

令和3年度 名古屋大学COI最終成果報告会

人がつながる “移動” イノベーション



ドライバの認知・判断・操作を支援する 知能化モビリティ

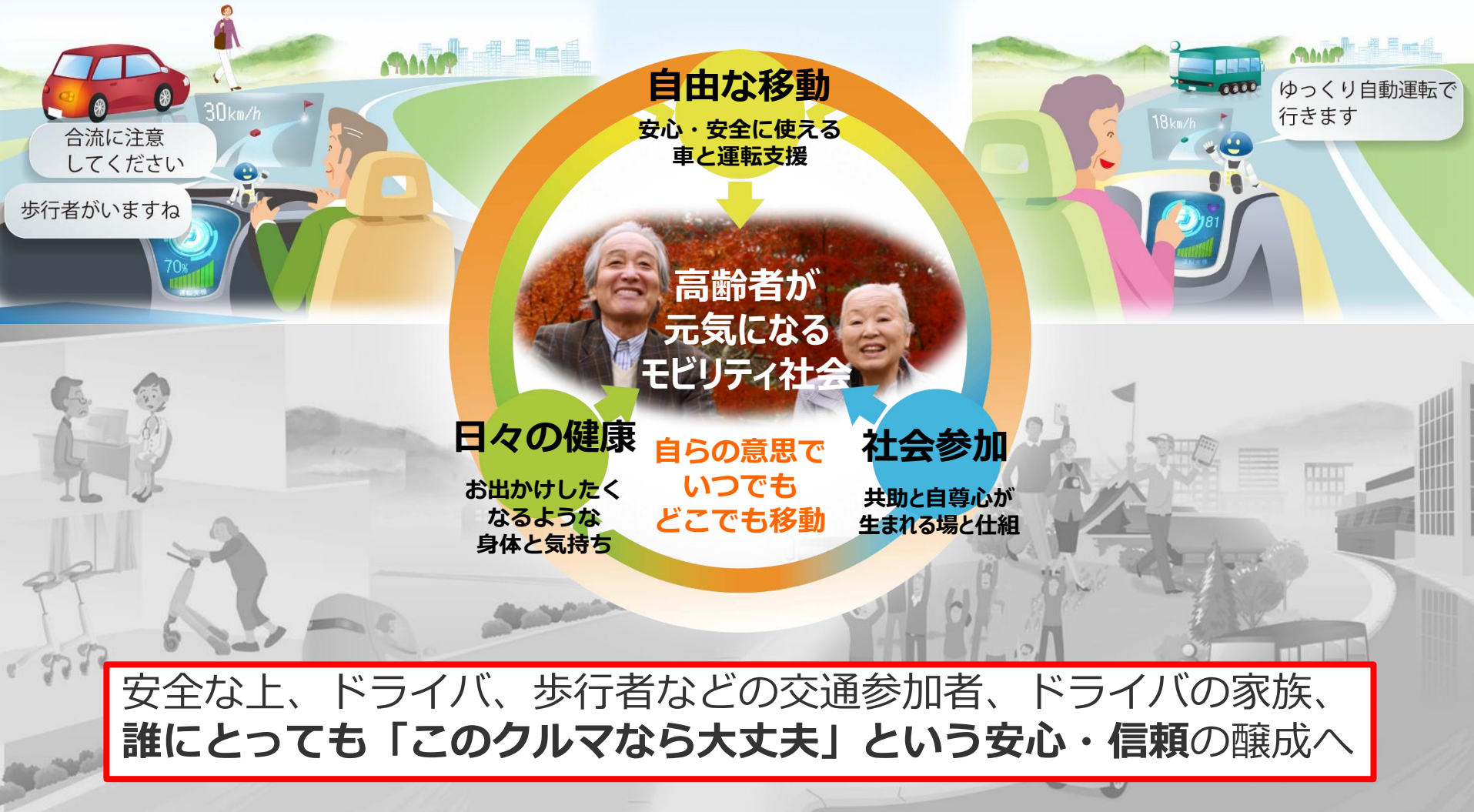
知能化モビリティグループ
平山 高嗣

人間環境大学 教授、名古屋大学 未来社会創造機構 客員教授

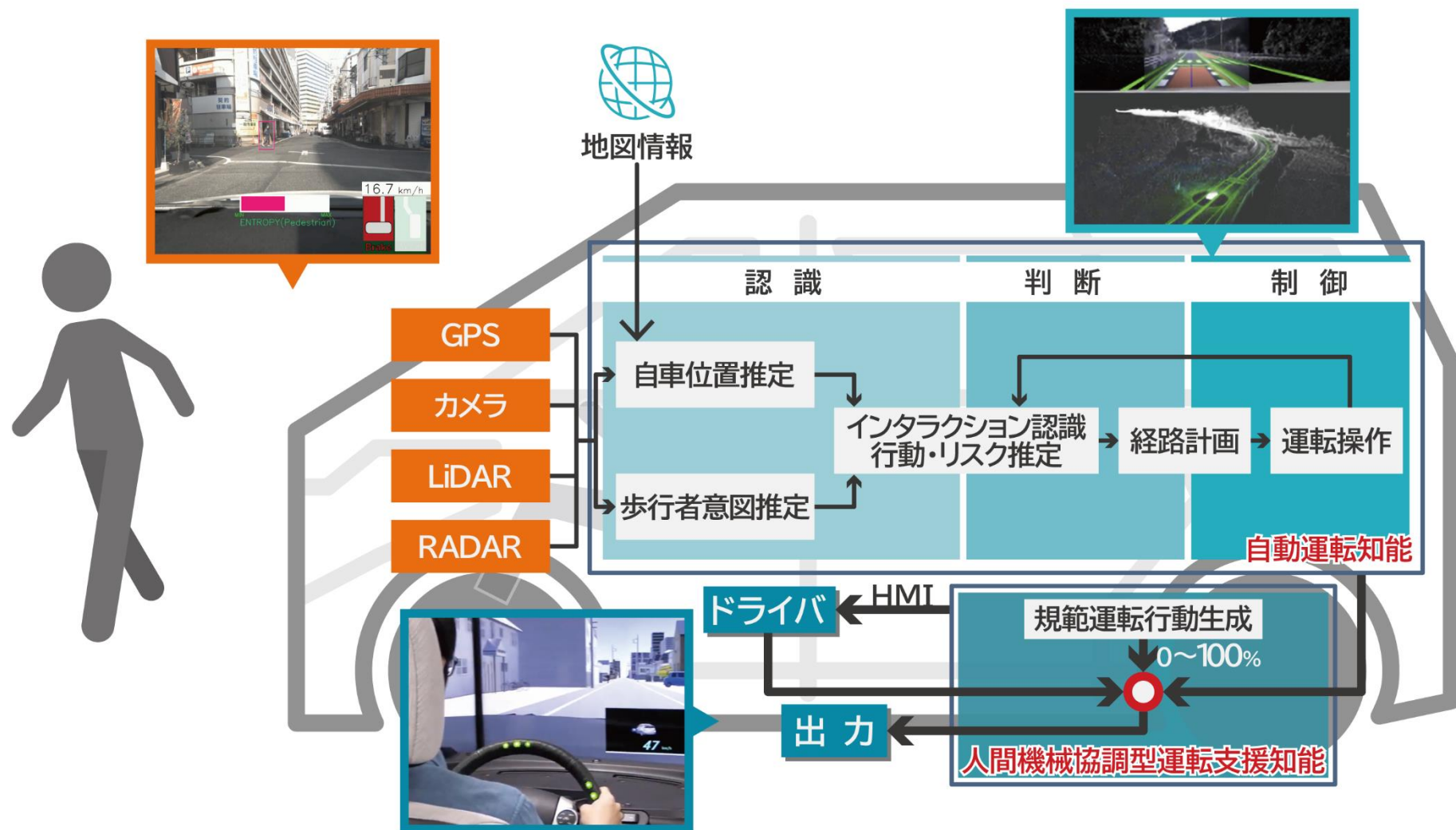
令和4年3月14日



高齢になっても、いつまでも自立した安全で安心な移動がしたい想いをサポート ドライバの認知・判断・操作を支援する智能化モビリティ



運転できない・運転したくない人には自動運転
運転したい人には人間機械協調型運転支援



学術貢献

- 人間の認知・判断・操作のメカニズムを参考にした
認識・判断・制御の論理の説明性が高い運転知能の研究開発
- クルマの社会実装を考慮した高い信頼性、納得性
- ドライバとクルマの新しい協調の形を提案
- 世界トップレベル

社会貢献

- 自動運転の研究開発の発展を牽引
- 四つに組んだ産学連携
 - 「トヨタが変わった」
 - アンダーワンループでの開発を通じて研究者間で化学反応

フェーズⅠ：自動運転・高度運転支援の基盤技術の研究開発

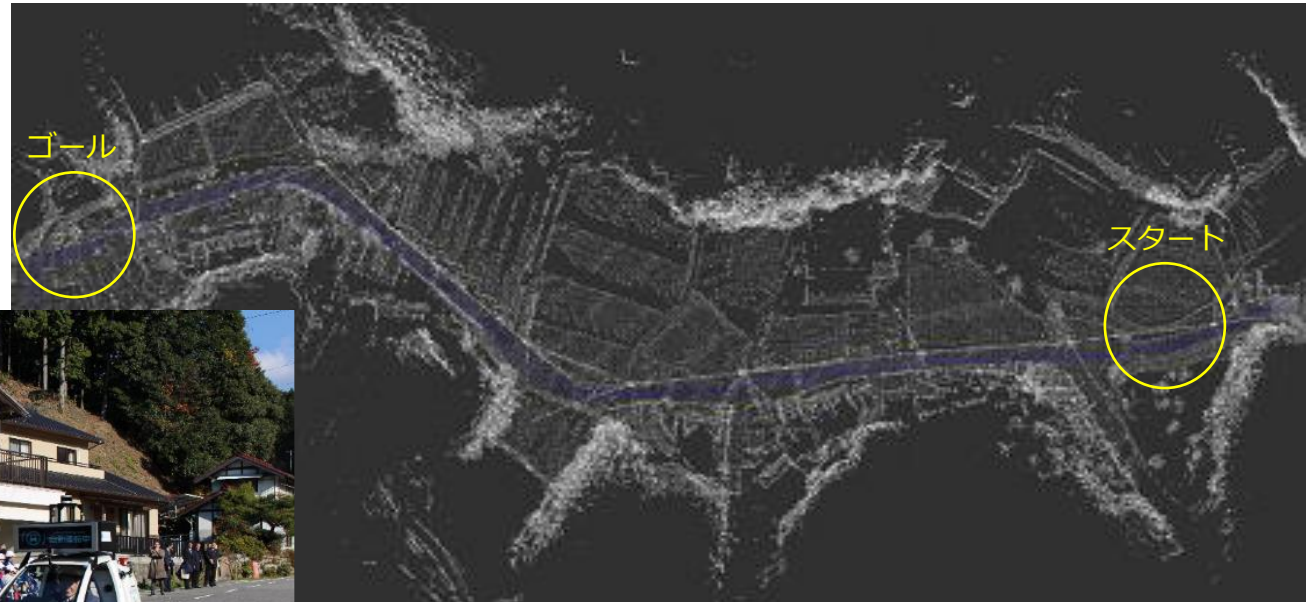
フェーズⅡ：自動運転の実装と実証実験

フェーズⅢ：運転知能の高度化（高知能化）、強みの強化

- 環境理解ユニット
 - 自車位置推定、歩行者と車のインタラクション認識
- 人間機械協調ユニット
 - 乗れば乗るほど上手くなる運転支援

公道走行実証実験@豊田市下山地区、足助地区（2016-2017年）

ゆっくりコムス

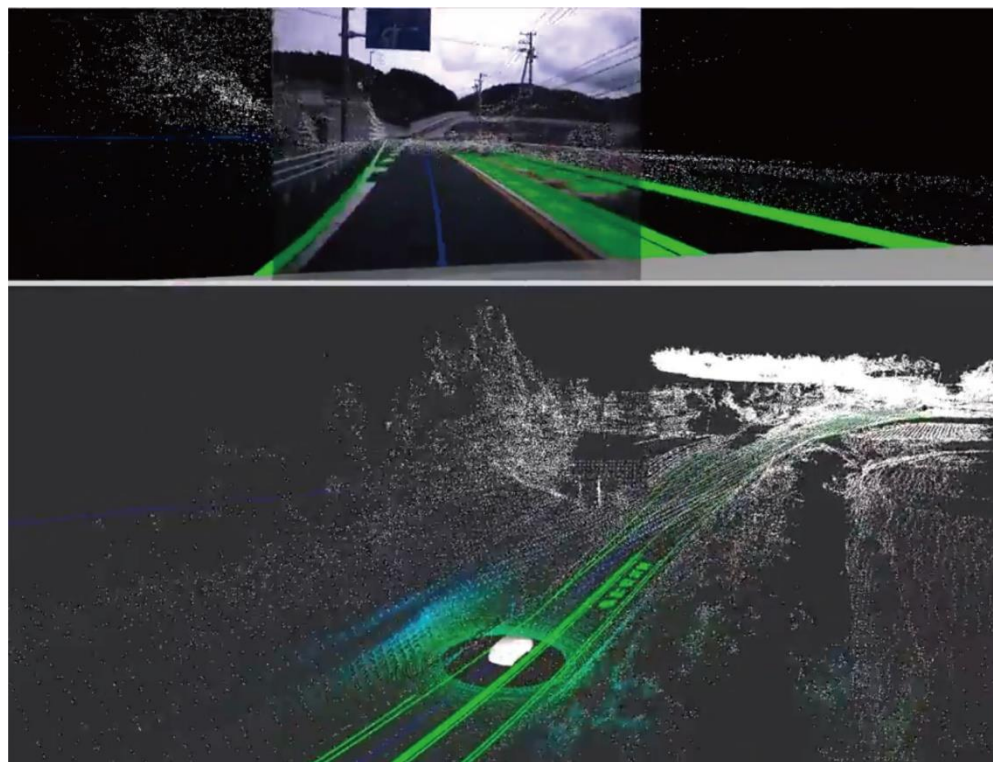


豊田市五反田町の3次元地図と走行経路

- 自車位置推定、経路計画・追従、車両制御の統合による自動運転の成功
- ゆっくり自動運転®とTier IV社Autowareへ知見・技術展開
- 課題への気づき
 - 自動運転の根幹である自車位置推定の高度化
 - 歩行者とのインタラクション認識（歩行者の横断意図推定）

自車位置推定（自己位置推定）

- 地図上のどこにいるかを推定する技術であり、自動走行の前提
- 正確な位置が分かれば、地図上の付加情報を活用可能に
- 車線逸脱や逆走などの防止にも貢献



<https://youtu.be/EUq5DIPQdhg>

3次元点群地図と計測点群の照合（下山地区での自動走行実験）

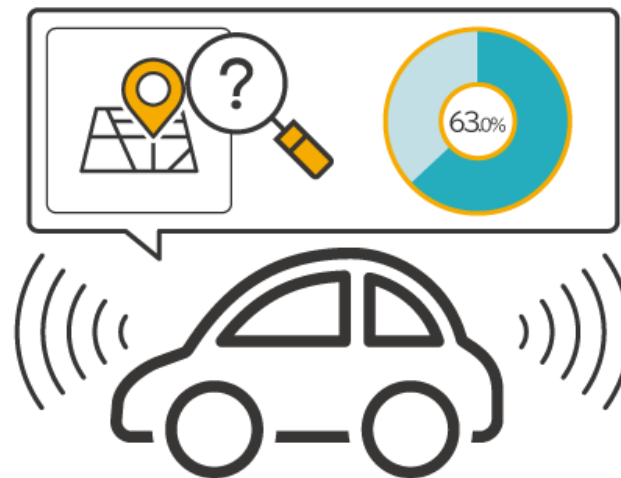
自らの推論の正しさ／間違いに気づける知能

- 位置推定とその信頼度推定を同時処理する数理モデル¹
- 50cm以上の推定失敗状態をほぼ100%検知（第1種道路幅員での基準）
 - 位置推定のやり直しが可能
 - 深層学習との効果的な連携による失敗状態からの自動復帰²
- 安全を論証する技術仕様として次世代自動運転車に織り込み

従来 位置推定するAI



新方式 位置推定するAIと その推定が失敗していないかを 監視するAI



1. 赤井, モラレス, 平山, 村瀬, "LiDARを用いた自車両位置認識結果の信頼度推定", 自動車技術会論文集, vol.50, no.2, pp.609-615, 2019.
 2. N. Akai, et al., "Hybrid Localization Using Model- and Learning-based Methods: Fusion of Monte Carlo and E2E Localizations via Importance Sampling," Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp.6469-6475, 2020.

自らの推論の正しさ／間違いに気づける知能

- 位置推定とその信頼度推定を同時処理する数理モデル¹
- 50cm以上の推定失敗状態をほぼ100%検知（第1種道路幅員での基準）
 - 位置推定のやり直しが可能
 - 深層学習との効果的な連携による失敗状態からの自動復帰²
- 安全を論証する技術仕様として次世代自動運転車に織り込み

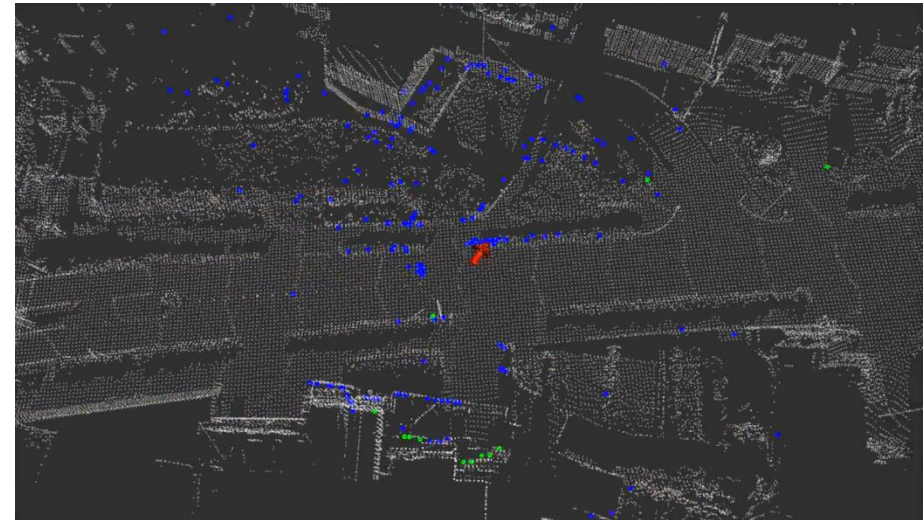
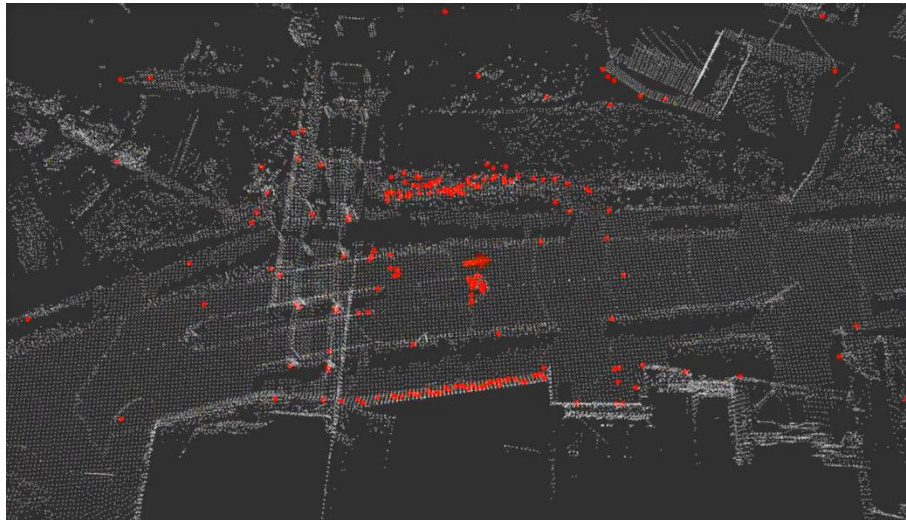


<https://youtu.be/dQ24tN9gVZY>

1. 赤井, モラレス, 平山, 村瀬, "LiDARを用いた自車両位置認識結果の信頼度推定", 自動車技術会論文集, vol.50, no.2, pp.609-615, 2019.
2. N. Akai, et al., "Hybrid Localization Using Model- and Learning-based Methods: Fusion of Monte Carlo and E2E Localizations via Importance Sampling," Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp.6469-6475, 2020.

環境が変化しても正しく機能する自転車位置推定

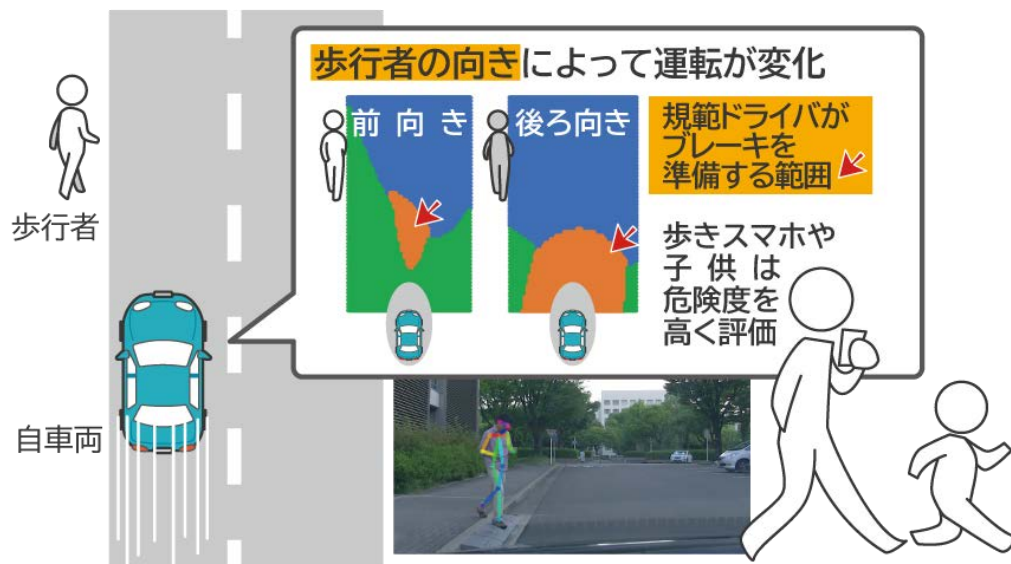
- 環境のセマンティクス（路上の物体属性）の活用¹
- 車両周辺の測距情報全ての相互関係を重視し、人間のように俯瞰して照合²
 - ゆっくり自動運転®と連携して評価し、早く正確な失敗検知を確認



1. N. Akai, T. Hirayama, H. Murase, "Semantic Localization Considering Uncertainty of Object Recognition," IEEE Robotics and Automation Letters, vol.5, no.3, pp.4384-4391, 2020.
2. N. Akai, L. Y. Morales, T. Hirayama, H. Murase, "Misalignment Recognition Using Markov Random Fields with Fully Connected Latent Variables for Detecting Localization Failures," IEEE Robotics and Automation Letters, vol.4, no.4, pp.3955-3962, 2019.

ドライバにとっても歩行者にとっても安心はできない現行の自動ブレーキ

- 緊急時の衝突回避性能が向上し、速度上昇や急ブレーキを助長も？
- 歩行者の横断意図を推定し、それに応じたアクセルワークが必要
 - 歩行者より車両が先行した方が良い状況も
 - 規範ドライバは手がかりとして歩行者の属性に着目¹
 - 規範ドライバはアクセルワークでインタラクション



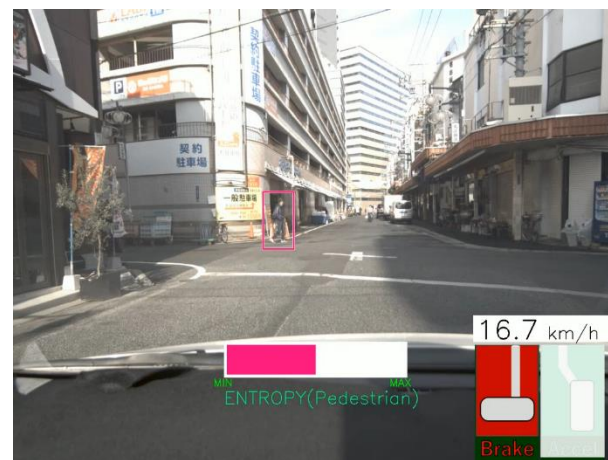
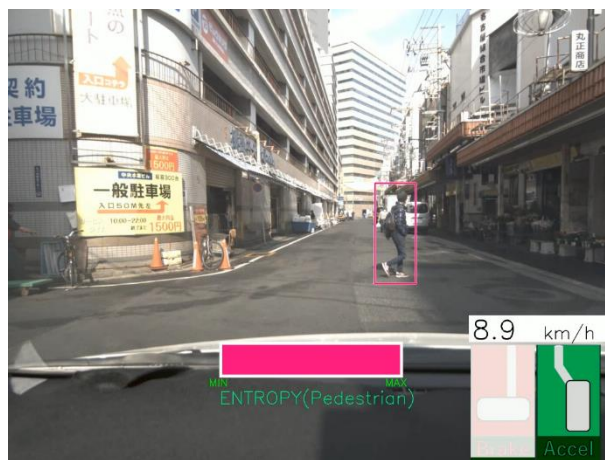
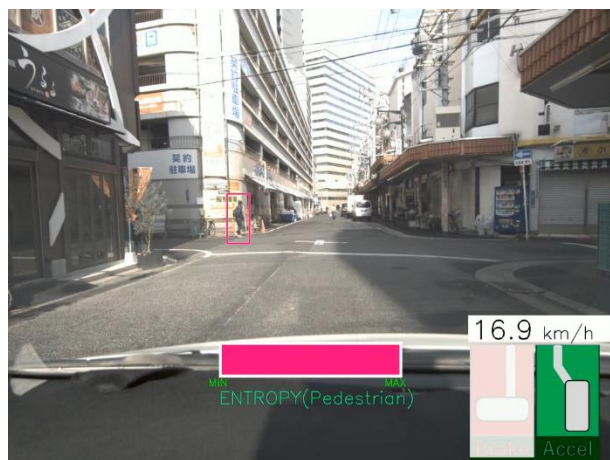
歩行者と自動走行車の干渉²

アクセルワークへの歩行者属性の影響

1. F. Shinmura, et al., "Estimation of Driver's Insight for Safe Passing based on Pedestrian Attributes," 21st ITSC, pp.1041-1046, 2018.
2. H. Liu, T. Hirayama, L. Y. Morales, H. Murase, "What Timing for an Automated Vehicle to Communicate Its Driving Intentions to Pedestrians for Improving Their Perception of Safety?," 23rd ITSC, pp.462-467, 2020.

インタラクションを基本原理とする人間の認知・判断に倣った運転知能

- 歩行者の属性とインタラクションを考慮したディープニューラルネット¹
 - 規範的なアクセルワークの予測精度75%弱を達成
- 歩車が互いの意図を読み合うインタラクション数理モデルの構築へ展開²
 - 説明性が高いアクセルワークの判断が可能に



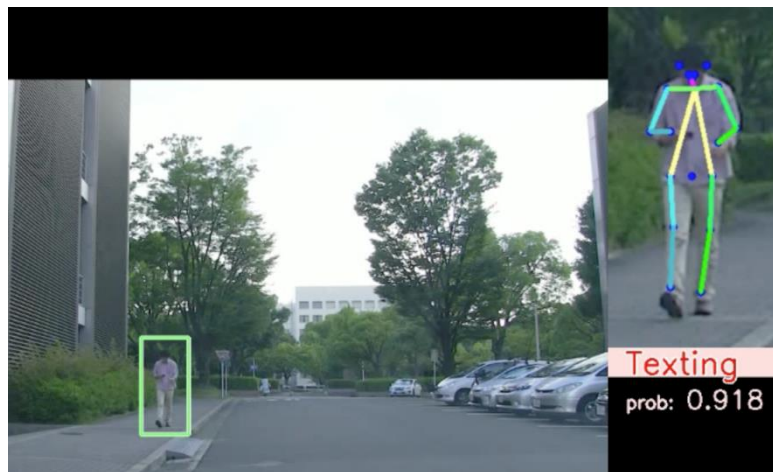
1. F. Shinmura, et al., "Estimation of Driver's Insight for Safe Passing Based on Pedestrian Attributes," 21st ITSC, pp.1041-1046, 2018.
2. 新村, 赤井, 平山, 劉, 川西, 出口, 村瀬, "車両歩行者間のインタラクション行動のモデル化のための2段階入出力隠れマルコフモデル" (投稿中)

横断予測の手がかりとなる属性

- 静的属性
 - 年齢、身長、性別
 - 服装、所持品
- 動的属性
 - 姿勢、歩容
 - 歩きスマホ
 - アイコンタクト



体向きも分類するSemantic Segmentation¹



骨格情報に基づく歩きスマホ認識²

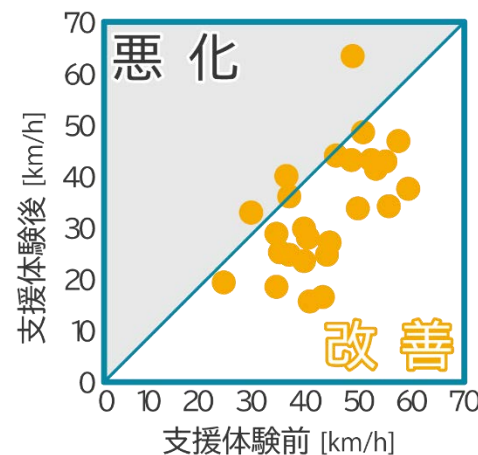
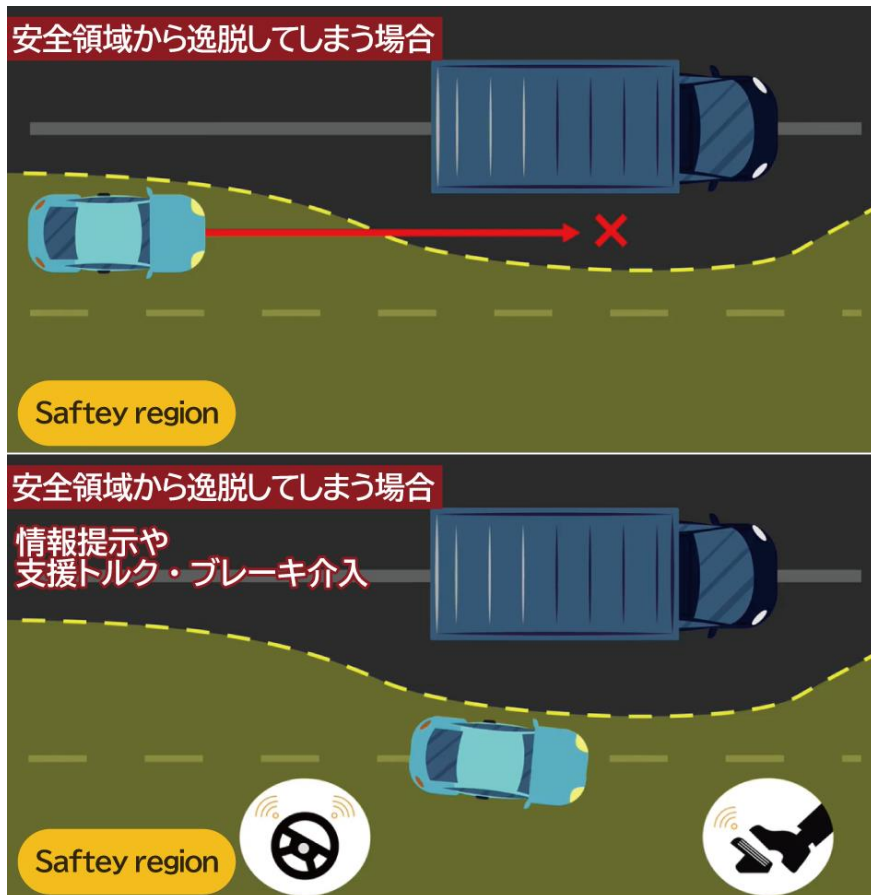


頭と胴体の向き関係に基づく
アイコンタクト認識³

1. M. D. Sulistiyo, Y. Kawanishi, D. Deguchi, I. Ide, T. Hirayama, et al., "Attribute-aware Loss Function for Accurate Semantic Segmentation Considering the Pedestrian Orientations," IEICE Transactions on Fundamentals, vol.E103-A, no.1, pp.231-242, 2020.
2. F. Shinmura, et al., "Recognition of Texting-while-walking by Joint Features Based on Arm and Head Poses," ACCV-WS, 2016.
3. 畑, 出口, 平山, 川西, 村瀬, "車載カメラを用いた遠方歩行者からのアイコンタクトの検出", 第24回画像の認識・理解シンポジウムMIRU2021.

運転指導員の指導に倣った乗れば乗るほど上手くなる運転支援

- 死角や衝突の潜在的リスクを先読みして、危ない時にだけ支援
- 即時的な効果として、法定速度違反ドライバを約40%減少¹

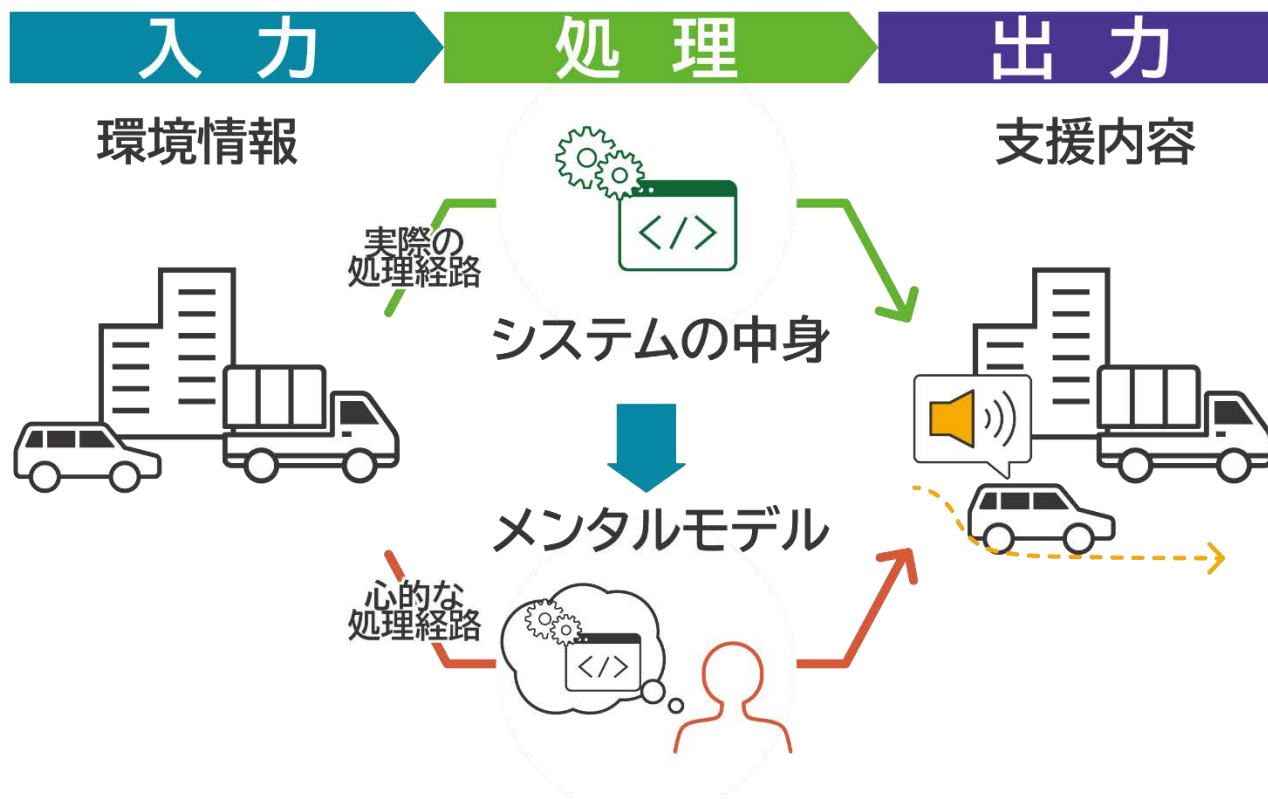


https://youtu.be/uQZTh_TRESY

1. K. Chen, T. Yamaguchi, H. Okuda, T. Suzuki, X. Guo, "Realization and Evaluation of an Instructor-like Assistance System for Collision Avoidance," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol.22, no.5, pp.2751-2760, 2021.

認知科学的視点からの運転支援の効果の検証

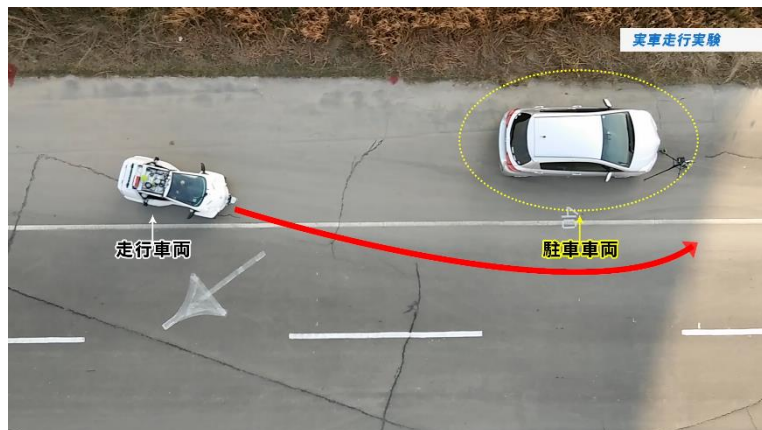
- 1ヶ月に渡る繰り返し運転支援体験で約90%のドライバが速度低下¹
- メンタルモデルの測定によって効果が説明可能に²
- システムの理解度が高いほど、運転行動が改善



1. T. Yamaguchi, S. Matsubayashi, T. Suzuki, K. Miwa, "Verification of Coaching Effect by Instructor-like Assistance System Based on Model Predictive Constraint Satisfaction," 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), 2021.
2. S. Matsubayashi, et al., "Short- and Long-term Effects of an Advanced Driving Assistance System on Driving Behavior and Usability Evaluation", Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI), pp.1-6, 2019.

認知科学的視点からの運転支援の効果の検証

- 1ヶ月に渡る繰り返し運転支援体験で約90%のドライバが速度低下¹
- メンタルモデルの測定によって効果が説明可能に²
- システムの理解度が高いほど、運転行動が改善



https://youtu.be/uQZTh_TRESY



1. T. Yamaguchi, S. Matsubayashi, T. Suzuki, K. Miwa, "Verification of Coaching Effect by Instructor-like Assistance System Based on Model Predictive Constraint Satisfaction," 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), 2021.
2. S. Matsubayashi, et al., "Short- and Long-term Effects of an Advanced Driving Assistance System on Driving Behavior and Usability Evaluation", Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI), pp.1-6, 2019.

人工知能を基盤とする超スマートモビリティ社会の在り方

- ゆるぎない安全、安心、信頼
 - 本質的な問題へのフォーカス・タックルの継続
 - 人間中心、交通参加者視点へのこだわり
- 交通インタラクションの革新
 - おもいやり
 - 外向けヒューマンマシンインタフェース (eHMI)
 - 乗員にとっても歩行者にとっても新しいエクスペリエンスを
 - インタラクションを豊かに

