

論文の内容の要旨

論文題目 横断歩行者に対する認知エラーに繋がる
交差点右折中の運転行動に関する研究

氏 名 吉武 宏

本研究では、人対車両事故の典型的な事故形態である交差点右折場面を対象とし、運転支援の実現に向け、運転行動に基づいた歩行者との衝突可能性(衝突リスク)の評価を目指し、ドライバの横断歩行者の発見の遅れ(認知エラー)を引き起こす運転行動の特徴について検討した。

第1章では、本研究の背景および目的について述べた。人対車両事故は交通事故全体と比較して人対車両事故の死亡事故率が高く、死亡事故の低減にあたっては人対車両事故の低減が重要である。人対車両事故の発生頻度の高い事故形態は「単路直進」、「交差点直進」、「交差点右折」であり、ドライバの横断歩行者に対する認知エラーが事故の主要因とされているが、特に交差点右折事故では他形態と比べて危険認知速度が相対的に低く、ドライバは比較的視認しやすい横断歩道を横断中の歩行者が車両の近傍に接近するまで発見できていない特徴があり、ドライバの選択した運転行動が横断歩行者に対する認知エラーに影響していると推察できる。交差点右折時の事故件数は主要な事故形態のうち最多であり、さらに交差点右折時の運転は他形態と比較し、ドライバにとって難易度が高く、事故対策が必要な事故形態である。

交差点右折時を含む人対車両事故を防ぐ上で、衝突被害軽減ブレーキのように歩行者を検出し、自動的に衝突を回避する支援は有効であるが、現状の技術では周囲環境の状況やセンサの検出範囲、検出時間によって歩行者との衝突を回避できない場合がある。歩行者との衝突を直接回避するSafety Barrierではなく、ドライバの運転行動を衝突リスクの高い危険な運転行動から安全な運転行動へと変化させ、衝突する可能性のある状態への遷移を防ぐControl Barrierを設けることで歩行者との衝突を防止できると考えられる。このような運転行動を変化させる支援の実現には、ドライバの運転行動が歩行者と衝突する可能性が高いか評価できる必要がある。ドライバの横断歩行者に対する認知エラーに繋がる運転行動に基づき、認知エラーに起因する衝突リスクを予見的に評価できる可能性がある。しかし、人対車両事故に関する従来研究では、事故の特徴やその

発生要因については検討され、横断歩行者に対する認知エラーはドライバの注視配分や障害物による視界阻害等が影響することが指摘されているが、どのような運転行動の結果として認知エラーおよび衝突に至ったかについては明らかになっていない。

そこで本研究は、交差点右折時の対歩行者場面を対象とし、横断歩行者に対する認知エラーに繋がるドライバの運転行動の特徴を明らかにすることを目的として実施した。将来的に運転支援に適用することを目指し、本研究で明らかにする運転行動特徴の特性として、様々な交通環境において適用でき、衝突リスクを評価できること、横断歩行者に対する衝突リスクを低減できることが必要である。そこで、まず対象とする右折環境を選定し(第2章)、当該右折環境において認知エラーに至る運転行動の特徴について仮説を構築し(第3章)、検証した(第4章)。次に、様々な交通環境における適用可能性を把握するため、異なる交通環境における運転行動特徴や衝突リスク評価の差異について検討した(第5章)。続いて、運転行動特徴に基づく衝突リスクの低減可能性を把握するため、運転行動特徴に基づくドライバの運転行動変化と衝突リスクの低減の関係性について評価した(第6章)。最後に、検討した運転行動特徴が実環境における交通事故に対して適用できるかを明らかにするため、運転行動特徴を実環境における走行データに適用して評価した(第7章)。

第2章では、交差点右折時の横断歩行者に対する認知エラーに繋がる運転行動の特徴に関する検討に先立ち、交差点右折時の対歩行者事故がどのような交通環境下で発生しているかを明らかにし、本研究で対象とする運転シーンおよび道路環境条件を選定した。交差点右折時の人対車両事故について、交通事故統計データと、ドライバが歩行者との衝突を急制動で回避したヒヤリハットデータの分析に基づき、事故時の交通環境特徴および発生頻度の高い典型的な運転シーンを整理した。環境および運転シーンを整理した結果より、他の運転シーンのベースになる先行車や対向車の影響を受けずにドライバが信号交差点を右折する単独走行右折シーンを本研究の対象シーンとして選定した。

第3章では、横断歩行者に対する認知エラーに繋がる可能性のある交差点右折時のドライバの視行動を含む運転行動特徴の仮説を構築した。第2章で選定した単独走行右折シーンを対象としたヒヤリハット分析に基づき、運転シーンの特徴を明らかにした。さらに、横断歩行者に対する認知エラーに至るパターンの検討と、交差点右折中のドライバの視行動に関する既存研究の調査分析を実施した。検討および分析の結果より、単独走行右折シーンの運転行動特徴の仮説として、「交差点右折中の走行速度が高いことにより、横断歩行者を発見するまでの余裕時間が短くなる」ことと、「ドライバの視方向が右折先の進行方向に偏ることにより、横断歩行者を発見するまでの経過時間が長くなる」ことを設定した。そして、仮説を設定した運転行動特徴を反映し、予見的に衝突リスクを評価できる運転行動指標として、車両が対向車線に進入するタイミングである中

央線通過時における速度指標と走行軌跡の曲率指標をそれぞれ設定した。

第4章では、第3章で構築した単独走行右折時の横断歩行者に対する認知エラーに繋がる運転行動特徴の仮説を検証した。仮説を検証するため、実車を用い、テストコースにおいて単独走行右折時に横断歩行者が出現する場面を実験的に再現し、視行動を含む運転行動を計測する実験を実施した。実験結果より、走行速度と横断歩行者を発見するまでの余裕時間が、ドライバの視方向と横断歩行者を発見するまでの経過時間がそれぞれ有意に相関することを示し、第3章で構築した単独走行時における運転行動特徴の仮説が検証された。また、第3章で設定した運転行動指標は、1指標では衝突リスクを十分に評価できないが、2指標を組合せることにより衝突リスクを評価できることを示した。

第5章では、第4章で検証した単独走行右折時の運転行動特徴を、単独走行右折シーンとは異なる運転シーンあるいは道路環境条件における交差点右折に適用し、その適用可能性を実験により評価した。運転シーンとして先行車に追従して交差点を右折するシーンと、対向車待ち後に対向車間を右折するシーンを、道路環境として交差点車道幅を条件とし、第4章で実施した実験と同様な交差点右折時に横断歩行者と遭遇する再現実験を実施した。単独走行右折シーンとは異なる交差点右折環境では、横断歩行者に対する認知エラーが発生する要因が単独走行右折シーンと一部異なり、異なる認知エラーに繋がる運転行動特徴が見られた。ドライバの運転行動の横断歩行者に対する衝突リスクは、単独走行右折時の運転行動特徴を反映する運転行動指標のみでも一定の精度で評価できたが、運転シーンや道路環境条件に応じた各運転行動特徴を反映する指標を加え、各指標の重みを適切に設定することで、より精度高く評価できることを示した。

第6章では、第4章で検証した運転行動特徴に基づき、ドライバの運転行動を変化させた際の衝突リスクの低減効果を評価した。まず、第4章で検証した運転行動特徴に基づいて設定した運転行動指標が示す衝突リスクが低減する方向に運転行動を変化させる操作介入手法(操舵介入手法とブレーキ介入手法)を設定した。そして、運転行動変化による横断歩行者に対する衝突リスクの変化を評価するため、操作介入方法を実装したドライビングシミュレータを用い、単独走行右折シーンの再現実験を実施し、実験で取得したデータを用いて様々な条件の横断歩行者に対する発見およびブレーキをシミュレートし、衝突リスクを算出して評価した。右折軌跡の曲率を減少させる操舵介入により、横断歩行者を発見する距離が長くなり、緊急性の高いブレーキを踏む割合が減るとともに、横断歩行者の見落としが減り、衝突リスクが低減されることを示した。また、速度を低下させるブレーキ介入により、横断歩行者を発見する速度が低くなり、余裕のある状態で横断歩行者に対してブレーキを踏む割合が増え、衝突リスクが低減されることを示した。以上の結果より、単独走行右折時の認知エラーに繋がる運転行動特徴に基づい

て、運転行動を変化させることにより、衝突リスクが低減されることを示した。

第7章では、第4章で検証した単独走行右折時の認知エラーに繋がる運転行動特徴が、実環境下において衝突リスクの高い事象を説明できるかを評価した。実環境における衝突リスクの高い事象としてヒヤリハット事象を評価対象とし、ヒヤリハット事象について単独走行右折時の運転行動特徴を反映する運転行動指標を算出し、評価した。評価結果より、第4章の統制環境下実験の走行と同様に、実環境においても、明らかにした認知エラーに繋がる運転行動特徴が単独走行右折シーンの範囲において、衝突リスクを説明できることを示した。

第8章では、本論文の結論と、今後の課題と展望について述べた。

本研究における検討を通して、交差点右折時の対歩行者場面において、異なる運転シーンや道路環境において衝突リスクを評価でき、かつ横断歩行者に対する衝突リスクを低減できる、ドライバの横断歩行者に対する認知エラーに繋がる運転行動の特徴を明らかにした。明らかにした運転行動特徴は、衝突リスクの高い運転行動を予見的に検出でき、運転行動を変化させることで衝突リスクを低減できる特徴を有しており、操作介入支援等への活用が今後期待される。