

# 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

多田 寛脩<sup>1</sup>・内田 敬<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生員 大阪市立大学 工学部 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号)

<sup>2</sup>正会員 大阪市立大学大学院 工学研究科 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号)

E-mail: uchida-ur@osaka-cu.ac.jp

「ことばの地図」と連動した「盲導ロボット犬」により視覚障害者が苦手な広場空間での歩行を支援する歩行支援システムの研究が進められている。しかし、挙動検討は十分でなく、現実空間で安全に検討を行うことは困難である。そこで仮想空間に着目し、Unity上の仮想空間を活用して、ショッピングモールのマップモデリング、盲導ロボット犬の回避挙動、回避パラメータを設定することで、盲導ロボット犬の挙動検討が行えるアプリケーション「SCIBOT\_VR」を構築した。そして、仮想空間において回避挙動や回避パラメータの検討を行った。

**Key Words :** visually impaired people, robots, virtual space, Unity, verbal map

## 1. 研究背景・目的

歩行支援システムの一つである「ことばの地図」は音声で視覚情報を補うことにより、視覚障害者の歩行支援を実用化する見通しを得ている。しかし、空間認知が容易な線的空間では音声ナビは機能するが、手掛かりの少ない広場的空間においては十分に機能しないことが問題となっている。また、視覚障害者が周辺情報を得るために使用する白杖も探索範囲が狭く、広場的空間には十分に適さない。そこで導入されたのが歩行補助デバイス「盲導ロボット犬」である。これは広場的空間において周囲の情報を利用者に代わり認識し、利用者の歩行を補助するといったデバイスである。

「盲導ロボット犬」の研究において問題になったのが、障害物回避や飛び出しなどの危険性が高い実験を行い情報を得るといことである。「盲導ロボット犬」の仕様上、利用者が実際に使用して、研究を進めていかなければならず、危険性が高く、実験を行うことが難しい。一方で、自動運転車や自律移動ロボットの研究においては、安全性の高い仮想空間を活用することで、衝突の心配なく、利用者や周辺環境の安全を確保して実験を行っている。

そこで、本研究では、Unityを活用して、安全性を確保できる仮想空間を構築し、回避制御の検討が行えるアプリケーションを作成し、現実空間では実験困難なシチュエーション（障害物回避や飛び出し）の挙動制御に関する実験を行い盲導ロボット犬の回避挙動やセンシング範囲及び位置の検討を行う。

## 2. 研究方法

図1に研究フローを示す。本研究は、仮想空間上で盲導ロボット犬の挙動制御検討が行えるアプリケーション「SCIBOT\_VR」を構築し、アプリケーションを用いて安全に障害物回避などの回避制御検討を行う。

「盲導ロボット犬」はショッピングモールでの使用を前提として研究され、センサで周囲を検知し自律的に回避行動を行いながら利用者を誘導する。そのため、ショッピングモールのマップモデリング、盲導ロボット犬の回避挙動の設定、パラメータの設定を仮想空間上で行い、盲導ロボット犬挙動解析アプリケーション「SCIBOT\_VR」を構築する。そして、SCIBOT\_VRを用いて仮想空間で壁やソファなどの静的障害物に対する回避挙動検討を行う静的環境実験、静的障害物と歩行者などの動的障害物を対象とした動的環境実験を行うことで、盲導ロボット犬の仮想空間上での最適な回避挙動を検討する。

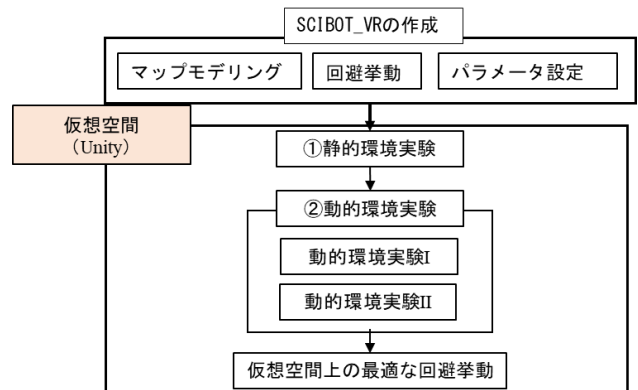


図-1 研究フロー

### 3. SCIBOT\_VRの構築

#### 3.1 ショッピングモールのマップモデリング

吉川ら<sup>2)</sup>によりショッピングモール内の障害物特性は明らかにされており、空間条件として空間形状、存在位置、隣接施設、幅員を、障害物特性として形態、個数、幅、間隔を分類項目としている。これを参考として、ショッピングモール内の特徴的な空間である、L字路、T字路、Y字路、広場空間の4つを本研究のモデリング対象としモデリングを行った(図-2)。

モデリングの条件として、全ての通路部の標準幅員は7mとし、それぞれの道路角度を、L字路の角度45°、T字路は90°、Y字路は60°とした。また、障害物はUnity Asset Storeからソファ、観葉植物のパッケージをインストールして作成した。

#### 3.2 回避挙動の設定

盲導ロボット犬は超音波センサが取得した値から、回避が必要かどうかを判断する。そのため、仮想空間上で再現する際には、超音波センサによって進行方向を定めるようなアルゴリズムを作成する必要がある。また、回避行動を行う際には、一般的に減速行動を伴う。本研究では、図-3に示す4つの回避挙動のパターンの中から②の「減速しつつ回避や停止を行うもの」を対象とする。また、②を更に細分化し、回避挙動A,Bという二つの回避挙動を設定した。

##### 回避挙動A (図-4)

「減速しつつ回避し、回避後、次の障害物が現れるまで直進する」

##### 回避挙動B (図-5)

「減速しつつ回避し、回避後、回避する前の軌道に戻る」

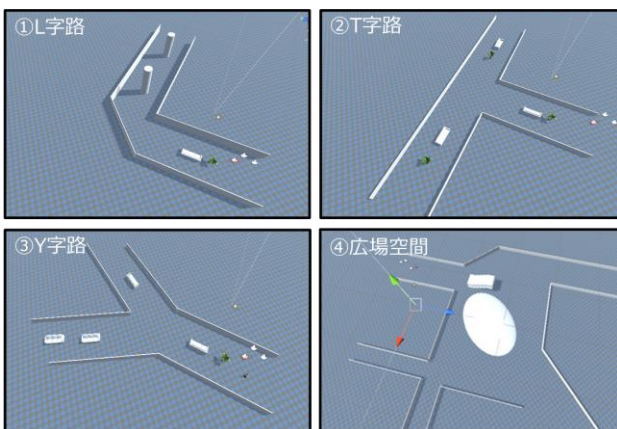


図-2 マップシミュレーション

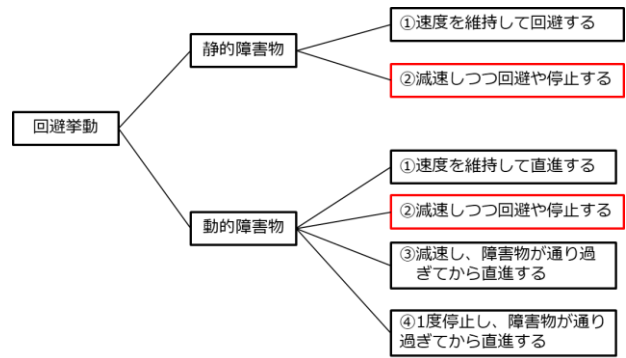


図-3 4つの回避挙動

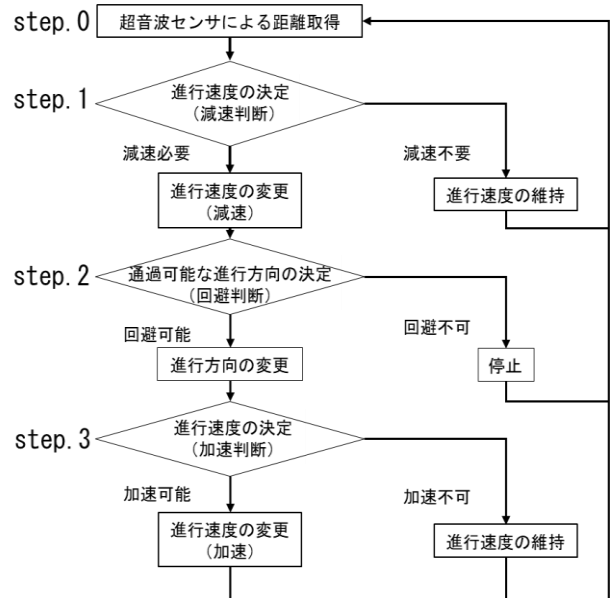


図-4 回避挙動A

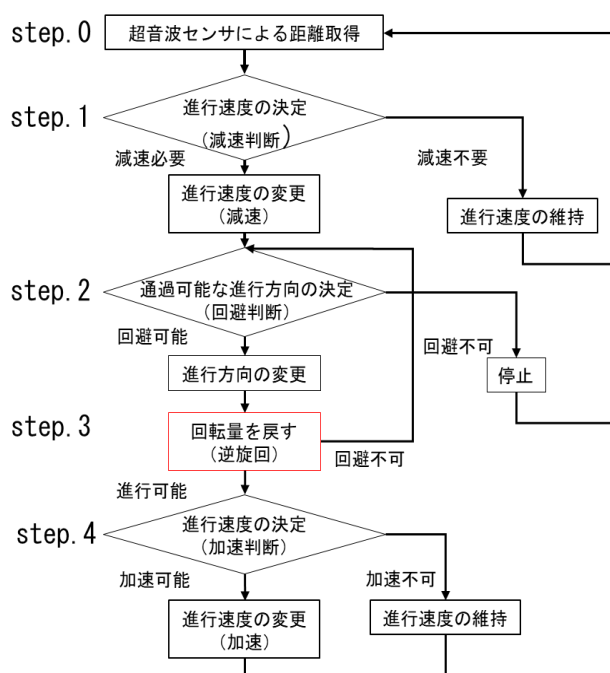


図-5 回避挙動B

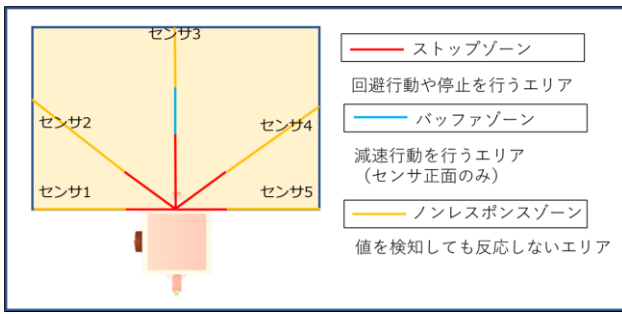


図-6 センシング範囲と挙動閾値

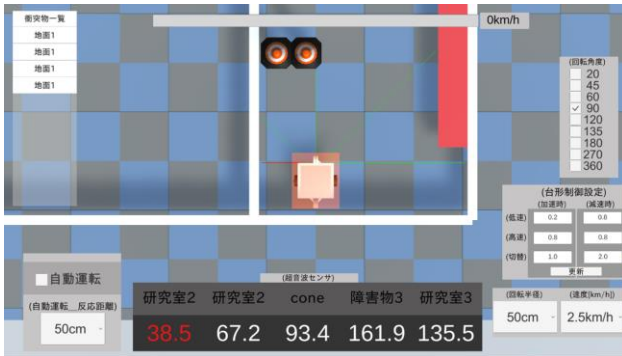


図-7 SCIBOT\_VR

### 3.3 パラメータの設定

本研究では、盲導ロボット犬の回避挙動検討に重点を置く。そのため、回避挙動に関係する「減加速度、移動速度、切替速度、回転半径、障害物測定範囲」などのパラメータを設定し、Unity上のUI（ユーザーインターフェース）を使用して、パラメータ設定を簡単に行えるようにした。また、センシング範囲の形状は線形として図-6に示すようなゾーンごとの閾値を設けることで回避や減速を行う。これらを組み合わせることで盲導ロボット犬挙動解析アプリケーション「SCIBOT\_VR」（図-7）を構築した。

## 4. 仮想空間実験

### 4.1 実験概要

盲導ロボット犬挙動解析アプリケーション「SCIBOT\_VR」を用いて仮想空間上で静的障害物（観葉植物、壁など）や動的障害物（歩行者など）に対する特定・非特定空間での回避制御や安全な回避制御を行うための設定パラメータを静的環境実験、動的環境実験で検討した。

### 4.2 実験内容

作成したマップシチュエーションを用いて、静的障害物（壁、ソファ、柱など）を対象とした「静的環境実

表-1 動的環境実験の実験条件

	動的環境実験 I	動的環境実験 II
歩行者人数	1~4体	10体以上
歩行者速度	2.5km/h	2.5km/h
歩行者方向	1方向	ランダム
対象空間	マップ①②③	マップ④
評価方法	衝突の有無	衝突回数

験」と動的障害物（歩行者）を対象とした「動的環境実験」を行った。動的環境実験には、I、IIの2つがある。

I、IIの歩行者速度は、2.5km/hとして常に一定とする。そして、Iはマップ①②③を使用し、歩行者の進行方向を一定に定めた特定空間でのパラメータ検討を行う。IIでは、マップ④を使用して、歩行者をランダムに生成し、歩行者の進行方向はランダムに定める。そうすることでランダム性のある非特定空間でのパラメータ検討を行う。このとき、切替速度や加減速度は安全性を考慮するものではなく、快適性を考慮するパラメーターであるため、パラメータを変更しない。また、歩行者速度は一般に2.5km/hであるため、盲導ロボット犬においても2.5km/hパラメータを固定した。

静的環境実験では、条件設定を行い、センサ反応の閾値を変更することで、SCIBOTが停止及び、障害物と衝突しないパラメータを設定した。また、歩行者がランダムに現れる動的環境実験IIについては、最初にセンサのパラメータを変更させて回避確率が増加、減少するか調べた。そして、センサ変更の数値を基準として、回転角度、走行速度を変更したものと比較し、回避確率が高いものをパラメータの値として採用した。

### 4.3 評価方法

パラメータの評価方法として、静的環境実験、動的環境実験Iに関しては、盲導ロボット犬と障害物の衝突の有無で判断し、衝突や停止が発生しない時のパラメータを採択する。また、動的環境実験IIに関しては、衝突の回数で判断する。障害物を回避できた回数を100回の試行回数で除したものを回避確率として定め、回避確率が一番高い時のパラメータを採択する。

### 4.4 実験結果

回避挙動Aにおける静的環境実験の結果を表-1に示す。回避パラメータを表-1のように設定したときに衝突や停止が発生しなかった。また、※のところは値を変更しても結果は変わらず、仮に値を設定している。一方でセンサ範囲を大きくしてしまうとSCIBOTが回避可能な進

表-2 静的環境実験の実験結果 (回避挙動 A)

シチュエーション	切替速度 [km/h]	加減速度 [m/s <sup>2</sup> ]		バッファゾーン BZ [cm]	ストップゾーンSZ [cm]					走行速度 [km/h]	
		低速時	高速時		センサ1	センサ2	センサ3	センサ4	センサ5	通常時	減速時
①	0.3	0.1	0.8	BZ<400※	50-150	150-300	150-300	150-300	50-150	2.5	1.5※
②	0.3	0.1	0.8	BZ<400※	50-100	150-300	150-300	150-300	50-100	2.5	1.5※
③	0.3	0.1	0.8	BZ<400※	50-100	150-300	150-300	150-300	50-100	2.5	1.5※
④	0.3	0.1	0.8	BZ<400※	100-150	150-300	150-300	150-300	100-150	2.5	1.5※

※ 値を変更しても結果は変わらない

行方向を探せず、停止してしまうことが発生した。

また、回避挙動 B は壁などの距離が長い障害物に対して、SCIBOT が振動してしまった。これは、「回転量を戻す」という動作において、進行可能になり、回転量を戻すが、戻した際に進行不可となり、障害物を回避、回転量を戻す作業が繰り返し発生してしまい、SCIBOT を左右に旋回させ、振動を引き起こしてしまった。そのため、回避挙動 A の結果だけを示している。

動的環境実験において、歩行者が前方から移動してくるような場合に、回避挙動 A、B どちらにおいても回避することができなかった。現在のシステムでは、歩行者の方向、位置によって大きく実験結果が異なってしまう。さらに、Unity で再現した超音波センサのセンシング範囲の形状は線形であるために、小さな障害物を検知することができない、センシング範囲の死角が生まれてしまうことが回避できない要因の1つである。

動的環境実験 II においては、センサ 1、5 と 2、3、4 の間隔が 50cm の時に回避確率が高くなった。一方で、センサ間隔が広くなれば衝突回数が増え、回避確率が下がった。また、ストップゾーンの設定を一定とし、減速時速度や回転角度のパラメータ設定を変更することで衝突回数が増加するかを調べた (表-2)。減速時速度や回転角度を表-2 のように設定すると、衝突回数が増加した。従って、本研究の回避挙動アルゴリズムの衝突回数を減少させるためには、減速度、回転角度以外のパラメータ (センシング範囲の形状や回転速度) を変更すればよい。

表-3 動的環境実験 II の実験結果 (回避挙動 A)

設定パラメータ	合計試行回数	合計衝突回数	衝突増加率
基準	1200	714	1.00
減速時速度2km/h	1200	750	1.05
減速時速度1km/h	1200	755	1.06
回転角度25cm	1200	781	1.09
回転角度75cm	1200	773	1.08
回転角度100cm	1200	751	1.05

## 5. おわりに

本研究では、盲導ロボット犬挙動解析アプリケーション「SCIBOT\_VR」を構築し、SCIBOT\_VRを用いて仮想空間上におけるショッピングモールの4つの空間における回避制御の設定パラメータの検討を行った。

今後は、動的障害物の回避挙動アルゴリズムの変更や超音波センサのセンシング範囲の形状を、扇形や円錐形などにして死角をなくし、動的障害物を回避可能にすること。更に安全なパラメータを設定して現実空間での実験を行い、安全性だけでなく、利用者の快適性を検討することが課題である。

参考文献

- 1) 吉川令, 内田敬, 松本浩子: 対人安全性と利用者快適性を考慮した「盲導ロボット犬」の挙動制御, 交通工学研究発表会, 6pp, 2020.

# Construction of Unity Virtual Space for Exploring Guide Dog Robot's Avoidance Behaviors

Hironobu TADA and Takashi UCHIDA

We have been studying a walking support system to help visually impaired people walk in a square space using a "guide robot dog" linked to a "verbal map". However, the behavior of the system has not been studied sufficiently, and it is difficult to study the system safely in real space. Therefore, we focused on the virtual space and built an application "SCIBOT\_VR" for examining the behavior of a guide robot dog by using the virtual space on Unity to map-model a shopping mall as well as to set the avoidance behavior and avoidance parameters of the guide robot dog. Avoidance behavior and parameters were studied using the application. Then, we clarified the optimal behavior in the virtual space.