

ハンマー投げの牽引力に体重の与える影響

Influence of body weight on pulling force in hammer throw

岡本 敦

OKAMOTO Atsushi

Abstract: The purpose of this study was investigate that the influence of the body weight on the pulling force during throwing motion in hammer throw. Throwing motions of 2 elite hammer throwers were recorded by 2 synchronized high-speed video cameras(200 fps) in two international athletic meets. Three-dimensional co-ordinates of body segments and hammer head were obtained with DLT techniques(Abdel-Azis and Karara, 1971). Initial conditions at release and maximum pulling force acting of hammer head during throwing motion were calculated. Throwing distance and initial conditions were similar in two throwers. However, maximum pulling forces per body weight were quite different. The hammer throwing motion can be compared to two-body problem in the physics between a thrower's body and hammer head. Therefore, it can be considered that body and hammer head rotate each other around the common center of mass of these two bodies. This study identified the influence of body weight on pulling force during the hammer throwing motion. It was concluded that the thrower with smaller body weight had a disadvantage, from the mechanical viewpoint as well as muscle volume.

Keywords: hammer throw, body weight, pulling force

はじめに

陸上競技のハンマー投げに用いられるハンマーは、把手の先に、長さ 1.175m から 1.215m のワイヤーを介して金属製のボール（頭部）が取り付けられている。男子ではハンマーの質量は 7.26kg、ハンマー頭部の直径は 110mm から 130mm と定められている。このハンマーを選手は 3 回転または 4 回転のターンをしながら加速して投てき方向へ投げ出す。その際のサークルの直径は 2.135m で、投てき範囲は 34.92 度と定められている。

男子用のハンマーの重量の 7.26kg は 16 ポンドであり、これはボーリングのボールの最も重いボールの重さである。砲丸投げの砲丸も同じ重さであり、同じ直径 2.135m というサークルから投げ出されるが、その世界記録は砲丸投げが 23.13m であるのに対してハンマー投げは 86.74m とおよそ 3.8 倍である。同じ質量の物体を投げるのに、砲丸投げとハンマー投げで、このように飛距離が大きく異なるのは何故であろうか。砲丸投げでは砲丸を手で直接加速するのに対して、ハンマー投げでは、およそ 1.2m のワイヤーの先に付いたハンマー頭部を振り回す事によって大きな遠心力を得て加速する。ハンマー投げの飛距離の秘密はこのワイヤーを介してハンマー頭部を振り回して加速することにあるようである。

本研究では、2007 年に大阪で開催される世界陸上競技選手

権大会でも活躍の期待される室伏広治選手とアンドレイ・アブドバリエフ選手の比較から、ハンマー投げの牽引力に体重が与える影響を検討する。

方法

選手の投てき動作をサークル後方と側方の観客席に設置した 2 台の高速度ビデオカメラによって毎秒 200 コマで撮影した。2 台の高速度ビデオカメラは同期装置によってシャッターを同期して撮影した。得られた 2 台の高速度ビデオカメラのそれぞれの映像から選手の身体各部及びハンマー頭部を座標解析し、得られた座標値から DLT(Direct Linear Transformation)法¹⁾によって 3 次元座標値を求めた。

得られた身体各部の座標値から松井の重心係数によって身体重心とハンマー頭部との共通重心を求めた。またハンマー頭部の変位からハンマー頭部の速度を求めた。

結果と考察

室伏選手とアブドバリエフ選手の記録とリリース時の初期条件、ハンマー頭部に作用する力の最大値と体重を表 1 に示した。記録は 30cm アブドバリエフ選手が大きく、初速度もアブドバリエフ選手が 0.5m/s 大きかった。ところがハンマー頭部に作用する力の最大値は室伏選手の方が大きく、体重当

Table 1 Initial conditions, maximum force and body weight

Subject	Result (m)	Initial Velocity (m/s)	Release angle (deg)	Height (m)	Max. Pull Force (kgw)	Max. Pull Force/Weight (kgw/kg)	Weight (kg)
Murofushi	76.37	28.4	40.0	1.46	324	3.60	90
Abduvaliev	76.67	28.9	38.3	1.84	307	2.74	112

たりではアブドバリエフ選手が2.74倍であるのに対して室伏選手は3.60倍と大きな違いを見せた。

ハンマー投げのターンでは選手の身体重心とハンマー頭部はその共通重心の周りを回転していると考えられる。このような運動は物理学の二体問題と同様に考えることができる。本研究ではハンマー頭部の質量は室伏選手もアブドバリエフ選手も同じで、ハンマー頭部の速度もほぼ同じと考えることができる。ところがこの時、室伏選手とアブドバリエフ選手では体重が大きく異なる。室伏選手の90kgに対してアブドバリエフ選手は112kgと室伏選手に比べてアブドバリエフ選手の体重は24%も大きいのである。この関係を模式的に示したのが図1である。

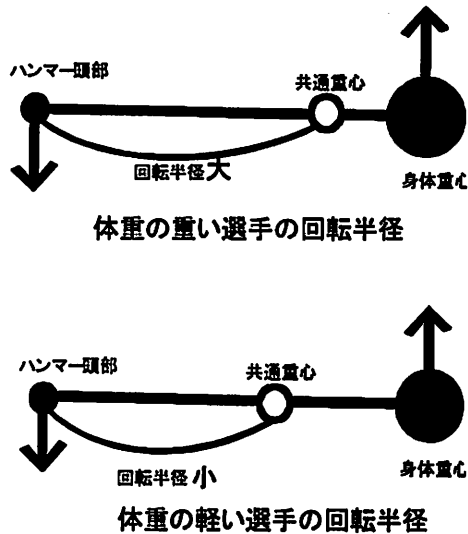


図1 体重の重い選手と軽い選手の回転半径の比較

ハンマー投げの牽引力はハンマー頭部に作用する遠心力に逆らって選手が発揮する力であるので、ハンマー頭部に作用する遠心力にほぼ等しくなる。ここでハンマー頭部に作用する遠心力は、ハンマー頭部が共通重心を回転の中心として回転する回転運動と考え、次式より求められる。

$$\text{遠心力} = \frac{mv^2}{r}$$

したがって、ハンマー頭部の速度が等しければ、ハンマー頭部に作用する遠心力はその回転半径に反比例することになる。そのため選手の体重が軽い場合には、ハンマー頭部と身体重心との共通重心がハンマー頭部に近づき回転半径が小さくなり、その結果、遠心力が大きくなるために室伏選手の牽引力が大きくなったと考えられる。

岡本ら²⁾は、世界選手権やアジア大会という国際競技会で多くの一流選手の投てき動作を分析して、リリース時の初速度、投射角、投射高という3つの初期条件と記録との関係を調べた。その結果、投射角と投射高には記録との間に有意な関係は認められず、初速度のみに記録との間に正の相関関係が認められた。記録はハンマー頭部の初速度によって決定されているといつてよい。ハンマーを遠くへ投げるためには初速度を高めることが必要であるが、初速度が大きくなればなるほど、その速度の二乗に比例して遠心力は大きくなり、選手は大きな牽引力を発揮しなければならない。しかしこの時、選手の体重が軽いと、ハンマー頭部と身体重心との共通重心がハンマー頭部に近づくことになり、ハンマー頭部の共通重心周りの回転半径が小さくなる。その結果、遠心力が大きくなることによって牽引力を大きくする必要がある。そのためハンマー投げでは軽量選手は回転運動という物理的な要因で大きな不利を被ることになる。

まとめ

ハンマー投げのトップアスリートである室伏広治選手とアンドレイ・アブドバリエフ選手の比較から、ハンマー投げの牽引力に体重が与える影響を検討した結果、選手の体重が軽いとハンマー頭部と身体重心との共通重心がハンマー頭部に近づくことによって、共通重心周りに回転するハンマー頭部の回転半径が小さくなり、ハンマー頭部の速度が同じ場合に

はより大きな牽引力が必要であることが明らかとなった。一般に投てき競技では選手の体重が軽いと体力的に不利であると考えられているが、ハンマー投げのような回転運動では、体力面だけでは無く物理的に不利であることが示された。

文献

- 1) Abdel-Aziz, Y.I. and Karara, H.M. "Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry.", Proceedings of the ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry. Falls Church, VA:American Society of Photogrammetry., pp. 1-18, 1971.
- 2) 岡本 敦他：陸上競技のサイエンス（ハンマー投げ），月刊陸上競技,34(12),pp.214-217,2000