

NaviView：見通しの悪い交差点での仮想ミラー提示による 運転者への視覚支援

～提示タイミングと位置による運転者への効果～

田谷 文宏^{*1} 小島 和浩^{*1} 亀田 能成^{*2} 大田 友一^{*2}
筑波大学大学院理工学研究科^{*1}
筑波大学大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻^{*2}
筑波大学計算科学研究センター^{*2}

我々は、道路監視カメラ映像を画像処理技術によって加工し、運転者の死角を削減する視覚支援システム「NaviView」を提案している。その一環として、見通しの悪い交差点における仮想ミラー提示を研究している。仮想ミラー提示では、道路監視カメラ映像から仮想的なカーブミラーを模倣した映像を生成し、ヘッドアップディスプレイを用いてフロントガラスに提示を行う。本稿では仮想ミラー提示を行うタイミングとその位置について、シミュレーションによる評価実験を行い、仮想ミラーのよりよい提示方法について考察する。

NaviView: Visual Assistance for Drivers by Virtual Mirrors at Blind Intersections

~Effect of Position and Timing to Present Mirrors~

Fumihito TAYA^{*1} Kazuhiro KOJIMA^{*1} Yoshinari KAMEDA^{*2} and Yuichi OHTA^{*2}
University of Tsukuba, Graduate School of Science and Engineering^{*1}
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering,
Department of Intelligent Interaction Technologies^{*2}
University of Tsukuba, Center for Computational Sciences^{*2}

We have proposed a driving assistance system “NaviView” that provides visual assistance for drivers by utilizing the videos obtained by roadside cameras. As an implementation of NaviView at blind intersections, we have proposed a virtual mirror system to reduce blind spots. Videos from roadside cameras are warped and presented as the images in the mirror virtually presented on a head-up display. In this paper, we describe the experiments conducted on our simulation system and discuss the best position and timing of mirror presentation.

Keyword: AHS, NaviView, Visual Assistance, Video Conversion, Mixed Reality, Blind Intersection

1 はじめに

我々は、運転者の死角となる領域の映像を、画像処理技術を用いて加工し、運転者に提示を行うことで自車周囲の状況把握を支援するシステム「NaviView」を提案してきた[1][2][3][4]。NaviViewでは死角領域の映像獲得に、ITS環境下において道路に設置されている道路監視カメラ（可視光画像センサ）や車載カメラを用いる。NaviViewによる支援の一形態として、我々は仮想ミラー提示を提案している[3][4]。この手法は見通しの悪い交差点における視覚支援手法であり、道路監視カメラの映像を仮想的なカーブミラーという形態で提示するものである。

一般に見通しの悪い交差点には、建物などの遮蔽物によって発生した死角を補うために、カーブミラーが設置されている。このカーブミラーによって、運転者は交差点に進入するよりも前に、交差点内の状況を認知することが出来る。そのため、衝突する可能性のある他車両などの存在に気付くのに遅れる、「認知の遅れ」を解消することができる。「認知の遅れ」は交通事故の要因の中でも大きな割合を占めるため、カーブミラーの存在意義は大きい[5]。

しかし、カーブミラーには以下のような問題点も挙げられる。

1. 直近・遠方に死角が存在する。
2. 鏡像であるため、実環境の状況が把握しづらい場合が存在する。
3. 運転者は交差点に近づくまで、カーブミラー自体やミラー内の像を認識することができない。

これまでの研究報告[4]によって、仮想ミラー提示は1,2の問題点を解決する提示手法であることが確認されている。

そこで本稿では3の問題点を解消するために、いつ、どこに仮想ミラーの提示を行うかについて考察し、評価実験を行った。以下第2章で仮想ミラー提示について述べ、第3章で評価実験の概要について述べる。そして第4章で評価実験の結果と考察について述べ、最後に第5章でまとめを行う。

2 仮想ミラー提示

我々の手法[3][4]は、道路監視カメラ映像を加工し、ヘッドアップディスプレイ(HUD)を用いてフロントガラスに提示する。これまでに、道路監視カメラ映像の変換の種類によって、以下の3つの提示形態を提案してきた[4]。

VM1) モニタミラー提示

仮想カーブミラーの鏡の部分に道路監視カメラ映像をそのまま提示する手法である(図1)。この手法は最も単純で、撮影範囲を全て提示しているという利点がある。一方、運転者の死角を解消できるかどうかは道路監視カメラの設置状況に依存するという点が問題点として挙げられる。

VM2) 交差点正対提示手法

道路監視カメラの設置位置は交差点毎に異なる可能性がある。その場合運転者は、交差点毎に異なる視点からの道路監視カメラ映像を得ることになり、道路監視カメラ映像から交差点環境を把握することが困難になると考えられる。そこで道路監視カメラ映像に対し、常に交差点内の同じ位置に道路監視カメラが設置されているかのように幾何変換を加えて提示を行う(図2左)。しかし、実際の道路監視カメラの位置・撮影方向・画角によっては、変換後の映像に欠損が生じ、運転者が交差点の状況の一部を視認できない状態になることがある。

VM3) レーン正対動提示手法

変換後の映像に欠損が生じるというVM2の問題点を解決するため、比較的欠損が生じないように変換を行う。VM3では道路監視カメラ位置から車線中央に下ろした垂線の交点に道路監視カメラが設置されているかのように、道路監視カメラ映像に対して幾何変換を加える(図2右)。この手法ではVM2と同様のミラー内の見やすさを保ったまま、より広い範囲の映像が提示できる。しかしVM2程ではないものの、変換後の映像に欠損が生じる場合がある。

これまでの評価実験から、道路監視カメラの設置位置や提示形態の違いによる運転者の反応時間への影響は小さいことが分かっている[4]。

そこで今回の評価実験ではVM1のみを用いる。これはVM1では道路監視カメラ映像に対して幾何変換を行わないためにシステムの処理時間が短く、そのために実交通環境への応用も比較的容易であると考えられるためである。

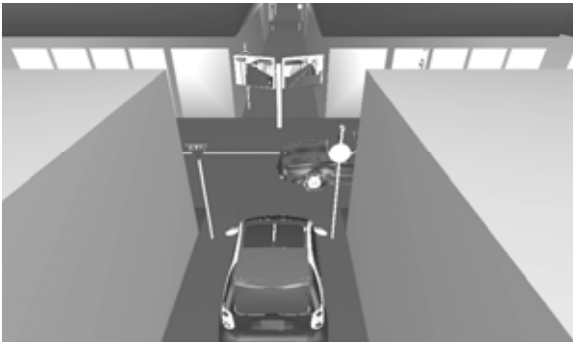


図1 仮想ミラー提示(VM1)

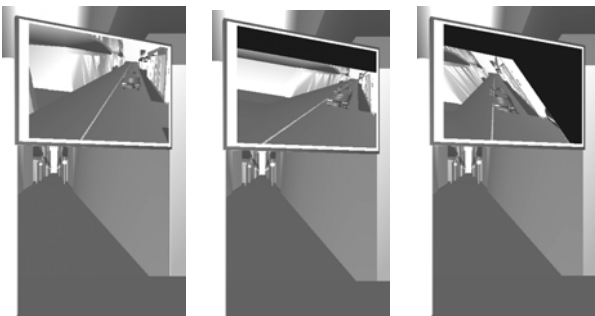


図2 各提示形態におけるミラー映像
(VM1 / VM2 / VM3)

3 仮想ミラーの提示時間・位置に関する検討

本研究では以下の2点について、シミュレーション実験を通じて検討する。

3.1 提示タイミングに関する検討

仮想ミラーは交差点環境に関わらず、常に提示を行うことが可能である。しかし、仮想ミラー提示を行うと、仮想ミラーが隠蔽してしまう部分の実環境の様子を把握することが困難になる場合も考えられる。また、交差点まで距離があるにもかかわらず仮想ミラーが提示された場合、運転者の注意がそちらに引き付けられ、かえって安全運転の妨げになる可能性も考えられる。このような観点から、仮想ミラーは自車がある程度交差点に接近してから提示を行う方が良いと考えられる。

3.2 提示位置に関する検討

仮想ミラー提示を用いると、実環境ではカーブミラーを物理的に設置できない場所に提示を行うことが可能である。これまでは仮想ミラー位置は運転者

正面である場合を想定してきた[4]。これは、仮想ミラー位置が正面から外れた場合の、ミラー確認の際に伴う視線移動による運転者支援への影響を避けるためである。しかしながら、見通しの悪い交差点では、運転者は左右を見渡すことで他車両の存在を確認するため、仮想ミラー位置が運転者正面から、左右方向に離れた位置に存在しても、その影響は小さいとも考えられる。

仮想ミラーの位置による運転者への支援効果の影響が少ないならば、仮想ミラー位置は交差点の状況などに応じて自由に変更することができ、カーブミラーにはない利点となる。

4 評価実験概要

4.1 評価実験用システム

評価実験は図3のようなHUD提示システムを用いて行った。HUD提示システムは交差点環境を再現するシミュレーション部と、運転者に対して仮想ミラーを提示するHUD部から構成されている。シミュレーション部は、CGによって構築された交差点環境における運転者視点映像をプロジェクタからスクリーンに投影する。仮想ミラーはHUD部のプラズマディスプレイに描画され、運転車両のフロントガラスに対応するハーフミラーに投影される。運転者はハーフミラーでできたフロントガラス越しにスクリーンを見ることで、交差点環境と仮想ミラー両方を見ることになる。なお、仮想ミラー提示位置は運転者視点位置に依存するが、今回は運転者視点位置の検出は行わず、運転者の視点を固定した状態で評価実験を行った。

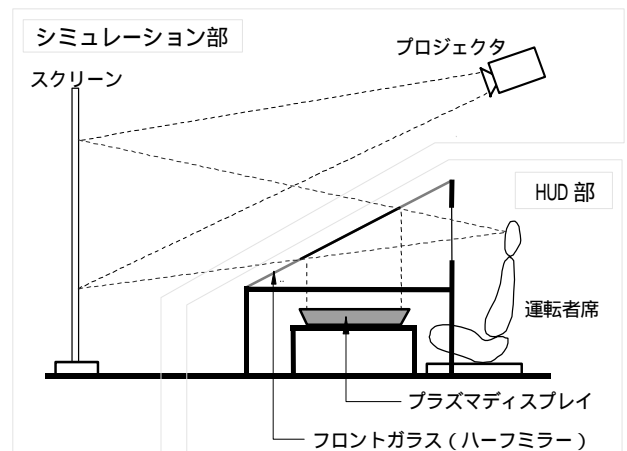


図3 評価実験用システム

4.2 想定状況

本実験でも前報告[4]と同じく、「見通しが悪い交差点で、こちらにはまったく気付いていない直進車両が右側から走ってくる状況」を想定した。これは、運転中に最も多い認知エラーが、交差点で横の道路に存在する車両や人の見落としであり、そのような状況では仮想ミラー提示の効果が最も期待できるためである[5]。なお、右から走ってくる直進車両の速度及び交差点に進入するまでの時間を、運転者は知らないものとする。道路監視カメラおよび仮想ミラーの設置位置を図4に示す。図中矢印が道路監視カメラの設置位置およびその撮影方向を表している。

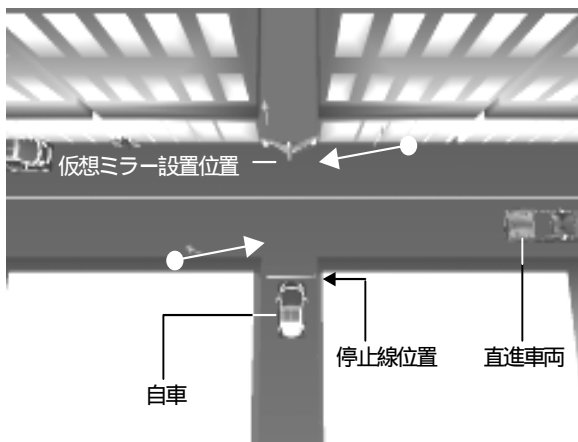


図4 交差点環境（俯瞰図）

4.3 実験概要

実験には、普通自動車免許を有する22歳から23歳の男性10名が参加した。

自転車は交差点内の停止線まで、時速30[km/h]の一定速度で走行し、自動的に一時停止をする。交差点には運転者から見て右側から、直進車両が一定速度で進入してくる。なお、自転車が一時停止した時点から直進車両が交差点に到達するまでの時間を交差点進入時間と呼ぶ。被験者は、自転車が一時停止した後、キーボードのキー操作によって視線方向を変更する。これは運転中の、交差点に進入する際の左右確認に対応する。そして右からの直進車両の存在を目視によって確認し、目視確認キーを押下する。本実験では、運転車両が交差点で一旦停止した瞬間を開始時間とし、被験者が目視確認を終了するまでの時間（反応時間）を測定した。

本実験では始めに、被験者にHUD型提示システムの動作とそれに対する操作についての説明を行う。

そして以下の実験項目毎に、被験者は十分にシステムに習熟したと思えるまでトレーニングを行う。トレーニングでは、交差点進入時間を0~5.5[s]のランダムな値、その速度を40, 50, 60[km/h]のいずれかとした。

トレーニング終了後、反応時間のデータ収集を行う。データ収集では、交差点進入毎に決まった交差点進入時間及び速度で直進車両が進入するように設定しているが、被験者にはデータ収集もトレーニングと同じくランダムに設定してあると伝えてある。

4.4 評価指標

反応時間は車両を認知するまでの時間と、目視確認キー押下を行う操作時間を合計したものである。運転者が運転中にとる行動は認知・判断・操作であり、この中で事故の要因として「認知」の占める割合が大きいため[5]、本実験での評価指標には、認知作業に相当する反応時間を、被験者数で平均化した値（平均反応時間）を用いる。

5 評価実験結果

5.1 直進車両の速度の違いによる反応時間への影響

仮想ミラーを用いた際の、右から交差点内に直進してくる車両の速度と運転者の反応時間の関係を調べる。仮想ミラーは運転者正面に、常に提示されている状態で実験を行った。

実験結果を図5に示す。横軸は交差点進入時間、縦軸は平均反応時間であり、どちらも単位は秒である。グラフの要素は直進車両の速度が40[km/h], 50[km/h], 60[km/h]であり、エラーバーは各要素の標準偏差を示している。

図5から、直進車両の交差点進入速度が異なる場合において、平均反応時間に多少の増減は見られるものの、大きな影響は見られない。よって、直進車両の交差点進入速度は運転者の反応時間に大きな影響を及ぼさないといえる。

また、直進車両の交差点までの距離と平均反応時間の関係を図6に示す。横軸は自転車が一時停止した時点での直進車両の交差点までの距離[m]、縦軸は平均反応時間[s]、エラーバーは標準偏差を表している。この図より、運転車両が一定以上離れている場合、仮想ミラー内の直進車両の像に多少大小の差があっても、運転者の反応時間は1.5秒程度に抑えら

れることが分かる。

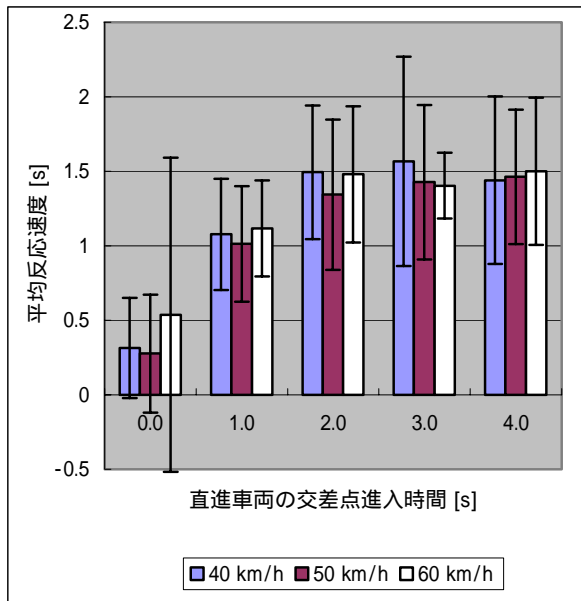


図5 直進車両の速度の反応時間への影響

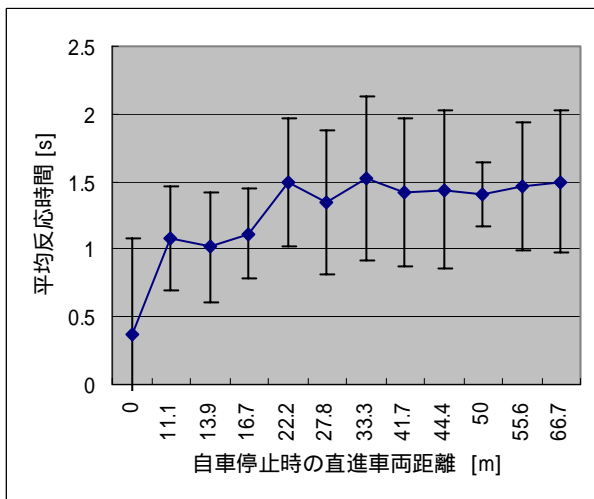


図6 交差点から直進車両までの距離と反応時間との関係

5.2 仮想ミラー提示タイミングの違いによる反応時間への影響

仮想ミラー提示を開始する時点を変えた場合の反応時間への影響について、仮想ミラーの提示を

- ・ 自車が一時停止したタイミングから開始
- ・ 自車が一時停止する 1.2 秒前から提示
(本実験においては停止線まで約 10 [m] の時点から提示を行うことに相当)
- ・ 自車が一時停止する 2.4 秒前から提示
(停止線まで約 20 [m] の時点からの提示に相当)

について評価実験を行った。直進車両の速度は 60 [km/h] に設定してある。

実験結果を図 7 に示す。横軸は交差点進入時間、縦軸は反応時間を示している。グラフの要素は左から順に

- ・ 自車が一時停止した時点から提示開始
- ・ 一時停止 1.2 秒前から提示開始
- ・ 一時停止 2.4 秒前から提示開始
- ・ 仮想ミラーを常に提示

と対応し、エラーバーは各要素の標準偏差を示している。なお、常に提示を行う場合のデータは 4.1 節と同一である。

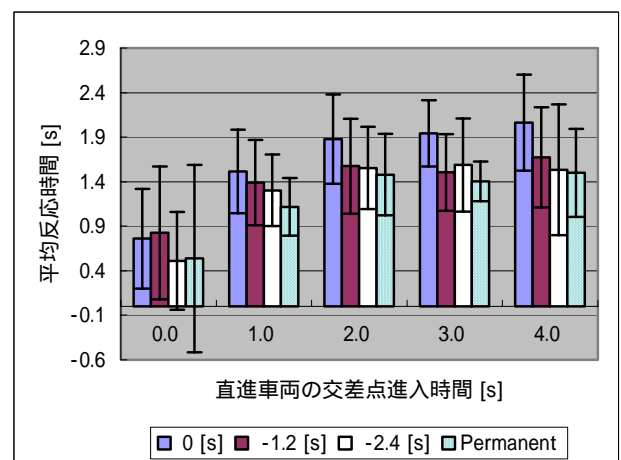


図7 仮想ミラー提示タイミングの影響

図 7 から、仮想ミラーを自車が停止した瞬間に提示した場合と比較して、その他の場合は反応時間が小さいことが分かる。これは自車が停止した瞬間に提示を行った場合には、自車の停止-仮想ミラーの認識-判断 という流れで認知が行われるのに対し、その他の場合には、自車が交差点に進入する以前に仮想ミラーの認識が行えるためである。また、自車の一時停止 1.2 秒前から提示を行った場合、自車と同時に交差点に進入してくる直進車両(交差点進入時間が 0 秒の直進車両)に対する反応時間が比較的長い。これは仮想ミラーの提示直後から直進車両がミラー内に映っているものの、ミラー出現自体の認識に時間を要した上、そのミラー内の車両認識に更に時間が必要だったからと考えられる。

これらの点から、仮想ミラー提示はできるだけ早い時刻から行うほうが良いといえる。しかし、本実験では交差点に進入するまでは自車が自動的に前進・停止を行っているが、実際に車両運転を運転する場合には仮想ミラー提示を行うことで運転者の注意がそちらに向き、車両運転に支障をきたすことも考えられる。今後は交差点進入中にも運転

者にタスクを与え、その点を考慮した評価実験を行いたい。 について明らかにした。

5.3 仮想ミラー位置の違いによる反応時間への影響

仮想ミラーの設置位置を変えた場合の反応時間への影響を調べた。設定したミラー設置位置は図8の通りである。直進車両の速度は60 [km/h]、ミラーは常に提示した状態で実験を行った。なお、図7中(D)が4.1, 4.2節での実験におけるミラー設置位置である。

実験結果を図9に示す。横軸は交差点進入時間、縦軸は反応時間を示している。グラフの要素は左から順に図6中の(A), (B), (C), (D)と対応し、エラーバーは各要素の標準偏差を示している。(D)の実験については4.1節と同一である。

この結果より、(D)での反応時間は他の場合より比較的大きな値をとっている。(A), (B)と比べた場合、(A), (B)は現実のカーブミラーであり得る設置位置であるのに対し、(D)は現実的なミラー設置位置でないことによると考えられる。また、(C)についても現実的な位置でないが、(C)は(D)ほど前方の状況確認を阻害しない。そのため(C)は(D)より反応時間が短いと考えられる。

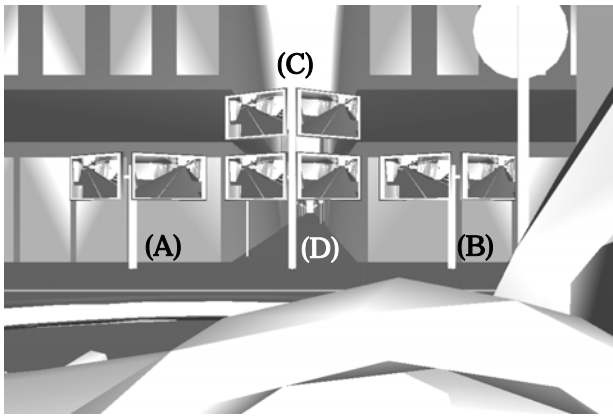


図8 ミラー設置位置

6 おわりに

本論文では、HUD型実験装置による評価実験を行うことで、仮想ミラーのよりよい提示方法について考察を行った。見通しの悪い交差点において、仮想ミラー提示は横からの直進車両の速度・位置に影響を受けない提示手法であることを確認した。そして、仮想ミラー提示開始時刻と提示位置の違いによって、運転者が右から交差点に進入してくる直進車両を目視するまでの反応時間にどのような影響があるかに

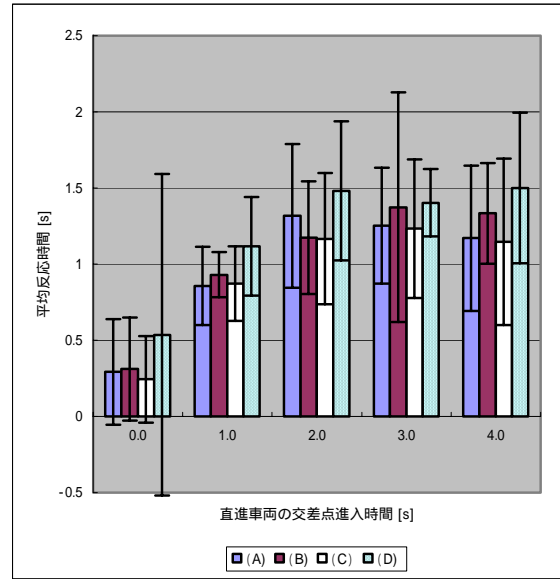


図9 仮想ミラー位置の違いによる影響

参考文献

- [1] 市原栄太郎, 高尾広行, 大田友一, “NaviView: 仮想車載カメラ映像による運転者への視覚支援”, 信学論(D-II), Vol.J82-D-II, No.10, pp.1816-1825, Oct.1999.
- [2] 矢野孝明, 大田友一, “NaviView:道路監視カメラ映像を用いた運転者への視覚支援 交差点における死角削減”, Proc. ITS シンポジウム 2002, Vol.1, pp.65-70, Dec.2002.
- [3] 小島和浩, 大田友一, “NaviView:道路監視カメラ映像を用いた運転者への視覚支援 ~見通しの悪い交差点での仮想ミラー提示~”, FIT2003, Vol.2, No.4, O-046, pp.563-564, Sep.2003.
- [4] 小島和浩, 亀田能成, 大田友一, “NaviView:見通しの悪い交差点での仮想ミラー提示による運転者への視覚支援”, 電子情報通信学会 技術研究報告(PRMU), Vol.103, No.737, PRMU2003-259, pp.19-24, Mar.2004.
- [5] 吉田伸一, “交通事故における人的エラーの分析”, 第4回交通事故調査・分析研究発表会, pp.1-9, Sep.2001