

JIER-093

市街地交差点の交通視環境に関する
研究調査委員会

報 告 書

平成 18 年 3 月

社団法人 照明学会

目 次

1	市街地交差点委員会の研究目的と活動内容	1
1.1	研究の背景	1
1.2	調査研究の目的	1
1.3	報告書の章構成	2
1.4	活動スケジュール	2
1.5	委員の構成	3
1.6	調査委員会の活動経緯	4
2	交通事故の特徴	7
2.1	交通事故発生状況の概要	7
2.2	交差点における歩行者事故の昼夜別比較	14
2.3	交差点交通事故防止への取り組み	18
3	交通視環境の実態	36
3.1	地方中核都市における交通事故多発地点の実態調査	36
3.2	市街地交差点における夜間の交通視環境の実態例	42
3.3	画像計測を用いた市街地交差点の視環境評価	44
4	ドライバの特性	50
4.1	運転特性	50
4.2	視覚特性	53
4.3	注視行動	64
5	交通視環境の構成要素	68
5.1	道路照明	68
5.2	交通信号	73
5.3	道路標識および路面標示	74
5.4	車両用灯火	76
5.5	道路構造	78
6	交通視環境の改善事例	80
6.1	道路照明	80
6.2	交通信号	84
6.3	道路施設	86
6.4	車載技術	88
6.5	危険予測からみた光環境の在り方	92
7	交差点視環境研究評価実験	99
7.1	交差点右折時の照明実験	99
7.2	右折時のドライバ注視行動実験	105
7.3	瞳孔径計測実験	110
7.4	ヘッドライト・道路照明融合実験	113
8	事故防止の観点からの交差点交通視環境のあるべき姿	116
8.1	道路照明	116
8.2	車両用灯火	118
8.3	道路構造 および道路施設	120
8.4	交差点視環境の評価技術	122
8.5	総合討論（まとめ）	123
	あとがき	126

1. 市街地交差点委員会の研究目的と活動内容

1.1 研究の背景

交差点は、交通が錯綜する箇所である。全ての利用者が安全かつスムーズに利用できることが、交差点の理想となる。しかし、長年に渡って様々な技術的な検討が行われ、対策が実施され続けているにもかかわらず、交差点事故の発生件数は大きく減っていない。特に、市街地交差点は、すでに道路照明が設備されているにもかかわらず、夜間における歩行者対車両の事故発生頻度が高く、解決すべき課題となっている。

夜間の交差点事故は、ドライバの認知錯誤が大きな原因となっている。歩行者・対向車・先行車がドライバの視野に映っていても、ドライバはその存在を認知できないときがある。認知錯誤と呼ばれる現象である。暗さ・まぶしさ・不均一な明るさなど、夜間の市街地交差点には認知錯誤の原因となる事象が、たくさん存在している。これらの事象は、交差点の人工的な光（道路照明、自動車、建物、広告など）によって生まれる。人工的な光は、各々が属する対象に最適になるよう設計されている。しかし、光が複合する市街地交差点のような環境では、個々の人工光の適切な組み合わせ効果を考えることが大切である。現状では、個々の技術の発展に比べて、組み合わせの検討が不十分であり、個々にいいものを作っても期待されるほど事故減少に効果を発揮できていない。

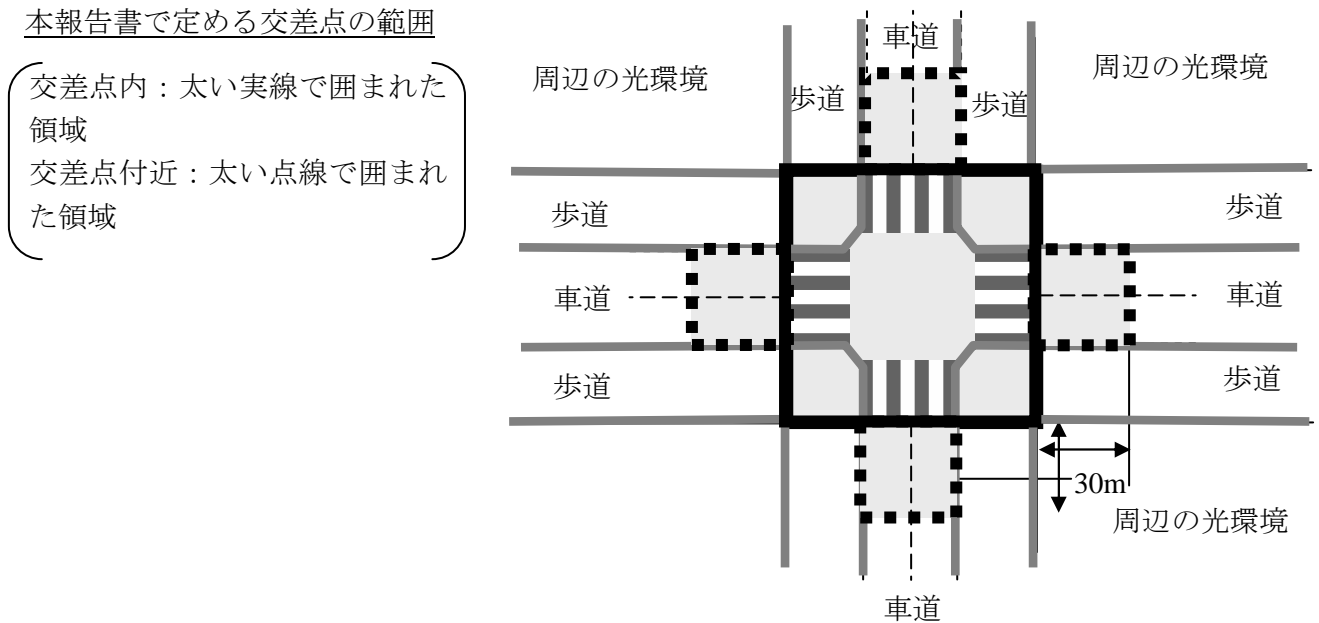


図 1.1 本報告書における交差点とその視環境の領域および周辺的光環境の領域

1.2 調査研究の目的

本報告書では、交差点における光環境を構成する個々の技術の現状と課題を示し、交差点の視環境のあるべき姿に近づくため検討すべき技術の方向性を明らかにする。具体的には、ドライバの特性・夜間における交差点事故の実態・交差点視環境の課題・交差点視環境を構成する道路照明／道路施設／自動車灯火の技術実態・交差点視環境の改善事例を明らかにする。最後に、現状の光環境技術をどう組み合わせれば、あるいは個々の技術をどう改善していけば、交差点事

故がゼロとなる理想的な交差点視環境を形成できるかを議論する。

本報告書では、調査研究の対象として、市街地交差点を中心に取り上げる。市街地交差点は、夜間における認知に関わる事故が多く、視環境の高質化が必要である。ただし、本報告書で示す知見の適用範囲は市街地に限るものではない。郊外部の交差点も認知に関わる問題を抱えている。両者の視環境に関する課題は、本質的に同質のものである。なお、本報告書で示す交差点とは、図 1-1 に示すように交通事故統計に示されている交差点内（横断歩道で囲まれたエリア）とその付近（横断歩道から 30m 程度の単路）を指すものとする。交差点視環境を考慮したとき、定義した交差点に加えてその周囲の光環境を考える必要があり、本報告では周辺の光環境と呼ぶ。

1.3 報告書の章構成

本報告書の各章構成を簡単に記述する。2 章では、交通事故状況から夜間の交差点事故が依然として多いこと示す一方、過去に実施された交差点事故の取り組みについてまとめる。3 章では、交差点における視環境の実態とその課題を示す。4 章では、認知錯誤に関連するドライバ特性を示す。5 章では、交差点の視環境を構成する 4 つの要素技術（道路照明、自動車灯火、道路構造、道路施設）の現状について記述する。6 章では、5 章で紹介した 4 つの技術を使った最近の視環境改善事例を示す。7 章では、市街地交差点委員会が主催した夜間における交差点の視環境に関する調査研究について報告する。5 章で取り上げた 4 つの要素技術の組み合わせが、視環境にどのような影響を与えるのかについて検討を試みた。8 章では、夜間における市街地交差点のあるべき姿と現状の交差点の視環境の乖離を示し、個々の要素技術がどのようにフュージョンすべきかについて記述する。9 章では、全体をまとめ、市街地交差点委員会で議論しきれなかった点、議論を継続していくべき点について記述する。

1.4 活動スケジュール

市街地交差点委員会は、当初「市街地交差点の交通視環境に関する研究調査委員会」として、平成 15 年度と平成 16 年度の 2 年間の計画にて開始した。「夜間における交差点内の横断歩行者の被視認性」に関する実験を行うこととなり、1 年間の活動を延長した。これを図 1.2 に示す。

図 1.2 市街地交差点委員会の活動スケジュール

	H15 年度 (2003)	H16 年度 (2004)	H17 年度 (2005)
活動計画の立案	→		
話題提供&研究事例報告	→	→	→
分科会活動		→	→
実験の立案と実施		→	→
報告書の作成			→

1.5 委員の構成

市街地交差点委員会は、18名の委員によって構成され、参加が制約される委員はオブザーバー(1名)として参加した。委員会の構成メンバーと所属を表1.1に示す。

表 1.1 市街地交差点の交通視環境に関する研究調査委員会・委員名簿

委員名	氏 名	所 属
委員長	萩原 亨	北海道大学・大学院工学研究科・助教授
幹事 (4名)	小林 正自	(株)小糸製作所研究所・主管
	斎藤 孝	松下電工(株)・中央照明 EC・技師
	浜岡 秀勝	秋田大学・工学資源学部土木環境工学科・助教授
	樋口 和則	(株)豊田中央研究所 人間特性研究室・主任研究員
委員 (18名)	安藤 和彦	(財)土木研究センター・技術研究所研究開発2部・次長
	池原 圭一	国土交通省国土技術政策総合研究所・道路研究部道路空間高度化研究室・研究官
	犬飼 昇	国土交通省国土技術政策総合研究所・道路研究部道路空間高度化研究室・交流研究員
	内田 信行	(財)日本自動車研究所・ITS グループ人間工学研究グループ・研究員
	角館 政英	ぼんぼり 光環境計画(株)・代表
	上條 正義	信州大学・繊維学部感性工学部・助教授
	河合 隆	星和電機(株)・照明社技術部設計1課・主任
	木坂 聖	(株)積水樹脂技術研究所・機能材料研究部・主任 (2004.3 まで)
	江湖 俊介	岩崎電気(株)・技術部技術開発G・主任
	小島 浩之	東芝ライテック(株)・電材事業部・器具技術部・器具開発技術担当・参事
	坂本 正悦	松下電工(株)・中央照明 EC 主幹・技師
	高室 和俊	積水樹脂(株)・道路・都市環境事業本部交通安全対策事業部開発室・主任 (2004.4 から)
	野田 覚	(財)日本道路交通情報センター調査部・次長
	萩田 賢司	(財)交通事故総合分析センター・研究第1課長
	舟田 光志	星和電機(株)・施設照明機器社技術二部設計課・専任課長
	升方 充	日本道路公団・試験研究所・交通研究・主幹 (2004.3 まで)
	松本 泰幸	小糸工業(株)・照明・情報システム営業本部・参事
	和氣 典二	中京大学・心理学部心理学科・教授
オブザーバー	今津 隆二	積水樹脂(株)・道路・都市環境事業本部 ITS 事業推進室・室長

(敬称略, 五十音順)

1.6 調査委員会の活動経緯

●第1回市街地交差点委員会（2003.6.10）

(1) 研究事例紹介&話題提供

- ・市街地交通事故に関する研究論文の紹介（松本委員）
- ・最近の交通事故発生状況について（幹事）

(2) 協議事項

- ・委員会新設企画書（案）の説明（萩原委員長）
- ・委員会の進め方と実施計画について（幹事）

●第2回市街地交差点委員会（2003.8.06）

(1) 話題提供

- ・秋田大学工学資源学部土木環境工学科の紹介（浜岡幹事）
- ・積水樹脂技術研究所の紹介並びに委員会への期待（木坂委員）

(2) 研究事例紹介

- ・カーブの情報提供が走行に与える影響（萩原委員長）
- ・ドライバの視行動分析（内田委員）
- ・高齢者の視覚特性に基づく車載機器の視認性評価（樋口幹事）

(3) 協議事項

- ・研究調査委員会のまとめ方について
- ・研究調査委員会議論のフレームと担当幹事・委員について

●第3回市街地交差点委員会（2003.10.17）

(1) 話題提供

- ・信州大学繊維学部感性工学科の紹介（上條委員）
- ・JAFのユーザ意識・アンケート調査について（野田委員）

(2) 研究事例紹介

- ・交差点におけるドライバへの警告システム（漆畑（宇都宮大 M2））
- ・危険予測から見た交差点の光環境のあり方（角館委員）
- ・道路照明による効果的な夜間交通事故削減対策の検討（河合委員）

(3) 協議事項；研究フレーム別の研究課題のリストアップ（幹事）

●第4回市街地交差点委員会（2003.12.09）

(1) 研究事例報告&話題提供

- ・横断歩道照明システムについて（江湖委員）
- ・道路照明の可視度に関する研究事例（斎藤幹事）
- ・デジタル画像を用いた夜間交差点視環境評価に関する研究（宇津木（北海道大学 M2））

(2) 協議事項；研究調査委員会の進め方の協議（幹事）

●第5回市街地交差点委員会（2004.2.20）

(1) 研究事例報告&話題提供

- ・ITARDA インフォメーションの交通事故データ資料の紹介（小島委員）
- ・「第23回交通工学研究発表会」から論文概要紹介（浜岡幹事，升方委員）
- ・「ロービジョンに対する歩道照明の明るさと誘導システム」（松本委員）

(2) 協議事項

- ・道路施設分科会からの提案「交差点視環境のあるべき姿の提案」（斎藤幹事）
- ・国総研実験の提案（萩原委員長）

●第 6 回市街地交差点委員会 (2004.4.21)

(1) 研究事例紹介

- ・発光体の明滅と生理反応の紹介 (上條委員)
- ・交差点照明の検討事例紹介 (江湖委員)

(2) 協議事項

- ・道路施設分科会活動報告 (斎藤幹事)
- ・各分科会の研究内容・計画 (幹事)

●第 7 回市街地交差点委員会 (2004.6.30)

(1) 研究事例報告 ; H15 年度国総研交差点照明の実験の報告 (河合委員)

(2) 協議事項 ; 分科会経過報告並びに国総研・実験概要計画について

●第 8 回市街地交差点委員会 (2004.7.29)

(1) 研究事例報告

- ・ドライバのリスクテイキング行動とそれに影響を与える諸要因 (帝塚山大蓮花教授)
- ・ドライバの交差点評価と事故要因 (早稲田大石田教授)

(2) 協議事項 ; 分科会経過報告並びに国総研・実験概要計画について

●第 9 回市街地交差点委員会 (2004.10.04)

(1) 研究事例報告

- ・交差点付近での減速場面における視認行動特性 (内田委員)
- ・運転者の視線を考慮した歩行者事故の分析 (萩田委員)

(2) 協議事項 ; 分科会活動報告並びに国総研・実験概要計画について

●第 10 回市街地交差点委員会 (2004.11.08)

(1) 研究事例紹介

- ・交差点における ITS 適用技術に関する研究紹介 (安藤委員)
- ・道路施設メーカーからの交通安全製品の紹介 (高室委員)

(2) 協議事項 ; 国総研実験全体計画について

●第 11 回市街地交差点委員会 (2004.12.07)

(1) 協議事項

- ・歩行者の見え方と実験時における反射率設定の議論
- ・交差点における歩行者の視認性

●第 12 回市街地交差点委員会 (2005.2.22)

(1) 研究事例紹介 ; 横断歩道の照明基準を決定するための基礎実験並びに実験方法の調査研究報告書 (斎藤幹事)

(2) 国総研実験結果報告

- ・交差点右左折時の歩行者の視認性実験 (三木 (北海道大学 4 年))
- ・交差点右折時のドライバの注視挙動特性に関する研究 (後藤 (秋田大 4 年))

●第 13 回市街地交差点委員会 (2005.4.26)

(1) 研究事例紹介

- ・交差点照明について「道路照明の高機能化に関する検討業務報告書」(舟田委員)
- ・物の見方・見え方 (道路照明) (坂本委員)

(2) 協議事項 ; 最終報告書の形態・構成と今後の活動について

●第 14 回市街地交差点委員会（2005.6.27）

(1) 研究事例紹介

- ・低位置設置型の高速道路走行支援装置」（小島委員）
- ・事故多発地点緊急対策事業の成果と今後の交通安全対策の方向性（萩田委員）
- ・交通視環境を考慮した右折時の歩行者事故の分析（萩田委員）

(2) 協議事項；最終報告書の形態・構成について

●第 15 回市街地交差点委員会（2005.8.31）

(1) 研究事例紹介

- ・「運転行動からのリスク知覚推定と高齢ドライバのリスク知覚分析」（樋口幹事）
- ・「視弱者と視角探索」（和氣委員）
- ・「高齢者における並列処理と逐次処理」（和氣委員）

(2) 協議事項

- ・交差点の現状の問題点・あるべき姿についての意見交換
- ・最終報告書構成について

●第 16 回市街地交差点委員会（2005.10.24）

(1) 研究事例・話題提供

- ・交差点照明・ヘッドライト融合時の視認性（小林幹事）
- ・危険予測からみた交差点の光環境の在り方（角館委員）

(2) 協議事項

- ・委員会報告書のフォームについて
- ・「交差点の視環境のあるべき姿」について

●第 17 回市街地交差点委員会（2005.12.16）

(1) 研究事例・話題提供

- ・道路照明の視認性に関する研究（江湖委員）
- ・CIE 第 4 部会の活動紹介（斎藤幹事）

(2) 協議事項；委員会報告書の作成について

●第 18 回市街地交差点委員会（2006.2.20）

(1) 研究事例・話題提供

- ・危険予測からみた交差点の光環境の在り方（角館委員）

(2) 協議事項；委員会報告書の作成について

●第 19 回市街地交差点委員会（2006.3.20）

(1) 協議事項；委員会報告書の査読

(2) その他；報告書の出版に向けたスケジュール確認。

（文責；萩原）

2. 交通事故の特徴

2.1 交通事故発生状況の概要

交通事故の発生状況については警察庁交通局発表の資料に紹介されている^{1), 2)}。ここでは参考資料 1), 2) の図を引用し、発生状況の概要を紹介する。

図 2.1-1 は昭和 30 年から平成 17 年にかけての交通事故発生件数と交通関係指標の推移を示している。この警察庁交通局が発表した資料によれば、平成 17 年の交通事故による死者数は、6,871 人となり、死者数は平成 5 年前後から単調かつ直線的に減少してきている。一方、負傷者数と発生件数は、平成 12 年まで単調増加傾向であったが、その後ほぼ一定となり、平成 17 年度には若干減少している。車両台数も平成になってから増加割合が減少し、平成 10 年ぐらいからは横這いとなっている。

交通事故の発生件数および負傷者数の増加は、自動車利用が進んだことが背景にある。自動車保有台数・運転免許保有者数・自動車走行台キロの増加にみられるように自動車利用が進行している。しかし、図 2.1-1 から分かるように、交通事故による死者数のみが平成 5 年前後から減少している。交通事故の死者数の減少要因として、平成 18 年度交通安全白書は「道路交通環境の整備、交通安全思想の普及徹底、安全運転の確保、車両の安全性の確保、道路交通秩序の維持、救助・救急体制等の整備、交通安全基本計画に基づく諸対策を、総合的に推進してきたことによる」と記述している。警察庁による資料^{1), 2)}では、「シートベルト着用率（シートベルト着用死傷者数（自動車乗車中）÷死傷者数（自動車乗車中）×100）の向上」、「危険認知速度（ドライバが危険を認知した時点の速度）の低下」、「悪質・危険性の高い事故の減少」、「歩行者の法令順守」を指摘している。ちなみに、シートベルト着用率は平成 7 年の 71.7% から平成 17 年には 88.8% となった。

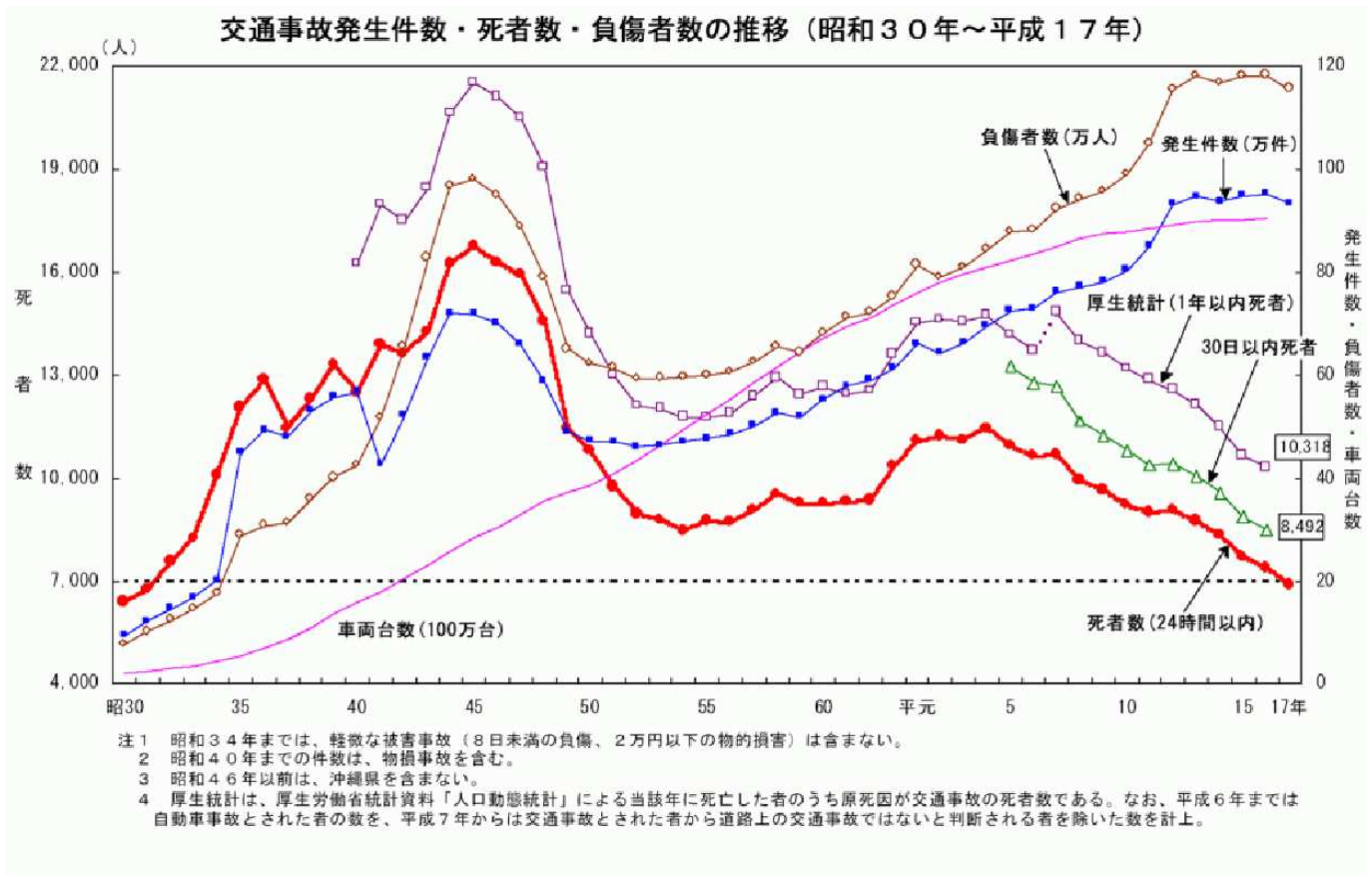


図 2.1-1 交通事故発生件数と交通関係指標の推移（昭和 30 年～平成 17 年）^{1), 2)}

年齢層別の交通事故死者数と負傷者数の推移を図 2.1-2 に示す。平成 17 度における 65 歳以上の高齢者の死者数は 2.924 人で最も多くなった。平成 7 年に 2,416 名の死者数であった 16 歳～24 歳のいわゆる若年層は、平成 17 年 829 名となり、50 代の 887 名よりも少ない死者数となった。年齢層別人口 10 万人当たりの交通事故死者数を見ても、16 歳～24 歳の若年層の死者数が著しい。

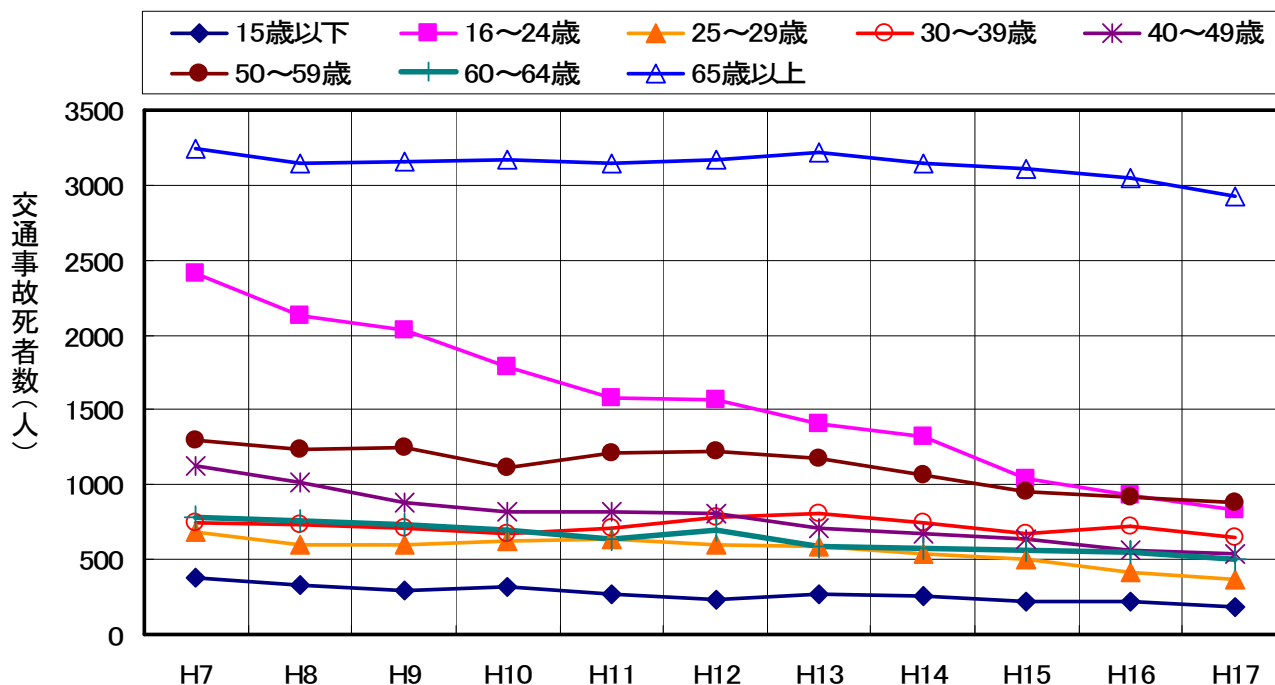


図 2.1-2 年齢層別交通事故死者数の推移 (平成 7 年～平成 17 年) ^{1), 2)}

図 2.1-3 は、平成 17 年の人口 10 万人当たりの交通事故による年齢層別死者数と負傷者数を示している。若年層の死者数は、高齢者を除く他の年齢層より多い。また、年齢層が高くなるに従って、死者数は少なくなる。40 代で最小となり、その後は増加傾向となる。65 歳以上の高齢者層は、若年層よりも死者数が多い。一方、負傷者数は、若年層が最も多い、年齢が高くなると単調減少となる。高齢者の場合、死者は圧倒的に多くなったが、負傷者数は最も少ない。致死率死者に占める死者の割合や重傷者率を年齢層別にみると、高齢者は全体と比べて、致死率が 3.7 倍、重傷者率が 2.4 倍、死亡重傷率が 2.5 倍と高くなっており、他の年齢層に比べて、事故に遭った場合の被害程度が深刻となる。

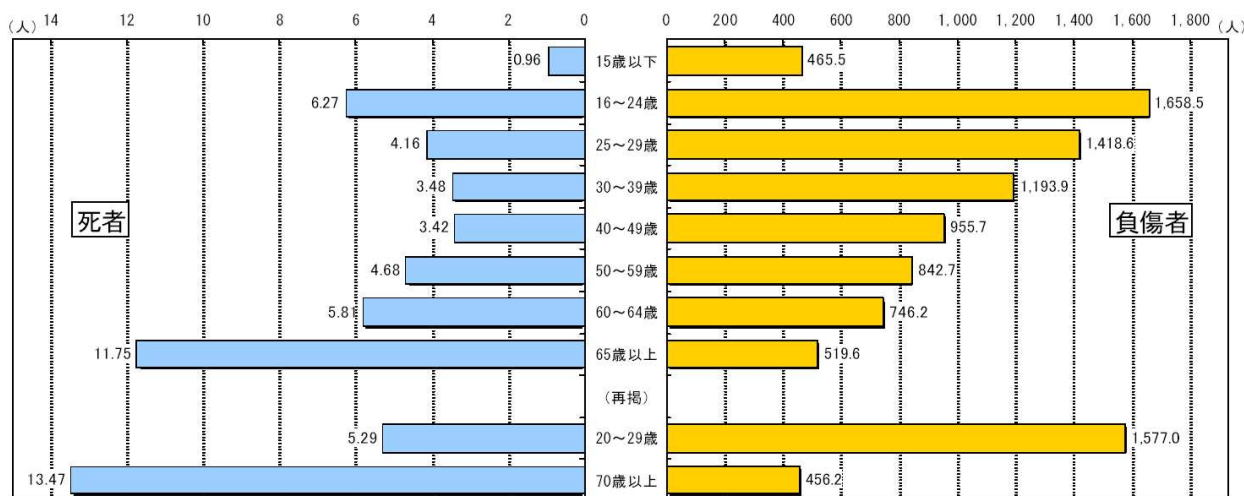


図 2.1-3 年齢層別人口 10 万人当たり死傷者数 (平成 17 年中) ^{1), 2)}

平成 17 年における交通事故死者数を状態別に分類してみると、自動車乗車中が 2,722 人（構成率 39.6%）と最多になった。次に、歩行中（構成率 30.6%）の死者数が多い。自動車乗車中の死者数は平成 5 年には 4,500 人を越えていたが、それ以降ほぼ単調に減少し、平成 17 年にはほぼ半減となる 2,722 人となった。

図 2.1-4 は、平成 17 年の歩行中の年齢層別死者数と負傷者数を示している。歩行中の死者数の約 2/3（構成率 65.2%）を高齢者（65 歳以上）が占めている。他の年齢層に比べて高齢者の歩行中の死者数が圧倒的に高い。歩行中（第 1・2 当事者）の死者数を法令違反別にみると、高齢者は、高齢者以外の者と比べて、横断歩道外横断（同 16.6%）、斜め横断（同 3.0%）、走行車両の直前・直後横断（同 22.1%）など道路横断時の違反割合が特になくなってきている。高齢者以外では横断違反と違反なしはほぼ同じ構成率となっている。一方、負傷者数を見ると高齢者は全体の約 1/4 となる。15 歳以下の子供の歩行者負傷者数も全体の約 1/4 となっている。

歩行中の年齢層別死傷者数（構成率）（平成 17 年中）

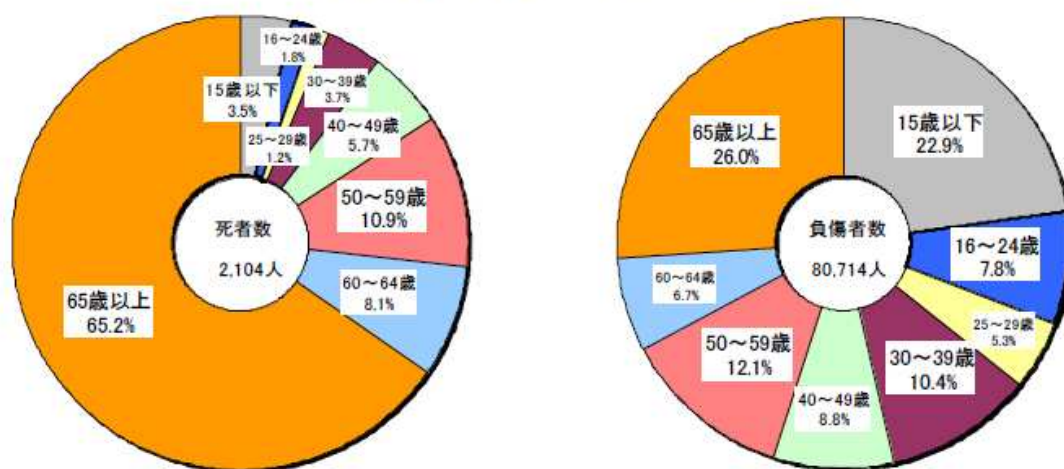


図 2.1-4 歩行中の年齢層別死者数（構成率）と負傷者数（構成率）^{1), 2)}

図 2.1-5 は、高齢者の状態別死者数の推移を示している。歩行中の死者数は 1,400 人以上となる状態が平成になってから続いている。歩行中に次いで自動車乗車中（同 24.1%）、自転車乗用中（同 17.4%）の順に多い。平成 7 年度から、自動車乗車中が、自転車乗車中より多くなっている。死者数のみをみると高齢歩行者対策が重要となるが、負傷者数を含めてみると歩行中の子供の事故対策も必要といえる。

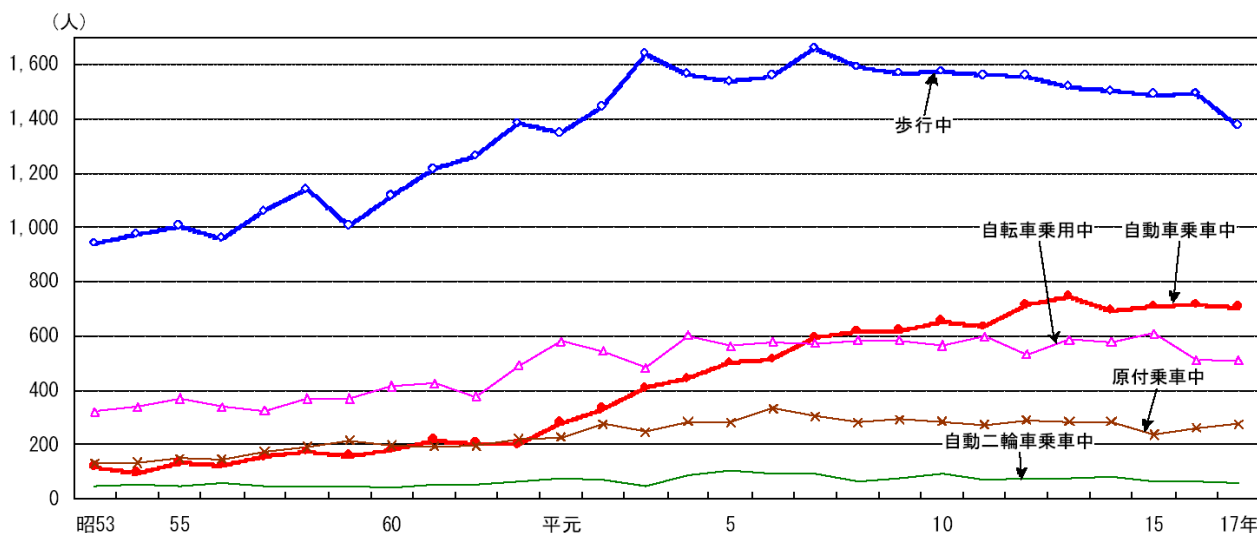


図 2.1-5 高齢者の状態別死者数の推移（各年 12 月末）^{1), 2)}

図 2.1-6 は、平成 17 年の交通事故件数と死者数の昼夜別の構成率を示している。夜間の事故件数の構成率が約 30%であるのに対して、死亡事故では半数以上（同 51.6%）を占めていた。夜間は、死亡事故率（交通事故全体に占める死亡事故の割合）が昼間の 2.8 倍と高くなっている。平成 17 年の時間別死亡事故発生件数をみると、午前 3 時～午前 4 時、午前 4 時～午前 5 時の時間帯の発生がそれぞれ 19 件と最も多く、次いで午前 2 時～午前 3 時の 18 件となっている。最も少ない時間帯は、午後 1 時～午後 2 時の 5 件であった。過去 3 年間の推移をみると、午後 10 時～午前 6 時の時間帯に多発している。

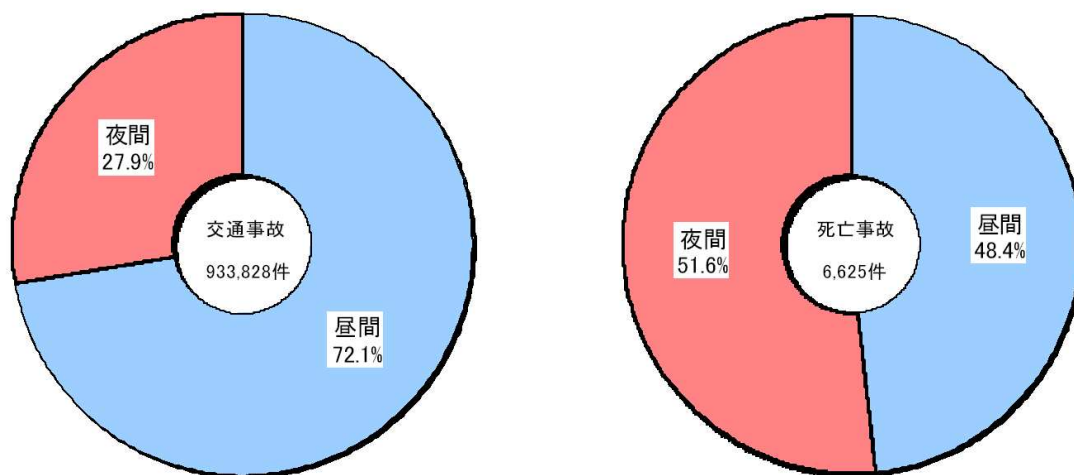


図 2.1-6 昼夜別交通事故発生状況（構成率）（平成 17 年中）^{1), 2)}

図 2.1-7 は、平成 7 年から平成 17 年までの昼夜別の交通事故件数の推移を示している。平成 7 年から平成 12 年にかけて事故件数が増加し、その後ほぼ一定となっている。10 年間を通じて、夜間の交通事故件数は交通事故全体に占める割合が約 3 割（構成率 27.9%）となっていた。一方、死者数の過去 10 年間の構成率推移をみると、夜間の占める割合はやや減少している。

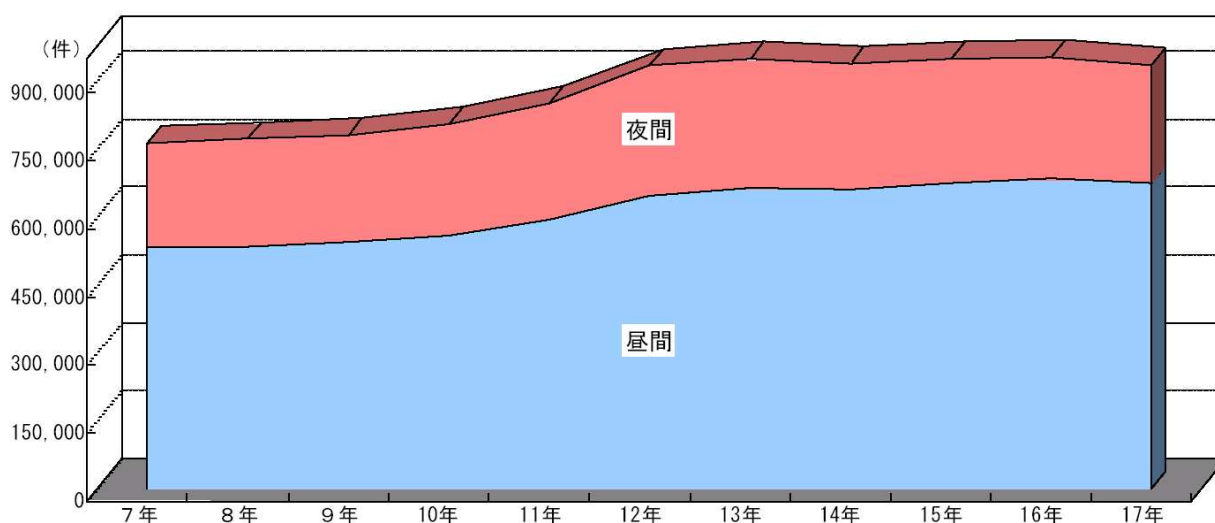


図 2.1-7 昼夜別交通事故件数の推移（各年 12 月末）^{1), 2)}

図 2.1-8 は、平成 17 年の死亡事故・重傷事故・軽傷事故における事故類型別の構成率を示している。事故類型別に軽傷事故をみると、車両相互事故が全体の 8 割以上を占めている。その中でも車両相互事故の追突事故及び出会い頭衝突が全体の約 6 割となった。重傷事故，死亡事故となるにしたがって，人対車両・車両単独事故が増加し，車両相互事故が減少する。死亡事故をみると車両相互事故は全事故の 5 割弱まで減少する一方，横断中を含めた人対車両事故が死亡事故全体の約 3 割，車両単独事故が約 2 割となっている。人対車両事故および車両単独事故は起きにくい，起きたときの被害が大きい事故類型といえる。

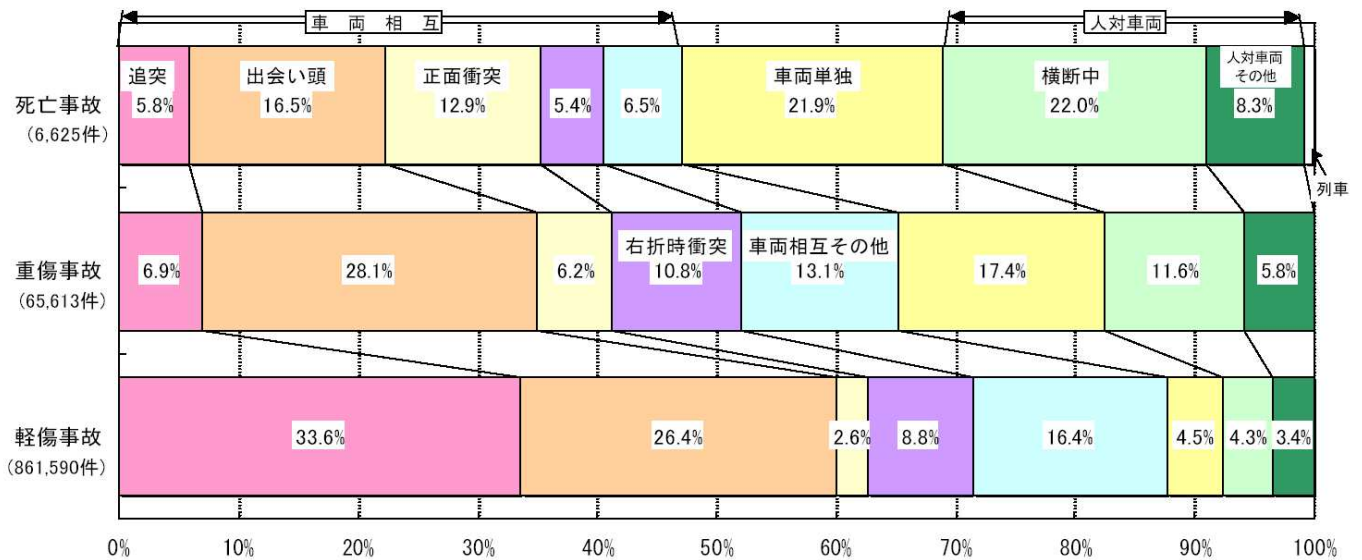


図 2.1-8 事故類型別交通事故状況（構成率）（平成 17 年中）^{1), 2)}

図 2.1-9 は、平成 17 年の死亡事故率（死亡事故件数÷交通事故件数×100）を事故類型別に調べた結果を示している。全体の死亡事故率は 0.71%であった。一方，死亡事故率が高い事故類型は，人対車両と車両単独となった。それらの中でも，路外逸脱は全体の死亡事故率の 6.9 倍，工作物衝突は 6.4 倍，歩行者の横断中事故は 4.5 倍，正面衝突は 4.4 倍となっている。

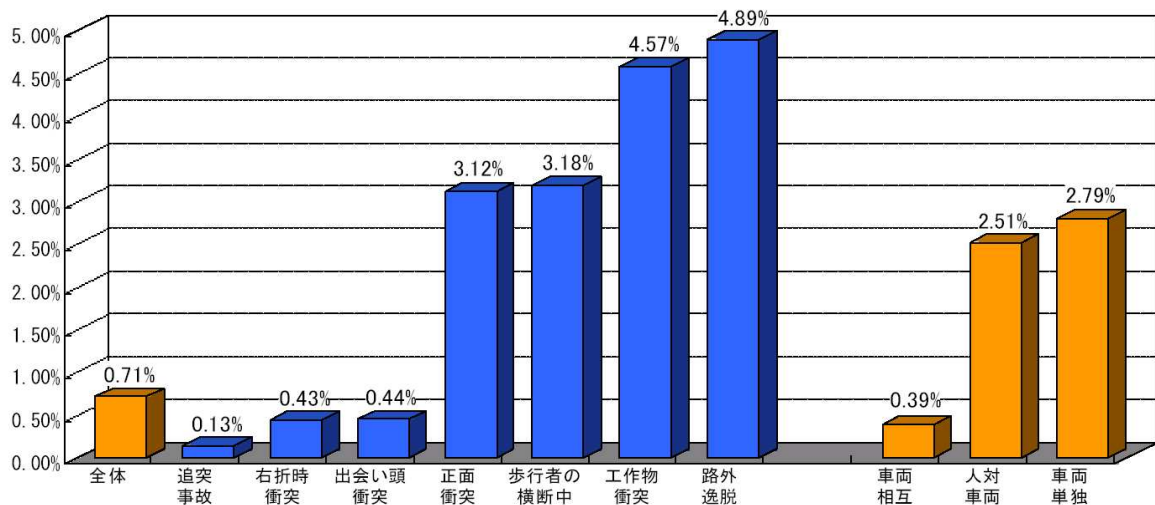


図 2.1-9 事故類型別死亡事故率（平成 17 年中）^{1), 2)}

図 2.1-10 は、昭和 45 年から平成 17 年までの事故類型別の死亡事故件数の推移を示している。平成 3 年以降、死亡事故件数が減少傾向にあることがわかる。車両単独事故・横断中・出会い頭事故・正面衝突事故などの減少が顕著である。

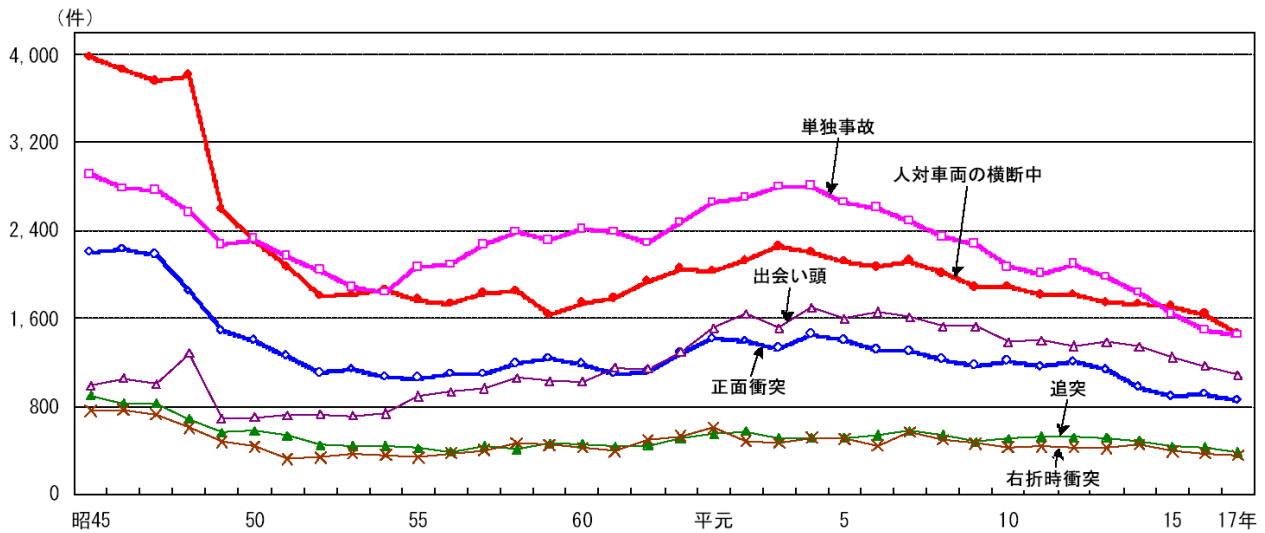


図 2.1-10 主な事故類型別死亡事故件数の推移 (各年 12 月末) ^{1), 2)}

図 2.1-11 は、事故類型別の事故件数の推移を示している。追突事故や出会い頭事故は平成 12 年前後まで単調に増加し、その後高止まり状況にある。右折時衝突・人対車両・単独事故は、ここ 10 年間ほぼ一定の事故件数となっている。減少傾向が著しい事故類型は、路外逸脱が平成 7 年の 0.76 倍、正面衝突 (0.81 倍) 及び歩行者の横断中事故 (同 0.82 倍) などである。

交通事故件数を道路種類別にみると、交通事故全体では、市町村道が半数近く (構成率 46.2%) を占め最も多くなる。次いで一般国道 23.2%, 主要地方道 16.0% の順に多い。一方、死亡事故では一般国道が全体の 34.6% を占め、最も多く、市町村道同 29.1%, 主要地方道同 17.6%) の順に多い。

事故類型別交通事故件数の推移 (各年 12 月末)

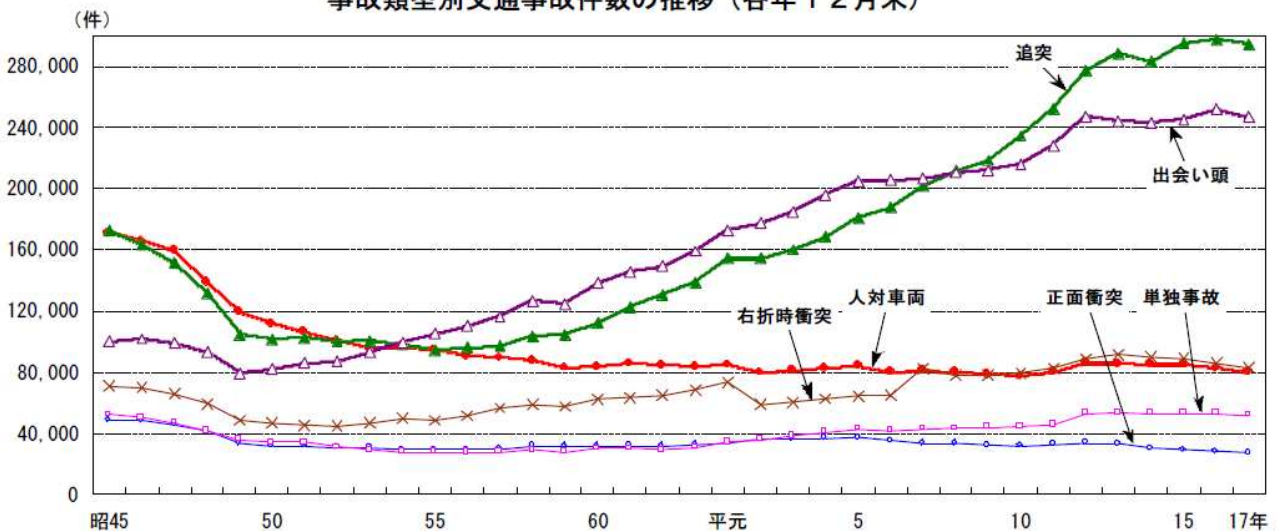


図 2.1-11 主な事故類型別事故件数の推移 (各年 12 月末) ^{1), 2)}

図 2.1-12 は、平成 17 年の道路種別別道路実延長 10k m 当たりの交通事故件数を示している。道路実延長 10km 当たりの交通事故件数を道路種別に見ると、交通事故件数及び死亡事故件数の両者とも一般国道が最も多く、市町村道が最も少ない。高速自動車国道は交通事故全体では市町村道に次いで少ないのに対して死亡事故では一般国道に次いで多くなっている。

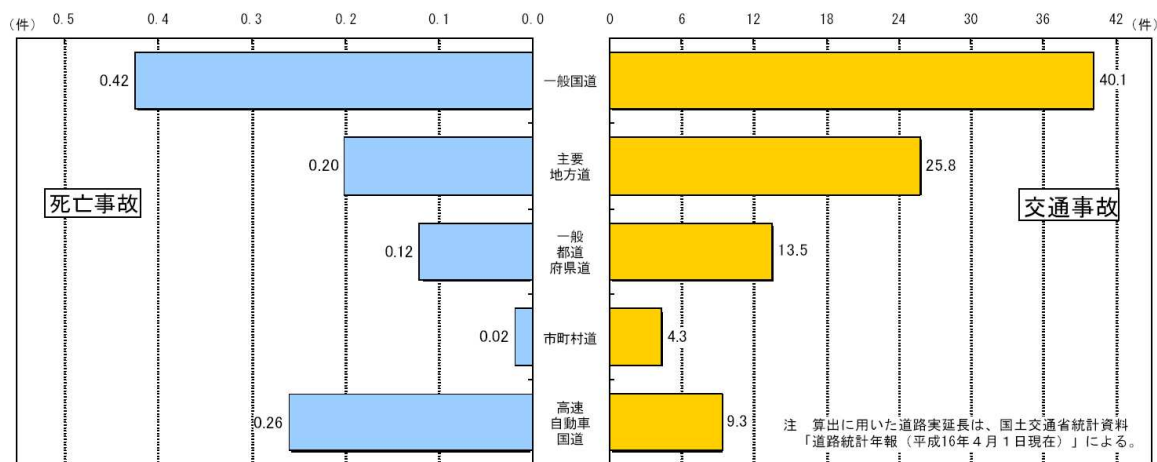


図 2.1-12 道路種別別道路実延長 10 km 当たり交通事故件数（平成 17 年）^{1), 2)}

図 2.1-13 は、地形別・道路形状別の死亡事故件数の推移を示している。死亡事故件数を道路形状別に見ると、非市街地の単路（構成率 32.2%）が最も多く、次いで市街地の交差点（同 28.5%），市街地の単路（同 21.4%），非市街地の交差点（同 16.7%）の順に多い。道路を通行している車両台数・車両速度・沿線土地利用を考慮すれば、これらの結果は、道路利用の実態と合致している。

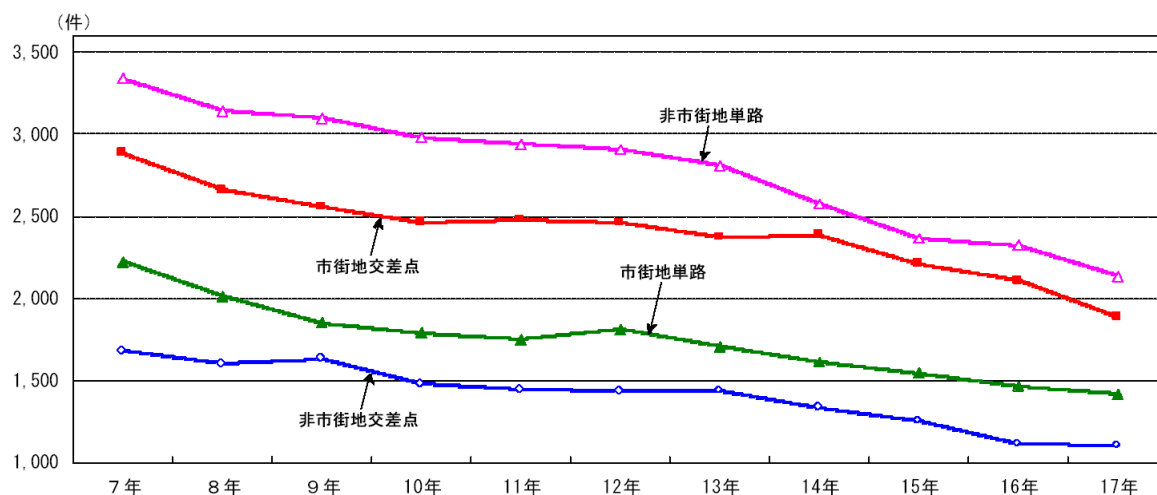


図 2.1-13 地形別・道路形状別死亡事故件数の推移（各年 12 月末）^{1), 2)}

（文責；小島，萩原）

参考文献

- 1) 平成 17 年中の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について，警察庁交通局，平成 18 年 1 月 26 日
- 2) 平成 17 年中の交通事故の発生状況，警察庁交通局，平成 18 年 2 月 23 日
- 3) 平成 18 年度交通安全白書，内閣府，平成 18 年 5 月 31 日

2.2 交差点における歩行者事故の昼夜別比較

本項の記述内容は参考文献1)を引用し、修正したものである。

2.2.1 利用データと分析方法

平成13～16年の警察庁の交通事故データを用いて、信号交差点における右折時の歩行者事故の分析を行った。分析対象とした事故は、第一当事者が四輪車で、第二当事者が横断歩行者である歩行者事故とした。信号交差点で事故当事者となった四輪車と横断歩行者の位置関係は、図2.2.1-1に示すとおりであり、交通事故データでは両当事者とも、事故発生時の交通行動の開始位置と終了位置が記録されている。すなわち、信号交差点においては、四輪車の進行方向は①が開始位置となっており、終了位置は進行方向に応じて①～④で記録されている。一方、歩行者の横断軌跡は四輪車に対応した形となっており、⑤～⑧の中で横断開始位置と終了位置が記録されている。

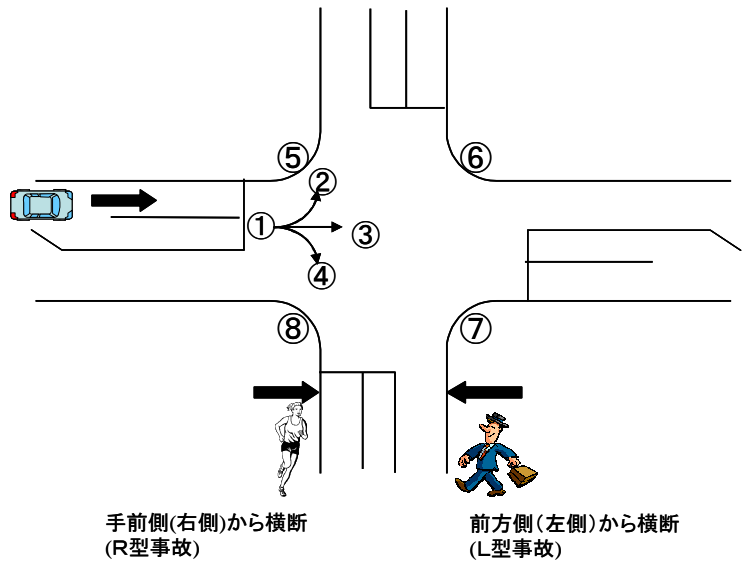


図 2.2.1-1 歩行者の横断方向と右折四輪車の位置関係

本研究では、四輪車の進行方向が①→④であり、横断歩行者の横断軌跡が⑦→⑧又は⑧→⑦である事故のみを対象とした。この結果、分析対象となった右折時の歩行者事故は21,897件である。また、歩行者の横断軌跡が⑦→⑧であるものをL型事故、⑧→⑦であるものをR型事故と定義した。そして、道路交通環境に応じたL型事故とR型事故の割合の変化を分析し、交通視環境が歩行者事故に与えている影響を分析した。

2.2.2 事故発生時の歩行者の認知状況

図2.2.2-1は、右折時の歩行者事故を、昼夜別・四輪ドライバーの人的要因別に集計したものである。ドライバーの人的要因は、「発見遅れ」、「判断の誤り等」、「操作の誤り・調査不能」に分類して記録されている。「発見遅れ」とは、相手当事者（本研究の場合には、横断歩行者）を事故発生に至るまでに全く発見できなかった場合、制動距離内に至って初めて発見したために回避できなかった場合である。「判断の誤り等」は、ドライバーが横断歩行者を認知していたが危険性がない、あるいは衝突しないと判断したために事故が発生したものである。この結果、事故の人的要因は昼夜ともほとんどが「発見遅れ」となっている。すなわち、四輪車ドライバーによる横断歩行者の発見が遅れることによって発生した事故がほとんどであり、交差点右折時にドライバーが横断歩行者を認知できたならば、多くの歩行者事故が防止できたのではないかと考えられる。

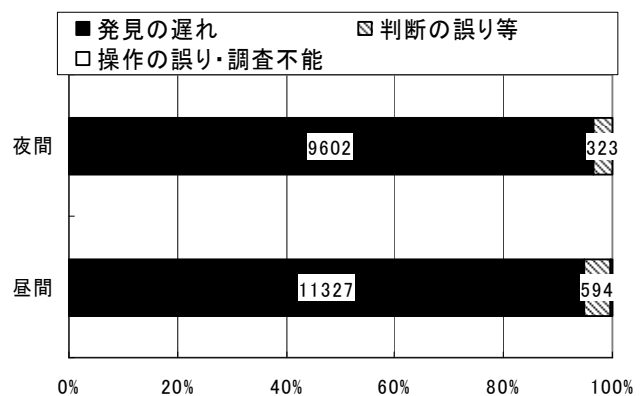


図 2.2.2-1 歩行者事故の昼夜別・四輪車の人的要因別割合

2.2.3 道路交通環境が歩行者事故に及ぼす影響

図 2.2.3-1 は、右折時の歩行者事故を、昼夜別・横断方向別に集計したものである。図 2.2.3-1 以降に示す有意差は、R型事故割合を比較して算出したものであり、*は5%有意、**は1%有意である。昼間は明るいいためドライバが歩行者を認知しやすいため、昼間には、ドライバが手前側からの横断歩行者を認知してから事故を回避するための余裕時間は、対向側からの横断歩行者との事故を回避するための余裕時間より長くなると考えられる。一方、夜間は暗いため、手前側からの横断歩行者を認知しにくい。そのため、横断歩行者との衝突を回避するための余裕時間を横断方向別に比較した場合、必ずしも手前側からの横断歩行者との余裕時間が長くないことが考えられる。

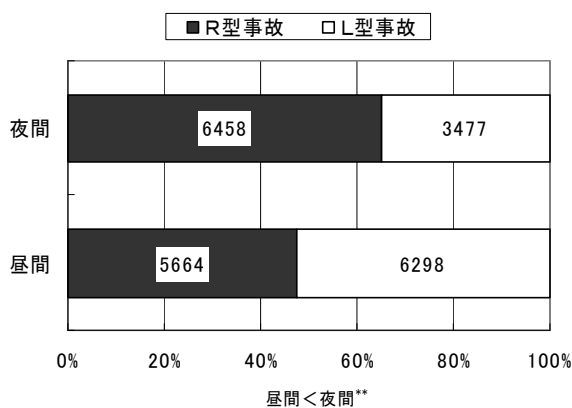


図 2.2.3-1 歩行者事故の昼夜別・横断方向別割合

次に、道路交通環境が右折時の歩行者事故に与える影響についての分析を行った。道路交通環境を表す項目として、歩車道区分、中央分離帯施設、車道幅員、天候等を用いて、昼夜別・横断方向別発生割合を分析した。

図 2.2.3-2 は、右折時の歩行者事故を、昼夜別・歩車道区分別・横断方向別に集計したものである。昼夜とも、歩道の規格が高くなるにつれてR型事故の割合が高くなっており、特に夜間はこの傾向が顕著である。この要因としては、防護柵、あるいは歩道規格が高い道路に設置されていることが多い植栽等が手前側からの横断歩行者の認知を妨げていることが考えられる。

図 2.2.3-3 は、右折時の歩行者事故を、昼夜別・中央分離帯別・車道幅員別・横断方向別に集計したものである。昼間は、中央分離帯の有無、車道幅員に関係なく横断方向別の事故割合はあまり変動がなかった。夜間は、車道幅員が広くなるにつれて、R型事故の割合が高くなっていることが示された。すなわち、夜間は広幅員道路では、手前側からの横断歩行者が認知しづらくなっていることが想定される。

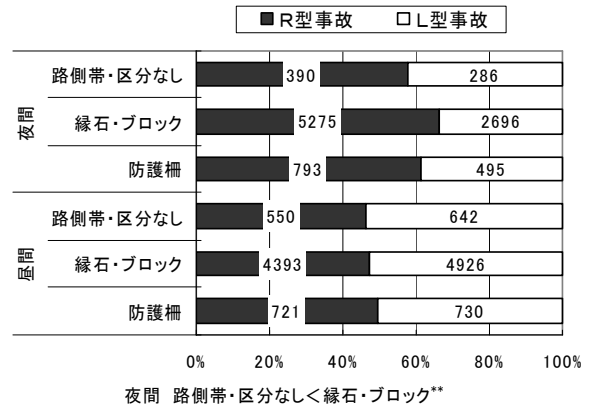


図 2.2.3-2 歩行者事故の昼夜別・歩車道区分別・横断方向別割合

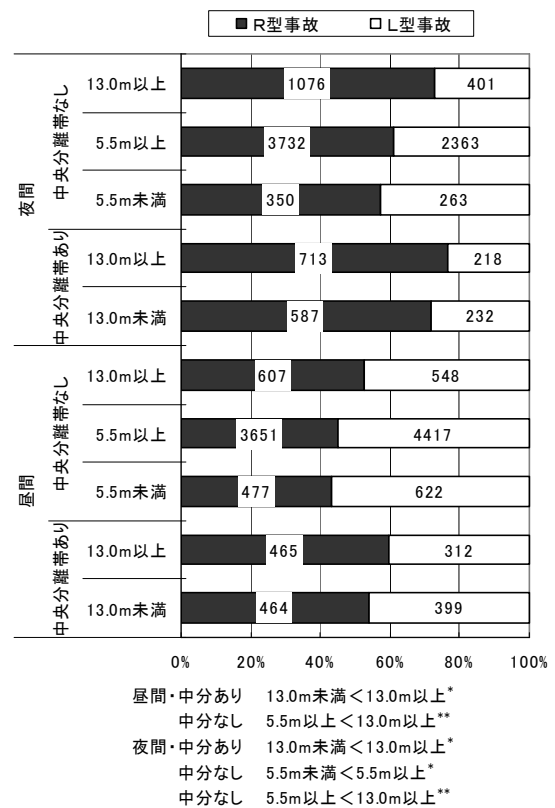


図 2.2.3-3 歩行者事故の昼夜別・中央分離帯別・横断方向別割合

交通事故データでは、右折車の流入道路の車道幅員は、中央分離帯が存在する場合には片側幅員が、存在しない場合には両側幅員が、6段階（3.5m未満～19.0m以上）で記録されている。一方、道路形状には、交差点を構成する道路の中で、幅員が広い2つの道路の両側幅員が3段階（5.5m未満（小）、5.5～13.0m未満（中）、13.0m以上（大））で記録されている。そのため、中央分離帯が設置されていない四叉路交差点においては、右折車の流入側と流出側の車道幅員は概ね把握することができる。

図 2.2.3-4 は、中央分離帯が設置されていない四叉路交差点に限定し、昼間における右折時の歩行者事故を、流入側と流出側の車道幅員別・横断方向別に集計したものである。

図 2.2.3-5 は同様に、夜間における右折時の歩行者事故を、流入側と流出側の車道幅員別・横断方向別に集計したものである。

昼間においては、流入側の車道幅員が大である事故を除いて、流出側の車道幅員が大きくなるにつれてR型事故の割合が高くなっている。夜間においては、流出側の車道幅員が大きくなるにつれてR型事故の割合が高くなっている。すなわち、流出側の車道幅員が広い道路では、手前側からの横断歩行者を見落としやすいことが示された。

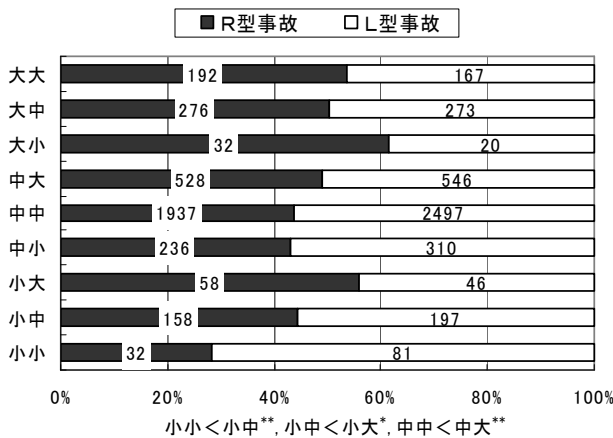


図 2.2.3-4 歩行者事故の車道幅員別・横断方向別割合（昼間）

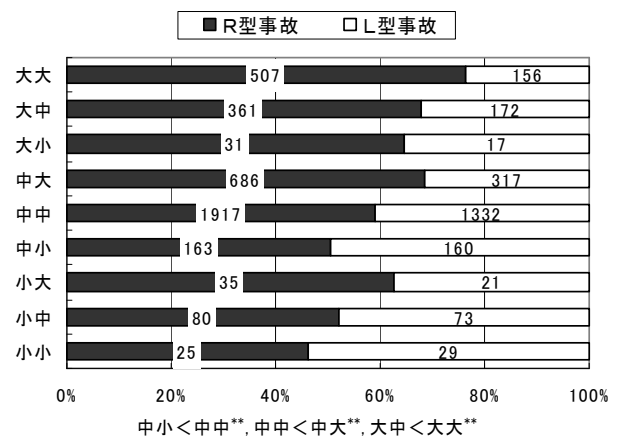


図 2.2.3-5 歩行者事故の車道幅員別・横断方向別割合（夜間）

図 2.2.3-6 は、右折時の歩行者事故を、昼夜別・天候別・横断方向別に集計したものである。昼間は、悪天候時にはR型事故の割合がやや少なくなっている。一方、夜間は、雨、雪・霧の悪天候時に、R型事故の割合が非常に高くなっている。すなわち、夜間の悪天候時には、手前側からの横断歩行者が非常に見えづらくなっているのではないかとと思われる。

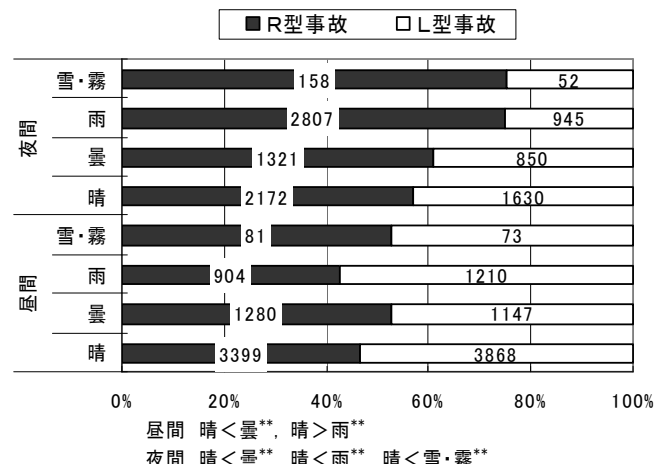


図 2.2.3-6 歩行者事故の昼夜別・天候別・横断方向別割合

2.2.4 運転行動が歩行者事故に及ぼす影響

四輪車が右折する場合には、右折車線等で一旦停止し、対向直進車等をやり過ごしてから右折する場合と、交差点で一時停止せずに右折する場合がある。交通事故データでは、このような項目は存在しない。

しかし、四輪車の危険認知速度が高い事故ほど、交差点で一時停止せずに右折した事故である割合が高いと考えられる。

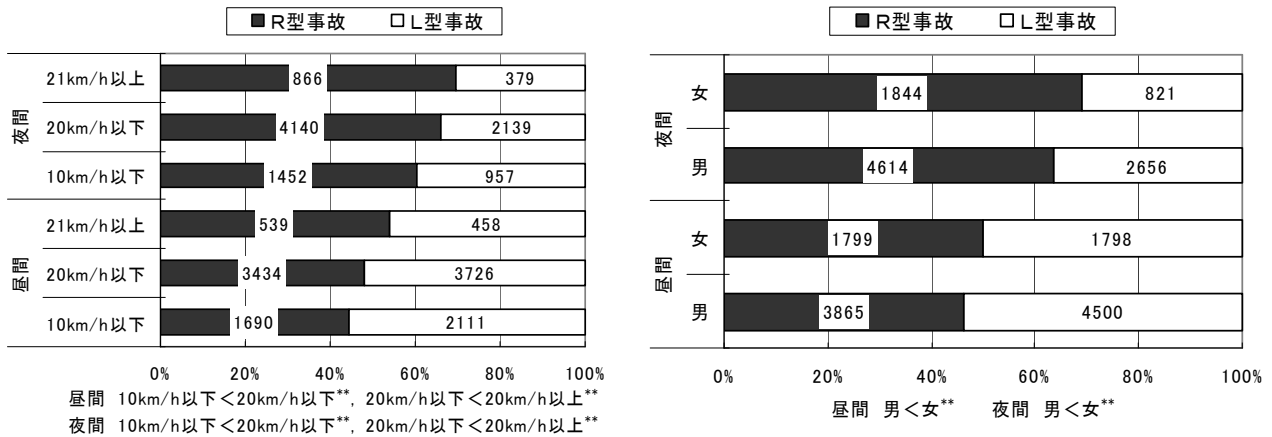


図 2.2.4-1 歩行者事故の昼夜別・危険認知速度別・横断方向別割合

図 2.2.4-1 は、右折時の歩行者事故を、昼夜別・危険認知速度別・横断方向別に集計したものである。昼夜とも、危険認知速度が高くなるにつれて、R型事故の割合が高くなっている。危険認知速度が高いほど、手前側からの横断歩行者を見落としやすくなっていることが考えられる。つまり、速度が高いために手前側からの横断歩行者まで確認する余裕がなく、R型事故が多発しているものと思われる。すなわち、交差点で一時停止しないで右折した場合にも、手前側からの横断歩行者を見落としやすくなっていると思われる。

図 2.2.4-2 は、右折時の歩行者事故を、昼夜別・規制速度別・横断方向別に集計したものである。昼夜とも規制速度が高くなるにつれて、R型事故の割合が高くなっている。すなわち、規制速度が高い道路ほど、手前側からの横断歩行者を見落としやすくなっていると考えられる。

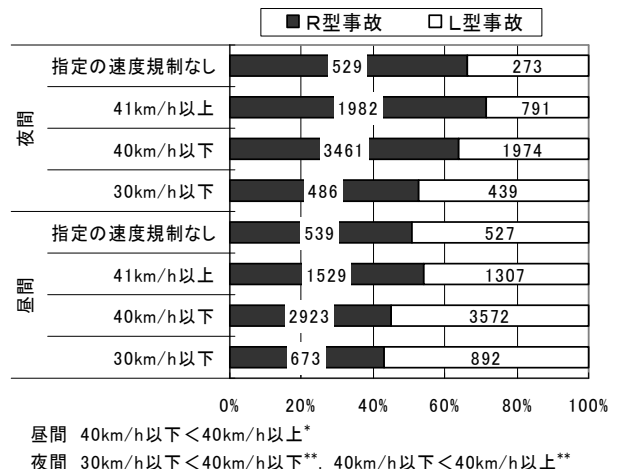


図 2.2.4-2 歩行者事故の昼夜別・規制速度別・横断方向別割合

2.2.5 まとめ

道路交通環境、運転行動が右折時の歩行者事故の横断方向別発生割合に及ぼす影響についての分析を行った。すなわち、夜間である場合、高規格道路である場合、悪天候で視環境が悪い場合、危険認知速度が高く横断歩行者への注意が散漫になると考えられる場合、中央分離帯、防護柵等の視環境を妨げる施設が存在する場合にはR型事故の割合が高くなった。特に夜間においては、交通視環境が悪化するにつれてR型事故の割合が高くなっており、交通視環境が悪化するにつれて、より手前側からの横断歩行者が見えにくくなっていると思われる。

(文責；萩田)

参考文献

- 1) 萩田賢司, 萩原亨, 浜岡秀勝, 交通視環境を考慮した右折時の歩行者事故の分析, 交通工学 41-5 (投稿中), (社) 交通工学研究会, 2006年

2.3 交差点交通事故防止への取り組み

2.3.1 交通事故マイクロ分析事例

前節までは交通事故全容データ（マクロデータ）に関する統計的解析が述べられてきた。しかし、本委員会の主目的である「交通視環境の観点からみた交通事故原因の解析とそれに対応した視環境の改善」に関しては、道路利用者の観点から交通事故現場を検証することが重要である。

この交通事故と光環境の研究については（財）交通事故総合分析センター（略称 ITARDA；以下 ITARDA と略す）が実施している^{1), 2), 3)}。ITARDA は当該センターが保有する茨城県つくば市及び土浦市で発生した交通事故を調査し、そのマイクロデータから調査対象事故を選定し、現地・現場調査を実施した。その内容は、我々、照明技術者にとって有益であり、以下に紹介する。

(1) ITARDA による研究の背景

ITARDA の平成 7 年度の交通事故例調査・分析¹⁾の中で、「夜間事故と道路照明に関する分析」を行っており、その中で、①運転者が「危険を予測」する際、道路照明の有無が主要因とは考えられない、②障害物（歩行者、二輪車）をシルエットとして見せるためには背景輝度が不足している、③ドライバと歩行者の間に「認識のズレ」がある、との結論及び問題点が導出されている。

そこで更に平成 9 年度の研究では、ドライバと道路横断中の歩行者の間にどのような「認識のズレ」が発生しているのか明らかにすることを目的に下記の研究が着手された²⁾。

- ①四輪車対歩行者（横断中）の夜間事故と光環境の関係の把握
- ②両当事者の「認識のズレ」が生じる環境についての検討
- ③ドライバからは「見えない」が、横断中歩行者の視点・意識の中では「車両に発見されている」と考えてしまう環境についての検討

上記①、②、③に関する研究成果は ITARDA の参考文献 3) に記載されている。

以下、その研究内容を紹介する。なお、本項における記述内容の多くについてはその研究内容と結果を正確に紹介するために、参考文献 3) の記述を引用している。

(2) 調査内容と調査項目³⁾

調査事故例の抽出は、939 件の交通事故データを図 2.3.1-1 に示す手順で選択し、最終的に事故当事者が「酩酊」「信号無視」をしているような事故を除いた 2 件が夜間の歩行者事故として選定された。その 2 件の事故例については、表 2.3.1.1 に示すように現地における照度測定の外にドライバ及び歩行者視点からの光環境調査が調査された。なお、光環境調査は写真撮影の他、ビデオ画像解析による現場の輝度分布測定が実施された。以下、2 事故例の調査結果の概要を紹介する。

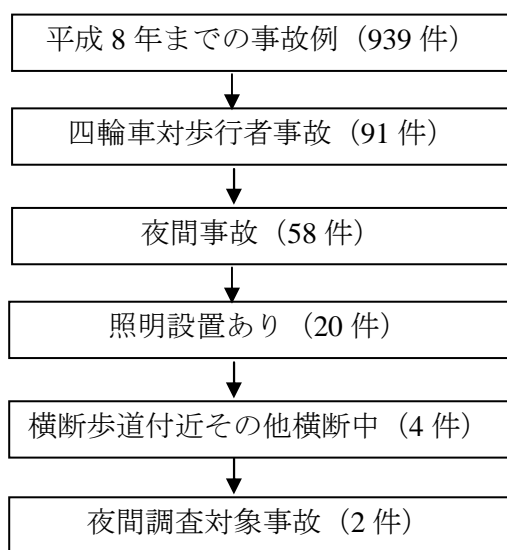


図 2.3.1-1 分析対象事故の抽出手順³⁾

表 2.3.1-1 現地調査項目³⁾

調査項目	調査内容
道路交通環境	① 道路幾何構造
	② 歩道設置の有無
	③ 横断歩道の有無
	④ 植栽の有無
	⑤ 防護柵の有無
	⑥ 交通状況
光環境	① 照明施設の内容
	② 事故発生付近の照度（水平面及び鉛直面）
	③ 四輪車ドライバからの視点からの光環境
	④ 歩行者の視点からの光環境

(2) 調査対象事故例 1

調査対象事故例 1 の事故の概要を図 2.3.1-2 (a) に、現場の光環境を図 2.3.1-2 (b) に示す。事故例 1 の環境分析としては、参考文献 3) では以下のことが述べられている。

1) 道路環境分析

- ①交通量・駐車車両が比較的多い。
- ②道路両側の歩道には植栽や防護策の設置はない。
- ③付近に横断施設はないが、駐車場の出入り口やバスセンターの投光施設があり、普段から歩行者の乱横断が目立つ。

2) 光環境

事故発生現場付近に道路照明はないが周辺施設の灯りやバスセンターの投光施設があり、比較的明るく感じる。事故現場の水平面照度は約 4 lx、A 車から見た路面輝度は約 0.2~0.3 cd/m²。

事故番号	1	事故内容	重傷事故
A 当事者	乗用車(22歳・男性)	B 当事者	歩行者(57歳・女性)
事故発生月	1月	事故発生時間	21:50
天候	晴	路面状態	乾燥
事故類型	横断中その他	明暗	薄明るい
事故概要	A車は、片側2車線道路において走行速度60km/hrで進路変更する際、サイドミラーから前方に視線を移動した時に、道路中央部に立つB者を15m手前で危険認知。転舵するも衝突。前照灯下向き。		
【現場状況図】			

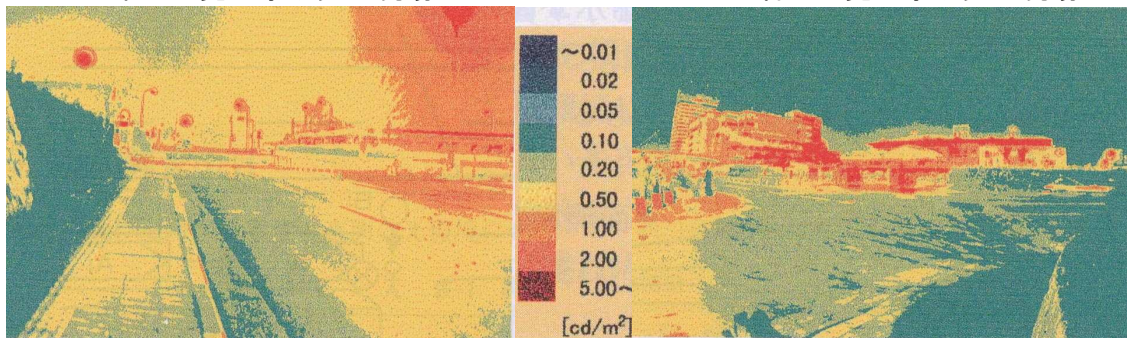
図 2.3.1-2 (a) 調査対象事故例 1 の概要³⁾



A 車から見た事故発生現場



B 者から見た事故発生現場



A 車から見た輝度分布

B 者から見た輝度分布

図 2.3.1-2 (b) 調査対象事故例1の光環境³⁾

3) 両当事者の視点

- ①B 者の衣服 (黒色) 反射率を 10%と仮定し、B 者の A 車側鉛直面照度 3.6lx から、B 者の衣服の輝度を求めると 0.11 cd/m²となり、B 者付近の路面や背景とほぼ同等の輝度となるため、A 車から B 者を識別するのは困難であったと考えられる。

②A車の車両の色は白で、識別が困難であったとは考えづらいが、咄嗟の場面であれば車両自体を見落とすことは考えられる。

(3) 調査対象事故例 2

調査対象事故例 2 の事故の概要を図 2.3.1-3 (a) に、現場の光環境を図 2.3.1-3 (b) に示す。参考文献 3) では事故例 2 の環境分析結果として以下のことが述べられている。

1) 道路環境分析

①交通量が比較的多い路線であるが、事故発生時刻(21:45)はさほど多くなかったと思われる。

②両側に設置された歩道には植栽や防護柵の設置はない。

2) 光環境

①事故発生現場交差点付近に道路照明 1 基設置され、道路中心の水平面照度は 19.6 lx と高い値を示しているが、上記以外に照明施設はなく、暗い場所である。

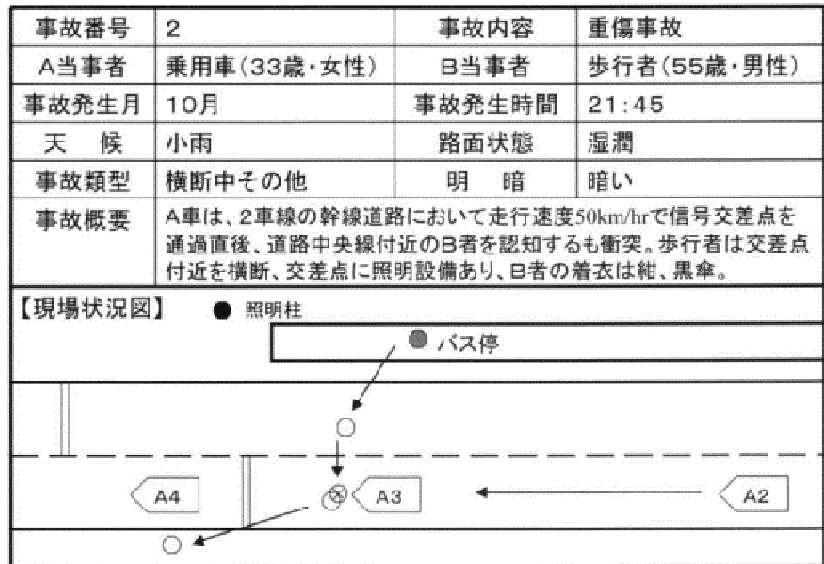


図 2.3.1-3 (a) 調査対象事故例 2 の概要³⁾

②A車から見た路面輝度は 1~2 cd/m² と高い値を示す箇所もあるが、B 者の背景となる場所は 0.1~0.3 cd/m² と暗い。A 車側から見た事故現場（道路中心付近）の鉛直面照度は 7.6 lx。



A車から見た事故発生現場



B者から見た事故発生現場



A車から見た輝度分布



B者から見た輝度分布

図 2.3.1-3 (b) 調査対象事故例1の光環境³⁾

3) 両当事者の視点

- ① B 者の衣類（黒色）反射率を 10% と仮定すると、B 者の衣類の輝度は 0.24 cd/m^2 となり、B 者背景の路面輝度と同等となるため、A 車から B 者の識別するのは困難と考えられる。仮に対向車の前照灯が存在しても B 者の下肢部がシルエットとして識別できる程度である。
- ② B 者は降雨時で傘を差し、バスの後方の横断であった。そして A 車が紺色の車両であり、周囲の背景輝度も低いことから、A 車の存在に気づいていなかったと考えられる。B 者から見て A 車両自体を識別することは困難であるが、車両の前照灯は識別できたはずである。
- ③ B 者から見た路面輝度は $0.5 \sim 1.0 \text{ cd/m}^2$ 、事故現場付近の水平面照度が $10 \sim 20 \text{ lx}$ と B 者にとっては明るく感じる環境であったと考えられる。このような光環境で B 者の順応輝度は上昇していたと考えられるが、B 者から A 車両の前照灯が識別できない程度ではない。

(4) まとめ

事故例 1, 2 の調査結果より、交通事故要因・今後の対策として下記を記述している（更に詳細については参考文献 3）を参照願います。

1) 事故原因

- ① 運転者と歩行者の視認性に関する意識のズレ；道路照明や周辺環境によっては、歩行者にとって明るいと感じられるが運転者からは歩行者が視認しづらい光環境が存在する。
- ② 乱横断時の歩行者の意識；2 事故例共に付近に横断施設がある場所での乱横断事故であった。歩行者がその横断施設を利用とする意識は希薄であったと考えられる。歩行者行動と横断施設設置位置に空間的なギャップが生じていると考えられる。
- ③ 歩行者の服装と背景輝度；2 事故例共に暗い色の服装を着ており、歩行者の背景となる部分が照明されていない場合は、背景との輝度差が小さくなり、運転者にとっては歩行者の識別が困難になる。
- ④ 道路照明と周辺光；事故例 1 では事故現場周辺に商業施設などがあり、周辺が明るい環境にあるため運転者の順応輝度を引き上げている。このような光環境は歩行者にとっては明るく感じられるが、照明されていない道路上は運転者にとってより暗く感じられる。

2) 考えられる対策

- ① 乱横断の防止；横断歩道の利用を促すような何らかの方法が必要であると考えられる。
- ② 照明手法の検討；運転者の注意が特に求められる箇所に関しては状況に応じた照明手法を提案する必要がある。
- ③ 特殊箇所における交通安全対策；歩行者が乱横断するためには、乱横断可能と判断させる要因があると考えられる。この要素は交通量や道路幅員等、現場の状況に応じて変化するものであり、これらを把握することによって、交通安全施設等の整備、適切な配置に役立てることが可能になると考えられる。

以上が「光環境を考慮した人対車両事故に関する分析」³⁾による研究成果である。道路照明の存在する状況下では歩行者と車両ドライバーとの間に互いの見え方に関する認識のズレ（認知の錯誤）が生じる等、貴重な知見が示された。交通事故現場の光環境の研究は、我々、照明技術者のみでは携わりにくい分野である。更なる研究が期待される。

（文責；松本）

参考文献

- 1) (財) 交通事故総合分析センター；交通事故例調査・分析報告書（平成 7 年度），1996 年 3 月
- 2) (財) 交通事故総合分析センター；交通事故例調査・分析報告書（平成 9 年度），1998 年 3 月
- 3) 林敏夫；光環境を考慮した人対車両事故に関する分析，第 1 回（財）交通事故分析センター研究発表会，pp.25～33，1998 年 10 月

2.3.2 道路構造と自転車・歩行者行動からの研究事例

道路構造と自転車・歩行者行動の関連性について、これまで（財）交通事故分析センター（略称 ITARDA）のイタルダ・インフォメーション（ITARDA Information）や（社）日本自動車連盟（略称 JAF）の JAF Mate にて幾つかの研究事例が掲載されている。ここではその一部を紹介する。

(1) 交差点と自転車事故

図 2.3.2-1（ITARDA Infomation46 より）は傷害の重い死亡重傷者の推移を示している¹⁾。なお、増減傾向が分かりやすいように、平成 2 年を 1.0 とした指数が取られている。この図から「自転車は自動車などの他の交通手段と異なり、唯一増加傾向にある」と述べられている。

図 2.3.2-2（JAF Mate より）は進行方向別の自転車事故を示している。これによると、交差点では車両の右折時に最も事故が多くなっていることが示されている²⁾。その原因として「ドライバが対向車の短い車間距離の間に急いで右折するために視線や意識が対向車方向に向けられ、視野外を横断中の自転車に気付くのが遅れる」と述べられている。また、「携帯電話の普及に伴い電話やメールをしながら自転車に乗っている人達を見かけることが多くなった。この様な場合には携帯電話に気を取られて赤信号や車に気付かず横断してしまう」と指摘している。

図 2.3.2-3（ITARDA Infomation53 より）によると「自転車事故による死者は、他の条件と比べて高齢者が昼間の交差点で発生する場合に多い」と指摘している³⁾。一方、図 2.3.2-4（ITARDA Infomation54 より）によると「子供の自転車事故では、どの年齢層においても交差点での事故が 7 割強を占めており、小さい子供ほど信号のない交差点で事故にあう割合が高くなる傾向がある」と指摘している⁴⁾。この原因として、「信号がない交差点での的確な判断が高齢者同様に出来ず、走行してくる車に衝突してしまうケースが考えられる」と記述している。

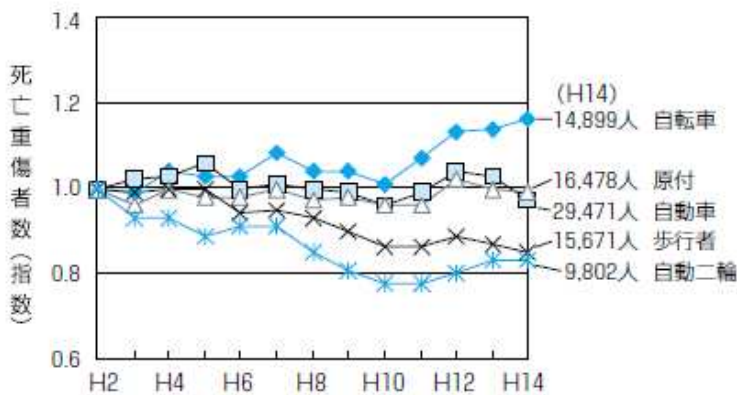


図 2.3.2-1 交通事故での死亡重傷者数の推移¹⁾

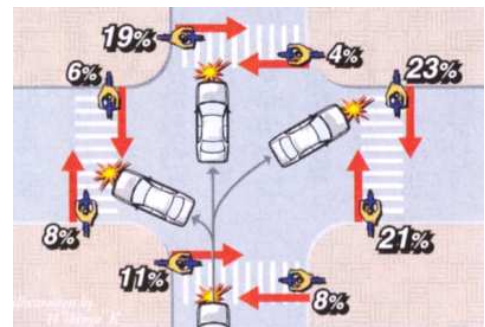


図 2.3.2-2 進行方向別の自転車事故²⁾

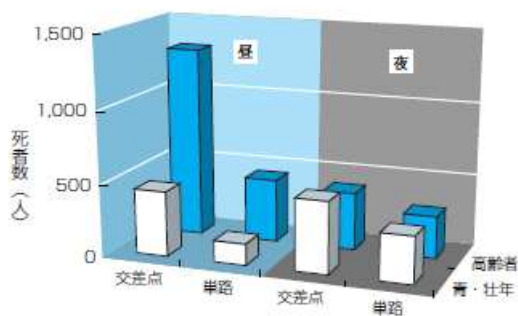


図 2.3.2-3 道路形状別、自転車乗車中の昼夜別、道路形状別の死者数（平成 11～15 年）³⁾

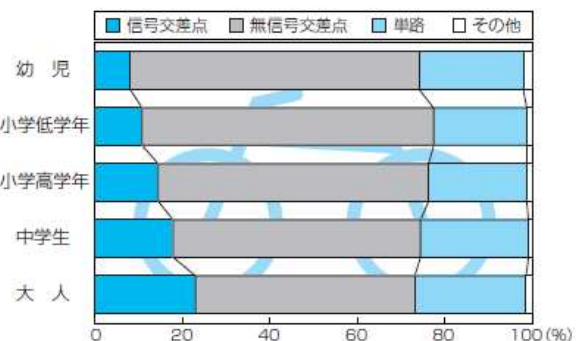


図 2.3.2-4 道路形状別子供の事故（平成 15 年）⁴⁾

(2) 高齢者の歩行中事故

ITARDA Infomation53によれば(図 2.3.2-5),「高齢者の人口 10 万人あたりの死者数は他の年齢層と比較して歩行中のものが顕著に多い」と指摘している⁵⁾。その理由として,「まず第 1 に高齢者自身の判断ミス, すなわち車が近づいてきた場合に十分に渡る距離的・時間的余裕があると判断したが実際には間に合わなかった, ということが考えられる。思ったよりも早く車が来てしまったという点と、思ったよりも横断に時間がかかってしまった, という 2 点の判断ミスである」と記述している。一方, ドライバ側では「『まさかこの距離・タイミングで歩行者が渡り始めるはずがない』という思いからスピードを緩めず事故になってしまうという, 両者の思いの違いも考えられる」と記述している。

これらを検証するために JAF は実験を実施した(図 2.3.2-6 参照)。時速 40km/h で近づいてくる車をドライバーが見て「ここまでなら横断する」と判断した距離を, 道路の左右, 昼夜別に答えさせている。結果を表 2.3.2-1 に示す⁶⁾。

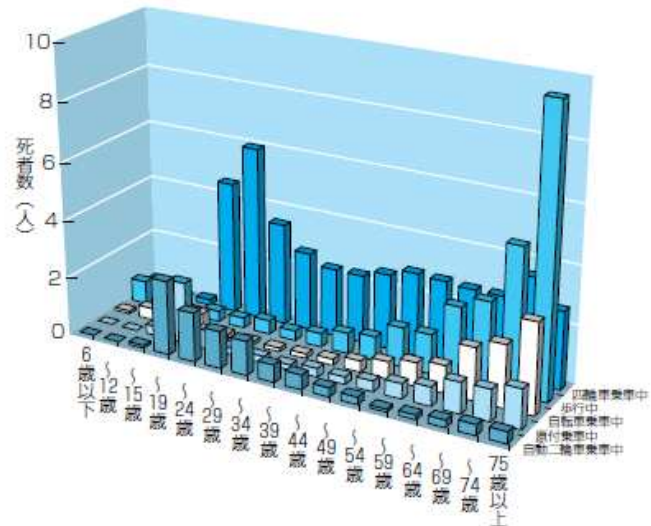


図2.3.2-5 状態別, 年齢層別, 人口10万人あたりの死者数(平成15年)⁵⁾

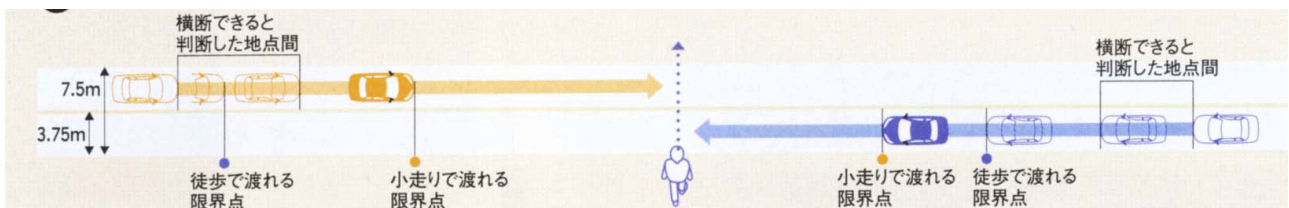


図 2.3.2-6 歩行者の実験⁶⁾

表 2.3.2-1 ここまでなら車の前を横断すると判断した距離と実際に横断に必要な距離 (m)⁶⁾

ドライバーから見て右			昼間	ドライバーから見て左		
横断できると思う距離	横断に必要な距離			横断に必要な距離		横断できると思う距離
	歩行	小走り		小走り	歩行	
56~65	63	38	一般者A	21	31	48~52
56~64	60	32	一般者B	17	29	39~49
33~44	81	51	高齢者A	25	41	40~42
27~41	74	35	高齢者B	19	37	41~47
ドライバーから見て右			夜間	ドライバーから見て左		
横断できると思う距離	横断に必要な距離			横断に必要な距離		横断できると思う距離
	歩行	小走り		小走り	歩行	
58~69	63	38	一般者A	21	31	56~65
42~54	60	32	一般者B	17	29	42~47
36~42	81	51	高齢者A	25	41	39~62
42~43	74	35	高齢者B	19	37	48~60

表 2.3.2-1 から、高齢者は一般者に比べて全ての条件下で横断できると判断した距離が短いことが分かる（危険側）。特にドライバーから見て右側は、一般者とは逆に短い距離になっていることが注目される。

次に、同 JAF 実験での道路横断所要時間測定結果を表 2.3.2-2 に示す。この表から高齢者の歩行速度は一般者よりも遅くなることが示されている⁶⁾。

表 2.3.2-2 道路横断所要時間⁶⁾

	歩行	小走り
一般者A	5.7 (2.8)	3.4 (1.9)
一般者B	5.4 (2.6)	2.9 (1.5)
高齢者A	7.3 (3.7)	4.6 (2.2)
高齢者B	6.6 (3.3)	3.2 (1.7)

(単位は秒, カッコ内は道路幅 3.75m)

(3) 子供の歩行中交通事故⁷⁾

図 2.3.2-7 (ITARDA Infomation50 より) によれば、子供の歩行中交通事故を人口 10 万人あたり負傷者数で見ると 12 歳以下の子供の数が多いと示されている⁷⁾。その事故原因として「12 歳以下の子どもの『飛び出し』が 49%と高い」と指摘している。

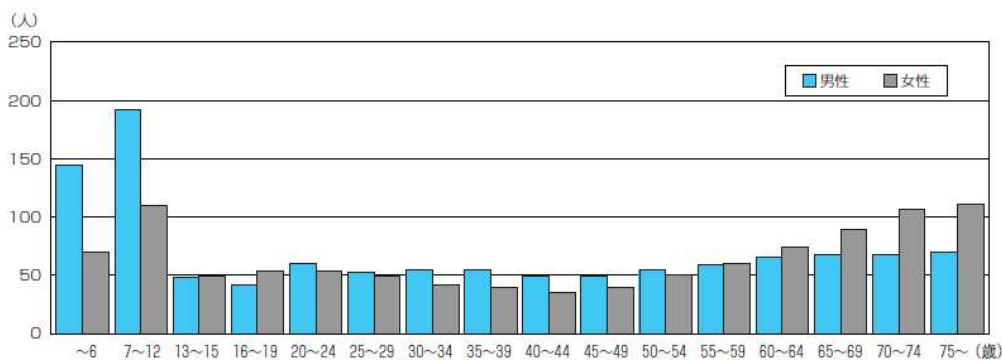


図 2.3.2-7 性別・年齢層別の人口10万人あたり歩行中負傷者数 (平成14年)⁷⁾

(4) 上り坂頂上付近の交差点⁸⁾

橋の場合に往々にしてあるケースだが、周辺の道路よりも橋の部分が高くなり直進道路でも橋の向こう側の交通状況が目視で確認できない場合がある。JAF Mate では「橋の向こう側には交差点があり、対向車の右折を気付くのが遅れ、正面衝突の発生や、交差点を横断中の歩行中や自転車との接触事故を起こすケースがある」とその危険性を指摘している⁸⁾。

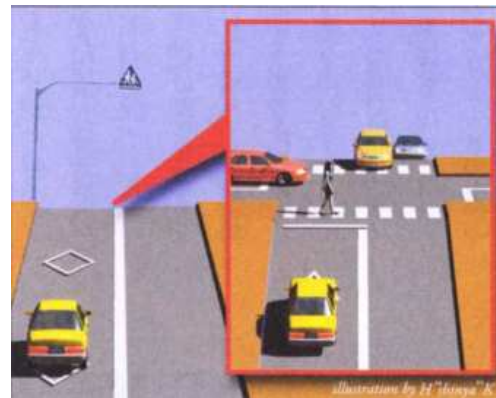


図 2.3.2-8 縦断勾配による視程悪化の例⁸⁾

(文責；野田)

参考文献

- 1) 「自転車事故」, イタルダ・インフォメーション, No.46, P2, 2003
- 2) 「JAF 事故回避トレーニング」, JAF Mate, p31, 2004/7
- 3) 「高齢者の交通事故」, イタルダ・インフォメーション, No.53, P5, 2004
- 4) 「子供の交通事故」, イタルダ・インフォメーション, No.54, P2, 2005
- 5) 「高齢者の交通事故」, イタルダ・インフォメーション, No.53, P2, 2004
- 6) 「JAF ユーザーテスト」, JAF Mate, p28, 2004/8・9
- 7) 「歩行者事故」, イタルダ・インフォメーション, No.50, P2, 2004
- 8) 「JAF 事故回避トレーニング」, JAF Mate, p29, 2004/8・9

2.3.3 交通事故多発地点緊急対策事業への取り組みと成果について

「交通事故がどのような道路形態で多発し、それに対する対策効果がどの程度であるか?」、この命題は経済情勢の如何に係わらず、道路・交通関連技術者は常に念頭おき、技術改良・革新に取り組む必要がある。交通事故多発地点については、警察庁の交通安全ホームページ（3.1節参照）にて地点と事故件数の概略を知ることが出来るが、どのような道路形態で多発しているか、詳細に解析した資料はなかった。また、対策効果についてはその算出基準は基より、調査そのものが膨大な工数を要するため、これまで未実施であった。

このような現状の下、(財)交通事故総合分析センター（略称 ITARDA）では「交通事故多発地点緊急対策事業フォローアップ調査」を実施し、「道路の形態と交通事故」¹⁾「事故多発地点」²⁾の調査結果を公表すると共に、「事故多発地点緊急対策事業の成果と今後の交通安全対策の方向性について」³⁾を発表した。特に参考資料 3) は全国の事故多発地点を対象に、対策と事故の関係を経年的に整理した唯一の資料であり、その内容は、我々、道路・交通関連技術者にとって有益であり、以下に紹介する。なお、以下の記述内容の多くについてはその研究内容と結果を正確に紹介するために、参考文献 3) の記述を引用している。

(1) 事故多発地点緊急対策事業の策定経緯

ITARDA は平成 2～5 年の事故多発地点のデータを用い、道路種別ごとの事故発生状況を分析した（図 2.3.3-1）。その結果によれば、「一般道路の道路総延長 112 万キロの 16% にあたる 18 万キロを占める幹線道路（一般国道，主要地方道，一般都道府県道等）に、全死傷事故（66 万件）のうち 53%（35 万件）が集中して発生している」と記述している。

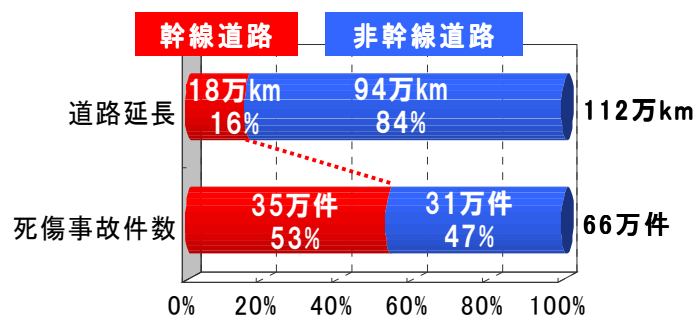


図 2.3.3-1 幹線道路への交通事故の集中化傾向³⁾

また、ITARDA では警察庁が保有する交通事故統計データと国土交通省が保有する道路交通センサデータを基に、両者を統合させた交通事故統合データベース（以下「統合データ」とする）を活用し、幹線道路を対象とした事故発生地点に関する分析を実施した（図 2.3.3-2）。その結果、「幹線道路延長 18 万キロの 9% に当たる 1 万 6 千キロの区間に、幹線道路の死傷事故（32 万 5 千件）の 4 割（13 万 1 千件）が集中している」と記述している。

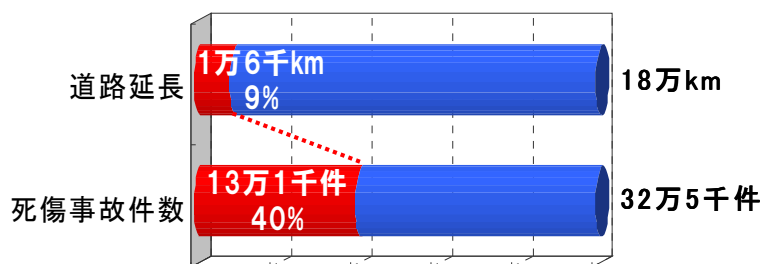


図 2.3.3-2 幹線道路における特定箇所への交通事故の集中化傾向³⁾

そして当該対策事業の推移については「これらの交通事故の集中傾向を鑑み、警察庁及び国土交通省は、幹線道路の中から事故が集中して発生する事故多発地点を選定した。そして、事故多発地点及びその周辺地域について両省庁の連携により交差点改良，道路照明の設置，交通規制の見直し等の事故削減対策を集中的に実施する『事故多発地点緊急対策事業』を道路交通環境の整備に関する重要施策として位置づけた。なお、同事業は平成 8 年度～14 年度までの 7 箇年で実施された」と記述している³⁾。

(2) 事故多発地点の抽出基準と指定箇所数

事故多発地点の定義と抽出基準については参考文献3) では下記のように定義されている。

- 事故多発地点の定義;概ね 10 年に 1 件以上の死亡事故が再帰して発生する可能性が高い箇所 (幹線道路の特定の箇所に集中する場所を抽出するため)
- 事故多発地点の抽出基準; 事故発生のおぼろげの影響を考慮し, 平成 2~5 年までの 4 年間の統合データにより選定する。具体的には以下①~③の抽出基準のいずれかを満たすこと。下記はその抽出基準の転載である。

- ① 4 年間で死亡事故件数が 2 件以上発生している箇所 (4 年間で 2 件以上の死亡事故が発生する箇所は, 95%の確率で次の 10 年以内に死亡事故が再発するという分析結果から設定)
- ② 4 年間で死傷事故件数が 24 件以上発生している箇所 (死亡事故 1 件に対し死傷事故が 60 件発生していることから設定)
- ③ 死亡換算件数 (※1) が 4 年間で 0.4 件以上となる箇所
※1; 正面衝突, 追突等の事故類型に応じて換算した潜在的な死亡事故件数を表す指で, 式 1 により算出する。「場所」に着目した分析を実施する際, 死亡事故は, 当事者属性や運転状況等にも関係し, 偶発的な要素が比較的大きいと考えられる。そのため, 場の状況を反映すると考えられる事故類型に注目し, 死亡事故に至りやすい種類の事故がどの程度発生しているかを示す本指標を作成した。
死亡換算件数 = Σ (事故類型別致死率 × 事故類型別事故件数) (式 1)

上記基準を基に参考文献3) では「全国から 3,196 箇所 (単路部 1,483 箇所, 交差点部 1,713 箇所) が事故多発地点として指定された」と記述している。

(3) 事故多発地点緊急対策事業の実施状況

前記 7 箇年の事業期間中における全国 3,196 箇所の対策実施状況は ITARDA により調査され, 「事故多発地点全 3,196 箇所の 97%にあたる 3,099 箇所が着手され, そのうち 2,990 箇所 (94%) は何らかの 1 つの対策を完了し, 2,555 箇所 (80%) は全ての対策を完了している (事業期間前の平成 6, 7 年に対策が完了した 56 箇所を含む)」と報告されている³⁾。

(4) 事故多発地点緊急対策事業で実施された主な対策³⁾

前記事故多発地点に対して平成 14 年までに実施された対策内容は ITARDA にて整理され, 主要なものを単路, 交差点別に整理されている (次頁表 2.3.3-1 参照)。

単路部に対する対策としては, 「夜間を中心に視認性や走行性向上を目的とした『道路照明』, 『視線誘導標』, 『車道外側線』, 『路面標示』, 『舗装改良』等, 自転車や歩行者の安全な通行環境整備を目的とした『歩道, 自転車歩行者道』, ドライバの注意喚起を目的とした『警戒標識』等が実施された」と記述されている。また, 交差点部に対する対策としては, 「歩行者等の視認性向上を目的とした『道路照明』, 輻輳する交通の整流化を目的とした『右折レーン』, 『路面標示』, 『導流帯』, 『信号現示改良』等, 走行性向上を目的とした『舗装改良』等が実施された」と記述されている。

そして当該緊急対策事業の実施により得られた成果は ITARDA により定量的比較されている。その手法は, 「事業期間中に対策後の事故データが最低 1 年間取得可能な平成 8 年~平成 13 年までに全ての対策が完了した 2,127 箇所を対象に, 対策前後における事故件数等の評価指標値を比較する」方法である。評価指標には「①事故の増減を端的に把握できる『死傷事故件数』および『死亡事故件数』, ②交通量と区間延長の影響を加味し, 走行台キロ当たりの事故発生割合を把握

できる『死傷事故率』, ③重大事故になりやすい事故がどの程度発生したかを把握できる『死亡換算件数』の3指標を用いた」と記述されている。

表 2.3.3-1 事故多発地点で実施された事業³⁾

実施主体	単交区分	対策名称	単独実施箇所数	人対車両	車両相互					備考		
					正面衝突	追突	出会頭	左折時	右折時			
道路管理者	単路部	歩道	24	●		●						
		立体横断施設	0	●							分析対象外	
		中央帯	8	●	●	●	●		●	●		
		眩光防止施設	1		●	●					●	夜間事故対象
		植栽の整理	7	●	●	●	●	●	●	●		
		線形改良	8	●	●	●	●	●	●	●		
		道路照明	79	●	●	●	●	●	●	●		夜間事故対象
		警戒標識	17	●	●	●	●	●	●	●		
		案内標識	5			●						
		路面標示	19		●	●	●	●	●	●		
		車道外側線、車道中央線、車線境界線	19		●	●					●	
		車線幅員等	22		●	●		●				
		防護柵	10	●	●					●		
		道路反射鏡	4	●	●	●					●	
		視線誘導標	27	●	●	●					●	
		速度抑制施設	0	●	●	●	●				●	分析対象外
		滑り止め舗装	29		●	●	●	●	●	●	●	
		排水性舗装	6		●	●	●	●	●	●	●	
		舗装その他	8		●	●					●	
		バイパス	13	●	●	●	●	●	●	●	●	
	単路部その他	28									分析対象外	
	交差点	歩道	1	●			●	●				
		立体化	7	●		●	●	●	●			
		線形改良	34	●	●	●	●	●	●	●		
		右折レーン	33	●		●			●			
		左折レーン	2	●		●		●				
		立体横断施設	0	●		●		●	●		分析対象外	
		中央帯	5							●		
		視距改良	3	●		●	●	●	●	●		
		道路照明	55	●	●	●	●	●	●	●		夜間事故対象
		警戒標識	5	●	●	●	●	●	●	●		
		案内標識	4	●		●		●	●	●		
		路面標示	24	●	●	●	●	●	●	●		
		導流帯	3	●	●	●		●	●	●		
		防護柵	5	●				●				
		道路反射鏡	2	●			●	●	●			
		カラー化	6	●		●	●	●	●			
		滑り止め舗装	13	●	●	●	●	●	●	●		
		排水性舗装	9	●	●	●	●	●	●	●		
		舗装その他	1	●	●	●	●	●	●	●		
		バイパス	3	●	●	●	●	●	●	●		
	交差点その他	13									分析対象外	
	公安委員会	単路部	交通規制	7	●	●	●	●	●	●	●	
			信号機	5	●			●				
			法定外表示	7	●	●	●	●	●	●	●	
			道路標示その他	5	●	●	●	●	●	●	●	
		単路部その他	6									分析対象外
交差点		交通規制	8	●	●	●	●	●	●	●		
		信号現示改良	31	●	●	●	●	●	●	●		
		信号機その他	14	●	●	●	●	●	●	●		
		道路標識等	6	●	●	●	●	●	●	●		
	交差点その他	17									分析対象外	

なお、「対策実施年度は各箇所により異なるため、対策前後における各指標値の算出は、表 2.3.3-2 に示す年次のデータによる」と記述されている。

1) 死傷事故件数および死亡事故件数の変化

前述の分析対象箇所 2,127 箇所における対策前後の死傷事故件数および死亡事故件数の総数は単路、交差点別に ITARDA により比較されている（図 2.3.3-3、図 2.3.3-4 参照）³⁾。

分析対象箇所における死傷事故件数（図 2.3.3-3）は、「対策前に年平均で 13,033 件発生していたが、対策実施により 11,764 件まで減少（1,269 件；9.7%）した」と報告している³⁾。

表 2.3.3-2 対策実施年度と指標値算出データの取得年次³⁾

対策完了年次	指標値算出データの取得年次	
	対策前	対策後
平成 7 年度以前	事故多発地点抽出時 平成 2～5 年	平成 8～14 年
平成 8 年度		平成 9～14 年
平成 9 年度		平成 10～14 年
平成 10 年度		平成 11～14 年
平成 11 年度		平成 12～14 年
平成 12 年度		平成 13～14 年
平成 13 年度		平成 14 年

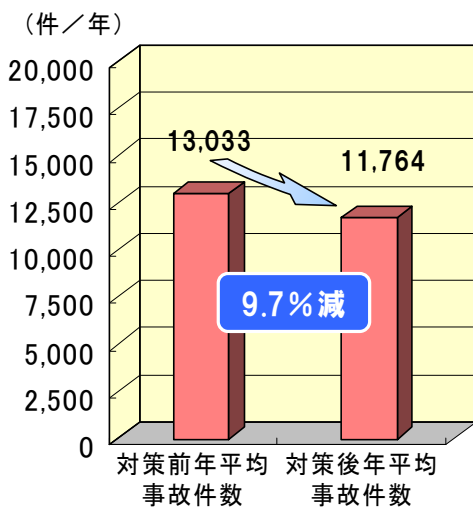


図 2.3.3-3 対策前後における死傷事故件数の変化³⁾

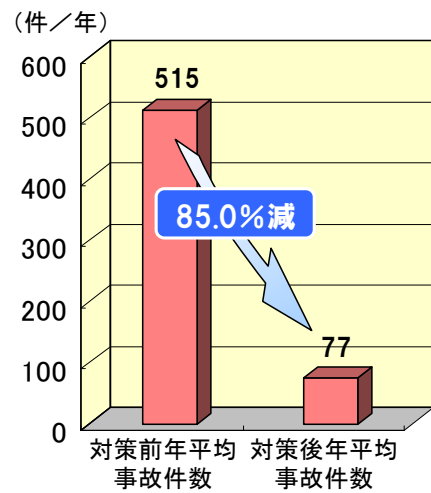


図 2.3.3-4 対策前後における死亡事故件数の変化³⁾

一方、死亡事故件数（図 2.3.3-4）は、「対策前 515 件から対策後 77 件まで大幅に減少（438 件；85.0%）した」と報告している。

2) 死傷事故率の変化

ITARDA による当該事業では死傷事故率の変化も算出している³⁾。それは、「事故多発地点のような『場所』や『区間』を対象に安全性の評価を実施するには、交通量と区間延長の影響を加味する必要もある」、そして「単純に事故件数を比較しただけでは、その区間の真の危険性を捉えることができない」という背景から実施されている。

上記を受け、次頁式 2 により「死傷事故率」を算出し、対策前後の比較が行われている（図 2.3.3-5 参照）。

なお、この「死傷事故率」について ITARDA の報告書では、「1 台の自動車が 1 億 km 走行する間に遭遇する事故件数」と言い換えることができる、としている³⁾。

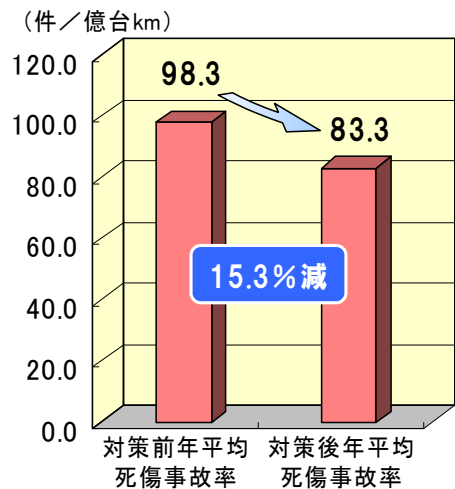


図 2.3.3-5 対策前後における死傷事故率の変化³⁾

$$\text{死傷事故率(件/億台km)} = \frac{\text{評価区間の年間事故件数(件)} \times 1 \text{億}}{\text{評価区間の日交通量(台)} \times 365 \times \text{評価区間延長(km)}} \quad \text{. (式 2)}$$

図 2.3.3-5 の結果から ITARDA は下記の結論および考察を記載している。

- ① 分析対象箇所における年平均死傷事故率は、98.3 (件/億台 km) から 83.3 (件/億台 km) まで減少 (15.3%) した。
- ② 死傷事故件数は、1 割の減少であったことから、平均交通量増加の影響を受けたものといえる。

(5) 対策毎にみた事故削減効果の例³⁾

ITARDA では事故多発地点において実施された対策について、対策の種類毎にどのような種類の事故に対して効果があったか、分析している。ここでは、道路照明、交差点における信号現示改良、交差点における右折レーン設置の効果について結果を中心に紹介する。

1) 道路照明による事故類型別対策効果³⁾

ITARDA では道路照明の効果を予測するための基礎資料を提供することを目的として、事故類型別に対策前後の事故抑止割合の実績値を算出している (表 2.3.3-3 参照)。これは、「その実績値を道路照明による夜間事故の事故類型別対策別効果原単位 (案) とし、今後の事業計画策定に活用することを提案する」ために実施された。

なお、効果の算出は「事故多発地点のうち、道路照明対策のみが実施された 134 地点を分析対象として算出した」、また、「全事故多発地点における抽出時の事故類型別平均発生割合と、道路照明のみの対策が実施された事故多発地点の発生割合を比較した」と記述されている。

表 2.3.3-3 より道路照明は人対車両や正面衝突事故などに効果があることが分かる。

表 2.3.3-3 道路照明設置による夜間事故の事故類型別対策効果原単位 (案)³⁾

単路部 又は交差点部	単 独 実 施 箇 所 数	対策効果原単位の 策定過程	人 対 車 両	車両相互					車 両 単 独
				正 面 衝 突	追 突	出 会 頭	左 折 時	右 折 時	
単路部	79	着目すべき事故類型	●	●	●	●			●
		事故抑止効果	66%	66%	23%	16%			53%
		対策効果原単位	7割	7割	2割	2割			5割
交差点部	55	着目すべき事故類型	●	●	●	●			●
		事故抑止効果	51%	58%	27%	45%			62%
		対策効果原単位	5割	6割	3割	5割			6割

2) 交差点における信号現示改良の効果³⁾

信号現示 (信号の表示パターン) の改良は、交差点における交通をより適切に処理することにより事故を削減する対策である。ITARDA では信号現示の改良のみを行った 38 箇所について対策前後の年平均事故件数を調査した (図 2.3.3-6 参照)。

結果として「全体の事故件数は 260.0 件から 170.0 件に約 17%減少しているが、特に右折時の事故が大幅に減少していて、横断中事故も減少傾向が見られる。追突事故は横這いであるが、幹線道路全体では追突事故が増加していることを考慮すると、追突に対しても効果がでていると思われる」と効果が記述されている。

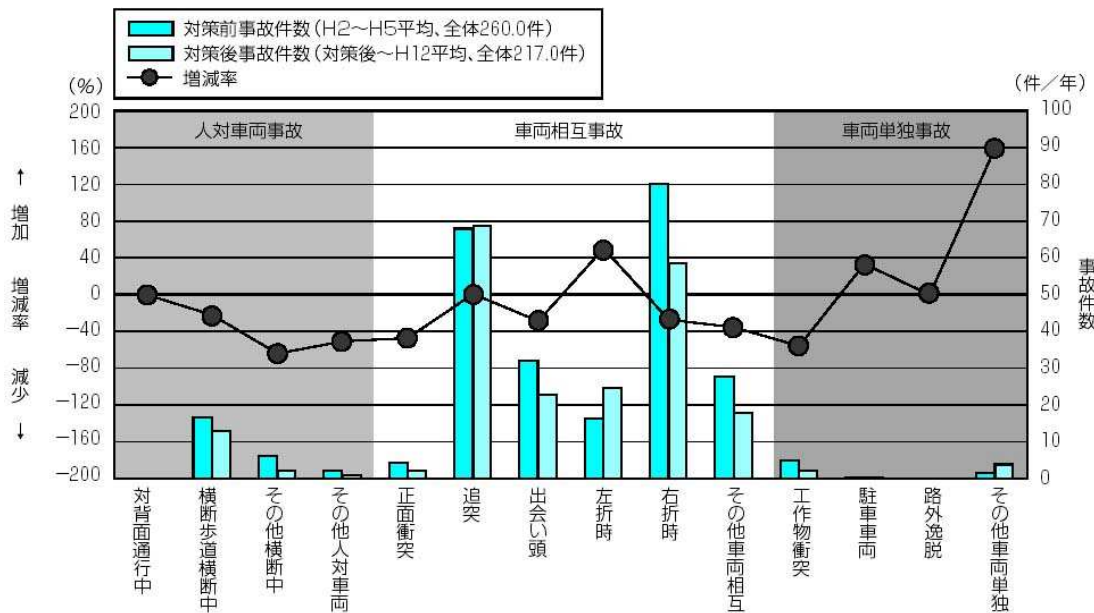


図 2.3.3-6 信号現示改良のみを実施した箇所における類型別事故件数の変化³⁾

3) 交差点における右折レーン設置の効果³⁾

右折レーンの設置は、交差点における右折交通の円滑化を図ることで事故の削減を図る対策である。ITARDA では右折レーンの設置のみを行った 27 箇所について対策前後の事故件数を調査した (図 2.3.3-7 参照)。この結果から、「全体で 141.3 件から 87.8 件へと約 38%減少しており、右折時事故は 35 件から 18 件へと約 48%と大幅に減少している。また、交通が円滑になることから、追突事故についても減少傾向が見られる」と効果が記述されている。

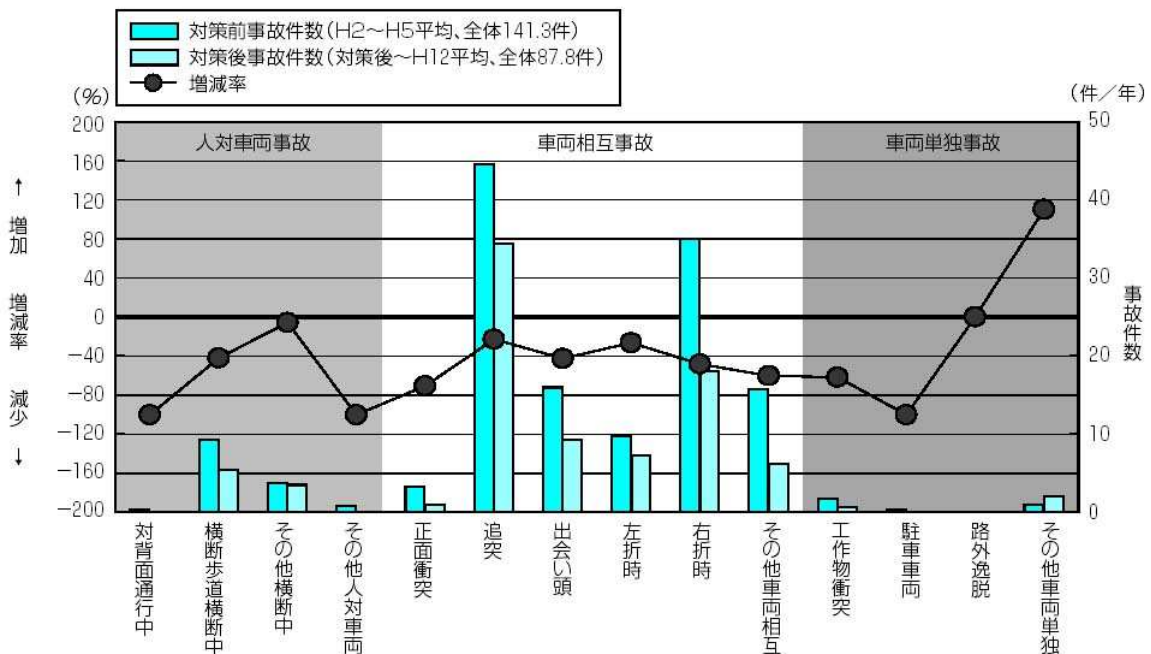


図 2.3.3-7 右レーンの設置のみを実施した箇所における類型別事故件数の変化³⁾

(8) 改善事例

交通事故削減のために緊急対策事業箇所における対策 2 事例が ITARDA Infomation19²⁾ で紹介されている。ここではその 2 例を紹介する。

① 一般国道16号 相模原警察交差点²⁾

当該交差点は「交差点規模が大きいことから、右折車および左折車のスピードが高く、夜間に横断中の歩行者・自転車と衝突する事故が多発」と事故状況が紹介されている。その対策として交差点のコンパクト化とすみきり部への道路照明の設置がなされたと紹介している。

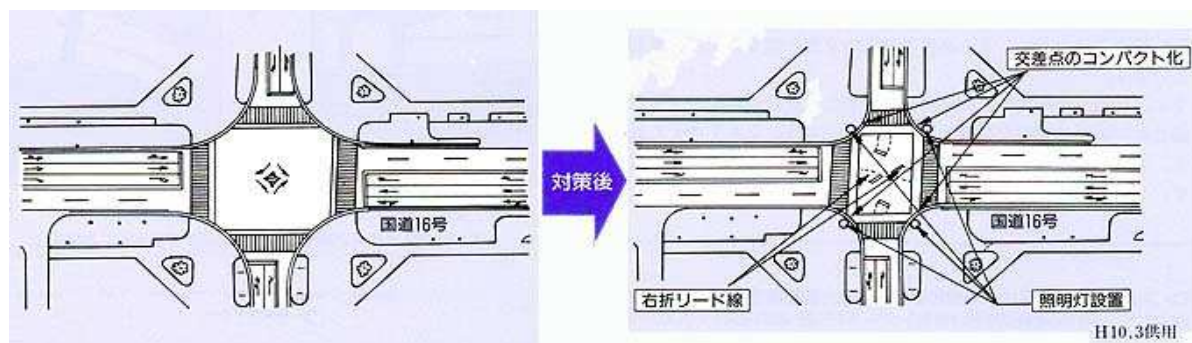


図 2.3.3-9 一般国道16号「相模原警察交差点」の改善事例²⁾

② 一般国道1号 横浜市神奈川区泉町交差点²⁾

当該交差点は「一般国道1号に横浜市道が斜めに取り付く三つ又交差点で、国道1号から横浜市道への左折はフリーで走行できたことから、横断歩道上で歩行者との衝突する事故が多発」と事故状況が紹介されている。その対策として、交差点のコンパクト化と横断歩道の前方移設がなされたと紹介している。



図 2.3.3-10 一般国道1号「横浜市神奈川区泉町交差点」の改善事例²⁾

以上が（財）交通事故総合分析センターにおける交通事故多発地点に対する研究の概要紹介である。その事故分析や事故類型別対策効果における解析手法や結果は、我々、交通関連技術者にとって大変参考になるものである。その詳細については参考文献 3) 等を参照して頂きたい。また、（財）交通事故総合分析センターの更なる研究を期待したい。

（文責；萩田，小島）

参考文献

- 1) 道路の形態と交通事故，イタルダ・インフォメーション No.13，1997年
- 2) 事故多発地点，イタルダ・インフォメーション No.19，No.44，1999年
- 3) 土屋三智久；事故多発地点緊急対策事業の成果と今後の交通安全対策の方向性について，平成16年9月第7回交通事故調査分析研究発表会，（財）交通事故総合分析センター，2004年

2.3.4 交通安全行政の取り組み

行政が取り組む交通安全対策の骨格の法律として「交通安全基本法」があり、これに基づき内閣府が中心となって国全体の方針となる「交通安全基本計画」（以下、「基本計画」と略す。）を策定している。また、平成 15 年には「社会資本整備重点計画法」が制定され、社会資本を重点的、効率的かつ効果的に整備するために「社会資本整備重点計画」（以下「重点計画」と略す。）を立案し、社会資本を計画的に整備していくこととされた。これにより国土交通省や警察庁などでは、「基本計画」の目標達成のため、「重点計画」に基づき道路関連施設等の整備や対策を計画的に実施することとしている。これらの関係を図 2.3.4-1 に示す。

この他、行政の交通安全関連の研究機関等において、ITS 等の先進技術を用いた事故削減対策の研究なども取り組まれている。

これらの計画で示されている交通安全対策や研究機関の調査研究の特徴としては、交通弱者である歩行者、自転車、障害者などの安全かつ円滑な移動の確保、ドライバの運転周辺情報の認知度を高めるための方策等、多様な道路利用者の道路の利用しやすさに重点が置かれた対策、研究が実施されている点が挙げられる。

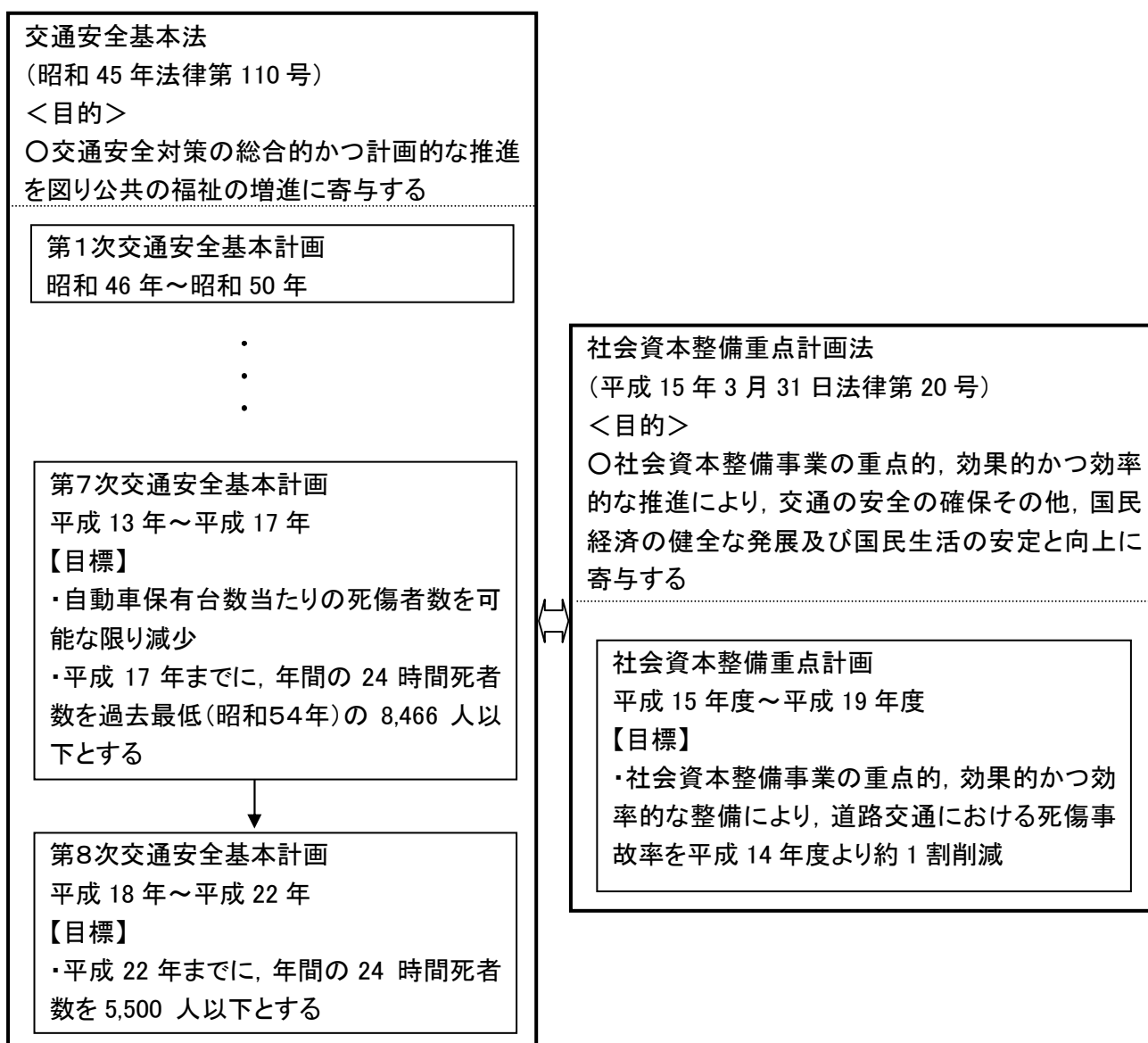


図 2.3.4-1 関係法令と計画について

(1) 社会資本整備重点計画による交通安全対策^{1), 2)}

国土交通省および警察庁では、「重点計画」の交通安全に関する主要な目的として、交通安全施設等の整備により、平成15年度から平成19年度までの5カ年で道路交通の死傷事故率を約1割削減することを目標として掲げている。また、バリアフリー環境の実現を目指し、バリアフリー化された歩道等を充実するものとしている。

同計画における事故削減対策に関連するものとして、以下のものを挙げている。

1) 事故危険箇所での集中的対策

死傷事故率が幹線道路平均の5倍以上となっている箇所のうち、対策効果が早期に発現する約4,000箇所において集中的な対策を実施する。これにより対策実施箇所において、5年間で死傷事故件数を約3割抑止することを目標とする。

事故削減の主要な対策としては、交差点改良、右折レーン設置などの構造改良や、道路照明、視線誘導標、区画線、道路標識、信号機、道路標示、道路標識、交通情報板等の道路関連施設の設置を行う。

2) 事故調査・分析体制の充実及び評価システムの導入

事前・事後評価システムと専門家の知識を活用した事故調査・分析体制の強化を行う。

3) あんしん歩行エリアの整備

通過車両の生活道路への流入などによって、市街地内での歩行者等の死傷事故が増加していることから、こうした事故発生割合の高い地区において、歩行者等優先の道路構造などによって歩行者等の安全な通行を確保する「あんしん歩行エリア」の整備を集中的に実施する。これにより、エリア内において、5年間で死傷事故件数を約2割削減する。

具体的な方法としては、外周道路対策として外周幹線道路の通行を円滑化し、エリア内への通過車両を抑制するため、交差点の改良、信号機の高度化・改良を行う。ゾーン対策として、歩行者や自転車の通行を優先するゾーンを形成し、ゾーン内の速度規制を行う。また車両速度を抑制する道路構造（ハンプ、クランク等）とする。経路対策として、安心して移動できる歩行空間ネットワークの整備（歩道の整備、歩行空間のバリアフリー化）を行う。

4) 歩行空間のバリアフリー化の推進

2000年11月に施行された「高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律」(以下交通バリアフリー法)に基づき、歩行者のための空間の連続性確保、高齢者・障害者が安心して通行できる空間・幅員の確保、勾配を小さくし、段差は適切な処理をして、高齢者・障害者に支障ない通行空間の確保等を行う。主要な鉄道駅等を中心とする地区において、バリアフリー化された歩行空間ネットワークの整備を推進し、バリアフリー化率を平成14年の17%から平成19年には50%以上とする。

5) 安全・快適な自転車利用環境の整備

車道や歩道等から独立した、安全で快適な自転車道の整備を行うとともに、自転車歩行者道において、歩行者・自転車の安全で快適な通行を確保する自転車通行帯の指定とその明示を行う。

6) 適切な情報提供によるヒューマン・エラーの抑制

ITS技術を活用し、人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的とした新しい交通システムを確立する。

7) 交通心理面も考慮した道路交通環境整備の導入

道路景観性を高める道路標識の共架や、速度抑制を喚起する路面標示を導入する。

(2) ITSに関する研究

上記の社会資本整備計画でも ITS 技術の活用が謳われており、ITS 技術を用いた交通安全確保は今後の重要な検討課題となっている。

以下では、国土交通省、警察庁などが進める ITS 関連の調査研究を紹介する。

1) AHS³⁾

国土交通省などが進める AHS (Advanced Cruise-assist Highway Systems : 走行支援道路システム) は、道路と自動車が無線通信により連携し、ドライバに対してリアルタイムで情報提供や警報、操作支援を行う走行支援システムである。

現在の交通事故死者数の原因をみると、危険事象の「発見の遅れ」が約 50%、危険回避の「判断の誤り」が約 16%、「操作の誤り」が約 9%となっており、危険事象を早期に発見し、的確な判断と運転操作を素早く行うことが、事故回避には不可欠である。

交通事故を引き起こす可能性がある危険な事象の発生に際して、これらの「認知」、「判断」、「操作」に対して、AHS は、ドライバを支援し、走行時の安全性を飛躍的に向上させるため、1. 情報提供機能、2. 警報機能、3. 操作支援機能という 3 つの機能でドライバにサービスを提供する (図 2.3.4-1)。

具体的には、交通事故を類型別に分類し、死亡者数、負傷者数、損害額などについて、全体に占める割合の高い順に 7 つのサービスについて研究開発が進められているが、いずれのサービスも、その基本的な形態は、危険な事象や運転に影響を与える事象を道路インフラ (機器類等) により検知し、その情報をビーコンから車両に伝えて、車載器がドライバに対して情報提供、警告、操作支援などを行うものとなっている。

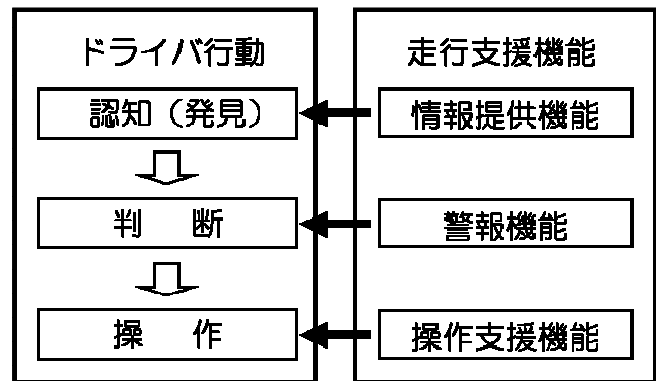


図 2.3.4-1 認知事象と支援機能

7 つのサービスのうち、交差点での交通安全確保に関わるものを以下に示す。

① 出会い頭衝突防止支援

無信号交差点の従道路において、交差点に接近する車両に交差点の存在や位置等の情報をドライバに情報提供する。また、無信号交差点の従道路において発進しようとする車両に対して、接近する車両を検知し、その位置やスピード等の情報をドライバに対し情報提供を行う。

② 右折衝突防止支援

交差点において、対向車線を接近してくる車両の位置やスピードを検知し、右折しようとする車両のドライバに情報提供を行う。

③ 横断歩道歩行者衝突防止支援

交差点において、横断歩道上の歩行者の情報を右左折しようとしている車両のドライバに情報提供を行う。

この他、見通しの悪いカーブ等でカーブの情報や落下物の情報などを提供するサービス、レーンマーカ等により車線内の位置情報を検知し、車両が走行車線を逸脱しそうになった時にドライバに警報、操作支援を行うサービス、道路の路面状況 (凍結、水膜、積雪など) 等を把握しドライバに情報提供等を行うサービスなどが検討されている。

これら 7 つのサービスを行うことで、これらに関連する交通事故の 2/3 の削減に有効であり、全体としては、交通事故の 50%削減を目指すものとしている。

2) 歩行者 ITS

歩行者等の安全な通行の確保として、これまで段差の解消や歩道幅の確保など、物理的なバリアの除去は進められてきたが、歩行空間のバリアフリー化をさらに進展させるため、歩行者 ITS により、高齢者や障害者を含む歩行者、車いす使用者、自転車利用者等の、安全・安心・円滑な移動環境を提供する。

具体的には、歩行者の位置を高精度に測定する技術、詳細なデジタル地図、通信機能を持った携帯端末などにより、(1) 注意喚起、(2) 周辺情報提供、(3) 経路案内の3つの基本サービスを総合的に提供する。

(3) その他の検討

1) 道路および歩道照明に関する研究⁴⁾

国土交通省国土技術政策総合研究所では事故削減と道路照明との関係について調査研究を行っている。これまでの結果として、道路照明を行うことでどの程度の事故削減効果があるかについて交差点18箇所を対象に調査を行ったところ、交差点においては適切な明るさの道路照明により夜間事故が減少していることがわかった。歩行者用照明についても、交通バリアフリー法の制定を踏まえ、高齢者や身体障害者等も含め道路利用者の誰もが安全に通行できる明るさを把握することを目的に視認性評価実験を行っているが、その結果では、路面照度3~5 lxでは、基本的要件である路面や障害物の見えやすさなどにおいては満足できるものの、車椅子利用者にとってすれ違う人の顔が見えにくいなどの評価となった。これらのことから誰もが安全・安心に通行できる歩道の明るさは最低限10 lx以上確保する必要があるとしている。

2) 歩車分離式信号⁵⁾

交通死亡事故件数のうち人対車両の占める割合は約3割に上り、このうち約2割が信号交差点で発生していることから、警察庁では歩行者と車両の通行を時間的に分離する「歩車分離式信号」について、全国で100箇所の交差点を抽出の上、平成14年1月から半年間モデル運用を行い、設置効果を定量的に評価するとともに、運用交差点を管轄する警察署からのヒアリングを含むパブリック・インボルブメントを実施した。モデル運用結果としては、交通事故発生状況として実施前後6ヶ月の比較(前年同月比較)で、交通人身事故件数は182件から112件と約4割減少し、人対車両の事故は30件から8件と約7割減少した。一方歩車分離信号の欠点として、交差点の許容交通量が減少し渋滞が発生しやすくなることについては、右左折車両分離方式で若干の減少、スクランブル方式又は歩行者専用現示方式で20%増加、合計で約2%減少した。ヒアリング結果をみると、導入に賛成が7割を超え、優先して導入すべき場所として、歩行者と右左折車両の事故が多く発生している交差点、通学路、公共施設及び福祉施設等が付近に存在する交差点を挙げる意見が多くみられた。

(文責；安藤)

参考文献

- 1) 社会資本整備重点計画について、国土交通省総合政策局政策課
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha03/01/011009_.html
- 2) 交通安全のための道路行政、国土交通省道路局ホームページ
<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/index.html>
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所ホームページ、<http://www.nilim.go.jp/>
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所道路空間高度化研究室ホームページ、
<http://www.nilim.go.jp/lab/gdg/intro/traffic.htm>
- 5) 警察庁交通規制課ホームページ、<http://www.npa.go.jp/koutsuu/kisei/shisetu/hosya.pdf>

3. 交通視環境の実態

3.1 地方中核都市における交通事故多発地点の実態調査

2.1 章では交通事故全般の特徴（時間帯、天候、人的要因、道路形態・種別など）や原因が記述された。運転に係わる情報の内、視覚情報の占める割合は90%以上であると言われている¹⁾。それ故、交通事故がどのような場所のどのような視環境状態で多発しているのか調査し、それをドライバおよび歩行者の観点から調査・解析できれば、交通安全社会実現の一助となるものと考えられる。

上記交通事故多発地点は、警察庁・国土交通省作成の交通安全マップ²⁾に掲載されている。

この交通安全マップは、全国の都道府県は基より個別市町村の交通事故多発地点の位置・交通事故状況が記載されている。この交通安全マップより、交通事故多発地点の地域特性と交通事故発生状況を解析し、これと交通視環境との関係が考察できれば、交通安全と交通視環境を考える上での有用な資料を得ることができると考えられる。そこで本節では、一例として静岡市内の交通事故多発地点と交通視環境の実態調査を試みることにした³⁾。

調査は下記の手順で進めた。

- ① 静岡県並びに静岡市の交通事故統計の調査
- ② 交通安全マップより静岡市内の交通事故多発地点の抽出と交通事故発生状況の調査
- ③ 上記交通事故多発地点の交通視環境（画像データの収集）の調査

3.1.1 静岡県の交通事故の特徴²⁾

平成9年から13年までにおける警察庁の交通事故集計データによれば、静岡県の交通事故発生件数、死亡事故発生件数および死亡事故者数は、全国都道府県中、各々、8、11、11位に位置する。また、人口1万人当たりの同件数は2、30、30位となっている。

事故件数は全国のワーストクラスであるが、人口1万人当たりの死亡事故件数は全国平均の下位レベルに位置するのが特徴である。

3.1.2 静岡市内の交通事故の特徴と交通事故多発地点の特徴²⁾

(1) 静岡市内の交通事故の特徴

静岡県内の各市町村における人口1万人当たりの交通事故件数を図3.1.2-1に示す。静岡市（旧静岡市+旧清水市）の交通事故件数は全国単位の1位~350位内に入っており、全国的に見ても交通事故率の高い地方都市と言える。静岡市内の交通事故多発地点を図3.1.2-2に示す。

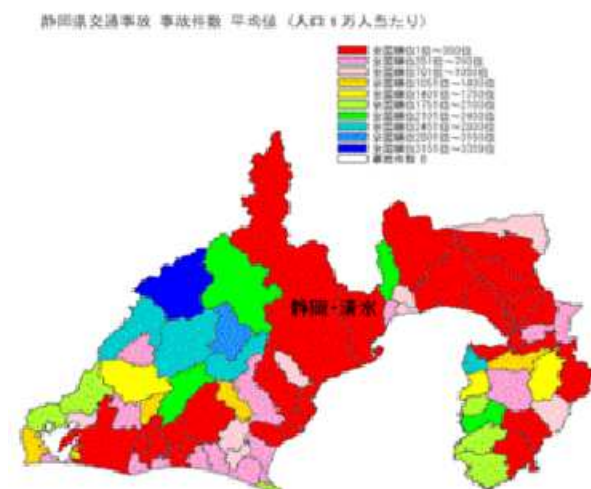


図 3.1.2-1 静岡県市町村別の交通事故発生件数（人口1万人当たり）



図 3.1.2-2 静岡市内の交通事故多発地点

(2) 静岡市内の交通事故多発地点の特徴

静岡市内の交通事故多発地点は、静岡市中心街と清水区（旧清水市）中心街を結ぶ幹線道路「県道静岡・清水線」、国道 354 号線、そして県道 407 号線（旧国道 1 号線）上に主に存在している。これらの 3 道路の特徴と交通事故多発地点の特徴を下記に示す。

1) 県道静岡・清水線は静岡市中心街と清水区（旧清水市）中心街を結ぶ 4 車線（一部区間 2 車線）の幹線道路であり、交通量も多い。本線は一部地域を除き、商業地域・住宅密集地域を通過している。この路線内の事故多発地点の特徴を述べると下記が言える。

① 交通事故多発地点の大半は交通量の多い商業地域及び住宅地域に存在している。

上記の道路構造は通常規模の 4×4 交差点と 4×2（市道）の直交交差点に存在している。

② 他の幹線道路と交わる規模の大きな変則的な交差点が交通事故多発地点となっている。

2) 国道 354 号線は静岡市中心街と郊外の住宅区域を結ぶ 2 車線の 2 級国道で、朝夕の通勤時の交通量が多い。この路線内の交通事故多発地点は、郊外の住宅密集区域に存在している。

3) 県道 407 号線は旧国道 1 号線であり、静岡市内で最も交通量の多い 4 車線道路である。商工業地域を通過しており、横断歩道陸橋も多く設置され、最も整備された道路である。

この路線内の交通事故多発地点の特徴を述べると下記が言える。

① 市内で最も交通量が多いにもかかわらず、交通事故多発地点数は比較的少ない。また、事故の大半が車両相互事故であり、人身事故件数も県道静岡・清水線に比べ少ない。

② 交通事故多発地点の大半は規模の大きな変則交差点である。

以上が静岡市内の交通事故多発地点の特徴である。要約すると下記が結論づけられる。

- 交通量の多い住宅街の交差点や大規模で変則的な交差点が交通事故多発地点となっている。

- 一方、交通量の多い幹線道路でも交通が円滑な箇所は交通事故多発地点とはなっていない。

- 事故が多く発生すると思われる交通量の多い中心街や駅前、繁華街交差点、6×6（右折車線含む）の大規模交差点も交通事故多発地点とはなっていない。

3.1.3 交通事故多発地点の交通事故データシート

そこで、これらの 3 路線の内、県道「静岡-清水線」と旧国道 1 号（現県道 407 号線）の中から静岡県警交通部交通規制課に問い合わせ、位置が特定でき、更に詳細な交通事故統計が得られる事故多発地点の交通事故実態について調査することとした。集計表を表 3.1.3-1 に、データシート（抜粋）を表 3.1.3-2 に示す。

これらの抽出できた 12 カ所の交通事故多発地点の特徴を下記に示す。

① 環境要因（昼/夜）；昼 62.22%，夜 37.78%

② 事故要因；追突事故 34.40%，右折事故 20.68%，出会い頭事故 15.41%

③ その他；昼/夜の全体の事故比率に対して、人対車（横断中）、右折事故などが夜間に高くなっている。

表 3.1.3-1 静岡市内交通事故多発地点のデータ集計（平成 7～13 年度累計）

	人対車 (横断中)	車両相互					車両単独	比率
		出会い頭	右折事故	左折事故	追突他	その他		
昼	17	55	60	44	111	39	5	62.22
夜	13	27	50	5	72	29	5	37.78
比率	5.64	15.41	20.68	9.21	34.40	12.78	1.88	100.00

表 3.1.3-2 静岡市内交通事故多発地点に関するデータシート（平成7～13 年度累計）

路線	場所	時間帯	人対車 (横断中)	車両相互					車両 単独
				出会い頭	右折事故	左折事故	追突他	その他	
県道 「静岡-清水線」	静岡横内 単路部	昼	5	5	4	5	47	19	1
		夜	8	2	6	0	28	13	4
	静岡沓谷 交差点	昼	0	18	3	0	5	2	2
		夜	0	9	6	1	4	1	0
	静岡瀬名川 単路部	昼	1	2	9	7	16	1	0
		夜	1	0	1	0	6	3	0

旧国道1 号線	清水大曲 交差点	昼	1	3	9	4	2	2	0
		夜	1	0	18	1	4	1	1
	清水長崎 交差点	昼	0	4	7	0	5	2	0
		夜	0	3	3	0	3	1	0

3.1.4 調査区域の抽出

調査する地点は交通視環境上の問題や道路構造上の問題を考察するために、交通事故多発地点と非交通事故多発地点（交通事故の危険性が高いと思われるが多発地点となっていない場所；Ex.交通量の多い繁華街通り，交通量が多い住宅街に存在するが事故多発地点でない幹線道路など）を抽出することとした。

調査対象は当該地点を含む区域とした。ノミネートした調査区域の存在位置を図3.1.4に示す。

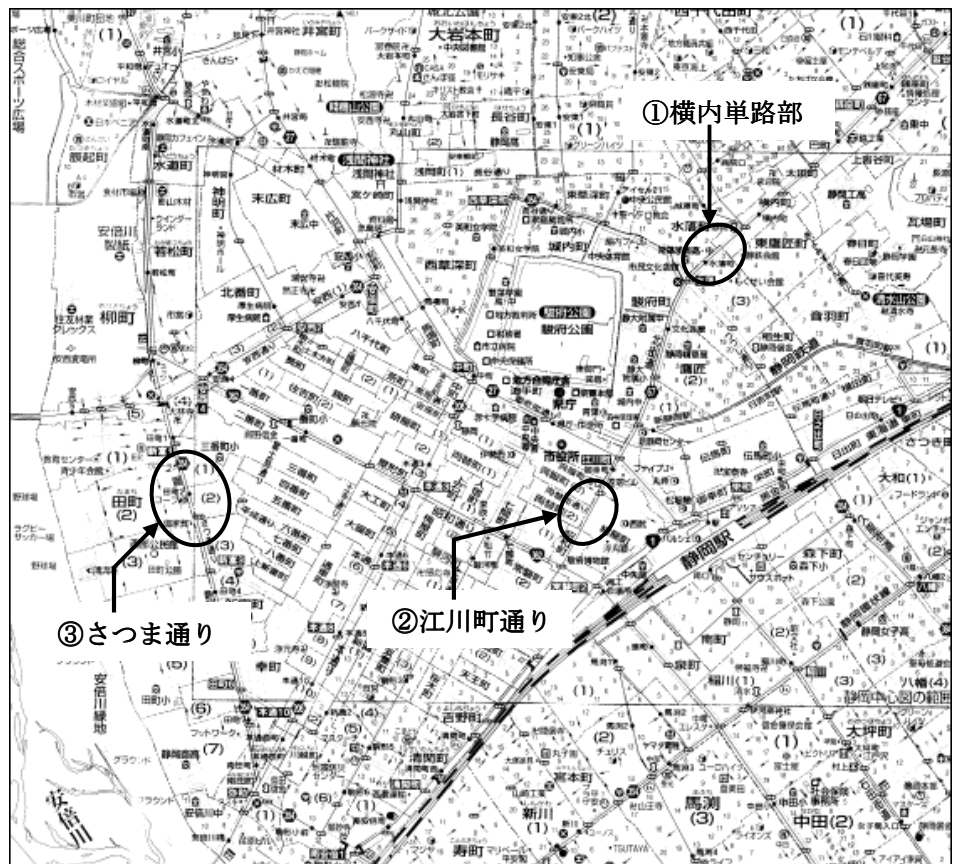


図 3.1.4 ノミネートした調査地点

- ① 静岡横内単路部（葵区横内町；県道「静岡-清水線」）→交通事故多発地点として抽出
片側 2 車線道路である。静岡市中心より約 1.5km に位置しており、本道路面沿いは商業施設、その背面の地域には住宅、学校や病院などの公共施設が密集している。
データシート中の交通事故多発地点の中で、最も事故発生件数が多いと共に、人身事故及び追突事故発生件数が最も多い。
- ② 静岡江川町通り（葵区両替町と紺屋町間）→交通事故非多発地点として抽出
片側 2 車線の道路である。静岡市内の繁華街通りであり、駐停車車両が多く、最も人身事故や追突事故の潜在的危険性が高いと思われる。
- ③ 静岡さつま通り（葵区田町と新富町間；静岡環状線）→交通事故非多発地点として抽出
片側 2 車線の道路である。静岡市中心部を取り巻く環状線の一部であり、本道路の面沿いは小規模な商業施設、その周辺地域は住宅地域となっている。①の地点と比べると、やや交通量は少ないが、交通事故多発地点となっていない。

3.1.5 調査内容

調査地域に対して下記現地調査を実施することとした。

- (1) 交通量の調査；交通量の調査は静岡市役所都市局都市計画部交通政策課が平成 17 年 11 月下旬に実施した交通量調査結果³⁾を参照することとした。
- (2) 交通視環境調査；交通量調査対象地点の昼夜の交通視環境を写真撮影する。

3.1.6 調査結果

- (1) 交通量の調査結果

昼間の時間帯（7:00～19:00）に対する調査結果を表 3.1.6 に示す。なお、静岡市内の交通量の最も多い道路の代表データとして旧国道 1 号（県道 407 号線）の長沼交差点のデータを追記した。

表 3.1.6 昼間における道路交通量調査結果³⁾

測定対象 調査地域	歩行者・自転車		二輪車		自動車	
	通行量	時間量	通行量	時間量	通行量	時間量
静岡横内単路部	----	----	1321	110.1	11613	967.8
静岡江川町通り	----	----	779	64.9	6702	506.0
静岡さつま通り	----	----	434	36.2	8837	736.4
静岡長沼交差点	144	12.0	815	67.9	19825	1652.0

交通量調査結果より下記が言える。

- ① 何れの道路も昼間の 12 時間平均の交通量は、主要道路の基準交通容量 2,500 台/H⁴⁾を上回る状態とはなっていない。
 - ② 横内単路部の自動車交通量は長沼交差点に次ぎ多く、二輪車の交通量は他の地点の約 2 倍となっている。
- (2) 交通視環境調査結果

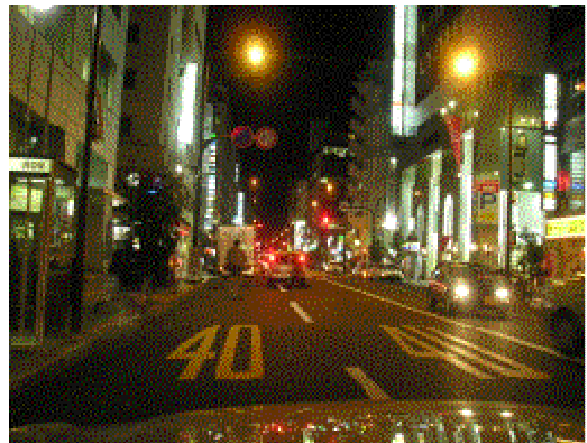
ドライバから見た交通視環境を図 3.1.6-1 に示す。何れの地域も交差点存在位置には道路照明が設置されている。3 地域の交通視環境特性を下記に記す。

- ① 横内単路部；測定区間の前半は道路照明以外に店舗照明が存在し、明るい区間となっているが、後半は店舗照明もなく、道路照明も少ない暗い区間となっている。

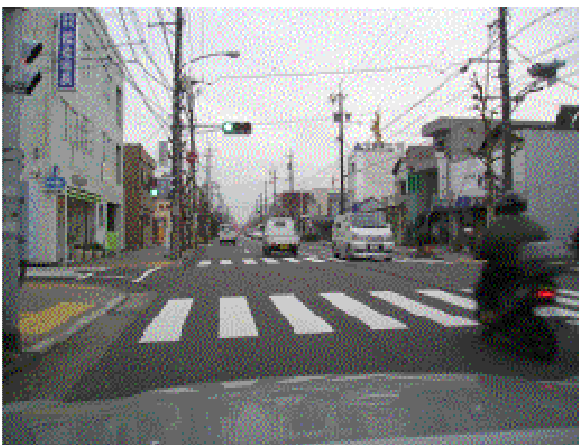
- ② 江川町通り；道路照明のほか店舗照明などの周辺光により最も明るい視環境である。歩道に存在する歩行者は背面の店舗照明によりシルエットや逆シルエットで比較的視認しやすい環境となっている。
- ③ さつま通り；全般的に暗い交通視環境であり，道路照明存在箇所のみ明るい。



A) 静岡横内単路部



B) 静岡江川町通り



C) 静岡さつま通り

図 3.1.6-1 ドライバから見た昼夜の交通視環境

3.1.7 視環境を主体とした交通事故潜在要因の推測と考察

今回調査を実施した3地域の交通視環境を比較すると下記が言える。

(1) 江川町通り（静岡市中心繁華街）

繁華街で交通コンフリクトも多く発生しやすいと共に、商業広告や店舗照明などにより昼夜を問わず視覚ノイズが多く、交通事故の潜在危険性が高いと思われる。

しかしながら交通事故多発地点となっていない理由は、①ドライバは危険性を熟知していると推測されること、②夜間の歩行者の視認性が問題と思われるが、商業広告や店舗照明などのノイズも多いが、それ故、歩行者移動時に歩行者がシルエットや逆シルエットで比較的視認しやすい、と推測される。

(2) さつま通り（静岡市市街地の住宅街を通る環状線）

ほぼ碁盤目状に区画整備されており、各区画の交差点とその周辺に道路照明が設置されており、地域としては全体的に暗いが均一な視環境と思われる。

(3) 横内単路部（静岡-清水を結ぶ幹線道路・・・人身事故が多い交通事故多発地点）

区間の前半区間は明るく、後半は暗い、視環境の明るさが急変する区間となっている。前半の明るい区間では、歩行者は道路照明や背面の店舗照明により存在しやすいと考えられる。一方、後半の暗い区間では、歩道に存在する歩行者は暗い背景にとけ込み、視認しづらいと考えられる。

3.1.8 まとめ

視環境から交通事故原因を推測するために、静岡市内交通事故多発地点の中から位置の特定ができる12カ所を抽出し、事故発生状況と交通視環境を調査した。

その結果、人身事故発生件数の最も多い横内単路部では、調査地域内で環境の明るさが急変し、歩行者の視認性を急変させている可能性がある。これは地域内走行中に、ドライバの意識外で事故リスクが高まっているとも言え、このような無意識中のリスクの変化は交通事故発生要因の一因とも考えられる。

ドライバが確実に危険を回避し走行するためには、走行中の危険リスクが変化しない交通視環境が望まれる。そのためには交通視環境は一定であるか、変化する場合であったとしても、ドライバ視機能が追従できるように地域の照明レベルと視環境を考慮することが望まれる。

なお、上記3カ所の調査地域の視環境（水平面照度、角膜照度、路面輝度など）と眼の反応については計測しており、現在解析中である。今後、照明学会全国大会などで発表することを計画している。

（文責；小林）

参考文献

- 1) 神作博：安全走行へのアプローチ「交通心理学」、第35回自動車技術講習会資料、1991
- 2) ITM 交通安全ホームページ：<http://itm.kotsu-anzen.jp/TSM/ljpMap.jsp>
- 3) 静岡市役都市計画部交通政策課：平成17年度主要交差点交通量調査報告書、平成18年3月
- 4) 武部健一編著、(社)交通工学研究会編：交通工学実務双書-5「道路の計画と設計」、P.29、1988

3.2 市街地交差点における夜間の交通視環境の実態例

3.2.1 概要

夜間の交通安全を向上させるためには、運転者や歩行者等の視環境を良好に保つことが重要である。ところが、夜間は昼間のように自然光が存在しないため、交通安全上必要となる視環境は、道路照明や自動車の前照灯などの人工光によって確保しなければならない。しかし、人工光により昼間と同等の交通視環境を確保することは、技術的にも経済的にも現実的ではなく、また夜間は、沿道の漏れ光や対向車の前照灯など運転者や歩行者等の視環境に悪影響を及ぼす障害光も存在することから、夜間の交通視環境は、昼間と比べどうしても貧弱なものになる。

本節では、このような夜間の市街地交差点における交通視環境の実態の一例について、写真を用い紹介する。またその中でも、夜間に重大事故の当事者になりやすい歩行者の見え方について考察する。

3.2.2 夜間の交差点における交通視環境の実態例

先に述べたとおり、運転者の視点からみた夜間の交差点は、道路照明や自動車の前照灯のみならず、沿道からの漏れ光など様々な照明が視野に存在し（写真 3.2.2-1）、これらが運転者の視環境に悪影響を及ぼすことがある。

まず、市街地交差点でよく見受けられる事例として、交差点近傍にある店舗の照明がある。写真 3.2.2-2 のように、交差点の角部にグレア制限をしていない輝度の高い店舗照明が存在する場合、右折車両から見ると、視野の中心に輝度の高い光源が存在することになり、運転者の目が高い輝度に順応する。このような順応状態のまま、直進してくる対向車をみると、対向車との距離感やスピード感に狂いを生じさせる懸念がある。また、右折先の道路状況を確認する場合も、目が高い輝度に順応しているため、横断歩道あるいはその待機場所に存在する歩行者等を見落とすことが考えられる。

写真 3.2.2-3 は、植栽のある道路の交差点における横断待機場所である。交差点内は、道路照明により充分明るく照明されているが、横断待機場所は植栽と信号柱が障害となり、道路照明の光が遮られ、暗くなっている。左折車両から、このような横断待機場所を見た場合、植樹や信号柱により視野が遮られているだけでなく、横断待機場所の照度が低いため、視環境としては、非常に貧弱なものになっている。

写真 3.2.2-4 は、右折しようとしている車両から横断歩道を渡り始めている歩行者をみたものである。写真では、歩行者は車両の前照灯を背景としたシルエットで確認できるが、前照灯がグレア源となっているため、歩行者が存在していることが分かりにくい。

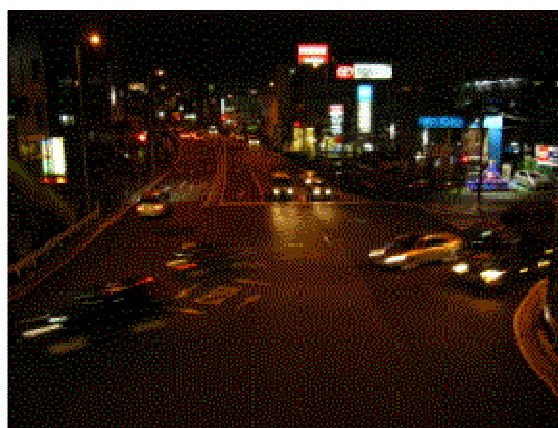


写真 3.2.2-1 市街地交差点

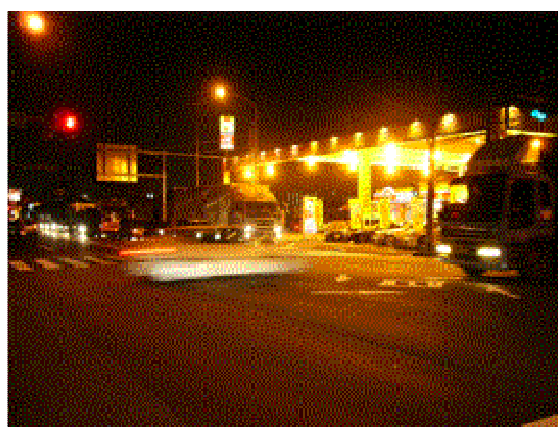


写真 3.2.2-2 沿道の照明

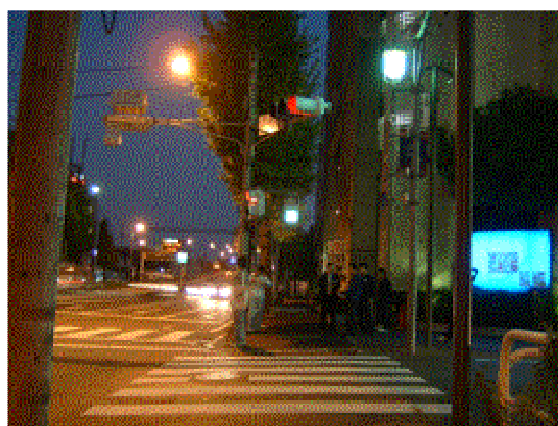


写真 3.2.2-3 横断待機場所

これらのように、ここでは夜間の交差点における視環境について数例例示したが、これらはほんの一例であり、夜間の交通視環境は、昼間と比較して様々な問題点を含んでいるといえる。

3.2.3 歩行者の見え方

ここでは、交差点における横断歩行者の見え方のメカニズムについて考察する。写真3.2.3-1は、沿道の漏れ光を排除した実験交差点における右折車両からみた横断歩行者の見え方である。

これをみると、横断歩行者の下半身は、明るい路面を背景としたシルエット視で確認できる。一方、上半身は衣服が背景の暗闇と同化しているため、顔の部分が浮き上がって見える。

このように、沿道の漏れ光を排除した実験交差点における横断歩道上の歩行者の見え方は、下半身は路面と、上半身は背景との輝度対比により説明できることがわかる。しかし、これはあるシーンにおける歩行者の見え方を説明しているだけで、実際の市街地交差点における歩行者の見え方のメカニズムを明らかにするには、様々な視認条件を考慮しなければならない。実際の市街地交差点では、まず視対象となる歩行者の服装の色や反射率が様々であり、次に、車両からみた歩行者の位置もシーンによって変化するため歩行者の背景が特定できない。さらに、視野内に複数のグレア源の存在が考えられ、これらも時間によって刻々と変化する。これらのことを総合的に考慮すると、実験交差点での見え方で説明したような輝度対比で定量的に評価することは困難である。また、横断歩道上の歩行者を中央分離帯や植樹と見間違えることなく、歩行者と認識することも必要であり、単純に輝度対比で視認性を評価できない。このように、市街地交差点における歩行者の見え方について、指標を定量化することは困難であるが、道路照明や前照灯などの照明のあり方を検討するためには、必要不可欠な課題であり、今後の重要な研究課題の一つであるといえる。



写真 3.2.2-4 横断歩道上の歩行者

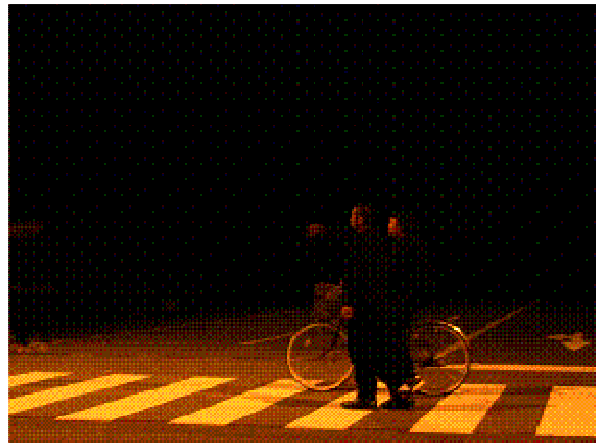


写真 3.2.3-1 歩行者

3.2.4 まとめ

夜間の交差点の視環境は、道路照明、前照灯、沿道からの漏れ光等による照明によって構成されており、これらが複雑に関連しあうことにより、様々な視環境上の問題を作り出している。

これらの問題を改善するためには、視環境評価手法を確立することが重要であり、多くの知見の蓄積¹⁾が望まれる。さらに、具体的な視環境の改善の実施は、道路照明や前照灯など照明を提供する側だけの取り組みはだけでなく、沿道の光環境や道路構造のあり方を含めた総合的なアプローチが必要である。

(文責；河合)

参考文献

1) 例えば岡ら：「交差点照明の照明要件に関する研究」、国総研資料第 289 号，2006

3.3 画像計測を用いた市街地交差点の視環境評価

3.3.1 背景と目的

夜間の交差点は、光が複合する視環境の典型的な事例である。交差点は交通の錯綜が多く、高い視認性が要求される。そのため、道路照明やヘッドライトなどそれぞれの器具による視認性は改善が積み重ねられてきている。しかし、実際の交差点の視環境は、貧弱である。たとえば、周囲の明るさに比べて、交差点中心部ほど道路照明の明かりが届かず暗い。交差点内には区画線がなく、視線誘導されていない。光が複合する実際の道路視環境についての評価はあまり見られない。そこで、交差点における視環境の実態を計測し、ドライバ視点からの視認性評価を試みた。具体的には、交差点の視環境を知るため、交差点手前から横断後までの水平面照度と等価光幕輝度の位置的な変化を計測する。ドライバの交差点の視認性評価とし、交差点横断手前から見たときの交差点横断後の横断歩道（白線）のビジビリティレベル（以降、VL）を求める。前述したように、交差点内の視認性は低い。このため、交差点横断後の進入路の視認性が、交差点の運転し易さに結びついている仮定し、視対象を選択した。

3.3.2 視認性評価実験³⁾

(1) VL の測定

不均一な光環境下で視対象の視認性を評価するため VL を用いた。VL は視対象物と背景の輝度差 ($\Delta L = |L_o - L_b|$) と人間が視認できる最低の輝度差（輝度差弁別閾, ΔL_{\min} ）の比によって表される^{1), 2)}。輝度差弁別閾は、背景輝度と等価光幕輝度、あるいは順応輝度によって変化する（図 3.3.2-1）。本調査では背景輝度、等価光幕輝度の変化のみ考慮し、順応輝度の影響は考慮しない。

$$VL = \frac{\Delta L}{\Delta L_{\min}} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta L = |L_o - L_b|$ 、 L_o : 視対象の輝度、 L_b : 背景輝度、 ΔL_{\min} : 輝度差弁別閾

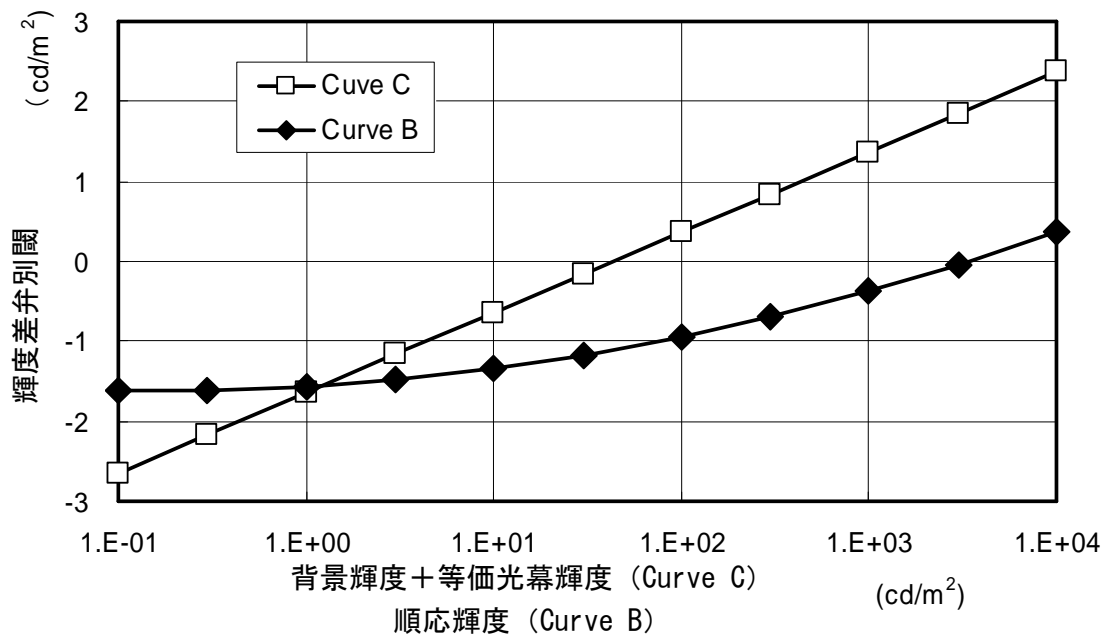


図 3.3.2-1 「背景輝度+等価光幕輝度」と輝度差弁別閾，順応輝度と輝度差弁別閾

具体的には、交差点横断後の直進路にある図 3.3.2-2 に示す横断歩道（車線中央の白線）の VL を計測した。背景は、白線の周り 4 方向の路面とした。対象物輝度と背景輝度はデジタル画像の選択範囲のピクセル値を輝度に変換することで求めた³⁾。切り取り範囲はそれぞれ 3×3 ピクセルで、実際の大きさにすると交差点の幅により 5.6cm×5.6cm～12.3cm×12.3cm である。交差点を横断する手前、デジタル画像を撮影した位置での等価光幕輝度値を VL の算定に用いた。

(2) 評価対象とした交差点

評価対象とした交差点は全部で 9 ヶ所である。札幌市内の都心部の交差点 5 ヶ所(交差点 A1～A5)と郊外の交差点 4 ヶ所 (B1～B4) とした。交差点 A シリーズ, 交差点 B シリーズとも道路幅員は 4 車線以上 (18m～32m) の広い交差点である。都心部の交差点 A シリーズは, 2 種類の道路照明が設置されている。交差点 A1, A2, A5 と交差点 A3, A4 で異なる道路照明装置となっている。郊外の交差点 B シリーズの道路照明は都心部に比べて暗く, 設置間隔が長くなっていた。交差点 B1, B2 は, 周囲に多くの建築物からの光がある。交差点 B3, B4 は, 道路照明はなく, 周囲の建物は少ない。交差点部でゆるくカーブしている。

(3) 実験の概要

視認性評価実験では, 乾燥路面と湿潤路面で 9 ヶ所の交差点の計測を行った。何れの条件でも複数回の計測を行い, 先行車がないなどの条件に適合したときのデータのみを用いた。

実験の様子を図 3.3.2-3 に示す。実験で行った計測は, 以下の二つである。

- ① 交差点前後 500m 区間の水平面照度と等価光幕輝度の連続測定。
- ② 交差点の手前から交差点横断後の横断歩道（白線）のデジタル画像の撮影。

図 3.3.2-4 に示すように, 実験車には照度計, 輝度計, ビデオカメラ, デジタルカメラ, GPS, パソコンを設置した。車種は, 4 ドアセダンである。水平面照度, 等価光幕輝度の値は 1/20 秒毎に記録した。水平面照度は, ダッシュボードの上に水平に設置し照度計によるものである。高さ約 1.0m, フロントガラスの透過率 80% を考慮する必要がある。等価光幕輝度は輝度計にグレアレンズを取り付け, 前方からくる光の等価光幕輝度を測定した。



図 3.3.2-2 視対象物と背景

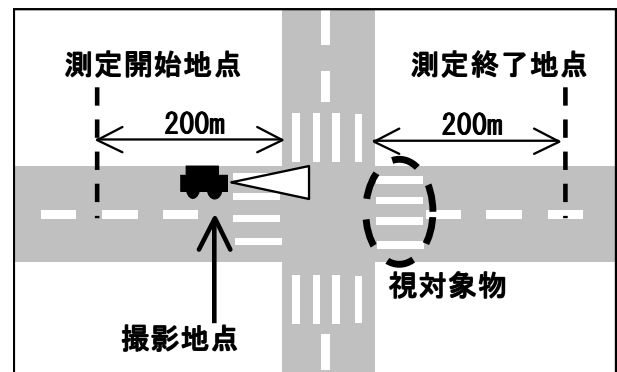


図 3.3.2-3 交差点における画像撮影の計測



図 3.3.2-4 交差点における画像撮影の計測

3.3.3 測定結果

(1) 鉛直照度と等価光幕輝度の連続変化

実験によって計測した交差点前後の水平面照度と等価光幕輝度の位置的な変化を図 3.3.3-1 と図 3.3.3-2 に示す。交差点 A1,交差点 A2, 交差点 A3 (交差点手前) と交差点 A5 (交差点横断後) は、同一の道路照明装置を使っている。この道路照明の特徴は、乾燥時の水平面照度の変化は緩やかであり、等価光幕輝度も低く安定している。しかし、湿潤路面において等価光幕輝度が高くなる。一方、交差点 A3 (交差点横断後),交差点 A4, 交差点 A5 (交差点手前) は、前述の道路照明とは異なる道路照明装置を使っている。水平面照度の変化が激しく、路面乾燥時に等価光幕輝度が高い。しかし、路面湿潤時に、等価光幕輝度は低い。交差点 B1,B2 は、沿道の施設の照明によって交差点近傍が明るくなっている。交差点内の水平面照度は、交差点付近の水平面照度よりも低い。等価光幕輝度の変動は、乾燥路面・湿潤路面とも少なく、路面状態による差も小さい。交差点 B3, B4 は、交差点でゆるくカーブしており、道路照明がない区間となっている。カーブで自動車の前照灯が届きにくいにもかかわらず横断歩道の位置に道路照明がない。人工的な光がヘッドライト以外ほとんどない交差点 B4 は水平面照度および等価光幕輝度とも非常に小さい。

各々の交差点の特徴を以下に簡単にまとめる。

- ① 交差点 A1 : 道路照明の設置位置が高く、運転者の目に直接入る光を抑えている。このため、等価光幕輝度は低い値で安定して推移し、水平面照度の変化も緩やかである。視対象となっている白線付近の水平面照度が高い。乾燥路面において等価光幕輝度は $0.8(\text{cd}/\text{m}^2)$ 前後であったが、湿潤路面では $4.0(\text{cd}/\text{m}^2)$ まで高くなり、その変化も大きくなった。
- ② 交差点 A2 : 交差点 A1 と同じ照明施設を使っている。走行区間および交差点の照度は低く、その変化は小さい。乾燥路面において、交差点 A1 と同様に等価光幕輝度は低く一定である。湿潤路面になったとき、等価光幕輝度は高くなり、乾燥時の約5倍となった。
- ③ 交差点 A3 : 交差点手前と交差点を越えた区間の道路照明施設の異なる交差点である。手前の道路照明は、交差点 A1 および A2 と同じである。交差点を越えた区間の道路照明は、設置高さが低く、設置頻度が密となっている。乾燥・湿潤路面とも、水平面照度は高く、その変化が激しくなっていた。等価光幕輝度は、乾燥時に $1.8(\text{cd}/\text{m}^2)$ から $2.0(\text{cd}/\text{m}^2)$ であり交差点 A1,A2,A3 に比べて高いが、湿潤時において交差点 A1,A2,A3 の半分程度であった。等価光幕輝度の変化は、乾燥・湿潤時とも小さかった。
- ④ 交差点 A4 : 交差点の前後ともに A3 の後半と同じ道路照明が設備されている。灯具の設置間隔は短く、水平面照度の変動が大きかった。乾燥路面で等価光幕輝度は、高くなっていた。しかし、湿潤路面の等価光幕輝度は乾燥時より低く、交差点 A1,A2,A3 の半分程度であった。
- ⑤ 交差点 A5 : 交差点を越えた先の道路照明は、交差点 A1,A2,A3 と同じ種類である。水平面照度および等価光幕輝度の変化も、それらの交差点と類似したものとなっていた。
- ⑥ 交差点 B1 : 交差点近傍の沿道の施設からの明かりが、交差点前後の水平面照度を高くしている。視対象とした横断歩道 (白線) 付近の水平面照度は低い。等価光幕輝度は、路面状態に関わらず低く、その変化も小さかった。
- ⑦ 交差点 B2 : B1 交差点を逆方向から走行したものである。沿道の施設からの明かりの影響が大きい。路面状態に関わらず、ほぼ等価光幕輝度は $0.5(\text{cd}/\text{m}^2)$ で一定となっていた。
- ⑧ 交差点 B3 : 全体的に水平面照度が低く、むらがある。沿道施設の明かりの影響を受けている。等価光幕輝度は水平面照度に比べて高くなった。
- ⑨ 交差点 B4 : 水平面照度は低い、その変化は大きかった。等価光幕輝度はほとんどゼロに近く、路面の影響はなかった。

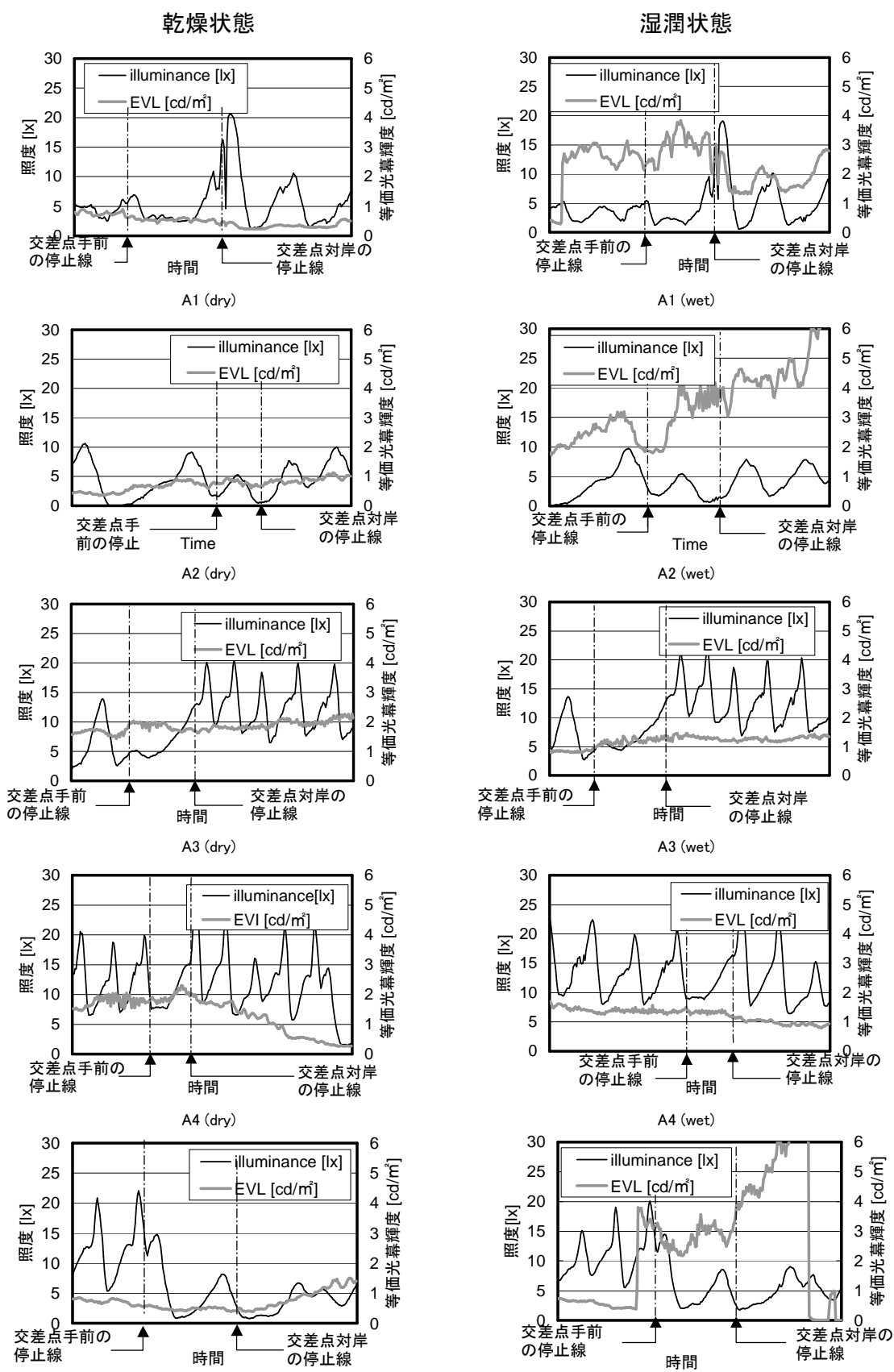


図 3.3.3-1 交差点 A1 から交差点 A5 の水平面照度変化と等価光幕輝度の変化

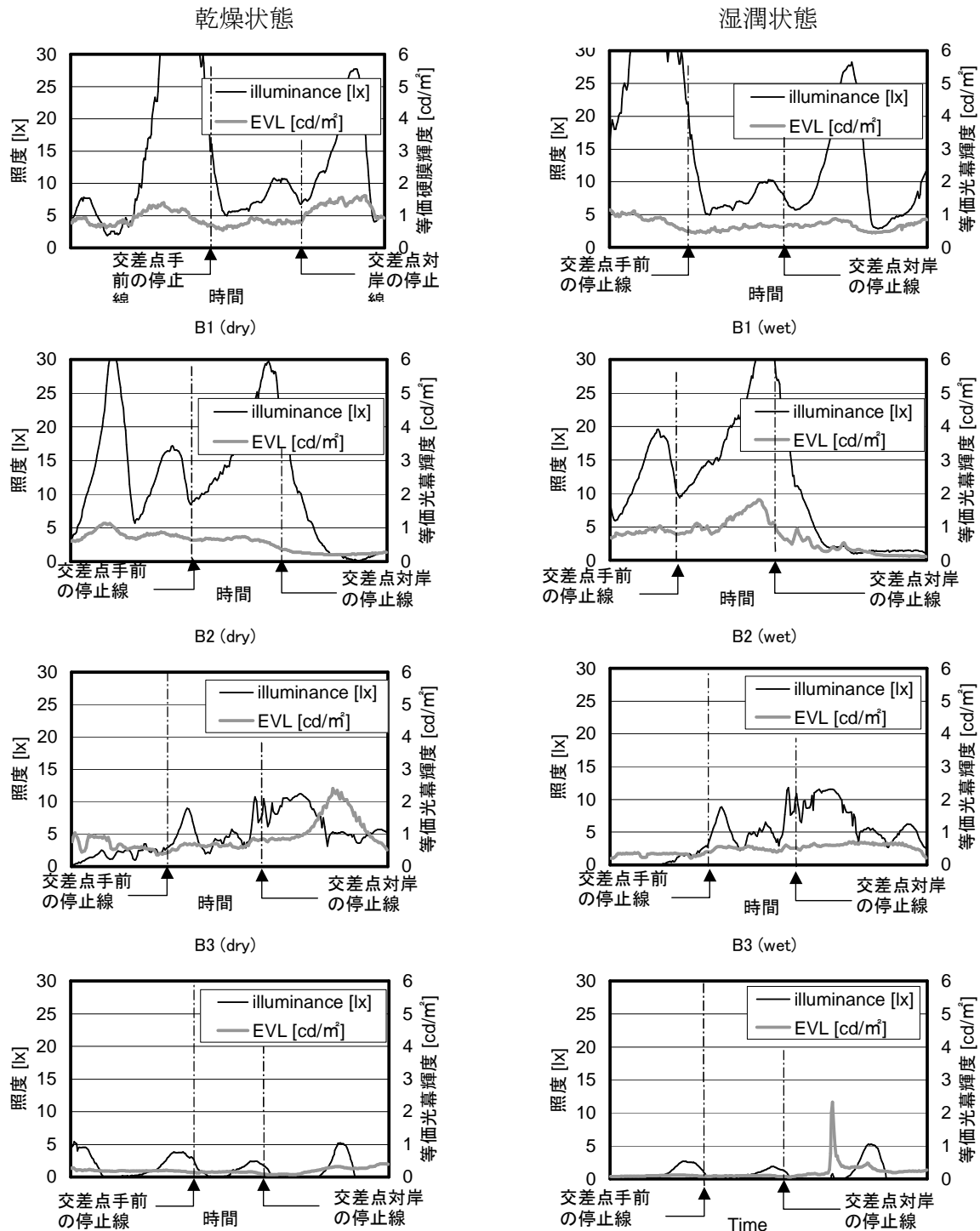


図 3.3.3-2 交差点B1 から交差点 B4 の水平面照度変化と等価光幕輝度の変化

(2) 視認性評価結果

各交差点の視対象輝度を図 3.3.3-3 に、背景輝度を図 3.3.3-4 に、等価光幕輝度を図 3.3.3-5 に、VL を図 3.3.3-6 に示す。道路照明がしっかり設備されている A シリーズの交差点の視対象輝度は、交差点 B シリーズより高くなった。交差点 B1 と B3 の湿潤路面を除いて、湿潤路面における視対象輝度は乾燥路面に比べて低くなった。背景輝度は、交差点 B1, B3 の路面湿潤を除いて、交差点箇所や路面による違いが小さく、似たような値となった。等価光幕輝度は、交差点 A シリーズで高く、交差点 B シリーズで低くなった。交差点 A1, A2, A5 の湿潤路面における等価光幕輝度は、

乾燥路面のときよりかなり高くなった。交差点 B シリーズの等価光幕輝度は路面にかかわらず低かった。交差点 A1,A2,A4,A5 の VL は、乾燥路面で高かった。湿潤路面では、等価光幕輝度の増加の影響から、それらの VL は低くなった。交差点 B1 は、路面に関わらず VL が最も低くなった。一方、交差点 B4 は、暗いが VL は高かった。湿潤路面の VL は、9つの交差点の中で最も高くなった。

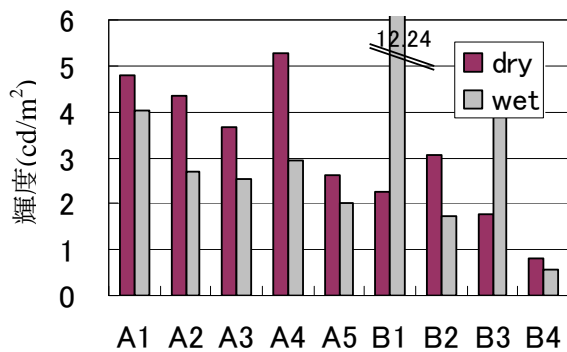


図 3.3.3-3 視対象輝度

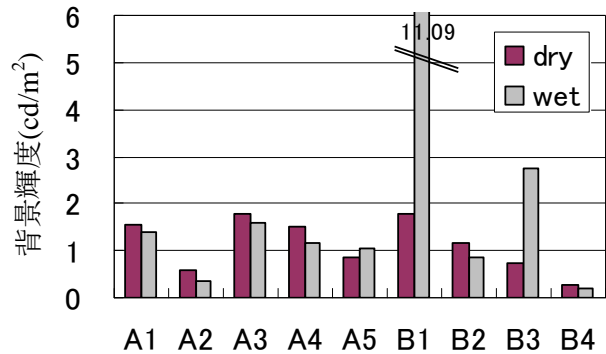


図 3.3.3-4 背景輝度

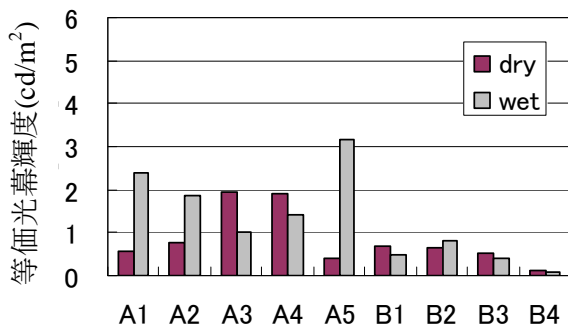


図 3.3.3-5 等価光幕輝度

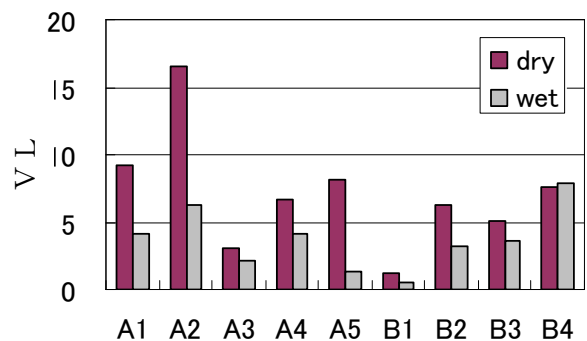


図 3.3.3-6 VL

3.3.4 まとめ

本調査では、交差点を越えた箇所の横断歩道を視対象とし、交差点とその周囲の照明環境がその視認性にどのような影響を与えるかを実験的に計測した。視対象の視認性を評価値として、不均一な光環境で視認性を評価できる VL を用いた。道路照明は視対象の VL を高くする効果があった。路面が湿潤になると、ほとんどの交差点で視対象の VL は小さくなった。道路照明がしっかりしているところほど、路面による VL の差は拡大する傾向にあった。交差点近傍の建物などからの明かりも、VL を低くした。しかし、道路照明や建物の明かりのない交差点 B4 では、道路照明がある交差点と匹敵する VL となった。このとき、路面状態による差が小さかった。交通条件によるが、人工的な光を減らすことを運転時の視認性向上対策に組み込むことも必要かもしれない。今後、複合的な光環境下で、有利な視認性を得るための組み合わせと条件について、具体的かつ詳細に検討を加え、理想的な視環境を構築していくことが必要であろう。

(文責；萩原)

参考文献

- 1) 社団法人照明学会：道路照明のビジビリティレベルに関する研究調査委員会 報告書 2002.3
- 2) 日本照明学会：色彩科学ハンドブック（第2版）1章第3節視覚と視認 pp.51-61 1998
- 3) 萩原ら：デジタル画像データの持つ明るさ情報を用いた視認性評価に関する研究，第19回交通工学研究発表会論文報告集 pp.93-96 1999

4. ドライバの特性

本章では、交差点の視環境の問題点を明らかにするために、視認にかかわる人間特性を中心に従来知見の概要をまとめ、研究事例や代表的な人間特性について記述する。以下では、ドライバの人間特性を運転特性、視覚特性、注視行動の三つの観点から整理する。なお、近年の高齢化社会の進展¹⁾に伴って、高齢者の交通事故^{2~4)}の問題がクローズアップされ、社会的な関心の高い高齢者の特性については、各節の中で各々述べる。

4.1 運転特性

運転中のドライバは、外界からの様々な情報を獲得し、とるべき運転行動を選択・判断して、運転操作を行って車両運動に反映させる。ドライバは人間-機械系システムの中で、認知・判断・操作のループを絶えず繰り返しているといえる。車両の運転は、絶えず状況が変化する高度に複雑な外界刺激に対して人間が反応する行動であり、列車や航空機に比べて極めて自律性・自由度が高いことが特徴である。このため、運転特性を分析する場合に、車両の運転を単純化した刺激に対する人間の応答特性を計測した基礎的な研究や特定の運転場面での判断や運転操作を調べた結果が報告されることが多い。また、これらの特性は加齢による心身機能の変化の影響を受けるため、年齢に伴う特性変化も重要である。

以下では、ドライバの運転行動に関わる基礎的な知見や解析の研究事例を紹介するとともに、高齢ドライバの運転特性に関する従来知見について述べる。運転行動のうち注視行動については、4.3で詳細に述べる。

4.1.1 反応時間

ある刺激に対して、刺激の知覚、行動の意思決定（判断）、行動の実行というプロセスが逐次的（一部は並列的）に処理されるが、この処理に要する時間が反応時間である⁵⁾。たとえば、ドライバが赤信号で停止する場面を想定すると、赤信号を認識し、止まるためにブレーキを踏むことを意思決定し、ペダルを踏むというプロセスがこれに相当する。反応時間に関しては、心理学や人間工学の分野で古くから研究がなされており⁶⁾、車両の運転では反応時間の遅れは事故に直結するおそれがあるため、重要な基礎特性といえる。

反応時間は、単純反応（一種類の刺激に対して単一の反応をする）と選択反応（複数種類の刺激に対して各々別の反応をする）に単純化して計測される。反応時間は使う感覚器官や刺激の複雑さや注意の状態などによって異なるが、単純反応の場合、視覚に対して0.15~0.2秒、聴覚に対して0.12~0.16秒、触覚に対して0.11~0.16秒と非常に短い時間である^{7~9)}。選択反応は単純反応より時間が掛かり、選択反応が単純反応の約1.5倍であったとの報告がある¹⁰⁾。一般に、反応時間は判断時間と動作時間の和と考えられ¹¹⁾、選択反応は単純反応より判断が要求されるため反応時間が延長する。

高齢者では、単純反応より選択反応の方がより大きな遅延がみられ、選択肢の数が増えるにつれて、若年者以上に反応時間が延長する¹²⁾。2002年から70才以上の高齢者の運転免許更新時に受講が義務付けられた高齢者運転講習では、運転を模擬した操作中の単純反応と選択反応の検査が含まれており、反応時間の検査結果をもとに安全運転のための助言が行われている¹³⁾。また、高齢者は視野の周辺刺激に対する反応時間の低下が若年者に比べて大きい¹⁴⁾ことが、複雑な交通場面や出会い頭などの場面で高齢者の事故が多いという事故分析結果の原因の一つと推察できる。

車両の運転は限られた時間の中で、刺激に対してすばやく正確に反応することが要求される。したがって、反応時間とともに作業成績も重要である。運転者を対象に、事故群と優良群の選択

反応課題の成績を比較した実験では、事故群は優良群より反応時間が早いですが誤反応が多いと報告されている¹⁵⁾。

近年、ブレーキペダルの踏み違えと思われるエラーによる交通事故や高齢者（認知症）による高速道路の逆走事故が多発し、高齢者の認知機能¹⁶⁾や認知症¹⁷⁾の研究およびヒューマンエラー¹⁸⁾に対する原因分析や対策が一層望まれている。

4.1.2 運転行動

ドライビングシミュレータや実車にて様々な運転場面で運転行動を計測し、その特徴を抽出評価する試みがなされている^{19), 20)}。計測用車両により実路での運転行動を計測して作成された運転行動データベース²¹⁾を用いて、一時停止行動をモデル化した研究²²⁾や右折行動を解析して経路誘導情報提示タイミングを検討した報告²³⁾がある。また、交差点近傍に設置したビデオカメラで交差点を通過する車両の運動とドライバの挙動を観察して、交差点進入時の運転行動を解析した結果、徐行速度が高いと安全確認の終了が遅れることが報告されている²⁴⁾。

ドライビングシミュレータを用いて緊急回避時の高齢ドライバの運転行動を分析した研究²⁵⁾では、交差点での飛び出し車両を回避できる割合が高齢ドライバで低下し、回避余裕時間は一般ドライバで1.2~2.4秒に対し、高齢ドライバで1.35~2.7秒と長い回避余裕時間が必要であった。操舵反応時間は一般ドライバの0.3秒以下に対し、高齢ドライバは0.4秒以上であった。

カーナビ、携帯電話やITS車載機器などが運転行動に与える影響を評価した研究も盛んに行われている^{26~28)}。夜間視界補助装置や車間維持装置といった新たな運転支援装置の研究開発が盛んに行われているが、システムの有効性だけでなく社会的受容性の評価も今後一層重要視されるであろう。

4.1.3 リスク知覚

運転中のドライバは、外界から様々な情報を獲得し、危険を見積もって次の運転行動を選択決定する。安全運転のためには、運転技能とともに危険に対する感受性（リスク知覚）が重要である。

実車走行で高齢者の運転技能を運転指導員が評価した研究^{29), 30)}では、実車運転中の運転行動のビデオ解析から運転パフォーマンスを評価した結果、年齢層が高くなるにつれ、運転評価が低下し、特に、確認、合図などで低下が顕著で自己評価と指導員評価のずれも年齢が高いほど大きくなると報告されている。また、高齢ドライバは安全確認行動や減速行動に問題があることが示されている。このことから、高齢者は自分の運転に対する過信があり、確認行動の不足から事故に至る可能性が推察できる。

ハンドルやペダル操作からドライバのリスク知覚特性を推定する研究³¹⁾では、高齢者は危険に対する感受性（リスク知覚）が低下することが報告されている。実車走行映像を用いたドライビングシミュレータを用いて模擬運転場面でのペダル操作からリスク知覚を求めている。

(文責；樋口)

参考文献

- 1) 総務省統計局 (<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2.htm>) (2004)
- 2) 交通事故総合分析センター、「高齢者の事故分析」(2002/3)
- 3) ITARDA インフォメーション (http://www.itarda.or.jp/info24/info24_1.html) (2000)
- 4) 日本損害保険協会:「自動車保険データにみるシニアドライバの事故の現状と予測」(2004)

- 5) 産業技術総合研究所編：「人間計測ハンドブック」，朝倉書店（2003）
- 6) 大山正：「反応時間研究の歴史と現状」，人間工学，Vol.21，No.2，pp.57-64（1985）
- 7) 交通工学会：「交通工学ハンドブック 2005」（2005）
- 8) MORGAN, C.T. et al: 「人間工学データブック」(近藤武他訳) コロナ社（1973）
- 9) 伊藤謙治他編：「人間工学ハンドブック」，朝倉書店（2003）
- 10) Fozard JL et al. : Age differences and changes in reaction time: the Baltimore Longitudinal Study of Aging, J Gerontology, Vol.49, No.4, P179-89（1994）
- 11) 稲葉正太郎：「交通事故と人間工学」，コロナ社（1988）
- 12) 自動車技術会：「高齢者運転適性ハンドブック」(2005/2)
- 13) 例えば，高齢者講習用運転適性検査機器，新潟通信機 (<http://www.niigata-t.co.jp/unteki.htm>)
- 14) 志堂寺和則，早見武人，野瀬康弘，北村文昭，松永勝也：「周辺視領域の刺激に対する反応の加齢効果」，九州大学大学院システム情報科学研究科報告，Vol.2，No.1，p.65-70（1997）
- 15) 長塚康弘：「事故傾性，疲労および単調感と反応時間」，人間工学，Vol.21，No.2，pp.71-79（1985）
- 16) D.C.パーク，N.シュワルツ：「認知のエイジング 入門編」(ロノ町康夫，坂田陽子，川口潤監訳)，北大路書房（2004/3）
- 17) 上村直人，掛田恭子，下寺信次，北村ゆり，真田順子，井上新平：「痴呆性老人と自動車運転」，臨床精神 17) 医学，31 (3)，pp.313-321（2002）
- 18) 田久保宣晃：「交通事故データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察」，IATSS Review, Vol.30, No.3（2005）
- 19) 土居俊一：「ドライバの運転特性評価の現状と将来」，自動車技術，Vol.58, No.12, pp.4-9（2004）
- 20) 上山勝：「運転特性と交通安全の研究」，自動車技術，Vol.56, No.11, pp.22-27（2002）
- 21) 赤松幹之：「運転行動データベースの構築とアクティブセーフティ技術への利用」，自動車技術，Vol.57, No.12, pp.34-39（2003）
- 22) Akamatsu et al.: Modeling of Driving Behavior When Approaching an Intersection Based on Measured Behavioral Data on an Actual Road, Proc. HFES 47th Annual Meeting, p.1895-1899（2003）
- 23) 佐藤稔久，赤松幹之：「運転行動データベースを利用したドライバ右折準備行動の解析」，自動車技術会学術講演会，No.12-05, pp.15-20（2005）
- 24) 木村賢治，渡邊一矢，金森等：「交差点における運転行動解析」，自動車技術会学術講演会，No.16-03, pp.1-4（2003）
- 25) 日本自動車研究所：「高齢ドライバの運転基礎特性に関する研究（第4年度）」（2001/3）
- 26) 田久保宣晃ら：「運転者行動に及ぼすカーナビゲーション装置の影響」，自動車技術会学術講演会，No.106-01, pp.9-12（2001）
- 27) 萩原 亨，徳永ロベルト，下條晃裕：「携帯電話利用が運転者のメンタルワークロードに与える影響」，シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」論文集，pp.39-44（2002/4）
- 28) 日本自動車研究所：「ITS 車載機器の走行時視認・操作の安全性評価報告書」，(1998/3)
- 29) 国際交通安全学会：「高齢ドライバのリスクテイキング行動の研究（II）」（2002/3）
- 30) 蓮花一己，石橋富和，尾入正哲，太田博雄：「高齢ドライバの運転パフォーマンスとハザード知覚」，応用心理学研究，Vo.29, No.1, pp.1-16（2003）
- 31) 國分三輝，古西浩之，樋口和則，倉橋哲郎，梅村祥之，西博章：「運転行動からのリスク知覚推定と高齢ドライバのリスク知覚」，信学技報，HIP2003-118, pp.39-42（2004）

4.2 視覚特性

交通信号や道路標識は道路の付属施設であり、交通の安全上不可欠なものである。だが、標識の周囲に各種信号や表示物、街路灯、道路近傍の種々の灯火などが設置されているため、交通視環境はますます複雑になってきている。たとえば道路標識は道路のなかから当該標識を探し出し、その内容を読み取らねばならない。だから、運転者は種々の妨害物のなかから目的とする信号・標識を運転操作しながら発見し、読み取る。その上、昼夜にわたり運転をする。ここに昼と夜における視認性と注意の問題が浮かびあがってくる。そこで、交通と密接に関係する視覚特性を運転者自身に関したものと道路環境に関したものに分けて論じる。

4.2.1 視感度

自動車であれ、電車であれ、昼夜走行する。それを人間の視覚特性という面からみると、視感度、順応、視力などが関係する。われわれが日常生活で遭遇する光の強さは $10^{-3}lx$ の星明かりから太陽の直射日光のもとでの 10^5lx という広範囲にわたる。瞳孔は光量調節機能をもつといっても、日本人の平均では直径 $2mm \sim 7mm$ の変化にすぎない。これだけでは、広範囲の光の照度／輝度に対応することができない。von Kries の視覚の2重説によると¹⁾、2種類の光受容器、つまり杆体と錐体が条件によって役割分担する。暗いところでは杆体、明るいところでは錐体が機能する。それに対応する用語が前者では暗所視、後者では明所視である。ときには、杆体視と錐体視ということがある。近年では、暗所視と明所視の中間に薄明視を設けている。暗所視の感度は高く、明所視の感度は低い。その中間の感度をもつものが薄明視である。薄明視の条件では、杆体と錐体が同時に活動する。また、分光感度も暗所視と明所視とでは異なる。暗所視では最大感度が $505nm$ のところにあるが、明所視では $555nm$ のところになる。CIE で決定した明所視の比視感度曲線 ($V(\lambda)$) と暗所視の比視感度曲線 ($V'(\lambda)$) がそれである。特に、 $V(\lambda)$ は測光あるいは研究結果に利用されることが多い。 $V(\lambda)$ のピーク波長も暗くなるにつれて短波長側にずれる。これがプルキンエ移行である。

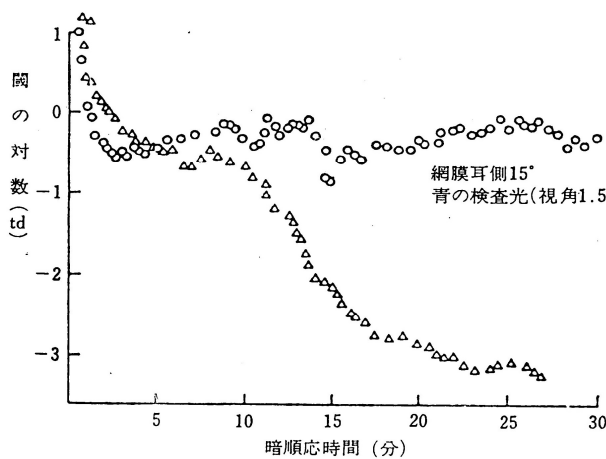


図2.9 先天停滞性夜盲症の被験者 (DT) と視覚健全眼の全褪色後の暗順応曲線 (Alpern *et al.*, 1972による)。
(△印は典型的な健全眼、○印は夜盲症の被験者)

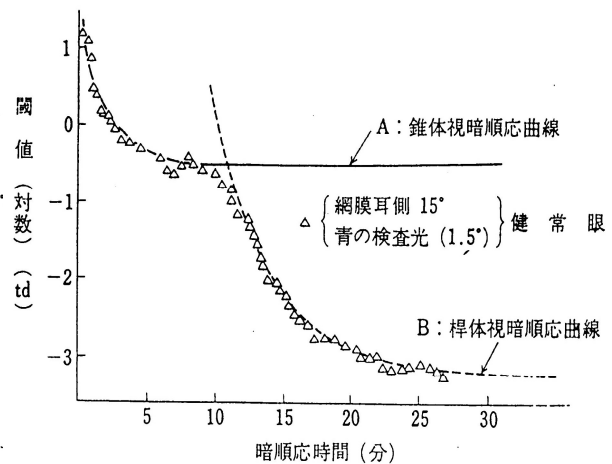


図2.10 暗順応曲線における二相性(△印は Alpern *et al.*, 1972 のデータによる)。

(実線は錐体系について得られる暗順応曲線(A)で、点線は桿体系について得られる暗順応曲線(B)。
△印はコールラウシュの屈曲をもつ典型的な暗順応曲線で、これは(A)と(B)とから成ると考えられる。)

図 4.2.1 Alpern²⁾ の典型的な順応曲線と夜盲症の暗順応曲線

交通場面で考えると、夕方暗くなると、明所視—薄明視—暗所視へと時間的に移行する。通常、夜間走行時には暗所視になることがあるが、道路照明やヘッドライトにより、明所視あるいは薄明視に保たれることが多い。特に、対向車のヘッドライトにより順応状態がくずれ、前方が見えにくくなることは良く知られている。

4.2.2 順応

順応は明順応、暗順応、色順応に分けられる。このうち交通場面と密接に関係するものは明順応と暗順応である。明順応は明るさに慣れてゆく過程であり、暗順応は暗闇に慣れてゆく過程である。明順応は2~3分で安定するが、暗順応は30分ぐらい要して安定する。特に、暗順応曲線は杆体と錐体の出力に分かれるため、多くの人の関心を引いた。一般的には、夜盲症の人では杆体の出力が暗順応曲線に観察されないし、杆体1色型の人では、錐体出力部分が観察されない。典型的な暗順応曲線と夜盲者の曲線は図4.2-1に示されている。いずれにせよ、暗順応は時間的な錐体と杆体の役割分担であり、トンネル照明や明暗の大きいところを通過するときには杆体視と錐体視の繰り返しにならないよう照明側で考慮すべきである。

4.2.3 視力

視力は細部を知覚する視能力であり、空間的大きさや距離を従属変数にしてその方向や文字が弁別できる最小の距離あるいは文字の大きさを求める。視標の種類によって、最小検出閾、最小分離閾（最小解像力）、最小可読閾、副尺視力に分かれるが、実際にはランドルト環や縞パターンなどが用いられることが多い。従来から少数視力が用いられてきたが、等間隔性に疑問があることから、近年になり、対数視力やlog MARが用いられるようになってきた。Log MARは分離や文字を読むための最小視角の対数値であり、log MAR視力表も作られている。

図4.2.3-1は和氣の視標あるいはその背景の輝度に対してプロットしたものである³⁾。Hechtに従えば⁴⁾、低輝度のところは杆体、高輝度のところは錐体の視力である。

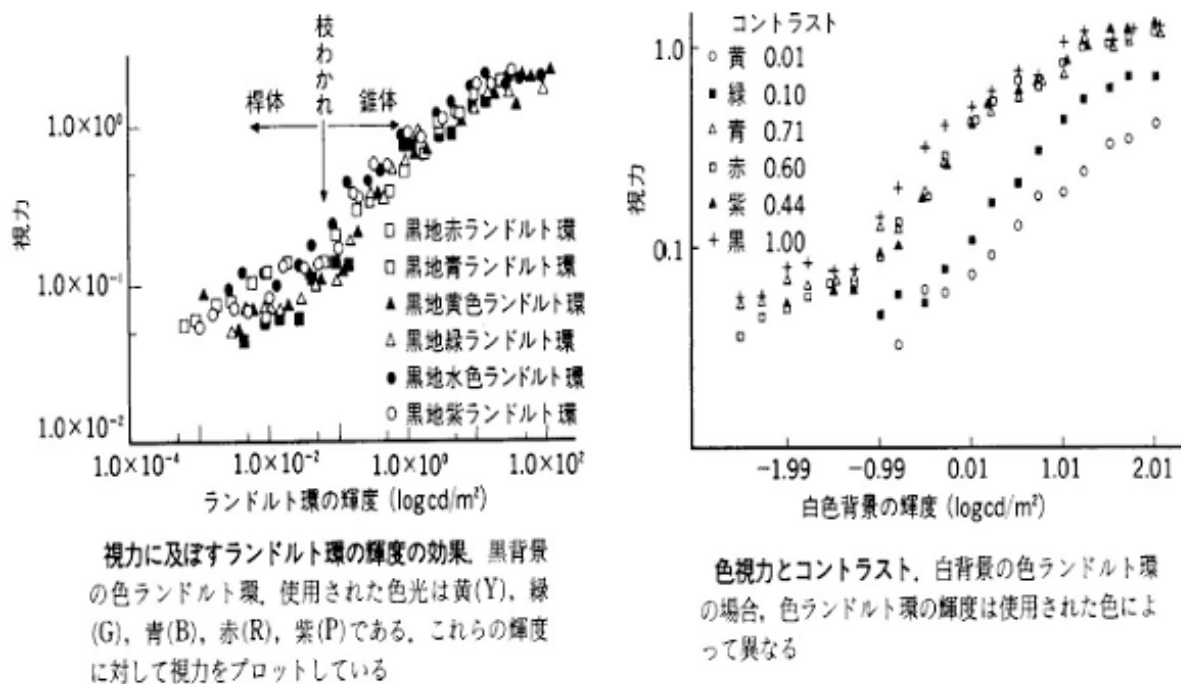


図 4.2.3-1 黒地に色ランドルト環と白地に色ランドルト環の視力

図 4.2.3-2 は市川の加齢の効果を示したものである⁵⁾。それによれば、55 歳を過ぎれば、視力は直線的に低下する。北原は眼内レンズ挿入眼における視力の加齢の効果をみている⁶⁾。それによると、加齢とともにわずかながら視力は低下している。これは網膜から皮質までの伝導路あるいはそれ以降の処理系の加齢効果とも考えられるが、85~94 歳でも 0.8 程度の視力を示している。それにもかかわらず、高齢者に視力の低い人が多く認められるのは水晶体の濁りあるいは調節機能の低下に伴う老視によるからであろう。

最近、動体視力が話題になることが多い。これは静止視力より視力値が低下するし、加齢の効果が現れる。ところで、交通場面では、本当に動体視力が問題なのであろうか。これを強調すれば、運転者は動いている視対象物を見るから、見えにくくなるといえるかもしれない。だが、それよりも運転操作中に視対象を見るからである。つまり、注意を運転操作と標識などを見る作業に分割するからである。これについては分割的注意の問題として後述する。

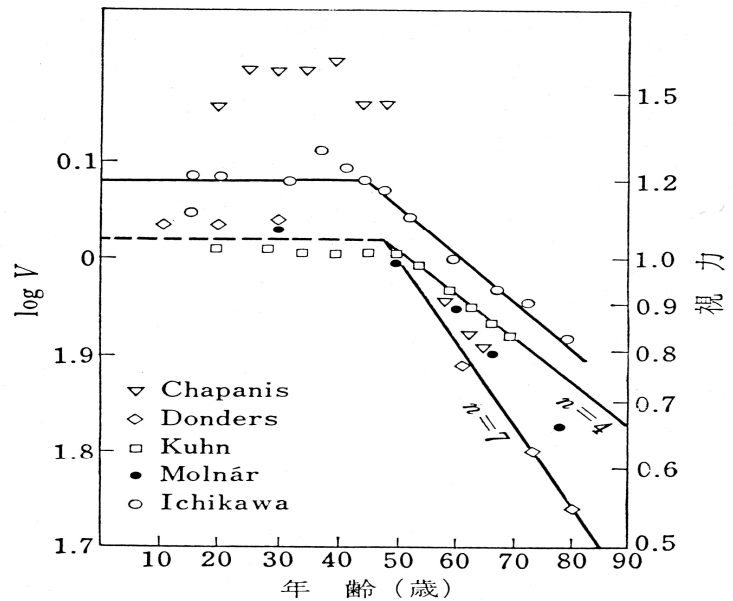


図 4.2.3-2 加齢による視力の低下⁵⁾

4.2.4 道路標識の可読性

道路標識設置基準に、標識の視認・可読性が規定されているが、基本的には、昼光のもとでの規定である。だが、昼間と夜間では交通視環境は全く異なるため、夜間時には標識が読みにくいというアンケート調査もある^{7), 8)}。これは、都市化の進展に伴い、夜間活動が活発化しているのに対して、交通安全施設の夜間対応が遅れているといえよう。

従来の道路標識の設計資料は非高齢者を対象として得られた資料に基づいている。ところで、近年、高齢者の事故が増えつつある。そこで、高齢になると、視覚機能や運動機能の低下が認められることは良く知られているため、原因を高齢者の視覚機能などの低下にもってくる。そうであるなら、標識や信号の整備において高齢者に対する配慮はますます必要となる。最近、和気らはコの字の方向を変え⁹⁾、視認性を求めた。通常の視認性の測定は固視点を見つめながら視標を報告するが、この研究の視認性は固視点を中心にある範囲内に視標を提示する。提示視野が狭ければ、その領域に注意が集中するが、提示視野が広くなれば、視野全体に注意を向けなければならないため集中の程度が落ちると考えることができる。すると、提示視野が広くなれば、成績が低下するはずである。図 4.2.4-1 は非高齢者の視力と視標の大きさの関係を黒地の色視標で求めた結果であり、図 4.2.4-2 は白地の色視標で求めた結果である。図 4.2.4-1 の結果は夜間時を想定したときの結果であり、図 4.2.4-2 は昼間時を想定したときの結果である。

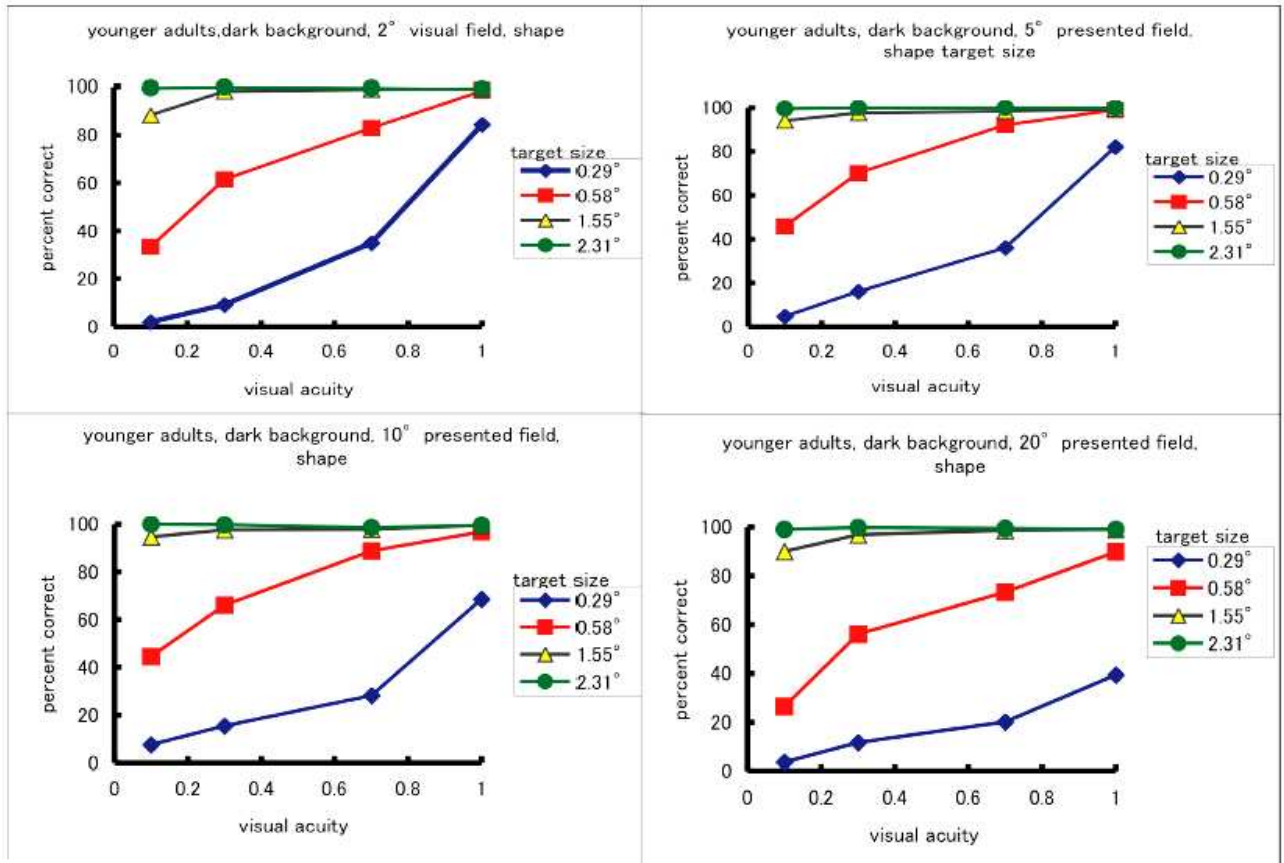


図 4.2.4-1 黒背景の色視標の視認性「視標の大きさと視力の関係」(和気他, 未発表)

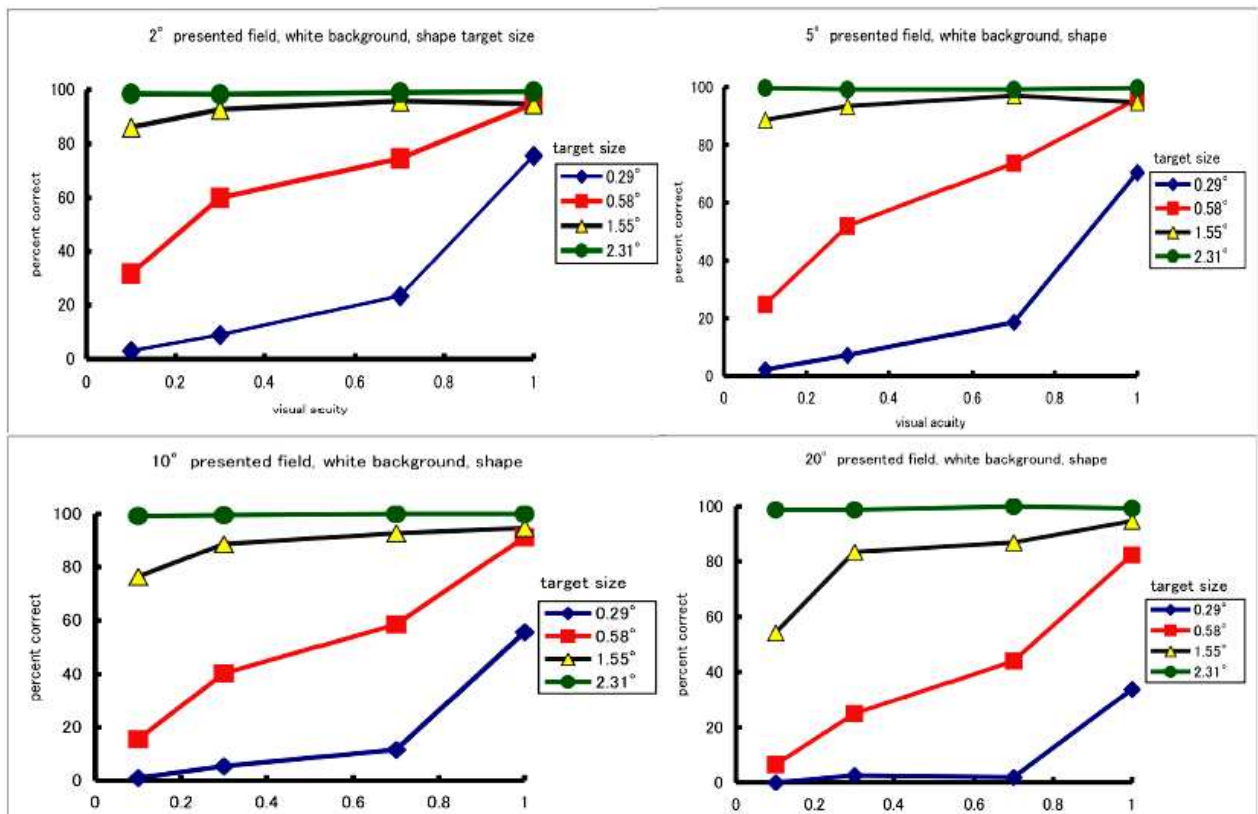


図 4.2.4-2 白背景の色視標の視認性「視標の大きさと視力の関係」(和気他, 未発表)

4.2.5 視覚探索

視認性以外に視覚的注意が基礎的、実用的観点から数多くなされるようになった。そのうちのひとつである視覚探索の研究では、妨害物のなかから目的とするもの（ターゲット）を探し出すための反応時間が求められる。その結果から、ポップアウト（飛び出して見える）するという現象とポップアウトしにくい現象とがあることが指摘されている。例えば、黄色妨害刺激中の青テスト刺激はポップアウトしやすいが、同色の文字列のなかから特定の文字を探す場合にはポップアウトしにくく、探索するのに時間がかかる。われわれの研究では、画面にマトリックス状に配列した文字を被験者に提示する。そのうち1個だけが色を変化させる。被験者はその文字を探して、反応ボタンを押す。かくして反応時間が求められる。先ず、色差が大きいきには文字数が変化しても、反応時間に変化が認められない。だが、同色の文字や、ごく色差が小さいときには、文字数が増えると、反応時間は増大する。この知見は非高齢者や高齢者に共通して認められる。前者がポップアウトであり、後者が逐次探索である（図 4.2.5-1）。そこで、種々の色の組み合わせをつくり、反応時間を求めた。その結果、色差（ E^*ab ）が大きくなると、図

4.2.5-2のように反応時間が短くなり、ついには一定値に達し、変化がなくなる。このように色差を変えると、逐次探索からポップアウトに移行する。

そこで、その境目、つまり臨界色差を求めた結果を見てみよう。図 4.2.5-2 では視力 1.0 の非高齢者と高齢者の臨界色差はそれぞれ 41.02 と 60 であった。この臨界色差は年齢だけでなく、視力にも依存する。つまり、視力が低下すると、非高齢者・高齢者とも臨界色差は大きくなる。眼疾病を有していても、視力が 1.0 あれば、健常者と似た結果を示す。だが、視力の低下や視野欠損が著しくなると、色差が小さいところでの反応時間は長くなる。

手続き

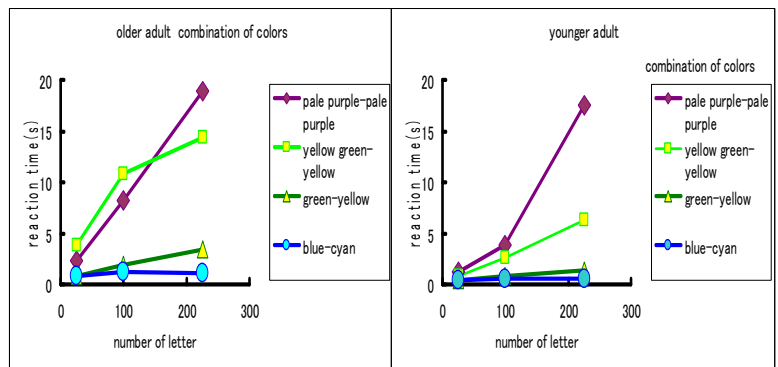
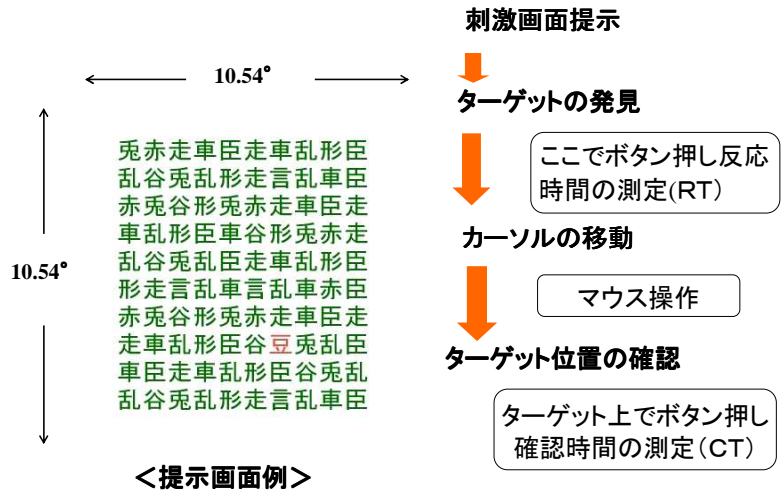


図 4.2.5-1 文字数と色差：ポップアウトと逐次探索

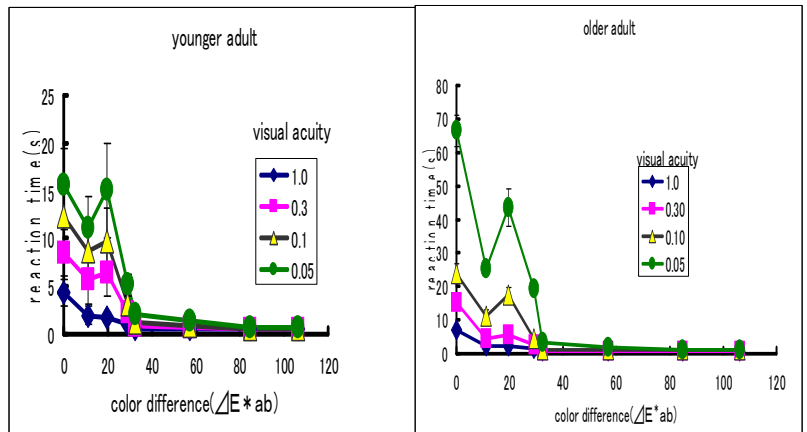


図 4.2.5-2 視覚探索における非高齢者と高齢者の比較

道路標識の場合、ポップアウトしやすく、なおかつ読みやすいものであることが必要である。そのためには色の組み合わせは臨界色差以上の色の異なるものの組み合わせを使用すべきである。

また、交通場面の一部を変えるという変化検出課題のもとで、種々のものがどの程度気付きやすいかを反応時間で測定した。図 4.2.5-3 は実験に使用した交差点の写真一例である。この画像を見ているとき、眼前の自動車、交通信号、路面の色、横断歩道を示す線分を一つずつフリッカーで提示した。結果は図 4.2.5-4 に示すように路面の色や信号の変化は自動車の色の変化より長い反応時間を示した。これは自動車の色の変化は他のものより気付きやすいといえよう。

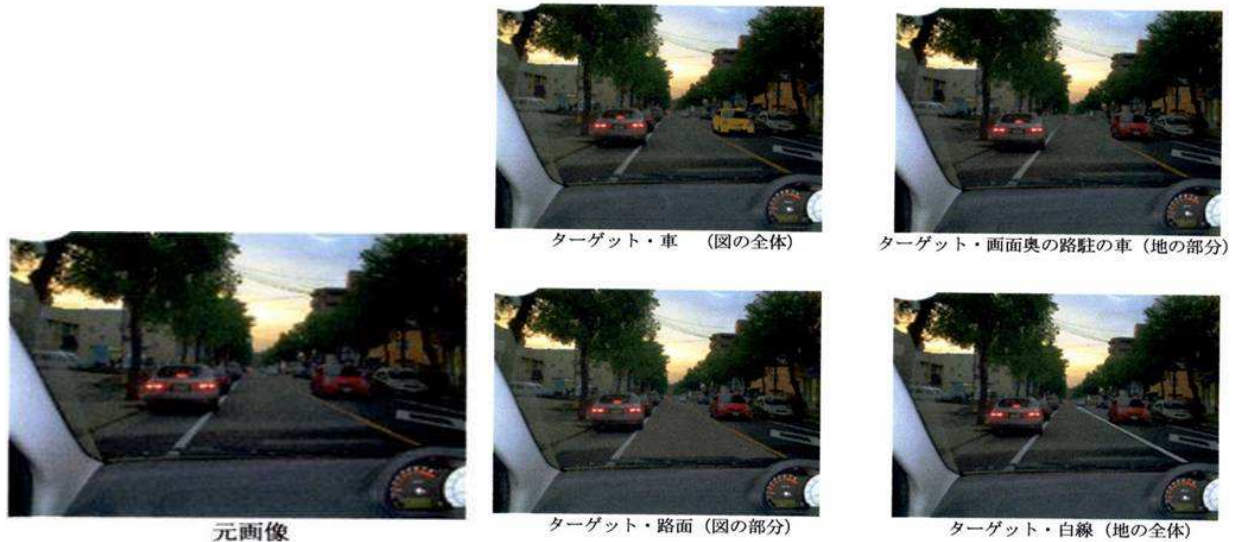


図 4.2.5-3 使用された変化検出課題のサンプル

4.2.6 注意の配分

注意の配分あるいは分割的注意も運転操作中に問題となる。つまり、運転作業中にカーナビを見るなどがこれに関連するように、同時に2つ以上の仕事を同時に行うと、主作業成績の低下、或いは副次的作業成績の低下が良く知られている。そこで、われわれは中心視で文字読みをしながら周辺に提示される文字をどの程度読めるかを検討した。中心視の正答率は85%以上であったが、周辺に提示される文字の偏心度が大きくなると、正答率は低下した。この傾向は高齢者になると顕著になる。また、妨害刺激が付加されると、周辺での成績は顕著に低下する。上記のように交通視環境が複雑になり、運転者が必要とする情報が多岐にわたるようになってから、従前のように運転に必要な情報を道路側から与えるだけではなく、自動車内部にその情報を表示しようとする試みも増えてきている。カーナビを見るということがその代表例であろう。

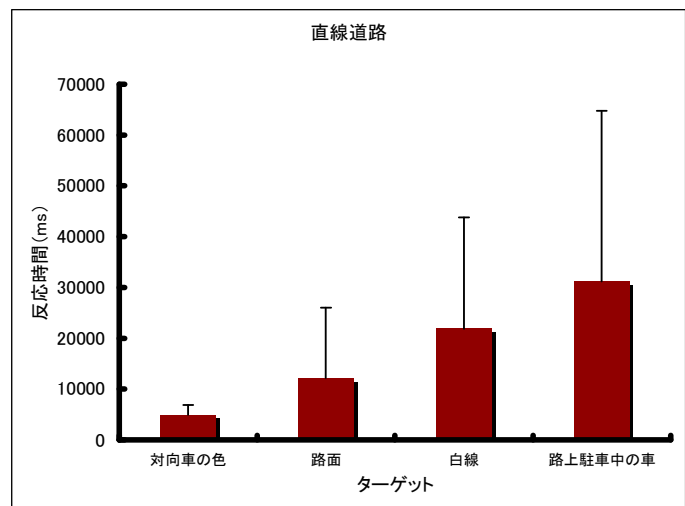


図 4.2.5-4 図 4.2.5-3 のターゲットに対する反応時間 (未発表)

(文責；和氣)

4.2.7 注意の外側—不注意による見落とし—

探し物がなかなか見つからず、人に指摘されて、まさに目の前に置いてあるのに気づき、自分の不注意にはっとした経験はないだろうか。卓上の文房具や書類の見落としならともかく、これが歩行中や運転中の重要な交通信号に対する見落としとなると、話は簡単には済まされない。近年、視覚的注意研究においてこのような見落とし回避に関する研究が盛んに報告されている。

(1) 視野という仮想現実

見落としと視覚的注意を述べる際にまず理解すべき点は、我々が日常経験している主観的な視野像と、実験室内で測定される網膜像とは必ずしも一致しないという事実である¹⁰⁾。我々の日常の視界はその隅々まで高い空間解像度を保っている上、色はその最周辺部まではっきりと感じられる。しかし、一般に初等向けの視覚情報処理の教科書には、人間の網膜は中心と周辺で異なる構造をしており、詳細な文字の認識や色に基づく判断は錐体密度の変化に応じて、中心窩から周辺視に向かい低下すると記載されている。中心窩といえば、視角で2度視野という狭いトンネル視のはずであるが、我々の日常の視野はこれを感じさせない。従って、我々の視野の大部分は網膜像を観察しているというよりはむしろ、眼球運動と脳内処理によりもっともらしく作られた仮想表象を見せられているのではないかという説には一定の説得力がある^{11~13)}。さらに Sperling 以降^{14), 15)}、我々の網膜像の多くは判断といった高次の情報処理に利用されずに、感覚記憶として刻々と崩壊していると考えられている。その意味においても、何らかの視覚信号が網膜像上に投影されていることと、それらの網膜像が実際に高次過程の処理を受けているということは区別して考えるべきである。

(2) 変化盲 (change blindness)

O'Regan らの研究グループはこれらの問題の一端を、自動車運転時のフロントガラスの光景を模したデモンストレーションで鮮やかに示してみせた¹⁶⁾ 補足資料。彼らは、コンピュータの同一画面位置に交互に良く似た2枚の画像を継時的に提示し、これらの違いを検出させるいわゆる間違い探し課題を実施した(図4.2.7-1に我々が作成した刺激例を示す)。

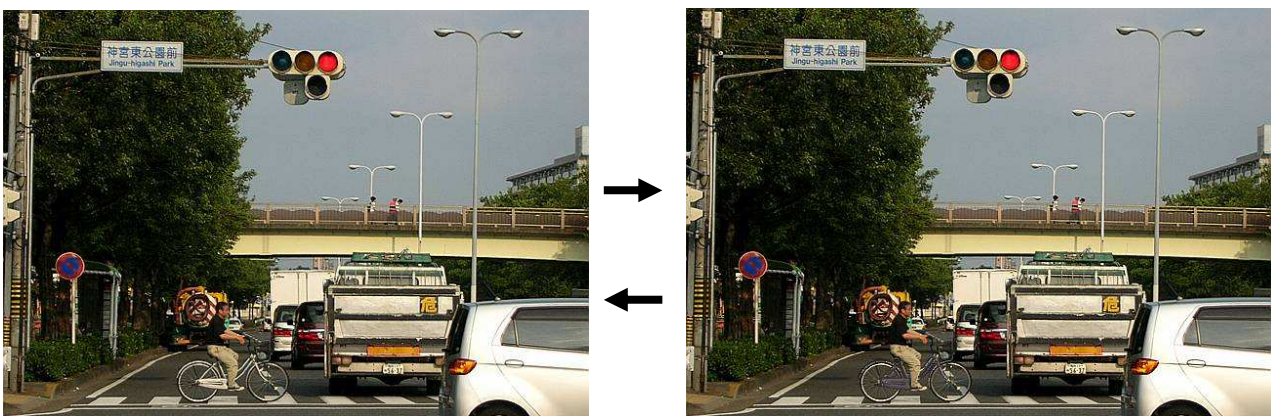


図 4.2.7-1 自然画像を用いた変化盲刺激の例。尚、以下のインターネットのページから、O'Regan, Rensink, & Clark (1998) のオリジナルの刺激を体験することができる。

http://nivea.psych.univ-paris5.fr/Mudsplash/Nature_Supp_Inf/Movies/Movie_List.html

また、本文に記載された他の見落とし課題の幾つかは、以下の URL からみることができる。

http://viscog.beckman.uiuc.edu/djs_lab/demos.html

このとき、2枚の画像の違いは画像の変化として知覚されるが、2枚の画像が入れ替わる際に、自動車のフロントガラスに一瞬泥がはねたような (mud splash) マスクが飛び散ると観察者は画面の変化になかなか気付かない。さらに、当該変化に注意を促されるまでは同一の刺激が連続提示されているように感じられる。これは変化盲 (change blindness) ないし変化の見落とし課題と呼ばれ、今では多くの例が報告されている^{17~19)}。例えば、泥はねの代わりに2枚の画像の間に一定時間以上ブランク画面が挿入される場合 (フリッカー法) や²⁰⁾、瞬きやサッカード眼球運動の間に画像が入れ替わる場合^{21~23)}、視対象が短期間遮蔽されその間に変化する場合²³⁾、刺激変化が漸近的な場合等にも同様に変化の見落としが生じることが知られている²⁴⁾。サッカード眼球運動の生起確率は毎秒数回であるから、我々が日常生活において視対象の変化、例えば信号の色の変化や自動車の出現を見落とし頻度はかなり高い計算になるが、実際の日常生活でそのような見落としは頻繁には起こらない。目下これに対する説明は、日常場面では視対象の変化は輝度変化や低次仮現運動といった過渡的な信号 (visual transient) を伴い、これらは人間の注意を引きやすいために、眼球が静止している間にこの信号が検出されることで見落としが回避されるというものである^{24)、25)}。実際、観察者の注意が変化項目に向けられていれば、変化は容易に知覚される。

このほかに変化盲の特性として、眼球の注視位置は必ずしも変化検出位置を予測しないこと²¹⁾や、一度に変化が検出可能な情報量は視対象数にして静止画面なら 4 ± 1 個程度であることがよく知られている^{26)、27)}が、運動する視対象に対してはこれが1、2個に減少するという²⁸⁾。

(3) 注意の構えと不注意による見落とし

変化盲は特殊な状況における見落としだと思われるかも知れないが、この知見が広く知られるようになったことで、従来の学会の常識では受け入れ難かった日常生活の見落とし現象が現実的に議論されるようになった。

例えば、80年代から90年代にかけての視覚的探索研究では、空白の画面に図形が一つ提示される場合や、前述のポップアウト刺激は、実験室内では非常に顕著 (salient) で目立つ視覚対象であるため、例え他の視覚対象に注意を焦点化していてもこれらに容易に気付くとされていた²⁹⁾。

これを道路信号等に応用するならば、運転者や歩行者の注意状態とは無関係に、刺激駆動的・受動的に観察者に気付いてもらえるような視覚情報の提供方法が期待される。しかし今日では、これらの刺激ですら、他所に強力に注意が焦点化されている場合や、実験参加経験がない一般人を対象とした場合は、見落とされたり、うまく報告されないという例が議論されている^{30~33)}。

さらに同様の知見が、視野内を運動する対象を注意によって追跡している場合にも認められる (持続性不注意盲, sustained inattention blindness)^{34)、35)}。この場合の見落としは、携帯電話に対する発話といった視覚以外の要因によってさらに増加する³⁶⁾。その上、これらの見落としと類似した情報処理が、仮想現実空間内の運転



図 4.2.7-2 引用文献38)で安全装置の一例として紹介されているナイトビジョンシステム。フロントガラスの視野からは前方の人影は分かりにくいですが、ダッシュボードに取り付けられた小画面には、赤外線カメラによって捉えられた歩行者が白い影として映し出されている。

Photo courtesy of Bruce Gain, Wired News (<http://www.wired.com/news/technology/0,70182-0.html>)

Copyright 2006, Lycos, Inc. Lycos is a registered trademark of Lycos, Inc. All Rights Reserved.

でブレーキを踏むタイミングの遅れとして観察されるという³⁷⁾。

これらの状況で共通するのは、刺激に対する予期や期待が乏しいことにより、検出すべき顕著な刺激に対して注意の空間的な配分や注意の構えが不適切な状態になっている点である。これは即ち、観察者の予期や期待に基づく注意の構えが適切でなければ、いかなる物理的に適切な道路交通信号であっても潜在的に見落とされる可能性から逃れられないことを意味している。

(4) 今後の対策

では、このような状況を踏まえた上で、運転者に道路情報を確実に提供するためにはどのような様に彼らの注意状態を確保すべきであろうか。一つは、運転者に外部から安全警告信号を与えることにより、運転者の注意を喚起させる方法が考えられる。近年では車内で音声出力や、ダッシュボードやカーナビに設置された小型液晶画面を用いて、潜在的な事故の危険性に対して警告信号を発するタイプの装置が複数登場している(図 4.2.7-2)。しかし現状では、これらの安全機器自体が誤報等により、本来前方にあるべき運転者の注意を無用に引きつけている点が指摘されている³⁸⁾。また、運転中はこれらのシステムから運転者の注意をそらす事象も多いことから、今後は運転者の注意特性に合わせて警告信号を最適化する手法の確立が必要だと考えられる。

もう一つの可能性としては、訓練等の過去経験によって、運転者の注意特性をより安全な方向に変化させるという方法である。これに関して、近年、ある種のテレビ・ゲームの経験が、有効視野範囲を含む複数の注意機能を向上させるという議論が真面目に取り上げられるようになっており^{39~42)}、これを受けて、米国では軍事訓練やリハビリテーションに対するテレビ・ゲームの有効性が期待されている。テレビ・ゲームに限らず、スポーツ歴に代表されるある種の訓練や過去経験が注意特性を変容させることはありうることである⁴³⁾。特に今後増加が見込まれる高齢ドライバーに対しては、有効視野範囲の個人差と自動車事故確率の因果関係が繰り返し指摘されている^{44), 45)}。このことから、テレビ・ゲームに匹敵する適切な課題を探し出すことで⁴⁶⁾、⁴⁷⁾、彼らの有効視野といった注意機能を訓練できるかどうかは興味深い。

(5) その他

なお、ごく最近、注意が焦点化されている空間の外側でも自動車等の乗り物が含まれる自然画像は高速で容易に検出できるという超高速カテゴリ化 (ultra rapid categorization) が報告されており⁴⁸⁾、自動車等を刺激とした場合の種々の見落とし実験との不一致が目下議論中である。また、被験者が意識的に変化に気付かなくても、眼球運動等の幾つかの運動指標が視覚対象の変化を敏感に反映していることが報告されている^{49), 50)}。このような視覚システムのある種無意識化・自動化された側面と道路交通問題の関係については現時点では不明である。

(文責；葭田・ハーバード大)

参考文献

- 1) Kries J von : Uber die Funktion der Netzhautstabsechen, Z. Psychol. Physiol. Sinnessorgane, 1895, 9, 81-123.
- 2) Alpern M, Holland M G, and Ohba : N. Rhodopsin bleaching signals in essential night blindness. Journal of Physiology, 225, 457-476.
- 3) 和気典二 : 色と形のあらわれ方と視認性, 科学, 65, 440-455, 1995, 岩波書店
- 4) Hecht S : Vision II. The nature of the photoreceptor process. In C. Murchison (ed), A handbook of general experimental psychology. Worcester, Mass, Clark University Press, 1934.

- 5) 市川宏：老化と眼の機能，臨床眼科，35，9-26，1981.
- 6) 北原健二：高齢者の視覚機能，電子情報通信学会誌，82，502-505，1999.
- 7) 道路標識表示装置の高度化に関する検討委員会，道路技術5箇年計画
- 8) 道路標識表示装置の高度化に関する検討報告書，1998
- 9) 和気典二：時間・空間・感動—の緩慢な獲得と喪失を考える—視覚と触覚の視点から 2005 年度日本認知心理学会，2005
- 10) 荻阪直行；まえがき，周辺視機能の精神物理学的機能，風間書房，1-3，1983
- 11) O'Regan J K & Noë A：A sensorimotor account of vision and visual consciousness, *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 883-917, 2001
- 12) Noë A：Is the Visual World a Grand Illusion? *Journal of Consciousness Studies*, 9, 1-12, 2002
- 13) Rensink R A：The dynamic representation of scenes. *Visual Cognition*, 7, 17-42, 2000
- 14) Averbach E & Sperling G：Short-term storage of information in vision. In C. Cherry (Ed.) , *Information theory*. London: Butterworth, 1960
- 15) Sperling G：The information available in brief visual presentations, *Psychological Monographs*, 74, 29, 1960
- 16) O'Regan J K, Rensink R A & Clark J J ; Change-blindness as a result of 'mudsplashes'.. *Nature*, 398, 34 (Supplementary information: [1999http://nivea.psych.univ-paris5.fr/Mudsplash/Nature_Supp_Inf/Movies/Movie_List.html](http://nivea.psych.univ-paris5.fr/Mudsplash/Nature_Supp_Inf/Movies/Movie_List.html)) .
- 17) Rensink R A：Seeing, sensing, and scrutinizing, *Vision Research*, 40, 1469-87, 2000
- 18) Simons D J & Rensink R A: Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Science*, 9, 16-20, 2005
- 19) 横澤一彦，大谷智子：見落とし現象における表象と注意—非注意による見落としと変化の見落とし—，心理学評論，46，482-500，2003
- 20) Rensink R A, O'Regan J K, & Clark J J：To see or not to see: The need for attention to perceive changes in sense. *Psychological Science*, 8, 368-373, 1997
- 21) O'Regan J K, Deubel H, Clark J J & Rensink R A：Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*, 7, 191-211, 2000
- 22) Grims J：On the failure to detect changes in scenes across saccades. In K. Akins (Ed.) , *Perception Vol. 2*, 89-110, New York.: Oxford University Press. 1996
- 23) Simons D J & Levin D T：Failure to detect changes to people in a real world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 644-649, 1998
- 24) Simons D J, Franconeri S L & Reimer R L：Change blindness in the absence of a visual disruption. *Perception*, 29, 1143-1154, 2000
- 25) Kanai R & Verstraten F A：Visual transients without feature changes are sufficient for the percept of a change. *Vision Research*, 44, 2233-40, 2004
- 26) Luck S J & Vogel E K：The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-81, 1997
- 27) Wheeler M E & Treisman A M：Binding in short-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology General*, 131, 48-64, 2002
- 28) Saiki J：Spatiotemporal characteristics of dynamic feature binding in visual working memory. *Vision Research*, 43, 2107-23, 2003
- 29) Braun J：Divided attention: narrowing the gap between brain and behavior. In Parasuraman R, Ed., *The attentive brain*, 327-351, Cambridge, MA: MIT Press, 1998

- 30) Mack A & Rock I : Inattentional Blindness., Cambridge, MA: MIT Press, 1998
- 31) Joseph JS, Chun MM & Nakayama K : Attentional requirements in a "preattentive" feature search task. *Nature*, 387, 805-807, 1997
- 32) Nakayama, K., & Joseph, J. S. (1998) . Attention, pattern recognition and popout in visual search. In R. Parasuraman (Eds.) , *The Attentive Brain*, 279-298. Cambridge: MIT Press.
- 33) Wolfe, J. M. (1999) Inattentional Amnesia, In V. Coltheart (Ed), *Feeling Memories*, Pp.71-94, MIT Press.
- 34) Most, S.B., Simons, D.J., Scholl, B.J. Jimenez, R., Clifford, E., & Chabris, C.F. (2001) . How not to be seen: The contribution of similarity and selective ignoring to sustained inattentional blindness. *Psychological Science*, 12, 9-17.
- 35) Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999) . Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059-1074.
- 36) Scholl, B. J., Noles, N. S., Pasheva, V., & Sussman, R. (2003) . Talking on a cellular telephone dramatically increases 'sustained inattentional blindness'. *Journal of Vision*, 3, 156a.
- 37) Most, S.B. & Astur, R.S. (under review) . Attention to features as a cause of traffic accidents.
- 38) Bruce G. (2006) Road-Ready Night Vision at Last. *Wired News*,
<http://www.wired.com/news/technology/0,70182-0.html> (日本語題:「暗視システム搭載の自動車, 試乗レポート(下)」 <http://hotwired.goo.ne.jp/news/technology/story/20060222305.html>) .
- 39) Green, C. S. & Bavelier, D. (2003) . Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423, 534-7.
- 40) Cavanagh, C. & Alvarez. G. A. (2005) . Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 349-354.
- 41) Risenhuber, M. (2004) . An action video game modifies visual processing. *Trends in Neuroscience*, 27, 72-74.
- 42) Green, C. S. & Bavelier, D. (2005) . Enumeration versus multiple object tracking: the case of action video game players. *Cognition*, Dec 13 (電子出版) .
- 43) Williams, A. M., Dacids, K., & Williams, J.G (1999) . Visual perception and action in sport. E. & FN Spon: London.
- 44) Owsley, C. (1994) . Vision and driving in the elderly. *Optometry and Vision Science*, 71, 727-735.
- 45) 石松 一真・三浦 利章 (2003). 分割的注意と加齢. *心理学評論*, 46, 314-329.
- 46) Ball KK, Beard BL, Roenker DL, Miller RL, Griggs DS. Age and visual search: expanding the useful field of view. *J Opt Soc Am A*. 1988 Dec;5 (12) :2210-9.
- 47) Sekuler R, Ball K. Visual localization: age and practice.*J Opt Soc Am A*. 1986 Jun;3 (6) :864-7.
- 48) Li, F., Van ullen, R., Koch, C., & Perona, P. (2002) . Rapid natural scene categorization in the near absence of attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 9596-601..
- 49) Fernandez-Duque, D., & Thornton, I. M. (2000) . Change detection without awareness: Do explicit reports underestimate the representation of change in the visual system? *Visual Cognition*, 7, 323-344.
- 50) Hayhoe, M. M., Bensinger, D. G., & Ballard, D. H. (1998) . Task constraints in visual working memory. *Vision Research*, 38, 125-37.

4.3 注視行動

本節では、実路での走行実験において、交差点での注視行動に関して非高齢ドライバーおよび高齢ドライバーを対象とした研究事例を紹介する。

4.3.1 では、信号機のある大きな交差点（交差道路3車線）を右折する際の、非高齢ドライバーの注視行動パターンについて検討した研究¹⁾を紹介する。具体的には、右折開始から終了までの間にドライバーがどのような対象物を（何を）どの程度注視したのかを調べたものである。さらに、この研究結果から、横断歩行者に対する安全確認行動は、交差点の道路付属物（中央分離帯など）によっても影響を受けることを示す。続く4.3.2では、信号機のない交差点右折時に多く発生する対歩行者事故を考慮して、特に横断歩道付近の歩行者に対する注視行動に焦点をあてた研究²⁾を紹介する。最後に4.3.3では、高齢ドライバーを対象とした研究³⁾において検討された、直進走行時から交差点での右折に至るまでの注視対象物に関する非高齢ドライバーと高齢ドライバーとの差異について述べる。

4.3.1 交差点右折時の注視パターン

(1) 実験方法

走行実験の参加者は20歳代から30歳代の5名（女性：1名、男性：4名）で、いずれの被験者とも運転歴5年以上であった。右折行動を観察する交差点として、図4.3.1-1に示す市街地交差点を選定し、片側2車線の非幹線道路から片側3車線の幹線道路へ右折する場面を設定した。

視線移動データについては帽子型の視線計測装置（ナックイメージテクノロジー、EMR-8）を用い、前方風景上の注視点をVTRに記録した。実験車両としてセダン型の普通乗用車（排気量2500cc、国産車）を使用した。走行時の視線移動およびブレーキペダル操作等の運転行動と、車速および横加速度等の車両挙動データを同期収集する運転行動記録システムを車載して計測した。

右折開始から横断歩道に到達する間の視線移動パターンの変化を検討するために、右折開始から終了までを次の4つの解析区間に分け、注視した対象物とその際の注視時間をビデオ解析により測定した。

- ①右折前： ブレーキペダルから足を離して回頭を開始する直前まで
- ②右折中（前半）： 回頭開始から回頭の中盤まで（右折先道路に対して45度）
- ③右折中（後半）： 回頭中盤から回頭終了（右折先道路に対して平行）まで
- ④右折後： 回頭終了から右折先横断歩道に車両前部が到達するまで

注視対象物の解析にあたり、「対向車線」、「先行車」、「交差点流出部（右折先車線）」と「横断歩道」、さらに「中央分離帯端」（横断歩道の交差点内側に設置された中央分離帯の端となるポール）からなる5つの分類項目を設定した。なお、ビデオ解析にあたっては、約100msec（3フレーム）以上の視線停留を注視と定義して、対象物への注視時間を算出した。



図 4.3.1-1 右折場面に設定した市街地交差点

(2) 結果と考察

図 4.3.1-2 に、信号機のある交差点を右折する際の対象物分類別の注視時間を示す。まず、歩行者安全の上で重要な「横断歩道」への注視行動については、被験者 01 と被験者 02 では完全に省略されていた。この 2 名は、先行車に追従して速度 15km/h 以上で走行し、交差点流入から流出にかけて一旦停止することなく右折していた。また、「横断歩道」への注視行動を行った 3 名（被験者 03~05）のうち、被験者 04 については他の 2 名と比較して注視時間が短く、対向車線への注視時間が相対的に増加していた。これは、右折時において対向車線に左折車が存在した影響と考えられる。また、全被験者に共通する傾向として「中央分離帯端」を 0.5 秒から 1 秒程度注視するという特徴が認められた。

回頭中に右折先車線へ正しく進行するために「中央分離帯端」を注視したとの内省報告もあったことから、これは「自車両のコントロール」に係わる注視行動であることが考えられる。

図 4.3.1-3 に、被験者 5 名の平均注視時間を 4 つの解析区間毎に算出し、時間経過に伴う注視対象物の推移を示す。

図より、歩行者の安全確認行動である「横断歩道」への注視は「右折中（前半）」と「右折中（後半）」を中心に行われているが、「中央分離帯端」への注視もほぼ同様な傾向であることがわかる。また、「右折中（前半）」の時間帯においては、他の道路利用者に対する安全確認（「横断歩道」、「対向車線」）より、わずかながらも「中央分離帯端」への注視時間が最も長いことがわかる。この結果は、他の道路利用者に対する安全確認は、同じ時間帯（右折開始直後）に行われる自車両のコントロールに係わる注視の影響を受けやすく、特に先行車や対向車両等が存在した場合には、「横断歩道」への注視時間が著しく減少する可能性が高いと考えられる。

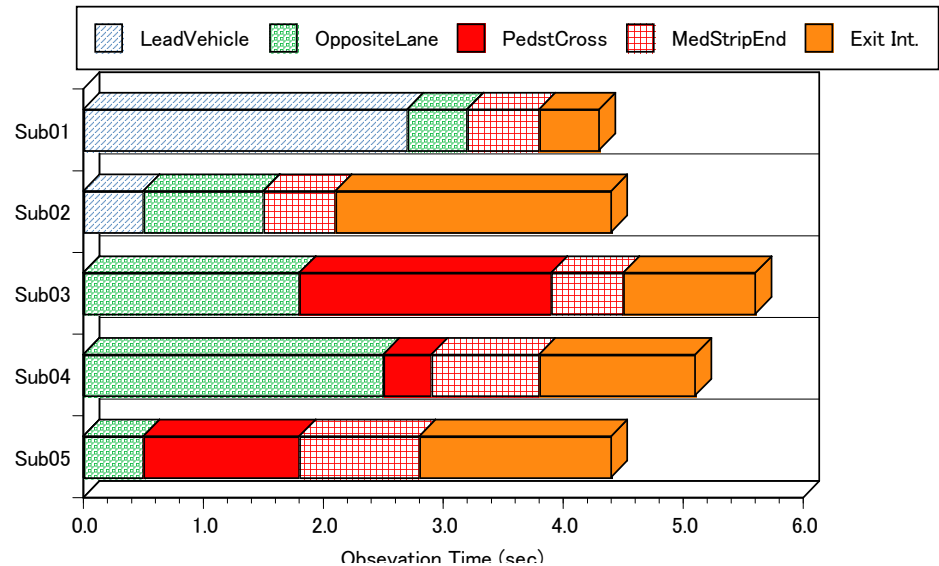


図 4.3.1-2 右折時における対象物毎の注視時間

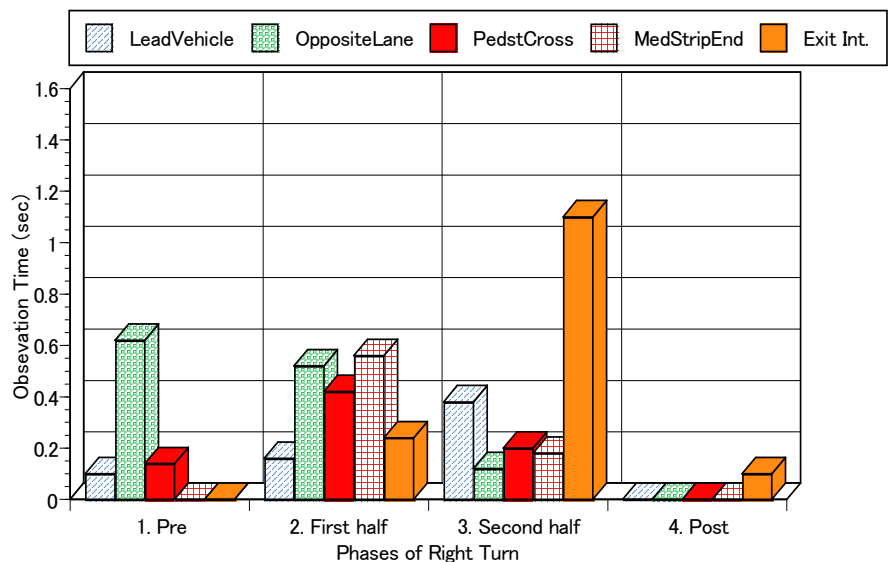


図 4.3.1-3 時間経過に伴う注視対象物の変化

以上の結果から、横断歩行者の発見遅れによる右折時の歩行者事故防止においては、路面マーキング等により右折先車線へ進入し易くするなど、車両コントロールに伴う負荷を低減し、右折開始直後における横断歩道への安全確認を容易にするような方策が重要と考えられる。

4.3.2 歩行者に対する安全確認

(1) 実験方法

20名（年齢：20～50歳代）、免許保有歴3年以上の成人男女を被験者とした。走行コースとして、交通量閑散な中規模道路×中規模道路の信号機のない一時停止交差点を選定し、「非優先道路から優先道路への右折」を走行するコースを設定した。なお、非優先道路側から右折する際、交差点右側奥の歩道上に発見すべき視覚ターゲットとして模擬歩行者を配置した(図4.3.2-1)。



図 4.3.2-1 ターゲット歩行者（模擬歩行者）の状況

実験にはセダン型の普通乗用車を使用し、走行中の視認行動およびハンドル/ペダル等の運転操作、さらに車速および加速度等の車両挙動データを同期させて計測した。

注視対象物の解析にあたり、「ターゲット歩行者（模擬歩行者）」、「交差道路/交差車両」、「横断歩道周辺」、「対向車線」等からなる分類項目を設定した。なおビデオ解析にあたっては、映像データから運転者が各対象物を注視した時間をフレーム単位（1/30秒）で集計した。

(2) 結果と考察

図4.3.2-2は、右折時における注視対象物（上図）とアクセルペダル開度（下図）の時間変化について示したもので、横軸の原点は実験車両が交差点通過後に横断歩道へ至った時点（横断歩道到達残り時間「0秒」）である。上図は注視対象物分類毎の被験者数（全20名）、下図は全被験者による平均スロットル開度の時間変化を表している。

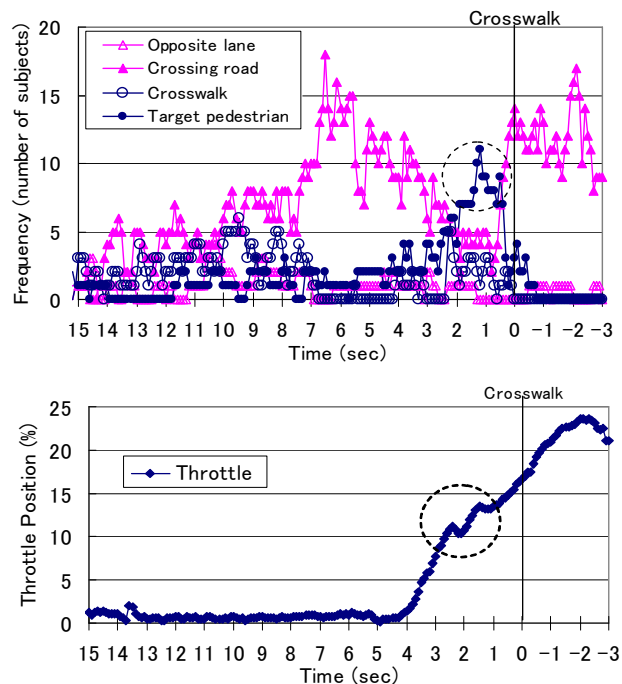


図 4.3.2-2 右折時の注視行動とアクセルペダル操作

横断歩道到達の約10秒前から発進スロットル操作が始まる約4秒前までは、一時停止から左右の安全確認を経て発信するまでの区間で、「交差道路/交差車両」に視認が集中することがわかる。その後の発進・右折回頭を経て横断歩道に到達するまでの区間については、「ターゲット歩行者」への視認が集中する(図4.3.2-2上、破線囲み)と同時に「横断歩道周辺」への視認も行われていた。

また、図 4.3.2-2 下の破線囲みに示されるアクセルペダル開度の変化から、このような歩行者の安全確認時には、一時的にアクセルペダル踏み込みを中断する（緩める）傾向が認められた。これは、安全確認の余裕時間を確保するための運転操作と思われる。

以上の結果より、信号機のある交差点における右折時（4.3.1）と同様、信号機のない交差点右折時においても、発進後から横断歩道に到達する直前の車両が回頭している状態で、歩行者の安全確認を行っていることが示された。

4.3.3 高齢ドライバーの注視特性

宇野ら³⁾は、市街地の実路走行実験において交差点近傍での高齢ドライバーの運転行動を測定すると共に、一般ドライバーと比較することによって高齢ドライバーの通常運転時の特性を検討している。

被験者は、日常的に自動車を運転する 65 歳以上の男性ドライバー 9 名（平均年齢 76.0 歳）、および 60 歳未満の男性一般ドライバー 16 名（平均年齢 41.7 歳）で、走行コースは 29 カ所の交差点での右左折を含むものであった。また、データ計測にあたっては、できる限り通常の運転行動を測定するために、高齢ドライバーについては被験者が所有する車両に計測器を搭載して実験が行われている。

主な結果として、高齢ドライバーは右左折時には自らの交差進行方向へ視線を向ける時間が非高齢ドライバーと比較して長いことが見いだされている。

さらに、図 4.3.3-1 に示すように、交差点進入後に視線移動回数と室内の静的状況下で測定された視野範囲との関係についても検討が行われている。この図から、視野範囲が狭い高齢ドライバーほど、交差点走行時に視線方向を切り替える頻度が少ないことがわかる。これらの結果から、高齢ドライバーにおいては交通状況から必要な情報を検知する能力の低下が指摘されている。

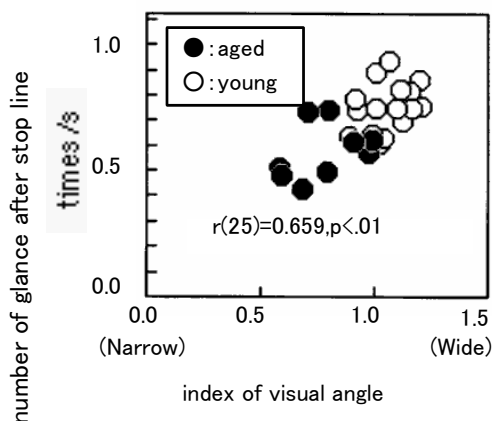


図 4.3.3-1 視線移動回数と視野範囲との関係

(文責 ; 内田)

参考文献

- 1) 内田ほか、交差点右折時における運転者の視線移動パターン-横断中の歩行者などの発見遅れに関する予備的検討-, 自動車研究, Vol.24, No.9, 2002 年
- 2) 内田ほか、一時停止交差点走行時の運転行動パターン-右折時における横断歩行者の安全確認とアクセルペダル操作-, 自動車研究, Vol.27, No.3, 2005 年
- 3) 宇野ほか、通常走行における高齢ドライバーの運転特性に関する研究-その 1 : 市街地の実車走行による運転行動の調査-, 自動車研究, Vol.24, No.1, 2002 年

5. 交通視環境の構成要素

5.1 道路照明

5.1.1 はじめに

現行の道路照明は「道路照明設置基準」（昭和56年3月27日、都市局長・道路局長通達）¹⁾に基づき整備されている。同基準では、連続照明についての照明要件として、基準輝度が示され、光源の光束、取付け高さ、取付け間隔など制限等が記載されている。

交差点照明は、道路照明の一般的效果に加えて、これに接近してくる自動車の運転者に対してその存在を示し、交差点付近の状況がわかるようにするものとする。

局部照明である交差点照明については、次の記載がなされているだけである。

また、同基準の適切な運用を資するために基準作成の意図等を解説した「道路照明設置基準・同解説（昭和56年4月日本道路協会）」¹⁾が発行されており、実際の道路照明整備計画や設計の実施に活用されている。

5.1.2 交差点の照明要件

(1) 「道路照明設置基準・同解説（昭和56年4月日本道路協会）」

「道路照明設置基準・同解説」には、交差点照明の明るさについては記載されておらず、十字路、T字路、Y字路における道路照明の配置例が示され、設置位置についての目的や重要度が解説されている。以下に概要を示す（図中のSは道路照明の設置間隔、Wは車道幅員である）。

1) T字路

図5.1.2-1は、T字路における道路照明の配置例を示したものである。各照明の主要効果は次のようである。

道路照明Aは、道路①より左折する自動車の前方を照明し、③より直進する自動車に対し①より右左折する自動車のあることを示す。

道路照明Bは、道路①よりT字路に接近しつつある自動車に対して、道路の終端および終端付近の状況を示す。

道路照明Cは、道路②より右折または③より左折する自動車の前方を照明する。

道路照明Dは、道路①より右左折する自動車に対して、道路③より左折または直進しつつある自動車の存在を示すと同時に、道路①より右折する自動車の前方を照明する。

道路照明E, F, Gは道路の幅員が広がっている場合にそれぞれ道路照明A, C, Dの効果を補うものである。道路照明H, I, J, K, L, Mはそれぞれ連続照明を示すもので、原則的にはこのT字路の照明には含まれない。

道路①には連続照明が設けられていないが、道路照明I, Lは幅員構成の変化を明示するための照明である。

以下の各交差点の照明配置は上述の効果を原則としている。

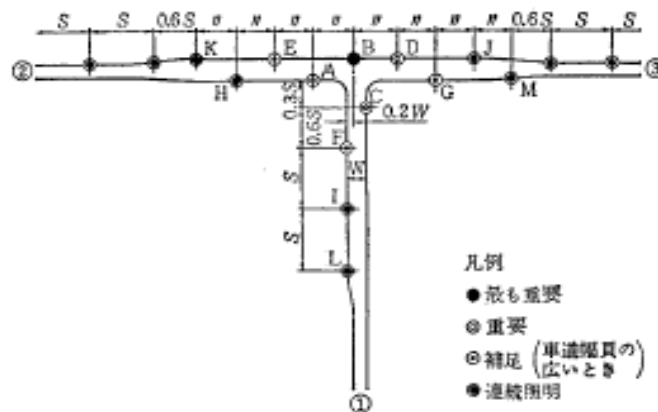


図 5.1.2-1 T字路における照明の配置例

交差点照明は、道路照明の一般的効果に加えて、これに接近してくる自動車の運転者に対してその存在を示し、交差点付近の状況がわかるようにするものとする。

2) 十字路

図5.1.2-2～図5.1.2-6 は、種々な十字路における道路照明の配置例を示したものである。

図5.1.2-2 は同程度の幅員を有する道路の十字路における道路照明の配置例であり、各照明の主要効果は前記T字路の場合と同様である。

いずれか一方の道路の交通量が少ない場合にはその道路の照明は省略してもよい。

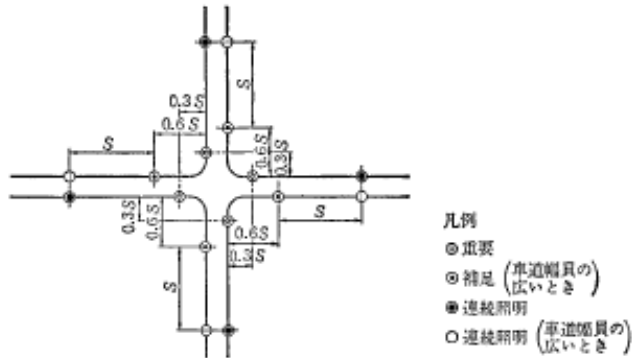


図 5.1.2-2 同程度の幅員を有する道路における十字路の照明の配置例

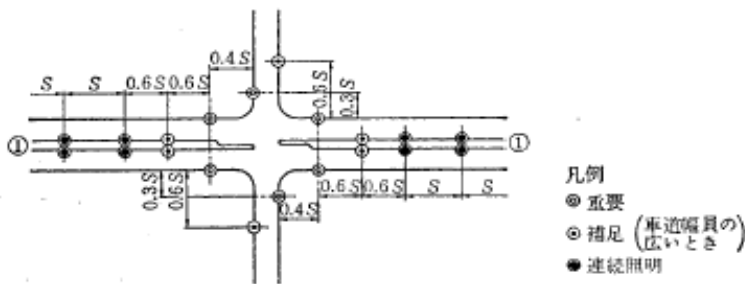


図5.1.2-3 道路照明を中央帯に配列する場合の照明の配置例



図5.1.2-4 左図で配置した場合の透視図

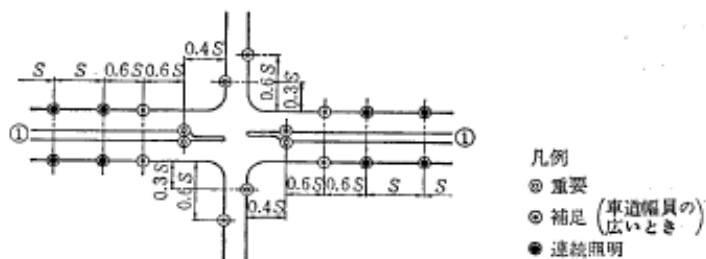


図5.1.2-5 道路照明を路肩に配列する場合の照明の配置例

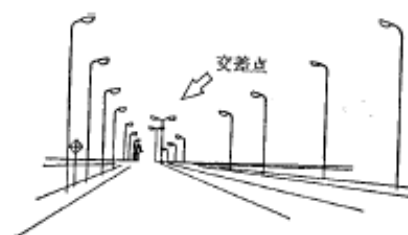


図5.1.2-6 左図で配置した場合の透視図

図5.1.2-3 および図5.1.2-5 は、それぞれ中央帯を有する道路（道路①）が、他の道路と交差している場合の道路照明の配置例を示すものであり、各照明はT字路について述べたような効果を有すると同時に、主道路①の道路照明の配列を交差点で明確に変え、交差点の存在を分り易くしてある。

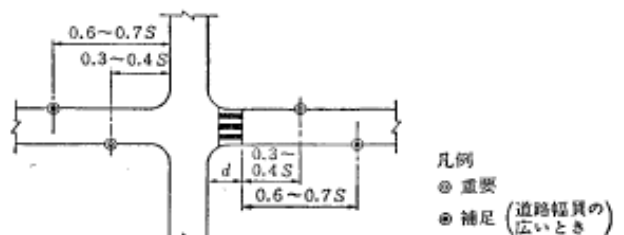


図5.1.2-7 横断歩道のある十字路における照明の配置例

図5.1.2-4 および図5.1.2-6 は、それぞれの場合において道路①から見た透視図を示す。

図5.1.2-7 は交差点付近に横断歩道が設けられている場合の道路照明の配置例を示したものであって、この考え方は図中に示す距離 d が $0.3S$ より小さい場合にのみ適用し、これ以上の場合には、図5.1.2-3の規定に従うことを原則とする。各照明の効果や重要性は図5.1.2-2と同様である。

3) Y字路

Y字路は走行している道路が前方で右および左に分岐するもので、ドライバーに対する誘導性が特に大切である。図5.1.2-8は、それぞれ右および左に分岐しているY字路を示す。

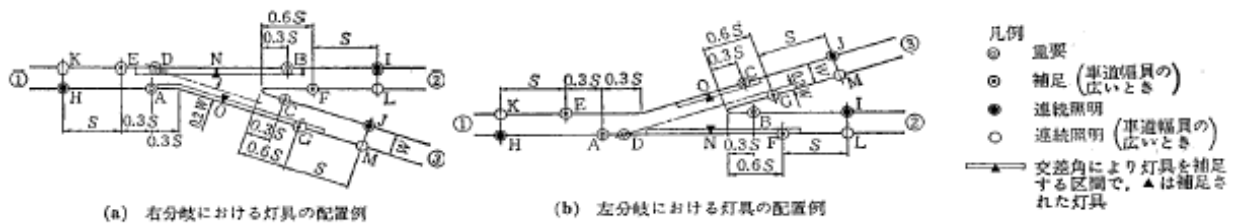


図5.1.2-8 Y字路における照明の配置例

図5.1.2-8の(a)の道路照明Aは、道路③より①へ左折する自動車の前方を照明すると同時に道路②より①へ直進する自動車に対して道路③より左折しつつある自動車が存在することを示す。道路照明Bは道路①より②に直進する自動車に対して、道路③より②に右折しつつある自動車の存在を示し、③より②に右折する自動車の前方を照明する。

道路照明Cは道路①より③へ分岐する自動車に対して、分岐点付近を照明し道路③の存在を明瞭にする。道路照明Dは道路③より分岐点に接近しつつある自動車に対して、道路③の終端付近の状況を示す。道路照明E, F, Gはそれぞれ道路の幅員が広い(各照明の取付け高さの1.5倍以上)場合、それぞれ道路照明A, B, Cの効果を補うもので、狭い道路では省略してもよい。ただし、狭い道路でも、このY字路に連続して道路照明を行う場合は、この位置から開始すべきである。道路照明H, I, Jはそれぞれ連続照明を示すもので、原則的にはこのY字路の照明には含まれない。道路照明K, L, Mはそれぞれ道路の幅員が広く、向き合わせ配列が必要な場合の照明の位置を示す。

道路照明BD間および道路照明AC間の距離は、交差角によっていろいろ変化するが、これらの照明の間隔が $0.6S$ 以上となる場合には、各照明の間隔が $0.6S$ 以下となるように必要な数だけ設ける必要がある。道路照明N, Oはその例である。また、交差角によって道路照明EとDがごく接近して、その間隔が $0.3S$ 以下になる場合には、二つの照明を設けるべき地点の中間に照明を1灯設置し、これで兼用させてもよい。さらに道路③が一方通行で、分岐する方向だけの交通しかない場合には、道路照明Dを省略してよい。

図5.1.2-8の(b)の道路照明Aは、道路③より①に合流する自動車の前方を照明すると同時に、道路②より①へ直進する自動車に対して、道路③より①に合流しつつある自動車が存在することを示す。道路照明Bは道路①より②へ直進する自動車に対して道路③より①に合流しようとする自動車の存在を示し道路③と②の分岐点付近を照明し道路②の存在を明瞭にする。

道路照明Cは道路①より③へ分岐する自動車および道路②より③へ右折する自動車の前方を照明する。道路照明D以下は図5.1.2-8の(a)と同じ効果をもつ。

(2) 「高機能道路照明に関する検討」（平成11年9月建設省土木研究所）」²⁾

同報告書では、下記に示す社会背景から道路照明に関していくつかの検討を行っており、その中で交差点照明における基準を調査している。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 夜間事故の増加 ● 高齢化社会 ● 省エネルギー化 ● 高規格道路の整備 |
|---|

交差点照明における基準として、具体的に明るさの数値を記載しているのは、CIE 115:1995「自動車及び歩行者交通のための道路照明に関する勧告」³⁾ だけである。

各国とも日本（道路照明設置基準・同解説）と同様に照明の配置のみを示しており、配置については大きな違いはない。

--- CIE 115:1995「自動車及び歩行者交通のための道路照明に関する勧告」 ---

表5.1.2-1 交通秩序が乱れるエリアでの照明の必要条件

E (lx) 全体平均照度 最小維持値	U0 (E) 照度均斉度
50	0.4
30	0.4
20	0.4
15	0.4
10	0.4
7.5	0.4

表5.1.2-2 交通秩序が乱れるエリアでの照明区分の適用例

交通秩序の乱れるエリア	照明区分
アンダーパス	C (N) = M (N)
ジャンクション, 三角地帯, ランプ, うねった場所, 幅員が減少する場所	C (N) = M (N-1)
踏切	C (N) = M (N)
単純な	C (N) = M (N)
複雑な	C (N) = M (N-1)
信号の無い円形交差点	
複雑または大きなもの	C1
中程度の複雑なもの	C2
単純または小さいもの	C3
車が列をなす場所	
複雑または大きなもの	C1
中程度の複雑なもの	C3
単純または小さいもの	C5

--- 各国の交差点における照明配置例 ---

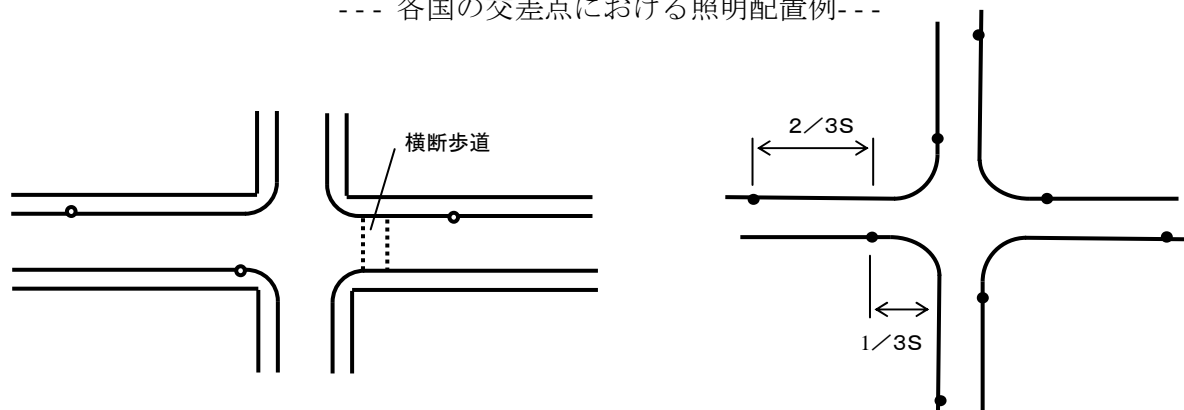


図 5.1.2-9 イギリス (BS 5489 パート : 1992)

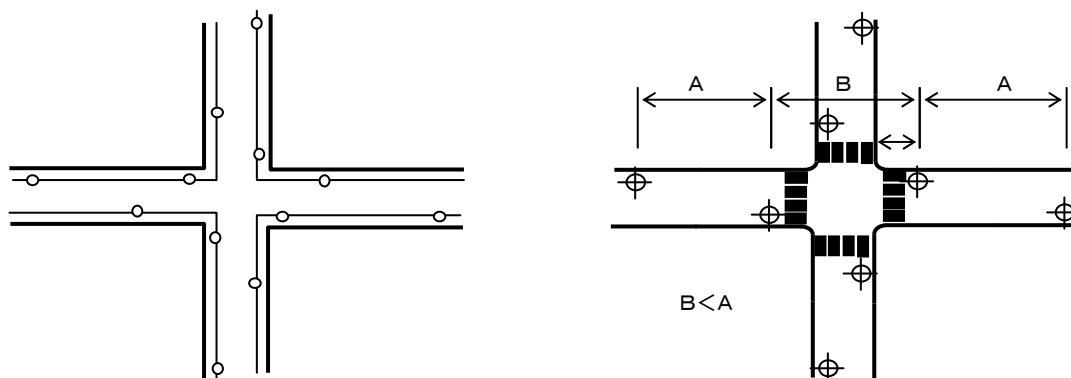


図 5.1.2-10 ベルギー (NBN L 18-001:1980) 図 5.1.2-11 南アフリカ (SABS098 パート 1:1990)

5.1.3 まとめ

「道路照明施設設置基準」によれば、交差点照明はドライバーに交差点の存在を示し、その付近の状況がわかるようにすることが目的であり、交差点の視環境にとって道路照明の果たす役割は非常に重要といえる。

現状では、交差点の明るさについての明確な基準はないが、「道路照明施設設置基準・同解説」に示される配置例に従って照明器具の設置が実施されている。また、国外の規格にも明るさは示されておらず、CIE 115:1995の勧告で推奨照度が示されているだけである。

交差点照明としては各照明の位置の目的が詳細に解説されており、道路管理者が必要に応じて重要度の高い照明から順に配置することで概ね問題ないと思われるが、特に交差点事故多発地点や特殊形状、大規模の交差点では、適正な視環境であるかの判断基準として配置例に加え、照明要件（照度基準や均斉度など）を示すことが望ましい。

(文責；舟田)

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路照明施設設置基準・同解説，1981年
- 2) 建設省土木研究所道路部交通安全研究室：「土木研究資料第3668号高機能道路照明に関する検討」，2009年
- 3) CIE 115：RECOMMENDATIONS FOR THE LIGHTING OF ROADS FOR MOTOR AND PEDESTRIAN TRAFFIC，1995年

5.2 交通信号

5.2.1 交通信号の規格

交通信号の光度及び色度はCIEの規格¹⁾、²⁾をもとに定められている。初期中心光度は、CIE規格200cdをもとに信号発光面の汚れやLEDの経年的輝度劣化を考慮し定められている。色度は、色度座標のx, yで規定され、波長で表すとおおよそ青色が500nm, 黄色が590nm, 赤色が620nmである。交通信号の光度、色度に関する主な仕様は次のとおりである。

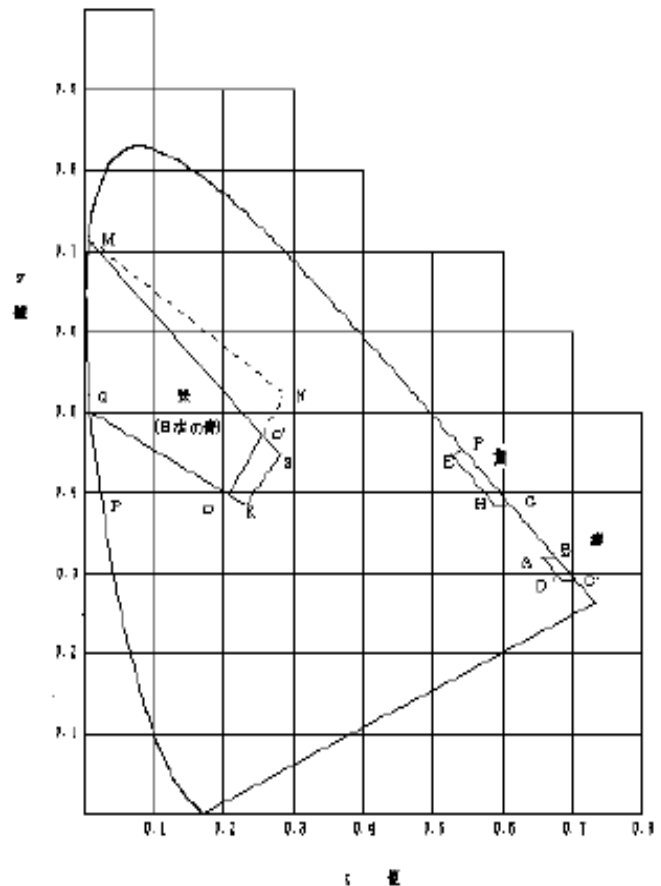
(1) 交通信号の明るさ³⁾

明るさの規格としては、初期中心光度として次の値が定められている。

- ① 電球式車両用交通信号灯器
赤及び青色信号240cd以上, 黄色信号は360cd以上
- ② LED式車両用交通信号灯器
赤及び青色信号288cd以上, 黄色信号は432cd以上

(2) 交通信号の色³⁾

図 5.2.1-1 参照



- ・ 赤色信号灯火の色度範囲
 - ABC'D' (CIE 規格 クラス A1 と同等)
- ・ 黄色信号灯火の色度範囲
 - EFGH (CIE 規格と同等)
- ・ 青色信号灯火の色度範囲
 - MO'OP (日本の規格)
 - MNOP (CIE 規格 クラス A)
 - MSRQ (ITE 規格)

図5.2.1-1 交通信号の色度範囲

5.2.2 信号制御方法

一般的な交通信号制御方法⁴⁾には、多種多様な感応機能がある。

① 閑散時押ボタン・閑散時半感応制御

夜間や交通閑散時において、従道路からの車両の出入りがほとんどない交差点を対象に実施している。ピーク時は通常の制御を行い、閑散時は幹線道路側を青、従道路側を赤としておき、従道路側から幹線へ車両が出るときに車両感知器で感知（歩行者の場合は押ボタン操作）して幹線側を青から赤とし、従道路側を青として、車両（歩行者）を安全に進入（横断）させる方法である。

② 全感応制御

主幹線道路どうしの交差点で、交通需要が主道路・従道路の各流入路が不定期に変動する場合に適する。各流入部に設けた車両感知器から得た情報により、青時間中の車両感知器による感知交通量の変動に応じて伸縮させることにより、リサイクルやスプリットを変え、無駄な青時間を少なくする方法である。

③ 速度感応制御

この制御には高速感応制御とジレンマ感応制御とがある。

高速感応制御は、交差点の上流（500m以上）に車両速度感知器を設置して、異常な高速で接近する車両を感知した場合に、その車両を停止させるため赤信号にし、速度抑制のための信号制御を行う方法である。

ジレンマ感応制御は、交差点の上流（150～300m）に車両速度感知器を設置してドライバのジレンマを軽減解消する信号制御を行う方法である。「速い車両」の場合は、青表示から黄表示に変わるところで交差点に進入するタイミングに、黄表示を見せないように青信号を遅らせる。また「遅い車両」の場合は、青信号を早めに赤信号にして、安全に停止させる方法である。

④ バス感応制御

バス感知器を使用して、大量輸送機関であるバスの通行を優先させる交差点に適用する。交差点に近づくバスを感知し、その時青信号であればそのまま通過できるように青信号を延長し、赤信号中であれば、バスの停止時間が極力短くなるように赤信号を短縮する方法である。

⑤ 歩車分離制御

信号交差点において、青信号で横断中の歩行者と車両との衝突事故を防止するため、歩行者と車両の通行を時間的に分離して、横断待機者の安全に配慮した信号制御である。また、車両と歩行者が完全に分離されるので、車両もスムーズに右左折できる利点がある。

歩車分離式制御には、スクランブル方式、歩行者専用現示方式、右左折車両分離方式、右折車両分離方式の4つの方式がある。

（文責；松本）

参考文献

- 1) CIE 48 : Light signals for road traffic control, 1980 年
- 2) CIE S 004/E : Colours of Light Signals, 2001 年
- 3) 警察庁：警交仕規第246号，交通信号灯器共通仕様書「版4」，2003年
- 4) 松本泰幸：「車の流れをよりスムーズに」，照明学会誌，Vol.82，No3，1998年

5.3 道路標識および路面標示

5.3.1 道路標識

(1) 種類

道路標識の種類や設置場所等は道路法第45条第2項及び道路交通法第4条第5項に基づく「道路標識，区画線及び道路標示に関する命令」（以下「標識令」という。）に定められており，その機能によって「案内標識」「警戒標識」「規制標識」「指示標識」に区分され，またこれらの「本標識」を補足する「補助標識」に分類される。

(2) 役割

道路標識は道路交通の安全確保かつ円滑な交通運行を図る施設であり，道路利用者に対して案内，警戒，規制または指示などの情報を伝達する施設である。

案内標識は道路利用者に目的地までの経路を案内する，また，施設や目的地の方向や距離を示す標識である。文字の大きさや字数，ローマ字の併記など様々な道路利用者に対して見えやすく理解しやすい配慮がなされている。

警戒標識は，主にドライバに対して危険を予告し，注意を促す標識である。したがって，昼間・夜間を含めて遠方から認識でき，危険の認識に基づく回避行動が可能なように十分な距離において設置される。

規制標識はドライバや歩行者に対して通行の禁止，制限，指定を行う標識である。規制標識の規制内容に違反した場合は罰則が課せられる。

指示標識は，道路交通機能を禁止，制限，指示を行う標識であり，一般的に区画線や他の道路標示と併せて設置される。

(3) 道路標識設置基準・同解説について

標識令の規定を受けて、道路管理者が設置する道路標識の整備計画、設計、施工および維持管理を行うのに必要な技術的基準として道路標識設置基準・同解説（日本道路協会）¹⁾ がまとめられている。道路標識設置基準・同解説は、上記標識を分類したうえで設置場所の選定や設置方式を規定し、また道路の種類や規格、交通量などの特性に応じて、標示板の寸法や文字等の大きさ、形、色を定めている。さらに、標示板に反射材料を用いるか照明を施す、またはそれらを併用することとして視認性の確保を求めている。その他、材料や構造、設計から維持管理まで幅広く規定している。

5.3.2 路面標示

(1) 種類

区画線および道路標示（以下、総称して「路面標示」という）は、道路標識と同様に「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」に定められており、道路管理者の設置する「区画線」と公安委員会の設置する「道路標示」に分類され、さらに「道路標示」は規制標示と指示標示に分かれる。

なお、路面標示の施工には常温式、加熱式、熔融式の各工法があり、道路標識と異なり現場施工によって製品機能を確保するため、施工管理に十分な配慮が必要である。

(2) 役割

路面標示は、道路の舗装路面上などにペイント類を用いて一定の様式化された標示を行うことで、道路利用者に対して案内、誘導、警戒、規制あるいは指示を促し、交通の安全と円滑を図るものである。路面標示は降雨時や夜間において鮮明に視認できることが望ましく、色彩は白色または黄色とされ、黄色は警察庁指定の道路標示黄色（マンセル参考値5.5YR6.5/12）と規定されている。また一部のペイントを除き、視認性を上げるためにガラスビースが散布される。

さらに、ペイントによる路面標示を補完するものとして道路鋸やチャッターバーがある。これらは道路中央線や交差点の中央に設置され、再帰反射や製品自体の発光によって標示区分を明確にする機能をもつ。近年様々な工夫の施された道路鋸が設置されており、特に降雨時や夜間における視認性の向上に寄与する。

(3) その他道路付属施設

その他道路付属施設として、昼間・夜間を通して道路線形等を明示し、ドライバの視線誘導を行う視線誘導標がある。視線誘導標は「道路の付属物」として道路法施工令第34条の3第2号に「車両の運転者の視線を誘導するための施設」と規定されており、再帰反射体の形状や色彩、反射性能や設置方法等が視線誘導標設置基準・同解説（（社）日本道路協会）²⁾ に解説されている。（文責；高室）

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路標識設置基準・同解説，1987年
- 2) 社団法人日本道路協会：視線誘導標設置基準・同解説，1984年

5.4 車両用灯火

車両用灯火には、視野を確保するための照明装置と、車両の走行状態及びドライバの意志を他の交通に伝える信号灯がある。ドライバが安全に走行するためには、多くの視覚情報が必要であり、車両用灯火の役割は道路照明の無い夜間は基より、昼間においても重要である。

5.4.1 安全走行に必要な視覚情報

ドライバに必要な視覚情報としては、①前方道路の線形と構造、②道路上の各種視対象物（障害物、道路標識など）の存否とその内容、③道路利用者（歩行者、車両など）の存否とその位置・移動方向など多岐に渡る。安全上の観点からこれらの情報は、ドライバが余裕を持って危険を回避できるよう、十分に前方から得られなければならない¹⁾。

更に、交差点・交差点付近を走行するドライバの観点から言及すれば、①交差点の存在位置と構造、②交差点及びその近傍に存在する歩行者、障害物、交通信号、道路標識などの各種視対象物の存否とその内容、③交差点及びその近傍に存在する道路利用者（歩行者、二輪車、自動車など）の存否とその位置・移動方向などである。

また一方、交差点及びその近傍に存在する歩行者の観点から言及すれば、①歩行者用信号の状態、②近接車両（二輪車、自動車など）の距離・接近速度などである。

5.4.2 照明装置の現状の機能と規格について

前述したように安全上運転に必要な視覚情報は、ドライバが余裕をもって危険を回避できるよう、十分前方から得られなければならない。そのためには前方視野を十分明るく照明しなければならない。しかしこれは反面、対向車両・歩行者へ過度のグレアを与えることとなる。この相反する照明要件を満足させるために、現在のヘッドランプシステムは走行ビームとすれ違いビームの“2ビーム”システムからなる。その他、装着が任意な照明装置としてフォグランプそしてコーナリングランプがある。

上記の内、フォグランプは霧中走行時に使用する照明装置であり、ヘッドランプの走行ビームは、対向車両の存在しない時に使用する。そこで本項では交差点の交通環境においては使用頻度が高いすれ違いビームとコーナリングランプについて概説する。

現状のすれ違いビームの照射イメージを図5.4.2-1に示す。

日本国内及び欧州で採用されているすれ違いビームには水平線（図中H）近傍に明瞭なCut off（明暗の境界）を有するものが用いられている。

このCut off Line より上方のゾーンは対向車両、先行車両そして歩行者へ与えるグレアを厳しく抑制しており、Zone IIIと呼ばれている。国内のヘッドランプ配光を規定している保安基準²⁾では、Zone III内の0.86D-3.5R（図5.4.2-1の☆位置；約50m前方対向ドライバの眼の位置）における光度値を、200～800cd（ヘッドランプ1灯あたり）としている。

Cut off lineより下方は、路面や路肩、そしてその近傍に存在する歩行者や各種視対象物を照明することを目的としている。そしてその範囲内の代表的配光規定点0.6D-1.3L点（図5.4.2-1の◎位置）は8000cd以上と規定している。

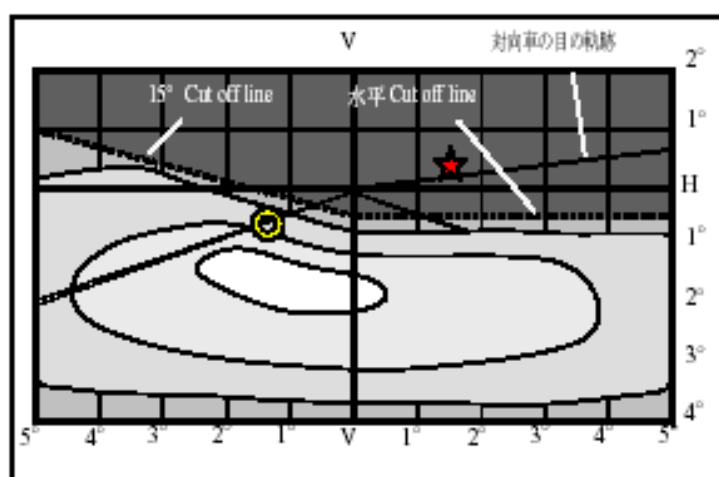


図5.4.2-1 すれ違いビームの照射イメージ

なお、車両装着時にはCut off の位置は水平線より1%下向きとしている。このようにCut off を設定した場合、例えば、ランプ取付け高さ65cmのすれ違いビームでは照射距離は65m となる。このCut off を1%下げることがすれ違いビームの路面照射性能を制約する主要因となっている。対向車両が存在しない左路肩側はCut off line は上げ、路肩に存在する歩行者や障害物を視認しやすいようにしている。このCut off 形状には2種類あり、図5.4.2-1の例は15° Cut off 形状の例である。

(2) コーナリングランプ

現在のヘッドランプの側方照射範囲は、ランプ個々により異なるが、おおよそ片側30° 程度である。この照射範囲では、交差点での右左折時における横断待機者や道路縁石・障害物の視認がしづらい場合がある。そこで、交差点などでのコーナリングにおける側方視認性を向上させるためにコーナリングランプの装着が認可されている。このランプは車両前方側面側に取り付けられ、法規上、その照射光軸は車両進行方向に対して45°、照射光量は1灯あたり5000cd 以下とされている²⁾。

5.4.3 信号灯の現状の機能と規格について³⁾・⁴⁾

車両用信号灯は、車両間及び車両と歩行者間の情報伝達を主目的としている。これらにはテールランプ、ストップランプ、ターンシグナルランプ、ハザードランプ、バックアップランプ、ハイマウントストップランプ、リアフォグランプなどがあり(図5.4.3-1)、光度、光色、点灯方式などにより機能を分離すると共に法規で取付け配置並びに配置が詳細に規定されている²⁾。

これらの信号灯により、車両の加減速、車線変更、方向転換、後退といった車両の操作情報(ドライバ意志)と、駐停車などの自車存在情報を他の道路利用者に提供する。

交差点及びその近傍に存在する歩行者の観点から言及すれば、自身に近接してくる車両(二輪車、自動車など)の接近速度や距離情報も重要な情報である。これらの情報を歩行者に的確に提供する信号灯の設置は現状の道路運送車両の保安基準には記載されていない。

以上、車両用灯火の役割・機能及び規格について概説してきた。近年、このような従来の車両用灯火に対して新しい機能を付与しようとする動きが見られる。その代表例はAFS(Adaptive Front Lighting System; 走行環境適応型前照灯システム)、急減速時のストップランプの点滅表示などである。これらについては6.4 節の車載技術で紹介することとする。

(文責; 小林)

参考文献

- 1) 佐藤修, 小林正自: 自動車用ランプ類と安全について, 自動車技術, Vol.45, No.10, P.25~34, 1994
- 2) 新・道路運送車両の保安基準(交文社): 第10~37, 68~88 条, 別添11~34, 2002
- 3) 照明学会編照明ハンドブック(オーム社): 3.5 ヘッドランプ(車両灯火装置), P.410~413, 2003
- 4) 新編自動車工学ハンドブック(図書出版社): 第10 編第6 章照明機器, P10-54~64, 1989

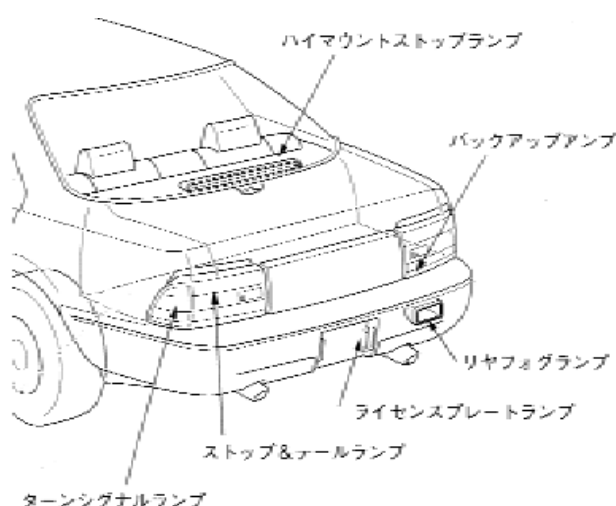


図5.4.3-1 自動車用信号灯の種類

5.5 道路構造

5.5.1 はじめに

ここでは交差点設計にあたり考慮しなくてはならない諸項目について、道路構造令（道路構造令の解説と運用；日本道路協会）¹⁾をもとに紹介する。

5.5.2 車道幅員と車線数

市街地の交差点では、第3種もしくは第4種の道路が相互に接続することになり、その形態に応じて表5.5.2-1に示す幅員を確保しなくてはならない。

ただし、市街地の既設の交差点においては、一律の幅員を適用するのではなく、道路条件、交通条件など当該交差点の実状に即してある程度、弾力性をもって運用することが可能とされている。また、積雪地域では、冬期の堆雪や自動車と歩行者等の通行幅を確保できる幅員が必要となることなど、交差点の存する地域の状況に応じたものとする必要がある。

表5.5.2-1 車線の幅

(単位: m)

道路の区分	車線の種類	単路部の車線の幅員	付加車線を設ける箇所の直進車線の幅員	付加車線の幅員
第3種	第1級	3.5	3.5	3.25, 3.0または2.75 (2.5)
	第2級	3.25 (3.5)	3.25 (3.5)	
	第3級	3.0	3.0	
	第4級	2.75	2.75	
第4種	第1級	3.25 (3.5)	3.25または3.0	3.25, 3.0または2.75 (2.5)
	第2級	3.0	3.0または2.75	
	第3級			

() は、交通の状況により必要がある場合の幅員
 () は、都市部の右折車線におけるやむを得ない場合の縮小値

5.5.3 右折車線

交差点では、以下の状況を除き、右折車線を設置するものとされている。

1. 右折を認めない場合
2. 第3種第4級，第3種第5級，第4種第3級，第4種第4級の道路にあつて、当該道路および交差道路のピーク時の処理能力に十分余裕がある場合
3. 設計速度40km/h以下の2車線道路において、設計交通量が極めて少ない場合

右折車線は、右折が主流交通となるような特別の場合を除いて、直進車両とは独立に付加して設けなければならない。単路部における走行車線の一部を右折車線とはできない。右折車線に入るためには主流車線から車線変更することとなる。

右折車線は、原則として交差点の基本的な構成要素として、すべての交差点に設置するものとするが、上記の条件に該当する場合には、これを設置しなくてもよい。しかし、このような状況にあったとしても、直進交通と右折交通の分離による追突事故の防止など、安全上の配慮等からなるべく右折車線を設置することが望ましい。

なお、右折車線を設置するときのその長さは、設計速度とそこに滞留する車両の数に応じて決めるものとされている（図5.5.3-1）。

図中に示された右折車線長（L）は、テーパ長（ l_d ）と滞留長（ l_s ）の和で表現できる。

テーパ長（ l_d ）は、減速のために必要な区間であると同時に右折車を直進車線から右折車線へスムーズにシフトできるよう計算される値であり、滞留長（ l_s ）は右折車線に十分滞留できるよう1サイクルあたりの平均右折台数や平均車頭間隔をもとに計算される値である。

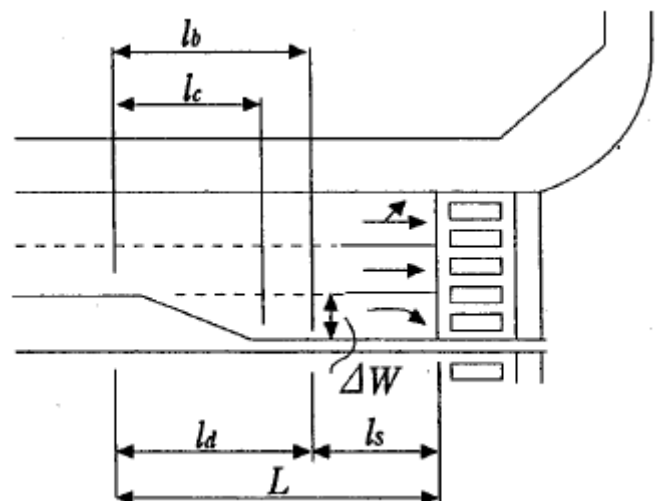


図5.5.3-1 右折車線長

5.5.4 左折車線

交差点では、以下の状況にあてはまる時、左折車線を設置するものとされている。

1. 交差角が 60° 以下の鋭角の交差で、左折交通が多い場合
2. 左折交通が特に卓越する場合
3. 左折車の速度が高い場合
4. 左折車および左折の流出部の歩行者がともに多い場合
5. その他、特に必要と認められる場合

※ ただし、第3種第5級および第4種第4級の道路には設けないことができる。

その際、左折車線の長さは、設計速度とそこに滞留する車両の数に応じて決めるものとされている。

左折車線も右折車線と同様に、直進車線とは独立に付加して設置しなければならない。また、その長さ(左折車線長;L)は、図5.5.4-1に示すとおり、テーパー長(l_d)と滞留長(l_s)とから構成されており、それぞれ右折車線長と同じ考え方で決めることになる。

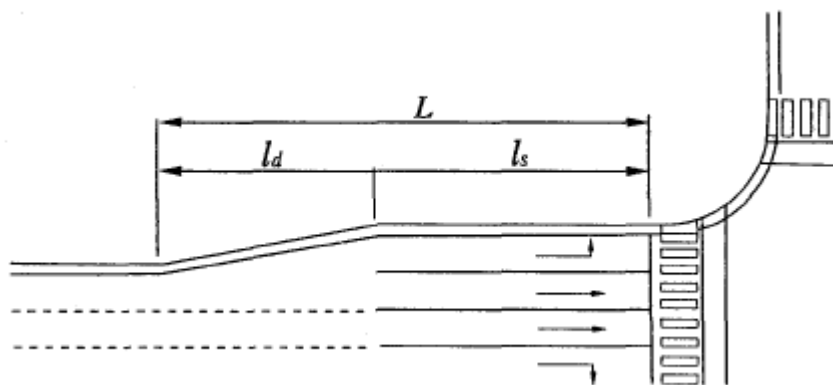


図5.5.4-1 左折車線

5.5.5 横断歩道

横断歩道の計画に関する原則的事項は以下の通りである。

1. 可能な限り、歩行者の自然な流れに合致させること
2. 横断歩道はできるだけ車道に直角に設置する
3. 横断歩道はできるだけ交差点の中心部に寄せる
4. 横断歩道は運転者から視認しやすい位置に設ける
5. 横断歩道の長さは15m以下とすることが望ましい
6. 横断歩道の幅員は、原則として幹線道路相互の交差では4mを最小とする

(文責；浜岡)

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2003年

6. 交通視環境の改善事例

6.1 道路照明

現行の交差点照明は、道路照明の一部であるため路面を明るくし、歩行者を含めた視対象物を背景よりも暗くすることで視認させるシルエット視を前提としてきた。しかしながら、ここ数年、背景の明るさによらず視対象物そのものを直接照射して視対象物の詳細な情報を知覚させることでより高次の視認性や挙動把握を促す逆シルエット視の検討が盛んになってきている。また、従来の逐点での輝度測定から、視環境全体の様子を一度に計測できる輝度分布計測システムの開発が進歩し、得られた輝度分布データをもとに視環境を評価する手法が開発されてきている。本節では、交差点を対象とした道路照明に関する最近の研究事例や改善事例について、照明手法や評価方法などの照明ソフト分野と、照明器具であるハード分野に分けて紹介する。

6.1.1 道路照明に関する照明ソフトの研究事例

河合らは、実物大の交差点道路空間を用いて、交差点照明の配置や照明レベルを変化させた場合の歩行者の視認性や走行しやすさについて実験を行った¹⁾。

その結果、交差点のコーナー部分に照明器具を配置すると右左折車両からの横断歩道上の歩行者の視認性が向上するが、直進車両からの横断歩道上の歩行者の視認性が低下することを明らかにした。図 6.1.1-1 に実験結果の一例を示す。

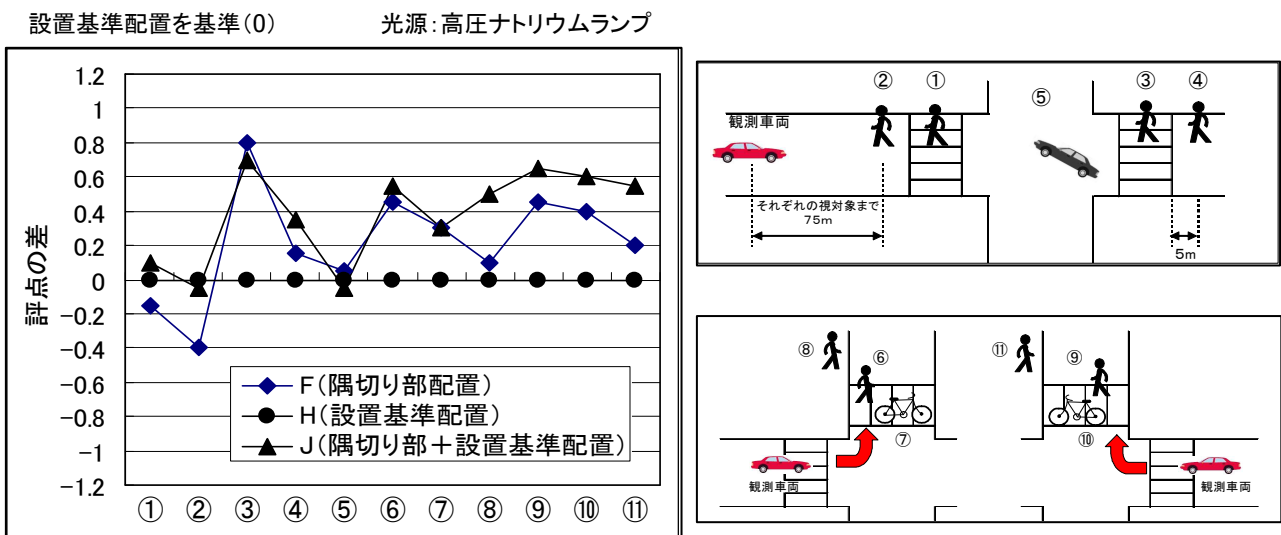


図 6.1.1-1 交差点照明の配置と視対象物の視認性

このことは、交差点のコーナー部分（図 6.1.1-1 では隅切り部と記載）に設置した照明器具から照射された光が横断歩道上の歩行者を直接照らす逆シルエット視によって交差点内部からの視認性が改善していることを示している。

一方で、信号が無く直進車両と横断歩道歩行者が交錯するような場所については、コーナー部分だけに照明器具を設置すると直進車両からは横断歩道上の歩行者が視認しにくくなるため、交差点に接続している道路にも照明が必要であることを示唆している。

また、道路照明がない場合は、右折車両から対向する直進車両の速度がわかりにくくなることを明らかにし、交差点内の車両間事故を減少させる(交差点内の車両流動をスムーズにさせる)ためには、前後の道路照明が必要であることを示唆している。

本研究では、光源の違いによる視対象物の見え方についても評価を行い、高圧ナトリウムランプよりも蛍光水銀ランプの方が視対象物の視認性が優れていることも明確化した²⁾。

図 6.1.1-2 に実験結果の一例を示す。

永井らは、歩道上で横断歩道を渡ろうとして待機している歩行者の視認性を改善することが事故防止に効果が大きいとの考えから、路面よりも歩道を積極的に照明する手法を行うことで、左折車両からの歩行者の視認性を向上させることができることを示した。動画像 CG を用いて交差点近傍の歩行者の発見のしやすさについて実験を行った結果、一般的な交差点照明よりも歩道を積極的に照明した空間の方が、歩行者の行動が視認しやすく、歩道上の歩行者の発見時間が短くなることを明確化した

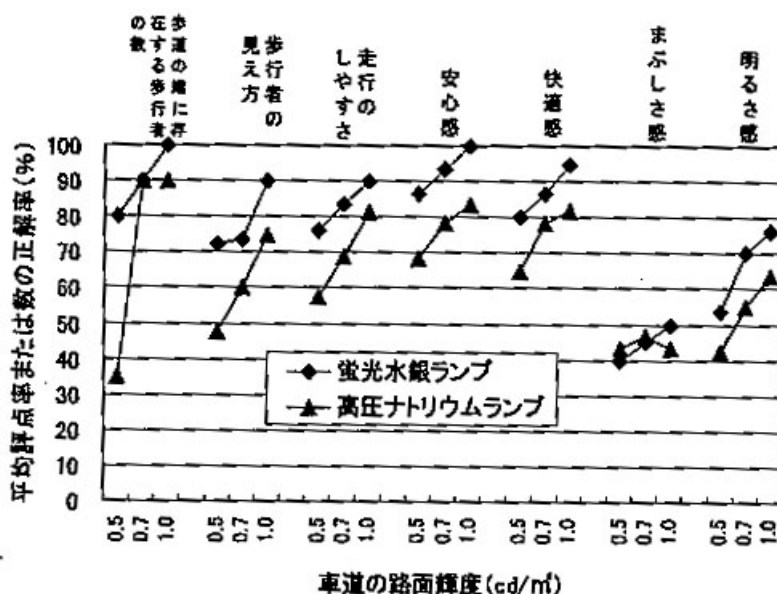


図 6.1.1-2 交差点照明の光源と視対象物の視認性

³⁾ (なお、本研究の詳細は 6.4 節を参照すること)。

見えのモード(シルエット視, 逆シルエット視)によらない視認性評価技術が開発されている。伊東らは、視対象物の反射率と出現率をもとに、シルエット視で見える割合と逆シルエットで見える割合を足し合わせた総視認率を求めることを可能にした⁴⁾。この手法を用いることで、従来の道路照明での背景を明るくして視対象物を暗くして視認性を確保するシルエット視に基づいた照明設計から、シルエット視と逆シルエット視を合わせた総合的な見え方に基づいた照明設計が可能となった。また、この評価手法では前照灯との協調も可能になるため(従来は、前照灯と道路照明がある場合、相反して視認性が低下する不幸な事態が起こっていた)、道路環境の視認性を向上させる全体的な照明設計の可能性を見出している。

宇津木らは、走行車両から輝度分布や等価光幕輝度を計測し、その値から可視度(ビジビリティレベル)を算出して解析した。その結果、交差点照明の照度が単純に横断歩道の視認性につながっておらず、周囲の光ノイズによって横断歩道の視認性が大きく低下することが明確になった。光ノイズの影響を等価光幕輝度で計測し、それを考慮して可視度を算出することで、実際の見え方に忠実な照明視環境の設計、および評価が可能になることを示唆している。なお、本研究の詳細は 3.3 節を参照すること。

魚住らは、交差点のような不均一空間での視対象物の視認性評価手法として、空間の輝度分布データに視線近傍がプラス、周辺がマイナスになるようなフィルタを畳み込み処理することで求めた輝度対比量と視対象物の見え方評価の結果を比較した⁵⁾。その結果、一般的な輝度対比よりも精度良く視対象物の見え方評価と相関を得ることを示した。宇津木らの研究と同様、近い将来空間の輝度分布データを用いることで視対象物の視認性や空間全体の印象を評価することが可能になると考えられる。

以上の照明ソフトの研究事例より、交差点内の照明については右左折車両からの横断歩道上の歩行者および歩道の待機者の視認性を向上させるには、歩行者を直接照射する照明手法が有効であることがわかった。一方、交差点に流入する直進車両からの視認性、および、交差点内の車両間事故の減少を考えると、従来の道路照明施設設置基準で示されている交差点前後の連続照明が必要であることも示唆された。また、道路照明空間の視認性評価手法についても多数開発されて

おり，近い将来，視対象物の見えのモードによらず，空間全体の影響を考慮した視認性評価手法の確立が予想できる。

6.1.2 道路照明に関する照明器具・システムの開発事例

信号のない横断歩道での事故を減少させるために，歩行者が横断歩道を渡る際に歩行者をセンサで検知して照明を点灯させ，横断歩道と歩行者を積極的に照明するシステムである⁶⁾。交通量や歩行者の少ない道路を対象としており，歩行者がいないときは消灯，または減光して省エネを実現している。本システムでは歩行者を直接照射して視認性を満足させる逆シルエット方式を採用している。図6.1.2-1に横断歩道照明システムを示す。

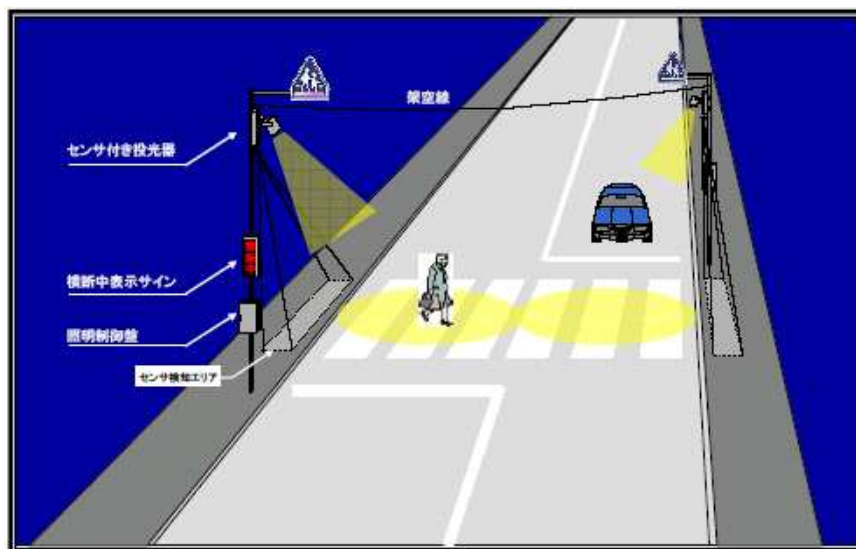


図 6.1.2-1 横断歩道照明システム

横断歩道及びその待機位置の歩行者を積極的に照明する交差点専用の照明器具が開発されている⁷⁾。交差点のコーナー部分に照明器具を設置した場合，一般的な道路照明器具を場合に比べて効率良く横断歩道上や路肩部分を照明しているため，同じW数のランプを使用すると横断歩道上の鉛直面照度や交差点全体の水平面照度が従来照明に比べて高くなり，この照明器具を設置した交差点の見え方評価を行うと，横断歩道上の歩行者の視認性評価は，従来の一般的な道路照明器具に比べて向上する。この照明手法も歩行者を照射して視認性を確保する逆シルエット方式を採用している。図6.1.2-2に交差点専用の照明器具と従来の照明器具の配光のイメージを示す。

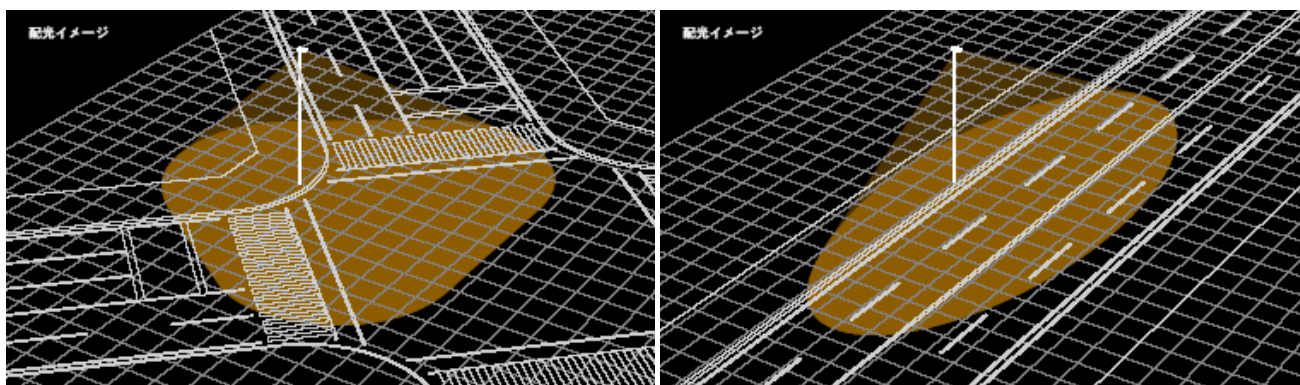


図 6.1.2-2 交差点専用の照明器具（左：交差点専用，右：従来）

本委員会で検討している市街地交差点への利用は難しいが，高速道路での逆シルエット方式による照明器具の事例として，低位置設置型の走行支援装置がある⁸⁾。高速道路においてポール照

明が設置できない箇所や沿道への光漏れを厳密に制限しなければならない箇所において、道路の高欄部分（高さ1 m程度）から、進行方向に光を照射する。120m先の路上の視対象物を視認することが可能となる性能を有している。図 6.1.2-3 に低位置設置型の走行支援装置における配光イメージを示す。

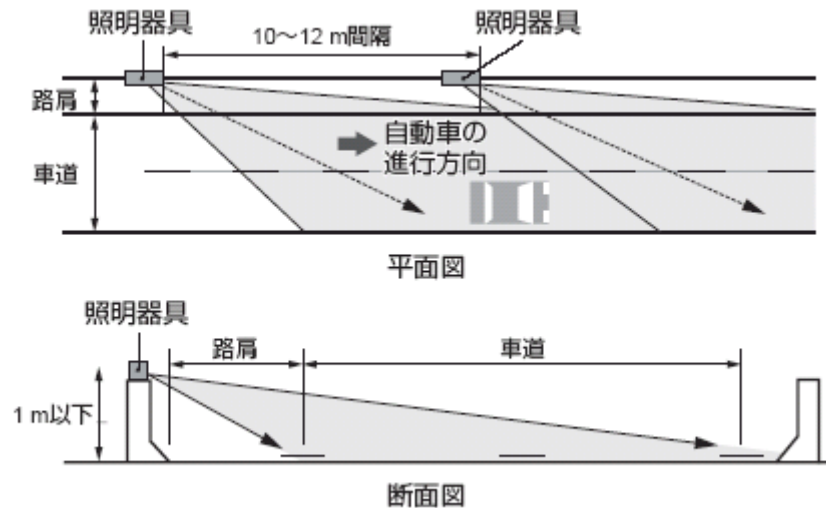


図 6.1.2-3 低位置設置型の走行支援装置の配光

以上の照明器具やシステムからも、交差点では従来行われてきたシルエット視で歩行者などの視対象物を見せる照明方式に加えて、歩行者を直接照射して歩行者の視認性を確保する逆シルエット視手法が推進されると考えられる。そのためには、従来の交差点内の水平面照度を重視する設計から、横断歩道上の鉛直面照度を重視する設計に変えていくとともに、それに合わせて逆シルエット視での視対象物の見え方にも対応できる評価手法を開発していく必要がある。

(文責；斎藤)

参考文献；

- 1) 河合ら：「交差点照明の照明要件に関する研究」，第 24 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.169-172，2004
- 2) 箕島ら：「交差点照明の照明要件に関する研究 -必要照度と照明の設置位置について-」，照学全大講演論文集，p.136，2005
- 3) 永井ら：「危険予測からみた交差点の光環境の在り方に関する研究」，照学全大講演論文集，p.99，2003
- 4) 伊東ら：「トンネル照明における総視認率の検討（第三報）」，照学全大講演論文集，p.95，2005
- 5) 魚住ら：「交通照明における輝度対比の定量化の検討」，照学全大講演論文集，p.103，2005
- 6) 例えば，松下電工カタログ「LANDSCAPE LIGHTING -まち・みち・ひろばのあかり-」
- 7) 魚住ら：「交差点専用照明器具による歩行者の見え方評価」，照学全大講演論文集，p.143，2004
- 8) 相馬ら：「第二京阪道路における低位置照明」，照学全大講演論文集，p.161，2003

6.2 交通信号

交通信号機の規格については 5.2.1 に記載されている、また信号制御方法で現状供用されている信号制御方法については 5.2.2 に記載されている。

ここでは改善事例として、最新の信号制御の方法と安全運転支援システムについて記す。

6.2.1 最新の信号制御の方法¹⁾

現行の信号制御方式は、5.2.2 に記したパターン選択制御が主流で、事前の交通調査に基づき、交通状況に対応する複数の信号制御パラメータ（サイクル、スプリット、オフセット）のパターンをあらかじめ設定しておき、交差点流入部に設けた車両感知器で計測した交通状況（評価指標）に応じて最適なパターンを選択する信号制御方式である。

また少し高度化された MODERATO は、車両の交差点通過時間の遅れ時間（渋滞時間や信号待ちに要する時間）の総量（推定値）が最も小さくなるようなサイクル長、スプリット（場合によってはオフセットも）を計算する信号制御方式である。

これに対し、下記のような制御方式が検討され、実証実験が行われている。

(1) CARREN 方式

交差点で効率的に交通を処理するためには、信号待ちによる遅れ時間をできるだけ小さくすればよいが、遅れ時間を正確に計測することが難しく、これまで遅れ時間を直接計測した信号制御方式は行われていなかった。これを AVI（旅行時間計測装置）を活用して直接計測し、制御パラメータを決定できるように開発されたのが CARREN（Control Algorithm Retuning Parameters with self performance Evaluation）である。

制御の指標として遅れ時間を用いることは、制御方針を分かりやすく明確にすることにつながる。また、従来人手に頼っていた制御パラメータの調整作業を自動化することで労力を削減することができ、違法駐車や事故などにより交通処理能力が突発的に低下した場合など、通常時とは異なる状況にも速やかに対応することが可能である（図 6.2.2-1 参照）。

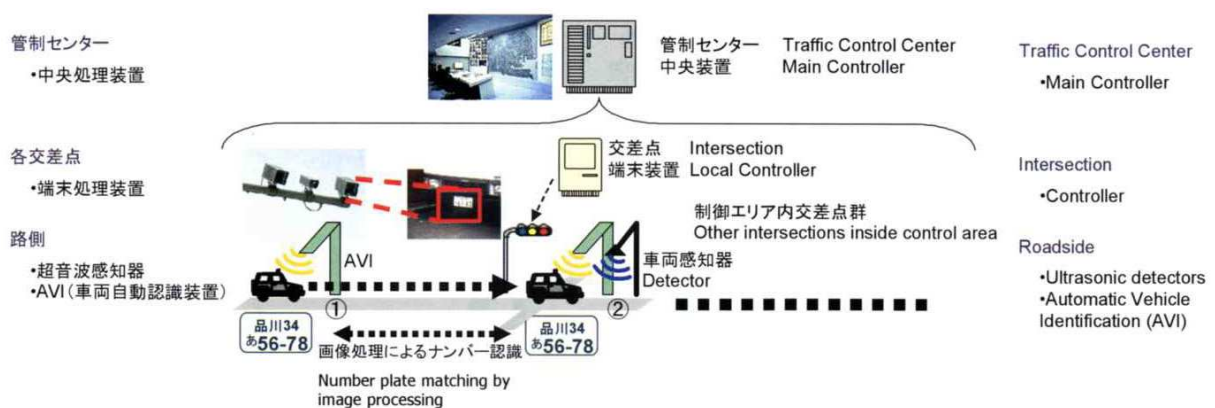


図 6.2.2-1 CARREN 制御方式

(2) UTMS 制御

UTMS 制御は、上流で観測された情報を基に交通状況の変化を予測し、その予測に基づいて遅れ時間が最も小さくなる最適な青の打ち切りタイミングを決定する信号制御方式である。

従来の信号制御では過去の計測量に基づいた制御を行っていたため、交通流の変動に対する制御遅れが大きな課題であったが、UTMS 制御では、この制御遅れ解決している（図 6.2.2-1 参照）。

主な特徴としては次頁に記載する三点が考えられる。

- ① 現在から1 サイクル未来の交通到着を予測
- ② 遅れ時間の直接評価の基づいたリアルタイム制御の実現
- ③ 高度化された信号機による分散型の制御意志決定：中央制御と連携するハイブリッド型または隣接交差点が協調して動作する自立型の制御モードが選択可能

到着交通予測により交通状況の変化をすばやく把握し、リアルタイム性を向上
 Catch a change in traffic conditions at once and realize real-time control
 based on traffic arrival prediction

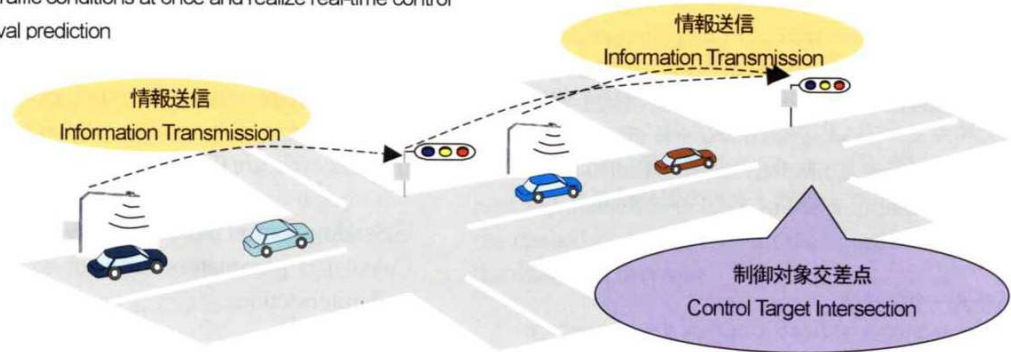


図 6.2.2-2 UTMS 制御方式

6.2.3 安全運転支援システム

(社) 新交通管理システム協会が推進している安全運転支援システム²⁾を参考に以下に示す。このシステムは、ドライバーへ、周辺の交通状況等を視覚・聴覚情報により提供することで、危険要因に対する注意を促し、ゆとりを持った運転ができる運転環境を創出することにより、交通事故を防止することを目的としたシステムである。

各種センサにより、視認が困難な位置に存在する自動車、二輪車、歩行者を検出し、これを基に、光ビーコンによる車載装置への情報提供や交通情報板による表示を行い、ドライバーに対して注意を促す。

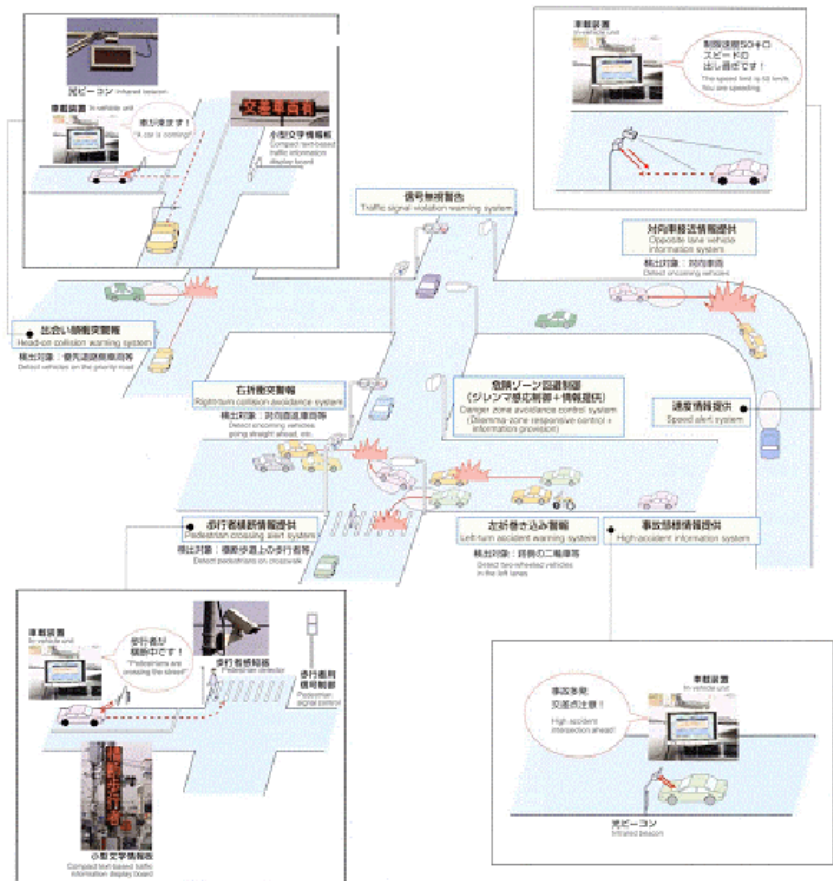


図 6.2.3-1 安全運転支援システム

(文責；松本)

- 1) 警察庁：新信号制御方式実証実験パンフレット
- 2) (社) 新交通管理システム協会：UTMS パンフレット

6.3 道路施設

道路施設では、構成部材の機能向上や施設のシステム化などによる交通視環境の改善が実施されている。以下に改善事例を紹介する。

6.3.1 道路標識

(1) 反射シートおよびプリズム反射体の高機能化

道路標識に用いられる反射シートやプリズム反射体の高機能化が進み、より視認性に優れた反射体が利用され始めている。

1) 高輝度反射シート

従来、道路標識には主にカプセルレンズ型反射シートが使用されていた。これは反射シートのカプセル内に空気層を設け、そのカプセル中に高屈折ガラスビーズを保持させた反射シートである。これに対して、プリズム型反射シートはプリズムによる再帰反射原理により入射光を全反射させる反射シートである。プリズム型反射シートはカプセル型反射シートに比べて反射輝度が高いため、より遠くから道路標識が視認可能となり、標識の判読性も向上する（図 6.3.1-1 参照）。



図 6.3.1-1 高輝度反射シート

2) 蛍光反射シートおよび蛍光プリズム反射体

蛍光反射シートおよび蛍光プリズム反射体は、蛍光物質をシート内等に内在させた反射体である。蛍光物質は、本来であれば物体に吸収されてしまう短波長の太陽光を吸収し



図 6.3.1-2 蛍光反射シート



図 6.3.1-3 蛍光プリズム反射体

て長波長の可視光を放出するため、もともとの物体色に蛍光発色が加わり明るく見える。薄暮時や悪天候時であっても蛍光発色によって際立って見え、視認性が向上する。

(2) 自発光機能やセンサ機能の付与

1) LED などを用いた自発光式道路標識

道路標識板は反射シートによって内容が表示されており、夜間は車両の前照灯を受けてその反射により表示内容をドライバに提示する。

これに対して LED などの発光体と太陽電池若しくは商用電源を用いた自発光式道路標識がある。これら自発光式道路標識は発光体を点滅させる、また、発光色や表示内容を可変させることが可能であり、より一層の注意喚起が必要な事故多発地点で設置が進められている。

2) センサを利用した道路標識

上記のような自発光道路標識に熱感知センサを組み合わせた道路標識がある。センサにより車両や歩行者を感知して、表示内容を道路状況に応じたものに可変させることができ、ドライバにより的確な情報を提供できる。

具体的には、主道路の接近車両をセンサで検知し、従道路側に向けた自発光式標識板に車両接近を表示して従道路側の車両に注意を促すものがある（図 6.3.1-4 参照）。

また、横断歩道上の自発光式標識とセンサを連動させ、センサが横断歩道者を検知した場合には自発光式標識を点滅させると共に、横断歩道照明により横断歩道を照らしてドライバーに横断歩行者の存在を伝えるシステムもある（図 6.3.1-5 参照）。



図 6.3.1-4 歩行者安全横断支援システム



図 6.3.1-5 出会う事故防止システム



図 6.3.2 自発光式交差点鉤

6.3.2 区画線・道路標示

(1) 高輝度ライン

ガラスビーズの粒径や屈折率に工夫を施すことによって、反射輝度を向上させたものや雨天時の視認性を高めたものがあり、ドライバーの視線誘導に大きく貢献している。

(2) 自発光式道路鉤

自発光式交差点鉤は夜間に交差点の存在を的確に明示し、効果的に注意喚起を促す。電源に太陽電池を利用すれば電源設備工事費用の低減を図ることができる（図 6.3.2 参照）。

6.3.3 その他道路付属施設

(1) 中央分離帯に設置される道路施設

昼夜を通して中央分離帯の存在を遠方から知らしめる道路施設は、交差点事故の削減に大きく寄与する。中央分離帯の大きさや必要な視認距離にあわせて、自発光式の注意喚起灯から比較的簡易な再帰反射式標示板まで様々な施設がある（図 6.3.3-1 参照）。

(2) 自浄機能を有する道路施設

道路施設の表面に酸化チタンなどの光触媒を塗布した自浄機能付き道路施設は、メンテナンス作業の軽減につながる。太陽光と降雨により汚れを落とすことのできるため、汚れによる視認性の低下を防ぎ、長期にわたって機能を確保することができる（図 6.3.3-2 参照）。



図 6.3.3-1 自発光式注意喚起灯



図 6.3.3-2 自浄機能付き注意喚起標示板

（文責；高室）

6.4 車載技術

車両側で取り組まれている交差点の交通事故関連の防止対策を車両用照明灯，車両用信号灯，そして車載先進交通事故防止技術の3分野で紹介する。

6.4.1 車両用照明灯

ここではコーナリングランプ，AFS（Adaptive Front Lighting System；走行環境適応型ヘッドランプシステム），その他の研究開発の3例を紹介する。

(1) コーナリングランプ

現状のヘッドランプロービームのみで交差点の右左折走行時に必要とされる照射範囲を確保することは車体の構造制約もあって難しい。そこで車体コーナー側に追加ランプを設置し，交差点走行時に必要とされる照射範囲を照明するランプが実用化されている。コーナリングランプである。

コーナリングランプは方向指示器の操作に連動して点滅する。

照明効果を図6.2.1-1に示す。点灯時には横断歩道を照明できていることが確認できる。



(a) コーナリングランプ消灯

(b) コーナリングランプ点灯

図 6.4.1-1 コーナリングランプ点灯による交差点近傍照明効果

(2) AFS（Adaptive Front Lighting System；走行環境適応型ヘッドランプシステム）

現状の2ビームからなるヘッドランプシステムにおいては種々の走行条件下で十分な性能要件を満足しているとは言い難い。そこで欧州では，より夜間走行の向上を図るためにAFSの規格化を2007年目標に進められている。AFSのビームは4つのクラスで定義されており，追加機能としてベンディングランプが先行認可されている。

- ① AFS Class C Beam；すれ違いビームである。
- ② AFS Class E Beam；防眩柵などがある高速道路で使用するビームである。
- ③ AFS Class V Beam；市街地走行用ビームであり対向車へ与えるグレアを抑制。
- ④ AFS Class W Beam；雨天などの濡れた路面で使用するビームである。

■ベンディングランプ；交差点や曲路走行時における側方照射範囲の拡大

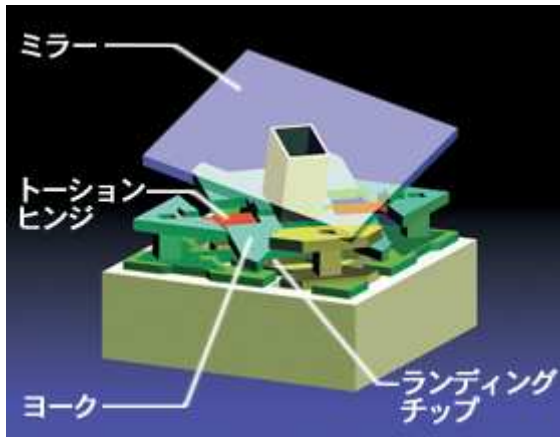
なお，ベンディングランプは，操舵に連動して側方の照射範囲を制御するシステムである。この操舵に連動したベンディング制御方法は，曲路や交差点進入前に注視点を照射することはできない。この対応としてナビゲーションデータを活用した制御方法が検討されている¹⁾。

AFSが今後多くの車両に採用されれば，市街地走行はもとより種々の走行環境に対応した照明が提供可能となり，夜間の安全走行への貢献が期待される。

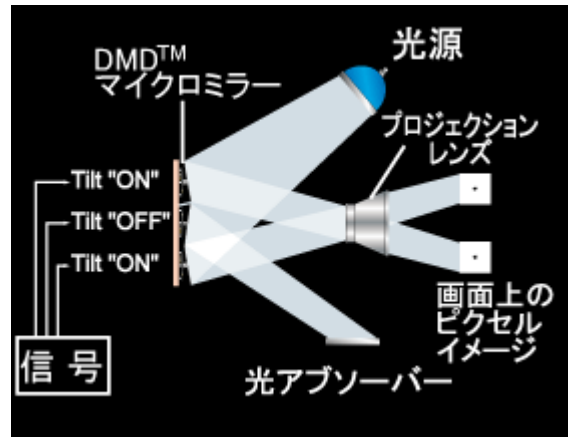
(3) その他の研究開発

AFSは走行地域や走行環境（天候、道路形状）に適応させたヘッドライト制御である。これに対して対向車の存在の有無と位置に対応させてビームを更に詳細制御しようと言う新しいシステムが研究されている。ここでは一例としてDMD®（Digital Micro-mirror Device）と言う半導体素子を用いたヘッドランプシステムを紹介する。

DMD®は反射型のディスプレイ素子で半導体基板上に数十万個の超小型反射板を組み込み、個々のミラーをデジタル制御で動かし、反射光をOn/Offして画像を作り出す。反射型プロジェクタに使用されて素子である。このDMD®素子の構造と動作原理を図6.4.1-2に示す²⁾。



(a) ピクセル構成図



(b) DMD®の動作原理と構造

図 6.4.1-2 DMD®の構成と動作原理²⁾

このDMD®を用いたヘッドランプ光学系の構成案と配光制御例を図6.4.1-3に示す。

光源からのビームをDMD®に照射し、目標とするヘッドランプの配光形状となるよう対応するDMD®の素子の一つひとつを制御することを特徴とする。配光制御例としては対向車へグレアを与えず、歩行者のみ照明するなどが考えられている³⁾。

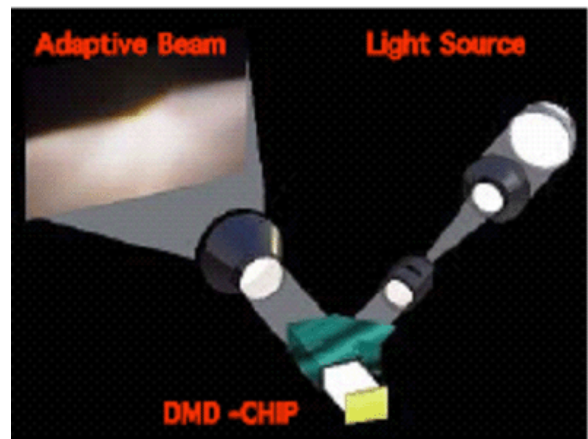


図 6.4.1-3 DMD®を仕様したヘッドランプ構成例

6.4.2 車両用信号灯

車両用信号灯分野では環境対応リアランプシステム（Adaptive Rear Lighting System；略称ARS）が研究開発されている。

ARSは主にVariable Rear Lamp（環境対応光度変化ランプ）及びEmergency Signal Lamp（緊急警告ランプ）より構成される⁴⁾。前者は環境条件（夜/昼、霧などの天候）に応じて信号灯火の光度を制御するシステムである。後者は緊急制動時にストップランプなどをハザードランプの点滅速度より速い条件で自動点滅させるシステムで、交差点近傍で多発する追突事故防止の観点からも有用であると考えられている。ARSはここ数年以内にECE規則化が期待されている。ここでは欧州車に一部試験採用されているEmergency Signal Lamp例について概説する。

図6.4.2-1に点灯システムを示す。1は消灯時、2は通常の制動時、3はシステム作動時であり、

ストップランプとハイマウントストップランプに加えて、追加ランプが点滅する。

点滅の有効性については一部研究結果が公表されている⁵⁾。図 6.4.2-2 は点滅光の周波数(横軸)と誘目性(刺激強度;縦軸)の関連を白, 赤, 緑, 青, 黄の5色に対して研究した結果である。点滅周波数 0Hz に対して 1~3Hz の方がより刺激強度が強い(誘目性が高い)と報告されている。

Emergency Signal Lamp を含め ARS の研究により今後, 更に視認性が高く, 追突事故など交通事故防止に貢献する車両用信号の実用化が期待される。一方, 上記に伴い灯火機能の増加が考えられる。ドライバに灯火機能の誤認を与えぬよう, 信号灯火のコード化(灯火色, 点灯光度, 点滅周波数, 点灯数を含めた点灯方式)の更なる検討も必要になると思われる。



図 6.4.2-1 Emergency Signal Lamp 例

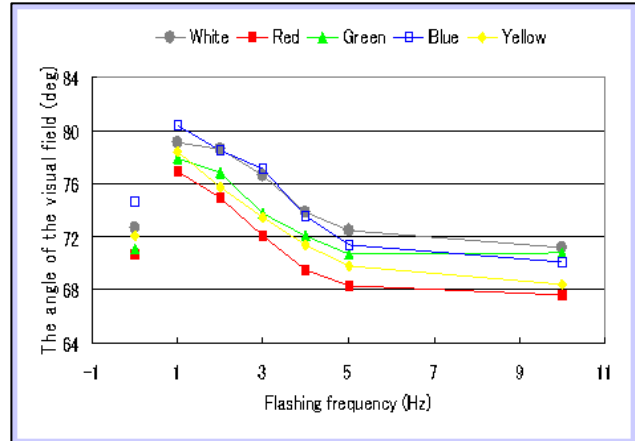


図 6.4.2-2 点滅光の周波数と誘目性

6.4.3 車載先進事故防止技術

ここでは実用化されている例としてナイトビジョンシステムを, 先行研究されている代表例として, レーザ触覚衝突緩和システム, 車々間通信を利用した情報交換型システムを紹介する。

(1) ナイトビジョンシステム

現状のロービームの前方照射距離は 50m 程度であり, その先に存在する歩行者や障害物は視認できない。この対応としてナイトビジョンシステムが実用化されている。

ナイトビジョンシステムには下記の 2 方式がある。

- ① 近赤外照明器+近赤外線 CCD カメラ方式; 近赤外照明器 (IR ランプ) で照明し, その映像を近赤外線 CCD カメラで捉える方式である。
- ② 遠赤外線カメラ方式; 遠赤外線カメラで遠方映像を捉える方式である。

実写した現状ロービーム映像, 近赤外映像, 遠赤外映像を図 6.4.3-1 に示す。



(a) ロービーム映像

(b) 近赤外方式

(c) 遠赤外方式

図 6.4.3-1 現状ロービーム映像, 近赤外映像, 遠赤外映像の比較

従来は画像を HUD(ヘッドアップディスプレイ)にてドライバに提供するシステムであったが, 現在では画像解析により歩行者を検知しドライバに警報するシステムも実用化されている⁶⁾。

市街地で道路を横断する歩行者の発見に有効であり、更なる採用拡大が期待される。

(2) レーザ触覚衝突緩和システム

車室内に設置したレーザ照射装置などを用いて自車の予想軌跡などの情報を路面に投影するシステムが研究されている⁷⁾。このレーザ表示により、①自車の存在と進行方向を周辺車両に提供し、追突・接触事故や交差点での出会い頭事故を未然防止する、②同情報を交差点の死角に存在する歩行者に提供し、人身事故を未然に防止する、③路面に投影されたパターンの変形により、前方路面に存在する障害物や路面の凹凸を検知し車両を制御する、など種々の活用案が検討されている。

交差点周辺における各種事故未然防止の観点から将来の実用化が期待される。

(3) 車々間通信を利用した情報交換型システム

ドライバから見えない事象は、ドライバはもとより画像系の車載センサでも検出困難である。また前記の画像系の車載システムは交差点や交通信号を認識困難であり、交差点周りの事故に対応困難となっている。そのため、画像系のセンサでは交差点での出会い頭事故や右折事故、歩行者事故などに対応不可能となっている。そこで車々間通信を利用した情報交換型システムが研究されている⁸⁾。このイメージ図 6.4.3-2 に示す。

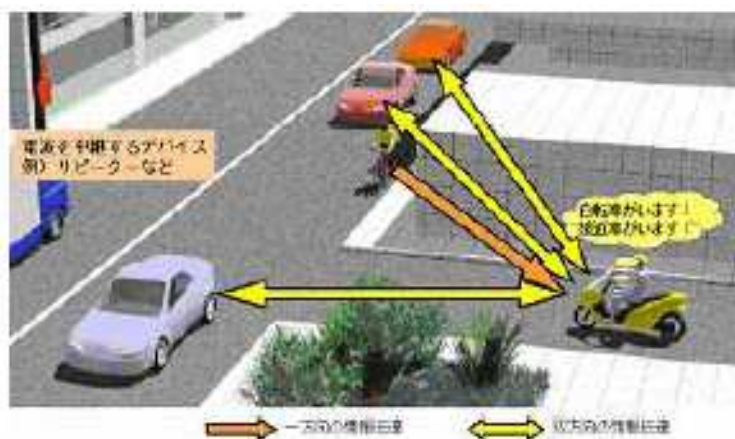


図 6.4.3-2 車々間通信を利用した情報交換型システム

各車両に車々間通信装置を搭載し、自車の位置情報、進行方向、走行速度などを自車周辺の車両に提供する。受信側の車両では、近接車両の情報と自車位置、走行データを基に危険を検出し、ドライバに危険情報として提供するとともに、必要に応じて車両を自動制御する。

本システムが実用化されれば交差点における出会い頭事故はもとより曲路における正面衝突事故防止に有効であると思われる。しかし、現状では①安全運転支援システムに適した無線周波数、②ドライバに情報提供する車載システムのあり方、③システム機能確認のための実証実験、など実用化へ向けての研究課題は多い。

(文責；小林)

参考文献

- 1) 多々良直久，堀宇司；AFS（先進前方照明システム），自動車技術，Vol.60, No.5, P.28-31, 2006
- 2) 三菱電機 HP，DLP®方式リアプロジェクター <http://www.mitsubishielectric.co.jp/visual/dlp/>
- 3) Rainer Kauschke, et.al.; Innovative Optical Concepts for Future Car Headlights, Progress in Automobile Lighting, 5th International Symposium, September 23-24, 2003
- 4) 林一美，高田福夫；ISO/TC/SC8 & GTB（自動車ランプ専門家会議）活動報告，自動車技術，Vol.60, No.3, P.96-97, 2006
- 5) 上條正義，小林正自，他；点滅刺激色光と誘目性，照明学会全国大会論文集，2003
- 6) 辻孝之；夜間の歩行者認知支援システム，自動車技術，Vol.60, No.5, P.41-44, 2006
- 7) 小池伸；レーザ触覚による衝突緩和システム，自動車技術，Vol.60, No.5, P.49-53, 2006
- 8) 国土交通省「第3期先進安全自動車（ASV）推進検討会」；第3期 ASV 中間報告会資料，平成16年3月16日

6.5 危険予測からみた光環境の在り方

6.5.1 運転免許試験の交差点内危険予測項目の抜粋

危険予測とは、運転中、絶えず前後左右の状況に注意しながら、運転に必要な情報を目や耳によってとらえることにより事前に状況判断を行い、的確な操作を促すことである。

交通事故の多くが、危険予測の遅れで発生していることもあり、運転免許試験においては、危険予測という項目でイラスト問題が100点中10点もの割合で出題されている(図6.5.1-1)。

また図6.5.1-2は、警視庁交通局監修の冊子「ルールとマナー」¹⁾に記述されている交差点における危険予測項目である。この図より明らかなように大規模交差点において注目すべき項目は限られている。同時に夜間においてもこれらの危険予測を可能にするべき照明計画が必要であると考えられる。しかし、現状の交差点においてこれらの危険予測項目を取り上げて、照明計画がされているとは考えにくい。

今後これらの危険予測項目を事前認知できるような交差点環境が望まれる。

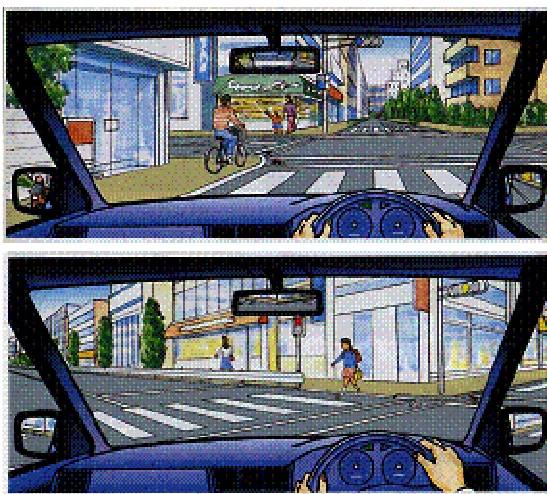


図 6.5.1-1 免許試験のイラスト問題例

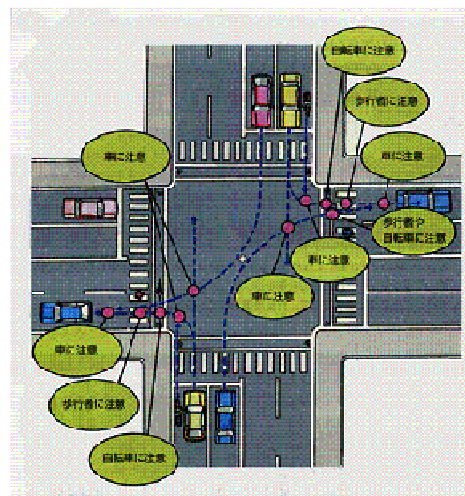


図 6.5.1-2 交差点危険予測項目

6.5.2 交差点における歩行者、自転車、車両の速度測定

横断歩道上における人対乗用車の事故について、歩行者と自転車の行動特性を時間と速度の観点から分析した。

歩行者・自転車の基本的な行動特性である飛び出しを横断歩道手前から想定し、歩行者・自転車の進行方向は、左手前→左奥とする。交差点内の走行車両は普通乗用車とし、速度は20km/hとする。速度20km/hで走行する車両が、乾燥路面で急ブレーキをかけた場合、図6.5.2-1に示されているように停止距離は約9m、停止時間は約2秒である¹⁾。

そこで横断歩道に入る直前(5m)の歩行者・自転車の速度を測定した。結果を表6.5.2-1に示す。

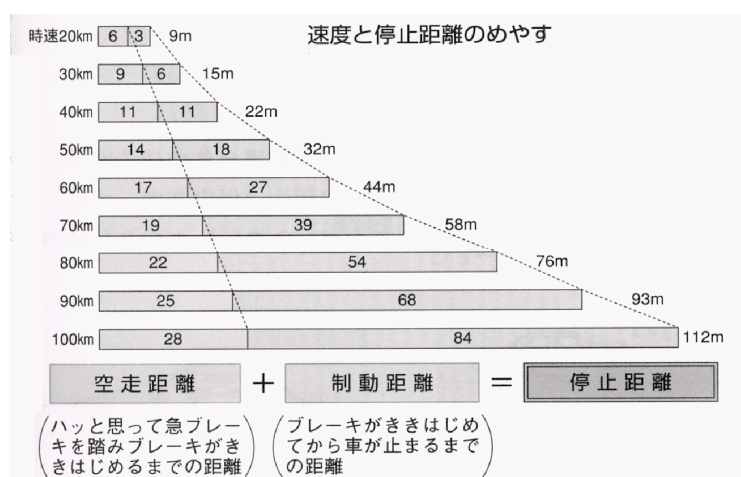


図 6.5.2-1 速度と停止距離の目安

表 6.5.2-1 歩行者・自転車の速度測定結果

	サンプル No.										平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
歩行者速度 (km/h)	3.85	4.37	4.41	3.92	4.22	3.87	4.52	4.43	4.33	4.15	4.21
自転車速度 (km/h)	9.28	10.17	8.91	11.23	9.67	9.78	9.82	10.31	9.76	10.55	9.94

次に上記結果からドライバーが認知してから停止するまでの所要時間約 2 秒前における歩行者・自転車の位置を算出した。結果を表 6.5.2-2 に示す。

表 6.5.2-2 横断 2 秒前における歩行者・自転車位置計算結果

	サンプル No.										平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
歩行者距離 (m)	2.14	2.42	2.45	2.18	2.34	2.15	2.51	2.46	2.40	2.31	2.40
自転車距離 (m)	5.16	5.65	4.95	6.24	5.32	5.43	5.46	5.73	5.42	5.87	5.60

この結果から、歩行者・自転車が交差点を左折してくる車両の存在に気づいていないとするならば、夜間、ドライバーは横断歩道上を走行する約 9m 手前で、歩行者を横断歩道より 2.4m 以上手前で認知しなければならず、自転車に限っては横断歩道より 5.6m 以上手前で認知しなければならないことが分かる。

上記結果を基に、交差点照明で照明すべき周辺範囲を図 6.5.2-2 に示す。本案は、交差点照明に対する新たな光環境の提言であり、本照明を実施すれば夜間、ドライバーは歩行者および自転車の認知が確実なものとなり、夜間の安全走行に貢献できるであろう。

6.5.3 ヒヤリアンケート調査及び実施調査²⁾

現在の道路照明は、『夜間走行において、道路交通の安全・円滑を促すこと』を目的として設置されている。この夜間におけるドライバーの視界は長江ら³⁾により研究されている。これによると、『夜間、ドライバーは高い位置を見ており、道路照明・信号など明るい対象物に注視が集中している』である、とされている。即ち、視界が横長である昼間に対し、夜間の視界は縦長になり、歩行者への注意力が散漫になるということを示唆している。そのため、死角となりやすい歩道部分が認識できるような照明計画が必要であると考えられる。この模式図を図 6.5.3-1 に示す。

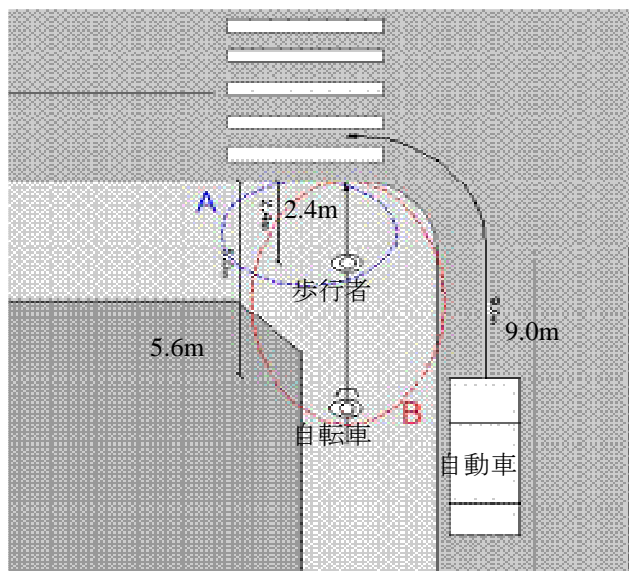


図 6.5.2-2 交差点周辺照明範囲

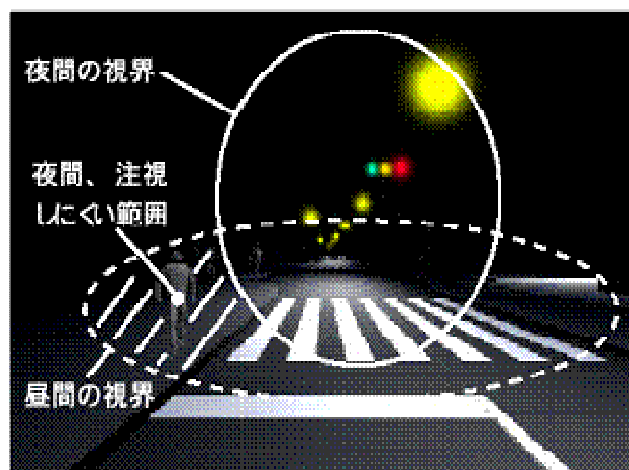


図 6.5.3-1 ドライバの注視範囲

ドライバの観点から見た場合、歩道にいる歩行者の動きをいち早く察知することが重要である。そこで、運転の流れの中で危険予測を喚起する光環境を模索した。

実際に危険予測の遅れに光環境がどのように影響するのかを確認するため、まずヒヤリ体験に基づくアンケート調査（ヒヤリアンケート調査と呼ぶ）を行い、事例を集めた。

調査は夜間・人対車（乗用車）におけるヒヤリ体験に絞り、攻撃的傾向・違反容認傾向・危険容認傾向が認められるものは対象外とし、被験者は車を日常運転する学生 20 名とした。

得られた 20 件の事例から、『交差点内・横断歩道上』を対象道路形状として選定し、該当する 8 件を抽出した。この 8 件（左折 4 件、右折 4 件）を見てみると、そのほとんどが、比較的郊外で片側 1 車線道路での体験であり、「目の前まで歩行者に気づかなかった」という回答が多かった。

次に、この中から 3 件（左折 1 件、右折 2 件）を調査対象とし、交通安全施設の設置状況及び光環境調査（昼夜の写真撮影及び輝度分布の測定）を行った。

結果を図 6.5.3-2 に示す。

輝度分布を見ると水平線より上方に高輝度光源が集中している。このため、この位置にドライバの視線が誘導され、危険予測が遅れ易い光環境であることが、実際の交差点においても確認できた。

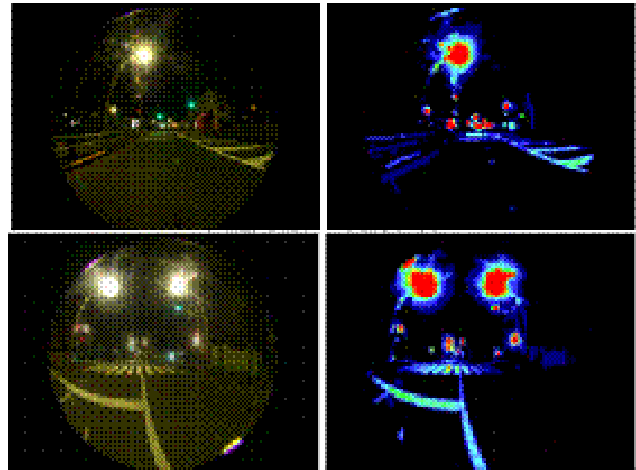


図 6.5.3-2 光環境実地調査
写真（左）とその輝度分布（右）

上：下里交差点（左折時）

下：東伏見交差点（右折時）

6.5.4 交差点認知に関する調査および認知実験

夜間運転ではその存在が確認し易い交差点と確認しにくい交差点が存在する。そこで夜間街路の交差点認知に影響を及ぼす要因を調査すると共に、それらの要因のどのような組み合わせが最適であるか実験を実施した⁴⁾。

(1) 交差点の認知に与える要素の調査

夜間街路の交差点認知に影響を及ぼす要素としてどのようなものがあるのか都内の神田，早稲田，門前仲町などの地域における交差点において写真撮影を行い、その写真を基に、交差点の把握に寄与していると考えられる交差点認知要素を討議・抽出する方法で実施することとした。

なお、対象道路は「信号なし・1 車線・交差点」とし、それらの場所を任意に選定し、写真を撮影した。撮影位置は、高さ 1.2m、交差点入口から 22m 手前とした。

撮影写真を基に討議・抽出した交差点認知要素を表 6.5.4-1 に示す。

表 6.5.4-1 交差点認知要素

情報伝達要素（サイン）			それ以外の構成要素
標識	規制標識	車両進入禁止 指定方向外進行禁止 一時停止	建物 塀 歩道 路肩 ガードレール 電柱 フェンス 空き地 マンホール
	指示標識	横断歩道	
	警戒標識	学校・幼稚園・保育所あり	
標示	規制標示	路側帯	
	指示標示	横断歩道 停止線 とまれ 進行方向 十字路	
道路反射鏡	ミラー		
照明	交差点鏡 ナトリウム灯		

抽出した要素を分類した結果、情報伝達要素（以下サイン要素とする）とそれ以外の構成要素とに分けられた。

(2) 交差点認知度と与える光環境とサイン要素の関係の調査

夜間街路における光環境は、防犯灯・門灯・玄関灯・店舗照明などの設置状況により様々である。そこで、交差点とその周辺における光環境とサイン要素が交差点認知度と与える影響を調査する実験を行った。実験は前項の地域写真の中から 81 枚の写真を選定し、それを被験者に提示し、交差点として認知できるかどうかを「分かる/分からない」で評価させた。なお、被験者は車を日常運転している学生 19 名で実施した。

評価結果から、①19 人全員が分かったと回答した交差点 21 箇所と、②回答数が 10 以下の分からなかった交差点 19 箇所を抽出し、比較を実施した。一例を図 6.5.4-1 に示す。

その結果、店舗照明と街路灯の混在など交差点が全体的に明るい方が認知しやすいとは限らず（図 6.5.4-1 右）、ノイズが少なく、交差点の路面を中心として明るくされたサインの提示

（図 6.5.4-1 左）の方が認知しやすいという結果が得られた。これはサイン自体が目立つため交差点認知に効果的であったと考えられる。従って、交差点認知度が高い要素が相対的に目立ちやすいければ、交差点認知に対して、より効果的な環境を提供できると推測出来る。

(3) 情報伝達要素（サイン）と交差点認知度実験⁴⁾

前項では、個々のサイン要素と交差点認知度の関係が明らかにされていない。そこでサイン要素の優位性に関する検討実験を行った。

実験は、黒い背景に個々のサイン要素だけがはっきり見える画像 40 パターンを、4 秒間ずつ見せ評価させた。被験者は学生 18 名とした。実験画像例を図 6.5.4-2 に示す。

画像は実際の大きさに近づけるためスクリーン（H1600mm × W2150mm）に投影し、視線が画面の中心になるように調節した。なお、道路は幅員 3.5m の 2 車線道路とし、ドライバーは交差点入口の手前から 22m に位置させ、視点の高さは 1.2m とした。

評価方法は ME 法を用いて実施した。本実験において最も認知度の高かった交差点を基準値 10 とし、比較対象の個々の要素が交差点の認知にどの程度影響を及ぼしているか採点させた。

結果を図 6.5.4-3 に示す。

各要素の効果とその考察を行ったので以下に述べる。

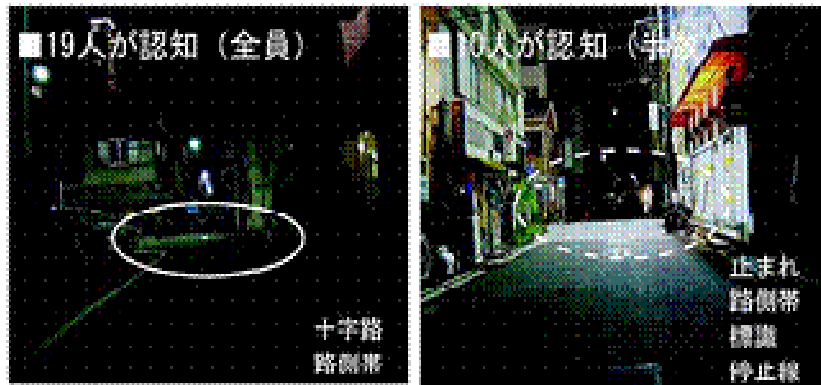


図 6.5.4-1 光環境の違いによる認知の差

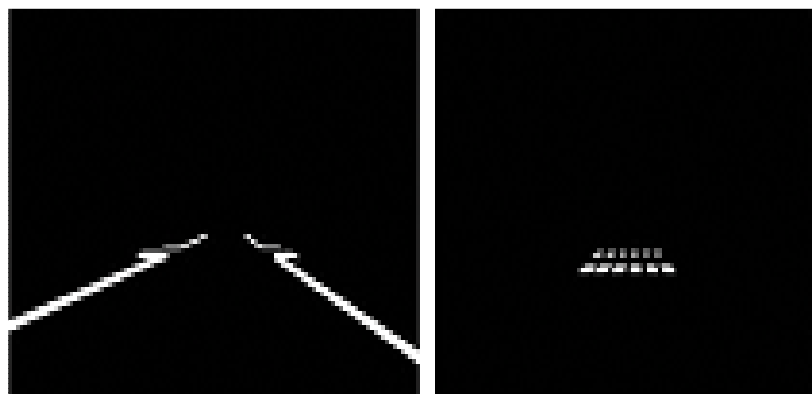


図 6.5.4-2 実験画像例

- A=「路側帯」；路側帯は「平行+直行」が、比較的高い値となった。理由として、道路の輪郭が連続として表されている為、道路の幅員や道路形状の情報が伝わりやすいということが考えられる。
- B=「横断歩道」；横断歩道の存在は交差点の認知度を全体的に高めた。この原因は、①横断歩道が他のサイン要素に比べ面積が大きい為注視しやすい、②横断歩道そのものが歩行者の渡る道を表す、ためと思われる。また、その中でも路側帯と同じように道路の幅員や道路形状の情報が伝わりやすいものが高数値を示している。
- C=「停止線」；全体的に低い値となった。その中でも、自転車走行路への規制である「停止線」の方が、交差点への規制である「停止線」より高い値となった。ドライバーの意識は、自分の進行方向に対して規制があると高くなる傾向にある。
- D=「止まれ・進行方向・十字路」；「十字路」が高い値となった。それは交差点中心を認識し易いこと、また、交差点までの距離や交差点の位置が伝わりやすいためだと考えられる。また、十字路が道路形状を表していることも影響していると思われる。「止まれ」や「進行方向」は、交差点の位置や道路形状が明確に伝わりにくいため低くなったと考えられる。
- E=「標識・道路反射鏡」；全体的に低い数値となった。この原因は面積が小さく、交差点角にあるため、何を示しているのか短時間では伝わりにくいとされる。また、標識によっては正確な意味を認識しにくいものがあると思われる。

実験の結果、主に道路形状など、空間の分かりやすさが交差点認知に大きく影響を及ぼしていると推測できる。また、「路側帯」「横断歩道」「十字路」などのサイン要素が、交差点認知に寄与する度合いが高いという結果が得られた。また、それらを対象とした局所的な照明手法により、街路空間に存在する不要な情報を抑え、運転しやすい夜間街路空間が呈示できるのではないかと考えられる。

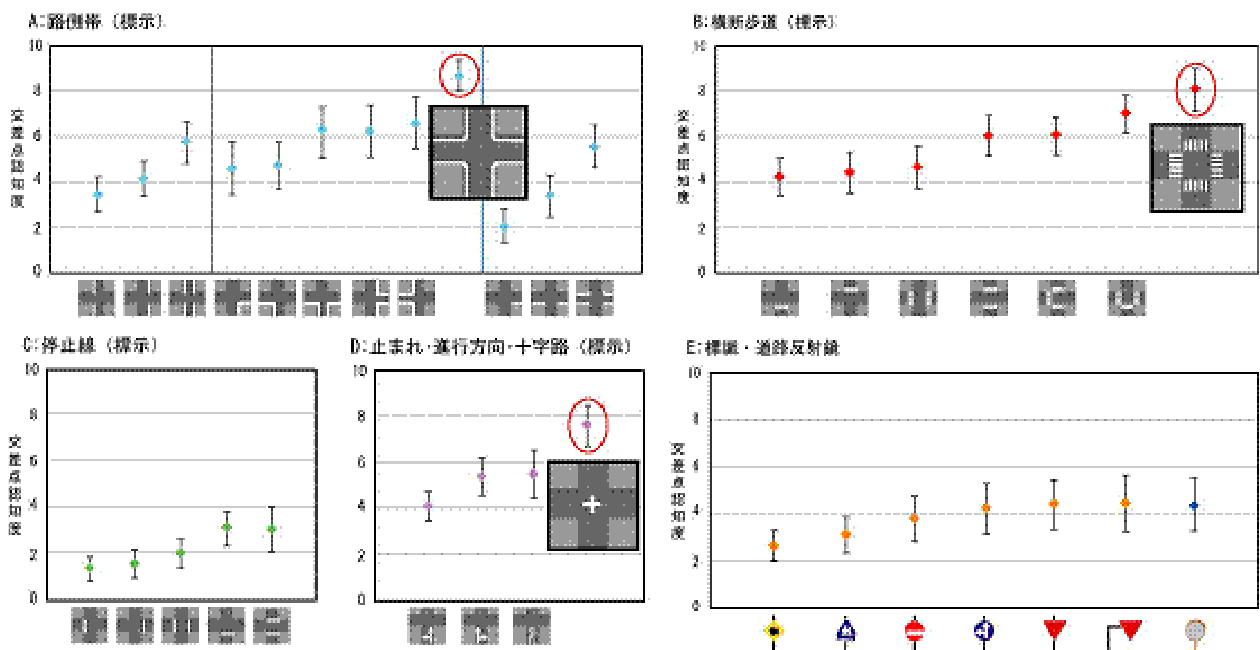


図 6.5.4-3 交差点認知度

6.5.5 CGによるシミュレーション実験⁵⁾

交差点内の歩道を照らすことにより、横断歩道に出る前の歩行者の行動がいち早く察知できる光環境が望ましい。そこで交差点左折時に着目し、シミュレーション実験を行った。

シミュレーションは、左折事故における歩行者の行動において、基本的な行動特性である横断歩道手前から飛び出す場合を設定した。

歩行者・自転車の進行方向は、平成13年4月～12月の夜間交差点内横断歩道上・左折事故件数（第1当事者：自動車、第2当事者：歩行者）において最も多い（317件発生）、左手前→左奥を設定した。これを図6.5.5-1に示す。

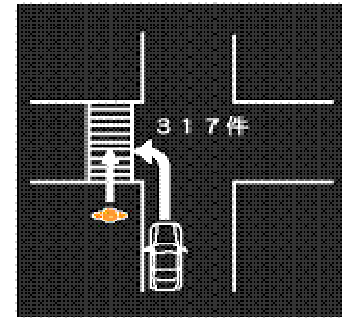


図 6.5.5-1 左折事故

光環境は昼間/現状夜間/夜間提案の3種類について行った。

この画像例を図6.5.5-2に示す。なお、被験者は日常車を運転する学生15名とした。

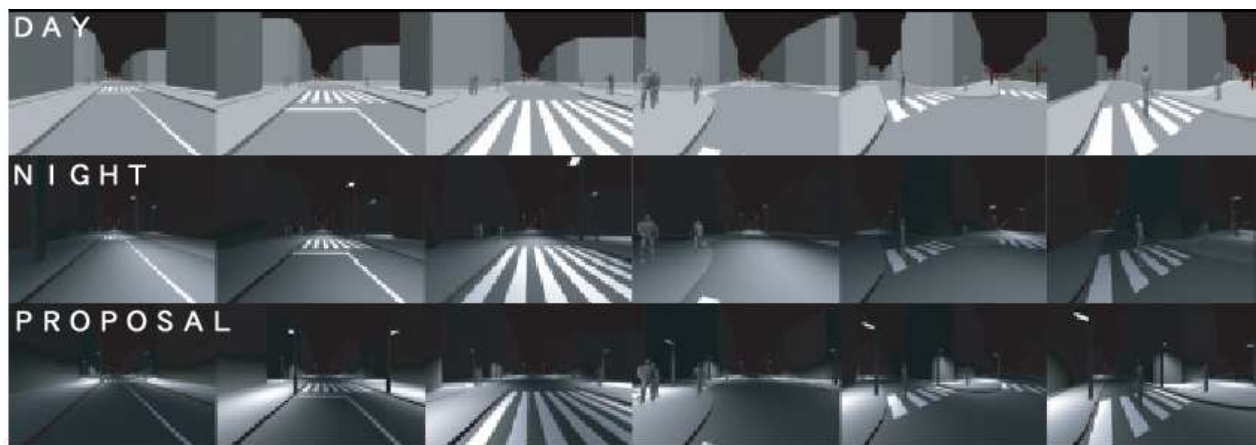


図 6.5.5-2 昼間 / 現状夜間 / 夜間提案のシミュレーション画像例

実験は動画で実施し、動画作成時における車両の走行条件は、車速40km/hから徐々に減速して交差点を左折する設定とした。

被験者はこの動画を観察し、歩行者の行動を認知したときに停止ボタンを押す。そして次に歩行者が行動を開始したときに被験者は再度ボタンを押す。このボタン操作間の時間を計測する。実験は2サイクル実施し、昼間/現状夜間/夜間提案時の各1回のシミュレーション中には、複数の歩行パターンを設け、その中に歩行者が横断歩道手前から飛び出すパターンを無作為に2度挿入した。その内の2度目の飛び出し時におけるものを実験結果として採用した。結果を図6.5.5-3に示す。なお、図中に記載した数値は被験者15名の平均値である。



図 6.5.5-3 昼間 / 夜間 / 夜間提案における歩行者認知時間の測定結果

昼間と夜間提案を比較すると、ほぼ同等の結果が得られた。これにより夜間提案は最小限の光で、昼間とほぼ同等の視環境が得られていると考えられる。これは、夜間提案が歩行者の行動が認識しやすいことと周辺の不必要な情報が相対的に抑えられるということが考えられる。

また、現状夜間と提案夜間を比較すると、0.22秒の差が得られ、夜間提案の方が行動を察知するのが早いという結果が得られた。これは交差点を速度 20km/h で左折する際、乗用車が停止する距離も 1.2m 手前になり、交通事故削減の可能性があると考えられる。

この結果を考察すると、現状夜間の注視範囲は図 6.5.3-1 と同様に縦長になっていると考えられる、これに対して夜間提案は歩道に注視が向くため、横断歩道に出る前の歩行者の行動を把握し易いと考えられる。

最後に、交差点の左折時において、横断歩道手前から歩行者が飛び出す場合は、車道を照明する現状方式より歩道を的確に照明した提案方式の方が、ドライバの危険予知を促すことが判明した。

このように交通事故防止の観点から、交差点の光環境を考慮すると街路の光環境の変化が考えられる。このような観点から考慮すれば夜間の街路景観も変化していくものと考えられる（図 6.5.5-4 参照）。



図 6.5.5-4 夜間の街路景観

(分析；角館)

参考文献

- 1) 財団法人全日本交通安全協会；「ルールとマナー」, P52, 2005.7 改訂版
- 2) 関口克明他；「危険予測から見た交差点の光環境と夜間景観に関する研究」, 日本建築学会大会学術梗概集, 2003
- 3) 長江啓泰；「月刊自動車管理～四輪ドライバの注視点」, 1985.3
- 4) 武蔵工業大学工学部建築学科卒業論文 小林茂雄研究室 太田文子「都市空間における交差点認知を促す光環境整備の実践～富山市八尾町を対象として～」, 2006
- 5) 関口克明他；「危険予測からみた交差点の光環境の在り方に関する研究」, 日本建築学会大会学術梗概集 2003

7. 交差点視環境研究評価実験

7.1 交差点右折時の照明実験

7.1.1 はじめに

横断歩道上の鉛直面照度に着目した歩行者の被視認性実験を行った。これまで、夜間の交差点照明の検討は十分ではなく、どのような照明手法が交差点として適切かは、明らかになっていない。実際には交差点付近の照明は、交差している道路（単路）の照明であり、交差点に最適化された照明とはいきれない¹⁾。そのため、交差点中央部の照度が低くなり交差点内の明るさが不均一となる場合や、横断歩道および周辺の歩道で照度が低くなる場合があり、ドライバからの交差点内の視認性並びに横断歩行者の被視認性の低下が起りやすい。

本研究では、特に右折車と横断歩行者の接触回避に有効な交差点道路照明について検討した。実サイズの十字路交差点に照明器具を設置し、横断歩行者の被視認性から視環境を評価した。

7.1.2 右折車と横断歩道事故

本研究では、交差点の歩行者事故で最も多い『右折車と横断歩行者の事故』に着目した。

萩田らは、図 7.1.2-1 のデータを示し、右折時・夜間の右からの横断歩行者事故が多く、その原因は発見遅れであることを指摘している^{2), 3)}。

内田らは、右折時においてドライバは短時間に対向車のギャップ判断・二輪直進車の発見・右折後の進行方向読み取りなどを的確に行わなければならない、自転車や歩行者などへの安全確認行動が低下することを示した⁴⁾。

一方、昼間は、信号が赤になるタイミングや青矢時間での右折が多い。しかし、夜間は、対向車が減るため対向車のギャップ判定による右折が多くなる。このため、右折時の運転者の情報処理負荷は昼間より夜間の方が大きくなりやすい。

浜岡らは、危険度として、このような時間帯での右折車による事故が市街地が多いことを報告している^{5), 6)}。これらの研究結果は、右折車による横断歩行者事故において、運転者の視認ミスが主な原因であることを示している。即ち、歩行者の被視認性の向上が有効であり、夜間においては道路照明による改善が効果的となる可能性が高い。

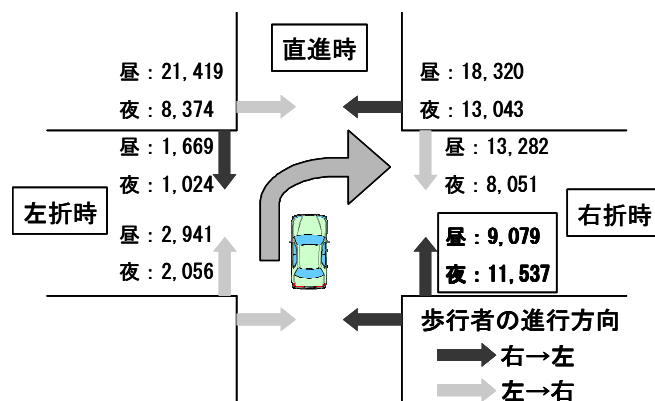


図 7.1.2-1 H8～12 年全国の横断歩道上の事故件数

7.1.3 実験手法

(1) 日時と場所

実験は、平成 16 年 12 月 6 日（月曜日）から 9 日（木曜日）に、茨城県つくば市の国土技術政策総合研究所内・ITS 研究センター交差点事故防止支援実証実験設備で実施した。この設備は、図 7.1.3-1 に示すように、片側 2 車線（車線幅員：3.25m）の道路が交差する実大サイズの交差点である。

次に実験環境の詳細を説明する。

道路照明装置は設置基準配置による4基と、交差点コーナ部に4基を付加し、計8基を配置した。交差点内の明るさは、ND フィルタを用いて平均水平面照度を 5.0 lx に調節した。なお、その時の照度均斉度は 0.52 だった。

また実際の右折待機時の光環境に近づけるために、3 台の車両を用意した。

1 台は、被験者が乗る右折車で交差点中央手前に止めた。

2 台目は、右折車の 60m 前方に対向車として用意した。対向車のヘッドライトは常時点灯とし、被験者の視点をコントロールするためのタスク光を載せた。

3 台目は、停止車両である。被験者から見て右側からの歩行者の反対側で信号待ちをしている車両に相当する。なお、被験者が視認する歩行者は、上下黒の服を着せ、図 7.1.3-1 の①から⑤の位置に、①から⑤の方向を向き立たせた。

(2) 被験者

被験者は、視機能を考慮し、若年者 6 名と 60 歳以上の高齢者 6 名の 2 グループから構成した。その属性を表 7.1.3-1 に示す。

被験者全員のコントラスト感度は、VCTS6500 を用いて計測した結果、若年者に比べて高齢者はかなり低かった。

被験者は、右折車の運転席に座り、1 回の実験毎に、横断歩行者の発見・見易さ・見えた内容について回答した。図 7.1.3-2 は、被験者に配布した回答用紙を示している。

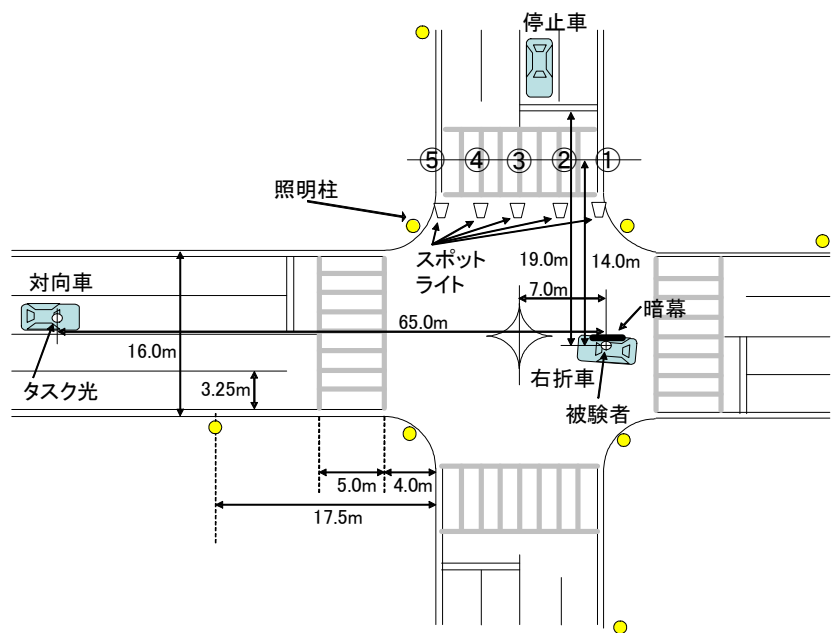
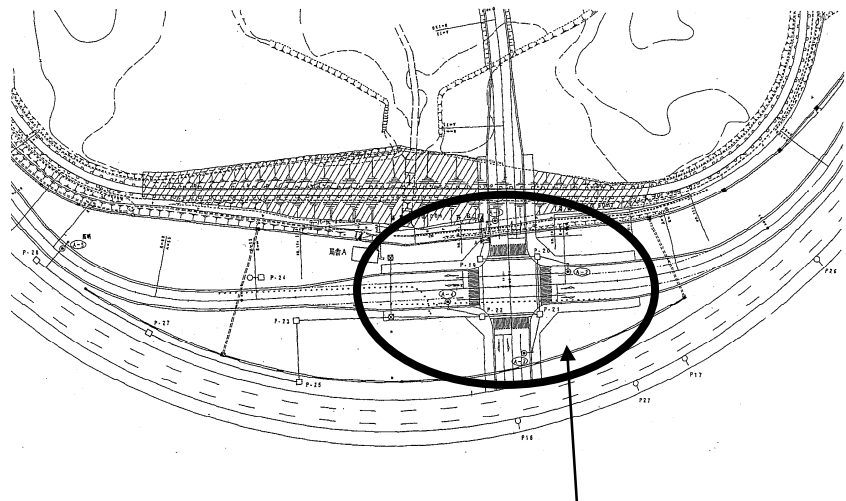


図 7.1.3-1 実験場の配置

表 7.1.3-1 被験者の属性

若年者						
被験者	A	B	C	D	E	F
年齢	21	21	22	22	23	23
性別	男	女	男	女	男	男
運転免許取得年数	2	3	5	3	4	3
運転頻度	毎日	年5日	週6日	週5日	毎日	年10日
年間走行距離[km]	10,000	5	9,000	8,000	15,000	500
コントラスト感度左	445	356	383	272	260	293
コントラスト感度右	343	340	267	212	230	212

高齢者						
被験者	G	H	I	J	K	L
年齢	70	62	62	67	65	76
性別	女	男	女	男	女	男
運転免許取得年数	22	40	30	37	22	48
運転頻度	毎日	週5日	毎日	週5日	週4日	0
年間走行距離[km]	7,500	13,000	10,000	7,000	700	0
コントラスト感度左	150	267	252	188	146	139
コントラスト感度右	178	260	145	146	58	0

(3) 横断歩行者の明るさ

本実験では、図 7.1.3-1 の①から⑤の位置に立たせた歩行者の、高さ 1m 地点の交差点中心方向の最小鉛直面照度を 5, 10, 20, 40 (lx) の 4 水準に変化させ実験パラメータとした。歩行者の鉛直面照度を実現するために、歩行者位置別に 5 台のスポットライトを用意し、歩行者となった実験者が照度計を手に持ち、実験毎に計測し調整した。

(4) 実験計画

実験設計は、3 要因の乱塊要因計画とした。従属変数は、歩行者の見易さである。1 名の被験者は、42 回の実験を繰り返し、歩行者の見易さ評価を行った。3 要因は、次のとおりである。

- 歩行者位置 (5 水準)
- 鉛直面照度 (4 水準)
- 停止車両のヘッドライト点灯の有無 (2 水準)

以上より水準の組み合わせは 40 回であるが、これに横断歩行者がいない場合 2 回を加え、42 回の実験となった。

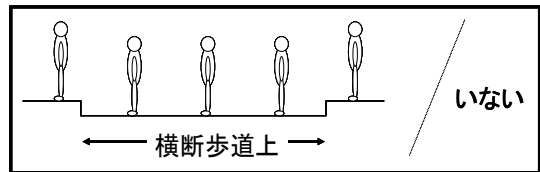
(5) 実験手順

最初に、被験者は右折待機車に乗り、シートベルトを締め、運転姿勢を取った。実験開始の合図と同時に被験者は、対向車のタスク光を見る。タスク光が点灯しているときには、ブレーキペダルを踏み続ける。消えているときには、ブレーキペダルから足を離す。点滅周期は 2 秒から 4 秒 (ランダム)、点灯時間と点滅時間の比は 1:1 とした。タスク光の点滅とブレーキペダル動作は、計測システムによって記録している。タスク光の点滅を約 10 秒間繰り返した後に、実験者が暗幕の開くタイミングを「3, 2, 1, 0」と告げる。「1」を聞いたときに、被験者はタスク光から目を離し、右折先の横断歩道側に視線を移動させる。このとき、図 7.1.3-1 に示す暗幕によって、被験者からは横断歩道を見通せない。合図[0]のとき、実験者が暗幕を開ける。暗幕を開けている時間は約 1 秒とし、その間に被験者は歩行者を視認する。ただし、実際の開いている時間を事後にビデオから測定したところ 0.6 秒から 0.7 秒であった。被験者は、暗幕が閉じられた後に図 7.1.3-2 に示した回答用紙に結果を記入する。この実験を 1 名の被験者は 42 回繰り返した。しかし、一度に 42 回は負担となるので、21 回ずつ 2 回に分けて実験した。また、実験前に各被験者にこれらの動作を練習する機会を持った。最後に、実験の理解度や属性について聞いた。

実験風景を図 7.1.3-3 に示す。

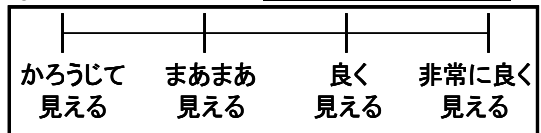
質問①

歩行者はいましたか？また、どこにいましたか？
いた場合はその場所に、いない場合は文字に○をして下さい



質問②

①でいたと答えた場合、どのように見えましたか？



質問③

①でいたと答えた場合、どの内容が見えましたか？
見えた内容に全て○をつけて下さい
(複数回答可)

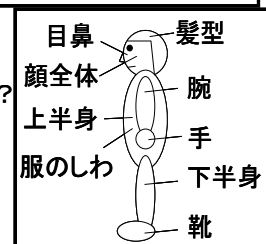


図 7.1.3-2 回答用紙



図 7.1.3-3 実験風景

7.1.4 実験結果

(1) 歩行者の発見

図 7.1.3-2 の質問①の回答で、歩行者が存在するのに「いない」に回答した場合を発見ミスとした。図 7.1.4-1 は、年齢別・歩行者位置別・停止車ヘッドライト別の発見ミスの構成率を示している。若年者グループの横断歩道侵入直後の歩行者位置（図 7.1.3-1 の②）・停止車ヘッドライト ON の実験は、6名の被験者を合わせて24回（鉛直面照度水準 4×6名）行った。その条件で、歩行者が「いない」とした回答が12回あり、図 7.1.4-1 の構成率は50%となった。高齢者グループでは同条件における発見ミスの割合がさらに高く、75%となった。高齢者グループは、ヘッドライト ON のときの発見ミスが若年者グループに比べかなり多くなった。

(2) 歩行者の見易さ評価

4段階の見易さ評価を表 7.1.4-1 のように順位付けし、実験結果をまとめた。見易さを分析したデータは、全データから前述した発見ミスのデータと位置間違いのデータを除いた。なお、位置間違いとは、質問①で歩行者の位置を間違っただけで回答したものである。図 7.1.4-2 及び図 7.1.4-3 に、個々の分析に用いたデータ数を表示する。

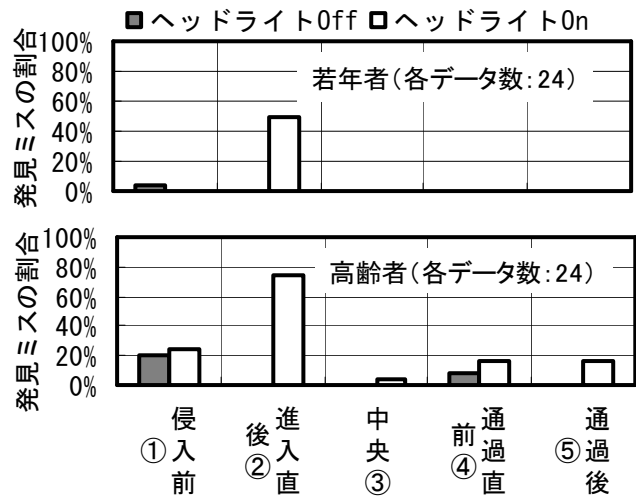


図 7.1.4-1 歩行者の発見ミスの構成率

表 7.1.4-1 評価カテゴリー

1	かろうじて見える
2	まあまあ見える
3	良く見える
4	非常に良く見える

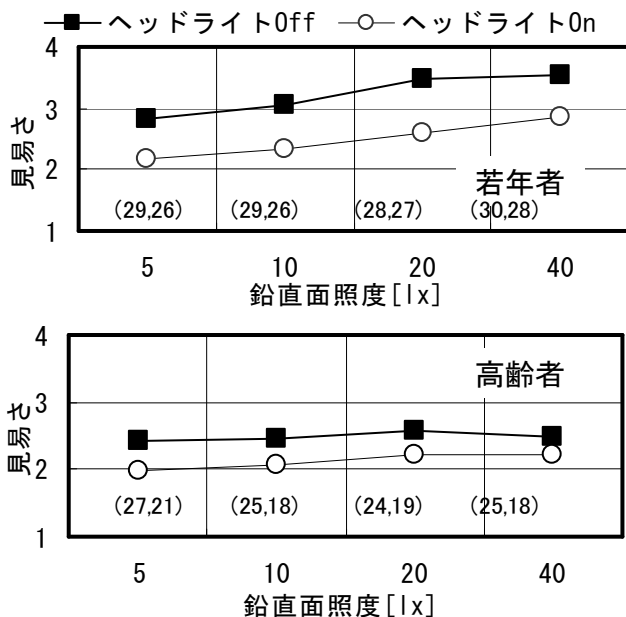


図 7.1.4-2 鉛直面照度が見易さに与える影響

注 () 内は、左が Off, 右が On のときのデータ数

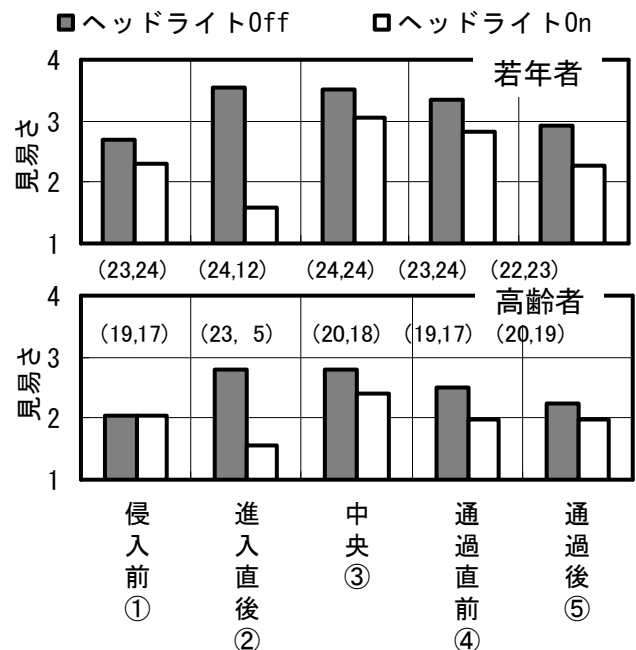


図 7.1.4-3 歩行者位置と見易さ

注 () 内は、左が Off, 右が On のときのデータ数

図 7.1.4-2 は、鉛直面照度別・停止車ヘッドライト別の見易さ評価を示している。若年者において、鉛直面照度が高くなるにつれて見易さが順当に高くなった。一方、高齢者は、鉛直面照度の変化に鈍く、鉛直面照度が高くなっても見易さがほとんど上昇しなかった。両者とも停止車ヘッドライト ON の見易さは、OFF のときよりかなり低下した。たとえば、若年者の鉛直面照度 5 (lx)・停止車ヘッドライト OFF と鉛直面照度 40 (lx)・停止車ヘッドライト ON はほぼ同じ見易さとなった。

図 7.1.4-3 は、歩行者位置別・停止車ヘッドライト別の見易さを示している。図より、横断歩道中央付近の見易さ評価が高く、歩道近辺に行くに従って見易さが低くなったことが分かる。また、停止車ヘッドライト ON によって、各位置での見易さ評価は低下した。特に停止車正面となる横断歩道進入直後（図 1 の②の位置）の低下が著しかった。若年者と高齢者の間には見易さの絶対値を除いて大きな違いは見られなかった。

表 7.1.4-2 は、見易さを従属変数としたときの 3 要因乱塊法による分散分析を行った結果である。若年者の主効果では、照度・位置・ヘッドライトが有意となった。交互作用では、位置×ヘッドライトが有意となった。一方、高齢者の主効果では、ヘッドライトのみが有意となった。交互作用では、若年者と同様に位置×ヘッドライトが有意となった。即ち、図 7.1.4-2、図 7.1.4-3 に示したことを裏付ける結果となった。

表 7.1.4-2 分散分析表

若年者(n=240)					
変動要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
照度	18.65	3	6.22	7.91	0.00
位置	30.77	4	7.69	7.88	0.00
ヘッドライト	40.84	1	40.84	39.74	0.00
照度 x 位置	5.00	12	0.42	0.87	0.58
照度 x ヘッドライト	0.25	3	0.08	0.20	0.89
位置 x ヘッドライト	30.85	4	7.71	18.04	0.00
照度 x 位置 x ヘッドライト	3.65	12	0.30	0.82	0.63
高齢者(n=240)					
変動要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
照度	0.25	3	0.08	0.30	0.83
位置	4.73	4	1.18	0.67	0.62
ヘッドライト	21.00	1	21.00	20.51	0.01
照度 x 位置	1.90	12	0.16	0.47	0.93
照度 x ヘッドライト	0.15	3	0.05	0.20	0.89
位置 x ヘッドライト	15.02	4	3.75	15.86	0.00
照度 x 位置 x ヘッドライト	4.42	12	0.37	1.43	0.18

7.1.5 まとめ

本研究では、右折待機中のドライバから見たときの夜間における横断歩行者の被視認性について実験的に検証した。その結果、第一に、横断歩道上の歩行者の鉛直面照度を高くすることは、若年者グループにおいて歩行者の被視認性を高めることに有効であるということが分かった。しかし、高齢者グループでは有効とならなかった。その理由として、高齢者のコントラスト感度の低さが挙げられる。個人別の結果を見ると、高齢者の中でも高いコントラスト感度であった被験者は、若年者と同様に鉛直面照度の上昇によって見易さが高くなっていた。

第二に、横断歩道手前の停止車のヘッドライト点灯が、横断歩行者の被視認性を低下させる大きな要因となった。5箇所の位置全ての見易さが低下したのに加え、ヘッドライトに近い横断歩道進入直後の歩行者は運転者から発見できなかった場合も多くなった。このヘッドライトに近い横断歩道進入直後の歩行者の視認性には、鉛直面照度を40 lxまで高めても効果がなかった。また、横断歩道進入前、通過後の歩行者の被視認性が、横断歩道中央部の歩行者に比べて低く評価された。通過後の歩行者(図7.1.3-1の⑤)は、被験者から後ろ向きとなったことが低下した理由のひとつとして挙げられる。横断歩道進入前の歩行者(図7.1.3-1の①)の見易さが低下した理由は、短い時間に視野の範囲に入り難いことが挙げられる。見えたとしても、歩行者がいるかどうかを見分けるのが限界であったと想像できる。

全体をまとめると、横断歩道進入前の歩行者や進入直後の歩行者の被視認性が低い。このことは、夜間の右折時に右から横断する歩行者と事故が多い原因の一つとなる。横断歩道部の交差点中心方向の鉛直面照度を高くすることは効果があり、ひとつの対策となる。また、停止車のヘッドライトが視認性低下に影響するため、停止時のヘッドライトの減光や消灯などの対策が望まれる。さらに、歩道部を明るくするために、歩道照明の設置や右折時のヘッドライトの配光を広げるなど、歩行者の被視認性向上のための対策が必要である。

謝辞

最後になりますが、本研究は、財団法人三井住友海上福祉財団の交通安全研究助成(H16年度)を受けて実施したものである。また、実験実施において、国土技術政策総合研究所・道路研究部道路空間高度化研究室に多大なご協力をいただいた。ここに同財団とご協力いただいた諸氏に感謝の意を表します。

(文責；江湖)

参考文献

- 1) 道路照明施設設置基準・同解説, (社)日本道路協会, 昭和56年4月.
- 2) 萩田, 森: 運転者の視線を考慮した歩行者事故の分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.4, 2004.9.
- 3) 平松, 梅崎: 行動分析からみた歩行者横断中の事故発生シナリオ, (社)自動車技術会, 学術講演会前刷集, No.100-04, 2004.5.
- 4) 内田, 伊佐治, 津留, 成田: 交差点走行時の運転操作および視認行動パターンに関する研究, (社)自動車技術会, 学術講演会前刷集, No.84-04, 2004.5.
- 5) 西川, 浜岡, 黒川: 右折直進事故が多発する交差点における危険性の評価に関する研究, 第19回交通工学研究発表会論文報告集, 1999.12.
- 6) 吉村, 浜岡, 森地: 見通しに着目した交通事故分析, 土木計画学研究・論文集, No.17, 2000.9.

7.2 右折時のドライバ注視行動実験

7.2.1 はじめに

交通事故の中でも人対車両事故は歩行者と接触することから人的被害は大きく、その減少が強く求められている。人対車両事故は発生状況でみると道路横断中にて多く発生しており、その中でも右折車両と横断歩行者の事故は、ドライバの右折行為への負荷の大きさが1つの要因と考えられる。したがって、交差点右折時に、ドライバがどのような行動をとるか明らかにし、それに影響を及ぼす要因を把握することは、今後の事故防止施策の立案に示唆を与えることになる。

本節では、実験施設内にある実サイズの交差点にていくつかの条件を組み合わせた交通環境を設定し、それぞれの条件下での右折挙動を分析した上で、どの要因が事故発生に影響を及ぼすか明らかにする。

既往研究を概観すると、交差点右折時のドライバの注視挙動に関する研究は様々な視点にて行われていることがわかる。右折と横断歩行者の関連性を対象とした研究がみられる¹⁾ものの、ビデオ撮影による客観的なデータに基づくものであり、実際のドライバの注視挙動までは分析されていない。また、ドライバの注視特性に着目した研究もみられる^{2), 3)}が、実走行実験に基づいていないため、実際の右折行動に基づいた成果は得られていない。交差点での事故に関する研究では、右折を取り上げている研究がみられる^{4), 5)}ものの、環境条件が絞られている。以上の状況から、本研究では新しい試みとして実交差点での右折行動実験に基づいた分析を行ったものである。

7.2.2 実験の概要

本実験は、実験場内の実交差点に仮想的な交通環境を設定し、そこでアイマークレコーダを装着した被験者に交差点での右折行動をとらせ、その際の注視行動を把握するものである。右折に際しては、横断歩行者の位置、対向右折車の有無など条件を変え、環境条件の違いによる注視挙動の変化を測定している。

本実験では、被験者の右折行動の注視に影響を与えるものとして対向直進車を走行させている。できるだけ実際の右折行動を再現するため、2台の対向直進車を用意し、被験者が1台目と2台目の対向直進車の間に右折する状況を設定した。その際、安全性を考慮して、対向直進車2台の車頭時間は9秒、走行速度は40km/hとしている。

また、横断歩行者に関しては、横断歩道内に1人のみ存在することとし、実験中の事故への危険を回避するためダミー人形を移動させることとした。被験者の注視挙動は、歩行者の位置や進行方向によって異なると考えられるため、2方向×2箇所の4水準と歩行者なしのを設定した。歩行者は、歩行速度1m/sで進ませ、設定位置より手前からスタートさせることで自然な横断を再現した。

実験は、平成16年12月7～9日に実施した。被験者は62～76歳の高齢者5人と、20～24歳の非高齢者(学生)6人であり、昼間では1人20回、夜間では1人10回の右折を行っている。

実験概要と、環境条件を表 7.2.2-1, 7.2.2-2に示す。

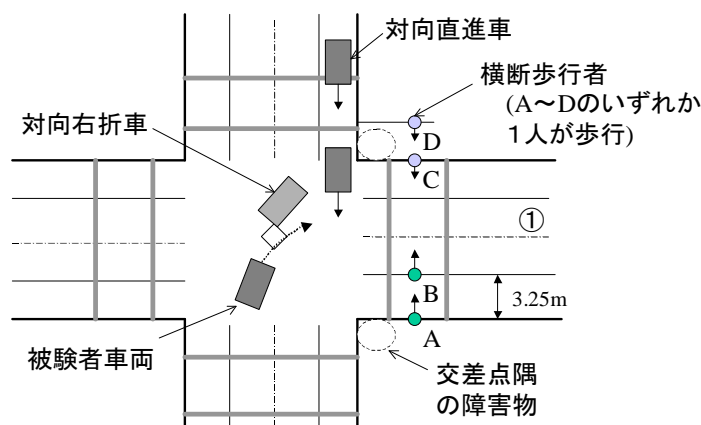


図 7.2.2-1 実験交差点の概要

表 7.2.2-1 実験の概要

実験日時	期日	平成16年12月7日～9日
	日程	9:00～17:00, 19:00～23:00
実験場所	国土技術政策総合研究所内ITS研究センター交通事故防止支援実証実験設備	
被験者	高齢者5人, 非高齢者6人	
実験回数	昼40回(高齢者20+非高齢者20), 夜10回	

表 7.2.2-2 設定した環境条件

	時間	項目	内容	水準
独立変数	昼・夜 共通	対向右折車	あり・なし	2
		横断歩行者	2方向×各2水準 横断歩行者無し 5通り	5
	昼のみ	交差点隅の障害物	あり・なし	2
		運転者の年齢	高齢者・非高齢者	2
前提条件	昼・夜 共通	路面	乾燥	—
		被験者車両の進行方向	右車線 (中央線側)	—
		対向直進車の速度	40km/h	—
		対向直進車の車頭時間	9秒固定	—
	夜のみ	交差点隅の障害物	あり	—
		運転者の年齢	非高齢者	—

7.2.3 ドライバ挙動特性の分析方法

本実験により得られるデータは、運転者の右折行動に関わる注視挙動データである。そのデータは図 7.2.3-1に示すように、各時点における注視対象物に基づく整理が可能であり、その結果をもとに分析する。

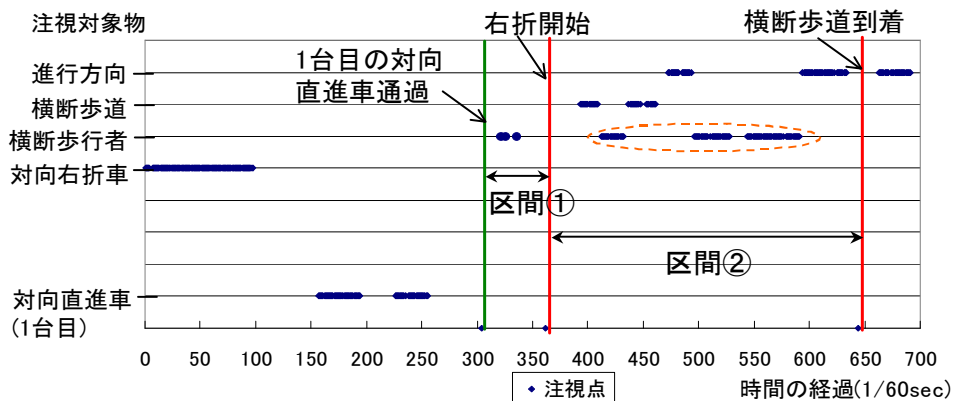


図 7.2.3-1 ある被験者の右折行動における注視の変化

本研究で注目しているのは以下に述べる二つである。

第一は、1台目の対向直進車が通過してから被験者が右折開始する時間（図 7.2.3-1, 区間①；以下では区間①と称す）である。

第二は、右折中（図7.2.3-1, 区間②；以下では区間②と称す）の歩行者注視割合（全視認時間に対する歩行者の視認時間の比率）と、被験者が横断歩道到着時の歩行者の位置である。

これは、被験者車両が横断歩道に到着した際の歩行者の位置に重み付けをし、右折中（区間②）の歩行者注視割合をかけあわせることにより、危険性を数値化する。これら二つについて被験者年齢別、対向右折車の有無別、昼夜別に分析することによって、右折の判断とそれに影響する環境条件の違いを明らかにする。

7.2.4 右折開始判断にかかる歩行者位置の影響

ここでは区間①をもとに、経過時間(1/60sec)と歩行者の位置の5通りについて、環境条件別に関係を把握する。

図 7.2.4-1は各歩行者位置における区間①の時間長さ(コマ数)を年齢別に見たものである。この図より、Aにおいて区間①の長さを確認できる。すなわち、進行方向手前後方からの歩行者については、判断が遅くなることを示している。また、歩行者の位置による判断時間の差(ちらばり)については、高齢者において大きいことがわかり、高齢者にとって判断遅れが生じやすい歩行者の位置があることが示唆される。

図 7.2.4-2は高齢者サンプルを対象に、対向右折車の有無別の右折判断時間を示している。この図から、高齢者の場合、対向右折車が存在すると、右折判断時間が長くなることが読み取れる。さらに、判断時間の差をみると対向右折車が存在する場合において大きい。これらから、高齢者において、対向右折車が存在する場合には、右折開始判断に影響を及ぼすことがわかる。

同様の分析を、歩行者の位置別、昼夜別、対向直進車の有無別、交差点隅における障害物有無別のクロスをとり実施したところ、全組み合わせ22項目中11項目において、環境の違いによる影響の差を確認している。

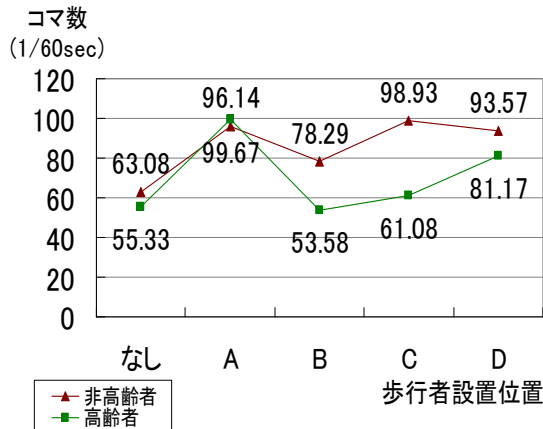


図 7.2.4-1 歩行者位置別・年齢の右折判断時間

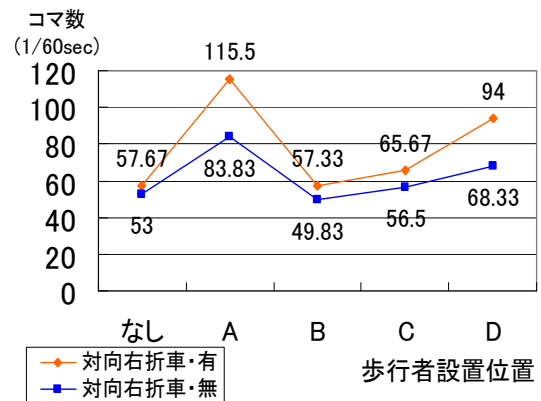


図 7.2.4-2 高齢者における右折車両有無別の右折判断時間

7.2.5 歩行者位置と歩行者注視割合に基づく危険性評価

前章の区間①による分析は、右折開始の判断時間に影響する環境条件の把握が目的であった。ここでは右折の危険性の評価を目的とし、さらにその危険性に対し、環境条件の違いがどのように影響するのか明らかにする。

ここでは、右折時(区間②)の歩行者注視割合(全注視割合に対する歩行者注視の比率)と、被験者の横断歩道到着時における歩行者との関係を危険値で表す。ここで危険値とは、被験者が横断歩道到着時の歩行者位置の重みと、右折中の歩行者注視割合をかけあわせたものと定義した。歩行者位置の重みは被験者車線から遠ざかるほどに1ずつ増加することとしている(図7.2.5-1参照)。

この結果、歩行者と車両が錯綜する危険性を数値で表現でき、危険性を評価できる。なお、本研究で用いる危険値は、その値が小さいほど危険性が増加することを示している。

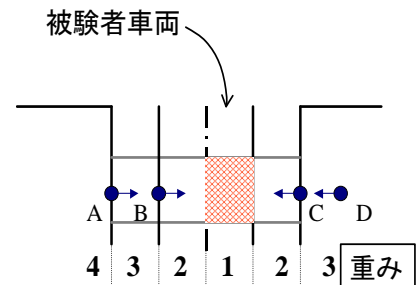


図 7.2.5-1 歩行者位置による重みづけ

図 7.2.5-2は、歩行者の位置による危険値を年齢別に表したものである。ここで、歩行者の位置については、算出する危険値の特性から、「歩行者なし」を除いている。また、比較のため、評価の基準として危険値が80となる点を設定した。

図 7.2.5-2より、高齢者・非高齢者ともに、歩行者が早くに横断を終える位置に設置したB、Cにおいて危険値が小さい（危険である）ことがわかる。

これは、1) ドライバにとって、確認すべき横断歩行者が発見しやすいこと、2) 歩行者が車両の横断歩道交差場所を早くに横断すること等の要因で、その歩行者を十分に確認していなことから、危険と評価されたものと考えられる。

また、危険値の大小の差違（ちらばり）を比較すると、それは高齢者において大きいことから、歩行者位置により危険性が大きく変化することがわかる。

図 7.2.5-3は、高齢者サンプルを対象に、歩行者位置による危険値を対向右折車の有無別に示したものである。この図から、高齢者は対向右折車の有無に関わらず、歩行者設置位置により値が小さくなる箇所（C）があること、また全般的に対向車の存在により危険性が高まることも確認できる。

同様の分析を、歩行者の位置別、昼夜別、対向直進車の有無別、交差点隅における障害物有無別のクロスを取り実施したところ、全組み合わせ22項目中12項目において、環境の違いによる危険値の差違を確認している。

以上の分析から、様々な環境下における危険値を算出できたが、危険値がどの要因に影響を受けるかまでは明らかにされていない。そこで、各状況における危険値の最大と最小の差が、危険性に及ぼす影響の大きさを表すと考え、各種要因の事故に及ぼす危険性の大小を相互比較した。

図7.2.5-4はそれぞれの項目について、危険値の最大と最小の差を示したものである。

この結果から歩行者位置において、最大と最小の差が大きいことがわかる。すなわち、各環境条件のなかで、事故への危険性に最も影響する環境条件は、歩行者の位置といえる。また次には、被験者の年齢、時間帯による影響が高く、高齢者や夜間の事故が発生しやすくなる状況を明らかにできた。

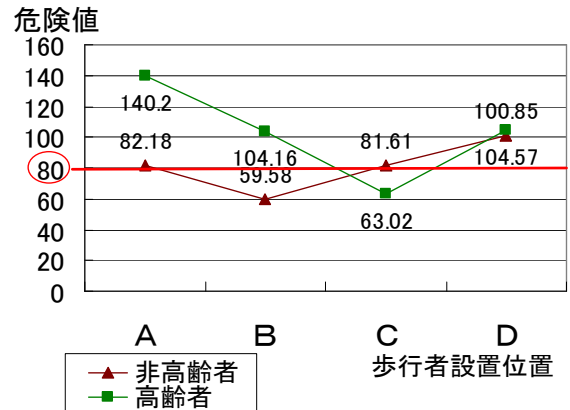


図 7.2.5-2 年齢別の危険性評価値

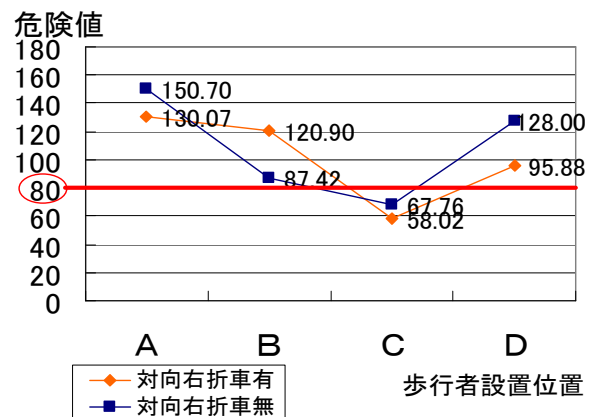


図 7.2.5-3 高齢者の対向右折車有無別による危険性評価値

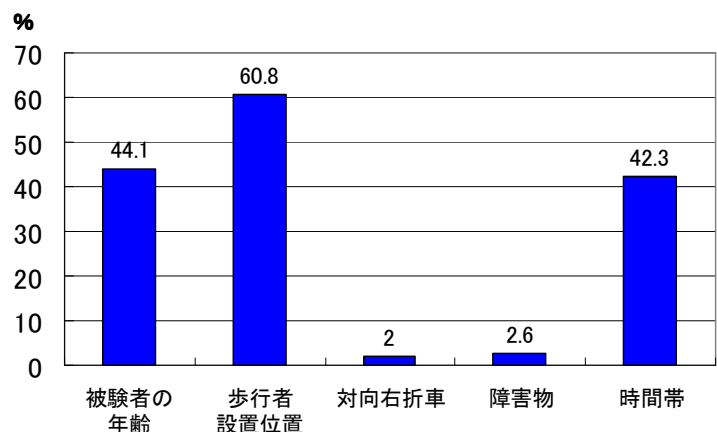


図 7.2.5-4 各環境要素の危険値に及ぼす影響

一方で、対向右折車の有無、障害物の有無による環境条件の変化は、危険性にあまり影響を与えていない。特に、対向右折車両の存在は、前方の対向直進車両への視認性を低下させることから、右折事故の危険性を高めていると考えられるため、予想とは反した結果である。これについては、実験を繰り返し実施したことによる慣れが影響したとも考えられ、実験の繰り返し回数との関連を見ること等により、そのバイアスを軽減する方策とする必要がある。

7.2.6 まとめ

本研究では、交差点の環境条件を変化させた状況での右折行動における注視点データを収集し、右折時の歩行者事故に関する危険性を評価した。

1台目の対向直進車が通過してから右折開始までの所要時間（区間①）を対象とした分析から、被験者車両の手前後方から横断を開始する歩行者位置（A）の状況において、その時間が長くなることがわかった。この結果から、歩行者位置は右折車両が右折開始の判断に要する時間に影響を与える環境条件であり、手前後方からの歩行者に対する対策の重要性を知見として得ている。

さらに、注視挙動データを用いて危険値を算出し、右折行動における危険性を評価した結果、歩行者の位置がB、Cという歩行者が先に横断を終える状況において、より危険な右折となることがわかった。これは、確認すべき横断歩行者が発見しやすく、また車両が横断する場所を歩行者が早く通過することから、十分にその歩行者や他の歩行者の存在を確認しなくなった結果と考えられる。さらに、各環境条件による危険性への影響を相互比較した結果、歩行者の位置による影響が最も大きいことを明らかにしている。

今後の課題としては、危険といえる環境条件についてさらに具体的に評価し、問題点を明らかにするためには、さらに多くの状況での分析を行い、そこから得た結果も総合する必要がある。例えば、本研究では右折車両が交差点に進入してからの注視に着目しているが、実際は交差点に進入する前に横断歩行の方向を注視している場合や、対向直進車の来る方向を注視していることもあった。これらの行為は交差点進入後の右折車両の挙動に影響すると予想される。また、本分析では主に歩行者の注視割合について取り上げたが、対向直進車の注視割合や対向右折車の存在による注視データの変化、さらに歩行者以外の注視対象物にも着目することによって、環境の変化による危険性の評価がより具体的にしやすくなるものと考えられる。

今後さらに研究を継続することで、交差点における交通事故の削減につながる対策立案まで進めていきたい。

（文責；浜岡）

参考文献

- 1) 木村一裕，溝端光雄，蓑輪裕子，清水浩志郎：ビデオ映像を用いた高齢ドライバの右折ギャップ選択特性に関する研究，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp.89-92，1999
- 2) 若月健，森望・高宮進：実車実験に基づく高齢ドライバの運転特性の一考察，第21回交通工学研究発表会論文報告集，pp.221-224，2001
- 3) 萩田賢司，森健二：運転者の視線を考慮した交差点における歩行者事故の分析，第27回土木計画学研究発表会講演集，CD-ROM，2003
- 4) 山田稔，石田篤志：信号交差点における横断歩行者の右折車への影響に関する研究，第21回交通工学研究発表会論文報告集，pp.261-264，2001
- 5) 西川亮，浜岡秀勝，黒川洸：右折直進事故が多発する交差点における危険性の評価に関する研究，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp.221-224，1999

7.3 瞳孔径計測実験

7.3.1 実験の目的

照明有りの交差点近傍においては、環境の明るさが変化する。この照明環境の変化に視覚がどのように対応しているかが把握できれば、夜間交差点及びその近傍における交通事故原因の要因解析の一助となる可能性がある。

瞳孔は環境の明るさに対応して縮動する。そこで、交通視環境と視機能上の問題点を調査することを目的に、夜間交差点近傍における照明環境変化と瞳孔反応変化を調査することとした。

7.3.2 実験装置

交通視環境は Topcon 社製 IM-5 照度計 2 台と同社製 BM-8 輝度計 1 台にて計測する。瞳孔反応は NAC 社製 EMR-8 にて計測する。

計測装置を搭載した実験車を図 7.3.2 に示す。鉛直面照度計測用照度計と路面輝度計測用輝度計は共に車室内に設置し、路面輝度計測用輝度計は 20m 先路面に照準した。

水平面照度計測用照度計はルーフトップに設置した。

各計測機材の計測仕様等を下記に記す。

- ① BM-8 測定レンジ ; 0.01~19.99 cd/m²
- ② IM-5 測定レンジ ; 0.01~19.99 lx
- ③ EMR-8 ; 瞳孔径検出分解能 0.02mm
- ④ 計測サンプリングサイクル ; 30Hz

7.3.3 実験手法

(1) 実験日時と実験場所

実験は、平成 16 年 12 月 8 日（水曜日）に、茨城県つくば市の国土技術政策総合研究所内・ITS 研究センター交差点事故防止支援実証実験設備で実施した。この設備は、図 7.3.3-1 に示すように、片側 2 車線（車線幅員：3.25m）の道路が交差する実大サイズの交差点である。

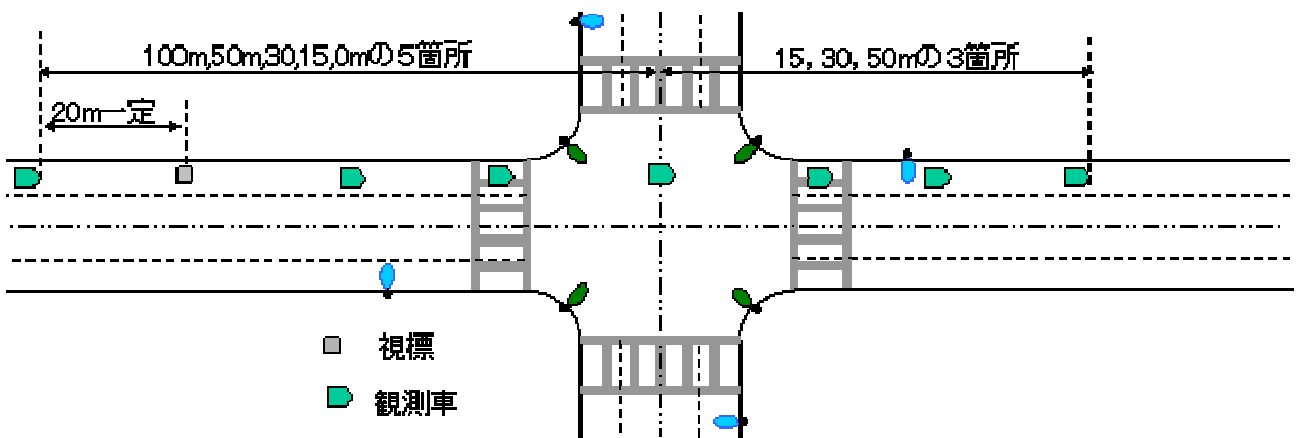


図 7.3.3-1 実験配置

なお、道路照明装置は設置基準配置による 4 基と、交差点コーナ部に付加配置した 4 基の計 8 基を配置している。照明状況を図 7.3.3-2 に示す。

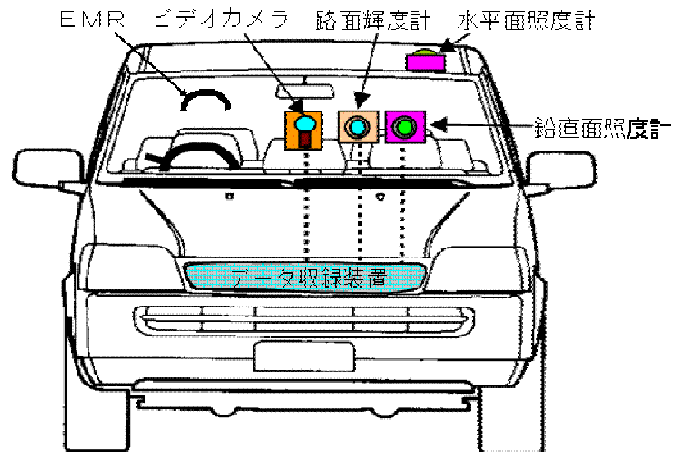


図 7.3.2 実験車計測システムの概要

(2) 実験内容と被験者

視環境計測と瞳孔計測は図 7.3.2 内に示す交差点の手前 5 カ所と後方 3 カ所にて定点計測（計測時間は 1 分間）すると共に、実験車を実走させ、その区間内を連続計測した。

なお、瞳孔計測は被験者 3 名（視力 1.0 以上、内 2 名視力矯正）にて実施した。瞳孔計測時における注視位置は、定点計測では 20m 前方の視標（灰バック）を 1 分間注視するよう指示した。また、走行実験では注視位置の指示は行わなかった。



図 7.3.3-2 夜間照明状況

7.3.4 定点計測結果

計測結果を表 7.3.4 に示す。

表 7.3.4 定点計測結果（各位置とも計測時間 1 分間）

計測位置 (m)	水平面 照度(lx)	鉛直面 照度(lx)	路面輝度 (cd/m ²)	瞳孔径(mm)		
				被験者 A	被験者 B	被験者 C
-100	0.0000	0.0341	0.4228	6.5518	6.1150	6.5828
-50	0.0375	0.3358	0.6054	6.5200	5.6678	6.5998
-30	1.8484	2.8650	1.7208	6.0117	5.2281	6.6130
-15	7.3443	5.9978	1.7164	5.7436	5.5736	6.6002
0	25.8520	11.8202	1.8024	5.8801	6.2671	6.1538
15	25.8520	7.4570	0.7780	6.6304	6.5761	6.6189
30	6.9410	0.1105	0.6372	7.6901	6.7636	6.7389
50	1.8898	0.0145	0.4412	7.3240	6.6002	6.7860

なお、計測位置は交差点中心からの距離であり、の負は交差点の手前、正は後方（通過後）としている。

水平面照度、鉛直面照度、路面輝度とも交差点近傍（計測位置 0m）で最大となるが、計測位置-100m に対する変化率は路面輝度が最も低い。

一方、瞳孔径は交差点の近傍位置において縮小する傾向が伺える。

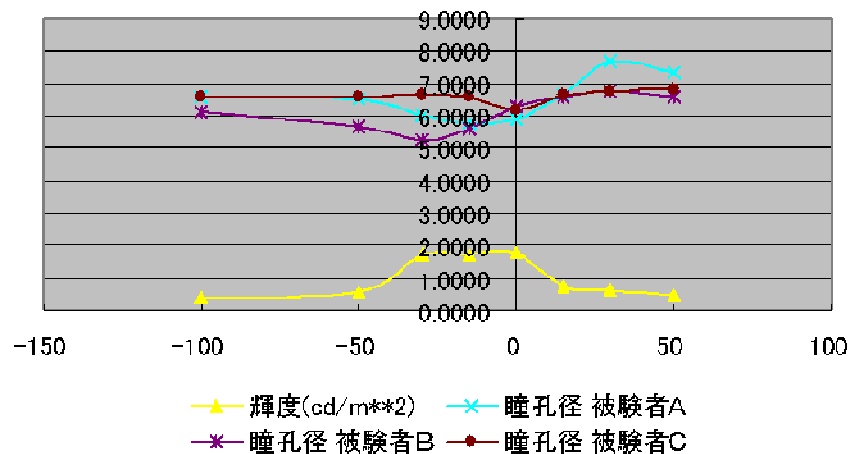


図 7.3.4 路面輝度と瞳孔径の定置計測結果

定置観測における被験者 3 名の瞳孔径と路面輝度との関係を図 7.3.4 に示す。縦軸は瞳孔径 (mm) 及び路面輝度 (cd/m^2)、横軸は計測位置 (m) である。

被験者間で瞳孔径のバラツキは存在するが、路面輝度の増加に伴い、瞳孔径が縮小していく傾向が伺える。

7.3.5 実車走行計測結果

実車走行は、車速約 60km/h にて走行し、交差点中央を含む 150m 区間 (計測時間に換算して約 9 秒) にしてについて路面輝度と被験者 3 名の瞳孔径を計測した。

被験者 3 名の計測結果はほぼ同じであった。

ここでは結果の 1 例として、定置計測にて路面輝度に最も瞳孔が反応していた学生 A の結果を図 7.3.5 に示す。なお、座標関係は図 7.3.4 と同じであり、横軸の計測位置 80m 付近が交差点中央付近である。

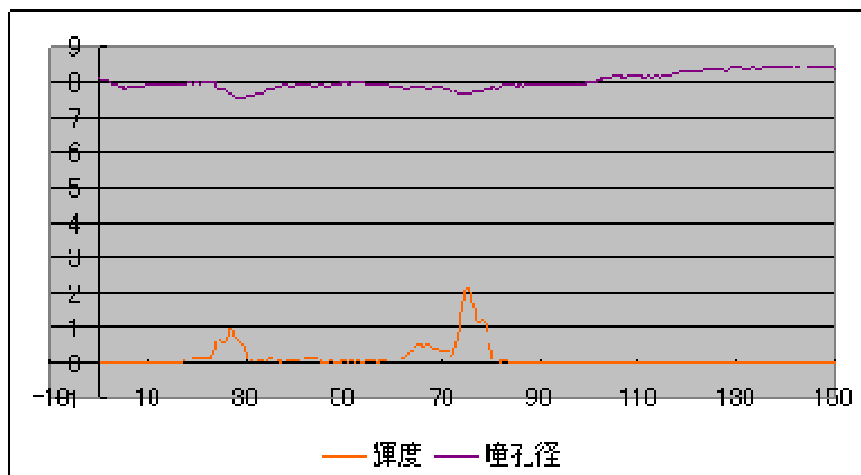


図 7.3.5 路面輝度と瞳孔径の実車計測結果 (被験者 A)

結果より、走行時には瞳孔径は視環境の変化に追従できていないことが分かった。

7.3.6 まとめ

瞳孔反応 (環境の明るさ変化等により瞳孔径が変化) と視環境 (路面輝度, 水平面照度, 眼前照度) を国交省交差点照明実験施設にて調査した。実験は定置観測と走行実験とで行った。

結果をまとめると下記の 2 項が結論づけられる。

① 定点計測では瞳孔径は視環境の明るさに対応して変化するが、視環境の変化レベルほどには瞳孔径は変化しない。

▶ 視環境の明るさは数十倍変化するが、瞳孔径の変化は±10%であった。

② 走行時には瞳孔径は視環境の変化に追従していない (できない?) ことが分かった。

上記のように走行実験では結果からは、瞳孔径は交通視環境に追従できていない傾向が見られたが、これが問題となるか否かは今後更に網膜・瞳孔を含めた順応の過渡現象、眼のダイナミックレンジを調査し、結論づける必要がある。

(文責 ; 小林)

7.4 ヘッドライト・道路照明融合実験

歩行者事故の発生箇所については2章で、交差点とその近傍で多く発生していると述べられている。一方、3.1節では、交通事故多発地点はその大半が市街地交差点であり、このような場所の多くが交通信号機はもとより道路照明装置も設置されている箇所と記述されている。

上記の場所における夜間歩行者事故の照明環境を言及すれば、道路照明（交差点照明など）と車両用照明が融合された交通視環境下で発生していると考えられる。

これまでのところ夜間歩行者事故対策としての道路照明の研究は、交差点照明や横断歩道照明のみによる歩行者の視認性が主体であり、道路照明と車両用照明が融合された照明状況における視認性研究は少ない。対象を高速道路とした数少ない既往研究の一つでは、そのような道路照明と車両用照明が融合された照明状況下では、道路照明装置と車両用照明装置間に存在する物体に関する背景路面との輝度コントラストが道路照明装置のみの時と比べて低下するため、路上物体が視認しづらくなる状況が発生すると記述されている¹⁾。

上記研究は高速道路を対象とした研究であり、本委員会の研究対象である交差点とその近傍に存在する歩行者の視認性について更に研究を進める必要がある。

この内の交差点内に存在する歩行者の視認性検討結果については7.1節に記述されている。そこで本節では、道路照明付き交差点や横断歩道近傍に存在する歩行者に関して道路照明と車両用照明融合時における視認性実験を実施することとした。

7.4.1 実験の目的

夜間交差点近傍における歩行者の視認性が、道路照明及び車両用照明融合時の交通視環境下においてどのような状況であるか状況を調査する。

7.4.2 実験日時と実験場所

実験は、平成16年12月8日（水曜日）に茨城県つくば市の国土技術政策総合研究所内・ITS研究センター内の交差点事故防止支援実証実験設備で実施した。この設備は、片側2車線（車線幅員：3.25m）の道路が交差する実大サイズの交差点である。道路照明装置は設置基準配置による4基と、交差点コーナ部に付加配置した4基の計8基を配置している。

7.4.3 実験配置と実験条件

実験配置を図7.4.3に示す。

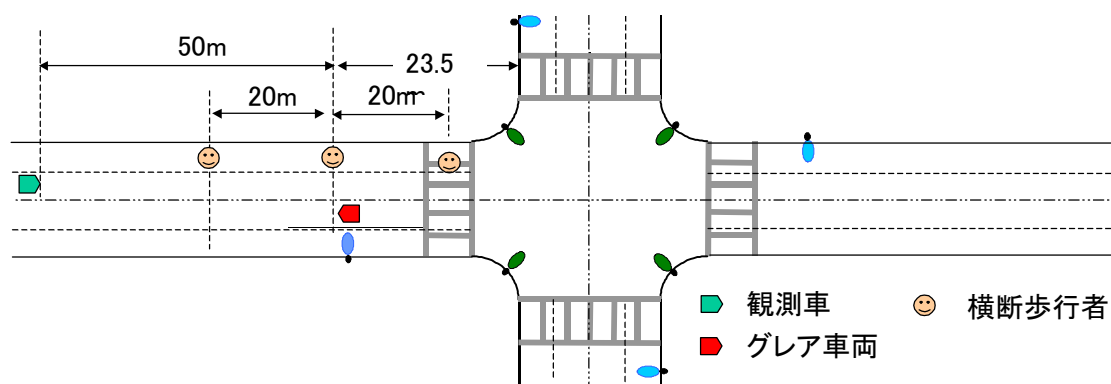


図 7.4.3 交差点近傍における歩行者に関する視認性実験配置

視対象である歩行者（黒スエット着用）は路側の区画線より内側 0.5m（道路側）に立たせると共に、観測車と交差点の間に 3 名配置した。また、実際の交通状況に近づけるために、グレア車（対向車）を観測車の前方 50m に配置した。

実験時における照明条件、路面条件を下記に記す。

- 1) 道路照明条件；照明なし，設置基準（4 基），設置基準+交差点コーナ部（4 基）の 3 水準
- 2) 車両照明条件；観測車・グレア車ともハロゲンヘッドランプロービームを常時点灯
- 3) 路面条件；湿潤路面/乾燥路面の 2 水準

なお，被験者は学生 3 名，社会人 1 名（共に矯正視力 1.0 以上）の計 4 名で行った。

7.4.4 実験時における照明状況

実験時における照明状況を図 7.4.4 に示す。



A) 道路照明なし B) 設置基準（4 基） C) 設置基準+コーナ部

図 7.4.4 交差点近傍実験における照明状況

7.4.5 歩行者照度計測内容と視認性評価尺度

① 歩行者照度計測内容

歩行者の膝，腰，胸位置における鉛直面照度を計測した。

なお，照度計は観測車両側に向け，ドライバ側に面する歩行者の照度を計測するようにした。

② 視認性評価尺度

視認性評価は表 7.4.5 の 4 点評価にて行った。

表 7.4.5 視認性評価尺度

評価点	内容
1	見えない
2	ぼんやり見える
3	見える
4	ハッキリ見える

7.4.6 結果

(1) 歩行者照度計測結果

測定結果を表 7.4.6-1 に示す。なお，歩行者位置①は観測車より前方 30m，②は 50m ③は 70m の位置である。

結果より下記が言える。

- 道路照明有りの条件下では観測車より遠方（交差点近傍）に位置する歩行者の照度はやや増加した。
- 交差点照明無しの条件下（ヘッドランプロービームのみ）では，観測車より遠方に位置する歩行者ほど，照度は低下した。

表 7.4.6-1 歩行者照度計測結果（単位 lx）

交差点照明	歩行者	膝	腰	胸
設置標準+コーナ部	①	3.23	3.02	1.85
	②	3.49	3.05	2.53
	③	5.03	5.45	3.54
設置標準	①	3.08	1.95	1.23
	②	3.13	2.89	1.67
	③	3.88	3.16	2.35
照明なし	①	3.07	1.75	1.13
	②	2.88	1.44	0.92
	③	2.62	1.23	0.70

(2) 歩行者視認性評価結果

視認性評価結果を表 7.4.6-2 に示す。

- 歩行者の視認性は何れの条件下においても評価点3「見える」を下回る。
- 道路照明の存在により歩行者の視認性は何れの位置に置いてもやや改善した。

表 7.4.6-2 路肩歩行者視認性評価結果

交差点照明状態	歩行者①	歩行者②	歩行者③
設置基準+コーナ部	2.000	2.375	1.775
設置基準	1.750	1.450	1.375
照明無し	1.300	1.125	1.000

7.4.7 まとめ

今回の実験は店舗照明など外乱ノイズないほぼ理想的な環境で実施した。しかしながら、交差点照明の有無の関わらず、黒色着衣の路肩歩行者の視認距離は約 30m が視認限界で低いものであった。この原因は、歩行者の背景路面が暗く、視対象と背景との十分な輝度コントラストが得られないからである。別観点からいえば、図 7.4.4. の写真で分かるように路肩歩行者の背景が暗いため、歩行者が背景にとけ込んでいるともいえる。これは 2.3.1 項の交通事故マイクロ分析事例における「ドライバは歩行者が視認できていないが、歩行者はドライバに認知されていると思っている（認知の錯誤）」と同様な視環境と考えられる。

何れにせよ視認距離約 30m は、走行速度 50km/h のドライバの認知回避行動に必要な予見時間を 2 秒と仮定した際の視認距離 27.8m とほぼ同じであり、これは交通安全上問題である。

路肩歩行者の視認性向上への対策としては、①ヘッドランプの輝度を高める、②歩行者の着衣を明度の高い衣類にする或いは着衣に反射体をつける、③背景となる歩道や路側帯部分の輝度を高める、ことが考えられる。

①はディスチャージヘッドランプの採用が拡大し、グレアの増加が指摘されている中で多くは期待できない。②は有効な方策であるが、全ての歩行者が着用することは考えられない。そこで③の方策として、歩道を照明する或いは歩道区間に側壁を設置し、これを道路照明で照明することが考えられる。このようにできれば、歩道近傍に存在する歩行者と背景との輝度コントラストを高め、路肩歩行者の視認性を向上させることが可能となる。

図 7.4.8 に実際の市街地道路における視環境例を示す。歩道及びその背景が明るく照明されていれば、歩道に存在する歩行者とその背景のコントラストが確保でき、歩行者の視認性が改善されることが分かる。

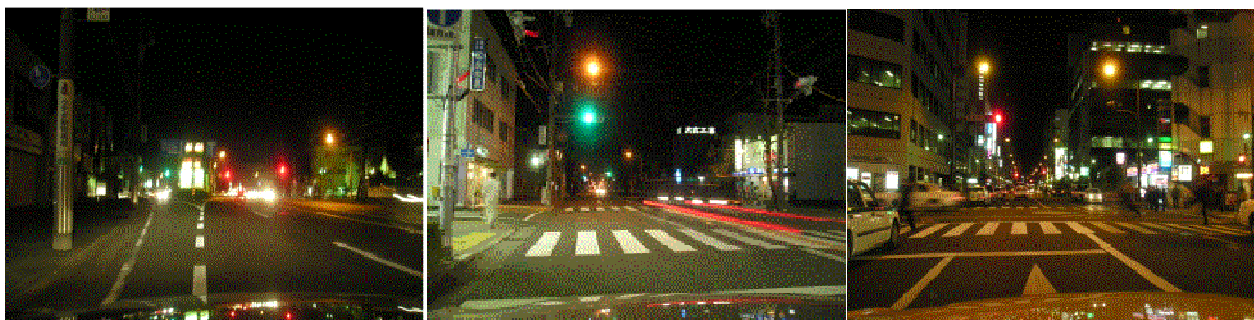


図 7.4.8 市街地における視環境例

(文責；小林)

参考文献

- 1) H. Oya, K. Mitsuhashi, K. Ando ; A Study on Visibility at the Fusion of Road Lighting and Headlamps, Transportation Research Board, 2000

8. 事故防止の観点からの交差点交通視環境のあるべき姿

8.1 道路照明

8.1.1 道路照明のあるべき姿

交差点での交通事故対策には、道路の線型改善や右折レーンの設置などの道路構造的な改善、および交通信号制御の改善が非常に効果的であることが知られているが（5.5 節）、交差点照明の設置などの視環境改善も交通事故対策に有効な対策である（2.3 節）。

交差点で要求される交通視環境としてのあるべき姿は、交通事故の防止と危険性の低下、そして交通の円滑化を目的として、交差点を利用する歩行者や車両を運転するドライバに交差点の存在、およびその近傍の視覚情報を適切に認識させることにある。達成すべき目標として、「①交差点内およびその近傍に存在する視対象物の視認性の確保」、「②遠方からのドライバへ交差点の存在の提供」、「③交差点内、近傍の道路形状の提供」などが挙げられる。

8.1.2 現状の問題点

交差点での交通事故率は日中に比べ夜間の方が高い（2.1 節、2.2 節）。夜間は日中に比べて、道路利用者に交差点とその近傍に存在する視対象物（歩行者、道路標識・表示、道路構造など）の存在状況とその近傍の交通状況（歩行者・車両の挙動など）が視認し難くなる（2 章、3 章）。本委員会で議論された現状の交差点照明の問題について以下に示す。

- (1) 現行の交差点照明は、道路照明の一部であるため路面を明るくし、歩行者を含めた視対象物を背景よりも暗くすることで視認させるシルエット視を前提としている。しかし、交差点内では多くの視対象が逆シルエット視で視認されている。
- (2) 右折時の歩行者の視認性が満足できていない。加えて、左折時の歩行者の視認性も十分ではない。横断歩道上だけでなく、待機中の挙動把握の視認性も十分ではない（夜間雨天は R 型（右折時の人身事故、詳細は 2.2 節）事故の増加傾向が極めて顕著）（2 章）。
- (3) 夜間は交差点進入前に交差点の形状、形態が十分に把握できない。夜間は運転者からみた各挙動先（直進、右左折）の状況が、一蔑で把握できないケースがある（2 章）。
- (4) 横断待機者の挙動、車両挙動・距離感、道路構造・歩道境界等が分りにくい。視環境を阻害するような、障害物、明暗（影など）が存在するケースがある（4.2 節、4.3 節）。
- (5) 高齢者の視覚特性・行動特性を考慮していない（4.1 節、4.2 節）。
- (6) 交差点規模・形態・事故特性に対応した照明計画・照明が設置されていない（2 章）。
- (7) 天候の変化時（晴天から雨天等）には視環境が低下するため、視認性の高い視環境を常時安定して提供できているとは言えない。雨天時には道路照明の路面反射グレアなどにより歩行者が見づらくなる。照度の高い交差点で、雨天時の VL（Visibility Level; 可視度）が照度の低い交差点の雨天時の VL より低くなる場合がある（2.3 節、3.3 節）。
- (8) 交差点とその近傍で視環境が時空間的に不均一である（3.2 節）。特にガソリンスタンドやコンビニなどの明るい店舗照明の存在は、時空間的に視環境を不均一とする主要因となっている（2.3 節、3.3 節、6.5 節）。
- (9) 交差点内とその近傍で視対象物の見えが異なる。交差点内では多くの場合において視対象物は逆シルエット視で視認される。一方、交差点近傍では視対象の存在位置によりその見えはシルエット視にもなり逆シルエット視にもなり、安定した視認性が得られにくい（7.4 節）。交差点とその近傍に存在する視対象の知覚要件（サイズ、輝度、輝度コントラスト、色覚弁別閾など）が求められていない（5.1 節）。

8.1.3 改善方法と今後の課題

交差点照明については、詳細な視覚要件や必要な明るさについては今まで明確化されていない。また、交差点専用の道路照明器具についても国内外を通じてほとんど開発されてこなかった（5.1節）。最近になり、交差点の視環境に関する研究が進み、交差点の照明レベルを増加させることで歩行者などの視対象物の視認性が向上することが実験によって明確化され、これに対応して交差点における照明器具の配置の改善も見られる（6.1節）。今後の改善の方向性と課題を以下に示す。

(1) 交差点内とその近傍に存在する視対象物の視認性の確保

既往研究（2.2節）から右折車両と横断歩道歩行者との交通事故対策が重要であることがわかっている。その解決策として横断歩道の歩行者を直接照射して鉛直面照度を高めて視認性を逆シルエット視で確保することが有効であることが本委員会の実験により明らかになった（7.1節）。また、横断歩道近傍の待機歩行者の視認性を向上させることがドライバの危険予測を促し事故防止につながると考えられる。

(2) ドライバへの交差点の存在の提供

接続する道路部分に対して交差点内をより明るくする、またランプ光色を変えるなどして交差点を区別させる手法が考えられる。なお、このような改善においては、ドライバの目の順応状態を大きく変化させぬよう、接続する道路に合わせてバランス良く設計することが望まれる（6.4, 6.5節）。

(3) 交差点内とその近傍の道路形状の提供

交差点に接続する道路については、その線形と周囲の視対象物が視認できるように連続照明を設置することが必要である。交差点内については、(1)に記述したように接続する道路部分よりも交差点内を明るくすることが望まれる（7.1節）。

(4) ユニバーサルデザインへの対応

ドライバの視認性を低下させないために、照明器具からのグレアを適切に制限すべきである。また、ユニバーサルデザインを考慮して、高齢者の視覚特性や行動特性に対応した光環境の設計も必要である（4.1節, 4.2節）。

(5) 天候への対応

雨天時には、路面反射特性が変化する。湿潤路面や冠水路路面は、道路照明やヘッドライトの光は路面で反射し、路面をぎらつかせたり、路面に輝度ムラを形成し、道路とその近傍に存在する視対象物の視認性を低下させる。そのような環境では、道路照明の配光改良も解決策の一つではあるが、より有効な道路付帯設備の設置や路面特性の改良（排水性舗装の採用）など、様々な照明装置や道路構造の長所を組合せて最適な視環境を構築できるようなルールの整備が望まれる。

あるべき姿の実現については技術的な課題が多い。加えて、あるべき姿に基づいたより良い照明方式を道路管理者が採用するためには、視環境改善効果に裏付けられた交差点照明基準が必要である。図 8.1-1 に交差点における道路照明のあるべき姿を実現する照明要件と対応方策をまとめたものを示す。

交差点の交通視環境に影響を与える照明は道路照明のみでなく、ヘッドライトや道路付帯設備などがある。それらの組み合わせ状態において各装置が協調して最良の視環境とするため、交差点の視環境性能の明確化が望まれる。このように各照明装置のバランスを勘案し、交差点照明を最適化できれば、安全で快適な交通視環境の提供は基より、省エネ・省資源面においても貢献する交差点照明装置を提供することが可能になる。

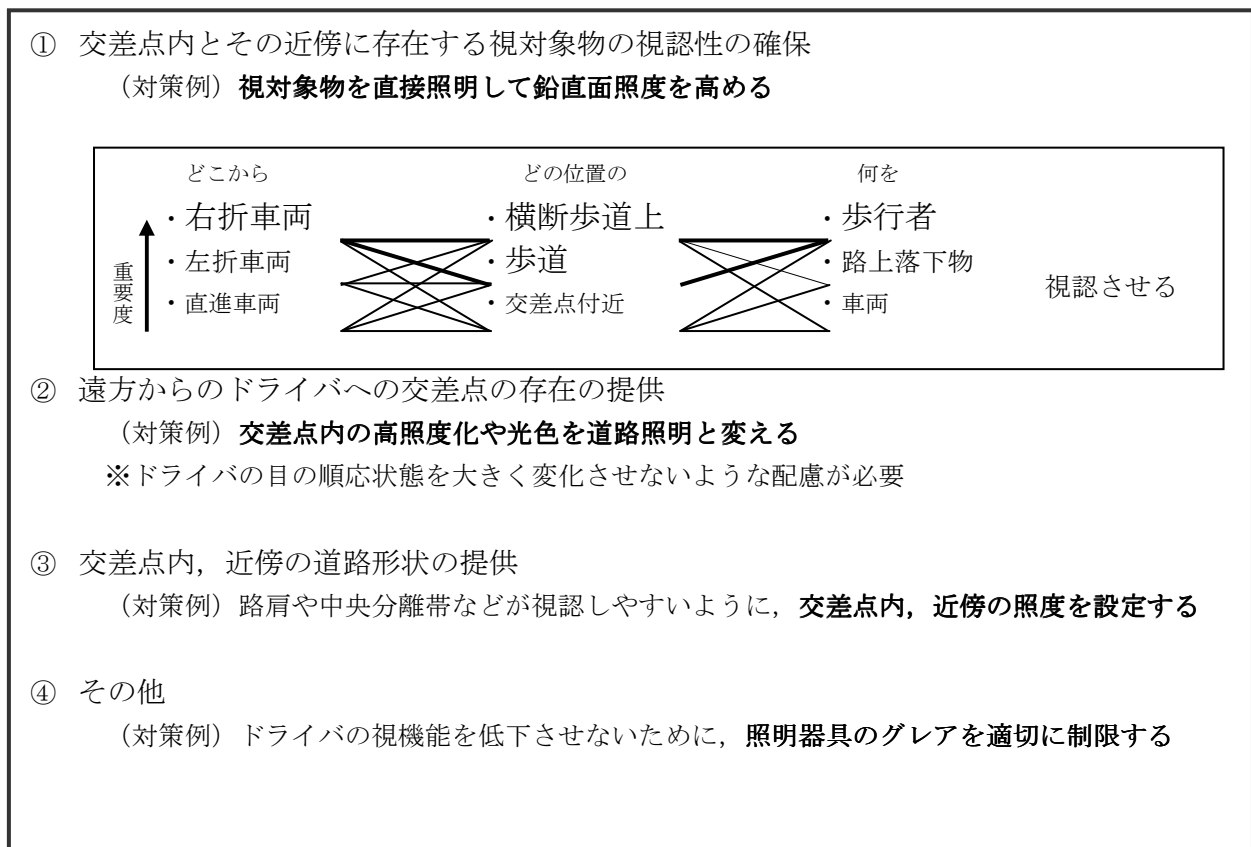


図 8.1-1 交差点における道路照明の照明要件と対応方策

(文責；斎藤)

8.2 車両用灯火

8.2.1 車両用灯火のあるべき姿

車両用灯火のあるべき姿は、道路照明等と協同して、日中と同様な視環境を提供することである(5.4節, 7.4節)。しかしながら経済的制約のため、この達成は不可能と言わざるを得ない。従って、現状でのあるべき姿は、道路照明と協同した照明環境の中で、ドライバー及び歩行者に日中の視環境に極力近い条件を与えることがその理想となる。車両用灯火の達成すべき要件は、「①交通視環境の時空間的变化の低減、それによるドライバー及び歩行者の視覚負担の低減」、「②走行環境条件(交通・気象)による交通視環境変化の抑制」、「③ドライバーおよび歩行者に認知の錯誤を発生させない視環境の提供」である。

8.2.2 現状の問題点

(1) 車両用灯火全般の問題

交差点とその近傍での追突事故(正面・後部)が多い(2.3節)。夜間、右折時の歩行者事故が多い(2.2節)。上記交通事故を未然防止する灯火機能の採用が十分になされていない(6.4節)。

(2) ヘッドライトの問題

- 夜間、すれ違いビームのみでは交差点右左折時には進行方向(特に右折方向)の照射範囲・照射光度が不足しており、横断歩行者の発見が遅れる場合がある(6.5節, 7.1節)。

- ・ 道路照明とヘッドライト融合時には0コントラスト条件が局所的に発生し、路上障害物などが視認不能に陥る視環境が発生する。道路照明と融合するためまだらな路面輝度分布が時空間的に変化し、視認の障害となるケースも考えられる（7.4節）。
- ・ 停車車両のヘッドライト（直射光、路面反射光）が眩しく、視対象が見つらい（7.1節）。横断歩道上で停止車両の前に存在する歩行者がそのヘッドライトのグレアにより蒸発し見えなくなる状況も発生する。雨天時にはヘッドライトの路面反射グレアが増大し、更に歩行者が見つらなくなる。夜間雨天時には歩行者事故率が増加する（2章）。

(3) 車両用信号灯火関連の問題

現状のストップランプ機能では、後続車のドライバは前走車の減速が急減であるか否か正確に判定することはできない。また、前走車の減速行動を予測することは更に難しい。これらは後部追突事故の一因とも考えられる（6.4節）。また、夜間には接近車両の走行速度が把握しづらく、これも道路乱横断歩行者の事故の一因とも考えられている（4.2節、5.4節）。

8.2.3 改善方法と今後の課題

(1) 横断歩行者事故の低減

交差点右折時の視認性実験（7.1節）より、右折時における横断歩行者の視認性不足が指摘されており、現状のヘッドライトの照射性能及びグレアの低減が望まれる。

① AFS（Adaptive Front Lighting System；走行環境適応型前照灯システム）による改善

現状のすれ違いビームのみでは交差点右左折時における歩行者の視認性が十分に望めないケースが多い。このため、コーナリングランプやAFSのBending Lampが使われている。コーナリングランプは方向指示器に連動し、進路変更方向の照射範囲を拡大する。AFSのBending Lampはステアリング操作に連動し、照射範囲の拡大に伴い横断歩行者の視認性を改善する（6.4節）。しかしながら、規模の大きい交差点においてこれらの方法では十分な照明到達距離を得られていない。今後、道路照明と協同した照明環境中でどのような視認性の問題が発生しているか否か確認し、道路照明との役割分担を明確にして行く研究が必要である。

② ヘッドライト減光による改善

信号停止車両のヘッドライト近傍に存在する横断歩行者の視認性は、その他の位置の歩行者に比べて低下する（7.1節）。これはヘッドライトグレアによる蒸発現象が原因である。対策として交差点停止時には減光（非消灯）することが考えられるが、減光すべき車両は交差点の先頭車両のみであること、交差点内の右折待機車両の減光は安全上問題であることなど、実施上の問題が多く、ITS（Intelligent Transport System；高度交通システム）の中で検討して行くべき課題と考えられる（6.4節）。

③ 交差点及び交差点近傍歩行者の視認性不足

ヘッドライト・道路照明融合時における視認性評価実験（7.4節）によれば、ドライバから見た歩行者の視認性不足が問題となる。これは背景と歩道近傍に存在する歩行者の認知上必要な輝度コントラストと色差が十分得られていないことが原因である。背景となる歩道並びに壁を適度に照明する、歩道と壁に色差を持たせる等、街路景観の改良が望まれる（6.5節）。

また、湿潤路面（雨天時）における歩行者や路上障害物の視認性の一層の低下が明らかとなった。湿潤路面からの道路照明装置・ヘッドライトによる反射グレアの影響が大きい。雨天時には路面反射グレアを発生させないように、AFSを採用し、路面反射グレアを低下させ、かつ遠方照明性能を向上させる雨天配光に切り替えることが望まれる（6.4節）。

(2) 追突事故の低減

交差点及び交差点近傍における後部追突事故の発生件数が多い。この原因は交差点近傍で注視行動が分散(多くの箇所に注意を払う必要がある)し、先行車両への注意が散逸するからである。また、歩行者より車両の近接状態が夜間分かりづらいとの研究例もある(4.2節)。

① 後部追突事故の低減

車両後部への追突事故の低減のためには、車両信号灯火の誘目性を高める必要がある。ASS(Adaptive Stop lamp System; 急減速時にストップランプを点滅, 6.4節)の本格採用, レーザレーダ等を用いた車間距離警報装置と連動した減速予測灯等の採用が望まれる。なお, 問題点としてはそれらと現状の車両信号灯火との表示差別をどのようにするのか, またドライバへの教育・普及を如何に進めていくのかなどの課題が残る。

② 夜間における車両近接状態認知の向上

人間が距離や近接状態を判定する際には, 網膜上の像の大きさ変化と視差から判定する(7.3節)。そこで横断歩行者が夜間における車両の近接状態の判定をしやすくするため, 車両前面に追加の表示灯を設置し, 視差を拡大する方式の研究が見られる(4.2節, 6.4節)。更に実用化へ向けての研究が期待される。

(文責; 小林)

8.3 道路構造および道路施設

8.3.1 道路構造および道路施設のあるべき姿

道路構造は物理的な交差点空間を構成し, ドライバ・歩行者など道路利用者が直接的に使用するものである。したがって, 交差点のあるべき姿を考えると, 道路構造のもつ位置づけは大きい。夜間の市街地における道路施設などを含めた道路構造からみた交差点のあるべき姿は, 物理的な事故が日中と同様のレベルとなると同時に, 道路利用者からみて安心感のある空間を夜間においても提供することが理想となる。道路構造の達成すべき目標は, 「①交差点の平面線形に加え, 交差点を立体的に捉えた交差点構造の安全性評価」, 「②光環境を踏まえた交差点利用者の安全性と安心感の提供」である。道路施設の目標は, 「①道路構造では解決できない課題を補佐し, 交差点利用者への的確な交通規制情報の提供」, 「②道路利用者を迷わせない案内情報の提供」である。特に, 路面標示の目標は, 「①天候条件に左右されない視線誘導(走路標示)の実現」, 「②設置位置・標示方法の的確な選択」, 「③路面標示を補う適切な標識や付属物の利用」である。

8.3.2 現状の問題点

夜間における市街地交差点の道路構造および道路施設の問題を列挙する。

- (1) 右折時のドライバは, 対向右折車両に隠れた対向直進車両の存在の確認, 横断する歩行者・自転車の確認などが必要となり, 運転に対する負荷が大きい(2.1節, 2.2節)。特に, 夜間は交通量が少なくなり, 走行位置の選択などドライバ自身で判断すべき確認が多くなる。
- (2) ドライバから歩行者を発見および視認し難い状況がある。歩行者は灯火を持っておらず, その発見が遅れがちになる。また, 車両の走行動線が一樣ではなく, 歩行者からも車両を発見し難い(7.1節, 7.2節)。
- (3) 交差点構造や交通規制によっては交差点を通過する車両の走行速度が上昇する。
- (4) 交差点のサイズや地形, 交差道路の組み合わせによって問題が異なる。具体的な問題として, 交通状況を一瞥できない交差点がある。橋詰め・見通しの悪い, 変則多岐交差点の交通事故率が高い(2.3節)。
- (5) 車両の走行動線が一樣ではない。交差点規模・形態に対応した路面標示が設置されていない。大交差点は無駄な空間が増え, 路面標示が交差点内に表示されていない場合がある(2.2節)。

- (6) 規制標識・中央分離帯・横断歩道の視認性が日中に比べ夜間は低下する。交差点を安全に利用するための情報が夜間に認知し難い。ドライバに伝わるべき情報が伝わっていないことが夜間の問題である（2.3節，3章，4.3節）。

8.3.3 改善方法と今後の課題

(1) 歩行者事故防止の視点から

歩行者は、信号を守っていても右左折してくる車両にひかれる可能性がある。特に右折車両との事故が多い（2.1節，2.2節）。右折時には運転に対する負荷が多く、ドライバから歩行者を見つけ難い。したがって、このような問題を解消する対策として、交差点の視認性の確保（歩行者・自転車などを遮蔽する障害物の排除）、右折レーン整備等による対向直進車両の視認性の向上（右折に対する負荷の軽減，6.3節）、交差点のコンパクト化（自動車や歩行者の導線の統一）、歩行者と車両の導線分離（歩車分離信号など）があげられる（7.2節）。

(2) 車両相互事故防止の視点から

市街地交差点における車両相互事故として多く発生するのは追突事故，出会頭事故，右左折事故である（2.1節，3.1節参照）。

追突事故の原因として、交差点への視認性低下（3.3節），高い走行速度などが挙げられる。交差点への視認性が悪い状況にも関わらず高い速度で走行すると、信号の切替等といった交通環境の変化に対する認知が遅れやすくなり、事故への危険性を高めることになる。したがって、交差点のあるべき姿として考えられるのは、交差点（信号機）の視認性向上である（5.2節，6.2節）。信号交差点では信号が黄色へと変化した際、運転者の直進・停止判断の迷いを軽減できるような信号技術の導入も必要であろう。また、交差点通過時の走行速度の高い状況と、交差点停止時における速度ゼロ状況とのギャップが事故の危険性を高めている。その状況の解消策として、交差点を認知させ通過速度を減少させられる路面表示の導入（6.3節），摩擦係数の高い舗装への転換，雨天時の対策として排水性舗装の実施などの方策も必要と考えられる。

交差点の右折車と対向直進車との事故原因として挙げられるのは、対向車線の右折車両および中央分離帯による交差点遠方の視界の遮断（視認性の低下）である（4.3節）。渋滞時には対向直進車が二輪車への死角を生み出し、右折車と二輪車の事故の原因となっている（2.2節）。このような事故が多い交差点では、右折車線の確保・右折矢印信号の設置などによって右折ドライバの視界を補うような対策が必要である。また、右折する車両数が多い交差点では右折車線を2車線にする場合がある。交差点内側を通過する右折車両のドライバにとって、交差点外側から右折する車両が視認性を低下させることになる。右折車のドライバの視界を十分に確保できる交差点構造とすべきである。

左折による車両相互事故は、交差点を左折する車両が横断する歩行者等の発見により突然停止した場合の後続左折車との追突事故である。このような事故を回避するためには、交差点内に左折車両用のたまりスペースの確保が有効と考えられる。

(3) 利用者の安心感向上の視点から

道路利用者にとって、安全面の向上のみが求められる事項ではない。安全性は事故発生の有無に関係するため、事故の稀現象性を考えると、通常の走行では安全性というよりは安心感が重要と考えられる。安心感の向上とは予期せぬ不確かな状況の回避であるとも考えられる。したがって、歩車分離信号の設置，カウントダウン信号（日本では歩行者用のみ）の設置などが望まれる。さらに、信号無視やジレンマ解消を目的として、車両への信号情報の提供なども進められるべき対策である。

（文責；浜岡）

8.4 交差点視環境の評価技術

8.4.1 交差点視環境の評価技術のあるべき姿

夜間の市街地交差点では認知ミスに関わる事故が多く（2章）、視環境の高質化が必要である。交差点の視環境は、道路照明・ヘッドライト・建築物・広告などからの光で構成されている。その各々の光による環境は、個別の評価技術により評価され、設計されている（5章）。しかし、利用者が視対象を見る視環境は、これらの光が複合した中での状況である。個別に最適であっても、総合的な視環境として最適になるとは限らない（3章、6.1節、6.5節）。また、視環境が良好であったとしても不適切な位置関係や規制などから事故が多くなる場合もある。さらに、同じ視環境であるなら、光の天空漏れやエネルギー消費が少ない光源が望ましい。よって、複雑な視環境下での視認性に関わる総合的な評価技術が必要となる。このような評価技術の達成すべき目標は、「交差点とその近傍の視環境をトータルに評価できる指標の提供」となる。

8.4.2 現状の問題点

交差点の視環境評価技術に関する現状の問題点をまとめる。

- (1) 複雑な視環境下での視対象の視認性を簡単に診断する技術は見あたらない。例えば、右折時のドライバから見て交差点を横断している歩行者の視認性が良いのか悪いのかを示す指標やそれを計測する技術も見あたらない。
- (2) 交差点の視環境を総合的に診断する技術がない。
 - ① 交差点周辺の建物などから光が交差点の視環境を悪化させる場合もあり、道路空間以外からの光を含めた交差点の視環境を分かりやすく分類・評価する手法がない（3.3節、6.5節）。
 - ② 交差点の視環境として典型的な例を示す。交差点内は明るく高い視認性レベルであるが、周囲との明るさの差が大きく暗い近傍ができる。一方、交差点とその近傍の視認性レベルは同程度であるが、全体に暗い。これらの交差点のどちらが総合的に視環境として優れているのか劣っているのかを示す指標がない。
 - ③ 交差点を空間的に捉え、その地域空間の視環境を総合的に評価する手法がない。例えば、道路空間と道路沿いの沿道空間を別個なものとして考えている。路線や地域に適合した交差点の視環境を提示した事例がほとんどない（6.5節）。
- (3) 交差点事故の特徴を踏まえた事故データ収集システムとその体制が構築されていない。交差点という複合システムのモニタリングシステムが欠けている（2章、3.1節）。このため、交差点の視環境の優劣と夜間における事故との関係をしっかり把握できていない。
- (4) 交差点で多発する事故類型などに適切に対処した道路照明施設や道路施設が設けられていない（2章、3章、6.5節）。社会的便益・経済的便益を考慮し道路照明や道路施設が設置されるべきである。

8.4.3 改善方法と今後の課題

- (1) 視環境変化時における視機能と視性能（視覚モデル）に関する研究

夜間の交差点とその近傍では、交差点照明やその他の照明により照度に変化する。グレアとなる光源も多い。周辺建物の明かり漏れ、広告、道路照明、街路灯、ヘッドライトなどは照明光源であり、同時にグレア源ともなる。このような視環境の時空間的変動は、ドライバや歩行者の視性能に大きく影響を及ぼすことが予想される。また、加齢によるネガティブな影響も無視できない（4.1節）。このような複雑な条件下において視性能がどのように変化するか、また人間の眼の順応特性を含めた視機能がどのように対応するかなどの研究を実施する必要がある。それによって、照度の変動をどの程度とすべきか、グレアをどの程度とすべきかなど、基本的な視環境に関

する評価指標を獲得できるようになり、視機能に対応した視環境設計が可能となる。

(2) 交差点とその近傍における視対象の視認性評価技術に関する研究

交差点とその近傍の視対象は多数ある。利用者から見て、シルエット視となる視対象、逆シルエット視となる対象が混在する。歩行者などはドライバから見てシルエット視となる場面とその逆となる場面の両者がある。また、高齢者は低照度下で視力、特にコントラスト感度が低下すると同時に注視領域が狭くなる。交差点とその近傍における重要な視対象の視認性を前記(1)で求めた視機能と視性能(視覚モデル)から評価する指標と計測する技術が必要である。

(3) 交差点とその近傍における視対象認知に関する研究と評価モデルの構築

歩行者やドライバなどの交差点利用者が、認知錯誤しやすい環境条件(道路施設・照明配置・周辺照明)を知る必要がある。そのためには交差点のモニタリングを実施すると共に交通事故分析システムの高度化・フィールド実験などを行い、その要因や条件を解明する必要がある。今後、それらの要因や条件を組み入れた視環境評価モデルを構築できれば交差点における光源の空間的な配置や道路構造および道路施設の評価が可能となる。

(4) 交差点の評価指標の確立と総合評価技術の構築

前記(3)の視環境評価モデルを実路での確認実験などから検証し、交差点とその近傍の視環境をトータルに評価できる指標を確立することが望まれる。交差点の視環境は複雑であり、同じ交差点であっても交通状況・天候状況・利用者によって評価が変化する。このような条件設定によって変動することを踏まえ、評価モデルを更に発展・活用し、視環境の総合評価を行うための総合診断ルールを模索する必要がある。

(文責；萩原)

8.5 総合討論(まとめ)

交通事故の発生率は夜間が高く、その交通事故の事故件数のうち、その半数以上が交差点内と交差点付近で発生している。単路に比べ交差点内と交差点付近で発生する交通事故は、夜間の発生率が高い。特に、夜間の交差点における事故は、横断歩行者対車両事故が多く、重大事故になりやすい。ドライバの認知・判断ミスが、それらの事故原因の9割を占めており、他の事故類型と際立った違いとなっている。事故原因から夜間の交差点は、ドライバに複雑な交通行動を要求する。ドライバの情報処理能力を超える場面が多く起きる。

交差点の交通視環境のあるべき姿は日中の見通しの良い(交通状況が一瞥できる)環境である。ただし、日中においても進行方向・対向車線の見通しがよく、信号装置・路面標示・その他の道路付属物などが道路利用者に認知し易いように背景と適切な輝度コントラストと色差で表示されていることが必要である。一方、夜間における照明は人工照明(道路照明、ヘッドライト、他)のみの局所照明であり、日中のような視環境の実現は経済的な問題もあり不可能である。このような現在の状況下における夜間交差点(含む交差点近傍)視環境の特徴とそれによる問題点を示す。

- ① 人工照明光源により制限されると共に日中に比べ視環境が非常に暗い。日中には得られる道路の移動に必要な情報が夜間には得られにくくなる。
- ② 局所照明が点在し、明るさが変化する移動空間となる。繁華街などの明るい地域を除けば、主に道路照明のある交差点付近が明るく、明るい地点で視界が拡大し、暗い地点では縮小する。これは道路を移動する際に必要な情報量が変化することであり、道路利用者の意識の有無に係わらず、道路移動時におけるリスクが変化する。

③ 人工照明光源によるグレアが存在する視環境となる。道路利用者（ドライバ、歩行者など）にとってグレアともなり、道路の移動に必要な情報を視覚探索する際における妨げとなる。

したがって、交差点とその近傍における夜間の交通視環境のあるべき姿は「交通事故の防止と移動の円滑化を目的とし、人工光源が協働し、道路利用者にとって見やすく幅広い視界が確保できる視環境」となる。交差点の存在意義から道路利用者に交差点の存在、およびその近傍の視覚情報を適切に認識させることが必要であり、移動に係わる危険リスクが低いこと、そのリスクが極力変化しない視環境が望まれる。一方、経済的な観点として人工光源が協働して省資源・省エネルギーでの実現が望まれる。上記のあるべき姿は夜間の道路空間全体のあるべき姿においてもほぼ同様となる。

あるべき姿で述べた交差点視環境を実現するため、道路照明・車両用灯火・道路付属物・道路構造・交差点とその周辺の光環境が協働しなければならない。達成すべき目標を 8.1 節から 8.4 節の記述を参照し、まとめた結果を以下に示す。

- ① ドライバが容易に視対象を認知でき、かつ、ドライバと歩行者間で認知の錯誤を発生させない視環境の実現
- ② 遠方から接近するドライバが交差点に気づき、道路形状を認知できる視環境の実現
- ③ 道路空間・交通条件・気象条件などに起因するダイナミックな視環境変化への対応
- ④ 高齢者の視覚特性を考慮した視環境の実現
- ⑤ ドライバの視覚認知負荷を軽減する運転環境の実現
- ⑥ 交差点利用者への安全性と安心感の提供

これらの目標を現時点で全ての地域・地点で達成できているとは到底言えない。個々の要素技術別およびそれらがクリアすべき今後の課題と対策をまとめる。

(1) 道路照明

道路照明以外にも人工照明光源が存在する視環境の中で、自動車・自転車・歩行者・交差点構造などを適切かつ容易にドライバが認知できる道路照明を開発する。交差点が連続するような市街地では、道路と交差点の区別を排除し街区全体の安全性が向上するような道路照明を目指す。照明レベルのバランスを最適化することで省エネ・省資源を実現しながら安全で快適な交通視環境の提供できるようになる。

(2) 車両用灯火

道路照明との協働を勘案し、ドライバの視覚情報探索作業を軽減すると共に効率的に行えるヘッドライトを実現すると共に、他の道路利用者にグレアを与えず周辺環境と融合するヘッドライトを目指す。例えば、交差点近傍の横断待機者・乱横断者が十分に前方から見え、右左折時に横断歩行者が停止・方向転換時に十分明るく視認できるシステムである。また、歩行者検知機能などを有する非可視光を使用したナイトビジョンシステムとリンクさせるシステムも考えられる。一方、新しい車両用灯火を装着し、追突事故の防止・出会い頭事故の防止・乱横断歩行者との人身事故防止への貢献を目指す。例えば、衝突防止システムとリンクした車両用灯火や横断歩行者に車両の近接状態を適切に伝達する車両用灯火などが考えられる。

(3) 道路構造

ドライバの認知負担を減らし、時間的に余裕を持って運転できる道路構造を提案する。交差点形状、横断歩道の位置や形状、信号との位置関係、右折経路や左折経路を工夫し、ドライバが同時に複数の認知判断を行う機会を減らす交差点を目指す。歩車分離信号、カウントダウン信号、車線別信号などによって、ドライバの負荷を減らす交通信号を目指す。一方、交通信号を用いた高度情報システムを提案し、ドライバや歩行者の認知ミスをカバーする車載警報・表示システム、道路交通警報・表示システムの開発を進める必要がある。

(4) 評価技術

視環境整備を進めるためには、日中と夜間の両者を考慮し、視環境改善コストと便益を考慮しなければならない。事故分析システムの構築、高齢者の視覚特性も考慮した視環境評価理論の確立とそれに対応した評価システムの開発が必要である。また、実用面では現地での利便性に優れた簡易視環境評価装置の開発も必要である。これらを駆使して、少ない費用を効果的に利用し、夜間の交差点における交通事故防止および安心して利用できる交差点の実現を目指す。与えられた条件下で最も高い視認性を得るための技術的な対策の取捨選択を可能とさせるような診断技術を創出する。

交差点は単独で地域に存在するものではない。地域の重要な結節点であり、交通の要所以外の役割を交差点が担っている場合も多い。特に、市街地の交差点は複数の役割を担っている。よって、地域におけるまちづくりや都市計画とリンクした空間としての交差点整備が望まれる。防犯照明・街路照明・交差点照明・道路照明・車両用灯火・道路施設の役割を明らかにし、安全性・地域性・景観性をリンクさせる地域行政政策が理想的な交差点の視環境実現には欠かせない。

(文責；委員長，幹事)

あとがき

わが国においては、1990年代からの交通死亡事故半減政策が成果を収め、交通事故による死亡者数は、年間約6,000名のレベルになりつつある。しかし、シニアドライバの増加と共に、交差点などでの認知ミスによる小さい事故は増える傾向にある。車が移動の主体となっている現在の日本において、その最大の阻害要因である事故のない安心した社会は未だに実現されていない。

その中でも、夜間の交差点事故は、ドライバの認知錯誤が大きな原因となっている。認知錯誤に影響すると思われるまぶしさや不均一な明るさなどの事象は、交差点の人工的な光（道路照明、自動車、建物、広告など）によって生まれる。光が複合する市街地交差点のような環境では、個々の人工光の組み合わせ効果を考えることが大切である。本委員会では、日本では後回しの議論となりがちな交差点における光源の組み合わせが、夜間の安全にとって最も大切であることに着目し議論を進めた。

夜間の交差点視環境のあるべき姿とそれを実現する方策を求めて、照明工学・視覚工学・土木工学・交通工学・自動車工学を専門とする大学・国立及び企業の研究機関の優秀な研究者並びに技術者が参集した。研究調査期間は、平成15年4月から平成18年3月までの3年に及んだ。委員会の総開催回数は19回となり、年平均6回を行った。委員会では専門家の方々をお招きし、関連する調査研究報告をお願いした。また、平成16年10月には夜間の歩行者の視認性に関する現場実験を行った。多忙な中、委員会に積極的ご参加いただいた委員の皆様には心より感謝申し上げたい。本報告書が、わが国と世界の夜間における交差点改善の先駆け的な調査研究となれば委員全員の最も幸せとするところである。

最後になりますが、本研究調査の一部は財団法人三井住友海上福祉財団の交通安全研究助成（平成16年度）を得て行われた。また、委員会での話題提供、調査実験への協力、貴重な資料の提供等、多数の方々のご協力を頂いた。ここに同財団とご協力いただいた関係諸氏に、心より感謝申し上げます。

市街地交差点の交通視環境に関する研究調査委員会
委員長 萩原 亨

研究調査委員会報告書の著作権について

本報告書の著作権は（社）照明学会に帰属します。

複写される方に

本報告書に掲載された著作物は、政令が指定した図書館で行なうコピーサービスや、教育機関で教授者が講義に利用する複写をする場合等、著作権法で認められた例外を除き、著作権者に無断で複写すると違法になります。