

可視光通信を用いた視覚障がい者歩行支援システムの受光特性の改良評価*

Improvement evaluation of receiving optical characteristic of visually disabled person's walking support system that uses visible light communication*

横山裕章**・藤田素弘***・鈴木弘司****

By Hiroaki YOKOYAMA**・Motohiro FUJITA***・Koji SUZUKI****

1. はじめに

わが国では、交通弱者の移動環境を向上させるため、様々な施策が実施されてきている。視覚障がい者にとって大きな障壁の一つである交差点では、これまでに音響信号機や点字ブロック、横断歩道上への視覚障害者誘導用道路横断帯(エスコートゾーン)の敷設などの取組が行われてきた。しかしながら、音響信号機には夜間使用に制限があることやエスコートゾーンには重交通量での早期性能劣化の問題などがあり、これらのシステムは利用者の横断支援に対するニーズに必ずしも合致しているとは言いきれない。これらに加えて、交通弱者の横断支援システムとして、2001年度以降、歩行者等支援情報通信システムが導入されている¹⁾。また、RFIDによる誘導システムなどの歩行者ITSが提案されてきている^{例えは2), 3)}。しかしながら、これらのシステムは交差点における横断開始前までの誘導支援が多く、横断中の歩行支援は困難である。そのため、視覚障がい者の交差点横断時における環境整備は十分であるとはいえない。

そこで、利用者ニーズを満たすことができ、経済的に実現が容易である新たな横断支援手段として、著者らにより、可視光通信機能を活用した横断支援システム(以下、可視光通信システム)が開発されている⁴⁾。

本可視光通信システムでは、音声情報を歩行者用LED(Light Emitting Diode)信号灯器からの可視光というキャリアを変調・復調して通信を行っており、利用者が信号灯器の発する光を受光器で受けると、横断タイミング等の音声案内情報を、スピーカーを通じて入手できる。本システムでは受光器のレンズ面が灯器の方向から逸れて信号機の光を受光できない時は雑音聞こえることから、利用者は情報を受信できている間は信号機の方角を理解できる。

*キーワード: 交通安全, 交通環境, 交通弱者対策

**学生非会員, 名古屋工業大学大学院 工学研究科
(名古屋市昭和区御器所町, TEL:052-732-7962,
E-mail: ciq13575@stn.nitech.ac.jp

***正員, 工博, 名古屋工業大学大学院 工学研究科

****正員, 博(工), 名古屋工業大学大学院 工学研究科

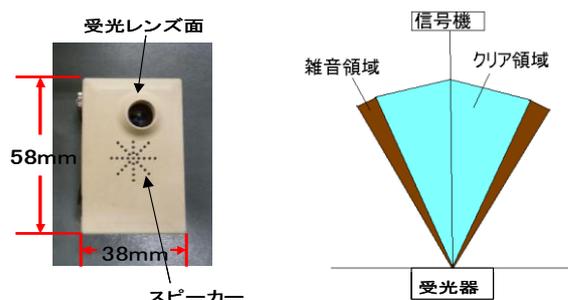


図-1 受光器 (星和電機製)

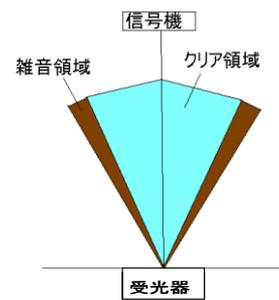


図-2 受光範囲



図-3 素材貼付時受光器

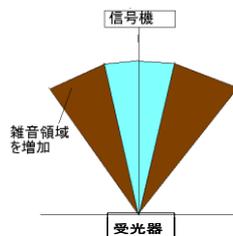


図-4 素材貼付時受光範囲

先行研究⁵⁾により、本システムの屋外での有用性は概ね確認されたが、横断途中に横断歩道外に誘導してしまう状況があるという課題が明らかとなった。

そこで、本研究ではこの課題に取り組むべく、本システムに技術的改良を施し、誘導性能を高めることを目的とする。

2. 受光器改良の概要

本システムの受光器(図-1)の受光範囲は図-2の扇形のようにになっている。この扇形は、受光器を信号機に対し正面の向きにした状態から左右に回転させることにより音声情報を聞き取ることができる領域を表している。扇形のうち音声が鮮明に聞こえる領域を「クリア領域」、受光レンズ面が信号機と正しく向き合わず雑音混じる領域を「雑音領域」と定義し、「クリア領域」+「雑音領域」=「限界領域」とする。これまでの実験に使用した受光器では、システム利用者が信号機からの光を受信しやすいように、クリア領域を広くし、雑音領域を狭くするように設計していた。その結果、受光器が信号機の方角を正しく向かず、ずれた方向をむいても音声が鮮明に聞こえ、歩行者は方向がずれたまま進み、



図-5 貼付素材（左から黒色テープ、偏光板 30°、ポリプロピレン、反射鏡シート）

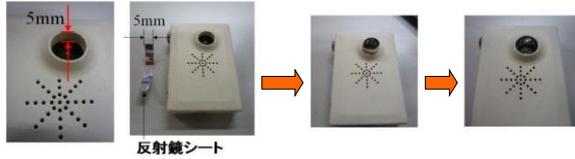


図-6 反射鏡シートの貼り付け方

場合によっては横断歩道幅員を超える横断歩道外横断を発生させていた。特にシステムに不慣れな利用者では信号機の方向を正しく向かず大きくずれて歩く恐れがあると考えられる。

この課題を解消するため、図-3のように受光レンズ前面に半透明素材に小円形の穴を空けるなどしてクリア領域を絞り、信号機の正しい方向を精度良く見つけられるようにすることを考える。一方で雑音領域（雑音はするが音声情報は聞こえる領域）も狭めてしまうと受光器を動かして信号機を探し出すことが困難になる。よって、限界領域は減らさずにクリア領域を狭めて雑音領域を増加させることができれば（図-4）、受光器の方向が信号機に対し少しでもずれば雑音が増えるようになり、システム利用者は誤った方向を向いていることを早期に認識して修正できるようになる。

3. 様々な貼付素材における受光領域調査

(1) 調査概要と結果

前章の改良について、貼付素材と受光領域の関係について検証する。今回使用する貼付素材は、図-5に示す黒色テープ（ポリ塩化ビニル）、偏光板（ポリビニルアルコール）、ポリプロピレン、反射鏡シートである。偏光板は2枚重ねて使用し、重ねる角度を変えることで透過する光量を調整する。90°で透過量は0になり、ここでは10°と30°で重ねている。反射鏡シート以外はクリア領域を確保するために全て直径4、6、8mmの円の穴をそれぞれ開けており、図-3のようにレンズ面上から被せるように貼付する。反射鏡シートは限界領域を減らさないためのもので面に被せるのではなくレンズ面周りにある筒状の側面に沿って貼付する（図-6）。

受光領域調査は、図-7に示す横断歩道勾配や歩車道境界を再現した実横断歩道で可視光通信可能な歩行者信号機を東西それぞれ1基設置した実験施設において行う。なお、歩行者信号機の信号機下端までの地上高は2.6mである。調査は、東側信号機盤面に向かって正面の位置において信号機から16.7m、8m、2m

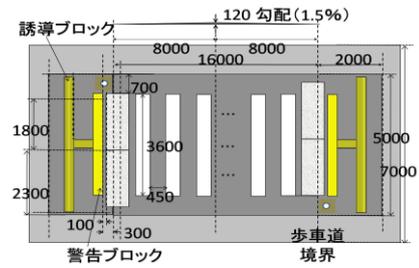


図-7 実横断歩道構造(単位: mm)

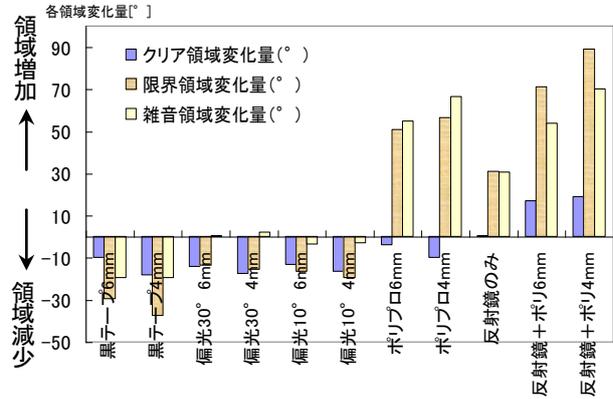


図-8 各領域の角度変化量 (°)
(※図中の mm は穴の直径)

離れた地点に受光器を順次設置し、貼付素材毎に、音声情報の聞こえ方を確認し、クリア領域、雑音領域、限界領域の角度を計測するというものである。ただし、貼付素材に空けた穴の面積が小さいほど、信号機との距離が大きい地点では雑音が入りやすくなる特性があり、クリア領域が測定できない場合がある。その場合は、「クリアには聞こえないが、全体に比べれば相対的にクリアに聞こえる領域」＝「相対クリア領域」を定義して測定した。そのため、距離が大きい16.7m地点ではクリア領域ではなく相対クリア領域を測定したケースが多い結果となっている。また、受光器の高さは150cm（身長160cmの人の目の高さ）と設定し、イヤホンを用いて受光器からの音声情報を聞き取った。貼付素材が「何もなし」の状態を基準として、各素材を貼り付けた場合のクリア領域、限界領域、雑音領域のそれぞれの角度の変化量(°)をまとめたものを図-8に示す。なお、図-8では2m地点での結果のみを示す。また8mm円の穴のケースはどれも何もない場合に近い結果であったので載せていない。

これより、「黒色テープ」はクリア領域、雑音領域ともに減少している。「偏光板」は30°4mmの穴のケースでクリア領域が減少し、雑音領域が微増しているが、限界領域は減少している。それ以外の「偏光板」は「黒色テープ」と同様の傾向にある。一方、「ポリプロピレン」はクリア領域が減少し、雑音領域と限界領域が大幅に増加している。「反射鏡+ポリプロピレン」はクリア領域が増加したが、雑音領域と限界領域も大幅に増加し

ている。よって、ポリプロピレンと反射鏡はともに「雑音領域を減らすことなくクリア領域を変化させる」という貼付素材であることがわかった。

(2) 受光領域に関する重回帰分析

調査結果から、限界領域の角度合計量 (°) とクリア領域の角度合計量 (°) のそれぞれを目的変数、調査時の条件・環境に関する要素を説明変数として重回帰分析を行う。表-1に限界領域の分析結果を、表-2にクリア領域の分析結果を示す。説明変数の「距離」は信号機から受光器までの距離 (m)、「穴の面積」は貼付素材の中央に空けた円の直径 (cm²)、「ポリプロピレン」は貼付素材にポリプロピレンを用いた場合「1」、用いない場合「0」、「相対クリア領域」は相対クリア領域を測定したときのその角度合計量 (°) を表す。

表-1より、信号機からの距離が大きくなるほど受光できる限界領域は減少していくといえる。これは、信号機から発せられる光の強さが距離に応じて弱まっていくことが原因と考えられる。また、穴の面積が大きいほど受光できる限界領域は大きくなり、ポリプロピレンを貼り付けると限界領域は大きくなるといえる。それぞれの標準化係数より、距離が限界領域に対し最も大きく影響を与えている。表-2のクリア領域でも、距離・穴の面積・ポリプロピレンに関しては限界領域と同様の結果が得られた。相対クリア領域を測定した場合、その角度は大きくなるということもわかった。

4. 貼付素材の違いによる歩行実験

受光領域調査の結果に基づき、何も素材を貼りつけないケース、各素材で特徴のあった、クリア領域が減少し、雑音領域が大幅に増加した「ポリプロピレン 4mm」ケース、両方とも増加した「反射鏡+ポリプロピレン 4mm」ケースを用いて、貼付素材が歩行軌跡に与える影響を検証する。今回は、名古屋工業大学学生 8 名を対象に歩行実験を行った。アイマスクをした被験者に受光器を取り付けたゴーグルを装着して貰い、実横断歩道上で可視光通信システムによる誘導を行い、素材毎に横断歩道を 1 往復して貰った。なお、被験者には事前に可視光通信システムの概要と受光器や受光範囲の詳細 (クリア領域と雑音領域での音声情報の聞こえ方の違いを確認する等) を説明している。

実験時に得られた映像の解析により歩行軌跡を調べた結果、「ポリプロピレン 4mm」のケースにおいてどの被験者も比較的信号機に対して正しく向かって歩いており、横断完了地点と信号機との距離も最も小さい結果となり、精度良く歩いていることがわかった。この結果から、「ポリプロピレン 4mm」は信号機に向かい誘導

表-1 限界領域の分析結果

説明変数	パラメータ	t値	標準化係数
(定数項)	78.305	*12.640	
距離	-4.433	*-11.379	-0.745
穴の面積	0.299	*2.802	0.191
ポリプロピレン	33.526	*6.369	0.435
サンプル数	66		
有意確率	0.000		
重相関係数	0.857		

* 1%水準で有意(両側)

表-2 クリア領域の分析結果

説明変数	パラメータ	t値	標準化係数
(定数項)	43.650	*21.302	
距離	-3.056	*-23.759	-0.926
穴の面積	0.183	*5.210	0.211
ポリプロピレン	8.525	*4.936	0.199
相対クリア領域	10.099	*4.634	0.183
サンプル数	66		
有意確率	0.000		
重相関係数	0.953		

* 1%水準で有意(両側)

できることが示された。

5. おわりに

本研究では、可視光通信技術を活用した横断支援システムの横断歩道外歩行という課題に対する改良案について実験的に分析を行った。得られた知見として、クリア領域を狭めて雑音領域を広げることは、精度の高い誘導を可能にすることがわかった。今後の課題として、実際の視覚障がい者を対象とした実験を行うことで、本研究の結果の妥当性を検証することが挙げられる。

参考文献

- 1) 社団法人新交通管理システム協会ホームページ：<http://www.utms.or.jp/index.html>
- 2) 鎌田実, 北風晴司, 久良知國雄, 松村孝好, 杉真理子, 長岡康範, 勅使河原元: 障害者等 IT バリアフリープロジェクト-歩行者誘導用統合端末の開発-, 第4回 ITS シンポジウム 2005, pp435-440, 2005.
- 3) 森下康之, 杉野勝敏, 田名部淳, 内田敬: 歩行者ナビゲーション(HIT ナビ)システムの誘導成績評価, 第23回交通工学研究発表会論文報告集, pp193-196, 2003.
- 4) SUZUKI,K., FUJITA,M., HAYASHI,Y., and FUKUZONO,K.: A Study on Visually Impaired Person's Support System Utilizing Visible Light Communication Technology at Signalized Intersections, International Journal of ITS Research, Vol.5 No.1, pp.37-45, 2007.
- 5) SUZUKI,K., FUJITA,M., WATANABE,Y., FUKUZONO,K.: Performance Evaluation of a Crossing-Assistance System for Visually Disabled Persons at Intersections Considering Actual Road Structure, International Journal of ITS Research, ITS JAPANVol.8No.1, 9pages, 2009