**1ページ目（表紙）**

　これから「選手の3次元位置を追跡するバレーボール分析支援システム」と題して、制御工学研究室の佐野が発表します。

**2ページ目（背景）**

　現在、スポーツ分野では定量的に選手の動きを分析し、改善につなげる科学的な指導が求められています。中でもバレーボールでは、「データバレー」というソフトを用いて試合の分析が行われています。しかしソフトの操作が難しく、大学やプロでは使われているものの、中学や高校ではあまり普及していません。また、選手位置を主観で決めてしまうといった課題もあります。

　そこで先行研究では、1台のカメラで撮影した映像から自動的に選手位置を推定するシステムを開発しました。これによって、中学や高校であっても定量的に試合を分析できることを提案しました。しかし、選手が跳躍している場合に正しく位置を推定できないという課題がありました。バレーボール競技では頻繁に跳躍を行うため、この課題の解決が必須だと考えました。

**3ページ目（目的・内容）**

そこで本研究では、複数台のカメラを用いて選手の3次元位置を追跡し、先行研究の課題を解決することを目的としました。選手位置を追跡方法について①から⑤の順に説明します。

**4ページ目（コート撮影）**

はじめにコートの撮影を行います。複数台のカメラでコートを撮影しますが、本研究では2台のカメラを用いました。撮影に用いたカメラは、Apple社のiPhone SEのアウトカメラで、一般に普及している性能になります。コートの撮影条件として、撮影中はカメラを動かさないようにします。

**5ページ目（カメラキャリブレーション）**

撮影した映像から選手位置を推定するには、カメラの位置や姿勢といった情報が必要になります。

　研究においては、それらをあらかじめ測定することもできますが、実際に分析する際にカメラの位置や向きを測って特定するのは、非常に手間がかかってしまいます。

そこで、カメラ情報を得るためにカメラキャリブレーションを行います。

カメラの情報は、カメラ内部パラメータとカメラ外部パラメータに分かれており、それぞれ別に推定します。

はじめにカメラ内部パラメータですが、これはカメラの焦点距離と光学的中心の情報を含んでいます。これを推定するためには、キャリブレーションパターンというものを様々な画角から撮影し、それらの再投影誤差が小さくなるようにパラメータを決定します。

続いて、カメラ外部パラメータですが、これは撮影している際のカメラ位置と姿勢の情報を含んでいます。これを推定するためには、既に位置が分かっているポイントについて、それが映像のどこに映っているかを対応付け、それらの再投影誤差が小さくなるようにパラメータを決定します。

**6ページ目（AlphaPose）**

続いて、映像に映る選手を検知し、その姿勢を推定するためにAlphaPoseというライブラリを使います。AlphaPoseを用いることで、選手の姿勢を推定するだけでなく、選手にIDを振り分けて追跡することができます。

本研究では、選手位置をその選手の腰の位置に設定するため、AlphaPoseで得られる姿勢の中で腰の位置のみを取得して使用します。

**7ページ目（対応付け）**

AlphaPoseでは選手にIDを振り分けて追跡することができますが、映像を独立に処理するため、同じ選手であっても映像ごとに異なるIDを振り分けてしまいます。

この後、映像間の選手の対応が必要になるので、映像の初めのフレームにおいて、目視によって同じ選手を対応付けます。

**8ページ目（位置推定1）**

最後に、選手の3次元位置推定を行います。

選手位置の推定方法ですが、同じ選手を通る直線を各映像で選び、それらの直線の最近点を選手位置として推定します。そのために選手を通る直線を定義する必要がありますが、カメラの焦点距離と、AlphaPoseによって得られた腰の画像座標より、カメラから選手の腰に向かうベクトルをカメラ座標系で定義できます。

これに媒介変数をかけると直線を定義できますが、カメラ座標系はカメラごとに存在するので、それぞれ直線の座標系が異なり、最近点を求めることができません。

**9ページ目（位置推定2）**

直線の最近点を求めるためには、すべての直線を同じ座標系で考える必要があります。そこでカメラ位置・カメラ姿勢を用いて、カメラ座標系から実空間座標系に変換します。

これによって全ての直線を同じ座標系で考えることができ、選手位置を求めることができます。

**10ページ目（推定結果）**

結果です。推定した選手位置と映像を比較したところ、選手位置をおおむね推定できたことが分かりました。（動画再生）

しかし、時間が経過するにつれて選手位置を推定できなくなるという課題が新たに見つかりました。原因として、選手の交差が起こり、AlphaPoseによる選手の追跡が途切れるために、選手の対応が取れなくなったことが考えられます。

**11ページ目（研究の流れ）**

そこで別のアプローチとして、選手の対応付けの方法を変更して試すことにしました。

**12ページ目（自動対応）**

まず、映像ごとに選手を通る直線を考えます。そして、映像ごとに直線を選ぶ全ての組み合わせを考えます。この図の場合であれば、カメラ1の映像では3本、カメラ2の映像では3本直線が選べるため、直線の組み合わせは3×3で9通りあります。その中で距離の近いものから順に対応を付けていきます。

そして、先ほどと同様に選手の対応付けを用いて選手位置を推定します。

**13ページ目（推定結果）**

　結果です。（動画再生）推定結果を確認したところ、選手位置が安定しませんでした。

原因を見つけるため、一連の処理を見直したところ、カメラキャリブレーションで誤差が生じていたことが分かりました。

具体的には推定した位置が、1台目のカメラで約29cm、2台目で約13cmだけ実際の位置と誤差がありました。この誤差が生じたまま、選手を通る直線を考えてしまったため、結果として推定結果が安定しなかったと考えました。

**14ページ目（まとめ）**

まとめです。

本研究では、先行研究の課題であった跳躍時の位置推定を行うため、複数のカメラを用いて選手の3次元位置の追跡に取り組みました。

結果として、3次元位置を求めることで選手が跳躍した場合でも位置を推定することができ、先行研究の課題を解決することができました。

しかし、実用するうえで新たな課題が見つかりました。

まず、選手が交差することでAlphaPoseによる選手の追跡が途切れてしまうこと、そしてカメラキャリブレーションの誤差です。中でもカメラキャリブレーションの誤差を解決すれば、自動による選手の対応付けが機能すると考えています。今後はカメラキャリブレーションをより精度よく行うことを課題として取り組んでいこうと思います。

以上で発表を終わります。ご清聴ありがとうございました。