

特集：新型マツダアクセラ

6

ヘッズアップコクピットの開発 Development of Heads-Up Cockpit

藤原 明広*1
Akihiro Fujiwara

古江 彩*2
Aya Furue

島田 高志*3
Takashi Shimada

松尾 純太郎*4
Juntaro Matsuo

石橋 基範*5
Motonori Ishibashi

大池 太郎*6
Taro Oike

要約

マツダは新型アクセラから新世代コネクティビティシステム「MAZDA CONNECT (マツダコネクト) *」を導入する。その際、情報が増えて快適・利便性が向上しながらも不注意運転のリスクが増加することに注目し、その対応が不可欠と考えた。そこでマツダは、ヒューマンマシンインタフェース(HMI)の再点検を実施し、走行安全最優先で開発した HMI を持つコクピットをヘッズアップコクピットと名付け、マツダコネクトはそれとセットでお客様に提供する。その取り組みは人間中心設計の考え方にに基づき、三つの不注意運転の要因ごとにそのリスクを最小限にするアプローチで、具体的には高い位置に配置した 7 インチディスプレイ、手元で操作するコマンドスイッチ、そしてマツダ新規開発のアクティブドライビングディスプレイを導入した。

* 「MAZDA CONNECT」は日本、アメリカ合衆国、カナダ、メキシコ市場での名称。その他市場に於ける名称は「MZD CONNECT」

Summary

Mazda is introducing a new generation connectivity system, "MAZDA CONNECT". While the system increases communications and improves comfort and convenience of the driver, it also increases the risk of driver's distractions. Accordingly, Mazda reviewed the Human Machine Interface (HMI) which was developed to facilitate driver's concentration on driving operations, and upgraded the function focusing on driving safety. Based on the "human centered design" concept, three major causes of negligent driving were analyzed and countermeasures were considered for each to minimize the distractions. Specifically, a higher-positioned 7 inch display, a commander switch operable without looking at, and Mazda's newly developed Active Driving Display were introduced to the cockpit, which was named "Heads-Up Cockpit". The MAZDA CONNECT and the Heads-Up Cockpit are bundled for sale for safety and enjoyable driving.

1. はじめに

スマートフォンの急速な普及と共に、家や会社の中だけでなく電車の中や外出先でも手軽にインターネットに接続し、さまざまな情報やアプリケーションを入手し生活の楽しみ方も多様化している。その中でも、ソーシャルネットワークワーキングサービス (SNS) と呼ばれるアプリケーションは、人と人とのつながりの形をこの 5 年で大きく変えてきている。自動車はある意味、閉ざされた空間であり、それは「プライベート空間」としての価値を

作ってきたという側面もある。しかし、普段の生活で歩きながらも常に、人とのコミュニケーションを取ることができる環境がある現代では、「クルマの中」でも同じ環境にすることは当然のニーズである。しかし、従来から携帯電話による会話、テレビの視聴などの行為は、道路交通法での規制や、自動車会社としてのガイドラインで規制してきたように、運転中の「運転以外の行為」は不注意運転を促す結果となり、事故の原因となり得る。自動車の装置として組み込まれるもので、その行為に制

*1, 2, 6 電子開発部
Electrical & Electronics Development Dept.

*3~5 車両実研部
Vehicle Testing & Research Dept.

限を加えることは容易にできるが、そうするとドライバーは、例えば自分のスマートフォンを片手で持ち、画面を見ながら操作する欲求を押さえながら走ることになり、その操作に及んでしまった際には事故という最悪の結果を招きかねない。本当にお客様のことを考えるならば、安全に操作できる環境を提供すべきと考え、マツダコネクットの導入に合わせてあらためて HMI の再点検を行った。

2. HMI の再点検

これまででもマツダでは「運転に集中できる HMI」を開発してきた。ディスプレイの配置やメータの視認性など、経験を踏まえながら、ある基準を設けてデバイスの配置、設計をするスタイルであったが、今回の新型アクセラでこの HMI を再点検する上では、もう一度人間にとって理想のインタフェースはどうあるべきかを考えた。つまり人間が不注意状態に陥るとはどのようなシーンの時で、そのシーンにおける不安全リスクを最小限にするためには、どのような設計制御因子があるのかを整理することから始めた。

ドライバーの注意が散漫になり、本来向けなければならない“運転への注意”が疎かになることを、英語ではドライバーディストラクションと呼ぶ。米国の運輸省道路交通安全局 (NHTSA) は、このドライバーディストラクションを深刻な問題ととらえ、2013 年 4 月にガイドラインを発行した⁽¹⁾。そこにも記載があるが、運転中には次の三つのディストラクションがある。

(1) コグニティブディストラクション

前方道路から“心”が離れる際の不注意状態

(2) ビジュアルディストラクション

前方道路から“目”が離れる際の不注意状態

(3) マニュアルディストラクション

ステアリングから“手”が離れる際の不注意状態

以下に、それぞれのディストラクションを最小限にする考え方と設計制御因子について述べる。

2.1 コグニティブディストラクションの最小化

「意識のわき見」とも表現できるこのディストラクションは、運転中に運転以外の操作をしようとする際に、どこを見ればよいか、またどのような操作をするか、といった“迷い”が生じることである。これを最小限にするための制御因子は、「情報の配置」と「使い方」であり、それぞれ次のように考え方を決めた。

(1) 情報を明確にゾーン配置する

走行中に運転以外のことに意識が向く時間を最小限にするためには、必要な情報を得れば素早くまた運転に意識が戻る、また不必要なものに意識を奪われないようにするために、Fig. 1 に示すように明確にしかもシンプルにゾーンを分けて配置する。

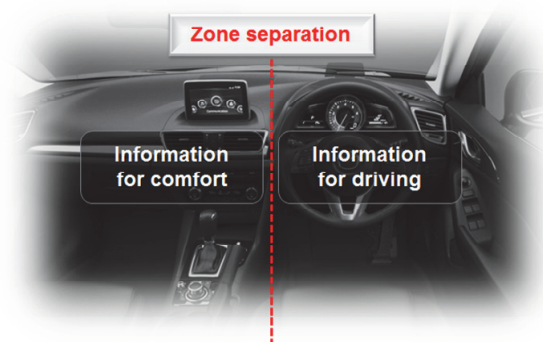


Fig. 1 Zone Location of Information

(2) 分かりやすい使い方

自動車に限らず、日常使う家電製品においても分かりやすい使い方 (ユーザビリティ) になっていることは重要である。新型アクセラにおいて、センタディスプレイで表示し、後に説明するコマンドスイッチで操作する方法については、このユーザビリティの基本に立ち返って構築した。それは、次に示す ISO9241 で定義される指標や原則に基づいて開発を行った。

- ・有効さ：特定の目標を達成する上での正確さ、完全さ
 - ・効率：目標を達成する際に費やした資源
 - ・満足度：不快がない、及び製品への肯定的な態度
- これらの指標で優れたユーザビリティを構築する上でのガイドラインとしては ISO9241-110 を参考にした。
- ・タスクへの適合性：効果的、効率的な操作を助けること

- ・自己記述性：適切なフィードバックで状態がわかる
- ・可制御性：ユーザが操作の主導権を持つ
- ・利用者期待への合致：メンタルモデルに合致する
- ・誤りに対しての許容度：ミスを容易に修正できる
- ・個別化への適合性：ユーザがカスタマイズできる
- ・学習への適合性：使い方を学習することを支援する

2.2 ビジュアルディストラクションの最小化

前方道路からコックピット内の表示に目を移す際のいわゆる「わき見」で前述の「意識のわき見」と区別するならば「見るわき見」と表現することになる。これを最小限に留めるためには“わき見時間”を最小化することである。わき見時間は、次の三つの段階に分かれる。

- (1) 前方道路から視線を移動する
- (2) 遠方から近方へ焦点を調節する
- (3) 表示内容を判読する

それぞれの時間を最小限にする考え方を以下に示す。

(1) 視線移動時間

運転中に前方道路を見ている状態から、車内のディスプレイなどの表示に目を移す際に、視線移動距離が長ければ長いほど時間はかかる。マツダではその程度を実際に測定して以下の関係を導き出した。

視線移動時間 $t = a\theta_h^2 + b\theta_v^2 + c$

θ_h : 水平視野角, θ_v : 垂直視野角

$a=3.49 \times 10^{-5}$, $b=4.06 \times 10^{-5}$, $c=Const.$

つまり、視線移動時間は視野角の二乗に比例して大きくなるという関係があるということがわかった。また、 $a < b$ ということから垂直視野角の影響が大きく、今回の新型アクセラではセンタディスプレイの配置を可能な限り上方に配置し、垂直視野角 $\theta_v = 15^\circ$ とした (Fig. 2)。

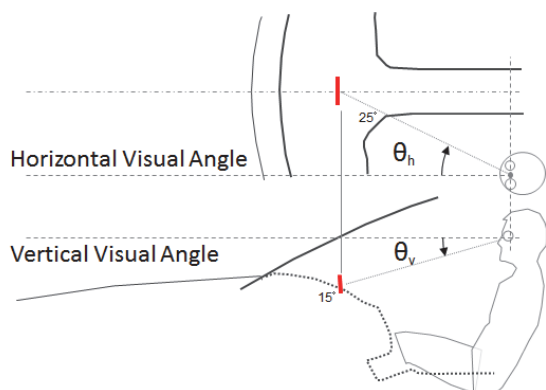


Fig. 2 Sight Line Movement Time

(2) 焦点調節時間

通常、クルマを運転している際には約 20m 先を見ているが、そこから車室内に目を移す際には 1m 以内の箇所にも目の焦点を合わせることになる。人によってその程度は変わるが、この焦点を調節する時間は 0.7m 付近以下にまで焦点を合わせる時間は極端に長くなる傾向にある。つまりそれ以上遠方に表示を配置する必要があり、一般的な乗用車での室内という条件下では、目から約 1m の位置に配置することが理想となる。条件をつけなければ、さらに遠い位置が良いのだがその距離は 2m 前後から時間の差に変化がなくなるといわれている。したがって遠方に虚像表示を作るヘッドアップディスプレイは 2m 付近に設定することが一般的となっている。

今回の新型アクセラでは、前述の視線移動時間とこの焦点調節時間の効果が大きい虚像表示を走行系の表示に適用するため、新規にアクティブドライビングディスプレイを開発した (Fig. 3)。詳細は、「[アクティブドライビングディスプレイの開発](#)」を参照。

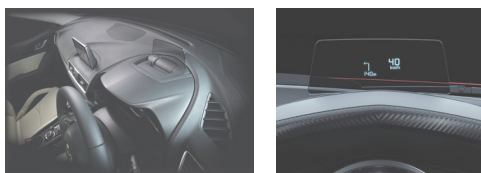


Fig. 3 Active Driving Display

(3) 表示判読時間

表示物を見てから、その内容を読み取る時間を最小にするには、まず「読みやすい文字」にすることである。表示の内容を読み取り、ドライバーが操作のアクションを

取る際に時間がかかるリスクがあるものは、複数ある項目が並んでいて、その中からねらいの項目を選択し、決定するという作業となる。いわゆるリスト操作と呼んでいるものになるが、そのリストに記載する文字の「大きさ」から考察する。

一般的にディスプレイに表示する文字の大きさは、視角 20~22 分とされている⁽²⁾。しかし、走行中にわき見をして素早く読み取る必要がある文字の大きさはそれより大きくすべきと考え、マツダでは 24 分と定義した。今回の新型アクセラでのセンタディスプレイは視距離 750mm の位置に配置しているため、視角 24 分の文字の大きさは 5.3mm となる。次に、上下に項目を並べたリストについて、判別しやすい行間スペースについて考える。一般的に文章を読む際には、文字高さの 0.7 倍が適切とされている。これも、走行中に素早く判別することを考慮して、1.2 倍と定義した。そしてリストに並べる選択候補の数は、人間が一度に把握できる数として、心理学的にマジカルナンバー 7 ± 2 というものがあり、それを適用する。

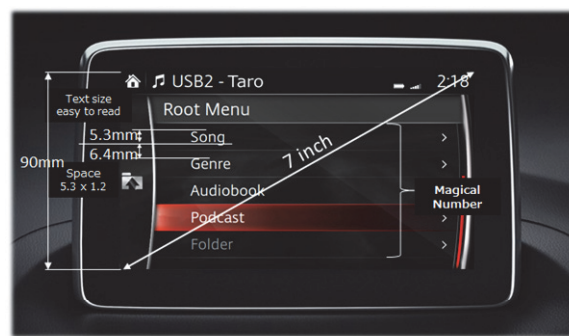


Fig. 4 Size of Display

以上の各数字を用いて、センタディスプレイのサイズを計算すると、Fig. 4 に示すように高さが約 90mm となり、それは 7 インチサイズとなる。つまり、視距離 750mm の位置でビジュアルディストラクションを最小限にするサイズが 7 インチであり、仮に 850mm の位置に置く場合は 8 インチが必要ということになる。今回の新型アクセラでは 7 インチワイド VGA のディスプレイを採用した。

実際の画面表示設計においては、都度変化し読み取る必要があるものを 24 分とし、その他はシンボリックに認識できればいいものは少し小さめとするなど、情報種類によってランク付けをして文字の大きさを定義した。

2.3 マニュアルディストラクションの最小化

走行中にステアリングから手を離して、運転以外の操作をするシーンにおけるディストラクションを最小にする要件として、三つ挙げる。

- (1) 安定した姿勢で楽に操作
- (2) 操作部を見ずに操作
- (3) 間違えずに確実に操作

センタディスプレイの表示内容を操作するシーンにおいて、これらの要件を満足するデバイスは、コマンドスイッチであると判断した。以下にタッチパネル操作との比較をしながら、その優位性を示す。

(1) 安定した姿勢で楽に操作できること

ステアリングから手を離す際に、姿勢が崩れるとそれはステアリングの振れに表れる。肩が浮いて上体がぶれるとその影響が大きくなるし、不安定状態での操作は筋肉への負荷が増える。したがって、ステアリングから手を離してから操作デバイスまでの手の動きが、肩を中心に自然に移動できる位置であること、つまり腕の動線上にあることが必要となる。また、ON/OFF 操作ではなく、階層操作で操作完了まで時間を要するものについては、操作中の筋肉の負荷を最小限にするためには、腕を保持する構造が不可欠である。今回の新型アクセラでは、自然に手が置けるようにシフトの後ろのセンタコンソール部にコマンドを配置し、かつアームレストで腕を保持して操作できるようにしている (Fig. 5)。

タッチパネル操作の場合は、手をディスプレイまで持ち上げながらの操作、そして腕に保持がない状態で続ける操作のため、筋肉への負荷が大きくなる。



Fig. 5 Commander Location

(2) 操作部を見ずに操作できること

通常の生活の中で、操作部を見ずにコントロールするものの例として、パソコンのマウス、ラジコンやゲームのコントローラがある。いずれも、使い方がシンプルで形状は手指で操作しやすい工夫が施されている。コマンドについても同様なことを考慮して設計しなければ、前述の「意識のわき見」「見るわき見」を誘発しかねないので、新型アクセラではシンプルにすることに注力した。具体的には、メインダイヤル周辺にマジカルナンバを考慮し五つのボタンを配置、その中では中央に少し高さを上げたホームボタン、親指にバック (戻る) ボタンという工夫を入れている (Fig. 6)。

タッチパネル操作の場合、表示部に存在する操作ボタンを見て、しかも自分の指先を確認しながらねらいを定める行為となるため、コマンド操作と比べると「見るわ

き見」の時間は増えがちになる。



Fig. 6 Commander Switch

(3) 間違えずに確実に操作できること

これは、コグニティブディストラクションの説明にて述べた、わかりやすい使い方の一部でもある。つまり、確実な操作フィードバックで自分の操作している箇所を正確に把握し、ミスを防げるようになっていなければならない。コマンドスイッチは、メカニカルな節度感を持たせ、触感でのフィードバックを返すと同時に、センタディスプレイでのグラフィックは、回転操作に応じて動いて直感的に理解できるものとすることで、迷わず確実に操作ができる。もし間違えても、親指ですぐバックボタンを押せる。

タッチパネルの場合、位置が都度変わるグラフィックで表示されるボタンをねらって、指で押すという操作になるので、車両振動などによる押し間違いの頻度は高くなる。最近ではタッチパネルに振動フィードバック機能を持たせるものもあるが、押すまでの過程においては指先を見て確認するしかない。間違えた際には、また別のバックボタンにねらいを定めて押す必要がある。

3. 効果の検証

不注意状態を三つの要素に分解し、それぞれのリスクを最小限にするアプローチで設計した結果を、実際の運転状態で検証する方法は以下の方法を用いた。迷いが少ないことは、ある決まった操作を一定時間内に完了することができるかという操作タスクの完了度、実際の見るとわき見は、わき見時間、コマンドを操作している時のステアリング振れ量を実車で検証した。

それぞれの結果を次に示す。

(1) 操作タスクの完了度

一般ユーザの利用頻度が高い機能や操作を整理して、14 の操作タスクを設定した。そして、アクセラを含む各車両で一般ユーザにそれらのタスクを行ってもらい、完了できたタスク数の割合を算出した。アクセラは全て完了したが、他車は完了できないものがあつた (Fig. 7)。

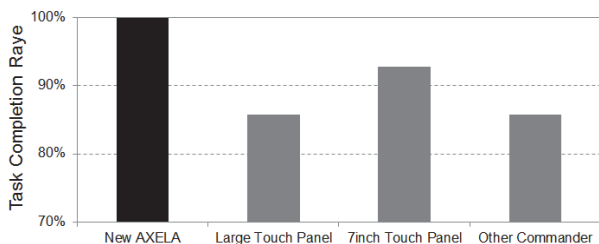


Fig. 7 Task Completion Rate

(2) わき見時間

一般的に一回のわき見時間は約 1~2 秒間といわれるが、もちろん操作内容、走行環境や速度によって変化する。ここでは、走行環境や速度を合わせて操作内容の違いによるわき見時間の差を検証した。新型アクセラでは、操作内容が変わってもほぼ 1 秒で安定したわき見時間となっているが、特にタッチパネルの他車は操作によってわき見時間が増える場合がある。アクセラは一貫性のある操作ができているといえる (Fig. 8)。

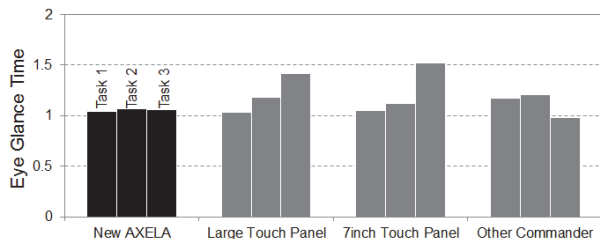


Fig. 8 Eye Glance Time

(3) ステアリングの振れ

ステアリングから片手を離して操作する場合、もう一方の手でしっかりコントロールしているつもりでも、実際には両手で握っているよりも振れは大きくなっている。車両の特性により振れ量は異なるので、両手でステアリングを握って運転する場合の振れ (操舵角の躍度) (3) に対する比率で比較検証した。タッチパネルの他車は 1.5 倍以上振れが出てしまっているが、新型アクセラでは影響は少ない (Fig. 9)。

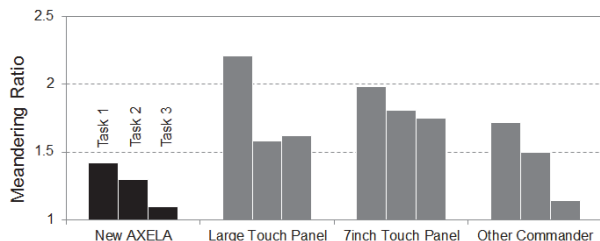


Fig. 9 Steering Meandering

4. おわりに

人間中心に考えた安全な HMI を持つヘッズアップコックピットは、これまでも運転に集中できる HMI として開発してきたものの進化版である。今後は新型アクセラだけではなく、全ての車種にこのコンセプトは適用していく。

また次世代に向けて、表示系については遠方上方配置の進化、そして操作系については高機能でありながらシンプルなものへと進化させることで、より安心感が持てるコックピットを実現させる。また、マツダとしては人馬一体というキーワードで人とクルマの関係を築く開発を行っているが、その中で HMI は重要な役割を持っている。これまで人間工学的な観点で開発を進めてきたが、これに感性工学的な観点も加えて、魅力的なコックピット創りを続けていく所存である。

自動車の HMI を設計するにあたり、安全かそうでないかの線引きはできない。常にもっと見やすく、分かりやすくするにはどうすれば良いかを考えて設計に反映していくべきであり、決して妥協してはいけないと考えている。この安全な HMI を作ることはドライバのためだけではなく、その車の周辺にいる歩行者の安全を守ることにもなる。ディストラクションのリスクを最小限にするコックピット創りで、よりよいクルマ社会を実現できれば幸いである。

参考文献

- (1) NHTSA : Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines For In-Vehicle Electronic Devices (2013)
- (2) ISO 9241 : Ergonomics of human-system interaction Part 303 : Requirements for electronic visual displays (2011)
- (3) 太田浩司ほか：脇見時間と操舵角情報による車載情報機器操作性の評価，自動車技術会学術講演会前刷集 No.100-11, pp.19-22 (2011)

■ 著 者 ■



藤原 明広



古江 彩



島田 高志



松尾 純太郎



石橋 基範



大池 太郎