

視覚障害がい者の歩行支援用ロボットシステムの開発

函館高専 ○熊谷侑弥 中村尚彦 浜 克己

要 旨

視覚障害がい者の歩行支援を目的とし、道に沿った移動や障害物回避などを行いながら、ユーザが決定した道順にしたがい、自らを目的地まで安全に移動させるための半自律型盲導犬ロボットシステムの開発に向け、製作した簡単な実機と制御アルゴリズムを示し、動作検証実験の結果について述べる。

1. 緒 言

視覚障害がい者の歩行を支援する手段の一つに盲導犬が挙げられるが、その普及率は非常に低く、2008年の日本盲導犬協会の調査によると、盲導犬を所望する視覚障害者は約7800人であるのに対し、盲導犬実働数は1000頭に満たない状況である。この問題を解消するために、現在様々な方面から盲導犬ロボットの開発が行われている。

現在開発されている盲導犬ロボットとしては、山梨大学で開発された歩行ガイドロボットなどがある^[1]。このロボットは電子地図に対応した自動走行や、横断歩道の走行をし、全自動で道案内を行うなどの様々な制御を達成している。しかし、システムが複雑かつ高価で大型となるため、一般には使用されにくい状況となっている。また、盲導犬が本来担うべき機能よりも高度な制御を行っている。

そこで本研究では、低コストで小型の半自律型盲導犬ロボットの開発を目的とした。本稿では、ロボットシステムと実機の仕様について述べ、制御アルゴリズムを示した後に、動作実験の結果と実機の有用性について述べる。

2. 盲導犬ロボットの概要

盲導犬に求められる仕事は、ユーザの指示に従い、角、段差、障害物などの状況を伝えながら、目的地まで安全に案内することである。したがって、本研究では以下の4つのタスクを設定し、それらを実現するロボットを開発する。

- ① 命令実行：ユーザの行動指示に従う
- ② 平行走行：道に沿って平行に走行する
- ③ 環境伝達：交差点情報をユーザに伝える
- ④ 障害回避：障害物を自動で回避する

上記で設定したタスクを満たすために、本研究では環境状態を把握するセンサとして、ステレオカメラと超音波センサを用いた。支援用システムの構成を図1に示す。これら2種類のセンサから取得した情報を、PCを介してユーザに伝達する。盲導犬ロボットの行動は、この環境情報とコントローラからの入力に基づいて決定する。現状では、ステレオカメラと超音波センサの融合までは行っていないため、センサごとによる対応となっている。

また、本支援システムは、盲導犬ロボットを1つのエージェントと見なしているが、エージェントとして移動する実機に対し、ユーザが指示を出すことによって、システム全体が目的地への移動を行う形態を取っている。

本研究で使用するロボットの外観を図2に示す。実機の移動体には、制御が簡単であるという理由から ActivMedia

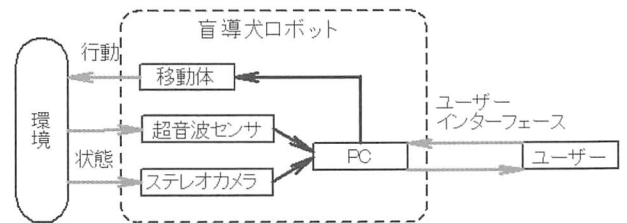


図1. ロボットシステムの構成

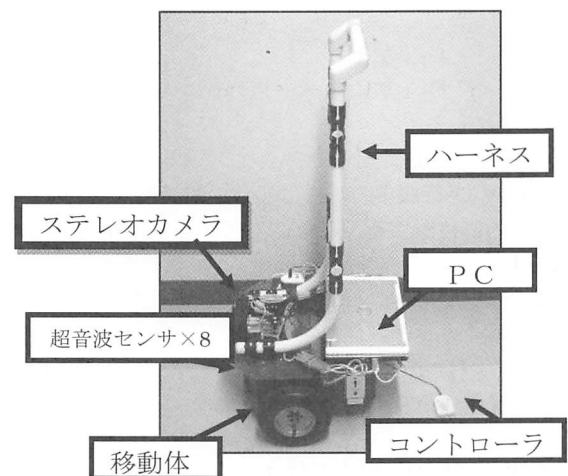


図2. ロボットの外観

社の車輪駆動型ロボット Pioneer2 を選定した。超音波センサは Pioneer2 に搭載している 8 個を用いた。ステレオカメラには、小型化を特徴とする東京エレクトロン株式会社の ScamV2 を採用した。また、ユーザを誘導するために、実機にはハーネスを取り付け、その高さは成人男性（著者）の身長をもとに、床面から 950mm とした。

3. タスクの実行方法

前述の4つのタスクに対し、命令実行を除いては画像処理を基本とした。各タスクの方法を述べる前に、線分検出方法としての Hough 変換について記す^[2]。

Hough 変換ではエッジ画像を対象にする。エッジ画像には無数のエッジ点があり、それら全てを対象に、引ける直線を全て計算する。計算式には(1)式を用い、各点において x, y は固定、直線のパラメータである ρ, θ を段階的に変化させて計算を行う。

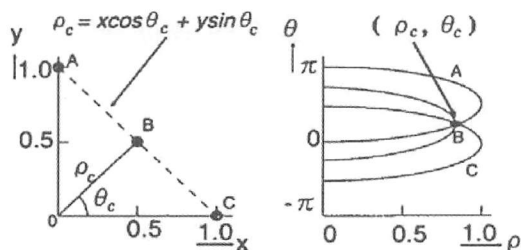


図 3. Hough 変換の概要

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad \dots (1)$$

図 3 に示すように、計算した値を $\rho - \theta$ 空間に写像する。この時、ある点 (ρ_c, θ_c) において度数の高い点が検出される。このパラメータをもつ線分は、図 3 では点線の部分に相当し、多くのエッジ点を通過しており、これを線分として抽出する。

命令実行は、ユーザーにコントローラを操作してもらい、直進、右折、左折、後退、停止の各行動を指示できるようにした。

平行走行については、宇都宮大学の高瀬らにより、左側通路の端を検出し、それとの間隔を一定に保つことで、ロボットの壁沿い走行を実現する方法が提案されている^[2]。しかし、この方法では、通路環境によって左側通路が検出できない場合がある。そこで本研究では、消失点方向への移動により平行走行が実現できることに着目した。それを高瀬らのアルゴリズムに結合し、適用することで平行走行を実現した。

直線検出を行う画像処理の一つである Hough 変換を交差点画像に使用すると、交差点形状をとらえた水平な線が検出できる。本システムにおける T 字路、十字路、行き止まりなどの識別は、この水平な線が通過するエッジ点を画像各部でカウントすることによって行う。さらに、検出精度を向上させるために超音波センサとの融合を検討中である。また、環境伝達には、触覚伝達できる方法を選択することにした。

障害物の検出には、ステレオ画像に基づく三角測量による距離測定を適用した^[3]。距離測定を行う対象はエッジ点であり、一定範囲内の距離をもつエッジ点が多数検出されたら、それを障害物と認識し、それに基づいて回避行動を行うこととした。しかし、これだけでは奥行き情報がわからないため、これについても超音波センサの併用を検討中である。

4. 制御方法

本研究では、環境およびユーザー指示による「状態」とロボットの動作となる「行動」を対応付ける「ルール」型の制御方式を用いた。

実機の「状態」として測定される情報は、①ユーザー指示、②左側通路の角度、③消失点位置、④交差点形状、⑤障害物位置の 5 つとした。①はコントローラの操作が入力となり、②～⑤はステレオ画像の処理と超音波センサの距離情報がそれに当たる。

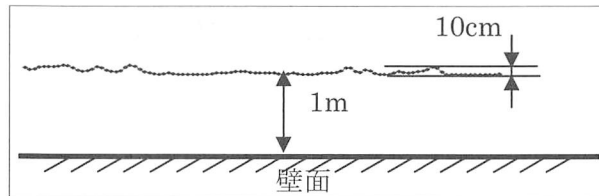


図 4. 平行走行の実験結果

5. システムの評価実験

本研究では、まず屋内における盲導犬ロボットの使用を目標とし、実験環境を校内の廊下と設定した。

以下に、実験結果と実現することができた実機の動作を各タスクと関連づけて示す。

1) 命令実行

ユーザーと実機の情報交換において、誤作動なく動作させることに成功したが、入力と動作の間におよそ 0.2~0.4 秒のラグがあった。高負荷な処理が多いため、PC がそれに対応しきれなかったことが原因として考えられる。

2) 平行走行

平行走行については図 4 のような結果を得た。ロボットの動きには振動（振幅：10cm）が見られたものの、壁に衝突しない走行を達成した。振動が発生した原因は、前項と同様、高負荷な処理にあると思われる。これらの改善案として、将来的には PC のスペックの向上が望まれる。

3) 環境伝達

行き止まりは 100%の確率で見発することができ、交差点については 80%の判別精度を達成した。

4) 障害回避

まず、ステレオ画像による障害物までの距離測定を行った。対象までの距離が 1m 以内の場合は、誤差率 10%以下で計測できたが、2m 以上になると、その精度は著しく低下した。この距離計測精度では、タスクの実現は困難で支障を来す可能性があるため、超音波センサによる回避行動を検討中である。

有用性の検証として、目隠しをしたユーザーに本校の廊下で実機を使用した結果、通路に沿った走行と、曲がり角の検出に成功した。ただし、交差点形状の伝達に誤りが生じ、実際は T 字路のところを十字路と判断したが、今回はその部分を無視した。最終的には、3 回における実験において、いずれも目的地に到達することに成功した。

6. 結 言

本研究では、4 つのタスクを設定し、それぞれについてある程度の結果を出すことができ、校内走行の実験を通じてその有用性が確認された。しかし、現状のシステムでは PC の処理速度や、センサ精度などに問題が発生している。ステレオカメラと超音波センサの融合を含むそれらへの対応が、今後の課題である。

参考文献

- [1] 森英雄：歩行ガイドロボット開発のための研究開発
- [2] 高瀬友和：Hough 変換に基づく移動ロボットの通路走行
- [3] 井口征土、佐藤宏介：三次元画像計測