画像処理

エッジ検出

宮崎大学 工学部 情報システム工学科

３年後期 第10回

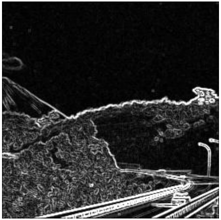
エッジ検出 (P.182)

エッジ：画像中に現れる大きな明度変化

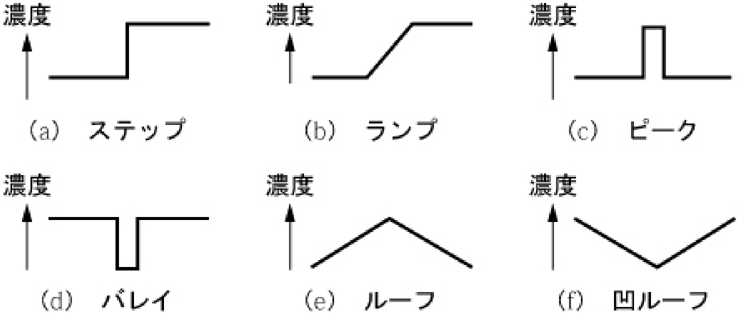
- 対象物の境界
- 表面の模様
- 奥行きの変化
- 影

⇒ 有用な情報を多く含む



エッジの種類



主として

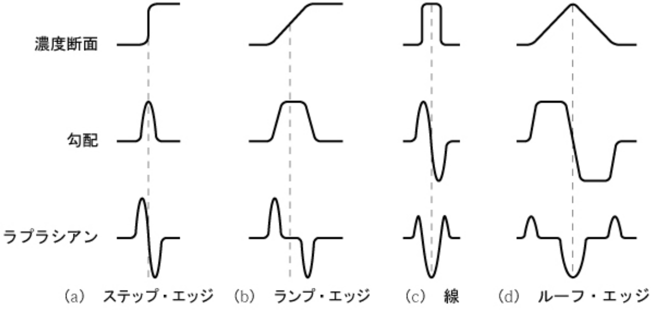
　　ステップエッジ，ランプエッジ

を検出対象とする．

エッジ検出フィルタ

近傍との濃度値変化が大きい画素に対して大きな画素値を出力する.

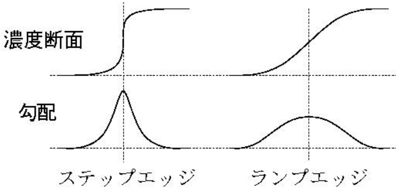
濃度値変化は微分値に現れる
⇒ 勾配 (1 次微分), ラプラシアン (2 次微分) に基づきエッジを検出



勾配 (P.185)

$$\nabla f(x,y) \equiv (f_x(x,y), f_y(x,y)) = \left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}, \frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right)$$

- 『大きさ』と『方向』をもつベクトル形式
- 大きさは，濃度値変化の激しさを表す
- 方向は，濃度の最大傾斜方向を表す
- 勾配が極大の点がエッジ位置



勾配の実装

連続値での微分処理を差分により離散近似する
連続値

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x,y) - f(x - \Delta x, y)}{\Delta x}$$

離散近似 $\Delta x = 1$ とする

$$\Delta_x f(i,j) = f(i,j) - f(i-1,j)$$

- 空間フィルタリングにより実装可能
- このままでは半画素のずれが生じる

勾配の離散近似

連続値

$$f_{-x}(x,y) \equiv \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x,y) - f(x-\Delta x, y)}{\Delta x}, \; f_{+x}(x,y) \equiv \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x, y) - f(x,y)}{\Delta x}$$

$$f_x(x,y) = \frac{f_{-x}(x,y) + f_{+x}(x,y)}{2} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x, y) - f(x-\Delta x, y)}{2\Delta x}$$

離散近似 $\Delta x = 1$

$$\Delta_x f(i,j) = \frac{f(i+1,j) - f(i-1,j)}{2}$$

※ y 軸方向も同様

0	0	0
-1	0	1
0	0	0

および

0	-1	0
0	0	0
0	1	0

との畳み込み

ノイズへの対処

勾配による方法では，ノイズによる濃度値変化も検出してしまう．

⇒ 近傍範囲の画素値を平均して利用することによりノイズの影響を軽減する

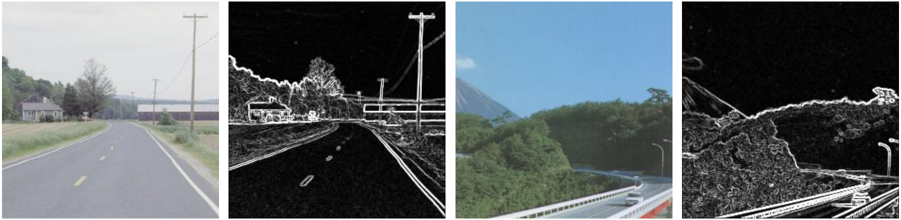
−1	0	1
−2	0	2
−1	0	1

−1	−2	−1
0	0	0
1	2	1

ソーベルフィルタ

勾配を利用したエッジ検出の特徴

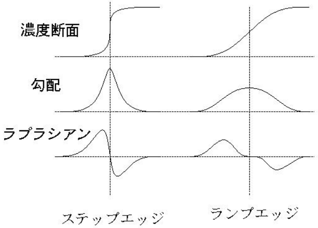
利点: エッジの方向，大きさの情報が共に得られる
欠点: エッジ位置が不明確



ラプラシアン (P.187)

$$\nabla^2 f(x,y) \equiv \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

- スカラ値，等方的 (回転に対して不変)
- 変曲点 (ラプラシアン値が 0 の点) がエッジ位置
  ⇒ ゼロ交差



ゼロ交差を用いたエッジ検出

利点

- エッジ位置が正確に求まる
- 閾値処理が不要

問題点

- わずかな濃度の揺らぎによってもゼロ交差が生じる
- 勾配の極小値でもゼロ交差が生じる

ゼロ交差かつ勾配が閾値以上の点をエッジ点とする

(a) (b) (c)

ラプラシアンの離散近似

$$
\begin{aligned}
\Delta_x^2 f(i,j) &= \{f(i+1,j) - f(i,j)\} - \{f(i,j) - f(i-1,j)\} \\
&= f(i+1,j) - 2f(i,j) + f(i-1,j) \\
\Delta_y^2 f(i,j) &= f(i,j+1) - 2f(i,j) + f(i,j-1)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\Delta^2 f(i,j) &= \Delta_x^2 f(i,j) + \Delta_y^2 f(i,j) \\
&= f(i+1,j) + f(i-1,j) + \\
&\quad f(i,j+1) + f(i,j-1) - 4f(i,j)
\end{aligned}
$$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

との畳み込み

ゼロ交差点の求め方 (P.193)

以下のいずれかの条件を満たす画素をゼロ交差点とする

1. 中心画素：正値，近傍：負値の画素が存在
2. 中心画素：負値，近傍：正値の画素が存在
3. 中心画素：0 値，近傍：正値または負値

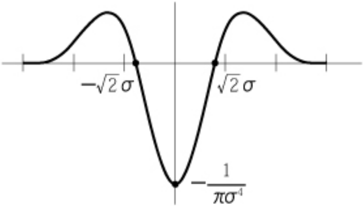
※走査順で初めて現れた画素のみゼロ交差点とする

平滑化＋ラプラシアン (P.196)

ラプラシアンもノイズに敏感に反応
⇒ 平滑化関数 (ガウス関数) と組み合わせて利用

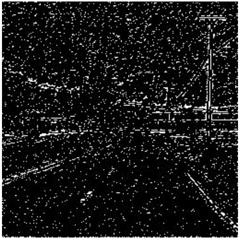
Laplacian of Gaussian (LoG) フィルタ

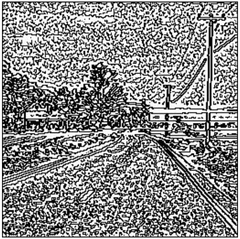
$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{2\pi\sigma^6} \exp\left\{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right\}$$

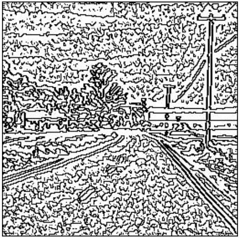


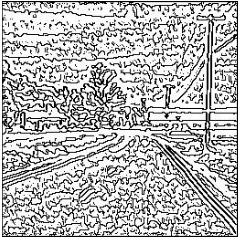
エッジの検出結果

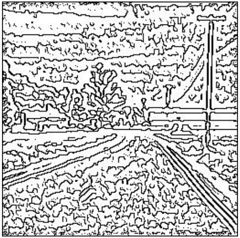

原画像


σ =0.1


σ =1.0


σ =2.0


σ =3.0


σ =4.0