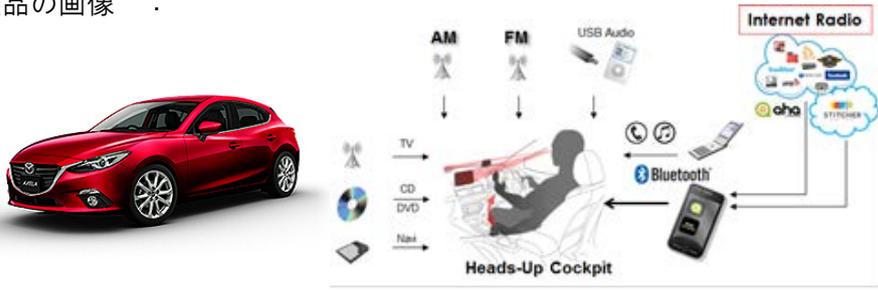


人間生活工学製品機能認証 製品機能説明書

■ フェースシート

申請年月日	2013年12月27日
申請者	会社名：マツダ株式会社
	代表者：代表取締役 社長兼CEO 小飼 雅道
	本社所在地：広島県安芸郡府中町新地3番1号
	業態：乗用車・トラックの製造、販売など
	資本金：2,589億5,709万6,762円
	従業員数：単体男性：19,882名 女性：1,804名 合計：21,686名（出向者を含む）連結合計：37,617名
認証を申請する製品の範囲	マツダアクセラ (機種名：15C、15S、20S、20S Touring、20S Touring L Package、XD、HYBRID-C、HYBRID-S、HYBRID-S L Package)
	製品概要：人間中心設計の考え方に基づき、走行安全最優先で開発したヒューマンマシンインタフェース（HMI）を持つコクピット（ヘッズアップコクピット）を採用しています。
	発売年月日（または発売予定年月日）：2013年11月21日以降、順次導入
	入手方法：マツダグループ販売店など自動車販売会社
	他の受賞歴：特になし
	製品の画像： 

1. カスタマーコミュニケーション

1. 1 人間生活工学的機能の概要と記述・表示（ディスクリプション）

ディスクリプション	上段：人間生活工学的機能の名称
	下段：人間生活工学的機能の概要
運転中に扱う情報を「走行情報」とそれ以外の「快適・利便	[1] 運転に集中できる「ヘッズアップコクピット」コンセプトに基づく新世代HMI 人間中心設計の考え方に基づき、不注意運転における3つの要因ごと

<p>情報」に明確に分けることで、確認時の迷いを少なくしています。</p>	<p>にそのリスクを最小限にするアプローチでコックピットHMIを開発しました。ひとつは、ディスプレイに表示された情報を確認する際に道路から視線が外れる「見るわき見」による不注意運転リスク。2つ目は、前方を見つつもスイッチの位置を探るなど運転操作以外に意識を取られる「意識のわき見」による不注意運転リスク。そして、スイッチを押すためなどに正しい運転姿勢を崩してしまう「操作」による不注意運転リスクです。これらのリスクを最小化するため走行情報と快適便利情報の配置を明確に分けた上で、基本アイテムとして①7インチセンターディスプレイ、②コマンダーコントロール、③アクティブ・ドライビング・ディスプレイを採用しています。</p> 
<p>視線を下方に大きく動かすことなく情報を確認できます。</p>	<p>[2] 判読しやすく視線移動が少ない7インチセンターディスプレイ</p> <p>ドライバーの見下ろし角を最小限にする位置にディスプレイを配置することで視線移動時間を少なくしています。また、人間工学的に視距離に応じた読みやすい文字の大きさ、判読しやすい行数、行間寸法から計算されるディスプレイの大きさとして7インチサイズを選定しています。</p>  <p>[標準装備：15S、20S Touring、20S Touring L Package、XD、HYBRID-S、HYBRID-S L Package] [オプション装備：15C]</p>
<p>腕を自然に下した位置に設置し、手元を見ずに操作できます。</p>	<p>[3] ブラインド操作を実現するコマンダーコントロール</p> <p>安定した姿勢で操作できるよう、ステアリングから左手を自然に下ろした位置に設置しています。中央のロータリースwitchの周囲には、ホーム画面やオーディオ、ナビゲーションなど、よく使う項目に直接アクセスできるswitchを配置。さらにはそのswitchレイアウトは、コマンダーコントロールに手を添えたときの指の位置がそのままswitchの位置となるようにしています。これにより、手元を見ることなく操作ができます。</p> <p>[標準装備：15S、20S Touring、20S Touring L Package、XD、HYBRID-S、HYBRID-S L Package]</p>

	<p>[オプション装備：15C]</p>	
<p>視線の移動と眼の焦点調整が最小限で済みます。</p>	<p>[4] 視線移動を最小限にするアクティブドライビングディスプレイ 刻一刻と変化する運転に必要な情報を視線移動時間、焦点調整時間が最小限で視認できるように有効視野内に、そして遠方に虚像で表示できるようにしています。 表示コンテンツとサイズ、表示色と輝度を最適設計し、ドライバに違和感なく情報伝達できるようにしています。</p>	
<p>[標準装備：20S Touring、20S Touring L Package、XD、HYBRID-S、HYBRID-S L Package]</p>		

・以降は、1. に記載された人間生活工学的機能に関連する記述箇所に下線を引き、該当する機能の番号を明記しています。

1. 2 ユーザーレビュー

ロングテストドライブモニターというしくみで、モニター車を順次、お客様に貸し出して、アンケート収集している。この結果から、HMI上の見易さ、操作しやすさにおける効果の検証と改善点を抽出し、今後のさらなる改善の参考にしていく。

2. 製品開発プロセス

2. 1 要求仕様の策定（製品コンセプト策定）

<p>製品全体のコンセプト（想定ユーザを含む）とその中での人間生活工学的機能の位置づけ</p>	<p>新型アクセラ以降の新型車のコンセプトは、一瞬で見る人を魅了するデザインと、乗れば乗るほど馴染んでくる人馬一体の運動性能、考え造り込まれたHMI（Human Machine Interface）／パッケージングや高い品質、優れた環境・安全性能の実現です。お客様のライフスタイルの中で欠かすことのできない存在、相棒となる製品です。 運転に集中できるHMIとしてヘッズアップコクピットは位置づけられます。</p>
-------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

理由・背景	<p>スマートホンの急速な普及など、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ニーズがあります。</p> <p>ニーズに応え、運転中に安全に操作できる環境を提供すべきと考え、「運転に集中できるHMI」を開発しました。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、人間が不注意状態に陥るとはどのようなシーンで、そのシーンで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し開発しました。</p>
-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. 2 設計

2. 2. 1 概要

要求仕様（製品コンセプト）	設計仕様
<p>ドライバ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、英語ではドライバディストラクションと呼びます。運転中には次の三つのディストラクションがあります。</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>それぞれのディストラクションを最小限にすることをコンセプトとし、その設計制御因子を見出して設計しました。</p>	<p>(1) <u>コグニティブディストラクション</u></p> <p>1) <u>情報を明確にゾーン配置する</u> 必要な情報を素早く得、不必要な情報に意識を奪われないようにするために、<u>明確にシンプルにゾーンを分けて配置しました[1]</u>。</p> <p>2) <u>分かりやすい使い方</u> ユーザビリティの基本に立ち返りデバイスの操作方法を構築しました。それは、次に示すISO9241 で定義される指標や原則を参考にし、<u>独自に3因子が同時に成り立つ最適値を設定しました[1]</u>。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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：不快さが無い、及び製品への肯定的な態度 <p>(2) <u>ビジュアルディストラクション</u></p> <p>1) <u>視線移動時間</u> 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視線移動時間を実際に測定して制御因子を導き出しました。視線移動時間は垂直視野角の影響が大きく、そのため<u>センタディスプレイの配置を可能な限り上方に配置しました[2]</u>。</p> <p>2) <u>焦点調節時間</u> 通常、クルマを運転している際には約20m 先を</p>

見ていますが、そこから車室内の必要情報に目を移すには0.数mの箇所に目の焦点を合わせるため焦点調節時間が長くなる傾向にあります。時間を短くするには1~2mが理想であり、新型アクセラでは、1.5m先に虚像を表示するアクティブドライビングディスプレイを採用しました[4]。

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ため、センタディスプレイの文字の大きさ(24分)、行間スペース(文字高さの1.2倍)、選択肢数(7±2)、ディスプレイサイズ(7インチ)を決定しました[2]。

(3) マニュアルディストラクション

センタディスプレイの表示内容进行操作するシーンにおいて、マニュアルディストラクションを最小にする要件を満足するデバイスとして、コマンドコントロールを採用しました。

1) 安定した姿勢で楽に操作できる

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から、腕の動線上にあることが必要となります。また、時間を要する操作は、筋肉の負荷を最小限にするため、腕を保持する構造が不可欠です。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ました[3]。

2) 操作部を見ずに操作できる

操作部を見ずにコントロールするために、使い方がシンプルで形状は手指で操作しやすい工夫を施しました[3]。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しました[3]。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ます。

3) 間違えずに確実に操作できる

確実な操作フィードバックで自分の操作してい

	<p>る箇所を正確に把握し、ミスを防げるようにしました。コマンドコントロールは、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、<u>回転操作に応じて動いて直感的に理解できるもの</u>とすることで、<u>迷わず確実に操作ができるように</u>しました[3]。もし間違えても、<u>親指ですぐバックボタンを押せるように</u>しています[3]。</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. 2. 2 設計の根拠

①要求仕様（製品コンセプト）から設計仕様を導いた根拠

<人間生活工学調査・実験・データ活用の場合>

<p>・結果（文献等）</p>	<p>以下文献を参考に設計仕様を検討しました。</p> <ul style="list-style-type: none"> -NHTSA： Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines For In-Vehicle Electronic Devices(2013) -ISO9241： Ergonomics of human-system interaction Part 303: Requirements for electronic visual displays(2011) -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) -警察庁交通局：平成24年中の交通事故の発生状況(2013)
-----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

②要求仕様（製品コンセプト）から設計仕様を導いた根拠

<その他の場合>

(1) コグニティブディストラクション

1) 情報を明確にゾーン配置する

それぞれの表示情報や操作デバイスについて、ドライバにとっての重要度（危険度・緊急度）と使用頻度の評価結果に基づき、基本的な配置ゾーンを分けました[1]。これにより、重要かつ使用頻度が高い表示情報・デバイスの使いやすさを高めました。

2) 分かりやすい使い方

デザイン、画面遷移、操作デバイス（コマンド等）連携について、ソフトウェア開発の初期段階で設計者・実験評価者共同でGUIシミュレータを用いた評価を随時実施し、仕様書段階でユーザビリティの改善を進めました[1]。

- ・有効さ／満足度：Noviceパネラーを対象に、特定タスクについて目標への操作到達プロセス、誤操作パターン、主観的な分かりやすさ等の評価を実施。
- ・効率：コマンド操作とフォーカスの動きの連携の直感的な分かりやすさを実現するため、Warrickの法則の成立性等を実験で確認し、GUIデザインに反映。

(2) ビジュアルディストラクション

1) 視線移動時間

郊外および高速道路運転中、インパネ各所を視認して表示を読み取らせる実車実験を実施し、重回帰分析により、視線移動時間と垂直／水平視野角との関係式を導きました。

$$\text{視線移動時間} = 3.49 \times 10^{-5} \theta_h^2 + 4.06 \times 10^{-5} \theta_v^2 + \text{Const.}$$

これより視線移動時間は垂直視野角の影響が大きいことが分かり、視線移動時間の削減効率を高めるためにセンタディスプレイの配置を可能な限り上方 ($\theta_v=15(\text{deg})$) に配置しました[2]。

2) 焦点調節時間

運転中、遠視点から近視点に視線を移動させるときに焦点調節時間が必要で、近視点が近いほど長くなります。先行研究の知見より、20m先からの視線移動時の焦点調節時間は近視点2m付近で変曲点があり、それより遠くてもほぼ一定です。設計上の諸条件との両立を考えて、ヘッドアップ・ディスプレイの虚像結像の視距離を1.5mとしました[4]。これにより、走行安全にとって重要な時々刻々と変化する情報（ゾーン配置の考え方から導出）の視認負荷を低減しました。

3) 表示判読時間

①ISO9241-303によるとディスプレイに表示する文字高さは視角20～22分が推奨ですが、基本的な文字高さをそれより大きい24分とし、走行中に素早く読み取りできるようにしました[2]。

②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（文章を読む場合）は文字高さの0.7倍が適切とされます。同様に走行中に素早く判別できるようにするため1.2倍としました[2]。

③リストに並べる選択候補の数は、短期記憶容量に関する「マジカルナンバー」7±2の知見（例えばMiller, 1956）を活用し、人間が一度に把握できるリスト数としました[3]。

④文字高さ、行間、リスト選択枝数、視距離（750mm）といった数値に基づくとディスプレイの高さは約90mmと計算でき、7インチサイズに相当します。新型アクセラでは7インチワイドVGAのディスプレイとしました[2]。



(3) マニュアルディストラクション

1) 安定した姿勢で楽に操作できる

①ステアリング～操作デバイスの手の動きが、肩を中心に自然に移動できます[3]。

②コマンド操作は、筋肉の負荷を最小限にするため腕を保持する構造となっています[3]。



2) 操作部を見ずに操作できる

メインダイヤル周辺に5つのボタンを配置しました[3]。

3) 間違えずに確実に操作できる

(1)-2)で述べたように、Warrickの法則等を実験で確認した上で回転操作の方向を決定しました。これにより、回転方向を間違えにくい直感的な操作を実現しました[3]。

(Note) 詳細は以下参照

-マツダ技報 No.31 (2013) 「ヘッズアップコックピットの開発」および「アクティブドライビングディスプレイの開発」

2. 3 確認評価

1. 目的

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、実車を用いた実験（走行状態／停車状態）で評価・検証しました。なお、本研究は弊社・研究倫理審査委員会で実施承認を得たものです。

2. 方法

- (1) 実験参加者： 車載Infotainmentシステムを熟知したExpert 3名、精通しないNovice 5名
- (2) 走行条件： フリーウェイで周囲の交通の流れに乗った自由走行。
- (3) テスト車両： 新型アクセラ、大型タッチパネル搭載車、7インチタッチパネル搭載車、コマнда搭載した他車。
- (4) 操作タスク： ガソリンスタンド検索&経路地設定、指定アーティストの音楽の再生、電話の発信等、14の操作タスクを課しました。タスクは、一般ユーザの利用頻度が高い機能や操作を整理した「ユーザ利用状況の把握」に基づきます。
- (5) 評価指標

前述の操作タスクを用いて、新型アクセラと他のテスト車両（異なるインターフェースを搭載）を比較しました。

・コグニティブディストラクション：タスク達成度（Novice）

新型アクセラのGUI-操作系で、初見でも迷うことなく所定のタスクを完了できる（達成度が100%に近い）ことを検証しました。

・ビジュアルディストラクション：タスク中の1回あたりのわき見時間（Expert）

タスク遂行時にセンターディスプレイを見るわき見時間（すなわち、視線移動時間と表示判読時間の和）が短縮化されることを検証しました。

・マニュアルディストラクション：ステアリング操舵の振れ量（操舵角の躍度）（Expert）

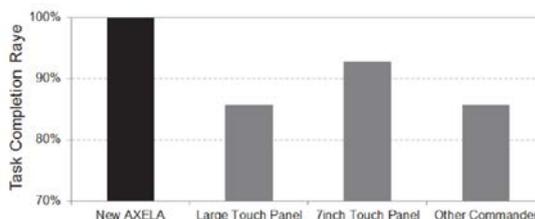
ステアリングから片手を離して操作する場合、もう一方の手でコントロールしているつもりでも実際には両手で握っているよりも振れは大きくなっています。車両の特性により振れ量は異なるので、両手でステアリングを握って運転するときを基準にして比率を計算しました。操作タスク時でも、操作タスクがないとき（すなわち両手での保舵）と同等の振れ量であればタスク影響が小さいと考えられます。タスク時と、タ

スクなしの比率が、他車両と比べて1に近いことを検証しました。

3. 結果

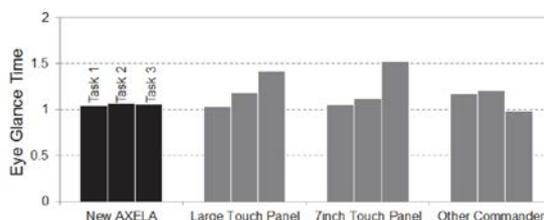
(1) タスク達成度

完了できたタスク数の割合を算出。アクセラは全て完了できましたが、他車は完了できない場合があります。



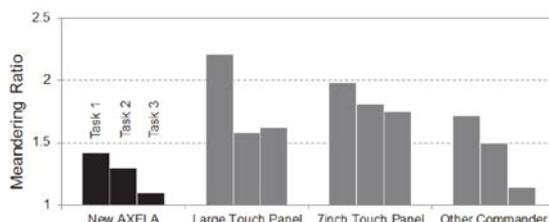
(2) わき見時間

わき見時間は操作内容、走行環境、速度によって変化しますが、ここでは、平均処理によりタスク間・車両間の環境・速度の違いは相殺されるとして扱いました。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ますが、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ります。アクセラは一貫性のある操作ができていたと考えられます。



(3) ステアリング操舵の振れ量

タッチパネルの他車はタスクなし時に対して1.5倍以上振れが出ていますが、新型アクセラでは影響は少なくなっています。



(Note) 詳細は以下参照

-マツダ技報 No.31 (2013) 「ヘッズアップコックピットの開発」

2. 4 製造

評価した試作と最終製品との変更はありません。

以上