

やり投の日本トップ選手における動作分析データの活用事例 -世界トップレベルとの相違点を提示して-

田内健二¹⁾, 村上幸史²⁾, 藤田善也³⁾, 磯繁雄¹⁾

¹⁾早稲田大学

²⁾スズキ株式会社

³⁾早稲田大学大学院

キーワード: やり投, 世界トップレベル, バイオメカニクス, 動作評価, 運動連鎖

【要 旨】

本研究では、日本の男子やり投を牽引する村上幸史選手と世界トップレベルとの投てき動作の相違点をバイオメカニクスの観点から明らかにし、その結果を村上選手がどのように解釈、利用したかを紹介することによって、日本のやり投の競技力向上に役立つ示唆を得ることを目的とした。分析の結果、世界トップレベルと比較して村上選手の投てき動作は、準備局面において肘関節がより屈曲位であったために、体幹の長軸回転にもなって上肢全体がより早いタイミングで前方へ引き出されてしまい、大きな“しなり”動作ができず、つづく投局面において爆発的な上肢の加速が行われなかったことが示された。この結果について、村上選手からは「今回の分析結果は自らの感覚とよく一致しており、今後のトレーニングにおいて意識していくが、自らの感覚に落とし込めなければ、深く追求することはない」こと、「世界との差が顕著であった“しなり”動作の大きさは結果論であり、その前提となる動作を考えなければならない」こと、「データを提示されることは、自らの動作や考え方を見つめなおす機会を与えてくれるので大きな意味がある」ことなどが語られた。本研究では、世界トップレベルを狙う村上選手のデータを解釈、利用する際のスタンスを垣間見ることができ、分析結果では強調されるべき点が、必ずしも選手にそのまま適用されるわけではないことなどが明らかとなった。これらのことから、分析データの蓄積とともに、データを介した選手と研究者との相互のやり取りを記録、蓄積していくことが、競技力向上だけでなく、応用、実践研究の発展につながることを示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 1, 151-161, 2009年, 受付日:2009年2月16日, 受理日:2009年2月26日
責任著者:田内健二 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15 早稲田大学 tauchi@aoni.waseda.jp

Application of motion analysis to data from Japan's top javelin thrower: Comparing his data to those from the world's top thrower.

Kenji Tauchi ¹⁾, Yukifumi Murakami ²⁾, Zenya Fujita ³⁾, Shigeo Iso ¹⁾

¹⁾ Waseda University

²⁾ Suzuki Motor Corporation

³⁾ Graduate School, Waseda University

Key Words: javelin throw, world top class athletes, biomechanics, motion analysis, exercise chain

[Abstract]

The present study aimed to clarify differences in javelin throw motions from a biomechanics point of view between Yukifumi Murakami, the Japanese top men's javelin thrower, and the world's top javelin thrower, in order to provide useful suggestions for upgrading the competitive power of Japanese athletes in javelin events by explaining how Murakami translated the results and applied them to his performance. The analysis showed that in comparison to the world's top thrower, in the throw motion, Murakami bent his elbow joint too much at the preparatory stage, pulled his upper arm forward too soon, making it difficult to have a sufficiently flexible motion, and did not have a sufficiently explosive acceleration of his upper arm. Murakami's comments on this result included the following: (a) the analysis results matched well with what he felt, (b) he would try to remember these results in future training and put it in his subconscious, (c) the insufficient flexibility in the motion was just an afterthought, and that the preceding motion should be considered, and (d) that these data provide a good chance to review his motions and thinking. The present study also revealed Murakami's manner of interpreting and using data. These results suggest that for improvement of competitive power as well as the development of application and practice studies, it is important not only to accumulate data for analysis, but also to record the interactions between researchers and athletes.

I. 緒言

やり投は、世界に通用する数少ない投てき種目の一つとして知られており、84年のロサンゼルスオリンピックでは吉田雅美選手が5位、87年ローマ世界選手権では溝口和洋選手が6位に入賞している。近年では、日本選手権を9連覇中(2000年～2008年)で、2度のオリンピック(アテネ、北京)および世界選手権(ヘルシンキ、大阪)の代表である村上幸史選手が日本の男子やり投を牽引している。その村上選手の自己ベストは81.71mであり、2007年大阪世界陸上では21位、2008年北京オリンピックでは15位と世界にあと一步というレベルにまで来ているが、入賞ラインには到達できていないのが現状である。

このような現状を打破するためには、まず世界トップレベルと自らの動作あるいは体力の相違点を把握し、その差を埋めるためのトレーニングを考案、実践する必要がある。多くの場合この世界トップレベルとの相違点の把握は、世界トップレベルを身近に感じている選手本人あるいはコーチの経験や感覚を頼りに行われていると考えられる。その一方においては、研究者の分析によって得られた客観的なデータをヒントにして、トレーニングに応用する場合もあると考えられる。しかしながら、後者の場合では客観的データが選手やコーチの感覚と大きくずれたり、間違った解釈を促したりすることによって、より良いトレーニングの実施を妨げる危険性を含んでいる。そのために、研究者は選手およびコーチと十分なコミュニケーションを図り、信頼関係を築いていく中で、選手やコーチの考え方、フィードバックのタイミングなどを考慮するとともに、客観的なデータの解釈やその示し方をより理解しやすい形で提示することが不可欠である。

著者は過去に選手として村上選手と同じ試合で競技し、現在では日本陸上競技連盟に組織されている科学委員会の委員という立場で、やり投を科学的に分析していたことから、村上選手と十分なコミュニケーションを図ることができ、データを介して投てき動作の考え方、およびトレーニングの実施についてディスカッションをすることができた。

そこで本研究では、やり投の投てき動作について村上選手と世界トップレベルとの相違点をバイオメカニクスの観点から明らかにし、その結果をもとにした村上選手と著者とが行ったディスカッションの内容を紹介することで、日本のやり投の競技力向上に役立つ示唆を得ることを目的とした。

II. 世界トップレベルの投てき動作の把握

日本選手が世界トップレベルを目指すためには、世界トップレベルの選手の投てき動作の現状を把握することが最低限必要なことであろう。これまで世界トップレベルの選手の投てき動作に関する情報は、若山ら(1994)、Mero et al. (1994)、Morriss et al. (1997)、Campos et al. (2004)、Murakami et al. (2006)など、オリンピックや世界選手権における選手のバイオメカニクスの分析の結果によって知ることができる。しかしながら、これらの報告の多くはトップ選手のやや断片的なデータのみが扱われており、動作のパラメータの時系列変化などを詳細に分析した研究は少なく、世界トップレベルの投てき動作を理解するには情報が十分とはいえない。日本選手との比較を可能にするには、やはり世界レベルの選手の生の映像とデータが必要であった。

1. 2007 年大阪世界陸上におけるデータ収集および分析

幸いなことに、2007 年に陸上競技の世界選手権が大阪で行われ、著者は日本陸上競技連盟が企画したバイオメカニクス研究プロジェクト(阿江, 2008)の一員として、やり投の世界トップレベルの選手の映像とデータを分析することができた。

データの収集は、やり投の助走路の後方および側方に固定したビデオカメラ(毎秒 60 フィールド)によって、出場全選手の投てき試技およびキャリブレーションマーカを撮影することによって得た。データの分析は、3次元 DLT 法を用いて、各選手の最高投てき距離をマークした試技の身体各部位およびやりの座標を算出し、やりのリリースパラメータおよび動作に関する各パラメータを算出した。なお、分析をすすめるにあたり、一連の投てき動作に対して、最終的な右足接地(R-on)、左足接地(L-on)およびリリース(REL)の各イベントを設定し、R-on から L-on までを準備局面、L-on から REL までを投局面とした。

2. 平均動作モデルによる世界トップレベルの投てき動作の評価

本研究では、村上選手の試技は大阪世界陸上の予選で記録した 77.63m(21 位)の試技とし、比較する世界トップレベルの選手の試技は、村上選手が世界大会で入賞するラインを想定し、男子やり投決勝の上位 8 名(世界トップ 8:すべて右手投げ)とした。本研究では、世界トップ 8 の選手の動作の特徴を把握するために、Ae et al., (2007)が提案した平均動作モデルを用いた。この方法は、身体分析点の各座標値を身長で除すことによって身体の大きさを規格化し、動作時間を 0-100 %のパーセンテージで規格化する(局面時間の比が 6:4 であったために、準備局面を 0-60%, 投局面を 60-100%に規格化した)ことによって、対象とした選手らの平均的な動作モデルを構築するものである。得られる平均動作モデルでは、優れたパフォーマンスを発揮している世界トップレベル選手に共通する合理的な動作を抽出できるものと考えられる。さらに、この方法では平均動作を数値だけでなく、視覚的に把握できるという大きな利点がある。図 1 および映像 1 に世界トップ 8 の平均動作モデルを示した。

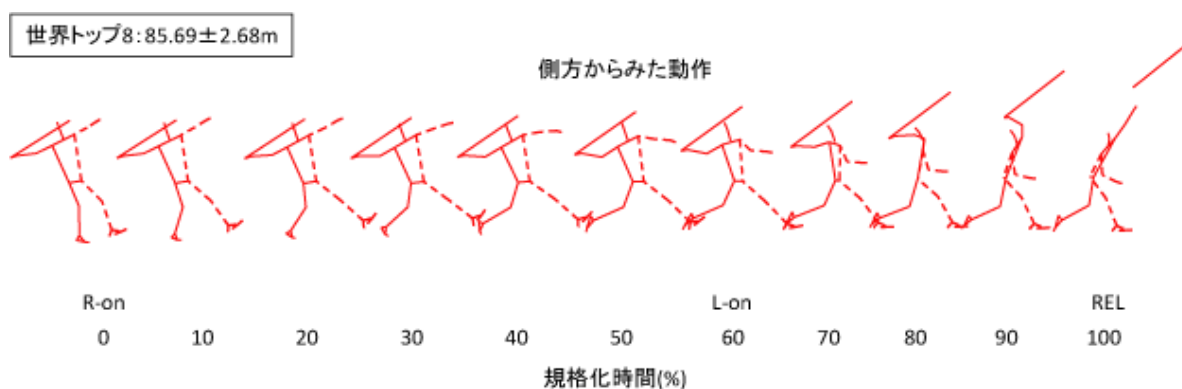


図 1 世界トップ 8 における平均投てき動作モデルのスティックピクチャ

Ⅲ. 村上選手と世界トップレベル選手との比較

図 2 および映像 2、映像 3 に村上選手における投てき動作, 表 1 にやりのリリースパラメータおよび動作の基礎的パラメータを示した. 村上選手と世界トップ 8 の投てき記録の平均値との差はおおよそ 8m であり, 8 位の選手との差はおおよそ 4m であった. この投てき距離の差の原因を探るために, 村上選手と世界トップ 8 との投てき動作の比較を行った. その結果, まずリリースパラメータでは, リリース高, リリース角度は平均値±標準偏差の範囲内であったが, リリース速度が低値であった(表 1). 多くの研究において投てき記録とリリース速度との間には高い正の相関関係が認められている (Murakami et al., 2006) ことから, 村上選手においてはリリース速度を高めることが, 世界トップレベルに達するために最も重要な課題となる.

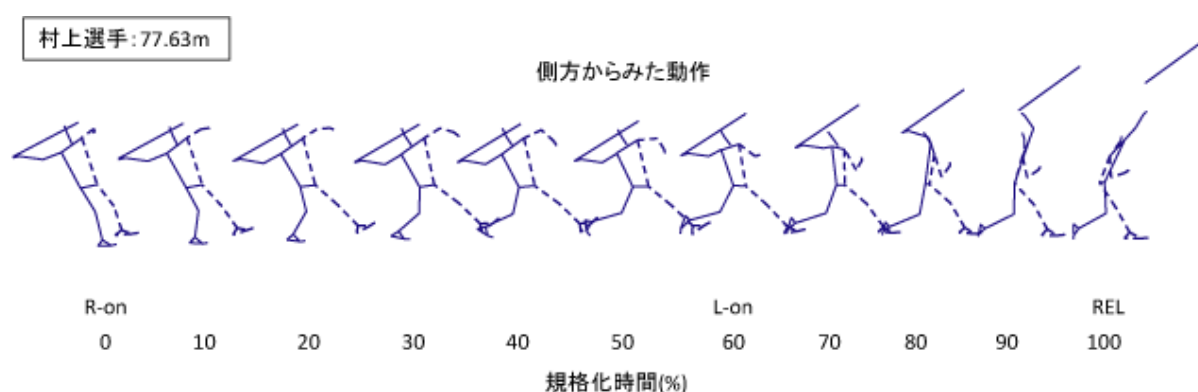


図 2 村上選手における投てき動作のスティックピクチャ

動作の基礎的パラメータでは, 動作時間には大きな差はなく, 投行程 (いわゆるやりの加速距離) は準備局面において高値, 投局面で低値を示した. また, 助走速度は R-on 時はほぼ同様であったが L-on 時には低値を示し, 最大関節中心速度は腰ではほぼ同様であったが肩, 肘, 手首とより末端部分にいくにつれて差が大きくなっていった(表 1). これらの結果から, 村上選手は世界トップ 8 と比較して, 準備局面では助走速度の減速が若干大きく, やりの加速距離は長かったが, つづく投局面での加速距離が短く, 結果として上肢のより末端部分の速度が十分に高まらなかった投てき動作であったことが, おおよそ推察することができる.

そこで本研究では, なぜ末端部分の速度を十分に高めることができなかつたかを明らかにするために, 関節中心速度および関節間の相対速度の時系列変化(図 3)を比較した. その結果, 関節中心速度は村上選手と世界トップ 8 はともに, L-on 付近で腰が急激に減少するのに同期して, 肩, 肘, 手首の順でピーク値を示し, 最終的にやりのリリースを迎えており, 中心部分から末端部分にかけて順次速度が加算されていく典型的な運動連鎖(kinetic chain)のパターンを示した. しかし詳細にみると, 村上選手は肩から末端部分の速度の立ち上がるタイミングが早く, ピーク値が低かった(図 3 左). また, 関節間の相対速度をみても, 特に肩に対する肘, 肘に対する手首の速度の立ち上がりのタイミングが早くピーク値が低かった(図 3 右). このことは, 村上選手は世界トップ 8 と比較

表 1 投てき記録, リリースパラメータおよび動作の基礎的パラメータ

		村上選手	世界トップ8
記録	(m)	77.63	85.69 ± 2.68
リリース速度	(m/s)	27.8	29.1 ± 0.5
リリース高	(m)	1.91	1.85 ± 0.09
リリース角度	(deg)	33.2	34.8 ± 2.4
迎え角	(deg)	2.5	3.4 ± 1.8
局面時間			
準備局面	(s)	0.217	0.198 ± 0.035
投局面	(s)	0.133	0.121 ± 0.015
投行程			
準備局面	(m)	1.62	1.36 ± 0.20
投局面	(m)	1.85	1.99 ± 0.11
トータル	(m)	3.47	3.35 ± 0.16
歩幅(前後)	(m)	1.85	1.96 ± 0.23
助走速度			
R-on	(m/s)	6.7	6.6 ± 0.3
L-on	(m/s)	5.8	6.0 ± 0.6
REL	(m/s)	3.4	3.4 ± 0.4
最大関節中心速度			
腰	(m/s)	7.0	7.2 ± 0.7
肩	(m/s)	8.8	10.3 ± 0.8
肘	(m/s)	12.7	14.4 ± 1.0
手首	(m/s)	19.2	21.8 ± 1.3

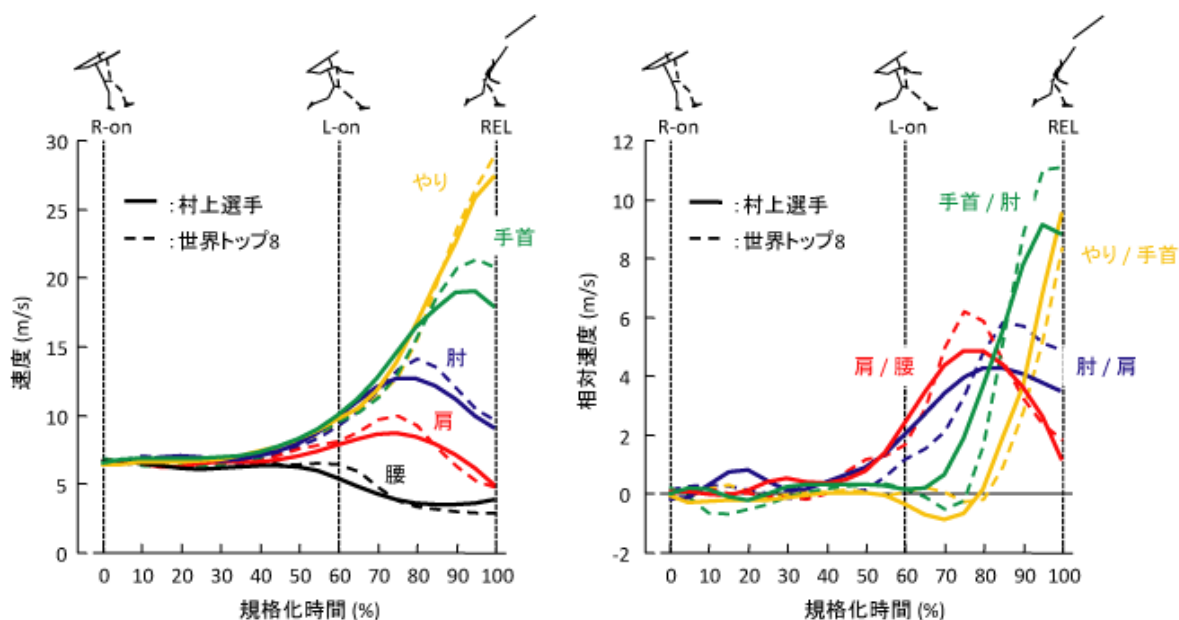


図 3 関節中心速度(右図)および関節間の相対速度(左図)の時系列変化
 世界トップ8の値は平均値のみであり, 標準偏差は省略してある.
 関節間の相対速度は, 例えば肩/腰であれば腰に対する肩の速度を示す.

して、体幹に対して上肢全体がより早いタイミングで投てき方向に加速されていたが、最終的に十分に速度が高まらなかったことを示唆するものである。指導現場においては、投動作の動作ポイントとして、体幹から上肢にかけての“しなり”あるいは“鞭(むち)”動作を作り出すことが重要であることが知られている。この“しなり”動作は、体幹に対して上肢が後方に残された状態を指しており、理論的には“しなり”動作時に肩関節周りの筋群が大きく引き伸ばされ、その後“しなり”を解放すると同時に筋群が短縮する、筋の伸張-短縮サイクル(SSC)を強制的に引き起こす動作として説明される。この筋のSSCを効果的に利用することによって、肩関節周りの筋群は爆発的な力が発揮でき、上肢を投てき方向へ大きく加速させることが可能となる。したがって、村上選手にみられた肩に対して上肢がより早いタイミングで投てき方向へ加速していたことは、準備局面において十分な“しなり”動作ができなかったために、投局面において末端部分が大きく加速されなかったと解釈できる。反対に言えば、世界トップ8は準備局面においてこの“しなり”動作を効果的に引き出し、投局面において爆発的な力発揮によって上肢を大きく加速させていたといえる。このことは、図4および映像4、映像5、映像6に示した村上選手と世界トップ8とのスティックピクチャをみれば一目瞭然であろう。つまり、村上選手はL-on時には上肢の末端部分の速度がすでにある程度高まり、より早いタイミングで投てき方向へ引き出されていたために“しなり”動作が小さく、リリース付近で前腕およびやりの速度が高まっていないために、最終的には遅れて加速されてきた世界トップ8の前腕およびやりに追い付かれている(世界トップ8の末端部分の速度がより高い)のがわかる。

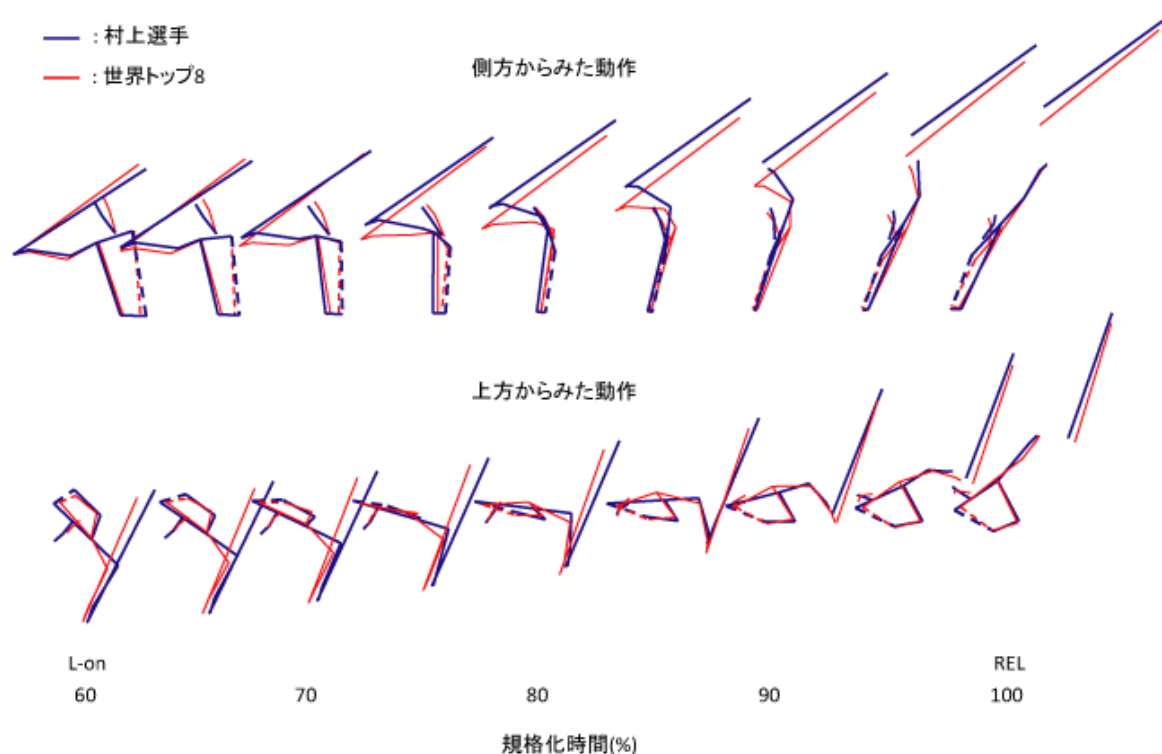


図4 投局面における村上選手および世界トップ8の平均動作のスティックピクチャの比較

この村上選手における不十分な“しなり”動作となった原因の一つとして、肘関節角度があげられる。すなわち、村上選手は世界トップ8と比較して準備局面において肘関節角度が顕著に屈曲位であり、上肢がよりコンパクトに折りたたまれた状態であった(図5, 映像5, 6)。この準備局面において肘関節がより屈曲位であることは、伸展位と比較して上肢一やり系全体の慣性モーメントが小さくなることを意味しており、体幹に対して上肢が後方に残されにくい(=前方に引き出されやすい)状態であったと考えられる。したがって、村上選手においては、準備局面において肩の加速にほぼ同期して肘より末端部分の速度が加速してしまい、十分な“しなり”動作を作り出せなかったと推察される。

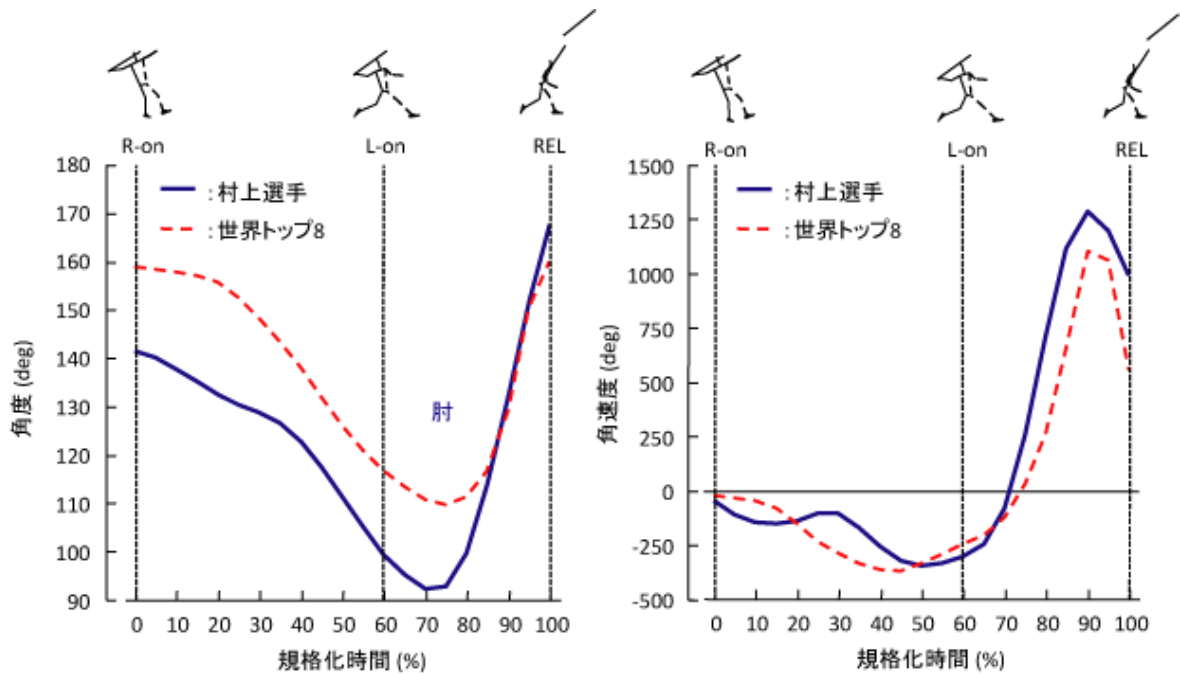


図5 肘の角度および角速度の時系列変化
世界トップ8の値は平均値のみであり、標準偏差は省略してある。

以上のことから、世界トップ8の平均動作と比較した村上選手の投てき動作の特徴は、

- ・ 準備局面においては、助走速度の減少が大きく(映像4から、この原因は右足の接地位置が体幹のより前方にあることが考えられる)、肘関節がより屈曲位であったために、体幹の長軸回転にともなって上肢全体がより早いタイミングで前方へ引き出されてしまい、結果として投行程が長くなってしまった。
- ・ 投局面においては、すでに体幹に対して上肢がより前方へ引き出されてしまっていたために、投行程が短くなってしまったとともに、肩関節周りの筋群のSSCを効果的に利用できないために、最

最終的に爆発的な上肢の加速が行われなかった。
とまとめることができる。

したがって、本研究では村上選手が世界トップ 8 に近づくための課題として、準備局面において、R-on から L-on までの助走速度の減少を抑え、上肢をより伸展位でやりを保持させた状態から、肩関節まわりの筋群の SSC を効果的に引き出せるよう“しなり”動作を強調した投げを行うことが考えられた。

なお、村上選手の動作を分析するに際して、本人から分析した投てき試技に関するコメントを以下のようにいただいたので、ここで紹介したい。

「当日の体の調子は良く、記録を狙える状態であったと思います。しかし、助走、投げの局面において必要以上に力んでしまったために、理想とするイメージで投げることはできませんでした。まず、助走においては、全体的に硬い動きとなり、膝下だけで動いている感覚でした。そのため、ラストクロスにおいてしっかり右から左へと移行することができず、投げ全体が短い投げになってしまいました。また、ブロック足(左脚)においても左方向へ開きながら接地したために、体幹にしなりが生まれず、身体全体が同時に開く^{注 1}ような投げになっていたと思います。次に、上体の動きについてですが、身体の開きがはやいために、ブロック足接地時にしっかりと構えができず、右肘が思ったより曲がった状態でブロック足を接地していたと思います。その結果、上述したように投げ全体が短い投げになってしまい、腕の振りも小さくなっていたと思います。」

この内容から、本研究において客観的に評価した投てき動作の特徴と村上選手本人との感覚とが見事に一致しているのがわかる。このことは、村上選手の感覚の的確さを示していると同時に、平均動作モデルを用いて当該選手の動作を評価することの有用性を示していると考えられる。

IV. 投てき動作のバイオメカニクス評価をもとにした村上選手と著者とのディスカッション

上述した内容をデータとともに村上選手にフィードバックし、以下に示す点について質問しながら、投てき動作の考え方、および今後のトレーニングの方向性について議論した。

1. 本研究で指摘した世界トップレベルとの相違点について、これまでどのように考え、取り組んできたのか。

(1) 準備局面における助走速度の減速および右足の接地位置について

「助走速度の減速は、コメントしたように右から左への移行がスムーズにいかなかったと感じていたため納得できる。右足はどこに接地するかということは考えたことはない。試技全体の流れの中で接地位置は決まると考えている。しかし、大阪での投げは、やりを後方に残そうとする意識が強すぎたので、体幹が後傾して右足がより前方に接地していたのではないかと。右足(右脚)については接地位置ではなく、接地時の膝の角度を変えないまま左足接地を迎えることを意識している。このことは、体幹が前傾することなく、より後方から投げが開始できることにつながると考えている。」

(2) 準備局面における肘の屈曲について

「肘の屈曲はこれまで意識したことはなかったが、これほど世界と違うとは思わなかった。大阪での投げは、力んだ投げになっていたので、意識しないうちに自分でやりを引き出しやすい位置に持ってきた結果、準備局面で腕が小さく折りたたまれていたのだと思う」

(3) “しなり”動作について

「“しなり”動作を大きくすることが重要であることはこれまで認識してきたし、日常のトレーニングにおいても意識してきたことである。しかし、これほど世界との差が生じているとは思わなかった。」

(4) “しなり”動作を大きくするために今後新しいトレーニング方法などを考えるか。

「それはしない。“しなり”動作の大きさはそこに行きつく前の動作で決まるものだと考えている。“しなり”動作が小さくなった原因は、筆者が指摘するやりを保持する上肢の肘の屈曲なのか、あるいはそれ以前の左半身の動作にあるのか、下半身の動作にあるのかは今後自分の感覚と照らし合わせて考えていきたい。いずれにしても前提となる動作がうまくいけば、結果として右半身の“しなり”動作は大きくできると考えている」

2. 自らの投てき動作を分析、フィードバックされることについて

「コメントした内容がデータにも表れていて、今回の分析結果は非常に納得できた。これまでデータをフィードバックされた際には、結果をそれまでやってきたトレーニング内容とすり合わせ、さらに自らの感覚に落とし込むようにしている。落とし込めないようであれば、それ以上データを深く考えることはしない。ただし、データを提示されることは、自らの動作や考え方を見つめなおす機会を与えてくれるので大きな意味がある。いずれにしても、今回指摘されたことは意識してトレーニングを行っていくことになると思う。」

ここに示した内容は、本研究の結果に関するコメントのみをまとめたものであるが、村上選手は、ここ示した内容以外に投てき動作について、試技全体の流れを重要視していること、“しなり”動作を行う右半身の動作というよりはむしろ左半身の動作(早いタイミングで体幹が開かない^{注2}こと)に意識を置いていることなどを語ってくれた。また、世界トップ8との差は、村上選手本人が感じていた以上に顕著であったが、今まで考えてきた動作が本番でうまくできれば、今回指摘されたポイントの世界との差はかなり小さくできるとのことであった。したがって、村上選手における最も大きな課題は、世界の舞台でいかに自ら描いている投てき動作を遂行できるか否かということであるようだった。

V. まとめ

本研究では、日本の男子やり投を長く牽引する村上幸史選手と世界トップレベルの選手との投てき動作の相違点をバイオメカニクスの観点から明らかにし、その内容をもとにして村上選手と著者がディスカッションした内容をまとめた。本研究の分析によって明らかにされた世界トップレベルとの比較からみた村上選手の投てき動作の特徴は、本人の感覚とかなり一致しており、村上選手からは投てき動作の課題を改めて認識させられたとの感想が得られた。印象的だったのは、分析によって世界トップレベルとの相違が顕著であった“しなり”動作の大小に関して、村上選手が“しなり”動

作は結果論であり、その動作に達するまでの過程の動作を考えなければならない」と述べた点であった。このことは、実際の運動においては、パフォーマンスを決定づける主要な局面（やり投では投局面）の分析のみでは明確にならない違いや、数値的にみれば僅かだと判断される差にこそパフォーマンスを改善できる原因が存在する場合もあることを示唆している。われわれ研究者は、研究方法や環境などの制限によって分析できる内容には限界があるが、単に大きな差が認められた部分のみに着目するだけでなく、その差になる原因をも考慮して結果を解釈し、現場の選手やコーチにフィードバックすることが、応用・実践研究においては重要であることを改めて認識させられる事例であろう。

最後に、本研究で示した世界トップレベルの選手の投てき動作は、極めて合理的な動作であり、ここで指摘した内容は村上選手に限らず、日本の男子やり投選手に広く当てはまる内容であったと考えられる。今後の村上選手の活躍に期待するとともに、日本のやり投の競技レベルの向上に本研究の結果が役立てば幸いである。

注 1, 注 2

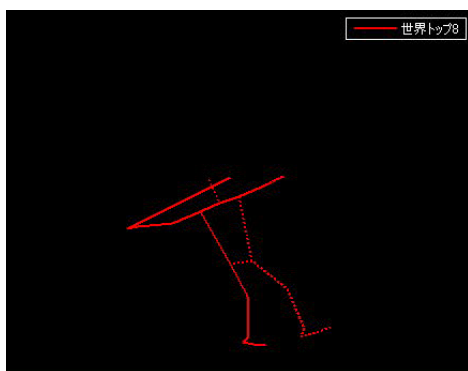
ここでの「体幹(身体全体)が開く」とは、水平面内において腰のライン(左右の大転子を結ぶ線)および肩のライン(左右の肩峰を結ぶ線)が反時計回りに回転する動作を指す(図 4 下図, 映像 6 を参照)。

VI. 参考文献

- ・阿江通良(2008)第 11 回世界陸上大会における日本陸連バイオメカニクス研究班の準備と実施. バイオメカニクス研究 12(2)69-73.
- ・Ae, M., Muraki, Y., Koyama, H. and Fujii, N. (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. Health and Sport Sci., Univ. of Tsukuba 30: 5-12.n
- ・Campos, J., Brizuela, G. and Ramón, V. (2004) Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. New Studies in Athletics 19: 47-54, 2004.
- ・Jöris, H. J., van Muyen A. J., van Ingen Schenau G. J. and Kemper H. C. (1985) Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. J. Biomech. 18: 409-414.
- ・Komi, P. V. and Buskirk, E. R. (1972) Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. Ergonomics. 15 : 427-434.
- ・Mero, A., Komi, P. V., Korjus, T., Navarro, E. and Gregor, R., J. (1994) Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. J. Appl. Biomech. 10: 166-177.
- ・Morriss, C., Bartlett, R. and Fowler, N. (1997) Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 World Championships in Athletics. New Studies in Athletics 12: 31-41, 1997.
- ・Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P. V. and Ito, A. (2006)

Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 21: 67-80.

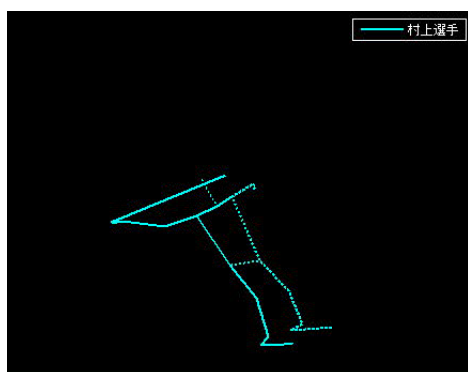
- ・若山章信, 田附俊一, 小島俊久, 池上康男, 桜井伸二, 岡本敦, 植屋清見, 中村和彦 (1994) やり投げのバイオメカニクスの分析. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良監修, 世界一流競技者の技術. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 220-238.



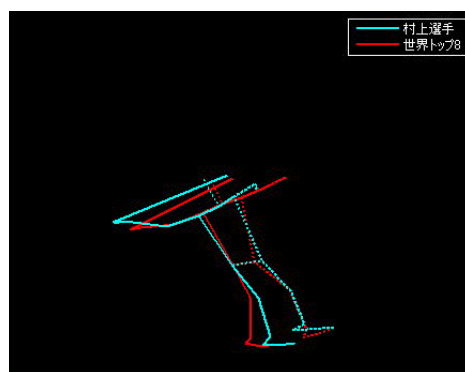
映像 1 世界トップ 8 における平均投てき動作モデル



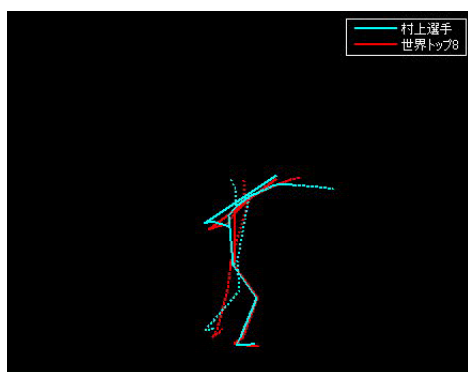
映像 2 村上選手における実際の投てき動作



映像 3 村上選手における投てき動作



映像 4 側方からみた村上選手と世界トップ 8 における投てき動作



映像 5 後方からみた村上選手と世界トップ 8 における投てき動作



映像 6 上方からみた村上選手と世界トップ 8 における投てき動作