

仮想環境を利用したウェーブレットによるオンライン物体認識

村松 悠太[†] 立石 怜志[†] 佐藤 英徳[†] 加藤 清敬[†]

東京理科大学[†]

1. はじめに

物体認識は、パートナーロボットの開発に欠かせない技術の1つである。そのため、これまでに物体認識について様々な方法が提案されている^{[1][2]}。筆者らもパートナーロボットの物体認識システムの構築を最終目標とし、仮想環境とウェーブレット変換を利用した物体認識手法の研究を行っている。このシステムは、仮想環境中で学習を行い、ウェーブレット変換を特徴抽出に用いることで、システムの高速化を図っている。さらに、仮想環境とウェーブレット変換の長所を利用し、物体の持つ形状や材質の多様性を考慮することにより、実環境における物体の形状や材質の変化に対応する^{[3][4][5]}。

本研究では、これまでに提案してきた物体認識システムをオンライン化し、実際にロボットに搭載可能なシステムの構築を行う。物体認識システムは、画像を入力するためのカメラやロボット本体との連携を図らなければならない。そのためには、現在オフラインで使用している物体認識システムに外部からの入出力を可能とするシステムの構築が必要となる。実際に入出力システムを組み込んだオンライン物体認識システムを構築し実験を行った結果、よい結果を得ることができたので報告する。

2. 仮想学習およびウェーブレット変換

2.1 仮想空間を利用した学習

我々の提案する物体認識手法の最大の特徴は、仮想空間を利用した学習サンプルの取得である。この手法を用いたのは仮想環境に以下の利点があるためである。

- ・ 計算機のみを用いた学習が可能
- ・ 環境の変更が容易
- ・ 仮想物体の姿勢や形状、材質などの変更が容易
- ・ 実物体の利用に比べ、安価で高速な学習が可能

この仮想環境にモーフィング及び材質パラメータを導入することで、学習用仮想物体の形状と材質を様々な変化させることが出来る^{[4][5]}。図1はそのコンセプトを示すものである。

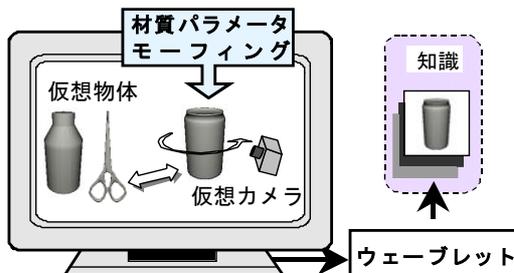


図1 仮想学習

2.2 物体認識におけるウェーブレットの利用

ウェーブレット変換を画像に用いることで、画像を低周波成分と高周波成分に分解することが出来る。分解された低周波成分には画像のおおまかな特徴、高周波成分には詳細な情報が表れる。この解析法は簡単な計算で実現可能であり、システムの高速化が期待できる。そのため、これらの性質を利用し簡単な質問から複雑な画像を特定する高速検索システムも提案されている^[6]。

また、図2(a)のようなテキストチャを持った物体画像にウェーブレット変換を用いて得られた画像図2(b)を見るとテキストチャがある程度除去されていることが確認できる。つまり、ウェーブレット変換によりテキストチャによる影響を低減することが可能であると考えられる。



図2 解像度解析

3. オンラインシステム

オンライン認識システムの流れを図3に示す。まず、画像取得部でカメラを通じて認識画像を取得する。得られた物体画像に画像処理部で物体抽出・正規化・ウェーブレット変換といった処理を施す。そして、照合部にて画像処理部で得た物体画像の特徴と学習部で作成したデータベース内の物体情報との照合を行い、認識順位を決定する。こうして得られた認識結果をもとに、動作司令部で任意の行動をさせるための指令を決定する。

オンライン化にあたり物体抽出処理を行うシステムを画像処理部に構築した。背景除去には背景差分を用いる。背景を取り除いた画像から物体領域のみを切り出し、新たな画像を作成する。この時、画像中に複数の物体が存在していると判断された場合には、それぞれの物体毎に分離した複数枚の画像を生成し、それぞれの物体画像毎に認識処理を行う。これにより、複数の物体の認識が可能となる。

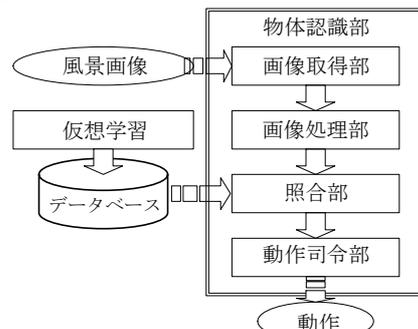


図3 オンライン認識システム

Online Object Recognition using Wavelet transformation with Virtual Learning
[†]Yuuta Muramatsu, Satoshi Tateishi, Hidenori Sato and Kiyotaka Kato, Tokyo University of Science.

4. オンライン実験

4.1 データベースの作成

実験に用いるデータベースは図 4 に示す学習用仮想物体を利用し、立石ら^[5]による実験と同様の条件で作成を行った。ただし、ロボットの高さを考慮し、仮想物体に対して 30 度の仰角を与えている。

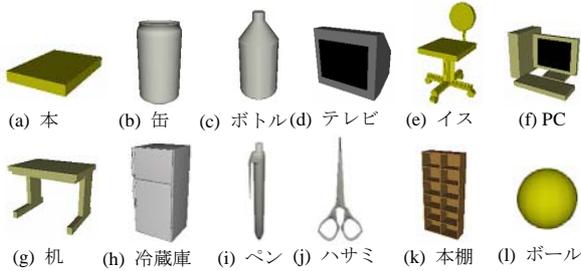


図 4 学習用仮想物体

4.2 実験概要

前述のシステムを構築し、実際にロボットを使用してオンライン実験を行う。本実験ではロボットの頭部に小型のワイヤレスカメラを取り付け、右腕に指示棒を取り付けたものを使用した(図 5 参照)。ワイヤレスカメラから送られてくる画像は、受信機を通じて受信し、計算機上にて認識処理を行う。また、ロボットはシリアルケーブルによって計算機と接続され、このケーブルを通して制御信号を送信する。

実験を行うにあたり図 6 に示すアプリケーションを作成した。このアプリケーションは、ワイヤレスカメラから送られてくる画像を連続的に受信し、その画像に対して認識処理を行う。また学習済みの物体が登録されたリストボックスが配置されており、ユーザーはこの中から物体を選択することができる。この指定物体が認識結果と一致した場合、画像中のおおまかな位置を音声で知らせるとともに、ロボットに動作指令を送信する。つまり、本アプリケーションを利用することで、ユーザーとロボットのコミュニケーションを実現することが可能となる。



図 5 実験用ロボット



図 6 実験用アプリケーション

4.3 オンライン認識実験

上記の構成のロボットとアプリケーションを用いて認識実験を行う。認識対象物は図 7 に示すように、“缶” “ボール” “ペン” “はさみ” を 3 種類ずつ、“ボトル” を 2 種類用意する。これらの対象物の中から 3 つを並べ、物体の種類・並びを均等に变化させ 180 通りの認識実験を行う。ただし、それぞれの物体が重なることはなく、背景情報はあらかじめ取得してあることとする。

このようにして行った物体毎および全物体の認識率を表 1 に示す。認識率は式(1)のように求める。



図 7 認識対象物

表 1 オンライン実験結果

物体	認識回数	認識率 [%]
缶	36	72.2
ボトル	36	80.6
ペン	36	61.1
ボール	36	83.3
はさみ	36	66.7
全物体	180	72.8

$$\text{認識率} = \frac{\text{認識成功数}}{\text{認識回数}} \times 100[\%] \quad \dots (1)$$

4.5 考察

表 1 より実験結果について考察する。表 1 を見ると“缶” “ボトル” “ボール” については比較的よい結果を得られた。しかし、“ペン” “はさみ” は他の物体と比べて若干低い認識率となってしまった。これは、この 2 つの物体は他と比べると細い形状であるため、物体抽出処理が上手くいかなかったことが理由と考えられる。また、全物体での認識率は 72.8 [%] となった。立石らによるオフライン認識実験での認識率は 76.5 [%] である^[5]。このことを考えると認識率を大幅に下げることなく、オンライン化することが出来たと考えられる。

5. おわりに

本稿では物体認識システムのオンライン化について報告を行った。また、実験によって本システムの有効性を確認できたといえる。しかし、物体抽出法が原因と考えられる誤認識が確認された。そこで今後は、こうした問題の解決を図り、物体認識システムの構築を目指す。

参考文献

- [1] 村瀬 洋, シュリー ナイヤー: “2 次元照合による 3 次元物体認識—パラメトリック固有空間法—”, 電子情報通信学会論文誌, J77-D2, 11, pp. 2179 - 2187, 1994.
- [2] 天野 敏之, 他: “固有空間照合を用いた距離画像の仮想学習による物体認識姿勢検出”, 電子情報通信学会論文誌, J82-D2, 2, pp. 250 - 258, 1999.
- [3] 石田秀晴, 加藤清敏: “仮想学習によるロボットの物体認識”, 第 19 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, p. 73, 2001.
- [4] 佐藤秀徳, 加藤清敏: “モーフィングを用いたロボットの物体認識”, 第 46 回自動制御連合講演会講演論文集, pp. 25, 2003.
- [5] 立石 怜志, 加藤清敏, 他: “仮想環境を利用したウェブレットによる物体認識”, 産業開発機構 (株), 映像情報インダストリアル 12, pp. 49-54, 2004.
- [6] Eric J. Stollnitz, Tony D. DeRose, David H. Salesin: “Wavelets for Computer Graphics: Theory and Applications”, Morgan Kaufman Publisher, pp. 43-57, 1996.