区分2

戦略的創造研究推進事業

（社会技術研究開発）

平成２８年度研究開発実施報告書

「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．研究開発プロジェクト名 2

２．研究開発実施の要約 2

２‐１．研究開発目標 2
２‐２．実施項目・内容 2
２‐３．主な結果 2

３．研究開発実施の具体的内容 3

３‐１．研究開発目標 3
３‐２．ロジックモデル 8
３－３．実施方法・実施内容 9
３‐４．研究開発結果・成果 12
３‐５．会議等の活動 39

４．研究開発成果の活用・展開に向けた状況 40

５．研究開発実施体制 40

６．研究開発実施者 42

７．研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など 45

７－１．シンポジウム等 45
７－２．社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など 45
７－３．論文発表 46
７－４．口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） 47
７－５．新聞報道・投稿、受賞等 49
７－６．知財出願 50

１．研究開発プロジェクト名

多世代共創による視覚障害者移動支援システムの開発

２．研究開発実施の要約

２－１．研究開発目標

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。

２－２．実施項目・内容

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。

２－３．主な結果

H28年度は地域の多世代イベントに注力し、主に以下のことを明らかにした。

- 地域の多世代の視覚障害者・健常者が参加するマッピングパーティを、リアルとバーチャルの両方で実現可能であること
- 地域の多世代の視覚障害者・健常者が参加するエンターテイメント性のあるイベントの実現により、バリアフリーへの啓発に効果的であることと、イベントを通して歩行支援における課題抽出が可能であること

３．研究開発実施の具体的内容

３－１．研究開発目標

（１）全体目標およびリサーチ・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収集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？

（２）今年度の目標

平成28年度は、平成27年度に構築した技術的基礎および社会的基礎をもとに、技術開発を継続すると同時に、多世代が参加する地域コミュニティによるICTを活用したマッピングパーティを積極的に実施し、地域コミュニティデザイン手法を構築する。また年度後半では、全システムを統合した実証実験の準備を開始する。

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

- 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“突発的歩行動作”や“ルート逸脱”等を検出するアルゴリズムを開発
  - 昨年度までに構築した測位技術をもとに、視覚障害者の歩行奇跡から“突発的歩行動作”や“ルート逸脱”等の異常行動を発見する数学的アルゴリズムを開発してシステムに実装する。

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

- 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
  - ビッグデータを解析するアルゴリズムや、既存のアクセシビリティ関連ビッグデータからのデータマイニング手法を選定し、本システムへ導入する。

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

- 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。
  - 実証実験に向け、これまでに開発したランドマーク録音・自動再生機能を有するナビゲーションアプリケーションのブラッシュアップを行う。有効性を検証するための実証実験を行う。
- 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・振動式地図の評価実験を実施する。
  - 平成27年度から継続して、OpenStreetMapデータの触地図作成システムの開発、及びOpenStreetMapデータの各要素にどのような触知記号を割り当てるかを決定する。なお、OpenStreetMapデータをもとに作成した触地図は、産業技術総合研究所で開発中のAR触地図に利用される。
  - 音声読み上げ・振動式地図の評価の中で触覚的手がかりの必要性が示されたため、新たに点図ディスプレイを用いた触覚・音声読み上げ地図システムを開発する。これに関連して国際会議における特別テーマセッション「移動支援のための触地図・地図データ」を開催する。

- タッチインタフェースの非視覚的操作の評価を行う。

- 歩行行動時にも可能なジェスチャ入力の開発
  - 歩行中におけるガイドシステムへの新たな手指指示インタフェースの開発（継続）量的な指示を示せる具体的なインタフェースシステムを開発し評価を行う。また歩行訓練への適用を行う。

Ⅱ.2　サブメートル級屋内外シームレス測位技術の開発

- 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
- 屋内外測位のための衛星測位、PDR、BLE（Bluetooth Low Energy）、RGB 画像と距離画像などの統合技術の開発
  - 平成 28 年度は、RGB-D センシング技術と、衛星測位、PDR、BLE を組み合わせた統合システムの開発を進める。
  - マッピングパーティを実施する場所の現地映像の位置方位決め機能を開発し、バーチャルマッピングパーティを実用化する。

Ⅱ.3　路面状況等歩行環境探索技術の開発

- 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（継続）
    - 多様な事前撮影、撮影状況に対しても前年度と同等の精度を実現
    - 指定経路から逸脱時の修正指示
  - 白杖よりも遠くの前方の安全確認システムの開発（継続）
    - 5m前方までの凹凸及び障害物を検知して歩行者に知らせる方法の確立
    - システムの使い方モデルを、開発者と利用者で共創的に作り出す

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

- 聴覚による AR・VR 技術の開発と評価
- 触覚による AR・VR 技術の開発と評価
  - IV.1 実証実験と社会制度化（地域コミュニティとの連携構築・強化）で実施した共創イベント向けに開発した AR 触地図システムは、触覚と聴覚による歩行訓練（歩行前事前学習）を可能とするものであるが、本システムのジェスチャ認識精度を向上させる。また、平成 28 年度に開催する共創イベントを通じてその主観評価を行う。
  - 足もとの見え方について平成 27 年度に開発した AR・VR 技術を活用した計測方法を、視覚障害者に適用し、データを採取する。
  - 音声ガイダンスに用いる骨伝導ヘッドホンに対する性能評価の技法を開発する。

Ⅲ.2　歩行技能客観的定量的評価方法の開発

- 歩行時の心的ストレスを計測する技術の開発
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にした歩行訓練時に計測可能な心拍と脳波に着目して、ストレス指標として使用できる可能性を検証する。
- 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
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にしたストレス指標と歩行技能の関係を明らかにして、歩行技能を定量的に評価する方法を検討する。
- 地理リテラシーの効果に関する研究
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にした地理リテラシーと歩行技能の関係を明らかにして、歩行技能を定量的に評価する方法を検討する。
- 地理リテラシーを高める訓練手法の開発
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にした AR・VR システムを使用した地理リテラシー向上のための訓練カリキュラムを作成する。

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

- 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 27 年度に実施した日本科学未来館での共創イベント（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～」）で用いたバーチャルマッピングシステムと AR 触地図システムのパッケージ化を進めてイベント開催の負荷を軽減することにより、複数回の共創イベント実施を実現する。
  - 開催負荷の高い同期型の共創イベント（ブラインドマッピングパーティ）を、非同期でのネットワーク開催を可能とすることにより、マッピングパーティ開催やマッピング作業の負荷軽減を実現し、共創イベントのすそ野を拡大するための基盤を構築することを目指す。
  - マッピングパーティのインテリジェント化。共創的マッピングパーティにおいて、事前撮影映像を同時に取得したり、周囲の安全確認システムの性能を体験・評価してもらえるようにしたりすることで、これまでにない新しいコミュニティ体験を演出する。

Ⅳ.2　全システムの実証実験

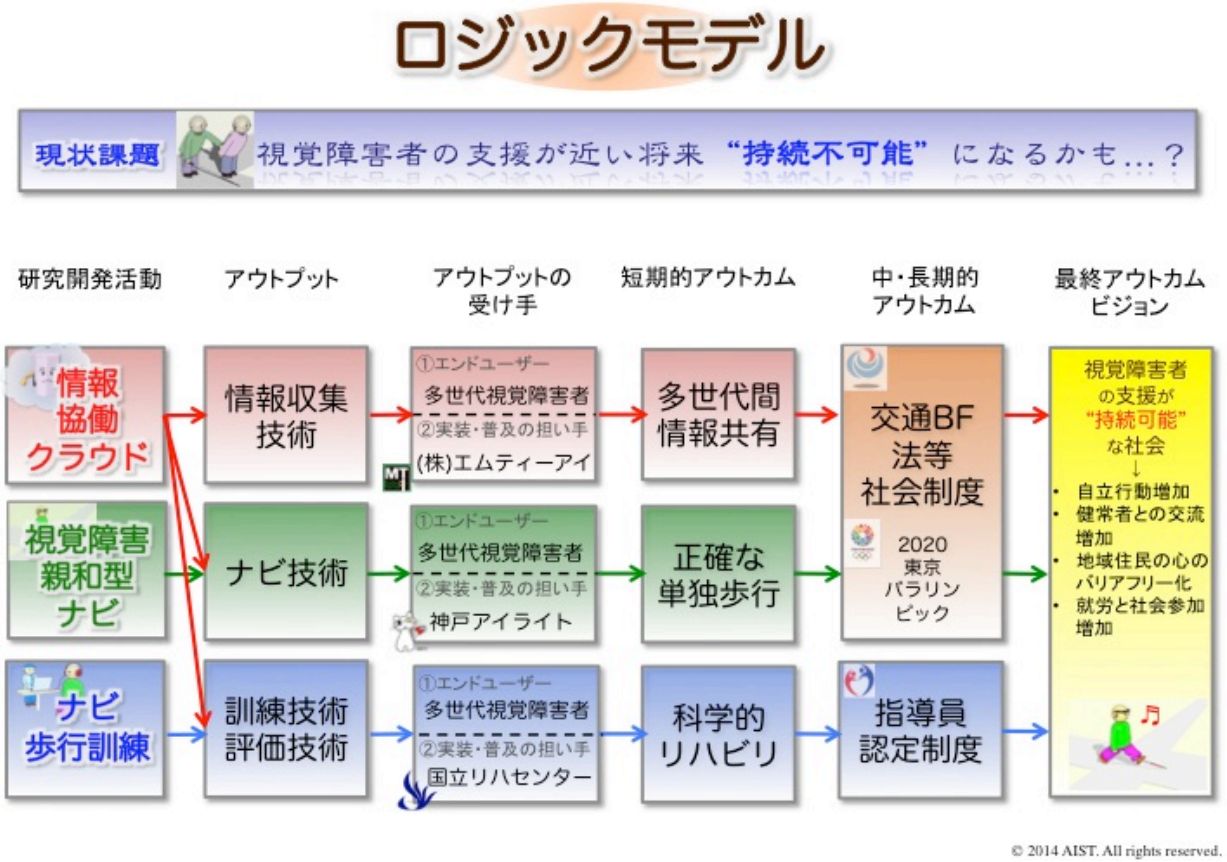
- 開発した歩行技能評価手法により、移動支援システムの効果を検証
- 開発した訓練技術の実践
- 問題点の抽出と改良
  - 視覚障害者や異なる世代を含む多様な人が楽しめる交流イベントを主催する（8-9 月）。ランドマーク登録を主とするマッピングパーティ、触地図を利用した地理情報の共有、周辺の情報探索等、これまでに各研究チームで開発してきたものを楽しみながら体験するイベントを企画する。開催にあたっては、これまでに構築してきた視覚障害者将棋コミュニティの協力を得る。体験会においては、学生や研究室スタッフが参加者のサポートを行う。
  - このイベントの目的の一つはシステムの実証実験であり、多様な世代の

視覚障害当事者に体験してもらうことによりシステムの検証とフィードバックを行う。実証実験の場には、神戸市と新潟市を候補として考えており、そのうち特に神戸市はインフラ整備が進み自治体をはじめ地域との協力が得やすいので、有力な候補地である。もう一方の目的は、持続可能な多世代共創的コミュニティのあり方を検討することである。楽しいイベントへの参加が、システムへの継続的な貢献を誘発するインセンティブとなり得るかどうかを検証する。また、イベントでの交流の様子を観察することで、「楽しさ」が共創的アプローチが機能するための重要な条件であることを検証する。

（3）背景

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。

３－２．ロジックモデル


ロジックモデル
現状課題
視覚障害者の支援が近い将来 “持続不可能” になるかも…？
研究開発活動
アウトプット
アウトプットの受け手
短期的アウトカム
中・長期的アウトカム
最終アウトカム ビジョン
情報協働クラウド
視覚障害親和型ナビ
ナビ歩行訓練
情報収集技術
ナビ技術
訓練技術評価技術
①エンドユーザー 多世代視覚障害者
②実装・普及の担い手 (株)エムティーアイ
①エンドユーザー 多世代視覚障害者
②実装・普及の担い手 神戸アイライト
①エンドユーザー 多世代視覚障害者
②実装・普及の担い手 国立リハセンター
多世代間情報共有
正確な単独歩行
科学的リハビリ
交通BF法等社会制度
2020東京パラリンピック
指導員認定制度
視覚障害者の支援が “持続可能” な社会
• 自立行動増加
• 健常者との交流増加
• 地域住民の心のバリアフリー化
• 就労と社会参加増加
© 2014 AIST. All rights reserved.

３－３．実施方法・実施内容

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

- 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“突発的歩行動作”や“ルート逸脱”等を検出するアルゴリズムを開発
  - 昨年度までに構築した測位技術をもとに、視覚障害者の歩行奇跡から“突発的歩行動作”や“ルート逸脱”等の異常行動を発見する数学的アルゴリズムを開発してシステムに実装する。

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

- 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
  - ビッグデータを解析するアルゴリズムや、既存のアクセシビリティ関連ビッグデータからのデータマイニング手法を選定し、本システムへ導入する。

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

- 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。
  - 実証実験に向け、これまでに開発したランドマーク録音・自動再生機能を有するナビゲーションアプリケーションのブラッシュアップを行う。有効性を検証するための実証実験を行う。
- 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・振動式地図の評価実験を実施する。
  - 平成 27 年度から継続して、OpenStreetMap データの触地図作成システムの開発、及び OpenStreetMap データの各要素にどのような触知記号を割り当てるかを決定する。なお、OpenStreetMap データをもとに作成した触地図は、産業技術総合研究所で開発中の AR 触地図に利用される。
  - 音声読み上げ・振動式地図の評価の中で触覚的手がかりの必要性が示されたため、新たに点図ディスプレイを用いた触覚・音声読み上げ地図システムを開発する。これに関連して国際会議における特別テーマセッション「移動支援のための触地図・地図データ」を開催する。
  - タッチインタフェースの非視覚的操作の評価を行う。
- 歩行行動時にも可能なジェスチャ入力の開発
  - 歩行中におけるガイドシステムへの新たな手指指示インタフェースの開発（継続）量的な指示を示せる具体的なインタフェースシステム

を開発し評価を行う。また歩行訓練への適用を行う。

Ⅱ.2　サブメートル級屋内外シームレス測位技術の開発

- 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
- 屋内外測位のための衛星測位、PDR、BLE（Bluetooth Low Energy）、RGB 画像と距離画像などの統合技術の開発
  - 平成 28 年度は、RGB-D センシング技術と、衛星測位、PDR、BLE を組み合わせた統合システムの開発を進める。
  - マッピングパーティを実施する場所の現地映像の位置方位決め機能を開発し、バーチャルマッピングパーティを実用化する。

Ⅱ.3　路面状況等歩行環境探索技術の開発

- 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（継続）
    - 多様な事前撮影、撮影状況に対しても前年度と同等の精度を実現
    - 指定経路から逸脱時の修正指示
  - 白杖よりも遠くの前方の安全確認システムの開発（継続）
    - 5m前方までの凹凸及び障害物を検知して歩行者に知らせる方法の確立
    - システムの使い方モデルを、開発者と利用者で共創的に作り出す

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

- 聴覚による AR・VR 技術の開発と評価
- 触覚による AR・VR 技術の開発と評価
  - IV.1 実証実験と社会制度化（地域コミュニティとの連携構築・強化）で実施した共創イベント向けに開発した AR 触地図システムは、触覚と聴覚による歩行訓練（歩行前事前学習）を可能とするものであるが、本システムのジェスチャ認識精度を向上させる。また、平成 28 年度に開催する共創イベントを通じてその主観評価を行う。
  - 足もとの見え方について平成 27 年度に開発した AR・VR 技術を活用した計測方法を、視覚障害者に適用し、データを採取する。
  - 音声ガイダンスに用いる骨伝導ヘッドホンに対する性能評価の技法を開発する。

Ⅲ.2　歩行技能客観的定量的評価方法の開発

- 歩行時の心的ストレスを計測する技術の開発
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にした歩行訓練時に計測可能な心拍と脳波に着目して、ストレス指標として使用できる可能性を検証する。
- 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
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にしたストレス指標と歩行技能の

関係を明らかにして、歩行技能を定量的に評価する方法を検討する。

- 地理リテラシーの効果に関する研究
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にした地理リテラシーと歩行技能の関係を明らかにして、歩行技能を定量的に評価する方法を検討する。
- 地理リテラシーを高める訓練手法の開発
  - 平成 28 年度は、平成 27 年度に保留にした AR・VR システムを使用した地理リテラシー向上のための訓練カリキュラムを作成する。

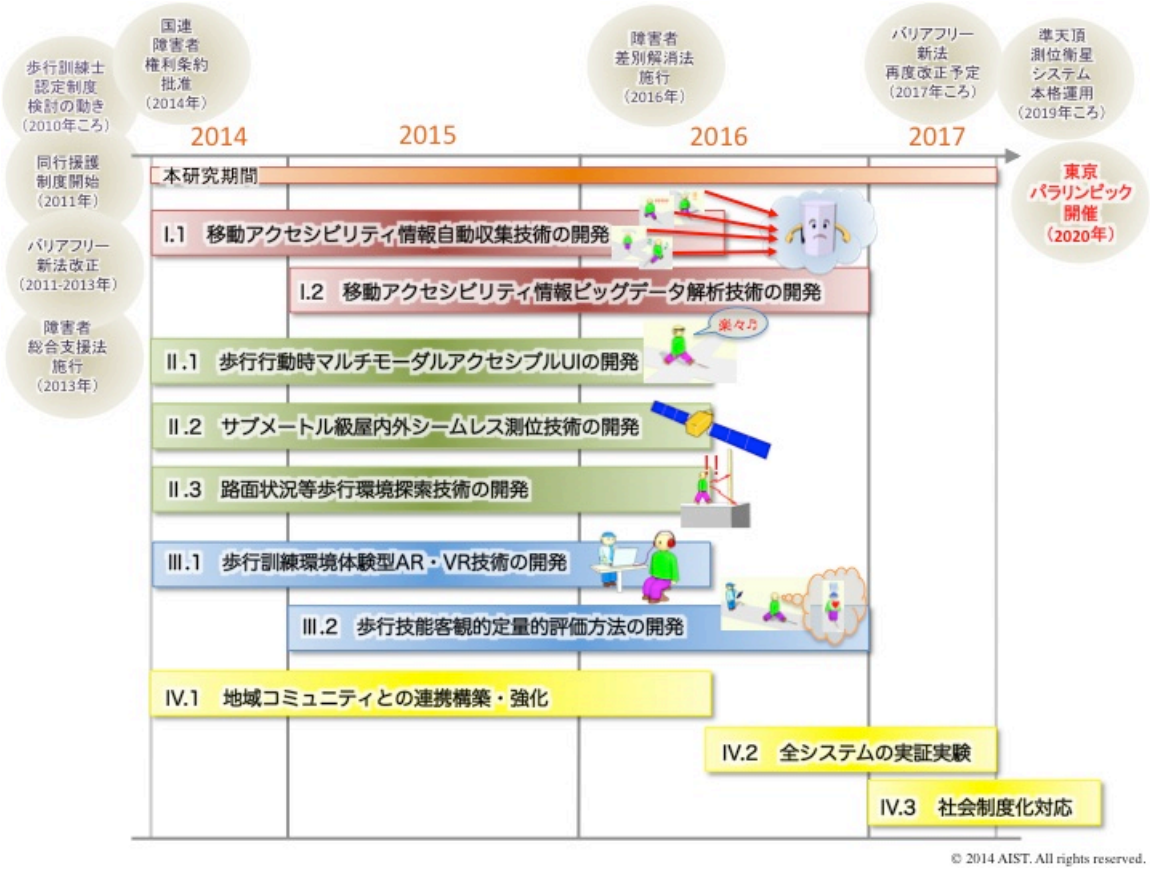
Ⅳ.　実証実験と社会制度化

Ⅳ.1　地域コミュニティとの連携構築・強化

- 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 27 年度に実施した日本科学未来館での共創イベント（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～」）で用いたバーチャルマッピングシステムと AR 触地図システムのパッケージ化を進めてイベント開催の負荷を軽減することにより、複数回の共創イベント実施を実現する。
  - 開催負荷の高い同期型の共創イベント（ブラインドマッピングパーティ）を、非同期でのネットワーク開催を可能とすることにより、マッピングパーティ開催やマッピング作業の負荷軽減を実現し、共創イベントのすそ野を拡大するための基盤を構築することを目指す。
  - マッピングパーティのインテリジェント化。共創的マッピングパーティにおいて、事前撮影映像を同時に取得したり、周囲の安全確認システムの性能を体験・評価してもらえるようにしたりすることで、これまでにない新しいコミュニティ体験を演出する。

Ⅳ.2　全システムの実証実験

- 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
  - 視覚障害者や異なる世代を含む多様な人が楽しめる交流イベントを主催する（8-9 月）。ランドマーク登録を主とするマッピングパーティ、触地図を利用した地理情報の共有、周辺の情報探索等、これまでに各研究チームで開発してきたものを楽しみながら体験するイベントを企画する。開催にあたっては、これまでに構築してきた視覚障害者将棋コミュニティの協力を得る。体験会においては、学生や研究室スタッフが参加者のサポートを行う。
  - このイベントの目的の一つはシステムの実証実験であり、多様な世代の視覚障害当事者に体験してもらうことによりシステムの検証とフィードバックを行う。もう一方の目的は、持続可能な多世代共創的コミュニティのあり方を検討することである。楽しいイベントへの参加が、システムへの継続的な貢献を誘発するインセンティブとなり得るかどうかを検証する。また、イベントでの交流の様子を観察することで、「楽しさ」が共創的アプローチが機能するための重要な条件であることを検証する。



３－４．研究開発結果・成果

（１）明らかになったこと

- 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？　→　AR 巨人将棋イベントにより、コミュニティ形成が可能であることを見出した。
  - ➢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収拾を活性化することができるか？　→　リアルな活動に参加しずらいボランティアを動員できることを見出した。
- 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？　→　H28 までではまだ回答を得ていない。H29 も継続検討。

- 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？　→ H28 までではまだ回答を得ていない。H29 も継続検討。
- 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？　→　H28 では一部実証済み。H29 はさらに検討を行う。
- 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？　→　H28 では一部実証済み。H29 はさらに検討を行う。
- 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？　→　実証済み。
- 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？　→　実証済み。
- 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？　→　H28 までではまだ回答を得ていない。H29 も継続検討。
- 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？　→　H28 では一部実証済み。H29 はさらに検討を行う。
- 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？　→　H28 では一部実証済み。H29 はさらに検討を行う。
- 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？　→　H28 では一部実証済み。H29 はさらに検討を行う。
- 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？　→　H28 では一部実証済み。H29 はさらに検討を行う。
- 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？　→　H28 では一部実証済み。H29 はさらに検討を行う。

（２）今年度の進捗・成果

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

- 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“突発的歩行動作”や“ルート逸脱”等を検出するアルゴリズムを開発

➢ 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）

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）。

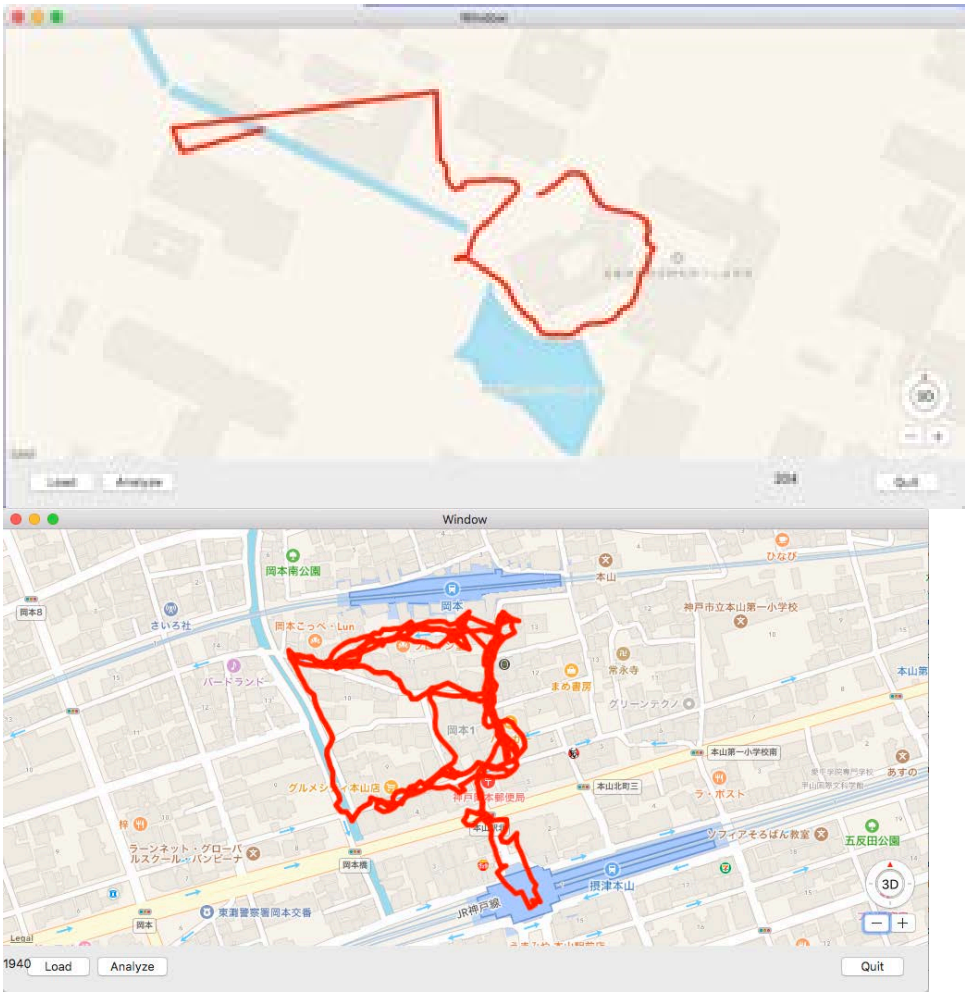


図　開発した位置情報の解析アプリ（Mac 画面）

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

- 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
  - H28 年度は多世代イベントに多くの時間を費やしたため、このアルゴリズムの開発は H29 年度へ持ち越しとした。

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

- 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。
  - 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 のランドマークとして追加登録する機能

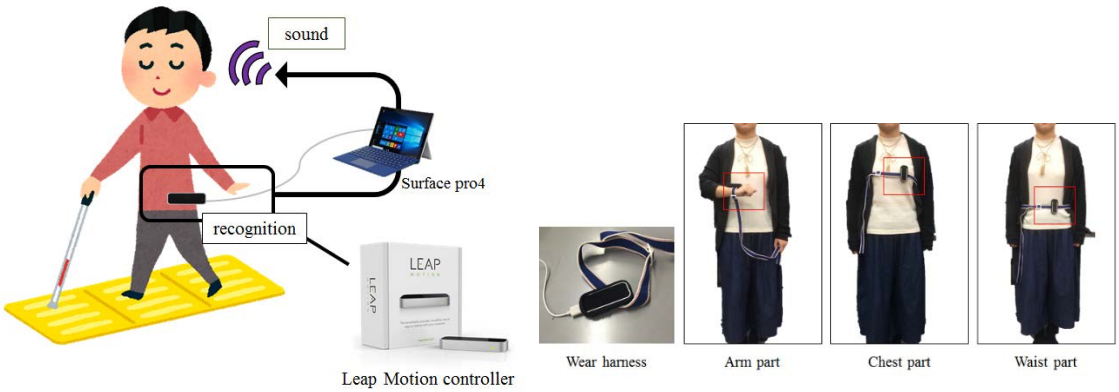
● 歩行行動時にもアクセスできる触覚出力方式の開発

➢ 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

タッチインタフェース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。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、学習速度、入力中に起こるエラーについて比較検討した。その結果、テンキーによる入力方法 2 種類が、QWERTY キーと比べ、入力速度、学習速度ともに速いということがわかった。エラーの種類については、全ての入力方法において、余分な文字を誤って入力するエラーが最も多かった。

➢ 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

視覚障害者がスマートフォンなどのタッチインタフェース端末を使用する際は、スクリーンリーダを用い、音声のみを頼りに操作する。このときの最適な端末サイズは明らかになっていない。本研究では、タッチインタフェース端末の大きさの違いが、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。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、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、最適な端末サイズについて検討した。その結果、アイコン探索において、探索時間が最も短く、主観評価が高い画面サイズが 4．7 inch の端末が適していると推定した。



● 歩行行動時にも可能なジェスチャ入力の開発

➢ 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ーフェースを設計した。

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。また、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。

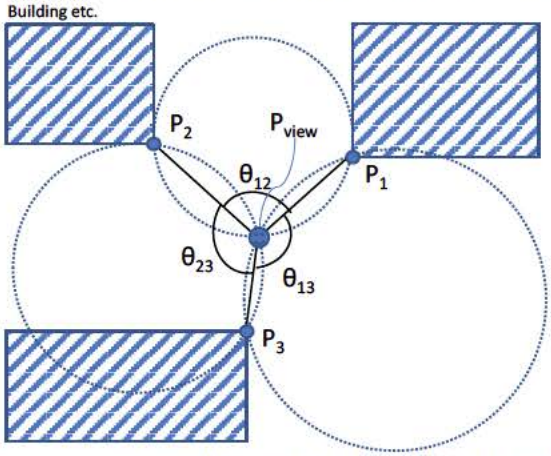
なお、歩行訓練への適用は本年度中に実施できなかったが、同等の制約が掛かる状況での実験を次年度に実施予定である。

- 平成27年度に引き続き、平成28年度もジェスチャ入力の国際標準化の動向を調査した。その結果、現在以下の案件がISO/IEC JTC 1/SC 35で標準化が進んでいることを把握し、これらの標準が本プロジェクトに制約を与えるような内容ではないことを確認した。
  - ISO/IEC 30113:2015 ジェスチャ総則
  - ISO/IEC 2CD 30113-5　　ジェスチャの XML 記述方法
  - ISO/IEC FDIS 30113-11　　単点ジェスチャ
  - ISO/IEC PWI 30113-6X　　スマートフォンのスクリーンリーダ用ジェスチャ

Ⅱ.2　サブメートル級屋内外シームレス測位技術の開発

- 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
- 屋内外測位のための衛星測位、PDR、BLE（Bluetooth Low Energy）、RGB 画像と距離画像などの統合技術の開発
  - 平成 28 年度は、RGB-D センシング技術と、衛星測位、PDR、BLE を組み合わせた統合システムの開発を進めた。
  - IV.2 に示す通り、H29 年度の実証実験における検証にむけ、従来の プロジェクト独自開発の RGB-D センシング技術と、衛星測位、PDR、BLE を組み合わせた統合システムに加えて、オープンソースの視覚障害者の移動支援アプリ制作用プラットフォーム HULOP 等を用いた測位・ナビゲーション技術の導入の検討も進め、他の障害者移動支援技術との連携の可能性に関しても検討を開始した。
  - H27 年度のバーチャルマッピングパーティイベントのための歩行環境

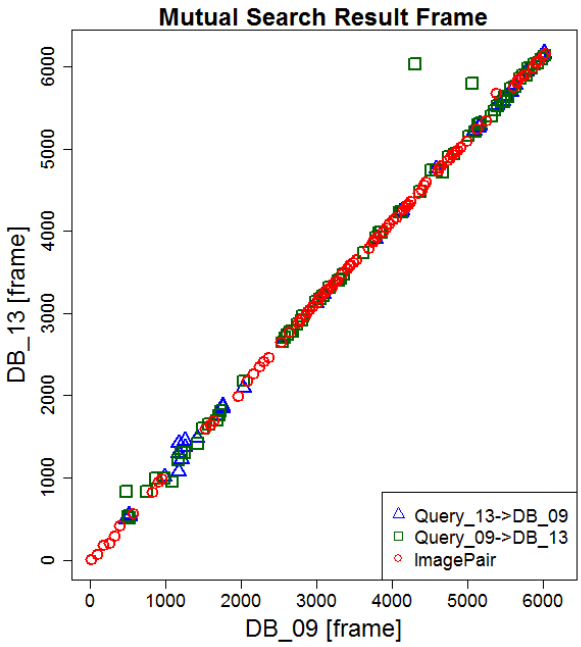
の VR 空間内での再現作業においては、歩行現場のパノラマ動画像や環境音の収録を行った。今後の課題として、このパノラマ動画や環境音の準備作業をいかに効率よく正確な位置に配置するかという課題がある。前回のイベントの準備においては、パノラマ動画像と地図を見比べながら、手動で、撮影・収録された画像・音声の座標や方向を設定していた。しかし、このような方法では運営者側に多大な作業を課すこととなり、本取り組みが普及する上でのボトルネックにもなりえる。そこで、H28 年度は、運営者側の負担を軽減するための取り組みとして、パノラマ画像・環境音の効率的な配置方法を開発した。
パノラマ画像の位置・方向を地図(世界座標)と合わせるためには、地図上で緯度経度が指定可能な特徴点(線)をパノラマ画像中で指定する。具体的には、下図に示すように、移動経度が既知の地図上の複数の点をパノラマ画像中で指定すると、特徴点 A-撮影位置-特徴点 B で構成される角度を計算することができる。撮影位置を求めることは、特徴点・視点で構成される角度の関係を満たす視点位置を求める幾何学的な問題に帰着できる。幾何学的な性質から、特徴点の座標と特徴点・視点間の角度は既知という関係から、視点位置の候補点は円周角の定義から円弧上に限定される。その方な円弧を複数の特徴点によって求めて、それらの交点を計算することで最終的に撮影位置が計算できる。撮影位置が求まるとパノラマ画像中の特徴点の位置が指示した点になるようにパノラマ画像を水平方向に回転させることでパノラマ画像の方向も合わせることができる。上記の処理により、パノラマ画像の位置合わせの問題を、パノラマ画像中で座標が既知な点を特定するだけに簡略化することが可能になった。　H29 年度のワークショップにおいては、本機能を用いてパノラマ画像の世界座標への配置を行い、将来的に本機能を公開するためのパッケージ化も行っていく。



図：パノラマ画像の位置を自動計算するために利用する幾何学的関係

Ⅱ.3　路面状況等歩行環境探索技術の開発

- 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（継続）



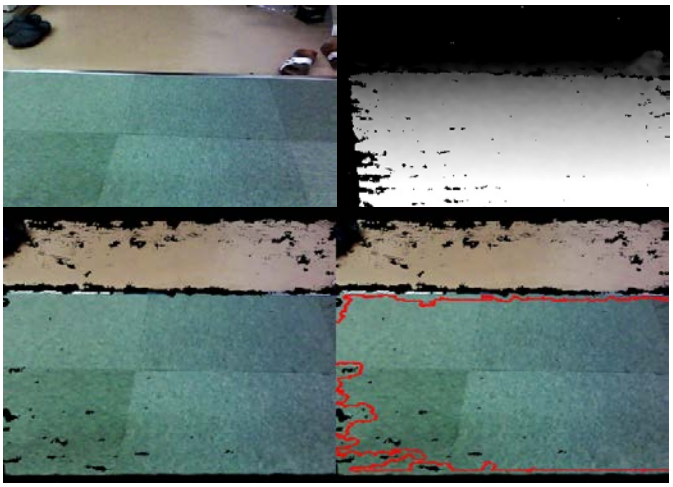
RGB-D カメラベースの我々のアプローチにおいては、経路案内に先立って必要なのは、経路に沿った映像の事前撮影だけである。このため、少ない負担で視覚障害者の単独外出を支援することができるし、他のセンサベースのシステムと競合することもないという利点がある。さらに、マッピングパーティを行っている場合は、そのときに経路撮影を行えばよいため、本研究計画全体との整合性も高い。

昨年度から提案してきたは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、本年度は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研究を行い、成果を挙げつつある。

図は同一経路の 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。詳細は発表文献(HCG シンポジウム、釜坂他、2016)を参照されたい。

  - 白杖よりも遠くの前方の安全確認システムの開発（継続）

本年度は、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研究開発した。昨年度研究開発を行った手法について、潜在的利用者にヒアリング等を行ったところ、頑健性と実時間処理性を高めることが重要であることがわかった。処理の高速化のため、RGB-D カメラからの情報のうち、深度画像のみを使う選択をし、それに基づく新手法を研究開発した。この結果、最大で 5m 前方までの平面領域を検知するシステムを構築することができた。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閉円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。



図は手前のカーペット部から、一段下がったタイル部への境界での様子である。4 枚の画像から構成されていて、左上は RGB-D カメラからの RGB 画像、右上はそれに対応する深度画像である。左下は RGB 画像と深度画像の合成による三次元点群の可視化を RGB-D カメラの視点で行ったものである。右下は左下と同じであるが、歩行可能な平面領域を赤枠で検出している。これに端処理を行うことで、平面領域に関する指示が出せるようになる。詳細は発表文献(HCG シンポジウム、今井他、2016)を参照されたい。

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

- 聴覚による AR・VR 技術の開発と評価
  - H27 年度の成果である骨導 3 次元音響の実現について、さらに実験データの検討を行った。

    気導ヘッドフォンと骨伝導ヘッドフォンによる音源定位実験結果の統計解析を行った。その結果、正答率、反応時間ともに骨導と気導で

有意差はないことを明らかにし、従来どおりの気導ヘッドホンによる3 次元音響技術が、そのまま骨導ヘッドホンで遜色なく使用できることを確認した。

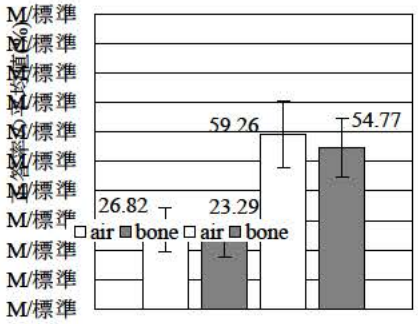


Fig. 7　正答率の平均値（左2つは22.5度、右2つは45度の誤差を許可）

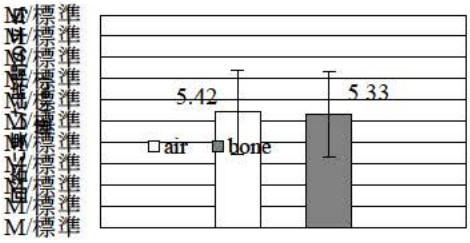


Fig.8 回答時間の平均値

- 視覚障害者のうち弱視者の多くは、歩行中の足もと知覚に問題を抱えている。これに対し、神戸大学が保有するバーチャルリアリティ・システムを用いて、平成 27 年度から 28 年度にかけて開発した AR・VR 技術を活用した足もと知覚の計測方法を、網膜色素変性症による視覚障害者に適用し、データを採取した。実験結果は電子情報通信学会等で発表するとともに、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」で発表し、平成 28 年度末に報告書をまとめた。

● 触覚による AR・VR 技術の開発と評価

- H27 年度に開発を開始した AR 触地図は、視覚障害者が歩行訓練をされる前に歩行環境を事前に予習したり、歩行訓練後に歩行訓練結果（歩行軌跡等）を確認するために利用できる技術である。AR 触地図では、触覚で地理的な内容を理解できる触地図を利用し、触地図を指で触る様子をジェスチャ認識技術を用いて認識し、認識結果に対して AR 技術を用いて視聴覚のフィードバックを提供していた。
  H28 年度では、H27 年度に開発した RGB-D カメラとタブレット PC を用いた携帯性を重視したシステムに加えて、ジェスチャ認識や視覚的情報提示の精度を重視したデスクトップ PC を拡張した AR 触地図も活用した。
  デスクトップ PC を活用した AR 触地図では、下図のような HP 社の Sprout と呼ばれるデスクトップ PC を採用した。この Sprout は、タッチ認識可能な液晶ディスプレイに加え、紙を介しても認識できるタッ

チパッドや上方からのプロジェクトによる映像のプロジェクションが可能であり、AR 触地図が求めるマルチモーダルな入出力機能を有した AR 触地図に最適な機種であった。デスクトップ PC を用いた AR 触地図では、歩行ルートなどを想定した連続的なタッチ認識や特定の位置の“長押し“といったより多彩なタッチジェスチャを高精度に認識することが可能となった。また、映像プロジェクションを用いることで、アイコン・移動軌跡などの視覚的な情報を触地図自体にも直接 AR 合成することが可能となり、弱視の方への情報提示や、晴眼者と視覚障害者が同一の地図を用いてコミュニケーションを取るツールとしての有用性・利便性が向上した。2 つのシステムの詳細な比較を下記の表に乗せる。表に示す通り、RGB-D カメラを用いた昨年度のシステムでは、可搬性やユーザビリティ、利用できる触地図の自由度や価格の面で利点がある反面、H28 年度の Sproutwo 用いたシステムでは、視覚的な提示や高精度なタッチ認識ができる利点があり、状況や要望、コストにより適切なものを選択できるようにする。
H29 年度においては、マッピングパーティの共創イベントにおいても AR 触地図を登録された POR/POI 情報の確認用に用いる予定であり、イベントでの実利用を通した主観評価・客観評価を行う。

図：HP 社 Sprout を用いた AR 触地図

表：様々な構成での AR 触地図

	RGB-DカメラによるAR触地図	Sproutを用いたAR触地図
ジェスチャ認識	RGB-Dカメラを用いたジェスチャ認識	タッチパッドによるタッチ認識
情報拡張提示	音声＋拡大表示	音声+拡大表示+プロジェクション
システム構成とコスト	PC($500~) + RGB-D camera($200) → 今後はRGB-Dカメラ付きタブレットに置き換え可能	Sprout($1500)
制約	触地図上への視覚的重畳はできない	マップの大きさや操作IF
利点	可搬性, ユーザビリティやマップの自由度, 価格	視覚提示, 高精度タッチ認識

Ⅲ.2　歩行技能客観的定量的評価方法の開発

- 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
  - H28 年度は多世代イベントに多くの時間を費やしたため、これらの開発は H29 年度へ持ち越しとした。

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

- 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
  - 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。
- 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
  - **開発する視覚障害者移動支援システムの実証実験の場として神戸市東灘区岡本商店街を設定し、神戸市役所の担当部署、岡本商店街振興組合、コープこうべ等との協力関係を構築した。**
  - **視覚障害者が街なかを歩くときに実際にどのような情報を用いているかを多世代共創の観点から調べるため、神戸市立本山中学校及び本山南中学校の協力のもとで視覚障害者バリアフリーマップに関する意見を聴取した。**
  - **神戸市の空間地理情報の取り扱いについては平成 27 年度から Code for Kobe で協議している。協議内容は、神戸市が提供するオープンデータの利用方法や、視覚障害者に限らず、車いす使用者、乳母車使用者、軽度の精神障害者、高齢者などを対象とした、汎用性が高いバリアフリーマップを作成ために必要な技術である。**
  - 昨年度のマッピングパーティワークショップで得られた結果・フィードバックの整理と課題の抽出

    本年度は、昨年度実施した視覚障害者向け情報収集のワークショップ「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～」）で得られた結果の分析により得られた知見をまとめ、今後の技術開発や実施予定の次回以降のバーチャルマッピングパーティへ活用することを目指すことに取り組んだ。

    H27 年度の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、ヘッドマウントディスプレイや PC を用いて VR 空間に再現された歩行環境を体験し、合計 454 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が、参加者がアンケートに回答した結果を、表にまとめた。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、パノラマ動画や、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と評価できる。今後の改良にむけた課題としては、AR 触地図のジェスチャ認識が、ジェスチャの個人差により高くなかった問題があり、後に Sprout を用いたシステムを導入するきっかけにもなった。また、イベントの準備のためのパノラマ画像の撮影・VR 空

間内への配置に関しては、人的・時間的コストが高かったため、作業の効率化の必要性が示唆された。

定量的な評価としては、登録された POR/POI 情報に関して、登録時に利用した端末の種類による登録結果を比較した。ワークショップにおけるインストラクションの不足の原因もあるが、一部の登録情報において、詳細な名称などの属性情報がかける POR/POI がいくつか発見された。それらを端末毎に比較したところ、PC のキーボード入力を活用できる WebGL を利用した登録方法では 97%の POR/POI は属性情報まで入力していたが､HMD を用いて入力されたものは27%しか属性情報が入力されず、位置のポインティングのみであった。本結果により登録された POR/POI は入力用の UI に強く影響されており。効率よく入力するためには PC を用いたキーボードの入力が不可欠であることがわかる。また、今回収集できた結果では、これまでの現場に人が集まるマッピングパーティとの客観的な比較は難しく、H29 年度の共創イベントにおいては､そのようなリアルとバーチャルの比較に関しても考慮する必要性が示唆された。

表１：バーチャルマッピングパーティワークショップで得られたフィードバック

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	・3D音声が提示できるのは，よかった.	・音からのものの位置の把握は，難しかった.
	・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.	・画質は改善の余地があった.
	・動画によりリアリティが増した	
VR体験に利用したデバイスに関して	・（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.	・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.
	・(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	・段ボールのものは装着感はあまりよくなかった.
	・(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.	・(HMD類は)眼鏡の上の装着は難しかった.
UIに関して	・マップ視点ではなく，主観視点で探し，ポインティングできるのがよかった.	・POR/POIの入力は慣れているPCが一番やりやすかった.
AR触地図に関して	・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.	・AR触地図の認識の精度には改善の余地があった.
POR/POIに関する意見	・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？	
	・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.	
その他提案	・マッピング作業者間で連絡が取りやすくすればいいのでは？	
	・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	
	・VRの役に立つ使い方を体験できて，ためになった	

表2：登録されたPOR/POI情報の比較

	(a) The number of total registered POR/POIs	(b)The number of registered POR/POIs with attribute information	(b)/(a)
PC(Web-GL)	203	197	0.97
Instant HMD	251	68	0.271
Total	454	265	0.584

Ⅳ.2　全システムの実証実験

- 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
  - 9月3日に静岡でゲームイベント型実証実験「AR巨人将棋」を開催した。

① ゲームイベント型実証実験の概要

路上で視覚障害者が歩行移動する際、歩行者は、ナビゲーションシステムから提示される音声情報を聞き取る・頭の中に俯瞰地図を描く・俯瞰地図の中に自己を位置づけるといった多重のタスクを並行して処理しなければならない。こうした状況を擬似的に体験でき、かつ自発的な協力が得られるような「楽しい」ゲームイベントを設計し、実証実験を行った。開催にあたっては、全体設計及び運営を静岡県立大学が行い、各研究チームが技術提供を行った。参加者募集にあたってはオンライン視覚障害者将棋同好会の会員に呼びかけ、参加を希望した視覚障害者11名（20代から70代の男女）の協力を得た。

ゲームイベントは、会場に仮想的に巨大な将棋盤を広げ、プレーヤは歩き回って情報を取得しながら「詰将棋」を解くというゲームを設計した。

また、比較実験として、被験者の通常の環境における詰将棋を解く能力を確認するため、4種類の方法で詰将棋を出題する実験を行った。

② ゲームイベントとしての枠組み

巨大将棋盤を下図のとおり配置した。通常の将棋盤は9マス×9マス、計81マスだが、本ゲームイベントでは右上部分の5マス×5マスおよび攻め方の駒台5マス、計30マスを用意した。将棋盤の1マスは90センチメートル四方の人工芝で製作した（**図 1**）。人工芝の中央部に30センチメートル四方のICタグシートを配置し、ソフトクッションを重ねた（**図 2**）。

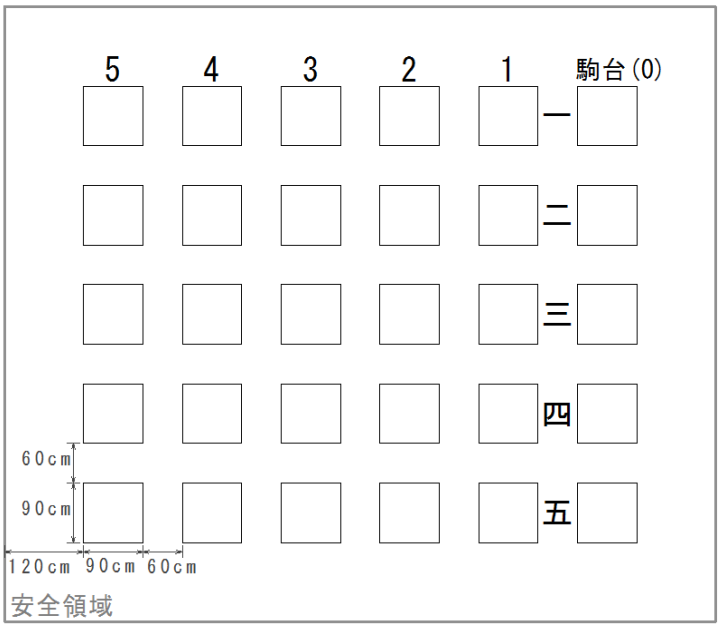


図 1　将棋盤配置図

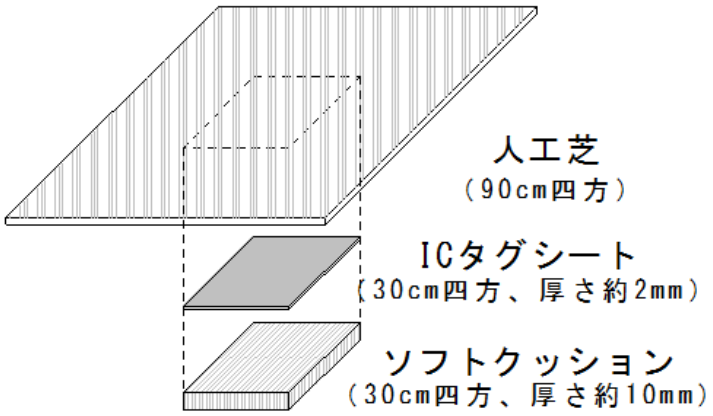


図 2　将棋盤の 1 マスの構造

プレーヤはゲーム中は実験用サンダルを履く。実験用サンダルの右足には IC タグリーダを装着しておく。プレーヤが右足で人工芝中央部の IC タグシート部分を踏むと、IC タグリーダが IC タグを検出し、検出した IC タグの ID が Bluetooth でパソコンに飛ばされる。実験用サンダルに装着した IC タグリーダは振動する機能を持っているため、右足のサンダルが振動して、足からも情報が伝わってくる仕組み。システムは取得した ID のマスに駒があるときはその駒情報を読み上げ、駒がないときは位置情報のみを読み上げる。読み上げには合成音声を用いた。このように、プレーヤは一つ一つマスの中央部を踏んでいくことで、体感と音声情報によって、詰将棋の盤面を把握する。会場の壁面にはプロジェクタでゲームの進行状況を表示する。画面には、ビデオカメラで撮影する将棋盤の俯瞰映像と、仮想将棋盤の CG を重ね合わせた AR（拡張現実）を表示する。プレーヤが駒を発見すると、効果音および映像効果と共に画面内の仮想将

棋盤上に駒が出現する。プレーヤが解答すると、画面内に巨人の手が現れ、プレーヤが解答した手を指す。

ゲームの持ち時間は 1 人 10 分とし、時間内に解答できなかった場合はタイムアウトとなる。プレーヤが将棋盤と自己の位置を把握できなくなり将棋盤から離れてしまう場合に備えて、将棋盤の周囲 1。5m を安全領域とし、プレーヤが安全領域を出た場合にはコースアウトとして効果音で通知し、最後に通過したマスまでプレーヤを戻す。全ての駒を発見したが問題が解けない場合の救済措置として、8 分経過後に全ての駒を発見し終えている場合は、ヒントを請求できる仕様とした。ヒントモードでは、システムは駒のある位置と駒名称を順に音声で提示する。ただしまだ発見していない駒がある場合はヒントは利用できない。

詰将棋の設問は 1 手詰または 3 手詰で、日頃の環境ならばすぐに解ける簡単な問題を用意した。

ゲーム開始前に、将棋盤の配置説明、ゲームの仕組みとルール説明、実験用サンダルを実際に装着して将棋盤上を歩く練習を入念に行った。

実施にあたっては石川ゼミの学生 11 名が参加し、参加者の安全確保およびゲームイベントを円滑に運営するための運営補助を行った。また、参加者とも日頃から交流があり将棋に詳しい方に当日の詰将棋の解説者として協力を得、ゲームイベントを盛り上げてもらった。

③　実証実験の基盤技術

③-1）システム構成

実験システムは、位置情報検出部と情報提示部（AR 巨人将棋アプリケーション部）の要素に分けられる。位置情報検知部と情報提示部は、同一の Windows PC 内においてゲームエンジン Unity のプロジェクトとして実装される。位置情報検知部は仮想シリアルポート経由で Bluetooth 通信によりプレーヤの位置情報を取得する Unity の C シャープスクリプトとして実装され、情報提示部はそのスクリプトを呼び出すことでプレーヤの位置情報を常時取得し、詰将棋の進行や視聴覚の AR 情報提示を行う。

③-2）位置情報検出部

AR 巨人将棋においてプレーヤの位置を把握する手段として、実験用サンダルに取り付けた RF-ID タグのリーダにより巨大将棋盤マスの下に配置した RFID タグシートを認識する方法をとった。RF-ID タグのリーダとしては、株式会社ゴビ（GOV）社製 Tecco を利用し、タグシートとしては同社製の合成ゴム製の 30 ㎝四方、厚さ 3㎜ ものを採用した。Tecco は、本来ピッキング作業時に商品等の ID 情報を読み込むため手の甲に取り付けるウェアラブルタイプの RFID リーダであるが、アンテナ部分とリーダ本体部分だけを残して実験用サンダル（クロックス社製）に取り付けることで、サンダルで踏んだタグシートの認識するために用いる。サンダルはプレーヤの足のサイズに合わせて複数のサイズを用意し、タグリーダは、**図 3** に示すように、右足にのみアンテナ部が足の甲の部分に対して水平になるように結束バンドを用いて装着した

AR 巨人将棋において、巨大将棋盤の各マスは 90 ㎝四方の人工芝

シートを用いて構成することで、足元の感覚や白杖により将棋盤マスがどこにあるのか認知しやすくした。**図 4** に示したように、各マスの中央部分には前述のタグシートを配置し、IC タグシートを取り付けた部分はソフトクッションを重ねることで足元の感覚・白杖で人工芝シート内のタグシート位置が判別できるように配慮した。IC タグリーダがタグシートを検出した場合、バイブレーション機能によってもタグの検知を触覚的にもフィードバックされる。

RFID タグリーダは、仮想シリアルポートを用いた Bluetooth 通信で PC と接続される。リーダからは常時タグを検知しているか否か、検知している場合にはタグシートの ID の情報が送信される。Unity のスクリプトにおいては、送信されてくる情報を解釈し、状態に変化があった場合に限って、情報提示部に結果を伝える処理を行う。Bluetooth 通信でのダグリーダと PC の接続は 30m ほど離れた場合でも問題なく正常に通信できることは確認しており、実験当日においてもタグの未検知や目立った遅延といった問題は発生しなかった。

図 3　IC タグリーダを取り付けた実験用サンダル

図 4　IC タグシートとソフトクッションを取り付けた人工芝シート（裏側）

③-3)情報提示システム、イベントの映像的演出

本研究で構築したシステムにおける情報提示には2つの目的がある。1つ目は、被験者(プレーヤ)に対する情報提供であり、全て音によって返される。これは本実験の中核を成す。もう 1 つは、会場にいる見学者に対する情報提供であり、これは映像と音の複合によって返される。

まず、プレーヤに対する音による情報提示の実現方法を説明する。基本的な方針は、プレーヤのアクションとゲームの進行に対して、リアルタイムで音に依るフィードバックを返すことである。各発生イベントに対して音の種類は全て異なるので、プレーヤはゲームの状態をすぐに理解することができる。また、音声によるフィードバ

ックの際は、プレーヤが普段から聞き慣れている音声合成ソフトウェアを使うことで、聞き取りに対する負担が大きくならないよう配慮する。
システムの構成としては、ゲーム進行管理を行うプログラムが、司会者からの進行情報およびプレーヤの位置情報を受け取り、ゲーム進行シナリオに沿って状態を更新して、必要があればその時点で音による情報提示を行う。なお、音によるフィードバックは、プレーヤの他、見学者にも同じ内容が即時に伝わるよう、会場内のスピーカシステムを用いて行った。プレーヤが盤マスの反応位置に RFID リーダ付き靴を踏み入れてから、そのマスの内容を音声によって読み上げるまでの時間については、最大でも1秒未満になるようしてある。これによって、プレーヤはゲーム進行に集中できる。
以下、実験の進行に従って、音声による情報提示の様子を説明する。
AR 巨人将棋では、将棋の盤面が床に広がっていて、マス 1 つが大凡一人分の立ち位置に相当する。盤面は格子状に並んだマスで構成される。将棋としては詰将棋を考える。プレーヤは詰将棋の解答経験がある者に今回は限定している。このことは、システムはリアルタイムに発生したイベント以外の情報については、プレーヤに情報提供する必要がないことを意味している。なお、大きさを考えて、AR 巨人将棋では、本来の 9×9 の将棋盤のサイズに対して、5×5 の盤のみを考え、各マスの呼び名は将棋での棋譜での呼び方と一致させる。駒台については、盤の横に盤のマスと同じ大きさのマスを 5 つ用意し、上から詰めて 1 つのマスに 1 つの駒を配するものとする。
実験会場の全容を**図 5** に示す。

図 5　AR 巨人将棋の実験空間

AR 巨人将棋のゲームは、以下のような手順で行われる。
Step1. プレーヤは RFID リーダ付の靴を装着.
Step2. 駒台の上(**図 5** の右上の椅子が 3 脚並んでいる部分の前)に立ち、コマ探し開始を宣言(**図 6**)。このとき、開始の合図音が流される。
Step3. 盤面上を自由に行動し、駒を探す。各マスを靴で探し当てると、システムは、そのマスの位置と、もし駒があればその駒の情報及び残りの未発見の駒数を音声で流す。駒があるマスに初めて訪れた場合のみ、新発見を知らせるイベント音を最初に流す。
Step4. 盤上の全ての駒を探し当てると、システムは Step3. の音声に案内に続けて、全駒を探し当てたことを知らせるイベント音を流

す。プレーヤは、その全ての駒の配置を記憶できてない場合は、引き続き、盤上を移動し、駒を探し続けてもよい。
Step5.　プレーヤは、詰将棋の出題を把握し、解答を思いつけたら、そのことを申し出る。出題内容に対して、詰将棋の解答の棋譜を答える。正解か不正解かを知らせるイベント音が流れ、ゲーム終了となる。
答えられなくとも、開始後 10 分経った時点でゲーム終了となる。また、歩行中に安全領域を出た場合は、警告音が流れ、介助者が最後に通過したマスまでプレーヤを戻す。安全領域は**図 5** の実験空間中で赤色のテープで区切られた範囲であり、安全領域の逸脱の判定は係員が行う。

図 6　ゲーム開始位置

次に、視覚を伴うフィードバックについて述べる。
会場での参加者には晴眼者もいるため、会場の全景を映した映像に重ねる形でゲームの進行状況を CG で重畳して表示する。**図 7** はゲーム進行中のスナップショットである。会場全景を映すカメラは、会場後方の高所に固定して設置される。カメラ内で、盤面位置は予めキャリブレーションされているので、システムは、映像に合わせて、仮想的な盤面の罫線と、駒の三次元表示を行うことができる。表示される駒は、プレーヤの発見に伴って増えていく。詰将棋としての見易さも担保するため、表示右下部に、通常の詰将棋出題に用いられる盤面の提示形式も同時に用意する。本実証実験が巨人将棋と名付けられた理由は、マスのサイズが人の大きさに相当するため、CG による駒のサイズが、プレーヤにサイズにかなり近く（図 7 参照）、このことからこの盤サイズで将棋を指すのはヒトよりずっと大きいであろう、と想像されるためである。

図 7　視覚的な情報提示の全景

④　ゲームイベント型実証実験の内容

・　各被験者のゲーム終了毎に質問紙調査を実施した。

・　全員のゲーム終了後、全体ディスカッションを行った。

・　被験者の動きを詳細に分析するためにゲーム全体を録画した。

⑤　ゲームイベント型実証実験の結果と考察

・　多くの被験者からゲームイベント型実証実験の実験としての意義とゲームとしての楽しさについて高い評価を得た。

・　人工芝で作られた将棋盤のマスおよびその中央部を足裏の感触で検知することは、被験者へのアンケート調査からも、観察からも、さほど難しくはなかった。

・　会場の音響環境は反響が大きく、かならずしも良好とはいえなかったが、多くの被験者には聞き取れないほどの環境ではなかった。

・　被験者には、将棋盤上の座標と駒の種類情報（アドレスとランドマークに相当）という基本情報お提供した。それは提供する情報としては理論的には過不足はない。なぜならば、被験者は、将棋盤の構造―例えば、１一が右上とか、５五のマスの右隣には４五のマスがある―をあらかじめ熟知しており、歩きながら１枚１枚駒を発見していくことで頭のなかの将棋盤に駒を配置していくことができるはずだからである。しかし、自分で歩きながらマスの中央を足で踏んで駒を探索し、発見したら、頭のなかの将棋盤に駒を追加配置する＝記憶を更新していくのは非常に難しい作業だと想定していた。被験者には日常の環境、バリアフリー将棋盤と駒を触る、あるいは人またはコンピュータが、玉方、攻め方の順番にすべての駒の配置と持ち駒を音声で読み上げてくれる環境では一瞬で解けるレベルノ問題を用意したが、それでも制限時間内に駒をすべて発見して詰め将棋を解くことは難しいと考えていた。将棋盤の上を歩くというのは、自分と将棋盤の関係が歩く方向によって変わることを意味する。それは将棋を指す人にとってはまったく想定外のことで、将棋盤と自

分の関係は通常は一定している。90 度、180 度、270 度というふうに将棋盤と自分との関係が変わっていく状況で、一つ一つ駒の位置を聞いて頭に入れて、自分の力で、タワービュー : 塔の上の視点から将棋の盤面を頭に入れるのはあまりに難易度の高い情報処理であることは容易に想像できる。多くの被験者は予想した通り詰め将棋を解くことができなかった。駒をすべて発見できない被験者も複数いたし、発見しても解けない被験者も多くいた。また解くことのできた被験者でも制限時間ぎりぎりという人もいた。その一方で探索も盤面理解も易々とクリアする被験者も複数いた。なにがこうした大きな個人差をもたらしているかについての詳細な分析が必要であり、そのためには追加のインタビュー調査や実験が必要である。

・ 得られた知見のなかで最も重要なことはナビゲーション支援とモビリティ支援だけでは視覚障害者の歩行支援は不十分だという点である。自由かつ自立的に歩くためには地図の俯瞰的理解（塔の上からの視点）を持つことが非常に重要だが、ストリートビューのタワービューへの変換と、タワービューへの自分の位置のマッピングは、出発地点から目的地までのナビゲーション情報を提供されただけではできない。ストリートビューのタワービューへの変換と、タワービューへの自分の現在位置のマッピングの支援、すなわちマッピング支援が必要となる所以である。しかしこれまで移動支援の研究者、開発者の間ではこの点が軽視されてきたように思われる。地図の重要性を理解し、触地図作成ツールや触地図の提供を行うなどの活動をしてきた研究者はいるが（本プロジェクトメンバーの渡辺など）、両系統の研究、開発、社会活動を動的に統合していく必要がある。また実際に外出したり旅行したりしている状況でのリアルタイムのマッピング支援のための支援技術の研究開発が必要である。

⑥ 比較対照実験

被験者の通常の環境における詰将棋を解く能力を確認するため、音声や触図を含めた、以下のa)からd)の4つの提示方法により詰将棋を出題した。この対照実験の目的は、詰将棋の提示方法の違いが及ぼす回答時間、手法への影響をAR巨人将棋で得た結果とも比較し、検討するものであった。そのため比較対照実験において出題した詰将棋の難易度は、ゲームイベント型実証実験「AR巨人将棋」で出題した詰将棋と同程度とした。

＜提示方法＞

a)　**視覚障害者用将棋盤と駒**

視覚障害者用の将棋盤は、マスの枠線が凸状で、駒が枠の中に駒が収まる形状のものを指す。また、駒の下側面には点字で駒の種類が示されている（図 8）。実験者が事前に駒を配置し、参加者に提示した。参加者は口頭で回答を述べ、駒を動かして回答した。

図 8. 視覚障害者用の将棋盤。

b)　　音声（合成音声による情報提示）

参加者はヘッドフォンを着用し、音声にて玉方、攻め方、駒台の順で盤上の駒を提示した。実験者が機械を操作していたが、音声は何回でも繰り返し聞くことができた。参加者は答えがわかった時点で口頭によって回答した。

c)　　触図

A4 サイズの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(図 3)。盤の上側と右側にマスの位置を示す数字を点字で表記した。マスの中には駒の種類、攻め方には攻めと表記した（図 9）。マス、駒台の大きさはそれぞれ 33.8mm×33.8mm、169.0mm×33.8mm であった。触図のマスの大きさは実際に使用される将棋盤のマスの大きさと同様の大きさに作成したため、実験には支障をきたさないと考えられる。駒台、マス、位置を示す数字、駒の表記については事前に参加者に伝えられた。参加者は口頭で回答した。

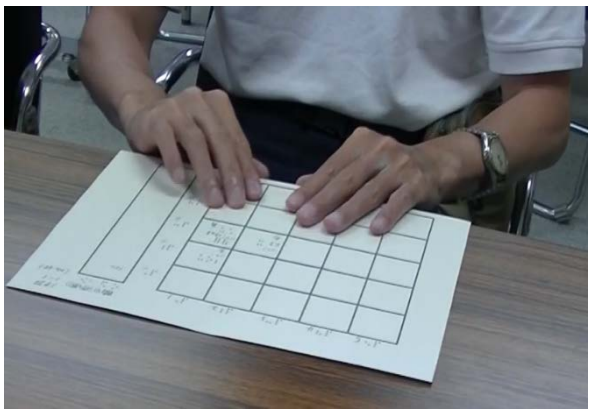


図 9. 触図。

d)　　触図＋音声（実験者による読み上げ）

tc)で用いた触図と同様に立体コピー用紙にて点字と枠で 5×5 の盤面を提示した。それに加えて、参加者の右隣、又は左隣に着席している実験者が

参加者の触ったマスの位置、駒の読み上げを行った。参加者は口頭で回答した。

＜質問紙＞
参加者は4つの提示方法について、駒の配置を理解するのが簡単であったか、全体の配置を頭に入れることは簡単であったか、巨人将棋と比較すると簡単であったか(以後配置理解、配置記憶、巨人将棋との比較と記述する)について、7件法(1大変簡単、2簡単、3やや簡単、4ふつう、5やや難しい、6難しい、7大変難しい)にて回答した。ただし、提示方法の仕様上、音声おいては配置理解の項目を除いた。触図と触図＋音声においては9×9の盤面で行った場合を想定した難易度についても先と同様に七件法で回答を求めた。質問紙の最後には各自触図に触れた経験を尋ねる項目と、今回の実験に関しての自由回答欄も設けた。

＜実験結果：正答率と回答時間＞
4つの提示方法それぞれの正答率と回答時間を求めた。図10に正答率、図11に回答時間グラフで表した。横軸が提示方法、縦軸がそれぞれ正答率と回答時間を示す。回答時間はa)、c)、d)の場合、参加者の手が盤に触れた時点から回答がわかったと口頭で表示されるまでの時間を示す。b)の場合は、実験者が音声の再生を開始した時点から参加者が回答を始めるまでの時間を示す。なお、正答でなかったものは回答時間の分析から除いた。また、別で行われたAR巨人将棋の正答率、回答時間とも比較した。AR巨人将棋の回答時間は参加者のどちらかの足が最初のマスを踏んでから挙手するまでの時間とした。

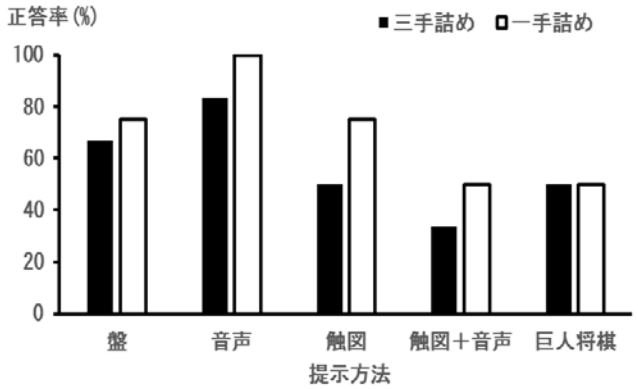


図10. 各提示方法における正答率

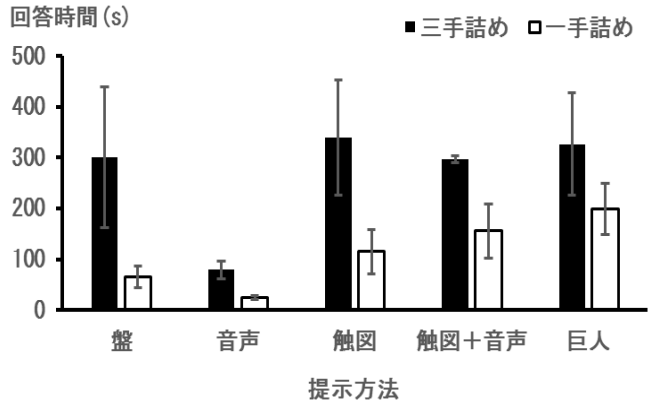


図11. 各提示方法における回答時間

＜実験結果：質問紙調査とビデオ分析＞
質問紙調査の点数をまとめ、それぞれ平均値を算出した。点数が高いほど難易度が上がっていることを表している。将棋盤では配置理解、配置記憶、AR巨人将棋との比較の点数がそれぞれ1.91、1.91、1.82であった。よって、将棋盤では参加者が平均して簡単に感じていることがわかった。音声でも同様に配置記憶、巨人将棋との比較の平均はそれぞれ1.91、1.73であり、簡単であると感じていることがわかった。しかし、紙の触図では、配置理解は3.73と、難易度はふつうであると感じていることがわかった。同様に、9×9の盤面を想定した場合の回答の難易度も3.55で、ふつうであると感じていた。また、配置記憶は2.64、AR巨人将棋との比較は2.27でやや簡単と感じていることがわかった。これより紙の触図は将棋盤や音声と比較して全体的に難しく感じていることがわかった。触図＋音声でも同様に、9×9の盤面を想定した場合の回答はふつう　(3.91)、その他の項目ではやや簡単(配置理解:3.18、配置記憶:2.73、AR巨人将棋との比較:2.73)だと感じていることがわかった。　したがって、触図＋音声でも将棋盤や音声のみの提示方法に比べると難しく感じていることがわかった。
ビデオ分析から、触図において多くの参加者は駒の攻め方、玉方の判断がしにくかったことがわかった。質問紙調査の自由回答においても、一般的に将棋の書籍で用いられている点字の表記とは異なっていたため分かりづらかったという意見や、触図には慣れていないという意見が多数みられた（表1）。触図＋音声では音声が加わるとそれがかえって邪魔になるという意見が見られた。また、音声に頼る人と点字に頼る人でその探索方法に差が見られた。音声に頼る人は全てのマスを触り終わり、実験者が読み終わると動かしていた手が止まる傾向があった。しかし、点字に頼る人は全てのマスを触り終わったあと、触図のみの時と同じように触っていた。枠の外、マスの番号を示す場所に触れた回数について触図と触図＋音声の場合で調べると、触図＋音声の場合に全体的に枠の外に触れる回数は減少していた。

表1. 参加者ごとの実験に関する内省報告

参加者	内容
1	ヘッドフォンは慣れていて取り組み易いが、触地図は不慣れで慣れるのに時間がかかる
	将棋の表記が見慣れないため点字の専門書の表記にするとよい
2	盤面においては理解が簡単であったが触図の触り方に慣れず、難しかった
3	楽しかった
	点字を読むのが苦手なので触って確認するのが難しい．弱点を見出されている
	触地図をだされてもわからないだろうから触図の将棋は良い経験
4	人目があり、緊張してしまって普段はすぐに解ける問題に手こずってしまった
5	音声があるものの方が解きやすい
	三手詰めのものでもレベルが高い
6	普段と違って緊張したので、難易度は難しくないがとても時間がかかってしまった
7	触図で段の違いがわかりづらかった
	初めて参加して勉強になり、気分転換になった
8	紙の触図の音声の読み上げ時、音声があることによりかえって混乱する．紙の触図のみの方がわかりやすかった
9	問題自体は頭に入れば簡単
	盤の方がわかりやすい．点字のピンに慣れていない
	どこまで駒が置いてあるか教えてもらえると簡単．巨人将棋は「残り〇枚です」があったのでその点わかりやすかった
10	駒組を頭に入れて動かしていくのが楽しい

＜実験結果：AR巨人将棋との比較＞

4つの提示方法とAR巨人将棋を比較すると、正答率、回答時間、質問紙調査からAR巨人将棋による提示方法はどの提示方法よりも難しいことがわかった。しかし、一手詰めにおいて、AR巨人将棋が他の4つの提示方法と比較すると回答時間が最も長かったが、これはAR巨人将棋において駒を歩きながら探すという他の提示方法とは異なる探索方法の負荷により探索時間が長くなったものと考える。ただし、正答率のみを考慮すると、盤面上を歩いて探すという負荷が盤面上を手で探すという負荷よりも大きく、情報を取得するための負荷が問題解決に影響を与えていること示唆していると考えられる。

＜比較対象実験のまとめ＞

本研究では詰将棋の提示方法の違いが視覚障害者の詰将棋の回答時間、手法に及ぼす影響を検討した。音声のみによる提示方法では回答が最も早く、正確であったのに対し、触図と音声を組み合わせた提示方法では触図のみとの回答時間の差があまり見られなかった。また、参加者は音

声に頼る人と点字に頼る人とで探索手法に違いが見られた。これらのことから、視覚障害者の点字読解能力によっては、音声による情報が妨害刺激になりえることがわかった。今後は触図と音声を組み合わせたものの触図の改善とさらなる調査が必要であると考えられる。

⑦ ゲームイベント型実証実験「AR 巨人将棋」のスピンオフ

a) 静岡県立大学及び新潟大学は共同で将棋の局面図を触図化するアプリケーションを開発した。これは広く普及した将棋の棋譜ファイル・フォーマットである KIF 形式のファイルを読み込み、立体コピー及び点字グラフィックスの印刷用データを自動的に作成するアプリケーションである。作成した触図では盤面の格子と持ち駒の枠が描かれ、その中に各駒が点字によって表記される。2016 年 11 月に行われた視覚障害者向け総合イベント「サイトワールド 2016」において、本アプリケーションで触図化した詰将棋の問題を、立体コピーと点図のそれぞれで作成し、視覚障害者に配布した。本アプリケーションは JavaScript を用いた Web アプリケーションとして開発されており、インターネット上から利用可能である。
URL: https://t-watanabe-lab.github.io/shogi.html

b) 静岡県立大学は点図作成ソフトウェアの開発者と共同で詰将棋の問題を自動的に点図化するアプリケーション「KIFU」を開発した。インターネットで入手可能である。
URL: http://www7a.biglobe.ne.jp/~EDEL-plus/EdelDownLoad2.html

⑧ 各研究チームの役割分担

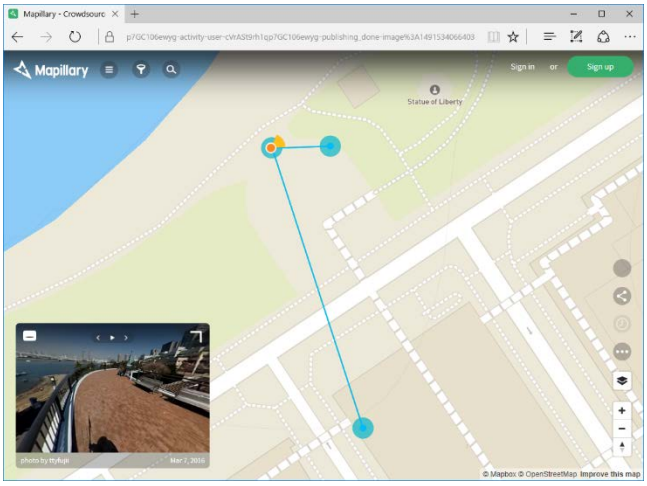
静岡県立大学　ゲームイベント型実証実験の計画および実施。ゲームシステム設計。イベント設計および運営。
産業技術総合研究所　位置情報検出システムの実装
筑波大学　情報提示システムの実装。イベントの映像的演出
新潟大学　将棋盤配置触図作成。スピンオフとして詰将棋点図作成プログラム開発
神戸大学　映像分析。9 月 4 日比較実験の質問紙調査および分析

- 神戸にある岡本商店街におけるシステムの実証実験を準備した。協力してくれる商店街の都合もあり、準備に予定以上の時間がかかっているため、実施は H29 年度に持ち越す。
- 岡本商店街でのリアル・バーチャルマッピングパーティワークショップに関する準備状況

H29 年度は、神戸市の岡本商店街を対象現場としたマッピングパーティイベントを行う予定であり、H28 年度のバーチャルマッピングに関するワークショップで得られたフィードバックを反映させながら準備を行っている。

H29 年度のマッピングパーティの実証実験においては、H28 年度のバーチャルマッピングパーティでは検証できなかった下記の点を検証できるように準備を進めている

①現場でのリアルマッピングパーティと VR 空間でのバーチャルマッピングパーティを同一現場を対象として行い、相互比較や相互補完を可能にする
H29 年度実施予定で企画中のマッピングパーティのイベントにおいては、神戸市の岡本商店街を対象として、現場を協力者があつまって開催するマッピングパーティとパノラマ画像を用いた VR 空間内でのバーチャルマッピングパーティを同一の場所を対象として開催する予定である。すでに岡本商店街の主要道路と生協（COOP）神戸の店舗内（屋内）において、パノラマ画像撮影を終えている。リアル・バーチャルにおいて、同一の現場を対象とすることで、H28 年度のバーチャルマッピングパーティでは行えなかったリアル・バーチャルの比較が可能となる他、時間を限定して行われる想定のリアルマッピングパーティでは収集しきれなかったバリアフリー情報の収集を、長期間インターネット上に公開予定のバーチャルマッピングパーティでカバーするといった相互補完を行う。
②マッピングパーティで得られたバリアフリー情報を活用した視覚障害者のナビゲーションをできるようにすること
これまでは、バリアフリー情報の収集とナビゲーション技術は、個別には技術検証きた。 H29 年度では、マッピングパーティの取り組みで収集された情報を活用したナビゲーションを行うことで、マッピング情報の収集・活用のエコシステム全体の技術検証を行う。
③バーチャルマッピングパーティやナビゲーションを実現する技術要素においてオープンな規格に準拠することで、コンテンツの充実や関連事例との連携を深める
H28 年度のバーチャルマッピングマーティのワークショップでは、コンセプトの実証目的のプロトタイプシステムを実装していた。H28 年度は、オープンな規格で開発されている技術を活用することで、コンテンツの充実や関連技術との連携を強化にむけて検討・準備を開始した。
具体的には、パノラマ画像を格納・管理のためにオープンな道路画像共有サービスである Mappillary を試験導入した。自らが収集した画像を Mappillary へアップロードするだけでなく、Mappillary 上での膨大な数の画像を活用したマッピング活動に関しても想定している。収集された POR/POI といったバリアフリー情報の収集に関しても、OpenStreetMap や歩行空間ネットワークといったオープンな規格を採用して管理・蓄積する想定で調査を開始し、マッピングパーティで収集された情報がより多くの方が活用可能にするように検討を進めている。ナビゲーション技術においても視覚障害者の移動支援アプリ制作用のプラットフォームである HULOP も一部採用する予定であり、我々が開発するナビゲーション技術やバリアフリー情報収集以外の技術との相互連携を進めることで、視覚障害者の移動支援技術全体の発展や規格の統一による利用者の利便性の向上といった観点も含んだ総合的な支援の枠組みについて検討している。



図：Mappillary を用いたパノラマ画像の共有

３－５．会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2016.6.3	AR巨人将棋打合	東京	開催趣旨共有、ゲーム概要
2016.6.19	第8回会議	静岡	H28年度計画進捗確認
2016.7.6	第9回会議	静岡	AR巨人将棋イベントの課題、達成方法、手段、役割分担等に関する検討
2016.7.21	AR巨人将棋打合	Skype	スケジュール、ゲーム仕様に関する検討
2016.8. 5	AR巨人将棋打合	Skype	ゲーム仕様、イベント進行に関する検討
2016.8.23	AR巨人将棋打合	Skype	質問紙調査項目・プレスリリース等に関する検討、リハーサル準備
2016.8.26	AR巨人将棋リハーサル	静岡	システム動作検証、学生スタッフ打合せ
2016.9.2	AR巨人将前述準備	静岡	会場設営、進行確認
2016.9.3	AR巨人将棋本番	静岡	AR巨人将棋イベントの本番
2016.9.30	第10回会議	東京	H28年度計画進捗確認
2016.10.24	岡本商店街WG	神戸	岡本商店街実証実験検討
2016.10.27	岡本商店街WG	神戸	岡本商店街実証実験検討
2017.2.17	第11回会議	東京	H28年度計画進捗確認 H29年度計画検討
2017.3.28-29	岡本商店街WG	神戸	岡本商店街実証実験準備

４．研究開発成果の活用・展開に向けた状況

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知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2回開催した（平成28年7月23日、及び9月10日）。ワークショップにはすまいるの職員6名前後のほか（両日）、すまいるを利用する視聴覚二重障害者数名（両日）、盲導犬協会職員1名（1日）、視覚障害者リハビリテーション施設職員1名（1日）が参加した。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共に、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知図を作ってもらい、持ち帰った。

触地図作成システムの展示

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）、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。参加人数はおよそ100人。

視覚障害者総合イベント「サイトワールド」に出展し（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。参加人数は3日間でおよそ4500人。

５．研究開発実施体制

（１）研究代表者グループ

① 関喜一（産業技術総合研究所、上級主任研究員）

② 実施項目

- 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.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
- 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
- IV.1　地域コミュニティとの連携構築・強化

（２）研究グループ1

① 石川准（静岡県立大学、教授）

② 実施項目

- 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
- III.2　歩行技能客観的定量的評価方法の開発
- IV.1　地域コミュニティとの連携構築・強化
- IV.2　全システムの実証実験

（３）研究グループ2

① 喜多伸一（神戸大学、教授）

② 実施項目

- 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
- III.1　歩行訓練環境体験型 AR・VR 技術の開発
- IV.1　地域コミュニティとの連携構築・強化

（４）研究グループ3

① 渡辺哲也（新潟大学、准教授）

② 実施項目

- 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
- III.1　歩行訓練環境体験型 AR・VR 技術の開発
- IV.1　地域コミュニティとの連携構築・強化

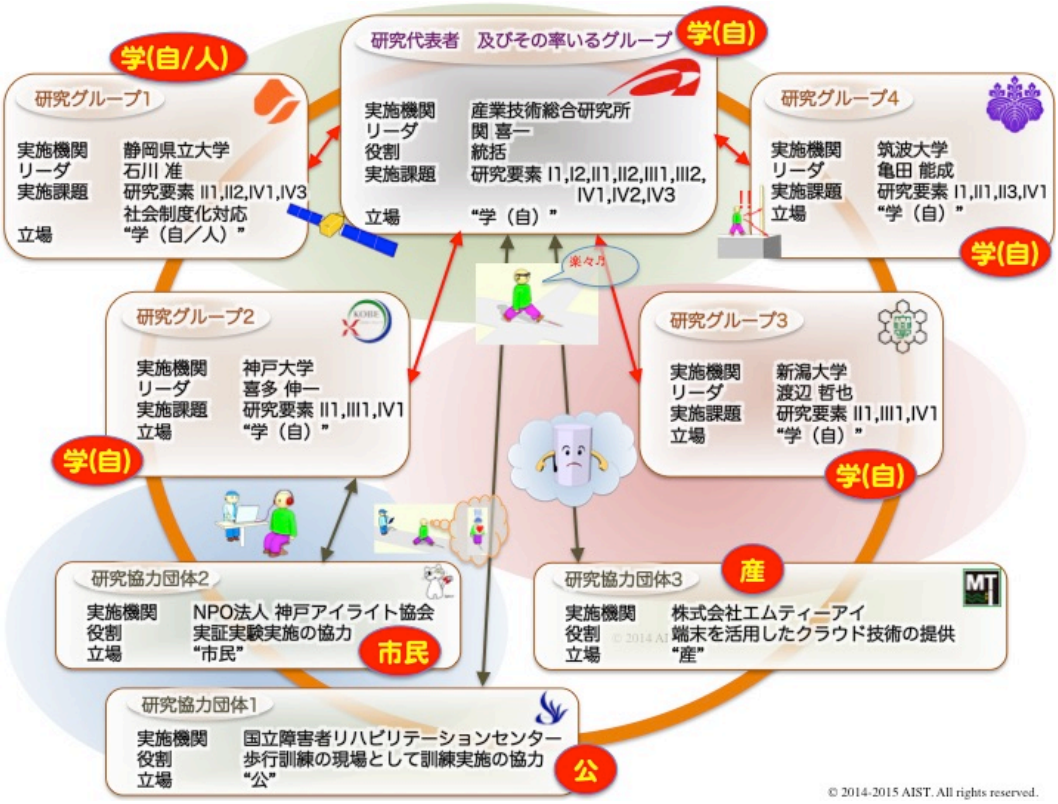
（５）研究グループ4

① 亀田能成（筑波大学、教授）

② 実施項目

- I.1　移動アクセシビリティ情報自動収集技術の開発
- 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.3　路面状況等歩行環境探索技術の開発
- IV.1　地域コミュニティとの連携構築・強化

各研究要素（I.1～IV.3）を5つの研究グループの連携によって実施する。



６．研究開発実施者

氏名	フリガナ	所属機関等	所属部署等	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	イチカリリョウスケ	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	産業技術総合研究所	人間情報研究部門	特別研究員
白林潤	ハクリンジュン	産業技術総合研究所	人間情報研究部門	産学官来所者

氏名	フリガナ	所属機関等	所属部署等	役職 (身分)
石川 准	イシカワ ジュン	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

氏名	フリガナ	所属機関等	所属部署等	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

氏名	フリガナ	所属機関等	所属部署等	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	M2
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	M2
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	M2
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	M1
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	M1

氏名	フリガナ	所属機関等	所属部署等	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	M2
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	M1
釜坂 一歩	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	M1

７．研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

７－１．シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2016.7.23	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)	約20名	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
2016.9.10	第2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)	約20名	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
2016.11.3	サイトワールド2016 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	東京	100	プロジェクトの広報とデモ展示 ゲームイベント型実証実験「AR巨人将棋」の報告を含む

７－２．社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

（１）書籍、DVD

- 石川准，"視覚障害者の将棋と支援技術―将棋クラブ２４への挑戦"，コンピュータ将棋協会誌 Vol.27，pp.78-80，2016.
- 石川准，"ホックシールド『管理される心―感情が商品になるとき』"，日本労働研究雑誌，2016年4月号(第669号)，pp.36-39，労働政策研究・研修機構，2016.
- 石川准，座談会 中田昌宏・崔栄繁・尾崎健"最初の政府報告の意義と課題"，DPI日本会議機関誌「DPIわれら自身の声」，Vol.32.1，pp.9-pp.17，DPI日本会議，2016.
- 石川准，第2章"視覚障害者等の読書と電子書籍"、第6章"共同自炊型電子図書館の取り組み"，『電子書籍アクセシビリティの研究』，pp.17-pp.33・pp.91-pp.99，松原聡 編，東洋大学出版会，2017.

（２）ウェブサイト及びSNSアカウント等構築・運営

- 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
- 触地図公開サイト、https://tactilegraphics.net　立ち上げ年月：2015年12月
- 触地図作成システム tmacs new generation、http://tmacs.info/c/　立ち上げ年

月：2014年11月（2016年6月，内容とURLを更新）

（３）学会（7-4. 参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- 石川准，“障害学生支援と障害者政策”，日本学生相談学会第34回大会(2016-5 東京)
- 石川准，“高等教育における障害学生支援のあり方”，静岡県立大学障害学生支援室設立記念講演(2016-5 静岡)
- 石川准，“Insights on the Implementation of the UN CRPD in Japan”，Zero Project(2016-6 東京)
- 石川准，“自分たちの未来は自分たちで切り開く”，DO-IT Japan 2016 公開シンポジウム「DO-IT Japanの10年とこれから」(2016-8 東京)
- 石川准，“障害者差別解消法で社会はどう変わるか？”，横須賀市民講演会(2016-11 神奈川)
- 石川准，パネルディスカッション“権利条約の目指す社会に向けて”，JDF全国フォーラム「権利条約の目指す社会に向けて 市民社会の役割」(2016-12 東京)
- 石川准，“障害者権利条約の監視体制の強化について”，第5回DPI障害者政策討論集会(2016-12 東京)
- 石川准，“障害学生支援―パラダイムシフト”，障害学生支援大学長連絡会議(2016-12 茨城)
- 石川准，“障害者差別解消法の施行と電子書籍のアクセシビリティ”，東洋大学出版会「電子書籍アクセシビリティの研究」公刊記念シンポジウム『電子書籍の普及とアクセシビリティ』(2017-1 東京)
- 石川准，“障害のパラダイムシフト―政策とテクノロジーを中心に”，静岡大学トップセミナー(2017-2 静岡)
- 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”. 神戸市役所「「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」（2017-1 神戸）

７－３．論文発表

（１）査読付き（ 3 件）

●国内誌（ 0 件）

なし

●国際誌（ 3 件）

- 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.
- 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. 2017. DOI: 10.1111/jpr.12151
- 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.

（２）査読なし（　5　件）

- 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).
- 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.
- 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.
- Kita, S. & Yasuoka, A. Research on the mobility of the visually impaired people. SICE, Life Engineering, Vol. 16SY0007, 3B3-2, P. 43. 2016.
- 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.（巻頭言; 招待論文）.

７－４．口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

（１）招待講演（国内会議　1　件、国際会議　1　件）

- Kita, S. & Yasuoka, A. Research on the mobility of the visually impaired people. 計測自動制御学会, ライフエンジニアリング, 16SY0007, 3B3-2.（2016-11、大阪）
- 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

（２）口頭発表（国内会議　17　件、国際会議　3　件）

- 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）
- 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－ 自動車音の再現性, 及びアクセシビリティ －"、第42回感覚代行シンポジウム、講演論文集、33-36　（2016-12、東京）
- 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）
- 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).
- 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.

- 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 -視覚障害者を対象として-, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.116, No. 360, pp.75-80 (WIT2016-58), 東京都江東区, December 2016.
- 山﨑諒, 渡辺哲也, 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, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.116, No.360, pp.111-115 (WIT2016-61), 東京都江東区, December 2016.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Kazuho Kamasaka, Yoshinari Kameda, Ryosuke Ichikari, Takeshi Kurata, and Jun Ishikawa, “A Study on Finding Virtual Items by Foot Through AR Shogi Game,” 32nd CSUN Assistive Technology Conference, ENT-013, 2017.
- 亀田 能成, 釜坂 一歩, 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.
- 今井 健太, 北原 格, 亀田 能成, 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, 2016.
- 亀田 能成, 釜坂 一歩, 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.
- 釜坂 一歩, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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

（３）ポスター発表（国内会議　3　件、国際会議　0　件）

- 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)
- 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）
- 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）
-

７－５．新聞報道・投稿、受賞等

（１）新聞報道・投稿（　12　件）
- “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）
- “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
- “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
- “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
- “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
- “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
- “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
- “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
- “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
- “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
- “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
- 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）

（２）受賞（　0　件）

なし

（３）その他（　2　件）
- 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

・ テレビ取材, サンTV　県内ニュース, 2017年1月6日放送.

７－６．知財出願

（１）国内出願（　０　件）

・ 発明の名称、発明者、出願人、出願日、出願番号