

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：32620

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01706

研究課題名(和文)金メダル獲得のための新たな技術分析と指導法の提言～「屈身ベレー」を例に～

研究課題名(英文)Kinematic Analysis of the Belle piked Motion on Parallel bars

研究代表者

原田 睦巳(HARADA, Mutsumi)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：40365565

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は多くの体操競技会で実施されているベレーと発展技である屈身ベレーのキネマティクスを比較し屈身ベレーの特徴を明らかにする事を目的とした。「ぬき」動作の懸垂局面において、膝関節及び股関節は伸展位、肩関節は屈曲位であり「あふり」動作の身体上昇局面は、股関節は屈曲、肩関節は伸展に変化を示した。離手後において、身体重心の鉛直速度は有意に高値を示し、腕支持局面では、膝関節及び股関節は伸展位であった事が示された。この事から、屈身ベレーの運動技術として、宙返り局面における身体重心の鉛直速度を増加させる事が重要であり、後方車輪での「ぬき・あふり」動作の運動技術が屈身ベレーの成否を左右していた事が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では被験者がオリンピックや世界選手権でのメダリストを含んでいるエリート選手であり、その研究結果として、後方車輪での「ぬき・あふり」動作の運動技術が屈身ベレーの成否を左右していた事が示された。この得られた知見やデータは今後の競技力控除湯の一助となるに有益な情報を得ていると考える。更に、キネマティクス的に技術分析を詳細に客観的な数値を用いて検証したほか、国際体操連盟公認審判員を有する指導者及び日本体操協会公認審判員資格を有する指者における他者評価も行い、客観的な数値のみならず、人間が評価する主観的な感性の観点からも動きの相違にも着目した点は、今後の新たな研究フィールドを提起したと考える。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to elucidate the kinematic characteristics of Belle piked by comparing with Belle. We used a video camera to record the physical motions from the side. We found that the vertical speed of the center of gravity of the body immediately after releasing the hands was greater in Belle piked than in Belle. In the low hang phase, the knee joint and hip joint were more extended positions in the Belle piked than in Belle. In the rising phase, and the shoulder joint tended to be more extended. Furthermore, in the rising phase, the rotate angular velocity was greater in the Belle piked performance than in Belle. In the somersault phase, the rotate angular velocity was lower in Belle piked. During the extension phase, the knee and hip joints were more extended in Belle piked than Belle. It is important to increase the vertical speed of the center of gravity of the body when releasing the hands and the technique during the giant swing phase is critical.

研究分野：体操競技

キーワード：技術分析 キネマティクス コーチング 運動質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

体操競技における演技の評価は国際体操連盟によって作成された採点規則に基づいてなされ、現在の2017年版採点規則を基に採点がなされている。高難度の技の実施は高い演技得点を獲得する上で有利になる。

宙返り局面において膝関節を屈曲させたまま行「ベーレ」はD難度であり、離手まで屈曲していた膝関節を宙返り局面で伸展させる「屈身ベーレ」はE難度として位置づけられており、近年の国際大会において屈身ベーレを実施した選手はメダルを獲得しているが、屈身ベーレを実施する選手は極めて少ない状況である。このことから、屈身ベーレの習得を促進させるために屈身ベーレの特徴を明らかにする事が重要であると言える。

### 2. 研究の目的

本研究では、審判員によって完成度が高く評価される屈身ベーレのキネマティクスをベーレと比較する事により、屈身ベーレの特徴を明らかにする事を目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 被験者

被験者は、世界体操競技選手権でのメダリストを含む、日本代表経験がある6名(年齢  $21.3 \pm 1.1$  歳、身長  $1.62 \pm 0.06$ m、体重  $56.8 \pm 3.5$ kg、競技歴  $13.7 \pm 2.1$ 年)であった。競技会において屈身ベーレを実施した経験のある3名を屈身ベーレ群、屈身ベーレの実施経験は無いがベーレの実施経験はある3名をベーレ群とした。

#### (2) 実験設定とデータ収集

実験は、国際体操連盟公認の平行棒を用いて行った。被験者の手首、肘関節、肩関節、頭頂、大転子、膝関節、足関節、足先にマーカーを貼付した。各演技を、側方に置いたデジタルビデオカメラ (EXILIM EX-F1, CASIO) を用い、フレームレート 300 fps、シャッター速度  $1/1000$  s の設定にて撮影した。

#### (3) データ分析

国際体操連盟公認国際審判員資格を有する指導者1名、日本体操協会男子体操競技一種公認審判員資格を有する指導者3名が得られた映像を視聴し、各演技の出来栄を評価した。出来栄による評価は、演技全体及び腕支持移行局面に焦点をあてて行われた。各被験者の演技のうち、演技全体の出来栄が最も良いと評価された演技についてキネマティクスの解析を行った。

被験者の身体が14個のセグメントからなる剛体リンクモデルになるよう、キネマティクス解析の対象となる演技の側方映像について、被験者の矢状面上の身体分析点23点をデジタルタイズした。デジタルタイズはビデオ動作解析ソフト (Frame-DIAS IV, DKH) を用いて実施した。得られた座標値を、Butterworth low-pass filter を用いて遮断周波数 6Hz で平滑化した。身体重心位置は各セグメント重心をもとに算出した。身体重心の位置座標を時間微分する事によって身体重心の速度を求めた。上体傾斜角度を時間微分する事によって体幹の角速度を求めた。

#### (4) 統計処理

全ての変数は平均  $\pm$  標準偏差で記した。ベーレと屈身ベーレの差の検定には、対応のない t 検定を用いた。有意水準は 5% とした。

### 4. 研究成果

#### (1) 考察

本研究の結果、屈身ベールはベールと比較し、後方車輪の懸垂局面では膝関節及び股関節は伸展位、肩関節は屈曲位であり、身体上昇局面では股関節は屈曲、肩関節は伸展に変化を示した。その後の宙返り局面では、屈身ベールは膝関節が約 170 度あたりまで徐々に伸展し続けたのに対し、ベールは膝関節が約 60 度の屈曲位で維持された。

後方車輪の局面において両演技の膝関節が屈曲位にあるのは、平行棒の高さが 180cm に制限されており、懸垂時に膝関節を屈曲させる必要があるためである。したがって、演技者は「あふり」と言われる股関節の屈曲を行う際には、いずれの技においても膝関節を屈曲せざるを得ないと言える。しかしながら、屈身ベールは、その後の宙返り局面において、それまで屈曲していた膝関節を伸展させる技であり、この点が膝関節を屈曲させたまま行うベールとは異なる技術であると言える。

後方車輪から宙返りに至る離手直後において、身体重心の鉛直速度は、屈身ベールの方がベールよりも有意に高値を示した。膝関節を伸展させて宙返りを行う屈身ベールは、慣性モーメントが大きくなるため、身体が上昇する宙返り局面序盤において、身体重心の鉛直速度が高い必要があったと考えられる。また、本研究では、後方車輪における膝関節、股関節、肩関節の屈曲-伸展角度、及び、体幹の角速度のキネマティクスにおいても違いが現れた。すなわち、屈身ベールを習得するための運動技術として、宙返り局面序盤における身体重心の鉛直速度を高める事が重要であり、それを成し遂げるためには後方車輪での「ぬき・あふり」動作の運動技術が屈身ベールの成否を左右していた事が示唆された。

体操競技の指導現場では、懸垂時で身体を反らせる股関節伸展及び肩関節屈曲動作は「ぬき」、身体が上昇する際の股関節屈曲動作は「股関節のあふり」、同局面での肩関節伸展動作は「肩関節の引き」という言葉で表現されている。本研究の結果、懸垂局面において屈身ベールはベールと比較し、股関節及び肩関節角度が高値を示したことから、股関節はより伸展位、肩関節はより屈曲位にあったと言える。また、同局面において本研究の審判員から、屈身ベールは「上半身を先行させてスイングしている」「ぬきが少し早い段階から始まっている」等の内容が報告された。一方、ベールは「足先から先行させてスイングしている」「腰を少し曲げ、つま先を先行させてスイングしている」等の内容が報告され、屈身ベールはベールに比べ、より股関節伸展、肩関節屈曲動作で「ぬき」を実施していた様子が伺える。ベールに関する最新の研究では、2018 年に研究協力者の久永らによって、屈身ベール習得者のベールと屈身ベール未習得者のベールを比較し、完成度が高く評価された屈身ベール習得者のベールの特徴がモルフォロジー及びキネマティクスの双方の分析手法から明らかにされた。その特徴は、懸垂局面において屈身ベール習得者のベールは、股関節をより大きく伸展、且つ肩関節をより大きく屈曲する事で、より良い「あふり」動作へ移行していた事であった。すなわち、屈身ベールを習得するための運動技術に関しても、懸垂局面において股関節をより伸展、且つ肩関節をより屈曲させて「ぬき」動作を実施する事が、より良い「あふり」動作への移行に繋がると考えられる。体操競技の指導現場では、より良い「あふり」動作とは、より大きな関節可動域を用い、且つより素早い回転動作であると言われている。そこで本研究では、「あふり」動作に相当する身体上昇局面において、股関節及び肩関節の関節角度変化量を用いて「あふり」動作の大きさを定量した。また、回転動作を体幹の角速度を用いて定量した。その結果、身体上昇局面における関節角度変化量では、股関節及び肩関節ともに屈身ベールの方が有意に高値を示し、体幹の角速度においても上体傾斜角度 225 度から 255 度にかけて屈身ベールの方が有意に高値を示した。すなわち、本研究における「ぬき・あふり」動作に関する結果は、久永らの先行研究と一致するものであった。また、本研究におい

屈身ベレー群は、殆どの審判員から身体上昇局面に関して「振り下ろし局面から懸垂局面で得たスイングの勢いを効率良く上昇力と回転力に上手く生かす事ができている」「スムーズに離手できている」等の高評価な内容が報告されている。一方、ベレー群は殆どの審判員から身体上昇局面に関して「あふり動作がはっきり行われなまま離手している」「離手が早いため、(宙返り局面において)前方への移動幅が大きい」等の低評価となる指摘内容が報告された。すなわち、キネマティクス変数による結果と、審判員による報告内容は対応していたと言える。

本研究の結果から、屈身ベレーはベレーと比較し、身体上昇局面に関して股関節角度が屈曲したと言うのは「股関節のあふり」であったと言え、また、肩関節角度が伸展したというのは「肩関節の引き」であったと言える。土屋らは、バイオメカニクスの観点から屈身ベレーはベレーと比較し、離手において「股関節のあふり」と「肩関節の引き」がより強調される必要がある事を報告しており、本研究の結果と一致するものであった。

その後の宙返り局面では、上体傾斜角度 420 度から 465 度において体幹の角速度は、屈身ベレーの方がベレーよりも有意に低値を示した。屈身ベレーは膝関節を伸展させて宙返りを行うため、慣性モーメントが大きくなり、その結果、角速度が低値になったと考えられる。宙返りの高さ及び滞空時間に関しては、演技全体を通して両演技間で有意な差はみられず類似していた事から、屈身ベレーはいかに効率よく宙返りを行うかが重要であると考えられる。

2006 年版採点規則から平行棒特有の欠点に「宙返り技でバーを握る前に体の伸ばしが見られない」という項目が追加され、その減点は 0.1 ~ 0.3 までとなった。すなわち、腕支持移行局面は、出来栄の評価として非常に重要な局面であり、膝関節及び股関節を伸ばし、腕支持移行する事が不可欠となっている。本研究の結果から、腕支持移行局面における膝関節角度は、屈身ベレー群の方が有意に高値を示した。また、審判員による出来栄の評価では、屈身ベレー群の腕支持移行局面は、減点 0、あるいは減点 0.1 のみとなる実施内容であり、「身体を伸ばす事ができている」と高評価な内容が報告されている。一方、ベレー群の腕支持移行局面は、殆どが膝関節の姿勢欠点による減点 0.3 の実施内容であり、「身体の伸ばしが見えず、膝の伸ばしが不十分」「腕支持の準備ができないまま受けている印象」等の低評価となる指摘内容が報告された。ベレーに関する研究として久永らは、屈身ベレー習得者のベレーは、腕支持移行局面において、股関節伸展より先に膝関節伸展を実施していた特徴を明らかにした。本研究におけるベレー群の腕支持移行局面は、膝関節伸展より先に股関節伸展を実施していた。すなわち、本研究におけるベレー群の演技の完成度を高める(減点を防ぐ)ためには、まず、腕支持移行局面における運動技術を習得する必要があると言える。屈身ベレーに関しては、宙返り局面から既に膝関節が伸展位に有る事から、腕支持移行において膝関節から股関節へと自動的に伸展させやすくしたと考えられる。また、本研究における屈身ベレー群は、後方車輪での「ぬき・あふり」動作の運動技術を実施していた事から、宙返り局面において膝関節伸展を行い易くさせていた可能性が示唆される。すなわち、本研究におけるベレー群は、屈身ベレー群に相当する後方車輪での「ぬき・あふり」動作を習得する事で、身体重心の鉛直速度増加、腕支持移行局面における運動技術の習得に繋がる可能性が考えられる。そして、徐々に宙返り局面から膝関節伸展を実施していく中で、屈身ベレーの習得に繋がる事が期待できる。

<引用文献>

- 1) 阿江通良・湯海鵬・横井孝志 (1992) 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定．  
バイオメカニズム 11, 23-33
- 2) Arampatzis.A・Brüggemann.G.-P (1999) Mechanical energetic processes during  
the giant swing exercise before dismounts and flight elements on the high bar and  
the uneven parallel bars．*Journal of Biomechanics* 32, 811-820
- 3) 久永将太・原田睦巳 (2018) 平行棒における「懸垂前振り後方かかえ込み 2 回宙返り  
腕支持 (ベーレ)」の技術に関する研究．*体操競技・器械運動研究* 26, 23-41
- 4) 久永将太・原田睦巳・冨田洋之・加納實 (2017) 平行棒における演技構成に関する一  
考察 ～主要な国内外大会の種目別選手権より～．*体操競技・器械運動研究* 25, 57-65
- 5) 金子明友 (1972) モノトニー現象の問題性．*研究部報* 29 号, 1-6
- 6) 日本体操協会 (2006) 採点規則男子 2006 年版．体操競技委員会 男子審判部, 東京,  
(財) 日本体操協会
- 7) 日本体操協会 (2009) 採点規則男子 2009 年版．体操競技委員会 男子審判部, 東京,  
(財) 日本体操協会
- 8) 日本体操協会 (2017) 採点規則男子 2017 年版．体操競技委員会 男子審判部, 東京,  
(財) 日本体操協会
- 9) 佐藤友久・森直幹 (1978) 体操辞典．東京, 道和書院
- 10) 土屋純・村田浩一郎 (2005) 平行棒における「後方車輪から後方屈身 2 回宙返り腕支  
持」のバイオメカニクスの分析．*スポーツ科学研究* 2, 20-28

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 久永 将太
2. 発表標題 金メダル獲得のための新たな技術分析 - 『屈身ベレー』を例に -
3. 学会等名 日本体操競技・器械運動学会
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
研究協力者	久永 将太  (HISANAGA Shota)	慶應義塾大学・非常勤講師    (32612)	