

⑱後写鏡の代替としてのカメラ・モニタシステムに関する調査

自動車安全研究領域
交通システム研究領域

※松村 英樹、塚田 由紀、岡田 竹雄
青木 義郎

1. はじめに

近年、駐車時や低速時に直接視界が確保出来ない死角部分の視認性を補う装置として、バックカメラやフロントカメラなどが搭載されてきている。一方、車両後方の視認性確保のため、現在、ドアミラーや室内ミラー（以下、これらのミラーを「後写鏡」という。）が設置されており、法規によりその必要要件が定められている。これらのミラーについても、後方の視認性向上等のため、カメラ・モニタにより代替することが望まれている（以下、後写鏡の代替となるカメラのことをカメラ・モニタシステム「CMS」という）。

本報告ではCMSの利用における懸念点を整理し、安全性に関する評価の考え方について検討を行う。さらにその中で重要と考えられる距離感の項目について被験者による評価実験を行うこととした。

2. 後写鏡およびCMSに関する考察

2. 1. 後写鏡の機能及び性能に関する考察

CMSによって提供すべき情報を整理するため、以下に後写鏡から提供される情報のうち、ドライバーが運転に必要とする主な情報を整理する。

- (ア) 後方の対象物の存在の情報
- (イ) 後方の対象物の同定のための情報
- (ウ) 後方の対象物との相対位置のための情報
- (エ) 後方の対象物との相対速度のための情報

CMSにおいても、これらと同様の情報提供が行わなければならないと考えられる。

後写鏡は、幾何光学的に反射板としての機能であるため、基本的に人間が直接目で見ていることとほぼ同等となる。そのため、後写鏡を使用する場合、人間の視覚機能を多数活用する。

2. 2. 後写鏡とCMSの相違点

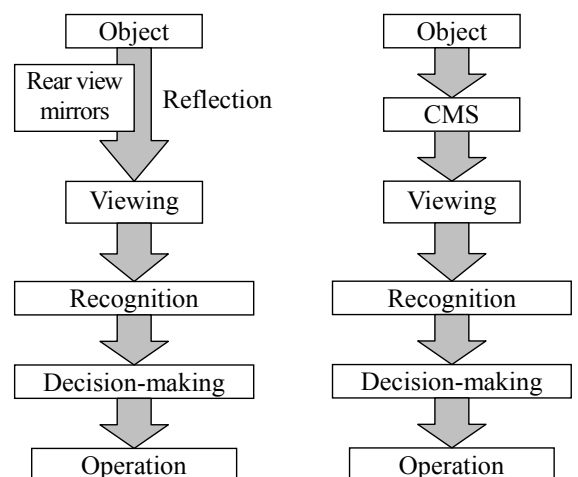
後写鏡により自車両後方の交通状況を把握する場合、表1のように、ドライバーは自身の視覚機能（視力・色覚・運動知覚・焦点・両眼視差・瞳孔調整・コ

ントラスト調整など）を直接利用する。そのため、後写鏡の構造的（後写鏡の面積、曲率、設置角度、設置位置、反射率等）な制限が対象物に対する後写鏡の表示性能を制限すると考えられる。

ここで、CMSでは、図1のようにモニタ部分である表示機能とカメラ部分である視覚機能とが独立している。このような特徴を含めて、今回、後写鏡とCMSとの安全性の検討を最初に行った。

表1 視覚機能とCMS機能の対比

視覚機能	CMS	
	カメラ部	モニタ部
視力	撮像素子の分解能	解像度
色覚	色階調、コントラスト	色階調、コントラスト比
運動知覚	サンプリング周波数	フレームレート
焦点調整	光学的レンズ調整	—
両眼視差	ステレオカメラ	3D モニタ(*1)
瞳孔調整	絞り、露光調整	—
コントラスト	ダイナミックレンジ	コントラスト比



(a) Action process of rear view mirrors

(b) Action process of CMS

図1 対象物確認のためのプロセスの比較

3. CMSの安全性の評価に関する検討

3. 1. 懸念点の分類

CMS を使用する場合、安全上の懸念について、以下の3点を考慮し、(ア) から (エ) の分類で懸念点を整理した。

- (α) CMS が正常に作動すること
- (β) 後写鏡と同等以上の性能で表示すること
- (γ) CMS での視覚認知が後写鏡でのそれと同等以上であること
- (ア) ハードウェアに関する懸念点

ハードウェア（主に電子装置）に関する安全上の懸念点

- (イ) 視覚に作用する表示機能に関する懸念点。

CMS の表示機能とドライバーの視覚機能の連携における安全上の懸念点。

- (ウ) 視覚認知に関する懸念点

CMS では、その表示性能がシステム全体に大きく影響するため、視覚性能に基づく人間の認知が、後写鏡の場合と異なることに対する懸念点。

- (エ) その他の懸念点

その他の安全性に係わる懸念点。

3. 2. CMSでの懸念点の評価の考え方

本検討において、評価を行う上での基本的な2つの考え方を示す。第1の考え方は、「現在使用されている後写鏡に対して、それと同等以上の安全性が確保されれば、現状よりも安全性は低下しない」という考え方である。これは、後写鏡使用時に対する相対的な安全性の比較を示す。第2の考え方は、「運転一般に対する安全性への影響を評価」である。後写鏡とCMSに同様の事象が発生した場合、安全性が同レベルで低下することで、第一の結果が同等であったとしても、その事象が運転一般の安全性の観点から問題になることが考えられる。

以上の2つの考え方について、それぞれ以下のように評価クラスを設定する。

①後写鏡使用時に対する相対的な安全性比較

- A；後写鏡使用時と同等以上の安全性であると推定。
- B；後写鏡使用時に比べて特異な運転状況でのみ安全性が低下する懸念。
- C；後写鏡使用時に比べて運転状況により安全性が低下する懸念。
- D；後写鏡使用時に比べて安全性が低下する懸念。
- E；不明な点があり安全性について比較できない。

②安全性への影響についての評価

- 大；常時、事故に繋がる可能性
- 中；運転状況により、事故に繋がる可能性
- 小；特異な運転状況でのみ事故に繋がる可能性

3. 3. 懸念点の抽出及びその評価結果

CMSの安全性に関して、その懸念事項を抽出し、3. 1. 節の方法により分類した。更に、著者らの判断により 3. 2. 節の評価の考え方にに基づき評価した。それらの結果を表2に示す。

4. 距離感に関する実験

4. 1. 実験内容

上記の検討により、多くの懸念点が抽出されたものの、今回はその中でも特に重要であると考えられる対象物への距離感について実車を用いた評価実験を行うこととした。

表2 安全性に関する検討結果

	No.	懸念点	抽出理由	ミラーに対する相対評価	安全性への影響
(ア)	1	カメラ故障時	α	A	中
	2	EMCによる誤作動	α	D	中
	3	カラー又は白黒	β	D	大
	4	リアルタイム性	β	D	大
	5	ブルーミング	β	A	中
	6	昼光対策	β	D	大
(イ)	7	画像品質 (露出、画素数など)	β	D	大
	8	フレームレート	β	D	大
	9	カメラのダイナミックレンジ	β	D	大
	10	露出基準の設定	β	E	大
	11	焦点の自動調整	β	C	大
	12	ズーム機能	β	D	中
	13	夜間の露光の適応	β	A	中
	14	夜間のモニタ画像の明るさ	β	B	小
	15	1つのモニタでの表示カメラ数	γ	D	大
	16	カメラレンズの種類	γ	A	大
	17	画面の縦横比率	γ	D	中
(ウ)	18	対象物の検知	γ	E	中
	19	対象物の同定	γ	E	大
	20	距離感	γ	E	大
	21	相対速度感	γ	E	大
	22	物体の立体認知	γ	E	大
(エ)	23	追加機能(運転支援など)	α, β, γ	E	中
	24	レンズへの異物付着	β	C	大
	25	振動の影響	β	E	大
	26	CMSの場合は、自車の一部を写しておく必要がある	γ	D	大
	27	カメラ及びモニタの設置位置	γ	E	大
	28	表示すべき範囲	—	A	大
	29	頭部移動による見える範囲	γ	A	中
	30	ナイトビジョン・赤外線カメラ	α, γ	E	小
	31	ワイヤレス機能	α	D	中

本実験では、被験者が車両の後方に固定した実際の対象物に対する距離感をドアミラーで確認し、次にモニタで確認する。その際、モニタに表示させる画像については、被験者車両と対象物の距離を変化させた映像をモニタに表示させる。ミラーによる実際の距離感と、各距離での映像とを比較することにより距離感を評価を行う。更に、モニタサイズを変化させた映像をモニタに表示して同様の比較を行うことにより、モニタサイズの変化による距離感への影響を検討する。

被験者は運転歴3年以上で週1回以上運転するものとした（計15名）。また、視力については両眼で0.7以上のものとした。

比較するミラーの曲率半径は1320mmとし、また各種変化させたモニタの条件は表3に示すとおりである。また、図2に例を示すように、ミラーによる像とモニタ表示画面による像とは同じ状況を表示するようにし、モニタサイズを変えても全体の画像を縮小して表示した（自車の左側を視認する場合の例）。

表3 モニタの表示サイズ

表示サイズ	縮小率	表示サイズ（インチ）
1	1.000	7.0
2	0.810	5.7
3	0.656	4.6
4	0.531	3.7
5	0.430	3.0

なお、モニタの設置位置についてはフェンダミラーを想定したときの線上の位置に設定した（図3）。

4. 2. 実験手順

以下の手順で実験を行う。

- ① 実験条件の設定（対象物、ミラーサイド）
- ② 被験者の着座（目をアイポイントに固定）
- ③ 表示サイズを設定（5段階）
- ④ ドアミラーにより対象物の距離感を確認
- ⑤ 表示する対象物の距離を設定
- ⑥ モニタにより対象物の距離感を確認
- ⑦ 被験者による評価
- ⑧ ③～⑦を各表示サイズ、各距離において評価

対象物は、自転車と車とし設定距離の条件を表4に示す。また、距離感に関する評価は、被験者によるアンケート形式とし、表5の7段階の評価項目から選択することとする。評価「1」がミラーよりも非常に遠くに感じ、評価「4」でミラーと同等の距離感、評価「7」でミラーよりも非常に近く感じる評価となる。



図2 ミラーの鏡像(上)とモニタ表示画像(下)の比較

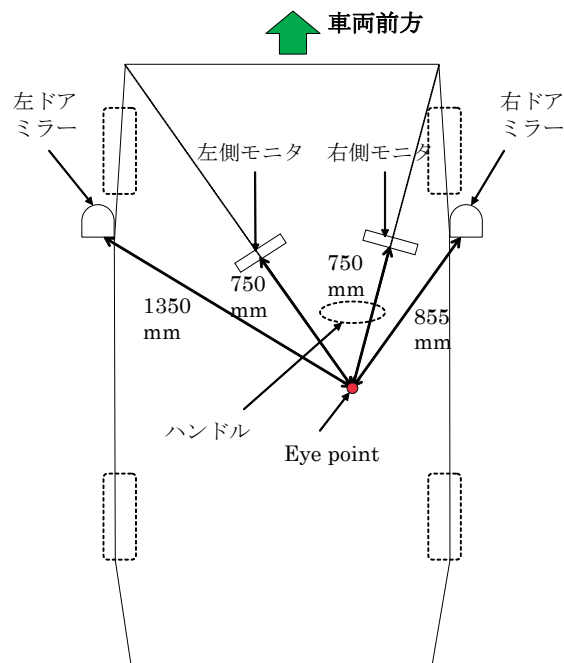


図3 モニタ画面の設置位置

表4 対象物の設定距離

	対象物	設定距離 [m]
ミラー	自転車	30
	車	30
モニタ	自転車	15, 20, 25, 30, 35, 40
	車	15, 20, 25, 30, 35, 40, 60

表5 距離感実験における評価項目

評価	内容
1	ミラーよりも <u>非常</u> に遠く感じる。
2	ミラーよりも 遠く感じる。
3	ミラーよりも <u>やや</u> 遠く感じる。
4	ミラーと同じに感じる。
5	ミラーよりも <u>やや</u> 近く感じる。
6	ミラーよりも 近く感じる。
7	ミラーよりも <u>非常</u> に近く感じる。

実験条件としては、左ミラーを使用して自転車の左折巻込みを想定した場合（実験ケース[I]）、左ミラーを使用して車の車線変更を想定した場合（実験ケース[II]）、右ミラーを使用して車の車線変更を想定した場合（実験ケース[III]）の3種類とした。

4. 3. 実験結果

今回の距離感に関する評価結果例を図4に示す（実験ケース[II]に相当する自車の左側後方の車の場合）。横軸が対象物までの距離であり、縦軸は表5に示す評価結果である。この結果から、モニタ画面の大きさが大きくなるにつれて近く感じる事が理解される。

今回の実験において、ドアミラーで距離感を確認した時の自車両と対象物の間の距離を 30m に固定とした。そのため、モニタ上の対象物の位置が 30m の時の評価が「4」であれば、ドアミラーでの距離感はモニタでの距離感と一致することとなる。図4に示す条件では、モニタ画面の大きさが 5.7 インチのときにミラーと同等の評価結果となった。他の条件の時の結果もあわせて考えると、モニタ画面の大きさが約 6.4 インチの大きさが相当すると推定された。距離感に関するデータの詳細については現在解析中のところである。

5. まとめ

今回、後写鏡の代替としてカメラ・モニタシステム（CMS）を使用した場合について、使用上の懸念点を抽出し整理した。また、その中で重要度が高いと考えられる距離感に関して、静止した状態の実車を用いた評価実験を行った。

距離感以外にも、速度感、対象物の同定の容易さ等についても評価すべき重要な要件と考えられ、今後も引き続き評価実験を行う予定である。

なお、本調査は、(財)自動車基準認証国際化研究センターの委託調査「間接視界要件におけるカメラ・モニタ使用許容範囲に係る調査」により実施したものである。

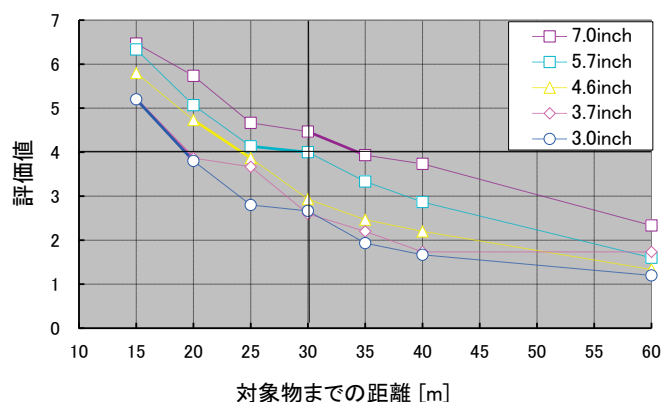


図4 距離感実験結果例（左ミラー，車，車線変更）