

交通事故予防安全のための生体損傷・特性解析に関する研究

金 田 悠 拓*

Biomechanical study on injury analysis and characterization for accidental safety and prevention

by Yutaku KANETA

本研究は、交通事故時に歩行者もしくは運転手が被る主な外傷に焦点を当て、その外傷部位の力学的特性・損傷メカニズムを明らかにすることで、被害者側つまりヒト側のデータから車両の安全設計においては死傷者数の軽減に繋げようとするものである。近年、交通事故による死者数は減少傾向にある一方で、事故の発件数および負傷者数は、依然として高い水準を示している。このような状況を打破する目的として、車両安全装置の開発や傷害部位および程度を予測することによる救急治療の迅速化が求められているが、そのいずれにおいても、人体傷害発生メカニズムの解明が不可欠である。本論文では、歩行者の損傷部位として“下肢”、運転手の損傷部位として“肝臓”に着目し、ヒトの代替材料であるブタの生体組織を対象に、各種力学試験を実施した。歩行者事故における最も一般的な損傷部位である脚部についての従来の問題点は、車体形状や車両衝突速度等の車両側の傷害に影響を与える因子は調査されているが、衝突時のヒト側の傷害に影響を与える因子については調査されていない点である。さらに、複合体である膝関節を受傷した場合、単純な骨よりも損傷が複雑で、治療が困難であることも問題点として挙げられる。そこで、交通事故環境の再現を優先した下肢の側面衝撃試験、および、部位の破壊を目的とするコンポーネントレベルに範囲を絞った膝

関節の動的三点曲げ試験を実施した。一方で、運転手の損傷部位の一つである肝臓については、フルスケールレベルの試料を用いた研究例が極めて少ないことが問題であり、事故を再現した応用的実験の前段階として、被膜に覆われた状態の肝臓単体を対象とした基礎的な力学特性の把握を目的とし、準静的圧縮試験を実施した。

本論文は、全6章から構成されている。以下に本論文の内容について述べる。

第1章「緒論」では、研究背景と目的、本論文の構成について述べている。

第2章「研究分野の基礎知識」では、下肢および肝臓の構造や機能について明示し、歩行に関する専門用語についても説明している。

第3章「立脚期・遊脚期による大腿骨骨折リスクの差異評価」では、車両衝突時の歩行状態が、歩行者の大腿骨骨折リスクにどのような影響を及ぼすのかを明らかにするため、より現実の交通事故時の環境に近付けた境界条件の下、ブタ後肢に対して側面衝撃試験を実施した。294.3Nのpreloadを作用させた試料（立脚期を再現）と作用させない試料（遊脚期を再現）に対して、質量3kgのImpactorを12km/hの衝突速度で外側より衝突させ、大腿骨内側骨幹部に生じるひずみ応答をロゼットゲージにより測定したところ、preloadの影響により、大腿骨骨幹部に生じ

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 新潟大学ベンチャービジネスラボラトリー
[新潟大学博士(工学) 平成22年3月23日授与]

る最大せん断ひずみが有意に増加する結果を得た。このことから、交通事故時の歩行周期（遊脚期 or 立脚期）は、大腿骨に生じるせん断力に影響を与えることが示唆された。

第4章「膝関節の傷害特性評価」では、膝関節における損傷の発生を目的とした動的三転曲げ試験をブタ膝関節に対して実施し、その傷害特性について検討を行った。支点間距離280mmで単純支持した試験料に向けて、質量21kgのImpactorを自由落下させることで衝撃力を加え、膝関節に曲げによる損傷を発生させたところ、衝突速度の増加に伴い、①内側側副靭帯（MCL）単独の損傷、②MCLおよびその他の軟組織を含んだ複合的損傷、③大腿骨遠位端の骨折、と膝関節の損傷形態が変化することを示した。また、膝関節に損傷が発生する傷害基準が、曲げモーメント136～320Nmの範囲に存在すること、ヒト膝関節を使用した他の文献との比較により、ブタとヒトの膝関節の曲げによる傷害基準に大きな差は無いことを明らかにした。

第5章「フルスケールレベルにおける肝臓圧縮特性の取得」では、従来の切り出された試験片ではなく、被膜に覆われた状態の肝臓単体の圧縮特性把握を目的として、準静的な圧縮試験を実施し、以下の結果を得た。

・ブタ肝臓の持つ4部位（外側左葉、内側左葉、外

側右葉、内側右葉）の圧縮特性には、有意な差は存在しない。

・肝臓を圧縮する物体の形状によらず、ほぼ一定の圧縮率により荷重の降伏が発生する。

・肝臓内部損傷の発生は、荷重の降伏とほぼ時間的に一致する。

これらの結果から、“圧縮する物体の形状によらず、ほぼ一定の圧縮率で肝臓の内部に損傷が発生する”ことが示唆された。

第6章「結論」では、本研究で得られた結果に基づき、本論文の総括および今後の展望について述べている。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、ご指導、ご協力を賜りました新潟大学工学部機械システム工学科の原利昭教授に深く感謝いたします。試験装置の作製においては、新潟大学工学部技術部職員の宮島雅博先生に多大なるご協力を頂きました。ここに深く御礼を申し上げます。また、本論文を校閲・審査して頂いた、新潟大学工学部の田邊裕治教授、谷藤克也教授、新田勇教授、鳴海敬倫教授、医学部の坂本信教授、地域共同研究センターの尾田雅文教授の6名の方々に深く御礼申し上げます。最後に、様々な助言、ご協力を頂いた材料力学研究室の学生の皆様に御礼を申し上げます。