

格闘ゲーム初心者のための読み合い理解支援システム

酒見 真^{1,a)} シュエ ジュウ シュエン^{1,b)} 池田 心^{1,c)}

概要: 格闘ゲームは参入障壁の高いゲームジャンルの一つであり、本稿では「読み合い」と呼ばれる駆け引きに関して、習得するまでの過程が困難であることが大きな原因の一つであると推察した。初心者の読み合い習得が困難な原因に、リアルタイム性による思考時間の短さや、キャラクタの操作に不慣れな点があると考えた。そこで、格闘ゲーム初心者が読み合いを理解・習得する過程を支援するシステムを提案する。提案システムは、自作したゲームとそれを通じてプレイされるカリキュラムから構成される。自作ゲームはじゃんけんをベースとし、手の価値に差がある点や状況毎に手の価値が変化する点など、格闘ゲームの読み合いに必要な要素を取り込んだ。カリキュラムは読み合いの習得を目的とし、読み合いに必要な考え方を実践する複数の相手との対戦を通じそれらを学ぶ。カリキュラム評価のための被験者実験の結果、想定の実験時間が終了してもカリキュラムは完遂されず、修了条件やヒントの出し方に課題が残る結果となった。

キーワード: カリキュラム, 読み合い, 格闘ゲーム

A support system to help fighting game beginners understand mind games

MAKOTO SAKEMI^{1,a)} CHU-HSUAN HSUEH^{1,b)} KOKOLO IKEDA^{1,c)}

Abstract: Fighting games are one of the game genres with high barriers to entry and in this paper, we consider that one of the main reasons is the difficulty in learning the process of “mind games”. As for why it is difficult to learn “mind games”, there are several causes. One is that players have a short time to think due to the real-time nature of the game, and another is that players are not familiar with controlling their characters. Therefore, we propose a system to support the process of understanding and mastering mind games for beginners of fighting games. The proposed system consists of a self-made game and a curriculum played through the game. The game is based on rock-paper-scissors and incorporates elements necessary for mind games in fighting games, such as the fact that the values of moves are not uniform and that the values of moves change according to the situation. The curriculum is designed to help students master mind games by playing against multiple opponents who implement the ideas necessary for mind games. The results of a subject experiment to evaluate the curriculum show that the curriculum is not completed even after the expected experiment time is up, and that some problems remain, such as the criteria for finishing each part and the way to provide hints.

Keywords: curriculum, mind games, fighting game

1. はじめに

近年の計算機の能力向上に伴い Artificial Intelligence (AI) が目覚ましい成果を挙げている。ゲーム分野におい

ては囲碁や将棋、チェスなどの古典的ボードゲームをはじめとして、Starcraft やポーカー [1] など様々なゲームにおいても人間プレイヤーの成績を上回る結果を残している。これら強さを求める AI 研究がある程度の目標を達成した一方で、AI に強さを求める研究の次のステップとして楽しませる AI や教える AI といった研究が台頭してきている。

教える AI という研究の一環として、ゲーム初心者を対象とした上達支援システムの研究が盛んに行われている。具体的には、詰将棋のように限定的な状況の問題を生成し、

¹ 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology,
Nomi, Ishikawa 923-1211, Japan

a) m.sakemi@jaist.ac.jp

b) hsuehch@jaist.ac.jp

c) kokolo@jaist.ac.jp

それを解かせることで特定技能の習得を目指すシステム [2] や、人間の指導者が指摘するような悪手を検出し、検出理由を説明するシステム [3] といった研究が存在する。

本研究で題材とする格闘ゲームは、参入障壁が高いことで知られているゲームの一つである。考えられる要因として「運の介入が存在しない」「キャラクタ毎に技の知識が必要」「事前に連続技の練習が必要」「ハンデを付ける文化が無い」など様々なものが存在し、その中でも「読み合い（駆け引き）に関する知識と経験が必要」という要素が、大きく参入障壁を高めているのではないかと考えた。また、読み合いに関しては人と人との間で行われる駆け引きであるため、対戦相手が存在しないとそもそも練習すらできないという問題点なども存在する。

そのような現状の中で先行研究では、試合後の振り返り（感想戦）をサポートすることで初心者の上達を支援するシステム [4] や操作技術習得のための支援システム [5] などが提案されている。しかし、前述した通り参入障壁の大きな要因である“読み合い”に関して初心者の理解を支援するような研究はあまり行われていないように感じられる。そこで、本研究では格闘ゲームの読み合いに関し、初心者がそれを習得するための支援システムの構築に取り組む。

具体的な手法として、格闘ゲームの要素の中でも、読み合いに必要な要素のみを取り込み、重点的に練習することを可能としたターン制の自作ゲームを作成する。それを使用した読み合い習得のためのカリキュラムを作成する。これらを通じて初心者に読み合いを習得させることを目指す。

2. 格闘ゲーム

2.1 格闘ゲームの概要と基本的なルール

格闘ゲームはデジタルゲームで遊ばれる 1 対 1 の対戦ゲームである。なお、「鉄拳」や「バーチャファイター」などを代表とする 3D 格闘ゲーム、「ストリートファイター」などを代表とする 2D 格闘ゲームが存在するが、本研究では 2D の格闘ゲームを想定してこの先の話を進める。基本的なルールとして、プレイヤー毎に設定された体力を、攻撃や必殺技などを使用して減らしていくことで、対戦相手の体力を先に 0 にした方が勝者となる。また、制限時間が設定されており、この制限時間が 0 になった場合には、その時点で体力が多く残っている方のプレイヤーが勝者となる。

2.2 格闘ゲームのゲーム性と参入障壁

格闘ゲームはリアルタイムでゲームが進行し、互いのプレイヤーは同時にキャラクタを操作する。プレイヤーが必殺技を使用するにはコマンド入力が必要であり、必殺技を一度の攻撃で連続で使用する場合には、正確なコマンド入力が要求される。このように、リアルタイム性かつアクション性の高い格闘ゲームでは、常に状況毎の素早い判断と適切な操作が必要であり、初心者がこれらを行いつつ

読み合いを意識することは困難である。更に囲碁や将棋などと違い、格闘ゲームのコミュニティにはハンデを付ける文化が浸透しておらず、初心者と経験者の対戦は初心者にとって練習になりづらい。このように、格闘ゲームの参入障壁は他ゲームと比較しても高いと考えられる。

格闘ゲームには様々な必殺技が存在するが、大別すると“打撃”と“投げ”と“防御”という三種類の行動に分けられ、これらの行動は三すくみの関係性にある。それぞれの行動は、相手に与えるダメージやその行動で三すくみに勝利した後の状況などに違いがあり、プレイヤーは互いの体力状況や残り時間など、現在の情報をもとに自身の行動を決定する。また、リアルタイムでゲームが進行する格闘ゲームだが、双方のプレイヤーが同時に行動を選択する状況が存在し、そのような同時着手の状況では、いわゆるゲーム理論的な読み合いが発生しやすい。このように、格闘ゲームには単純化出来る状況があるという点を踏まえ、3章では本稿で取り扱う読み合いの説明を、4章では三すくみの読み合いの練習に重点を置いた自作のゲームを提案する。

3. 読み合い

3.1 読み合いの概要

本研究における読み合いとは、対戦相手が互いに相手の選択を推測し、その予測を情報に含めて自身の手を決定することを指す。片方のプレイヤーが相手の選択を予測し、自身の手を決定することを「読み」と言い、互いに読みを行う事により読み合いが成立する。ゲームのみならず、日常の様々な場面で読み合いという状況は発生しえる。

3.2 格闘ゲームにおける読み合い

格闘ゲームには、互いにキャラクタを移動させることや、攻撃の予備動作からどの攻撃がくるかを看破することなどで成立する読み合いが存在するが、それらは中級者ないしは上級者同士での対戦で意識され始めるものであり、初心者が考慮すべきものではない。そこで本稿では、初心者であっても比較的遭遇確率の高く、三種の行動で完結する「起き攻め状況における読み合い」に焦点をあてる。

「起き攻め状況における読み合い」は、どちらかのキャラクタがダウン状態という、操作不可能かつ相手からダメージを受けない状態から復帰する際に発生する読み合いである。この読み合いの場面において、ダウンした側のプレイヤーは、キャラクタのダウン復帰時の行動を、前述の大別した三種の行動から選択する。ダウンをとったプレイヤーも同じく、三種の行動から選択する。ダウンをとったプレイヤーは、相手プレイヤーのダウン復帰タイミングで自分の行動を選択するため、双方のプレイヤーは、ほぼ同時に行動を選択する。この状況は前述の通り、ゲーム理論的な読み合いに近く、理論的には最適な混合戦略が存在する場合が多い。しかし、都度最適な戦略を計算することは難しく、相手の

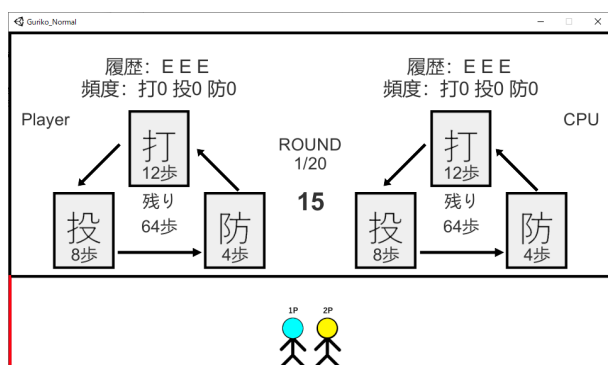


図 1 拡張じゃんけんゲームのゲーム画面

癖や行動の偏りを読み、それに付け入る必要が生じる。

以降本稿では読み合いという単語を「起き攻め状況における三すくみの読み合い」の意で使用す。また、読み合いが発生していることを理解し、相手の行動の選択頻度などから対戦相手の癖や行動の偏りを発見しそれにつけ込みつつ、相手にはつけ込まれないよう手を散らしたり確率的な行動ができることを読み合いを習得した状態とする。この読み合いに関して、重点的に練習を行うことが出来るように格闘ゲームの要素を取捨選択したターン制の自作ゲームを作成、自作したゲーム上でカリキュラムを組むことで、初心者が読み合いを習得することを目指す。

4. 拡張じゃんけんゲーム

4.1 ゲーム概要

読み合いを初心者に教えるにあたり、いきなり格闘ゲームをプレイさせたとしても、操作に不慣れで思うように動かせない、リアルタイムに進行するせいで思考が追いつかないなど、読み合いを行う前の段階で解決すべき問題点が数多く存在する。そのため、格闘ゲーム初心者であっても、読み合いを体験することが出来るよう格闘ゲームの要素を取捨選択し取り込んだゲームを作成した。前述の問題点を解消すべく、ターン制や思考時間を長く取る、行動を選択するだけでよいといったゲームとすることで、リアルタイム性とアクション性を排除した。また、選択可能な行動毎にダメージの違いがある点、状況に応じて行動の価値が変化する点などを取り込むことで、作成したゲームにおいて読み合いを再現した。実際のゲーム画面を図1に示す。読み合いは行動の三すくみにより引き起こされるため、じゃんけんを踏襲したゲーム性となっている。

4.2 基本ルール

本ゲームの基本的なルールを以下に、本ゲームの選択可能手とその手の効果をまとめた表を表1に示す。

- 各プレイヤーは“打撃”と“投げ”と“防御”の3種から手を選択することができ、“打撃”は“投げ”に勝利し、“投げ”は“防御”に勝利し、“防御”は“打撃”に勝利

表 1 拡張じゃんけんゲームにおける選択可能手とその効果

手の名前	勝利出来る相手の手	勝利時の効果
打撃	投げ	残り歩数を 12 歩増減
投げ	防御	残り歩数を 8 歩増減
防御	打撃	残り歩数を 4 歩増減、次の打撃を特殊打撃に
特殊打撃	打撃, 投げ	残り歩数を 12 歩増減
特殊投げ	防御	残り歩数を入れ替える

する三すくみとなっている。

- 各プレイヤーは選択した手で三すくみの勝負を行い、1度の試行を1ラウンドと呼びゲーム全体で最大20ラウンドの勝負を行う。
- プレイヤーは互いに64歩という“残り歩数”を有し、じゃんけんの勝利時は減少、敗北時は増加する。“残り歩数”の合計は128から変わることはなく、じゃんけんの勝者が減らした歩数分の数値が、敗者の“残り歩数”に足される。
- “残り歩数”を0にしたプレイヤー、もしくは全20ラウンド終了時点で相手より“残り歩数”が少ないプレイヤーが勝者となる。
- 各プレイヤーは自分と相手の過去3回までの選択手と過去に選択した手の頻度を確認することが可能である。
- “打撃”は12歩、“投げ”は8歩、“防御”は4歩残り歩数を増減させる。
- “防御”で勝利した次のラウンドは“打撃”が“特殊打撃”に変化する。“特殊打撃”は“打撃”と“投げ”の双方に勝利し、12歩残り歩数を増減させる。
- 残り歩数が84歩以上となり、不利な状況に立たされたプレイヤーの“投げ”は“特殊投げ”に変化する。“特殊投げ”は通常の“投げ”と同じく“防御”に勝利するだけでなく、勝利時にはプレイヤー同士の残り歩数を入れ替え、形勢を逆転させることが可能である。
- プレイヤーは手の選択時に思考時間が15秒与えられる。

5. カリキュラム

5.1 予備実験

本稿ではカリキュラムを、ある事柄を学ぶ際に学習内容とその支援を統合してまとめたものという意味で使用する。カリキュラムを策定するにあたり、CPUプレイヤー（以降CPU*1）のどのような行動規則が、人間プレイヤーにとってつけ込みやすいかを調べるため、予備実験を行った。被験者に複数のCPUと対戦を行わせ、どの程度のラウンド数でCPUの行動規則を把握することが出来たのかを調べた。以下に被験者が対戦したCPUの行動規則を列挙する。なお掲載順は対戦を行った順番であり、簡単な順などでは

*1 CPUは中央処理装置の意味であり、コンピュータプレイヤーの意として用いるのは紛らわしい場合もある。本稿ではその混同は避けられるため、ゲーム業界の慣用表現にならないCPUと呼ぶこととする。

なく適当に並べたものである。

- (1) 最もその手で勝利した際の利得が高い手を選択する。
- (2) 初手はランダムで決定し、その後プレイヤーの1つ前の手を真似る。
- (3) 選択手の頻度がそろそろように、回数が少ない手をランダムに選択する。
- (4) 1の行動規則に加え、相手が特殊打撃か特殊投げを使用可能な場合はその手に勝利する手を選択する。
- (5) 投げだけを選択する。
- (6) 打撃→投げ→防御→打撃...と周期的に手を選択する。
- (7) プレイヤーの最頻手が1つの場合はその手に勝利する手を、最頻手が2つの場合はそれらの手に負けない手を、最頻手が3つの場合はランダムに選択する。

各CPUとの対戦の際、被験者にはCPUがどのような行動規則で手を選択しているか予測しながら対戦を行うように伝えた。また、ゲームに取り組むにあたり、行動規則の把握の為に対戦を行うのではなく、対戦に勝利することを目的としたうえで、行動規則を予測しながらプレイするように伝えた。行動規則の把握に関しては各ラウンドの終了時に聞き取りを行うことで、被験者がCPUの行動規則を把握できているかを判定した。

5.2 予備実験から得た考慮すべき要素

予備実験の結果、カリキュラム策定の際に以下の三点を考慮すべきと考えた。

- (a) CPUとの対戦順に工夫が必要。
- (b) プレイヤーの手の履歴など、自身にまつわる要素でCPUが手を決定している可能性に気付かせる工夫が必要。
- (c) 行動規則を把握できたかどうかの客観的な判断基準が必要。

(a)に関して、予備実験の際に対戦順は適当な順番で対戦を行ったが、後半になるにつれ、難解な行動規則でCPUが行動を選択していると考えられる被験者が確認された。前節(6)のCPUなどに対し、「自分の選択した直近の手に勝利する手を選択する」といった、見かけ上の行動は同じであるが、より難解な行動規則を推測してしまった。これを避けるため、本番カリキュラムでは概ね簡単な順に並べて階段毎の要素習得を容易にし、簡単な順に並べていることを明示して不要な深読みを抑制することとした。

(b)に関して、被験者は“自分の行動を基に行動を決定するような行動規則”に対して、行動規則の把握に時間がかかるという結果を得た。具体的には、前節(1)や(5)のよ

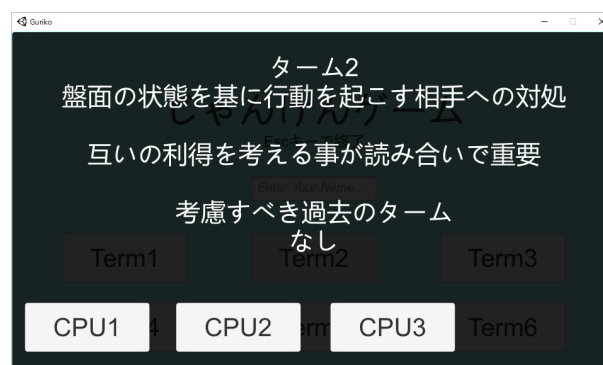


図2 タームの情報開示画面

うに、状況に応じて手の選択が変化しない単調なCPUに関しては、被験者は2回もしくは3回程度の繰り返して行動規則を把握することが出来た。しかし、(2)や(7)のような、自分の行動を基に行動を決定するCPUに関しては一度の対戦では行動規則を把握しきることは出来ず、複数回の対戦を要した。このことから、(a)と関連し、“自分の行動を基に行動を決定するような行動規則”を持つCPUに関しては、比較的高度な内容であると判断し、学習後半に配置した。また、CPUの行動規則に関するヒントをプレイヤーに提示するなどの工夫が必要だと考えた。

(c)に関して、本予備実験では被験者に対して聞き取りを行うことで行動規則の把握が出来ているかの判断を行った。しかし、この方法では客観的に判定を行うことができない、被験者一人一人に聞き取りを行うため手間がかかるという問題が存在する。このことから、この手法をそのまま採用することは現実的でない。そのため、客観的かつ自動的に行動規則を把握出来ているか判断する必要がある。

5.3 カリキュラムの構成

前節の考慮すべき点を踏まえカリキュラムを作成した。読み合いの習得の為に、習得してほしい要素毎にターム(学習単元)を設定し、複数のタームの組み合わせでカリキュラムを構成した。また、前節(1)と(2)から得られた結果を踏まえ、前半タームから後半タームにつれて難易度を上げていく設計とした。各タームは複数のCPUで構成され、このCPUの対戦順も難易度順とした。具体的には、あるタームでは、最初に対戦するCPUは打撃のみを出す行動規則であるが、終盤に対戦するCPUは打撃→投げ→防御→打撃...と周期的に手を選択するといった具合に、後半のCPUになるにつれ難解な行動規則を設定した。

カリキュラム全体の流れとして、前半タームは主に単調な行動規則のCPUと対戦を行い、それに付け入ることで読みの練習を行うことを目的とし、後半タームは、相手の過去の手などを基に手を決定するCPUを配置することで、読み合いの練習を行うことを目的とする。以下にカリキュラムを構成する各タームで習得する想定した要素を記述する。

- ターム 1 確定的な行動を起こす相手への対処.
- ターム 2 盤面の状態を基に行動を起こす相手への対処.
- ターム 3 確率的な行動を起こす相手への対処.
- ターム 4 過去の勝敗を基に行動を起こす相手への対処.
- ターム 5 プレイヤの過去の行動を基に行動を起こす相手への対処.
- ターム 6 確率的かつプレイヤーの行動を基に行動を起こす相手への対処.

図2に示す通り、これらターム毎の習得してほしい要素と参考にすべき過去のタームの要素は、タームの開始時にプレイヤーに提示される。またCPUとの対戦開始前に、CPU毎に設定されたヒントがプレイヤーに提示される。具体例としてターム2内のCPUに関して、提示するヒントを表2に記載する。なお、その他のタームに関しては以下のURLを参照されたい。画像やソースコードなども同ページで公開予定である。 <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/ikedalab/rsp/>

5.4 行動規則の把握に関する修了判定

5.2節(3)の問題点を解消するため、選択制のアンケートにより行動規則の把握が出来たかを判定する。実際のアンケートの画面を図3に示す。アンケートの項目は相手の次の手の確率分布となっており、ラウンド毎に、次ラウンドで相手がどの確率分布で手を選択するのかを回答してもらおう。提示する選択肢は対戦を行うCPU毎に異なっており、選択肢内には必ず正解が存在するようにした。確率の偏りなどの不運により、本来6:2:2の確率分布のはずが7:0:3の確率分布に近い振る舞いをする可能性はあるが、その場合に7:0:3の選択肢を回答したとしても不正解とすることとした。しかし、実験終了後にこの設定は不適切であると気づいた。偏りに即した選択肢を選択している場合も修了させる、曖昧な選択肢を排除する、乱数操作により偏りを排除するなどの改善が必要である。

CPUとの対戦が終了した時点で、アンケートの正答率がCPU毎に設定された修了条件の閾値を超えた場合に、次のCPUとの対戦が可能になる。修了条件の閾値に関しては、ターム1, 2のCPUを8割、ターム3, 4のCPUを7割5分、ターム5, 6のCPUを7割と設定した。また、ターム3に関しては習得してほしい要素として「ランダムで行動する相手に対しては、自分の損が少なくなるように行動する」という要素を定義しており、この要素を習得出来ているかを確認するため、上記の修了条件に加え、何歩以上差をつけて勝利したかという条件を追加した。具体的には、「打撃」を8割、「投げ」を1割、「防御」を1割の確率で選択する」といった行動規則の場合は15歩以上差をつけて勝利すること、「打撃」を1割、「投げ」を1割、「防

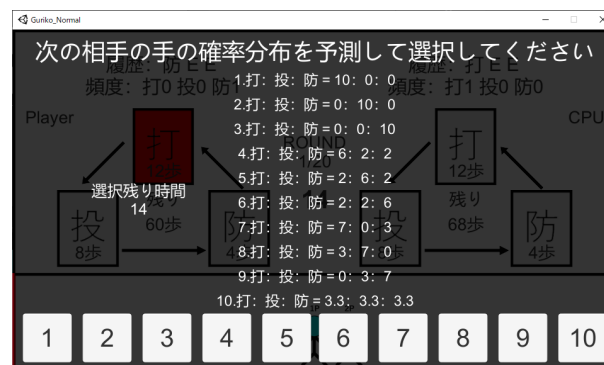


図3 相手の次の手の確率分布予測画面

御」を8割の確率で選択する」といった行動規則の場合は40歩以上差をつけて勝利すること、「すべての手を1/3ずつ選択する」行動規則に関しては0歩以上、つまり勝利することを修了条件として追加した。

6. 実験

6.1 実験目的

作成したカリキュラムに関して、有効性を検証するための実験を行った。また、カリキュラムは複数のタームから構成されているため、タームの順番も評価の対象とする。具体的には下記の三群で比較実験を行う。

- カリキュラムを受ける群。(以降カリキュラム群)
- カリキュラムを受けるが、ランダムな対戦順で対戦を行う群。(以降ランダム群)
- カリキュラムを受けず、同時間対人戦を行う群。(以降対人群)

なお、ランダム群に関しては、ターム冒頭の画面が表示されないため、CPUとの対戦時のヒントと同時にターム冒頭のヒントを提示する。

6.2 実験内容

本実験に参加した被験者は12名である。3群に分けるにあたりプレテストとして、後述するテスト用のCPUと対戦を行った。対戦の際にはラウンド毎に図3のような、次の手の確率分布予測アンケートを行い、次の手の確率分布予測の正答率の平均で成績をつけ、群内の成績が平均的になるよう群を分けた。プレテストに使用したCPUは、カリキュラムの内容を複合したものやカリキュラムの内容に近いものである。以下にプレテストに使用したCPUの行動規則と、カリキュラムのどのタームを複合したものか列挙する。なお、プレテストのCPUとの対戦の際は、ヒントは表示されない。CPUとの対戦順はランダムとなっており、各CPUと3回ずつ対戦を行った。被験者には複数種類のCPUと複数回対戦を行うと伝え、具体的な回数のお知らせは避けた。

- (1) プレイヤの直前の手と同じ手かそれに勝利する手を5

表 2 ターム 2 の CPU の行動規則とヒントの文言

	CPU の行動規則	提示するヒント
ターム開始	-	盤面の状態を基に行動を起こす相手への対処： 互いの利得を考える事が読み合いで重要 考慮すべき他のターム：なし
CPU1	その手で勝利した際の利得が最も高い手を選択	相手の狙いに注目
CPU2	相手が勝利した際に最も利得の高い手に勝利する手を選択する	相手の高い利得の手には負けたくない
CPU3	基本はその手で勝利した際の利得が最も高い手を選択するが、 自分が特殊手を使用できる場合は特殊手を、 相手が特殊手を使用できる場合はその手に勝利する手を選択	互いの手の利得に注目

割ずつの確率で選択する。(ターム 3, ターム 5 の CPU を複合したような行動規則)

- (2) プレイヤの最頻手に勝利する手を選択し、最頻手が 2 つの場合はそれらとあいこ以上となる手を選択、最頻手が 3 つの場合は表 2 に示すターム 2 の CPU3 と同じ手の選択をする。ただし、前のラウンドが敗北かあいこの場合にはプレイヤの直前手に勝つ手を選択する。(ターム 4 とターム 5 の CPU を複合したような行動規則)
- (3) 基本は最もその手で勝利した際の利得が高い手を選択する。以前経験した状態の際には、プレイヤが過去の状態で最後に選択した手とその手に勝利する手を 5 割ずつの確率で選択する。(ターム 2 とターム 3, ターム 5 の CPU を複合したような行動規則)

各群が行った実験内容を以下に示す。カリキュラム群は、カリキュラムに沿ってターム 1 からターム 6 までの CPU と対戦を行う。タームを進めるにあたり複数の CPU と対戦を行うが、次の CPU に進むには 5.4 節に示す CPU 毎の修了条件を満たす必要がある。ランダム群は、カリキュラムに出てくる CPU とランダムな順番で対戦を繰り返す。修了条件を満たすか、修了条件を満たさず 2 度対戦を行った場合別の CPU との対戦となる。対人群は、他群がカリキュラムを受ける時間と同時間対人戦を行った。この際に会話などに関する指示は行わなかった。各群で実験が終了した後、プレテストと同様の方法でポストテストを行った。想定の実験時間は、プレテストが 30 分、実験が全群 3 時間、ポストテストが 30 分となっている。

また、主観的評価の参考とするため、実験の前後にアンケート調査を行った。実験前アンケートは読み合いの経験についてであり、「読み合いを知っていたか」と、知っていた場合には「どのようなゲームで読み合いを経験したか」を回答してもらった。実験後アンケートでは「読み合いをゲームプレイ内で理解できたか」、「相手の次の手の確率分布の予測精度が上がったと感じたか」を回答してもらい、予測精度が上がったと感じたカリキュラム群の被験者には、「どのタームが予測精度向上に貢献したか」を質問し

た。また教育目的の実験ということを踏まえ「ストレスを感じる場面はあったか」、「退屈を感じる場面はあったか」といった点も回答してもらった。

6.3 実験結果

本実験は、カリキュラムを受ける群の進捗が、想定していたタイムスケジュールを大幅にオーバーしてしまったため、途中で実験を切り上げた。実際の実験時間は、集計や休憩の時間を入れず、プレテストが 45 分、実験が全群 3 時間 30 分、ポストテストが 30 分であった。切り上げた際にカリキュラム群が対戦していた CPU に関しては以下の通りである。被験者 1: ターム 4 の CPU3, 被験者 2: ターム 4 の CPU3, 被験者 3: ターム 5 の CPU2, 被験者 4: ターム 5 の CPU3。

通し番号と群の所属の関係性は、被験者 1 番から 4 番がカリキュラム群、5 番から 8 番がランダム群、9 番から 12 番が対人群となっている。

全被験者の試合回数とその内訳を表 3 に示す。CPU を相手とした群は、どの被験者も大きく勝ち越していることが分かる。カリキュラム群が修了した CPU に関して、修了までにかかった平均試合数を図 4 に示す。表 3 と図 4 を比較すると、カリキュラム群において、勝利は出来るが修了条件を満たさず試合数が増えていることが分かる。修了条件の厳しさは改善すべき点の一つである。

各群のプレテストとポストテストにおける、次の手の確率分布予測の正答率のグラフを図 5 に示す。正答率に関して、カリキュラム群が約 1.6%、ランダム群が約 8.9%、対人群が約 2.4%の増加となった。また、各被験者の正答率を図 6 に示す。個人差によるバラつきが大きいですが、その中でも 5 番の被験者は約 21%、6 番の被験者は約 15%と顕著に正答率が伸びていた。

またアンケート結果に関して、「相手の次の手の確率分布の予測精度が上がったと感じたか」という回答には 3 番、5 番、10 番、12 番の被験者 4 名が「はい」と回答した。12 番の被験者以外は読み合いの経験に関して、「経験したことがある」と回答している。またストレスを感じる場面に関し、「間違っただ思考に陥ると抜け出しづらい」「ヒントの文言が不親切」などの回答があった。

表 3 全被験者の総試合数とその内訳

被験者	総試合数	勝利数	引き分け数	敗北数
被験者 1	31	29	0	2
被験者 2	47	37	1	9
被験者 3	43	40	0	3
被験者 4	43	39	1	3
被験者 5	28	24	0	4
被験者 6	22	18	1	3
被験者 7	21	19	0	2
被験者 8	22	19	0	3
被験者 9	29	11	3	15
被験者 10	41	21	3	17
被験者 11	41	17	3	21
被験者 12	29	15	3	11

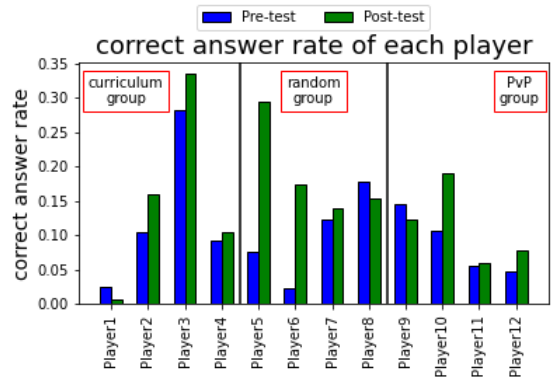


図 6 被験者毎のプレテスト・ポストテストにおける確率分布予測の正答率

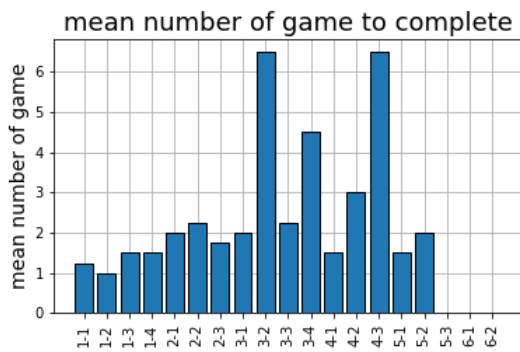


図 4 終了までにかかった CPU 毎の平均試合数

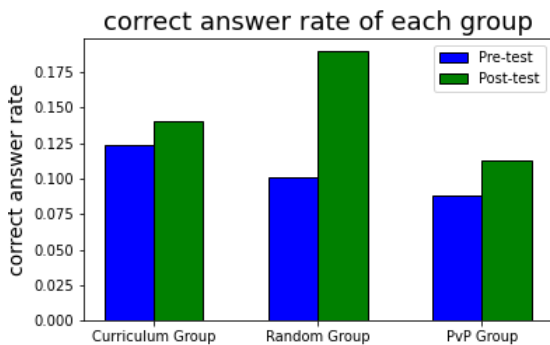


図 5 群毎のプレテスト・ポストテストにおける確率分布予測の正答率

6.4 実験結果の考察

前節の結果より、顕著に成績の伸びた 5 番の被験者と 6 番の被験者について考察を行う。なお、ランダム群の各被験者が対戦を行った CPU の表を付録に添付する。

5 番の被験者は対戦回数 28 回、対戦 CPU 13 種とランダム群内で対戦回数と対戦 CPU の種類が共に最も多い被験者であった。しかし、多様な相手と対戦を行うだけであれば、カリキュラム群の被験者は全員 13 種以上の CPU と対戦を行っており、カリキュラム群も正答率が伸びて良いは

ずである。また、カリキュラム群が対戦していないターム 6 の CPU に関して、5 番の被験者は 1 度しか対戦していない。5 番の被験者はアンケートで「どう考えれば良いかわからなかったが、ヒントのおかげで修了する事ができた CPU がいた」との回答があった点から、ヒントの出し方などに関係があるのでは無いかと考へた。カリキュラム群は修了するまで同じ CPU と対戦を繰り返すが、その際に、冒頭に表示されるそのターム全体での考え方となるヒントは再表示されない。そのため、同じ CPU と対戦を繰り返しても、その CPU のヒントのみに意識が集中し、ターム全体のヒントに意識が向かなかった可能性がある。一方でランダム群の場合は、最大 2 回で対戦を切り上げ他の CPU と対戦を行うことから、ターム全体でのヒントを何度も繰り返し提示されることとなり、カリキュラム群よりもターム毎の習得して欲しい考え方が身についたのではと考へる。

図 7 に 6 番の被験者の正答率のグラフを示す。縦軸は正答率、横軸はテスト用 CPU の種類と対戦順を表す。「CPU3-2」であれば、CPU3 の 2 回目対戦時ということである。6 番の被験者はターム 5 の CPU と最も多く対戦をしており、ターム 3 やターム 6 など確率が絡む行動規則の CPU と同程度対戦をしている。しかし、6.2 節で列挙するように、ターム 5 と他タームを複合せた、テスト用の CPU の中でも、確率的な行動を取らない (2) の CPU のみ正答率が大きく上昇した。このことから、手の選択が確率的であると気付くためには、確率が絡まない対戦相手より多くの対戦、もしくはより明確なヒントの提示が必要であると考へる。

6.5 つまづきやすい CPU に関して

実験の時間設定などから考へても、2 試合から 4 試合で修了可能な CPU が好ましい。しかし、図 4 のグラフを見ると、「ターム 3 の CPU2」「ターム 4 の CPU3」において、平均でも 6 試合以上と大幅な試合数を要している。前者の CPU は全手から 1/3 の確率でランダムに選択する CPU で

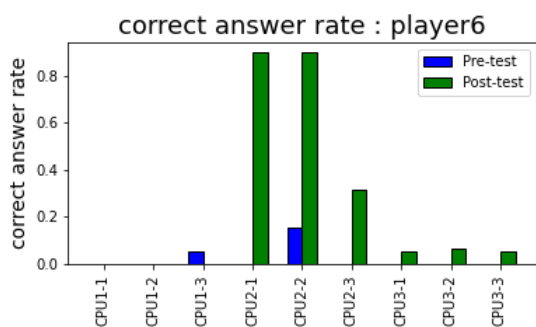


図 7 6 番の被験者のプレテスト・ポストテストにおける確率分布予測の正答率

あり、確率の偏りに近い選択肢を選ぶ被験者が多かった。しかし 5.4 節に記すとおり、その場合も不正解としたことが、試合数を増加させた原因である。

後者の CPU は前ラウンドの勝敗に応じて手を変化させる CPU であり、手の変化の際に確率で手を決定する。チーム 4 は、初めて他チームの対処法と合わせた、複合的な対処を要されるチームであった。他チームの対処法を考慮する必要性は、チーム冒頭のヒントにて提示しているが、CPU との連戦を続ける間は再表示されないため、忘れてしまった可能性が高い。これらの確率が絡むチームや、他チームとの複合的な対処法が求められるチームに関して、よりヒント自体やヒントの提示方法に工夫が必要である。

6.6 カリキュラム改修案

カリキュラムに関しては全体的に不満足な結果となったが、様々な要素に関して改善出来る点が発見された。ヒントに関しては、文言をゲームに馴染みがない人にも伝わりやすいものにする、修了出来ない場合に補足ヒントを追加で提示する、ランダム群のようにチーム冒頭のヒントを CPU のヒントと同時に提示するなどである。修了条件に関しては、開始数ラウンドはアンケートを行わない、確率の偏りを考慮した正誤判定もしくは選択肢の提示、CPU 毎に修了条件の閾値を設定するなどである。テスト用 CPU に関しては、基本から応用まで多様な CPU を揃える。これらのカリキュラムの改善点に加え、評価方法に関して、修了せずとも他 CPU と対戦を行うランダム群とカリキュラム群とを公平に比較する方法が必要である。

7. おわりに

本稿では、格闘ゲームの読み合いに関する要素を取り込んだ自作ゲームを作成し、そのゲーム上でプレイする読み合いを習得するためのカリキュラムを作成した。カリキュラムに関しては様々な課題が残る結果となった。

今後は 6.6 節などの改修を行い、再実験を行う予定であ

る。さらに、今回得たデータをもとに、読み合いを演出するような対戦相手を実現する手法を提案していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H03347, JP20K12121 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Brown, Noam, and Tuomas Sandholm. "Superhuman AI for multiplayer poker." *Science* 365.6456 (2019): 885-890.
- [2] Oikawa, Taishi, Chu-Hsuan Hsueh, and Kokolo Ikeda. "Improving Human Players' T-Spin Skills in Tetris with Procedural Problem Generation." *Advances in Computer Games*. Springer, Cham, (2019): 41-52.
- [3] Ikeda, Kokolo, Simon Viennot, and Naoyuki Sato. "Detection and labeling of bad moves for coaching go." *2016 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*. (2016): 1-8.
- [4] 天川拓海, and 荒川達也. "格闘ゲーム初心者向け感想戦支援システムの提案." *ゲームプログラミングワークショップ 2019 論文集 2019* (2019): 109-113.
- [5] 近藤裕貴, 藤井叙人, and 片寄晴弘. "時系列パターンに着目したアクションゲームのスキル獲得支援." *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集 2015* (2015): 122-126.

付 録

A.0.1 ランダム群の対戦相手

表 A.1 にランダム群の各被験者が対戦した CPU を記載する。表記は上から対戦順となっており、その対戦時に修了条件を満たした CPU には (了) と記載している。

被験者 5	被験者 6	被験者 7	被験者 8
2-1 (了)	2-1 (了)	5-1 (了)	5-1 (了)
6-2	5-2	1-4 (了)	1-3
5-3	3-2	6-2	4-2
2-1 (了)	6-1	4-3	1-4
2-2 (了)	6-1	1-4 (了)	2-3
3-2	3-1 (了)	3-3	4-1
2-3 (了)	5-1 (了)	5-2	5-1
4-2 (了)	6-1	1-1 (了)	5-2
3-3 (了)	5-2 (了)	1-3 (了)	3-2
3-1 (了)	4-1 (了)	1-4	4-2
4-3	1-4	2-1 (了)	6-2
1-4	5-2	6-1	-
3-1 (了)	-	-	-
1-2 (了)	-	-	-
2-3 (了)	-	-	-
2-1	-	-	-
4-3	-	-	-
2-1	-	-	-
3-4	-	-	-