

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11522

研究課題名（和文）遠投におけるボールのサイズおよび重量が発達段階の子どもの投げる能力に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of ball size and weight on the throwing ability of developing children in long throws

研究代表者

前田 正登（Maeda, Masato）

神戸大学・人間発達環境学研究科・教授

研究者番号：90209388

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：様々な大きさ・重量のハンドボールを用いて遠投を行った結果、ボールが軽く小さいほど投距離と初速度は大きかった。しかし、初速度は投距離にあまり影響しなかったことから、ボールの大きさの違いは投距離に大きく影響し、ボールの重量の違いは初速度に大きく影響する可能性が示された。小学5年生に、ソフトボール、小学生用ハンドボール、ソフトボールと同程度の重量のハンドボールを用いて遠投を行わせたと、ソフトボールよりも大きく重いハンドボールでは初速度が低下し投距離が短くなること、ソフトボールよりも大きいハンドボールでは投距離が短くなることがわかり、それらには初速度の低下だけでなくリリース角度の影響も考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新体力テストのボール投げでは、投てき距離を測定しその記録によって投げる能力を評価しており、より遠くにボールを投げることができる者ほど投げる能力が高いと評価されるが、小学生（ソフトボール1号）と中学生以上（ハンドボール2号）とでは使用するボールは異なる。本研究により、使用するボールによっては、投てき距離を決定づけるリリース時の各投射初期条件への影響度が異なる可能性が示されたことから、投げる能力を構成する要素（因子）を洗い出すとともに、各発達段階の子どもに応じて適切に評価できる投げる能力の測定方法を検討する必要性が示された。

研究成果の概要（英文）：The results of long throws using nine handballs of various sizes and weights showed that the lighter and smaller the ball, the greater the throwing distance and initial velocity. However, the initial velocity was less likely to affect the throwing distance, suggesting that different ball sizes may have a greater effect on throwing distance, while different ball weights may have a greater effect on initial velocity. In long throws with fifth-graders using softballs, primary school handballs, and handballs of similar weight to softballs, it was found that handballs that are larger and heavier than softballs have a lower initial velocity and a reduced throwing distance, while those that are larger than softballs have a reduced throwing distance, which may be due not only to the lower initial velocity but also to the release angle.

研究分野：スポーツに関する指導方法

キーワード：遠投 ボール サイズ 投げる能力 子ども

1. 研究開始当初の背景

子どもの投げる能力の測定には、6～11歳を対象にソフトボール、12～19歳を対象にハンドボールと対象の年齢によって異なるボールが使用されている。一般的には、ソフトボールを遠くに投げることができればハンドボールを用いても遠くに投げることができるとされ(杉森, 1996; 加藤ほか, 2009), 新体力テストでの各ボール投げの記録も投てき距離に応じて割り振られており、使用するボールが異なっても対象者の投げる能力としての評価はいずれも投てき距離で判定されている。しかし、ソフトボールとハンドボールとではボールの直径や重量が明らかに異なっており、使用するボールのサイズや重量が異なると、対象者によっては、いずれかのボールを使用すると投てき距離は大きくできるが、別のボールであれば投てき距離を大きくすることができないといったことも想定される。つまり、使用するボールが異なる場合の投てき距離の増減の割合が、対象者によって変わってしまうことが懸念される。

投げるボールの種類と投射時の初速度との関係について、星川(1982)は、握ることのできるボールでは重量を増加させると初速度はほぼ直線に近い関係で減少し、握ることのできないボールではボールが重くなるにしたがって初速度の低減率は小さくなり、ボールを握ることができるか否かが初速度に影響することを明らかにしている。また、野球ボールの研究(前田, 2012)によれば、ボールを投げる際の投射角度を増加させると初速度が減少すること、それには投げ動作中のテイクバックからリリースまでのストローク長の減少やボールに加える力量の減少といった被験者の投げ動作そのものの変容が関わっていることが示唆されている。これらのように、投げる能力を評価するために遠投距離を目的としたボール投げを行う場合、使用するボールのサイズや重量が変わるとボール投射時の初速度が変化するだけでなく、それに伴って投げ動作が変容し投射角度も変化し得ること、その結果、使用するボールのサイズや重量が異なることで投てき距離は増減することが明らかになっている。

2. 研究の目的

本研究は、子どもによる遠投において、使用するボールのサイズおよび重量が異なることによってより遠くに投げるための要因に違いが無いかを探るとともに、それらボールの種類が異なることがボールの投射初期条件および投げ動作に及ぼす影響を検討するものである。本研究にあたっては、まず、運動経験のある大学生を対象にサイズおよび重量が異なるボールを用いて測定実験を行い、遠くに投げるための要因を明らかにする(研究課題)。その上で、小学生を対象にサイズおよび重量が異なるボールを用いた測定実験を行い、ボールの投射初期条件が投てき距離に及ぼす影響を各ボール間で比較検討する(研究課題)。研究課題 および で得た知見をもとに、遠投のボール投げにおけるボールサイズおよび重量が投げる動作に及ぼす影響を検討し遠投による投げる能力の評価について総括する。

3. 研究の方法

〔研究課題〕

(1) 実験方法

被験者は男子大学生 18 名とした。被験者には、実験を行うにあたり、本実験の主旨及び後述する試技の撮影について説明した上であらかじめ同意を得た。なお、被験者は 18 名のうち 15 名が右投げで 3 名が左投げであった。全ての試技は十分なウォーミングアップの後に行われた。

測定実験に使用したボールはハンドボール旧規定の 0 号, 1 号, 2 号の大きさ(周囲)及び重量を元に、大きさが 3 種類、重量が 3 種類、計 9 種類の自作したハンドボールを使用した。

実験試技は、新体力テストのハンドボール投げの実施要項に準拠し、地面に描かれた直径 2 m の円(以下、サークル)内から各ボールを全力かつオーバーハンドスロー(遠投を目的)で投げるものとした。試技は 9 種類のボールを 1 回ずつ一通り投げさせ、2 回目は 1 回目とは異なるボールの種類順で投げさせた。

被験者の右側方と右後方にデジタルカメラ(EX100F, CASIO, 撮影スピード: 240fps, シャッタースピード: 1/1000 秒)を設置し、すべての試技を対象に撮影を行った。なお、本研究では直径 2 m のサークル中心の地表面を原点とし、被験者の左右方向を X 軸、被験者の前後方向(ボールを投射する方向)を Y 軸、鉛直方向を Z 軸とする座標系を設定した。

(2) 分析方法

すべての被験者における全試技(9種類のボールによる各 2 回の試技)を分析対象とした。

収録された映像を元に、三次元動作分析ソフトウェア(Frame-DIAS, Q'sfix)を用いて分析を行った。パソコンに取り込んだ各試技の映像を元に、投げ動作中におけるボールの中心、また各イベント(後述)においての右足及び左足のつま先についてデジタイズを行った。

動作分析によって得られた各ボールの中心の位置座標を元に、以下の項目を算出した。

- 初速度(m/s): リリース時における X 方向, Y 方向, Z 方向の合成速度
- 投射角度(°): リリース時のボールの中心とリリース後 1 コマ目のボールの中心を結ぶ線分と Y 軸とがなす角度

- 投射高 (m): リリース時のボールの中心の Z 座標
- 理論投距離 (m): 初速度, 投射角度, 投射高, 重力加速度より投射後の空気抵抗を考慮しない場合の理論投距離を算出した

【研究課題】

(1) 実験方法

被験者は小学 5 年生 63 名とした。全ての試技は十分なウォーミングアップの後に行われた。

本研究を実施するにあたり, 研究の目的や実施方法, データ収集・分析などの概要を学校長に説明し承諾を得た後, 学級担任に研究の詳細について説明し, 担任から児童へ実施内容と授業時の試技を説明して同意を得た。

測定実験に使用したボールは, 新体力テストのボール投げで使用されているソフトボール 1 号 (内外ゴム; 以下 Soft; 重量 142.0g; 周囲 26.7cm) と競技で使用される小学生女子用のハンドボール 0 号 (モルテン; 以下 Hand; 重量 260.6g; 周囲 46.8cm), および, ソフトボール 1 号と同程度の重量でハンドボール 0 号とほぼ同サイズのスマイルハンドボール 0 号 (ミカサ; 以下 Red; 重量 153.6g; 周囲 47.0cm) の 3 種類とした。

実験試技は, 新体力テストのソフトボール投げの要領に準拠するものとし, 直径 2 m のサークル内から各種ボールを全力かつオーバーハンスロー (遠投を目的) で投げさせた。試技は被験者 1 名につき各種類 2 回ずつ計 6 回とし, Soft, Red, Hand の順に使用させた。なお, 各種ボールの持ち方や投げ方についての指示は行わなかった。

(2) 分析方法

研究課題 と同様とした。

4. 研究成果

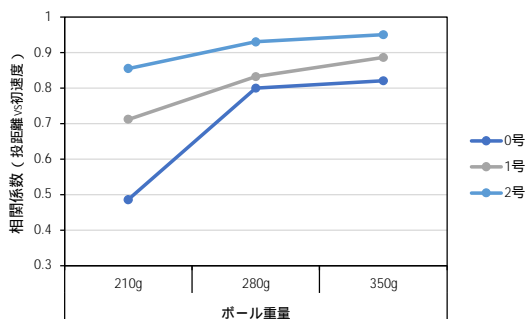
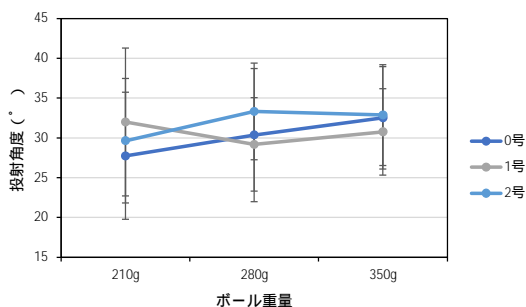
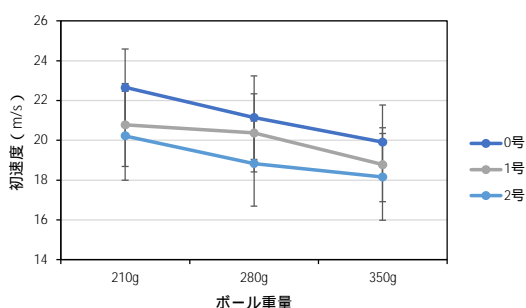
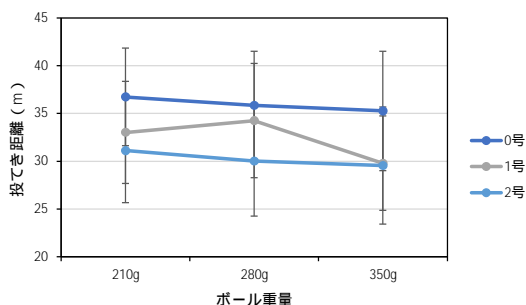
【研究課題】

9 種類のボールを用いた遠投では, いずれのボールにおいても, 投てき距離と初速度との間には有意な正の相関が認められ, 軽 0 号を除く各ボールについての相関係数は 0.7 以上で極めて高かった。また, ボールの重量の違いによる投てき距離には有意な差が認められず, ボールの大きさが大きい方が相関係数は高いことから, 重量より大きさの違いが投てき距離に影響していたことが示唆される。また, ボールが軽く, 小さいものほど初速度が投てき距離に反映され難くなる傾向がみられた。

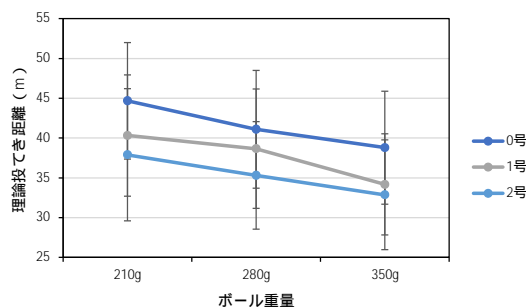
リリース時の初速度は, ボールの大きさ及び重量の違いによる有意な差がみられ, 小さいまたは軽いボールほど初速度は有意に大きかった。また 9 種類のボール間で比較すると, 軽 2 号のボールでの初速度は重 1 号のボールのそれより有意に大きく, また有意差は認められなかったものの, 軽 2 号のボールでの初速度が重 0 号のボールより大きい傾向であった。これらのことから, 初速度にはボールの大きさ及び重量の違いが影響すること, さらに, 重量の違いの方がより大きく影響することが考えられる。

投射角度については有意な相関関係が認められず, ボール間での有意差も認められなかった。また, いずれのボールにおいても投射角度は 30°程度で 15~45°の範囲に散在しており, 軽いボールほど値のばらつきは大きい傾向がみられた。投射角度は, 適切な範囲を大きく外れると投てき距離を低下させる (桜井, 1992) とされているが, 投射角度と投てき距離は並 2 号を除いて, いずれのボールにおいても有意な相関関係が認められず, 相関係数も低い値となっていた。並 2 号でのみ有意な相関関係が認められたこともあり, 投射角度が投てき距離に多少の影響を及ぼしていた可能性も考えられ得るが, 相関係数そのものも低いことからボールの大きさ及び重量の違いが投射角度に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

各ボールで実際に測定された投てき距離に,



ボールの重量の違いによる有意な差は認められなかったが、理論投てき距離は重いボールよりも軽いボールの方が有意に大きかった。理論投てき距離は空気抵抗を考慮しない場合の投てき距離であり、初速度の2乗に比例する値となることから、遠投を目的とするボール投げにおいては、ボールのリリース時の初速度が大きくなることによって、理論投てき距離は実際の投てき距離よりもさらに大きくなる。各ボールにおける初速度は軽いほど有意に大きく、理論投てき距離にも反映されていると考えられ、一方で、実際の投てき距離は、小さく軽いボールでは初速度と投てき距離の相関係数も他のボールのそれらよりも低い傾向にあり、軽いボールでの理論投てき距離は有意に短かった。これらのように、ボールの大きさ及び重量が異なることによって初速度が理論投てき距離に及ぼす影響は異なり、軽いボールでは投射角度のばらつきが影響している可能性が考えられる。



【研究課題】

3種類のボールでの投距離およびリリース時の初速度、理論投距離は、いずれもSoftがRedとHandより大きくRedはHandよりもやや大きかった。また、実際の投距離と初速度との相関係数はSoftがRedとHandよりも高くRedはHandよりもやや高く、実際の投距離と理論投距離との相関係数はいずれのボールにおいても極めて高かった。遠投距離を目指したボール投げでは、リリース時の初速度および投射角度、投射高の3つの要因によって、リリース後の空気抵抗を考慮しない場合の到達距離を算出することができ(桜井, 1992)、理論投距離と実際の投距離の差はリリース後のボールに作用する空気抵抗と考えることができる。本研究の結果から、3種類のボールではいずれもリリース後の空気抵抗による影響は小さかったこと、また、いずれのボールにおいても投距離には初速度が大きく反映され、RedやHandよりもSoftの方がより大きく反映されていたことが考えられる。

一方、投射角度および投射高は、投射角度でSoftがHandより大きかったこと以外は3種類のボール間での差が無く、実際の投距離と投射角度および投射高との相関係数は、投射角度がSoftおよびHandのみが中程度の有意な値となっていた。尾懸・関岡(1994)は、投射角度の変化はボールをリリースするポイントに影響を及ぼすが、オーバーハンスローにおける投射高の変化は僅かで投てき距離には大きな影響を与えないと報告しており、3種類のボールにおいても、投射高が理論投距離や実際の投距離に大きな影響を及ぼすことは無く、ボールの違いによる投射高への影響は無視できる程度と考えられる。また、投射角度の元となるリリース時のy方向およびz方向のボール速度はy方向のRedとHandの間以外のいずれのボール間にも差が認められ、SoftよりもRed, RedよりもHandの方が小さかった。つまり、Softよりもサイズが大きいRedではy方向およびz方向のボール速度がともに小さく、そのためにそれらの正接として算出される投射角度に大きく影響することがなかったが、Redよりも重いHandではz方向のボール速度のみがさらに小さいことによって投射角度が小さいと認められるまでの差が生じたと考えられる。本研究の結果を踏まえると、渡邊・前田(2020)のハンドボールの初速度がソフトボールのそれよりも小さく投射角度に差がなかった結果から、ハンドボールでのリリース時における鉛直方向の速度および進行方向の速度がソフトボールのそれらよりもいずれも小さかったことが推察され、これらのことから、遠投におけるボールの大きさの違いはリリース時の初速度ベクトルの鉛直方向および進行方向の各成分に、ボールの重量の違いは鉛直方向の成分に、それぞれ影響する可能性が考えられる。リリース時まで獲得されたボール速度を局面ごとに見ると、3種類のいずれのボールを用いる場合もリリース時の約75%のボール速度がLF—RI間に獲得され、さらにRF—LF間を加え

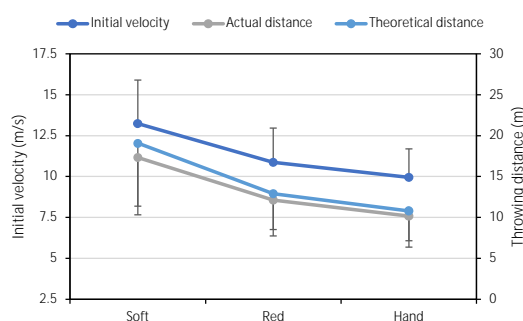
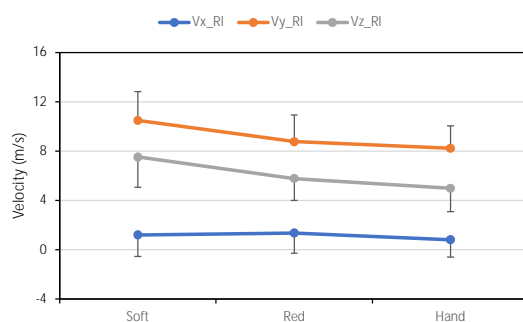


Table1 各ボールにおける実際の投距離と初速度、投射角度、投射高および理論投距離との相関係数

	初速度 (m/s)	投射角度 (deg)	投射高 (m)	理論投距離 (m)
Soft	0.926 **	0.503 **	-0.182 n.s	0.965 **
Red	0.852 **	0.180 n.s	-0.009 n.s	0.950 **
Hand	0.847 **	0.418 **	-0.157 n.s	0.944 **

(** : p<0.01, * : p<0.05)



た RF—RI の局面で 80%を超えるボール速度が獲得されており、これらの局面がリリース時の初速度を決定づける重要な局面となっていることが分かる。比留間・森(2021)は、小学校低学年の児童では、助走(ステップを含む)を用いても投距離や初速度が増加することはなく、助走を用いることで投射角度のばらつきが大きくなり、助走を利用することが必ずしも投距離の増大に繋がるわけではないことを報告しており、小学生による遠投は RF 以前の予備局面よりも RF 以後の主要局面に注目して投距離を増大させる要因を検討する必要がある。

RF—RI 間の獲得速度は Soft が Red や Hand よりも大きく Red が Hand よりも大きかったが、RF—RI 間の所要時間およびストロークは、所要時間で Soft よりも Hand が長いこと、ストロークで Red よりも Hand が大きいこと以外は差が認められなかった。一方、この間のボールの運動量および平均力は、いずれも Soft が Red よりも大きく Hand が Soft および Red よりも大きかった。堀田(2016)や山本(2015)は、小学校低学年を対象にした授業の実践から、ボールを持つあるいは握ることができるようになると腕の力が伝わりやすく投動作の改善が見込めると報告しており、対象者の手の大きさに対して使用するボールが大きいとボールを握るあるいはつかむことが難しくなり、投げ動作中に加えられる力が減少する可能性を示唆している。本研究においても、獲得速度では Soft よりも大きい Red の方が小さいにもかかわらず所要時間およびストロークのいずれも Soft との間に差が認められなかったが、それには RF—RI 間にボールに加えられた平均力が Soft よりも小さかったことが要因となっているものと考えられる。また、森本・村木(2001)によれば、重量を増大したボールを用いた投球では、発揮される力が増大するためにボールに加えられる力積は大きくなり、重量を増大したボールを用いることによる力積の増大率が、ボール重量の増大率を下回った場合は投球スピードが減少するとの報告もある。Hand の運動量および平均力が Soft や Red のそれらよりもかなり大きく獲得速度は Hand が小さいのは、ボールの重量の違いが影響しているものと考えられる。

新体力テストのボール投げでは、投てき距離を測定しその記録によって投げる能力を評価しており、より遠くにボールを投げることができる者ほど投げる能力が高いと評価されるが、小学生(ソフトボール1号)と中学生以上(ハンドボール2号)とでは使用するボールは異なる。本研究の児童では Red や Hand を使用すると Soft の場合よりも投距離および初速度、投射角度、投射高がいずれも減少すること、リリース時の各変量は Hand の初速度との差以外の初速度および投射角度、投射高の差には反映されにくいこと、Soft の各項目値は Red と Hand の差には反映されにくいことが分かる。これらの結果に加え、いずれのボールにおいても実際の投距離と初速度との相関係数が極めて高かったことを踏まえると、ソフトボール1号(Soft)よりも大きく重いハンドボール0号(Hand)を使用する場合は初速度が低いことが主な要因となり投距離は減少するが、ソフトボール1号(Soft)よりも大きいだけのハンドボール0号(Red)を使用する場合は投距離の減少には、初速度の低下だけでなく投射角度も影響する要因になっていることが考えられ、投距離(実際の投距離)を決定づけるリリース時の各変量への影響度は使用するボールによって異なる可能性が示唆される。

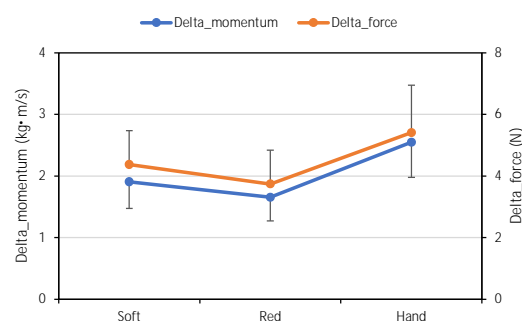
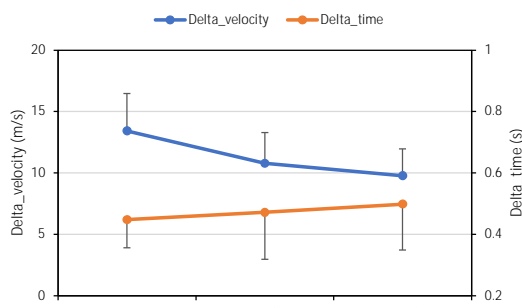
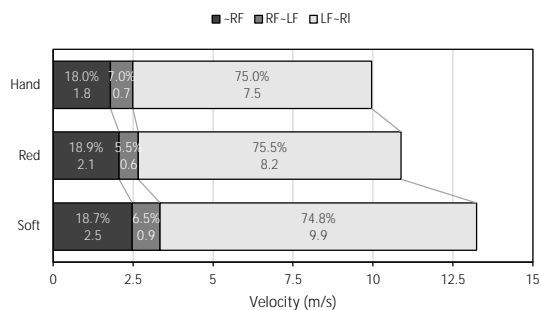
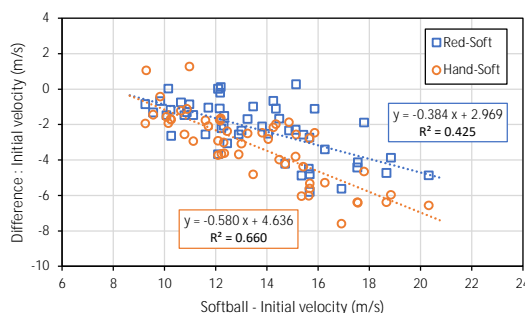


Table2ソフトボールの投距離およびリリース時の各変量と各ボール間のそれらの減少量との相関係数

	投距離 (m)	初速度 (m/s)	投射角度 (deg)	投射高 (m)
Red-Soft [n=51]	-0.822 **	-0.624 **	-0.683 **	-0.367 **
Hand-Soft [n=52]	-0.847 **	-0.812 **	-0.420 **	-0.358 **
Hand-Red [n=51]	-0.341 *	-0.436 **	0.223 n.s	-0.250 n.s

(** : p<0.01, * : p<0.05)



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大西竜生, 前田正登
2. 発表標題 ハンドボールの遠投におけるボールの大きさ及び重量の影響
3. 学会等名 第36回日本トレーニング科学会
4. 発表年 2023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
---------	---------