

# 視覚障害者向け単独歩行支援システムの開発

清水信作 原拓海 森信一郎

**概要:** 現在、視覚障害者の単独での歩行は危険が伴う。それは情報取得を行う手段が限られているため、十分な認知をするのに時間を要してしまうためである。視覚障害者に対する歩行支援の既存のシステムである点字ブロックや盲導犬は場所や数に限りがあり十分な解決には至っていない。また、併歩を行うロボットの開発も行われているが歩行者を考慮しないため引きずられる形になってしまうなどの問題がある。これらのことから補助システムには介助犬のように、利用者と環境双方を見て、利用者の主体的行動に沿った制御が求められると考えた。そこで歩行者の環境情報をクラウド上にあげることでの利用者周辺の環境情報の入手、その情報を元にオペレータが視覚障害者を遠隔から指示する手法の検討、オペレータに提示する情報の抽出を行う。

**キーワード:** 視覚障害者、遠隔操作、映像転送、音誘導

## Development of a single walking support system for the visually impaired

SHINSAKU SHIMIZU<sup>†1</sup> TAKUMI HARA<sup>†2</sup> SHINICHIRO MORI<sup>†3</sup>

**Abstract:** Currently, walking alone for the visually impaired is dangerous. This is because the means for acquiring information is limited, and it takes time to fully recognize it. Braille blocks and guide dogs, which are existing systems for walking support for the visually impaired, are limited in location and number and have not been fully resolved. In addition, although robots that walk side by side are being developed, there is a problem that they are dragged because they do not consider pedestrians. From these facts, it was thought that the auxiliary system should be controlled according to the user's independent behavior by looking at both the user and the environment like a service dog. Therefore, we will obtain environmental information around the user by uploading the environmental information of pedestrians on the cloud, examine a method for the operator to remotely instruct the visually impaired based on that information, and extract the information to be presented to the operator. conduct.

**Keywords:** Visually impaired, Remote control, Video transfer, Sound guidance

### 1. 背景

18歳以上の視覚障害者は全国に31万人いるとされている。さらに、その大半が社会的自立ができていないとされている。視覚障害者が社会的自立をするためには、安全な歩行ができることが大前提である。現在、視覚障害者の単独での歩行は危険が伴う。通常、人が周囲の環境を認識するためには、視覚を用いて確認するが、視覚障害者にはその手段が使うことができないため、白杖を用いて周辺を叩いて障害物を認知したり、壁をつたって歩行したり、周辺の音を聴きながら、自動車や自転車の位置を認知している。白杖では、白杖の届く範囲でしか、自分の周囲を確認できないため、障害物や人にぶつかってしまうなどの問題が考えられる。聴覚で判断することにおいても、常に移動をする物体に対して、正確な位置を確認することは困難であるため、多くの危険が伴う。それらの歩行者支援のために複数の制度があり、それが視覚障害者誘導用ブロック(以下、点字ブロックという。)や盲導犬などである。平成18年に「高齢者、障害者等の移動等の促進化に関する法律」(以下、バリアフリー法という。)が制定されている。こ

の法律は、市町村主導のもと、駅や旅客施設のバリアフリー化を促進するために制定された。このバリアフリー法により、駅周辺などの人通りが多い場所には点字ブロックなどが整備されており、点字ブロックの普及率は約75%ほどになっている。しかし、交通の多い場所の整備を目的としているため、駅構内の普及率であり、それ以外の地域には整備が行き届いていないため、視覚障害者にとって危険が伴う問題がある。また、施設内や大学構内にも現在点字ブロックの設置がされ始めているが、まだまだ普及しているとは言えないのが現状である。

盲導犬は視覚障害者に対して供給するまでに約1年ほどの時間がかかり、一人一人に合った盲導犬を準備しなければならないことを考えると、十分な頭数がない問題もあるため、全ての視覚障害者に対して供給することが難しいという問題がある。

このように視覚障害者の単独での歩行補助としての現状のサービスでは対処できない状況がある。この問題に対して、併歩を行うロボットの開発も行われている。しかし、障害者の動きを考慮しないため引きずられる形になってしまう問題がある。視覚障害者は、自身が引き摺られる形で

<sup>†1</sup> 千葉工業大学  
Chiba Institute of Technology

歩行するときに恐怖感を感じてしまうため、自身で歩行することが求められ、それらを補助するようなシステムでなければならない。盲導犬が歩行者に安心感を与えるのは、歩行者を引き摺るのではなく、視覚障害者の歩行に対して、少し前を歩くことで歩行の調整を行っているからである。

これらのことから補助システムには盲導犬のように、利用者と環境双方を見て、利用者の主体的行動に沿った制御が求められる。

本論文では歩行者の環境情報をクラウド上にあげ、それを元にオペレータが視覚障害者を遠隔から制御する手法について検討を行い、実現のために必要な要件の抽出を行う

## 2. 関連研究

### 2.1 視覚障害者を併歩によって誘導するロボットに関する研究

視覚障害者を誘導するロボットとして、カメラやセンサーなどを電動車椅子にのせて誘導するという研究がある。歩行者はハンドルを押すことによって、ロボットは前進行動し、手前に引くことで交代する。また、手を離すことによって自動的に停止する。ロボット自身は、カメラからロボットの位置と右左折時の方向を音声で伝えることができる。電動車椅子に設置されたカメラの情報を画像処理部で解析し、マップシステムと連動することで目的地の誘導を行う。超音波センサと光電センサを用いた外界センサと、シャフトエンコーダと光ファイバジャイロを用いた内界センサを用いることで位置誤差を軽減している。しかし、両手を塞がった状態であることと、歩行者がハンドルを操作することでロボットが歩行者を誘導するため、歩行者はロボットに手を引かれてしまっている。そのため歩行者自身が安心感を得ることができない。

### 2.2 人間の遠隔操作に関する研究(あしらせ)

歩行者の靴に差し込むウェアブル型振動インターフェースとして、歩行者を遠隔で指示する製品が検討されている。ユーザー自身が白杖以外を持つことはなく、進む方向を足に感じる振動によって直感的に認知することができる。デバイスに搭載されている複数のセンサーを用いて、GPS誤差による不必要なルート抑制や、自身の向きから進みたい方角にどの角度進めばいいかを可能にする。あしらせでは、デバイスである靴が振動して方向を伝えるため歩行者を引き摺ることはなく、歩行者が恐怖感を感じることは少ない。そのため、上記の研究の問題点は解消されている。しかし、環境情報を考慮した制御が難しいため、交差点で一時停止して方向を変えるなど、周りの環境に対する影響が多い。交差点で利用者が一時停止を行った場合、後ろにいる歩行者が衝突する可能性が高まる。交差点では、多くの歩行者が真っ直ぐ歩行しているため、方向転換を行うこ

とにより、急な進路変更を行うことになるため、他の歩行者にも衝突する可能性が高まる問題がある。

以上のことから、課題の解決に至っていない問題が大きく2つあり、1つ目は歩行者に寄り添ったシステム、2つ目は歩行者周辺の影響を抑えるという事柄である。

## 3. 提案手法

本研究では歩行者の環境情報をクラウド上にあげ、それを元にオペレータが視覚障害者を遠隔から制御する手法を提案する。これによりクラウド上からオペレータを介しての指示を行うことによる歩行者への寄り添い、交差点での一時停止のない右左折行動を行うことが可能になる。視覚障害者を遠隔から指示を行い誘導するには3つのステップが必要である。1つ目は環境認識、2つ目は制御指針の決定、3つ目は利用者への通知である。3つのステップの構想図を図1に示す。これらの3つのステップのサイクルを作成することで歩行者を安全に誘導することができる考えた。本提案では上記項目の1についてオペレータに必要な情報抽出を整理し、項2及び項3の具体的な方法について提案を行う。

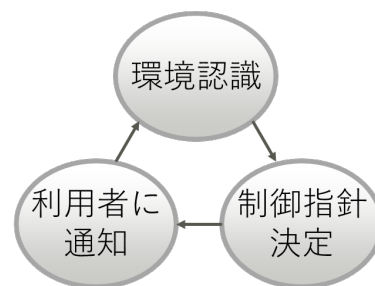


図1 3ステップ概略図

### 3.1 環境認識

環境認識とはクラウドを介して指示を行うオペレータが認識する利用者周辺の環境情報のことである。オペレータはこの情報を下に指示を行う。オペレータが行う行動から、必要な情報についての整理を行い、情報の入手方法についての提案を行う。オペレータと利用者間の概略図を図2に示す。

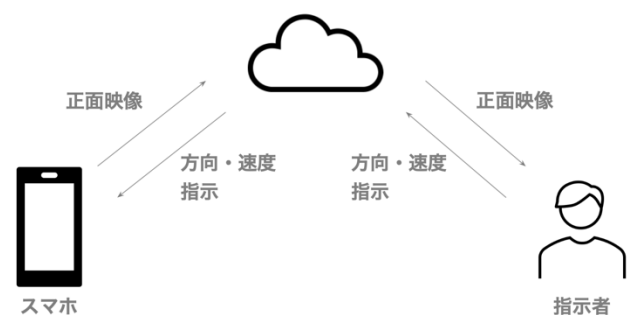


図2 オペレータ構成

オペレータが行う主な行動は利用者の誘導である。誘導で行う指示内容は曲がる行動、曲がる行動前後の加減速の2つに分かれると考えられる。加減速の必要性については3.2 制御指針の決定で述べる。

曲がる行動に必要な情報は右左折指示を行なった場合の動き、その人の向いている方向、利用者の壁や曲がり角に対する位置情報である。曲がる前後の加減速では曲がるまでの距離、現状の速度、加減速変更後の速度である。指示に対する動きと加減速する際の速度は事前に動きを測定することで入手し、向いている方向に関しては肩掛けスマホホルダーを用いることで入手する。肩掛けスマホホルダーを利用し胸前にスマホを固定することで利用者の向いている方向に対しスマホを向けることができる。実際の利用画像を図3に載せる。利用者の壁や曲がり角に対する位置情報は利用者から送られてくる正面映像情報をもとに、自律航法を用いて利用者の位置を推定し取得を行う。



図3 スマホホルダー使用画像

### 3.2 制御指針の決定

人を立ち止まることなく右左折させるためには、指示に対する動きの統一が必要であると考えた。そこで速度を一定に保った上で右折、左折などの方向に対する指示を行うことで指示に対する動きが均一になるのではないかと考えた。この方法から一時停止のない右左折が可能となり、自然な右左折を実現させることができる。加えて人間は右左折行動時にも曲がる際に外側に力が働くため加減速を無自覚に行っている。これらをオペレータによる指示で行うことを想定すると、曲がる動作を行う場合に必要な指示は、曲がるための方向に対する指示だけでなく速度に関する指示も行う必要があると考えた。これらのことから歩行者誘導を行う指示内容は、右折、左折を促す方向に対する方向指示、速度の調節を行う速度指示の2種類の指示が必要である。

#### 3.2.1 方向指示

歩行行動中に用いる方向指示は主に曲がる動作を行う際に必要なものである。ただ、直線上を歩行する際に今回の対象の場合無自覚に逸れてしまう可能性を考え、ズレの調

整を行う指示が必要であると考えた。そこで「右」「少し右」「左」「少し左」の4つの指示を考えた。しかし、プレ実験において正方形の道を作成し右折4回を同一の速度を用いて4つの指示を用いて誘導を行なったが指示内容、指示回数に統一性がなく、指示を行った際の動きが毎回不規則になってしまうことと、個人それぞれで指示に対する向く方向に差が出てしまう問題があった。このことから、「右」「左」の指示をそれぞれ継続して伝えることで歩行者の方向の調整を行う方法を用いることで、指示を伝える程度で方向を調整することが可能であると考えた。指示の模式図を図4に示す。

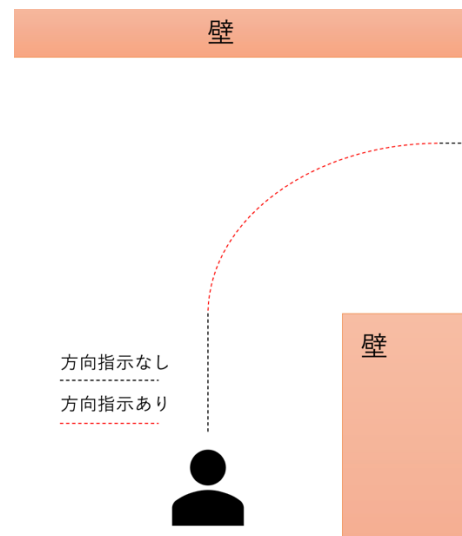


図4 方向指示概略図

#### 3.2.2 速度指示

歩行中に行う加減速は主に曲がる動作の前に行う減速と曲がった後に通常の歩行速度に戻す加速である。速度の調節は足の出すタイミングを揃えることで歩行速度を一定に保つことができると考えた。そこで速度指示はメトロノームのような一定の単音によるテンポを継続して流し、そのテンポに合わせて足を交互に出していくことで速度を保つことができ、速度の変更は流すテンポの変更により実現できると考えた。この方法から、速度を一定に保った状態で方向指示を行うことで指示に対する動きを統一することができ、事前にその動きをオペレータが把握しておくことにより道路の情報と照らし合わせることで指示のタイミング、位置を計算することが可能である。

### 3.3 利用者への通知

通知方法に関しては視覚障害者にとって聴覚から得られる周辺の音は周辺環境を認知するのに重要である。そのため聴覚を塞ぐイヤホンなどの使用は難しい。外音を取り込みながら制御音を得られる伝達方法が必要である。そこで骨伝導イヤホンの利用を考え、骨伝導イヤホンを用いることで耳を完全に塞ぐことなく指示を音によって提示することが可能となり、外音から周辺の情報を入手しつつ

誘導を行うことができる。加えて遠隔から視覚障害者に与える指示を「言葉」で行うと言葉の認知に集中するため周辺環境を認知する妨げになることが予想される。そこで「言葉」ではなく「ピッ (右)」「ピピッ (左)」のような単音を使って誘導する方法を適用することを考えた。

### 3.4 プレ実験

#### 3.4.1 個人差有無の調査

上記3.2の制御方法には個人差が存在すると考えられる。例えば方向の制御に関しては個人の重心位置が大きく関与するため、身長、体重の違いによって制御方法を変える必要がある。そのため個人差を明確にし、個人に対する対策、もしくは個人差を考慮しない指示方法を見つける必要があると考える。上記に沿って、どのようなパラメータがどの程度個人差を有するのか調査するため、プレ実験を行った。

実験目的

個人差がある項目の抽出

実験場所

実験は千葉工業大学津田沼キャンパス 2 号館 12 階の廊下を用いて行った。

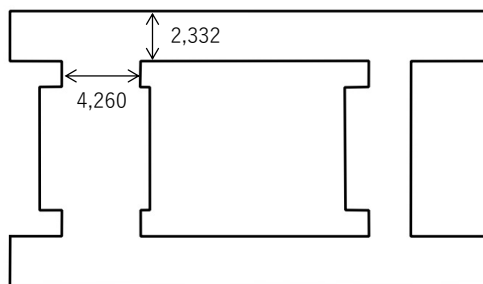


図5 2号館12階外形

被験者

被験者1

大学4年生男子1 166.1cm 53kg

被験者2

大学4年生男子2 181.2cm 65kg

実験方法

歩行者側は一定のテンポの音を骨伝導イヤホンより耳に流し、目隠しをした状態でオペレータの指示通りに動く。オペレータ側は歩行者の後ろに立ち規定のラインに歩行者が達したら左折方向指示を90度曲がるまで続け、曲がりきったら歩行者を止ませる。指示を行った地点から最後に止まった地点までの横軸に移動した距離を横幅、縦軸に移動した距離を縦幅とし、他に個人差の候補として考えられる指示した回数、指示を行なった秒数の数値を出し、それぞれの計測を行い結果を比較する。以降それぞれを横幅、縦幅、指示回数、指示秒数と呼び横幅、縦幅を図6に示す。今回のプレ実験ではテンポを70BPM、60BPM、50BPM、40BPMそれぞれにおいて3回ずつ実験を行った。

結果として出てくる縦幅、横幅、指示回数、指示秒数を個人間で比べ差を見ることで個人差の有無を検討する。また、個人それぞれでテンポごとの縦幅、横幅、指示回数、指示秒数の違いを見つけ法則を検討する。

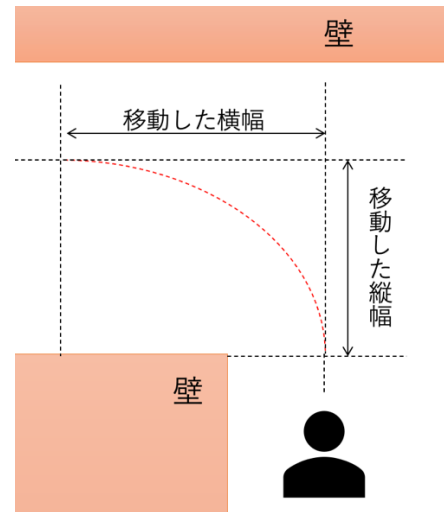


図6 検討項目の画像

実験結果・考察

プレ実験の結果より個人差を検討するため70BPMのみ抜粋し、被験者1の結果は表1被験者1、被験者2の結果は表2被験者2に示す。

表から被験者の結果を比べた時、指示回数、指示秒数においては個人間で差は出しておらず個人差は存在しないことがわかった。それに対し縦幅、横幅ではそれぞれ20cmほどの差が見られたことから、これらに個人差があることがわかった。

さらに比較を行うためにそれぞれのテンポでの計測結果を横幅は図7、縦幅は図8に示す。指示を行った際の被験者の動きにおいて個人間縦幅、横幅それぞれで違いが見られた。縦幅では主に60BPMにおいて最大の差が出ている。最小値を持つテンポはどちらも60BPMなのに対し最大値を持つテンポは50BPM、60BPMと別れている。横幅に関しても40BPMにおいて最大の差が出ており、最小をもつテンポ、最大の値を保つテンポそれぞれ違いが出ている。

被験者1の場合、横幅ではテンポが下がるのに比例し横幅も距離が短くなっているが縦幅では60BPMが最大であり店舗に対する比例関係になっていない。被験者2の場合、縦幅は概ね店舗に対して比例関係になっているのに対し、横幅が最大40BPMで最小が50BPMとなっており値に関しても原の40BPMに対して60cmほども差が出ている。

これらの結果から同一のテンポ指示を行なった場合でも動きが違い個人の中でもテンポに対する動きに違いが大きく出てきていることがわかった。このことから個人のテンポごとに計測した縦幅、横幅の値からその人個人に対する指示方法を作成する必要があることがわかった。

表1 被験者1のパラメータ

被験者1,70BPM				
	1回目	2回目	3回目	平均値
縦幅	83.7	68	102.2	84.6
横幅	206.5	213.5	218.3	212.8
指示回数	1	1	1	1
指示秒数	4.2	3.76	4.42	4.126666667

表2 被験者2のパラメータ

被験者2,70BPM				
	1回目	2回目	3回目	平均値
縦幅	81	112.8	114.1	102.6
横幅	187.6	206	192.6	195.4
指示回数	1	1	2	1.333333333
指示秒数	4.66	4.77	4.72	4.716666667

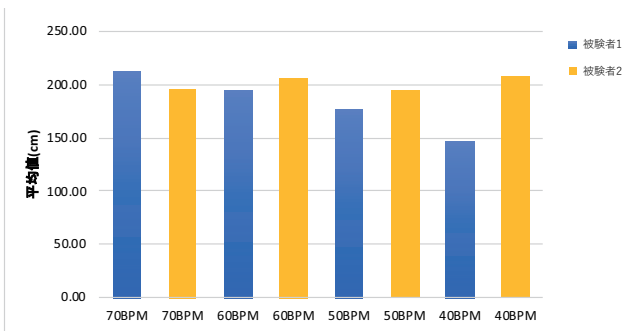


図7 左折時のBPM毎の横幅

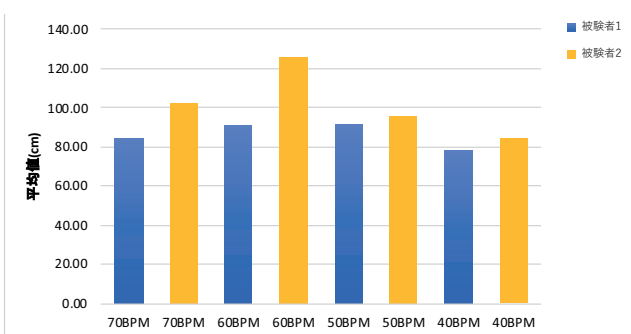


図8 左折時のBPM毎の縦幅

### 3.4.2 右左折可能範囲の算出

計測した縦幅・横幅、歩行者のテンポ、曲がる前の壁からの距離、曲がった後の壁からの距離、これらの情報を下に右左折可能範囲を作成し通常の歩行で利用が可能か検討を行う。壁からの距離を入手することで、指示を行うポイントの算出、オペレータに対する指示タイミングの提案などが可能となる。

式を導出するために被験者1の70BPMの値を利用しそれぞれの縦幅、横幅とそれ以外に必要な値歩行者のテンポ、曲がる前の壁からの距離、曲がった後の壁からの距離をそれぞれ、

- a: 利用者の指示を行なった際に移動した横幅の平均
- b: 利用者の指示を行なった際に移動した縦幅の平均
- v: 歩行者の移動速度 (テンポ)
- y: 右左折指示を行う地点

x1: 右左折前の壁との距離  
 x2: 右左折後の壁との距離  
 とし、図9に示す。

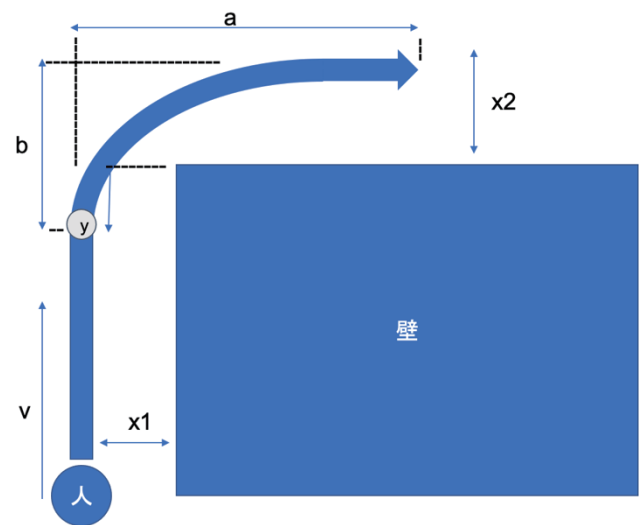


図9 曲がる動作の画像

右左折可能範囲を導出するために事前に求めている右左折した際の縦幅、横幅から右左折が不可能と考えられる地点の計算を行う。ここでの右左折不可能な地点とは右左折を行った際に壁に衝突する地点である。右左折が不可能な地点を求め、それ以外の地点を右左折可能範囲として利用することで安全な右左折の誘導が可能となると考えた。

壁に衝突する範囲を求めるにはプレ実験で求めたテンポごとの移動した横幅の平均 a、テンポごとの移動した縦幅の平均 b から移動の軌跡を算出し、それぞれの指示開始地点に当てはめ、衝突の有無を確認する。本来の移動の軌跡は曲線なものであるが結果として出てくるあたりから求めるに際して直線に直した軌跡を求める。直線の軌跡を求めることで本来の軌跡よりも条件が厳しくなるので実際の曲線においても有効な結果を出すことができると考えた。本来の移動の軌跡と計算によっても止まる直線の軌跡を図10に示す。

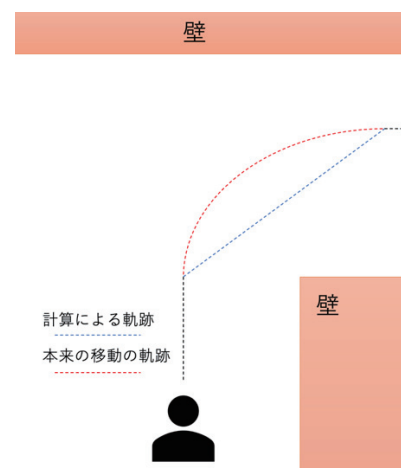


図10 右左折時の軌跡

図7における x1: 曲がる前の壁からの距離および x2:

曲がった後の壁からの距離を軸としたグラフを用いる。用いるグラフを図 11 に示す。また、 $x_1$ ,  $x_2$  は距離であり、マイナスの値は利用できないため今回は第一象限のみを利用する。

$a$  : 利用者の指示を行なった際に移動した横幅の平均,  
 $b$  : 利用者の指示を行なった際に移動した縦幅の平均から  
 $a$ ,  $b$  は曲がる動作時に動く距離なので、右左折に必要な壁からの距離  $x_1$ ,  $x_2$  の値が確認できる。これらを用いて右左折不可能な範囲を求める。右左折不可能な範囲は  $x_1$  軸,  $x_2$  軸上に  $(x, y)=(a, 0)$ ,  $(x, y)=(0, b)$  の点を置きつなげ直線を作成する。この直線が指示を行なった際に動く距離から求められる計算上の軌跡であり、この直線と軸でできる範囲内は右左折に必要な  $x_1$  と  $x_2$  の値が足りてないため範囲内で指示を行なった場合壁にぶつかってしまう。このことからこれ以外の範囲が右左折可能範囲であるといえる。

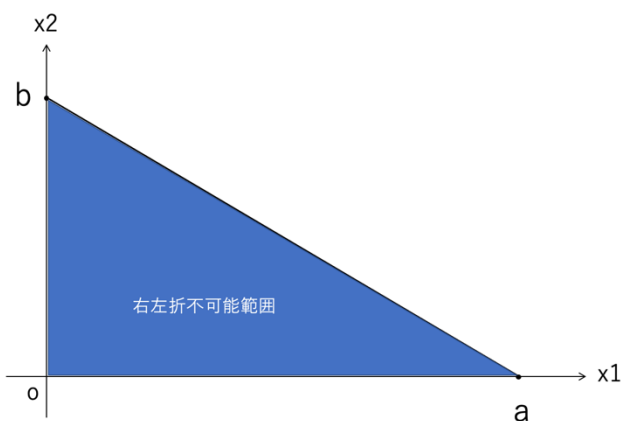


図 11 右左折不可能範囲

点  $a$  の座標  $= (0, a)$ , 点  $b$  の座標  $(b, 0)$  として直線の式の公式から求めると

$$x_2 = b - \frac{b}{a} x_1 \dots \textcircled{1}$$

となる。①の式に被験者 1 の 70BPM を当てはめ右左折可能範囲を図 12 に示す。

$$x_2 = 84.6 - \frac{84.6}{212.8} x_1 \dots \textcircled{2}$$

右左折可能範囲

$$x_2 \geq 84.6 - \frac{84.6}{212.8} x_1 \dots \textcircled{3}$$

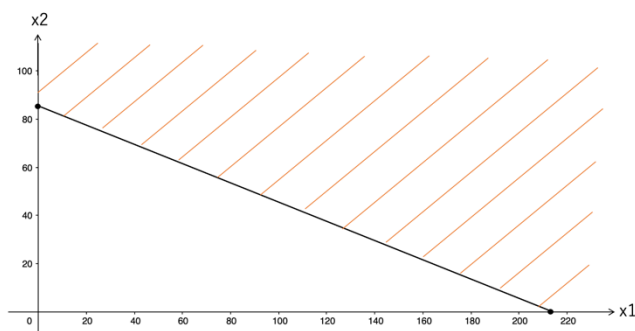


図 12 右左折可能範囲

上に示したグラフにおける車線の部分が右左折可能範囲といえる。また、このグラフから右左折に必要な道路の縦幅、横幅の最小はそれぞれ 119.0cm, 146.8cm となっておりこれは道幅において考えた場合十分な幅を有していると考えられる。従って個人の横幅・縦幅からも止まる有効範囲は利用可能である。

## 4. 実証実験

### 4.1 実験目的

クラウド上からオペレータが歩行者に対して指示を行うにあたって、オペレータ側に表示する情報を調べるために、実際にクラウド上からの指示で、歩行者を誘導する実験を行った。

実験の目的は、プレ実験で得たパラメータと制御方法で、オペレーターが対象者を遠隔操作で右左折誘導が可能かを確認することである。

### 4.2 実験環境

場所：千葉工業大学 2号館 12階 廊下、森研究室

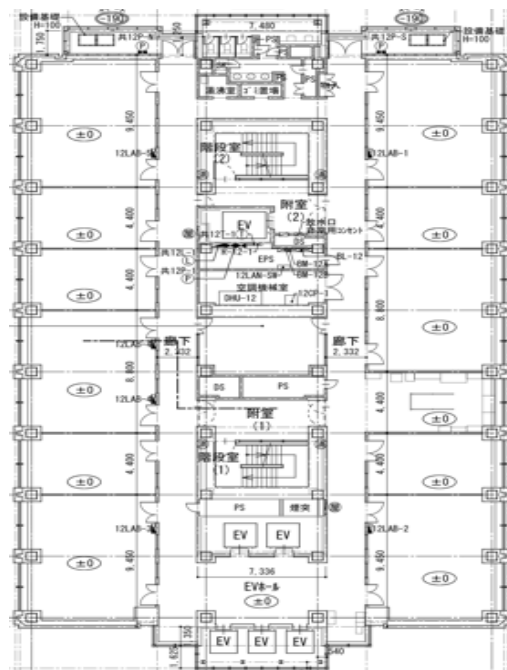


図 13 2号館 12階設計図

歩行者側には、スマホアームに端末を取り付け、会議アプリ Zoom を使用し、歩行者の前方をオペレーター側に提示する。また、オペレーター側の指示を骨伝導イヤホンを使用することにより、周辺環境の音を遮ることなく、指示を聞くことを可能にした。これは、視覚障害者の方が耳を完全に塞ぐことにより、外部からの情報を得られない状態であると不安が大きいということから、骨伝導イヤホンを採用した。

### 4.3 実験方法

#### オペレータ側

研究室からパソコンで会議アプリ Zoom を起動し、歩行する際のテンポを固定するためにメトロノームのアプリを起動する。歩行者が右左折のポイントまで到着したら、オペレータ側は言語により方向指示を行う。また、方向指示に関しては、「右」、「左」の2種類で行う。

#### 歩行者側

歩行者は、視覚障害者を想定しているため、目隠しをしてもらい、スマホアームとスマートフォンを用いて、自己の正面映像を、Zoomを通してクラウド上のオペレーターに提示する、骨伝導イヤホンから流れてくる、メトロノームに合わせて歩行する。



図 14 実験器具使用例

#### 監視側

監視者は、歩行者が事故に会わないように監視するとともに、歩行者の後ろ側を zoom を介して撮影してもらう。その際、オペレーター側には監視者の映像を提示しない。

### 4.4 実験内容

今回行う実験の種類は、2種類である。

提案手法で示した、計算式を用いて右左折行動を行った場合に、右左折後の壁との距離が理論上の値になっているか確認する。スタート地点と壁の距離をはかり、グラフから右左折後の壁との距離を抽出する。得られた2つの値を計算式に代入することで、右左折指示のポイントを導き、

右左折後の距離が理論値として得られた値との差異を確認する。

もう一つは、図 13 で示したマップを 3 回歩行する実験を行う。歩行を繰り返していると、段々と道の中心から外れる可能性があるため、右左折行動を何度か繰り返すことで、右左折行動に影響が生まれるのか確認する。

### 4.5 実験結果

表 3 右左折可能範囲

左折 40BPM (cm)		1回目	2回目	3回目
(x1, x2, y)	理論値			
(146.8, 0, 79)	式に代入して出た値	後で衝突	40~50	前で衝突
(49, 53, 26)	式に代入して出た値	20~30	20~30	20~30
(98, 26, 53)	式に代入して出た値	30~40	40~50	20~30

左折時における理論値と実験の結果は、誤差 20cm 程度であった。これは、靴 1 足分にも満たない程度の誤差であるため、実環境において影響がないものと考えられる。しかし、1 度だけ 40cm ほどのズレが確認された。これは、左折行動前に歩行者の向きが曲がり角に対して直角に向いておらず、右方向にむいてしまっており、左折行動までに方向修正が間に合わなかったためである。そのため、オペレーター側に表示する環境情報に歩行者の向きと、右左折時の方向軌跡をマップに表示させることが必要だと考える。

今回提案したクラウド上からオペレーターが遠隔操作する手法は、実験の結果から、誘導が可能であることがわかった。しかし、今回の実験の中で、誘導時に右左折行動に入る際に、指示位置が見えなくなってしまうことがわかった。これは、カメラからの映像が右左折行動が完了してからでないと、右左折後の道がカメラに表示されない問題があることがわかった。これらからオペレーターには画像以外の客観的な位置情報を提示する必要があることがわかった。また、歩行者の現在位置もカメラの映像から判断することが難しいことがわかった。

もう一つの問題点として、自分の正面にカメラを置いているため、カメラからの映像が右左折行動が完了してからでないと、右左折後の道がカメラに表示されない問題があることがわかった。右左折時に、先の道が見えないと、逆行している人であったり、障害物があった場合に、オペレーター側が認知することができず、歩行者に危険が及ぶ可能性が高くなってしまふ。そのため、事前に右左折後の道を認知する必要があると考える。今回の実験では、歩行周波数を固定して誘導を行っているが、実際に歩行する速度はもっと早いため、今後、実際に視覚障害者の方が実際に歩いている速度で実験する必要があることがわかった。そのためには、右左折行動の手前で減速の指示を行う必要があり、減速に必要な距離がどの程度あるのかを事前に調べる必要がある。また、減速を行う位置を計算で割り出すため、自己位置の推定が必須であることもわかった。

## 5. まとめと今後の展望

オペレータが遠隔で指示を行い、視覚障害者を誘導するにあたり、オペレータ側に提示する必要がある情報の抽出を行なった。そのために、実際に遠隔で指示を行い、歩行者を誘導する実験を行った。実験の結果から、以下の要素が必要なことがわかった。

オペレータが歩行者誘導に必要な要素

- ・利用者の位置推定
- ・利用者の目的地に向けたナビゲーション
- ・動的なオブジェクトの可視化と動作予測
- ・静的なオブジェクトの可視化
- ・歩行減速位置の提案
- ・体幹の傾きと右左折角度からの歩行スピード提案
- ・階段などの危険エリアの可視化

加えて利用者の行動情報(自律航法情報)として

- ・利用者の現在の歩行姿勢
- ・利用者の歩数周波数
- ・利用者の体幹の向き

今後の展望として、今回の実験で得られた要素を解決するとともに、今回提案したシステムを実現していこうと考えている。

## 参考文献

- [1] 高田明子, 佐藤久夫  
地域で生活する視覚障害者の外出状況とニーズ
- [2] 身体障害者総数—NICT 情報通信研究機構  
<https://barrierfree.nict.go.jp/relate/statistics/population1.html>
- [3] 視覚障害者誘導用ブロックの維持管理等に関する調査—総務省  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000547116.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000547116.pdf)
- [4] 高齢者, 障害者等の円滑な移動等に配慮した建築設計標準—国土交通省  
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/barrier-free.files/guideline12.pdf>
- [5] 小谷信司, 清弘智昭, 森英雄  
視覚障害者のための歩行ガイドロボットの開発