

AIによる動画像解析を用いた 頭部外傷を予防のための研究

～動画像解析・筋骨格モデルシミュレーションによる
柔道受け身動作の解析～



第一工科大学工学部 竹下康文

本研究はJKA研究補助事業（競輪）の補助を受けて実施しました（2025M-427）

研究の背景

- スポーツによる重度頭部外傷は年間約500件報告されており、柔道・アメフト・競輪などのコンタクトスポーツで発生が多い
- 柔道における傷害は、初心者から競技者まで共通して、投げ技を受けた瞬間の転倒時に多く発生することが指摘されている (全日本柔道連盟, 2020)
- 特に頭部・頸部・上肢の傷害は、競技の継続を困難にするだけでなく、日常生活にも大きな影響を及ぼす (Kamitani et al., 2013)
- これらの傷害の多くは、投技を受けた際の不適切な受け身動作に起因する (MURAYAMA et al., 2020)
- 受身動作において頭部へかかる負荷については十分に検討されていない
- AIによる動画像解析にて安定したモーションキャプチャーデータと頭部への負荷を推定することができる筋骨格モデルシミュレーションを活用した新たな解析手法が必要である

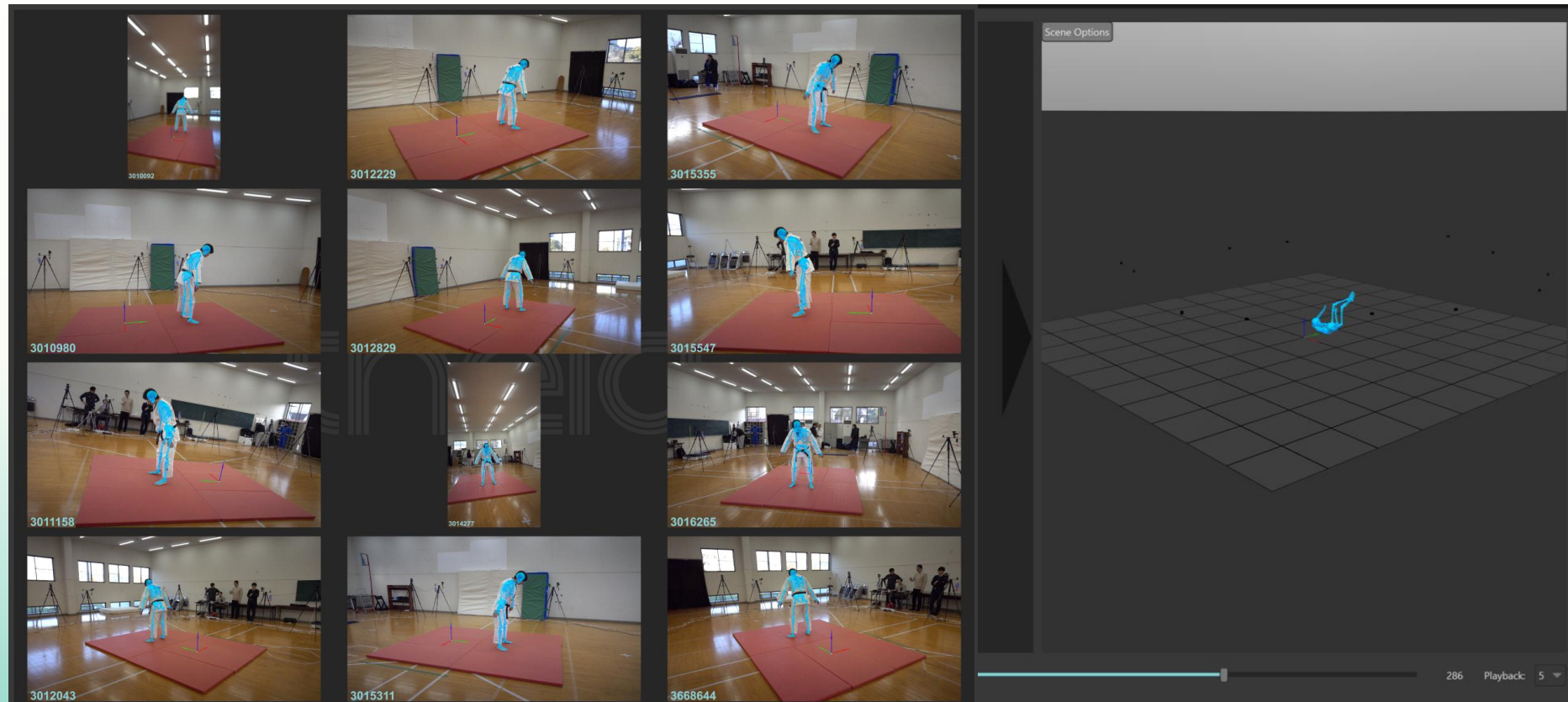
- 柔道受け身動作を動画画像解析により再現する
- 筋骨格モデルシミュレーションを用いて身体負荷を推定する
- 頭部・頸部への衝撃メカニズムを解析する
- 頭部外傷予防につながるトレーニング・防具開発へ応用する



合計12台のカメラを同期して測定空間を囲んで撮影

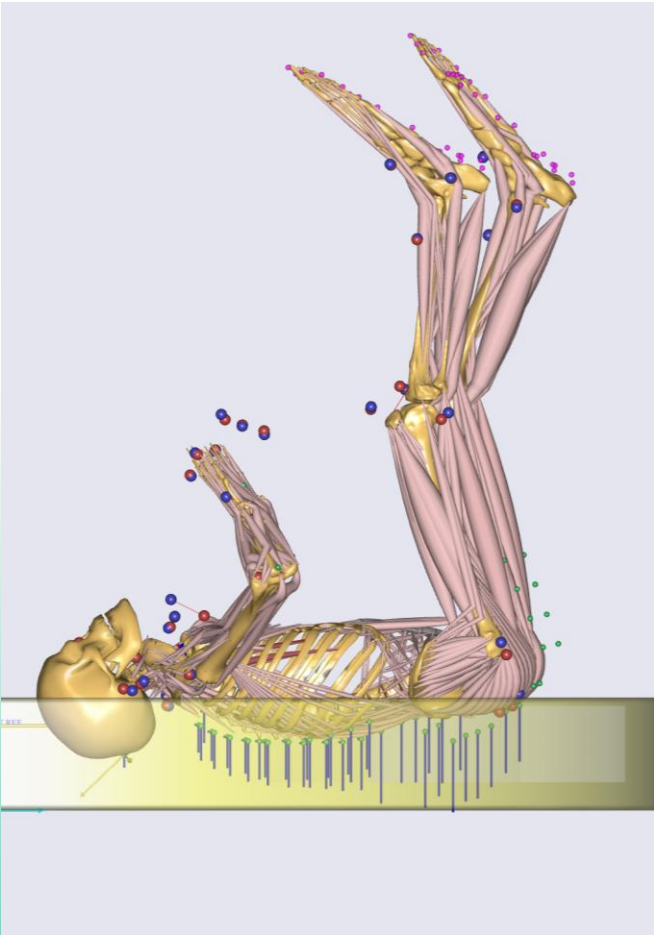
- 計測用カメラ (Sony RX0-II)
- カメラコントロールボックス (SonyCCB-WD I)
- LANHUB (NETGEAR)
- LANケーブル

方法 Theia3Dの骨格推定エンジン



1. 撮影した動画をTheia3Dに入力
2. 姿勢推定エンジンにより12台それぞれの画角での骨格を推定
3. 推定された姿勢をキャリブレーションデータをもとに補正し、3次元モーションキャプチャーデータを構成する

方法 筋骨格モデルシミュレーション

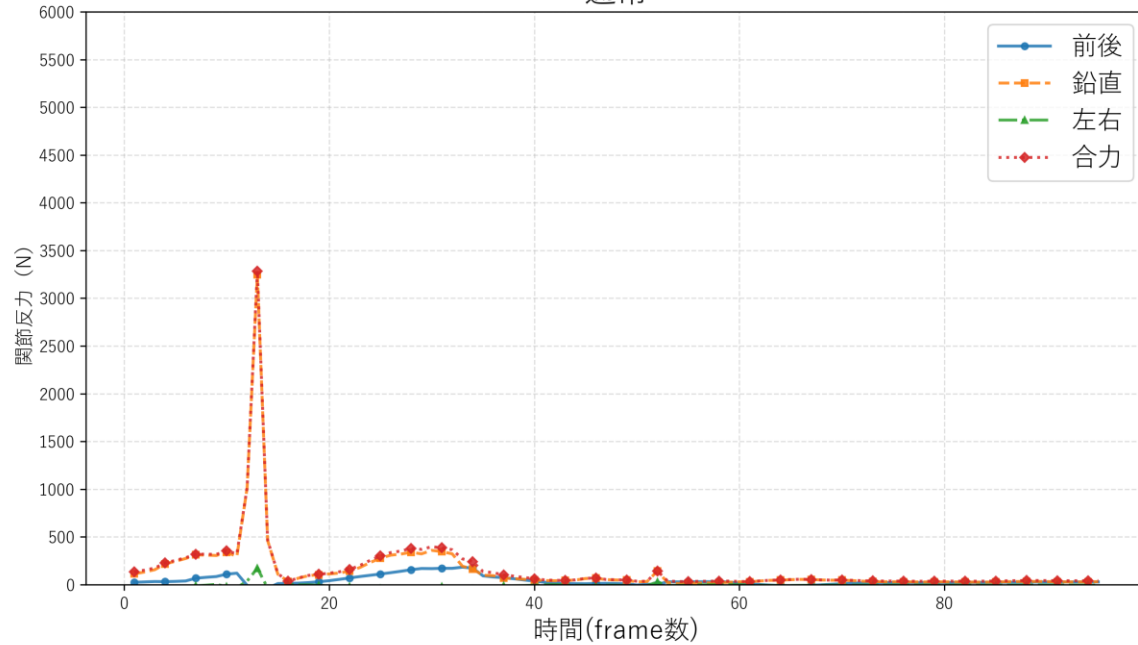


作成したモデル

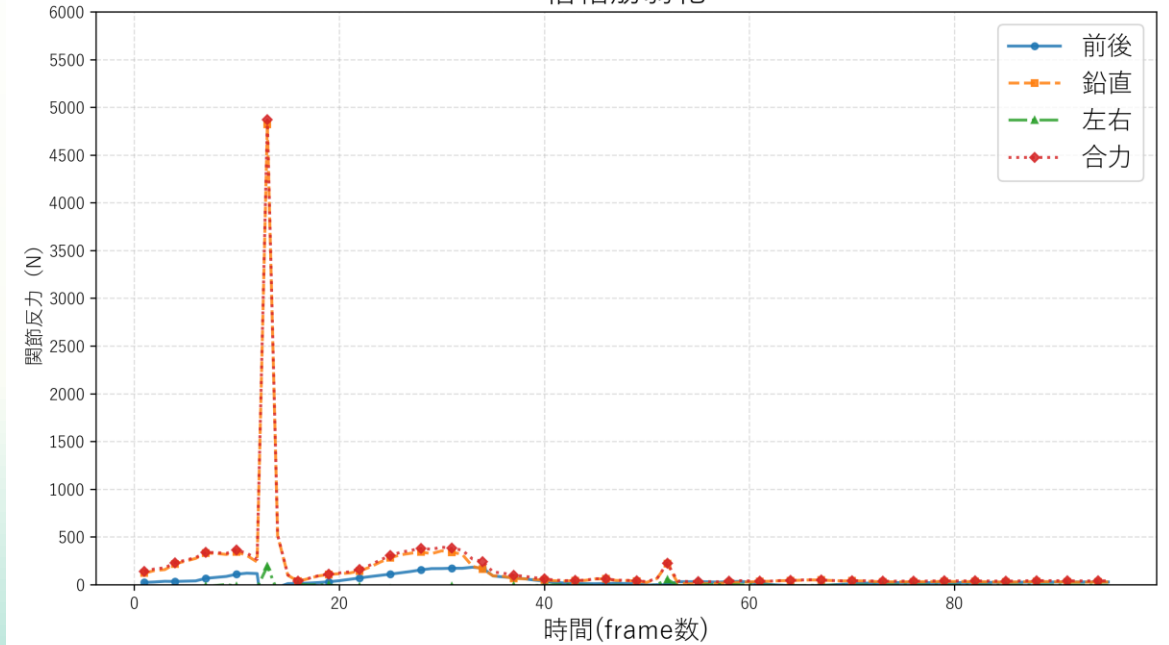
1. 出力された3次元モーションキャプチャーデータを筋骨格モデルシミュレーションソフト(AnyBody7.3)へ入力
2. 対象者(1.82m、100kg)の身体情報を反映したモデルを作成し、受け身動作時の床反力を最適化法により推定
3. 逆運動力学解析により、後頭骨環椎関節反力をメインアウトカムとして出力する
4. トレーニングを想定して僧帽筋出力0.5倍のモデルも作成し、「頸部が弱化した場合に後頭骨環椎関節反力が変化するのか」をシミュレーションし比較検討を行う

結果 後頭骨環椎関節反力

通常



僧帽筋弱化

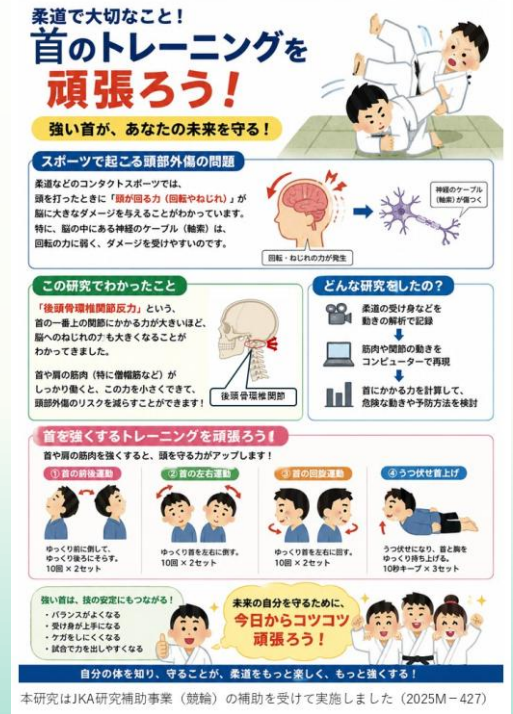


- 受け身動作を行った際の、後頭骨環椎関節反力のピーク値は3283Nであり、受け身の瞬間には後頭骨環椎関節に大きな力が発生していることがわかった。
 - 僧帽筋の出力を0.5倍に弱化させたシミュレーションにて受け身動作を行った際の後頭骨環椎関節反力のピーク値は4869Nであった。
- 僧帽筋のような頸部周囲の筋肉出力は受け身動作時の後頭骨環椎関節反力を低下させる可能性が示唆された。

考察 頭部外傷予防について

- 本研究では、頭部外傷の指標として「後頭骨環椎関節反力」に着目した。
- 後頭骨環椎関節は、頭蓋骨と頸椎をつなぐ最上位の関節であり、頭部に衝撃が加わった際、その力が最初に頸部へ伝達される重要な部位である。
- スポーツによる頭部外傷では、単純な「頭部への直線的衝撃」だけでなく、頭部と頸部の急激な回転運動や捻転運動によって脳内部にせん断応力が生じることが問題となる。特に脳内の軸索は回転加速度に弱く、軸索損傷の発生には頭頸部の捻転運動が深く関与しているとされている。(Lota KS, et al. 2022)
- 本研究で解析対象とした後頭骨環椎関節反力は、単なる接触衝撃ではなく、「頭部と頸部間で発生する力学的負荷」を反映している。
- そのため、この関節反力が増大することは、頸部を介した頭部回転モーメントや捻転ストレスの増加につながり、脳内軸索への負荷増大を引き起こす可能性がある。
- 一方で、僧帽筋など頸部周囲筋の機能を維持・向上させることで後頭骨環椎関節反力が低下する傾向がみられたため、頭部と頸部の急激な相対運動を抑制できる可能性があるといえる。これは、脳内軸索に加わる捻転ストレスを軽減し、脳振盪やびまん性軸索損傷などの重篤な頭部外傷予防につながる可能性を示唆している。

- 特に事故が多いとされる柔道初学者へは、頸部のトレーニングが不可欠であり、啓発活動を行っていくことで頭部外傷予防が図られることを期待する。
- 本研究の内容と簡単な頸部のトレーニングの方法をまとめたフライヤーを作成した。



啓発のためのフライヤー

- 頭部外傷予防に効果的な防具の開発を検証するシミュレーションも引き続き行っており、本研究を基礎としてさらにこの分野の研究が加速していくことを期待する。