

## 画像処理による遠隔操作アームのための把持点の提示

### PRESENTATION OF THE GRIPPING POINT

### USING IMAGE PROCESSING FOR A ROBOT ARM

○阿部 文明(会津大学), 中村 啓太(会津大学), 成瀬 継太郎(会津大学)

○Fumiaki Abe , Keita Nakamura , Keitaro Naruse

会津大学 画像処理学講座

University of Aizu Image Processing Lab

キーワード：ガウシアンフィルタ，ラプラシアンフィルタ，楕円フィッティング

連絡先：〒965-8580 福島県会津若松市一箕町鶴賀 コンピュータ理工学部

コンピュータ理工学科 画像処理学講座

Tel : (0242)37-2600, E-mail : s1210169@u-aizu.ac.jp

#### 1. はじめに

近年，遠隔操縦によるロボットの開発が盛んに行われており，様々な分野で利用されている。特に災害現場では二次災害の危険性を低減するため，多く活用されている[1]。遠隔操縦の多くはカメラ画像を利用するが，カメラ画像では実際の奥行きがわからず，物体を三次元的にとらえることができないため正確に操縦するのは困難である。また，カメラ画像から目標物を認識する際，画像の解像度や作業する環境の条件などの要因によって実物を見ながら把持する場合に比べ，作業効率が悪化するという側面もある[2]。

そこで本研究では，画像中に存在する目標物の把持点を提示する遠隔操作アームにおけるユーザー補助インターフェースの開発を行う。ここで把持点とは，ロボットアームで目標物を掴ん

だ際に安定して持ち上げることのできる点であると定義する。本研究では目標物として把持を行いやすい自転車を対象とする。

#### 2. 研究課題

本研究では，画像処理によって自転車の把持点を提示する。そこで生じる問題として一つ目に，ロボットアーム自体が自転車を隠蔽してしまい，自転車全体の認識が困難になってしまうことが挙げられる(Fig. 1)。この際，自転車がロボットに対してどの方向を向くのかにもよってアームによる隠蔽の面積が変化する(Fig. 2)。この問題の解決法としては，三台のカメラをそれぞれ視差が得られるように設置。それらの画像を組み合わせることでアームを半透明化し，解決した研究がある[3]。しかしながら，この方法では目標物が認識しやすくなる反面，アームと目標物までの相対距離が把握しづらいと考えられる。二つ目に，自転車

の前輪の変形が挙げられる(Fig. 3). 自転車の前輪を円としてとらえることができないため、車輪の輪郭を検出する妨げになると考えられる. 三つ目に、作業する環境によって自転車認識の成功率が変化することが挙げられる(Fig. 4). 地面の変化によって画像中に加わるノイズが変化し、自転車の形状を検出する妨げになると考えられる. 最後に、自転車の色や形状の違いが挙げられる. これらの変化は同様に、自転車の輪郭検出に影響が生じると考えられる(Fig. 5).



Fig.1: アームによる自転車の隠蔽

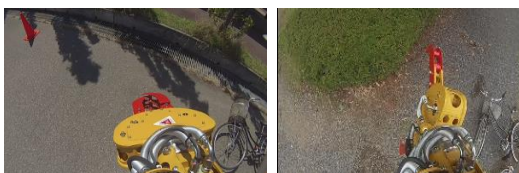


(a): 左向き (b): 上向き

Fig.2: ロボットに対する自転車の向き



Fig.3: 自転車の変形



(a): アスファルト (b): 砂利

Fig.4: 環境



(a): 白いフレーム (b): 黒いフレーム

Fig. 5: フレームの色の違い

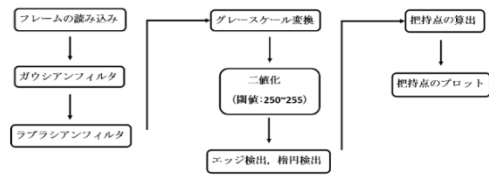


Fig.6: 画像処理手順

### 3. 提案手法

本研究の手法としてまず始めに、画像中のノイズの除去を行う。次に自転車の前輪と後輪を画像から検出する。最後にそれらの位置関係から把持点の提示を行う(Fig.6)。本研究ではガウシアンフィルタとラプラシアンフィルタを用いてノイズの除去を行う。

#### 3.1 ガウシアンフィルタ

ガウシアンフィルタは一定領域の中心画素からの距離に応じて重み付けをする平滑化フィルタの1つであり、式は以下の通りになる。

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $x, y$  は画素数,  $\sigma$  は標準偏差を表す。

アスファルトや砂利の環境では、地面の形状が複雑であるため画像中に多くのゴマ塩ノイズがのってしまうため、ガウシアンフィルタによって画像を平滑化することにより画像中のノイズの除去が期待できる。

#### 3.2 ラプラシアンフィルタ

ラプラシアンフィルタは一定領域の空間二次微分を計算し、輪郭を検出する二次微分フィルタの1つである。式は以下の通りである。

$$f(x, y) = \frac{d^2 f(x, y)}{dx^2} + \frac{d^2 f(x, y)}{dy^2} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $x, y$  は画素数とする。  
輝度値の差分の変化量が極端に変化する部分を抽出するため、地面と自転車の境界が検出でき、自転車のエッジ検出を容易にできる。

### 3.3 グレースケール変換

二値化処理の際、カラー画像を扱うことができないため、グレースケール変換処理が必要となる。

### 3.4 二値化

エッジ検出のために必要となる処理式は以下の通りである。

$$f(x, y) = \begin{cases} 0 & f(x, y) \leq \textit{threshold} \dots\dots (3) \\ 255 & f(x, y) > \textit{threshold} \end{cases}$$

ここで  $x, y$  は画素数とし、閾値は 250 で二値化処理を行う。

### 3.5 エッジ検出, 楕円検出:

二値化画像中からエッジを検出し、それらを保持する OpenCV[4]の関数 `findContours` を用いる。それらの中で自転車の楕円であると思われるものを画像に描画する。一般的に円の検出は Hough 変換が用いられるが、コンピュータの処理スピードが落ちてしまうため、本研究では扱わないものとする。

### 3.6 把持点の算出

先述の点群から自転車の前輪と後輪と思われる楕円の中心点を求め、それらの位置関係から把持点を算出する。自転車の把持点は(Fig.7)の位置にあると考えられる。



Fig.7: 自転車の把持点イメージ

## 4. 検証

### 4.1 前提条件

本研究の手法を適用するために、ロボットによる自転車の把持動作を行った実験動画を記録し、把持動作を行っている最中のあるフレームを切り出し、その画像に対して画像処理を行う。ロボットはテムザック社の T-54 援竜を使用する。操縦は遠隔操縦によるもので左右に 7 自由度のアームが装備されている。検証に使用したカメラは Woodman Labs 製品 GoPro Hero 3 で、解像度は  $1080 \times 720(30\text{fps})$  となっている。ロボットとカメラの取り付け位置の詳細は(Fig.8) に示す。実験環境はアスファルトの地面のみで行った。

### 4.2 提案手法の適用

まず始めに、ガウシアンフィルタによるノイズの除去を行う。本研究では  $\sigma = 2$  とし、カーネルサイズの大小によって平滑化の状態の変化させる。カーネルサイズが  $3 \times 3$  の場合はあまり元画像に対する変化がほとんどない Fig.10 (a)。カーネルサイズが  $7 \times 7$  の場合は後のエッジ検出の際に車輪の輪郭が検出に影響が出るため、本研究では  $5 \times 5$  のカーネルサイズを用いる。続いて、ラプラシアンフィルタの適用である。ガウシアンフィルタ同様、カーネルサイズによって出力される画像が大きく変化する。ラプラシアンフィルタでは特に、 $3 \times 3$  以外の場合は、画像の多くの部分の画素値が最大となってしまう、後の二値化処理の妨げとなってしまう (Fig.11, Fig.12)。よって本研究では  $3 \times 3$  のカーネルサイズを用いる。上記 2 つのカーネルサイズの条件の下、エッジ検出、楕円検出を行うと、自転車の把持点が算出される (Fig. 13)。しかし、条件の変化によってエッジ検出や楕円の検出に影響が出てしまい、把持点が提示することができない。

(Fig.14, Fig.15).

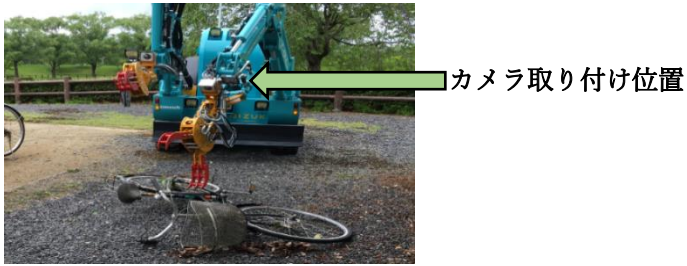


Fig.8: 使用したロボットと  
カメラの取り付け位置



Fig.9: 元画像



(a): カーネルサイズ  $3 \times 3$       (b): カーネルサイズ  $5 \times 5$       (c): カーネルサイズ  $7 \times 7$

Fig.10: ガウシアンフィルタ適応画像



(a): カーネルサイズ  $3 \times 3$       (b): カーネルサイズ  $5 \times 5$       (c): カーネルサイズ  $7 \times 7$

Fig.11: ラプラシアンフィルタ適応画像



(a): カーネルサイズ  $3 \times 3$       (b): カーネルサイズ  $5 \times 5$       (c): カーネルサイズ  $7 \times 7$

Fig.12: ラプラシアンフィルタのカーネルの違いによる二値化画像の変化



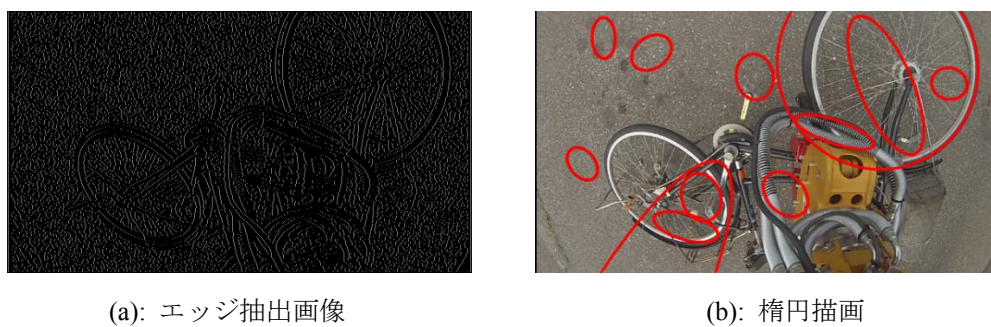
(a): エッジ検出

(b): 楕円描画

(c): 把持点のプロット

Fig. 13: 把持点の算出成功例

ガウシアンフィルタカーネルサイズ 5x5, ラプラシアンフィルタカーネルサイズ 3x3



(a): エッジ抽出画像

(b): 楕円描画

Fig.14: 把持点算出失敗例 1

ガウシアンフィルタカーネルサイズ 3x3, ラプラシアンフィルタカーネルサイズ 7x7



(a): エッジ抽出画像

(b): 楕円描画

Fig.15: 把持点算出失敗例 2

ガウシアンフィルタカーネルサイズ 7x7, ラプラシアンフィルタカーネルサイズ 3x3

## 5. 考察

始めに、ガウシアンフィルタおよびラプラシアンフィルタのカーネルサイズの変化における車輪の検出率の考察を行う。目視により全体の楕円検出数における前輪もしくは後輪の検出率を求めたものを Table.1 に示す。車輪の検出にはラプラシアンフィルタのカーネルサイズが大きく影

響していることが明らかである。また、ガウシアンフィルタのカーネルサイズが大きい程、画像を平滑化できるが、車輪の輪郭を大きくぼかしてしまうため、今回の結果からカーネルサイズは 5×5 のものがよいと考えられる。次に、エッジ検出について考察を行う。今回は楕円のみを検出したが、自転車には直線の要素も存在する。よっ

て楕円以外に直線の検出も行いそれらを組み合わせることで自転車の検出を行う必要がある。今回の検証は自転車の向きが右向きのものだけを扱ったが、自転車が上下を向いた際の検出方法は、ロボットアームによる隠蔽が大きくなるため自転車の検出方法の見直しが必要となると考えられる。

Table.1: カーネルサイズによる車輪識別

| ガウシアン<br>カーネルサイズ | ラブラシアン<br>カーネルサイズ | 検出楕円数(個) | 前輪検出数(個) | 後輪検出数(個) | 車輪検出率(%) |
|------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| 3x3              | 3x3               | 4        | 1        | 0        | 25       |
|                  | 5x5               | 12       | 1        | 0        | 8.3      |
|                  | 7x7               | 6        | 0        | 0        | 0        |
| 5x5              | 3x3               | 2        | 1        | 1        | 100      |
|                  | 5x5               | 7        | 1        | 0        | 14.2     |
|                  | 7x7               | 8        | 0        | 0        | 0        |
| 7x7              | 3x3               | 2        | 0        | 2        | 100      |
|                  | 5x5               | 4        | 0        | 0        | 0        |
|                  | 7x7               | 5        | 0        | 0        | 0        |

## 6. まとめと今後の展望

本研究の手法を用いることにより画像から自転車の把持点の提示に成功したが、条件の変化によって自転車の識別率が大幅に変化することが分かった。今回の検証を行った結果、ノイズの除去方法の改善を行う必要がある。また、自転車の把持点の正確な位置の算出方法があいまいであるのでその改善を行う。災害現場では様々な瓦礫が存在するので、様々な目標物の把持にも取り組んでいく。現状静止画像のみを扱っているため、今後はリアルタイム性も念頭に置き、研究を進めていく。

## 参考文献

- [1] 大野和則,城間直司,“レスキューロボットの遠隔操縦支援技術”,日本ロボット学会誌,Vol.28, No.2, pp.160-163, 2010
- [2] 林宏樹,山本信吾,三鬼尚臣, “公衆無線網を用いた油圧ショベル遠隔操作”,建設の施工企画,(709),pp.69-75,2009
- [3] 杉本和也,藤井浩光,佐藤貴亮,山下淳,浅間一, “遠隔操作ロボットシステムのための複数カメラを用いた半隠消映像の生成”, 第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会

(SI2013), pp.1891-1894, 2013

[4] OpenCV : [http://opencv.jp/opencv-2svn/cpp/structural\\_analysis\\_and\\_shape\\_descriptors.html](http://opencv.jp/opencv-2svn/cpp/structural_analysis_and_shape_descriptors.html), Accessed Day : 2016-11-21