

# ラドン変換と位相限定相関を用いたビジョンアルゴリズムのロバスト性評価

## Robustness Evaluation of the Vision Algorithm using Radon Transform and Phase Only Matched Filtering

立命館大学 坪井辰彦, 平井慎一

Tatsuhiko Tsuboi\* and Shinichi Hirai, Ritsumeikan Univ.

**Abstract:** We will propose a detection algorithm using the Radon transform and one-dimensional phase-only matched filtering. Since this algorithm uses phase only matched filtering to detect the position and orientation, the detection can be more robust than algorithms that use the power spectrum. In this paper, we evaluate the robustness of the proposed vision algorithm.

keywords: vision, detection, robustness

### 1 はじめに

画像認識においては、参照画像に一致する部分を入力画像内から検出することは、基本的な処理の一つである。我々は、画像内の対象物体を検出する手法としてラドン変換と一次元位相限定相関を用いたビジョンアルゴリズムを提案している [1]。提案する手法では、位置と姿勢の検出にフーリエ変換の位相スペクトルを用いたマッチングを行っており、パワースペクトルは用いない。ラドン変換は画素値の線積分であるから、ラドン変換のパワースペクトルと比べて、位相スペクトルは照明変動などによる画素値変動の影響が小さい。したがって、ロバストな検出が期待できる。

本報告では、提案する手法により、実画像を用いた検出実験を行う。この検出実験により、提案する手法のロバスト性について評価を行う。

### 2 ビジョンアルゴリズム

#### 2.1 姿勢検出

参照画像のラドン変換を  $R_r(\rho, \theta_r)$  とし、入力画像のラドン変換を  $R_i(\rho, \theta_i)$  とする。ここで、テンプレート側の角度を  $\theta_r$  とし、入力側の角度を  $\theta_i$  で表す。また、ラドン変換  $R_r(\rho, \theta)$ ,  $R_i(\rho, \theta)$  を  $\rho$  方向に一次元フーリエ変換を行った結果を  $F_r(f, \theta)$ ,  $F_i(f, \theta)$  とする。

姿勢検出においては、ラドン変換  $R_r(\rho, \theta)$ ,  $R_i(\rho, \theta)$  の各  $\theta_r$  と  $\theta_i$  に対して一次元位相限定相関を行う。姿勢検出で使用する位相限定相関関数  $p(\rho, \theta_r, \theta_i)$  は、次式の  $P(f, \theta_r, \theta_i)$  を逆フーリエ変換することで得られる。

$$P(f, \theta_r, \theta_i) = \frac{F_r(f, \theta_r)F_i^*(f, \theta_i)}{|F_r(f, \theta_r)F_i^*(f, \theta_i)|} \quad (1)$$

ここで、 $F_i^*$  は  $F_i$  の複素共役である。次に  $p(\rho, \theta_r, \theta_i)$  より、各  $\theta_r$ ,  $\theta_i$  における  $\rho$  方向の最大値を  $peek(\theta_r, \theta_i)$  に記録する。すなわち、

$$peek(\theta_r, \theta_i) = \max_{\rho} p(\rho, \theta_r, \theta_i) \quad (2)$$

である。次に、角度  $a$  に対して次式で表される  $sum(a)$  を計算する。

$$sum(a) = \sum_{\theta_r=0}^{2\pi} peek(\theta_r, \theta_r - a). \quad (3)$$

関数  $sum(a)$  は、入力画像内で該当する対象物体の回転角度のところにピークが表れる。したがって、 $sum(a)$  に表れる複数のピークを検出することで、複数の姿勢を検出することが可能になる。そこで、 $sum(a)$  を微分し、ゼロ交差を検出することで、複数の姿勢を求める方法を提案する。まず、 $sum(a)$  の平均値  $ave_s$  を求め、 $sum(a)$  から  $ave_s$  を引く。このとき、0 以下の値は 0 とする。すなわち、次式で定義される  $sum^+(a)$  を計算する。

$$sum^+(a) = \max(sum(a) - ave_s, 0). \quad (4)$$

次に  $sum^+(a)$  の  $a$  方向に微分を行い、ゼロ交差を検出する。次に検出したゼロ交差から角度  $\alpha$  を求め、 $sum^+(\alpha)$  が閾値  $t_s$  以上のとき、 $\alpha$  を該当する姿勢として検出する。

#### 2.2 位置検出

姿勢検出で求めた姿勢により、参照側と入力側のラドン変換における  $\theta$  方向のずれを修正する。次に各  $\theta$  に対して一次元位相限定相関を行う。位置検出に使用する位相限定相関関数  $q(\rho, \theta)$  は、次式で与えられる  $Q(f, \theta)$  を逆フーリエ変換することで得られる。

$$Q(f, \theta) = \frac{F_r(f, \theta + \alpha)F_i^*(f, \theta)}{|F_r(f, \theta + \alpha)F_i^*(f, \theta)|} \quad (5)$$

ここで、 $\alpha$  は、姿勢検出で求めた姿勢である。位相限定相関  $q(\rho, \theta)$  の平均値を  $ave_q$  とし、 $ave_q$  以上の  $q(\rho, \theta)$  に対して逆ハフ変換を行うと、 $x$ - $y$  平面  $h_{inv}(x, y)$  内で対象物体の位置に直線の交差が集中する。したがって、直線の交差が集中する点を見つけることで、同じ姿勢を持つ複数の物体を検出することが可能になる。そこで、複数の位置を検出する場合、 $h_{inv}(x, y)$  に対し、閾値  $t_l$  以上の直線交差数をラベリングする。直線交差数が閾値未満の場合は、このとき検出した姿勢は誤りとし、対象外の物体とする。次に、ラベリングごとに直線交差数が最大となる  $h_{inv}(x, y)$  を求めることで、複数の位置を検出する。

### 3 実画像による検出実験

はじめに実験環境について述べる。検出実験には、CCD カメラから取り込んだ画像を用いる。画像のサイズは  $320 \times 240$  [pixel] であり、ラドン変換の  $\rho$  の数を 256、 $\theta$  の数を 256 とした。また、位相限定相関に使用する高速フーリエ変換 (FFT) の周波数成分の数は、 $\rho$  の数と同じ 256 である。

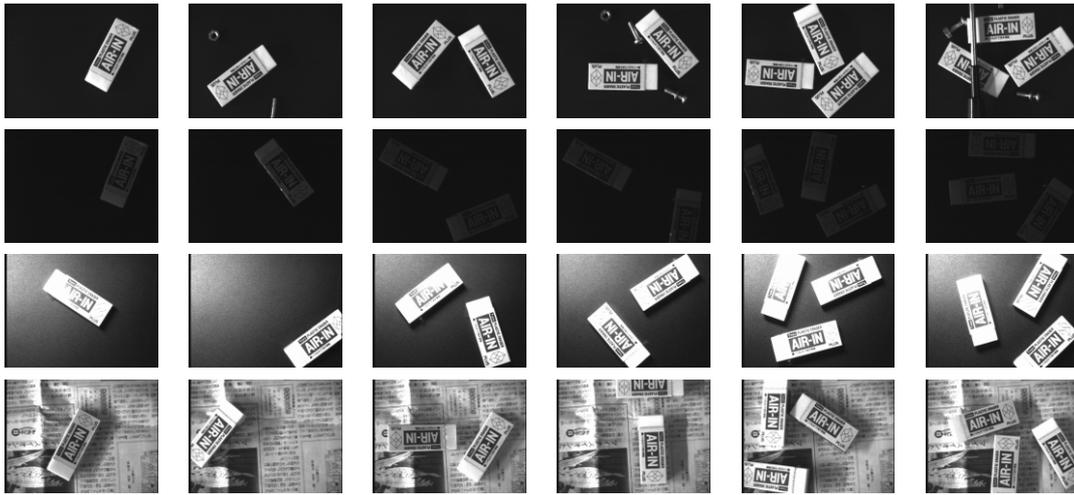


Fig. 2: Input images

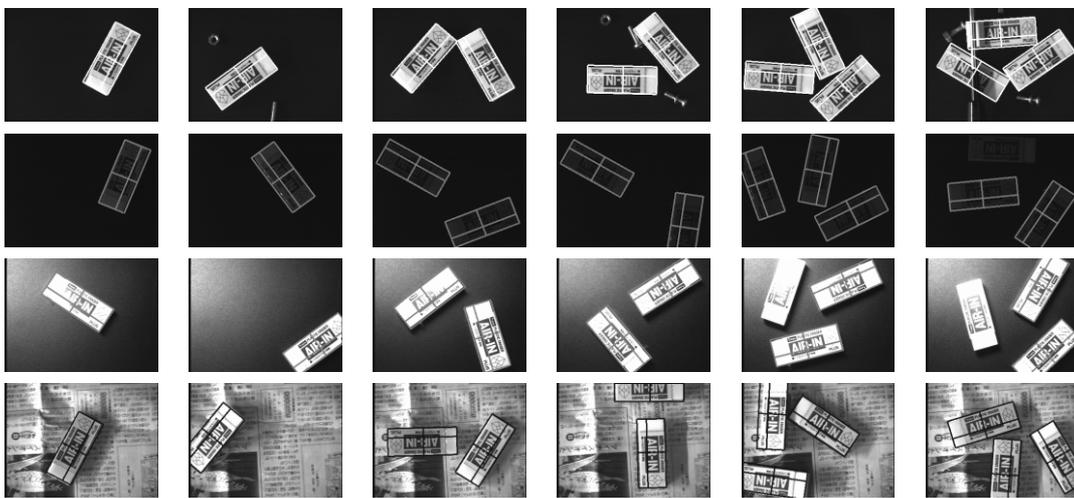


Fig. 3: Detected locations in input images

今回の実験では、実画像を用いて提案するアルゴリズムの検出実験を行い、その検出結果からロバスト性の評価を行う。この実験で使用した参照画像を Fig.1-(a) に示し、検出時の画像例を Fig.1-(b) に示す。また、実験に使用した入力画像を Fig.2 に示し、その検出結果を Fig.3 に示す。この実験での閾値は、 $t_s = 3000$ 、 $t_l = 20$  に設定した。この実験結果より、照明変動で画像に明暗がある場合や背景が新聞紙の場合でも、対象物体が 1, 2 個のときではほぼ正確に検出している。しかし対象物体が 3 個のときでは、すべて検出できるとは限らない。検出できなかった原因として、閾値設定に問題があると考えられる。閾値を  $t_s = 1900$  に設定して検出実験を行ったところ、対象物体が 3 個のときでもほぼ正確にすべての対象物体を検出することができた。このことから、複数の物体を検出する場合では、画像環境に応じて任意に閾値を変更する必要がある。

#### 4 終わりに

本報告では、提案するビジョンアルゴリズムのロバスト性について評価を行った。その結果、照明の変動や背景が新聞紙の場合でも、提案するビジョンアルゴリズムで検出が可能だということが判明した。しかし、ロバスト性を高めるためには、画像環境に応じて、最適な閾値



(a)Reference image (b)Input image

Fig. 1: Detection of location

を設定する必要がある。今後は、閾値設定について検討を行い、提案するアルゴリズムの検出精度向上を目指す。

#### 参考文献

- [1] 坪井辰彦, 平井慎一: "ラドン変換とフーリエ位相限定相関法を用いた平面運動物体の位置・姿勢検出", システムインテグレーション部門講演会 (SI2002), SI2002 講演論文集 (II), pp.117-118, 2002