

令和 4 年 6 月 19 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11558

研究課題名(和文)セカンドインパクトを防ぐための症例ビデオに基づく脳震盪の発症リスク推定

研究課題名(英文) Estimating the injury risk of cerebral concussion based on reproduction analysis of case videos to prevent second impact syndrome

研究代表者

張 月琳 (ZHANG, Yuelin)

上智大学・理工学部・准教授

研究者番号：20635685

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、脳振盪の発症リスク推定手法の汎用性および推定精度を高めるために、多方向ビデオ映像による3次元画像解析手法を用いた動作解析の自動化手法を提案した。提案したシステムを用いて4方向から撮影された小学生が受けとなる柔道の投げ技を解析した。柔道の取りの体格の変化が受けの頭部に生じる力学負荷への影響を定量的に評価できたため提案手法の有用性を示した。スポーツ脳振盪において、収集した脳振盪の受傷時のビデオを解析し、各受傷の機転で得られた頭部に生じる頭部への衝撃力、頭部重心に生じる並進・回転加速度を定量的に比較した。その結果、本提案システムによる脳振盪発症メカニズムの解明が可能であることを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では事故時のビデオのみで脳振盪の発症リスクを推定するシステムの提案した。頭蓋内の力学負荷を時間的・空間的な分布を可視化によって、高力学負荷部位の推定が可能となり、これらの部位と脳振盪の症状との比較で発症メカニズムの解明ができると考えられる。本提案システムで得られる衝突時の動作、脳振盪発症リスクおよび高負荷部位の可視化によって、経験不足の教育現場においての指導ビデオの提供、危険プレーの可視化による注意喚起および頭部プロテクターの緩衝材の定量評価が可能となる。また、本システムの実現により、医学的にも、患部範囲の早期診断により適切な処置の実施および予後のモニタリング等の一助となると考える。

研究成果の概要(英文)：In this study, to improve the versatility and estimation accuracy of the method for estimating the injury risk of cerebral concussion, we proposed an automated method for the motion analysis using a three-dimensional image analysis method using multi-directional video. The Judo throwing technique that Judo Uke are elementary school students are recorded from four directions are analyzed by the proposed system. The usefulness of the proposed method is shown by quantitatively evaluating the effect of changes in the physique of Judo Tori on the mechanical load generated on the head of the Judo Uke. In sports concussion, the impact force on the head generated by the collision and the translational / rotational acceleration generated at the center of the head are compared by analyzing the collected collision videos in several types of sports. The results shown that it is possible to elucidate the onset mechanism of cerebral concussion by using the proposed method.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：脳振盪 発症リスク 動作解析 衝撃解析

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

可逆性をもつ脳震盪は軽度の損傷として軽視されてきたが、近年、アメリカンフットボールや柔道を代表とするコンタクトスポーツ時における繰り返す脳震盪の発症により脳に重篤な障害が残ったり死亡に至ったりするセカンドインパクト症候群が知られるようになった。このセカンドインパクト症候群の回避・選手生命の延長のため、試合のサイドラインでいち早く脳震盪の発症を定量的かつ客観的に評価することが求められている。本研究グループでは、事故時に録画されたビデオを基に選手全身の動作解析および頭部有限要素モデルを用いた衝撃解析による脳震盪の発症リスクを推定する手法を提案した(1)(2)。これまで、複数のアメリカンフットボール症例や柔道症例を用いて提案手法の有用性を示した(2)。しかし、競技中で録画されるビデオでは、試合の状況に応じて撮影するカメラの角度が時々刻々に変化したり、ズームを頻繁に使用したりしている。さらに、状況によっては1方向から撮影したビデオしかない場合もある。そのため、ビデオのクオリティに応じた衝撃動作の解析を行っており、解析経験の積み重ねが要求されている。よって、初心者でも操作できるように提案手法の汎用性を高め、動作解析の自動化が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、提案した事故時に録画されたビデオを基に選手全身の動作解析および頭部有限要素モデルを用いた衝撃解析を用いて脳震盪の発症リスクの定量的評価手法の汎用性および推定精度を高めるために、多方向ビデオ映像による3次元画像解析手法を用いた動作解析の自動化を目的とする。

3. 研究の方法

(1) ビデオに基づく動作解析の自動化

実験室において、スポーツの動作4方向から動作を撮影する(図1)。動作解析ソフト(Kinovea)を用いて、被験者の各関節の角度速度の時刻歴を取得する。取得したデータを所定の全身数値モデル(MADYMO)の入力データに変換することで、動作の再現解析の自動化を実現した(図2)。

柔道の投げ技を対象に、頭部外傷の受傷しやすい大外刈りにおいて、小学生が受けとなる柔道において取りの体格の変化が受けの頭部に生じる力学負荷に及ぼす影響を明らかにするために、平均体格の児童を「受け」とし、「取り」をそれぞれ同体格、大柄と成人の場合の組合せにおいて、5回ずつの投げ動作を撮影した。

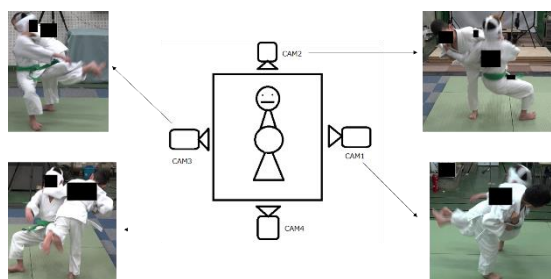


図1 動作撮影の概要

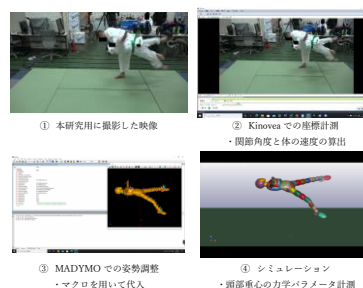


図2 提案手法

(2) 振盪発症リスクの推定

アメリカンフットボール、柔道、野球、ラグビーにおいて頭部衝突ビデオを約20件を収集に、提案した解析システムを用いて各症例の脳振盪発症リスクを推定した。症例解析に必要なアメリカンフットボールのヘルメット、野球のヘルメット、ヘッドギアの有限要素モデルを作成する。作成したモデルの妥当性はヘッドインパクトを用いた落下試験で検証した。

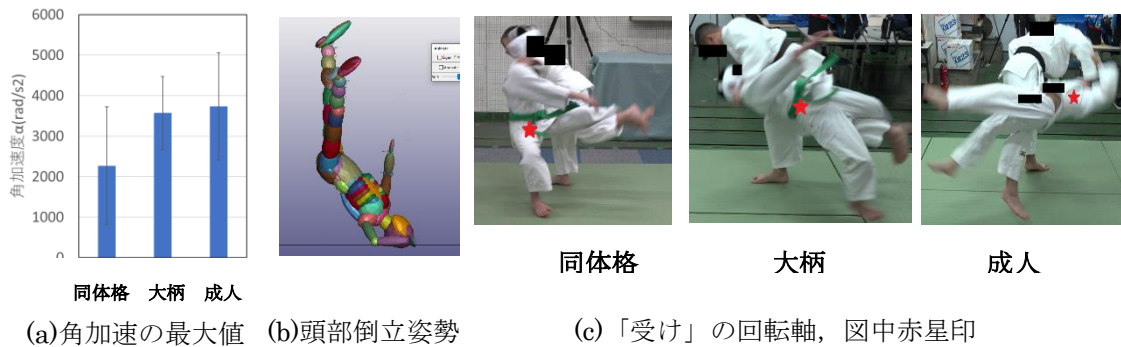


図3 解析対象例. 左から順に柔道, アメリカンフットボール, 野球の頭部死球

4. 研究成果

(1) ビデオに基づく動作解析の自動化

提案した自動化手法を用いて、「投げ」の体格の異なる3組の大外刈りの投げ技において「受け」の動作解析を行い、「受け」の頭部が畳と接触する直前の頭部重心並進、回転速度と、接触後の頭部重心に生じた並進、回転加速度を算出した。各投げ技の5回の施行の平均値を図4に示す。体格差の変化による受けの頭部に生じた力学負荷の変化が顕著に表れたのは大外刈りにおける回転加速度であった。頭部にかかった回転加速度の値は体格差が最も大きい成人による小学生の大外刈りが最大となった(図4(a))。成人に投げられたとき頭部が下を向いて頭部から着地する様子が確認された(図4(b))。この頭部倒立姿勢が大きな回転加速度の要因と考えられる。受けの回転軸が、取りの身長に伴って高くなることで、空中での回転が多行われてこのような着地姿勢になると考察できる(図4(c))。



(a)角加速の最大値 (b)頭部倒立姿勢 (c)「受け」の回転軸，図中赤星印

図4 「取り」の体格の変化が「受け」の頭部に生じる力学負荷に及ぼす影響

(2) 脳振盪発症リスクの推定

これまでに提案されている頭部重心の並進加速度の最大値と脳に生じるミーゼス応力の最大値を用いて各症例の脳振盪の発症リスクを推定した(2)。その結果、脳振盪の発症衝突のリスクは50%を超え、未発症の衝突のリスクは50%未満となったのは約7割だった。よって、本提案手法の有用性が示された。より精度高く発症リスクを推定するためにより多くの衝突映像と脳振盪の診断結果が必要と考える。

また、図3に示した対象スポーツの典型的な衝突動作の解析結果である衝突反力、頭部重心に生じる合成並進加速および合成回転加速度の時刻歴を図5に示す。衝撃反力において、野球の頭部死球を受ける場合の持続時間が最も短く最大値が最も大きく、柔道の場合の持続時間が最も長く最大値が最も小さく、アメリカンフットボールの結果は両者の間に位置する。これは野球ボールの速度が速く質量も小さいため、頭部と衝突後すぐに跳ね返ったためである。柔道において頭部と畳が衝突し、畳が大変形しながら頭部が跳ね返るためより長い時間を要すると考える。アメリカンフットボールのヘルメットの緩衝材は畳ほど柔らかくなく持続時間は柔道より短くなったと考えられる。それぞれの場合の頭部重心の加速度の時刻歴も反力と同じ傾向であった。野球の場合は頭部がほとんど動かずに衝撃を受けているのに対して、柔道の場合は頭部が並進・回転

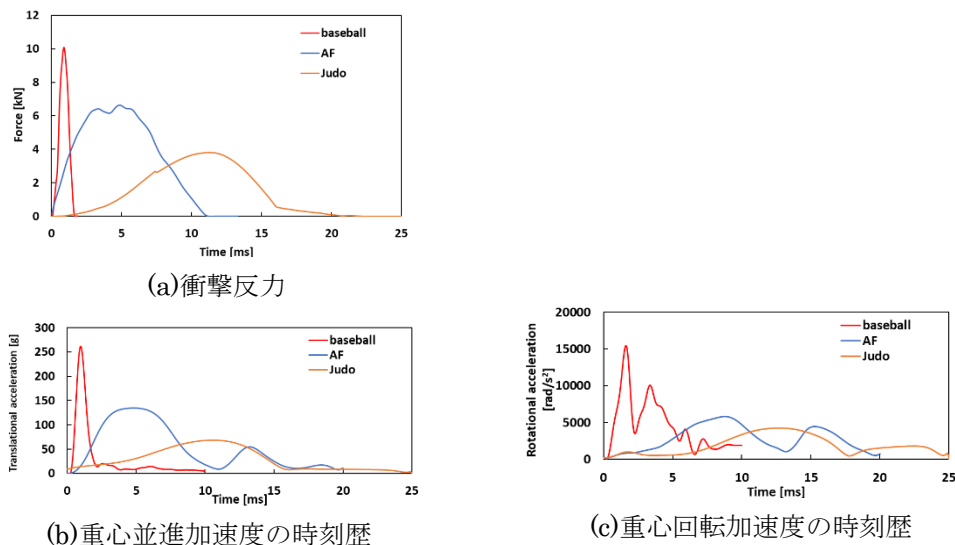


図5 代表的な解析結果。対象スポーツ：野球，アメリカンフットボール，柔道

運動をしながら衝撃を受けたため、脳の深部まで大変形をする傾向が得られた。よって、各スポーツの固有な受傷形態を定量的に評価することが可能であることを示唆した。今後、多種類スポーツの症例解析を行うことによって受傷形態および症状の関係を明らかにすることによって脳振盪の発症メカニズムの解明が可能となると考える。

〈引用文献〉

- (1) Shigeru AOMURA, Yuelin ZHANG, Hiromichi NAKADATE, Takayuki KOYAMA and Akiyoshi NISHIMURA, Brain Injury Risk Estimation of Collegiate Football Player Based on Game Video of Concussion Suspected Accident, *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, Vol. 11, No. 4, DOI: 10.1299/jbse.16-00393, 2016.
- (2) Yuelin ZHANG, Kouta MIYOSHI, Lu HAN, Hiromichi NAKADATE, Satoru YONEYAMA, Takayuki KOYAMA and Shigeru AOMURA, Injury Risk Evaluation of Brain Concussion in American Football based on Reproduction Analysis of Accident Cases, *Advanced Experimental Mechanics*, Vol.3, pp.197-202, 2018.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 張 月琳
2. 発表標題 数値モデルを用いた格闘技時の頭部外傷解析
3. 学会等名 第44回日本脳神経CI学会総会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張 月琳
2. 発表標題 数値シミュレーションを用いた頭部外傷の発症メカニズムの解明・予防
3. 学会等名 日本転倒予防学会 第8回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張 月琳
2. 発表標題 数値シミュレーションを用いた脳振盪発症メカニズムの解明
3. 学会等名 第80回日本脳神経外科学会総会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 斉藤一成, 中楯浩康, 張月琳, 小山貴之
2. 発表標題 ヒト頭部有限要素モデルを用いたアメリカンフットボールにおける脳振盪評価
3. 学会等名 第48回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張 月琳
2. 発表標題 ビデオ・数値解析を用いたスポーツ脳振盪発症リスクの推定
3. 学会等名 第32回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張月琳， 中山晴雄， 紙谷武
2. 発表標題 数値モデルを用いた柔道練習時の体格差による小学生の頭部外傷の影響についての検討
3. 学会等名 第43回日本脳神経外傷学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	小山 貴之 (Koyama Takayuki) (80579110)	日本大学・文理学部・教授 (32665)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------