

【学位論文審査の要旨】

2017年7月に受理された首記標題の博士（工学）の学位申請論文に対して、本学の学位規則に従い最終試験を行った。上記4名の論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った結果、専門科目について十分な学力があるものと認めた。さらに公開の席上で論文発表を行い質疑応答を行った。本論文は学術的並びに工学的に社会に資することを確認し、これらの結果を総合的に審査した結果、合格と判定した。

以下に審査内容の要約を記す。

本研究では自転車乗員保護、特に頭部外傷による重症事故防止のための新たな安全対策を模索するために、まず自転車事故発生の要因、車との衝突事故による頭部外傷の発生メカニズムを明らかにした。次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してヘルメットの着用効果を評価した。さらに路面との衝突による頭部外傷のヘルメットによる軽減効果を示すために、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と脳傷害発症時のヘルメットの効果を症状別に詳細に求めた。以下に成果の詳細を示す。

(1) 自転車事故件数の多い東京都の一つの市を対象とし、自転車利用者アンケート、自転車交通事故の実態調査、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し、交差点での出会い頭、自転車の走行速度、死角および車の存在など事故発生に至る環境的要因を明らかにした。

(2) 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し、死亡事故の場合、車の形状や年齢帯の違いに関係なく致命傷部位として頭部が最も高い割合を示したが、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%であった。さらに重傷・死亡ともに車の走行速度30km/h以下で衝突した場合、頭部外傷の主要原因は車に比べ路面衝突が多く、頭蓋骨骨折(25%) くも膜下出血(16%)、硬膜下血腫(12%)の順に多いことを示した。

(3) 得られた調査結果を基に自転車乗員の頭部と車及び路面との衝突に着目し、頭部インパクトと自転車用ヘルメットを使用し、車及び路面への衝突実験を実施し、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 Criteria)値で評価した。車との衝突ではヘルメット装着時のHIC値は装着無しに比べて59.5%減少したが、依然として重篤以上の頭部傷害を発症する高い値を示した。路面への衝突ではヘルメット装着のHIC値は86.4%減少し、かつ重篤以上の頭部傷害を示す値も大幅に減少した。

(4) 路面衝突による頭部外傷及びヘルメット効果に着目し、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と脳傷害発症時のヘルメット効果を症状別に詳細に求めた。ヘルメット装着により、頭蓋骨骨折、脳内血腫、脳挫傷発症の可能性は極めて低減されるが、いずれも発症予測閾値は超えており脳傷害発症の可能性が残ることが示唆された。中度 DAI (diffuse axonal injury ; びまん性軸索損傷)、重度 DAI はヘルメット装着により共に大幅に発症閾値を下回り、ヘルメット保護効果の可能性が示唆された。

本論文で得られた成果は、自転車交通事故時のヘルメット装着時の頭部損傷予防効果と未装着時の損傷の重篤さを定量的に示すものであり、今後自転車用ヘルメットの装着率の向上に向けて大いに活用されることが期待される。