

サッカー選手の追跡撮影のための複数首振りカメラの切替え撮影法 Tracking a Soccer Player by Switching Multiple Pan-Tilt Cameras

ブシナイフ ヒシャム[†] 亀田能成[†] 向川康博[†] 大田友一[†]
Hicham Bouchnaif Yoshinari Kameda Yasuhiro Mukaigawa Yuichi Ohta

1. まえがき

サッカースタジアムのように大規模空間において、自由視点映像 [1] を実現することを考えると、撮影範囲と解像度とのトレードオフ問題が浮き彫りになってくる。広い範囲に渡り高解像度のテクスチャを獲得することが固定カメラでは困難であるため、複数台の首振りカメラを用いて追跡撮影を行うことが考えられる。井口ら [2] はアメリカンフットボールを対象として、ゲーム展開を考慮し、自動的に撮影と映像の切替えを行うシステムを提案した。しかし、カメラを制御しながら撮影を行っているため、ぶれが発生し、鮮明なテクスチャの獲得には不向きである。それに対して、亀田ら [3] は固定ショット切替え撮影法を提案したが、その手法は教室を対象としており、また、カメラ以外のセンサーも併用するため、サッカーには適用できない。

本稿では、首振りカメラを複数台用いて、サッカーフィールド上の広い範囲に渡って走っている選手を固定ショットで自動的に切替え撮影する方法を提案する。この方法を用いることでぶれのない鮮明なテクスチャを獲得することができる。

2. 複数カメラを用いた切替え撮影法

2.1 撮影カメラと待機カメラ

N 台の首振りカメラをズームした状態で組として利用し、フィールド上の広い範囲に渡って走っている選手を固定ショットで切替え撮影を行う。この追跡方法の特徴は、N 台の首振りカメラで撮影と待機を分担することにある。パン・チルトを固定し、対象物体を捕らえているカメラを撮影カメラとし、残りの N-1 台のカメラを待機カメラとする (図 1)。撮影カメラが対象物体を捕らえているとき、待機カメラは撮影カメラ画面中の対象物体の移動情報から、この物体の移動方向を予測し先回りする。対象物体が撮影カメラの画面から待機カメラの画面へと移動したら、撮影と待機の役割を切り替える。

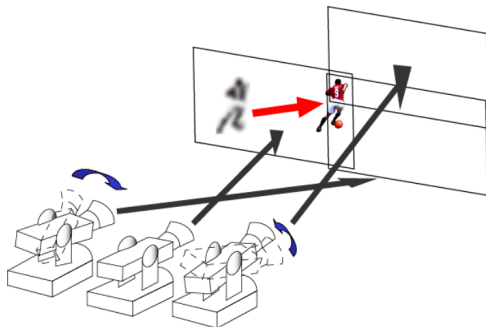


図 1: 複数カメラによる切替え撮影

2.2 選手逸脱確率モデル

複数の首振りカメラを用いて固定ショット切替え撮影を実現する場合、選手の動きに合わせて、待機カメラのパン・チルトをどのように設定し、どのようなタイミングでカメラを切替えるかが重要となる。なぜなら、サッカーでは不規則な動作や急な動作の変化が存在し、それらを考慮した上で、待機カメラを配置しないと、選手を見失う可能性があるためである。本研究では選手の位置と移動速度をパラメータとして、選手逸脱確率モデル $E(e_p, t, C_p, C_v)$ を導入する。ここで、 e_p は画像周上の逸脱位置、 t は e_p までの到達時間、 $C_p = (\alpha, \varphi)^T$ は選手のカメラ座標上での位置、 $C_v = (\dot{\alpha}, \dot{\varphi})^T$ は選手の速度である。選手が現在から T_1 時間後に e_{p_i} から $e_{p_{i+1}}$ までの区間から逸脱する確率は

$$E_{e_{p_i} e_{p_{i+1}}}^{T_1} = \int_{e_{p_i}}^{e_{p_{i+1}}} \int_{T_1}^{\infty} E(e_p, t, C_p, C_v) dt de_p \quad (1)$$

となる。それゆえ、待機カメラをもっとも確率が高い区間で待機させるようにすることで、選手を見失う可能性の低い切替え撮影が実現できる。

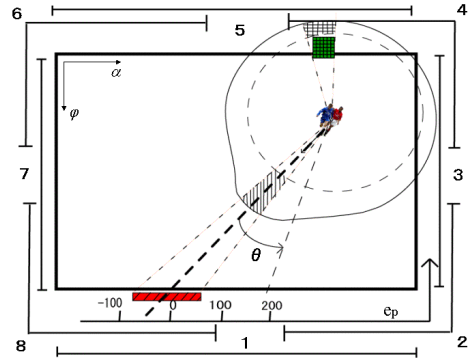


図 2: 追跡の概要

2.3 逸脱確率密度関数

サッカー選手の動きに合わせて E には様々な定式化が考えられるが、本稿では選手の現在の進行方向に基づく定式化を行う。選手が C_p, C_v の状態にあり、進行方向を $\theta = 0$ として反時計周りに方位角を考える。選手は進行方向に進む可能性が高いとすると、式 (2) のような確率分布で方位角 θ の方向に進むと考えられる。

以下の二種類の確率密度関数 $f(\theta), g(\theta)$ について考える。

$$f(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(\frac{-\theta^2}{2\sigma^2}\right) + \quad (2)$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{\pi}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(\frac{-\theta^2}{2\sigma^2}\right) d\theta$$

[†]筑波大学大学院 システム情報工学研究科

$$g(\theta) = \frac{\cos(\theta)}{a} + \frac{1}{2\pi} \quad (a > 2\pi)$$

ただし, $\theta \in [-\pi, \pi]$ とする.

図のように画像の大きさを (640 × 480) とし, 選手の位置を $C_p(\alpha = 500, \varphi = 150)$, $C_v(-1, 1)$ と設定した場合を考えてみる. このような状態で, 式 (2) の確率分布のパラメータを変化させ, 画像周上での周辺分布を調べた. また, 逸脱確率を検討するため, 画像の周上を幾つかの区間に分割し, それぞれの区間における逸脱確率を調べた.

方位角上では, 選手の移動方向 $\theta = 0$ でもっとも確率密度が高くなるが, 確率密度関数の分布を画像周上に射影すると, 分布が変形する. ここで, 例として $f(\theta)$ で $\sigma = 0.5$, $\sigma = 3.0$, $g(\theta)$ で $a = 7.0$ の三種類の分布について検証した. 図 3 は方位角に対する分布及び画像周上での周辺分布を表す. ここでは, 周辺分布が選手逸脱確率モデルとなる. さらに, 撮影カメラ画面の周上を 8 つの区間に分割し, それぞれの区間における逸脱確率を計算した (図 4).

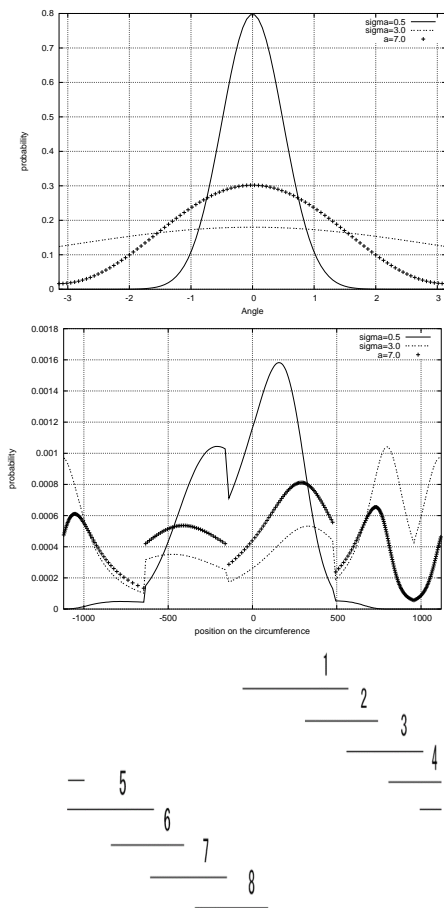


図 3: 方位角分布と周辺分布

- $f(\theta)$ $\sigma = 0.5$: 分散が小さいため, 現在の選手進行方向近傍での逸脱確率が高くなる. その結果, 周辺分布では $e_p = 0$ の周りが最大値を持ち, 確率が区間 1 で最大値を持つ. そのため, 待機カメラを区間 1 で待機させた方が良い. もし, 複数台の待機カメラを用

いる場合には配置位置の優先順位は区間 1, 8, 7 という結果になる.

- $f(\theta)$ $\sigma = 3.0$: 方位角上では $\theta = 0$ が分布のピークになっているのに対して, 周辺分布では, 区間 4 及び区間 3 でピークが最大になっている. また, 逸脱確率の計算結果でも区間 4 が最大値を持つ. それゆえ, 待機カメラを区間 4 で待機させた方が良い. また, 区間 4, 5, 3 における逸脱確率の差がそれほど大きくないため, 待機カメラを 3 台用意し, それらの区間で待機させることがもっとも安全な撮影法である.
- $g(\theta)$ $a = 7.0$: この分布の振る舞いは $f(\theta)$ $\sigma = 0.5$ の分布に似ているが, 区間 8 よりも, 選手の位置に近い区間 2 を優先する. 残りの区間における逸脱確率の差がそれほど大きくない結果となる. また, a を大きくすると, $f(\theta)$ $\sigma = 3.0$ に近い結果が得られる.

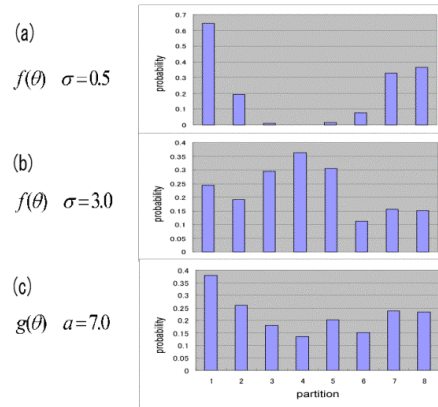


図 4: 区間の逸脱確率

3. むすび

本稿では, 複数の首振りカメラを用いた切替え撮影手法を提案した. 選手逸脱確率モデルとして 3 つの分布を導入し, 分布に応じて待機カメラをどこに向けておくのが最も効率的かを算出できることを示した. 今後は, 本手法をシステムに実装し, 追跡実験を行う予定である.

参考文献

- [1] 古山孝好, 北原格, 大田友一: “スタジアムの自由視点ライブ中継が可能な 3 次元映像システム”, 3 次元画像コンファレンス 2003, pp.225-228, 2003.
- [2] 井口泰典, 土居元紀, 眞鍋佳嗣, 千原國宏: “アクティブカメラの協調によるスポーツ映像撮影システム”, 信学技報 PRMU 2000-46, 2000.
- [3] 亀田能成, 新康孝, 西口敏司, 美濃導彦: “撮影対象の運動履歴に基づく固定ショット切替え式撮影法”, 信学技報 MVE 2003-26, 2003.