

**移動ロボットを対象とする明暗矩形特徴を用いた  
障害物検出システムに関する研究**  
**A Study on Obstacle Detection System using White and Black  
Rectangle Features for Remote Mobile Robot**

○井坂茂愉太\*, 小林義和\*\*, 白井健二\*\*

○Moyuta Isaka \*, Yoshikazu Kobayashi \*\*, Kenji Shirai \*\*

\*日本大学大学院, \*\*日本大学

\*Graduate School, Nihon University, \*\*Nihon University

**キーワード** : 移動ロボット (Mobile Robot), 矩形特徴 (Rectangle Features),  
障害物検出 (Obstacle Detection)

**連絡先** : 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地

日本大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 生産システム工学研究 井坂茂愉太,

Tel. : (024)956-8824, Fax : (024)956-8863, E-mail: moyuta\_isaka @ushiwaka.ce.nihon-u.ac.jp

## 1. 緒言

ロボット技術はその飛躍的な進歩により、医療、福祉および危険な環境などの分野において利用されている。また、高速インターネットの普及により、短時間で大量の情報通信が可能になった。それにより、遠隔操作ロボットの技術が進展し、様々な分野での活躍が期待されている。そのひとつに、大学、オフィス、病院などの特定の施設を案内するナビゲーションロボットがある。このロボットは、不特定多数の人間が往来する環境下で走行する。ロボットの操作者は、多くの障害を回避させる必要がある。これは操作者にとって大きな負担となる。

本研究は、画像処理により遠隔操作ロボットに障害物を検出させ、それを回避させるためのシステム開発を目的としている。

## 2. 障害物回避システムの構成

障害物回避システムの構成を図 1 に示す。本システムは移動ロボットシステムと操作 PC とから構成されている。移動ロボットシステムは移動ロボット、制御用 PC および PTZ カメラから構成されている。操作 PC は遠隔操作 GUI とジョイスティックから構成されている。制御用 PC は遠隔操作機構を搭載しており、操作 PC との通信には、ソケット通信を用いたクライアント・サーバ方式を採用している。このようにして、ネットワークを介した遠隔操作を実現している。遠隔操作 GUI やジョイスティックの遠隔操作は制御用 PC を介して制御信号を、移動ロボット、PTZ カメラに送信することにより行う。また、PTZ カメラからロボット周辺の外部映像は 15fps(frame per second)毎に更新し、遠隔操作 GUI 上へその映像を

表示している。PTZ カメラを用いることにより、左右 $\pm 100^\circ$ 、上下 $\pm 60^\circ$ の視野を取得している。ロボットの障害物の検出はPTZカメラから取得した画像を制御用PCの画像処理プログラムから検出することにより行う。

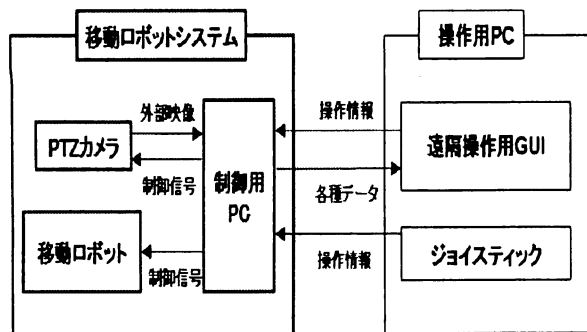


Fig.1 障害物回避システムの構成

### 3. 画像認識による障害物検出の流れ

画像認識による障害物の検出の流れを図2に示す。まず、PTZカメラから取得した画像を制御用PC内のバッファに保存する。その画像のデータ量を削減するために、グレースケール画像に変換する。そして、2種の画像認識手法によって、移動および静止した障害物の有無を評価する。ここで、障害物はロボット前方1.5mの領域に存在する物体とした。

画像認識手法の第一はフレーム間差分法である。これは観測している現画像とその直前の画像を比較することで、移動物体を検出する。この手法はロボット前方に突発的に現れる障害物の検出に有効である。しかしながら、この手法は物体が静止している場合、検出できない。

第二の手法は予め読み込んだ黒と白の矩形特徴を認識させるハールライク特徴検出

法である。これはロボットの移動のような環境変化に対応でき、静止物体の検出に有効である。しかしながら、この手法は物体が移動している場合検出できない。

これらの二つの手法を組み合わせることにより、移動物体はフレーム間差分法を、静止物体はハールライク特徴検出法をそれぞれ適用する。この二つの手法を同時に起動させることにより、移動および静止した物体の検出をリアルタイムに実現できる。以下にその詳細を述べる。

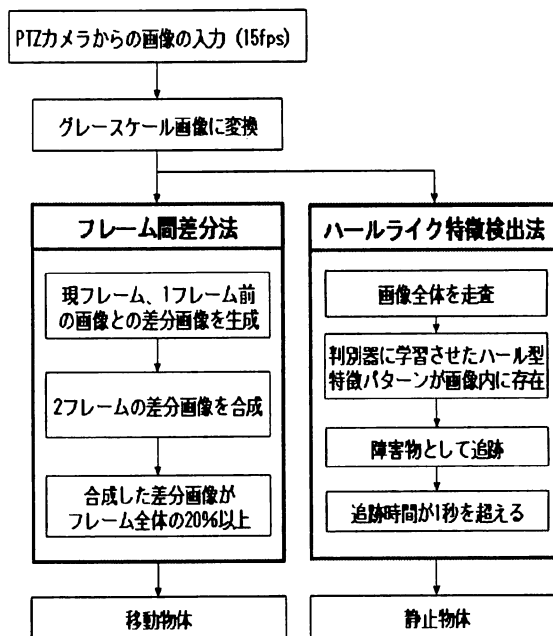


Fig.2 画像認識による障害物検出の流れ

### 4. フレーム間差分法による移動物体の検出

フレーム間差分法により移動物体を検出した結果を図3に示す。図3 (a)は1フレーム前の画像を、(b)は現フレームの画像である。この例では、移動物体として検出されているのは図3 (b)の人物である。人物が

ロボットの右側から現れることを想定して、実験を行った。現フレームの右側に写っているのが人物である。図3 (c) は1フレーム前と現在フレームの差分を生成した画像である。本手法により画面外から現れる移動物体の検出が可能となった。検出手順としては現画像、現画像の1秒前、2秒前の入力画像の差分を検出する。そして検出した2つの差分画像をそれぞれ合成することにより、その移動物体を検出できる。

この検出手順を用いて、ロボット前方0.5m, 1.0m, および1.5mに移動物体が存在することを想定した実験を10回行った。その実験から得られた合成画像の差分領域がフレーム全体の何%を占めているかを調べた。差分領域のグラフを図4に示す。この結果から、ロボット前方1.5m以内の移動物体の差分領域はフレーム全体の20%以上であることが分かった。そこで差分領域が20%以上の場合に、ロボットに障害物として認識させることにした。

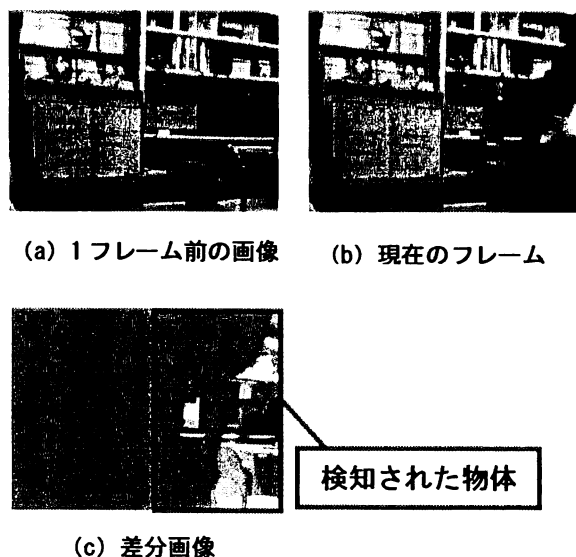


Fig.3 移動物体の検出結果

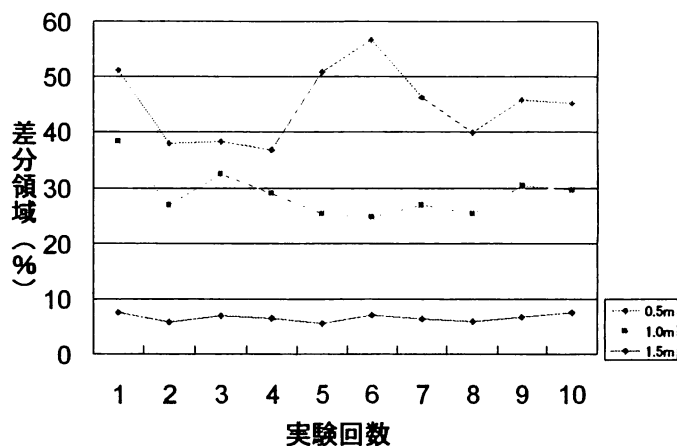


Fig.4 フレーム間差分法の合成画像の差分領域

## 5. ハールライク特徴検出法による静止物体の検出

ハールライク特徴検出法は、統計的学習により、予め作成した判別器を用いる。対象画像を分類するための特徴量は白と黒の2種の矩形特徴を組み合わせたハール型特徴パターンを用いる。検出の流れは、まず、入力画像全体を走査する。そして、予め判別器に読み込んだハール型特徴パターンが入力画像に存在する否かを判別する。また、本手法は白と黒の単純な矩形パターンを使用しているため、誤認識が多い。しかしながら、その誤認識の継続時間は1秒以下である。そのため、障害物として認識した後、その領域を追跡する。追跡時間が1秒を超えた場合、障害物として認識する。

本手法を用いた人間の検出結果の例を図5に示す。ハール型特徴を検出した箇所を判別し易くするために、青枠を検出箇所に表示させている。図5 (a) は人物の正面を、(b) は側面をそれぞれ検出している。また、検出物体を判別器に学習させることにより、人物以外の検出が可能になる。今回は椅子を検出物体として判別器に学習させた。本手法を用いた椅子の検出結果の例を図6に示す。検出物体が単数および複数の場合において、検出可能であることが確認できた。しかしながら、

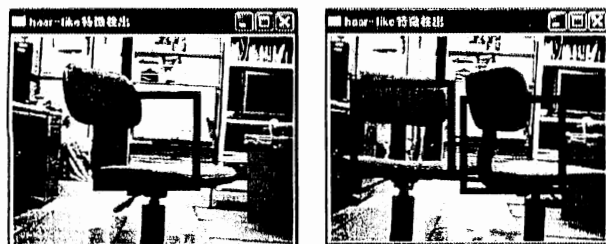
検出物体がフレームに収まっていない場合、物体を障害物として検出できない。



(a) 正面

(b) 側面

Fig.5 ハール型特徴パターン(人物)



(a) 一個の椅子

(b) 複数の椅子

Fig.5 ハール型特徴パターン(椅子)

## 6. 結言

### 6. 1 結論

画像認識機能を有するロボットによる障害物回避システムの開発を行い、以下の結論を得た。

- (1) 突発的に現れる移動物体は、フレーム間差分法により検出できた。
- (2) フレーム間差分法で検出できない静止物体は、ハールライク特徴検出法により検出できた。
- (3) 画像認識によって障害物を検出後、停止する機能を実装した。

### 6. 2 今後の課題

- (1) 対象物の正面がフレームに納まっていない場合でも、対象領域を検出させる手法の検討。
- (2) レーザ距離測定器等を導入し、ロボットに接近した障害物を、センサにより検出する機能の追加

## 参考文献

- 1) 桐生彰, 小林義和, 白井健二: 全方向移動電動車椅子用シミュレータの開発と動作解析, 精密工学会学術講演会公演論文集, vol. 2003S(2003) pp. 561-561
- 2) 梅原昭久, 小林義和, 白井健二: 移動ロボットを対象とした遠隔操作シミュレーション・システムの開発, 2006 年度精密工学会秋季学術講演会講演論文集, pp. 497-498, 2006. 9