

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04073

研究課題名(和文) 多種競技における頭部衝撃継続収集と大規模力学解析に基づく脳震盪発生基準の構築

研究課題名(英文) Development of Concussion Criteria for Various Sports Based on Head Impact Collection, Tests and Mechanical Analyses

研究代表者

宮崎 祐介 (Miyazaki, Yusuke)

東京工業大学・工学院・准教授

研究者番号：70432135

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,800,000円

研究成果の概要(和文)：マウスピース型衝撃センサによる実競技環境下における衝撃条件・診断情報統合データの収集，次世代頭部ダミーを用いた再現実験と人体有限要素モデルを用いたシミュレーションに基づく脳変形挙動メカニズムの解明，衝撃条件・診断情報・脳変形情報を紐付けたスポーツ脳振盪データベースの構築，機械学習によりスポーツ特有の衝撃条件に対応した脳振盪発生基準を構築することを目的とした．その結果，機械学習による脳振盪発生有無分類手法，脳ひずみ波形予測モデルの構築を行い，従来よりも高精度かつ高速な脳振盪発生予測手法の構築を行うことができた．

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツにおける衝撃条件に対応した脳振盪発生基準を構築することを目的として，衝撃条件・脳変形情報を紐付けたスポーツ脳振盪データベースを構築し，機械学習による脳振盪発生有無分類手法，(b)深層学習による脳ひずみ波形予測モデルの構築を行った．これにより，従来よりも高精度かつ高速な脳振盪発生予測手法の構築を行うことができた．

研究成果の概要(英文)：The objectives of this study are: to collect integrated data on impact conditions and diagnostic information using a mouthpiece-type impact sensor; to elucidate the mechanism of brain deformation behaviour based on reproduction tests using a novel head dummy and simulations using a human finite element model; to construct a sports concussion database linking impact conditions, diagnostic information and brain deformation information; and to establish concussion occurrence criteria for sports-specific impact conditions by machine learning. As the results, this study developed a concussion occurrence classification method and a brain strain waveform prediction model were developed using machine learning. Thus, a concussion occurrence prediction method with higher accuracy and calculation speed than conventional methods was constructed.

研究分野：傷害バイオメカニクス

キーワード：スポーツ脳振盪

1. 研究開始当初の背景

脳振盪は柔道、アメリカンフットボール、野球など多様なスポーツにおいて発生しており、その繰り返しによる重症化やより長期にわたる記憶障害への影響が指摘されている。そこで、脳振盪に対する「防護用品による予防」、「競技現場での診断・評価」のいずれの対策においても、脳振盪発生基準の決定が核となる。脳振盪発生基準とは頭部に作用する力学的特徴量により、脳振盪の発生有無を判定するアルゴリズムのことである。現状のスポーツ防護デバイスの評価に用いられる頭部傷害基準は、頭部剛体運動に基づく基準であり、脳損傷と相関が低いとの報告が多数ある。さらに、ヘルメットの性能評価試験に用いられる頭部ダミーは脳構造を含んでいない。すなわち、脳を含まない頭部ダミーを用いて、脳振盪の発生とは直接関係のない基準により、防護デバイスの評価が行われている。

そこで、近年、自動車事故分野からシミュレーションによる脳変形挙動解析に基づく脳損傷発生基準が多数提案されている。しかし、自動車事故の場合、実際の事故発生時の頭部衝撃条件の計測が不可能であり、脳損傷発生基準の精度検証ができない。一方、近年アメリカンフットボールを対象に、ウェアブル衝撃センサにより、競技中の頭部衝撃評価が試みられ、本システムにより実環境での頭部衝撃条件と脳振盪発生有無の関係を紐付けたデータの蓄積が可能となりつつある。そして、このデータベースに基づく脳振盪評価基準の提案も試みられている。「脳振盪発生時の衝撃計測」は、自動車事故分野では実施不可能であり、今後の脳振盪研究はスポーツ関連分野がリードすると考えられる。しかし、これらの先行研究にも二点の大きな課題がある。

一点は、対人衝突に対する計測のみが行われていることである。スポーツ脳振盪は、硬球衝突系（野球、クリケット等）、対人衝突系（アメリカンフットボール、ラグビー等）、床面衝突系（柔道、レスリング等）のように、頭部の衝撃条件が全く異なっても発生する。従って、対人衝突に限らず、多様な衝撃条件に対応した脳振盪発生基準の決定が求められる。

もう一点は、「脳構造を有する人体頭部ダミー」を開発できていないことにある。脳振盪発生基準を決定するためには脳変形挙動を解明する必要がある。そこで、従来は、人体有限要素モデルを用いたシミュレーションにより、脳変形挙動の解明を試みられている。しかし、人体頭部内部は流体-固体連成構造のため力学モデル化が難しく、精度検証も困難である。そこで、研究代表者は「脳を有する次世代頭部ダミー」を開発し、シミュレーションと相互活用することにより自動車、柔道、野球事故を対象に再現実験・シミュレーションを実施し、脳変形挙動の違いを解明した。従って、脳振盪対策のコペルニクスの転回のためには、脳を有するダミーによるメカニズム解明に基づき多様な衝撃条件に対応する新たな脳振盪評価基準の開発が求められる。

2. 研究の目的

本研究では、スポーツにおける広範な衝撃条件に対応した脳振盪発生基準を構築することを目的とした。具体的には(1)マウスピース型衝撃センサによる実競技環境下における衝撃条件・診断情報統合データの収集、(2)研究代表者独自開発で世界唯一の次世代頭部ダミーを用いた再現実験と人体有限要素モデルを用いたシミュレーションに基づく事故再現による脳変形挙動メカニズムの解明(3)衝撃条件・診断情報・脳変形情報を紐付けたスポーツ脳振盪データベースの構築(4)機械学習によりスポーツ特有の広範な衝撃条件に対応した脳振盪発生基準を構築することとした。

しかしながら、研究期間当初の2020年度から始まったコロナウイルスパンデミックの影響により、感染リスクの観点から(1)実競技環境下におけるマウスピース型衝撃センサの実施が不可能であった。一方、この間スポーツ頭部衝撃の問題として、サッカーのヘディングについて慢性外傷性脳症に対して世界的に注目が集まり、例えば英国では若年層でのヘディングが禁止となるなどの課題が表出した。そこで、当初計画に対して、サッカーのヘディングにおける頭部衝撃の問題も扱うこととし、感染予防の観点からマウスガードの厳格な管理が可能な実験室内での実験ができる、サッカーのヘディングを対象とした衝撃計測実験を実施することとした。

3. 研究の方法

(1)マウスガード型衝撃センサを活用したサッカーのヘディングにおける頭部衝撃実験

被験者にマウスピース型衝撃センサ(Impact Monitor Mouthguard, Prevent Biometrics Inc.)を装着させ、ボール射出機で発射された5号球サッカーボールをヘディングさせた際の、頭部の角速度、角加速度、並進速度、並進加速度の4項目の計測を行った。さらに、人体頭部有限要素モデルを使用



図1 サッカーボールヘディング実験

してヘディング時の脳変形挙動シミュレーションを行った。

(2)次世代頭部ダミーを用いた野球・クリケット・サッカーボール衝撃実験と人体有限要素モデルを用いたシミュレーションに基づく事故再現による脳変形挙動メカニズムの解明



図 2 次世代ダミーによるサッカーボールヘディング実験

次世代頭部ダミーを用いたボールとの衝突実験については、高精度のボール打ち出し装置を有する英国ラフバラ大学スポーツ工学研究所と共同で実験を実施した。本研究で開発した次世代頭部ダミーに対して、ラフバラ大学と共同で開発した頸部ダミーからなる頭頸部ダミーを用いて、野球・クリケット・サッカーボールを対象に図に示すような頭部衝突実験を行った。次世代頭部ダミー内部に搭載されている6軸センサにより脳内の加速度・角速度を計測した。また、サッカーボールに関しては、剛体壁衝突実験も行い、ボール単体の衝撃変形挙動計測も行い、精密サッカーボール有限要素モデルの検証データとしても使用した。

(3) 衝撃条件・診断情報・脳変形情報を紐付けたスポーツ脳振盪データベースの構築

人体有限要素モデルを用いたシミュレーションとして、(a)野球ボール衝突、(b)床面衝突(人工芝、土、柔道畳、体育館床)、(c)対人衝突(サッカーにおける頭部頭部衝突、アメリカンフットボールにおけるヘルメット衝突)を実施した。さらに、衝撃条件をより広げるために、(d)頭部インパクト衝突、(e)自動車事故に関するシミュレーションを実施し、それぞれの衝撃条件と脳変形情報を紐付けたデータセットを構築した。このうち、野球ボール衝突、アメリカンフットボール衝突に関しては脳振盪発生有無に関する情報も紐付けたデータセットを構築した。

(4) 機械学習によるスポーツ特有の広範な衝撃条件に対応した脳振盪発生基準の構築

(3)で構築した衝撃条件と脳変形情報を紐付けたデータセットに対して、(a)脳ひずみ波形の類似度に基づく脳振盪発生有無判定手法の構築、(b)深層学習を用いた脳ひずみ波形予測手法、の2種類の手法を新たに開発した。

(a)の波形の類似度に基づく脳振盪発生有無判定手法の構築では、アメリカンフットボールにおける脳振盪発生有無事例を対象に、53例の頭部衝突シミュレーションデータを対象に構築した。これらの衝突再現シミュレーションにより得られた左右大脳、脳幹、小脳における95パーセントイル主ひずみ波形を対象に、その類似度をDTW距離により求め、DTW距離に対するクラスター分析により、脳ひずみ波形を分類する手法を構築した。

(b)に関しては、(3)で構築したシミュレーションデータセットを対象として、時系列データに対する深層学習モデルであるLSTMを用いて頭部剛体運動である頭部重心加速度、頭部角速度応答を入力として脳ひずみ波形を高速に予測するモデルの構築を行なった。

4. 研究成果

(1)マウスガード型衝撃センサを活用したヘディングにおける脳変形挙動解明

ヘディング実験時にマウスピース型衝撃センサより得られた頭部角加速度、並進加速度、角加速度について全データを平均した応答を図3,4にそれぞれ示した。これより、ヘディングにおける頭部とボールのインパクトによって頭部前後方向(X軸)と上下方向(Z軸)の並進加速度と屈曲・伸展方向(Y軸)の角速度が主に変化することがわかる。さらに、人体有限要素モデルで脳内ひずみ応答を解析した結果について、被験者8名で計算された脳4部位の95パーセントイル主ひずみ応答の平均を図5に示した。大脳における歪みで平均約0.06、最大0.08程度であった。本有限要素モデルを用いてアメリカンフットボールにおける頭部衝撃再現シミュレーションを実施した際の最大主ひずみは脳振盪発生ケースにおいて平均0.48、脳振盪発生無しのケースにおいて、平均0.27であった。これより、一度のヘディングによって生じる脳内主ひずみはアメリカンフットボールの脳振盪発生ケースと比較して83%小さく、脳振盪発生無しケースと比較しても70%程度小さかった。

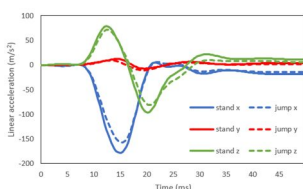


図 3 平均加速度波形

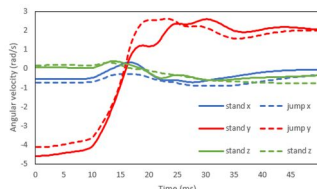


図 4 平均角速度波形

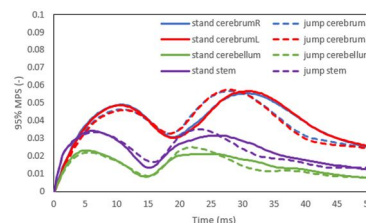


図 5 平均 95%ile 脳主ひずみ波形

(2) 機械学習によるスポーツ特有の広範な衝撃条件に対応した脳振盪発生基準の構築

衝撃条件と脳変形情報・脳振盪情報を紐づけたデータセットに対して、(a) 脳ひずみ波形の類似度に基づく脳振盪発生有無判定手法の構築、(b) 深層学習を用いた脳ひずみ波形予測手法、の2種類の手法を新たに開発した。

(a) に関して、53例の頭部衝突例における95パーセンタイル最大主ひずみ波形をDTW距離に基づく波形の類似度に基づきクラスター分析により二つのクラスターに分類した。図6に示すように、クラスターではひずみ波形の全体の大きさが大きいだけでなく、多峰性の波形を示していることがわかる。また、このクラスターにおいて、脳振盪例の多くが存在していた。さらに、4つの部位に対して所属するクラスター数により脳振盪発生有無を分類するモデルを構築した。その結果、表1に示すように、従来用いられてきたHIC、BrIC、DAMAGEなどの脳振盪評価指標よりもTrue positive Ratioが高いことがわかり、脳の主ひずみ波形に基づく新たな脳振盪分類手法を開発することができた。

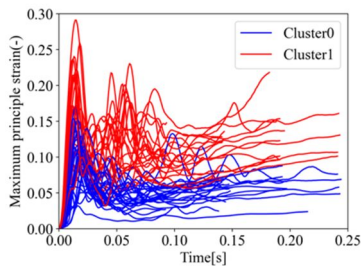


図6 脳主ひずみ波形のクラスター分析

Method	TPR	FPR
Brain strain-wave clustering	0.90	0.12
HIC	0.70	0.06
BrIC	0.80	0.06
DAMAGE	0.80	0.06
Peak value of 95MPS	0.75	0.06

表1 脳振盪分類手法の性能比較

(b) に関しては、スポーツ頭部衝撃および自動車衝突時の脳ひずみ波形のシミュレーションデータセットを対象として、時系列データに対する深層学習モデルであるLSTMを用いて脳ひずみ波形を高速に予測するモデルの構築を行なった。図に一例として、LSTMにより予測した脳主ひずみ波形を示したが、ひずみの最大値のみならず多峰性の波形全体の形状もよく予測できていることがわかる。また、表に、波形の類似度を定量的に評価可能なCORAによる評価を示した。いずれの衝突形態においても、CORA値は0.9を超えており、極めて高い予測性能を持つことがわかる。

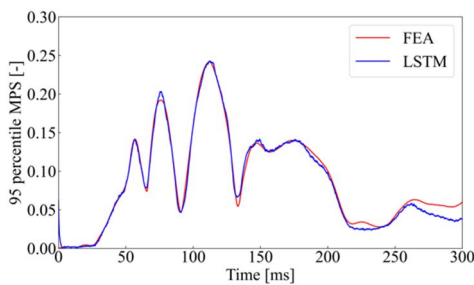


図 脳主ひずみ波形のLSTMによる予測

表2 脳振盪分類手法の性能比較

Data type	Left cerebrum	Right cerebrum	Brain Stem	Cerebellum	Average
Full	0.980	0.979	0.962	0.957	0.970
FRB	0.986	0.985	0.978	0.967	0.979
LOI	0.969	0.969	0.933	0.934	0.951
ROI	0.957	0.954	0.910	0.926	0.937
MDB	0.961	0.958	0.906	0.944	0.942

5. 結論

スポーツにおける衝撃条件に対応した脳振盪発生基準を構築することを目的とした。具体的には(1)マウスピース型衝撃センサによる実競技環境下における衝撃条件・診断情報統合データの収集、(2)次世代頭部ダミーを用いた再現実験と人体有限要素モデルを用いたシミュレーションに基づく事故再現による脳変形挙動メカニズムの解明(3)衝撃条件・診断情報・脳変形情報を紐づけたスポーツ脳振盪データベースの構築(4)機械学習によりスポーツ特有の広範な衝撃条件に対応した脳振盪発生基準を構築することとした。コロナウイルスパンデミックの影響により、(1)については研究計画の変更を行い、実験室環境下で計測可能なヘディングにおける衝撃計測を行い、ヘディングにおける脳変形挙動メカニズムを解明した。(2)については英国ラフバラ大学との共同研究により、次世代頭部ダミーを用いた各種ボールの頭部衝撃実験を実施するとともに、多様なスポーツ環境下を想定したシミュレーションを実施し、スポーツ時の脳変形挙動と一部については脳振盪発生有無を記録したデータセットを構築した。このデータセットに対して、(a)機械学習による脳振盪発生有無分類手法、(b)深層学習による脳ひずみ波形予測モデルの構築を行い、従来よりも高精度かつ高速な脳振盪発生予測手法の構築を行うことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 MIYAZAKI Yusuke、MASUDA Hiroki	4. 巻 19
2. 論文標題 Concussion case classification based on brain strain waveforms using dynamic time warping and cluster analysis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 23-00312
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jbse.23-00312	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 玉井 駿太郎、宮崎 祐介	4. 巻 55
2. 論文標題 深層学習による自動車衝突時の脳ひずみ波形予測モデルの構築	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 565～570
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11351/jsaeronbun.55.565	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 MIYAZAKI Yusuke、MASUDA Hiroki	4. 巻 19
2. 論文標題 Concussion case classification based on brain strain waveforms using dynamic time warping and cluster analysis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 23-00312
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jbse.23-00312	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Farmer Jon、Mitchell Sean、Sherratt Paul、Miyazaki Yusuke	4. 巻 10
2. 論文標題 A human surrogate neck for traumatic brain injury research	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Bioengineering and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fbioe.2022.854405	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 宮崎祐介	4. 巻 73
2. 論文標題 頭部外傷と脳振盪のバイオメカニクス	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyazaki Yusuke, Farmer Jon, Morimatsu Miki, Ito Shota, Mitchell Sean, Sherratt Paul	4. 巻 49(1)
2. 論文標題 Brain Pressure Wave Propagation during Baseball Impact	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings, 2020, 49(1)	6. 最初と最後の頁 149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/proceedings2020049149	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Jon Farmer, Sean Mitchell, Paul Sherratt and Yusuke Miyazaki	4. 巻 IRC-20
2. 論文標題 The Effect of Neck Stiffness on the Response of a Surrogate Head due to Blunt Trauma in Judo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of IRCOBI Conference 2020	6. 最初と最後の頁 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Stone Ben, Mitchell Sean, Miyazaki Yusuke, Peirce Nicholas, Harland Andy	4. 巻 22(3)
2. 論文標題 A destructible headform for the assessment of sports impacts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/17543371211055905	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 桜場颯太, 宮崎祐介, 福島晴大
2. 発表標題 スポーツにおける硬球・床面衝突・対人衝突によって生じる脳内変形挙動の比較
3. 学会等名 日本機械学会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福島晴大, 宮崎祐介,
2. 発表標題 深層学習によるスポーツ衝突における脳ひずみ波形予測モデルの構築
3. 学会等名 日本機械学会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 玉井駿太郎, 宮崎祐介
2. 発表標題 深層学習による自動車衝突時の脳ひずみ波形予測モデルの構築
3. 学会等名 自動車技術会2023年秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 桜場颯太, 宮崎祐介, 福島晴大
2. 発表標題 スポーツにおける硬球・床面衝突・対人衝突によって生じる脳内変形挙動の比較
3. 学会等名 日本機械学会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福島晴大, 宮崎祐介,
2. 発表標題 深層学習によるスポーツ衝突における脳ひずみ波形予測モデルの構築
3. 学会等名 日本機械学会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 玉井駿太郎, 宮崎祐介
2. 発表標題 深層学習による自動車衝突時の脳ひずみ波形予測モデルの構築
3. 学会等名 自動車技術会2023年秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y.Miyazaki, S. Tamai, H. Yamamoto, K.Yoshii, I.Amamori
2. 発表標題 Construction of a Prediction Model for the time series of brain strain of a Novel Head Surrogate using Deep Learning
3. 学会等名 27th ESV conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 重村隼也, 宮崎祐介
2. 発表標題 ヘディング時に生じる脳ひずみに対する頸部筋の影響
3. 学会等名 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桜場颯太, 宮崎祐介, 中屋輝, 浅井武, 中山雅雄
2. 発表標題 ヘディングにおける頭部衝撃計測と脳変形挙動シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会年次大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y.Miyazaki, S. Tamai, H. Yamamoto, K.Yoshii, I.Amatori
2. 発表標題 Construction of a Prediction Model for the time series of brain strain of a Novel HeadSurrogate using Deep Learning
3. 学会等名 27th ESV conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎祐介
2. 発表標題 競技寿命延伸のための計測・計算融合型スポーツ外傷研究
3. 学会等名 日本機械学会バイオエンジニアリング講演会2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石津雄大, 宮崎祐介, Farmer Jon, Mitchell Sean, Sheratt Paul
2. 発表標題 野球ボール衝突時に発生する脳内ひずみ因子に対する衝突位置の影響の調査
3. 学会等名 2020年度日本機械学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroki Masuda, Yusuke Miyazaki,
2. 発表標題 Development of a classification method of brain strain responses using clustering analysis
3. 学会等名 APBiomech 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yudai Ishizu, Yusuke Miyazaki, Jon Farmer, Sean Mitchell and Paul Sherratt
2. 発表標題 Evaluation of brain strain metrics during baseball collisions
3. 学会等名 APBiomech2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石津 雄大, 宮崎 祐介, 北村 光司, 西田 佳史
2. 発表標題 サッカーにおける頭部傷害シナリオ分類と再現による受傷メカニズム検討手法の構築
3. 学会等名 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増田 大樹, 宮崎 祐介
2. 発表標題 頭蓋内挙動のクラスタリング分析による脳振盪基準の構築
3. 学会等名 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2021
4. 発表年 2021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	中山 晴雄 (Haruo Nakayama) (10537377)	東邦大学・医学部・講師 (32661)	
研究 分担者	張 月琳 (Yuelin Zhang) (20635685)	上智大学・理工学部・准教授 (32621)	

	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 協力者	ファーマー ジョン (Farmer Jon)	英国ラフバラ大学・スポーツ工学研究所・講師	

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			
英国	ラフバラ大学			