

画像情報処理1

－ 第12回 －

立命館大学 情報理工学部

画像・音メディアコース

岩本 祐太郎、徐 剛

シラバス

- ・画像解析するための画像特徴を抽出する方法について学ぶ
- ・画像認識方法(顔, 物体etc.)について学ぶ

9 / 徐剛	画像特徴の抽出 1
	画像の微分、勾配、エッジ抽出、Sobelフィルタ ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
10 / 徐剛	画像特徴の抽出 2
	Cannyフィルタ、ヒステリシス閾値処理 ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
11 / 徐剛	画像特徴の抽出 3
	2次元特徴、コーナーの抽出、Harrisオペレータ ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
12 / 徐剛	画像特徴の抽出 4
	ハフ空間、ハフ変換、直接抽出 ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
13 / 徐剛	画像照合と認識 1
	テンプレートマッチング、輝度の線形変換、正規化相関 ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
14 / 徐剛	画像照合と認識 2
	ディスタンスマップ、2次元パターンの探索、影や隠れにもロバストなエッジマッチング ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
15 / 徐剛	確認テスト(60分)と解説(30分)
	第9~14回の授業内容についてのテスト ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施

参考文献・データセット

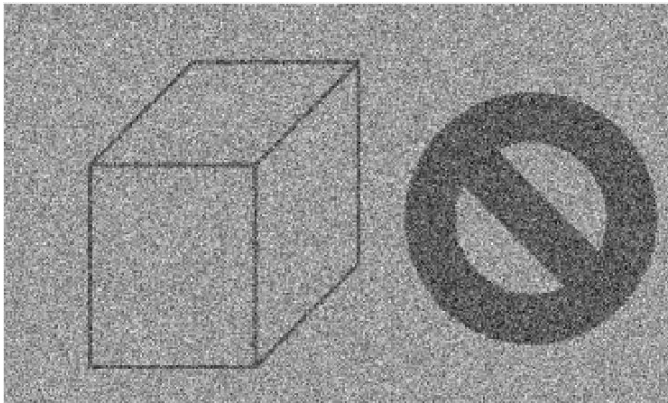
- CG-ARTS, "ディジタル画像処理[改訂第二版]", 2020/2/26.
- Richard O. Duda and Petter E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.
- 金澤靖, 金谷健一, "解説 コンピュータビジョンのための画像の特徴点の抽出", 電子情報通信学会誌, Vol. 87, No. 12, 2004.
- 神奈川工科大学標準画像/サンプルデータ

http://www.ess.ic.kanagawait.ac.jp/app_images_j.html

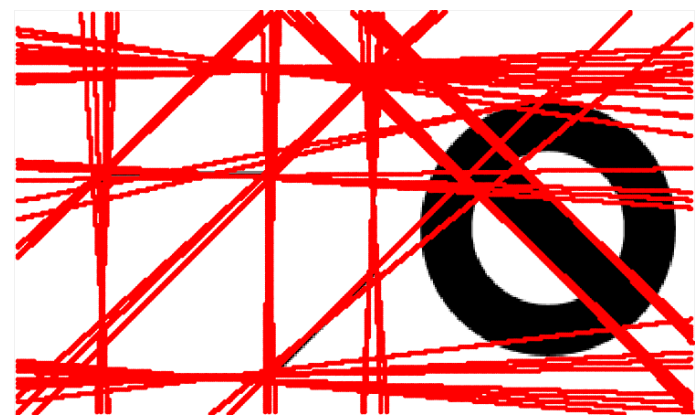
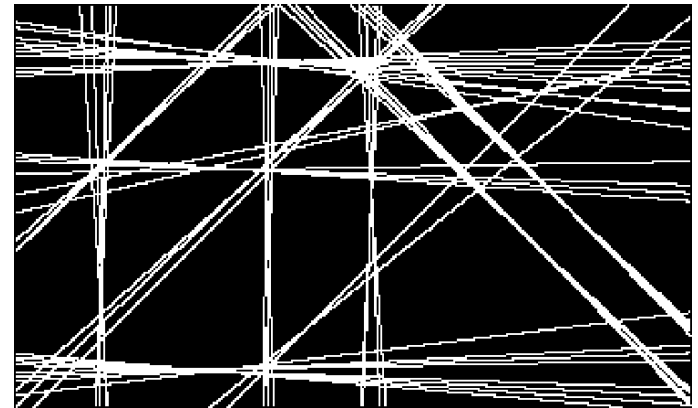
※スライドの画像は画像処理でよく用いられる上記の標準画像を利用

今日の目的

- ハフ変換の原理理解
直線の検出



入力画像



出力画像

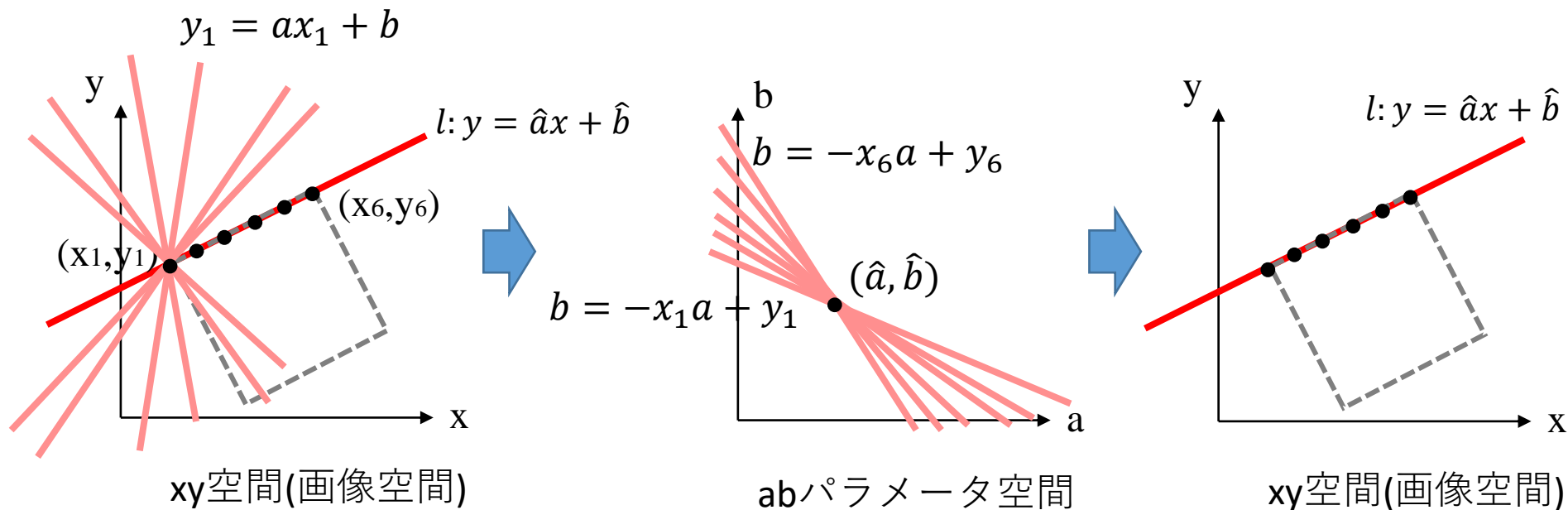
ハフ変換の必要性

- これまでのエッジを検出する方法ではノイズなどの影響により、エッジが途切れる可能性がある。
- 途切れたエッジ情報からでも対象図形を抽出するためにハフ変換が考案された。

ハフ変換による直線検出(考え方)1

各エッジ点から直線候補をパラメータ空間に写像後、パラメータ空間の直線の交点を画像空間に写像するとエッジ点を通る直線が検出できる。

画像空間上の一点が ab パラメータ空間上の1本の直線に対応する。
 ab パラメータ上の1点 (\hat{a}, \hat{b}) が画像空間上の1本の直線に対応する。



ハフ変換アルゴリズム

Richard O. Duda and Petter E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.

エッジ点検出(sobel, canny等)からの二値化



ハフ空間への写像(ハフ変換)による投票処理



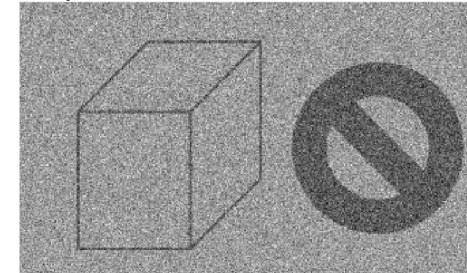
極大値の検出



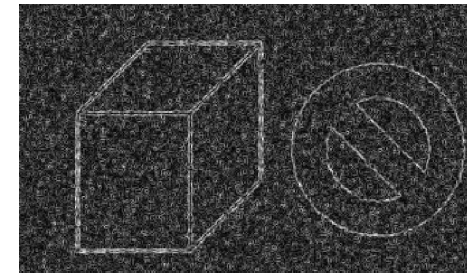
閾値処理



画像空間への写像(ハフ逆変換)



入力画像



エッジ画像



二値画像



エッジ点検出 (sobel, canny等) からの二値化

Sobelフィルタ等でエッジ点検出後,
閾値処理により二値化する.

Sobelフィルタ

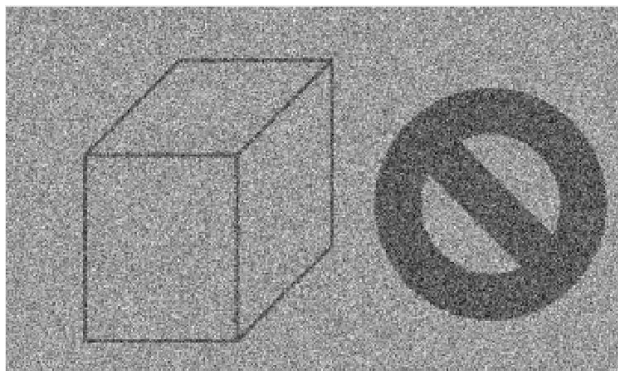
強度画像 $E(i,j) = \sqrt{(G_x(i,j))^2 + (G_y(i,j))^2}$

$f_x =$	-1	0	1	$f_y =$	-1	-2	-1
	-2	0	2		0	0	0
	-1	0	1		1	2	1

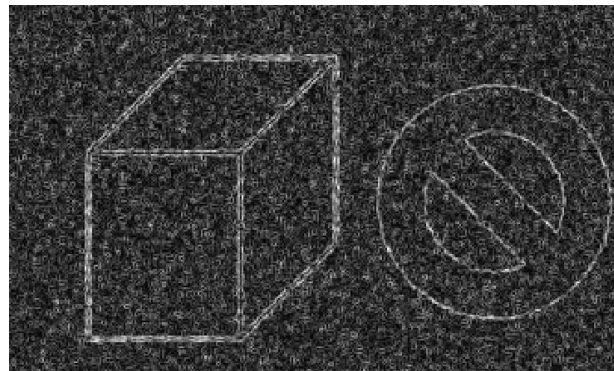
閾値処理

```

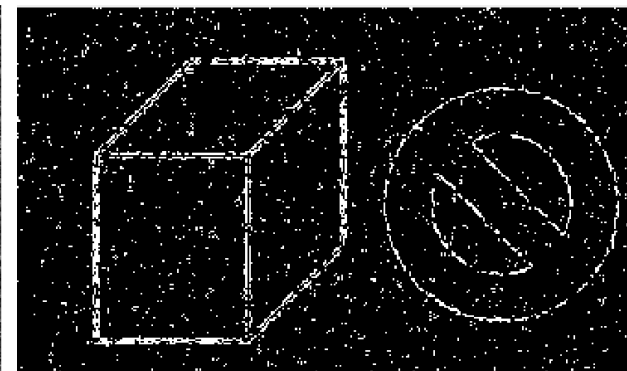
if  $E(i,j) \geq threshold$ 
     $E(i,j) = 255$ 
else
     $E(i,j) = 0$ 
end
    
```



入力画像



エッジ画像



二値画像

ハフ変換アルゴリズム

Richard O. Duda and Petter E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.

エッジ点検出(sobel, canny等)からの二値化



ハフ空間への写像(ハフ変換)による投票処理



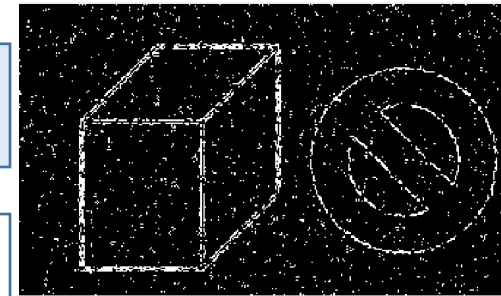
極大値の検出



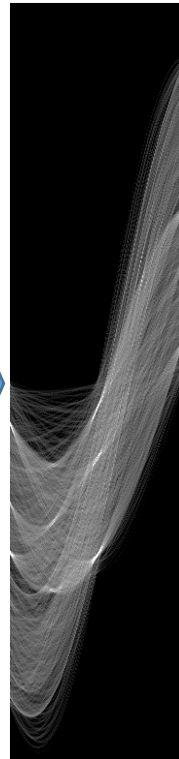
閾値処理



画像空間への写像(ハフ逆変換)



二値画像



ハフ空間画像

ハフ空間への写像による投票処理

二値化画像の各エッジ点からすべての直線候補を考え、パラメータ空間へ写像する。

■表現形式の問題

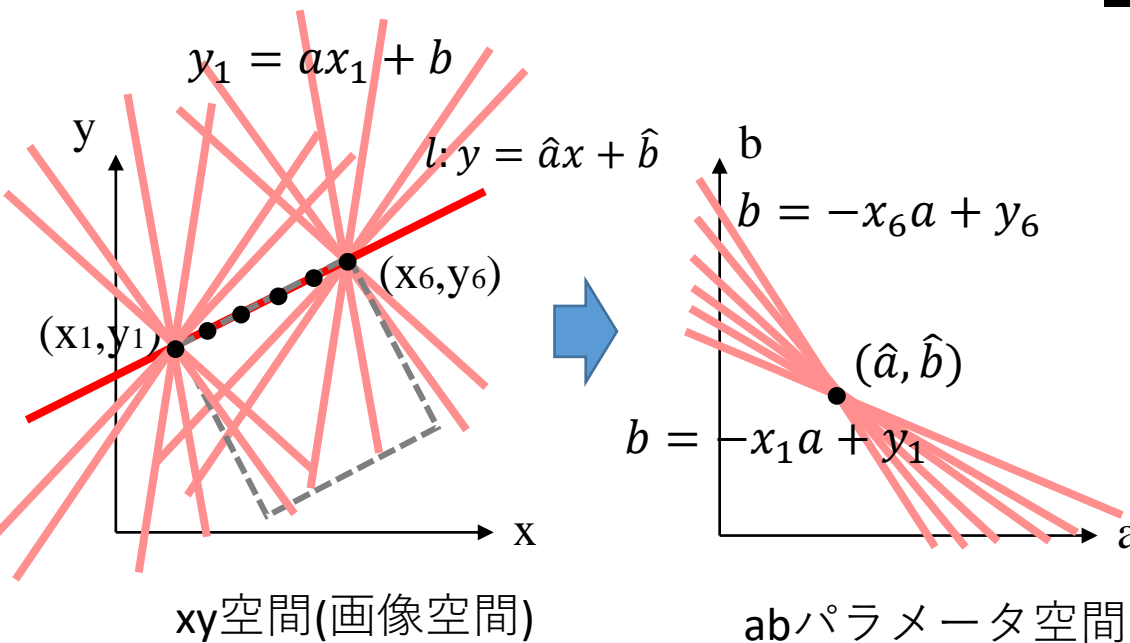
直線 l の式: $y=ax+b$

abパラメータ空間: $b=-xa+y$

a, b の範囲が $-\infty \sim \infty$ となり問題



直線の表現方法を変える

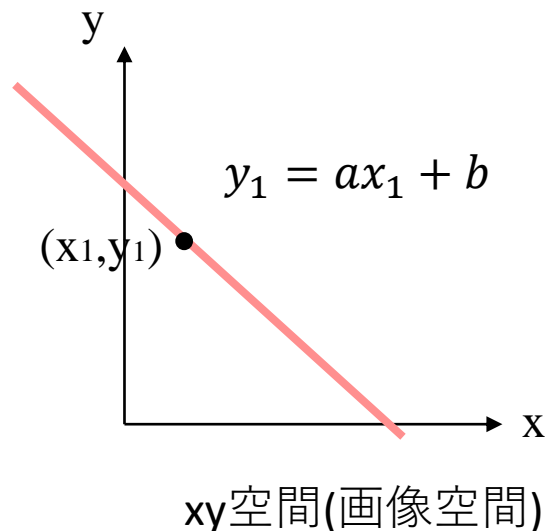


ハフ変換における直線の表現方法

Richard O. Duda and Petter E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.

原点から直線までの距離と原点から直線への垂角で直線を表現する.

直線の式(a,b)の表現形式



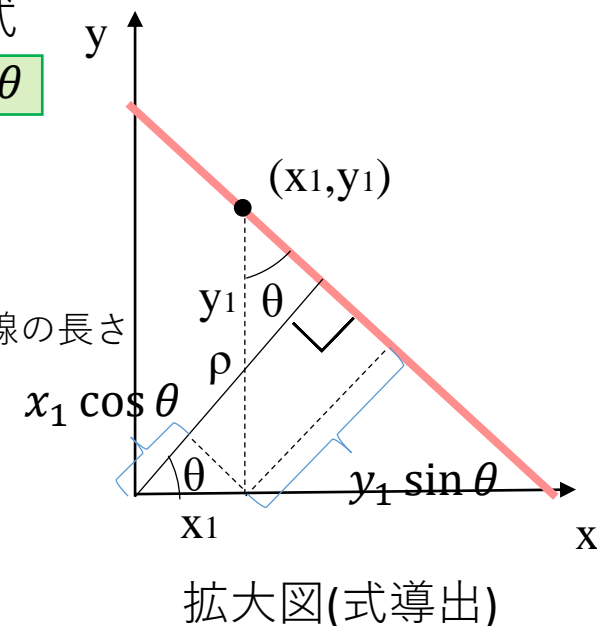
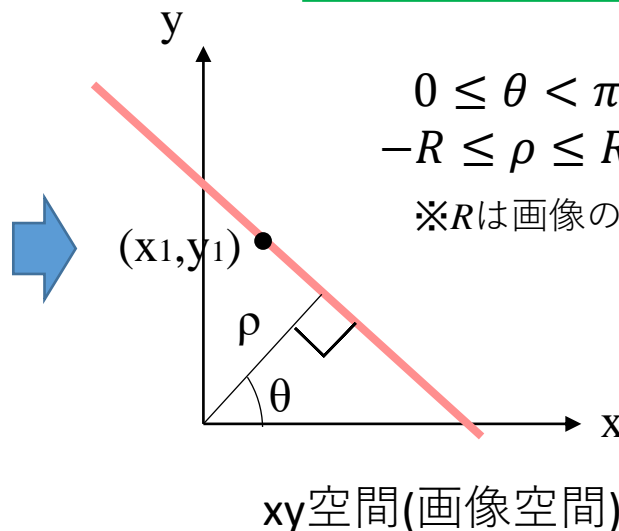
原点から直線までの距離と原点から直線への垂角(ρ , θ)の表現形式

ハフ変換式: $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$

$$0 \leq \theta < \pi$$

$$-R \leq \rho \leq R$$

※ R は画像の対角線の長さ



ハフ空間への写像による投票処理

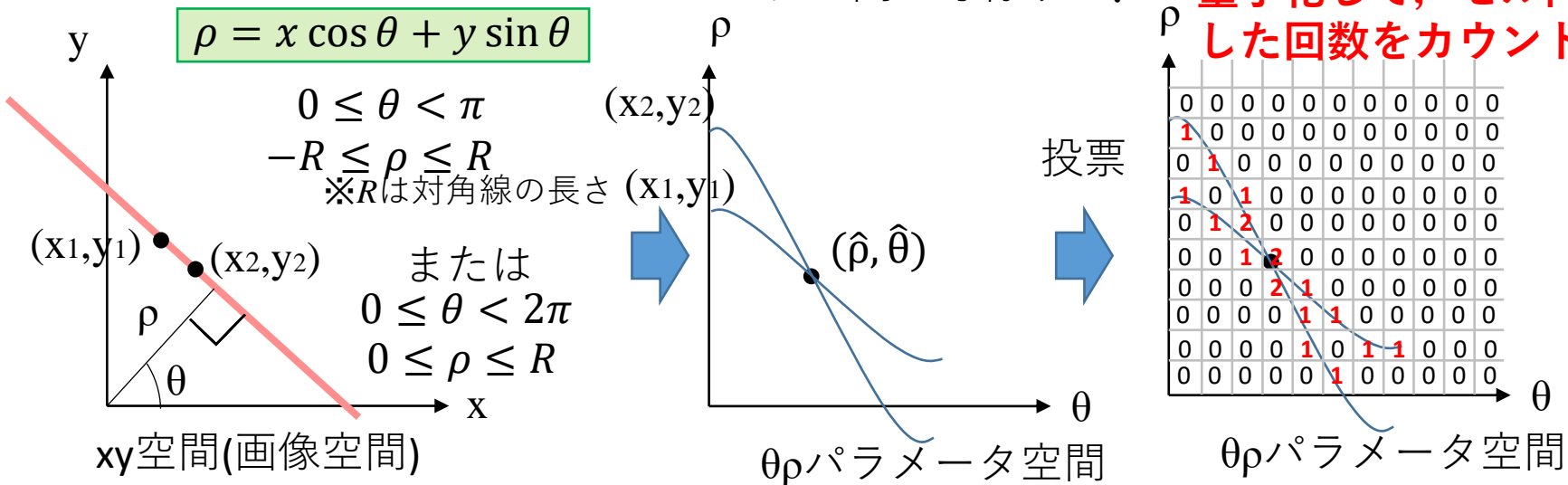
Richard O. Duda and Petter E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.

x, y を固定し θ を $0 \leq \theta < \pi$ の範囲で量子化した $\theta\rho$ パラメータ空間に写像し, セル内を通過した回数をカウント(**投票**)する.

原点からの直線まで距離と原点から直線への垂角(ρ, θ)の表現形式

x, y を固定して, θ と $0 \leq \theta < \pi$ の範囲で振って, $\theta\rho$ パラメータ空間に写像する.

量子化して, セル内を通過した回数をカウントする.



ハフ変換アルゴリズム

Richard O. Duda and Petter E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.

エッジ点検出(sobel, canny等)からの二値化



ハフ空間への写像(ハフ変換)による投票処理



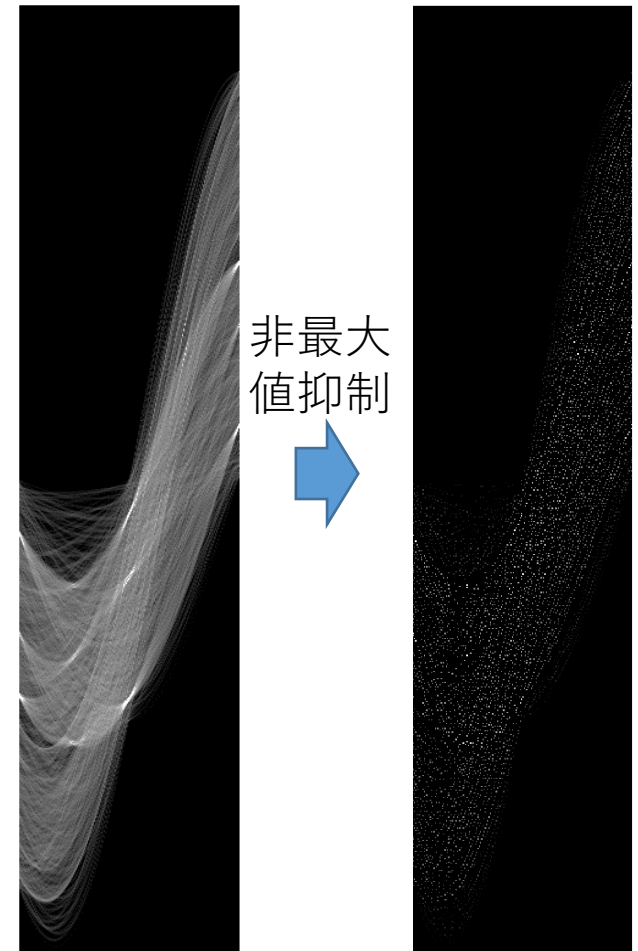
極大値の検出



閾値処理



画像空間への写像(ハフ逆変換)



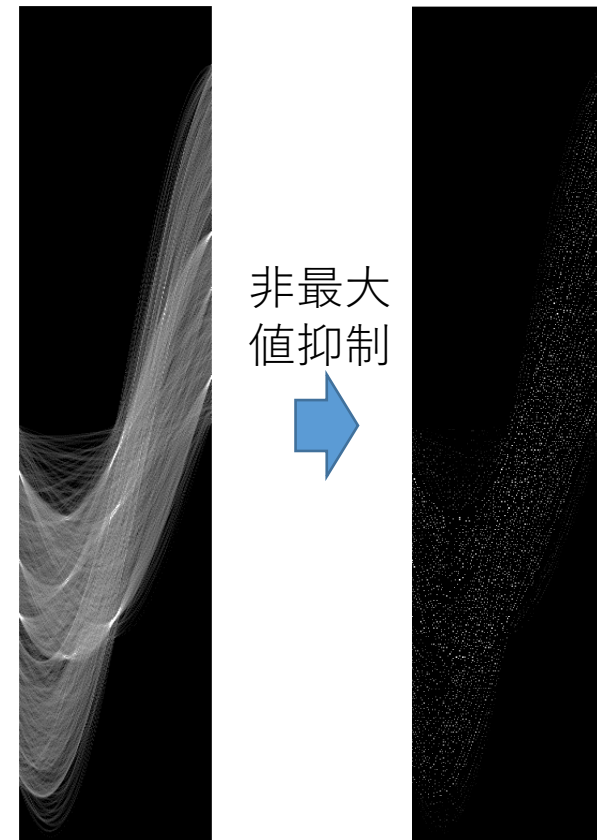
ハフ空間画像

極大値の検出

近傍画素と比較し，注目画素が最大値となる画素のみ残す．

近傍画素と比較して，中心画素が最大値の場合のみ値を残す．

30	30	70
30	90	30
20	30	30



ハフ空間画像

ハフ変換アルゴリズム

Richard O. Duda and Petter E. Hart, “Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures”, Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.

エッジ点検出(sobel, canny等)からの二値化



ハフ空間への写像(ハフ変換)による投票処理



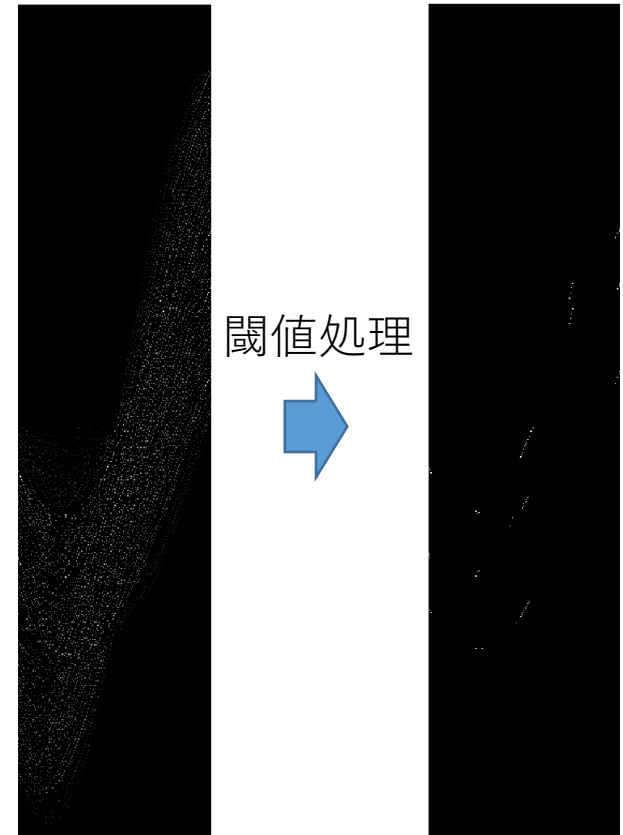
極大値の検出



閾値処理



画像空間への写像(ハフ逆変換)



閾値処理

検出したい線分の長さに応じて閾値を決定する.

閾値処理

```
if  $H(i, j) \geq threshold$   
     $H(i, j) = 1$   
else  
     $E(i, j) = 0$   
end
```

例：線分の長さが10pixelの場合で1pixel刻みの場合
ハフ空間上には10本の曲線が引かれ、最大頻度
(ハフ空間上の最大値)は10となる。



ハフ変換アルゴリズム

Richard O. Duda and Petter E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of the ACM, 15,1,,11-15, 1972.

エッジ点検出(sobel, canny等)からの二値化



ハフ空間への写像(ハフ変換)による投票処理



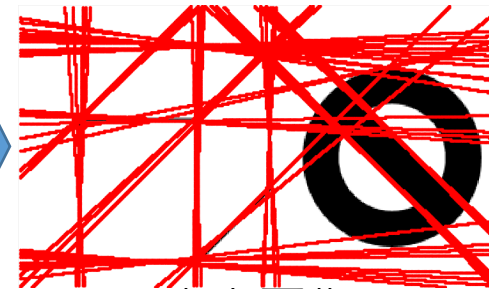
極大値の検出



閾値処理



画像空間への写像(ハフ逆変換)



出力画像

画像空間への写像 (ハフ逆変換)

閾値処理後の (θ, ρ) の値からハフ逆変換により, x, y の値を変化させて画像空間に直線を引く.

ハフ変換式:

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

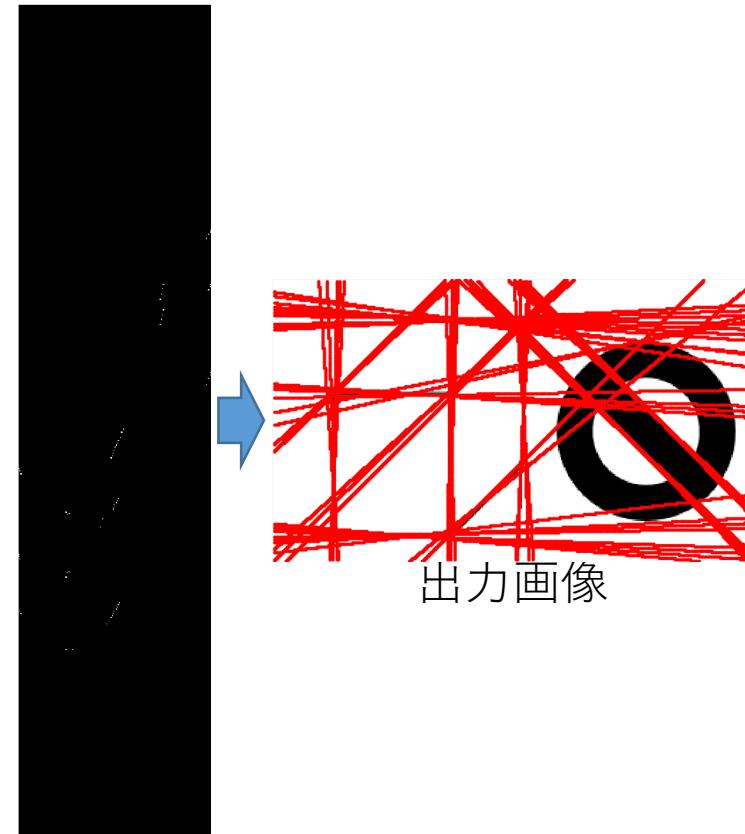
ハフ逆変換式:

$$y = -\frac{\cos \theta}{\sin \theta} x + \frac{\rho}{\sin \theta}$$

$$x = -\frac{\sin \theta}{\cos \theta} y + \frac{\rho}{\cos \theta}$$

※ハフ逆変換では θ の値によって, ゼロ割になる可能性があるため, ゼロ割にならないように, 2つの式を使い分けて直線を求める.

例えば, $45^\circ \sim 135^\circ$ の範囲は上の式を利用しそれ以外は下の式を利用すればよい.



出力画像

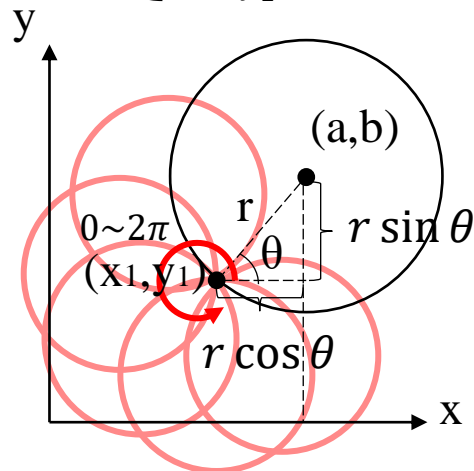
補足：ハフ変換による円の検出

角度 θ と半径 r を振り，3次元 abr パラメータ空間に写像後，投票数の多いパラメータを画像空間に写像し，円を引く．

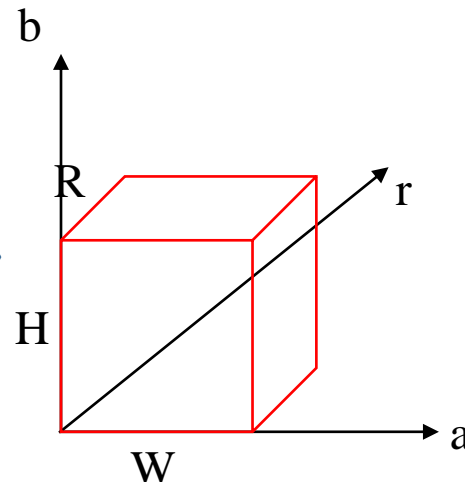
円の式： $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$

ハフ変換：
$$\begin{cases} a = x_1 + r \cos \theta \\ b = y_1 + r \sin \theta \end{cases} \quad (0 \leq \theta \leq 2\pi)$$

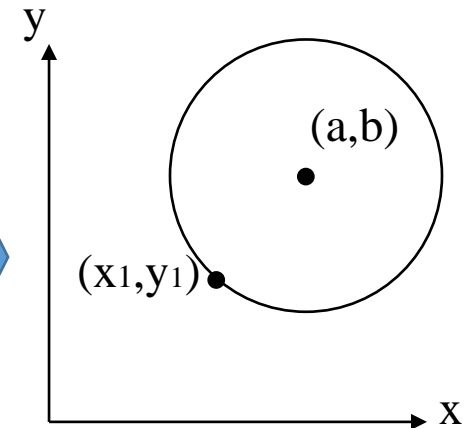
ハフ逆変換：
$$\begin{cases} x = -r \cos \theta + a \\ y = -r \sin \theta + b \end{cases} \quad (0 \leq \theta \leq 2\pi)$$



xy空間(画像空間)



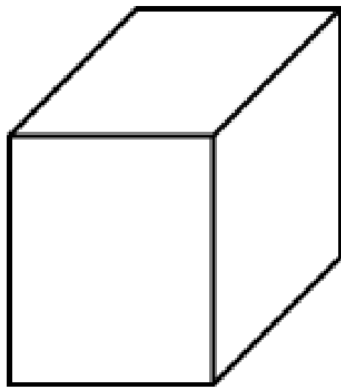
abrパラメータ空間



xy空間(画像空間)

補足：ハフ変換による円の検出

角度 θ と半径 r を振り，3次元abrパラメータ空間に写像後，投票数の多いパラメータを画像空間に写像し，円を引く．



ハフ変換による円の検出結果

練習問題12－1

17頁、18頁にあるように、ハフ変換による直線抽出で同じエッジに対して複数の直線が検出されているが、その理由を考察せよ。

練習問題12-2

楕円をハフ変換で検出しようとする、パラメータ空間の次元数は幾らになるか？そして、ハフ変換による楕円検出の限界を述べよ。