

方向検出微分オペレータを用いたエッジ抽出 と画質改善

Hirota, Kaoru / Koyama, Akemi / 小山, 明美 / 廣田, 薫

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

26

(開始ページ / Start Page)

89

(終了ページ / End Page)

97

(発行年 / Year)

1990-02

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003923>

方向検出微分オペレータを用いたエッジ抽出と画質改善

廣 田 薫*・小 山 明 美**

Edge Detection and Image Quality Improvement Using Directionality Detecting Differential Operator

Kaoru HIROTA* and Akemi KOYAMA**

Abstract

A new algorithm of enhancing blood vessels in X-ray photographs has been proposed. The algorithm consists of the following two part; edge detection (using directionality detecting differential operator) and noise reduction (using nonlinear gray level transformation). It is shown that the directionality detecting differential operator is superior to the usual operators (e.g. Prewitt's operator, Sobel's operator and Kirsh's operator) from a view point of noise and detecting a long and narrow object. The algorithm is applied to the underexposed images. As a result the edge can be discriminated even in the case of blurred images, the histogram of the image becomes bimodel and the object is enhanced by the transformation.

§ 1. 緒 言

方向検出微分オペレータを用いてエッジ抽出を行い、抽出された部分とされなかった部分から求められた値を幅を持ったしきい値と想定し、非線形な濃度変換によって画質を改善する方法についてはすでに報告を行った¹⁾。

本研究では、方向検出微分オペレータが従来から使われているオペレータに比べ周波数特性を持たないようなノイズに強く、また帯状の細長い対象物を抽出するのに適していることを示したうえで、各種X線写真以外の対象物への適用結果について報告を行う。

§ 2. 対象物と背景の分離

対象物と背景を分離する方法としてしきい値処理が一般的であるが、単一のしきい値による2値化は濃淡値のヒストグラムが双峰性を持たない場合には良好な結果は必ずしも期待できない。

* 工学部電気工学科計測制御専攻

** 大学院工学研究科システム工学専攻

そこで、小領域毎にしきい値処理することが考えられるが、

- ・領域内に対象物と背景の両方が含まれていなければならない
- ・領域と領域、対象物と背景の境界付近が不自然になる

といった解決しなければならない問題点がある。

対象物と背景の境界は濃淡値に急激な変化が見られ、この部分はエッジと呼ばれている。つまり、対象物はエッジに囲まれている領域であり、小領域内に対象物と背景の両方が含まれていることはエッジを検出することにより判断できる。また、エッジの周囲の情報から対象物と背景の濃淡値の差を徐々に大きくすることにより画質の改善が可能である。

§3. 方向検出微分オペレータ

濃淡値の急激な変化の検出には、空間微分値を求める方法が有効であり、Prewitt, Sobel, Kirsch のオペレータ等²⁾がある。これらのオペレータの出力値は濃淡値の変化が急激であるほど大きいので、明らかなエッジの検出に用いることができ、各点における出力値はその点での“エッジの強さ”を表す。しかし、同時に雑音を含むところでは、孤立点のような意味のない点もエッジとして検出されてしまったり、変動が急激でないところでは、エッジが途切れたりすることが多い。

これらを考慮し濃淡値の変動を表すことに適した微分オペレータを、帯状のエッジを検出するために改良した方向検出微分オペレータを用いて抽出を行った。

方向検出微分オペレータは、Fig. 3.1に示すような5×5の加重マトリクス8種類からなる。

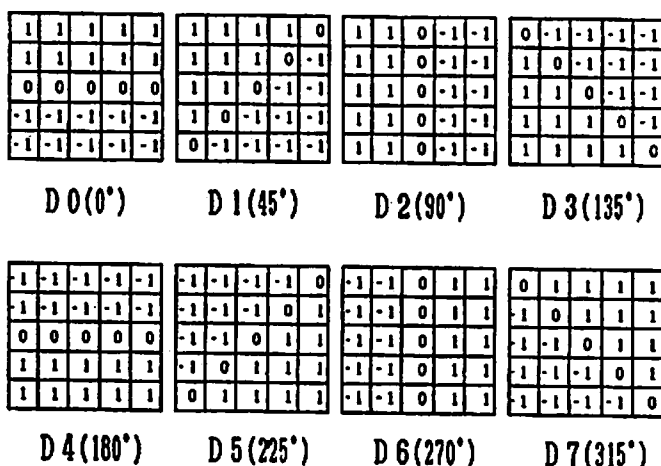


Fig. 3.1 方向検出微分オペレータ

これらの方向検出微分オペレータを1画素につき8種類すべて適用する。オペレータはそれぞれD0は0°, D1は45°, D2は90°, ..., D7は315°の45°きざみの方向を表すとする。そして、エッジに対して平行に位置したとき、このオペレータの出力は最大となる。濃淡値の変動が大きいほど結果は値が大きくなる。そこで、微分値をこの点におけるエッジの強さ、方向を画素の方

向とする。

この方向検出微分オペレータは帯状の細長い対象物のエッジ検出に適するだけでなく平滑化やシェーディング（濃淡値の基準レベルの緩やかな変動）に対する影響にも優れている。

§4. エッジの検出

方向検出微分オペレータはそのままではエッジをノイズも含めて検出してしまうので、この出力からさらにエッジ情報だけに絞り込む必要がある。エッジの強さからしきい値処理することも可能であるが、濃淡値の変化が小さなエッジはノイズとの区別がつかなくなってしまう。そこで、エッジが帯状になっていることに注目し、画素の方向からエッジを検出する手法を用いた。すなわち、エッジであれば近傍の画素の方向が同じとなることを利用する。

ここで近傍とは、ある1画素の方向に対し Fig. 4.1 に示す範囲とする。

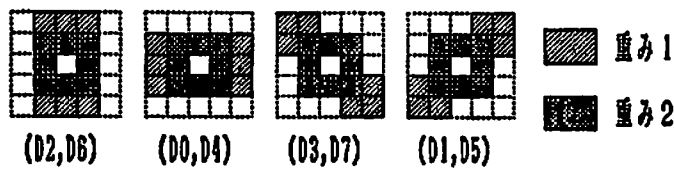


Fig. 4.1 画素の方向の検出範囲

近傍の画素一つに対しその画素の方向を Fig. 4.2 のような大きさ1のベクトルで表し、Fig. 4.1の重みを掛け、合成したベクトルでこの近傍のエッジの類似度を表す。合成したベクトルの大きさ r が22に近く、中心の画素となす角 θ が0度に近いほど類似度が高く、真のエッジである可能性も高い。

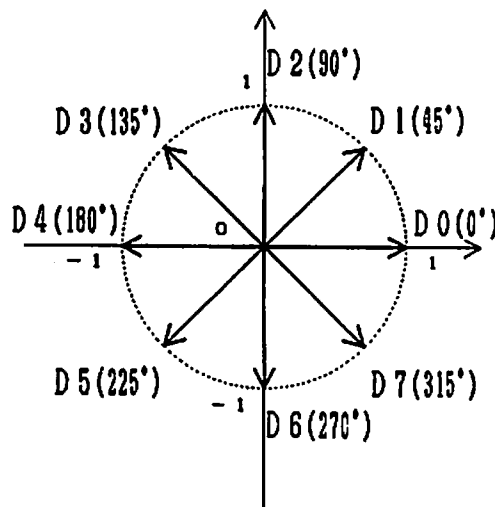


Fig. 4.2 画素の方向とベクトル

Fig. 4.3 に類似度の算出方法について例を示す。中心の画素の方向に従い斜線部分の画素の方向をベクトル表示した。

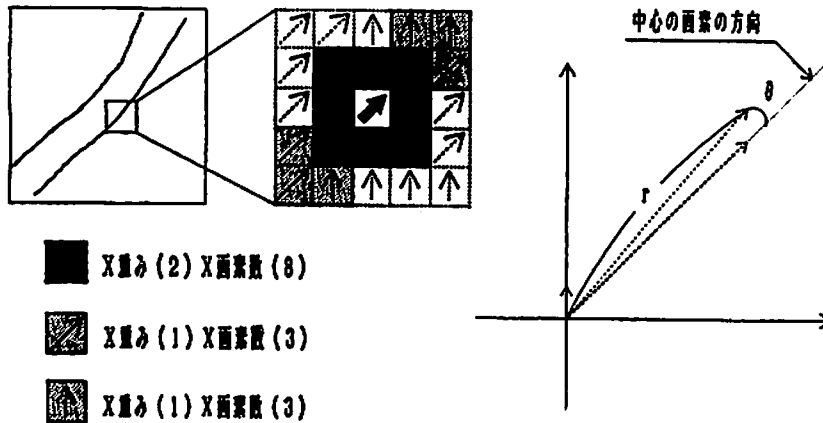


Fig. 4.3 類似度の算出例

合成ベクトルは

大きさ r : 21.22

方向: 50.75°

中心の画素の方向となす角 θ : 5.74°

となりエッジの類似度はかなり高い。

全画素について類似度が求められたら、 r と θ についてしきい値処理を行い、類似度の高いエッジを抽出する。

抽出された領域には影等のノイズや途切れがあるので、さらに

- ・対となるエッジのみの抽出
(近傍に方向が 180° 反転している領域があるときのエッジは対となっている)
- ・途切れの部分の補間
(エッジの方向の数画素先に同じ方向のエッジが存在するならその間に画素を補う)
- ・ノイズの除去
(対となる部分がないか、領域を作っている画素の総数が少ないときは除去する)

を行う。

§ 5. しきい値の決定と濃度変換

エッジにより対象物の概形を捕らえることはできるが、完全に対象物がエッジに囲まれているとは限らず、このままでは背景と分離ができない。そこでエッジを境とする二つの領域のどちら側が対象物かを判定し、背景と対象物の濃淡値の差を大きくすることにする。

まず全体をいくつかの小領域に分割する。この分割領域の大きさは対象物の形状が複雑な場合小さめにとることが良いことはすでに文献1)に述べた。この領域毎にしきい値を二つ選ぶことにより幅を持ったしきい値を考える。しきい値の選び方は、§4に示したような方法で検出されたエッジ部分と、その他の部分とでそれぞれ平均値を求める。ただし、分割した領域内にエッジが

検出されないときは背景，対象物のどちらか一方しか含まれていないと考えられ，しきい値を求めることができないのでこの領域はその隣接したエッジを含む領域と合わせて処理をする。

濃度変換の方法は2つのしきい値の間とそれ以下，以上で分けて適用する。二つのしきい値の間に濃度値がある場合，この画素がノイズであるか否かはこの画素の濃淡値のみでは判定できない。また，しきい値の範囲外であるとしてもしきい値前後で著しく濃淡値に差をつけることは境界で不自然な結果をまねく。そこで，2つのしきい値と画素の濃淡値の関係により非線形に領域毎の濃度変換を行う。

二つのしきい値が $a_1, a_2 (0 < a_1 < a_2 < 255)$ のとき，1画素 (x, y) の濃淡値 $f(x, y)$ は式(5.1)～(5.3)に示すような関係となる $g(x, y)$ に変換される。

$$f(x, y) > a_2 \cdots \cdots g(x, y) > f(x, y) \quad (5.1)$$

$$a_2 \geq f(x, y) \geq a_1 \cdots \cdots g(x, y) = f(x, y) \quad (5.2)$$

$$a_1 > f(x, y) \cdots \cdots g(x, y) < f(x, y) \quad (5.3)$$

変換の方法は最小値，最大値フィルタ，濃度変換式などを用いる。

このような濃度変換により背景と対象物の間に大きな濃淡値の差ができ，画質の改善ができる。

この濃度変換の効果を濃淡値の変化の点から Fig. 5.1 に示す。Fig. 5.1 は画像の濃淡値を縦軸にとった断面図を表している。

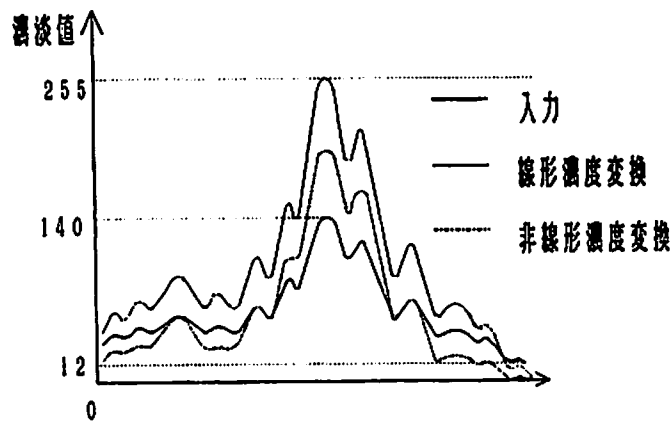
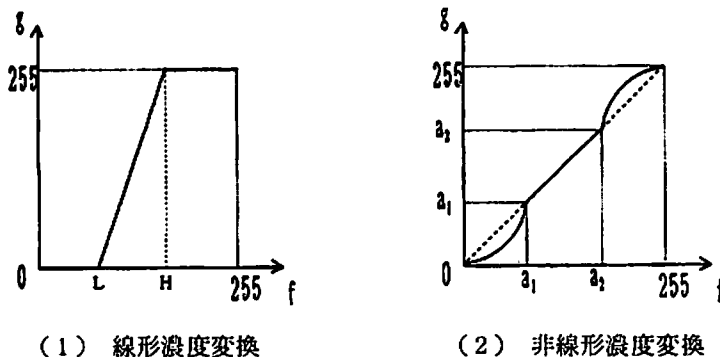


Fig. 5.1 濃淡値の変化



(1) 線形濃度変換

(2) 非線形濃度変換

Fig. 5.2 濃度変換

入力は濃淡値の範囲が12~140である。このように濃淡値の範囲が狭いときはFig. 5.2(1)のように0~255に線形濃度変換する方法がある。この結果がAである。これに対しBはFig. 5.2(2)のような変換を行った結果である。A, Bを比較するとBはノイズを抑え, 入力の特徴をいかした出力が得られている。

§6. 運用結果

6.1 システムの構成と入力対象の特徴

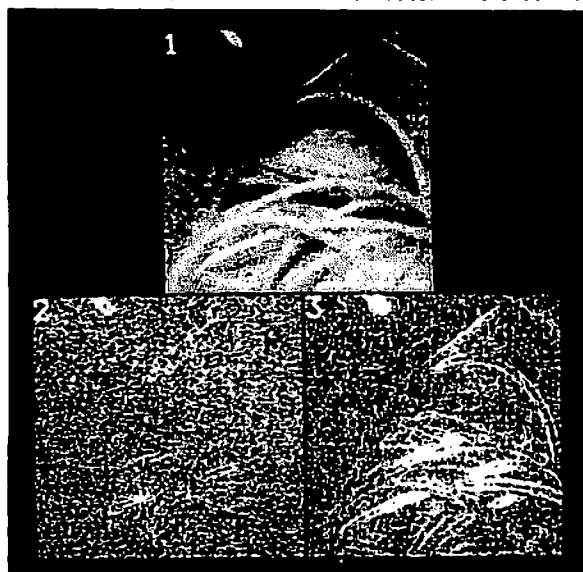
システムの構成は, 画像処理装置に東芝製 TOSPIX, ホストコンピュータ東芝製 DS 600 を使用し, ITV カメラから画像を入力する。

入力対象は, 床におかれた ITV カメラのコードである (Photo. 6.1(1))。全体はグレーで床の色に似ている。光沢が多少あるが全体に暗く, 露光不足のみである。

6.2 Sobel オペレータとの比較

Photo. 6.1(2) は微分オペレータの中でも一般的な Sobel オペレータを適用した結果である。結果はほとんどエッジを認識することは不可能な状態である。

Photo. 6.1(3) は方向検出微分オペレータを適用した結果であり, Sobel オペレータに比べればより形状をとらえてはいるが, 背景と対象物を完全に分離することはできない。



(1) 原画像
(2) Sobel オペレータ
(3) 方向検出微分オペレータ

Photo. 6.1 原画像と微分オペレータの適用結果

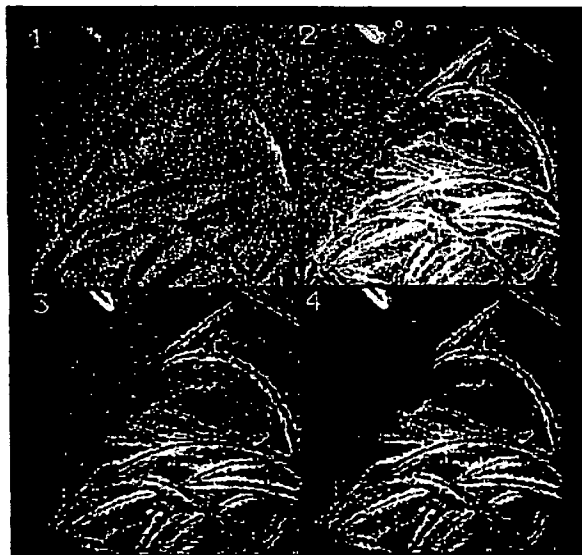
6.3 エッジの検出

Photo. 6.2 は §3, §4 の処理の手順で処理した結果である。

Photo. 6.2(1) は画素の方向を 0° は 10, 45° は 40, 90° は 70, ..., 315° は 220 のそれぞれの濃淡値で表している。

Photo. 6.2(2) は方向の類似度を 0~255 の値で表し, Photo. 6.2(3) は Photo. 6.1(2) を濃淡値 185 以下の画素を 0 としたしきい値処理の結果である。

Photo. 6.2(4) はさらにエッジ以外の孤立点等を §4 に述べた条件により除去した結果である。



(1) 画素の方向 (2) エッジの類似度
(3) 類似度のしきい値処理後
(4) 孤立領域除去後

Photo. 6.2 エッジの抽出

6.4 しきい値の決定と濃度変換

しきい値を決定するために画面全体を 32×32 の小領域に分割した。小領域毎にエッジを含んでいるか探索し、エッジを含んだ領域について、さらにエッジとエッジ以外の部分の濃淡値の平均 $a_1, a_2 (a_1 < a_2)$ を求め、 $f(x, y)$ を式(6.1)~(6.3)により $g(x, y)$ に変換した。

$$f(x, y) > a_2 \cdots \cdots g(x, y) = \left[\{(f(x, y) - a_2) * (255 - a_2)\}^{1/2} + a_2 \right] \quad (6.1)$$

$$a_2 \geq f(x, y) \geq a_1 \cdots \cdots g(x, y) = f(x, y) \quad (6.2)$$

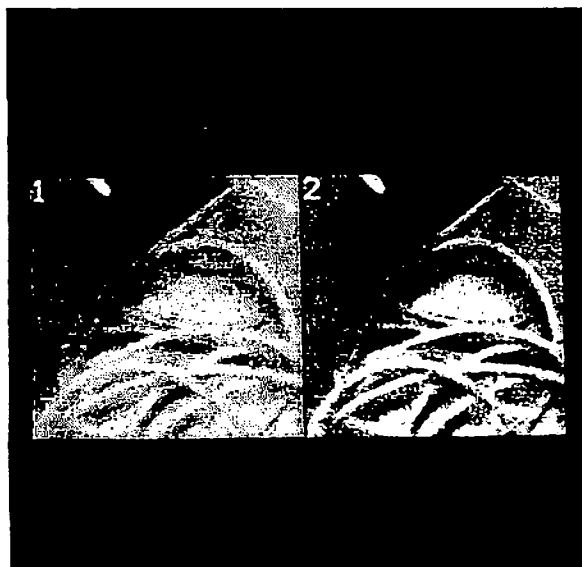
$$a_1 > f(x, y) \cdots \cdots g(x, y) = \left[\{f(x, y)\}^2 / a_1 \right] \quad (6.3)$$

ただし、【 】は整数化を示す。

式(6.1)~(6.3)は Fig. 5.2(2) に示されたような非線形濃度変換となる。

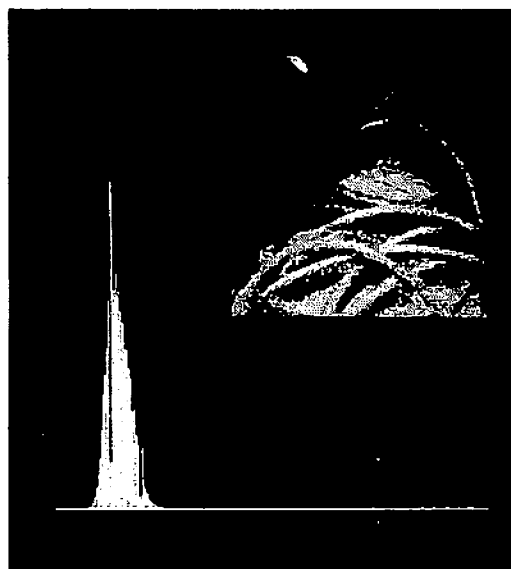
6.5 運用結果

Photo. 6.3 に原画像と非線形濃度変換の結果を示す。コントラストが改善され、よりはっきりとした画像が得られた。

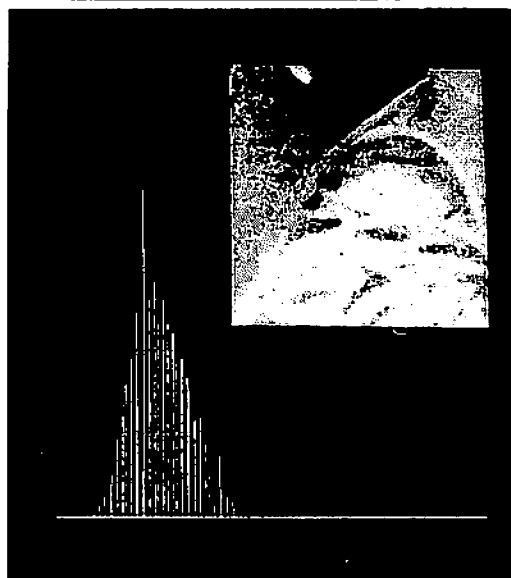


(1) 原画像 (2) 運用結果

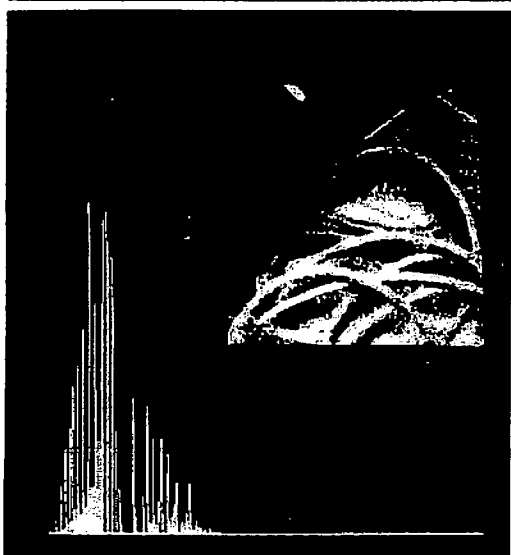
Photo. 6.3 運用結果



(1) 原画像



(2) 線形濃度変換の結果



(3) 非線形濃度変換の結果

Photo. 6.4 濃淡値ヒストグラム

さらに、比較のため原画像と線形濃度変換 (Fig.5.2(1)), 非線形濃度変換 (Fig.5.2(2)) の結果をそれぞれ濃淡値のヒストグラムと共に Photo.6.4(1)~(3)に示した。線形濃度変換した結果は全体に明るくはなるが、非線形濃度変換のような双峰性を持ったヒストグラムは得られない。

§7. 結 言

方向検出微分オペレータを用いエッジを抽出し、背景と対象物の濃淡値の差を広げることにより画質を改善する方法について報告した。

方向検出微分オペレータはノイズやシェーディングの影響を抑え、細長い形状のエッジを抽出するのに適している。また、濃淡値のヒストグラムが双峰性を持たない場合や濃淡値の幅が狭い場合などにも良好な結果が得られた。

参 考 文 献

- 1) 廣田, 小山: X線写真の血管強調, 法政大学工学部研究集報第25号 (1989), pp.47/54.
- 2) 田村: コンピュータ画像処理入門, 総研出版, (1985), pp.118/133.