

# サッカービデオゲームにおけるフォワードの動きに着目した 初心者プレイヤー支援システム

小林竜汰<sup>†1</sup> 梶並知記<sup>†1</sup>

**概要**：本稿では、サッカービデオゲームにおけるフォワードの動きに着目した初心者プレイヤー支援システムを提案する。一般的なサッカービデオゲームでは、プレイヤーはフィールドをボール、もしくは操作するキャラクターを中心に映した鳥瞰視点でゲームをプレイする。しかしながら、フィールドの状況に応じた戦術的な指示がゲームからプレイヤーへ与えられることは少なく、初心者プレイヤーにとってフィールド全体の状況とそれに応じた適切なポジショニングの判断が難しいほか、よりよい戦術を学びにくい問題がある。したがって本稿では、自陣が攻められている/敵陣を攻めている状況に応じて、フォワードの動きを初心者プレイヤーに学習してもらうシステムを提案する。評価実験を行い、提案システムの有効性を示す。

**キーワード**：プレイ支援, e-Sports, サッカービデオゲーム, 音声ガイド

## A Supporting System for Beginner Soccer Video Games' Players Focusing on Movement of Striker

Ryuta KOBAYASHI<sup>†1</sup> Tomoki KAJINAMI<sup>†1</sup>

**Keyword** : Play support, e-Sport, Soccer game, Voice guide

### 1. はじめに

本稿では、サッカービデオゲームにおけるフォワードの動きに着目した初心者プレイヤー支援システムを提案する。

サッカービデオゲームは、e-Sportsの国際的な競技大会で採用されるジャンルの1つで、現実のスポーツのサッカーと類似したルールの元、2つのチームが対戦する。両チームのプレイヤーは、それぞれ自分のチームのキャラクター全員の中から、ボールとの距離が近いキャラクターを操作し、ゴールを奪い合う。

現実のサッカーにおいて、ボールを持ったまま敵ディフェンスと接触すると、高い確率でボールを奪われてしまい、シュートを打つことさえままならないことが多い[1]。また、ボールの保持率を高めることができれば試合に勝利する確率が高くなることが知られている[2]。そのため、ボールを持ったまま敵ゴール付近に攻め込んだ時には、がむしゃらにシュートを打つよりも、味方にパスを出し、ボールを奪わせない行動も重要である。したがって、プレイヤーは敵ディフェンスキャラクターと距離を取りながらボールを受け取り、ボールを奪われないようにシュートを打つかパスを出すかを判断する必要がある。サッカーのように状況が時々刻々と変化するスポーツにおいて、高いパフォーマンスを発揮するには周囲の状況を適切に判断するような認知的側面にも優れている必要がある[3]。そのため、プレイヤーはフィールド全体の全キャラクターや、ボールの位置を

確認し、現在の状況などを素早く判断したうえで、状況に応じた行動、適切なポジショニングをする必要がある。初心者がチーム内の全キャラクターを操作することは、操作キャラクターが目まぐるしく変わり、ポジションごとの適切な役割や位置取りを把握しなければならず難しい。操作キャラクターを一人に絞った場合でも、基本的なポジショニングや役割がわからず、フィールド全体の状況がアイコンで記されたレーダーで状況を確認する必要があり難易度が高くなる。

ITを応用したサッカービデオゲームに関する研究として、AIをプレイヤーの意図する通りに動かす手法が提案されている[4]。また、フィールドスポーツを対象にした、選手のフォーメーションを可視化するシステムや[5]、パスが成功する可能性が高いパス領域を視覚化する研究も行われている[6]。サッカーと類似するチームスポーツのアメリカンフットボールを対象にして、選手やボールの位置情報に基づいたプレイ分析支援も行われている[7]。しかしながら、サッカービデオゲームを対象に、リアルタイムに選手の動きに着目し、それぞれのポジションの適切な動きを学習してもらう初心者支援はあまり行われていない。

従って本稿では、チーム内の特定の選手一人だけを操作するゲームモードにおいて、フィールド全体の状況が表示されているレーダーの情報に基づき、プレイヤーにリアルタイムでフォワードの動きを学習してもらうシステムを提案する。

<sup>†1</sup> 文教大学  
Bunkyo University.

## 2. 本稿で扱うゲームの特徴

本稿は、サッカービデオゲームのメジャータイトルに備わっている一人用モードを対象にした研究である。図1に、サッカービデオゲームの通常モードでの典型的な画面構成を示す。プレイヤーはボールや自分自身の操作キャラクターを中心に映す鳥瞰視点のカメラで、フィールドの一部分を眺めながらゲームをプレイする。両チームのプレイヤーは自分のチームのカラーに対応する逆三角形アイコンで示されるキャラクターを操作する。図では、赤色のチームを操作するプレイヤーと、青色のチームを操作するプレイヤーが対戦しており、赤い逆三角形のアイコンと青い逆三角形のアイコンで示されるキャラクターが、各チームのプレイヤーの操作キャラクターである。図中のレーダーは、フィールド全体を表示し、カメラの範囲外の選手を含む、両チームのキャラクター全員とボールの位置を表示する。また特定のゲームモードでは、チーム内の特定のキャラクターだけを操作するモードも存在する。その際、カメラは主に特定のキャラクターを追従する。



図1 サッカービデオゲームの典型的な画面構成

Figure 1 Typical screen layout of a soccer game.

中でも、一人用モードは、主なルールは通常のゲームモードと同じだが、プレイヤーが操作するキャラクターを一人に絞るゲームを行うゲームモードである。通常のゲームモードと異なり、操作キャラクターが一人に絞られるため、自分のポジションや行動に集中できる。

本稿で提案手法を実装する対象サッカービデオゲームのタイトルは『eFootball ウイニングイレブン 2021 SEASON UPDATE<sup>2</sup>』である。このゲームは、参加資格不問のオープンな公式大会 eFootball.Open と、欧州のサッカークラブが契約したプロのプレイヤーによるプロリーグの eFootball.Pro という大規模な e-Sports 大会が開かれているメジャーなタイトルである。類似したメジャーなサッカービデオゲームとして『FIFA 21<sup>3</sup>』が挙げられ、両タイトルもゲームの仕様や実装されているゲームモードなどに大きな差はないが、実装上の都合により本稿では『eFootball ウイニングイレブン 2021 SEASON UPDATE』を採用する。

## 3. 提案手法

### 3.1 ユーザの意図とシステムへの要求

本稿で提案するシステムの主な使用目的は、初心者プレイヤーがチーム内の特定の選手一人だけを操作するゲームモードを用いて、フォワードの動きを学習するためである。フォワードの動きを学習する際、ユーザが主に以下の2つの意図を持つと想定している。

意図1：フォワードの基本的な役割、注意点を学びたい。  
意図2：自陣が攻められている/敵陣を攻めている状況での試合に勝つためにすべき行動を知りたい。

これらの上記の意図に対応したシステムの要求は、以下の2つである。

要求1：基本的なポジショニングや注意点の指示

要求2：状況に応じた行動をリアルタイムで指示

本稿では、これらの要求を音声ガイドと図形ガイドで指示を出す。音声ガイドでは、主に注意点の指示、図形ガイドでは、具体的な移動方向や場所の指示を行う。本稿で支援する項目は以下のとおりである。

支援1：敵ディフェンスと距離をとる (3.2節)

支援2：ボールがあるレーンでポジショニングする (3.3節)

支援3：ボールを持っている場合の推奨するプレイ (3.4節)

支援4：コーナーキック時のポジショニング (3.5節)

本稿では、ボールの位置が自陣側にあった場合に、自陣が攻められている状況、敵陣にあった場合に、敵陣を攻めている状況としている。支援1と支援2は自陣が攻められている状況での支援、支援3と支援4は敵陣を攻めている状況での支援となっている。

### 3.2 敵ディフェンスと距離を取る指示

操作キャラクターと敵ディフェンスの距離が近いとき、警告音を鳴らすことで、プレイヤーに敵キャラクターとの距離を開けることを意識させる。敵キャラクターにボールを奪われずゴール付近まで行くことができれば、得点に絡むプレイの数が増えるため、敵キャラクターとの距離をあけることを意識させるのは重要である。

プレイヤーの操作キャラクターと敵ディフェンスは、プレイヤーの操作キャラクターがパスをもらったときに初めてボールを奪いに来る可能性が高い敵キャラクターである。図2に、レーダー上での敵ディフェンスとの距離判定方法を示す。操作キャラクターアイコン  $P^A_0$  を中心に、現実のフィールド上で一辺 3m 相当の正方形の範囲に敵キャラクターアイコン  $P^B_{near}$  が検出された場合、敵から距離をとらせるために Beep 音を鳴らし警告する。これはレーダー上のすべての敵キャラクターアイコンと操作キャラクターアイコンの  $xy$  座標に基づき判定を行う。判定手法としては、レーダー内の操作キャラクターアイコンの  $xy$  座標と、レー

<sup>2</sup> 『eFootball ウイニングイレブン 2021 SEASON UPDATE』  
コナミデジタルエンタテインメント, 2020. (PS4, PC)

<sup>3</sup> 『FIFA 21』, Electronic Arts, 2020. (PS4, PC, Xbox One, Switch)

ダー内の全敵キャラクターアイコンの  $xy$  座標を取得する。操作キャラクターアイコンの  $xy$  座標を中心に 3m 相当の範囲内の敵キャラクターアイコンを敵ディフェンスとする。なお敵ディフェンスと距離をとる指示は、3.3 節から 3.5 節で述べる指示と重複する場合がある。

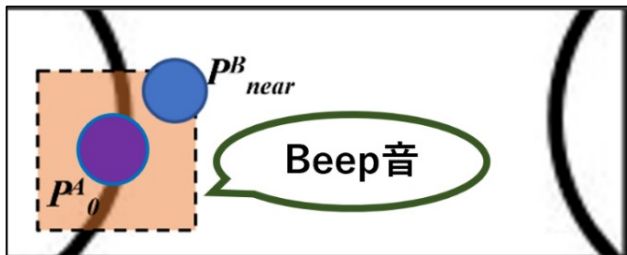


図 2 敵キャラクターとの距離判定と音声指示

Figure 2 Judgment of distance to enemy character and voice guide.

### 3.3 ボールがあるレーンでポジショニングの指示

自陣が攻められている場合、フォワードは基本的に相手のオフサイドライン際かつ、ボールが存在するレーンで待機する。ボールが存在しないレーンで待機していた場合、味方ディフェンスがボールを奪ったときに、ゴールまでの距離は同じでも、パスする距離が延びてしまうため、ボールを奪われやすい。ボールが存在するレーンにポジショニングしておくことにより、ゴールに向かったパスがより短く、パスももらいやすくなる。音声と図形ガイドのリアルタイム指示により、プレイヤーの操作キャラクターがパスをもらうときにできるだけ同じレーンでパスをもらうことを意識させ、スムーズに攻めに転じられるように促す。

図 3 に、フィールドを 5 つのレーンに分割したものを示す。図 3 は右へ攻め込むものとし、敵ゴールに向かって、左のタッチラインからペナルティエリアの左端までを左サイド、ペナルティエリアの左端からゴールエリアの左端までを左ハーフスペース、ゴールエリアの左端から右端までをセンター、ゴールエリアの右端からペナルティエリアの右端までを右ハーフスペース、ペナルティエリアの右端右のタッチラインまでを右サイドとして区分する。本手法では、ボールがこれらのレーンのどこにあり、プレイヤーの操作キャラクターがどのレーンに存在するかに応じて、指示を出す。

ボールの位置やプレイヤーの操作キャラクターの位置の判定は、レーダーのボールアイコンの  $xy$  座標を取得しその  $y$  座標に基づきどのレーンに存在するか判定する。また、操作キャラクターアイコンの  $xy$  座標を取得し、現在いるレーンからどのレーンに移動すれば良いか判定し、画面上の操作キャラクターの  $xy$  座標を用い図形ガイドとして緑実線の矢印を表示、同時に音声ガイドで指示を出す。音声の指示は、「ウェイト」のあとに「ライトサイド」「レフトサイド」「ライトハーフスペース」「レフトハーフスペース」「センター」のいずれか場所の指定を続ける形式とする。

図 3 の場合、ボール (Ball) を味方キャラクター ( $P^f$ ) と敵キャラクター ( $P^e$ ) がレフトサイドで奪い合っており、プレイヤーの操作キャラクター  $P^f_0$  がセンターに存在するため、ボールと同じレーンへの移動を促すように、「ウェイトレフトサイド」と音声で指示を出す。

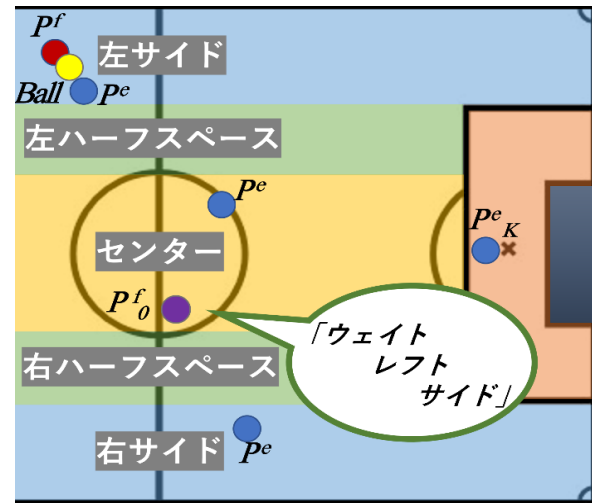


図 3 ボールがあるレーンの判定と音声指示

Figure 3 Judgment of the lane where the ball is and voice guide.

### 3.4 ボールを持っている場合の推奨するプレイの指示

フォワードの役割は、得点を入れるほかにも、味方が得点するチャンスを作る、敵にプレッシャーを与えるという役割もあるので、積極的に敵陣に攻め込み、敵陣地でシュートを打つだけでなく、パスを出す選択肢を持つことも、得点につながる行動と考える。

オフense時のボールをもらった場合、ボールを奪われずにできるだけゴールまで攻め込むことで、得点に絡む確率が上がる。図 4 に、操作キャラクターがボールをもらったときの処理を示す。これはボールをもらったときにレーダー上で自分より敵ゴールに近い敵の  $xy$  座標をもとに判定を行う。プレイヤーの操作キャラクターがボールを持っている状況の判定は、レーダーの操作キャラクターアイコンとボールアイコンが重なった場所  $P^f_{ball}$  の  $xy$  座標を取得し、レーダー上で自分より敵ゴールに近い敵キャラクターアイコン  $P^e_{front}$  の  $xy$  座標を取得することで行う。敵キーパー  $P^e_K$  を除く、自分より敵ゴールに近い敵キャラクターアイコン  $P^e_{front}$  が存在しないレーンへ向かうようプレイヤーに「ゴー」の音声で指示を出す。「ゴー」の後に、向かうべきレーンの指示を 3.3 節同様に続ける。図形ガイドとして赤実線の矢印も表示する。また、向かうレーンがない場合や敵陣地の両サイドに攻め込んだ場合は、味方へのパスを「パス」の音声で指示する。ゴールが見えていて、両ハーフスペースかセンターでボールを持っていた場合、操作キャラクターとゴールを図形ガイドの青実線の矢印で結び、「シュート」の音声ガイドで指示を出す。音声による指示の優先順位は、「シュート」>「ゴー」>「パス」である。

図4の例では、右へ攻め込むものとし、操作キャラクターはライトハーフスペースでボールをもらった ( $P^f_{ball}$ ) 状況である。この場合、センター、ライトハーフスペースに自分より敵ゴールに近い敵キャラクター ( $P^e_{front}$ ) がいるため、敵キャラクターがいないライトサイドに向かう指示「ゴーライトサイド」を出す。向かうレーンに図形ガイドを表示し、ボールを持ってからの判断を早め、敵陣地に攻め込んでからボールを奪われる確率を下げる。

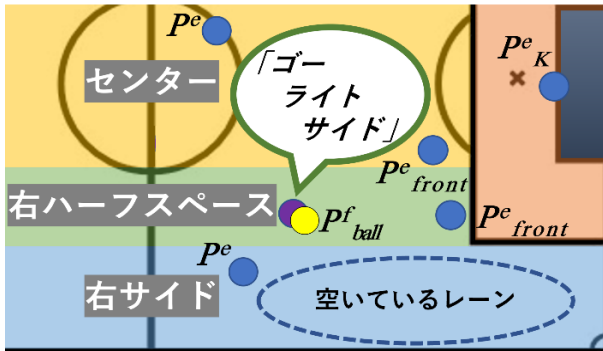


図4 攻め込むレーンの判断と音声指示

Figure 4 Judgment of lane to attack and voice instruction.

### 3.5 ボールを持っている場合の推奨するプレイの指示

コーナーキックの戦略は様々であるが、今回は初心者プレイヤーを対象としているため、特定の合図や、キッカーのタイミングなどに左右されず、ゴール前にボールを蹴り込んでもらい、ボールに合わせてシュートするという、よりわかりやすく得点に絡みやすい戦術を想定する。

図5に、敵陣地でのコーナーキックの判定方法を示す。図5は右へ攻め込むものとし、敵陣地でのコーナーキックで、キッカーはプレイヤー以外とする。コーナーキックには、キッカーが直接ゴール付近にボールを蹴り込み、そのボールで味方がゴールを奪う戦術や、キッカーから近い味方が短いパスをもらい、コーナーキックよりゴールの正面方向にボールを持っていくことで、シュート、パスなど選択肢を広げる戦術などがある。本稿では、キッカーがゴール前にボールを蹴り込むことを想定し、プレイヤーに敵ゴールの正面に待機させ、直接ゴールを狙ってもらう。コーナーキックが行われる状況の判定は、レーダーの敵陣地コーナーにボールアイコン  $Ball$  が 3/30 秒以上存在した場合、プレイヤーに敵ゴールの前に待機する指示を音声「ステイゴール」で出す。また、ゴール前に図形ガイドの紫実線の円を表示し、ゴール前で待機するように指示を出す。

図5の例では、右へ攻め込むものとし、敵陣地コーナーにボール  $Ball$  が存在しているため、敵陣地でのコーナーキックと判定し、自分以外の味方キャラクター ( $P^f$ ) がコーナーキックを蹴る状況である。この場合、プレイヤーに敵ゴールの目の前で待機する音声ガイド「ステイゴール」と、図形ガイドの紫実線の円を提示し、ゴール前で待機するように指示を出す。指示を出すことで先述したプレイヤーに直接ゴールを狙ってもらうという戦術を学んでもらう。



図5 コーナーキックの判定と音声指示

Figure 5 Judgment of Corner kick and voice instruction.

## 4. システムの構成と実行例

### 4.1 システムの構成と開発環境

データファイル作成モジュールの開発には統合開発環境 Visual Studio Code (Python 3.9.9) を使用し、本稿の提案手法を実装するにあたり、対象ゲームをサッカービデオゲームにおけるメジャーなタイトルである『eFootball ウイニングイレブン 2021 SEASON UPDATE』とし、プレイするモードは一人の選手を操作する『ビカム・ア・レジェンド』を使用している。

図6に、提案システムの構成を示す。PCでゲームを起動し、ゲーム映像の加工は行わず、PCモニターにゲーム映像を映し出す。映像のサイズは  $1920 \times 1080$  pixel であり、レーダー部分は  $280 \times 170$  pixel である。ユーザは、PCモニターに直接映し出されたゲーム映像を見ながらゲームをプレイする。提案システムは、ゲーム映像を OBS Studio を用いて提案システムに映像を送る。送られたゲーム映像に、OpenCV を用いた 1/30 秒ごとのテンプレートマッチによる状況判定を行い、判定された状況に応じてリアルタイムに図形ガイドや音声ガイドを出力する。図形ガイドは、ゲーム映像の上に透明ウィンドウを配置し、その透明ウィンドウ上に描画される。透明ウィンドウ上に描画することで、ゲーム映像をキャプチャし加工を施した映像を出力する場合と比較し、プレイ中のラグが少なくなり、画質の劣化もなくなる。音声ガイドは、スピーカーから出力される。



図6 システム構成図

Figure 6 System architecture.



#### 4.2 テンプレート画像の生成

本稿では、画像処理ライブラリ OpenCV を用いたテンプレートマッチングにより、ゲームのプレイ画面の操作プレイヤーとゴール、レーダーのアイコンから判定に必要な xy 座標を検出する。テンプレート画像には、操作プレイヤー、ゴール、レーダーの操作プレイヤーアイコン、敵キャラクターアイコン、ボールアイコン、操作プレイヤーとボールが重なったアイコンを利用する。これらのアイコンは、あらかじめ用意しておく。図 7 は左からレーダー上の操作キャラクターアイコン、操作キャラクターアイコンとボールアイコンが重なったアイコン、敵キャラクターアイコン、ボールアイコン、プレイ画面上的操作キャラクターの頭上に表示される青色の逆三角形のアイコン、ゴールである。操作キャラクターアイコンを 10×10pixel、操作キャラクターアイコンとボールアイコンが重なったものを 13×13pixel、敵キャラクターアイコンを 9×9pixel、ボールアイコンを 13×13pixel、プレイ画面上的操作キャラクターのマークを 6×6pixel、ゴールを 75×109pixel、で使用する。

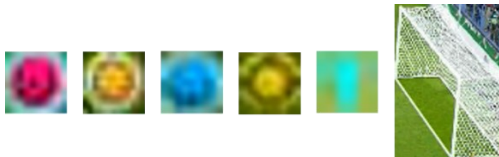


図 7 テンプレート画像  
Figure 7 Template image.

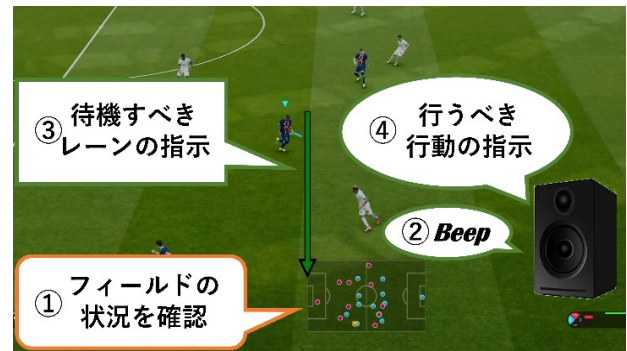
#### 4.3 システム実行例

図 8 は提案システムの実行例である。図 8 (a) は 3.1 節と 3.2 節の手法を示したものであり、プレイヤーの陣地側にボールがある状況である。プレイ画面下部にあるレーダーからボールの位置と操作キャラクターの位置、敵キャラクターの位置を確認 (図中①) し、操作キャラクターと敵キャラクターが近いため、Beep 音を鳴らし敵キャラクターと距離をあける警告 (図中②) している。また、プレイヤーの陣地側にボールがあるため、ディフェンスする状況と判断し、操作キャラクターからボールがある右サイドへ移動を促す緑色の矢印を表示 (図中③) している、同時に行うべき行動をスピーカーから指示 (図中④) している。

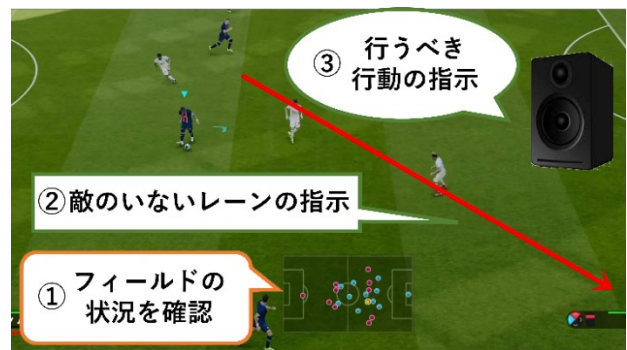
図 8 (b) は 3.3 節の手法を示したものであり、相手陣地でプレイヤーの操作キャラクターがボールを受け取った状況である。レーダーから操作キャラクターとボールが重なった位置、敵キャラクターの位置を確認 (図中①) し、操作キャラクターより前に敵キャラクターがいない右サイドへ進行を促す赤い矢印 (図中②) を表示している。同時に行うべき行動をスピーカーから指示 (図中③) している。この指示は、積極的にゴールを狙ってもらうために、シュートが打てる状況であれば、シュートを促す音声を優先して再生する (音声ガイドの優先順位は 3.4 節で述べたとおり「シュート」>「ゴー」>「パス」)。

図 8 (c) は 3.4 節の手法を示したものであり、相手陣地

でコーナーキックを蹴る前の状況である。レーダーからボールの位置を確認 (図中①) し、ボールが相手陣地のコーナーにあった場合、敵ゴール前へ待機を促す紫色の円を表示 (図中②) する。同時に行うべき行動をスピーカーから指示 (図中③) している。



(a)



(b)



(c)

図 8 提案システムの実行例

Figure 8 Execution example of proposed system.

### 5. プレイ時における提案システムの有効性に関する検証

#### 5.1 目的と仮説

本実験の目的は、サッカービデオゲームの初心者が提案システム使用して練習することにより、提案システム未使用者で練習した場合と比較して、プレイの上達の度合いが向上することを検証することである。

本稿では、以下の 3 つの観点から、プレイの上達の度合いを測る。

- ・ ボールの受け取り後 3 秒以内にボールを取られる回

数が減少したか

- ・ シュートの回数が増大しているか
- ・ アシスト回数が増大しているか

したがって、仮説は以下のとおりである。

仮説 1: ボールを受け取った後 3 秒以内にボールを取られる回数の減少の度合い

提案システムを使用して練習 > 未使用で練習

仮説 2: シュートの回数の増加の度合い

提案システムを使用して練習 > 未使用で練習

仮説 3: アシスト回数の増加の度合い

提案システムを使用して練習 > 未使用で練習

すなわち、初心者プレイヤーが提案システムを用いて練習を行った場合、システムを使わずに練習した時と比較して、フォワードというポジションにおいて、気を付けるべきことや理想的なポジショニングが、あまり迷わずわかるようになり、得点に絡むプレイの回数が増加していれば、提案システムが有効であると考えられる。

## 5.2 環境と手順

本実験では、『eFootball ウイニングイレブン 2021 SEASON UPDATE』を用いる。ゲームモードは、選手一人を操作するピカム・ア・レジェンド、操作キャラクターはキリアン・ムバッペ（パリ・サン＝ジェルマン）とする。操作選手中心のカメラ視点で被験者にプレイしてもらい、被験者は、基本的サッカールールを知っているがサッカービデオゲームの初心者（サッカービデオゲーム未経験者で 2 試合程度行い、基本的操作がわかる状態）である。1 試合の時間は、実時間で前後半合わせ 10 分である。

表 1 は、16 名の被験者を 8 名ずつの 2 グループに分けたものである。両グループとも 4 試合行い、1 試合目と 4 試合目は提案システムを未使用で行う。2 試合目と 3 試合目が練習試合に相当し、グループ P のみ提案システムを使用する。

表 1 グループ分けと試合プレイの順序

Table 1 Grouping subjects and order of match play.

グループ	被験者	提案システムの使用/未使用		
		1 試合目	2,3 試合目	4 試合目
N	N1~8	未使用	未使用	未使用
P	P1~8	未使用	使用	未使用

実験手順は以下のとおりである。

- (1) 被験者 16 名には一人ずつ来てもらい、評価試合の際にプレイしてもらいゲームモードと担当するポジションの説明をする。
- (2) 被験者には操作感に慣れてもらうためにチーム全員を操作するプレイモードで com 相手に 2 試合程度練習してもらい。
- (3) 被験者に、ピカム・ア・レジェンド（一人用操作モード）で実験用のセーブデータを選択し試合を行っても

らう。その際、被験者には「少しでも良いのでできるだけ上手になることを意識してください」と伝える。

- (4) 試合は表 1 に基づき、16 名を半分に分けてグループ N, P に分け一人当たり 4 試合行ってもらい。グループ N の被験者には、システムの存在は伝えずに 4 試合行ってもらい、グループ P には、1 試合目の評価試合が行われた後に提案システムの概要を伝える。
- (5) 著者らが、グループ N, P それぞれの 1 試合目と 4 試合目の、ボールの受け取り後 3 秒以内にボールを奪われる回数、シュートの回数、アシスト回数の増加率を記録する
- (6) 計 4 試合終了後、被験者にはアンケートに回答してもらい

アンケートは、システムの有無に依存しない共通の評価項目として、以下の 3 項目を用意している（5 段階、5: Good, 1: Bad）。

項目 1: プレイに対する迷いはどの程度へったか。

項目 2: どの程度技術が向上したと思うか。

項目 3: 1 試合目と比べサッカーゲームが面白く感じるか。

グループ P には、提案システムの個別機能に関する評価項目として以下の 3 項目を用意している（5 段階、5: Good, 1: Bad）。

項目 Pa: 敵と距離を取る指示（Beep 音）は役に立ったか。

項目 Pb: ディフェンス時のポジショニングすべき場所の指示（緑色の矢印と音声）は役に立ったか。

項目 Pc: オフェンス時のボールを持った場合の指示（赤色の矢印や青色の矢印と音声）は役に立ったか。

項目 Pd: コーナーキック時のポジショニング指示（ゴール前の円と音声）は役に立ったか。

図 9 は提案システムを用いた振り返り作業中の様子である。被験者個人が、デスクトップ PC 上で提案システムを利用し、ゲームをプレイする。

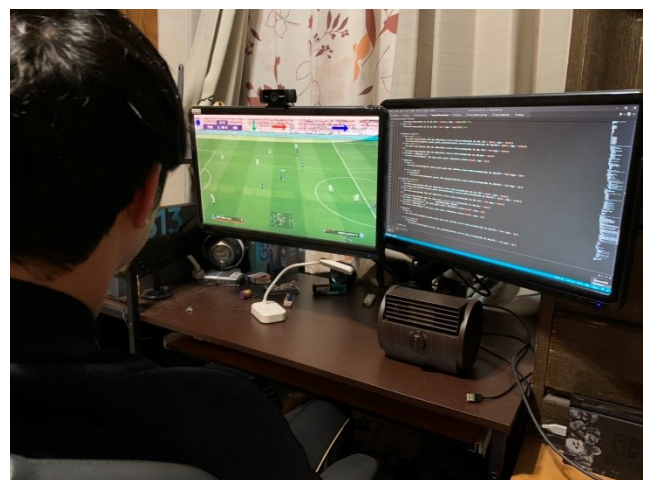


図 9 提案システムを用いたプレイ

Figure 9 Match play using the proposed system.

### 5.3 結果

#### 5.3.1 総合的な評価

表 2 は、被験者 16 名の試合結果を、仮説 1~3 に対応する項目、グループごとに集計し、1 試合目と 4 試合目を比較して増減した数値の平均値を記載したものである。すなわち、表中、正の値は、平均して回数が増加したことを示し、負の数は減少したことを示す。例えば、グループ P の、ボールを受け取った後 3 秒以内にボールを取られる回数の変化-2.75 は、ボールを取られる回数が被験者一人当たり平均 2.75 回減少したことを示す（つまり、負の数の方が良い）。また、平均値の横のカッコ内には、項目ごとに、ボールを取られる回数が減少した被験者数、シュート回数が増加した被験者数、アシスト回数が増加した被験者数を示す。表 2 の結果から、提案システムを使用したグループ P の方が、ボールを取られる回数が減少し、シュート回数とアシスト回数が増加しており、仮説 1~3 を満たしたといえる。さらに、シュートをして実際に得点できた（シュートが決まった）回数の差をグループごとに計算したところ、グループ N は平均 0.25 回増えていたのに対し、グループ P は平均 1.25 回増えていた。ボールを取られる回数の減少、シュート回数の増加ほど有効ではなかったアシスト回数の増加数に関して、明確に仮説を満たした被験者数はグループ P の 8 人の内 3 人である。この原因として、よりよい場所でのポジショニングを意識したため、アシストよりも自身でシュートを撃つ選択肢が多くなることがあると考える。実際、被験者 P5 は、アシスト回数が増加しなかったものの、シュート回数が 2 増加していた。

表 2 3つの観点によるプレイ上達の度合い

Table 2 Degree of improvement in play from three perspectives.

	グループ P	グループ N
ボールの受け取り後 3 秒以内にボールを取られる増加数	-2.75 (6)	0 (2)
シュート回数の増加数	3.125 (5)	-0.125 (2)
アシスト回数の増加数	0.375 (3)	-0.125 (1)

また、表 3 は被験者 16 名に行ったアンケートの共通項目を比較し、グループごとの平均値をまとめたものである。カッコ内には、明確に肯定的な評価をした（評価値 4 以上）被験者数を示す。表 3 から、提案システムを使用したグループ P の方が、全ての項目で高評価となり、明確に肯定的な評価をした人数も多い。すなわち、被験者の主観でも、提案システム使用した方がプレイに対する迷いが減り、自身のプレイ技術の向上が体感でき、サッカービデオゲームを面白く思っているといえる。

被験者から得られたコメントに着目すると、項目 1 に関しては肯定的なコメントとして「最前線にいて得点の機会を作る等の自分の役割を理解できた (P2)」、「カウンターなどの試合の流れが理解できるようになった (N4)」などがあ

った。グループ P からは否定的なコメントは得られなかった。一方、グループ N からは「ボールを持ってもどう動いたらいいかわからなかった (N5)」、「ポジションなど、どこまで動いていいかわからなかった」といった否定的なコメントを得た。

これらの結果から、提案システムを使用して練習を行うことで、フォワードに関する役割などの模範的な行動が学ぶことができ、プレイヤーのプレイに対する迷いは減ったといえる。

項目 2 に関しては否定的なコメントはあまり見られなかったが、グループ N は「操作方法がわかった (N2)」、「ファウルが減ったから (N6)」とゲームの仕様や操作上の技術などを上げる被験者が多かったのに対し、グループ P は「敵と離れてボールを受けられたりシュートを打てるようになった (P1)」、「ボールを持っているときに相手を確認するようになった (P7)」など、戦略や実践上のタイミングなどを上げる被験者が多かった。

これらの結果から、提案システムを使用して練習を行うことで、サッカーの実践的な行動を学ぶことができ、プレイヤーの技術が向上する可能性があるといえる。

項目 3 に関しては肯定的なコメントとして「オフense時の指示が有効だったため、シュートが増えて楽しかった (P3)」、「操作が習得できれば面白く遊ぶことができる (N1)」などがあった。グループ P からは否定的なコメントは得られなかった。一方、グループ N からは「すぐにボールを取られる、スタミナ切れ、ファウルなど、思っていたよりプレイが制限されて面白くないと感じた。(N6)」、「得点が取ればもっと楽しいと思った (N7)」といった否定的なコメントを得た。

これらの結果から、提案システムを使用して練習を行うことで、行うべきでない行動を学びながら、結果を残すことができ、サッカービデオゲームを面白く思うようになったといえる。

表 3 アンケートの共通項目の結果

Table 3 Results of common items in the questionnaire.

	グループ P	グループ N
プレイに対する迷いはどの程度減ったか (項目 1)	4.25 (7)	3.13 (3)
どの程度技術御向上したと思うか (項目 2)	4.13 (6)	2.38 (1)
サッカーゲームが面白く感じるか (項目 3)	4.3 (7)	2.88 (2)

#### 5.3.2 機能別の評価

表 4 は、提案システムを使用したグループ P の被験者から得られたアンケート（項目 Pa~Pd）の結果である。それぞれ、3.2 節~3.5 節で提案した機能に対応している。評価値平均のカッコ内には、明確に肯定的な評価をした（評価値 4 以上）被験者数を示す。表 4 から、項目 Pc 以外、高評価であることがわかる。

表 4 個別機能に関する評価の結果

Table 4 Results of evaluation of each function.

設問	評価値平均
敵と距離を取る指示は役に立ったか (Pa)	4.25 (7)
ディフェンス時のポジショニングするべき場所の指示は役に立ったか (Pb)	3.88 (6)
オフENS時のボールを持った場合の指示は役に立ったか (Pc)	2.63 (2)
コーナーキック時のポジショニング指示は役に立ったか (Pd)	4.125 (7)

被験者から得られたコメントに着目すると、項目 Pa に関しては肯定的なコメントとして「ボールをもらうときに敵と距離を取ることを意識するようになった (P1)」、「音情報なので画面の邪魔にならず、敵との距離感をつかめていない初めの方に役立った (P2)」などがあつた。一方、否定的なコメントとして「役に立つ部分もあつたが攻めている場面での指示がうっとうしい場面もあつた (P6)」を得た。これらのコメントから、提案システムを使用して練習を行うことで、敵との距離を気に向け、ボールを受け取った後すぐに奪われる回数が減つたといえる。一方で、プレイヤーにとって指示が不要の状況で、指示を出さないような仕組みを検討する課題があると考えられる。

項目 Pb に関しては肯定的なコメントとして「その場所に指示する意図がわかって戦略が伝わつた (P3)」、「ディフェンス時でも指示があつたおかげで困らずにポジショニングできた (P4)」などがあつた。一方、否定的なコメントとして「その後の相手の動きが予測できるわけではないので友好的ではないと思つた (P7)」を得た。これらのコメントから、提案システムを使用して練習を行うことで、ディフェンスにおける基本的な戦略が学ぶことができるといえる。一方で、基本的な戦略以上のことは学ぶことができないため、より多彩な戦略を指示する課題があると考えられる。

項目 Pc に関しては肯定的なコメントとして「矢印の先に空きスペースを探すことができた (P3)」、「矢印は向かうべき指標になつたからあつてよかつた (P4)」などがあつた。一方、否定的なコメントとして「矢印ではわかりにくい点があつた。ボールを取つたときの指示より、どんな状態でボールをもらうべきかの指示が欲しかつた (P1)」、「指示する内容がわからなかつた (P7)」を得た。この項目の支援機能はボールをもらったときに、ドリブルで攻め込む指示が出されることが多い。そのため、ドリブルを多用し、チームプレイを中心に試合を進めるプレイスタイルには有用な指示だが、ポジショニングや敵との距離を見極めて、ゴール前で得点の機会をうかがうプレイスタイルには、ドリブルして攻め込む指示が受け入れられないと考える。

項目 Pd に関しては肯定的なコメントとして「円はすっきりして見やすかつた。指示内容も理解できた (P2)」、「実際の試合でこの指示による戦略で得点できたため (P8)」などがあつた。「コーナーキックにならなかつた (P6)」と回

答した被験者以外で否定的なコメントは得られなかつた。これらのコメントから提案システムを使用して練習を行うことで、コーナーキック時の戦略を学ぶことができるといえる。一方で、この戦略を用いて得点した被験者は1名しかなかつたため、今後はより、得点力がある戦略などを指示できるようにする課題があると考えられる。

これらの結果から、提案システムを使用して練習を行うことで、自らシュートを打つ機会を多く作ることができ、得点できる可能性も上がったといえる。また、自分のポジションや空きスペースを気にする考え方が定着し、敵陣地での行動が得点につながりやすくなつたといえる。一方で、レーン単位の矢印指示では、より細かい場所の指示がしにくいといった課題があるといえる。

以上 5.3.1, 5.3.2 節から、提案システムを使用して練習することで、未使用時と比較し、初心者が適切なポジションが確認でき、敵との距離や位置関係などを考えて行動ができるようになり、練習時にどのように動けばよいのかなどの戦略的な知識や技術を身に付けやすくなつたといえる。

## 6. おわりに

本稿では、サッカービデオゲームにおけるフォワードの動きに着目した初心者プレイヤー支援システムを提案した。実験の結果、提案システムを使用して練習を行うことで、初心者が敵との距離や位置関係などを考えてプレイができるようになり、どのように動けばよいのかなどの戦略的な知識や技術が身に付きやすくなつた。

今後の課題として、より見やすい可視化表現の検討や多彩な戦略の実装と適切な指示方法の検討が挙げられる。

## 参考文献

- [1] 寺田進志, 佐野淳. サッカー選手の〈パスの知〉の地平分析. 体育学研究, 2017, 62(1), pp. 169-186.
- [2] 内藤清志, 平嶋裕輔, 坂本慶子, 中山雅雄, 浅井武. サッカーにおけるボール保持に関する研究. シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集. 2013, pp. 116-1-116-4.
- [3] 夏原隆之, 山崎史恵, 浅井武. 大学サッカー選手における攻撃プレーに関する認知と知識表象, スポーツ心理学研究, 2012, 39(2), pp. 137-151.
- [4] 秋山英久, 中島智晴, 五十嵐治一. RoboCup サッカーシミュレーションにおける局面評価の表現法と学習法. 知能と情報. 2020, 32(2), pp. 691-703.
- [5] 姜文淵, 山本雄平, 田中成典, 中村健二, 田中ちひろ. TIN を用いたサッカーのフォーメーションの可視化に関する研究, 第34回ファジィシステムシンポジウム講演論文集. 2018, pp. 166-167.
- [6] Takahashi, S., Haseyama, M.. Active Grid-based Pass Region Estimation from Multiple Frames of Broadcast Soccer Videos. ITE Transactions on Media Technology and Applications. 2013, 1(3), pp. 220-225.
- [7] 山本雄平, 田中成典, 姜文淵, 中村健二, 田中ちひろ, 清尾直輝. アメリカンフットボールの可視化システムの開発および選手のプレー分析に関する研究. 情報処理学会論文誌. 2018, 59(5), pp. 1334-1350.