Vol.2017-AAC-4 No.5
2017/8/26

短期的かつ小規模なイベントにおける視覚障碍者向け歩行支援システムの提案

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：屋内における視覚障碍者の歩行支援を目的とした歩行支援システムは，様々な手法が提案されており，すでに運用されているものも存在する．しかし，それらのシステムは永続的に建物全体の案内を支援することを目的としており，準備にかける時間的金銭的コストは大きくなりがちである．そこで本研究では，屋内で催される短期的かつ小規模なイベント会場における視覚障碍者の歩行支援に焦点をあて，低コストで実現可能な会場歩行支援システムの提案と実装を行う．本報告では，NavCog を用いた予備実験と視覚障碍者からのヒアリング結果に基づいた，屋内で催される短期的かつ小規模なイベント会場における視覚障碍者の歩行支援手法について報告する．

キーワード：歩行支援支援，屋内測位，Bluetooth

1. はじめに

今日の日本の社会において，アクセシビリティの向上が求められている．例えば，駅構内の案内板は，高齢者が見やすいように大きな文字で書かれていたり，日本人だけでなく外国人もその内容が理解できるように英語や中国語などで書かれていたりする．また，アクセシビリティの向上のための活動は,障碍者の支援という形でも行われている．例えば，筑波大学の入学式では聴覚障害者に対し，スピーチの内容を手話や要約筆記支援で伝えている[a]．また，情報処理学会全国大会では，障碍者向けに情報保障の取り組みが行われている[b].

そうした中，3 日以内で小規模な会場で行われる研究会のような短期的かつ小規模なイベントに対しても，視覚障碍者の歩行支援システムの提供を通じて，イベントのアクセシビリティを向上させたいという要望がある．しかし，このようなイベントは，予算と準備に掛ける時間が限られている．その一方，既存の屋内歩行支援システムは，永続的かつ建物全体の歩行支援を目的としており，短期的かつ小規模なイベントで利用されることは想定されていない．そのため，準備に掛ける時間的金銭的コストが大きくなりがちである．また屋内ナビゲーションを実現するためには屋内測位のための専用機器を使用することや事前に建物全体の電波強度を網羅的に計測することが必要である．準備の手順やアプリケーションの操作方法が複雑であり，イベント運営者は屋内即位の専門的知識を持つとは限らないため，現状のシステムによる短時間での準備は難しい．そのため,これらの既存の歩行支援システムを運用することは，小規模な会場で短期的に行われるイベントに向いていない.

そこで本研究では，屋内で催される短期的かつ小規模なイベントにおける，実運用に耐えうる視覚障碍者向けの歩行支援システムの開発を目標とする．具体的には，限られた準備時間と予算の中で，手軽に歩行支援環境の構築ができるシステムの構築を目指す.

以降，第 2 節では歩行支援システムの設計にあたり，歩行支援システムの準備を行う側のイベント運営者側と歩行支援利用者側のヒアリング調査に関して述べる．第 3 節では，既存歩行支援システムと本システムで採用する屋内測位技術に関して述べる．第 4 節では，既存歩行支援システム NavCog[4]による予備実験から，短期的かつ小規模なイベントでの利用可能性を検証したことについて述べる．第 5 節では，今後実装予定の短期的かつ小規模なイベントで運用することを想定した歩行支援システムの実装方法とユーザテストの方法について述べる.

2. ヒアリング調査

本節では，イベント運営者と視覚障碍者に対して行ったヒアリング調査の結果について述べる.イベント運営者は，短期的かつ小規模なイベントに対する視覚障碍者向け歩行支援システムを導入したいと考えている方に対して行った.また，全盲の方と弱視の方に対し，イベントにおける会場ナビゲーションシステムのニーズと，システムの実装にあたり留意すべき点などに関して調査を行った.

2.1 イベント運営者へのヒアリング結果

本研究は，enPiT 筑波大ワークショップ[c]や WebDB Forum[d]などの学会運営に携わっている筑波大学の教員の要望により始動した．プロジェクトを始めるにあたり対象となるイベントの定義を明確にするため，短期的かつ小規模とは，具体的にどのようなイベントを想定しているのかに関してヒアリングを行った.

まず小規模とは,研究会やワークショップなどといった，一つの建物内で 1 フロア程度，使用する部屋は最大で 3 部屋程度で行われ，最大で 100 人が参加するイベントであることが分かった．また，歩行支援システムの導入にあたっ

†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

a) http://dac.tsukuba.ac.jp/shien/support/bedfore_after/
b) http://www.ipsj.or.jp/event/taikai/79/accessible_information.html
c) enPiT BisSysD × 筑波大学　http://enpit.coins.tsukuba.ac.jp/
d) WebDB Forum 2017 http://db-event.jpn.org/webdbf2017/

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

て使用できる予算は 10 万円程度であり，なるべく金銭的コストを抑えたいという要望がある．

また，短期的とは，最大で 3 日程度の期間で開催されるイベントのことを指す．また，イベントの設営および撤去にかけられる時間は半日程度であるため，この時間内で歩行支援システムの準備と撤去が求められることが分かった．また，短期的かつ小規模以外の項目として，歩行支援システムの準備と運用，回収を行うのは，専門的知識を有さないイベント運営者であることを考慮してほしいという要望もあることがわかった．以上から，短期的かつ小規模なイベントでの運用において，システムに熟知していないイベント運営者でも，半日程度で準備が可能なシステムである必要性が分かった．

2.2 歩行支援の利用側の視覚障碍者

歩行支援システムの利用者である視覚障碍者に対しヒアリングを行い，イベントでの移動方法と歩行支援システムに対するニーズ調査した．ヒアリング対象として，全盲の方 2 人(20 代男性，40 代男性)と弱視の方 1 人(30 代男性 視力障碍)に協力していただいた．

現状イベントではどのように移動しているかの問いに対しては，全盲の視覚障碍者は「先生や友人と一緒に移動していた」,「会場のボランティアが付き添いで移動していた」,「会場スタッフに案内してもらった」という回答を得た．ここから，全盲の方はイベント会場のような初めて訪れる場所での単独移動が困難であることが分かった．一方，弱視の方は「基本的に一人で移動していた」,「会場スタッフに道順を聞いて一人で移動していた」,「会場内の壁や看板などをランドマークとして移動していた」,「エレベーターのボタンや部屋の番号を知る方法として，予め貼っている点字シールを利用していた」という回答を得た．弱視の方は全盲の方と比べると，単独移動をしているが，単独移動するために事前に目的地までのルートを調べたり，会場スタッフに目印となるランドマークを訪ねたりしていることが分かった．

システムのニーズに関しては，全盲と弱視の全ての視覚障碍者が「利用したい」と答えた．理由は「ガイドヘルパーを雇うには手間とお金がかかる」,「予め準備した場所にしか移動できないため，それ以外の色んな所を回りたい」,「人に頼るのは気がひけるため，できれば単独で移動したい」であることが分かった．

また，ヒアリング項目とは別に,「案内時に，曲がるべき位置もしくは目的地までの距離を通知してほしい」,「iOS で動作するアプリケーションが望ましい」といった，システムの実装に向けてのコメントをいただいた．曲がるべき位置までの距離を把握できるようになれば，曲がることに対する心構えができるようになるため，この機能は必ず実装すべきであるとのことであった．また，視覚障碍者にとって，何よりも怖いのが，自分がいまどこにいるのかが分からなくなることである．ゆえに，曲がるべきポイント，もしくは目的地に正しく近づいているかを判断するための基準として,この機能は実装すべきとの意見をいただいた．また，歩行支援の実装において我々はスマートフォン上での実装を考えていることを伝えると，iPhone や iPod など iOS で動作するアプリケーションが望ましいというアドバイスをいただいた．理由として，iOS はアクセシビリティ機能が豊富であり，視覚障碍者のほとんどは iOS のスマートフォンを利用しているからだということであった．

3. 検証する歩行支援システムの選定

本研究における歩行支援システムは，以下の 2 つが要求される．

(1) 短期的かつ小規模なイベントで運用できるために，準備にかける時間的金銭的コストが小さいもの
(2) 視覚障碍者が利用可能であること

そこで，既存の視覚障碍者向けの屋内歩行支援システムに関して調査を行い，我々の想定する短期的かつ小規模なイベントにおいて利用可能か比較検討した．

3.1 関連研究

屋内で催されるイベントでの歩行支援において，歩行支援の利用者の位置を推定するための屋内測位技術は必要不可欠である．実用に向けて検討されている屋内測位の要素技術には，主に以下のようなものがある[1][2][3].

(1) Wi-Fi や Bluetooth（BLE ビーコン）の電波強度
(2) 2 次元コード
(3) 電子タグ(RFID)
(4) 可視光通信
(5) 画像類似度
(6) PDR(歩行者自律航法)

既存の視覚障碍者向けの屋内歩行支援システムは，これらの屋内測位技術を使って，もしくは複数を組み合わせて実現している．

Bluetooth と PDR を組み合わせて屋内位置推定を行う歩行支援システムとして NavCog[4]がある．NavCog はスマートフォン上で動作する，音声歩行支援アプリケーションである．屋内に Bluetooth Law Energy(BLE)の発信機(BLE ビーコン)を 5~10 メートル間隔で配置し，それらの電波強度，または PDR を組み合わせて，歩行支援の利用者の屋内位置を推定している[5].

吉田の研究[6]では，2 次元コードを使用した歩行支援システムを提案している．2 次元コードとして AR マーカを使用し，スマートフォンのカメラで AR マーカを撮影することで，そのマーカの ID を取得できる．事前に画像を配置した位置と ID を対応付けさせ，それに問い合わせることで撮影した場所の屋内位置を取得できる．

浅野らの研究[7]では，位置情報を記録した電子タグを床や道路に埋め込み，専用のリーダを搭載した靴を用いるこ

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

とで，位置情報の取得を行う．また，視覚障碍者が移動するすべての場所に電子タグを配置するのではなく，目的地や交差点，障害物の前後に配置することで低コスト化を図っている．

可視光通信による屋内測位技術を用いた歩行支援システムも提案されている[8]．屋内の天井にある蛍光灯を特殊な光信号を発する蛍光灯と入れ替え，専用の読み取り機で蛍光灯が発する光信号を受信することで，現在位置を取得することができる．

また，画像類似度と PDR による屋内測位技術を応用した歩行支援システムも提案されている[9][10]．これらの手法は，屋内に専用の機器やマーカなどを配置する必要が無いという特徴を持つ．伏見らの研究[9]では，画像類似度による歩行支援システムを提案している．事前に歩行支援の範囲の風景を撮影し，その画像と撮影位置をデータベース化する．位置推定の際には，現在カメラで撮影されている画像とデータベース上の画像を比較し，類似度の高いものを現在位置として評価し，位置推定を行っている．また Navid らの研究[10]では，PDR と視覚障碍者との対話を組み合わせた屋内測位技術を提案している．システムが視覚障碍者に対し，ルート上のランドマークに達したかどうかを確認しながら屋内位置を推定していく．シームレスな推定を行うために，ランドマーク間の位置推定には PDR を用いており，ランドマークに達するごとに位置の修正を行っている．

3.2 利用可能性に関しての比較検討

本研究における屋内測位技術として，低コストであるという点と視覚障碍者が利用可能であるという点から，BLE ビーコンの電波強度を用いた手法を採用した．低コストであるという点において，PDR，2 次元コード，Wi-Fi や BLE ビーコンによる測位は適していると考える[1,2]．しかし，Wi-Fi による屋内測位技術は，iOS 上では実装できないことが分かった[2]．視覚障碍者へのヒアリングで，アクセシビリティ機能が豊富な iOS 上でのアプリケーションの実装が好ましいという意見(2.2 節参照)から，本研究では Wi-Fi による屋内測位技術は向いていないと判断した．また，PDR は移動するごとに誤差が累積してしまう問題がある[2]．また，2 次元コードの場合では壁などに貼られた画像をカメラで撮影する必要があるため，視覚障碍者は気づけない可能性がある．カメラのどの位置，角度でも撮影できるように，バーコードを網羅的に配置する方法も考えられるが，設置にかける時間的コストは大きくなってしまう．画像の類似度による位置推定技術は，事前に撮影する画像が膨大であるため，準備におけるワークロードが大きいというデメリットがある[9]．また，RFID と可視光通信による手法では，施設に対して専用の機器を組み込む必要があるため，短期的に行われる会場で運用するのは向いていない．
以上から，我々は BLE ビーコンの電波強度を用いた屋内測位技術が最も適していると判断した．

4. 予備実験

BLE ビーコンの電波強度を用いた既存ナビゲーションシステムが，短期的かつ小規模なイベントでの運用が可能であるかを検証するために，NavCog を用いた予備実験を行った．今回我々が使用した歩行支援システム NavCog は，Github 上で HULOP[e]と呼ばれるオープンソースソフトウェアとして公開されている．HULOP は，2.1 節で紹介した NavCog を使用するための，歩行支援マップ作製ツールなどを含めたプラットフォームである．現在，バージョン 1 と最新版のバージョン 3 が公開されている．しかし，最新版のバージョン 3 は，計測に用いる機材が入手できなかったため，利用が困難であった．そこで，今回はバージョン 1 で，NavCog の準備から体験までを行う予備実験を実施した．その後，短期的かつ小規模なイベントに対して運用可能であるか考察した．

4.1 歩行支援の環境の構築

我々は短期的かつ小規模なイベントとして，12 月に開催予定の enPiT 筑波大ワークショップを想定し，予備実験を行った．ワークショップの運営者への調査で，enPiT 筑波大ワークショップで使用される会場は，筑波大学構内の総合研究棟 B の 1F（図 1）が予定されている．また，A 会場と B 会場と受付が一カ所設置される予定であり，総合研究棟 B には出入り口が 2 カ所存在するが，enPiT で使用されるのは南口のみの予定であることがわかった．また，身障者トイレも使用可能である．以上のことから，我々は NavCog の設定を行い，視覚障碍者が実際に enPiT に参加することを想定し歩行支援の体験を行った．

(1) 歩行支援マップの作製

NavCog の準備にあたって，目的地と案内ルートをマップ作製用の web アプリケーション上で設定する必要がある．目的地は，図 1 で示した「南入口」「受付」「A 会場」「B 会場」「トイレ」の 5 カ所を設定した．ルートは図 2 のように設定した．また，マップ上で設定したルートの実際の長さを計測し，アプリケーション上に入力する必要がある．

(2) BLE ビーコンの設定と配置

歩行支援マップの作製後，設定したルート上に BLE ビーコンを配置し，(1)で作製した歩行支援マップに追加する必要がある．今回我々は，アルカリ電池 2 本で動作する株式会社 Braveridge[f]製の BLE ビーコンを使用した．

BLE ビーコンが発する電波には，UUID(32 文字の英数字)と major 値(整数値)，minor 値(整数値)が含まれており，これらを事前にビーコンに設定することによって，ビーコンの識別を行う．NavCog では，同じ建物内のビーコンは同

e) Human-scale Localization Platform (HULOP)
https://github.com/hulop
f) 株式会社 Braveridge
https://ssl.braveridge.com/

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

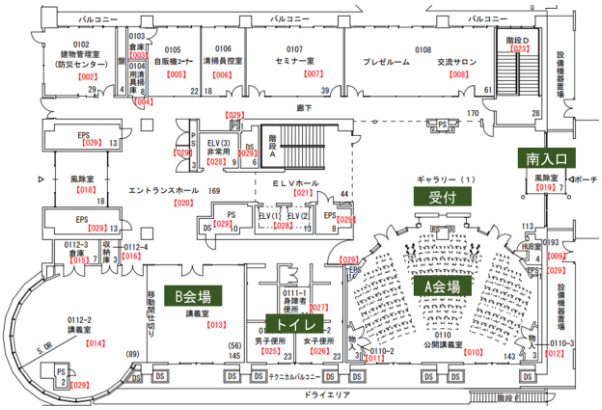

図 1　enPiT 筑波大ワークショップの会場レイアウト

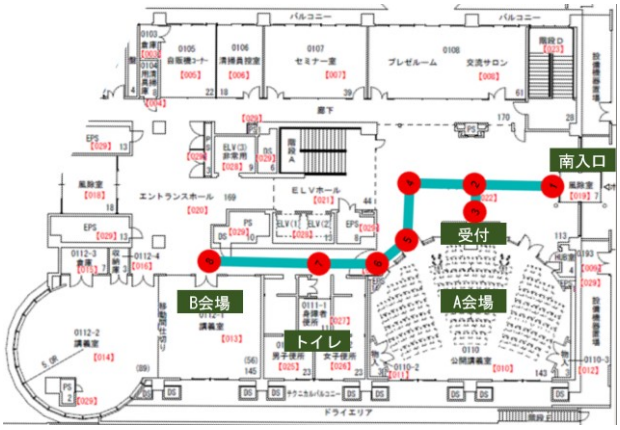

図 2　設定した案内ルート

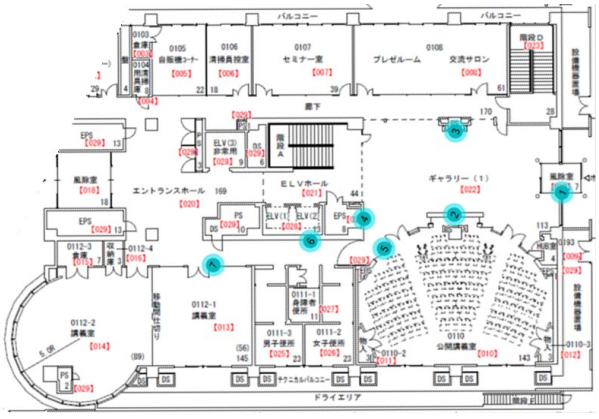

図 3　配置したビーコンの位置

一の UUID，同じフロア内のビーコンは同一の major 値，minor 値は同じフロア内のビーコン同士がユニークな値を持つように設定する必要がある．今回は，1 フロアのみの歩行支援であるため，UUID と major 値はすべて同じ値に設定し，minor 値は 1 から順に番号を設定した．

ビーコンを建物内に配置する際には，8～12m 間隔で壁や天井に取り付けることが推奨されている．そこで，今回は床から約 2m の高さで，図 3 のように壁に BLE ビーコンを取り付けた．今回の予備実験では，BLE ビーコンを 7 個使用した．

(3) 電波強度の計測

ビーコン設置後，設定したルート上の電波強度の計測を専用アプリケーションで行う必要がある．計測時には，web アプリケーション上でルートの ID を参照し，それを入力する必要がある．また，設定したルート上で，1m 間隔で 30 秒間電波強度の計測を行った．計測後，(1)で作製した歩行支援マップと電波強度の計測データを合わせることで，歩行支援アプリ用のデータを生成する．

4.2 歩行支援の体験

準備を行った後，我々は目隠しをした状態で，スマートフォンを片手に持った後，歩行支援アプリケーションを起動し，音声案内を頼りに会場内の移動を行った．体験時には安全性を確保するために，歩行支援体験者の前後に記録員 2 名を配置した．案内ルートは，視覚障碍者が受付を行い会場に向かうことを想定した「南入口→受付→会場 A(もしくは B)」ルート，会場から出ることを想定した「会場 A(もしくは B)→南入口」ルート，会場からトイレに向かうことを想定した「会場 A(もしくは B)→トイレ」ルートの 3 つを設定した．

4.3 検証結果と考察

(1) 歩行支援の準備

まず歩行支援の準備において，マップデータの作製や通路の距離と電波強度の計測は，時間的コストと手間が大きいことが分かった．特に電波強度の計測においては，1m ごとに計測する必要があるため，準備にかける時間の大半を占めた．また，ルートとして設定した通路の実際の長さをメジャーで計測する必要があることも，準備に時間がかかってしまったことの要因として挙げられる．

また，今回 NavCog のバージョン 1 を体験するにあたり，実際に動くまでに数日かかってしまった．特に，マップデータの作成における web アプリケーションと電波強度の計測アプリケーションの操作に慣れるまでに時間がかかってしまった．ここから，NavCog を準備するにあたって，システムの操作を熟知する必要があり，そこまでにかなりの時間を要することが分かった．また，今回の場合は目的地のほとんどが密集しており，ルートとして設定した通路は短く，使用したビーコン数と計測の回数は少なかった．しかし，建物によっては目的地同士が離れた位置にある可能性もあるため，ルートとして使用する通路全体が長くなる可能性がある．ゆえに，場合によっては時間的金銭的コストのどちらも大きくなる恐れがある．

準備にかける時間が大きくなってしまう根本的な原因は，準備を行う者がシステムの使い方を熟知していることが前提であること，そして永続的な歩行支援を建物全体で行うことを目的としていることであると考える．しかし，今回我々が目指す歩行支援システムは，短期的に行われるイベントでの運用を目指しており，半日程度で準備ができることが求められている．NavCog の歩行支援システムの準備

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

を通じ，短期的かつ小規模なイベントにおいて運用するためには，準備にかける時間を短縮し，システムに熟知していない者でも簡単に扱えるシステムづくりが必要である．

(2) 歩行支援の体験

実際に目隠しをした状態で音声案内を頼りに目的地まで移動を行ったところ，ほとんどの場合目的地まで移動することができた．特に，曲がるタイミングや目的地に到着したことを伝える案内は，3m 以内の誤差で通知された．

しかし，目的地までたどり着けないときもあった．たどり着けなかった時に共通する歩行支援の体験者の挙動として，右に曲がれなどの指示は受けたものの，ルートとして設定している場所とは少しずれた角度で進んでしまい，そのまま別の通路に向かってしまったことである．また，別の通路に誤って入り，そこがビーコンの設置してないエリアだった場合，危険であることが分かった．今回の体験で一度，ビーコンの配置してない通路に向かってしまい，そのまま階段に向かってしまいそうになったことがあった．

以上のことから，実際に運用するにあたって，「視覚障碍者が正しいルートで曲がるべき位置と目的地にたどり着けているかを判断する仕組み」と「実際に起こりうる危険に対してのセーフティ仕組み」が必要であると考える．前者の機能に関しては，視覚障碍者へのヒアリングで必要であると意見をいただいた機能である．後者の機能は具体的に，案内ルートから外れていることを検知し，それを視覚障碍者に伝え，ルートへ復帰できるようにする仕組みである．また，案内する通路外で視覚障碍者が危険個所に近づく可能性に対してのセーフティ機能も含まれる．

5. イベントでの運用に向けたシステム

5.1 システムの方針

歩行支援の準備側のイベント運営者と歩行支援の利用者である視覚障碍者のヒアリング，および既存歩行支援システムを比較し，ビーコンによる屋内測位技術を使用した歩行支援システムが最も適すると判断した．しかし，実際に既存システム NavCog を用いた予備実験から，短期的かつ小規模なイベントでの運用において，様々な課題があることが分かった．

そこで，本研究では視覚障碍者の歩行支援システムだけでなく，歩行支援システムを準備し運用するイベント運営者側のためのシステムも含めて，短期的かつ小規模なイベントでの実運用に耐えうるシステムの構築を目指す．それにあたり，使用する屋内測位手法および準備における歩行支援の環境の構築方法，案内時に行う歩行支援の方法を以下の 3 つの方針で設計する．

(1) 「短期的かつ小規模なイベント」のための，低コストで運用可能なシステムであること

(2) システムを準備し運用するイベント運営者も簡単に歩行支援の環境の準備ができること

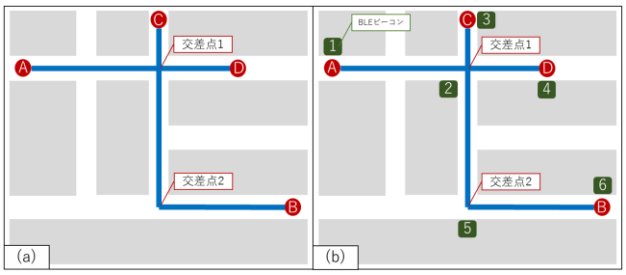

図 4 提案システムにおけるビーコンの配置位置

(3) 視覚障碍者を安全かつ適切に目的地まで誘導を行うシステムであること

5.2 ハイブリット屋内測位技術

本研究では，準備における金銭的時間的コストの低減を図るために，BLE ビーコンと PDR を組み合わせたハイブリッド屋内測位技術を提案する．屋内測位技術の基本的な考え方としては，基本的には PDR によって位置を推定し，設定したランドマークを通過するたびに誤差を修正する手法を用いた，3.1 節で紹介した Navid らの屋内測位技術[10]を参考にした．図 4 を例に，提案する屋内測位技術について説明する．まず事前準備として，イベント会場内の目的地（受付や出入り口，部屋，トイレなど）を決め，それらを結ぶ最低限のルートを設定する（図 4-a）．その後，目的地およびルートの交差点付近に BLE ビーコンを取り付ける（図 4-b）．このとき，厳密にビーコンの位置を決めなくてもよい．

次に，歩行支援の利用者の位置を推定する方法として，BLE ビーコンと PDR を組み合わせた屋内測位手法に関して説明する．まず，システムは基本的に歩行支援の利用者が，ビーコンの配置された交差点もしくは目的地に到着したかどうかを判断する．交差点もしくは目的地に到達したかどうかは，それらに存在するビーコンの電波強度が閾値を超えたかどうかによって判断する．例えば，図 4 上の A から B に移動する場合，経路としては A→交差点 1→交差点 2→B の順となるため，それらに到達したかどうかは，ビーコン 1,2,5,6 の電波強度を確認すればよい．図 4(b)閾値をどのように定めるかに関しては，次節の歩行支援マップの作成方法で述べる．また，シームレスな屋内測位を実現するために，歩数検知による移動距離の推定を行うことで，交差点もしくは目的地間の位置推定を行う．以上のことをまとめ，以下に提案する屋内測位技術を述べる．

① 次に到達すべき交差点もしくは目的地のビーコンの電波強度が閾値を超えた場合，そこに到達したと判断する

② 交差点の場合，進むべき方向を音声で伝え，歩行支援の利用者がその方向へ向いたかをジャイロセンサによって検知する

③ 正しい方向へ向いたら，現在位置を交差点の位置とする．その後歩数のカウントを行い，進んだ距離を推

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

定する．現在位置は，直近で通過した交差点の位置と進んだ距離によって推定する．

5.3 歩行支援の環境の構築

イベントの運営者が行う歩行支援の環境の構築に必要な作業は大きく分けると，ビーコンの配置と目的地と使用する経路からなるマップデータの作成の二つである．ビーコンの配置に関しては，すでに 5.2 節で述べたように，目的地とそれらを結ぶルートの交差点にビーコンを配置するという単純な方法にすることで，簡単に配置することが可能となる．

マップデータの作成方法は，実際にイベント運営者が案内ルートを歩きながら作り上げていく点において，既存システムと大きく異なる．既存システムでは，目的地や使用する通路を指定したマップデータを Web アプリケーション上であらかじめ作成する．案内ルートは，歩行支援の利用者が目的地を設定した際に，最短ルートとなるようにしている．しかし，既存システムのマップデータ作成用の Web アプリケーションの操作は，システムに慣れていないイベント運営者が使用するのは難しい．特に，ビーコンの最適な配置位置を決めることや， UUID やビーコンの ID を入力させる操作は手動であるため，システムに慣れていない者には扱いにくい．そこで我々は，マップデータによって歩行支援のルートを決めるのではなく，事前に目的地まで通った軌跡を歩行支援時に利用することを提案する．図 5 を用いて地点 A から B までの歩行支援のルートの作成手順を説明する．まず，イベント運営者は専用のアプリケーションがインストールされたスマートフォンを使用し，スタート地点に向かう．スタート地点についたら，アプリケーション上で，スタート地点と目的地を設定する．その後システムは，数十秒間 A 地点での電波強度を計測する．計測が終了したら，イベント運営者は次に曲がる交差点である交差点 1 まで進む．このときシステムは，地点 A から交差点 1 までの歩数をカウントする．交差点 1 に到着したら，イベント運営者は到着したことをシステムに伝え，システムは交差点 1 の電波強度を計測する．その後イベント運営者は，次に曲がる方向を入力する．図 5 の場合，右を入力する．次も同様に，交差点 2 まで進み，同様の操作と処理を行う．目的地に到着したら，イベント運営者はシステムにそれを伝える．システムはイベント運営者が通った軌跡（通過したビーコンの ID と電波強度，歩数，曲がる方向）を，視覚障碍者を歩行支援するときに利用する．交差点もしくは目的地への到達の判定は，計測した電波強度を用いて閾値を設定する．

イベント運営者は，実際に案内ルートを歩きながらすべての目的地同士の歩行支援のルートを作成する．小規模なイベントであることから，ルートも限られており，効果的に作成におけるワークロードの削減につながると予想できる．

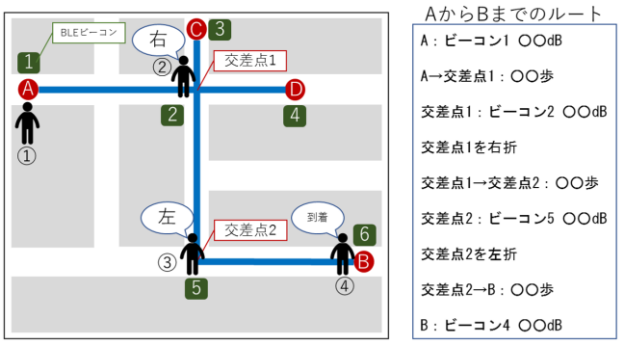

図 5　軌跡データの作成

5.4 歩行支援の方法

歩行支援システムは，あらかじめイベント運営者が作成した目的地から目的地までの軌跡データを利用し，視覚障碍者を目的地まで誘導する．交差点または目的地への到達の判定は，事前にスタッフが計測した電波強度をもとに判定する．また，交差点で曲がる方向に関しても，スタッフが入力した方向で案内する．スタッフが事前に歩いた目的地までの軌跡を視覚障碍者が再現することで，目的地までの誘導を行う．

また，ルートから外れているもしくは迷ってしまっている状態を検知する機能も実装する予定である．軌跡データから，ポイント間の移動に要する歩数が分かるため，次のポイントに到達せず，歩数が軌跡データよりも大幅にずれているときに，ルートから外れているもしくは迷っている状態であると判断する．この機能の実装により，視覚障碍者へのヒアリングと予備実験でわかった，自分が正しいルートを通っているのかが分からないという問題に対処できる可能性がある．また，このような状態の場合，視覚障碍者が自力でルートに復帰するのは困難だと考える．また，システムによって正しいルートに復帰させることも，本研究では困難であると判断する．そこで，イベントでの運用ということに着目し，視覚障碍者がルートから外れた，もしくは迷っている場合には，イベント運営者にそれを通知し，イベント運営者が視覚障碍者のもとへ行き，安全に正しい場所まで案内する仕組みを取り入れる予定である．

また，運用するにあたって，視覚障碍者が自身の位置を見失ってしまうこと，危険な箇所に近づいてしまうことなど，運用時に起こりうる危険にも対処する必要がある．具体的には，想定していたルートの範囲外，つまりビーコンなどが配置されていない場所へも視覚障碍者が誤って向かってしまう恐れがある．これは，予備実験でも起こった問題点である．そこで，提案システムでは，ビーコンの配置されていない，歩行支援の対象外の場所に存在する危険個所には，その存在を伝えるための仕組みを取り入れるべきだと考える．現状では，屋内測位用のビーコンとは別に，危険個所を知らせるビーコンを危険個所に配置することで，危険な場所に近づいていることを視覚障碍者に伝えることができると考える．

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

5.5 ユーザテストの方法

これまでに説明した提案システムを今後実装したのち，実際にシステムの準備及び運用を行うイベント運営者側と歩行支援の利用者側の両者で，システムの評価を行う予定である．イベントでの運用に適しているかどうかを判断するために，実際に短期的かつ小規模なイベントでの運営者に既存システムと提案システムの両方を体験してもらい，比較してもらう．また，視覚障碍者側に関しては，十分な安全性を検証する必要があるため，初めに目隠しをした状態で数人の学生によるユーザテストを実施する予定である．このテストから十分な安全性が確保できたと判断した場合，実際に視覚障碍者に歩行支援システムを利用してもらい，システムの評価を行ってもらう予定である．

6. おわりに

短期的かつ小規模なイベントでの視覚障害者の歩行支援を目的とした歩行支援システムの実現に向けて，ヒアリング調査と既存システムを利用した予備実験を行い，実装項目について検討した．システムの準備を行うイベント運営側には，準備にかける時間と予算をなるべく抑え，簡単に準備できるシステムであってほしいという要望があることが分かった．しかし既存システムは，短期的かつ小規模なイベントでの利用が想定されていないため，準備にかける時間的金銭的コストが大きい傾向にあり，このようなイベントでの運用は困難であることが予備実験によって判明した．また，準備をする上で，システムを熟知している必要があり，イベント運営者による運用は困難であるとわかった．

そこで我々は，短期的かつ小規模なイベントでのナビゲーションシステムの運用で生じる問題を解決する，イベント運営者が準備運用することを想定した，システムの実装項目，機能に関して提案した．今後は，システムを実装したのち，イベント運営者側と視覚障碍者側の両方でユーザテストを行い，システムの改善を行っていく予定である．

参考文献

[1] 近藤 竜之介, 三田 哲也：駅構内における屋内測位に関する基礎研究 (Special edition theme 鉄道サービスの技術革新), Technical review, JR East (47), pp. 45-48, 2014
[2] 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, Intec Tech J, No. 13, pp. 44-51, 2013
[3] 山崎 俊太郎, 持丸 正明, 金出 武雄：一人称ビジョンシステムのための自己位置推定法. 電子情報通信学会技術研究報告. MI, 医用画像 110(28), pp. 73-78, 2010
[4] Dragan Ahmetovic, Cole Gleason, Chengxiong Ruan, Kris Kitani, Hironobu Takagi, Chieko Asakawa： NavCog: a navigational cognitive assistant for the blind., MobileHCI '16 Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, pp. 90-99, 2016
[5] 村田 将之, 内藤 拡也, 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）, Vol. 2016-AAC-1, No. 3, pp. 1-8, 2016
[6] 吉田 享子:視覚障がい者のためのトイレナビゲーションシステムの実装と評価, 専修大学情報科学研究所所報 (86), pp. 13-18, 2016
[7] 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 14(4), pp. 37-42, 2015
[8] 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
[9] 蔵田 武志, 興梠正克, 石川智也, 亀田能成, 青木恭太, 石川准：視覚障害者歩行支援システム：測位と障害物検知に関する予備評価, 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎 110(238), pp. 67-72, 2010
[10] 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

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan