

氏名	及川 昌子	
所属	システムデザイン研究科 システムデザイン専攻	
学位の種類	博士（工学）	
学位記番号	シス博 第95号	
学位授与の日付	平成29年9月22日	
課程・論文の別	学位規則第4条第1項該当	
学位論文題名	交通事故による自転車乗員頭部外傷の発生要因解明と頭部保護に関する研究	
論文審査委員	主査 教授	青村 茂
	委員 教授	久保田直行
	委員 教授	長谷和徳
	委員 教授	新田 収

【論文の内容の要旨】

日本において自転車のニーズは多様化し、幅広い年齢層に利用されている。一方、交通弱者である自転車乗員の死亡者数は、ピーク時1989年の1,210人が2016年は509人となり58%減少したが、最近の過去10年間はほぼ横ばいの推移である。自転車事故の特徴として、都道府県別事故件数は人口の多い都市を抱える都県（東京、大阪、愛知県）が上位を占め、事故の相手当事者は80%以上が四輪車（以下、車）である。自転車と車の衝突では自転車乗員が受傷する可能性が高いが、自転車乗員保護に特化した車への法規は現時点で採用がない。事故防止対策を講じるためには、交通事故発生要因及び事故と自転車乗員外傷との関係解明が必要だが、それらは十分に解明されていない。特に、自転車乗員の頭部外傷による重症化は対策すべき重要な課題である。

本研究では、自転車事故の環境的・人為的要因、事故と頭部外傷との関係、自転車乗員の年齢と頭部外傷の関係等の多角的視点から潜在する問題点を明確にし、自転車乗員頭部外傷の発生要因解明により有効な頭部保護対策を模索することを目的とする。本目的を達成するため、本論文は6つの章から構成されている。

第1章では、自転車保有台数の増加傾向に伴い、交通事故による自転車乗員保護の重要性を示す。自転車事故の特徴として、都市部、事故相手当事者の車、自転車乗員の外傷、特に頭部外傷を示した上で本研究の目的と本論文の構成を述べる。

第2章では、自転車事故件数の多い東京都の一つの市を対象とし、以下の3つの手法(1)自転車利用者アンケート、(2)自転車交通事故の実態調査、(3)ビデオ撮影による交差点での自転車走行状況調査、を経て自転車事故の発生メカニズムを分析する。(1)、(2)、(3)の

分析から、交差点での出会い頭、自転車の走行速度、死角、車の存在など、事故発生に至る環境的・人為的要因を解明する。

第3章では、日本全国で発生した自転車交通事故データ（警察庁）及び救命救急センターの患者データ（医療機関）を基に、自転車乗員外傷の特性を身体部位別に整理する。交通事故データ解析では、死亡自転車乗員の場合、車の形状、年齢帯の違いに関係なく、致命傷部位として頭部が高い割合を示す。セダンとの衝突で頭部外傷による死亡自転車乗員のヘルメット着用率は僅か2.3%を示す。さらに、重傷・死亡ともに車の走行速度30 km/h以下で衝突した場合、頭部外傷の主原因は車に比べ路面衝突が多い。患者データ解析により、自転車乗員の頭部外傷で意識障害有り(15人)では、頭蓋骨骨折(33.3%)、脳挫傷(66.7%)が多い。

第4章では、第3章で得られた結果を基に、自転車乗員の頭部外傷の起因として車及び路面との衝突に着目し、人間の頭部を模した頭部インパクトと自転車用ヘルメットを使用し、車及び路面への衝撃実験を実施する。頭部が車前面（Aピラー）及び路面に衝突した時のヘルメット着用効果を頭部傷害HIC（Head Injury Criterion）値で評価する。車への衝撃ではヘルメット装着のHIC値は装着無しに比べて59.5%減少するが、重篤以上の頭部傷害になる確率が100%となるHIC値（2644）を示す。路面への衝撃では、ヘルメット装着のHIC値は86.4%減少し、重篤以上の頭部傷害となる可能性は極めて低いHIC値（885）を示す。

第5章では、路面衝突による頭部外傷（第3章）及びヘルメット効果（第4章）に着目し、頭部及びヘルメット有限要素モデルを用いて、頭蓋骨骨折や脳傷害発症時のヘルメット効果を定量的に求める。ヘルメットモデル検証に際し、第4章の路面衝撃実験結果と比較する。まず、自転車単独事故として高さ1.5 mに位置する自転車乗員の前額部及び側頭部が、路面に対して角度90度で衝突する場合を想定し、頭部モデルを使用した再現解析を行う。高さ1.5mは自転車乗車中の成人男性5人の眼高を計測した平均値1.53mに基づく。次に、出会い頭事故（第2章）に着目し、車と出会い頭衝突後の自転車乗員頭部と路面との衝突を想定し、頭部外傷の発症時のヘルメット効果を推定する。ヘルメット装着により、頭蓋骨最大ひずみ3.3%~4.9%が0.1%~0.3%に減少し、頭蓋骨骨折発症の可能性が極めて低減される。しかし、脳モデルの最大圧力（脳内血腫）1207kPa~2203kPaが826kPa~1514kPaに、最大負圧（脳挫傷）-1084kPa~-1879kPaが-688kPa~-1168kPaに、最大ミーゼス応力（脳挫傷）13.6kPa~33.3kPaが9.9kPa~23.7kPaに減少したが、いずれも発症予測閾値を超えており、脳傷害発症の可能性を示唆する。中度DAI（diffuse axonal injury、びまん性軸索損傷）、重度DAIは最大ミーゼス応力を用いて予測し、ヘルメット装着により、中度DAIは1%~95%が1%~7%に、重度DAIは1%~51%が1%~7%に発症リスク減少を示し、ヘルメット保護効果の可能性が示唆される。

第6章では、本論文の結論として得られた成果を総括する。頭部保護への自転車用ヘル

メット効果を調査した結果，路面への衝撃では効果が極めて高く，特に頭蓋骨骨折に対して保護効果が高いことが示唆される．最後に，今後，必要とされる課題や展望について述べる．