

## 【論文審査の要旨】

打撲や殴打による頭部への強い衝撃で発症する外傷性脳損傷（TBI）における脳神経損傷は後の高次脳機能障害の主因となる深刻な病態であるが、CT や MRI の画像には現れない。さらに TBI では多くの場合、事故の経緯や頭部への衝撃の過程が不明であるため、初期の診断において脳神経損傷は見過ごされることが多く、その後に発症する脳の障害の予測ができない。適切かつ迅速な医療対応のために、事故の忠実な再現による頭部への衝撃、さらに詳細な解析による様々な脳損傷の発症リスクを求める手法の確立が強く求められている。

そのような社会的な問題を背景として、本論文では計算力学的手法を基に、頭部損傷事故の再現と解析を行って、頭部への衝撃の過程を明らかにすると共に頭蓋内の詳細な力学パラメータを求め、その結果を基に脳震盪、びまん性軸索損傷等の脳神経損傷をはじめとする様々な脳損傷の発症リスクを求める手法を提案した。得られた成果を以下にまとめた。

### （1）マルチボディモデルと頭部有限要素モデルによる解析システムの提案

全身マルチボディモデルによる事故の再現を行い、それにより得られる頭部衝突時の並進および回転速度／加速度を求め、それらを初期条件として頭部有限要素モデルに入力し、頭蓋内各部の詳細な力学パラメータを得るシステムの提案を行い、その有効性を示すと共にシステムの入出力パラメータを定義した。

### （2）様々な事故データのシステムへの入力条件の明確化

実際の事故の再現においては負傷者の身体情報を始めとして、衝突スピード、環境物体の形状と材料定数が必須情報であるが、事故の種類および情報の入手先や経路によってその形態や情報量が様々である。不足データは様々な条件設定を行って繰り返し計算により補う必要がある。また予防や安全のための設計においては疑似事故情報を想定する必要がある。本論文では複数の医療機関やスポーツ組織から得た様々な事故情報を基に事故の再現に必須の入力データの明確化を行った。

### （3）脳損傷の発症リスク予測のための評価基準の検証

脳損傷の発症リスクの予測には、評価基準としてそれぞれの症状に対して並進加速度を中心としたもの、回転加速度を中心としたもの、両者の混合によるものおよび、応力、歪み、歪み速度等多くの評価基準が提案されている。本論文では交通事故、転倒・転落事故、アンリカンフットボールや柔道等のスポーツ事故等の事故症例における様々な脳損傷に対して

これらの評価基準を適用し、どのような場合にどの基準が有効であるかを事例と共に具体的に示した。

最後に、将来展望として現在最も深刻である高次脳機能障害の発症予測に対して、本システムの適用の可能性をいくつかの事例の解析と共に述べた。

以上のように、本論文は TBI における様々な脳損傷の発症リスクを定量的に予測することの学術的意義を示すと共に、事故の再現と頭部損傷部位の可視化による診断支援への応用の可能性を示した。よって本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があるものと認められる。

（最終試験または試験の結果）

本学の学位規則に従い最終試験を行った。公開の席上で論文発表を行い、論文審査委員を含む学内外からの多数の出席者による質疑応答を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。