

## 武術太極拳の垂直回転跳躍の成功選手と非成功選手の動作の違い

大石 寛<sup>1)</sup> 山口 寛基<sup>1)</sup> 花野 宏美<sup>1)</sup> 森 隆彰<sup>1)</sup> 山本 結子<sup>1)</sup>  
石井 好二郎<sup>2)</sup>

### Differences between successful and unsuccessful vertical rotational leap movements of Wushu Taijiquan athletes

Hiromi HANANO<sup>1)</sup>,

Kan OISHI<sup>1)</sup>, Hiroki YAMAGUCHI<sup>1)</sup>, Takaaki MORI<sup>1)</sup>, Yuiko YAMAMOTO<sup>1)</sup>, Kojiro ISHII<sup>2)</sup>

#### Abstract

**[Introduction]** : In Wushu Taijiquan, the “Jumping Lotus Kick (Teng Kong Bai Lian)” movement involves jumping and rotating multiple times around the vertical axis while tapping the feet above the shoulders. Athletes who have difficulty with rotation are often instructed to rotate specific body parts faster. In this study, we aim to objectively identify the differences between the jumping movements of athletes who were able to complete more than one rotation and those who were unable to complete the required rotations to objectively clarify the difference between the two movements.

**[Methods]** : The study included 10 athletes who successfully performed the “Jumping Lotus Kick” movement with more than one rotation, and a separate group of athletes who were considered as unsuccessful. The Mann-Whitney U test was used to compare the jumping time and maximum angular velocity between the successful and unsuccessful athletes. Furthermore, the time at which the maximum angular velocity was observed for both groups was visualized.

**[Results]** : The results showed that the successful athletes were significantly associated with maximum angular velocity at each part ( $p < 0.05$ ). However, there was no significant difference in jumping time between both groups. The successful athletes displayed an earlier twisting of the back and waist compared to the unsuccessful athletes from the commencement of the trial to the end.

**[Discussion]** : This study suggests that rotational velocity is a more critical factor in determining the success of the “Jumping Lotus Kick” movement than jumping height. Additionally, it highlights the importance of rotating in the direction of rotation early in the movement. To the best of our knowledge, this is the first study that objectively analyzes the “Jumping Lotus Kick” movement in Wushu Taijiquan. This research could contribute to the success of jumping movements in Wushu athletes.

1) 同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科  
〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3  
E-mail : cyhj0002@mail4.doshisha.ac.jp

2) 同志社大学スポーツ健康科学部

1) Graduate School of Health and Sports Science,  
Doshisha University  
1-3 Tatara Miyakodani, Kyotanabe, Kyoto 610-0394,  
Japan

2) Faculty of Health and Sports Science, Doshisha  
University

**Key words : Wushu Taijiquan, Competitive sport, Self-selected difficulty routines, Vertical axis rotational jump, Jumping method**

**キーワード : 武術太極拳, 競技スポーツ, 自選難度套路, 垂直軸回転跳躍, 跳躍方法**

## I 背景

武術太極拳は、生涯スポーツとして広く普及している一方で、競技スポーツとしての一面もある<sup>1</sup>。日本国内で行われている競技スポーツとしての武術太極拳は「套路(とうろ, 中国語読み: tàolù)(型の意味)」を時間内に演武し、順位を競う。さらに国際競技大会では「套路」競技とは別に「散打(さんだ, 中国語読み: sǎndǎ)」競技も行われている。「散打」とは対抗戦の競技である。日本は「套路」競技では国際的に有力であるが、「散打」競技は愛好者・競技者ともに少ない。日本の武術太極拳界を統轄する日本武術太極拳連盟(以下、「日本連盟」と略す)が開催する正式な「散打」競技の国内大会は存在せず、国際大会へは「套路」競技のみ選手派遣を行っている。

近年、武術太極拳はオリンピックの正式種目になることを目指し、公正、正確な判定かつ魅力的な採点競技になるように改善を重ねている。工夫のひとつとして、「套路」競技では、従来の規定演武による種目だけでなく自由演武の競技として「自選難度套路(じせんなんどとうろ)」種目が登場した<sup>2</sup>。自選難度套路は高度な運動レベルを競う難度動作と、自由に選手が技を構成する演技の多彩さが備わっている。また2019年度にルールが改訂され、より一層、難度動作に重点が置かれるようになった<sup>3</sup>。

自選難度套路の演武中に組み込まれている難度動作は、足背を手で肩よりも上の位置で叩きながら行う垂直回転の跳躍動作や、踵を肩の高さまで上げて止まる均衡動作などがある。演武の構成は自由で、選手にとって得意な難度動作を演武に取り入れ、成功した難度動作の点数が加点される<sup>4</sup>。10点満点中の得点配分は5点が動作の規格、3点が演技としての武術らしさ、2点が難度動作の点数となっている<sup>5</sup>。近年では難度動作、特に跳躍

の成功が順位に大きく影響するため、足を肩よりも上の位置で叩く規格動作を正確に行いながら、難度動作の点数を獲得するための回転度数を回ることが選手には求められる。

武術太極拳の難しい垂直軸回転跳躍の技として「騰空擺蓮(とうくうばいれん, 中国語読み: téngkōngbǎilián)」という技がある。両足踏切または片足踏切で上方向に跳び、垂直軸を中心に身体を1回転以上右回転させ、着地する。離地から着地までに、右脚を前方に振り上げて、右膝をのばしたまま、右足背を掌で肩の上の位置で叩く。同じ垂直軸回転の跳躍であるフィギュアスケートの跳躍を研究した吉岡ら<sup>6</sup>は、ジャンプの回転数を増やすためには、滞空時間を延長することと、回転速度を上昇させることの2点が必要であると報告している。滞空時間を延長して跳躍高を高めるためには、踏切時の氷上への垂直方向の力を大きくさせる必要がある<sup>7</sup>、さらに、フィギュアスケートの跳躍を慣性計測装置(inertial measurement unit: IMU, 以下「IMU」と略す)で測定した研究では、より多くの回転をした跳躍をするためには、腰部の角速度最大値を跳躍の早い段階で発生させる必要性があることを示唆している<sup>8</sup>。競技スポーツとしての武術太極拳の実際の指導現場では、大会で難度動作の点数を得るために、指導者から跳躍に関する指導が多く行われている。しかし武術太極拳は競技スポーツとしてはマイナー競技であり、跳躍動作に関しては指導教本や指導ビデオなども無く、統一された指導がなされていない。跳躍力が低い選手に対し指導者は、試合で難度動作の点数を獲得させるために、跳躍力を伸ばす指導より、回転や捻転に関する指導を多く行う。垂直軸回転の跳躍である騰空擺蓮では、頭部を腰部より先行捻転させて跳ぶように指導する指導者もいれば、腰部を頭部より先行捻転させ

て跳ぶように指導する指導者もいる。指導方法が明確に定まっていないため、自選難度套路種目に取り組もうとしている若手選手に混乱が生じ、また、限られた練習時間の中で非効率的な練習になる可能性がある。跳躍動作の指導法の指針を選手や指導者に示すことが出来れば、選手が跳躍動作に取り組む際の困難さを減らし、指導者は限られた練習時間の中で多くの若手選手に効果的な跳躍方法を伝えることが出来る。したがって、1回転以上の騰空擺蓮が可能である選手と可能でない選手の跳躍動作を比較し、両者の動作差異を客観的に明らかにすることとした。

## II 方法

### 1. 対象者

日常的に跳躍動作の練習を行っている、12歳から18歳までの武術太極拳選手20名とした。自選難度套路種目に既に出場している選手、測定当日に怪我や体調不良のために跳躍に不安があると発言した選手は、研究に参加不可とした。全ての対象者に研究の目的や方法を説明し、研究参加に同意した選手を本研究の対象者とした。なお、対象者は全員未成年であるため、本人および代諾者の同意を得た。

### 2. 試技項目

騰空擺蓮の動作とした(図1)。全ての対象者に対し、助走・着地の動きを統一するため、本測定前に練習試技を3回行わせた。助走の形と(図1:①②③④)、着地の形(馬歩:歩型的一种)(図1:⑫)を統一した。適宜休憩を挟み、本測定で

は3回行った。

### 3. 測定方法の妥当性

練習現場での利用を想定し、簡便性、可搬性を有し、またデータを即時に示すことが可能なIMU<sup>9,11</sup>である、ALTIMA for TSND151(ATR-Promotions, 京都)を用いて、測定を行った。運動の動作解析はゴールドスタンダードな計測方法として三次元動作解析装置(motion capture: MC, 以下「MC」と略す)が用いられることが多い。さらに、騰空擺蓮は垂直軸で回転しながら脚を上げ下げする特異的な動作である。したがって本研究前にIMUとMCとの同時測定を行った。

### 4. 測定項目・データ収集

IMU(ALTIMA for TSND151, ATR-Promotions, 京都)を用いて、頭部・背部・腰部の加速度・角速度最大値を測定した。頭部に装着したIMUの、鉛直方向の加速度の波形が、全ての対象者に同様の特徴が見られた。試技開始・離地・着地は、頭部の鉛直方向の加速度の波形にて決定した。各選手の跳躍時間は離地から着地とした。装着箇所は、頭部は額、背部は第七胸椎(両肩甲骨下角の中央)、腰部は仙骨とした。対象者の身体サイズに合ったコンプレッションウェアの各部位内側ポケットにIMUを収納した。跳躍時の衝撃や捻転動作で生じるウェアのたるみを最小にするため、安全ピンを用いてウェアを選手の身体サイズに合うように調整した。ウェアのサイズ調整を行ったことで、IMUはより身体に密着させられた。頭部のIMUは体側面にIMUの表面、



図1 試技項目：騰空擺蓮

背部と腰部は体側面にIMUの裏側を装着し、IMUの軸の向きを統一させた。また、IMU間はBluetoothシグナルにより時刻同期させた。騰空擺蓮の試技開始・離地・着地を決定する補助資料とするため、計測の様子をBluetoothシグナルによりIMUと時刻同期させた、PCに接続したビデオカメラ(C920n HD PRO WEBCOM, Logitech, Lausanne, Switzerland)で試技の正面から撮影した。

### 5. データ分析・統計解析

1回転以上の騰空擺蓮が可能である選手(以下、成功選手)と騰空擺蓮の回転が1回転に満たない選手(以下、非成功選手)間の跳躍時間(s)、各部位(頭部・背部・腰部)の角速度最大値(dps)の差をMann-WhitneyのU検定にて検討した。

続いて、成功選手と非成功選手の背部・腰部の角速度最大値が出現したタイミングを視覚化した。視覚化のためのデータ分析はすべて、MATLAB R2021a(Math Works, Natick, USA)にて作成したプログラムでデータ分析を行った。各対象者の各試技は跳躍時間が異なるため、MATLABにおいて、各試技時間を1000等分に統一と補間を行い、成功選手・非成功選手の試技をそれぞれ平均化した。なお、統計ソフトにはIBM SPSS Statistics28(日本IBM社、東京)を用い、統計学的有意水準はすべての解析において5%未満とした。

### 6. 倫理的配慮

跳躍測定にあたり、対象者が所属する指導者と対象者本人に対して事前に研究の目的と方法、利益とリスク、個人情報の保護などについて書面による説明を行った。また、対象者に対して、匿名性が保たれること、回答は競技大会や大会選考結果に一切関係ないことを書面にて説明を行った後に測定を行った。本研究を実施する上で、同志社大学「人を対象とする研究」に関する倫理審査委員会の承認(承認番号:22031)を受けた。

### III 結果

本研究前に、IMUとMCの同時測定を行い、両者の比例誤差を検討した。頭部・背部・腰部の角速度最大値において、有意な相関は見られなかった。また、背部・腰部の角速度最大値が出現したタイミングも、有意な相関は見られなかった。一方で頭部の角速度最大値が出現したタイミングは、負の相関が認められた( $r = -0.57, p < 0.05$ )。

測定当日に怪我や体調不良のために跳躍に不安があると発言した選手2名は、研究に参加不可とした。本研究の対象者の特徴(分類、年齢、身長、体重、BMI、性別、競技年数)を表1に示した。成功選手が10名、非成功選手が10名であった。

成功選手と非成功選手間の跳躍時間、各測定部位の角速度最大値の差の結果を図2に示した。IMUの角速度測定値は右回転の場合、負の値を示す。騰空擺蓮は右回転の跳躍動作である。成功選手は非成功選手よりも、角速度最大値が有意に高値であった(頭部: $p < 0.05$ , 背部: $p < 0.05$ , 腰部: $p < 0.01$ )。一方で、跳躍時間に有意差は認められなかった。

図3には、背部・腰部の成功選手(10名の平均)と非成功選手(10名の平均)の角速度最大値が出現したタイミングを示した。成功選手は試技開始から着地までの間に、背部・腰部を、非成功選手よりも相対的に早い段階で捻転させていた。

### IV 考察

本研究の測定機器は、簡便性と可搬性を有すIMUを用いた。中華人民共和国では、高難度である跳躍動作の成功を目的として、ハイスピードカメラで跳躍動作の撮影を行い、離地着地時の各関節角度や、離地時の腕振り上げ速度の分析を行った論文が散見される<sup>12,14</sup>。しかし、騰空擺蓮とIMUに関する文献について、検索サイトGoogle Scholarと中国最大の文献サイトChina National Knowledge Infrastructure(CNKI)にて全年検索を行ったがヒットしないため、武術太極拳の垂直回転跳躍動作をIMUにて測定した先行研究は存在しない。したがって、本研究前にIMUとMCの同時測定を行った。IMUの頭部・

表1 対象者の特徴

対象者	分類 (成功/非成功)	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	性別	競技年数 (年間)
1	成功選手	16	171.0	65.0	22.2	男子	13
2	成功選手	17	167.7	53.0	18.8	男子	13
3	非成功選手	13	149.4	40.3	18.1	女子	7
4	成功選手	17	160.0	58.0	22.7	女子	10
5	成功選手	13	164.0	43.0	16.0	男子	6
6	成功選手	14	153.5	45.4	19.3	女子	12
7	非成功選手	16	158.0	55.0	22.0	女子	13
8	成功選手	17	150.3	42.0	18.6	女子	12
9	非成功選手	14	160.5	45.0	17.5	女子	3
10	非成功選手	14	158.0	47.0	18.8	男子	6
11	成功選手	16	168.0	78.0	27.6	男子	9
12	成功選手	17	169.0	55.0	19.3	男子	11
13	成功選手	17	170.0	48.0	16.6	男子	10
14	成功選手	17	176.7	50.0	16.0	男子	12
15	非成功選手	14	142.0	32.0	15.9	女子	5
16	非成功選手	17	175.0	69.0	22.5	男子	10
17	非成功選手	13	158.0	48.0	19.2	女子	11
18	非成功選手	16	154.0	47.0	19.8	女子	12
19	非成功選手	12	146.0	46.0	21.6	男子	4
20	非成功選手	13	169.0	50.0	17.5	男子	6

BMI: body mass index

背部・腰部角速度最大値, 背部・腰部角速度最大値が出現したタイミングはMCに対する比例誤差がなく, 一致性があった. 一方で, 頭部の角速度最大値が出現したタイミングに負の相関が認められた. 頭部の角速度最大値が出現したタイミングが早く認められるほど測定値に誤差が広がり, IMUがMCに比べ早い出現タイミングを示した. つまり比例誤差を生じている.

一般的にMCを用いて測定する際にも, 測定動作中にウェア上に装着したマーカーが, 姿勢の変化や身体の動かし方等で, 本来の貼付位置からずれる可能性がある. しかし, 武術太極拳の垂直回転跳躍動作である騰空擺蓮を, IMUを用いて測定する研究は先行研究に存在せず, 未知である部分が多い. よって, 今回は動作解析のゴールドスタンダードとされているMC測定値を基準として測定を進めた. 本研究は, IMUの垂直回転跳躍の妥当性を検討した先行研究<sup>9</sup>, 垂直跳びの妥当性を検討した先行研究<sup>15</sup>を概ね支持する結果であり, IMUが騰空擺蓮のような複雑な動

きを伴う跳躍動作を一定の精度を持って測定することが可能である. しかし, 頭部の角速度最大値が出現したタイミングは比例誤差が確認されたため, IMUでの測定は困難であることが示唆される. したがって本研究では, 頭部の角速度最大値が出現したタイミングは分析から除外した.

測定機器の妥当性を検証したIMUを用いて, 1回転騰空擺蓮が成功する選手と成功しない選手の客観的な動作差異を明らかにした. 武術太極拳の跳躍動作と同様の, 垂直跳躍動作が演技中に含まれるフィギュアスケートでは, 回転数の多いトリプルアクセルのような跳躍動作を成功させるためには, より高く跳躍するだけでなく, より速く回転する必要がある<sup>10</sup>. 本研究では成功選手は頭部・背部・腰部の角速度最大値が非成功選手よりも有意に高値であった. 一方で, 跳躍時間は成功選手に有意差は見られなかった. すなわち武術太極拳の騰空擺蓮1回転の成功には跳躍高よりも, 回転速度が重要であることが示唆された. 武術太極拳の騰空擺蓮1回転右片足着地試技をMCを

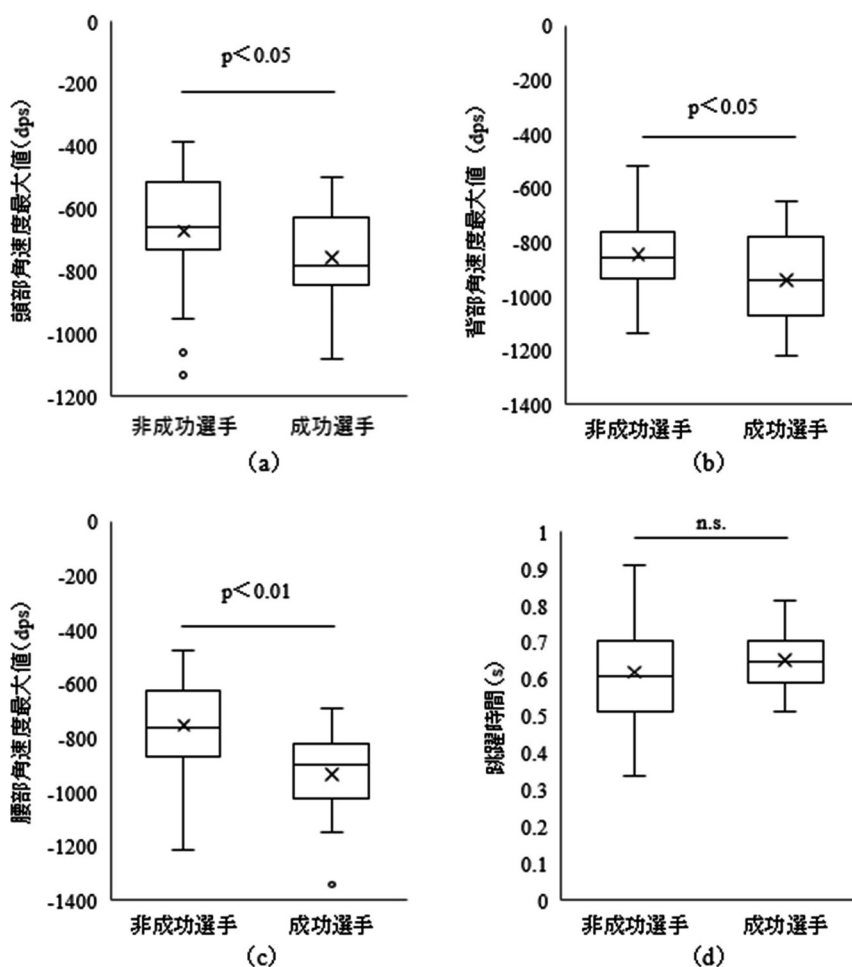


図2 試技の成功における角速度最大値および跳躍時間

- (a) 試技の成功と頭部角速度最大値の関係 (b) 試技の成功と背部角速度最大値の関係  
 (c) 試技の成功と腰部角速度最大値の関係 (d) 試技の成功と跳躍時間の関係

用いて測定した研究において、跳躍の成功には、一定の跳躍時間は必要であるものの、体重の増加に伴う角速度の増加が重要であると報告されており<sup>16</sup>、本研究を支持する結果であった。

1回転以上の騰空擺蓮が可能である成功選手と1回転に満たない非成功選手の、背部・腰部の角速度最大値が出現したタイミングを視覚化した図から比較すると、成功選手の角速度最大値の出現が、非成功選手よりも早く出現した。興味深いことに、フィギュアスケーターが2回転から3回転

に回転数を増加させた跳躍試技では、跳躍高がほとんど変化しないことが報告されている<sup>17</sup>。氷上での助走時に開いた脚や腕を、離地後すぐに身体の中心に集めて、慣性モーメントを最小にすることにより、回転速度を増加させ跳躍高を変化させずともトリプルアクセルを可能にしている。一方で武術太極拳の騰空擺蓮動作は、右脚を前方に振り上げて、右足背を手掌で肩位置にて叩くため、フィギュアスケートのトリプルアクセルよりも慣性モーメントが大きい動作となる。したがって、

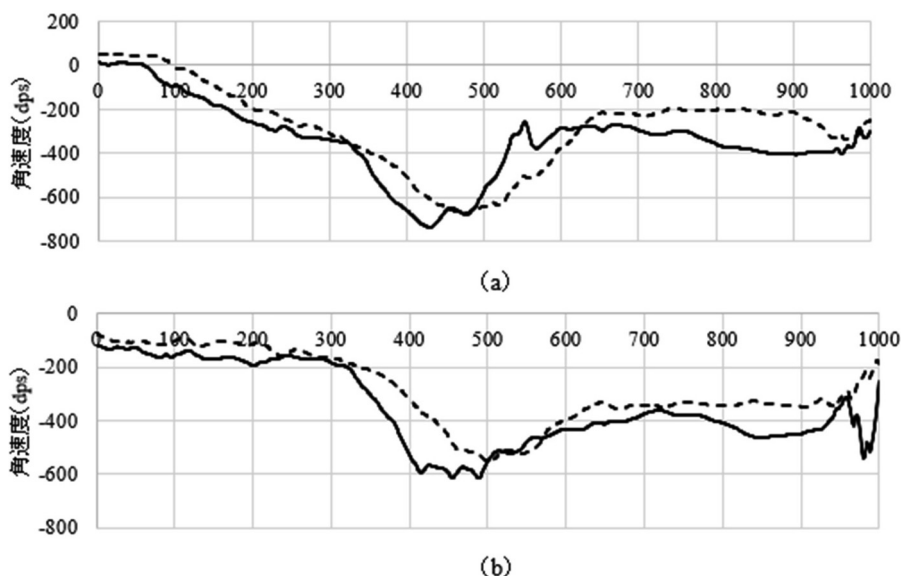


図3 成功選手と非成功選手の角速度最大値が出現したタイミングの違い  
 (a) 背部角速度最大値の出現したタイミング  
 (b) 腰部角速度最大値の出現したタイミング

騰空擺蓮の成功試技に結び付けるためには、慣性モーメントが大きい動作中であっても、試技の早い段階で回転方向に回転する必要があると示唆される。非成功選手が成功選手に転ずるための客観的な動作としては、身体の各部位の速い角速度最大値を試技の早い段階で出現させることが求められる。今後、選手には回転速度を速くするための「動き」を指導する必要がある。跳躍の指導教本が無い環境の中で、前述したような成功選手の跳躍方法や指導方法を示すことは、跳躍動作の取り組みが困難であると感じている選手や指導者に対して、有意義な情報となり得る。

本研究の限界として、1回転以上の騰空擺蓮の特徴を分析することができなかった。限界点はあるものの、これまで、練習現場で利用可能であるIMUを用いた武術太極拳の垂直回転跳躍動作の研究は行われていない。本研究は、IMUを用いて騰空擺蓮の成功選手と非成功選手の動きの違いを明らかにした初めての研究であり、今後の武術太極拳選手の跳躍動作の成功に寄与する。

## 謝辞

同志社大学スポーツ健康科学部中村康雄教授にはモーションキャプチャーの分析に関し、また、慶應義塾大学スポーツ医学研究センター橋本健史教授には回転競技の動作分析に関し、それぞれご指導とご協力を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

## 著者資格

著者HHは、研究の構想を行い、データ収集・分析とその解釈、論旨の組み立て、草稿を担当した。著者KOはデータ分析と解釈に貢献した。著者HYはデータ解釈に貢献した。著者KIは論旨の組み立てに貢献した。著者TMと著者YYは、原稿を批判的にレビューした。全ての著者が原稿を修正し、投稿を承認した。

## 文献

1. 及川佳織・高浦猛・中村剛・堀江英紀：普及用長拳（長拳教材 VOL.1）。公益社団法人日本武術太極拳連盟，東京都：1998。

2. 公益社団法人日本武術太極拳連盟：解説：国際競技ルールによる「自選難度競技」とは、健康と生きがいのスポーツ 武術太極拳, 2023年, <https://www.jwtf.or.jp/taiji/jisen>, (参照日 2023年2月18日)
3. International Wushu Federation: Wushu Taolu Competition Rules and Judging Methods (Excerpt) 2019 Additional Rules (Trial), 2019年, <http://www.iwuf.org/wp-content/uploads/2020/07/IWUF-Wushu-Taolu-Competition-Rules-and-Judging-Methods-Excerpt-Additional-Rules-Trial-1.pdf>, (参照日 2023年2月18日)
4. 公益社団法人日本武術太極拳連盟：2005年国際武術套路競技規則, 東京都, 2010.
5. 公益社団法人日本武術太極拳連盟：武術太極拳と国際競技種目の解説 健康と生きがいのスポーツ 武術太極拳, 2023年, <https://www.jwtf.or.jp/taiji/about> (参照日 2023年2月18日)
6. 吉岡伸彦・武藤芳照・宮下充正：フィギュアスケートの多回転ジャンプの滞空時間と回転速度の関係. 日本体育学会大会, 36 : 434, 1985.
7. Bruening D, Reynolds R, Adair C, Zapalo P, and Ridge S: A sport-specific wearable jump monitor for figure skating, PLoS One, 13 (11): 1-13, 2018.
8. King D, Smith S, Higginson B, Muncasy B, and Scheirman G: Characteristics of triple and quadruple toe - loops performed during the salt lake city 2002 winter Olympics, Sports Biomech, 3 (1): 109-123, 2007.
9. Grainger M, Weisberg A, Stergiou P, and Katz L: Comparison of two methods in the estimation of vertical jump height, J Hum Sport Exerc, 15 (3): 623-632, 2020.
10. Shi Y, Ozaki A, and Honda M: Kinematic analysis of figure skating jump by using wearable inertial measurement units, Proceedings, 49 (1): 2-7, 2020.
11. 相原伸平・石部開・佐武陸史・岩田造康：慣性センサを用いた空手動作の質的評価が可能なデジタルジャッジの開発, 日本機械学会論文集, 86 (892), 2020.
12. 徐伟龙・王乃虎・卢建辉・黄海：太极拳腾空摆莲 540°接雀地龙动作起跳阶段技术的运动学分析, 邯郸学院学报, 23 (3) : 100-103, 2013.
13. 蒋艳杰・刘野・张殿禹：武术“腾空摆莲”360°动作技术运动学特征分析, 哈尔滨体育学院学报, 24 (94) : 108-110, 2006.
14. 高雅・郝莹・马宗鹏：竞技武术腾空外摆莲 540°接马步动作的运动学分析, 运动精品 38 (1), 74-76, 2019
15. Mahmoud I, Othman AAA, Abdelrasoul E, Stergiou P and Katz L: The reliability of areal time wearable sensing device to measure vertical jump, Procedia Engineering, 112 (1): 467-472, 2015.
16. 曾彦嶮・張哲嘉・王淑華・莊榮仁・蔡鏞申：武術套路太極拳騰空擺蓮 360°接提膝獨立之動作分析, 華人運動生物力學期刊, 16 (1) : 17-23, 2019.
17. King D, Arnold A, and Smith S: A Kinematic Comparison of Single, Double, and Triple Axels, J Appl Biomech, 10 (1): 51-60, 1994.

令和5年5月7日 受付  
令和5年7月11日 受理