

講演2. カメラモニタシステムに関する調査研究と国際基準調和活動

自動車安全研究領域 ※青木 義郎 松村 英樹 岡田 竹雄 岩瀬 常利
元自動車安全研究領域 松島 和男

1. はじめに

近年自動車において車載モニタシステム（例えば図1）の活用が進められており、ドアミラーについてもその機能を代替するカメラモニタシステム（CMS：Camera Monitor System）の開発（図2）が行われている。UN/ECE(国際連合欧州経済委員会)のGRSG(自動車安全一般)専門部会においても、これまで認められていなかったドアミラー代替としてのCMSを可能とするための基準案作成が行われてきた。

CMSが実現されてドアミラーが除去されると、視線移動量の低減による脇見運転事故の減少や、認知支援技術との融合により急な車線変更による追突事故、左折時巻き込み事故などの低減も期待できる。また、デザインの自由度や空力特性の改善も可能になる。その一方、CMSの使用に関して、懸念点も存在する。CMSの性能や機能により安全性がどのように変化し、性能要件をどのように定めるべきか明らかにする必要がある。

本研究では、CMS性能要件を定めるため進路変更判断の評価実験やモニタサイズ、モニタ配置、昼光の影響などについて評価・測定を実施したので報告する。またCMSに関するGRSGでの国際基準調和活動内容についても報告する。

2. ドアミラーの代替としてのCMS

ドアミラーと異なり、CMSの場合、視覚情報がカメラとモニタを通して表示されるため、その見え方はハードの仕様や性能に依存することとなる。こうしたことからこれまではドアミラーの代替としてのCMSは国際基準で認められていなかった。しかしながら、GRSGにそれが提案されて以来、ISO（国際標準化機構）にて規格化、その後GRSGの専門部会にて基準化の審議が行われてきた（表1）。



図1 従来の車載モニタシステム¹⁾



図2 ドアミラー代替CMS²⁾

表1 CMS基準化までの流れ

～2010/3頃	UNECE/GRSGでCMSが提案 内容が多岐にわたるため、ISOへ検討依頼
2010/4/1	ISOの自動車専門委員会にて議論
～2014年	ISO/DIS (Draft International Standard) 16505のドラフト作成
2014年	UNECEの専門部会にてCMS基準化の審議再開 2015年中にフォーマルドキュメントの提出を目指す

間接視界に基づいて進路変更を行う場合、ドライバーがどのようなプロセスで実施するのかを図3に示す。

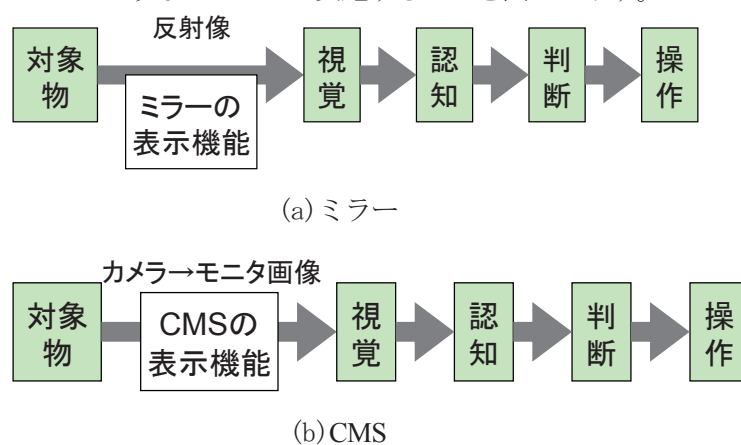


図3 間接視界に基づく進路変更プロセス

ミラーの場合には、後方の対象物はその反射像をドライバーが視覚することとなるため、その見え方はミラーの形状（曲率や大きさ）に依存することとなるが、その焦点調整や明るさ（瞳孔）調整は人間の眼球内で行われる。また両眼視差も利用可能なため、人間が行う視覚処理は直接視に近い。

一方CMSの場合には、後方の対象物はカメラにより映されたモニタ画像をドライバーが視覚することとなり、焦点調整や明るさ（絞）調整はカメラで行われることとなる。視覚情報もモニタ画面により平面状に描写されるため、両眼視差による距離の判断も行うことができなくなる。そのため、その見え方はハードウェアの性能や仕様に大きく依存することとなる。

こうしたことから、CMSの場合にはミラーのように視野範囲と曲率（倍率）だけでなく、

- ・分解能
- ・輝度調整能力（最大輝度、昼光対策、夜間視認性）
- ・モニタ配置

- ・ノイズ性能（画素欠損、ブルーミング）
 - ・時間応答性（フレームレート、フリッカー）
- などハード性能要件について多岐にわたり規定する必要がある。

3. ミラーやCMSによる車線変更タイミング

そこで、まずCMSによりドライバがミラーと同様の車線変更が可能かどうかを調べることにした。実走行中の車線変更判断がCMSとミラーで異なるかどうか実車走行による評価実験（図4）を2012年から2014年にかけて実施した。



(a) 昼間実験 (b) 夜間実験

図4 実車走行による評価実験

3. 1. 実験方法

実験は、2台の車両をテストコース上（直線区間）において1車線分ずらして追従走行させて行う。その走行パターンを図5に示す。走行パターンはa)等速度走行、b)後続車両接近走行の2種類である。実験参加者は先行車両を運転し、後続車両の位置をミラーまたはCMSで確認し、車線変更が可能かどうかの判断を行う。

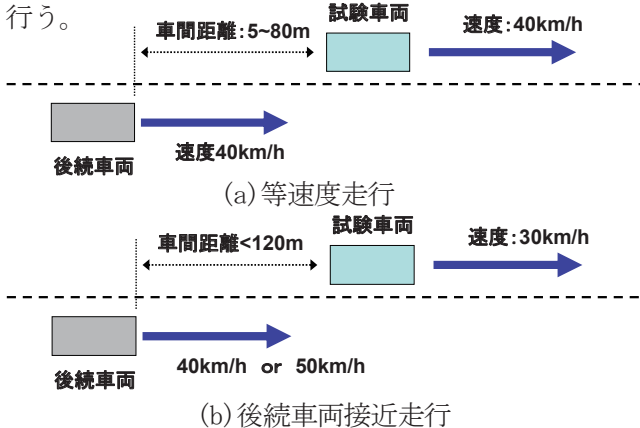


図5 実験走行パターン

実験参加者は、運転免許保有者18名である。なお、実験参加者は外部から派遣されており、当研究所の実験倫理規程に基づき実験開始前に内容の説明を行い、実験に参加することの同意を得た。実験に用いたCMSの仕様を表2に示す。

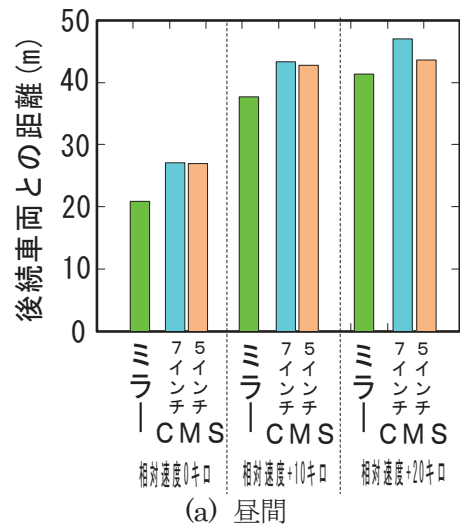
表2 CMS仕様

最低被写体照度	0.1lx
モニターサイズ	7.1インチ
画素数	800×480
コントラスト比	500:1
輝度	1000cd/m ²

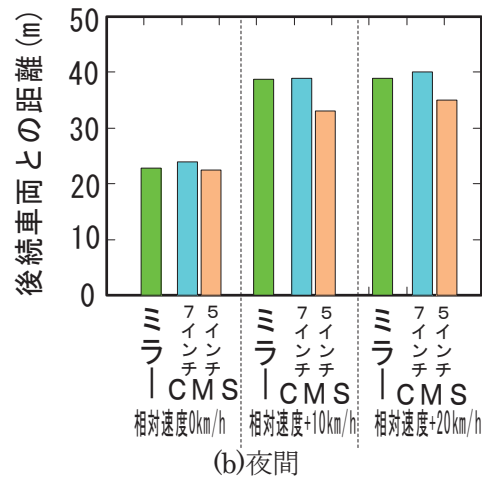
3. 2. 実験結果

実験参加者が“ぎりぎり車線変更”できると判断した時の後続車両までの車間距離の平均値を算出した。その結果を図6に示す。

図6より、昼間の場合、CMSでは、モニターサイズが7インチ5インチ双方の場合においてミラー（曲率は1320R）による場合よりも判断時の車間距離が長くなっている。昼間の場合はCMSのモニターサイズが5インチでもドライバは安全サイドの評価をするが、夜間時には後続車両までの車間距離は5インチの場合においてはミラーの場合を下回る場合がある。夜間では



(a) 昼間



(b) 夜間

図6 「ぎりぎり車線変更できる」と判断した後続車両までの車間距離

モニタサイズが小さいと、危険な判断が起こりやすいことが示された。

4. CMS のモニタ配置位置評価

モニタの配置位置により CMS に対するドライバの評価がどのように変化するかを調べるため、実車走行による評価実験を実施した。

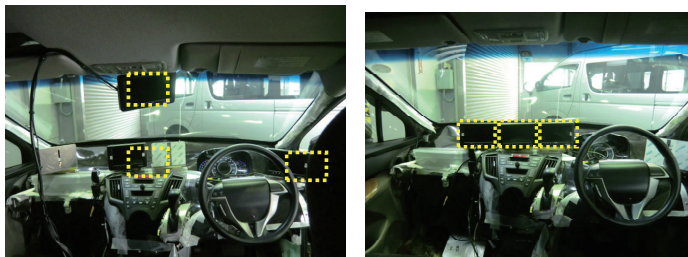
4. 1. 実験方法

まずドアミラーの代替としての CMS に対して、モニタ配置位置による見え方の違いを調べるために、2種類の配置パターンで実験を実施した (図 7 参照)。一つはドライバから見てモニタをフェンダーミラー方向に設置する a)左右分散型配置、もう一つはモニタをダッシュボード上中央に 2 台集める b)中央集中型配置である。



(a)左右分散型配置 (b)中央集中型配置
図 7 CMS 試験システムのモニタ設置位置 (モニタ 2 台)

さらにルームミラーの CMS 化についてもサイドミラー代替としての CMS と組み合わせてどのような配置位置が適切か評価を行うこととした。その配置パターンを図 8 に示す。



(a)3 台分散型配置 (b)3 台中央集中型配置
図 8 CMS 試験システムのモニタ設置位置 (モニタ 3 台)

サイドミラー代替 CMS 用カメラはドアミラー上部に近接 (図 9) して、ルームミラー代替 CMS 用カメラは車両後方に取り付けた。CMS の視覚情報は、ド

アミラーの場合と同様に車体側面部もモニタ上に表示させた (図 10)。



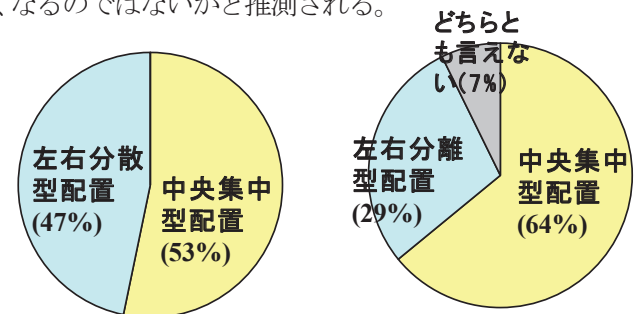
図 9 サイドミラー代替用 CMS カメラ設置位置 図 10 サイドミラー代替用 CMS モニタ画像

4. 2. 実験結果

1 時間程度の実車走行後に、実験参加者に対してモニタ配置に関するアンケートを実施した。図 7 のモニタ 2 台の配置パターンについてどちらが良いかドライバが評価した結果を図 11 に示す。さらに、モニタ 2 台の配置パターンだけでなくモニタ 3 台の配置パターン (図 8) も含めてどのパターンが良いかドライバが評価した結果を図 12 に示す。

図 11 より、モニタの配置は左右分散型配置よりも、中央に 2 台集中して配置した中央集中型配置の方が良いという実験参加者の数がやや多いことが明らかになった。また、特に夜間の場合にその傾向は顕著となった。

さらに、中央集中型配置が良いという理由として、“中央の方が視線移動しやすい”、“中央の方が右も左も目に入るので距離の感覚がつかみやすい”といった意見が実験参加者から出された。中央集中型配置は、視線方向の異なる 2 つの画像を同時観測することにより、疑似的な両眼視差が形成され距離感がつかみやすくなるのではないかと推測される。



(a)昼間 (回答者数 15) (b)夜間 (回答者数 14)
図 11 モニタ配置位置の評価 (モニタ 2 台)
(どちらのモニタ配置が良かったか?)

図 12 より、ドアミラーだけでなくルームミラーも CMS 化しモニタ 3 台で表示した方を好むドライバが多いことが明らかになった。またモニタ 3 台の場合には、集中型配置よりも分散型配置の方が逆に好まれることが示されている。3 台のモニタが集中すると 1 台の後続車両が 3 台のモニタに同時に表示されることがあり視界に入りやすいため、混乱を生じるとの意見が実験参加者から出された。ルームミラー-CMS 及びサイドミラー-CMS を集中表示させる場合には、重複した視野を無くしかつ歪みを抑えるような画像融合処理技術が必要になってくるのではないかと推測される。

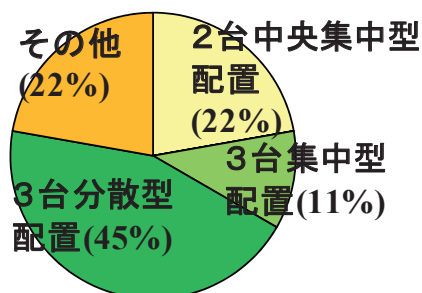


図 12 モニタ配置位置の評価 (2 台および 3 台)
(どのモニタ配置が良かったか?)

5. 昼光による視認性の影響

CMS の場合、昼光によりモニタ画面の輝度コントラストが低下し、後続車両が見えづらくなることもある (図 13)。モニタの設置位置や時間帯により、昼光のモニタの画面への影響がどのように変化するかについて計測を行うこととした。



図 13 昼光によるモニタ上の後続車両視認性低下

5. 1. 測定方法

CMS モニタ設置の可能性がある車内 4 か所 (図 14、図 15 参照、①左サイドミラー近辺、②右サイドミラー近辺、③ダッシュボード上車両中央部、④ルームミラー位置) において昼光によるモニタ鉛直面照度、ドライバアイポイント位置から見たモニタ輝度についてそれぞれ測定を行った。

測定は 2015 年 2 月 19 日に昼光の影響が大きくなりそうな時間帯 (正午近辺、日没前) に実施した。測定場所は交通安全環境研究所熊谷試験場で、建物などにより日陰にならない条件で実施した。天候は快晴であった。



図 14 車内昼光照度測定位置



(a)左サイドミラー近辺 (b)右サイドミラー近辺
及び車両中央部

図 15 モニタ画面への昼光の照射

5. 2. 測定結果

昼光によるモニタ面法線照度、ドライバアイポイント位置から見たモニタ輝度 (モニタ画面 OFF 時) の測定結果を図 16、図 17 に示す。なお、照度値や輝度値は測定時間中のそれぞれの条件で最大値を示す。ルームミラー位置の輝度は使用したモニタ画面の拡散反射率 16.6%により計算した値とした。

太陽の方角が車両後部の場合よりもむしろ前部に存在するときの方が昼光の影響が大きいことが示されている。これはリアガラスよりもフロントガラスの方が面積が広くなおかつ透過率も高いため、人体や服装からの反射光がモニタ面に映りこみやすいことが原因と思われる。また日没前にはサイドガラスからの太陽直射光の進入により、左モニタや中央モニタ面の反射輝度が上がりやすい。これらの設置条件の時、晴

天時にはモニタ輝度が低いと視認性が低下するものと考えられる。

また、モニタをアイポイントよりも下方に設置した①、②、③の条件よりも④のルームミラー位置の方が昼光照射度は抑えられやすい。ルームミラー位置に進入してくる光は天空からの直射光ではなく主に路面反射光であるため、昼光の影響は抑えられやすいものと考えられる。

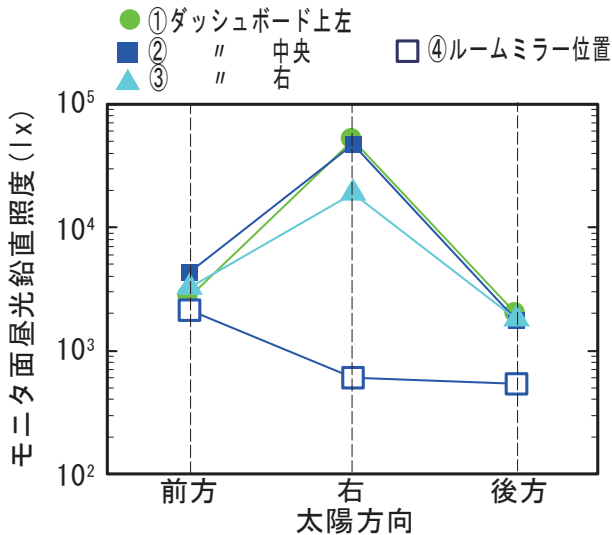


図16 各条件におけるモニタ面昼光鉛直照度

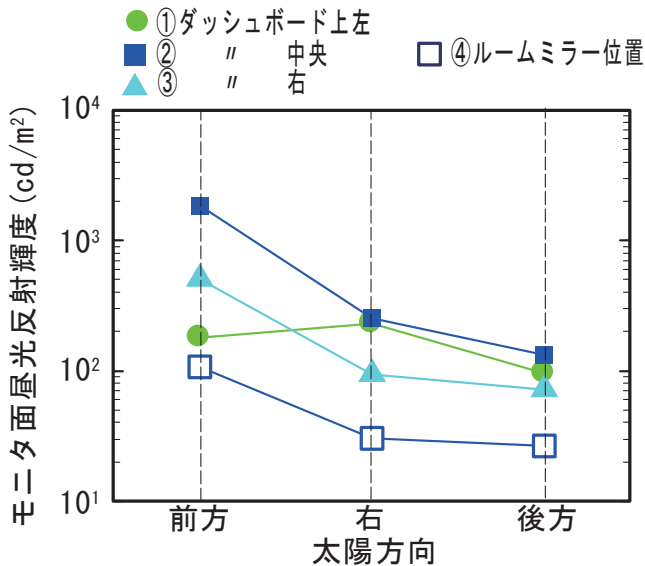


図17 各条件におけるモニタ面昼光反射輝度

6. CMSに関するGRSGでの活動

カメラモニタシステムに関しては2010年頃からISOのドキュメント作成の議論が行われ、その議論を

引き継いで2014年からUN/ECEでもCMS基準化の検討が始められこととなった。こうしたことからUN/ECEでは、CMS専門部会(IGCMS-II (The informal group on camera-monitor systems-II))が2014年に設置された。2014年2月に第1回会議が開始され、合計8回のIGCMS-II会議が実施された(表3)。また、第106回(2014年5月5~9日)、第107回(2014年9月29日~10月3日)のGRSG国際会議においてもIGCMS-II会議の進捗状況などについて報告がなされた。

表3 IGCMS-II会議

	会議場所	日程
第1回	ケルン	2014年2月5、6日
第2回	ベルリン	2014年3月27、28日
第3回	パリ	2014年6月5、6日
第4回	ジュネーブ	2014年9月29、30日
第5回	パリ	2014年11月3、4日
第6回	ズーテルメール	2014年12月17-19日
第7回	ガイマースハイム	2015年1月28、29日
第8回	ガイマースハイム	2015年2月19-20日

IGCMS-II会議ではまず、ISOから提出されたドキュメント案(ISO 16505)の記述内容から追加、変更が加えられ、基準案作りが進められた。日本からも交通研等から資料が提出され改良が加えられ、2015年第108回GRSGにフォーマルドキュメントが提出された。各国から了承され、今後WP29への上程が予定されている。

7. まとめ

CMS性能要件を調べるため進路変更判断の評価実験やモニタサイズ、モニタ配置、昼光の影響などについて評価を実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 昼間の実車走行ではCMSによる車線変更の判断はドアミラーよりも慎重になりやすくなる。昼間に関してはCMSのモニタサイズが5インチでも安全サイドの評価となるものと考えられる。
- 2) 夜間ではCMSのモニタサイズが小さいと危険な車線変更の判断が起こりやすくなる
- 3) ドアミラー代替としてのCMSの場合、車体側面部を表示させた場合には、モニタ2台を左右に分散させるよりも、中央に集めた方が見えやすいというドライバーが多くなる。

- 4) ドアミラー代替としての CMS に加えて、ルームミラー代替としての CMS を使用する場合には、今回の条件ではモニタ 3 台を分散させた方が良いというドライバが多かった。
- 5) 今回の条件では、太陽の方角が車両後部の場合よりも前部に存在するときの方が昼光の影響が大きかった。
- 6) モニタをドライバのアイポイントよりも下方に設置した条件よりもルームミラー位置の方が昼光照度は抑えられやすい。

今後、CMS についてさらに調査を実施する予定である。

参考文献

- 1) 東京モーターショーニュース(2011)
- 2) ベストカー、コックピットはもうすぐこうなる! (2) クルマのインパネまわりが急激に進化中(2014)