

## 体軸と身体の傾きに着目したゴールキーパー動作予測訓練システム

大谷 紀子 研究室

2272065 遠野 爽良

### 1. 背景と目的

サッカーのペナルティキック（PK）は、試合の勝敗を左右する決定的な得点機会の一つである。日本代表は、2010 年度と 2022 年度の FIFA ワールドカップにおいて PK 戦での敗退によりベスト 8 進出を逃している。また、2023 年度の第 102 回全国高校サッカー選手権では、47 試合中 14 試合が PK 戦によって勝敗を決定しており、PK の成否が競技の結果に大きな影響を与えることがわかる。

PK では、キッカーがゴールキーパーの動作を分析し、適切な方向へボールを蹴ることで成功率を向上させることが求められる。一般的に、ゴールキーパーはキッカーよりも先に重心や体軸を傾ける傾向があるとされているが、ゴールキーパーの動きを正確に読み取るには経験と反復練習が必要である。しかし、実際の練習環境では PK に特化したトレーニングの優先順位が低く、十分な時間を確保することが難しいという課題がある。

本研究では、サッカー初心者が PK 時にゴールキーパーの動きを的確に判断し、シュートコースを選択する能力を向上させることを目的として、ゴールキーパー動作予測訓練システムを開発する。

### 2. システム概要

本システムでは、ゴールキーパーが飛ぶ直前までの動作を示す方向予測アニメーションをユーザに提示し、制限時間内にゴールキーパーが飛ぶと予測される方向を「左」、「中央」、「右」の 3 つの選択肢から選択させる。初心者にとって、ゴールキーパーが飛ぶ方向を予測するために重要な体軸および身体の傾きを実映像から把握することは難

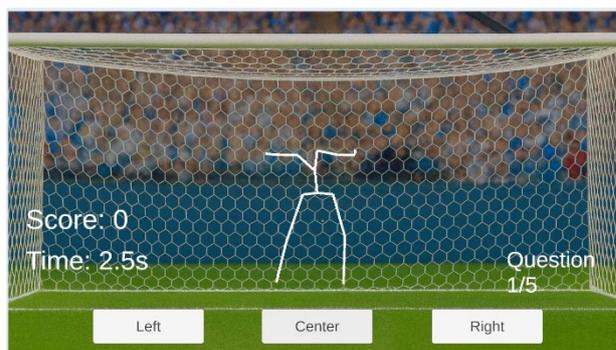


図 1 本システムの画面

しいため、人体を骨格モデルで表現する。画面例を図 1 に示す。制限時間終了後、ゴールキーパーの飛ぶ動作を示す結果確認アニメーションを表示し、ユーザの予測の正誤を提示する。

以上の操作を 1 回のプレイにつき 5 回繰り返す。最後に正答数を表示する。

### 3. 動作アニメーション生成手法

使用する動作アニメーションは、独自に撮影した高校生の PK 映像に映るゴールキーパーの動作を解析して生成する。ゴールキーパーの飛ぶ方向のわかりやすさは、身体の傾きや重心移動といった事前動作の現れ方に依存し、事前動作の現れ方はゴールキーパーの熟練度によって異なると考えられる。本研究では、動作予測訓練として成立する難易度を確保することを目的として、高校生レベルのゴールキーパーを撮影対象とした。

まず、AlphaPose[1]により、各フレームにおけるゴールキーパーの 2 次元姿勢推定データを取得し、MotionBERT[2]によって 3 次元姿勢を推定する。MotionBERT では、人体を 17 個のキーポイントからなる骨格モデルとして表現し、推定された各フレームのキーポイント座標を用いて、背景画像上

に骨格モデルを重畳して描画することで、ゴールキーパー動作のアニメーションを生成する。

次に、アニメーションを方向予測アニメーションと結果確認アニメーションに分割する。

MotionBERTにより得られた3次元姿勢データを基に、ゴールキーパーの重心位置および身体の傾きを動作特徴量として求める。各特徴量についてフレーム間の変化量を計算し、ゴールキーパーの動きが最も大きくなる瞬間を飛ぶ動作のピークフレームとして検出する。ピークフレームから45フレーム前(約1.5秒前, 30fps換算)を、ゴールキーパーが飛ぶ直前のタイミングとして定義する。飛ぶ直前のタイミングを境界として、前半を方向予測アニメーション、後半を結果確認アニメーションとする。

#### 4. 評価実験

本システムの有効性を検証するため、サッカー経験者15名を被験者として評価実験を実施した。まず、訓練前の状態を測定するため、被験者に本システムを1回使用させる。続いて、実際のPK映像を見てゴールキーパーが飛ぶ方向を回答するクイズに10問回答させる。次に、1週間本システムを使用させ、ゴールキーパーの動作予測訓練を行わせる。訓練期間終了後、訓練前と同様にシステムを1回使用させ、10問のクイズに回答させる。訓練期間終了後、PKにおける予測のしやすさ、PKの読みについての自信の変化、およびゴールキーパーの重心位置や身体の傾きと飛ぶ方向との関係に対する理解度について、1(全くそう思わない)~5(非常にそう思う)の5段階で評価させた。また、本システムの使用感や改善点に関する意見を自由記述で収集した。

訓練前後の平均正答率を表1に示す。システムとクイズの両者において、平均正答率は訓練開始時から訓練終了時にかけて向上した。5段階評価の結果を表2に示す。評価の平均は、いずれの項目についても中央値の3を上回る結果が得られた。

表1 訓練前後の平均正答率

	開始時	終了時
システムの平均正答率	38.95%	64.00%
クイズの平均正答率	77.90%	82.00%

表2 主観評価の結果

項目	平均
PKにおける予測のしやすさ	3.87
PKの読みについて自信の変化	3.80
重心位置・身体の傾きの理解	4.13
ゲーム形式の訓練の有効性	4.25
停止タイミングの適切さ	3.88

#### 5. 考察

本システムは、ゴールキーパー動作を観察してシュート方向を予測する能力の向上に効果があるといえる。自由記述においても「ゲーム形式で取り組みやすかった」といった意見が得られており、ゲーム形式が継続的な訓練を促す設計として有効であったと考えられる。一方で、実映像クイズの正答率はシステムの正答率よりも高い。体軸および身体の傾きを把握しやすくするため、人体を骨格モデルとして表現したが、実映像における予測では助走やボール位置なども判断材料となるため、ゴールキーパーの飛ぶ方向の予測には体軸と身体の傾き以外の情報も寄与すると考えられる。

ユーザの意見として、「中央方向のケースが少ない」などの意見も得られており、ゴールキーパーが中央に飛ぶ動作アニメーションを増やすとともに、飛ぶ方向のバランスも考慮して提示する動作アニメーションを選択する必要がある。

#### 参考文献

- [1] H.-S. Fang, J. Li, H. Tang, C. Xu, H. Zhu, Y. Xiu, Y.-L. Li, C. Lu, "AlphaPose: Whole-Body Regional Multi-Person Pose Estimation and Tracking in Real Time", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp.7157-7173, 2022.
- [2] W.Zhu, X.Ma, Z.Liu, L.Liu, W.Wu, Y.wang, "MotionBERT: A Unified Perspective on Learning Human Motion Representations", Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, pp.15085-15099, 2023.