

局所画像の特徴検出に特化したアナログ Hough 変換チップ

An analog vision chip performing local feature extraction with smart-pixel Hough transformation algorithm

幸谷 真人, 浅井 哲也, 雨宮 好仁

Koutani Masato, Asai Tetsuya, and Amemiya Yoshihito

北海道大学 工学部

Department of Electrical Engineering, Hokkaido University

1. はじめに

Hough 変換は、コンピュータビジョンにおける特徴抽出、照合、認識などの画像解析を行うための頑健なアルゴリズムである [1]。本稿では、集積回路上で効率の良い Hough 変換を行うために、従来の Hough 変換と Muff 変換のアルゴリズムに習った新しい計算アルゴリズムを提案する。また、本アルゴリズムのためのアナログ集積回路を設計し、SPICE シミュレーションによりその動作を確認した。

2. Muff-Hough 変換の計算アルゴリズム

Hough 変換は、二値画像パターンの特徴を検出する方法の一つである。画像空間中の直線に下ろした垂線の傾きを θ 、原点からの符号付距離を ρ とすると、直線パラメータは

$$\rho = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta \quad (1)$$

で表せる [1]。しかし、従来の Hough 変換では直線上の N 個の画素 $[(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)]$ から N 本の Hough 曲線 (軌跡) を描くため計算量が多くなる。そこで従来の Muff 変換に習って座標値を含む距離パラメータを導入することで、Hough 変換と Muff 変換を融合した処理を可能とした。以後、この処理を Muff-Hough 変換と呼ぶことにする。Muff-Hough 変換では、入力画像の左下 (基準点) を原点とし、フレーム (枠) 上で常に x または y 成分のどちらか一つのパラメータのみを変化させる。さらに信頼度の増加のために、どのような直線でも少なくとも三箇所以上フレームと交差するように、補償フレームを“コ”の字型 (最も効率の良い形状) に配置する。フレーム内に Hough 変換やその他の演算部を置くことができるため、チップの面積を有効に使うことができる。Muff-Hough 変換の基本原理は、画像フレーム (枠) および補償フレーム上で抽出した座標パラメータを Hough 変換で局所的に処理することにある。

3 Muff-Hough 変換のアナログ集積回路化

入力画像を二値化するために、以前著者が提案した Quantizer [3] を用いた。

演算の中核となる Hough 変換は、(1) 式の第一項の $\cos \theta$ 部、および第二項の $\sin \theta$ 部を前もって計算し (カレントミラーのミラー比で実装)、 X_i および Y_i (Muff-Hough における座標パラメータに対応) がアドレスとなるように設定する。図 1 に示すように、 $\cos \theta$ を $W_{\cos \theta}$ に、 $\sin \theta$ を $W_{\sin \theta}$ にそれぞれ置き換える。すると、Muff-Hough 変換式は

$$\rho(I_{\text{out}}) = X_i W_{\cos \theta} + Y_i W_{\sin \theta}$$

となる。

このアルゴリズムを実行するためのアナログ集積回路を設計した ($0.6 \mu\text{m}$ double-poly triple-metal CMOS プロセス)。図 2 にレイアウトパターンを示す。入力画像の最外周フレーム上の画素数を 40、補償フレーム上の画素数を 24 として設計を行った (計 64 画素)。フレーム内部には、フレーム画素データを処理するハフ変換回路を二つ搭載した (テスト回路を含む)。

4. SPICE シミュレーション結果

内外のイメージフレーム画素数をチップ配置と同様に計 64 個と想定し、フレームと交差する三本の直線を入力空間に与えた (図 3)。図 4 に SPICE による Muff-Hough 変換システムの出力を示す。多数の軌跡が交差している点 (θ_i, ρ_i) が直線を表している。補償フレームの追加により一点で交差する軌跡の数 (信頼度) が増加していることを確認した。交差する軌跡の数が三つ以上である点を「直線」とであると判断する。図 4 の結果より、三本の直線が検出されていることがわかる。三つの交差点のパラメータ (“原点からの距離を表す電流”, “角度”) は、それぞれ (54 nA , 0°), (110 nA , 45°), (86 nA , 90°) であった。この結果は、図 3 の入力画像を忠実に再現している。

5. まとめ

Muff 変換に習った効率の良いハフ変換のアルゴリズムを提案した。さらにそのアナログ集積回路化を行い、シミュレーションにより所望の動作を確認した。今後は、提案したアルゴリズムを用いて、Muff-Hough 変換自体が物体の運動ベクトルを求めるような機能を追及していく予定である。

参考文献

- [1] 松山隆司, 興水 大和, Hough 変換とパターンマッチング. 情報処理, Vol.30, No.9, pp.1035-1046, September, 1989.
- [2] Wallace, R.S., A Modified Hough Transform for Lines. Proc. of CVPR, pp.665-667, 1985.
- [3] T.Asai, M.Koutani, and Y.Amemiya, An analog-digital hybrid CMOS circuit for two-dimensional motion detection with correlation neural networks. in international joint conference on neural networks, 2000, WC7-NN0353.

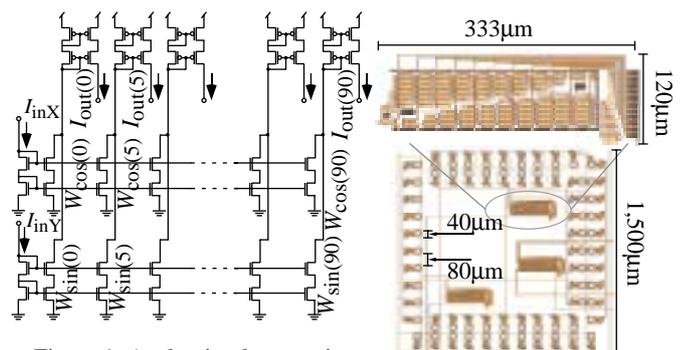


Figure 1: Analog implementation of the Hough transform

Figure 2: Chip layout

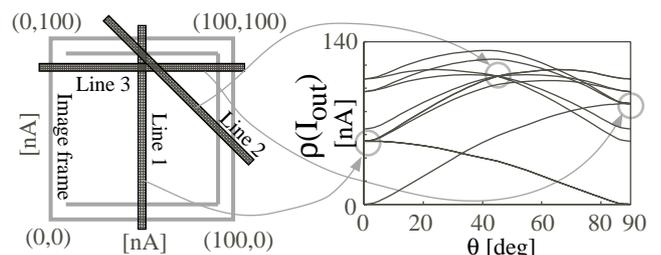


Figure 3: Input image

Figure 4: Mapping from image to parameter space