

基調論文 | デンソーのHMI技術動向*

Trend of HMI (Human Machine Interface) Technology in DENSO

田中裕章 伊口 整 山本典生 西井克昌
Hiroaki TANAKA Sei IGUCHI Norio YAMAMOTO Katsuyoshi NISHII

川島 毅 田口 清貴
Takeshi KAWASHIMA Kiyotaka TAGUCHI

In recent years, cell phones have prevailed in Japan and more than half of all cell phone sales are smart phones, allowing people to obtain information wherever they are. Furthermore, various types of application software enhance the convenience of people's lives. As a consequence, a growing number of people bring their cell phones with them in their vehicles and operate those phones while driving. Although the law prohibits the use of cell phones while driving in Japan, as well as in many states in the U.S., most young people give higher priority to having a connection with the outside world even when driving. They often devote more focus on operating their cell phones than they do on driving safely. On the other hand, with the advancement of technologies for vehicle control and monitoring the surrounds of vehicles, sophisticated driver assistance systems such as the Pre-crash system are being developed to improve driving safety. Now is the time for the vehicle to progress to the next stage. By adding communication measures to its fundamental functions of 'Driving', 'Turning' and 'Stopping', the vehicle can provide safety of driving by itself. HMI technology is essential for such advanced vehicles. The goal of automotive HMI is the realization of a safe automotive society. The role of HMI is to assist drivers when driving in the time domain from immediately before the activation of the Driver Assist and Safety system, as well as during normal and steady driving. Furthermore, HMI has the additional and important roles to provide fulfillment ("WOW") for users and to appeal and facilitate to recognize its marketability. This paper discusses the present HMI development status from two standpoints; the achievement of a reliable and safe automotive society with HMI and the realization of attractive HMI with "WOW".

Key words : HMI (Human Machine Interface), WOW, Safety, Concierge, HUD (Head-Up Display)

1. はじめに

近年、携帯電話が普及し、さらにはスマートフォンが国内の販売台数の半数以上を占めるようになり、どこでも情報を手に入れることができる。また、さまざまなアプリケーションソフトウェアにより利便性が高まってきている。このような背景の下、車に携帯電話が持ち込まれ、運転中に携帯機を操作する運転手が後を絶たない。国内はもとより、米国においても、携帯電話を運転中に操作することは禁じられてはいるものの、若者は、周囲とのつながりに重きを置くあまり、メールへの返信など、運転中の安全がないがしろにされる傾向にある。

一方、車両制御技術や周辺センシング技術の発達に伴い、プリクラッシュシステムなどに代表される安全運転支援システムが開発されている。

今まさに、車両は、「走る」、「曲がる」、「止まる」

といった、基本的機能の発展に、人とのコミュニケーション手段を獲得し、安心して運転できる車両へ発展しようとしている。このような状態を作り出すために不可欠な技術がHMI技術である。

車のHMIが目指すところは、安心して安全な車社会の実現であり、安全運転支援システムが働く直前の領域から、通常の運転状況での運転のサポートのみならず、商品力を訴求するためのうれしさ(WOW)を創出する手段としても重要な位置付けとなっている。

本稿では、HMIの技術を安心して安全な車社会の実現という観点と、WOWを実現する魅力あるHMIという観点から現状の開発状況を解説する。

2. 安心して安全な車社会の実現

2.1 安心・安全システムとHMI

車に搭載されているさまざまなシステムをユーザに

*2013年8月30日 原稿受理

安心して安全に使用してもらうために、HMIには2つのことが求められる。1つ目はそれぞれのシステムにおけるHMIの役割を満足することであり、2つ目はさまざまなシステムのHMIが勝手に動作することでドライバーの混乱を招かないように車全体でHMIがコントロールされていることである。

それぞれのシステムにおけるHMIの例として、認知支援システム・半自動運転システム・ドライバコンディションサポートシステムのHMIを車全体のHMIコントロールの例として情報提示・操作システムを紹介する。

2.1.1 認知支援システム

認知支援は、操作介入および判断支援よりも時間的に早いタイミングで、車両周囲の障害物その他の危険に気づき易くするため、人に対し行われる情報提示である (Fig. 1)。支援タイミングは事故の約3~5秒前が適切と考えられ、プリクラッシュセーフティ技術では、操作支援 (プリクラッシュブレーキ) よりも早いタイミングで、人の顔向きや開眼度から前方の衝突危険性が高いことを警告する。また、駐車時のトップビュー表示も、死角を可視化する意味で認知支援の一つである。このように認知支援システムは、前方や車両周囲から実用化されてきているが、今後は車両の後方・後側方、さらには前側方へと支援範囲が拡大すると想定

される。そのため、複数の情報提示を限られたデバイスを用いていかに情報提示するかがHMIの課題となる。課題解決に向けて、車両周囲の危険度合いだけでなく、漫然度合いや運転負荷といった人の状態センシング結果を組み合わせることで、より適切な提示手段 (表示、音、振動) と提示情報 (粒度、提示位置) を制御する検討を進めている。

2.1.2 半自動運転システム

ACC, LKAなどの半自動運転システムが実用化され、更に安心・安全・快適を向上させるシステムが検討されている。デンソーではドライバと半自動運転システムが連携して運転を行うシステムのHMIを検討しており、(Fig. 2) が示すドライバと半自動運転システムの役割が状況に応じてスムーズに切り替わることが安心・安全・快適な半自動運転実現の一つのキーであると考えている。状況に応じた切り替わりを実現するためにはドライバとシステムがお互いの状態を知ることが重要であり、HUD (ヘッドアップディスプレイ) を使ったシステムの情報表示とドライバモニタを使ったドライバ状態の検出でその実現を目指している。また、システムが車両を制御している状況においてドライバのワークロードが低くなることによるドライバの運転パフォーマンスの低下を懸念しておりこれについても検討を進めている。

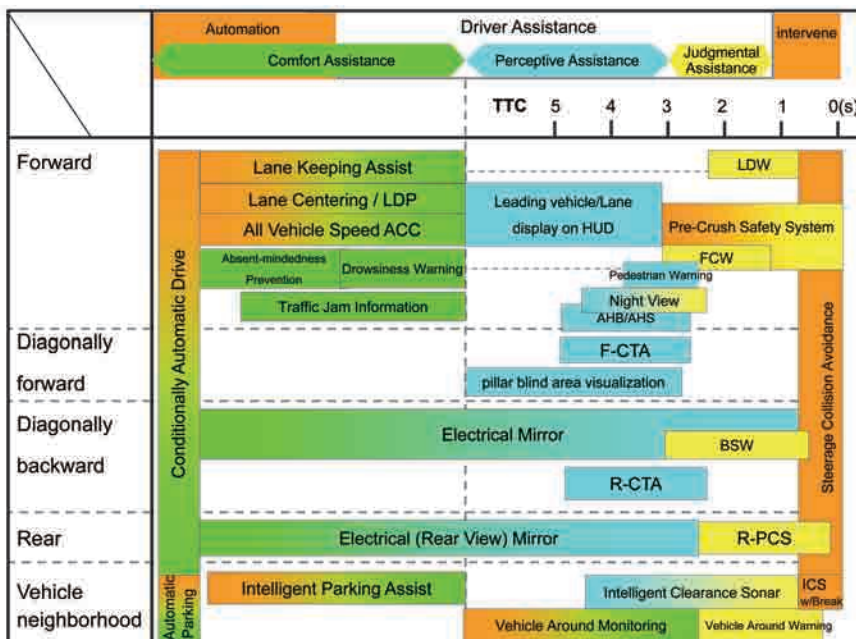


Fig. 1 Driver assistance system for visibility support

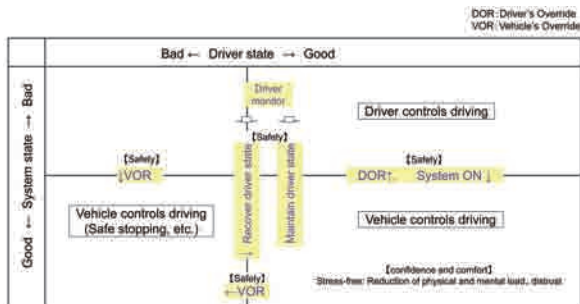


Fig. 2 Role of HMI: Simultaneously improve the safety, confidence and comfort of drivers

2.1.3 ドライバコンディションサポートシステム

交通死亡事故の法令違反別件数分析によると、漫然運転や脇見運転の事故割合が高止まりしており¹⁾、これらドライバに起因する事故を低減する技術としてドライバコンディションサポートシステムがある。眠気や脇見などの不安全状態に加えて、漫然や乗り込み時の体調不良などをより早期にドライバの変調を検出し、ドライバの状態を改善するよう音や表示、空調などのHMI機器を制御することで、より安心・安全な運転を支援するシステムを検討している (Fig. 3)。状態の検出は、ドライバへの負担をかけずに行うことが望ましく、生体信号を無意識下で常時センシングできる低拘束センサ技術の開発に取り組んでいる。状態の改善は、改善効果の持続とディストラクションの低減とを両立することが重要であり、車の標準装備を利用した五感刺激だけでなく、ドライバが興味を持つ情報を提供することで感情や情動に働きかけるアクチュエーション技術の開発に取り組んでいる。

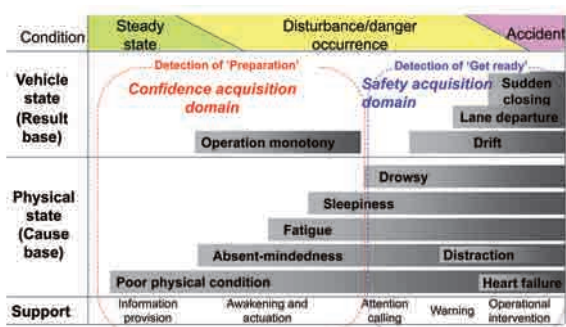


Fig. 3 Driver Condition Support System

2.1.4 情報提示・操作システム

WOWを実現する魅力あるHMIを実現するためには、走行中に不安全になってならない。そのため、

我々が目指すHMIは“Eyes On The Road, Hands On The Wheel.” (走行路から目を離さず、ハンドルから手を離さない) を基本としている。具体的には、情報提示は遠方表示 (走行路方向に近い位置に表示)、操作は手元操作 (運転に支障が出ない操作方法) で実現する。さらに、スマートフォンに代表される配信アプリケーションや情報コンテンツの増大に伴い、ユーザもそれらをクルマで使いたいという欲求が高まってきている。我々は、これらの欲求を実現するため、車両内で安全に使えるようにドライバの運転状況をドライバモニタシステム、周辺監視センサやクラウドから入手した車両周辺情報などを用い予測し、それらに対する運転負荷を考慮した上で、表示方法 (コンテンツ選択・情報量調整・表示位置選択)、操作方法 (ステアリングスイッチ、遠隔操作機器、音声操作などの選択) を決定するシステムであるHMIマネージャ (Fig. 4) の開発に取り組んでいる。

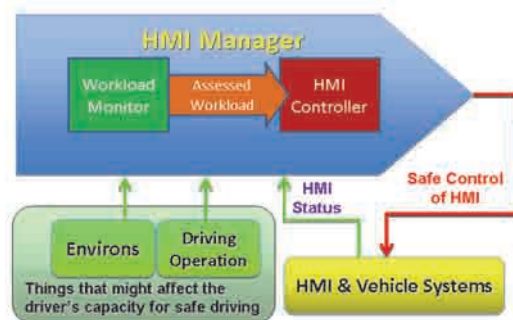


Fig. 4 HMI Manager

2.2 安心安全システムを支えるHMI技術

2.2.1 情報提示系技術

情報提示系技術は、“Eyes On The Road” を基本として、運転中にもっとも重要となる“視覚”に対するディストラクションを低減することが重要である。

(1) HUD (ヘッドアップディスプレイ)

HUDは、表示器の映像を拡大鏡により拡大してフロントガラスに反射し、前方視界に表示させる装置である。表示を2m以上遠方に提示する事で、視線移動と焦点調整時間を短縮し、前方を見ながら素早く情報を取得できるメリットがある。表示情報としては、車両情報に加えてナビゲーション情報や後方視界を支援する情報など、安心・安全運転に繋がる情報を提供する。今後は、高度な運転支援技術の普及に伴い車両周辺状況など、提供する情報の増加が見込まれ、より直感的

でわかりやすい提示手段として、前方背景に重畳するAR表示（Fig. 5）の実現が望まれており、大画面かつ高輝度に表示する技術と必要な情報をオンデマンドに提供する技術の開発に取り組んでいる。



Fig. 5 AR HUD

(2) 音情報提示

音による情報提示は、視線誘導を伴わずに情報を提供できるメリットがあり、大きく効果音と音声に分類される。前者は短時間で簡潔に現象を伝え、後者は時間を掛けて詳細な内容を伝える用途に向いており、情報の重要度や緊急度を考慮した使い分けが重要である。特に、車両の周辺環境などセンシング技術の発達により安心・安全に関わる情報提供は年々増加傾向にあるため、効果音に関する音のデザインに注目している。従来は、ブザー音のパターンによって情報を表現してきたが、ドライバーにその意味が正しく伝わっていない事が課題として報告されている。今後は、「音が与える印象や意味」の地域による違いを考慮して「音の内容」や「聞こえる方向」を制御することが必要であり、認知負荷をより低減する音情報提示技術の開発に取り組んでいる。

2.2.2 操作系技術

操作系技術は、“Hands On The Wheel”を基本として、フューミックライン（ステアリングから手を自然に下ろす際の手の軌跡）上に配置することで身体的負荷を減らし、運転操作に対するディストラクションを低減することが重要である。

(1) リモートタッチコントローラ

リモートタッチコントローラ（Fig. 6）は、オーディオやエアコンなどをドライバーの手元で操作するデバイスで、遠方表示デバイスとの組み合わせにより従来のタッチ操作&表示デバイスの課題である走行時の操

作性と視認性の向上を図ったものである。操作部は表示画面と相似に可動し、絶対位置入力とすることでタッチ操作と同様に直感的で素早い入力操作が可能となる。また、表示部を注視することなく確実な操作を実現するため、メニュー等のアイコン位置に合わせた引き込みや節度感、粘性といったハプティック機能を有している。これらの機能はジンバルギアとX軸、Y軸用の2つのモーターにより実現しており、操作性の向上と視認負荷の低減に繋がるキー技術の開発に取り組んでいる。



Fig. 6 Remote Touch Controller

(2) ジェスチャー操作

ジェスチャー操作は、腕や手の動きによって表示部のメニュー操作等を可能にするもので、身体的負担をより低減する操作方法として提案されている。赤外光を利用した距離センサや撮像デバイスで検出対象の動きを把握し、あらかじめ定義したコマンドを実行する。ジェスチャー入力のメリットは、操作対象が実在しないため手元を確認する必要がなく、操作時の視線移動や無理な姿勢変化を強いることが少ない。一方で、操作した感触（フィードバック）が無いと細かい操作や動作量の調整が難しく、意図しない動作による誤反応の低減など使い勝手との両立が課題である。そのため、人間中心設計プロセスを導入し、ユーザの行動パターンを加味したユーザインターフェースの開発に取り組んでいる。

(3) 音声操作

音声操作は、操作デバイスや画面表示を必要としないため、安全な操作系として期待されている。しかし従来は、車載機のリソース上の制約から受理可能なコマンドが限定され、多機能化のためにコマンド構造が階層化されるなど、音声操作だけで目的を完遂することが難しいため画面表示を併用し、理想形での操作機能が実現できていない。近年になり、通信技術の発達やスマートフォンの隆盛によって、クラウドを活用する音声認識技術が飛躍的に進化しており、これら最新技術の車載機への活用が進んでいる。現在は、車両のセンシング技術を活用して運転状況に応じた音声操作を提案することで、画面表示を必要としない入力デバイスの開発に取り組んでいる。

2.2.3 ドライバモニタ技術

ドライバモニタは、ステア操作や前方カメラ等の車両信号や、顔表情や心拍等の生体信号を検出してドライバの運転状態を把握する。車両信号検出は、ステアの微小挙動や車線に対する車両のふらつきなど、漫然や居眠りなどによって生じる車両挙動（結果系）を捉える。一方、生体信号検出は、瞬目や顔向きの変化から脇見や眠気を検出し、心拍数や血圧の変化から漫然や体調不良を検出するなど、生体そのものの変調（原因系）を捉えるため、より早期に状態変化が把握できるメリットがある。しかしながら、生体信号検出は、走行振動や外乱光によるノイズなど誤検出要因との分離が課題であり、車両信号を組み合わせた状態把握が重要である。今後は、半自動運転における過信／不信の抑制など意識・感情レベルでの状態把握が必要になると考えられ、心理面を考慮した状態遷移モデルに基づくドライバモニタ技術の開発に取り組んでいる。

2.2.4 HMI評価技術

HMI機器の開発において、機能に関する性能や信頼性を評価する際に、「何に反応し、どのように使っているか」など、「人の感じ方」を評価するプロセスが必要である。「人の感じ方」を評価する代表的な手段として、表示への気づきやすさや分かりやすさなど視認負荷を把握する視認性評価と、操作のしやすさなど操作負荷を把握する操作性評価がある。視認性評価は主に視線の動きを分析し、視線移動時間、視線滞留時間、前方不注視時間などの計測項目を、「分かりやすい

HMI」の評価指標として利用する。操作性評価は操作姿勢やタスクの完了時間など各計測項目の定量評価に加えて、不自然な操作や手順の有無を把握する行動観察手法を取り入れている。開発初期段階からこれらの評価を実施することで、課題や改善項目を早期にフィードバックして効率的に開発を進める。また、前述のとおりHMIには様々なシステムが存在し、システム毎に目的や使い方に応じて評価すべき内容が異なるため、生理面・心理面の要素を含めた新しい評価法の開発に取り組んでいる。

3. WOWを提供する魅力あるHMI

クルマのWOWを提供する車載システムの知能化の流れは2つの方向で進むと考えられる。1つは、もちろんクルマの本来の機能である走る・曲る・止るの技術領域の知能化である。代表例は緊急時にドライバを助ける安全システムであり、自動運転システムである。移動の安心、安全、そして快適の視点で開発が進められている。ドライバに代わって知覚・認知・判断・制御するための様々な知能化技術が必要である。もう1つは、人がクルマをもっと上手に使って、日々のカーライフや、ひいては人生をも豊かで充実したものにしていく方向での知能化である。ここ30年でクルマは移動の手段から、移動を伴う人の生活を支援する手段に変わった。クルマの中の情報システムは移動プロセスで生じる様々な事象に対してドライバを助けたり、移動の目的を完遂できるようにドライバを助けたりしている。この領域での知能化技術も必要になっている。

このように知能化が進んでいく中で、人が知能化したクルマシステムのすべてを理解した上で操るのは難しいだろうし、得られるはずのWOWを感じることも難しいだろう。そこで、人と知的機械が上手くインタラクションできるためのHMIが求められる。

3.1 「目指すところを実現する」魅力あるHMI

我々は、人すなわちドライバとクルマのシステムを理解してドライバが享受できる価値を最大化するように振舞ったり、支援したりする機能を“エージェント”と称してそのシステムを企画開発している。このシステムが目指すのは、「クルマの安心・安全・快適・利便・楽しい」という価値軸のすべてで1段階上の価値を提供することである。

従来のシステムや機能は、標準の人、標準の場合を

設定して設計されている。我々は、「システムが人に合わせる」を実現すれば1段上の価値が提供できると考えてエージェントシステムを検討している。もう少し具体的に言うと、「安心・安全」の価値は人に依らない共通のものであるが、人の運転スキルには高い、低いという差がある。エージェントは、スキルの高い人にはヒューマン・エラーを起こさないように、スキルの低い人にはそれを補ったりスキルが上がったりするように支援する。「快適・利便・楽しい」の価値は、人 (Individual: 以下Iとする) に依るところが大きく、また時、場所、場合 (T, P, O) に依るところも大きい。エージェントはそれらの違いに合った情報を提供したり、自ら持っている知識の中から選択してアドバイスしたりする。さらにエージェントは、クルマとドライバーが相互に理解し合えるように振舞う機能も備えるべきである。知的機械となったクルマシステムは、自律的に認識・判断・制御を実行している。ドライバーがそれらのプロセスを何ら理解できなければ、システムに対してストレスが溜まったり、誤解によって思わぬミスに繋がったりするだろう。これらの検討から、我々はエージェントシステムを実現するための3つの重要技術を定めて、それらの具体化に取り組み始めた。以下にそれぞれの技術構想を紹介する。

3.2 「エージェントシステムを支える」HMI技術

これまでである特定のサービスについてエージェントライクに振舞う機能はあったものの、クルマの中で総括的に機能するエージェントはまだ実現されていない。エージェントが提供するサービスコンテンツそのものは、玉石混交で、ある意味無限にあるだろう。これらの中からドライバーへ効果的にサービスを提供するには、いくつかのコアとなる機能が必要となる。我々は、個人 (ドライバー) を理解する技術、状況を理解する技術、そしてエージェントとドライバーが意思疎通するためのインタラクション技術の3つが重要と考えている。

(1) 個人 (I) を理解する技術

ある個人 (I) の全体を理解することは極めて難しい。だが、「クルマの運転や、移動に伴う個人 (I) の特徴を理解すればよい」と考えれば実現手段は見えてくる。人は一定ではなく、時々刻々、日々、年々変化するので「変化の時定数が大きい、小さい」を区別し

て理解することが重要と考えている。例えば、「今日の自分」は、日頃の自分との比較で理解できるだろうし、「いつもの自分」は、行動履歴や仮想の達人 (モデル) などとの比較で理解できるだろう。これらの理解のしくみはクルマ自立で考えるのではなく、クルマと繋がるクラウドと連携させることでより有用なしくみとして構築できると考えられる。ただ、個人情報の取り扱いについては十分な配慮が必要なのは言うまでもない。

(2) 状況 (T, P, O) を理解する技術

運転中に時々刻々変化する状況は、車両に搭載されている種々のセンサや車両内の各システムのステータスから理解することを考えている。加えて、T, P, O, 3つをそれぞれ人の行動と関連する括りで分けて、それらの組合せで理解することを考えている。具体的には、Tならば朝・昼・夜であり、Pならば生活圏・非生活圏、Oならば通勤・買い物・ドライブ旅行、などである。これらは、過去の行動履歴から学習した情報や、クラウドを通じて得られる様々な情報から推定する仕組みを検討中である。

(3) ドライバとインタラクションする技術

人は知的機械を人のように捉える可能性があるもので、人同士のコミュニケーションを参考にして開発する予定である。Merabian (1968) は、メッセージ全体の印象を100%としたとき、言語内容の占める割合は7%、音声と音質が38%、表情としぐさが55%という法則を導き出した²⁾。我々は、この非言語コミュニケーションにあたる部分を活用したインタフェースを検討中である。具体的には、生命感や感情を持ったロボットのようなものである。

4. おわりに

車に使われるHMIの開発技術について、安心で安全な車社会を実現するHMI技術と、WOWを提供する魅力あるHMI技術という観点で述べてきた。

情報化社会の発展により、車はクラウドと繋がり、情報を獲得し、安心、安全な技術開発が進められる。どのようなときでも忘れてはならないのは、絶えず人が介在して車社会が成り立っているということである。移動することの楽しさや、新しい場所での出会いを作り出す車をさらに魅力あるものに変えるために

は、人と車を結び付けるHMI技術の発展によるところが大きい。

とかくおせっかいになりやすい注意喚起や、運転支援システムも、周辺状況を理解する技術と、運転手の状況を理解する技術が合わさって使いやすい、利便性の高いシステムとなる。人を危険に近づけないために、技術開発をさらに高度化することが望まれる。

<参考文献>

- 1) 政府統計の総合窓口：交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取り締まり状況について
(平成25年2月14日) <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001106841>
- 2) Merabian, A. : "Communication without words", Psychological Today, 2 (1968), p.53.

<著者>



田中 裕章
(たなか ひろあき)
情報安全事業グループ
情報安全開発室
情報安全分野のシステム開発に
従事



伊口 整
(いぐち せい)
情報安全事業グループ
情報安全開発室
メータ、ディスプレイ、HUD、
ドライバモニタの開発・設計に
従事



山本 典生
(やまもと のりお)
情報安全事業グループ
情報安全開発室
自動車コックピットのHMI
システム開発に従事



西井 克昌
(にしい かつよし)
情報安全事業グループ
情報安全開発室
ドライバモニタシステムの要素
技術開発に従事



川島 毅
(かわしま たけし)
情報安全事業グループ
情報安全開発室
操作デバイス・自動車コックピ
ットのHMIシステム開発に従事



田口 清貴
(たぐち きよたか)
情報安全事業グループ
情報安全開発室
自動車コックピットのHMI
システム開発に従事