

交差点での見落とし事故の発生メカニズム検証と
予防安全対策の構築

2014年 3月

内田 信行

交差点での見落とし事故の発生メカニズム検証と
予防安全対策の構築

内田 信行

システム情報工学研究科

筑波大学

2014年 3月

概 要

1. 背景と目的

過去 10 年間、交通事故死者数は減少して平成 21 年には 4 千人台となったが、ここ数年の死者数減少率は低い状況が続いており、更なる予防安全対策の実施が求められている。平成 24 年中の交通死亡事故発生件数を事故類型別に見ると、人対車両（歩行者横断中）事故が最も多く（26.7%）、次いで車両相互の出会い頭事故（14.7%）となっており、2つの事故類型で死亡事故全体の 4 割以上を占める。これらの事故は特に交差点で発生する頻度が高いことから、交差点における予防安全対策の速やかな構築が必要である。

そこで、ヒューマンエラー（特に「発見の遅れ」）による交差点事故の発生メカニズムを交通視環境条件および運転者の視認特性との関係から明らかにした上で、事故を防ぐための対策を見いだすことを目的として研究を行った。

2. 研究課題

近年開発されている様々な運転支援システムにおいては、ドライバの気づきを促進することの重要性が指摘されている。しかしながら、実際の交通事故場面において、「発見の遅れ」がどのような状況下で発生しているのかは、必ずしも明らかではない。効果的な交差点事故防止対策を構築するためには、障害物の発見遅れが生じる背景にある運転者の視認特性に基づく、適切な運転支援を見いだす必要がある。

本研究では早急な事故防止対策の実用化と普及が必要な交差点事故（車両相互の出会い頭事故、車両対歩行者事故）を対象に、ドライバの発見遅れによる事故発生メカニズムを解明した上で、運転支援方策の具体化と評価を行った。

3. 論文内容

本論文では、第 1 章において交通事故発生状況を踏まえた研究の背景と目的を述べた後、郊外交差点での出会い頭事故対策（第 2 章から第 4 章）と市街地交差点での車両対歩行者事故対策（第 5 章から第 7 章）の 2 つについて述べる。これらの研究結果をもとに、第 8 章において運転者の視認特性を踏まえた対策についてまとめる。

【第 2 章】

田園地帯の見通しの良い交差点で発生する出会い頭事故は、閑散な交通環境であるが故に衝突時の速度が高い。このことから重大事故となるケースが多く、国内外で問題となっている。これまでの研究では、見通しが良いにもかかわらず相手車両を見落として出会い頭事故に至ることが多いと指摘されてきたが、なぜ相手車両を見落としてしまうのかは十分には解明されていなかった。

本章では、室内でのモックアップ実験により、交差道路上の相手車両と衝突する条件に入っている（コリジョンコースに入っている）か否かの違いによって、相手車両の発見タイミングがどのように異なるのかを調べた。その結果、コリジョンコースに入っ

いる場合、相手車両の発見が顕著に遅れることがわかった。この結果は、周辺視は対象物の「動き」には敏感であっても視力そのものは低いため、コリジョンコースに入っていて相対的位置の変化が小さい相手車両の発見は困難であることを示している。すなわち、見通しの良い交差点接近時に正面方向のみに視線が向けて（周辺視に頼った）安全確認を行った場合には、交差車両を見落とす可能性があることが示された。

【第3章】

第2章の室内モックアップ実験の結果について、実際の運転状況を模擬したドライビングシミュレータ実験によって検証した。その結果、コリジョンコースに入っている相手車両は周辺視野での発見が困難であることが改めて確認された。特に、自車の速度が相対的に低い場合には相手車両の正面方向からの角度が大きく、発見がより困難となる。例えば、相手車両が正面から60度の方向にある場合には、相手車両発見時の衝突余裕時間は平均で約1秒であり、事故回避が難しい。

また、事故防止対策の具体化検討として、交差道路上の付帯設備（相手車両が突然視界に現れるように設置した遮蔽物）によって生じる視覚的变化（Visual cue）が相手車両の気付きやすさに及ぼす影響を調べた。具体的には、ドライビングシミュレータ実験により、交差道路上の遮蔽フェンスの有無によって相手車両の発見タイミングがどのように変化するかを検討した。その結果、遮蔽フェンスの設置によって有意な発見パフォーマンスの向上効果が認められた。このことから、コリジョンコースに入っている相手車両の Visual cue が発見遅れの防止に有効であることがわかった。

【第4章】

第3章の Visual cue による発見遅れ防止効果を示した実験結果をベースに、実際に事故が多発していた見通しの良い交差点に道路付帯設備（道路脇歩道に配置された鉢植え）を導入した。その結果、昼間の事故発生件数が1/10にまで減少した。この事例について、その事故数削減効果が Visual cue によるのか否かをモックアップ実験（走行風景ビデオ視認）によって検証した。その結果、道路付帯設備がある場合には相手車両の見落とし率が有意に減少したことから、この道路付帯設備が相手車両の目立ちやすさの向上効果を持ち、見落とし事故の防止法策として有効であることが確認できた。

【第5章】

車両対歩行者事故は運転者の歩行者発見遅れ（見落とし）が主な原因とされている。実際、交通事故統計データでは、車両側から起こした事故の約6割は運転者の安全不確認に起因することが示されている。しかし、交通事故当事者の証言ベースによる分析では、事故発生の直前における客観的な現象把握が困難であった。そこで、60名の一般ドライバを対象に、映像記録型ドライブレコーダによるフィールド走行調査（実施期間約1年間）を行い、事故の可能性のあるイベント発生（ニアミス）時のデータを収集した。その結果、映像記録によって歩行者発見遅れが発生する交通状況（例：歩行者遭遇直前

まで先行車両が一時的な視界障害物となる)の把握が可能であることがわかった。

【第6章】

車両対歩行者ニアミス事例データを対象として、事故発生の背景にある要因の連鎖関係を記述する手法(DREAM: Driver Reliability Error Analysis Method)による分析を行った。その結果、他交通参加者(先行車両や対向車両)が運転者の注意分散状態を生じさせると共に、歩行者への視認を一時的に阻害する視界障害状況を作り、これらが交差点での対歩行者事故(車両側の交差点右折と交差点直進)における歩行者発見遅れの主な背景要因として認められた。また、このような状況が歩行者接近を予期しないまま交差点に進行する運転行動を誘発し、歩行者との衝突リスクに繋がっていることが示された。更に、背景要因の連鎖パターンから、典型的な危険シナリオを抽出した。

【第7章】

第6章のニアミスデータ分析結果から得られた対歩行者事故シナリオについて、模擬市街路コースで信号交差点右折時の横断歩道歩行者との衝突危険場面を再現する走行実験を行った。その結果、他交通参加者(先行車両や対向車両)による運転者の注意分散と、歩行者への視界が一時的に阻害される場面では、「歩行者接近を予期しない交差点進行」が誘発された運転者において歩行者発見遅れが観察された。このことから、ニアミスデータ分析によって示された背景要因が、歩行者発見遅れに繋がることが確認された。

さらに、歩行者発見遅れに繋がる「歩行者接近を予期しない交差点進行」の対策案として、注意喚起の有効性についても前述のニアミス再現実験によって検討した。具体的には、注意喚起情報の提供タイミングが交差点進行判断の前後によって、どの程度対策効果が異なるのかを横断歩行者へのブレーキ反応などの指標によって評価した。その結果、交差点での発進判断前のタイミングにおける注意喚起情報提供により、交差点内での走行速度低下と視覚探索行動の増加が促されることが確認された。

【第8章】

第2章から第7章までの事故要因分析および実験検証によって得られた成果を基に、有効な運転支援のあり方を考察した。具体的には、運転者の注意・情報処理特性(ボトムアップ型探索とトップダウン型探索)を踏まえた対策の重要性についてまとめた。

目次

1. 序論	1
1.1 交通事故の発生状況	1
1.1.1 発生頻度順の事故類型	1
1.1.2 主要事故類型の人的要因	2
1.2 予防安全対策における課題	4
1.3 本研究の目的と構成	5
2. 見通しの良い交差点における見落とし事故の発生メカニズム	7
2.1 郊外交差点での出会い頭事故の特徴と従来までの対策	7
2.2 交差道路上の相手車両の見落としに関わる要因	9
2.2.1 視環境要因	9
2.2.2 運転者要因	10
2.3 モックアップ実験による相手車両発見能力の検討	11
2.3.1 実験方法	11
2.3.2 結果と考察	12
2.4 まとめと課題	14
3. 見通しの良い交差点における事故防止対策の検討	15
3.1 ドライビングシミュレータによる見落とし事故リスクの再現実験	15
3.1.1 実験参加者	15
3.1.2 実験装置とターゲット車両	15
3.1.3 実験計画	16
3.1.4 手続き	16
3.1.5 評価指標	17
3.1.6 結果と考察	17
3.2 インフラ改善による見落とし事故対策案の検討	19
3.2.1 実験方法と手続き	19
3.2.2 評価指標	19
3.2.2 結果と考察	20
3.3 まとめと課題	21
4. 実路でのインフラ対策における見落とし防止効果の検証	22
4.1 検討対象交差点	22
4.2 室内実験による見落とし防止効果の検証	24
4.2.1 実験方法	24
4.2.2 結果と考察	26

4.3	見通しの良い交差点での出会い頭事故防止対策のまとめ	28
5.	車両対歩行者事故（対歩行者事故）要因分析におけるドライブレコーダの活用性	30
5.1	予防安全研究用ドライブレコーダの開発	30
5.1.1	システム全般	30
5.1.2	レコーダおよびセンサ部	32
5.2	ドライブレコーダによるフィールド走行調査	33
5.2.1	フィールド走行調査方法	33
5.2.2	フィールド走行調査結果	34
5.3	対歩行者ニアミスデータを用いた事故危険因子の分析	34
5.3.1	対歩行者ニアミスデータの分析方法	35
5.3.2	対歩行者ニアミスデータの分析結果	36
5.4	まとめ	38
6.	ニアミスデータによる対歩行者衝突リスク要因の連鎖関係分析	39
6.1	DREAMについて	39
6.1.1	分析手法の概要	39
6.1.2	分析手順	41
6.3	ニアミスデータ試行的分析と結果	41
6.3.1	交差点右折場面	42
6.3.2	交差点直進場面	43
6.3.3	単路直進場面	46
6.3.4	走行場面毎の要因分析結果のまとめ	48
6.4	まとめ	50
7.	交差点右折時における対歩行者事故防止対策の検討	51
7.1	再現するニアミス事例	51
7.2	対策のアプローチと具体化	51
7.3	実験方法	53
7.3.1	設定場面	53
7.3.2	実験条件および仮説	53
7.3.3	実験装置	55
7.3.4	分析方法	56
7.4	実験結果	56
7.4.1	ニアミス状況の再現性	56
7.4.2	注意喚起情報提供による右折中の運転・注視行動変化	57
7.4.3	注意喚起情報提供による対歩行者衝突リスク	63
7.4.4	ベースライン条件における群間差について	64

7.5	まとめ	64
8.	結論	66
8.1	田園地帯の見通しの良い交差点における出会い頭事故対策について	66
8.2	市街地交差点における対歩行者事故対策について	66
	謝辞	68
	参考文献	69

1. 序論

過去 10 年間、日本における交通事故死者数は減少して平成 21 年には 4 千人台となったが、ここ数年の死者数減少率は低い状況が続いており、更なる予防安全対策の実施が求められている。平成 23 年中に発生した事故類型別の交通死亡事故発生件数（図 1.1）を見ると、人対車両（歩行者横断中）事故が最も多く（26.7%）、次いで車両相互の出会い頭衝突（14.7%）となっており、2つの事故類型で死亡事故全体の4割以上を占める。また、これらの事故は特に交差点で発生する頻度が高いことから、交差点における予防安全対策の速やかな構築が必要である。

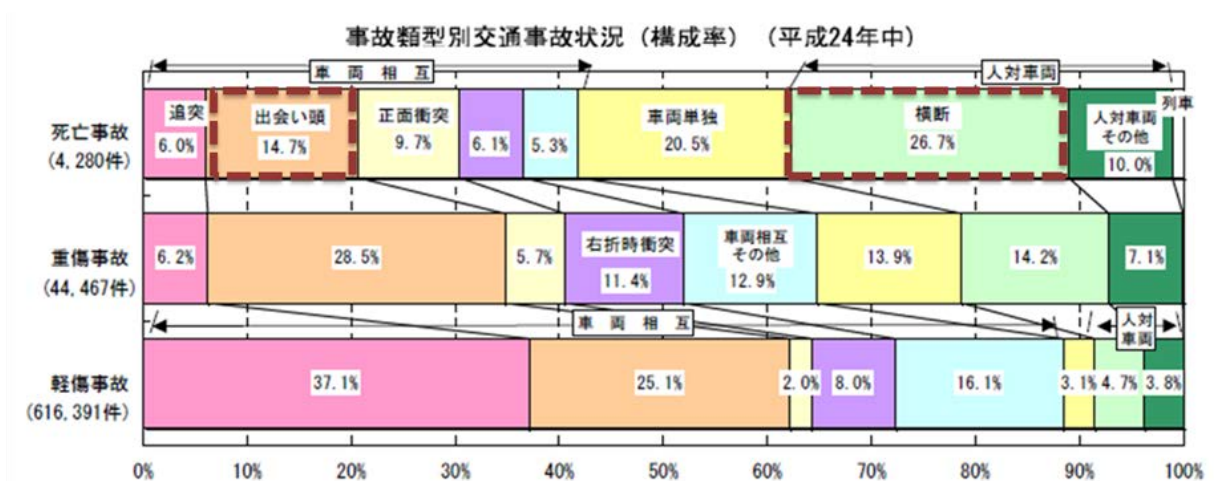


図 1.1 交通事故発生状況（出典：警察庁，平成 24 年）

1.1 交通事故の発生状況

（財）交通事故総合分析センターによる平成 16 年交通事故統計マクロデータを基に、発生件数が多い主要な事故類型と各事故類型における人的要因の特徴について分析した結果を述べる。なお、普通乗用車、軽乗用車、普通貨物車、軽貨物車が第一当事者で、一般道路で発生した死傷事故を対象とした。

1.1.1 発生頻度順の事故類型

図 1.2 に、各事故類型が対象件数全体に占める比率と累積構成率を示す。発生件数が多い順に「追突事故」、「出会い頭事故」、「右折事故」および「人対車両（対歩行者事故）」となっている。これら上位 4 事故類型で事故全体の約 8 割を占めており、主要な事故類型であることがわかる。

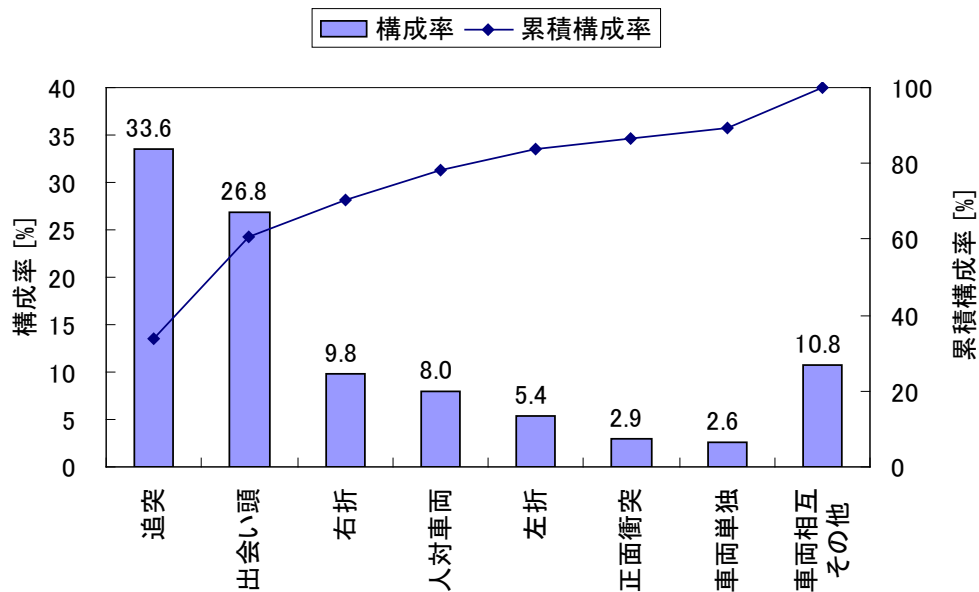


図 1.2 事故類型別の構成率

1.1.2 主要事故類型の人的要因

上記の4つの主要な事故類型について、図 1.3 から図 1.6 に、各事故類型における第一当事者の人的要因を、相手側（第2当事者）の種別とともに示す。追突事故（図 1.3）については、脇見などによる「外在的な前方不注意」、および危険なしと判断して相手の動静確認を怠ることによる「動静不注視」の2つが顕著な人的要因であり、約7割を占める。これに対し、出会い頭事故（図 1.4）、右折事故（図 1.5）および対歩行者事故（図 1.6）については、必要な安全確認をしない（不十分）で発見が遅れる「安全不確認」が共通して最も顕著な人的要因となっている。

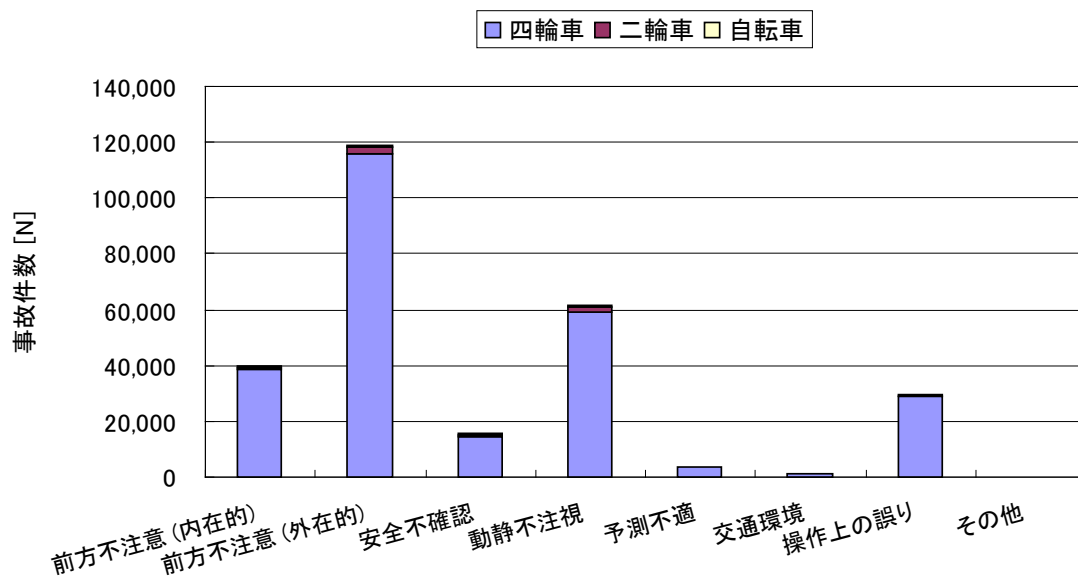


図 1.3 追突事故における第一当事者側の人的要因

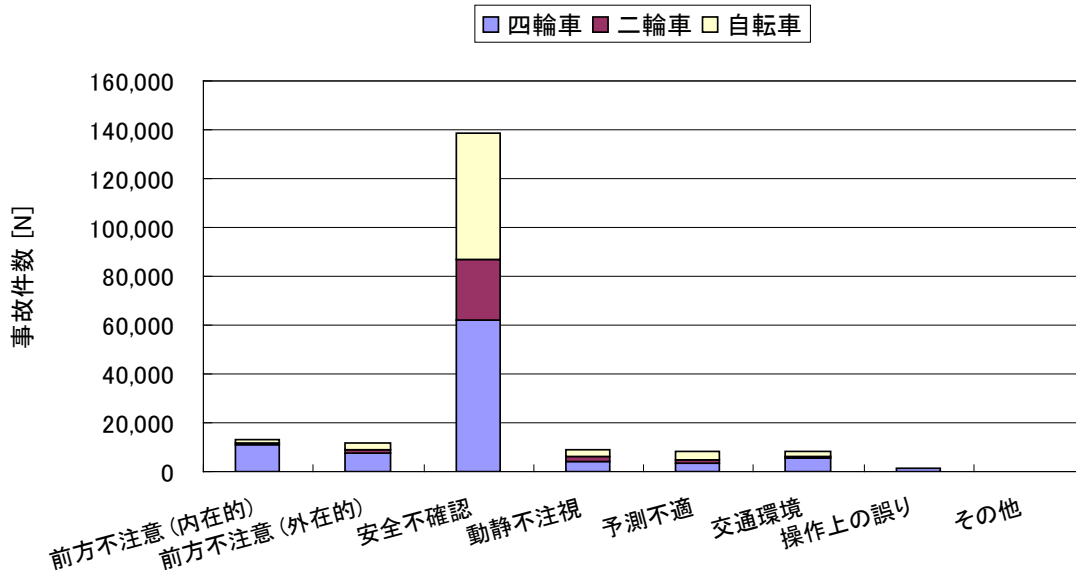


図 1.4 出会い頭事故における第一当事者側の人的要因

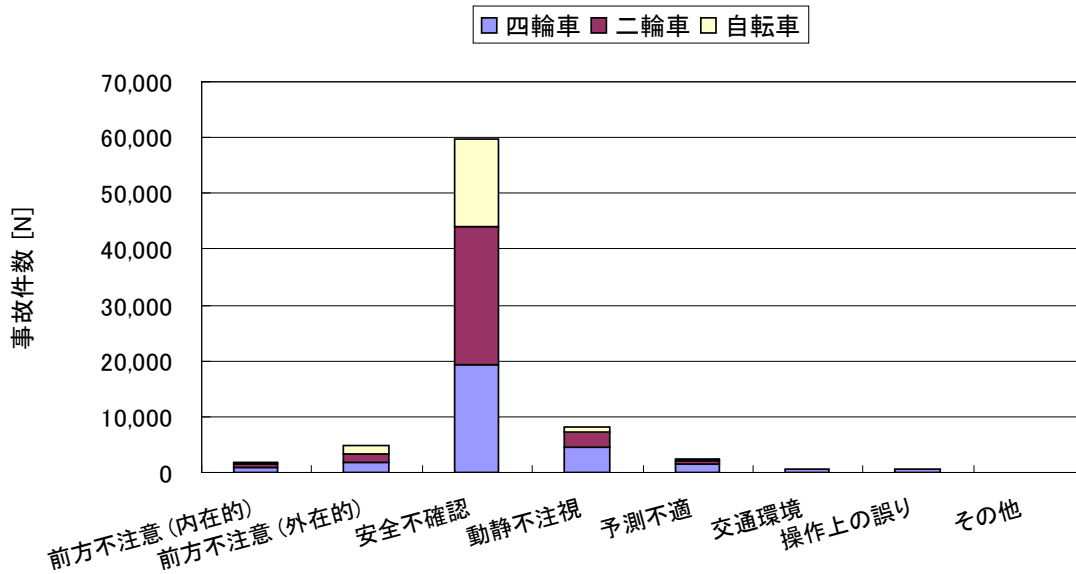


図 1.5 右折事故における第一当事者側の人的要因

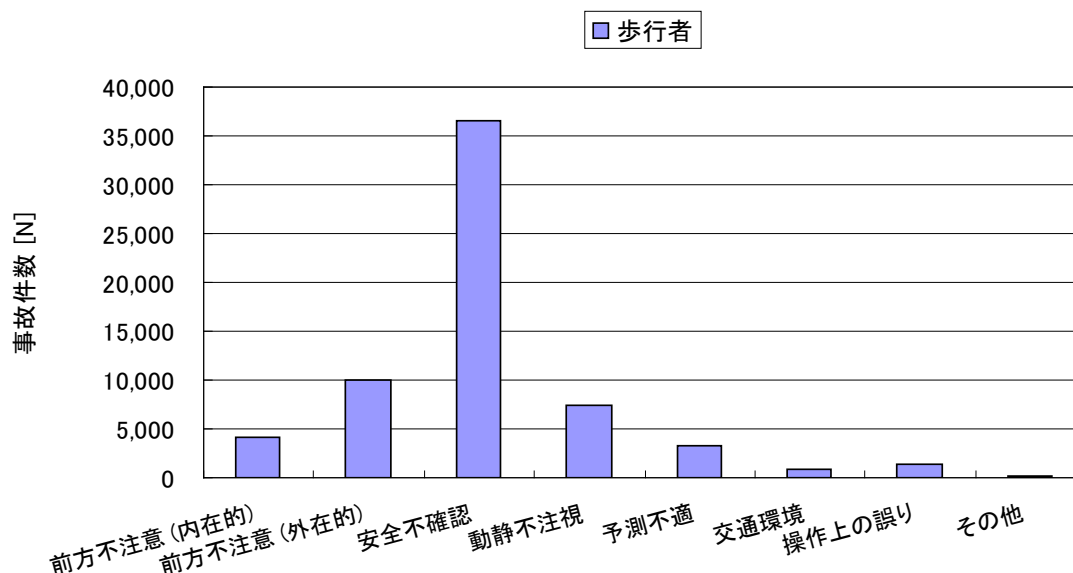


図 1.6 対歩行者事故における第一当事者側の人的要因

以上をまとめると、車両側が第一当事者となる主要な事故類型は「追突」、「出会い頭」、「右折時」、「対歩行者」の 4 つである。また、これらの事故発生における第一当事者の主なヒューマンエラーとしては、相手認知の有無に関わる「外在的な前方不注意（脇見等）」や「安全不確認」、相手の動静判断に関わる「動静不注視」が挙げられる。

1.2 予防安全対策における課題

1.1 節のように、交通事故マクロデータによると、出会い頭事故および対歩行者事故においては運転者による適切な安全確認ができなかったことが最も顕著な人的要因である。このような運転者の視知覚上の問題は、自動車事故の発生に大きく関与していることは早くから指摘されており (Rockwell, 1972), 特に見落としや発見遅れは主要な事故原因であることが報告されている (Treat et al., 1977 ; Rumar, 1990). 運転者は背景となる道路交通環境から、潜在的に危険な他の交通参加者を速やかに発見することが常に求められる。そのような対象物は、路上障害物や他の車両、あるいは自転車や歩行者など、運転場面や交通状況によって刻一刻と変化する。さらに、そのような対象物は自車両の進行方向から大きく外れた角度で視野内に現れる場合もあり、出現する位置が常に予期できるわけではない。このことから、運転者視野内における潜在的な危険対象物（若しくはその出現位置）に対する適切な注意配分が、安全な移動の基礎となる情報処理であるといえる。

運転時の障害物検知に関わる視覚情報処理は、知識駆動型であるトップダウン型処理と刺激駆動型であるボトムアップ型処理の 2 つからなる (Rumar ; 1990 ; Summala & Räsänen, 2000 ; Theeuwes, 1991 ; Theeuwes, 1993 ; Wierda & Maring, 1993). 特に、トップダウン型処理による視覚探索行動は道路交通場面への参加によって経験的に習得される。例

えば、市街地の走行時には視界を妨げる構造物の陰に視線を向けるというように、運転経験によって道路状況に応じた視覚探索行動が行われることは従来研究 (Crundall ら, 1998 ; Fuller, R. A., 1984 ; Theeuwes, 1993) から明らかである。トップダウン型処理は探索対象物の特徴や出現可能性が高い範囲についての予期や構えを準備することにより、運転時の複雑な視覚的環境から注意すべき対象物を効率的に検知することに大きく寄与している。

ただし、交通状況についての知識を基にした運転者の予期と実際の交通状況が必ずしも適合するわけではない。トップダウン型の能動的な視覚探索が有効でない場合、中心視 (視線方向) から外れた位置に出現する障害物の検知は、周辺視によるボトムアップ的な探索様式に大きく依存することになる。ボトムアップ的な情報処理による視覚探索には対象物の目立ちが大きく関与するが、とりわけ対象物の動きの情報は重要な視覚的属性である。対象物の動きは背景から図として対象物を分離する (佐藤, 1992) だけでなく、視覚的探索において速やかに注意を喚起する役割を果たす (McLeod, Driver, Crisp, 1988; McLeod, Driver, Dienes, Crisp, 1991) ことが知られている。さらに、視覚的探索を行わず、何らかの注意を払っていないような場合においても、対象物の運動や突然の出現・消失に伴う輝度変化によって注意が補足される (Theeuwes, 1994; Theeuwes, 1995; Yantis, 1993) ことが報告されている。特に、周辺視野は対象物の動きの検出に高い感度を持っており (Finlay, 1982), 目立ちを考える際には視野内における相手車両の挙動 (動静) についての視覚的特徴が重要な意味を持つことになる。

以上のように、運転時の障害物検知の問題においては、知識駆動型のトップダウン型処理、および刺激駆動型のボトムアップ型処理の二つの視覚情報処理が関与していると考えられる。しかしながら、実際の交通事故場面において「発見の遅れ」がどのような状況下で発生したのかは、必ずしも明らかではない。効果的な交差点事故防止対策を構築するためには、障害物検知に関わる運転者の視認特性 (トップダウン型処理・ボトムアップ型処理) を踏まえた上で、障害物の見落としが発生し易い交通環境条件を実証的に把握する必要がある。

1.3 本研究の目的と構成

本論文では、早急な事故防止対策の実用化・普及が必要な2パターンの交差点事故 (車両相互の出会い頭事故, および車両対歩行者事故) を対象に研究を行った。具体的には、ヒューマンエラー (特に「発見の遅れ」) による交差点事故の発生メカニズムを、交通視環境条件と運転者の視認特性との関係から明らかにした上で、事故を防ぐための対策を構築することを目的とする。なお、本研究において「発見の遅れ」は、「運転者による他交通参加者 (障害物) の発見が、衝突を避けるための対応行動をとるには遅すぎる」とする。

本論文の構成は図 1.7 の通りである。第 1 章において交通事故発生状況を踏まえた研究の背景と目的を述べた。第 2 章から第 7 章までは大きく二つのパートに分かれる。第 2 章から第 4 章では、郊外交差点での出会い頭事故対策を論じ、続いて第 5 章から第 7 章

では市街地交差点での車両対歩行者事故対策について議論する。これらの研究結果をもとに、第8章において運転者の視認特性を踏まえた対策についてまとめる。

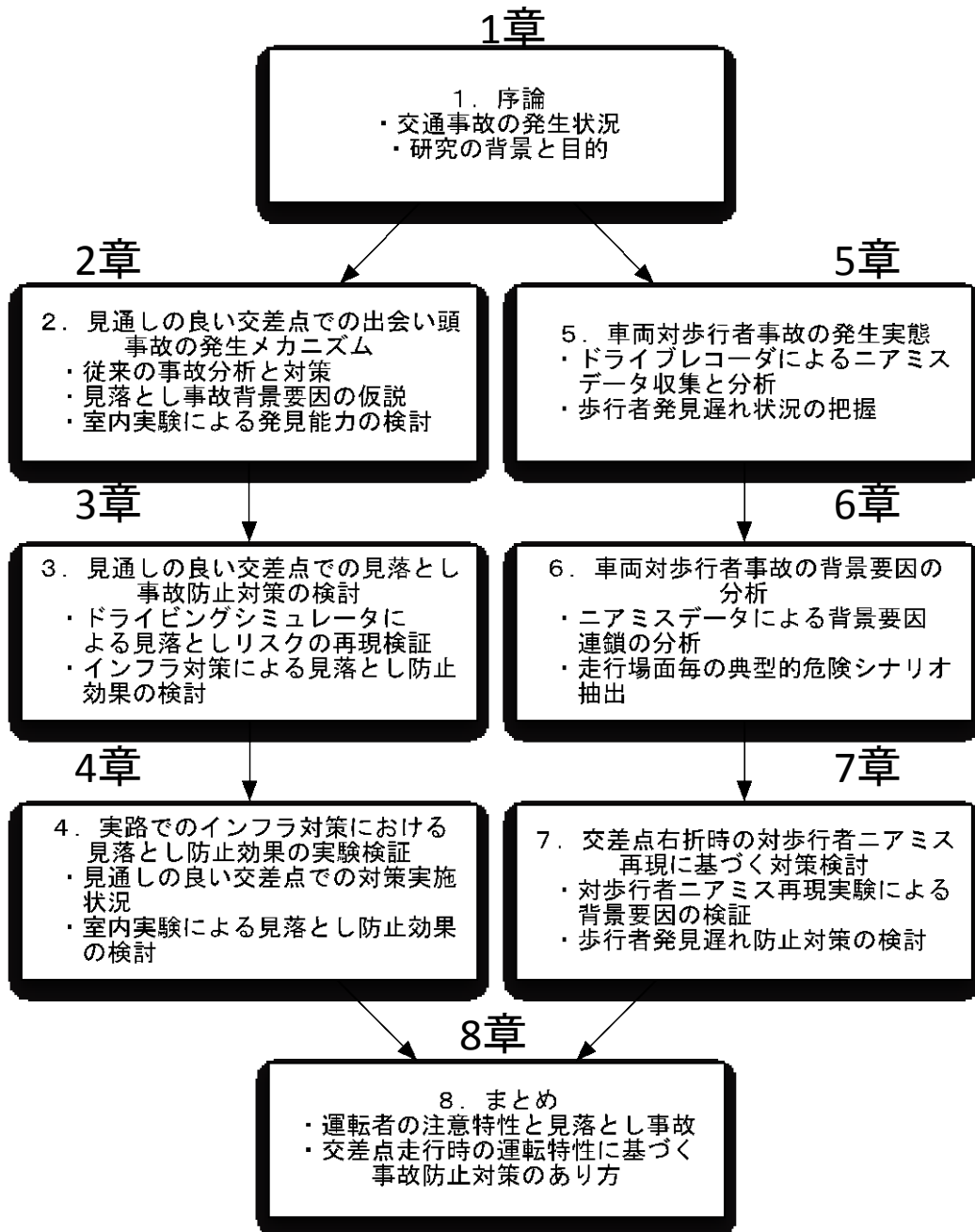


図 1.7 本論文の構成

2. 見通しの良い交差点における見落とし事故の発生メカニズム

交差点における車両対車両の事故は、自動車による交通ネットワークが発達した多くの国において共通する大きな問題である。例えば米国においては、交差点事故は交通事故統計データ (GES : General Estimates System) の 1/4 を占めるが、その約 60%の事故は無信号交差点で発生している (Najm et al., 2001)。特に、郊外交差点 (Rural intersections) では衝突時の速度の高さから、市街地の交差点と比較して死亡事故率が顕著に高いことが報告されている (Burgess, 2005)。

日本国内においては、河川沿いや平野に広がる田園の多くは区画整理によって舗装道路が格子状に整備されている。見通しが良く交通量も比較的少ないこれらの道路は、一見すると良好な交通環境のように思える。しかし、近年このような田園地帯における交差点の危険性が指摘され (田久保, 1998)、出会い頭事故が少なからず発生している (藤田ら, 1998)¹ことが認識されてきている。例えば、図 2.1 は出会い頭事故が頻発する田園交差点であり、歪んだガードレールに事故の痕跡を確認することができる。このような見通しの良い交差点での出会い頭事故について、その発生メカニズムや事故要因の解明は十分とは言えない状況であった。



図 2.1 郊外の田園地帯における典型的な出会い頭事故発生交差点

本章では、見通しの良い交差点に接近する際に、交差道路上を走行する相手車両の視覚的特徴を考察した上で、室内でのモックアップ実験によって相手車両の見落としリスクについて検討した結果について述べる。

2.1 郊外交差点での出会い頭事故の特徴と従来までの対策

郊外の無信号交差点において発生する出会い頭事故は、運転者による相手車両の見落としや不注意によって引き起こされるとされている (Chovan et al., 1994)。実際、Cairney & Catchpole (1996) が行った交通事故事例のマイクロ分析調査によると、交差車両の見落としや発見遅れが無信号交差点における出会い頭事故の最も顕著な特徴として挙げられている。特に、分析対象とした出会い頭事故事例のうち優先道路側運転者の 60%、非優先道路側の 78%の事例において、見通しが良かったにも関わらず、見落としによって出会い頭事故に至っていたことが示されている。この研究以外にも、郊外・田園地帯における見通しの良い交差点での見落としによる出会い頭事故の事例が報告されている (Charlton, 2003; Hale et al., 1988; Kulmala, 1995; 田久保, 1998)。

無信号交差点における出会い頭事故の防止に関して、Laberge et al. (2006) は交差点アプローチ中の運転者に求められる視認系タスクを以下の 3 つに分類した上で、交差点への進入可否判断を支援するインフラベースの事故防止システム (Infrastructure-based intersection decision support system: IDS system) を提案している。

- (1) 交差道路上の相手車両の発見 (detecting approaching vehicle)
- (2) 相手車両の交差点到達までの距離・余裕時間の認知 (perceiving gaps)
- (3) ギャップアクセプタンスや交差点進入可否の評価 (accept gap)

この IDS システムは、基本的には上記分類の(2)と(3)の運転タスクをサポートするためのインフラベースシステムであり、交差点進入前の運転者が交差車両との適切なギャップアクセプタンスを可能にすることを意図したものであった。しかしながら、運転者が交差車両を発見できていないままに交差点にアプローチしている場合 (上記タスク分類(1)の失敗) には、このギャップアクセプタンスに関わる判断支援の対策効果は極めて限定的であると考えられる。

一方、見通しの良い交差点付近の視界を制限する形で交通視環境を変え、運転者の見越し運転 (「交差道路上に相手車両はいないだろう」という判断) を防止し、安全確認行動を促そうという試みもある。Charlton (2003) によるフィールドテストでは、田園地帯の交差点付近道路脇に視界障害物 (シェードスクリーン, 図 2.2) を一時的に設置することによる、交差点へのアプローチ速度低下と安全確認行動の増加について検討している。その結果、見通しの良い通常時と比較して、視界障害物設置時では交差点へのアプローチ中の顕著な速度低下と交差道路上の相手車両発見率増加が認められたことが報告されている。しかしながら、無信号交差点における交差道路への見通し不良は安全性低下につながる (David & Norman, 1976; Hanna et al., 1976) とされていることから、このような視界制限を伴う道路付帯設備による対策の実施では、必ずしも出会い頭事故のリスクが下がるとは言えない。効果的な事故防止のためには、見通しが良いにも係わらず、相手車両の見落としが生じるメカニズムを明らかにする必要がある。



図 2.2 郊外交差点への視界障害物 (スクリーンシェード) の設置状況
(出典: Charlton, 2003)

2.2 交差道路上の相手車両の見落とししに関わる要因

見通しの良い交差点における相手車両の見落とししについて、相手車両の見え方に関する視環境要因、および交差点接近時の視認行動特性に関する運転者要因の2つについて以下に考察する。

2.2.1 視環境要因

まず、どちらか一方の車両が先に交差点を通過するといった、衝突しない場合を図 2.3 に示す。ここでは自車両（A車）よりも相手車両（B車）が先に交差点を通過する場面を示す。図 2.3 右図に示すように、2台の車両と交差点を結ぶ三角形の形は時間の経過とともに変化していく。つまり、自車両の進行方向と相手車両が見える方向とがなす角度（ θ ）は、常に変化することになる（図 2.3 では、 $\theta^0 \neq \theta^1 \neq \theta^2$ ）。図 2.3 左図は、A車から見たB車の挙動を示したもので、先に交差点を通過する相手車両は視野の内側へ移動していくことがわかる。なお、自車両の方が先に交差点を通過する場合には相手車両の移動方向は逆になるが、いずれにしても、相手車両は自車両ドライバの視野内を移動するように見える。

一方、2台の車両が出会い頭に衝突するタイミングで交差点に接近する（コリジョンコースに入っている）場合を図 2.4 に示す。図 2.4 右図から、2台と交差点を結ぶ三角形は衝突するまで常に相似であることがわかる。これは、相手車両は自車両正面から一定の角度にあり、衝突に至るまで自車両ドライバの視野内の特定の場所に位置し続けることを示している。実際、相手車両のようすを示す図 2.4 左図を見ると、衝突直前まで視野内の一定位置にとどまり続け、変化するのは見かけの大きさだけであることがわかる。

さらに、このようなコリジョンコース条件における相手車両の出現位置は2台の相対速度によって幾何学的に決まる（図 2.5）。速度が等しい場合には相手車両は正面から45度の位置に存在する。相手よりも低速で交差点へ接近する場合には、相手車両は正面から45度以上視野の外側へはずれた位置に現れることになる。自車の速度が相手の1/2程度の際には、相手車両は視野の外側60度に位置することになる。

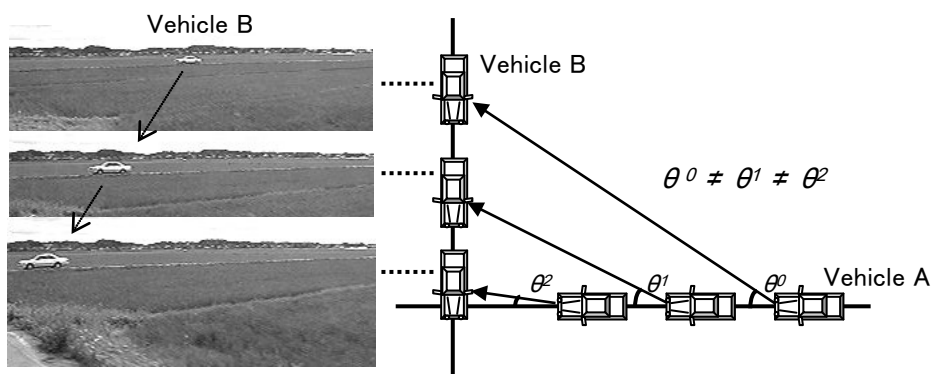


図 2.3 出合い頭に衝突しないタイミングの相手車両

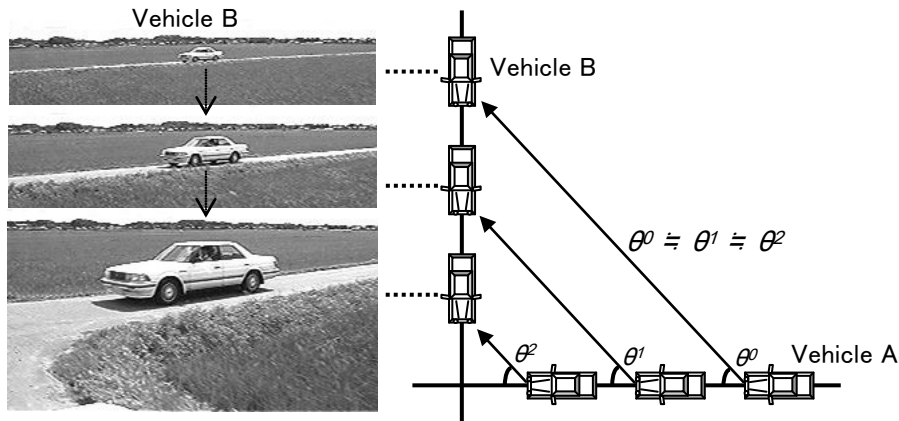


図 2.4 出会い頭に衝突するタイミングの相手車両

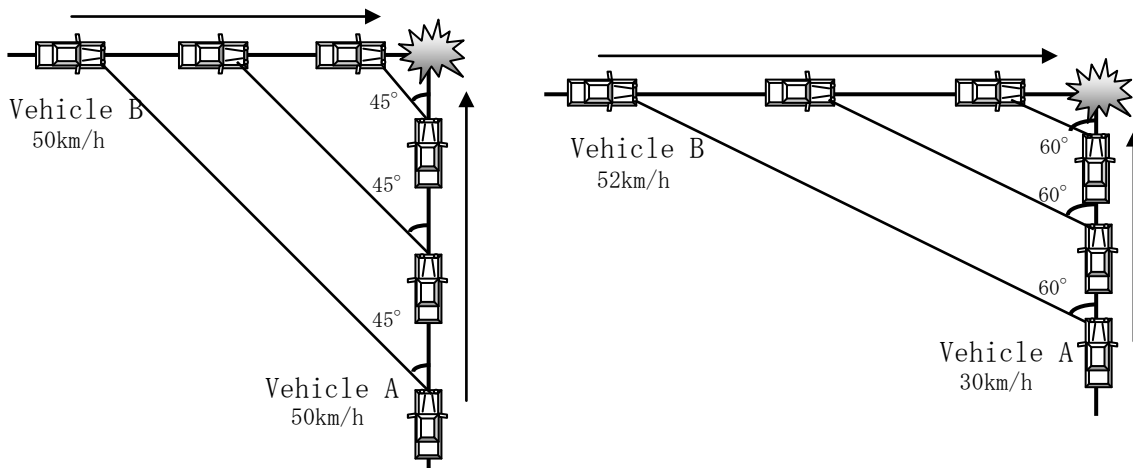


図 2.5 相対速度と衝突相手車両の出現位置

出会い頭交通場面における相手車両の視覚的特徴をまとめると以下のようになる。

- (1) 衝突しないタイミングの場合、相手車両は視野内を水平方向に移動する見え方になる。
- (2) 衝突するタイミングの場合、相手車両は視野内の一定位置で動きがない見え方になる。
- (3) さらに (2) の場合、相手車両の相対速度が自車両より高くなる程、相手車両は視野の外側に位置する。

2.2.2 運転者要因

運転者の視覚探索スタイルは障害物の見落としリスクと深く関係しており、交通状況にそぐわない不適切な注視行動（視線移動パターン）は視界障害のない対象物であっても見落としにつながるとされている（Summala et al., 1996）。田園地帯など郊外の道路を

走行する際には、市街地道路と比較して運転者の注視範囲は顕著に狭まることが報告されている (Crundal & Underwood, 1998). このことは、見通しの良い交差点を走行する際、結果的に運転者は障害物発見に関して周辺視野に頼った視覚探索を行っていると言える。周辺視野において動きのある視対象物は容易に検知出来るが、動きのない視対象物は検知が困難であることが知られている (Leibowitz et al., 1973). 見通しの良い交差点において交差道路上を自車と衝突するタイミングで進行する相手車両と遭遇した場合、視野内で見かけ上の動きがなく、交差点到達の直前で拡大する相手車両イメージ (Looming image) が発見のための主な手がかりとなる (Hoffmann & Mortimer, 1996; Summala et al., 1998) ことから、自車両運転者が正面方向のみに視線を向けているような場合、相手車両の発見が顕著に遅れる可能性が考えられる。

2.3 モックアップ実験による相手車両発見能力の検討

前節で述べた考察をもとに、衝突するタイミングおよび衝突しないタイミングの各出会い頭場面を実験的に再現し、周辺視による相手車両の検知パフォーマンスをビデオ映像によって検討した。以下ではこれらの実験結果について述べる。

2.3.1 実験方法

(1) 設定条件

田園地帯の見通しのよい交差点において、一方の車両から相手車両の挙動を記録した映像 (図 2.3, 図 2.4) を用いて次の3条件を設定した。(1) コリジョンコース条件: 衝突するタイミングの条件。(2) 非コリジョンコース条件: 衝突しないタイミングの条件。(3) ダミー条件: 走行風景のみで相手車両は提示されない条件。

図 2.6 に示すように、ビデオ映像の提示位置については、正面から左方 30 度, 45 度, 60 度の3条件を設定し、上記3条件の映像をランダムな順序で提示した。その際、交差道路上の相手車両を周辺視で確認する状況を再現するために、正面のモニタ中央に一桁の数字を提示して単純な課題 (1 秒毎に変わる数字が偶数のときのみ口頭で反応する) を設定し、斜め前方のビデオ映像を周辺視で観察させた。実験参加者は、相手車両を検知したら速やかにボタンを押して反応するよう求めた。実験参加者は 20 歳から 50 歳までの正常な視力を有する男性 10 名, 女性 1 名であった。

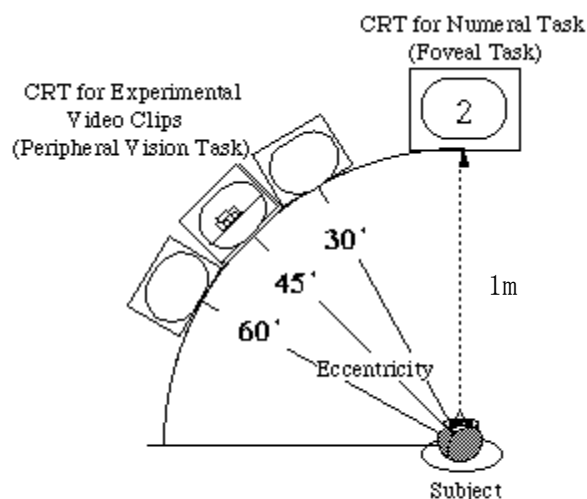


図 2.6 実験室内のビデオ映像提示セッティング

(2) 実験装置

ビデオ映像は実験参加者から 1 m に設置した 21 インチ CRT モニタに提示した。モニタ上での相手車両および背景の輝度は、それぞれ 107~247cd/m², 49~86cd/m² の範囲内の値であった。また、正面タスクであるランダムな一桁の数字については、正面の 1 m 前方に設置した 15 インチの CRT に提示した。また、21 インチモニタ上で再現した相手車両の大きさは、実際の法定速度を考慮したうえで現実場面での見えの大きさを模擬して設定した。30 度の場合は相手車両が約 30km/h、自車両が約 50km/h で走行したケース、45 度の場合は 2 車両とも約 50km/h で走行したケース、60 度の場合は相手車両が約 50km/h で自車両が約 30km/h で走行した状況を想定した (図 2.5)。

2.3.2 結果と考察

図 2.7 に、相手車両を検知したときの大きさ (水平方向) を条件ごとに示す。いずれの提示位置においても、非コリジョンコース条件に比べてコリジョンコース条件の値が大きいことがわかる。これは、視野内で動かない対象物を検知するためには、より大きな見えの大きさが必要になることを示している。

さらに、提示位置が周辺視野の外側になるほど条件間の差は顕著であることがわかる。非コリジョンコース条件では提示位置にかかわらず一定の大きさになれば検知されるのに対して、コリジョンコース条件では、視野の周辺ほど検知に必要な見えの大きさは大きい。すなわち、視野内で動かない対象物は動く対象物に比べて検知が難しく、その傾向は周辺視野の外側になるほど顕著になることがわかる。

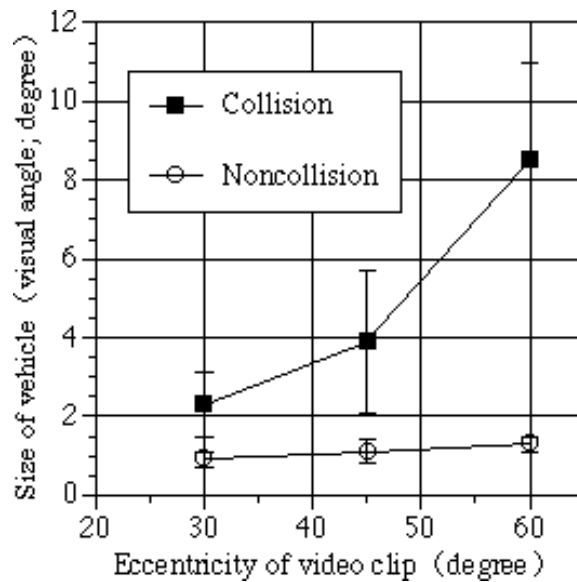


図 2.7 相手車両を検知した時点の見かけの大きさ (平均値と標準偏差)

図 2.8 は、室内実験において相手車両を検知したときの大きさが、現実場面ではどの程度交差点に接近した地点に相当するかを示す。図中の3曲線は交差点への接近に伴う、相手車両の実際の変化を計算から求めたもので、これに実験結果をプロットしている。この図から、相手車両が見えている方向が視野の外側になるほど、非コリジョンコース条件に比べてコリジョンコース条件では相手車両の検知が遅れ、特に60度の場合には10m以下に相当することがわかる。これは、衝突するタイミングの相手車両が60度以上の周辺視に位置する場合、交差点まで10mの地点に接近した時点ではじめて発見できることに相当する。

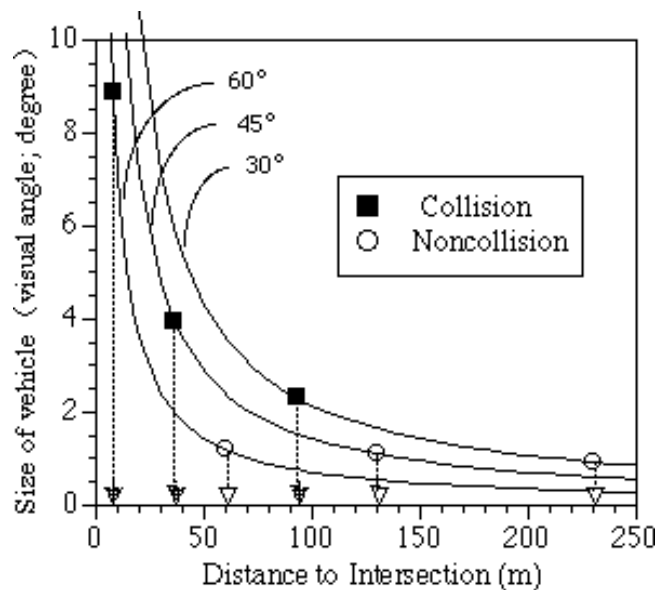


図 2.8 実験結果から想定される現実場面での状況

2.4 まとめと課題

室内でのモックアップ実験により、交差道路上の相手車両と衝突するタイミングで走行しているか（コリジョンコースに入っているか）否かの違いによって、相手車両の発見タイミングがどのように異なるのかを検討した。その結果、コリジョンコースに入っている場合、相手車両の発見が顕著に遅れることがわかった。この結果は、周辺視では対象物の「動き」には敏感であっても視力そのものは低いことから、コリジョンコースに入っていて相対的位置の変化が小さい相手車両の発見は困難であることを示唆している。

見通しの良い交差点に向かって走行する際、運転者が周辺視に頼った左右の安全確認をおこなった場合には、本実験の結果から次のような解釈ができる。衝突する可能性の低い相手車両は比較的早い段階で発見可能であるのに対し、衝突する可能性の高い車両ほど発見が遅れる。特に、相手車両が周辺視野の外側に位置する場合にその傾向が顕著で、自車両が低速で相手車両が高速の場合がこれにあたる。

ただし、本章での実験では、走行条件の異なる相手車両の走行映像を提示して、その発見し易さを検討するに留まっている。走行時における障害物（衝突するタイミングの相手車両）の発見能力を調べるためには、ドライビングシミュレータ等による検討が必要である。

3. 見通しの良い交差点における事故防止対策の検討

本章ではより現実の交通場面に近い条件を設定し、前章で述べた相手車両の映像をディスプレイに提示して行った室内モックアップ実験結果の検証を行った。具体的には、Groningen 大学（オランダ）が保有するドライビングシミュレータを用い、見通しの良い交差点での相手車両の発見し易さの違いを確認した（実験 1，3.1 節）。加えて、交通視環境改善の観点から、相手車両の見落としを防ぐ方策の具体化に関する検討を行った（実験 2，3.2 節）。

3.1 ドライビングシミュレータによる見落とし事故リスクの再現実験

3.1.1 実験参加者

乗用車の運転免許証を有する、20 歳から 41 歳の成人男女 18 名（男性 11 名，女性 7 名）を実験参加者とした。全ての実験参加者は運転免許の条件となる最低視力 0.6 を上回ることを確認した上で実験を行った。

3.1.2 実験装置とターゲット車両

実験は、Groningen 大学の定置型ドライビングシミュレータ（Van Wolffelaar & Van Winsum, 1995）を用いた（図 3.1）。このシミュレータは、映像提示部に半円状のスクリーンと 3 台のプロジェクターを使用したもので、165 度（水平方向）の視野範囲にわたって走行風景を再現できる。実験で設定した走行環境は全長 6km の直線道路であり、田園地帯の交差点を模擬するために 300m 間隔で交差道路が直交する道路形状とした。これにより、見通しのよい交差点へ接近する際に、正面から左右に大きく外れた方向に相手車両が位置する交通視環境を再現した。実験参加者が直線道路を走行する際には、クルーズコントロールモードによって 60km/h に保たれ、交差道路を走行する相手車両との相対的な位置関係は、シナリオ制御コンピュータによってコントロールされた。なお、運転キャビンに実車（BMW 518）を使用して走行時の音響条件やステアリングの反力などを模擬し、実際の運転状況に近い条件で実験を行った。



図 3.1 ドライビングシミュレータによる走行風景

探索ターゲットとなる交差道路を走行する相手車両は白色の普通乗用車で、実験参加者の運転する自車両が交差点まで 280m の地点でスクリーン上に提示された。相手車両の提示開始位置は、実験参加者の車両前方から 30 度、45 度、60 度のいずれかであった。自車両と相手車両が衝突するタイミングで交差点に接近するような、2 台がコリジョンコースに入った条件では、交差点進入の直前（約 1 秒前）までは相手車両に水平方向の相対的な動きはない（図 2.4 参照）。一方、2 台が衝突しないタイミングで交差点に接近する条件では、相手車両は 30 度、45 度、60 度のいずれかの位置に出現した後、自車両よりも先に交差点を通過する設定とした。すなわち、相手車両には相対的な水平方向の動きがあり、交差点に接近する間に実験参加者の視野内を継続的に移動し続けた（図 2.3）。

3.1.3 実験計画

交差道路上の相手車両との衝突リスクが異なる走行条件（コリジョンコースと非コリジョンコース；2 水準）、および相手車両の出現方向に関する前方交差点からの角度条件（30 度、45 度、60 度；3 水準）からなる、2×3 の被験者内要因による実験計画とした。

全長 6km の直線コースを走行中に通過する 18 交差点のうち、ランダムに選定された 12 箇所の交差点接近時に相手車両と遭遇するものとした。12 の交差点のうち、半数の 6 交差点ではコリジョンコースに入った相手車両（左右それぞれ 30 度、45 度、60 度）と遭遇し、残りの 6 交差点では初期位置がコリジョンコースと対応する（左右それぞれ 30 度、45 度、60 度）非コリジョンコースの相手車両（自車両よりも先に交差点通過）と遭遇する設定とした。なお、コリジョンコース条件の相手車両は交差点直前に急停止させることで、衝突の疑似体験による運転影響を抑制する設定とした。

全長 6km の直線コース走行の所用時間は約 6 分間であり、各実験参加者につき 3 回の実験走行を行った。

3.1.4 手続き

実験参加者は開始前に実験および依頼内容についての説明を受け、インフォームド・コンセントが得られた場合には同意書に署名をした上で実験に参加した。実験に先立ち、閑散な郊外の直線道路をクルーズコントロールモード（60km/h）で走行すること、および交差道路の車両（相手車両）に気付いた場合には直ぐにステアリング上のボタン（図 3.2）を押して反応することを教示した。その際、右方向からの相手車両を発見時には右ボタン、左方向からの相手車両を発見時には左ボタンを押すこととした。運転中は正面方向を向いて運転するよう教示すると共に、交差道路上の相手車両を周辺視で確認する状況を再現するために、正面方向に副次タスクを設定した。具体的には、前方面面の注視点にランダムに選定されたアルファベット 1 文字を 2 秒ごとに提示し、「B」が表示された場合に発音するよう求めた。

全長 6km の直線コース走行について、1 回の練習走行を行った後に相手車両との遭遇パターンが異なる 3 回の実験走行を行った。3 回の実験走行は、相手車両との遭遇に関する予測や順序効果を相殺するために、実験参加者間でカウンターバランスをとった。



図 3.2 ドライビングシミュレータのステアリング上の反応ボタン

3.1.5 評価指標

相手車両の発見パフォーマンスとして、反応時間と Time-to-intersection (TTI) を用いた。反応時間は、相手車両が出現してからステアリング上のボタンが押されるまでの経過時間を計測した。また、コリジョンコース条件のみ、相手車両との衝突リスクを評価するために、発見反応ボタンを押した時点での交差点到達までの残り時間 (TTI) を計測した。分析には、3 回の実験走行の平均を実験参加者毎に算出した値を用い、二要因分散分析を行った。また、ポストホックの多重比較として Tukey の HSD 検定を行った。

3.1.6 結果と考察

表 3.1 は、相手車両出現から発見するまでの反応時間について、18 名の平均値と標準偏差を示したものである。走行条件の主効果 ($F(1, 17) = 3298.3, p < 0.001$) が認められ、非コリジョンコースと比較してコリジョンコースにおける相手車両の反応時間に有意な遅延が認められた。また、相手車両出現の角度条件に主効果 ($F(2, 34) = 994.76, p < 0.001$) が認められたと共に、走行条件と角度条件の交互作用 ($F(2, 34) = 139.83, p < 0.001$) が認められた。Tukey の HSD 検定の結果、相手車両の角度が 30 度と 45 度の条件と比較して、60 度の条件において反応時間の有意な遅延が認められた ($p < 0.01$)。図 3.3 に、コリジョンコース条件における相手車両を発見した時の交差点到達までの残り時間について、実験参加者 18 名の平均値と標準偏差を示す。この図から、自車両よりも低速 (30 度) もしくは等速 (45 度) の相手車両を発見時の平均 TTI は 3 秒以上であった。これに対して、自車両より高い速度 (60 度) の相手車両については、発見時の平均 TTI は 1 秒以下であり、他の 2 条件と比較して衝突リスクが高いことがわかった。なお、相手車両の角度が 60 度の条件では見落とし (TTI : 0 秒) が発生し、その頻度は全ての試行を通じて 10%であった。

表 3.1 相手車両発見までの反応時間

	Onset approach angle					
	30°		45°		60°	
Collision course	13.1	(1.1)	13.5	(0.9)	15.9	(0.4)
Non-collision course	2.1	(0.4)	4.2	(0.8)	9.3	(0.6)

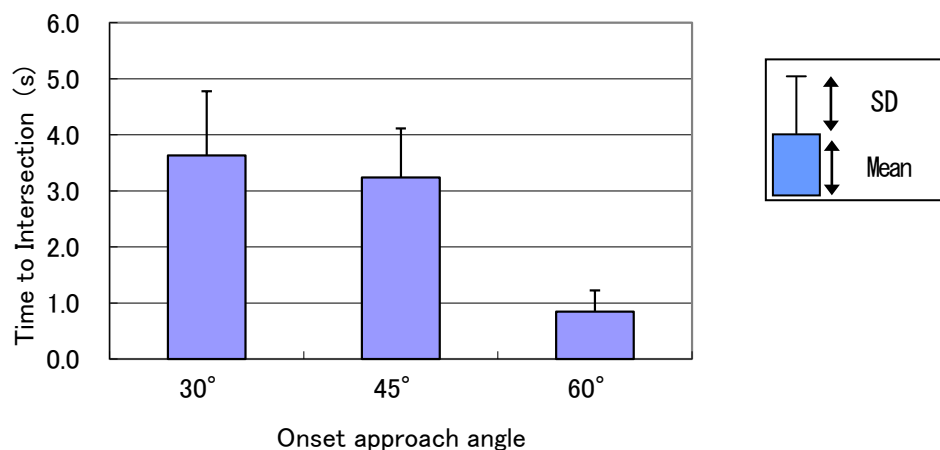


図 3.3 相手車両発見時の交差点までの残り距離

本実験では、周辺視による交差道路上の相手車両の発見パフォーマンスをドライビングシミュレータによって調べた。実験参加者はクルーズコントロールモードでの運転により、計 54 試行からなる交差点接近を経験したが、これは交差道路上を走行する相手車両接近の予期に繋がる可能性があった。しかしながら、コリジョンコースの相手車両のみ、非コリジョンコースと比較して顕著な発見遅れが認められた。視野内における対象物の動きは、ドライバの注意を捕捉する重要な視覚的特徴の一つ (Summala & Rasanen, 2000; Rumar, 1990) であるとされてきた。本結果は、コリジョンコース条件の相手車両は運転者視野内で相対的な動きのない視覚的特徴を有することが、Visual cue の乏しさ (目立ちにくさ) に繋がることで、ドライバの発見遅れ/見落としに関与することが示された。

3.2 インフラ改善による見落とし事故対策案の検討

実験2では、コリジョンコース条件における相手車両の発見しやすさ向上方策について、実験1と共通の実験参加者を用いて検討した。

対象物の視覚的変化は背景から図として対象物を分離する（佐藤，1992）だけでなく、視覚的探索において速やかに注意を喚起する役割を果たす（McLeod, Driver, Dienes, Crisp, 1991）ことが知られている。さらに、視覚的探索を行わず、何らかの注意を払っていないような場合においても、対象物の運動や突然の出現・消失に伴う輝度変化等による Visual cue によって注意が捕捉される（Theeuwes, 1994; Yantis, 1993）ことが報告されている。特に、周辺視野は対象物の動きの検出に高い感度を持っている（Finlay, 1982）。

そこで実験2では、遮蔽フェンスの陰から相手車両が突然出現（Pop-up）する条件を設定し、コリジョンコース条件の相手車両の発見に及ぼす影響について検討した。

3.2.1 実験方法と手続き

実験1と同一の実験参加者により、実験1の1ヶ月後に実験を行った。交差道路に遮蔽フェンスがある条件と無い条件とを設定したこと、および遭遇する相手車両は自車両と同速度（出現位置が正面から45度）であったことを除き、実験1と同様の装置・方法で実験を行い、相手車両の発見パフォーマンスを遮蔽フェンスの有無で比較した。

本実験では、遮蔽フェンスから相手車両が突然出現（Pop-up）することによる Visual cue が、コリジョンコース条件の相手車両の発見しやすさに及ぼす効果を調べるため、発見ターゲットとなる相手車両の角度条件は45度のみとした。加えて、実験参加者ごとに発見パフォーマンスが異なることから、突然出現（Pop-up）の効果が実験参加者間で等しくなるようフェンスの位置を調整した。具体的には以下の手続きを行った。まず、実験1において各実験参加者が相手車両を発見した平均的な距離を算出し、実験参加者ごとにクリティカルポイントとして決定する。これをもとに、図3.4に示すように相手車両がクリティカルポイントに至る2秒前にフェンスの背後から突然現れる条件（2秒条件）、および3秒前に現れる条件（3秒条件）の2パターンを設定した。また、遮蔽フェンスからの出現タイミング予測を防ぐために、2パターンのフェンスを交差道路に交互に配置して実験走行を行った。実験参加者はフェンスがあるコースと無いコースをそれぞれ2回ずつ走行し、実施順序は実験参加者間でカウンターバランスをとった。

3.2.2 評価指標

相手車両の発見パフォーマンスとして、Time-to-intersection（TTI）を用い、発見反応ボタンを押した時点での交差点到達までの残り時間を計測し、相手車両との衝突リスクを評価した。分析には、フェンスの無い条件（Baseline）、フェンスの有る条件（2秒条件）、およびフェンスの有る条件（3秒条件）の3水準からなる一要因分散分析を行った。また、ポストホックの多重比較として Tukey の HSD 検定を行った。

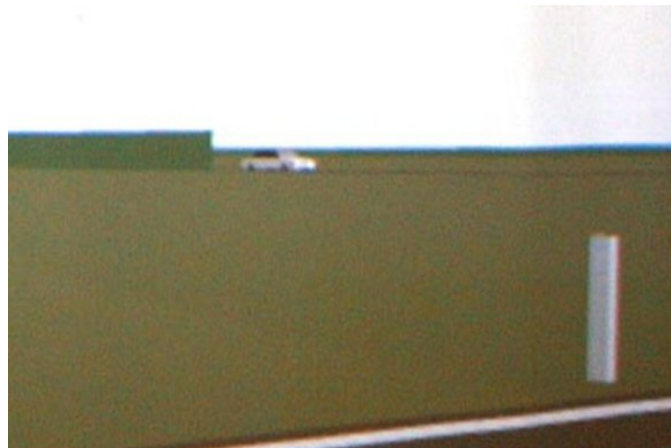
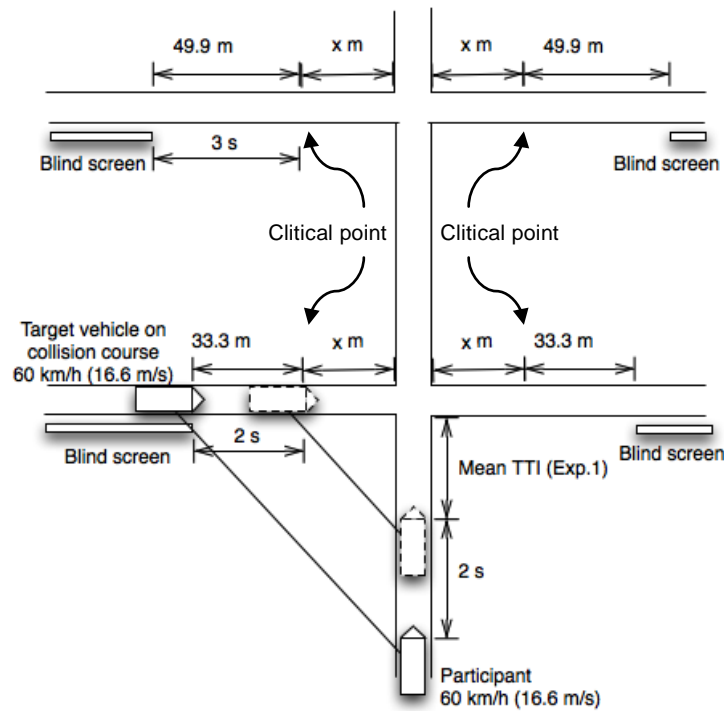


図 3.4 交差道路側への遮蔽フェンス設置方法（上図）と相手車両の突然出現状況（下図）

3.2.2 結果と考察

図 3.5 は、各フェンス設置条件における相手車両発見時の交差点到達までの残り時間（TTI）の平均値と標準偏差を示したものである。フェンスの設置状況が異なる条件の主効果（ $F(1, 34) = 20.4, p < 0.001$ ）が認められ、相手車両による遮蔽フェンスからの突然出現（Pop-up）が発見パフォーマンスの向上に繋がること示された。また、多重比較検定の結果、フェンスの無い条件と比較して、フェンスを設置した2条件（2秒条件と3秒条件）において有意な TTI の増加が認められた。以上の結果から、コリジョンコース条件の相手車両に対して、遮蔽フェンスからの出現という視覚的变化（Visual cue）を与えることで、交差点手前のより早い段階で発見できる可能性があることがわかった。

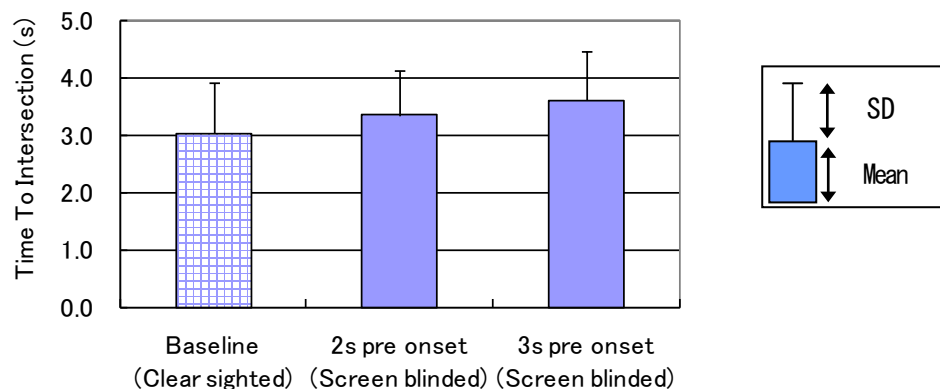


図 3.5 相手車両発見時の交差点到達までの残り時間

3.3 まとめと課題

本章では、室内モックアップ実験の結果（第 2 章）について、実際の運転状況を模擬したドライビングシミュレータ実験によって検証した。その結果、コリジョンコースに入っている相手車両は周辺視野での発見が困難であることが改めて確認された。特に、自車の速度が相対的に低い場合には相手車両の正面方向からの角度は大きく、より発見が困難となる。例えば、相手車両が正面から 60 度の方向にある場合には、相手車両発見時の衝突余裕時間は平均で約 1 秒であり、事故回避が難しいことが明らかとなった。

また、事故防止対策の具体化検討として、交差道路上の付帯設備（相手車両が突然視界に現れるように設置した遮蔽物）によって生じる視覚的变化（Visual cue）が相手車両の気付きやすさに及ぼす影響を調べた。具体的には、ドライビングシミュレータ実験により、交差道路上の遮蔽フェンスの有無によって相手車両の発見タイミングがどのように変化するかを検討した。その結果、遮蔽フェンスの設置によって有意な発見能力の向上効果が認められた。このことから、衝突する相手車両の Visual cue が発見遅れの防止に有効であることがわかった。

以上のように、交差道路をコリジョンコース条件で走行する相手車両の発見しやすさの向上における、Visual cue の有効性が示された。しかし、上記の結果はドライビングシミュレータを用いた実験から得られたものであり、コンピュータグラフィックスによる視覚的变化が実際の交通視環境においても有効であるかについては検討の余地が残る。また、Visual cue を与えた遮蔽フェンスは実験参加者毎に設置位置を調整したものであることから、実際の走行環境下で Visual cue を生じさせる具体的な方法については、再度検討する必要がある。

4. 実路でのインフラ対策における見落とし防止効果の検証

前章では、見通しの良い交差点における出会い頭事故の背景には「相手車両の視覚的特徴」と「人間側の周辺視機能」との不適合があり、それが視覚探索上の問題（見落とし）に繋がることが実証的に示された。すなわち、見通しのよい交差点において自車と衝突するタイミングで走行する相手車両と遭遇するような場合、視野内での見かけの変化が非常に小さいために目立ちにくい。このような視対象物に対して、視野内で視覚的な変化（動きなど）を自動的に検知して素早く注意を向けるという人間の基本的な危険認知スタイル（Rumar, 1990）では対応することが難しい。

このような問題を交通視環境側から改善する方策として、岐阜県では交差道路脇に低木の鉢植えを設置する出会い頭事故防止策を実施し、国内で初めて実際の事故多発交差点に適用した。その結果、設置前後2年間における事故件数を比較すると、設置前の約1/3（昼間のみでは1/10）にまで減少するという事故防止効果が報告されている（福山ら, 2003）。

本研究では、岐阜県で実施された事故防止策による事故件数の低減が、交差点視環境の改善によって交差車両の気付きやすさが向上した効果によるものか否かを検証する目的で実施した。以下では、実際の事故防止対策交差点での走行風景を実験室内で再現し、衝突するタイミングで走行する相手車両の気付きやすさについて、通常の方策交差点と比較した実験研究について述べる。

4.1 検討対象交差点

福山ら（2003）によって事故発生件数の低下が報告された、岐阜市北部に位置する出会い頭事故防止対策の実施済み交差点を対象に、室内で走行風景を再現するための撮影を行った。図4.1は交差点周囲の道路環境を示したもので、低木（キンモクセイ）の鉢植えが優先道路脇の歩道に約8m間隔で設置されている。

撮影は2台の車両を約30km/hの一定速度にて交差点で衝突するタイミングで走行させ、非優先道路側の走行車両から相手車両（灰色の普通乗用車）を撮影した。図4.2は、優先道路を右方から交差点へ接近する相手車両が道路脇に設置された鉢植えと交錯する状況を示したものである。また、対策効果を検証する際に比較対照となるコントロール条件を設定するために、事故防止対策が施されていない通常の交差点においても、2台の車両を約30km/hの一定速度にて交差点で衝突するタイミングで走行させて撮影を行った。なお、撮影車両には3台のビデオカメラをルーフ上に設置して、前方約120度（水平）の風景をデジタルビデオテープに記録した。

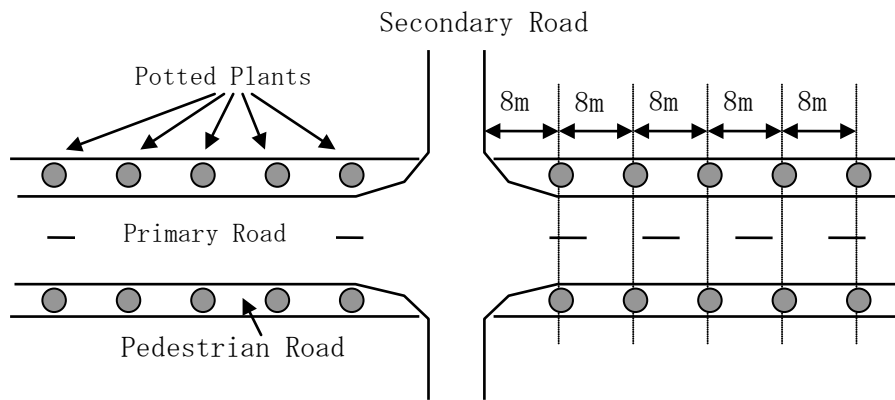


図 4.1 対策実施交差点への鉢植え（キンモクセイ）の設置状況



図 4.2 対策実施交差点を走行する車両の状況

4.2 室内実験による見落とし防止効果の検証

4.2.1 実験方法

実験参加者は20歳代から50歳代の正常な視力を有する男女17名（女性3名，男性14名）を実験参加者とした。

(1) 実験手続き

3台の車載カメラによって撮影された走行時の前方道路風景映像を広視野角スクリーン（水平視野角150度）に提示し，実験参加者はスクリーンから3m離れたシミュレータキャビン運転席から映像を観察した（図4.3）。実験参加者は映像観察時に，実際に車両を運転しているつもりで正面の交差点方向のみに視線を向けることが求められた。その際，左右いずれかの交差道路に他の走行車両が存在した場合，それに気づいたか否かの判断が求められた。映像はスクリーンに3秒間のみ提示され，その後に実験参加者は交差道路の車両の有無について口頭で答えた。回答後に次の3秒間の映像提示と観察試行に移るものとし，各実験参加者につき計36回の試行を実施した。



図 4.3 実験室内における広視野角スクリーンへの走行風景提示

(2) 提示映像

実験に用いた映像は、対策実施交差点および非対策交差点への走行中に、右方から検知ターゲットとなる交差車両 (Target Vehicle) が衝突するタイミングで交差点に接近する映像を使用した (図 4.4)。また、3 秒間の映像提示開始時にターゲット車両が交差点に到達するまでの残り時間が、4 秒、6 秒および 7 秒の 3 パターンを設けた。以上より、交差点付近の鉢植えの有無 (2 水準: With-Plant vs. Without-Plant) × 交差点到達までの残り時間 (3 水準: 4 秒前, 6 秒前, 7 秒前) の 6 種類の映像を実験に用い、各映像をランダムな順序で 6 回繰り返して提示した (計 36 回)。



図 4.4 鉢植え有り条件 (With-Plant, 上図) および鉢植え無し条件 (Without-Plant, 下図)

図 4.5 は、対策実施交差点および非対策交差点についての各映像内容を示したものである。対策実施交差点を走行した場合の映像については、「7 秒前」は 1 回、「6 秒前」は 2 回、「4 秒前」は 3 回、道路脇の鉢植えの後ろを交差車両が交錯するよう設定した。

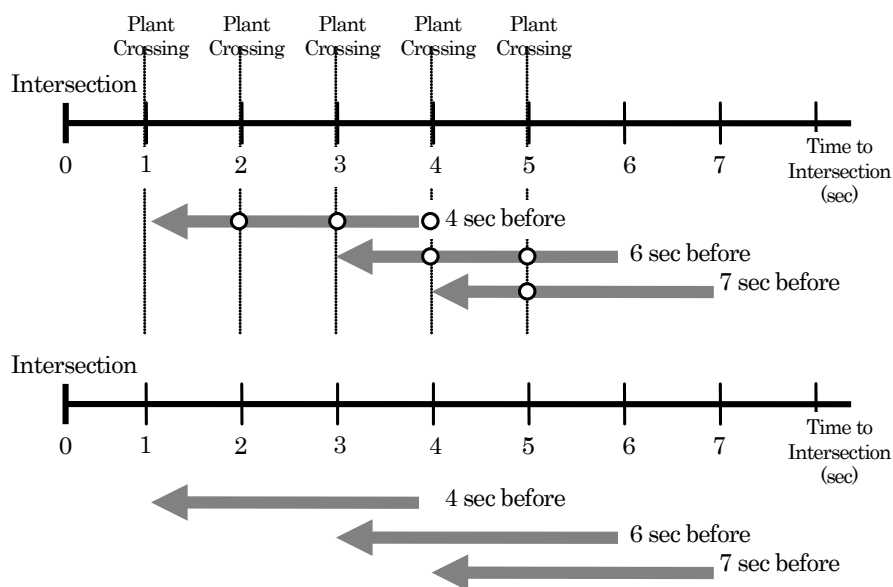


図 4.5 実験に用いたビデオ映像の内容
(With-Plant, 上図 ; Without-Plant, 下図)

4.2.2 結果と考察

表 4.1 に 17 名の全サンプルデータを示す。また、図 4.6 に交差道路上のターゲット車両が検知できなかった割合（検知エラー率）について、鉢植えによる対策の有無毎の平均値を示す。この図から、非対策交差点と比較して対策実施交差点では、衝突するタイミングで走行する交差車両の検知エラー率が明らかに低いことがわかる。鉢植えと交錯する回数がそれぞれ 2 回と 3 回である「6 秒前」と「4 秒前」については、非対策交差点と比較して有意な検知エラー低下が認められた。特に、交差点到達 4 秒前の映像では、通常非対策交差点では検知エラー率が 50%程度であるのに対して、鉢植えでの対策によって検知エラーが 10%以下にまで改善されることが示された。このことから、鉢植えと交差車両との交錯によって生じる「ちらつき感」が、交差道路上を衝突するタイミングで接近する相手車両の発見しやすさを向上させ、検知エラーや発見遅れの防止に寄与していることが示された。なお、実験後の内省報告からも、対策実施交差点の映像では「何かが動いたようで周辺視でも交差車両を検知しやすい」というコメントが得られ、主観的な気づきやすさについても向上することが確認された。

表 4.1 ターゲット車両の検知反応内訳

With-Plant Intersection

	Presence	Absence	Unknown	TOTAL
7 sec. before	15	87	0	102
6 sec. before	26	75	1	102
4 sec. before	93	9	0	102

Without-Plant Intersection

	Presence	Absence	Unknown	TOTAL
7 sec. before	4	97	1	102
6 sec. before	6	96	0	102
4 sec. before	54	48	0	102

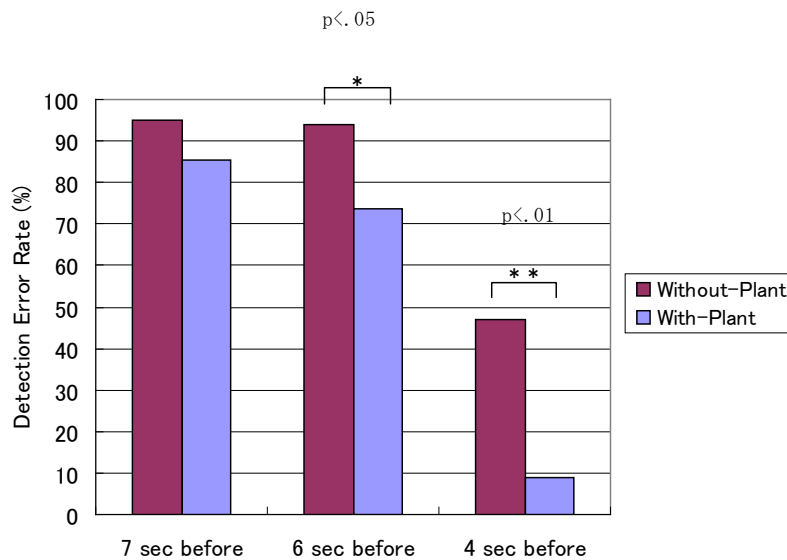


図 4.6 ターゲット車両の検知エラー率

本研究では、鉢植えによる事故防止対策がなされた交差点について、衝突するタイミングで走行する交差車両に対する気づきやすさの向上効果を検討した。対策実施交差点および非対策交差点での走行場面を実験室内で視覚的に再現し、衝突タイミング車両に対する検知パフォーマンスを比較した。その結果、対策が施された交差点に明らかな検知パフォーマンスの向上効果が認められた。特に、対策交差点では交差点到達直前（4秒前）の地点での衝突交差車両の検知エラー率が10%以下であり、非対策交差点と比較して見落とし率が1/5程度まで改善した。福山ら6)によって報告された事故防止対策後の大幅な出会い頭事故件数の減少は、交差点視覚環境が人間の視覚特性に適合するよう改善された効果が寄与していることが示された。

本研究で検討した事故防止対策は、鉢植えの脇を通過・交錯する交差車両の下部を視覚的に遮る形で設置されていた（図 4.2）。その際、鉢植えが白色であったため、交差車両のタイヤ（黒色）を遮る際に高コントラスト比の視覚的変化を瞬間的に発生させ、これが「ちらつき感」による気付きやすさ（目立ちやすさ）の明らかな向上につながっている可能性がある。今後は、見落とし防止効果をより高める要件として、設置する構造物の属性（色、大きさ、形状等）や設置方法について、より詳細な検討が行われることが望ましい。

4.3 見通しの良い交差点での出会い頭事故防止対策のまとめ

田園地帯の交差点を走行する際の交通視環境は、前方風景の消失点を中心にして水平方向で 200 度前後の視野範囲として広がっている。これに対して、人間の視覚系の特徴として空間分解能が高い視野の範囲は中心視野の近傍数度に限られている。見かけの大きさが小さい遠方の対象物を正確に認識するためには、眼球運動や頭部運動を伴った視線移動を行う必要がある。例えば、Sanders (1970) は視野の中心から 90 度を超える範囲内の特定部位に光点や単純図形を提示して弁別課題を行わせ、その際の課題成績と眼球及び頭部運動から視野を 3 つに分類している。これによると、視野の中心から 20-30 度までの範囲は眼球運動を行わずに視標を弁別できる Stationary Field。この外側で 80-90 度までの範囲は課題遂行に眼球運動が伴う Eye Field で、80-90 度より外側は頭部運動を伴う Head Field と呼んでいる。このような視野分類が必ずしも運転場面にも当てはまるとは限らないが、いずれにしても視野内の障害物（衝突可能性が高い相手車両）へ速やかに視線を移動することが安全上不可欠である。

ただし、ドライバは常に眼球や頭部運動を伴う視線移動によって交通環境の広い範囲の安全確認を行っているわけではない。Crundall & Underwood (1998) は、田園地帯、郊外および自動車道を走行時の視認行動をアイカメラによって検討した結果、田園地帯を走行した場合には左右への視線移動量（移動角度）が大きく減少することを報告している。特に熟練運転者ほどその傾向が顕著で、運転している状況に応じた視覚的探索を行った結果であるとしている。

運転時の視覚的探索は、走行場面についての構図や構えに基づく知識駆動型（トップダウン型）の情報選択処理と、対象物の物理的な属性によって喚起される刺激駆動型（ボトムアップ型）の情報選択処理を併用して行われている（Rumar; 1990; Summala & Räsänen, 2000; Theeuwes, 1991; Theeuwes, 1993; Wierda & Maring, 1993）。先の Crundall & Underwood (1998) の結果は、田園地帯の郊外道路では注意すべき対象物や視覚情報が相対的に少ないことから、能動的な視線移動を伴うトップダウン型の視覚的探索行動の低下によると解釈できる。このような交通状況下での障害物の検知は、注意を引きやすい対象物の出現によって誘発されるボトムアップ的な視覚的探索に大きく依存しており、周辺視野が重要な役割を担っているといえる。

周辺視によるボトムアップ的な対象物検知は他の生物とも共通した生態学的な理由に基づく機能であり（鈴木, 1995）、人間が進化の過程で獲得した危険探知システムと見な

すことができる。ボトムアップ的な情報処理による視覚探索には対象物の目立ちが大きく関与するが、とりわけ対象物の動きの情報は重要な視覚的属性である。しかし、見通しが良い交差点での出会い頭交通場面において視野内で顕著な見かけの変化が生じるのは、相手車両が衝突しないタイミングで走行する場合に限られる。コリジョンコースで接近してくる相手車両に対しては、周辺視によるボトムアップ的な危険探知では対応できない状況が生じ、その結果として事故につながっている可能性があるといえる。このような事故メカニズムに対して、道路付帯設備によって相手車両に視覚的变化 (Visual cue) を付加する事故防止対策のアプローチは有効である可能性が示された。

5. 車両対歩行者事故（対歩行者事故）要因分析におけるドライブレコーダの活用性

国内の死亡事故でもっとも多い事故類型は人対車両事故であり、死亡事故全体の約 3 割を占めている（シグナル，2006）．交通事故における歩行者の致死率は交通事故全体と比べて 4 倍以上（イタルダイインフォメーション，2004）であり，人対車両事故を防ぐことが更なる死者数低減にとって重要である．

事故原因の約 9 割には運転者の人的要因・ヒューマンエラーが関わっていることが知られているが（Treat ら，1979），人対車両事故では特に運転者の「認知ミス（発見遅れ・見落とし）」が人的要因全体の約 8 割を占めている（シグナル，2006）．また，交通事故統計データによると，運転者の「安全不確認」が歩行者発見遅れの顕著な原因である（田久保，2005）とされている．しかし，客観的なデータに基づく発見遅れの背景要因や典型的なシナリオの把握は十分ではなく，対歩行者事故対策における大きな課題のひとつといえる．

近年，道路交通の安全性向上に寄与するとして注目されている映像記録型ドライブレコーダでは，事故あるいはニアミス直前における交通状況や車両挙動，および運転行動などの客観データが記録される．収録された事故やニアミス時のデータを分析することで事故発生メカニズムを把握できると考えられ，予防安全研究を進めていく上での重要な研究ツールとして認知されつつある．

そこで本章では，ニアミス発生時における交通環境要因および人的要因の詳細分析に対応できるよう予防安全研究用ドライブレコーダを開発すると共に，車両対歩行者ニアミス事例の映像データを用いて，交通事故統計における「認知ミス（発見遅れ・見落とし）」に相当する状況の発生過程を分析した結果を述べる．

5.1 予防安全研究用ドライブレコーダの開発

現在普及が進んでいる前方風景のみの映像記録型ドライブレコーダは，必ずしも事故発生メカニズムの検討に適しているわけではない．これらドライブレコーダの多くは，運転教育や事故発生時の係争対応を主な目的としており，危険発生前後における車外の交通状況記録に特化した仕様となっているためである．予防安全研究に用いるためには，車外の交通状況とそこでの運転状態（特に視認行動など）のデータを適切に記録できる仕様を備え，事故に繋がる人的要因を分析できるドライブレコーダが必要となる．

以下では，交通事故の発生状況およびヒューマンエラーの特徴をふまえ，事故メカニズムの分析に必要なデータ記録項目・仕様を備えるよう開発した予防安全研究用ドライブレコーダについて述べる．

5.1.1 システム全般

本システムは CCD カメラ，GPS，車両センサ，レコーダ部，電源管理部などで構成される．本体に 5ch のカメラ映像入力を備え，5 画面合成装置を介して 1 画面の映像データとして記録される（図 5.1）．また，入力映像は GPS 位置情報や加速度，アクセルペダル開度などの車両センサ情報を同期して HDD（容量 120GB もしくは 40GB）に記録する．

同期記録の単位は、映像フレームのリフレッシュレート (30f1/s) となる。加速度などの車両センサ値の閾値やその他のユーザ設定値をトリガとして、前後それぞれ最大 30 秒間の記録が可能である。

映像データについては記録画質 (解像度感) 向上のためにガラスレンズを装着した CCD カメラ 5 台 (ワテック製, WAT-230VIVID) を用いて記録した。なお、車外風景用カメラ (3 台) は室内鏡裏側、運転者顔面用カメラは室内鏡上部、ペダル足下用カメラは運転席側ダッシュボード下部の各位置に設置した。

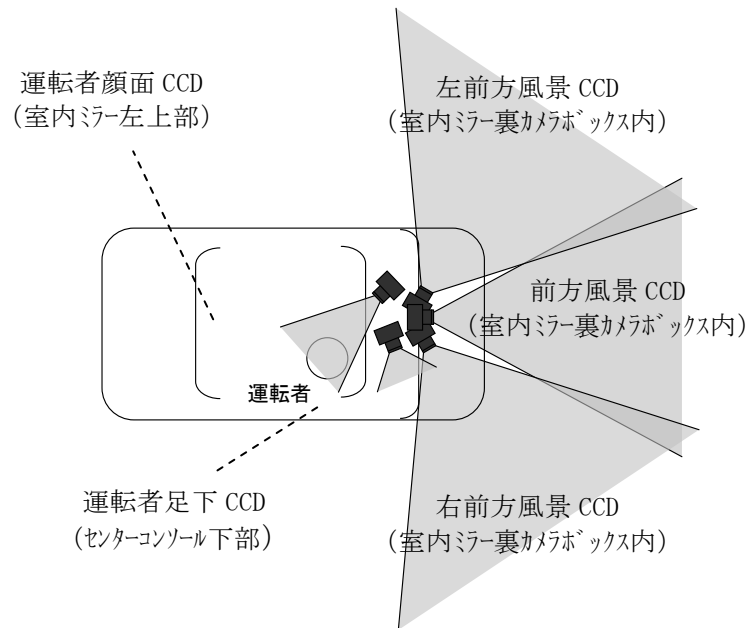


図 5.1 予防安全研究用ドライブレコーダの CCD カメラ配置と 5 分割映像記録状況

5.1.2 レコーダおよびセンサ部

画像、音声、データを同期記録するための基本部の仕様は以下の通り。なお、表 5.1 に数値データ記録項目の一覧を示す。

1) 入力仕様

- ①画像 : NTSC ビデオ
- ②音声 : LINE 音声
- ③数値データ : RS232C

2) 記録品質

- ①画像 : DV 圧縮 (720×480, 30f/s)
- ②音声 : PCM 44KHz, 16bit stereo
- ③数値データ : 100byte/フレーム (CSV 形式)

3) 記録機能

- ①プリトリガ記録時間 : 30 秒 (デフォルト設定)
- ②ポストトリガ記録時間 : 10 秒 (デフォルト設定)

4) データ記録媒体

USB 接続の耐震型ポータブル HDD (120GB, もしくは 40GB) に記録。

表 5.1 予防安全研究用ドライブレコーダにおける数値データ記録項目

センサ	センシング名	単位	サンプル クロック	補足
GPS*	位置	緯度経度	4Hz	N13434.256, E04523.236
	速度	0.1km/h	4Hz	65.2
	日時	年月日	4Hz	20060129
	時刻	時分秒	4Hz	124535 (12 時 45 分 35 秒)
	進行方位	真北度	4Hz	035 (真北から時計回り 35 度)
	角速度	度/秒	4Hz	025 (秒あたり変移角が 25 度)
G センサ	2 軸加速度	0.01G	10Hz	0.45 (MAX 2.0G)
OBD**	アクセル量	0%	10Hz	12 (全開を 100 とした%)
専用	ハンドル角	度	10Hz	398 (角度) (計測可能車両のみ)
スイッチ	ブレーキ	ON/OFF	10Hz	S/0 (ランプ点灯)
	ウインカ R	ON/OFF	10Hz	R/0 (ランプ点灯)
	ウインカ L	ON/OFF	10Hz	L/0 (ランプ点灯)
上記のセンシング情報を、10Hz の周期で、レコーダのデータポートへ伝送。 画像フレームは 30Hz の周期で記録。				

*GPG, Global Positioning System; **OBD, Onboard Diagnosis

5) トリガ方法

加減速度トリガを主に用い、わだち走行時などのトリガ記録 (ゴミデータ) の混入を

抑えるために、ブレーキ操作の有無によって加減速度トリガ閾値を変える仕様（AND トリガ設定）とし、下記のような閾値を設定した。

- ① 減速度：0.35G 以上 AND ブレーキ ON
- ② 減速度：1.00G 以上 AND ブレーキ OFF
- ③ 加速度：0.50G 以上 AND ブレーキ ON
- ④ 加速度：0.80G 以上 AND ブレーキ OFF
- ⑤ 左右加速度： 0.50G 以上（AND 条件なし）

5.2 ドライブレコーダによるフィールド走行調査

一般企業の社用車（営業用車両）に予防安全研究用ドライブレコーダを搭載し、通常営業活動での走行時のフィールドデータを収集した。以下に、走行調査方法と結果について述べる。

5.2.1 フィールド走行調査方法

一般企業の営業用車両に予防安全研究用ドライブレコーダを搭載し、通常営業活動での走行時のフィールド走行データ収集を行った。フィールド走行は2006年9月から3台のドライブレコーダ搭載車両によるフィールド走行調査を開始した。その後、2007年1月より20台の搭載車両によるデータ収集を開始し、さらに2007年7月より搭載台数を60台まで増やした。2008年12月までフィールド走行調査を実施し、最長の車両では約2年間のデータ収集を行った。

走行車両の内訳については、ステーションワゴンタイプ35台、セダンタイプ25台であった。フィールド走行車両における主な運転者の年齢は20歳代から50歳代であり、主な運転者の性別については男性58名、女性2名となっていた（但し、これらの運転者属性は個人情報保護の理由から開示されなかったため、研究担当者が映像記録データから推定した）。60台が主に走行する場所については、表5.2に示す16地域であった。

表 5.2 フィールド走行調査の実施地域

宮城県	4台
茨城県（南部）	3台
茨城県（北部）	3台
千葉県（南部）	3台
千葉県（北部）	1台
埼玉県（南部）	1台
埼玉県（北部）	2台
東京都（東部）	2台
東京都（西部）	9台
神奈川県（中部）	4台
神奈川県（東部）	14台
長野県	2台
静岡県	2台
愛知県	4台
大阪府	5台
兵庫県	1台
計16地域	60台

5.2.2 フィールド走行調査結果

予防安全研究用ドライブレコーダでのフィールド走行調査におけるデータの取得期間および走行時間は以下の通りであった。

- ・データ取得期間：2006年9月～2008年12月
- ・走行時間：32,484時間（※イグニッションがON状態であった時間）

収集したドライブレコーダ記録データは、専任の分析者が以下の定義に沿ってニアミス等の分析可能なデータとそれ以外のデータとに選別した。

ニアミスデータ：通常運転時と異なる交通状況であり、発生した危険場面（イベント）に対してドライバが何らかの対処をした結果、トリガがかかって得られたデータ。

さらに、上記基準によってニアミスに選定されたデータについては、ドライバが対応行動をとらなかった場合に予想される状況から、交通事故統計の事故類型（追突、出会い頭、右折、対歩行者など）に準じて分類した。なお、全トリガ記録データは157,802件で、そのうちニアミスデータは1,124件であった。図5.2に、得られたニアミスデータを交通事故統計データの事故類型に準じて分類した結果を示す。

主要な事故類型（「追突」、「出会い頭」、「右折時」、「対歩行者」）について、全て100事例を上回るニアミスデータが得られた。また、これらの類型別ニアミスデータ件数の構成割合は、交通事故統計データ（図1.2）と概ね同じ傾向であった。

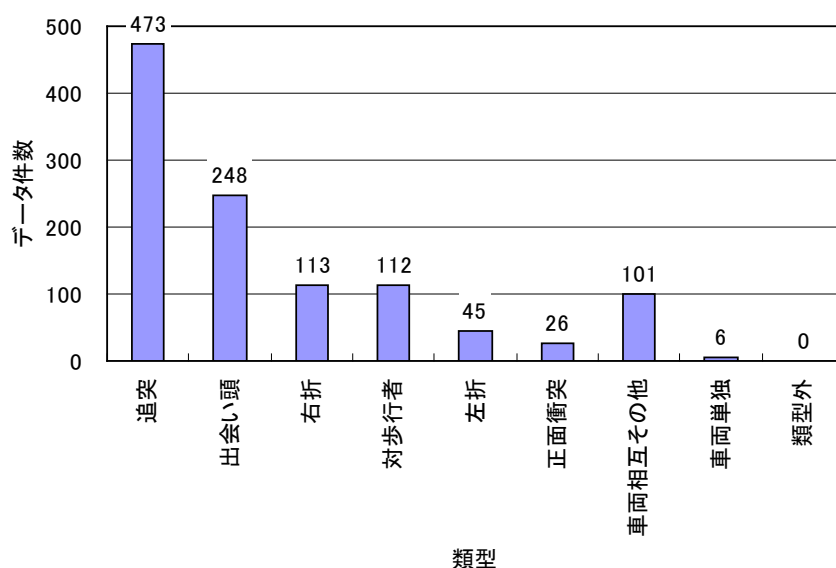


図 5.2 事故類型別ニアミスデータ取得件数

5.3 対歩行者ニアミスデータを用いた事故危険因子の分析

第1章において述べたように、交通事故統計では運転者の「安全不確認」が対歩行者事故における顕著な人的要因であることが示されている。しかし、「安全不確認」による歩行者発見遅れに影響した背景要因や典型的なシナリオについては十分に把握されていない。そこで、収集されたニアミス事例の映像データをもとに、走行場面毎の歩行者発見遅れの特徴についての予備的な分析を行った。

一般に、運転者の視認行動は走行する交通状況によって大きく変化することが知られており、歩行者認知の遅れには交通環境要因が深く関与していると考えられる。そこで、表 5.3 に示すように「安全確認行動をおこなったか（人的要因）」と「歩行者への見通しは確保されていたか（交通環境要因）」の 2 つを背景要因として想定した。これらの組み合わせによる 3 つの歩行者発見遅れパターン（A, B, C）を想定して、対歩行者ニアミス 40 事例について該当するパターンを調べた。

3 パターンの定義については以下の通りとした。

- A. 安全確認なし：主に進行方向に視線を向け、進行方向以外への安全確認（視線配分）を行わなかった。
- B. 視界障害：安全確認を行ったが、遮蔽物で歩行者を視認できない状況だった。
- C. 注意配分障害：安全確認を行い、歩行者も視界内にあったが、走行に注意を要する事象や対象物（先行車両など）が存在して、歩行者に注意が向けられない状況だった。

なお、走行場面として「交差点右左折」、「交差点直進」、「交差点付近直進」、「単路直進」の 4 つを設定し、40 事例について該当する場面を分類した。これにより走行場面毎に、特徴的な歩行者発見遅れパターンの抽出を試みた。

表 5.3 安全不確認による歩行者発見遅れパターン

		Driver's visual behavior (Human factors)	
		Failure in safety confirmation	Success in safety confirmation
Sight line conditions (Environmental factors)	With visual obstacle	A. Lack of safety confirmation	B. Visual obstacle (Static/Dynamic)
	Without visual obstacle		C. Diverted attention

5.3.1 対歩行者ニアミスデータの分析方法

対歩行者ニアミス 40 事例の映像記録データを用いたビデオ解析により、走行場面の分類と発見遅れパターンの判定をおこなった。具体的には、まず走行場面（「交差点右左折」、「交差点直進」、「交差点付近直進」、「単路直進」）を分類した。続いて、個々のニアミス事例について表 5.3 に示す歩行者発見遅れ 3 パターン（A, B, C）のうち該当するものをカウントし、走行場面別に各歩行者発見遅れパターンが該当する割合を集計した。なお、発見遅れパターン判定時に以下の基準を用いて集計作業をおこなった。また、交通状況の変化に従って該当するパターンが複数存在する事例については該当するもの全てをカウントした。

- A. 安全確認なし：顔面映像（視線方向）から他交通参加者に対する安全確認状態を分析し、視認行動が認められなかった場合を「安全確認なし」としてカウント。

- B. 視界阻害： 車外映像（前方面、左右前方）に歩行者の視認を妨げる遮蔽物が存在する場合を、「視界阻害」としてカウント。なお、視界阻害の対象物は、先行車両等の「走行車/移動物」と、駐停車車両などの「停止車/静止物」とを別個にカウント。
- C. 注意配分阻害： 安全確保のために注意を払う必要がある対象物として前方車外映像（前方、左右側方）に先行車など（図 1 参照）の車両が存在していた場合を、「注意配分阻害」としてカウント。

5.3.2 対歩行者ニアミスデータの分析結果

ニアミス 40 事例の走行場面を分析した結果、「交差点右左折」は 11 事例、「交差点直進」は 12 事例、「交差点付近直進」は 7 事例、「単路直進」は 10 事例に分類された。図 5.3 に道路走行場面別のニアミス事例数と、歩行者発見遅れパターン（A, B, C）が該当する割合を集計した結果について示す。図 5.3 より、交差点右左折場面と他の走行場面とで歩行者発見遅れの発生パターンが異なり、先行車などが進行方向に存在していた「C. 注意配分阻害」が該当する割合が顕著に大きかった（11 事例中 6 事例が該当）ことがわかる。一方、交差点直進場面では「C. 注意配分阻害」の割合は低く、安全確認を行わない「A. 安全確認なし」と信号待ちや渋滞などの停止車列による「B. 視界阻害」が関与する割合が顕著に高かった。特に、「A. 安全確認なし」については、交差点右左折時では該当事例はなかったのと対照的に、交差点直進時では半数の事例が該当していた。これは、右左折時と直進時とで交差点での歩行者発見遅れの発生メカニズム異なることを示唆している。さらに、物陰からの歩行者飛びだしに代表される「B. 視界阻害（停止車/静止物）」は、単路や交差点付近直進場面において特に顕著な発見遅れパターンであることが示された。交差点右左折場面においても歩行者の視界阻害は発生していたが、その際には先行車両などの移動対象物（「B. 視界阻害（走行車/移動物）」）が関わっており、単路や交差点付近直進場面での視界阻害とは異なっている可能性が示された。

図 5.4 に、道路走行場面別（交差点右左折、交差点直進、交差点付近直進、単路直進）に、歩行者が視界内に出現してから運転者がブレーキペダル踏み込みを開始するまでの時間（反応時間）の平均値を示す。なお、歩行者がドライブレコーダのカメラ映像（正面および左右前方カメラ）に現れたタイミングを視界内への出現とした。図から、交差点右左折時には他の道路走行場面と比較して、運転者の視界内に歩行者が顕著に長く留まり続けた後にニアミスに遭遇している傾向があることがわかった。一方、他の道路走行場面のニアミス事例（交差点直進時、交差点付近および単路直進時）では、見通し障害物の陰から歩行者が急に飛び出してニアミスに遭遇するというパターンが多い可能性が示された。

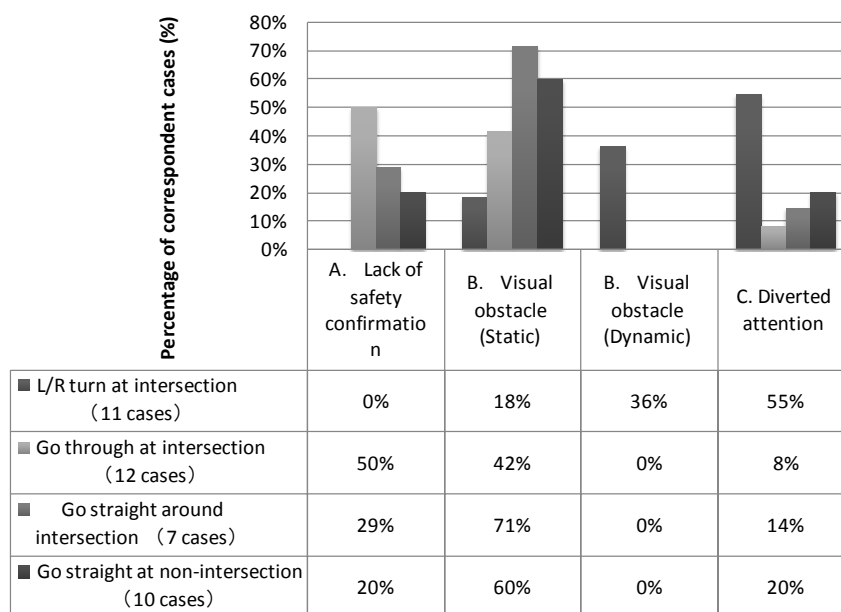


図 5.3 走行場面毎の歩行者発見遅れパターンの違い

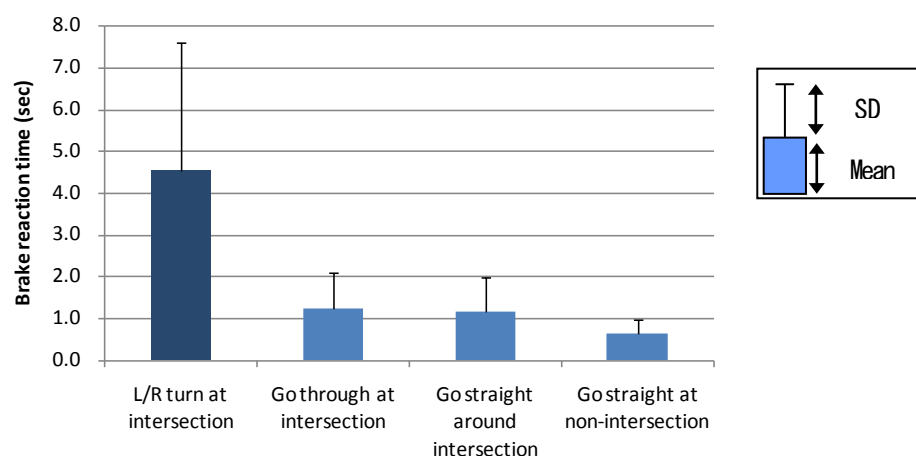


図 5.4 走行場面毎のブレーキ反応時間(歩行者出現からブレーキ開始まで)

図 5.5 は、分析結果から得られた「安全不確認」による歩行者発見遅れが生じる典型的なシナリオを樹形図で整理したものである。直進時には「安全確認なし」(交差点)や「(停止車両などによる) 視界障害」(交差点付近, 単路)といった、発見遅れの原因が比較的明白なものが多かった。一方、交差点右左折時には、安全確認をおこない、かつ運転者の視界に予め歩行者が存在していたにも関わらず、発見遅れ(対歩行者ニアミス)が生じていた。これは、交差点右左折場面で遭遇した先行車などへの注意配分(偏り)が、歩行者の発見遅れに影響していると考えられる。以上より、歩行者発見遅れの背景要因は道路走行場面によって異なることが示唆された。すなわち、本研究で用いた予防安全研究用のドライブレコーダを活用することにより、対歩行者事故に関わる事故発生メカニズムの解明が期待できることがわかった

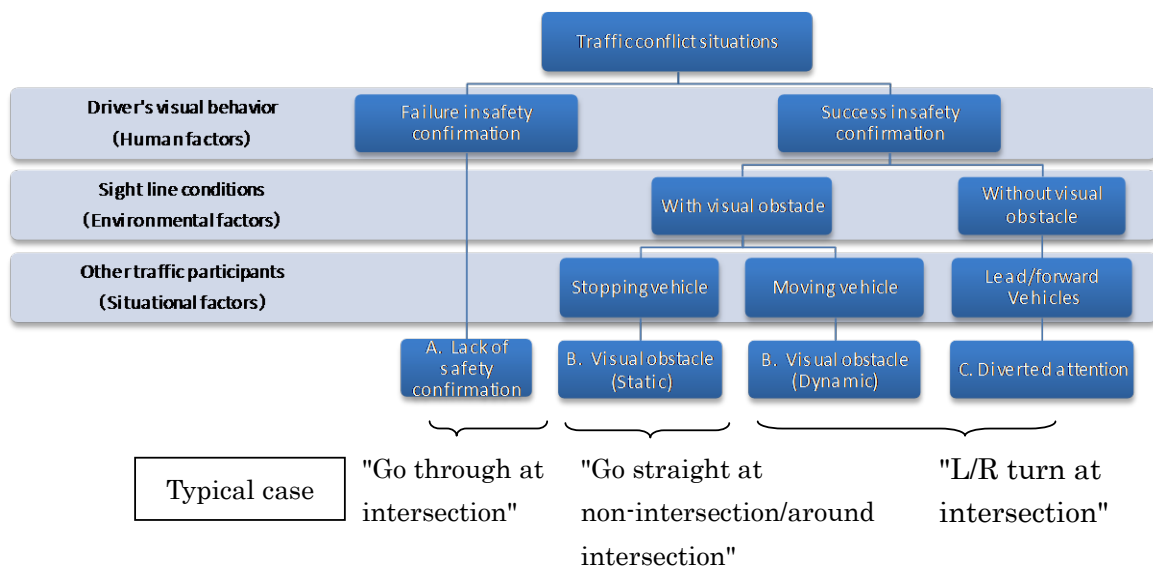


図 5.5 安全不確認による歩行者発見遅れの典型的な発生シナリオ

5.4 まとめ

本章では，交通事故統計データによる事故の発生状況に基づき，予防安全研究を進める上で必要な仕様を備えた映像記録型ドライブレコーダについて述べた。

さらに，フィールド走行調査によって得られた対歩行者ニアミス 40 事例を対象としてニアミス発生要因の予備的な分析を行い，映像記録データを用いて典型的な歩行者発見遅れパターンを調べた。その結果，走行場面によって歩行者発見遅れの発生パターンが異なる可能性があることが示された。このことから，予防安全研究用ドライブレコーダによって得られたニアミスデータに基づく対歩行者事故要因分析の有効性が示された。

なお，歩行者発見遅れの特徴的な発生パターンとして，交差点右左折時には，運転者は安全確認を行っているものの，先行車両などの他交通参加者の影響によって，歩行者への注意が相対的に低下した可能性があることが明らかになった。

6. ニアミスデータによる対歩行者衝突リスク要因の連鎖関係分析

前章では、フィールド走行調査によって得られたドライブレコーダのニアミスデータを用い、主要な事故発生場面毎に特徴的な（事故への関与が大きい）背景要因が抽出できれば、効果的な対策を具体化する際の指針となることが示された。

そこで、本章ではフィールド走行調査で得られた対歩行者ニアミスデータを対象に、事故要因分析手法である DREAM (Driver Reliability and Error Analysis Method) を用いた分析によって、走行場面毎の特徴的な背景要因と事故シナリオの抽出を行った。

6.1 DREAM について

DREAM (Ljung, 2010) は事故の原因把握を目的として、スウェーデンの研究プロジェクトにおいて開発された要因分析手法である。この手法は、交通事故マイクロ事例分析で用いられるバリエーションツリー分析(石田, 1999)と同様、事故に関与した要因を事故発生から遡っていくものである。しかし、バリエーションツリー分析のようにイベントや要因を時系列的に整理する手法と異なり、DREAM では人間の認知情報処理の並列性を考慮して、事象や要因間の関係をリンク（連鎖）として整理する点に特徴がある。更に、事例個々の分析結果（DREAM チャート, 後述）を統合（Aggregate）することで、どのような背景要因が連鎖して衝突リスクが高まるのかといった事故発生シナリオの把握が可能となる。

6.1.1 分析手法の概要

図 6.1 に示されるように、DREAM 分析では、事故/ニアミスに至るまでの要素が、重大事象 (Critical Events, 表 6.1) と寄与因子 (Contributing factors, 表 6.2) の 2 つの要素に大別される。重大事象は“Phenotype”と呼ばれ、交通状況への対応を誤った結果として生じる観察可能な現象であり、タイミングのずれや速度/距離の程度など、物理的側面から当該事故/ニアミスの特徴づけるものである。また寄与因子は“Genotype”と呼ばれ、データから重大事象の発生に関与したと同定されるもので、運転者要因や車両及び交通環境要因などがある。いずれも、マニュアルによって既定された選択項目（表 1 および 2 のカテゴリ毎に更に細分化されたサブカテゴリ）から該当するものを選択していくことで事故要因連鎖の分析を行う。

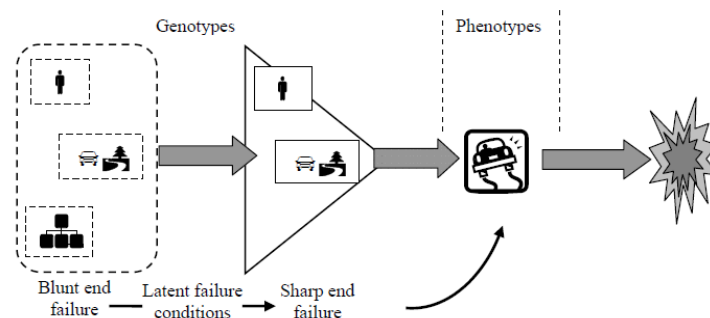


図 6.1 DREAM における事故発生要因の概念図（出典：Wallén Warner et al., 2008）

表 6.1 DREAM マニュアル (version 3.0) における Phenotypes カテゴリー
(出典:Wallen Warner et al., 2008)

Phenotypes	Specific phenotypes
Timing	Too early action; Too late action; No action
Speed	Too high speed; Too low speed
Distance	Too short distance
Direction	Wrong direction
Force	Surplus force; Insufficient force
Object	Adjacent object

表 6.2 DREAM マニュアル (version 3.0) における Genotypes カテゴリー
(出典:Wallen Warner et al., 2008)

Driver	Vehicle and environment	Organization
Observation	Temporary HMI problems	Organization
Interpretation	Permanent HMI problems	Maintenance
Planning	Vehicle equipment failure	Vehicle design
Temporary Personal Factors	Weather conditions	Road design
Permanent Personal Factors	Obstruction of view due to object State of road	

図 6.2 に、事故直前の重大事象および寄与因子として得られる結果 (DREAM チャート) イメージを模式図で示す。当該事故/ニアミスの特徴づける重大事象は 1 つ選定されるが、その発生に関わった寄与因子には、直接関与するものと間接的に影響及ぼすものがある。この例では、重大事象に直接寄与したのは「Z1」であるが、その背景には「Y1」と「Y2」の 2 要因がある。さらに「X1」と「X2」は「Y2」を通じた「Z1」への間接的寄与を表している。

本研究では、上述のような分析を個々の対象事例について行った後、個々の分析結果を統合 (Aggregate) して重大事象および寄与因子の出現頻度を検討した。これにより、危険状況 (ニアミス) の発生における典型的な要因連鎖パターン (Common causation patterns) を抽出した。具体的なデータ分析では、ビデオ映像を見ながらマニュアルで予め設定された項目 (表 6.1, 表 6.2) のカテゴリーから最も適切なもの選択していくことで重大事象と寄与因子の連鎖関係を記述した。

なお、今回の分析ではこれまで事故データ分析に用いられてきた DREAM マニュアル (6) を基に、ニアミス時のビデオ映像データ分析のための修正を加えた上で用いた。また分

析は、1 データにつき 2 名以上で平行して作業を行い、相違点が生じた場合はグループディスカッションにて意見集約した上で最終結果を導いた。

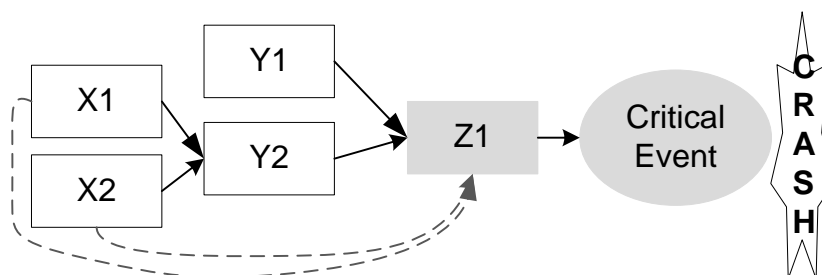


図 6.2 DREAM チャートの作図例

6.1.2 分析手順

分析マニュアル(Wallén Warner et al., 2008)を用いた具体的な分析手順としては、まず Phenotypes を選定した後に Genotypes を選定することで、因果関係の再構築を行う。Phenotypes は、通常の運転状態 (“normal” driving situation) が何らかの不測イベントによって中断され、緊急状況直前における観察可能な事象として定義されている。分析者は、(1)タイミング、(2)スピード、(3)距離、(4)方向、(5)力 (Force)、(6)対象 (Object) の 6 項目から、事故 (ニアミス) 発生の説明として最も適切なものを選定する。続いて、選定された Phenotypes 項目毎に、予め関係するものが絞り込まれた Genotypes 選択項目から背景要因として相応しいものを選定する。なお、Genotypes のサブカテゴリーは” Human (人的要因)”，車両や道路交通環境に関する” Technology”，およびその他の全般的な運転者、車両、道路状態 (デザイン等) に関する” Organisation” の 3 つからなり、Genotypes 選択項目は各カテゴリーに分類されている (2008 年版 DREAM マニュアル 3.0 においては全 51 項目)。

6.3 ニアミスデータ試行的分析と結果

走行中に歩行者に関するイベントが記録されたデータについて、何らかの対処が無ければ事故になった可能性のある事例を対歩行者ニアミスとして分類(全 95 事例)した。このうち、歩行者発見遅れが主な事故原因とされる 3 走行場面 (交差点右折, 13 事例 ; 交差点直進, 30 事例 ; 単路直進, 20 事例) での対歩行者ニアミス 63 事例を分析対象とした。

本節では、3 走行場面に該当するニアミスデータについて、各場面における分析結果を分析サンプル事例と共に示す。なお、図中の楕円/四角枠内の () 内の数字は、その要因が観察された該当事例数を表しており、分析対象データでの割合をイタリックで示す。また、矢印線上の数字は、該当要因間の連鎖が観察された該当事例数を表すものとする。

6.3.1 交差点右折場面

図 6.3 に示す要因連鎖チャート（交差点右折ニアミス 13 事例の統合結果）より、交差点右折時に歩行者との衝突リスクが高まる状況として、以下のような特徴があることがわかった。

- ・ニアミス事例の約 7 割は右折開始のタイミングが早かった（A1.1）ことが重大事象として該当し、それらは全て状況判断の誤り（C2）に起因（例：横断歩道付近の歩行者存在に関わらず右折を開始）。
- ・全ての事例で観察された状況判断の誤り（C2）を招いた 2 つの主要因は、歩行者認知ミス（B1）と運転者の注意配分（E2）であり、いずれも 9 割以上の事例で該当。
- ・運転者の注意配分（E2）が歩行者以外へ向けられた理由は他の交通参加者（E2.2）の確認が大半。
- ・また、上記の安全確認に伴う運転者の注意配分（E2.2 から E2 へのリンク）は、他車両等による一時的な視界阻害（K1）と共に、歩行者認知ミス（B1）を招く主要因。

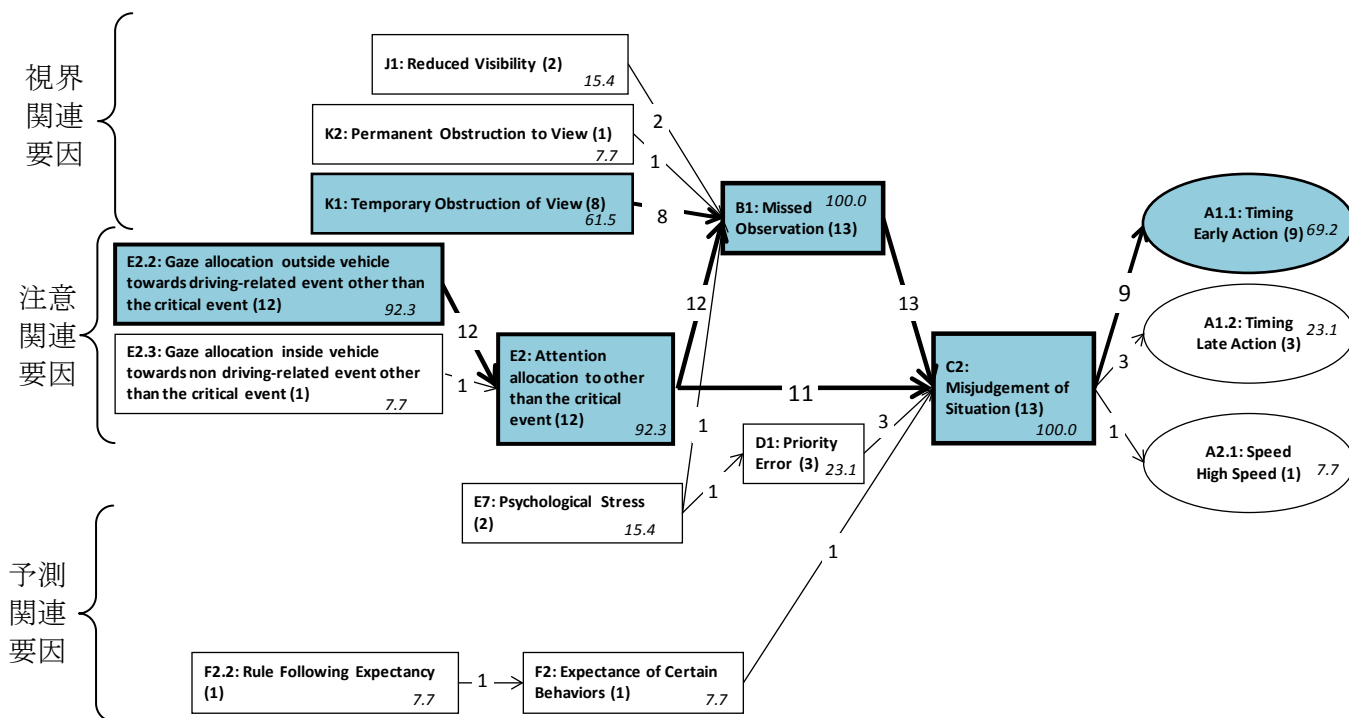


図 6.3 交差点右折時における対歩行者ニアミス（計 13 事例）の統合結果

図 6.4 に交差点右折時における対歩行者ニアミスサンプル事例の DREAM 分析チャートを示す。この事例では、正面方向から接近する歩行者に対して、対向車や T 字交差点から右折合流する他車両による一時的な視界阻害（K1）が生じている。これに加えて、運転者は T 字交差点を右折するために他車両の動静に注意（E2）する必要から、接近する歩行者の認知ミス（B1）が生じていたと分析された。更に、T 字交差点からの右折他車両が自車両前方を通過したことと併せて右折可能との判断（C2）されたことから、歩行者

の接近を予期しない（早い）右折開始判断が生じた（A1.1）と分析された。

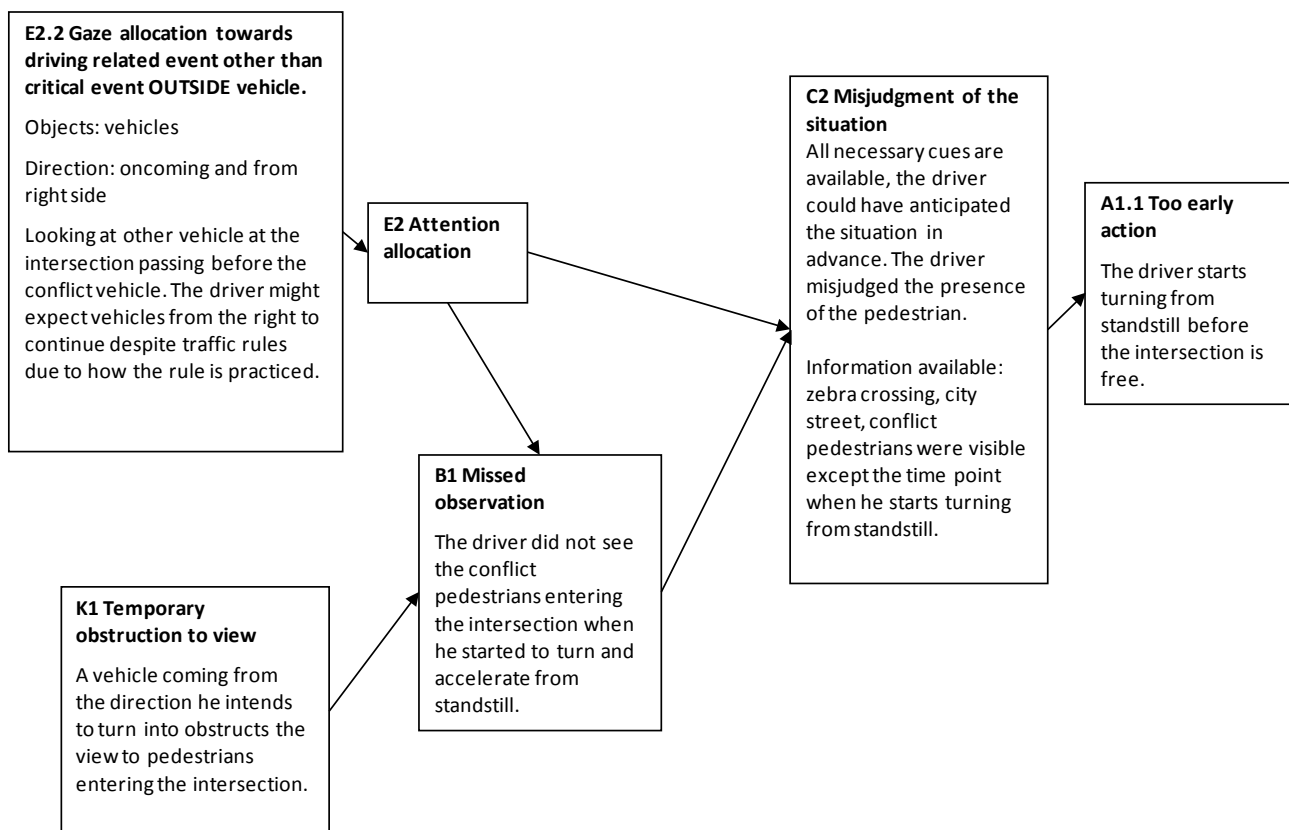


図 6.4 交差点右折時ニアミス事例の DREAM 分析結果

6.3.2 交差点直進場面

図 6.5 に示す要因連鎖チャート（交差点直進ニアミス 30 事例の統合結果）より、交差点直進時に歩行者との衝突リスクが高まる状況として、以下のような特徴があることがわかった。

- ・ 重大事象と一部の寄与因子を除き、交差点右折時と共通する特徴を確認。
- ・ 顕著な重大事象は歩行者に対する対応遅れ（A1.2）と速度（A2.1）であり、その大半は状況判断の誤り（C2）に起因（例：横断歩道付近の歩行者存在に関わらず進行状態を継続）。
- ・ 運転者の注意配分（E2）が歩行者以外へ向けられた理由は運転と無関係な車内外事象（E2.3・E2.4）等のいわゆる「脇見」が歩行者以外への注意配分（E2）の原因となった頻度が増大。すなわち、交差点右折時（図 6.4）では他の交通参加者（E2.2）の確認が大半であったのに対し、交差点直進時では E2.2 は 4 割強に止まる。
- ・ また、3 割弱の事例で視野内に歩行者が存在していたにも関わらず、予測困難な歩行者行動（F2）が状況判断の誤り（C2）に繋がった。

図 6.6 に交差点直進時における対歩行者ニアミスサンプル事例の DREAM 分析チャートを示す。この事例では、右方向からの横断歩行者に対して、対向車や右折待ち車両によ

る一時的な視界障害 (K1) が生じている。これに加えて、運転者は前方を横断していく他歩行者への注意配分 (E2) から、接近する歩行者の認知ミス (B1) が生じた。これらより、交差点直進進行を継続するとの判断 (C2) がなされたことから、最終的に横断歩行者への対応が遅れた (A1.2) と分析された。

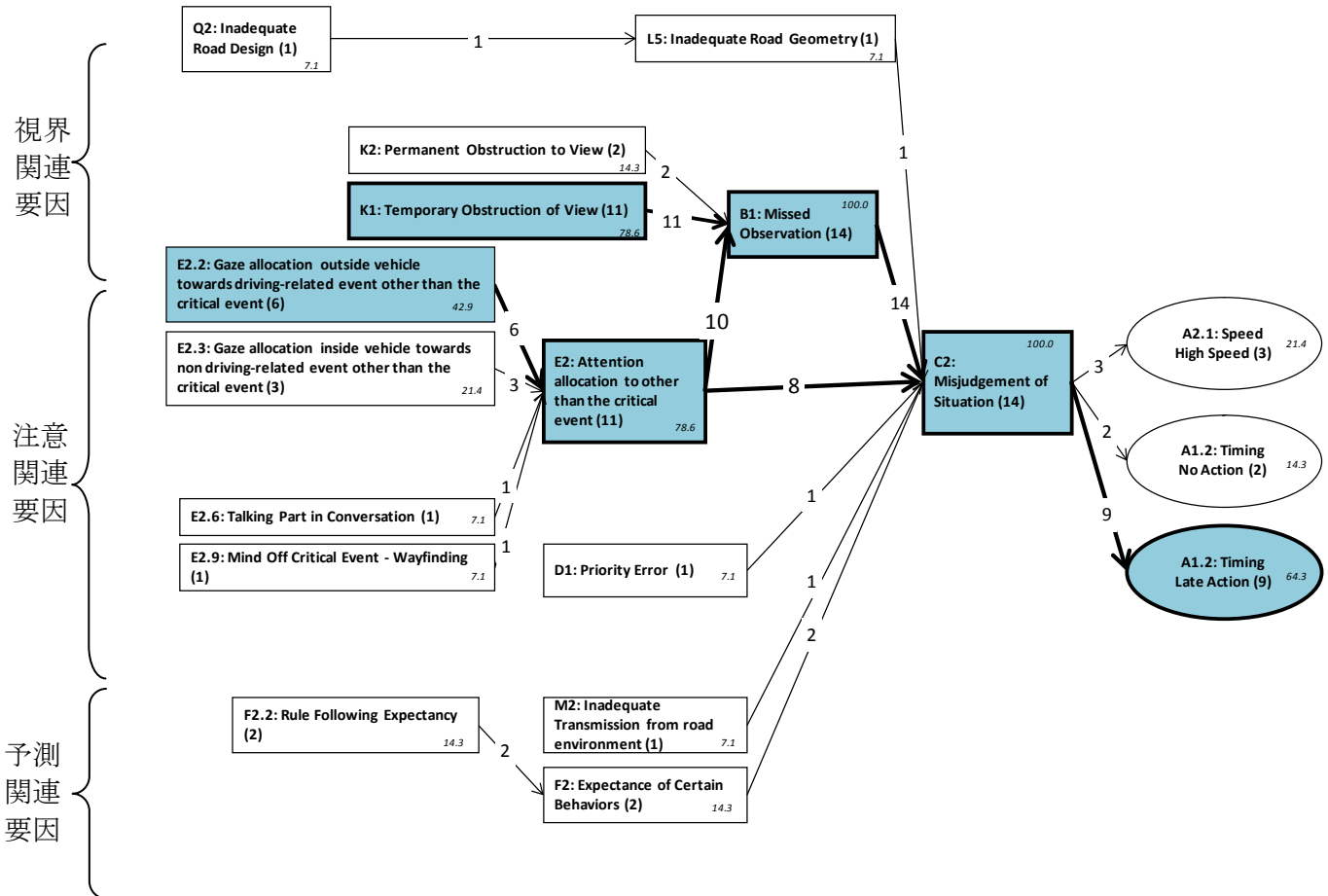


図 6.5 交差点直進時における対歩行者ニアミス(計 30 事例)の統合結果

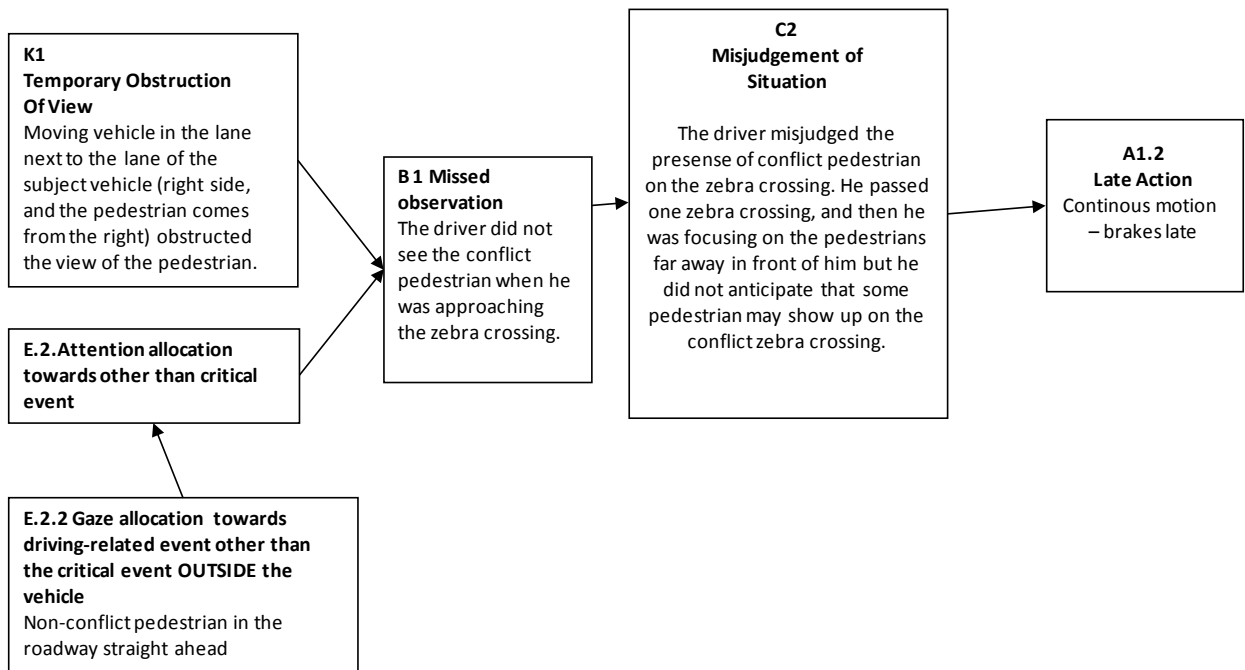


図 6.6 交差点直進時ニアミス事例の DREAM 分析結果

6.3.3 単路直進場面

図 6.7 に示す要因連鎖チャート（単路直進ニアミス 20 事例の統合結果）より、単路直進時に歩行者との衝突リスクが高まる状況として、以下のような特徴があることがわかった。

- ・ニアミス事例の 8 割以上は歩行者に対する対応遅れ（A1.2）が重大事象として該当し、それらは状況判断の誤り（C2）と不完全な状況判断（C3）（「通常の運転状態でも予測が困難な状況」）に起因。
- ・状況判断の誤り（C2）と不完全な状況判断（C3）は、いずれも 5 割の事例で観察され、交差点と比較して C3 の発生頻度が大きく増大。
- ・不完全な状況判断（C3）を招いた背景として、視界の問題は無かったものの、歩行者の突然の進行方向転換（F2.1）や飛びだし（F2.2）などの要因を抽出。

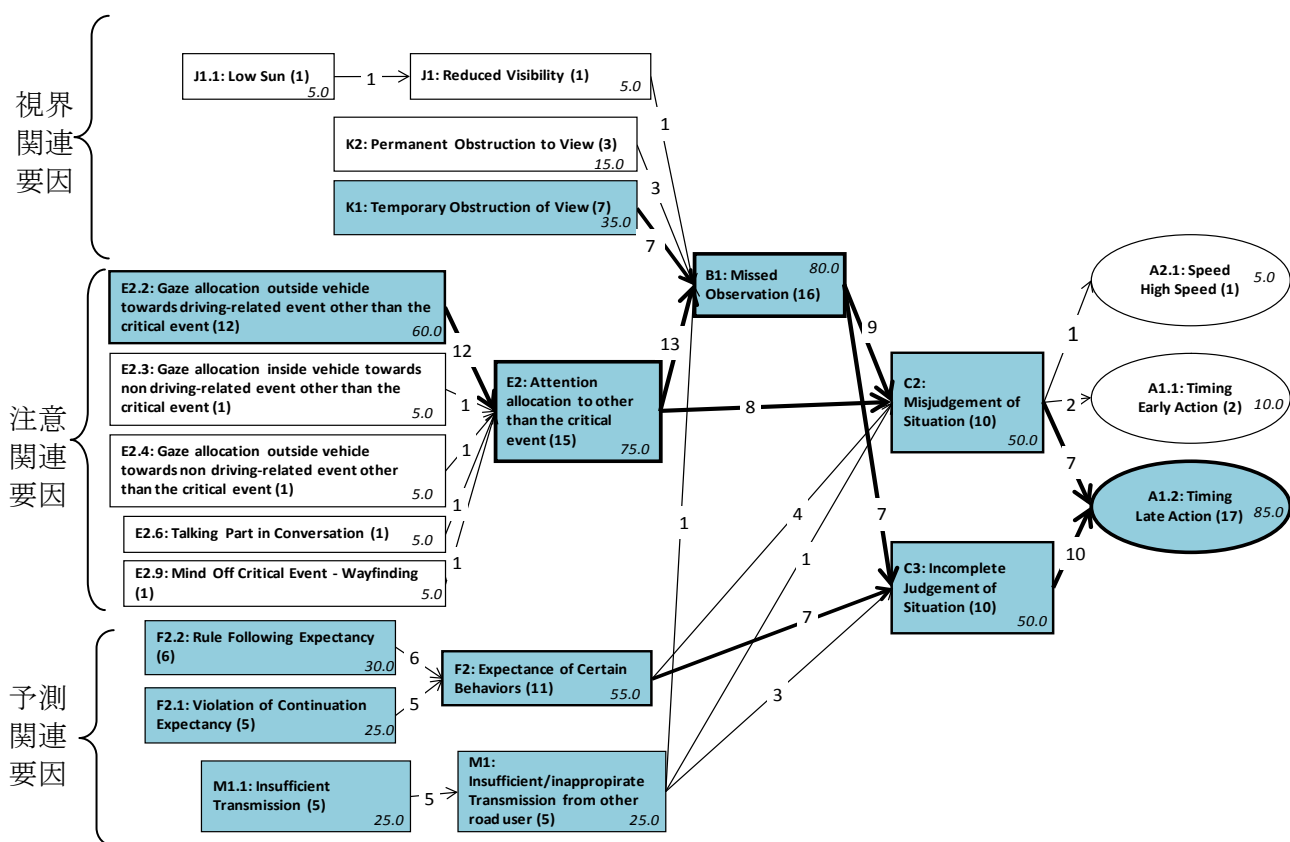


図 6.7 単路直進時における対歩行者ニアミス(計 20 事例)の統合結果

図 6.8 に単路直進時における対歩行者ニアミスサンプル事例の DREAM 分析チャートを示す。この事例では、運転者は左側駐車車両乗員の乗降や、道路右側を対面進行する他歩行者や自転車への注意配分 (E2) が必要な走行状況であり、一旦減速して走行していた。また、道路右側を背面移動する歩行者があったが、対面進行自転車が一時的な視界阻害 (K1) となる直前まで道路右側を歩行していた (F2)。その後、減速から加速に転じる判断 (C2) をした直後に当該歩行者が急に進行方向を変えて横断を開始したため、歩行者の接近を予期しない (早い) 加速開始 (A1.1) と分析された。

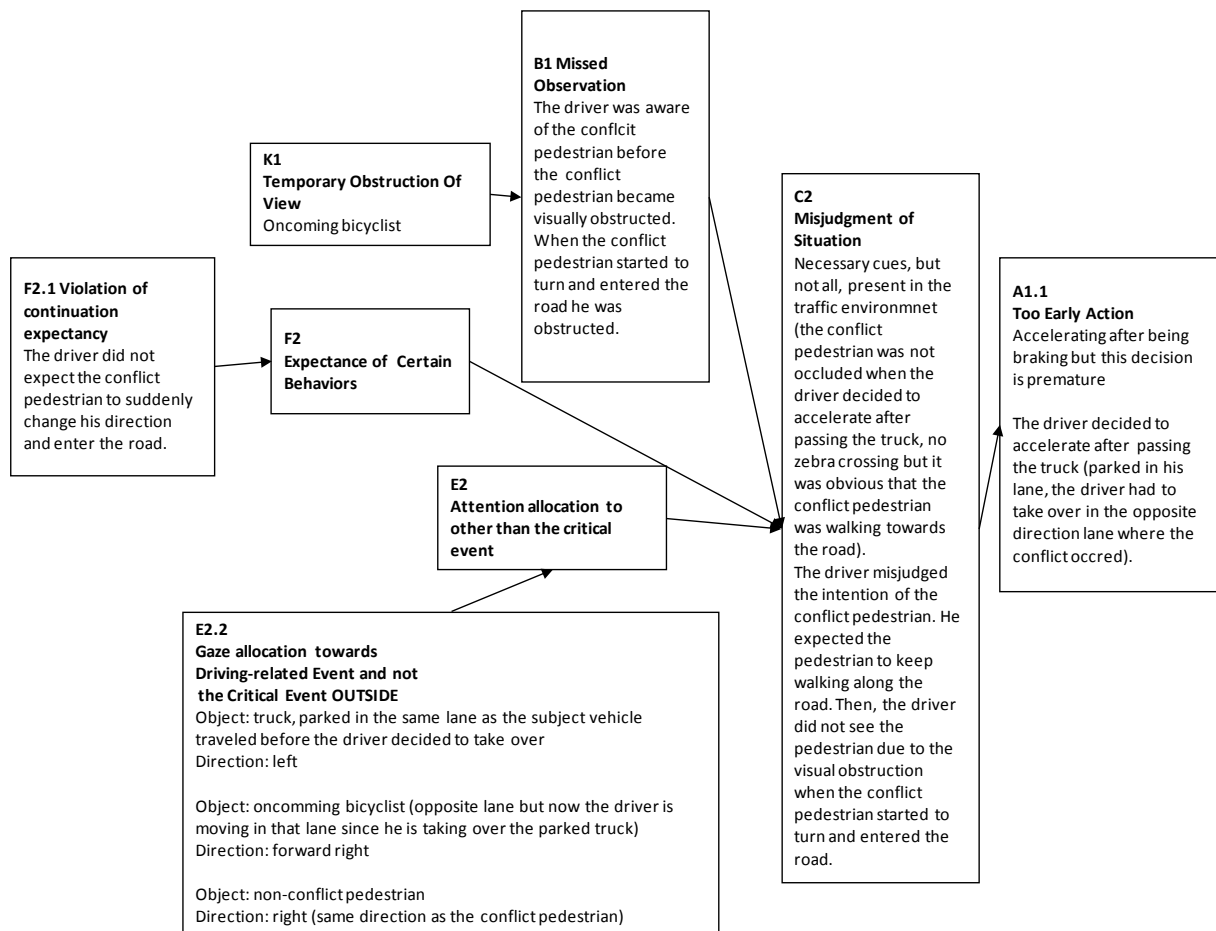


図 6.8 単路直進時ニアミス事例(1)の DREAM 分析結果

単路直進時における別の対歩行者ニアミスサンプル事例として、図 6.9 に歩行者との衝突リスクを予見することが困難であった事例 (びっくり状況) の DREAM 分析チャートを示す。この事例では、右方向からの横断歩行者に対して、太陽光の影響 (逆光) による歩行者の視認性低下 (J1) が生じていた。これに加えて、運転者は携帯電話などの操作 (E2.3) と推察された車室内への注意配分 (E2) から、接近する歩行者の認知ミス (B1) が生じた。これらに加えて、横断歩行者が対向車線の交通状況を見計らって急な横断を開始したことで、十分な交通状況把握ができなかった (C3) ことから、最終的に横断歩行者への対応が遅れた (A1.2) と分析された。

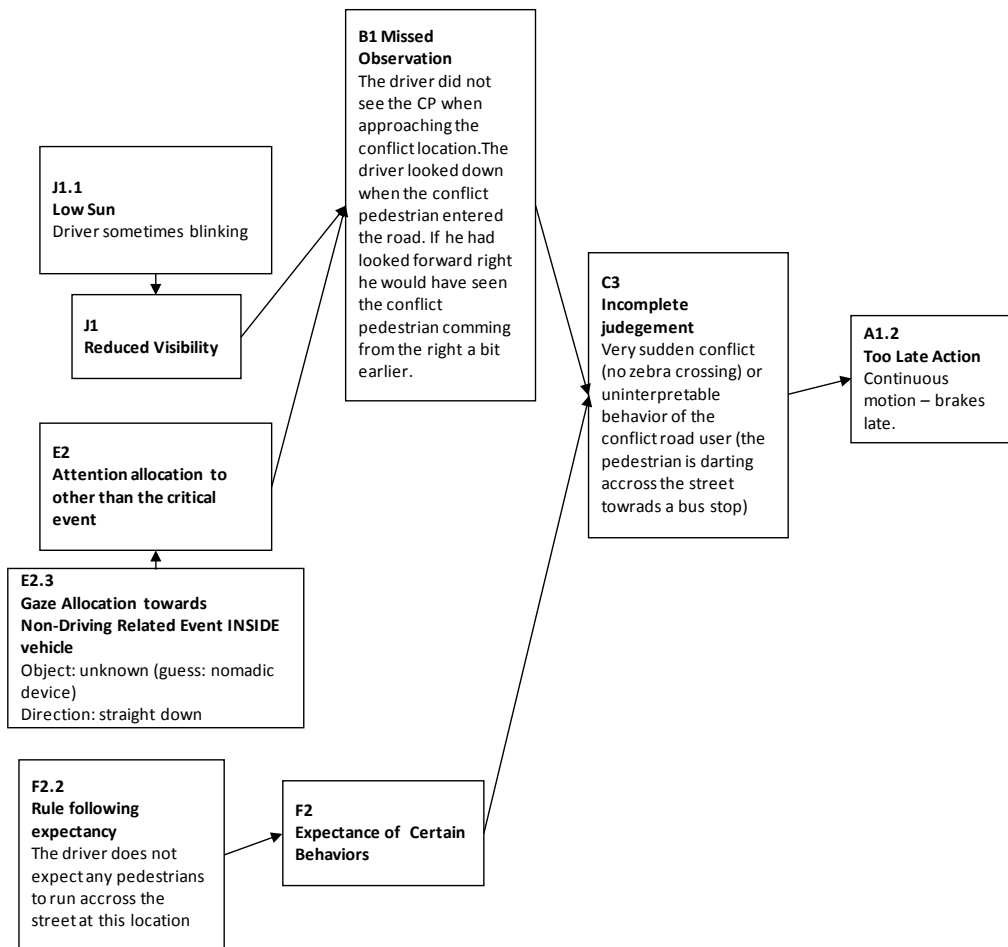


図 6.9 単路直進時ニアミス事例(2)の DREAM 分析結果

6.3.4 走行場面毎の要因分析結果のまとめ

走行場面毎の特徴を明示するために、主要な背景要因と重大事象のみから構成される、概要版の DREAM 分析チャート（図 6.10：交差点右折，図 6.11：交差点直進，図 6.12：単路直進）を示す。この図より、各走行場面に共通する特徴として、次のことが示された。

- ・ 歩行者認知の失敗（B1）の出現頻度が 8 割以上であり、状況判断の誤り（C2）や不完全な状況判断に関与。
- ・ 上記、歩行者認知の失敗（B1）には、歩行者以外への注意配分（E2）と一時的な視界障害（K1）が関わり、特に E2 の出現頻度は 7 割以上。

一方、走行場面毎に異なる特徴としては、交差点（右折および直進）と単路との間で次のような差異が認められた。

- ・ 交差点と比較して、単路では視界障害（K1）の出現頻度は交差点と比較すると相対的に低下し、代わって予測困難な歩行者行動（F2）の出現頻度が 5 割以上に増加。
- ・ また、予測困難な歩行者行動（F2）は不完全な状況判断（C3）（通常の運転状態でも予測が困難な状況）に繋がり、単路における対歩行者衝突リスクは歩行者側要因の関与が相対的に大きい。

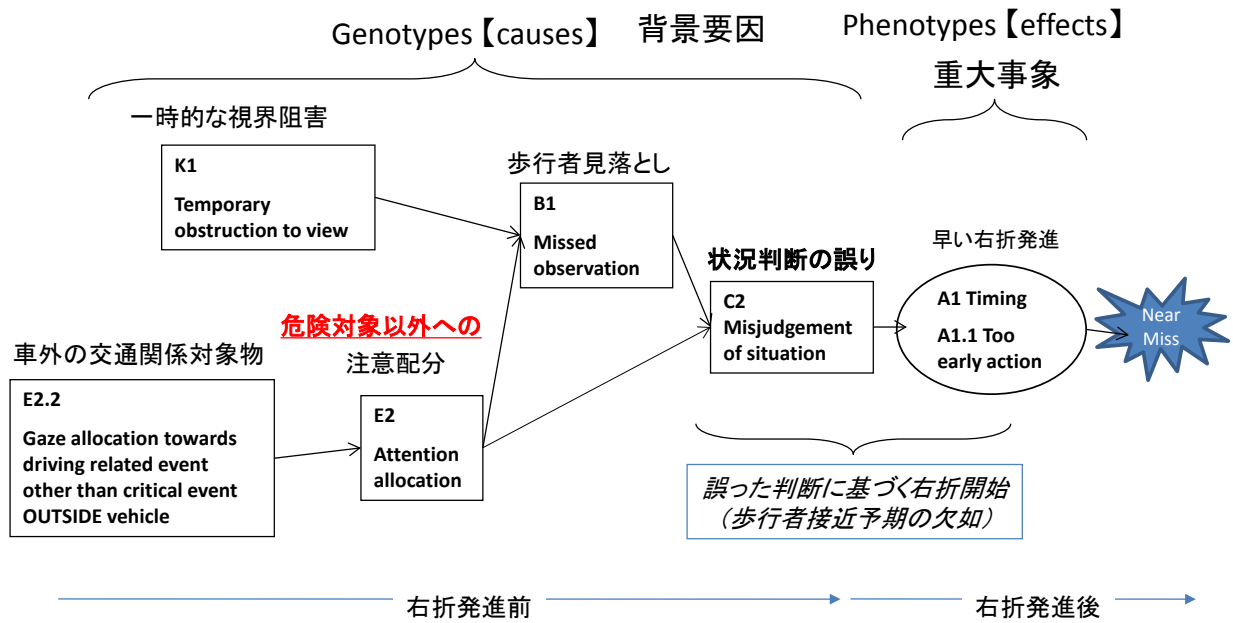


図 6.10 交差点右折場面における概要版の DREAM 分析結果

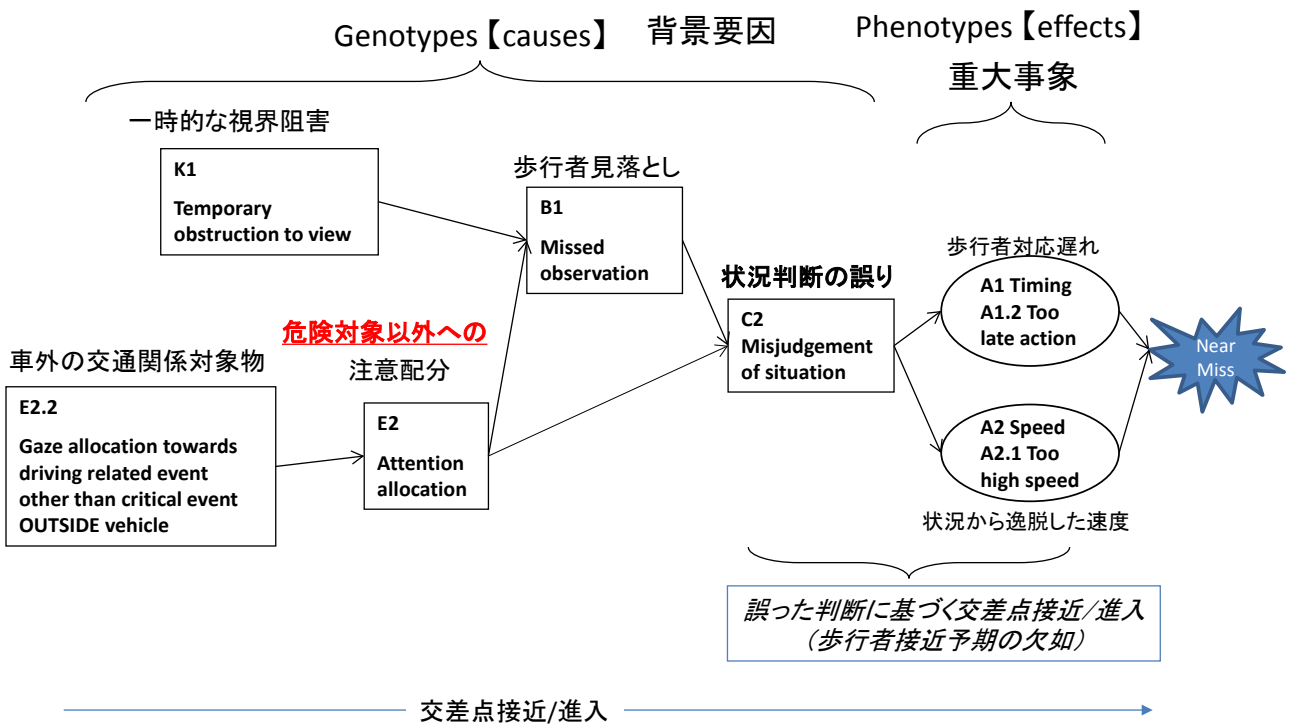


図 6.11 交差点直進場面における概要版の DREAM 分析結果

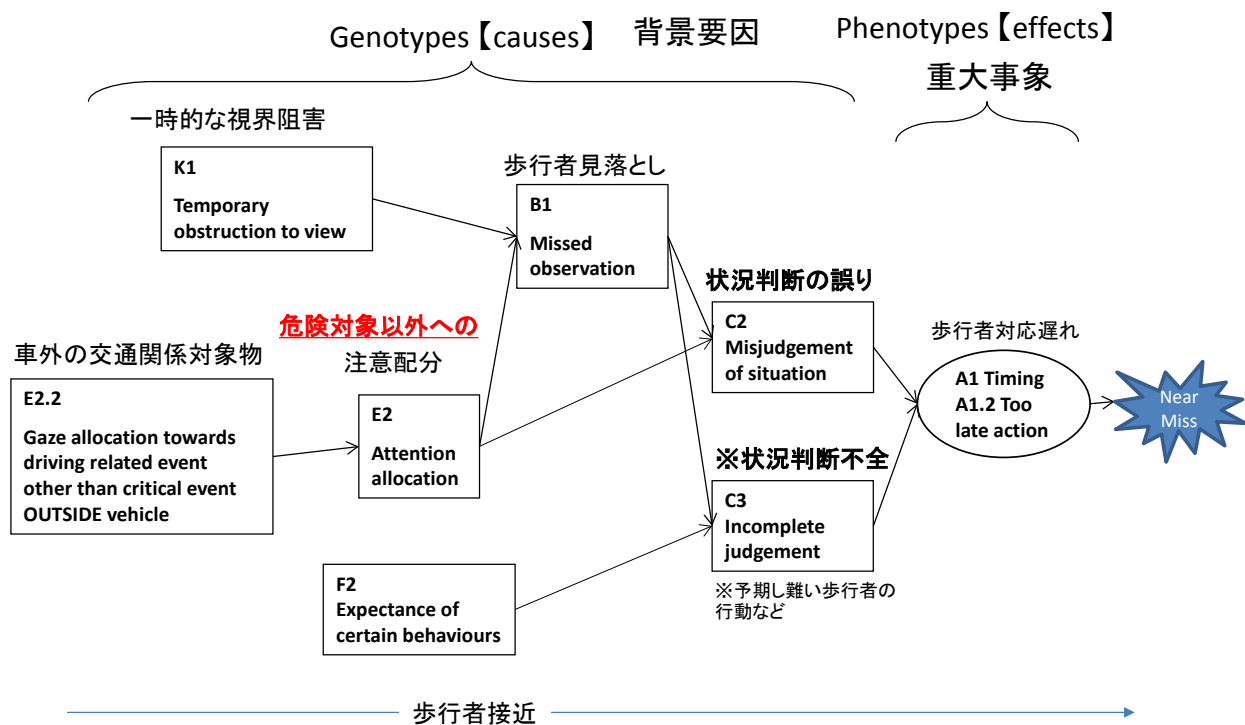


図 6.12 単路直進場面における概要版の DREAM 分析結果

6.4 まとめ

本章では、DREAM によるニアミスデータ分析により、走行場面毎の典型的な要因連鎖が抽出できる可能性が示された。特に、交差点での対歩行者ニアミス/事故（交差点右折と交差点直進）における歩行者発見遅れの背景要因として、他交通参加者（先行車両や対向車両）が運転者の注意分散を生じさせると同時に、歩行者への視界を一時的に障害する状況を生じさせていることが明らかになった。また、このような状況が結果として運転者に歩行者接近を予期しない交差点進行を誘発して、対歩行者衝突リスク増大に繋がっている可能性が示された。

以上より、DREAM によって対歩行者事故リスクの関与度が大きい要因群の定量的把握が可能になったことから、分析結果を対策具体化の指針として活用できると考えられる。さらに、特徴的な要因連鎖を含んだニアミス/事故事例を典型的な対歩行者事故シナリオとして走行実験で再現することにより、具体的対策効果の実証的把握が可能になると期待される。

7. 交差点右折時における対歩行者事故防止対策の検討

交差点右折時における横断歩道上の歩行者との衝突リスク低減対策のあり方を明らかにするために、前章のドライブレコーダデータ分析から得られた歩行者発見遅れの発生要因を踏まえた対策の効果を模擬市街路での再現実験によって検討した。具体的には、模擬市街路での再現可能性を確認した対歩行者ニアミス実験を行い、交差点右折時における対歩行者事故対策を具体化する上で留意すべき点を検討した。

7.1 再現するニアミス事例

図 7.1 に示す「交差点を先行車に追従して右折する際に、正面方向の横断歩道から模擬歩行者が接近する」ニアミス事例は、これまでの分析で示された歩行者発見遅れに係わる要因（(1)走行車両などによる一時的な視界障害の発生、(2)運転者の注意を必要とする他交通参加者の存在）が観察される特徴的な右折時対歩行者ニアミス状況である。そこで、模擬市街路実験におけるリスク状況再現実験設定の雛形とした。

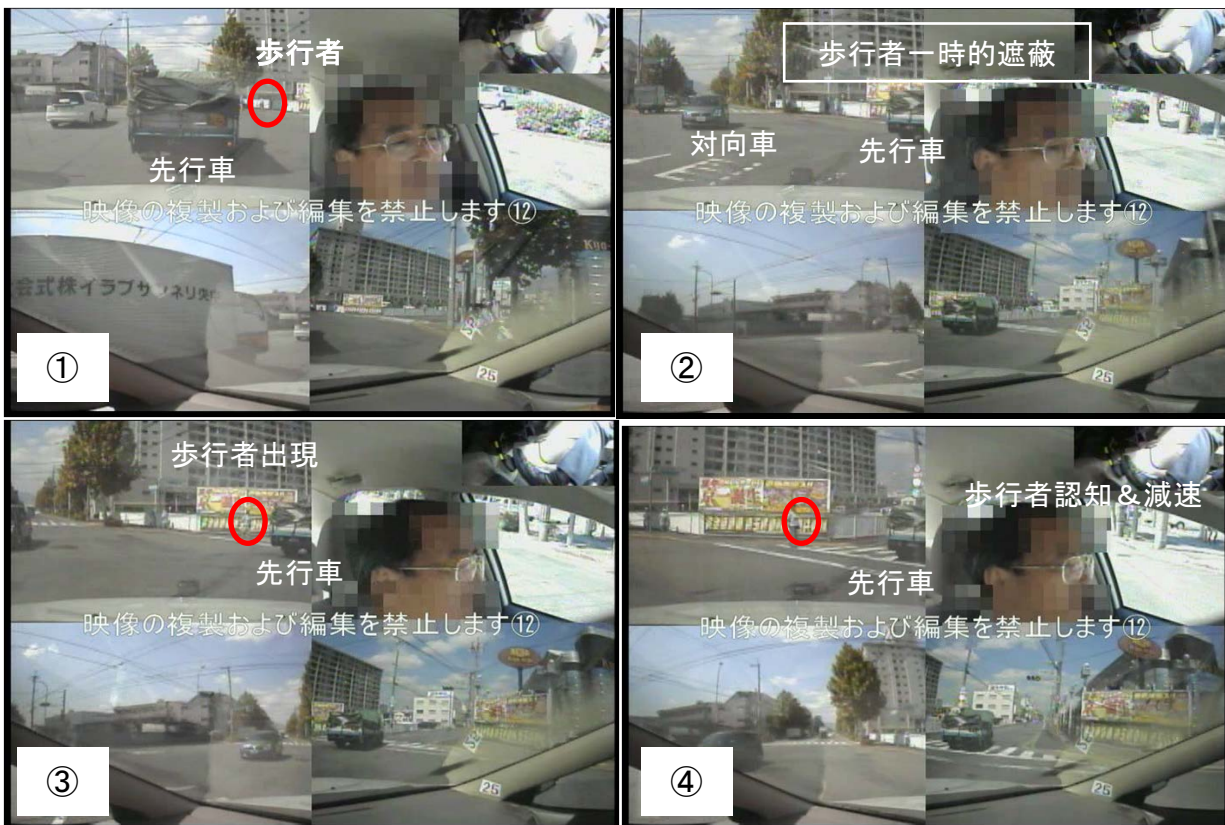


図 7.1 交差点右折時における横断歩行者とのニアミス事例

7.2 対策のアプローチと具体化

前章における DREAM 分析の結果および交差点右折時における歩行者衝突リスク状況の概要（図 7.2）をもとに、対策のアプローチと本実験で用いた具体的な対策案について述べる。

図 7.2 に示すように、交差点で右折開始前の自車両が停車している場合には十分な安全確認が可能である（安全確認 1）が、右折が完了する直前の段階においては右折先車線への円滑な流入に関わる車両操作（進行方向コントロール）が重要になり、運転者の主なタスクは変化していくと考えられる。このような右折時における運転タスクの変化は、「右折可能」として車両の右折発進を開始する判断（図 7.2 の②判断）を節目としており、右折開始判断直後は対向車線方向や横断歩道付近の歩行者/自転車に対する注意（安全確認 2）と、右折旋回開始に伴う車両安全を確保するための操作（進行方向コントロール）とを平行して行うフェーズ（③認知（判断後））がある。

前章の DREAM による背景要因分析では、横断歩行者の発見遅れには、横断歩道付近で自車に接近している歩行者の存在に気付かず性急に右折を開始するという判断が、右折開始後の対歩行者衝突リスクを増加させている可能性が示された。これは、図 7.2 に示される③認知（判断後）のフェーズにおける進行方向コントロールの優先度が高まり、右折開始後の安全確認（安全確認 2）が相対的に減少しているものと解釈することができる。このことから、横断歩行者の発見遅れへの対策アプローチとして、安全確認（安全確認 2）の優先度を保った形での右折開始判断をするような運転者への働きかけが重要になると推察される。

上記の考察を踏まえ、対策の具体化として右折開始判断前タイミングでの運転者に対する注意喚起情報の提供を行うものとし、対歩行者ニアミス状況の再現実験においてその効果を検証した。

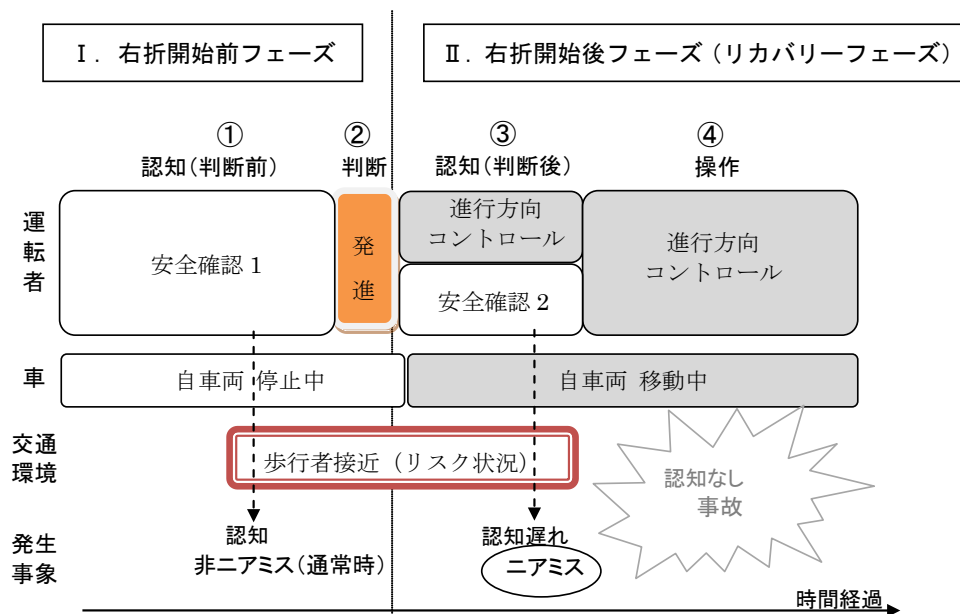


図 7.2 交差点右折時における横断歩行者との衝突リスク状況の概要図

7.3 実験方法

7.3.1 設定場面

(一財) 日本自動車研究所が保有する模擬市街路において、1 周の所要時間が 2 分程度で、信号交差点（片側 1 車線）での右折を 2 回含む「8 の字」状走行コース（図 7.3）を設定して実験を行った。実験参加者が運転する車両（実験車）は、先行車（乗用車タイプ）に追従してコースを周回するものとした。また、先行車に追従してコース内を走行する際に、車間距離保持や安全確認行動などについて、出来るだけ普段と同様な運転をするよう教示した。実験では、設定したコースを 5 周走行するものとしたが、4 周目のみ「張りぼて」の模擬歩行者（以下、模擬歩行者）が横断歩道上を実験車両に接近するよう設定し、ニアミス再現状況に遭遇するものとした。なお、より高い確率でのニアミス状況の再現を目的として、実験走行に移る前に「少し急いでいる時の状況をイメージして運転」するよう教示した。実験参加者は人材派遣会社を通じて依頼した 20 歳代から 40 歳代で免許歴 2 年以上の一般運転者 36 名（男女各 18 名）であった。

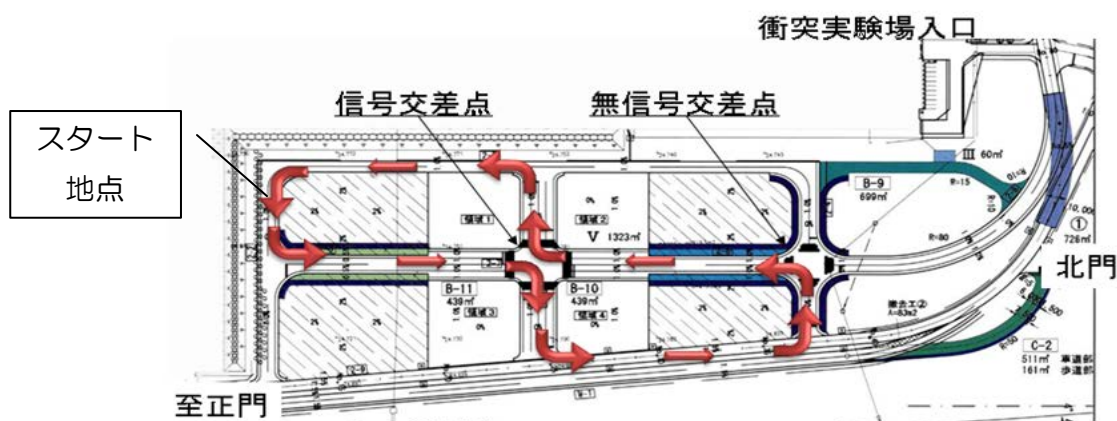


図 7.3 実験コース順路(赤矢印で示す“8の字”状の部分が1周)

7.3.2 実験条件および仮説

注意喚起情報の提供方法としてアクセルペダルの振動を用い、実験参加者間要因比較による実験計画として実験参加者を以下の 3 群に分けて注意喚起情報提供の条件を設定した（表 7.1 参照）。なお、アクセルペダル振動については、ペダル背面にトランスデューサ（アークヴ・ラボ社製、Vp4）を装着して 50Hz で加振した。

(1) 右折開始前注意喚起群（VB 群）：

右折発進前のブレーキペダルリリース時に情報提供を開始した群

(2) 右折開始後注意喚起群（VA 群）：

右折発進のアクセルペダル踏み込まれて操舵角 100° 以上になった時点で情報提供を開始した群

(3) 注意喚起なし群（N 群）：通常時と同様に情報提供のない群

表 7.1 実験コース周回設定

	練習走行		前ベース※	ニアミス	後ベース※
周回	1	2	3	4	5
右折回数 (北向)	1	3	5	7	9
右折回数 (南向)	2	4	6	8	10
注意喚起	-	あり	-	あり	-
模擬歩行者 ターゲット	-	-	-	あり	-

※模擬歩行者の横断によるニアミスが発生しない通常の走行

図 7.4 に、交差点右折時の視認行動タスクモデル（図 7.2 の運転者部分に特化した行動モデル）に基づく注意喚起情報提供の効果に関する仮説を示す。右折開始前から注意喚起情報提供を行う群（VB 群，図 3.4 の左図）は、注意喚起なし群（N 群，図 7.4 の右図）と比較して右折開始後の安全確認が相対的に継続される（早期に安全確認が終了し、主に右折先進行方向確認のみの状態になることが抑制される）ならば、対歩行者の衝突リスクの低減に繋がると考えられた。また、右折開始後に情報提供が行われる群（VA 群，図 7.4 の中図）では、VB 群ほど顕著な効果は認められないであろうと考えられた。

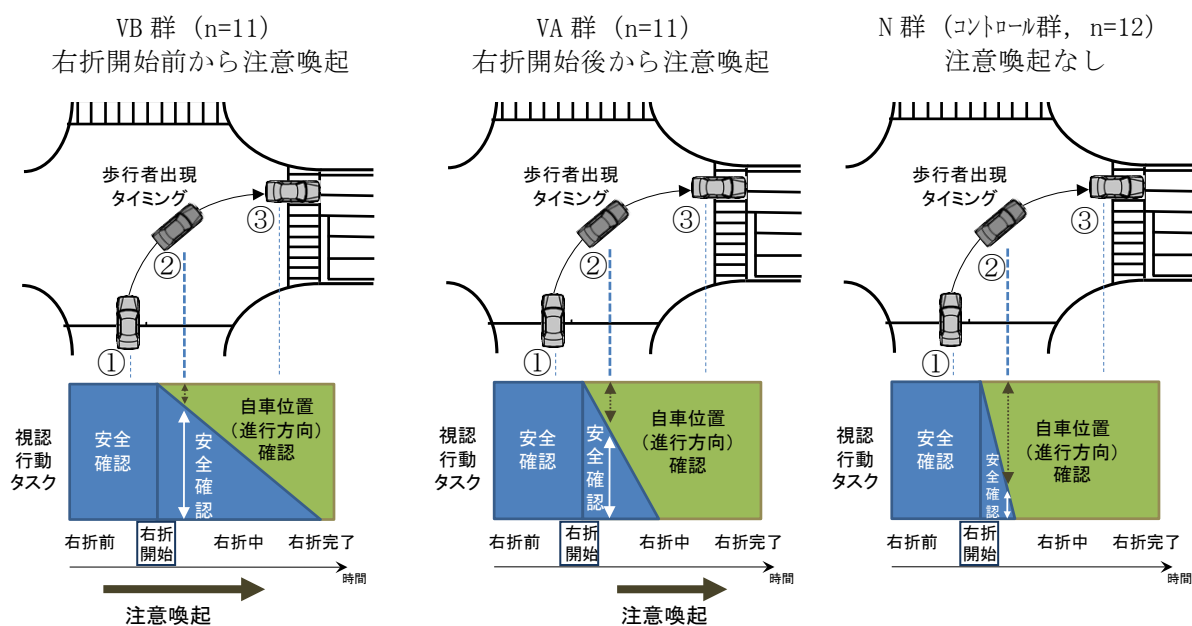


図 7.4 実験群別の注意喚起情報の提示方法と、視認行動タスクモデル(帯図)から予想される対策効果の違い

なお、注意喚起を行う 2 群には実験開始前に、「リスクが予想される交通状況で、安全に注意して走行した方がよい状況で提示される」旨を説明した上で、実験開始前の停車中および練習走行中に予めアクセルペダル振動を体験した上でニアミス状況に遭遇することとした。実験参加者 36 名のうち、有効データは VB および VA の各群 11 名と N 群の 12 名、計 34 名であった。

7.3.3 実験装置

模擬歩行者として、灰色に着色した全高約1 m×直径約30cmの円筒形ビニール製張りぼてを用い、交差点の横断歩道端4箇所に配置した。そのうち、実験車が交差点を右折する際に対面方向から接近する2体の模擬歩行者のみ極細ワイヤを取り付け、1.5m/secの速度で移動させた。移動開始トリガは先行車によって行われ、先行車の前輪が右折先横断歩道の奥側端に到達した時点で、極細ワイヤの巻き取り装置スイッチが入るようにした。これにより、先行車が右折先横断歩道を通り過ぎた直後に、横断歩道上の模擬歩行者が実験車の右折進路を横切るように設定した。

実験車両として普通乗用車(2500ccのAT仕様車：図7.5)を用い、走行中の視認行動を運転操作、車速および加速度等の車両挙動データと同期計測した。視認行動の記録については、帽子型の視線移動計測装置(アイマークレコーダ、ナックイメージテクノロジー製EMR-8)を用い、帽子に装着されたシーンカメラのレンズは水平画角62度のものを用いた。運転操作、および車両挙動データについては、車載計測装置(DEWETRON社製データロガー)により視線移動データと併せて同期計測すると共に、車外の走行風景映像をアイマークレコーダからの映像等と共にビデオ映像データ(図7.6)として記録し、ビデオ映像解析に用いた。また、実験車両と他交通参加者との相対位置(距離および角度)はIbeo社製のレーザースキャナ(ALASCA)を用いて測定した。



図 7.5 実験車両



図 7.6 ビデオ映像データ

7.3.4 分析方法

ニアミス状況の再現性を評価するために主観指標（驚愕度尺度；「全く驚かない」：1～「非常に驚いた」：7の7段階評定）を用い、ニアミス状況を体験した後に評定を求めた。また、右折時に遭遇する模擬歩行者との衝突リスク（状況の切迫度）指標として、模擬歩行者との衝突回避のためのブレーキ開始時における衝突余裕時間を用いた。なお、データ分析の対象区間は、実験車が先行車に追従して交差点内で一旦停止した後に右折発進を開始した時点を起点として、右折先道路の横断歩道に車両が到達するまでとした。

(1) 分析項目

- ・主観評価：驚愕度(7段階評定)
実験走行終了後に、横断中の模擬歩行者に遭遇した際に驚いた程度の評定値を求めることで、ニアミス状況再現の程度を評価。
- ・運転行動（速度調節および視線方向）
右折時における自車両の速度および注視行動（注視対象物）を分析することにより、横断中の模擬歩行者発見遅れとの関連を検討。
- ・他交通参加者との相対位置
模擬歩行者および先行車との位置関係（車両座標系による角度，距離）から、横断中の模擬歩行者発見遅れとの関連を検討。
- ・模擬歩行者への衝突余裕時間
先行車の陰から現れた模擬歩行者を発見して運転者がブレーキ踏み込みを開始したタイミングにおける衝突余裕時間を算出し、横断歩道上の模擬歩行者に対する衝突リスク度合いを検討。

(2) 分析内容

- ・ニアミス状況の再現性
- ・注意喚起情報提供による右折中の運転・注視行動変化
- ・注意喚起情報提供による対歩行者衝突リスク
- ・ベースライン条件（ニアミス条件実施前）における実験参加者群間での運転行動比較

7.4 実験結果

7.4.1 ニアミス状況の再現性

本実験では、右折時対歩行者ニアミスの特徴的なパターンとして、模擬市街路での信号交差点において先行車に追従して右折する際、先行車が通過直後の右折先横断歩道から模擬歩行者が接近してくる状況を設定した。そのような状況設定における、衝突リスク状況としての再現性を評価するために、模擬歩行者と遭遇した際の驚愕度について調べた結果を図7.7に示す。図より、いずれの実験群においても驚愕度の平均値が「5：やや驚いた」を上回る結果となった。特に、交差点右折時に注意喚起情報が提供されなかったN群においては「6：驚いた」を上回る平均値が得られた。

先行車の右折発進直後から車間距離を短く保って右折をする、いわゆる「先急ぎ型の右

折パターン」をとった運転者ほど対歩行者衝突リスクの高い状況になる可能性が示された。この結果をもとに、本年度の実験では、先急ぎ時の右折をするよう予め教示をしたうえで走行を開始したが、このような右折パターンが驚愕度の高い対歩行者衝突リスク状況に繋がることが改めて示された。なお、驚愕度評定値の群別平均値は、VB群、VA群、N群の順に高まるが、いずれの群間にも有意な差は認められなかった。

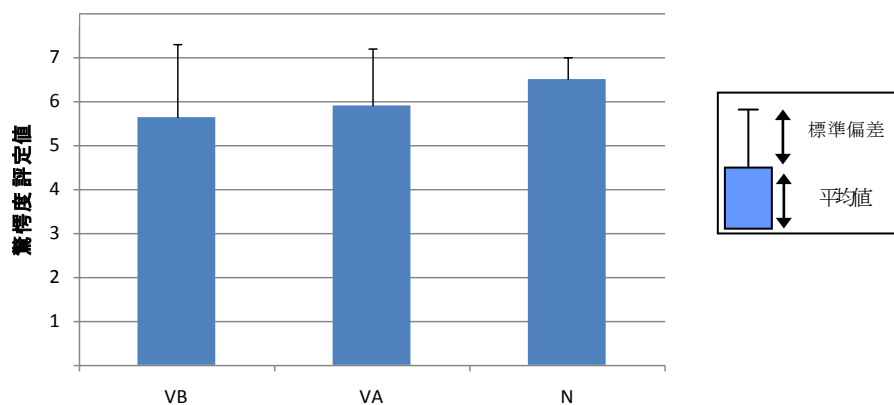


図 7.7 驚愕度の群別平均値

7.4.2 注意喚起情報提供による右折中の運転・注視行動変化

注意喚起情報の提供による対歩行者衝突リスクへの影響を調べるために、右折時の車速と対歩行者間距離・接近角度の分析、および右折中における視線方向変化の分析を行った。

(1) 右折時の自車速と対歩行者間距離

図 7.8 は、右折中の平均車速と標準偏差を群別に示したもので、上図は模擬歩行者が動き始めた時点（歩行開始時）、下図は横断歩道上を接近してくる模擬歩行者を発見してブレーキ開始する時点における結果を示している。図 7.8 上図より、歩行開始時には VB 群と N 群との間に有意な群間差が認められ、VB 群は N 群よりも平均速度が 2km/h 程度低い結果となった。また、VA 群についても有意差は認められなかったものの、N 群と比較して走行速度が低下する傾向が認められた。一方、ブレーキ開始時（図 7.8 下図）においても、N 群と比較して VB 群・VA 群共に速度が低い傾向が認められたが、いずれの群間にも有意差は認められなかった。以上より、本実験での設定条件下においては、右折開始前タイミングでの注意喚起情報の提供開始（VB 群）によって、何の情報提供もない場合（N 群）よりも、右折開始後のより早い段階での走行速度が抑えられる可能性が示された。

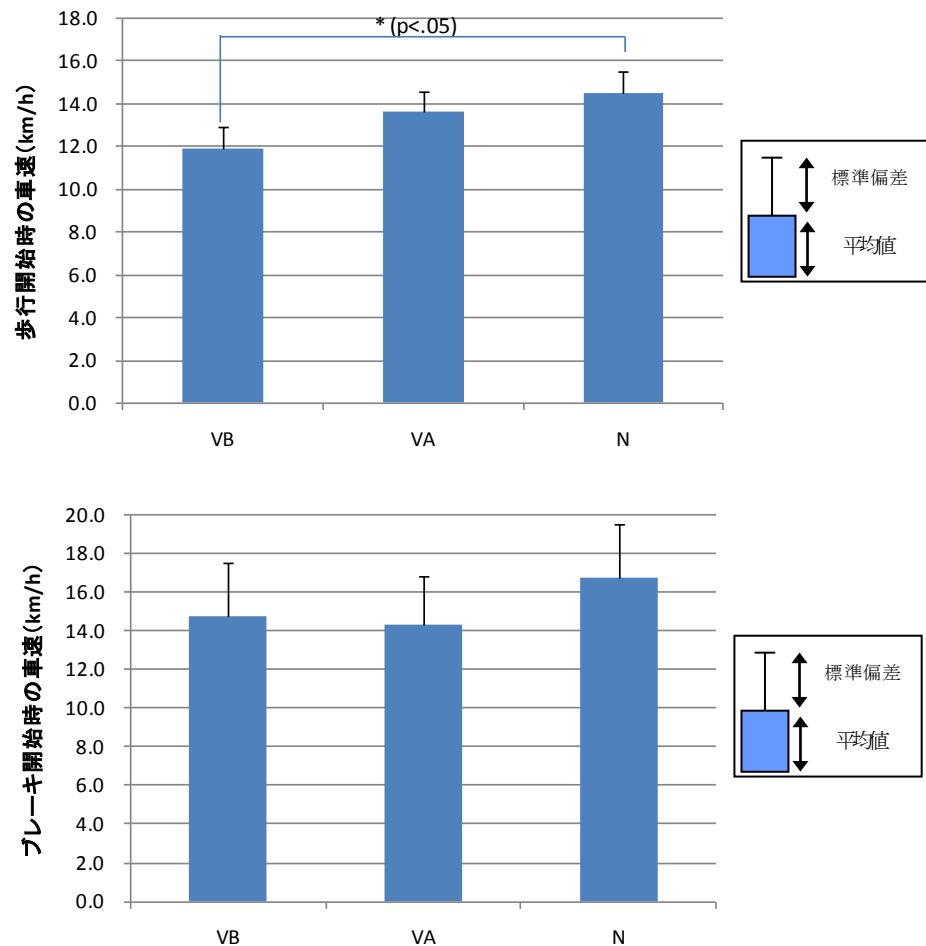


図 7.8 歩行開始(上図)およびブレーキ開始時(下図)における群別平均車速

図 7.9 は、右折中の自車両先端部から模擬歩行者までの距離を群別に示したもので、上図は模擬歩行者が動き始めた時点（歩行開始時）、下図は横断歩道上を接近してくる模擬歩行者を発見してブレーキ開始する時点における平均値と標準偏差を示している。図 7.9 上図より、歩行開始時においては VB 群と N 群との間に有意な群間差が認められ、VB 群は N 群よりも平均距離が 2m 程度遠い結果となった。また、VA 群についても有意差は認められなかったものの、N 群と比較して距離が延長する傾向が認められた。また、ブレーキ開始時（図 7.9 下図）においても、歩行開始時（図 7.9 上図）と整合する結果が得られ、N 群と比較して VB 群の対歩行者間距離が 3m 程度遠いという結果が得られた。以上より、本実験での設定条件下においては、横断歩行者との遭遇からブレーキ反応対応開始までの間、右折開始前タイミングでの注意喚起情報の提供開始（VB 群）によって、何の情報提供もない場合（N 群）よりも歩行者に対する距離が長く保たれた状態で走行した可能性が示された。

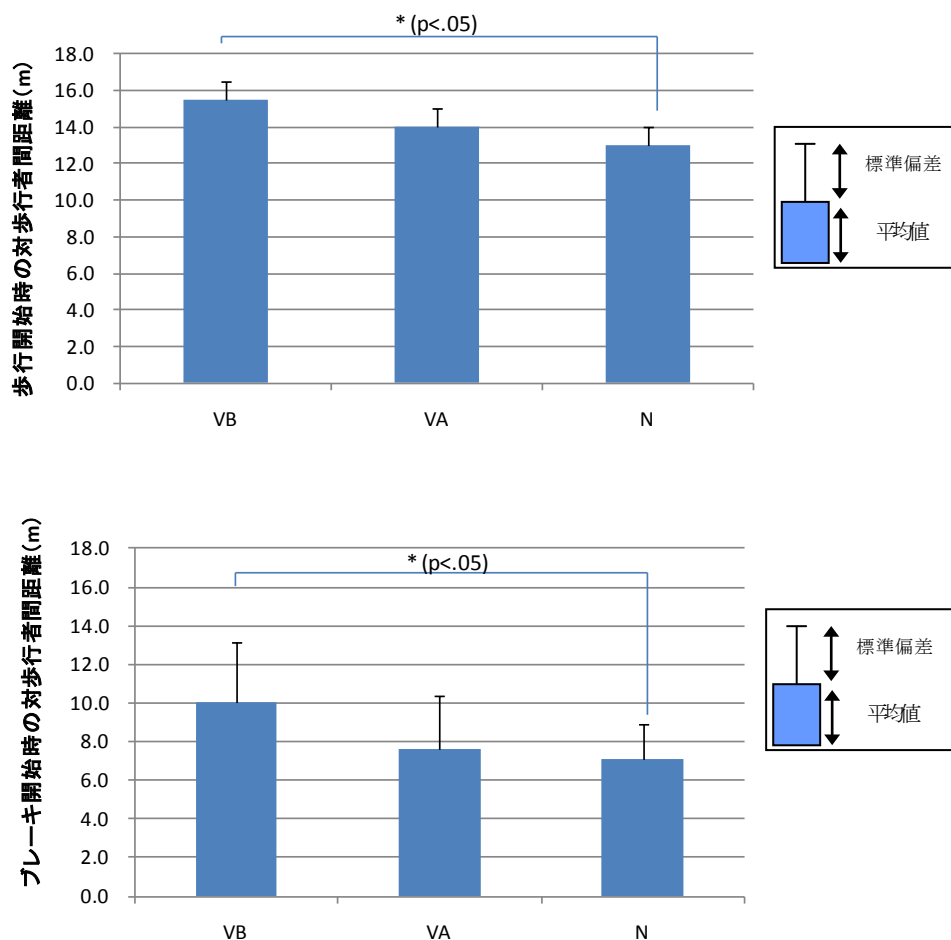


図 7.9 歩行開始(上図)およびブレーキ開始時(下図)における群別平均距離(対歩行者)

図 7.10 から図 7.12 は、各群の右折中における 3 つの時点 (1) 先行車の陰から模擬歩行者出現, (2) 運転者が模擬歩行者を発見, (3) ブレーキ開始) における, 「自車両と模擬歩行者」および「自車両と先行車」との相対角度と距離を示したものである (角度の基準 0° は車両の正面方向). これらの図から, 先行車との相対位置関係は群間で顕著な差異が無いのに対し, 歩行者の方向 (自車両への接近角度) や距離については群間で異なる傾向が認められる. 特に VB 群と N 群とでは明らかな違いが認められ, VB 群では模擬歩行者の発見角度 (位置) は, ほぼすべて正面よりも右側に見えている状況であったのに対し, N 群では歩行者の相対位置がより自車正面から左側手前へとシフトしていた. すなわち, 車両が歩行者の接近してくる方向へ進行しているにも係わらず, 運転者のブレーキ開始の対応が遅れたことを示している.

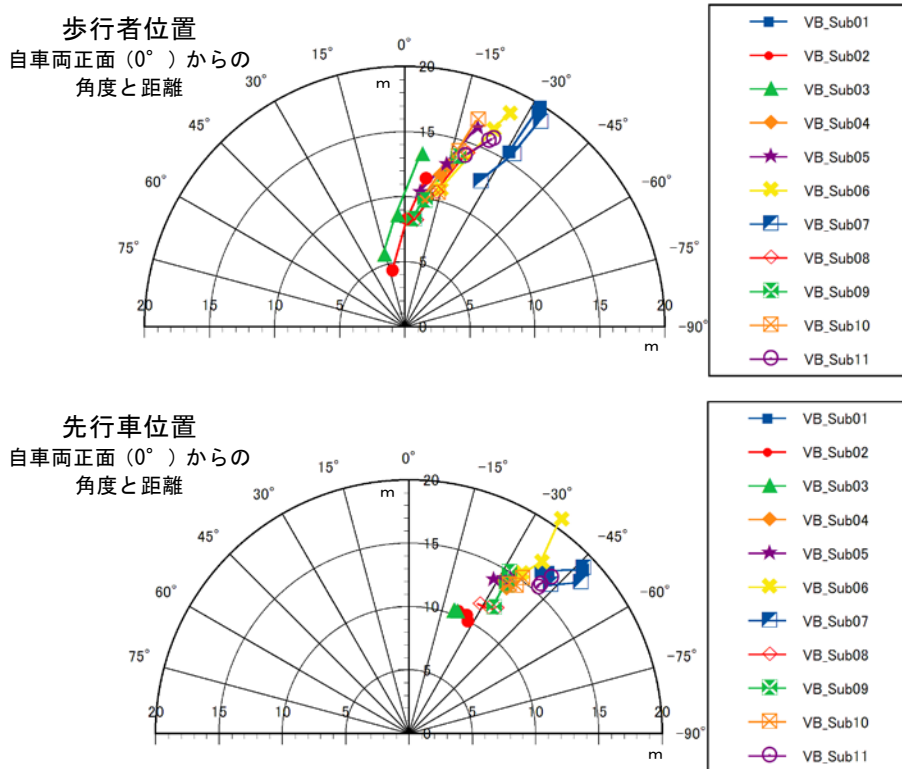


図 7.10 歩行者出現～ブレーキ開始までにおける歩行者および先行車位置 (VB 群)
(3 点:(1)先行車の陰から歩行者出現, (2)歩行者発見, (3)ブレーキ開始)

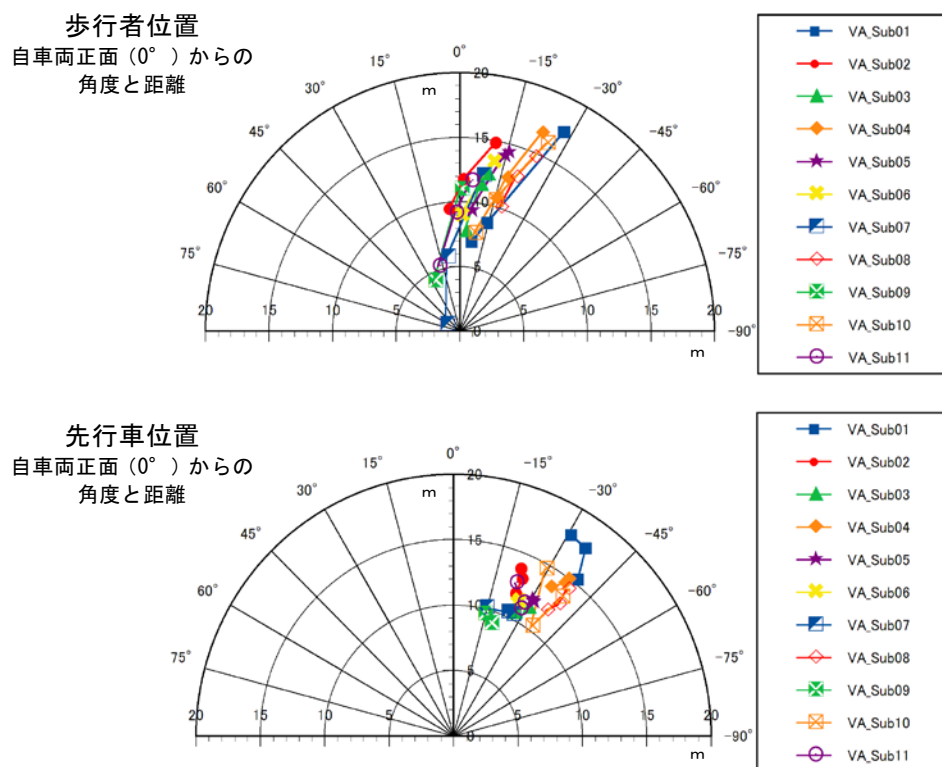


図 7.11 歩行者出現～ブレーキ開始までにおける歩行者および先行車位置 (VA 群)
(3 点:(1)先行車の陰から歩行者出現, (2)歩行者発見, (3)ブレーキ開始)

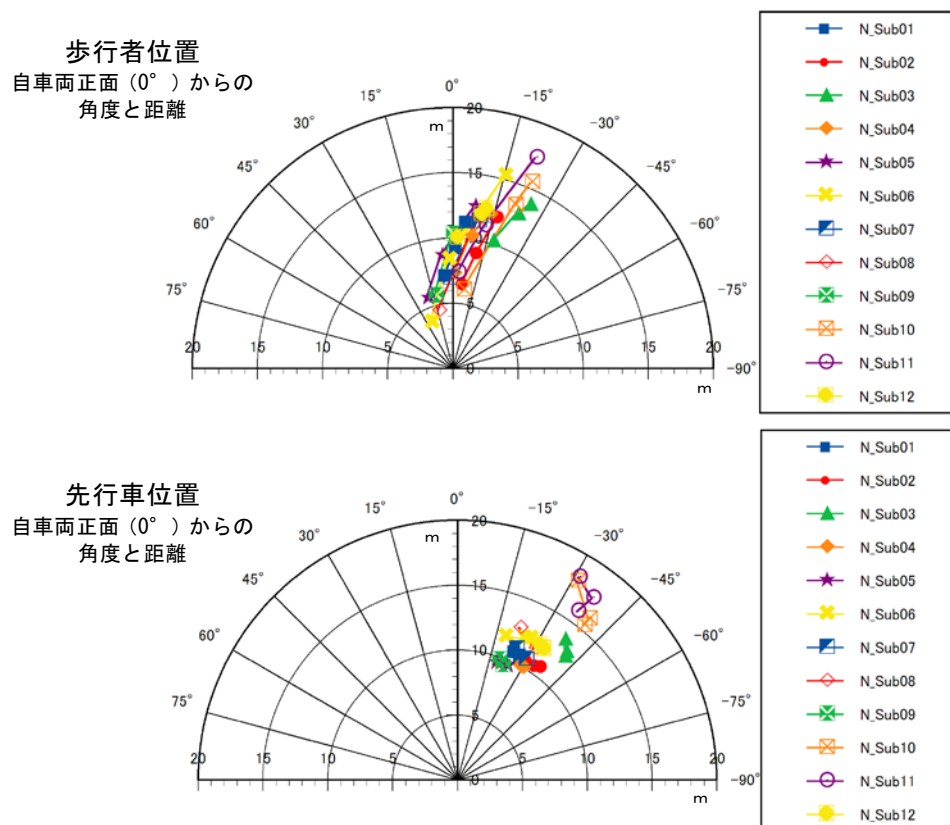


図 7.12 歩行者出現～ブレーキ開始までにおける歩行者および先行車位置(N 群)
(3 点:(1)先行車の陰から歩行者出現, (2)歩行者発見, (3)ブレーキ開始)

(2) 右折中における視線方向変化の分析

注意喚起情報の提供によって対歩行者衝突リスクが減じた背景を調べるために、右折中における視線方向変化の分析を行った。分析に際しては図 7.2 のモデルに基づき、注意喚起情報が提示されなかった N 群については右折開始後のより早い段階で右折先車線へ自車両を進める「進行方向コントロール」のウェイトが高まるとの仮説を立てた。一方、注意喚起情報が提示された場合にはそのような視認行動パターンは抑制され、より周囲の安全を確認しながら右折をしていき、特に右折開始前から注意喚起情報が提供された VB 群にその傾向が顕著と考えた。そこで、模擬歩行者が運転者の視界に出現してからブレーキ開始するまでの間に、右折先車線を含む先行車方向を注視する時間についての群間差を検討した。

図 7.13 は、先行車方向への平均注視時間と標準偏差を群別に示したものである。VB 群と N 群との間に有意な群間差が認められ、VB 群は N 群よりも先行車方向への注視時間が 0.3 秒程度長い結果が得られた。これは、N 群では右折開始後のより早い段階で右折先車線へ自車両を進める「進行方向コントロール」のウェイトが高まるとの仮説を支持するものであると考えられる。すなわち、右折開始後の安全確認(図 7.2 における「安全確認 2」)の優先度が相対的に低下した結果、横断歩行者への対応遅れに繋がった可能性を示すものと考えられる。

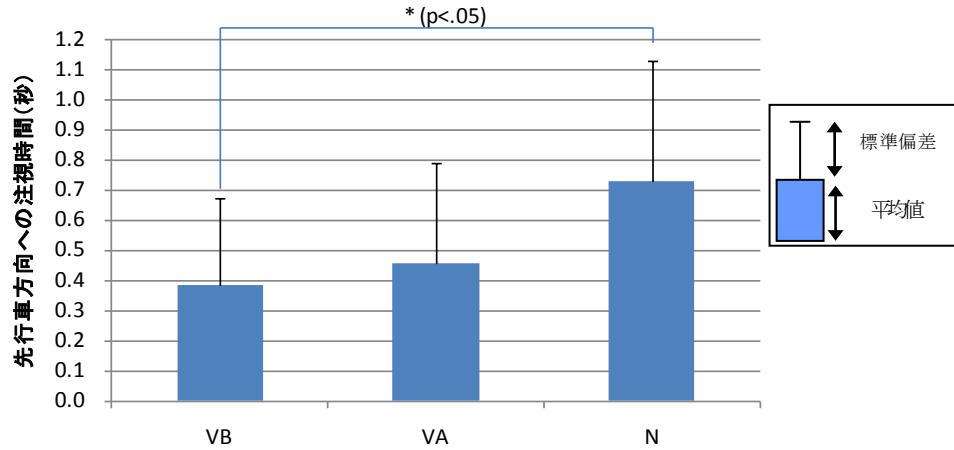


図 7.13 歩行者出現～ブレーキ開始までにおける右折先/先行車方向への平均注視時間

表 7.2 から表 7.4 に、実験後に聞き取りを行った、右折時における模擬歩行者への認知・注意状態（(1)事前に横断歩道脇に設置した模擬歩行者に気付いていたか、(2)右折中に模擬歩行者への注意をしていたか、(3)模擬歩行者の接近に対して発見遅れがあったか。また認知が遅れた際には何/何処に視線を向けていたか）に関する内省報告結果を群別に示す。これらの結果から、VB 群および VA 群と異なり、N 群においては全ての運転者が模擬歩行者の発見遅れが生じたとしていることに加え、認知が遅れた歩行者に気付く直前に右折先を含む先行車方向を見ていたと報告した割合が 2/3 を占めていることがわかった。これは、図 3.13 の先行車方向への注視頻度の増加と合致する結果であり、右折開始前の情報提供によって右折中の安全確認を優先する注視行動パターンが形成されたと考えられる。

表 7.2 主観評価得点および歩行者発見遅れについての内省報告 (VB 群)

実験群	実験参加者 ID	対歩行者 TTC (秒)	主観評価得点	実験後の質問調査				備考
				歩行者 事前認知の有 無 (有:1, 無: 0)	歩行者 への注意の有 無 (有:1, 無: 0)	歩行者 認知遅れの有 無 (有:1, 無: 0)	歩行者認知遅れ直前の注 視対象/方向	
VB	VB02	0.90	7	1	0	1	先行車	
VB	VB03	1.16	7	0	0	1	右側横断歩道	
VB	VB08	1.72	5	1	1	0		
VB	VB05	1.92	7	1	0	1	先行車	注意喚起認知無し
VB	VB09	2.04	7	0	0	0		
VB	VB10	2.59	5	1	1	0		
VB	VB04	2.62	6	1	1	0		
VB	VB07	3.35	6	0	0	0		
VB	VB06	3.72	2	1	1	0		
VB	VB11	4.01	7	1	0	0		
VB	VB01	4.87	3	1	1	0		
集計	n=11	2.63	5.64	8	5	3		

表 7.3 主観評価得点および歩行者発見遅れについての内省報告 (VA 群)

実験群	実験参加者 ID	対歩行者TTC(秒)	主観評価得点	実験後の質問調査				備考
				ブレーキ踏み始め	驚愕度 (1-7)	歩行者事前認知の有無(有:1, 無:0)	歩行者への注意の有無(有:1, 無:0)	
VA	VA06		7	1	0	1	先行車	操舵回避
VA	VA09		7	0	0	1	右側横断歩道	操舵回避
VA	VA07	0.23	7	0	0	1	先行車	
VA	VA11	1.39	3	1	0	0		
VA	VA10	1.60	6	1	0	1	右折先道路	注意喚起認知無し
VA	VA01	1.63	6	1	0	1	対向車線	
VA	VA03	1.91	7	1	0	1	先行車	
VA	VA05	2.48	6	1	0	0		
VA	VA02	2.70	5	1	0	0		
VA	VA04	3.10	4	0	0	0		
VA	VA08	3.42	7	1	1	0		
集計	n=11	2.05	5.91	8	1	6		

表 7.4 主観評価得点および歩行者発見遅れについての内省報告 (N 群)

実験群	実験参加者 ID	対歩行者TTC(秒)	主観評価得点	実験後の質問調査				備考
				ブレーキ踏み始め	驚愕度 (1-7)	歩行者事前認知の有無(有:1, 無:0)	歩行者への注意の有無(有:1, 無:0)	
N	N08		6	1	0	1	右折先道路	操舵回避
N	N09		7	1	0	1	右側横断歩道	操舵回避
N	N06	0.66	7	0	0	1	先行車	
N	N05	1.11	6	1	0	1	先行車	
N	N10	1.32	7	1	0	1	右折先道路	
N	N04	1.39	7	1	0	1	右側横断歩道	
N	N07	1.39	6	1	1	1	右側横断歩道	
N	N01	1.50	7	1	0	1	先行車	
N	N11	1.57	7	1	0	1	右折先道路	
N	N02	1.79	6	1	0	1	先行車	
N	N12	2.20	6	0	0	1	横断歩道全体	
N	N03	3.35	6	1	0	1	対向車線	
集計	n=12	1.63	6.50	10	1	12		

7.4.3 注意喚起情報提供による対歩行者衝突リスク

注意喚起情報の提供が対歩行者衝突リスクにおよぼす影響を検討するため、横断歩道上を接近してくる模擬歩行者を発見してブレーキ開始する時点における衝突余裕時間について、群別の平均値と標準偏差を図 7.14 に示す。図より、右折開始前での注意喚起情報提供を想定した VB 群では、情報提供のなかった N 群と比較して有意な差が認められ、衝突余裕時間の平均値が約 1 秒増加することが示された。また、右折開始後での注意喚起情報提供を想定した VA 群でも VB 群と同様に N 群よりも衝突余裕時間の平均値が増加する傾向が認められた。ただし、N 群からの衝突余裕時間の平均値増加は約 0.5 秒に止まり、N 群との有意差は認められなかった。このことから、右折時における注意喚起情報は、右折開始前のタイミングで提供されることでより効果が期待できる可能性が示された。

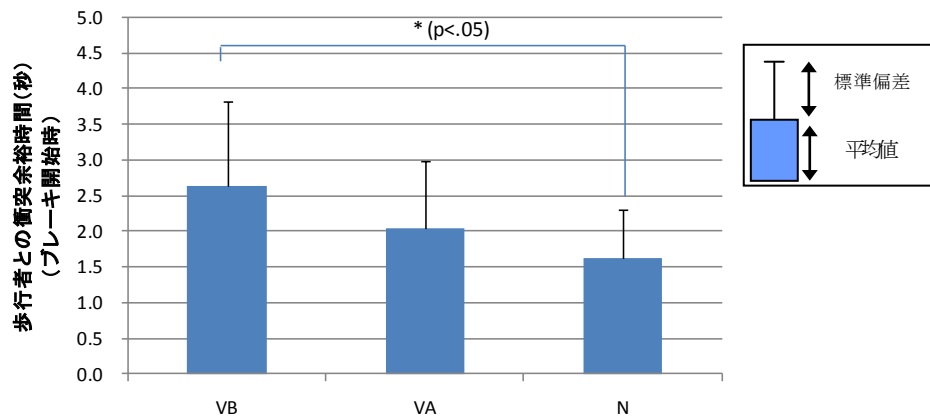


図 7.14 ブレーキ開始時における歩行者との衝突余裕時間の群別平均値

7.4.4 ベースライン条件における群間差について

上述のように、模擬歩行者の接近と遭遇した右折条件での群間差として車速低下や対歩行者間距離増大、および右折先方向への注視頻度の増加が認められた。このような差が注意喚起情報提供の有無によって生じたものであることを確認するために、注意喚起情報が提供されない走行条件として 3 周目の前ベース条件（模擬歩行者の横断によるニアミスが発生しない通常の走行）における右折時の速度について群間差を検討した。その結果、図 7.15 に示されるように、いずれの群においても約 10km/h の平均車速で右折を行い、群間での走行パターンに差はないことが示された。

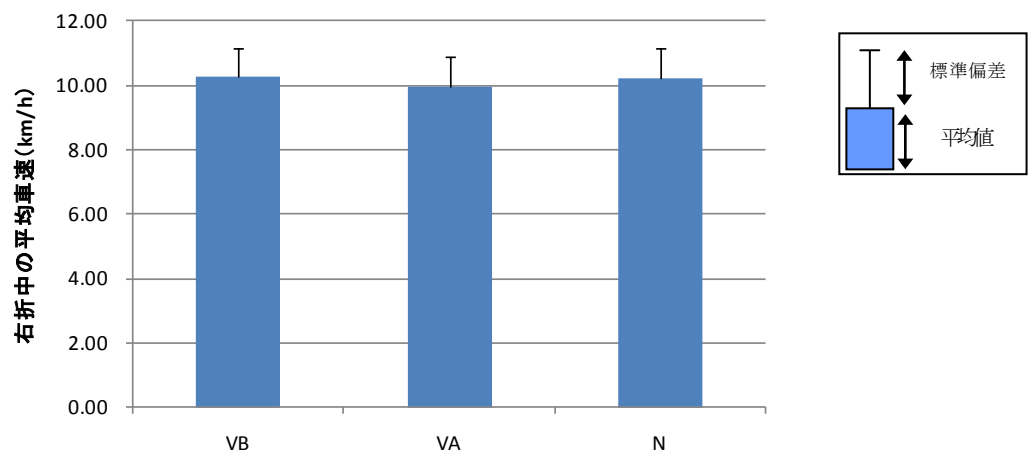


図 7.15 3 周目交差点右折中(前ベース条件)における平均車速

7.5 まとめ

本章では、DREAM 分析から得られた交差点右折時の歩行者発見遅れの発生要因を基にして、対歩行者衝突リスク低減対策のあり方を模擬市街路でのニアミス再現実験によって

検討した。具体的には、注意喚起情報による交差点右折時の歩行者発見遅れ対策の効果を、提示条件（提示タイミングおよび有無）が異なる3つの実験群を設定して検討した。その結果、右折開始前から注意喚起情報を提示した実験群（VB群）は、情報提供の無い群（N群）と比較して右折先および先行車方向への注視時間が有意に短いことが示され、右折中に進行方向（自車位置）コントロールよりも安全確認を重視した注視行動パターンをとることがわかった。さらに、上記の注視行動パターンに加えて、走行速度の低下による物理的な衝突回避の余裕増加も認められ、VB群はN群と比較して横断歩行者に対するブレーキ開始の衝突余裕時間の平均値が約1秒増加することが示された。

以上より、右折開始前に注意喚起情報を提供すること（VB群に相当）によって、運転者に横断歩行者の接近を予期した右折開始を働きかけることができ、結果として適切な右折を促すことができる可能性が示された。

8. 結論

本研究では早急な事故防止対策の実用化と普及が必要な交差点事故（車両相互の出会い頭事故，車両対歩行者事故）を対象に，運転者の発見遅れによる事故発生メカニズムを解明した上で，運転支援方策の具体化と評価を行った。

以下では，発見の遅れによる交差点事故の発生メカニズムに関する運転者の視認特性について述べると共に，それを踏まえた交差点事故の予防安全対策のあり方についてまとめる。

8.1 田園地帯の見通しの良い交差点における出会い頭事故対策について

実走行環境下における運転者の視線行動に関する先行研究（Crundall & Underwood, 1998）によると，田園地帯を走行した場合には左右への視線移動量（移動角度）が大きく減少することが報告されている。これは，田園地帯の郊外道路では注意すべき対象物や視覚情報が相対的に少ないことから，能動的な視線移動を伴うトップダウン型の視覚的探索行動の低下によると解釈できる。このような交通状況下での障害物の検知は，注意を引きやすい対象物の出現によって誘発されるボトムアップ的な視覚的探索に大きく依存しており，周辺視野が重要な役割を担っているといえる。

しかし，見通しが良い交差点での出会い頭交通場面において視野内で顕著な見かけの変化が生じるのは，相手車両が衝突しないタイミングで走行する場合に限られる。コリジョンコースで接近してくる相手車両に対しては，周辺視によるボトムアップ的な危険探知では対応できない状況が生じ，その結果として事故につながっている可能性があることが示された（第2章，第3章）。

本来，周辺視によるボトムアップ的な対象物検知は他の生物とも共通した生態学的な理由に基づく機能であり（鈴木，1995），人間が進化の過程で獲得した危険探知システムと見なすことができる。しかし，このような謂わばセーフティネット的な役割を持つボトムアップ型の視覚探索は，対象物の目立ちに大きく依存するが故にコリジョンコースに入った相手車両の検知には十分対応することができない。

上記のような事故メカニズムに対して，交差道路脇に配置した鉢植え（道路付帯設備）によって相手車両に視覚的变化（Visual cue）を付加する事故防止対策は有効である可能性が示された（第4章）。具体的には，見通しの良い交差点に接近する場合に，道路付帯設備の背後を走行する相手車両に輝度変化（ちらつき感）が生じ，その際の Visual cue が相手車両の発見しやすさ（目立ちの向上）に寄与したと考えられる。なお，このような Visual cue に関する道路付帯設備の具体化にあたっては，対策対象となる交差点ごとに安全管理関係者による協議/検討が必要であるが，信号機の設置や道路形状の改修等と比べて極めて高い費用対効果が期待でき，今後の更なる普及が期待される。

8.2 市街地交差点における対歩行者事故対策について

第6章のニアミスデータ分析結果から得られた対歩行者事故シナリオについて，模擬市街路コースで信号交差点右折時の横断歩道歩行者との衝突危険場面を再現する走行実

験を行った。その結果、他交通参加者（先行車両や対向車両）による運転者の注意分散と、歩行者への視界が一時的に阻害される場面では、「歩行者接近を予期しない交差点進行」が誘発された運転者において歩行者発見遅れが観察された。このことから、ニアミスデータ分析によって示された背景要因が、歩行者発見遅れに繋がることが確認された。

さらに、歩行者発見遅れに繋がる「歩行者接近を予期しない交差点進行」の対策案として、注意喚起の有効性についても前述のニアミス再現実験によって検討した(第7章)。具体的には、注意喚起情報の提供タイミングが交差点進行判断の前後によって、どの程度対策効果が異なるのかを横断歩行者へのブレーキ反応などの指標によって評価した。その結果、交差点での発進判断前のタイミングにおける注意喚起情報提供により、交差点内での走行速度低下と視覚探索行動の増加が促されることが確認された。

以上から、注意喚起情報提供によってトップダウン型処理が促進され、運転者が横断歩行者の出現可能性が高い方向についての予期や構えが形成されることで、歩行者発見遅れによる事故を防止できることがわかった。ただし、一般に市街地の信号交差点における歩行者への安全確認は、複雑な交通視環境から目立ちにくい視対象物の効率的な探索が必要なタスクである。走行実験結果において示された、注意喚起情報の提供による交差点内の走行速度低下は、トップダウン型探索を行う際の余裕を確保する意味で重要な運転行動変容と考えられる。

今後の課題として、直進時の対歩行者事故など他の事故発生パターンについても、本研究における事故防止対策の有効性を検証することが望まれる。また、運転支援システムへの展開のためには、注意喚起情報の提供方法（視覚や音声の活用、提供タイミング等）を含めた更なる研究を進める必要がある。

謝辞

本論文は、著者が筑波大学大学院システム情報科学研究科リスク工学専攻の博士後期課程在学中に、同大学大学院システム情報科学研究科 伊藤誠教授の指導のもとに纏めたものである。本論文執筆の課程において、伊藤教授より数多くの貴重な助言を頂くと共に、細やかなご配慮を頂きました。ご指導を賜ったこの一年間は、研究に対する取り組みの姿勢について、「初心」の大切さを再認識させて頂く貴重な機会となりました。この場を借りて、心より感謝を申し上げます。

本学大学院システム情報工学研究科 稲垣敏之教授、産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門研究部門長及び本学システム情報工学研究科連携大学院教授 赤松幹之博士、本学大学院システム情報工学研究科 鬼沢武久教授（知能機能工学専攻）、酒井宏教授（CS専攻）には、研究全般についての貴重なご意見とご指導を賜りましたこととお礼申し上げます。

なお本論文の一部は、日本自動車工業会におけるドライブレコーダ関連プロジェクトにおいて得られた成果より、公表された内容を纏めたものである。研究の課程において、様々なご支援・ご指導を頂いたプロジェクト関係者の皆様に深く感謝いたします。

本論文における出会い頭事故防止に関する研究は、久留米工業大学工学部 片山硬教授の日本自動車研究所在籍時に着手したものである。片山教授より頂いた多くのご指導とご鞭撻に対して心よりお礼申し上げます。また、元岐阜県警本部科学捜査研究所の福山邦男博士、日本自動車研究所の藤田和男氏からも、多くの貴重なご助言を頂きましたこととお礼申し上げます。

最後に、Delft University of Technology (Transport Policy and Logistics) の Karel Brookhuis 教授、及び University of Groningen の Dick de Waard 教授には、ドライビングシミュレータを用いた研究において、暖かなサポートと的確なご指導を頂きました。この場を借りて深い感謝の意を表します。Dank u wel !

参考文献

- Berthelon, C. & Mestre, D. (1993). Curvilinear Approach to an Intersection and Visual Detection of a Collision. *Human Factors*, 35, 521-534.
- Boersema, T., & Zwaga, H. J. G. (1990). Searching for routing signs in public buildings: the distracting effect of advertisement. . In D. Brogan, (Ed.), *Visual Search* (pp. 151-157). London • Washington, DC: Taylor and Francis.
- Boersema, T., Zwaga, H. J. G., & Jorens, K. (1993). Visual search in simple simulations of realistic scenes. *Perception and Motor Skills*, 77, 867-881.
- Burgess, M. (2005). *Contrasting rural and urban fatal crashes 1993-2004* (DOT HS 809 896). Washington, DC. National Center for Statistics and Analysis, US Department of Transportation.
- Cairney, P., & Catchpole, J. (1996). Patterns of perceptual failures at intersections of arterial roads and local streets. In A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrave, and S.P. Taylor (Eds.), *Vision in vehicles V* (pp. 87-94). Amsterdam: Elsevier Science.
- Charlton, S.G. (2003). Restricting intersection visibility to reduce approach speeds. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 817-823.
- Chovan, J.D., Tijerina, L., Pierowicz, J.A., & Hendricks, D.L. (1994). Examination of Unsignalized Intersection, Straight Crossing Path Crashes and Potential IVHS Countermeasures. DOT HS 808 152. Washington DC.
- Cole, B. L., & Jenkins, S. E. (1982). Conspicuity of traffic control devices. *Australian Road Research*, 12(4), 223-238.
- Cole, B. L., & Jenkins, S. E. (1984). The effect of variability of background elements on the conspicuity of objects. *Vision Research*, 24, 261-270.
- Crundall, D. E., & Underwood, J. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41(4), 448-458.
- David, N.A., & Norman., J.R. (1976). *Motor Vehicle Accidents in Relation to*

Geometric and Traffic Features of Highway Intersections: Vol. II—Research Report, Report No. FHWA-RD-76-129, Federal Highway Administration.

Engel, F. L. (1971). Visual conspicuity, directed attention and retinal locus. *Vision Research*, 11, 563-576.

Engel, F. L. (1974). Visual conspicuity and selective background interference in eccentric vision. *Vision Research*, 14, 459-471.

Finlay, D. (1982). Motion perception in the peripheral visual field. *Perception*, 11, 457-462.

藤田和男・内田信行・片山硬 (1998) 見通しの良い交差点での出合頭事故の調査 II 自動車研究, 20(5), 193-196.

福山邦男, 信田正美, 内田信行, 藤田和男, 片山硬 (2003), 見通しの良い交差点における交通事故防止対策の1事例 (鉢植え植樹の設置による効果), 日本機械学会 2003 年度年次大会講演論文集, Vol. VII, No. 03-1, 343-344.

Gronwall, D.M.A , & Sampson, H. (1974). The psychological effects of concussion. Auckland, New Zealand: Auckland University Press.

Hale, A. R., Quist, B. W., & Stoop, J. (1988). Errors in routine driving tasks: a model and proposed analysis technique. *Ergonomics*, 31(4), 631-641.

Hanna, J.T., Flynn, T.E., & Webb, L.T., (1976). Characteristics of Intersection Accidents in Rural Municipalities. *Transportation Research Record* 601. Transportation Research Board, Washington, DC.

Hoffmann, E.R., & Mortimer, R.G. (1996). Scaling of relative velocity between vehicles. *Accident Analysis and Prevention*, 28, 415-421.

Hole, G. J., & Tyrrell, L. (1995) The influence of perceptual 'set' on the detection of motorcyclists using daytime headlights. *Ergonomics*, 28, 1326-1341.

Hole, G. J., Tyrrell, L., & Langham, M. (1996). Some factors affecting motorcyclists' conspicuity. *Ergonomics*, 39(7), 946-965.

平成 23 年中の交通事故の発生状況, 警察庁交通局, (2012)

石田敏郎 (1999). バリエーションツリー分析による事故の人的要因の検討, 自動車技術会論文集, vol.30, No.2, 125-130.

Jenkins, S. E. (1982). Consideration of the effects of background on sign conspicuity. *ARRB Proceedings*, 11(5), 182-205.

Jenkins, S. E., & Cole, B. L. (1982). The Effect of the density of background elements on the conspicuity of objects. *Vision Research*, 22, 1241-1252.

Kulmala, R. (1995). Safety at rural three- and four-arm junctions: Development and application of accident prediction models, *VTT Publications* 233.

Laberge, J.C., Creaser, J.I., Rakauskas, M.E., Ward, N.J., (2006). Design of an intersection decision support (IDS) interface to reduce crashes at rural stop-controlled intersections, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 14 (1), 39-56.

Lee, J.D., McGehee, D.V, Brown, T.L., & Reyes M.L. (2002). Collision Warning Timing, Driver Distraction, and Driver Response to Imminent Rear-End Collisions in a High-Fidelity Driving Simulator. *Human Factors*, 44, 314-334.

Lee, P. N. J., & Triggs, T. J. (1976). The effects of driving demand and roadway environment on peripheral visual detections. *ARRB Proceedings*, 8, 7-12.

Leibowitz, H.W., Johnson, C.A., & Isabelle, E. (1973). Peripheral Motion Detection and Refractive Error. *Science*, 177, 1207 -1208

Ljung Aust, M. (2010). Generalization of case studies in road traffic when defining pre-crash scenarios for active safety function evaluation. *Accident Analysis and Prevention* , 42 (4), 1172-1183.

McLeod, P., Driver, J., Dienes, Z., & Crisp, J. (1991). Filtering by movement in visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(1), 55-64.

Najm, W.G., Smith, J.D. & Smith, D.L. (2001) Analysis of Crossing Path Crashes,

DOT HS 809 423., John A. Volpe National Transportation Systems Center for National Highway Traffic Safety Administration: Washington, D.C.

Neale V., Dingus T., Klauer S., Sudweeks J., Goodman M. (2005). An overview of the 100-car naturalistic driving study and findings, ESV Paper Number 05-0400.

Olson, P. L., & Sivak, M. (1986) Perception-response time to unexpected roadway hazards, *Human Factors*, 28(1), 91-96.

Rumar, A. (1990). The basic driver error: late detection. *Ergonomics*, vol. 33, No.10 1281- 1290.

Sanders A. F. (1970). Some aspects of the selective process in the functional visual field. *Ergonomics*, 13(1), 101-117.

Summala, H., & Räsänen, M. (2000). Top-down and Bottom-up processes in driver behavior at roundabouts and crossroads. *Transportation Human Factors*, 2(1), 29-37.

Summala, H., Lamble, D., & Laakso, M. (1998). Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 401-407.

Summala, H., Pasanen, E., Rasanen, M., & Sievanen, J. (1996) Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns. *Accident Analysis and Prevention*, 28, 147-153.

佐藤隆夫 (1992) ものの動きを見る 運動の知覚 科学, 62(6), 363-373.

シグナル, 対歩行者事故の発生実態と安全運転指導のポイント, No.397 (2006)

鈴木光太郎 (1995) 動物は世界をどう見るか 新曜社.

Theeuwes, J. (1991). Visual selection: Exogenous and Endogenous control. In A. G. Gale, I. D. Brown, C. M. Haslegrave, & S. P. Taylor (Eds.), (Eds.), *Vision in vehicles III* (pp. 53-61). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V.

Theeuwes, J. (1993). Visual search of Traffic scenes: On the effect of location expectations. In A. G. Gale, I. D. Brown, C. M. Haslegrave, & S. P. Taylor (Eds.),

Vision in vehicles IV (pp. 149- 158). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V.

Theeuwes, J. (1994). Stimulus-driven capture and attention set: selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(4), 799-806.

Theeuwes, J. (1995). Abrupt luminance change pops out; abrupt color change does not. *Perception and Psychophysics*, 57(5), 637-644.

Thomson, G. A. (1982) Do measurements of motorcycle conspicuity really measure conspicuity effects? *Ergonomics*, 25(9), 771-782.

Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D., Hume, R. D., Mayer, R. E., Stansifer, R. L., & Castellan, N. J. (1979). Tri-level study of the causes of traffic accidents: final report Volume1: Causal Factor Tabulations and Assessments, Report No. DOT-HS-805085.

田久保宣晃 (2005), 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.

田久保宣晃. (1998). 安全を支える交通事故分析, *自動車技術*, Vol. 52, No. 4, 26-30.

内田信行, 片山硬 (2001). 周辺視機能と出合頭事故, *心理学評論*, Vol. 44, No. 1, 37-46.

内田信行, 藤田和男, 片山硬, (1999). 見通しの良い交差点における出合頭事故防止の試み- 遮蔽フェンスによる発見しやすさの向上効果 -, *自動車研究*, Vol. 21, No. 6, 293-296.

内田信行ほか (2005), 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

Van Wolffelaar, P.C. & Van Winsum, W. (1995). Traffic simulation and driving simulation -an integrated approach. In *Proceedings of the Driving Simulator Conference (DSC'95)*. Toulouse, France: Teknea.

Watts, G. R. (1980) The evaluation of conspicuity aids for cyclists and motor cyclists. In D. J. Osborne & A. J. Levis (Eds.), *Human Factors in Transport Research*

(pp. 203-211), London: Academic Press.

Wierda, M., & Maring, W. (1993). Interpreting eye movements of traffic participants. In D. Brogan, A. Gale, & K. Carr (Eds.), *Visual Search 2* (pp. 287-300). London • Washington, DC: Taylor and Francis.

Wallén Warner, H., Ljung Aust, M., Sandin, J., Johansson, E., Björklund, G. (2008). Manual for DREAM 3.0, Driving Reliability and Error Analysis Method. Deliverable D5.6 of the EU FP6 project SafetyNet, TREN-04-FP6TR-SI2.395465/506723. Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.

Yantis, S. (1993). Stimulus-driven attentional capture. *CURRENT DIRECTIONS IN PSYCHOLOGICAL SCIENCE*, 2(5), 156-161.

(財)交通事故総合分析センター, 歩行者事故, イタルダインフォメーション, No. 50 (2004)

論文リスト

1. 査読付き学術雑誌論文

1.1 N. Uchida, D. de Waard, K. A. Brookhuis: Countermeasures to prevent detection failure of a vehicle approaching on collision course. *Applied Ergonomics*, Vol.42, No.4 (2011), 540-547.

1.2 内田信行, 田川傑, 川越麻生, 阿久津英作: 予防安全研究用ドライブレコーダを用いた歩行者認知遅れ要因の検討, *自動車技術会論文集*, Vol.41, No.1 (2010), 135-140.

1.3 N. Uchida, K. Fujita, T. Katayama: Detection of vehicles on the other crossing path at an intersection: visual search performance of elderly drivers. *JSAE Review*, Vol20, No.3 (1999), 381-386.

1.4 内田信行, 藤田和男, 片山硬: 見通しの良い交差点における出合頭事故について, *自動車技術会論文集*, Vol.30, No.1 (1999), 133-138.

1.5 A. Habibovic, E. Tivesten, N. Uchida, J. Bärgman, M. L. Aust: Driver behavior in car-to-pedestrian incidents: An application of the Driving Reliability and Error Analysis Method (DREAM), *Accident Analysis & Prevention*, Vol 50 (2013), 554-565.

2. 査読付き国際会議論文

2.1 N. Uchida, M. Kawakoshi, T. Tagawa, E. Akutsu : Naturalistic Driving Study for Understanding Human Error in Major Crash Types in Japan, 16th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Stockholm , Sweden, September (2009).

2.2 N. Uchida, D. de Waard, K. Fujita, K. A. Brookhuis, T. Katayama : Intersection accidents in rice fields: possible causes and a countermeasure, *Vision in Vehicles VIII*, 8th International Conference on Vision in Vehicles (VIV 1999), Applied Vision Research Centre, Loughborough University (2012), 307-316.

3. 査読なし学術論文

3.1 内田信行, 田川傑, 持田勤 : ニアミス再現実験による車両対歩行者事故の防止方策に関する研究, *自動車技術会 学術講演会前刷集*, No.57-12 (2012).

3.2 N. Uchida, M. Kawakoshi, T. Tagawa, T. Mochida: An investigation of factors contributing to major crash types in Japan based on naturalistic driving data, *IATSS Research*, Vol34, No.1(2010), 22-30.

- 3.3 内田信行, 福山邦男, 浅野陽一, 藤田和男, 片山硬: 運転者の周辺視特性に基づく出会い頭事故防止 -見通しの良い交差点での発見遅れメカニズムと交通視環境の改善, 自動車技術会 学術講演会前刷集, No. 51-05 (2005), 5-8.
- 3.4 内田信行, 片山硬: 周辺視機能と出合頭事故, 心理学評論, Vol. 44, NO. 1 (2001), 37-46.
- 3.5 内田信行, 藤田和男, 片山硬: 田園交差点での出合頭事故防止の試み -道路環境による衝突車両の視認性向上, 自動車研究, Vol122, No. 5 (2000), 216-219.