

# 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

櫻井淳<sup>1, a)</sup> 小林稔<sup>2, b)</sup>

**概要:** 近年、児童の投能力などの身体活動量の低下が問題視されている。この状況を鑑み、2020年度より全面実施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、児童の動作改善にまで着目した指導は十分になされていない。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提案する。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投の運動の授業を実践し、授業前後の投げ動作を分析する。これにより、投能力向上に影響を与える動作要因を明らかにし、児童に対する動作改善指導への活用可能性を検討する。

**キーワード:** カメラ、小学校体育授業、投げ動作、分析支援システム

## Proposal of Analysis Support System for Throwing Motion in Elementary School Physical Education Classes Using Cameras

JUN SAKURAI<sup>†1, a)</sup> MINORU KOBAYASHI<sup>†2, b)</sup>

**Abstract:** In recent years, the decrease in the amount of physical activity such as the throwing ability of children has been regarded as a problem. In view of this situation, guidance on throwing exercise has been newly added to physical education classes in the elementary school curriculum guidelines be widely implemented since 2020. However, the method of instruction is entrusted to each teacher, and it is not sufficient to focus on improving the throwing movements of children. In this study, therefore, we propose an analysis support system for the use of cameras to solve the problem. Then, for the second grade of elementary school, we practice throwing exercises class using a javelic ball and analyze the throwing motion. In this way, we clarify the factors affecting the improvement of throwing ability and examine the possibility of using them for movement improvement guidance for children.

**Keywords:** Camera, Elementary school, Throwing motion, Analysis support system

### 1. はじめに

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現状である。

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。これらの成果にて、身体の発達やジャベリックボールを用いた投げ練習と、投げ動作や記録との関係性については検証されているが、投能力の向上に寄与する動作要因までは十分に明らかにされていない。また、そのほかに、小学生のドッジボールを対象とした投げ動作を分析した研究[7]があるが、投球障害予防に関するものであり目的が異なる。以上より、授業の現場において、教師が児童に対して明確な観点で動作改善の指導ができない課題があるといえる。

そこで、本研究では、新体力テスト[8]のソフトボール投げに着目し、カメラを用いた投げ動作の分析支援システムを提案する。また、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実践し、ジャベリックボールの活用効果の検証と、提案システムを用いた授業前後の投げ動作の変化の要因を分析する。これにより、児童に対する動作改善指導への活用可能性を検討する。まず、2章で投げ動作分析支援システムを提案する。次に、3章と4章でジャベリックボールを用いた実験方法とその分析結果を記述する。最後に、5章で本研究を総括し、今後の展望を述べる。

1 文教大学 情報学部  
Faculty of Information and Communications, Bunkyo University  
2 文教大学 教育学部  
Faculty of Education, Bunkyo University

a) sakuraij@bunkyo.ac.jp  
b) mkoba98@bunkyo.ac.jp

## 2. 投げ動作分析支援システムの提案

本研究では、小学校の投げの運動に関する体育授業において、教員が明確な視点で児童の投げ動作の改善策を指導できることを目指して、投能力に影響する動作の分析項目を検討する。そして、それらの分析項目の分析方法を定義し、カメラで撮影した児童の投げ動作の動画から、定義した分析項目を出力するためのシステムを提案する。以下に、これらの詳細を記述する。

### 2.1 分析項目の検討

投げ動作の分析項目を検討するにあたって、投げ動作とボールの飛距離の関係を比較分析した山西らの研究[9]を参考にした。この研究では、小学・中学・高校・大学生の計 69 名を対象に、ソフトボール投げなどの測定をカメラで撮影している。そして、その記録映像からフォームを類

型的にとらえ、投げ運動の変容の過程をもとに7つの動作パターンに分類している。さらに、各動作の違いを明確化するために、動作の特徴的なポイントの文章化を試みている。その文章は、表1のa)～t)に示すように、腕の動作が7個、脚の動作が7個、体幹の動作と体重移動が6個の計21項目である。

本研究では、これらの特徴的な動作の文章に着目し、カメラの撮影動画から画像処理によって数値で定量的に算出できる分析項目と、画像処理において明確な基準がないために定義が困難な項目を検討した。このとき、撮影動画の時系列のフレーム画像をすべて使用すると動作の定義が困難であったために、図1に示すように、2つの動作の地点に絞って分析することとした。1つ目(図1左)は、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

表1 分析項目の検討結果

既存研究の動作パターン		本研究の分析可否
腕	a) 手は頭の後方へ引き上げられ、肩を中心としたオーバーヘッドスローでボールを放出する。	投球時の利き手の角度から、オーバーヘッドスローを確認 (No.6)
	b) 準備局面で投射側の腕と肩を後方へひねりながら引き上げ、反対側への回転動作によって投射する。	構え時の肩幅の長さから、ひねり動作を確認 (No.2)
	c) 準備局面での引き上げにつづき、むち打ち動作に伴う腕のスイングによって投射する。	むち打ちの定義が困難
	d) 逆手を投射方向に伸ばす。	構え時の逆腕の角度から、投射方向を確認 (No.1)
	e) 逆手を投射方向に大きく伸ばし、体に素早く引き付ける。	素早く引き付ける動作の定義が困難
	f) ボールを放出した後に顕著なフォロースルーを用いる。	フォロースルーの定義が困難
	g) 準備局面でワインドアップモーションを用いる。	ワインドアップの定義が困難
脚	h) 両足はそのままであり、支持面の変化はない	構え時の足のスタンス幅から、前方へのステップを確認 (No.4)
	i) 投射する腕と同側の足を前方へステップさせる。	
	j) 投射する腕と逆側の足を前方へステップさせる。	
	k) 準備局面で投射する腕と逆側の脚を引き上げ、つづいて前方へステップさせる。	構え時以前の動作が必要
	l) 投射時に投射する腕と逆側のヒザが曲がりすぎ、支持が弱い	投球時の前足の膝の角度から、膝の曲がりすぎ・伸びあがりを確認 (No.5)
	m) 投射時に投射する腕と逆側の足がつま先立ちとなり、上に伸びあがってしまう。	
	n) 踏み出した足に投射する腕と同側の脚を引きつけ、ホップしながら、もう一步踏み出させる。	構え時以前の動作が必要
体幹・体重移動	o) 上体は投射方向に正対になったままである。	(No.2と同様)
	p) 準備局面で上体を投射する腕と同側の後方へのひねり、投射動作に伴って反対側へ回転させる。	
	q) 準備局面で上体と腰と投射する腕と同側の後方へのひねり、投射動作に伴って反対側へ回転させる。	
	r) 腰からのムチ動作の伝道をスムーズに行う。	ムチ動作の定義が困難
	s) 動作中、体重はほとんど移動しない。	構え時と投球時の体幹の角度から、体重移動を確認 (No.3,7)
	t) 体重は後ろ足から前足に完全に移動する。	

せた時点（以下、構え時）とし、2つ目（図1右）は、ボールが投球する手から離れた地点（以下、投球時）とした。その結果、表2に示すように、構え時のNo.1~4と、投球時のNo.5~7の7項目を抽出した。なお、表1の本研究の分析可否欄のNo.と表2のNo.はそれぞれ対応している。

2.2 各分析項目の分析方法

前述で定義した7個の分析項目に対して、画像処理により数値で算出するための分析方法を定義する。構え時と投

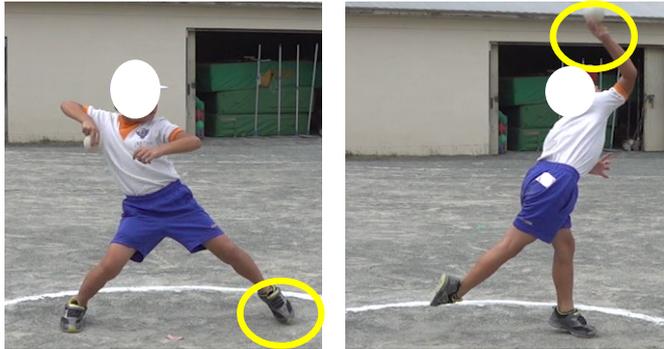


図1 使用する画像（左：構え時，右：投球時）

表2 分析項目の一覧

No.	種別	分析項目
1	構え時	逆腕の角度
2		肩幅の長さ
3		体幹の角度
4		足のスタンス幅
5	投球時	前足の膝の角度
6		利き手の角度
7		体幹の角度

球時の定義のイメージを表3と表4にそれぞれ示す。

構え時における4項目の定義として、No.1の逆手の角度は、構え時に逆手を投球方向に大きく伸ばすことが良いとされることから、構え時の利き手と反対側の肩と肘の2点間における下方向を0度とした時の角度(°)と定義する。No.2の肩幅の長さは、投球準備局面で肩を後方にひねることが良いとされることから、構え時の両肩の2点間における長さ(cm)と定義する。No.3の体幹の角度は、投球動作中に体重移動はほとんどなく、体重は後ろ足から前足に移動することが良いとされる。つまり、構え時において身体の重心は後ろ方向に傾いていると考えられる。そのため、構え時の胸元と腰の中心の2点間における右方向を0度とした時の角度(°)と定義する。No.4の足のスタンス幅は、構え時に投球する腕と逆側の足を前方にステップさせることが良いとされることから、構え時の両足のくるぶしの2点間における長さ(cm)と定義する。

投球時における3項目の定義として、No.5の前足の膝の角度は、投球時に投球する腕と逆側の膝が曲がりすぎることや、つま先立ちとなって上に伸びあがることは良くないとされる。よって、投球時の利き手と逆側の足の膝と股関節の2点間における右方向を0度とした時の角度(°)と定義する。No.6の利き手の角度は、投球時に投球する手は後方に引き上げられてオーバーヘッドスローが良いとされることから、投球時の利き手の肘と手首の2点間における右方向を0度とした時の角度(°)と定義する。No.7の体幹の角度は、No.3の項目と同様である。つまり、投球時において身体の重心は前方向に傾いていると考えられる。そのため、投球時の胸元と腰の中心の2点間における右方向を0度とした時の角度(°)と定義する。

以上の分析方法により、各分析項目を出力するシステムを提案する。

表3 分析項目の定義のイメージ（構え時）

No.1 逆腕の角度	No.2 肩幅の長さ	No.3 体幹の角度	No.4 足のスタンス幅

表4 分析項目の定義のイメージ（投球時）

No.5 前足の膝の角度	No.6 利き手の角度	No.7 体幹の角度

### 2.3 システム構成

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提案する。開発システムは、図2に示すように、A) 構え時と投球時の画像抽出、B) OpenPoseによる骨格情報の生成機能とC) 骨格情報を用いた投げ動作の分析機能から構成される。また、入力データは、児童の投げ動作の撮影動画とする。この撮影方法として、新体力テスト実施要項に準拠したソフトボール投げを対象とし、2mのサークルから一定距離離れた場所に固定カメラを設置する。この設置場所は、児童の投げる腕側のサークルの真横とし、サークル全体が画角に入るようにする。

まず、A) 構え時と投球時の画像抽出では、撮影動画を動画編集ソフトで読み込み、手作業により構え時と投球時の画像をそれぞれ抽出する。このとき、児童によっては投球フォームがまだ確立されておらず、投球の準備局面でステップを踏まずに投球する場合が確認された。これらに関しては、構え時として定義している逆足が地面に着地した地点が存在しないため、重心が後ろから前に移動したと考えられる地点を推測し、これを構え時として抽出した。

次に、B) OpenPoseによる骨格情報の生成機能では、畳み込みニューラルネットワークを利用した姿勢推定ライブラリとして、単眼カメラの画像から人物の骨格情報を抽出可能なOpenPose[10]を使用する。これにより、人間の骨格情報として、関節箇所24点の画像上の座標値を取得できる。構え時と投球時のOpenPoseの実行結果例を図3に、関節箇所24点の出力番号を図4（[11]より引用）に示す。

最後に、C) 骨格情報を用いた投げ動作の分析機能では、OpenPoseで出力された骨格情報を用いて、2.2節で定義した7個の分析項目の数値を出力する。図4の番号0~23を用いて各項目の算出方法を次に記述する。No.1の逆腕の角度では、番号5（左利きは番号2）を原点とし、下方向を0度とした番号6（左利きは番号3）までの角度を算出する。No.2の肩幅の長さでは、番号2と番号5の2点間距離を算出する。No.3とNo.7の体幹の角度では、番号8を原点とし、右方向を0度とした番号1までの角度を算出する。No.4の足のスタンス幅では、番号11と番号14の2点間距離を算出する。No.5の前足の膝の角度では、番号13（左利きは番号10）を原点とし、右方向を0度とした番号12（左利きは番号9）までの角度を算出する。No.6の利き手の角度では、番号3（左利きは番号6）を原点とし、右方向を0度とした番号4（左利きは番号7）までの角度を算出する。なお、これらの処理において、右利きと左利きで投球の向きが逆転するために、左利きの場合はX軸を反転させることで対処した。また、距離の算出にあたって、画像上の座標値から実際の寸法に換算するために、2mのサークル上の左端から右端までの画素数を目視で取得し、そこから1画素あたりの実際の距離を求めることとした。

以上の処理により、投げ動作の7個の分析項目の算出結

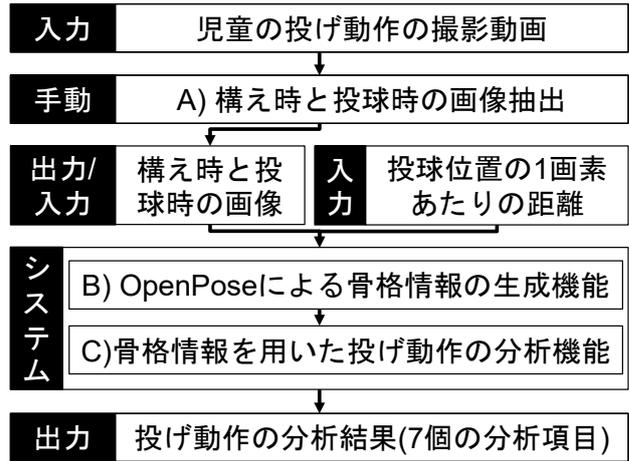


図2 開発システムの処理の流れ

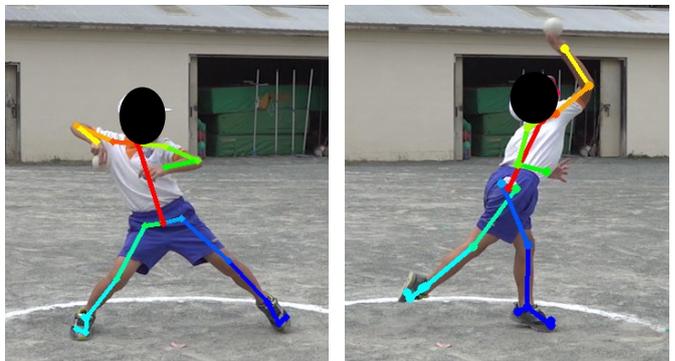


図3 OpenPoseの実行結果例

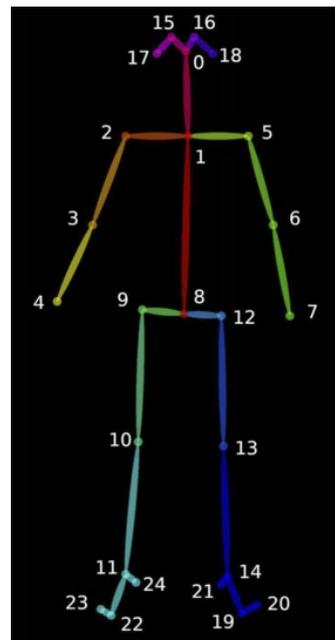


図4 OpenPoseの出力番号

果をCSV形式にて出力する。

### 3. 実験 1. ジャベリックボールを用いた授業方法の提案とその効果検証

本章では、ジャベリックボールを用いた授業を通して、児童の投能力を向上させるとともに、その効果を検証する。以下に、授業の実践方法、実験概要とその結果を詳述する。

#### 3.1 授業の実践方法

図5に示すようなジャベリックボールを用いた授業による投能力向上の持続効果を明らかにすることを目的とし、図6に示すように、実践A群と実践B群の2種類の指導方法を実践した。授業方法として、全10回の授業構成とし、1回あたり45分の授業時間の内、ソフトボールまたはジャベリックボールを使用した練習時間を20分とした。ここで、図6の赤枠で示すように、実践A群ではジャベリックボールを授業の後半に短時間(計40分)使用し、実践B群ではジャベリックボールを授業の前半に長時間(計100分)使用することとした。また、残りの時間には、平良ら[12]によって投能力向上に有効であることが明らかにされている紙鉄砲遊びとタッチスローイング、また、長野ら[13]によって効果が明らかにされているトンくる体操を授業に取り入れた。そして、初回授業の第1回目と最終授業の第10回目において、ソフトボール投げの記録測定を実施し、この記録で検証を行った。

#### 3.2 実験概要

本実験では、静岡県湖西市立鷺津小学校の2年生を対象に、約3週間の期間で授業を実施した。実験対象の児童は、実践A群と実践B群でそれぞれ53名ずつとした。

ソフトボール投げの記録測定方法として、図7に示すように、グラウンド上に新体力テストに準拠した測定フィールドを設け、一定距離離れた位置から4Kカメラ(ソニー社製 HXR-NX80)で撮影した。なお、この撮影動画は次章の実験2で使用することとし、本実験では測定記録のみを用いて、その平均値と標準偏差から検証する。

#### 3.3 実験結果

実践A群と実践B群の授業前後の測定結果を図8に示す。各結果の平均値±標準偏差を確認すると、実践A群の授業前(以下、pre)は8.1±3.7、授業後(以下、post)は11.5±4.0である一方、実践B群のpreは8.3±3.7、postは10.5±4.5であった。これらの結果に関して、授業前後(授業前・授業後)と授業方法(実践A群・実践B群)によって記録が異なるかを2要因分散分析で確認したところ、授業前後( $F(1, 52)=26.07, p<0.01$ )において主効果が有意であった。よって、ジャベリックボールなどを用いた授業によって記録が伸びることが明らかとなった。なお、本実験ではジャベリックボールの使用頻度による効果までは確認されなかったため、ジャベリックボール自体の活用有無や、大きさや重さが異なるソフトボールやテニスボールなどのボールの種類の違いに着目した授業実践と検証を行うことで、



図5 ジャベリックボールのイメージ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
始まりの挨拶・準備運動									
紙鉄砲遊び・タッチスローイング・トンくる体操(各1分間)									
学習内容・めあての確認									
記録測定	ソフトボール使用				ジャベリックボール使用				記録測定
①ボルトの構え②腰のひねり③足のステップ④手首のスナップ⑤投球直後ボールを見る									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
始まりの挨拶・準備運動									
紙鉄砲遊び・タッチスローイング・トンくる体操(各1分間)									
学習内容・めあての確認									
記録測定	ジャベリックボール使用				ソフトボール使用				記録測定
①ボルトの構え②腰のひねり③足のステップ④手首のスナップ⑤投球直後ボールを見る									

図6 体育授業の実践方法



図7 実験場所

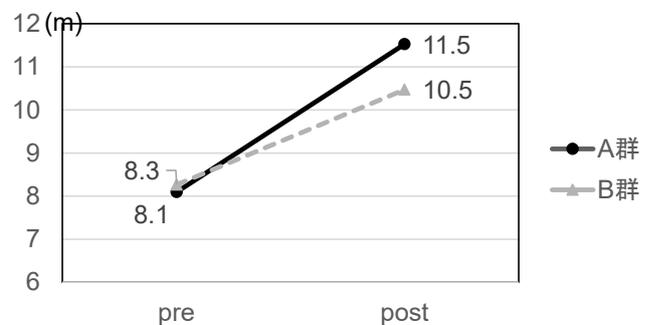


図8 実践A群と実践B群の測定結果(平均値)

より効果的な授業方法を検討できると考えられる。

#### 4. 実験 2. ソフトボール投げにおける投能力に影響する動作要因の分析

本章では、提案システムにより出力した7項目の分析項目を用いて、投能力向上に影響を与える動作要因を検証する。以下に、実験概要とその結果を詳述する。

##### 4.1 実験概要

本実験では、前章の実験1で使用した計106名の測定データをもとに、投能力が向上した児童に絞るため、授業前後の測定記録が3m以上増加した55名を対象とした。これらの児童の撮影動画から、提案システムで7個の分析項目を出力し、preとpostで数値に変化があるかを分析する。

##### 4.2 分析結果

授業前後の分析結果として、構え時の4個の分析項目を表5に、投球時の3個の分析項目を表6に示す。各結果の平均値±標準偏差を確認すると、No.1逆腕の角度では、preが55.8±34.9、postが70.6±35.2、No.2肩幅の長さでは、preが19.2±2.9、postが22.1±2.9、No.3体幹の角度では、preが97.4±7.5、postが100.2±7.6、No.4足のスタンス幅では、preが43.0±11.3、postが51.7±11.4、No.5前足の膝の

角度では、preが114.0±11.1、postが119.4±11.1、No.6利き手の角度では、preが96.0±20.9、postが108.6±20.8、No.7体幹の角度では、preが73.2±11.0、postが81.9±11.1であった。

また、これらの結果に関して、No.1逆腕の角度 ( $t(54)=-2.77, p<0.01$ )、No.2肩幅の長さ ( $t(54)=-6.24, p<0.01$ )、No.3体幹の角度 ( $t(54)=-2.68, p<0.01$ )、No.4足のスタンス幅 ( $t(54)=-4.50, p<0.01$ )、No.5前足の膝の角度 ( $t(54)=-2.93, p<0.01$ )、No.6利き手の角度 ( $t(54)=-3.79, p<0.01$ )、No.7体幹の角度 ( $t(54)=-6.65, p<0.01$ )のすべての項目において1%水準で有意差が確認された。特に、No.1において約15度と顕著な数値の変化が見受けられた。これは、授業の効果によって、投球の準備局面におけるステップやウィンドアップモーションが改善した児童が増加したことが影響していると考えられる。

以上のことから、投球フォームが発達途上の小学校2年生の児童においては、ソフトボール投げの記録向上とともに各分析項目の動作が変化することがわかった。そこで、その変化を詳細に調査するため、個別の画像確認を行った。

表5 構え時の授業前後の分析結果 (\*\* :  $p<0.01$ )

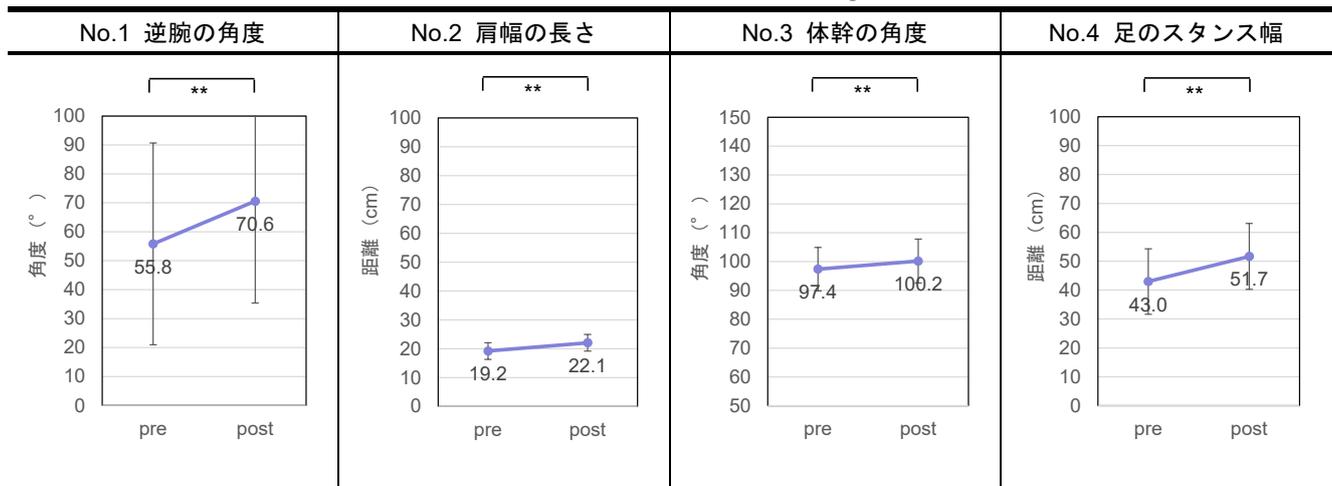
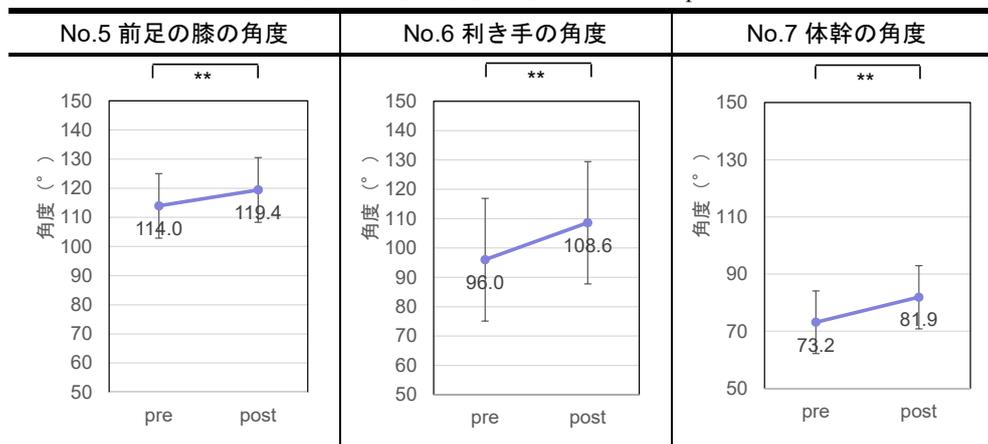


表6 投球時の授業前後の分析結果 (\*\* :  $p<0.01$ )



4.3 個別の確認結果

提案システムによる授業前後の分析結果として、構え時と投球時で各2名ずつを抜粋した画像を表7と表8にそれぞれ示す。なお、表内の上の画像が女子、下の画像が男子を抜粋している。

表7の構え時の結果を確認すると、まず、No.1 逆腕の角度では、preは逆腕がほぼ下向きであるのに対し、postは上体が後ろに傾いて腕を投射方向に大きく伸ばせている様子を確認できる。次に、No.2 肩幅の長さでは、preは前向きに構えているのに対し、postは投射側の腕と肩を後方へひねって肩幅が大きくなっている。さらに、No.3 体幹の角度では、preは体重が前足にかかっているのに対し、postは体幹が後ろ方向に傾いており、体重も後ろ足にかけられていることがわかる。最後に、No.4 足のスタンス幅では、preよりもpostのほうが前足を前方へステップできている。

表8の投球時の結果を確認すると、まず、No.5 前足の膝の角度では、抜粋した2名でそれぞれ異なる傾向となっている。上画像の場合では、preで膝が上に伸びあがっている

のに対し、postで膝を曲げた状態に改善できている。一方で、下画像の場合では、preで前かがみになって曲がりすぎている膝の角度がpostで改善されている。そのため、正しい膝の角度を基準値として定義することができれば、より顕著に変化を捉えることが可能と考えられる。次に、No.6 利き手の角度では、preは上体が前方向に傾いて地面に叩きつけるような角度であるのに対し、postは手が頭の後方に引き上げられて角度も上向きに改善していることがわかる。最後に、No.7 体幹の角度では、preは上体が前方向に傾くことで体幹の角度も前方向であるのに対し、postは体のひねり動作によって地面にほぼ垂直な角度となっていることが確認される。

これらの結果より、preとpostで各分析項目に顕著な変化が表れていることが確認できた。そのため、ジャベリックボールなどを用いた練習によって各動作に違いが出ることが明らかとなった。ただし、記録向上と動作の関係性については、追加実験によってサンプル数を増加させ、記録に基づいた比較分析が必要である。

表7 構え時の授業前後の分析結果抜粋

No.1 逆腕の角度		No.2 肩幅の長さ		No.3 体幹の角度		No.4 足のスタンス幅	
pre	post	pre	post	pre	post	pre	post

表8 投球時の授業前後の分析結果抜粋

No.5 前足の膝の角度		No.6 利き手の角度		No.7 体幹の角度	
pre	post	pre	post	pre	post

## 5. おわりに

本研究では、新体力テストのソフトボール投げに着目し、カメラを用いた投げ動作の分析支援システムを提案した。そして、実際に小学校2年生を対象とした投の運動の授業方法を計画し、実験1においてジャベリックボールを活用した授業の効果を実証した。また、実験2において、提案システムで定義した7個の分析項目のいずれにおいても、授業実践前後で有意に差があることを確認した。これらのことから、小学校の授業の現場において、カメラで各児童の投球フォームを撮影することで、投能力向上に資する動作の改善点を明確な視点で指導するための一定の可能性を示せたといえる。ただし、実用に向けた課題として以下が挙げられる。

1. 提案システムでは、動画から2枚の画像を手作業で抽出しているため、作業コストがかかること
2. 本研究では、既存研究の21項目の動作パターンの中から、画像処理で定義可能な7項目に絞っているため、その他のむち打ち動作などに着目できていないこと
3. 教師や児童に分析結果をフィードバックする仕組みが必要であること
4. 本研究で定義した7個の分析項目とソフトボール投げの記録との関係性が明瞭になっていないこと
5. ジャベリックボールを用いた練習が他より優れていることが明らかにはなっておらず、より効果的な授業の実践方法を模索する必要があること

課題1と2については、一連の時系列のフレーム画像をもとに、対象フレームを機械的に抽出するアルゴリズムやむち打ち動作を数値で評価するアルゴリズムを考案する必要がある。課題3は、カルテ形式などでWebサイト上にて提供するなどの方法が考えられる。課題4と5に関しては、使用するボール、授業計画や対象学年などを見直し、追加実験を行うことでより明確に投能力向上に寄与する授業方法や動作要因を明らかにしていきたい。

**謝辞** 本研究は、JSPS 科学研究費 補助金（科研費）20K19940の助成を受けたものである。また、本研究の遂行にあたり静岡県湖西市立鷺津小学校の関係者の皆様にご協力賜った。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] “小学校学習指導要領”。  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2018/09/05/1384661\\_4\\_3\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/09/05/1384661_4_3_2.pdf), (参照 2021-06-22).
- [2] 赤羽根直樹, 澤田浩, 黒岩奈穂子, 萩原朋子, 高橋建夫. 投能力向上をめざしたターゲット型教材の開発とその有用性について. スポーツ教育学研究, Vol.28 No.1, 2008, pp. 25-34.
- [3] 山川剛, 周東和好. ジャベリックスローの学習指導に関する実践的考察. 上越教育大学研究紀要, 2017, vol. 37, no. 1, p. 283-293.

- [4] 丹松由美子, 前田正登. 投運動導入段階の小学生におけるターボジャブを用いた投げ練習の効果. 陸上競技学会誌, 2010, no. 8, p. 22-31.
- [5] 関耕二, 夏目貴史, 柳川美麿, 村上雅俊. 小学生におけるヴォーテックス投げと体力の関係について. 山陰体育学研究, 2017, no. 32, p. 6-13.
- [6] 関耕二, 夏目貴史, 柳川美麿, 村上雅俊. 中学生におけるヴォーテックス投げと体力の関係について. 山陰体育学研究, 2018, no. 34, p. 14-21.
- [7] 王沢峰, 桜井伸二. 小学生ドッジボール選手における投球動作のバイオメカニクスの分析—オーバースローとサイドスローの比較—. 発育発達研究, 2011, no. 52, p. 52\_1-52\_12.
- [8] “新体力テスト実施要領”.  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/stamina/05030101/001.pdf](https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/05030101/001.pdf), (参照 2021-06-22).
- [9] 山西哲郎, 安藤正信. 投げ動作の発達と学習効果についての分析的研究. 群馬大学教育学部紀要 芸術・技術・体育・生活科学編, 1987, vol.22, p.107-120.
- [10] Cao, Z., Simon, T., Wei, S. and Sheikh, Y. Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. In CVPR, 2017.
- [11] Nguyen, S. M., Collot-Lavenne, N., Lohr, C., Guillon, S., Tula, P., Paez, A., Bouaida, M., Anin, A. and Qacemi, S. E.. An implementation of an imitation game with ASD children to learn nursery rhymes. Human-Computer Interaction, 2020.
- [12] 平良広美. ボールを投げる力の向上を目指した授業の工夫—フォームの定着を目指したボール遊びとゲーム (第2学年)—. 沖縄県立総合教育センター後期長期研修員第57集研究集録, 2015.
- [13] 長野敏晴, 池田英治, 鈴木和弘. 投運動の基本的動作習得を目指した体育学習: 低学年児童を対象とした授業実践を通して. 発育発達研究, 2018, no. 80, p. 17-29.