

第IV部門

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

大阪市立大学工学部

学生員

多田寛脩

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員

内田 敬

1. 研究背景・目的

「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が支援されている。しかし、現実空間での挙動検討は危険性が高く安全に行うことが困難で挙動検討は十分でない。そんな中、自動運転車や自律移動ロボットは仮想空間で研究を行うことで安全性を確保している。

本研究では、Unityにおける仮想空間を活用し、盲導ロボット犬の挙動検討アプリケーションを作成して、現実空間では実験困難なシチュエーション（障害物回避など）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の検討を行うことを目的とする。

2. 研究内容

「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、パラメータ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」を構築した。そして、SCIBOT_VRを用いて仮想空間上における回避挙動の設定パラメータを明らかにした。

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いる。そこでショッピングモール内の特徴的な空間の4つ(図-2)を本研究のモデリング対象としモデリングを行った。

3.2 回避挙動の設定

本研究では、2つの回避挙動を設定した。

回避挙動A

「減速しつつ回避し、回避後、障害物が現れるまで直進する」これは図-3の「回転量を戻す」動作を行わないものである。

回避挙動B (図-3)

「減速しつつ回避し、回避する前の軌道に戻る」

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パラメータを設定し、センシング範囲の形状は線形として「SCIBOT_VR」を構築した。

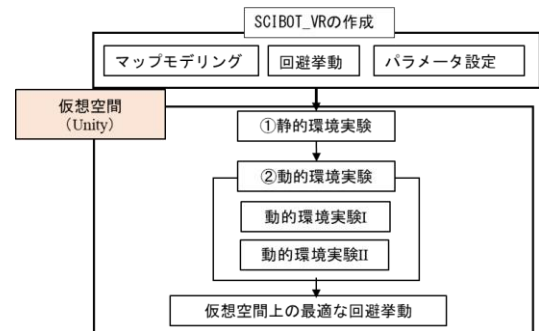


図-1 研究フロー

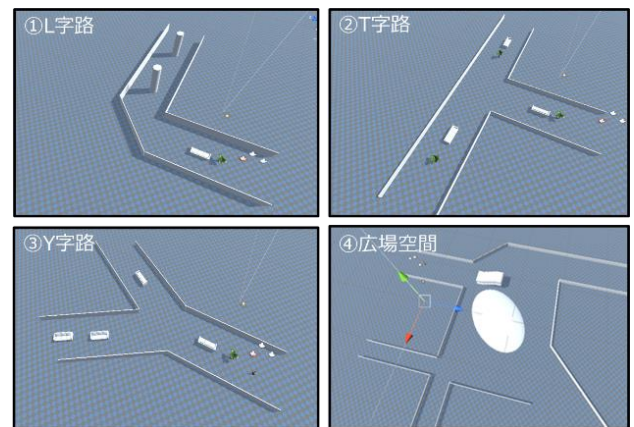


図-2 作成したマップ

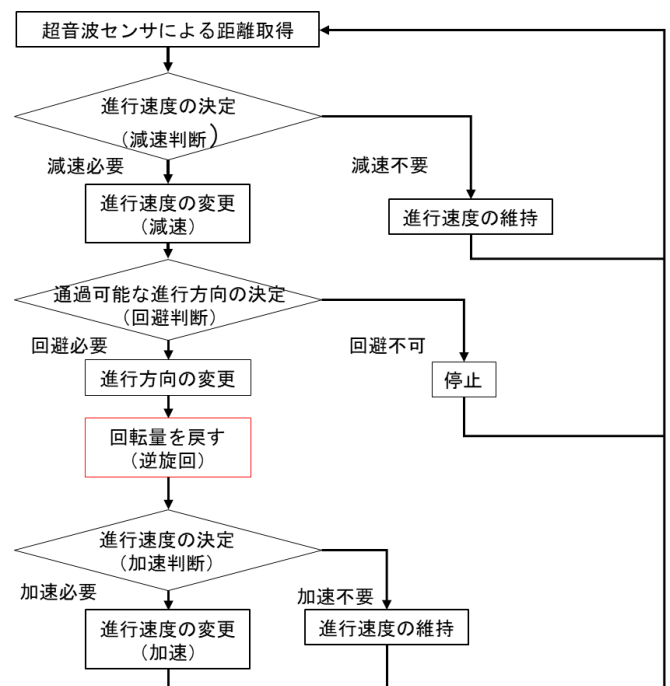


図-3 回避挙動Bのアルゴリズム

Hironobu TADA and Takashi UCHIDA

uchida-ur@osaka-cu.ac.jp

表-1 静的環境実験結果（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 ²]		バッファゾーン BZ[cm]	ストップゾーンSZ[cm]					ノンレスポンスゾーン NRZ[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
L字路	0.3	0.1	0.8	400※	50-150	150-300	150-300	150-300	50-150	400<NRZ>※	2.5	1.5※
T字路	0.3	0.1	0.8	400※	50-100	150-300	150-300	150-300	50-100	400<NRZ>※	2.5	1.5※
Y字路	0.3	0.1	0.8	400※	50-100	150-300	150-300	150-300	50-100	400<NRZ>※	2.5	1.5※
広場	0.3	0.1	0.8	400※	100-150	150-300	150-300	150-300	100-150	400<NRZ>※	2.5	1.5※

表-2 動的環境実験Ⅱ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	基準衝突回数	衝突増加率
基準	1200	714	714	1.00
減速時速度 2km/h	1200	750	714	1.05
減速時速度 1km/h	1200	755	714	1.06
回転角度25cm	1200	781	714	1.09
回転角度75cm	1200	773	714	1.08
回転角度100cm	1200	751	714	1.05

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、動的環境実験を行うことによって明らかにした。

4.2 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、衝突の無かった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。具体的には、100 回中 1 番衝突が少なかった時のパラメータを採択する。

4.3 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「静的環境実験」と動的障害物（歩行者）を対象とした「動的環境実験」、では条件設定を行ったマップを使用し、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。

4.4 実験結果

静的環境実験においては、回避挙動 A、B どちらも同じようなパラメータの設定(表-1)をすればよいとの結果になり、どちらの回避挙動パラメータを変更しても衝突はあまり見られなかった。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」という動作が、SCIBOT を左右に旋回させ、振動を引き起こしてしまった原因である。そのため、回避挙動 A の結果を示している。そして、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、死角が生まれてしまうことも回避ができない要因の 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多くなり、回避確率が下がった。そして、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。

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を明らかにした。

今後は、動的障害物の回避挙動アルゴリズム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うことが課題である。

参考文献

- 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, 第40回交通工学研究発表会論文集, pp.33-38, 2020.