

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350483

研究課題名(和文) 交差点における視環境の評価と事故低減に資する視環境改善手法の検討

研究課題名(英文) Assessment and improvement method of the visual environment for the reduction of traffic accidents

研究代表者

森 みどり (Mori, Midori)

神奈川大学・工学部・准教授

研究者番号：50409900

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：直接視界と交差点カーブミラーによる間接視界の定量的な測定・評価を行った。すなわち、ミラーの位置・角度の非接触測定法を考案した。交差点に進入する車両の運転者が確認すべき路面の形状(「視界形状」と呼ぶ)の変化を定義した。さらに、視界形状の面積の変化によって、運転者が交差道路の安全性を確認する際の難易度の推定を行い、視界形状面積の自動算出の手法を考案した。また、運転者の脳波波形から、運転者が用務の無い生活道路に入り込む行動を抑制するような環境設計手法を検討した。以上から、交差点の視環境について、不安全性の原因と安全性の担保条件を多面的に定量評価し、安全で円滑な交通システム設計に有用な知見を得た。

研究成果の概要(英文)：The quantitative measuring and evaluation were carried out in this study for the direct view of road intersections and indirect view of them by the intersection convex mirrors. The authors proposed a noncontact method measuring the position and angles of a convex mirror. And a shape of the road of the drivers' view at an intersection, which was named "viewing area" was defined by the authors. The variation of change of the viewing area by entering the intersection affects the safety passing through intersections so much that the authors made a method estimating the safety of the intersections and calculation of the size of the viewing area. In addition, a method which can reduce the drivers' intention entering merely to pass through community roads in the residential area was proposed by the brain waves of the subjects on the driving simulator. The study showed the versatile quantitative evaluation methods to find the factors of unsafety and the useful safety measures.

研究分野：人間工学

 キーワード：交通視環境 交通事故 安全人間工学 シミュレーション 視覚情報処理 交通システム カーブミラー
 ドライブレコーダー

1. 研究開始当初の背景

(1)近年の交通事故発生状況:2013年に至るまで交通事故の類型は出会い頭衝突が2位を占め、大半は無信号交差点で発生している。事故原因は第1当事者の安全不確認が多い。

出会い頭事故の原因は通常、運転者の不注意による安全不確認とされるが、筆者らは人間工学視点で不注意自体を事故の第一段階と捉え、視環境が大きく影響することを実証し、未然防止対策を検討してきた。

(2)本研究の基本構想:本研究においては従来の筆者らの研究を発展させ、交差点における不安全行動を防止し事故削減に資する交差点視環境設計支援研究を行う。

2. 研究の目的

本研究では、従前の研究課題である、交差点視環境すなわち「直接視界」と「交差点カーブミラー(以下ミラーという。)による間接視界」の測定・評価と運転者の運行動態戦略の解明、交差点視環境設計指針の整理・体系化と視環境評価・設計支援システムの研究、3次元コンピュータ・グラフィクス(3DCG)を用いた交差点環境シミュレーターと視環境設計手法の研究開発に引き続き、(1)~(4)の課題を行い、交差点視環境の設計指針の整理・体系化を目指した。

- (1) ミラーの位置・角度の非接触測定法開発
- (2) 交差点進入車両運転者が確認すべき路面の形状(以下「視界形状」と呼ぶ。)とその面積の変化による、交差点横断時の路面確認の難易度の推定
- (3) (2)で検討した視界形状およびその面積の変化の自動算出法の考案
- (4) 道路環境による運転者の快・不快を脳波波形から判別し、生活道路の安全性を低下させることなく、ドライバーに通りにくいと思わせる環境設計手法の検討

3. 研究の方法

(1) 従来の筆者らの研究成果で、ミラーの設置角度のわずかな変化が鏡像に大きく影響し、ミラー設置最適化が重要であることが分かっている。しかし、現状では簡便・正確にミラーの設置位置や角度を計測・設定する手法が構築されていない。以下、2.(1)の手法を説明する。

自動車運転者の視点を、既知座標をもつ「アイポイント(以下、EP)」とし、ミラーの鏡面中心に写る地物の位置座標も既知とする。下図1において、

点E(EP)

点M(0.2, 0.2, 2.9)(ミラーの鏡面中心)

点G(鏡面に映る対象点の位置)

- 点C(ミラーの光軸Jと線分EGの交点)
- 点E'(Eの真下でCと高さが同一の点)
- 点M'(Mの真下でCと高さが同一の点)
- 点G'(Gの真上で点Cと高さが同一の点)
- α (点Eの高さから点Mを見上げるときの仰角)
- β (点Eから線分M'Mを見込む角)
- ベクトルJ(鏡面の光軸ベクトル)
- θ (ミラーの水平角)
- φ (ミラーの俯角)
- とすれば、

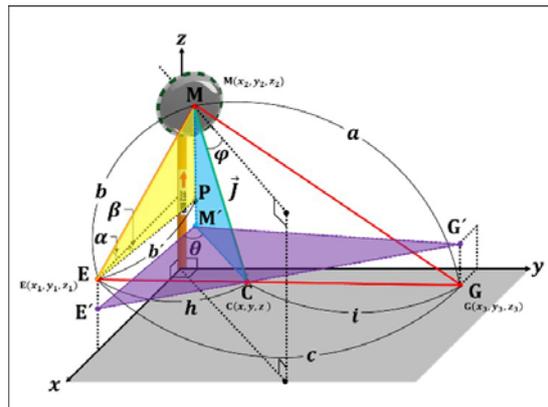


図1:カーブミラー角度の計算手法

鏡面中心の座標が分かれば、下(式1)、(式2)より、そのミラーの水平角と俯角が求められる。

①水平角

使用する座標と線分

$E(x_1, y_1, z_1)$ $E'(x_1, y_1, z)$

$M(x_2, y_2, z_2)$ $M'(x_2, y_2, z)$

$G(x_3, y_3, z_3)$ $G'(x_3, y_3, z)$

$C(x, y, z)$

線分 $M'G' = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2} = a$

線分 $M'E' = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = b$

線分 $E'G' = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2} = c$

$$\theta = \frac{1}{2} \left(\cos^{-1} \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \cdot \frac{180}{\pi} \right) \quad (\text{式1})$$

②俯角

使用する座標と線分

$M(x_2, y_2, z_2)$ $M'(x_2, y_2, z)$

$C(x, y, z)$

線分 $CM = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2} = d$

線分 $CM' = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2} = e$

線分 $MM' = z - z^2 = f$

$$\varphi = 90 - \left(\cos^{-1} \frac{d^2 + e^2 - f^2}{2df} \right) \frac{180}{\pi} \quad (\text{式2})$$

(2) ここでは、2.(2)に挙げた視界形状の変化から、交差点通過時の危険性を評価する手法を検討する。一般に運転者は自転車直前から前

方 2~3 秒前までを注視して走行していると考えられるので、ここでは、運転者から前方 180 度、最大長さ 30m (速さ 36km/h で車頭時間約 3s) の範囲」の道路範囲を「視界形状」と定義する。(図 2)

交差点横断開始時の自動車の運転者は、単路走行時と比べて、最大で 3 倍程度の面積(前方道路の面積に加えて、左右の横切る道路の面積)を持つ視界形状を注視しなければならないので、単路走行に比べて路面注視の負荷が急激に増加し運転者には相当程度の負担が生じるものと考えられる。

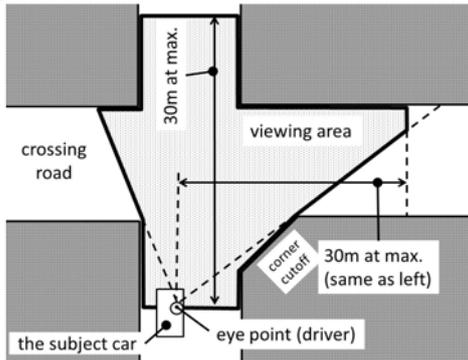


図 2 視界形状

そこで、単路走行時の視界形状面積を基準として、無信号交差点の横断時の視界形状の面積の増加が急であるほど交差点走行時には危険であるというモデルを仮定し、実際の交差点通過車両の挙動を調査した上で、この仮説を検証した。

(3) 上記で用いた視界形状面積は、以下のようにして自動的に求めることができる。ある交差点の形状を精密に測定した 3D 点群データ(図 3) がある場合、

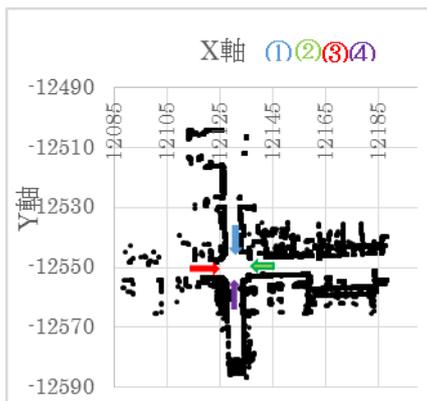


図 3 交差点 3D 点群データ例

このデータを用いて進行方向に対して真右を基準 0° とし、運転者アイポイントを中心に反時計回りで 2° の範囲の点群の中からアイポイントに一番近い点を抽出する。これを左回りに 180° まで行き、「一番近い点」を

順に結べば、交差点視界形状を抽出できる(図 4・5)。

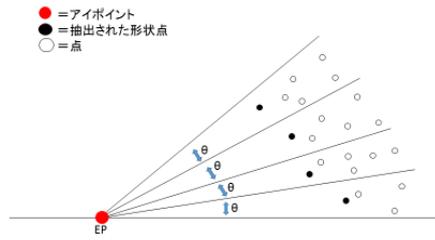


図 4 交差点形状点の抽出

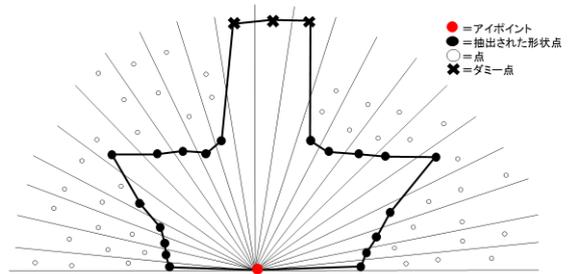


図 5 視界形状の作成

(4) 市街地の生活道路では、しばしば抜け道として利用する車によって交通安全上の問題が生じているが、ドライビングシミュレータ(以下 DS と呼ぶ。)運転中の運転者の脳波波形から、生活道路の入口と生活道路内の交差点の道路の両側または片側に、ゼブラゾーンやカラーコーンなどを設けることにより、運転者の不快度を計測した。

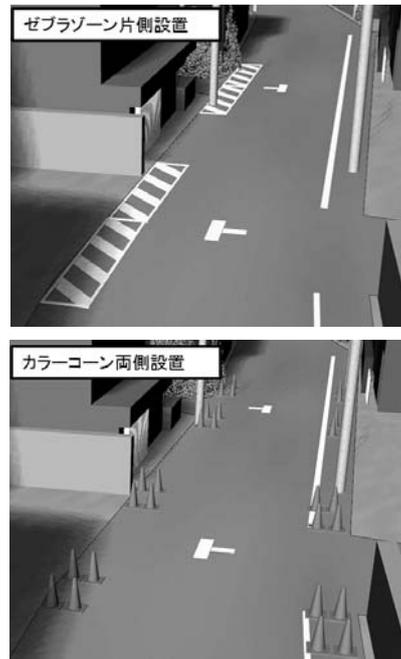


図 6 DS に設定した障害物(上・片側ゼブラゾーン, 下・両側カラーコーン)

4. 研究成果

(1) 上記の結果を神奈川大学横浜キャンパス構内に実験用カーブミラーを設置して検証したところ、計算とよく合うことが分かった (図7・表1).



図7 ミラー実験 (左: 実験用ミラー, 右: 角度測定部)

表1 角度測定実験結果

設定値[°]		測定結果[°]			
θ_0	ϕ_0	θ_1	誤差	ϕ_1	誤差
30	17	30.3	0.3	16.7	-0.3
35	17	35.4	0.4	16.7	-0.3
40	17	40.3	0.3	16.7	-0.3
45	17	45.1	0.1	16.7	-0.3
30	20	30.7	0.7	19.7	-0.3
35	20	35.8	0.8	19.7	-0.3
40	20	40.8	0.8	19.7	-0.3
45	20	45.3	0.3	19.6	-0.4

(2) 本節では以下のことが分かった.

① 交差点の形状や隅切りの状況によって、類似形状の交差点でも、視界形状面積の増加の様子が異なる (図8). 図8の場合、交差点 field(1)よりも field(2)の方が交差点進入前後に処理すべき情報量が多くなるので、同一速度で進入した場合、運転者の注視負担が大きいと考えられる.

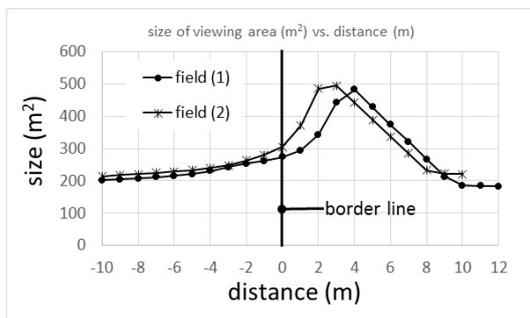


図8 距離に対する視界形状面積の変化

② 測定した車両はいずれの場合も、完全な一時停止は行わず、交差点境界線を若干過ぎた地点で最も速さが小さくなっていて、これは現在の我が国における一般的な交差点通過の様相と一致する (図9). このことから、交差点に進入する運転者は、「もうこれ以上見える範囲が広がらないところまでは完全

停止はせずに微速前進する」という戦略で交差点に進入していると考えられる.

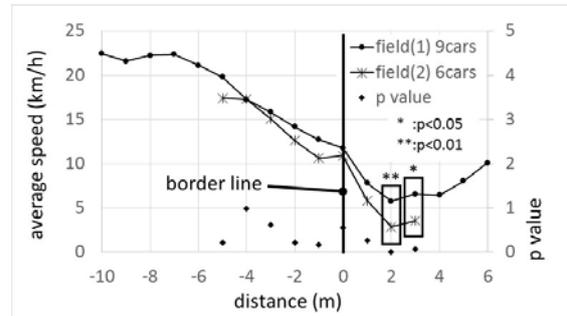


図9 停止線前後の車両の平均的な挙動

③ 2つの交差点とも、交差点通過時には、前方の道路面積に加えて、左右に $100\text{m}^2/\text{s}$ 以上の「新しい路面」が急に見えるようになるので、スピードが落ちているとはいえ、運転者の視覚認知に相応の負担となるものと考えられる (図10).

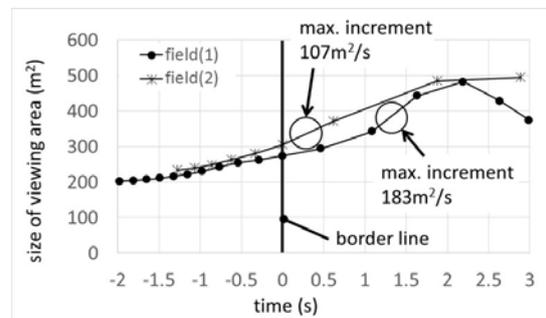


図10 交差点進入車両の視界形状面積の時間変化

同一速度で進入した場合に視界形状面積が大きい交差点は、運転者が時間当たりの処理すべき情報量を小さくするために、その分、低速で進入する戦略を取ることが考えられる.

(3) この作業で得られた視界形状は、それぞれの頂点の座標値を持つので、視界形状面積を計算することができる (図11・12).

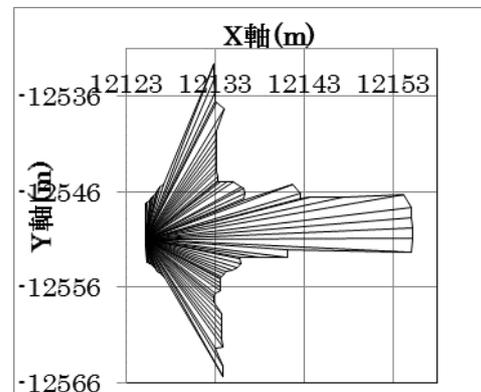


図11 視界形状面積の求積法

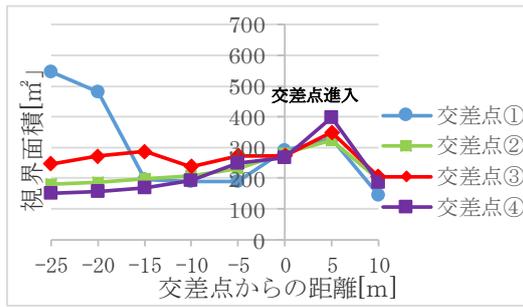


図 12 計算された視界形状面積の変化例

以上の結果から、交差点形状の点群データを用いて、任意のアイポイントからの視界形状面積が自動的に計算できることが分かった。

(4) 2.(4)の方法を用いて、大通りから生活道路に入る交差点の部分に、片側のみのゼブラマーキングをすることで、生活道路の通過が必要でないドライバーを忌避させる効果と進入した際に再度通過する意思を減殺する効果が見込めることがわかった (図 13)。

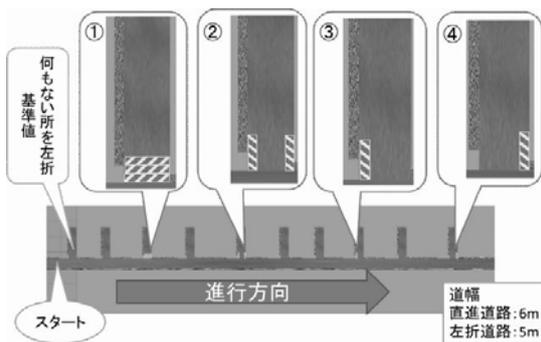


図 13 生活道路入口のゼブラゾーン設置例

まとめ

以上から、本研究では、予定していた(1)～(4)の項目について、所期の目標を達成することができた。すなわち、ミラーの位置・角度の非接触測定法や視界形状の定義と自動的な変化量の計算などの手法を開発し、交差点横断時の運転者の戦略や、交差点の危険性を定量的に評価する手法を構築した。本研究の成果により、我が国に多数存在する無信号交差点の潜在的な危険性や、事故に結びつくような通過戦略が定量的に検討できるようになった。また、DS による、運転者の脳波を計測することに寄って、事故を削減することに効果がある、生活道路への通過交通の削減に資する成果を得ることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] 1 件

(1) 荒木杏久里, 森みどり, 久保登, 榮一真, 松井正之, 中易秀敏「ドライバーの脳波波形を用いた生活道路交差点の設計補整の研究」日本設備管理学会誌第 27 巻 pp.126-135 (2016), 査読有

[学会発表] 5 件

(1) 諏訪部喬之, 松井正之, 森みどり, 久保登, 「交差点カーブミラー設置条件の非接触測定に関する研究」, 日本経営工学会 2015 秋季大会, 2015 年 11 月 29 日, 金沢工業大学(石川県野々市市)

(2) 諏訪部喬之, 森みどり, 久保登, 松浦春樹, 「鏡像による交差点カーブミラーの設置位置・角度推定に関する研究」, 日本経営工学会 2016 春季大会, 2016 年 5 月 28 日, 早稲田大学(東京都新宿区)

(3) 諏訪部喬之, 森みどり, 久保登, 松浦春樹, 「3DCG 環境と実環境の鏡像からカーブミラーの角度を推定する方法」, 日本機械学会第 25 回交通物流部門大会, 2016 年 11 月 30 日, 東京大学(東京都目黒区)

(4) 森みどり, 久保登, 杉原大和, 仲江勇人, 「3DCG シミュレーション分析に基づく実路交差点運転者視界の動的検討」, 日本人間工学会 2016 大会, 2016 年 6 月 26 日, 三重県立看護大学(三重県津市)

(5) 久保登, 森みどり, 「視界形状の変化による交差点付近の危険性評価方法」, 自動車技術会 2016 秋季大会, 2016 年 10 月 19 日, 札幌コンベンションセンター(札幌市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森みどり (MORI MIDORI)
神奈川大学・工学部・准教授
研究者番号: 50409900

(2) 連携研究者

久保登 (KUBO NOBORU)
神奈川大学・工学部・非常勤講師
研究者番号: 00648909