

## 試射弾丸の画像類似性評価のための局所領域の寸法決定 ROI dimensioning for the image similarity evaluation of test fired bullet

中田 英紀† 藤井 周† 前田 俊二† 飯塚 正美‡ 安野 拓也‡ 仁戸部 勤‡ 中山 透\* 金子 俊一\*\* 渋谷 久恵\*\*  
Hidenori Nakada† Shu Fujii† Shunji Maeda† Masami Iizuka‡ Takuya Yasuno‡ Tsutomu Nitobe‡  
Toru Nakayama\* Shun'ichi Kaneko\*\* Hisae Shibuya\*\*

<要約> 銃器事件の早期解決と、鑑定員の負担軽減を目的とした弾丸の類似性評価手法を検討した。拳銃から発射された試射弾丸の線条痕を対象とする。弾丸はその材質などによって線条痕に伸縮が生じると想定される。これを許容して類似性を評価する必要がある。本報告では、二つの試射弾丸の画像間の Histogram Intersection(HI)により類似性を評価する。HI は着目領域 ROI を複数のブロックに分割し、各ブロックのヒストグラムを作成して、これらのヒストグラムに関する分布の一致度を求め、これを集計したものである。ここでは、類似性に対するブロック寸法の影響度を評価する。

<キーワード> 試射弾丸, 線条痕, 異同識別, Histogram Intersection, ROI

### 1. まえがき

科学警察研究所や科学捜査研究所では、事件で使用された拳銃と弾丸の関係性に関して、弾丸に残るきず(以下線条痕)を対象に比較照合に基づく判定を行い、事件で使用された拳銃か否かを明らかにしている。これは発射弾丸の異同識別と呼ばれ、比較顕微鏡を用いた、鑑定員による目視検査により行われているため[1]、鑑定作業の負担軽減が求められている。本研究では、効率的で定量的な評価を与える異同識別システムの開発を最終目標とし、本報告では、線条痕同士を対応付ける類似性評価方式を提案する。

### 2. 弾丸異同識別の課題

識別の対象である線条痕を図1を用いて説明する。弾丸には発射される際、線条痕というきずがつく。この線条痕は銃ごとのライフリングに依存し、拳銃ごとに固有のものであるため、線条痕を観察することで拳銃の特定が可能とされている。異同識別鑑定にあたり以下の課題がある

- (1) 鑑定に時間を要する(1件の鑑定:数日~1ヶ月)。
- (2) 鑑定技術の習得に時間がかかる。

線条痕は加工痕と同様と考えられ、転写痕ではないため、すべての線条痕が全体に一致するとは限らない。筆者らは、二つの試射弾丸の画像間の類似性を Histogram Intersection により評価する方法を提案してきた[2]。本報告では類似性を評価する局所領域に関して、その寸法の影響を評価する。

### 3. 位置情報保存形の Histogram Intersection

二つの試射弾丸の画像間の類似性を図2に示す Histogram Intersection(HI)により評価する[2]。具体的には式(1)に示す HI の算出式に基づき類似度を評価する。

$$HI = \frac{\sum_i \min_{bin(i)}(h(f[i]), h(g[i]))}{\sum_{bin(i)} h(g[i])} \dots\dots\dots (1)$$

式(1)において、 $h(f), h(g)$  は画像  $f, g$  の  $n$  個の bin をもつヒストグラムをそれぞれ示している。 $\sum_i \min_{bin(i)}(h(f), h(g))$  は、

$i$  番目の bin ごとに画像  $f, g$  の投票値の小さい方を加算するものであり、 $\sum_{bin(i)} h(g)$  はヒストグラムの bin ごとの投票

数を足し合わせるにより総画素数を算出するものである。したがって、式(1)はヒストグラムの共通部分/ヒストグラム総画素数(面積)という形になる。

HI の特性として共通部分の足し算で類似度を算出するため、類似・非類似が混在する弾丸の異同識別に有効であると考えられる。類似していない線条痕や、線条痕とは関係ない傷がついてしまっている場合には反応せず、類似した線条痕のみに反応することが期待できる。一方で、画像内の位置情報は失われている。このため、位置情報を保存した HI の算出手順の詳細を説明する。

#### 1) 対象画像と参照画像のエッジ強調

線条痕を強調させるため縦方向(弾丸の回転方向)の2次微分フィルタを施す。今回の実験では  $9 \times 3$  の2次微分フィルタを使用している。しかし、撮像条件や拳銃・弾丸の種類が変わることにより、個々の線条痕の太さや線条痕同士の位置関係が変わることがあるため、使用するフィルタは条件によって変える必要があると考える。

#### 2) 位置情報保存のための領域ブロック分割

位置情報を保存するため、図3に示すように着目領域 ROI を小さなブロックに分割する。ROI はブロック集合体と考えることができる。この ROI を異なる弾丸の参照画像上で走査する。ブロックの縦幅は線条痕に対応させる。

上記集合体で類似度を算出することにより、本来位置情報を保存できないヒストグラムを用いても、ブロックごとには位置情報が保存された状態で類似度算出が可能になる。領域をブロックに分割した場合と分割しなかった場合を比較した結果の例を図4に示す。同図の下の結果は類似度が高いほど明るく、低いほど暗く表示している。領域を単一ブロックとして考えると、位置情報は保存されず一つの類似度のみが算出される。これに対して領域をブロックに分割した場合は、線条痕の位置が保存されて類似度がより細かく算出できることがわかる。また特徴的な3本の線条痕がブロックごとの結果にも反映されていることもわかる。

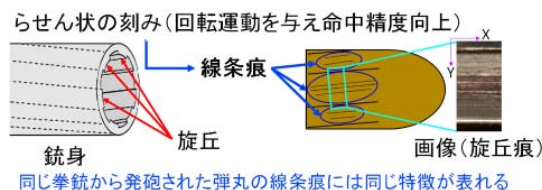


図1 ライフリング, 線条痕と取得画像

†: 広島工業大学

‡: 科学警察研究所

\*: 神奈川県警科学捜査研究所

\*\* : 北海道大学

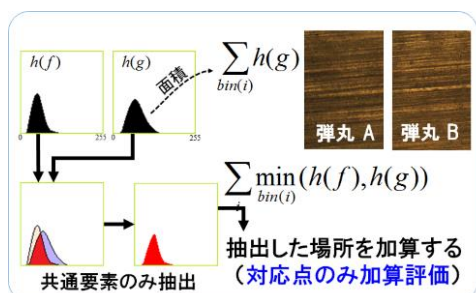


図 2 Histogram Intersection(異なる弾丸の画像を対象)

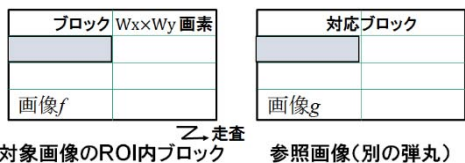


図 3 位置情報保存のための ROI ブロック分割

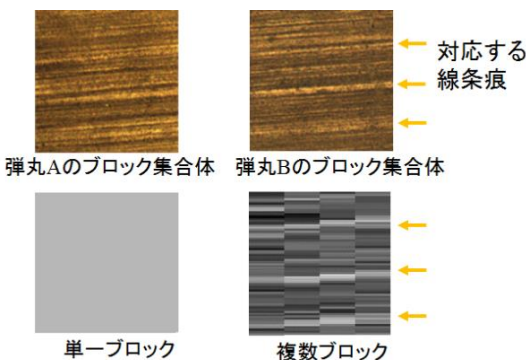


図 4 位置情報保存形 Histogram Intersection による評価例

#### 4. ROI・ブロック設定の課題

前章で ROI をブロック集合体と考えた。ブロックを設定する際、個々の線条痕に対応したブロックを設定することにより、対応している線条痕と対応していない線条痕の識別能力を確保し得ると考える。一方で、ブロックは弾丸の変形・ずれに対応するためのものでもあり、位置関係がずれた線条痕が発生した場合に、ブロック内で位置ずれを無視して類似度を求める。ブロックが大きいと空間解像度を確保できないが、線条痕の位置ずれに対応し得る。したがって、ブロックの寸法は適切である必要がある。

本報告では、ROI とその構成要素であるブロックの寸法に関して、異同識別の視点で以下の関心項目を評価した。

- (1) ブロックの横幅(本報では ROI 幅に一致)と縦幅の影響
  - (2) 旋丘痕(図 1 に示した旋丘によりできた傷。線条痕の一つ)と呼ばれる領域の両端エッジの、ROI に対する影響
  - (3) 弾軸方向の画像の伸縮の影響
- (1)は複数のブロック集合体である ROI の基本要素であるブロックに関して適切な寸法を知ることは必要不可欠であること、(2)は旋丘痕と呼ばれる領域の両端エッジが太く、その影響を明らかにしたいこと、(3)は弾丸の材質などによって線条痕に伸縮が生じると想定したものであり、これらを評価項目とした。(3)については、ヒストグラム処理の原理上影響を受けづらいため、評価結果については割愛する。なお、比較する画像は事前に画素単位で位置合せした。

表 1 実験条件

照明	斜方照明
総合倍率	12.5倍
検出画素寸法	3.39μm/画素
弾丸姿勢	線条痕を平行に撮影
ヒストグラムbin幅	2階調
ROI(ブロック集合体)	実験により決定

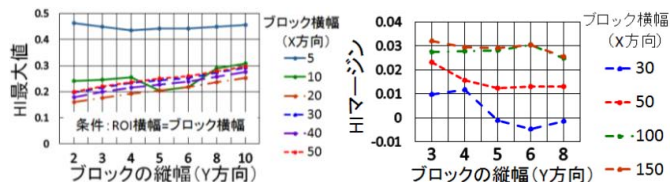
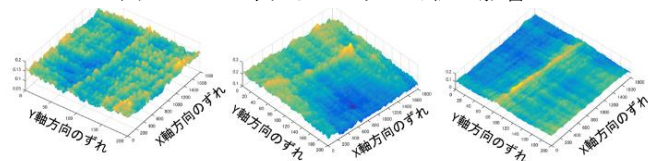


図 5 HI に対するブロック寸法の影響



(a)上側の旋丘痕エッジを含む (b)旋丘痕両側エッジを含まない (c)下側の旋丘痕エッジを含む  
図 6 旋丘痕の両端エッジの影響の評価結果

#### 5. 評価結果

実験条件を表 1 に示す。図 5 左図に HI に対するブロック寸法の影響の例を示す。対応する旋丘痕の画像を対象とした。ブロックの縦幅(Y 方向)を横軸に、HI 最大値を縦軸とし、ブロックの横幅(X 方向)をパラメータとした。ブロックの横幅が 5 画素のとき HI 最大値は大きい誤対応も大きな値となった。横幅が 10 画素の時は不安定となったが、20 画素以上では比較的安定である。いずれも対応位置自体は求められている。HI マージンを求めた例を図 5 右図に示す。対応する旋丘痕と対応しないものの HI 最大値の差をマージンとした。横幅が 100 から 150 画素でマージンが安定して高い値となった。横幅が短くなるとマージンが低下しているのは、誤対応が増えたことが原因である。横幅の影響は予想以上に大きく、線条痕の連続性を評価することが重要であると言える。対象とした画像では最小ブロックは 100 × 6 画素あたりに適した寸法が存在すると判断できる。

図 6 に、旋丘痕の両端エッジの影響を評価した結果を示す。縦軸が HI 評価値である。ROI が両端エッジを含む場合に、HI 評価値が直線的な両端エッジに影響を受ける様子が伺える。これより、旋丘痕の両端エッジは個別評価が必要であると考えられる。図 5 では両端エッジを除外した。

#### 6. 結言

弾丸に共通する線条痕の類似性評価を目的として、位置情報を保存した Histogram Intersection に基づく類似性評価方式を評価した。本報告では、着目領域である ROI をブロック分割した際のブロック寸法や ROI の位置設定に関して、その影響を評価した。その結果、適切な基本ブロック寸法が存在することなど異同識別への適用に必要な知見を得た。

#### 参考文献

- [1] 内山常雄：線条痕の画像解析, 日本写真学会誌, vol.67,no.4,pp.361-370 (2004)
- [2] 藤井他：試射弾丸の異同識別を目的としたヒストグラムを用いた類似度分布の取得, IS1-B7, DIA2015 (2015.3)