

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
研究開発実施終了報告書

「持続可能な多世代共創社会のデザイン」  
研究開発領域

研究開発プロジェクト  
「多世代共創による視覚障害者移動支援システム  
の開発」

研究開発期間 平成 26 年 11 月～平成 29 年 11 月

研究代表者 関 喜一  
(産業技術総合研究所 上級主任研究員)

## 目次

1. プロジェクトの達成目標.....	2
1-1. 全体目標及びリサーチ・クエスチョン.....	2
1-2. 背景 .....	4
1-3. ロジックモデル.....	6
2. 研究開発の実施方法・内容 .....	7
2-1. 研究開発実施体制の構成図.....	7
2-2. 取り組みの概要.....	8
2-3. 実施項目・内容.....	9
3. 研究開発結果・成果.....	11
3-1. プロジェクトの目標達成状況及び結論.....	11
3-2. プロジェクトのリサーチ・クエスチョンへの回答.....	11
3-3. 領域のリサーチ・クエスチョンへの回答 .....	13
3-4. 実施項目毎の結果・成果の詳細.....	15
3-5. 今後の成果の活用・展開に向けた状況.....	83
4. 研究開発の実施体制.....	84
4-1. 研究開発実施者.....	84
4-2. 研究開発の協力者・関与者.....	85
5. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など.....	86
5-1. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など .....	86
5-2. 論文発表 .....	90
5-3. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） .....	91
5-4. 新聞報道・投稿、受賞など.....	97
5-5. 特許出願 .....	98

## 1. プロジェクトの達成目標

### 1-1. 全体目標及びリサーチ・クエスチョン

少子高齢化によって障害者の支援者も高齢化する。そのような未来においても支援を持続可能とし、障害者の社会参加が促進され、多世代・多様な人々が活躍できる社会をデザインすることが求められている。そこで本プロジェクトでは、多世代の視覚障害者が協働で相互に移動支援を行う新しいタイプの移動支援社会システムの実現を目指す。具体的には、視覚障害者が携帯する汎用携帯型端末が、歩行時における移動アクセシビリティ情報を自動で収集し、クラウドを介して情報共有できるナビゲーション・システムを開発する。これにより、従来は地域のボランティアによって収集されていたバリアフリー情報がビッグデータとして構築され、リアルタイムで配信されるようになる。また、地域での実証を通じて、多世代の視覚障害者の移動支援を核とした地域コミュニティ・デザイン手法を確立し、法制化・標準化等の社会制度化に取り組む。

具体的には、多世代の視覚障害者の歩行支援を目的として、多世代の視覚障害者が個別に携帯する汎用携帯型情報端末が、歩行時における移動アクセシビリティ情報を自動的に収集し、クラウドを介して情報共有を行うことにより協働で歩行支援を行う新しいタイプの移動支援技術を確立する。この技術の確立により、従来はボランティアによって収集・公開されていた街中のバリアフリー情報が、多数の視覚障害者（またはその支援者）の持つ端末によって自動的にクラウドにビッグデータとして構築されるようになり、情報の構築が加速する。またこの技術開発に合わせて、上記のようなシステムから視覚障害者が歩行行動中に安全にリアルタイムで支援情報を受け取れるような歩行行動時アクセシブルユーザインタフェースを構築する。さらには、この技術を使った視覚障害者の歩行訓練方法及び訓練成果評価方法を同時に構築する。

#### <リサーチ・クエスチョン>

- 視覚障害者の移動支援を核とした多世代共創の地域コミュニティ・デザイン手法は確立できるか？
  - ICTによる支援技術を橋渡しとした晴眼者と視覚障害者のコミュニティは形成できるか？
  - VR・AR技術を使ったマッピングパーティは、移動アクセシビリティ情報の收拾を活性化することができるか？
- 特殊な技術を使用しない多世代共創による視覚障害移動支援手法は確立できるか？
  - ストレスや歩行軌跡等から、視覚障害者の“異常行動”及び“歩行困難状態”を検出するアルゴリズムを開発し、汎用携帯端末に実装して普及させることができるのか？
  - 多くの視覚障害者の端末から届く移動アクセシビリティ情報を解析するアルゴリズムを開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
  - 歩行中の視覚障害者に移動支援を行うための最適な音声案内を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
  - 歩行行動時にも視覚障害者が安全にアクセスできる触覚出力方式を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
  - 歩行行動時に環境音の聴取を妨げない骨伝導音響出力方式を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

- 音像の 3 次元位置で誘導を行う 3 次元音響出力方式を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
- 歩行行動時にも視覚障害者が安全に実行可能なジェスチャ入力を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
- 屋外測位のための QZSS（準天頂衛星測位システム）と PDR（歩行者推測航法）の統合技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
- 屋内測位のための PDR、BLE（Bluetooth Low Energy）、RGB 画像と距離画像などの統合技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
- 画像処理等により周囲の障害物や路面状況を把握する技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
- 歩行時の心的ストレスを計測する技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？
- 歩行軌跡、歩行時間、ストレス等から歩行技能を定量化する技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

## 1-2. 背景

障害者の社会参加を促進する上で、障害者が自分で自由に移動できることを支援することは不可欠である。我が国に約 30 万人いるとされる主要な障害の一つである視覚障害も、自由な移動を支援する必要のある障害の一つである。また、近年の少子高齢化によって、視覚障害者も高齢化が進み、多世代にわたる支援が求められている。

視覚障害者の移動を支援するため、過去から未来に渡って、様々な社会制度・技術開発が行われ続けている。

例えば、社会制度に関する近年の動向として、2011 年に旧障害者自立支援法の改正による同行援護（晴眼者のガイドヘルパーによる誘導歩行）の法制化、2011-2013 年にかけてバリアフリー新法の改正、2013 年には障害者総合支援法の施行、2014 年には障害者関連国内法の整備に伴い国連障害者権利条約の批准、そして 2016 年には障害者差別解消法の施行を控えている。また 2010 年ころより、現在国家資格ではない視覚障害者歩行訓練士の資格認定制度の制定の動きが始まり、視覚障害者の歩行移動の重要性が再認識されつつある。また 2020 年には東京パラリンピックの開催により海外の視覚障害者が多数来日する予定であり、我が国としても視覚障害者の移動支援の充実の必要性に迫られている。技術開発に関しては、1960 年代より、超音波障害物探知機などの電子技術を活用した視覚障害者の移動支援が開始され、その後 1990 年代には、GPS、赤外線タグ、RFID などを使用したナビゲーションによる移動支援の研究が開始され、これらの研究開発は、国土交通省自律移動支援プロジェクト及び経済産業省 IT バリアフリープロジェクトなどの国家プロジェクトとしても実施された。残念ながら福祉機器の流通事情により、これらの技術が数多く普及するには至っていないが、それらの必要性が潜在的に存在することは明白である。

ところで近年、障害者のための専用機器ではなく、アクセシブルなユーザインタフェースを実装する汎用端末（タブレットやスマートホンなど）が急速に普及し始めた。これにより、視覚障害者が、移動支援に必要な技術を、特殊な福祉機器としてではなく一般向け汎用機器として容易に入手できるようになった。そして、アクセシブルなユーザインタフェースは、若年から高齢までの幅広い多世代にとって情報技術へのアクセスを可能にした。

また、クラウドを中心とした端末のネットワーク網や、クラウドに蓄積されたビッグデータの解析により、今までのスタンドアロン型支援機器では想定できなかった新たな型移動支援サービスを提供できる可能性が出て来た。事実、国内では日本 IBM と清水建設の共同研究による屋内ナビゲーションシステムや、海外では Microsoft の Independence Day というナビゲーションシステム開発のプロジェクトが存在している。

このような背景の基に、本研究では、クラウドと複数端末の協働によって新しいサービスを提供する多世代視覚障害者移動支援技術の研究開発を実施する。

特にこの研究では、神戸・静岡・新潟・つくば地域での実証を通じて、多世代の視覚障害者の移動支援を核とした地域コミュニティ・デザイン手法を確立する。そして更に全国区・国際への波及のために、法制化・標準化等の社会制度化に取り組む。

従来の視覚障害者の支援は、さまざまな支援技術開発が過去に行われたにも関わらず、結局、同行援護による移動支援や、ボランティアによる移動アクセシビリティ情報提供のような、“人的支援”に依存しているのが現状である。しかし今後、少子高齢化により、支援者も高齢化することが必至なため、

人的支援だけでは対応できなくなることが予想される。持続発展的に障害者支援を実施するには、支援体制を“自動化”する必要がある。

本研究では、もはや多世代に一般的に普及し始めた ICT 技術を活用し、できるだけ人的支援に依存せず、自動的に支援情報を収集して障害者を支援する社会環境を確立することが持続可能な社会のビジョンと考えている。これにより、多くの視覚障害者が自立して地域で行動する機会が増え、地域の中で障害者と健常者の交流が増え、結果として地域住民の障害者に対する貢献心を備えた地域のバリアフリー化が促進され、それによって視覚障害者が歩きやすいまちづくりが進み、就労をはじめ社会参加が増えることが期待できる。

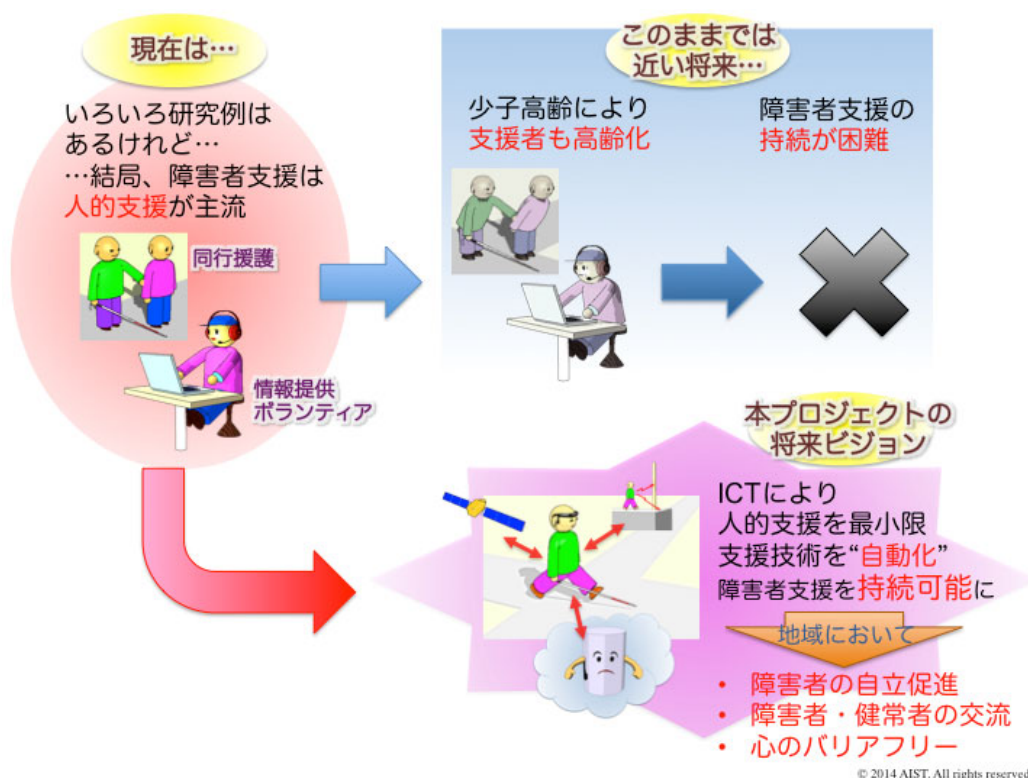


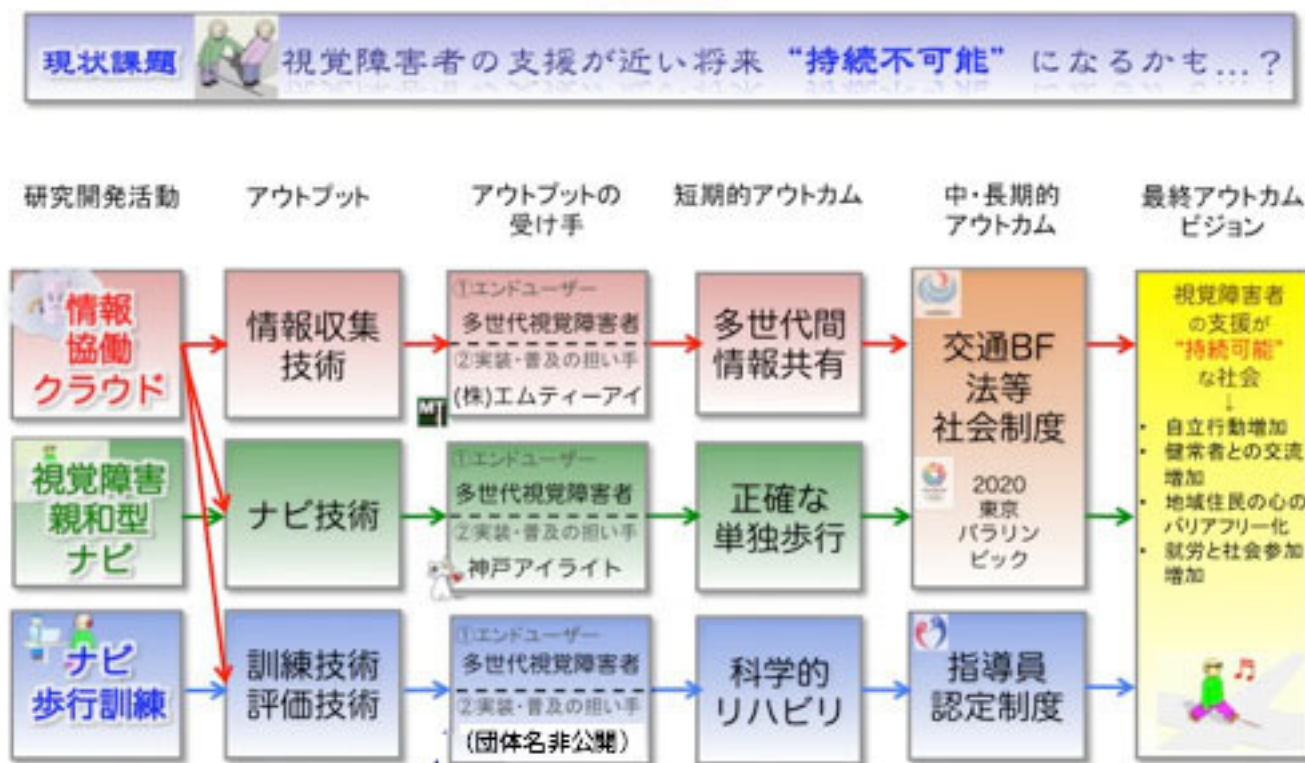
図 本プロジェクトが目指す持続可能な社会のビジョン

それを実現するための移行プロセスとして、一般に普及している携帯情報端末（現在はスマートフォン等、将来的はウェアラブル情報端末）とクラウドの連携による移動支援システムを構築し、社会に普及させていく必要がある。具体的には、多世代の障害者が持つ携帯情報端末によって自動に収集された移動アクセシビリティ情報をクラウドを介して共有し、アクセシブルな移動可能社会を多世代で共創するしくみを構築する。

なお補足事項として、開発を目指している移動支援システムは、白杖や盲導犬のような“一次的補助具”との併用を前提とした“二次的補助具”であり、白杖や盲導犬の代替をするものではないことを付記しておく。

### 1-3. ロジックモデル

## ロジックモデル



© 2014 AIST. All rights reserved.

## 2. 研究開発の実施方法・内容

### 2-1. 研究開発実施体制の構成図

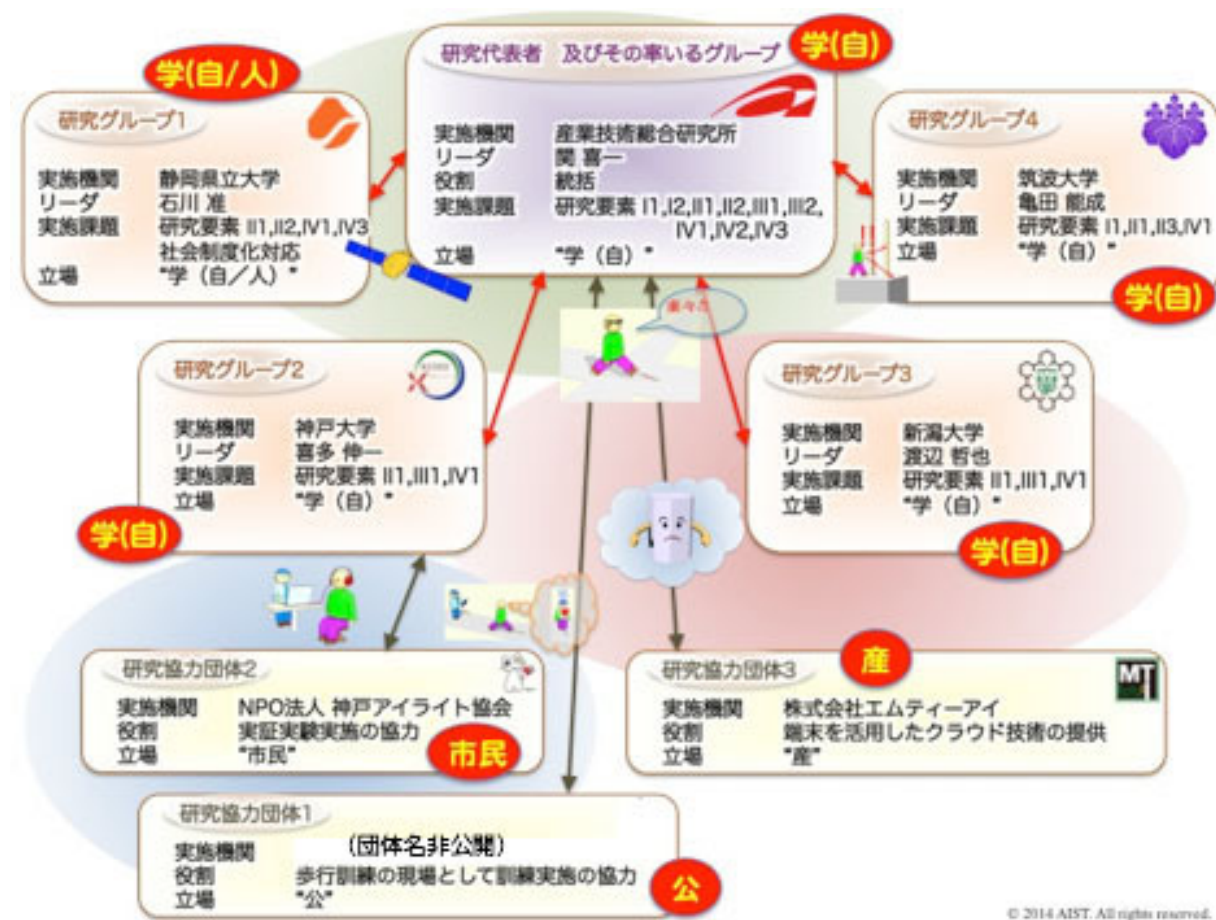


図 研究実施体制

研究開発に協力した主な関与者（協力者）※5名程度

氏名 所属 役職 (または組織名)	協力内容
神戸市 岡本商店街	実証実験場所の提供
視覚障害リハビリテーション協会近畿支部	実証実験における被験者の協力

## 2-2. 取り組みの概要

この研究課題の研究要素は以下の通りである。詳細は 1-1. <達成目標> 参照。

技術的研究要素：

### I 移動アクセシビリティ情報協働クラウド技術の開発

#### I.1 移動アクセシビリティ情報自動収集技術の開発

#### I.2 移動アクセシビリティ情報ビッグデータ解析技術の開発

### II 視覚障害親和型ナビゲーション技術の開発

#### II.1 歩行行動時マルチモーダルアクセシブルユーザインタフェースの開発

#### II.2 サブメートル級屋内外シームレス測位技術の開発

#### II.3 路面状況等歩行環境探索技術の開発

### III ナビゲーション歩行訓練技術の開発

#### III.1 歩行訓練環境体験型 AR・VR 技術の開発

#### III.2 歩行技能客観的定量的評価方法の開発

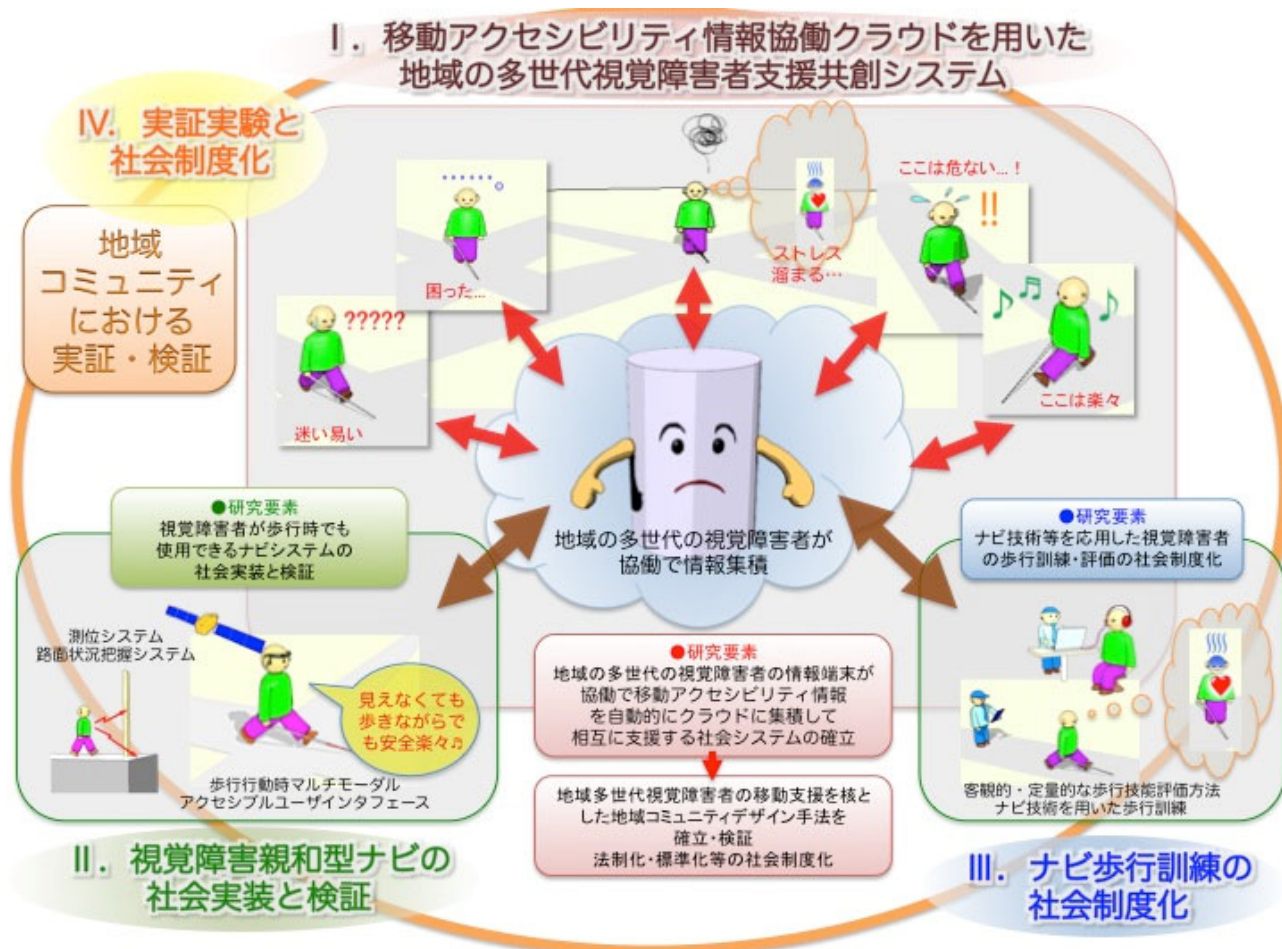
社会的研究要素：

### IV 実証実験と社会制度化

#### IV.1 地域コミュニティとの連携構築・強化（2014-2016 年）

#### IV.2 全システムの実証実験（2016-2017 年）

#### IV.3 社会制度化（2017 年以降継続的に）



© 2014 AIST. All rights reserved.

図 “多世代共創による視覚障害者移動支援システムの開発”の全体像

## 2-3. 実施項目・内容

### 2-3-1. 移動アクセシビリティ情報協働クラウド技術の開発

多世代の視覚障害者の移動の可能性・難易度・妨害要因などの“移動アクセシビリティ情報”を、端末が自動的に検出してクラウドへ送り、さらにクラウドに蓄積されたビッグデータを解析して歩行支援に有用な情報を抽出し、端末を介してこれらの情報提供を行うことにより歩行支援が行えるようなシステムを開発する。主な研究内容は以下の通り。

#### I.1 移動アクセシビリティ情報自動収集技術の開発（2014-2016 年）

- 画像処理等により周囲の障害物や路面状況を把握する技術の開発 → II.3 参照
- 歩行時の心的ストレスを計測する技術の開発 → III.2 参照
- ストレスや歩行軌跡等から、視覚障害者の“異常行動”及び“歩行困難状態”を検出するアルゴリズムを開発

#### I.2 移動アクセシビリティ情報ビッグデータ解析技術の開発（2015-2016 年）

- 多くの視覚障害者の端末から届く移動アクセシビリティ情報を解析するアルゴリズムの開発

### 2-3-2. 視覚障害親和型ナビゲーション技術の開発

視覚障害者が歩行行動中に安全にリアルタイムで端末から支援情報を受け取れるようなアクセシブルユーザインタフェースを実現する。また、歩行支援に必要な高精度な測位技術と歩行環境探索技術も同時に構築する。主な研究内容は以下の通り。

#### II.1 歩行行動時マルチモーダルアクセシブルユーザインタフェースの開発（2014-2016 年）

- 音声による入出力方式の検討。最適な音声案内の手順も検討。多言語対応。
- 歩行行動時にもアクセスできる触覚出力方式の開発
- 歩行行動時に環境音の聴取を妨げない骨伝導音響出力方式の開発
- 映像の 3 次元位置で誘導を行う 3 次元音響出力方式の開発
- 歩行行動時にも可能なジェスチャ入力の開発

#### II.2 サブメートル級屋内外シームレス測位技術の開発（2014-2016 年）

- 屋外測位のための QZSS（準天頂衛星測位システム）と PDR（歩行者推測航法）の統合技術の開発
- 屋内測位のための PDR、BLE（Bluetooth Low Energy）、RGB 画像と距離画像などの統合技術の開発

#### II.3 路面状況等歩行環境探索技術の開発（2014-2016 年）

- 画像処理による道路形状、路面状態、障害物の検知技術の開発

### 2-3-3. ナビゲーション歩行訓練技術の開発

視覚障害者のリハビリテーション及び盲学校教育における、上記 I, II の技術を使った歩行訓練方

法、及び歩行訓練成果評価方法を構築する。古典的な白杖歩行法・盲導犬歩行法、または同行援護との併用・整合性を重用し、実現性の高い訓練体系を確立する。そのための技術として、歩行環境を単なる実環境ではなく AR (Augment Reality:拡張現実)・VR (Virtual Reality:仮想現実) で安全に体験できる技術の開発、及び訓練効果の客観的評価方法を開発する。主な研究内容は以下の通り。

### **Ⅲ.1 歩行訓練環境体験型 AR・VR 技術の開発 (2014-2016 年)**

- 聴覚による AR・VR 技術の開発
- 触覚による AR・VR 技術の開発

### **Ⅲ.2 歩行技能客観的定量的評価方法の開発 (2015-2016 年)**

- 歩行時の心的ストレスを計測する技術の開発
- 歩行軌跡、歩行時間、ストレス等から歩行技能を定量化する技術の開発
- 地理リテラシーの効果に関する研究
- 地理リテラシーを高める訓練手法の開発

### **2-3-4. 実証実験と社会制度化**

本プロジェクトの成果によって、多くの視覚障害者が自立して地域で行動する機会が増え、地域の中で障害者と健常者の交流が増え、結果として地域住民の障害者に対する貢献心を備えた地域のバリアフリー化が促進され、それによって視覚障害者が歩きやすいまちづくりが進み、就労をはじめ社会参加が増えることを実際に検証する。

開発した技術の実証実験、及び普及のための社会制度化を行う。

- システムの社会実装
- 地域の多世代間の互助の促進の検証
- 社会制度化（法制度化・国際標準化）

また、地域での実証を通じて、多世代の視覚障害者の移動支援を核とした地域コミュニティ・デザイン手法を確立する。

### **Ⅳ.1 地域コミュニティとの連携構築・強化 (2014-2016 年)**

- 視覚障害リハビリテーションの地域ブロック活動への参加
- 視覚障害者の移動支援を核とした地域コミュニティ・デザイン手法の検討
  - 平成 26 年度は、デザイン手法を確率するための実施体制を検討し、平成 27 年度の研究実施体制に反映させる。

### **Ⅳ.2 全システムの実証実験 (2016-2017 年)**

- 開発した歩行技能評価手法により、移動支援システムの効果を検証
- 開発した訓練技術の実践
- 問題点の抽出と改良

### **Ⅳ.3 社会制度化 (2017 年以降継続的に)**

- 視覚障害リハビリテーションの現場において、開発した移動支援システムを標準的手法として利用する啓発活動の実施

### 3. 研究開発結果・成果

#### 3-1. プロジェクトの目標達成状況及び結論

本プロジェクトでは、4つの研究要素（移動アクセシビリティ情報、ナビゲーション、訓練、社会制度化）を通して、最終的には多世代共創による視覚障害者移動支援の社会システムを実現することを最終目標とした。

移動アクセシビリティ情報については、マッピングパーティを通して多世代共創による視覚障害者支援の地域コミュニティ形成が可能であることを示し、今まで障害者支援に関心のなかった一般の地域住民に、マッピングパーティを機に視覚障害者の支援に関心を持たせることができた。また、ICTを使った移動アクセシビリティ情報自動収集技術についても、技術的原理を提案できた。このことにより、概ね目標を達成できたと考える。

ナビゲーションについては、画像処理、ビーコン、PDRなどの測位技術を用いた経路案内と、骨導3次元音響という新しいユーザインタフェースを提案して、視覚障害者をICTにより目的地まで誘導する技術を確立することができ、また、このようなICTによる移動支援技術を核とした視覚障害者支援の地域コミュニティ形成手法を提案することができた。このことにより、概ね目標を達成できたと考える。

訓練方法については、本プロジェクト開始前から実践してきた歩行訓練システムをさらに発展させることができ、またAR触地図による事前訓練方法も提案した。訓練の客観的評価方法の確立による歩行指導員の認定制度制定に向けて関係団体と協力する体制ができた。このことにより、概ね目標を達成できたと考える。

社会制度化については、国土交通省バリアフリー新法ガイドラインへの反映、内閣府2020年東京パラリンピックプロジェクトへの提言、および歩行訓練指導員認定制度制定への協力を行ってきた。本プロジェクト期間内ではこれらの活動のスタートを切ることができた。これらの活動は、本プロジェクト終了後も継続的に取り組んでいく。

#### 3-2. プロジェクトのリサーチ・クエスチョンへの回答

- 視覚障害者の移動支援を核とした多世代共創の地域コミュニティ・デザイン手法は確立できるか？

**PJ-Q1.** ICTによる支援技術を橋渡しとした晴眼者と視覚障害者のコミュニティは形成できるか？

回答：

可能であると考えます。盲導犬の役割と同様、ICT愛好家の健常者を視覚障害者の支援の輪に巻き込むことができます。実際、2017年に実施したナビゲーションの実証実験では、視覚障害者の支援に関心のない多数の関係者に、視覚障害者への移動支援に対する関心を持ってもらうことができた。

**PJ-Q2.** VR・AR技術を使ったマッピングパーティは、移動アクセシビリティ情報の收拾を活性化することができるか？

回答：

可能であると考えます。実際、2016年に開催したバーチャルマッピングパーティのイベントでは270名もの参加者がおり、移動アクセシビリティ情報の構築に貢献した。リアルマッピン

グパーティとは異なり場所と時間を選ばないクラウドソーシングなので、データの収集が加速する可能性がある。

- 特殊な技術を使用しない多世代共創による視覚障害移動支援手法は確立できるか？

**PJ-Q3.** ストレスや歩行軌跡等から、視覚障害者の“異常行動”及び“歩行困難状態”を検出するアルゴリズムを開発し、汎用携帯端末に実装して普及させることができるのか？

回答：

可能であると考え。携帯端末に実装されている、または接続可能なセンサ（加速度、ジャイロ、心拍、NIRS など）を使用して、歩行軌跡の異常を数学的に検出し、またストレスを検出できた。

**PJ-Q4.** 多くの視覚障害者の端末から届く移動アクセシビリティ情報を解析するアルゴリズムを開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に、移動アクセシビリティ情報に基づき経路検索を行うアルゴリズムを考案した。

**PJ-Q5.** 歩行中の視覚障害者に移動支援を行うための最適な音声案内を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に、最適な音声案内を実施するスマートフォン用アプリケーション「Extranavi」を開発した。

**PJ-Q6.** 歩行行動時にも視覚障害者が安全にアクセスできる触覚出力方式を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。ただし、触覚単独ではなく、音声による出力を伴う必要がある。

**PJ-Q7.** 歩行行動時に環境音の聴取を妨げない骨伝導音響出力方式を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に骨伝導音響出力方式の実証実験を行ってその有効性を示した。また骨伝導イヤホンは現在低コストで量産されており、入手も困難ではない。

**PJ-Q8.** 映像の 3 次元位置で誘導を行う 3 次元音響出力方式を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に 3 次元音響出力方式を骨伝導で実現し、実証実験を行ってその有効性を示した。骨伝導イヤホンは現在低コストで量産されており、入手も困難ではない。

**PJ-Q9.** 歩行行動時にも視覚障害者が安全に実行可能なジェスチャ入力を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に白杖との併用が可能な片手入力のジェスチャ入力システムを開発した。

**PJ-Q10.** 屋外測位のための QZSS（準天頂衛星測位システム）と PDR（歩行者推測航法）の統合技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

本プロジェクトでは QZSS と PDR の統合は実現しなかったが、2018 年以降に QZSS が本格運用されれば、QZSS は通常の GPS 同様に使用できるので、PDR との統合システムは実現可能と考える。

**PJ-Q11.** 屋内測位のための PDR、BLE（Bluetooth Low Energy）、RGB 画像と距離画像などの統合技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に、特殊な装置を用いずに統合システムを開発し、2017 年に屋内・屋外ナビゲーションの実証実験を行なっている。

**PJ-Q12.** 画像処理等により周囲の障害物や路面状況を把握する技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に、特殊な装置を用いずに画像処理システムを開発し、2017 年に屋外ナビゲーションの実証実験を行なっている。

**PJ-Q13.** 歩行時の心的ストレスを計測する技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。実際に、携帯端末に接続可能なセンサ（NIRS など）を使用して、歩行時のストレスを検出できた。

**PJ-Q14** 歩行軌跡、歩行時間、ストレス等から歩行技能を定量化する技術を開発し、実用システムに実装して普及させることができるか？

回答：

可能であると考え。携帯端末に実装されている、または接続可能なセンサ（加速度、ジャイロ、心拍、NIRS など）を使用して、歩行軌跡の異常を数学的に検出し、またストレスを検出できた。

### 3-3. 領域のリサーチ・クエスチョンへの回答

以下では、領域のリサーチ・クエスチョン（平成 29 年 10 月現在）を簡略化して見出しとしています。全文については、下記をご参照下さい。

領域 WEB：<http://ristex.jst.go.jp/i-gene/introduction/research-question.html>

**領域-Q1. 持続可能な社会に向けての多世代共創の意義とは？**

回答：

多世代共創とは、短いスパンでは、それに参加することで得られる社会との一体感を提供する仕組みであり、長いスパンでは、サービスやシステムに持続性を持たせる仕組みである。

**領域-Q2. 特に若い世代が多世代共創的活動に参加するインセンティブとは？**

回答：

若い世代にとって多世代共創的活動は、社会において自分たちが役立つ場を見つけるきっかけとなると期待している。

**領域-Q3. 効果があるのに多世代共創に参加しない場合の世代別の方策とは？**

回答：

学校教育の中で多世代共創を義務付ける。

**領域-Q4. 持続可能な社会及び多世代共創における新技術の影響や含意とは？**

回答：

新技術は、かつては様々な活動に参加できなかった人たちも参加できるようにできる。例えば高齢者クラウドの取り組み（東大・日本 IBM・日本点字図書館）。高齢者が自宅でこれまでの経験を活かしたマイクロボランティアをし、それをクラウドでまとめ上げることで、例えば視覚障害者に役立つ DAISY 図書の作成に貢献できるようになる。

**領域-Q5. 多世代共創的活動は人々にどのような意識変化をもたらすか？**

回答：

先人の知恵を学ぶと同時に、自分たちも次の世代に知恵を伝えていかなければならないことを自覚する。

**領域-Q6. 多世代共創が社会に普及・定着するには？**

回答：

学校教育、新人公務員 or 新入社員研修などの教育プログラムで多世代共創を定着させる。

**領域-Q7. 多世代共創の程度と持続可能な社会への有効性を評価するための指標とは？**

回答：

自治会、子供会、老人会、マッピングパーティなどの地域コミュニティの活性度を指標とする。

**領域-Q8. 持続可能な社会及び多世代共創における地域の自然の意味とは？**

回答：

最先端技術が災害などで使用不可能になった場合に、先人の知恵がいかに重要であるかを学ぶフィールドである。

### 3-4. 実施項目毎の結果・成果の詳細

#### 3-4-1. 移動アクセシビリティ情報協働クラウド技術の開発

##### I.1 移動アクセシビリティ情報自動収集技術の開発（2014-2016 年）

- 画像処理等により周囲の障害物や路面状況を把握する技術の開発

→Ⅱ.3 参照

- 歩行時の心的ストレスを計測する技術の開発

→Ⅲ.2 参照

- ストレスや歩行軌跡等から、視覚障害者の“異常行動”及び“歩行困難状態”を検出するアルゴリズムを開発

#### ➤ 異常行動自動検出技術

視覚障害者のナビゲーションの重要要素である”異常行動自動検出技術”について、その基礎となる位置情報記録と解析のための開発環境を構築した。

iPhone 5、Xcode 7、Swift 2 を用いて、以下の情報を歩行レベルの精度で記録し、解析できるシステムを構築できることを確認した。

- 3 軸加速度（ローパス、ハイパス）
- 3 軸角速度
- 3 軸地磁気
- 3 軸傾斜
- 緯度経度
- 方位
- iBeacon (UUID, Major, Minor, 距離, 精度, 信号強度)

※iBeacon 以外のサンプリング周波数は少なくとも 10Hz 以上

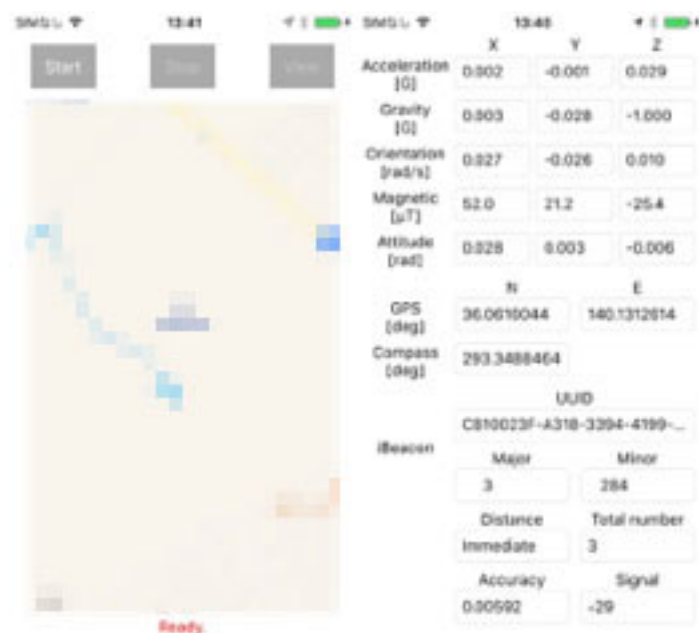


図 開発した位置情報取得・記録アプリ (iPhone 5 の画面)  
※著作権保護のため地図はモザイク処理済

なおこの環境においては以下の注意が必要である。

Apple 社が予期なく開発環境の仕様を変更するので、update によって過去に作成したコードが使用できなくなる場合がある。

iPhone 5 で iBeacon 情報を取得する場合、“位置情報を常時許可”としないと動作しない。

iPhone 5 本体を iBeacon として使用できるはずなのに、最新の環境では動作をしない (update によるバグと考えられる)。

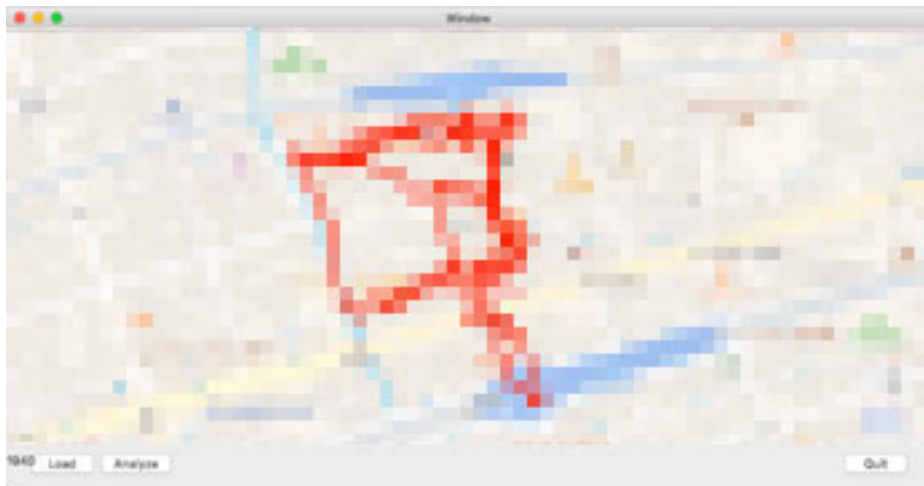


図 開発した位置情報の解析アプリ (Mac 画面)  
※著作権保護のため地図はモザイク処理済

“異常行動”及び“歩行困難状態”の判断基準は以下の通りである。

- ・判断基準
  - ・直線的ではない (ふらつき)
    - フラクタル次元が大きい
  - ※ボックスカウンティング法

→ボックスの数

=線分が横切った縦横のグリッドの数+1 (17-09-24)

- ・短時間で同じ場所に戻ってきた or 360 度回転した (迷宮入)
- ・上下方向の加速度が異常に大きい (転倒)
- ・一定の綺麗なカーブを描く (偏軌傾向)
- ・狭い領域内で方向転換が多い (徘徊)
- ・停止時間が長い (迷子)

## I.2 移動アクセシビリティ情報ビッグデータ解析技術の開発 (2015-2016 年)

- 多くの視覚障害者の端末から届く移動アクセシビリティ情報を解析するアルゴリズムの開発

### ➤ 移動アクセシビリティ情報に基づく経路検索

異常行動自動検出技術 (I.2 参照) や、マッピングパーティ (Ⅲ.1 参照) によって収集した移動アクセシビリティ情報に基づき、視覚障害者に最適な経路検索を行う方法を検討した。

1. まず、地図をノード (道路の交差点や分岐点) とリンク (隣接するノード間を結ぶ道) で表現する (下図左)。
2. 次に、各ノードと各リンクに移動アクセシビリティ情報を付与する (下図右)。具体的には、各ノードと各リンクの通行困難度を 0~1 の数値で表現 (0 は困難なし、1 は通行不能) する。
3. 経路検索を希望するユーザは、出発点と目的地を入力する。
4. 出発点と目的地を結ぶ経路候補を全てリストアップする。
5. このうち、経路距離が直線距離の 2 倍を超える候補は除外
6. 総合通行困難度 = 経路距離 /  $\Pi$  (1-通行困難度) を計算し、総合通行困難度が最も小さい値となる経路候補を、第 1 候補とする。

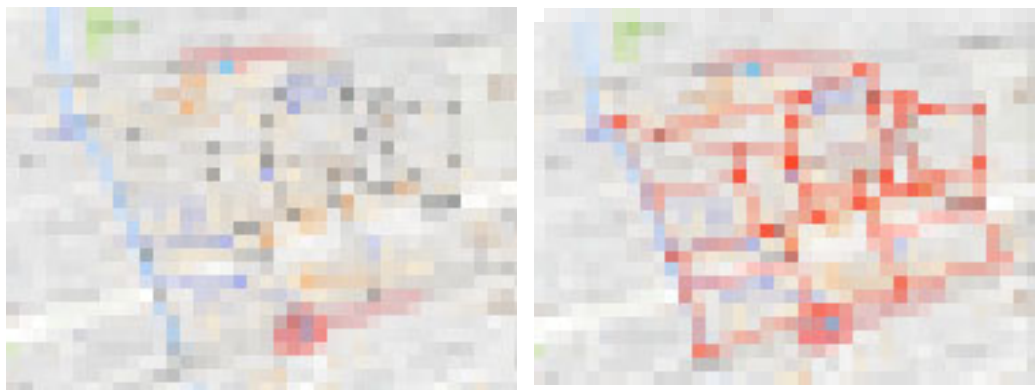


図 経路検索のための地図情報の作成

(左: ノードとリンクによる地図表現

右: ノードとリンクに移動アクセシビリティ情報※を付与

※ここで使用した移動アクセシビリティ情報は説明用の例)

※著作権保護のため地図はモザイク処理済

実際に、移動アクセシビリティ情報の例となるデータを使って経路検索を行ってみた。通常のカーナビや歩行者ナビとして使用される最短距離を第1候補とする経路検索（下図左）に対して、移動アクセシビリティ情報を使用した経路（下図右）は必ずしも最短経路ではないことがわかる。

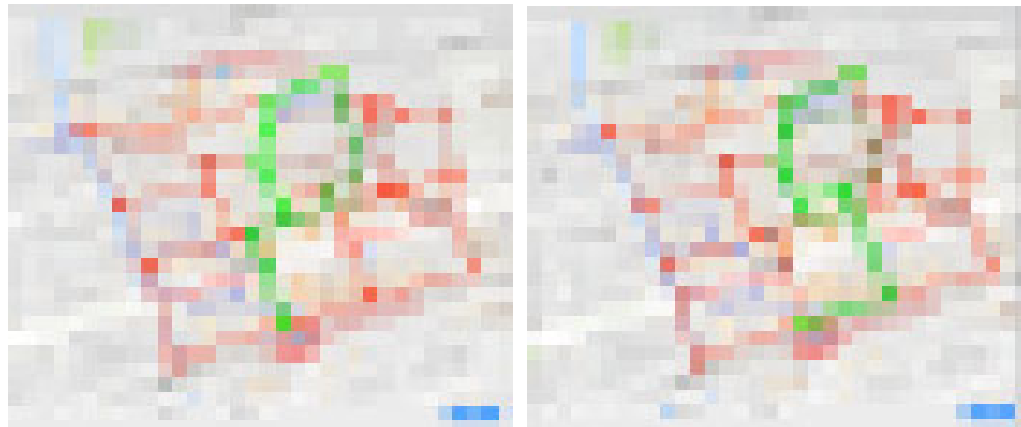


図 移動アクセシビリティ情報に基づく経路検索の例  
第1候補（明緑太線）から第3候補（暗緑細線）までを表示  
（左：移動アクセシビリティ情報を考慮しない最短距離の経路案内  
右：移動アクセシビリティ情報を考慮した経路案内）  
※著作権保護のため地図はモザイク処理済

### 3-4-2. 視覚障害親和型ナビゲーション技術の開発

#### Ⅱ.1 歩行行動時マルチモーダルアクセシブルユーザインタフェースの開発（2014-2016年）

- 音声による入出力方式の検討。最適な音声案内の手順も検討。多言語対応。

##### ➤ スマートフォン用アプリケーション「Extranavi」

歩行中の視覚障害者を適確に案内するためには、ナビゲーションは正確かつ簡潔であり、短時間で理解しやすい語順で提示される必要がある。しかし、根拠となる情報の精度は状況により異なるという大きな問題がある。「最適な」音声案内提示方法は測位性能と不可分な関係にあり、情報精度に応じて選択的にナビゲーションを提示することが重要となる。つまり、測位性能に自信がある場合には例えば「20m先を左折です。」のように距離や方位を明確に示し、測位性能に自信がない場合には「まもなく左折です。」のような誤りを避ける表現方法を選択するのが適切である。ここでいう情報精度とは、位置（緯度・経度・高度）と身体の向いている方角の二つの情報の精度である。

この前提に基づき、これらの情報の精度に応じて音声案内提示方法を調整できる音声提示システムソフトウェアの実装を行った。平成27年度はソフトウェアの開発をフェーズ1から4に分けて段階的に行った。フェーズ3・4については、仕様設計およびコーディング作業の発注までが27年度に完了しており、コーディング作業は28年5月頃までに完了した。

平成27年度に実装した音声提示システムソフトウェアの主な仕様は以下のとおり

である。

- ・ iOS のアクセシビリティ API を利用する。
- ・ ランドマーク録音・自動再生機能を有する。位置情報と録音データを紐づける。
- ・ Foursquare の API を利用して Foursquare のランドマークを検索できるようにする。
- ・ 周辺の POI の名称、距離、方位を自動的に読み上げる。
- ・ Google maps との連携機能を実装する。
- ・ 文字列による POI 検索機能を実装する。
- ・ 移動したルートログを任意の名前で保存する。ルートログを選び、そのルートに沿って歩く事を前提としてナビゲーションする。
- ・ 理解しやすい表現でルート案内を行う。ただし、測位性能に応じて情報提示方法を調整する。

さらに平成 28 から 29 年度は、以下の機能を持つスマートフォン用アプリケーションの実装をさらに進めた。

- ☆ POI をランユーザ自身が自分の声でランドマークを登録する機能
  - ☆ 登録されたランドマークが付近に見つかったら音声で案内する機能
  - ☆ ランドマークの検索は、ルックアラウンド、レーダーという二つの方式に対応
  - ☆ ルックアラウンドは付近のランドマークを現在位置からの距離を条件に探索して知らせる機能
  - ☆ レーダーは付近のランドマークを現在位置からの距離と向き（前方）を条件に探索して知らせる機能
  - ☆ 自分の歩行軌跡をルートとして記録し、次回からそのルートに沿ってナビゲーションする機能
  - ☆ Foursquare のドマークとして追加登録する機能
- そして、開発したスマートフォン用アプリケーション「Extranavi」の実証実験を行った。詳細は、IV.2 全システムの実証実験参照。

#### ➤ 走行中の音声案内に関する簡易評価

既存の走行距離・時間読み上げ機器を視覚障害者に使って頂き、移動中の音声読み上げについて意見を伺った。その結果、読み上げ速度が（特に速い方へ）調整可能であることと、読み上げ途中で操作をおこなったら現在の読み上げを中止して新しい情報の読み上げを始められることが重要であることが分かった。これらはスクリーンリーダの要件でもあるが、同じ要件が音声案内にも求められることが分かった。



既製品の走行時音声読み上げ機器「GPS ボイスコーチ」

## ● 歩行行動時にもアクセスできる触覚出力方式の開発

### ➤ 音声読み上げ・振動式触覚フィードバック方式触地図アプリの開発

タブレットの画面上に地図を表示し、この地図に触れると、指先に建物・道路・鉄道・河川などがあった場合に振動し、かつその名称を読み上げるアプリ（VARM: Vibrating And Reading Map）を開発した。音声入力で住所を指定して、中心地を移動することもできる。このアプリを視覚障害者 2-3 名に試用してもらったところ、（近隣の建物名を聞いて）「大体分かる」といった肯定的な意見と、「触覚的な線がないと（道路をたどるのは）難しい」という否定的な意見の両方を得た。操作性については、スクロールとピンチが思い通りにできないことが課題であった。



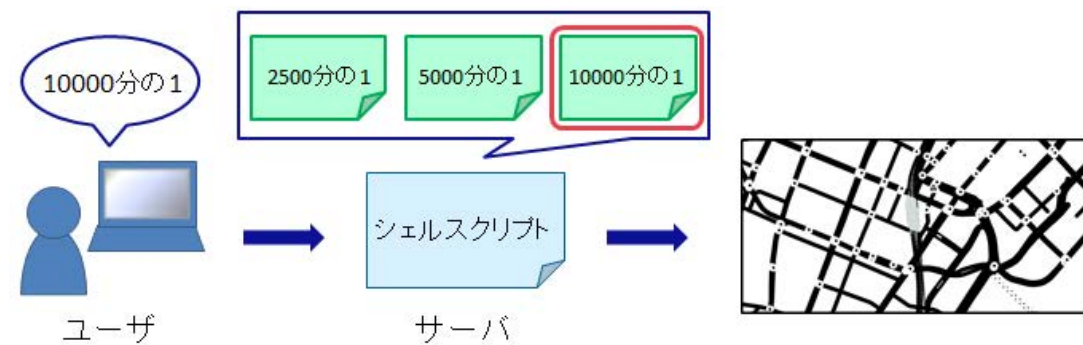
振動&読み上げ地図 VARM のアイコン

### ➤ 音声読み上げ・振動式触覚フィードバック方式触地図アプリの操作性の評価実験

音声読み上げ・振動式触覚フィードバック方式触地図アプリの評価実験を実施した。実験参加者は晴眼者と視覚障害者である。実験では、タッチスクリーン上で音声読み上げ・振動により提示された「仮想的な」2点間の距離と方角を、視覚障害のある被験者に答えてもらった。対照として、「リアルな」触知点でも同じ距離と方角を提示した。その結果、距離の知覚の正確性は高く、回答はおおむね提示距離より1cm弱短いものだった。4つの選択肢から選んだ方向の知覚の正答率は90%程度と、これも高かった。しかし、仮想触知点を見つけるまでに長い時間を要した。距離や方向を回答する時間は、リアル触知点の場合より数倍長く、この事実が実際の利用を難しくすると考えられた。

### ➤ OpenStreetMap データの触地図作成システムの開発

OpenStreetMap データを用いた触地図作成システムを開発した。本システムの基本開発は実施済みだったが、以前のシステムで課題となっていた「縮尺に応じた表示内容の変更」機能をこのたび実現した。この機能実現のために複数のマップファイル（地図の内容を指定するためのファイル）を3種類用意し、ユーザが指定した縮尺に応じてこれらを使い分けるようにした。この機能によって、従来だと小縮尺で生じていた道路が混みすぎる状態を改善でき、縮尺に応じて触知しやすい地図を自動的に生成できるようになった。



縮尺に応じたマップファイルの選択



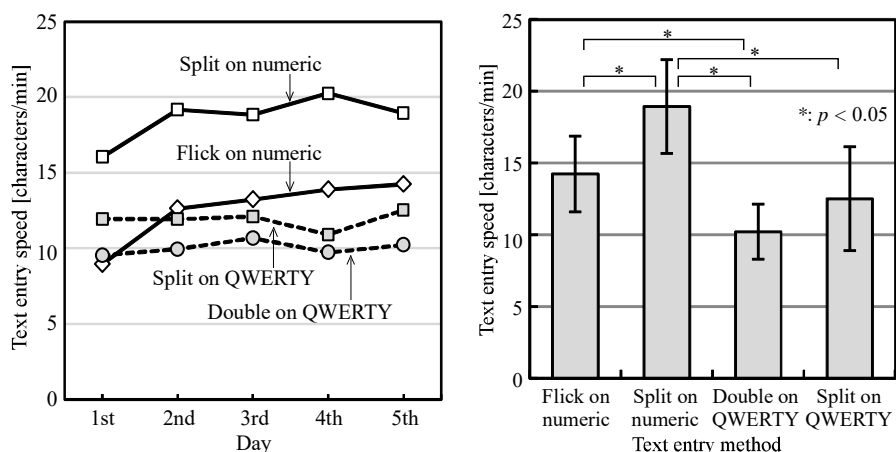
混み合っていた道路（旧システム、左の図）がすっきりした（本システム、右の図）

- 点図ディスプレイを使った音声出力機能付き触地図提示システムの開発  
点図ディスプレイ（KGS 社、ドットビュー2）に提示された触図を触ると、触った個所を音声で読み上げる触地図提示システムを開発した。指先の位置検出にはジェスチャ入力機器（Leap Motion）を用いた。触地図コンテンツとしては日本地図や路線図を作成した。日本地図では、触った位置の県名を音声で読み上げる。路線図では、駅の部分を触るとその駅名を読み上げる。このシステムを視覚障害者向け総合イベントサイトワールドで展示し、視覚障害者に触ってもらい、意見を伺った。



音声出力機能付き触地図提示システム

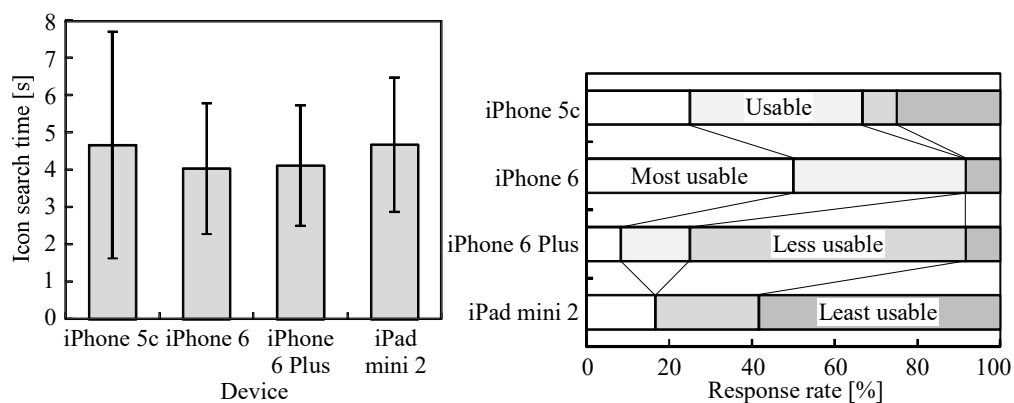
- モバイルタッチインタフェースにおける文字入力方法の比較  
モバイルタッチインタフェース（スマートフォン）に標準搭載されているスクリーンリーダ機能を使い、文字入力を行う実験を5日間連続で行った。スクリーンリーダ初心者模擬するため、実験参加者は晴眼者である。実験では、キーボード2種類×入力確定動作3種類を組み合わせたもののうち、4種類の文字入力方法を使い、入力速度、入力時のエラーについて比較検討した。その結果、エラーの影響を除いても、テンキーによる入力方法2種類が、QWERTY キーによる入力方法2種類よりも入力速度が速いということがわかった。テンキーによる入力方法2種類の中では、スプリットタップによる確定動作の方が有意に速度が速かった。



(左図) 5日間を通じて、テンキーによる入力方法2種類が、QWERTYキーによる入力方法より速かった。(右図) 5日目のデータでは、テンキー・スプリットタップの組合せが他の3種類と比べて有意に入力速度が速かった。

### ● モバイルタッチインタフェースの端末サイズと使い勝手の検討

モバイルタッチインタフェース端末（スマートフォン・タブレット）の大きさの違いが、非視覚的なアイコン探索に与える影響を調べることを目的とした実験を行った。実験参加者は晴眼者と視覚障害者である。四つの異なる画面サイズ（4 inch, 4.7 inch, 5.5 inch, 7.9 inch）の端末を用い、実験参加者にアイコンの探索実験を行った。四つの端末において、探索時間、探索戦略、主観評価を分析した。その結果、アイコン探索操作において、探索時間が最も短く、主観評価が最も高い画面サイズは4.7 inchの端末であることが分かった。



(左図) アイコン探索時間は4.7 inchの端末で最も短かったが、有意差は見られなかった。(右図) 主観評価では4.7 inchの端末を最も使いやすいとする実験参加者が最も多かった。これらの図は晴眼者12人を対象とした実験結果である。

### ● 歩行行動時に環境音の聴取を妨げない骨伝導音響出力方式の開発

#### ➤ 骨伝導音響出力方式の簡易評価

既存の骨伝導イヤフォンを調達し、新規で開発した歩行/走行距離・時間読み上げ

アプリとともに評価した結果、骨伝導イヤフォンの音声は十分聴取可能であったが、走行中はケーブルが手に引っかかるなど使い勝手が悪い面があり、無線式（Bluetooth など）の方が便利であることが分かった。

#### ➤ 視覚障害者の歩行時不安度アンケートの実施

視覚障害者の歩行時不安度アンケートを実施した。アンケートでは、歩行時に環境音の聴取を妨げるおそれのある装着物に対する不安度を、全盲の視覚障害者 4 人に尋ねた。アンケート対象者数は少ないものの、骨伝導ヘッドホンに対しても不安を感じる人の割合が高いことが分かった。



歩行時不安度アンケートの結果

### ● 音像の 3 次元位置で誘導を行う 3 次元音響出力方式の開発

#### ➤ 3 次元音響を活用した訓練システム

本プロジェクト開始以前から継続して行っている、3 次元音響を利用した視覚障害者の広範囲聴覚空間認知訓練システムの改良を実施し、3 次元音響における視覚障害者の空間把握の獲得の有効性を実証する活動を実施した。具体的には、研究協力者である公的リハビリテーション施設（団体名非公開）における視覚障害者生活訓練指導員養成過程において、3 次元音響を活用した訓練システムを導入し、指導員候補生への教育を実施した。その結果、音による空間把握の理解が促進され、3 次元音響による誘導の有効性を確認した。

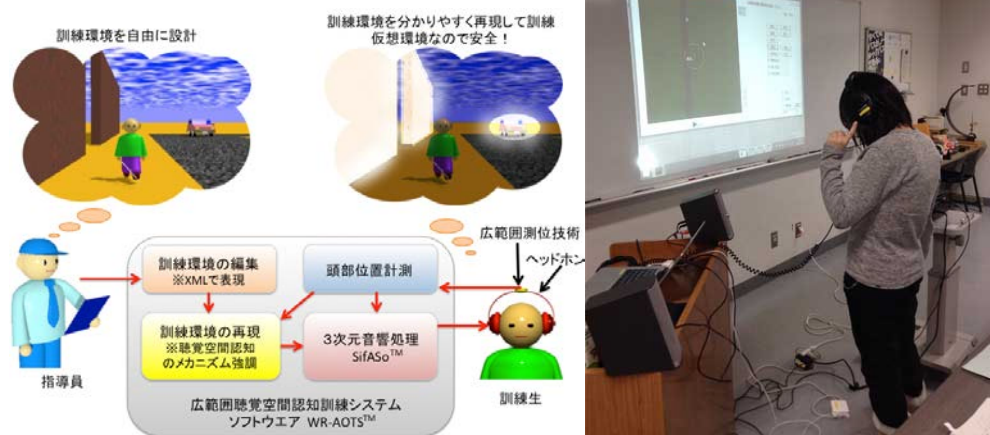


図 広範囲聴覚空間認知訓練システムの実践

- 骨導ヘッドホンを使用した3次元音響の提示が可能であるか検証した。健聴者20名を被験者とし、可聴周波数全体に対応した気導及び骨導のヘッドホンを用意し、水平面上の16方向から音刺激を提示して、方向定位実験を行った。その結果、気導と骨導の定位成績は同じ傾向にあることがわかり、従来通りの気導ヘッドホンと同等の3次元音響技術が適用できることがわかった。

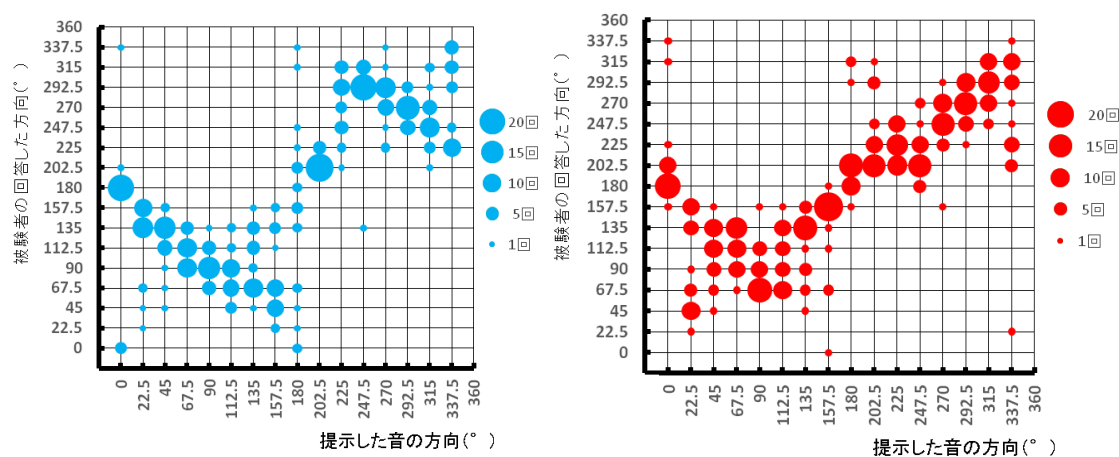


図 ヘッドホンの違いによる定位の差の例（左：気導、右：骨導）

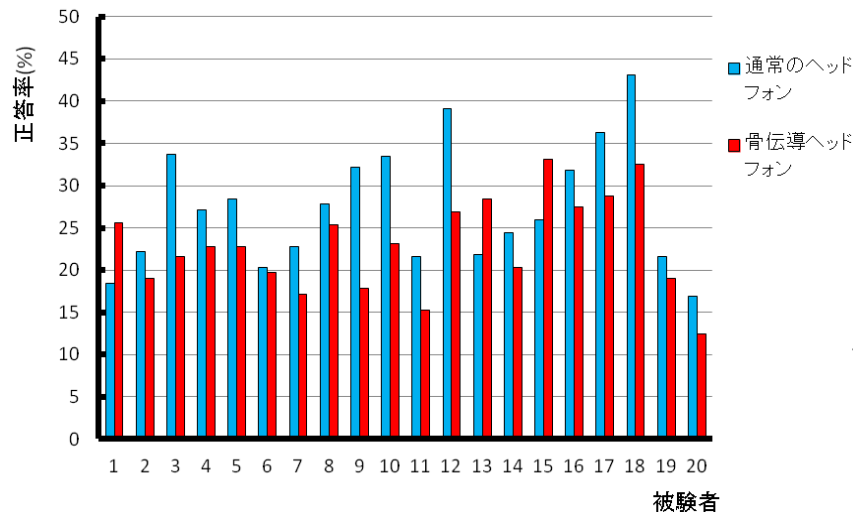


図 被験者ごとの正答率

- 3次元音響によって物体を提示する場合に、(1)音の種類、(2)音の空間的表現 について検討した。

視覚障害者の被験者（全盲6名、ロービジョン6名）に心理物理実験を行なった結果、看板のような歩行時の障害物は、物体を叩く音（打音）が好まれることがわかり、また空間的表現については、物体の輪郭線を音で提示するものが一番パフォーマンスが高く、また物体の頂点（四隅）の位置のみ提示するものが一番心理的負担が少ないことがわかった。この知見は3次元音響を使ったユーザインタフェースの設計指針として重要であり、ユーザが必要に応じて輪郭線提示と頂点提示を選択できるようにしておくことが望ましいことを示している。

#### ● 歩行行動時にも可能なジェスチャ入力の開発

- ユーザインタフェースの国際標準化委員会である ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構) / IEC (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議) JTC (Joint Technical Committee: 合同技術委員会) 1/SC (Sub Committee: 専門委員会) 35 におけるジェスチャコマンドの国際標準 ISO/IEC 30113 シリーズの動向調査を行った。この国際標準は韓国からの提案であり、以下の案件が審議中であった。

- ISO/IEC 30113-1 ジェスチャ総則
- ISO/IEC 30113-5 ジェスチャの XML 記述方法
- ISO/IEC 30113-11 単点ジェスチャ
- ISO/IEC 30113-6X スマートホンのスクリーンリーダ用ジェスチャ

前者の ISO/IEC 30113-1 はジェスチャコマンドの総則であり、内容は、ジェスチャコマンドとは何であるかなどの一般論を定めるものである。

後者の ISO/IEC 30113-11 は、シングルポイントジェスチャコマンド（手などを1点とみなして、その点の動き方でコマンドを与える）に関する標準である。規定内容は主に“点”の動き方のパターンを定めるものである。

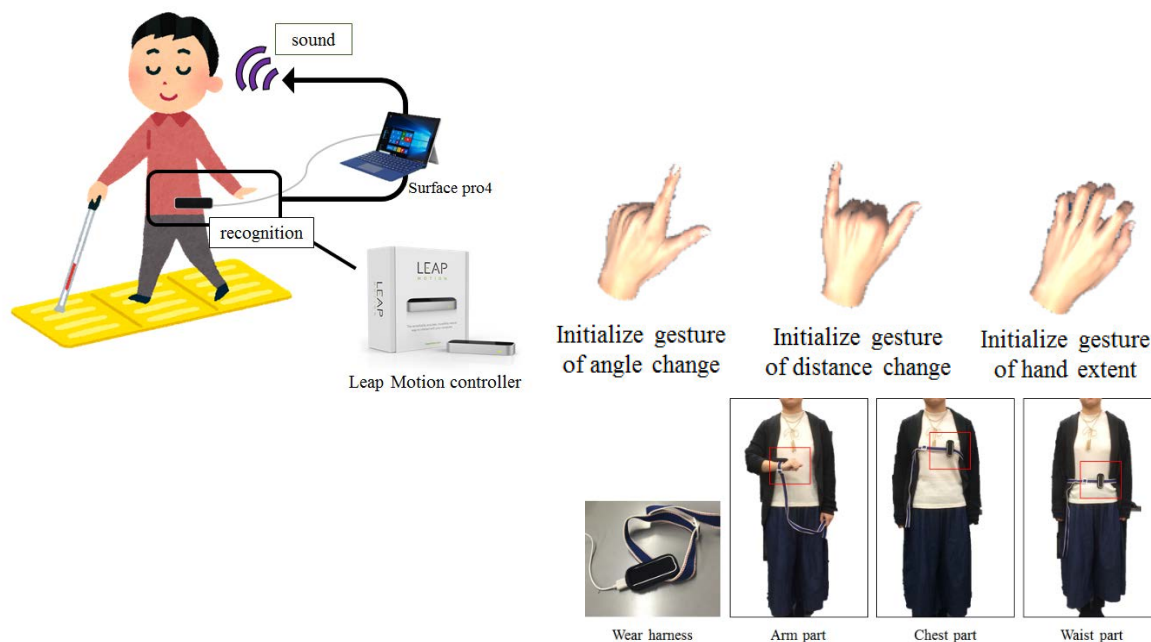
概してこれらの国際標準は、本プロジェクトの視覚障害者支援システムで採用する可能性のあるジェスチャコマンドに悪影響のある制限を与えるものではないことを現時点では確認しており、今後とも国際標準化の動向を追跡調査する。

- 視覚障害者向けのナビゲーションシステムのユーザインタフェース構築に必要な条件として、「使い方が簡単」、「一人で使用できること」が挙げられる。

本研究は、小型かつ安価な Leap Motion コントローラを利用し、ナビゲーションシステムへの 3 種類の入力コマンドを作成した。

視覚障害者の歩行時特徴を考慮し、屋内外環境で利用でき、白杖を持っている状態でも使用可能で、歩行時の振動による影響が少ない指ジェスチャを設計した。また、作成したコマンド入力を即座に確認できるよう、音フィードバックを伴うユーザインタフェースを設計し、図のようなシステム構成で実装した。

- ✧ 1. 外出時に白杖を利用することが多いことから、ジェスチャ入力  
は片手だけで行えること
- ✧ 2. ジェスチャ入力際に周りの人に迷惑をかけないこと
- ✧ 3. 人前で行って目立たないかつ恥ずかしくないジェスチャ入力  
であること
- ✧ 4. 覚えやすいジェスチャ入力であること
- ✧ 5. 歩行時の振動に対しロバスト性が高いジェスチャ入力である  
こと
- ✧ これらの条件を満たし、決定・選択・量の調節を行えるハンドジェスチャを設計し、プロトタイプシステムを構築した。対応する 3 種類のハンドジェスチャの例示を図に示す。
- ✧ 晴眼者が眼帯をかけた状態での体験をさせ、本提案方式が有効であることを確認した。また、取り付け部位についても検討を行い、図のような 3 か所の現実的に装着可能な部位について実験を行ったところ、腕部位 (Arm part) の評価が最も高かった。
- ✧ 本システムの構築に当たっては、設計製作途中で実際に視覚障害者に体験をしてもらい、インクルーシブデザインの形でその意見を反映させることができた。典型的な改善点としては、Leap Motion に対して、かざす手が適切な位置に来ているかどうかを、信号音の高低によって知らせる機能の付与が挙げられる。これは Leap Motion の位置を目視して適切に手の位置を変えてしまう晴眼者では意識しない観点であり、この機能は実際のジェスチャの認識率向上に貢献した。



## II.2 サブメートル級屋内外シームレス測位技術の開発（2014-2016 年）

- 屋外測位のための QZSS（準天頂衛星測位システム）と PDR（歩行者推測航法）の統合技術の開発

- QZSS は 2017 年 10 月 10 日に 4 機目の打ち上げが成功し、2018 年度より本格運用が開始される予定。本研究では、まだ本格運用が開始されていない QZSS よりも、むしろ画像処理による測位と PDR との統合研究を優先した。  
→画像処理による測位については II.3 参照

- 屋内測位のための PDR、BLE（Bluetooth Low Energy）、RGB 画像と距離画像などの統合技術の開発

- →III.1 の第 1 項目 “画像処理による道路形状、路面状態、障害物の検知技術の開発” 参照

## II.3 路面状況等歩行環境探索技術の開発（2014-2016 年）

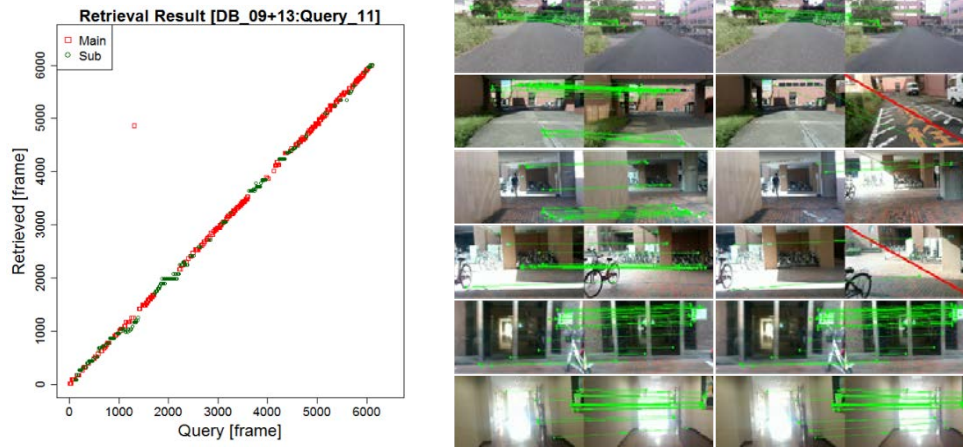
- 画像処理による道路形状、路面状態、障害物の検知技術の開発

- 事前撮影映像による歩行者定位システムの頑健化

RGB-D カメラベースというここで提案するアプローチの利点は、経路案内に先立つて必要なのが、経路に沿った映像の事前撮影だけであることである。このため、少ない負担で視覚障害者の単独外出を支援することができるし、他のセンサベースのシステムと競合することもないという利点がある。さらに、マッピングパーティを行っている場合は、そのときに経路撮影を行えばよいため、本研究計画全体との整合性も高い。

2016 年度までに開発してきた類似画像検索による位置推定手法では、経路に沿った事前撮影映像から生成されたデータベースに、歩行者の取得した画像を問い合わせ、検索結果画像の撮影位置を推定位置としていた。この手法の問題点として、データベース画像と問い合わせ画像が撮影された時間帯や天候が異なる場合、特徴量マッチングの減少と誤対応が生じることがあった。そこで、2017 年度に、複数の異なる環境下で撮影された映像から生成されるデータベースを統合し、問い合わせ画像の撮影環境にロバストな位置推定を実現するための改良を行った。グラフは同一経路の 9 時撮影と 13 時撮影の 2 本の経路撮影映像を用いることで、よりロバストなデータベースが生成できることを示している（グラフの詳細な見方については釜坂らの発表文献[AAATE2017]を参照されたい）。また、次図ではある経路について、9 時と 12 時に撮影を行い、それに対して 11 時の歩行で検索を行った場合の改善例を示している。各行は経路上でのある地点での検索に対応している。1 列目と 3

列目は同じもので、1 1 時歩行からの問い合わせ画像である。それに対して、2 列目が改良手法による 9 時映像と 1 2 時映像の利用による検索結果、4 列目は 9 時映像のみを事前撮影とした検索結果である。2 行目、4 行目のように、検索に成功する事例が増えることがわかる。また、3 行目の地点では、対応付けが、より信頼性の高い、言い換えればより似た画像になっていることがわかる。



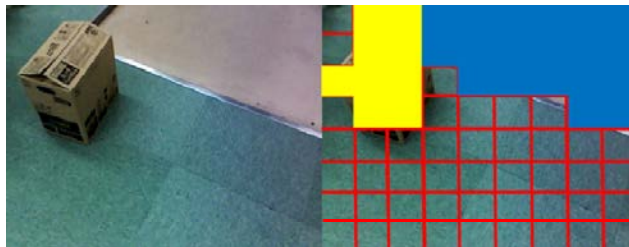
さらに本手法については、2017 年 11 月 26 日の岡本商店街での実証実験でも検証を行い、歩行環境探索技術が想定するレベルで動作することを確認した。



## ➤ 白杖よりも遠くの前方の安全確認システムの開発（継続）

ここでの技術開発は、ウェアラブルな RGB-D カメラを用いて、屋内外での歩行中における、進行方向の路面上の平面な領域を検出する方法を実現することである。利用する RGB-D カメラは屋内外を問わずに白杖の届く範囲より遠くまでの深度情報を得ることができる。本手法では、カメラの装着状態を考慮することで、深度情報から、歩行可能な平面領域の検出をリアルタイムに行うことを実現した。本研究開発については、途中で潜在的利用者にヒアリングを行ったところ、頑健性と実時間処理性が重要であることがわかった。そのため、手法の改良は、処理の高速化に重点を置いた。この結果、最大で 5m 前方までの平面領域を 20fps 程度で検知するシステムを構築することができた。また、白杖の代わりではなく、白杖利用の補強となる使い方がよいとされることがわかったので、白杖を利用してもシステムに干渉しないような改良を加えた。

結果として、屋内外を含む様々な環境での予備実験から、2m 程度であれば信頼性の高い歩行安全領域推定が行えることがわかった。これは通常の白杖より遠方まで検知が可能であることを意味する。また、白杖利用では困難な凹部や下り段差などの検知も可能となった。



歩行安全領域の検出

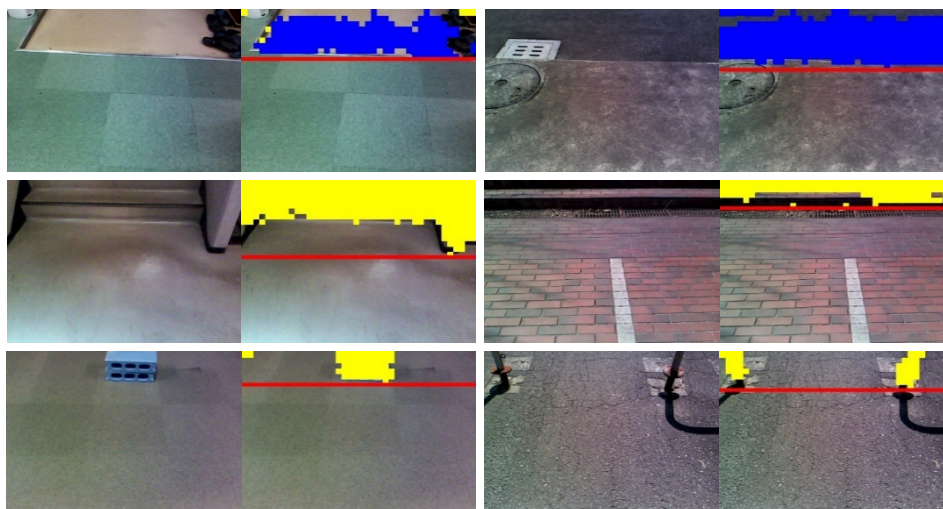
図は手前のカーペット部から、一段下がったタイル部と、その横に箱がある状況下での歩行可能領域の検出の様子である。黄色い領域は凸部、蒼い領域は凹部と判断され、それ以外の手前の部分が歩行可能領域と判断されている。

2017 年度は歩行可能領域の遠端の境界線までの距離を算出し、それに合わせて信号音フィードバックを返すことで、白杖と合わせてより安全性の高い歩行ができる仕組みを実現した。図に置いて、2 列目、4 列目に示している赤線が境界線に相当する。

本手法についても、2017 年 11 月 26 日の岡本商店街での実証実験でも検証を行い、歩行環境探索技術が想定するレベルで動作することを確認した。



実験に使用した経路の路面例



歩行安全領域の境界線の推定



被験者による歩行の様子  
(※公開用のため、装着者は被験者ではなく研究開発に携わった学生)

### 3-4-3. ナビゲーション歩行訓練技術の開発

#### Ⅲ.1 歩行訓練環境体験型 AR・VR 技術の開発（2014-2016 年）

- 聴覚による AR・VR 技術の開発
- 触覚による AR・VR 技術の開発

- 3次元音響を活用した訓練システム  
→Ⅱ.1の第4項目“音像の3次元位置で誘導を行う3次元音響出力方式の開発”参照
- Virtual Mapping Party: 歩行環境のVR再現による視覚障害者向け地図の共創的作成
  - ※移動支援システムにおけるマッピングパーティのデータの活用方法は、Ⅰ.2の第1項目“多くの視覚障害者の端末から届く移動アクセシビリティ情報を解析するアルゴリズムの開発”参照

本稿では、視覚障害者の歩行訓練時や事前歩行経路学習時に利用する地図作りの新たな枠組みを提案する。これまで、視覚障害者用の地図はマッピングパーティとよばれるイベントで現地に地図製作協力者が集まって作成されてきたが、このような地理的・時間的な制約も多い人海戦術的方法では、視覚障害者が求める多くの現場の地図を作成するのは困難であった。本稿では、あらかじめ地図製作対象現場において全方位動画像や音声を収録しておくことで仮想的に現場を再現し、仮想空間内での共創的な地図作りを行うバーチャルマッピングパーティを提案する。バーチャルマッピングパーティは、現地に行かずとも協力者の所望のタイミングで地図作りに参加でき、より多くの協力者が少ない負担で地図作りに協力できる利点がある。

## 1. バーチャルマッピングパーティ

我々は視覚障害者の移動支援技術に関して研究しており、これまでに歩行者測位技術やGNSS等の測位技術を活用した視覚障害者向けナビゲーションシステムの研究を行ってきた[1]。視覚障害者のナビゲーションシステムにおいては、マップ情報のランドマークの名称等を示すPOI (Point of Interest)情報のほか、地面の形状や音、において、視覚障害者が近く可能かつ現在位置の特定につながるような参照情報POR (Point of Reference)を提示することとしている。

本稿では、それら歩行現場のPOR/POI情報を収集する方法に関して提案する。従来、POR/POIをはじめとするアクセシブル情報などの特定の目的の地図作成の取り組みは、マッピングパーティと呼ばれるイベントで収集されるのが主流であった。皆が自由に利用できる地図情報を生成するプロジェクトOpenStreetMapにおいても、このマッピングパーティが頻繁に開催されている。

しかしながら、このようなマッピングパーティでは、協力者を募り、実際に現地に集まる必要があったり、GPS等のマッピングに必要な機材を使いこなす必要があるなど、人的コストや地理的制約・時間的制約の問題があった。それらがマッピングパーティの取り組みが浸透していく上で障害になっている。そこで、本研究ではこのようなコスト問題、制約を緩和する方法として、仮想的に再構築された現場の中で特定目的の地図の形成が行えるバーチャルマッピングパーティを提案する。バーチャルマッピングパーティでは、図1に示すように、全方位画像や3次元音声収録により、あらかじめ最低1人の協力者が事前に現場の収録をしておくことで地図作りの対象現場をバーチャルリアリティ(VR)空間に再構築する。他の協力者は、インターネット等を介して、いつでもどこでもVR技術により現場を体験し、VR空間内での情報収集活動により地図作りに協力することができる。視覚障害者に対しても、視覚情報以外を用いて登録内容を確認したり、他の参加者とコミュニケーションをとれるようにすることで、バーチャルマッピングパーティの活動に参加できるようにする。具体的には、視覚障害者は、他の参加者が集めたPOR/POI情報をAR触地図[2]を用いることで、触覚と聴覚で確認することができる。加えて、POR/POI情報がほしい位置を指し示し、他の参加者に伝えることが可能である。

本稿では、このような晴眼者も視覚障害者も貢献できる共創的なバーチャルマッピングパーティを提案し、そのシステムデザインや構成要素、実装に関して紹介する。また、実証実験として視覚障害者を含む参加者を募り開催したバーチャルマッピングパーティのイベントとそこで得られたフィードバックについても紹介する。



図1：バーチャルマッピングパーティのコンセプト図



図2：全方位動画像・環境音声収録装置

表1：従来のマッピング手法との比較

活動の種類	活動場所	活動時間	特徴
マッピング パーティ	現地	同期	現地の状況を深く理解することが可能 F2F交流によるコミュニティ形成 現地の天候や混雑度合いが影響 遠方からの参加が困難
スマートフォンアプリ を活用した現地での マッピング	現地	非同期	現地の状況を深く理解することが可能 通勤中など自由な時刻に簡単にマッピング 登録情報の位置精度は測位手法に依存 遠方からの参加が困難
インターネット上の 画像等を用いた マッピング	任意	非同期	クラウドソーシング いつでもどこでも参加が可能 事前に写真の収録が必要 現地の状況が把握しづらい可能性
バーチャル マッピングパーティ	任意	非同期	クラウドソーシング いつでもどこでも参加が可能 事前に写真等の環境情報の収録が必要 登録情報の位置決めをシステムがサポート VR技術による現場の疑似体験 AR触地図により視覚障害者も参加可能な共創型

## 2. 関連事例と本研究の位置づけ

ボランティアの協力者の力を借りて障害者移動支援のための情報収集の取り組みはこれまでも存在している。多くの取り組みでは、アクセシブル情報の収集、登録、共有に ICT 技術を活用している。代表的な方法としては、スマートフォンを活用したアクセシブル情報の収集支援するアプリを作成することで、協力者が対象地域内の情報収集を行う作業の支援・効率化を行う方法がある [3][4]。また、Voigt らはヨーロッパの各地で ICT を活用してアクセシブル情報を集めるマッピングイベントを行っており、その一部のイベントでは、Mapillary と呼ばれるクラウドソースの道路画像共有サービスや OpenStreetMap を利用して、現地に行かずに情報収集する Lab-Base のアプローチも取っている[5]。我々のバーチャルマッピングパーティは、この Lab-Base のアプローチと共通点が多い。文献[5]と比較した、我々のバーチャルマッピングパーティの特色を下記にあげる。

- ・ 視覚障害者用の地図作りに特化している点
- ・ 全方位動画像、三次元音声の収録により、臨場感高く歩行現場を体験できる点
- ・ ナビゲーションや AR 触地図など他のアプリケーションと連携させ、収集した情報の活用や情報収集・確認のインタフェースを拡張している点
- ・ 障害者自身も情報収集の取り組みに参加できる共創的な取り組みである点

以上を踏まえ、我々の提唱するバーチャルマッピングパーティとこれまでのマッピング活動との特徴の違いを表 1 に整理した。以降の節では、このような特徴を実現する上での必要となる構成要素に関して説明していく。

### 3. 構成要素

#### 3-1. 現場での全方位動画像・音声収録部分

歩行環境を VR 空間内に再現するためには、まず、協力者の少なくとも 1 人が実際に現場に出向き、マッピング対象の現場を全方位動画像・音声の収録を行う。そのための機材としては、図 2 に示すような、全方位動画像計測のできるカメラ(Ricoh-Theta S、図 2 上)と全方位の音声を撮影できる集音システム (Zoom H2n、図 2 下)を用いる。2 つの機材は三次元プリンタで出力して作成したマウントにより上下に並べて固定し、同じ位置・方向を基準とした収録を可能とする。

計測方法としては、動画・音声も再生する都合上 1 地点少なくとも 30 秒ほどは静止して収録し、対象現場内を移動しながら、複数の地点で収録する。我々の事例では、10~50m ほどの間隔を開けて収録した。Theta S は高精度静止画と、HD 解像度の動画像で収録可能であるが、本研究では HD 動画を収録する。H2n の音声収録方式としては XY 方式、MS 方式を両方使い、前後 4 方向をカバーする 4 チャンネル音声として収録する。動画と音声はデータの同期がとれるように配慮する。

#### 3-2. 全方位動画像・音声による歩行環境の VR 再現

収録された全方位動画像・音声は VR 技術を用いて歩行現場を仮想的に再現することに用いられる。体験者は、この VR 空間を体験することで情報収集活動が行える。VR 空間の構築・描画にはゲームエンジンの 1 つである Unity を利用する。Unity では、全方位動画像を Unity 内に定義した球の内面にテクスチャマッピングすることで、図 3 に示すように、中心から全方位を見渡せる没入型視覚提示を実現できる。4 チャンネルの音声は、体験者位置を囲うように 90 度毎に配置した 4 つの仮想音源から提示する。テクスチャマッピングされた球や仮想音源は世界座標に固定して配置される。球の中心に配置されたユーザの視線方向をユーザインタフェースにより変更することで、動画像内を 360 度見回すことや聴取点位置・向きに応じた三次元音声提示が可能となる。三次元音声の提示には、Oculus Audio SDK を利用する。VR 空間内でユーザが移動できるようにするためには、上記の球や仮想音源のデータを 3.1 の方法で収録した地点の数だけ配置し、視点位置を切り替えることで、移動できるようにする。

VR 空間を主観視点で体験するためのデバイスとしては、スマートフォンを利用した簡易型 HMD、動画像も視聴できる PC と HMD で構成されるシステム、PC 単体など用途に応じて複数の可視化のシステムを利用できるようにする。想定している HMD は、Samsung 社の GearVR と Google Cardboard に代表されるようなスマートフォンに紙などでできた箱を被せた簡易 HMD である。PC と HMD で構成されるシステムとしては、OculusRift DK2 を想定している。全方位動画像中で視線方向を変えるには、HMD や簡易 HMD を構成する端末内の姿勢センサを用いて主観視点に合うように変更する。没入体験時の UI の選択・決定操作や POR/POI 情報の入力操作のため、一部 Bluetooth 小型リモコンを用いる。

また、HMD を用いずに同様のマッピング作業ができる構成とし PC のみを用いたデスクトップ版も追加する。こちらの構成は、HMD を所有しないユーザの利用や PC のキーボード操作や画面の広さを生かした処理を行う場合を想定したものである。

#### 3-3. POR/POI の情報入力と DB への登録

VR 技術により歩行現場を体験することで POR/POI 情報を見つけると、UI を用いてその位置と注釈内容を DB へ登録し、他のユーザと共有することができる。自身で入力した POR/POI と他の参加者が登録した POR/POI 情報は、図 4 に示すように、アノテーシ

ョンとして全方位動画像上に重畳描画される。画面上で重畳される位置は、どの全方位動画像からみても正しい位置にくる必要があるため、全方位動画像の配置位置やテクスチャの方向、登録する POR/POI の位置は、すべて現実世界と整合性を保つように調整を行う。全方位動画像上で、アノテーションはすべて同じサイズで提示され、それだけでは距離感がつかめないことから、登録された POR/POI までの距離を数値として提示する。

POR/POI 情報入力は大きく分けて、位置の指定と注釈情報の入力の2つに分けられる。

POR/POI の位置の指定は、全方位動画像を体験している主観視点の中で、画像中の対応画素をポインティングすることで実現する。全方位動画像中の位置を UI でポインティングすると、視点位置からポインティング位置を指すポインティングのベクトルが定義でき、このベクトルを POR/POI の位置の指定に用いる。

比較的近くにある POR/POI 位置は、図 5 左に示すように、全方位画像内のポインティング位置と仮想的に定義された床面との交点を計算することで求めることができる。一方、比較的遠くにある POR/POI の位置の指定では、図 5 右に示すように、複数の全方位画像において同一物体をポインティングし、それらによって求まる複数のベクトルの交点により位置が求まる。

POR/POI の内容情報の入力には、主にキーボードを利用できるデスクトップ版のシステムを利用して、図 6 に示すような画面で入力する。ここでは、情報の種別（POR か？ POI か？）、POR/POI の名称や特記事項など注釈情報を入力する。デスクトップ版ではキーボードを用いることができるが、HMD を用いたシステムではキーボードが使えないため、音声メモをとっておいて、のちにそれらを聞きながらスマートフォンの文字入力を用いて清書できる機能を実装している(図 7)。この清書機能では、ボイスメモがどこの情報かをわからなくなることを防ぐために、ボイスメモが録音された際の POR/POI の位置付近の全方位動画像中から切り出し画像を記録しておけるようにしている。ユーザが入力された POR/POI 情報はリアルタイムに DB に登録され、他のユーザとも共有される。

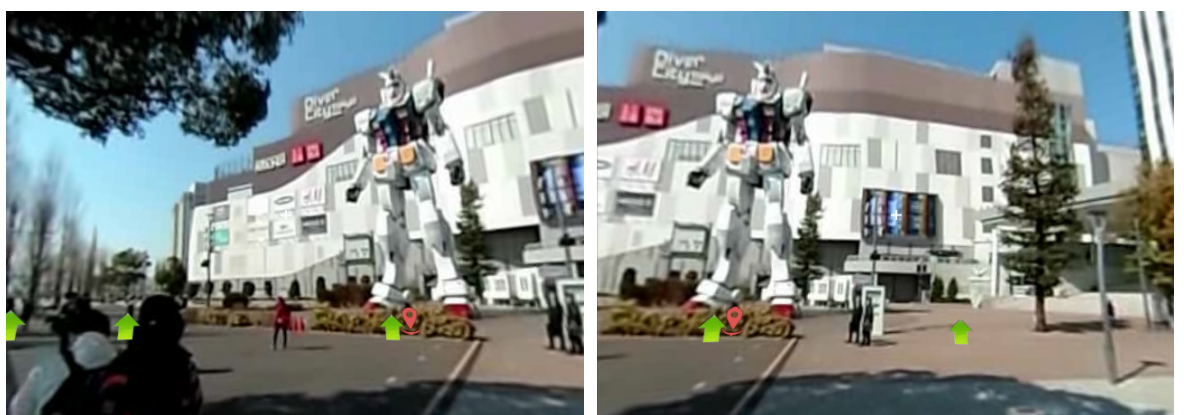


図 3：全方位動画像による歩行現場の再現

### 3-4. 登録された情報を俯瞰的に確認できる Map 画面

登録された POR/POI 情報を緯度経度の座標系で確認するため、図 8 に示すような、OpenLayers を用いた Web 上の地図アプリを開発した。ユーザが主観視点で登録した POR/POI 情報は、緯度経度情報に変換されて DB に登録され、本アプリにより地図の座標系においても確認することができる。このマップ上で星のマークの点は、全方位動画像・音声収録された個所、丸の中に十字があるマークは、POR/POI が登録された場所である。このマップアプリを用いても POI/POI 情報の入力・編集・削除が可能である。

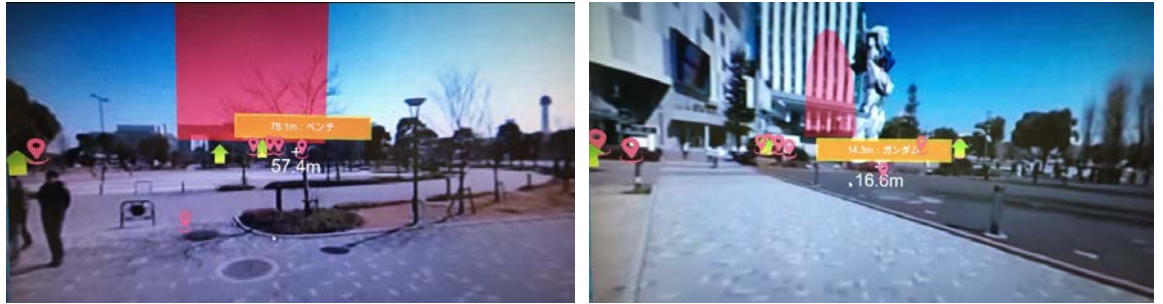


図 4：登録された POR/POI 情報の表示

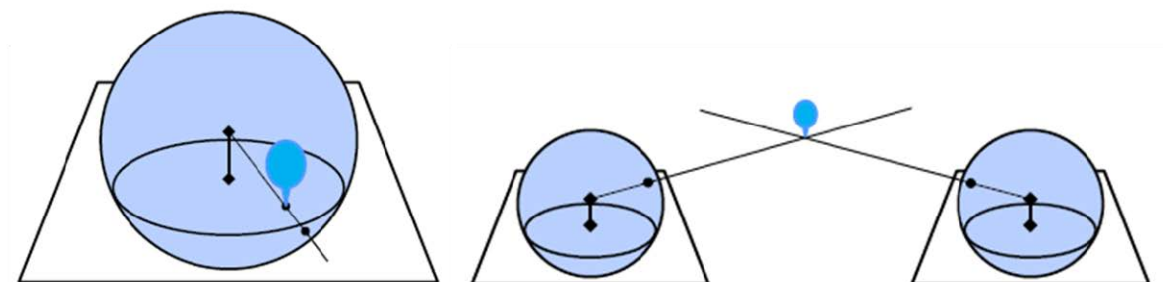


図 5：POR/POI 位置のポインティング方法（左：近い場合、右：遠い場合）

### 3-5. AR 触地図との連携

バーチャルマッピングパーティにおいては、視覚障害者も地図作りのイベントに参加できるように、AR 触地図を利用可能とする。他の参加者が登録した POR/POI 情報の内容は、AR 触地図を用いることで視覚障害者も確認することができる。AR 触地図では、触地図上の触っている座標付近の POR/POI 情報があると音声フィードバックでその存在を知ることができる。またその際、タップジェスチャを行うことで、POR/POI の内容をシステムが読み上げる。POR/POI 情報を他の参加者に集めてほしい場所がある場合は、その場所を AR 触地図のジェスチャコマンドで指定することも可能とする。AR 触地図によりリクエストされたエリアは、全方位動画像中では図 4 に示すような赤い円柱が現れ、マップ画像では図 8 にしめす赤い丸が現れ、その位置を他の参加者確認することができる。このような視覚障害者の能動的なイベント参加が可能となり、視覚障害者・晴眼者の両方が参加できる共創的な地図作りを行うことができる。そのため、AR 触地図も POR/POI の DB の内容を実時間で反映する。



緯度経度などを表示	
種別	POI <input type="radio"/> POR <input type="radio"/>
名前	花壇
住所	POIの住所/PORは未使用
電話番号	POIの電話番号/PORは未使用
営業時間	POIの営業時間/PORは未使用
URL	POIのWeb URL/PORは未使用
特記事項	複数の木や花が植えてあります。
バージョン	X.X.X
<input type="button" value="登録"/> <input type="button" value="削除"/> <input type="button" value="閉じる"/>	

図 6 : PC での POR/POI の注釈情報の登録



2016-03-14 154938	
New2_1_1_0	
<input type="button" value="音声メモを再生する"/>	
<input type="button" value="更新"/>	
名称*	POI/POR
New2_1_1_0	POI <input type="radio"/> POR <input type="radio"/>
電話番号 (xxx-xxx-xxx)	開店(場)時間 (XX:XX~XX:XX)
Enter text...	Enter text...
WebサイトURL (http://xxx.xxx.xxx)	バージョン (X.X.X)
Enter text...	Enter text...
住所	
Enter text...	
特記事項 (PORの場合音声テキスト*)	
Enter text...	

図 7 : スマートフォンでの POR/POI の注釈情報の登録  
(上 : HMD 装着時はボイスメモ, 下 : メモと画像を見ながら清書)

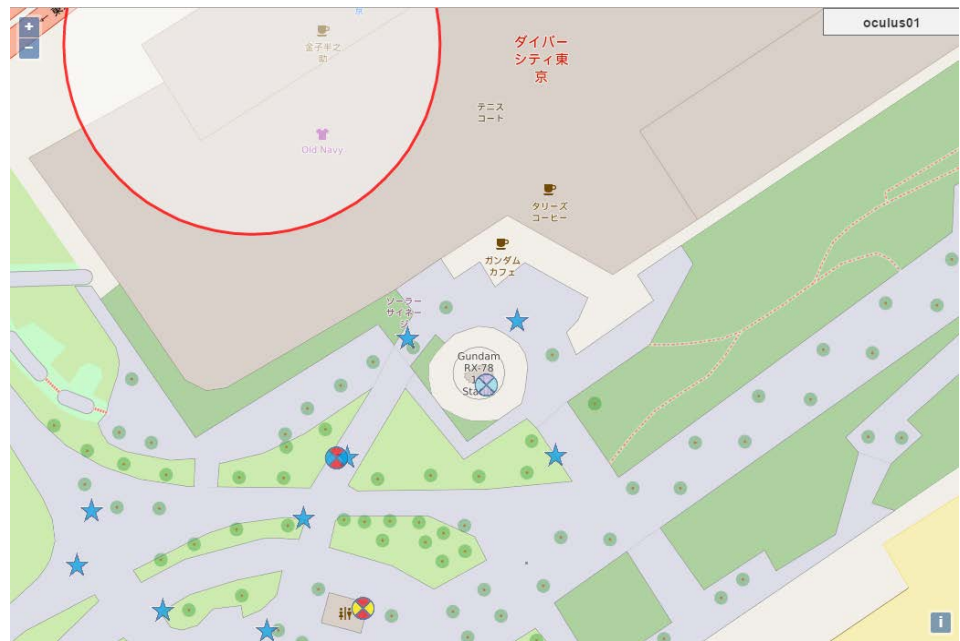


図 8 : Map 画面での POR/POI 登録情報の確認



図 9 : ワークショップの様子

#### 4. ワークショップの開催

##### 4-1. ワークショップの概要

開発したバーチャルマッピングパーティのシステムは、2016年3月に日本科学未来館にて参加者を募りマッピング活動を行うワークショップを開催することで、実証評価を行った。(図9)。

VR技術で歩行現場を体験するためのデバイスとしては、ノートPC、LG社製AndroidスマートフォンNexus5とGoogle Cardboardタイプの紙箱による簡易HMD、Samsung社製GearVRとOculus DK2といった各種のHMDを利用した。イベントでは1時間のワークショップであり、趣旨説明ののち、時間交代ですべてのデバイスを体験してもらった。端末の制約により、簡易型HMD、GearVRは静止画と3次元音声の提示、OculusとノートPCのものでは動画と3次元音声を体験させた。

イベントにおいては、2日間計6回のワークショップでは、視覚障害者を含む42人の参加があり、合計598個のPOR/POIが登録された。ワークショップの最後には、アンケート調査を実施してフィードバックを得た。

表2： バーチャルマッピングパーティのワークショップのフィードバック

分類	肯定的な意見	否定的な意見、改善提案を含む意見
パノラマ画像・3次元音声を用いたVR体験に関して	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3D音声で提示できるのは、よかった。</li> <li>・音を提示できるのは交通量がわかる点で、視覚障害者に有用だと思う。</li> <li>・動画によりリアリティが増した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音からのものの位置の把握は、難しかった。</li> <li>・画質は改善の余地があった。</li> </ul>
VR体験に利用したデバイスに関して	<ul style="list-style-type: none"> <li>・(簡易型のHMDに関して)身近にあるもののみでも、VR体験ができてよかった。</li> <li>・(Oculusに関して)動画も体験できて、実際に現場に行ってみる感じがしてよかった</li> <li>・(GearVRに関して)画質がきれいに見え、よいHMDだと感じた、付け心地もよかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HMDには慣れが必要で、疲れたので、PCの方が疲労度の面では有効であった。</li> <li>・段ボールのものは装着感はあまりよくなかった。</li> <li>・(HMD類は)眼鏡の上の装着は難しかった。</li> </ul>
UIに関して	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マップ視点ではなく、主観視点で探し、ポイントングできるのがよかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・POR/POIの入力は慣れているPCが一番やりやすかった。</li> </ul>
AR触地図に関して	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AR触地図で視覚障害者がリクエストを送れるのはよかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AR触地図の認識の精度には改善の余地があった。</li> </ul>
POR/POIに関する意見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・登録されたPOR/POIの表示は、近くのものに限った方が見やすいのでは？</li> <li>・うち間違ったり、間違った情報が登録された際の懸念はあった。</li> </ul>	
その他提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マッピング作業仲間連絡が取りやすくすればいいのでは？</li> <li>・イベントだけでなく、家などで普段から使えるようになってほしい</li> <li>・VRの役に立つ使い方を体験できて、ためになった</li> </ul>	

##### 4-2. 参加者からのフィードバック

参加者がアンケートに回答した結果を、表1にまとめた。アンケートにおいては、利用した各端末に関する意見、AR触地図、イベント全体に関する意見を求めた。結果としては、HMDの装着時の疲れ、酔い、画質の問題など、予期していた問題はあったものの、全方位動画や、三次元音声、360度見回せる機能による臨場感の高さに関して、好意的な意見は得られた。また、AR触地図を用いた視覚障害者参加型のイベントであったことも高く評価された。日常から利用したいと意見があったことから、本ワークショップが視覚障害者用地図作りの活動の浸透に向けても意義があった評価できる。

## 5. むすび

本稿では、視覚障害者が自ら目的地まで歩行するための歩行ルートの事前学習に用いる地図の作成に関する新たな取り組みであるバーチャルマッピングパーティに関して紹介した。バーチャルマッピングパーティは、歩行対象現場をVR空間内に再現することで、現地に行かずとも、視覚障害者が歩行する上で重要な情報を収集できる枠組みであり、そのための構成要素に関して紹介した。加えて、実際に参加者を募り実施したワークショップに関して紹介し、そこで得られた参加者からのフィードバックについても紹介した。フィードバックとして、全方位動画像や音声を用いた高臨場感での現場再現や、AR触地図を用いた視覚障害者の参加を可能とした側面が好意的な意見が得られた。今後も、技術要素の改良を進めてワークショップの開催を繰り返し、本活動の浸透に努めたいと考えている。また、バーチャルマッピングパーティを実現するシステムをパッケージ化して公開したいと考えている。そのためにユーザ側でのデータ登録が不可欠であり、全方位動画像や音声データを登録する機能やデータ収録地点の位置・方向情報を簡単に登録する部分の実装を進めたいと考えている。

## 参考文献

- [1] K. Okuno, T. Kurata, Y. Seki, M. Kourogi, and J. Ishikawa: “Smartphone-based Talking Navigation System for Walking Training,” 30th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN), IND-026, 2015.
- [2] R. Ichikari, T. Yanagimachi, and T. Kurata: “Augmented Reality Tactile Map with Hand Gesture Recognition,” Proc. ICCHP (2), pp. 123-130, 2016.
- [3] 織田友理子, 伊藤史人, 織田洋一, 林雄二郎: “スマートフォンによるユーザ投稿型バリアフリーマップの提案”, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム, 2015.
- [4] T. Miura, K. Yabu, T. Noro, T. Segawa, K. Kataoka, A. Nishimuta, M. Sanmonji, A. Hiyama, M. Hirose, and T. Ifukube: “Sharing Real-World Accessibility Conditions Using a Smartphone Application by a Volunteer Group,” Proc. ICCHP (2), pp. 265-272, 2016.
- [5] C. Voigt, S. Dobner, M. Ferri, S. Hahmann, and K. Gareis: “Community Engagement Strategies for Crowdsourcing Accessibility Information – Paper, Wheelmap-Tags and Mapillary-Walks,” Proc. ICCHP (2), pp. 257-264, 2016.

## ➤ 外出前学習のための拡張現実型触地図

触地図は視覚障害者の残存機能の触覚を用いて地図を知覚できるようにするため、歩行訓練や外出前におけるルート、目的地、経由地等の事前確認に大変有効である。しかしながら、視覚障害者によっては触地図のメンタルイメージの形成に不慣れであったり、コンテンツが静的で変更できない、掲載できる情報量が限られるなどの問題があった。本研究ではそれらの問題の解決するため、拡張現実(AR)技術を用いた動的な視覚的・聴覚的なフィードバックの提示により触地図の利用支援を行う拡張現実型触地図を提案する。このAR触地図では、指先でのタッチ操作によるユーザインタフェースを導入することで、ユーザが指定する触地図上の箇所のPOR(Point of Reference)などの情報を動的に提示可能とする。

## 1. はじめに

視覚障害者の社会参加促進のためには、その行動範囲の促進する自立歩行支援技術の確保が重要である。2020年に東京ではオリンピックとともにパラリンピックも開催されることから、開催国日本における障害者支援の取り組みや、インフラ整備も重要

度を増し、今後ますます加速していくと思われる。筆者らの研究グループでは、視覚障害者歩行支援の取り組みとして、GPS(Global Positioning System)やPDR(Pedestrian Dead-Reckoning)技術による測位技術をベースとした視覚障害者ナビゲーションシステムの研究開発に取り組んでおり、既存の盲導犬や白杖による歩行支援と開発システムとのオリエンテーション(定位)とモビリティ(移動)の確保の観点からの比較等を行っている[1]。視覚障害者のナビゲーションにおいてはPOI(Point of Interest)と呼ばれる地図上に存在する建造物や交差点といった場所を示す名称だけでなく、道路の段差や地面の材質の変化、自動ドアの通過といったユーザの位置の手がかりになる情報であるPOR(Point of Reference)も提示することが有効であると思われる。我々は、このPORを収集したデータベースを作成する取り組みや、ナビゲーションシステム内での提示も行っている[2]。

歩行者の歩行支援への活用として期待されるものとして触地図が知られている[3]。触地図は、視覚障害者の残存機能である触覚により知覚可能な地図であり、歩行ルートの事前確認や、ルート中の経由地や目的地などの位置関係を把握することが可能であり、一部の視覚障害者はすでに触地図を活用している。しかしながら、触地図はその触覚からその地図のメンタルイメージを形成することが簡単ではなく、学習・経験が必要であったりすることから、すべての視覚障害者がうまく使いこなせているわけではない。また、地図上に提示できるものも、触地図の作成技術の解像度や触覚の解像度[4]に依存する問題もある。

本研究では、それらの触地図の問題を解決するため、拡張現実感(Augmented Reality; AR)技術を活用したAR触地図を提案し、触地図の利用時に音声的、視覚的なフィードバックを提示することにより、触地図利用支援や動的な情報提示を可能にする。操作の直観性の観点から、AR触地図の操作法としては、実際に触地図を触る動作で操作する操作インタフェースを導入する。

## 2. 拡張現実型触地図

### 2-1. 触地図

視覚障害者にとって触地図は、残存能力により地図内の道や建造物等の位置関係を把握することができることから、視覚障害者が未知の歩行ルートを歩く上では重要な手がかりになるものである。しかしながら、前述のように、必ずしも触地図がすべての視覚障害者にとって容易に使えるものではないこと、印刷された静的な触地図であることからの制限が存在する。

筆者らの研究プロジェクトにおいては、触地図のタイプとして、UVオフセット印刷技術を用いたものと、PIAF(感熱カプセル紙)を用いたものと2つを採用している。UVオフセット印刷のものは、通常のカラースクリーン地図の上に、透明な樹脂を硬化させて凹凸を表現することで、晴眼者のためのカラーの地図提示と視覚障害者向けの触地図とを両立したユニバーサルな地図である。特殊な印刷装置が必要であるので業者へ出力を依頼する必要がある。もう1つのタイプは、PIAFタイプであり、黒く印刷されたカーボンを含むところに熱線をあてると膨れ上がるものであり、比較的安価に触地図を作成できるが、晴眼者に対する触地図の表現が限定される問題がある。本研究においてはこれらを用途ごとに使い分ける。

### 2-2. 拡張現実感を用いた触地図の拡張

AR技術は、現実世界と仮想世界を継ぎ目なく融合できる技術であり、通常の視覚的な融合においては、実写映像中にコンピュータグラフィクスによる仮想物体を合成す

る処理が行われる。AR は視覚だけの融合には留まらず、聴覚などその他の感覚に拡張されうる概念である[5]。触地図に、AR 技術を応用することで、触地図に対する視覚的、聴覚的な拡張提示を行うことが可能であり、触地図の利用支援や動的なコンテンツ提示が可能となる[6,7]。AR 技術は、このように触地図の課題を解決できる可能性を持つ技術であり、本研究では AR 触地図と名付けて触地図を拡張する。



図 1：触地図（左：UV オフセット印刷，右：PIAF 印刷）

### 2-3. 拡張現実型触地図の要求仕様

本プロジェクトの技術開発におけるアドバイザーである視覚障害者へのヒアリング等により判明した AR 触地図に関する要求仕様を下記にまとめる。

#### ・全盲の視覚障害者に対する音声による触地図の拡張

まず、重要な機能は全盲の視覚障害者のための音声による触地図情報の提示機能である。ユーザが注目する箇所の補足情報や経路情報など、触地図では表示しきれない情報を音声による拡張提示を行う。

#### ・弱視の視覚障害者に対する拡大表示

弱視の視覚障害者は、視覚機能が残っていることから、注目部分を拡大表示することで、通常では知覚することができない内容も確認可能となる。拡大表示はメガネのような実写の光学的なズームだけを意味するわけではなく、地図の画像情報や触地図に重畳する情報を重畳する情報を弱視の利用者に知覚可能な表現方法で提示するということも考えられる。

#### ・POR 情報の提示と POR 登録プログラムとの連携

触地図による事前学習はナビゲーションプログラムと連携することでより効果が発揮されることが考えられるため、同じコンテンツ情報を扱うこととする。そのため、ナビゲーションのコンテンツとなる POR の収集アプリで収集された現場の POR 情報を提示することとする。

#### ・触地図の理解を助けるインタラクティブなシステム

ユーザが触地図の注目箇所を変更する操作により、インタラクティブに情報提示を変えることが可能になれば、物理的な触地図の制約にとらわれない情報提示が可能となる。特に、触地図初心者に対しては、認識の間違いを正したり、何度も試行錯誤を可能にすることで、触地図読解能力の強化に役立てる。

#### ・触地図を直接触ることでのインタフェース

上記のインタラクションを行う上で重要となるのがユーザインタフェースであるが、触地図のインタフェースとしては触る動作を利用できれば、指先触覚による情報収集と入力操作が同じ指で行えるので、大変直観的になると思われる。操作としては、位

位置を指定するポインティングと操作種類を決定する操作コマンドにわけて実装すべきであると思われる。

- ・汎用品の利用による利用可能性の確保

普及のしやすさを考えると、高価な特殊な機材を使わず、一般的に手に入りやすい比較的安価で簡素なシステム構成で必要な機能を達成できるようにする。なお、これは、開発技術を広く普及させることを目指している本プロジェクトの指針と合致する。

- ・両手を使えるようにする

触地図を触る際の動作としては、両手で触地図を触ることが好まれることが判明した。そのため、触地図以外の機器は、機器は机やユーザ自身の身体などに固定することで手に持たなくてよい構成にする。

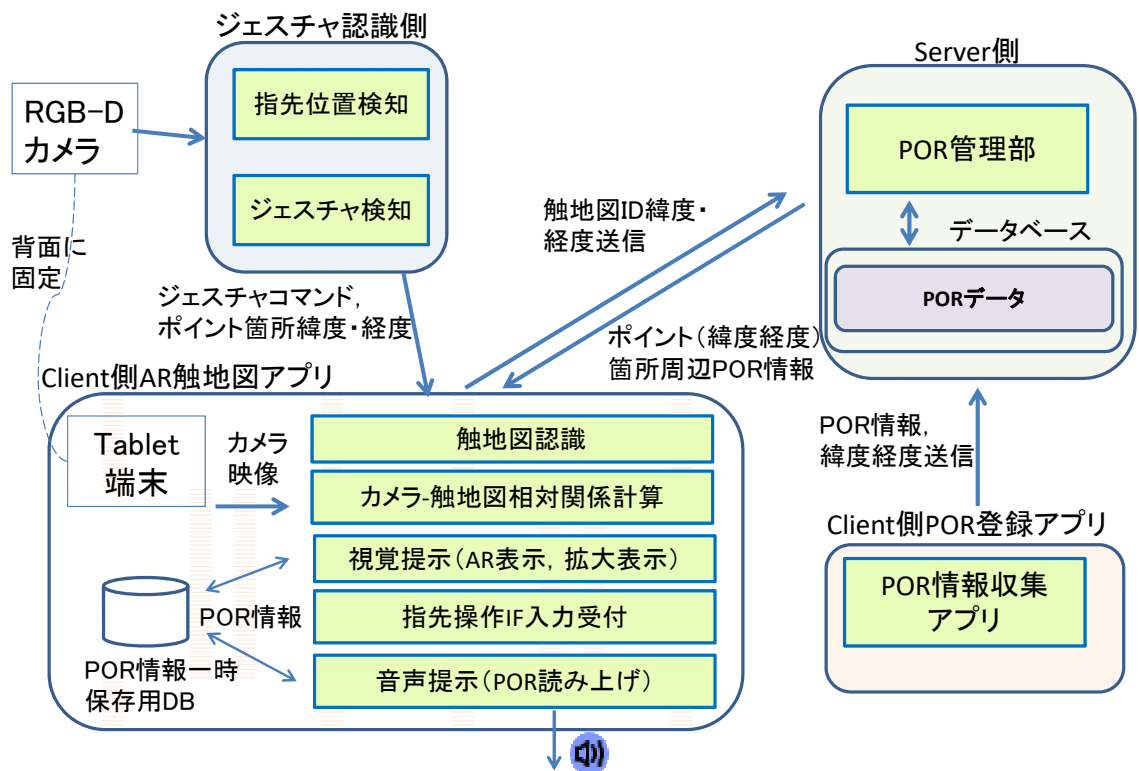


図2：AR 触地図の構成

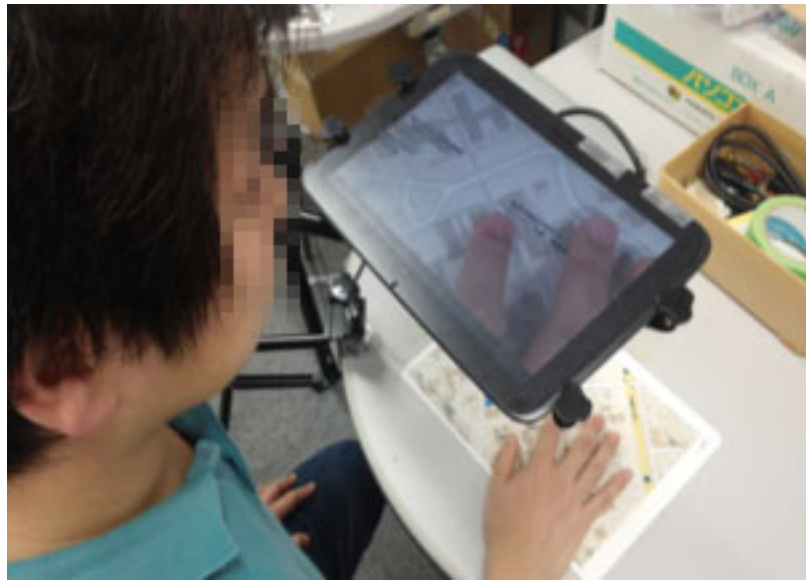


図 3：機器の設置例

### 3. 実装

#### 3-1. AR 触地図の構成

2 節に紹介した要求仕様を満たすプロトタイプシステムとして、大きく分けて 4 つのパートからなる構成を取るシステムを設計する（図 2）。

AR 触地図アプリ部分は、可搬性の考慮と視覚的な AR を行うためのカメラを利用する理由により、Android や Windows のタブレット上で動作するアプリケーションとして実装される。AR 技術の基礎的な部分の触地図の認識と触地図カメラ間の相対位置関係の計算、映像中への視覚的な情報提示の基礎部分に関しては、市販の AR 用のライブラリも活用可能であり、本稿では特に詳しくは紹介しない。自前で実装する機能としては、指先の認識に基づくインタフェースのための処理、音声提示処理部分がある。

ジェスチャ認識部分では、タブレットに固定された RGB-D カメラ入力から指先の操作の検出が行われ、AR 触地図の UI として利用するために、その結果タブレットに送信される。今後は、RGB-D カメラを搭載するタブレット端末を用いることで、このジェスチャ認識部と AR 触地図アプリを同じ端末に実装することが可能となる想定であるが、現在はそのような端末が入手できていないことから、USB 接続の SoftKinetic 社 RGB-D カメラ (DepthSense DS325) を WindowsPC に接続してジェスチャ認識部を別端末に実装している。ジェスチャ認識部の内部処理は、指先位置検知処理と、ジェスチャ検知処理に大きく分けられる。

Server 側や Client 側登録 POR アプリでは、AR 触地図で表示するコンテンツである POR の登録処理や管理処理が行われる。Server では、AR 触地図アプリから問い合わせに対して、触地図 ID、経路・緯度情報に応じた POR 情報を返信する処理が行われる。通信量削減のため、POR 情報は触地図を認識した際にその触地図に関する POR をまとめてダウンロードし、使用中はローカル端末の DB に問い合わせる構成を取っている。

図 3 は機器の設置方法を示した例である。両手での触地図を可能にするため、タブレットはアームとタブレットマウント器具により固定している。今回は、触地図はテーブルに置かれ動かされないものとする。プロトタイプでは、RGB-D カメラはタブレットの裏側に触地図を撮影できる向きに設置し、撮影データは USB ケーブルで別 PC に送られて処理される。

### 3-2. RGB-D カメラを用いた AR 触地図とのインタラクション

#### 3-2-1. 距離画像からの手の領域の抽出

指先のジェスチャ認識には、RGB-D カメラから得られる距離画像を用いる。今回の設定では、触地図と RGB-D カメラの関係は固定であり、RGB-D カメラの映像は主に触地図を設置したテーブルと触地図面を撮影していることから、距離画像の変化は手が RGB-D カメラの画角内に入った影響であると見なせる。この前提を利用し、手が入っていない際の距離画像をあらかじめ撮影しておき、距離画像の背景差分を行い、閾値以上の差分があるピクセルを手領域として抽出する。触地図を触った際のカラー画像と距離画像を図 4、背景差分と手の抽出結果を図 5 に示す。

#### 3-2-2. タップ操作の検出

ユーザが触地図に対して行うインタラクションとして、指先一本で触地図を叩くようなジェスチャをタップ操作と定義し、この動作を検出する。本動作は、ユーザがマップ上の注目箇所を AR 触地図アプリに伝えるために用いる。ユーザが触地図を触っている確認している際には反応せず、意図的なタップ動作を行った際にその動作が認識され、地図上での座標値も取得する。タップ動作の認識手順を下記に示す。

- 1) 手全体が動く際のデプス変化による誤検出を除外するため、手の抽出結果の重心の移動の有無を検知し、タップ動作検知を手全体の動きがない場合に限定する。
- 2) タップ操作が行われる際の指先のデプスの時系列変化は、(1)地図面(地図との距離 2 cm 以内)→(2)指の上昇(地図との距離 2 cm 以上、6 cm 以内)→(3)地図面の状態遷移として検出されると見なし、一定時間内にそのようなデプスの状態遷移が起こるピクセルを抽出する。本処理は、1)で得られた手の抽出結果を考慮して、手が存在するとみなされる領域のみで行う。
- 3) 2)の検出結果が一定以上の画素数ある場合、その中から指先領域のみを抽出する。そのために検出結果の重心からの距離が閾値以上の検出結果を除外する処理を一定回数繰り返し、残った結果の重心をタップの検出位置とする(図 6)。

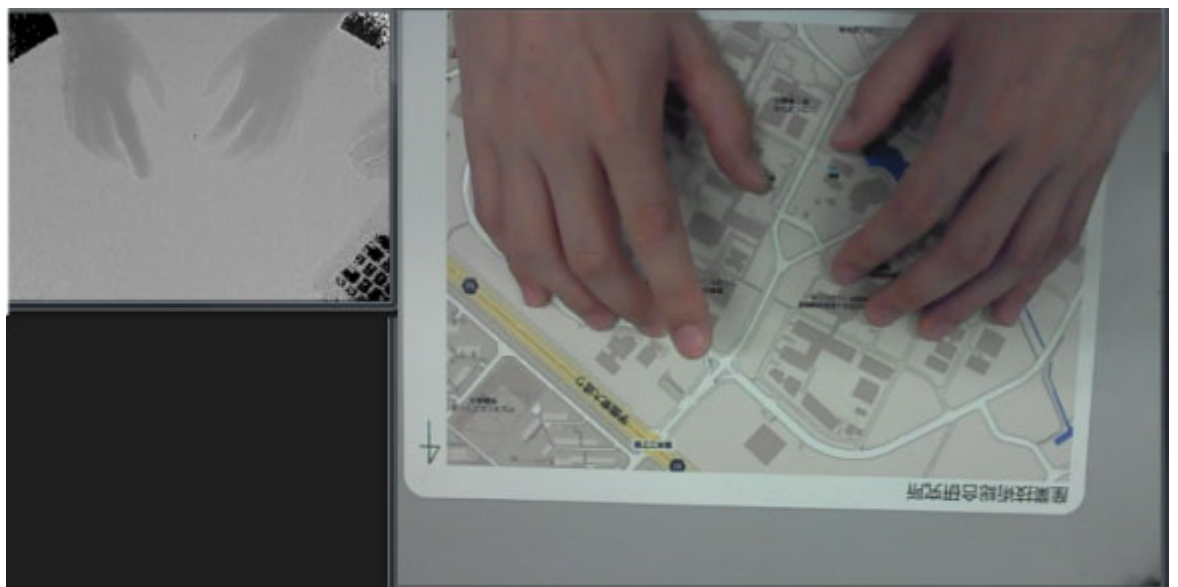


図 4：触地図を触る際の RGB-D 画像

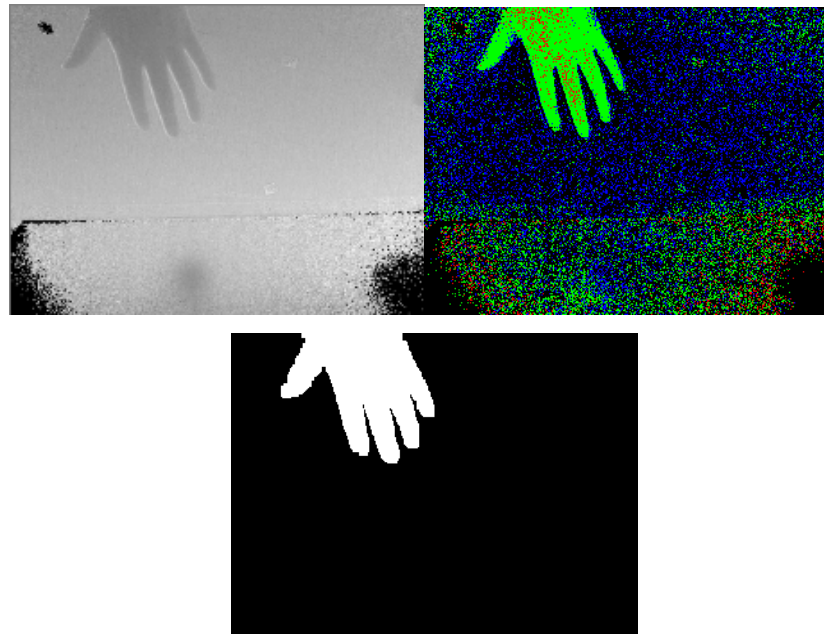


図 5：距離画像の背景差分による手領域の検出結果  
(左上：距離画像，右下：背景差分，下：手抽出結果)

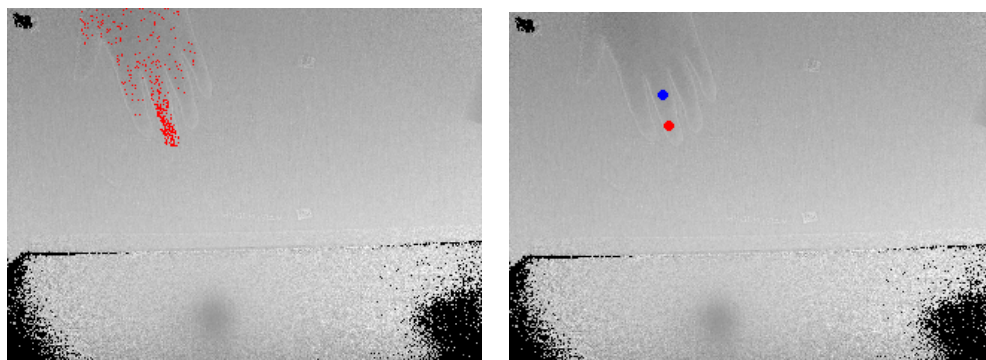


図 6：時系列変化検知画素からのタップ位置決定  
(左：時系列変化検知画素，右：タップ位置(赤))

### 3-2-3. インタラクション部と AR プログラムの連携

前節の処理により、検出された距離画像中でのタップ操作位置は、緯度経度情報に変換される。まず、距離画像の座標と触地図座標の変換を行う。距離画像中の触地図の原点座標や四隅などの点の観測画像中の位置を求める。そのことから、距離画像中の任意の点の座標を触地図の座標系へと変換が可能となる。触地図座標は、緯度経度情報が既知な触地図上の点の情報を基に、さらに緯度経度に変換される。最終的に検出されたタップ位置の緯度経度情報は、AR 触地図プログラムへ UDP 通信によって送信され、視覚的・聴覚的なフィードバックに活用される。

## 4. むすび

本稿では、視覚障害者の歩行訓練や外出前の地理空間情報確認の支援の一環として、拡張現実技術を用いて触地図を拡張する AR 触地図の提案を行った。AR 触地図では、拡張現実感を用いることで、視覚障害者が注目する触地図上の位置に関する情報の視覚的、聴覚的な提示を動的に行うことが可能である。AR 触地図との直観的な操作法と

して、RGB-Dカメラを活用した指先でのタップジェスチャの検知法を実装することで、注目点を指定できるインタフェースを実現した。今後は触地図を設置法の自由度を増すことや、視覚障害者ナビゲーションシステムとの連携を強化していく。

## 文 献

- [1] 蔵田武志, 関喜一, 興梠正克, 石川准: "白杖歩行と盲導犬歩行における音声ナビの役割 ～ 歩行訓練支援に向けて ～", 信学技法 MVE2012-96, vol.112, No.474, PP.5-10 (2013)
- [2] K. Okuno, T. Kurata, Y. Seki, M. Kourogi, J. Ishikawa: "Smartphone-based Talking Navigation System for Walking Training", 30th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN), IND-026, 2015.
- [3] O'Sullivan, L., Picinali, L., Feakes, C. and Cawthorne, D.: "Audio Tactile Maps (ATM) System for the Exploration of Digital Heritage Buildings by Visually-impaired Individuals - First Prototype and Preliminary Evaluation", Forum Acousticum, 2014.
- [4] JIS S 0052 「高齢者障害者配慮設計指針－触覚情報－触知図形の基本設計方法」
- [5] 比嘉恭太, 西浦敬信, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: "視覚・聴覚の現実と仮想を融合する 2×2 方式複合現実感システムの実現", 日本 VR 学会論文誌, Vol. 13, No. 2, pp. 227 - 237, 2008.
- [6] 山崎純: "UV オフセット印刷技術を用いた点字印刷及び触図印刷の開発と普及", 感覚代行シンポジウム 2014.
- [7] "聴覚 AR システム「聞こAR (きこえーる)」を開発", プレスリリース, 2014 年 10 月 29 日, サイバネットシステム株式会社.

### ➤ 視覚障害者歩行支援実証実験 AR 巨人将棋における歩行状況分析

我々の研究グループでは、視覚障害者がナビゲーションシステムを利用中に直面する複数タスクの状況を模した実証実験として、大きな将棋盤を動き回って詰将棋を解くイベント AR 巨人将棋を実施した。AR 巨人将棋においては、視覚障害者が将棋ゲームを楽しむと同時に彼・彼女らのゲーム体験時の客観的データを記録・収集することが可能となり、ナビゲーション時の歩行状況や心理状況の分析に役立てられることが期待される。本実験においては歩行時の状況の詳細な分析のため、歩行時の客観データ、アンケート調査結果に加えて、将棋盤・音声将棋、触図などの各種将棋用情報提示方法で行った将棋体験時の結果との比較を行った。これらの実証実験とそのデータの分析により、視覚障害者がマルチタスクをこなしながら歩行するという振舞いを評価するための方法論を見出すことができた。

#### 1. はじめに

視覚障害者の社会参加促進のためには、その行動範囲の促進する自立歩行支援技術が重要である。筆者らの研究グループでは、これまでに視覚障害者歩行支援の取り組みとして、測位技術をベースとした視覚障害者ナビゲーションシステム[1]や視覚障害者用ナビゲーションのコンテンツ情報の収集方法に関して研究している[2]。これまでのナビゲーション実験では、被験者は設定したルートを歩かされることが大半であった。しかし、ナビゲーションの利用時に想定されような、目的地まで到達

達するための高い目的意識のもとで、ナビゲーションシステム聞き取り、周辺状況の脳内マッピング、自己位置定位といった複数タスクを行う負荷がかかる課題が課せられていたわけではなかった。実際にナビ時の状況を分析するには、現実と近い課題において体験者がどのように感じながら、ナビを受けているのかを分析することが必要であると思われる。

このような問題意識のもと、本研究では視覚障害者が楽しみながら実利用時と近い状況で課題に取り組んでいく実証実験を目指し、課題解決がゲーミフィケーション形式になるよう留意した。

## 2. 視覚障害者支援に関する共創型実証実験

### 2-1. 実験の概要

本実証実験のコンセプトで最も重要なのは、巨大な将棋盤での詰将棋の課題を解くという実証により、実際のナビゲーションを使って目的地まで誘導される状況に近い状況を再現することである。詰将棋の問題を歩行しながら解く実験では、被験者は将棋盤の上を歩き回って配置された駒の情報を収集し、脳内の将棋盤に正確に配置する必要がある、実際に屋外を歩行するのと近い状況が作れる。本実験では、このように設計された実験中に体験者の行動の客観データを取得し、アンケートや将棋に関する他の課題等を加えた情報を組み合わせて、視覚障害者の将棋タスク時の歩行状況を分析する。

AR 巨人将棋実証実験と詰将棋タスク実験では視覚障害者 10 名（視覚障害者スカイプ将棋同好会のメンバー）早期失明者 3 名、中途失明者 6 名、弱視 1 名が参加した。

### 2-2. AR 巨人将棋のシステム構成

AR 巨人将棋では、被験者は詰将棋を解くために、RFID リーダを取り付けたサンダルを履きながら将棋盤の上を歩き回り、各コマの下に配置された RFID タグシートが検知することで位置が計測される。本実験での巨大将棋盤は、5×5 のマスと駒台の計 5×6 の将棋盤で、図 1 に示すようなものである。RFID シートの上には人工芝を配置し、フロアに接着させることで、体験者は安全に将棋盤の上を歩き回りつつ、足元感覚で将棋盤のマスが存在を知覚できる。具体的なシステムの実装方法に関しては、文献[3]を参考にされたい。



図 1：会場の様子

### 2-3. 将棋タスク比較実験

AR 巨人将棋の実証実験で集まった同じ参加者に対して、歩行を伴わない将棋実験を補助的に行った。歩行を伴わない他の視覚障害者向けの将棋方式による詰将棋も実施することで、歩行の有無による比較検証や各視覚障害者向けの将棋手法の比較を行えるようにする。視覚障害者向けの将棋方法としては、次のような 4 種の将棋手法を導入し、AR 巨人将棋と同様に、駒内容を記憶した後に詰将棋の回答をさせた。

#### (1) 視覚障害者用将棋盤

視覚障害者用の将棋盤は、マスの枠線が凸状になっており、触ってマスを確認できるほか、駒がマス内に収まるようになっている。駒の下部には点字で、駒の種類が示されている。参加者は口頭、または実際に駒を動かして回答した。

#### (2) 音声（駒の読み上げ）による詰将棋

参加者はヘッドフォンを着用し、音声にて、玉方、攻め方、駒台の順で、駒情報を聞き、詰将棋の回答を行う。音声の再生は何度も聞き直すことを可能にした。参加者は口頭で回答した。

#### (3) 触図

触図としては、A4 サイズ立体コピー用紙を用いて、5×5 の盤面を提示し、駒を点字で表記した。マスの中には、駒の種類と攻め方、玉方の区別を表記した。駒台、マス、位置や駒の盤面位置の表記法は事前に説明し、参加者は口頭で回答した。

#### (4) 触図+音声

(3) で用いた触図と同様の立体コピー用紙にて、点字と枠で 5×5 の盤面を提示した。実験者が参加者の触ったマスの位置、駒を読み上げ、参加者は口頭で回答した。

### 2-4. アンケート・インタビュー調査

AR 巨人将棋を含むすべての将棋問題を解いたあとに、アンケート調査による質問を行った。質問においては、駒の理解が簡単であったか？、全体の配置を頭に入れることが簡単であったか？、巨人将棋との比較などについて、七件法にて回答した（大変簡単、簡単、やや簡単、ふつう、やや難しい、難しい、大変難しい）。

## 3. 実証実験で取得した客観的結果に基づく歩行状況分析

### 3-1. 分析に用いる客観的結果

本実証実験において取得されたデータを分析し、体験者の歩行時の状況の詳細理解を進める。本実証実験において取得されたデータは、下記の 5 種類である。

- ・ AR 巨人将棋体験時のログデータ
- ・ AR 巨人将棋に関するアンケート調査結果
- ・ 体験者のプロフィール情報
- ・ 各種将棋タスクの結果
- ・ 各種将棋タスクのアンケート結果

AR 巨人将棋のログデータは AR 巨人将棋タスク中の移動や所要時間の分析を行う上での中心的なデータとなる。まず、分析を行う上で最も基礎的な結果として、各体験者に対するタスクの正答率と経過時間の分析を 1 手詰め、3 手詰めの問題を課せ

られた参加者毎に分けて行った。これら結果や各将棋タスクのアンケート結果の分析は、すでに文献[4]において報告されている。本稿では、体験者の歩行パフォーマンスの違いに着目し、それらが何に起因するのかの分析に試みる。

### 3-2. 解答所要時間に影響する要素の分析

本研究においては、体験者の将棋タスクにおいて最も重要な結果を問題の解答までにかかった所要時間とみなす。この所要時間に影響する要素の分析においては、体験者の状況を説明できる要素とその要素を求められる特徴量の仮説を立て、所要時間との相関などの関係性を分析することで、体験者間の個人差やパフォーマンスの違いの要因解明を目指す。

### 3-3. 仮説の統計的検証

本節では、AR 巨人将棋の所要時間に影響しそうな要素に関する仮説を上げていき、それらに関して相関係数の算出など統計的な分析を行っていくことで仮説の検証を行っていく。分析においては、歩行スピード、将棋力、2 度踏み、方向転換率、などを分析したが、本稿では抜粋して 3 つの仮説を紹介する。

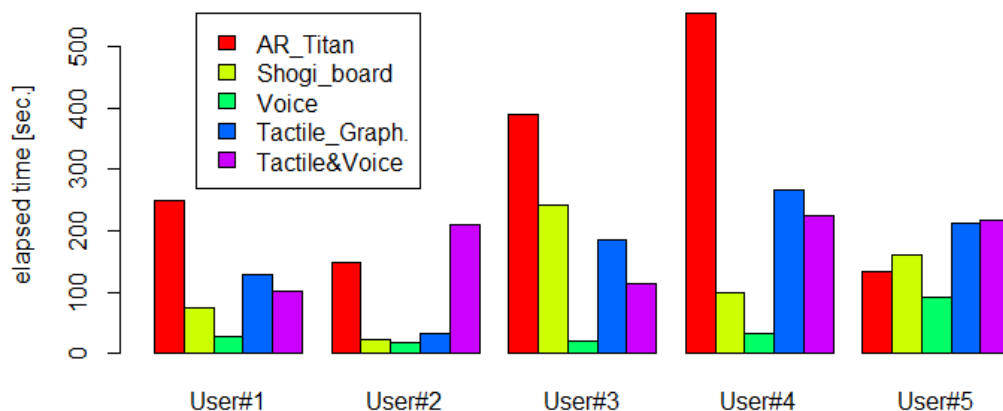


図 2：1 手詰めの参加者の将棋タスク所要時間

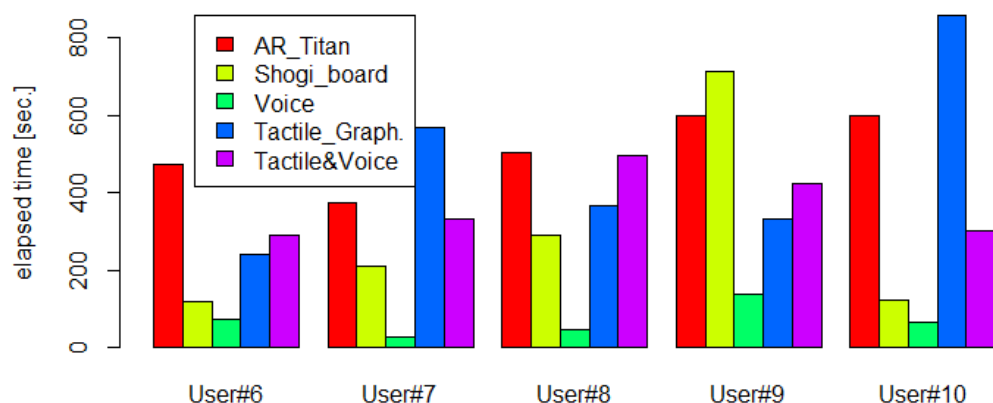


図 3：3 手詰めの参加者の将棋タスク所要時間

#### 【歩行スピードに関する仮説】

歩行速度は現在の自分の位置が正確に把握されていたり、安全性に関して不安がな

い場合に高くなると予想でき、全体の所要時間に関してもこの要因が影響すると考えられる。歩行速度の計算には、RFID タグシートの検知結果による移動履歴を用いる。歩行速度としては、離散的に得られている将棋盤上の位置と時刻の記録を用いて、移動量を図 4 のように計算した。この際、4 近傍のマスまでの距離は 90 cm、斜め隣のマスまでの距離は、 $127.28 (90 \times \sqrt{2})$  cm とし、単位は m/s である。なお、それぞれの参加者が回答までの時間にかかった時間と平均移動速度との相関関係を Spearman の相関係数で求めたところ、 $-0.8024353$  と高い相関が得られたため、平均移動速度は重要な要素項目である可能性が高いと考える。

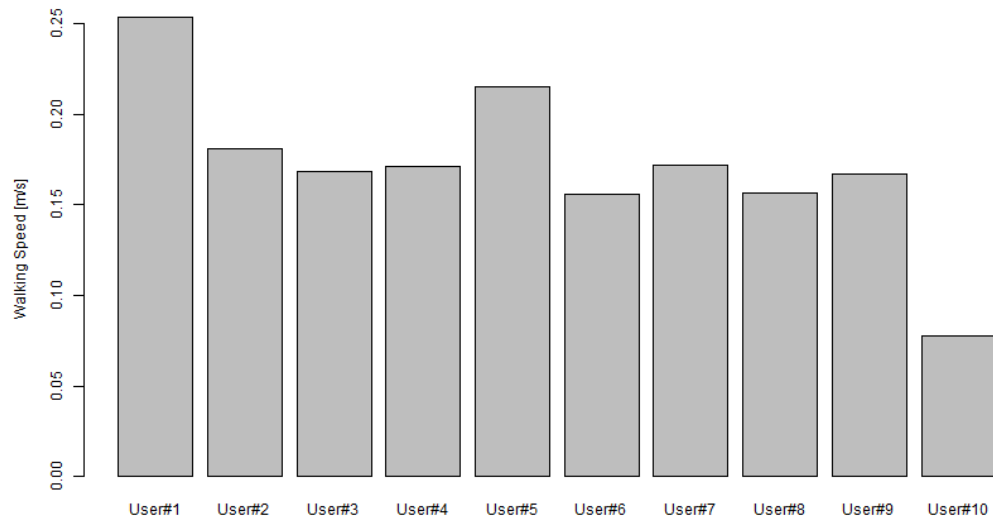


図 4：移動速度指標

#### 【将棋力に関する仮説】

AR 巨人将棋の主要時間がかかる要因を大きく分けると、将棋盤上を歩いてコマを把握するための歩行やメンタルマップの構築に関する要因とコマが分かった状態で問題を解く将棋力に関する要因があると考えられる。各種将棋タスクの実験では、提示方法の違いはあるとしても歩行を伴わない将棋能力による影響が強いと思われる。本稿では、各人において、それら AR 巨人将棋以外の将棋タスクの所要時間を平均したものを将棋力の要素になりうると考え、図 5 のように計算した。純粋な歩行に関する比較・検討を行うためには、これら将棋力の違いによる影響を割り引く必要があると考えられる。この将棋力に関する候補指標と AR 巨人将棋の回答時間との Spearman の相関係数を求めたところ、 $0.7051704$  と高い相関があった。

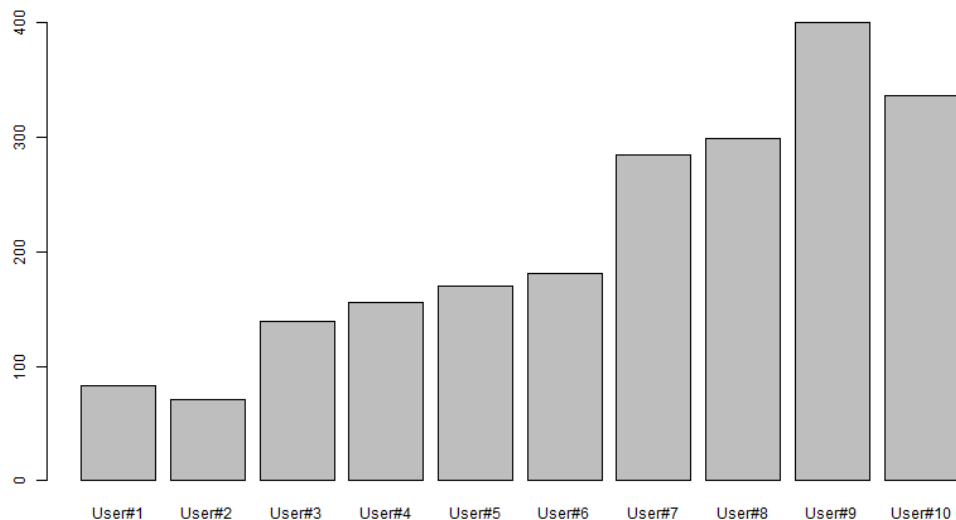


図 5：将棋力指標

#### 【2 度踏みに関する仮説】

AR 巨人将棋に、いったん足をマス目から離れた状態で、もう一度マス目の上に足をのせることで再度そのマス目の情報を読み上げられるようにしている。この機能を用いることで、1 度のフィードバックだけでは覚えられなかったり、音声情報を聞き取れなかった場合に再確認することが可能となる。本研究においては、この 2 度踏みが多い状態は、自身のメンタルマップへの確信度の不足や、システムフィードバックへの認知に関する問題があるとの仮説を立てる。前回のマスの検知結果と同じ場所を検知していた検知結果を抽出して、全体の検知数からの比率を 2 度踏みの比率として計算した。

結果を図 6 にしめす。結果を見ると、回答までに時間がかかった体験者は、比較的 2 度踏みの割合が高いことがわかる。各体験者の 2 度踏み比率と回答までの時間の相関関係を Spearman の相関係数で求めたところ、0.5045616 と比較的高い相関が得られたため、2 度踏み比率は回答までの時間を長くする要因の一つであると考えられる。

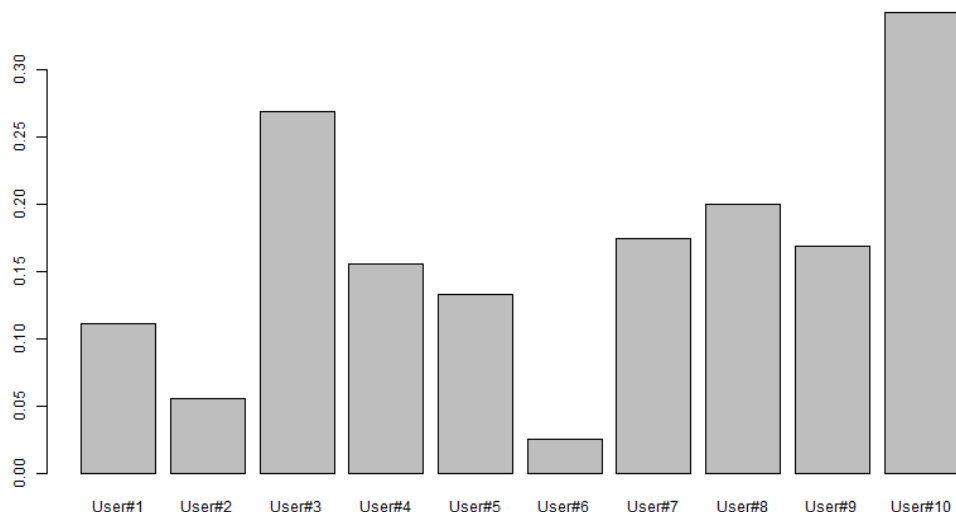


図 6：2 度踏み比率

### 3-4. AR 巨人将棋の主観評価結果の分析

AR 巨人将棋のイベントの後にに行ったアンケート調査の集計結果を表 1 に示す。まず回答平均(1.4)ということから、標準偏差 0.5 という数字からも、Q1 のゲームイベントが楽しめたかどうかの問いに関して、ほとんどの参加者がよい評価を下していることがわかる。また、難易度を問う問いにおいて、難易度が高かったのと回答があったのは、Q2 駒の配置を頭に入れることや、Q8 音声読み上げの音声の聞き取りやすさの部分であった。駒の配置を頭に入れることは、回答の標準偏差も高いことからかなりの個人差があることがわかる。また、読み上げ音声の聞きやすさに関しては、使用したホールの残響が多く、“金”“銀”といった発音が似ている駒の種類を聞き取りにくかった影響であると思われる。

アンケート調査による主観評価に関しても、最終的な AR 巨人将棋の回答を行うまでの所要時間との相関係数を確認したところ、Q4、Q7 が高評価の人が所要時間と相関が高いことがわかる。こちらにおいては、本 AR 巨人将棋ゲームにおいて移動

の部分での問題が少なかったことが原因で成績がよかったのではないかとと思われる。相関は高くないが、Q9 の質問も成績がいい人ほど良い評価である傾向があった。

表 1：アンケート調査の集計結果

質問項目	回答平均	回答不変標準 偏差	所要時間との 相関係数
Q1: ゲームイベントは楽しかったですか？	1.4	0.5163978	-0.4989827
Q2: 歩きながら駒の配置を頭に入れるのは簡単でしたか？	3.7	2.110819	0.03727355
Q3: 詰将棋の問題は簡単でしたか？	2.1	1.523884	0.2593905
Q4: 将棋盤のマスを人工芝の感触で確認することは簡単でしたか？（白杖または足の感触で）	2.1	0.875595	0.6772039
Q5: 将棋盤のマスに乗ってから、中央部を探し当てるのは簡単でしたか？	2.8	1.398412	0.1836768
Q6: 中央部を探し当てた時、振動および音声による反応は良かったですか？	2.8	1.398412	-0.08440138
Q7: 将棋盤のそれぞれのマスから、隣のマスに移動するのは簡単でしたか？	2.9	1.72884	0.5902608
Q8: 読み上げ音声は聞きやすかったですか？	4.5	1.715938	0.01906386
Q9: 音声情報の内容は盤面を把握するために十分でしたか？	2.5	1.840894	0.3272629
Q10: 普段、詰将棋を解きますか？	3	0.942809	-0.2367397

### 3-5. 重回帰分析による所要時間のモデル化

本節では、複数の特徴量を組み合わせることで、個別の特徴量単体よりも高い説明能力を持つ特徴量の組み合わせについて考察する。統計的な手法として、複数のデータや特徴量から予測を行う際に使う重回帰分析がある。本稿では、AR 巨人将棋の回答時間（TIME）を説明する特徴量を考える問題を重回帰分析の問題として考える。

特徴量の候補としては、欠損がなく、相関も高かった移動速度（SPEED）、2 度踏み比率（NIDO）、単位移動距離中の方向転換率（TURN）、将棋力指標（SYOGIRYOKU）の特徴量の組み合わせ方を候補とし、それらの影響度を重回帰分析より求める。利用する特徴量を自動的に選別する方法として、逐次的選択法を用いる。重回帰分析の結果として、判定予測式  $\text{TIME}^{\wedge} = \text{TURN} \times (-1071.497) + \text{SHOGIRYOKU} \times (1.320) +$

489.833（自由度調整済み決定係数：0.7018）が自動的に決定できた。推定された予測式による予測値と実測値の相関係数は、0.9240164 といった高いものが得られた。

#### 4. まとめ

本実証実験においては、視覚障害者が楽しんでナビ利用時と近い状況で課題を解く実験 AR 巨人将棋を実施し、マルチタスク状況での歩行状況を評価する方法論を提案した。同様の方法論を用いて、もっと多くの視覚障害者の歩行データが収集されることが、分析の精度を上げていくことにつながれると思われる。

本研究では統計的に歩行パフォーマンスの主要因を求めたが、それらの主要因と抽出されたもののうち移動速度、2 度踏み（案内再確認）率等はナビの実利用時のも測定可能である。これらをナビ時の求めることで、視覚障害者の不安等の状況把握や状況に応じた情報提示に応用できる可能性がある。

#### 文 献

1. [1] 蔵田武志，関喜一，興梠正克，石川准：白杖歩行と盲導犬歩行における音声ナビの役割 ～ 歩行訓練支援に向けて ～，信学技法 MVE2012-96, vol.112, No.474, pp. 5-10, 2013.
2. [2] R. Ichikari and T. Kurata: Virtual Mapping Party: Co-creation of Maps for Visually Impaired People, Journal on Technology & Persons with Disabilities, vol.5, pp.208-224, 2017.
3. [3] 亀田能成，釜坂一步，一刈良介，蔵田武志，石川 准：視覚障害者の移動を支援する位置提示の実証実験，HCG シンポジウム 2016, pp.343-346, 2016.
- [4] 川口稚京・喜多伸一，石川准：視覚障害者が行う将棋における情報伝達手法，電子情報通信学会福祉情報工学研究会，2017

#### ➤ マッピング活動とナビの連携とその将来展望

前述のバーチャルマッピングパーティの特徴について、今後の展望も含めて改めて以下にまとめる（図 1）。

- ・ 視覚障害者向けの地図コンテンツ（特に POR）作成支援に注力
- ・ 全方位動画像、三次元環境音を用いた VR 環境で現場を疑似体験
- ・ ナビや AR 触地図など他のアプリとの連携による収集情報の活用とステークホルダー間での要望や評価などのコミュニケーション促進
- ・ 障害者自身も情報収集の取り組みに共創的に参加可能
- ・ 機械学習による各作業の段階的な自動化

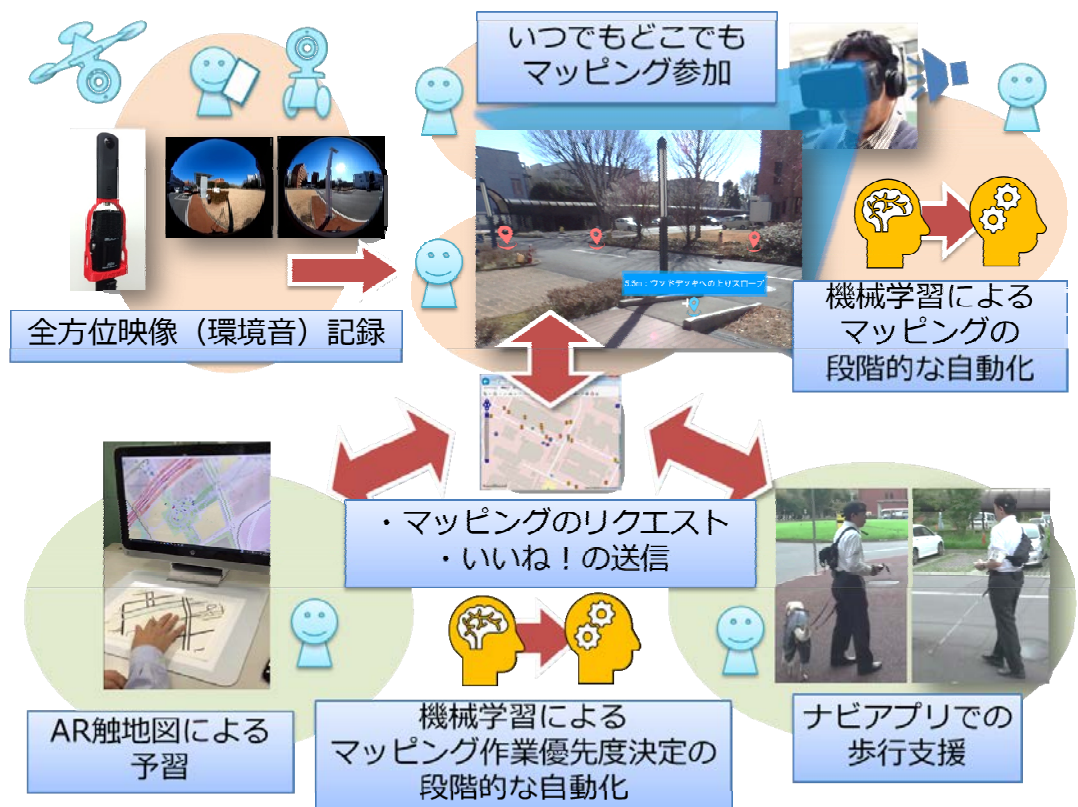


図1：機械学習による段階的な自動化を含むバーチャルマッピングの構想図

筆者らが実証実験した際は、環境情報（全方位画像、環境音）を実験実施者が収集したが、今後は、マッピングを必要とするユーザの協力者、ナビサービス利用中のナビユーザ、パーソナルモビリティ、ロボット、ドローン等による収集が、その活用のためのエコシステムを含めて社会実装されることが望まれる。また、現状では、バーチャルマッピングアプリユーザが環境情報を閲覧しながら POI/POR 登録作業を進める仕組みであるが、この作業は環境情報へのラベリング、つまり機械学習のための訓練データ作成作業とみなすこともできる。その訓練データを用いた機械学習により POI/POR 候補が自動で抽出され、アプリユーザがすべき作業がその確認だけになれば、作業効率向上が期待できる。さらに学習が進めば POI/POR 登録の自動化も実現可能となる。地図コンテンツ整備の継続性をもたらし、無理のない多世代共創を実現するためには、このようなマッピング作業が段階的な自動化が必須となる。

本プロジェクト、もしくは、一企業の閉じたサービスのみには頼るのではなく、よりオープンなサービスを連携させることで、マッピングからナビまでの一連のサービスの持続性を高めることができると考えられる。その具体事例として、クラウドソースの道路画像共有プラットフォームである Mapillary、地図共有プラットフォームである OpenStreetMap、及びオープンソースソフトウェアで GitHub での開発が進められているナビアプリ NavCog[1]を、本プロジェクトで開発したバーチャルマッピングアプリと連携させた場合の構成例を図2に示す。本プロジェクトでは、岡本商店街とコープ岡本の協力の元、パノラマ画像撮影と機械学習による POI/POR 自動抽出の予備検証、及び NavCog による視覚障害者ナビ体験イベントを実施した。どちらに関しても本格的な実証や導入については今後の課題であるが、将来展望につなげるために実施した各取り組みについて、次節以降で紹介する。

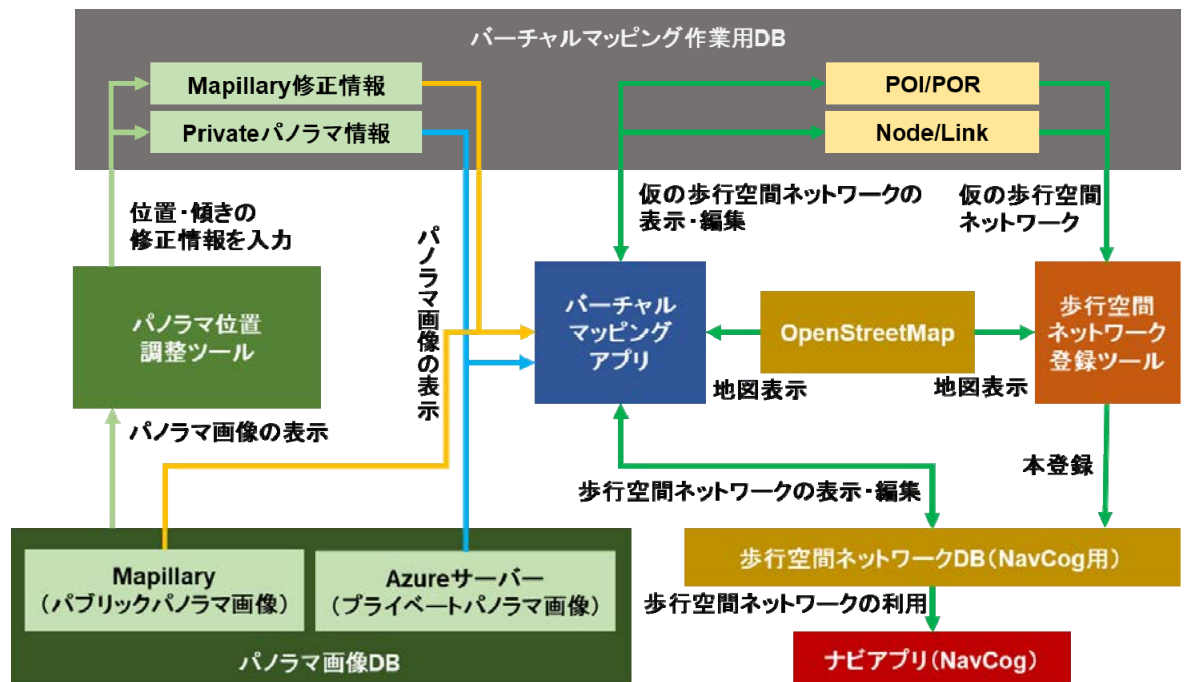


図 2 : Mapillary、OpenStreetMap、NavCog、  
及びバーチャルマッピングアプリの連携例

## 1. POI/POR の機械学習

岡本商店街及びコープ岡本店内で撮影したパノラマ画像群を対象として、点字ブロック、マンホール、標識といった屋外の POI/POR、及びエレベーター、レジといった店内の POI/POR を、バーチャルマッピングアプリで登録したとする。上記 5 種類の POI/POR のパノラマ画像上の座標とその周辺の画像領域（ここでは部分矩形）の例を図 3 に示す。バーチャルマッピング作業によって、各画像領域に 5 種類の POI/POR ラベルが付与されることになるため、それらを機械学習の訓練用データとして用いることができる。

本予備検証では、まず、計 165 枚の 5 種類の POI/POR ラベル付き画像を訓練データとして、画像認識の Web サービスである Microsoft Azure Custom Vision Service にアップロードしカスタムビジョンモデルを作成し、そのモデルの性能を K 分割交差検証法により実施した。その結果、適合率 (Precision) は 96.2%、再現率 (Recall) は 86.0%であった。各対象の適合率、再現率は表 1 のようになった。

次に汎化性能を把握するために、Web 検索により点字ブロックもしくはマンホールを含む画像をそれぞれ 12 枚ずつ選び、上記の 165 枚の訓練データにより作成したモデルを用いて画像認識処理を施した。結果を図 4、5 に示す。それぞれ 8 枚については 90%以上の確率 (Probability) で対象が含まれるという認識結果が得られたが、それぞれ残りの 4 枚については十分な性能が得られなかった。

本格的な検証については今後の課題となるが、本予備検証によって、バーチャルマッピング作業により蓄積される POI/POR ラベル付き画像領域群を機械学習の訓練データとして活用することで、徐々に POI/POR の抽出・登録作業を自動化していくことの実現可能性が、ある程度示されたと言える。

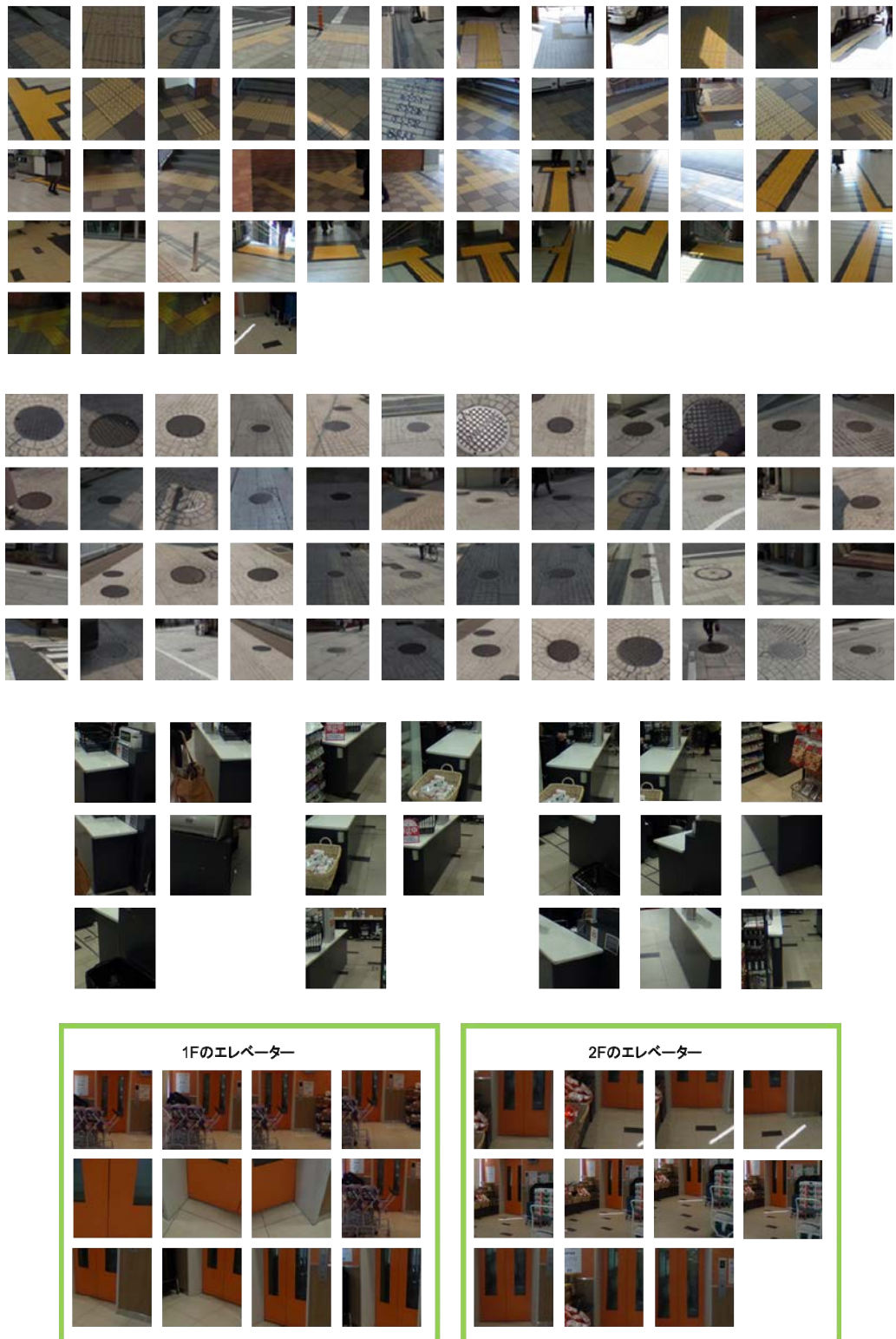


図3：岡本商店街とコープ岡本で撮影されたパノラマ画像から切り出し画像  
(1 段目：マンホール、2 段目：点字ブロック、3 段目：レジ、4 段目：エレベーター)

表 1：各ラベルの適合率、再現率

ラベル	適合率(%)	再現率(%)
点字ブロック	93.5	78.6
マンホール	100.0	93.8
標識	100.0	91.7
レジ	91.7	61.9
エレベーター	96.3	100.0

Probability: 90%以上



図 4：点字ブロックの認識結果（上段：確率 90%以上、下段：それ以外）

Probability: 90%以上



図 5：マンホールの認識結果（上段：確率 90%以上、下段：それ以外）

## 2. 視覚障害者ナビ NovCog 体験イベント

食料品小売店舗外から店舗内の特定の商品売り場やレジ、出口へ案内するナビアプリ体験のためのイベントを、2017 年 10 月 26 日に実施した。阪急神戸線岡本駅近くのコープ岡本の協力を得て、その 1 階売り場を開催場所とした。

本イベントでは、前述のように視覚障害者ナビアプリとして NavCog[1]を採用した。NavCog は、IBM、清水建設、CMU が開発を進めている HULOP (Human-scale Localization Platform)に含まれる視覚障害者向けナビアプリで、オープンソースソフトウェアとして GitHub から入手することができる。そのため、類似の取り組みで必要とされるシステムの共通開発基盤として、もしくは視覚障害者ナビアプリのベンチマークとして、HULOP や NavCog を活用することも可能であろう。

ナビコンテンツとしての歩行空間ネットワークデータについては、まず、現地でのパノラマ画像撮影とリアルマッピング作業、及び得られたパノラマ画像を用いたバーチャルマッピング作業にて POI/POR 情報を収集、修正した。得られた POI/POR 情報に基づいて、図 2 に示した歩行空間ネットワーク登録ツールで歩行空間ネットワークを編集、加工して、NavCog 用の歩行空間ネットワークデータベースに登録した。

NavCog は、iPhone 用の視覚障害者ナビアプリであるが、ユーザの位置情報を得るために、NavCog では、フィンガープリンティング方式の BLE ビーコン測位と PDR (Pedestrian Dead Reckoning)、マップマッチングを組み合わせた統合測位アルゴリズムを採用している。そのため、イベント前に、店舗内外計 26 か所に BLE タグを配置した (図 6 左)。その上で、BLE ビーコン信号の電波強度分布であるフィンガープリントを作成するために、図 6 右に赤いダイヤモンドで示される各計測点で 10 秒ずつ電波計測を行った。

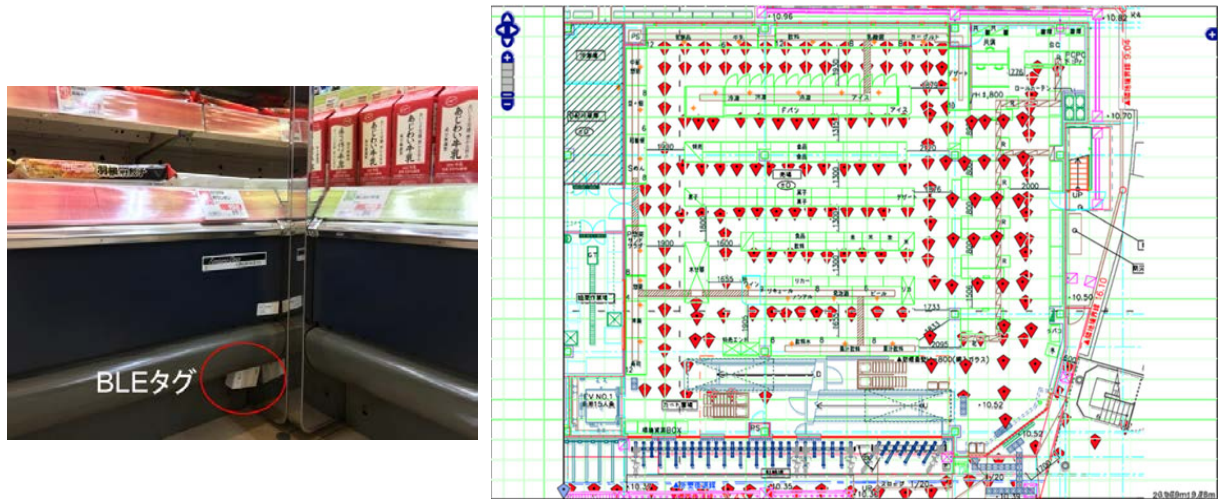


図 6：店舗内の BLE タグの設置例 (左) とフィンガープリント計測位置 (右)

作成されたフィンガープリント及び測位プログラムの測位精度を、各評価地点での静止時の誤差による評価した。静止時誤差は平均で 1.40m であった。各評価地点での誤差のばらつきを図 7 に示す。これは、誤差の 50%バブルチャートとなっており、誤差の偏りがあることがわかる。また、実際にナビを使う場合は移動中に情報を受けることもあるが、その場合は、処理時間に起因する時間遅れが見かけの誤差を増大させてしまう (例：移動速度が 1m/秒で、測位結果の取得に 2 秒かかるとすると、2m の誤差がさらに上乘せされてしまう) ことも念頭に置いておく必要がある。

る。

イベント当日は、視覚障害者4名（全盲2名，弱視2名）にご参加いただいた。各体験者は、まず、触地図を用いた口頭説明によりルートを予習すると共に NavCog の使用方法の予習も行った。その後、店舗入り口から約 20m 離れた屋外に誘導された後、NavCog による音声ガイドに基づく単独歩行を開始した。体験者は、以下に関する音声案内を受け、それに沿って行動した。

音声で案内した場所：

店舗入り口→食品棚 1→食品棚 2→食品棚 3→食品棚 4→  
レジ→店舗出口→スタート位置（店舗外のバイク置き場）

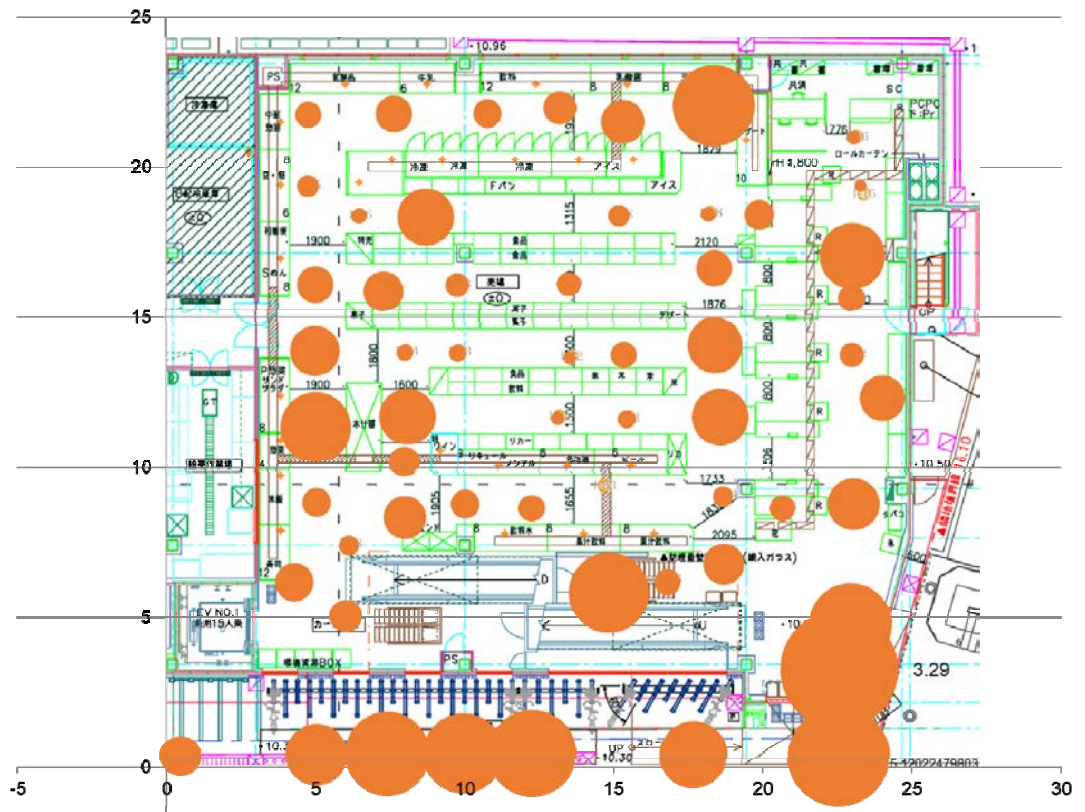


図 7：静止時誤差の 50%バブルチャート（平均誤差：1.40m）

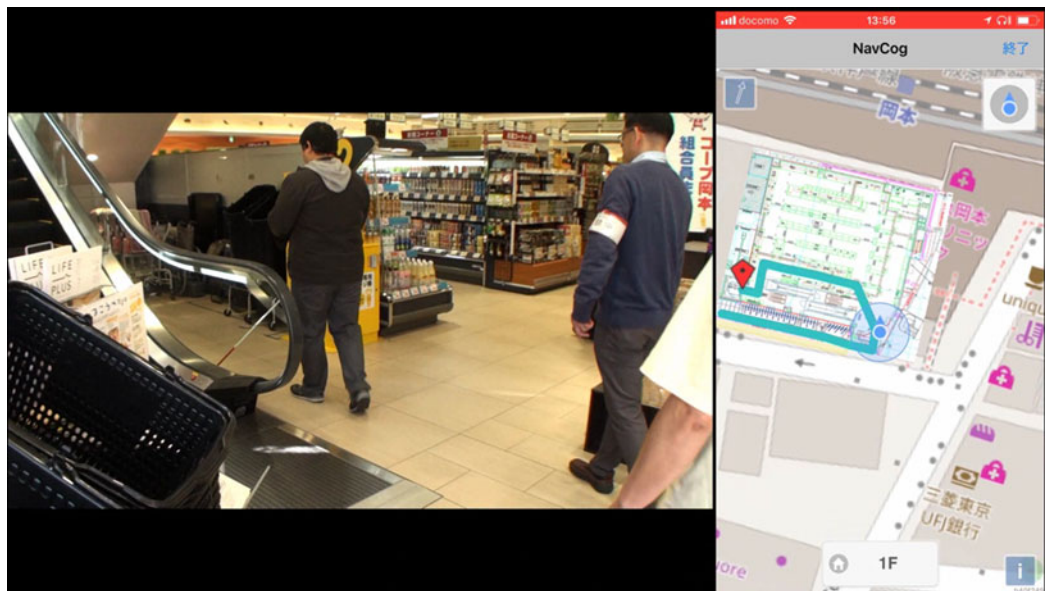


図 8：NavCog 体験中の様子（左）、NavCog 画面のスナップショット（右）

各体験者は、図8に示すように NavCog での音声案内を 10 分から 20 分程度体験した後、インタビューを受けてイベント参加を終了した。合計約 1 時間程度のイベント参加であった。体験者へのインタビュー結果抜粋を以下に示す。

- ・ナビは目的地まで行くのに役立ったか？
- 途中の売り場情報が得られるのはよかった。普段より情報量が多くよかった（弱視）。
- 目的地まで行くことができた。間違いも触地図で得ていた事前知識で補正できた。
- まだ未完成な印象であった。
- 商品選択のサポートと組み合わせられるとよい。
- リルートは要改善。
- ・方法感覚をつかめたか？
- バイブレーションによる方向確認ができるのがよかった。
- ・メンタルマップの構築に役立ったか？
- 触地図がメンタルマップには役立った。これくらいだと覚えきれぬ。
- 触地図とナビの組み合わせで補えたのがよかった。
- 地図だと覚えきれぬ。
- 途中の目的地は覚えられた。エスカレータ/レジなどは覚えている。
- ・ナビの量は適切？
- 情報量が多すぎることもなかった。
- 人によっては不要な人もいるかもしれないので、切り替えができるよきそう。
- もっとしゃべってほしい。
- ・タイミングは適切か？
- 危ないところは事前に知らせてほしい。
- 再生速度を早くしてから、自分にフィットするようになった。
- ・このナビで自由な歩行をしたい？
- 衝動買いをしてみたい。
- このシステムがある店があったらリピートするであろう。
- ・改善点/良かった点/要望等
- 売り場内の商品を選ぶための機能がほしい
- 位置確認機能がほしい
- 癖を事前に知らせてほしい
- 視覚障害者支援だけではなく/他と組み合わせで普及させるとよい
- うまくいかないときの復帰機能がほしい

前述した通り、本格的な実証や導入は今後の課題であるが、バーチャルマッピングアプリと、Mapillary、OpenStreetMap、NavCog の連携の実現可能性があることや、NavCog のようなナビアプリでのサービス提供が上記のインタビュー結果のように有効であることなどを確認することができた。

## 文 献

[1] Dragan Ahmetovic, Cole Gleason, Chengxiong Ruan, Kris Kitani, Hironobu Takagi, and Chieko Asakawa, NavCog: a navigational cognitive assistant for the blind, Proc. MobileHCI '16, pp.90-99, 2016.

### Ⅲ.2 歩行技能客観的定量的評価方法の開発（2015-2016 年）

#### ● 歩行時の心的ストレスを計測する技術の開発

##### ➤ NIRS による計測

NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy) を用いた生体信号の有効性について検討した。実験では、歩行中の視覚遮断をした晴眼者を視覚障害者と見立て、被験者が「単独歩行」と、精神的かつ身体的負担を軽減した「同行支援を伴う歩行」で脳活動計測を行った。結果、「単独歩行」では、歩行開始後に脳血流の酸素化ヘモグロビンの濃度・長が大きく上昇し、歩行停止の指示後には上昇が緩やかになるとともに徐々に減少へと転じた。一方、「同行介助を伴う歩行」では、歩行開始後に酸素化ヘモグロビンの濃度・長が上昇せず、わずかに減少した。この結果から、被験者が実験課題を遂行する際の被験者の精神的・身体的負荷と脳活動の変化には高い相関が示唆された。よって脳活動計測手法は、視覚障害者の歩行訓練の習熟度の定量的評価手法に有効であると考ええる。

#### ● 歩行軌跡、歩行時間、ストレス等から歩行技能を定量化する技術の開発

##### ➤ 歩行訓練システムにおける測位技術

歩行訓練システムにおける測位技術を見直し、精度を向上させた。従来の訓練システムでは、歩行動作を計測する際に、突発的な加速度計測値のノイズにより、誤って歩行開始と判定され、訓練生が停止しているのにも関わらず移動状態であると誤認識してしまうなどの不具合があったが、今回はトリガとして、前後方向の加速度ではなく、上下方向の加速度を使用する方法を採用することにより、10m ほどの歩行でも誤差をなくすことができた。

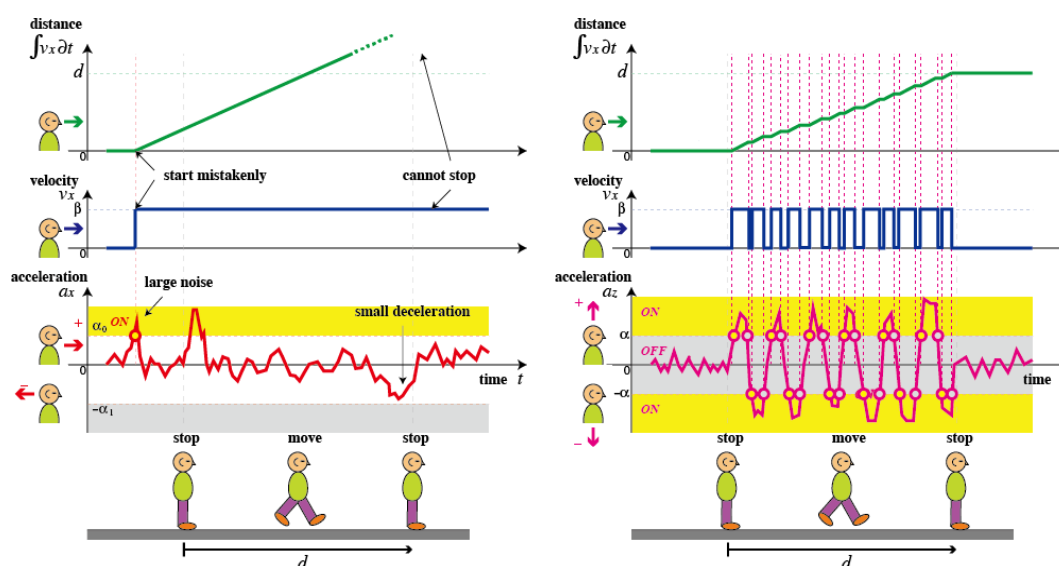


図 測位技術の改良（左：従来型 右：改良型）

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>●地理リテラシーの効果に関する研究</li><li>●地理リテラシーを高める訓練手法の開発</li></ul> |
|---|

→Ⅲ.1 の第2項目“触覚によるAR・VR技術の開発”の“外出前学習のための拡張現実型触地図”参照

#### **3-4-4. 実証実験と社会制度化**

#### **IV.1 地域コミュニティとの連携構築・強化（2014-2016年）**

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>●視覚障害リハビリテーションの地域ブロック活動への参加</li></ul> |
|---|

- 2016年11月26日につくばで開催された視覚障害リハビリテーション協会関東地域部ブロックの活動に参加。視覚障害リハビリテーションのスタッフや当事者、晴眼者とともに、視覚障害・聴覚障害学生のための大学である筑波技術大学を視察。地域コミュニティ形成のための地域ブロックの協力体制を強化した。
- 2015年8月に静岡で全国盲ろう者大会に参加し、参加者にヒアリング調査を行った。地理情報に対するニーズやGPSを利用したナビゲーションの使用感などについてヒアリングした。主な質問事項は、普段移動の際に必要な情報を得る手段、街の様子を構造的に理解することに関心があるか、単独歩行の難しさ、道案内の際に理解しやすい説明方法などである。

ヒアリングでは、盲ろう者が移動の際に直面する困難の事例を収集することができた。視覚や聴覚に障害がある場合、移動の際に様々な情報を得ることが難しいことから、自分の現在位置や周辺の状況がわからないために不安を覚えることが多い。そのために孤独感にさいなまれることもある。またある参加者は、ヒアリング調査中に支援機器を用いて熱心に地理情報を検索する場面もあった。移動支援情報を得ることの切実さ、情報を得られることによる喜びの大きさについて実感し、ニーズに対する理解が深まった。

また、特に盲ろう者の場合は、視覚と聴覚をどちらを先に失ったかといった障害状況により、情報伝達の方法に大きな個人差がある。ごくおおまかに言って、主な情報取得手段は、盲ベース（先に視覚障害があり、後に聴覚障害となった）の場合は点字や指点字、ろうベースの場合には触手話といった差がある。盲ベースの人は言葉による道案内がわかりやすいと思うが、ろうベースで以前から手話を用いていた人は触地図やイメージによる方が理解しやすいのではという意見があった。移動支援においてわかりやすいと思うナビゲーションは人により異なるという点は、盲ろう者に限らず共通する。「最適な」ナビゲーションは一つには定まらない。障害特性や好みなど、個別のニーズに対応できるよう様々な選択肢が用意されていることが重要であるとの確信を得た。
- リアルブラインドマッピングパーティの開催

平成27年5月23日に、新潟駅周辺（新潟市）でブラインドマッピングパーティを実施した。これには、新潟市在住の視覚障害者5人、ガイドヘルパー5人、マップコンシェルジュ2人、新潟大学教員と学生7人が参加した。JR新潟駅万代口から万代地区まで、主に東大通り沿いを調査し、視覚障害者が必要とした情報を特定し、電子地図（OpenStreetMap）に書き込んだ。マッピングパーティの様子は、地元テ

レビ番組の取材を受けた。視覚障害者が多数参加したマッピングパーティの開催はこれが初めてと思われる。



ブラインドマッピングパーティの様子

- バーチャルブラインドマッピングパーティの開催  
→Ⅲ.1の第1,2項目“聴覚・触覚のAR・VR技術の開発”の“Virtual Mapping Party: 歩行環境のVR再現による視覚障害者向け地図の共創的作成”参照
- AR 巨人将棋  
→Ⅲ.1の第1,2項目“聴覚・触覚のAR・VR技術の開発”の“視覚障害者歩行支援実証実験 AR 巨人将棋における歩行状況分析”参照
- 触地図作成ワークショップ  
触地図作成システムを利用して触地図を作ることができる人を増やすため、及び触地図そのものを知ってもらうため、NPO 法人 視聴覚二重障害者福祉センター すまいるにおいて、触地図作成ワークショップを計3回開催した（第1回：平成28年7月23日、第2回：平成28年9月10日、第3回：平成29年10月17日）。ワークショップにはすまいるの職員6名前後のほか、すまいるを利用する視聴覚二重障害者数名が参加した。第1回のときは盲導犬協会職員1名が、第2回目のときは視覚障害者リハビリテーション施設職員1名も参加した。職員は触地図の作り方を熱心に学び、ワークショップ終了後もメールでシステムの使い方について問い合わせるとともに、システムの改良希望事項も連絡してきた。この要望に応じて、新潟大学では触地図作成システムを改良した。視聴覚二重障害者は、自宅周辺、及びNPO法人から最寄りの駅までの触地図を作ってもらい、持ち帰った。
- 触地図作成システムの展示  
視覚障害者総合イベント「サイトワールド」に出展し（平成27年11月1日-3日、平成28年11月1日-3日、東京都墨田区）、全国の視覚障害者、及びその支援者らに触地図作成システムを紹介した。いずれの年度も参加人数は3日間でおおよそ4500人。  
第51回福島県点字図書館のつどいに出展し（平成28年10月16日、福島市、主催：福島県点字図書館）、福島県の視覚障害者、及びその支援者らに触地図作成システムを紹介した。参加人数はおおよそ100人。  
第14回視覚障害者のための機器展示会に出展し（平成29年5月28日、名古屋市、主催：名古屋盲人情報文化センター）、中京地区の視覚障害者、及びその支援者らに触地図作成システムを紹介した。  
アイフェスタにいがた2017に出展し（平成29年10月1日、新潟市、主催：新潟県視覚障害者福祉協会）、新潟県の視覚障害者、及びその支援者らに触地図作成システムを紹介した。



展示会の様子（左：サイトワールド 2017，右：福島県点字図書館のつどい）

➤ 神戸においては、構築した連携関係を次のカテゴリーに分け、順に説明する。

(A-1) 視覚障害者支援組織

- (1) NPO 法人神戸アイライト協会
- (2) 社会福祉法人日本ライトハウス
- (3) 神戸市立盲学校
- (4) 視覚障害リハビリテーション協会近畿ブロック会

(A-2) 多世代共創対応組織

- (1) 近隣公立中学校
- (2) 高齢者中心の近隣組織

(A-3) 地方自治体

- (1) 神戸市役所
- (2) 兵庫県庁

(A-4) 実証実験の地元組織

- (1) 岡本商店街振興組合
- (2) コープこうべ

(A-5) ICT 研究開発組織（シビック・テック）

- (1) Code for Kobe
- (2) OpenStreetMap（OSM）

(A-1) 視覚障害者支援組織

(1) NPO 法人神戸アイライト協会

研究協力者の神戸アイライト協会には、視覚障害当事者の紹介や歩行訓練の実態の教示など多方面において協力していただいた。

<http://eyelight.eek.jp/>

(2) 社会福祉法人日本ライトハウス

大阪にある日本ライトハウスは西日本の視覚障害者の中心組織であり、歩行訓練士の養成や盲導犬の訓練を行い、多数の視覚障害者が利用している。関プロジェクトはこの組織と連携関係を構築し、2017年11月に岡本商店街で行った実証実験においては、日本ライトハウスを通じて数多くの視覚障害者に参加・協力していただいた。

<http://www.lighthouse.or.jp/>

(3) 神戸市立盲学校

神戸市中央区にある神戸市立盲学校と連携関係を構築し、やはり実証実験に視覚障害者に参加・協力していただいた。

[http://www2.kobe-c.ed.jp/mo-se/index.php?page\\_id=0](http://www2.kobe-c.ed.jp/mo-se/index.php?page_id=0)

(4) 視覚障害リハビリテーション協会近畿ブロック会

視覚障害リハビリテーション協会（視覚リハ協会；JARVI）は視覚障害に関する福祉団体の連合組織であり、福祉の実務、論文誌の発行、研究発表大会の開催を行っている。

る。関プロジェクトは視覚リハ協会の近畿ブロック会と連携関係を構築し、2017 年 11 月に岡本商店街で行ったシステムの実証実験を、2017 年度の近畿ブロック会研修会と合同で行うという形にすることにより、視覚障害の当事者や晴眼者の協力を得ることができた。

<http://www.jarvi.org/>

## (A-2) 多世代共創対応組織

### (1) 近隣公立中学校

実証実験の場所は神戸市東灘区の岡本商店街としたので、近隣の複数の中学校と連携関係を構築し、2017 年 5 月と 6 月に行った地図作成には、神戸市立本山中学校と神戸市立本山南中学校の生徒と職員に協力していただき、多世代共創の実態化を実現した。

[http://www2.kobe-c.ed.jp/mtv-ms/index.php?page\\_id=0](http://www2.kobe-c.ed.jp/mtv-ms/index.php?page_id=0)

[http://www2.kobe-c.ed.jp/mtm-ms/index.php?page\\_id=0](http://www2.kobe-c.ed.jp/mtm-ms/index.php?page_id=0)

### (2) 高齢者中心の近隣組織

岡本商店街の近隣で活動する高齢者中心の組織と連携・協力関係について討議したが、関プロジェクトが進める ICT を中心にした研究開発は高齢者にはなじみが薄く、組織的な協力関係は得られなかった。しかし視覚障害者のうち特に中途視覚障害者には、高齢者がもともと多く、2017 年 11 月 26 日に岡本商店街の街なかで行った実証実験にも高齢者が多く参加した（参加した視覚障害者 13 名の年齢分布は、70 歳代 1 名、60 歳代 1 名、50 歳代 5 名、40 歳代 3 名、30 歳代 2 名、20 歳代 1 名であった）。それゆえ、システムの実証実験は高齢者も含めて幅広い年齢層に対応している。

## (A-3) 地方自治体

### (1) 神戸市役所

関プロジェクトは視覚障害者移動支援の実証実験を、神戸市役所との深い連携関係のもとに遂行した。神戸市の企画調整局については、創造都市推進部とは ICT に関する情報交換を常時行い、また医療産業都市部とは 2017 年末に神戸市に開設する神戸アイセンターの開設後の連携について議論した。また保健福祉局の障害福祉課とは、プロジェクトの目的や方法について議論を行い、視覚障害者の福祉業務に携わる組織を紹介していただいた。

また関プロジェクトのメンバーは、神戸市が主催する「「ポケモン GO」などスマホの進化が地域社会・地域経済に与える影響に関する有識者会議」において 2017 年 1 月に講演を行い、関プロジェクトの内容を含めスマートフォンによる障害者支援の研究開発について発表した。この有識者会議は一般には「ポケモン会議」の名前で知られ、広い範囲の関心を惹き、講演のときには地元の放送局であるサンテレビジョンが取材に来ており、講演当日の夕刻の番組で講演とインタビューが放映された。

<http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2016/12/20161228040801.html>

この有識者会議は、一連の会合での討議に基づく報告書を 2017 年 3 月に神戸市に提出し、自治体行政や ICT が地域社会・地域経済との関係に関する提言を行った。

[http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp\\_influence/index.html](http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp_influence/index.html)

[http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp\\_influence/img/290330\\_03.pdf](http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp_influence/img/290330_03.pdf)

[http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp\\_influence/img/2903](http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp_influence/img/2903)

## 30\_01.pdf

### (2)兵庫県庁

兵庫県庁の健康福祉部障害福祉局とは視覚障害者の支援について行政、医療、スポーツの面から議論した。

### (A-4) 実証実験の地元組織

#### (1)岡本商店街振興組合

神戸市東灘区にある岡本商店街は、阪急岡本駅と JR 摂津本山駅の間にある 200 メートル四方の地域で、商店と民家が混在している。阪神淡路大震災のあと道路に石畳を敷き詰めて高級感を出し、阪神間の中でも上品で華やかな街として知られている。商店街の道路には自動車は走るが、常に低速走行で、長く住んでいる人に聞いても事故の話は聞いたことがないという。また商店街振興組合が街角に BLE（低電力ブルートゥース）を設置しており、ICT を用いた地域活性化にも熱心である。関プロジェクトは岡本商店街振興組合との連携関係を構築し、地図作成や実証実験のための作業場所を提供していただき、また地域の事情を知る人々を紹介していただくなど、さまざまな形で協力していただいた。

<http://www.kobe-okamoto.or.jp/>

#### (2)コープこうべ

コープこうべは 1921 年に設立された生活協同組合で、地域を代表するスーパーマーケットであると同時に社会活動や環境活動にも熱心な組織である。関プロジェクトはコープこうべと連携関係を構築し、2017 年 11 月に行った実証実験に関し、岡本商店街にあるコープ岡本店に全面的に協力していただいた。

<http://www.kobe.coop.or.jp/>

### (A-5) ICT 研究開発組織（シビック・テック）

#### (1)Code for Kobe

神戸市やその周辺地域の ICT 関係者の会合で、自治体職員、民間企業の社員、大学教員、学生などが定期的に集まって、ICT の社会応用について討議している。このように一般市民の ICT 関係者の集まりはシビック・テックと呼ばれる。この会合で関プロジェクトメンバーは遂行中の研究開発を何度か紹介し、近隣地域の ICT 関係者との親和性を深めてきた。その結果、この会合で知り合った一般の ICT 関係者にプロジェクトの地図作成に参加していただいた。

<https://ja-jp.facebook.com/codeforkobe/>

#### (2)OpenStreetMap (OSM)

関プロジェクトの地図作成においては、OpenStreetMap (OSM) という地図作成システムを用いてプロジェクトメンバー、視覚障害当事者、OSM のエキスパート、地域在住の中学生が協力して地図を作成した。これに先立ち関プロジェクトのメンバーは、ICT による地図作成に興味がある一般市民が OSM を用いて開催されるマッピングパーティのうち、関西圏で開催されるときには参加し、また新潟市において 2015 年 5 月に視覚障害者を含めたブラインド・マッピングパーティを主催し、地図作成の技法の習得に努めた。この技法を用いて OSM を用いて岡本商店街の地図を作成した。またマッピングパーティで知り合った OSM のエキスパートの協力を得て、2017 年 6 月に岡本商店街でブラインド・マッピングパーティを開催し、視覚障害者移動支援のための空間地理情報を現地で採集し、バリアフリーマップに記述した。

<https://openstreetmap.jp/>

## ●視覚障害者の移動支援を核とした地域コミュニティ・デザイン手法の検討

### ➤ 移動支援技術を核とした地域コミュニティ・デザイン手法

ICT を使った移動支援技術は、単に視覚障害者に移動の利便性を提供するのみならず、ICT に関心のある地域の多世代の健常者を巻き込んだコミュニティを形成できる可能性を持っている。

このようなコミュニティ形成は、盲導犬ですでに実践されている。盲導犬は、単なる移動支援の手段ではなく、犬の愛好家のコミュニティを形成することにより、視覚障害とは関係のない一般の地域の健常者にも視覚障害者の支援に関心を持たせることにより、一般人を巻き込んだ支援のコミュニティを形成している。

本プロジェクトの成果である ICT を活用した移動支援技術も、視覚障害者の支援に今まで関心を示さなかった単なる ICT 愛好家の健常者を支援の輪に巻き込める可能性があることを示している。

実際、2017 年に実施したナビゲーションの実証実験では、視覚障害者の支援に関心のない多数の関係者に、視覚障害者への移動支援に対する関心を持ってもらうことができた。

→詳細は IV.2 参照

### ➤ マッピングパーティを核とした地域コミュニティ・デザイン手法

マッピングパーティは多世代の健常者を巻き込み視覚障害者の支援の輪を形成する強力な手段である。単に視覚障害者の移動のための地図情報を作成するだけではなく、この活動に参加した地域の多世代の健常者に、視覚障害者が日常の歩行でどんな不自由を感じているかをあらためて考えて気づいてもらうことにより、地域のまちづくりが変わってくる可能性がある。

2017 年に実施したマッピングパーティにおいては、参加した健常者学生に上記のような意識の変化が見られた。

→詳細は IV.2 参照

## IV.2 全システムの実証実験（2016-2017 年）

### ●開発した歩行技能評価手法により、移動支援システムの効果を検証

#### ➤ スマートフォン用アプリケーション「Extranavi」実証実験

スマートフォン用アプリケーション「Extranavi」は、ユーザがランドマーク登録を行い、また音声による地理情報の提供を行うアプリケーションである。

今年度は、2017 年 5 月 31 日に神戸・岡本商店街にてスマートフォン用アプリケーション「Extranavi」の実証実験を行った。

#### 【実施した内容】

（事前準備）

・アプリケーションに、当日歩くルートおよびルート上の 42 個のポイントを設定した。

・現地に行く前に、触地図を使って当日歩くルートを確認した。触地図作成にあたっては触地図自動生成アプリケーション tmacs（新潟大学が開発しウェブサイトで開催）を利用した。URL: <http://tmacs.info/c/>

（当日の実験内容）

- ・事前に設定した正しいルート情報を用いて「ルートナビ」機能の実地テストを行った。
- ・「ルート記録」機能によりルートを記録し、そのルートデータによる「ルートナビ」機能の実地テストを行った。
- ・今回の実証実験においては、歩行中は支援者が移動支援を行った。通常、街を歩いて移動する際には、歩行者は地理情報の把握の他、移動中の安全確保のために多くのタスクの並行処理を必要とする。地理情報の把握には、タワービューマップすなわち俯瞰地図を頭の中に作成する、現在位置をタワービューマップの中に位置づける、目的地および中継地点の方角と距離を把握するといったタスクがある。移動中の安全確保には、車や信号等の周辺状況の把握、段差等の障害物回避といったタスクがある。

今回は移動中の安全確保は支援者が支援した。これにより歩行者はタワービューマップの作成と自己定位に専念することができる。実環境で発生する歩行移動中の様々な心配事を排除した状況で実験を行い、自分の音声によるランドマーク登録およびランドマーク再生による歩行支援機能の効果を検証した。

#### 【テスト結果】

- ・事前に設定した正しいルート情報を用いて行った「ルートナビ」では、システムは概ね正確にナビゲーションを提示した。
- ・「ルート記録」機能により記録したデータを用いて行った「ルートナビ」では、誤って右折・左折情報を提示した、左折情報を提示できず歩行者が実際に左折した後から左折情報を提示した、誤って逆走を通知した、いくつかのポイントがスキップされた、といった現象が観察された。

#### 【結果と考察】

- ・今回はあえて道路マッチングは行わずに実証実験を行った。従来は、車と同じように人もまた道路を歩くものであるという前提のもとに、最近接道路にマッチング処理をしてナビゲーションを行ってきた。測位誤差が大きい場合に一本隣の道路にマッチングするといった問題が少なからず起きる。測位誤差を修正するために道路マッチングを行うが、それによりかえって誤りを拡大してしまう可能性がある。測位誤差がある以上は、人はガイダンスに沿って概してルート上を逸脱せずに歩くことを前提とせざるを得ない。したがってシステムは、一定程度の逸脱が認められたとしても当分はアラートを出すことを保留し、逸脱が一定範囲を超えたときのみ逸脱のアラートを出すという消極策を取ることになる。またシステムによる誤認には、歩行者が正しいルートを歩いているのに逸脱していると誤認する場合／歩行者がルートを逸脱しているのに正しいと誤認する場合の2種類がある。測位誤差に伴うこうした問題を想定すれば、アラートメッセージの消極性やアラートを出すタイミングの遅延は不可避である。今回の実証実験では、現状のインフラの範囲内で実現可能なシステムの限界を改めて確認した。この分野の研究者・開発者にとっては既知の問題でありながら、必ずしも明言されてこなかったように思われる。解決策は誤差のない測位情報を取得できるようにするための環境整備しかない。屋内ではビーコンなどのローカルインフラを設置する方法があるが、範囲は局所的であり、日本全国世界各地というわけにはいかない。

今回は道路マッチングを行わずに上記の実験を行い、測位誤差に由来するシステムの誤りがユーザに与える影響度合いを検証した。

- ・あらかじめ正しく設定したルート情報による「ルートナビ」とは、「ルート記録」の際の測位誤差がない場合を実験的に構築したものである。「ルート記録」の際の測位誤差がない場合では、初めて訪れる街であってもアプリケーションを頼りに向かうべき方向を知ることができた。

- ・「ルート記録」機能により記録したデータには測位誤差が含まれるため、そのデータを用いた「ルートナビ」では、自分の頭の中にある地図情報とシステムが提示する情報がくい違うために頭の中に混乱が生じた。

- ・実際に歩きながらアプリケーションを実行することで、測位誤差が歩行者にもたらす混乱の度合いを体感をもって知ることができた。

- ・ルートログ記録中も実際の歩行中も測位データの誤差がサブメータの範囲であれば、測位誤差は無視しうる。

#### 【参考】

衛星測位の誤差は、(1) 衛星数が少ないことによる誤差、(2) 電離層による誤差がある。

安定した高精度測位のためには 8 機以上の衛星が見えることが望ましい。2018 年以降、みちびきが 4 機体制（2023 年には 7 機体制）になり、GPS と併せて 8 機以上の衛星がほぼ日本全土をカバーするようになる。さらに、電離層誤差を解消するためには、L1 と L2（又は L5）という複数の周波数を組み合わせて測位する必要がある。みちびきは 4 機とも複数周波衛星である。また 2018 年には複数波 GPS 衛星が増加し、みちびきと一体で利用することにより電離層情報の誤差軽減が期待できる。

#### ➤ 点字マップによるマッピング支援に関する研究

点字携帯端末上で動作する点字マップアプリを試作した。

昨年度の AR 巨人将棋実証実験により、視覚障害者の移動支援においては、ナビゲーション支援、モビリティ支援とともにタワービューを提供するマッピング支援が重要であるとの知見を得た。

そこで、本年度はモバイル環境でマッピング支援を提供する点字マップを開発した。

#### 【点字マップアプリの特徴】

点字マップは、点字携帯端末で動作する。

触地図と異なり、モバイル環境で触覚地図を表示できるのが最大の利点である。

難点は地図を表示するデバイスとしての点字ディスプレイの限界である。点字携帯端末には横に点字セルを 32 個実装した 1 行ディスプレイが組み込まれている。したがって 1 行ディスプレイに地図を表現するとなると、マップといいつつも、横に細長いひも状の地図表現とならざるをえない。東西方向は良いが、南北方向は上下スクロールにより行う必要がある。

縮尺は 1 マス 10m から 100km までとした。したがって東西方向は 320m から 3200km、南北方向は 10m から 100km の範囲を表示できる。ゆえに東西と南北の表示範囲の比率は 32 対 1 である。また 1 マスは縮尺にかかわらず東西と南北の距離は等しくなる。また点字キーコマンド（ホットキー）で拡大縮小ができるようにした。また東西、南北のスクロールも点字キーコマンド（ホットキー）でできるようにした。

点字マップはユーザが登録したユーザランドマークだけを表示することとした。それでも、登録したランドマークが多いと、縮尺が大きくなるほど一つの点字セルに

複数のランドマークが重なることになる。点字の記号を変えることで複数のランドマークがあることをユーザに伝えることとし、点字セルの上部のタッチカーソルと呼ばれるボタンを押すことで音声でランドマークを読み上げるようにした。複数のランドマークがある場合は、タッチカーソルを押すごとに次のランドマークの名称を読み上げることにした。

また、道路標示モードも実装し、県道以上の道路を点字マップに表示できるようにもした。道路の方向は点字の記号を工夫することで理解できるようにした。タッチカーソルを押すと道路の名称と道路の方向を読み上げるようにした。

複数の道路がある場合は点字の記号を工夫することでそれとわかるようにした。交差点がある場合もそれとわかるようにした。ランドマークと道路を同時に表示するモードも用意した。

ランドマーク登録は、GPS で測位した現在位置、仮想散歩等の機能で移動した仮想現在位置、ローカルに持っている Mapple の商用の POI データベース検索、ネット上のフリーの Yahoo 地図検索、OSM 検索により登録できるようにした。

### 【実験】

この点字マップアプリを用いて以下の実験を行った。

1. 日々や公園周辺のランドマークの点字マップ
2. 京都市のランドマークの点字マップ
3. 長野県のランドマークの点字マップ

### 【結果と考察】

点字マップは南北方向のスクロールを頻繁に行う必要があるが、ランドマークの位置関係の理解には有効である。

一方道路と道路の関係の理解は難易度が高く、道路マップのマッピング支援としては限界がある。

## ➤ 視覚障害者移動支援のためのバリアフリーマップの作成

- ※移動支援システムにおけるマッピングパーティのデータの活用方法は、I.2 の第1項目“多くの視覚障害者の端末から届く移動アクセシビリティ情報を解析するアルゴリズムの開発”参照

視覚障害者移動支援システムを作成するため、まず OSM を用いてバリアフリーマップを作成した。

### 【バリアフリーマップ】

視覚障害者や肢体不自由者をはじめとする障害者や、乳母車、高齢者などが街なかを移動するにあたり、障害となる情報を書き込んだ地図である。この種の試みは、車いす利用者向けの地図作成が国内外でいくつか行われている。

<https://wheelmap.org/>

<https://www.wheelog.com/hp/>

<http://web.bmaps.world/>

一般に、車いす用の地図は、道幅、傾斜、段差の有無と段数など、物理的制約が占める割合が大きく、それゆえ地図が作成しやすい。これに対し視覚障害者用のバリアフリーマップは、視覚障害者の症状や重度により記述対象が一貫していないので、地図の中に何を記述するかに一定の基準がない。それゆえ現在は試行錯誤により地図作成のノウハウを探りながら進めている段階にあるので、本プロジェクトの研究開発は今後のバリアフリーマップの指針となることが期待される。

### 【OpenStreetMap (OSM)】

移動支援のためには実空間の地理情報を採集し、地図として記述する必要がある。ここで地図の作成には、地図作成を行っている大手企業と連携する方法と、研究開発担当者が地図を作成する方法がある。視覚障害者や肢体不自由者のための地図を作成するためには、移動支援のためのバリアフリー情報を記述する必要があるが、企業が作成した地図には著作権があり、新たな情報を無断で追加することはできない。関プロジェクトの地図作成においては、研究開発担当者が地図を作成する方式を取り、OpenStreetMap (OSM) という地図作成システムを用いて、プロジェクトメンバーのほか、視覚障害当事者、近隣の視覚障害者支援組織の職員、中学生が参加して、多世代共創でブラインド・マッピングを開催し、OSM のエキスパートの協力を得て視覚障害者移動支援のためのバリアフリーマップを作成した。

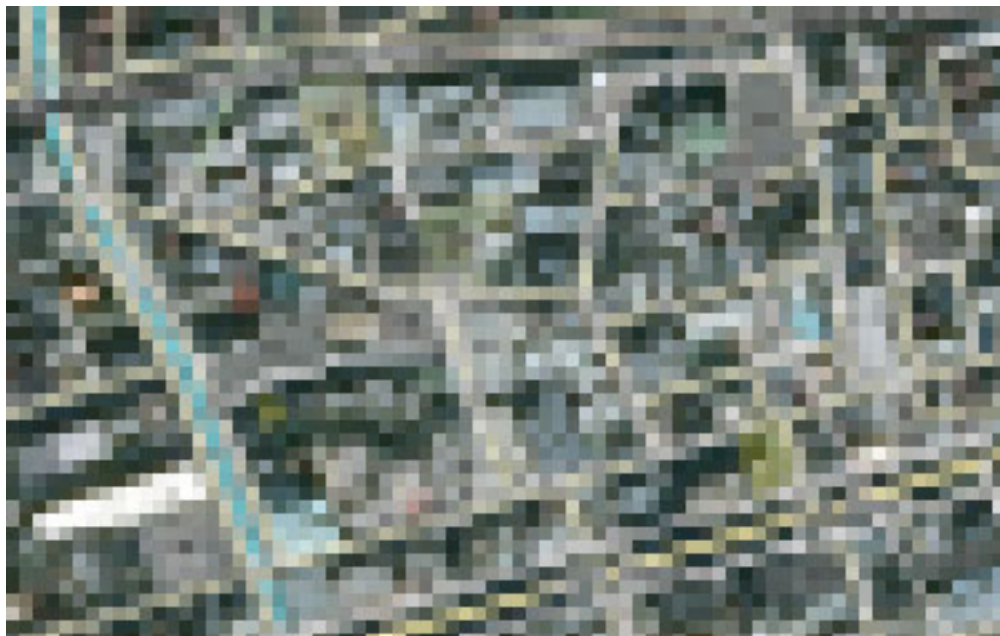
### 【視覚障害者移動支援用バリアフリーマップ作成手順】

作成手順は次の 5 段階に分かれる。

- (1) 国土地理院地図・衛星画像に基づく地図にアクセスする
- (2) 街路・建物・鉄道を描きこむ
- (3) 商店街の情報（店舗名など）を描きこむ
- (4) 現地調査により精緻化する
- (5) ブラインド・マッピングパーティで視覚障害者用の情報を現地で収集し描きこむ

### 【視覚障害者移動支援用バリアフリーマップ】

作成手順の(1)から(3)は、著作権保護の対象外となる情報に基づき、現地調査を行わなくても地図が作成できる水準である。しかし基となる情報が古く現状を正確には反映していないので、(4)において現地調査を行い、建物や街路の情報を現状に適合させ精緻化した。この段階までの地図作成はプロジェクトメンバーとプロジェクトの研究員が行った。



岡本商店街の衛星画像（地図作成のときに書き込んだ情報を含む）

※著作権保護のためモザイク処理済

### 【ブラインド・マッピングパーティ】

(1)から(4)の一般的な地図作成を行った後、(5)のブラインド・マッピングパーティを行った。これは視覚障害当事者もメンバーに加わって行う地図作成会議である。今回のプロジェクトでは2回に分けて行った。

#### 【ブラインド・マッピングパーティ #1】

ブラインド・マッピングパーティに先立ち、プロジェクトメンバーは現地在住の視覚障害当事者ととも岡本商店街を歩き回り、視覚障害者用のバリアフリーマップを作成するために記述すべき対象（タグ）の候補を列挙しておいた。

1回目のブラインド・マッピングパーティは、プロジェクトメンバー（視覚障害当事者1名を含む）、現地の視覚障害当事者2名、近隣組織の歩行訓練士、学生数名が参加して、2017年5月31日に行った。まず(1)から(4)の手順で作成した地図を持って現地調査を行い、あらかじめ候補を挙げておいた、視覚障害者用のバリアフリーマップを作成するために記述すべき対象の候補について討議した。対象地域が200メートル四方でいどで狭いことから、できるだけ多くの対象を記述するという方針を取った。記述対象の候補は次のものであった。

##### (1) 大型店舗の入り口・集合店舗

銀行やスーパーマーケットのような大型店舗は、全体的な場所は一般的な地図に記述されているが、入口の場所は記述されていないことが多く、視覚障害者は困惑しがちである。それうえ入口や集合店舗の様態を記述対象の候補に加えた。（同様の事情が、たとえば学校の校門のような場合では、広い敷地のどこに入口があるのか、一般的な地図には記されていないことも多く、問題となりがちであるが、対象地域である岡本商店街には当てはまる敷地はなかった。）

(2) 交通信号（音響信号・青信号延伸・ボタン位置（・歩車分離式・スクランブル））  
道路の横断については、横断歩道や交通信号の有無や種類は記述した。交通信号の種類については、対象となる岡本商店街には音響信号とボタン押しによる青信号延伸の機能がっている信号があるので、記述対象の候補に加えた。

##### (3) 点字ブロック・壁面に設置された点字案内・壁面に設置された触地図

視覚障害者移動支援のための記述対象の典型例であり記述対象の候補に加えた。

##### (4) 路面状態（傾斜・表面特性）

視覚障害者は一般に足元から得られる情報に敏感である。また岡本商店街の道路のほとんどには石畳が敷き詰められており、白杖で触った感覚が他の場所とは異なる。それゆえ路面状態を記述対象の候補に加えた。

##### (5) 車止め（ボラード）・マンホール

街路を歩行するときに白杖でさわり、位置を確認するときに使うことがあるので記述対象の候補に加えた。

##### (6) 車道・歩道・白線

歩行時に重要な情報であり記述対象の候補に加えた。

##### (7) 側溝（蓋あり／蓋なし）

視覚障害者は蓋のない側溝に落ち込むことが多いので、記述対象の候補に加えた。

##### (8) 道路上の手がかり（街路樹・電柱・道路標識など）

視覚障害者が利用することもある情報なので記述対象の候補に加えた。

##### (9) その他

一般に視覚障害者が外出して移動するときには、道路の横断、階段・エスカレーター・エレベータによる上下階への移動（特に下向き移動）、電車やバスの乗り降りなどがある。

道路の横断については、横断歩道の有無、交通信号の有無や種類が重要となる。対象地域の岡本商店街に設置されている種類の交通信号以外に、歩車分離式であるか否かということや、その場所がスクランブル交差点であるか否かということが、視

覚障害者にとって重要なことである（視覚障害者は音響情報で周囲の状況を認識するので、横断歩道を渡るときに行き先の信号が青であるかどうかを、同じ方向で停車していた自動車の発信音で判断することが多い。しかし歩車分離式信号やスクランブル交差点の信号は、歩行者用の信号と自動車用の信号が異なっているので、混乱しがちである）。これらについては、岡本商店街には対象となる信号がなかったもので、そのような記述を行う機会はなかった。

上下階への移動については、商店街はほぼ地階にあることから、地階からの上り階段と下り階段について記述した。また階段の入口に点字ブロックがあるときは記述したが、視覚障害者にとって危険を知らせるという意味で有用な、「下り階段があるにもかかわらず点字ブロックがない」という記述は行うことができなかった。

また電車やバスの乗り降りについては地図作成の対象外とした。その他、看板や生垣のように、歩行者の腰から上の高さにあり白杖では触れることができないことから、視覚障害者が歩行中に衝突しがちな対象についても記述は行わなかった。

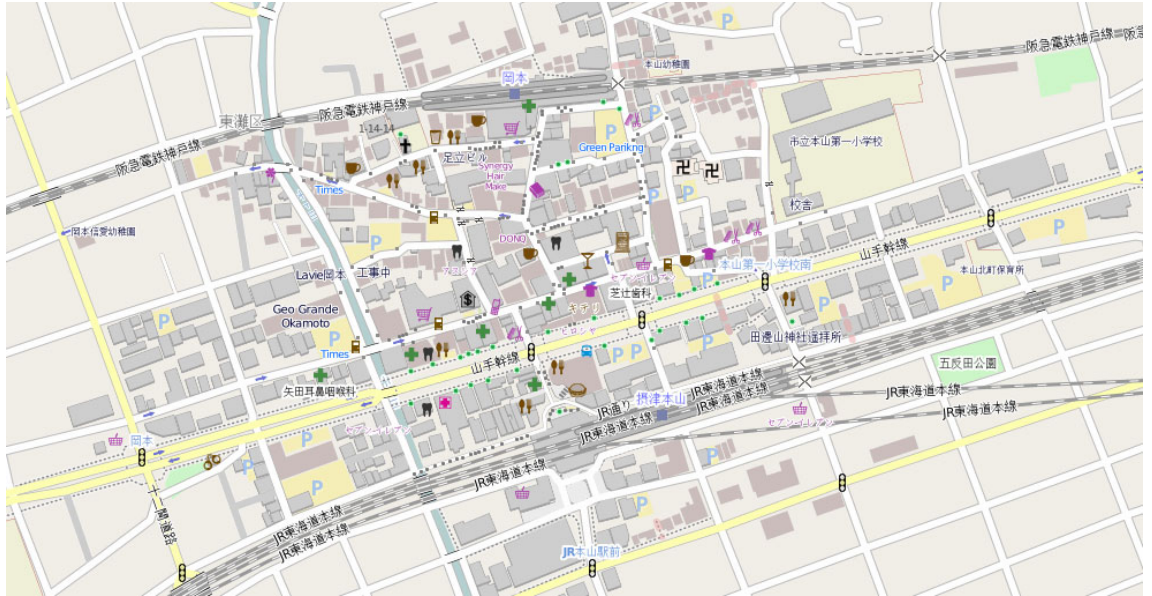
### 【ブラインド・マッピングパーティ #2】

2 回目のブラインド・マッピングパーティは、プロジェクトメンバーのほか、近隣在住の視覚障害当事者、市立盲学校の職員の方々（視覚障害当事者を含む）、奈良女子大学文学部地球環境学コースの西村雄一郎准教授をはじめとする OSM のエキスパートの方々など、約 60 名の方々に参加していただき、2017 年 6 月 18 日に行った。その際、近隣の公立中学校の生徒と職員の方々にも参加していただき、多世代共創ブラインド・マッピングパーティとした。

当日はまず、西村准教授に OSM の歴史と現状について解説していただいた。その後、複数のチームに分かれて現地調査を行い、その調査結果に基づいて、1 回目のブラインド・マッピングパーティで考察した記述対象を吟味し、実際に地図に描きこむべき対象の種類について検討した。その検討に基づき再度現地調査を行い、あらかじめ用意しておいた紙の OSM 地図に記述対象を書き込み、OSM のクラウドサーバーの地図ファイルに転記した。

記述対象のうち個数が多かったものを次に示す。

- (1) 大型店舗・集合店舗の入り口 132
- (2) 誘導ブロック 39
- (3) 車止め（ボード） 373 （可動 336、固定 37）
- (4) 側溝の金属蓋（manhole と定義） 660
- (5) 蓋（グレーティング）のある側溝 32
- (6) 蓋のない側溝 54



岡本商店街の OSM による地図



地図の一部を拡大したもの。店舗種類のような一般的な情報や、点字ブロックや車止め（ボラード）が記述されており、OSM のシステム内でその場所にタップすると情報の種類を知ることができる。

#### ➤ 屋内外でのシステムの実証実験

2017 年 11 月 26 日に岡本商店街で屋外のナビゲーションシステムについて実証実験を行った。この実験には 13 名の視覚障害当事者が参加し、内訳は全盲者が 6 名で重度弱視者が 7 名であった。

システムの実証実験が終了した後、参加者全員に対して個別にアンケート調査を行った。アンケートの項目の概略は次のようなものであった。

##### (1) 参加者情報

氏名、年齢、性別、同居者の有無、視覚障害の重度、病因、発症時期（失明時期）、視力・視野、付帯する症状、歩行訓練経験の有無

##### (2) 外出について

外出頻度、同行者の有無、外出目的、白杖・盲導犬、ナビゲーションツールの使用

経験の有無・種類・使用時の感想

(3) 移動について

地図を頭に描くか、道路や建物の位置関係の把握

(4) 音声ナビゲーションについて

距離や方向の情報提示様式の適切性、音声の明瞭性、音声方向の明瞭性、音声速度の適切性、使用単語の適切性、語順の適切性

(5) 安全確認（進行方向に物体があるときの告知音）について

安全確認の適切性、告知までの距離・方向・間隔の適切性

(6) システム全体について

今回の実証実験で使用したシステムの実生活での適切性、システムを使用して歩行することと通常の歩行との差異

(7) 触地図について

触地図の適切性

(8) その他

視覚障害者は、病因の種類、症状の重度（全盲か弱視か、また弱視であれば症状の重度）、発症年齢ないし失明年齢、発症ないし失明からの経過年数により、視覚機能や行動パターンが大きく異なる。また今回の実験参加者に街なかでのナビゲーションツールの使用経験を問うたところ、経験があるという答えが全員から得られたので、それまでに用いてきたツールと関プロジェクトで今回開発したシステムの比較にも多様性が大きい。それゆえ回答全体を高精度で解析することは難しいので、この報告書では、「(6) システム全体について」に対して得られた回答の全体の傾向について述べ、最後に個々の質問に対する回答を列挙する。

まず、「視覚障害には症状の種類や程度がさまざまありますが、今回お使いになったシステムが役に立ちそうなことがあれば教えてください。」という質問に対しては、全盲の人には役に立つという回答が多かった。一方で、弱視の人には、役に立つという回答とあまり役に立たないという回答がともに見られた。また視覚障害者だけでなく高齢者にも役に立つという回答も見られた。

また、「今回のナビゲーションシステムを使って街なかを歩いた印象は、補助者といっしょに歩くときや一人で歩くときと比較してどうでしたか？」という質問に対しては、「一人で歩くときと比べかなり歩きやすかった」という回答はなく、「一人で歩くときと同じくらいだった」ないし「一人で歩くときより少し歩きやすかった」という回答が過半数を占めた。また弱視の人からは、「一人のときよりも歩きにくかった」という厳しい意見も見られた。

全盲の人と弱視の人にそれぞれ、「ふだん感覚系から受け取っている情報との感じの違い」を問うたところ、全盲の人からは、「ふだんより正確な情報が得られた」という回答が多かった。またそれとともに、「音声情報に注意が偏る」という回答も見られた。一方、弱視の人からは、「周囲のものがわかるのは便利である」という回答がある一方で、「GPS 精度や情報量に不足がある」という回答が多く見られ、「むしろ邪魔になる」という厳しい回答も見られた。全体的に見ると、全盲の人からは、役に立つという回答が多く見られたが、弱視の人からは、システムの欠点を指摘する回答が多く見られた。

また、「歩行中に、周囲がどうなっているかということなど、もっとこういうことが知りたい、というものはありますか？」という質問に対する回答には、さまざまな提案が見られた。すなわち、建物など周囲の状況、工事などの不定期な状況、信号の種類、段差（特に下り段差）の有無などである。

実際の回答を以下に示す（ただし質問と回答は全て口頭で行われたので文字で記述

するにあたり簡略化した部分がある)。

【質問】

視覚障害には症状の種類や程度がさまざまありますが、今回お使いになったシステムが役に立ちそうなことがあれば教えてください。

【回答】

- 全盲の人に役に立つ。
- 全盲だけでなく、夜盲、狭窄、明るい所で見にくくなる人、かなり目が悪い人にもお店の判別などで役に立つ。
- 視野が狭い方に役に立つ。
- 周囲の説明でクロックポジションを用いることは、自分を基準にしているので役に立つ。
- 迷いそうなところ、道が複雑なところ、暗い所が見えづらいロービジョンに役に立つ。
- 周囲にあるものの情報を知りたいときに役に立つ。
- 五感を使うのが苦手な人であれば人によっては役立つこともある。
- 視覚障害者だけでなく、夜の外出、高齢者などにも役に立つ。
- 全盲の人には役に立つが、弱視の人には邪魔になるのではないか。
- 曲がり角の位置を教えてくれるので役に立つ。
- ロービジョンの人や、夜暗いときに役に立つ。

【質問】

今回のナビゲーションシステムを使って街なかを歩いた印象は、補助者といっしょに歩くときや一人で歩くときと比較して同でしたか？

【回答】

- 補助者と一緒に歩くときと同じぐらいだった（2名）。
- 補助者と一緒に歩くときと比べて少し歩きづらかった（3名）。  
（混乱した時機械も混乱して困った）。  
（慣れていないため一人より歩きにくい）。
- 補助者と一緒に歩くときと比べてかなり歩きづらかった（1名）。  
（盲導犬と一緒にの方が歩きやすい）。
- 一人で歩くときと比べてかなり歩きやすかった（0名）。
- 一人で歩くときと比べて少し歩きやすかった（4名）。
- 一人で歩くときと同じぐらいだった（3名）。  
（ナビしてくれるのは良いが、慣れていない）。
- 一人で歩くときと比べて歩きにくかった（1名）。

【質問（全盲の方に）】

ふだんは音を聞いたり、白杖で物に触れたり、風向きを感じたり、匂いをかいだりして、ここがどのようなところであるかを判断なさっていると思いますが、本日お使いになったナビゲーションシステムはそれとどのように違うでしょうか？

- 確かさが増している。
- 情報量がナビゲーションの方が正確で多い。
- 音声を聞く方に集中しようとしたので、耳の方に集中力が偏った。
- 視覚的に見て分かることが音声化されている。
- こまめに道の情報、方向、位置が分かるのがよかった。音声を聞くのに集中（し

てしまう?)。勘違いはなさそう。段差、スロープが入ると良い。

- 周囲の状況が分かることに役立った。

【質問（弱視の方に）】

ふだんはまわりを見たり、音を聞いたり、白杖で物に触れたり、風向きを感じたり、匂いをかいだりして、ここがどのようなところであるかを判断なさっていると思いますが、本日お使いになったナビゲーションシステムはそれとどのように違うのでしょうか？

- 杖で当たる感覚と言葉で言われるのは違う。
- 車が来る時など、ナビが教えてくれると嬉しい。
- 感覚は体調に左右されてしまう。システムは客観的で安心感がある。
- 邪魔になる。
- 初めての場所では匂いなどは使えない。どこで曲がるのか教えてくれるのは便利。
- 今の GPS 精度では使い物にならない。
- 前方の障害物、段差などの情報量が少ない。
- 周囲にあるものがわかるのがよかった。

【質問】

歩行中に、周囲がどうなっているかということなど、もっとこういうことが知りたい、というものはありますか？

【回答】

- 目的地の建物が大きいと入口が分からないため知りたい。
- このお店は安売りをしているか、何が目玉かという情報。
- 建物やお店について喋ってくれたら嬉しい。
- 工事など道路のイレギュラーなもの、歩道が細いこと、音声信号が無いこと。
- まちがったときに気づかせてくれると嬉しい。
- 段差があることを教えてくれると嬉しい。
- 有名な建物の案内。次に歩く時の助けになる。
- 物なのか石なのかなど、硬いか軟らかいか、杖で当たって大丈夫か。
- 自転車がどれくらい停まっているか。障害物の大きさや量。
- Blind Square があれば十分。
- 高速で移動してくるもの、工事、点字ブロック、トイレ、階段、エレベーター、モールの中のお店など分かったら良い。
- 店の名前や入口を特定してくれるサポートが欲しい。
- 段差の有無（特に下がる方）、頭上の障害物。
- 自転車専用、歩行者専用の区別。音声の無い信号。車が少な目なところ。

● 開発した訓練技術の実践

➤ 広範囲聴覚空間認知訓練システムの実践

本プロジェクト開始前から実践を行なっている歩行訓練システム（広範囲聴覚空間認知訓練システム、Wide-Range Auditory Orientation Training System (WR-AOTS)）について、本プロジェクトでは更なる改良を行ない、実践を継続している。

Ver. 2.09 (2015 年 8 月 23 日)

歩行検出方法の改良を行なった。詳細は、Ⅲ.2 の第 2 項目“歩行軌跡、歩行時間、ストレス等から歩行技能を定量化する技術の開発”参照。

Ver. 2.10 (2016 年 5 月 16 日)

視覚障害者の歩行訓練の中で重要な要素となっている自動車の走行音を手掛かりとした高度な訓練を行うための改良を行なった。

- 自動車音の再現性の改良
  - ✧ 位置・速度・加速度の制御
  - ✧ 周波数の制御
  - ✧ 音圧レベルの制御

また、視覚障害者の自主練習に対応するため、アクセシビリティをさらに強化した。

- ユーザインタフェースアクセシビリティの改良
  - ✧ スクリーンリーダー等対応
  - ✧ 文字サイズ・コントラスト改善
  - ✧ グレースケール表示対応
  - ✧ スイッチ類インジケータ変更
  - ✧ 多言語対応
  - ✧ シンプル化

最新版 WR-AOTS Ver. 2.10 は、2018 年現在、90 件以上の視覚障害関係施設に配布済みである。

● 問題点の抽出と改良
-------------

→Ⅳ.2 の第 1 項目“開発した歩行技能評価手法により、移動支援システムの効果を検証”参照

### Ⅳ.3 社会制度化 (2017 年以降継続的に)

- |   |
|---|
| ● 視覚障害リハビリテーションの現場において、開発した移動支援システムを標準的手法として利用する啓発活動の実施 |
|---|

➤ 国土交通省バリアフリー新法ガイドライン

国土交通省が所管するバリアフリー新法（高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律）は、高齢者、障害者等の自立した日常生活及び社会生活を確保することの重要性にかんがみ、公共交通機関の旅客施設及び車両等、道路、路外駐車場、公園施設並びに建築物の構造及び設備を改善するための措置、一定の地区における旅客施設、建築物等及びこれらの間の経路を構成する道路、駅前広場、通路その他の施設の一体的な整備を推進するための措置その他の措置を講ずることにより、高齢者、障害者等の移動上及び施設の利用上の利便性及び安全性の向上の促進を図り、もって公共の福祉の増進に資することを目的とする法律（第 1 条）として、2006 年に施行された。これに基づき、公共交通機関の旅客施設等をバリアフリー化するための望ましい整備内容等を示すバリアフリー新法ガイドライン（公共交通機関の移動等円滑化整備ガイドライン）が発行された。同法と同ガイドラインは 5 年に 1 度見直しが行われており、2017 年度がその見直しの時期にあたる。

本プロジェクトの成果である ICT を活用した視覚障害者の移動支援技術の普及は、最終的には国土交通省のバリアフリー政策の一環として強力に推進していく必要があり、プロジェクト終了後も継続して実施して行く。そのためにはまず、ICT を活用した視覚障害者の移動支援技術と同ガイドラインに組み込む必要がある。本プロジェクト代表者は、2017 年に発足した同ガイドライン検討委員会に参加し、ICT を活用した視覚障害者の移動支援技術と同ガイドラインに組み込んで行く活動を実施している。同ガイドラインは 2018 年に発行予定である。

➤ 2020 年東京パラリンピック

本プロジェクトの成果である ICT を活用した視覚障害者の移動支援技術の重要な実践先の 1 つとして、2020 年東京パラリンピックがある。

内閣府が推進するオリンピック・パラリンピック科学技術・イノベーションの取組に関する 2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会に向けた科学技術・イノベーションの取組に関するタスクフォース事業計画における第 7 プロジェクト“移動最適化システム”に対して、視覚障害者の移動支援に関する協力提言を行っている。プロジェクト終了後も継続して協力を実施して行く。

協力提言：

- (1) クラウドを用いた移動アクセシビリティ情報収集技術、共有技術、およびビッグデータ解析技術が、障害者に最適な歩行経路の自動選択を実現することにより、障がい者の移動経路の先読みによるサポート、および移動ルートや街のリコmend情報の提供に貢献できる。
- (2) 視覚障害親和型ナビゲーション技術における歩行行動時アクセシブルユーザインタフェース技術、測位技術、および路面把握技術が、歩行時の安全確実な情報提供を実現することにより、把握移動ルートや街のリコmend情報の提供に貢献できる。
- (3) 本支援システムを通じた情報提供・共有が、障害者、支援者、および一般の参加者の支援の輪と心のバリアフリーの形成を実現することにより、技術だけの支援ではなく、心からのおもてなしを実現する。

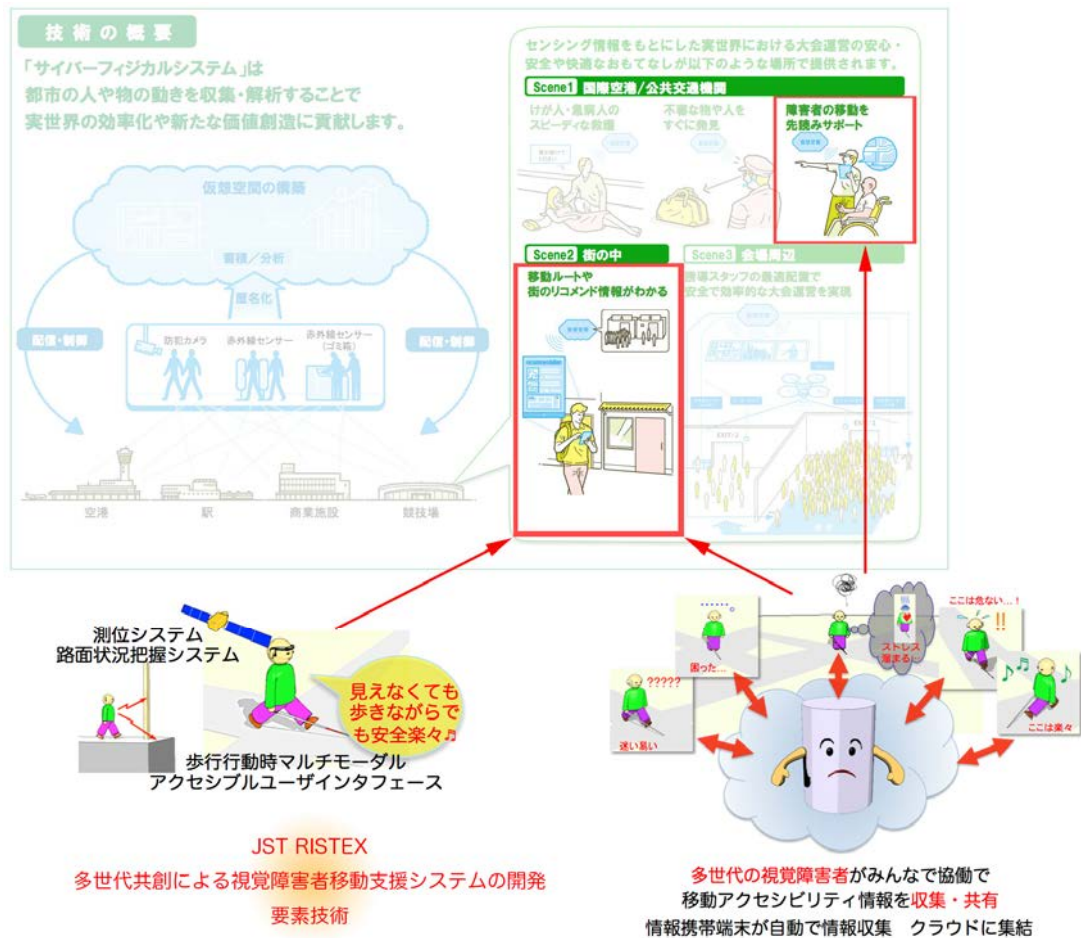


図 2020 年オリンピック・パラリンピック科学技術・イノベーション P7 移動最適化システムに対する本プロジェクトの貢献の提言内容

## ➤ 歩行訓練指導員認定制度

視覚障害者の歩行訓練指導員は、多くの要望がありながら未だに国家資格となっておらず、現在、国立障害者リハビリテーションセンター学院視覚障害学科（所沢）または社会福祉法人日本ライトハウス養成部（大阪）の教育課程を終了した者が指導員として認知されている。指導員が国家資格とならない理由の1つとして、指導員が行う歩行訓練の有効性を客観的に説明できていないことが挙げられる。この問題を解決するため、本プロジェクトⅢ.2 の訓練評価方法の成果が貢献できると考えている。

指導員の国家資格認定制度の制定活動を牽引している視覚障害リハビリテーション協会（1992 年設立）とも今後協力し、継続的に認定制度の確立に向け貢献する予定である。

### 3-5. 今後の成果の活用・展開に向けた状況

- ・中長期的な観点でのプロジェクトの効果や展開の可能性などを記載してください。
- ・実証地域・研究領域の枠を超えて普及・定着すると見込まれる成果があれば、具体的な根拠や事例とともに記載してください。
- ・関与者間のネットワーク構築などで、特筆すべき点があれば記載してください。
- ・本研究開発成果の活用・展開に向けて、今後取り組むべき課題として新たに見つかったことがあれば、どのような継続活動によって可能になるか、または解決できるかも含めて記載してください（特に無ければ記載しなくても結構です）。

本プロジェクトで開発した ICT による視覚障害者移動支援システムは、今後、国内で行われている他のプロジェクトと連携しながら、国土交通省のバリアフリー政策の一部として実施できるよう働きかけていく。

また、本プロジェクトのマッピングパーティで培ったノウハウは標準化し、各地で開催されているマッピングパーティが共創で移動アクセシビリティ情報を構築できるようにしていく。

本プロジェクトで実施したイベントにおいては幾つかの“気付き”があった。

- サイトワールドにおけるプロジェクト成果報告会への参加者の多さから、視覚障害者の方々の本プロジェクトへの期待が大きいことが伺えた。
- 将棋局面触図作成アプリケーションの開発は、本プロジェクト遂行の過程でグループ間の連携により生まれた研究成果である。このアプリは Web アプリケーションとして公開している。
- 触地図については更なる普及活動が必要である。特に、新潟大学以外にも触地図を作れる人材を養成していく必要がある。
- マッピングパーティで用いる共創用の地図は、本プロジェクトでは **Open Street Map** を使用したが、これは障害者の移動を考慮したものではないため、新しい移動アクセシビリティ情報の標準が必要となるであろう。本プロジェクトのマッピングパーティで得たノウハウをこの標準化に活かす必要がある。

#### 4. 研究開発の実施体制

##### 4-1. 研究開発実施者

###### (1) 研究代表者グループ（リーダー氏名：関 喜一）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
関 喜一	セキ ヨシカ ズ	産業技術総合研 究所	人間情報研究部 門	上級主任研究員
蔵田 武志	クラタ タケ シ	産業技術総合研 究所	人間情報研究部 門	研究グループ長
興梠 正克	コオロギ マ サカツ	産業技術総合研 究所	人間情報研究部 門	主任研究員
一刈 良介	イチカリリ ヨウスケ	産業技術総合研 究所	人間情報研究部 門	特別研究員
井上 拓晃	イノウエヒ ロアキ	諏訪東京理科大 学	工学部 コンピュータメ ディア工学科	助教
白 林潤	ハクリンジ ユン	産業技術総合研 究所	人間情報研究部 門	産学官来所者

###### (2) 研究グループ 1（リーダー氏名：石川 准）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
石川 准	イシカワ ジ ユン	静岡県立大学	国際関係学部	教授
大石 寛子	オオイシ ヒ ロコ	静岡県立大学	国際関係学部	研究等補助員

###### (3) 研究グループ 2（リーダー氏名：喜多 伸一）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
喜多 伸一	キタ シン イチ	神戸大学	大学院人文学研 究科	教授
安岡 晶子	ヤスオカ アキコ	神戸大学	大学院人文学研 究科	博士研究員

###### (4) 研究グループ 3（リーダー氏名：渡辺 哲也）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)

渡辺 哲也	ワタナベ テツヤ	新潟大学	自然科学系（工学部）	准教授
加賀 大嗣	カガ ヒロツグ	新潟大学	自然科学系（工学部）	科学技術振興技術者
新貝 章太	シンカイ ショウタ	新潟大学	自然科学研究科 電子情報工学専攻	2017 年修士課程終了
山崎 諒	ヤマザキ リョウ	新潟大学	自然科学研究科 電子情報工学専攻	2017 年修士課程終了
末永 一輝	スエナガ カズキ	新潟大学	自然科学研究科 電子情報工学専攻	2017 年修士課程終了
赤坂 旭	アカサカ アサヒ	新潟大学	自然科学研究科 電子情報工学専攻	2018 年修士課程終了
馬場 千晴	ババ チハル	新潟大学	自然科学研究科 電子情報工学専攻	2018 年修士課程終了

(5) 研究グループ 4（リーダー氏名：亀田 能成）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
亀田 能成	カメダ ヨシナリ	筑波大学	計算科学研究センター	教授
馬 雪詩	マ セツシ	筑波大学	システム情報工学研究科 知能機能システム専攻	2017 年修士課程終了
今井 健太	イマイ ケンタ	筑波大学	システム情報工学研究科 知能機能システム専攻	2018 年修士課程終了
釜坂 一步	カマサカ カズホ	筑波大学	システム情報工学研究科 知能機能システム専攻	2018 年修士課程終了

4-2. 研究開発の協力者・関与者

<非公開>

## 5. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### 5-1. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

#### 5-1-1. 情報発信・アウトリーチを目的として主催したイベント

H27/11/1	サイトワールド 2015 ワークショッ プ	東京 すみだ産業 会館	プロジェクトの広報と デモ展示	100
H27/11/1- 3	視覚障害者総合イベ ント サイトワール ド 2015	すみだ産業会館 (東京都墨田区)	機器展に出展し、来場 者へ触地図作成システ ムを紹介 (新潟大)	4,500
H27/11/26 -28	G 空間 EXPO2015 (ブース出展)	東京 日本科学未 来館	位置情報を利用した視 覚障害者の移動支援技 術の広報	
H28/3/18- 19	ともにつくる サイ センタン! 「部屋に いながらマッピング パーティ ~視覚障 害者移動支援システ ムの開発~」	東京 日本科学未 来館	バーチャルマッピング パーティワークショップ と VR エコロケーシ ョン訓練システムの体 験会	270
H28/6/8-1 0	ロケーションビジネ スジャパン (LBJ)2016 (ブース 出展)	千葉 幕張メッセ	位置情報を利用した視 覚障害者の移動支援技 術の広報	
H28/7/23	触地図作成ワークシ ョップ	大阪市天王寺区 NPO 法人 視聴 覚二重障害者福 祉センター すま いる	センター職員らに触地 図作成システムを使っ た触地図の作成方法を 紹介、センター利用者 (視聴覚二重障害者) の自宅近辺・通所経路 の触知図を作成	20
H28/9/3	AR 巨人将棋本番	静岡	AR 巨人将棋イベント の本番	30
H28/9/10	第 2 回触地図作成ワ ークショップ	大阪市天王寺区 NPO 法人 視聴 覚二重障害者福 祉センター すま いる	センター職員らに触地 図作成システムを使っ た触地図の作成方法を 指導、センター利用者 (視聴覚二重障害者) の自宅近辺・通所経路 の触知図を作成	20
H28/10/16	第 51 回福島県点字 図書館のつどい	コラッセふくし ま (福島市)	機器展に出展し、来場 者へ触地図を紹介	100
H28/11/3	サイトワールド	東京 すみだ産業	プロジェクトの広報と	100

	2016 ワークショップ	会館	デモ展示 ゲームイベント型実証 実験「AR 巨人将棋」の 報告を含む	
H28/11/1- 3	視覚障害者総合イベ ント サイトワール ド 2016	すみだ産業会館	機器展に出展し、来場 者へ触地図作成システ ムを紹介（新潟大）	4,500
H28/11/24 -26	G 空間 EXPO2016 （ブース出展）	東京 日本科学未 来館	位置情報を利用した視 覚障害者の移動支援技 術の広報	
H29/5/28	第 14 回視覚障害者 のための機器展示会	名古屋盲人情報 文化センター（名 古屋市）	機器展に出展し、来場 者へ触地図作成システ ムを紹介	100
H29/5/31	マッピングパーティ	神戸 岡本商店街	視覚障害者用の地図情 報の作成	40
H29/6/7-9	ロケーションビジネ スジャパン (LBJ)2017（ブース 出展）	千葉 幕張メッセ	位置情報を利用した視 覚障害者の移動支援技 術の広報	
H29/6/18	マッピングパーティ	神戸 岡本商店街	視覚障害者用の地図情 報の作成	40
H29/10/1	アイフェスタにいが た 2017	新潟ユニゾンプ ラザ（新潟市）	機器展に出展し、来場 者へ触地図作成システ ムを紹介	100
H29/10/12 -14	G 空間 EXPO2017 （ブース出展）	東京 日本科学未 来館	位置情報を利用した視 覚障害者の移動支援技 術の広報	
H29/10/17	第 3 回触地図作成ワ ークショップ	NPO 法人 視聴 覚二重障害者福 祉センター すま いる(大阪市天王 寺区)	センター職員らに触地 図作成システムを使っ た触地図の作成方法を 指導、センター利用者 （視聴覚二重障害者） の自宅近辺・通所経路 の触知図を作成	20
H29/11/1	サイトワールド 2017 ワークショップ	東京 すみだ産業 会館	プロジェクトの広報と デモ展示	60

### 5-1-2. 研究開発の一環として実施したイベント

年月日	名 称	場 所	概要・反響など	参加人数
H27/5/23	ブラインドマッピングパーティ	新潟駅周辺（新潟市）	新潟の多世代の視覚障害者及び健常者によるバリアフリーマップの作成	20
H29/05/31	ブラインド・マッピングパーティ #1	神戸市東灘区岡本商店街	視覚障害者移動支援システムを開発するため、視覚障害者が利用しやすい空間地理情報を特定した。3名の視覚障害者が参加した。	15名
H29/06/18	ブラインド・マッピングパーティ #2	神戸市東灘区岡本商店街	同年5月31日に行ったブラインド・マッピングパーティ #1 の成果を受け、視覚障害者移動支援システムを開発するため、視覚障害者が利用しやすい空間地理情報を採集し OSM の地図に記述した。視覚障害者が参加するとともに、中学生が参加して、多世代共創のイベントとした。	60名
H29/11/15	視覚障害者移動支援システム実証実験（屋内）	神戸市東灘区コープこうべ岡本店	開発した視覚障害者移動支援システムの有効性検証を屋内で行った。4名の視覚障害者（全盲者）が参加した。	20名
H29/11/26	視覚障害者移動支援システム実証実験（屋外）	神戸市東灘区岡本商店街	開発した視覚障害者移動支援システムの有効性検証を屋外で行った。13名の視覚障害者（全盲者と重度弱視者）が参加した。	60名

### 5-1-3. 書籍、DVD など論文以外に発行したもの

- (1) 喜多伸一．“感性と心理”，“生活環境のデザイン”（『生活環境と情報認知（放送大学教材）』川原靖弘・片桐祥雅（編著）．放送大学教育振興会．2015年3月刊行．）

#### 5-1-4. ウェブメディア開設・運営

- (1) サイト名：触地図作成システム tmacs new generation, URL : <http://tmacs.info/creator/>,  
立ち上げ年月：2014 年 11 月
- (2) 視覚障害者移動支援事例検索、<http://seam.pj.aist.go.jp/ristex-mavi/>、2015 年、視覚障害者移動支援事例（事例登録数：4 8 1 [2017/12/31 現在]）
- (3) YouTube プロジェクトチャンネル  
<https://www.youtube.com/watch?v=Z7Bw9of12aw>
- (4) 関@産総研 プロジェクトページ  
<https://staff.aist.go.jp/yoshikazu-seki/work/ma-j.html>
- (5) 触地図公開サイト  
<https://tactilegraphics.net> 立ち上げ年月：2015 年 12 月
- (6) 触地図作成システム tmacs new generation 2 <http://tmacs.info/c/> 立ち上げ年月：2016 年 6 月
- (7) 将棋局面図触知化アプリケーション  
[https://t-watanabe-lab.github.io/shogi\\_manual.html](https://t-watanabe-lab.github.io/shogi_manual.html) 立ち上げ年月：2016 年 10 月

#### 5-1-5. 学会以外（5-3. 参照）のシンポジウムなどでの招へい講演など

- (1) 講演「触地図制作と 3D 技術」（渡辺哲也），セミナー名称：ユニバーサロン 3D マップ制作実演セミナー，主催：毎日新聞社，日時：2015 年 3 月 9 日午後 2 時から 5 時 30 分，会場：毎日ホール（東京都千代田区一ツ橋 1-1-1）
- (2) 関喜一、“視覚障害者の聴覚空間認知”、情報処理学会アクセシビリティシンポジウム（東京、2015-08）
- (3) 石川准、“障害者差別解消法と図書館”、静岡県立中央図書館職員研修（2015-09、静岡）
- (4) 石川准、“障害学とは”、全国要約筆記問題研究会（2015-10、長野）
- (5) 石川准、“障害学生支援と合理的配慮提供の実際”、障害学会第 12 回大会（2015-11、兵庫）
- (6) 石川准、“障害者権利条約の第一回政府報告のモニタリング”、第 4 回 DPI 障害者政策討論集会（2015-11、東京）
- (7) 石川准、“日本における障害者権利条約の実施と市民社会”、REASE 公開講座「東アジアにおける障害者権利条約実施と市民社会」（2016-02、東京）
- (8) 石川准、“障害者差別解消法について学ぶ～社会に何が変わるのか？”、京都府聴覚障害者協会総括研修会（2016-03、京都）
- (9) 石川准、“視覚障がい者の IT 活用の現状と課題”、大阪市視覚障害者福祉協会 IT 講演会（2016-03、大阪）
- (10) Jun ISHIKAWA, "Social and Political Participation of Persons with Intellectual Disabilities", World Down Syndrome Day Conference (2016-03, New York)
- (11) 喜多伸一. 「VR・AR・スマホによる障害者支援の神戸市での実証実験」神戸市庁. 2017 年 1 月 6 日.（神戸市が主催する「「ポケモン GO」などスマホの進化が地域社会・地域経済に与える影響に関する有識者会議」で、講演のときには地元の放送局であるサンテレビジョンが取材に来ており同日夕刻の番組で講演者のインタビューが放映された。）
- (12) 渡辺哲也，“触覚機器のこれまでとこれから,” 視覚障害情報機器アクセスサポート協会研修会（東京, 2016-01）
- (13) ユニバーサロン 3D マップ制作実演セミナー，講演「触地図制作と 3D 技術」（渡辺哲也），主催：毎日新聞社, 2015 年 3 月 9 日，毎日ホール（東京都千代田区）
- (14) 群馬工業高等専門学校 電子情報工学科講演会，講演「視覚障害者を支援する福祉情報技術 その研究と実践」（渡辺哲也），2015 年 7 月 1 日，群馬工業高等専門学校（前橋市）

- (15) 第3回地理院地図パートナーネットワーク会議, 講演「触地図作成の研究開発とその活用事例」(渡辺哲也), 2015年6月3日, 日経カンファレンスルーム(東京都千代田区)
- (16) 視覚障害情報機器アクセスサポート協会研修会, 講演「触覚機器のこれまでとこれから」(渡辺哲也), 2016年1月31日, 日本盲人職能開発センター(東京都新宿区)
- (17) 喜多伸一. 「バーチャルリアリティ・システムに入って見えるもの」中央大学. 2017年10月5日.
- (18) 喜多伸一. 「見えない人や見えづらい人も街なかを歩く」神戸市 (Code for Kobe) 2017年12月17日.

## 5-2. 論文発表

### 5-2-1. 査読付き (11 件)

- (1) Tetsuya Watanabe, Toshimitsu Yamaguchi, and Kazunori Minatani, “Advantages and Drawbacks of Smartphones and Tablets to Visually Impaired People - Analysis of the Results of the ICT User Survey -,” IEICE Transactions on Information & Systems, Vol.E98-D, No.4, pp.922-929, April 2015.  
DOI: 10.1587/transinf.2014EDP7317
- (2) Yoshikazu SEKI, “Wide-Range Auditory Orientation Training System for Blind O&M.,” Universal Access in Human-Computer Interaction. Access to the Human Environment and Culture, Part IV, pp.150-159 (2015).
- (3) Yasuoka, A., Kita, S. & Ishii, M. Apparent depth of a patch of dynamic random noise within a static field of random dots. Journal of Vision, 15, 12, 832-832. 2015. doi: 10.1167/15.12.832
- (4) Kaga, H., Kawaguchi, C., Mishina, M., Kita, S., & Watanabe, T. Haptic search in divided areas: optimizing the number of divisions. Japanese Psychological Research, 59(2), 144-151. (To appear, 2017-04). doi: 10.1111/jpr.12151
- (5) Tetsuya Watanabe, Hirotsugu Kaga, and Tsubasa Yagi, “Evaluation of Virtual Tactile Dots on Touchscreens in Map Reading: Perception of Distance and Direction,” Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics Vol.21 No.1, pp.79-86, January 2017.
- (6) Ryosuke Ichikari, and Takeshi Kurata: Virtual Mapping Party: Co-Creation of Maps for Visually Impaired People”, Journal on Technology & Persons with Disabilities, Vol. 5, pp. 208 – 224, April 2017.
- (7) Ryo Yamazaki and Tetsuya Watanabe, “Effects of Touchscreen Device Size on Non-Visual Icon Search,” IEICE Transactions on Information & Systems, Vol.E100-D, No.12, pp.3050-3053, December 2017.  
DOI: 10.1587/transinf/2017EDL8062
- (8) Kenta Imai, Itaru Kitahara, and Yoshinari Kameda (University of Tsukuba), Detecting Walkable Plane Areas by Using Rgb-D Camera and Accelerometer for Visually Impaired People, Proceedings of 3DTV Conference 2017, 4 pages, Copenhagen, Denmark, 2017/6/7-9.
- (9) Kazuho Kamasaka, Itaru Kitahara, and Yoshinari Kameda (University of Tsukuba), Image Based Location Estimation for Walking Out of Visual Impaired Person, The 14th Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe Conference

2017, pp.709-716, Sheffield, UK, 2017/9/11-15.

- (10) Tetsuya Watanabe, Hirotsugu Kaga and Shota Shinkai, "Comparison of Onscreen Text Entry Methods when Using a Screen Reader," IEICE Transactions on Information & Systems, Vol.E101-D, No.2, February 2018. (in press)
- (11) Hiroaki Inoue, Yoshikazu Seki, "Evaluating the provision of 3 dimensional sound using bone conduction headphones for blind navigation," IEEE-TNSRE (under review).

#### 5-2-2. 査読なし (12 件)

- (1) 渡辺哲也, "「見る」を助ける携帯端末," 映像情報メディア学会誌 69(6), pp.34-37, (2015-07).
- (2) 渡辺哲也, "新しい技術で触地図を身近に—新潟大学と国土地理院、二つの取組み—," 視覚障害 その研究と情報, Vol.323, pp.13-19, (2015-04).
- (3) 関喜一, "視覚障がい者の聴覚空間認知", 情報処理学会誌 56(6), 535-537(2015-06).
- (4) 丹羽雄大, 榎並直子, 安岡晶子, 和田朋乃佳, 喜多伸一, 有木康雄.  $\pi$ -CAVE を用いた歩行時の下視野測定システムの開発. 電子情報通信学会技術報告, 115(495), MVE2015-95, 229-234. 2016.
- (5) Kita, S. & Yasuoka, A. Research on the mobility of the visually impaired people. SICE, Life Engineering, Vol. 16SY0007, 3B3-2, P. 43. 2016.
- (6) 喜多伸一. 学際的研究ってそもそも何なの. 認知科学, 23(3), 191-192. 2016 年 9 月. (巻頭言; 招待論文) <https://doi.org/10.11225/jcss.23.191>.
- (7) Ohta, M., Oda, T., Kita, S., Maeda, E., Sugano, A., & Takaoka, Y. Research and development of braille e-learning program for the visually impaired and its learning effect. Bulletin of Kobe Tokiwa University, 9, 37-44, 2016.
- (8) Sugano, A., Oda, T., Ohta, M., Kumaoka, M., Kita, S., Watanabe, T., Ichinose, A., Takao, Y., Maeda, E., Nishimoto, T., & Takaoka, Y. Effectiveness of ontology-based learning material of acupuncture and moxibustion for visually impaired. Bulletin of Kobe Tokiwa University 9, 25-36, 2016.
- (9) 渡辺哲也, "「見る」を助ける携帯端末," 画像ラボ, Vol.27, No.8, pp.24-29, (2016-08).
- (10) 関喜一, "頭部伝達関数の応用—聴覚空間認知訓練システム—", 日本音響学会誌 73 (3), 197-202 (2017-3).
- (11) 安岡晶子, 仲谷将志, 津田紹子, 榎並直子, 喜多伸一. 視野狭窄者を対象とした歩行時の足元知覚の計測. 電子情報通信学会技術報告. WIT2016-70, 41-46. 2017.
- (12) 川口稚京, 喜多伸一, 石川准. 視覚障害者が行う将棋における情報伝達手法. 電子情報通信学会技術報告. WIT2016-71, 47-52. 2017.

#### 5-3. 口頭発表 (国際学会発表及び主要な国内学会発表)

##### 5-3-1. 招待講演 (国内会議 7 件、国際会議 3 件)

- (1) 関喜一, "視覚障害者と音", 諏訪東京理科大学講義, (茅野, 2014-12)
- (2) 関喜一, "視覚障害者と音", 電通大脳科学センター講演, (東京, 2014-12)
- (3) 喜多伸一. "無意識のときだけ作動する脳機能", 電子情報通信学会大会, 立命館大学, 2015 年 3 月 12 日.
- (4) Jun ISHIKAWA, "Location-aware Technology for Freedom of Movement", International

- Day of Persons with Disabilities: Accessible New Urban Agenda and inclusion of persons with disabilities (2015-12, New York)
- (5) Jun ISHIKAWA, "Innovations of Assistive Technologies in Special Education", Asia Education Summit on Flexible Learning Strategies for OUT-OF-SCHOOL CHILDREN (2016-02, Bangkok)
  - (6) 石川准, "視覚障害者の移動支援技術における音声ナビゲーション", 日本音響学会 2016 年春期研究発表会 (2016-03, 神奈川)
  - (7) Kita, S. & Yasuoka, A. Research on the mobility of the visually impaired people. SICE, Life Engineering, Vol. 16SY0007, 3B3-2, P. 43. (2016-11, 大阪)
  - (8) 一刈良介, 蔵田武志: AR 触地図を用いた視覚障害者のマッピング活動への参画支援に向けて, ライフサポート学会視聴覚障害者バリアフリー技術研究会研究発表会, November 2016
  - (9) 蔵田武志, 一刈良介, 霜村瞭, 梶克彦, 大隈隆史, 興梠正克, サービス現場のラボ化とラボの現場化: ピアデータをより広くより深く, 精密工学会画像応用技術専門委員会 2017 年度第 5 回定例研究会, 2018.1.
  - (10) Takeshi Kurata, Ryosuke Ichikari, Ryo Shimomura, Katsuhiko Kaji, Takashi Okuma, Masakatsu Kouroggi, Service Lab-Forming Fields and Field-Forming Labs: Wider and Deeper Pier Data, 9th EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services (MobiCASE 2018), 2018.3.

#### 5-3-2. 口頭発表 (国内会議 60 件、国際会議 9 件)

- (1) 関喜一、岩谷幸雄、大内誠、鈴木陽一, "広範囲聴覚空間認知訓練システム WR-AOTS のアップデート", 第 40 回感覚代行シンポジウム、講演論文集、71-74 (2014-12, 東京)
- (2) Yoshikazu SEKI, Yukio IWAYA, Makoto OH-UCHI, Yo-iti SUZUKI, "Update of Wide-Range Auditory Orientation Training System for Blind O&M," Proceedings of the 30th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN 2015) (2015-03, San Diego).
- (3) 菊野雄一郎・喜多伸一, "触覚探索における特徴統合", 日本心理学会「注意と認知」研究会, 名古屋, 2015 年 3 月 16 日.
- (4) Yoshikazu SEKI, "Wide-Range Auditory Orientation Training System for Blind O&M.," HCI 2015 (2015-08, Los Angeles).
- (5) 渡辺哲也, 山口 俊光 (新潟大学), "触地図自動作成システムの活用 -触地図作成サービスの実践と新しいシステムの開発-", 電子情報通信学会 第 80 回福祉情報工学研究会, 信州大学 (長野市), 2015 年 8 月 25 日.
- (6) 新貝章太, 渡辺哲也 (新潟大学), "音声出力タッチインタフェースにおける文字入力方法の検討", 電子情報通信学会 平成 27 年度信越支部大会, 新潟工科大学 (柏崎市), 2015 年 10 月 3 日.
- (7) 関喜一、岩谷幸雄、大内誠、鈴木陽一, "広範囲聴覚空間認知訓練システム WR-AOTS における歩行検出方法の改良", 第 41 回感覚代行シンポジウム、講演論文集、1-4 (2015-12, 東京)
- (8) 井上拓晃、関喜一, "骨伝導ヘッドフォンを用いた 3 次元音響提示の検討", 第 41 回感覚代行シンポジウム、講演論文集、17-20 (2015-12, 東京)
- (9) 一刈良介、蔵田武志, "外出前学習のための拡張現実型触地図", 第 41 回感覚代行シンポジウム、講演論文集、21-24 (2015-12, 東京)

- (10) Kazuho Kamasaka, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta (University of Tsukuba), Reference-Frame Selection at Walking Navigation Based on Prerecorded Video, 1st International Workshop on Challenges and Applications of Urban Augmented Reality (in conjunction with ISMAR2015), Fukuoka, Japan, 2015/10/3.
- (11) Ryosuke Ichikari, Takeshi Kurata, "Augmented Reality Tactile Maps for Pre-Journey Learning," the 31th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN 2016) (2016-03, San Diego).
- (12) Yoshikazu SEKI, Yukio IWAYA, Makoto OH-UCHI, Yo-iti SUZUKI, "Improvement of Positioning in WR-AOTS for Blind O&M," the 31th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN 2016) (2016-03, San Diego).
- (13) Hiroaki Inoue, Yoshikazu Seki, "Considering the possibility of a 3D sound by bone conduction phone, " the 31th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN 2016) (2016-03, San Diego).
- (14) 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 (筑波大学), RGB-D カメラを用いた歩行可能な平面領域の検出, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.115, no.494, pp.13-18, 名桜大学, 2016 年 3 月 7 日～8 日.
- (15) 釜坂 一步, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 (筑波大学), 経路上の歩行者位置推定に適した事前撮影映像からのデータベース生成, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.115, no.494, pp.19-24, 名桜大学, 2016 年 3 月 7 日～8 日.
- (16) 馬 雪詩, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 (筑波大学), 視覚障害者の歩行支援のためのジェスチャ入力方式の検討, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.115, no.494, pp.163-168, 名桜大学, 2016 年 3 月 7 日～8 日.
- (17) 関喜一、岩谷幸雄、大内誠、鈴木陽一、” 広範囲聴覚空間認知訓練システム WR-AOTS における歩行検出方法の改良について”、第 25 回視覚障害リハビリテーション研究発表大会、P-R-34、抄録 p.91 (2016-06、静岡)
- (18) 丹羽雄大, 榎並直子, 安岡晶子, 和田朋乃佳, 喜多伸一, 有木康雄.  $\pi$ -CAVE を用いた歩行時の下視野測定システムの開発. 電子情報通信学会技術報告, 115(495), MVE2015-95, 229-234. 2016.
- (19) 仲谷将志, 榎並直子, 丹羽雄大, 安岡晶子, 和田朋乃佳, 喜多伸一, 有木康雄. 没入型バーチャルリアリティ空間における足元知覚の計測システムの開発. MIRU2016, PS3-41, 2016 年 8 月 3 日.
- (20) 白林潤、関喜一、井上拓晃、井野秀一、 “立体音響を利用した視覚障害者の対象物提示法に関するアンケート調査”、第 17 回日本 VR 医学会学術大会、(2017-08、東京)
- (21) 渡辺哲也, 加賀大嗣, 山口俊光 (新潟大学), “触図作成サービス・ライブラリの国際調査,” ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016, 東京農工大学 (小金井市), 2016年9月7日.
- (22) 渡辺哲也, 加賀大嗣, 八木翼 (新潟大学), “仮想触知点による距離と方向の知覚,” 日本バーチャルリアリティ学会 第21回大会, つくば国際会議場 (つくば市), 2016年9月16日.
- (23) 馬場千晴, 山口俊光, 渡辺哲也 (新潟大学), “OSMを使った触地図作成システム,” 電子情報通信学会 平成28年度信越支部大会, 長岡技術科学大学 (長岡市), 2016年10月8日.
- (24) 秋山優太, 三科緑, 加賀大嗣, 渡辺哲也 (新潟大学), “触地図の分割数と探索時間の関係,” 電子情報通信学会 平成28年度信越支部大会, 長岡技術科学大学 (長岡市), 2016年10月8日.
- (25) 馬 雪詩, 北原 格, 亀田 能成 (筑波大学), 歩行中の手指ジェスチャ入力と音によるフィードバックの検討, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.116, no.245, pp.89-92, 北

海道支笏湖, 2016 年 10 月 13 日～14 日.

- (26) 釜坂 一步, 北原 格, 亀田 能成 (筑波大学), 撮影環境の異なる画像群間の類似画像検索による歩行者位置推定, HCG シンポジウム 2016, pp.140-146, 高知県高知市文化プラザカルポート, 2016 年 12 月 7 日～9 日.
- (27) 亀田 能成, 釜坂 一步 (筑波大学), 一刈 良介, 蔵田 武志 (産総研), 石川 准 (静岡県立大学), 視覚障害者の移動を支援する位置提示の実証実験, HCG シンポジウム 2016, pp.343-346, 高知県高知市文化プラザカルポート, 2016 年 12 月 7 日～9 日.
- (28) 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成 (筑波大学), デプスカメラと加速度センサを用いた歩行可能な平面領域の検出, HCG シンポジウム 2016, pp.540-545, 高知県高知市文化プラザカルポート, 2016 年 12 月 7 日～9 日.
- (29) 亀田 能成, 釜坂 一步 (筑波大学), 一刈 良介, 蔵田 武志 (産総研), 喜多 伸一 (神戸大学), 石川 准 (静岡県立大学), AR 巨人将棋による視覚障害者向け移動支援検証実験, 第 42 回感覚代行シンポジウム講演論文集, pp.31-32, 東京都産業技術総合研究所臨海副都心センター, 2016 年 12 月 12 日～13 日.
- (30) 加賀大嗣, 渡辺哲也 (新潟大学), 石川 准 (静岡県立大学), “将棋局面触図作成アプリケーションの開発,” 第 42 回感覚代行シンポジウム, 産業技術総合研究所 臨海副都心センター (東京都江東区), 2016 年 12 月 12 日.
- (31) 今井健太, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “RGB-D カメラを用いた歩行可能な平面領域の検出,” 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.115, no.494, pp.13-18, 2016.
- (32) 釜坂一步, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “経路上の歩行者位置推定に適した事前撮影映像からのデータベース生成,” 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.115, no.494, pp.19-24, 2016.
- (33) 馬雪詩, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “視覚障害者の歩行支援のためのジェスチャ入力方式の検討,” 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.115, no.494, pp.163-168, 2016.
- (34) 関喜一、岩谷幸雄、大内誠、鈴木陽一、” 広範囲聴覚空間認知訓練システム WR-AOTS の改良ー 自動車音の再現性, 及びアクセシビリティー”, 第 42 回感覚代行シンポジウム、講演論文集、33-36 (2016-12、東京)
- (35) 井上拓晃、関喜一、” 視覚障害者用ナビゲーションの為の骨伝導ヘッドフォンを用いた 3 次元音響提示についての検討”、第 41 回感覚代行シンポジウム、講演論文集、37-40 (2016-12、東京)
- (36) 新貝章太, 渡辺哲也, 音声出力タッチ操作における文字入力方法の比較, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.116, No.519, pp.67-72 (WIT2016-85), つくば, March 2017.
- (37) 秋山優太, 三科緑, 加賀大嗣, 渡辺哲也 (新潟大学), “触地図の分割数と探索時間の関係 - 視覚障害者を対象として-,” 電子情報通信学会 第 87 回福祉情報工学研究会, 産業技術総合研究所 臨海副都心センター (東京都江東区), 2016 年 12 月 15 日.
- (38) 山崎諒, 渡辺哲也 (新潟大学), “音声出力タッチインタフェースの端末サイズが操作性へ及ぼす影響の検討,” 電子情報通信学会 第 87 回福祉情報工学研究会, 産業技術総合研究所 臨海副都心センター (東京都江東区), 2016 年 12 月 15 日.
- (39) 加賀大嗣, 渡辺哲也, 石川 准, 将棋局面触図作成アプリケーションの開発, 感覚代行シンポジウム, pp.27-30, 東京都江東区, December 2016.
- (40) 秋山優太, 三科緑, 加賀大嗣, 渡辺哲也, 触地図の分割数と探索時間の関係, 電子情報通信学会信越支部大会, p.3, 柏崎市, October 2016.
- (41) 馬場千晴, 山口俊光, 渡辺哲也, OSM を使った触地図作成システム, 電子情報通信学会信越支部大会, p.27, 柏崎市, October 2016.
- (42) 渡辺哲也, 加賀大嗣, 八木翼, 仮想触知点による距離と方向の知覚, 日本バーチャルリア

- リティ学会第 21 回大会, 31A-02, つくば市, September 2016.
- (43) 亀田 能成, 釜坂 一步, 一刈 良介, 蔵田 武志, 喜多 伸一, 石川 准, AR 巨人将棋による視覚障害者向け移動支援検証実験, 第 42 回感覚代行シンポジウム講演論文集, pp.31-32, 2016.
  - (44) 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成, デブスカメラと加速度センサを用いた歩行可能な平面領域の検出, HCG シンポジウム 2016, pp.540-545, 2016.
  - (45) 亀田 能成, 釜坂 一步, 一刈 良介, 蔵田 武志, 石川 准, 視覚障害者の移動を支援する位置提示の実証実験, HCG シンポジウム 2016, pp.343-346, 2016.
  - (46) 釜坂 一步, 北原 格, 亀田 能成, 撮影環境の異なる画像群間の類似画像検索による歩行者位置推定, HCG シンポジウム 2016, pp.140-146, 2016.
  - (47) 馬 雪詩, 北原 格, 亀田 能成, 歩行中の手指ジェスチャ入力と音によるフィードバックの検討, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.116, no.245, pp.89-92, 2016.
  - (48) Ryosuke Ichikari, Tenshi Yanagimachi, Takeshi Kurata: Augmented Reality Tactile Map with Hand Gesture Recognition, Proc. International Conference on Computers Helping People with Special Needs (Springer Lecture Note in Computer Science), July 2016.
  - (49) 一刈良介, 蔵田武志, Virtual Mapping Party: 歩行環境の VR 再現による視覚障害者向け地図の共創的作成, 日本バーチャルリアリティ学会複合現実感研究会, 北海道千歳市支笏湖, October 2016.
  - (50) 一刈良介, 蔵田武志: バーチャルマッピングパーティ: 視覚障害者向け地図の共創的作成, サイトワールド・ワークショップ・多世代共創による視覚障害者移動支援システムの開発, November 2016
  - (51) Yoshikazu SEKI, Yukio IWAYA, Makoto OH-UCHI, Yo-iti SUZUKI, "Ver. 2.10 of Wide-Range Auditory Orientation Training System for Blind O&M," Proceedings of the 32nd Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference (CSUN 2017) (2017-03, San Diego).
  - (52) Kazuho Kamasaka, Yoshinari Kameda (University of Tsukuba), Ryosuke Ichikari, Takeshi Kurata (AIST), and Jun Ishikawa (University of Shizuoka), A Study on Finding Virtual Items by Foot Through AR Shogi Game, 32nd CSUN Assistive Technology Conference, ENT-013, San Diego, USA, 2017/2/27-3/4.
  - (53) 新貝章太, 渡辺哲也 (新潟大学), “音声出力タッチ操作における文字入力方法の比較,” 電子情報通信学会 第89回福祉情報工学研究会, 筑波技術大学 (つくば市), 2017年3月10日.
  - (54) 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成 (筑波大学), 撮影方向が異なる多視点映像の閲覧方式, 第 20 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2017), 4 pages, 広島県広島国際会議場, 2017 年 8 月 7 日～10 日.
  - (55) 馬場千晴 (新潟大学), “OpenStreetMapデータを用いた触地図自動作成システムの開発—縮尺に応じた表示内容変更機能の実装—,” State of the Map 2017, 会津若松市文化センター (会津若松市), 2017年8月19日.
  - (56) 関喜一, “視覚障害者の聴覚空間認知訓練システム”, LIFE 2017、(2017-09、東京)
  - (57) 赤坂旭, 渡辺哲也 (新潟大学), “Leap Motionを用いたインタラクティブな触図提示システムの開発,” 電子情報通信学会 平成29年度信越支部大会, 信州大学 (長野市), 2017年 10月7日.
  - (58) 小河原 洸貴, 北原 格, 亀田 能成 (筑波大学), 事前撮影映像に基づく視覚障害者の歩行誘導インタフェースの検討, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.117, no.252, pp.1-5, 北海道北見工業大学, 2017 年 10 月 19 日～20 日.

- (59) 朝倉黎, 渡辺哲也 (新潟大学), “視覚障害者によるアイコン探索に適したタッチスクリーン端末サイズの検討,” 電子情報通信学会 第93回福祉情報工学研究会, 産業技術総合研究所 臨海副都心センター (東京都江東区), 2017年12月7日.
- (60) 加賀大嗣, 渡辺哲也 (新潟大学), “触地図の目盛りの数と探索時間の関係,” 電子情報通信学会 第93回福祉情報工学研究会, 産業技術総合研究所 臨海副都心センター (東京都江東区), 2017年12月7日.
- (61) 関喜一、伊藤精英、“聴覚性運動を用いた障害物知覚を測定する試み(第4報) — 障害物知覚獲得の評価指標の検討 —”, 第43回感覚代行シンポジウム、予稿集、33-36 (東京、2017-12).
- (62) 白林潤、関喜一、井上拓晃、井野秀一 ” 立体音響を利用した視覚障害者の対象物提示法に関する研究”, 第43回感覚代行シンポジウム、講演論文集、37-40 (2017-12、東京)
- (63) 井上拓晃、関喜一、清水俊治 ” 視覚障害者の歩行技能の評価に関する基礎的研究”, 第43回感覚代行シンポジウム、講演論文集、41 (2017-12、東京)
- (64) 安岡晶子, 仲谷将志, 津田紹子, 榎並直子, 喜多伸一. 視野狭窄者を対象とした歩行時の足元知覚の計測. 電子情報通信学会技術報告, WIT, 70, 41-46. 2017.
- (65) 川口稚京, 喜多伸一, 石川准. 視覚障害者が行う将棋における情報伝達手法. 電子情報通信学会技術報告, WIT, 71, 47-52. 2017.
- (66) 仲谷将志, 榎並直子, 安岡晶子, 田井中智圭, 喜多伸一. 三次元可視化装置を用いた歩きスマホ中の視野計測システムの開発. 電子情報通信学会 PRMU, 116, 461, 169-170. 2017.
- (67) 関喜一 (産総研), 喜多伸一 (神戸大学), 多世代共創による視覚障害者移動支援システムの開発と実証実験, 視覚障害リハビリテーション協会近畿ブロック研修会, 兵庫県神戸市, 2017年11月26日.
- (68) 釜坂 一步, 北原 格 (筑波大学), 一刈 良介, 興梠 正克, 蔵田 武志 (産総研), 亀田 能成 (筑波大学), カメラベース位置推定手法へのPDRの統合及び音声インタフェースの検討, HCG シンポジウム 2017, 5 pages, 石川県金沢歌劇座, 2017年12月13日~15日.
- (69) 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成 (筑波大学), RGB-D カメラを用いた歩行安全領域の検出と提示方法の検討, HCG シンポジウム 2017, 5 pages, 石川県金沢歌劇座, 2017年12月13日~15日.

### 5-3-3. ポスター発表 (国内会議 9 件、国際会議 1 件)

- (1) Yasuoka, A., Kita, S. & Ishii, M. Apparent depth of a patch of dynamic random noise within a static field of random dots. Journal of Vision, 15, 12, 832-832. 2015年5月. doi: 10.1167/15.12.832
- (2) 関喜一他,” 視覚障害者移動支援システム”, G 空間 EXPO2015、(東京、2015-11)
- (3) 井上拓晃他,” 視覚障害者移動支援システム”, つくば医工連携フォーラム 2016、(つくば、2016-01)
- (4) 関喜一他,” 視覚障害者移動支援”, ロケーションビジネスジャパン (LBJ)2016、(幕張、2016-06)
- (5) 関喜一他,” 視覚障害者移動支援システム”, G 空間 EXPO2016、(東京、2016-11)
- (6) 白林潤、井上拓晃、関喜一、井野秀一,” 立体音響を利用した視覚障害者の経路誘導法に関するパイロット研究”, つくば医工連携フォーラム 2017、P-22 (2017-01、つくば)
- (7) 関喜一他,” 視覚障害者移動支援”, ロケーションビジネスジャパン (LBJ)2017、(幕張、2017-06)

- (8) 渡辺哲也, 新貝章太 (新潟大学), “非視覚的スマートフォン操作における文字入力速度の比較,” 第26回視覚障害リハビリテーション研究発表大会, 鶴見大学 (川崎市), 2017年6月10日.
- (9) 関喜一他, “視覚障害者移動支援システム”, G 空間 EXPO2017, (東京、2017-10)

#### 5-4. 新聞報道・投稿、受賞など

##### 5-4-1. 新聞報道・投稿

- (1) 毎日新聞, 2014 年 11 月 1 日, “視覚障害者支援 自宅周辺「触れる地図」に 新潟大の大学院生 便利さ伝え浸透願う,” 視覚障害者のための触地図自動作成ソフトとこれを使った作成サービスを紹介.
- (2) BSN 新潟放送, BSN ニュース, 2015 年 5 月 23 日放送, テレビ取材 “目の不自由な人の歩行 安全に,” 2015 年 5 月 23 日に新潟駅周辺で実施したブラインドマッピングパーティの様子を紹介.
- (3) 「バリアフリー情報発信の地図アプリ 神戸で試験」神戸新聞 2016 年 3 月 7 日.
- (4) “えどがわ区民ニュース「だれもが輝くまちを ～“壁”をなくすのは みんなのやさしさ～」”, 江戸川区ホームページ(Web), 2016 年 5 月 1 日公開
- (5) BSN 新潟放送, N スタ新潟, 2015 年 6 月 2 日放送, “触地図で広がる障害者の世界,” 触地図と盲導犬を併用して散歩を楽しむ新潟市在住の視覚障害者を紹介.
- (6) “オピニオン そこが聞きたい障害者差別解消法「共生社会目指し対話を」”, 毎日新聞, 2016 年 6 月 9 日 朝刊 8 面
- (7) “生きる「見えぬ世界、知で"見る"””, 静岡新聞, 2016 年 7 月 15 日 朝刊 17 面
- (8) “相模原殺傷 1 週間「石川・県立大教授に聞く 交流拡大で差別解消を」”, 中日新聞, 2016 年 8 月 3 日 朝刊 33 面
- (9) “巨大な将棋盤の上を歩き回って『詰め将棋』 視覚障害の『支援研究』で位置情報と AR を使ったゲーム 静岡県立大”, ITmedia ニュース(Web), 2016 年 8 月 30 日公開
- (10) “移動支援技術で巨大将棋楽しむ 視覚障害者向け開発”, 朝日新聞, 2016 年 9 月 4 日 朝刊 29 面 (静岡面)
- (11) “視覚障害者 11 人 詰将棋を体感 巨大盤上、音声などでサポート”, 中日新聞, 2016 年 9 月 4 日 朝刊 15 面
- (12) 聞きたい「Q.障害者が暮らしやすい社会のために必要なことは何ですか?」”, 読売新聞, 2016 年 9 月 5 日 朝刊 31 面
- (13) NHK 函館放送局, “つながる@道南”, 2016 年 9 月 5 日放送, 触地図で素早く避難, 新潟大学 渡辺研究室が製作した触地図を使って避難訓練をしている視覚障害の女性の話.
- (14) “視覚障害者支援 将棋ゲームで実験 駿河区で県立大教授”, 静岡新聞, 2016 年 9 月 6 日 朝刊 18 面
- (15) “インタビュー「障害者権利条約の締結と障害者の社会参加に向けて」”, 社会福祉しずおか, 2016 年 12 月号
- (16) “日本の国連加盟 60 周年記念シリーズ『国連を自分事に』第 10 回「障害者が『楽しい!』と感じられるような研究を柱に」”, 国連広報センターブログ(Web), 2016 年 12 月 2 日公開
- (17) 触地図で素早く避難, NHK 函館放送局, “つながる@道南”, 平成 28 年 9 月 5 日放送 (新潟大学渡辺研究室が製作した触地図を使って避難訓練をしている視覚障害の女性の話)

#### 5-4-2. 受賞

- (1) 白林潤、関喜一、井上拓晃、井野秀一、第 43 回（2017 年）感覚代行シンポジウム 感覚代行研究奨励賞（2017 年）
- (2) 白林潤、関喜一、井上拓晃、井野秀一、第 17 回日本 VR 医学会学術大会 学術奨励賞（2017 年）

#### 5-4-3. その他

- (1) 日本科学未来館科学コミュニケーターブログ（2016 年 03 月 24 日）  
<http://blog.miraikan.jst.go.jp/talk/20160324post-665.html>
- (2) テレビ取材 “目の不自由な人の歩行 安全に,” BSN 新潟放送, BSN ニュース, 2015 年 5 月 23 日放送
- (3) テレビ取材 “触地図で広がる障害者の世界,” BSN 新潟放送, N スタ新潟, 2015 年 6 月 2 日放送
- (4) テレビ取材 “VR・AR・スマホによる障害者支援の神戸市での実証実験”、サン TV、2017 年 1 月 6 日放送
- (5) ラジオ取材, NHK マイあさラジオ 日曜訪問, NHK ラジオ第一, 平成 28 年 9 月 11 日放送
- (6) テレビ取材, サン TV 県内ニュース, 2017 年 1 月 6 日放送.
- (7) 政策提言「「ポケモン GO」などスマホの進化が地域社会・地域経済に与える影響に関する有識者会議報告書」 神戸市長に提出した報告書. 2017 年 3 月 31 日.  
[http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp\\_influence/img/290330\\_01.pdf](http://www.city.kobe.lg.jp/information/committee/innovation/sp_influence/img/290330_01.pdf)

#### 5-5. 特許出願

##### 5-5-1. 国内出願（0 件）

##### 5-5-2. 海外出願（0 件）