慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	スマートフォンによる視覚障害者用屋内ガイダンスの研究
Sub Title	Research of the indoor guidance for visually impaired persons using a smart phone
Author	松永, 和正(Matsunaga, Kazumasa) 春山, 真一郎(Haruyama, Shinichiro)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2012
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2012年度システムデザイン・マネジメント学 第117号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002012-0054

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文　　2012 年度

スマートフォンによる
視覚障害者用屋内ガイダンスの研究

松永 和正
(学籍番号：81133577)

指導教員　教授　春山 真一郎

2013 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

論　　文　　要　　旨

学籍番号	81133577	氏　名	松永　和正

論　文　題　目：スマートフォンによる視覚障害者用屋内ガイダンスの研究

（内容の要旨）

高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律、いわゆるバリアフリー新法によって高齢者・障害者の社会参加が促進され、公共交通機関や建築物のユニバーサル化が着実に進展している。確かに駅にはかなりの割合で視覚障害者が利用しやすいエレベーターの設置が進んでいるし、法令やガイドラインに則った音による誘導等も一般的になってきている。とは言え、視覚障害者が１人で外出するには依然として困難が伴い、特に屋内に目を向けるとGPSの電波が受信できない事もあり、まだまだ十分に誘導や情報提供が行われているとは言い難い。

本論は、視覚障害者の誰もが気軽に使える“カジュアル”な動的音声情報提供システムを提案することが目的である。そこで、まず視覚障害者を誘導、または目的地に至る情報の提供を目的とした先行研究のシステム、既存のシステムの概要とメリット、デメリットを述べ課題を洗い出した。また、視覚障害者が何を必要としているのか日本点字図書館でインタビューを行った。また、“カジュアル”と言う目的のために、一般に入手可能なスマートフォンを利用した。これらを踏まえ、視覚障害者が必要とするシステムの要求は

１．　屋内で視覚障害者に情報を提供する。
２．　音声によって視覚障害者に情報を提供する。
３．　視覚障害者に動的な情報を提供する。
４．　目標から離れていても、目標までの距離を得られるようにする。
５．　視覚障害者でもスマートフォンの画面上のボタンを押せるようにする。

とした。この、要求を基にVモデルに即してシステムを構築、視覚障害者を招いた実証実験によって検証、及び妥当性確認を行った。

構築したシステムを用いて実証実験を行った結果、このシステムは音声によって視覚障害者に動的な情報を提供できる事が確認できた。このシステムにおいては、無料で提供されている可視光通信機能を持ったアプリを利用することで、可視光IDの識別が可能であるだけでなく、IDを送信するマーカーまでの距離の測定、方向の認識までもが可能である事も示した。音声を再生する際にはスマートフォンの画面上のボタンを押下する必要があったが、視覚障害者でもボタンの位置が分かるようにガイド穴を設けたプレートを作成し、画面に貼り付けることで視覚障害者でもボタン操作が可能である事が分かった。

キーワード（5語）
スマートフォン，可視光通信，視覚障害者，ナビゲーション，音声案内

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	81133577	Name	Kazumasa Matsunaga

Title Research of the Indoor Guidance for Visually Impaired Persons Using a Smart Phone

Abstract

By a new law, a disabled person's public transportation facility and use of the public facility are promoted. To be sure, installation of the elevator is going to the station at a remarkable rate. However, it is still difficult for a disabled person to go out by one person. It cannot be said that a visually impaired person's guidance is fully performed because a GPS electric wave is indoors unreceivable especially.

It is the purpose to propose the "casual" information service system which uses a smart phone and a visually impaired person can use freely for this paper. First, the subject of the existing system aiming at a visually impaired person's guidance was mentioned. Next, it interviewed in order to know what the visually impaired person needs.

The demand of the system which a visually impaired person needs is the following.

1. Provide a visually impaired person with information indoors.
2. Provide a visually impaired person with information with a sound.
3. Provide a visually impaired person with dynamic information.
4. Even if separated from the marker, enable it to acquire the distance to a marker.
5. A visually impaired person also enables it to push the button on the screen of a smart phone.

Based on these demands, it was based on V model, the system was built, and verification and a validity check were performed.

As a result, this system has offered dynamic information to the visually impaired person with the sound. This system was able to measure the distance to a marker using free application with a visible-light-communications function. The plate which made the hole so that the position of the button on a screen might be known was created. The plate was stuck on the screen, and even if it was a visually impaired person, it turned out that it is possible to push the button of a smart phone.

Key Word(5 words)

Smartphone, Visible light communication , Visually impaired , Navigation, Audio assist

目次

序章 1

0.1 研究の背景 1
0.2 音声による案内の重要性 2
0.3 研究目的 3
0.4 可視光通信を応用する 4

第一章:視覚障害者向け誘導システムの現状 5

1.1 視覚障害者向けの既存システム・先行研究 5
1.2 点字ブロック 5
1.3 RFID 埋め込み点字ブロック＋白杖 7
1.4 赤外線を使った音声案内 8
1.5 視覚障害者向け音声ナビゲーションシステム 10
1.6 触地図 11
1.7 2 次元コード 12
1.8 PlaceEngine 13
1.9 IMES 13
1.10 本論で提案するシステムとの比較 14

第二章:システム要求 15

2.1 日本点字図書館 和田氏とのディスカッション 15
2.2 視覚障害者が必要とするシステム 16
2.3 システム要求 17
2.4 システム分析（機能の洗い出し） 18
2.5 システム分析（機能の割り当て） 19

第三章:システム構築 23

3.1 システム構成 23
3.2 システムの制作 28
3.3 iPhone の制約による仕様の変更 32

第四章:システムの検証 33

4.1 マーカーの検証 33
4.2 PHP スクリプトの検証 33
4.3 ピカピカメラの検証 33
4.4 ガイド穴付きプレートの検証 34
4.5 システムの検証 34
第五章:実証実験 35
5.1 実験の概要 35
5.2 実験の結果 39
5.3 考察 41
結論 44
謝辞 46
文献表 47

序章

0.1　研究の背景

近年、カーナビゲーションに代表される GPS(Global Positioning System)を利用したナビゲーションシステムは、既に誰もが利用できる一般的なものとなっている。GPS は米国が軍事用に打ち上げた複数の衛星のうち、同時に 4 個を使って現在位置（緯度、経度、及び高度）を誤差 1 メートル程度で測定することができる。GPS 機能はスマートフォンにも搭載されるようになってきており、現在位置を知るという本来の目的に止まらず、位置情報を利用したゲームにも応用されるようになってきている。屋外においては GPS のおかげで 1 メートル程度の誤差でナビゲーションが利用可能なのである。

翻って、屋内でかつ歩行者が利用できるナビゲーションとなると事情は異なる。屋内では GPS の電波が受信できないため、これに変わる PlaceEngine[1]、IMES[2]等の位置情報サービスがいくつか実用化、研究されているが、未だ GPS ほど精度が得られないかまたは一般的には利用できないのが現状である。PlaceEngine は Wi-Fi のアクセスポイントの電波情報を用いて位置の推定を行う技術で、5～100 メートルの精度で位置を推定することが可能である。IMES は屋内において GPS 互換の信号を送出するシステムで、10～20 メートルの精度がある。

また、屋内となれば当然歩行者向けのナビゲーションであるがため、少なくとも 1 メートル前後の精度で現在位置を特定する必要がある。それに加えて、建物の中や地下街ともなれば複数のフロアが重なっており、それぞれで案内すべき内容は異なる。

私は修士課程に入学して半年後よりスマートフォンを利用した歩行者向け屋

---

[1] ソニーコンピュータサイエンス研究所が開発。

[2] Indoor Messaging System の略。JAXA によって仕様が提案されている。

内ナビゲーションの研究を続けており、とりわけ視覚障害者により良い情報提供をするシステムを目指してきた。しかし、これまで述べたように屋内向けの位置情報サービスの精度は GPS のそれには遠く、例え GPS と同等の精度が得られたとしても視覚障害者向けのナビゲーションを行うには精度が十分とは言えない。

0.2　音声による案内の重要性

最近では、高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律、いわゆるバリアフリー新法によりユニバーサル化が進展している。駅をはじめとした公共施設では高齢者や障害者が利用しやすいエレベーターの設置はもちろんのこと、点字による案内や構内を案内する触地図等の設置も進んでいる。これによって視覚障害者が外出する機会は増えていると思われる。そうであれば、視覚障害者に情報を提供する事はますます重要性を帯びてくる。

視覚障害者はこれらの施設等で提供される情報に満足しているのだろうか。触地図にしても点字にしても、それらから情報を得るためにはある程度の訓練を必要とする。視覚障害者のうち、点字を読める人の割合は 1 割程度だという。先行して行った視覚障害者向けナビゲーション実験の結果や点字の習得状況等から、やはり視覚障害者は音声による情報の提供を好むと考えられる。これらを勘案すると、視覚障害者は現状に満足していないのではないだろうか。音声で提供する情報にもっとフォーカスを当ててみても良いのではないだろうか。

情報には静的な情報と動的な情報がある。静的な情報とは、例えば、駅の何処に改札があって、何処にエレベーターがあって等、時刻によって変わらない情報である。一方、動的な情報とは、例えば駅のホームにおいて次に来る電車が各駅停車なのか急行なのか、何処行きなのか、そしてそれは何分待てば来るのかという情報である。あるいは自分が病院にいるのであれば、診察の順番は

いつ来るのか、診察が終わって薬をもらう際に何番まで調剤が終わっているのかということである。視覚障害者は、静的な情報はもちろんのこと、この動的な情報をより必要と考えている。

0.3　研究目的

本論では、視覚障害者の誰もが気軽に使える 、“カジュアル”な視覚障害者向けの音声情報提供システムを提案する。このシステムの利用者は、特に意識せずとも、店舗や病院等の施設の方向とその施設までの距離をその場で得ることができる。それらの施設に近付くだけで、利用者の頭部に装着した端末が自動的に施設からの情報を得て、音声によって情報を提供することができる。このシステムの概要を図０－１に示す。

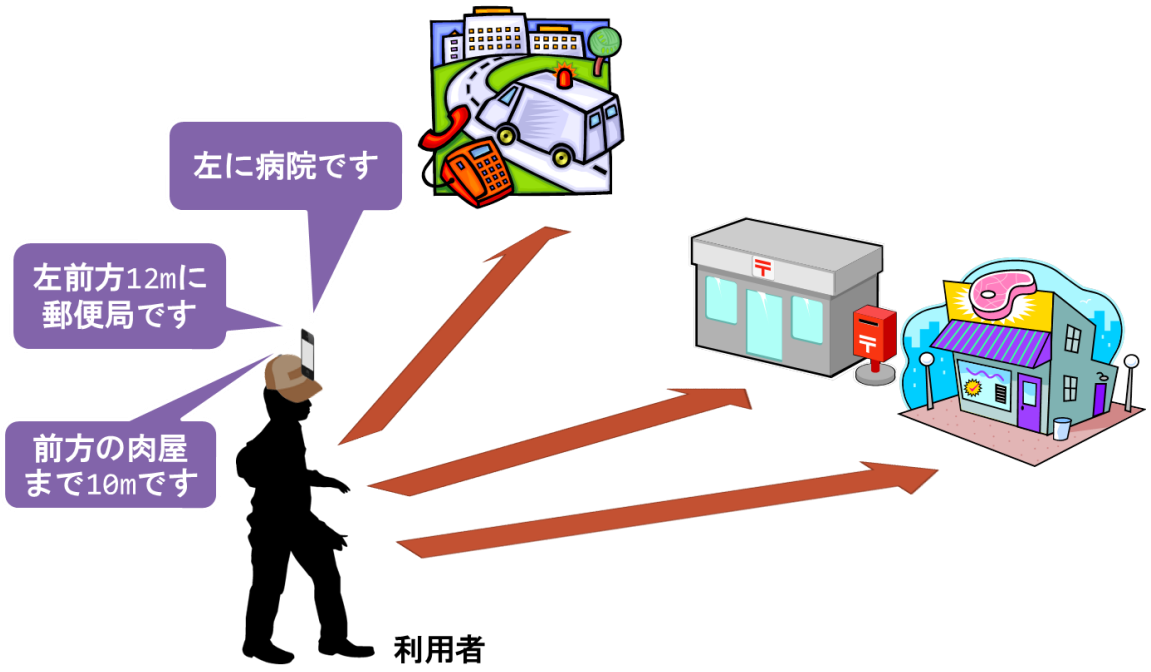

図０－１　理想的なシステム

0.4　可視光通信を応用する

従来、視覚障害者を誘導・案内する目的のものとして触地図がある。触地図とは視覚障害者向けに駅の案内図等を触覚で伝えられるようにしたもので、図中の文字は点字を使用している。既述のように点字はすべての視覚障害者が習得しているわけではなく、かつ触地図の情報は飽くまで静的な情報である。また、触地図は制作にかなりのコストがかかるものの、それほど利用が進んでいないという事実がある。

従って、触地図の静的な情報に加えて、動的な情報も音声で提供できるシステムを構築すれば、視覚障害者にとって有益ではないだろうか？本論では視覚障害者があまり負担なく利用できるシステムを目指して、一般的なスマートフォンと無料のアプリを利用することを考えたい。このアプリはカシオ計算機株式会社のピカピカメラ[3]で可視光通信を利用して取得可能なアイテムやフレームで写真を撮ったり、撮った写真を相手に送ったりできるアプリである。

可視光を利用することで利用者の端末に特別なモジュールは必要なく、普通のカメラさえあれば良い。つまり、一般に販売されているスマートフォンをそのまま利用できることが大きなメリットである。一般に販売されているものを利用できるということは、元々マーケットが小さく高価な視覚障害者向けの機器が不要となるので、利用者の負担軽減につながるのではないだろうか。これは、利用者だけでなくサービスを提供する側にとっても、利用者にソフトウェアを提供するだけで良いのでメリットがある。

[3] ピカピカメラ/Picapicamera は、カシオ計算機の登録商標です。

第一章：視覚障害者向け誘導システムの現状

1.1　視覚障害者向けの既存システム・先行研究

平成 18 年に施行されたバリアフリー新法は、高齢者、障害者の社会参加を支援し、公共交通機関の施設、車両等、及び建築物等を高齢者、障害者が安全に利用できるように整備を促進するための法律である。従って、視覚障害者が１人で外出する機会は今後ますます増えると予想される。しかし、それを支援するためのシステムと言うと、普及しているのは点字ブロック、触地図ぐらいであろう。この２つは視覚障害者の外出を支援するという意味では、提供できる情報が十分とは言えない。

現在、視覚障害者に対して目的地までの誘導、ないし目的地に至るまでの方向・経路等の情報提供を行うシステムとして様々なものがある。それらのうち、特に屋内向けないし屋内でも利用可能なものについて概観しそれぞれの特徴やメリット、及びデメリットを述べる。本論でいう「誘導」とは、世間一般に言う「ナビゲーション」を差し、現在位置の把握から目的地までの経路を案内し、最終的に目的地に利用者を到達させる機能を言う。

1.2　点字ブロック

視覚障害者を誘導とまでは行かないが、昔からあり普及も進んでいるものとして点字ブロックがある。点字ブロックの例を図１－１に示す。

図１－１　点字ブロック

（出所）NITE『NITE ってなぁに？点字ブロックって知ってる？』

点字ブロックは、正式名称を「視覚障害者誘導用ブロック」と言い、1965 年に三宅精一氏によって考案された。点字ブロックは歩道や駅のホーム等で良く見かける 30cm 四方の突起のあるブロックで、線状ブロックと点状ブロックの２種類がある[4]。この点字ブロックの突起を視覚障害者が白杖や足裏で確認しながら歩くことで、線状ブロックは進む方向を、そして点状ブロックは注意（例えば横断歩道の手前）すべき位置を示している。点字ブロックの材質としてはコンクリートでできたものやゴムでできたものが主なものである。

点字ブロックのメリットは白杖１本あれば利用でき、１度設置すれば電力も必要ないということであろう。突起があるので摩耗するから定期的に交換する必要があるが、点字ブロック自体が光ったり音声を発したりということはないので、電力も必要なく頻繁な監視等も不要である。

点字ブロックのデメリットはと言えば、遠くからはその点字ブロックがどこにあるのか分からないということだろうか。視覚障害者は自分の白杖が届く範

[4] 徳田、水野、9-11 頁参考。点字ブロックの種類、設置方法に関する記載がある。

囲に点字ブロックがない場合、一人でそれを探すことは困難である。また、「誘導用ブロックは一つの情報ではあるが、これだけを頼りにできない」という意見[5]が多くある。更に、車いすの利用者にとっては、点字ブロックの凹凸によって進行方向が定まらなくなる等、不便なものであることは否めない。

1.3　RFID 埋め込み点字ブロック＋白杖

深澤、水上らによって、前項の点字ブロックに RFID(Radio Frequency Identification)タグを埋め込み、RF アンテナを内蔵した白杖で ID を読み取って、携帯端末から音声で様々な情報を提供する試みがなされている。

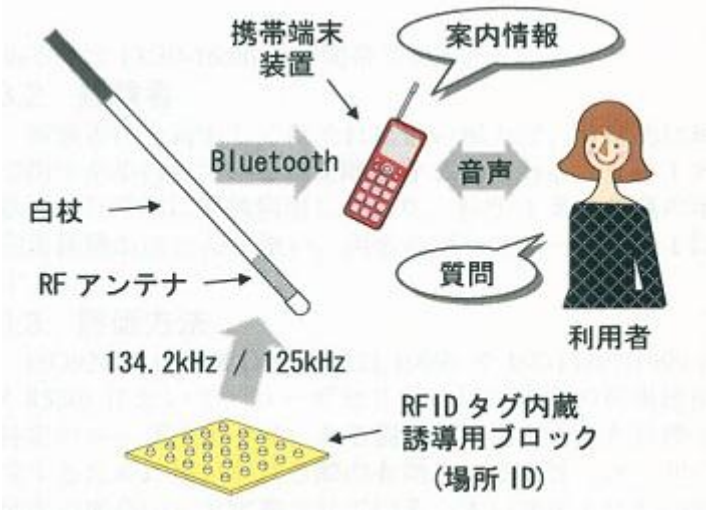

図１－２　RFID タグ+白杖を使ったシステム

（出所）『LO-005 視覚障害者向け案内システムの実証的評価(情報システム)』

このシステムは RFID タグを埋め込んだ点字ブロック、ID を読み取るための白杖、及び音声案内を行うための携帯端末で構成される。白杖と携帯端末の間は無線で通信を行い、白杖が読み取った ID と携帯端末内の地図データを照合し

[5] 『視覚障害者にわかりやすい都市デザインの研究』、70 頁、視覚障害者誘導用ブロックについての意識。

て現在位置を認識し、「改札の前です。」等の情報を音声で提供することができる。予め、音声によって携帯端末に目的地を設定しておくと「目的地まで○mです。」、「右に○m 進んでください。」等の誘導を行うこともできる。

このシステムの最大のメリットはやはり、音声で視覚障害者を目的地まで案内することができることであろう。他には ID を読み取った場所の正確な位置が分かる事も単なる点字ブロックにはない機能である。また、音声で目的地の設定が可能である。

このシステムのデメリットは、利用者を案内するために地図データを利用しており、それがない場所では案内ができない事である。また、利用者の現在位置把握のためには ID を読み取る必要があるが、RFID タグを埋め込んだ点字ブロックと RF アンテナを内蔵した白杖との距離は数 cm でないと ID を読み取ることができない。

もっとも、そうした機能が使えなかったとしても、通常の点字ブロックとしては機能するのでシステムとしては強固だと言うことができる。

1.4　赤外線を使った音声案内

次に、赤外線を使った音声案内システムについて述べる。これはトーキングサイン(Talking Signs)に代表されるシステムで既に実用化されている。トーキングサインの概要を図１－２に示す。

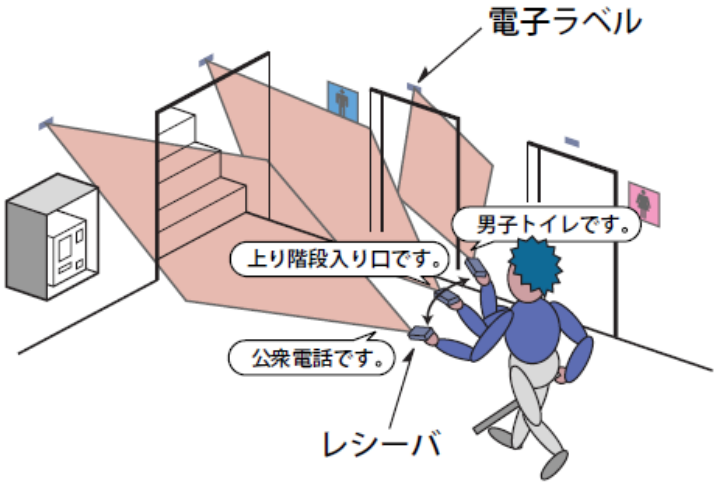

図１－２　トーキングサインの概要

（出所）三菱電機（株）『赤外線音声情報案内システム“トーキングサイン”』

このシステムは音声を赤外線によって送信する電子ラベルと、受信した赤外線から音声を再生する携帯レシーバで構成される。赤外線の通信距離（10m 以上）と指向性から、携帯レシーバが赤外線の照射範囲から外れると音声に雑音が入ったり、聞こえなかったりする。この特性を利用して視覚障害者は目標の方向を知る事も可能である。

このシステムのメリットは、利用者の持つ携帯レシーバが電子ラベルから離れていても音声を受信できることである。また、既に述べたが携帯レシーバを電子ラベルのほうに向けないと音声を受信できないという特性を利用して、利用者は電子ラベルのある方向を知ることが可能である。

このシステムのデメリットは地図を利用していないため、利用者の現在位置は分からず、電子ラベルと携帯レシーバの間の距離も分からないため、先の RFID タグ埋め込み点字ブロックと白杖の組み合わせで実現している利用者の誘導ができない事である。

1.5　視覚障害者向け音声ナビゲーションシステム

視覚障害者向け音声ナビゲーションシステムは春山研究室で制作したもので、可視光通信を用いてヘッドフォンからの音声案内を頼りに、屋内における視覚障害者の誘導を目的としたシステムである。可視光とは見える光の事で、波長でいうと 380nm から 780nm[6]の領域を指し、可視光通信を行うときの帯域には今のところ法規制がない。前項の赤外線とは、目に見える以外非常に良く似た特性を持っている。視覚障害者向け音声ナビゲーションシステムの概要を図１－３に示す。

このシステムは、可視光 ID 付き LED 照明、可視光 ID 受信機、スマートフォン、音声を聞くためのヘッドフォンで構成されている。利用者は最初に音声でスマートフォンに目的地を設定する。その後、スマートフォンから経路全体の説明が音声でなされ、目的地までの誘導が開始する。

図１－３　視覚障害者向け音声ナビゲーションシステム

このシステムのメリットは RFID タグ＋白杖のシステムと同様に可視光 ID

6 『可視光通信の世界』、3 頁参考。

付き LED の真下に来るとその場所の正確な位置が分かる事である。これを基にサーバ上にある地図情報から経路情報を得て、視覚障害者を目的地まで音声によって誘導することができる。それだけでなく音声認識によってメニュー番号を選択し、端末の操作を行うことができるのは視覚障害者向けシステムとして特筆すべきことである。

このシステムのデメリットはやはり RFID タグ＋白杖のシステムと同様に地図情報がない場所では利用できないというところである。

1.6　触地図

触地図[7]は例えば駅等に設置してあるもので、立体的な記号を使用して視覚障害者の触覚によって設備全体の構造を伝えたり、目的地までの経路を伝えたりするものである。触地図の例を図１－４に示す。触地図中の設備名称等が点字によって表現されている。

図１－４　触地図の例

このシステムのメリットはバリアフリー新法に統合前のハートビル法やバリ

7 「触地図」は「触知図」と表記する場合もある。本論では「触地図」で統一する。

アフリー法の頃から比較的普及が進んでいることである。

このシステムのデメリットは施設等の名称が点字で表現されているので、それを読むには点字が読めなければならないということである。ただし、最近では音声で情報提供を行う触地図も現れている。また、普及は進んでいても触地図そのものがどこに設置されているのか視覚障害者は最初に訪れた場所では分からないということも問題である。

1.7　2 次元コード

2 次元コードは視覚障害者を誘導する目的を持ったシステムではないが、本論のシステムで利用する技術との比較、検討を行う。2 次元コードは従来のバーコードに縦方向にも情報を持たせたもので、従来のバーコードに比べて多くの情報を記録可能である。代表的な 2 次元コードに QR コードがある。

図１－５　QR コード

（出所）QR コードドットコム『2 次元コードについて』

この技術のメリットは、多くの情報を高速に読み取ることが可能である事である。また、比較的容易に読み取り機を入手可能で、携帯電話やスマートフォンで読み取り機能が内蔵あるいは追加可能な場合が多い。

この技術のデメリットは、コードの読み取り装置が基本的にカメラであるため、遠くから読むためにはコードをかなり大きくする必要があることである。

1.8 PlaceEngine

PlaceEngine は Wi-Fi のアクセスポイントの電波情報を用いて位置の推定を行う技術で、5～100 メートルの精度で位置を推定することが可能である。PlaceEngine は Wi-Fi 電波情報によって位置を推定する PlaceEngine サーバと Wi-Fi 電波情報を測定する PlaceEngine クライアントで構成される。

この技術のメリットは、巷にあふれている Wi-Fi アクセスポイントによって位置の推定ができるということである。PlaceEngine クライアントは Wi-Fi アクセスポイントから得られる MAC アドレス、SSID、及び電界強度等から位置情報を得られるのである。

この技術のデメリットは、それほど高い精度で位置情報を得ることができないということである。屋内において、Wi-Fi アクセスポイントを細かく設置して 3～5 メートルの精度を得ることも可能であるが、視覚障害者向けの位置情報サービスとしては十分な精度とは言えない。

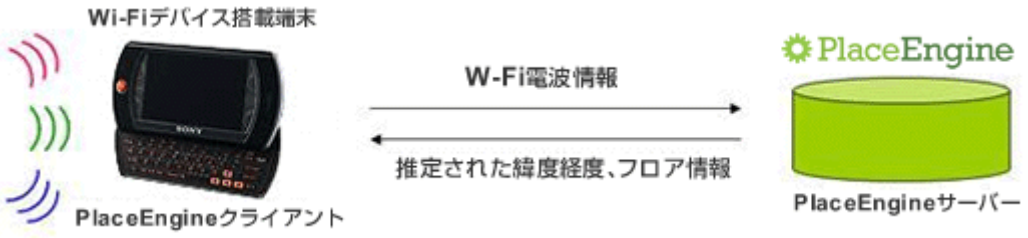

図１－６　PlaceEngine の概要

（出所）ソニー『PlaceEngine　無線 LAN 電波による位置測位技術』

1.9 IMES

IMES は屋内において GPS 互換の信号を送出するシステムで、10～20 メートルの精度がある。IMES が送出する位置情報は送信機の設置場所の位置情報であり、すなわち IMES の位置情報の精度は送信機の設置間隔に依存する。

この技術のメリットは、位置情報として緯度経度はもちろんの事、階数も得

られることである。階数が得られることは、屋内の位置情報サービスとしては大きなメリットである。

この技術のデメリットは、信号が GPS 互換とは言え、現状では専用の受信機が必要となることである。また、得られる位置情報は送信機の設置場所の位置情報でしかなく、PlaceEngine 同様に視覚障害者向けとしては精度が十分とは言えない。

1.10　本論で提案するシステムとの比較

これまで見てきたシステムと本論で提案するシステムとの比較を表１－１にまとめた。

システム	静的情報	動的情報	音声案内	距離測定	通信距離
点字ブロック	○				
RFID+白杖	○		○	○※1	
赤外線音声案内	○		○		○
音声ナビゲーション	○		○		
触地図	○				
本論のシステム	○	○	○	○	○
2 次元コード	－	－	－		
PlaceEngine	－	－	－	○	○
IMES	－	－	－		○

表１－１　従来システムと本論で提案するシステムとの比較

※1 RFID タグを読み取れた場合。

第二章：システム要求

2.1　日本点字図書館 和田氏とのディスカッション

前章では視覚障害者を誘導、ないし目的地へ到達するまでの何らかの情報を提供するシステムを概観したが、どのシステムも一長一短がある。果たして、視覚障害者はどのようなシステムを求めているのだろうか。

この疑問の答えを得るため、日本点字図書館　ユニバーサルデザイン推進室和田勉氏を訪問し、視覚障害者が置かれている現状、そして視覚障害者が本当に必要としているものについてのディスカッションを行った。和田氏は日本点字図書館で点字の制作に携わるとともに、点字や触地図等、視覚障害者に関する様々な研究を行っている方である。

視覚障害者向けに建物内の施設を案内するものとして触地図がある。触地図とは地図や屋内施設の案内図等を凹凸のある記号や点字で表したものである。簡単な触地図の例を図２－１に示す。

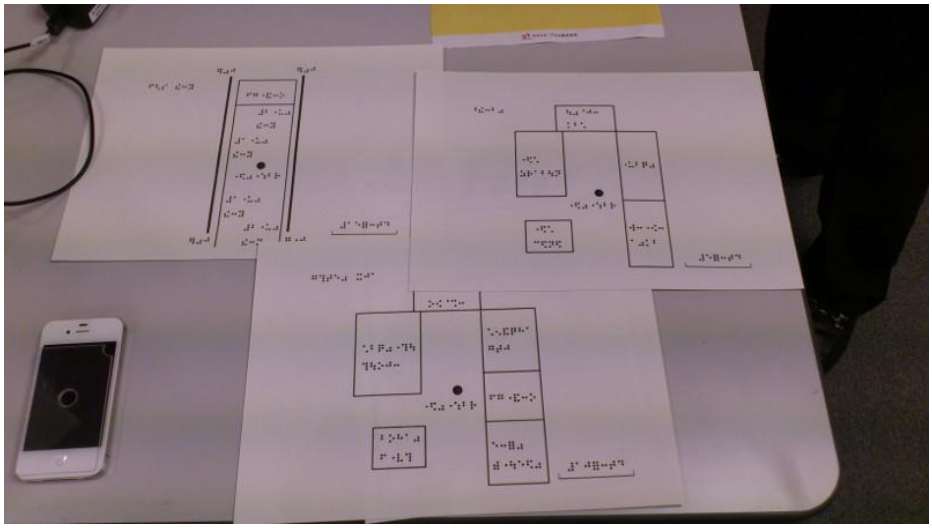

図２－１　簡単な触地図の例（実証実験に利用したもの）

視覚障害者が触地図を読むのには時間が掛かり[8]、例え触地図の設置場所が分かったとしても、必要な情報をすぐに得て目的の場所を探しそこへ到達するのは困難だという。和田氏によれば、視覚障害者が初めて訪れた施設で触地図を利用することはまずないとのことである。どちらかというと、複数回訪れる施設で事前に情報を得るために触地図を利用するのだという。

また、和田氏によれば、点字を判読可能な視覚障害者の割合は、視覚障害者全体の１割程度で、そのうち触地図を読めるのは7、8割であるとのことである。点字の習得にはかなりの時間を要し、特に中途で失明した人は点字が全く読めないか、読めても時間を要することが多い。実際、総務省の統計[9]によっても点字判読可能な視覚障害者の割合は 10%程度と確認でき、そのうち触地図を読める人となると更に少なくなることは容易に想像できる。

2.2　視覚障害者が必要とするシステム

すると、ここで視覚障害者が必要とするシステムの要求の１つが見えてくる。それは視覚障害者に音声によって情報を提供するということである。

では、音声で視覚障害者にどのような情報を提供すれば良いのだろうか。和田氏によれば、視覚障害者は「動的な」情報を必要としているという。例えば、駅のホームで次に来るのは各駅停車なのか、あるいは急行なのかといった情報や、病院で薬をもらう際にどこまで調剤ができているのかといったことである。

もちろん、改札はどこにあるのか、ホームに行くためのエレベーターはどこにあるのかといった静的な情報も必要である。以前は運賃表等も点字で提供する必要があったが、現在では Suica、及び PASMO 等の普及により必要なくな

[8] 図２－１の簡単な触地図を実証実験で被験者に読んでもらったところ、１枚当たり１、２分の時間を要した。
[9] 総務省の調査によれば、在宅の視覚障害者（18 歳以上）のうち、点字を利用できる者は 10.6%。

りつつあるという。和田氏は、視覚障害者にどのような情報を提供するかが非常に重要で、それは機器の操作の煩雑さに見合ったものでなければならないという。

和田氏には他にも貴重なご意見をいただいた。それらを以下に挙げる。

- 駅については視覚障害者が単独で利用することも多く、しっかりとした情報提供がされている。
- 弱視の方で iPad を使っている人は結構多い。内蔵のカメラで対象物を撮影してそれを拡大して見るという使い方をしている。
- 全盲の方はあまりスマートフォンを好きではない。どこを押せば良いか分からないからである。
- 情報を音で提供してくれた方が良いという視覚障害者は多い。
- 既存の端末を利用できるのであればそれを利用するのが好ましい。

上記から、視覚障害者が必要としているシステムの２つめの要求は、動的な情報を提供するということである。また、３つ目の要求として、スマートフォンを使うならばボタン操作をしなくて良いか、またはボタンを押す場所を視覚障害者でも明確に分かるようにするということが挙げられる。

更に、これまで見てきた従来システムにない新しい機能として、目標から離れていても目標までの距離が得られるようにするということを加える。

2.3　システム要求

これらを踏まえ、本論では視覚障害者が屋内で情報を得られるようにする“カジュアルな”のシステム要求を以下のようにまとめた。

- GPS の電波を受信できない屋内で視覚障害者に情報を提供する。

- 情報は音声によって提供する。
- 視覚障害者に動的な情報を提供する。
- スマートフォンを使う場合、ボタンを押さなくて良いか、またはボタンを押す場所を視覚障害者でも分かるようにする。
- 目標から離れていても、目標までの距離の情報が得られるようにする。

2.4 システム分析（機能の洗い出し）

本項では前項の要求を基にシステム分析を行っていく。まずは要求に基づいて機能の洗い出しを行う。本システムの機能として必要なのは、目標の識別機能、目標と利用者端末間の距離測定機能、情報の受信機能、情報の送信機能、及び音声再生機能の５つである。

目標の識別機能は、音声情報を提供する目標を識別する機能である。RFID を使ったシステムであれば ID を読み取る機能に相当する。複数の目標を検出した場合、それらを別々に認識できなければならない。ただし、本論の実証実験では ID が同時に２つ検出されるような状況は想定しない。

目標と利用者端末間の距離測定機能は、識別した目標と利用者端末間の距離を測定する機能である。本システムではメートル単位で距離を測定できるものとする。

情報の受信機能は、識別した目標に対応する音声情報を受信する機能である。音声の送信方法としては 1.4 項の赤外線を使ったシステムのように、目標から送信する赤外線に個別の音声情報が含まれる仕組み、1.3 項の RFID を使ったシステムのように、目標からは ID のみ取得し、音声情報は利用者の端末に内蔵もしくはサーバから取得する方法がある。

情報の送信機能は、音声情報を利用者端末に送信する機能である。既に述べたとおり、音声情報は個別の目標から送信したり、音声情報を一元管理するサ

ーバから取得したりする仕組みがある。音声情報を利用者端末に内蔵するのであればこの機能は必要ない。

最後は音声の再生機能である。これは識別された目標に対応する音声情報を再生する機能である。音声の再生方法としてスピーカーを通して再生する方法、ヘッドフォンを通して再生する方法がある。

洗い出した機能の一覧を表２－１に示す。

機能名	機能
目標の識別機能	目標（目的地）を識別する機能
目標と利用者端末間の距離測定機能	目標（目的地）と利用者端末間の距離をメートル単位で測定する機能
情報の受信機能	識別した目標に対応する情報（音声）を受信する機能
情報の送信機能	情報（音声）を利用者端末に送信する機能
音声再生機能	受信した音声を再生する機能

表２－１　機能の洗い出し

2.5　システム分析（機能の割り当て）

前項で洗い出した 5 つの機能を実際の要素に割り当てていく。

まず、目標の識別機能であるがこれは利用者端末が備えるべき機能である。目標の識別方法として RFID 等の無線、及びカメラ等の光学センサによる方法がある。利用者の端末としては既存のスマートフォンや携帯電話を用いるのが望ましいとの意見を和田氏より得ており、各種のセンサを豊富に搭載しているということでここはスマートフォンを選択する。

目標と利用者端末間の距離測定機能も利用者端末が備えるべき機能である。GPS を利用して目標と利用者端末それぞれの正確な位置が分かれば距離の算出

は可能であるが、本システムは屋内での利用を想定しており GPS を利用することができない。

無線の電波強度を測定できればある程度距離が分かるだろう。しかし、無線の出力を上げて通信距離を伸ばすと、今度は近くにある目標と混信してしまうため、RFID のような数 cm 以内の距離のみで通信できるような低出力にする必要がある。

赤外線は１－４項で述べたように距離を測定することができないため、残るはカメラによる方法となる。目標が一定の大きさであれば、カメラで撮影したときに距離の違いが大きさの違いとなって現れる。これを利用すればメートル単位の距離の測定が可能なはずである。故に、目標と利用者端末間の距離測定機能は利用者端末に割り当てる。

情報の受信機能は、目標から直接音声情報を受信するのではなく、目標からは ID のみ受信し、音声情報は別途サーバから受信する。こうすることで、個々の目標は単純な機能のみ実装すれば良くなる。すなわち、情報の受信機能は音声情報 ID の送信機能と音声情報の受信機能の２つに分割する。

音声情報 ID の送信機能はマーカーに割り当てる。マーカーは ID に対応した発行パターンで音声情報 ID を送信する。既に述べたように、マーカーをカメラで撮影することによって距離を測定するため、すべてのマーカーの大きさを同一にする必要がある。また、マーカーは複数台用意するため、この点でも単純な機能であるほうが好ましい。

音声情報の受信機能は利用者端末が備えるべき機能である。利用者端末はカメラを使って目標を識別することとしたため、目標から直接音声情報が送信されることはない。従って、音声情報は利用者端末に内蔵するか、または別途サーバに置くかのどちらかである。

利用者端末に音声ファイルを内蔵すれば、システム利用時に音声ファイルの転送が発生しないため、レスポンス向上が期待できる。一方、音声ファイルをサーバに配置すればメンテナンス性が良くなる。実証実験を行うに当たって、サーバに音声ファイルを配置しておき、サーバ側で音声ファイルのセットを切り替えられるようになっていたほうが実験の実施には都合が良いので、そちらを選択する。ただし、レスポンスに問題がないか検証を行う必要がある。

情報の送信機能はサーバに持たせる。サーバ上で音声ファイルを一括管理すれば、音声ファイルの差し替えはサーバ上のそれを差し替えるだけで良く、複数の端末を利用する際にもメンテナンス性が良い。その他にも、例えばランチやディナー等、時間帯の変化による音声ファイルセットの切り替えに都合が良い。

最後に音声の再生機能であるが、既存のシステムには施設のほうから音声を出力する施設音声型と、手元の端末から音声を出力する手元音声型がある。駅等、雑踏の中では手元の端末から音声を出力する方式のほうが聞き取りやすく、より良いと思われる。音声の再生機能は利用者端末に割り当てる。

音声の再生機能は利用者端末で Web ページを取得し、そのページ内のボタンを押すと音声が再生される仕組みとする。また、音声情報の出力方法としてスピーカーとヘッドフォンがあるが視覚障害者の耳を塞ぐのは危険であるため、スピーカーを選択する。

それぞれの部品に割り当てた機能を表２－２に示す。

機能名	割り当て
目標の識別機能	スマートフォン：アプリ
目標と利用者端末間の距離測定機能	スマートフォン：アプリ
情報の受信機能	音声情報 ID の送信機能　マーカー 通信方式については無線、赤外線、可視光通信の中からスマートフォンだけで実現可能な可視光通信を選択
	音声情報の受信機能　スマートフォン：アプリ サーバから HTTP で音声（MP3）を含むページを受信
情報の送信機能	サーバ：PHP スマートフォンへ HTTP で音声（MP3）を含むページを送信
音声再生機能	スマートフォン：Web ページの JavaScript スピーカーとヘッドフォンを比較し、視覚障害者の耳を塞ぐのは危険。スピーカーで再生を選択。

表２－２　機能の割り当て

第三章：システム構築

3.1　システム構成

本論で提案するシステムでは、可視光通信に関連する部分はカシオ計算機株式会社のピカピカメラ[10]を利用する。ピカピカメラは Apple の iPhone 向けのアプリで、本システムでは可視光 ID の認識、ID に関連付けられた URL の取得、及びこの URL が表す Web ページを取得する等システムの中核をなす部分である。図３－１にピカピカメラを示す。

図３－１　ピカピカメラ

カシオ計算機（株）の Web サイトによれば、「Picapicamera は、特別なピカピカにカメラを向けて、可愛いフレームやアイテムで写真を撮ったり、コレクションしたり、自分の作ったメッセージや可愛いアイテムと一緒の写真を、ピカピカの画面点滅でその場で、相手に届けることのできるアプリです。」との説明がある。

ここで大事なのは「特別なピカピカにカメラを向けて」という部分で、このアプリの可視光通信機能を端的に言い表している。すなわち、赤、緑、青の特定のパターンで点滅するマーカーをピカピカメラから iPhone 内蔵のカメラで

[10] ピカピカメラ/Picapicamera は、カシオ計算機の登録商標です。

撮影することによって、そのマーカーに割り当てられた ID を識別することができるのである。この機能を利用すれば可視光の受信から音声ファイルの取得までの部分が実現できる。

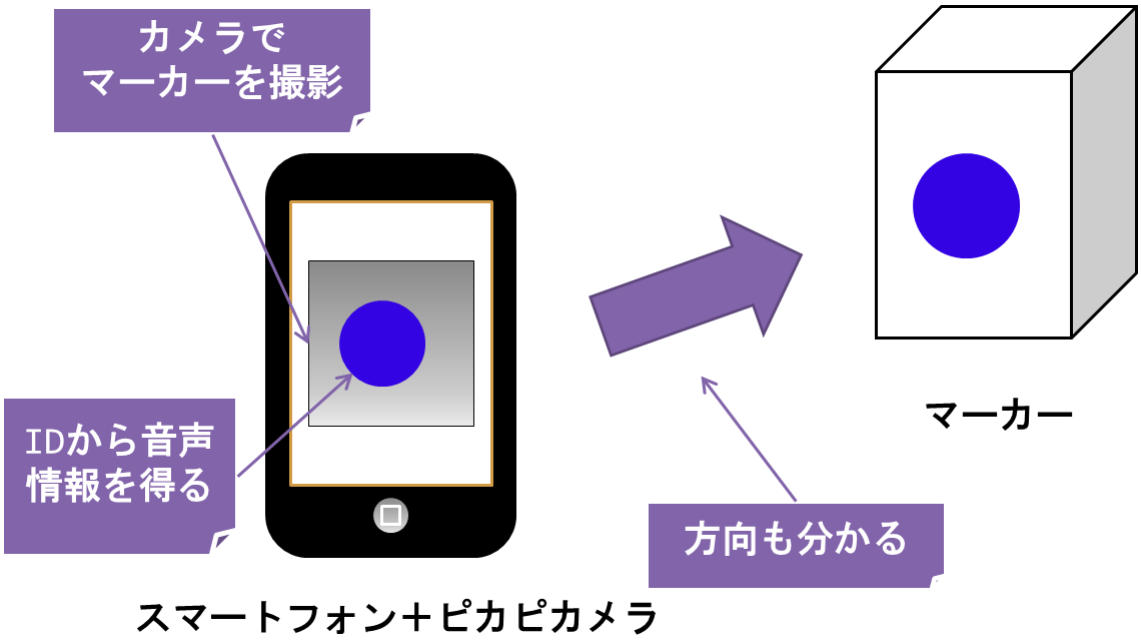

図３－２　情報の受信

ピカピカメラが識別した ID をクラウドに問い合わせると、それと関連付けられた URL が取得される。続いて、ピカピカメラは自動的に内蔵のブラウザで URL が示す Web ページを開く。この URL で取得する Web ページは、今回新たに作成する PHP スクリプト[11]で出力する。この PHP スクリプトはピカピカメラで識別した ID に対応する音声を再生可能な Web ページを出力する。

これに加えて、ピカピカメラが Web ページと音声ファイルを取得するための Web サーバ、Web サーバにあってピカピカメラで再生する音声を制御するため

[11] HTML に埋め込むことができるサーバサイドのスクリプト言語

のスクリプト、個別の ID を持つマーカーが必要である。本システムの概要を図３－３に示す。

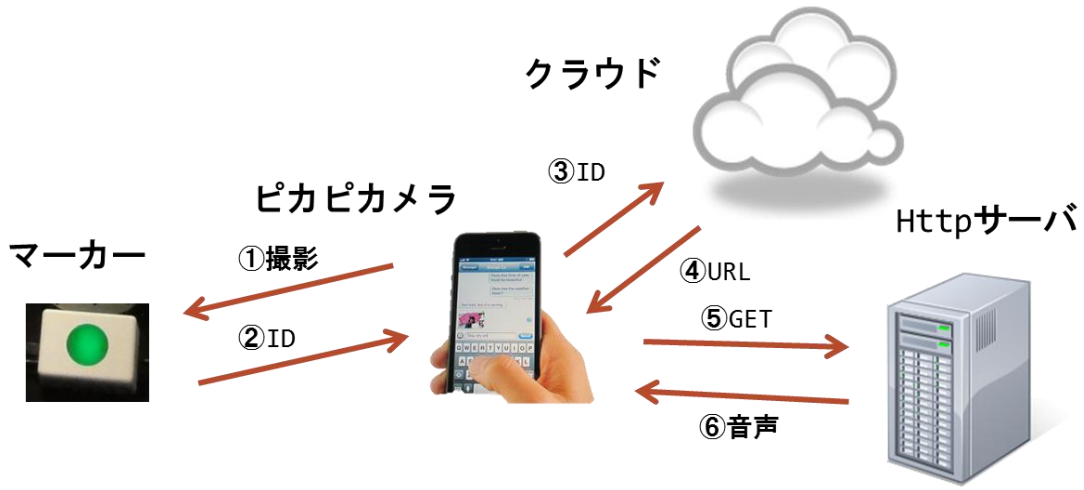

図３－３　本システムの概要

今回、カシオ計算機株式会社の協力を得て本システム向けの 1～10 の ID 採番、ID に対応したマーカーの発光パターンの提供、及び ID に関連付けるリンク先 URL の登録を事前に行っていただくと共に、マーカーの結像サイズを URL パラメータで Web サーバに渡すピカピカメラの新機能を提供していただいた。

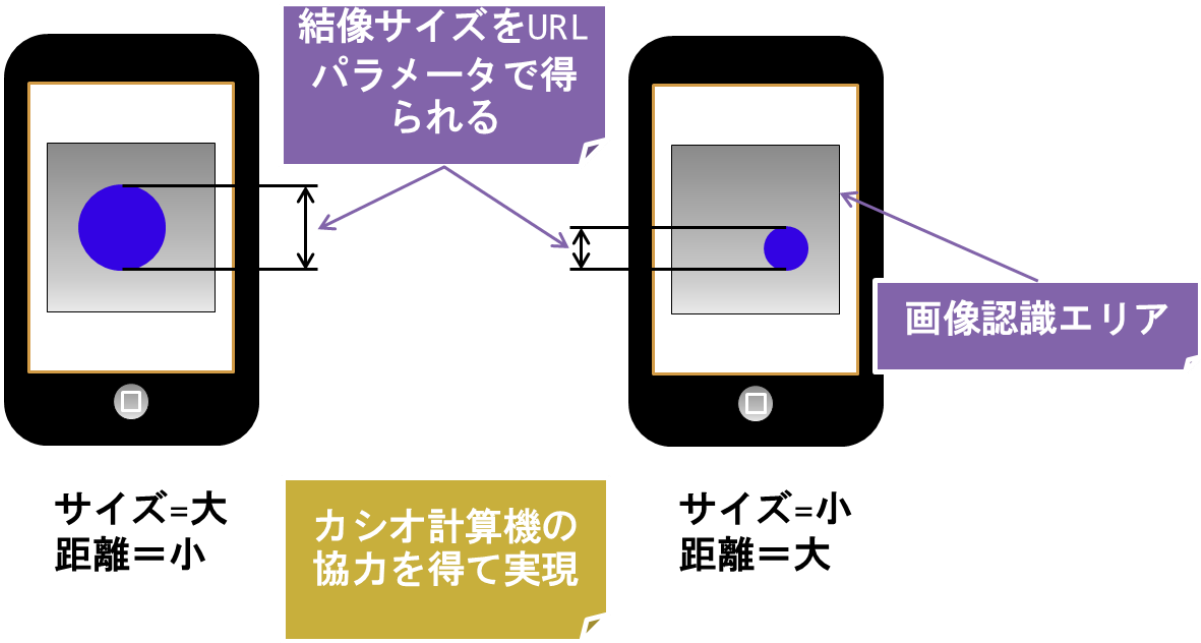

図３－４　距離の測定方法

（例）ID=1 の音声を取得する URL

http://haruyama.sdm.keio.ac.jp/pikapika/camera?id=1&x=150&y=150&size=200&zoom=3

この URL パラメータの size=n の部分がピカピカメラで認識したマーカーの結像サイズである。尚、画面上でのマーカーの位置も結像サイズ同様に x=a、y=b として URL パラメータで得られるが、距離の他に左右の案内も行うと非常に多くの音声ファイルを用意しなければならなかったために断念した。詳細については後述する。

本来、ピカピカメラは iPhone の内蔵カメラで認識したマーカーの ID に対応するアイテムや写真フレーム等を取得するアプリである。しかし、それに止まらず、マーカーの ID に対応する URL のページを取得し表示する機能も既に用意されており、今回はこれを利用して音声ファイルを再生する。

本システムではピカピカメラで表示する Web ページに音声ファイルの再生機能を持たせている。ピカピカメラから見れば、基本的には ID に対応した音声ファイルを再生しているだけであるが、今回の実験で 3 種のシチュエーションを再現するために、サーバサイドのスクリプトでこれらの切り替え機能も実装する。また、特定のシチュエーションにおいて一部マーカーまでの距離を案内する機能も実装する。システムの利用イメージを図３－５に示す。

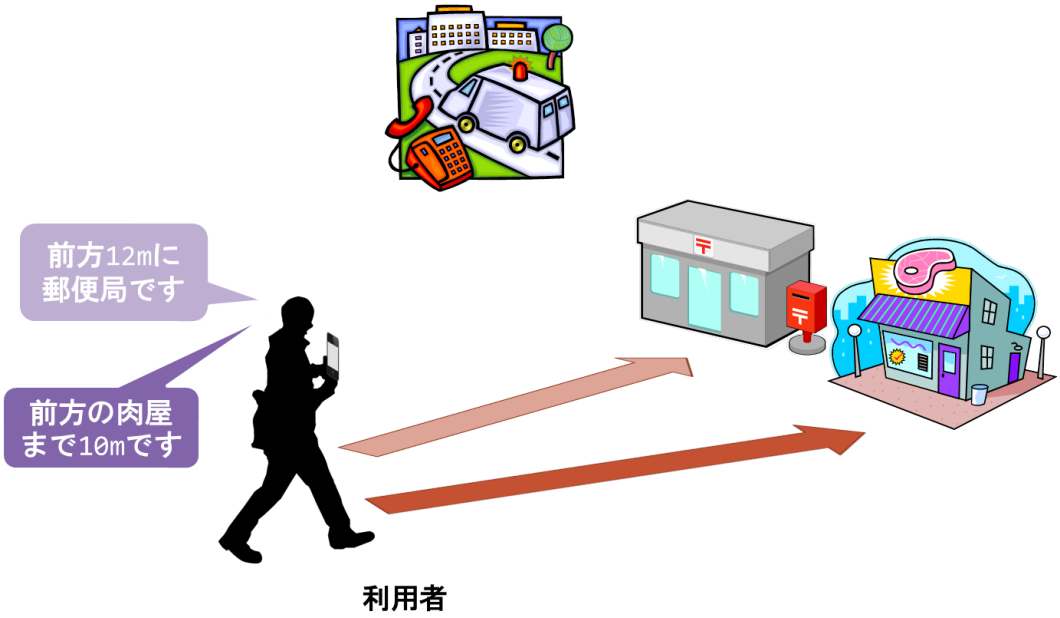

図３－５　システムの利用イメージ

ピカピカメラで表示する Web ページでは画面の中央にボタンを配置し、このボタンが押下されたら音声を再生するしくみとなっている。マーカーまでの距離を案内する場合、ピカピカメラから Web サーバに通知されるマーカーのサイズによって距離を算出する。マーカーが大きければ距離は近く、マーカーが小さければ距離は遠い。これによって再生する音声をサーバサイドのスクリプトで決定する。

3.2　システムの制作

既に述べたとおり、利用者の端末には Apple の iPhone 4S を利用する。この iPhone にはピカピカメラをインストールする。

Web ページ上のボタンを押下して音声を再生しなければならないのは後述するピカピカメラの制約であるが、本システムの利用者は視覚障害者であるため iPhone の画面操作自体困難である。この制約を回避するため、大きめのボタンを Web ページの中央に配置した。そして、このボタンから外れないように図３－２のような指１本分の穴を開けた透明なアクリルのプレートを作成し iPhone の画面に貼り付けることにした。

図３－６　ボタンを押下する位置に穴をあけたプレート

ピカピカメラで認識するマーカーは赤、緑、及び青で ID に対応した発光パターンでかつ円形に発光するものであれば小さな LED 等の光源でも良いが、本システムではマーカーとの距離の算出に必要なためある程度の大きさが必要である。また、ピカピカメラがマーカーを認識可能な距離を伸ばすためにも、マーカーはある程度の大きさが必要である。

本システムに最適なマーカーの大きさ、光源の種類等を得るため、光源に LED を用いてマーカーを試作することにした。まず、LED で試作したマーカーを丸型のシェードで覆ってピカピカメラで認識させると、認識することはするものの数十秒を要し、まったく実用的なレベルではないことが確かめられた。

そこで、LED の発光体を円形にくりぬいた紙で覆い、発行部分には和紙を貼って均一に発行するようにした。これによって丸型のシェードを使うよりも認識されやすくなったが、まだ実用的なレベルではない。しかし、ここで光源の周辺は広く白色のほうがピカピカメラの認識率が良くなるとの助言をカシオ計算機（株）の飯塚氏から得た。その結果、光源のサイズは直径 10cm 程度あれば 10 メートル程度光源から離れてもピカピカメラで認識可能なことが分かった。試作したマーカーを図３－７に示す。

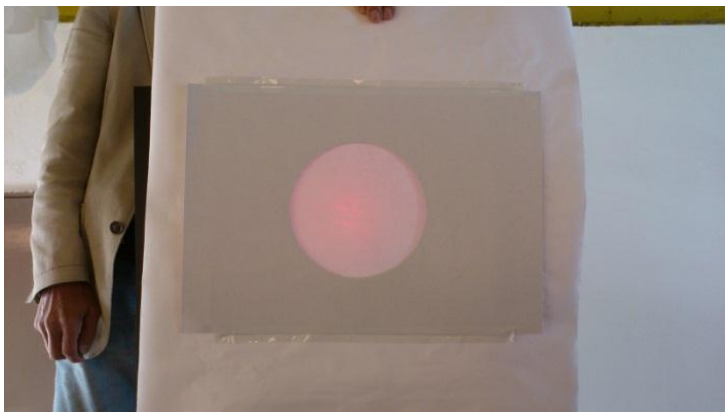

図３－７　試作したマーカー

ここまで判明したところで、更に認識率を向上させるべく今回の実証実験に協力していただいたカシオ計算機（株）の飯塚氏に助言を求めたところ、このような用途では iPad を利用しているとのことだった。

実験のためにはマーカーの ID を容易に変更なものであればそれに越したことはない。タブレット端末を用いて、マーカーの画面を Web ページとして作成しておけば、数値で ID を変更することが可能になる。しかも、赤、緑、青のカラーバランスの調整も数値の変更だけで容易になる。実際、後にピカピカメラでの認識率向上のために青を少し黄色寄りに変更する必要があり、このときに大変役立った。

しかし、システム全体のコストを考えると、画面は大きいが高価なタブレット端末を複数台用意するというのは難しい。結果的に最近安価に販売されている 7 インチタブレット端末であれば光源を 10cm 弱で表示することが可能でこれを利用することとした。

マーカー用の Web ページを別途 HTML+JavaScript で作成し、ID も数値を入力することで容易に変更可能なつくりとした。タブレット端末は直径 8.5cm の円形の穴をあけた白色の箱で覆って利用した。図３－８に完成したマーカーを示す。

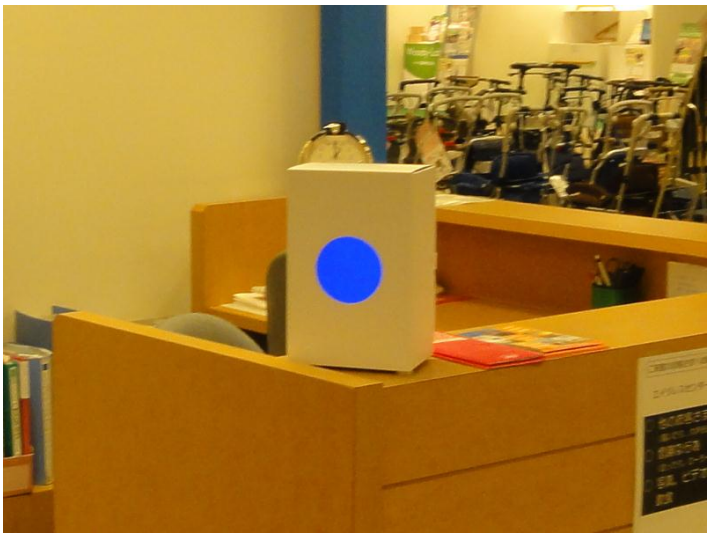

図３－８　完成したマーカー

音声情報の送信機能はサーバサイドの PHP スクリプトで作成した。PHP スクリプトは以下の処理を行う。

1. Web ページが要求されたら、URL で受け取った ID(id パラメータ)、マーカーの結像サイズ(size パラメータ)を取得する。
2. 1 で取得した ID と現在のシチュエーションに対応する音声ファイル名を生成する。距離の案内をする場合、ファイル名に距離の情報を付加（距離に応じて音声ファイル名を変える）する。
3. 2 で生成したファイル名を Web ページ中の audio タグとしてピカピカメラに返す。

音声情報の再生機能は PHP スクリプトで生成した Web ページの JavaScript で処理を行う。この Web ページの画面中央には大きめのボタンが表示されており、ボタンが押下されると音声を再生する仕組みとなっている。

3.3　iPhone の制約による仕様の変更

この Web ページのボタンについては、本論のシステムが視覚障害者向けと言うこともあり、押下しなくても音声が再生できるようにあらゆる点から試行錯誤を繰り返した。しかし、結果的には iPhone が搭載する iOS が、何らかのユーザーの操作なしに Web ページ上の音声ファイルや画像ファイルを再生することができないという仕様であった。この仕様についてはアプリのコードで無効にできることが調査で判明したが、ピカピカメラはデフォルトの仕様でそのまま実装されていると思われ、残念ながら Web ページ上でボタン押下のアクションをなくすことはできなかった。

また、案内の内容についてもこの仕様の制約を受けることになる。当初は本来のメッセージとは別に距離、方向のメッセージを別に用意し、これらを組み合わせて距離、方向を案内することを目指していた。しかし、そうすると組み合わせる音声ファイル数分利用者がボタンを押下しなければならず、システムが提供する情報の量に操作が見合わない。検討の結果、方向の案内は断念し、一部のマーカーについて距離の案内だけを行うようにした。本来のメッセージと距離の案内を組み合わせた音声ファイルを距離に応じて用意することで、音声再生時のボタンを押下する操作は 1 回で済むようにした。当初、目指していた方向の案内を断念しなければならないということは苦渋の決断であった。

第四章：システムの検証

4.1　マーカーの検証

マーカーは Web ページを作成し、JavaScript で 1～10 の ID に対応した赤、緑、及び青のパターンで円形のマーカーが点滅するようにした。発光パターンについては予めカシオ計算機（株）から提供されたものを実装した。

これを白箱に収め、1～10 まで ID を変化させ、ピカピカメラで ID を認識できるかどうか検証した。結果、ピカピカメラで 1～10 までの ID を検出可能であったのでマーカーの検証は問題なしとした。

4.2　PHP スクリプトの検証

PHP スクリプトについては URL で受け取った ID に対応する音声ファイルを含む Web ページを返すことができれば良い。1～10 の ID でこの PHP スクリプトの URL にアクセスし、返ってきた Web ページでボタンを押下して、再生された音声ファイルが正しければ良い。

結果、1～10 の ID でこの PHP スクリプトの URL にアクセスし、返ってきた Web ページを押下して再生されたファイルは ID に対応したものだったので PHP スクリプトの検証は問題なしとした。

4.3　ピカピカメラの検証

ピカピカメラについてはカメラで撮影した画像のどの位置でも ID を認識し、それに対応した Web ページが表示できれば良い。カメラで撮影した画像は画面中央の正方形の領域に表示されるが、マーカーが画面上のどの位置にあるかとは無関係に認識できれば問題ない。

結果、様々な位置でマーカーを認識して ID に対応した Web ページが表示されたのでピカピカメラの検証は問題なしとした。

4.4　ガイド穴付きプレートの検証

ガイド穴付きプレートは iPhone の画面に貼り付け、Web ページ上にボタンが表示された場合、これをガイド穴から押下できれば良い。また、ガイド穴以外の箇所は強く押下したり、こすったりしても画面が操作できなければ良い。

ピカピカメラが ID を認識し自動的に Web ページが表示されたところでガイド穴からボタンを押下することができた。しかし、ここで穴からボタンを長押しするとボタン上の Play というテキストが選択状態になってしまって、ボタンを押下できなくなるという問題が発生してしまった。これについては Web ページの HTML でボタン上のテキストを選択できないように修正し、検証をパスした。また、ガイド穴以外の箇所を押下したり、こすったりしたが画面は操作できなかったのでガイド穴付きプレートの検証は問題なしとした。

4.5　システムの検証

システムの検証はピカピカメラが 1～10 の ID を認識し、自動的に取得された Web ページのボタンを押下して ID に対応した音声ファイルが再生されれば良い。

マーカーで 1～10 の ID を設定し、ID を変更する毎にピカピカメラで認識、音声を再生して ID に対応した音声ファイルが再生されたのでシステムの検証は問題なしとした。

第五章：実証実験

5.1　実験の概要

本論のシステムを利用した実証実験は、2013 年 1 月 18 日（金）に大阪市のアジア太平洋トレードセンター11F、ATC エイジレスセンターの一角を利用して実施した。ブースは縦 8 メートル×横 4.8 メートルの長方形のスペースで、周囲に 6 個のマーカーを同じ高さで設置した。ここを駅、レストラン街、及び病院に見立てて被験者に新しいシステムを利用してもらった。

図５－１　駅のシチュエーション

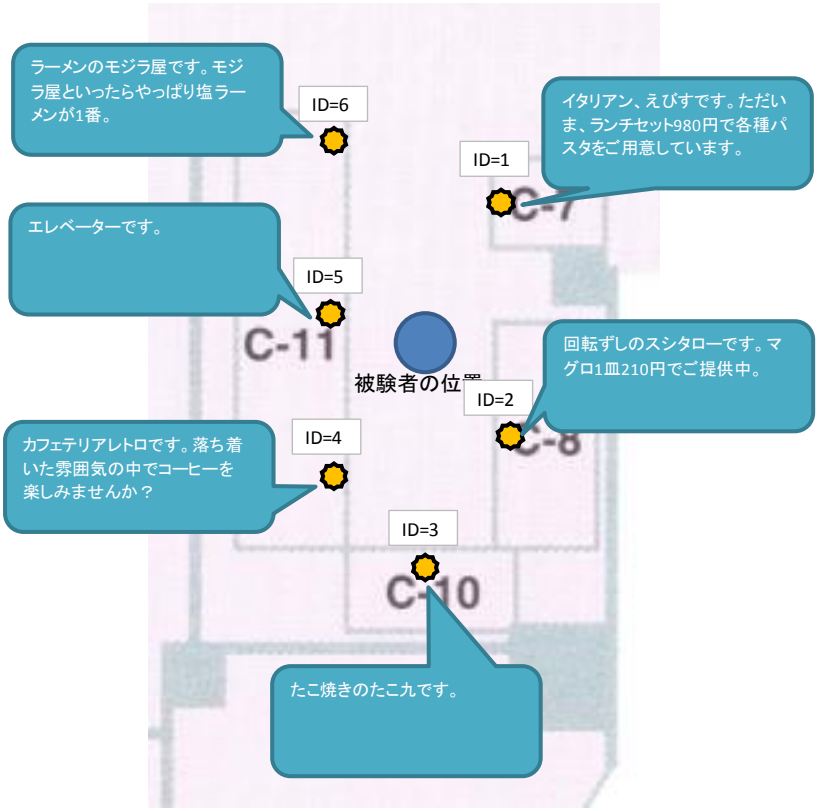

図５－２　レストラン街のシチュエーション

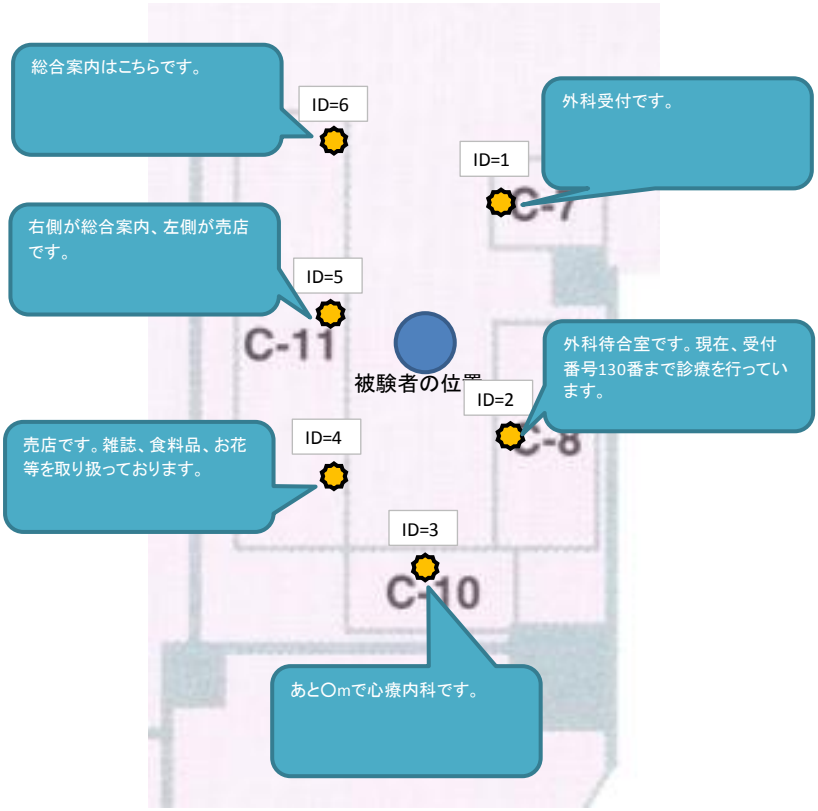

図５－３　病院のシチュエーション

被験者には最初に触地図を利用して周囲の状況を把握してもらう。その後、本論のシステムを利用してもらい、触地図と比較して本論のシステムがどうであったか評価をしてもらった。被験者は３名(全盲２名、弱視１名)で、まず実験全体の説明・趣旨、及びこのシステムの利用方法・注意点を説明した。被験者の一覧を表５－１に示す

被験者名	年齢	性別	視覚障害の程度
被験者 A	77 才	男性	弱視
被験者 B	73 才	男性	全盲
被験者 C	74 才	男性	全盲

表５－１　被験者一覧

実験の手順を以下に示す。

1. このシステムは端末１台のみで利用し、端末のカメラ部分を遮らないように端末をできるだけ垂直に持つ。
2. その状態で最大 10 秒静止し、何も情報が得られなければ 45 度程度回転してまた同じことを繰り返す。
3. 端末がマーカーを認識して何か情報が得られた場合、端末からそれを示す音が鳴るとともに振動する。
4. 被験者はそれを知覚して端末のボタンを押下すると、音声が再生される。
5. 被験者には３つのシチュエーションにおいて、6 個のマーカー全ての音声を聞いてもらう。

図５－４　被験者が触地図を読む様子

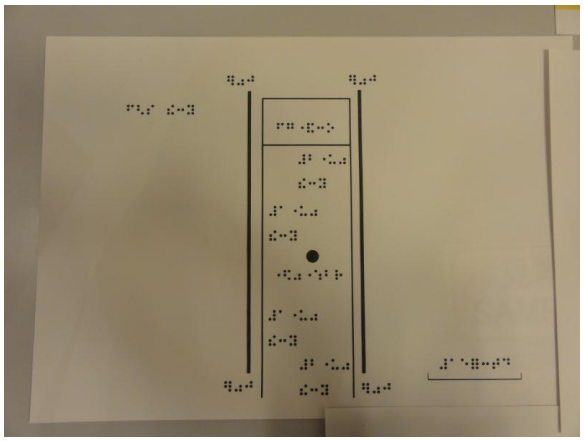

図５－５　駅の触地図

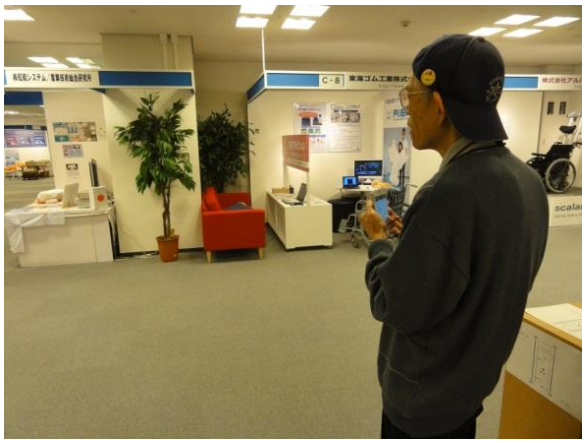

図５－６　端末でマーカーを認識するところ

上記に加えて、最後の病院のシチュエーションでは１つのマーカーだけに 1m 単位で 5m まで目標までの距離を音声で案内する機能を持たせ、被験者には歩いてマーカーまで近付いてもらってこの機能が有効かどうか確認した。

5.2　実験の結果

実験の結果、本論のシステムは GPS の電波を受信できない屋内で、視覚障害者に音声によって情報を提供することができた。また、本論のシステムは視覚

障害者に「2 番線、三宮方面行きです。次の列車は 14 時 50 分発、普通、三宮行きです。」等の動的な情報を提供することができた。

本論のシステムではスマートフォンを利用したが、視覚障害者でもボタンを押せるようにガイド穴付きプレートを作成し、これをスマートフォンの画面に貼り付けることで視覚障害者がボタンを押せることを確認した。

更に、病院のシチュエーションにおいて、マーカーと利用者端末間の距離を算出し、1～5 メートル離れた場所から距離に応じて「あと 5 メートルで心療内科です。」等と距離の情報も提供することができた。図５－６に目標までの距離情報の提供を示す。

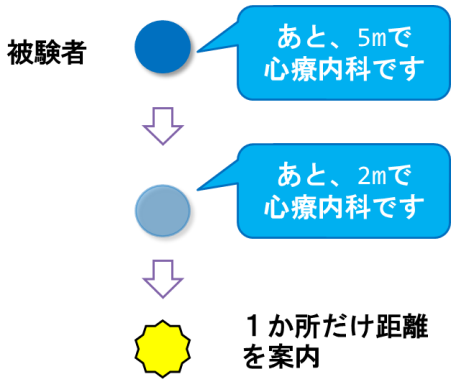

図５－６　目標までの距離情報の提供

また、実験後の被験者に以下の質問を実施し、本論のシステムの妥当性確認を行った。

１．このシステムで周りの状況を把握できるか

まあまあ把握できる　３人

２．病院での距離の案内は良いか

良い　３人

３．駅で使えるか

あまり使えない　３人（マーカーの認識のレスポンスが悪く使いづらい）

４．病院で使えるか

使える　３人

５．レストラン街で使えるか

まあまあ使える　２人、使いたくない　１人（店に入って訊くから不要）

また、質問の後、被験者には自由に感想を述べてもらった。病院等でこのシステムを使えたら良いという意見がある一方で、マーカーがカメラの撮影範囲に入ってから音声を再生できるようになるまで時間がかかり過ぎるといったシステムの改善要望の意見もあった。

・病院での情報がもっとほしい。

・もっと長い距離を案内してほしい。

・端末１個だけで利用できるのが非常に良い。

・もっと反応を良く（２秒以内）してほしい。

・例えば、トイレの設備の案内がほしい。

図５－７　実験後の質問の様子

5.3　考察

最初に、実験を行っていて気付いた事として、視覚障害者が端末を垂直に持

つのに困難があったことが挙げられる。水平方向で端末が正しくマーカーの方角を向いていたとしても、垂直方向で上を向いていたり下を向いていたりした場合、マーカーを認識できない。どちらかというと、水平方向のずれでマーカーを認識できない事は想定していたが、実際には垂直方向のずれが問題だった。これについては、振動か周波数可変の発信音等によって端末が垂直でない事を利用者に知らせる仕組みが必要と考えた。

次に、ピカピカメラがマーカーを認識した際に音と振動でそれを利用者に知らせる仕組みが元々あるが、こういった機能を利用すれば視覚障害者でもそれを起点としてボタンを押下する操作が可能であるということが分かった。もちろん、スマートフォンの場合は画面が平らなので、今回制作したようなガイド穴付きのプレートを用意してボタンを押下する位置を明確に知らせる必要がある。また、ボタンを押下する箇所は本論のシステムが提供する情報量ならば、1 か所か多くても 2 か所に限定すべきである。

3 番目に、本論のシステムの利用者は視覚障害者であるので、やはりボタンを押さなくて済むならそれに越したことはない。今回は利用したピカピカメラの制約により、音声を再生するために利用者のボタン操作が必須であったが、自動で音声を再生できるようにする必要がある。また、何らかの操作が必要なら音声認識を使って、利用者が音声で操作できるようにすべきである。

4 番目に、マーカーの認識時間の問題を挙げる。今回の実証実験では、マーカーがピカピカメラの撮影範囲に入ってから音声を再生可能になるまでに 5 秒以上の時間を要することが多かった。これは被験者からも指摘を受けており、逆に 2 秒以内であればシステムの利用に支障がないという知見を得ることができている。これについては部屋の照明の種類や明るさの他、マーカーの大きさ、RGB 間のバランスを調整することでも改善が可能と考えらえる。

最後に、今後の発展として、もしピカピカメラを横持ちにできれば目標の位

置について右か左かの案内ができたり、水平方向のマーカーを捉えやすくなったりするのではないか。現在のピカピカメラは、iPhone 自体が長方形の画面を持っているにも拘らず、正方形の領域しかカメラで撮影した画像を表示・画像処理していない。これがもし長方形になったら、iPhone を横持ちにすれば水平方向の画角が広がって先に述べたことが実現でき、本論のシステムのユーザビリティが高まるだろう。

結論

これまで見てきたように、ピカピカメラの可視光通信機能と HTTP サーバ、及びサーバサイドで動く PHP スクリプトを組み合わせることによって、屋内（駅、病院、及びレストラン街の３つのシチュエーション）で視覚障害者に動的な音声情報を提供することができることを示した。本システムは目標から離れた場所から目標までの距離と方向が分かる新しいシステムである。

しかも、本論のシステムにおいて、利用者側で必要なのは一般に販売されているスマートフォンと無料のアプリだけであり、追加の通信モジュールやセンサモジュール等は必要ない。本論で提案したシステムはマーカーの識別に可視光通信を応用しているため、必要なのはイメージセンサ、平たく言えばカメラさえあれば利用可能なのである。それ以外の通信に関しては HTTP を利用しているため、一般的なソフトウェアや通信の知識さえあれば簡単にシステムを構築できる。まさに“カジュアル”なシステムと言える。

また、本論のシステムで可視光通信を使って利用者端末から目標までの距離を視覚障害者に音声で提供することができた。本論ではピカピカメラで識別させるマーカーとしてタブレット端末を用いた。これはどういうことかと言えば、巷にあるデジタルサイネージ等にすぐにでもマーカーを導入することが可能と言うことである。今日では、液晶画面に限らず、光源となりそうなものはいくらでもあり、今後の可能性を秘めたシステムとも言える。本論のシステムで GPS を使わずに距離の測定ができたのは可視光通信を使っていたが故であり、今後も様々な応用が出てくることを期待してその動向を注視したい。

一方で、実証実験を行った結果、課題も見つかった。被験者が端末を垂直に持つことに困難があるということは、実際に視覚障害者を招いて実験しなければ分からない事である。ともすれば、最近ではコンピュータの性能向上やネットの発達で便利になったシミュレーションやアンケートに頼りがちで、実際に

実験をする事が非常に大事であるということに改めて気付かされた。

今後は、よりユーザビリティの高い視覚障害者向け音声ナビゲーションの実現に向けて検討を行っていきたい。本論の提案が視覚障害者の社会参加機会増加の一助になれば幸いである。

謝辞

最後に研究生活の間にお世話になりました方々へ感謝の意を表したいと思います。本研究を通して、懇切なご指導、ご鞭撻をいただいた指導教員であるシステムデザイン・マネジメント研究科の春山真一郎教授に心より感謝申し上げます。また、副査としてご助言をいただいた佐々木正一教授、白坂成功准教授に心より感謝申し上げます。また、本研究を遂行するに当たって多大なるご助言、ご指導をいただいた中島円さんに心より感謝申し上げます。また、本研究の数々の実験機材を制作してくださった有田武美さんに心より感謝申し上げます。本研究において重要な位置を占めたピカピカメラに関して様々なご助言、ご協力をいただいたカシオ計算機株式会社の飯塚宣男さんに厚く御礼申し上げます。そして、視覚障害者についての貴重なご意見を伺った日本点字図書館の和田勉さんに厚く御礼申し上げます。

文献表

1. 可視光通信コンソーシアム．可視光通信の世界 LED で拓く「あかりコミュニケーション」，工業調査会，2006，240p.
2. 徳田克己，水野智美．点字ブロック，福村出版，2011，127p.
3. （社）地域問題研究所．視覚障害者にわかりやすい都市デザインの研究，地域問題研究所，1995，227p.
4. 津田美智子．視覚障害者が街を歩くとき，都市文化社，1999，p. 110-112.
5. 盛山正仁．バリアフリーからユニバーサル社会へ，創英社／三省堂書店，2011，270p.
6. 後藤浩一，松原広，深澤紀子，水上直樹．駅環境における携帯端末を用いた視覚障者向け情報提供システム，情報処理学会論文誌，Vol.44, No.12, p.3256-3268 (2003).
7. 春山真一郎，解説　可視光通信，電子情報通信学会誌, Vol.94, No12, p.1055-1059 (2011).
8. 深澤紀子，水上直樹，松原広，土屋 隆司．LO-005 視覚障害者向け案内システムの実証的評価(情報システム)，情報科学技術レターズ 6, p.485-488 (2007).
9. 矢入(江口)郁子，視覚障害者移動支援のためのアシスティブテクノロジー研究開発の動向，システム/制御/情報 ： システム制御情報学会誌, Vol.54, No.9, p.354-359 (2010).
10. 柳原崇男，三星昭宏．地下街における視覚障害者への情報提供に関する基礎研究，第 23 回交通工学研究発表会論文報告集, p.197-200 (2003).
11. “NITE ってなぁに？　点字ブロックって知ってる？”. NITE:独立行政法人 製品評価技術基盤機構ホームページ. http://www.nite.go.jp/kids/jiko/02/02.html, (参照 2013-01-23).

12. 久良知國雄, 大久保紘彦, 伊藤啓二. “赤外線音声情報案内システム“トーキングサイン”“. 三菱電機.
http://www.mitsubishielectric.co.jp/giho/9911/9911105.pdf, (参照 2013-01-23).
13. “ピカピカメラ - CASIO”. カシオ計算機. http://www.casio-isc.com/ja/, (参照 2013-01-23).
14. “音声案内システムの案内所”. 音声案内システムの案内所.
http://onseiannai.com/index.html, (参照 2013-01-23).
15. “第1章 障害者の社会参加の現状”. 高齢者・障害者のICT利活用の評価及び普及に関する調査研究 報告書. 総務省.
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/b_free/pdf/b_free03_1_4.pdf, (参照 2013-01-23).
16. “1. 屋内では利用できなかった位置情報サービス”. 日立製作所.
http://www.hitachi.co.jp/rd/yrl/people/gps_module/01.html, (参照 2013-01-23).
17. “PlaceEngine 無線 LAN 電波による位置測位技術”. Sony Japan | ソニーグループポータルサイト
http://www.sony.co.jp/SonyInfo/technology/technology/theme/place_engine_01.html, (参照 2013-01-23).
18. “バリアフリー整備ガイドライン”. 公益財団法人 交通エコロジー・モビリティ財団.
http://www.ecomo.or.jp/barrierfree/guideline/guideline_top.html, (参照 2013-01-23).
19. “建築物におけるバリアフリーについて”. 国土交通省.
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/barrier-free.html, (参照 2013-01-23).

20. “東京都福祉のまちづくり条例施設整備マニュアル”. 東京都福祉保健局. http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kiban/machizukuri/manu21/index.html, (参照 2013-01-23).
21. William Crandall, Billie Louise Bentzen, Linda Myers, John Brabyn. “New Orientation and Accessibility Option for Persons with Visual Impairments: Transportation Applications for Remote Infrared Audible Signage.”. http://www.ski.org/Rehab/WCrandall/AusOpt/AOintro.html, (参照 2013-01-23).
22. “2 次元コードについて”. QR コードドットコム. http://www.qrcode.com/aboutqr.html, (参照 2013-02-14).