

## 対人安全性を考慮した「盲導ロボット犬」の回避挙動制御

大阪市立大学大学院 学生会員 ○吉川 令  
 大阪市立大学大学院 正会員 内田 敬

## 1. 研究背景・目的

視覚障害者の歩行支援の研究は、古くは館ら<sup>1)</sup>の盲導犬ロボットから今日まで多数ある。しかし広く普及した視覚障害者の歩行支援システムは未だない。

我々は音声による歩行支援ナビ「ことばの地図」<sup>2)</sup>の補助デバイスとして「盲導ロボット犬」を研究し、崎山<sup>3)</sup>によって外形仕様の検討、多田<sup>4)</sup>によって挙動検討のためのUnity仮想空間の構築を行ってきた。「盲導ロボット犬」はセンサで周囲を検知し、障害物を回避しながら目的地まで利用者を誘導する。本研究ではショッピングモールでの利用を前提として、回避アルゴリズムを作成し、仮想空間上で妥当性を検討する。

## 2. 回避アルゴリズムの作成

## 2.1 回避挙動の基本方針

SCIBOTは5つの超音波センサで前方180度を検知して障害物を回避しながら走行する。最終目的地までの経路を分割し、各パートの経路地を当面の目的地とする。回避挙動が満たすべき条件は安全性と快適性の2つであり、最適なバランスを取る必要がある。

回避対象の周辺歩行者には「盲導ロボット犬」を積極的に回避することを期待できる。従って目的地方向に進行することを考え、必要最低限の回避行動を行う。

## 2.2 回避フロー

使用する記号の定義を表1、図1に示す。角度はSCIBOTの左側を始線として扱う。回避挙動は以下に示す5つのSTEPに沿って決定する。

## STEP1) 快適性を考慮した進行方向の決定

直前の進行方向が目的地領域とその隣接領域内に含まれない場合、その場で目的地に旋回する。

## STEP2) 目的地方向と対応した領域の取得

常に目的地方向への進行を考えるため、目的地領域の領域番号を取得する。域番号を取得する。

## STEP3) 進行可能ポテンシャルを考慮した領域選択

「進行可能ポテンシャル」を作成し、進行領域を選択する。

表1 記号の定義

記号	用語	説明
$i$	検知領域番号	5つの検知領域の番号 左から $i = 1, 2, 3, 4, 5$
$i_d$	目的地領域	目的地方向が含まれる領域 目的地領域 $i_d = i_k$ ( $\theta_k < \alpha < \theta_{k+1}$ )
$i^*$	選択領域	アルゴリズムに従い、選択した領域
$\alpha$	目的地方向角	目的地方向の始線からの角度
$\theta_i$	領域境界角	各領域の境界の角度 $\theta_i = 30(k-1)^\circ$ ( $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )
$\theta_{i^*}$	選択領域中心角	選択領域 $i^*$ の中心方向の角度
$\theta_p$	直前の進行方向角	直前の進行方向の角度
$\theta_\alpha$	目的地偏角	直前進行方向角と目的地方向角の差 $\theta_\alpha = \theta_p - \alpha$

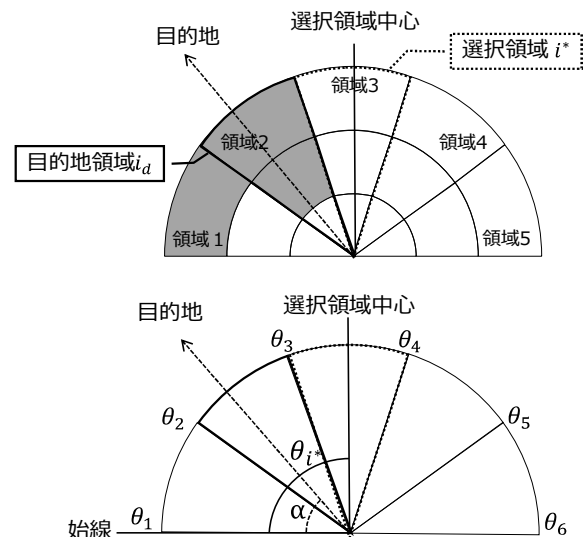
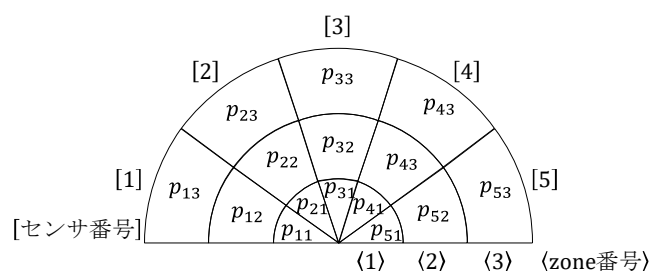


図1 記号の定義

図2 進行可能ポテンシャルの要素 $p_{iz}$ 

## ・進行可能ポテンシャル

進行可能性を数値化したものを進行可能ポテンシャルとし、 $P$ で表す。図2のように5つの領域と3つのゾーンの合計15要素 $p_{iz}$ を用い、各ゾーンの点数を $zp_{1,2,3}$ とする。該当領域の未検知の要

キーワード 歩行支援, 視覚障害者, 回避アルゴリズム

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 TEL: (06) 6605-3099

素点数をzone1から加算する。最も遠いzone3のみ検知した場合、距離が十分あるので進行可能であると判断する。領域選択のフローを図3に示す。

#### STEP4) 進行可能ポテンシャルを考慮した減速度決定

選択領域と隣接領域を考慮した進行可能ポテンシャルの総和 $P_{total}$ を用いる。減速度 $a$ は $P_{total}$ の関数とし、単調減少の線形関数で定義する。

#### STEP5) 操舵角の決定

ステアリングによる回避も行う。目的地方向、または選択領域中心へ旋回する。

### 3. Unity への実装

#### 3.1 実験概要

以上のアルゴリズムを仮想空間である Unity 上の SCIBOT に実装し、想定した挙動を行うか確認した。

#### 3.2 制御パラメータと周辺歩行者

制御パラメータを表2に示す。走行速度は共に2.5km/hとする。周辺歩行者は検知範囲内に SCIBOT が侵入すると停止する。検知範囲は球形で、その半径を決定できる。

#### 3.3 ケーススタディ

表3のパターンでケーススタディを行った(図4)。ケース毎に周辺歩行者の検知半径を設定している。また制御可能なパラメータを調整し、適切なパラメータに対する知見を得る。

#### 3.4 結果

全てのシチュエーションで概ね回避に成功したが、想定した挙動が得られない場合もあった。障害物が遠い場合は小さく減速する挙動を想定していたが、急減速により速度が瞬時に0になることが多かった。原因は2つ考えられる。1つ目は周辺歩行者が挙動の更新間隔に対して短い時間で近づいてくるため、減速が間に合わず停止してしまうことである。2つ目は減速度の最大値が大きすぎることである。減速度の最大値は急な減速が利用者の不快感につながることも考慮して、決める必要がある。

周辺歩行者の現実挙動においては、左右に移動してロボット犬を回避することが想定されるので、それに準じた挙動の改善が必要である。さらに検知範囲の形状を変更することも必要である。

### 4. 結論と今後の課題

周辺歩行者に対する回避アルゴリズムを作成し、Unity 仮想空間で挙動を確認した。今後は回避アルゴリズムの精査、改善と周辺歩行者の挙動を含めた高度な環境構築が課題である。

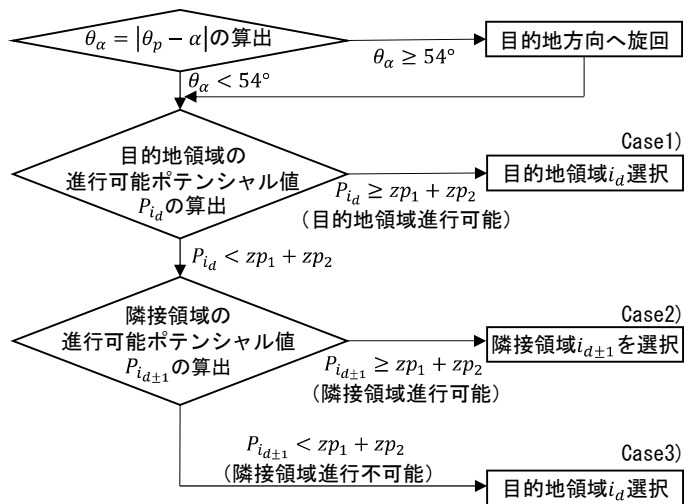


図3 領域選択のフロー

表2 SCIBOT の制御パラメータ

記号	説明	規定値
$pz_1$	ゾーン1の点数	3
$pz_2$	ゾーン2の点数	2
$pz_3$	ゾーン3の点数	1
$zd_1$	ゾーン1の距離	0.5
$zd_2$	ゾーン2の距離	1.0
$zd_3$	ゾーン3の距離	1.5
$n$	加速度 $a$ の最大値	0.7

表3 シチュエーションと想定挙動

	SCIBOT	周辺歩行者	検知半径
① 正面对峙	減速	停止	2.0 m
②-1 すれ違い(遠)	減速	速度維持	0 m
②-2 すれ違い(近)			0 m
③-1 横切り(遠)	減速	速度維持	0 m
③-2 横切り(近)			0 m
④-1 斜横切り(遠)	減速 ステアリング	停止	1.0 m
④-2 斜横切り(近)			1.0 m

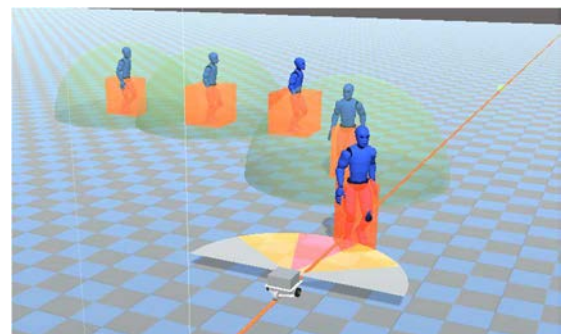


図4 Unity 実験の画面例

#### 参考文献

- 1) 舘障：「盲導犬ロボット」の概念の提唱と工学的実現可能性の実証, Tachi\_Lab, <https://tachilab.org/jp/projects/guide-dog-robot.html>, 2020年4月閲覧。
- 2) 高橋咲衣, 根木和幸, 内田敬：視覚障害者向け音声ARアプリの地物記述ガイドライン, 第33回交通工学研究発表会論文集, pp.509-514, 2013.
- 3) 崎山賢人, 内田敬, 松本浩子：視覚障害者の誘導歩行的ためのシェアリング型「盲導ロボット犬」の仕様検討, 第39回交通工学研究発表会論文集, pp.1-4, 2019.
- 4) 多田寛脩, 内田敬：盲導ロボット犬の回避制御検討のためのUnity仮想空間の構築, 土木計画学研究・講演集, vol.63, pp.1025\_1-4, 2020.