

## 砲丸投の学習指導に関する研究

### ——砲丸投の動作分析——

齋藤重徳\*・渡辺悦男\*・大谷和寿\*・伊藤豊彦\*・植野淳一\*

Shigenori SAITO, Etuo WATANABE, Kazutoshi OHTANI,  
Toyo-hiko ITO and Junichi UENO

A Study on Teaching Methods in Shot Put.

——Motion Analysis of Shot Put——

### I はじめに

砲丸投の歴史はかなり古く、紀元前1829年頃スコットランドあたりで石投げとして行われていた<sup>1)</sup>、という記録が残っている。日本では、明治16年（1883）、F.W.ストレンジが主宰して開催された東京大学運動会のプログラムに砲丸投が種目として記載されている<sup>2)</sup>。この時の砲丸の重さは記録にないが、明治18年（1885）の同運動会の競技種目（記録には競技番付と記載されている）に大砲玉投げ方（14ポンド）という記録があり、また、明治19年の同大会では砲丸投（15ポンド）、明治20年の同大会では砲丸投（14.5ポンド）と、重さも一定していなかったようである。

今日のような16ポンドの砲丸で行われるようになったのは、1865年のオックスフォード対ケンブリッジ大学対抗戦で用いられてからである<sup>3)</sup>。

しかし、日本でこの重さの砲丸を使用するようになったのは、ずっとあとになってからである。砲丸投の日本記録の変遷<sup>2)</sup>をみると、大正2年（1913）辰野保（東大）9 m 00、第1回全国陸上大会、という記録が残っているものの、まだ16ポンドの重さに定着していたわけではなかったようである。大正14年（1925）発行された「運動競技全書」<sup>3)</sup>（内務省編纂）の中の「砲丸投」の項で、次のように書かれている。「国際オリンピック競技會では、16卦度（我が約2貫目）の鐵丸を、直徑7呎の圓の半から投げる規定になってをり、又極東選手権競技會では12卦度の砲丸を投げる事になってをります。これは今日我が國の青年諸君の體力では矢張り12卦度ののが適當でありませう。此の投げ方は隻腕を以て投げるので、兩手で支えて投げてはいけない事になってをります。」（野口源三郎記）このように、当時の日本人の体力では記録を

みても16ポンドという砲丸の重さに十分対応できるものではなかったようである。

日本と世界の記録を比較してみると、日本記録（9 m 00）として最初に載っている1913年頃世界はすでに15 m 台の時代であり、日本がこの15 m 台に到達したのが昭和35年（1960）である。そして、その頃世界はもう19 m 台に突入していた。日本と世界ではこのように4 m もの差があり、その差は現代縮まっているどころか、5 m に開いてしまった。1984年までの日本記録と世界記録は、日本記録が17 m 16、瓜田（1982）であるのに対し、世界記録は22 m 22、U.バイヤー、東独（1983）である。これまで述べてきた日本記録と世界記録の差は男子の比較であったが、女子においてはその差が男子以上の6 m にも及んでいる。

砲丸投の研究は、記録の変遷が示すように常にいかにしたら砲丸をより遠くまで投げることができると考えた結果でもある。そして、その研究は砲丸投選手自身の創意と工夫によってなされてきた<sup>4)</sup>ともいわれている。砲丸投の研究の目的、最終的な目標は、砲丸という重量物をいかにしたら1 cm でも遠くへ投げることができると向けられる。

本研究では、動作解析コンピュータシステムを用い、熟練者と未熟練者の投動作を比較分析し、その相違と視覚情報手段としての応用可能性の検討を通して、初心者への砲丸投の指導に際しての基礎的な手がかりを得ようとするものである。

### II 研究の方法

1) 被験者は、熟練者（島根大学陸上競技部投てき専門者）2名と、未熟練者（島根大学バスケットボール部員で砲丸投の未経験者）2名の男子学生である。

\* 島根大学教育学部保健体育研究室

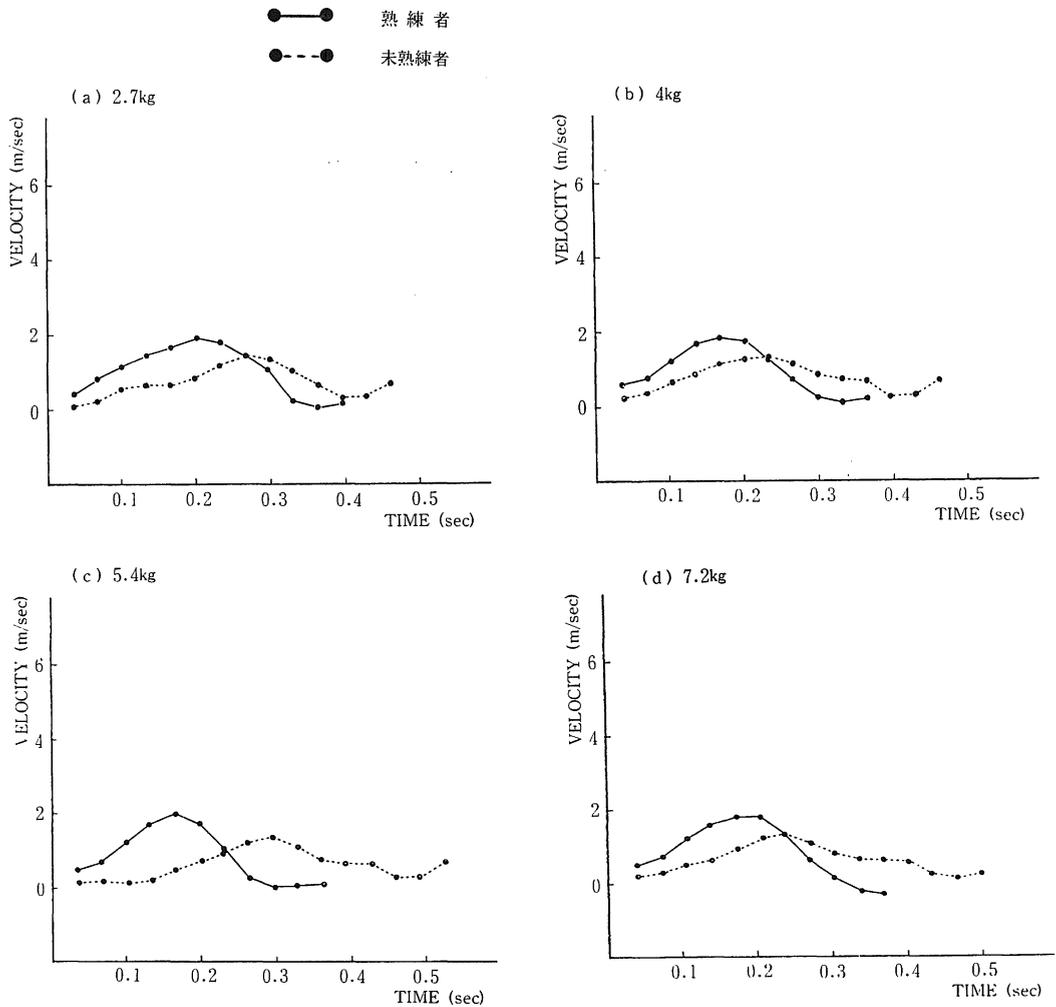


図1 腰の垂直速度

- 2) 砲丸の投てきは、サークル中央からのその場投げ(グライドを行わない投げ方)の方法で、砲丸の重さを2.7kg, 4kg, 5.4kg, 7.2kgのそれぞれについて実施した。
- 3) 被験者の身体にマークしたポイントは、腰、肩、肘、手首、指(中指)の5箇所である。
- 4) 撮影の方法は、砲丸投サークル真横から1/600秒のロータリーシャッタービデオカメラ(ソニー製)により毎秒60コマで撮映した。
- 5) 動作の分析は、動作解析コンピュータシステム(ソニー製)により、毎秒30コマの画像で解析を行った。

### III 結果および考察

砲丸投の投てき距離は、力学的にみると砲丸が手から

離れるときの速度、方向、それに高さによって決まる。この3つの要素は、投げる人の体力や技術に大きく関係するが、この中でもっとも大切なのは手から離れるときの砲丸の速度(初速)である<sup>4)</sup>。そこで、砲丸に初速を増すためには、次のようなことが条件になってくる。

- ① できるだけ大きな力で、長い距離で砲丸に力を加える。
- ② 投げる方向に直線的に、しかも加速度的に力を加える。
- ③ だしの構えから投射までの身体の移動に、スピードの切れ目がない<sup>5)</sup>。

以上述べたことは、予備動作、グライド動作を入れた場合の条件であるが、次の投げの動作の局面においても同じことがいえる。今回の実験では、被験者はその場投

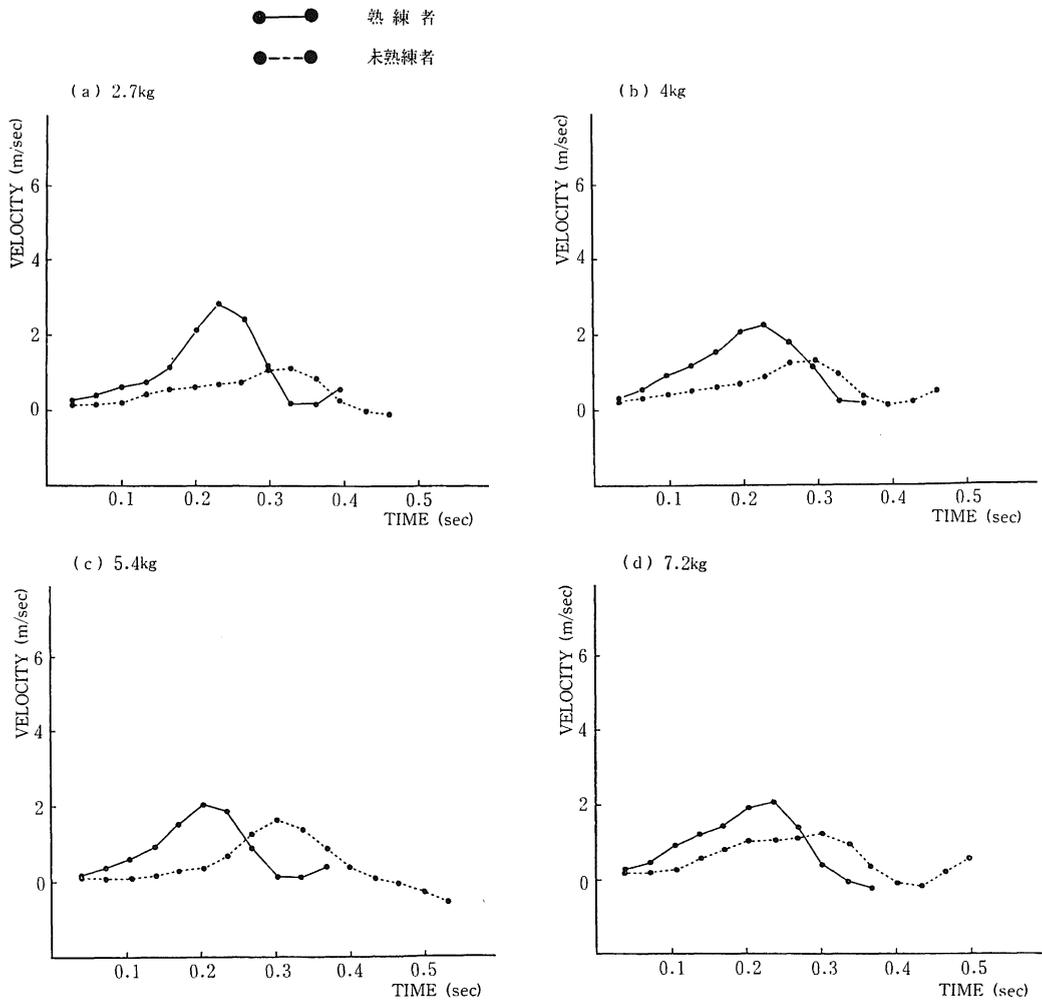


図2 腰の水平速度

げを行っており、投げの動作の局面のみの分析となる。

以上のような砲丸投の基本的な考えをもとに、動作解析コンピュータシステムにより、被験者にマークしたそれぞれの箇所および使用したそれぞれの砲丸の重さについて垂直速度 (VERTICAL VELOCITY)、水平速度 (HORIZONTAL VELOCITY)、軌跡 (LOCUS) そしてスティックピクチャーを取り出し、熟練者1人、未熟練者1人を無作為に抽出して両者の比較、検討を試みた。

#### 1) 腰の動き

腰の垂直速度を図1からみると、いずれの重さの砲丸の場合も最高速度は未熟練者が低くなっており、また最高速度の出現も未熟練者は遅くなっている。つまり、未熟練者は垂直方向への力の発揮が弱く、また力出し方も緩徐であるといえる。

次に、腰の水平速度を図2からみると、垂直速度の場合と同様にいずれの重さの砲丸においても最高速度が未熟練者で低く、水平方向への力の発揮が未熟練者は劣っている。とくに砲丸の軽い2.7kgと4kgの場合が顕著であり、下半身(脚)を使った砲丸投動作が行われていないことが推察される。

腰の垂直速度と水平速度との関係を図3からみると、熟練者の場合にはいずれの重さの砲丸においても垂直速度が先行し、垂直速度が最高になったあたりから水平速度に切り替えられている。これに対し、未熟練者は垂直速度と水平速度との間にあまり差がみとめられない。

西藤氏は、熟練者は垂直加速度の値が先行し、もっとも力出しやすい姿勢で水平加速度の値に切り替えられる<sup>4)</sup>、と述べている。

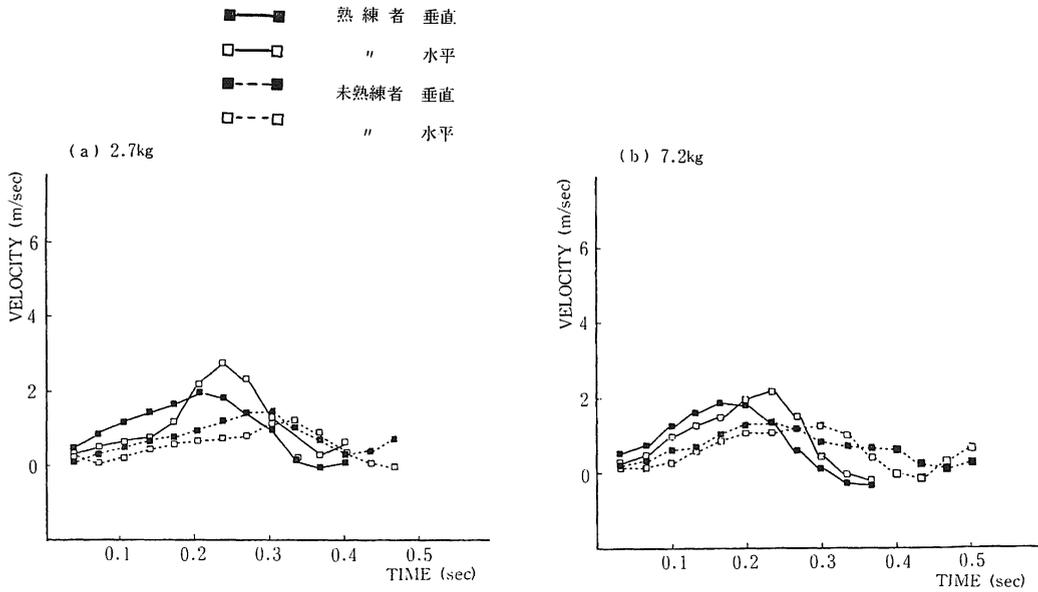


図3 腰の垂直速度と水平速度の関係

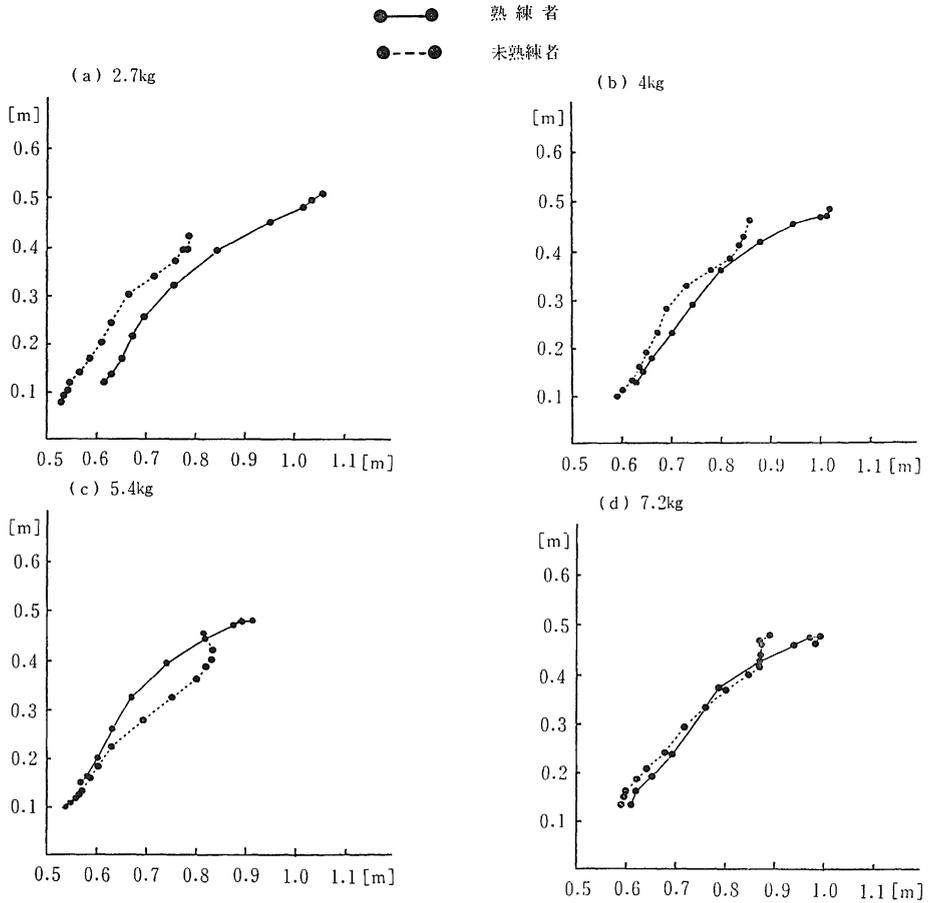


図4 腰の軌跡

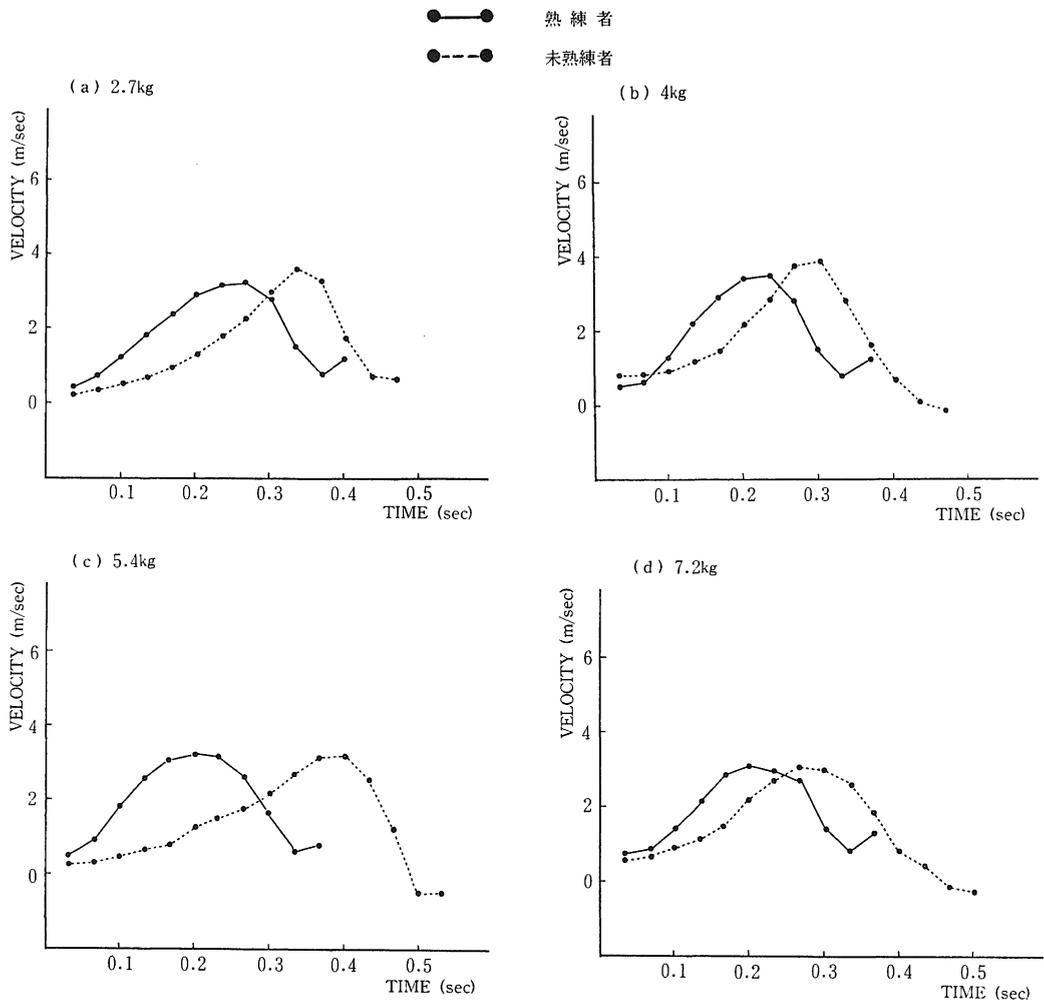


図5 肩の垂直速度

投げの動作において重い砲丸を加速させるためには、身体（アゴと首の部分）にできるだけつけたままで、押し上げ、ひねり動作をすることである。そして、できるだけ早く砲丸を投てき方向に向け身体の前にもってくことは、次の力強い突き出し動作を導くことになる<sup>4)</sup>。このように、投げの動作においては先づ押し上げ、つまり垂直方向への動きが大切となる。

次に、腰の動きを図4の軌跡からみると、未熟練者はサークル前方（投てき方向）への動きが少なく、とくに2.7 kg、4 kgといった軽い砲丸の場合が顕著である。前で述べたように、水平速度は未熟練者が低い値となっていることがここでも立証される。

ここでいえることは、投げの動作において砲丸と身体は支持脚を伸ばすことによって順次押し上げられ、腰を

前方にひねり出されなければならないが、未熟練者はこの動きが不十分であり、とくに前方への動きが小さいといえる。

## 2) 肩の動き

肩の垂直速度を図5からみると、腰の動きの場合と同様に未熟練者は最高速度の現われ方が遅くなっているものの、最高速度の値は両者に大きな差はみとめられない。中でも2.7 kgと4 kgにおいては、最高速度が未熟練者でわずかに上回っている。

肩の水平速度（図6）は、最高速度の値では未熟練者が熟練者を上回っているが、最高速度に達する過程が緩徐である。

肩の垂直速度と水平速度の関係を図7からみると、7.2 kgの砲丸の場合に熟練者は水平速度の伸びが十分でない

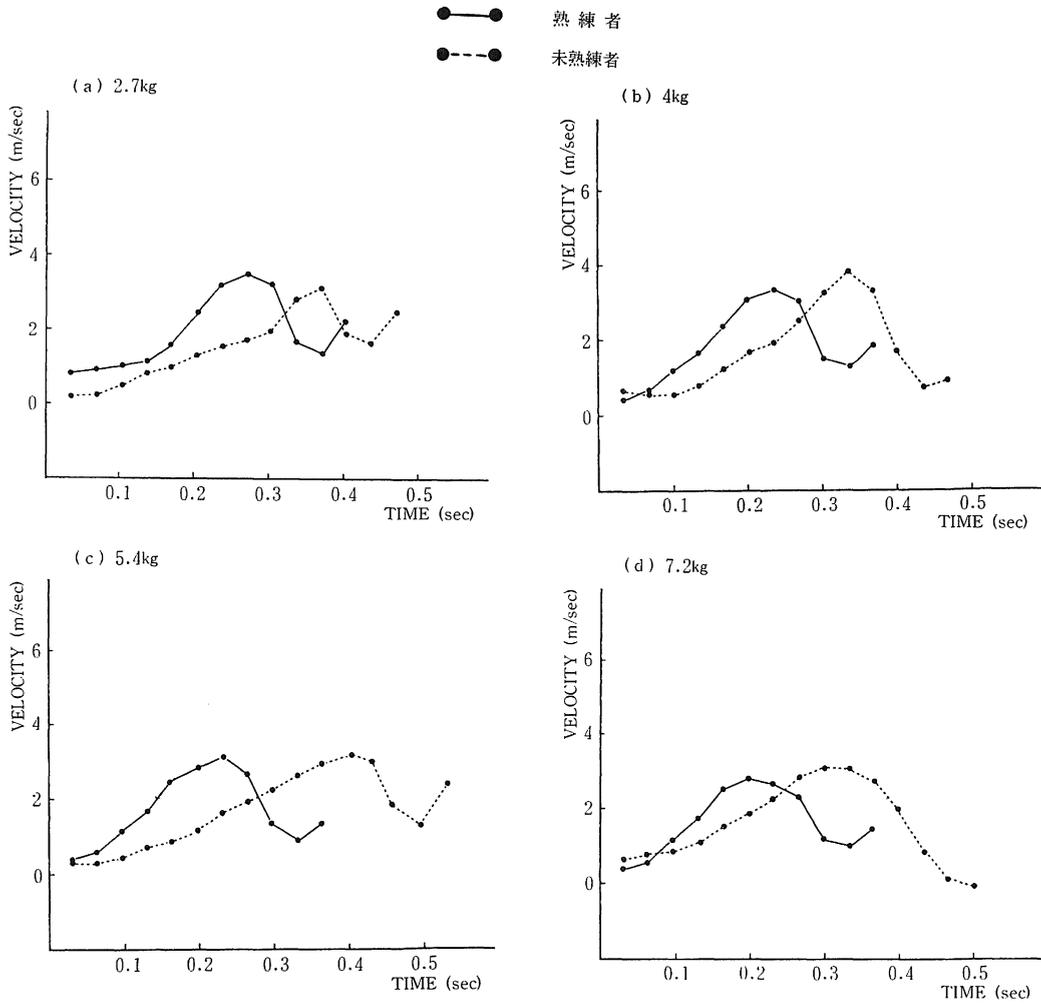


図6 肩の水平速度

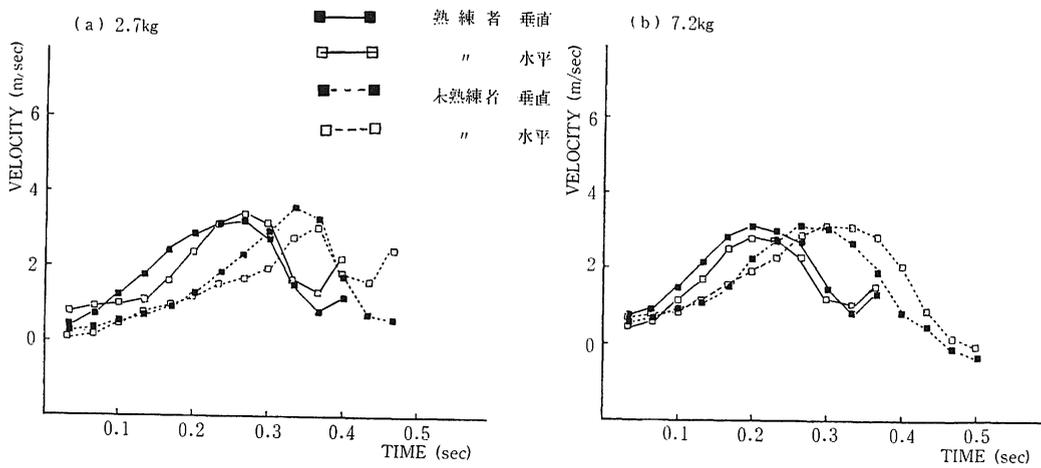


図7 肩の垂直速度と水平速度の関係

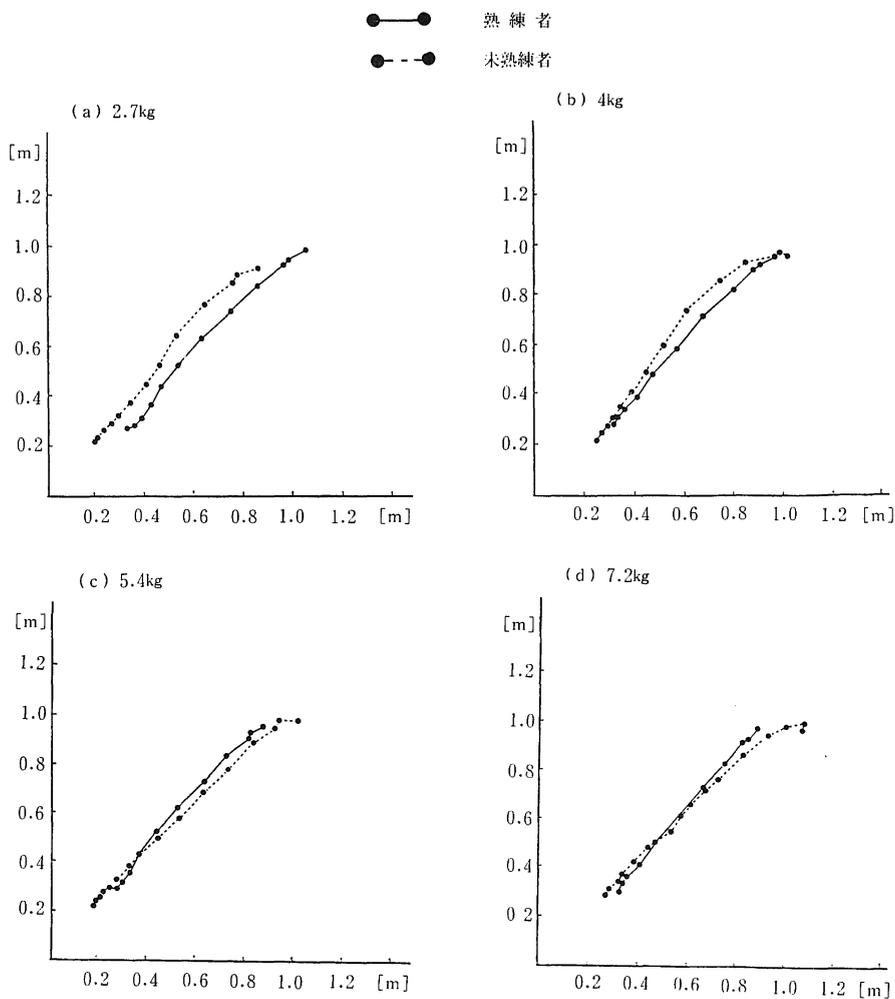


図8 肩の軌跡

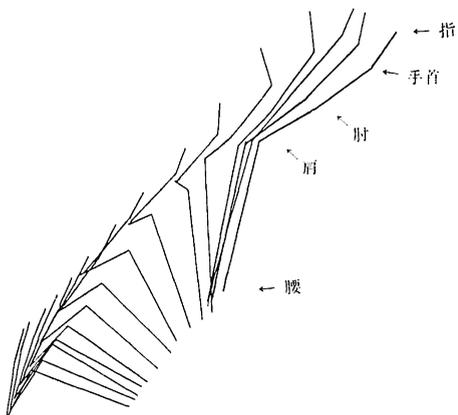


図9 未熟練者のスティックピクチャー

ことがうかがえる。

また、図8の肩の軌跡をみると、砲丸が重くなるにつれて未熟練者の軌跡が熟練者よりも前に出ている。よく観察すると、熟練者は砲丸が重くなるにつれて水平方向への移動距離が短くなり、未熟練者は逆に長くなっている。腰の動きの場合には、未熟練者は水平方向への移動が十分に行われていなかったのを合わせて考えると、未熟練者は上体だけが前に押し出されたような形になり、上半身を主とした投げの動作になっていることが推測される。図9の未熟練者のスティックピクチャーをみると、そのことが容易に理解できる。

また、熟練者においても、専門種目とはいえ7.2kgの重さの砲丸にはまだまだ十分な動きが備わっていないといえない。

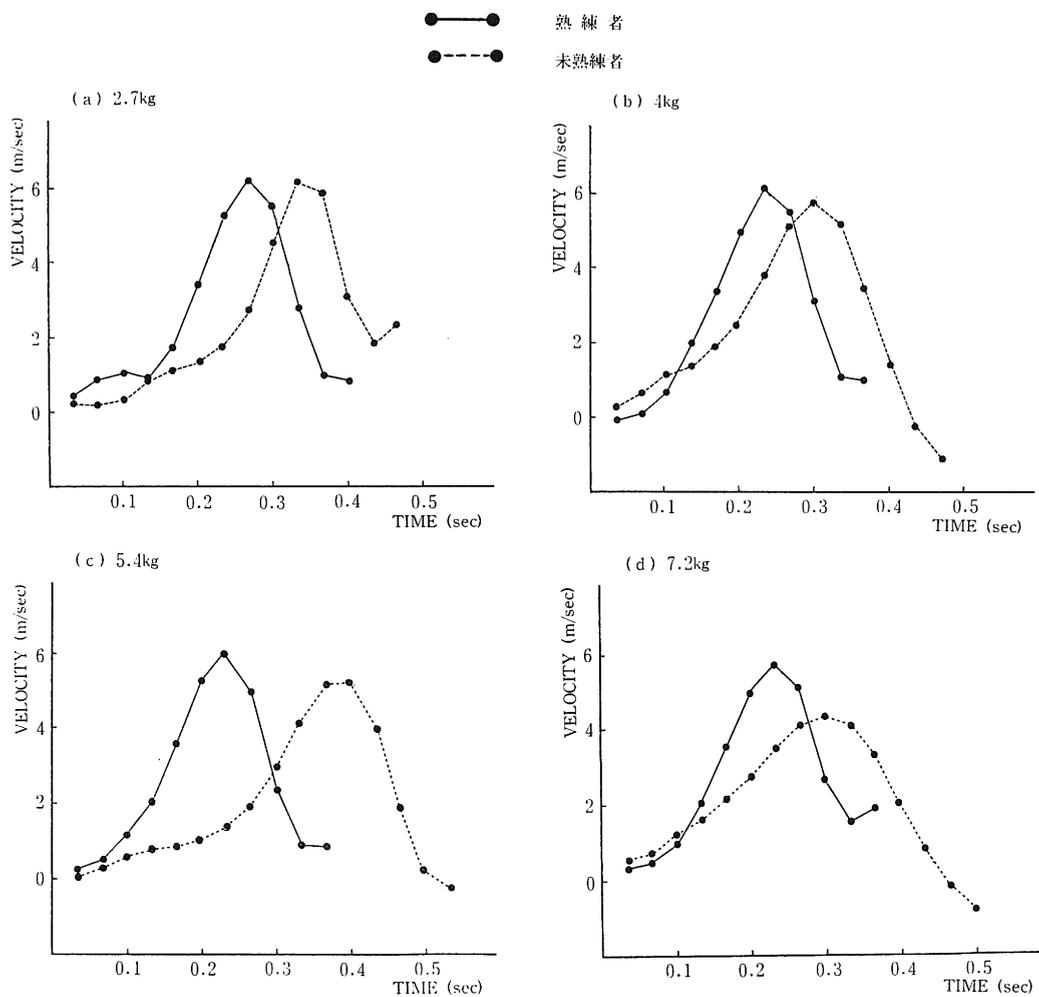


図10 肘の垂直速度

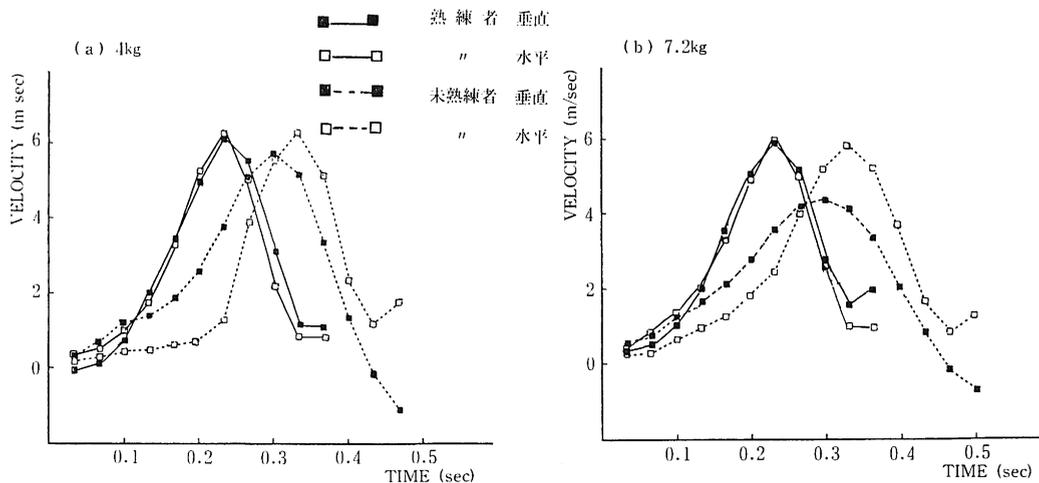


図11 肘の垂直速度と水平速度の関係

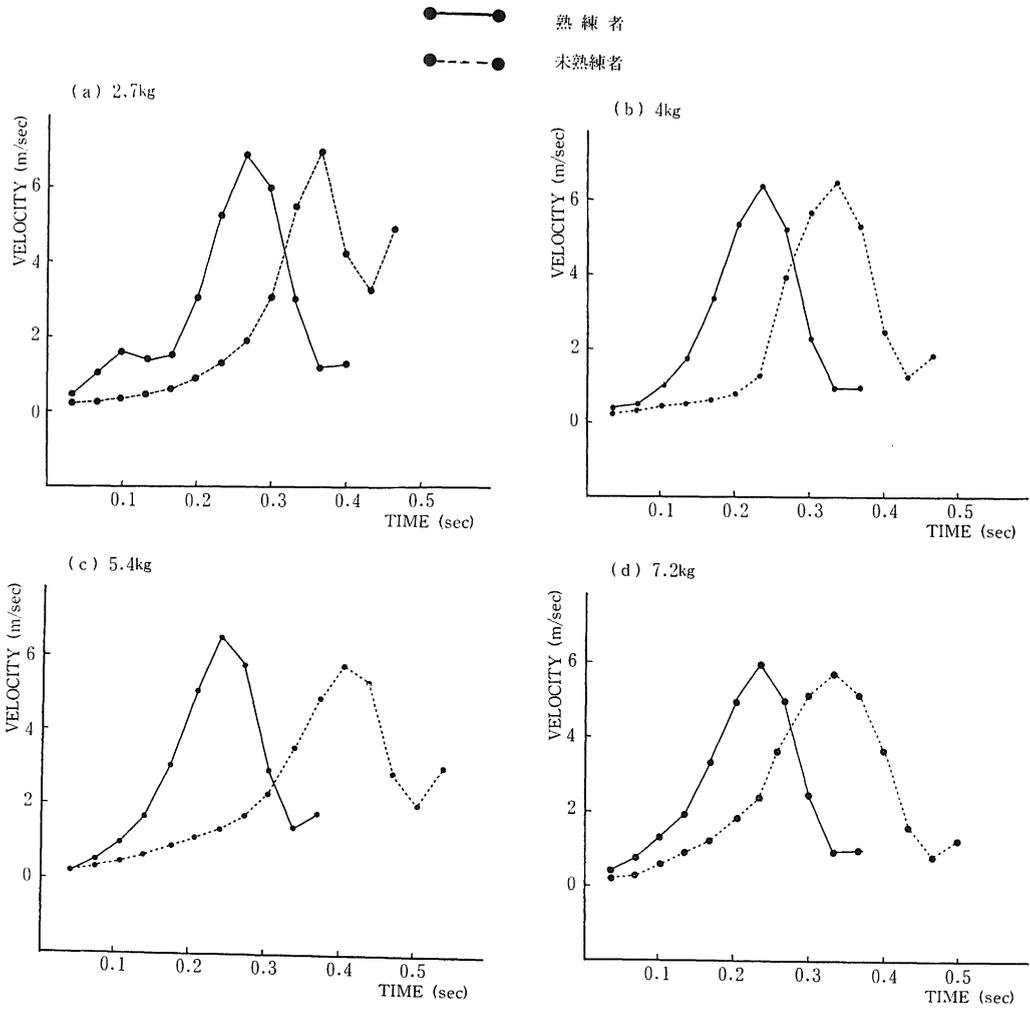


図12 肘の水平速度

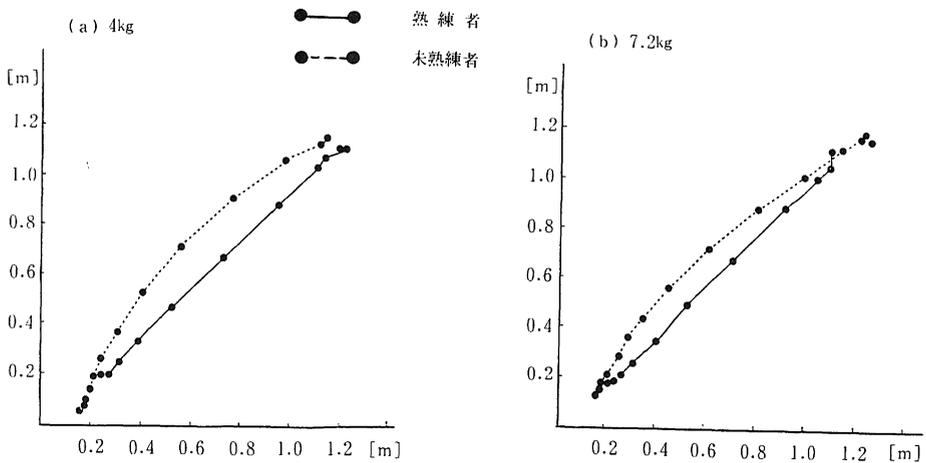


図13 肘の軌跡

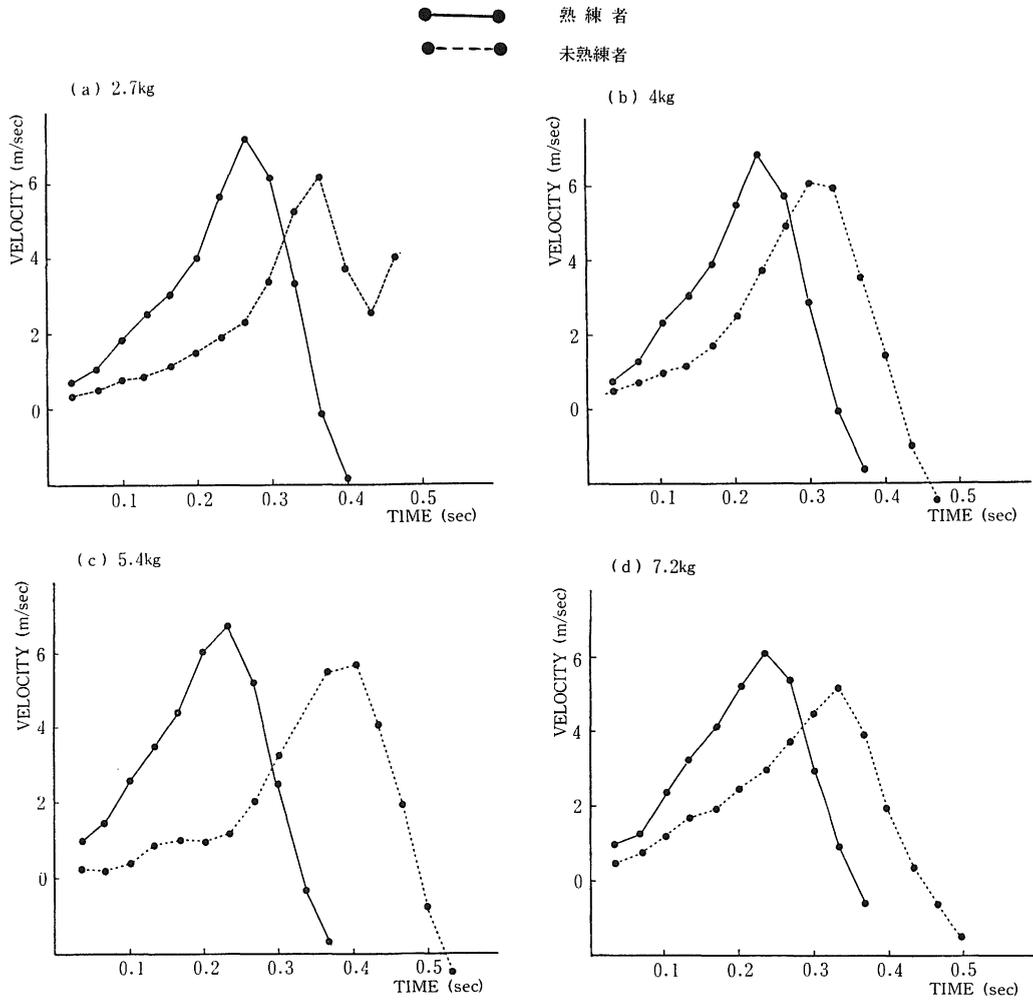


図14 指の垂直速度

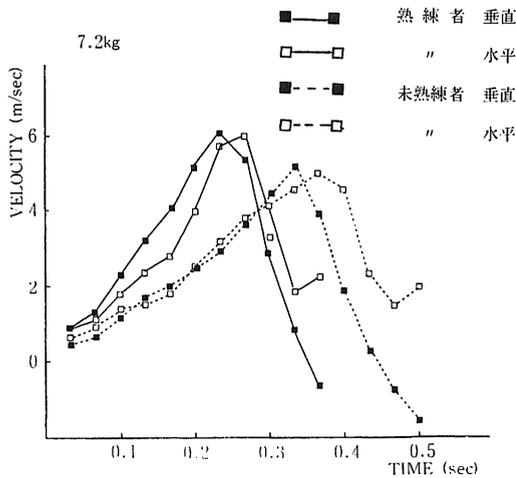


図15 指の垂直速度と水平速度の関係

9) 肘の動き

肘の垂直速度を図10からみると、未熟練者は砲丸が重くなるにつれて速度の低下がみられるのに対し、熟練者ではほとんど変化がみとめられない。また、未熟練者は最高速度の現われるタイミングも砲丸の重さによって異なり、安定した砲丸投動作とはいえない。

肘の水平速度（図12）は、両者に最高速度の出現にズレが生じているものの、最高速度の値にはあまり大きな差はみとめられない。

肘の垂直速度と水平速度の関係を図11からみると、熟練者では双方にあまり大きな差異はみとめられないが、未熟練者では垂直速度と水平速度との間に若干の差が現われている。図13の肘の軌跡をみるとわかるように、熟練者は投てき方向にほとんど直線的に動いているの対

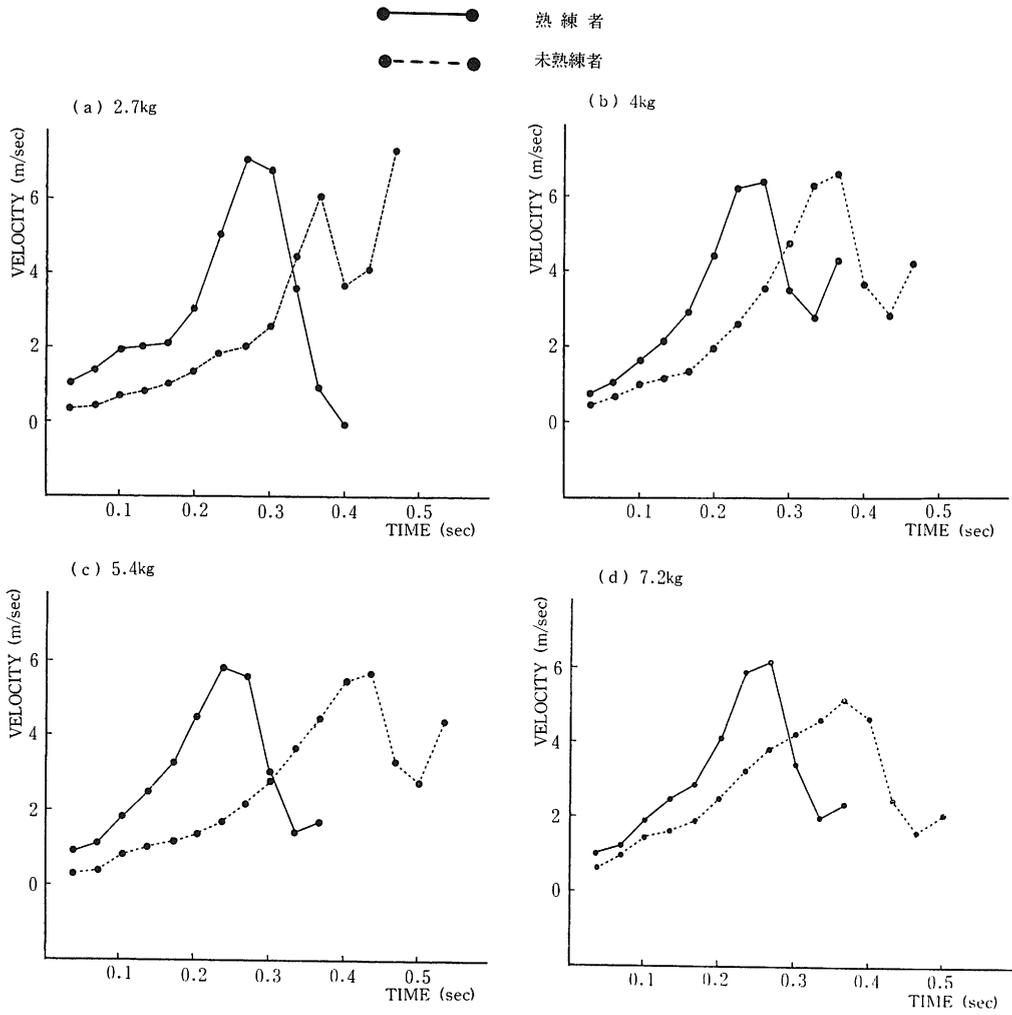


図16 指の水平速度

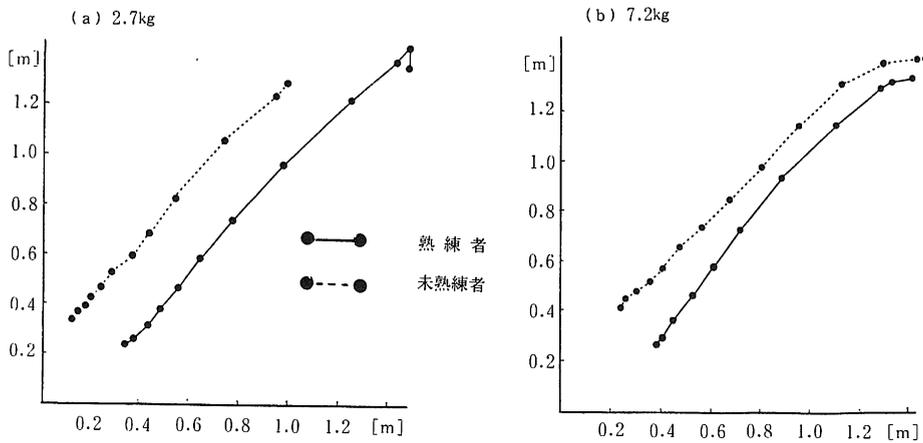


図17 指の軌跡

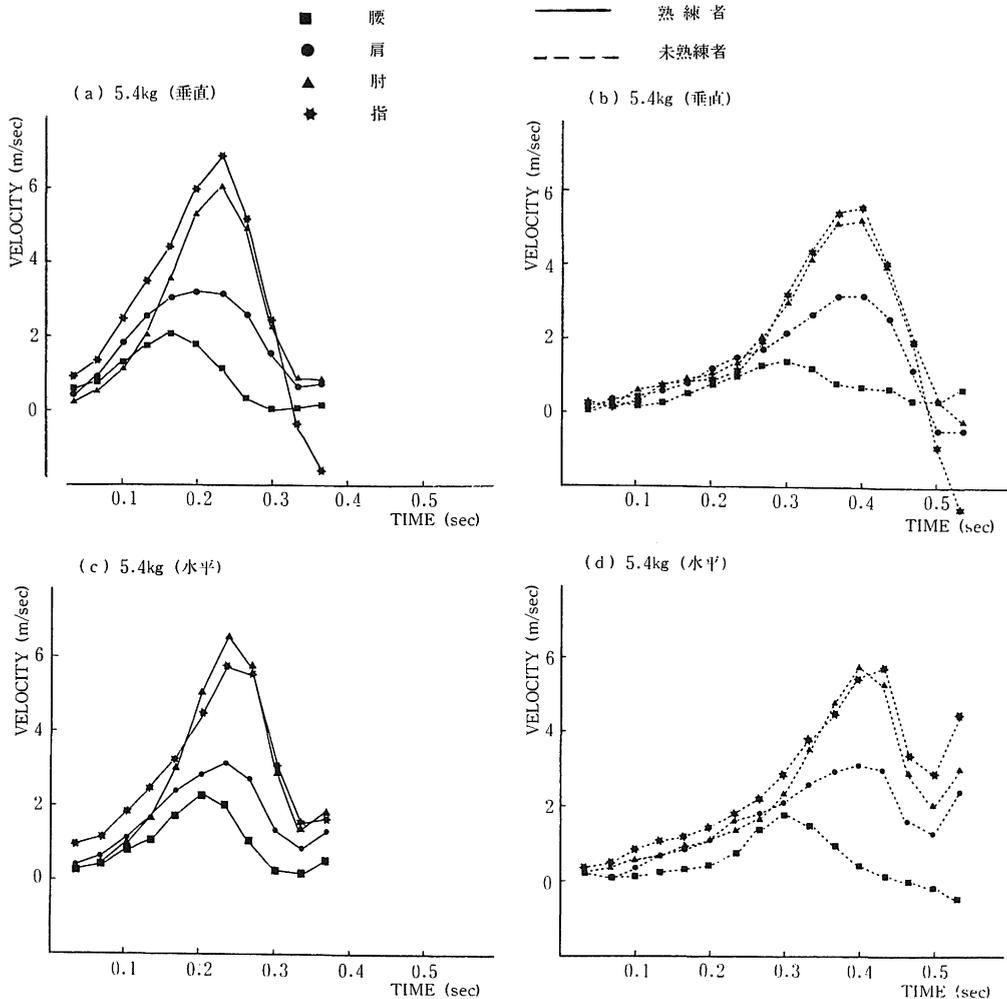


図18 身体各部位の速度変化

し、未熟練者は上方に脹らみをもつ緩やかな円弧を描いており、垂直速度と水平速度の関係を容易に知ることができる。

肘の動きは、他の部位と同様に直線的に動くのが理想的と考える。

#### 4) 指の動き

指の垂直速度の変化を図14からみると、いずれの重さの砲丸においても熟練者の方が早く最高速度に達しており、最高速度の値も熟練者の方が高くなっている。この場合の指は、砲丸を支えている中指であり、砲丸が手から離れるまでは指の動きを砲丸の動きとみてよい。したがって、砲丸に加えられた上方へのスピード(力)は熟練者の方が大きいといえる。

次に指の水平速度を図16からみると、垂直速度と同じ

ように熟練者の方が早く最高速度に達しており、未熟練者は上昇スピードが緩徐である。最高速度の値において未熟練者は7.2kgの場合にかなりのスピードダウンがみとめられる。

指の垂直速度と水平速度の関係を図15からみると、熟練者の場合は垂直速度が先行し、次いで水平速度に切り替えられているが、未熟練者の場合は重い砲丸(5.4kg, 7.2kg)になると双方の関係が入り乱れており、良い動きとはいえない。

指の軌跡(図17)では、未熟練者は軽い砲丸の場合に水平方向、垂直方向ともに移動距離が短い。しかし、重い砲丸になると未熟練者は熟練者よりも移動距離が長くなっている。砲丸に対し長い距離にわたって力を加えることが飛距離を伸ばす条件であるが、この場合は加え

られている力が小さい（スピードがない）ため、結果的には砲丸の飛距離は伸びていないといえる。

#### IV ま と め

砲丸投動作中の投げの局面を構成する主な運動は、上体を起こし、左右腰と左右肩のねじりもどし、胴の回転運動、胸部の伸展、右腕の伸展、右手首・指によるスナップである。これらの運動は、投げる方向へ直線的に、そして動きのスピードに切れ目がない、しかも加速度的に行われなければならない。

今回の研究では、被験者の身体の各部（腰，肩，肘，指）の垂直速度，水平速度，軌跡から，熟練者と未熟練者とを比較すると次のようなことがいえる。

1. 図18—(a)をみると，熟練者は垂直速度において腰，肩，肘，指といった順に速度が漸増している。それに比べ図18—(b)の未熟練者は，前半に各部位の速度が接近している。つまり，熟練者は垂直方向への砲丸の加速が脚から始まり最後は指による加速といったようにうまく力が伝達されていることが理解できるのに対し，未熟練者は最初の段階で重要な脚の伸展による上体の起こしがないため，砲丸にスピードが加わらないばかりか，身体各部位の動きもスムーズに行われていないといえる。
2. 身体各部位の水平速度の変化を図18—(c)(d)からみると，垂直速度の場合と同様に腰の水平速度が未熟練者では低い値となっている。投げの動作の最初の部分は，脚の伸展による押し上げと同時に支持脚側の腰を投てき方向にひねり押し出さなければならない。未熟練者は，脚による効果的な動作が行われていないため身体各部位の動きも砲丸の加速に有効に働いていないといえる。

#### V 引 用 文 献

- 1) 植屋清見：体育の科学，砲丸投の研究，Vol. 30. (1980)
- 2) 山本邦夫：日本陸上競技史，道和書院，(1979)
- 3) 内務省編纂：運動競技全書，朝日新聞社，(1925)
- 4) 西藤宏司：陸上競技入門シリーズ8，砲丸投・ハンマー投，ベースボールマガジン社，(1977)
- 5) 古藤高良編：体育授業シリーズ，陸上競技指導ハンドブック，大修館書店，(1976)