

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 1 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2012 年度

課題番号：21510184

研究課題名（和文）運転者視点による交通視環境評価と安全円滑な平面交差交通システム設計

研究課題名（英文）Ergonomics study of the driver's visibility at intersections aiming for the design of safe and smooth road traffic system

研究代表者

森 みどり（MORI MIDORI）

神奈川大学・工学部・助教

研究者番号：50409900

研究成果の概要（和文）：

交差点事故は道路交通環境を含む複合要因に起因するという安全人間工学視点から研究を進めた。フィールド研究および交差点環境を簡便忠実に再現し厳密かつ効率的に視環境諸条件を検討できる3DCGシミュレーターを構築し、運転者直接／間接（カーブミラー）視界を定量的に評価した。また、ドライブレコーダー分析より、運転者の視認状況・行動戦略等を推定し事故要因を検討した。以上から、視環境が交差点の不安定性に及ぼす影響と安全性の担保条件を整理し、安全円滑な交通システム設計に有用な基礎的知見を得た。

研究成果の概要（英文）：

The previous study showed that traffic accidents occurred at intersections were caused by ergonomic compound factors including the road traffic conditions. In addition to the field study, three-dimensional computer graphic simulation method of visual environment at intersections was built originally in this study. The quantitative evaluation of the direct and indirect (that is, provided by the traffic convex mirror) view of the drivers was realized with the method. The causes and the background factors of traffic accidents were considered based on the drivers' viewing situation and the driving tactics by a detailed analysis using drive video recorder data. Integrating these results, it was considered the effects of good direct/indirect visibility and the ergonomic requirements of the visual environment for the safety at intersections. It was also found the basic conditions which were useful to design safe and smooth traffic system at intersections.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 21 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
平成 22 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
平成 23 年度	600,000	180,000	780,000
平成 24 年度	500,000	150,000	650,000
総 計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：[分科]社会・安全システム科学 [細目]社会システム工学・安全システム

 キーワード：(1)交通視環境 (2)交通事故 (3)安全人間工学 (4)シミュレーション
 (5)視覚情報処理 (6)交通システム (7)カーブミラー (8)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：2007年中の交通事故は、死傷者約104万人、事故83万件と依然深刻であった。事故類型は追突が1位、出会い頭衝突(27.0%)は2位で、大半は無信号交差点(70.1%)で発生していた。事故原因は第1当事者の安全不確認が最多(31.1%)であった。

(2)交通安全対策の動向と科学的事故原因の究明：出会い頭事故の原因は通常、運転者の安全不確認とされ、その防止は運転者の教育中心に行われてきた。しかし、人間工学視点では、不注意はそれ自体が事故そのものであり、出会い頭衝突はその経過事象に過ぎない。そのため、真の出会い頭事故防止には、不安全運転の原因の科学的究明が必須である。筆者らは、4M-4E視点から、安全不確認には交差点の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。

(3)本研究の基本構想：このような背景から、本研究においてはこの視点を発展させ、交差点における不安全行動を防止することで事故削減を目指すこととし、安全運転をサポートする交差点視環境設計支援を視野に入れた基礎的研究を推進することとした。

2. 研究の目的

本研究では、以下の研究課題を行い、交差点視環境の設計指針の整理・体系化を目指す。

- (1)交差点視環境（直接視界／カーブミラー間接視界）の測定・評価
- (2)運転者の視覚情報処理と運転行動戦略の解明
- (3)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構想
- (4)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の発展、視環境設計手法の研究開発

3. 研究の方法

(1)交差点視環境の測定・評価：フィールド研究および筆者らの開発による交差点視環境シミュレーション環境を用いて、市街地無信号交差点における直接視界およびカーブミラーによる間接視界を定量的に測定し、死角の発生状況や交差点安全確認の影響要因を分析する。これにより、視環境と事故・ニアミス発生等の不安全状態の関連性を分析する。

(2)運転者の視覚情報処理と運転行動戦略の解明：タクシー車載の映像記録型ドライブレコーダーに記録された大規模データのマクロ分析から、事故・ニアミス発生傾向と背景要因を明らかにする。また、事故・ニアミス事例の

詳細分析(テレフィールド／フィールド調査)から、その発生経過、運転者の視認状況および行動戦略を推定し、事故等に結びつく要因を抽出する。とくに、運転視界・運転者の視認状況、メンタルモデル・運転戦略等が実際の運転行動に及ぼす影響に着目し、視環境設計上考慮すべき諸条件について検討する。

(3)交差点における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構想：上記(1)(2)の成果を用いて、道路環境および運転視界の観点から、安全に交差点を通過できる条件を見出し、視環境改善・設計の方法論を導く基礎的知見を得る。

(4)(1)で示した交差点視環境シミュレーション環境の改良と視環境設計手法の構築：上記シミュレーション環境の操作性・効率性・実用性の向上をはかる。直接／間接視界の評価・設計用シミュレーターへの高度化・多機能化をはかるとともに、各種条件における最適な視環境やミラー設置条件の検討事例を拡充し、精度と汎用性を高める。

4. 研究成果

(1)交差点視環境の測定・評価：

①フィールド研究：見通しの悪い市街地無信号交差点を模擬した実路テストコースで、非優先道路の乗用車運転席から、交差点左コーナーに設置したミラーで右方接近車両を認識できる距離を測定する実車走行実験を行った。最遠視認距離は、ミラー諸元や車種によるが、平均値(61-115m)では安全な視認距離を確保でき、鏡像内の見かけの大きさが車両視認可否を左右することを明らかにした。

②視環境シミュレーション研究：3(1)で示したシミュレーション環境は3D(3次元)CGを用いて交差点環境を再現したもので、ミラー実鏡像との一致度が高く、研究用として十分な性能を実証した(図1)。さらに、実路・仮想交差点の視環境を定量的に分析し、死角の大きさや視認性の良否を左右する要因を検証す

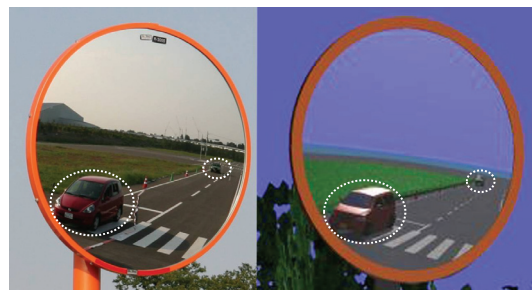


図1 カーブミラー鏡像の再現事例

左：テストコース実験 右：シミュレーション

る等、応用事例の拡充・発展を進めた。

[事例 1] 事故発生交差点における事故原因と視環境改善策の検討：死角のある T 字路で発する等、応用事例の拡充・発展を進めた。生じた実際の事故事例について、ミラー設置位置・高さ・角度を変化させて事故原因と改善方法を検討した。既設ミラーを左方へ 4.3m 移動すれば死角をほぼ解消でき、80m の視認距離が確保できることを実証し、事故分析への応用可能性・有用性を示した。

[事例 2] 市街地交差点におけるミラー視認性評価シミュレーション：典型的な生活道路交差点環境をコンピュータ上に再現し、道路環境や設置諸元、運転者視点を系統的に変化させて、以下のような適切なミラー設置条件を見出した。

A. 優先／非優先道路幅員：交差点直近の死角量は優先道路幅(6-10m)に比例して増加し、非優先道路幅(4-6m)に反比例して減少する。ミラーのみでの直近視界の確保は困難で、直接視界が不良の交差点では自転車・バイク全長が死角に入る危険性がある。

B. 交差点直接視界とミラー水平位置：最適位置は左角から左方へ 2m、近方へ 1m 地点であるが、交差点直近の死角ゼロの条件はなかった。左方の直接視界が不十分な場合は最適位置のミラーを直接視認できず、トレードオフの関係が生じる。

C. 運転者視点(乗用車／小型トラック EP 高、非優先車両先端位置(境界線からの距離))：最適解の死角距離は境界線から離れるにつれて増加し、同一最適解ミラーでは境界線に近く、EP が高い(トラック)方が死角が小さい(図 2・図 3)。死角ゼロの条件はなく、死角距離と視認距離にはトレードオフ関係がみられた(死角距離が短いと、視認距離も短くなる)。

D. ミラー設置高：設置高が高いほど死角が増加しかつ鏡像が小さくなる。設置高は現行の設置基準内で低い方が望ましい(鏡面下端高基準：2.5m 以上)。

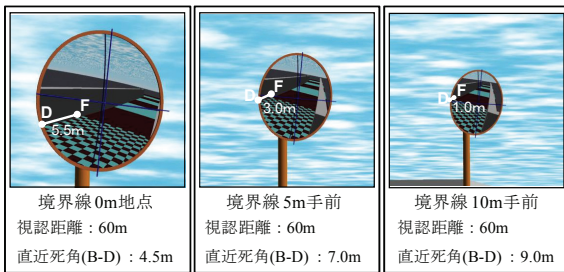


図 2 ミラー鏡像の視認性評価：乗用車視点・境界線上の設置最適解 (乗用車 EP 視界)

[路面距離スケール]
格子縞：0.5 m (交差点境界線 0-10m)
横 縞：10 m (同 10m～)

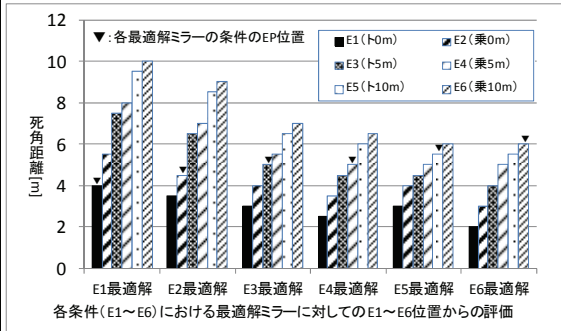


図 3 ミラー鏡像の視認性評価

以上から、適切なミラー設置条件は厳密で、そのためにシミュレーションによる検討が極めて有効であることが分かった。

(2) 運転者の視覚情報処理と運転行動戦略の解明

①マクロ分析：ドライブレコーダーの大規模データ分析より、交差点事故・ニアミス(出会い頭・右左折)の発生状況や道路環境条件の傾向を検討した。

②事故・ニアミス事例の詳細分析：

A. 交差点直接視界(隅切り)の評価と改善：無信号交差点の隅切りの効果を検討した。その結果、従来の車両旋回時の接触防止のための隅切り設置基準値では視環境的には不十分で、走行速度・反応時間・幅員等諸要因を組合せた、出会い頭防止に有効な隅切り条件の総合的検討が必要である。

B. 運転視界の評価と事故・ニアミス背景要因の推定：見通しがよい交差点、信号設置交差点での右直事故や自転車との出会い頭衝突などの事例で、過程詳細分析、シミュレーション等から運転視界・運転者の視認状況と運転行動戦略を推定し、事故要因や通過戦略を検討した。

(3) 交差点における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構想：(1)(2)の研究成果より、視環境設計指針・推奨事項に関して以下のような知見・示唆が得られた。

①直接／間接視界の評価、安全な視環境確保の条件の導出・体系的整理：**A. 直接視界／間接視界の評価**：基準・方法は上記(1)②参照。**B. 直接視界**：交差点直近の視界はミラー間接視界では死角が発生しやすく、直接視界を確保することが望ましい。直接視界の向上には、阻害要因である遮蔽物(電柱・標識・建造物など)の調整・除去、促進要因として隅切り設置が有効である(隅切りの必要条件は、上記(2)②A.参照)。

C.間接視界：直接視界の死角・不備は、間接視界によって補完し連続的な視界を確保する必要がある。従来のミラー設置指針は、視認性確保の視点からみると現場での設置には不十分である。ミラー諸元(曲率・寸法・形状・素材)に加えて、以下のような事項が実証的に導かれた。

ミラー設置上の推奨事項・方策：ミラーの視認性は従来認識以上の厳密な位置・角度の調整が必要である。事前検討には本研究シミュレーション環境が有効である。

C1.水平位置：交差路の視認したい方向と反対側の交差路を隔てたコーナーに設置する。

C2.垂直位置：できるだけ設置基準に準拠し低い高さ(ミラー下端:路面高 2.5m)に設置する。

C3.角度(俯角・水平角)：水平角・俯角の1°の変化で視認距離が 10m 以上変わる場合がある。水平角・俯角の推奨値は、鏡像マトリクスに示されるように一定の関係性があり、事前に適正値を推定可能である。

C4.運転者視点(EP 高)：乗用車・トラックによる相違は推定可能であり、両立できる最適解を求める。

C5.運転者視点(境界線からの距離)：視認距離・死角の大きさは視認地点によりトレードオフの可能性があるので、境界線・停止線など交差点接近時の直接/間接視界の変化を分析し、相補性・連続性を確保する。

②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：実務現場で役立つ簡便・効率的で精度の高いミラー設置・調整方法へ向けた支援システムの基礎的検討の一環として、シミュレーション結果を応用した「鏡像マトリクス」を作成した(図4)。最適な水平角・俯角の鏡像から、水平角・

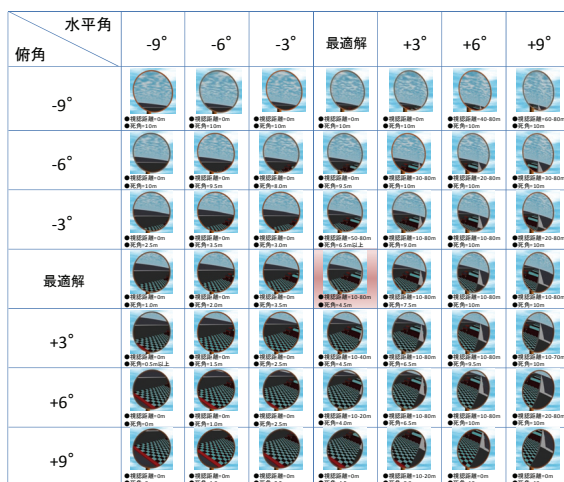


図4 3DCGシミュレーションに基づく鏡像マトリクス

に変化するかを表したもので、交差点ミラー俯角を左右・上下へ変化させ鏡像がどのような鏡像と照合して最適値との差異を調べることができる。

(4)交差点環境シミュレーションの入力手法

構築：本研究でのシミュレーション環境へのデータ入力を簡便化するために、交差点形状を容易に生成できる入力ツール「交差点エディター」を開発し、データ入力時間を1/10程度とすることができた。3DCGシミュレーション環境・手法を実践的に研究開発し、上記(1)~(3)のような多くの成果が得られた。

(5)研究成果のまとめ

①成果のまとめと意義・位置づけ：本研究で実施した事項を以下に挙げる。

(a)実ミラーによる視認性評価と設置・調整方法の検討

(b)交差点視環境のシミュレーション手法の構築

(c)(b)を用いた、事故発生交差点の視環境改善提案や直接/間接視界の定量評価、ミラー点検・設置実務にも使えるような資料(鏡像マトリクス)の作成

(d)データ入力ツールの作成

この結果、交差点の視環境決定要素が定量的に明らかになり、良好かつ安全な直接/間接視界の条件を検討する基礎的知見が得られた。本知見を基にすれば、事故削減に実効性のある計画が立案でき、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。以上の成果により、直接/間接視界の評価・設計、実務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的知見が多く得られた。

国土交通省道路局は2010年3月、上述の筆者らの研究成果を反映した「道路反射鏡の簡易な点検・再調整の手引き(案)」を作成し、各地方道路管理者に伝達した。本研究の効果が期待される。

本研究で構築した、視環境シミュレーション手法とシミュレーション環境は他に類例がない。本シミュレーターは安全容易かつ厳密定量的に視環境の諸条件を机上検討でき、安全円滑な平面交差交通システム設計に向けた基礎的研究として多大な新規性・有用性があるといえる。

②今後の展望：視環境シミュレーション法の一層の高度化、実際の交通場面における直接/間接視界の死角解消条件や安全視距離確保の方策の検討などが今後の課題である。

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] (計 5 件)

- (1) 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 35 巻, pp. 37-46, 2012(査読無).
- (2) 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, pp.604-613, 2011 (査読有).
- (3) 久保登, 森みどり, 「ドライブレコーダーによる交通事故詳細分析手法」, 日本機械学会論文集 C 編, 第 77 巻第 779 号, pp.2940-2952, 2011 (査読有).
- (4) 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カーブ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 768 号, pp.2154-2159, 2010 (査読有).
- (5) 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—交差点カーブ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, pp. 77-83, 2009(査読無).

[学会発表] (計 27 件)

- (1) 久保登, 「ドライブレコーダーの様々な利用法～テレフィールド分析による事故要因分析～」, ドライブレコーダーシンポジウム ドラブリ 2012, 2012-11-30, 日本大学.
- (2) 森みどり, 久保登, 堀野定雄, 「3DCG シミュレーション法による生活道路交差点の運転者視界評価」, 日本人間工学会, 2012-06-10, 九州大学.
- (3) 久保登, 「ドライブレコーダー研究事例紹介～テレフィールド分析と自動分類～」, 「人の暮らしを豊かにするライフサポート科学の創成」シンポジウム, 2012-03-02, 茨城大学.
- (4) N. Kubo, M. Mori, T. Toritsuka, K. Ukena, “Detailed analyses with open drive-recorders data on a web site using Tele Field Examination Method”, 18th World Congress on ITS, 2011-10-18, Orange County Convention Center, Orland, USA.
- (5) 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,

2011-06-06, 早稲田大学.

- (6) 堀野定雄, 伊藤昂大, 宋戸翼, 森みどり, 久保登, 「映像記録型ドライブレコーダーによる事故/ニアミス分析—タクシーの安全課題—」, 日本人間工学会, 2011-06-06, 早稲田大学.
- (7) N. Kubo, S. Horino, “Detailed analysis using drive recorder motion picture”, 17th ITS World Congress, 2010-10-27, BEXCO, Busan, 韓国.
- (8) 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”, The Applied Human Factors and Ergonomics 3rd International Conference, 2010-07-20, Intercontinental Miami, Florida, USA.
- (9) S. Horino, M. Mori, N. Kubo, “Ergonomics accident/near accident analysis of taxi by means of an image-recording-type drive recorder in relation to newly developed “transportation safety management”, The Applied Human Factors and Ergonomics 3rd International Conference, 2010-07-20, Intercontinental Miami, Florida, USA
- (10) 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カーブミラーの視認性評価」, 日本人間工学会, 2010-06-20, 北海道大学.
- (11) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 「映像記録型ドライブレコーダを活用した交通安全教育—タクシーの事故・ニアミス分析を例にして—」, 日本人間工学会, 2010-06-19, 北海道大学.
- (12) 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, 2010-06-13, 中京大学.
- (13) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 「映像記録型ドライブレコーダを用いた事故解析—タクシー対自転車事故・ニアミスの要因と予防安全—」, 人類動態学会, 2010-06-13, 中京大学.
- (14) 堀野定雄, 西村洋, 野口絵理香, 森みどり, 久保登, 「出会い頭事故未然防止と3DCG シミュレーションによるカーブミラー設置の最適化」, 日本交通心理学会, 2010-06-05, 東北工業大学.
- (15) 久保登, 堀野定雄, 森みどり, 「ドライブレコーダー映像を用いた事故詳細分析」, 自動車技術会 2010 年春季大会, 2010-05-19, パシフィコ横浜.

- (16) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 「カーブミラー視認性評価と出会い頭事故軽減効果—フィールド研究から—」, 人類働態学会, 2009-11-22, 武蔵野大学.
- (17) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 「映像記録型ドライブレコーダと自動車交通予防安全—事後から事前へ大革新—」, 平成 21 年度日本人間工学会アーゴデザイン部会コンセプト・事例発表会, 2009-09-10, 文京シビックホール.
- (18) S. Horino, M. Mori, N. Kubo, “Traffic accident/near accident analysis of taxi for preventive safety making use of an image-recording-type drive recorder”, the 17th World Congress of the International Ergonomics Association, 2009-08-10, Jihua Exhibition & Convention Centre, Beijing, China.
- (19) M. Mori, S. Horino, N. Kubo, “Ergonomics study on visibility requirements at urban uncontrolled intersections for preventive safety against crossing collisions”, the 17th World Congress of the International Ergonomics Association, 2009-08-10, Jihua Exhibition & Convention Centre, Beijing, China.
- (20) 森みどり, 「テレフィールド調査の活用」, 神奈川大学工学研究所ドライブレコーダーシンポジウム, 2009-07-24, 神奈川大学.
- (21) 久保登, 「ドラレコ映像の見方と交通事故分析」神奈川大学工学研究所ドライブレコーダーシンポジウム, 2009-07-24, 神奈川大学.
- (22) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 「道路の視認性向上—カーブミラーの人間工学的改善—」, 安全工学シンポジウム 2009, 2009-07-10, 日本学術会議(東京).
- (23) 久保登, 堀野定雄, 森みどり, 「映像記録型ドライブレコーダーの効率的運用によるタクシー運輸安全マネジメント実践」, 安全工学シンポジウム 2009, 2009-07-09, 日本学術会議(東京).
- (24) S. Horino, M. Mori, N. Kubo, “Preventive safety programme in taxi applying an image-recording type drive recorder”, 41th Annual NES Conference, 2009-06-23, Lo-school in Elsinore, Denmark.
- (25) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 「映像記録型ドライブレコーダーによる事故原因究明と運輸安全マネジメントへの活用」, 人類働態学会, 2009-06-13, 日本女子大学.
- (26) 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, 2009-6-10, 産業技術総合研究

所(つくば).

- (27) 堀野定雄, 森みどり, 久保登, 小澤聡, 依光健, 荒川義之, 島田淳也, 「映像記録型ドライブレコーダを用いたタクシー事故・ニアミス解析と予防安全」, 日本人間工学会, 2009-6-10, 産業技術総合研究所(つくば).

[図書] (計 2 件)

- (1) 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., pp. 873-882, 2010 (査読有).
- (2) 久保登, 森みどり, 堀野定雄, 「テレフィールド調査手法の紹介 ～交通事故・ニアミス事象の背景を探る～」, 働態研究の方法, 人類働態学会, pp. 263-266, 2010.

[産業財産権]

○取得状況 (計 1 件)

名称: カーブミラー設置のためのシミュレーション方法及び装置

発明者: 堀野定雄, 森みどり, 久保登

権利者: 学校法人神奈川大学

種類: 特許

番号: 特許第 5115863 号

取得年月日: 2012 年 10 月 26 日

国内外の別: 国内

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・助教

研究者番号: 50409900

(2) 研究分担者

堀野 定雄 (HORINO SADA0)

神奈川大学・工学研究所・客員教授

研究者番号: 80078310

(3) 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