

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10927

研究課題名(和文)小学生の体育授業におけるモデル動作を取り入れた教材開発 - 器械体操を例にして -

研究課題名(英文) Development of teaching materials using motion models in physical education classes for elementary school children

研究代表者

清水 悠 (Shimizu, Yutaka)

島根大学・学術研究院人間科学系・助教

研究者番号：80752154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、小学校高学年を対象に逆上がりの習熟度に応じた動作モデルを構築することで、習熟度別の技術的課題を明らかにすることであった。上手群は振上脚角速度の最大値が大きく、短時間に勢いのある逆上がりができていた。できた群は支持脚角速度の最大値の出現が早く、逆懸垂姿勢から短時間に体幹を起こすことができていなかった。おしい群は非支持期中の体幹の後傾動作に課題があり、振上脚の振上動作と協働させて股関節を鉄棒に近づけて回ることができていなかった。できなかった群は支持期中の体幹の後傾や肘関節の伸展に課題があり、頭部を鉄棒から遠ざけて身体の回転に勢いをつけることや支持脚の挙上することができていなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの逆上がりに関する先行研究の問題点は、児童の習熟度を考慮せずに成功と失敗試技の比較から評価されて全ての技術的課題が画一的に扱われてきたことや、明らかとなった定量的なデータの相違を反映させた動作を視覚的に提示することができなかったことにある。本研究により、習熟度に応じた動作モデルを構築し、習熟度別のバイオメカニクスの特徴や技術的課題を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify the technical tasks in forward upward circling performed by elementary school children according to skill level by constructing motion models of the exercise. In the excellent group, the maximum angular velocity of the swing leg was large and vigorous forward upward circling was performed in a short time. In the good group, the maximum angular velocity of the support leg appeared earlier but the trunk was not raised in a short time from the inverted suspended position. In the poor group, the trunk leaned backward during the non-support phase and the hip joint did not rotate close to the horizontal bar in coordination with the swinging motion of the swing leg. In the unsuccessful group, the trunk leaned backward and the elbow joint extended during the support phase and the head was not pulled away from the horizontal bar to provide the necessary momentum to rotate the body and raise the support leg.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：体育授業 動作分析 鉄棒 器械運動 動作モデル

1. 研究開始当初の背景

近年、小学生児童の体力水準が低下傾向であるとともに、運動や体育授業に積極的に参加する児童とそうでない児童の二極化が深刻化してきている。今日の体育授業は、ICT 機器の普及により、即時的・客観的に自身の動作を観察する機会が増えている。しかし、小学校は教科専任制ではないため「適切な動きであるかどうか判断すること」や「どのように動作を改善していくかを示すこと」は多くの体育授業者を悩ます点である。この問題を解決する1つの手段として、標準動作モデルの構築法 (Ae et al., 2007) がある。この手法では、複数の対象者からモデル (平均) 動作を構築することで、角度や速度といった定量的なデータに加え、一連の動作を時系列に沿って視覚的に提示することができる (Shimizu et al., 2018)。本研究では、独自に「目標となるモデル動作」や「課題パターン別のモデル動作」を構築し、学習者に良い動きの着眼点や躓きやすいポイントなどを視覚的なイメージとして伝えることができる新たな体育教材を提案する。特に、学習者の習熟度が「成功」と「失敗」という結果で現れやすい「器械体操」を事例的に取り上げ、各習熟度に応じたモデル動作のバイオメカニクスの特徴について明らかにする。

2. 研究の目的

本研究の目的は、小学校高学年児童を対象とした「逆上がり」の習熟度に応じた動作モデルを構築し、習熟度別のバイオメカニクスの特徴や技術的課題を明らかにすることであった。

3. 研究の方法

1) 対象児童

小学5年生2クラス52名(1組27名, 2組25名; 男子27名, 女子25名; 成功26試技, 失敗26試技)を対象として、2018年10月の体育授業時間内にデータ収集を実施した。データ収集に先立ち、当該小学校の校長、体育教師および対象児童に対して、研究内容や安全性について説明し、研究協力の許可を得た。本研究は、島根大学人間科学部倫理委員会の承認を得た。

2) データ収集および処理

試技は、小学校の体育授業で最も一般的な「片脚振上げ型の逆上がり」を対象とした。胸部から肩の高さに収まる範囲となる1.05m, 1.10m, 1.15mの3段階の高さに変化が可能な組み立て式の低鉄棒を用いて、逆上がり試技を2回実施させた。

撮影は、1台のハイスピードカメラ (Exilim EX-F1, Casio 社製) を使用し、2次元矢状面から分析ができるように鉄棒の側方15mに設置した。撮影スピードは300fps、露出時間は1/500秒に設定した。撮影開始前には、0.5m間隔に6つのマーカーを付けたキャリブレーションポールを撮影画角内に1m間隔に3箇所立て、2次元 DLT 法を用いて実長換算ができるようにキャリブレーションを実施した。収集した映像は、Frame-DIAS 5 (DKH 社製) を用いて、100Hz でデジタルサイズ作業と2次元 DLT 法による実長換算を実施した。動作分析点は、肘関節、肩関節、つま先、踵、足関節、膝関節、股関節、頭部、耳珠点および鉄棒であった。得られた各動作分析点の2次元座標値は、Winter (2009) の方法で最適遮断周波数を決定した後、Butterworth low-pass digital filter を用いて平滑化した。最適遮断周波数は7.0-9.0Hzであった。

また、身長計と体組成計 (InBody470, インボディジャパン社製) を使用して、身長、体重、筋肉量、骨格筋量、体脂肪量、体脂肪率、腹囲、BMI、SMI、カウプ指数、ローレル指数を体組成指標として計測した。

逆上がり試技の主観的評価は、全試技映像を3名で視聴し、全児童の逆上りの熟練度を成功5段階、失敗5段階の計10段階(良い評価:10点)で評価した。そして、3名の評価平均点が9.0点以上を「上手にできた」、7.0-8.9点を「できた」、5.0-6.9点を「やっとなんできた」、3.0-4.9点を「おいしい」、2.9点以下を「できなかった」と評価した。

3) 標準動作モデルの作成

逆上がり動作の標準動作モデルは、身体重心を基準点として対象者のカウプ指数や各動作局面の動作時間により座標データを規格化した上で、全データを平均することで作成した (Ae et al., 2007)。

4) 統計処理

本研究では、主観的評価で群分けした逆上がり試技の差をノンパラメトリック検定で比較した。その際、経時的変化については考察の対象外とし、2群間の場合には Mann-Whitney の U 検定 (以下「U 検定」)、3群間以上の場合には Kruskal-Wallis の H 検定 (以下「H 検定」) を用いた。H 検定で有意差が認められた場合には、Bonferroni 法による多重比較検定による事後検定 (以下「事後検定」) を実施した。なお、すべての検定において有意水準は5%未満とした。

4. 研究成果

1) 逆上がりの主観的評価と身体的特性

全52名の逆上がり試技に対する観察者3名の主観的評価の結果、逆上がりが上手にできた児童(以下「上手群」)は13名(女児6名)、できた児童(以下「できた群」)は13名(女児6名)、やっとできた児童は0名、おいしい児童(以下「おいしい群」)は12名(女児5名)、できなかった児童(以下「できなかった群」)は14名(女児8名)であった。

逆上がり試技を主観的評価で4群に分類した場合の体組成指標(身長, 体重, 筋肉量, 骨格筋量, 体脂肪量, 体脂肪率, 腹囲, BMI, SMI, カウプ指数, ローレル指数)のいずれの項目においても, 有意差は認められなかった(表1)。このことから, 本研究が対象とした小学校高学年児童では, 身体的特性が逆上がりの成否に影響を与えないことが明らかとなった。すなわち, 逆上がりの成功には, 体力的な要因よりも技術的な要因が与える影響が大きいと考えられる。

表1 体組成指標

	上手群 (n=13)		できた群 (n=13)		おいしい群 (n=12)		できなかった群 (n=14)		統計 クラスカルウォリス検定		
	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	χ^2	p	
身長(cm)	138.45	7.88	140.86	7.61	143.23	7.19	145.73	4.83	6.03	0.11	n.s.
体重(kg)	32.80	3.92	35.58	7.75	35.20	4.53	36.21	5.96	2.43	0.49	n.s.
全身の筋肉量(kg)	25.52	3.19	27.36	4.79	26.85	3.10	27.46	3.50	2.45	0.48	n.s.
上肢の筋肉量(kg)	2.02	0.28	2.32	0.64	2.12	0.40	2.14	0.53	1.80	0.61	n.s.
下肢の筋肉量(kg)	7.42	1.42	7.94	1.61	7.80	1.29	8.02	1.50	1.32	0.72	n.s.
骨格筋量(kg)	14.17	2.01	15.29	3.05	14.91	1.93	15.26	2.28	1.95	0.58	n.s.
体脂肪量(kg)	5.72	1.38	6.56	3.20	6.65	2.53	7.01	3.38	0.93	0.82	n.s.
体脂肪率(%)	17.36	3.47	17.77	5.48	18.65	5.35	18.66	6.63	0.35	0.95	n.s.
腹囲(cm)	59.04	2.07	61.58	5.17	60.67	2.80	62.08	4.05	4.61	0.20	n.s.
BMI	17.10	1.20	17.83	2.68	17.30	1.68	17.02	2.43	0.02	0.99	n.s.
SMI	4.90	0.45	5.13	0.68	4.85	0.51	4.76	0.81	1.04	0.79	n.s.
カウプ指数	17.08	1.20	17.80	2.64	17.13	1.62	17.02	2.44	0.05	0.99	n.s.
ローレル指数	123.87	12.55	126.40	17.53	119.89	13.04	116.92	16.97	1.33	0.72	n.s.
握力(kg)	15.08	2.53	16.31	3.60	14.79	2.94	14.89	3.22	1.23	0.75	n.s.

2) 動作局面時間と標準動作モデルの特徴

表2 上段は, 上手群とできた群の局面時間と全局面に対する各局面の割合の結果を示している。上手群は, できた群よりも第4局面(上手群:0.380±0.182s, できた群:0.558±0.214s, $|z|=2.285$, $p=0.022$)と全体時間(上手群:1.574±0.321s, できた群:1.759±0.204s, $|z|=2.437$, $p=0.015$)が有意に短かった。

表2 下段は, おいしい群とできなかった群の局面時間と全局面に対する各局面の割合を示している。おいしい群は, できなかった群よりも第1局面の動作時間が有意に短く(おいしい群:0.233±0.031s, できなかった群:0.269±0.048s, $|z|=2.437$, $p=0.015$), 第2局面から第5局面までの合計動作時間(おいしい群:1.201±0.249s, できなかった群:0.728±0.302s, $|z|=3.268$, $p=0.001$)と全体時間(おいしい群:1.434±0.245s, できなかった群:0.996±0.295s, $|z|=3.267$, $p=0.001$)が有意に長かった。

表2 逆上がりの動作局面時間

	上手群 (n=13)		できた群 (n=13)		統計 マン・ホイットニーのU検定	
	M	S.D.	M	S.D.	$ z $	p
第1局面a	0.225s (14.5%)	0.051s (3.1%)	0.220s (12.7%)	0.039s (2.9%)	0.000	1.000
第2局面a	0.238s (15.4%)	0.044s (3.4%)	0.237s (13.6%)	0.023s (1.6%)	0.364	0.716
第3局面a	0.242s (15.7%)	0.057s (4.0%)	0.273s (15.6%)	0.083s (4.8%)	0.874	0.382
第4局面a	0.380s (23.4%)	0.182s (7.9%)	0.558s (31.3%)	0.214s (9.8%)	2.285*	0.022
第5局面a	0.488s (30.9%)	0.167s (6.9%)	0.471s (26.8%)	0.126s (7.4%)	0.590	0.555
全体時間a	1.574s (100.0%)	0.321s (0.0%)	1.759s (100.0%)	0.204s (0.0%)	2.437*	0.015

	おいしい群 (n=12)		できなかった群 (n=14)		統計 マン・ホイットニーのU検定	
	M	S.D.	M	S.D.	$ z $	p
第1局面a	0.233s (16.8%)	0.031s (4.3%)	0.269s (29.4%)	0.048s (9.8%)	2.437*	0.015
第2局面a	0.278s (19.8%)	0.034s (5.2%)	0.728s (70.6%)	0.302s (9.8%)	3.268*	0.001
第3局面b	0.386s (25.5%)	0.227s (13.4%)				
第4局面b	0.282s (19.0%)	0.188s (10.4%)				
第5局面b	0.260s (18.9%)	0.045s (6.1%)				
全体時間b	1.434s (100.0%)	0.245s (0.0%)	0.996s (100.0%)	0.295s (0.0%)	3.267*	0.001

a: 成功試技に用いた局面定義, b: 失敗試技のみに用いた局面定義

*: $p < 0.05$ (両側検定)

「できなかった」群は, 第2から第5局面が収集できなかったため, 全体時間から第1局面時間の差分を示した。

図 1 上段は、上手群とできた群の逆上がり試技から構築したモデル動作のスティックを示したものである。支持脚足部離地時点は上手群：15%時，できた群：13%時であり，振上脚足部の180degの通過時点は上手群：36%時，できた群：33%時であり，支持脚足部の180degの通過時点は上手群：46%時，できた群：42%時であった。

図 1 下段は、おしい群とできなかった群の逆上がり試技から構築したモデル動作のスティックを示したものである。支持脚足部の離地時点はおしい群：17%時，できなかった群：30%時であった。おしい群は支持脚足部が180deg地点を，できなかった群は支持脚足部が90deg地点を，それぞれ通過することができなかった。

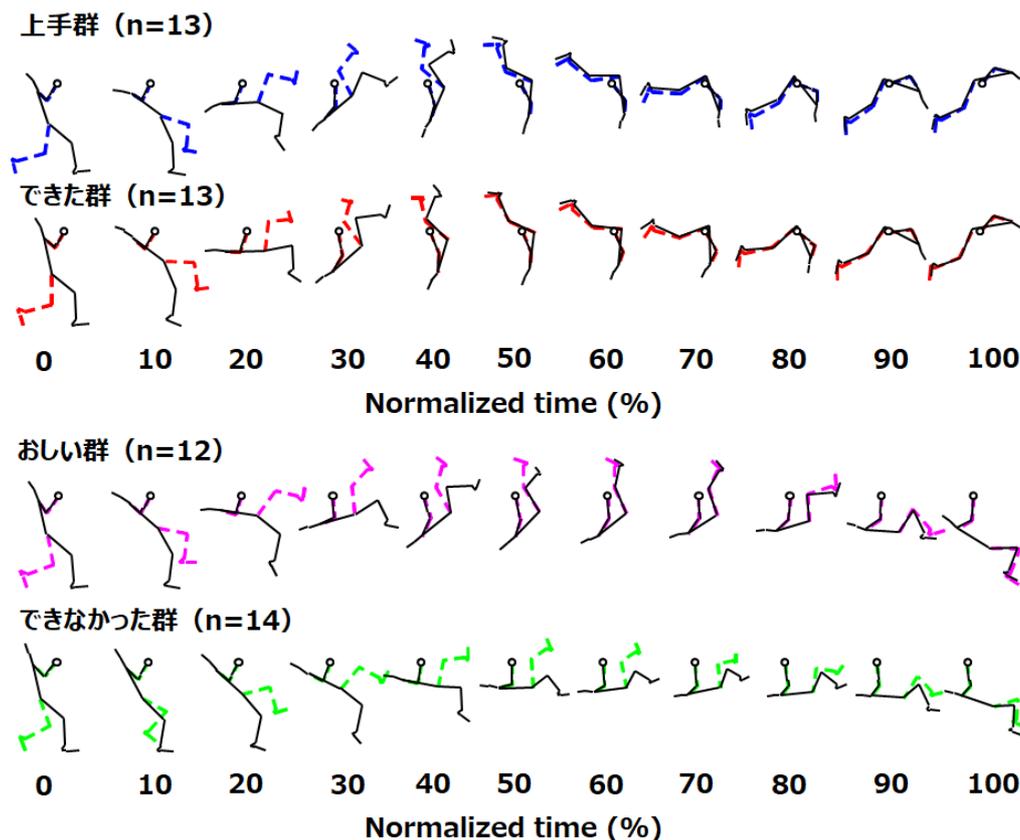


図 1 成功試技（上手群，できた群）と失敗試技（おしい群，できなかった群）のスティック

3) 成功試技のバイオメカニクスの特徴と技術的課題

上手群の主な動作特徴は，できた群よりも 第 4 局面と全体時間が有意に短い，20%時に支持脚股・膝関節の伸展が有意に大きい，振上脚角速度の最大値が有意に大きい，支持脚角速度の最大値が遅れて出現する傾向にあることであった。上手群は，振上脚角速度の最大値が大きく，短時間に勢いのある逆上がりができていた。また，できた群は支持脚角速度の最大値の出現が早く，逆懸垂姿勢から短時間に体幹を起こすことができていなかった。したがって，できた群から上手群になるための技術的課題は，振上脚を勢いよく振り上げること，支持脚の振り上げを遅らせ，逆上がりの終盤まで身体の後方回転の勢いを保持してより短時間に遂行する必要があることが明らかになった。

4) 失敗試技のバイオメカニクスの特徴と技術的課題

おしい群の動作特徴は，逆懸垂姿勢を作ることができていたが，支持脚足部が180deg地点を通過することができなかったことであった。また，おしい群の股関節 X 座標の最大値と出現時点 ($0.24 \pm 0.04\text{m}$, 42%時) は，できた群 ($0.20 \pm 0.03\text{m}$, 30%時) よりも，最大値が有意に大きく，その出現時点も遅かった。これらのことから，おしい群は逆懸垂姿勢に至る過程において，股関節が鉄棒から離れることに技術的課題があると考えられる。

できなかった群の動作特徴は，支持脚足部が90deg地点を通過することができず，逆懸垂姿勢を作ることができなかったことであった。頭部 Y 座標の最小値に着目すると，できなかった群 ($-0.30 \pm 0.26\text{m}$) はできた群 ($-0.51 \pm 0.06\text{m}$) よりも有意に高く，その他の群と比較しても頭部が鉄棒に近い位置を通過していた。これらのことから，できなかった群は，振上脚を勢いよく振り上げることができていなかったことに加え，支持脚を振り上げるタイミングというよりも，支持脚股関節を挙上することができていない習熟度であった。

5) まとめと今後の課題

これまでの逆上がりに関する先行研究の問題点は、児童の習熟度を考慮せずに成功と失敗試技の比較から評価されて全ての技術的課題が画一的に扱われてきたことや、明らかとなった定量的なデータの相違を反映させた動作を視覚的に提示することができなかったことにある。そこで、本研究では、習熟度に応じた4つのモデル動作を構築し、各群の動作特徴を時系列的かつ視覚的に提示した。習熟度別に動作特徴を比較した結果、4群間で改善すべき技術的課題や動作局面が異なっていること、特に、体幹の後傾角度と振上脚および支持脚の角速度の最大値とその出現時点に相違があることが明らかとなった。

本研究では、逆上りの習熟度を4群に分類したが、「やっとできた」児童は該当なしであった。今後は、本研究で明らかになった知見を実際の指導に用いて、習熟度の向上を縦断的に検証していく必要がある。また、その過程で「やっとできた」に該当する習熟度や新たな技術的課題が出現するののかについて研究を進めていく必要がある。

【参考文献】

- Ae, M., Muraki, Y. and Koyama, H. (2007). A biomechanical method to establish a standard motion and identify critical motion by motion variability: With examples of high jump and sprint running. Bull. Inst. Hlth. Sport. Sci. Univ. Tsukuba, 30: 5-12.
- Shimizu, Y., Ae, M., Fujii, N. and Koyama, H. (2018). Technique types of preparatory and take-off motions for elite male long jumpers. Int. J. Sport. Hlth. Sci., 16: 200-210.
- Winter, D. A. (2009). Biomechanics and motor control of human movement (4th eds.). John Wiley and Sons: New Jersey, pp.70-73.

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 Shimizu, Yutaka; Nishimura, Saburo; Matsushita, Shoichi	4. 巻 20
2. 論文標題 Technical tasks in forward upward circling performed by elementary school children according to skill level	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Education and Sport	6. 最初と最後の頁 1884-1895
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7752/jpes.2020.04255	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1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yutaka SHIMIZU, Soichi MATSUSHITA, Saburo NISHIMURA
2. 発表標題 Biomechanical Characteristics of the Kicking Pullover Motion of Elementary School Children
3. 学会等名 The 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics（国際学会）
4. 発表年 2019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	松下 翔一 (Matsushita Soichi) (00806177)	秋田大学・教育文化学部・講師 (11401)	
研究分担者	西村 三郎 (Nishimura Saburo) (00792201)	平成国際大学・法学部・講師 (32416)	

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