



人間工学視点に基づく安全円滑な 平面交差交通システムの構築 —カーブミラーの視認性向上による交差点視環境改善—

堀野 定雄* 森 みどり** 久保 登*** 北島 創****

Ergonomics study on the safe and smooth road traffic system at uncontrolled intersections
- Improvement of the visual environment at intersections
based on installing traffic convex mirrors with enhanced visibility -

Sadao HORINO* Midori MORI** Noboru KUBO*** Sou KITAJIMA****

1 はじめに*

警察庁統計によると、わが国における交通事故は、この数年減少傾向が続いている⁽¹⁾。しかし、2009年中の発生件数736,688件、負傷者910,115人、死亡者4,914人で、事故は依然として深刻な多発状況にある。また、出会い頭事故(199,196件)は全事故の1/4(27%)を占め、市街地生活道路無信号交差点で多発している構造性には変わりはない。

著者らが行った横浜市鶴見区でのフィールド調査から、無信号交差点における出会い頭事故の要因として、一時不停止や安全不確認を誘発する「見えない交差点視環境」があること⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾、見通しの悪い交差点で補助視界を得るために有効なカーブミラー（以下、ミラーと略）について、視認性が低いミラーが多く設置されている実態や良好な視界を得る上で必ずしも十分な設置指針が存在しないこと⁽⁵⁾⁽⁶⁾、などがわかった。

そこで、2007-2008年度工学研究所共同研究において、全国のミラー（2009年7月現在で約224万本設置）点検および、新設・改修工事に利用できるミラー設置・調整の標準的簡便法を提案するため、(1)交差点視環境の定量評価、(2)視環境検討用の可搬型組立式ミラー・位置決め用マーカーランプなどの開発、(3)これらの実験装

置・器具を用いたミラー視認性評価フィールド実験、(4)コンピュータ上でミラー視界を含む視環境を再現する3次元コンピュータグラフィクス(3D CG)ソフトウェアを用いたシミュレーターの開発、(5)開発したシミュレーターによる最適な視環境やミラー設置位置の検討、などを実施してきた⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

同研究の成果として、これまでのミラー設置・調整法は、現場適用が容易な基礎的方法論が不足し、現場作業は感覚と経験に大きく依存していること、不良な交差点視環境の原因が種々の視覚的障害物や不適切に設置したミラー等にあること、ミラーにより良好な補助視界を得る調整範囲（位置・角度）は予想外に厳密である（狭い）こと、鏡像内に映る接近車両の最遠視認距離はミラー諸元（ミラー直径・材質等）や対象物（4輪車・2輪車の別等）によって変化すること、などが見出された。また、現場での設置・調整方法の標準化・簡易化以前に、一定の視界・視認性を確保するミラー設置条件検討用の基礎的データ、特に良好な補助視界を得るために有効な交差点ミラーの設置基準が土木工学分野に存在しないことも明らかになった⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。すなわち、2007-2008年度共同研究により、ミラーの視認性評価および適切な補助視界を確保するための設置基準導出の基盤となる研究方法論と多くの基礎的知見が得られた。

本稿は、このような研究成果をふまえて、2009-2010年度に研究助成を受けた工学研究所共同研究の成果概要を報告するものである。なお、2007・2008年度共同研究の概要については、工学研究所所報において報告しているので参照されたい⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

*客員教授 工学研究所高安心超安全交通研究所
Guest Professor, Research Institute for Well-informed and
Risk-free Transportation (KU-WIRF)

**助教 経営工学科
Research Associate, Department of Industrial Engineering and
Management

***客員研究員 工学研究所高安心超安全交通研究所
Guest Researcher, Research Institute for Well-informed and
Risk-free Transportation (KU-WIRF)

****特別研究員 工学研究所高安心超安全交通研究所
Research Fellow, Research Institute for Well-informed and
Risk-free Transportation (KU-WIRF)

2. 研究目的および研究計画

2009-2010 年度の研究では、引き続き、ミラーの視認性評価方法および適切な補助視界を確保するための諸条件を明らかにして、ミラーの設置基準、再設計・調整の指針を体系化し、交差点視環境設計の人間工学的基盤の整備をはかることとした⁽¹²⁾。あわせて、視認性に問題があるミラーの点検と新設・改修工事に際し現場での設置・調整を簡易化、効率化できる標準的方法を提案し、ミラーの視認性向上、安全円滑な交差点交通システムの実現をはかることを目標とした。

具体的研究計画としては、ミラー視認性の人間工学 3 原則 (①ミラー中央に道路が映る, ②ミラー像に死角がない, ③距離感を支援する路面マークが映る)⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾を満たすミラー設置条件(位置・角度)を迅速かつ正確に測定・調整する方法について、フィールド研究および 3 次元 CG ソフトウェアを用いたシミュレーション研究を併用し、実証的研究開発を試みた。すなわち、実際の交差点で最小限の交通阻害で安全円滑に実施できることを前提条件とし、下記の 3 つの課題を中心に研究を遂行した。また、必要に応じて、関係行政機関等と連携し協力を得た。

- (1) フィールド研究：実ミラーを用いた視認性評価と設置・調整方法の検討
- (2) 3 次元 CG シミュレーション研究：3 次元 CG ソフトウェアを用いたシミュレーターの構築とミラー設置状況の検討
- (3) ミラー視認性評価、ミラー設置条件の体系的整理

3. [課題 1] フィールド研究：実ミラーを用いた視認性評価と設置・調整方法の検討

3.1 ミラー視認性評価のフィールド実証実験：ミラーによる接近車両の視認距離測定

3.1.1 研究方法

2007 年度に実施した接近車両視認性評価実験の結果、ミラーの大きさ・曲率や視認対象車両に加えて、ミラー材質、実験条件、被験者属性など諸要因の効果を検証し、安全視距離について検討することが課題であると確認できた⁽⁷⁾⁽⁸⁾。そこで、各種条件においてミラーによる交差点接近車両の視認性を評価するため、実際の交差点環境を模擬した実路テストコースにおいて、以下のような条件で実車走行実験を行った((財)日本自動車研究所(JARI), 2009 年 9 月, 天候：快晴)(図 1, 図 2)。

(1)実路テストコースにおけるミラー視認距離の測定

市街地の隅切りのない見通しの悪い無信号交差点を模擬した実路テストコース交差点で、非優先側の交差点境界線に前端を合わせた乗用車の運転席に座った被験者が、

交差点カーブミラーの鏡像内の接近車両を認識する距離(視認距離)を測定する実車走行実験を行った(図 1)⁽¹³⁾。実験条件は、以下の 4 要因を組み合わせた 16 条件とした。

- 1. ミラー直径 φ・鏡面曲率 R[mm] (2 水準)：
 - (1) 小 φ=600, R=2200, (2) 大 φ= 800, R=3000
- 2. ミラー材質/反射率 (4 水準)：
 - (1) A/0.85, (2) B/0.80, (3) C/0.80, (4) D/0.60
- 3. 接近車両 (2 水準)：
 - (1) 乗用車, (2) 原付 (50cc)
- 4. 被験者 (2 水準)：
 - (1) 若年者 (大学生, 3 名), (2) 高齢者 (60 歳代, 3 名)

実験は、被験者からみて優先側道路右方の交差点境界線 250m 後方から約 40km/h で車両(乗用車, バイク)を交差点に接近させ、交差点左方コーナーに設置した

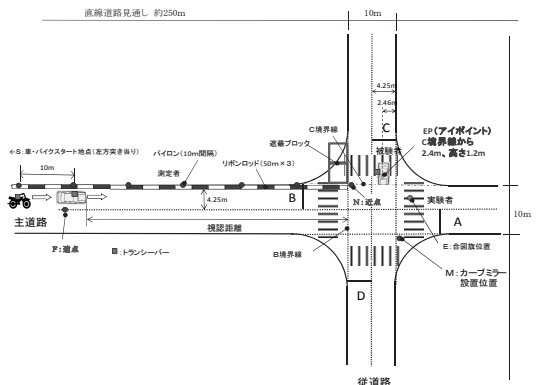


図 1 ミラー視認性評価実証実験の実験方法

表 1 車種・ミラー径(大・小)と視認距離 [m]

車種・ミラー径	最短	平均	最長
乗用車・大	89	115	154
乗用車・小	62	89	145
原付・大	57	80	108
原付・小	30	61	93

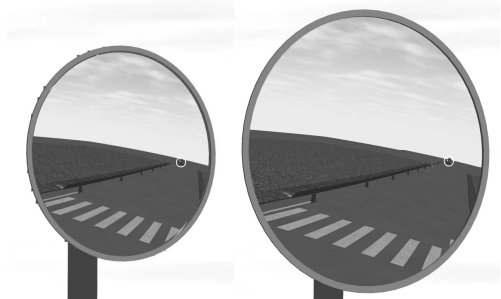


図 2 交差点環境 3 次元 CG シミュレーション：ミラー鏡像における視界と視認対象車(白円内・乗用車)の大きさ比較(左：小, 90m 地点, 右：大, 110m 地点)

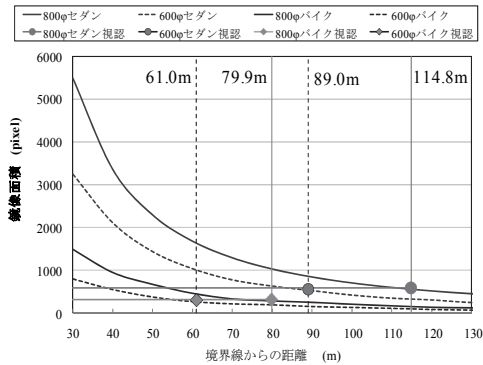


図3 ミラー鏡像における視認対象車両の大きさ(3次元CGシミュレーション)と視認距離(実測平均値)

ミラー鏡像で車両を視認できた距離を実測した。実験用ミラーは、「道路反射鏡設置指針」準拠の一般市販品を選択した。被験者は全員運転免許取得者で、矯正視力は左右とも1.0以上であった。

なお、今回の実験は実験条件(16条件)・回数(96回)が多く、8種類のミラーを短時間に交換・調整する必要があった。そこで、2007-2008年度研究で独自設計し、市販のアルミ製伸縮式脚立と特注アルミ製支柱で製作した可搬組立型ミラー(3.2項参照)を使用することで、円滑かつ効率的に実験できた。

(2)交差点環境3次元CGシミュレーション：ミラー鏡像における視認対象車の大きさ測定

著者らが開発した3次元CGシミュレーターを用いて、実路テストコースでの実験状況と実験用ミラー視界を再現した(図2)。さらに、乗用車運転者アイポイント(EP)からみて、交差点境界線から10mごとの地点を走行する車両の鏡像上の見かけの大きさ(ディスプレイ上のピクセル数)を測定した。

3.1.2 研究結果および考察

(1)実路テストコースにおけるミラー視認距離の測定

各実験条件における接近車両の最遠視認距離実測値は、表1のようになった。各条件における視認距離実測値は、平均61-115m、レンジ(30, 154m)に分布し、視認対象が乗用車の場合は、大型ミラー($\phi=800$)での視認距離は平均115m、レンジ(89, 154m)に対し小型ミラー($\phi=600$)は同89m(62, 145m)に分布していた。原付の場合は、大型ミラー視認距離は同80m(57, 108m)、小型ミラーでの視認距離は同61m(30, 93m)に分布していた。すなわち、乗用車・原付とも、ミラー大に対し、ミラー小は視

認距離(平均)が70-80%程度短く、原付の視認距離は乗用車に比べて、大・小ミラー共に60-70%程度短かった(乗用車に比して、交差点に近づかないと視認できない)。

4元配置分散分析の結果、ミラーの大きさ、材質、接近車両の主効果と材質×車両、大きさ×材質×車両の交互作用が、各々1%水準で有意であった。

今回の実測値では、理論的な安全視距離(50km/h 接近時、交差点境界線から約60m⁽⁹⁾)に対して、いずれの条件でも平均値では安全な視認距離を確保できている。今回の実験では、ミラー諸元や車種による視認性の変化も把握でき、ミラーを介して接近車両を安全に発見しうる有効性が確認できた。ただし、道路交通環境、天候、運転タスク等がいずれも好条件であり、本結果を日常運転環境でのミラー視認性、安全性評価に適用するには、特に視認距離の短い原付(バイク)などは、個人差やミラー設置環境での視認性評価と設置条件の検討が重要である。

(2)3次元CGシミュレーション：ミラー鏡像における視認対象車の大きさと視認距離

3次元CGシミュレーションによれば、ミラー大・小とも、ミラー視界(鏡面に映る空間的範囲)は同様であった(図2)。しかし、運転者EPからみた乗用車・バイクのそれぞれの見かけの大きさ(ピクセル数)はミラー大・小で大きく変わった。たとえば境界線から60m地点では大は小の約1.7倍となった。また、当然、乗用車と原付では大きさが異なった(約3.9倍)(図3)。ところが、乗用車または原付同士で、ミラー大・小における視認可能な距離(平均値)での見かけの鏡像の大きさ(ピクセル数)はほぼ一致した(図3の●と◆)。カーブミラー鏡像内の車両の被視認性(視認距離)は、対象車両の実際の距離の大小ではなく、鏡像内に映る対象車両の見かけの大きさが同一であれば同様になることが示唆された。

3.1.3 まとめ

本研究では、接近車両の最遠視認距離はミラー諸元や車種によって変化するが、市販ミラーにおいては、平均値では安全な視認距離を確保可能であること、3次元CGシミュレーションによる検討から、鏡像内の見かけの大きさが車両の視認可否を大きく左右することを示した。ミラー諸元、実験条件など諸要因の効果や、実際の交通場面におけるミラー視認性の推定、安全視認距離確保の方策については、さらに検討が必要である。

3.2 ミラー設置・調整方法の検討：簡便な角度測定と微調整方法、設置手順、等

既設および新設時の簡便・正確なミラー角度測定は意

外に容易ではない。2008 年までに、実験用の可搬組立型ミラーにおいて、ミラー支柱を 2 分割して上半部が回転可能な「水平角調整型」のものを製作した (図 4) が、これは角度目盛が 2 度刻みで、1 度以下の調整をするには適当ではない。

俯角については、ミラー背面に傾斜計を当てることで概ね 1 度単位の計測ができる (図 5) ので、以下のような方法で水平角を概ね 1 度単位で計測する手法を考案した。(考案した水平角測定方法)

図 6 のように、水平角の基準となる位置 (たとえばアイポイント) からミラーを撮影する。この際、基準となる位置そのものではなく、ミラーから見て、その位置を通る延長線上に十分 (20m 程度) 下がって、望遠撮影するとよい。

このミラーの写真から、映ったミラーの像の、天地方向の長さ A (鉛直方向の直径) と、水平方向の長さ B (水平方向の直径) を求め、水平角 θ を

$$\theta = \cos^{-1}(B/A)$$

として求める (図 7, $\theta=45^\circ$)。なるべく離れたところからミラーを撮影することにより、ミラーを見上げる仰角による A の誤差は無視した。

この方法によれば、ミラーそのものに触れることなく、水平角をおおむね 1 度程度の分解能で計測することができる。

4. [課題 2] 3 次元 CG シミュレーション研究 : 3 次元 CG ソフトを用いたシミュレーターの構築とミラー設置状況の検討

4.1 3 次元 CG シミュレーション法の概要

現在実用化しているコンピューターグラフィックスでは、三次元物体の表面の表現が非常に進歩していて、木材や塗装面などの通常の表面の他に、ガラス・水などの透過物体、鏡面などの反射面などの表現もきわめて実感的に行える。特に、透過物体や鏡面などの光の屈折や全反射を伴う表面の表現には、レイトレーシングと呼ばれる精密な光線追跡計算を行う。このレイトレーシング表現を用いれば、鏡面に映った路面や車両等の位置が正確に計算で求められる。

そこで、本研究では、2007 年度より構築を開始したレイトレーシングを用いたミラー鏡像および交差点環境のシミュレーションシステムに 4.3 のような成果を追加した。

4.2 3 次元 CG ソフトを用いたミラー設置シミュレーション

高速画像処理コンピュータを駆使し、テストコース・



図 4 水平角が調整できる実験用ミラー



図 5 ミラー背面に傾斜計を当てて俯角を測定する

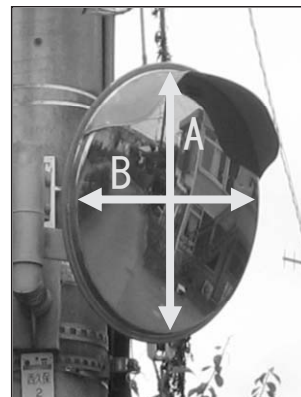


図 6 基準位置の延長線上、遠方より撮影したミラー

実路を対象に、3次元CGソフトウェアを用いたシミュレーション環境・手法を実践的に開発した。シミュレーションの再現性を検証後、典型的な交差点環境におけるミラー設置条件をシミュレーションし、ミラー視認性評価、調整手順の標準化・簡易化に資することを企図した。

2008年度までに構築した3次元CGシミュレーターの概要は以下の通りである。

- (1)市販のPC用の汎用3Dグラフィックエンジン(商品名「Shade」)を用いて、ミラー本体(鏡面・支柱含む)、路面、壁・塀・植栽、電柱等の部品を作成した。
- (2)これらをPC内のシミュレーション空間内に配置して、ミラーの角度調整などを簡単に行えるように操作法を考案した。
- (3)実際にPC内のシミュレーション環境で、ミラーを備えた無信号交差点を作成し、ミラーの位置を変化させることで、非優先側道路のアイポイント(停止線手前に停止した自動車運転者の視点)からどのように優先側の道路・車両等が見えるかを検討した。

この3次元CGシミュレーターを用いて、(1)JARI実路テストコースで実施したミラー視認性評価実験の実験状況と実験用ミラー視界の再現、(2)ミラー設置交差点のミラー鏡像シミュレーション例として横浜市鶴見区芦穂崎地区の市街地交差点、(3)ミラー未設置交差点の例として横浜市港南区日野交差点などでシミュレーションを行った。その結果、交差点に設置されたミラー反射像を、実際の道路交通状況に合わせて再現でき、ミラー鏡像における視認距離・死角発生状況を含めて鏡面内実鏡像とシミュレーションの一致度が高く、実用化に十分な性能を備えていることを実証した。

以上の研究成果を踏まえて、本研究では、主として以下に述べる3次元CGシミュレーター研究開発とシミュレーション応用事例の拡充・発展を進めた。

4.3 3次元CGソフトウェアを用いたシミュレーターの構築：シミュレーション簡便化ツールの開発(入力専用フロントエンドプロセッサ「交差点エディター」)

2008年までの作業では、PC内にシミュレーションを行いたい交差点形状を生成するのにかなりの手間を要した。このため、交差点形状を容易に生成できるようにする入力容易化ツール「交差点エディター」を外注製作した。このツールを交差点形状生成に応用し、効果を検証した(図8)。

従来、1本1本の輪郭線を引きながら交差点全体の形状(幅員、長さ、勾配、交差する道路の中心線同士の食

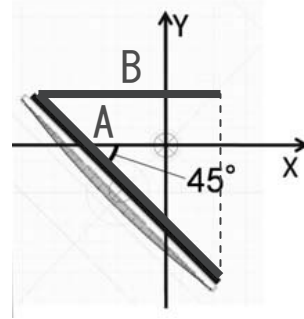


図7 ミラーの水平角の求め方

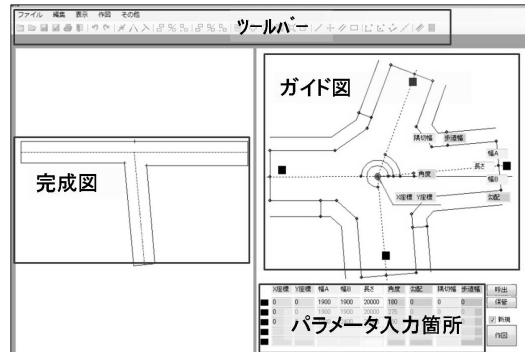


図8 交差点エディター

い違い等)を作成していくことに対して、このツールは、図8に示すように、「ガイド図」の案内に従って、交差点中心、交差道路(枝)の数、それぞれの枝の角度、幅員、勾配、枝の長さなどを入力するだけで、シミュレーション空間にそのまま取り込める形式でのデータを生成する。

このツールを用いた結果、従来の入力方法より、「交差点エディター」で作図の方が、作業時間を1/10程度に短縮できた。この「交差点エディター」では、交差点データ生成のうち、①「交差点平面図作成」を容易化するものであるが、①の後に行う、②「塀等を配置し交差点上面図作成」についても作業容易化ができるようにツールの改良が必須である。

このツールはシミュレーション法の簡便化・利便性向上に有効で、機能拡大で迅速・簡便な交差点安全性の検討が可能になる。今後はこの改良も含め、さらに入力容易化を行い、実際のミラー設置組織現場(道路事務所等)での利用も目指す。

4.4 [事例1] 右直事故発生交差点における事故原因分析と視環境改善シミュレーション

ミラーの設置された実交差点で、ミラー視界が不適切だったために発生したと考えられる事故事例を取り上げ、原因の推定や現地交差点の改善方法を検討した⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

4.4.1 研究方法

事故概要：県下茅ヶ崎市西久保の死角ある無信号・ミラー設置T字路で、非優先道路を右折しようとした車が、右方から来た優先道路走行自転車と出会い頭にぶつかる事故(2009年6月)が起きた。自動車運転者はミラーには自転車映っていなかったと証言した。

ミラー設置改善シミュレーション：シミュレーターで交差点環境を再現し(図9)、非優先道路で停止中の乗用車視点(EP)から視認距離=60m以上、死角(図9)の三角部分、長さ9.2m*最大幅3.7m)が最小となるミラー設置改善案を作成した。



図9 事故発生交差点上面図 (無信号T字路, 死角あり)

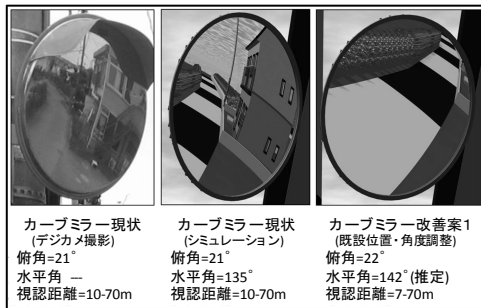


図10 ミラー設置条件の再現と既設位置での改善案シミュレーション

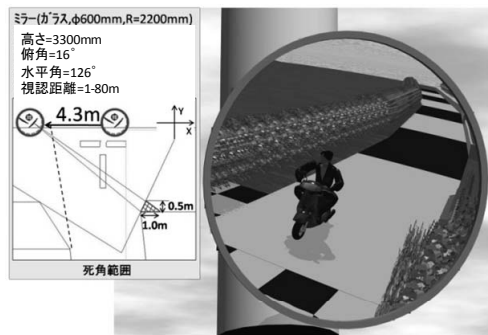


図11 ミラー設置最適改善案シミュレーション (既設位置からx軸4.3m移動, 白黒スケール: 道路10m, 交差点内1m)

4.4.2 研究結果および考察

改善案の検討：構築したシミュレーション環境で交差点環境を再現後、事故原因分析及びミラー設置位置・高さ・角度を変動させ、改善案を検討した。既設ミラーでは②優先方向に9.2m 死角があり間接視界が不十分である(図9)。改善策としてミラー(ガラスφ600, R=2000mm)位置をx軸方向へ4.3m移動すれば死角を1mに削減でき、間接視界で80mの視認距離が確保できる(図10, 11)。シミュレーション環境を用いることで、現場では容易に実験できない、民家敷地内へのミラー移動の効果を簡単に分析することができた。

道路管理者への提案：当該ミラーを管理する道路管理者(当該交差点のある市役所内)へ改善を提案し、一定の理解を得た(2009年12月)。なお、偶然、調査後に直接・間接視界の死角要因となる生垣と家屋が撤去されて駐車場に変わったため、死角は解消し、問題となっていた状況は改善された。

4.5 [事例2] 典型的な生活道路交差点におけるミラー視認性評価シミュレーション: 道路幅員, 設置位置, 等の効果

前述の3次元CGシミュレーション手法を用いて、市街地交差点における非優先道路運転者からみたミラー視認性について、道路環境や設置諸元を系統的に変化させて評価し、安全視界の確保に影響を及ぼす要因を検証するとともに、適切なミラー設置条件の検討を行った⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。以下に、その一端を紹介する。

4.5.1 研究方法

(1) 生活道路交差点におけるカーブミラー視認性評価

3次元CGシミュレーション手法により典型的な生活道路交差点環境をPC上に再現し(図12)、非優先道路の乗用車運転者視点(EP: 路面高1200mm)からみた視認性が最大となるミラー設置最適解を検証した。ミラー設置最適解とは、鏡像で交差点右方の安全視距離(境界線から60m以上: 50km/h走行の優先車発見後、非優先車が衝突回避可能な距離)が確保でき、かつ交差点直近の死角(図12のBD距離)が最小となる条件とした。

(2) ミラー鏡像の視認性評価: 道路幅員の検討

非優先道路幅員3条件(4, 5, 6m)、優先道路幅員5条件(6, 7, 8, 9, 10m)を組み合わせた計15条件の交差点で、交差点右方視界確保のため左コーナー角地Mに設置するミラー(800φmm, R=3000mm, ミラー鏡面下端高=2.5m)の設置最適解(俯角・水平角, 最大視認距離, 交差点直近死角距離)を求めた(図13)。

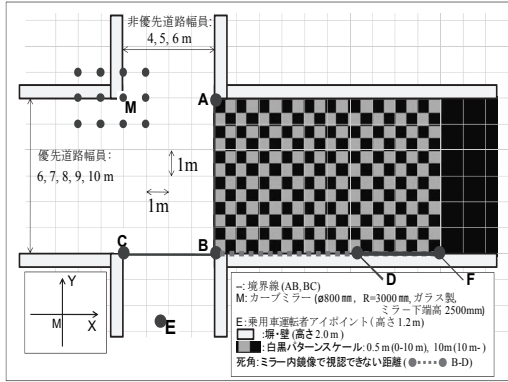


図 12 3次元CGシミュレーションによる生活道路交差点ミラー視認性の評価方法

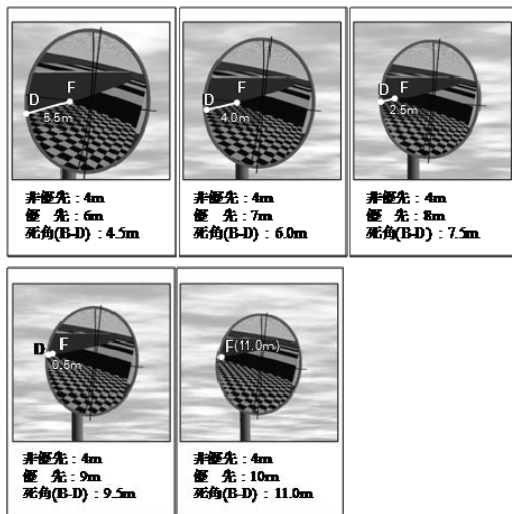


図 13 3次元CGシミュレーションによる評価：ミラー鏡像と道路幅員の関係

(3) ミラー鏡像の視認性評価：水平位置の検討

次に、非優先道路4m×優先道路6mの交差点を対象に、隅切りのない左コーナー角地Mを原点とし、x軸方向4条件(+1, 0-1, -2m), y軸方向3条件(+1, 0-1m)を組み合わせた計12地点におけるミラー設置最適解(俯角・水平角, 最大視認距離, 交差点直近死角距離)を求めた(図13)。

4.5.2 研究結果および考察

(1) ミラー視認性評価と設置最適解シミュレーション：

優先/非優先道路幅員の検討

交差点右方60mの視認距離確保を必須条件とすると、交差点直近の死角量は優先道路幅に比例して増加し、非優先道路幅に反比例して減少する。15条件中、ミラー内死角の最小値は2.5m(非優先6m×優先6m)、最大値は11.0m(非優先4m×優先10m)で、死角0になる条件はな

かった(図13, 図14)。直接視界が不良の交差点では、自転車・バイク全長が直近の死角2.5mに入り、発見できない危険性がある。また、12条件で小型乗用車全長(4.7m)が隠れる死角があり、ミラーのみで直近の視界を確保することは困難である(図13, 図14)。

(2) ミラー視認性評価と最適設置解シミュレーション：

ミラー水平設置位置の検討

交差点直近の死角量は、ミラー位置をx軸,y軸共にマイナス方向に移動すると減少することがわかった(図15, 図16)。また、左コーナー12地点における死角最小値は1.5m, 最大値は7mで、死角0の条件はなかった。交差

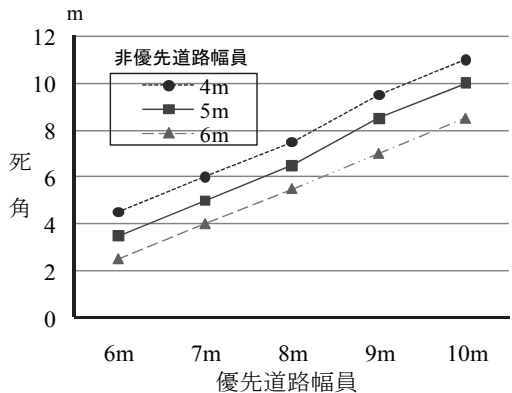


図 14 ミラー鏡像と道路幅員の関係：シミュレーション鏡像における死角量分布

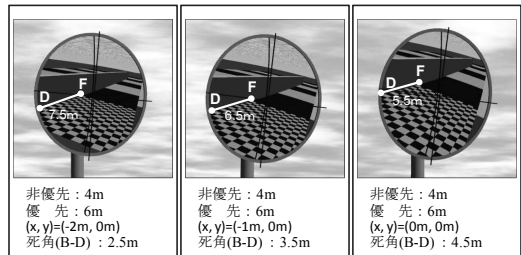


図 15 3DCGシミュレーションによる評価：ミラー鏡像と設置位置の関係

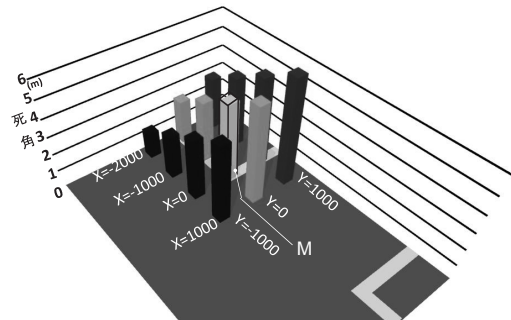


図 16 ミラー鏡像と水平位置の関係：シミュレーション鏡像における死角量分布

水平角 俯角	-9°	-6°	-3°	最適解	+3°	+6°	+9°
-9°	 ●視認距離=0m ●死角=10m	 ●視認距離=0m ●死角=10m	 ●視認距離=0m ●死角=10m	 ●視認距離=0m ●死角=10m	 ●視認距離=0m ●死角=10m	 ●視認距離=40-80m ●死角=10m	 ●視認距離=60-80m ●死角=10m
-6°	 ●視認距離=0m ●死角=10m	 ●視認距離=0m ●死角=9.5m	 ●視認距離=0m ●死角=8.0m	 ●視認距離=0m ●死角=9.5m	 ●視認距離=30-80m ●死角=10m	 ●視認距離=20-80m ●死角=10m	 ●視認距離=30-80m ●死角=10m
-3°	 ●視認距離=0m ●死角=2.5m	 ●視認距離=0m ●死角=3.5m	 ●視認距離=0m ●死角=3.0m	 ●視認距離=50-80m ●死角=6.5m以上	 ●視認距離=10-80m ●死角=9.0m	 ●視認距離=10-80m ●死角=10m	 ●視認距離=20-80m ●死角=10m
最適解	 ●視認距離=0m ●死角=1.0m	 ●視認距離=0m ●死角=2.0m	 ●視認距離=0m ●死角=3.5m	 ●視認距離=10-80m ●死角=4.5m	 ●視認距離=10-80m ●死角=7.5m	 ●視認距離=10-80m ●死角=10m	 ●視認距離=10-80m ●死角=10m
+3°	 ●視認距離=0m ●死角=0.5m以上	 ●視認距離=0m ●死角=1.5m	 ●視認距離=0m ●死角=2.5m	 ●視認距離=10-40m ●死角=4.5m	 ●視認距離=10-80m ●死角=6.5m	 ●視認距離=10-80m ●死角=10m	 ●視認距離=10-70m ●死角=9.5m
+6°	 ●視認距離=0m ●死角=0m	 ●視認距離=0m ●死角=1.0m	 ●視認距離=0m ●死角=2.5m	 ●視認距離=10-20m ●死角=4.0m	 ●視認距離=10-80m ●死角=6.5m	 ●視認距離=10-80m ●死角=10m	 ●視認距離=20-80m ●死角=10m
+9°	 ●視認距離=0m ●死角=0m	 ●視認距離=0m ●死角=1.0m	 ●視認距離=0m ●死角=2.5m	 ●視認距離=0m ●死角=4.5m	 ●視認距離=10-20m ●死角=8.0m	 ●視認距離=0m ●死角=10m	 ●視認距離=0m ●死角=10m

図 17 3次元CGシミュレーションに基づく鏡像マトリクス

点境界線上の非優先方向乗用車 EP からみたミラー最適設置位置は、角地 M から x 軸 -2m(左端), y 軸 -1m(近方)地点であった。

(3) 交差点直接視界シミュレーション：ミラー鏡像最適案と直接視認性のトレードオフ

交差点隅切りや歩道がなく、かつ横断歩道や停止線位置によっては境界線から 10m 程度手前でミラー確認が必要となる交差点もある。そのような環境では、左方の直接視界が不十分で、(2)で検討した最適位置のミラーを直接視認できず、ミラー設置位置に制約が生じることが明らかになった。

以上、適切なミラー設置条件は狭い範囲に分布し、交差点環境・ミラー諸元等のシミュレーションに基づく分析と事前の十分な設置法検討が重要とわかった。

(4) まとめ

交差点環境・ミラー位置とミラー鏡像の關係の系統的 analysis により、交差点視認距離、死角発生への影響、安全視界確保上重要な要因などが明らかになった。3次元CGシミュレーション法の活用により、ミラー設置最適案を

机上で検討できるばかりでなく、交差点視環境改善や危険要因の検討幅を拡大・効率化でき、ミラー設置最適化や直接/ミラー間接視界の確保により、出会い頭事故削減に有効であることが確認できた。

また、ミラー設置・点検改修にあたって、本知見をベースにすれば、設置現場と道路環境が類似したケースを参照して設置条件を絞り込み、複数の設置方法を細部にわたって検討するなど、毎回最初からシミュレーションを行う必要がなく、効率的かつ精度の高い設置案の計画が可能になる。これにより、安全視認距離の確保、交差車両の早期発見を保証し、フィージビリティの高いミラー設置最適解を導くことが可能になる。

シミュレーション法のさらなる簡便化・利便性の向上、直接/間接視界の死角解消条件の検討などが今後の課題である。

4.6 [事例 4]ミラー角度微調整と鏡像変化の系統的シミュレーション：ミラー角度変化による鏡像マトリクスの作成とミラー設置最適化への活用

4.6.1 研究方法

前述のように、ミラーのシミュレーションがミラー設置の現場でも容易に実施できるようになればよいが、現在はまだ実現できていない。そこで、シミュレーションの結果を現場で容易に役立てることができるように、図17のような「鏡像マトリクス」を作成した。この鏡像マトリクスは、標準的な十字路に設置されたミラーについて、最適な水平角・俯角のものを中心に、角度を左右・上下へわずかずつ変化させながら、鏡像の映り方がどのように変化するかを表したものである。

4.6.2 研究結果および考察

この鏡像マトリクスを、実際に調整しようとしている交差点ミラーの鏡像と照合して、現状で最も近い状況の図と、中心にある「最適」な図との水平角・俯角の差を読み取って、実際の調整の補助とすることを検討した。

本年度研究では、実際のミラー設置または調整に、この鏡像マトリクスを用いてはいないが、本研究で構築したシミュレーション環境では、このような、他の手法では非常に手間のかかる改善案も容易に作成でき、鏡像マトリクスの作成は、本研究の有効性を示すよい例といえる。

5. [課題3] ミラー視認性評価、ミラー設置条件の体系的整理：ミラー設置・調整用マニュアル開発に向けた指針の導出

本研究では、2008年度から引き続き、現場で短時間に調整出来るミラー位置決め、設置角度測定・調整簡便法と標準化手順の基礎的部分を開発・検討し、マニュアルの骨子の整備を進めてきた。今後の研究発展として、以下のような研究課題が考えられる。

(1)ミラー視認性、ミラー設置条件の体系的整理

道路幅員・勾配・カーブなどによる視環境の変化、良好な視環境を得るための必要条件などの体系的整理と実施容易なミラー設置基準策定、などを引き続き行う。また、交差点における直接視界とミラーによる間接視界の相補性、連続性確保(隅切り・妨害物効果)について、さらに検討を進める。

(2)平易なミラー設置マニュアルに対する指針の導出

上記にあるように、今後さらに、ミラー設置者(道路管理者等)が既設ミラーの点検や新設の際、平易に利用できるようなマニュアルを構成できるように、マニュアル内容の指針を検討する。

6. まとめ

本研究では、フィールド研究として、実ミラーを用い

た視認性評価とミラー設置・調整方法の検討を行った。また、交差点の視環境を正確に再現するシミュレーション環境を構築し、これを用いて、実際の事故発生交差点の視環境改善提案や、ミラー設置位置の定量評価、実務にも使えるようなマニュアルの素材(鏡像マトリクス)の作成などを行った。さらに、このシミュレーション環境への入力容易化のために、「交差点エディター」というツールを作成した。

この結果、交差点の視環境については、その良しあしを左右する要素が定量的に明らかになり、良好な視界・視認性を確保するミラーの設置条件を検討する基礎的知見、特に良好な補助視界を得るために有効な交差点ミラーの指針が得られた。

これらの成果により、ミラー視認性評価実験やミラー視認性シミュレーション、実平面交差点でのミラー評価、ミラー設置現場への応用などを系統的に展開する方法論と指針の基礎が得られた。

なお、2010年3月、国土交通省道路局国道・防災課、同道路保全企画室、同地方道・環境課道路交通安全対策室は、上述のような著者らの研究成果⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽¹²⁾を反映し、特に市街地の道路反射鏡の点検、再調整を容易にするための技術資料として、「道路反射鏡の簡易な点検・再調整の手引き(案)」を作成した。さらに、同省全国各地整備局道路部地域道路課、交通対策課、道路管理課等に通知し、交通事故の一層の削減に向けた取り組みに資するため、管内都道府県指定市の道路管理者に対する情報提供、都道府県の管内市町村に対する情報提供を依頼している。

これらの取り組みの成果とともに、今後さらに、国・県・市町村等の行政組織の協力と連携により、ミラーの間接視界不良による出会い頭事故の低減が図られることを期待したい。

謝辞

本研究を進めるに当たり、人間工学研究室所属の卒業研究生であった、猪股裕二、笹山博樹、廣田祐子、杉山洋紀、小野雅史、福永佳洋、渡邊修平、西村洋、野口絵理香、稲村和也、吉川一茂、栗原崇浩の各氏にフィールド研究、3次元CGシミュレーションなどの実施に熱心な協力を得た。さらに、国土交通省道路局地方道・環境課、関東地方整備局、警察庁、神奈川県警察、横浜市道路局、同鶴見土木事務所、同港南土木事務所、川崎市道路整備課、(社)全国道路標識表示業協会、道路反射鏡協会、(財)日本自動車研究所、(独)国土技術政策総合研究所、横浜市港南区日野自治会の各氏に、多大の助言や

ご協力を得た。心からの謝意を表すものである。

参考文献

- (1) 警察庁交通局交通企画課, “平成21年度中の交通事故死者数について”, <http://www.npa.go.jp/toukei/kouki/> (2010-2).
- (2) M. Mori, S. Horino, S. Kitajima, M. Ueyama, T. Ebara, T. Itani, “Ergonomics solution for crossing collisions based on a field assessment of the visual environment at urban intersections in Japan”, *Applied Ergonomics* 39, (2008-8), pp. 697-709.
- (3) M. Mori, S. Horino, Y. Inomata, H. Sasayama, Y. Hirota, “Low-cost and low-technology oriented improvement of visual environment at intersections by ergonomic installation of traffic convex mirrors for preventive safety against crossing collisions”, *Proceedings of the 10th Korea-Japan Joint Symposium on Ergonomics*, CD-ROM, (2007-5).
- (4) 堀野定雄, 森みどり, 猪股裕二, 笹山博樹, 廣田祐子, “ミラー視認性改善と出会い頭事故削減—横浜市内生活道路広域交差点でのフィールド調査—”, *日本人間工学会誌* 第43巻特別号, (2007-6), pp. 62-63.
- (5) (社)日本道路協会, “道路反射鏡設置指針”, 丸善出版, (1980).
- (6) 国土交通省道路局監修, (社)全国道路標識表示業協会編, “道路反射鏡ハンドブック”, (社)全国道路標識表示業協会, (2001).
- (7) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 北島創, 平成19年度神奈川大学工学研究所共同研究中間報告 “出会い頭事故未然防止の研究—交差点ミラー視認性評価と再設計マニュアル開発—”, *神奈川大学工学研究所所報*, 第31巻, (2008-11), pp. 78-84.
- (8) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 北島創, “出会い頭事故未然防止の研究—交差点ミラー視認性評価と再設計マニュアル開発—”, *神奈川大学工学研究所所報*, 第32巻, (2009-12), pp. 77-83.
- (9) M. Mori, S. Horino, N. Kubo, S. Kitajima, “Ergonomics proposal for visibility requirements at urban intersections in Japan for preventing frequent crossing collisions”, *Proceedings of the Applied Human Factors and Ergonomics 2nd International Conference*, CD-ROM (2008-7).
- (10) 森みどり, 堀野定雄, 久保登, 福永佳洋, 渡邊修平, “市街地無信号交差点における視環境評価と出会い頭事故防止”, *日本人間工学会誌* 第45巻特別号, (2009-6), pp. 286-287.
- (11) 久保登, 森みどり, 堀野定雄, “鏡像シミュレーションによる交差点ミラー視認性向上のための設置条件検討”, *日本機械学会論文集C編*, 第76巻第768号, (2010-8), pp. 2154-2159.
- (12) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 北島創, “人間工学視点に基づく安全円滑な平面交差交通システムの構築—カーブミラーの視認性向上による交差点視環境改善—”, *神奈川大学工学研究所所報*, 第33巻, (2010-11), pp. 72-80.
- (13) 森みどり, 久保登, 堀野定雄, “実路テストコース実車実験に基づく交差点カーブミラーの視認性評価”, *日本人間工学会誌* 第47巻特別号, (2011-6), pp. 112-113 (2011-6).
- (14) 森みどり, 堀野定雄, 久保登, 西村洋, 野口絵理香, “3DCGシミュレーション法による交差点ミラーの視認性評価”, *日本人間工学会誌* 第46巻特別号, (2010-6), pp. 344-345.
- (15) 西村洋, 野口絵理香, 森みどり, 久保登, 堀野定雄, “3D CG鏡像シミュレーション法に基づく交差点出会い頭事故事例分析”, *日本機械学会論文集C編*, 第77巻第775号, (2011-3), pp. 604-613.
- (16) M. Mori, S. Horino, N. Kubo, “Ergonomics study on the visual environment at urban uncontrolled intersections based on visibility simulation approach applying 3-Dimensional computer graphics software”, In: W. Karwowski and G. Salvendy (Eds), *Advances in Human Factors, Ergonomics, and Safety in Manufacturing and Service Industries*, CRC Press / Taylor & Francis, Ltd., (2010-7), pp. 873-882.
- (17) 森みどり, 堀野定雄, 久保登, “3DCGシミュレーションによる交差点視環境評価—運転者視点の比較—”, *人類動態学会会報* No.92, (2010-6), pp. 30.