

Title	ゲームの主目的達成を意図しない人間らしい行動の分類と模倣
Author(s)	中川, 絢太
Citation	
Issue Date	2017-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/14157
Rights	
Description	Supervisor:池田 心, 情報科学研究科, 修士

修士論文

ゲームの主目的達成を意図しない人間らしい行動の分類と
模倣

1510037

中川 絢太

主指導教員 池田 心
審査委員主査 池田 心
審査委員 飯田 弘之
審査委員 長谷川 忍

北陸先端科学技術大学院大学

情報科学研究科

2017年2月

概要

将棋や囲碁，チェスに代表されるボードゲームにおいてコンピュータ AI が人間のプロ棋士に勝利し，人間の強さを上回り始めている．ビデオゲームにおいても同様で，2014 年に DeepMind Technologies が発表した Deep Q-Network (DQN) では，49 種類のゲーム中 43 種類で従来のゲーム AI が獲得していた得点を上回り，29 のゲームではプロゲーマと同等またはそれ以上のスコアを記録した．このため強さに関するゲーム AI 研究の目的はある程度達成され一つの節目を迎えたといえる．近年のゲーム研究では人間を楽しませるための研究が目立つ．特に，人間らしいゲーム AI についての関心は高まっている．

人間らしいゲーム AI とは人間らしく“見える”ゲーム AI のことである．人間らしさを構成する要因として様々なものが挙げられる．例えば，棋風やプレイスタイルといったものを感じることができる，一貫した意図がプレイから感じられる，プレイヤーが考えている感情を読み取ることができるなどである．また，人間の反応速度を超えた動きで攻撃や回避行動を取らないなども人間らしさの為に求められる．

我々は，人間同士のプレイでは“ゲームの主目的に一直線には繋がらない行動”が多く観察できることに着目した．格闘ゲームにおいて「相手の攻撃が当たらない距離から弱パンチを繰り返し対戦相手を挑発」する行動，アクションゲームにおいて「アイテムが落ちている場所でジャンプを繰り返し仲間にその存在を教える」といった行動が行動例として挙げられる．これらの行動は，様々なゲームで人間が頻繁に確認されているがゲームの主目的達成のみを追求する AI では生まれにくい挙動である．また，ゲームの主目的達成を意図しないゲーム内行動について着目した研究はまだ少なく，人間らしい AI の実現には意図の有無にかかわらず現れるゲーム内行動についての議論も必要だと考えている．

本論では「ゲーム内でゲームの主目的を直接達成しない行動」を“ゲーム内非主目的行動”と定義したうえで，様々なジャンルのゲームで見られる行動事例を収集し分析を試みた．収集した行動事例は 30 タイトル 45 種類に及び，今後 AI プレイヤとして利用しやすくするため収集した行動を“催促”，“挑発”，“挨拶”などの目的に応じた計 7 種類に分類を行った．そのうえで，例示した行動が発生する条件や，AI による再現法などについて考察することで人間らしいゲーム AI の実装指針となるものを用意した．

我々は人間プレイヤーによるゲーム内非主目的行動を収集・分類・考察するだけでなく，それらをコンピュータプレイヤーに再現させることを試みた．多くのものについては，人間プレイヤーの行動の直接的な模倣（教師あり学習）や，人間プレイヤー相手の強化学習などが有望と考えられる．一方で“催促”や“警告”などのように「ゲームの主目的達成に間接的に関係する協調的な行動」であれば AI 同士の学習で創発される可能性がある．

本研究では“ゲーム内行動による情報伝達”が AI 同士の学習で創発されることを確認するため，協調追跡問題上で強化学習による実験を行った．2 つのエージェントは，お互いの位置は分かるが敵の位置は分からないという条件で探索を行い，最終的には獲物の周囲に両方のエージェントが来なければならない．この結果，獲物を先に発見したエージェントが反復移動など「探索に不要な行動」を行う事でもう一方のエージェントに情報伝達を行うという行動が学習されることが確認できた．

目次

第1章	はじめに	1
第2章	行動の分類と人間らしさ	3
2.1	人間が行う行動の分類	3
2.2	関連研究:人間らしい Bot の競技会	5
2.3	関連研究:ゲーム外に付随するコミュニケーションについて	6
2.4	関連研究:余剰自由度とゲーミフィケーション	7
2.5	関連研究:MUD に関する研究調査	8
第3章	ゲーム内非主目的行動の分類	9
3.1	注意・警告	11
3.2	催促	13
3.3	挑発・舐めプレイ	15
3.4	謝罪・挨拶	17
3.5	共感・悪戯	18
3.6	魅せプレイ	20
3.7	自己満足(好奇心・縛りプレイ・創作・その他)	21
第4章	ゲーム内非主目的行動の特徴	24
4.1	ゲーム内非主目的行動が現れる対象	25
4.1.1	敵プレイヤーに対して	25
4.1.2	味方プレイヤーに対して	25
4.1.3	敵・味方関係しない行動	26
4.1.4	1人プレイまたは観客がいる場合に現れる	27
4.2	ゲームの主目的に関係する度合い	28
4.2.1	主目的との関係が強い	28
4.2.2	主目的との関係が弱い	28
4.2.3	主目的との関係が無い	28
4.3	ゲーム内非主目的行動が現れる条件	30
4.3.1	プレイヤーが対象のゲームを十分に理解・習熟している	30
4.3.2	ゲーム内の情報がある程度開示されている	30
4.3.3	ゲーム内での時間的・空間的余裕がある	31
4.4	行動の獲得と価値	32

第 5 章	マルチエージェントシステム上での再現	34
5.1	提案環境	35
5.2	各エージェントの行動・学習アルゴリズム	36
第 6 章	協調行動創発の実験と評価	38
6.1	実験 1：視野の与える影響	38
6.2	実験 2：付加的情報の与える影響	41
6.3	実験 3：複数行動の組み合わせによる意志伝達の与える影響	43
第 7 章	おわりに	45

第1章 はじめに

将棋や囲碁，チェスなどに代表されるボードゲームにおいてゲーム AI の発展はめざましく，人間のトッププレイヤーに勝利しコンピュータが人間の強さを上回り始めている．チェスにおいては，1997 年に IBM の Deep Blue が世界チャンピオンを打ち破り，将棋においても将棋電王戦などでプロ棋士と互角以上の結果を残している．また，コンピュータ将棋の AI の実力は既に人間のトッププレイヤーの実力に追いついているとする分析結果が出ている [1]．囲碁においても，2000 年代後半にはモンテカルロ法の応用手法が開発されアマチュア高段者レベルにまで達していた．2016 年に Google DeepMind が発表した AlphaGo[2] の登場により世界トップクラスのプレイヤーを打ち破り人間の強さを上回る段階に到達した．ゲーム AI の強さが人間のトッププレイヤーを上回るのはボードゲームだけにとどまらず，ビデオゲームにおいても同様である．Google DeepMind が発表した Deep Q-Network(DQN) では，49 種類のゲーム中 43 種類で従来の人工知能による得点を上回り，29 のゲームではプロゲーマーと同等またはそれ以上のスコアを記録した [3, 4]．このような背景からより複雑な要素を持つビデオゲームにおいても人間の強さを越えるのは時間の問題であるとされ，ゲーム AI 研究の間で長年研究されてきた強さに関するものはある程度達成されつつある．

ゲーム研究の次の段階として，人間を楽しませるための研究も注目されている．特に，人間らしいゲーム AI についての関心は高い．Soni らは，人間らしさを感じさせる敵 AI と感じさせない敵 AI とを相手に対戦を行い比較した際，人間らしさを感じさせる AI との対戦の方がプレイヤーにとって，より楽しいものであると示している [6]．また，楽しさについての研究だけでなくゲーム AI の人間らしさを求めた研究も盛んに行われている．

例えば，池田らはコンピュータ囲碁の AI において，人間の初中級者を楽しませる接待碁を実現するための自然な手加減方法について検討を行っている．どのようなことをした時に対局相手が楽しいと感じるのかという相手モデルの獲得，相手に気づかれぬよう自然な着手で形勢の誘導を行い面白い対局やシーソーゲームになるような演出，はっきり悪手に見える手を打つべきでないなど不自然な着手の排除，多様な戦略を持たせること，投了のタイミングや思考時間が重要であるとしている [7]．藤井らは，ビデオゲームをプレイしているときに生じる，見間違いや疲れなどからくる操作ミス，人間の反応速度を考慮した入力遅延といった人間の生物学的制約を考慮した人間らしい AI エージェントの獲得方法についてを提案し，アンケートを用いた感性評価によって効果を確認している [8]．Sila らは，人間が状況に応じて感情が変化しプレイスタイルに影響がでることを再現するため複数の行動モデルを遷移させる仕組みを提案している．安全に移動する Safty Model，残り時間が短くなったため急いでゴールを目指すといった Hurry Model，コインを集め報酬や楽しさを得るために貪欲な行動を取る Greedy Model など複数の状態を用意している．それらの行動をゲームから与えられる情報を元にルールベースのハンドコーティングによって遷移する仕組みを構築し人間らしさを表現している [18]．

このように「ゲーム内」で「主目的達成を直接意図する」上で現れる行動についての研究は多くされている．一方で，人間が行う行動は「ゲーム内」だけにとどまらない．例えば，将棋や囲碁，チェスなどのボードゲームでは「相手の駒を指すペースが速くなった」とき相手の指す速度に呼応するように「自分の駒を指すペースも速くなる」というような場面が見受けられる．また，麻雀やポーカーのようなボードゲームでは人間が行う“ブラフ”や“ハッタリ”といった「ゲーム外」で行われるコミュニケーションが重要であ

る事が広く知られている。こうしたハツタリを行う戦略は AI の勝敗に深く関係している [9, 10] .

ボートゲームに限らずビデオゲームにおいても「ゲーム外」で行われるコミュニケーションが重要である。例えば、プロゲーマーの試合をはじめチームを組んで対戦するゲームでは素早い判断と協力プレイが必要とされるため「Skype」「TeamSpeak」「Mumble」といった外部ボイスチャットツールを使用し通話を行いながらゲームをするという人は多く見られる。また会話しながらゲームを楽しむのはチームで協力が必要なゲームだけにとどまらず、対戦格闘ゲームやパーティゲーム、レースゲームなどのあらゆるジャンルのゲームで同様にみられる。

以上のように「ゲーム内」で「主目的達成を直接意図する」上で現れる行動や、「ゲーム外」で行われる人間同士のコミュニケーションについてはある程度研究されている。しかし、人間らしさを議論する上ではこれらの要素だけでは不十分だと考える。なぜなら人間は「ゲーム内」で「主目的達成を直接意図しない」行動をとる場合があるためである。

例えば、FPS¹ では「銃などの武器を用いて敵を倒す」ことがゲーム本来の主目的である。しかし、プレイヤーによっては「銃弾を壁に撃ち込み浮かび上がる銃痕を用いて、文字や絵を描く」といったゲーム内で新しい楽しみ方を模索したり、レースゲームで優位に立っていたプレイヤーが「ゴール直前で立ち止まり、後方のプレイヤーが近づくのを待ちゴールする」ことで他プレイヤーに対して挑発を行うなどの行動が挙げられる。

このような「ゲーム内」で「主目的達成を直接意図しない」ときに現れる行動は、アクションゲーム、RPG²、MMO³、パズルゲームや、レーシングゲームなど非常に多くのゲームジャンルにおいて確認されている。この事実より、従来研究で多く見られていた「主目的達成を直接意図する」上で見られる人間らしさ以外に「ゲーム内」の「主目的達成を直接意図しない行動」から生まれる人間らしさに注目する必要があると考える。人間プレイヤーのみが行っていた行動を意図的に取り入れることで、より人間らしいゲーム AI 実現に近づくことを期待している。

こうした背景を踏まえ本研究では、より人間らしい AI を実現するためにはどうすればよいかという問いに対し、主目的達成を直接意図しない行動の模倣とゲーム AI での利用を提案する。我々は、「主目的達成を直接意図しないゲーム内行動」を“ゲーム内非主目的行動”と定義し、こうした行動の事例収集と目的に応じた分類を行う。分類を行う事で様々なジャンルを持つゲームで共通する要素を洗い出し、人間らしいゲーム AI を実現にするための手法について考察することができる。このような行動の多くはゲームの主目的を報酬に設定しただけの強化学習などの自己学習アルゴリズムでは生まれにくい行動でもあるが、催促・警告などゲームの利益に間接的に貢献しうる行動なら獲得可能性がある。本論文では、強化学習を用いて言語メッセージなどを交わさず行動で味方を促し意思疎通を図る AI プレイヤーの獲得を行う。

各章の構成と内容は次のようになっている。第 2 章では、本研究の対象領域と既存研究について述べる。第 3 章では、ゲーム内非主目的行動を計 7 種類の行動基準に基づき分類を行う。第 4 章では、ゲーム内非主目的行動がどのような場面で現れやすいのか、またそれを AI に獲得させることに可能性や価値があるのかを検討する。第 5 章では、行動で味方と意思疎通を図る AI プレイヤーを獲得するための実験について述べる。第 6 章では、5 章の実験で学習・評価された結果や、学習することで獲得された AI エージェントの行動について述べる。第 7 章は、本研究のまとめである。

¹First Person Shooter . 一人称視点シューティングゲームの一種で、ゲーム内のキャラクターから見た視界が表示され、画面中央に備えられた銃や武器を使って標的を攻撃するゲームである事が多い。

²Role-Playing Game . ゲームの仮想世界で戦士や冒険者といった役職を演じることに由来している。日本ではドラゴンクエストやファイナルファンタジーシリーズが有名である。

³Massively Multiplayer Online . 数百から数千のユーザが一つの空間を共有するような形態のゲームを指すことが多い。

第2章 行動の分類と人間らしさ

本章では、ゲーム中人間が行う行動を「ゲーム内行動かゲーム外行動かどうか」「主目的達成に直接繋がるか否か」という2つの項目に着目し計4つに分類する。この4つのうち1つが本論文で最も着目したい部分であるが、他の部分も含め2.2節以降関連研究を踏まえながら紹介する。

2.1 人間が行う行動の分類

本節では、ゲーム中人間が行う行動を「ゲームの内側か外側か」「主目的達成に直接繋がるか否か」という2つの項目に着目し計4つに分類する。

人間プレイヤーは、ゲーム内で「高スコアの獲得」や「ステージクリア」「敵を倒す」「陣地を占拠する」などのように「ゲームの主目的達成を直接意図する」行動をとりゲームを楽しんでいる。しかし、人間プレイヤーの人間らしさはゲーム外でも現れることが多い。例えば、一緒に遊ぶプレイヤーに感謝したり怒ったり、一人であっても身体を傾けたり感情をあらわにする。さらには、ゲーム内であっても、主目的達成には繋がらない行動が見られる。例えば、しゃがみ行動をお辞儀の代わりに使ったり、レースゲームでゴール寸前のところで止まり相手を挑発したりする。このように様々な人間らしさが別次元に存在している。議論を円滑に進める上で対象となる領域を定める。

- ゲーム内主目的行動
高いスコアを目指す、敵に倒されることなくゴールするといったゲーム本来の目的を達成する為に行われる。いわゆる通常のゲームプレイともいえるこの行動がゲーム内主目的行動である。
- ゲーム外主目的行動
ポーカーや麻雀のように、“表情”や“ハツタリ”のようなゲーム外のコミュニケーションや「Skype」「TeamSpeak」「Mumble」といった外部ボイスチャットツールなどを使用しプレイヤー同士が連絡を取りながら協力してゲームの目的を達成する、攻略本やインターネットの情報を検索しゲーム攻略を目指すなどがこのゲーム外主目的行動といえる。
- ゲーム内非主目的行動
「銃弾を壁に撃ち込み浮かび上がる銃痕を用いて、文字や絵を描く」といったゲーム内で新しい楽しみ方を模索したり、レースゲームで優位に立っていたプレイヤーが「ゴール直前で立ち止まり、後方のプレイヤーが近づくのを待ちゴールする」ことで他プレイヤーに対して行う挑発など、キャラクターの移動や攻撃をゲーム本来の目的とは違うやり方で用いて、他のプレイヤーに対して“催促”や“挑発”、“共感”などの感情や意図を伝える行動である。この時、ゲーム内チャットなど言語コミュニケーションを用いないもしくは、文字チャットと併用して現れる。本論の主たる対象行動である。
- ゲーム外非主目的行動
レースゲームなどでカーブする時、コントローラーや身体を一緒に傾けてしまう、相手プレイヤーに攻撃するときに「当たれ！」や攻撃されたときに「痛い！」といったゲームの内容に合わせて発せられ

る会話や発話，失敗した時に「あれ？」というように首を傾げる，ゲーム内 BGM に合わせて鼻歌を歌う，プレイに熱中するあまり相手プレイヤーに野次を飛ばす，悔しくて思わずゲーム筐体を叩いてしまふ（台パン）など枚挙に暇がないがこのようにゲームの内容に合わせて現れるゲーム外行動がゲーム外主目的行動である．

対象分野を整理すると以下の表になる．

表 2.1: ゲーム中の行動の 4 つの分類と本論対象分野

	主目的	非主目的
ゲーム内	(a) 通常プレイ	(b) 本論注目行動
ゲーム外	(c) ブラフ，ハツタリ，Skype，攻略情報	(d) 発話，プレイにつられて身体を傾ける

本研究で対象とする“ゲーム内非主目的行動”は，アクションゲーム，RPG，MMO，パズルゲームや，レーシングゲームなど非常に多くのゲームジャンルにおいて確認されている．従来研究で多く見られていた「ゲームの主目的を達成する」過程で見られる人間らしさだけでは不十分だと考える．我々は，人間プレイヤーが行ってきた“ゲーム内非主目的行動”を意図的に取り入れることがより人間らしいゲーム AI 実現に繋がると期待している．

2.2 節では，(a) を達成する上で現れる人間らしさについての関連研究を述べる．2.3 節では，(c) と (d) 双方に関連する研究について述べている．2.4 節では，(b) に関連する研究について述べている．紹介する論文内ではゲーミフィケーションの考え方を拡張し，ゲーム以外で別に設定した目的を達成するために「ゲーム内」で行う事のできる行動に関する内容が述べられている．2.5 節では，バーチャルコミュニケーション特有の匿名性ある状況下での非対面型コミュニケーションでもたらされる影響について考察している．これは (b) を含むゲーム内コミュニケーションについても得られる知見が多い．

2.2 関連研究:人間らしいBotの競技会

人間らしいAIが着目されている証左として、Botの人間らしさを競わせる競技会が定期的に行われていることが挙げられる。例えばFPSゲームのUnreal TournamentやアクションゲームのSuper Mario Brothersを題材として用いた競技会がある[11, 13]。こういった競技会では、審査員をテキストチャットなどで説得するなど「ゲーム外」の人間らしさは対象外となるため、ゲーム内で人間らしさを多面的に向上させる必要がある。

アクションゲームでは2012年のMario AI The Turing test trackにて、ニューラルネットワーク、Influence map, nearest neighbor法が参加AIの設計に用いられた[17]。またFPSゲームでは、戦闘とアイテム収集のState間を遷移するFinite State Machineの適用や、Behavior TreeとNeuro Evolution手法を組み合わせた適用などが報告されており、それぞれ競技会で上位にランクインしている。また過去に観察された人間の行動を学習データとし、ニューラルネットワークで得られた評価値に基づいてその行動させその行動に調整を加えたもの[16]や、対戦相手の反応を模倣しミラーリングを再現するbot[15]が、BotPrizeで行われたコンピュータゲームチューリングテストでそれぞれ52.2%, 51.9%という人間らしさを獲得し合格している[11, 12]。BotPrizeで実施されたコンピュータゲームチューリングテストでは「人間らしさの度合い」を、プレイヤー(人間またはbot)が人間であると判断された回数を判定が実施された回数の合計で定義する。しかし、AIプレイヤーと一緒にプレイしていた人間プレイヤーが「人間らしい」と評価された割合の平均は41.4%しかなく実験手法にいくつかの限界があることも示唆している[12]。

このように、ゲーム主目的の「人間らしい」達成行動は種々の機械学習で獲得されうる。人間の行動データがある場合には教師あり学習で、また行動データが利用できなくても設計に(人間を模した)偏りを与えたエージェントの強化学習による環境報酬最大化を通じて獲得された例がある[8]。

一方で本論で着目するような、対戦相手への挑発やチームメイトへの挨拶をゲーム内行動で代替するような挙動は、環境からの報酬をあてにした獲得は難しいと考えられる。適切な人間の行動データがあればその模倣によって達成される可能性はあるが、それらが利用できない場合には、挑発や挨拶といったゲームの直接的報酬に反映されにくい行動をエージェントが自発的に獲得しなければならない。一部のゲーム外非主目的行動には「無意味なうろつきの挙動を仲間への協力要請のサインとして用いる」ような、ゲームの主目的に間接的に貢献するものがあり、これは強化学習により創発が期待できる行動である。その創発のための実験例を4.4節で述べる。

2.3 関連研究:ゲーム外に付随するコミュニケーションについて

ゲーム外で行われる行動は様々なものがある．例えば，麻雀やポーカーのようなボードゲームでは人間が行う“ブラフ”や“ハッタリ”といったゲーム外で行われるコミュニケーション戦略は勝敗に関わるほど重要であることが知られている [9, 10]．ゲーム外で行われるコミュニケーションはなにも勝敗に関わるものだけではなく楽しさにも影響を与える

人間同士がゲームを行う際，プレイヤーがキャラクターの攻撃に合わせて「今だ!」「くらえ!」などといった掛け声を発することが知られている．白鳥らは格闘ゲームで AI がプレイしているキャラクターの行動に合わせて「ゲーム外」で相槌を打つという仮想の対戦プレイヤーを提案している [20]．この研究では，ゲーム中に行う人間の発話を「予期発話」「反応発話」「能動発話」「文章発話」の4つに分類している．「予期発話」は，攻撃などが成功しそう失敗しそうという状況を予期した時などに発せられる「うわっ」などの感嘆詞，「反応発話」は，実際に攻撃などの行動が完了した状況で発せられる「よっしゃ」などの発話，「能動発話」は，攻撃などを開始する段階で行われる「くらえ」などの命令調の動詞，「文章発話」は，膠着状態や，対戦終了後などに多く出現する感想といった長め発話としている．ゲーム内情報の取得は外部接続したキャプチャボードからゲーム画面を PC 上に取り込みゲーム画面を画像処理を施し，攻撃を開始した段階・成功失敗を予期した段階・完了した段階などに合わせて相槌音声を選択し流すという手法を提案している．

このようなゲームプレイに付随する発話や相槌やポーカーなどで見られる“ブラフ”や“ハッタリ”といった「ゲーム外」コミュニケーションがプレイヤーの楽しさに繋がっている．しかし，通常「ゲーム外」においての人間らしい行動は，新たなハードウェアの追加が必要である高コストで，我々の興味の対象でない．本研究では「ゲーム外」での行動は基本的に扱わず，「ゲーム内」の行動でコミュニケーションを図ることへの意義や可能性について述べる．

2.4 関連研究:余剰自由度とゲーミフィケーション

栗原は、プレイヤーは既存のゲームの余剰自由度に対し自主的に制約条件を加えゲームに新しい楽しさを見つけることが知られていると述べたうえで、初期装備のままパワーアップ無しでアクションゲームをクリアするといったプレイヤー行動などが挙げられている。こうしたゲームに存在するゆとりを余剰自由度とし、“既存のゲームの進行中にしばしば発生する、ゲームの主目的の最適な達成方法から離れたユーザの行動やゲーム要素の存在を許容する時間的空間的ゆとり”と定義している [21]。

栗原の論文内では語られていなかったが余剰自由度の低いゲームの例として、プレイヤーの行動が限られているものが挙げられる。将棋や囲碁といったボードゲームではプレイヤーが取ることのできる行動は「駒を指す」に限られている。またこれらのゲームでは一手で勝負の流れが決まるほどゲームの主目的に直結している。このようにゲーム内で取ることのできる行動の限られているものや、勝負と直結しているため行動の選択肢が狭いゲームは余剰自由度が低いと考えている。行動が限られているという例であればコマンド選択方式のゲームが挙げられる。ドラゴンクエストや、ファイナルファンタジー、ポケットモンスターシリーズなど日本のRPGゲームにおける戦闘で広く採用されているものである。

また、余剰自由度を用いたゲームプレイの様子は動画共有サイトなどでは定番のコンテンツの一つとなっており本来のゲームの目的外にプレイスキルを洗練させることや、新たに膨大な時間を費やしたパフォーマンス作品としての価値が付与されていることが論文内で示唆されている。そのためゲームAIも人間と同じように余剰自由度を用いてゲームを行うことで人間らしく価値のあるものになるのではないかと考えている。

2.5 関連研究:MUDに関する研究調査

ゲームのような環境が人間プレイヤー同士のコミュニケーションにどのような影響を与え、どのような現象が発生するかについては古くからいくつかの研究が行われている。70年代の終わりにMUD(Multi User Dimension)と呼ばれるテキストベースのゲームがあらわれた。プレイヤーはコマンドを入力して自分のキャラクタを行動させ、アイテムを探したり、偶然出くわした他のプレイヤーと会話をし、同じゲームを共有するプレイヤーと一緒にストーリーを作り出していく。このMUDを調査した研究では、バーチャルコミュニケーション特有の匿名性ある状況下で非対面型コミュニケーションにもたらされる影響について考察している [22]。

また Sempsey によれば、MUD 環境では、他のプレイヤーに対する誹謗中傷、PK¹ 行為、プレイヤーの性別によって異なる行動パターンの出現、自分の性別の偽証、言動などで複数のキャラクターの使い分け、参加者間の友情が芽生えるなどが確認されている [23]。また、Werry はこれらのゲーム内会話ログの解析を通して、チャット特有の言葉遣いがあることを明らかにしている [24]。

MUD 内で行われているプレイヤーの行動は現在多くのプレイヤーに広く遊ばれている MMORPG² の元祖とも言われており、このゲーム内で見られた行動は既存のゲームジャンルに当てはめてみても類似する点が多い。MUD 内でみられた行動に似た性質を持つ行動は多くのゲームで現れている。例示すると、他のプレイヤーに対する誹謗中傷を意味する言葉は行動とセットで語られる、PK 行為の後にはダンスモーションを加え倒した相手の感情をより逆撫でする、ゲーム内プレイヤーの性別になりきった言動やセットで現れるポーズなども存在するなどが挙げられる。

このように古くからビデオゲームは人間同士のバーチャルコミュニケーションを誘発するという側面を持ち合わせている。これはプレイヤー間の相互作用によって様々な意味を持つ行動が創発されてきたからだといえる。もし、人間同士で培われてきた行動を AI プレイヤーが理解し実践することができるようになれば、より人間らしいゲーム AI となりうるのではないかと考えている。

¹Player Killing, 明示的に敵味方でないプレイヤー間での殺害

²Massively Multiplayer Online Role-Playing Game . 多数のプレイヤーが同時にロールプレイングゲームをプレイする。MMORPG では多数のプレイヤーが同じフィールドでゲームをプレイするため必然的にプレイヤー間でのコミュニケーションが重要で、そのコミュニケーションを楽しむプレイヤーも少なくない。

第3章 ゲーム内非主目的行動の分類

人間プレイヤーは必ずしも「高スコアの獲得」や「ステージクリア」「敵を倒す」「陣地を占拠する」といった「ゲームの主目的の達成」のみを追求するわけではない。1人用ゲームでは「ゲームの主目的に反する行動」や「主目的と関係の無い行動」をとることもある。複数人ゲームでは、味方プレイヤーや相手プレイヤーに対して“警告”、“挑発”などのさまざまな行動が行われている。

“警告”などの動作は一般的には、ゲーム内で用意されているチャット機能や、プレイヤー同士が Skype などの外部ツールを用いて通話を行うなど「言語を介して行われる」のが一般的である。しかし「ゲームによってはチャット機能が存在しない」「チャットの文字を打つ手間の節約」など理由からゲーム内の行動を代用し意思疎通を図ろうとすることがある。

本章では、様々なゲームから収集した事例に“催促”、“挑発”など計7種類ラベル付けを行い、ゲーム内でプレイヤーが達成しようとする“ゲーム内非主目的行動”の大きな種類に基づき分類する。収集方法は、友人や SNS 上での聞き込み、インターネットで公開されているブログ記事や動画などから手作業で収集を行った。行動事例を収集する上で設けた基準は、ゲーム内で行われる行動の内容ができる限り被らないように配慮することである。例えば、「相手プレイヤーを挑発する意図をもって攻撃を繰り返す」といった行動が見られた場合、ゲームジャンルやタイトルが違う行動場合であっても発生することは十分考えられるため、近い属性を持つ二つのゲームで見られる行動はどちらか一つだけを収集タイトルに示している。行動事例の列挙するにあたり「行動の説明」「ゲームジャンル」「タイトル」と順番に記載している。

また、列挙した行動で略されているゲームジャンルの略称と詳細は以下のようにになっている。

表 3.1: 列挙した行動のゲームジャンル略称一覧

略称	正式名称	特徴
TCG	Trading Card Game	お互いのカードを収集交換して遊ぶゲーム
MMO	Massively Multiplayer Online	大人数が一度に同じ空間を共有して遊ぶタイプのゲーム
FPS	First Person Shooter	一人称視点で武器や素手などを用いて戦うアクションゲーム
RTS	Real-Time Strategy	リアルタイムに変化する状況に応じて戦略立てて進めるゲーム
MOBA	Multiplayer Online Battle Arena	キャラクターを操作し味方と協力して敵本拠地を破壊するゲーム

分類した行動は 3.1 節から順に“催促”、“挑発・舐めプレイ”、“謝罪・挨拶”、“注意・警告”、“魅せプレイ”、“共感・悪戯”、“自己満足(好奇心, 縛りプレイ, 創作, その他)”という順番で紹介している。これらの行動を紹介する順番はゲームの主目的達成に関わっている度合いに基づいている。

分類した行動を主目的との関係性の大きさを図にまとめると以下のようにになっている。



図 3.1: ゲーム内非主目的行動の分類と主目的との関係

3.1 注意・警告

本節では、「注意・警告」と分類した行動群について解説する。このグループでは、味方プレイヤーや中立プレイヤーに対する注意の呼びかけや警告的な意味合いで用いられる行動のことを扱う。この行動は早く味方に危険を知らせなければいけない場面でチャットなど言語を用いて伝える時間や余裕がない場合に広く用いられていることが多い。

声や音が警告音に似ていたり、目に見えて分かりやすいものがゲーム側で用意されていれば多くのプレイヤーが使うことが知られている。しかし、そのような行動が無い、使用キャラクターでは使うことが出来ないという状況であれば、何らかのアクションで伝えることになり他プレイヤーは状況から何を意味しているのか判断することになる。

注意・警告グループの行動は人間の行動ログを模倣する形での機械学習や、また人間プレイヤーを相手にとった環境下での強化学習ならば自ずと獲得される可能性がある。AI 同士のゲーム環境下の強化学習でも、ある無作為な行動パターンに対応して仲間 AI 達がたまたま慎重な行動をとり、それによってゲーム内報酬が偶然増大する事で、注意・警告の行動が徐々に創発される可能性があると考えられる。ただし、AI 同士で獲得された行動パターンが人間にとって意図の解釈が可能であるか等、問題になりそうな点も多い。とはいえこのグループの行動はゲームの主目的達成を大きく助ける事もあって、他グループと比べても、AI に獲得させて人間とのプレイに利用させる価値は高いと考える。

- 味方に対する脅威の警告

(1) . チーム戦で味方チームのメンバーが、不用意に敵に近づくなど「なぜその行動を取っているのかわからない場合」、文字チャットで警告することも可能である。しかし、多くのプレイヤーはゲーム側ではもともとは「敵の不在を知らせる意」で用意されている「？」の形をしたマークを危険な行動を取ったプレイヤーの近くで出す。文字チャットで「それは危険だと思うよ」などと書くのに比べ、?を出すことはずっと早く表現できることが利点であり、また?が「なんで？」という意味に解釈できることから、このような文化が根付いている (MOBA:League of Legends)

(2) . 銃撃ゲームで曲がり角の先に、敵のスナイパーを見つけると、すぐ引き返した後に付近の壁を銃で撃って仲間にその存在を知らせようとする事がある。この手のゲームではある場所を狙って銃を撃つことは高速かつ容易に実行でき、「危ない、敵がいる!」「止まれ!」などチャットで行うよりも効率的である。壁を銃で撃つこと自体には主目的を達成する上では全く価値がないので、ゲーム内行動を意思伝達に用いた典型的な例であると言える (FPS:Sudden Attack など) 図 3.2 参照。

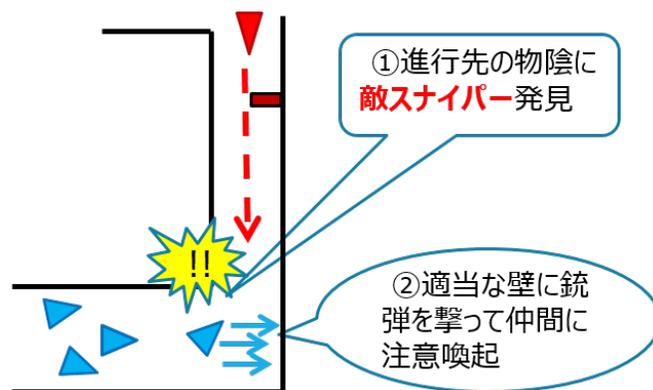


図 3.2: FPS ゲームで壁に銃を撃ち味方に警告を促す行動 (2)

- 行動に対する注意

〈3〉. 見知らぬプレイヤーが戦っているモンスターに突然参戦して攻撃する行為は「経験値やアイテムの権利に影響がでる」「一人で倒したい」「タイミングがずれて不利になる」などの理由から「横殴り」と呼ばれ、多くのオンラインゲームで迷惑行為として認識されており、狩場の占有を伝え「別の場所をお願いします」などの意思表示として攻撃アクションなどを用いることが知られている。また敵が落としたアイテムを横取りしているプレイヤーに対して「勝手に拾わないでください」と同様のアクションを用いることがある。(MMO:RED STONE など) 図 3.3 参照。

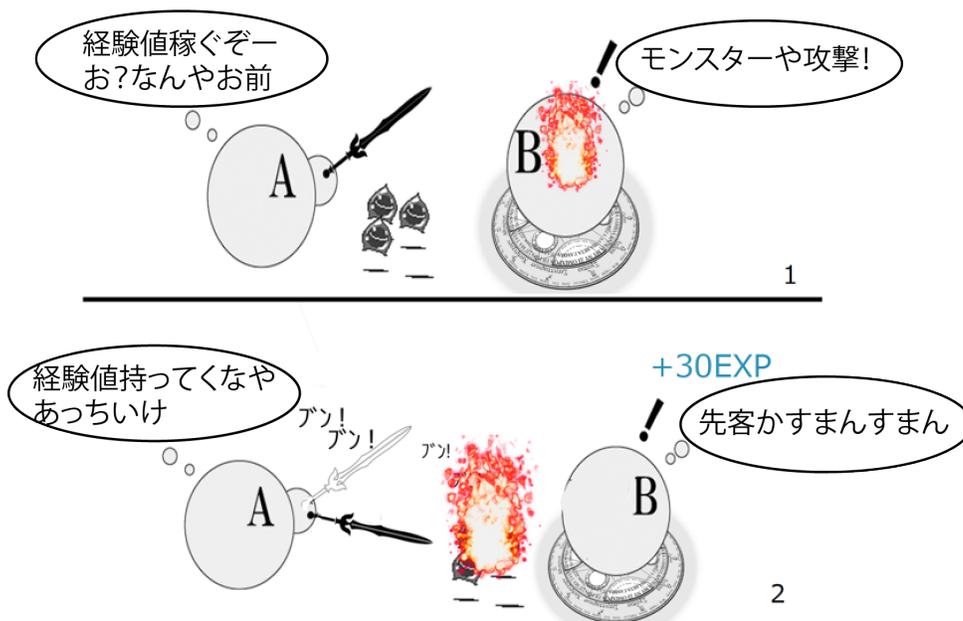


図 3.3: 攻撃アクションを用いて権利を主張している図〈3〉

ただし、ゲームの仕様によっては経験値などは「最初に攻撃した人のみ」になるため攻撃されても不利益に繋がらないゲームも存在する。この場合は、横殴りすることで早く倒せるケースもあり、注意警告するように見える行動であっても「手伝ってもらえませんか?」「助けてくれ」といった“催促”に近い意図から発せられているものである場合もある。このように似た状況の似た行動が全く違う意味で用いられることは面白くもあり親しくもある。

3.2 催促

本節では、「催促」というグループに含めたいいくつかの行動を解説する。対戦相手への「早く試合を始めよう」「早く降参をして欲しい」、味方プレイヤーに対しての「早く次の場所に行こう」といったプレイヤーが何らかの行動を催促していると考えられるものなどを集めた。

他のグループと同様、催促行動も「ゲーム外」「ゲーム内チャットなど正式コミュニケーションツール」を用いて行うことは可能である場合が多い。しかし、それらの利用が困難であったり、時間的余裕がなかったり、あるいはそれらを用いることが直接的過ぎる場合などにこの行動が発生する。催促グループの目的や種類は多岐に亘り、一括してAIでの学習可能性やAIが人間の催促を理解できるかについて述べることは難しい。以下の例の中にはルールベースで容易に表現できるものもあるが、理解については難しいと考えている。

- 行動を繰り返し行う事での催促

〈4〉. 他人にアイテムを渡すとき、地面にアイテムを置いた後その上でピョンピョンとジャンプを行うことで、相手にアイテムの存在を知らせる。味方プレイヤーに「ここにアイテムがあるよと教える」と同時に「早くアイテムを取ってください」という催促を行う（MMO：メイプルストーリーなど）図 3.4 参照。

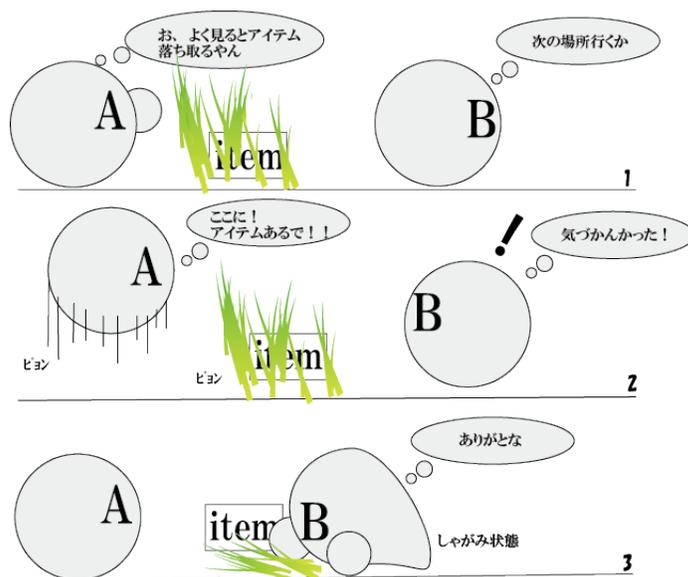


図 3.4: アイテムを見つけたプレイヤー A がプレイヤー B に促している様子。更に B がゲーム内アクションを用いて感謝している様子

〈5〉「早く次の目的地に行こう」という場合、味方プレイヤーの近くで攻撃（命中はしない）やジャンプ、その場でぐるぐる回ることがある。また、一緒に目的地に向かう道中移動速度の違いからプレイヤー間の距離が離れることがある。先に進んでいるプレイヤーは「早く追いついてくれ」という気持ちを込め、立ち止まるだけでなくジャンプや攻撃、小刻みに移動するなどして調整することがある（MMORPG: 黒い砂漠など）

- 本来の意味や用意された意図とは別の方法

〈6〉.一部のオンラインカードゲームでは対戦相手の思考時間が不快なほど長い場合、ゲーム内で用意されている「よろしくお願いします」や「そんな手が...」、「お強いんですね」などの定型文を連続で送り、本来の意味とは違う用法で相手に早く手を進めるようを促す。挑発とも捉えることができる行動である（TCG:Shadowverse など）

〈7〉.多くのゲームのインターネット対戦では、各プレイヤーが集まり準備・待機するための場所が用意されている。格闘ゲームの例であれば、対戦する準備ができたプレイヤーの横には「OK」や「準備完了」といったアイコンが表示される。プレイヤー全員の準備が整った段階でキャラクター選択などへ遷移するため、先に待機しているプレイヤーは「OK」というマークを付けたり消したりすることで相手に「早くして」という催促を行うことがある（格闘ゲーム:MELTY BLOOD Actress Again Current Code など）図 3.5 参照。

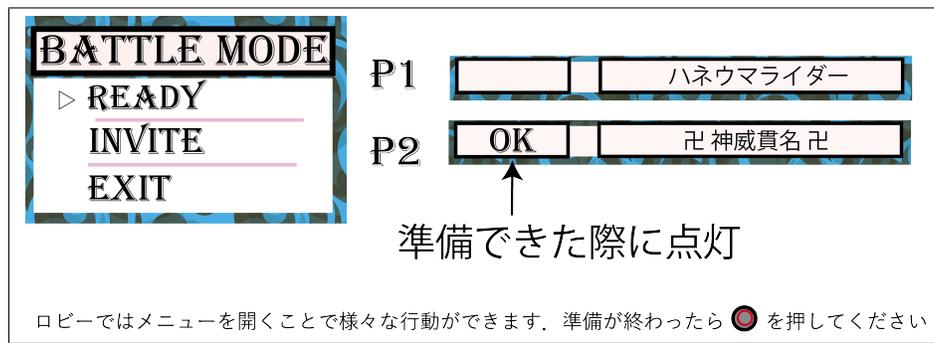


図 3.5: インターネット対戦ロビーイメージ図

ただし、この行動は「ゲーム内」でありながら、キャラクターを動かして対戦するという場面ではなくある意味「ゲーム外」の境界に位置づけられる行動でもある。

- 特定の場所で攻撃などを用いて促す

〈8〉.チームでダンジョンを攻略している時、早く目的に辿り着くために行くべき道を指示するなどの理由から、目的地に繋がる扉の前で武器を振り回したり、ボイス付きの必殺技を繰り出し味方を正しい道へと誘導する行動（MMO:アラド戦記など）

- 不利となる行動を取ることによる催促

〈9〉.囲碁では自分が有利な場面で、明らかに不利となる手（1-1 など）に打つことで、「自分はこの状況でこの手を打っても君に勝てる。この状況に早く気づいて投了してください」と相手に投了を促す行動である。囲碁では、投了の判断は自分するもので相手に対して投了を直接口頭で促すことは許されないとする人も少なからずいるため、明らかに不利となる手を打つことで相手に気付きを促す。（ボードゲーム:囲碁）

3.3 挑発・舐めプレイ

本節では「挑発・舐めプレイ」グループに含めた幾つかの行動に注目する。挑発行動や舐めプレイとは、相手より有利な状況にいるプレイヤーが悪意を持って手加減を加えたり、故意に不利益となる行動を取ることである。プレイヤーが一方向的にハンデ付ける行動はどのようなゲームでも手軽におこなえるため様々なゲームで行われている。プレイヤーの実力が拮抗している時よりもプレイヤー同士の実力差がある方が行動として現れやすいものの、同等の実力であっても試合ごとに優劣がハッキリしてしまった場合などにはしばしば生じる行動である。

行動をおこす動機の多くは自己満足だと考えられるが、相手をイライラさせることでミスを誘う、チーム対戦ゲームで自分が相手の攻撃対象となりおとり役となるなどの意味合いがあり間接的にはあるがゲームの主目的を間接的に達成することに役立つこともある。4.4節で詳しく述べるが、このような行動はゲームの主目的に直接的に関係しないため「AI 同士の強化学習」では創発されないが、「対人間での強化学習」では AI の取った行動が人間の思考を乱すなどして結果的に勝利につながった行動などがあれば創発される可能性がある。また、AI に再現させることで人間プレイヤーの満足度につながるかは疑問だが、人間らしいプレイといえる。

- 侮蔑的な行動をとる

〈10〉．既に倒した相手にさらに執拗に銃弾を撃ち込む．また相手プレイヤーの近くで「屈伸」と呼ばれている「しゃがむ」「立つ」を繰り返す、ジャンプ、ぐるぐる回るなどの行動を行うことで自分の勝ちを誇示する行動である（FPS:Call of Duty など）

〈11〉．勝負がつき次のラウンドへの遷移というわずかな時間で攻撃を繰り返し倒した相手に追撃を仕掛ける行動である。「死体殴り」や「死体蹴り」という言葉ができるほど多くのプレイヤーが行う行動である（格闘ゲーム：スーパーストリートファイター II など）

〈12〉．ゲームで用意されている設置式のアイテムなどを用いて、敵を倒した場所、敵の本拠地など敵が蘇る場所に墓標として設置する（MOBA:League of Legends）図 3.6 参照．

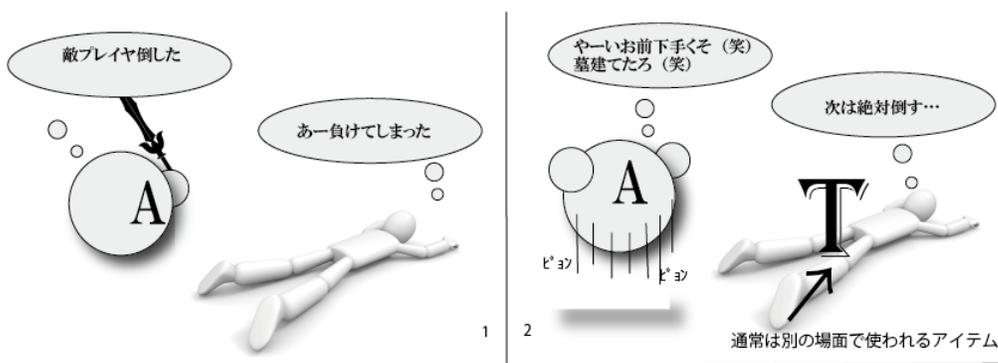


図 3.6: 倒した敵の周りでジャンプを繰り返したり、オブジェクトを倒した敵の上に置いている図

〈13〉．敵プレイヤーに対して有利になったプレイヤーが「ゴール直前で停止し、後方のプレイヤーが近づくのを待ってからゴール」することで自分の優位性を主張し挑発する（レースゲーム：マリオカート 64 など）

- 不利になる行動を取る

この行動群で効果的になることは、相手にとっても分かりやすい行動で「お前は劣っている。だから俺はこんな不利になる行動をとっても勝てる」というように相手が不利な状況にいることをハッキリと示すことが重要である。

〈14〉 残機とはゲームのプレイヤーがあとどれだけミスをしても許されるかを示す許容回数で、プレイヤーが倒された場合残機数が減っていく対戦ゲームにおいて、相手を先に倒し残機数で優位に立っているプレイヤーが優位を捨て残機を捨て相手と足並みを揃える行為である。もしくは、開始直後にわざと死ぬことで一方的にハンデをつけることで対戦相手に対して「手加減してやるから精々頑張れよ」と挑発する（対戦アクションゲーム：大乱闘スマッシュブラザーズなど）

〈15〉 複数の強い武器の選択肢があるなかで、わざと弱い武器（ショットガンやハンドガン）で戦いに臨むことでセルフハンデを加える（FPS:Sudden Attack など）

〈16〉 何ゲームか連戦し、一緒にプレイしているプレイヤー間で実力差がハッキリしている時などに現れやすい行動で「レース開始から数秒動かない」というセルフハンデを加え「ハンデを付けてやった。でもここからでもお前には勝てる」という意思表示である。この行動で相手プレイヤーは「お前だけには負けたくない」という気持ちが芽生え、自分より上手いプレイヤーそうじゃないプレイヤーとの勝負が拮抗したものになり場合によっては互いに楽しいものになる。ただし、この行動は多くの場合相手プレイヤーの気持ちを不愉快ものにするためあまり褒められた行動ではない（レースゲーム:マリオカート 64 など）

- 繰り返し同じ行動を取る

〈17〉 キャラクターの設定で「クッソ弱ええ!」「大丈夫ですか?」「うっわマジ痛そう」など特徴あるボイスを放つ技を持っているキャラクターを用い、繰り返し同じ技を使い喋らせ続けることで相手プレイヤーの神経を逆なでする行動が多々見られる。投げ技など拘束時間の長い技を敵が起き上がるタイミングで狙い何度も当てるなどの行動があげられる。

こういった行動は、プレイヤーの立ち回りや戦術がワンパターンになりがちなため、行動の対処方法を知っていればさほど脅威でもなく、ワンパターン攻撃を仕掛けているプレイヤーが不利となる行動である場合が多いため、対応できない方が悪いとする声もあるがあまり良いマナーの行動ではないとされている（格闘ゲーム：BLAZBLUE CHRONOPHANTASMA など）

〈18〉 相手の攻撃が当たらない距離で弱パンチなど隙が少なく素早く連続で出すことのできる技を繰り返し対戦相手を挑発し「オラオラ早く掛かって来い」というような意思表示、また場合によっては駆け引きに用いられる（格闘ゲーム：MELTY BLOOD Actress Again など）

〈12〉、〈13〉の行動のようにセルフハンデを加えることは後述する縛りプレイの一種の場合もあるが、プレイヤーに悪意や、何らかの意図が含まれている場合“挑発”と捉えられる。

この挑発行動として取り上げている行動の中には、上級プレイヤーと初級プレイヤーでは実力に差が出てしまうため上級プレイヤーが相手に気付かれにくい手加減として行っている場合が存在する。しかし、この手加減を快く思わないプレイヤーも存在し手加減を加えた本人の意図とは別の形で捉えられる場合も少なからず存在する。

3.4 謝罪・挨拶

本節では、「挨拶・謝罪」というグループに含まれる行動についていくつかの行動を解説する。「対戦よろしくお願いします」「対戦ありがとうございました」「お疲れ様です」「僕のミスで負けてが決まってしまうすみませんでした」といった、プレイヤーが対戦相手や味方に対して行う挨拶や謝罪をしていると考えられる行動を集めた。こうした「挨拶・謝罪」は人間同士と一緒にプレイしていれば自然に行われるゲーム外行動である。一方で、Skype などコミュニケーションツールやゲーム内チャットシステムを用いない遠隔のプレイであってもゲーム内行動で代用する場面が多々見られる。

この行動は人間同士が多々行うもののゲームの主目的に直接繋がらない行動であるため AI 同士の強化学習では現れない行動である。人間同士で行われる行動であるため人間の行動ログを用いた教師あり学習のようなものであれば学習される可能性がある。また人間がこのような行動を行った時 AI が理解し応答するには、ゲームジャンルごとで意図を汲みとる何らかの技術が必要であると考えている。

- 人間が実際に行う行動に似ている行動

敵の攻撃を避けるため用意されている「しゃがみ」行動が選択できる場合、それはしばしば意思疎通の手段として用いられる。

〈19〉. お辞儀や、土下座を彷彿とさせる「しゃがみ」や「下段攻撃」が謝罪やお礼の代替に使われることがある（対戦アクションゲーム：大乱闘スマッシュブラザーズなど）

〈20〉. パーティを組んだときに「しゃがみ」を一度ないし何度も繰り返し行っていたのであれば「よろしくお願いします」という挨拶的な意味合いで用いられる（対戦アクションゲーム：大乱闘スマッシュブラザーズなど）

〈21〉. 他プレイヤーがレベルアップの為に倒していた敵モンスターを横取りしてしまった場合にとられる「しゃがみ」「立つ」という行動を繰り返し行うことで、謝罪の意味を表していると考えられる。（MMO:メイプルストーリーなど）

〈22〉. 人間が、菓子折りをもって謝罪に向かうようにゲーム内で「しゃがみ」を行いながら「アイテムを床に置く」こともある（MMO:メイプルストーリーなど）

- 音による感謝の意

〈23〉. 格闘ゲームのネット対戦で同じ人と何度か連続対戦し「もう辞めたい」というとき、チャットなどの機能が無いゲームでは「お疲れ様でした」や「対戦ありがとうございました」などコミュニケーションを図ることができない場合は、キャラクターセレクト画面でキャンセルボタンを二回、三回押して音を出してから接続を切るといった文化が一部の対戦掲示板では暗黙的のマナーとして紹介されている。反応なく接続が切れると快く思わないプレイヤーが一定数いるためだと考えられる（対戦格闘ゲーム:東方非想天則など）

3.5 共感・悪戯

本節では「共感・悪戯」というグループに含まれる行動についていくつかの行動を解説する。共感とは、本来他者と喜怒哀楽などの感情を共有することを指す行動であるが、ゲーム体験や感情を共有するという意味で共感と呼ぶことにする。プレイヤーが他のプレイヤーから何らかのリアクションが返ってくることを期待して行う行動として扱う。また、味方プレイヤーに対する友好の意味や、一緒に楽しみたいという気持ちから味方プレイヤーをあえて意地悪、阻害する行動や、挑発的な行動を取ることがある。このような行動に悪意は含まれていないためいたずらとして記載する。

これらの行動は非常に人間的な行動で、ゲームを勝つためではなく楽しむために行うという意味では自然な行動ともいえる。教師あり学習や相手の行動を模倣するミラーリングといった手法を用いて表面上でのAIに真似させることはできるかもしれないが、本質的には「楽しさを報酬とするような強化学習」を用いなければこのような行動を再現することは難しいと考えられる。

- 相手の動きに答える動き

〈24〉 格闘ゲームなどでは、わざと当たらない位置でパンチを連打していると、相手も同じようにパンチを繰り返して独特のおかしな雰囲気を楽しむ。また攻撃だけでなく、ジャンプでも同様にみられる。(格闘ゲーム: スーパーストリートファイター II など)

〈25〉 協力プレイでダメージが出ないが、味方プレイヤーに攻撃を繰り返す。またその攻撃に対して味方プレイヤーも攻撃を返す(アクションゲーム: PSO2 など) Fig. 3.7 参照。

〈26〉 立ち止まっている他プレイヤーや、NPC を押し出し別の場所に動かし楽しむ悪戯が存在する(アクションゲーム: PSO2 など)

- 他プレイヤーと揃える

〈27〉 相手と同じ装備もしくは色や形など見た目似ている装備で揃える(アクション: モンスターハンター F など)

〈28〉 同じポーズを取り記念写真ならぬスクリーンショットを取る(MMORPG: タルタロスオンラインなど)

〈29〉 インスタンスダンジョンと呼ばれる指定された人数しか参加できないダンジョンが存在し、一時期はボタン連打の取り合いになっていたが、自然と列が形成されビデオゲームにも関わらず列を作って順番を待つという奇妙な光景が出来上がった(MMO: FAINAL FANTASY XIV)

- 不利益な行動

味方プレイヤーの行動を阻害することで一緒にプレイしている人への愛情表現とする行動である。逆に、一緒にプレイしている人に対する純粋な嫌がらせという意味合いが含まれている場合もある。

〈30〉 味方プレイヤーにダメージを与えることが出来ないため、味方プレイヤーが対象としている敵に覆いかぶさることで、クリックミスなどを誘い行動を阻害する動きが見られる(アクション: League of Legends など)

〈31〉 通常攻撃では味方にダメージを与えることが出来ない。しかしアイテムを用いてわざと味方プレイヤーにダメージを与える行動をとり一緒にプレイしているという実感を得る(アクション: モンスターハンター F など)

〈32〉 味方プレイヤーを踏みつける、進行方向に立ちふさがる、味方に敵モンスターや敵プレイヤーの攻撃が当たるに行動する(アクション: TowerFall など)

〈33〉.大量の敵を集めて引き連れて、まとめて倒す。もしくはその大量の敵を他のプレイヤーになすりつける。この行動はMMORPGなどでは「ルート」と呼ばれる行動に当たる（hack/slash:Hammerwatch）

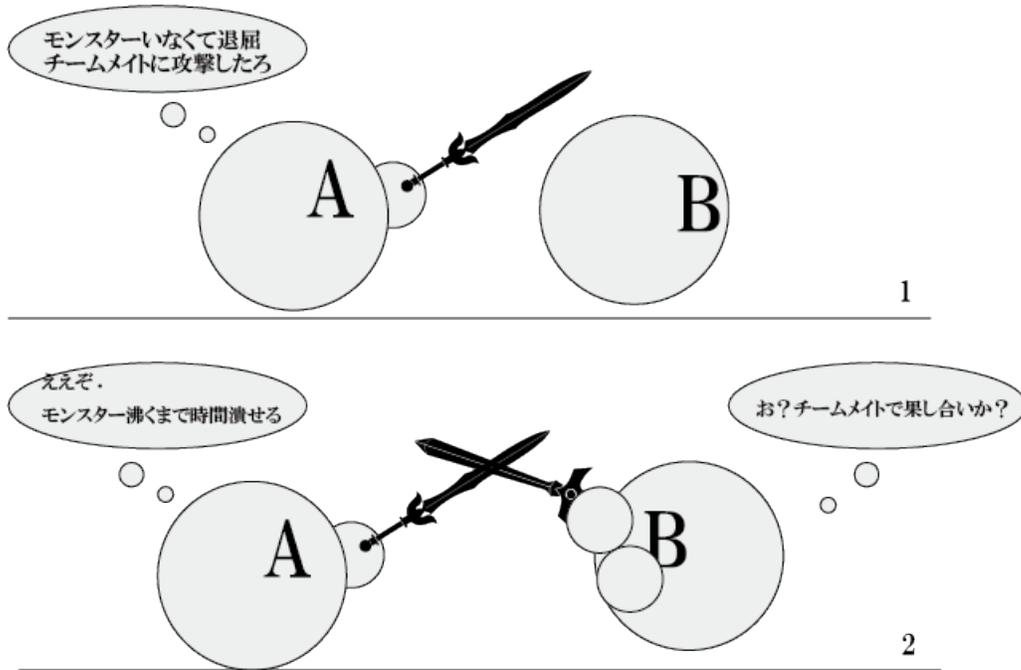


図 3.7: 協力プレイでダメージは出ないが、味方プレイヤーに攻撃を繰り返す。またその攻撃に対して味方プレイヤーも攻撃を返す図

3.6 魅せプレイ

本節では「魅せプレイ」というグループに含まれる行動についていくつかの行動を解説する。魅せプレイとは、本来ゲームを進める上では過剰となる攻撃や、効率よりも見た目を重視したプレイをすることである。例えば、「あと弱パンチ一発で倒せる体力だけど最後の一撃はカッコよく必殺技で決めたい」といった欲求からくる行動である。相手の立場から考えると挑発と捉えられる場合もあるが、プレイしている本人がいたって真面目に取り組んでいる場合は魅せプレイなどと呼ばれる場合が多い。また、対戦する相手が人間プレイヤーであれば挑発と捉えられる行動であっても、コンピュータ AI が相手であれば魅せプレイと呼ばれることがある。

AI プレイヤにこれらの行動を取らせると、強い AI である事を解りやすく印象付ける効果があったり、勝負の決め方が派手になる事で人間プレイヤーの感動が増す効果があるのではないかと期待できる。さらには敵 AI が操る敵キャラクタ間になんらかの「キャラ付け」がそれにより可能になる。人によっては、そうしたいちいち派手な行動パターンの相手 AI に不愉快を感じる可能性はあるものの、そのような有用性から AI での再現に価値があると考えられる。

魅せプレイには多くの種類があるためその魅せプレイにあった再現方法を取ることが必要だと考える。「最後は必殺技で決着をつけたい」というような行動を AI プレイヤで再現させるためには、AI 同士の強化学習で、勝負終盤で強い技を繰り出すことに対する報酬を大きく設定するなど生まれやすくなる可能性がある。

- あえて困難な行動で相手を攻撃する

〈34〉．格闘ゲームでは、魅せコンボと呼ばれるコンボが存在する。魅せコンボとは、難易度の割にダメージが伸びないものや、技を出すコストが高い（ゲージ燃費が劣る）が「エフェクトが格好いいため」そのコンボを選択するという行動である（3D 格闘「Fate/Staynight」など）

- あえて困難な行動で敵の攻撃を回避する

〈35〉．敵の攻撃をタイミングよくコマンド入力を行う事で「ブロッキング」と呼ばれるシステムが存在する。このシステムを利用すれば、ノーダメージで敵の攻撃を捌き、即時に反撃が可能となる。しかし、発動条件が厳しく失敗時には隙が生じ、ほぼ確実にダメージを食らうリスクもある。つまり、技量に自信がなければ避けるべき行動である。あるプロゲーマーは世界レベルの大会準決勝で、このブロッキングを連続で決め勝利し会場を沸かせた（格闘ゲーム：ストリートファイター III など）

3.7 自己満足（好奇心・縛りプレイ・創作・その他）

本節では、「自己満足」というグループに含まれる行動についていくつかの行動を解説する。主に一人でも現れる行動で分類してきたどの行動にも属さないものをまとめている。縛りプレイとは、プレイヤーがゲームから課せられている制限以外に、「低レベルでクリア」や「特定の道具を禁止」、「ノーダメージクリア」というような制限を独自に設定して楽しむものである。「ゲーム内最弱の装備でクリアを目指す」や「特定の時間以内でクリア」なども縛りプレイの一種である。縛りプレイは、自己満足のほか、新しいゲームスタイルや戦術の発見に用いられる。

創作とは、比較的余剰自由度の高いゲームで見られる。オブジェクトを移動させ自分好みのステージを作成したり、オブジェクトに手を加え絵や文字を描く行動である。また、ゲームで用意されているステージ作成機能などを用いてゲームのステージで他の目的を達成するものなどが挙げられる。主に一人で行う行動であるが一緒にプレイしている不特定の誰かに見てもらうことを目的としているものも存在する。

魅せプレイと同様に、自己満足を表す行動は多くの種類があるためそれぞれの行動にあった再現方法を選択することを必要だと考える。縛りプレイで「ダメージを受けないでクリア」、「装備を制限してクリア」などというように特殊な制約条件を加えてるのであれば強化学習などゲームによっては学習することは可能であると考えられる。しかし、それ以外の行動はプレイヤーの行動ログからなる機械学習でもしかしたら学習できるかもしれない。確実に再現させたいのであればヒューリスティックに作り込む必要があると考えている。

- 好奇心

〈36〉．通常のプレイでは行くことが困難な場所に行こうとする．とにかく高い場所に登ろうとする傾向にある（RPG:The Elder scroll V Skyrim など）

〈37〉．女性キャラクターの胸を執拗に揺らそうとする．もしくはスカートの中が見えるような位置にカメラを動かす．（ステルスゲーム:METAL GEAR SOLID 3 など）

- 創作

〈38〉．論理回路や、計算機システムをゲーム内で用意されているオブジェクトや仕組みを利用して疑似的に作成する（アクション：スーパーマリオメーカー）図 3.8 参照．

約 1,110 件 (0.31 秒)

【今週の技術革新】マリオメーカー-計算機が「10進数表示」「ルート2の近似値 ...



nlab.itmedia.co.jp/nl/articles/1510/26/news128.html ▼

2015/10/26

さぁやってまいりました、計算機シミュレーターこと「スーパーマリオメーカー」のお時間です。今回は「45桁の入力」「1画面結果表示」「繰り返し ...

【論理演算】マリオメーカー(こ「3+3=6」を計算させてみた - YouTube



<https://www.youtube.com/watch?v=bpgiUUFY73g> ▼

2015/09/26 - アップロード元: out of survice

改良版を投稿しました！ → <https://youtu.be/QXRyRfarRbk> こんには、out of survice(アウトオブサービス ...

マリオメーカー-計算機で171億(略)+171億(略)の結果を表示して ... - niconico



www.nicovideo.jp ▶ ニコニコ動画 ▶ ゲーム ▼

2015/10/16

【34bit】マリオメーカー-計算機で171億(略)+171億(略)の結果を表示してみた [ゲーム] ID:6F78-0000-00AB-2CE6技 ...

【64bit】マリオメーカー-計算機64で1844京+1844京を計算してみた ...



<https://www.youtube.com/watch?v=AQ4d6h-dAm4> ▼

2015/10/28 - アップロード元: ぼんぼん太郎

コースID:9047-0000-00BA-33B4 前回34bitの計算結果を表示可能な計算機(sm27383127)を発表した ...

マリオメーカーで32bit計算機 - YouTube



<https://www.youtube.com/watch?v=x01FSCEjTlc>

2015/10/08 - アップロード元: ぼんぼん太郎

コースID:47AD-0000-0095-E43D 加算器の原理をマリオメーカーで再現してふたつの32bitの数の和の入出力出来るよう ...

図 3.8: Google 検索において”スーパーマリオメーカー-計算機”で動画検索をした結果 (2017-02-08)

(39) . FPS ゲームなどではリアリティを表現するため壁に銃弾を撃ち込むと銃痕が残るようになって いるゲームが多く存在する . その残った銃痕で絵や文字を描くプレイヤは少なからず存在する (FPS : Call of Duty など)

● 縛りプレイ : 主目的のすり替え

(40) . 住みやすい街を作るというのがゲーム本来の目的であるがあえて住みにくい街などを作る . (シミュレーション:シムシティ)

このような行動はゲームからの報酬が得られない行動であるが、インターネット等にプレイしている様子をアップロードすることで一定数の視聴者を獲得している様子が見られる . 関連研究でも述べたが、ゲームプレイの様子は動画共有サイトなどでは定番のコンテンツの一つとなっており他者やコミュニティと共有することによって「パフォーマンス作品」としての価値がより顕著になるとして いる . この例はその顕著な行動の一つであるといえる .

- 縛りプレイ：ゲームのバランスを調整する行動
 - 〈41〉「使用する武器や技を予め決めておきその攻撃だけでクリア」や「HP は常に 1 に保って攻略」、
 などのように自らゲームの主目的を達成する上でのルールを決めてそのルールにのっとりプレイする。
 (アクション：バイオハザードなど)
- 無意識に行ってしまう行動
 - 〈42〉音楽に合わせてあらわる譜面に対応したボタンを押すゲームがある。音楽が始まる前や、譜面
 が流れてくるまでの待ち時間や、譜面が流れ終わり画面が切り替わるまでの時間にボタンを連打する。
 (音楽:beatmaniaIIDX など)
 - 〈43〉オブジェクトが落ちるまでに回転させることができるが、どこに落とすか考えるときにひたす
 ら回して考える。(落ちものパズル：テトリス、ぷよぷよなど)
 - 〈44〉片方のプレイヤーが死ぬ直前に「ぐるぐるとオブジェクトを回す」ことで死ぬまでの時間を稼
 ぐことができる。負ける直前に何らかの行動を取ることで悔しさなどを表現することは様々なゲーム
 でみられる(落ちものパズル：ぷよぷよ)
 - 〈45〉ホラーゲームなどでお化けが出てきた瞬間ビックリして画面やキャラクターをあらぬ方向に動
 かしてしまう。必要以上に敵キャラクターに攻撃を繰り返す(ホラーゲーム：零-zero-)
 - 〈46〉他プレイヤーがゴールする直前、勝負を諦めたプレイヤーは右や左にハンドルを切る、カーブでも
 ない場所でドリフトする、コースからはみだす、崖から落ちる、海や池に落ちる、爆弾やバナナナド
 オブジェクトにぶつかりに行くなどの行動がみられる(レースゲーム：マリオカート)

第4章 ゲーム内非主目的行動の特徴

前章では、様々なゲームで見られる「ゲーム内非主目的行動」をその目的別に列挙した。本章では、「敵に対する行動なのか味方に対する行動なのか、敵味方区別なく現れる行動なのか」「ゲームの主目的にどの程度関係するのか」などの条件で改めて分類し、「発生しやすい条件」「ゲーム AI として実装可能なのか、またその価値があるのか」について考察する。

4.1 ゲーム内非主目的行動が現れる対象

3章で分類した行動は、「敵プレイヤーに対する行動」と「味方プレイヤーに対する行動」、「どちらにも属さない行動」という見方で分けることもできる。また「敵味方関係なくあらわれる行動」というものも存在した。我々は、これらの行動がどのようなタイミングで現れ、それに伴う影響、AIでやらせることの難しさ、そしてAI同士で学習を行ったとき、どのように発生するのかについて考察する。

4.1.1 敵プレイヤーに対して

敵プレイヤーに行う行動には、3章の“挑発”、“共感”、“催促”、“魅せプレイ”が見られ、“注意・警告”、“自己満足”といった行動は今回集めた事例では見られなかった。

敵プレイヤーに対して行う“共感”は、敵に対する“挑発”や、敵を意識せずに行っていた“自己満足”など別の目的で行った行動が誤解されて発生する場合が多い。例えば〈18〉のように「早くかかってこい」とパンチを連打して“挑発”していたところ、敵プレイヤーも同じようにパンチを繰り返すことで“共感”に似た独特の空気がプレイヤー間で生まれることが挙げられる。また、FPSゲームで銃痕を用いて一人で壁に文字を書いていたところ他プレイヤーも一緒になって書き始めたなどが例として挙げられる。結果として、一緒にプレイしている人たちの間で楽しいという気持ちを共有することに繋がってはいる。しかし、「相手プレイヤーに与える行動の意図は正しく伝わるとは限らない」ということを示唆している。AI実装する際は注意する必要があると考えている。

また、敵プレイヤーに対して行われる“挑発”は、チームもしくはプレイヤーが有利な状況でなければあまり見られないのに対し、“共感”や“催促”といった行動はゲーム開始時、拮抗した状況、敵が居ない場合など場面に関係なく〈5〉のように確認することができる。また囲碁などで見られる〈9〉のように圧倒的優勢な状況下で投了を促すこともしばしば見られる。このことから敵プレイヤーに対して見られる“共感”や“催促”は、“挑発”とは異なり「緊迫した状況」ではなくプレイヤーに精神的余裕があり、“共感”や“催促”といった行動がゲーム内の状況を一変させるリスクがない行動であればゲームの形勢などに左右されず現れると考えられる。AIプレイヤーがゲーム内行動で“挑発”、“催促”、“共感”をより自然な形で実現するには行動が現れそうな場面より詳細に特定し、場面にあった行動を選択し実行する必要があると考える。

4.1.2 味方プレイヤーに対して

味方プレイヤーに対して行われる行動には、3章の“警告”、“催促”の一部、“共感”の一部がこれに該当する。味方にプレイヤー対する行動では、“挑発”や“自己満足”があまり見られない行動である。味方プレイヤーに対して行う行動には以下の三種類の行動があると考えている。

- 伝達手段行動

自分だけが知りえる情報を味方に伝えることで、円滑にゲームの主目的を達成するためにとる行動である。〈4〉のように「アイテムの存在を知らせる場合」、〈5〉のように「次の目的地に向かう場合」、〈8〉のように「チームで協力してプレイしているとき正しい道を示す」。〈1〉や〈2〉のように「危険を味方に知らせる」行動である。このように、直接ゲームの主目的を達成するわけではないが、間接的にゲームの主目的を達成する手段となっている。このようにプレイヤー間で間接的には主目的達成につながる情報のやり取りは場合によってAI同士の学習でも創発される可能性がある。

- 妨害行為

〈31〉、〈32〉のように味方に攻撃することは戯れ合いの一種であると考えられる。「敵が現れるまでの時間」や「ステージクリアの画面遷移までの待機時間」の暇つぶし、「ゲームの難易度が簡単で退屈凌ぎに味方に攻撃し反応を伺う」などの動機が考えられる。このような行動は他プレイヤーと会話しながら現れることが多く「じゃれ合っているぞ」と言語を通して伝えることができる。しかし、味方の妨害を AI に行わせる場合には味方プレイヤーのモデル獲得などをし慎重に吟味する必要がある。プレイヤーによっては人間同士であってもふざけてプレイすることを極端に嫌う人や、「1度や2度までなら許せるけどそれ以上は厳しい」という声もある。また人間プレイヤーではなく AI プレイヤーが行うということでバグなどを疑われこちら側の意図が正しく伝わらないことも考えられる、こういった理由から AI に行わせるには危険な行為である。

- 同調的行為

味方と認識を共有し深くゲームを楽しもうとする行動である。〈27〉のように「チームメンバーで装備に統一感を持たせる」行動や、〈28〉のように「ギルドメンバーで集合写真を撮る」ことでメンバー同士の結束を固めるといった行為がこれに当たり、こういった集合写真のような画像は、ネットゲームを行い趣味で更新をしている個人ホームページや blog などでも多くみられコンテンツとしての役割を果たしている。また、〈24〉のように「アクションに対して何らかのアクションを返す」という行動も該当する。この三種の行動のうち同調的行為、妨害行為では効率良い行動することを前提とした AI 同士の学習では創発されないと考える。人間の行動ログなどを用いた機械学習でならば AI に獲得される可能性がある。

4.1.3 敵・味方関係しない行動

〈4〉のようにモンスターを倒したときにでるドロップアイテムの所有権を主張するときの例のように攻撃アクションを「アイテムを取らないでください」という意味で用いられることがある。ある程度ゲームを長く続けてきたプレイヤーであればゲームそれぞれに存在する気を付けた方がよいことや、マナーがあることを知る。しかし、初心者アイテムの所有権を主張したとしても「あの人なんであそこで攻撃してるんだろう？」と捉えられるだけで意図が伝わらない場合が多い。同様に、「対戦よろしくお願いします」、「お疲れ様でした」、「僕のミスで負けてしまい申し訳ありませんでした」というようなプレイヤー同士の挨拶や、対戦相手に対する敬意などを表す行動として「何度もしゃがむ」などの行動も少なからず見られるが、その行動の意図を知らなければ伝わらない。

このように人間同士がゲーム内アクションで“挨拶”や“謝罪”，権利を主張するような行動を表現するときに大切になることは、他プレイヤーがその行動の意図を察する必要があることである。これは知識としてそのような文化が存在するという事を知り理解していなければ成立しないものである。AI にこの文化を理解させ人間の行動の意図を汲み取り何らかの反応返すことができれば非常に人間らしい行動となり有益であると考えられる。

これらの行動を AI で再現を試みる場合、人間同士が多々行うもののゲーム主目的に直接繋がらない行動であるため AI 同士の強化学習で創発されることはまずない。人間同士で行われる行動であるため人間の行動ログを用いた教師あり学習や、人間を相手に行った強化学習であれば行動を獲得できる可能性はあるが、人間がこのような行動を行った時 AI が理解し応答するには、ゲームジャンルごとで意図を汲みとる何らかの技術が別途必要となると考えている。

4.1.4 1人プレイまたは観客がいる場合に現れる

集めた行動の中では主に“自己満足”がこの行動にあたる。(36)-(41)のようにその場限り空気を楽しむものからプレイしている様子を他者と共有する様子が見られる。多くの場合ゲームから「レアアイテム」や「ステータスの上昇」といった特別な報酬のようなものは与えられないためこういった行動は自己満足として消化される。しかし、“縛りプレイ”や“創作”の多くはインターネット上の動画共有サイトなどで共有されることで、他者やコミュニティと共有することによって「パフォーマンス作品」としての価値がより顕著になると栗原はしている [21]。

(44)、(46)のようにプレイヤーが負けが確定する直前に「ぶよを回し続け死ぬまでの時間を稼ぐ」「スリッパするバナナを意図して踏みに行く」などゲーム的にはあまり意味がない、マイナスとなる行動をとる悪あがき行動は、1人でゲームをプレイ時にはあまり現れない、対戦相手を認識している場合やゲームセンターで後ろに人が並んでいるなどゲーム画面を見ている人(観客)がいるかもしれないという状況で現れることが多い。

このような好悪同は悔しがっている時に現れることが多く、勝った相手に満足感を与える行動だといえる。AIプレイヤーにこのような人間らしさを導入するとは単調なAIを倒すだけでは得ることのできない感動を与えることが考えられるが、AIプレイヤーがやっている場合と人間プレイヤーがやっている場合では、相手に与える印象は変化するため人間にとっては「わざとらしい」と捉えられる可能性は否定できない。しかし、わざとらしく見える可能性を踏まえてお、AIプレイヤーが負けを認めた時の悪あがきや、人間が無意識に行ってしまう行動を導入することは非常に有益で一緒に遊んで人間らしいと感じるAIに繋がり、人間のゲーム体験をより豊かなものにするものであると考えている。

4.2 ゲームの主目的に関係する度合い

ゲームの主目的達成を目的としない行動であっても、間接的にゲームの主目的に関わるという行動がある。本節では、その行動を「主目的との関係が強い」、「主目的との関係が弱い」、「主目的との関係が無い」とし分類考察を行う。3章もこの強さの順で記述したが、それぞれ AI での再現方法に違いがあると考えられるため本節であらためてまとめる。

4.2.1 主目的との関係が強い

“ 催促 ”の一部，“ 警告 ”に分類される行動では、チーム対戦ゲームの勝利やスムーズな攻略のために行われるため、ゲームの主目的達成とかなり結びつきが強い。また、〈9〉の囲碁で見られる投了の催促も、部分的に損ではあるが勝ちを即座に達成しようとする行動であるともいえる。これらはゲームの主目的（勝利）に深く関わっているといえる。このような主目的達成に繋がる行動はゲームから得られる報酬（スコアやゲームを早く終わらせたなど）が増えるため AI 同士、人間相手の強化学習で学習される可能性がある。

〈13〉のようにレースのゴール直前でわざと停止する行動も、ある意味で主目的達成の可否に関係が強いが勝つ目的で行われるわけではない。同様に 1 人プレイの難度を上げる縛りプレイも主目的達成に深く関わっている行動であるが、これらの行動はゲームスコアや勝利といった通常の報酬を設定しただけの強化学習では再現されることは無い。

4.2.2 主目的との関係が弱い

主目的との関係が弱い行動は、挑発や催促の一部などで見られる。ゲーム AI に対しては奏功しないが、人間プレイヤーを精神的に掻き乱し間接的に勝利に繋がる可能性がある行動である。ポーカーの“ ブラフ ”や“ ハッタリ ”に近いと考えている。

主目的との関係が強い行動と違い、イライラしている人間のミスを誘うために行う 〈1〉-〈8〉のような行動が対象となる行動である。倒した相手に銃弾を撃ち込むことや、死んだ相手の近くでジャンプをするという行動は、小目的を達成した後に行われることがありその行動自体にあまり意味はなく相手プレイヤーにストレスを与えることでその後の試合展開にわずかながらに影響を与えることが考えられる。Riot Games は League of Legends の調査で「味方プレイヤーに対して悪口を言うプレイヤーがいる試合では、他の試合に比べ約 16%勝率が下がる」という結果をゲーム内にて発表している [25] 。

これらの行動は主目的との関係が弱いため AI が強化学習のような手法で自己学習する可能性は低いと考ええる。しかし、人間同士のプレイを模倣させることや、また偶然に挑発らしき動きを取った結果相手の人間プレイヤーが動揺して勝率を落とすような現象が低確率ながら起これば、学習される可能性はある。

4.2.3 主目的との関係が無い

主目的との関係が無い行動には、共感の一部、挨拶、謝罪、自己満足の一部などゲームの主目的に影響を与えない行動が該当する。〈37〉、〈38〉のように主目的とは関係の無い行動をプレイヤーが目的として設定し楽しむ行動や、〈16〉-〈20〉のような謝罪や挨拶という行動はプレイヤーはお互いに気持ちよくゲームを始めたり終わらせたりできるかもしれないが、ゲームの主目的の達成には関わらないと分類すべきだろう。このような行動は、目的を達成する上であまり必要のない行動であるため、AI 同士の学習でも学習されることはまずないと考えている。また、人間同士でも「所属するコミュニティによって挨拶に使うアクションが違っ

ている」, そもそも挨拶行動というものが「インターネット掲示板でのローカルルールで一般プレイヤーにそのような文化が浸透していない場合」, 「共感を求めた行動であったが攻撃と捉えられた」などのケースも考えられるため, 意図が正しく伝わらない恐れがあり扱いが難しい行動である。以上の理由から, 人間相手の学習であっても AI に創発させることが困難もしくは危険ではないかと考えている。

4.3 ゲーム内非主目的行動が現れる条件

本章では、「ゲーム内非主目的行動」がどのような条件が揃ったときに出現しやすいのか考察を行う。前章までで述べた行動はどのような場面、どのような環境でも出現するわけではない。例えば、プレイヤーに精神的、ゲーム的に余裕が全く無い場合これらの行動は発生しがたいと考えている。このようにプレイヤーの精神的余裕、知識・技量、ビデオゲームの環境、一緒にプレイしている環境などの観点から考察を行う。

4.3.1 プレイヤーが対象のゲームを十分に理解・習熟している

ゲーム内非主目的行動で「自己表現を行う行動」、「他人に何かしらの意図を伝える行動」は多種多様なゲームでみられる。しかし、そのゲームや似たゲームを通じて必要最低限の知識が無ければ伝わらない行動が少なからず存在する。

〈10〉のような「倒した相手の近くでぐるぐる回る」という動きの意図をゲーム初級者が汲み取ることは難しい。しかし、プレイヤーがゲームに慣れゲーム内文化に対する理解が深くなれば自然とプレイヤーの意図を察することができる。例えば「どのようなタイミングで現れている行動なのか」や「他プレイヤーの行動から受ける印象」を知ること、この行動には「敵を倒して喜んでいる」、「プレイヤーが倒したことをアピールしている」といった意図が含まれる行動だと理解できるようになる。

ゲーム初級者は一般的に、与えられた目的そのものや、局所的・短期的あるいは単純な行動しか理解できない。これが熟達するにつれ、最終目的に達成する為に必要なサブゴールや、大域的・長期的・メタな行動を理解実践できるようになる。例えば、〈1〉のような次に行く場所を指示する行動や、「このゲームには隠し扉があり、発見して見つけると有利に進めることができる」ことを知らない初級者は「このへんに隠し扉があるはずだから探そう」という意図の上級者が行う何らかの行動の意味を理解することなく、ダンジョンの奥に進もうとするかもしれない。

これらのことから、プレイヤー間で知識や情報の共有がされていなければコミュニケーションを意図した行動であっても正しく相手に伝わることは無いと考えられる。また、自然な AI プレイヤーを目指しこのようなゲーム内非主目的行動を利用する場合、対象となる相手プレイヤーの文化に合わせた行動を選択する必要性があるのではないかと考えている。もしこれらの行動をルールベースで記述する場合、対象となるゲームルールなどに詳しく、そのジャンルのゲーム文化に関する知識を持つ人が手作業で行う必要があり手間である。

4.3.2 ゲーム内の情報がある程度開示されている

情報の開示の程度が低いゲームではコンピュータが隠れて何らかの不正行為(ズル)をすることができるが、全て開示されているのであればそれは難しい。情報が開示されていないということは、他プレイヤーに自分の行動を理解させることが難しいということでもある。例えば麻雀のような不完全情報ゲームでは、手加減としてわざと不利になるようなドラ切りや、相手の待ち牌だと予測される牌を切ったとしても、手加減した悪い手なのか、戦略的にありうる手なのか判断することは難しい。このように限られた情報では、他人からはその手加減などの意図を理解することは困難であるため「ゲーム内非主目的行動」は現れにくい、また現れたとしても理解されづらいのではないかと考えている。

情報が明確に開示されているという点では、格闘ゲームのように体力・制限時間・必殺技ゲージという情報が全て開示されているようなゲームでは「ゲーム内非主目的行動」の意図が理解されやすいと考えている。例えば、相手プレイヤーの体力は満タンで自分はあと一撃ダメージが入ると負けてしまう場面で、「さっきまで猛攻が続いていたのにピタリと止んだ」、「反撃せず自分の攻撃を避けるのに徹している」のような行動が見られるようになれば、相手プレイヤーは“舐めプレイ”をしていると気付くことができる。

しかし、情報が不明瞭だからと言ってこれらの行動が全く現れないわけではない。相手の動きなどから情報を推定することのできるからである。例えば、チームで戦うゲームで自分の視界が限られているようなゲームでは「さっきまで相手チームは強気に攻めてきていたのに、急に攻撃が緩くなった」という相手の行動があれば、プレイヤーは「なぜ攻撃が緩くなったのか」と考察し「相手チームが集まって一斉攻撃を仕掛けよう待ち伏せしている」、「相手チームは一度バラけて次の一手に繋がる行動を取り始めている」というようにプレイヤーが経験から情報を補完することができる。情報が補完することができれば、相手の攻撃を誘うために敵プレイヤーが良そうな場所の近くで“挑発”や、味方プレイヤーに「そのあたりに敵がいそうだから危ない！」などを伝えようとする行動が発生する余地はある。

4.3.3 ゲーム内での時間的・空間的余裕がある

ゲーム内非主目的行動が発生するかどうかには、ゲームにおけるプレイヤーに与えられた“余裕”が大きく影響する。主目的に繋がらない行動が全くとれないようなゲームでは、こういった行動は発生する余地がない。逆に「ゆっくりチャットを打つ時間はある」ようなゲームでは、「ゲーム内行動で即座に何らかの意図を伝える」ような行動が発生しにくい。本節では、これらの点を考察する。

ゲームに付随するゆとり

ゲームの選択肢に一定の自由度がある：時間的または行動選択肢的に余裕がないと、ゲームで行われる行動は全て「ゲームの主目的達成」のために制限される。例えば、人生ゲームや双六、囲碁や将棋などのボードゲーム、単に手番ごとの攻撃座標を情報として通信しあうだけのオンラインの海戦ゲームでは、行動に余計な意図を持たせるゆとりがほとんど存在しない。

ゲームに一定の時間的余裕がある：普段は一定の自由度があるゲームでも遊び方のスタイルによって自由度が制限されることがある。例えば RTA (Real Time Attack：最速のクリアタイムを競う楽しみ方で、かなりの部分で行動の制限を受ける) という遊び方のスタイルではゲームでとる行動は大部分が最速で攻略する為の「型」に沿ったもののみ制限される。

プレイヤーに一定の心理的余裕がある

プレイヤーの心理的ゆとりは重要である。「囲碁の緊迫した場面」や、「ぶよぶよの連鎖前の状況」、「RPGで敵に倒されると面倒なダンジョンの入り口からやり直しになる状況」などではプレイヤーが意図して“ゲーム内非主目的行動”というものは生じにくいと考えている。これはプレイヤーのとった行動がゲームの戦況を大きく左右し、余計な行動が容易に敗北に繋がるためである。

ただしこうした緊迫した状況は、その後にリラックスできる場面へ遷移した場合に緊張の落差でゲーム内非主目的行動が起きやすいのではないかと我々はいくつかの主観的な体験に基づき考える。例えば、強力な敵をチームが力を合わせて倒し終えたあとは、メンバーがめいめい好き勝手な行動をふざけて取りがちである。よって、より人間らしい AI にするためにはゲーム内非主目的行動を発生させるにふさわしい適切なタイミングも考慮の価値があると考えられる。

これらの余裕について、単に余裕は大きければゲーム内非主目的行動が発生しやすいわけではないことを特に強調しておきたい。例えばシステムにチャット機能が提供されていて、なおかつそのチャット機能を使って意思伝達するほどの時間的余裕があれば、プレイヤーはゲーム内非主目的行動ではなく、チャット機能で意思伝達する。そのため、もしもチャット機能があっても適度に時間が差し迫っているせいで代替行動で意思を表現する、あるいはチャット機能が提供されておらず行動で意思を伝えざるを得ないなどの一定の余裕の無さがこれらの行動の発生に繋がっている。

4.4 行動の獲得と価値

述べてきたように、人間はさまざまなゲーム内非主目的行動を行い、それが人間らしさを見る人に感じさせる一因ともなっている。そこで本節では、人間らしい AI を作るためにゲーム内非主目的行動を AI プレイヤにさせようと考えたときどのようにしたらよいのか、また本当にさせる価値があるのかについて考察する。

手法 A ハンドコーディング（ヒューリスティックに設定）

設計者がルールベースの if-then 文など用いてゲーム内の条件に応じて記述することで実現される手法である。設計者が対象ゲームのルールや文化に精通しているときのみ可能である。また、ゲームのルールや文化に変遷があった場合にはそれに合わせなければならない、開発・維持コストが高い。

手法 B 教師あり学習（人間プレイヤーのいる環境での学習）

人間の行動ログにより行動を獲得する手法である。十分に多くの人間の行動ログがあれば模倣可能だが、学習データを用意するなど学習コストは高い。挑発のような行動はコンピュータ同士の学習では発生しないが、コンピュータが人間を相手に学習出来れば自然に発生する可能性がある。

手法 C 創発的な自動獲得（コンピュータ同士での学習）

強化学習など、環境から報酬を受け取り創発する手法である。催促・挑発・警告など、ゲームの利益に間接的に貢献しうる行動なら獲得可能性がある。ただし、ゲーム内で人間が行う行動とは異なり創発された行動が人間にとって不自然な可能性もあるため、ただちに人間相手に使えるものになるとは限らない。

例えば、人間プレイヤーが「一緒に左方向に進みたい」のような意志を伝えたい場合「左方向に攻撃アクションを繰り返し行う」などのように他の人間プレイヤーにできる限り分かりやすいような行動を行う。しかし、AI 同士の学習で得られた行動が「上方向の攻撃アクション」のようなもので表現されている可能性があり、このような行動は人間プレイヤーには正しく意図が伝わらない行動である。つまり、AI 同士でないと理解しにくい行動が生まれる可能性があり、これでは現実の役に立たない。

続いて、ゲーム内非主目的行動の分類グループごとに、AI を実装した場合にはどんな価値や危険があるのかなどについてそれぞれ考察する。分類した行動に基づいて以下のような利益が期待される。

【警告・催促】敵からの脅威に対して行う警告や、味方に次の行動を促す催促のような行動では間接的に主目的の達成に役立つため、出す側受け取る側双方にメリットはある。しかし、文字チャットや通話といった言語を介さない分、行動の意図が正確に味方プレイヤーに伝わるとは限らない。意図を汲み取るためにはそのゲーム内での知識や、代用される行動の意味といったゲーム内文化のようなものをプレイヤー同士で共有している必要がある。

【挑発】人間プレイヤーが行うものと同様相手プレイヤー不愉快にするといった危険性をはらんでいるが、適切に加えることでプレイヤーにとって憎たらしいキャラクターとなり倒し甲斐が生まれる可能性もある。

【共感】主目的達成には役立ちにくいだが、人間プレイヤーに好まれる。人間プレイヤーの真似をするプレイはミラーリングとも呼ばれ FPS の bot 選手権などにおいても人間らしく見せる技術として有効であることが知られている [15]。

【魅せプレイ】高難度コンボなどをミスなく決めるといった行動は、人間に非人間的な印象を与えるリスクがあるものの、派手な技で勝負を決めようとするなど人間でも行う事があり AI にさせる価値はあると考える。加えてたまに失敗するなどの演出も可能だろう。

【挨拶・謝罪】警告などと同様に、プレイヤー行動で意図を汲み取る工夫は必要ではあるが、AI プレイヤにさせることでより友好的な印象を与えることが期待できる。

【自己満足】行動をうまく選別しなければわざとらしく見える可能性があり、あまり再現する価値は高くないかもしれない。しかし「自己満足とは何か」「ゲームを楽しむとは何か」といった意味での研究に繋がる可能性はある。

第5章 マルチエージェントシステム上での再現

本論で取り扱ってきたゲーム内非主目的行動の多くは報酬を設定しただけの強化学習のような自己学習アルゴリズムでは生まれにくい行動であるが、「アイテムの存在を知らせる場合」「次の目的に向かう際の指示」など自分だけが知りえる情報や作戦を味方プレイヤーに伝達するために使われ報酬を向上させる可能性があるものに関しては学習できる可能性がある。

本研究では、その例として AI 同士の強化学習を用いて言語メッセージなどを交わさず行動で味方に情報を伝達を図る AI プレイヤーの獲得を試みる。エージェントの行動獲得には、強化学習の一つである Q-Learning を用いている。本章では、AI で行動を学習させるにあたって設定した問題と学習に用いたアルゴリズムについて解説する。

5.1 提案環境

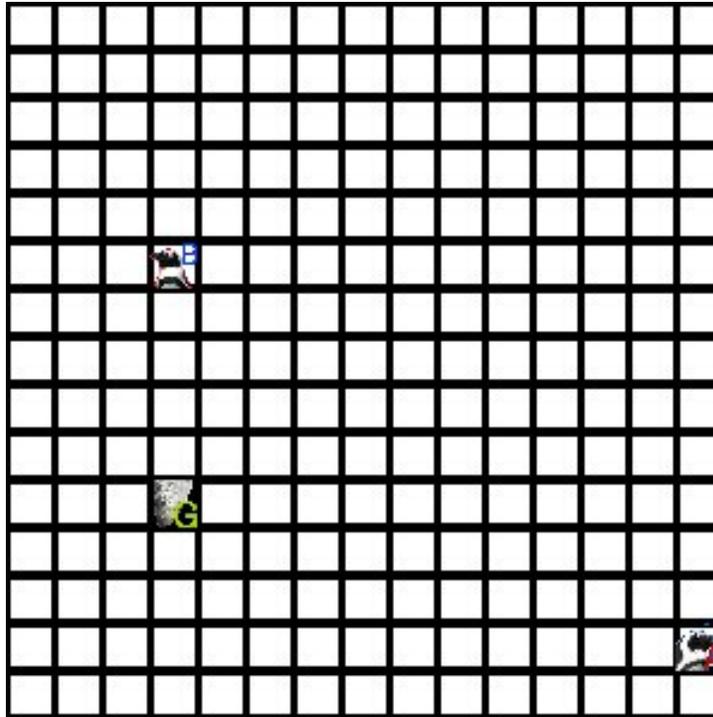


図 5.1: マルチエージェント追跡問題のイメージ画像

図 5.1 のような 2 体のエージェントで獲物を取り囲んで捕まえる問題を設定する．このような問題設定は古くからされており，プレデタープレイモデルあるいはマルチエージェント追跡問題と呼ばれている．本研究ではこの問題を題材を取り上げるものとする．

今回行った追跡問題の基本ルールは以下のようになっている．

基本ルール

- ・プレイヤーと獲物の初期位置はランダムで決定する．
- ・プレイヤーは獲物を取り囲むように行動し取り囲むことができればゲーム終了．
- ・取り囲むことが出来た場合にのみ報酬が与えられる．
- ・マップの大きさは 15×15 (トーラス：はみ出すと反対側から出現)．
- ・ターン制で行動する順番は，プレイヤー 1，プレイヤー 2 で固定．
- ・獲物は今回動かないものとする．
- ・プレイヤーは上下左右の 4 方向のみ移動可．
- ・獲物とプレイヤー，プレイヤーとプレイヤーは重なることができない．

5.2 各エージェントの行動・学習アルゴリズム

本節では、各エージェントが獲物を取り囲むための行動選択および学習法について述べる。

エージェントの行動獲得には、強化学習の一つである Q-Learning を用いている [19]。Q-Learning とは、あるエージェントの状態 s とその時取ることのできる行動 a に対してその行動の価値すなわち期待割引報酬を $Q(s, a)$ と書き、正しい $Q(s, a)$ の値を学習することで最適な行動 a^* を選択できるようにする方法である。正しい $Q(s, a)$ の値を決定する為に、ある状態 s のときに行動 a を取ったら結果として報酬 r が得られたなどを繰り返し試行錯誤することで、徐々に $Q(s, a)$ の更新を繰り返し正しい行動へ学習していく。

Q-Learning の更新式は以下のようにになっている。

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha(r_{t+1} + \gamma \text{MAX}_a Q(s_{t+1}, a) - Q(s_t, a_t)) \quad (5.1)$$

α は学習率を表している。 γ は割引率と呼ばれるもので、将来不確かな報酬を割り引いて現在価値と比較合算するためのパラメータである。

Q-Learning のアルゴリズムを以下に示す。

1. $Q(s, a)$ を 0 で初期化を行う。
2. 指定されたエピソードに到達するまで各エピソードに対し以下の処理を施し繰り返す:
 - (a) 獲物、プレイヤーの位置と状態 s を初期化
 - (b) エピソードの各ステップで以下の処理を施し繰り返す:
 - i. 現在の状態 s_t を取得。
 - ii. 状態 s_t から行動 a_t を取得。行動の取得は Q 値が最大となるものを選ぶが、学習時には ϵ -greedy 政策に基づいて、確率 ϵ でランダムな行動を選ぶ。
 - iii. 取得された a_t に基づいてプレイヤーを移動
 - iv. 移動したプレイヤーから状態 s_{t+1} を取得
 - v. $\text{MAX}_a Q(s_{t+1}, a_{t+1})$ を取得し、更新式に従い $Q(s_t, a_t)$ 値を更新する
 - (c) 獲物を取り囲むことができればステップを終了（もしくは探索打ち切り回数に到達）

- 獲物を取り囲むことができた時にのみ報酬 100 がプレイヤー 1 とプレイヤー 2 に入る。
取り囲むことができない場合は報酬は 0。つまり何も得られない。
- 総エピソード数 1 億回
- STEP 数 最大 2000 回（2000 回を超える場合そのエピソードは打ち切り次のエピソードに進む）
- 割引率 $\gamma = 0.8$
- 学習率 $0.1 \times \frac{1000000}{1000000 + \text{試行したエピソード数}}$
学習率は 0.1 から試行したエピソード数が増える度徐々に減衰し、1 億ゲーム目では約 0.001 まで減衰する。
- 経路選択手法 ϵ -greedy 法 $\epsilon = 0.1$

各エージェントに設定された状態 s は以下のものを考える．これらの状態を組合わせ行動の獲得を行う．

- E 自機と獲物の相対位置
自機を中心とした周囲 N マスの範囲内に獲物がいた場合その味方がいる場所の情報を自機から見た相対位置で持つ．状態数は $(2N + 1)^2$ 個ある．
- A 自機と味方の相対位置
自機を中心とした周囲 N マスの範囲内に味方がいた場合その獲物がある場所の情報を自機から見た相対位置で持つ．状態数は $(2N + 1)^2$ 個ある．
- T 獲物を視野内に捉えることのできなかつたターン数
視野内に獲物を収めることができなかった場合，その経過ターン数を数え保持する．
- H 味方の過去に行った行動
味方が行った過去の行動を保持している．本実験で用いたのは前回，前々回の行動である．状態数は 4^2 である．

状態 s にはそれぞれ，E，A，T，H とラベル付けを行い以後の実験名で用いる．それぞれのラベルの後ろには数字が付く．例えば E3 とあれば，敵に対する視野が自分の周囲 3 マスあることを示している．

第6章 協調行動創発の実験と評価

本章では、第5章で定義した環境および学習法を用いて、獲物を発見・捕獲するための学習を行う。このとき、各エージェントに与える状態特徴量を様々に変更することで、性能（捕獲成功率や平均ステップ数）や挙動にどのような変化が生じるのかを確認する。

6.1 実験1：視野の与える影響

5.2節で述べたように、本環境では「敵の位置に対する視野」と「味方の位置に対する視野」は別のものとして扱う。これは一見不自然かもしれないが、「獲物にだけカラーボール液がついている状態」であるとか、逆に「味方同士はお互いGPSで位置情報を共有している状態」を考えれば、さほど稀な状況とは言えない。

本節ではまず敵に対する視野 E が7、つまり 15×15 の範囲を見られて常に敵を見つけられる場合と、 E が3、つまり 7×7 の範囲しか見られない場合についてその学習結果を比較する。味方に対する視野 A は最低限の1とし、他の情報は与えない。なお、 $A=0$ とすると、「自分:味方:獲物」と一直線に並んだ状況において、味方がいない場合の最適行動である獲物に近づく（右に行く）という不可能行動を選択してしまい、いつまでも獲物に辿りつけないことが分かっている。 $A=1$ にすれば、獲物周辺での譲り合いが観察される。

図6.1は、“学習時”即ち ϵ -greedy 政策下での、捕獲までの平均手数 of 推移を表した学習曲線である。横軸対数グラフとなっているので注意されたい。 $E3$ の場合も、 $E7$ の場合も、エピソードを重ねることで到達手数を減らすことができていることが分かる。当然ながら $E7$ の場合のほうが収束は早く、最終的な手数も短い。 15×15 のトラス環境では獲物への距離は平均で7程度であるが、ランダムな行動が強制される分、平均で23ステップを要している。

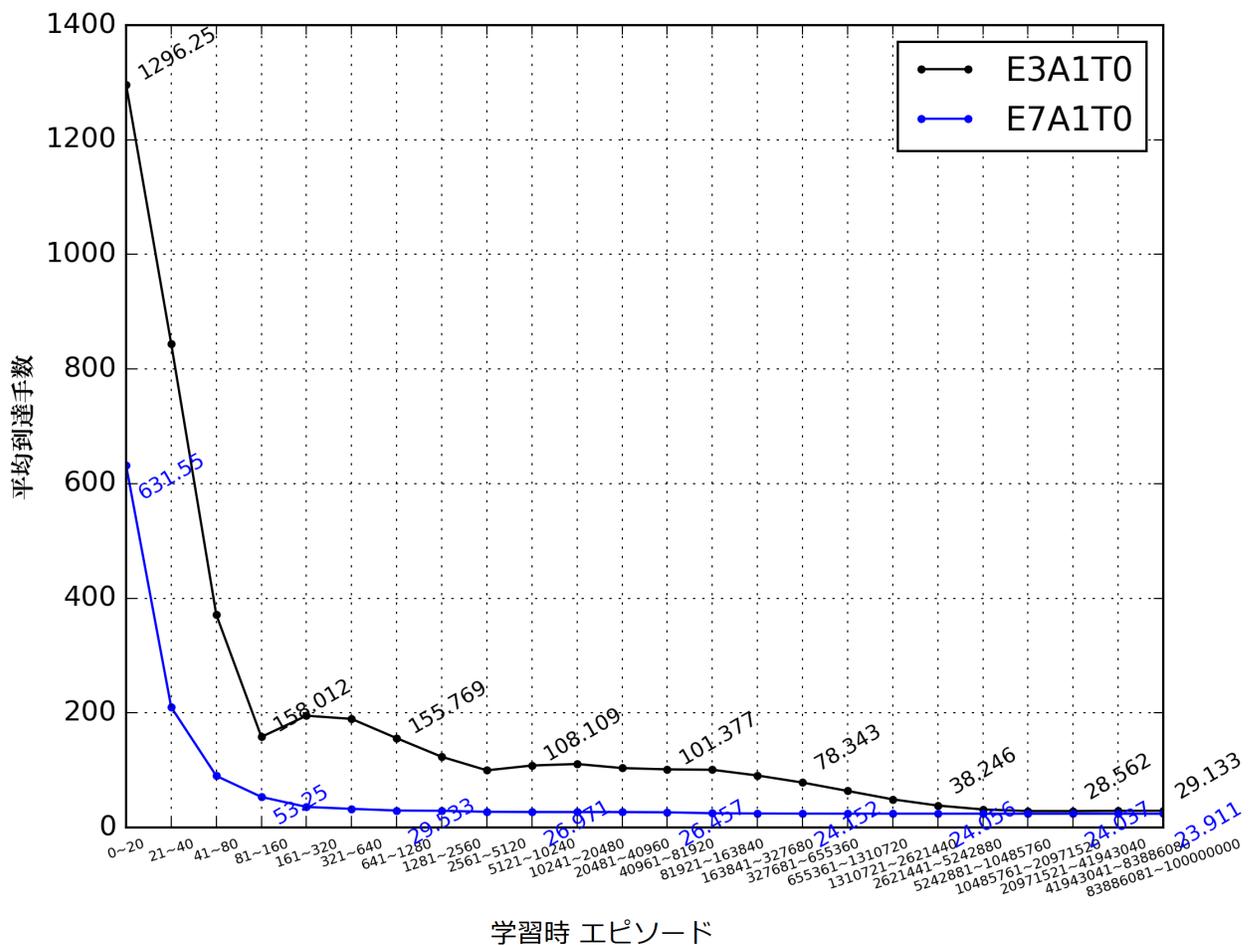


図 6.1: 実験 1 学習時の平均到達手数

一方で図 6.2 は、“評価時”即ち $\epsilon = 0$ とした場合に、捕獲に至らなかったエピソードの割合を示した学習曲線である。E7 の場合には学習につれて非捕獲率が下がり、最後には無視できるほどになっている。またこの場合には平均捕獲手数も 10 前後となることが分かっている。

これに比べ、E3 の場合は非捕獲率が殆ど下がらず、最終的にも 70 % を越えるような高い値となってしまう。これは、絶対座標も持たず敵も味方も見えていないような状態というのはエージェントにとっては「1 つの同じ状態」であるため、常に上なら上、右なら右という確定的な行動しか取ることが許されないからである。一方向にしか進めないエージェントが獲物を視野に収める確率は $7/15$ ほどであり、それが 2 エージェントいるのであるから、非捕獲率が $1 - (7/15)^2$ つまり 70 % を越える値になることは自然である。図 6.1 のように ϵ -greedy 政策下ではその摂動によって獲物を視野に収めることがたまたまできていたということである。

視野 E を 3 に限定するのであれば、この問題を解決するためには、“味方があそこを探しているのだから自分はこっちを探そう”であるとか、“10 歩上に進んでも見つからなかったから、今度は右に進もう”といった、付加的な情報を用いた政策が必要になる。そのような政策が獲得できるかどうかを、次節の実験で確認する。

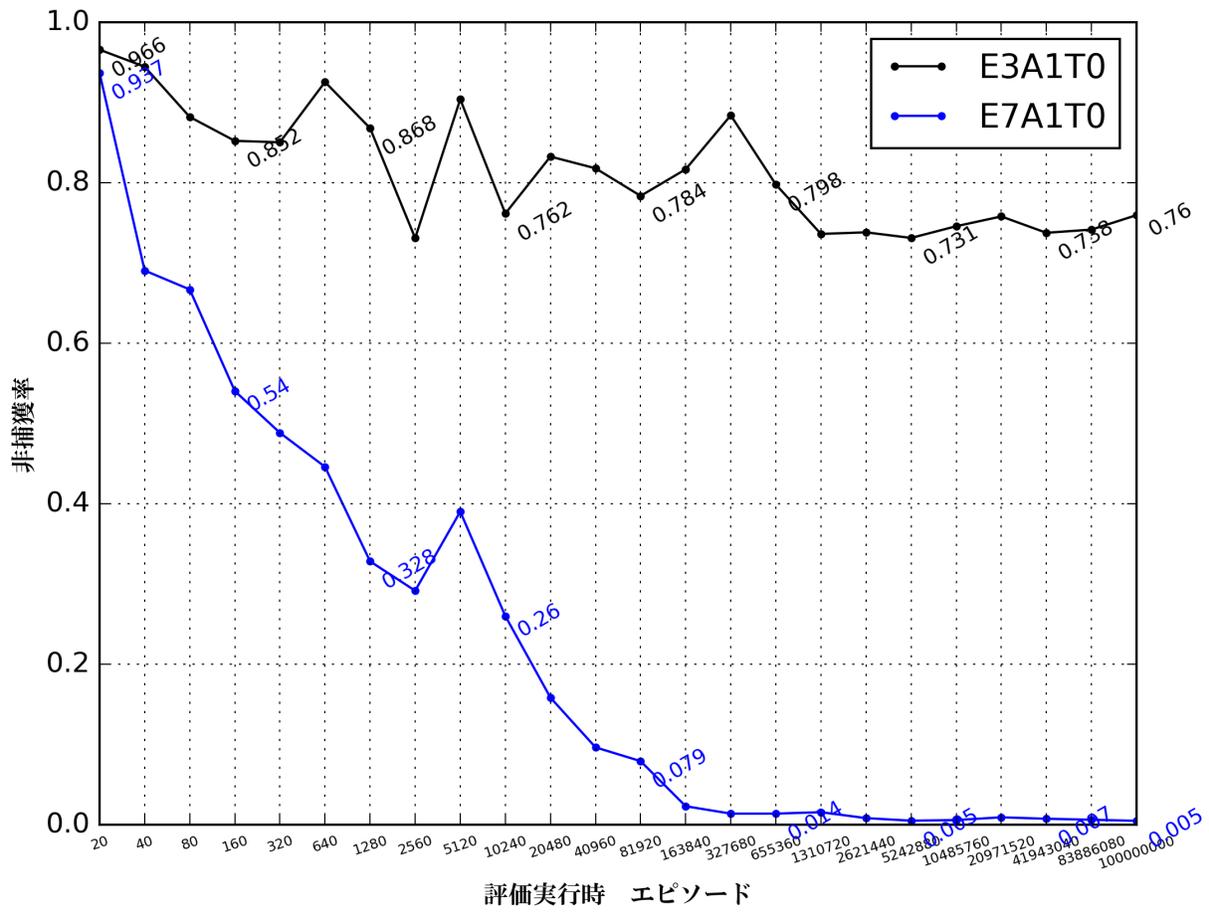


図 6.2: 実験 1 評価時の非捕獲率

6.2 実験 2：付加的情報の与える影響

前節で述べたように、視野が限定されており、かつ付加的な情報が何もない場合には、獲物を高確率で発見捕獲することは原理的に不可能である。そこで本節では、2段階でエージェントの状態特徴量を拡張した。一つめは $T=21$ すなわち「獲物が見つからないステップ数を 0 から 20 までカウントし、与える」というタイマーのような状態特徴量であり、もう一つは $A=7$ すなわち「味方の位置は完全に分かっている」というものである。

図 6.3 は、E3A1 のみの場合の再掲と、 $T21$ にした場合（青）、 $T21$ に加え $A7$ にした場合（赤）の、“評価時”即ち $\epsilon = 0$ の場合の非捕獲率を表した学習曲線である。どちらも非捕獲率が 30% ほどは残ってしまっているが、それでも E3A1 のみの場合に比べれば優れている。E3A1 $T21$ と E3A1 $T21A7$ を細かく比べると、 $A7$ のほうは序盤で性能が悪く、後半ではやや良い。これは、状態数を増やしたときの Q 学習の標準的な挙動であると言える。

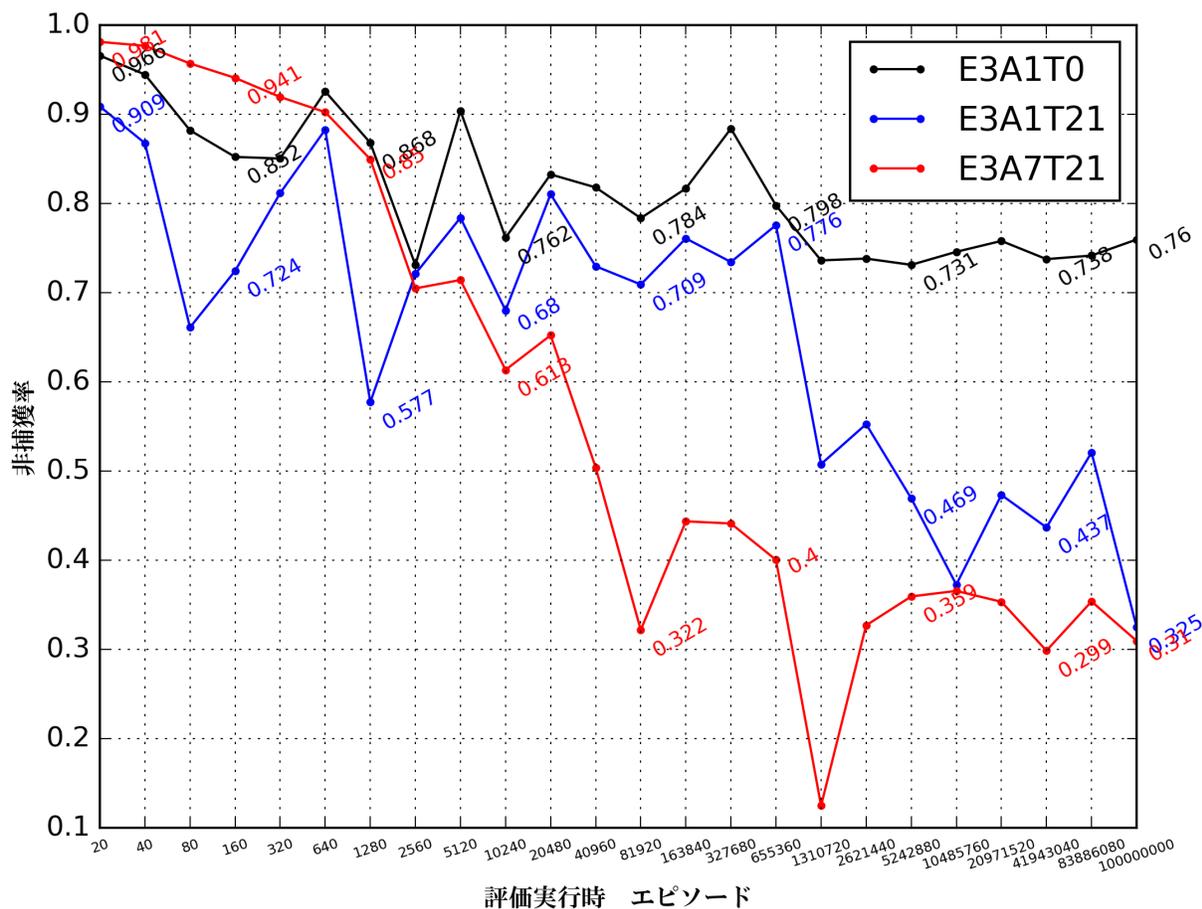


図 6.3: 実験 2 評価時の非捕獲率

図 6.4 は、評価時において「捕獲できた場合の」平均手数を表した学習曲線である。E3A1T0 の場合、1 方向に進んで運よく捕まえられるときは捕まえているだけなので、この平均手数としては最も良い値となる。一方で、T21、A7T21 にした場合には、限られた視野の中でなんとかして獲物を見つけようとするので、捕まえられた手数としては高くなってしまっているのは合理的な結果である。

具体的な挙動としては、E3A1T21 の場合、獲物が視野に入るまで、盤面全体をうまく走査するような動きが獲得されている。例えば、7 歩上に行き、次いで 7 歩右に行き、さらに 7 歩下に行くなどである。原理的にはもっと低い捕獲率が得られてもおかしくないが、現在の学習方法ではこの程度の結果となった。

E3A7T21 の場合は「手分けして走査する」などさらに高度な挙動が本来は可能なはずである。例えば味方の 7 歩下に位置し、双方が 8 歩右に進めば、それだけで 225 マスのうち 210 マスを走査することができる。しかしこの場合、途中でどちらかが獲物を発見したときにそれを伝達する手段が必要であり（敵への視野はそれぞれが持つため）、その伝達信号がそれぞれの位置だけではうまく表現することが難しいようである。そこで次節では、位置だけではなく過去の行動を記憶することを許し、伝達をより容易にしたかどうかを試した。

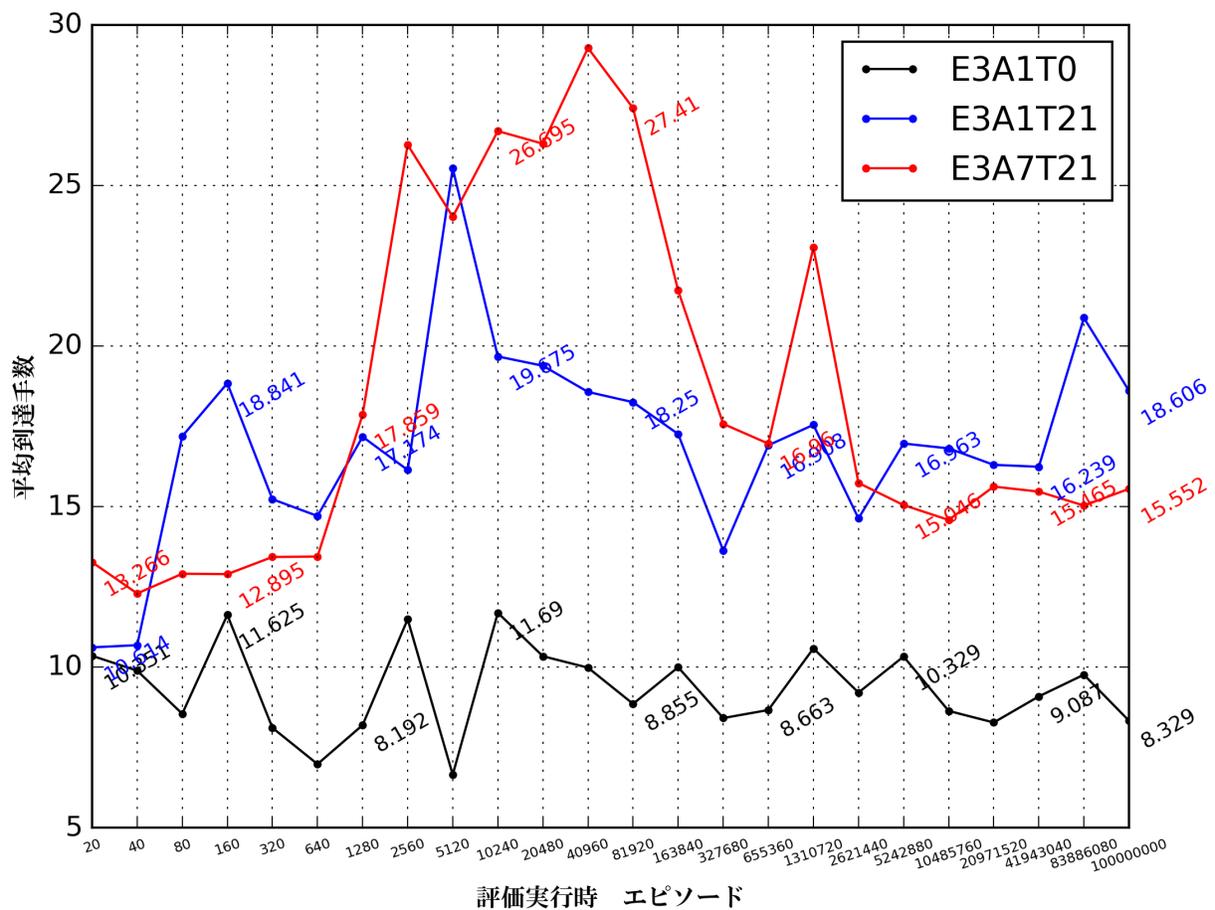


図 6.4: 実験 2 評価時の平均到達手数

6.3 実験 3：複数行動の組み合わせによる意志伝達の与える影響

本節では、エージェントに与える情報として、敵に対する視野限定 ($E=3$)、味方位置共有 ($A=7$)、タイマー所持 ($T=21$) という部分は全く変更せずに、新たに“味方の最近 2 ステップの行動を覚えておく ($H=2$)”という条件を加えた実験の結果を述べる。

図 6.5 は、 $E3A7T21$ の評価時の非捕獲率（黒で再掲）と、 $E3A7T21+H2$ の非捕獲率を青で表した学習曲線である。H2 の情報を与えた場合、捕獲に成功する確率が劇的に向上しており、失敗率は数%程度になっている。これは、味方とうまく手分けして盤面を走査しながら、敵を見つけた場合には特徴的な行動を取ることで、狭い視野でも効率的に獲物を発見できているためだと考えている。実際にエージェントの行動を視覚化した場合にも、多くの状況でこのような挙動が見られている。「上下に動く」「左右に動く」などが、典型的な“敵を見つけたのでこっちにこい”という信号になっている。

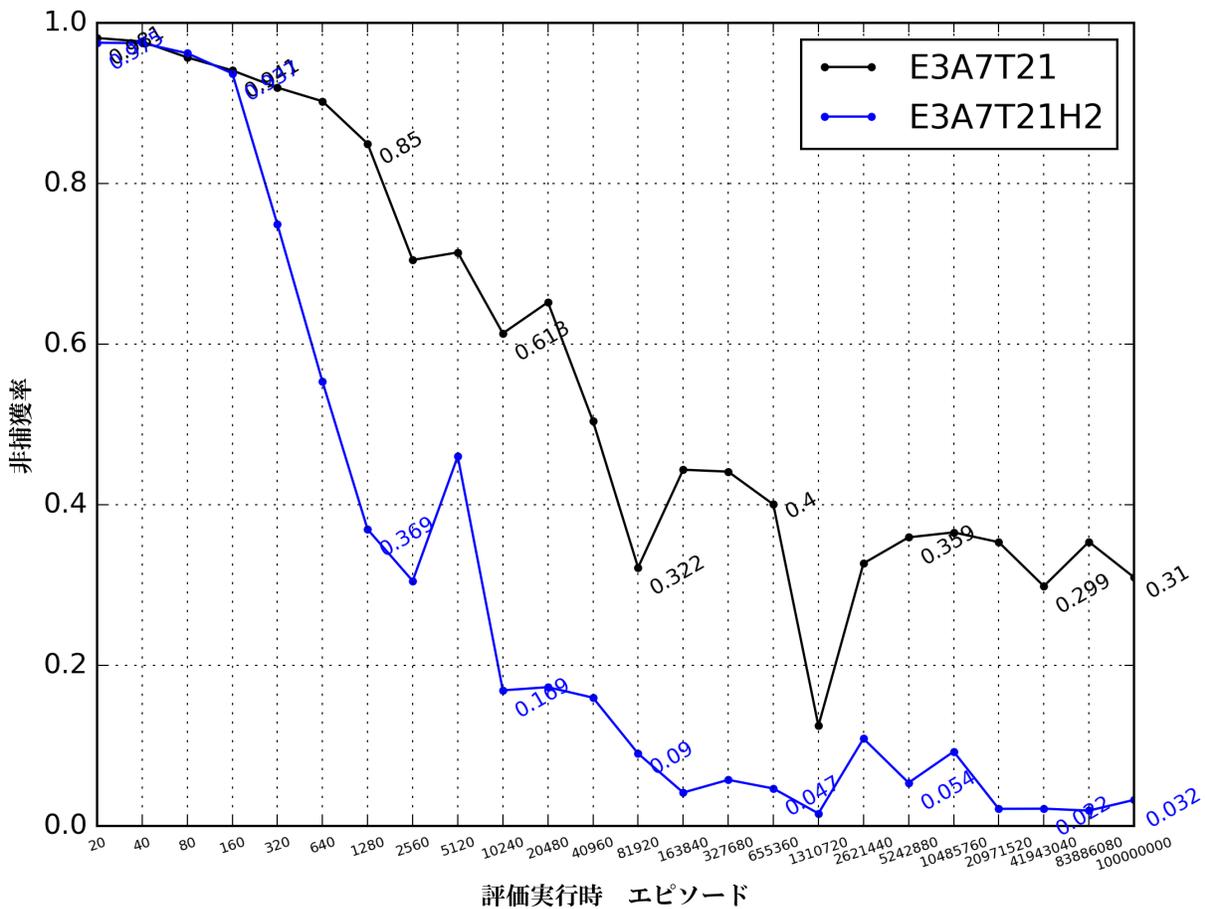


図 6.5: 実験 3 評価時の非捕獲率

ただし、常に上記のようなメカニズムで捕獲が出来ているわけではないことも分かっている。図 6.6 は、E3A7T21、および+H2 の場合の捕獲までの平均手数 of 学習曲線である。序盤では非捕獲率が下がると同時に手数が多くかかり、徐々に短い手数で捕まえられるようになる、ということ自体は合理的な変化であると言える。しかしながら、最終的な平均手数が 40 を越えるというのは、人間が考える最も効率的な捕まえ方を想像すれば、大きすぎる値である。実際に挙動を見てみると、稀に、不可解な挙動をして捕まえられなかったり（これが図 6.5 の数%にあたる）、捕まえたとしても大きなステップ数を要する、という場合がある。あり得る原因の一つとして、状態空間が過剰に大きくなっていることが挙げられ、適切な縮約やパラメータ設定により評価が改善される可能性はあると考えられる。

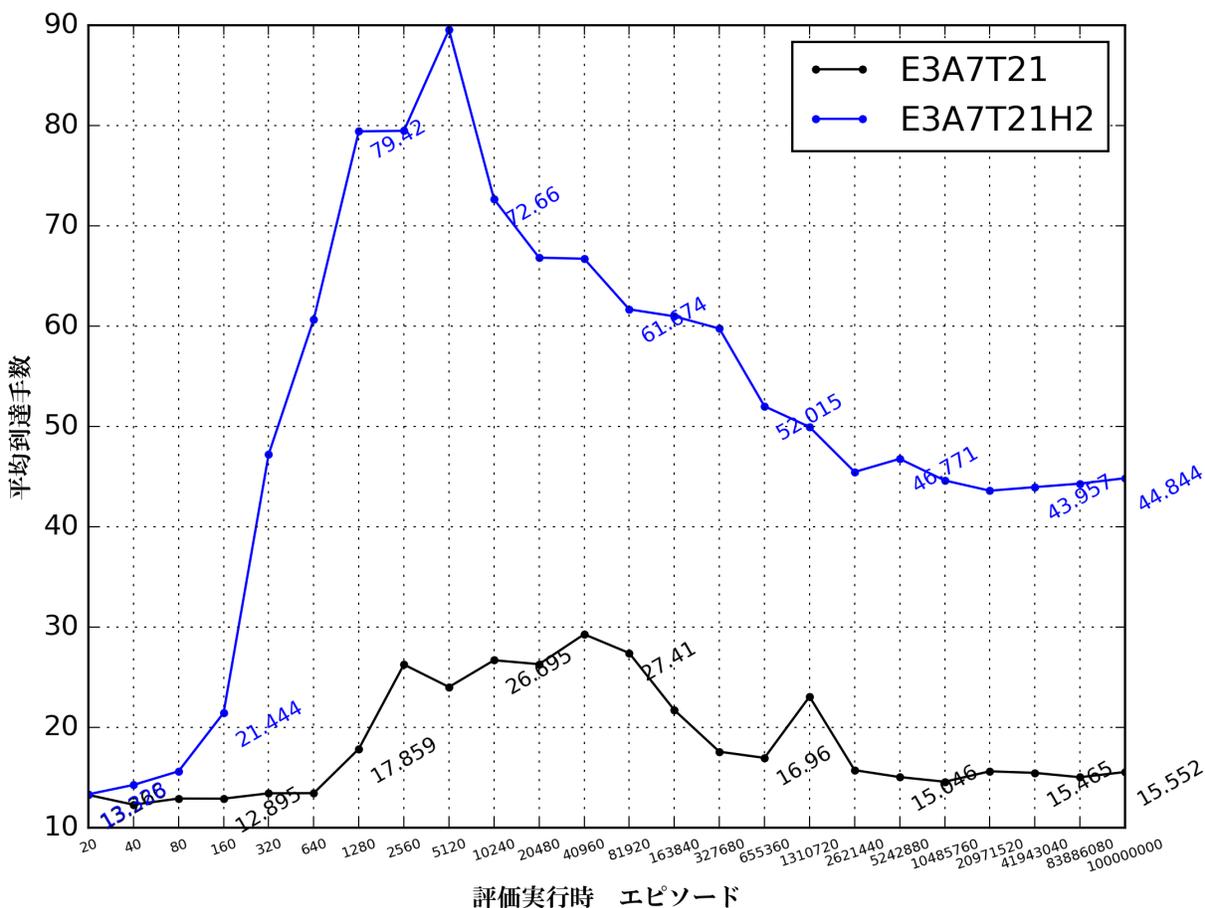


図 6.6: 実験 3 評価時の平均到達手数

第7章 おわりに

本論文では、ビデオゲームを対象とし人間らしいAIを実現するため主目的達成を直接意図しない行動の模倣とゲームAIでの利用を提案した。人間プレイヤーが行う行動を「ゲーム内」もしくは「ゲーム外」に分け、「ゲームの主目的達成の意図の有無」という観点で分類定義した。その中でも特に「ゲーム内」の行動でありながら「ゲームの主目的を達成しない行動」を“ゲーム内非主目的行動”と定義し、催促・挑発・挨拶・謝罪など計7種類の目的別に分類し具体例とともに論じた。

更に“ゲーム内非主目的行動”をゲームAIで利用しやすくするため、敵や味方などのプレイヤーに対して現れやすい行動であるかという「行動の対象」、分類した行動がゲームの主目的達成にどの程度関わっているのかという「主目的との関係度合い」、様々な要素をもつゲームのどのようなタイミングで多く発生しているのかといった「行動の現れる条件」についても考察を述べた。また7種類に分類した各行動について「AIで実現させる価値」を述べ、AIにおける行動の再現・獲得方法について考察を述べた。

また、取り上げたゲーム内非主目的行動の多くは「スコアを高くする」や「ゴールする」といったゲームの主目的には直結しない行動である場合が多く、強化学習のような報酬ベースの学習手法単体では実現困難である。人間を相手に行った強化学習であれば、人間が行った“挑発”などのゲーム内非主目的行動が学習される可能性があることについて述べたが、「圧勝時の無意味行動がたまたま挑発に見える場合」を除きAI同士の強化学習では創発しない行動である。

一方、協調的な意味合いで用いられる“催促”は行うことでゲームクリアする可能性が高まり結果としてより多くの報酬を獲得することができる。そのため本研究では、AI同士の強化学習であっても自動学習される可能性があると考え、マルチエージェントシステムを用いて再現を試みた。

今後は、本研究で行われた“催促”などを含むゲーム内非主目的行動を既存ゲームに取り込んだAIを実装し、それが人間らしさにどのような影響を与えるのかについて観察したいと考えている。また、ゲーム内非主目的行動を通して「人間がゲームを楽しむとは何か」、「ゲーム内行動を用いたコミュニケーション」など様々な分野への研究につながる可能性を秘めているのではないかと考えている。

対外発表論文

[1] 中川絢太, 佐藤直之, and 池田心. "ゲームの目的達成のみを追求した AI では生まれにくいゲーム内行動の分類と考察." 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC) 2016.20 (2016): 1-9.

参考文献

- [1] 小谷善行, ”第3回将棋電王戦を振り返って: 3. コンピュータ将棋の棋力の客観的分析 - 人間のトップに到達したか? - ”, 情報処理学会, Vol.55, No.8(2014): 851-852
- [2] Silver, David, et al. ”Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search.” Nature 529.7587 (2016): 484-489.
- [3] Mnih, Volodymyr, et al. ”Playing atari with deep reinforcement learning.” arXiv preprint arXiv:1312.5602 (2013).
- [4] Mnih, Volodymyr, et al. ”Human-level control through deep reinforcement learning.” Nature 518.7540 (2015): 529-533.
- [5] 杵淵哲彦, and 伊藤毅志. ”人間らしさを感じさせる将棋におけるミスの認知モデル.” 人工知能学会全国大会論文集 28 (2014): 1-3.
- [6] Soni, Bhuvan, and Philip Hingston. ”Bots trained to play like a human are more fun.” Neural Networks, 2008. IJCNN 2008.(IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Joint Conference on. IEEE, 2008.
- [7] 池田心ら モンテカルロ碁における演出と形勢の制御～接待碁 AI に向けて～, 第17回ゲームプログラミングワークショップ, pp. 47-54, (2012-11)
- [8] 藤井叙人, et al. ”生物学的制約の導入によるビデオゲームエージェントの「人間らしい」振舞いの自動獲得.” 情報処理学会論文誌 55.7 (2014): 1655-1664.
- [9] 大曾根圭輔, and 鬼沢武久. ”ポーカーゲームにおける協調的パートナーシステムの構築 (特集 あいまいと感性).” 感性工学 7.4 (2008): 621-631.
- [10] 高橋千晴, and 鬼沢武久 不完全情報ゲームにおける意思決定プロセス, 日本機械学会第12回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, No. 02-10 (2002): 297-303.
- [11] The 2k botprize, Available: <http://botprize.org/> (2017-02-02)
- [12] : The 2K BotPrize : Result Can computers play like people? ,Available: <http://botprize.org/result.html> (2017-02-02)
- [13] Mario AI championship Turing track, Available: <http://www.marioai.org/turing-test-track> (2017-02-02)
- [14] Hirono, Daichi, and Ruck Thawonmas. ”Implementation of a human-like bot in a first person shooter: second place bot at botprize 2008.” Proc. Asia Simulation Conference. Vol. 2009. 2009.

- [15] Polceanu, Mihai. "Mirrorbot: Using human-inspired mirroring behavior to pass a turing test." Computational Intelligence in Games (CIG), 2013 IEEE Conference on. IEEE, 2013.
- [16] Schrum, Jacob, Igor V. Karpov, and Risto Miikkulainen. "UT 2: Human-like behavior via neuroevolution of combat behavior and replay of human traces." Computational Intelligence and Games (CIG), 2011 IEEE Conference on. IEEE, 2011.
- [17] Shaker, Noor, et al. "The turing test track of the 2012 mario ai championship: entries and evaluation." Computational Intelligence in Games (CIG), 2013 IEEE Conference on. IEEE, 2013.
- [18] Sila Temsiririkkul, et al, Production of Emotion-based Behaviors for a Human-like Computer Player, 17th International Conference on Intelligent Games and Simulation (GAMEON'2016), pp.49-54, September 13-15, 2016
- [19] 山村雅幸, 宮崎和光, and 小林重信. "エージェントの学習 (特集「エージェントの基礎と応用」)." 人工知能学会誌 10.5 (1995): 683-689.
- [20] 白鳥和人, 塩入健太, and 星野准一. "感情表現生成を行う仮想ゲームプレイヤー." 芸術科学会論文誌 7.2 (2008): 65-74.
- [21] 栗原一貴, Toolification of Game:既存ゲームの余剰自由度の中で非ゲーム目的を達成するゲーミフィケーションの考察, 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):8-17
- [22] Zimbardo, Philip G. "The human choice: Individuation, reason, and order versus deindividuation, impulse, and chaos." Nebraska symposium on motivation. University of Nebraska press, 1969.
- [23] Sempsey, James. "Psyber psychology: A literature review pertaining to the psycho/social aspects of multi-user dimensions in cyberspace." Journal of MUD Research 2.1 (1997).
- [24] Werry, Christopher C. "Internet relay chat." Computer-mediated communication: Linguistic, social and cross-cultural perspectives (1996): 47-63.
- [25] League of Legends Available:<http://gameinfo.na.leagueoflegends.com/en/game-info/> (2017-02-02)

謝辞

本論文は、筆者が北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 池田研究室に在籍していた期間に行った研究をまとめたものです。本研究を遂行にあたり多くの方のご支援と御指導を賜りました。指導教官である情報科学研究科の池田心准教は終始暖かく見守って下さり何とお礼を申し上げていいのか感謝の言葉も見つかりません。池田先生のとても丁寧な指導は勉強になりました。また厳しい指摘は頂いたこと私自身至らなさを実感することするばかりで、この経験を糧として次に生かしたいと思います。

副指導やアドバイスを頂いた飯田弘之教授、長谷川忍准教授、また英語翻訳を手伝ってくださった VI-ENNOT Simon 助教授と博士後期課程の TEMSIRIRIRKKUL Sila 氏は常に親身になって対応していただき大変感謝しております。また本文の指摘やアドバイスを多く下さった金澤直人氏や佐藤直之氏、また校正などあらゆるところで手伝っていただいた研究室同期の山田涉央氏、後輩の高橋一幸氏を始め非常に多くの方々の協力には大変元気づけられ感謝の気持ちで胸が一杯になります。

研究室以外の友人たちは、自分たちも忙しい時期だというのにほぼ毎日のように様子を見に来てくれ「調子はどうだ」や「あと少し頑張れ」といった言葉が掛けてくださいました。その言葉がどれほど励みになったか分かりません。またそっと机の上に置かれているお菓子やジュースといった気遣いが心身ともに大変救われました。

本論文は皆様のご協力無くして完成することは無く、本論文を執筆するに当たり多大なご支援とご協力を頂いた皆様はこの場を借りて感謝を申し上げます。