

動画中のキーフレーム自動抽出・配信システムの開発

—フットサルを題材として—

共同研究メンバー

○出原至道（多摩大学）、杉田文章（多摩大学）

（○代表、執筆者）

1. 背景と目的

本研究は、フットサルについて、観戦に来場するほどではないファン層に対して、試合の魅力的な瞬間を SNS などのメディアを通じて拡散する手法を検討する。

現在、フットサルの試合会場は、多くの観客の来場を想定しておらず、実際にスポーツを観戦することによって魅力を伝えファン層を拡大することが難しい。たとえば、全国大会である PumaCup の予選で使用されている「ミズノフットサルプラザ味の素スタジアム」は、フットサルの試合会場としては設備が整っているが、観客の立場から見ると、ネット越しに最大で 20 名程度が立ち見で観戦できるだけである。

一方、フットサルなどの室内スポーツで、広報に使用できる躍動感のある静止画像を撮影することは、機材や撮影者の能力に大きく依存する。特に、室内で行われるスポーツのなかでも、フットサル会場の照明環境は良くない。プレーヤーの動きは速く、決定的な瞬間を撮影するためには、多くの映像を撮影し、その中から人の目で選別することが必要である。

本研究は、フットサルの試合中の魅力的な瞬間を、連続して撮影されるビデオ画像から自動的に選別・抽出する手法を検討し、それによって特別な技能を必要とせずフットサルの試合の広報を行う仕組みを提案することを目的とする。今回は、ビデオ動画からの魅力的な瞬間の検出手法について、その実装を報告する（図 1）。

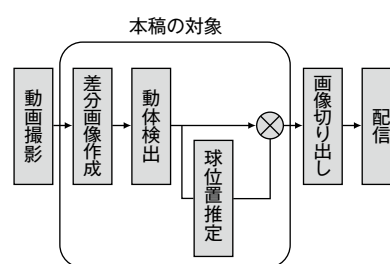


図 1 システム概要

（原稿受理日 2014.10.26）

2. 実装手法

2.1 システム概要

本システムは、一般のユーザが簡単に入手可能な設備によって、フットサルの試合動画を試合会場で撮影し、その場で自動的に動画から画像を切り出してネットワークに転送することを可能にする。このため、システム全体の可搬性を確保することが重要であり、システムの要件として、使用するカメラの設置環境が毎回異なること、および、使用するコンピュータが演算処理能力の高くないノート型コンピュータであることを前提とする。したがって、カメラの設置後にキャリブレーションを行ったり、計算負荷の高い複雑な画像処理を行ったりする余裕はない。例えば、やや古い研究であるが、中川の手法では3秒の動画分析に90分を要している¹。

通常、動画からのオプティカルフロー（物体移動）検出は、(1) 追跡可能な特徴点の検出、(2) 連続するフレーム間での特徴点の対応付けという手順で行われる。しかし、特徴点検出は計算負荷が高く、リアルタイム処理には適さない。石原らは、専用プロセッサの設計を行うことでリアルタイムオプティカルフロー演算の実装を行っている²。

これらに対し、本システムでは、一般的なノート型コンピュータ上で軽量の演算によって動画内のオプティカルフローを簡易に推定し、フットサル特有のオプティカルフローに着目してルールベースで画像切り出しを行う点に独自性がある。画像処理については、OpenCV ライブラリ³を使用する。

2.2 ビデオ動画からの動体検出

本システムにおける動体検出では、カメラの設置環境をあらかじめ決定しておくことができないという制約条件がある。通常、背景画像をあらかじめ取得しておくことができれば、この画像との差分によって動体を検出することが可能となる。カメラを会場内に長期的に固定することで、プレーヤーやボールが一切写り込んでいない時間の背景画像を得ることが可能となるが、今回のシステムではこれは困難である。

また、会場は、完全に室内で管理された照明環境であることは稀で、外光の影響を受けることを想定しなければならない。このため、試合中も、天候の変化や太陽の移動によって緩やかに照明環境が変化する。この変化に対して、固定した背景画像を使用することは適当ではない。

したがって、本システムでは、直前画像との差分画像を用いた動体検出を行う。サンプルでは、2013年4月18日に撮影された多摩大学フットサル部の練習試合の動画を使用した。

1. 時系列に沿って、直前画像との差分絶対値画像を一定数作成する（時系列差分画像配列）。（図2）

¹ 中川靖士. “サッカー映像の自動ゲーム分析方法の提案と評価”. *UNISYS TECHNOLOGY REVIEW* 76 (2003) : 477-494.

² 石原一, 深山正幸, 山本亮, 福山祐貴, 川口博, 吉本雅彦, and 松田吉雄. “実時間オプティカルフロープロセッサの開発とFPGAを用いた検証システムの構築 (スマートパーソナルシステム, 一般)”. *電子情報通信学会技術研究報告, SIS, スマートインフォメディアシステム* 107, no. 94 (2007) : 1-6.

³ OpenCV, <http://opencv.org/>

2. 時系列差分画像配列の和をもとめる（差分累積画像）。（図3）
3. 差分累積画像から、probabilistic Hough transform によって直線検出を行い、オプティカルフローを算出する。（図4）
4. 最新の差分画像と、最古の差分画像の比較によって、オプティカルフローの向きを推定する。（図5）
5. 近接するオプティカルフローを整理し、分析の対象とする。（図6）

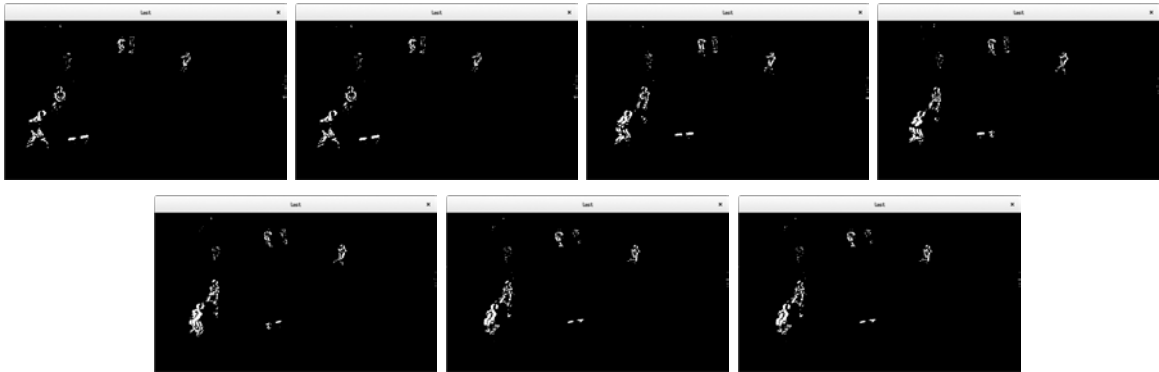


図2 時系列差分画像配列（7時点の例）



図3 差分累積画像



図4 直線検出



図5 有向化



図6 オプティカルフローの整理

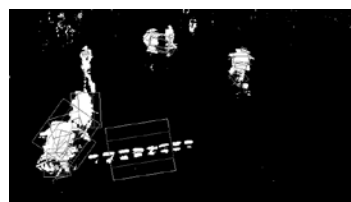


図7 ボール軌跡検出枠



図8 ボール軌跡検出

2.3 ビデオ画像からのボール検出

前項で推定した有向オプティカルフローの中から、ボールの移動を検出する。フィールド平面上を自由に移動するボールの運動は、ほぼ等速直線運動とみなせる。また、移動するボールは、人間と比較して幅の狭い直線として観察される。ボール位置の推定では、サッカーの画像について、矢野らによるテンプレートマッチングとパーティクルフィルタを併用した研究があ

る⁴。これに対し、フットサルを対象とする本システムでは、ボールの掩蔽が頻繁に起こることと、画像上でのボールの移動速度が速く円を用いたテンプレートマッチングが困難であることから、ボールの存在確率の高い領域を算出して平面的な画像データ（ボールの存在確率画像）として保存し、その後パーティクルフィルタを適用する。アルゴリズムを以下に示す。

1. 検出されたオプティカルフローに対して、対応する差分画像の幅が一定値より狭い線分を検出する。(図7・図8)
 - a. 線分が検出された場合、その終点のボールの存在確率を高める。
2. ボールの存在確率が高い領域について、Hough ellipse detection またはパーティクルフィルタを用いて検出を行う。(未実装)
 - a. 円が検出された場合、さらにその点のボールの存在確率を高める。
3. 存在確率画像を Gaussian blur によって拡散させる。これによって、ボールがプレイヤーの陰に入ったり緩やかに移動したりして、位置が追跡できなくなった場合には、ボールの存在確率領域は拡散し密度が低下する。

2.4 切り出しシーン決定

前項までに得られたオプティカルフローとボール存在確率画像に基づいて、ルールベースで、画像内の領域に対して「魅力的な画像」のスコアを算出する。現在、魅力的な画像のシーン項目として、3つの項目を仮定し、それぞれについて検出ルールに基づいた画像の切り出しと検証を行っている(表1)。

表1 ルールベースの切り出しシーン決定

シーン	ルール	対象時刻	対象場所
ボールを蹴り出す直前または蹴りだした直後	ボールの存在確率の高い領域が急激に移動し、その間にボールの移動を示すオプティカルフローが存在する場合	ルール検出の前	ボールの移動開始場所
それまでの動きの向き・速度が急激に変化	物体のオプティカルフローの向きが急速に変化した場合	ルール検出時点	変化した場所
異なる動きをしている2つの物体が衝突	2つの移動物体のオプティカルフローの終点が一致しており、向きが異なっている場合	ルール検出の後	2つのベクトルの終点

3. 発 展

画像切り出しルールに基づき実際に画像を抽出し、一般に提供して妥当性を検証する。試合中の画像をリアルタイムで処理し、SNSへの広報画像として自動配信する。SNSとしては、Twitterを検討している。

⁴ 矢野一樹；滝口哲也；有木康雄. 探索手法の切り替えを用いたサッカー映像におけるボール追跡システム. 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007), IS-3-22, 2007, 1052-1056.