

特集：新型CX-9

11

新型アクティブドライビングディスプレイの開発 Development of New Active Driving Display

中島 英信*¹
Hidenobu Nakashima

岡田 健治*²
Kenji Okada

谷本 智弘*³
Tomohiro Tanimoto

要 約

マツダは、更なる走行安全の確保を目指し、新たな情報表示機器としてアクティブドライビングディスプレイを開発し、市場導入している。アクティブドライビングディスプレイの表示方式としてコンバイナータイプを選択したが、安全情報表示の増加による表示サイズの拡大と更なる視認性と認知性の向上を目指し、遠方上方表示を実現させるためにフロントウィンドウシールドタイプのアクティブドライビングディスプレイを新たに開発した。

Summary

Active Driving Display is a product developed as a vehicle information display device. We selected Combiner type as means of displaying of the Active Driving Display. We aimed at the extension of the display size by the increase of the future safety information display and further visibility and the cognitive improvement and developed the Active Driving Display of the Windshield type newly to realize distant place upper side display.

1. はじめに

2013年に発表した新型アクセラからアクティブドライビングディスプレイを初導入⁽¹⁾し、その後の発売モデルにも順次拡大展開している。アクティブドライビングディスプレイは、不注意運転のリスクの最小化を目指す『ヘッズアップコックピット』コンセプトに基づき、前方注視時の『見るわき見』を最小化するために導入したデバイスである。『刻一刻と変化する、走るための情報』を、前方注視時の有効視野内に投影できるこの技術は、視線移動時間を最小限にするだけでなく、前方道路から表示へ目を移す際の焦点調節負荷も軽減でき、前方の視界を見ながら安全に表示を視認できるため、市場からも高い評価を得ている。

このアクティブドライビングディスプレイは、できるだけ多くのお客様に提供するために、一度開発したユニットを『複数の車種に容易に展開できる』点を重要視し、コンバイナータイプ（以下、Cタイプ）を選択したため、数々の設計制約があった。その結果、理想実現のために求められる表示仕様が一部達成できない仕様も存在した。そこで今回、更に理想に近い表示を実現する手段として、フロン

トウィンドウシールドに投影するタイプ（以下、WSタイプ）のアクティブドライビングディスプレイを新たに開発した（Fig.1）。

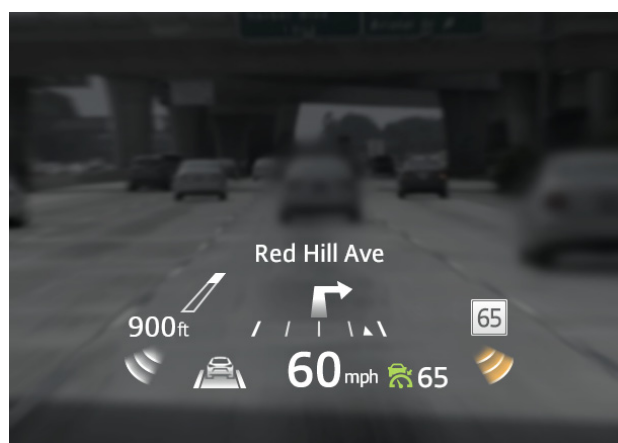


Fig. 1 New Active Driving Display

本稿では、新型アクティブドライビングディスプレイ（WSタイプ）のメカニズムと、従来のCタイプからの進化ポイントについて説明する。

*1~3 電子開発部

Electrical & Electronics Development Dept.

2. WSタイプのメカニズム

まず、光学的な基本メカニズムは従来型Cタイプと同じである。内蔵された光源ディスプレイユニットで作られた実像をミラーで折り返し、ドライバーの前にあるハーフミラーのパネルに反射させることで、そのパネル越しに虚像が映し出される仕組みである。従来型CタイプとWSタイプの概念図をFig.2に示す。

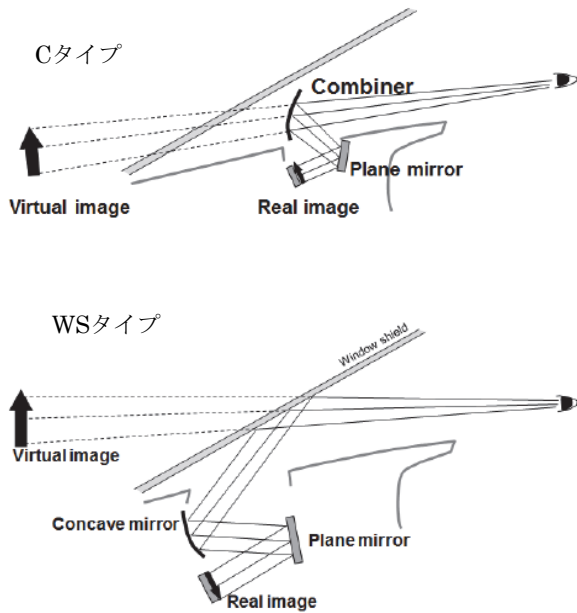


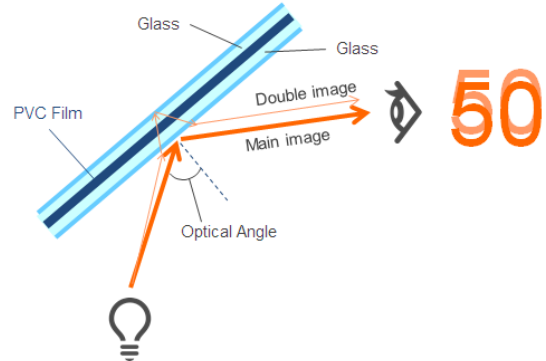
Fig. 2 Mechanism of C-Type & WS-Type

これら2つのタイプの大きな違いは、Cタイプがユニット内蔵のコンバイナーに表示像を投影するのに対し、WSタイプは車両側のWSに表示像を投影する点である。この仕様違いより、WSタイプでは、ウィンドウシールドへ投影するための凹面鏡をアクティブドライビングディスプレイ本体に内蔵する構造となっている。この凹面鏡の機能は、①表示画像の拡大、②表示距離の遠方化、③表示位置の上下移動である。加えて、WSタイプは、ドライバーが見る表示面は複雑な曲率を持ったウィンドウシールド面であるため、この曲面に歪のない表示を出すための表示補正機能も有する。その機能を実現するため、凹面鏡の面形状は、自由曲面としている。

また、表示を投影するウィンドウシールド側も2つの変化点がある。1つが、虚像の表示品位を確保するため、投影面の公差を約1/3に従来、もう1つが、虚像の二重像を解消するためウィンドウシールドの中間膜を楔（くさび）形状にしたことである。表示をそのままウィンドウシールドへ投影してしまうと、Fig.3に示すように投影光がウィンドウシールドの2つの界面で反射し、異なる光路をたどってドライバーの眼に到達することで、虚像が二重に見え

る。よって、表示像が二重にならないように、すなわちドライバーの眼に到達する光路を1つにするように中間膜を楔型にし、2つの界面の反射角を最適設計した。

《Normal Windshield type》



《Wedge Windshield type》

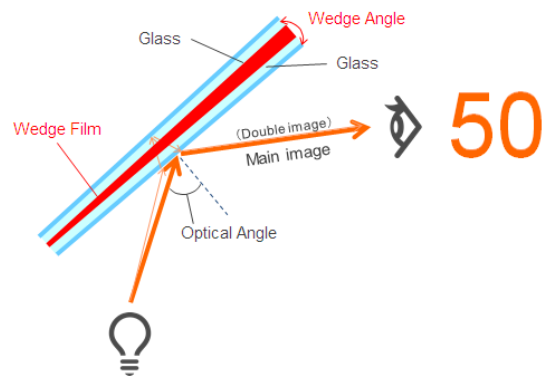


Fig. 3 Mechanism of Double Image

3. 進化のポイント

3.1 見やすさの追求：『見るわき見の最小化』

今回新型WSタイプを開発するにあたり、従来型Cタイプで取り組んだ『焦点調節時間』と『視線移動時間』の最小化を更に進化させ、『見やすさ』を追究した。焦点調節時間を最小化するために表示距離の遠方化、視線移動時間を最小化するために表示位置の上方化を目指した。

また、今回選択したWSタイプはCタイプよりも外部環境からの影響を受けやすい。これまでと同等以上の見やすさを確保するために表示の輝度も最適に再設計した。

(1) 表示距離：表示位置の遠方化

人間特性上、遠方から近傍に視焦点を移動させる場合、近傍側の距離が2m以上であると焦点調整時間が最小化になる。そこで新型WSタイプの表示距離目標値として2m以上であること、かつ虚像表示が前方車に埋没しないことも考慮し、車両ボンネット先端位置付近に表示させることを目指した。その結果、ドライバーの目の位置から2.5m前方に虚像を表示する表示距離要件を定めた。

光学設計上、限られたスペースで視距離を遠方にするためには、ユニット内の光路長に対し凹面鏡の拡大率を上げることが必要である。しかし、拡大率を上げると『表示歪み』の背反事象が発生する。新型WSタイプの光学設計は、凹面鏡の拡大率と表示の歪みを最適に制御し、凹面鏡の拡大率を5.9倍にすることで、表示距離要件2.5mの遠方表示と表示歪みの最小化を実現した。

Visual distance $L1+S' = 2500\text{mm}$

Magnifying power $m = S'/S = 5.9$

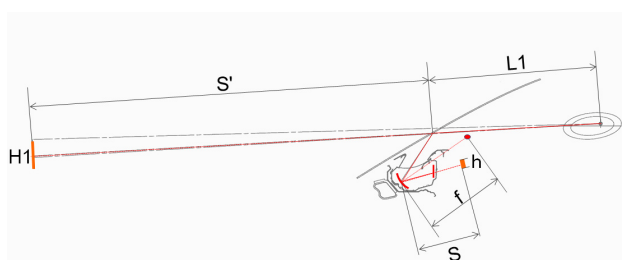


Fig. 4 Actual Light Path of New Active Driving Display

(2) 表示位置（見下ろし角）：表示位置の上方化

運転中の『わき見時間最小化』の進化として、車両前方の視認ポイントから虚像表示を見るまでの視線移動時間の最小化にも取り組んだ。Cタイプではインパネのすぐ上に表示エリアを設定したが、WSタイプでは表示エリアをCタイプより上方に配置し、視線移動時間の最小化を実現した。ただし、表示位置を上方にすれば、①前方視認に対するHUD表示の煩わしさ、②前方車両との表示の重なり等の課題が発生し、これらの課題を克服するために、あらゆる外部環境の変化を想定した誤差因子に対する仮説を立て、実車検証で立証するプロセスを重ね、視認移動時間の最小化と上記2つの課題を克服して最適な表示位置を決定した。

(3) 表示輝度：表示コントラスト比の確保

CタイプとWSタイプのもう1つの大きな違いは『外部環境の変化による表示の見え難さ』である。

Cタイプは透過率50%のコンパイナが緩衝材となり、外部環境の輝度変化の影響も半分になっている。しかしWSタイプにはそれがいないため背景輝度変化の影響をダイレクトに受ける。

そこで、以下に示す2つの進化を採用することで、環境変化に影響されない視認性を確保するための表示コントラスト比を実現した。

(A) 最大表示輝度値の進化（Cタイプ比2.5倍）

WSタイプで必要な輝度を確保するために、Cタイプから大幅な輝度UPを行った。単純に光源本体の輝度を上げると、それに伴って光源の発熱量も比例して増加し、周辺部品へ熱的影響を与えることとなる。加えて、WSタイプはユニット内部へ太陽光が入光しやすく、更なる温度上昇につながる構造である。そこで、今回のWSタイプでは、以下の2つの工夫を実施し、太陽光による温度上昇を抑えながら光源輝度をより効率よくウィンドウシールドへ伝達することで、必要な表示輝度を確保した。工夫点の1つが、平面鏡に“コールドミラー”と呼ばれる、赤外線透過し可視光を反射する光学薄膜を施した鏡を採用し、温度上昇の元となる赤外線の影響を最小化した。もう1つが、凹面鏡サイズを最適化し、太陽光の熱影響を下げる対応を行うとともに、光の偏光成分をコントロールすることで、視認輝度を効率的に確保し光源本体の輝度UPを実現した。

(B) 自動調光制御の進化

自動調光制御は、外部環境の明るさを測定し、それに最適な表示輝度を自動計算し反映する機能である。従来のCタイプでは外部環境照度をアクティブドライビングディスプレイに内蔵したフォトセンサーのみで測定していたが、WSタイプではそのセンサーに加えてレインライトセンサー（以下、RLS）の入力も活用した。内蔵センサーは、レイアウト制約によって虚像位置よりも上方範囲の照度を測定している。よって、走行環境によっては表示背景照度と測定照度に誤差が生じる場合がある。そこで、垂直方向と水平方向の2軸で照度計測を行っているRLSの水平側のセンサー入力値を活用した。内蔵センサーとRLSセンサー（水平方向）の2つのセンサー測定値の関係から表示背景輝度を計算することで、今までよりもさらに精度高い外部環境照度推定を実現した。

また、Cタイプの開発時同様、より確実に視認性を確保できる『自動調光マップ』を作成するために国内外のあらゆる環境で走り込んだ。自動調光マップとは、(a)背景輝度に対する表示輝度設定値、(b)背景輝度変化に対する表示輝度変化スピード値を定義したものである。自動調光マップの作り込みでは、単に視認性を確保することだけではなく、運転中にお客様が違和感や不快感を覚えない点も重視した。

3.2 分かりやすさの追求：『意識のわき見の最小化』

マツダは、意識のわき見を最小化することは、『迷い』を最小化することであると考えている。

昨今のセンシング技術やカメラ認識技術に代表される安全技術の進化に伴い、ドライバーが走行中に認知すべき情報は増加の一途をたどっている。運転中にドライバーが扱

う情報が複雑化する状況下にあっても『ドライバーに伝えるべき情報』を取捨選択し、必要な情報だけを、タイムリーに、分かりやすく提示することで、ドライバーの運転中の『迷い』を最小化することを目指した。一つ一つの認知・判断を、迷いなく安心して実行いただくための最適な情報環境を提供することは、お客様の安全を確保する上で非常に重要な意味を持つ。そこでまず、表示するコンテンツ、およびその配置の考え方を再点検した。

(1) 表示コンテンツとその配置

従来のCタイプ開発時から、アクティブドライビングディスプレイに表示するコンテンツは『走行環境に応じて刻一刻と変化する安全に走るための情報』に限定している。

今回、その情報の中身を再考し、以下の2つに大分類した。

- (A) 自車情報：運転判断に必要な自車の情報
(例：現在車速、クルーズ設定車速)
- (B) 走行環境情報：走行中に必要な走行環境の情報
(例：経路誘導、制限速度情報)

この情報分類の考え方に基づいて、今回2つの新たな表示コンセプトを定義した。

表示コンセプト①：実像と情報の対応付け

人間が物事を知覚するときの脳のはたらきに関する『ゲシュタルト心理学』の中心概念である『プレグナントの法則』の1つに『近接の要因』がある。これは、距離が近いものは離れているものよりも関係が深いと知覚されるというものである。つまり、実際の対象物の近くに表示を対応付ける（近接させる）ことで、各表示の属性や種類を迷わず知覚しやすくなると考えた。

この考え方にに基づき、上述した(A)自車情報は自車の近傍に、(B)走行環境は前方視界の近傍に配置した。結果、Fig.5に示す表示配置とした。また、各エリア内においても、対象物との距離を考慮し各コンテンツの配置を決定している。例えば、制限車速表示位置は各仕向けにおける車両と道路標識の位置関係に着目し、左ハンドル車は画面右に、右ハンドル車は画面左に配置した。

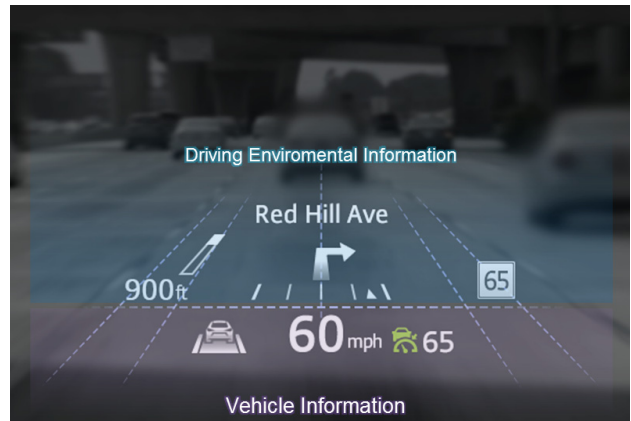


Fig. 5 Concept of Contents Layouts

表示コンセプト②：コンテンツ配置の固定化

従来のCタイプは、限られた表示エリアに、複数の表示コンテンツを各走行シーンに応じた最適表示配置を採用したため、画面内の変化量が大きく、変化する頻度も高かった(Fig.6)。よって、ドライバーはその変化を煩わしく感じることに加え、画面が切り替わる都度、各表示の属性や種類の識別が必要になり、見るわき見、意識のわき見を誘発していた。

今回のWSタイプでは、一貫したコンセプトに基づいて虚像全体の表示パターンを減らすことで情報変化量を低減し、ドライバーが煩わしさを感じないように配慮した。また、虚像投影位置をドライバー正面にしっかり配置し、表示全体を左右対称かつ奥行きを感じられる意匠とすることで、『ドライバーの中心軸』にこだわったコックピットから視認しても、しっかりその軸が形成され、運転視界が安定するようにも配慮した。




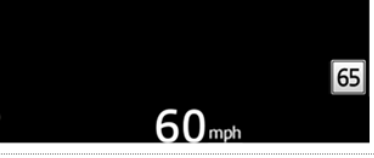

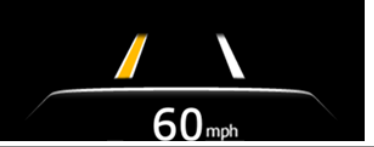
Vehicle Speed	
Navi Guidance	
Active Safety	
Speed Limit Notification	
Emergency	
Warning	

Fig. 6 Contents Sample

来の単色表現ではなく、複数の表示色を用いた色調表現が使用可能になったことを受け、表示配色の考え方を再構築した。なお、この考え方はアクティブドライビングディスプレイだけではなく、他のコックピット表示デバイスも併せた統合的な考え方としている。一定のルールを規定し、一貫性をもって各表示デバイスを実現することも、ドライバーの『迷い』を最小化することにつながる考えた。

① 基本色

従来型のCタイプでは、背景に埋没しにくく視認しやすい表示色として『ブルーホワイト』を選定した。WSタイプでは、上記の考え方に加え、コックピット内の『表示の統一感』も考慮し、基本色を『ホワイト』へ変更した。前者の視認条件については、表示を高輝度とし『輝度差』でコントラストを確保し、要求視認性を達成する考え方としている。

② 警報色

色調表現が使用可能になった最大のメリットは、警告情報や注意喚起情報を『色情報』を付加してドライバーへ伝達可能になった点である。ISO 2575⁽²⁾に定義された『路上走行車-制御装置、インジケーター及び自動表示装置の記号』の考え方とISO 16951⁽³⁾に定義された『複数情報を運転者に提供するための優先順位決定手法』の考え方をもとに、ドライバーへ提示すべき情報を『緊急度』と『重要度』という2つの軸で整理し、情報種別に情報の提示種類を整理し、ルール化した。

(2) 文字と表示のサイズ

文字サイズの設計方針は、基本Cタイプの仕様を踏襲した。人間が見やすいとされる文字サイズはISO⁽³⁾にも記載されていて、推奨値が20~22分となっているが、アクティブドライビングディスプレイの表示では、常に数字が動いている車速はそれよりも大きいサイズで最小24分としている。

今回WSタイプではこの考え方に加えて、煩わしさの低減にも配慮した。運転視界に入る限られたスペースでさまざまな文字情報が表示されると煩わしく感じる。そこでWSタイプでは文字高の種類を3種類に集約し、情報配列に従ってそれぞれの文字高を定義することで表示全体に統一感を持たせ、一つ一つの情報の読みやすさにも配慮した。

(3) 表示色

WSタイプは表示デバイスとしてTFT液晶を採用した。従

4. おわりに

今回新開発したWSタイプのアクティブドライビングディスプレイは、お客様の安全を最優先に考えるヘッズアップコックピットの理想表示を実現するために必須であると考え、視認性と認知性の向上を軸に具現化した。ただし、マツダとしては、理想実現に向けて更に機能を進化させ続ける必要があると考えている。

アクティブドライビングディスプレイの表示においては、前述したとおり、『視認性/認知性向上』と『煩わしさ低減』は背反関係にある。今後のITSインフラやカメラ認識技術の進化に伴い、安全に走るための情報がより多彩になることが予想される。その情報を『煩わしさを排除した状態で見やすく、分かりやすくドライバーへ伝達すること』がアクティブドライビングディスプレイに課せられた最大の課題だと考えている。

今回の新型アクティブドライビングディスプレイの開発

での経験、および新型CX-9でのお客様の評価フィードバックを得ながら、上記課題解決に向けて、次のステップアップに邁進していく所存である。

参考文献

- (1) 中島英信ほか：アクティブドライビングディスプレイの開発、マツダ技報, No.31, pp.34-37 (2013)
- (2) ISO 2575:2010 : Road vehicles -- Symbols for controls, indicators and tell-tales
- (3) ISO/TS 16951:2004 : Road vehicles -- Ergonomic aspects of transport information and control systems (TICS) -- Procedures for determining priority of on-board messages presented to drivers

■ 著 者 ■



中島 英信



岡田 健治



谷本 智弘