視覚情報を用いた介護福祉用移動ロボットのナビゲーションシステムの開発

Navigation system of a care and welfare robot using visual information

○ 学 松本 卓 (秋田県大) 正 湯川俊浩 (秋田県大) 正 岡野秀晴 (秋田県大)

Takashi MATSUMOTO, Toshihiro YUKAWA and Hideharu OKANO
Akita Prefectural University, 84-4 Tsuchiya-aza-Ebinokuchi, Yurihonjo, Akita

Key Words: Omni Directional Mobile Mechanism, Line Trace, Sobel Filter

1. 緒 言

近年、労働人口の低下が問題となり、医療機関や福祉施設では、従来、人間がおこなっていた作業をロボットに代行させるという動きがある。そのロボットには、自律移動、人との協調作業、人に対する介護作業などが求められている。これらのタスクをおこなうには、基本となる移動制御が確立されていなければならない。そこで本研究では、病室や廊下における自律移動を可能にするため、画像処理を使ったナビゲーションシステムを構築した。

本研究では、建物内を移動するロボットに搭載されたカメラが得る周囲の状況の画像に対し、ナースステーション等に置かれたコンピュータで遠隔処理をする方法について考える。周囲の状況を把握するための視覚情報としては、ロボットの進行方向に向かって、横方向のカメラ画像を用いた自己位置推定、及び、前方向のカメラ画像を用いた自己位置推定の二つを提案する。これらの二つの方法を用いて、建物内で特別に誘導線の施工しなくてもロボットが自律移動できるようにする。また、ナースステーション等の離れたところから容易に建物内の目的地を変更するために、建物内の地図を管理するセル地図法を提案する。

2. 移動環境

ロボットが移動する環境として、病院やの廊下と病室を設

Fig. 1 Environment in corridor and sickroom

Fig. 2 System configuration

定した (Fig. 1). これらの環境の特徴をつぎに示す. (a)廊下には各部屋の配電盤室があるため、凹凸があり、横幅は狭いところで2[m], 広いところで3[m]である. (b)室内の照明状態は絶えず変化する. (c)ロボットの移動のために特別なマーカを新たに設置せず、建物内の既存の特徴点の画像抽出により現在位置を確認する.

3. 四輪独立駆動/ステアリング自律移動ロボット

移動ロボット (Fig. 2) は、四輪が独立駆動/ステアリング型の車輪ユニットから構成され、全方向に移動可能である。四つの車輪ユニットは、前後左右対称の位置に取り付けてある。また、制御用 PC、各種の入出力ボード、ディスプレイなどが設置されている。さらに、一台の無線通信用 CCD カメラがロボットの本体上部に設置されている^{(1),(2)}。

4. ナビゲーションシステム

4.1 システム構成 ナビゲーションシステム (Fig. 2) は、画像処理用 PC、ナビゲーション用 PC、及びロボット用 PC の三台で構成される。各 PC 間のデータは無線 LAN によって通信される。また、無線カメラからの画像データは、マイクロ波通信によって画像処理用 PC に伝送される。画像処理用 PC には、高速画像処理ボード IP7000BD (日立) を搭載している。ナビゲーション PC では、画像処理用 PC からの情報を基に、地図情報と照らし合わせて、移動パターンと操舵角度のパラメータをロボットに送信する。ロボットは、送信された情報を基に移動タスクを実行し、それが完了したら、ナビゲーション PC にタスク終了の信号をリアルタイムに送信する。

4.2 床と壁との境界線抽出による自己位置推定法 ロボットの自己位置の推定について、床と壁の境界線 (エッジ) の距離を測定することで位置推定をおこなう。進行方向の距離については測定せず、ロボットの進行方向に向かって横方向の画像を用いた位置推定と前方向の画像を用いた位置推定の二つを用いる。カメラの取付位置と壁との関係を Fig. 3 に示す。カメラの可視角は $\theta_2 = 52[^\circ]$ である。横方向画像による自己位置推定の場合 (Fig. 3 (a), (b)), カメラの床からの高さは $H = 630[\text{mm}]$, 取り付け角度は $\theta_1 = 35[^\circ]$ である。前方向画像による自己位置推定の場合 (Fig. 3 (a), (c)), 床からの高さ $H = 630[\text{mm}]$ の位置に、床に対して水平 ($\theta_1 = 90[^\circ]$) にカメラを取り付ける。

Fig. 3 Camera installation

4.2.1 横方向画像による自己位置推定 横方向画像による自己位置推定の利点としては、壁と床のみをカメラで見ているので、画像中の情報量が少ないため、ノイズの影響が少なく、画像処理が速いことが挙げられる。

横方向画像の処理アルゴリズムについては、カメラから取得されたエッジ付近のモノクロ画像について、カメラレンズによる歪み補正をし、ノイズの除去後、ソーベルフィルタによって輪郭を強調する (Fig. 4)。強調された画像に、エッジ検出の処理速度と精度の向上のため、走査範囲を画像中央部に設定し、ハフ変換によって直線を検出する。走査範囲中の左端と右端の座標 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) を取得し、これらを結んだ直線を壁と床とのエッジとみなす。左端と右端の中心 (x_3, y_3) の位置からロボットと壁との距離や操舵角度を算出する。

4.2.2 前方向画像による自己位置推定

前画像の処理後の結果を Fig. 5 に示す。前方向画像による自己位置推定の利点としては、カメラを前方に向けているので、予め進行方向の状況を把握しやすい点にある。

前方向画像の処理アルゴリズムについては、基本的に横画面による自己位置推定と同じである。しかし、エッジを検出するために、走査範囲の設定については、画像の右下の狭い領域に限定する点が異なる。

4.3 地図情報を付加した分岐判断 本実験の経路では、分岐点 P (Fig. 1) が存在するため、分岐点における動作を判断し、指示する方法が必要となる。そこで今回は、分岐点を指示するためにセル地図法を使用した。

セル地図法は、線種、行動、旋回方法の三種の地図

情報を持ち、それらのセルを縦横に並べることによって、全ての建物内の空間を表現するための地図管理法である。この方法は、距離の情報は管理していない点が特徴である。

分岐が含まれたセル内では、建物内の既存の抽出ポイント (今回は建物内の壁埋込型ダブルコンセント) が指定されている。そして、地図情報に含まれている分岐点を認識したら、必要な方向に進路変更する。セル地図は遠隔地のナースステーション等に置かれたナビゲーション PC で管理される。

5. 誘導実験

実験経路は、Fig. 1 において、スタート地点 A からゴール地点 B までであり、走行距離は約 30 [m] である。実験経路については、配電盤室があり、通路幅は凹凸がある。ロボットの移動速度は 0.2 [m/s]、壁とロボット側面の距離間隔の目標値は 350 ± 20 [mm] と設定した。(a) 横方向画像による自己位置推定と (b) 前方向画像による自己位置推定のそれぞれについて走行実験をおこなったとき、各時点における壁からの距離の測定値を Fig. 6 に示す。

実験の結果、横方向画像による自己位置推定と前方向画像による自己位置推定は、共に、目標範囲内に収まり、大きく蛇行することなく、ゴール地点まで移動できている。横方向画像による自己位置推定の場合、配電盤の壁と床とのエッジ、及び部屋の壁やドアと床とのエッジを交互に認識できた。また、横方向画像と前方向画像のどちらの方法でも、一旦目標幅の範囲外にロボットが移動しても、目標範囲内への復帰が可能であった。

6. 結 言

本研究で提案した横方向画像による誘導法は、前方向画像による誘導法と共に移動ロボットのナビゲーション方法として有効であることが確認された。今後は、前方向画像と横方向画像をリアルタイムに切り換えながら、誘導実験をおこなう予定である。

Fig. 4 An edge derived from image in the side

Fig. 5 An edge derived from image in the front

Fig. 6 The trajectory of the robot

文 献

- (1) T. Yukawa, N. Saito, W. Matsuoka, A. Kanda, H. Okano, Autonomous control of care and welfare robot, The 1st IEEE Technical Exhibition Based Conference on Robotics and Automation, Medical/Welfare System-2, 2004
- (2) T. Yukawa, O. Hosoya, N. Saito, H. Okano, Navigation of a care and welfare robot using cell map information, Proc. of the Eight IASTED Int. Conf. Intelligent Systems and Control (ISC 2005), pp. 43-48, 2005