

## 論文の内容の要旨

### 論文題目

歩行者への不適切な横断開始予測に起因するドライバの判断エラーに関する研究

氏 名 田川 傑

近年、交通死亡事故は減少傾向にあるがその減少幅は縮小傾向にあり、交通事故数削減のための継続した検討が必要である。交通事故の発生には、ドライバのエラーが大きく関わっているとされ、今後の交通事故削減に向け、どのようなエラーが要因となったかを明らかにすることが重要である。特に人対車両事故は他類型（出会い頭、追突など）に比べ致死率が高い。また歩行中の死者の 70%程度は高齢者であり、今後迎える更なる高齢化社会において、人対車両事故の削減が重要となる。交通事故の発生要因に関し、ドライバのエラーを整理するために、多数のドライバモデルが検討されている。ドライバモデルでは交通環境やドライバ属性等、様々な要因が交通事故に繋がる可能性を持つとされる中、事故に繋がる可能性を持ったハザードに対するドライバの判断に基づく、ドライバの予測等の影響が組み込まれており、人対車両事故の発生にも影響を及ぼすと考えられる。従来研究では歩行者への視認を阻害する状況や、歩行者の見落とし等は多く検討がなされているものの、ドライバの歩行者に対する横断開始予測に起因するドライバ行動や、衝突リスクとの関係については明らかにされていない。この背景には、明確なリスク要因である視界障害物の存在等に比べ、ドライバの予測や判断は客観的なリスク要因として示すことが困難であることが推察される。ただし見えている歩行者との衝突可能性がある場合には、ドライバの歩行者に対する横断開始予測が重要になると予想される。そこで本研究では、人対車両事故の発生において、複雑な要因が存在する中のひとつとして、見えている歩行者に対するドライバの不適切な横断開始予測に起因し、どのようなエラーが誘発され、衝突リスクが向上するかを調べることで、ドライバのエラーの発生を明らかにすることを目的とする（第1章）。

ドライバの歩行者に対する横断開始予測は運転歴や経験等に依存するとされている。そこで本研究ではドライバ行動等の取得に先立ち、これまでの経験等によらず、多くのドライバに「横断してくるかもしれない」との予測や、「横断してこないだろう」との予測がなされやすい歩行者を調べるための調査を実施した。その結果、多くのドライバが共通して「横断してくるかもしれない」との予測をしやすい歩行者として、路側に道路側を向いた子供が立っている状況（「単独佇立（子供）」）が選択され、対して「横断してこないだろう」との予測をしやすい歩行者として路側における会話中の大人（「会

話佇立」）が選ばれ、歩行者の属性によってドライバの横断開始予測が偏ることが示唆された。以上の結果を基に、本研究における仮定として、「単独佇立（子供）」はドライバにより「横断してくるかもしれない」との予測が、対して「会話佇立」は「横断してこないだろう」との予測が相対的になされやすい対象として設定した（第2章）。

次にドライバの不適切な横断開始予測に起因したドライバのエラーの発生を調べるためには、用いる実験手法の特徴を把握し、適切な手法を選択することが重要である。本研究では、人対車両の衝突危険性のある場面の設定が可能であること、条件の統制・再現が可能であること、通常車両と同等の速度感覚が得られること、歩行者との衝突の危険性がある場面において通常車両と同等のドライバの対応が得られることを必要要件とし、DS及びテストコースにおける実車実験と比較した。その結果、搭載した液晶モニタに表示される前方風景をもとに実際に運転可能であり、前方風景にARを適用したCGを重ねることで危険場面の設定が可能となるJARI-ARVを選択した（第3章）。

次にドライバの歩行者に対する横断予測の違いによる、ドライバ行動の特徴を調べるための実験を実施した。まず歩行者が横断を開始しない条件における自車両の走行速度変化を調べた結果、「単独佇立（子供）」に比して、「会話佇立」の場合には、速度低減量が小さかった。また各種視認行動についても歩行者の横断に関するドライバの予測が影響していると見られる結果が得られた。特に歩行者に対する最終視認の切り上げ時（自車両と歩行者がすれ違う前の最後の視認を終了した時）の速度及び自車両と歩行者との相対距離をみると、高い走行速度及び大きな相対距離の時点で行われていた。これらの結果は、ドライバにとって危険対象となり得る歩行者への予測を基にした、速度選択の判断と、歩行者の動静確認の重要さの判断に関連すると考えられる。（第4章）。

しかし、走行速度の高さと視認行動に特徴が得られたものの、歩行者が横断をしない条件における結果であり、衝突リスクへの影響は明らかではない。そこで歩行者が横断を実行する条件における衝突リスクの変化を調べた結果、ドライバにより「横断してこないだろう」との不適切な予測がなされやすい「会話佇立」では、「横断してくるかもしれない」との予測がなされやすい「単独佇立（子供）」に比して、衝突リスクが高かった。その要因として、速度低減量が小さいことによる速度の高さと、歩行者の動静を確認するための視認を早々に切り上げてしまうことによる、歩行者横断開始後のブレーキ操作の遅延が挙げられた。つまり、ドライバにより「この歩行者は横断してこないであろう」との不適切な横断開始予測がなされることで、「速度選択の判断」と「歩行者への動静確認の判断」にエラーが生じると考えられ、これらの判断エラーはそれぞれが関連し、最終的に衝突リスクの増大につながると考えられる。このような言わば「エラーの連鎖」が発生することは、衝突リスクの増大のメカニズムの一端と考えられよう。ただしこれら「速度選択の判断」と「歩行者への動静確認の判断」のエラーによる衝突リスクへの影響は、歩行者が横断しない状況における行動との関連性が高いことから、歩行者の視認行動に基づく指標の検討により、歩行者横断開始時の衝突リスクを予測で

きる可能性も見出した（第 5 章）。

そこで、歩行者が横断しない条件における走行速度及び視認行動の特徴及び、「速度選択の判断」と「歩行者への動静確認の判断」のエラーの発生過程を応用した支援の一例を検討し、その効果を実験にて検証した。ここで「歩行者への動静確認の判断」のエラーが支援対象の場合には、ドライバの視線を誘導することに繋がり、その他の対象への視認機会を奪う可能性もあるため、慎重な検討が必要となる。そこで本研究におけるドライバ支援では「速度選択の判断」のエラーを対象として、これまでに得られた結果を応用し、速度の低減による衝突リスクの低減可能性を検討した。この支援の特徴としては、ドライバの視認行動を考慮することにより、支援の有無や内容が変化することである。すなわち、支援の有無を判定する速度の閾値をわずかに超過しているが、歩行者の動静を確認していた場合には、支援を行わないとの判定結果となり、ドライバの支援に対する信頼性の低下を防ぐ有効な手段となる可能性がある。実験の結果、速度低減効果による衝突リスクの低減及び、支援頻度の減少が確認された。この結果は、複雑かつ検知が困難なドライバによる歩行者への横断予測が、視認行動の特徴として現れることを応用し、衝突リスクの低減につながる速度の低下に加え、ドライバの支援への受容性の低下を減少させ得る支援の一方針として有用である可能性を示した（第 6 章）。

これまでにドライバによる歩行者への不適切な横断開始予測に基づく、ドライバの判断エラーの発生と、衝突リスクが増大する要因について述べた。しかし、これらの内容は実交通場面にて発生し得る状況かを調べる必要がある。そこで、ドライブレコーダにより収集されたヒヤリハットデータベースに記録された人対車両ヒヤリハット事例を分析し、ドライバの歩行者に対する「横断してこないだろう」との不適切な横断開始予測がなされた可能性がある事例の発生を調べた。その結果、横断前の歩行者への視認を遮る視界障害物が存在しない事例が確認され、ヒヤリハットデータの最大のメリットともいえる客観的な周辺環境や時系列データにより、その可能性を示した（第 7 章）。

以上の検討により、本論文では、人対車両事故の発生に関わるヒューマンエラー発生の一要因の推察から、歩行者への不適切な横断開始予測に起因した衝突リスク増大に繋がる具体的な運転行動を得たうえで、ドライバ支援への応用可能性までを一貫して実施したことで、今後の人対車両事故の削減に向けた検討に資するドライバのエラーに関する基礎的な知見が得られたと考える。

今後の課題として、本論文では歩行者への横断開始予測が衝突リスクに及ぼす影響に注目したため、対向車両や他歩行者等、他交通参加者の存在について実環境との差がある。そのため、そのような状況下の視認行動を分析し、衝突リスクをもとにした優先順位の割当等のアルゴリズムを検討する必要がある。またドライバの受容性が高い HMI や、逆に速度の低減を重視して支援頻度を上げた際の影響の検討及び、予測パラメータの精査等、支援マップの最適化がある。今後の展望として、本論文の内容は基礎的な知見ではあるが、支援の効果により速度の低減がなされた場合、衝突被害軽減ブレーキと

の相互作用により、傷害の軽度化及び衝突回避可能性が向上することで、人対車両死亡事故の減少につながると期待される。また本論文では人対車両事故を対象としたが、他事故類型においてもドライバによる他対象への「不適切な予測」が影響する可能性があり、本論文にて述べた知見の活用が期待される。以上により、今後の交通事故を削減し、交通事故死者数の低減に寄与する予防安全装置の開発に資する基礎的な知見となることを期待する（第8章）。

以上.