

4W-5

自律走行実験車の開発

高橋弘行 守田知史 丸屋祥一 奥野昭宏
マツダ(株)横浜研究所

1. はじめに

自律移動ロボットの視覚として画像を用いることは有効であるが、取り扱うデータ量が膨大であるために、アルゴリズムの効率化、高速化を行なう必要がある。

視覚による移動ロボットの誘導方式として、著者らはこれまでに布テープで走行可能環境を設定し、その様な環境をエッジ情報と色情報を用いることにより認識する無人搬送車の視覚誘導方式を提案してきた^{[1][2]}。本稿ではこの方法をさらに進め、より一般的な環境に近づけるために、一般の廊下及び障害物の検出を行なう方法、及びマークを用いた走行制御方法を試みたので報告する。

2. 視覚誘導システム

屋内走行を行なう自律走行車(MOVER-1)用視覚誘導システムは、図1に示すような構成である。このシステムは3板式カラーCCDカメラ、フレームメモリ、IMPにより構成されている。これまでに布テープを用いた視覚誘導方法を提案したが、環境の整備の問題、メンテナンスの問題よりさらに簡略化した方法が必要とされる。

行動は連続目標に対する行動とマークによる行動を選択することにより行なう。連続目標行動に対しては廊下の構造から抽出される廊下端の情報を用い、方向が限定されていない場合の行動に対してはマークを用いることにより制御点を設定し、マークから得られる情報を用いて行動を決定した。視覚情報から得られたエッジ情報を用いて廊下端を検出する場合、直線に近ければ経路を一意にし易いが、比較的大きな柱などがあり走行路の凹凸が激しい場合などは走行軌跡が一定し難いため廊下の重心を用いて経路創成を行なった。

3. 廊下端を利用した視覚誘導

廊下端の検出には、RGB中の適切な面より得られるエッジ情報と色情報を用いて行なう^[1]。一般の廊下では壁と床の色が異なるために、色情報とエッジ情報を用いて壁と床の識別ができる場合が多い。そこで、エッジ情報と色情

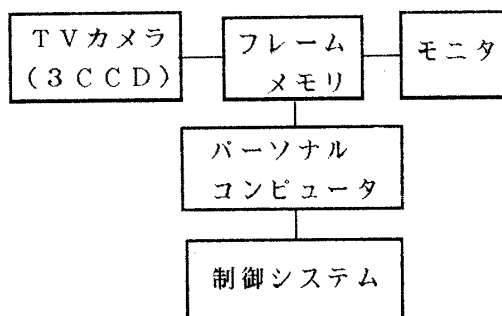


図1. システム図

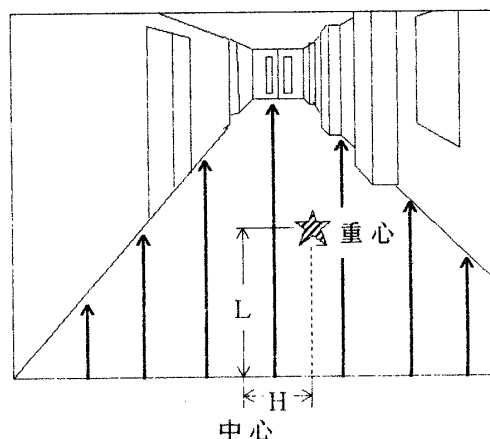


図2. 廊下の特徴量抽出

報を用いた走行路端の検出方法^[1]を用いて廊下端の検出を行なった。

廊下端に沿って走行する場合カメラの水平方向からの角度を大きくすると廊下端の認識が困難となるために約20度の傾きとし、直進状態においては廊下両側の境界線が認識できるようにしておく。連続目標行動中に簡単な障害物回避を行なわせるために、走行可能領域と認識した廊下面の面積と重心、廊下端からの距離を制御変数として行動を決定する。

廊下面の検出は(図2参照)、画像を垂直方向に走査しエッジと色により壁と床の境界となる領域を検出する。さらに領域の重心を求め、画面中心からのスキャンライン方向の偏差をH、画面最下部からの高さをLとし、Hを操舵系の特徴量、L及び現在速度を速度制御の特徴量として搬送車のスピードと操舵角の制御量を算出した。

4. マークを利用した視覚誘導

マークは、連続目標行動では行動決定が不可能、あるいは困難であると思われる場所に設置し環境を簡略化する。マークの大きさ、色、形は予め知識として登録しておく。試行したマークは一辺21cmの正方形である。マークの色は青色を選択した。これは、廊下に消火器消火栓等の赤い色をした保安器具が置かれているため、誤認識を少なくするためである。適用したマークは正方形とし、マークでの経路変更は、直進、右折、左折、回転の4つのものが選択できるようにし、経路変更のための情報は予め走行以前に設定しておく。

マークの検出はスキャンライン方向にエッジを検出し、その後の色が予め定められたマークの色と一致するかどうかを調べる。この操作を繰り返すことによりマーク候補となる領域の特徴量を算出する。特徴量としては、面積、角の個数を用いる。

特徴量よりマークの方向、ずれが確定できれば軌道の創成を行なうが、マーク候補の面積が狭い、角が検出されない等の不確実な場合にはさらにマークに近づくような経路を創成し、目標に接近した後に、再び特徴量の抽出を行なう。

予め定められていた面積を越え、マークの角が検出された場合にはマークとなる目標を認識したものとす。さらに、マークの頂点を接続することにより、マーク中心とマークにより示される方向が算出できる。経路の創成においては、車両の中心がマークにより示される方向に接するように創成される(図3.参照)。ここで、車両の中心をP、マークの中心をT、進入方向と目標方向に接する半径をRとする。

Rを中心として軌道を創成するために、車両中心は必ずしもマーク上を通過しない。そこで、Rの最大値、最小値を設定することにより軌跡がマークより極端に離れて創成されることを抑制した。

5. 走行制御

廊下の走行には、連続目標行動、マークを用いる行動の2種類のものを考える。一方は環境が複雑すぎる様な場合であり、この様な場合には、環境を抽象化したマークを用いて制御を行うことにより認識に要する時間の削減、制御

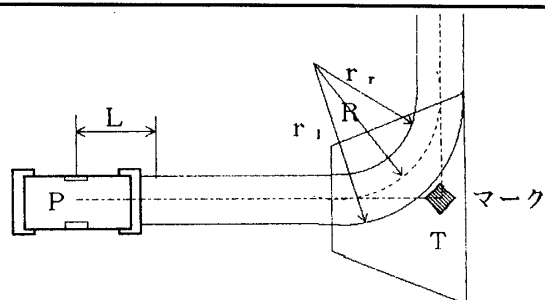


図3. マークを用いた軌道創成

の正確さを上げる。もう一方は環境が比較的容易な場合であり、この様な場合には連続目標行動をとるようにした。マークによる情報を用いた軌道の創成は、全ての軌道を直線と円弧の組み合わせにより行なう。連続目標行動の場合には、単純な円弧の組合せにより軌道を創成する。

全ての軌道の創成は、自律走行実験車の両車輪が独立に制御できるように回転数により制御している。

6. まとめ

一般の廊下での走行実験を行なった結果、直線で2.5kmという目標速度を達成し、簡単な障害物に対しては回避行動を行なうことができた。

実験の結果、障害物の認識において、障害物の移動を考慮せず大きさのみについて認識しているために最適な障害物回避が行なうことができなかった。しかしながら、認識、行動という一連の処理速度をさらに上げることにより、可能となるであろう。

以降の課題としては、より整備されていない環境において行動可能となるようにする必要がある。

参考文献

- [1] 守田他：“屋内走行を行なう自律走行実験車の開発(1)(2)”，情処学第36回全大，pp.1715-1718、1988
- [2] 守田他：“自律搬送車用知能移動ロボット”，第4回知能移動ロボットシンポジウム，pp.102-108、1988.
- [3] Takeo Kanade et al. “Carnegie Mellon Navlab Vision System”，Technical Report, Carnegie Mellon Robotics Institute, 1987.