

画像認識を用いた猫の赤血球ハインツ小体のカウント方式の検討

寺本 晶† 上岡 祐子† 安田 和雄‡ 青木 博松†

†パナソニック情報システム(株) ‡安田動物病院

1. はじめに

犬や猫の血液塗抹標本に、ニューメチレンブルー染色を施すと赤血球の中のハインツ小体が淡青色の粒状体として染色される。これは異常なヘモグロビンで、生体内で酸化ストレスが強いときにヘモグロビンが不可逆的な酸化を受け、血球内で変性凝縮したものと考えられており、貧血の原因を追究する際、あるいは生体内酸化亢進状態の把握には不可欠な検査項目とされている。[1]

図 1は猫の血液の顕微鏡写真である。矢印で示したヘソのように血球の外に向かって突出したブルーに染まるのがハインツ小体である。

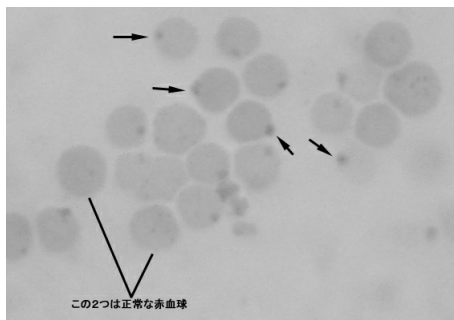


図 1 血液塗抹標本(猫)の顕微鏡写真

通常赤血球 1000 個中に含まれるハインツ小体含有赤血球数を評価するが、現状では目視により算定されるのが一般的である。

そこで、診断作業の支援として、作業の高速化・測定精度の向上を目的とし、PC 上に取り込んだ顕微鏡写真の画像データ上で、正常赤血球とハインツ小体を持つ異常赤血球とを自動識別しカウントする方式について検討した。

2. 処理手順

2.1. 輪郭画像の抽出

赤血球を認識するために、輝度画像から輪郭線画像を抽出した。顕微鏡画像をデジタルカメラで撮影した画像データでは、エッジが弱く全

体的にノイズが多いため、零交差法あるいは Sobel フィルタ、ウェーブレット解析などの手法では、細胞以外の輪郭線が至る所に抽出されてしまった。そこで、輝度のヒストグラムから判別分析を用いて、細胞部分と背景部分を分離した。取り出した細胞部分の細線化により抽出した 1 画素幅の輪郭画像を図 3(a)に示す。

2.2. 重なり合った複数円の抽出

ハフ変換を用いた円形物体の自動検出法[2]を元に下記①～③の手順で円を検出した。

① エッジ片リストの作成

前節で検出した全てのエッジ画素をたどり、端点か分岐点になるまでをひとつのエッジ片としてリストを作成する。

② 円中心の決定

すべてのエッジ画素 P について、そのエッジ片の両側に k 画素離れた 2 点と P を通る円の中心に、正規分布に比例した重み付け投票をする。

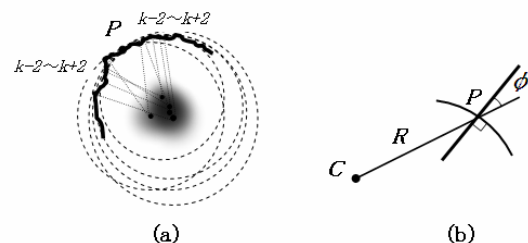


図 2 (a)エッジ画素 P と中心点の投票 (b)推定した中心 C とエッジ角度

今回扱う画像での円中心の投票において、課題となった点とその対策を以下に説明する。

(i)対象とする画像ではひとつの円が小さく、各円のエッジ画素の絶対数が少ないため、円中心の投票値のピークが弱い。そこで十分なピークを得るために、 P に対して k に 5 画素の幅を持たせたエッジ上の画素について投票を行う(図 2(a))。方式[2]では $k=30$ とされているが、今回は経験的に $k=r_{\min}/2$ とする。

(ii)エッジ片が滑らかでないことによる投票位置のばらつきを防ぐために、 P との距離が $r_{\min}$ 以上 $r_{\max}$ 以下の領域内のみ投票する。投票結果を図 3(b)に示す。

Examination of Heinz Bodies Extraction Method from Feline Blood Pictures Using Image-Recognition

†Aki Teramoto, Yuko Ueoka, Hiromatsu Aoki
Panasonic Information System Co., Ltd.

‡Kazuo Yasuda
Yasuda Animal Hospital

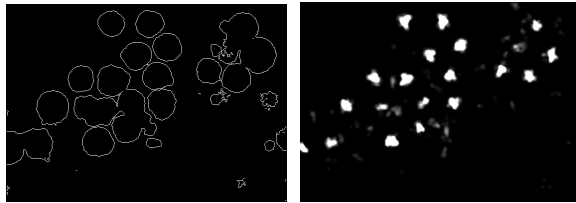


図 3 (a) 輪郭画像図 (b) 円中心投票結果

(iii) 複数円の中心を取り出すため、閾値以上の得票数を持つ画素についてラベリングを行い、各領域のピーク位置をそれぞれの円の中心とする。再度、円中心の投票を行い、各エッジ画素がどの中心点に属しているかを関連づける。投票先が範囲外である場合など、属する中心点が定まらないエッジ画素については、同一エッジ片上で隣接する画素と同じ中心点に属することとした。

③ 各円の半径の決定

各円の半径を求めるために、中心点 C とそれに属するエッジ画素 P との距離 R に $e^{-R^2/2s^2} \cos\phi$ を投票し(図 2(b))、さらに R の ± 1 にも正規分布に比例した投票をおこなう。ここで、 s は C からの距離 R に対する減衰定数であり、 ϕ はエッジの法線と直線 CP のなす角度である。法線角度を求めるには、ハフ変換を用いた接線情報の抽出法[3] を用いた。

この投票方式の場合 C を内部に含まない閉曲線については正負の値で打ち消しあうという利点がある。しかし、ここで扱う画像は、(i) 中心ごとに属するエッジ画素の絶対数が少ないのでピークが弱い、(ii) 画像上のノイズによって円内部に偽の円エッジが現れる、といった現象が見られ、本来のピークが弱められる方向に作用する。そこで、前述の投票値が負の場合については投票を行わないこととする。

2.3. ハインツ小体の認識

前節により抽出された円中心ごとに、それに属するエッジ画素上のハインツ小体を探索する。

エッジ画素をたどりながら近傍 n 画素の輝度値の平均 μ と分散 σ^2 を計算する。再度同じ画素をたどり、 $\mu - 3\sigma$ 以下の輝度の画素について、これをハインツ小体と判定する。

以上の処理結果から、正常な赤血球とハインツ小体をもつ赤血球をカウントし、診断結果とする。

3. 実験結果

図 4 は検出した正常な赤血球とハインツ小体をもつ赤血球を原画像に重ねたものであり、ほぼ正しい結果が得られた。

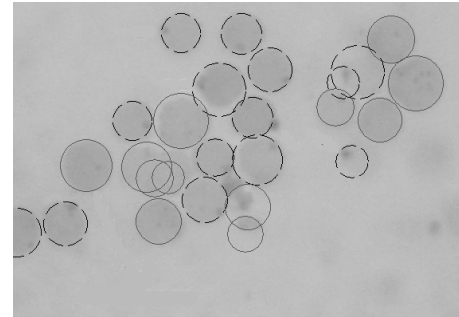


図 4 検出結果(実線:正常, 破線:ハインツ小体)

3 種類の画像について実験を行った結果を表 1 に示す。(括弧 はハインツ小体を含む割合)

表 1 検出結果と正解数

	赤血球総数		ハインツ小体数	
	提案方式	目視	提案方式	目視
データ 1	26	22	14 (54%)	13 (59%)
データ 2	21	20	11 (52%)	10 (50%)
データ 3	18	18	8 (44%)	8 (44%)

図 4 から、(i) エッジが大きく乱れる部分で複数の血球を検出していること、(ii) 血小板を赤血球と誤認識していることがわかった。また、別のデータでは (iii) 赤血球が重なり合った部分にハインツ小体が 1 つ存在する場合、ハインツ小体を重複してカウントしていることがわかった。これらの解決策として、(i) 血球の半径を考慮して異常値を削除、(ii) カラー情報を使った前処理で不純物を削除、(iii) ハインツ小体の連続領域情報を考慮 などを検討中である。

4. むすび

本論文では、一枚の画像内にエッジが十分滑らかでなく、重なりが存在する複数円の検出方式を提案した。今後の課題としては、前節で述べた誤検出対策による精度向上と、1000 個をカウントするための複数画像処理の仕組み作りなどが挙げられる。

文 献

- [1] O. W. Schalm, “血液学の手引き 一犬と猫一”, 学窓社, 1984 年,
- [2] 岡部, 金谷, 太田, “楕円成長法による円形物体の自動検出”, 電子情報学会論文誌 D-II Vol. J85-D-II Bo. 12 pp. 1823-1831 2002 年 12 月
- [3] 渡辺, 畠山, 木村, “ハフ変換を用いた接線情報の抽出と欠損楕円の検出”, 電子情報学会論文誌 D-II Vol. J82-D-II Bo. 12 pp. 2221-2229 1999 年 12 月