

# スマートフォンを用いた射撃用標的採点システム

附田 大輝† 中屋敷 かほる† 坂東 忠秋†

関東学院大学 理工学部

## 1 はじめに

射撃競技は 10m 先に設置された標的を撃ち、着弾した位置で点数を競う競技である。普段の練習では点数の判断は標的を撃った本人が目視で確認する。しかし、標的に重なった穴（弾痕）を目視で確認することは困難であり、時間がかかる。

本研究では OpenCV のライブラリを用いた画像処理ソフトを開発し、弾痕の重心位置を算出する。標的は 10cm 四方で中心は黒丸、周囲は肌色であり、標的画像から肌色と黒色を抽出することで標的に空いた弾痕を検出する。更に、2 発目・3 発目の弾痕が重なったときでも、重心座標の移動量から 2 発目・3 発目の重心座標を算出できることを示す。

## 2 システム概要

標的用紙は射撃を開始する際には手元にあり、機械で操作することで標的を撃つ為に 10m 先まで移動させる。そして射撃後、点数を目視で確認する為に手元まで移動させる。また、撮影時のスマートフォンと標的の距離は 15cm~20cm である。

点数は、弾痕が黒丸の中心からどれだけ近いかを 0.0~10.9 まで評価する。黒丸に当たった場合は 4.0~10.9 点、肌色の部分に当たった場合は 0.0~3.9 点である。

また、1 枚の標的用紙に平均で 3~5 発程度撃ち込むので、弾痕が重なる場合がある。



図1 射撃競技とは 図2 撮影環境 図3 標的用紙

Automatic Rifle Shot Grading System using Smartphone

Hiroki Tsukuda†

Kahoru Nakayashiki†

Tadaaki Bando†

College of Science and Engineering,

Kanto Gakuin University†

## 3 弾痕の抽出方法

### 3-1 OpenCV ColorBlobDetection 概要

ColorBlobDetection とは、スマートフォンの画面上に表示された画像から色を指定し、その色と同じ色領域を抽出するアプリケーションで、本研究では、ColorBlobDetection をベースに各種機能を追加して弾痕座標測定プログラムを制作した。



図4 ColorBlobDetection 実行例

### 3-2 黒色と肌色の抽出

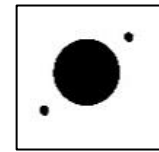
弾痕の色は、穴から見える背景色なので、場所に依存する。従って弾痕色を指定して、色抽出することはできない。よって、標的用紙の黒色 (A) と肌色 (B) を抽出し、黒色でも肌色でもない領域 ( $\overline{A \cdot B}$ ) を弾痕として抽出することにした。図6 (b)、(c)では白の部分抽出された部分を示す。図7は  $\overline{A \cdot B} = \overline{A + B}$  の実行結果である。



(a) 元画像



(b) 黒色抽出



(c) 肌色抽出

図5 ColorBlobDetection の実行結果

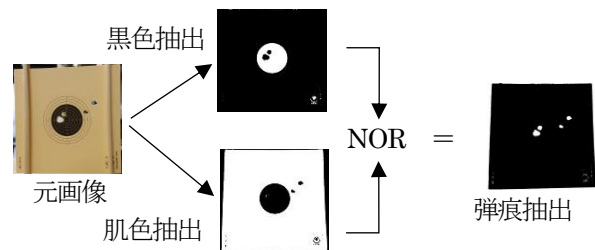


図6 弾痕の抽出方法

3-3 ノイズの除去

標的から黒色抽出と肌色抽出を行うと、黒色抽出では黒丸の内側の白線と外側の黒線が、肌色抽出では黒丸の外側の黒線のみがノイズとして発生する。よって黒色抽出と肌色抽出ではノイズの種類が違う。

実験を行ったところ、黒色抽出では収縮を2回、膨張を5回、収縮を3回の順番で行い、肌色抽出では膨張を2回、収縮を2回行うことで、発生したノイズを除去することが可能であることがわかった。

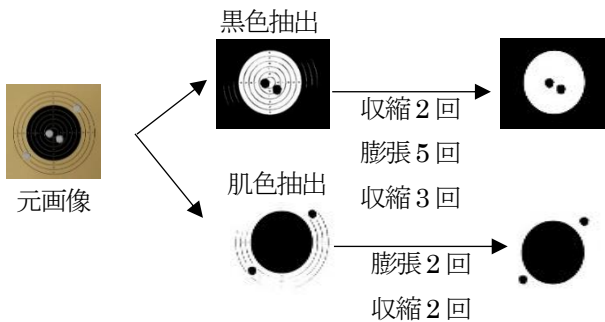


図7 ノイズ除去方法

4 黒丸の中心から弾痕の中心までの距離を算出

4-1 重なり無しの場合

OpenCV の関数 FindContours を使用して弾痕の輪廓を抽出し、弾痕 A の重心を算出する。

$$\text{重心}(x,y) = \frac{\text{弾痕 A に含まれる座標 } (x,y) \text{ の総和}}{\text{画素数}} \quad (1)$$



図8 弾痕の重心の算出方法 (重なり無し)

4-2 重なり有りの算出方法 (2重)

弾痕が2重に重なった場合、弾痕 A に弾痕 B が重なったものを、弾痕 AB とする。この時、弾痕 A の重心  $(x_A, y_A)$ 、弾痕 AB の重心  $(x_{AB}, y_{AB})$  から弾痕 B の重心  $(x_B, y_B)$  を求める式は、

$$\text{重心 B } (x_B, y_B) = 2 \times \text{重心 AB } (x_{AB}, y_{AB}) - \text{重心 A } (x_A, y_A) \quad (2)$$

から求められる。

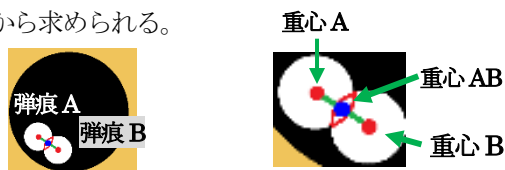


図9 弾痕の重心の算出方法 (重なり有り 2重)

4-3 重なり有りの算出方法 (3重以上)

弾痕 AB に弾痕 C が重なったものを、弾痕 ABC とす

る。3つの円に関して、半径  $r$  は同一。各円の中心座標を  $(x_A, y_A)$   $(x_B, y_B)$   $(x_C, y_C)$ 、3つの弾痕が重なった領域の面積を  $S$ 、重心を  $G$  とすると、

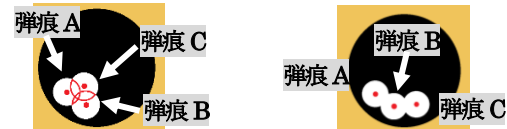
$$S = f((x_A, y_A), (x_B, y_B), (x_C, y_C)) \quad (3)$$

$$G = g((x_A, y_A), (x_B, y_B), (x_C, y_C)) \quad (4)$$

と、 $S$  及び  $G$  は3つの弾痕の重心座標の関数で表される。また、 $S$  と  $G$  は測定可能で、 $(x_A, y_A)$ 、

$(x_B, y_B)$  は既値である。ここで  $(x_C, y_C)$  は未知数が2つで、式も(3)と(4)の2つなので数値計算により求めることができる。

また、3発目の弾痕の位置により、図10のケースAとケースBのよるになるが、重心  $(x_A, y_A)$ 、 $(x_B, y_B)$  と重心  $(x_C, y_C)$  の位置関係から、ケースAかケースBか分けて計算することができる。



(a) ケース A (b) ケース B

図10 弾痕の重なりパターン (重なり有り 3重)

4-4 実験結果

画像処理によって算出した重心と目視で確認した重心の誤差について、重なり無しの場合と重なり有の場合についてそれぞれ10枚の画像で実験を行ったところ、重なり無しで平均が約1px、最大で約2px、重なり有で平均が約2px、最大約6pxとなった。実際の長さに置き換えると、2pxは0.2mm、6pxは0.6mmである、これを点数に換算すると誤差2pxは±0.1点、6pxは±0.3点である。

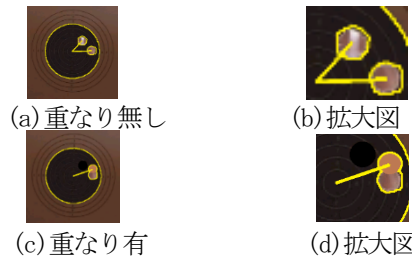


図11 弾痕検出の実験結果

5 まとめ

本研究では黒色抽出と肌色抽出による弾痕の抽出を行った。また、複数の弾痕が重なった場合でも2発目3発目の弾痕の座標は計算可能である。

更に実験による実測と画像処理結果を比較し、誤差は平均で重なりなしが±0.1点、重なり有が±0.3点であった。