

## 模倣学習により成長する格闘ゲームキャラクタ

星野 准<sup>†1</sup> 田中 彰人<sup>†2</sup> 濱名 克季<sup>†1</sup>

格闘ゲームのような対戦型のアクションゲームにおいて、コンピュータが操作するキャラクタ(以下 COM)の行動は変化に乏しく、プレイヤーは繰り返しプレイすることによって COM の行動パターンを憶えてしまい、ゲームに飽きてしまうという問題がある。そこで、本稿ではプレイヤーを模倣学習する手法を用いて、COM の行動パターンを拡張する手法を提案する。本手法では、プレイログを記録し、対戦相手であるプレイヤーの行動パターンを分析し、そのプレイヤーの行動パターンの一部を模倣することで COM の行動パターンを拡張する。本手法を用いることで、試合ごとに行動パターンを拡張し、成長していける COM を生成することが可能となる。

### The Fighting Game Character that Grows up by Imitation Learning

JUNICHI HOSHINO,<sup>†1</sup> AKIHITO TANAKA<sup>†2</sup>  
and KATSUTOKI HAMANA<sup>†1</sup>

In action game, the computer's behavior lacks diversity and human players are able to learn how the computer behaves by playing the same game over and over again. As a result, human players eventually grow tired of the game. Therefore, this paper proposes technique to expand the behavior pattern of COM. To this end, we use imitation learning. In this technique, play log is recorded. And COM expands the behavior pattern by imitating a part of player's behavior pattern. In the result, COM is able to expand the behavior pattern every match and grow up.

<sup>†1</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究科

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

<sup>†2</sup> 株式会社クレスコ

Cresco, Ltd.

### 1. はじめに

格闘ゲームと呼ばれるゲームのジャンルはアーケードや家庭用ゲーム機などにおいて、長年にわたり人気を集めている。格闘ゲームとは、1対1でパンチやキック、その他特殊な技を駆使し、相手の体力をゼロにするか、一定時間内により多く相手の体力を減らした方が勝利する、というゲームである。

格闘ゲームのような多くの対戦型アクションゲームには、コンピュータが制御するキャラクタ(以下 COM)と対戦する対 COM 戦と、人間同士で対戦する対人戦といったモードがある。対人戦では対戦相手によって行動パターンが異なり、試合ごとに相手の技や戦い方が変化するのに対して、対 COM 戦では COM の行動パターンが有限状態マシンで設定されていたり、スクリプトなどによってあらかじめ書き込まれていたりする。そのため COM の行動パターンは変化に乏しい。そして、行動パターンに変化がないので、プレイヤーは COM の行動パターンを憶えてしまう。これは、プレイヤーが COM との対戦に飽きてしまう原因の 1 つとなっており、多くのプレイヤーは対 COM 戦よりも対人戦を好む傾向がある。しかし、対人戦を行いたいときにその場に相手がいるとは限らないという問題がある。そこで、対 COM 戦でも COM が特徴のある行動パターンを持ち、試合をするごとに随時行動パターンを変化させることができれば、その問題の解消につながると考えられる。

我々は、人のプレイしたプレイログからそのプレイヤーの特徴を抽出し、それを基に COM を制御する模倣学習を提案した<sup>1)</sup>。この手法では、まず模倣対象となるプレイヤーのプレイログを取得する。そして、そのプレイヤーの行動パターンを分析し、特徴をプレイヤープロファイルとして記録する。そして、それを用いて COM の行動を制御することで、模倣対象であるプレイヤーの特徴を再現する。

本稿では、行動パターンを変化させることができる COM を生成するために、模倣学習の手法を用いて COM の行動パターンを拡張する手法を提案する。人間のプレイヤーが自分の戦い方を変化させる方法の 1 つに、相手の技を模倣することが考えられる。そこで、本手法では、COM の行動パターンを適宜変化させるために、模倣学習を応用して、対戦相手であるプレイヤーの行動パターンを分析し、特徴を抽出する。そして、得られた行動パターンから模倣する行動を選択し、追加することで COM の行動パターンを拡張する。人間のプレイヤーがプレイ中に実行した行動を模倣することで、対人戦でゲーム中に実行される可能性がある行動を COM の行動パターンに追加することができる。また、本提案手法では、従来のゲームに存在したような、プレイヤーが AI に指示や行動を提示する育成プロセスと異な

り、プレイヤーが教えたものではなく、プレイヤーが試合でとった行動を COM が COM 自身の評価に基づいて自発的に取得するため、プレイヤーが予期しない行動を COM が取得できる。このように対戦相手の行動パターンを COM が自発的に取得することで、COM の戦歴によって様々な戦術シーケンスを持った COM が生成される。

また、従来のような、相手の有効な行動に対処するための学習と異なり、本手法では COM の行動パターンを拡張することによって様々な行動パターンを持った COM を生成することが目的である。そのため、対戦相手の行動パターンに対応するための最適な行動パターンをゲームで実行可能なすべての行動パターンの中から選択するのではなく、COM それぞれの評価基準によって対戦相手の行動パターンから取得するという手法を用いている。

本稿では 2 章で概要について、3, 4 章でベースとなる行動パターンの生成法について説明する。そして、5 章でベースとなる行動パターンを拡張する手法について説明し、実験結果を示す。

### 1.1 関連研究

ゲームを題材とした研究では、ゲームの対戦相手のモデル化に関する研究<sup>2)</sup>があげられる。観測データから模倣学習する AI として文献 3)–8) があげられる。Thurau らはニューラルガス法を用いて人間が操作したキャラクタの 3 次元経路を模倣し、従来のパスに沿った経路ではなく、より人間らしい移動経路を生成している<sup>6),7)</sup>。また、Bain ら<sup>5)</sup>や Sammut ら<sup>3)</sup>は、飛行機やコンテナクレーンなどを例にエキスパートが操縦した際のログから状況と行動をペアにしたルールを抽出し自動操縦を行った。Thurau らによるものは、経路を模倣するものであり、トポジカルな手法を用いているため離散的な状態空間となる行動の選択の模倣には適していない。また、Bain らや Sammut らのものは決定木により状況と選択される行動の関係を表現しているため、離散的で非連続な状態空間を扱うことができるが、ある状態に対して、選択され得る行動は 1 つである。これらの研究は AI がエキスパートの操縦を観測することで適切な操縦技能を模倣することを目的としているため、ある状況に対して目的を達成するための最適な 1 つの行動が選択されればよい。しかし、格闘ゲームにおいて、対人戦が対 COM 戦と比較してプレイヤーに好まれているのは、対人戦では人が必ずしも試合に勝利するための最適な行動をとり続けることはなく、対戦相手ごとに戦い方が異なる点にある。そのため、COM が試合に勝利するための最適な技を使い続けることが格闘ゲームにおける COM の振舞いとして良いとはいえない。よって格闘ゲームの COM は同じ状況でも複数の行動を実行する可能性を持ち、それらの行動は必ずしも体力をより多く減少させる必要はないといえる。むしろ、様々な行動パターンを持った COM が存在し、

COM ごとにどう戦えばよいかをプレイヤーが考えることができるということが重要である。

このように模倣学習などの模倣に関連した研究がなされているが、多くのものはエキスパートの行動を模倣することによって、状況に対して適切な判断を行い、行動を選択することを目的としている。しかし、本稿で扱う COM が選択する行動は試合に勝利するための最適な行動である必要はなく、最適でなくても人間がとる可能性のある行動であることが望まれる。そのため、本稿では人間のプレイヤーが実際に試合中に実行した特徴のある行動パターンを取得する。

## 2. 概要

本手法を用いて、コンピュータが操作する格闘ゲームキャラクタの行動パターンを生成する流れを図 1 に示す。まず、従来の模倣学習法を用いて対戦相手のプレイヤーのプレイログからそのプレイヤーの行動パターンを抽出する。これが COM のベースの行動パターンとなる。そしてベースの行動パターンを用いて COM に別のプレイヤーと試合をさせる。COM は試合をするごとに各試合のプレイログを分析し、対戦相手である各プレイヤーの戦い方の一部を模倣することで行動パターンを拡張していく。このようにして COM は自身の行動パターンを拡張し続けることが可能となる。

本手法を用いることで、行動パターンを拡張することによって成長する COM を生成することができる。自宅に対戦した友人やネットワーク上で対戦した相手、ゲームセンターで対

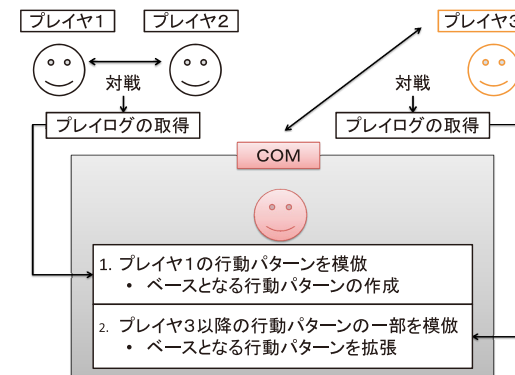


図 1 模倣によるベース行動パターンの作成と拡張

Fig. 1 Creation and expansion of base behavior pattern by imitation.

戦した人のプレイログから様々なベースとなる行動パターンを作成する．そして、それぞれの行動パターンを適用した COM が試合をするごとに、COM は対戦相手であるプレイヤーのプレイログを分析し、行動パターンを拡張していく．その結果、従来の作り込みの COM ではなく、試合を重ねるごとに、行動パターンを拡張し、柔軟に戦い方を変えていくことができる COM を生成することが可能となる．

### 3. プレイヤーの模倣行動の生成手法

本章では、COM のベースとなる行動パターンの作成方法について説明する．プレイヤーの特徴を模倣するためには、プレイヤーの特徴をとらえ、その特徴を基に行動を選択する必要がある．格闘ゲームにおいてプレイヤーの特徴は、「どのような状況でどのような行動を選択するか」によって表される．そのため、この手法では毎時刻におけるプレイヤーの行動や間合いなどのゲームを構成する状況をプレイデータとして記録する．そして、記録した複数のプレイデータから戦術と戦術シーケンスを取得する．戦術とは「どのような状況でどのような行動をとったか」という情報である．また、格闘ゲームには、行動に決まった順序が現れることも多い．このような、行動の決まった順序は図 2 のようなシーケンスとして表すことが

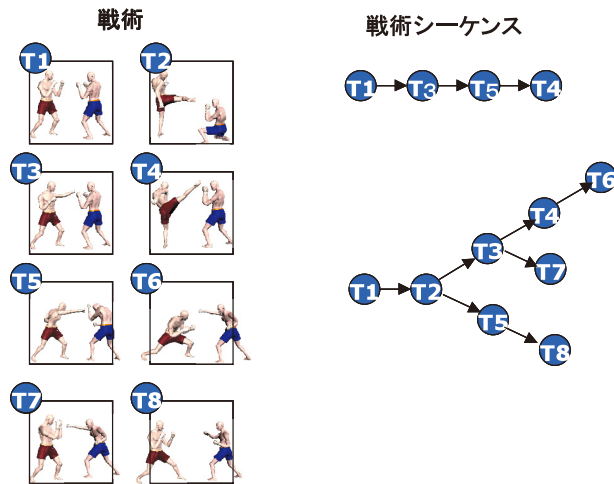


図 2 戦術と戦術シーケンス  
Fig. 2 Tactics and sequence of tactics.

できる．この手法では、このような戦術の組合せを戦術シーケンスと呼ぶ．

プレイヤーのプレイデータから得られた戦術、戦術シーケンスの集合を、そのプレイヤーのプレイヤープロフィールとして COM に適用することでそのプレイヤーを模倣した行動を生成する．

#### 3.1 プレイデータ

模倣対象となるプレイヤーの行動パターンを得るために、プレイしている最中のゲームを構成する状況を図 3 のように毎時刻について記録する．格闘ゲームの状況を構成する要素については以下のようなものがあげられる．「プレイヤーの行動」「相手の行動」「相手の行動のフェイズ」「相手との間合い」「プレイヤーの残り体力」「相手の残り体力」「残り時間」．

以上のように、プレイヤーは“行動のフェイズ”や“相手の行動”などの状況構成要素を基に行動を選択している．したがって、行動の状況構成要素をできるだけ多く記録し、COM が行動を選択する際の行動選択条件として用いれば、より高い再現性が期待できる．

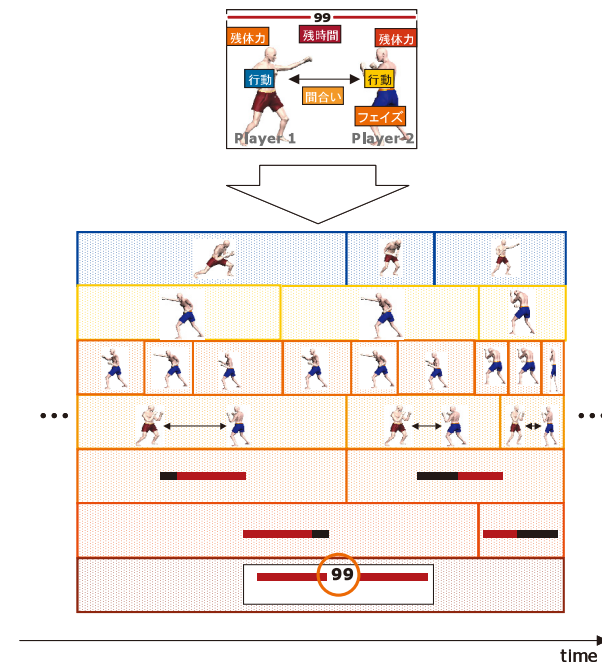


図 3 プレイデータの取得  
Fig. 3 Acquire play data.

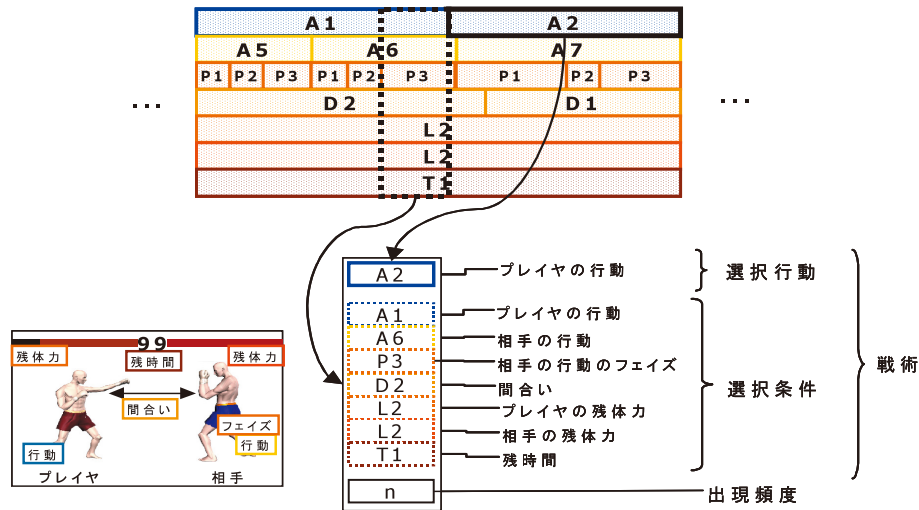


図 4 戦術  
Fig. 4 Tactics.

### 3.2 戦術

プレイデータから、プレイヤーが操るキャラクタがおかれた状況と、その状況に対して選択した行動の対応関係を取得し、これを戦術とする。戦術は図4のように戦術が選択された際に実行される選択行動と、行動選択直前の状況(プレイヤーの行動, 相手の行動, 相手の行動のフェイズ, 間合い, プレイヤーの残り体力, 相手の残り体力, 残り時間)を戦術の選択条件として構成する。

プレイヤーによって個人差はあるが、戦術は10試合分のプレイデータから約400~600個取り出すことができた。

### 3.3 戦術シーケンス

取得したプレイデータから戦術を抜き出していくことでプレイヤーの戦術の列を取得することができる。この戦術の列からプレイヤーの連続した行動を戦術のシーケンスとして切り取る。これを戦術シーケンスとする。

戦術シーケンスを複数取得すると、同じパターンのシーケンスが何度も観測されたり、同じ状況下でも異なる選択をしたりしているシーケンスが見られる。人間は同じ状況下でも毎回同じ行動を選択するとは限らず、あえて行動を変えてみるようなことがある。そのような

頻繁に選択される行動や稀に選択される行動などの、プレイヤーの行動選択における確率的な要素を再現するために、各シーケンスの出現回数を取得する。戦術シーケンスの出現回数を基に確率的に戦術を選択することでプレイヤーの行動選択傾向を再現する。

### 3.4 プレイヤープロファイルの適用

この模倣手法では試合の状況をプレイデータとして記録し、そこから戦術、戦術シーケンスを取得する。この戦術と戦術シーケンスをそのプレイヤーのプレイヤープロファイルとする。このプレイヤープロファイルを適用する際は、戦術シーケンスを戦術グラフにしておく。戦術グラフとは戦術シーケンスをマージしたもので、途中まで同じ戦術で構成されている複数の戦術シーケンスは1つの戦術グラフにまとめることができる。この戦術グラフを探索し、複数の戦術シーケンスを確率的に出現させることでプレイヤーの行動パターンを再現することができる。

## 4. プロファイルの作成

1人のプレイヤーでも試合によって違った特徴を持った戦い方をする場合があるため、複数の試合のプレイデータを用いてプレイヤープロファイルを作成すると、これらの特徴が混在してしまい、本来の戦い方の特徴を再現できなくなってしまう。そこで、試合の特徴ごとに試合を分類し、同じ特徴を持った試合ごとにプレイヤープロファイルを作成する必要がある。

### 4.1 試合の分類

本手法ではプレイヤーの各行動の出現回数から試合を分類する。

各試合のプレイヤーの各行動の出現回数をカウントし、閾値を用いて各試合で重要と思われるプレイヤーの行動を複数個選択する。そして、選択されたプレイヤーの行動が他の試合に存在するかどうかを基に試合を分類する。

まず、試合ごとにプレイヤーの各行動の回数をカウントする。そして、閾値以上を占めるプレイヤーの行動をその試合での重要なプレイヤーの行動とする。重要なプレイヤーの行動は1試合あたり複数個とれる。各試合を1対1で比較し、ある試合で重要なプレイヤーの行動がもう片方に存在しない場合、2つの試合は明らかに異なる戦い方として判定される。すべての試合を1対1で判定し、図5に示すように判定結果を基にグループを作成する。各グループは、異なる戦い方と判定された戦い方が含まれないように作成し、それぞれのグループでプロファイルを作成する。

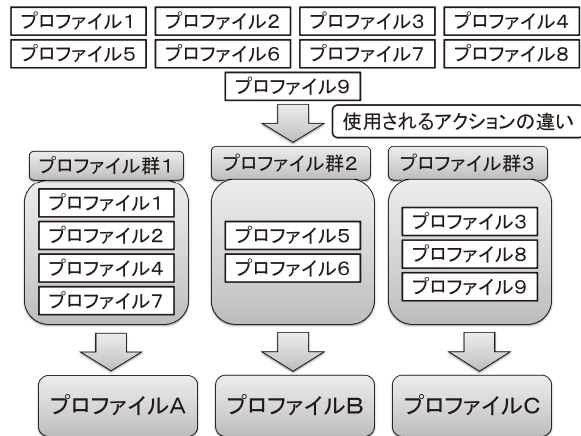


図5 プレイデータの分類  
Fig. 5 Classify the play datas.

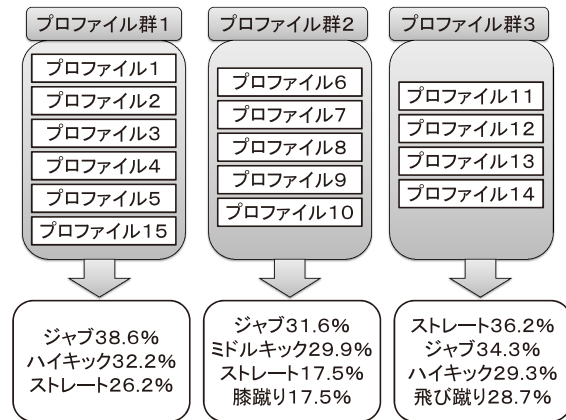


図6 分類結果  
Fig. 6 Result of classification.

#### 4.2 実 験

3章, 4章の手法を用いてプロフィールを作成した。15試合分のデータを取得し、それらを基にプロフィールを作成した。1~5試合, 6~10試合, 11~15試合で戦い方を変えて15試合分のデータを取得した。

結果は図6の上部のようになり、戦い方によって試合を分類できたといえる。また、それぞれのグループから作成されたプロフィールの特徴は図6の下部のようになる。

以上のようにプレイヤーのプレイログから試合を分類し、戦術と戦術シーケンスをプレイヤープロフィールとして取得することで、特徴ある行動パターンが取得できることが分かる。

#### 5. 相手の戦術シーケンスの模倣

本章では、戦術シーケンスを拡張することによって行動パターンを変化させることのできるCOMを生成するために、模倣行動を利用する手法を述べる。人間のプレイヤーが自分の戦い方を変化させる方法の1つに、相手の技を模倣することが考えられる。そこで、対戦相手であるプレイヤーのプレイヤープロフィールを、模倣学習を用いて取得し、その一部をCOM自身のプレイヤープロフィールに追加することで、COMの行動パターンを変化させる手法を提案する。

##### 5.1 概 要

概要を図7に示す。まず、COMに試合をさせ、その試合のプレイデータを取得する。1~数試合、対戦相手のプレイヤーと試合をさせ、そのプレイデータから対戦相手のプレイヤーのプレイヤープロフィールを作成する。プレイヤープロフィールを作成することで対戦相手のプレイヤーの戦い方の特徴を取得することができる。このようにして作成した対戦相手のプレイヤーのプレイヤープロフィールと、COMのプレイヤープロフィールを比較、評価し、追加する戦術シーケンスを決定する。

##### 5.2 追加する戦術シーケンスの評価

人が相手の技を模倣する場合、その方法は複数考えることができる。そこで本稿でも、3つの評価手法を用意し、確率的に選択することにした。以下に評価手法の説明を記述する。

##### 5.2.1 すでに使用している戦術シーケンスと共通部分のある戦術シーケンス

すでに使用している技のバリエーションとして使用できる技を探すという手法は、戦い方を工夫するうえでよく利用される手法である。そこで本稿でもこのようなキャラクタの成長を再現するための戦術シーケンスの追加方法を提案する。本稿ではこの評価方法を「評価方法1」とする。

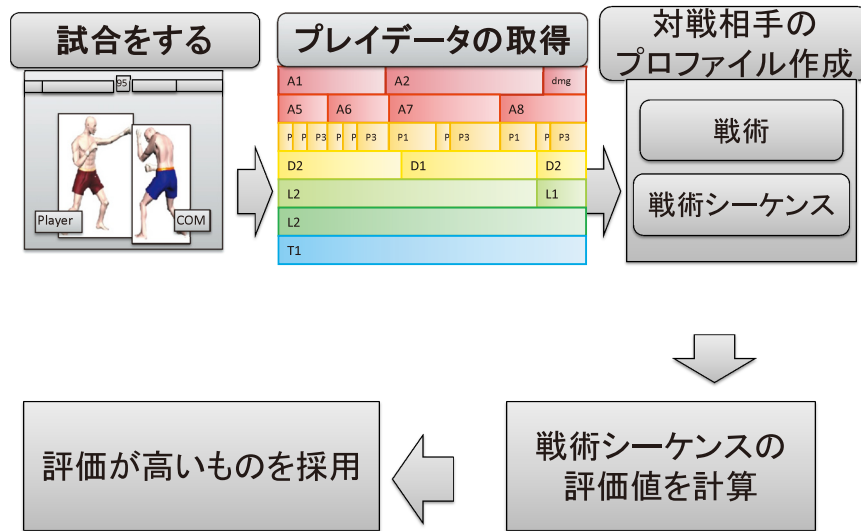


図 7 相手の戦術シーケンスの模倣  
Fig. 7 Imitation of enemy sequence of tactics.

対戦相手のプレイヤーのプレイヤーデータから生成したプレイヤープロフィールに含まれる戦術シーケンスと、COMのプレイヤープロフィールに含まれる戦術シーケンスを比較して、同じ行動が長く続くほど評価値を高く設定する。これは、同じ行動が長く続くほど、特徴が似ていると考えられるためである。ただし、もともと長い戦術シーケンスでは同じ行動が長く続いても、全体から見るとそれほど特徴を表したものにならない場合がある。そのため、ある値を設定して戦術シーケンスの全長との比率が一定の値以上でなければならないという条件を設ける。この値によって、どのような戦術シーケンスを模倣に適したものとするかの基準が変わるため、キャラクタによってこの値を変更させることで、キャラクタごとに成長の特徴に変化を持たせることができる。以下に評価値を求めるための式を示す。

$$H = \begin{cases} a & (a \geq \frac{L_{\min}}{n}) \\ 0 & (a < \frac{L_{\min}}{n}) \end{cases} \quad (1)$$

$H$  は評価値、 $a$  は比較する 2 つの戦術シーケンスの共通部分の長さ、 $L_{\min}$  は比較する 2 つ

の戦術シーケンスのうち、短い方の戦術シーケンスの長さ、 $n$  は閾値を決定するための定数である。

### 5.2.2 自分が使用する行動を含んだ戦術シーケンス

自分の使用する行動を効果的に使用している相手の戦い方を真似るという手法も、人が他人の戦い方を模倣する際によく利用される手法である。本稿ではこの評価方法を「評価方法 2」とする。この評価方法では COM 自身がすでに使用している行動のみで構成された相手の戦術シーケンスが評価対象となるため、COM が使用していない新たな行動が追加されることはない。そのため、この評価方法を用いて戦術シーケンスを追加することによって、すでに使用している行動を実行するための新たな条件の追加や、保持している行動で構成された新たな戦術シーケンスの取得の可能性がある。

このような模倣の場合には効果的であるということが重要であるため、成功率を評価基準とした。ここでいう成功率とは、戦術シーケンスを使用して相手にダメージを与えることができた回数とその戦術シーケンスを使用した総回数で割ったもので表される。そのほか、出現回数と戦術シーケンスのシーケンス長を基に相手の戦術シーケンスから模倣する戦術シーケンスを決定する。出現回数とは戦術シーケンスの頻度で戦術シーケンスとは戦術シーケンスを構成する戦術の数である。模倣する戦術シーケンスを選択する際は、相手の戦術シーケンスの中から、自分が使用している行動のみで構成された戦術シーケンスを抽出し、成功率、出現回数、シーケンス長を基に模倣する戦術シーケンスを決定する。この 3 つの重みは、重みづけを調整することで、キャラクタごとに成長の特徴に変化をつけることができる。

$$H = \begin{cases} W_s S + W_n n + W_L L & (m = 0) \\ 0 & (m \neq 0) \end{cases} \quad (2)$$

$H$  は評価値、 $S$  は成功率、 $n$  は出現回数、 $L$  は戦術シーケンスのシーケンス長、 $m$  は現在評価している対戦相手のプレイヤーの戦術シーケンスに含まれる戦術の行動のうち、COM のプレイヤープロフィールに存在しない行動の数、 $W_s$ 、 $W_n$ 、 $W_L$  はそれぞれにかかる重みを表す。

### 5.2.3 自分が使用しない行動を含んだ戦術シーケンス

自分の使用しない行動を効果的に使用している相手の戦い方を真似るという手法も、人が他人の戦い方を模倣する際によく利用される手法である。本稿ではこの評価方法を「評価方法 3」とする。この評価方法では COM 自身が使用していない行動が含まれる相手の戦術シーケンスが評価対象となり、COM が使用していない新たな行動が追加される。そのため、この評価方法を用いて戦術シーケンスを追加することによって、COM は新たな行動を

使用するようになる。

このような模倣の場合も上記評価方法と同様に、成功率、出現回数、シーケンス長を重みに用いて評価値を決定する。5.2.2 項の評価手法では自分が使用する行動のみで構成された戦術シーケンスの中から模倣する戦術シーケンスを決定したが、この評価方法では自分の使用しない行動を含む戦術シーケンスから模倣する戦術シーケンスを決定する。

$$H = \begin{cases} W_s S + W_n n + W_L L & (m \neq 0) \\ 0 & (m = 0) \end{cases} \quad (3)$$

$H$  は評価値、 $S$  は成功率、 $n$  は出現回数、 $L$  は戦術シーケンスのシーケンス長、 $m$  は現在評価している対戦相手のプレイヤーの戦術シーケンスに含まれる戦術の行動のうち、COM のプレイヤープロフィールに存在しない行動の数、 $W_s$ 、 $W_n$ 、 $W_L$  はそれぞれにかかる重みを表す。

### 5.3 戦術シーケンスの決定

以上の複数の評価方法を用いて対戦相手のプレイヤーから模倣する戦術シーケンスを決定する。各試合が終わるごとに対戦相手のプレイヤーの戦術シーケンスの模倣をするかどうか、また、どの評価方法を用いて相手から模倣する戦術シーケンスを決定するかを確率的に決定する。模倣をする確率と各模倣手法を選択する確率をキャラクタごとに調整することによって、キャラクタごとに成長の特徴に変化をつけることができる。

## 6. 実験

以上の手法を用いて、あるプレイヤープロフィールを拡張させる実験を行った。

### 6.1 ゲームの概要

市販のゲームはプログラムが公開されていないため戦術シーケンスなどをこちらで生成して新たに追加することができない。そのため今回使用する格闘ゲームには我々が独自に制作したものを用いた。我々が独自に制作したゲームはパンチやキックを用いて戦う格闘ゲームで、ボタンの連続入力による技の変化や、方向キーとボタンの組合せによる技の変化など、一般的な格闘ゲームの要素を含んだものである。ゲーム画面のスクリーンショットを図 8 に、行動の一覧を表 1 に示す。

### 6.2 模倣により取得した行動パターンの例

拡張する前のプレイヤープロフィールは 10 試合分のプレイデータから取得し、戦術数が 549 個で、戦術シーケンス数は 48 個であった。このプレイヤープロフィールを用いてあるプレイヤーと 10 試合の試合を行い、追加された戦術、戦術シーケンスを調べた。今回は 10 試



図 8 ゲーム画面  
Fig. 8 Game screen.

表 1 行動一覧  
Table 1 Action list.

|    | 行動名      |    | 行動名       |
|----|----------|----|-----------|
| 1  | 待機       | 13 | 右ボディアッパー  |
| 2  | 立ちガード    | 14 | 右ダッシュアッパー |
| 3  | しゃがみガード  | 15 | 左アッパー     |
| 4  | しゃがみダッシュ | 16 | ハイキック     |
| 5  | しゃがむ     | 17 | ミドルキック    |
| 6  | 走る       | 18 | ローキック     |
| 7  | 前進       | 19 | ジャンプ      |
| 8  | 前ダッシュ    | 20 | 前ジャンプ     |
| 9  | 後ろダッシュ   | 21 | ジャンプキック   |
| 10 | 後退       | 22 | ニーキック     |
| 11 | 左ジャブ     | 23 | しゃがみパンチ   |
| 12 | 右ストレート   | 24 | しゃがみキック   |

表 2 模倣結果  
Table 2 Result of imitation.

|     | 戦術  | 戦術シーケンス |
|-----|-----|---------|
| 模倣前 | 549 | 48      |
| 模倣後 | 570 | 52      |

合の評価なので、相手のシーケンスを模倣する確率を高め設定した。

表 2 に示すとおり、10 試合で戦術シーケンスが 4 個、戦術が 21 個それぞれ増加している。戦術が増加しているのは対戦相手のプレイヤーから模倣した戦術シーケンスの中に自分が使用していない戦術が含まれる場合に追加されるためである。

実験の結果、1, 2 試合目では、それぞれ「評価方法 1」、「評価方法 2」が選択されたが、試合データが少なかったため模倣条件を満たせず戦術シーケンスは追加されなかった。3, 4 試合目にはそれぞれ「評価方法 2」、「評価方法 1」によって戦術シーケンスが追加された。3 試合目に追加された戦術シーケンスは前進してジャブ（パンチ）を繰り出すというもので、「評価方法 2」の特徴どおり、もともと使用頻度が高かったジャブを使用したものであった。4 試合目に追加された戦術シーケンスは、間合いを開けてからハイキックでふらつかせて接近して連続パンチで攻撃するという戦術シーケンスであった。もともと間合いを開けてハイキックで攻撃する特徴があった COM の戦術シーケンスと似ていたため「評価方法 1」で得られた。その後 5, 6, 7, 8 試合目は試合が追加されず、9, 10 試合目にそれぞれ「評価方法 3」、「評価方法 1」によって戦術シーケンスが追加された。9 試合目で「評価方法 3」で得られた戦術シーケンスは COM がもともとは使用していなかったミドルキックを使用したものであり、「評価方法 3」の特徴から得られた戦術シーケンスといえる。

このように相手の戦術シーケンスを模倣することによって行動パターンを拡張することができる。

### 6.3 評価実験

本提案手法を用いて評価実験を行った。10 人の被験者に COM と 10 試合対戦をしてもらい、アンケートに答えてもらった。アンケートは 5 つの質問に 1~5 で答えてもらうものに加えて、自由記述を記入してもらった。前半 5 試合は COM が相手の戦術シーケンスを模倣せず、後半 5 試合では COM が戦術シーケンスの模倣を行う。これを事前に被験者に伝えたくえで行った。COM の模倣は 6 試合目のデータが 7 試合目の COM に反映さ

れ、拡張された行動パターンに次の試合のプレイ結果からさらに行動パターンを追加していく。

図 9 にアンケート結果を示す。「Q1, COM の行動パターンに変化を感じましたか？」については、多くの被験者が“感じた”と回答している。また、「Q3, 自分の行動パターンが COM に模倣されていると感じましたか？」については、多くの被験者が自分の行動を模倣しているのを“感じる”もしくは“まあまあ感じる”と回答している。ただ、「Q2, 行動パターンが拡張されたように感じましたか？」に関しては“感じた”や“まあまあ感じた”と回答した被験者が半数以上を占めるものの、“どちらともいえない”や“感じない”の割合が他に比べて高くなっている。これらの結果から、プレイヤーの行動パターンを模倣して、行動パターンに変化を与えていることは感じられるが、ベースとなる行動パターンと追加された行動パターンの頻度を両者の試合数を考慮して調整するなどして改善する必要があると思われる。ゲームへの影響としては「Q4, 行動パターンを拡張することでゲームがおもしろくなったと思いますか？」の質問に対して多くの被験者が“思う”や“まあまあ思う”と回答していることから、良い影響を与えていると思われる。被験者の自由記述からも、自分の行動を学んでいると分かるのがおもしろいなど、自身の行動パターンが模倣されているのを見てとれることに関しては良いものであった。その中でゲームに慣れたプレイヤーからは行動パターンは増え、変化しているものの、特に防御面に関する強化の不足について指摘された。これは試合の中では防御より、攻撃の数の方が多く、出現頻度などの評価値が攻撃の方が高くなってしまふ点があげられるためだと考えられ、攻撃と防御の評価方法については改善の余地があると思われる。

「Q5, COM の行動パターンに違和感がありましたか？」については、多くの被験者が“ない”もしくは“あまりない”という回答であった。本稿ではプレイヤーが実際に試合中に実行した行動を COM が模倣しているため、その行動の 1 つ 1 つの実行条件とその条件下で実行される行動については対人戦においても発生する可能性があるもので COM が使用することでゲームとして成立しうる行動であると仮定してきた。今回のアンケートによってプレイヤーから模倣する行動を COM が自身の行動パターンに取り入れることによって COM の行動パターンが不自然になるなどの問題はみられなかった。

評価実験によってプレイヤーの行動パターンを模倣することで行動パターンに変化を与えることについては良い結果が得られた。課題として防御面に対する模倣の強化があげられる。



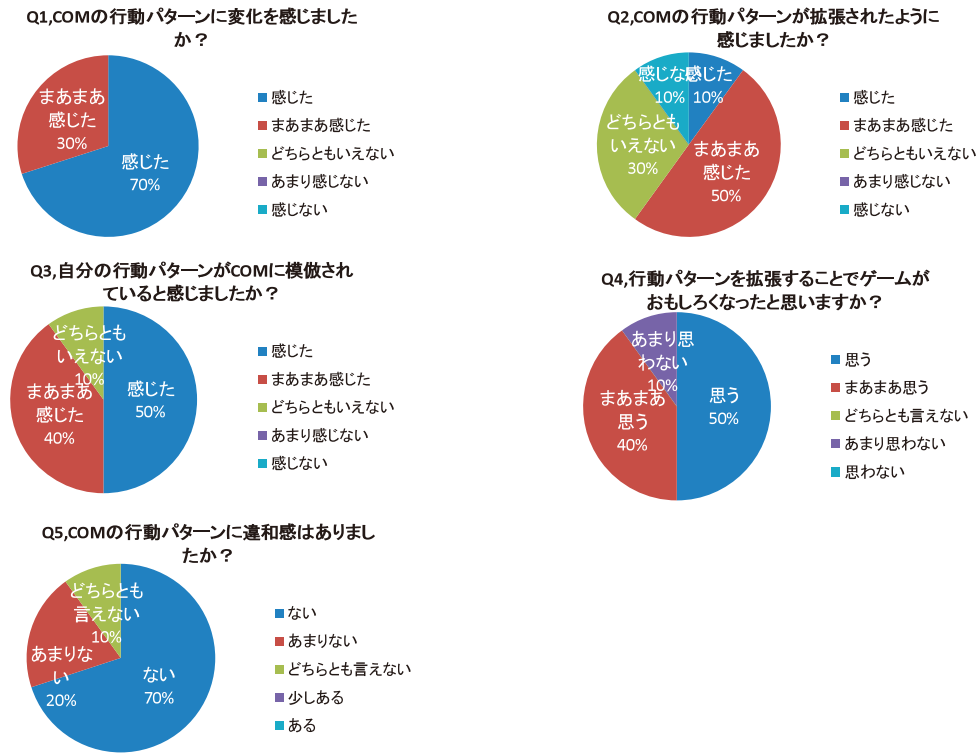


図 9 評価結果  
Fig.9 Evaluation result.

## 7. おわりに

本稿では、ゲームログを用いたプレイヤーの模倣手法を応用し、COMの行動パターンを拡張する手法を提案した。この手法ではゲームログの情報を基にした模倣学習を用いて、対戦したプレイヤーの特徴ある行動パターンを模倣することができる。この手法を用いることによって従来の作り込まれたCOMではなく、試合を重ねるごとに行動パターンを拡張し、柔軟に戦い方を変えていけるCOMを生成することができる。本稿では格闘ゲームを扱ってきたが、本手法のようにプレイヤーの行動をコンピュータが模倣し行動パターンを拡張する手

法は、他のアクションゲームなど、キャラクタの行動が戦術と戦術シーケンスで表されるものであれば様々なゲームに効果的であると思われる。ただ、他のゲームに利用する場合は、そのゲームに応じた行動の選択条件を設定し直さなければならないと思われる。一方、サッカーなどの複数人で協力するゲームや、ポーカーや将棋といったゲームは他の要素が影響する場合も考えられるため、本手法をそのまま使用するのには難しいと思われる。

今後は、対戦相手のプレイヤーから模倣する戦術シーケンスを決定する際の評価方法についてさらに検討を進めていきたい。対戦相手のプレイヤーの戦術シーケンスとCOMがすでに使用している戦術シーケンスの類似度に基づいた判定ができると、より特徴を明確にし

た COM を作成できると思われるため、戦術シーケンス間の類似度を判定する手法を検討したい。

### 参 考 文 献

- 1) 服部裕介, 田中彰人, 星野准一: 対戦型アクションゲームにおけるプレイヤーの模倣行動の生成, 第 17 回ゲーム情報学研究会, 情報処理学会 (2007).
- 2) 泰地真弘人, 池上高志: ゲームにおける学習プレイヤーのダイナミクス, 認知科学, Vol.6, No.1, pp.21-30 (1999).
- 3) Sammut, C., Hurst, S., Kedzier, D. and Michie, D.: Learning to fly, *Proc. 9th International Conference on Machine Learning*, pp.385-393 (1992).
- 4) Van Lent, M. and Laird, J.: Learning Procedural knowledge through observation, *Proc. International Conference On Knowledge Capture*, pp.179-186, ACM Press (2001).
- 5) Bain, M. and Sammut, C.: A framework for behavioral cloning, *Machine Intelligence 14*, Muggeleton, S., Furukawa, K. and Michie, D. (Eds.), Oxford University Press (1995).
- 6) Thureau, C., Bauckhage, C. and Sagerer, G.: Learning Human-Like Movement Behavior for Computer Games, *Proc. Int. Conf. on the Simulation of Adaptive Behavior*, pp.315-323, MIT Press (2004).
- 7) Thureau, C., Bauckhage, C. and Sagerer, G.: Imitation learning at all levels of Game-AI, *Proc. Int. Conf. on Computer Games, Artificial Intelligence, Design and Education*, pp.402-408 (2004).
- 8) Bauckhage, C., Thureau, C. and Sagerer, G.: Learning Human-like Opponent Behavior for Interactive Computer Games, *Pattern Recognition*, Michaelis, B. and Krell, G. (Eds.), *Lecture notes in Computer Science 2781*, pp.148-155, Springer-Verlag (2003).

(平成 19 年 10 月 10 日受付)

(平成 20 年 4 月 8 日採録)



星野 准一 (正会員)

平成元年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。同年セコム IS 研究所入所。平成 3 年から平成 5 年 MIT メディアラボ客員研究員。平成 11 年から新潟大学自然科学研究科助手。平成 12 年から筑波大学機能工学系講師。平成 12~15 年科学技術振興事業団さきがけ研究 21「情報と知」領域研究員を兼務。平成 14~15 年 ACM Advances in Computer Entertainment, Program Chair, 平成 15~16 年日本バーチャルリアリティ学会エンタテインメント VR 研究委員会委員長, 平成 17~18 年情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会主査。工学博士。エンタテインメントコンピューティング, ゲームテクノロジー等の研究に従事。IEEE, ACM, 電気情報通信学会各会員。



田中 彰人

平成 16 年筑波大学第三学群工学システム学類卒業。平成 18 年同大学院システム情報工学研究科修了。平成 18 年より株式会社クレスコ勤務。



濱名 克季

平成 20 年筑波大学第三学群工学システム学類卒業。現在, 筑波大学大学院システム情報工学研究科在学中。ゲームやエンタテインメントの研究に取り組んでいる。