

論文・解説

23

360° ビューモニターの認知性能開発 Development of Cognitive Performance of 360° View Monitor

大坪 智範* ¹ Tomonori Ohtsubo	中村 誠之* ² Seishi Nakamura	松葉 慶暁* ³ Yoshiaki Matsuba	森林 俊貴* ⁴ Toshiki Moribayashi
森島 茂樹* ⁵ Shigeki Morishima	小馬場 英樹* ⁶ Hideki Kobanba	竹内 創哉* ⁷ Soya Takeuchi	

要約

マツダは「マツダ・プロアクティブ・セーフティ」の考え方に沿ってさまざまな安全技術を展開している。今年度は低速走行時の認知支援技術として新しく開発した『360° ビューモニター』を市場導入する。開発にあたっては、運転時の情報が増えることにより利便性が向上する一方で、誤認知を引き起こすリスクが存在することに着目し、正確な認知ができる情報提供への対応が不可欠と考えた。そこで映像認知性要件を究明し、安全優先で開発した走行サポートシステムを『360° ビューモニター』と名付け、お客様に提供する。その取り組みは人間中心設計の考えに基づくものであり、低速走行時の直観的認知を可能とする画期的技術である。本システムは、2017年に導入する新型CX-8、アクセラの商品改良モデルから順次搭載を進めている。今回はその開発成果の一端を紹介する。

Summary

Mazda has been developing various safety technologies according to the concept of “Mazda Proactive Safety”. This year, we introduce a newly developed recognition support technology for low-speed driving, “360° View Monitor”. In the development, focusing on the fact that providing more information improves drivers’ conveniences while it may increase risk of misrecognition, we consider providing information that enables accurate recognition is indispensable. We have studied requirements for image recognition and reflected them into “360° View Monitor”, a driving support system we developed focusing on the safety. Our efforts based on human-centered design concept resulted in this breakthrough technology which enables intuitive recognition in low-speed driving. This system is applied to New CX-8 launched in 2017 followed by Mazda 3 and others. This paper describes a part of our development activities of this system.

1. はじめに

マツダの考える良好な視界とは、「いつでもどこでも見たいものが見える」という状態である。

運転時直接目で見える領域については、人が日常見ている状態と同様であり、自身と周辺との位置関係を理解しやすいが、直接目で見えない死角の領域は何らかのデバイスをういサポート情報を得ながら運転操作する必要がある。

従来、インナーミラーやアウターミラーにより死角情報を取り入れていたが、近年では更に広範囲の死角情報を取り込むため、カメラを用いたモニターシステムが導入され始めている。NHTSAのまとめでは、アメリカ市場はバック時の事故で年間平均し210人が命を落とし、1万5000人が負傷している。死者の約3分の1は5歳未満の幼児だという。そのため法規を設け、2018年5月以降は新車にバックモニター搭載の義務化を決定、事故の抑制

*1~4 車両実研部
Vehicle Testing & Research Dept.
Vehicle Development Div.

*5~7 統合制御システム開発本部
Integrated Control System Development Div.

を図ろうとしている⁽¹⁾。

直接見えない死角領域の情報をカメラモニターで提供し安全運転をサポートするためには、モニター映像の瞬読性(直観的に認知できる)を高め、かつドライバーが迷わず判断・操作できる状態にする必要がある。

このような状態を作るため、改めてカメラモニターシステムの認知性について検討した。

2. カメラモニターの認知性要件

マツダではこれまでも独自に対象物認知要件を開発してきた。それは、経験値から設定した基準に従って部品の形状/配置を設計するスタイルであったが、今回の360°ビューモニターの開発にあたり、もう一度人間にとって理想となる死角領域情報の認知要件はどうあるべきか、を検討した。

モニター映像の認知性が重要である理由として、運転している人から本来見えない領域を見せる間接視界は、脳内で現実世界への置き換えを行うため、直接視界での認知に比べ時間を余分に要する。例えばバック駐車の際にバックカメラ映像を見て、駐車エリアはどこか、周りに障害物があればそれはどこにありどれだけ離れているのか等の情報を自身の中で情報整理した上でないと正しい運転操作ができない。また、モニター映像の情報提供が好ましくない場合、人によっては自身の中で状況がうまく整理できずに誤認知し、ヒヤリハットや事故に至る場合も考えられる。そのため、正しい情報提供と直観的に把握しやすい(瞬読性の良い)モニター映像による情報提供手法は極めて重要な課題である。

そこでマツダは、各運転シーンにおいて、人は直接見えない死角領域の何(対象)が見たいのか、そしてその対象を認知するための条件は何なのか、どのような代用特性をもって判定すれば良いのかについて究明を進めた。

視覚による空間認知性には3つの要素がある。①対象物が何かが分かること、②対象物との相対位置関係が分かること、③対象物の相対速度が分かること、である。①は対象物(人や車等)の輪郭が判別でき何が分かること、②は対象物との距離や方向が判別できること、③は対象物の相対的位置変化が判別できること、という意味を持つ。

このような考えを基にして代用特性を検討した結果、低速走行時には、1.見せる範囲、2.画質条件(ボケ、歪み)の定義付けが必要と考えた。以下にその詳細を記述する。

2.1 見せる範囲

運転者にとって走行時に必要な視覚情報とは、走行範囲に障害物が存在するかどうかである。衝突する可能性の有無を推測するための必要最小限の情報を得ることで、

運転者は正しい判断ができ適正な運転操作が可能となる。必要以上に見せる範囲の情報を与えた場合、余分な視覚情報に注意資源を使ってしまい、重要な情報に注意資源を集中できない可能性があるため、見せる範囲は必要最小限の範囲とする。具体的には、走行時に障害物を認知し、その車速からブレーキングして車両停止するまでの距離を前後方向の見せる範囲とし、左右方向については、フル舵角でハンドルを切った場合の停止距離を見せる範囲とする。

2.2 画質条件

(1) 代用特性

①ボケ

モニター映像において、前述した見せる範囲の中に見たい対象物(人や物)の存在を認知する必要がある。対象物の存在がわからなければ、そこには何もないと誤認知し、運転操作した結果、危険な状況に至る可能性がある。その原因は、視覚的に対象物の輪郭が判別できないことによる。

Fig. 1のように物体の輪郭がぼやけていると、その物体がどのような形なのか、どのような種類のものなのか、を正しく認知できない。このように、映像上の物の輪郭がぼやけている状態の程度を測る代用特性を「ボケ」とした。



Fig. 1 Blur

②歪み

対象物の存在認知とともに、自車両と対象物との相対位置関係、そして、進もうとする方向が正しく認知できるかどうか、が適切な運転操作に対し重要なポイントとなる。

対象との相対位置関係が認知できないということは、方向および距離を正しく把握できていない状態である。

Fig. 2のように、映像の歪みが発生していると、壁までの距離や物体の存在する方向を正しく把握するため、脳内で補正を行う必要がある。つまり、認知のため、直視より長い時間と注意資源が必要となる。更に誤認知をひき起こす危険性もある。

このようにモニター映像上の物体間の相対位置関係把握の正しさを測る代用特性を「歪み」とした。



Fig. 2 Distortion

(2) 目標値

次に、代用特性としたボケ、歪みの目標値について、検討した。

①ボケ

人がモニター映像に映る対象物を見た時、対象の輪郭のコントラストの度合いにより、対象が判別できるかどうかが決まる。その度合いはMTF (Modulation Transfer Function) によって求めることができる (Fig. 3)。MTFはコントラスト比と空間周波数の関数で表され、0~100%の幅を持つ。100%に近づくほどボケが少なく輪郭が鮮明に見えることを表す。

一方、同じコントラスト比でも対象の幅が狭いほどボケたように見えるという特性がある。このため、どの太さまで見せるか決定する必要がある。路面を中心に見せることを主眼とする360°ビューモニターを使用するシーンで、路面上 最も細い対象物は白線であるため保証下限を白線の太さ (幅150mm) とした。また、レイリーの理論⁽²⁾⁽³⁾を参考に、視力0.7の人がモノの輪郭を識別するために必要なコントラスト比は、30%以上であるとした。これらを照らし合わせ、ボケの目標値は、Fig. 4の左上の範囲にある状態にあること、と定めた。

②歪み

人が対象との相対距離を測るためには、日常見ている世界同様、自分のいる位置からの縦横方向の長さを確認できる必要がある。これより、三角法の要領で距離を測ることができるが、その縦横の長さに狂いが生じてしまうとそれを正確に求めることが難しくなる。したがって、この縦横の長さの比(以下縦横比)を求め、これを一定の割合以下とすることを目標とした (Fig. 5)。

目標値はドライバーが普段見ているものの歪み率を参考とする (Fig. 6)。いつも使用しているものであれば、その経験から瞬時に脳内への切り替えが可能になっているため、歪みがない状態と同等の反応ができるからである。

走行中見るものの中で歪みの大きなものとしてカーブミラーがある。このレベルは、対象の存在と進んでいる方向もおおよそ分かるが、相対距離がつかみにくい映像である。次に歪みが大きいのがドアミラーである。運転中ドアミラーを見る機会は多く、見た時の映像の脳内変換を何度も行っている。そのため一般的な慣れがあり、

このレベルの歪みであれば判断の支障は少ないと考え、一般的に採用されている曲変ミラーの歪み度30%を目標値とした。

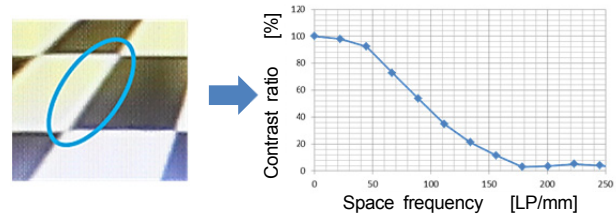


Fig. 3 MTF Evaluation⁽²⁾

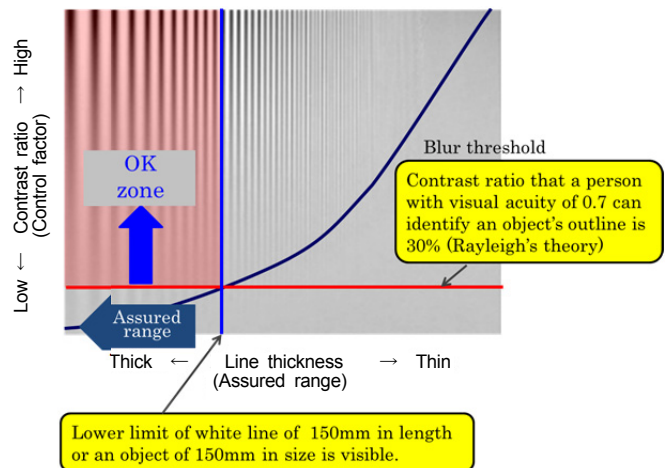


Fig. 4 Threshold of Contrast Ratio ⁽⁴⁾

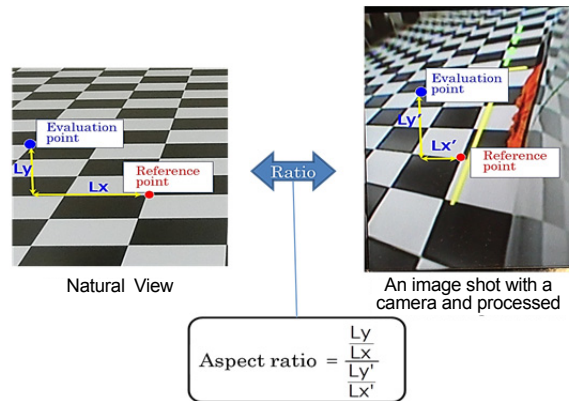

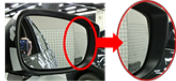



Fig. 5 Evaluation of Distortion

- ◆ Distortion of vehicle mirror (20%) 
- ◆ Distortion of curvature-modified vehicle mirror (30%) 
- ◆ Distortion of traffic mirror (50%) 

⇒ Clarity that you can tell what an object is and its traveling direction

Fig. 6 Degree of Distortion of Mirror Used for Driving

3. 効果の検証

効果の検証にあたり、前述にて定義したボケ、歪みの双方を検証できる環境として、同寸法のマス目のあるチェス盤模様シート (Fig. 7) を評価室床面に敷き、実車で各ビューモニター映像を検証した。

結果、マツダが設定する各ビューについて、見せる範囲、画質条件をクリアする状態を実現したものが以下である。今回の検討活動で目標設定する前後での比較画像を示す (Fig. 8)。



Fig. 7 Chess Board Pattern Sheet

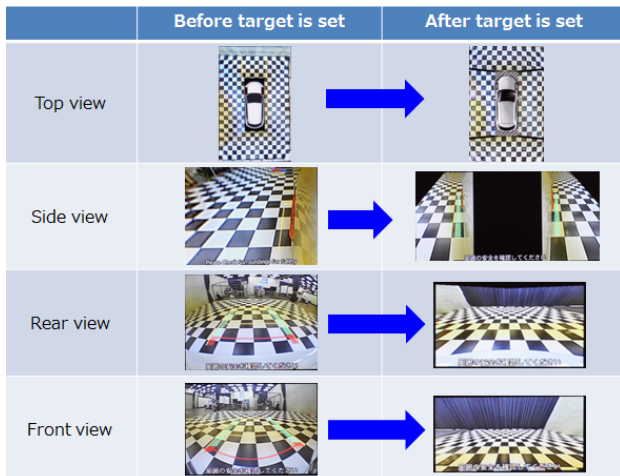


Fig. 8 Implementation of Ideal View

これにより、マツダが理想とする死角情報を提供するモニター映像となっていることが確認できた。

4. おわりに

基本的理想ビューは具現化できたが、マツダの視界性能の考え方である「いつでもどこでも見たいものが見える」という方針に対し、実際の市場においては、環境 (光環境、雨雪) による要因が、対象物認知に対し不利な影響を与える状況にある。様々な環境下で安心安全に運転していただくためには、この領域をいかに技術的にクリアしていくかが今後の課題である。

以下はそれらの環境による影響でモニター映像が乱されている状況を示す。それぞれ、① 灯火器によるハレーション、② 雨滴による画面のボケ、が生じている。いずれも見たい範囲と対象物が確認しにくい状況である (Fig. 9)。



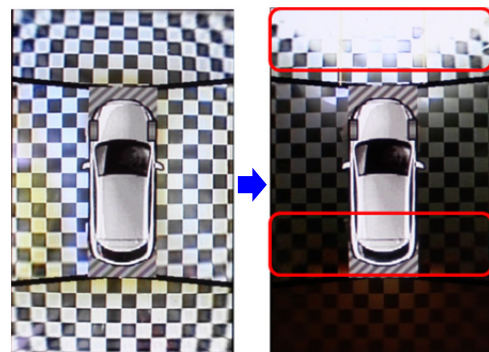
①Halation by Light Source



②Blur Caused by Raindrops

Fig. 9 Impact on Image Quality Due to Various Environments

これを実験室にて再現した映像が以下 (Fig. 10) である。このような現象については、今後市場に合わせた評価条件を求め、対象物認知、運転操作への影響度合いを検討してゆく予定である。



①Halation by Light Source



②Blur Caused by Water Droplets

Fig. 10 Reproduction Image in Laboratory

そして、このような環境外乱を制御する因子を究明し、対処することで、お客様をどんな状況においてもサポートできる価値の高い360°ビューモニターを確立する。

以上、今回新型CX-8、アクセラの商品改良モデルから採用する360°ビューモニターについて、開発の一端を紹介した。今後もマツダのクルマ創りの方針である人間中心設計に基づき技術の進化を継続し、更にお客様が安心して運転を楽しめるクルマ創りに貢献していく所存である。

参考文献

- (1) The Wall Street Journal : U.S.to Require Rear-Visibility Technology in Vehicles:<http://jp.wsj.com/articles/SB10001424052702303702904579474011952333586> (2014)
- (2) Terzis, Anestis (Ed.) : Handbook of Camera Monitor Systems, p.104 (2016)
- (3) R,Navé : HyperPhysicsLightandVision;<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
- (4) Zhou Wang, Alan C. Bovik : Modern Image Quality Assessment, p.24 (2006)

■ 著 者 ■



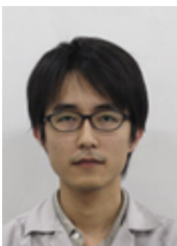
大坪 智範



中村 誠之



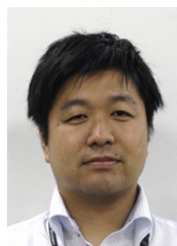
松葉 慶暁



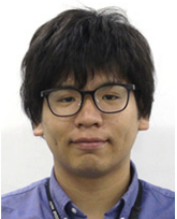
森林 俊貴



森島 茂樹



小馬場 英樹



竹内 創哉