

修士論文

人間と AI の協調:ChatGPT を用いた  
MinecraftBOT による作業支援

公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科  
知能情報科学領域

工藤 光矢

指導教員 フランク イアン

提出日 2024 年 2 月 XX 日

Master's Thesis

Human and AI Co-operation: Minecraft Server and  
Bots

by

Koya Kudo

Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate  
Intelligent Information Science Field

Supervisor: Ian Frank

Submitted on February XX, 2024

**Abstract—**

(Abstract must be within 1 page. Following is a sample text.) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna. Nunc viverra imperdiet enim. Fusce est. Vivamus a tellus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci. Aenean nec lorem. In porttitor. Donec laoreet nonummy augue. Suspendisse dui purus, scelerisque at, vulputate vitae, pretium mattis, nunc. Mauris eget neque at sem venenatis eleifend. Ut nonummy. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna. Nunc viverra imperdiet enim. Fusce est. Vivamus a tellus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci. Aenean nec lorem. In porttitor. Donec laoreet nonummy augue. Suspendisse dui purus, scelerisque at, vulputate vitae, pretium mattis, nunc. Mauris eget neque at sem venenatis eleifend. Ut nonummy.

**Keywords:** Artificial Intelligence, LLM, Minecraft

## 概要：

（1 ページ以内に収めること。以下はダミーテキスト）ビデオを使うと、伝えたい内容を明確に表現できます。[オンライン ビデオ] をクリックすると、追加したいビデオを、それに合った埋め込みコードの形式で貼り付けできるようになります。キーワードを入力して、文書に最適なビデオをオンラインで検索することもできます。Word に用意されているヘッダー、フッター、表紙、テキスト ボックス デザインを組み合わせると、プロのようなできばえの文書を作成できます。たとえば、一致する表紙、ヘッダー、サイドバーを追加できます。[挿入] をクリックしてから、それぞれのギャラリーで目的の要素を選んでください。テーマとスタイルを使って、文書全体の統一感を出すこともできます。[デザイン] をクリックし新しいテーマを選ぶと、図やグラフ、SmartArt グラフィックが新しいテーマに合わせて変わります。スタイルを適用すると、新しいテーマに適合するように見出しが変更されます。Word では、必要に応じてその場に新しいボタンが表示されるため、効率よく操作を進めることができます。文書内に写真をレイアウトする方法を変更するには、写真をクリックすると、隣にレイアウト オプションのボタンが表示されます。表で作業している場合は、行または列を追加する場所をクリックして、プラス記号をクリックします。

**キーワード：** 人工知能, 大規模言語モデル, Minecraft

# 目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景・目的 . . . . .	1
1.2	章構成 . . . . .	1
第 2 章	関連研究	2
2.1	〇〇の研究 . . . . .	2
第 3 章	Minecraft とは	5
第 4 章	提案手法	6
4.1	Web アプリケーション . . . . .	6
4.2	行動 . . . . .	6
4.3	ChatGPT による応答 . . . . .	6
4.4	ビルドモード . . . . .	7
第 5 章	実験と結果	8
5.1	ビルドモードでの構造物生成の実験 . . . . .	8
5.2	アンケート . . . . .	10
5.3	アンケートの結果・考察 . . . . .	10
	参考文献	14

# 第 1 章

## 序論

### 1.1 背景・目的

本研究は変化し続ける人工知能技術の中で、人間と AI との協調・協力関係の境界と可能性を探ることを目的としている。目的の達成のために、Minecraft 内での人間との対話や作業支援を行う BOT の開発を通じて検証を行う。

本研究の背景としては、“チェスは AI のショウジョウバエである”[1] と言うように、ゲームは人工知能やアルゴリズムの性能向上のための実験台や基礎研究として古くから重要視されてきたことがあげられる。特に 2010 年代に入ってから、囲碁やスタークラフトといった複雑なゲームにおいて、AI が人間のスコアを超越するようになった [2, 3]。しかし、AI が人間を圧倒してもなお、ゲーム研究は実験台や基礎研究として価値のあるものであり、ここ数年では、人間と AI の協力関係と言った新たなアプローチが見られるようになっている [4, 5]。

よく AI の研究で使用されるゲーム環境として、“Minecraft”[6] が使用されている。Minecraft は 2014 年に最も売れたゲームとして、ギネス世界記録に乗り、2023 年には 3 億本を売り上げた認知度の高いゲームである [7]。また、Minecraft は、ユーザーが自由に世界を創造・探索できるゲームであり、その特性から教育や研究のツールとしても幅広く使われている。

そこで本研究では、Minecraft のその特性に焦点を当て、Minecraft の中で LLM を搭載した BOT を作成し、その BOT と人間が対話を行ったり、共同作業を行ったりすることで、人間と AI の協力・協調関係の検証を行う。LLM を搭載した BOT が 3D 空間にて人間と対話を行うという試みはほとんど存在していないため、本研究によって LLM の新たな活用法を見い出すことを期待している。また、BOT の行った建築作業などから、人間が建築する際の新たなアイデアやインスピレーションを得られるのではないかと考えている。

### 1.2 章構成

## 第 2 章

# 関連研究

### 2.1 ○○の研究

この節では人間との協調を目的とした AI に関する関連研究について述べる.

#### 2.1.1 Maia

Kleinberg らは, 人間らしい手を打つニューラルネットワークチェスエンジンの “Maia” を開発した. Maia はオンラインでチェスを行うプレイヤーの棋譜を, 強さ別に 9 つのレベルに分けて学習しており, レベル別にプレイヤーがどのようなチェスの指し方をしているかを学べるようになったと述べている. また, 低いレベルと高いレベルの学習結果の違いから, 未熟なチェスプレイヤーがどのような間違いを犯すかを「チェス学習ツール」として予測することが出来る. Kleinberg は, 人間に教えたり助けたりする AI の研究によって, 人間と もっとうまく交流できるかもしれない, あるいは交渉すらできるかもしれないと述べている.

#### 2.1.2 学習ツールとしての Minecraft

Cipollone らは高校の文学の授業で Minecraft を使用し, 文学の授業を受けた生徒らは Minecraft を録画する形で映画を 3 本作成した. Cipollone らは作成された映画をプロットとキャラクターの観点で検討したところ, Minecraft を用いたことで生徒が創造性を発揮し, 概念を理解しやすくなったと述べている. また, Minecraft は他の方法ではコストがかかったり不可能だったりするような作品を生徒が作れるようになるツールであると述べている. しかし, ゲーム文化と, 正式な学校教育の文化とではギャップが大きいため, Minecraft のような教育ゲームを導入するためには, ゲーム文化をもっと受け入れられるような考えが必要かもしれないと提案している.

### 2.1.3 ARLPCG

Gisslén らは、手続き型コンテンツ生成の新たなアプローチとして、Adversarial Reinforcement Learning for Procedural Content Generation(ARLPCG) を提案した。手続き型コンテンツ生成の一般的なアプローチとしては、異なる環境を手続き的に生成し、学習したエージェントの汎用性を高める方法が挙げられるが、ARLPCG では代わりに、PCG エージェント (Generator) と攻略エージェント (Solver) からなる敵対的モデルを用いている。Generator は Solver のパフォーマンスに基づいて報酬信号を受け取っており、攻略不可能ではないが挑戦的なコンテンツ生成が可能になったと述べている。また、モデルの制御を行うために Generator に補助入力を使用し、検証として 3DCG のアクションゲームとレースゲームの 2 つを生成したところ、ARLPCG の解答率が大幅に向上し、補助入力によって難易度がある程度調整可能になったと述べている。

### 2.1.4 GANcraft

Hao らは、Minecraft のような 3D のブロック世界からリアルな地形画像を生成する、GANcraft を開発した。GANcraft は教師なしのニューラルレンダリングフレームワークである。本手法では、ブロック世界を入力とし、各ブロックには土、草、木、砂、水などのラベルが割り当てられる。また、ブロックの世界を連続的な体積関数として表現し、教師データがない場合でも、任意の視点からリアルな地形画像をレンダリングできるようにモデルを学習できると述べている。GANcraft は、その他のフレームワークと比較して有効性を示しており、長年の経験が必要とされる複雑な風景の 3D モデリングを簡単に行うことができると述べている。

### 2.1.5 CraftAssist

Gray らは、Minecraft で人間のプレイヤーと協力できる AI アシスタントを実装するためのプラットフォームとして、CraftAssist を開発した。CraftAssist のアシスタントはブロックの配置や破壊、人間のプレイヤーとのチャットが可能であり、また、言語、知覚、記憶、身体的動作を組み合わせることで、家の建設などの複雑なタスクを実行できる。このような研究は、実世界で人間とより良く対話し協力できる AI アシスタントを実現する手助けとなる可能性があり、AI アシスタントとの対話を通じて新しい概念とスキルを積極的に学び取ることができるかもしれないと述べている。

### 2.1.6 Voyager

Wang らは、Minecraft で LLM を使用し、人間の介入なしに継続的に世界を探索するエージェントの Voyager を開発した。Voyager は API を介して自分の所持アイテムや近くの地形などのゲーム情報を読み取ることができ、GPT-4 を用いて、情報をもとに短期的な目標を設定したり、目標を達成するために必要なコードを生成したりすることが可能である。Voyager はほかのモデルと比較して広い範囲の地形を探索し、多くのアイテムを製作することができたと述べている。また WIRED 誌では“このような方法で言語モデルを活用すれば、オフィスで多くの日常的な作業を自動化できるかもしれない。それが Voyager がもたらした最大の経済効果であろう”と述べられている。



## 第 3 章

# Minecraft とは

## 第 4 章

# 提案手法

本章では作成した BOT について解説する。BOT は web アプリケーションを使用して Minecraft のマルチサーバーに参加することが可能である。プレイヤーは参加した BOT とチャットを用いて会話することが可能である。詳細な機能については 4.1 節から 4.4 節で解説する。

### 4.1 Web アプリケーション

人間と AI の協力・協調を主目的とする以上、ユーザビリティについて追求する必要があると考えたため、BOT をログインさせるための Web アプリケーションを作成した。従来までの方法で BOT を動かすためには、プログラミング環境構築のスキルを必要とするが、このアプリケーションではマイクラのマルチにログインする時と同様の情報を入力することで、簡単に BOT をログインさせることが可能となった。

### 4.2 行動

BOT は事前に登録されている行動を実行することが可能である。BOT の各行動は Mineflayer API[9] を用いて実装した。指定位置への移動、所持アイテムをチャット、アイテムの出し入れ、畑に種を植える、指定アイテムを収集する行動などを実行することができる。また、4.4 節のビルドモードも行動として実行できる。

### 4.3 ChatGPT による応答

BOT は LLM を搭載したことで自然な返答が可能となっている。LLM は ChatGPT や PaLM, ローカル環境で動作する Dolly などいくつかのモデルを検討し、実行速度、会話の自然さや機能面の観点から自己検証したところ ChatGPT が良かったことから、ChatGPT(gpt-3.5-turbo-0613) を用いた。

初期プロンプトは Voyager[8] のものを一部参考し、内容としては ChatGPT の役割、各会話のラウンドで与える情報、回答の際に守るべきルールを記載した。また、ChatGPT API の Function Calling 機能を用いているので、4.2 節の行動を、必要に応じて実行することが可能である。

## 4.4 ビルドモード

BOT は“建築したい”などのチャットを受け取るとビルドモードに移行し、Minecraft の /fill コマンドを用いて ChatGPT がプロンプトに沿った構造物を生成することが可能である。

初期プロンプトには、/fill コマンドで構造物を生成すること、/fill コマンドの説明、3次元座標の概念の説明、よく建築で使うブロックの種類、/fill コマンドの使用例を記述した。

## 第 5 章

# 実験と結果

### 5.1 ビルドモードでの構造物生成の実験

4.4 節にて解説したビルドモードについて、① “station” や② “japanese castle” とプロンプトを与えた際の生成結果を図 5.1, 図 5.2 に示す.



図 5.1 ①の生成結果



図 5.2 ②の生成結果

生成結果を見ると、図 5.1 では駅のような外観は出来ているものの、駅の特徴を表すレールなどのブロックが置かれていないことが分かる。また、図 5.2 では、砦や城のような構造物ではあるものの、日本風ではないことが分かる。

これらの生成結果を改善するために③ “Build a train station. I want the tracks to use rails. And build the platform well.”, ④ “Build a Japanese castle. Since it is a Japanese castle, the walls are white and the roof is black. The floor size should get smaller as you go higher up. Please make about 5 floors. Also, please make a stone wall.” のプロンプトを与えた。生成結果を図 5.3, 図 5.4 に示す。



図 5.3 ③の生成結果



図 5.4 ④の生成結果

生成結果を見ると、図 5.3 はプラットフォームに沿ってレールが敷かれており、図 5.4 では細部は出来ていないものの日本風の城の形が出来ていることから、結果が改善されたことが分かる。

このように LLM が仮想的な 3D 世界で構造物を作る例はほとんど存在せず、プロンプトエンジニアリングを駆使して自身の想像した構造物を形成することの最初の段階として、興味深い結果を示している。

## 5.2 アンケート

BOT の有用性を検証するため BOT のデモとアンケートを実施した。デモ・アンケートは 2023 年 10 月 16 日に開催された、公立はこだて未来大学オープンラボの、イアンフランク研ブースにて行われ、計 16 人の学生がデモを行いアンケートに回答した。デモでは BOT との会話を始めに体験していただき、その後、ビルドモードを体験するように促した。

## 5.3 アンケートの結果・考察

デモを行った後のアンケートの結果の一例について表 5.1, 表 5.2 に示す。

“この BOT を使うことで新しい建築のアイデアやインスピレーションを得ることができましたか?” という質問について、“そう思う” を 4, “どちらかというと思う” を 3, “どちらかというと思わない” を 2, “そう思わない” を 1 として平均を計算した結果, 3.2 となった。また, “この BOT を使うことで LLM(ChatGPT など) の使い方を新しく学ぶことができましたか?” の質問については同様の方法で平均を求めた結果, 3.47 となった。

そう思う～そう思わないの 4 段階の同じ指標で回答してもらった結果, 表 5.2 の結果のみ平均 3.47 と高かったことから, BOT によって LLM の新しい使い方を学べたことが示唆さ

れた。表 5.1 の結果では肯定的な意見が得られているものの、表 5.2 の結果より平均が低いことや 5.1 節の生成結果から考察するとビルドモードは改善の必要があると考えられる。

表 5.1 この BOT を使うことで新しい建築のアイデアやインスピレーションを得ることができましたか？

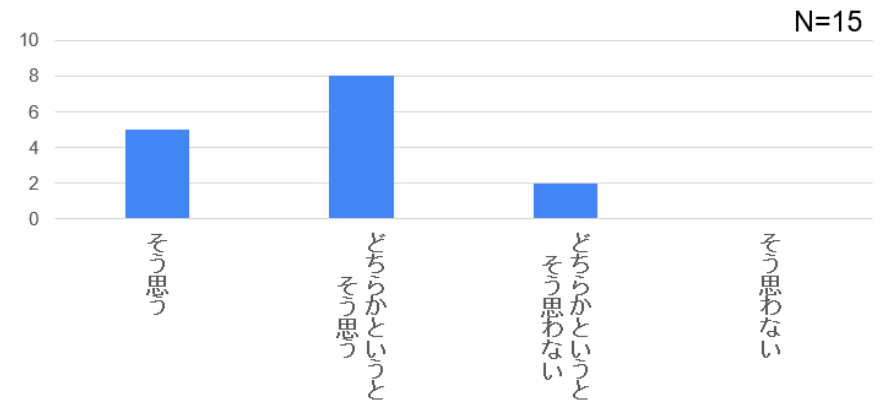
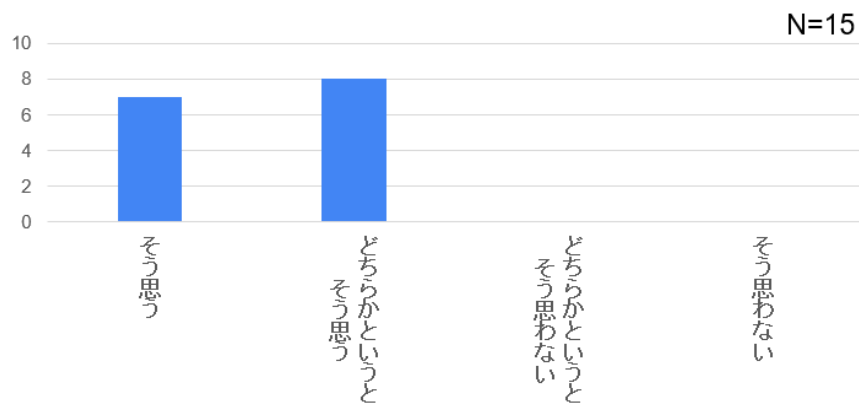


表 5.2 この BOT を使うことで LLM(ChatGPT など) の使い方を新しく学ぶことができましたか？



# 謝辞

関係各位様に感謝いたします。



# 発表・採録実績

## 発表等

- [1] 発表その 1
- [2] 発表その 2
- [3] 発表予定（発表予定年月）

## 学術論文，国際会議等 (査読付き)

- [1] 論文その 1
- [2] 国際会議その 1
- [3] 採録決定論文（採録予定年月）

## 参考文献

- [1] J. McCarthy, “WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?”, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html> (2023/10/31 Accessed)
- [2] D. Silver et al. “Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search”, Nature volume 529, pp.484-489, 2016.
- [3] O. Vinyals et al. “Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning”, Nature volume 575, pp.350-354, 2019.
- [4] R. McIlroy-Young, S. Sen, J. Kleinberg, A. Anderson, “Aligning Superhuman AI with Human Behavior: Chess as a Model System”, KDD '20: Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining, pp 1677-1687, 2020.
- [5] J. Gray et al. “CraftAssist: A Framework for Dialogue-enabled Interactive Agents”, facebook research, 2020.
- [6] Minecraft, “公式サイト”, <https://www.minecraft.net/ja-jp> (2023/11/12 Accessed).
- [7] Yahoo ニュース, “『マイクラフト (Minecraft)』の累計売り上げが3億本を突破！史上最も売れたインディーゲーム, 不動の地位を築く”, <https://news.yahoo.co.jp/articles/81edc817187b79350186eed8b5219f6be51a3ac7> (2023/11/12 Accessed).
- [8] G. Wang et al. “Voyager: An Open-Ended Embodied Agent with Large Language Models”, arXiv preprint arXiv: Arxiv-2305.16291, 2023.
- [9] GitHub, “PrismarineJS/mineflayer”, <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=mineflayer> (2023/11/12 Accessed).

## 図目次

5.1	①の生成結果 . . . . .	8
5.2	②の生成結果 . . . . .	9
5.3	③の生成結果 . . . . .	9
5.4	④の生成結果 . . . . .	10

# 表目次

5.1	この BOT を使うことで新しい建築のアイデアやインスピレーションを得ることができましたか？ . . . . .	11
5.2	この BOT を使うことで LLM(ChatGPT など) の使い方を新しく学ぶことができましたか？ . . . . .	11