

アシスタンスジレンマを考慮した テトリスの学習支援システムの提案

西川耕平¹ 伊藤毅志¹

概要: 近年, AI の進化に伴って, 人間を超えるパフォーマンスを示すものも多くなっている. このような AI を用いた学習では, AI の示す候補をそのまま表示することによる教えすぎの弊害が報告されている. AI が教えすぎることによって, 学習者は AI に頼りすぎてしまい, 考える機会を奪ってしまう. このような教えすぎによる学習効果の低下の弊害は「アシスタンスジレンマ」と呼ばれ, 将棋, 囲碁などの思考ゲームを題材に研究が行われてきた. 将棋や囲碁の先行研究では, 未来局面を用いた支援が効果的であることが示唆されている. 本研究では, リアルタイムゲームのテトリスを題材に, 未来局面を題材にした支援の手法を提案し, その有効性を考察する.

キーワード: アシスタンスジレンマ, テトリス, 学習支援システム

A Learning Support System for Tetris Considering the Assistance Dilemma

KOHEI NISHIKAWA^{†1} TAKESHI ITO^{†1}

Abstract: In recent years, as AI has evolved, many of them have shown performance that exceeds that of humans. In such AI-based learning, the adverse effects of over-teaching have been reported by displaying the candidates shown by the AI as they are; by over-teaching the AI, the learner becomes too dependent on the AI, depriving him or her of the opportunity to think. This adverse effect of over-teaching on learning is called the "assistance dilemma," and has been studied using thinking games such as Shogi and Go. Previous studies on Shogi and Go have suggested that assistance using future phases is effective. In this study, we propose a method of assistance using the future phase of the real-time game Tetris as a subject and consider its effectiveness.

Keywords: Assistance dilemma, Tetris, learning support system

1. はじめに

近年, 囲碁や将棋などのゲーム AI の発展はめざましく, プロ棋士もゲーム AI を自身の研究に取り入れるようになっている. アマチュアプレイヤは, ゲーム AI の手をそのまま理解することは困難であり, ゲーム AI を利用した学習支援の手法が模索されている.

一方で, AI が直接的な答えを学習者に示すという手法は, 学習者から考えさせる余地を奪ってしまい, 却って学習効果を低下させるという問題点が指摘されている. このような教えすぎによる学習効果の低下の弊害は「アシスタンスジレンマ」と呼ばれ, AI を用いた学習支援を考慮するときには, この問題を回避することが求められる[1].

先行研究では, ハノイの塔や囲碁・将棋などの思考型のパズルやゲームを題材とした研究において, 将来の局面を提示して, 考える余地を残す支援を行うことで, 学習効果の向上が見られるという結果が得られている. しかし, 本研究で扱う「テトリス」のような, リアルタイム型のテレビゲームにおいても思考型ゲームと同様の学習効果が見られるのかを調査した研究はない. 本研究では, 「テトリス」

を題材に教えすぎない支援を行うことで, 思考ゲーム同様の学習効果が得られるのかを明らかにしていきたい.

2. 関連研究

2.1 アシスタンスジレンマ

ある課題に取り組んでいる学習者に対して, 課題遂行時に「直接答えを教える」などの大きな支援を行った場合, 課題遂行時の正解率は高くなる一方で, 支援がなくなった状況下での課題の成績は低くなる. これは大き過ぎる支援が学習者の考える機会を奪ってしまうために発生すると考えられる. 逆に, 学習段階で支援を全く行わない場合, 課題遂行時の正解率は低くなり, その結果として事後の学習効果も低くなる. 学習効果の向上のためには, 教えすぎない適度な支援が求められる.

この問題は, ゲームのみならず様々な課題において考えられるが, 人類を超えるようなゲーム AI が生まれてきているゲームの分野では, 学習支援を行う上で避けては通れない問題であり, アシスタンスジレンマを解決するような適切なレベルの支援手法を調べることは, AI と人間とのコミュニケーションを考える上で, 重要なテーマになると考える.

¹ 電気通信大学
The University of Electro-Communications

2.2 未来局面を用いた支援

三輪らは「ハノイの塔」というパズルを題材に学習支援の効果についての実験を行った[2]。具体的な学習支援として、ハノイの塔の課題を解く学習者に対して、解答となる手をいくつか進めた局面である「未来局面」を提示する手法を取った。学習フェーズでは被験者を「支援なし」、現在の局面から「1手先」、「5手先」、「9手先」の未来局面を提示する4つのグループに分け、それらの支援の下で40分間課題に取り組ませた。学習フェーズの終了後、学習効果を測るポストテストとして、全グループに支援なしで課題を解かせた。その結果、学習フェーズの成績は高い順に「1手先>5手先>9手先>提示なし」であったのに対し、ポストテストの成績は、「9手先>5手先>提示なし>1手先」となった。結果から支援が全くない条件（提示なし）や、支援のレベルが高すぎる条件（1手先）での、学習効果の低下が確認された。

未来局面を用いた学習支援はハノイの塔だけでなく、囲碁・将棋といったゲームにおいても先行研究の例があり、同様に「1手先」「支援なし」で学習効果が低下し、「○手先」の未来局面の提示で学習効果が向上する傾向が確認されている[3][4]。

3. 研究の目的と方針

本研究では、テトリスを題材に「アシスタンスジレンマが顕在化するか」、「未来局面などの間接的な学習支援がジレンマの回避の効果的か」を明らかにすることを目的とする。その目的を達成するために、先行研究の例に倣い、人間より十分に強いテトリス AI を用いて最善手を算出し、それを教えすぎにならない程よいレベルに加工し学習者に表示することで学習を行わせることでその効果を検証する。

4. テトリス

4.1 ルール

テトリスは落ち物パズルゲームの一種であり、正方形が4つ組み合わさったテトリミノと呼ばれる7種類のブロックを積み上げるゲームである。ブロックを横1列揃えるとその行は消去され得点が得られる。

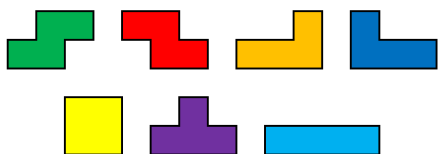


図 1 7種のテトリミノ
Figure1 7 types of Tetrimino

テトリスでは横の行を「ライン」と呼び、最大で4ライ

ンの同時消しができる。消去したライン数と得られる得点の関係を表1に示す。

表 1 消去ライン数と得点
Table 1 Number of Erased Lines and Score

消去ライン数	得点	1ライン当たりの得点
1ライン	100点	100点
2ライン	300点	150点
3ライン	500点	167点
4ライン	800点	200点

基本的に、より多くのライン数の同時消しの方が得られる得点が高く、1ラインあたりの得点でも同様である。スコアアタックで高得点を狙う場合には4ライン同時消しを狙うことが重要である。

4.2 上級テクニック

テトリスには複数ラインの同時消し以外にも高得点を取るためのテクニックが存在する。以下はその例である。

T スピン

紫色のT字型のブロックを特定の地形にはめ込み、ライン消去を行うことで、通常より多くの得点が得られる。このテクニックをTスピンと呼ぶ。

REN

ライン消去を伴わない操作を挟まずに、連続してライン消去を行うことで得点にボーナスが加算される。このテクニックをRENと呼ぶ。

パーフェクトクリア

フィールドにあるブロックを全て消去することで得点にボーナスが加算される。このテクニックをパーフェクトクリアと呼ぶ。

4.3 ウルトラ（スコアアタックモード）

ウルトラとは3分間の制限時間の中でハイスコアを目指すスコアアタックのモードである。プレイヤーは高得点を得るために、4ライン同時消しやTスピンなどの高度なライン消去のテクニックを駆使することが要求される。また、制限時間内でより多くのライン数を消すことが求められるため、素早いブロックの操作が必要となる。実際のウルトラの画面を図2に示す。



図 2 ウルトラモードのゲーム画面

Figure 2 Ultra-Mode Game Screen

5. 提案システム

5.1 システムの概要

本研究では、実際のゲーム部分に公式のテトリスのゲームである「ぷよぷよテトリス (PC 版)」を用いる。学習者はゲーム内の「ウルトラ」という一人用のスコアアタックのモードを、提案システムを使用しながら、繰り返しプレイすることで学習を行う。最善手を表示するための思考部には、テトリス AI である「Cold Clear」を用いる[5][6]。Cold Clear は人間のトッププレイヤーとの直接対戦で大差をつけて勝利した実績があり、人間に学習支援を行う上で十分な性能を有していると言える。作成したシステムの概要を図 3 に示す。

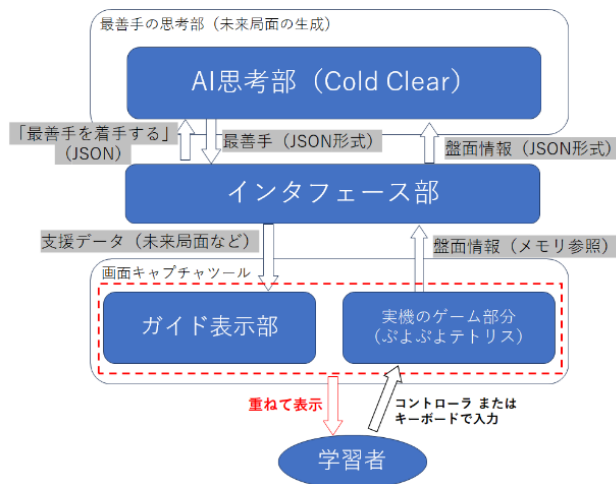


図 3 支援システムの概要

Figure 3 Outline of Support System.

ゲームの盤面情報は PC 上のメモリを直接参照することによって取得する。得られた盤面データはインタフェース部を通して AI 思考部に送る。AI 思考部では盤面情報をもとに AI が考える最も良い手を算出し、インタフェース部を通じてガイド表示部に送る。ガイド表示部では実際に学習者に与える支援情報を GUI 表示する。

ガイド表示部では、支援のレベルに応じて、どのような表示をするのかを選び、表示する。大別すると「最善手を表示する支援」と「未来局面を表示する支援」に分けられる。

5.2 最善手を表示する支援

このレベルの支援では図 4 のように、操作中のブロックをどの位置に配置するのが最善かを、実際のゲーム画面に灰色のシルエットのガイドを重ねて表示させる。ガイドは別ウィンドウで表示し、画面キャプチャツールでゲーム画面とガイドを重ねて表示させることでシステムを実現する。プレイヤーはガイドで示された通りにブロックを配置することで、高いスコアを得ることができ一方で、プレイヤー自らが考えるという機会を奪ってしまうため、学習効果の低下が懸念される。



図 4 最善手表示による支援の例

Figure 4 An Example of Support with Best move Display.

5.3 未来局面を表示する支援

このレベルの支援では、教えすぎによる学習効果の低下を回避するために、囲碁や将棋での先行研究に倣った「未来局面を表示する」という間接的な支援を実装する。図 5 は、AI が考える最善手を数手進めた盤面を表示した例である。与えられた盤面情報をもとに AI 思考部が最善手を計算しインタフェース部に返す。インタフェース部では思考部から得られた最善手をシミュレータ上で仮置きし、更新された盤面を再び AI 思考部に送る。この処理を繰り返す行うことで最善手を n 手置いた時の地形である未来局面を生成する。

未来局面を表示する際、「四角のブロックは黄色」「棒状のブロックは水色」というように実際のブロックと対応さ

せた色でガイド表示をすることで、プレイヤーが現在操作しているブロックをどこに配置するのが最適かをより詳しく教えることができる。しかし、この手法では「最善手を表示する支援」より詳しい支援となり、学習効果の低下が予想される。従って、本支援では未来局面の地形は灰色のシルエットで表示する。これによって、プレイヤーは灰色のシルエットの中で、当該のブロックをどのような順でどのような位置に配置すべきかを考える必要がある。



図 5 未来局面表示による支援の例

Figure 5 An Example of Support by Future Position Display.

6. 実験計画

6.1 実験方法

まず、学習支援レベルを、最善手を提示する「1 手先支援」、3 手先の局面を提示する「3 手先支援」、5 手先の局面を提示する「5 手先支援」と、何の支援も表示しない「支援なし」の 4 つに分ける。最大の未来局面の手数が 5 手先である理由として、ネクストと呼ばれる次に落ちてくる予告ブロックがゲームの仕様上、5 手先までしか表示されないためである。

実験参加者は、事前アンケートで、テトリスをあまりやり込んでいない大学生 20 名を集め、5 名ずつ 4 グループに分けて、上述の 4 つの支援レベルに割り振る。

実験では、それぞれの支援レベルのシステムを 2 時間程度、スコアアタックモードであるウルトラモードをプレイさせ、学習するように教示する。学習の前後では、ウルトラモードを数回プレイさせ、前後の成績の伸びを各グループで比較する。

6.2 分析方法

実験では学習前後に行うウルトラモードの成績だけでな

く、学習支援システムを使用した際のプレイのログデータも収集する。ログデータではフィールド情報や配置したブロックの位置、ラインの消去方法を記録し、複数ラインの同時消しや上級テクニックがどの程度使用されたか、学習段階でそれらの頻度がどのように変化したかについて比較し分析を行う。また、ブロックを配置するのに要した時間も記録し、一手置くのに有した時間という観点からも分析を行う。

7. おわりに

本報告では、テトリスを題材にして、過去の将棋、囲碁などで用いた未来局面を用いた学習支援の手法について提案した。

現在、実験を進行中であり、本報告のときには、成果の一部を紹介したい。また、支援システムのデモも可能なら展示して、動作を体験していただけるようにしたい。

参考文献

- [1] 三輪和久：学習の科学と光学の協同—アシスタンスジレンマから学習効果減衰仮説を巡って—，人工知能学会誌，30-3，pp. 273-276 (2015).
- [2] Miwa, K., Terai, H. and Nakaike, R.: Tradeoff between problem-solving and learning goals: Two experiments for demonstrating assistance dilemma, Proc. 34th Annual Conf. of Cognitive Science Society, pp. 2008-2013 (2012).
- [3] 王利鋒，伊藤毅志：9 路盤囲碁における未来局面を用いた学習支援システム，情報処理学会研究報告，Vol.2022-GI-47 No.8 (2022).
- [4] Takeshi Ito: Game Learning Support System based on Future Position, ICGA Journal, vol.40, no.4, pp.450-459 (2018).
- [5] SEGA®, SEGA | ぷよぷよテトリス
<<http://puyo.sega.jp/puyopuyotetris/>>
- [6] MinusKelvin, GitHub - MinusKelvin/cold-clear: Tetris Bot
<<https://github.com/MinusKelvin/cold-clear>>