

サッカービデオゲーム初心者を対象とした パス成功率向上支援システム

増山嘉人^{†1} 松井紘儀^{†1} 梶並知記^{†1}

概要：本稿では、サッカービデオゲームにおける初心者を対象とした、パス成功率向上支援システムを提案する。サッカービデオゲームでは、プレイヤーはフィールドを鳥瞰視点で眺めプレイでき、選手の位置の確認が容易である。サッカービデオゲームでは、現実のサッカーと同様に、初心者ほど、敵のプレスがある中でドリブルしながら攻撃を組み立てるよりパスを素早く回して攻撃を組み立てる方が、ボールを奪取される危険性が低い。しかしながら、初心者にとっては、パスを回すためにパスコースを素早く見つける必要があるものの、パスを出す対象の選択肢が多いため、パスを出す判断が困難である。したがって本稿では、サッカーフィールド上における選手の位置情報に基づき、敵チームの選手から最も離れている仲間の選手、自ら操作する選手に最も近い仲間の選手、相方アンカーとの距離の3つを強調してプレイヤーに提示するパス成功率向上支援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：e-Sports, サッカービデオゲーム, リアルタイム支援, 初心者支援

A Support System for Improving Pas Success Rate for Beginner Players of Soccer Video Games

Yoshito MASUYAMA^{†1} Kougi MATSUI^{†1} Tomoki KAJINAMI^{†1}

Keyword : e-Sports, Soccer videogame, Real time support, Beginner support

1. はじめに

本稿では、サッカービデオゲームにおける初心者を対象とした、パス成功率向上支援システムを提案する。本稿では、サッカーのプレイにおける典型的な行動の1つである、パスに着目する。パスは得点チャンスを生み出す上で重要な役割を果たす[1]。また、得点数がチームのパス数と正の相関関係にあることが知られている[2]。従来研究として、パスが成功する可能性が高いフィールド上の領域を可視化した研究や[3]、リアルタイムのデータを基にパスの評価をしたものがある[4]。しかしながら、サッカービデオゲームを対象にして、プレイヤーが操作している選手や他のプレイヤーやCPUが操作する味方選手の位置に着目し、パスを出す先の選手の候補を提示する支援はあまり行われていない。

コンピュータを用いたサッカービデオゲームでは、現実のサッカーと同様に、初心者は、敵のプレスがある中でドリブルしながら攻撃を組み立てるより、パスを素早く回して攻撃を組み立てる方が、ボールを奪取される危険性が低い。したがって、プレイヤーは、パスを出す対象の選手を素早く見つける必要がある。

サッカービデオゲームの初心者の課題として、味方選手の位置を確認できていないことや、位置を確認できてもパスを出す対象となる味方選手の数が多く、パスをどこに出

して良いのか判断するのに時間が掛かることが挙げられる。また、パスをどこに出すべきか判断している間に、敵のプレスが来てボールを奪取されてしまう問題がある。

また、本稿では、初心者がアンカーのポジションでプレイすることを想定して支援する。サッカーのフォーメーションは、様々あるが基本的に4-4-2や4-2-3-1などアンカーが2人いるフォーメーションを想定する。アンカーは、主に中盤に位置取り、攻守ともに重要な役割を担う。初心者にはアンカーのポジションでプレイしてもらう理由は、アンカーはフォーメーションの中央に位置するため、初心者でも必然的にボールタッチ回数が多くなり、それに伴いパスに関わる機会も増え、また攻撃の中心となりパスを回す役割を学びやすいためである。

そこで本稿では、サッカーフィールド上における選手の座標に基づき、

- 1) 敵チームの選手から最も離れている味方選手
- 2) プレイヤーの操作選手に最も近い味方選手
- 3) プレイヤーの操作選手の相方アンカーとなる味方選手の距離

この3つを、サッカービデオゲームのプレイ映像に重ねて強調して描画する、パス成功率向上支援システムを提案する。

^{†1} 文教大学
Bunkyo University.

2. 本稿で扱うゲームの特徴と関連研究

2.1 本稿で扱うゲームの特徴

本稿はサッカービデオゲームを用いた研究であり、現実のサッカーと、サッカービデオゲームの特徴の違いを考慮する。表1は、選手の動きと動きの成功率に関して、現実のサッカーとサッカービデオゲームの違いをまとめたものである。ここでは、4種類の観点（視点、パスの精度、シュートの精度、トラップの精度、ドリブルの精度）で比較している。サッカービデオゲームの多くは、一人称視点のみならず、俯瞰した視点など様々変更が可能である。また現実のサッカーと違いコントローラーの入力ミスさえしなければ、基本的にプレイヤーは思い通りに選手の操作が可能で、パス、シュート、トラップ、ドリブルといった基本的な動きにおいて、ゲームキャラクターである選手のミスというものは、あまり多くない。1章でも述べたが、初心者は、敵のプレスがある中でドリブルしながら攻撃を組み立てるより、パスを素早く回して攻撃を組み立てる方が、ボールを奪取される危険性が低い。したがって、プレイヤーは、パスを出す対象の選手を素早く見つける必要がある。これらの特徴を考慮し、本稿では、パスに着目して、パス成功率向上支援手法を提案する。

表1 現実サッカーとサッカービデオゲームの違い
Table 1 The difference between real soccer and soccer video games.

	現実サッカー	サッカービデオゲーム
視点	一人称	俯瞰, 変更可能
パス	選手各々のパス技術と状況による	選手各々のゲーム内能力による ミスをしづらい
シュート	選手各々のシュート技術と状況による	選手各々の技術評価による ミスをしづらい
トラップ	上手い選手でもミスの可能性あり	基本的にミスをしない
ドリブル	選手各々の技術による	思い通りの方向に行く タッチミスがない

2.2 関連研究

パスは得点チャンスを生み出す上で重要な役割を果たす[1]。また、得点数がチームのパス数と正の相関関係にあることが知られている[2]。サッカーのパスに関する関連研究では、パスが成功する可能性が高いフィールド上の領域を可視化した研究や[3]、リアルタイムのデータを基にパスの評価をしたものがある[4]。またサッカーにおける「ボール保持率」と「勝利」との関係性についての研究がある[5]。

これのようにパスは、サッカーにおいて重要な役割を担う。本稿でもサッカーのパスの部分に着目し、支援を行う。

その他サッカーに関する関連研究では、サッカービデオゲームのデータを基に現実のサッカーチームの評価を比較、分析したもの[6]、サッカーの試合映像を分析するための視覚化を行ったもの[7]、複数のカメラを用い分析と視覚化を可能にしたものがある[8]。本稿ではプレイ分析などではなく、リアルタイムでプレイ中の選手に着目し、パスコースを提案する支援を行う。

3. 提案手法

3.1 想定するプレイモードと提案手法の概要

本稿で対象とするプレイモードは、e-Sports タイトルとしてメジャーな『FIFA¹²』シリーズの最新作に備わっている、プレイヤーが一人の選手のみを操作し試合を行うプロクラブというモードである。図1はプロクラブのプレイ画面である。図1のように試合中のゲーム画面は、フィールドを鳥瞰視点で眺めたもので、プレイヤーの操作選手が必ず画面の中心付近に映る。オンラインでは、他のプレイヤーによって操作される選手には、逆三角形のアイコンが頭上に表示される。味方選手のアイコンには、各ポジションに対応した色（黄色、赤、オレンジなど）がつけられ、区別されている。敵選手は、ポジション関係なく全て白色に統一されている。



図1 プレイ画面

Figure 1 The screen shots of game.

プレイヤーは、鳥瞰視点でフィールドを見ることができ、試合状況を把握しやすい。しかしながら、初心者は、パスを出す対象となる味方選手の数が多き場合、パスの判断が遅くなってしまう問題がある。図2は、サッカービデオゲーム初心者がパスを出す際の課題を示したものである。図中「操作選手」が、初心者が操作する選手である。図2の例では、パスを出す対象の味方選手は4名いるが、誰にパスを出せば良いのか迷ってしまう。その間、敵選手からプレスを受けてしまう。

図3に、本稿での提案手法の概要を示す。敵から最も離れ

¹² 『FIFA22』, 2021年10月1日に配信開始, EA Vancouver.

ている味方選手の周りに円を描画 (3.2 節), 最近隣味方選手へ矢印を描画 (3.3 節), 3.4 相方アンカーへ直線を描画 (3.4 節) する. これらの図形アノテーションを常に表示することで, 初心者でも, ワンタッチ, ツータッチと少ないタッチでパスを出しやすくなり, 敵のプレスを回避しやすくなる.

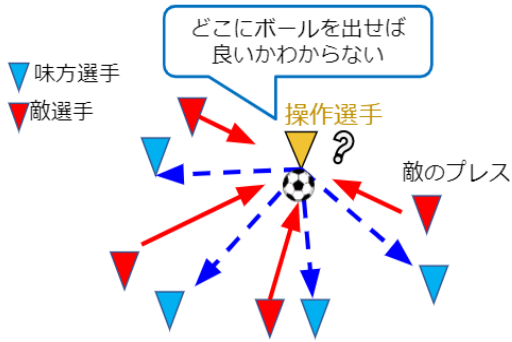


図 2 初心者の課題

Figure 2 Beginner's problem.

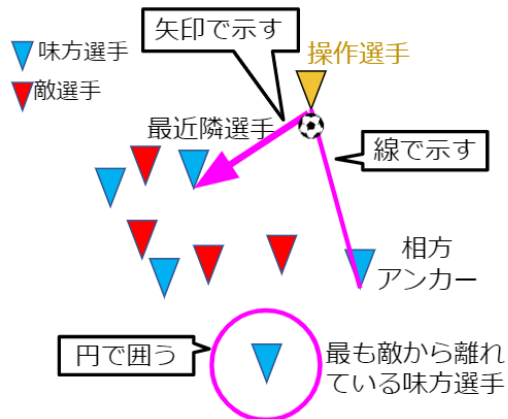


図 3 提案手法の概要

Figure 3 Overview of the proposed method.

3.2 最も敵から離れている味方選手の判定と強調表示

最も敵から離れている選手は, 言い換えれば最もフリーな選手といえる. 判定手法としては, ゲーム画面に映っている味方選手と敵選手の座標を取得し, 各味方選手から最も近い敵選手までの距離を, ゲーム画面に映っている (カメラの視界範囲内の) 味方選手の人数分取得する. それらの距離の中から最長の距離に対応する味方選手を, 敵から最も離れている味方選手とする. 図 4 は, 最も敵から離れている味方選手の判定と強調表示の例である. 図の味方選手 T1 と 3 名の敵選手の距離の中で, 最も短いのは, T1 と敵選手 E1 の間の距離である. また, 味方選手 T2 と 3 名の敵選手の距離の中で, 最も短いのは, T2 と敵選手 E2 の間の距離である. これらの, 最も短い距離の中で, 最長の距離は味方選手 T2 と敵選手 E2 の距離である. したがって, 敵から最も離れている味方選手が T2 となる. 敵から最も離れている味方選手は, 円で囲って強調表示する. 円の半径は, その選手と最も近い敵の選手を結ぶ直線距離の半分

である. この半径は, 表示テストを経て, 見易さを考慮して決定している.

この強調表示のメリットは, 味方の位置を確認するまでに時間がかかるという初心者の課題に対し, 常に強調表示しておくことにより一目でフリーな選手を判断し素早くパスを出すことができるよう促せることである. フリーな選手へのパスは, 攻撃を組み立てる上で, 現実のサッカーでもセオリーとされている. フリーな選手へのパスは, ピッチを幅広く使うことにつながり, 攻撃の効率化だけでなく, ゴール近づくためのパスになる.

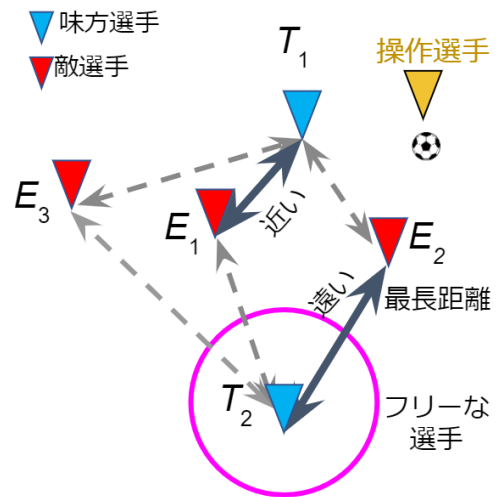


図 4 最も敵から離れている味方選手の判定と強調表示

Figure 4 Extract and highlighting of farthest character from the enemy characters.

3.3 最近隣味方選手の判定と強調表示

プレイ画面内全ての味方選手の座標を取得し, プレイヤーの操作選手との距離を算出する. その味方選手の中から直線距離が最も短い選手を最近隣味方選手とし, 矢印を描画する. 図 5 は, 判定手法の概要を示す. 画面内の選手 T1, T2, T3 と操作選手間の距離を計測し, その中で最も値が小さい味方選手が最近隣味方選手となる.

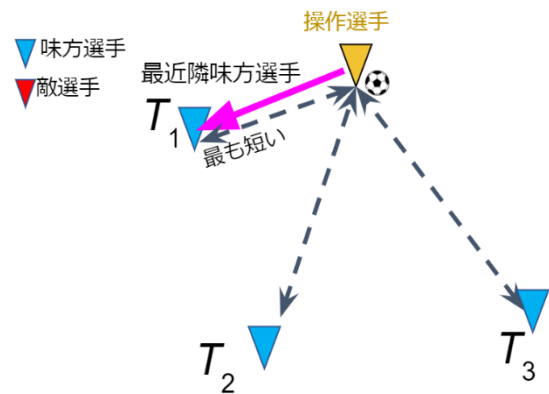


図 5 最近隣選手の判定と強調表示

Figure 5 Extract and highlighting of the nearest character.

この強調表示のメリットは, 最近隣味方選手であれば,

すぐにパスが届き、敵にボール奪取される可能性の低いパスを出すよう促せることである（体の向きはゲームの特性上パスを受けた後パスを出す方向に自動的に変えるため考慮しない）。また、ゲームの仕様上、遠くへのパスであるほどパス精度が悪く、ボール奪取確率が近くへのパスに比べて高くなる。パスをどこへ出すかなど判断に迷っている間に敵のプレスが来てボールを奪取されてしまう課題に対し、操作選手から最も近い味方選手を常に表示することでパスを出す対象となる選手が目立ち、すぐにパスを出させることで解決を図る。

3.4 相方アンカーとの距離間の判定と強調表示

プレイヤーの操作選手が所属するチームにアンカーの選手が2人いるフォーメーションを採用し、アンカーの片方をプレイヤーの操作選手とする。ゲーム画面上のアンカーの選手間の距離が、現実のピッチのセンターマークからタッチラインの114フィート相当の長さ以下になるとき、アンカー同士を結ぶ直線を表示する。図6は、相方アンカーとの距離に応じた表示の違いの例である。図のように距離に応じて0フィートのとき線色を赤色にし、距離が遠くなるほど色を薄くして可視化する。アンカーはフォーメーションの中央に位置するため、必然的にボールタッチ回数が多くなる。そしてパス成功率を上げるためには適切なポジションでパスを受けとり、味方選手へパスを送る必要がある。

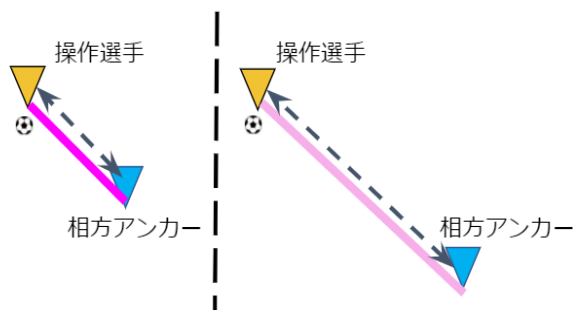


図6 相方アンカーとの距離に応じた表示の違い

Figure 6 Differences in display according to distance between anchor characters.

この強調表示のメリットは、的を外れな位置取りをしていることが一目でわかることである。アンカー同士のパス交換は多くあるため、アンカー同士が離れすぎないポジショニングを意識することで、適切な距離感を保つ。

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

システムの開発は、Windows10 64ビットオペレーティングシステム、16.00GBのメモリを備えたノートPC上で行った。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ゲームに

おけるメジャーなタイトルである『FIFA22¹²⁾』としている。オンラインで一人の選手を操作するモード『プロクラブ』を使用している。

図7に提案システムの構成を示す。ゲーム機からの映像をPCに入力し、PCモニターにゲーム映像を出力する。この際、ゲーム映像の加工は行わず、パススルーとなる。映像のサイズは1920×1080pixelである。ユーザは、パススルーしたゲーム映像でゲームをプレイする。提案システムは、映像のレーダー部分から、OpenCVを用いた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の出力を行う。図形は、ゲーム映像の上に配置された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して出力する場合と比較し、プレイへのラグが少なくなる。



図7 システム構成図

Figure 7 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、ゲームプレイ画面から選手の位置情報を抽出する。図4はテンプレート画像の例である。テンプレート画像には、図のように左から操作選手のアイコン、味方がポジションごとに異なる色のアイコン、敵選手のアイコンである。操作選手のアイコンを10×25pixelサイズ、味方選手と敵のアイコンを8×12pixelサイズでトリミングする。味方選手はゴールキーパー以外の9人分でテンプレート画像を用意している。テンプレートマッチングは、30フレーム(1秒)ごとに行う。ゲームハードから出力される映像を、提案システムを実装するPCにリアルタイムで取り込み、ゲーム画面上に仮想的な透明ウィンドウを重ね、そのウィンドウ上に、3.2節～3.4節で述べた図形アノテーションを描画する。



図8 テンプレート画像

Figure 8 Template image.

4.3 システム実行例

図9は、提案手法の実行例である。図のように状況に応じた強調表示の違いを表している。図9(a)では敵から最も離れている味方選手(フリーな選手)を紺色のアイコンがついている選手と判断し、円が表示されている。そして同じ判定で図9(b)では赤色のアイコンがついている選手に円が表示されている。図9(a)の敵から最も離れている味方選手の強調表示は図9(b)に比べ、敵と味方選手の距離が近い図9(a)よりも小さい円が描画されている。最近隣味方選手はどちらもオレンジ色のアイコンがついている選手だと判定し、白い矢印を描画している。図9(a)と図9(b)ともに相手アンカーは紫色のアイコンがついている選手であり、その選手に線を表示している。図9の相手アンカーとの距離間の強調表示では、図9(b)に比べアンカーと距離が遠いため図9(b)よりも色を濃く表示している。色の濃さで相手アンカーとの距離感が判断できる。

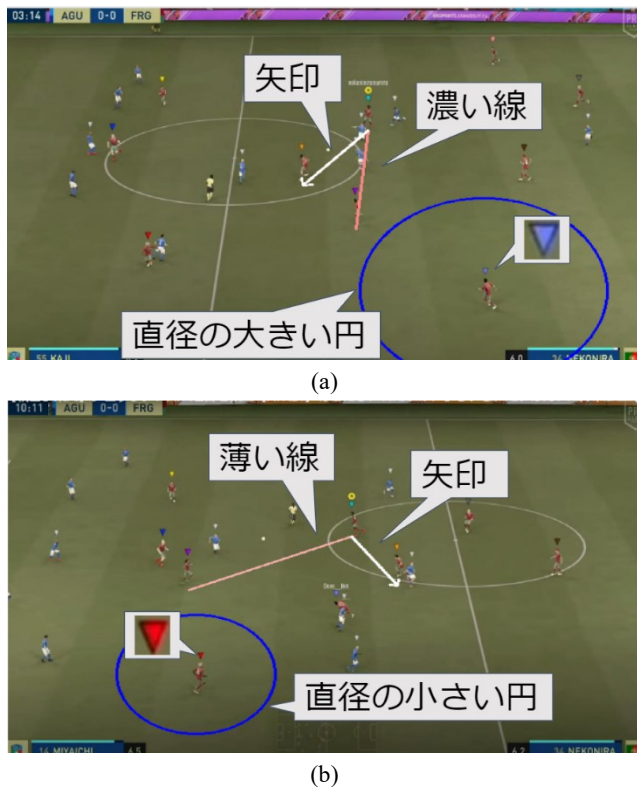


図9 提案手法実行例

Figure 9 Execution example of the proposed method.

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

実験目的は、サッカーゲームの初心者が提案システムを用いた練習を行うことで、提案システム未使用で練習した場合と比較して、一度のプレイでのボールタッチ数を減少させることで素早いパス回しをすることとパス成功率が向上するか検証することである。

合計4試合行ってもらい、個人のパス成功率が増大して

いるか、パスを受けた後で次のパス出しまでのボールタッチ数平均が減少しているかを検証することで、可視化システムの有効性を示す。主な検証内容は以下の4つである。

- ・個人のパス成功率が増大しているか(ゲーム映像から分析)
- ・パスを受けた後で次のパス出しまでのボールタッチ数平均が減少しているか(ゲーム映像から分析)
- ・試合の結果どの程度迷わずパスを出せるようになったか(アンケートから分析)
- ・試合の結果どの程度パスを出すことが上達したか(アンケートから分析)

以上を検証するため、被験者に、提案システム未使用時の試合のプレイと、提案システム使用時の試合のプレイを行ってもらう。

仮説は以下のとおりである。

仮説1: 提案システムを使用して練習した場合と使用しないで練習した場合を比べ、練習後のパス成功率の向上の度合い

提案システムを使用して練習>未使用で練習

仮説2: パスを受けた後、次のパス出し(ゲーム上に記録されるパス行為、シュートを打った場合ノーカウントとする)までのボールタッチ数平均の減少の度合い

提案システムを使用して練習>未使用で練習

※ボールタッチ数平均 = 操作選手がボールを保持した一度のプレイの中でボールに触る回数の平均

※一度のプレイ = ボールを受けてトラップ→ドリブル→パスを含む全ての回数

すなわち、提案システム使用者が未使用者以上にパス成功率が向上し、その要因としてパスを受けた後、次のパス出しまでのボールタッチ数平均が減少していれば、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

本実験の環境は以下を用いる。

- ・ゲームタイトル: FIFA22.
- ・ゲームモード: 最大11対11が可能なプロクラブ.
- ・ポジション: アンカーに限定.
- ・カメラ視点: 操作選手中心のカメラ視点.
- ・被験者: 基本的なサッカールールを知っているがサッカーゲーム初心者.

→初心者 = サッカーゲーム未経験者で2試合程度行い、基本的操作がわかる状態を指す。

・10名の被験者を、5名ずつ提案システム未使用で練習するグループ(グループN, 被験者N1~N5)、提案システムを使用して練習するグループ(グループP, 被験者P1~P5)に分割。

・一試合の時間 ~ 実時間で前後半合わせ14分(標準設定).

表2は、グループ分けと試合プレイの順序を示したものである。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。グループ P のみ、2, 3 試合目に提案システムを使用し、試合を行う。

表 2 グループ分けと試合プレイの順序

Table 2 Grouping and order of match play.

グループ	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	未使用	未使用	未使用
P	未使用	使用	未使用

手順は以下のとおりである。

- (1) 被験者 10 人には一人ずつ来てもらい、全員に前提として「なるべく試合に勝てるようプレイしてください」と伝える。
- (2) 被験者には基本的操作に慣れるため com 相手の試合を 2 試合行う。
- (3) オンライン上でキーパーと被験者以外の仲間となる 9 人とランダムマッチングする（チーム内の他のメンバーの技量に依存しない初心者支援を考えているため）。
- (4) ポジションはアンカーを選択。
- (5) 表 2 で振り分けたように、4 試合行う。
 - ・システムを使用しない N グループには 4 試合目終了まで実験の趣旨や目的、記録するデータの説明をしない。
 - ・システムを使用する P グループには 1 試合目終了後、システムで表示されるアノテーションの意味を口頭で説明を行う。また N グループ同様実験の趣旨や目的、記録するデータの説明をしない。
- (6) 計 4 試合終了後グループ N, P にはそれぞれ対応したアンケートに回答してもらう。

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 2 項目を用意している。

項目 1: 練習の結果どの程度迷わずパスを出せたと思うか。

項目 2: 練習の結果どの程度パスを出すことが上達したと思うか。

グループ P には提案システム固有の評価項目として以下の 3 項目を用意している。評価値は 5 段階（5:役に立った, 1:役に立たなかった, 邪魔だった）である。評価の理由もできるだけ回答してもらう。

項目 Near: 最も近い仲間の線(near)の指示, 表示は総合的に考えてどの程度役に立ったと感じるか。

項目 Anchor: 相方アンカーへの線(anchor)の指示, 表示は総合的に考えてどの程度役に立ったと感じるか。

項目 Free: 最も敵から離れている選手(free)の指示, 表示は総合的に考えてどの程度役に立ったと感じるか。

図 10 は提案システムを用いたプレイの様子である。PS4 からキャプチャーボードを経由し、OBS Studio で出力した

映像である。



図 10 提案システムを用いた試合プレイ

Figure 10 Match play using the proposed system.

5.3 結果と考察

5.3.1 総合的評価

表 3 は、パス成功率上昇数とボールタッチ減少数の結果をまとめたものである。表 3 (a) は、提案システムを使用せず練習を行った N グループの結果、表 3 (b) は、提案システムを使用して練習を行った P グループの結果である。パス成功率上昇数は、被験者ごと 4 試合行い、各試合のパス成功率を記録し 1 試合目と 4 試合目を比較する。4 試合目のパス成功率 (%) から、1 試合目のパス成功率 (%) を引いた数値である。ボールタッチ減少数は、パスを受けた後、次のパス出しまでにボールに触れた数で、1 試合目ボールタッチ数平均から 4 試合目ボールタッチ数平均を引いた数値である。

N グループと P グループで比較すると、N グループのパス成功率上昇数の平均が 2.4 であることにに対し、P グループの平均は 10.2 であり、仮説 1 を満たす。また、被験者ごとにパス成功率上昇数をみると、N グループの被験者の上昇数で最大値は、被験者 N3 の 6 であるが、P グループの被験者の上昇数で最大値は、被験者 P4 の 19 である。パス成功率上昇数の最小値に着目すると、N グループでは被験者 N4 の -3 に対し、P グループの最小は P5 の 1 である。これらのことから、提案システムを使用して練習することで、パス成功率が向上するといえる。一方、P グループで、パス成功率上昇数が 1 とあまり上昇しなかった P5 からは「パスを出す選択肢が増えすぎたため、逆に少し迷ってしまう場面があった」といったコメントを得ており、場合によっては、選択肢を多く感じられるといった問題があると考える。

ボールタッチ数平均の減少に関しては、システム未使用者は N4 を除いては 1 試合目より 4 試合目の方が減少しており、システム使用者は全員減少していることがわかる。グループ間で比較しても N グループの減少数の平均は、0.08 であることにに対し、P グループの平均は、0.83 である。これらのことから、仮説 2 を満たす。また、個人で比較すると、システム未使用者の減少数の最大は N3 の 0.3 に対

して、システム使用者の最大は P4 の 1.17 であることや、システム未使用者の減少最小数は N4 の -0.44 に対し、システム使用者の減少最小数は P1 の 0.56 であることがわかる。これらのことから、提案システムを使用して練習することで、ボールタッチ数平均が減少するといえる。

パス成功率上昇数とボールタッチ減少数の結果から、提案システムは素早くパスを出すことができ、パス成功率の向上に有効であるといえる。

表 4 は、被験者全員に回答してもらったアンケート、項目 1：どの程度パスを迷わずだせるようになったか、項目 2：どの程度パス出すことが上達したかの結果である（5段階、5:Good, 1:Bad）。項目 1 については、N グループの評価値の平均が 2.6 で、P グループの評価値の平均が 4.2 であった。N グループの被験者から得られたコメントに着目すると、低評価した（評価値 2 をつけた）被験者からは、「出したい方向ははっきりしても特定の選手が早く正確にみつからないから少し迷うことになった（N1）」、「周囲の動きに対応するのが難しく、味方にパス出す判断をしている間にボールをとられることが多かった（N4）」など、パスの出しどころに迷うことが多い主旨のコメントがあった。一方肯定的なコメントとして評価値 4 をつけた被験者からは「最初よりは、操作が慣れたことで周りの位置を確認してパスを出せるようになったため（N3）」というコメントを得た。P グループの被験者から得られたコメントには肯定的な内容が多く、評価値 4 をつけた被験者からは「試合を重ね近くの味方へパスすることでだいぶ落ち着いてパスの判断が迷わずできるようになったと思う（P4）」などがあり、評価値 5 をつけた被験者からは「最初はパスをどこに出そうか迷ったけれど近くの味方に出すことを意識できてだんだんと迷わなくなった（P3）」というコメントがあった。これらの結果から、提案システムを使用することにより、パスを迷わず出せるようになったといえる。

どの程度パスを出すことが上達したと思うか（項目 2）については、N グループの評価値の平均が 3.2 で、提案システム使用者グループの評価値の平均が 4.2 であった。システム未使用者から得られたコメントに着目すると、評価値 2 をつけた被験者からは「出したい選手がぼんやり見えているため、なんとなくその方向にパスをだしていたからあまりうまくいかなかった（N1）」などがあった。一方、評価値 4 をつけた被験者からは「余裕あるときは空いているスペースを確認してパスを出せたこともあり最初よりは、上達したように思う（N2）」、「操作に慣れたことでパスミスが減り、最後の方は味方の動きも確認しつつパスを出せたこともあったため（N3）」などがあった。提案システムを使用しなくても練習を重ねることで余裕ができてパスが上達する場合もあることがわかる。P グループの被験者からのコメントで、評価値 4 をつけた被験者からは「ボールを受けてからパス出すまでの判断が早くなり、味方が敵にマー

クされる前にパスを出すことでパスを失敗する回数が減った（P3）」などがあり、評価値 5 をつけた被験者からは「練習の段階で近い味方を指し示してくれていたの、素早近くの味方へパスを出せるようになった（P3）」というコメントがあった。これらの結果から、提案システムを使用することで、よりパスを出すことが上達したといえる。

表 3 パス成功率上昇数とボールタッチ減少数の結果

Table 3 Pass success rate and the number of ball touch.

(a) N グループ

被験者	N1		N2		N3		N4		N5		平均	
試合数	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
パス回数	23	20	20	28	21	22	24	25	24	25	22.4	24
パス成功回数	18	16	16	23	15	17	20	20	19	21	17.6	19.4
パス成功率	78	80	80	82	71	77	83	80	79	84	78.2	80.6
パス成功率上昇数	2		2		6		-3		5		2.4	
ボールタッチ数	70	59	58	76	75	72	74	88	74	71	70.2	73.2
プレイ回数	23	20	20	28	21	22	24	25	24	25	22.4	24
ボールタッチ数平均	3.04	2.95	2.9	2.71	3.57	3.27	3.08	3.52	3.08	2.84	3.13	3.05
ボールタッチ減少数	0.09		0.19		0.3		-0.44		0.24		0.08	

(b) P グループ

被験者	P1		P2		P3		P4		P5		平均	
試合数	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
パス回数	24	25	24	22	24	20	21	22	24	25	23.4	22.8
パス成功回数	18	20	18	20	19	18	15	20	19	20	17.8	19.6
パス成功率	75	80	77.5	90	79	90	71	90	79	80	76.3	86
パス成功率上昇数	5		15		11		19		1		10.2	
ボールタッチ数	75	64	65	45	87	53	78	56	83	66	77.6	56.8
プレイ数	24	25	24	22	24	20	21	22	24	25	23.4	22.8
ボールタッチ数平均	3.12	2.56	2.7	2.04	3.62	2.65	3.71	2.54	3.45	2.64	3.32	2.49
ボールタッチ減少数	0.56		0.66		0.97		1.17		0.81		0.83	

表 4 アンケート共通項目の結果

Table 4 Result of common items set in questionnaire.

項目 1: どの程度迷わず パスを出せるようになったか				項目 2: どの程度 パスを出すことが上達したか			
N1	2	P1	4	N1	2	P1	5
N2	2	P2	4	N2	4	P2	4
N3	4	P3	4	N3	4	P3	4
N4	2	P4	4	N4	3	P4	4
N5	3	P5	4	N5	3	P5	4
平均	2.6	平均	4	平均	3.2	平均	4.2

5.3.2 機能別評価

表 5 は、提案システム機能別評価に関するアンケート結果である。各機能、グループ P の被験者ごとに、評価値 (5:Good, 1:Bad) を示した。

最も近い味方への矢印の指示、表示はどの程度役に立ったかについて (項目 near) は、評価値の平均が 4.4 で高評価である。全員が、明確に肯定的な評価 (評価値 4 以上) をしている。被験者から得られたコメントには「多く選択肢と敵のプレッシャーがある中常に一番近い味方が表示されている安心感 (P4)」や「パスを出すスピードがあがりチームでのボールがよくまわるようになった (P5)」などがあり、パスを出す対象への選択肢をはっきりさせることで迷わずにパスを出せるようになったと考える。相方アンカーへの線の指示、表示は役に立ったかについては評価値の平均が 5 で、全員が、明確に肯定的な評価をしている。被験者のコメントとして「相方へのパス回しや場所を確かめることでプレイの幅が広がり、自分の役割が理解できた。また、色の濃淡で相方との距離を表示しており、選択肢がより増えてよかったと思う (P1)」や「アンカーとしてどこのポジションにいるべきかわかりやすかった。相方と良い位置関係を保つことでパスも通しやすくなった (P3)」などがあつた。相方アンカーとの距離を色の濃淡で表示することで、パスの選択肢の 1 つになるだけではなく、アンカーとしてどこのポジションにいるべきかについての指示することができていたといえる。

項目 near と項目 Anchor は、評価値の平均が高く肯定的なコメントを多く得た。一方、最も敵から離れている選手の指示、表示はどの程度役に立ったか (項目 Free) については、評価値の平均が 2.4 とあまり高くない評価になった。明確に肯定的な評価をした被験者は P5 だけであり、その他は否定的な評価をした。否定的な評価をした被験者から得られたコメントは「選手の動きが複雑なため、フリーな選手の指示の変化が速く判断するのが難しかった (P2)」、「自分がボールを持っている時にフリーな選手を見ている余裕がなかった (P3)」などである。敵から最も離れている味方選手 (フリーな選手) は、近い味方や相方アンカーに

比べ、パスを出す対象が操作選手から遠くに位置することが多い。そのため、初心者にはフリーな選手を確認しながらプレイをすることが難しい場合があると考えられる。

以上の結果から、提案システムを用いて練習することで、アンカーという役割を理解できることや近くの味方選手を意識することで素早くパスを回すことにつながったといえる。一方で初心者にはフリーな選手を見ながらプレイするのは難しいといった課題が明らかになった。

表 5 機能別アンケート結果

Table 5 Results of the questionnaire for each function.

	P1	P2	P3	P4	P5	平均
Near	4	4	4	5	5	4.4
Anchor	5	5	5	5	5	5
Free	2	2	2	2	4	2.4

6. おわりに

本稿では、サッカービデオゲーム初心者を対象としたパス成功率向上支援システムを提案した。評価実験の結果、提案システムを使用して練習することで、未使用者より、パス成功率の向上とボールタッチ数平均の減少がみられ、正確で素早いパス回しがしやすくなった。

今後の課題として評価が高くなかった、最も敵から離れている選手の指示、表示のシステムの改善、より見やすい可視化表現の検討やポジショニングの支援手法の検討が挙げられる。

参考文献

- [1] Xie, X., Wang, J., Liang, H., Deng, D., Cheng, S., Zhang, H., Chen, W., Wu, Y. PassVizor: Toward Better Understanding of the Dynamics of Soccer Passes. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2021, vol. 27, no. 2, pp. 1322-1331.
- [2] Antequera, D.R., Garrido, D., Echegoyen, I., Campo, R.L., Serra, R.R., Buldú, J.M. Asymmetries in Football: The Pass - Goal Paradox. Symmetry, 2020, vol. 12, no. 6, pp. 1052.
- [3] Takahashi, S., Haseyama, M. Active Grid-based Method for Visualizing Pass Regions in Soccer Videos. 2013, 2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW), pp. 1-6.
- [4] Cakmak, A., Uzun, A., Delibas, E. Computational Modeling of Pass Effectiveness in Soccer. Advances in Complex Systems, 2018, vol. 21, no. 3-4, 1850010(28pages).
- [5] 後藤泰則. サッカーにおける「ボール保持率」と「勝利」との関係性について. 新潟経営大学紀要, 2018, pp. 67-75.
- [6] Cotta, L. Using FIFA Soccer Video Game Data for Soccer Analytics. Workshop Large Scale Sports Anal, 2016, pp. 1-4.
- [7] Maximilian T., Daniel A., Manuel S. Video-based Analysis of Soccer Matches. MMSports '19 : Proceedings of the 2nd International Workshop on Multimedia Content Analysis in Sports, 2019, pp. 1-9.
- [8] Saito, H., Inamoto, N., Iwase, S. Sports Scene Analysis and Visualization from Multiple-View Video. IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), 2004, vol. 2, pp. 1395-1398.