研究結果報告書

２０１７年１０月３１日

自転車・自動車のインタラクション可能な運転体験用シミュレータの構築と交通事故誘発リスクの検証

代表研究者　秋田大学大学院理工学研究科　教授　水戸部一孝

【まとめ】
交通事故の防止には発生原因・誘発要因を明らかにすることが重要となるが，事故後の現場検証から得られる情報は限られている．本研究では，自動車，自転車乗用中のヒトの行動特性を計測するために，VR 技術で再現した車道を２人以上の検査参加者が自転車と自動車をそれぞれ運転できる「自転車と自動車のインタラクション可能な運転体験用シミュレータ」を開発すると共に，若年健常者を対象として本システムの妥当性を検証した．

１．研究の目的

1-1 自転車と自動車のインタラクション可能な運転体験用シミュレータの開発

バーチャルリアリティ(VR)技術とモーションキャプチャ（MoCap）技術を組み合わせて，2 名の検査参加者が同時に仮想環境で自転車(bicycle)と自動車(car)をそれぞれ運転できる「自転車と自動車がインタラクション可能な運転体験用シミュレータ」を開発する．ここで重要な点は，シミュレータを通して検査参加者が得る視聴覚情報を現実の交通環境に合致させることである．

1-2 自転車および自動車の走行検査

若年者を検査参加者として，自動車および自転車それぞれの運転行動や危険回避行動を MoCap により計測し，認知ミスや行動特性を調べ，高齢者に固有の交通事故誘発要因を明らかにしていく．

２．研究方法と経過

2-1　評価システムの構築

図１にシミュレータのブロック図を示す．自動車と　自転車の運転シミュレータをローカルネットワークで接続しており，リアルタイムでデータを送受信している．DS 側の計測用コンピュータから車両の位置姿勢デ ータ，CS 側の計測用コンピュータから自転車の位置姿 勢データを互いに送受信し，映像を同期している．また，検査プログラムを Vizard 4.0（World Viz)で開発している．Vizard は Python をスクリプト言語とする仮想空 間を構築するためのライブラリを持つ開発ソフトウェアである．

2.1.1 自転車運転シミュレータ

3 枚の 100 インチのスクリーンをコの字型に設置し，各スクリーンにプロジェクタで映像を投影する．自転 車の駆動輪は床から浮かせており，トレーニング用の ローラを下から押し当てて抵抗を与えている．自転車 の筐体は常に直立するようにフロントフォークとシートステーが 60mm×30mm 角のスチールフレームで左右に伸びた台座に固定されている．CS では，走行車両のエンジンの音を 4 つのスピーカで出力し，走行車両と検査参加者の距離に応じて音圧を調整している．さらに，走行車両の移動に伴うドップラー効果も再現している．また，自転車を 3 枚のスクリーンの中央に配置する．使用するコンピュータは，計測および前方映像呈示用が 1 台，右方映像呈示用が 1 台，後方映像呈示用が 1 台の計 3 台である．各コンピュータをローカルネットワークで接続しており，計測用のコンピュータから他 2 台のコンピュータに自転車と車両の位置姿勢データを送信することで映像を同期している．検査参加者の頭部，腰部，頸部，両膝部および自転車のハンドルに位置・姿勢を計測する磁気式モーションキャプチャー装置(Liberty，POLHEMUS 社)のレシーバーを装着しており，装着した 6 箇所の位置(X, Y, Z の 3 軸)および姿勢(Yaw, Pitch, Roll)データを取得することができる．

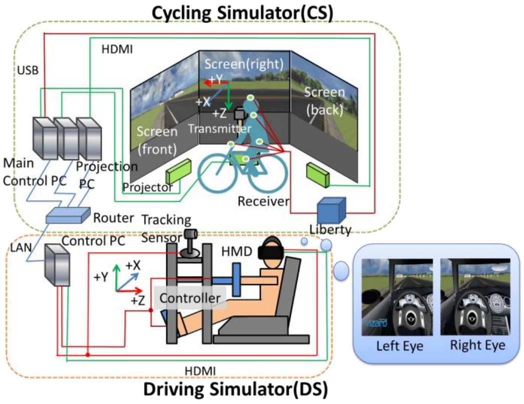

図１　VR シミュレータのブロック図

2.1.2 自動車運転シミュレータ

検査参加者は HMD(Oculus Rift CV1)を装着する. 左右の目に視差映像を与えることにより装着者は周囲を 立体的に見ることができる. また, HMD に搭載されているセンサー(加速度センサー, ジャイロセンサー, 磁力計センサー)で運転中の検査参加者の頭の位置(X, Y, Z の 3 軸)および姿勢(Yaw, Pitch, Roll)のデータを取得することができる. 車両を操作するためにコントローラ(Logicool G29)を使用する. 検査中にステアリングの角度データ, アクセルおよびブレーキの踏込量のデータを取得することができる. 計測および映像制御用のコンピュータは 1 台である. 図 2 に検査中に HMD に呈示する映像を示す. 同図の左側に左目に見える映像を示し, 右側に右目に見える映像を示す. ドライバーが運転する車両のモデルに Mini Cooper を使用した. 車両のフロントガラスの中央に車両速度を表示した.

2-2 自転車および自動車の走行検査

本検査は自動車･自転車運転シミュレータを用いて片側 1 車線の直線道路の右折横断の条件でサイクリストとドライバーの行動特性を検査した.

2.2.1 交通環境の設定

図３に検査で設定した交通環境を示す. 本検査で設定した車道の長さは 300m である. 車道の幅は 8m であり, 各車線の幅員は 3.3m である. 手前車線では, 40m 毎に車両を 5 台配置し, ドライバーの車両を最後方車両の 100m 後方に配置した. 車間をこのように設定した理由は, サイクリストがドライバーの前を横断できるようにし, サイクリストとドライバーのインタラクションを調べるためである. なお, 手前車線の車両はドライバーと同じ速度で走行させた. 一方, 奥車線では 100m 毎に車両を 3 台配置し, 60km/h で走行させた. なお, 車両は 300m 進むと道路の初期位置に戻るように設定し, 検査終了までループさせた.

2.2.2 検査方法

図４に片側１車線の直線道路の横断を示す. 本検査は検査参加者が 8m の幅の車道を横断する. サイクリストは検査中に頭部, 頸部, 腰部および両膝にレシーバーを装着する. また, 検査開始前に, 自転車に乗った状態でハンドルをまっすぐ握り, 前方のスクリーンに表示した赤い点を見て待機するように教示した. 検査が始まると自転車（サイクリスト）は車道左側の

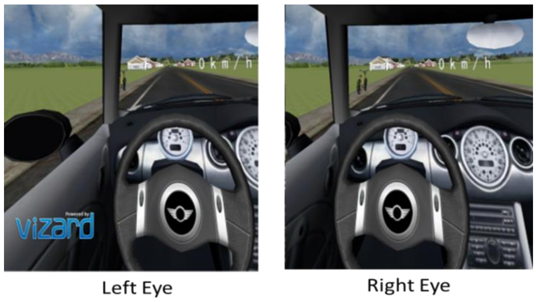

図２　VR シミュレータのブロック図

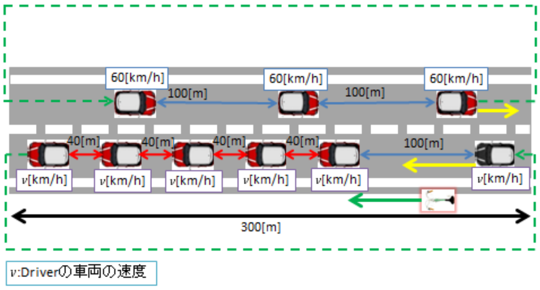

図３　検査で設定した交通環境

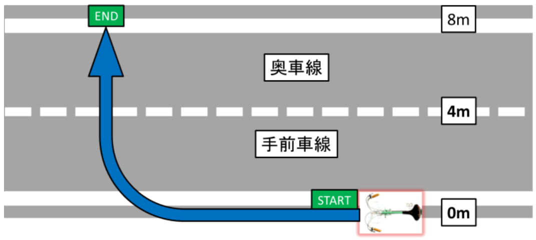

図４　自転車による車道横断の定義

表１　検査参加者

Participant	Age	Sex
A	22	Male
B	21	Male
C	21	Male
D	21	Male
E	21	Female
F	21	Female
G	21	Female
H	21	Female

路側帯に出現するので, そのまま路側帯を真っ直ぐに走行し, 左側に並ぶ 2 件目の家を過ぎたら「渡れる」と思ったタイミングでハンドルを切り車道を横断して右側の路側帯に移動するよう教示した. 車道を横断する際は止まらずに走行するように教示した. 検査参加者が奥車線を横断し右側路側帯に進入すると検査プログラム終了する. これを 1 試行とし, 一人あたり 10 試行検査した. 一方, ドライバーへの教示条件は,「検査中は交通ルールを守り, 時速 60km で走行する」,「危険を感じたらブレーキを踏み, ハンドルを切るなどの交通事故回避の行動を取る」様に教示した. 表 1 に検査参加

者の年齢および性別を示す．検査参加者は 21 歳から 22 歳の若年者 8 名(男性 4 名と女性 4 名)である．

2.2.3　検査結果

図 5 に車道横断中の交通事故の有無の割合を男女別に示す．縦軸に全 40 試行に対する割合を示し，横軸に事故の性別を示す．同図より，男性の車道横断中の交通事故に遭った件数の割合は 15.0% (40 件中 6 件)であり，車道横断中の交通事故に遭わなかった件数の割合は 85.0% (40 件中 34 件)であった．一方，女性の車道横断中の交通事故に遭った件数の割合は 32.5% (40 件中 13 件)であり，車道横断中の交通事故に遭わなかった件数の割合は 67.5% (40 件中 27 件)であった．

図 6 に各車線(手前車線および奥車線)における交通事故発生率を男女別に示す．横軸に性別を示し，縦軸に交通事故発生率を示す．凡例に車線を示す．男性は手前車線で 7.5% (40 件中 3 件)，奥車線で 8.1% (37 件中 3 件)交通事故に遭っており，女性は手前車線で 27.5% (40 件中 11 件)，奥車線で 6.9% (29 件中 2 件)交通事故に遭っていた．

図 7 に車間横断率を示す．縦軸に全 80 試行に対する横断した車間の割合を示し，横軸に車間を示す．凡例に交通事故の有無を示す．100m の車間で横断した割合は 71.3% (80 件中 57 件)であり，40m の車間で横断した割合は 28.7% (80 件中 23 件)であった．また，40m の車間で横断した検査参加者は 17.5% (80 件中 14 件)手前車線で交通事故に遭ったことがわかった．

図 8 にサイクリストがドライバーの前を横断したときにドライバーがアクセルを戻した割合を男女別に示す．横軸に性別を示す．縦軸に件数の割合を示す．サイクリストがドライバーの前で横断した時，男性においてアクセルを戻した割合は 6.9% (29 件中 2 件)であり，アクセル戻さなかった割合は 93.1% (29 件中 27 件)であった．一方，女性においてアクセルを戻した割合は 42.9% (28 件中 12 件)であり，アクセルを戻さなかった割合は 57.1% (28 件中 16 件)であった．

2.2.4　検査結果の考察

男女別に手前車線と奥車線における交通事故発生率を比較した結果，手前車線で交通事故に遭った割合が奥車線で交通事故に遭った割合の 2.8 倍となってい ることを確認できた．また，女性の交通事故率は男性の交通事故発生率の約 3.2 倍となっている．手前車線で交通事

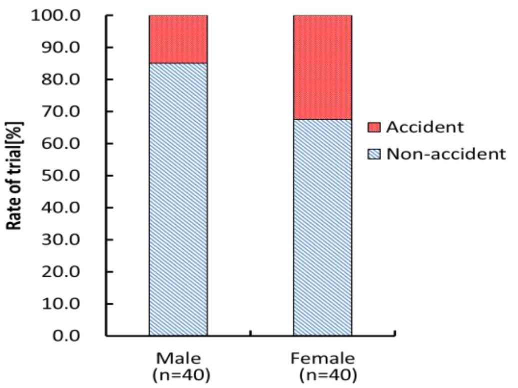

図 5　男女別車道横断中の交通事故の発生状況

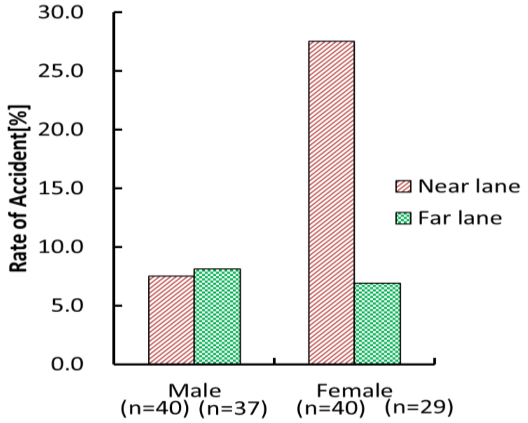

図 6　性別にみた交通事故発生率

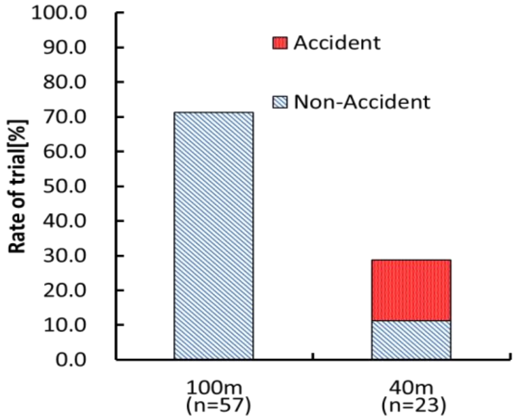

図 7　車間に対するサイクリストの横断率

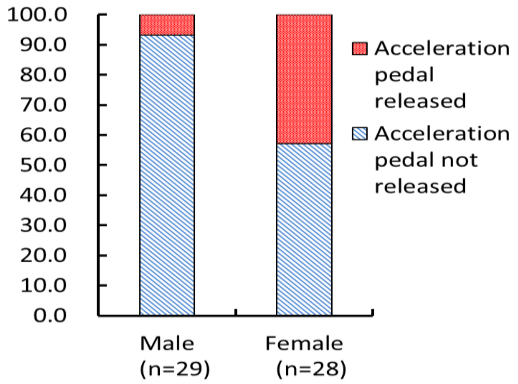

図 8　ドライバーがアクセルを戻した割合

故に遭った検査参加者全て危険な車間(40m)で横断したことを確認した. サイクリストは後方から接近する車両に気づかずに車道横断し交通事故にあったと考える. 今後, サイクリストが車道横断する直前に後方確認することを確認するためにサイクリストの頭部の位置姿勢を解析する必要がある. サイクリストがドライバーの前で横断したときに, アクセルを戻さなかった件数の割合がアクセルを戻した件数の割合より高い. また, 女性のアクセルを戻した件数の割合は男性のアクセルを戻した割合より高い. ドライバーはサイクリストとの距離がまだ長いため, 車両の速度を落とす必要がないと判断したと考える. 今後, サイクリストが100m の車間横断した条件での車両と自転車の距離の解析に加え, 有効な解析項目を探る予定である.

３．研究の成果

本研究では新たにネットワークを介してバーチャル空間でインタラクションが可能な自転車・自動車運転シミュレータを開発した.

本システムにより車道における自転車の位置, 自転車乗用中のサイクリストの頭部, 頸部, 腰部, および左右の膝の位置・姿勢データ（6 自由度のモーションキャプチャデータ）に加え, 自転車のハンドルの操舵角, タイヤの回転速度, 前後左右の床反力を 60Hz で計測できる.

車道を走行する全ての車両の位置, 自動車を運転するドライバーの頭部の位置・姿勢, アクセル・ブレーキの踏み込み量, ハンドルの回転角を 60Hz で計測できる.

本システムにより, 自転車と車両との交通事故が発生する前後における自転車および自動車を乗用中の人の行動を抽出し, 解析することで事故に遭いやすい状況, 事故に遭いやすいヒトに共通する行動を顕在化できると期待できる.

本報告では, 本システムの妥当性の評価を目的として 8 人の若年者を対象に片側 1 車線の直線道路の右折横断の条件でサイクリストとドライバーの行動特性を計測した. その結果, 計測データの妥当性を確認した. また, 被験者数が少ないため一般的な特徴とまでは言えないが, 本検査の条件では「女性の自転車乗用時の交通事故率は男性と比べ高い」こと,「手前車線で発生した交通事故は全てが危険な車間(40m)の横断で発生していた」こと等が明らかになった. また, サイクリストがドライバーの操作する車両の前で車道横断する際, （今回の条件では交通事故は発生しなかったが）90%以上の男性ドライバーはアクセルを戻していないことを確認した.

４．今後の課題

今後, 高齢者を対象として, 片側 1 車線の直線道路を自転車が右折横断する条件で自転車および自動車操作時の行動を計測し, 若年者と比較する予定である. 本検査を通して検査方法および検査条件の課題を洗い出すと共に効果的な解析項目を探っていく予定である. これらの課題を解決次第, VR 環境に交差点の環境・シナリオを再構築して, 自動車と自転車の出会い頭の交通事故誘発要因を調べていく予定である.

５．研究成果の公表方法

本研究における知見は日本交通科学学会の学術講演会および学術論文として発表する予定であり, 交通事故防止に関する知見は新聞等のマスメディアを介して社会に還元する予定である.

以上