

夜間避難時に避難情報を投影提供する 懐中電灯型避難支援システムの開発

大塚彩秀菜¹ 塚田晃司²

概要: 本研究は、災害時の夜間避難、特に土地勘の無い観光客も多い鉄道からの避難に注目する。このような状況で、懐中電灯型の投影装置を用いて、足元を照らしつつ避難情報を提供する手法を提案する。本提案システムを用いることで、夜間避難時に足元の状況を把握しつつ、避難に必要な情報を提供することが出来ると考える。本研究では、試作機を作成し、試作機を用いた模擬避難を実施した。模擬避難実験、及びアンケート調査にて評価を行った。

キーワード: 避難支援, 夜間避難, 災害, 情報投影

Development of a flashlight-type evacuation support system that projects and provides evacuation information when evacuating at night

ASUNA OTSUKA^{†1} KOJI TSUKADA^{†2}

Abstract: This study focuses on night evacuation in the event of a disaster, especially evacuation from railways, where many tourists do not know the land. In such a situation, we propose a method of providing evacuation information while illuminating the feet using a flashlight-type projection device. By using this proposed system, it is possible to provide information necessary for evacuation while grasping the current situation during night evacuation. In this study, we created a prototype and carried out simulated evacuation using the prototype. Evaluation was performed by a simulated evacuation experiment and a questionnaire survey.

Keywords: Evacuation support, Night evacuation, Disaster, Information projection

1. はじめに

近年、南海トラフ地震が懸念される中、熊本地震や大阪府北部地震などが発生し、多くの被災者が出た。地震の際、特に沿岸地域では地震発生から津波到達までの時間が短い。そのため、迅速な避難が求められる。そのため、全国各地で避難訓練を定期的に行い、地域住民の防災意識を高めるなどの工夫がされている[1]。

しかし、災害発生時に土地勘のある場所にいるとは限らない。避難訓練に参加し事前に避難場所や避難経路を把握している地域住民と比べ、観光客などの土地勘が無い人にとって、避難場所や経路が分からないため迅速な避難は難しい。さらに、夜間の避難について、災害時には停電による影響で街灯が消えるため、避難場所の案内を行う看板などの避難経路上の目標物が確認しづらくなる。加えて、建物等の崩壊により、道路には瓦礫などの障害物が散乱するため、昼間の避難と比べてより足元へ注意を向ける必要がある。また、スマートフォンを用いた避難誘導システムもあるが、避難時にスマートフォンの画面を見ながら避難場所まで暗闇の中を移動するのは、足元への注意が疎かにな

り危険である。そこで、懐中電灯の投光範囲に避難情報を表示し、夜間の避難誘導を支援する方法を提案する。

本研究では、観光客などの土地勘の無い人が多く、夜間に避難しなければならない状況になる可能性が高い、鉄道からの乗客避難を想定して、試作システムの開発と評価を行う。

2. 関連研究

災害時の情報提供の手段として、津波避難誘導標識がある[2]。これは、経路に設置された標識から避難方向や経路等の情報を取得するものであるが、標識そのものが遠方から内容が視認出来るほど大きくはなく、また、夜間に視認出来るとは限らないという問題が存在する。

災害時の避難支援を行うシステムには、鉄道乗務員向けに JR 西日本の津波避難アプリ[3]がある。このシステムには JR きのくに線沿線の地図が登録されており、GPS 機能を用いて現在地と照合する。これにより、避難場所までの最短ルートを確認できるが、このアプリは乗務員しか利用できない。他にも、[4]や[5]などがある。

プロジェクターを利用した情報提示に関する研究として、サイクリング中の地図ナビゲーションを行う研究[6]がある。自転車に取り付けられたプロジェクターを使用し、

¹ 和歌山大学 大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University
² 和歌山大学 システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

前方の道路に地図を投影することでナビゲーションを行う。これにより、スマートフォンの画面を注視することなく、周囲の環境に注意を向けながら走行している。

さらに、地震発生時の室内での避難誘導支援として、プロジェクションマッピングを利用した[7]がある。このシステムは、プロジェクションマッピングの技術を応用し床面へ避難経路を投影することで、視覚情報として室内滞在者に情報を伝達する。室内の負傷危険度を把握し、最適避難経路を提供するが、投影装置は高さ 3m の位置に固定されており、避難誘導は室内からの避難にとどまる。

暗闇を想定した避難誘導方式として[8]が挙げられる。これは、停電した地下街での避難の際に、複数のスマートフォンが発する光を用いて、避難者視点から避難方向に光の帯が流れるように見えるよう、点灯と消灯の制御を行うものである。避難誘導灯に代わる誘導方式であるが、複数のスマートフォンが必要となる。

3. 提案手法

土地勘の無い場所での避難は、避難場所の方向や経路などの避難情報が必要となる。また夜間避難時には足元が見えづらい状況で移動する。そのため足元を照らしつつ、同時に避難情報を取得する必要がある。

鉄道における避難にはいくつかの特殊な事情が存在する。まず、鉄道には普段からその路線を使用している乗客だけでなく、全く土地勘のない観光客も多く乗車している。また、列車は常に移動しているので地震発生時にどこに停車するかは予測できない。そのため、避難場所や避難経路を地震発生前に確定することができない。さらに、鉄道からの避難の際、乗務員が先導して避難誘導を行い、乗客はその誘導に従って避難する。

図 1 に使用想定図を示す。本研究では、夜間避難時に懐中電灯型避難情報投影システムを利用し、懐中電灯のように足元や前方の経路を照らしつつ、そこに避難情報を投影することで避難者に避難情報を提供する。これにより、迅速かつ安全な避難ができるように支援する。当システムは列車内に、懐中電灯の代わりに設置されていることを想定している。



図 1 使用想定図

Figure 1 Figure of use assumption.

3.1 想定環境

本システムでは想定するユーザを、避難誘導を先導する鉄道乗務員とする。鉄道からの避難の際、乗客は先導する鉄道乗務員の誘導にしたがって避難を行うため、先頭に行く乗務員が持つことが望ましい。また、鉄道乗務員が車両の緊急停車位置から避難場所までの経路を事前に把握していない可能性や、初めてその経路を通る可能性もある。

車内には GPS 機能を搭載したサーバを設置し、車両が緊急停止した位置周辺の避難情報を取得する。さらに、車内に設置された無線 LAN を使用し、避難情報を提供する。

また、乗客と乗務員は協力し合い、乗客は乗務員の誘導に従って避難し、個人による身勝手な行動はないものと想定する。また、本システムでは加速度センサや地磁気センサ、GPS 機能、無線 LAN 通信を使用するため、GPS を用いて現在地が取得できる地域であること、無線 LAN を使用でき、加速度センサや地磁気センサ、GPS 機能を内蔵する携帯端末であることを条件とする。

3.2 システムの構成

図 2 に本システムの構成を提示する。本システムは、専用アプリがインストールされた Android 端末と小型プロジェクター、電車内に設置した GPS 機能を搭載したサーバを用いて構築する。サーバは沿線全域の地図情報や避難経路・避難方向などの避難に必要なデータを予め保持しているとする。

災害発生時に、サーバが取得した列車の緊急停止位置の情報を元に、保持しているデータの中から適した避難情報を専用アプリに送信する。この通信の際には無線 LAN を用いて通信を行う。災害時にはネットワークの輻輳によりインターネットに繋がりにくい状況となるため、無線 LAN を用いることで安定した通信を行うことが可能となる。携帯端末は受信した避難情報と避難者の現在地情報から、避難方向を計算し画面に表示する。そしてプロジェクターのミラーリング機能を用いて、端末の画面を地面へと投影する。避難者は投影された情報を見て避難を行う。

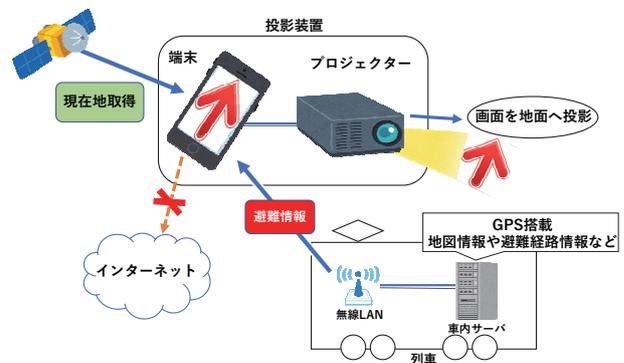


図 2 システム構成図

Figure 2 System configuration diagram.

このシステムにより、夜間避難時に足元の状況を確認しつつ、同時に避難情報を取得することが可能である。また、避難情報を地面へと投影するため、このシステムを持って避難する人とは別の避難者も隣やすぐ後ろから投影された情報を見ることが可能だと考えられる。他にも、壁面に投影することで後続の避難者にも避難情報を共有することも可能である。

4. 実装

前節で述べた提案システムを Android 端末で使用するアプリケーションとして実装した。また、提案システムの車内専用サーバを Windows10 で実装した。

4.1 実装環境

Windows10 Home 1903 の PC に Android Studio3.5 をインストールし、Android 端末(Android7.1.1)を利用したアプリケーションとして Java 言語で開発を行い、エミュレータ及び実機にて動作確認を行う。プロジェクターは、Canon ミニプロジェクター C-13W を使用し、ミラーリング機能を用いて Android 端末の画面を投影する。使用したプロジェクターの仕様は表 1 に示す通りである。Web サーバは Apache/2.4.41 を利用し、データベースはテキストデータとして避難経路情報を登録し作成する。サーバと Android 端末で用いられる通信方法は HTTP 通信を用いて、PHP(7.3.9)を経由し、データベースにアクセスし、現在地に応じた避難情報を Android 端末へと送信する。

表 1 Canon ミニプロジェクターC-13W の仕様

Table 1 Specifications of Canon Mini Projector C-13W.

光学	映像素子	DMD
	明るさ	最大 130 lm
	表示解像度	WVGA(854×480)
	最大入力解像度	Full HD (1920×1080)
	光源	RGB LED 光源
	画面サイズ	最小 16.1 インチ(0.5m) 最大 97 インチ(3m)
無線通信	ミラーリング 対応 OS	Android OS
	周波数帯域	2.4GHz / 5GHz
	規格	IEEE 802.11a/b/g/n/ac
バッテリー	容量	7.4V, 3100mAh
	駆動時間	約 2 時間
外形寸法	120(幅)×120(奥行き)×33(高さ) mm	
質量	410g	

4.2 試作機

作成した試作機を図 3 に示す。この試作機は懐中電灯の代わりとして使用するために、専用アプリケーションをインストールした Android 端末と小型プロジェクターをアームで固定し、一体化したものである。プロジェクターのミラーリング機能を用いて Android 端末と接続し、Android 端末の画面を投影している。使用する際には、プロジェクターから発する光で、足元や進行方向の地面を照らすことで、そこに映し出される避難情報を取得可能である。

試作機の外形寸法は、120(幅)×250(奥行き)×350(高さ)mm で、重さは約 1 kg である。

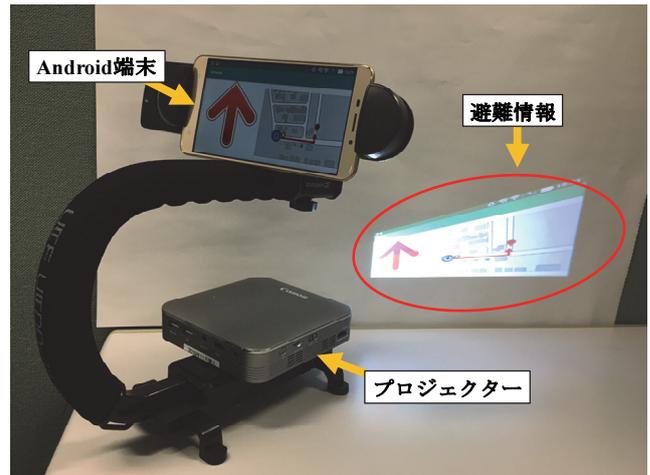


図 3 試作機の画像

Figure 3 Image of the prototype.

4.3 アプリケーションの実装

この節では、アプリケーションに実装した機能を紹介する。

4.3.1 車内サーバの処理

車内サーバは、無線 LAN を用いてアプリケーションと通信を行う。この通信には HTTP 通信を用いる。また、車内サーバに取り付けられた GPS を使用して列車の現在地を取得する。GPS による現在地取得は先行研究[9]にて実現しているため、本研究では列車の現在地を取得しているものとする。車内サーバで用いるデータベースには、地図情報を画像データとして、避難経路情報は緯度経度をテキストデータとして蓄積しておく。アプリケーションとサーバの通信を表すシーケンス図を図 4 に示す。

取得した列車の現在地情報をもとに、車内サーバに蓄積しているデータを取得する。取得したデータを地図情報としてアプリケーションに送信する。アプリケーション起動時に通信を行い、現在地から付近の避難場所までの避難経路を地図上で表示させる。避難場所はマーカーを、避難経路は分かりやすく赤線を用いて地図上へ付与しておく。

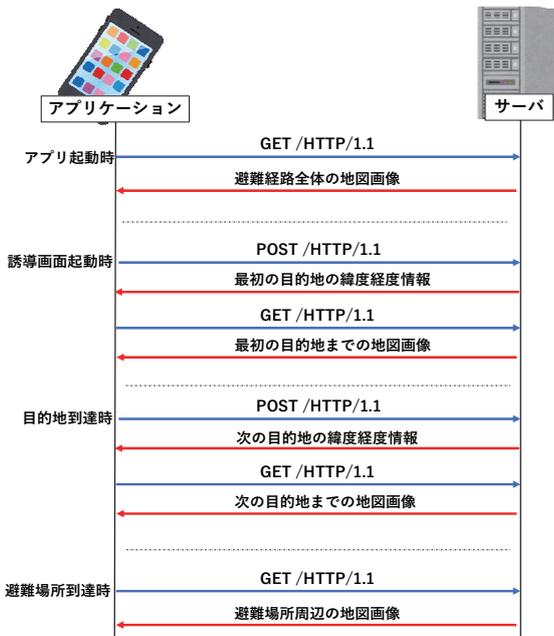


図4 シーケンス図

Figure 4 Sequence Diagram

次に、誘導画面では、次の目的地周辺の地理がわかるように、起動時に表示する避難経路全体の地図よりも拡大した地図を表示させる。この地図は、避難者の現在地から経路上の次の目的地(交差点の曲がり角などの現在地からの近距離地点)までの経路を表示する。目的地に到達した際に通信を行い、避難者の現在地の情報を受信する。受け取った避難者の現在地に対応する次の目的地の緯度経度と目的地到達を判定する緯度経度範囲をアプリケーションに提供する。

アプリケーションが避難場所に到達したと判定した場合には、再度通信を行い、到達したことを示す地図画像をアプリケーションに提供する。

4.3.2 端末の処理

この項では、アプリケーションに実装した機能について述べる。図5にアプリケーションの処理についてのフローチャートを示す。避難誘導時の画面では、アプリケーションはこのフローチャートの処理を行う。

(1) 避難経路の全体表示

アプリケーション起動時には、車内サーバと通信を行い、提供される地図情報を画面に表示する。まず、GPSから得た列車停止位置の緯度・経度を用いて、その周辺の地図情報を車内サーバと通信し取得する。取得した地図情報を画面に表示させる。避難者は避難開始前にこの画面を見ることで、避難場所と避難経路を確認することができる。

画面右下にある「避難開始」ボタンを押すことで、避難時の誘導画面に遷移する。避難者がこのアプリケーショ

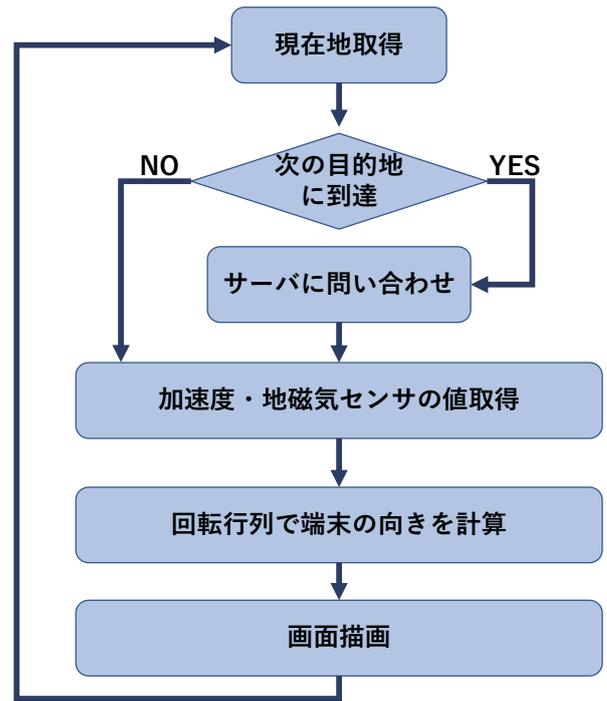


図5 アプリケーション処理のフローチャート

Figure 5 Flowchart of the application processing.

ンを使用する際に、操作を行うのはアプリケーションの起動とこのボタンだけであり、避難者に余計な操作を要求しない。

(2) 避難誘導画面の表示

避難中には、進むべき方向を示す矢印と避難者の現在地から次の目的地までの経路を示す地図を画面に表示する。図6に避難誘導時の画面を示す。

まず、この画面に遷移時に車内サーバと通信し、避難開始地点から次の目的地までの地図情報と目的地の緯度経度、目的地到達を判定する緯度経度範囲を取得する。この画面が起動中は Android 端末に搭載されている GPS を用いて、避難者の現在地を取得する。車内サーバから受信した目的地到達を判定する緯度経度範囲と、避難者の現在地情報を比較し、現在地が緯度経度範囲に含まれていた場合、次の

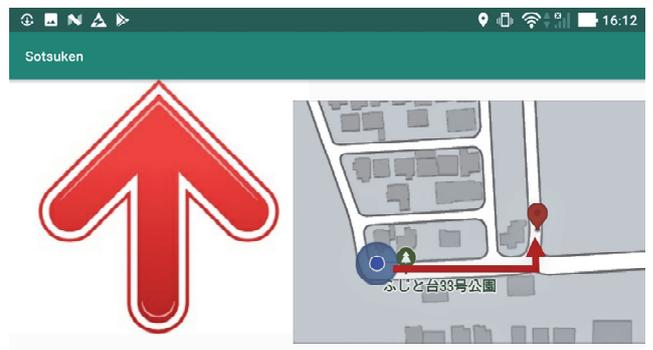


図6 避難誘導時の画面

Figure 6 Screen at the time of evacuation navigation.

目的地に到達したと判定する。到達した場合、再度車内サーバと通信を行い、その次の目的地までの地図情報と目的地の緯度経度情報を取得する。これを繰り返すことで、避難開始地点から避難場所までの誘導を行う。

画面の左半分には進むべき方向を示す矢印を表示する。現在の端末の向きと進行方向の角度を計算し、矢印の画像に回転処理を行い、進むべき方向を示している。まず、Android 端末の GPS と車内サーバと通信し取得した緯度経度を用いて、目的地の方向角度を計算する。次に Android 端末の加速度センサと地磁気センサの値を用いて回転行列を取得できるセンサのメソッドを使用し、回転行列を取得する。回転行列から端末の傾きを表す 3 軸の回転角を求めメソッドを使用し、3 軸の回転角を取得する。北向きを 0 として、方向角度と端末の回転角分だけ画像を回転させることで、Android 端末の姿勢を考慮して、矢印が進行方向を指すようになる。

画面の右半分には、車内サーバと通信し取得した、避難者の現在地から次の目的地までの地図を表示する。この地図は、(1)の避難経路全体表示の地図と比べて、周辺の地理がわかるように、拡大したものである。

この画面表示中は、GPS を使用し、現在地を取得する。取得する GSP の値は、Android 端末が 0.5 秒間に 1m 以上移動していた場合に更新される。上述した手順で目的地に到達したと判定した場合、車内サーバと通信を開始する。

5. 事前実験

作成した試作機を使用し夜間に投影実験を行った。この節では、投影実験の結果を示す。また、この節で使用する画像は、プロジェクターの投光部から地面まで 1m の距離から投影している。

5.1 夜間投影実験

試作機を使用し、夜間にコンクリートに投影した様子を図 7 の①に示す。この図からわかる通り、矢印と地図が明確に見えることがわかる。さらに、夜間では足元を照らすには十分な光量であることがわかる。具体的には、投影しない暗闇の場合は 0lux だが、投影した場合には 156lux であった。移動時に投影画面が揺れることで、文字情報が読み取れない可能性があるため、本研究では文字による情報提供は行わない。

さらに、夜間に街灯の真下に投影した様子を図 7 の②に示す。情報が細かい地図は街灯による影響で多少読み取りにくくなっているが、矢印が指している方向は読み取ることが出来る。

5.2 路面状況による影響

投影する路面の状況によってどのように見えるのかを比較する。図 7 の③はアスファルトの路面に投影した様子、図 7 の④は土の路面に投影した様子である。どちらの場合も、矢印の指す方向や、地図を読み取ることができる。

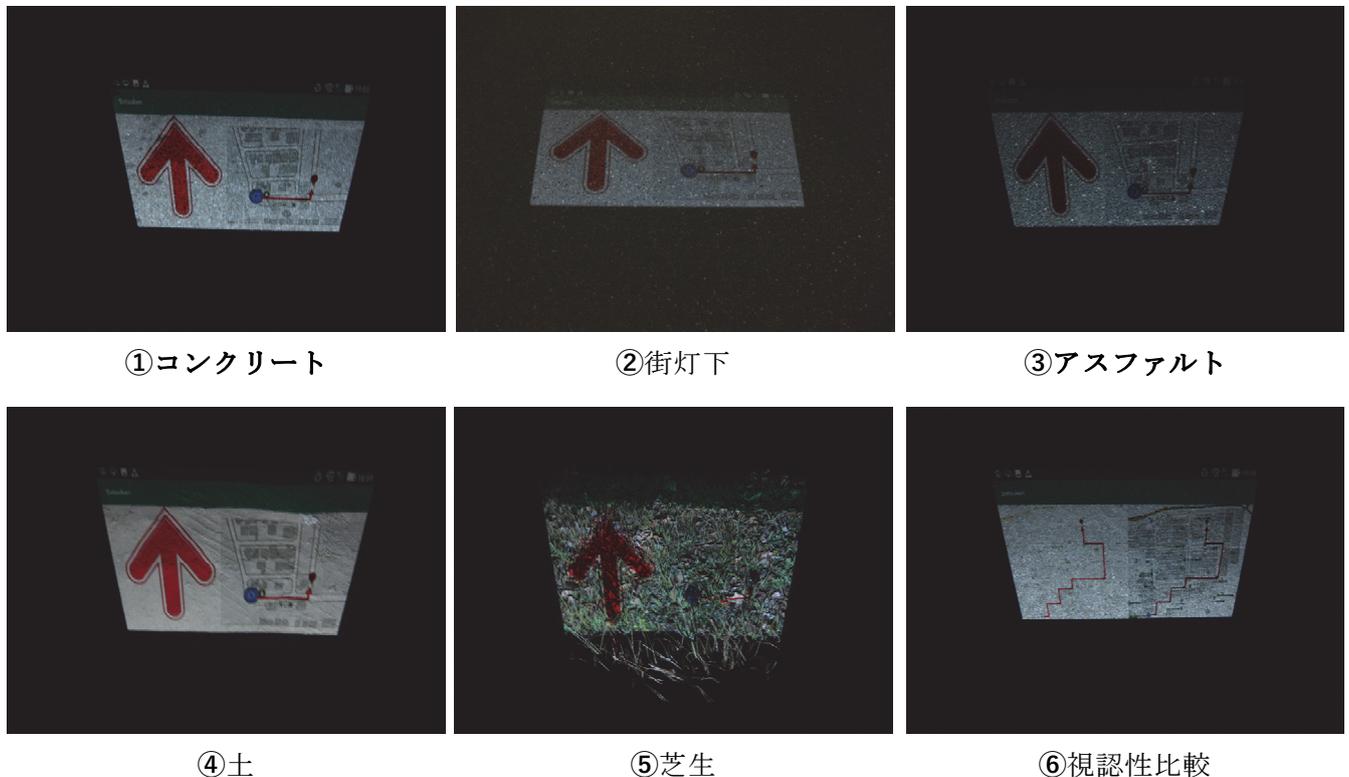


図 7 事前実験の投影画像

Figure 7 Projection images of the preliminary experiment.

最後に、図7の⑤は芝生に投影した様子である。芝生の場合、矢印が指す方向は読み取れるが、地図は読み取ることが難しいという結果となった。

5.3 投影時の地図視認性の比較

夜間に投影した際の地図の視認性について、白色ベースの地図画像と編集によって色彩を調節した灰色ベースの地図画像とで比較を行い、使用する画像を決定した。図7の⑥に投影した際の比較を示す。

画面左側には、白色ベースの地図画像、画面右側には灰色ベースの地図画像を表示している。図からもわかる通り、白色ベースの地図は、道路を示す白線と建物等との区別が付きにくい。一方で、灰色ベースの地図は、画像のコントラストとハイライトの値を下げることで、道路の白線と建物とがはっきりと分かれており、白色ベースの地図に比べて見やすいことがわかる。そのため、本研究では、灰色ベースの地図画像を使用する。

6. 評価実験

本提案システムの評価は、20代を対象として、本システムを使用した模擬避難訓練、およびその後のアンケート調査により行った。実験では、本システムの足元を照らしつつ、情報を投影することで迅速かつ安全な避難が可能なかを調べるために、スマートフォンの画面を見ながらの避難と比較を行う。画面に表示する情報は、本システムとスマートフォン共に、同じ情報を表示し実験を行った。

6.1 実験概要

被験者(5名)はスマートフォンの画面を見ながらの避難と、本システムであるプロジェクターで投影した画面を見ながらの避難の2つの避難を行った。実験は2回実施し、実験1では移動速度を計測した。実験2では、視認時間比率(移動中に画面をのぞき込んでいた割合)を計測した。実験は和歌山大学付近の住宅街であるふじと台で行った。実験1は、2020年2月3日から2月6日に実施し、実験2は、2020年2月11日から2月17日に実施した。時間帯は日没後に行った。

まず、実験を行う前に被験者にアプリケーションを操作してもらい、表示される避難情報について説明を行った。次に、被験者を2つのグループに分け、往路と復路の2つの経路でスマートフォンを使用した避難とプロジェクターを使用した避難を行う。Aグループは往路でスマートフォンを使用した避難、復路はプロジェクターを使用した避難を行う。一方、Bグループは往路でプロジェクターを使用した避難、復路はスマートフォンによる避難を行う。実験後にアンケートを行った。

なお、今回の実験1で避難した経路は図8に、実験2で

避難した経路は図9に示す経路である。往路と復路の開始地点と避難場所は、それぞれの経路で逆になっている。また、往路と復路で経路が被らないように経路を決定した。地図上の距離で、実験1の往路は1306.7m、復路は1448.5mであり、実験2の往路と復路は506.7mである。



図8 実験1経路(左:往路, 右:復路)

Figure 8 Experiment 1 route(Left:Outbound, Right:Inbound).



図9 実験2経路(左:往路, 右:復路)

Figure 9 Experiment 2 route(Left:Outbound, Right:Inbound).

6.2 実験1結果

実験1では往路と復路それぞれで、移動時間を計測した。計測した移動時間から移動速度を求め、スマートフォンを用いた避難とプロジェクターを用いた避難と比較した。比較した結果を図10に示す。

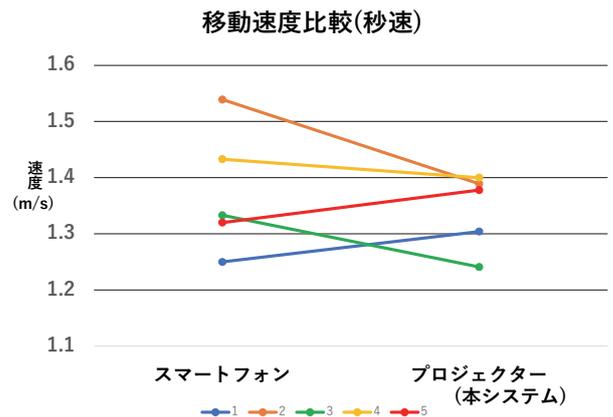


図10 移動速度比較

Figure 10 Comparison of moving speed.

被験者によって移動速度は異なるが、スマートフォンとプロジェクターを比較して最も差が大きい被験者2の場合で秒速0.15mとなっており差が小さいことが分かる。このことから、スマートフォンを用いた避難とプロジェクター

を用いた避難では速度に大きな差がないと考えられる。また、ウィルコクソンの符号付順位和検定を用い、有意水準 5%で検定を行ったところ、スマートフォンを用いた避難とプロジェクターを用いた避難には、移動速度に関して差があるとはいえないという結果となった。

6.3 実験 2 結果

実験 2 では視認時間(移動中にどれだけの時間、画面をのぞき込んでいたかを計測し、移動にかかった時間から視認時間比率を求めた。視認時間比率を比較した結果を図 11 に示す。グラフから、プロジェクターを用いた避難の方が画面をのぞき込んでいる割合が小さいことが分かる。被験者 5 の結果にはあまり差異はないが、実験後のアンケートで、スマートフォンを用いた避難の際に、足元が暗く危ないため、出来るだけ画面を注視せずに前を見るようにしたという回答があった。また、この結果もウィルコクソンの符号付順位和検定を用い、有意水準 5%で検定を行ったところ、スマートフォンを用いた避難の方がプロジェクターを用いた避難と比べて視認時間比率が大きいといえるという結果となった。

6.4 アンケート結果

A, B 両グループに対して、スマートフォンを使った避難とプロジェクターを使った避難の比較について調査を行

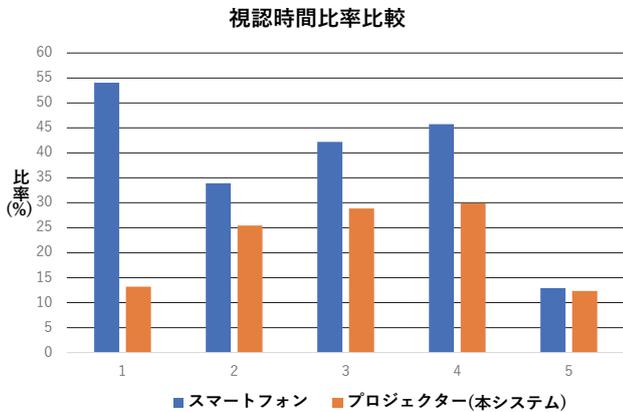


図 11 視認時間比率比較
Figure 11 Comparison of viewing time ratio.

った。設問 1 の「どちらが避難情報を取得しやすいか」という設問では、8 割がプロジェクターによる避難、2 割がどちらでもない(同じ)と回答した(図 12)。設問 2 の「画面を見て移動する場合、危険なのはどちらか」という設問では、全員がスマートフォンの画面を見ながら移動する方が危険だと回答した(図 13)。設問 3 の「災害発生時の夜間避難で使いたいのはどちらか」という設問では、全員がプロジェクターによる避難と回答した(図 14)。

実験で使用した移動経路についての設問では、被験者全員が初めて通る経路であることを確認した。また、経路を通る際に、暗くて見えない場所が存在し、懐中電灯などで足元を照らした方が良いと感じた被験者が多かった。

本システムを用いて投影された情報の視認性に関して調査を行った。「投影された矢印について、見やすいか」という設問では、5 段階評価(値が大きいほど見やすい)で、5 人全員が 5 と回答し、全員が見やすいと感じた結果になった。また、「投影された地図について、見やすいか」という設問では、5 段階評価(値が大きいほど見やすい)で、1 人が 5、2 人が 4、1 人が 3、1 人が 2 と回答し、平均 3.6 という結果になった。

本システムを用いた際の避難方向や経路の分かりやすさについても調査を行った。「移動する方向について分かりやすいか」という設問では、5 段階評価(値が大きいほどわかりやすい)で、5 人全員が 5 と回答し、全員が分かりやすいと感じた結果になった。また、「移動する経路について分かりやすいか」という設問では、2 人が 5、2 人が 4、1 人が 3 と回答し、平均 4.2 という結果となった。

他にも「本システムを用いた際に、足元の状況の把握がしやすいか」という設問では、5 段階評価(値が大きいほど把握しやすい)で、4 人が 5、1 人が 4 と回答し、平均 4.8 と全員が把握しやすいと感じた傾向になった。

7. 考察

実験 1 の結果から、スマートフォンを用いた避難と提案システムを用いた避難には、速度に差があるとはいえないという結果となった。これは、アンケートの結果から、プロジェクターを用いた際に取得できる情報が、スマート

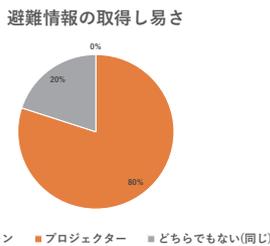


図 12 設問 1 結果
Figure 12 Result of question 1.

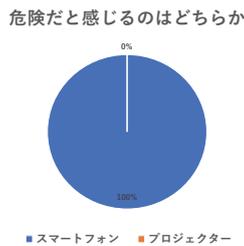


図 13 設問 2 結果
Figure 13 Result of question 2.

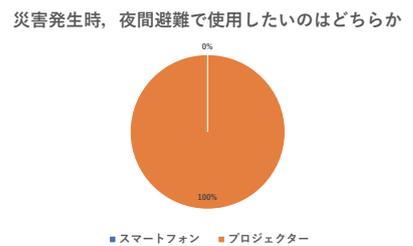


図 14 設問 3 結果
Figure 14 Result of question 3.

フォンを用いた場合と同等の情報を取得できているためだと考えられる。

実験2の結果から、スマートフォンを用いた避難と比べて、提案システムを用いた避難の方が、画面をのぞき込む割合が小さいといえるという結果となった。これは、本システムを用いて投影された画面を見ることで、顔が前を向きやすく、少しの視線の移動で進行方向と投影画面を見比べることが出来るためだと考えられる。このことから、本システムの方が画面を注視する時間が少なくなるため、より経路や周囲の状況を把握できると考えられる。

アンケート調査の結果からは、提案システムを用いることで足元の状況を把握しつつ、同時に必要な避難情報を提供できていることを確認できた。また、スマートフォンの画面を見ながらの避難と比べて、提案システムによる投影画面を見ながらの避難は速度に差があるとはいえないという結果になったものの、安全性が高い傾向にあることを確認できた。

本システムを用いた際の、避難情報の視認性に関して、矢印については見やすいと感じたことから、視認性は十分だと考えられる。これは、矢印に採用した赤色が目立ち、分かりやすいためだと考える。地図については、矢印よりも低い結果となった。これは、投影された情報が街灯や路面等の影響により、矢印よりも見えにくくなったためと考える。

また、避難方向や避難経路の分かりやすさに関する調査で、分かりやすい傾向となった。これは、本システムを用いて投影された画面を見ることで、顔が前を向きやすく、少しの視線の移動で進行方向と投影画面を見比べることが出来るためだと考えられる。避難方向と避難経路の分かりやすさで差が生じたが、これは、地図の視認性が矢印よりも低いため、移動経路の把握が移動方向の把握よりも低い結果になったと考えられる。

しかし、避難情報の提供を行う方法についてはまだ改善部分が多いと考えられる。例えば、画面に表示される避難情報が切り替わる際に、音やバイブレーションで使用者に分かるようにしてほしいという意見があった。他にも、事前実験やアンケート結果から、地図の視認性が矢印よりも低いことが分かった。地図を投影する場合、地図が細かすぎると、ぼやけて読み取れなくなる可能性があるため、余分な情報がなく、大きく、分かりやすい地図を作製する必要がある。また、本研究ではプロジェクターで投影する前提でアプリケーションの画面を開発したため、文章による情報提供を行わなかった。投影する場合、既存のスマートフォンによる避難支援よりも情報提供の方法が限られるため、限られた方法の中でどのように工夫して、分かりやすく避難情報を提供するのが重要である。これについても再検討する必要がある。

また、今回の検証では被験者が5名と少ない。多くの人

が使いやすく、分かりやすいと感じるシステムにするためには、より多くの人に使用してもらい、実際の避難訓練を利用するなどして、幅広い層から多くの意見を集める必要がある。

8. おわりに

本研究では、災害時の夜間の避難誘導を支援するシステムとして、懐中電灯型の避難情報投影システムを提案・実装し、実験とアンケートによる評価を行った。実験結果から、本システムを用いることで夜間避難をより安全に行える可能性を示唆した。今後の課題として、音などを用いた情報提供方法を組み合わせることでより安全に避難できると考える。

また、今回は避難者の先頭が提案システムを使用することを想定した。しかし、近年、プロジェクター機能を持つスマートフォンが登場しており、我々が持つ携帯端末の機能拡充によっては、災害時に避難者の多くが足元を照らしつつ、避難情報を獲得する可能性も考えられる。その際に、本研究が避難支援の足がかりの一つとなることを望む。

謝辞

本研究は、JR 西日本あんしん社会財団 2019 年度公募研究助成 19R051 の助成を受けています。

参考文献

- [1] 内閣府政策統括官(防災担当)「津波防災」, <<http://www.bousai.go.jp/jishin/tsunami/tsunamibousai/tsunamibousai/day.html>> (参照 2020-10-08).
- [2] 林 能成: 鉄道における津波避難誘導標識の研究 -紀伊半島を周遊する JR 線の事例から-, 社会安全学研究, 第3号, pp.117-125(2013).
- [3] 西日本旅客鉄道株式会社「津波避難アプリ(スマートフォン)を活用した迅速な避難誘導」, <<https://www.westjr.co.jp/company/ir/movie/app.html>> (参照 2020-10-08).
- [4] 濱村 朱里ほか: あかりマップ: 日常利用可能なオフライン対応型災害時避難支援システム, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集, pp.2070-2078 (2014).
- [5] 一般社団法人 全国防災共助協会: 防災・避難誘導アプリ「みたちょ」とは, 一般社団法人 全国防災共助協会(オンライン), 入手先<<http://bousai.or.jp/mitacho/>> (参照 2020-10-08).
- [6] Alexandru Dancu, Zlatko Franjic and Morten Field: Smart Flashlight: Map Navigation Using a Bikemounted Projector, Proc.CHI'14, pp.3627-3630, (2014).
- [7] 安宅 彰洋, 岡田 成幸, 中嶋 唯貴: プロジェクションマッピングを応用した地震時室内最適避難誘導支援システムの開発 -A*アルゴリズムによる避難戦略の検討-, 日本建築学会北海道支部 研究報告集 No.89, pp.47-50 (2016).
- [8] 富永 拓也ほか: 地下街におけるスマートフォンの光を用いた避難誘導方式の提案, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集, pp.266-277 (2014).
- [9] 後藤 龍之介, 塚田 晃司: 沿岸地域を走行する鉄道利用者を対象とした災害時避難支援システムの提案と構築, ワークショップ 2015(GN Workshop 2015)論文集, pp.1-7(2015).