

1. 担当 PM

五十嵐 悠紀（お茶の水女子大学 理学部 情報科学科 准教授）

2. クリエータ氏名

王 方成（東京大学 理学部 物理学科）

松尾 勇吾（東京大学 理学部 生物情報科学科）

染谷 大河（東京大学 総合文化研究科 言語情報科学専攻）

3. 委託金支払額

2,736,000 円

4. テーマ名

サッカーのゴールキーパーのための練習データ分析システム

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

本プロジェクトは、サッカーのゴールキーパーという特殊なポジションであり、指導には知識や経験が必要であるがゆえに専属コーチがいないチームが多い現状に着目し、サッカーのゴールキーパーのための自分のプレイを振り返ることのできるシステム「Smart Goal」を開発した。2台のカメラをゴールに取り付けるだけで、サッカーのゴールキーパー及びフィールドプレイヤーの3次元トラッキングを可能にした。これにより、プロ・アマ問わず練習の振り返りの質を格段に向上にさせることが可能となる。

7. 採択理由

本プロジェクトは、サッカーのゴールキーパーに特化した練習データ分析システムの提案である。ゴールキーパーに特化したこと、練習におけるゴール前の守備データを集中して取得し利用することからデータ量を増やすことができ、AIで分析可能になる。ゴールキーパーがフィールドプレイヤーに比べて数的不利な問題を技術的に解決していくという点に期待して採択とした。

提案者自身がゴールキーパーであり、技術のこともゴールキーパーのこともよくわかっている彼らだからこそ、選手にとって本当に使えるシステムを開発してくれるだろうと多くのPMが期待するプロジェクトである。

8. 開発目標

本プロジェクトでは、GKコーチの役割を支援、さらには代替することができる、GKの練習や振り返りの質を高めるためのデータ分析システムを開発することを目標とする。本システムは、練習中のゴール前のプレイに集中してそれを詳細に分析することで、GKの練習データを安価で大量に取得し、練習の多様性にも対応できるようにする。加えて、シュートの軌道や速度の計測も可能にすることで、ポジショニングを自由視点で確認できるようにすることも目指す。

9. 進捗概要

本プロジェクトでは、ゴールにカメラを取り付け、撮影した動画から3次元姿勢推定を行い、その結果を3DCGにてユーザに提示し練習を振り返ることができるシステム「Smart Goal」を開発した。もともと彼ら自身がゴールキーパーであったことから、対象ユーザがこういったシステムを必要としていることを十分に知った状態でのスタートではあったが、プロジェクトを進めていく過程では、現場関係者へのヒアリングを通して、実装した機能の有用さを把握したり、必要な機能を取捨選択して実装したりしていくなど、意欲的にプロジェクトを進めていった。

ゴール前の状況把握には、魚眼レンズ（GoPro Max Lens Mod 2.0）を接続したカメラ（GoPro9）を用いて撮影を行うことで行った。Smart Goalではサッカーゴールにカメラを設置する必要があるが、一般に市販されている粘着型マウントでは、接着力が弱い・毎回の設置が面倒・設置するたびに位置と角度が変わる・ボールの衝突時にカメラに大きな衝撃が加わるなどの問題がある。この問題を解決するために、図1に示すような磁石型のマウントを独自に開発した。



図 1：磁石型のマウント（左）と設置したカメラ（右）の様子

日々の練習の撮影におけるユーザの負担を軽減し、継続してシステムを利用できるようにするために Smart Goal Dock の開発も行った。ユーザがカメラを

接続するだけで、カメラの左右を自動認識してカメラ内の動画を自動でサーバの適切なフォルダにアップロードし、カメラ内の動画を消去すると同時に、カメラの充電を完了して再使用可能な状態とする（図 2）。これにより、ユーザはカメラの容量や残バッテリーを機にすることなく、またサーバへのアップロードなど煩雑な繰り返し作業を一切せずに、継続してシステムを利用することが可能になる。



図 2 : Smart Goal Dock

取り込まれた動画から写っている選手の姿勢推定とボールの位置推定を行う。選手の姿勢推定とボールの位置推定はそれぞれ 4DHumans (Goel et al., ICCV 2023) と YOLOv8 (Jocher et al., 2023) を用いた。次に、各カメラに対して骨格推定とボールの位置推定から得たキーポイントのピクセル座標の情報と、2つのカメラの内部パラメータ、外部パラメータの情報を組み合わせることによって、各キーポイントからの光線がどのような角度でカメラに対して入射したかを計算する。これを両方のカメラに対して計算し、光線の交点を計算することで、3次元の座標を再構成することができる（図 3）。光線の交点は右カメラと左カメラからの光線同士の距離が最小になるようなそれぞれの光線上の点を結んだ半直線の中点を採用した。また、取得した 3次元トラッキングデータが自然な動作となるように、移動平均を用いた平滑化を行っている。

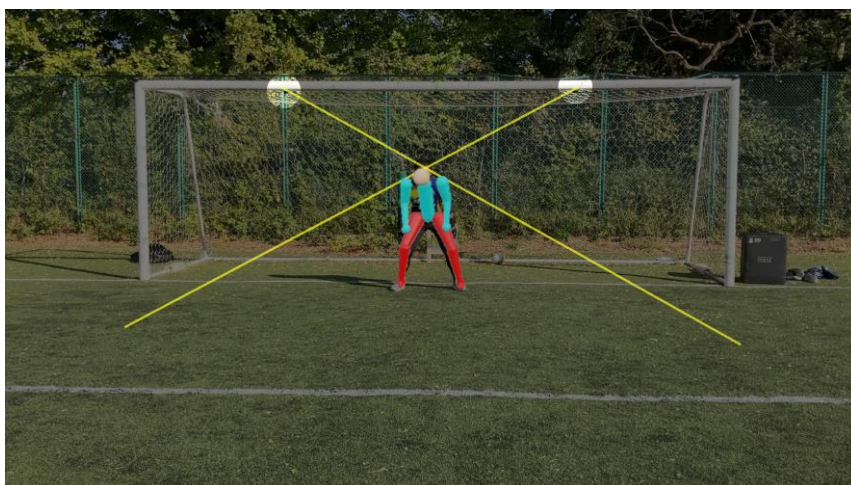


図 3 : 光線の交点による 3次元座標再構成の模式図

取得された 3 次元データは、Web アプリケーション上で確認することができる。Smart Goal を用いることで、ユーザは、1) 多様な視点からの振り返りや、2) 自分のプレイと他の人のプレイの比較、3) データに基づいて自分のプレイを客観的に把握することができるようになった。図 4 にユーザが 3DCG 上で自由な視点、角度で自らのプレイを確認することができる例を示す。



図 4：多様な視点からのプレイ振り返りの例

プロダクト開発にあたっては、序盤はプロジェクト 3 人全員で同じ課題について開発に取り組み、良い方針を検討して採用するプロセスで進めていた。方針が決まった終盤にかけては、それぞれ役割分担をした上で開発を進めていった。このため、お互いの実装についてそれぞれが把握をしている点、チームワークとしての意思疎通、コード共有体制など、プロジェクトとして非常に理想的な体制であった。プロジェクトの中盤では方向性を若干変えることとなった。当初は練習動画を全て分析し、データ化することで選手の「弱点」や「課題」の可視化を行おうとしていたが、対象ユーザへのインタビュー等の結果を踏まえて、練習動画を見たときに得られる情報量を増やす方向性で開発を進めることとした。ここで、ゴールに設置したカメラを用いて 3 次元のボールの位置のみならず、ゴールキーパーの 3 次元骨格推定まで行い、選手が動画の振り返りをする際に自由視点でプレイを確認できるような開発をすることに決めた。これにより、相手のフォワードからゴールキーパーがどのように見えているのかをキーパー自身が確認したり、上からボールに対する飛び込み角度を確認したり、反応速度を確認したりといった、今までの動画のみの振り返りでは得られない詳細な情報が得られるようになった。プロジェクトの方針としても、「継続的にデータを見て弱点を確認する」という方針から、「よりミクロな振り返りの質を上げることに

フォーカスする」という方針へと変更となった。この方針変更により予定外の開発が必要となったが、それにも果敢に挑戦し、プロジェクト内で多くの話し合いと対象ユーザへのインタビューの結果として、Smart Goal が仕上がった。

10. プロジェクト評価

本プロジェクトでは、市販のカメラをゴールにつけるだけ、専用ドックで充電するだけで手軽に 3DCG を利用して振り返りができるシステムを作り上げた点を評価する。また、現場検証やインタビューを行い、ユーザのニーズに合致した機能を実装することができた点も評価する。実際に、開発したシステムを見せたインタビューでは選手たちから高評価を得ている。

プロダクト開発の進め方についても、当初はプロジェクト内で分担して開発をしないのかプロジェクトマネージャーとしては若干心配してはいたが、序盤にメンバー全員で同じ課題について取り組んだことで、お互いの実装について把握できているというメリットが得られ、それが後半の開発を一気に進められた要因の一つと考えられる。プロジェクト全体を見渡して、よくメンバーで話し合い、プロジェクトの方針を意識しながら、開発を続けてきた点を評価する。

11. 今後の課題

現状では王氏たちで使ってみたのみになっており、今後、多くのゴールキーパーを対象に Smart Goal を使ってもらって、フィードバックをもらい、一般に普及させるところまで進めて欲しいと期待している。また、プロジェクト期間中にはサッカーだけでなく、バスケットボールのゴールへ設置し他のスポーツへの展開可能性を見せたが、他のスポーツへの拡大が進めば、さらに大きな市場価値を持つ製品となると考えられるため、期待している。