



# シースルー型 HMD による AR を用いた 車道横断能力検査システムの開発とその能力の評価

横山真哉<sup>1)</sup>, 寺田裕樹<sup>2)</sup>, 猿田和樹<sup>2)</sup>, 陳国躍<sup>2)</sup>, 張興国<sup>2)</sup>

- 1) 秋田県立大学 システム科学技術研究科 (〒015-0055 秋田県由利本荘市土谷海老ノ口, m19b015@akita-pu.ac.jp)  
2) 秋田県立大学 システム科学技術学部 (同上, terata, saruta, chen, xingguozhang@akita-pu.ac.jp)

**概要:** 歩行者死亡事故のうち横断時に生じた事故は 7 割を占めており, 交通事故の低減には無視できない要因であるといえる. 近年は交通事故低減を目標にさまざまな道路横断体験システムが提案されているが「大掛かり, 現実感の欠如」等の課題が残っている. そこで本研究では, シースルー型 HMD を用いて車道に仮想車両を重畳することで疑似的な交通環境を構築する車道横断能力検査システムを構築し, その能力を評価することを目的とした.

**キーワード:** 道路横断, 横断能力検査, AR

## 1. 背景

警察庁によると平成 29 年度における交通事故発生件数はおよそ 47 万 2 千件であった[1]. これは年号が平成に代わって以降, 最も少ない件数である. それに伴い, 交通事故における死者数も減少傾向にあるが, 交通死亡事故を年齢層別にみると全年齢層に占める高齢者の割合が高く[2], 日本が少子高齢化社会であることを鑑みると, 将来的に高齢者が犠牲となる死亡事故が増加する可能性が考えられる. また, 高齢歩行者が事故に遭う場所の 80% 以上は自宅から 2km 以内であることも明らかになっている[3].

以上のことから, 交通事故の低減を目指すには高齢歩行者が遭遇する交通事故に焦点を当てるのが適当であると考えられる. 高齢歩行者が遭遇する交通事故の低減に有効な手段として考えられるのは①交通事故を避けるために必要となる知識を歩行者に教育すること②歩行者に対して車道横断を繰り返し練習させることで経験を積ませること③高齢者の低下した身体機能を何らかのデバイスを用いて外部から補うことの 3 つである. 先行研究として上述の①と②を満たす歩行環境シミュレータ「わたりジョーズ君」[4]が存在する. これは 3DCG によって作製された疑似的な交通環境を 3 面のディスプレイに表示し, 体験者はその場で足踏みすることで環境内における車道横断を体験できる. しかし, これらは大型のディスプレイを用いて 3DCG を利用していることに加え, 体験者の足踏みによって横断を再現しているため現実感が欠如する可能性がある. そこで我々は拡張現実 (以下, AR) を用いることでこの問題を解決できるのではないかと考えた. 青山らはマーカー型 AR を用いて現実の車道に仮想車両を重畳

することで疑似的な交通環境を構築し, 車道横断能力の検査が可能なシステムの開発を目指した[5]. しかし, マーカー型 AR を実現するために用いたステレオカメラは屋外で利用することが難しく, マーカーの認識精度が低下したため, システムの利用は屋内に限られた. そのため, 本研究ではシステムの要件はそのままに, 高精度な AR 提示が可能な車道横断能力検査システムを開発し, その能力を評価することを最終的な目標とした. 本論文では, シースルー型 HMD によってマーカーレス型 AR を実現した車道横断能力検査システムを構築し, 若年者を対象に車道横断能力を評価した.

## 2. 検査システム

### 2.1 検査システムの概要

本システムは Unity2017.2.1f1 を用いて開発した. システムの起動は PC で行い, レンダリングしたデータを Wi-Fi を経由してシースルー型 HMD である Microsoft Hololens (以下, HMD) に投影した. 表 1 に HMD と PC のスペックを示す.

表 1: HMD と PC のスペック

	HMD	PC
CPU	Intel 32bit architecture	Intel® Corei5-7200U
実装 RAM	2GB	8GB
GPU	Custom-built Microsoft Holographic processing unit (HPU1.0)	Intel(R) HD Graphics 620
OS	Windows 10 RS1	Windows10 home

図1に本システムの概要を示す。本システムは実在する片側一車線の道路に対し、左右それぞれの車道に仮想車両（以下、車両）を重畳する。Unityで構築した疑似的な交通環境（車道、左右から走行する車両）を被験者の位置情報を起点に重畳する。被験者はHMDを装着した状態で車両が行き交う道路を横断する。検査開始時の被験者の位置は車道から0.4m離れた地点とし、実験環境の道路幅は使用する道路環境に応じて設定できるように、検査開始前にあらかじめ測定した道路幅を入力して決定する。

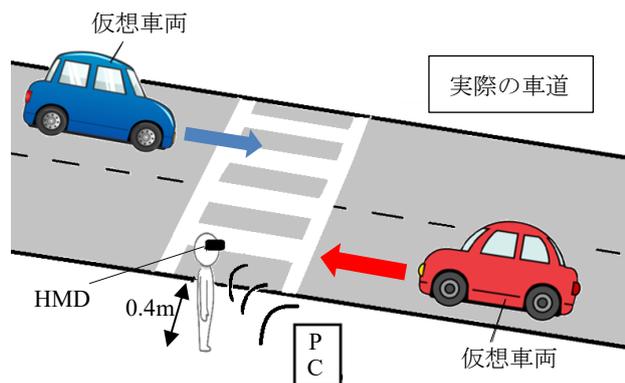


図1：本システムの概要

## 2.2 車両の走行条件と出現間隔

図2に車両の出現サイクルのイメージを示す。被験者から見て左側、右側を走行する車両の台数はそれぞれ6台ずつとした。車両は被験者の位置から左右それぞれ100m地点に出現し、車両は出現後200m走行したのち消失する。車両の走行速度は右側が40km/h、左側が60km/hである。はじめの車両が出現してから最後の車両が被験者の位置を通過するまでの35秒を1サイクルとし、検査中はこれを無限ループする。左右の車両が出現するタイミングを調整することにより、被験者が(1)歩いて安全に横断可能なタイミング、(2)危険が伴うが横断可能なタイミング、(3)車両と衝突するため横断不可能なタイミング、を調整した。1サイクル35秒のうち、(1)の合計を4.1秒、(2)の合計を13.5秒、(3)の合計を17.4秒とした。なお、調整にあたり、被験者の歩行速度が遅いことによって(1)のタイミングで歩行を開始したにも関わらず車両と衝突してしまうと検査として成立しない。そこで、全年齢層のうち最も遅いとされる高齢女性の平均歩行速度1.1m/s[6]で歩行しても横断できるように設定した。これら車両の走行条件は先行研究[5]を参考に設定した。また、検査は1サイクルを無限ループするため、車両として用いる3Dモデルが異なると、被験者が横断可能なタイミングを車両モデルの種類によって判断してしまう可能性がある。したがって、車両は左右それぞれ1種類の3Dモデルを用いた。

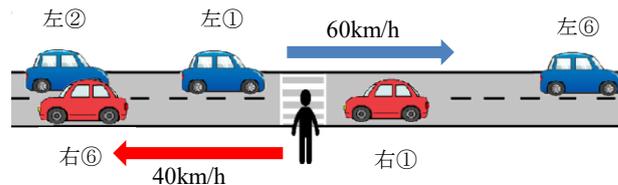


図2：車両の出現サイクルのイメージ

## 2.3 検査の流れ

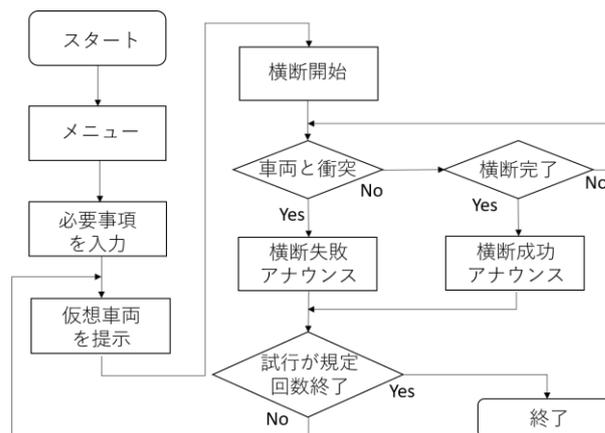


図3：システムのフローチャート

図3に本システムのフローチャートを示す。検査開始時に被験者の名前、年齢および検査を行う道路の幅を入力する。入力完了後に検査が開始し、車両が提示される。被験者は左右の安全を十分に確認したのち、横断を開始する。横断中に車両と衝突した場合は失敗のアナウンスを、衝突せずに横断を完了した場合は成功のアナウンスを提示する。この横断を繰り返し、試行回数が10回に達した時点で検査は終了となる。なお、検査結果ははじめに入力された情報とともにログ出力する。

## 2.4 HMDの処理性能にみる本システムの制約

本システムに用いたHMDはスタンドアロンなAR・MRデバイスであり、快適に使用できるような大きさ、重量に設計されているため、処理性能は一般的なPCと比較して高くない。そのため、本システムをHMD単体で動作させた場合に処理落ちすることがあったので、本システムの処理はPCで行い、Wi-Fiを経由してHMDに車両を投影するようにした。また、HMDは屋内での使用を想定して開発されたものであるため、屋外で使用すると輝度や照度が高く、重畳したモデルが見えなかったり、気温が高ければ熱が籠ってHMDの動作が停止する。このことから、本システムには①輝度や照度が高い場所で使用する際はHMDに遮光処理を施す、②気温が高い時間帯の使用は避けること、③HMDに直射日光が当たらないように日傘を用いる、といった使用上の工夫が必要である。

### 3. 実験方法

#### 3.1 実験を実施した道路環境

本システムは使用する車道に合わせて車両が車線の中央を走行するように、メニュー画面で車道幅を入力して車両の走行位置を調整できる。本システムを用いた実験を実施したのは、「地方部の高速自動車国道、自動車専用道路を除くその他の道路」であるため、国土交通省が定める第3種4級の車線幅員（片側2.75m）に設定した[7]。これは先行研究[5]と同様の幅員である。

#### 3.2 評価方法

本実験は若年被験者8名を対象とし、左右確認回数(回)と横断の成否を横断試行別に記録した。左右確認回数は被験者が車道に正対している状態で正面、左側と安全を確認したら左側の確認回数を1回、正面、右側と安全を確認したら右側の確認回数を1回とカウントとした。なお、横断の成否は車道横断成功率(%)で評価する。

$$\text{車道横断成功率}[\%] = \frac{\text{成功回数(回)}}{\text{総横断回数(回)}} \times 100 \quad (1)$$

### 4. 本研究と先行研究の実験結果比較

#### 4.1 車道横断成功回数

図4に被験者別車道横断成功回数を示す。横軸のアルファベットのA~Hは被験者を、縦軸が車道横断成功回数を示す。被験者A, B, Cの3名の検査で1回ずつ事故が発生し、他の被験者は無事故であった。事故が発生した検査は全80試行中3試行のみであったため、車道横断成功率は96%と非常に高い結果が得られた。これに対し、先行研究[5]で事故が発生した検査は全80試行中17試行あり、車道横断成功率は78%であったことから本実験における車道横断成功率が高いことがわかる。

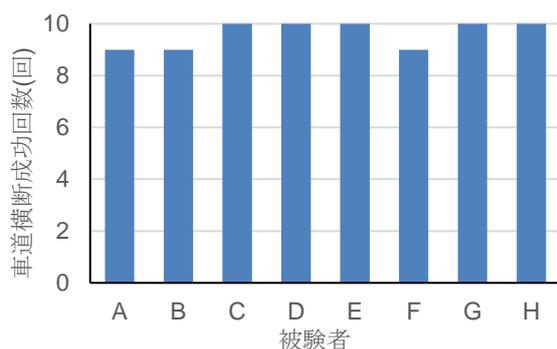


図4：被験者別車道横断成功回数

#### 4.2 左右確認回数

表3に被験者別左右確認回数を示す。表中のL,Rは被験者毎の各試行における安全確認回数を左側、右側に分けてカウントした回数を示す。また、表中の色付きの箇所は車両と衝突した試行であり、黄色は車両②、緑色は車両⑩、赤色は車両④である。

表3：被験者別左右確認回数

被験者 試行回数	A		B		C		D		E		F		G		H	
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
1	3	7	3	3	2	2	5	5	5	8	4	3	3	4	3	3
2	1	0	4	4	2	4	3	4	4	3	4	3	2	2	7	6
3	4	3	3	2	2	1	3	3	3	3	2	1	7	7	5	5
4	5	4	2	1	2	3	3	3	2	3	4	4	4	4	6	5
5	2	2	2	2	2	0	3	3	2	3	2	2	2	1	6	6
6	3	2	2	2	2	2	4	4	3	4	2	2	2	2	3	3
7	4	3	2	2	3	2	7	7	3	5	1	1	2	2	6	6
8	4	4	3	3	3	3	3	4	7	8	2	1	2	2	6	6
9	3	3	2	2	2	4	3	4	3	5	1	1	2	2	5	5
10	3	3	3	3	4	3	3	3	6	6	4	4	4	4	7	8
合計 (左右)	32	31	26	24	24	24	37	40	38	48	26	22	30	30	54	53
	63		50		48		77		86		48		60		107	

表3より、左右確認回数は被験者毎に大きく異なっていた。多くの被験者は左右の確認回数の差が1~3回であり、左右を均等に確認していたが、被験者Eの確認回数のみが右側に偏っていた。なお、被験者Aの2試行目と被験者Cの5試行目における右側確認回数が0回であったが、内観報告によると「横断を開始できる状態になった直後に右側の車両が通過したため、後続の車両との距離が十分に離れていると判断した」との報告を得た。また、事故が発生した検査ではいずれの被験者も左側から接近する車両に衝突していた。

### 5. 考察

#### 5.1 車道横断成功回数に関する考察

一般的な車道横断の場合、横断中に左右を確認しないのは危険であり、大多数の人は左右を確認するはずである。先行研究[5]では被験者は車道を挟んでARマーカーに正対し、被験者が装着するステレオカメラでARマーカーを認識することで、ステレオカメラ映像に対して車両を重畳した。そのため、被験者が横断開始後に左右を確認すると車両の位置が横断中に変化してしまう恐れがあった。しかし、本システムではHMDが自らの位置を高精度に推定できるため、横断中に左右を確認しても車両の位置は正しい位置に維持できる。これらのことから、本実験では先行研究の実験で禁じた横断中の左右確認を許した。このことが影響し、本実験の車道横断成功率が先行研究と比較して高くなったと考えられる。したがって、車道横断中の左右確認は安全な車道横断における重要な要因であると考えられる。

#### 5.2 左右確認回数に関する考察

本実験同様、先行研究[5]において発生した事故は左側の車両との衝突のみであり、右側の車両に注意が偏ったことが原因で左側の車両に衝突したケースが報告されている。そのため、均等に左右を確認できているかどうかは横断の成否に関わる要因の1つであると考えられる。そこで、左右確認の偏りを確認する指標として右側確認回数/左側確認回数を左右確認回数比率と定めた。均等に左右を

確認している場合、この比率は1に近づく。本実験における左右確認回数比率の平均はおおよそ 1.01 であった。左右を均等に確認できていたことも一因であると考えられる。

### 5.3 検査システムの操作性に関する考察

本システムでは HMD として Microsoft Hololens を用いている。この HMD は高精度な AR・MR を実現できる反面、標準搭載のジェスチャー操作が慣れない人には難しいことに加え、画角が狭く、正しく装着できないとホログラムが見えないといった、初めて利用する人には困難な点がある。本実験は若年者を対象としたにも関わらず、こういった困難が生じたため、このままでは高齢者を対象とした実験は難しいと考えられる。今後、高齢者を対象に実験を実施するにあたり、本システムにおける操作性の向上、あるいは入力操作がなくても利用できるようにするなど、改善が必要になると考えられる。

## 6. 結論

本研究ではシースルー型 HMD を用いた AR による車道横断能力検査システムを開発し、屋外における車道横断能力の検査を可能にした。また、若年者を対象に車道横断能力の検査実験を実施した。その結果、被験者に対して横断中の左右確認を許したことや全被験者の左右確認回数がほぼ均等であり、左右ともにきちんと安全を確認していたことが影響して車道横断成功率は高くなった。今後の課題として高齢者を対象に車道横断能力の検査実験の実施があげられるが、現状、本システムは高齢者が利用するには難しい。そのため、操作を容易にする等、高齢者にもわかりやすく利用できるようにシステムを改善する必要がある。

## 謝辞

本研究は科研費 (16K01121) の助成を受けたものである。なお、本研究は秋田県立大学システム科学技術学部倫理委員会 (承認番号 100) を受けて実施されたものである。

のことから、車道横断成功率が高くなったのは被験者が左

## 参考文献

- [1] 警察庁:平成 29 年中の交通事故の発生状況, pp. 2-7, 2018.
- [2] 警察庁:平成 28 年における交通死亡事故について, pp. 3-4, 2017.
- [3] 木幡繁嗣, 小禄茂弘:高齢者交通事故低減に向けた取り組み, IATSS Review, Vol. 35, No. 3, pp. 17-29, 2011.
- [4] エーピーアイ株式会社:歩行環境シミュレータ わたりジョーズ君, <http://www.api-kk.com/watarijozu/>
- [5] 青山真也, 寺田裕樹, 猿田和樹, 陳国躍:拡張現実を用いた車道横断能力検査システムの開発とその能力の評価, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 22, No. 3, 2017.
- [6] 吉名, 伊東, 長崎, 橋詰, 丸山, 井笠:高齢者の歩行速度, 歩幅, 歩行率, および歩行パターン, 理学療法学第 21 巻 学会特別号 第 29 回 1994 年, p. 417, 1994.
- [7] 国土交通省:平成 15 年度 建設技術移転指針策定調査 (道路設計基準), pp. 50-97