

フィギュアスケートから学ぶひねり技術

辻村 篤都 加藤 真帆 神谷 いずな 増田 華歩
石黒 雄平 ルジャー 龍太郎

1 はじめに

(1) 研究の背景

2016年8月、第31回オリンピックリオ・デ・ジャネイロ大会において体操競技男子団体が、2004年第28回オリンピックアテネ大会以来3大会ぶりに「金メダル」を獲得したことは記憶に新しい。こうして日本が再び栄冠を掴むことが出来たのは、選手並びにコーチ、関係者の並々ならぬ努力や研究の賜物であることは言うまでもない。

体操競技とは、男子はゆか、あん馬、つり輪、跳馬、平行棒、鉄棒の6種目、女子は跳馬、段違い平行棒、平均台、ゆかの4種目から構成されており、非日常的驚異性（難しさ）と姿勢的簡潔性（美しさ）を特性とする採点競技である。体操競技において採点の基準となるのはFIG（国際体操連盟）によって制定されている採点規則である。各技には、実施系統によりグループが分けられており、それぞれ難しさや実施の少なさなどを基準にA～Iまでの難度が定められている。また、演技の出来栄を評価する上で、理想的な実施から逸脱した実施を行った場合には、10点からの減点がなされるなど、行われた演技の得点は、審判員が採点規則に則り算出されたグループの要求と演技価値点、演技の実施点の総和により決定する。

すなわち、体操競技において「難しさ」と「美しさ」は相互に関連しており、「難しい技を、いかに美しく行うか」が体操競技における本質であると言える。

(2) 研究の動機

近年、スポーツ界では競技転向（トランスファー）が注目されている。本来トランスファーとは、特に陸上競技における種目転向の際に使われている言葉であるが、世界を舞台に活躍している選手の中にも競技間トランスファー（実施していた競技から他の競技へ転向）を行っている選手も多く、スポーツ界の動きが激しい。体操競技からトランスファーを行う選手も多く、競技はトランポリンや飛込競技、陸上競技など様々である。その中で私たちは2017年四大陸フィギュアスケート選手権

で優勝し、史上初となる5つの4回転ジャンプに成功した Nathan Chen 選手も体操競技経験者であり、ジャンプの回転技術において体操競技と類似する技術があると考えたことや、同じ採点競技であることからフィギュアスケートに着目することにした。

体操競技では「後方伸身宙返り3回ひねり」が主流なのに対し、最近フィギュアスケートでは「4回転時代」と謳われる様に4回転ジャンプを飛ぶ選手が増えている。また、体操競技は器械・器具の改良により、ゆかには図1の様にスプリング（バネ）が入っており、技術は器具とともに発展してきたが、フィギュアスケートのリンクは一面氷が張られているのみであり、技術の発展は選手の努力や研究の成果によるものである。

では、ゆかにスプリングの入った体操競技では3回ひねりが主流なのに対し、リンクが一面氷のフィギュアスケートでは、なぜ4回転が主流になっているのかを疑問に思った。

そこで本研究では、フィギュアスケートの回転技術を解明することで、体操競技の技術向上に繋がるのではと考えた。

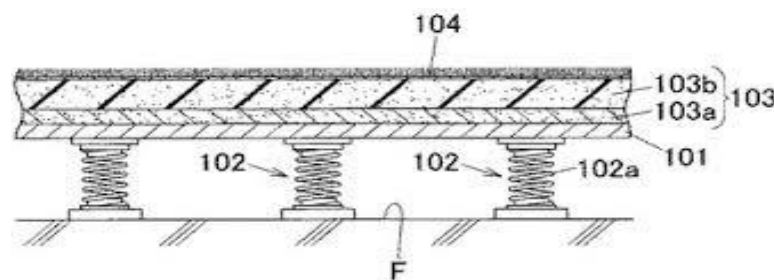


図1 ゆかのスプリング

2 研究・実験方法

(1) 目的

現在、体操競技のゆか運動における演技は宙返りなどのアクロバットの跳躍技にひねりを組み合わせた技を中心に演技を構成する選手が非常に多い。その要因として、器械・器具の発達や改良に加え、組み合わせによる加点などが挙げられる。

そこで本研究では、体操競技のひねり技術と、フィギュアスケートの回転技術を理解・考察・比較し、取り入れることで技術の習熟、発展に繋げることを目的とする。

(2) 手順

- ア 各競技の動画から各競技のメカニズムを理解、分析する。
- イ 各競技の動画を見比べ、共通点、相違点を探す。
- ウ 上記の相違点に着目し、映像分析を試みる。
- エ 結果をまとめる。

(3) 研究の仮説

本研究では、体操競技の「後方伸身宙返り3回ひねり」とフィギュアスケートのジャンプで行う回転を「ひねり」と捉え、6つのジャンプ（基礎点の高い順にアクセル、ルッツ、フリップ、ループ、サルコウ、トウループ）から最も滑走からの抵抗が少なく、体操競技の「ひねり」と類似する点が多い「トウループ」で比較研究を進めることとする。

体操競技の「ひねり」は宙返りが基本動作となるため、「ひねり」を行う前に宙返りを行うための引き上げ動作が入る。そのため、「ひねり」動作は引き上げ動作を行った後に行う。しかし、フィギュアスケートの「ひねり」はジャンプ直前、滑走してつけた勢い（エネルギー）を、「ひねり」のみに変換しジャンプしていると考えた。

3 結果

(1) 体操競技の「ひねり」技術

体操競技の「ひねり」は、ロンダート～バク転で溜めた勢い（運動エネルギー）を宙返りの高さへと変換していることがわかる。エネルギーの変換を行う際にはゆかを踏み切り引き上げ動作を行った後に「ひねり」動作へと移行している。「ひねり」の動作を行うきっかけは、肩を自身のひねりたい方向へ倒すことで自ら作り出している。さらに、腕を身体に引き付け小さく畳み込み、身体を締めることによりひねり速度を上げていることが分かる。また、「ひねり」において顔はひねる方向へ常に先行している。





図2 体操競技の「ひねり」

(2) フィギュアスケートの「ひねり」技術

フィギュアスケートの「ひねり」は、スピードをつけながら滑走し、滑走の逆脚のトゥ（つま先）で急ストップをかけることで身体を空中に放り出しており、この瞬間に、脚の筋肉を使いタイミング良く跳び上がっている。この際、腕をひねる方向へと振り上げ、顔を先行させることで「ひねり」を作りだしている。また、滑走は真っ直ぐではなくカーブに乗っており、跳び上がった瞬間に身体に回転が伝わりやすくなる。そのため、跳び上がった瞬間に「ひねり」がかかり始めるため、身体を締めコントロールをすることによりひねることができる。



図3 フィギュアスケートの「ひねり」

4 考察

(1) フィギュアスケートのジャンプにおける技術考察

フィギュアスケートの回転ジャンプにおいて、ジャンプの回転数を増やすためには滞空時間を延ばすことと、回転速度を上げることの2点が必要となる。

まず、滞空時間についてフィギュアスケートにおけるジャンプの滞空時間はおよそ0.7~0.8秒であり、滞空時間を延ばすためには身体を高く上げることが重要である。そこで必要となるのは脚のバネ、助走のスピードを上向きの力に変換させる技術、振り上げ動作である。

脚のバネとは、脚で地面を蹴る時の力である。ほぼ一瞬のことではあるが、筋肉が身体を持ち上げるのは、瞬間的な動作ではなく、一定時間持続的に力を与え続ける形になる。しかし、実際には脚のバネのみでは十分には身体を持ち上げることは難しい。そこで有効なのが助走のスピードを上向きに変換させる技術である。身体を傾け、助走で得た運動エネルギーにトウでブレーキをかけると、傾けた身体を立てるような動作になる。この時、進行方向にはブレーキがかかるが、身体はトウを支点とした円運動で身体を持ち上げられることになる。

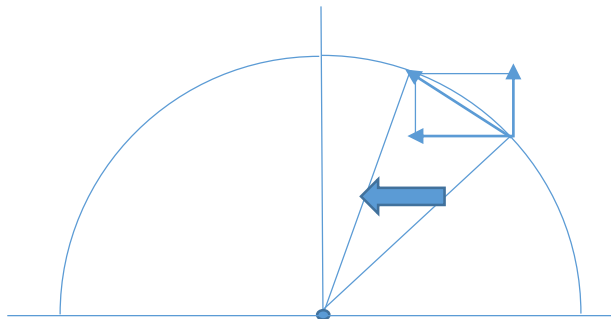


図4 円運動による助走スピードの変換

(2) フィギュアスケートのジャンプにおける補助技術

この2つの動作により主に上向きの力を得るわけだが、もう1つ、補助的な動作として振り上げ動作がある。これは、垂直跳びと同じ原理で、脚で地面を蹴る以前に肩にある重心を、足首、膝、股関節の関節を曲げ伸ばしすることにより持ち上げている。(図5) フィギュアスケートのジャンプと垂直跳びの技術は類似しているが、フィギュアスケートの場合、足首は靴により固定されているため、実質膝と股関節の動きにより大腿四頭筋と大殿筋を使ってジャンプを行っている。スポーツバイオ

メカニクスの研究結果により、垂直跳びで高く跳ぶためには、踏切動作が体幹から末端へという順序で開始され、その時間差は少ないことが分かっている。つまり、踏切時には股関節を伸ばした後に膝を伸ばして踏み切る方が、膝を伸ばしてから股関節を伸ばすよりも高く跳べる。フィギュアスケートにおいても伸びをするように肩を持ち上げることは重要であり、腿を上げることもジャンプの大きな助けとなる。

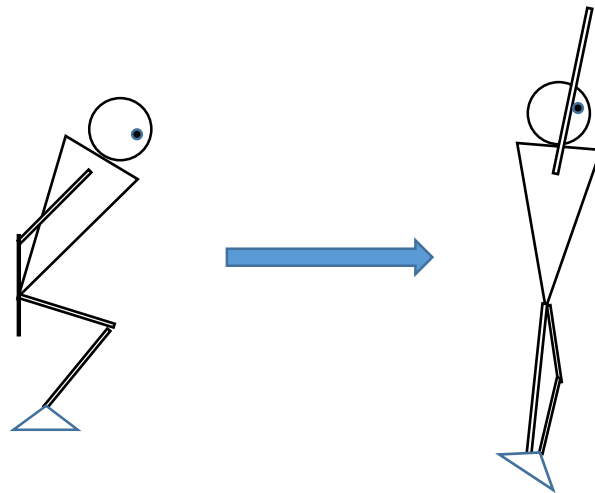


図5 垂直跳びの技術

(3) 回転速度について

回転速度を上げるためには、空中で身体をなるべく小さくすることが大切である。これは、角運動量保存則で説明することができ、体操競技においても同じことが言える。

「ひねり」を行う際に、回転半径（回転軸から腕先までの距離）を大きくするとひねり速度は遅くなり、回転半径を小さくするとひねり速度は速くなる。「ひねり」の速さは角運動量保存則により、外部からトルク（回転を回そうとする力や止めようとする力）が与えられていない場合、回転軸から回転半径が短くなる時、代わりに回転速度が速くなることによって角運動量（物体の回転運動の大きさ）が一定に保たれる。

角運動量とは、

$$\text{角運動量} = \text{慣性モーメント} \times \text{角速度（回転速度）}$$

慣性モーメントとは、「回転のしにくさ」の程度を示す量である。

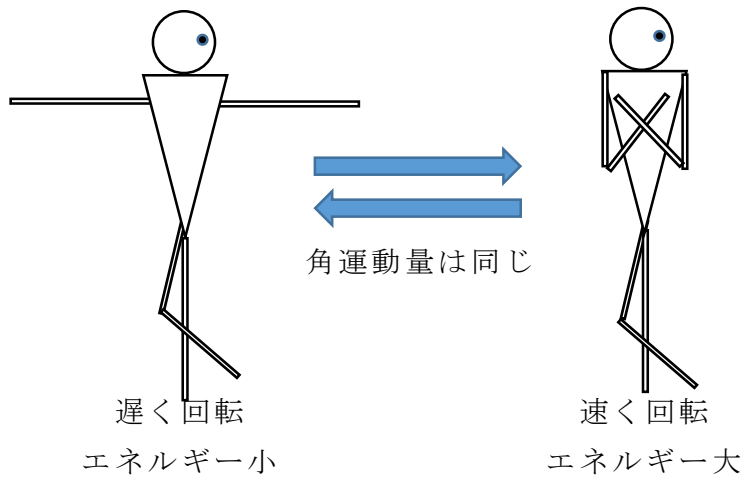


図6 角運動量

(4) 回転のエネルギーについて

図3の様に角運動量が同じ場合、慣性モーメントを小さくして速く回る方が、慣性モーメントを大きくして遅く回るよりも、回転のエネルギーは大きくなる。

回転のエネルギーは、

$$\text{回転のエネルギー} = \text{慣性モーメント} \times (\text{角速度})^2$$

このことから、エネルギーの収支は以下の様に説明できる。

腕を開いて遅く回っているところから腕を畳む時は、腕に対する向心力と動く方向が等しく、体内の内部エネルギーを使い、自身に対してプラスの仕事を行うため回転のエネルギーが増える。逆に、腕を畳んで速く回っているところから腕を開く時は、腕に対する向心力と進む方向が反対になり、自身に対してマイナスの仕事を行うため回転のエネルギーが減る。

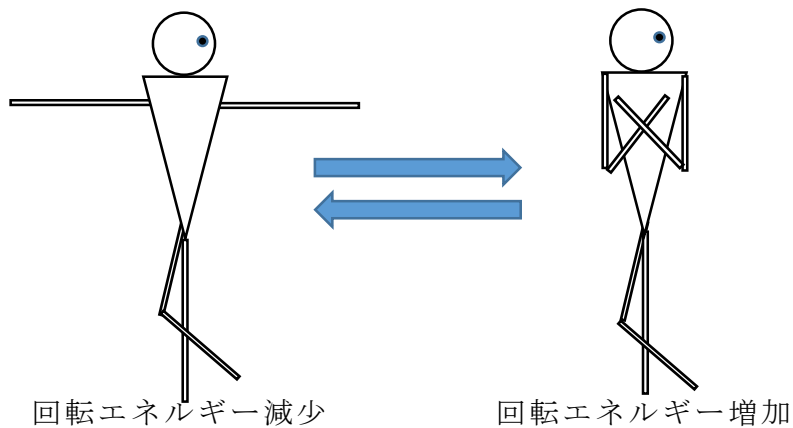


図7 回転エネルギー

(5) 慣性モーメントについて

慣性モーメントは同じ質量の物体でも回転軸から遠くにあれば慣性モーメントは大きく、さらに、回転軸から近くにあれば慣性モーメントは小さくなる。慣性モーメントを関係式で表すと、

$$\text{慣性モーメント} = \text{質量} \times (\text{回転軸からの距離})^2$$

慣性モーメントは質量よりも回転軸からの距離に大きく影響され、回転軸からの距離が2倍になれば、慣性モーメントは4倍になるため腕を畳み込む方が慣性モーメントを小さくすることができ、大きな角速度を獲得できるため回転しやすいのである。

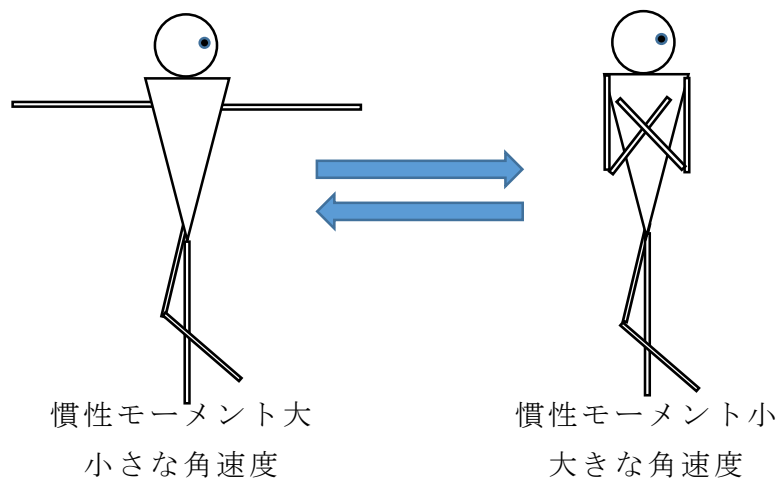


図8 慣性モーメント

5 まとめ

考察から、「ひねり」については大きな違いを見つけることはできなかったが、「ひねり」動作へ入るまでのプロセスの違いを見つけることができた。体操競技は宙返りを伴うために、ロンダート～バク転で貰った運動エネルギーを高さへと変換させるため、腕を引き上げる動作を経過してから「ひねり」動作へと移行をするため、「ひねり」のきっかけを自ら作り出す必要があるのに対し、フィギュアスケートは、「ひねり」動作に入る前の滑走でスピードをつけながらカーブに乗せて走ることにより回転をつけやすくしており、助走でつけた運動エネルギーにブレーキをかけることにより、身体を上昇させ回転させていることが分かった。また、フィギュアスケートは腕を振り上げ、身体を持ち上げるのとほぼ同時に「ひねり」をかけていることも分かった。これらのことから、本研究の動機である体操競技のひねりと、フィギュアスケートのジャンプとの回転数の差について、「ひねり」までのプロセスの違いによるものであることが分かった。また、共通点であった「ひねり」のメカニズムを理解し、「ひねり」

動作前の相違点を比較したことで、本研究のテーマであるフィギュアスケートの技術を体操競技に応用し技術の習熟、発展へと繋げるためには、同時に引き上げ動作と「ひねり」動作を行う必要性があると考えられる。

6 最後に

本研究で、他種目の技術に着目し研究を進め、自身の種目に取り入れることのできる可能性を持った技術を見つけたことで、これまでとは違った視点から自身の種目の技術について考えるきっかけとなった。しかし、実際にその技術が本当に取り入れられる技術であったかまで、研究することができなかった。今回は、ここで研究は終わってしまったが、機械があれば技術の習熟、発展に繋げるまでの経過まで研究を進めていきたい。

本研究の結果が、今後の三好高校体操部の発展に繋がると幸いである。

そして、本研究を進めるにあたりお世話になった先生方に、心より感謝申し上げます。

7 参考文献

- 公益財団法人日本スケート連盟
skatingjapan.or.jp/figure/trick.html
- フィギュアスケートの科学
<https://www.f-ric.co.jp/fs/200604/30-31.pdf>
- フィギュアスケートを100倍楽しく見る方法
web.canon.jp/event/skating/enjoy/movie.html
- 角運動量保存則と回転のエネルギー
bunysmc.exblog.jp/20459663