

ロボットによる自動片付け作業の実現

鍋島哲[†] 村松悠太[†] 高橋佑典[†] 相馬宏之[†] 加藤清敬[†]
 東京理科大学[†]

1. 緒論

近年、急速に進みつつある高齢化などの社会構造の変化により、家庭ロボットが注目され始め、それと同時に、家事の自動化への期待が高まってきている。その中でも、「片付け・掃除」の自動化は、まだ確立した手法がなく、実用化に至っていない。「片付け・掃除」の自動化に関する研究としては、これまでに、物体情報の記憶された人工マークを作業対象物体に貼付するなど、予め物体情報を与えておく手法^{[1][2]}が提案されている。しかし、様々な物体が混在する実環境中では、対象となる全ての物体に人工マークを貼付することは困難であり、ロボットが作業を行う際に、その都度、物体を認識するシステムが望ましい。実環境中でのこの物体認識を行うには画像中から物体領域を抽出する技術や、抽出した物体を認識する技術が必要である。これまでに提案されている物体抽出の手法は、ステレオ視^[3]や背景差分法^[4]といった主に画像処理による方法である。しかし、ステレオ視は複雑な処理を要することや、物体の厚みやカメラとの距離などによっては誤認識が生じやすい。また、背景差分法は抽出対象物体を動的物体と仮定しているため、差分領域の現れない静止物体には不適であるといった問題点があった。

そこで、本研究ではロボットの探り動作と画像処理を併用する物体抽出手法を提案する。この手法は、ロボットの探り動作^[5]により対象物体の位置を変化させ、動作を行う前後の画像を比較することで、複雑な背景下においても物体画像の抽出を行う。また、抽出した物体画像の認識には仮想空間を利用した物体認識手法を用いる。仮想空間内でCG技術を利用することで多様な形状や質感をもつ物体にも対応させる。これにより、実環境中における物体認識を行い、ロボットが作業を行う際、その都度、対象物体を認識する。

提案手法の有効性を示すために、実際にシステムを構築し、複雑な背景下での片付け作業を行い検証する。

2. システム構成

提案手法のシステム構成を図1に示す。本システムは駆動制御部、物体抽出部、物体認識部の3つのシステムから構成される。以下にそれぞれのシステムについて説明する。

2.1 駆動制御部

駆動制御部では、PCで命令された制御量に対応する制御信号をPICで生成し、その信号をプロポで送信することによりロボットの駆動を無線制御している。(3.1参照)

また、ロボットの前面にはスイッチセンサが取り付けられており、床上を走査して物体などにあたりセンサが反応すると、周囲に物体があると判断し、物体画像の抽出を行う。

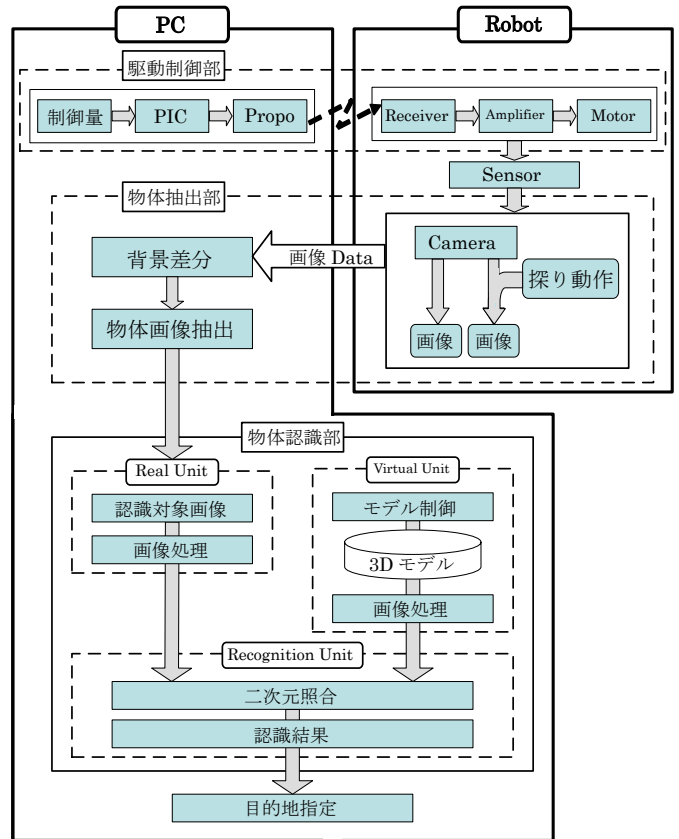


図1: 提案手法のシステム構成

2.2 物体抽出部

物体抽出部では、ロボットの探り動作と画像処理を併用する(3.2参照)ことで、複雑な背景の床上から物体画像を抽出する。画像処理には、簡単な処理で物体抽出を行うことのできる背景差分法を用いる。そして、抽出した物体画像を認識部へ送る。

2.2 物体認識部

物体認識部では物体抽出部で取得した物体画像と、仮想環境の3次元モデルから得た物体画像を照合し、スコアを求める。物体毎に得たスコアを比較し、最もスコアの小さい物体を認識結果として物体を特定する。(3.3参照)

そして、特定した各物体ごとに目的地を指定し、物体を所定の位置へ運搬する。

3. 要素技術

3.1 送信信号生成

本研究ではロボットを無線で制御するために、RC送信機のトレーナモードを利用する。トレーナモードとは専用コードで2台の送信機を接続し、一方の送信機で操縦し、もう一方でその信号を送信する機能である。この機能を利用し、操縦側の送信機をPICに置き換え、PICによって制御信号を生成することでロボットを制御する。PICで生成する信号はPPM信号であり、パルス幅を変化させることでモータの回転を制御する。

「Achievement of automatic tidying up objects」
[†]Satoru Nabeshima, Yuta Muramatsu, Yusuke Takahashi, Hiroyuki Soma and Kiyotaka Kato, Tokyo University of Science.

3.2 探り動作を用いた物体抽出

(a) 探り動作

探り動作とは、ロボットの動作で対象物体に運動を与え、その応答を見ることである。本システムでは物体の予測位置をロボットの腕機構で押すことで応答を得る。

本システムではロボットの前面にスイッチセンサが取り付けられており、ロボットが床上を走査して物体にあたりセンサが反応すると、周囲に物体があると判断しその場で探り動作を行う。また、提案手法では探り動作を行うと同時に物体を保持することも実現している。

(b) 背景差分法

背景差分とは、予め記憶している背景画像と現在の入力画像を比較し、それによって、二枚の画像の変化領域を抽出することで物体画像を特定する方法である。しかし、物体の位置に変化のない静止物体の場合には不適であることや、背景を予め記憶しておかなければならないという問題点がある。

(c) 探り動作と背景差分の併用

本研究では、探り動作と画像処理を併用することで物体抽出を行う。探り動作により対象物体の位置に変化を与えることで、変化領域を抽出することを可能にする。また、探り動作を行う前後の画像を比較するため、予め背景画像を記憶しておく必要もない。

3.3 仮想環境を用いた物体認識

(a) 仮想環境の利用

本システムでは、抽出した実際の物体画像と照合するための物体のサンプル画像の取得に仮想環境を利用する。この仮想環境の概要を図2に示す。

認識時にサンプル画像が必要になると、任意の3次元モデルの姿勢・形状・材質等のパラメータ設定を行い仮想環境に展開する。この3次元モデルを仮想的に用意したカメラで撮影することにより物体画像を生成する。各パラメータの設定を変えることにより、多様な形状や質感をもつ物体にも柔軟に対応することができる。

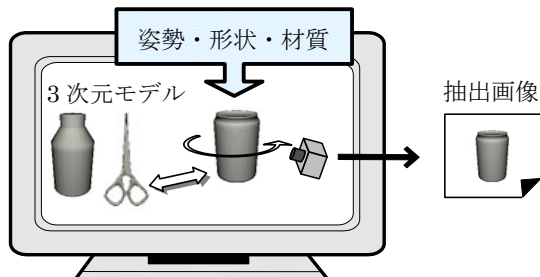


図2：仮想環境を利用した物体画像の取得

(b) スコアの算出

スコアの算出方法は以下の通りである。

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \text{if } AreaX = AreaY \\ const (const > 0) & \text{if } AreaX \neq AreaY \end{cases} \quad (1)$$

$$Score_{m,n} = \sum_{x=1}^w \sum_{y=1}^h |X(x,y) - Y_{m,n}(x,y)| + \alpha \quad (2)$$

$$IDScore_{id} = \min \{ Score_{id,n} | n \leq N \} \quad (3)$$

$$MinScore = \min \{ IDScore_{id} | id \leq IDNUM \} \quad (4)$$

ここで、 α は重みを表す定数、 $const$ は正数、 $AreaX$ および $AreaY$ はそれぞれの画像における領域の種類、 $X(x,y)$ 、 $Y_{m,n}(x,y)$ は入力画像 X および物体画像 $Y_{m,n}$ の位置 (x,y) における輝度値、 $Score_{m,n}$ は2枚の画像の距離、 w, h は画像のサイズ、 m は知識内に格納されている物体の種類数、 n は知識内に格納されている物体毎の特徴数、 $IDScore_m$ は物体の種類毎の最小スコア、 $MinScore$ は照合によって得られた最小のスコアである。

4. 検証実験

提案手法の有効性を確認するために、先に述べたシステムを構築し、検証実験を行う。

4.1 実験概要

床上に物体を無造作に置き、ロボットが自動で走査し、物体を発見したら何であるかを認識し所定の位置へ運ぶ。

実験にはワイヤレスカメラと探り動作を行うためのサーボモータを取り付けた移動ロボット(図3)を用いる。また実験環境は図4に示すような平らで柄(世界地図)のある床上とした。



図3：ロボット



図4：実験環境

4.2 検証結果

検証実験で抽出された物体画像を図5に示す。また、ロボットが自動片付け作業を行った後の様子を図6に示す。



図5：抽出画像

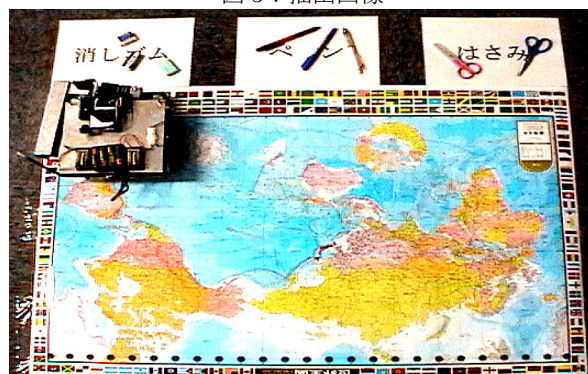


図6：実験結果

4.3 考察

検証実験から得られた図5の結果を見てみると、提案手法を用いることで、図4のような環境でも簡易な処理で物体抽出をできていることがわかる。また、図6を見てみると、それぞれの物体が、所定の位置へ正しく片付けられていることが確認できる。

5. 結論

本研究ではロボットによる自動片付け作業の実現を目的に、ロボットの探り動作と画像処理を併用するシステムを構築した。そして提案手法の有効性を確認するために、検証実験を行った。その結果、本システムによって複雑な背景下においても物体認識を行うことができ、本手法は自動片付け作業に有効であると確認できた。

参考文献

- [1] 大田, 香月, 新井: “QRコードを用いたロボットの物体操作作業”, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.6,
- [2] 前山, 粒崎, 油田: “移動ロボットによる椅子の片付け作業に関する研究”, 日本ロボット学会創立20周年記念学術講演会
- [3] 奥富, 野口, 中野: “ステレオ画像からの射影変換行列の抽出による道路領域検出”, 日本ロボット学会誌, Vol.18, No.8, p1105, 2000
- [4] 波部, 大矢, 松山: “動的環境における頑健な背景差分の実現法”, 画像の認識・理解シンポジウム MIRU'98, Vol.1, pp.467-472, 1998.7.7
- [5] 加藤祐介, 加藤清敏: “探り動作を用いたロボットによる物体形状の特定”, 第67回情報処理学会講演論文集(2)pp.169-170, 2005