することで、AI に関する理解度を測る記述式テストではプレテストと中間・ポストテストの群間に有意水準 5%で有意差が見られたが、AI に関する知識を測る穴埋め式テストでは群間に有意差は見られなかった。よって、本システムを使用することで、AI の仕組みを理解することはできるが、AI の定義を学び取ることは十分にできないことが分かった。

また、評価実験では学習意欲等について被験者に問うアンケートを作成し、ゲームを用いた学習の印象を調査した。事前アンケートの結果では、10人中7人がゲームを用いた学習にポジティブな印象を持っており、残りの3名はネガティブな印象を持っていた。システム利用後の事後アンケートでは、10人中9人がゲームを用いた学習にポジティブな印象を持つようになった。ゲームを用いた学習の学習意欲が向上した被験者は5名おり、学習意欲が低下した被験者は0名であった。このことから、ゲームをシステムに取り組んだ目的である学習者の学習意欲の維持・向上はおおむね達成できていることが分かった。

さらに、比較システムを利用した結果、被験者の AI に関する知識・理解度の向上に有意差は見られなかったが、AI 同士の違いを説明させる問題では、10人中7人は説明能力が向上していたため、AI 同士の違いを認識させる上では、比

較を用いることに価値があると考えられる。

5.2 今後の展望

本研究で開発した AI リテラシー学習システムの評価実験では、被験者が 10 人だったため、一人の被験者のテスト結果が全体の結果に与える影響が大きくなってしまっている。また、被験者の属性がある程度統一されているため、背景が異なる人がシステムを利用した際にどのような結果になるか予想することができない状態となっている。そのため、属性が異なる人を集めて評価実験を行い、より汎用的なデータを取る必要がある。

現在のシステム問題点として、開発した学習環境から AI の定義を読み取れる人と読み取れない人がいる状態となっている。この問題を解決するために、より AI の定義を読み取りやすいユーザインタフェースに改良する必要がある。本システムでは、文章による説明を全く使用していないため、学習者が AI の定義を推察して学習する必要がある。そこで、ゲームに授業の要素を一部取り入れ、AI に関して説明を行いながらゲームを進行する仕組みを導入することでこの問題を解決できると考えられる。

また、比較システムでは行動や一部学習時に用いたパラメータの表示しかできておらず、AI 作成段階の比較まではできていないため、比較システムでも AI を作成できる機能を実装することでより高い学習効果が期待できる。

本研究で行った実験では、制限時間を設けてその間は自由にシステムを使用できるようにしていたため、学習方法を被験者に全てゆだねていた。しかし、この方法では、意図していたシステムの利用方法とは異なる方法でシステムを利用してしまう可能性があるため、十分な学習ができなかった可能性がある。これを防ぐ方法として、タスクを複数用意して 1 つクリアするごとに次のタスクに取り組むという方法が考えられる。この方法を使うことで、システムを意図したとおりに利用してもらえらるうえに、タスクの進行状況によって被験者の理解度がある程度推定することができることが予想できる。

謝辞

論文の完成にいたるまで，貴重なご指導・ご助言をいただきました主指導教員の長谷川忍教授に，深謝いたします。

本研究を進めるにあたり，日ごろのゼミから様々な助言をいただきました太田光一助教，谷文助教をはじめとした長谷川研究室の皆様には心より感謝いたします。

本研究の遂行にあたり，快く実験に参加いただいた方々に，深く感謝いたします。

最後に，学生生活を支えてくださった両親に深く感謝いたします。

対外発表

清水誠司，太田光一，谷文，長谷川忍，“AI 同士の比較に着目した AI リテラシー獲得支援システムの開発”，情報処理学会 コンピュータと教育研究会(2024 in press)

参考文献

- [1] 文部科学省, ”プログラミング教育：文部科学省”,
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm
(閲覧日：2024/01/08)
- [2] 内閣府, ”AI 戦略 2022-内閣府”,
https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2022_honbun.pdf
(閲覧日：2024/01/08)
- [3] 株式会社野村総合研究所, ”日本の ChatGPT 利用動向(2023 年 4 月時点)”,
https://www.nri.com/jp/knowledge/report/lst/2023/cc/0526_1
(閲覧日：2024/01/08)
- [4] 総務省, ”総務省 | 令和 5 年版 情報通信白書 | PDF 版”,
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/pdf/index.html>
(閲覧日：2024/01/08)
- [5] 松尾豊, ”人工知能は人間を超えるか”, KADOKAWA, 2015
- [6] 長橋愛ほか, ”自動運転バスの実証・社会実装の事例紹介”, 学術の動向,
第 27 巻 2 号, p. 96-99, 2022
- [7] IBM, ”IBM Watson”, <https://www.ibm.com/jp-ja/watson>
(閲覧日：2024/01/25)
- [8] 小谷俊博, ”ディープフェイクと技術者倫理”, 木更津工業高等専門学校紀
要, 第 54 号, 2021
- [9] 日本経済新聞, ”生成 AI のリスクとは 誤情報拡散や情報漏洩が課題”,
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCB041NJ0U3A500C2000000/>

(閲覧日：2024/01/22)

- [10] 片瀬拓弥, "人工知能(AI)に対する信頼感尺度の作成と信頼性・妥当性の検討", 日本教育工学会 研究報告集, 2021 巻 3 号, p.172-179, 2021.
- [11] 株式会社 PKSHA, "ルールベース型 AI とは？機械学習との違いやメリット・デメリット", <https://aisaas.pkshatech.com/cx-journal/article/rule-based> (閲覧日：2024/01/09)
- [12] MathWorks, "強化学習-これだけは知っておきたい3つのこと-", <https://jp.mathworks.com/discovery/reinforcement-learning.html>
(閲覧日：2024/01/09)
- [13] IBM, "教師あり学習とは | IBM", <https://www.ibm.com/jp-ja/topics/supervised-learning>
(閲覧日：2024/01/09)
- [14] 中川正, "「数学の好き・嫌い」について", 日本数学教育会誌, 48 巻 11 号, p. 207, 1966.
- [15] Hung, Chun-Ming, Iwen Huang, and Gwo-Jen Hwang, "Effects of digital game-based learning on students' self-efficacy, motivation, anxiety, and achievements in learning mathematics", *Journal of Computers in Education* 1, pp. 151-166, 2014.
- [16] 佐藤頌太, "AI リテラシーを養う授業実践の開発: 中学生が機械学習を用いた課題解決を行う授業実践を通じて", 千葉大学大学院人文公共学府, 人文公共学府研究プロジェクト報告書第 346 集, pp. 11-20, 2019.
- [17] 松田孝ほか, "STEM/STEAM 教育からの小学校段階における AI リテラシー育成のための教材開発と実践", 上越教育大学研究紀要, 第 40 巻第 2 号, 2021.
- [18] Zammit, Marvin, et al, "The road to AI literacy education: from pedagogical needs to tangible game design." *Academic Conferences International*, 2021.
- [19] Parker, J. R., and Katrin Becker, "ViPER: Game that teaches machine learning concepts-a postmortem", 2014 IEEE Games and Entertainment Media Conference (GEM), Vol. 5, 2014.

- [20] ANACONDA, "Anaconda | The World's Most Popular Data Science Platform", <https://www.anaconda.com/> (閲覧日 : 2024/01/09)
- [21] Microsoft, "Visual Studio Code", <https://code.visualstudio.com/Download>
(閲覧日 : 2024/01/09)
- [22] pygame, <http://www.pygame.org/> (閲覧日 : 2024/01/09)
- [23] tkinter, <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>
(閲覧日 : 2024/01/09)

付録

評価実験でを使用した事前アンケートおよび事後アンケートの内容を下記に示す。

事前アンケート

性別： M・W 年齢： _____

実験ナンバー： _____

1. 教室で講義を受ける際に自分の考えに近いものに○印をしてください

0	1	2	3	4	5
ゲームを用いた学習の方が 学習意欲が高い			通常の講義形式の方が 学習意欲が高い		

2. 教室で講義を受ける際に自分の考えに近いものに○印をしてください

0	1	2	3	4	5
ゲームを用いた学習の方が 学習効率が良い			通常の講義形式の方が 学習効率が良い		

3. プログラミングの習熟度に関して自分の経験に近いものに一つ✓をしてください

- プログラミング経験がない
- 授業の一部で触ったことがある
- プログラミングの授業を取ったことがある
- 自分でシステムの開発等の経験がある
- その他：()

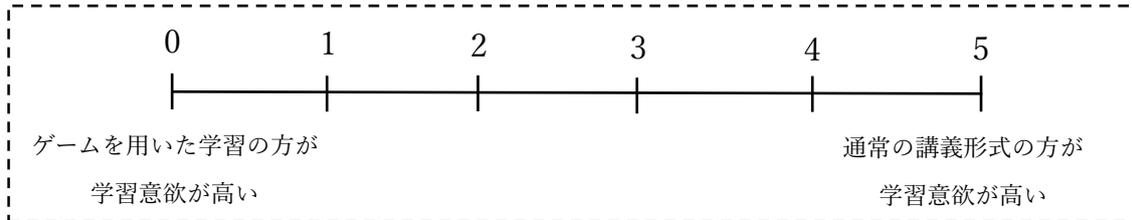
4. AI リテラシーの習熟度に関して自分の経験に近いものに一つ✓をしてください

- 言葉だけを知っている
- 授業やテレビで少しだけ聞いたことがある
- AI に関する授業を取ったことがある
- AI を使ったコードを書いたことがある
- その他：()

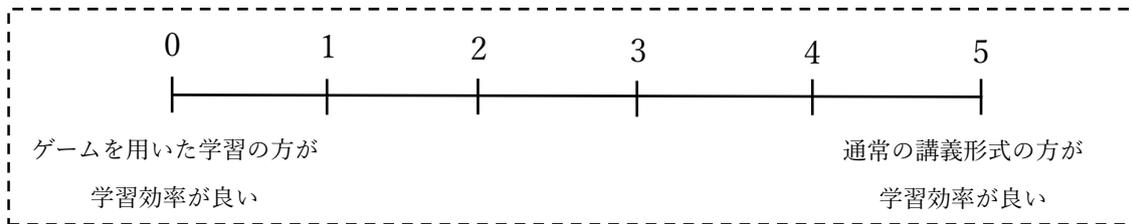
事後アンケート

実験ナンバー： _____

1. 教室で講義を受ける際に“本実験後の”自分の考えに近いものに○印をしてください



2. 教室で講義を受ける際に“本実験後の”自分の考えに近いものに○印をしてください



3. ルールベース AI のご自身の理解度を自己評価してください

- a. よく理解できた b. 少し理解できた c. あまり理解できなかった d. 全く理解できなかった

4. 強化学習のご自身の理解度を自己評価してください

- a. よく理解できた b. 少し理解できた c. あまり理解できなかった d. 全く理解できなかった

5. 教師あり学習のご自身の理解度を自己評価してください

- a. よく理解できた b. 少し理解できた c. あまり理解できなかった d. 全く理解できなかった

6. AI 同士を比較したことで AI の理解が深まりましたか？

- a. 深まった b. 少し深まった c. あまり深まらなかった d. 全く深まらなかった

その理由： _____

7. 本システムの使いやすさについてお聞かせください

- a. 使いやすい b. 少し使いやすい c. 少し使いづらい d. 使いづらい

その理由： _____