

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11607

研究課題名(和文) 対人競技における道具の身体化の仕組みに関する研究

研究課題名(英文) A Study on the Mechanism of Embodied Tools in Interpersonal Competitions

研究代表者

川井 良介 (KAWAI, Ryosuke)

日本大学・文理学部・助教

研究者番号：00779928

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)：本研究では対人競技の中でも至近距離で竹刀を介した高速かつ複雑な攻防を行う剣道を対象にして、道具の身体化に関する知見を得ることを試みた。剣道の技術が熟達した剣道選手(熟達群)とそれに準ずる剣道選手(準熟達群)を対象に小手打撃実験と小手空振り実験を実施した。その結果、各群の小手打撃・空振り実験の動作時間に大きな差はなかったものの、準熟達群と比較して熟達群の方が、剣先の移動距離が長いこと、剣先の移動速度が速いこと、左右手部の移動距離が短いことなどを明らかにした。この結果は「競技に熟達したスポーツ選手は、小さな身体動作で道具を大きく操作している」という研究代表者らの仮説を支持する結果であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツ競技に熟達した選手のパフォーマンスは、各競技の特性に応じた合目的性や経済性を兼ね備えていることが分かっているが、本研究では対人競技の中でも至近距離で竹刀を介した高速かつ複雑な攻防を行なう剣道を対象に、競技力と道具の操作能力の関係性について検討を試みた点に、本研究の学術的意義があると言える。本研究の成果は、スポーツの熟達過程やコーチング学の研究領域に新たな発見をもたらすと考える。また、日常生活において、人間は道具を操作する場面に多く遭遇するが、そのような場面で活用可能な有益な情報を提供することにつながる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we tried to obtain knowledge about the embodiment of tools in kendo, which is a high-speed and complex attack and defense using a Shinai at close range. Kote striking experiments and Kote swinging experiments were conducted on kendo players who were proficient in kendo techniques (proficient group) and kendo players who were equivalent to them (semi-proficient group). As a result, although there was no significant difference in the operating time of the Kote strike and blank swing experiments in each group, it was clarified that (1) the movement distance of the Kensen was longer in the proficient group than in the semi-proficient group, (2) the movement speed of the Kensen was faster, and (3) the movement distance of the left and right hands was shorter. This result supports the hypothesis of the authors that "athletes who are proficient in sports operate large tools with small body movements."

研究分野：コーチング

キーワード：熟練差 道具の操作性 相補性 押し手 引き手

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

各種スポーツにおいて、熟達したスポーツ選手の動作は美しく、勝敗を忘れ見入ってしまうほどである。特に、道具を用いるスポーツの超一流選手のハイパフォーマンス(洗練された動作や熟練した技術)は驚嘆に値する。また、スポーツに限らず、ヒトは生活を営む中で多くの道具を使用しており、円滑な生活を送るために繰り返して道具を操作することによって、様々な道具を身体の延長のように巧みに操作できるようになる。この現象は道具の身体化と呼ばれ、脳が道具を身体の一部として表象する能力が向上することによって生じるものと考えられている(Ganesh et al., 2014)。例えば、食事の際に箸を上手に扱うことや筆具で綺麗な文字を書くことなどがこれに該当する。榎園ら(2004)は、箸の扱いの高熟達者(日本人)と低熟達者(外国人留学生)を対象に、道具の身体化について検討を行なっている。その結果、熟達するにつれて箸先と指先の動作が時間的・動作的に共通性が高くなり、道具を身体の延長として巧みに扱えるようになると報告している。つまり、実生活の中で道具を扱う際には道具と身体の動作が一致することが望ましいと推測できる。

一方で、スポーツ現場では各部位の動作の時間的なズレを有効活用し、身体の末端部で大きな速度やエネルギーを得るといふ、運動連鎖の原則が有名である(阿江・藤井, 2016)。野球の投球動作を例に挙げると、熟達者(右投げ)は左足の接地後、左膝の速度が増加し、腰、肩、肘、手首と各部位の動作を時間的にずらしながら、全身を使ってボールを投げている。すなわち、運動連鎖の原則のように身体の効果的・合理的な動作を生み出すためには、各部位の時間的なズレを駆使することが必要である。つまり、熟達レベルの向上に伴って、道具と身体の動作に時間的なズレを生じさせていると考えられ、身体と道具の動作の時間差が重要であると推察できる。また、道具を巧みに操作している例として、プロドラマーの早叩きに着目すると、未熟達者はスティックを全指でしっかりと握っているが、熟達者はスティックを合理的に動かすためにすべての指を協調させて動かしている。言い換えると、未熟達者は手を身体とスティックとをつなげる固定された1つの関節と認識しているが、熟達者は手とスティックの接合部を可動域の調節が可能な複数の関節として認識し、小さな身体動作で巧みな道具操作を可能としている。したがって、道具を合理的に動かすためには、身体が道具の効率的な動きを導き出すような関係性、つまり身体と道具の動作の相補性が重要であると推測できる。

以上を踏まえ、本研究では「道具を用いるスポーツの超一流選手のハイパフォーマンスは、どのようなメカニズムで成立しているのだろうか」という問いに対して、身体と道具の動作の時間差、身体と道具の動作の相補性(状況に応じて、動きを補い合う)に着目し、道具の身体化の仕組みを明確にすることを目指した。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、スポーツにおける道具の身体化の仕組みや特徴を明らかにし、効果的な指導のための知見を得ることである。そして、本研究で検証する仮説は、「競技に熟達したスポーツ選手は、小さな身体動作で道具を大きく操作している」である。

### 3. 研究の方法

本研究では、対人競技の中でも至近距離で竹刀を介した高速かつ複雑な攻防を行なう剣道を対象にして、道具の身体化に関する知見を得ることを試みた。研究対象者は、剣道の技術が熟達した剣道選手(熟達群)とそれに準ずる剣道選手(準熟達群)とし、2種類の実験課題(小手打撃実験・小手空振り実験)を実施した。

実験課題について、小手打撃実験は被打撃者の剣先を上から越えて右小手を打撃する動作に統一した。各研究対象者には事前に無理なく打撃が可能な動作開始距離を任意で設定した。なお、課題とした小手打撃には、研究対象者に「小手を打撃させる試技」と、打撃部位を移動させ「小手を空振りさせる試技」をランダムに実施した。小手を空振りさせる試技は、研究対象者へ提示する課題が一定となり、短時間での動作の学習効果を防止するために加えた。研究対象者には、全ての試技において、動作開始距離から被打撃者に向かって中段に構え、自らのタイミングで協力者の右小手を打撃するよう教示した。また、「小手を空振りさせる試技」において、研究対象者には被打撃者が移動させた打撃部位に向かって遂行中の動作を調整することなく、小手を打撃した時と同じ動作を遂行するよう教示した。全ての試技において研究対象者には可能な限り一貫して実際の競技場面と同様に打撃を行なうこと、打撃前に自らの竹刀を用いて被打撃者の竹刀を抑えるもしくは払うなどの竹刀操作はないよう教示した。毎試技終了後には、内省を報告させ、研究対象者自身が成功と認めた「小手を打撃させる試技」の成功10試技を分析対象とし、それ以外の場合には無効試技として再試技を行なった。被打撃者には研究対象者が動作を開始する際に、「小手を打撃させる試技」では打撃部位を呈示したまま打撃させ、「小手を空振りさせる試技」では呈示した打撃部位を移動し、参加者に打撃させないよう教示した。呈示方法を可能な限り安定させるために、被打撃者には事前に十分な練習を行なわせた。小手空振り実験については、小手打撃実験と同様の条件設定で実施した。

実験では、光学式モーションキャプチャシステム(カメラ10台、360 fps、Natural Point社製)で撮影し、動作分析ソフトウェア(Qualys Track Manager)を用いて、身体及び竹刀の分

析点に貼り付けた球状反射マーカー(竹刀 5 点, 身体 27 点)から 3 次元座標データを収集した。以上の位置座標データは Butterworth low-pass digital filter を用いて 6-15 Hz で平滑化した。なお, 収集された身体各部の座標位置データは 3 次元であるが, 剣道の基本的な運動技術である打撃動作はほぼ直線的な運動であるため(横山ら, 2001), 本研究では矢状面における 2 次元座標値として分析を行った。

データ分析について, 本研究では小手打撃における下肢動作の影響を取り除き, 竹刀と手部の動作に着目して検討を行うため, 剣先及び左右手について, 左右大転子の中点を基準とする相対位置座標を算出し, 各部位の相対移動距離(以下, 移動距離)を求めた。また, 移動距離を時間微分することで, 剣先・左右手部の相対移動速度(以下, 移動速度)を求めた。そして, 統計処理について, 本研究では熟練度による動作の相違点を比較・検討するため, 群間の対応のない t 検定を実施した。全ての統計分析において SPSS Statistics Ver. 25 (IBM 社製)を用いた。なお, 有意水準は 5%未満 ( $p < 0.05$ ) とした。

#### 4. 研究成果

本研究で実施した 2 種類の実験課題の結果を以下に示す。なお, 全ての変数は平均値 ± 標準偏差で示した。

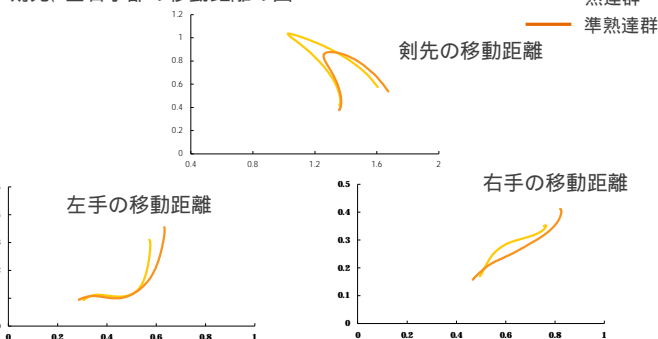
##### (1) 小手打撃実験

各群の動作時間に有意差は認められなかったが, 剣先の移動距離は熟練群が有意に大きな値を示した(下表)。また, 左右手部の移動距離については, 準熟練群が有意に大きな値を示した。最大移動速度について, 剣先は熟練群が, 左右手は準熟練群が有意に大きな値を示した。したがって, 予備実験と同様に, 熟練群は準熟練群よりも手部の動作は小さいものの, 道具である竹刀の剣先を大きく操作していることが分かった(下図)。

変数	熟練群	準熟練群	p	t 値
<b>移動距離 [m]</b>				
全体	1.68 ± 0.49	1.32 ± 0.23	**	3.754
剣先				
振り上げ	0.86 ± 0.22	0.63 ± 0.10	***	5.117
振り下ろし	0.82 ± 0.28	0.68 ± 0.15	**	2.577
左手				
振り上げ	0.39 ± 0.07	0.46 ± 0.08	**	-4.862
振り下ろし	0.22 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.476	-0.821
右手				
振り上げ	0.17 ± 0.04	0.23 ± 0.07	**	-4.517
振り下ろし	0.36 ± 0.06	0.44 ± 0.07	***	-4.857
最大速度 [m/s]				
剣先				
振り上げ	8.40 ± 1.20	5.50 ± 1.15	***	9.861
振り下ろし	13.59 ± 2.06	11.06 ± 1.29	***	5.789
左手				
振り上げ	1.90 ± 0.34	1.95 ± 0.27	0.523	-0.643
振り下ろし	2.51 ± 0.75	3.01 ± 0.72	**	-2.743
右手				
振り上げ	1.70 ± 0.37	1.70 ± 0.32	0.934	0.083
振り下ろし	2.37 ± 0.36	2.61 ± 0.62	0.054	-1.970

\*\* :  $p < .05$ , \*\*\* :  $p < .001$ , \*\*\*\* :  $p < .0001$

剣先、左右手部の移動距離の図



##### (2) 小手空振り実験

振り下ろし局面の動作時間については, 群間に有意差が認められなかったが, 動作全体と振り上げ局面の動作時間については, 熟練群が有意に小さな値を示した(下図)。移動距離について, 右手部は群間に有意差が認められなかったが, 剣先と左手部は熟練群が有意に大きな値を示した。この結果は, 予備実験や小手打撃実験とは異なるため, 実験課題を空振り動作に変更したことによって, 研究対象者本来の小手打撃動作に何らかの変化が生じてしまったことが, 結果に影響をしたと考えられる。しかしながら, この点についてはあくまでも可能性であるため, 今後, より詳細に検討をしたい。

測定項目	熟練群 <sup>a</sup>		準熟練群 <sup>a</sup>		t (163)	p
	M	SD	M	SD		
総打撃時間 (ms)	0.293	0.052	0.340	0.786	4.515*	0.00
振り上げ時間 (ms)	0.168	0.045	0.214	0.066	5.258*	0.00
振り下ろし時間 (ms)	0.124	0.013	0.125	0.022	0.389	0.70
剣先の移動距離 (m)	2.242	0.364	1.953	0.424	4.698*	0.00
左手の移動距離 (m)	0.507	0.072	0.458	0.078	4.169*	0.00
右手の移動距離 (m)	0.456	0.075	0.445	0.087	0.905	0.37

注) <sup>a</sup>: n = 9, M : 平均値, SD : 標準偏差, r : 効果量, \* :  $p < .05$

#### <引用文献>

阿江通良・藤井範久 (2016) スポーツバイオメカニクス 20 講. 朝倉書店.

榎園久美子・喜多伸一・松嶋隆二 (2004) 道具の身体化に関する行動学的研究: 到達把持運動における箸先端と指先の類似性・低熟達者との比較(日本基礎心理学会第 22 回大会, 大会発表要旨). 基礎心理学研究, 22 (2) 234-235.

Ganesh, G., Yoshioka, T., Osu, R., & Ikegami, T. (2014). Immediate tool incorporation processes determine human motor planning with tools. Nature communications, 5(1), 4524.

横山直也・百鬼史訓・久保哲也・川上有光 (2001) 剣道における正面打撃動作の標準的 3 次元動作モデルの構築. 武道学研究, 33 (3) 39-50.

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 0件）

1. 著者名 川井良介, 瀬川剛, 井川純一, 阿部滉	4. 巻 1
2. 論文標題 剣道における「手の内」の動感素材に関する運動学的考察 - 剣道の正課体育採用から戦前までの剣道指導書に着目して -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 身体と教育の実践知	6. 最初と最後の頁 59-78
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 川井良介, 奥村基生, 関慶太郎, 大野達哉, 碓氷典諒, 岩崎領
2. 発表標題 剣道の小手打撃動作と小手空振り動作における竹刀操作の熟達差
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川井良介, 神田智浩, 村上雷多, 佐々木陽一朗
2. 発表標題 剣道における竹刀の握り方に関する運動学的分析 中段の構えに着目して
3. 学会等名 身体運動文化学会第24回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川井良介, 大野達哉, 奥村基生, 碓氷典諒, 関慶太郎, 高橋正則
2. 発表標題 熟達した剣道選手の基本的な小手打撃動作における竹刀操作と身体動作の特徴
3. 学会等名 日本アプライドスポーツ科学会第3回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 川井良介, 大野達哉, 奥村基生, 碓氷典諒, 高橋正則
2. 発表標題 剣道の打撃動作における竹刀操作の熟達差 小手打撃の空振り動作に着目して
3. 学会等名 日本コーチング学会第35回大会
4. 発表年 2024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	奥村 基生  (OKUMURA Motoki)  (90400663)	東京学芸大学・教育学部・准教授   (12604)	
研究分担者	関 慶太郎  (SEKI Keitaro)  (90822239)	日本大学・文理学部・助教   (32665)	
研究分担者	大野 達哉  (OHNO Tatsuya)  (60789345)	サレジオ工業高等専門学校・その他部局等・講師   (52604)	

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