

## 要 旨

本研究では、移動障害物が存在する環境下で、ガイドロボットが障害物を回避しながら人を目的地まで誘導することを想定し、このロボットの不十分な環境適応能力を補うために、アシストロボットを伴うシステムの構築を試みる。

## 1. 緒 言

現在、視覚障害者をはじめ、何からの原因で歩行支援を必要とする人（以下対象者）が増加しており、対象者を目的地まで安全に案内するための支援が求められている。盲導犬はそれを実現してくれる非常に有効な手段の一つであるが、その訓練のための費用や時間の関係で充足率が非常に低いことや、衛生上の関係で病院には入れないなどの問題がある。また、盲導犬は危険を回避してくれるが、目的地までの道順はあくまで対象者自らが指示を与える必要がある。

これに対し、目的地までの誘導を含む歩行ガイドロボットシステムの研究が進められている<sup>1)</sup>。対象者を誘導する点からはできるだけスムーズなガイドが望ましいが、ガイドロボット単体の場合には、環境認識をはじめその適応能力に限界がある。

そこで本研究では、その制限部分の処理を補うためにシステムにアシストロボットを付加し、ガイドロボットに対する負荷の軽減や適応能力の向上を試みる。

## 2. 問題設定

本研究では、移動障害物が存在する環境で、ガイドロボットに支持された対象者がある地点から決められた目標地点まで誘導することが目的である。このとき、アシストロボットの役割は、対象者をアシストするのではなく、ガイドロボットを補助することである。つまり、ガイドロボットとは独立して行動し、ガイドロボットのための補助的な情報獲得機能として働く。

このアシストロボットを用いて環境情報を取得する利点は、その自由度の高さにある。すなわち、ガイドロボット自身のセンサや固定カメラ等を用いる方法では取得が困難な移動障害物に関する情報などを獲得できる点にある。

本研究の実機実験環境を図1に示す。また、2つのロボットと移動障害物は以下のように定式化される。

## 1) ガイドロボット

$$G_R = \{P_G, v_G, d_G, S_G\} \quad (1)$$

$P_G$ : 位置,  $v_G$ : 速度,  $d_G$ : 方向,  $S_G$ : センサ情報

## 2) アシストロボット

$$A_R = \{P_A, v_A, d_A, S_A, T_A\} \quad (2)$$

$P_A$ : 位置,  $v_A$ : 速度,  $d_A$ : 方向,  $S_A$ : センサ情報,

$T_A$ : 伝達情報 (ガイドロボットに対して)

## 3) 移動障害物

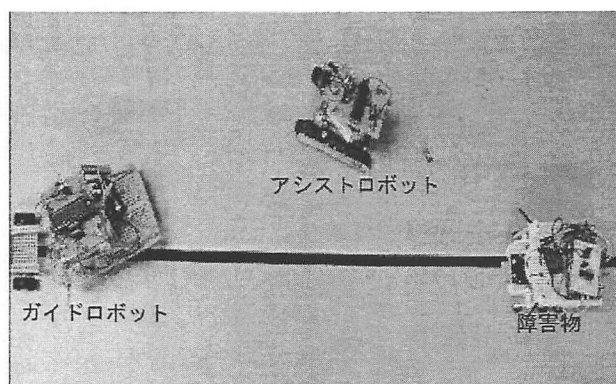


図1 実機実験環境

$$O_{bs} = \{P_O, v_O, d_O\} \quad (3)$$

$P_O$ : 位置,  $v_O$ : 速度,  $d_O$ : 方向

経路決定の評価関数  $E$  を以下のように設定する。

$$E = \alpha_1 E_t + \alpha_2 E_d + \alpha_3 E_a \quad (4)$$

$E_t$ ,  $E_d$ ,  $E_a$  は、目標位置に到達するまでの総時間、送距離、および総方向変化量を、また、 $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  は重み係数をそれぞれ示す。

以上より、目標位置を  $P$  とすると、問題の解は、 $P = P_G^{t_g}$  ( $t_g$  は目標位置に到達した時刻) を満たすまでのガイドロボットの経路を見つけることであり、以下のように定式化される。

$$\text{Find: } \text{PATH} = \{P'_G\} \text{ such as minimizing } E$$

$$\text{Subject to } (P'_G \cap P'_A \cap P'_O) \neq \phi \quad (0 < t < t_g) \quad (5)$$

## 3. 行動選択

ガイドロボットの行動は、自身のセンサ情報とアシストロボットからの情報を統合して決定される。しかし、本研究でのガイドロボットの行動としては、単に時間や距離が最小となる経路を求めればよいのではなく、支持されている対象者にとってできるだけスムーズな動きが要求される。したがって、移動方向の急激な変化を避け、図2のように障害物に対しても滑らかな回避行動が必要となる。また、壁などによってその先の障害物が認識できないような状況に対しても、アシストロボットによる情報伝達が重要となる。これらを満足する行動を決定するためには、学習機能を含む適応的な行動選択方法が望ましいが、ここではアシス

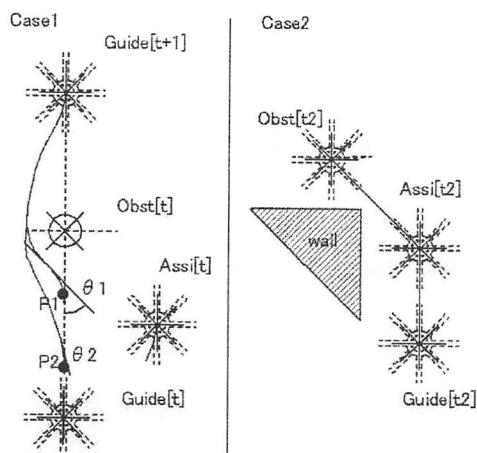


図2 アシストロボットによる障害物の検出

トロボットの有用性を確認することに主眼を置くことから、ルールに基づく行動選択方法を使用する。

#### 4. 実験

本実験では、アシストロボットを用いる場合と用いない場合の2つについて、スタート地点から2m離れた目標地点に到達するまでの間の、ガイドロボットと対象者の接触回数を計測した。実機は以下の通りである。

##### 1) ガイドロボット

対象者の代わりに後部に台車を連結し、アシストロボットと障害物を認識するために、赤外線受信部を8方位に有している。

##### 2) アシストロボット

障害物との方向を認識するための赤外線受信部を8方位に有し、さらにその関係をガイドロボットに送信する赤外線送信部も有している。

##### 3) 障害物

今回の実験では、アシストロボット、ガイドロボットが認識し易いように、自らも情報を発信させた。

実験内容としては、図2にも示すように、Case1はガイドロボットの前から障害物が接近してきた場合、Case2は障害物が本体から認識できない場合である。

Case1では、ガイドロボットは自身のセンサで認識した障害物の位置情報から衝突すると判断したならば逆の方向に回避行動を開始する。また、アシストロボットからの情報を受信した場合も、そのデータから衝突が発生するか否かを判断し、回避行動を行う。ここで、P1がアシストロボットを用いずガイドロボットのみで回避行動を開始した位置であり、P2がアシストロボットを用いたときの開始位置である。衝突回数は、アシストロボットの有無に対してそれぞれ3回と7回であった。

今回の実験では、接触回数の違いは回避行動の開始時間の違いからであると考えられ、それによって $\theta 1$ に対して $\theta 2$ を小さく設定することもできた。

ガイドロボットは台車を誘導しているため、周囲の情報収集しか行うことができない状態となっている。

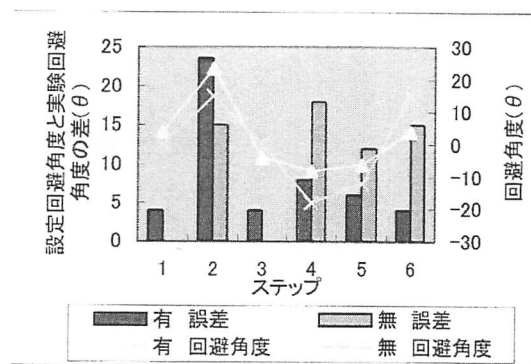


図3 設定回避角度と実験回避角度との比較

そのため、障害物を認識した場合にはその場での回避行動が要求され、障害物との時間的、距離的な関係から回避角度が大きくなってしまう傾向にある。一方、アシストロボットを用いた場合は、障害物についてのガイドロボット自身では取得できない情報も収集することができることから、回避行動を事前に行うことが可能となる。さらに、この場合は回避角度を数回に分け、一回の回避角度を小さくすることが可能であり、そのことによって対象者(台車)への負担が軽減されたと考えられる。

Case2では、ガイドロボットのみの場合、障害物を認識できない状態のまま衝突してしまう。一方、アシストロボットを用いることにより、事前に障害物の認識が可能であることから、衝突を回避できるとともに、ガイドロボットに対する負荷を軽減することができた。

予めルールとして設定した回避角度と実験によって実際に得られた回避角度を比較した結果を図3に示す。この結果より、両者の間には誤差が生じていることがわかる。この原因として、ガイドロボットが支持している対象者(台車)の抵抗などが考えられ、回避方向が逆転するとき大きな誤差になっている。

#### 5. 結言

本研究では簡易的なガイドロボットシステムを構築し、ガイドロボットの補助的情報収集を目的としたアシストロボットを付加することによって、ガイドロボット及び対象者への負荷を軽減し、環境適応能力を向上することが確認できた。

今後の方針として、ガイドロボットの移動については、対象者(台車)の影響が非常に大きいことから、ソフトウェア的な補正だけではなく、ハードウェア的に補正を行う必要がある。また、情報収集については、障害物の認識方法を向上させる必要から、距離や移動方向などについての収集機能も付加する必要がある。

#### 参考文献

- 1) マッチング・ファンド方式による産学連携研究開発事業研究成果報告書、歩行ガイドロボット実用化のための研究開発、平成13