

安全安心な社会を実現し豊かな文化を創造する

コンテンツ・映像処理技術研究

研究代表者 森島 繁生
(先進理工学部 応用物理学科 教授)

1. 研究課題：

平成 19 年度から 22 年度まで、JST 未来社会創造事業「分散型匿名化処理によるプライバシープリザード AI 基盤構築」のサポートにより研究を遂行した。現在は開発技術のコンテンツ・映像業界への技術展開のみならず、障害者支援など社会貢献をも視野に入れている点が特徴である。

近未来において実現されるデジタルツイン社会のあるべき姿として、環境やユーザ自身の正確なコピーを仮想世界に展開することのみならず、実世界と仮想世界間の相互のシームレスなインタラクション、デジタルツイン同士の情報共有を経ることによって、最終的に安全・安心で豊かな生活を、個人の特性を越えて誰もが恩恵にあずかれる世界を想定している。現在、デジタルツイン社会で構想されるサービスの多くは健常者にとっての貢献が前提となっており、障害者や高齢者、幼児など社会的な弱者に必ずしも十分に配慮した内容とはなっていない。

本研究課題では、特に視覚障害者等が健常者と分け隔てなくサービスを享受できるデジタルツイン社会の実現を目的としている。視覚のみならず、聴覚、触覚などの五感のマルチモダリティを駆使することによって、現在の社会的な弱者が健常者と同等レベルのサービスを享受することが可能となり、真のダイバーシティ社会の実現に貢献するものである。

2. 主な研究成果

視覚障害者をナビゲートするための事前環境地図を必要としない案内ロボットの開発を行った。案内ロボットは視覚障害者の移動支援技術として有効であるが、事前に地図を準備する手間がかかる。本研究では、事前に地図を必要とせず、地図を作りながら途中の交差点の形状や看板に書いてある文字を読み上げることで視覚障害者が建物内を移動することを支援する案内ロボットを提案・実装した。7名の全盲のユーザを対象に、不慣れた場所で簡易な行き方だけを与え目的地を目指すタスクにより評価を行った。ユーザの主観評価から、提案手法を使うことで白杖や盲導犬と比べて、より自信を持って、より少ない認知負荷で不慣れた建物で目的地まで行くことが出来ることが示された。

視覚障害者にとって不慣れた建物における単独での移動は困難である。Eagel らの調査によれば、彼らの多くが定期的に不慣れた建物における移動を経験しており、目的地にたどりつくために家族や友人、現地で晴眼者を探して頼る必要があると回答している[2]。案内ロボットは視覚障害者がそのような不慣れた建物内でひとりで移動することを支援する技術として有効である[4]。通常、案内ロボットは事前に作成した環境地図とセンサからの動的な障害物の情報を組み合わせて、障害物を回避しつつ目的地まで移動する[7]。環境地図には自己位

位置推定のための LiDAR マップと通路やエレベータなどの経路情報が含まれる。

しかし、事前環境地図の作成には手間とコストがかかり、視覚障害者が案内を必要とする全ての場所や建物に地図を作ることができない。そこで、本研究では事前環境地図を必要とせず視覚障害者を不慣れな建物で目的地まで行くことを支援する案内ロボットシステムを提案、実装、評価した。

本研究では、視覚障害者ユーザは晴眼者から目的地までの簡易な経路に関する情報を持っていることを前提とし、まず不慣れな建物で目的地に行くためには彼らにとってどのような情報が有用かを調査した。具体的には5名の全盲の視覚障害者を対象に大学構内を歩きながら研究者が視覚障害者に周囲の情報を伝え、有用であった情報を回答してもらった。結果として、晴眼者が説明する目的地までの経路は主に通路の交差点でどの方向に曲がるかという情報を有しているため、交差点の位置と形状に関する情報と、どの方向になんの施設があるか教えてくれるため、看板に文字の情報が有用であると参加者は回答した。この調査結果に基づいて不慣れな建物で視覚障害者を支援するロボットをデザインし、実装した。

ロボットはスーツケースの形状をしており、LiDAR マップを作るための LiDAR センサ、看板を認識するための高解像度の RGBD カメラを搭載したスマートフォンを搭載する (図 1A)。またハンドルには前後左右の4方向のボタンがある (図 1B)。

提案手法はリアルタイムで作成される LiDAR マップに対して通路の交差点検出アルゴリズム[6] を適用することにより、交差点の位置と形状を認識する (図 1C)。ロボットは交差点を発見すると交差点の中央で停止し、音声でユーザに交差点の形状を伝える。ユーザはハンドルのボタンを押す事でロボットが前後左右のどの方向に行くべきかを指示する (図 1B)。

視覚障害者は看板の存在を知ることが難しいため、提案手法はまず看板の存在をユーザに通知する。具体的にはスマートフォンの RGBD カメラおよび iOS の文字認識エンジン[1]

を用いて毎秒5回画像内にある文字とその位置を検出し、もし5フレーム連続で6.5メートル以内に文字が存在する場合、ユーザに音声で看板が存在する可能性がある事を伝える。その後、ユーザはハンドルの下ボタンを押すことで看板認識を実行することができる。看板認識は OCR と物体検出手法[3] を用いて画像内の文字と矢印を検出し、看板の背景の色に基づいてどの文字がどの矢印に紐づくかを推定することで、たとえば次のように看板を読み上げる:「画像内に一つ矢印と紐づいたサインがあります。『左、4600 番廊下。』また、『部屋番号 4521』と書かれたサインが正面 2.1 メートル先にあります。」 (図 1D)

7名の全盲の視覚障害者を対象に提案システムの評価を行った。参加者はまず提案システムの使い方に慣れるための練習を行い、その後、実験者から目的地までの経路の情報が口頭で与えられ、提案システムを使って目的地まで移動するタスクが課された。目的地までは4つの交差点と複数の看板があり最短で約166メートルであった。また、比較対象として事前環境地図を使うシステム (以後、トップラインシステムと呼ぶ) を用意し、参加者は提案シス

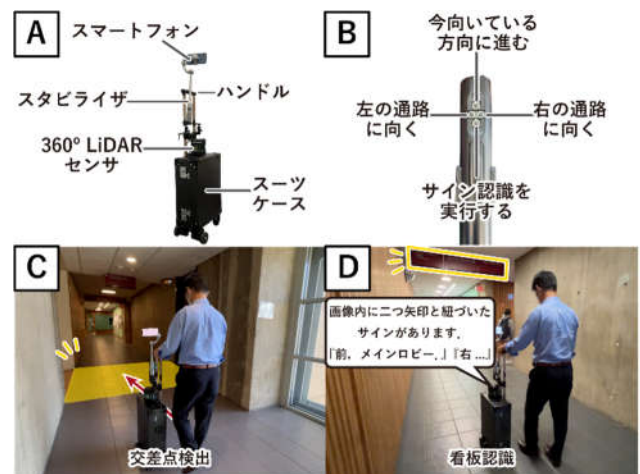


図 1 提案手法の概要

テム、トップラインシステムの順でタスクをこなした。トップラインシステムは Bluetooth Low Energy ビーコンと LiDAR を用いて自己位置推定を行い、あらかじめ登録された周囲の情報を読み上げながら指定した目的地まで自動でユーザを案内する[7] ため、参加者はロボットについていくだけである。評価指標としてはタスク完了時間および7段階（1：全く同意しない，7：強く同意する）の主観評価項目を用いた。主観評価では普段使用している移動補助（白杖もしくは盲導犬）とも比較した。

Wilcoxon の符号順位検定（有意水準 5%）を用いて提案手法とトップラインシステムのタスク完了時間を比較すると、提案手法のほうが有意にタスク完了時間が長かった。これは、提案手法が各交差点で止まり、ユーザの指示を待つのに対して、トップラインシステムは事前準備した地図を持っており、各交差点を停止せずに曲がるためである。また、図 2 に主観評価項目の結果を示した。Q1 と Q2 を提案手法、トップラインシステム、および普段使っている補助器具について聞き、



図 2 主観評価項目と検定結果

Wilcoxon の符号順位検定（有意水準 5%）で比較した所、全ての組み合わせで有意差が見られた。提案手法は交差点認識や看板認識が出来るため、普段の移動補助と比べ高く評価された。トップラインシステムは自動で目的地まで行けるため、最も高い評価となった。一方で、全ての参加者は提案手法が事前準備なしに使えることを歓迎し、次のようなコメントが得られた：「施設に事前準備した地図があれば、（トップラインシステムを使えるので）それが一番便利だが、それはどこにでもあるわけではない。（提案手法は）事前準備した地図がなくても交差点や看板などの周りの情報を読み上げてくれるため、自分の進むべき道がわかり、とても便利だった。」

本研究では視覚障害者が不慣れな建物内で単独で移動することを支援する事前環境地図を必要としない案内ロボットシステムを提案・実装・評価した。ユーザはロボットが読み上げる通路交差点の形状や看板認識の結果をもとに、晴眼者から得た目的地までの経路において意思決定しロボットに指示を出して目的地まで行くことが可能となる。評価実験では提案システムのタスク完了時間は事前環境地図を使ったシステムと比べ長くなったが、提案手法を使うことで普段使用している移動補助と比べ参加者は不慣れな建物よりで自信を持ち、より低い認知負荷で目的地まで行くことが可能であることが示された。また、全ての参加者は提案手法が事前環境地図なしに使えるという点を歓迎した。今後は大学構内だけではなく、様々な建物で提案手法が利用できるよう実験を行っていく予定である。

なお、本研究内容は、ヒューマンコンピュータインタラクション分野のトップカンファレンスである CHI2023 にて 2023 年 4 月に発表されました（国際会議業績[1]）。

参考文献

- [1] Apple-Developer. Recognizing Text in Images. Retrieved in November, 2022 from https://developer.apple.com/documentation/vision/recognizing_text_in_images/, 2022.
- [2] C. Engel, K. Müller, A. Constantinescu, C. Loitsch, V. Petrasch, G. Weber, and R. Stiefelhausen. Travelling More Independently: A Requirements Analysis for Accessible Journeys to Unknown Buildings for People with Visual Impairments. In ASSETS '20, New York, NY, USA, 2020. ACM.
- [3] G. J. et. al. ultralytics/yolov5: v6.0 - YOLOv5n 'Nano' models, Roboflow integration, TensorFlow

export, OpenCV DNN support, October 2021.

[4] 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.

[5] C.-L. Lu, Z.-Y. Liu, J.-T. Huang, C.-I. Huang, B.-H. Wang, Y. Chen, N.-H. Wu, H.-C. Wang, L. Giarre, and P.-Y. Kuo. Assistive Navigation Using Deep Reinforcement Learning Guiding Robot With UWB/Voice Beacons and Semantic Feedbacks for Blind and Visually Impaired People. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 2021.

[6] F. Yang, D.-H. Lee, J. Keller, and S. Scherer. Graph-based topological exploration planning in large-scale 3d environments. In *2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 12730–12736, 2021.

[7] 高木啓伸, 村田将之, 佐藤大介, 田中俊也, 簗内智浩, 粥川青汰, 木村駿介. アクセシビリティのブラクティスー「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, 63(11):d12–d29, 2022.

3. 共同研究者

斎藤 隼介, Meta Reality Labs. USA

谷田川達也, 准教授, 一橋大学

浅川 智恵子, 日本科学未来館館長 (2021 年 4 月～), IBM フェロー

高木 啓伸, 日本 IBM, 日本科学未来館副館長 (2021 年 4 月～)

Hubert Shum, Associate Professor, Dahrur University

斎藤 英雄, 教授, 慶応大学

杉本 麻紀, 教授, 慶応大学

中村 哲, 教授, 奈良先端大学院大学

吉井 和佳, 教授, 京都大学

4. 研究業績

4.1 学術論文 (査読あり) 2022.04–2023.03

1. Kazuya Nakamura, Shugo Yamaguchi, Hideki Tsunashima, Shigeo Morishima, "Invertible Fingerprint Replacement for Image Privacy Protection", *IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing*, Vol.10, No.1, 2022.6.
2. Naoki Nozawa, Hubert P.H. Shum, Qi Feng, Edmond S.L. Ho, Shigeo Morishima, "3D car shape reconstruction from a contour sketch using GAN and lazy learning", *The Visual Computer*, Vol.38, pp.1317–1330, 2022.4. DOI:10.1007/s00371-020-02024-y

4.2 国際会議論文 (査読あり) 2022.04–2023.03

1. Masaki Kuribayashi, Tatsuya Ishihara, Daisuke Sato, Jayakorn Vonkulhbisal, Karnik Ram, Seita Kayukawa, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima, Chieko Asakawa "PathFinder: Designing a Map-less Navigation System for Blind People in Unfamiliar Buildings", *ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Article No.41, pp.1-16, DOI: <https://doi.org/10.1145/3544548.3580687>
2. Seita Kayukawa, Daisuke Sato, Masayuki Murata, Tatsuya Ishihara, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima, and Chieko Asakawa, "Enhancing Blind Visitor's Autonomy in a Science Museum Using an Autonomous Navigation Robot", *ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Article No.541, pp.1-14, DOI: <https://doi.org/10.1145/3544548.3581220>
3. Seita Kayukawa, Keita Higuchi, Shigeo Morishima, and Ken Sakurada, "3DMovieMap:

- an Interactive Route Viewer for Multi-Level Buildings”, CHI EA '23: Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April 2023, Article No.: 2Pages 1–11, <https://doi.org/10.1145/3544549.3585885>
4. Yusuke Miura, Erwin Wu, Masaki Kuribayashi, Hideki Koike, Shigeo Morishima , “Exploration of Sonification Feedback for People with Visual Impairment to Use Ski Simulator”, The Augmented Humans 2023, AHs2023, DOI: <https://doi.org/10.1145/3582700.3582702>
 5. Yusuke Miura, Masaki Kuribayashi, Erwin Wu, Hideki Koike, Shigeo Morishima , “A Study on Sonification Method of Simulator-Based Ski Training for People with Visual Impairment”, SIGGRAPH Asia, DOI:<https://doi.org/10.1145/3550082.3564172>
 6. Keitaro Tanaka, Yoshiaki Bando, Kazuyoshi Yoshii, and Shigeo Morishima , “Unsupervised Disentanglement of Timbral, Pitch, and Variation Features From Musical Instrument Sounds With Random Perturbation”, APSIPA ASC 2022, DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9979893>
 7. Masaki Kuribayashi, Seita Kayukawa, Jayakorn Vongkulbhisal, Daisuke Sato, Chieko Asakawa, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima , “Corridor-Walker: Mobile Indoor Walking Assistance for Blind People to Avoid Obstacles and Recognize Intersections”, In Proceedings of the 24th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (Mobile HCI 2022), DOI: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3546714>
 8. Seita Kayukawa, Daisuke Sato, Masayuki Murata, Tatsuya Ishihara, Akihiro Kosugi, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima, Chieko Asakawa, “How Users, Facility Managers, and Bystanders Perceive and Accept a Navigation Robot for Visually Impaired People in Public Buildings”, 31st IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication, IEEE RO-MAN 2022, DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9900717/>
 9. Tanqiu Qiao, Qianhui Men, Frederick W. B. Li, Yoshiki Kubotani, Shigeo Morishima, Hubert P. H. Shum , “Geometric Features Informed Multi-person Human-object Interaction Recognition in Videos”, Proceedings of the 2022 European Conference on Computer Vision (ECCV), 2022 DOI: https://dl.acm.org/doi/abs/10.1007/978-3-031-19772-7_28
 10. Takashi Oya, Shohei Iwase, Shigeo Morishima , “The Sound of Bounding-Boxes”, International Conference on Pattern Recognition 2022 , ICPR 2022, DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9956384>
 11. Asuka Hirata, Keitaro Tanaka, Masatoshi Hamanaka, Shigeo Morishima , “Audio-Driven Violin Performance Animation with Clear Fingering and Bowing”, The Premier Conference & Exhibition on Computer Graphics & Interactive Techniques, SIGGRAPH 2022. DOI: <https://doi.org/10.1145/3532719.3543240>
 12. Takahiro Kuge, Tatsuya Yatagawa, Shigeo Morishima, "Real-time Shading with Free-form Planar Area Lights using Linearly Transformed Cosines", ACM SIGGRAPH

4.3 国内会議論文（査読あり）

1. 大島 遼祐, 品川 政太郎, 綱島 秀樹, 森島 繁生, “視覚情報を用いたタスク指向型対話における人間の応答に対する間違い指摘の検討”, 言語処理学会第 29 回年次大会, Q12-7, NLP2023, 2023. 3
2. 久保谷 善記, 森島 繁生, “ユーザーの操作性を考慮した論文要約スライドの半自動生成”, P12-7, 言語処理学会第 29 回年次大会, NLP2023, 2023. 03
3. 三浦悠輔, Wu Erwin, 栗林雅希, 小池英樹, 森島繁生, “視覚障害者がスキーシミュレータを用いるための聴覚フィードバックの検討”, 第 27 回 一般社団法人情報処理学会シンポジウム, INT23006, INTERACTION 2023, 2023. 03
4. 柏木 爽良, 田中 啓太郎, 森島 繁生, “ロパク動画の発話内容推測における距離学習に基づく精度向上手法”, VC ワークショップ 2022, 2022. 11
5. 平田明日香, 田中啓太郎, 浜中雅俊, 森島繁生, “運指と運弓を反映した音響信号からのヴァイオリン演奏アニメーションの自動生成”, VC + VCC 2022, 2022. 10
6. 加藤義道, 福原吉博, 森島繁生, “AFSM: Adversarial Facial Style Modification for Privacy Protection from Deepfake”, VC + VCC 2022, 2022. 10
7. 武田司, 山口周悟, 佐藤和仁, 岩瀬翔平, 森島繁生, “リアルタイムレンダリング可能な NeRF の動的シーンへの拡張”, VC + VCC 2022, 2022. 10

4.4 国内会議論文（査読なし）

1. 荒川 深映, 綱島 秀樹, 堀田 大地, 森島 繁生, “複数解像度で画像を生成可能な拡散確率モデル”, 情報処理学会 第 85 回全国大会, 2023. 03
2. 疋田 善地, 山口 周悟, 岩本 尚也, 森島 繁生, “ブレンドシェイプを用いた個人の表情や個性を反映した 3D 顔モデルのリターゲットング”, 情報処理学会 85 回全国大会, 2023. 03, 学生奨励賞
3. 平江 陽香, 森島 繁生, 安東 遼一, “保存型浅水方程式を用いた流体シミュレーションの検討”, 情報処理学会 第 85 回全国大会, 2023. 03
4. 神庭 有花, 田中 啓太郎, 平田 明日香, 森島 繁生, “醒度と感情価に基づく音楽による画像スタイル変換”, 情報処理学会 第 85 回全国大会, 2023. 03
5. 吉永 朋矢, 田中 啓太郎, 森島 繁生, “画内話者の音声強調における特定背景音声の透過”, 情報処理学会 第 85 回全国大会, 2023. 03
6. 大島 遼祐, 品川 政太郎, 綱島 秀樹, 森島 繁生, “視覚情報に基づくタスク指向型対話における人間の返答に対する間違い指摘の検討”, 情報処理学会 第 85 回全国大会, 2023. 03
7. 柏木 爽良, 田中 啓太郎, 森島 繁生, “ロパク動画の発話内容推測における距離学習に基づく精度向上手法”, 情報処理学会 第 85 回全国大会, 2023. 03
8. 辻 雄太, 谷田川 達也, 久保 尋之, 森島 繁生, “ノイズを含むレンダリング動画に対する重み付き局所線形回帰によるイベント映像生成”, 第 189 回コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究発表会, IPSJ-CG23189021. pdf, 2023. 02
9. 樋笠 泰祐, 平田 明日香, 田中 啓太郎, 森島 繁生, “視線情報と比喻度に基づく英

語フレーズの理解度推定”，第 30 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ，WISS 2022，2022. 12

10. 三浦悠輔，Wu Erwin，栗林雅希，小池英樹，森島繁生，“視覚障害者がスキーシミュレータを用いるための聴覚フィードバックの検討”，第 30 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ，WISS 2022，2022. 12

4.5 受賞・表彰

1. 荒川 深映，情報処理学会 85 回全国大会 学生奨励賞，2023, 03
2. 平江 陽香，情報処理学会 85 回全国大会 学生奨励賞，2023, 03
3. 柏木 爽良，情報処理学会 85 回全国大会 学生奨励賞，2023, 03
4. 疋田 善地，情報処理学会 85 回全国大会 学生奨励賞，2023, 03
5. 神庭 有花，情報処理学会 85 回全国大会 学生奨励賞，2023, 03
6. 大島 遼祐，情報処理学会 85 回全国大会 学生奨励賞，2023, 03
7. 辻 雄太，第 189 回コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究発表会，優秀研究発表賞および学生発表賞，2023. 02
8. Hideki Tsunashima，MIRU2022 インタラクティブセッション賞，2022. 07

4.6 学会および社会的活動

30th Pacific Graphics 2022 (CG Kyoto 2022) General Chair
27th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST) 2021
Sponsorship Chair
28th ACM VRST 2022, Sponsorship Chair
日本顔学会理事，情報処理学会フェロー，画像電子学会フェロー
JST CREST（共生インタラクション）アドバイザー，JST 創発アドバイザー

5. 研究活動の課題と展望

コロナ禍の影響を跳ね除け，国際連携をさらに強化し，学生のモチベーションを保ちつつ，今後より高いレベルでの研究成果を蓄積していく．一方で，新しい研究領域立ち上げに尽力する．また企業との連携を強化し，開発技術の実用化を急ピッチで進めていく予定である．2023 年度は，新規で Exa-Wizards と共同で JST A-Step に研究代表として 1 件のプロポーザルを提出した．また，SIP 課題にも PM として提案の準備を進めている（7 月公募開始予定）．