

知能ロボットの自律移動のための実画像からの物体認識

Object Recognition for Autonomous Movement of Intelligent Robot from Real Image

樋口 雄一
Yuichi Higuchi

林 清鎮
Kiyoyasu Hayashi

渡部 広一
Hirokazu Watabe

河岡 司
Tsukasa Kawaoka

同志社大学 大学院工学研究科

Department of Knowledge Engineering and Computer Sciences, Graduate School of Engineering, Doshisha University

For the intelligent robot made as human's partner, autonomous movement is an indispensable element. In order to make the robot perform autonomous movement, we have to make the robot recognize surrounding environment correctly. Then, in this paper, two methods of object recognition from a real image are presented; one is used when the robot recognizes "road", the other is used when the robot recognizes "the object other than a road".

1. はじめに

人間のパートナーとなる知的なロボットには、自律移動が不可欠な要素であり、自律移動を行うためには、周囲の環境を正しく認識しなければならない。とりわけ「道路」の認識に関しては、処理の高速性が求められる。そこで本稿では、認識対象が「道路」の場合と「道路以外の物体(以降、物体)」の場合に分けて、それぞれについて実画像からの物体認識法を提案・検討する。

2. 物体の認識

2.1 物体の属性の検討

(1) 色名の分類

色名を細かく分類するための「物体色」を 240 色、おおまかに分類するための「基本色」を 15 色、それぞれ JIS Z 8102:2001「物体色の色名」[日本規格協会 2002]をもとに定義する。

(2) 形状特徴の分類

物体の位置を表す位置語、物体の方向を表す方向語、おおまかな形を表す形状語を表 1 のように定義する。

表 1 形状特徴の分類

位置語	「前」「上」「下」「左」「右」
方向語	「水平」「垂直」「斜め」
形状語	「円」「楕円」「三角形」「四角形」 「多角形」「細長い」「複雑」

2.2 領域分割

入力画像を物体色で量子化し、量子化によって得られた領域のうち同じ基本色に属し、かつ隣接している領域を統合する。

2.3 物体抽出

人間が実画像中で注目する領域は、目立つ(色数が少ない)色で、大きく、位置が視野の中心にあり、まとまりがある領域であると考えられる。そこで特徴抽出および認識処理の優先順位の指標として、「注目度」を次式で定義する。

$$da = cw \left(\sum_i \sum_j pw_{ij} g(i, j) \right) F \quad (1)$$

ここで、 cw は領域の色重み、 $g(i, j)$ は領域内の画素、 pw_{ij} は画素 $g(i, j)$ の位置重み、 F は領域の円形度とする。

2.4 特徴抽出

(1) 色名の取得

物体色での分類が必要になった場合には、対象領域内で出現頻度の最も高い物体色をその領域の物体色とする。

(2) 位置語の取得

入力画像を 3×3 の格子状に分割し、領域の重心位置をもとに位置語を分類する(図 1)。

(3) 方向語の取得

領域の主軸方向の角度 θ をもとに方向語を分類する(表 2)。

上	上	上
左	前	右
下	下	下

図 1 位置語の分類

表 2 方向語の分類

角度	方向語
$-90^\circ < \theta \leq -75^\circ$	垂直
$-75^\circ < \theta \leq -15^\circ$	斜め
$-15^\circ < \theta \leq 15^\circ$	水平
$15^\circ < \theta \leq 75^\circ$	斜め
$75^\circ < \theta \leq 90^\circ$	垂直

(4) 形状語の取得

形状の認識のために、可変型テンプレートによるマッチングを行う。テンプレートには円型と多角形型の 2 種類を用意し、前者は長軸長と短軸長を、後者は多角形の頂点を特徴として変形する。両者のうち対象領域との一致度が高いものを採用し、表 3 および表 4 のように分類された形状語を取得する。ただし、一致度がどちらのテンプレートにおいても閾値以下の場合、形状は「複雑」であるとした。

表 3 円型

分類語	分類基準
円	$RX/RY \leq 1.1$
楕円	$1.1 < RX/RY \leq 2.5$
細長い	$RX/RY > 2.5$

(RX : 長軸長, RY : 短軸長)

表 4 多角形型

分類語	頂点数
三角形	3
四角形	4
多角形	5 以上
細長い	2 以下

2.5 認識処理

抽出した特徴をもとに、IF-THEN ルールによって物体の認識を行う。ただし、特徴がルールに当てはまらない場合、その物体名は「不明」とした。

3. 道路の認識

3.1 前処理

雑音軽減のため、入力画像に対して 3×3 のメディアンフィルタを適用する。

3.2 輪郭抽出

(1) 均等色空間への写像

入力画像の画素値である 24 ビット RGB を、均等色空間である CIE1976L*a*b*色空間へ写像する。

(2) 色差による輪郭抽出

画素に対する 1 次偏微分は、隣接画素間の画素値の差分で表される。したがって、隣接画素間の「色差」を 1 次偏微分に対応させて考えることができる。点 (i, j) における X, Y 方向の隣接画素間の色差 $E_{abx}(i, j)$, $E_{aby}(i, j)$ は以下の式で表される。

$$E_{abx}(i, j) = \sqrt{\sum_{f=L^*, a^*, b^*} (f(i, j) - f(i-1, j))^2} \quad (2)$$

$$E_{aby}(i, j) = \sqrt{\sum_{f=L^*, a^*, b^*} (f(i, j) - f(i, j-1))^2}$$

また、点 (i, j) における微分の強度を次式で定義する。

$$d(i, j) = \sqrt{E_{abx}(i, j)^2 + E_{aby}(i, j)^2} \quad (3)$$

(3) 2 値化

色差微分画像を式(3)で定義した微分強度によって 2 値化する。2 値化手法には大津の方法[高木 1998]を用いる。

(4) 雑音除去

2 値化によって得られた各閉領域の面積を測定し、一定面積以下の小領域を雑音とみなして削除する。

3.3 領域抽出

ロボットの現在位置は道路上であると仮定し、画像の最下部の中心位置に矩形領域を作成する(図 2)。その矩形領域内で最大面積を占める領域を道路領域とみなし、それと同じラベルのついた領域を画像中から抽出する。



図 2 領域抽出

4. 評価実験

4.1 物体の認識

模型群を写した画像 20 枚から、それぞれ注目度上位 5 個の物体を抽出し、計 100 個の物体に対して評価を行った。

(1) 注目度

評価対象物体が、人間が画像から選択した物体とどの程度一致しているかによって、注目度の妥当性を評価する。人間が選択しなかった物体を抽出したときのみ抽出失敗とすると、抽出成功率は 82% であった。

(2) 形状特徴

評価対象物体の基本色名、形状語および物体名について、正解、不正解ではない、不正解の 3 段階で評価した。結果は表 5 のとおりである。

表 5 形状特徴についての評価結果

	基本色名	形状語	物体名
正解	84%	49%	80%
不正解ではない	8%	25%	15%
不正解	8%	26%	5%

4.2 道路の認識

物体の認識の評価実験に用いた画像を含む、画像 50 枚に道路抽出処理を行い、その結果を人手で評価した。評価は、完全認識、不完全認識(ロボットの移動に大きな支障はないと思われるもの)、認識失敗の 3 段階で行った(表 6)。その結果、82% の精度でロボットの自律移動に支障のない程度の認識が可能であることが分かった。また、1 枚あたりの平均処理時間は 0.45 秒であった。

表 6 道路抽出精度

評価	割合
完全認識	66%
不完全認識	16%
認識失敗	18%

5. おわりに

本稿では、認識対象が「道路」の場合と「物体」の場合に分けて、それぞれについて実画像からの物体認識法を提案・検討した。

物体の認識に関しては、特徴抽出および認識処理の優先順位の指標として、「注目度」を定義し、実験によりその妥当性を示した。また、道路の認識に関しては、82% の精度でロボットの自律移動に支障のない程度の認識が可能であることを示し、同時にその処理の高速性を示した。

本研究は文部科学省からの補助を受けた同志社大学の学術フロンティア研究プロジェクト「知能情報科学とその応用」における研究の一環として行った。

参考文献

- [高木 1998] 高木幹雄, 下田陽久: 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 1998.
- [日本規格協会 2002] 日本規格協会: JIS ハンドブック 61 色, 日本規格協会, 2002.