

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：37102

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19623

研究課題名(和文) 握れないボールを用いた投動作の分類および子どもにおける投球練習の検討

研究課題名(英文) Classification of throwing motion using a ball that cannot be grasped and consideration of throwing practice in children

研究代表者

本山 清喬 (Motoyama, Kiyotaka)

九州産業大学・健康・スポーツ科学センター・助教

研究者番号：80824903

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：握ることができないボールを投球する際の運動学的な特徴を明らかにした。把持性が低いボールを投球する際は、助走を伴った投球と同様に身体移動を介してボールの移動距離を拡大させることでボール速度を獲得した(International Journal of Sport and Health Science(20)260-270)。また、投球動作を獲得するための練習方法を確立するために、スマートウォッチを活用したボール速度測定システムを開発した。このシステムを利用した投球練習によって、大学生の投球能力を改善することができた(体育・スポーツ教育研究(24)印刷中)。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツを行う上でボールを投げるという動作は基本的でありながら、重要な動作である。本研究の成果はボールの把持性がボール速度獲得過程に影響を及ぼすことを明らかにした。これは、運動実践者のスポーツ競技の選択や指導者が運動実践者のトランスファーによる競技特性の違いを理解することに役立つ。また、本研究の遂行により開発がすすめられたボール速度測定システムは、運動実践者にボール速度の即時的なフィードバックが可能である。スマートウォッチは広く流通しているため、多くの運動実践者が活用可能なツールであるため、投能力の発達に貢献しうる。

研究成果の概要(英文)：We clarified the kinematic characteristics of throwing a ball that cannot be grasped. When throwing a ball with non graspable, ball velocity was gained by expanding the distance traveled by the ball through body movement, similar to throwing with a run-up (International Journal of Sport and Health Science (20) 260 -270). In addition, in order to establish a practice method for acquiring throwing motion, we developed a ball velocity measurement system using a smart watch. By practicing throwing using this system, we were able to improve the throwing ability of university students (Research on Physical Education and Sports Education (24) in press).

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：ボール投げ 把持可能性 スポーツバイオメカニクス

### 1. 研究開始当初の背景

文部科学省の継続的な体力テスト調査から、子どもの体力が低下していることが指摘されて久しい。外遊びや体育の授業時間数の減少などが要因と考えられている。投てき能力(ボール投げ)においては平成年代以降に顕著な低下傾向が指摘されている。投てき能力の低下は直接的に健康寿命の延伸には関連しないが、実際、子どもの遊びにおいて、走る、投げるといった基本動作は数多く含まれており、これらの能力が低い、あるいは潜在能力を持っていても巧く技術を発揮できない子どもが運動・遊び好きになるとは考えにくい。単に運動機会を提供するだけでなく、実際に「楽しい、面白い」と感じる成功体験機会を増やさない限り、積極的かつ自発的な能力向上には結びつかないことは想像に難くない。新体力テストで実施している投てき物は6-11歳(小学生)ではソフトボール1号(外周26.2-27.2cm,重さ136-146g)、12-19歳(中高生)ではハンドボール2号(外周54-56cm,重さ325-400g)が用いられる。ここで問題なのは、中高生においては手掌のサイズによってボールを握ることができる者とできない者が混在することである。握れない大きさのボールを投げる場合、握れる大きさのボールを投げるときと比較して、球速が低く(林, 2016)、投距離は減少し(星川, 1982)、目標物に投げる正確性も低下する(浅野, 2019)。また、その投動作は、テイクバックの大きさおよび加速距離が低下する(Burton et al., 1992)。子どものスポーツ活動としてドッジボールはよく行われるが、多くの子どもにとって握ることができないボールを使用する。握れないボールを用いる際は運動実践者の習熟度の差がより明確に判断できるため、発揮しうるパワーを投てき物に適切に伝達できず、さらにパフォーマンスに差が生じやすい。握れないボールを投げるには、1)テイクバックにおいて両手支持する、2)手首を屈曲させ手の平と前腕で支持する、のいずれかを満たさないと投てき動作は成立しない。また、握れないボールを用いた際は指を大きく広げたとしてもボールの中心(重心)を包み込むことができないため、ボールハンドリングの難度が高くなる。出来るだけ片手でテイクバックを実施しようとする、ボールの下から掬い上げ、下から回すようにボールを移動させことになる。テイクバックにおいて安定して保持することができなければ、その後の加速局面において腕振りの速度をボールに効率的に伝達することができない。



図1. 使用するボール(Motoyama et al., 2022)

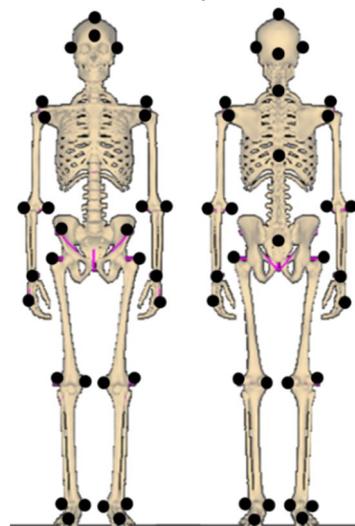
### 2. 研究の目的

本研究では、片手で握ることができない大きなボールをどのようにして投球しているかを探求する。これはボールの把持性によってどのようにボール速度を獲得しているのかを検討し、その後、把持性の低い大きなボールを投球する際の力学的な特徴を明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) 課題1. ボールの把持性が投球動作にどのように影響を及ぼしているのか?

ボールの種類によってボール速度が変化する(林, 2016; 星川, 1982)。この変化は、ボールの重量が変化することで負荷量が増すことが影響するだけでなく、ボールの大きさによって把持性が変化することがボール速度の獲得に影響している可能性がある。本研究では33名の大学生を対象として、把持性の異なる2種類のボール(図1、ソフトボール:重量190g、直径9.6cm; ドッジボール:重量330g、直径21cm)を全力投球する動作を光学式モーションキャプチャーシステム MAC3D (motion analysis 社製)を用いて図2の座標をサンプリングし、MATLAB (Math Works 社製)で動作解析を実施した。算出した運動学データ(ボール速度、重心速度、ステップ長、加速距離(水平成分、鉛直成分、合成)、肩回旋角度範囲、体幹前後傾角度範囲)はSPSS Amos 23 statistics package (IBM 社製)を用いて共分散構造分析を用いて把持性及び助走の有無によるボール速度獲得過程の差異を検討した。



Front Rear  
図2. 反射マーカの貼付位置(Motoyama et al., 2022)

(2) 課題2. 把持性の低いボールを投げる際に発生する掌屈保持投球様式はどのような力学的特徴があるか?

把持性の低いボールを投げる際は片手の手首より末端だけでボールを加速させることができない小学生の運動実践者は多数存在する。その場合は、手首を掌屈し、手掌及び前腕でボールを

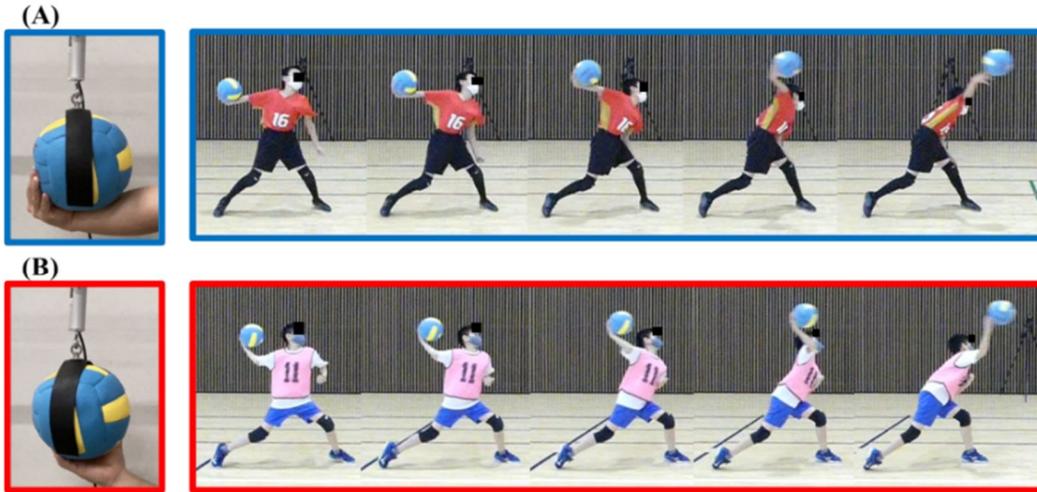


図 3. 把持性の低いボールを投げる際の投球様式 (Motoyama et al., under review)

保持しテイクバックする方法を用いる。この投球様式を本研究では掌屈保持投球様式 (図 3A) と呼び、片手の手首より末端でボールに接する投球様式を片手持持投球様式 (図 3B) と呼ぶ。124 名の小学生を対象とした全力投球の映像 (Panasonic 社製, FZ300, 240FPS) から Frame DIAS (Q'sfix 社製) を用いて 3 次元座標データを取得した。MATLAB (Math Works 社製) を用いて図 4A のように運動学データ (体幹回旋・肩関節水平内外転・肩関節内外転・肩関節内外旋・肘伸展屈曲・手首掌屈背屈角度) および運動力学データ (体幹回旋・肩関節水平内外転・肩関節内外転・肩関節内外旋・肘伸展屈曲・手首掌屈背屈トルク) を算出し、図 4B のように身体重心周りのボールに加わる遠心力 (長さ成分・角速度成分) を算出した。

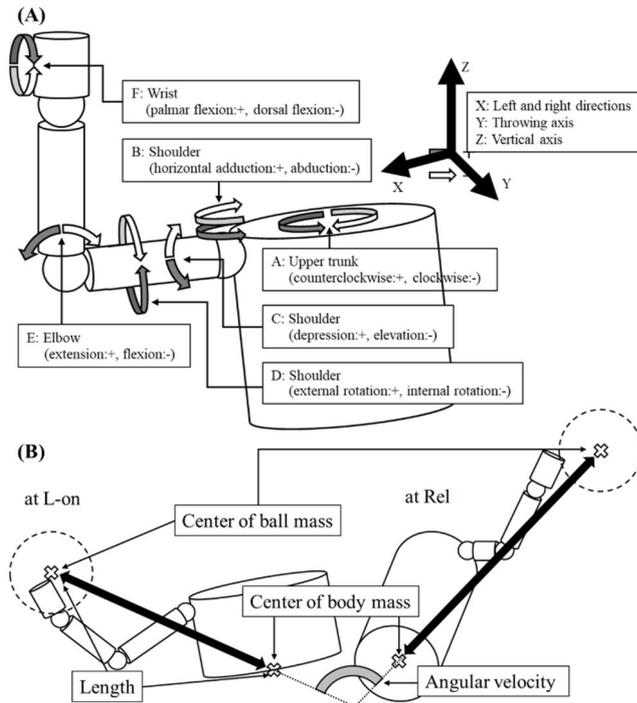


図 4. 関節角度および遠心力の定義

(Motoyama et al., under review)

#### 4. 研究成果

##### (1) ボールの把持性によるボール速度獲得過程の違い

ボールの把持性と助走の有無がボール速度に及ぼす影響を、パス解析に適しているか検討するために Pearson の相関係数を用いて検討した。その結果、7 つの変数がボール速度と有意な相関

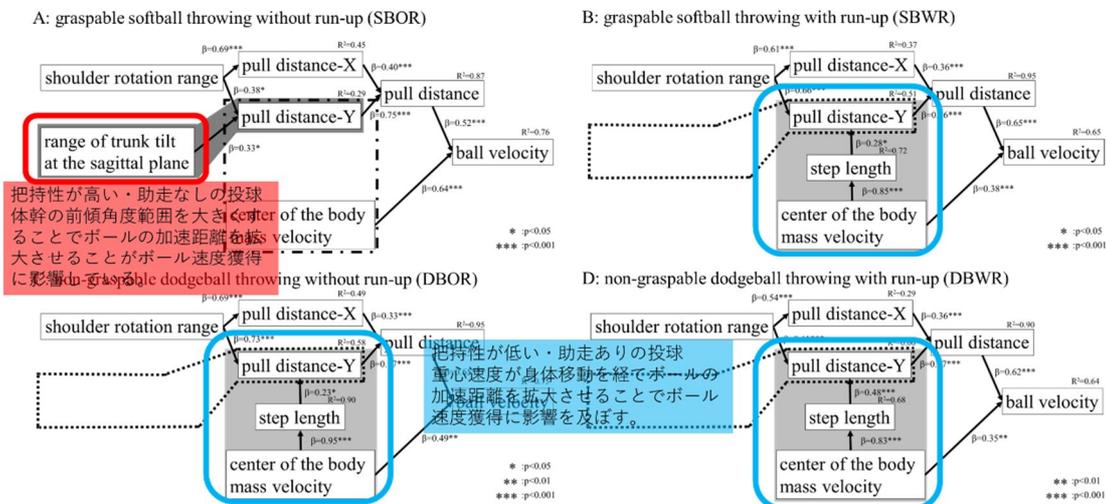


図 5. ボールの把持性・助走の有無によるボール速度獲得過程の違い (Motoyama et al., 2022)

関係が認められたため、その後のパス解析に用いた。ボールの把持性及び助走の有無にかかわらず、ボール速度と重心速度、加速距離(合成)が大きな影響を及ぼしたため、共通するボール速度獲得過程であった(図5)。ソフトボール(把持性の高いボール)を助走せずに投球する際、体

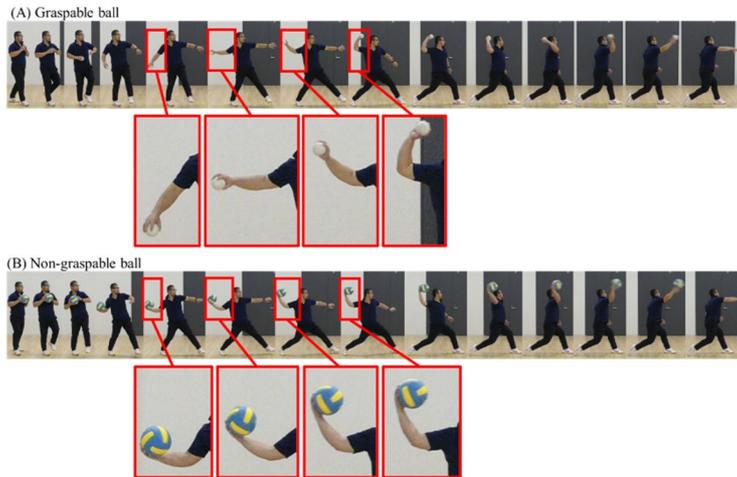


図6. 把持性の異なるボールの投球動作の典型例(Motoyama et al., 2022)

幹の前後傾角度範囲を大きくすることでボールの加速距離を拡大させることがボール速度の獲得に影響を及ぼした(図5A, 赤で示した部分)。また、把持性の低いドッジボールを投球することや助走を伴う投球においては、重心速度が身体移動であるステップ長の延長を経てボールの加速距離を拡大させることがボール速度の獲得に影響を及ぼした(図5BCD, 青で示した部分)。

把持性の低いドッジボールは、ボールを後ろから加速させる力が失われたときにリリースされる(図6B)。ドッジボールは、矢状面での体幹の傾きの範囲を広げる戦略の下では、滑り落ちる可能性がある。したがって、体幹を後ろに傾けることは、掴むことができないドッジボールよりも、掴めるソフトボールを投げる上でより重要な役割を果たす可能性がある(図6A)。

## (2) 掌屈保持投球様式の力学的特徴

小学生は発育発達途中の段階であり成人のように身長や手が大きくない。そのため、ボールを片手で把持することができない場合が多い。その際、手首を掌屈させボールを手掌と前腕で包み込むように保持し投球する(AH: 掌屈保持投球様式)ことがある。掌屈保持投球様式と手首より末端でボールに接する投球(HG: 片手把持投球様式)を比較した。

最大ボール速度は両投球様式の間で有意差は認められなかった(図8A)。両投球様式とも身長と球速の間に有意な関係があり(図7B)、背が高いほど球速が高かった。さらに重要なことに、各投球様式の近似直線は1.60mの高さで交差し(図7B)、これは手の幅0.188mに相当する。

ドッジボールを持つ際、指・手

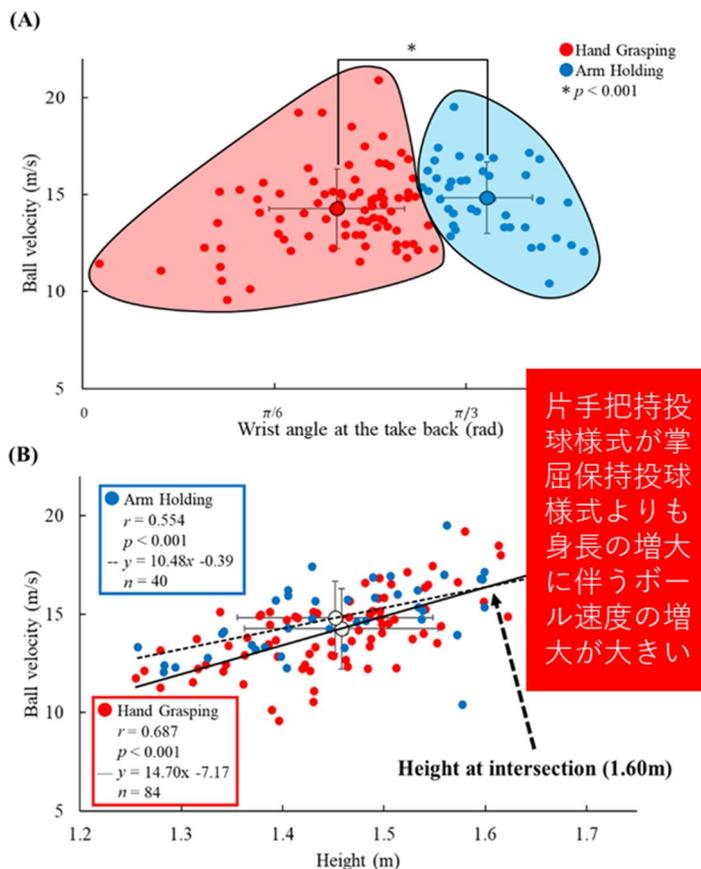


図7. 投球様式の分類および

投球様式毎の身長とボール速度の関係(Motoyama et al., 2022)

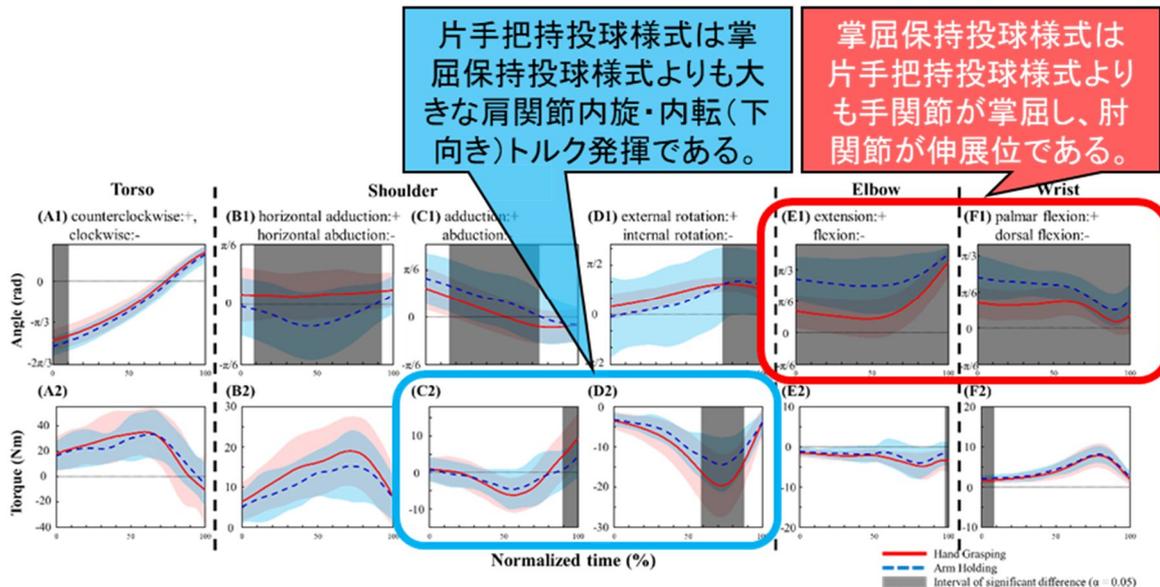


図 8. 関節角度および関節トルク (Motoyama et al., 2022)

掌・前腕の組み合わせのため、掌屈保持投球様式は片手把持投球様式よりも手首の角度がより掌屈していた (図 8F1、赤で示した部分)。また、肘角度においても掌屈保持投球様式は片手把持投球様式よりも伸展位であり、掌屈保持投球様式の動作的な特徴といえる (図 8E1、赤で示した部分)。投球腕の遠位の動作に特徴的な差が認められたが、発揮した力である関節トルクにお

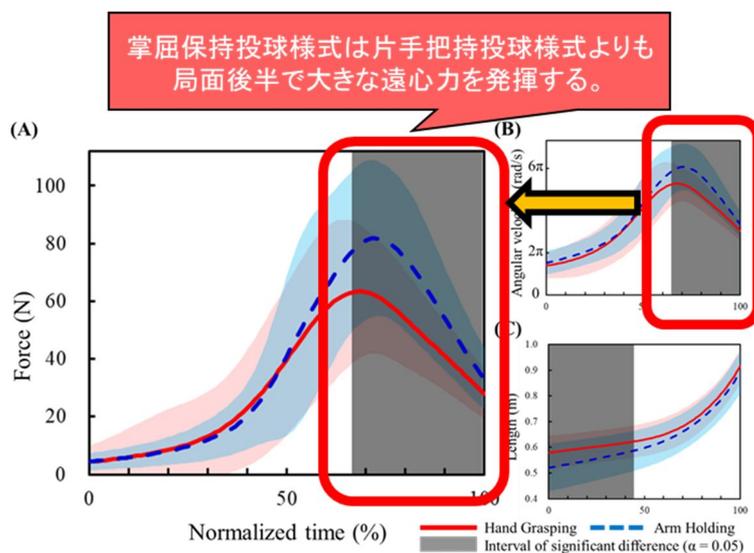


図 9. 遠心力及びその構成要素 (Motoyama et al., 2022)

いて遠位に違いは認められず、近位である肩関節の内旋および内転 (下向き) トルクにおいて掌屈保持投球様式よりも片手把持投球様式の方が大きな値を示した (図 8C2、8D2、青で示した部分)。片手把持投球様式と大きなトルク発揮を行う特徴があるが、両投球様式の間には投球速度の差は認められていない (図 7A) ため、ボール速度に関連する要因として遠心力の観点から、さらに検討した。遠心力は片手把持投球様式よりも掌屈保持投球様式の方が有意に大きく、特に運動全体の後半 (図 9A) では、角速度が大きい (図 9B) ことで説明できる。これらの結果は、局面後半の遠心力が大きいほど掌屈保持投球様式の肩関節トルクが小さくなる (相殺される) ことを示唆しており、これは 2 つの投球様式間の最大ボール速度に有意差が認められないことに起因している可能性がある。つまり、握れない大きなボールを投げる際に片手の手首よりも末端だけでボールに接して投球する片手把持投球様式は肩関節の発揮トルクに依存し、その一方で、手首を掌屈しボールを包み込むように投球する掌屈保持投球様式は遠心力に依存してボール速度を獲得する戦略が存在することを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Motoyama Kiyotaka, Sakata Shunsuke, Abe Daijiro	4. 巻 20
2. 論文標題 Relationship between Ball Graspability and Run-up during Ball Velocity Acquisition Process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Sport and Health Science	6. 最初と最後の頁 260 ~ 270
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5432/ijshs.202210	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

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 本山清喬 元嶋菜美香 下川俊彦
2. 発表標題 スマートウォッチを用いた球速測定システム「スピードバンド」の練習効果
3. 学会等名 九州体育・スポーツ学会第71回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村上温彦, 神屋郁子, 本山清喬, 西園秀嗣, 下川俊彦
2. 発表標題 スマートウォッチを用いた球速測定システム「スピードバンド」の開発
3. 学会等名 火の国情報シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kiyotaka Motoyama , Daijiro Abe , Shunsuke Sakata , Hidetsugu Nishizono
2. 発表標題 Ball gripping and step characteristics during back swing in throwing
3. 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------