

視覚障害者のための白杖型歩行支援デバイスの開発

篠原 克麻 中内 明男 森 雄一郎

Katsuma Shinohara Akio Nakauti Yuichiro Mori

高知大学 応用理学科 情報科学コース

1. はじめに

現在、日本に視覚障害者は約 31 万人いる^[1]。その半数以上が頻繁に外出している^[2]。しかし、視覚障害者にとって外出は歩行者、自転車、自動車、溝、小さな段差などが認識できず、常に危険と隣り合わせである。そこで、視覚障害者が外出の際に用いる手段として、移動介護、盲導犬、白杖がある。移動介護従事者の同伴は視覚障害者にとって最も安全な外出方法であるが、資格が必要で、利用の際には一般的には料金が発生する。さらに、外出したい時にいつでも必ず移動介護を頼めるわけではない。盲導犬も有用であるが、現在、盲導犬として活動しているのは全国で約 1,000 頭であり、盲導犬を希望しているのは約 7,800 人と需要に対して供給が追い付かない。盲導犬を入手しても維持にはある程度のコストがかかる。白杖は最も手軽な道具であり、前方の危険の察知などの安全確保が行えるが、白杖の範囲外の状況が分からないなど安全性に疑問が残る。

そこで、利便性に優れ、入手が容易な白杖に注目し、白杖に電子機器を装着し、視覚障害者がより安全に歩行できるよう支援する白杖型歩行支援デバイスの開発を行う。

2. 研究目的

本研究の目的は上記でも述べたように、視覚障害者がより安全な歩行を可能にすることである。そのために白杖に取り付ける機器の選定、デバイスの製作、プログラムの製作を行い、白杖の範囲外の障害物を早期発見し、ユーザへ通知を行う機能を実装する。なお、本研究は実験段階のため、データの処理は PC で行う。

3. 白杖型歩行支援デバイスに付加する機能

視覚障害者の歩行を支援するための機能として 4 つの機能を付加する(表 1)。この 4 つの機能を軸に必要な機器の選定を行った。

表 1. 白杖型歩行支援デバイスに付加する機能

機能	役割
障害物検知	システムが障害物を認識する
障害物検知の領域操作	利用者が知りたい方向を入力し、それに応じてシステムがきめられた区画を探索する
利用者への通知	障害物があることを利用者へ知らせる
直進支援	通路をまっすぐ歩けるよう支援する

4. 機器の選定

4.1. 障害物の検出

初めに、システムが白杖の範囲外の障害物を認識するための機器が必要である。候補として RGB カメラ、レーザレンジファインダ、深度センサが挙げられる。RGB カメラを用いて物体との距離を測る場合、2 台のカメラを用いて複雑な画像処理を必要とする必要がある。レーザレンジファインダは対人環境を想定した白杖型歩行支援デバイスにおいてはレーザによる失明の危険があるため導入できない。深度センサは赤外線を利用しており安全であり、物体との距離をピクセル単位で割り出すことが出来るため、こちらを用いる。

深度センサの代表的なものとして Kinect, Depth Sense, Xtion PRO LIVE があり、それぞれに計測距離などの違いがある(表 2)。

表 2. 深度センサ比較表

	Kinect	DepthSense	Xtion PRO LIVE
RGBカメラ	○	○	○
USBからの電源供給	不可能	可能	可能
深度情報の取得距離	0.85m~4m	1.5m~4.5m	0.5m~10m
対応ライブラリ	Kinect SDK OpenNI(非公式)	liu SDK	OpenNI

白杖型歩行支援デバイスは持ち歩くこと前提とし、また、白杖の届く範囲が体から 0.5m となっているため、0.5m からの深度情報を得られることが必要となるため、Xtion PRO LIVE を使用する(図 1)。



図 1. Xtion PRO LIVE

4.2. 利用者へのフィードバック

システムが認識した障害物をユーザへ知らせる方法として、音声と振動モータによる通知に注目した。歩行中リアルタイムで通知する必要があるため、音声だと通知が断片的になってしまい、リアルタイムでの通知が難しい。振動モータは障害物があれば「振動」、なければ「停止」と単調であるため、リアルタイムの通知に向いているため、フィードバックの機器は振動モータを使用する(図 2)。



図 2. 振動モータ

4.3. 入力装置

白杖型歩行支援デバイスは利用者に情報を与えるだけでなく、利用者の知りたい情報を入力することができる機能を実装するため、その入力装置が必要になる。今回は白杖に取り付けることができ、扱いが容易なボタンを使用する(図 3)。



図 3. ボタン

4.4. 位置情報の取得

通路を直進できるよう支援するため、利用者が進行方向に対してまっすぐ進んでいるのかを、壁との距離を利用し判断する。そこで、利用者と壁の距離を計測するための機器として深度センサ、もしくは超音波センサを利用する。深度センサは視野が広く、今回の用途ではそこまでの視野は必要としていない。超音波センサは、壁との距離を正確に測ることができ、価格も安価であるため、超音波センサを使用する(図 4)。

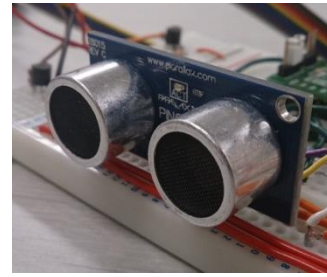


図 4. 超音波センサ

4.5. マイコン

ここまで挙げてきたボタン、振動モータ、超音波センサは、単体では PC にデータを送ることはできない。そのためこれらを制御するマイコンが必要である。候補として H8 と PIC がある。H8 は高価であるがその分メモリの容量が大きく、プログラムによる処理手順の多いものに向いている。しかし、今回はプログラム量はそれほど多くないため、低コストである PIC を使用する。PIC の中でもモジュール化され、USB 接続が可能である PIC18F4550 を使用する(図 5)。



図 5. PIC18F4550

5. 白杖型歩行支援デバイスの全体像

5.1. データの流れ

データの流れとして、超音波センサ、ボタンのデータが PIC に送られ、PIC で A/D 変換した後 PC へ送信される。PIC から送られてくる情報と Xtion から PC へ送られる深度情報をもとに、処理を決定し、PIC へ制御信号を送る。PIC は送られてきた制御信号をもとに振動モータの制御を行う(図 6)。

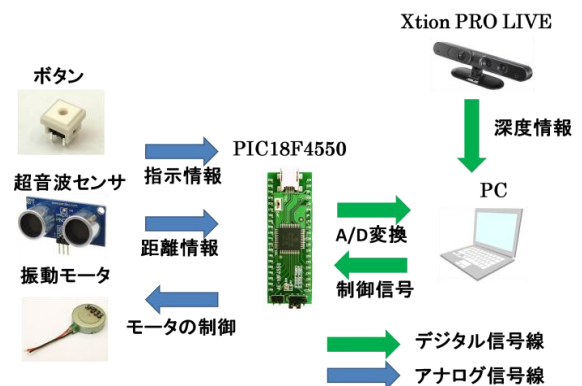


図 6. 各機器間のデータの流れ

5.2. 機器の全体像

選定した機器を実際に白杖と組み合わせて白杖型歩行支援デバイスとして完成させた(図 7).



図 7. 白杖型歩行支援デバイス

処理部である PC は背負子を背負いその上に置く. Xtion は腰に巻き, 振動モータは両手首の内側に装着する. PIC・超音波センサは進行方向に対して左に向くように背負子に設置する(図 8).



図 8. 白杖型歩行支援デバイスの装着図

6. ソフトウェア開発

6.1. 障害物検知

歩行支援の第一段階として, システムが障害物を認識する必要がある. そこで, Xtion から送られてくる深度情報をもとに 3 つの条件を満たすものを障害物として定義する.

- (1) 0.5m~2m 以内のもの
- (2) 一定以上の大きさがあるもの
- (3) 壁もしくは床でないもの

(1)は, Xtion から送られてくる情報でそのまま場合分けを行う. (2)は, Xtion が捉える対象領域を 3 等分して(図 9)各区画に(1)の条件を満たすドットが一定数存在した場合, 障害物として認識する.



図 9. 3 等分した区画

また, ある物体が一部分でも 2m 以内にあればその物体全体を障害物として認識するよう処理を追加した(図 10).

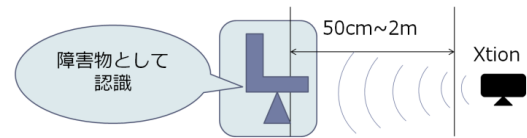


図 10. 障害物検知の例

最後に(3)の壁と床を障害物から除外する処理を行う. 壁と床には手前から徐々に距離が延びていくという特性を利用して判別を行う.

(1)から(3)までの定義に基づいて, 障害物を緑, 2m 以内には入っていないが物体の一部が 2m に入っている部分を黄色, 壁と床を青に着色した(図 11).

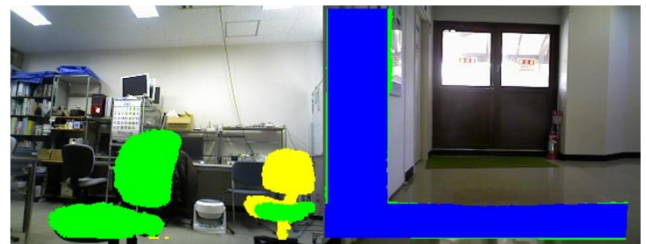


図 11. 障害物検知の例

システムが障害物を認識できるようになったところで, 利用者への通知を考える. 通知は振動モータに寄って行い, 先ほど 3 等分した Xtion が捉える対象領域のどの部分に障害物が存在するかで, 振動させるモータを決定する(表 3). また, 障害物の距離に応じて, モータの振動の強さを変更する(表 4).

表 3. 障害物の位置と振動させるモータ

障害物の位置	振動させるモータ
中央+左, 左	左手
中央+右, 右	右手
中央, 左+右, 左+中央+右	両手

表 4. 距離による振動の強さ

距離	0.5m~1m	1m~1.5m	1.5m~2m
強さ	強	中	弱

6.2. 障害物検知の領域操作

6.1 で行った処理によりシステムが障害物を認識できるようになった。しかし、目の見える人がある物体を注視する場合それほど広い視野を必要としない。さらに、振動モータだけでは、ある程度障害物までの距離を把握できても詳細まではわからない。そこで、振動モータの情報をもとに利用者自身が知りたい方向を自分で指示し、より詳細なフィードバックを得ることが出来る機能を追加する。

まず、利用者が知りたい方向を指示するため、4.3 で述べたボタン(図 12)に探索する領域を割り当てる(表 5)。

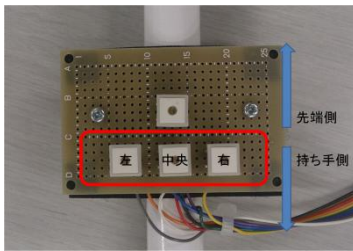


図 12. 使用するボタン

表 5. 各ボタンの探索領域

ボタン	探索する領域
左側	中央+左側
中央	左側+中央+右側
右側	中央+右側

ボタンが押されると、割りあてられた領域の探索を開始し、スイッチを離したタイミングで通知が行われる。通知方法は音声通知を採用し、障害物までの歩数を通知する。後の評価実験で詳細を述べるが、評価実験を行った際、壁と障害物を区別して通知してほしいという意見があったため、それぞれで通知音を分けてある(表 6)。

表 6. 音声一覧

障害物(壁)までの距離	通知音声
50cm~60cm	白杖の範囲付近に障害物(壁)があります
60cm~90cm	一歩先, 障害物(壁)があります
90cm~1m20cm	二歩先, 障害物(壁)があります
1m20cm~1m50cm	三歩先, 障害物(壁)があります
1m50cm~1m80cm	四歩先, 障害物(壁)があります
1m80cm~	五歩先, 障害物(壁)があります
障害物なし・壁なし	障害物はありません
障害物なし・壁あり	左右に壁があります

6.3. 直進支援

直進支援機能とは、4.4 で述べた超音波センサを用いて通路の側面との距離情報をもとに、ユーザの位置を把握し、距離情報の変化によって、ユーザが直進できているかを判定し、音声で通知を行う(図 13)。

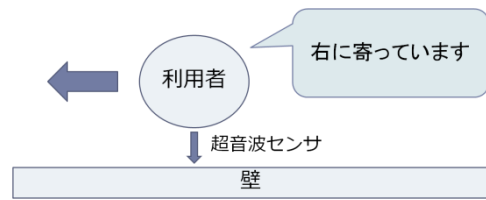


図 13. 直進支援のイメージ図

直進支援は、図 12 の先端側にあるボタンの押すことにより開始する。ボタンを押した時点での壁との距離を初期値として記憶しておき、現在の距離と比較を行い、その差によって、右もしくは左にずれていると判断し、一定時間ごとに音声通知を行う。(表 7)

表 7. 直進支援の音声一覧

条件	通知音声
直進支援が出来る時	直進支援モードに移行します
直進支援が出来ない時	壁がありません, 直進を支援できません
左に寄っている時	左に寄っています
右に寄っている時	右に寄っています
直進できている時	直進できています
終了時	直進支援モードを終了します

7. 評価実験

開発した白杖型歩行支援デバイスの有効性を確認するため、情報科学コースに在籍する学生 10 名を対象に、評価実験を行った。評価の項目として、振動モータや白杖に取り付けたボタンの使用感、通知のわかりやすさや多さ、白杖型歩行支援デバイスが安全な歩行を支援出来ているかを確認する。これらを検証するため、3つの実験項目を用意した。

まず1つ目は、通路にランダムに障害物が配置されたコース(図 14)を、白杖のみの歩行と、白杖型歩行支援デバイスの振動モータ通知機能のみを用いた歩行の比較を行う。なお、一度歩行を行うごとに障害物はランダムに配置しなおす。この実験によって、振動モータの通知が白杖のみの歩行と比較してどれだけ安全な歩行を実現できているかを確認する。

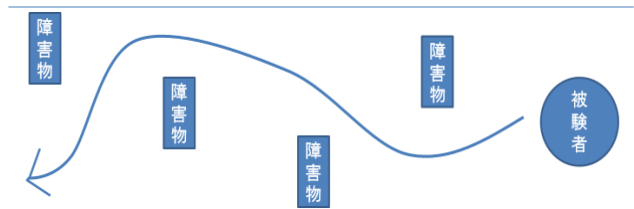


図 14. 実験コース 1

2つ目の実験項目として、実験項目 1 と同じ要領で作成したコースを白杖型歩行支援デバイスの振動モータの通知機能と音声通知機能を用いて歩行を行う。この実験では、項目 1 での振動モータの通知機能のみを用いた歩行と比較し、どれだけ安全な歩行が実現

できたかを確認する。

3つ目の実験項目は、障害物のない通路を白杖のみの歩行と、直進支援機能を用いての歩行を行う。この実験では、白杖のみの歩行と直進支援機能を用いた歩行を比較し、直進支援の有効性を確認する。

3つの実験を終えた後、被験者に白杖型歩行支援デバイスについてのアンケートに答えてもらった(表8)。

表 8. アンケート結果

アンケート集計		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均値
1	実験項目1: 白杖のみの歩行と比べて、振動モータを用いての歩行は安全に行えたか	5	4	5	4	4	2	4	4	4	3	3.9
2	実験項目2: 振動モータの歩行と比べて、音声通知を用いての歩行は安全に行えたか	4	5	4	3	2	4	4	3	4	4	3.7
3	実験項目3: 白杖のみの歩行と比べて、直進支援を用いての歩行は安全に行えたか	5	5	1	5	5	4	4	4	5	5	4.3
4	ボタンの役割は把握しやすかったか	5	5	2	3	4	2	5	5	5	5	4.1
5	モータの3パターン(強・中・弱)の違いはわかったか	5	4	4	4	3	5	5	5	5	4	4.4
6	音声は聞き取りやすかったか(大きさ・スピードなど)	5	5	3	5	4	5	5	4	5	5	4.6
7	障害物の通知は2m以内となっていたが、適切だったか	4	4	5	5	2	5	4	4	5	5	4.3
8	歩行支援デバイスの情報量(モータ・音声)は適切だったか(3が適切)	3	4	3	3	4	3	3	5	2	4	3.4

アンケートの結果から、全体的に平均値が高く安全な歩行を支援することが出来ていると考えられる。しかし、質問2が平均値3.7と低くなっており、原因として、モータと音声と同時に機能すること、音声通知の際、障害物の種類を分けておらず壁なのか障害物なのかが分からないといった声が挙がり、当初の想定より正確に障害物の種類や距離を伝えられていなかったことが挙げられる。

この結果に対して、利用者への通知の改良を行った。改良点として、音声通知を行っている時は振動モータを OFF にする、障害物と壁を認識して、音声にて通知する、の2点を加えた。同研究室の7名を対象に再度、実験項目2の実験を行いアンケートに答えてもらった(表9)。結果は平均4.6と1回目より大幅に平均値が上がった。これは、1回目より、無駄な情報提供を避け、必要な情報を通知することが出来たためであると考えられる。

評価実験の結果から、利用者が必要としている情報をいかにわかりやすく簡潔に通知できるかが重要であることが分かった。また、白杖型歩行支援デバイスの問題点として、歩幅や歩行スピードなどの個人差による通知のずれ、壁や床、障害物の誤認識が確認された。今後の課題として、個人差の考慮、障害物の定義の再考が挙げられる。

8. おわりに

本稿では、白杖型歩行支援デバイスの開発について、機器の選定、デバイスの製作、ソフトウェア開発について述べた。白杖型歩行支援デバイスを用いた評

価実験を行った結果、一定の成果が得られた。しかし、音声通知が、当初の想定より、情報量が多い割に正確に障害物の種類や距離が伝えられていなかった。そこで音声通知の改良を行い、再度評価実験を行った結果、1回目の評価実験より良い結果となった。

今後の課題として、障害物検知の精度の向上、個人差の考慮、音声通知の再検討、ドアや階段などの目標物の発見・誘導などの新機能の追加が挙げられる。

参考文献

- [1] 厚生労働省社会・援護局 障害保健福祉部, 「平成 18 年度身体障害児・者実態調査結果」, 厚生労働省, 2008.
- [2] 東山 篤規, 「視覚障害者が不自由に感じるものについて(アンケート)報告」, 立命館大学文学部, 2002.