

# AI スーツケース開発における清水建設の取り組み

木村 駿介      中西 伶奈      内藤 拓也      貞清 一浩  
(技術研究所)      (技術研究所)      (技術研究所)      (技術研究所)

## AI Suitcase: Shimizu Corporation's Activities and Development

Shunsuke Kimura, Reina Nakanishi, Kakuya Naito and Kazuhiro Sadakiyo

本稿では、視覚障害者の移動を支援する自律走行ロボット「AI スーツケース」に関する取り組みを紹介する。AI スーツケースは一般社団法人次世代移動支援技術開発コンソーシアム(AI スーツケースコンソーシアム)によって開発が進められており、大阪・関西万博での実証実験も実施されていた。清水建設(株)はコンソーシアム設立計画時より参画しており、その開発や広報に貢献してきた。また、コンソーシアムの技術を応用しつつ、独自の「清水建設版 AI スーツケース」を開発し、要素技術研究、被験者実験、デモンストレーションなどの活動を行ってきた。本稿では、これらの活動について詳述する。

This paper introduces activities related to the "AI Suitcase," an autonomous mobile robot designed to improve accessibility for the visually impaired. The AI Suitcase is currently being developed by the Consortium for Advanced Assistive Mobility Platform (CAAMP, or the AI Suitcase Consortium). Demonstration experiments of the AI Suitcase were conducted at Expo 2025 Osaka, Kansai, Japan. As a consortium member, Shimizu Corporation has been involved since the planning phase of the consortium's establishment, contributing to its development and public relations. Furthermore, by applying the consortium's technology, Shimizu Corporation has developed its own "Shimizu-version AI Suitcase" and has engaged in activities such as elemental technology research, user experiments, and demonstrations. This paper elaborates on these activities.

### 1. はじめに

視覚に障害がある人にとって、単独で自由に、そして安全に目的地に移動することは容易ではない。特に、今まで訪れたことのない場所の場合、その難易度が格段に高くなることが想像に難くないだろう。令和5年度末の国内における視覚障害者数は、手帳交付台帳登録数だけでも約32万人であり<sup>1)</sup>、今後も増加傾向が見込まれることから、視覚障害者の自由な移動を実現することは継続的な課題である。

この課題を解決すべく、写真-1に示すような、視覚障害者の自由な移動を支援する自律誘導ロボットである「AI スーツケース」の開発が進められている。AI スーツケースは、ユーザーより目的地を伝えられると、目的地までのルートを計算しながら自律的に走行し、ハンドルを握る手を物理的に牽引することで、ユーザーを目的地まで案内する。ユーザー

の代わりに AI スーツケースが地図や目的地の情報を保持していることで、ユーザーとしては初めて訪れる施設や街区でも、迷わずに目的地へたどり着けるようになる。

この AI スーツケースの開発は、弊社も参画する一般社団法人次世代移動支援技術開発コンソーシアム(通称 AI スーツケースコンソーシアム、以下、「コンソーシアム」と記載)により行われている。当コンソーシアムは、2019年12月に当時参画企業複数社により協働で設立され<sup>2)</sup>、2025年10月現在、弊社の他にも、日本IBM(株)、アルプスアルパイン(株)、オムロン(株)、日本科学未来館などの複数の企業・組織が会員・賛助会員として参加しており、AI スーツケースの開発と運用検討、広報活動などに取り組んでいる。特に、コンソーシアムの2025年の活動としては、大阪・関西万博にて開催期間である半年間にわたり連続展示を行っていた<sup>3)</sup>。

本稿では、そこに至るまでに弊社がコンソーシアムで貢献してきた活動と、その一環として清水建設内でも独自に開発した清水建設版 AI スーツケース (写真-2) を紹介する。

## 2. AI スーツケース

### 2.1 システム構成

ロボット工学における AI スーツケースの分類は、自律移動ロボットにあたる。その足回りは、前輪 2 輪がキャスターであり、後輪 2 輪がそれぞれ独立な駆動輪である差動 2 輪駆動方式で構成されている。一般的には、後輪よりも前輪を駆動輪とした方が、制御工学的観点からすると制御がしやすい。しかしながら、AI スーツケースのユーザーは後輪軸付近を歩行して AI スーツケースに追従するため、ユーザービリティの観点から後輪駆動を採用している。たとえば、AI スーツケースが右折をするときに、前輪の車輪間を軸として回転してしまうと、ロボットの右側を歩行するユーザーを巻き込む動作をしてしまうことが実験より確認された。

自律移動ロボットで重要なことは、自己位置(現在地図上で、どの位置でどの向きを向いているかという情報)を推定することが非常に重要である。そのため、周囲の物体との相対距離を取得できる点群センサーである 3D LiDAR (Light Detection and Ranging) を搭載している。3D LiDAR を用いて、事前に走行環境を計測し、ロボット用の地図を作成する。自律移動の際には、その事前取得地図と現在の取得値の情報より、自己位置を推定する。地図作成と自己位置推定を同時に行う技術は総じて

SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) と呼ばれており、これらの精度を向上させるために、IMU(Inertial Measurement Unit：慣性計測ユニット)や、人工衛星を用いた GNSS(Global Navigation Satellite System)の受信機なども搭載されている。

AI スーツケースに一般的な自律移動ロボットと比較して追加されている機能は、視覚障害者ユーザーに対する UI(User Interface)である。その中でも特徴的であるのはハンドルであり、タクトスイッチや振動子、触覚センサーなどが搭載されている。振動子では、ロボットの動き始めや旋回をユーザーに事前に知らせることができる。旋回の方角や度合いについては、モーターを内蔵したダイヤルも搭載されている。これによりユーザーは直感的に進路を



写真-1 AI スーツケース <sup>3)</sup>

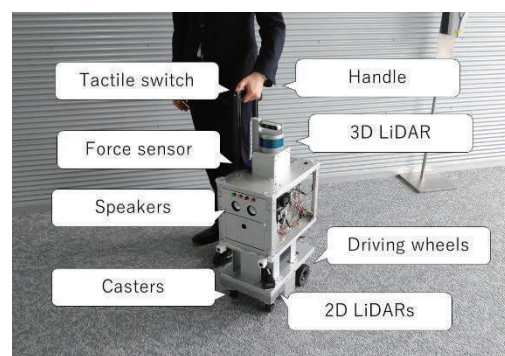


写真-2 清水建設版 AI スーツケース

変更できる。音声対話をするために、スマートフォンも搭載されている。

また、上記のアクチュエーターやセンサーを動作させるためのバッテリーや、適切に制御するためのコンピューターなども搭載されている。AI スーツケースのデモンストレーションを行うときに、体験者から「AI スーツケースの中に手荷物などを入れられないのか？」と尋ねられることがよくあるが、できるだけ小さく・軽くするため、写真-2 からわかるように、その内側は機器で満載の状態となっている。

上記のように多くのソフトウェアが含まれるシステムであるため、通信規格として ROS(Robot Operating System) <sup>2)</sup> を採用している。ROS とはロボット開発を効率化するためのオープンソースのソフトウェアプラットフォームであり、共通の通信規格だけではなく、デバッグなどの開発のためのツールが揃っており、ログの収集などもこのエコシステムを利用している。

より詳細な情報については参考文献 <sup>4)</sup> を参照いただきたい。

## 2.2 開発の歴史

AI スーツケースの起源は、2017年頃に米国カーネギーメロン大学で開発された CaBot と名付けられたナビゲーションロボットである<sup>9)</sup>。コンソーシアムの最初の技術的な取り組みは、日本で調達できる部品で CaBot のクローンを作ることであった。写真-3 に示す清水建設版プロトタイプは、2020年2月に行われた記者発表の際に、デモンストレーションを実施した機体である。当時でもセンサー構成などは満たされていたものの、ソフトウェアの面では自律走行が難しく、ゲームコントローラーを用いて手で操作を行っていた。現在では、自律走行機能はもちろん、後に示す様々な機能を有している。ハードウェアに関しても、コンソーシアムが製作するモデルの他に、プロトタイプから継続してハードウェア構成や制御アルゴリズムの検証用である清水建設モデルや、日本科学未来館の来館者に展示空間を案内する未来館モデル、大阪・関西万博のために設計・製造した万博モデルなど、様々なバージョンを製作・運用している。

コンソーシアムが製作したモデルには、アルプスアルパイン(株)による触覚を用いた方向提示ハンドルや、オムロン(株)の人認識技術も組み込まれ、各社の得意分野が集約されている。また、2023年の初頭に日本科学未来館が製作した屋外版 AI スーツケースにおいては、GNSS を併用した自己位置推定が実現され、大型の車輪を採用したことにより歩道などでの運用も可能となった<sup>9)</sup>。

2025年開催の大阪・関西万博での大規模実証実験に向けて、20台の AI スーツケースを製作した。その際には、ハンドルの伸縮機構や転倒防止用キャスターの追加、生成 AI による対話機能など、ハードウェアとソフトウェアの両面で、万人が不自由無く使用できるような工夫を数多く追加した。

## 2.3 他の移動支援手段との違い

視覚障害者の移動を支える代表的なツールとしては、白杖と盲導犬がよく知られている。白杖は自身の前にある段差や階段や壁・点字ブロック・曲がり角等を把握することで、歩行時の安全確保やランドマークの確認に役立つ。盲導犬は段差や階段、エスカレーター等での移動も可能であるという利点があるものの、初めて訪問する場所においては単独での移動は難しい。また、外出時の移動を支援する社会制度としてはガイドヘルパー制度もあるが、事前予約が必要で利用時間の制限がある上、料金は利用



写真-3 清水建設版プロトタイプ

者負担となるため、気兼ねなく利用することは難しい。

近年はスマートフォンの普及に伴い、GPS 機能を利用した位置情報やカメラを利用した画像認識を活用したツールも続々と開発されてきている。たとえば、ユーザーが初めて訪問する場所へのナビゲーションや周囲環境・障害物の有無を音声で提示するスマートフォン用アプリケーション<sup>7,8,9)</sup>が挙げられる。他にもインフラとスマートフォンを連携させる例として、歩行者用信号の情報を音声や振動・画面表示で伝えるものや、商業施設内に取り付けられたビーコンと連携させるスマートフォン用アプリケーションなども存在する<sup>10, 11)</sup>。

さらに、ナビゲーション専用のデバイスやロボットも登場している。物理的に接触することで振動による情報提示や移動方向の提示・誘導が容易であるため、近年は白杖型デバイスやウェアラブル型デバイスや、車両型ロボットや脚型ロボットの研究開発が進んでいる<sup>12, 13, 14, 15, 16)</sup>。AI スーツケースのような視覚障害者のためのナビゲーションロボットが、その他の通常の自律移動ロボット大きく異なる点は、ロボットのハンドルを通した物理的な情報伝達と、視覚情報を補うことに特化した音声ガイダンスである。これらの機能により、視覚から情報を把握しにくいユーザーは、周囲の情報や安全な経路の把握が可能となり、安心して移動することができる。単に目的地へ移動するだけであれば、電動車いすなどの搭乗型ロボットによる移動も考えられるが、盲導犬に近い形態で、かつ街中に溶け込むデザインを採用することにより「自らの足で颯爽と歩きたい」、「周囲から目立ちたくない」などのユーザーニーズに込めている。



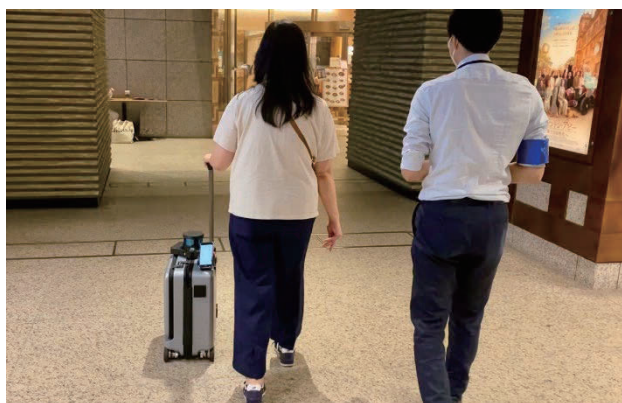


写真-4 大規模商業施設における実験の様子

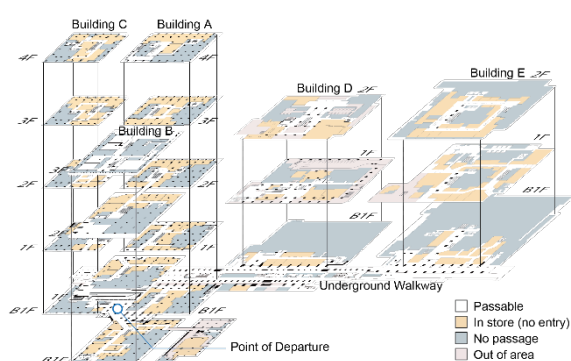


図-1 実施エリア

### 3. 主要なデモや実証実験

これまでコンソーシアムでは、空港、商業施設、日本科学未来館、大阪・関西万博など様々場所でデモンストレーションを行ってきた。学術的な国際会議としては、あらゆる障害を持つ人々を支援する先端技術が発表される 2023 CSUN(California State University, Northridge) Assistive Technology Conference や、自動制御分野で最も権威のある学会である IFAC(International Federation of Automatic Control) World Congress 2023 でも、展示やデモンストレーションを行ってきた。同時に、各種メディアにも取り上げられている。その中でも、清水建設社員が多く関わった大規模な実証実験について絞り、その詳細を述べる。

#### 3.1 大規模商業施設における実証実験

AI スーツケースの有効性を検証するため、2022年に大規模商業施設において視覚障害を持つ方々の協力のもと実証実験を行った(写真-4)。本実験では、実際の利用環境下における AI スーツケースの移動

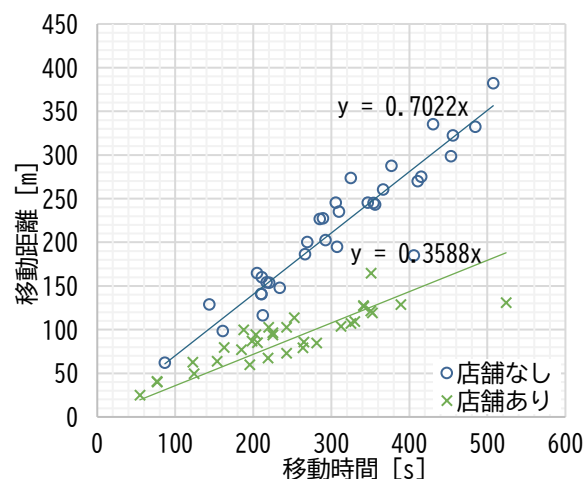


図-2 店舗の有無による移動速度の傾向

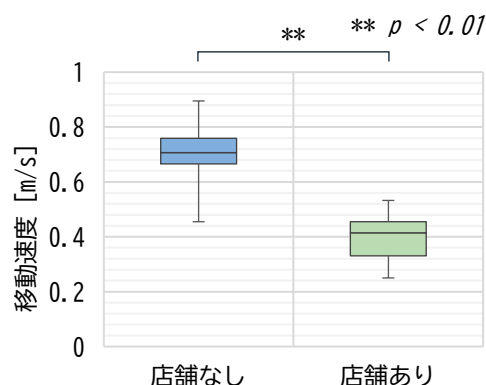


図-3 店舗の有無による移動速度の平均

性能、ユーザーからの評価、実用化に向けた課題を明確にすることを目的とした。

実験は図-1に示す5つの棟からなる大規模商業施設(延べ31,360 m<sup>2</sup>)の複数フロアにわたって実施した。一般の買い物客がいる日常的な環境下での性能を評価するため、人払いや通行規制といった特別な措置は一切行わず、平日の営業時間内(12時から13時を除く)に行った。実験には、単独での歩行に困難を抱える視覚障害者38名(全盲22名、弱視16名)にご協力いただいた。実験参加者には、施設内に設定された100カ所の目的地リストの中から、行きたい場所を自由に選択してもらった。AI スーツケースの説明時間を含む30分間の体験時間内で、他者の介助なくAI スーツケースの誘導のみを頼りに、できるだけ多くの目的地へ移動することを目指してもらった。調査員は安全確保のため後方から追従したが、移動への介入は行わなかった。移動中の位置情報や経路などの利用ログをシステム側で記録し、実験後にはアンケート調査を実施した。

利用ログを分析した結果、参加者は30分の体験時間で一人あたり平均4.2カ所の目的地を巡り、平均867mの距離を移動した。移動環境がAIスーツケースを用いた移動速度に与える影響を分析するため、図-2のように通路を「店舗がなく移動が主目的のエリア(店舗なし)」と「店舗が並び障害物が多いエリア(店舗あり)」の2種類に分類して解析した。その結果、図-3に示すように前者における平均移動速度が0.71 m/sであったのに対し、後者では0.40 m/sと有意な速度低下が見られた。「店舗なし」エリアでの0.71 m/sという速度は、視覚障害者誘導用ブロック上を直線歩行した場合<sup>1)</sup>と比較すると若干遅いが、不慣れな場所で方向転換を伴う移動の平均速度であることを考慮すると、十分に円滑な移動体験を実現できていると考えられる。一方、「店舗あり」エリアでの速度低下は、通路にはみ出した看板や商品棚、店舗前の待機列といった障害物をロボットが検知し、安全を確保するために減速や迂回を適切に行った結果である。これは、障害物回避機能が設計通りに作動している証左であるが、同時に、複雑な環境における移動効率の向上が今後の開発課題であることを示唆している。

実験後に実施したアンケートでは、「移動したい」「迷わない」「安全である」「自信を持てる」「ストレスがない」「楽しい」の6項目について、7段階(-3~+3)で評価を求めた。その結果、全ての項目で平均評価が+2.0を上回る、極めて肯定的な回答が得られた。特に「移動したい」(平均+2.6)、「楽しい」(平均+2.5)といった、移動そのものへの意欲やポジティブな感情に関する評価が高かった。これは、本ロボットが単なる移動手段としてだけでなく、ユーザーの行動範囲を広げ、外出の喜びといった生活の質の向上に貢献できる可能性があることを示している。

利用ログから、ロボットが計画した最短経路距離に対する実際の移動距離の比率を「移動効率」として算出し、主観評価との相関を分析した。その結果、障害物回避などにより移動効率が悪化するほど、「安全である」という評価が有意に低下する傾向が確認された。このことから、ロボットが障害物を避けるために頻繁に停止したり、大きく迂回したりする挙動は、たとえそれが、物理的な安全を優先した結果であったとしても、ユーザーにとっては心理的な不安につながる可能性があると推察される。今後の開発においては、ユーザーが予期しやすい形で、障害

物をより滑らかに回避するアルゴリズムの高度化が、ユーザーの安心感を高める上で重要となるであろう。

本実証実験を通じて、AIスーツケースが視覚障害者の移動ニーズに応え、その自立を支援する上で高い有効性を持つことを、ユーザーの移動データと主観評価の両面から確認できた。特に、移動の楽しさという新たな価値を提供できる可能性が示されたことは、本実験の意義である。同時に、障害物が多い環境での移動効率の低下や、回避動作がユーザーに与える心理的影響など、実用化に向けた具体的な技術的課題も明らかになった。今後は、これらの課題解決に向け、研究開発をさらに深化させていく必要がある。

### 3.2 大阪・関西万博での大規模実証実験

2019年に設立したコンソーシアムは、その名称の通り主にAIスーツケースの開発の過程において実証実験を実施してきた。しかしながら、その実証実験は大規模なものでも、前節の大規模商業施設で実施した程度(1週間程度で数十人を対象としたもの)であった。今回、大阪・関西万博での実証実験においては、万博開催期間中の全期間である約半年に渡る長期間に約4,800人を対象とした実験が可能となった。

この万博での実証実験を実施するにあたり、AIスーツケースの機能として具備しておかなければならなかった技術的項目を以下に示す。

- ① 長期稼働に対応できる信頼性
- ② 非常に混雑が予想される会場内での実験に対応可能な安全性
- ③ 夏季を中心に開催されるため、特に高温多湿な環境でも稼働可能な耐候性
- ④ 同時に複数台を使用して実験を実施するための各AIスーツケースの現在場所や機器自体の状態をリアルタイムでモニタリングできる管理システム
- ⑤ 大屋根リングの上部に昇降できるエレベーターへの安全な出入りができる移動機能

これら以外にも、「容易にバッテリーの交換ができる仕様の検討」「実験を円滑に実施するための補助員が使用するスマートフォンアプリ開発」「体験者が会場内の目的地を検索するための、日英に対応できるAI対話機能」など多くの課題解決や準備を行う必要があったが、実質1年間という短い準備期間でこれらの機能を装備した万博版AIスーツケー

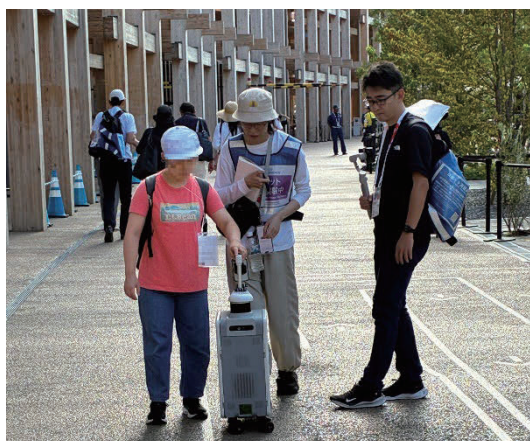


写真-5 大阪・関西万博周遊ツアーの様子

スおよび管理ツールを開発し、本番に備えることができた。

実証実験は、万博の開催期間中を通じて、無事故で終了することができた。その時の様子の一部を写真-5に示す。予約制で実験を実施し、約2,800組4,800人程度を対象とし、その内、視覚障害者も500人強と非常に大規模な実験となった。今回の実験でも、商業施設での実験と同様に映像による稼働状況の記録や事後にアンケート調査を行ったが、その結果については現在実験報告書を作成している段階であり、別の機会に報告する予定である。

今回の実験が多くのメディアやマスコミに取り上げられたことにより、今後社会実装に向けて必要と思われるAIスーツケースの認知度向上という点において、大きな成果を得ることができた。また、長期間安定して運営するために必要なノウハウやその課題を得る格好の機会となった。これらは、今後の活動に大きく寄与するものと考えている。

## 4. 清水建設版 AI スーツケース

### 4.1 開発背景と機能

清水建設はロボット技術の支援および建物内でのロボット活用検討を通してコンソーシアムに貢献している。その一環として、コンソーシアム版AIスーツケースの知見をもとに、清水建設版AIスーツケースも独自に開発している。独自に開発することで、基礎技術を習得するとともに、いきなりコンソーシアムの機体では試しにくいようなハードウェアやソフトウェアを先行して試験的に搭載し、新たな視点からの検証や提案をすることを目的として取り組んだ。一例として、ハンドルの根本に力覚センサー追加して、ユーザーがハンドルを「左右に傾け

る」あるいは「押し込む」操作をすることで、モードを切り替えるUIを作成した<sup>18)</sup>。部品追加によるコスト増やハンドルに加える力に対する耐故障性の課題は残るものの、ハンドル部のタクトスイッチの数を減らし、より直感的に操作ができるという利点があった。また、清水建設版AIスーツケースには、機体の上部に設置された3D LiDARに加えて、足回りの左前と右後ろに2つの2D LiDARも搭載している。2D LiDARは2次元の点群しか取得できない一方、安価であり、かつ3D LiDARより近距離の計測も可能である。これにより「ユーザーの立ち位置の推定や歩行軌跡を取得する機能<sup>19)</sup>」および「よりシビアな衝突回避の実現する機能<sup>20)</sup>」も追加することができた。また、展示物の音声ガイダンスをロボット用地図上で管理するソフトウェアも開発した<sup>21)</sup>。これらのロボティクス技術は、AIスーツケースだけではなく、他の建設ロボットや建設機械に対しても転用が可能である。建設会社がAIスーツケースプロジェクトに貢献する理由を問われることもあるが、ロボティクスの基礎研究や基礎技術を取得するという面でも、弊社として取り組む意義が十分にあった。

上記の機能の性能評価に加えて、展示空間内を周遊するシナリオで実証実験、およびそれに向けた開発者テストを行なった<sup>22)</sup>。その詳細について次節より述べる。

### 4.2 展示空間における実証実験

前章で述べた大規模商業施設での実験では、コンソーシアム版AIスーツケースを用いて「ユーザーが選択した目的地へ単独で移動すること」を主眼において実験した。一方で、単なる「目的地への移動」だけでなく、「周辺環境を把握しながらの移動」も実現可能ではないかと考えた。これは、AIスーツケースが自己位置を推定しながら走行し、位置に応じた情報を搭載スピーカから音声情報として提示可能であるためである。そこで、視覚に障害をもつ11名(全盲9名、弱視2名)の実験参加者の協力を得て、2024年1月に「清水建設版AIスーツケース」を用いてAIスーツケースの利用シーン検討・機能評価を目的とする実証実験を行った。その実験の様子の一部を写真-6と写真-7に示す。

### 4.3 実験内容

実験は受入(15分)、事前アンケート(15分)、AIスーツケース操作練習(10分)、周遊実験(10分)、



実験後アンケート(20分)で1名あたりの所要時間は計70分程度であった。

#### 4.3.1 事前アンケート

事前アンケートでは、AI スーツケースを操作する前に、実験参加者に対して展示空間に求めるニーズについてヒアリングした。特に、鑑賞時に不満に感じることを尋ねたところ、「触れる/音の出る展示物が少ない」「触ってよい展示物かどうか分からない」といった展示物そのものに関する不満に加え、「展示物や周囲の人とぶつかりそうになる」「自身の立ち位置が周囲の邪魔になっていないかが気になる」「どこに立って鑑賞すればよいか分からない」「順路が分からない」といった移動に関する不満、さらに、「音声ガイダンス利用時、説明が長い場合はスキップできずにストレスを感じる」「同行者に展示内容を説明してもらおうが興味関心やペースが合わないことがあり気を遣う」「同行者に内容を説明してもらおう際の会話が周囲の迷惑になっていないかが気になる」といった展示内容の把握・理解に関する不満があることが分かった。また、弱視の方に特有の不満としては、「視野が狭いため展示物を見逃すことがある」「解説パネルの文字が小さく読みづらいため拡大鏡を使うと周囲から不審に思われる」「会場の明るさによって見え方が変わってしまい困る」といった回答を得た。

以上の回答から、展示空間における移動経路・鑑賞中の立ち位置、展示内容の把握・理解に課題があることが分かった。

#### 4.3.2 周遊実験

図-4に示す通り、弊社技術研究所内のショールーム(屋内・平坦で段差の無い路面環境)で周遊実験を実施した。まず実験参加者はAI スーツケースの操作方法について説明を受け、ハンドル上のボタン押下による停止・発進や、ハンドルへ前後に力をかけて傾ける動作による速度調整について練習した後、8か所のPOI(Point of Interest)にて展示内容を説明する音声ガイダンスを聞きながら単独で周遊した。POIとは特定の人に興味を持つ場所や施設のことを指し、一般には店舗やトイレ、ロッカーなどが該当する。本実験ではショールーム内の建築模型や技術紹介ブースといった各展示物や会議室などをPOIとして設定した。実験では、各POIから半径1.5m以内にいる場合にのみ、AI スーツケースに搭載されたスピーカから音声ガイダンスを流し、その

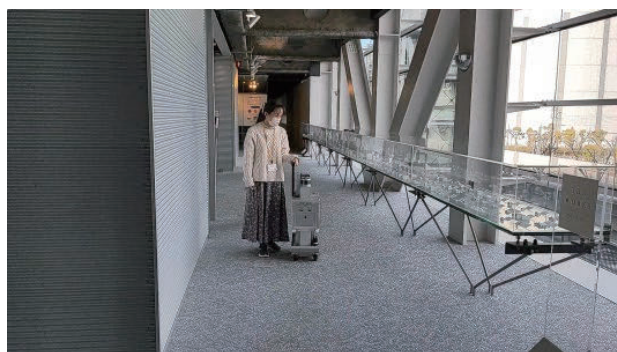


写真-6 通路に沿った模型展示を案内



写真-7 パネルや液晶モニターなどの案内

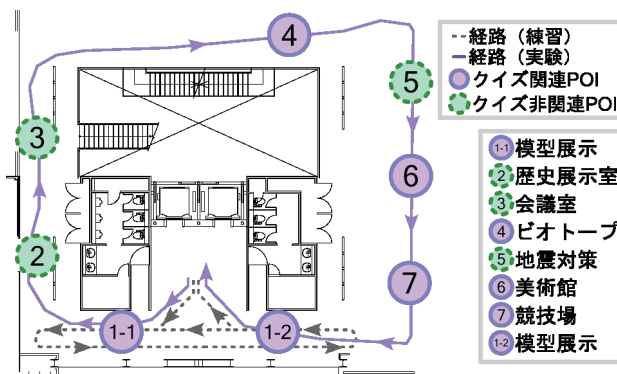


図-4 走行経路と音声ガイダンス提示箇所

後 POI から離れた際には音量を徐々に小さくして、音声をフェードアウトさせる仕様とした。また、POI1-1とPOI1-2では写真-6のように通路に沿って模型展示が続いており、既に一度聞いた音声ガイダンスをスキップする場合の挙動を把握するため、異なる2つの地点で同一の内容とした。

また、ユーザーが興味のある音声ガイダンスのみを聞き、その他は音声ガイダンスをスキップして通過するという振る舞いを疑似的に再現するために、事前に制限時間を5分と伝えた。さらに、一部のPOIに関する〇×クイズ(第1問:ショールームに展示されている建築の『模型』は全て職人が手作りしている、第2問:『ビオトープ』には絶滅危惧種に指

定されている生物が生息している、第3問：『A美術館』は海外の材料を用いた西洋風のデザインが意識されている、第4問：『B競技場』の大屋根は地上で組み立てた)を第1問から第4問まで(計4問)出題した。出題文のうち『』で囲われた単語をキーワードとし、音声ガイダンス冒頭でキーワードが聞こえた場合には、○×クイズの回答が分かるまでロボットを停止させてその場に留まり、ガイダンスを聞くように依頼した。また、○×クイズに関係ないと判断した場合にはPOIを通過するように伝えた。例えば、POI1-1とPOI1-2では「左はザ・ワークス。模型展示です。清水建設が関わった建築物を年代順に並べています。(中略)かつては模型を全て職人が手作りしていましたが、最近では3Dプリンタも用いて作製しています。」という音声ガイダンスを再生した。実験後には○×クイズに回答し、答え合わせをした。

#### 4.3.3 実験後アンケート

AI スーツケースとの周遊後、良かったと感じた点について尋ねたところ、移動に関しては「白杖を持たずに安心して歩けた」「移動時に気を張らずにストレスフリーに歩けた」「速度を自分好みに変えられるところが良かった」「展示物を順路に沿って網羅的に回ることができた」といった回答が挙がった。展示内容の把握・理解については、「展示場所の前で音声ガイダンスが流れ始めるのが楽しかった」「音声ガイダンスをスキップできて必要な情報のみ得られたので良かった」といった回答であった。

一方で、操作で難しかった点について尋ねると、速度変更操作については「速度変更の操作はハンドルにどの程度力をかければ良いか分からず難しかった」「速度変更は物理スイッチなど手ごたえがあるようにしてほしい」「速度変更時に音声で現在の速度情報を提示してほしい」といった回答となった。また、「走行中にボタンを押したままなのが疲れた」「ハンドルが握りづらい」「ハンドルの高さを調整できるようにしてほしい」といったハンドルに関する意見を複数頂いた。今後さらなる分析が必要だが、比較的小柄で手の小さいユーザーはハンドルを手のひら全体で握ることができず、入力ボタンを親指ではなく人差し指で握っていることが多かった。そのため、入力ボタンが押しづらい上に、速度調整のためにハンドルへ前後に力を加える操作が難しいように見受けられた。

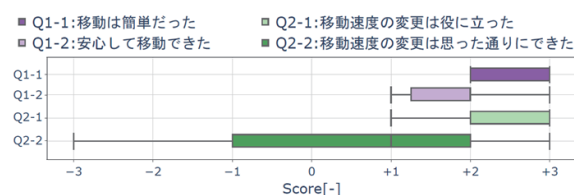


図-5 アンケート回答の解析

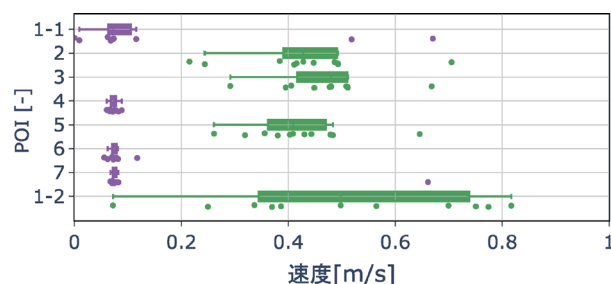


図-6 POI ごとの移動速度の解析

#### 4.4 結果

本実験では、疑似的に興味関心エリアを設定し、走行・停止の操作を実現できるかを確認する目的でクイズを設定した。クイズの平均正当数は4問中3.18問となったことから、興味関心エリアで立ち止まり、音声ガイダンスを聞いたことが確認できた。

ロボットの操作性について、7段階評価(+3: 全くそう思う、+2: そう思う、+1: ややそう思う、0: どちらともいえない、-1: ややそう思わない、-2: そう思わない、-3: 全くそう思わない)で問うた結果を図-5に示す。各スコアはQ1-1「移動は簡単だった」が平均+2.6点、Q1-2「安心して移動できた」が平均+1.9点となり、比較的高評価となった。また、Q2-1「移動速度の変更は役に立った」が平均+2.5点で、速度変更機能に対するニーズが高かったのに対し、Q2-2「移動速度の変更は思った通りにできた」は平均+0.6点で、速度変更操作の難しさが明らかになった。

実験では安全のため、機体移動速度の最大値を1 m/sとしたが、図-6に示すように、クイズに関連する音声ガイダンスが流れるPOI1-1、4、6、7の4か所ではいずれも移動速度が0.1 m/s程度となり、音声ガイダンスを聞くためにAI スーツケースをその場に留めるよう操作したことが分かる。興味関心エリア(クイズ関連 POI)、非興味関心エリア(クイズ非関連 POI)における各実験参加者の移動速度について、マン・ホイットニーのU検定を実施したところ、p値は4.99e-12(<0.05)となり、有意な差があることが分かった。このことから「鑑賞時、興味の



ある音声ガイドだけを聞きたい」というニーズに対し、AI スーツケースを意図した通りに停止・走行させることができたと言える。自由回答結果においても同様の傾向となり、整合性がとれる結果となった。また、POI1-2については、POI1-1 と同じ音声ガイドが流れるが、POI1-1 にてクイズの答えが分かった参加者は素通りし、分からなかった者は低速で移動したため、分散が大きくなった。このことから各自のニーズに応じて AI スーツケースを操作できたことが分かる。さらに、自由回答では「美術館や博物館に行きたくなった」という回答が複数挙がり、自律移動ロボットによる展示空間の案内に対する期待の高さが示唆された。

本実験によって「AI スーツケースを操作して興味関心エリアの音声ガイドのみを聞き、その他をスキップする」という行動を再現することができた。AI スーツケースは建物内にて正確な位置・方向を認識した案内可能なため音声ガイドとの相性が良いと好評であり、展示空間とナビゲーションロボットの親和性の高さを提示できた。

## 5. まとめ

本稿では、AI スーツケースの概要を説明し、その機能や開発の歴史、主要な実証実験について紹介した。加えて、コンソーシアムへの技術提供の一環として、清水建設として独自で開発した清水建設版 AI スーツケースの機能や実験も示した。この活動を通して、視覚に障害を持つ方のアクセシビリティ向上に貢献するとともに、また多くの人々が自立して移動できる手段を提供していきたい。また、AI スーツケースや関連技術のさらなる発展と普及により、将来的に誰も取り残さないインクルーシブな社会が実現されることを期待している。

## 謝辞

一般社団法人次世代移動支援技術開発コンソーシアムにおける活動は、その参加企業および団体の皆様のご協力により実施されました。ここに記して深く感謝申し上げます。

## <参考文献>

1) 政府統計の総合窓口：“福祉行政報告例 令和5年度福祉行政報告例 身体障害者福祉”，  
[https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?stat\\_infid=000040136421](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?stat_infid=000040136421)

2) 清水建設(株)：“AI スーツケースの開発を通じた、視覚障がい者のアクセシビリティと生活の質向上を目指す「一般社団法人次世代移動支援技術開発コンソーシアム」設立のお知らせ”，  
<https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2020/2019043.html>

3) 清水建設(株)：“自律型ナビゲーションロボット「AI スーツケース」実証実験 大阪・関西万博での体験予約受付を開始”，  
<https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2025/2025004.html>

4) 高木啓伸, 村田将之, 佐藤大介, 田中俊也, 鯨内智浩, 粥川青汰, 木村駿介：“アクセシビリティのプラクティスー「誰一人取り残さない」ための情報技術：招待論文：2. 自律型視覚障がい者ナビゲーションロボットの普及を目指して”，情報処理, vol. 63, no. 11, d112-d29, 2022.

5) J. Guerreiro, D. Sato, S. Asakawa, H. Dong, K. M. Kitani and C. Asakawa: “Cabot: Designing and Evaluating an Autonomous Navigation Robot for Blind People,” In The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, pp.68-82, 2019.

6) 日本科学未来館：“初の「屋外」ナビゲーション実証テストを実施 視覚障害者向け自律型誘導ロボット「AI スーツケース」 本日1月6日(金)、参加者募集開始”，  
<https://www.miraikan.jst.go.jp/news/press/202301062853.html>

7) MIPsoft Oy: “BlindSquare,” <https://www.blindsquare.com/>

8) (株)コンピュータサイエンス研究所：“視覚障がい者歩行支援アプリ EyeNavi”，<https://eyenavi.jp/>

9) Be My Eyes: “Let’s see the world together,”  
<https://www.bemyeyes.com/>

10) 日本信号(株)：“日本初 歩行者信号の情報を提供するアプリケーション「信 GO!」をリリースいたします”，  
[https://www.signal.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2021/04/9\\_20200424\\_pics.pdf](https://www.signal.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2021/04/9_20200424_pics.pdf)

11) Dragan Ahmetovic, Cole Gleason, Chengxiong Ruan, Kris Kitani, Hironobu Takagi, and Chieko Asakawa: “NavCog: a navigational cognitive assistant for the blind,” Proc. of Int. Conf. on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, pp. 90-99, 2016.

12) Patrick Slad, Arjun Tambe, and Mykel J. Kochenderfer: “Multimodal sensing and intuitive steering assistance improve navigation and mobility for people with impaired vision,” Science robotics, vol. 6, no. 59, eabg6594, 2021.

13) Glidance Inc.: “Self-Guided Mobility Device for Blind and Vision Impaired,” <https://glidance.io/>

- 14) (株)Ashirase: “靴に装着する振動ナビゲーションデバイスあしらせ”, <https://www.ashirase.com/>
- 15) 飛田和輝, 嵯峨山功幸: “視覚障がい者向けガイダンスロボットの検証実験”, 日本ロボット学会誌, vol. 33, no. 8, pp. 596-599, 2015
- 16) Brian L. Due, “Guide dog versus robot dog: assembling visually impaired people with non-human agents and achieving assisted mobility through distributed co-constructed perception,” *Mobilities*, vol.18, no. 1, pp.148-166, 2023
- 17) 鈴木浩明, 藤浪浩平, 大野央人, 水上直樹, 末田純, 井手将文, 視覚障害者が日常空間で誘導用ブロック上を歩行する時の歩幅・歩行速度, 人間工学, 2001, 37 巻, 4 号, pp.191-198, 2001.
- 18) Kakuya Naito, Reina Nakanishi and Yuji Matsuda: “Walking environments for persons with visual impairments using mobility assistance systems: a comparison of smartphone navigation and robot guidance,” *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, pp. 1-15, 2025
- 19) 木村駿介, 中西伶奈, 内藤弘也: “移動支援ロボット AI スーツケースのシミズ版開発とそのオペレーション方法” 日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1D1-04, 2022
- 20) 中西伶奈, 木村駿介, 内藤弘也: “視覚障害者のための移動支援ロボットにおけるユーザの歩行軌跡取得システム”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 3A2-B05, 2022
- 21) 木村駿介, 西本昂樹: “2次元 LiDAR 制御バリア関数による衝突回避ヒューマンアシスト制御” 計測自動制御学会論文集, 61 巻 3 号 pp. 194-202, 2025
- 22) 木村駿介, 中西伶奈, 内藤弘也, 樽谷葵: “視覚障害者向け移動支援ロボットのための音声ガイダンス情報地図の設計”, 日本ロボット学会学術講演予稿集, 3B4-06, 2024
- 23) 中西伶奈, 内藤弘也, 木村駿介, 樽谷葵: “視覚障害者向け移動支援ロボットを用いた展示空間における検証実験”, 日本ロボット学会誌, 43 巻 5 号 pp. 549-552, 2025