

夜間、信号交差点右折時における 対歩行者事故の特徴と発生要因の分析

研究部 研究員
山田 晋平



アジェンダ

- 背景
- 夜間事故の特徴と研究の目的
- 事故発生要因の分析
 1. 一当の人的要因
 2. 環境要因推定
- 実験による検証
 1. 実験の目的
 2. 実験内容と結果
 3. 考察
- まとめ

アジェンダ

- 背景
- 夜間事故の特徴と研究の目的
- 事故発生要因の分析
 1. 一当の人的要因
 2. 環境要因推定
- 実験による検証
 1. 実験の目的
 2. 実験内容と結果
 3. 考察
- まとめ

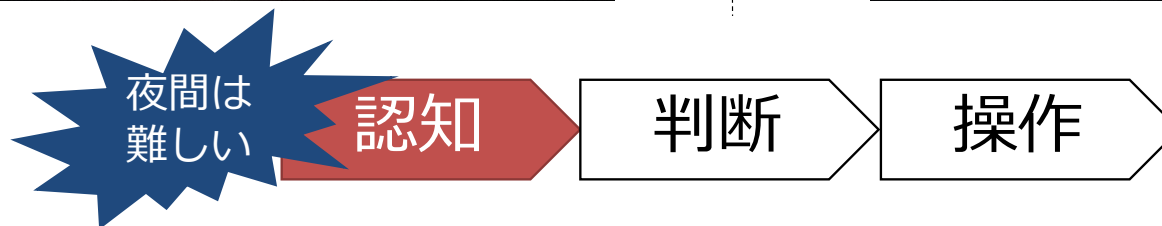
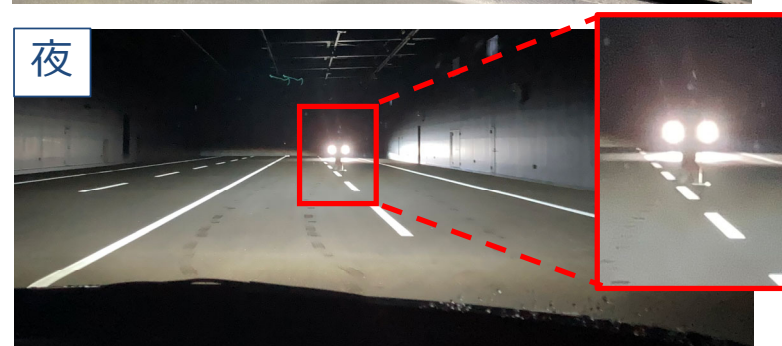
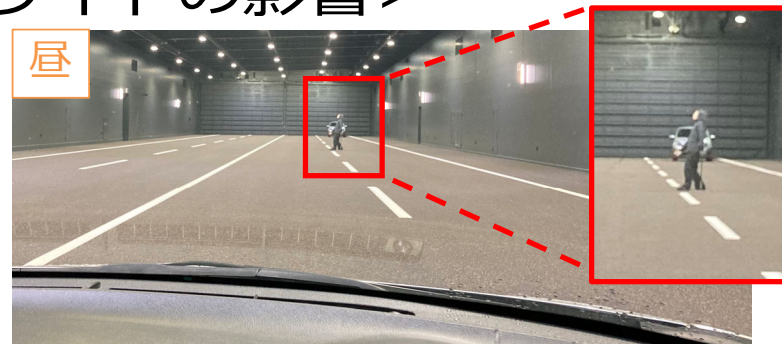
背景

夜間の運転中に歩行者の発見が遅れて危険を感じた経験はありませんか？

<暗くなることの影響>



<ライトの影響>



発見の遅れによる対歩行者死傷事故の概況

一当四輪・二当歩行者の一当人的要因「発見の遅れ」事故を集計
(2021-2025年合計)

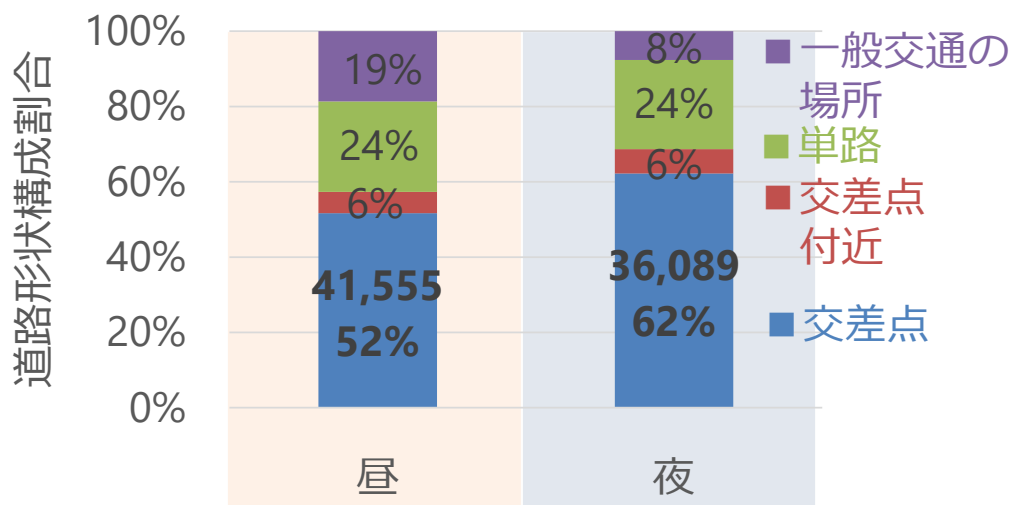


図1 昼夜別・道路形状別死傷事故割合
※四捨五入により合計が100%とならない場合があります

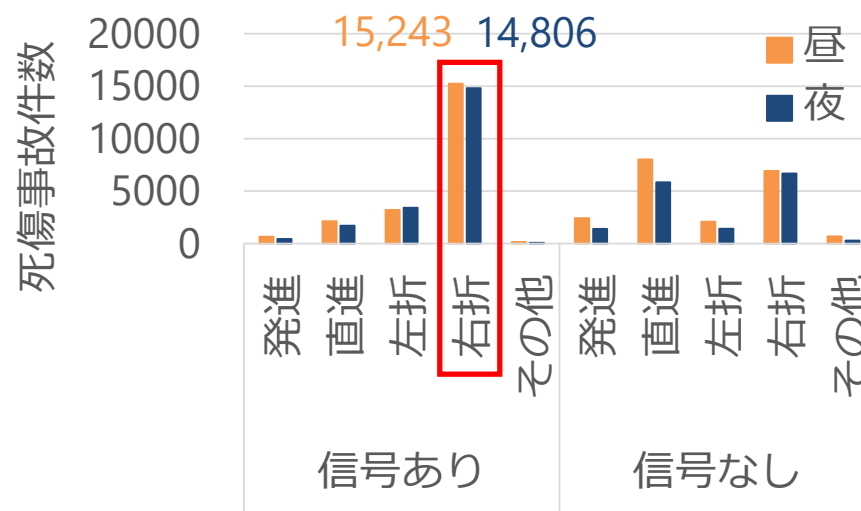


図2 昼夜別・信号機別・行動類型別死傷事故件数

昼夜ともに信号交差点右折時に事故が多い
まずは夜間事故の特徴について分析した

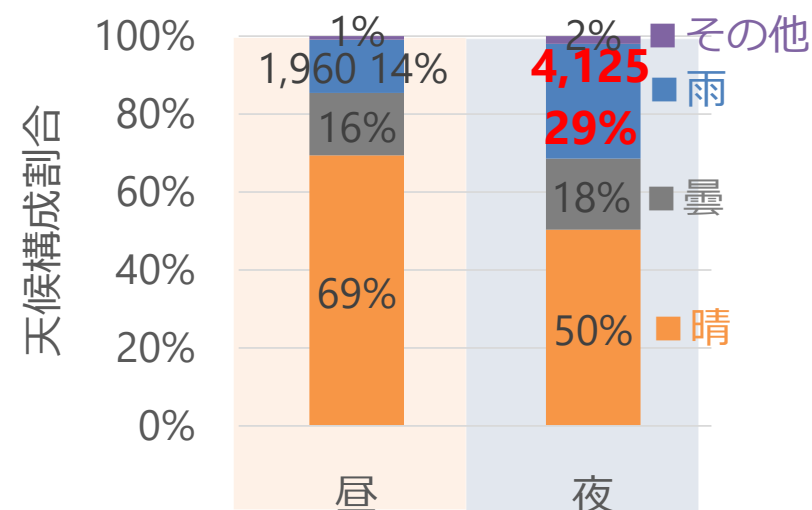
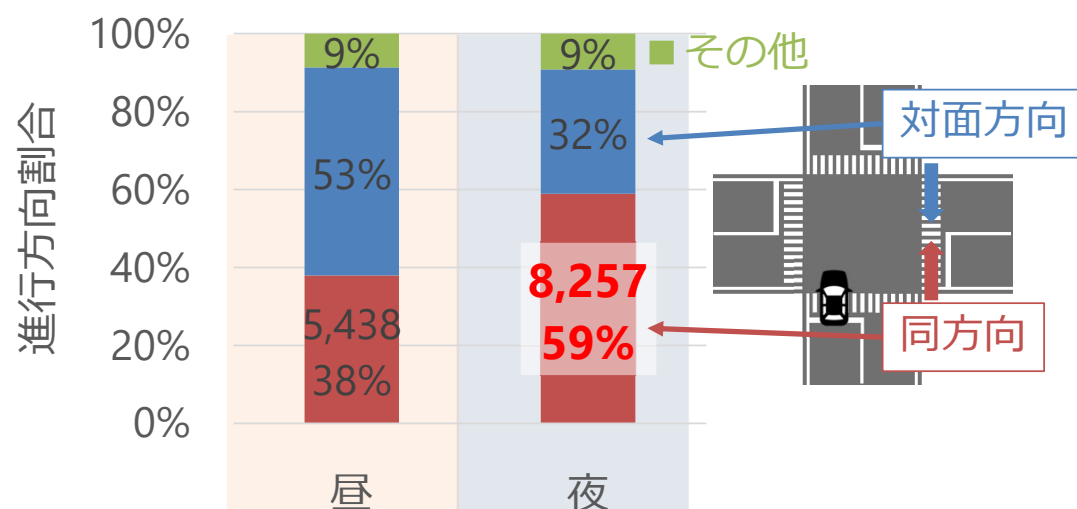
アジェンダ

- 背景
- 夜間事故の特徴と研究の目的
- 事故発生要因の分析
 1. 一当の人的要因
 2. 環境要因推定
- 実験による検証
 1. 実験の目的
 2. 実験内容と結果
 3. 考察
- まとめ

夜間事故の特徴と研究の目的

二当進行方向・天候

一当四輪・二当横断歩道横断歩行者、発見の遅れによる信号交差点右折事故を集計（2021-2025年合計）



※四捨五入により合計が100%とならない場合があります

夜間は同方向進行歩行者の方が事故が多く昼間と逆の傾向であり、かつ雨天の事故割合が比較的高い

夜間事故の特徴と研究の目的

二当進行方向・天候

一当四輪・二当横断歩道横断歩行者、発見の遅れによる信号交差点右折事故を集計（2021-2025年合計）

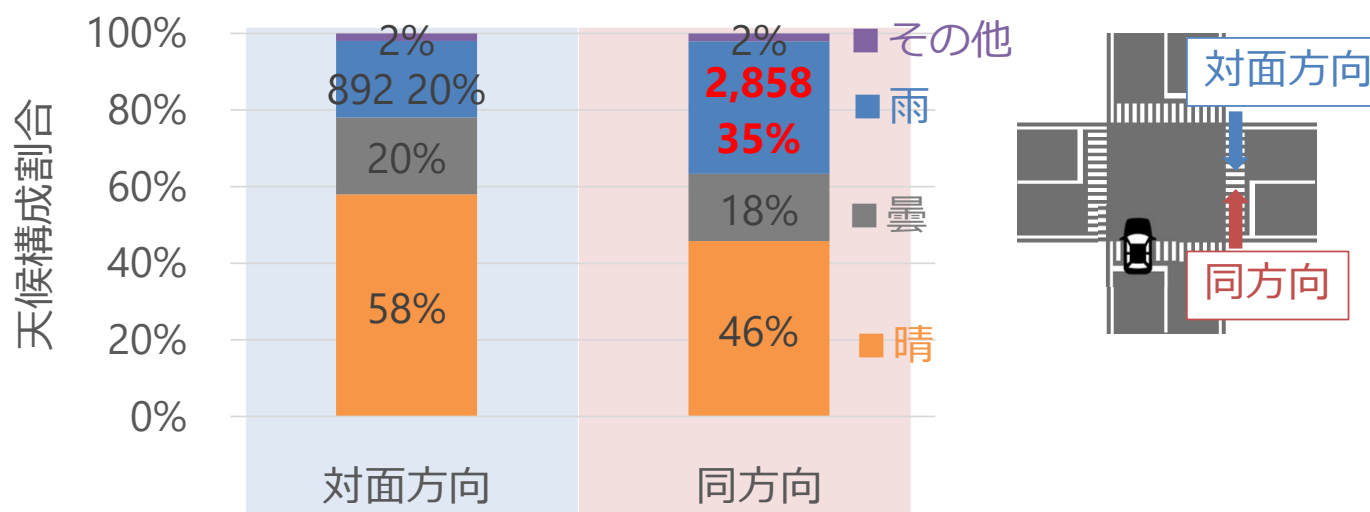


図5 夜間 進行方向別及び天候別死傷事故件数割合

※四捨五入により合計が100%とならない場合があります

夜間かつ同方向進行歩行者との事故では
雨天での事故割合がさらに高い

夜間事故の特徴と研究の目的

研究の目的

「夜間・雨天時の信号交差点右折に伴う
同方向横断歩行者との発見遅れ事故」について、
特有の**発生要因**を分析し、事故の発生の低減に役立てる

※以降は「」内を分析対象シーンと呼称する

アジェンダ

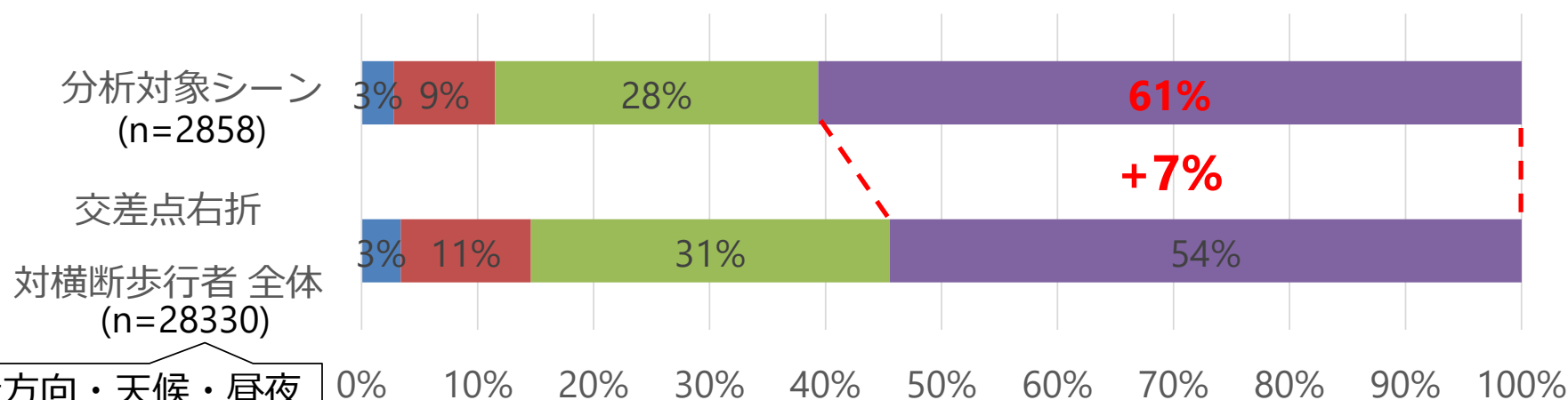
- 背景
- 夜間事故の特徴と研究の目的
- 事故発生要因の分析
 1. 一当の人的要因
 2. 環境要因推定
- 実験による検証
 1. 実験の目的
 2. 実験内容と結果
 3. 考察
- まとめ

事故発生要因の分析 一当の人的要因

ITARDAのデータベースによる分析

分析対象シーンを集計（2021-2025年合計）

■ 前方不注意（内在的） ■ 前方不注意（外在的） ■ 安全確認なし ■ 安全確認不十分



進行方向・天候・昼夜
の分類なし

図6 一当人的要因割合

※四捨五入での表示のため合計が100%とならない場合があります

分析対象シーンでは安全確認不十分による事故割合が最も高く、比較対象よりも7%高い

安全確認不十分：安全確認したが、歩行者を発見できなかった又は発見が遅れた

事故発生要因の分析 環境要因推定

先行文献調査

分析対象シーンに類似した、安全確認不十分に関連する文献を調査

<実験概要>

夜間晴天環境下において、実験者の合図に合わせて右折先の横断歩道に視線を移動し、暗幕が開いている間に歩行者を見つけて歩行者の有無を回答する

<測定項目と評価方法>

発見率を測定し、歩行者位置及び停止車の ヘッドライトOn/Offで比較

<実験条件(抜粋)>

歩行者鉛直面照度：5/10/20/40[lx]

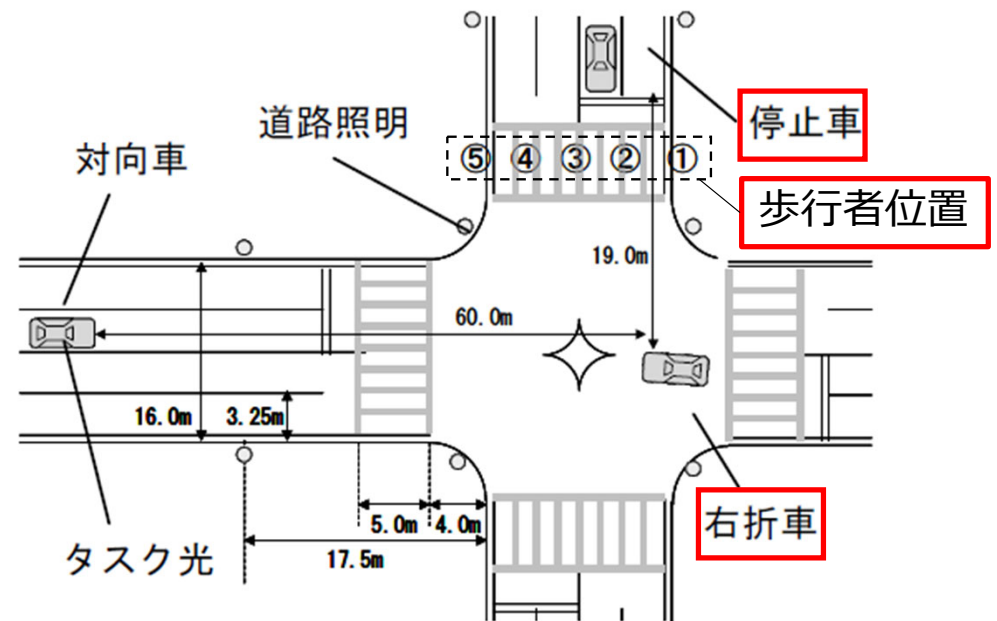


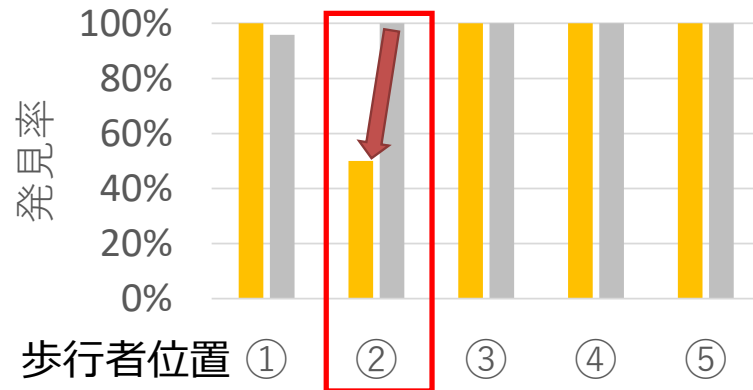
図7 先行文献レイアウト

三木 克典 他（2005）. 夜間の交差点右折時における歩行者に対する視認困難性評価に関する実験的研究, 土木計画学研究・講演集（CD-ROM）, 31

事故発生要因の分析 環境要因推定

先行文献調査

<結果> ■ ヘッドライトON
 ■ ヘッドライトOFF



<位置関係の再現写真(位置②)>

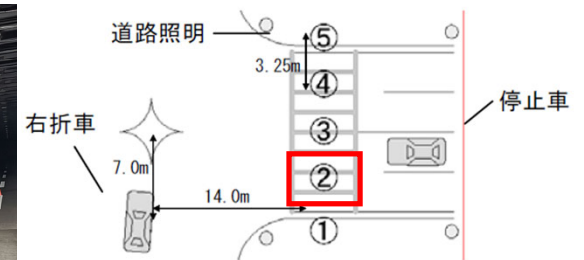
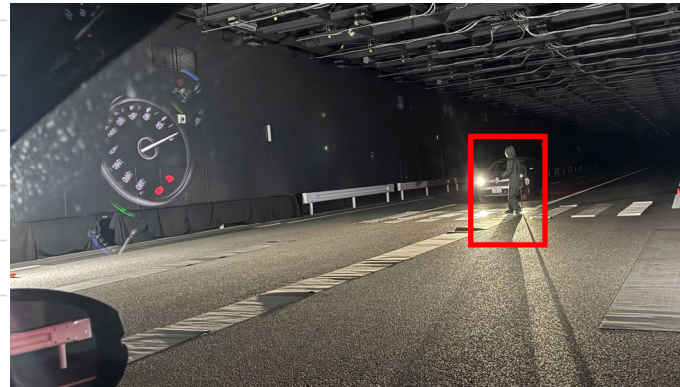


図8 先行文献実験結果

(20代男女6名 各条件のデータ数24件)

ヘッドライトの影響で位置②の歩行者の発見率が低下した
停止車が歩行者の背後に見られるためと考えられる

⇒雨天時は光の進み方が変化し、発見率がさらに低下する可能性

三木 克典 他 (2005) . 夜間の交差点右折時における歩行者に対する視認困難性評価に関する実験的研究,
土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) , 31

アジェンダ

- 背景
- 夜間事故の特徴と研究の目的
- 事故発生要因の分析
 1. 一当の人的要因
 2. 環境要因推定
- 実験による検証
 1. 実験の目的
 2. 実験内容と結果
 3. 考察
- まとめ

実験による検証 実験の目的

仮説

雨天時は晴天時と比較して、停止車のヘッドライトにより歩行者の発見率がさらに低下する

先行文献の課題

先行文献は**晴天時**の実験結果であり、分析対象シーンのような**雨天時での実験は実施されていない**

実験の目的

雨天の実験を通して、仮説の検証を実施する

実験による検証 実験内容と結果

実験内容

<実験方法>

1. 被験者はヘッドライトが点灯した右折車のドライバー席に座り、正面を向く
2. 実験者の合図に合わせて右を向く(暗幕で歩行者が見えない状態)
3. 実験者の再度の合図後に暗幕が開く
4. 開いている間に歩行者が発見できれば手元のボタンを押し、発見できなかったもしくははいないと判断した場合はボタンを押さず待機する
5. 暗幕が閉じたら正面を向き、2.に戻る

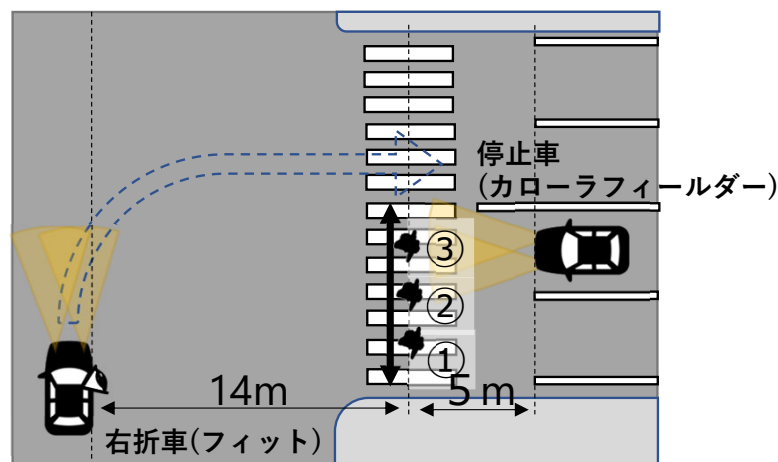


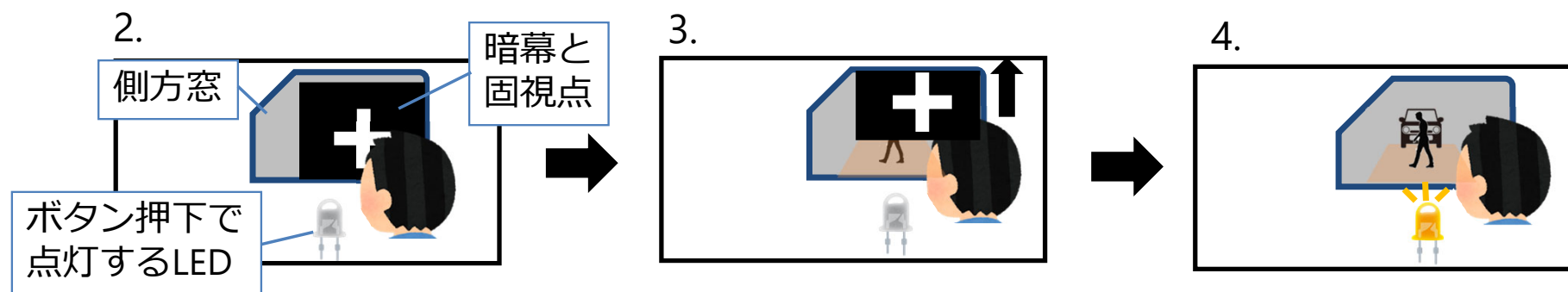
図9 実験レイアウト

実験による検証 実験内容と結果

実験内容

<実験方法>

1. 被験者はヘッドライトが点灯した右折車のドライバー席に座り、正面を向く
2. 実験者の合図に合わせて右を向く(暗幕で歩行者が見えない状態)
3. 実験者の再度の合図後に暗幕が開く
4. 開いている間に歩行者が発見できれば手元のボタンを押し、発見できなかったもしくははいないと判断した場合はボタンを押さず待機する
5. 暗幕が閉じたら正面を向き、2.に戻る



実験による検証 実験内容と結果

実験内容

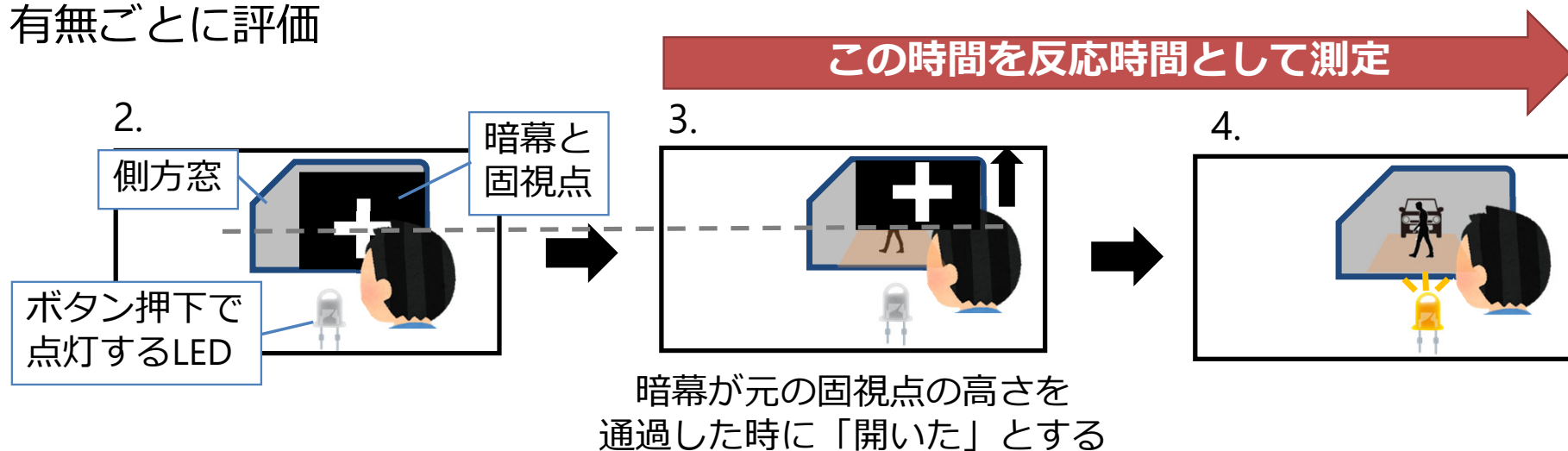
<測定項目と測定方法>

反応時間を測定

車内を撮影した動画から、暗幕が開いてから発見(ボタンを押下)までの時間を反応時間とした

<評価方法>

反応時間1s以上を発見ミスと定義し、発見率を算出後、天候・歩行者位置・停止車の有無ごとに評価



実験による検証 実験内容と結果

実験内容

<実験場所>

スタンレー電気 秦野テクニカルセンター
ライトトンネル

<被験者>

20~30代の男性 5名

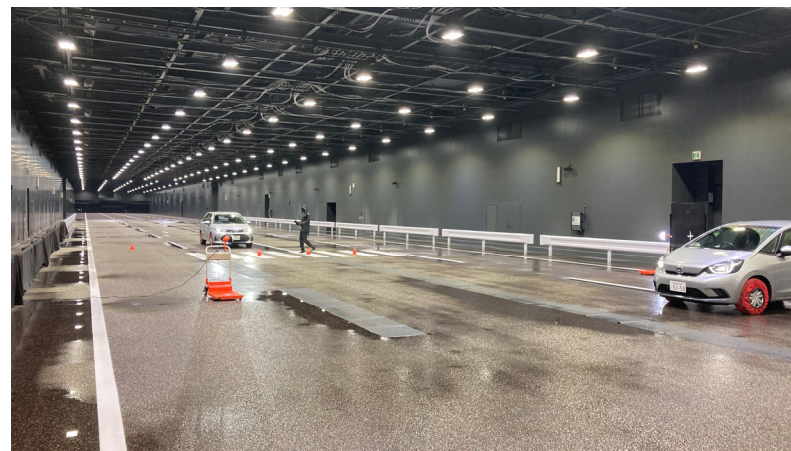
※実験内容及び個人情報の取り扱いについて説明し、同意を得ている

<環境条件>

環境照度：0[lx](ヘッドライトや歩行者鉛直面照度用の投光器の照度を含まない)

歩行者鉛直面照度：20[lx](交差点照明がある前提の明るさ)

<実験場所写真>



実験による検証 実験内容と結果

実験内容

<実験条件>

歩行者位置：①～③にランダム配置+歩行者なし

天候：晴天/雨天(降水量30mm/h)

停止車：あり(ヘッドライトON)/なし

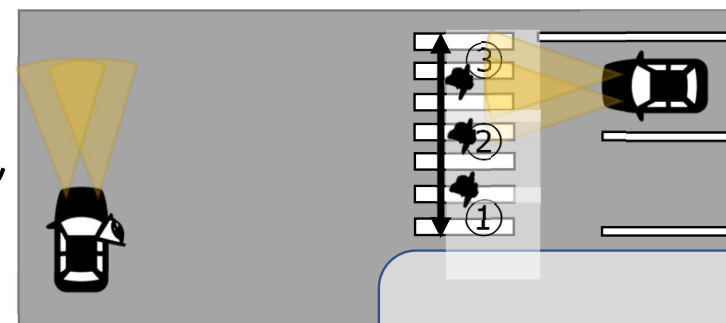
雨天時のみの追加条件(後述)：

側方窓の雨滴+濡れた路面/濡れた路面のみ

※停止車あり条件のみの実施

被験者一名あたり 繰り返し4回(歩行者なしは2回) 全84試行

<歩行者位置>



<歩行者の服装>



実験による検証 実験内容と結果

実験結果

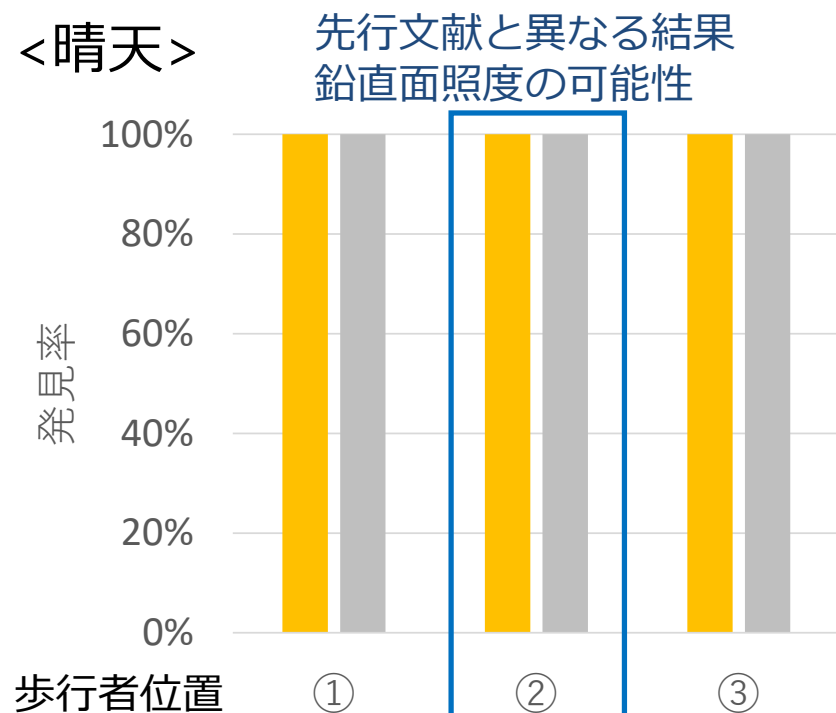


図10 実験結果 晴
(各条件のデータ数20件)

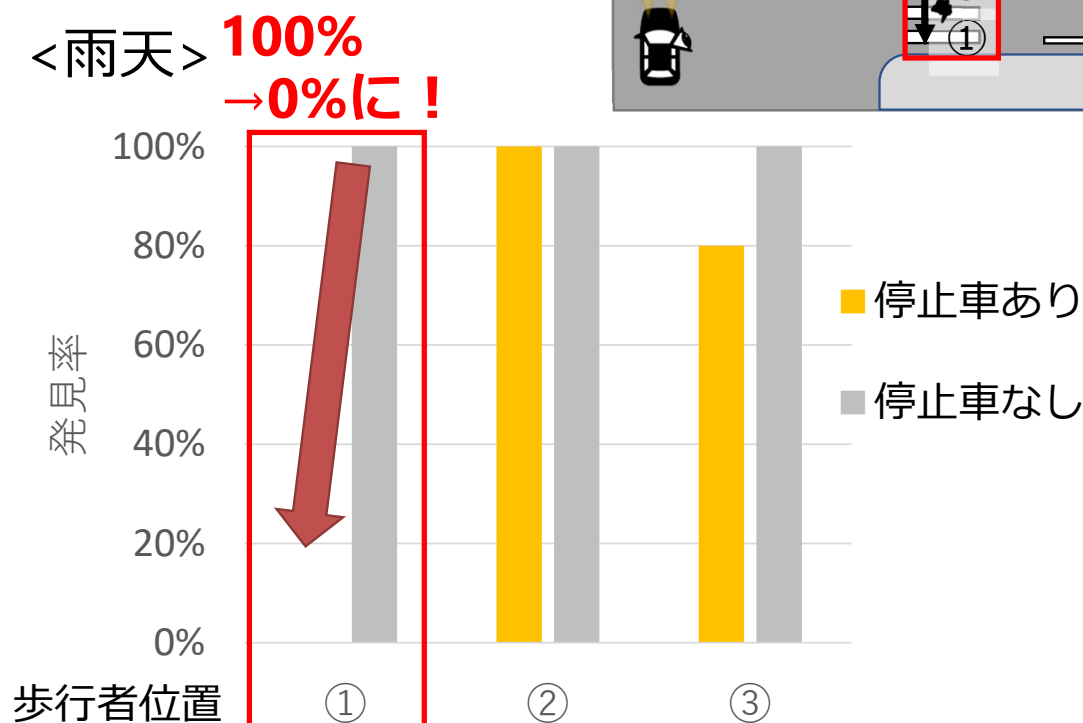


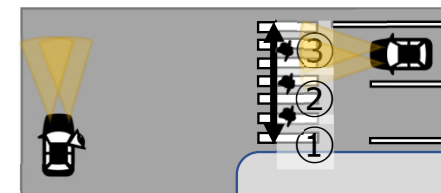
図11 実験結果 雨
(各条件のデータ数20件)

特に位置①において仮説通りの結果が得られた

実験による検証 考察

考察の進め方

発見できなくなった要因の分析にあたり、
二つの観点で考察を実施した



A) 雨天の構成要素について

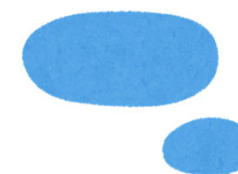
雨天の構成要素を下記の三点に分類し、要素の組み合わせを変更して実験を実施、結果の比較から、影響の大きい要素を考察する



側方窓の雨滴



空中の雨滴



濡れた路面

B) 歩行者の位置について

位置①は発見率が低下したにも関わらず、位置②や③の発見率が低下しなかった理由を位置②を例として考察する

実験による検証 考察A 雨天の構成要素について

実験結果

停止車あり、歩行者位置①条件を要素別に比較

<空中の雨滴の影響>

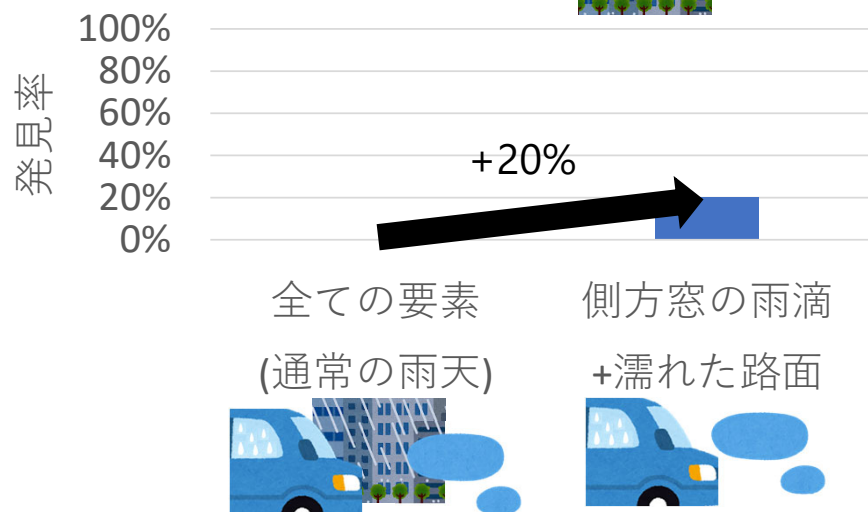


図12 実験結果 空中の雨滴の影響

<側方窓の雨滴の影響>

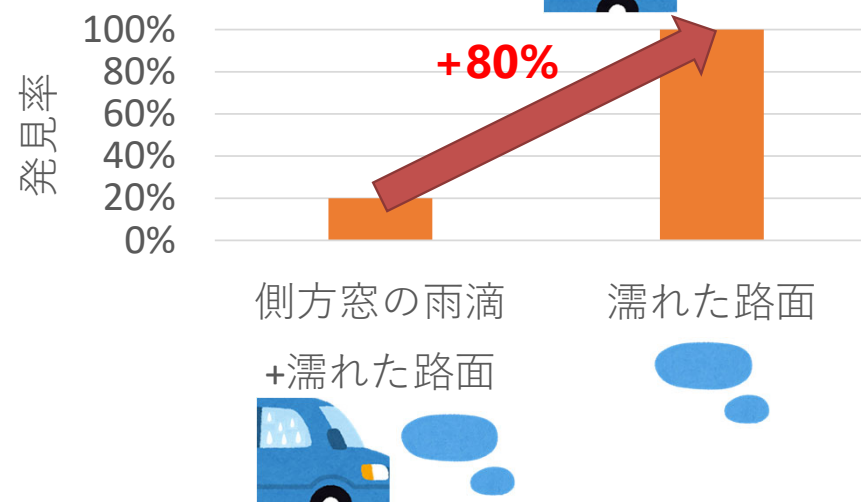
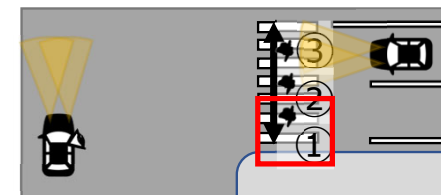


図13 実験結果 側方窓の雨滴の影響

側方窓の雨滴を取り除くことで発見率が大幅に上昇し、100%となった

実験による検証 考察A 雨天の構成要素について

輝度画像

停止車あり、歩行者位置①、濡れた路面+側方窓の雨滴(発見率20%)条件

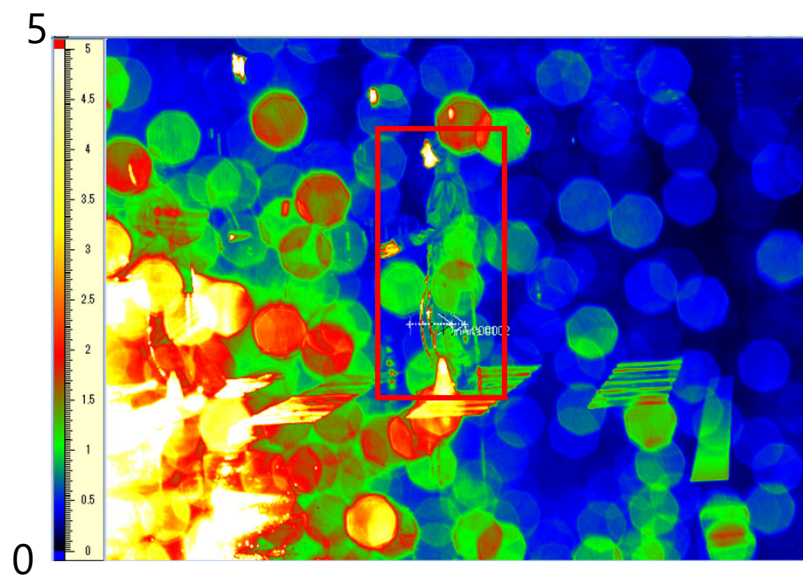
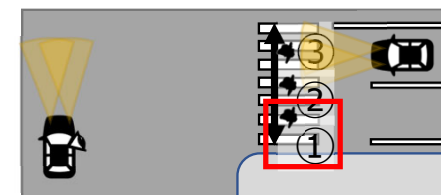


図14 輝度画像 濡れた路面+側方窓の雨滴

<参考 晴天時写真>
※別日撮影

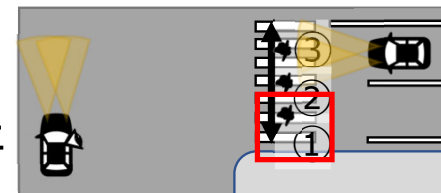


ヘッドライトの光を受けた側方窓の雨滴が視界の妨げになっていると考えられる

実験による検証 考察A 雨天の構成要素について

輝度画像と腰付近の輝度断面

停止車あり、歩行者位置①、濡れた路面(発見率100%)条件



<輝度画像>

対象が背景より明るいことで見える

⇒逆シルエット視

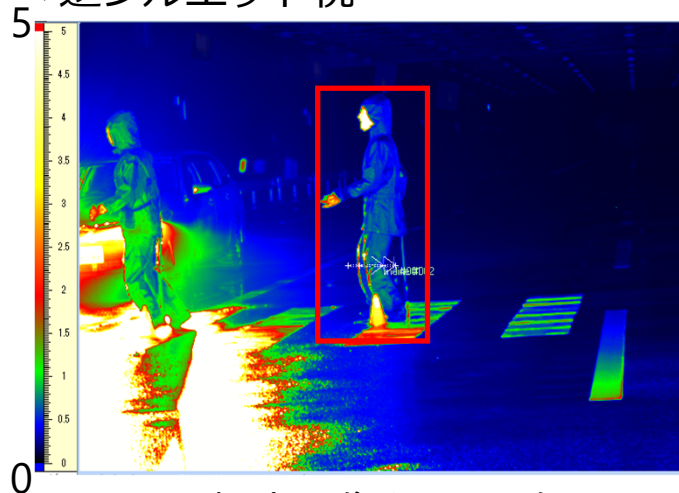


図15 輝度画像 濡れた路面

<参考 晴天時写真>
※別日撮影



<腰付近の輝度断面図>

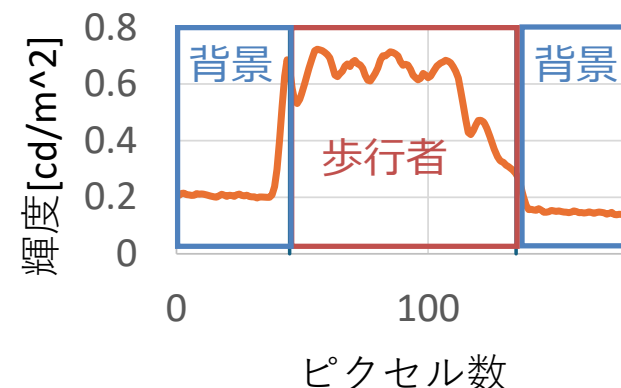


図16 輝度断面 濡れた路面

側方窓の雨滴がない場合、歩行者が逆シルエット視となり、発見できていると考えられる

実験による検証 考察B 歩行者位置について

輝度画像と膝付近の輝度断面

停止車あり、歩行者位置②(発見率100%)条件

<輝度画像> 対象が背景より暗いことで見える
⇒シルエット視

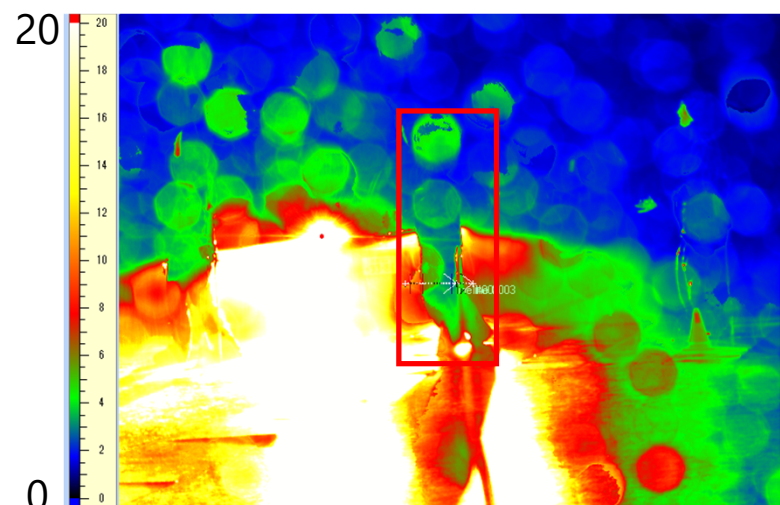
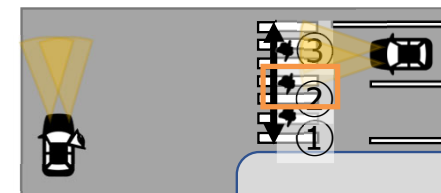


図17 輝度画像 位置②

<参考 晴天時写真>
※別日撮影



<膝付近の輝度断面図>

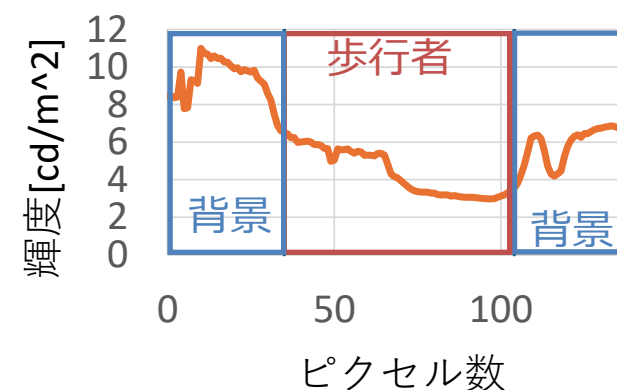


図18 輝度断面 位置②

側方窓の雨滴がある場合でも、ヘッドライトの光により歩行者がシルエット視となり、発見できていると考えられる

アジェンダ

- 背景
- 夜間事故の特徴と研究の目的
- 事故発生要因の分析
 1. 一当の人的要因
 2. 環境要因推定
- 実験による検証
 1. 実験の目的
 2. 実験内容と結果
 3. 考察
- まとめ

まとめ

背景

- 本研究では、夜間の発見の遅れによる対歩行者事故に着目した
- 昼間と同様、信号交差点右折時に事故が多い

夜間事故の特徴

- 昼間は右折車両を基準に対面方向から進行する歩行者との事故が多いものの、夜間は同方向から進行する歩行者との事故が多い
- 昼間と比べて夜間は雨天での事故割合が高く、特に同方向から進行する歩行者との事故においてその傾向が顕著

仮説

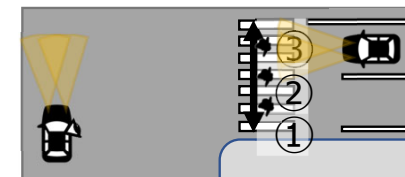
- 人的要因と先行文献から、「雨天時は晴天時と比較して、停止車のヘッドライトにより歩行者の発見率が更に低下する」とした

まとめ

実験の結果と考察

<結果>

雨天時は特に位置①の歩行者が停止車のヘッドライトによって発見できなくなる(発見できない位置がある)



<雨天の構成要素について>

側方窓の雨滴の有無による発見率の変化は大きく、ヘッドライトの光を受けた側方窓の雨滴が視界の妨げになっていると考えられる

<歩行者位置について>

位置②を例として輝度画像を確認したところ、側方窓の雨滴がある場合でも、ヘッドライトの光により背景が明るくなること(シルエット視)によって、歩行者を発見できていると考えられる

まとめ

分析対象シーンにおける対策

歩行者を発見し、事故を低減するためには、

<逆シルエット視による発見>



- 右折車の側方窓に入射するヘッドライトの光を低減すること(停止車での対策)
- 側方窓に雨滴が付きにくくすること(右折車での対策)

<シルエット視による発見>



- 歩行者の背景を明るくすること (停止車、道路インフラでの対策)

将来的に、信号交差点待機時に調光ができるヘッドライトが有効と考えるものの、今後の検証が必要

※道路交通法により夜間は前照灯の点灯が義務付けられており、停止時も点灯が求められるために、現状消灯は出来ない

高機能前照灯の動作はハイビームかつ一定の速度以上が対象なので停止中の調光は対応していない

まとめ

その他の対策

- かもしれない運転を徹底すること(右折車ドライバーでの対策)
 - 入念な安全確認の実施
 - 事故回避できる速度での走行
- 分析対象シーンに対応できる運転支援システムの搭載(右折車での対策)

謝辞

本研究にあたり検証実験を共同で実施いただきました
スタンレー電気株式会社
自動車技術統括部 新技術開発部 人間工学課
の皆様に感謝いたします。

