

全方位視覚センサを用いた ロボットの誘導における行動の表現

長井宏之^{*1} 山澤一誠^{*2} 八木康史^{*1} 谷内田正彦^{*1}

大阪大学大学院基礎工学研究科^{*1} 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科^{*2}

1 はじめに

移動ロボットが未知環境を自律的に移動するためには、障害物や壁、他の移動物体等との関係から総合的に判断し、安全に目的地に移動する必要があり、視覚センサは、これらの行動を行う上で必要な外界情報を獲得する入力手段として有望視されている。視覚による誘導の際、未知環境や環境変化がある場所を移動する場合は、特別な事前知識を必要としない方法が望ましい。

本研究では、建物内の廊下といった経路（床面にはテクスチャはなく一様な明るさを持つ環境）を対象に移動環境の持つ性質と全方位視覚センサ HyperOmni Visionの持つ光学的な特性を活用することで、障害物を回避し経路誘導を行うロボットの行動を観測情報から直接表現する方法を提案する。実際には、動的輪郭モデルを用い、全方位画像から移動可能空間を検出し、検出された領域の形状（動的輪郭モデルの形状）からロボットの走行制御（操舵制御）を行う。

2 スネークモデルを用いた経路誘導

HyperOmniVision (Fig.1) から得られる画像の例を Fig.2に示す。画像中においてロボットの移動可能な空間（床領域）を考えた場合、ロボット自身の写像を包む閉領域として現れる。そこで、本手法では、この射影特性を利用し、局所ノイズに強い輪郭抽出方法であるスネークモデルを用い、ロボットの移動可能空間の検出を行う。

内部エネルギーには、曲線の滑らかさを仮定して、滑らかでないと大きくなるエネルギー E_{int1} 、閉曲線が楕円であると仮定して、現在の閉曲線から最小二乗

近似計算される楕円との差に比例するエネルギー E_{int2} の二つを用いる。また、外部エネルギー E_{ext} には、画像における輝度の一次微分の大きさを用いた。式(1)が用いた条件式である。

$$w_{ext}E_{ext}(v(s)) + w_{int1}E_{int1}(v(s)) + w_{int2}E_{int2}(v(s)) < E_{threshold} \quad (1)$$

($v(s)$ は位置ベクトル)

$w_{ext}, w_{int1}, w_{int2}$ は重み係数, $E_{threshold}$ は定数)

3 ロボットの走行制御

検出された床面領域情報を用い、ロボットの経路に沿った走行制御を行う。ここでいう走行制御とは、分岐のない道に沿った走行時に、一定速度で走行するロボットの操舵（移動方向）を制御するものとする。

経路誘導時にロボットに要求されるのは、「道に沿って進むこと」、「道の中央を進むこと」、「障害物を回避すること」であると考えられる。これらの三つの行動を実現するため、床面領域情報から得られる次の三つの情報を用いてロボットの移動方向を決定する。具体的に三つの情報とは、床面領域の慣性主軸の方向を表す慣性主軸方向ベクトル d_i 、床面領域の重心と画像中心（＝ロボットの自己位置）とのずれを表す重心方向ベクトル d_g 、画像中心から各コントロールポイントまでの長さから計算される、壁に近いほど壁から離れる方向を示す、壁からの斥力ベクトル d_r （大きさ $\frac{1}{l^a}$ 、方向は壁から離れる向き、 l はロボットから壁までの距離、 a は正の定数）のことである (Fig.3)。

慣性主軸方向ベクトルは空間の長手方向を示すので、これを移動方向の基本とし、「道に沿って進むこと」を実現する。重心方向ベクトルは、ロボットが道の左右どちらかに寄っているとき現れるので、これをなくす方向に動くことによってロボットが道の中央を進むようにする。つまり重心方向ベクトルは「道の中央を進むこと」を実現する。斥力ベクトルはその定義より、壁に近づくほど反発する力を表すベクトルを表現できる。この斥力ベクトルは、

「障害物を回避すること」の実現に用いられる。

以上より、検出された領域の慣性主軸と検出領域の重心位置、壁からの斥力ベクトルを制御パラメータとすることでロボットの経路誘導を行うことができる。

具体的には、移動方向は重み付き合成ベクトル d_s の方向で表す。 w_i, w_g, w_r は重み係数である。

$$d_s = w_i d_i + w_g d_g + w_r d_r \quad (2)$$

(w_i, w_g, w_r は重み係数)

4 実験

4.1 システム構成

実験に用いたシステム構成を示す。全方位視覚には全方位視覚センサHyperOmniVisionを用いる。HyperOmniVisionで撮像された画像は、画像送信機によりUHF無線で画像処理プロセッサITI150/40に送られ、640×480画素各点8bitのデジタル画像に変換される。この視覚情報をWork Stationで処理し、RS232Cを介して移動ロボットB12 (Fig.4) の制御を行う。

4.2 実験と検討

提案手法の評価のために実環境内での実験を行った。構築した実環境はFig.6である。ロボットは図中下方より上方に向かって移動させた。ロボットの移動速度は1[inch/sec]とした。計算サイクルは5[sec]である。 $w_{ext}, w_{int1}, w_{int2}, w_{int3}$ および $E_{threshold}$ は各々50,20,10,0, 580, 移動方向を決定するための w_i, w_g, w_r は各々4,4,1とした。Fig.7は、HyperOmniVisionの画像に対するスネークによる移動可能空間検出結果である。求められた床面領域の境界と慣性主軸を元画像に重ねて表示している。固定したカメラでロボットの移動を撮影し、7[sec]毎の画像の差分を取ることによって移動の軌跡を得たものが図6である。障害物を避け、また道の中央に戻る行動が現れている。

5 おわりに

本報告では、建物内の廊下や市街地の道路といった経路を対象に移動環境の持つ性質と全方位視覚センサHyperOmniVisionの持つ光学的な特性を活用することで、障害物を回避し経路誘導を行う方法を提案した。

実際の道路環境では、横断歩道や停止線などの標識が路面上にあるため、現状のように外部エネルギー

として輝度値のみを利用していたのでは、適用できない場合がある。従って、高さ情報を持つ特徴をエネルギーとして含める必要があると考える。

なお本研究の一部は、文部省科学研究費重点領域研究(2)「知能ロボット」並びに奨励研究(A)の補助を受けた。

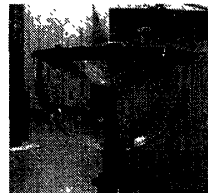


Fig.1 HyperOmniVision

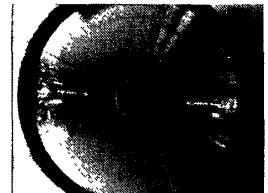


Fig.2 An Example of The Input Image

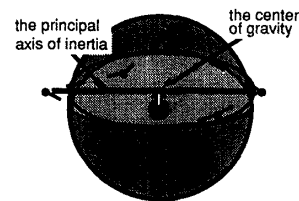


Fig.5 The Principal Axis of Inertia and The Center of Gravity



Fig.4 B12+HyperOmniVision



Fig.5 An Effect of Repulsive Vector

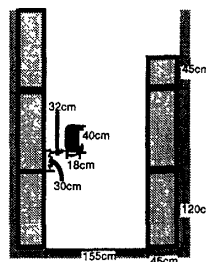


Fig.6 An Experimental Environment

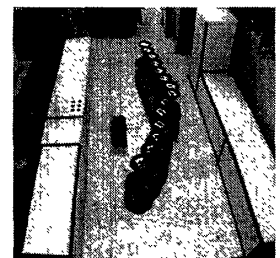


Fig.7 An Result of Obstacle Avoidance

参考文献

[1]山澤一誠,八木康史 and 谷内田正彦: "移動ロボットのナビゲーションのための全方位視覚センサHyperOmni Visionの提案",信学論 D-II Vol.J79-D-II No.5,pp.698-707,1996