



やり投げ競技における競技者－やり系のダイナミクス

前田, 正登

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1996-03-13

(Date of Publication)

2008-10-31

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2019

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3116998>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002019>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	まえだまさと 前田正登	(富山県)
博士の専攻分野の名称	博士(学術)	
学位記番号	博ろ第70号	
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当	
学位授与の日付	平成8年3月13日	
学位論文題目	やり投げ競技における競技者-やり系のダイナミクス	

審査委員	主査 教授 美崎 教 正
	教授 横尾 能 範 教授 森脇 俊 道

論文内容の要旨

やり投げ競技はやりを媒体とした競技である。したがって、やり投げ競技の競技成績の向上を目指すとき、やりと競技者の双方をそれぞれ明らかにし、その上で両者を総合して研究を進めていくことが妥当であると考えられる。

そこで、本研究では、まずやりとしての特性を把握し、やりの諸特性が競技成績に及ぼす影響を検討するとともに、やり投げ用力測定システムを開発して競技者がやりに加える力を測定し、投げ動作を力学的に解析することを試みた。

本研究で得られた成果をまとめると以下のようになる。

第2章では、16種類のやりについて、形状、慣性モーメントなどを計測し、やりの静特性について検討した。その結果、現行の規定において、形状や幾何学的中心位置は意図的に変えることが可能であるにもかかわらず、ほとんどのやりではあまり差が認められなかった。また、短軸まわりの慣性モーメントは形状や幾何学的中心位置などに比べてばらつきが大きかった。これらによって、内部構造がやりによって異なっていることが示唆された。

第3章では、8種類のやりについてインパルス応答法、周波数応答法によりモード解析を行い、やりの動特性を評価・検討した。その結果、やりの振動は両端自由の横振動が支配的であること、500 Hz以内の周波数において6つの共振があり、それぞれのやりでは偶数次の振動モードでのコンプライアンスが小さいことを見いだした。また、試料としたやりの伝達関数(1次モード域)は3つに大別されたことから、伝達関数の異なるやりでは競技者の使用感も異なるものと考えられた。さらに、1次の共振周波数が高いものほどグリップ部のコンプライアンスは小さく、材質、形状などには、あまり影響されないことが示唆された。

第4章では、13種類のやりについて振動特性及び振動の減衰特性の面からやりとしての特性を考察した。その結果、やりは質量分布や材質などの構造の違いによって振動特性が異なり、Duralumin製は肉厚分布の変更によって、Steel製は材料の質的変更によって、振動特性が異なっているものと考えられた。また、リリース後にやりの自由振動が減衰して十分小さな振動振幅になるまでの時間は、

実際のヤリの飛行時間よりも長いことから、実際の競技においても自由振動しながら着地に至っているものと推察された。さらに、ヤリは共振時にはグリップ部においてコンプライアンスが大きく、かなり軟らかくなることが明らかとなり、静的に硬いことを競技用ヤリの必要条件とするのではなく、動コンプライアンスを硬さの尺度とすることを提案した。

第5章では、ヤリの特性の違いが競技成績に及ぼす影響を考察するために、4種類のヤリを用意し、これらの動特性を同定した上で8名のやり投げ競技者に投げさせる実験を行った。その結果、4種類のヤリの静特性に差異は無かったが、それらの動特性は、共振周波数、動コンプライアンス、対数減衰率、慣性モーメントにおいて異なっていた。そして、投てき実験の結果、飛距離は使用されたヤリによって差が生じていたことから、ヤリの動特性はやり投げの競技成績に影響すると結論されたが、その影響は飛距離のおよそ2～3%程度であった。

第6章では、やり投げの投げ動作中におけるヤリに加わる力を測定するために、動力計を独自に製作し測定を試みた。製作された動力計は、円筒管に構成されたヒンジ部分のひずみを検出し力量に変換するひずみゲージ式の力量計で、男子やり投げ競技者1名を対象に、試作された動力計を用いてヤリに加わる力の測定を行った。その結果、動力計を装着したヤリは、通常のヤリよりも質量がやや大きく、慣性モーメントが小さく、さらにグリップ部のコンプライアンスが小さかった。また、校正実験により動力計の測定電圧とグリップ部分に実際に加えられた力の関係は、直線性を維持しており、動力計の周波数成分は投てき実験により測定された力曲線の周波数成分より高く、やり投げ用の動力計として有効であると判断された。そして、製作された動力計を用いた投てき実験により、力が発揮されるのは主にクロスステップ以後の右足着地からリリースに至るまでの局面であったこと、その間の最大値は、ヤリの長軸方向に14.00kg f、短軸方向に7.21kg f、と4.62kg f、長軸まわりに0.12kg fm、短軸まわりに0.64kg fm、と0.77kg fmで、いずれもリリース直前に認められたことなどを報告した。

第7章では、ヤリが投げ出されるまでの間に競技者によってヤリに加えられる動的な力の6成分およびヤリのたわみの2成分を測定するセンサとその測定システムを開発することを試みた。そして、ヤリの特性を大幅に変えることなく、ひずみゲージを利用した薄いパイプ状の力センサを開発した。このセンサを固定するヤリ自体にたわみ変形が生じる問題に対して、ヤリのたわみを補償するようにブリッジ回路を構成した上で、たわみの2成分と力の6成分を測定して8行8列の補正マトリクスを利用する方法を提案した。また、初等解に基づいてひずみゲージを貼付するはり構造の寸法を決定し、校正を行った結果、比較的計算値に近い測定感度が得られることを確認した。さらに開発したセンサが実用上十分な線形性を有し、各軸間の相互干渉量も小さいことを確認し、ヤリ全体としての特性も通常のヤリと同程度であることも確認できた。

第8章では、ヤリが投げ出されるまでの間に競技者によってヤリに加えられる動的な力の6成分およびヤリのたわみの2成分を測定し、投げ動作及びヤリの挙動について力学的分析を行った。そして、ヤリの長軸方向に加わる力は最大値に達する直前に、一時的に停滞あるいは低下すること、ヤリの長軸まわりのトルクはリリース前に一旦極小値を経過してから最大値に達する傾向であること、ヤリの短軸方向に加わる力はおおむね1方向での変化が支配的であること、ヤリの重心を通る短軸まわりに関してトルクがリリース直前に大きい値となることなどを見出した。また、投げ動作中のヤリのたわみは1方向を往復するようなたわみ方ではなく、多方向への複雑なたわみであること、競技者の立場でヤリのたわみを考察するには、ヤリの長軸まわりの回転量を考慮する必要があることを示唆した。さらに、ヤリの剛性の差によってたわみ量には差が認められたが、加わる力やトルクの大きさが変化

したり、そのパターンが変容するような箇所は特に認められなかったことも報告した。

以上、本研究では、やり投げ競技における競技成績の向上には、ヤリを弾性体として認識する必要があることを示唆するとともに、ヤリの弾性を考慮した新しいやり投げの力学的評価方法を提案し、その有用性を確認することができた。しかし、本研究では競技成績の向上に直接結びつくような結論が得られたわけではない。冒頭でも述べたように、やり投げ競技の競技成績の向上を目指すとき、ヤリと競技者の両者を総合して研究していくことが不可欠である。本研究で得られた成果を基礎に、今後も両者を視野に入れて、最適な投げ動作とヤリの必要特性についてさらに検討を重ねる必要がある。

論文審査の結果の要旨

本研究は、陸上競技の一つであるやり投げ競技の競技成績の向上を目指した基礎的研究である。元来、やり投げ競技は、ヤリを媒体とした競技であり、やり投げ競技の競技成績の向上を目指す時、媒体であるヤリとそれを操作する競技者の双方の特性を解明し、それらを総合して研究することが必要と考え、まず、ヤリの特性を把握し、その諸特性が競技成績に及ぼす影響を検討するとともに、一方、競技者がヤリに加える力を測定するための装置を考案試作し、それをを用いて投げ動作を力学的に解析した。これにより、やり投げ競技の成績向上には、ヤリを弾性体として認識する必要性を示唆したものである。その研究結果を要約すると次の通りである。

まず、実際に競技で使用されている16種類のヤリについて、その形状、慣性モーメントなどを計測し、新規格のヤリの静特性を明らかにした。また、8種類のヤリについて、インパルス応答法、周波数応答法によりモード解析を行い、ヤリの動特性を測定した結果、ヤリの振動は両端自由の横振動が支配的であり、500Hz以内の周波数において6つの共振があり、それぞれのヤリでは偶数次での振動モードでのコンプライアンスが小さいことを見出した。

更に、ヤリの材質、構造の違いによる振動特性の差を13種類のヤリについて、振動特性及び振動の減衰特性の面から検討を加え、ヤリは質量分布や材質などの構造の違いによって振動特性が異なり、Duralumin製は肉厚分布の変更によって、Steel製は材料の質的変更によって、振動特性が異なっていることを見出した。さらに、ヤリは共振時には、グリップ部においてコンプライアンスが大きく、かなり軟らかくなることが明らかとなり、静的に硬いことを競技用ヤリの必要条件とするのではなく、動コンプライアンスをヤリの硬さの尺度とすることを提案した。

ついで、ヤリの特性の違いが競技成績に及ぼす影響を考察するために、4種類のヤリを用いて、これらの動特性を同定した上で、8名のやり投げ競技者に投げさせる実験を行った。その結果、4種類のヤリの静特性には差異はなかったが、それらの動特性は、共振周波数、動コンプライアンス、対数減衰率、慣性モーメントにおいて異なっていた。そして、投てき実験の結果、飛距離は使用されたヤリによって差異が生じていたことから、ヤリの動特性はやり投げの競技成績に影響することが明らかになった。

やり投げの投げ動作中におけるヤリに加わる力を測定するために、円筒管に構成されたヒンジ部分のひずみを検出し、力量に変換するひずみゲージ式の動力計を考案試作しヤリに加わる力の測定を行っている。また、この装置の較正実験により、動力計の測定電圧とグリップ部に実際に加えられた力の関係は、直線性を維持しており、動力計の周波数成分は投てき実験により測定された力曲線の周波数成分より高く、やり投げ用の動力計として有効であると判断された。この動力計を用いて行われた投てき実験により、競技者の力が発揮されるのは、主にクロスステップ以後の右足着地からリリースに

至るまでの局面であったこと、その間の最大値は、いずれもリリース直前にみとめられた。

更に、ヤリが投げ出されるまでの間に、競技者によってヤリに加えられる動的な力の6成分及びヤリのたわみの2成分を測定することの必要性から、そのセンサとその測定システムを考案制作している。これはひずみゲージを利用した薄いパイプ状の力センサで、ヤリの特性を大幅に変えることのないよう多くの綿密な工夫がなされ、詳細な較正検査の結果、比較的計算値に近い測定感度が得られることを確認した。さらに、このセンサが実用上十分な線形性を有し、各軸間の相互干渉量も小さい事、ヤリ全体としての特性も通常のヤリと同程度であることをも確認している。

この装置を用いて、ヤリが投げ出されるまでの間に、競技者によってヤリに加えられる動的な力の6成分とヤリのたわみの2成分を測定し、投げ動作とヤリの挙動について力学的分析を行った結果、ヤリに加わる力とヤリのたわみの様相が克明に解析できることが明らかとなった。

以上の通り、本研究では、やり投げ競技の成績向上には、「競技者－ヤリ系」の総合的な研究が必要であることを指摘、その実現のための測定装置の開発を行い、その有用性と実用性を明らかにしたもので、これらの知見は価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者前田正登は博士（学術）の学位を得る資格があると認める。