

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：32408

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K19940

研究課題名（和文）カメラを用いた体育授業における児童の身体活動量可視化システムの開発研究

研究課題名（英文）Study on Visualization System of Physical Activity of Children in Physical Education Class Using Camera

研究代表者

櫻井 淳（Sakurai, Jun）

文教大学・情報学部・講師

研究者番号：70711018

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 900,000円

研究成果の概要（和文）：近年、外遊びの減少などに起因して児童の投能力が低下傾向にあることが問題視されている。こうした背景から、2020年度の小学校学習指導要領において、体育授業に投の運動に関する指導が新たに追加された。しかし、その指導方法は各教師に委ねられており、投能力向上に効果的な指導方法が確立していない現状である。一方、投の運動の新たな授業方法として、ジャベリックボールの活用が注目されている。その効果を検証した研究が多くなされているが、動作要因の定量的な分析までは十分になされていない。そこで、本研究では、小学校低学年を対象に、カメラを用いた投げ動作の分析支援システムを開発し、投げ運動の動作を分析する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、外遊びの減少などに起因して児童の投能力が低下傾向にあり、身体活動の不足が問題視されている現状に対して、投能力向上に寄与する動作要因を明らかにし、効果的な指導案を提案するための知見を得ることを目的とした。そして、提案システムを用いた分析の結果、ジャベリックボールはソフトボールの練習に比べて、投球動作における逆手の腕の角度と体幹の角度が有意に向上することなどを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The declining tendency of children's throwing ability due to the decrease in opportunities to play outdoors in recent years has been recognized as a problem. In light of this situation, instruction on throwing motion was newly added to physical education classes in the 2020 Courses of Study for elementary school students. However, the teaching method is left to the discretion of each teacher, and at present, no effective teaching method has been established to improve children's throwing ability. Under such circumstances, the use of the javelic ball has been attracting attention as a new teaching method for the throwing motion. While there have been some studies that have verified the effectiveness of this method, quantitative analysis of the movement factors has not yet been sufficiently conducted. In this study, we analyze their throwing motion before and after the classes using image processing technology.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：カメラ 体育授業 投げ運動 動作分析

1. 研究開始当初の背景

近年、外遊びの減少などに起因して児童の投能力が低下傾向にあり、身体活動の不足が問題視されている。こうした背景から、2020年度より全面実施の小学校学習指導要領[1]において、体育授業に投の運動に関する指導が新たに追加され、投能力向上を目指した育成が行われている。たとえば、紙鉄砲遊び、タッチスローイングやトンくる体操など、各教師の創意工夫による授業が提案されている。しかし、その指導方法は各教師に委ねられており、投能力向上に効果的な指導方法が確立していない。

一方、投の運動の新たな授業方法[2]として、ジャベリックボールの活用が注目されている。これは、ロケット状の投てき物であり、投げ動作の改善に有効性があるとされている。この既存研究として、大学生のやり投げの学習教材としてジャベリックボール活用効果を示した研究[3]、カメラ撮影映像からボール角度と体幹角度を算出し、小学生のジャベリックボールを用いた投げ練習の効果を検証した研究[4]や、小学生と中高生を対象にジャベリックボールと新体力テストに相関があることを示した研究[5,6]などがある。これらの成果では、ジャベリックボールの練習により記録が向上し、個人差や身体能力に影響する可能性が示されているが、動作要因の定量的な分析までは十分になされていない。そうした背景から、著者らは、投能力向上に影響を与える動作要因を明らかにするために、カメラを用いて投球フォームの体幹、利き手や膝の角度などの7種類の動作を抽出するシステムを開発した。そして、小学校2年生を対象にジャベリックボールを活用した授業を行い、授業前後でソフトボール投げの記録が3m以上増加した55名の児童の動作を分析した結果、7種類の項目で値が有意に向上し、ジャベリックボールの練習が投げ動作に影響を与える可能性を示した。しかし、ジャベリックボールが他のボールよりも優れていることの有用性や、記録と投げ動作との関連性についてまでは明らかになっていない。今後、投げ運動の授業がより活発化する中で、投能力向上に寄与する動作要因を明らかにし、効果的な指導案を提案するための知見を得ることは重要である。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、カメラを用いた投げ動作の分析支援システムを開発し、小学校低学年を対象に、ジャベリックボールと、重さと大きさが異なる1号ソフトボールと2号ソフトボールの3種類のボールを用いて投げ運動の授業を実践する。そして、提案システムを用いた授業前後の投げ動作から、ボールの種類の違いによる動作の影響と、記録と動作の関係性を分析する。

3. 研究の方法

本研究では、小学校における投げ運動の効果的な指導方法を検討するために、小学校低学年の体育授業において、3種類のボールを用いた介入実験を実施した。以下に、実験概要を述べる。

(1) 実験環境

本実験は、2021年10~12月にかけて、吉川市立関小学校および三輪野江小学校の低学年1,2年生を対象に、各クラスで授業に使用するボールの種類を変えて実施した。ボールは、ジャベリックボール、1号ソフトボール、2号ソフトボールの3種類である。

(2) 授業内容

本実験では、対象のボールを使用して、計5回の45分授業の中で最初の15分間のみ介入し、投げ運動の練習を行った。授業は、両小学校ともに以下の内容で統一した。

- ・15分程度2人組でキャッチボールをする。
- ・最初は短い距離でキャッチボールしたり、ゴロで転がしたり、ワンバウンド投球などの肩慣らしをする。
- ・その後、遠投(おもいきり投げる)を行う。
- ・楽しくする工夫は先生の裁量で取り入れる。

(3) 記録の測定方法

授業実践前後に、授業の効果を測るために、新体力テストに準じたソフトボール投げを実施した。その際、一定距離離れた位置から4Kカメラ(ソニー社製 HXR-NX80)で各児童のフォームを撮影し、2回の記録測定の内、記録の良いほうを使用した。

(4) 分析項目

山西らの研究[7]では、小学・中学・高校・大学生の計69名を対象としたソフトボール投げなどの撮影データを用いて、投げ運動の変容の過程をもとに動作パターンに分類し、動作の特徴的なポイントの21項目の文章化を試みている。これらの特徴的なポイントに着目し、カメ

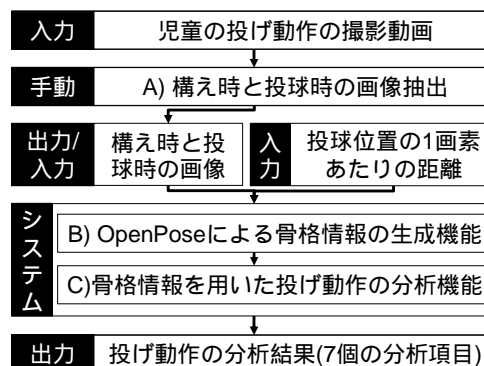


図1 開発システムの処理の流れ

ラの撮影動画から OpenPose[8]とよばれる画像処理技術で数値化できる分析項目を検討した。そして、一連の投球動作の中から、投球の準備局面における投球する腕と逆側の足を地面に着地させた時点（以下、構え時）と、ボールが投球する手から離れた地点（以下、投球時）の2つのフレーム画像を対象に、構え時4項目と投球時3項目の計7種類の動作の項目を定義し、各項目を数値化するシステムを提案した。処理の流れを図1に示す。

本研究では、そこで定義した7種類の分析項目の内、構え時の「逆腕の角度」、「肩幅の長さ」、「体幹の角度」、「足のスタンス幅」と、投球時の「前足の膝の角度」、「体幹の角度」の6種類の項目を対象とした。残りの1項目である投球時の「利き手の角度」に関しては、本実験では撮影条件の都合上、画像処理で正確な位置を抽出できなかったため、分析の対象外とした。

なお、「肩幅の長さ」と「足のスタンス幅」に関しては、既存研究では投球場所の2mのサークルの長さを基準に、絶対的な数値として算出していたが、本研究では各児童の体幹の長さを基準とした割合を算出し、相対的な数値となるようにシステムを改良した。

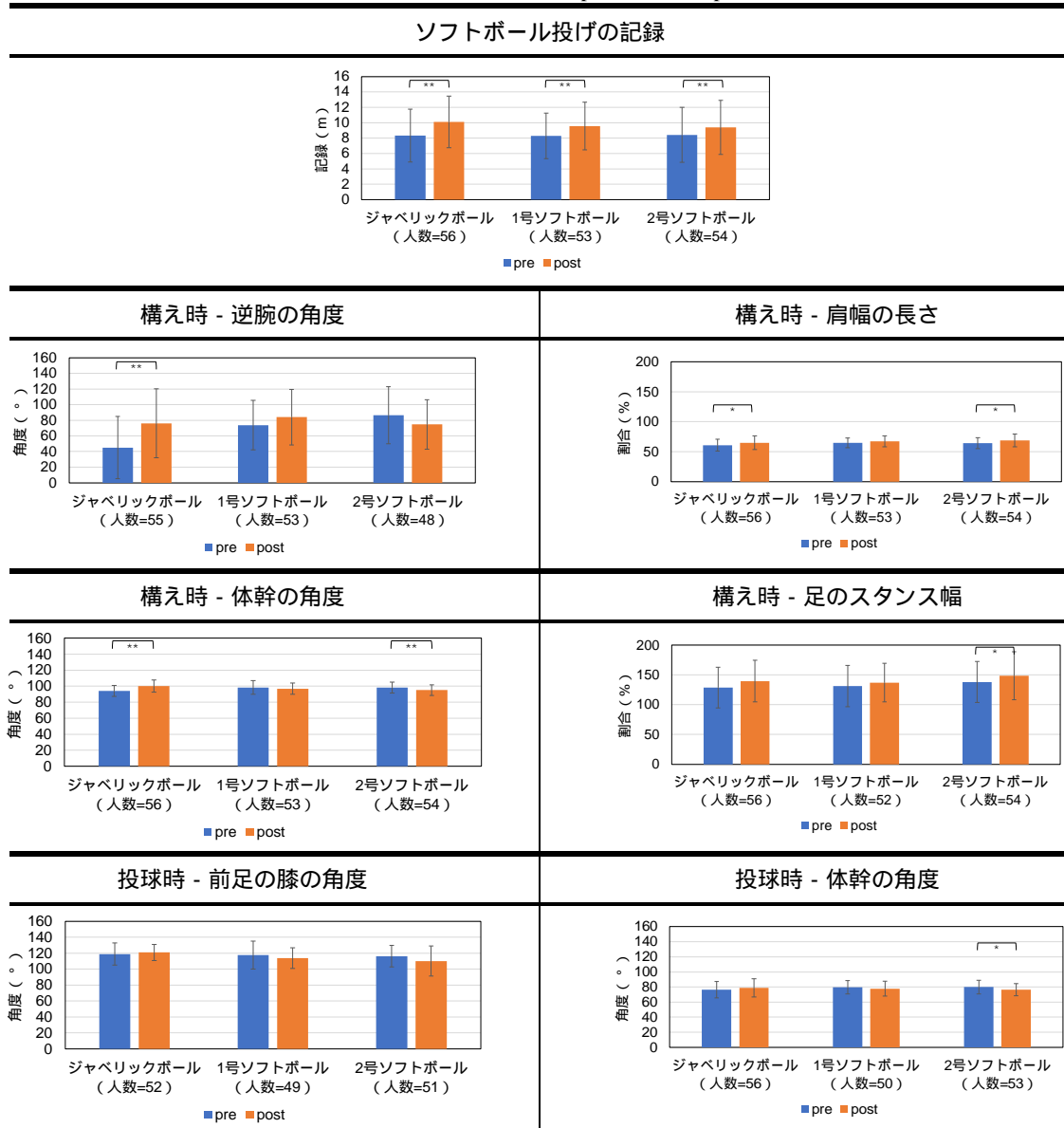
また、画像処理で人物の骨格推定に一部失敗した画像が確認されたため、これらのデータは除外して集計を行った。

4. 研究成果

(1) ボールの違いに着目した効果検証

本節では、ジャベリックボールと、重さや大きさの異なるソフトボールを用いた授業前後のソフトボール投げの測定結果を比較し、ボールの違いにより記録や各動作に差が出るかを検証する。まず、授業前後で影響があるかを確認するために、各項目の授業前後のデータを用いて対応のあるt検定で比較検討した。次に、ボールの種類で違いがあるかを確認するため、各ボールに対して授業後の値から授業前の値を引いた差分値を用いて一元配置分散分析を行い、Bonferroni

表1 授業前後の比較結果 (* : p. < 0.05, ** : p. < 0.01)



法による多重比較で検証した。

授業前後の各項目の平均値 ± 標準偏差の結果として、まず、「ソフトボール投げの記録」に着目すると、すべてのボールにおいて 1%水準で有意に記録が向上しており、いずれも授業の効果があることが確認された。次に、6 種類の分析項目の内、授業前に比べて授業後のほうが 5%または 1%水準で有意に値が増加した結果に着目すると、ジャベリックボールが 3 項目（構え時：逆腕の角度、肩幅の長さ、体幹の角度）、1 号ソフトボールが 0 項目、2 号ソフトボールが 2 項目（構え時：肩幅の長さ、足のスタンス幅）であった。よって、ジャベリックボールと 2 号ソフトボールが動作改善に寄与した可能性が示唆される。特に、ジャベリックボールに関しては、「構え時の逆腕の角度」と「構え時の体幹の角度」が 1%水準で有意に増加したことから、構え時に逆手を投射方向に大きく伸ばして体重が後ろ足にかかる状態を効果的に学習できた可能性がある。また、2 号ソフトボールに関しては、「構え時の肩幅の長さ」と「構え時の足のスタンス幅」が 5%水準で有意に増加したことから、通常、小学校で使用する 1 号ソフトボールよりも重いボールを扱うために、ひねり動作と足をステップする幅を大きくすることで、より遠くに飛ばそうとする動作が身についた可能性が考えられる。ただし、体幹の角度では反対に値が有意に減少したために、一部の児童にマイナスの影響を与えた可能性が考えられる。この原因の究明については、今後の課題である。

授業前後の差分値を用いて、ボール種類における一元配置分散分析を行った結果を表 2 に示す。この結果から、「構え時 - 逆腕の角度」、「構え時 - 体幹の角度」、「投球時 - 体幹の角度」の 3 項目において、ジャベリックボール群と 1 号または 2 号ソフトボール群の間にそれぞれ有意差が認められた。このことから、ジャベリックボールはソフトボールの練習に比べて、投球動作における逆手の腕の角度と体幹の角度で特に効果的な影響を与える可能性が示された。ただし、本実験は計 6 クラスで約 163 名の限られた条件下で実施した結果であることは留意が必要であり、ここで示された傾向を明確に示すためには、今後、サンプル数を増加させた追加実験が必要と考える。

(2) 記録と投げ動作の関係性の分析

本節では、ソフトボール投げの記録と投げ動作の関係性を分析する。本章で使用するデータは、本実験の授業前後のデータの内、6 種類の分析項目をすべて測定できた 303 回分の結果とする。まず、ソフトボール投げの記録と 6 種類の各分析項目に対して、2 指標間の散布図と Pearson の相関分析から、関連性の高い指標を確認した。次に、目的変数にソフトボール投げ、説明変数に 6 種類の分析項目を代入し、強制投入法で重回帰分析を実施した。なお、図表中の「**」は 1%有意、「*」は 5%有意を示す。

ソフトボール投げの記録と 6 種類の各分析項目の重回帰分析の結果を表 2 に示す。この重回帰モデルに関して、決定係数が 0.275 とやや低くなった点は留意すべきであるが、F 検定で有意 ($F(6, 302)=20.11, P<0.001$) であったため統計的に意味があることを確認した。この結果から、記録と有意な関連を認めた変数は、構え時における肩幅の長さ ($t=2.362, P=0.019$)、体幹の角度 ($t=6.314, P<0.001$)、足のスタンス幅 ($t=2.883, P=0.004$) と、投球時における体幹の角度 ($t=2.887, P=0.004$) の 4 項目であった。したがって、構え時の肩幅・足幅・体幹の角度が大きくなるほど、投球時の体幹の角度が大きくなるほど、ソフトボール投げの記録が向上するといえる。特に、t 値が一番高い「構え時の体幹の角度」が記録の向上に対する影響度が最も高いことが示唆される。

(3) まとめ

本研究では、小学校体育の投げ運動の授業において、ボールの種類の違いによるソフトボール投げの記録と投げ動作への影響を把握することを目的として、小学校低学年を対象に、ジャベリックボール、1 号ソフトボール、2 号ソフトボールの 3 種類のボールを用いて投げ運動の授業を実践した。そして、授業前後におけるソフトボール投げの記録と、提案システムで抽出した 6 種類の投げ動作の分析項目の結果から以下の知見を得られた。

表 5 重回帰分析の結果

	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	P 値	判定
(定数項)	-15.319		-5.958	< 0.001	**
構え時 - 逆腕の角度	-0.004	-0.047	-0.922	0.357	
構え時 - 肩幅の長さ	0.043	0.122	2.362	0.019	*
構え時 - 体幹の角度	0.161	0.362	6.314	< 0.001	**
構え時 - 足のスタンス幅	0.016	0.173	2.883	0.004	**
投球時 - 前足の膝の角度	-0.001	-0.006	-0.114	0.909	
投球時 - 体幹の角度	0.053	0.158	2.887	0.004	**

- ・授業前後において、ジャベリックボールと2号ソフトボールでは複数の異なる分析項目で値が有意に向上した。
- ・分散分析の結果、ジャベリックボールはソフトボールの練習に比べて、投球動作における逆手の腕の角度と体幹の角度が有意に向上した。
- ・重回帰分析の結果、構え時の肩幅・足幅・体幹の角度が大きくなるほど、投球時の体幹の角度が大きくなるほど、ソフトボール投げの記録が向上することがわかった。

以上のことから、投げ運動の授業にジャベリックボールを活用することで、記録との関連性の高い体幹の角度が特に影響を与える可能性を示せたと考える。ただし、2号ソフトボールに関しては、ジャベリックボールと異なる傾向を示したため、重さの異なるボールを活用することの影響は引き続き検証が必要である。また、本論文の結果は、小学校低学年の6クラス約163名で実施したものであるが、小学校中学年や高学年では身体の発達が進み、投げ動作にも異なる傾向が出る可能性があるため、今後様々な条件での実験を行い、各学年の効果的な指導方法の提案に向けた知見を得る必要がある。さらに、本実験では、実験協力先の小学校の先生に向けて、各児童の結果のフィードバックとして測定結果カルテを出力するシステムを実装して紙媒体で配布した。今後、各項目における評価指標を考案するなどしてカルテを改良し、ソフトボール投げの記録だけではなく、動作に着目して授業で活用できる仕組みを構築していきたい。

また、本研究を進める中で、カメラを用いて児童の動きを把握するための支援システムの提案に向けて、単一物体の移動軌跡生成システムを開発し、高等学校部活動のボール運動や自転車の移動軌跡の推定に応用した。これらの成果も今後発展させていきたい。

<引用文献>

- [1] 文部科学省：小学校学習指導要領，入手先 (https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2018/09/05/1384661_4_3_2.pdf) (参照 2022-5-2)。
- [2] Akabane, N., Sawada, H., Kuroiwa, N., Hagiwara, T. and Takahashi, T.: The development and the effectiveness of target teaching material to enhance the throwing ability, Japanese journal of sport education studies, Vol. 28, No. 1, pp. 25-34 (2008) (in Japanese).
- [3] Tsuyoshi, Y. and Shuto, K.: A Practical Study of Learning and Coaching Inexperienced Learners in Turbo Javelin Throwing, Bulletin of Joetsu University of Education, Vol. 37, No. 1, pp. 283-293 (2017) (in Japanese).
- [4] Tanmatsu, Y. and Maeda, M.: Effects of practice using the Turbo-jav upon throwing movement in elementary schoolchildren during introduction to the throw, Japan journal of studies in athletics, Vol. 8, No. 1, pp. 22-31 (2010) (in Japanese).
- [5] Seki, K., Natsume, T., Yanagawa, Y. and Murakami, M.: Relationship between Vortex throw and physical fitness in elementary school student, Sanin journal of physical education, Vol. 32, pp. 6-13 (2017) (in Japanese).
- [6] Seki, K., Yasui, H., Kunimori, T., Murakami, Y. and Sakamoto, K.: Relationship between Vortex throw and physical fitness in junior high school and high school students, Sanin journal of physical education, Vol. 34, pp. 14-21 (2018) (in Japanese).
- [7] Yamanishi, T. and Ando, M.: Analysis of the Development of Ball Throwing Skill and the Effect of Training, Annual reports of the Faculty of Education, Gunma University, Art, technology, health and physical education, and science of human living series, Vol.22, pp.107-120 (1987) (in Japanese).
- [8] Cao, Z., Simon, T., Wei, S. and Sheikh, Y.: Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. Computer Vision and Pattern Recognition (2017).

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 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 櫻井淳, 小林稔	4. 巻 2021
2. 論文標題 カメラを用いた小学校体育授業における投げ動作の分析支援システムの提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報教育シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 22-29
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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 櫻井淳, 小林稔
2. 発表標題 カメラを用いた小学校体育授業の投げ動作の分析に関する研究
3. 学会等名 第16回 情報システム学会 全国大会・研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井淳, 小林稔
2. 発表標題 ドローンを活用したラグビー試合の空撮支援アプリの開発に関する研究
3. 学会等名 第17回 情報システム学会 全国大会・研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井淳, MORALES ARENAS ANGEL, 三宅智也, 松本修一
2. 発表標題 シケインにおけるサイクリングシミュレータの走行再現性
3. 学会等名 第63回土木計画学研究発表会（春大会）
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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