

# 複数カメラ映像の切り替えによる スポーツ選手の高解像度自動追跡撮影

対馬 崇<sup>†</sup> 北原 格<sup>‡</sup> 亀田 能成<sup>‡</sup> 大田 友一<sup>‡</sup>

筑波大学 大学院システム情報工学研究科 知能機能システム専攻<sup>†‡</sup>

## 1. はじめに

サッカーシーンを対象として自由視点映像のライブ中継を実現する上で、臨場感の向上は重要な課題である。古山ら[1]が開発した自由視点映像システムでは、選手のCG生成過程において入力映像中から選手領域を切り出し、表示用テクスチャとして利用するという処理を行っている。よって、高解像度かつ高品質なテクスチャを画像処理によって切り出す事ができれば、臨場感の高い自由視点映像を生成できる事になる。そのためには、カメラのエゴモーションによるブレがなく、かつできる限り長いカットの映像ソースを入手できることが望ましい。

hicham ら[2]は、首振りカメラを複数台使用し、撮影カメラと待機カメラを連携させ、撮影カメラの撮影領域の端に選手が来た時点で最も長く撮影できる待機カメラを選ぶ首振りカメラ切替手法を提案した。これにより首振りカメラであっても撮影中はカメラ運動を固定させつつ、対象をクローズアップした状態で長い時間継続して撮影することが可能となった。しかし、この首振りカメラ切替手法では、待機カメラが待機していなかった場所へ選手がフレームアウトした場合には選手を見失ってしまうという問題がある。

そこで本研究では、首振りカメラ切替手法[2]が機能しない状況への対応手法を新たに加えることで、より長い時間、選手を撮影することを実現する(図1参照)。本手法では、新たに俯瞰カメラを用いてフィールド全体を観測し、選手位置を推定する。首振りカメラ切替手法によって撮影カメラと待機カメラが選手を見失った場合には、俯瞰カメラによる選手位置推定結果から再捕捉処理を行い、撮影カメラと待機カメラを再設定し、撮影を再スタートさせる。

## 2. 選手追跡

### 2.1. 首振りカメラ切替手法

ブレのない鮮明な高解像度テクスチャを得るためには、カメラは撮影時には固定視点で、かつクローズアップした状態であることが望ましい。しかし、カメラを固定かつクローズアップした状態では選手はすぐにフレームアウトしてしまう。そこで、複数の首振りカメラを用意し、それらを動的に撮影カメラと待機カメラに分ける。選手の検出は撮影カメラが行い、撮影カメラの撮影領域の上下左右いずれかに残りの首振りカメラを待機カメラとして用意しておく。選手が撮影カメラの撮影領域から待機カメラの撮影領域へ移動した時点で撮影・待機カメラの役割を切り替えることでクローズアップ撮影を継続する。

この操作により選手の鮮明かつ高解像度なテクスチャを取得し続けることが可能となる。しかし、選手の急な方向転換に待機カメラが対応できず、選手を見失ってしまうことがある。

### 2.2. 俯瞰カメラによる再捕捉

俯瞰カメラは、1台でフィールド全体を撮影し、選手の空間位置を推定する。これにより撮影カメラと待機カメラ群が選手を見失った場合に、それらを再び選手撮影状態に戻すことができる(再捕捉処理)。

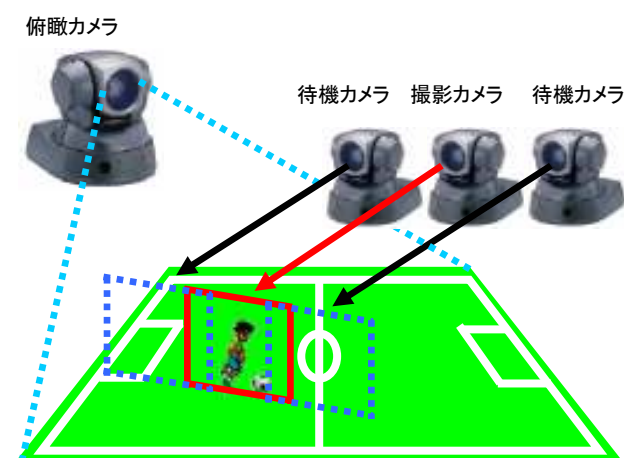


図1. 複数のカメラによる撮影

“Automated tracking and high-resolution capturing of an athlete by switching multiple pan-tilt cameras.”

Takashi Tsushima, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta.

Graduate School of Systems and Information Engineering,  
University of Tsukuba.

ただし、俯瞰カメラはフィールド全体を観測する必要があるので、選手位置の推定精度は首振りカメラ追跡手法のそれよりもよくないことが多い。そのため、再捕捉後は、再び撮影カメラの映像を用いて選手を検出し追跡撮影を続けるものとする。

### 3. 俯瞰カメラによる選手位置推定

俯瞰カメラでは背景画像を事前に用意する。背景差分法を用いて選手を検出し、その選手領域をもとに選手の3次元位置を推定する。

カメラキャリブレーションにより与えられる俯瞰カメラの透視投影行列を  $\mathbf{P}_o$ 、スケールファクタを  $\lambda$  とすると、俯瞰カメラ映像中の座標  $(u, v)$  と3次元座標  $(X, Y, Z)$  との関係は、

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P}_o \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

と表される。更に、サッカー等のスポーツでは通常、選手の足元位置  $(u_f, v_f)$  に平面拘束を仮定できる。よってこれらから選手足元の空間位置  $(X_f, Y_f, Z_f)$  を求める。

### 4. 撮影カメラのパン・チルト値算出

再捕捉処理時には、選手の足元位置をもとに、対象選手を撮影カメラの撮影領域内に収められるようなパン角度  $\theta_s$ ・チルト角度  $\phi_s$  を求めなければならない。今ここでは簡単のため、選手を撮影領域中央に置くことを考える。

撮影カメラの撮影可能範囲に選手がいるものと仮定すれば、撮影カメラの画像中心  $(u_c, v_c)$  に選手の3次元位置  $(X_a, Y_a, Z_a)$  を撮影している状態は、一般性を失わない範囲で

$$\lambda \begin{bmatrix} u_c \\ v_c \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P}_s \mathbf{H}_s \mathbf{V}_s \begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

と表すことができる。ここで  $\mathbf{H}_s(\theta_s)$  は、水平(パン)方向の首振り回転行列、 $\mathbf{V}_s(\phi_s)$  は、垂直(チルト)方向の首振り回転行列を表すものとする。(2)式から、 $(X_a, Y_a, Z_a)$  を求めれば、 $\theta_s$  及び  $\phi_s$  は一意に決まり、撮影カメラのパン・チルト角度を求めることができる。なお、選手足元位置から選手中心位置を求める際には、選手

の平均身長の情報を用いる。いったん撮影カメラのパン・チルト角度を定めることができれば、それに基づいて待機カメラのパン・チルト角度もすべて定めることができる。

### 5. 再捕捉処理

首振りカメラ切替手法では、撮影・待機カメラのパン・チルト角度は、選手の移動方向を予測し決定しているが、その予測が常に成立するとは限らない。特に選手が急な方向転換をした際には、待機カメラの撮影位置変更が間に合わず、選手を見失うことがある。この場合、撮影・待機カメラによる撮影を停止し、俯瞰カメラが推定した選手位置に基づいて撮影カメラのパン・チルト角度を変更する。変更後、撮影カメラが選手を検出した段階で再び首振りカメラ切替手法を実行する。

首振りカメラ切替手法が選手を見失ったかどうかの判断は、ある時点において撮影カメラから対象がフレームアウトし、かつ選手移動予測方向の待機カメラの撮影領域内で選手を検出できなかった場合とする。

### 6. まとめ

自由視点映像の画質向上を目的として、複数台の首振りカメラを用いる首振りカメラ切替手法に、俯瞰カメラを用いた再捕捉処理を組み合わせる方法を提案した。

本手法に基づく撮影を行うことにより、自由視点映像への加工に適したカメラのエゴモーションの影響のない追跡映像を従来よりも長時間取得することが可能となる。

今後の課題としては、首振りカメラの焦点距離制御を用いて、より高解像度な選手映像映像の取得をしつつフレームアウトの可能性を減じていくことが考えられる。

### 参考文献

- [1] 古山, 向川, 亀田, 大田, “屋外大規模空間における自由視点映像生成のための選手領域抽出”, 画像の認識・理解シンポジウム研究報告, pp. 1412-1419, 2005.
- [2] Bouchnaif, Kameda, Mukaigawa and Ohta, "Close-up Imaging of a Moving Object by Cooperative Multiple Pan-Tilt Cameras" Proc.Meeting on Image Recognition and Understanding(MIRU), pp. 441-446, 2005.