

多様な移動体と人間を繋ぐ 進化型コミュニケーション基盤



Evolutionary Communication Infrastructure Connecting Diverse Mobile Devices and Humans

塚田 学 (東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授)

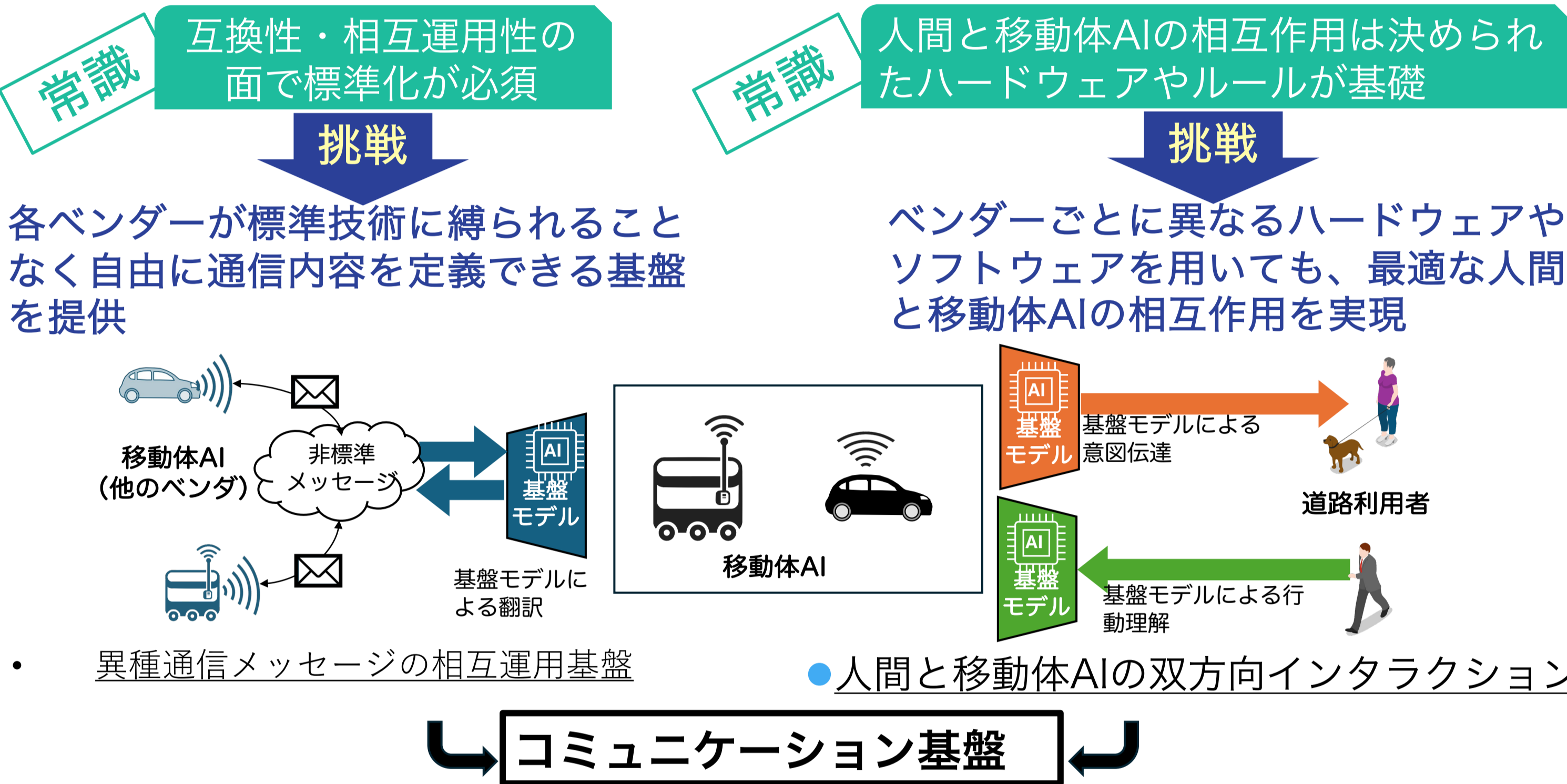


1. 研究概要

本プロジェクトは、未来の交通システムにおける人間と移動体AIの円滑なコミュニケーション基盤を構築することを目指します。

- 従来のITS通信標準に依存しない、ベンダー間メッセージの相互運用を実現
- 人間と移動体AIの双方向インタラクション基盤の構築
- 基盤モデルを用いた多様なデバイスとの通信実証
- 成果のオープンソース公開によるコミュニティの先導

2. グランドチャレンジ



3. 期待される成果

- 安全性と効率性を両立した次世代交通システムの実現
- 異種デバイス間のシームレスな通信を可能にする汎用的通信基盤
- 人間とAIの協調を支える新たなインタラクションパラダイムの確立
- オープンソースコミュニティの形成と国際的な技術標準への貢献

4. 研究体制・研究期間

所属領域

川原領域 (PO: 川原 圭博 東京大学教授)

研究期間

2024年10月 ~ 2029年 (予定)

塚田グループ
Tsukada Lab.
Computer Network Group

自動運転や協調型ITSを中心とした研究チーム。産学連携や標準化活動にも積極的に取り組み、次世代の交通システムと自動運転技術の発展に向けて、理論研究から実践的な技術開発まで活動を展開

五十嵐グループ
User Interface Research Group
IGARASHI Laboratory

ヒューマンコンピュータインタラクション分野における日本を代表する研究者の一人。自動運転車と歩行者とのインタラクションの研究成果も多数。

馬グループ
MOMENTUM LAB

自動運転や協調型ITSを中心とした研究チーム。産学連携や標準化活動にも積極的に取り組み、次世代の交通システムと自動運転技術の発展に向けて、理論研究から実践的な技術開発まで活動を展開

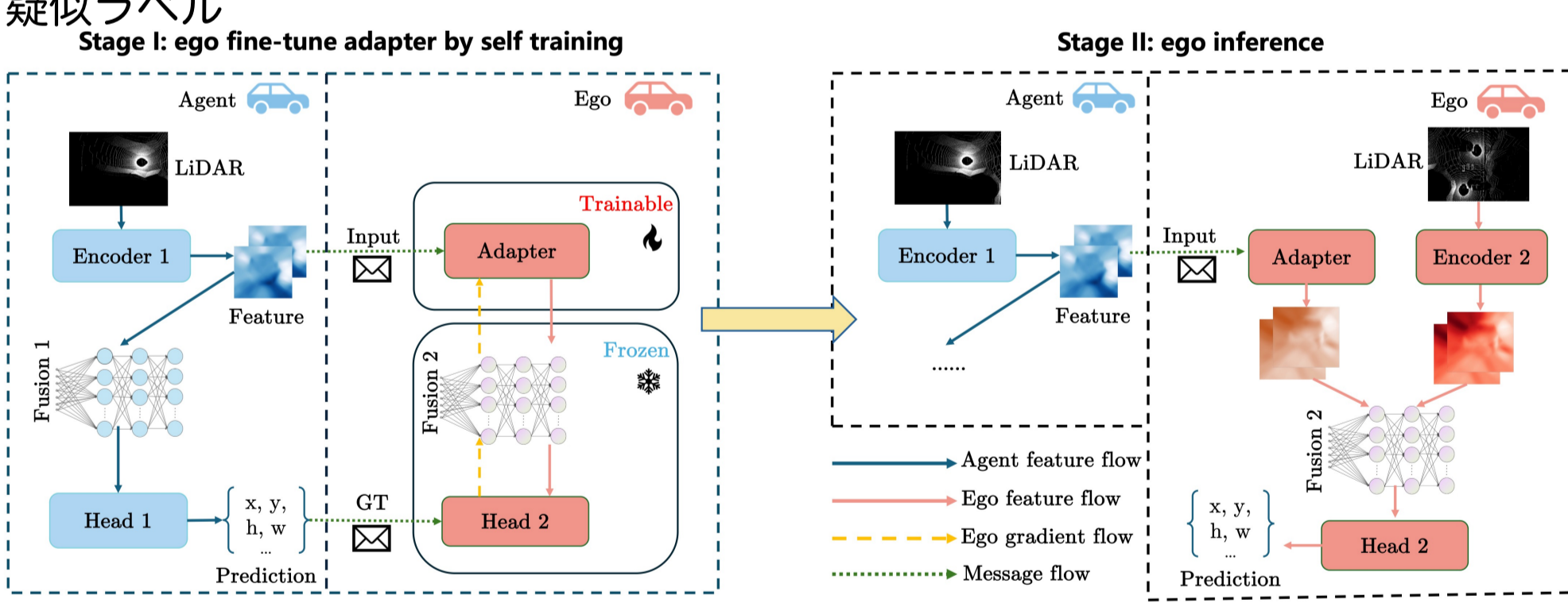
中山グループ

機械学習に基づく人工知能を専門としており、特に画像・テキストなどを融合的に扱うマルチモーダル大規模言語モデル(LLM)に関する研究が、CVPRやAAAIで多数採択されるなど国際的に注目されている

5. これまでの成果

PHCP: 推論時自己学習による適応型協調認識

- 課題: 協調認識の「理想」と「現実」
 - 理想 (既存研究): 全車両が同一のAIモデル (Homogeneous) を使用する前提
 - 現実 (実世界): ベンダーが異なり、AIモデルも異なる (Heterogeneous)
 - 問題: 従来の異種対応策は「事前学習」が必須で、未知の車両とは協調できない
- 提案 (PHCP): "You Share Beliefs, I Adapt"
 - コンセプト: 事前学習なし。未知の車両と出会った推論時に動的に適応する
 - 仕組み: 適応 (Stage 1): 協力車両が「特徴量+疑似ラベル (Beliefs)」を送信 (最初の数フレーム)。実行 (Stage 2): Ego車両が学習したアダプターで、以降の「特徴量」を変換・融合し予測。
- 結果: 事前学習なしで、SOTA (最高性能) に匹敵
 - ベースライン (異種モデルを直接融合) に対し、認識精度 (mSAP) が30%以上向上。
 - PHCP (推論時・ラベルなし) は、データセット全体で「事前学習」したSOTA手法 (HEAL) に匹敵する性能を達成。
- 貢献: 実世界での「協調認識」を実現する実用的な道筋
 - 異なるベンダーのAIが「その場」で協調可能になる、初の現実的な解決策を提示した。



ICCV2025にて発表
https://sihao1.github.io/PHCP_Page/

Hao Si, Ehsan Javanmardi, Manabu Tsukada, "You Share Beliefs, I Adapt: Progressive Heterogeneous Collaborative Perception", In: International Conference on Computer Vision (ICCV2025), Honolulu, Hawaii, 2025.

Co3SOP: 協調型3Dセマンティック占有率予測データセット

- 研究背景と課題
 - 単一車両の認識限界: オクルージョン、センサ範囲制約
 - 協調認識の必要性: 補充情報の交換で完全性向上
 - 既存データセットの問題: LiDARベース、協調未対応
- Co3SOPの提案
 - シミュレータで高品質アノテーションを持つ協調型3D占有率予測データセットを構築
- データセット仕様
 - 規模: 70以上のV2Vシナリオ、最大7台参加
 - ラベル: 24クラス (空クラス含む)
 - ベース: OPV2Vシナリオを再現・拡張
 - 公開: データ・コード・ベンチマーク
- Co3SOP-Baseモデル
 - カメラ画像入力の協調型3D占有率予測
 - ResNet101-DCN特徴抽出
 - Image Deformable Attentionで2D→3D変換
 - Voxel Deformable AttentionでV2V特徴融合
- ベンチマーク設計
 - 協調の効果を変えるスケールで評価
 - Small-range: 25.6m x 25.6m x 4.8m (解像度0.1m)
 - Large-range: 51.2m x 51.2m x 4.8m (解像度0.2m)
 - 評価指標: mIoU (mean Intersection over Union)
- 研究の貢献
 - 協調型3D占有率予測の初の高品質・大規模データセット
 - 正確なアノテーションで特徴量融合研究を促進
 - V2V協調が3D占有率予測の精度・範囲を大幅向上

IEEE ICRA 2026

Hantun Wu, Pengfei Lin, Ehsan Javanmardi, Naren Bao, Bo Qian, Hao Si, Manabu Tsukada, "A Synthetic Benchmark for Collaborative 3D Semantic Occupancy Prediction in V2X-Enabled Autonomous Driving", In: IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA 2026), Vienna, Austria, 2026.

VLMペルソナによるフィールドテストの支援 (ACM CHI2026)

背景・目的
フィールド調査の課題: 高コスト・高リスク

VLMペルソナによる「先読み (Peeking Ahead)」

研究の問い: AIはどこまで人間を模倣できるか?

方法
ステップ1: 並行実験の実施
ステップ2: データ処理と比較
ステップ3: HCI専門家へのインタビュー

主要な結果
行動の類似性: 平均検出時間に有意差なし (p-value: p=0.8465 (なし))

評価指標	実人間 (平均)	VLMペルソナ (平均)	p-value
平均検出時間	5.07s (SD=1.67)	5.25s (SD=0.72)	p=0.8465 (なし)
車両への信頼度	3.03	2.97	p=0.532 (なし)
自信の備い	3.50	4.53	p=0.001 (あり)
自動運転の受容性	3.55	3.50	p=0.877 (なし)

結論
VLM活用3つのガイドライン
研究ワークフローへの統合
実地調査の機能的性別

Xinyue Gui, Ding Xia, Mark Colley, Yuan Li, Vishal Chauhan, Anubhav Anubhav, Zhongyi Zhou, Ehsan Javanmardi, Stela Hanbyeol Seo Social, Chia-Ming Chang, Manabu Tsukada, Takeo Igarashi, "Peeking Ahead of the Field Study: Exploring VLM Personas as Support Tools for Embodied Studies in HCI", In: ACM CHI conference on Human Factors in Computing Systems 2026, Barcelona, Spain, 2026.

移動型スマートポール (SPIU) が変える歩行者と自動運転車の対話 (ACM CHI 2026)

背景・目的
自動運転車とのコミュニケーション (eHMI) の壁: 信号のない共有スペースでは、歩行者は車両の高面を読み取るのが難しく、横断時に躊躇や不安が生じます。

移動型SPIUの提案: 歩行者側に寄り添い、移動しながら適切な場所での情報提示を行う「第3の仲介者」としてSPIUを設計しました。

主要な結果
Z-score

結果の要約: SPIUまたは車載eHMIを「オン」にすることで、いずれも心理的負担が有意に減少し、理解度と信頼性が高まりました。特にSPIUは視認性が高く強い効果を示し、両方を併用するシナリオ (ON+ON) が全ての指標で最高のスコアを記録し、最大の安心感を生み出しました。移動機能 (Mobility) がもたらす自信増強効果も、歩行者は「横断の判断がしやすくなった」「自分を守ってくれている」と肯定的に評価しました。

結論
インフラと車両の協調が鍵: 車両側だけでなく、歩行者側の移動型インフラが情報を補充することで、よりスムーズな交通環境が実現します。

将来のスマートシティへの応用: パーソナルロボットや移動型街灯が、高齢者や視覚障害者の安全な道路移動をサポートする未来を示唆しています。

方法
使用機材とセンサー: NVIDIA Jetson Orinを搭載したロボットベース (RMP 401 Plus) と、360度視野可能な高精度LEDディスプレイを使用。

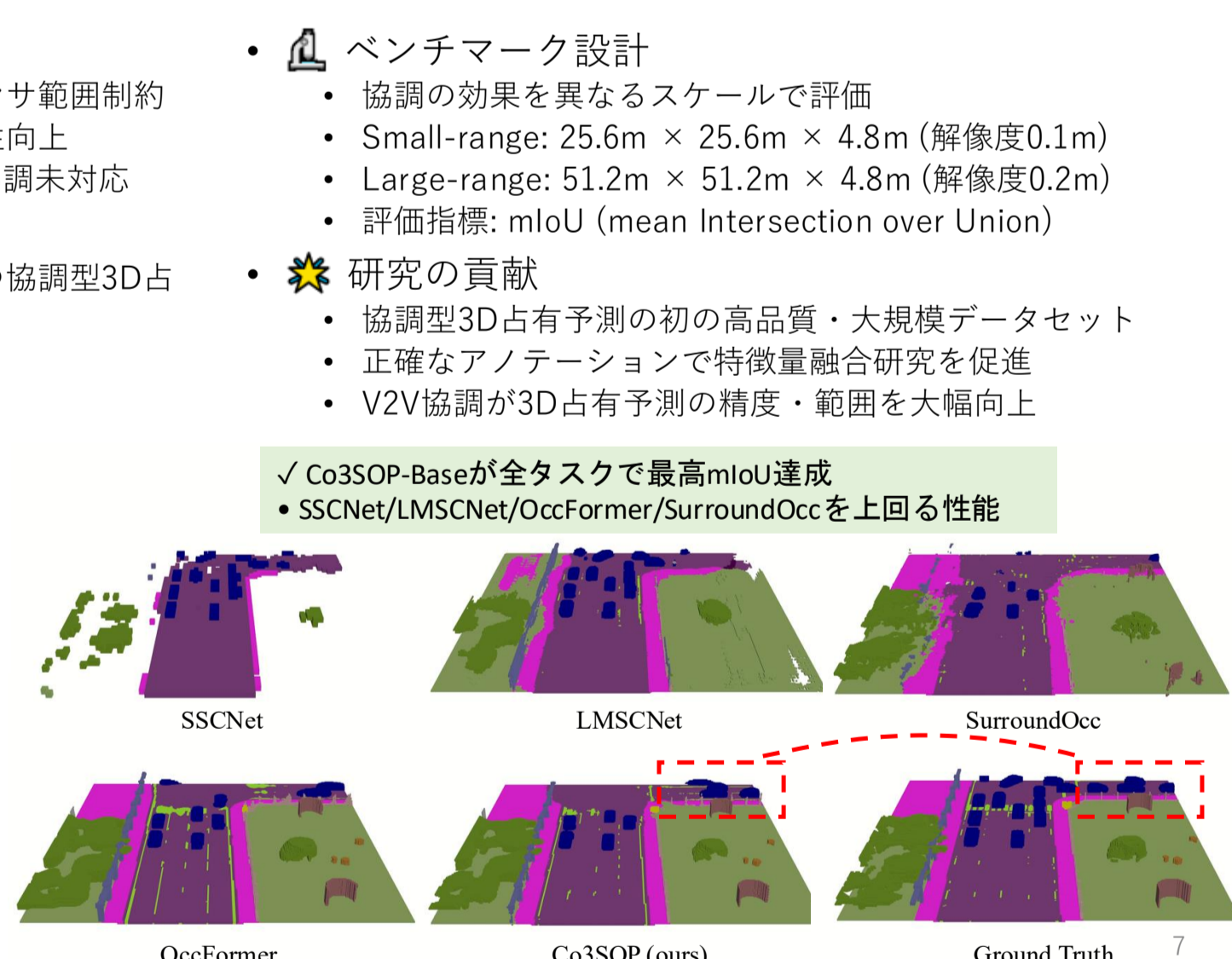
16/17パターンの実証実験シナリオ: 車の挙動 (停止/高過)、歩行者の移動 (固定/間接)、合図 (オン/オフ) を組み合わせた、21名の参加者が検証しました。

測定指標: 横断開始時間 (CO T)、心理的負担 (NASA-TLX 移動 (固定/間接)、合図 (オン/オフ))、理解度、信頼性、安全性の5項目を評価。

Vishal Chauhan, Anubhav Anubhav, Mark Colley, Chia-Ming Chang, Xinyue Gui, Ding Xia, Ehsan Javanmardi, Takeo Igarashi, Kantaro Fujiwara, Manabu Tsukada, "Don't Worry, Just Follow Me: Prototyping and In-the-Wild Evaluation of Smart Pole Interaction Unit with Mobility", In: ACM CHI conference on Human Factors in Computing Systems 2026, Barcelona, Spain, 2026.

Co3SOP: 協調型3Dセマンティック占有率予測データセット

- 研究背景と課題**
 - 単一車両の認識限界: オクルージョン、センサ範囲制約
 - 協調認識の必要性: 補充情報の交換で完全性向上
 - 既存データセットの問題: LIDARベース、協調未対応
- Co3SOPの提案**
 - シミュレータで高品質アノテーションを持つ協調型3D占有率データセットを構築
- データセット仕様**
 - 規模: 70以上のV2Vシナリオ、最大7台参加
 - ラベル: 24クラス (空クラス含む)
 - ベース: OPV2Vシナリオを再現・拡張
 - 公開: データ・コード・ベンチマーク
- Co3SOP-Baseモデル**
 - カメラ画像入力の協調型3D占有率予測
 - ResNet101-DCN特徴抽出
 - Image Deformable Attentionで2D→3D変換
 - Voxel Deformable AttentionでV2V特徴融合



<https://github.com/tlab-wide/Co3SOP>
 AAAI2026にて査読中

2025-11-07

PrefDrive: LLM自動運転に人間の「好み」をどう教えるか?

既存LLMベース自動運転の課題:

- 運転の質:** 必ずしも人間のドライバーが好む運転 (スムーズな加速減速、適切な車間距離、特定の運転スタイルなど) と一致しない。
 - 安全性・信頼性:** 交通ルール遵守や経路維持などの運用要件との整合性に課題が残る場合がある。
 - 学習コスト:** 大規模モデルの事前学習・ファインチューニングには膨大な計算資源が必要
- 本研究の着眼点: 嗜好学習 (Preference Learning)
- 人間の「好み」のデータを活用し、LLMの出力をより望ましい運転行動に近づけるアプローチ。
 - RLHF や DPO などの技術が登場。
- PrefDriveの目的:
- LLMに **運転嗜好** を効率的に学習させ、運転性能と人間との親和性を向上させる **新しいフレームワーク** を提案する。
 - コンシューマGPU での学習を可能にし、研究のアクセシビリティを高める。

IROS2025にて発表
<https://liyun0607.github.io/>



Autowareを利用した 歩車インタラクション・VR評価環境

- AWSIM-VR (MetaCom 2025)**
 - Autowareを統合したリアルタイムVR拡張環境を開発。
 - 歩行者の行動が車両制御に即時反映される双方向インタラクション評価を実現。
- Smart Pole Interaction Unit (VRST 2025)**
 - 歩行者視点でのインフラ型eHMI (SPIU) をVR上で検証。
 - 日本とノルウェーでの比較実験により、文化差と安全認知を分析。
- 成果と意義**
 - VRによる再現性の高い人間参加型評価基盤を確立。
 - eHMI設計と自動運転意思伝達の国際的検証フレームワークを提供。



github.com/tlab-wide/Smartpole-VR-AWSIM.git