

# アナログ-デジタル混載型ハフ変換LSIの設計・試作

## An Analog-Digital Hybrid LSI for Hough Transformation

水木 誠<sup>1</sup> 浅井 哲也<sup>2</sup> 秋田 純一<sup>3</sup>

Mizuki Makoto<sup>1</sup>, Asai Tetsuya<sup>2</sup> and Akita Junichi<sup>3</sup>

金沢大学 大学院自然科学研究科<sup>1</sup>

Department of Electronic Engineering, Kanazawa University<sup>1</sup>

北海道大学 大学院工学研究科<sup>2</sup>

Department of Electrical Engineering, Hokkaido University<sup>2</sup>

公立ほこだて未来大学 システム情報科学部<sup>3</sup>

Department of Media Architecture, Future University-Hakodate<sup>3</sup>

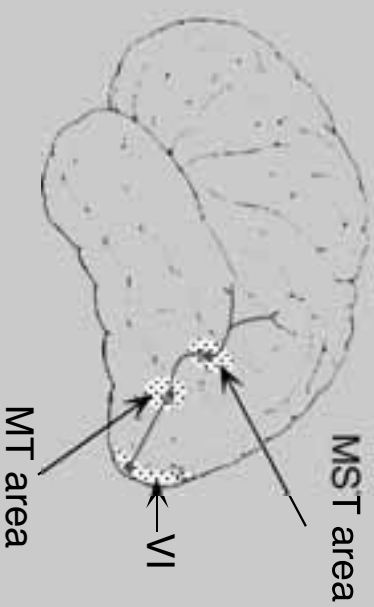
# はじめに

## ハフ変換に基づく画像処理システム

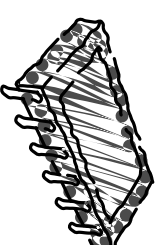


パターンマッチング (特徴抽出)

神経モデル (方位/方向検出)



## 専用プロセッサの需要の増加



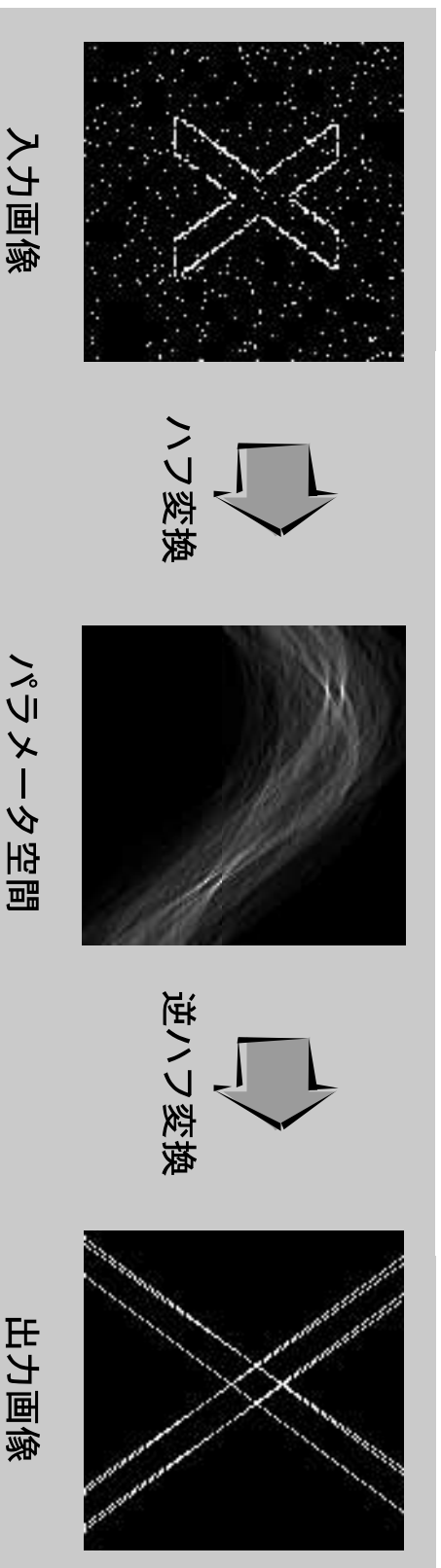
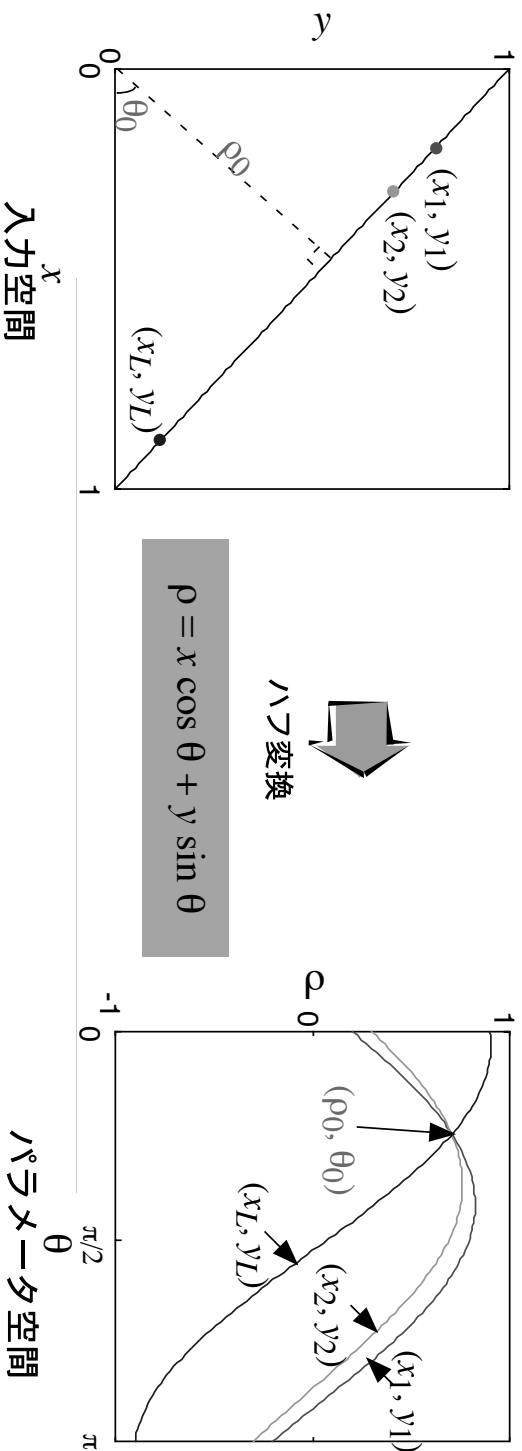
デジタル実装 : 画素の増加による計算時間の増加 → ×  
アナログ実装 : 画素の増加による配線数の増加 → ×

研究目的 : ハフ変換を並列に行う機能 L S I の開発

# ハフ変換とは？

## 入力画像中の「直線」を検出

- 1) 入力画像中の全ての「点」→パラメータ空間中の曲線
- 2) パラメータ空間中で曲線群の足し込み



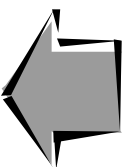
# 空間座標と三角関数の乗算回路

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

座標×三角関数



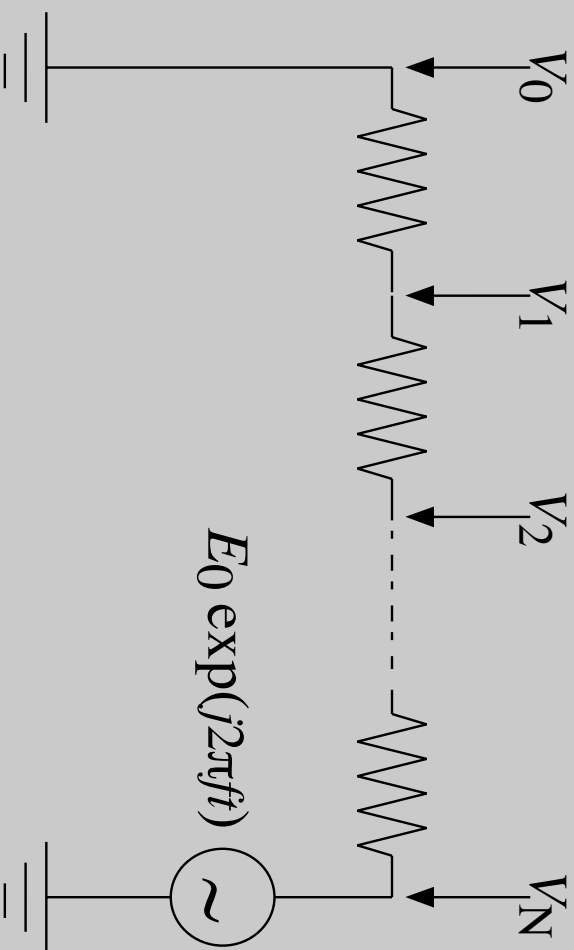
アナログ乗算器  
三角関数発生回路  
が必要



回路の大規模化→

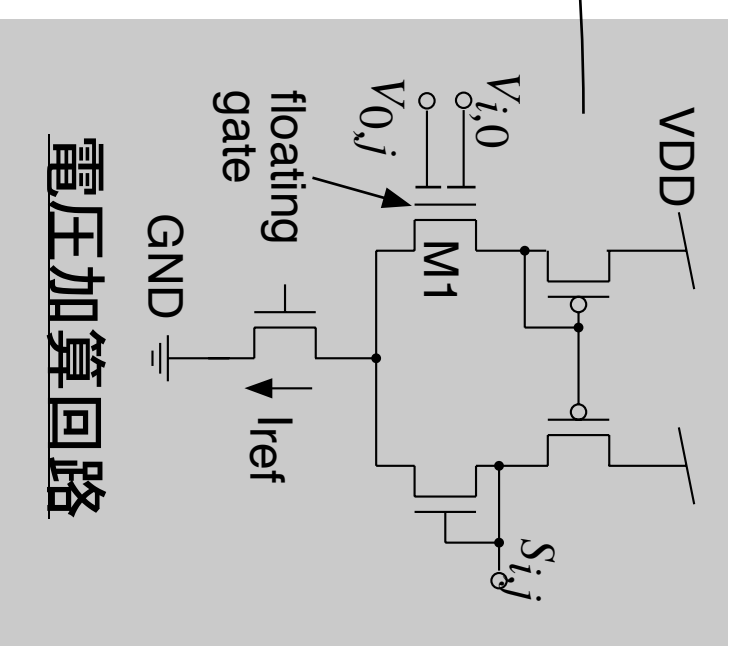
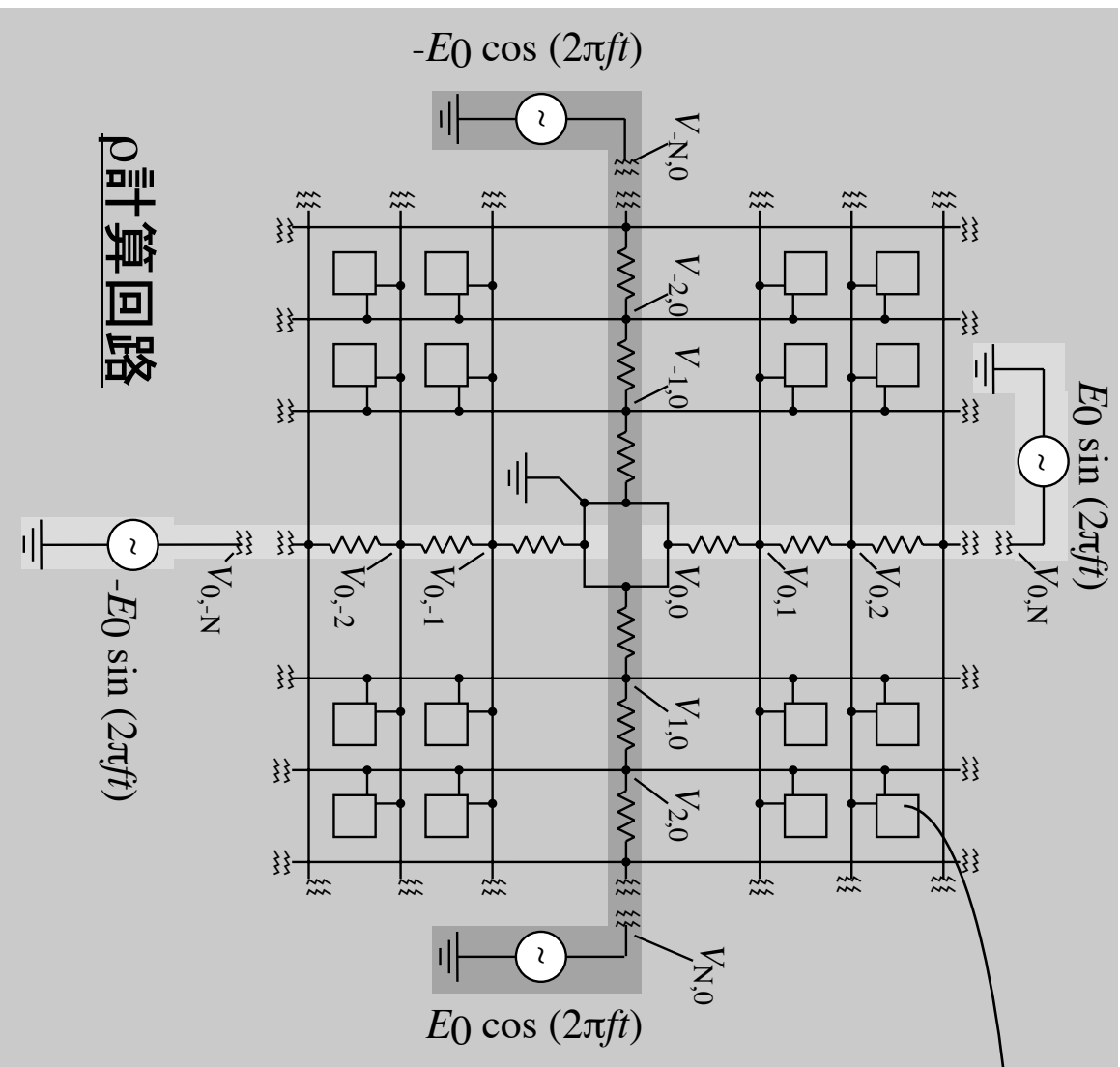


線形回路による「座標×三角関数」



$$V_i = \frac{E_0 i}{N} \exp(j2\pi ft)$$

# ρ計算回路



電圧加算回路

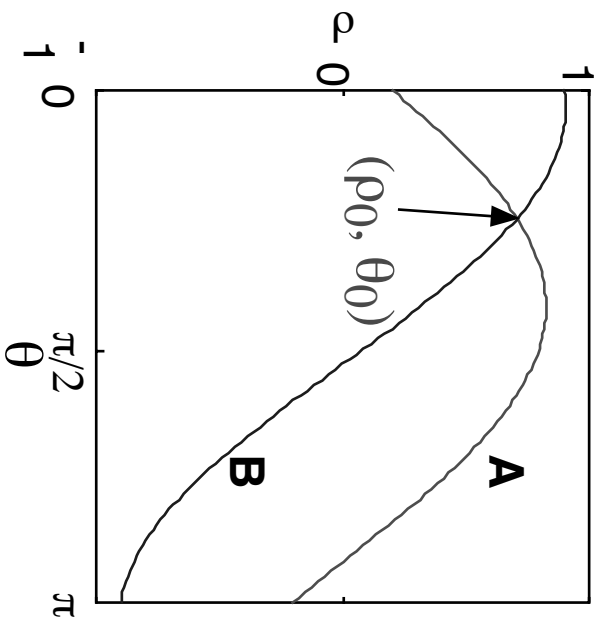
$$S_{i,j} = E_0 R (i dx \cos 2\pi ft + j dy \sin 2\pi ft)$$

$$R = 1/(2 + C_{ox}/C)$$



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

# 交点検出方法 (1)

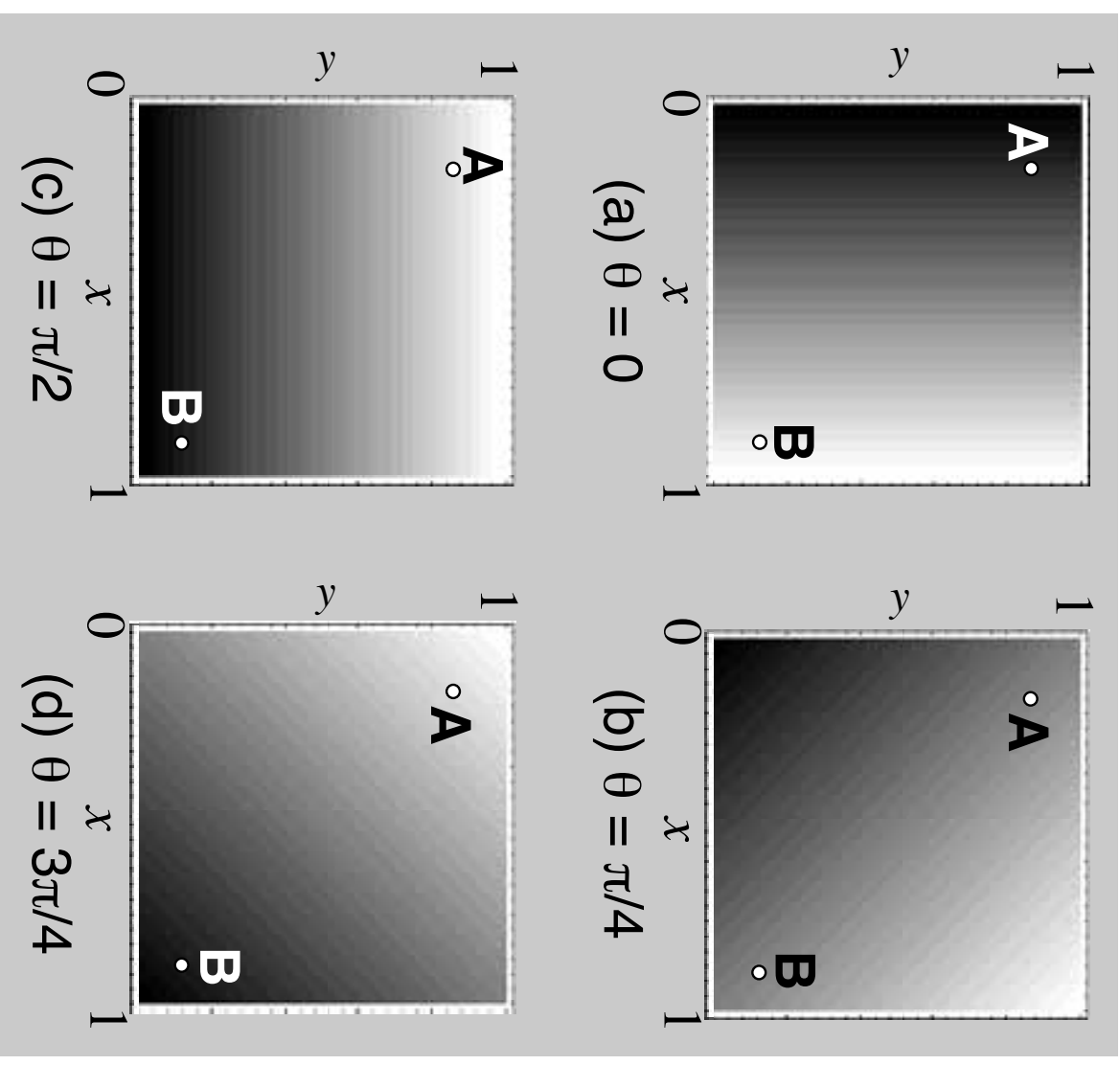


$\rho$ の空間分布

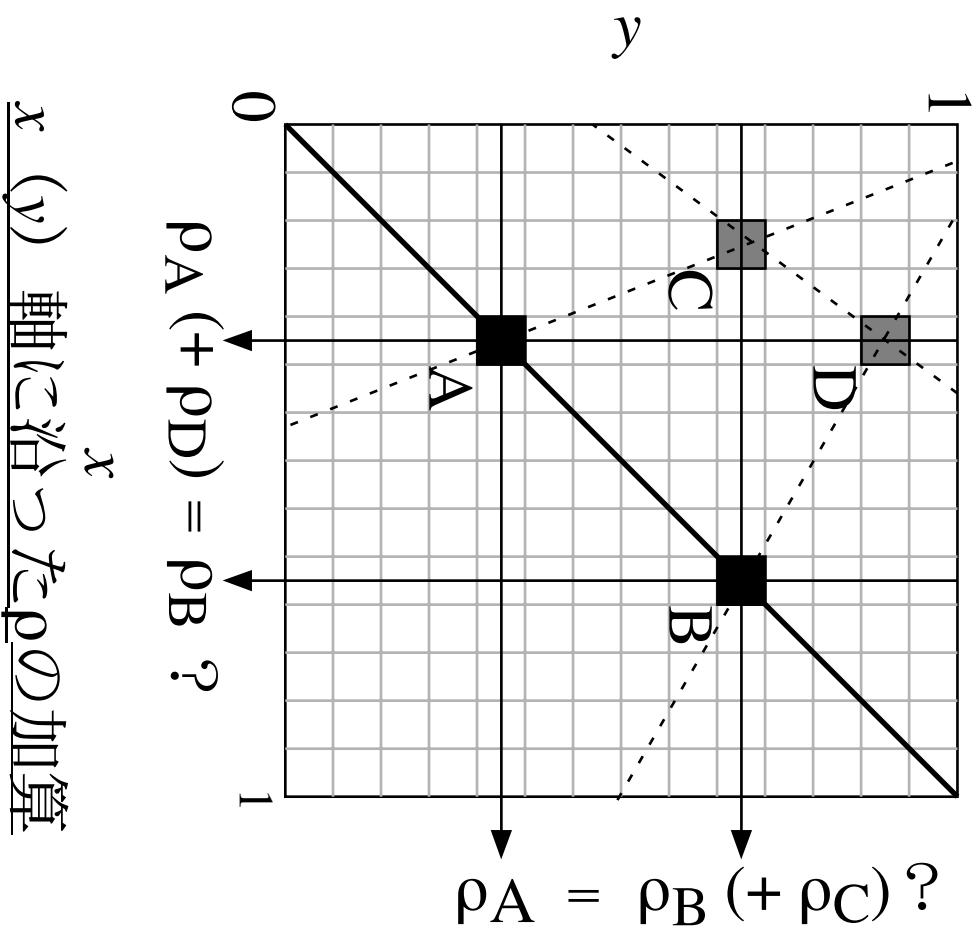
$$\rho(x, y, \theta) = x \cos \theta + y \sin \theta$$



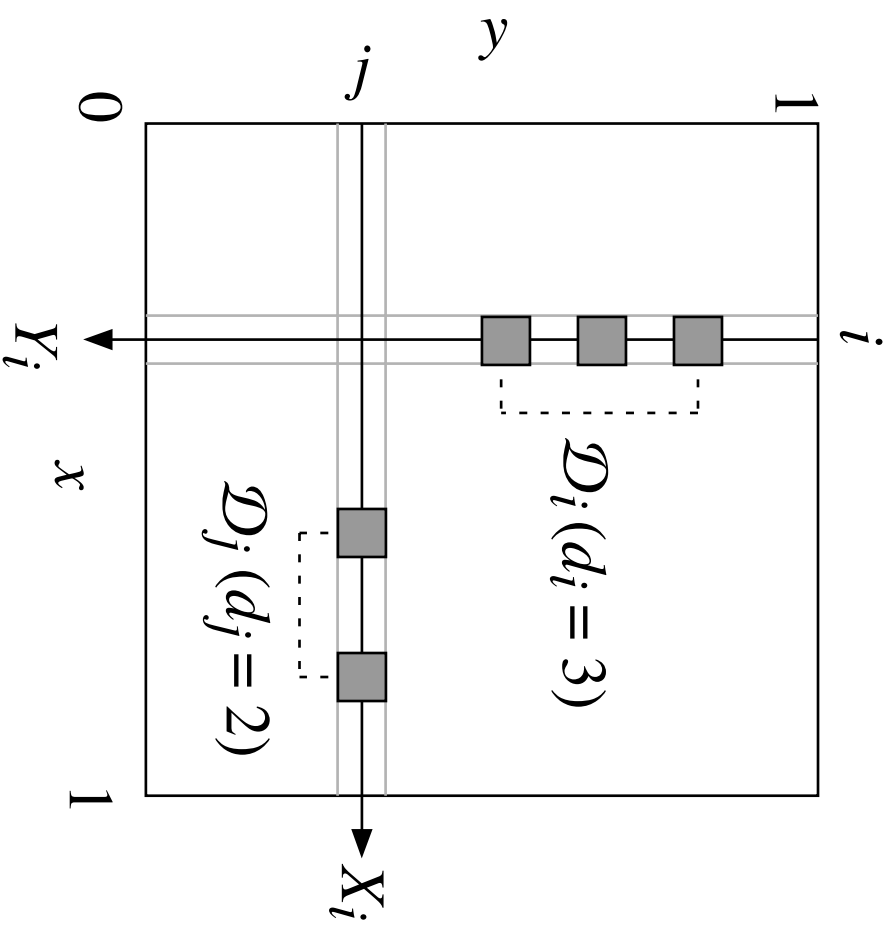
同じ $\rho$ 値をもつ画素を検出



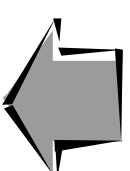
# 交点検出方法 (2)



$x$  ( $y$ ) 軸に沿った $\rho$ の加算

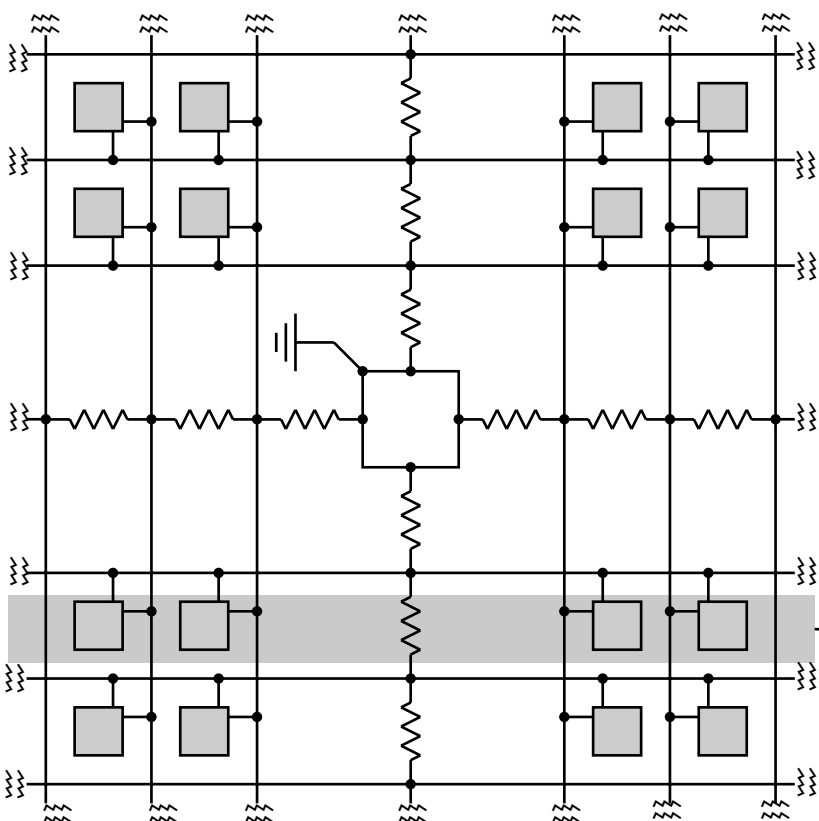


条件付き平均値演算

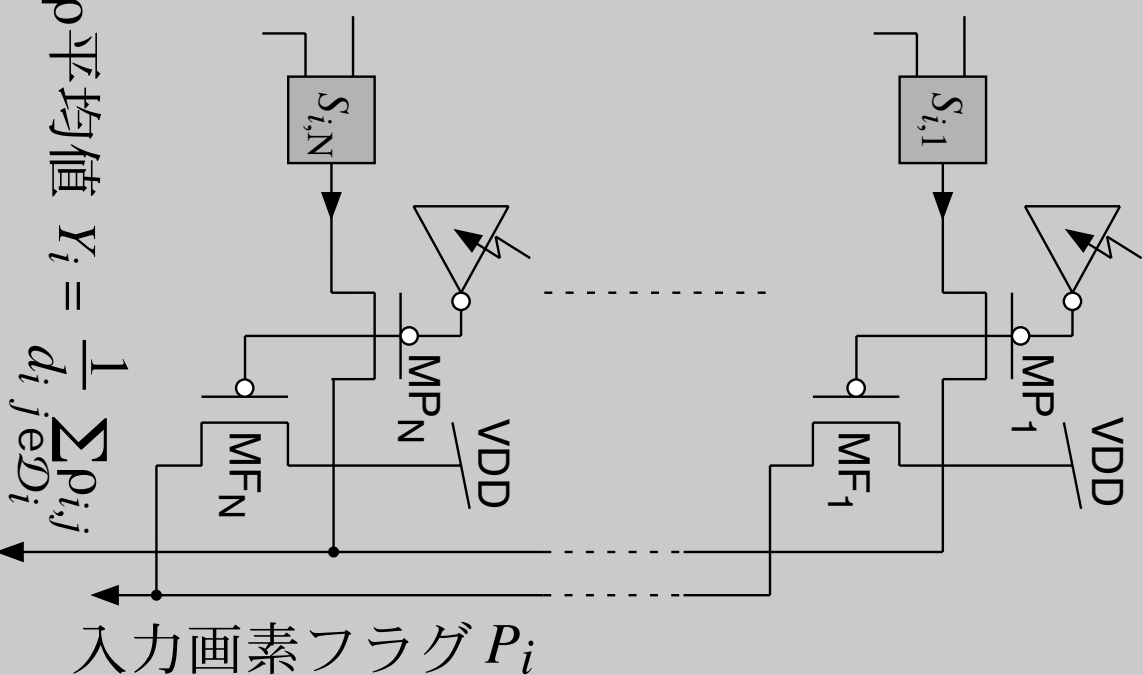


MOS型抵抗回路

# 交点検出回路 (1)



ρ計算回路



条件付き  $\rho$  平均値  $Y_i = \frac{1}{d_i} \sum_{j \in D_i} \rho_{i,j}$

入力画素フラグ  $P_i$

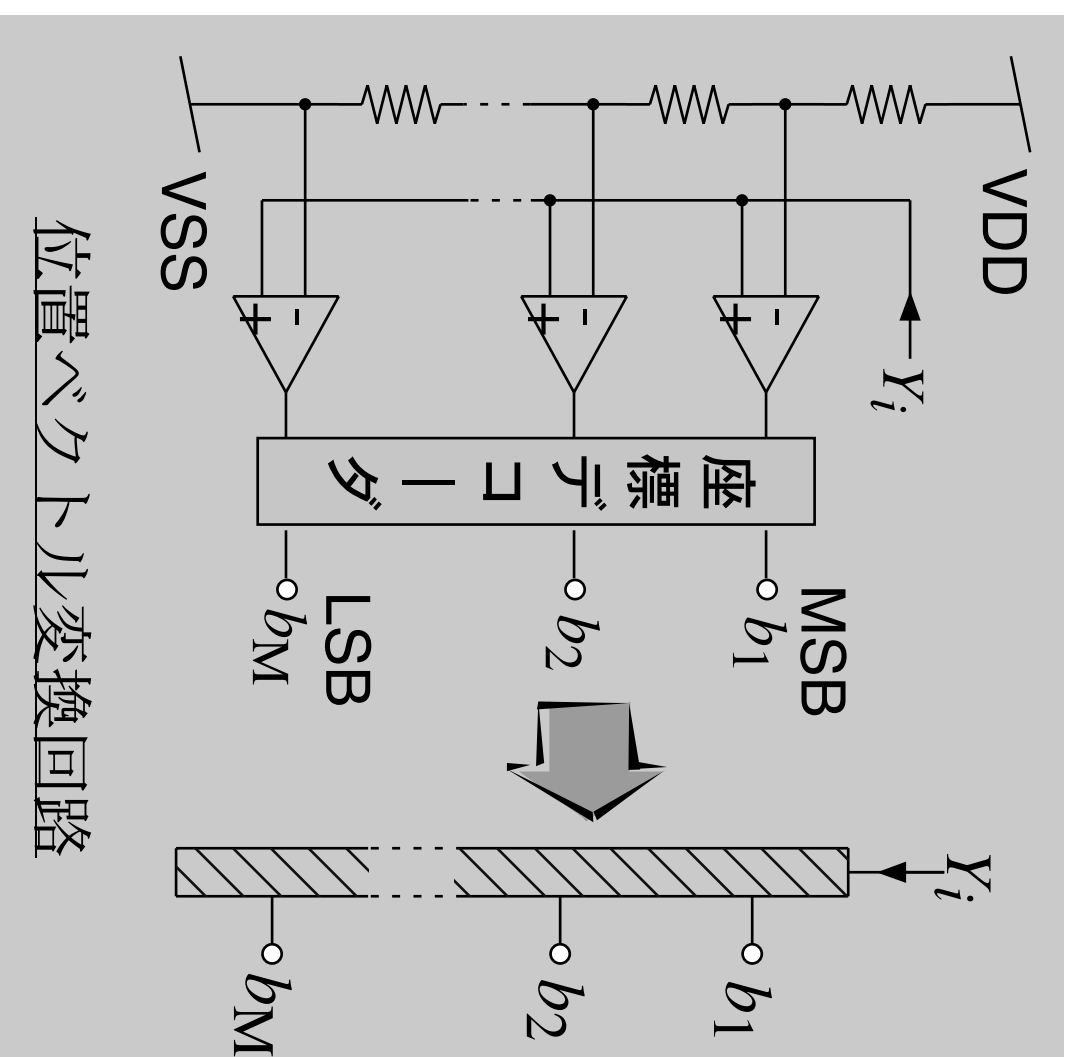
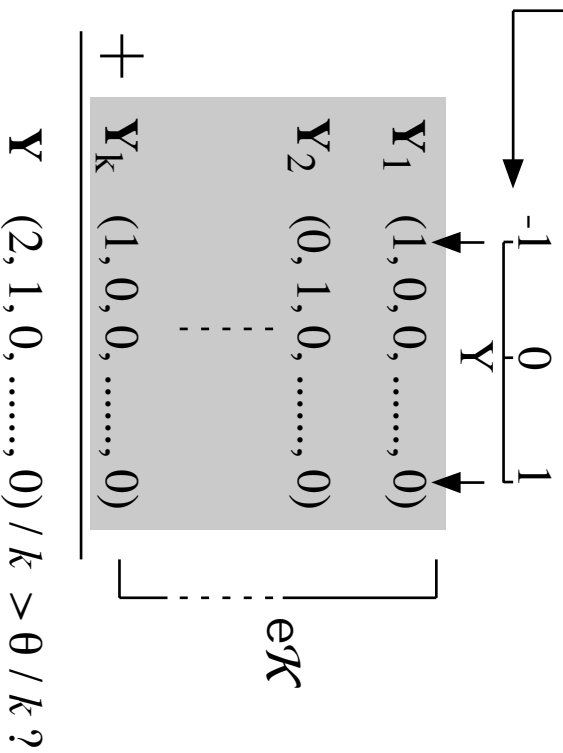


# 交点検出回路 (2)

条件付き  $\rho$  平均値 (アナログ)

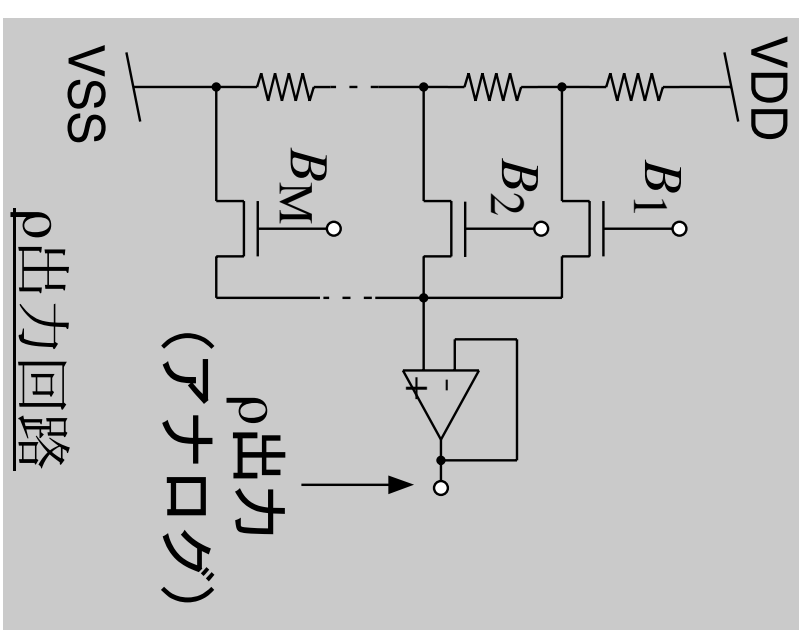
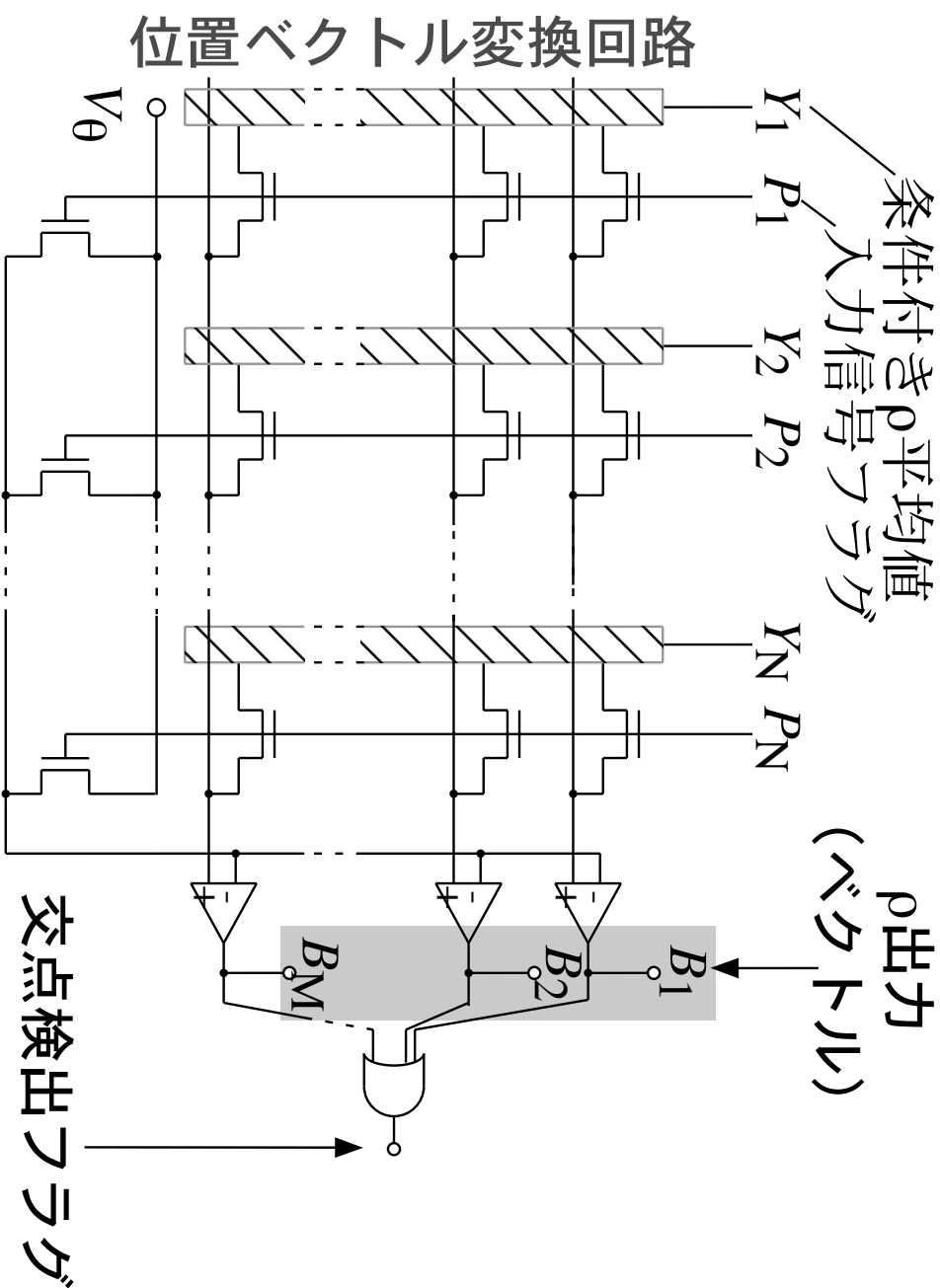


位置ベクトルに変換



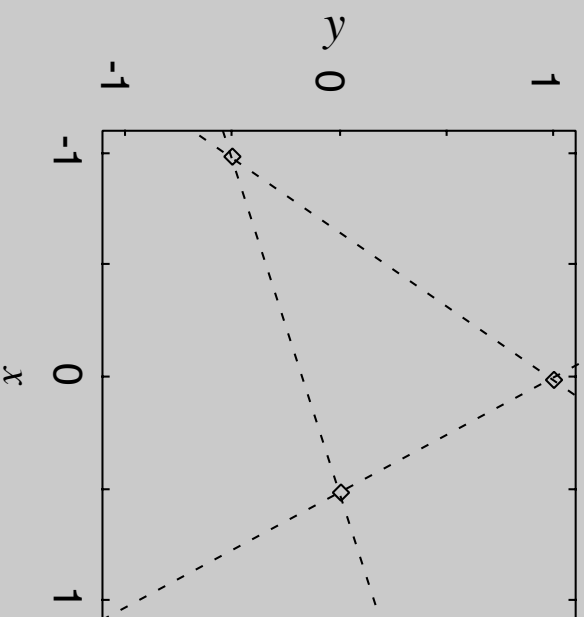
位置ベクトル変換回路

# 交点検出回路 (3)



条件付き $\rho$ 平均値の加算/比較回路

# シミュレーション結果 (1)



入力画像 (三点)

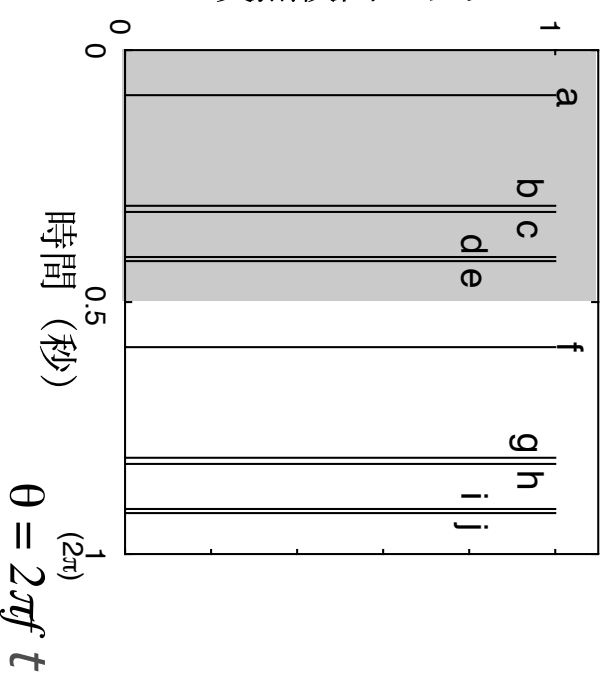
80×80画素,  $f = 1$  (Hz)

$E_0 = 1$  (V)

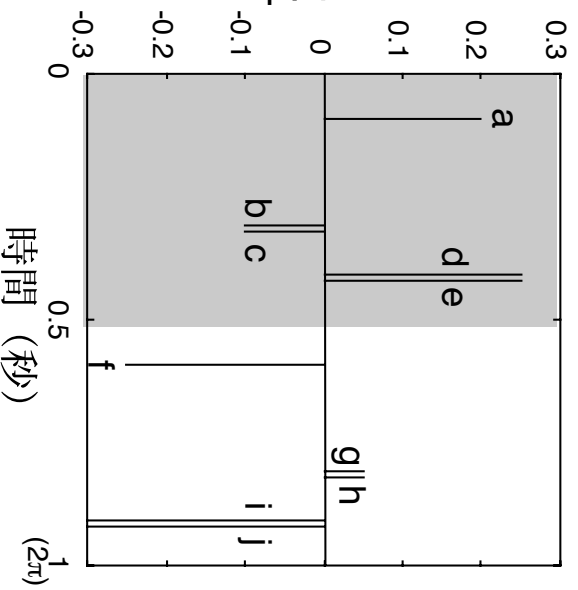
位置ベクトル次元数 : 40

(約5.3bit精度)

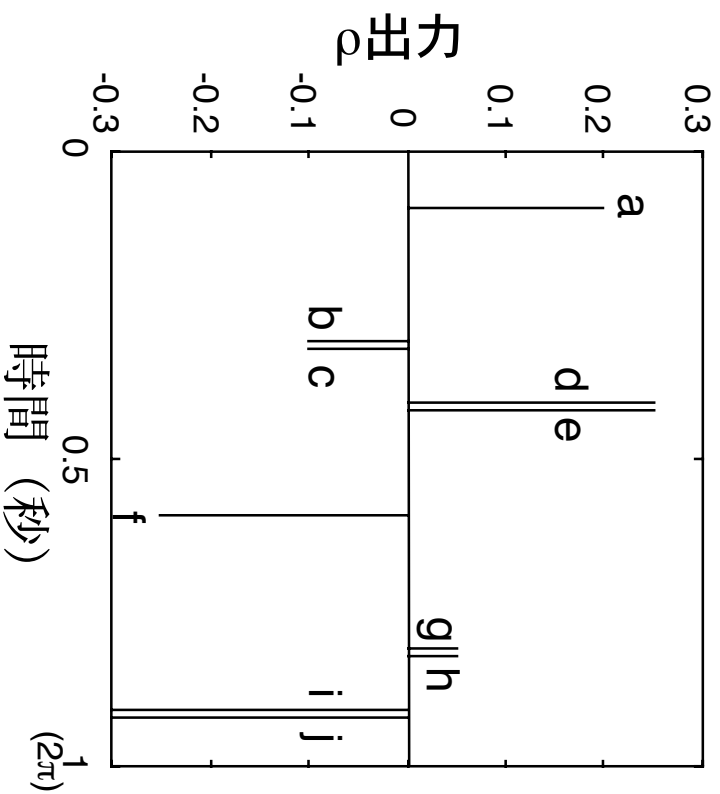
交点検出フラグ



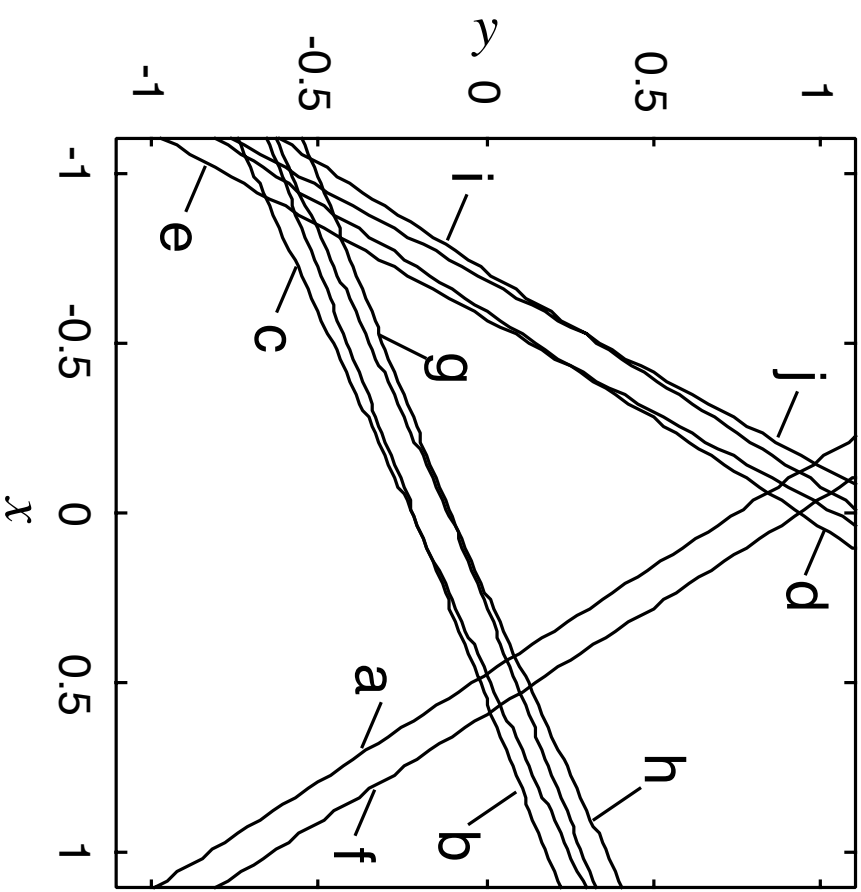
$\rho$ 出力



# シミュレーション結果 (2)



逆ハフ変換



$$y = -x / \tan \theta + \rho / \sin \theta$$

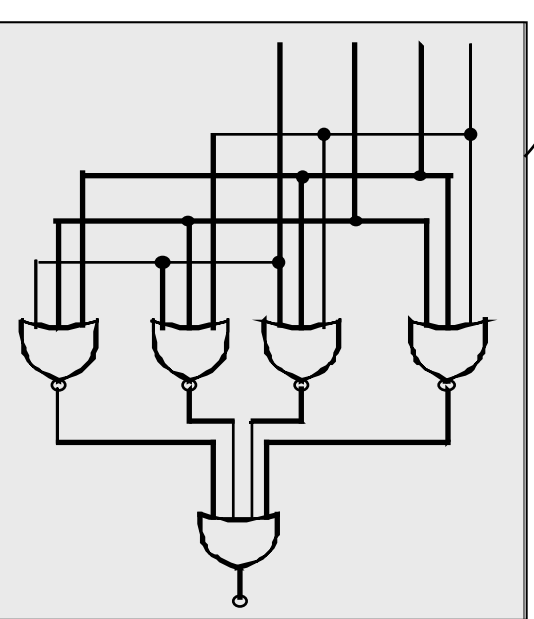
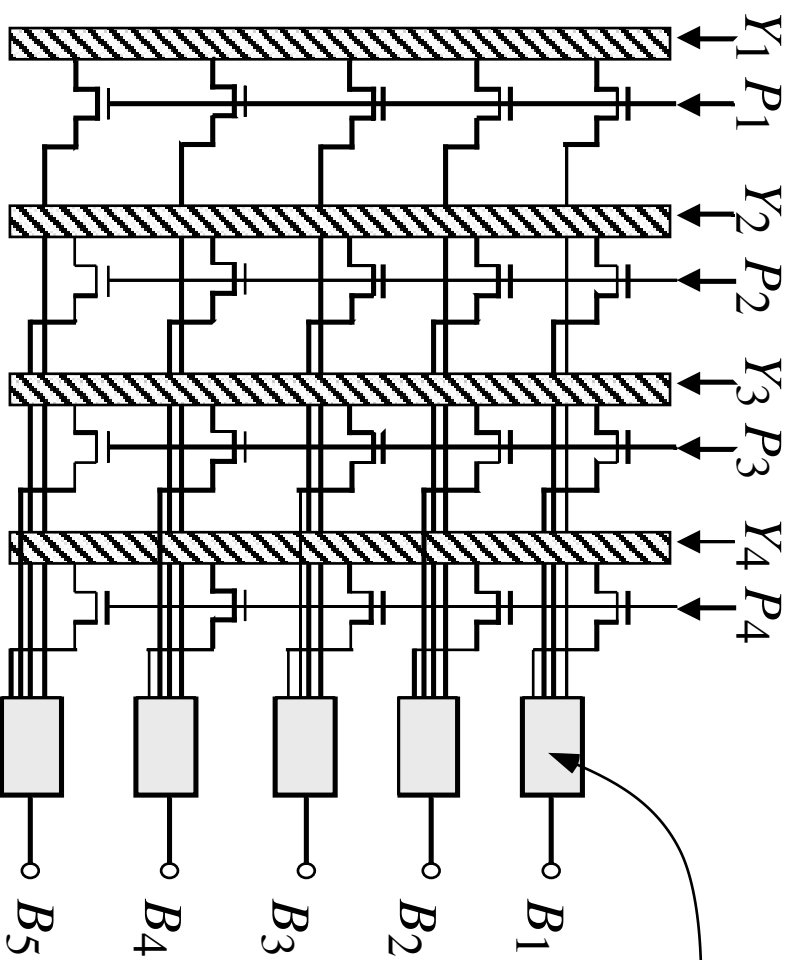
# 実験結果 (1)

交点検出回路をブリットボード上に実装

4×4画素,  $f = 10$  (kHz),  $E_0 = 5$  (V),  $\theta = 2$ , 位置ベクトル次元数: 5

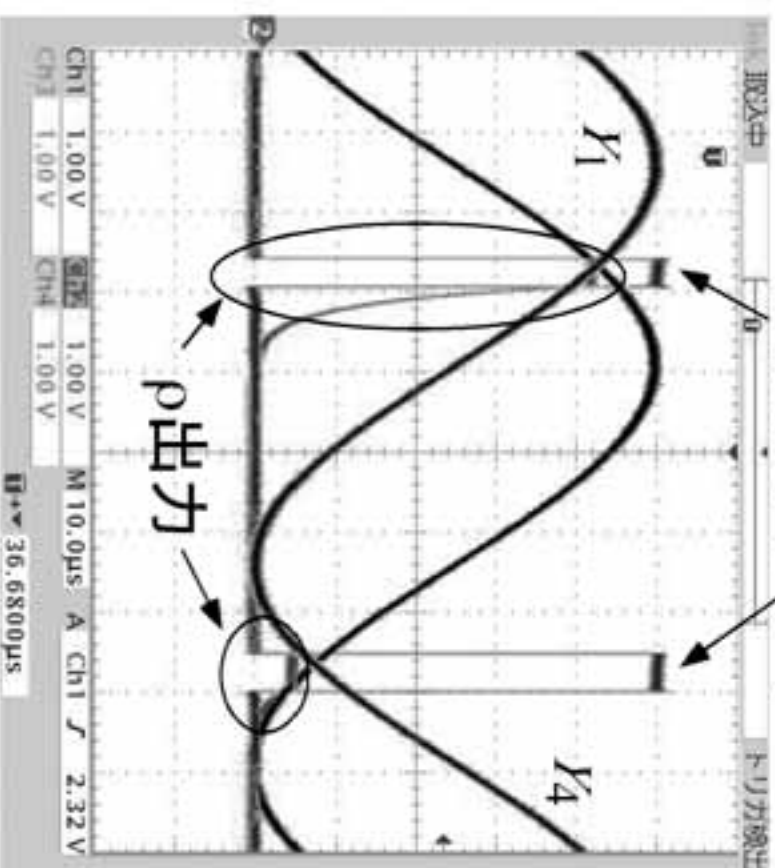
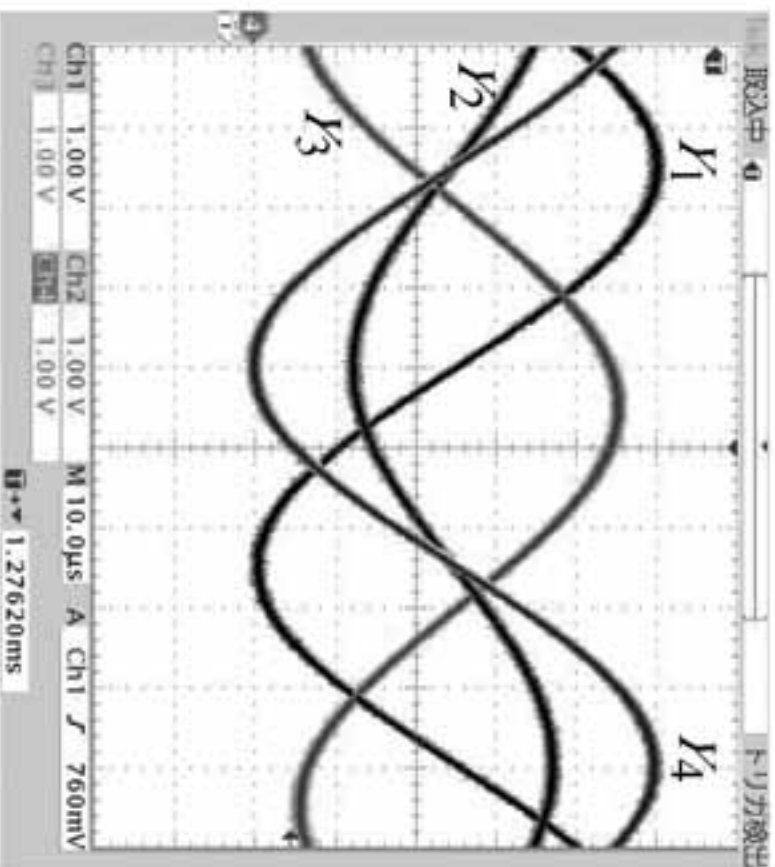


条件付きr平均値の加算/比較回路をロジック回路で代用



試作ロジック回路

# 実験結果 (2)



waveform generator  
( $\rho$ 計算回路の出力に相当)

Y1  
Y4

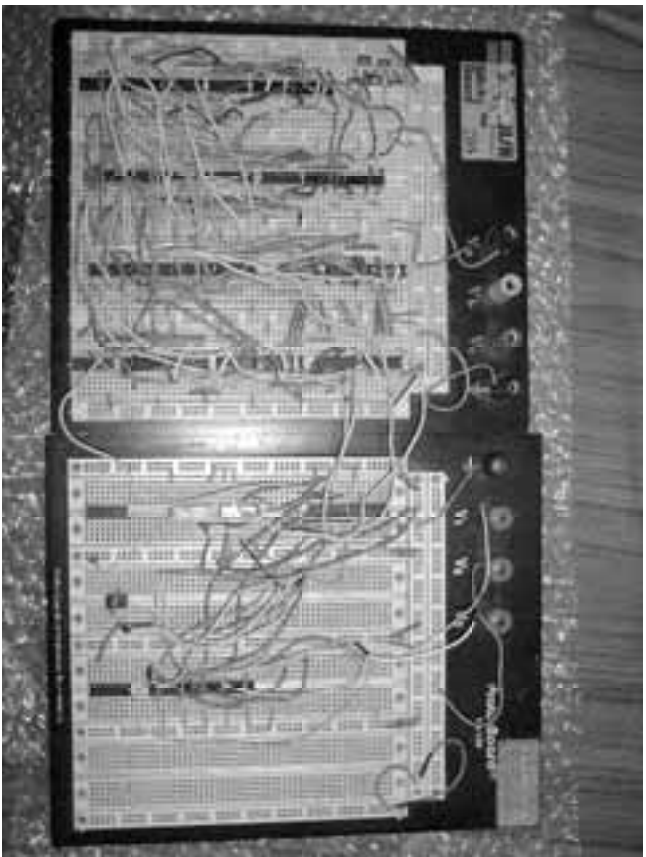
試作ボード  
(交点検出回路)

交点検出フラグ  
 $\rho$ 出力

画面選択 (手動)

## 実験結果 (3)

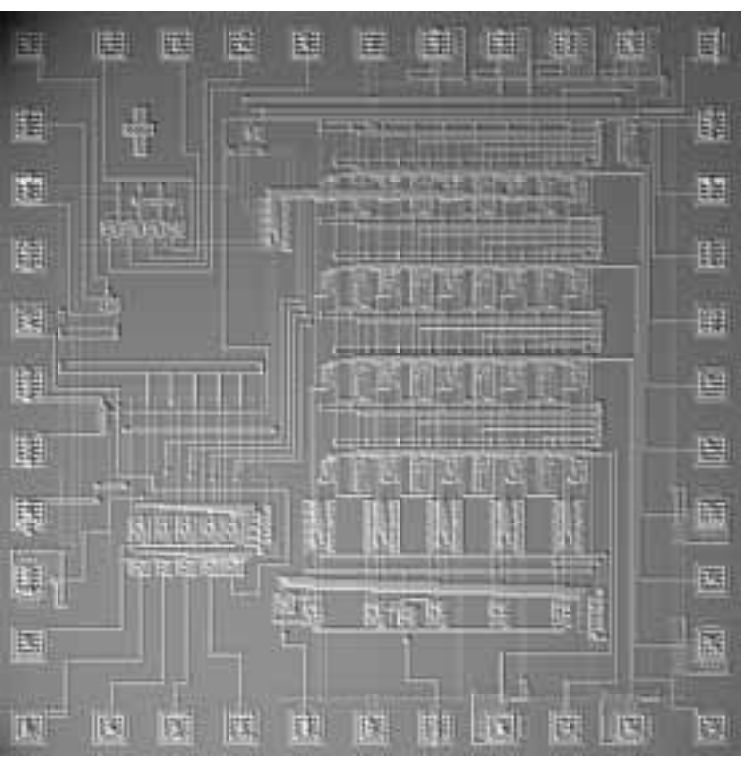
---



試作ボード写真

4×4 画素,  $\theta = 2$ ,

位置ベクトル次元数 : 5



試作チップレイアウト

MOSIS AMI 1.5um CMOS process  
(double-poly double metal)にて試作  
chip size: 2.2mm<sup>2</sup>, 4×4 画素

## まとめ

---

### ハフ変換を行うアナログ・デジタル混載LSIの設計と試作

空間変換回路：コンパクトな線形アナログ回路

交点検出回路：アナログ・デジタル混載回路（ボード試作）

### 提案した回路の利点

高速動作

駆動交流電圧源の周波数 = フレーム周波数  
(画素数に依存しない)

イベント駆動型出力インターフェース

次段のアナログ/デジタル回路と容易に接続可

アナログ量（匀配）→位相（時間領域での情報処理へ拡張可）