

特集1

人間と機械が調和する未来へ 声や視線で走る自動運転車

ハンドルやブレーキに触れずとも、声や視線で自在に操作できる自動運転車が誕生した。名古屋大学未来社会創造機構の武田一哉教授らの産学連携プロジェクトは、高い運転技術とコミュニケーション能力を兼ね備えた自動運転システムを開発し、人間と知能機械が調和した社会を実現するプラットフォームの構築に挑む。

たけだ かずや
武田 一哉

名古屋大学 未来社会創造機構
教授

2009～15年 CREST研究代表者。
16年よりOPERA領域統括。



人間の理解を深める技術で 知能機械と協奏する社会へ

自動運転車でドライブを楽しむ未来は近い。歩行者や道路標識など周囲環境を認識するためのカメラやレーダー、自車位置を正確に把握するための衛星利用測位システム (GPS) や3次元地図など、完全自動運転の実現を目指して技術の精度は飛躍的に高まっている。

一方で、一般のユーザーが自動運転車を容易に操作するためのインターフェースは、十分に検討されてこなかった。「自動運転車が真に社会に浸透するためには、人間と自動運転車とのコミュニケーションが必要」と名古屋大学未来社会創造機構の武田一哉教授は強調する。

自動運転車は人間の指示に従い、決められたコースに沿って目的地に向かって走る。しかし、そこに人間と車のコミュニケーションは存在しない。人間と機械は切り離された状態だ。「タクシーの運転手と乗客が言葉やジェスチャーでやりとりするように、人間の気持ちや行動を理解して走る自動運転車を作りたい」と武田さんは考えた。

自動運転車に限った話ではない。人工知能 (AI) やセンサーの搭載で機械はどんどん賢くなり、人間が労働から得る対価や幸福は変容しつつ

ある。知能機械は少子高齢化による労働力不足を補うと期待される一方で、人間の仕事を奪うという危機感がおおられ、時には人間と対立する関係として描かれる。

人間と知能機械が協調・共生する新しい関係をつくるのが、武田さんが領域統括を務めるOPERA「人間機械協奏技術コンソーシアム」だ。「協奏」には、知能機械が人間の理解を深めながら適切に支援し協働する意味を含めた。「知能機械が人間とコミュニケーションできる技術を開発して、互いに調和して働ける社会を実現したい」と武田さんは願う。

目標はハーモウェア開発 6研究機関、29企業が集結

名古屋大学を幹事機関とする「人間機械協奏技術コンソーシアム」は、人間と知能機械が協奏するための基本ソフトウェア「ハーモウェア (Harmoware)」の開発を目指す (図1)。

ハーモウェアの出発点は、自動運転の基本ソフトウェア「オートウェア (Autoware)」だ。武田さんのCRESTチームで、名古屋大学大学院情報科学研究科の加藤真平准教授 (当時) が中心となって開発した。車載専用のコンピューターにインストールするだけで自動運転を実現できる。高精度3次元地図を基に、周囲環境や自車位置

の認識、的確な走行経路の策定、交通规则に従った運転制御などの機能を備える。「オートウェアの持つ自動化の機能に、人間を理解する部品を加えたものがハーモウェアです」と武田さん。環境に応じて変化する人間の状態を捉える技術の開発や、人間の状態を評価するために参照するデータベースの構築によって、知能機械を活用したサービス向けのプラットフォームとして発展させる。

コンソーシアムには、早稲田大学、東京工業大学、産業技術総合研究所、徳島大学、九州工業大学の他、多種多様な分野から大学発ベンチャーを含む29の企業が参画している。それぞれの専門知識や得意とする技術を持ち寄るオープンイノベーションの体制で、ハーモウェア上で動作するアプリケーション、すなわち知能機械が人間を理解するための製品やサービスの開発に当たる。

「開発したアプリケーションそのものの仕様は各企業に帰属する機密ですが、アプリケーションで得られたデータやハーモウェアと接続する技術は公開してもらいます。コンソーシアムに参画する他の大学や企業も活用できるので、新しい製品やサービスを低コストで開発できます」。試作評価のための共通実験施設も提供し、短期間での製品開発を支援する。

イノベーションの創出を狙い、博

士課程学生の活用と育成にも力を入れる。OPERA採択により、文部科学省と経済産業省が策定した「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」に沿った大学改革の取り組みが強力に後押しされた。名古屋大学は、裁量労働制のフルタイム勤務の研究者として、博士課程の学生を大学で雇用する制度を整備した。学生としての研究と企業との共同研究の内容が一致していれば、従来学業としていた部分にも給与を支給するという画期的なものだ。

「これまで学生の本分はあくまでも勉強であり、企業との共同研究では実験補助者の位置付けでした」。大学と産業界が共同で人材を育てる新制度は、産学連携プロジェクトに参加する動機付けとなり、ひいては学生ベンチャー起業の意欲を高めることにつながる。「OPERAは基礎研究や人材育成における産学連携を拡大し、オープンイノベーションを加速する優れたシステムと心の底から思っています」と武田さんは語る。

理想はタクシー 対話する自動運転車

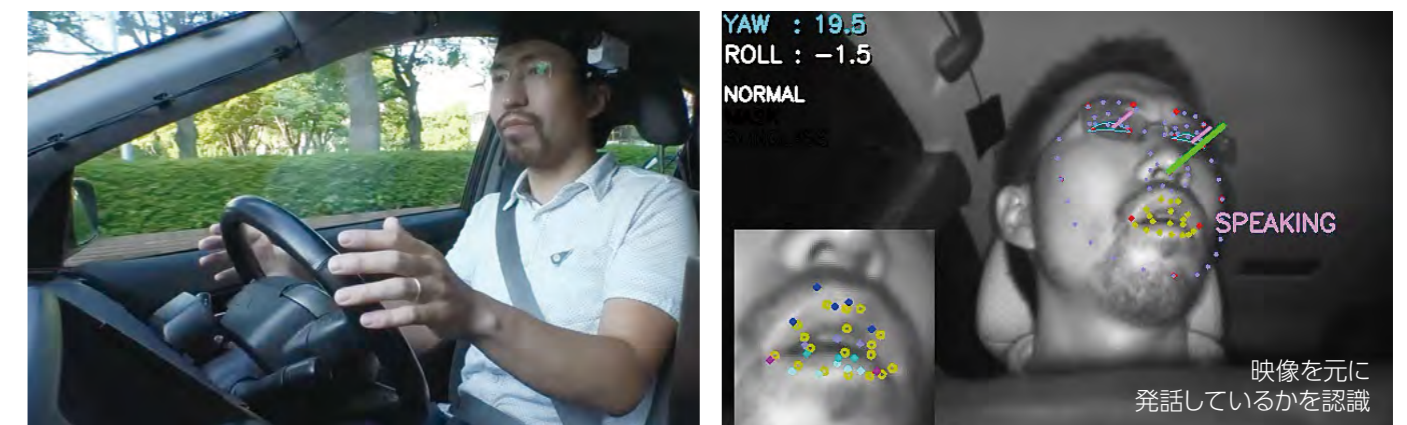
ハーモウェアを象徴する成果が、マルチモーダルインターフェースの自動運転車だ (図2)。マルチモーダルとは、入力手段 (モダリティ) が複数あることを意味する。2018年10月、名

古屋大学と徳島大学、アイシン精機は、音声や視線、ジェスチャーで操作できる自動運転車の開発を発表し、名古屋大学構内を走らせる実証実験を公開した (図3)。

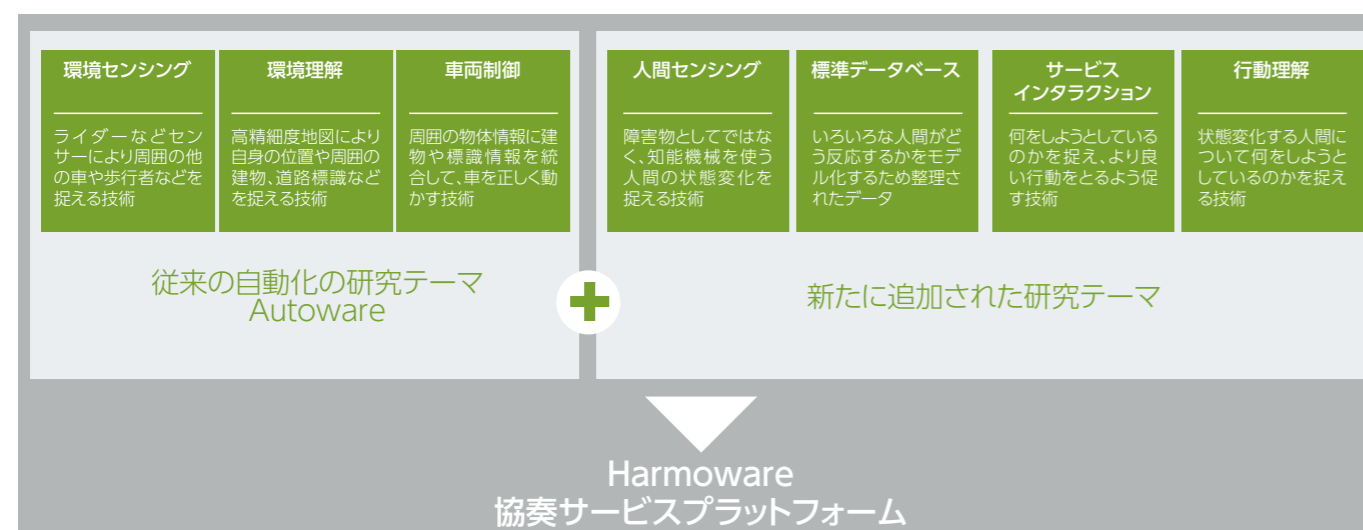
座席にカメラとマイクを取り付け、入力手段が音声の場合は音声認識、ジェスチャーの場合は深度セン



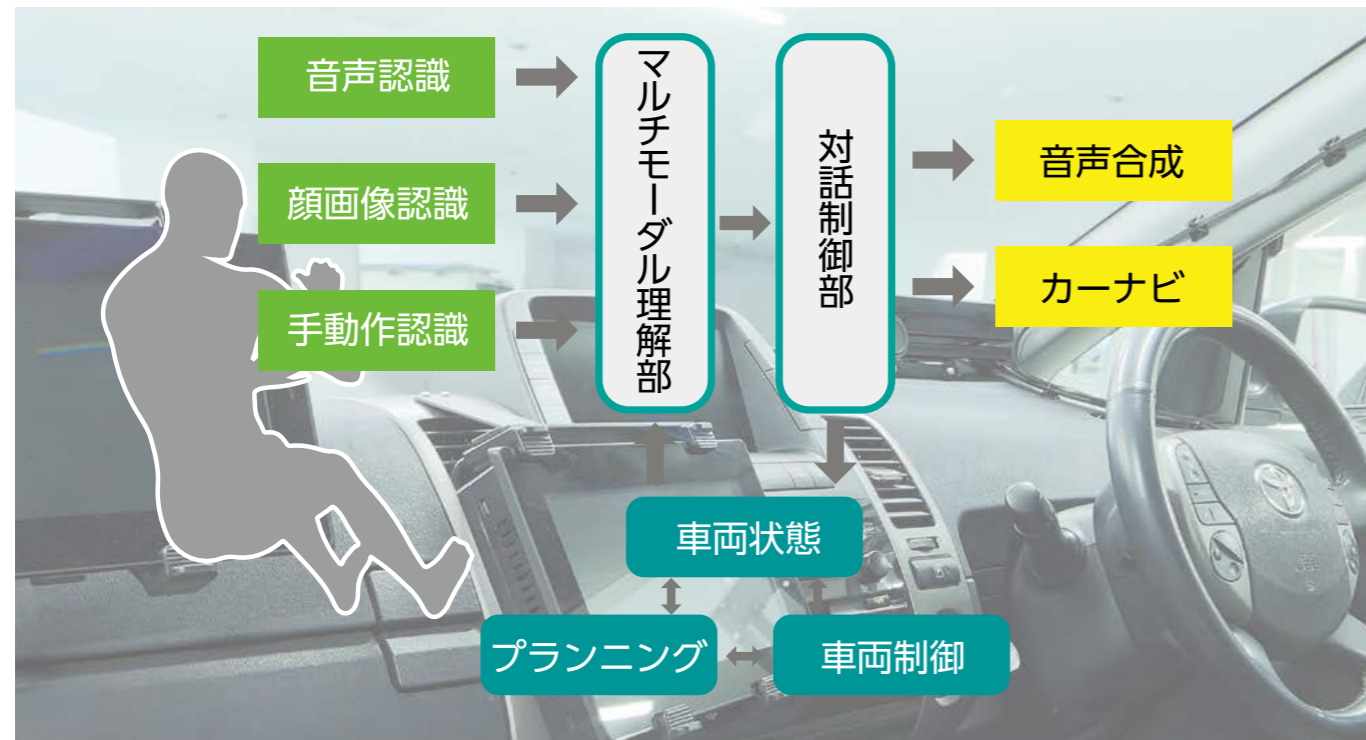
■ 図2 マルチモーダルインターフェース自動運転システムを搭載した車両。自動運転車は、カメラや各種センサーで、歩行者や道路標識など周囲環境の情報を入手し、自車位置を高精度3次元地図と照合して走行する。ルーフの上にあるのはレーダーと呼ばれる装置で、赤外線を発することで周囲の物体までの距離や物体の形を計測する。



■ 図3 座席にカメラやマイクを取り付け、映像から発話の有無を認識する (左上)。発話の音声に加え、唇の動きや視線の向きなどを感知し、複数の入力を組み合わせさせて高い精度で運転者の意図を認識する技術を開発した。点は顔の部品を認識するための参照点で、黄色は口、水色は目に対応する (右上)。「あれは何?」という指示語を含む発話も、視線の向き (ピンクの線) や地図情報から、具体的な位置を判定する (左下)。収集した情報に基づき、オートウェアを用いて自動運転を行う (右下)。



■ 図1 従来の自動化の研究テーマである「環境センシング」「環境理解」「車両制御」に、OPERAでは「人間センシング (早稲田大学)」「標準データベース (名古屋大学)」「サービスインタラクション (名古屋大学、産業技術総合研究所)」「行動理解 (名古屋大学、九州工業大学)」を付加し、新しい協奏サービスプラットフォームを構築する。ハーモウェアのセキュリティー面に関する研究は東京工業大学が担当する。



■図4 マルチモーダルインターフェース自動運転車の仕組み。マルチモーダル理解部が多様なセンサー情報を統合して処理し、人間の状態や意図を推定する。推定された意図に基づき、対話制御部は自動運転システムやカーナビに働きかける。この2つの仕組みにより、車、環境、人間を調和させることに成功した。

サー、視線の場合は映像処理を用いる(図4)。自動車に乗り込むと、車から声がかかる。「いつも通り、ナショナルイノベーションコンプレックスに行きますか」。人間が首を横に振ると、車は目的地の変更を認識する。「今日は『野依記念館』に行って」「わかりました。『野依記念学術交流館』ですね」。略称や通称であっても、目的地

を推測できる。「右に曲がって」「減速して」と伝えれば、指示通りに方向や速度を変える。

複数の入力を同時に処理することも可能だ。走行中に「ここに止めて」「そこを曲がって」と指示語を含む発話があった場合、具体的にどこを指しているのかをジェスチャーや視線の向きから読み取る。「あれは何」と

尋ねると、視線の向きや地図情報から「図書館です」と建物の名前も答えられる。

目的地まで自動運転する技術は確立されていたが、走行途中に駐車場所を指定したり、経路を変更したりするシステムが課題だった。理想はタクシーのように対話で操作できる自動運転車だ。「音声や視線、ジェスチャーなど人間の状態を捉えるセンサーが入ることで、質問や変更に車が答えてコミュニケーションできる自動運転システムに発展したというハーモウェアの成功例です」。

外食や物流の現場をデータ化 作業効率やサービスを向上

自然で使いやすいマルチモーダルインターフェースは、全ての知能機械に求められる機能でもある。また、環境の「認知」を踏まえて、進行方向や速度を「判断」し、ハンドルやブレーキを「制御」する自動運転の機能



■図5 もともと資材を運搬する工業用ロボットだったが、和装の外観や琴の演奏による搬送表示音声、御簾を用いたドアなど、配膳ロボットとしてサービス提供の現場と調和するものに改装した。現場の従業員が使用できるように、ロボットの停止や発進など基本的機能の操作を容易にした。

は、ロボットにも共通する。工場以外で働くサービスロボットの活躍が期待されるが、サービスでは従来の製造業分野よりも人間とのコミュニケーションが重要になってくる。

コンソーシアムでは、労働力不足が深刻な外食や物流業界の現場で、ハーモウェアへの追加が望まれるアプリケーションの実証実験を行っている。「複数の人間や物が多様に動く現場をマニュアル化することは難しいですが、ハーモウェアをプラットフォームとして、限定された空間における人間と知能機械との協奏作業をデータ化する技術を開発しています」。

がんこフードサービス社(大阪府大阪市)は、無人搬送ロボットを同社の日本料理料亭で配膳用に導入した(図5)。厨房から客室前までの廊下は従業員や客が行き交うが、人間や障害物に近付くと、配膳ロボットのセンサーが感知して停止して衝突を回避するなど、安全面も考慮されている。

「配膳ロボットが仲居さんの代わりに料理を自動で運んでくれるので、仲居さんは接客に多くの時間を使えるようになります」。産業技術総合研究所が開発した屋内測位システムで従業員と配膳ロボットの動線

を計測してデータ化する。オペレーションを可視化することで、配膳ロボットとの協働によりサービスの質や効率が向上するかどうかを検証する狙いだ。

19年からは、ベンチャー企業を含む3社の協業で、物流現場における実証実験を計画している。オートウェアを使った完全自動運転システムを開発するティアフォー社(愛知県名古屋市)は、工場・倉庫内での物流搬送を支える小型運搬ロボットを提供する。物流システムを構築・販売するフレームワークス社(東京都千代田区)は、人間の行動や機械の位置などを計測し、解析する。そして、物流AIの学生ベンチャーであるオプティマインド社(愛知県名古屋市)が、得られたデータをAIで分析し、効率的な配送ルートを見つけ出す。

「従業員とロボットの配置や動線をシミュレーションすると、どこで人手が余っているのか、どのように従業員の気持ちが変わっていくのかが見えてきます」。分析結果に基づき、ロボットにできることはロボットが作業し、ロボットができないことを人間が行うなど、うまく協働するような役割分担を検討したり、サービスの質や

ロボット稼働率を向上させたり、作業システムの改善につなげる。

オープンソースで 研究開発を加速

オートウェアは自動運転用としては世界初のオープンソースとして無償で公開された。研究開発目的であれば誰でも利用できるばかりか、自由に改変することも可能だ。武田さんはオートウェアのような発展をハーモウェアにも期待している。

自動運転技術は多様な最先端技術で成り立つため、1つの企業が閉鎖的に開発しているのは世界の最前線で戦えない。オートウェアは、早い段階でオープンソース化し、他の研究機関の力を借りることで開発のスピードを上げて、自動運転車の早期実現に貢献することを目指した。オートウェアはすでに国内外200近くの大学や企業に採用され、30車種以上に搭載されている。

「資本が少なくても新しい技術を試せるのがオープンソースの利点です。誰もが思ったように使えますし、ベンチャーも立ち上げやすくなります」。今ではオートウェアを基盤としたベンチャー企業も生まれ、オートウェアの部品が世界中で開発されている。ハーモウェアの継続や社会への普及の推進に、ベンチャー企業が果たす役割は大きい。

武田さんはハーモウェアを構成するソフトウェアやセンサーなどの部品をレゴブロックに例える。「子供たちにレゴブロックを与えると、それぞれが思い思いに作品を作り出します。誰もが何でも作れる開発プラットフォームとして、ハーモウェアから新しい企業、製品やサービスが次々と飛び立っていくことが夢です。1つ1つは小さいかもしれませんが、いつしか素晴らしい作品が出来上がるのを楽しみにしています」。コンソーシアムは20年度に終了する予定だが、「ハーモウェアは最後までオープンソースを買きたい」と、未来を見据える武田さんの言葉は力強い。