

# ヒヤリハット事例の仮想立ち合いにおける注視点を用いた安心感評価

大西 衝<sup>§</sup> 宍戸 英彦<sup>‡</sup> 北原 格<sup>‡</sup> 亀田 能成<sup>†</sup>

<sup>†</sup> <sup>‡</sup> <sup>§</sup> 筑波大学工学システム学類 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: <sup>§</sup> ohnishi.sho@image.iit.tsukuba.ac.jp, <sup>‡</sup> {shishido.hidehiko, kitahara.itaru}@ccs.tsukuba.ac.jp,

<sup>†</sup> kameda.yoshinari@iit.tsukuba.ac.jp

**あらまし** 本研究ではヒヤリハットを当事者としてではなく第三者の視点で仮想立ち合いとして観察させることで被験者の安心感を評価する方法を提案する。道路横断者のいるヒヤリハット事例および道路横断者のいない事例のシミュレーションを作成し、安心感を評価する。仮想空間において作成したシミュレーションを第三者の視点から観察し、主観評価とそのときの注視点情報とを同時に得られるシステムを構築した。評価実験を通して、主観評価と注視点分析により被験者の安心感を評価した。主観評価から、車両の速度が速くなるにつれて安心感が減少するという結果が得られた。注視点分析から、安心感の減少に伴い、被験者の注視点が不安要因である車両に集まる様子が観察された。

**キーワード** ヒヤリハット, 仮想立ち合い, 注視点, 安心感評価

## 1 はじめに

道路空間は歩行者にとって安全であるとともに安心して利用できる必要がある。道路空間における歩行者の安心感は様々な要素が組み合わさってできている。歩行者の安心感を評価することができる方法が求められている。

本研究では道路空間において歩行者が安心できない事例としてヒヤリハットに着目する。ヒヤリハットは危険性を含むため実道での再現は困難である。近年、VR技術の発達により仮想空間を用いた歩行者シミュレーションの効果が実証されている[1]。仮想空間を用いることでヒヤリハットの再現を安全に行うことが可能である。

一方で、交通シミュレーションを行うときの問題として、シミュレーションを当事者として体感したときに、現実での行動と比較して危険な行動を選択する可能性があることが報告されている[2]。仮想空間内で実験を行う場合も同様に、仮想空間内で当事者として危険な体験をすると、実際に体験した場合と異なる判断を下す可能性がある。本研究ではヒヤリハットを当事者としてではなく第三者の視点で仮想立ち合いとして観察させることで被験者の安心感を評価する方法を提案する。

ヒヤリハットにおける安心感に関係する事案として、歩行者の車両速度の勘違いによる急な道路の横断、車両の速度出しすぎによる急停止などがある。仮想空間を用いることで、これらの因子を調整して実験する。

歩行者は安心感を構成する様々な要因の多くを目から獲得している。本研究では、歩行者や車両に対して安全であると感じるかどうかを主観評価によって調べ、その結果とその時の注視点分析から被験者の安心感を

評価する。仮想空間内におけるユーザーの視線検出が可能なヘッドマウントディスプレイ(HMD)を本研究で用いる。HMDから被験者の視線情報を取得し、得られたデータから道路空間内の注視点を求めるシステムを構築する。

具体的には、本研究では仮想空間において横断歩道に関するヒヤリハット事例のシチュエーションを2つ作成する。体験者は第三者の視点からこれを観察する。本研究では、安心感に影響を与える要因として車両速度に着目する。

1つ目のシチュエーションとして、道路を横断する歩行者が一人おり、自分ではないその歩行者に対して車両が停止するシチュエーションを作成する。このシチュエーションは、車両速度の変化とともに道路横断者の安全性も変化し、典型的なヒヤリハットであるといえる。2つ目のシチュエーションとして、道路を横断する歩行者はいなく、車両と歩道でそれぞれ一定の交通が続くシチュエーションを作成する。1つ目のシチュエーションと比較して、ヒヤリハットが起こる前の一定の交通を再現している。このシチュエーションでは、体験した後に他の歩行者ではなく、自分が道路を横断すると問いかける。そのときに安心感に変化が現れるかを評価するために用意している。以上の2つのシチュエーションにおいて、車両速度を変更したものをそれぞれ用意することで被験者の安心感を評価した。

以下、本論文では、2節では本研究の関連研究についてまとめる。3節では没入型VRを用いた歩行者の安心感評価について述べる。4節では具体的なシステム構築方法について述べる。5節では実験手順および結果と考察について述べる。6節では本研究のまとめについて述べる。

## 2 関連研究

### 2.1 ヒヤリハット事例

ヒヤリハットとは日常生活の中で、事故には至らないものの危険を感じるような場面である。ヒヤリハット分析は重大な事故の未然防止につながると考えられている。有住らは出会い頭に関する事故要因の仮説を立て、無信号交差点のヒヤリハット分析により検証した[3]。ドライビングシミュレータ(DS)、および実際の交差点での出会い頭のヒヤリハットを観測し、その時の車両やドライバ挙動データを収集し、ヒヤリハットでない通常走行のデータと比較することで出会い頭事故の要因を明らかにしている。ヒヤリハットは相手車両を視認しないときに発生している。この結論がDSと実道のデータで同じであり、DSの結果が実道でも裏付けられたとしている。

### 2.2 VR を用いた交通シミュレーション

仮想空間を用いて歩行者の振る舞いを研究するためには、歩行者が仮想環境を現実的な環境として認識できること、現実世界での行動と比較的一致することを確認する必要がある。Shuchisnigdha DebらはHMDを用いて歩行者シミュレータを開発し、歩行者安全研究における仮想現実の有効性を実証した[1]。実験の結果、仮想環境内での歩行者の横断歩道の横断速度が他文献によって調べられた現実世界における歩行者の平均横断歩行速度と一致したことなどが報告されている。仮想空間における歩行者シミュレーションは現実でのシミュレーションと比較して有効であると結論付けている。

## 3 仮想空間を用いた安心感評価

### 3.1 道路空間の VR 表現

道路空間を鮮明にVRで表現し、360°見渡すことが可能で頭を自由に動かすことができるシステムが必要である。道路空間を表示する視野角、ディスプレイ解像度、フレームレートなどがVRの没入感に関わる重要な項目である。これらの条件を満たす機器として、本研究ではHTC社が開発したHMDであるVIVE PRO EYE(図1)を用いる。



図1 HTC社 VIVE PRO EYE

VIVE PRO EYEはHMD内で視線検出を行うことが可能である。VIVE PRO EYEはHMDの回転や移動を仮想空間に反映させることが可能である。本実験ではヒヤリハットを第三者の視点から観察するため、数歩だけ道路に近づいて観察できるよう2.5m×2.5mの実験空間を用意する。

### 3.2 道路空間

本研究では、ヒヤリハット事例を再現する空間としてつくば駅バスロータリー付近を模した道路空間(図2)を用いる。

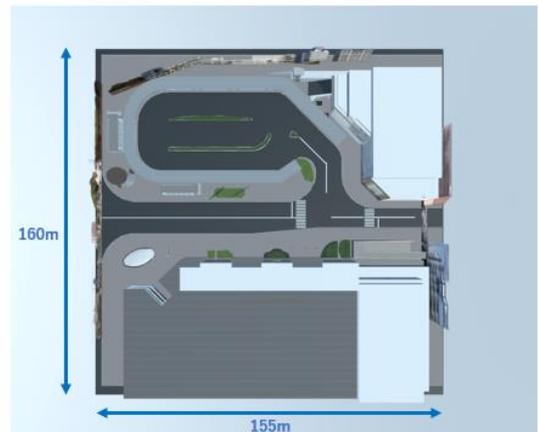


図2 つくば駅モデル

つくば駅バスロータリーと隣接する車道との結合部には信号がないため、歩行者は信号に頼らずに横断をする必要がある。隣接する車道の幅が大きいため車両速度が速くなりやすい。こうした特徴は今回作成するヒヤリハット事例の再現に適している。

### 3.3 シミュレーション構成

1節で示した通り、本研究では2つのシチュエーションを作成する。1つ目のシチュエーションでは、横断歩行者と車両に関する典型的なヒヤリハット事例を再現する。2つ目のシチュエーションでは、道路を横断する歩行者はいなく、車両と歩行者がそれぞれ一定の速度で行き交う状況を再現する。以下、1つ目のシチュエーションを横断者あり事例、2つ目のシチュエーションを横断者なし事例と呼ぶ。横断者あり事例では、自分でない横断者と車両の関係の安全性を問うことで、被験者の安心感を評価する。横断者なし事例では、被験者が横断するとしたときに、横断可能と感じるかを問うことで被験者の安心感を評価する。以上の2つを比較することで、横断者を観察する場合と、自

分が横断者となるかもしれない場合で安心感に違いがあるかを評価する。

### 3.3.1 横断者あり事例

横断者あり事例として、厚生労働省がまとめているヒヤリハット事例集[4]などを参考に横断者と車両の関係についてのヒヤリハット事例を再現する。歩行者が車間距離の誤認識により道路横断を開始し、歩行者の急な横断に対して車両が停止する、という内容である。シチュエーションの説明を図3に示す。

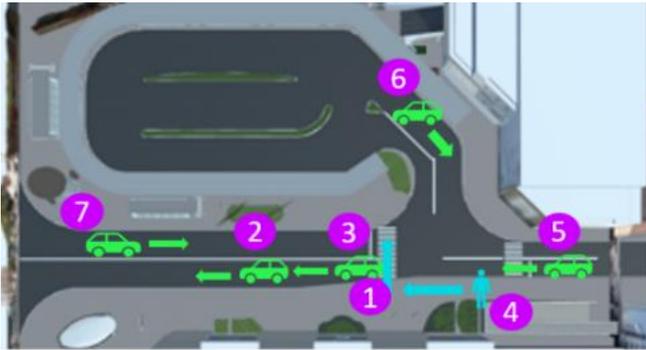


図3 横断者あり事例

被験者はシチュエーションを第三者として観察するため、図3における①に立つ。複数の車両と、道路を横断する歩行者1人を用意する。横断者あり事例の流れとして、先行車両②③が横断歩道を通過する。先行車両が通り過ぎると歩行者④がすぐに①の前の横断歩道を横断開始し、後続車両⑤⑥が停止する。車両の進入速度は20,25,30,35,40,45,50km/hの7種類を用意し、ランダムに再生する。1回の体験に要する時間はおよそ24秒である。

### 3.3.2 横断者なし事例

横断者なし事例として、道路を横断する歩行者はいなく、車両と歩行者がそれぞれ一定の速度で行き交う状況を再現する。シチュエーションの説明を図4に示す。



図4 横断者なし事例

被験者は横断者あり事例と同様に図4における①に立つ。複数の車両と歩行者を用意し、歩行者は歩道を、車両は車道を移動する。歩行者は道路を横断せず歩道を歩き続ける。車両の進入速度は20,25,30,35,40,45,50km/hの7種類を用意し、ランダムに再生する。1回の体験に要する時間はおよそ30秒である。

## 4 システム構築

### 4.1 開発プラットフォーム

仮想空間を表現するために、本実験ではソフトウェアとしてゲーム開発エンジンであるUnityを用いた。シミュレーション作成にあたって、Unity内でつくば駅モデルを置き、その中で、人、自転車、自動車オブジェクトを用意して動きを制御した。

### 4.2 VR表現システム

本実験ではHMDの中でもVIVE PRO EYE(図1)を用いる。VIVE PRO EYEのディスプレイ解像度は片目当たり1440×1600px、フレームレート90Hz、視野角110度である。1節で述べた通り本実験では被験者の視線について着目する。VIVE PRO EYEはユーザーの視線検出が可能である。視線追跡の精度は、視線データ出力周波数120Hz、視線方向精度0.5°~1.1°(field of view20°以内)、追跡可能視野角110°である。VIVE PRO EYEを開発したHTC社のVIVE用SRanipal\_SDKを用いることで、HMDで計測した視線情報をUnity内に取り込む。図5におけるピンク色の棒の先端が被験者の注視点である。実験終了後に、外部ファイルに書き出された視線情報を再度Unityに読み込むことで、各速度、被験者ごとの注視点情報を同時につくば駅モデル上に再描画できるシステムを構築した。

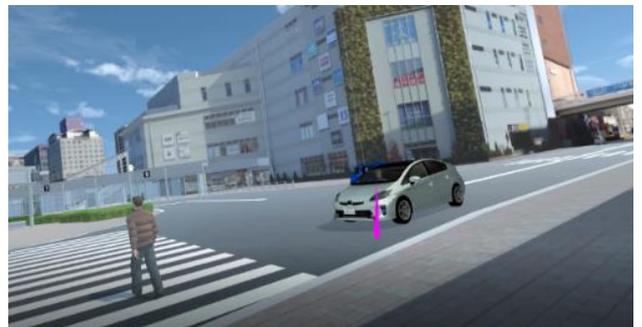


図5 視線情報

### 4.3 つくば駅モデル

本実験ではつくば駅バスロータリー及びショッピング施設の前の通りを模した3Dモデル(図2)を利用する。つくば駅モデルの大きさは155m×160mであり、この範囲内のものは現実に似せて再現され、範囲より

外側に位置する物体は風景が画像として貼り付けられている。つくば駅モデルの中で被験者が観察する通りは幅 15m の直線道路にバスロータリーの入り口が結合している。被験者が仮想的に立つ歩道の幅はおよそ 8m である

#### 4.4 視線による主観評価の入力

交通シミュレーションにおいて、主観評価を実験の直後に行うことは、実験中に感じたことをより正確に評価に反映するために重要である。実験の各シチュエーションごとに主観評価のために HMD を外してしまうと視線検出のキャリブレーションが必要となり、円滑な実験の実行が困難になる。本実験では、主観評価における選択項目を仮想空間上に配置し、それらを注視することで主観評価を実施するシステムを構築することで円滑な実験を目指す。

図 6 のようにアンケート画像の下に主観評価の評価値を記載した選択項目を配置した。被験者が選択項目を一定時間注視することで選択項目が選択されるシステムを構築した。

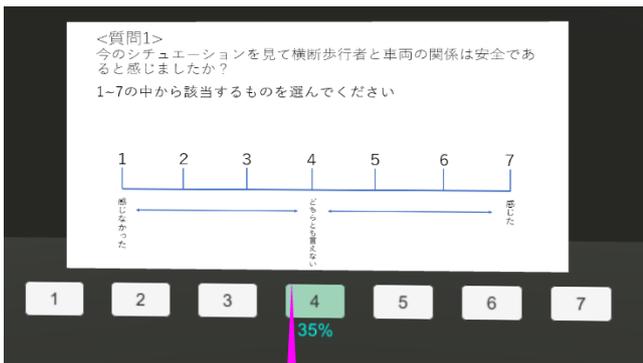


図 6 視線を用いた主観評価の入力

## 5 評価実験

### 5.1 実験方法

3,4 節で示したように、HMD を用いて Unity で作成した仮想空間を被験者が観察することで評価実験を行った。評価方法として主観評価と注視点情報を用いた。実験前に被験者には実験内容、VR 酔いなどのリスクを説明した。実験の流れを図 7 に示す。

被験者の安心感を評価するために、横断者あり事例でのアンケートを Q1、横断者なし事例でのアンケートを Q2 として以下の質問を用意した。

Q1-1:今のシチュエーションを見て横断歩行者と車両の関係は安全であると感じましたか。

Q1-2:車両運転手は余裕をもって横断歩行者に対応できていると感じましたか。

Q2-1:今のシチュエーションを見て、他の歩行者と車両速度の関係は安全であると感じましたか。

Q2-2:今のシチュエーションにおいて自分で車両を止めて道を横断できると感じましたか。

Q2-3:今の車両速度で運転手とコミュニケーション(アイコンタクトなど)ができると感じましたか。

Q1-1 は、横断者と車両の関係の安全性を問うことで、被験者の安心感を評価することを目的とした。Q1-2 は、運転手の対応について問うことで、横断者の安全性について評価することを目的とした。Q2-1 は、横断者と車両の関係の安全性を問うことで、被験者の安心感を評価することを目的とした。Q2-2 は、実際に自分が道路を横断すると仮定したときに、安全な横断が可能であると感じるかを評価することを目的とした。Q2-3 は、車両運転手とコミュニケーションができると感じるかを問うことで、Q2-2 における道路横断の判断との関係性を評価することを目的とした。

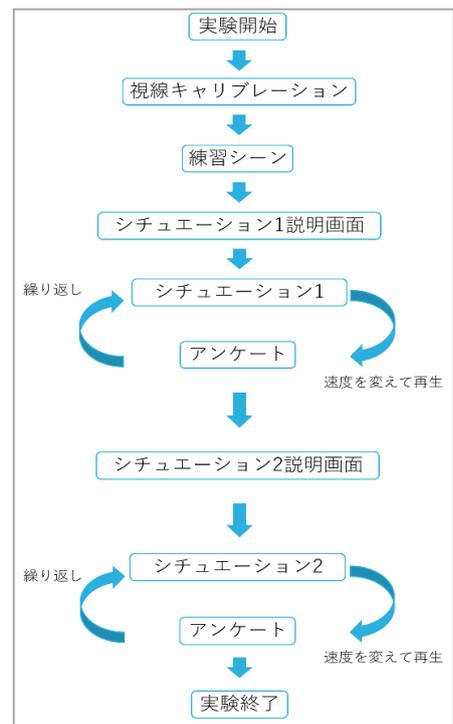


図 7 実験の流れ

### 5.2 実験結果・考察

実験には 10 人の被験者が参加した。被験者の内訳は 20 代男性 7 人、20 代女性 3 人である。主観評価の結果は以下の図 8-12 のようになった。

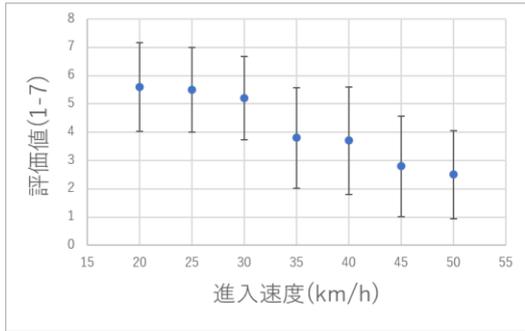


図 8 Q1-1 結果

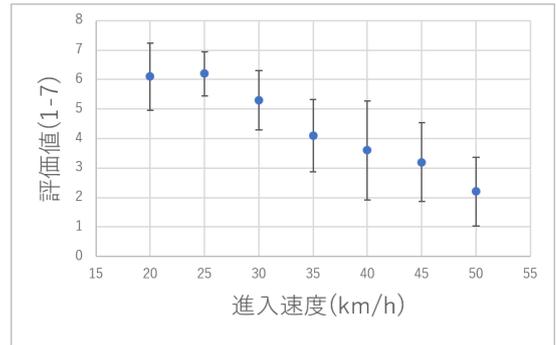


図 12 Q2-3 結果

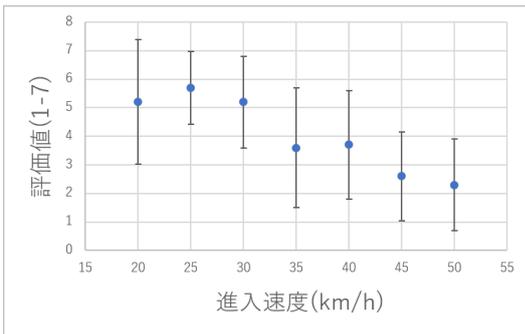


図 9 Q1-2 結果

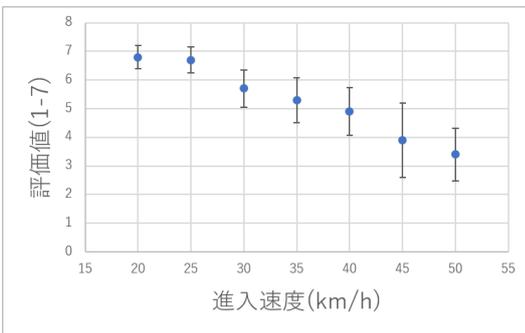


図 10 Q2-1 結果

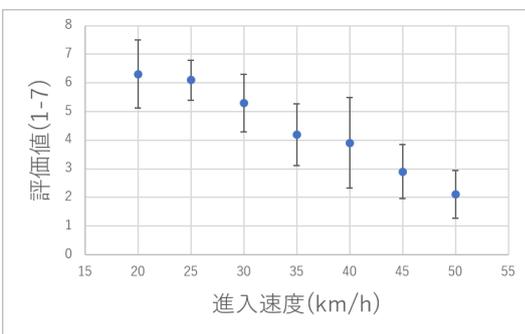


図 11 Q2-2 結果

図 8-12 において、横断者あり事例、横断者なし事例ともどの質問項目においても速度が大きくなるにつれて評価値が減少している。図 10 は速度が大きくなるにつれて数値が減少しているものの、50km/h でも平均値が 3.4 となっており、他の質問に比べて高くなっている。横断者あり事例と比較して、横断者がいなければ車両の進入速度が速くなっても歩行者と車両の関係は安全であると感じているからだと考えられる。図 11,12 の各速度におけるデータを比較すると、どちらも同じように減少していることがわかる。この結果から、車両運転手とアイコンタクト等のコミュニケーションができるかどうか、と車両を止めて道路を横断できると感じるか、には似た傾向があるといえる。

横断者あり事例における被験者の注視点をつくば駅モデルに描画した結果が以下の図 13-19 である。この図 13-19 は、図 3 における車両⑤が画面の一番右端に表示されてから停止するまでの時間内の注視点を表示している。図中における色付きの点は、青が車両の進入速度 20km/h、紫 25km/h、水色 30km/h、緑 35 km/h、黄 40 km/h、橙 45 km/h、赤 50km/h における注視点の位置を表している。



図 13 横断者あり事例,進入速度 20km/h



図 14 横断者あり事例，進入速度 25km/h

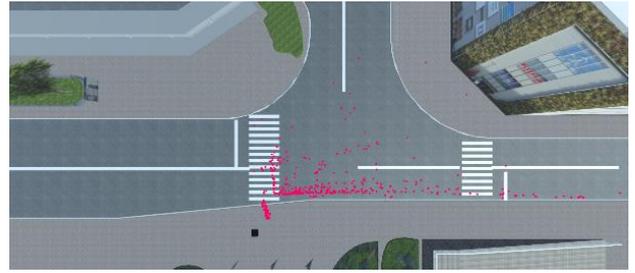


図 19 横断者あり事例，進入速度 50km/h



図 15 横断者あり事例，進入速度 30km/h



図 16 横断者あり事例，進入速度 35km/h



図 17 横断者あり事例，進入速度 40km/h



図 18 横断者あり事例，進入速度 45km/h

図 13-19 を比較すると，車両の進入速度 20-30km/h では右側から歩行者に接近する車両に注意しつつ左側から来る車両(図 3 における車両⑦)も見ており，広範囲を視認している．車両の進入速度が 35km/h 以上になると右側から歩行者に接近する車両に気を取られて左側から来る車両を確認しておらず，特に 45,50km/h では一切左側を見ていない．この結果から，車両の進入速度が速くなるにつれて安心感が減少するという主観評価結果を注視点結果からも確認できたといえる．

## 6 おわりに

本研究では，仮想空間において第三者の視点からヒヤリハット事例を観察するシミュレーションを作成した．HMD から得られる視線情報を用いて注視点を取得してモデル上に描画し，主観評価と注視点分析により被験者の安心感を評価するシステムを提案した．

評価実験を行った結果，主観評価から車両速度が大きくなるにつれて歩行者の安心感が減少するという結果が得られた．注視点分析から，安心感の減少に伴い，被験者の注視点が不安要因である車両に集まる様子が観察された．

本研究の一部は科研費 18H03480 の助成を受けて行われた．ここに謝意を表す．

## 文 献

- [1] Shuchisnigdha. Deb, Daniel. W. Carruth, Richard. Sween, Lesley. Strawderman, and Teena. M. Garrison efficacy of virtual reality in pedestrian safety research, *Applied. Ergonomics*, vol.65, pp.449-460, March 2017.
- [2] 小川圭一，土井和広，久坂直樹，久垣智朗，“信号切り替わり時の運転行動の分析に対する簡易ドライビングシミュレータの応用” 2009 土木計画学研究・論文集，Vol26,no.5,pp.865-872,Sept.2009
- [3] 有住正人，山中英生，三谷哲雄，大門樹，牧野浩志，“無信号交差点のヒヤリハット分析による出会い頭事故要因の検討” 2006 土木計画学研究・講義集，no.33,pp.20-21,Sept.2006.
- [4] 厚生労働省，職場のあんぜんサイト <https://anzeninfo.mhlw.go.jp/hiyari/anrdh00.htm>(参照 2020/01/29)