

Title	格闘ゲーム初心者のための読み合い理解支援システムの改善
Author(s)	酒見, 真; シュエ, ジュウシュエン; 池田, 心
Citation	情報処理学会第49回GI研究発表会, 2023-3
Issue Date	2023-03-17
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/18225
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 酒見 真, シュエ ジュウシュエン, 池田 心, 情報処理学会第49回GI研究発表会, 2023-3, 2023. ここに掲載した著作物の利用に関する注意 本著作物の著作権は情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。</p> <p>Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IP SJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IP SJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IP SJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	情報処理学会第49回GI研究発表会, 2023-3, 明治大学



格闘ゲーム初心者のための読み合い理解支援システムの改善

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

概要: 近年 e-sports の市場規模は拡大し、競技のひとつである格闘ゲームにも注目が集まっている。しかし、格闘ゲームは様々な要因から、初心者が定着しづらいゲームジャンルとして知られている。我々は、それら要因の中から、“読み合い”という要素に関して初心者の理解支援を試みた。読み合いのみを体験できる自作ゲームと、そのゲーム上で実施されるカリキュラムを通して、読み合いの考え方を伝えるというものである。結果として、相手の行動予測に関する自己評価は大幅に向上したが、定量的な評価では有意差はみられなかった。

キーワード: 格闘ゲーム, 読み合い, カリキュラム

1. はじめに

近年 e-sports が注目を集めており、その市場規模は年々拡大している [1]。格闘ゲームは e-sports の競技のひとつであり、プレイヤーが自身のキャラクターを操作し対戦を行う 1 対 1 のデジタル対戦ゲームである。格闘ゲームも、e-sports 全体の活性化にあわせて注目されている。このように競技シーンが盛り上がるだけでなく、シーン全体が盛り上がるには、新規プレイヤーの存在が不可欠であるが、格闘ゲームは、初心者が定着しづらいゲームジャンルのひとつとして有名である。

格闘ゲームへの初心者の定着を妨げる要因には、“運が介入しない”、“アクション性高く操作が難しい”、“リアルタイム性のためじっくり思考できない”など様々存在する。我々はその中でも“読み合い（駆け引き）”という要素が、初心者の定着を大きく妨げているのではないかと考えた。

格闘ゲームにおける読み合いとは、人と人との間で行われる駆け引きであり、相手が次にどのような行動を選択するのかを予測し、それに応じて互いが互いの行動を決定することである。読み合いは、格闘ゲームの対戦において必要不可欠な要素であるが、対戦相手が存在しないと練習を行うことができないという問題が存在する。しかし、弱い AI プレイヤなどの対戦相手との実戦を通じて読み合いの練習を行おうとも、リアルタイム性など、読み合いを行う

前段階で初心者がつまづく要因が多く、それらを解決しなければならぬという別の問題が生じる。そこで本研究では、読み合いにのみ焦点を当て、初心者が集中して読み合いの習得を行うことができるシステムを構築することを目指す。なお、本稿は GPW-22 にて発表した研究 [2] の続きであり、5.4 節以降の内容は、GPW にて発表した時点から、追加された研究内容となっている。

2. 格闘ゲームの読み合い

本研究における読み合いとは、対戦相手が互いに相手の行動を推測し、その推測を情報に含めて、更に相手も自分と同様に自身の行動を推測してくることを踏まえて自身の行動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推測し自身の手を決定することを“読み”と呼び、この行為を互いのプレイヤーが行うために“読み合い”と呼ぶ。読み合いは、互いに行動を推測するということもあり、相手に自身の手を推測させないように自身の行動を散らす行為や、逆に同じ行動を連続で選択することで相手に次も同じ行動を取ると推測させるなどの駆け引きが生じるが、それらも全て読み合いの範疇である。また、読み合いはゲームのみならず日常生活の様々な場面において発生しうるものである。

本研究では格闘ゲームにおける、起き攻め状況での読み合いを対象とする。これはどちらかのキャラクターがダウンという、操作不可能かつ相手からも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のことを指す。

起き攻め状況において、双方のプレイヤーはほぼ同時に行動を選択する。このような同時着手に近い状況での行動選

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

扱は、ゲーム理論を用いて扱うことができるため、理論的には最適な混合戦略が存在する 경우가多いが、格闘ゲームにおける混合戦略は膨大な数となるため、正しい混合戦略を知ること自体が困難と言える。そのため、双方のプレイヤーが、相手の癖や行動の偏りなどをもとに読みを行うことで読み合いが生じる。

起き攻め状況での読み合いにおいて、ダウンした側のプレイヤーがダウン状態から復帰した際に取れる行動は大別して3種に分けることができる。それぞれ“打撃”と“投げ”と“防御”の3種であり、ダウンを取った側のプレイヤーも同様に3種の行動から自身の行動を選択する。これらの行動は、打撃が投げに勝利し、投げが防御に勝利し、防御が打撃に勝利する3すくみの関係性となっているため、じゃんけんのような3すくみの読み合いと捉えることが可能である。じゃんけんと異なる点として、これらの行動はそれぞれ、3すくみに勝利した際に与えるダメージ量の違い、その後の状況の有利不利などが存在する。プレイヤーはゲームの状態と、行動ごとのリスクリターンを加味して読み合いを行う必要がある。以降本論文では読み合いという単語を“起き攻め状況における3すくみの読み合い”の意で使用する。

3. 関連研究

教育の場において難しい問題を教えるために様々なアプローチがなされてきた。問題の簡略化もそのひとつである。Polya は一般にある問題に行き詰った際に、より易しい問題や関連した問題を解くことで、行き詰っていた問題への新たな考え方を得ることができ、解決がより容易になると指摘している [5]。本章では問題の簡略化というアプローチを使用した学習の支援に関する研究の一部を紹介する。

中尾らは専門教育を受ける留学生を対象とした、文構造の簡略化による読解支援を提案している [6]。また、福田らはピアノの演奏練習に際して学習者の演奏ミスに合わせて簡略化した楽譜を提示することで、学習者のレベルに合わせた練習を行うことができるようになるシステムを提案した [3]。

ゲームを対象とした、簡略化による特定技能習得支援も同様に行われている。高橋らは「ぷよぷよ」において、初心者が連鎖という技能を習得することを補助するための問題を自動生成することを目的とした研究を行った [4]。また、及川らはテトリスを対象として、初心者がつまづく壁とされる「T-spin」という特定技能を習得するための、簡略化した部分的問題を生成するシステムを構築した [7]。

4. 提案手法

本章では、格闘ゲームにおける読み合いの考え方を初心者へ伝えるために自作した“拡張じゃんけんゲーム”と“カリキュラム”の2つに関して説明を行う。

表 1: 格闘ゲームと自作ゲームの要素比較

格闘ゲームの要素	拡張じゃんけんゲーム
リアルタイム性	簡略化 (同時着手)
多様な技や行動	簡略化 (3 種類)
技ごとの複雑なコマンド (アクション性)	簡略化 (選択制)
行動ごとの相性	簡略化 (3 すくみ)
行動ごとのリターンの差	同様
状況による行動のリスクリターンの変化	同様
キャラクタごとの体力	同様 (残り歩数と表現)
制限時間	同様 (ラウンド制, 最大 20 ラウンド)

表 2: 拡張じゃんけんゲームの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

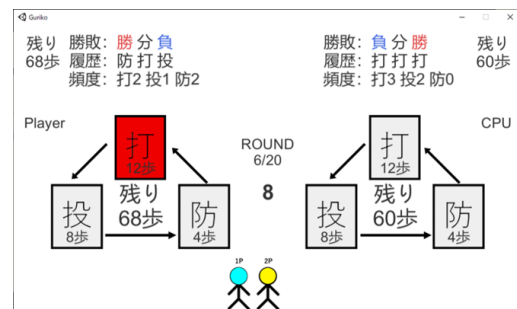


図 1: 拡張じゃんけんゲームのゲーム画面

4.1 拡張じゃんけんゲーム

拡張じゃんけんゲームは、3すくみの読み合いや各行動のリターンの違いに焦点を当て、アクション性とリアルタイム性を簡略化した、じゃんけんをベースとした自作ゲームである。格闘ゲームの要素について、格闘ゲームと拡張じゃんけんゲームの比較を表 1 に、拡張じゃんけんゲームの実際のゲーム画面を図 1 に示す。

また、拡張じゃんけん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のまとめを表 2 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。
- プレイヤは手の選択時に思考時間が15秒与えられる。

4.2 カリキュラム

前述の拡張じゃんけんゲームの他に、読み合いの考え方を伝えるための教材となる対戦相手が必要だと考える。対戦を通じて読み合いの考え方を伝えるために、内容に適した行動をとる対戦相手と、適切な順番で対戦を行わせる。具体的には、典型的な相手から始め徐々に複雑な行動をとる相手との対戦するような順番が望ましい。さらに、ヒント提示や、プレイヤーが理解するまで繰り返させるなどの支援も必要だと考える。

これを実現するため、伝えたい読み合いについての考え方を選定し、各考え方を1つのタームとして、複数タームで構成されるカリキュラムを設計する。タームごとに、そのタームで伝えたい要素に関する行動をとる複数の対戦相手（ルールベースのコンピュータプレイヤー、以降CPUと呼ぶ*1）を用意する。

以上をふまえて、カリキュラムの構成と、カリキュラムと各タームの進め方の概略図を図2と図3に示す。カリキュラムは表3に示すタームを順番に進めていく。

4.2.1 ヒントの提示

ただ対戦を行うだけでなく、プレイヤーにそのタームを通じて何を習得してほしいかを提示し、そのためのヒントを

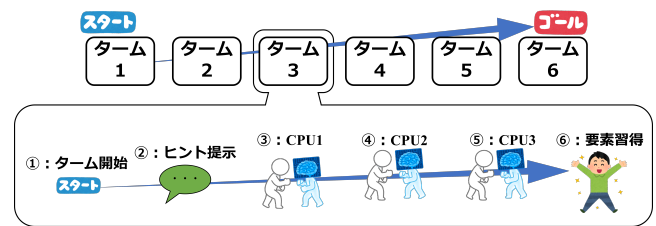


図 2: カリキュラムと各タームの進め方の詳細

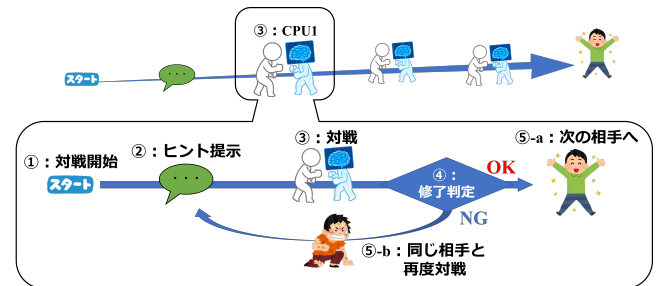


図 3: ターム内での CPU との対戦の進め方

表 3: タームの全容

ターム番号	伝えたい読み合いの考え方	考慮すべき過去のターム
1	確定的な行動を起こす相手への対処	なし
2	盤面の状態をもとに行動を起こす相手への対処	なし
3	確率的な行動を起こす相手への対処	なし
4	過去の勝敗をもとに行動を起こす相手への対処	3
5	プレイヤーの過去の行動をもとに行動を起こす相手への対処	2, 3
6	確率的かつプレイヤーの行動をもとに行動を起こす相手への対処	3, 5

適宜提示する。表3に示した、各タームの伝えたい要素とあわせ、ターム全体を通してのヒントを設定、それらをプレイヤーに提示する。また、各タームのCPUに関しても、それぞれにヒントを設定する。CPUごとのヒントの提示に関して、実際のゲーム画面を図4に示す。なお後述するが、プレイヤーにCPUごとのヒントを提示する画面は各実験で異なる。

4.2.2 修了判定

前述のように、ターム内のCPUは各タームの伝えたい要素に関する行動規則を設定している。そこで、行動規則を把握することができればそのタームの要素を習得したと仮定する。しかし、プレイヤーがCPUの行動規則を把握できているかに関して、客観的判定が必要である。

この問題を解決するため、選択式の問題を導入し判定することとした。選択式問題の選択肢は“相手の次の手の確

*1 CPUは中央処理装置(Central Processing Unit)の意味を持っており、コンピュータプレイヤーの意として使用する場合は紛らわしい場合もある。本論文ではその混同は避けられるためゲーム業界の慣例にならないコンピュータプレイヤーの意としてCPUという単語を使用する。



図 4: ヒント提示画面 (第一回実験時)

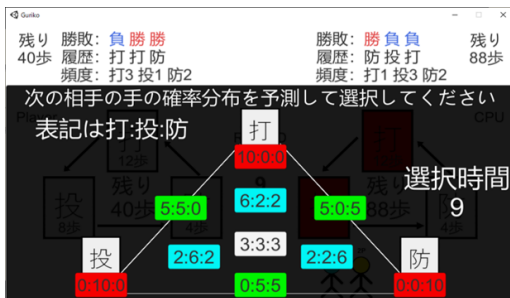


図 5: 選択式問題のゲーム画面

率分布” となっており、プレイヤーは相手が次に、打撃と投げと防御をどのような確率分布で選択するかを、選択肢の中からひとつ回答する。なお提示する選択肢には必ず正答が存在し、CPUは選択肢以外の確率分布で手を決定することはない。

選択式問題の正答率に関して、各CPUごとに閾値を設け、ゲーム終了時点での正答率が閾値以上の場合、プレイヤーはそのCPUの行動規則を把握できていると判定する。正答率の閾値はチーム毎に異なり、難易度を考慮して設定する。なお、閾値の設定や選択式問題の詳細な仕様は各実験で異なる。

実際のゲーム画面を図5に示す。図5のように人間プレイヤーに選択肢を提示し回答をしてもらう。なお、選択した回答が正解かどうかは人間プレイヤーには開示しない。

5. 第一回被験者実験

作成したカリキュラムそのものの有効性や、カリキュラムを構成するチーム順の有効性、カリキュラムとゲームに改善すべき点がないかなどを確認するために被験者実験を行った。なお実験は全体で2度行い、本章では1度目のカリキュラムの有効性確認実験（以降実験1と呼称）に関して述べる。

5.1 実験目的

作成したカリキュラムは学習に関する様々な要素を含んでいる。しかし、カリキュラムそのものの有効性を検証に加えて、それを構成する各要素の寄与率を検証することは、現実的でない。そこで本被験者実験では、カリキュラムそ

のものとカリキュラムを構成するチームの順番という2点に関して、有効性を検証する実験を行う。検証のための実験方法として以下の3群による比較実験を行う。

- タームの構成順通りにカリキュラムを受ける群（以降カリキュラム群）。
- カリキュラムのCPUとランダム順で対戦を行う群（以降ランダム群）。
- 他群と同時間対人戦を行う群（以降対人群）。

5.2 実験設定

本実験に参加した被験者人数は12名であり、5.1節で述べた各群4名に分ける。

各群が行った実験内容について述べる。カリキュラム群は、チーム1から順に、チーム内のCPUと対戦し、チーム6までの全CPUと対戦を行う（図2、図3参照）。なお、次のCPUとの対戦に進むための修了条件は後述する。ランダム群は、カリキュラムに出てくるCPUとランダムな対戦順で対戦を行う。次のCPUに進む条件は修了条件を満たすか、同じCPUと2度再戦をすることである。対人群は、一定時間ごとに群内で対戦相手を入れ替えながら対人戦を行う。この際、会話などに関する指示は行わない。

実験前後に、プレテストとポストテストを実施した。これらのテストで用いたCPUは、複数のチームを複合したような行動規則とし、3種用意した。テストにおいては、それぞれのテスト用CPUと3回対戦を行った。なお、テスト用CPUとの対戦順はランダムである。テストの際に被験者には、どのテスト用CPUと対戦をしているか、その対戦何回目の対戦かといった情報は与えられず、テスト用CPUにはヒントも設定していない。

実験の前後にそれぞれ、実験に関する知識や主観的評価の確認のため、「はい」「いいえ」で回答するアンケートを行った。実験前の質問では「質問1: 読み合いを知っていたか」「質問2: 読み合いを経験したことがあるか」の2つであり、実験後の質問では「質問3: 読み合いを理解できたか」「質問4: 自分の予測の精度が上がっていると感じるか」を質問した。

5.3 実験結果

実験に関するアンケートに、「はい」と答えた人数を表4にまとめる。なお、質問番号と内容の対応は5.2節を確認されたい。アンケートの中でも質問4は、予測精度の自己評価に関する質問であり、カリキュラム自体の有効性の検証という点からも重要な質問である。しかし、質問4に関して「はい」と回答したのは、カリキュラム群とランダム群ともに1名だけであった。このことから、実験1で使用したカリキュラムでは、学習者が成長している実感を得ることができないものとなってしまっているといえる。

質問1と質問2は、読み合いの知識と経験についての質

表 4: 実験 1 におけるアンケート結果

群 (総人数)	質問 1	質問 2	質問 3	質問 4
カリキュラム群 (4 名)	3	3	3	1
ランダム群 (4 名)	2	2	3	1
対人群 (4 名)	2	2	4	0
合計 (12 名)	7	7	10	2

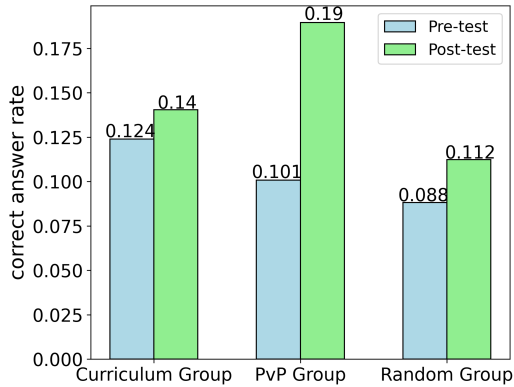


図 6: 実験 1 における各群のプレテストとポストテストの正答率

問であり、質問 1 に「はい」と答えた被験者は全員、質問 2 においても「はい」と回答していた。2 章にて述べた通り、日常生活の中で読み合いを経験する場面は多いため、妥当だと考える。質問 3 は読み合いが理解できたかという質問であり、拡張じゃんけんゲームが読み合いを実感できる環境であるか、ということに関わると捉えられる。結果としては、12 人中 10 人が「はい」と回答していることから、拡張じゃんけんゲームは読み合いを実感できる環境であるといえると考えられる。

図 6 に各群のプレテストとポストテストの正答率のグラフを示す。グラフを一見すると、ランダム群に関して正答率の伸びが良いように見える。しかし個別に正答率を確認すると、大幅に正答率を伸ばした者や、逆に正答率が下がった者など、伸び具合のバラつきが大きい。これらの結果から、一番正答率の伸びが良いランダム群であっても、プレテストとポストテストで有意差があるとは言えない結果となった。また、各群間に関して有意差はみられなかった。

結果としては悪い結果となったが、カリキュラムに関して様々な改善すべき点を得ることができたため、次節ではそれらについて述べる。

5.4 得られた改善すべき点

本節では実験 1 を通じて得られた、カリキュラムに関して改善すべき点を述べる。なお、本節に記載する項目の他にも改善すべき点は存在したが、ページの都合上省略する。

5.4.1 確率の偏り

確率が関係するタームにおいて、被験者ごとに、確率の偏りによって表出する振る舞いに差が出てしまった。“全

表 5: ターム 3 の CPU2 における各プレイヤーの 1 ゲーム目の各手の選択頻度 (実験 1)

被験者番号	打撃選択回数	投げ選択回数	防御選択回数
1	5 回	4 回	11 回
2	4 回	6 回	10 回
3	4 回	4 回	12 回
4	12 回	1 回	7 回

ての手から $\frac{1}{3}$ の確率で 1 つを選択する”という行動規則の CPU に着目する。この CPU に関して、各被験者の 1 ゲーム目終了時点の各手の頻度を、表 5 に示す。どの被験者も 20 ラウンドまでゲームを続けているため、期待値を考えると全ての手がおおよそ 7 回程度になるが、実際には偏りが発生している。このような確率の偏りによって、学習者ごとに CPU の振る舞いが著しく異なるように見えることは、支援システムとして好ましくないため、確率の偏りを少なくするような対策が必要と考えた。

5.4.2 選択式問題の正答の基準

実験 1 において選択式問題で正答とする選択肢は、“真の確率分布”のみと設定した。しかし実際の実験では前述の通り確率の偏りなどによって、真の確率分布とは異なる確率分布を推測する可能性がある。例えば、“全ての手から $\frac{1}{3}$ の確率で 1 つを選択する”という行動規則の CPU と対戦をし、不運にもラウンド 1 からラウンド 5 までの 5 ラウンド連続で防御が選ばれた場合、その時点での“実際の着手頻度”を割合で表すと、打撃 0 割、投げ 0 割、防御 10 割である。そのため、被験者が選択式問題を回答する際、次の手の確率分布の選択肢から 0:0:10 の選択肢を選択したとしても、それは自然な推測であり、その回答を不正解とするのは好ましくない。このようなことを避けるため、正答の基準を変更する必要があると考えた。

5.4.3 ヒントの情報量

4.2.1 項で述べた通り、カリキュラムでは各 CPU との対戦前にヒントを提示していた。しかしこのヒントは、プレイヤーが再戦となった場合でも最初に提示したものと同様の物を提示し、情報量が増えることは無かった。これらのことから、前述の確率の偏りや正答基準と合わせて、同じ CPU を相手に何度も再戦し、時間を浪費してしまう被験者が見られた。同じ CPU で長時間詰まってしまうことは好ましくないため、改善が必要であると考えた。

6. 第二回被験者実験

実験 1 を通じて得られた改善すべき点に関して、様々な変更を行い、再度、カリキュラムの、有効性と構成するタームの順番の有効性を確認するために 2 度目の被験者実験を行った (以降実験 2 と呼称)。本章では、変更点について述べたのち、実験 2 の実験設定や結果について述べる。

6.1 改善すべき点に対する変更

6.1.1 確率の偏りを低減

5.4.1 項で述べた改善すべき点に対する改善策を述べる。確率の偏りを低減し、学習者によってカリキュラムの CPU の振る舞いが変化するリスクを下げることを目的とし、実際の着手頻度と頻度の期待値の差にもとづき確率を補正した。

例えば、全ての手から $\frac{1}{3}$ の確率でランダムに手を選択する、といった行動規則の CPU との対戦を考える。6 ラウンド終了時点で、着手頻度の期待値は、打撃 2 回、投げ 2 回、防御 2 回であるが、実際には打撃 0 回、投げ 2 回、防御 4 回であったとする。この際の、7 ラウンドでの各手の選択確率を、打撃は実際の着手頻度が期待値よりも少ない回数なので高い確率に、防御は期待値より多いので低い確率としたい。これを実現するため、各手の、期待値と実際の着手頻度の差を用いた補正值を使用する。

補正式はパラメータ $\alpha (\alpha > 1)$ を使用し、 $\alpha^{(e-f)}$ とした。なお、 e は着手頻度の期待値、 f は実際の着手頻度とする。上記の例で $\alpha = 2$ の場合を考えると、補正值は打撃が 4、投げが 1、防御が $\frac{1}{4}$ となる。この補正值を使用して各手の選択確率を求めると、打撃 76.0%、投げ 19.0%、防御 5.0% となり、打撃が高い確率で防御が低い確率を実現できている。一般化した式を 1 式に述べる。 i と j は 1 から順に打撃、投げ、防御とし、 c は補正後の各手の選択確率とする。また、実験 2 においてパラメータ α は 1.6 とした。

$$c_i = \frac{\alpha^{e_i - f_i}}{\sum_{j=1}^3 \alpha^{e_j - f_j}} \quad (1)$$

6.1.2 正答基準の緩和

5.4.2 項で述べた改善すべき点に対する改善策を述べる。実験 1 では、確率の偏りなどから、実際の着手頻度が真の確率分布と著しく乖離してしまうことがあった。そのような場合に、実際の着手頻度から確率分布を推測して回答した選択肢は、推測としては妥当なものが多かった。しかし、真の確率分布のみを正答としていたため不正解となっていた。そこで、真の確率分布だけでなく、実際の着手頻度にある程度近い確率分布であれば正答とした。

確率分布の距離を計算する式を 2 式に示す。 p_i はある選択肢の各手の確率、 f_i は実際の着手頻度にもとづいた各手の確率である。 i は 1 から順に打撃、投げ、防御とし、 p_1 はある選択肢の打撃の確率を意味する。なお、実験 2 では、 $dist \leq 0.8$ の選択肢を正解とした。この変更により、CPU の振る舞いを考慮した、運不運に左右されない、より正確な修了判定が期待できる。

$$dist = \sum_{i=1}^3 |p_i - f_i| \quad (2)$$

6.1.3 ヒントの増加

5.4.3 項で述べた改善すべき点に対する改善策を述べる。

実験 1 では、ヒントの情報が増えないことから、同じ CPU との対戦の繰り返しで、長時間詰まってしまう被験者が見られた。そこで、再戦を行うたびにヒントを段階的に増加させるように変更を行った。ヒントの数に関しては最大 3 つまでとし、通算 3 戦目で 2 つ、通算 4 戦目で 3 つの提示とした。

6.2 実験目的と実験設定

変更を加えたカリキュラムに関して、再度被験者実験を行う。本節では、実験の目的と、テスト用 CPU や群ごとの実験内容など被験者実験の設定を述べる。実験目的は実験 1 と同じく、カリキュラムそのものとカリキュラムを構成するタームの順番の 2 つに関して、有効性の検証である。また、それぞれの変更点に関して、データから考察可能なものはその影響を考察する。

続いて実験設定について述べる。本実験に参加した被験者人数は 20 名であり、内訳はカリキュラム群とランダム群が 6 名、対人群が 8 名となっている。また、プレテストとポストテストに使用する CPU を変更した。実験 1 では 3 種の CPU と各 3 回の計 9 回対戦を行ったのに対し、実験 2 では 5 種の CPU と、計 8 回の対戦を実施した。これは、図 6 に示す各群の正答率が全体的に低く、テスト用 CPU にも変更が必要と判断したためである。実験 1 ではタームを複合したような CPU であったのに対し、実験 2 では単一タームの内容から CPU を用意し、全体的な難易度を下げ、幅広い難易度をそろえるよう変更を行った。対戦回数の内訳に関しては、比較的易しい CPU 2 種は各 1 回、その他の CPU は各 2 回対戦を実施する。対戦順やヒントを提示しないことなどは実験 1 と同様とした。

6.3 実験結果

実験 1 と同様に、実験 2 においても実験前後にてアンケートを実施した。アンケートで各質問に「はい」と回答した人数を、表 6 にまとめる。なお、質問番号と内容の対応は、5.2 節を確認されたい。質問 4 は、5.3 節で述べたように、予測精度の自己評価に関する質問であり、本研究では重要な質問である。実験 1 ではカリキュラム群とランダム群ともに、4 名中 1 名と非常に悪い結果であった。対して実験 2 では、カリキュラム群が 6 名中 5 名、ランダム群が 6 名中 6 名が「はい」と回答する良い結果を得た。しかし、対人群においても、8 名中 7 名が「はい」と回答している。このことから、カリキュラムの変更によるものという訳ではなく、ゲームの仕様変更やテスト用 CPU の難易度を下げたことが要因かと考える。しかし、自己の成長を感じられることは、学習を継続するうえでのモチベーションとなるため、重要な要素であり良い結果であると考えられる。なお、他の質問に関しては、実験 1 と似通った結果であるため省略する。

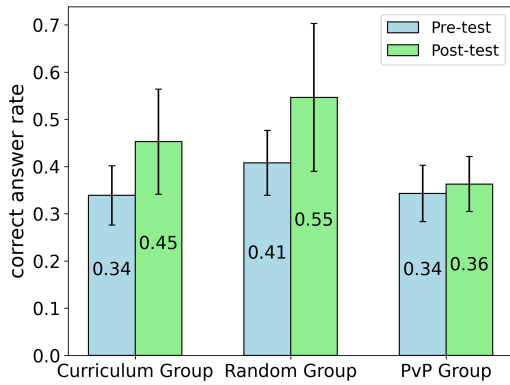


図 7: 実験 2 における各群のプレテストとポストテストの正答率

表 7: ターム 3 の CPU2 における各プレイヤーの 1 ゲーム目の各手の選択頻度 (実験 2)

被験者番号	打撃選択回数	投げ選択回数	防御選択回数
1	6 回	8 回	6 回
2	7 回	7 回	6 回
3	8 回	7 回	5 回
5	7 回	6 回	7 回
6	8 回	6 回	6 回

表 6: 実験 2 におけるアンケート結果

群 (総人数)	質問 1	質問 2	質問 3	質問 4
カリキュラム群 (6 名)	4	2	6	5
ランダム群 (6 名)	4	4	6	6
対人群 (8 名)	5	2	7	7
合計 (20 名)	13	8	19	18

図 7 に各群のプレテストとポストテストの正答率のグラフを示す。カリキュラム群とランダム群において、比較的高い数値での正答率の上昇がみられたが、両群ともにバラつきが大きかったため、有意差が出ることは無かった。この結果を受け、カリキュラムの次の改善すべき点としては、このバラつきを抑えるような工夫が必要であると考えられる。

6.4 各変更点の影響の考察

本節では、6.1 節にて提示した変更点に関して、それぞれの影響の考察を述べる。

6.4.1 確率の補正

6.1.1 項にて述べた改善策による影響を考察する。5.4.1 項と同様に、全ての手から $\frac{1}{3}$ の確率で 1 つを選択する CPU に着目する。実験 2 の各被験者における 1 ゲーム目終了時点の各手の頻度を表 7 に示す。なお、被験者 4 に関しては該当 CPU までカリキュラムを進めることができなかったため、省略とする。

実験 1 の結果である表 5 と比較し、被験者ごとの振る舞いの差は是正されていると考える。ただし、このような偏

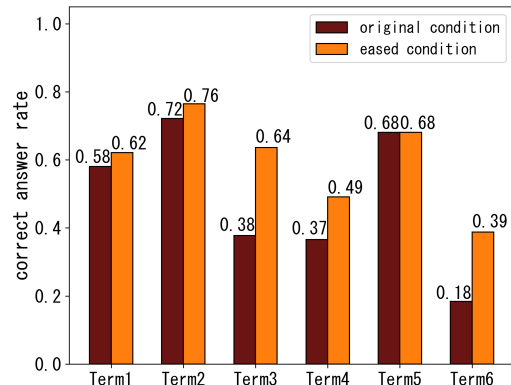


図 8: 実験 2 におけるタームごとの正答率 (1 ゲーム目) 赤が真の確率分布のみでの正答率

オレンジが変更後の正答基準での正答率

りの低減は、本来の乱数を不自然に操作する行為であり、意図せぬ深読みを招く恐れがある。

6.4.2 正答基準の緩和

6.1.2 項にて述べた改善策による影響を考察する。カリキュラム群における、各タームの 1 ゲーム目の正答率を図 8 に示す。赤の棒グラフは真の確率分布のみを正答とした際の正答率、オレンジの棒グラフは実験 2 で用いた正答判定における正答率である。ターム 3, 4, 6 のタームは、確率と強く関係するタームであり、正答率の基準を変更したことによって、高い正答率となっている。これにより、CPU を修了するための難易度が下がったと考える。

6.4.3 ヒントの増加

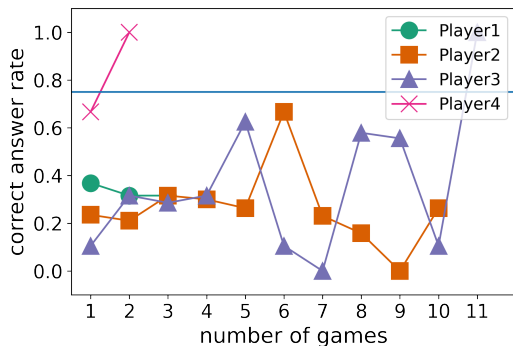
6.1.3 項にて述べた改善策による影響を考察する。図 9 に、実験 1 と実験 2 における、ターム 4 の CPU3 との対戦における各被験者の正答率の推移をプロットした図を示す。図中の青線はその CPU の閾値であり、図 9(b) に記された黒の実線と点線は、ヒントを追加で提示したゲームであることを意味する。

図 9 の (a) と (b) を比較すると、(b) のグラフは右肩上がりに正答率が上昇し、早々に閾値を超えて修了している。なお、閾値の変更や正答基準緩和など様々な要素が複合的に影響し、図に示す正答率の推移となっていると思われるが、3 回目と 4 回目の対戦から上昇していることから、少なからずヒントの影響はあるものと考えられる。

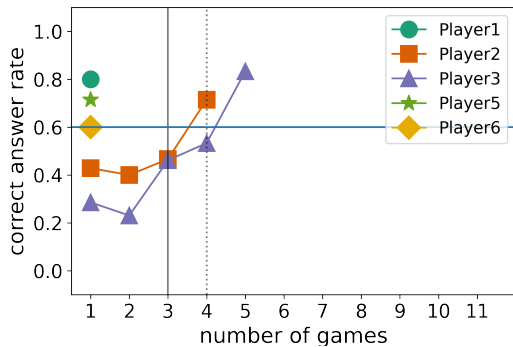
6.5 カリキュラムの完遂率に関して

様々な改善を踏まえ、実験 1 と実験 2 で、各 CPU に被験者が要したゲーム数をまとめたグラフを、図 10 に示す。横軸はカリキュラムの各 CPU、縦軸は終了までに要したゲーム数の平均、図 10 下部が実験 1、上部が実験 2 のデータとなっている。

実験 1 におけるカリキュラムの完遂者は 4 人中 0 人であり、実験 2 におけるカリキュラムの完遂者は 6 人中 4 人であった。実験 2 において、複数の CPU を削除する変更を



(a) 実験 1 における各被験者の正答率推移



(b) 実験 2 における各被験者の正答率推移

図 9: 同一の CPU に関する各被験者の正答率推移

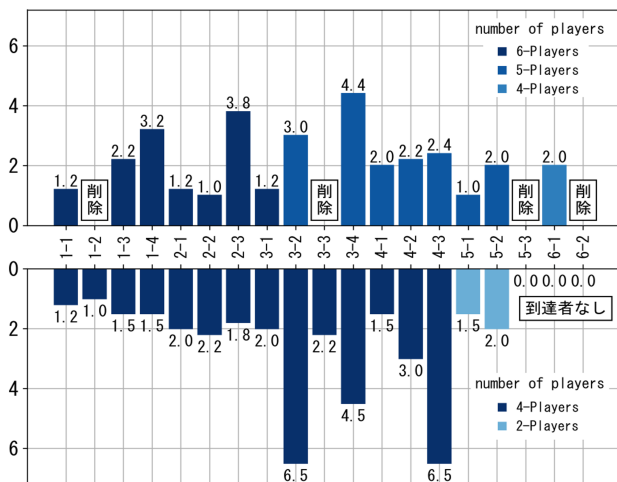


図 10: 実験 1 の修了までの平均ゲーム数 (グラフ下) と実験 2 の修了までの平均ゲーム数 (グラフ上)

行っているため、実際の対戦数で完遂できたかを判断する場合には、実験 1 は 4 人中 2 人が完遂したと言える。実験 2 では様々な改善を行ったことにより、カリキュラムをスムーズに進行させることができたことから完遂率が増加したと考える。

7. おわりに

本研究では、格闘ゲームにおける読み合いの理解に関する初心者支援として、格闘ゲームの読み合いを体験できるゲームと、そのゲーム上で行うカリキュラムを作成した。

カリキュラムでは、ルールベースの対戦相手や対戦順の設定、ヒントの設定などを行った。

作成したカリキュラムに関して、有効性を検証するため、複数群による比較実験を二度実施した。実験 1 においては、カリキュラムを時間内に終了した被験者が居なかったことに加え、テストの結果や主観的評価なども低く、全体的に悪い結果となった。

実験 1 を通じて得られた複数の改善すべき点に対して変更を行い、再度カリキュラムの有効性を検証する被験者実験を行った。実験 2 においては、群内のバラつきが大きく、有意差はみられなかった。バラつきに関しては、日本語の得手不得手が関係しているのではないかと考えた。定量的な結果では有意差はみられなかったが、主観的評価においては実験 1 と比較し、大幅に向上した。

今後の展望として、提示しているヒントを、平易な文言の使用や日英併記などの改善を行い、日本語の得手不得手に左右されないカリキュラムを実現する。また、カリキュラム群と対人群を対戦させるなど、テスト用 CPU 以外でカリキュラムの有効性を検証する実験を行う必要がある。さらに、今回作成したカリキュラムは、主に「読み」を重点的に行うようなものとなっている。そこで、カリキュラムを通じて得られた学習者の手の選択データなどをもとに、学習者をモデル化し、そのモデルにつけ込むような対戦相手を用意することができれば、より充実した「読み合い」の学習が見込めると考える。

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] 2021 年の国内 e スポーツ市場規模は 78.4 億円 11 月刊行予定の「日本 e スポーツ白書 2022」の内容を先行公開. (アクセス 2023/02/04), <https://jesu.or.jp/contents/news/news-221026/>
- [2] 酒見真, Hsueh Chu-Hsuan, 池田心. 格闘ゲーム初心者の為の読み合い理解支援システム, 第 27 回ゲームプログラミングワークショップ (GPW), pp.227-234, (2022).
- [3] 福田翼, 中村栄太, 糸山克寿, 吉井和佳. 楽譜簡略化と自動補完伴奏によるピアノ演奏練習支援システム. Technical Report 21, 京都大学, feb 2017.
- [4] 高橋竜太郎, 池田心. 連鎖構成力向上のためのぶよぶよの問題作成. 情報処理学会研究報告, 2018.
- [5] G. Polya (1954) 『いかにして問題をとくか』 柿内賢信訳, 丸善.
- [6] 中尾桂子, 森下淳也. 語彙の重要度に基づく文構造自動書き換えシステム - 「やさしい日本語」への変換による読解支援 -. じんもんこん 2008 論文集, 第 2008 巻, pp. 133-140, dec 2008.
- [7] 及川大志. テトリスにおける t-spin 構成力向上のための問題生成. Master's thesis, 北陸先端科学技術大学院大学.