

マルチモーダルデジタルツインによるアクセシブル社会の実現

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

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楽しむことが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楽しむことが可能となり、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

本年度は、特に視覚障害者支援のためのユーザコンピュータインタラクション技術として3つの成果について報告する。

まず視覚障害者が大規模公共施設において、事前に準備した地図を使用せずに単独での探索を可能にする WanderGuide を提案した。この成果は CHI をはじめ、MIRU, SIGGRAPH ASIA などで招待講演として発表した。この WanderGuide をデザインするために、商業施設および科学博物館において 10 名の視覚障害者参加者を対象にシステム要件の調査を実施し、その結果、ユーザの嗜好に応じて周囲を記述する詳細度を三段階で提供する必要があることが明らかになった。この調査結果をもとに、システムには記述の詳細度を調節可能な機能および興味地点に関して音声対話で質問・移動指示を行える機能を備えた WanderGuide を開発した。5 名の視覚障害者を対象とした評価実験により、WanderGuide を用いることで視覚障害者は単独で周囲の探索を楽しむことができるようになったことが示された。

次に、仮想現実 (Virtual Reality; VR) は没入的な体験を提供する一方で、視覚的なフィードバックに強く依存しているため、視覚障害者にとって VR を利用することは依然として困難である。既存研究では、音声指示、空間オーディオ、振動などのフィードバックを活用し、視覚障害者が仮想空間を活用できるシステムが提案されてきた。しかし、カーブを含む経路や多数の物体を有するような複雑な仮想空間において、視覚障害者がどのように探索を行い、どの程度空間を理解できるのかについては明らかにされていない。本研究では、VR へ

ッドセットを用いた視覚障害者向けの仮想空間探索システムを開発し、9名の視覚障害者を対象としたユーザ実験を実施した。参加者の仮想空間における探索行動を分析した結果、移動と周囲理解に費やす時間には個人差があり、それが仮想空間の認知度の違いに影響していることが示唆された。この成果は、ユーザインタラクションのトップ会議である UIST2025 において論文採択された[3]

3つ目の研究では、動的環境下における障害物の位置を提示するために、空間オーディオを活用した視覚障がい者向けスキー支援システムを提案した。従来の研究では、静的な障害物を対象としたシンプルな状況に限定されており、実際の滑走環境を十分に反映できていなかった。本システムは障害物との距離および方向に基づいた空間オーディオフィードバックを提供することで、ユーザが移動する障害物をリアルタイムに把握・回避することを可能にする。6名の晴眼者を対象に予備実験を実施し、従来手法との比較および設計上の初期検証を行った。その結果、本システムは従来手法と比較して、動的環境下における障害物回避数および障害物との最短距離を改善するとともに、作業負荷を軽減することが示された。この成果は、SIGGRAPH ASIA において論文発表を行った[1]。

3. 共同研究者

齋藤 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, Dahrum University

齋藤 英雄, 教授, 慶応大学

杉本 麻紀, 教授, 慶応大学

五十川真理子, 准教授, 慶応大学

吉井 和佳, 教授, 京都大学

浜中 雅敏, 理研

4. 研究業績

4.1 国際会議論文 (査読あり) 2025.04–2026.03

[1] Yuta Taguchi, Toshihiro Hirano, Masaki Kuribayashi, Yichen Peng, Eriwin Wu, Hideki Koike, Shigeo Morishima, “Spatial Audio for Ski Simulation with Visually Impaired Users in Dynamic Environments, SIGGRAPH Asia 2025 poster, 2025.12.

DOI: 10.1145/3757374.377146

[2] Haruka Hirae, Shigeo Morishima, Ryoichi Ando, “An Analytical Integrator for Solid-Fluid Coupled Buoyancy Forces”, SIGGRAPH Asia 2025

DOI: 10.1145/3757376.3771383

[3] Masaya Kubota, Masaki Kuribayashi, Renato Alexandre Ribeiro, Shigeo Morishima, “Investigating Blind People’s Route Perception of Complex Pre-Mapped Routes in Virtual Reality”, ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST2025

DOI: [10.1145/3746058.3758403](https://doi.org/10.1145/3746058.3758403)

[4] Masaki Kuribayashi, Kohei Uehara, Allan Wang, Daisuke Sato, Renato Alexandre Ribeiro, Simon Chu, “Memory-Maze: Scenario Driven Visual Language Navigation Benchmark for Guiding Blind People” , IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), Vol. 10, pp. 11658 - 11665.

DOI: 10.1109/LRA.2025.3615028

[5] Hiroki Nishizawa, Seong Jong Yoo, Keitaro Tanaka, Shugo Yamaguchi, Qi Feng, Masatoshi Hamanaka, Cornelia Fermuller, Shigeo Morishima, “Music Performance Hands-included-Motion Generation via dual domain loss with Audio Reconstruction” , Observing and Understanding Hands in Action in conjunction with ICCV 2025 (HANDS workshop 2025)

[6] Shogo Iwakata, Ryosuke Oshima, Hideki Tsunashima, Qi Feng, Hirokatsu Kataoka, Shigeo Morishima, “VIEWPOINT-DEPENDENT 3D VISUAL GROUNDING FOR MOBILE ROBOTS” , IEEE International Conference on Image Processing, IEEE ICIP 2025

DOI: 10.1109/ICIP55913.2025.11084504

[7] Tomoya Yoshinaga, Yoshiaki Bando, Keitaro Tanaka, Keisuke Imoto, Masaki Onishi, Shigeo Morishima, “Training Onset-and-Offset Aware Sound Event Detection on a Heterogeneous Dataset via Probabilistic Sequential Modeling” , Interspeech 2025 oral

DOI:10.21437/Interspeech.2025-1642

[8] Shunsuke Mitsumori, Sara Kashiwagi, Keitaro Tanaka, Shigeo Morishima “Cross-lingual Data Selection Using Clip-level Acoustic Similarity for Enhancing Low-resource Automatic Speech Recognition” , Interspeech 2025 oral

DOI:10.21437/Interspeech.2025-1399

[9] Kaoru Sasaki, Kazuhito Sato, Shugo Yamaguchi, Keitaro Tanaka, Shigeo Morishima, “Hide A Bit: A Training-Free and High-Fidelity Steganography Method for 3D Gaussian Splatting Based on Bit Manipulation and RSA Encryption” , ACM SIGGRAPH 2025 poster

DOI: 10.1145/3721250.3743009

[10] Yu Suzuki, Naoya Iwamoto, Shigeo Morishima, “Interactive Camerawork Authoring System for Free-Viewpoint Dance Contents” , ACM SIGGRAPH 2025 poster, student research competition gold medalist

DOI: 10.1145/3721250.3743030

[11] Hidehito Ohba, Tatsuya Yatagawa, Shigeo Morishima, “Towards accelerating polarization path tracing of multi-bounce Smith microfacet BSDFs” , SIGGRAPH 2025, poster

DOI: 10.1145/3721250.3742996

[12] Yu Takano, Akinobu Maejima, Shugo Yamaguchi, Shigeo Morishima, “Anime Colorization Using Segment Matching with Candidate Colors” ACM Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference, SIGGRAPH 2025, poster

DOI: 10.1145/3721250.374301

[13] Tanqiu Qiao, Ruochen Li, Frederick W. B. Li, Yoshiki Kubotani, Shigeo Morishima and Hubert P. H. Shum, “Geometric Visual Fusion Graph Neural Networks for Multi-Person

Human-Object Interaction Recognition in Videos Expert Systems With Applications” ,
Expert Systems with Applications (ESWA)

DOI: <https://www.arxiv.org/abs/2506.03440>

[14] Masaki Kuribayashi, Kohei Uehara, Allan Wang, Daisuke Sato, Renato Ribeiro, Simon Chu and Shigeo Morishima, “Memory-Maze: Scenario Driven Benchmark and Visual Language Navigation Model for Guiding Blind People” , Human-Centered Robot Learning in the Era of Big Data and Large Models, HCRL @ ICRA 2025

DOI: 10.1109/LRA.2025.3615028

[15] Ryudai Inoue, Shigeo Morishima, “Generative AI Framework to Enhance Joint Attention for Visually Impaired” , GAI and A11y Workshop at CHI 2025

[16] Masaki Kuribayashi, Kohei Uehara, Allan Wang, Shigeo Morishima, Chieko Asakawa, “WanderGuide: Indoor Map-less Robotic Guide for Exploration by Blind People” , ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI2025

DOI: 10.1145/3706598.3713788

[17] Yusuke Miura, Chi-Lan Yang, Masaki Kuribayashi, Keigo Matsumoto, Hideaki Kuzuoka, Shigeo Morishima, “Understanding and Supporting Formal Email Exchange by Answering AI-Generated Questions” , ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI2025, HONORABLE MENTION

DOI: 10.1145/3706598.3714016

4.2 国内会議論文（査読あり）

[1] 井上 隆大, 森島 繁生, “英会話支援における非言語困惑検出と言出しヒント提示の検討” , 第 33 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, 2025 年 12 月

[2] 田口 優汰, 平野 稔祐, 栗林 雅希, Yichen Peng, Erwin Wu, 小池 英樹, 森島 繁生, “空間オーディオを利用した視覚障がい者向けスキーシミュレータシステム” , 第 33 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 (WISS2025) , 2025 年 12 月

[3] 高野 悠, 前島 謙宣, 山口 周悟, 森島 繁生, “候補色を活用したセグメントマッチングによるアニメ線画の自動彩色” , Visual Computing 2025, VC2025

[4] 佐々木 馨, 佐藤 和仁, 山口 周悟, 田中 啓太郎, 森島 繁生, “ビット操作に基づく学習不要かつ高セキュリティな 3D Gaussian Splatting ステガノグラフィ” , Visual Computing 2025, VC2025

[5] Masaki Yoshioka, Qi Feng, Shugo Yamaguchi, Takafumi Taketomi and Shigeo Morishima . A “ Diffusion-Based Framework for Human-Object Interaction Synthesis via Pose-Grasp Decoupling” , Visual Computing 2025, VC2025

[6] 佐々木 馨, 佐藤 和仁, 山口 周悟, 田中 啓太郎, 森島 繁生, “Hide A Bit: 3D Gaussian Splatting に対するビット操作と RSA 暗号に基づく学習不要な高品質ステガノグラフィ” , 画像の認識・理解シンポジウム, MIRU2025

4.3 国内会議論文（査読なし）

[1] 視覚音声認識における不確実性指標を用いた単語誤り率推定と話者適応の効率化

- 湯浅 隼大, 田中 啓太郎, 森島 繁生, 情報処理学会 第 88 回全国大会
- [2] 音色空間に基づく擬似ラベル事前学習による多楽器自動採譜の精度改善
佐藤 りん, 田中 啓太郎, 森島 繁生, 情報処理学会 第 88 回全国大会
- [3] 歌詞に内在する意味を反映した言語情報提示に基づく試聴不要な楽曲探索支援の提案,
鈴木 華奈子, 佃 洗撰, 中塚 貴之, 渡邊 研斗, 中野 倫靖, 後藤 真孝, 田中 啓太郎, 森
島 繁生, 第 145 回音楽情報科学研究発表会
- [4] 非ゼロドロップ率評価を用いた Decision Transformer のロバストポリシー, 立松健輔,
網島秀樹, 森島繁生, 画像の認識・理解シンポジウム, MIRU2025
- [5] 数式ドリブン事前学習に基づくロボットの方策学習の検証, 岩片彰吾, 元田智大, 山田
亮佑, 牧原昂志, 中條亨一, 田中啓太郎, 片岡裕雄, 森島繁生, 画像の認識・理解シンポジ
ウム, MIRU2025
- [6] 生成モデルを用いた画像変換に対する電子透かしの頑健性評価, 加藤 義道, 福原 吉博,
片岡 裕雄, 大竹 ひな, 久保谷 善記, 森島 繁生, 画像の認識・理解シンポジウム,
MIRU2025
- [7] 手物体の位置情報を考慮した視覚言語モデルによる微細な一人称視点 HOI 理解, 加藤
義道, 館野 将寿, 原 健翔, 片岡 裕雄, 森島 繁生, 八木 拓真, 画像の認識・理解シンポジ
ウム, MIRU2025
- [8] V-information に基づく深層学習モデルにおける特徴表現の複雑度評価, 大竹ひな, 福
原 吉博, 久保谷 善記, 加藤 義道, 森島 繁生, 画像の認識・理解シンポジウム, MIRU2025
- [9] Memory-Maze: Visual Language Navigation Benchmark for Guiding Blind People
Masaki Kuribayashi, Kohei Uehara, Allan Wang, Daisuke Sato, Renato Ribeiro, Simon Chu,
Shigeo Morishima, 画像の認識・理解シンポジウム, MIRU2025

4.4 受賞・表彰

- [1] 音色空間に基づく擬似ラベル事前学習による多楽器自動採譜の精度改善
佐藤 りん, 田中啓 太郎, 森島 繁生 情報処理学会 第 88 回 全国大会学生奨励賞
- [2] 視覚音声認識における不確実性指標を用いた単語誤り率推定と話者適応の効率化
湯浅 隼大, 田中 啓太郎, 森島 繁生, 情報処理学会 第 88 回 全国大会 学生奨励賞
- [3] 音楽基盤モデルの表現形成における学習過程の解析手法の検討
佐藤 りん, 田中 啓太郎, 八木 颯斗, 高道 慎之介, 森島 繁生, 情報処理学会音楽情報処
理研究会, 学生奨励賞 Best New Direction 部門
- [4] 候補色を活用したセグメントマッチングによるアニメ線画の自動彩色, 高野 悠, 前島
謙宣, 山口 周悟, 森島 繁生, 映像情報メディア学会 優秀研究発表賞
- [5] 部分空間における超楕円体への射影を用いた Projective Dynamics の高速化
佐藤 輔, 谷田川 達也, 森島 繁生, 第 199 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, CGVI2025, 優秀研究発表賞
- [6] 部分空間における超楕円体への射影を用いた Projective Dynamics の高速化, 佐藤 輔,
谷田川 達也, 森島 繁生, VisualComputing, VC2025, VC ポスター賞
- [7] 多重反射を伴う Smith Microfacet BSDF における偏光パストレーシングの高速化, 大羽
英仁, 谷田川達也, 森島繁生, VisualComputing, VC2025, VC 学生ポスター賞
- [8] 候補色を活用したセグメントマッチングによるアニメ線画の自動彩色, 高野 悠, 前島

謙宣, 山口 周悟, 森島 繁生, VisualComputing, VC2025, VC 論文賞

[9] ビット操作に基づく学習不要かつ高セキュリティな 3D Gaussian Splatting ステガノグラフィ, 佐々木 馨, 佐藤 和仁, 山口 周悟, 田中 啓太郎, 森島 繁生, VisualComputing, VC2025, 学生奨励賞

[10] 変分オートエンコーダを用いた単旋律音楽信号の音高・音色・変動への分解, 田中 啓太郎, 吉井 和佳, Simon Dixon, 森島 繁生, 情報処理学会 2025 年度山下記念研究賞

[11] Hide A Bit: 3D Gaussian Splatting に対するビット操作と RSA 暗号に基づく学習不要な高品質ステガノグラフィ, 佐々木 馨, 佐藤 和仁, 山口 周悟, 田中 啓太郎, 森島 繁生, 第 28 回画像の認識・理解シンポジウム, MIRU2021 学生優秀賞, オーディエンス賞

[12] Understanding and Supporting Formal Email Exchange by Answering AI-Generated Questions, Yusuke Miura, Chi-Lan Yang, Masaki Kuribayashi, Keigo Matsumoto, Hideaki Kuzuoka, Shigeo Morishima, CHI2025 HONORABLE MENTION

5. 研究活動の課題と展望

2026 年度は、JST CREST 「分散連携型モバイル AI エージェントによる協働行動誘発ナビゲーション (代表: 斎藤 英雄)」「演奏における実環境音楽 AI 基盤の創出 (代表: 浜中 雅俊)」に Co-PI としてプロジェクト提案を行う予定である。また JST 日英 ASPIRE に日本側の PI として「Trust-Embodied Human-Robot Interaction: A Human-Centric Framework for Dynamic Trust Building (代表: Hubert Shum)」の再提案を行う。さらに 2025 年度で終了した NEDO の調査研究プロジェクト「アニメクリエイター創出・制作支援のためのアニメ×生成 AI の利活用に関する調査 (代表機関: オー・エル・エム・デジタル)」を、次の本格研究フェーズ (ANIMINS 2.0) 立ち上げのための準備を進める。