

カーソル移動を考慮したオセロ AI のヒト型化

黒野 真澄[†] 吉田 裕太[†] 服部 峻^{††}

^{†,††}室蘭工業大学 ウェブ知能時空間研究室 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1
E-mail: [†]{21043028,21043072}@mmm.muroran-it.ac.jp, ^{††}hattori@csse.muroran-it.ac.jp

あらまし 多くの研究者がゲーム AI についての研究を行ってきた結果、オセロを含める完全情報ゲームにおいて、最も強い人間プレイヤーに勝てるほど強いゲーム AI が開発された。しかし、人間プレイヤーを楽しませるためにゲーム AI が備えておくべきは「強さ」だけではない。人間プレイヤーを楽しませるためには「人間らしさ」も関係しており、ゲーム AI に「人間らしさ」を実装することで、ゲーム AI をヒト型化する研究も行われている。しかしながら、ゲームにおけるプレイヤー（人間プレイヤーおよびゲーム AI）の「人間らしさ」は、そのゲームにおいてプレイヤーが与えられている表現の多様性に大きく依存しており、未だ網羅的には検証されていない。そこで本稿では、オセロゲームにおける表現として「カーソル移動」も考慮し、「カーソル移動」も表現できるヒト型化オセロ AI を実装することで、より人間らしいゲーム AI について追究する。

キーワード ゲーム AI, ヒト型化, カーソル移動, 時間制御, チューリングテスト

1 はじめに

近年の人工知能（Artificial Intelligence; AI）は多数の完全情報ゲームにおいて人間を超える強さを持っている。1997 年に行われたチェスの王者ガルリ・カスパロフと IBM が開発した人工知能であるディープブルーの対局において人工知能が勝利したことを初めに将棋や囲碁においても人工知能が人間に勝利している。

このように完全情報ゲームにおける人工知能の「強さ」に関する研究は多くなされている [1]。しかし、ゲームの人工知能、特に対戦ゲームで人間プレイヤーの相手となるゲーム AI が人間プレイヤーを楽しませるという目的を達成するためにはゲーム AI に「強さ」を持たせる方法だけではなく、ゲーム AI に人間らしい振る舞いを行わせることによって「人間らしさ」を持たせる方法もある [2-4]。

そこで、あるゲームのゲーム AI に人間らしい振る舞いを再現するための要素である「ヒト型化要素」を抽出し、そのゲーム AI に導入することによって、「人間らしさ」を持たせる。逆に、あるゲームのゲーム AI を観測者である人間にゲーム AI であると認識させる要素である「機械的要素」は、そのゲーム AI に「機械らしさ」を与え、一方で「人間らしさ」を薄れさせる要因であると考えられる。本研究では、オセロ AI の機械的要素を排除し、ヒト型化要素を導入することによって、オセロ AI に「人間らしさ」を持たせることを目的としている。

リアルなオセロでは石を打つ際、実際に石を掴み、石を打みたい場所まで持って行き、石を盤に置く必要がある。しかし、多くのオセロアプリでは、石を置く位置を決定したら、瞬時にそこに石が置かれる。それでは石を置く位置まで持って行くという情報が欠落しているため、オセロにおける行動の表現が制限されている。石を置く位置まで持って行く情報を「カーソル

移動」で表現することによって、オセロにおける行動の表現を増やすことが出来る。その上で、「人間らしさ」を再現する。

本研究ではヒト型化オセロ AI の「人間らしさ」について評価する必要がある。「人間らしさ」について判定することが出来るのは人間しかいない。そこで、対局動画の視聴後にアンケート形式でチューリングテスト [5] を行うことによって、ヒト型化オセロ AI の「人間らしさ」について評価する。チューリングテストとは、機械（人工知能）が人間を模倣して、人間が機械（人工知能）に気づくかどうかをテストするものである。

2 従来手法のヒト型化要素

吉田らの行った研究 [3] ではカーソル移動を考慮しないオセロでヒト型化要素として「思考時間」と「石の打ち方」を抽出している。また、インターフェースに着目した研究 [4] も行っており、「テキストチャット」もヒト型化要素であると挙げている。

2.1 思考時間

オセロ AI においてヒト型化要素「思考時間」に工夫が何も無い場合、例えば常に即打ち（思考時間が 0）などは「人間らしさ」を持った人工知能として違和感がある。従来研究 [3, 4] において、オセロ AI を人間らしくするための「思考時間」の制御方法として 5 種類検討されている。

- (1) 即打ち
- (2) 一様分布乱数
- (3) 局面の変化を考慮していない正規分布乱数
- (4) 局面の変化を考慮した正規分布乱数
- (5) 局面の変化を考慮した正規分布乱数の個人化

「即打ち」とは、他の思考時間と比較するためのベースラインである。「即打ち」は思考時間が短いことや一定であることが機械っぽく、人間らしくないと感じられるであろう。

表 1 局面の変化を考慮しない正規分布乱数の基本統計量 (単位:[秒])

平均	分散	最小値	最大値
9.529	43.179	1.027	29.099

表 2 局面の変化を考慮した正規分布乱数の基本統計量 (単位:[秒])

石の打てる					
場所の数	平均	分散	最大値	最小値	データ数
1	3.64	2.87	11.01	1.11	63
2	6.72	24.21	24.31	1.43	72
3	7.25	29.40	27.03	1.62	74
4	7.01	29.39	27.09	1.48	88
5	8.33	45.39	29.10	1.98	94
6	8.89	34.94	26.93	1.44	107
7	9.22	34.97	28.01	1.96	119
8	10.06	47.68	27.13	1.83	109
9	9.61	38.35	27.96	1.03	97
10	9.81	53.59	28.67	1.85	96
11	10.30	42.34	28.67	2.14	81
12	9.98	40.06	25.27	2.24	74
13	10.66	32.03	21.42	2.41	35
14	10.46	49.53	27.40	2.26	38
15	10.61	50.77	27.71	3.50	23
16	10.37	35.12	23.63	3.79	12
17	12.78	43.21	25.23	4.81	11
18	14.05	76.99	25.23	3.13	5
19	5.23	0.00	5.23	5.23	1
21	4.20	0.00	4.20	4.20	1
全体	8.83	40.46	29.10	1.03	1200

「一様分布乱数」とは、思考時間が短か過ぎたり長過ぎたりすると違和感と感じられるため、思考時間として 3 ± 2 秒の間をランダム (一様分布乱数) で選択する方法である。

「局面の変化を考慮していない正規分布乱数」とは、複数の人間プレイヤー同士の実際の対局の棋譜 (ログ) データを用いて、局面の変化は無視して統計的に解析し、基本統計量 (表 1) を計算しておき、現在の盤の局面に依存しない平均と分散に基づいて正規分布乱数を生成して思考時間とする方法である。

「局面の変化を考慮した正規分布乱数」とは、複数の人間プレイヤー同士の実際の対局の棋譜 (ログ) データを用いて、「石を打つ事が出来る場所の数 (深読みする必要のある選択肢の多さ)」や「対局の進行具合 (何手目か、序盤や中盤、終盤など)」という局面の変化と、「思考時間」との間にどのような関係があるかを統計的に解析し、やや正の相関が見られた「石を打つ事が出来る場所の数」毎に基本統計量 (表 2) を計算しておき、現在の盤の局面に依存する平均と分散に基づいて正規分布乱数を生成して思考時間とする方法である。

「局面の変化を考慮した正規分布乱数の個人化」とは、複数の人間プレイヤー同士の実際の対局の棋譜 (ログ) データを用いるのではなく、現在プレイ中の対局の対象の観測者 (人間プレイヤー) 自身の棋譜データのみを用いて、「局面の変化を考慮した正規分布乱数」を生成するための基本統計量を計算し、思考時間の制御の個人化を図る方法である。

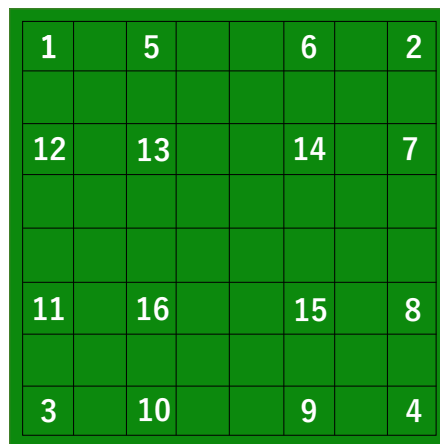


図 1 石を打つ位置の優先度

従来研究の評価実験では、「局面の変化を考慮した正規分布乱数」の有効性が最も高いという結果が報告されている。

2.2 石の打ち方

従来研究 [3,4] において、オセロ AI を人間らしくするための「石の打ち方 (思考アルゴリズム)」は 3 種類検討されている。

- ランダムに石を打つ
- 簡単なアルゴリズムを導入した打ち方
- 初級者を卒業できるかどうか程度から中級者レベルの思考アルゴリズムに基づいて石を打つ

「ランダムに石を打つ」とは、ベースラインであり、自分が不利となるような石の打ち方を行う可能性があるため、観測者 (人間プレイヤー) に違和感を与え、人間らしくないと感じられるであろう。

「簡単なアルゴリズムを導入した打ち方」とは、盤面の角を優先し、相手に角を取られにくい打ち方をするアルゴリズムである。そのアルゴリズムは以下のものであり、大まかな石を打つ位置の優先度を図 1 に示す。

- (1) 角に打てるなら角に打つ
- (2) 角に打てない場合は角から 2 つとなりのマスに打つ
- (3) 上記のどちらでもない場合は角から対角線上の内側に 2 つ入ったマスに打つ
- (4) 上記のいずれにも該当しない場合はランダムに打つ

「初級者を卒業できるかどうか程度から中級者レベルの思考アルゴリズムに基づいて石を打つ」とは、出来る限り多くの観測者 (人間プレイヤー) にとって典型的な「石の打ち方」になるように、初級者を卒業できるかどうか程度から中級者レベルを想定した打ち方である。図 1 をベースに、いくつかの定石や、序盤や終盤に依る打石の変化などが導入されている。

2.3 テキストチャット

従来研究 [4] では、オセロ AI を人間らしくするための「テキストチャット」も導入され、3 種類が検討されている。

- テキストチャット無し
- ランダムに独り言をテキストチャットする
- 局面の状況に応じて独り言をテキストチャットする

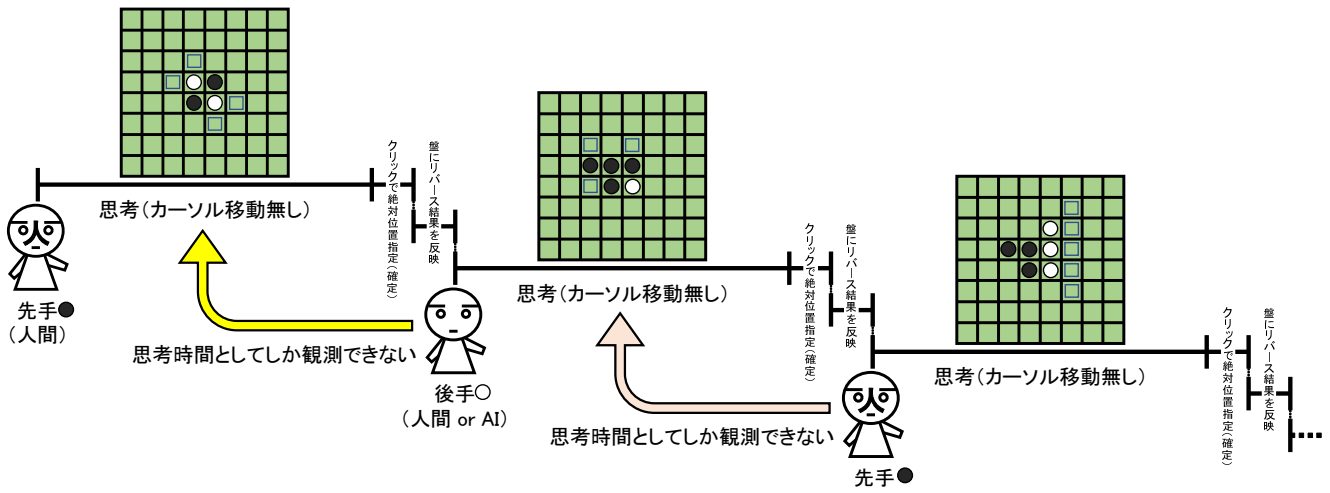


図2 従来研究における盤上での「打石」の振る舞いの観測

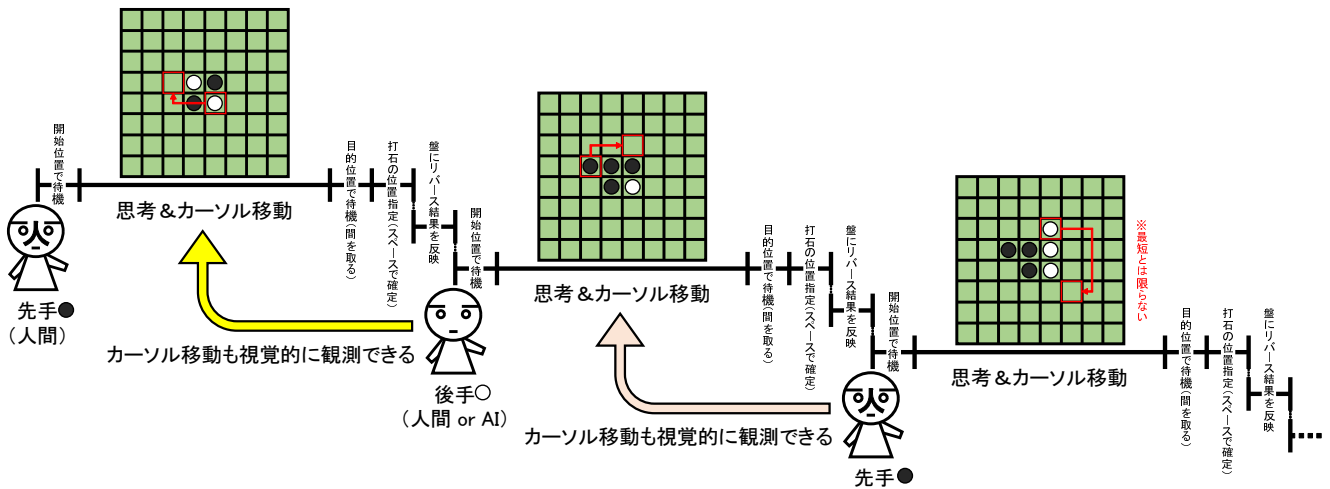


図3 本研究における盤上での「打石」の振る舞いの観測

3 提案手法

従来研究 [3,4] ではオセロ AI のヒト型化要素として「思考時間」「石の打ち方」「テキストチャット」の3種類が取り上げられ、それらの制御方法が検討されていたが、本稿では新たに「カーソル移動」にも着目する。従来研究の図2から本研究の図3へと、オセロゲームとしての表現の幅を拡張しつつ、その環境でもオセロ AI に「人間らしさ」を再現するための制御方法について検討する。なお、本稿では「テキストチャット」については扱わないが、「思考時間」と「石の打ち方」は絡めて参考にしながら、新たなヒト型化要素「カーソル移動」の制御方法について検証する。

3.1 カーソル移動に関する時間制御

図2のように従来研究では、カーソル移動という表現を持たないオセロゲーム環境であったため、ある局面で石を打つ事が出来る場所にアシスト表示されている「□」をクリックすることで、打石したい位置を直接的に指定し、即座に確定され、盤上で石のリバースが反映されるインターフェースである。従って、

あるプレイヤーの打石の振る舞いに対して、対局相手が観測できるのは、自分自身が打石してから対局相手が打石した結果が反映されるまでの「思考時間」と、どこの目的位置に打石したかという視覚的な情報だけであり、リアルゲームのように石を掴み、目的位置まで石を移動させ、石を置くという一連を視覚的に観測することはできなかった。

一方、図3のように本研究では、カーソル移動という表現を持つオセロゲーム環境であり、直前の対局相手の打石の位置からカーソルが開始され、打石したい位置を思考しながら、目的位置までカーソルを移動させ、スペースで確定すると、盤上で石のリバースが反映されるインターフェースである。従って、あるプレイヤーの打石の振る舞いに対して、対局相手が観測できるのは、自分自身が打石してから対局相手が打石した結果が反映されるまでの「思考時間」と、どこの目的位置に打石したかという視覚的な情報だけでなく、リアルゲームのように石を掴み、目的位置まで石を移動させ、石を置くという一連を模したカーソル移動も視覚的に観測することができる。

従来研究では時間制御は「思考時間」だけであったが、本研究ではオセロ AI への新しいヒト型化因子「カーソル移動」の

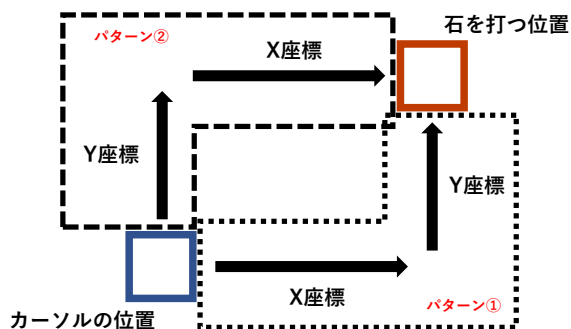


図4 カーソル移動のパターン1とパターン2

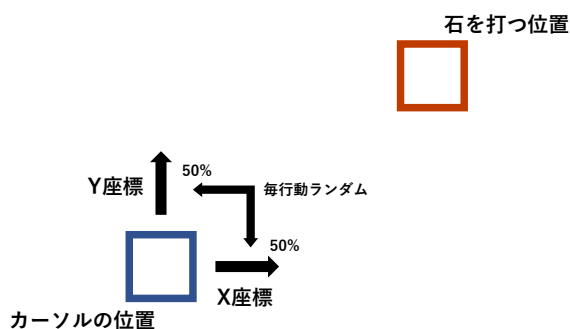


図5 カーソル移動のパターン4 (1マス移動毎ランダム)

導入に伴って、制御する必要がある時間が以下の3種類に拡張されることになる。

- カーソルを動かし始めるまでの開始位置での待機時間
- カーソルを開始位置から目的位置まで移動させるまでの時間 (カーソルを1マス動かすのにかかる時間)
- カーソルを動かし終わってから目的位置に石を置くまでの待機時間

まず、「カーソルを動かし始めるまでの開始位置での待機時間」としては、全く思考せずにカーソルを動かし始めると違和感につながると考えたため、1350 ~ 2700 [ms]の間をランダム (一様分布乱数) で選択している。次に、「カーソルを1マス動かすのにかかる時間」としては、完全に一定の移動速度で動かしてしまうと違和感につながると考えたため、135 ~ 675 [ms]の間をランダム (一様分布乱数) で選択している [6-8]。最後に、「カーソルを動かし終わってから目的位置に石を置くまでの待機時間」としては、全く間を取らずに確定させる人間プレイヤーもいるため、0 ~ 2700 [ms]の間をランダム (一様分布乱数) で選択している。なお、「カーソルを動かし始めるまでの開始位置での待機時間」と「カーソルを動かし終わってから目的位置に石を置くまでの待機時間」とを足し合わせた時、1350 ~ 5400 [ms]となり、従来研究における一様分布乱数に基づく「思考時間」である 3 ± 2 秒と同様になるように設定されている。

3.2 カーソル移動のパターン

視覚的に観測できるカーソル移動の振る舞い (直前の対局相手が打石した位置からカーソルが開始され、打石したい位置を思考しながら、目的位置までカーソルを移動させる) のパターンとして、本稿では以下の4種類の制御方法を検証する。パターン1とパターン2は図4の通りである。また、パターン4は図5の通りである。

- パターン1: X座標を移動してから、Y座標を移動する
- パターン2: Y座標を移動してから、X座標を移動する
- パターン3: パターン1とパターン2をランダムに選択し、そのパターンに基づいて移動する
- パターン4: 1マス移動する毎にX座標かY座標をランダムに選択し、それに基づいて移動する

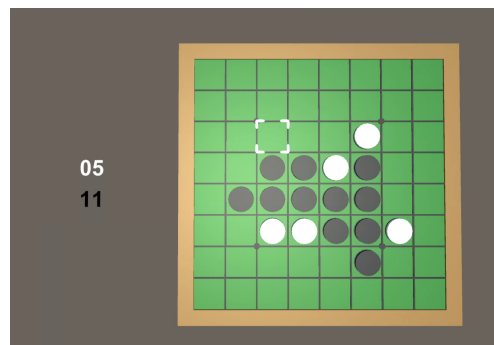


図6 本研究におけるカーソル移動を考慮したヒト型化オセロ AI を用いたゲームのプロトタイプの実験用インターフェース

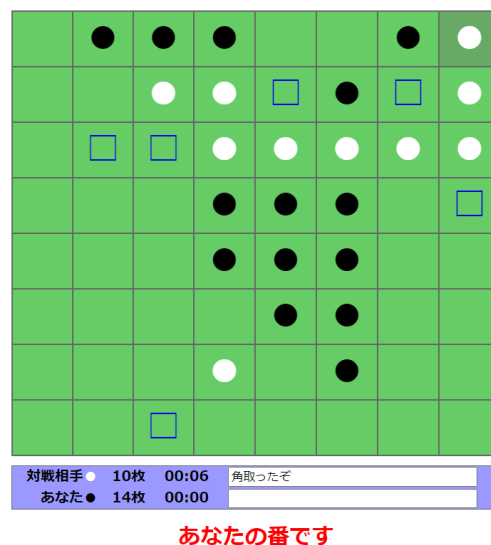


図7 従来研究におけるカーソル移動を考慮していないヒト型化オセロ AI を用いたゲームのプロトタイプの実験用インターフェース

3.3 評価実験用プロトタイプの実装

評価実験用に対局動画を撮影するため、提案手法のカーソル移動を考慮したヒト型化オセロ AI を用いたゲームのプロトタイプを Unity で実装した。図6はそのインターフェースである。なお、図7は従来研究のカーソル移動を考慮していないヒト型化オセロ AI を用いたゲームのプロトタイプの実験用インターフェースであり、下部に思考時間の表示やテキストチャット欄も有する。

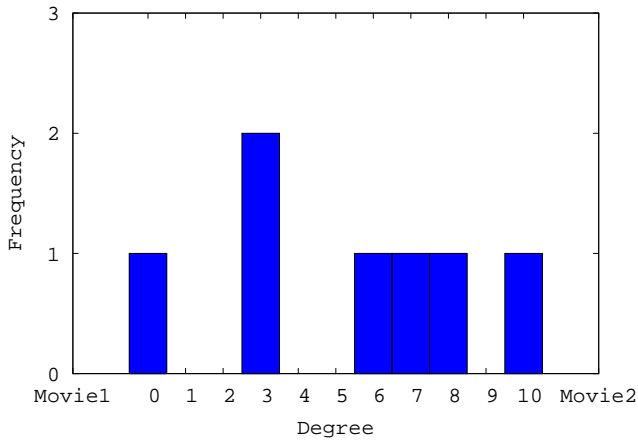


図8 「人間らしさ」に関するアンケート結果 ($N = 7$)

4 評価実験

本章では、オセロ AI の新たなヒト型化要素である「カーソル移動」の制御方法によって「人間らしさ」を再現出来ているかを確認する。カーソル移動のパターンとしては4種類の内、まずはパターン4で検証する。従来研究 [3,4] と同様に、対局動画視聴後にアンケート調査を行う。対局動画としては、先手が人間（オセロ初級者）と後手がオセロ AI（石の打ち方はオセロ初級者レベル）の対局動画1と、先手が人間（オセロ初級者）と後手が人間（オセロ中級者）の対局動画2の2種類を用意した。被験者7人に対し、対局動画1と対局動画2を視聴してもらった後、対局動画1と対局動画2のどちらの方がよりオセロ AI であるかを0～10で回答してもらい質問を行い、対局動画1がオセロ AI であると思うほど0に近い値で答え、対局動画2がオセロ AI であると思うほど10に近い値で答えてもらった。その結果を図8に示す。

平均は約5.3であり、被験者7人中4人が5～10の値で答えている点から、過半数の被験者が人間対人間の対局動画2の方を人間対オセロ AI の対局動画であると誤認識したことが分かる。つまり、被験者7人中4人がオセロ AI をオセロ AI であると認識することが出来なかった。

加えて、本アンケートでは、被験者に回答理由を問う質問も行った。まず、対局動画1を人間対オセロ AI の対局動画であると正しく答えられた被験者は、オセロ AI である後手の石を打つ前の時間や相手に角が取られる位置に石を打っていた事が機械的であるからなどと答えている。次に、対局動画2を人間対オセロ AI の対局動画であると誤って答えた被験者は、人間（オセロ中級者）の長考が少なく、石を打つ位置までを最短でカーソル移動しており、移動し終わってから打つまでが早いことや、人間（オセロ初級者）が相手に角を取られる位置に石を打っていたこと、何も無い所で止まったり急に速くなったりする動きが機械的であるからなどと答えている。また、対局動画1において、人間（オセロ初級者）がカーソルを動かさずに思考する時間があつたことや、迷うような動きをしていたこと、四隅の周囲16マスが終盤まで残っていたことが人間らしかったなどの回答も得られた。

5 まとめと今後の研究課題

本稿では、従来研究におけるヒト型化要素である「思考時間」「石の打ち方」「テキストチャット」に対して、新しく「カーソル移動」を追加することで、オセロ AI がより「人間らしさ」と表現の幅を得ることが出来ると考え、カーソル移動に関する時間制御とカーソル移動のパターンの2つの制御方法を提案し、その一部の組み合わせに関して検証を行った。人間対オセロ AI の対局動画と人間対人間の対局動画とを用いた視聴後アンケートの結果、1セットの対局動画かつ被験者数も $N = 7$ と少ないながら、提案手法に基づくオセロ AI をオセロ AI であると認識出来なかった（言い換えると、人間プレイヤーであると誤認識した）被験者が過半数おり、ヒト型化オセロ AI の実現へと近付く良好な結果が得られたと考える。

今後の研究課題としては、まず、提案手法の「カーソル移動に関する時間制御」については、従来研究の1様分布乱数に基づく思考時間を参考に設定したが、1様分布乱数以外の思考時間に関してもオセロ AI に実装し、その対局動画を撮影して検証する余地がある。また、提案手法の「カーソル移動のパターン」についても、パターン4以外の3種類のパターンについてもオセロ AI に実装し、その対局動画を撮影して検証する余地があるため、今後の研究で追求する。

加えて、被験者数 N を出来る限り増やして、アンケート結果の統計分析の信頼性を高め、有意差検定なども行う必要もある。さらには、被験者に対局動画視聴後アンケートを回答してもらうだけでなく、実際にプレイしてもらった後にアンケート調査を行うことも検討していく。

文献

- [1] Silver, D., Huang, A., Maddison, C., Guez, A., Sifre, L., van den Driessche, G., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Panneershelvam, V., Lanctot, M., Dieleman, S., Grewe, D., Nham, J., Kalchbrenner, N., Sutskever, I., Lillicrap, T., Leach, M., Kavukcuoglu, K., Graepel, T., and Hassabis, D., “Mastering the Game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search”, *Nature*, Vol.529, pp.484–489 (2016).
- [2] 藤井 叙人, “人間らしい振る舞いを自動獲得するゲーム AI に関する研究”, 関西学院大学, 2015 年度博士論文 (2016).
- [3] 吉田 裕太, 荒澤 孔明, 服部 峻, “オセロにおけるゲーム AI に人間的な振る舞いを可能にするヒト型化要素の検討”, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会 (SIG-IN), 信学技報, Vol.120, No.311, IN2020-51, pp.43–48 (2021).
- [4] 服部 峻, 吉田 裕太, 高原 まどか, “ヒト型化オセロ AI を用いたビデオゲームのインターフェース改善”, ヒューマンインターフェース学会, Vol.23, No.4, pp.459–480 (2021).
- [5] Turing, A. M., “Computing Machinery and Intelligence”, *Mind*, Vol.49, pp.433–460 (1950).
- [6] 安達 政仁, 小山 裕徳, “カーソル移動の認知モデルと移動速度の最適化”, 情報処理学会第 37 回全国大会, 2K-8, pp.711–712 (1988).
- [7] 椎名 乾平, “カーソル軌跡から評定時間が予測できるか?”, 早稲田大学 教育・総合科学学術院 学術研究 (人文科学・社会科学編), Vol.67, pp.97–111 (2019).
- [8] 中川 由貴, 相澤 裕貴, 渡邊 恵太, “ダミーカーソル実験における自身のカーソル特定とカーソル速度の関係”, 情報処理学会 研究報告「ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)」, Vol.2021-HCI-192, No.20, pp.1–4 (2021).