

小規模なイベントへの導入に向けた 視覚障害者向け会場ナビゲーションシステム

皆川 純^{†1} 鈴木健太郎^{†1} 鶴田智大^{†1} 梅村俊介^{†1} 渡辺知恵美^{†2}

概要: 視覚障害者支援の1つとして、イベントにおける会場案内及び歩行支援を目的としたナビゲーションシステムのニーズが高まってきている。現在までに視覚障害者の歩行支援を目的とした様々な手法が提案されており、イベント会場をナビゲーションするシステムへの応用が期待できる。しかし、既存の視覚障害者向けのナビゲーションシステムは、利用可能な状態にするまでの手順が複雑であったり、準備時間が長い傾向にあったりする。したがって、イベント運営者側に限られた準備時間内にシステムを準備し、視覚障害者へサービスとして提供するのには困難である。そこで本稿では、ナビゲーションシステムを利用する視覚障害者だけでなく、システムを準備する側の視点も考慮し、実際のイベントでの運用に向けた、低コストで準備可能な視覚障害者向けイベント会場ナビゲーションシステムについて述べる。また、ナビゲーションシステムの準備と利用におけるユーザテストを行い、実際のイベントにおける提案システムの利用可能性及び、導入に向けての改善点について報告する。

キーワード: 歩行支援, 屋内測位, Bluetooth Low Energy

1. はじめに

2017年度、筆者らは筑波大学システム情報工学研究科の研究開発プロジェクトとして、小規模なイベントにおける視覚障害者のための会場ナビゲーションシステムの開発を行った。実際にイベントの運営者やナビゲーションを利用する視覚障害者に対しヒアリング調査などを行い、運用に向けたナビゲーションシステムの設計と実装、評価に基づく改善を行ってきた。

視覚障害者にとって初めて行くような場所では、単独歩行が困難である傾向にあり[1]、学会などのイベントへの参加に対する歩行支援のニーズがある。そういった要望が強いことから、最寄りの駅から会場までの移動を補助するガイドヘルパーを利用できるイベントも存在する。しかし、ガイドヘルパーといった従来の支援手法は、コストが高い傾向にあったり、決められた場所しか移動できなかつたりする理由から、利用しない視覚障害者も存在する[1]。

こういった背景から、近年では様々な視覚障害者向けのナビゲーションシステムが登場してきた[2,3,4,5]。特にスマートフォンの機能向上によって、ナビゲーションシステムがアプリケーションの形で視覚障害者へ提供されるようになってきた[2]。しかし、既存のナビゲーションシステムは、ショッピングモールなどの大規模な施設での利用を想定しており、ナビゲーションを利用できる状態にするまでの準備が長い傾向にある。我々は小規模なイベントにおけるナビゲーションシステムの導入を目指しているが、そういったイベントは全体の準備時間が短く、ナビゲーションシステムの準備に割くことのできる時間はとても少ない。

そこで我々は、小規模なイベントでの視覚障害者向けナビゲーションシステムの導入に向けて、短時間でナビゲ-

ーションシステムを準備でき、利用できる状態にすることのできるシステムの開発を目指す。

本稿では、導入の対象となるイベントを定義した後、短時間で準備可能にする手法の提案及び、実装したナビゲーションシステムについて述べる。また、小規模なイベントを想定したシステムの評価実験について報告するとともに、今後のシステムの改善方法について述べる。

2. 対象とするイベントと運用における制約

小規模なイベントにおけるナビゲーションシステムを開発するにあたって、限られた時間内に専門的知識のないスタッフが準備をする必要があることが分かった。本節では、対象とする小規模なイベントの詳細と、それに伴う制約について述べる。

はじめに、我々はナビゲーションシステムの導入を目指す小規模なイベントがどのようなものなのかについて議論した。今回は、研究会や勉強会などのイベントを小規模なイベントとし、ナビゲーションシステムの導入対象とすることにした。このようなイベントは、使用される会場の数が少なく、開催時間、日数も短い傾向にある。そこで、我々は小規模なイベントを、使用する会場が1フロアに限定され、部屋も最大3部屋程度、開催日数も最大で3日程度と定義した。対象とするイベントの詳細を表1に示す。

このようなイベントに対するナビゲーションシステムの導入にあたり、問題となるのが準備時間である。使用する会場の規模が小さく、開催日数も短いイベントは、会場の準備を行う時間も短い傾向にある。イベントによっては、当日に準備を行うことも少なくない。そこで今回は、想定するイベントにおいて、1時間以内でナビゲーションシステムの準備を可能にするという指標を立てた。

^{†1} 筑波大学システム情報工学研究科
Graduate school of SIE, University of Tsukuba
^{†2} 筑波大学システム情報系
Information and Systems, University of Tsukuba

表 1 小規模なイベントの詳細

使用する会場の数	最大 3 部屋
使用するフロア数	1 フロア
参加者の人数	100 人程度
イベントの準備にかける時間	半日以内
システムの準備にかけられる時間	1 時間以内

以上より、我々は表 1 に定義した小規模なイベントに対して 1 時間以内で準備が可能となる視覚障害者向けナビゲーションシステムの開発を行う。それに伴い、この目標を達成するためのナビゲーション手法の提案とシステムの実装を行う。

3. 既存システムと検証実験

本節では、既存の視覚障害者向けナビゲーションシステムに関する調査について報告する。また、既存システムを小規模なイベントで動作させる実験で得られた、運用時の問題点について述べる。

3.1 既存ナビゲーションシステム

NavCog は、事前に計測した BLE ビーコンの電波強度と PDR (歩行者自律航法) を組み合わせた屋内測位技術を用いた、視覚障害者向けナビゲーションシステムである[2]。視覚障害者は、iPhone などにアプリケーションをインストールするだけで、ナビゲーションを利用することができる。

浅野らは、RFID を用いた屋内測位技術によるナビゲーションシステムを提案している[3]。床や道路などに位置情報を記録した電子タグを埋め込み、読み取り装置を搭載した靴をはくことで、ナビゲーションを利用することができる。

伏見らは、可視光通信による屋内測位技術を用いたナビゲーションシステムを提案している[4]。利用時には、建物内の蛍光灯を特殊な光信号を発する蛍光灯と入れ替えることで、視覚障害者の屋内位置を取得している。

NICT と富士通は、UWB と呼ばれる電波を用いた屋内測位技術による視覚障害者向けの屋内ガイドシステムを発表している[5]。30cm 未満の誤差で位置推定が可能である。

3.2 検証実験

今回我々は、ナビゲーションシステムにおいて視覚障害者の位置を得るための方法として、事前に計測した BLE ビーコンの電波強度による測位技術を採用した (理由については、4.3 節を参照されたい)。そこで、同様の屋内測位技術を用いている NavCog を使用し、実際に小規模なイベントでの導入を想定して、ナビゲーションシステムの準備から利用までを行った。

表 2 既存システム NavCog における各フローの所要時間

フロー	時間 (時 : 分 : 秒)
ナビゲーションマップの作成	00:02:48
ビーコンの配置と電波強度の計測	00:59:19
ナビゲーション用データの作成	00:19:17
計	01:19:48

NavCog によるナビゲーションの準備は、専用のオーサリングツールを用いて行う。はじめに、Web アプリケーション上でナビゲーションマップを作成する。ここでは、案内を行う場所とそれらを結ぶ案内経路の設定などを行う。その後、設定した案内経路上に BLE ビーコンを配置し、設定した経路上のビーコンの電波強度を計測する。計測後、計測データを PC へ入力し、作成したナビゲーションマップと統合することで、スマートフォン上で案内を行うためのナビゲーション情報を生成する。ナビゲーション時には、スマートフォンにナビゲーション情報をダウンロードすることで利用できる。

我々は、以上の操作で NavCog の準備に関する検証実験を行った。小規模なイベントとして、6 節の図 7 に示すナビゲーションルートを設定した。結果、ナビゲーションが利用できるまでの準備時間が 1 時間を超え、小規模なイベントでの運用は難しいと分かった。各準備フローにおける所要時間を表 2 に示す。

準備に時間を要する原因として、案内ルート上の電波強度の計測が多い点、またナビゲーションマップとナビゲーション用のデータの作成において、PC とスマートフォンとのデータのやり取りを手動で行うなどの操作が多く複雑である点が考えられる。NavCog は主に、大学やショッピングモールといった、大規模施設での運用を想定して設計されていると考える。そのため、システムの準備にかける時間も比較的長く取ることができると予想される。しかし、小規模なイベントの場合は、全体の準備時間が短くなるため、ナビゲーションシステムの準備に割くことのできる時間が短い。したがって、大規模施設での利用が想定されているシステムを小規模なイベントで利用するのは難しい。以上から、我々の開発するナビゲーションシステムは、小規模なイベントでの利用に焦点を当て、短時間で準備可能とすることで、今までナビゲーションシステムが導入できていなかった場所への視覚障害者の歩行支援を目指す。

4. 提案ナビゲーションシステム

限られた時間内でのナビゲーションシステムの準備を可能とするために、屋内位置の推定箇所を限定する方法を導入する。本節では、問題に対するアプローチと視覚障害者の誘導方法について述べる。

4.1 問題に対するアプローチ

我々の想定するイベントにおいて、既存のナビゲーションシステムの導入には、準備時間が長いという問題点がある。この原因として、事前に計測する BLE ビーコンの電波強度の計測回数が多いことと、準備に使用するオーサリングツールの操作が複雑であることが挙げられる。そこで、我々はこの問題に対して、屋内測位を行う範囲を限定したナビゲーション手法と準備に使用するシステムへの対話型操作の導入を行うことで、問題の解決を図る。

既存のナビゲーションシステムでは、ルート上のすべての範囲に対して屋内測位を行うことができる反面、事前に計測するサンプルの数が多く、準備にかかる時間が長くなってしまふ。そこで、位置推定を行う範囲を限定することで、事前に計測するサンプルの数を削減し、準備にかかる時間を短縮する手法を提案する。

また、既存のナビゲーションシステムでは、場所同士の隣接関係からナビゲーションを行うため、ナビゲーションマップの作成時に場所同士を結ぶルートを設定する必要がある。しかし、システムの操作に慣れていない場合は、操作に時間がかかってしまうおそれがある。そこで、提案システムでは、場所の隣接関係を設定せずに、ナビゲーションが可能な手法を導入する。また、準備に使用するシステムに、対話型操作を導入することにより、ユーザビリティの向上を図る。

4.2 目的地までの誘導

提案ナビゲーションシステムは、視覚障害者が到達すべきエリアに到達したかどうかを判断し、目的地までの誘導を行うことで、事前に計測が必要な電波強度のサンプルの回数を削減し、準備時間を短縮させる。本項では、目的地への誘導方法について述べる。

図 1 を用いてナビゲーション方法について説明する。図 1 における地点 A から地点 B まで移動する場合、出発地である地点 A から交差点 X へ向かい、交差点 X で左折する。次に交差点 Y に向かい、交差点 Y で右折することで、目的地である地点 B まで移動することができる。提案手法はこれに着目し、「出発時に向くべき方向」と「曲がるべき位置で曲がる方向」、「目的地への到着」を適切な位置で音声案内することにより、目的地までの誘導を行う。

図 1 の地点 A から地点 B までの誘導を行う場合、システムは視覚障害者が地点 A にいるかどうかを判定する。判定後、次に向くべき方向である交差点 X の方向を案内し、その方向に向いたことを確認したら、直進するように伝える。交差点 X に視覚障害者が到達したことを確認したら、次に向かうべき方向である交差点 Y の方向を案内し、その方向に向いたことを確認したら直進を指示する。交差点 Y 同様の指示を行い、目的地である地点 B に向かうように指示する。最後に、地点 B への到達を確認したら、到着の旨を伝え、ナビゲーションを終了する。以上のように、出発地と

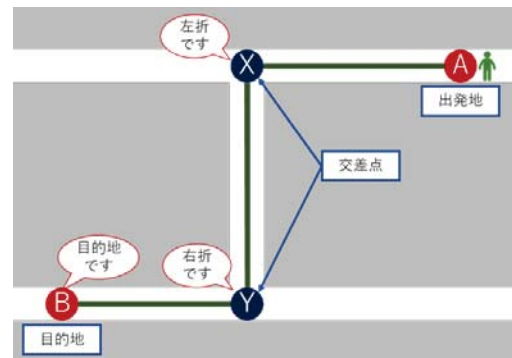


図 1 目的地への誘導方法

目的地、交差点への到達判定を行い、音声案内で目的地まで誘導する。

4.3 屋内測位と到達判定

目的地までの誘導を実現するにあたり、到達すべきエリアである出発地と目的地、交差点への到達判定を行う必要がある。そこで提案システムでは、事前に計測した BLE ビーコンの電波強度とナビゲーション時に観測する電波強度を比較することによる屋内測位手法を用いる。屋内測位技術には様々な手法が提案されているが、視覚障害者の多くが利用する iPhone 上で動作するアプリケーションとして動作するものであり、手軽に準備できるものであるという条件から、BLE ビーコンの電波強度による屋内測位技術を採用した[6]。以降、提案システムにおける屋内測位方法について述べる。

はじめに、到達判定に使用する BLE ビーコンの設置箇所について説明する。ビーコンは案内ルート上の到達判定を行うエリアである出発地と目的地、交差点に 1 つずつ設置する。各エリアに対するビーコンの配置方法であるが、エリアの中心の天井に、もしくは付近の壁に配置する。壁に配置する場合は、人体によるビーコンの電波の減衰を防ぐために、床から 2~3 メートルの位置に配置する。

次に、BLE ビーコンの電波強度を用いたエリア到達判定の方法について説明する。提案ナビゲーションシステムでは、会場内に配置されたすべてのビーコンの事前に計測した電波強度とナビゲーション時に観測する電波強度を比較し判定を行う。会場内に配置されたビーコンが N 個のとき、1 個の事前計測データのサンプルは、 N 個のビーコンの電波強度の組 $\mathbf{z} = (z_1, z_2, \dots, z_N)$ として、特徴ベクトルの形で表現できる。図 2 に示す会場の場合、配置されているビーコンは 3 つであるため、1 つの電波強度のサンプルは、 $\mathbf{z} = (z_1, z_2, z_3)$ と表現できる。

到達判定には、事前に計測した電波強度のサンプルに対し計測した位置を付加したものを教師データとし、ナビゲーション時に観測する電波強度を入力とした k 近傍法によって実現する。電波強度の計測位置は、到達判定を行うエリアである出発地と交差点、目的地に加え、それらを結ぶ通路一帯に割り振られた id を用いる。例えば、図 2 に示すルートの場合、地点 A が 1 番、地点 A から交差点までの

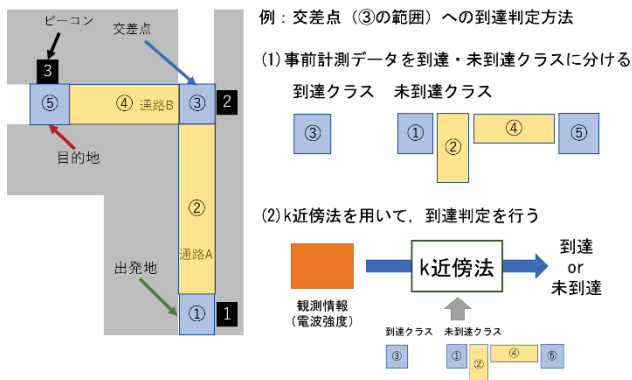


図 2 計測範囲と到達判定の流れ

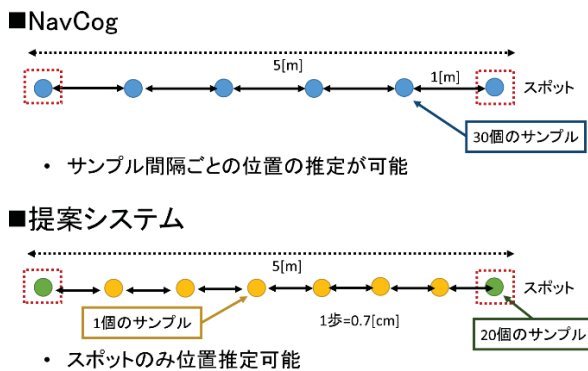


図 3 電波強度の計測方法

通路一帯が 2 番，交差点が 3 番，交差点から地点 B までが 4 番，地点 B が 5 番，のように割り振る．それぞれの位置で事前に計測した電波強度は，計測位置の id とその位置で計測したすべてのビーコンの電波強度の組 (id, z) として記録する．電波強度の計測方法については，4.3 節にて説明する．

k 近傍法によって到達すべきエリアに到達したかどうかを判定するために，事前に計測した電波強度のサンプルを 2 値のクラス (到達，未到達) に対応付ける．次に到達すべきエリアの id が j の場合，id が j である計測データを到達クラス，それ以外を未到達クラスとする．図 2 における交差点(id=3)の到達判定を行う場合は，id が 3 である計測データを到達クラス，それ以外を未到達クラスとしたデータセットを作成し，これを k 近傍法における教師データとして使用する．ナビゲーション時には，会場内に配置されたビーコンの電波強度を計測し，2 値のクラスに対応付けた事前計測データを元に k 近傍法によって到達判定を行う．

4.4 電波強度の計測

提案手法では，事前に計測した BLE ビーコンの電波強度が必要となる．提案手法では，位置推定を行うエリアを出発地と目的地，交差点や曲がり角に限定することにより，電波強度の計測回数を削減する．

図 3 を用いて電波強度の計測方法について説明する．既存システム NavCog では，1 メートルごとに 30 個の電波強度の計測が推奨されている．1 個のサンプルの取得に約 1 秒必要となる．サンプルした間隔ごとの位置推定が可能に

なるが，サンプルの取得回数が多いため計測時間が長くなる傾向にある．一方，提案システムでは，到達判定を行うエリアでは 20 個のサンプル，それらを結ぶ通路上では 1 歩ごとに 1 個のサンプルを計測する．これにより，サンプルの計測回数を減らし，計測時間を削減する．

しかし，この手法では，通路上の位置推定はできないため，直進時に次のエリアまで残り何メートルかといった情報を案内することができない．そこで，それを補う工夫として，ナビゲーション開始時に全体の経路の説明と，交差点到達時に次のエリアまでの距離を伝えることで，直進時における案内情報の不足を補う．

5. ナビゲーションシステムの開発

我々は，4 節で述べたナビゲーション手法と設営方法に基づくナビゲーションシステムを実装した．本節では，実装したシステム全体の構成を説明すると共に，視覚障害者が使用するナビゲーションアプリケーションとイベント設営者が使用するイベント設営用アプリケーションについて述べる．

5.1 システム構成図

我々は，4 節で述べたナビゲーション手法と設営方法に基づくナビゲーションシステムとして，「ナビゲーションアプリケーション」と「イベント設営用アプリケーション」，「Web サーバ」の 3 つのモジュールから構成されるシステムとして実装した．図 4 にシステム全体の構成図を示す．

ナビゲーションアプリケーションとイベント設営用アプリケーションは，iPhone で動作する iOS アプリケーションとして実装した．ナビゲーションアプリケーションは，視覚障害者がイベント会場内でナビゲーションを利用するためのアプリケーションである．イベント設営用アプリケーションは，イベント設営者がナビゲーション環境を構築するためのアプリケーションである．Web サーバは，イベントの情報とナビゲーション時に使用するナビゲーション情報の格納，およびアップロードとダウンロードを行う．

5.2 ナビゲーションアプリケーション

視覚障害者が使用するナビゲーションアプリケーションは，事前に行った視覚障害者に対するヒアリング及び視覚障害者の 70%が iPhone を利用しているとの調査[7]から，iPhone で動作するアプリケーションの形で実装した．実装したナビゲーションアプリケーションの画面を図 5 に示す．

ナビゲーションアプリケーションを起動すると，イベント選択画面が表示され，案内を行うイベントの選択が行える．イベントの選択後，その詳細が表示され確認できる．確認後，案内を行うルートを選択画面が表示され，出発地と目的地が選択できる．出発地と目的地を選択し，ナビゲーションの開始ボタンを押すと，Web サーバから対応するナビゲーション情報をダウンロードし，ナビゲーションを開始する．



図 4 システム構成図



図 5 ナビゲーションアプリケーションの操作画面

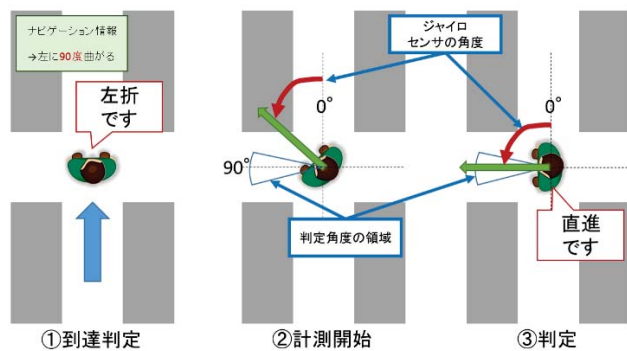


図 6 交差点到達時における方向指示

ナビゲーション開始時には、経路全体の説明を音声によって伝える。経路の説明は、NPO 法人ことばの道案内の Web サイトにある、視覚障害者向けの駅構内の道案内「ことナビ」を参考に生成する[8].

経路全体の説明後、音声ナビゲーションによる目的地までの誘導が開始される。iPhone に搭載された Bluetooth 機能を用いて、会場内の BLE ビーコンの電波強度を 1 秒毎に計測する。計測した BLE ビーコンの電波強度は、4.2 で述べた k 近傍による到達判定に使用する。

視覚障害者が交差点に到達した際は、事前に計測した交差点での曲がる角度を元に、次に向くべき方向を音声案内によって伝える。図 6 を用いて方向の誘導について説明する。はじめに、システムによって交差点への到達判定が行われると、音声で曲がるべき方向を、「右折です」もしくは「左折です」と伝える。次に、その時点の視覚障害者の向いている方向を 0 度として、iPhone に搭載されているジャイロセンサによって計測する。視覚障害者の向いている方向が、事前に計測した交差点での曲がる角度の ± 10 度未満になったときに効果音と共に「〇メートル直進です」と案

内する。以上の流れによって、次のエリアまでの誘導を行う。なお、出発時における次のエリアの方向指示も、同様の処理によって実現する。

到達判定が行われた際に、そのエリアが目的地である場合は、目的地への到着を音声で伝え、ナビゲーションを終了させる。以上の流れによって、ナビゲーションアプリケーションは視覚障害者を目的地まで誘導する。

5.3 イベント設営用アプリケーション

イベント設営者が使用するイベント設営用アプリケーションは、ナビゲーションアプリケーションと同様に iPhone で動作する iOS アプリケーションとして実装した。設営用アプリケーション上では、ナビゲーションを行うイベントの作成やナビゲーション情報の作成に必要な機能が備わっている。

イベント設営者は、イベント設営用アプリケーション上でナビゲーションを行うイベントの名前や日程などを入力し、登録を行う。その後、BLE ビーコンの配置とナビゲーション情報の作成を行う。以下に提案システムにおける設営者の準備手順を示す。

- (1) イベント設営用アプリケーション上で、イベントの名前や日程を入力し、登録を行う
- (2) 案内箇所と経路を策定する
- (3) 到達判定エリアとなる場所にビーコンを配置する
- (4) 出発地と目的地ごとに、設営用アプリケーションを用いて、ナビゲーション情報を作成する

視覚障害者を目的地に誘導するためには、到達判定を行うエリアとそれらを結ぶ通路一帯の電波強度、交差点到達時に向くべき方向などの計測データからなるナビゲーション情報が必要となる。設営用アプリケーションでは、これらの情報を、イベント設営者が案内ルート上を歩きながら画面上に表示される指示に従う対話型操作によって行う。

ナビゲーション情報の作成機能を選択すると、案内箇所の一覧が表示され、出発地と目的地を入力することができる。その後、出発地に立つように指示し、到達判定を行うエリアの電波強度の計測が行われる。電波強度の計測が終わると、次に向かうエリアの方向を向くように指示し、方角を計測する。方角の計測が終わると、次の到達判定エリアに向かうように指示し、通路上を歩いているときの電波強度の計測を行う。次のエリアに到達した際には、そこが目的地であるかどうかをシステムは問い合わせる。目的地ではない場合は、同様に判定エリアの電波強度と方角の計測を行い、次のエリアに向かうように指示する。目的地の場合は、今まで記録した電波強度と方角からナビゲーション情報を作成し、Web サーバへアップロードする。以上の指示を画面上に表示し、設営者はその指示通りに操作を行うことで、自動的にナビゲーション情報を作成することができる。

6. 評価実験

本節では、小規模なイベントとして紹介した enPiT 筑波大ワークショップの成果報告会を想定して行った、システムの準備とナビゲーションの評価実験について述べる。

6.1 実験方法と評価項目

小規模なイベントでの利用時におけるシステムの評価を行うために、小規模なイベントとして紹介した enPiT 筑波大ワークショップの成果報告会を想定した実験を行う。enPiT 筑波大ワークショップの成果報告会における案内箇所とナビゲーションルートを図7に示す。はじめに、イベント設営用アプリケーションを用いて、図7に示す通りのナビゲーションができる環境を構築する。その後、被験者にナビゲーションアプリケーションを利用してもらう。なお、到達判定の精度に関する実験は、図7における受付から会場Bまでの案内に限定して行う。

今回の実験の評価項目として、設営用アプリケーションにおけるナビゲーションが利用可能となるまでの準備時間と、ナビゲーションアプリケーションにおける到達判定の精度及びユーザによるナビゲーションの評価を行う。実際に実験ルートのナビゲーションを被験者に利用してもらい、設定したエリアの中心位置から、システムが到達判定を行った位置までの距離を誤差として評価する。ナビゲーションの評価に関しても、被験者に対しナビゲーション終了後にアンケートを行い評価する。アンケート項目は、村田らの実験で使用したものを参考にした[9]。

また、今回の実験において、準備時間と判定誤差に対し、目標値を定めた。まず、準備時間は2節で述べたように、1時間以内で準備を終えることとした。判定誤差は、佐藤らの研究から、視覚障害者の誘導において3m以内の精度が必要であることから、3m以内での判定を目標値にした[10]。

今回の実験では、5人の学生を被験者としてナビゲーションアプリケーションを利用してもらう。視覚障害者の利用を想定するために、被験者には目隠しをした状態でシステムを利用してもらう。また、歩行を補助するために、白杖を模した長さ1.3メートルの棒を持ってもらう。

6.2 実験結果

(1) ナビゲーションシステムの準備

図7に示すナビゲーション環境の構築にかかった時間について述べる。表2に構築にかかった時間について示す。また、既存システム NavCog で同様の環境を構築した際にかかった時間について、表3に示す。

提案システムでは、図7の環境構築に約19分を要した。既存システム NavCog では、同様の環境を構築するのに約1時間20分を要したことから、大幅に準備時間を削減できた。特に、電波強度の計測に関しては、約1/4まで削減できたことが分かった。

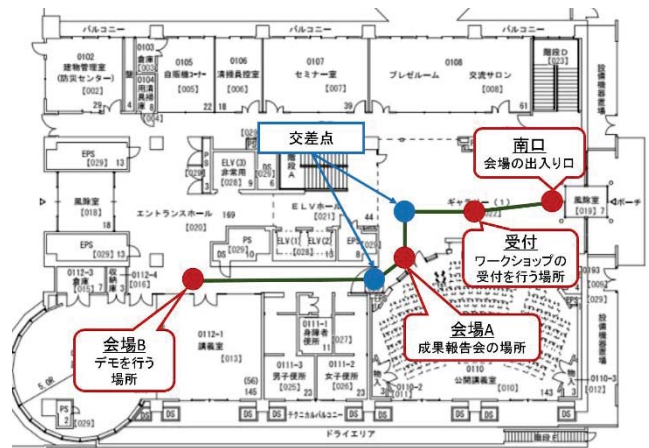


図7 実験時に設定したナビゲーションルート

表3 提案システムにおける各フローの所要時間

フロー	時間 (時:分:秒)
イベントの登録	00:02:23
ナビゲーション情報の作成	00:17:04
動作確認	00:00:27
計	00:19:27

表4 各エリアにおける到達判定の精度

判定 エリア	到達判定精度 [cm]					
	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	平均
交差点A	20	33	96	112	47	61.6
交差点B	33	65	177	27	62	72.8
交差点C	35	127	61	82	34	67.8
目的地	151	150	40	22	148	102
平均	59.75	93.75	93.5	60.75	72.75	76.1

(2) 到達判定精度

被験者5人に対する、エリアの中心から到達判定が行われた地点までの距離を表4に示す。今回の実験において、判定精度の最大値は被験者3の交差点Bでの177cmであった。精度の平均は、約76cmであった。また、すべての判定において、事前に設定した目標値である3m以内となった。

(3) アンケート

判定精度の実験終了後に被験者に対して、アンケートを実施した。各項目に対し1~5の5段階(1:役立たない/思わない, 5:役に立つ/思う)で評価してもらった。アンケートの結果を表5に示す。

はじめに、Q1~Q3の音声案内に対するアンケート結果について述べる。Q1での音声案内のタイミングに関しては、全体的に低い数値となっており、被験者2は2点をつけた。この理由として、被験者2は他の被験者と比べると判定精度が低い傾向にあり、システムが判定をする前に、手に持っている棒が壁にぶつかることが多かったことが

表 5 アンケート結果

Q1: 音声案内のタイミングは適切だったか

Q2: 音声案内の量は適切だったか

Q3: 音声案内の内容は適切だったか

Q4: ナビゲーションシステムは自分の位置を把握するのに役立ったか

Q5: ナビゲーションシステムの内容は経路をイメージするのに役立ったか

Q6: ナビゲーションシステムは全体的にみて役立ったか

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
被験者1	3	5	5	5	5	5	5	5
被験者2	4	3	5	4	2	2	5	4
被験者3	2	5	5	4	5	5	4	4
被験者4	3	2	2	4	4	4	4	3
被験者5	5	5	5	4	4	4	5	4
平均	3.4	4.0	4.4	4.2	4.0	4.0	4.6	4.0
分散	1.3	2.0	1.8	0.2	1.5	1.5	0.3	0.5

考えられる。Q2での音声案内の量に関しては、十分に感じられた被験者もいたが、足りないと感じる被験者もいた。被験者2は、直進時の案内が全く無いことから、不安に感じることが多く、低い点数をつけた。Q3での音声案内の内容に関しては、4人の被験者が5点をつけており、高い評価を得た。しかし、被験者4はルート上の目印となるようなモノや障害物などの情報が不足していると感じ、低い数値をつけた。

Q4~Q6のナビゲーションシステムに関する評価に対しては、概ね高い評価を得た。Q4の自身の位置を把握するのに役立ったかどうかに関しては、すべての被験者が4点以上をつけており、高い評価を得ることができた。特に、ナビゲーション開始時にルート全体の経路を説明する機能や直進する距離を伝えるのは、位置を把握する手がかりになったとコメントがあった。Q5の経路をイメージできたかという設問に対しては、4人の被験者が4点以上をつけた。これに対しても、ルート全体を案内する機能が役立ったと被験者は述べた。しかし、被験者2は全体の経路を説明する機能に対し、説明のスピードが早くイメージが追いつけなかったため、低い数値をつけたことが分かった。

7. 考察

本節では、評価実験におけるナビゲーションシステムの準備時間、及びナビゲーションの精度とユーザアンケートの結果について考察する。また、今後の改善方法について議論する。

7.1 システムの準備

今回、小規模なイベントとして enPiT 筑波大ワークショップの成果報告会でのナビゲーション環境の準備を行った結果、1時間以内でナビゲーションを利用可能とする目標

を満たすことができた。特に既存システム NavCog での準備と比較すると、電波強度の計測における所要時間を大幅に減らすことができた。目隠しをした被験者によるナビゲーションアプリケーションの実験においても、目的地まで誘導することができたため、今回提案した位置推定を行う範囲を限定し電波強度の計測回数を削減する手法は、ナビゲーション環境の構築における準備時間の短縮するための手段として有用であると考えられる。

しかし、この手法には弱点もあることが分かった。提案システムでは、設営用アプリケーションを用いて、実際に案内ルートを通りながら、電波強度の計測と交差点での曲がる角度を計測しているが、到達判定を行うエリア同士の隣接関係は記録していない。したがって、例えば図7のナビゲーション環境を構築する場合、南口から受付までと受付から会場Aまでのナビゲーション情報を作成しても、南口から会場Aまでのナビゲーション情報を自動的に生成することができない。したがって、今後はこのようなパターンに対して、隣接関係をシステムが把握し、ナビゲーション情報を自動的に補完することで、より計測時間を短縮させることができると考える。

7.2 ナビゲーションアプリケーション

提案ナビゲーションシステムは、位置推定を行う箇所を限定するためナビゲーションの精度に大きな影響を与える恐れがあったが、精度に関しては目標値である3m以内での判定を行うことができ、目的地まで誘導を行うことができた。しかし、被験者からのアンケート結果では、音声案内のタイミングと内容に関して改善が必要であると分かった。提案ナビゲーション手法では、到達判定を行うエリアでの音声案内に限定するため、エリア同士を結ぶ通路上で、自分が今どこにいるのかといった情報が不足してしまうデメリットがある。また、通路に障害物があるなどの情報も伝える必要があると分かった。

したがって、今後は音声案内のタイミングと内容の改善を図っていく。案内ルート上における障害物などの情報に関しては、設営用アプリケーションの対話型操作を改善することにより、ルート上の情報を設営者が付加できるような仕組みを取り入れる。また、ナビゲーションのタイミングと内容に関しては、視覚障害者のエコーロケーションを活用することで改善を行う。Navidらは、視覚障害者に案内ルート上のランドマークとなるようなモノの情報を伝え、視覚障害者がシステムにそれをフィードバックすることによって位置補正を行う手法を提案している[11]。この手法を応用し、案内のタイミングと内容の改善が期待できる。

8. おわりに

我々は、小規模なイベントでの視覚障害者ナビゲーションシステムを導入するために、準備時間を削減するための手法の提案と、それを用いたナビゲーションシステムの実装を行った。このシステムは、屋内測位を行う範囲を限定したナビゲーションを行うことで、事前に計測が必要なサンプルの数を減らし、準備時間を短縮させる方法を取っている。

実験では、実際に小規模なイベント想定したナビゲーション環境を準備することで、1時間以内で準備を終わらせるという目標を達成することができた。また、同時に視覚障害者を目的地までの誘導することが可能であることを示した。しかし、音声案内のタイミングと内容に関しては、改善が必要であることが分かった。音声案内のタイミングと内容の改善方法として、視覚障害者の持つエコーロケーションを活用した方法が期待できる。また、障害物などの存在を案内に取り入れるために、設営用アプリケーションにおける対話型操作の拡張が必要である。

参考文献

- [1] 視覚聴覚障害者の安全性利便性に関する調査研究報告書。国土交通省, 2011.
- [2] Dragan Ahmetovic, Cole Gleason, Chengxiong Ruan, Kris Kitani, Hironobu Takagi, Chieko Asakawa. NavCog: a navigational cognitive assistant for the blind. 2016, MobileHCI '16 Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, p.90-99
- [3] 浅野正義, 梶原祐輔, 島川博光. 電子タグを用いた単独歩行視覚障害者の誘導. 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 14, No. 4, pp. 37-42, 2015.
- [4] 伏見竜, 牧野秀夫, 長添和史. 視覚障害者歩行支援の蛍光灯通信位置情報システム. パナソニック電工技報, Vol. 57, No. 4, pp. 53-59, 2009.
- [5] National Institute of Information and Communications Technology. NICT and Fujitsu Develop Indoor Guidance Technology for the Blind Using Ultra Wide Band Positioning, Smartphones. <https://www.nict.go.jp/en/press/2012/07/02en-1.html>.
- [6] 吉澤菜津子, 遠藤貴裕, 永見健一. 屋内位置情報における推定技術の開発と新しいサービスの展開について. 2013, Intec Tech J, 13, p.44-51
- [7] 視覚障害者の携帯電話・スマートフォン・タブレット・パソコン利用状況調査 2013. 財団法人 電気通信普及財団, 2013.
- [8] 認定NPO法人ことばの道案内. ことナビ. <http://kotonavi.jp/wp/>.
- [9] 村田 将之, 内藤 拓也, 佐藤 大介, 五十嵐 雄哉, 貞清 一浩, 高木 啓伸. BLE ビーコンを用いた視覚障害者向け高精度屋内外ナビゲーション. 研究報告アクセシビリティ (AAC), 2016, 3, p.1-8
- [10] 佐藤大介, 村田将之, 内藤拓也, 高木啓伸, 貞清一浩. 視覚障害者向け屋内ナビゲーションシステムの大規模施設における測位精度の評価. 研究報告アクセシビリティ (AAC), Vol. 2017-AAC-4, No. 6, pp. 1-5, 2017.
- [11] Navid Fallah, Ilias Apostolopoulos, Kostas Bekris, Eelke Folmer. The user as a sensor: navigating users with visual impairments in indoor spaces using tactile landmarks. CHI '12 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 425-432, 2012.