

アツオビン・アンドリュース選手における投てき動作の変化 2023年の61.95mと2024年の69.38mとの比較

瀧川 寛子¹⁾ 高松 潤二²⁾

加藤 忠彦³⁾ 塩内 裕与⁴⁾

1) 中部学院大学 2) 流通経済大学

3) 湘南工科大学 4) 中京大学大学院

I. はじめに

アツオビン・アンドリュース（以降、アンドリュース）選手は、2024年8月に福岡にて開催された第77回全国高等学校陸上競技対校選手権（インターハイ）の男子ハンマー投決勝において、6投目に69.38mを投てきし、当時の高校記録を更新し優勝を果たした。アンドリュース選手は、前年の北海道インターハイにおいても2年生ながら61.95mの記録で2位に入賞しており、1年間で記録を約6m伸ばしての優勝となった。

アンドリュース選手がジュニア期の選手であることを考慮すると、今後のさらなる記録向上や日本のハンマー投を牽引する選手になることが期待される。このような、今後を担うであろう選手における縦断的な記録の変化に伴う投てき動作の変化について分析することは、当該選手の競技力向上に寄与し、さらにハンマー投の技術指導における一助となると考えられる。

そこで本稿では、アンドリュース選手におけるハンマー投の投てき記録向上に伴う投てき動作の変化について、2023年と2024年との動作を比較することで明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 分析試技

分析試技は、アンドリュース選手が2023年インターハイにおいて61.95mを記録した試技（以後、2023）、および2024年インターハイにおいて69.38mを記録した試技（以後、2024）とした。

2. 撮影方法

それぞれの投てき試技を、サークルの側方および前方に設置したハイスピードカメラ（DC-GH6、

Panasonic）2台を用いて每秒240 Hz、露出時間1/1000 sで撮影した。また、撮影範囲内5か所にキャリブレーションポールを立てた。本稿では、投てき方向をY軸、Y軸に対して左右方向をX軸、鉛直方向をZ軸とした右手系の静止座標系を設定した。

3. 分析方法

2台のカメラによって撮影された映像をPCに取り組み、動作解析ソフト（Frame-DIAS6, Q' fix）を用いて、身体4点（左右肩峰、左右大転子）およびハンマー2点（ハンドル、ハンマーヘッド）を120Hzでデジタイズした。デジタイズされた座標値を3次元DLT法にて実長換算し、身体分析点およびハンマーの3次元座標値を算出した。2方向からの映像の同期は、ハンマーのリリース時点のコマ数を合わせることで行った。算出された3次元座標値は、8Hzのローパスバターワース型デジタルフィルターによって平滑化した。

4. 分析項目

本稿では動作の比較を行うにあたって、一連のハンマー投げについて各投てき動作時点を次の通り定義した。右足が地面から離れた時点をR-off、右足が地面についた時点をR-on、ハンドルが左手から離れた時点をリリース（REL）とし、最初のR-offからRELまでを分析区間とした。また、R-offから次のR-offまでを1ターンとして、1ターンのR-offからR-onまでを片足支持局面（Single Support, 以下、SS）、R-onからR-offまでを両足支持局面（Double Support, 以下、DS）とし、ターンごとに数字をつけて示した。分析項目は、以下の通りである。

- ・リリース速度：リリース時におけるハンマーヘッドの合成速度
- ・リリース角度：リリース時におけるハンマー

表1 リリースパラメータ

	記録 (m)	リリース速度 (m/s)	リリース角度 (deg)
2023	61.95	25.57	40.5
2024	69.38	26.93	38.1

ヘッドの速度ベクトルと Y 軸とのなす角

なお、本研究ではリリース速度、リリース角度をリリースパラメータとよぶ。

- ・局面時間：R-off 1 からリリースまでの SS と DS および 1 ターンの所要時間
- ・ハンマーヘッドの曲率半径（以下、曲率半径）：回転中心からハンマーヘッドまでの距離。曲率半径は、以下の式によって算出した。

$$\text{式：} R=ds/d\theta$$

ここで、R は曲率半径、ds は分析区間における連続する 2 つのハンマーヘッドの移動距離、d θ は連続する 2 つのハンマーヘッドの速度ベクトルがなす角である。

- ・回転中心からみたハンマーヘッドの角速度（以下、角速度）：ハンマーヘッドの速度を曲率半径で除した値
- ・体幹捻転角度：水平面内における左右肩峰を結んだ線分と、左右大転子を結んだ線分とのなす角。肩が腰よりも先行した場合を正、腰が肩よりも先行した場合を負とした。

III. 結果および考察

表 1 に、リリースパラメータを示した。リリース速度と投てき記録との間には高い正の相関関係が認められている（坂東ほか，2006）。本稿においても投てき記録の大きな 2024 は 2023 に比べて大きなリリース速度であった。また、リリース角度においても若干の違いがみられた。記録の低い選手（7.26kg における 60m 未満程度）ではリリース角度と投てき記録との間に正の相関関係が認められているものの、記録の高い選手（7.26kg における 60m 以上）ではほぼ一定の値を保つ傾向にあり記録との相関関係はないことが報告されている（坂東ほか，2006）。したがって、2024 の記録が 2023 よりも高かったのは、リリース速度の大きさが大きく影響していることが示唆された。

そこで本稿では、アンドリュウ選手がどのような動作によって、リリース速度を高めたかについて検証していくこととする。図 1 に示したハンマーヘッ

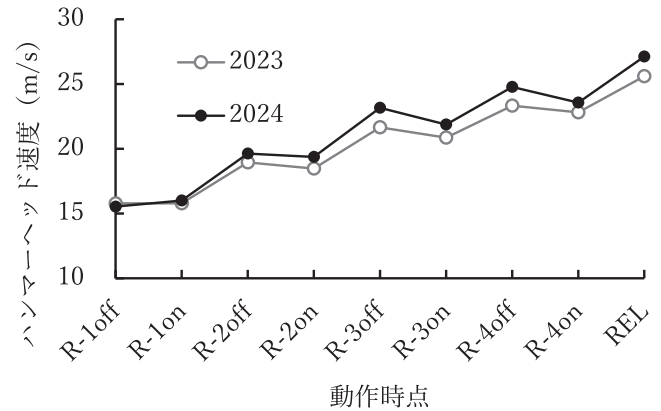


図1 各時点におけるハンマーヘッド速度の変化

ド速度の変化をみると、両年ともにターン開始から加減速を繰り返しながら、リリースに向けて徐々に増加する速度変化パターンを示した。また、両年を比べると、2024の方が2ターン目からリリースにかけてのハンマーヘッド速度が高かった。ハンマー投げにおいては、ターン開始前のスイングにおいてハンマーヘッド速度を十分に高め、高い速度で1ターン目を開始することが重要である（坂東ほか，2006；藤井ほか，2020）。しかしながら、アンドリュウ選手においては1ターン目におけるハンマーヘッド速度に違いはみられなかったことから、2024ではターン動作を開始した後にハンマーヘッド速度をより高めるための動作を獲得したと考えられる。そこで、表2の各ターンにおける動作時間をみてみると、1ターン目は両年で差がなく、2ターン目以降において2024は2023よりも短い時間を示した。特に、2ターン目においてはトータルの時間が0.05秒短くなっていることから、ターン自体を早く行うことで自身の回転速度を高め、ハンマーヘッド速度を向上させていたと考えられる。

回転運動を伴う投てき動作によって増加するハンマーヘッド速度は、ハンマーヘッドの曲率半径と角速度の積によって決定する。したがって、本稿ではハンマーヘッド速度を構成する曲率半径と角速度についてそれぞれ検討した（図2）。その結果、曲率半径はR-2offからR-4offの時点、つまり2ターン目から3ターン目において、2024の方が2023よりも高い値を示した。一方、角速度においては、動作

表2 各ターンにおける動作時間

	記録 [m]	1st			2nd			3rd			4th			Total [s]
		SS1 [s]	DS1 [s]	Total [s]	SS2 [s]	DS2 [s]	Total [s]	SS3 [s]	DS3 [s]	Total [s]	SS4 [s]	DS4 [s]	Total [s]	
2023	61.95	0.32	0.32	0.63	0.27	0.28	0.55	0.26	0.23	0.49	0.25	0.22	0.47	2.14
2024	69.38	0.32	0.32	0.63	0.26	0.24	0.50	0.28	0.19	0.48	0.26	0.19	0.45	2.06

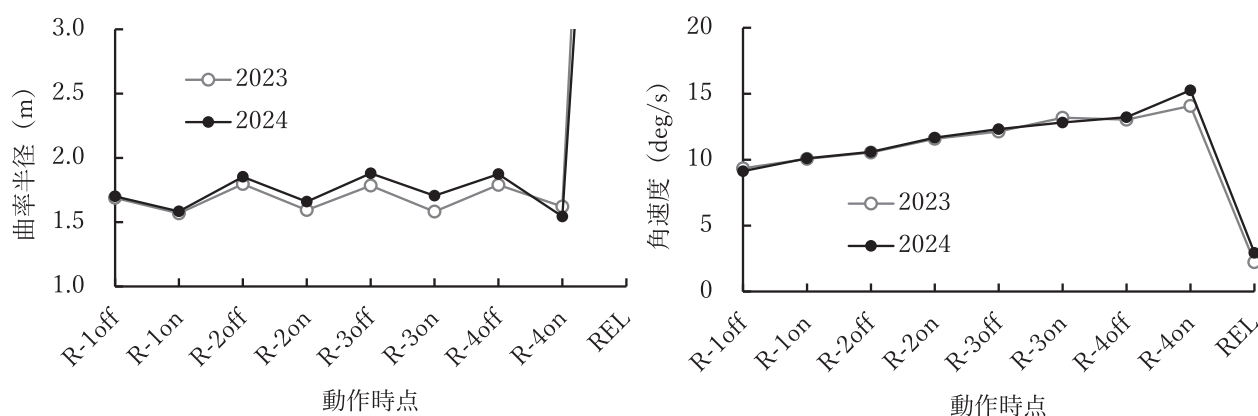


図2 各時点における曲率半径および角速度の変化

開始時点から R-4off までは両年で差はみられず、R-4on 時のみ 2024 の方が 2023 よりも高値であった。これらのことから、本稿において 2 ターン目以降のハンマーヘッド速度が向上したのは、2 および 3 ターン目では曲率半径を大きくしたこと、そして 4 ターン目では角速度を大きくしたことが要因であることが示唆された。

リリース直前において、2024 が 2023 に比べてハンマーヘッド速度が向上したのは、R-4on 時における角速度を高めたことによるものであった。このことに影響した動作を検証するために、本稿では体幹捻転角度について分析を行った (図 3)。その結果、R-4on の時点において、2024 は 2023 に比べて負に大きな値を示した。このことは、2024 は 2023 に比べて、腰が先行し肩が遅れることで体幹の捻りが大きくなった状態で、4 ターン目の右足接地を行っていたことを示している。田内・藤井 (2009) は、男子ハンマー投げ世界チャンピオンであるコズムス選手の体幹捻転動作について、SS 局面では肩に先立って腰が回転することにより体幹の捻りが生じ、DS 局面で捻り戻されることによって、体幹の筋群が伸張-短縮サイクルの収縮を引き起こし、より大きな力を発揮していたと述べている。このことを考慮すると、アンドリュウ選手においてもリリースの直前である 4 ターン目において体幹の捻りを大きくし、リリースに向けて捻り戻すことでより大きな力発揮が可能となり、高いハンマーヘッド速度を獲得したと考えられる。

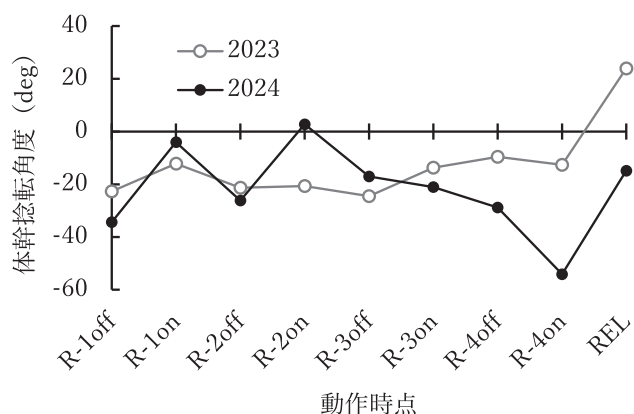


図3 各時点における体幹捻転角度の変化

IV. まとめ

今年のインターハイにおいてアンドリュウ選手は、昨年の 2 位から順位を伸ばし、当時の高校記録を更新する記録で優勝を果たした。本稿では、アンドリュウ選手におけるハンマー投げの投てき記録向上に伴う投てき動作の変化について明らかにすることを目的として、2023 と 2024 のインターハイにおける投てき動作を比較した。その結果、2024 年は 2023 年と比較して、リリース速度が高く、2 ターン目以降におけるハンマーヘッド速度が高かった。また、リリース速度が高まった要因として、2 ターン目以降の動作時間が短くなったこと、2 および 3 ターン目では曲率半径を大きくしたこと、そして 4 ターン目では角速度を大きくしたことが挙げられた。さらに、4 ターン目においては、体幹の捻転動作が大

きく、これによって大きな力発揮が可能となったことが示唆された。アンドリュース選手は、来年度より大学生となり、より高重量のハンマーを扱うこととなる（高校生は6kg、大学生は7.26kgのハンマーが用いられる）。そのため、重量が変わる中で投てき動作がどのように変化するのか、あるいは変化しないのかについても今後追跡していく必要があるだろう。

参考文献

- 坂東美和子，田辺 智，伊藤 章（2006）ハンマー投げ記録とハンマーヘッド速度の関係．体育学研究，51：505-514.
- 藤井宏明，大山卞圭悟，藤井範久（2020）記録水準の異なるハンマー投競技者のハンマーヘッドスピードとハンドルの動き．体育学研究，65：643-657
- 藤井範久，小山陽平，阿江通良（2008）ハンマー投におけるハンマーヘッド加速要因の再検討—力学的観点からの再検討—．バイオメカニクス研究，12：232-242.
- 田内健二，藤井宏明（2009）ハンマー投げ一回す力，飛ばす力—．体育の科学，59（6）：396-402