

第1章

車載ディスプレイ・操作インターフェースの動向

見本

に効果的なアプローチの1つが、クルマが「認知した危険」を活用し、ドライバーの「認知」を刺激することである。但し、ドライバーが抵抗なくクルマからの情報を活用するためには、情報がわかりやすく、煩わしくないことが必要である。よって、ドライバー運転時の認知支援は、ドライバーの特性・状態にあったものへ進化する。

「表示対象」について、従来はクルマが検知した危険がすべて対象であったが、将来は、ドライバーが気付いていない危険、いつも見落とす危険などに選別されると考えられる(※緊急時は別)。「提示タイミング」は、人それぞれの運転の癖、体調などに適したタイミングになる。「表示方法」も、ドライバー毎に異なる情報処理許容量、嗜好、運転の癖、その日の体調・気分に合わせて、警告の数・タイミング・表現方法が変わる(表1)。

ドライバーの漫然運転(不注意運転)を検知し、クルマ周辺の危険を提示、運転集中状態に戻すためには、ドライバーが直感的に危険を認識できるように、表示に様々な工夫が必要である。前方の危険はフロントガラス越しに、危険物の方向、距離感が直感的にわかるようにマーカーを重畳する。後方画像は、視線移動が最小化され、後方画像であることが直感的に認識できることが重要である。更に音との組み合わせで、危険物の方向性・距離感をより直感的に提示することができる。難しいのは、クルマの危険警告が脇見誘導につながらないようにすることである。表示を出すタイミング・消すタイミングなどを工夫する必要がある。

表1 ドライバーにとって最適なHMI

	従来のHMI	ドライバーにとって最適なHMI
表示対象	クルマがキャッチした周辺の危険すべて	ドライバーがいつも見落とす危険、気付いていない危険のみを選別
表示タイミング	TTCにより表示	ドライバーが疲れて反応が遅い場合は、早めに表示など
表示方法	GUIの工夫など	ドライバーの情報処理量に応じ、表示数、表現方法を変えるなど

2. ドライバーに最適なHMIを実現する技術

当面、クルマとドライバーは協力しながら安全運転を実行していく。ドライバーが従来以上にクルマを信頼するためには、クルマからの情報提示が進化する必要がある。「クルマからの一方的な情報提示」から「ドライバーの特性に合わせた情報提示」に進化するのである。実現のために必要な技術を紹介する。

レートディスプレイが必要となる。そのため、2022年までの市場規模は限られるが、付加価値の高いディスプレイ需要が発生することが期待される。

RSEは、主に高級セダンやミニバンなど一部の車両でオプション設定されている。2000年代半ばに長時間運転の機会が多い北米市場で人気を博したが、現在はスマートフォンやタブレットの普及により需要が停滞、年間150万台前後の出荷に留まっている。

2. 製品別市場動向

2.1 CID (Center Information Display)

本項では、車載ディスプレイの表示内容やサイズを搭載箇所別に解説する。CIDは、2DIN規格のカーナビゲーション(Audio Visual Navigation:AVN)とディスプレイオーディオだけでなく、ダッシュボード上に設置するインフォメーションディスプレイを含めている。また、図3の「Dual Display」のように、1台の自動車に対して上下に2つのCIDが搭載されるケースも存在する。

日本ではカーナビゲーションにオーディオ、モニターを一体化したAVNが普及しているが、欧米におけるカーナビゲーションは、ディスプレイオーディオと接続して使用することが前提となっており、オプション設定が中心となっている。ディスプレイオーディオは、オーディオ画面の表示だけでなく、リアカメラの映像を映すリアビューモニターや、Apple社・Car PlayやGoogle社・Android Autoなど、スマートフォン連携によるミラーリング機能など、表示用途の増加が進んでいる。

CIDの搭載箇所に関して、2010年頃までの車両はセンタースタックにDIN規格を採用する車両が一般的であった。DIN規格は、カーオーディオやカーナビを後付けすることを前提としていたため、画面サイズは8" Wまでと制約されていた。ただし、後付けの必要がないCIDの標準搭載が進んだことにより、DIN規格の採用を続ける必要性が薄れている。また、運転中の視点移動を少なくするため、搭載箇所をセンターコンソール中心部からダッシュボード上部に設置し、Instrument Clusterと横並びで表示させる構成が高級車を中心に広がりつつある。その結果、CIDの画面サイズは、7" Wや8" Wが中心サイズとして残るものの、10"以上のディスプレイが増加すると予測する。なお、ダッシュボード上に搭載するCIDは、フロントガラスの視界を確保させるため、8:3アスペクトの10.3" Wや12.3" Wなど車載用に専用設計されたワイドパネルの採用が進んでいる。

DINサイズに縛られない様々なデザイン CID が登場する中、センタースタックにポートレート型(縦型)のCIDを採用する自動車メーカーも増加している。特にセンタースタック全

第2章

ヘッドアップディスプレイ (HUD) の
開発動向と要素技術

見本

Zeeら⁴⁷⁾は、輻輳の応答を眼球の共役運動と共同運動に着目して計測評価している。結果は、眼球の共同運動が共役運動の立ち上がり特性に影響を与えることを示している。これは、図13の結果を支持している。

輻輳応答を計測すると共同運動がわずかに存在した方が、共同運動がない状況(俯角ゼロ)より素早く応答する。即ち、自動車用HUDの場合、必ずしも俯角ゼロに固執しない方がむしろ表示像を正しく認識する特性は良好であることを示唆していることになる。これは航空機用HUDと大いに異なる設計知見でもある。

3. 自動車におけるAR表示装置

VR(Virtual Reality)は、1989年米国VPL Researchが、「仮想環境ワークステーション」プロジェクトで使い出したといわれている⁴⁸⁾。VRから派生した技術にARといわれる技術領域がある。「拡張現実」とも呼ばれ、1990年頃にボーイングの技術者がこの名称を使用したといわれる。

VRが、いわば「虚の仮想空間に、現実の世界にある自己が入る」のに対して、ARは、「自己が存在する現実の空間に、虚の仮想物が入る」とも表現できる。観測者は付加された情報と、もともとの現実の情報を組み合わせることで認知することにより(場合によっては重畳させて認知)、より多くの情報を得ることができる。近年軍事探査、産業ロボット、パーソナル案内、ナビゲーション、制御インタフェース、運動競技判定、放送案内、医療手術補助、教育トレーニング、試着、整形美容、ゲームなど種々の応用が提案されている⁴⁹⁾。

自動車用HUDの進化形態として、外界視覚情報に、表示情報を完全に重畳する、いわば、三次元的に表示像を前景物体に完全に重畳するという技術は、AR⁶⁾の一つの応用形態を見ることができる。即ち、車外情報源こそ求める情報という流れに自動車用表示装置のAR表示への進化の流れが合流するよう見える。

航空機でのHUDの使用条件は、もともと照準合わせであったことを思えば、前景に表示像を重畳するのは当然であるし、現実の飛行条件でも悪天候下での離着陸時に表示されるガイドラインに沿って飛行をすれば安全な離着陸ができる表示(図14)など、前景に表示像が重畳されるという利点を巧みに生かしたシステムが中心である。しかしながら、自動車では、車速表示の例を見ても前景との関連は薄い。HUDの本来有している利点である表示像の重畳を生かした次世代の自動車用HUDにはまだいたっていない。自動車用HUDのAR表示へのもう一つの進化の流れがここにある。

3. 車載実装に向けた開発例

ホログラムタイプHUDは、残念ながら現時点で未だ商品化されたものは存在しない。これまでにカーメーカーで商品化されたコーティングミラーHUDでは、コンバイナーの位置は図15に示した下側のBゾーンが一般的である。BゾーンはJIS規格によって安全ガラスに対して規定されており、車種によって多少の違いはあるが、下側の領域はドライバーのアイポイントから5～10°の見下ろし角度に位置する⁷⁾。

これまでに、表示素子からの入射角45°、ドライバーアイポイントへの出射角が62°の光学配置でホログラム拡大倍率4倍のコンバイナー試作開発例がある。コンバイナーの反射スペクトルは図12右に示したもので、コンバイナーサイズ120 mm×100 mm程度で30°の取り付け角度で実装されるフロントガラスに封入したシステムである。表示サイズは横幅200 mm、縦50 mmで、90パーセントの全視域内で表示ボケおよび像歪が許容できるレベルの表示像が得られている。表示素子としては液晶と冷陰極管を用い、表示輝度およびコントラストは実用レベルであった。図16に示す仕様を満足するHUDシステムが得られている。表示輝度は4,000 cd/m²以上が求められており、これは春季の晴天時の雪道においても十分、表示が認識できる輝度を想定した値である。一方、郊外の夜間走行では、表示が眩し過ぎない程度に認識できる輝度として数十cd/m²に光源を絞る必要があり、HUDシステムとしてダイナミックレンジの広い輝度調整が求められている。

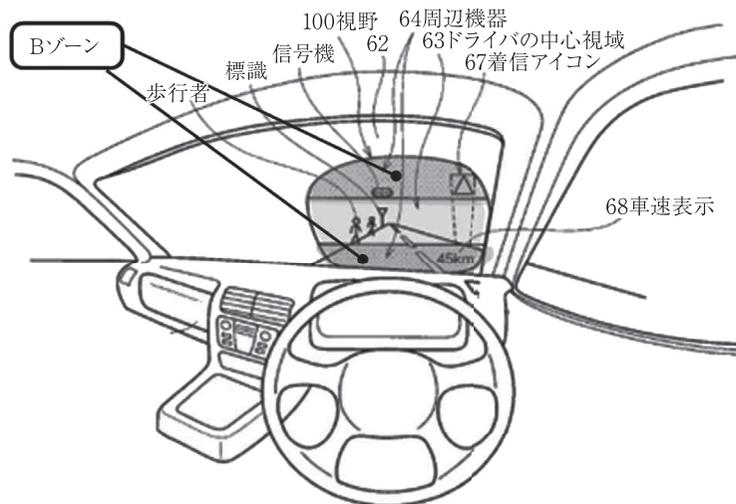


図15 フロントガラスにおいて規定される安全ガラスとしてのBゾーン

3. 車載への応用可能性

3.1 強誘電マイクロ液晶表示素子の応用可能性

前項で述べた強誘電マイクロ液晶表示素子の特徴を活かし、車載ディスプレイへの応用可能性として下記が挙げられる。

1. HUD(Head Up Display)
2. センターコンソールディスプレイ
3. ジェスチャー認識機能

強誘電マイクロ液晶表示素子が持つ高輝度・高コントラストを活かして、HUD用表示素子としての応用可能性がある。高速応答性と時分割方式を活かして波長選択反射表示を行うことにより、ホログラム表示素子への対応も可能である。直近ではホログラフィック光導波路技術開発が進んでおり、それらの技術と併せることで拡張現実・仮想現実技術を車載へ導入することが可能となる。さらに強誘電マイクロ液晶表示素子では小型・高精細への対応を行っており、車載に求められる小型化への対応も容易となる。

同様の応用展開として、センターコンソールディスプレイが挙げられる。強誘電マイクロ液晶表示素子が有する小型・高解像度・高輝度・高コントラストを活かし、例えばレーザー光源を用いた自由曲面への投影方式により、空間性・デザイン性を損ねることなく多種の表示機能への対応が可能となる。

また、強誘電マイクロ液晶表示素子が有する高応答性を活かし、例えば構造化照明等によりジェスチャー認識機能への応用が可能となる。強誘電マイクロ液晶表示素子の高応答性により単位時間あたりにより多くの情報表示(情報取得)が可能となり、より精度の高いジェスチャー認識が可能となる。安全性が求められる車載において、高分解能のジェスチャー認識は有効的である。ジェスチャー認識機能は単体ではなく、センターコンソールやHUDと組み合わせた応用展開への可能性もある。

3.2 強誘電高速シャッターの応用可能性

強誘電高速シャッターの応用可能性として、レーザー光源を用いた際のスペckルノイズ除去機能が挙げられる。図5で示すように高速で位相変調を行うことにより2種類のパターン表示を行い(パターンA及びパターンB)、結果としてスペckルノイズの見た目低減が可能である。また、図6に示すように強誘電液晶の高速応答性により単位印可電圧時間に対し、実際のシャッターON時間を長くすることが可能であり、より効率的に効果を得ることが可能である。本技術はレーザー光源を用いた表示システム(例えばHUD)に対して有効的な技術である。



図9 光シミュレーションソフト
Lumiceptの太陽光の設定画面

2.2 HUDの課題解決手法

HUDの課題の中で虚像位置、二重像、像の歪、偏光サングラスについて解決手法を説明する。

虚像位置は光線追跡法により、3次元CAD上に光線図を表示させた後、CADで使用できるスケッチに変換できる(図10)。光源位置や凹面鏡曲率などを変数として、所望の虚像位置に設計することが可能である。

ウインドシールドの表裏面多重反射による二重像は、ガラスの中間層にくさび形状のシートを挿入し、そのくさび角度を最適化することにより二重像を低減することが可能である(図11)。

また、コンバイナタイプのHUDでは、コンバイナの板厚を最適化することにより二重像を減らすことができる(図12)。コンバイナの表裏面に光学薄膜を設定して、反射率と透過率の調整で二重像対策もできる。

像の歪はストライプ状のテストパターンを光源としてシミュレーションを行うと、視覚的及び定量的に歪量を評価することができる(図13)。評価値を基に光学系の変数や、画像歪補正などの試行錯誤をシミュレーションで行うことにより開発期間を短縮できる。

光シミュレーションでは任意の環境光の下で、試作前のHUDの全体感を確認することができる。HUDの輝度と背景の輝度のバランス、両眼視差による左右二重像(図14左図)の影響

第3章



インストルメント・クラスター/CID用ディスプレイの
開発動向と要素技術



や、欧州におけるディスプレイオーディオの普及でCIDの搭載が増加しており、車載ディスプレイの需要は拡大している。また、メーターにおいてはADAS(Advanced Driver Assistance System: 先進運転支援システム)の普及で運転・車両情報の表示が求められ、ディスプレイの搭載が増加している。

現在の車載用ディスプレイでは、センターコンソールに搭載されている7～8インチのCIDが主流である。

表1に(株)ジャパンディスプレイ(JDI)の車載用TFT-LCDの製品例を示す。画面サイズは1.2～12.3型まであり、直視型以外にHUD用もある。いずれも表示モードはIPS(In-Plane Switching)である。

表1 (株)JDIの車載用TFT-LCD((株)JDIの資料)

画面サイズ	画素数(横×縦)	画面解像度	液晶モード	備考
対角31.2 cm(12.3型)	1,920×(RGB)×720	720 HD	IPS	カラー/24 bit ランドスケープ
対角26.0 cm(10.25型)	1,920×(RGB)×720	720 HD	IPS	カラー/24 bit ランドスケープ
対角20.3 cm(8.0型)	800×(RGB)×480	WVGA	IPS	カラー/24 bit ランドスケープ
対角17.8 cm(7.0型)	800×(RGB)×480	WVGA	IPS	カラー/24 bit ランドスケープ
対角10.7 cm(4.2型)	480×(RGB)×272	-	IPS	カラー/24 bit ランドスケープ
対角8.9 cm(3.5型)	240×(RGB)×320	QVGA	IPS	カラー/24 bit ポートレート
対角7.9 cm(3.1型)	800×(RGB)×480	WVGA	IPS	HUD用 w/o Backlight カラー/24 bit ランドスケープ
対角4.6 cm(1.8型)	480×(RGB)×240	-	IPS	HUD用 w/o Backlight カラー/18 bit ランドスケープ
対角3.0 cm(1.2型)	336×(RGB)×168	-	IPS	HUD用 w/o Backlight カラー/18 bit ランドスケープ

2. 要求仕様と開発動向

2016年SID Business ConferenceでアメリカGMから“New opportunities & challenges for novel automotive display technology”と題した講演があった。その中で、車載用ディスプレイへの要求事項として、民生用ディスプレイの技術動向を前提に次の点を指摘した。

- ①低温ポリシリコンLTPS TFTや酸化物半導体TFTによる曲面、異形状LCDおよびプラスチック基板OLEDへの挑戦。ただし車載用としての厳しい環境条件に耐えられること
- ②オートステレオスコピックディスプレイ、多層ディスプレイ

1. 光学系

さまざまな曲面のスクリーンに対して、自然かつ視認性が良好な映像表示を実現した光学系について説明する。図2にリアプロジェクション方式車載ディスプレイの光学系概略図を示す。構成は大きく分けて表示用光源であるLED光源、映像を構築するマイクロディスプレイ、マイクロディスプレイへ入射する光を適切に形成する照明光学系、映像をスクリーンへと投写する曲面可変光学系、外光を吸収し映像光を鑑賞者から視認しやすくするスクリーンからなる。

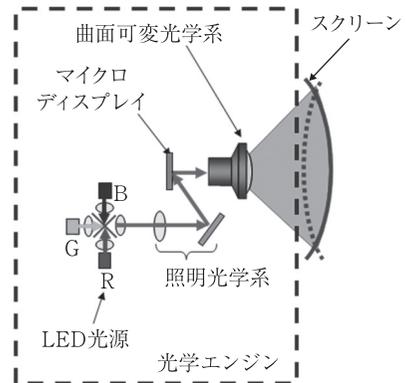
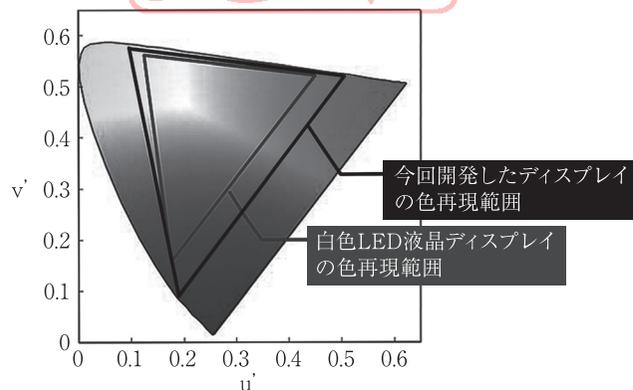


図2 光学系概略図

光源は、車載環境においても信頼性が高く、かつ低消費電力で高輝度・高色再現の映像を実現する3色(赤, 緑, 青)LEDを採用した。図3に示す色再現範囲の通り、白色LEDを用いた場合と比較して、3色LEDにより約1.5倍の色再現範囲を達成している。なお、マイクロディスプレイはDMD(Digital Micromirror Device ※米国Texas Instruments社)を採用した。



CIE(国際照明委員会)1976 UCS色度図

図3 本ディスプレイシステムにおける色再現範囲(カラーの図は巻頭ページに掲載)

図4を元に、曲面可変投写光学系について述べる。従来の投写光学系では、スクリーンの形状が曲面の場合に結像した映像がぼやけてしまっていた。しかし、本リアプロジェクションディスプレイの曲面可変光学系では、曲面のスクリーンに対して映像がぼやけることなく高解像度で投影できるだけでなく、スクリーンが凸面、凹面であっても同一の投写光学系で投影可

第5章

車載用タッチパネルディスプレイの
開発動向と要素技術

見本

2.2 低歪成形カバーパネル

曲面、異形といったデザイン性向上のために、カバーパネルの樹脂成形は、生産性、コストの面から有効なプロセス技術であるが、車載ディスプレイ用途では、前述した偏光サングラスの虹見えレスといった光学特性向上や、厳しい温湿度負荷がかかっても容易に変形しない特性が求められる。そこで、当社の開発事例では、図11に示すように、樹脂成形で一般的に用いられる射出成形プロセスに代えて、射出圧縮成形プロセスによるカバーパネル成形で樹脂の分子配向の均一性を高めて、レターデーション値を小さく、かつ面内ばらつきを抑える取り組みを行った。

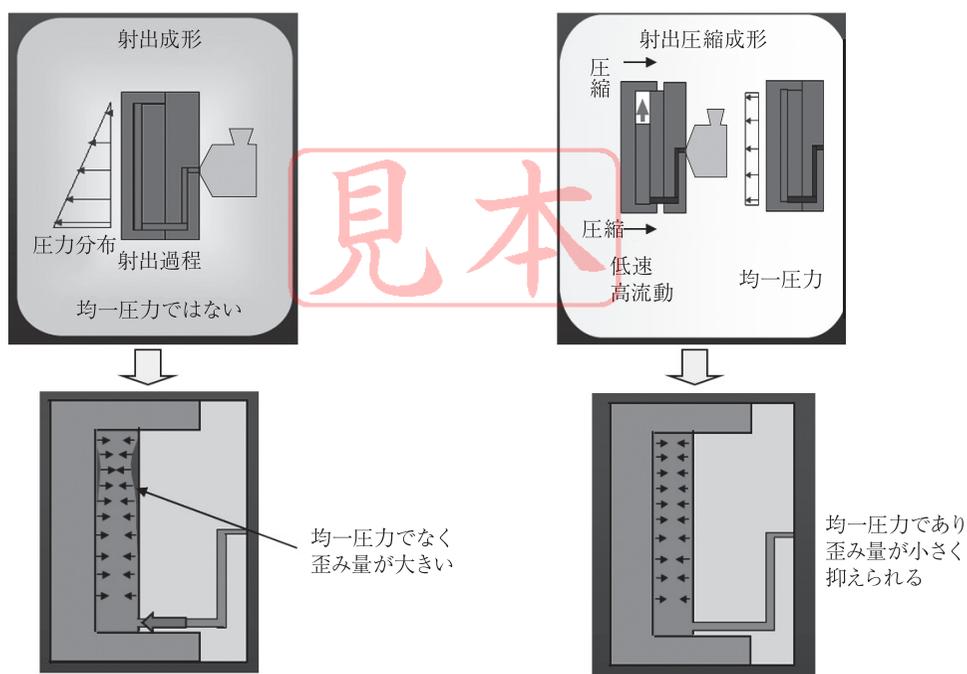


図11 射出圧縮成形の特長

射出圧縮成形プロセスは、①残留応力を均一にしやすい、②安定した成形条件の設定～低圧力条件で、流動末端の充填が可能、といった特長があるが、当社はさらに流動解析による金型設計と樹脂流動の面内ばらつきを最小限に抑える成形プロセス条件の最適化に取り組み、図12に示すように、偏光サングラス使用でも虹見えしない曲面樹脂カバーパネルを開発、量産化した(注：図12の偏光サングラスView画像で黒っぽく見えるのは、曲面形状による撮影上の影響が加味されており、実際に黒く見えている状態ではない)。

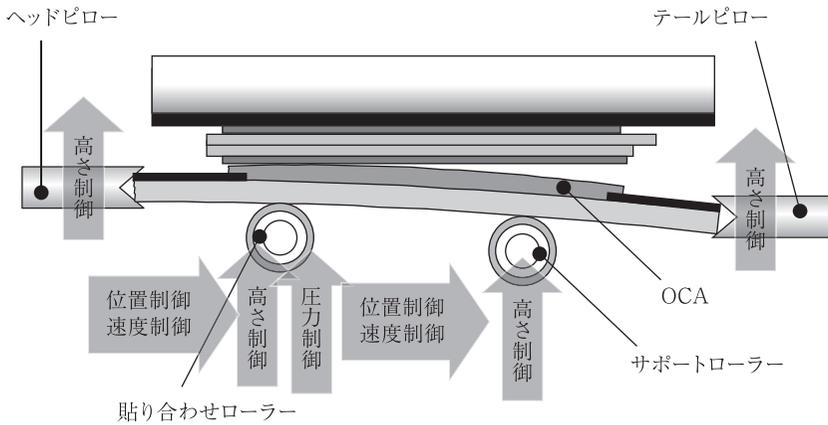


図2 2ndラミネーション



写真2 2ndラミネーション装置「GOS-15」

4. 曲面貼り合わせ技術

既存のローラー貼付方式では、貼り付け面が平面の場合は特に問題ないが、曲面のカバーパネルに対しては、吸着ステージが一定角度にしか傾斜しない構造であるため、貼付中にテーブルがカバーパネル端の湾曲部分や取付用ボス穴やリブなどに接触して貼り付けが行えない可能性が高い。そのためOCAを使用する新たな曲面貼り合わせ技術を生み出した。

4.1 曲面貼り合わせにOCAを使う理由

平面モデルは、OCA/OCRのどちらを使用しても貼り合わせ可能であるが、曲面モデルに

第6章

新しい操作インターフェース構築に向けた
要素技術

見本

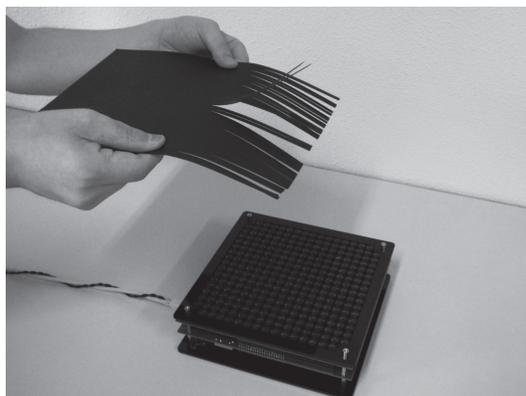


図2 空中超音波触覚ディスプレイ
超音波焦点により紙片の一部が押し上げられている。

車載分野においてもこの数年、手をかざして操作するカーナビ⁵⁾(2012年)や、ジェスチャ入力を搭載した自動車⁶⁾(2015年)が発売されるなど、空中入力が実際に取り入れられつつある。さらに次の段階として、超音波による触覚提示を導入するという発表が各社から相次いでいる。ここでは、各社からの発表を時系列順に並べて概観する。

筆者が知る限り、自動車関係のメーカーで超音波触覚を採用したのはドバイのスーパーカーメーカー W Motors 社が世界初である。英語のプレスリリース⁷⁾(2013年)から、そのことに言及した部分を引用する。

It also features a one of a kind holographic display with interactive motion and tactile interaction, an advanced ID4Motion dashboard and a uniquely developed reverse mechanical doors system.

「空中映像が表示され、空中ジェスチャ入力ができ、触覚を感じることができる」というにとどまっておらず、これだけではどのような原理で触覚が提示されるのか不明である。しかし空中映像システムの提供元である(株)アスカネットのウェブサイト⁸⁾に次のような記載があり、超音波触覚であることがわかる。

15 cm 角の AI プレートに超音波触覚を組み合わせたものも別途展示され、何も無い空中での接触感覚に驚きの声が上がっていた。

これを開発した東京大学の篠田・牧野研究室は、同システムについて学会発表も行っている⁹⁾。