

バドミントンにおけるオーバーヘッド ストロークの基礎的研究

山本博男 勝田秋司*
中村 哲** 中谷哲治***

Biomechanical Analysis of Overhead Power Stroke in Badminton

Hiroh YAMAMOTO, Shuhji KATSUDA*, Tetsu NAKAMURA** and Tetsuji NAKATANI***

ABSTRACT

The overhead power stroke in Badminton consists of many rotations, including hip, trunk, shoulder, as well as, elbow extension and wrist flexion.

In this study, five intercollegiate male athletes were determined the contribution of body segments to shuttle cock velocity during overhead power stroke in Badminton. The overhead power stroke was divided into five patterns. The patterns were follows: Pattern 1) overhead power stroke with step (normal), 2) overhead power stroke without step, 3) overhead power stroke with lower body immobilized, 4) overhead power stroke with upper body immobilized and 5) overhead power stroke with upper arm immobilized. In each pattern, shuttle cock velocity was measured using the Cds photocell system. In addition, the angular velocities at wrist and elbow joint were measured using electrogoniometry.

Consequently, the percentage in the contribution of each segment to shuttle cock velocity was 43.5% (forearm plus hand), 20.2% (shoulder), 12.2% (upper trunk), 17.1% (lower trunk) and 7.0% (step), respectively. Furthermore, mean correlation coefficient for relationship between angular velocity at elbow joint and shuttle cock velocity was 0.980 ($P < .01$). Especially, compared with data for each segmental contribution percentage in baseball throwing movement pattern previously reported by Toyoshima et al. (1974), these data give teachers and coaches the implications that more emphasis on shoulder movement for overhead power stroke in Badminton should be directed toward its strength and flexibility rather than step movement.

* 松任市立松陽小学校

** 小松市立今江小学校

*** 小松市立南部中学校

○はじめに

現代は極度にスピード化された時代である。バドミントンにおいても、「新幹線スマッシュ」と呼ばれたシャトルコックの速度、時速 200 km の時代から、カーボンシャフトの出現により時速 300 km の時代に突入した。

従来、スポーツ科学の分野では、ボールスピードの速度測定に着眼した研究が行われてきた。例えば、速度測定器を用いた研究としては、Marey (1894)¹⁵⁾、Hill (1928)⁶⁾、鈴木(1937)²³⁾、Hammel (1952)⁵⁾、猪飼ら (1951, 1963)^{9),10)}、Gundlach(1963)⁴⁾、Van-Huss(1962)²⁸⁾、Hubbard (1966)⁸⁾、浅川 (1968)¹⁾ の報告があり、また、Nelson et al. (1966)¹⁷⁾、Toyoshima et al. (1973)²⁵⁾ は、Cds セルを用いてボール速度を測定し、さらに、Toyoshima et al. (1974)²⁶⁾ は、これを利用し、投動作における身体各部分のボール速度に対する貢献度を求めている。

一方、バドミントンに関する研究としては、歴史的起源の由来については、伊藤 (1961)¹³⁾ の報告、心理学的視点からは Margaret G. R. et al. (1962)¹⁶⁾ の報告があり、石河ら (1960)¹⁴⁾ や、木内ら (1960) の、心肺機能面からの報告、関根ら (1978, 1979) のゲーム分析に関する報告がある。さらに、シャトルコックの速度に関しては、相馬ら (1969)²²⁾、大森 (1976)¹³⁾、山川 (1976, 1977)^{29),31)}、塚原 (1962)²⁷⁾ が、その速度を報告しているが、シャトルコックの速度に対する身体各部分の貢献度を求めた研究はない。

従って、本研究の目的は、バドミンントンのオーバーヘッドストローク動作を対象として、シャトルコック速度に対する身体各部分の貢献度を測定し、既に報告されている投動作における貢献度と比較し、検討することである。

○方法

被検者は金沢大学バドミントン部男子 5 名でその身体的特徴を表 1 に示した。

本研究ではバドミンントンのオーバーヘッドストロークを取りあげ、次の 5 種の打様式に分類

し、実験を行った。

- 1) ステップ動作を伴った、普通のオーバーヘッドストローク
- 2) 軸足を動かさない、ステップ動作なしのオーバーヘッドストローク
- 3) いすに座った姿勢での、下半身不動のオーバーヘッドストローク
- 4) 3)に加えさらに上体も固定した姿勢でのオーバーヘッドストローク
- 5) 前腕の動きだけを許したオーバーヘッドストローク

被検者には、5 種の方法を用いて、ナイロン製のひもで高さ、方向が決められたシャトルコックを、最大努力で打つよう指示した。各打様式で 5 試行ずつ行い、そのうちの最高速度をその打様式におけるシャトルコックの速度とした。

速度測定には Cds セルシステムを用い、得られたシグナルを、レチグラフに記録した。記録紙の送り速度は 500mm/s で、シグナル間隔を測定し以下の式からシャトルコック速度を算出した。

$$\left(\begin{array}{l} \text{シャトルコックの} \\ \text{速度: m/s} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{2台のCdsのシステ} \\ \text{ムの間隔: 1 m} \end{array} \right) + \frac{\text{(シグナルの間隔: m)}}{\text{(紙送り速度: 0.5m/s)}}$$

シャトルコック速度の測定と同時に手首・肘関節の角度をゴニオメーターによってレチグラフに記録し、屈曲開始角度、インパクト時の角度、屈曲開始からインパクトまでの所要時間、手首屈曲角速度を、同様に、肘における伸展開始角度、インパクト時の角度、伸展開始からインパクトまでの所要時間、肘伸展角速度を求めた。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subj.	Height (cm)	Weight (kg)	Age (yrs)	Experience (yrs)
M.T.	169.6	56.0	22.3	10
H.K.	173.2	62.1	20.1	8
T.Y.	166.5	58.2	19.9	8
T.N.	182.1	76.4	23.1	8
T.M.	166.5	60.2	22.5	10
Mean	171.6	62.6	21.6	8.8
S.D.	6.50	8.05	1.47	1.10

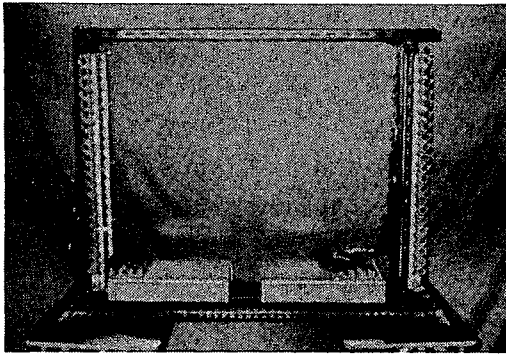


Fig. 1. Cdscell system

○結果

各打様式における被検者5名の平均シャトルコック速度と、その打様式に対する割合(%)を表2に示した。5名の平均は、打様式1; 55.0±2.56m/s, 打様式2; 51.2±2.20m/s, 打様式3; 41.8±5.28m/s, 打様式4; 35.0±3.57m/s, 打様式5; 24.0±2.80m/sであり、その打様式1に対する割合(%)は、打様式2; 93.0%, 打様式3; 75.9%, 打様式4; 63.7%, 打様式5; 43.5%であった。これらのデータに基づき、身体各部分のシャトルコック速度に対する貢献度を求め、図2に示した。身体各部分のシャトルコック速度への貢献度は、前腕; 43.5%, 肩; 20.2%, 胴; 12.2%, 腰; 17.1%, 脚; 7.0%であった。

手首関節の屈曲開始角度、インパクト時の角度、屈曲開始からインパクトまでの所要時間、手首屈曲角速度を求めたところ、各被検者には一様な傾向はみられなかった。5名の被検者について手首屈曲角速度をXとシャトルコック速度をYとしてその回帰式と相関係数を表3に示した。5名の被検者のうち、被検者T.M.に相関係数 $r = 0.919$ が認められた。

肘関節においては、各被検者とも角速度の減少に伴ってシャトルコック速度も減少した。また各被検者とも打様式1から打様式5になるにつれてインパクト時における肘角度の減少、伸展開始からインパクトの肘関節角度における変化の減少、その所要時間の増加の傾向がみられ

Table 2. Shuttle cock velocities of each pattern and its percentage to Pattern 1. (m/s)

Subj	Pattern				
	1	2	3	4	5
M.T	54.3	50.0	41.7	34.0	26.0
H.K	52.1	52.6	36.5	33.8	21.8
T.Y	56.2	50.0	39.1	32.3	21.4
T.N	53.8	49.0	41.0	33.8	22.8
T.M	58.8	54.3	50.5	41.3	27.8
Mean	55.0	51.2	41.8	35.0	24.0
S.D.	2.56	2.20	5.28	3.57	2.80
% to Pattern 1	100.0	93.0	75.9	63.7	43.5

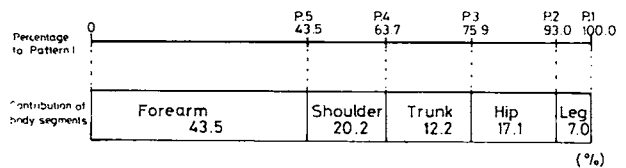


Fig. 2. Percentage in contribution of body segment.

Table 3. Relationship between angular velocity of wrist joint and shuttle cock velocity.

Subj.	Linear regression equation	r
M.T.	$Y = 3.112X + 17.921$	0.519
H.K.	$Y = 0.956X + 26.835$	0.215
T.Y.	$Y = 1.837X + 28.492$	0.536
T.N.	$Y = 2.498X - 8.382$	0.519
T.M.	$Y = 2.888X + 6.456$	0.919*

Y: Shuttle cock velocity(m/s)

X: Angular velocity of wrist joint(rad/s)

* Significant at .05

た。被検者5名の肘伸展角速度をXとしシャトルコック速度をYとしてその回帰式と相関係数を表4に示した。被検者M.T.; 0.977, H.K.; 0.966, T.Y.; 0.989, T.N.; 0.978, T.M.; 0.992といずれの被検者も高い相関係数を得た。(P<0.01) また、被検者5名の肘伸展角速度とシャトルコック速度の回帰式を図3に示した。

Table 4. Relationship between angular velocity of elbow joint and shuttle cock velocity.

Subj.	Linear regression equation	r
M.T.	$Y = 1.871X + 6.991$	0.977**
H.K.	$Y = 1.747X + 11.345$	0.966**
T.Y.	$Y = 3.067X - 6.576$	0.969**
T.N.	$Y = 2.094X + 9.618$	0.978**
T.M.	$Y = 1.933X + 9.464$	0.992**

Y: Shuttle cock velocity (m/s)

X: Angular velocity of elbow joint (rad/s)

** Significant at .01

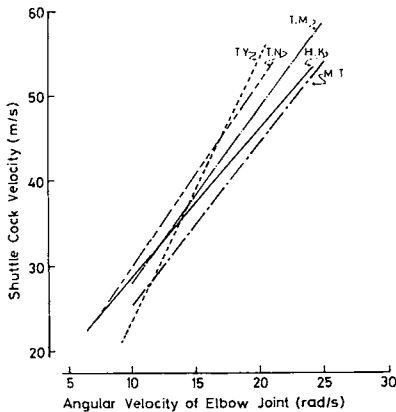


Fig. 3. Relationship between angular velocity of elbow joint and shuttle cock velocity.

○ 考 察

本研究で得られた各被検者の打様式1におけるシャトルコック速度の平均は、55.0m/sであり、塚原(1962)²⁷⁾が、重複露光撮影によって得た8名の被検者のスマッシュにおける平均初速度53.7m/sに近い速度であった。しかし、本研究においては、打点と測定装置との距離を1mとしたことや、初速が速ければ、速いほど、減速の割合が大きいことなどから、真のシャトルコック初速度は、55.0m/sより速かったと思われる。他の競技におけるボール速度と比較すると、坂上ら(1967)¹⁹⁾は、硬式テニスのフォアハンドストロークにおいて、16mm高速度カメラを用いて、ボール速度を測定したところ、打点より1mの距離で38.4m/sであったと報告してい

る。Hammel et al. (1952)⁵⁾は、アメリカの大学野球の投手で31~39 m/sの初速度、石井ら(1968)¹¹⁾はハンドボール投げにおいて21~30 m/sの初速度、また戸辺(1970)²⁴⁾はサッカーのキックにおいて31.6~32.8 m/sの初速度を報告している。これらの速度に比べ、バドミントンのオーバーヘッドストロークにおけるシャトルコックの初速度は、明らかに速いといえる。このことは、すなわち、100g程度のラケット、約5gのシャトルコックが使用されるバドミントン競技の特徴の1つと言えるであろう。

本研究では、バドミントンのオーバーヘッドストロークにおいて、前腕；43.5%，肩；20.2%，胸；12.2%，腰；17.1%，脚；7.0%の身体各部分のシャトルコック速度に対する貢献度を得た。Broer (1969)³⁾は、2名の女子被検者のテニスボール投げにおいて、約50%が肩、肘、手首、指の動作から生じていたと報告している。Toyoshima et al. (1974)²⁶⁾は、5種の重さの違ったボールを用いて、投球動作を本研究と同様5種に分類し、身体各部分の貢献度を得たところ、投様式1のボール速度を100%としたとき、投様式2；84.0%，投様式3；63.5%，投様式4；53.1%，投様式5；42.6%のボール速度を得、さらに、各貢献度は、ボールの重さに関係なかったと報告している。また、Hoshikawa et al. (1876)⁷⁾も、Toyoshima (1974)²⁶⁾と同様な方法で、ほぼ同じ結果を得たと報告し、さらに、Toyoshima et al. (1974)²⁶⁾の得たボール速度の割合から、各部分のボール速度に対する貢献度を求めると、前腕；42.6%，肩；10.5%，胸；10.4%，腰；20.5%，脚；16.0%であった。

本研究における身体各部分の貢献度は、先の報告における投の貢献度と比較して、肩の貢献度が約10%高く、脚の貢献度が約9%低かった。その他の身体部分の貢献度は、投と比較してほぼ同じであった。その要因には、ラケットの長さによる回転半径増加のため、ラケットに近い部分、特に肩の貢献度が高くなり、ラケットから遠い部分、特に脚の貢献度が低くなった

ことも考えられる。

シャトルコック速度と手首関節における角速度の関係について被検者 T. M. においては、有意な相関を示した。この要因として、手首関節の動きについては、バドミンントンの打において、各個人のフォームの違いや、個人の各打様式におけるフォームの違いが大きく影響すること、あるいは、屈曲開始からインパクトまでの曲面よりもインパクト後のシャトルを押し出す曲面の方が重要である可能性などが考えられる。

肘関節の角度、及び角速度においては、各被検者間に一様な傾向がみられた。インパクト時の肘角度は、打様式 1 から打様式 5 になるに従って、小さくなる傾向を示した。この要因にはスイング速度の減少をカバーするため、スイングを小さくしようとしていることが考えられる。各被検者の肘伸展速度の最大は、いずれもシャトルコック速度の最大速度を得たときであった。山川 (1977)³⁰⁾ は、バドミンントンのスマッシュにおいて女子大学バドミンントン部員の手首関節移動速度を求め、平均 5.60m/s と報告しており、このデータより肘伸展角速度を求めたところ平均 21.7rad/s となり、本研究の肘伸展角速度に近かった。

Toyoshima et al. (1974)²⁶⁾ は、ボール投げにおいて visicorder を用いて最大努力における肘伸展角速度、31.14rad/s と、本研究における肘伸展角速度より、速い速度を報告している。この要因については、バドミンントンの打における場合、投に比べ回転半径においてラケットの長さが増加しているためであろう。しかし、肘伸展角速度の差よりも、回転半径の差のほうが外的物体により推進力を与えるため、シャトルコック速度が速くなったことも考えられる。本研究では、各被検者において、肘伸展速度とシャトルコック速度に高い相関があった。このことから、バドミンントンのオーバーヘッドストロークにおいて肘伸展動作がシャトルコック速度を生みだす大きな要因の一つであるといえよう。一方、浅見ら (1974)²⁾ は、キックによる最大ボールスピードと脚伸展パワーとの間には相

関があり、一般に脚伸展パワーの大きい者ほど速いボールを蹴ることができると報告している。Toyoshima et al. (1974)²⁶⁾ はボール投げにおける身体各部分の貢献度を得るため、本研究と同様 5 種の投様式を用いて貢献度を求め、とりわけ全身を使った投げにおける前腕のエネルギー出力と前腕だけを使った投げにおける前腕のエネルギー出力を比較している。即ち、全身による投げの肘伸展は、上腕三頭筋の随意的な収縮によるエネルギーが基礎となっているのではなく、おもに、腰、肩、胴の回転における伸展動作によるパフォーマンスであったと報告している。本研究におけるオーバーヘッドストローク動作の肘伸展は、随意的な筋収縮よりも、腰、胴、肩の回転による物理的現象と筋神経反射に起因する肘伸展であったと推察されよう。

○結 論

本研究では、バドミンントンのスイングのうちオーバーヘッドストロークにおける身体各部分のシャトルコック速度に対する貢献度を測定し、既に報告さたている投における貢献度と比較・検討した。その結果、次のようなことが明らかになった。

- 1 バドミンントンのオーバーヘッドストロークにおける身体各部分のシャトルコック速度に対する貢献度は、それぞれ、前腕・43.5%、肩・20.2%、胴・12.2%、腰・17.1%、脚・7.0%であった。
- 2 この貢献度は、投における貢献度と比べて肩が約10%高く、脚が約9%低かった。この傾向が、ラケットを用いるバドミンントンのオーバーヘッドストロークにおける特徴と言える。
- 3 肘伸展角速度とシャトルコック速度の間に高い相関 (平均 $r = 0.980$; $0.966 \sim 0.992$, $P < 0.01$) が認められた。

引用文献

- 1) 浅川正一ほか：エレクトロニクスカウンターによる疾走速度の分析的研究—特に最高速度と速度係数に関して—, 東京教育大学, 体育学学部紀要 7 : 133—141, 1968
- 2) 浅見俊雄ほか：サッカーキックに関する研究, 体育学研究, 12(4) : 267—272, 1968
- 3) Broer, M. R. : Efficiency of Human Movement, W. B. Saunders. Philadelphia, 1969
- 4) Gundlach, H. : 歩幅, 歩数からみた 100 m 疾走の研究, Olympi a, 20 : 303—305, 1968
- 5) Hammel, A. T. S. et al. ; Velocity measurement of fast balls and curve balls. Res. Quart. 23(1) : 95—97, 1952
- 6) Hill, A. V. : The heat of shortening and the dynamic constants of muscles. Proc. Roy. Soc. B, 126 : 136:—195, 1928
- 7) Hoshikawa, T. and S. Toyoshima; Contribution of body segments to ball velocity during throwing with nonpreferred hand, Biomechanics V-B, University Park Press, Baltimore : 109—117, 1976
- 8) Hubbard, A. W. : Paper presented at the Research council Equipment Section meeting, National AAHPER Convention, April 1960, Miami Beach, Fla. (quoted from Nelson's, 1966)
- 9) 猪飼道夫：体育学講座, II, (日本体育指導者連盟編), 体育の科学社 : 164—165, 1951
- 10) 猪飼道夫ほか：疾走力の分析—短距離走のキネシオロジー—, 体育学研究 7(3) : 1—12, 1963
- 11) 石井喜八, 山崎武：投球動作の分析—ハンドボール投げの場合—, 大阪体育大学紀要, 1(1) : 23—29, 1968
- 12) 石河利寛ほか：バドミントン試合のエネルギー代謝に関する研究, 体育学研究, 3(1) : 243, 1960
- 13) 伊藤基記：バドミントンの特色第 1 報, バドミントンの由来とそのストローク, 熊本女子大学学術紀要, 14 : 43—46, 1961
- 14) 木内一生ほか：バドミントンにおける女子学生のエネルギー需要量について, 体育学研究 3(1) : 244, 1960
- 15) Marey, E. J. : Le Movement. G. Masson, editeur, Paris, 1894
- 16) Margaret, G. F. et al. : Effect of reminiscence on learning selected Badminton skills, Res. Quart. 33 : 316—325, 1962
- 17) Nelson, R. C. et al. : Development. of a ball velocity measuring device, Res. Quart. 37(1) : 150—155, 1965
- 18) 大森幸衛：シャトルロケットの素顔, バドミントン界 83, 日本バドミントン協会 : 6—12, 1976
- 19) 坂上紀元, 山本隆久：硬式テニスフォアハンドストロークについて, 体育学研究 10(5) : 137, 1967
- 20) 関根義雄, 平川卓弘：分析シリーズ④, ゲーム展開の分析—配球にみる個人差—バドミントン界 104, 日本バドミントン協会 : 32—39, 1978
- 21) 関根義雄, 平川卓弘：分析シリーズ, バドミントンの時間的分析, バドミントンの時間的分析, バドミントン界 116, 日本バドミントン協会 : 25—29, 1979
- 22) 相馬武美, 森朗：Badminton に関する分析的研究—各種 Flight の分析—, 体育学研究 12(5) : 137, 1969
- 23) 鈴木義雄：小学校児童の短距離疾走運動に関する研究, 千葉医学会雑誌 15—7 : 1078—1127, 1937
- 24) 戸町晴彦：キックのスピードとフォームについての研究, 東京大学教養部体育学紀要, 5 : 5—12, 1970
- 25) Toyoshima, S. and M. Miyashita : Force - velocity relation in throwing, Res. Quart. 44(1) : 86-95, 1973
- 26) Toyoshima, S. et al. : Contribution of body parts to throwing performance, Biomechanics IV, University Park Press Baltimore, : 169—174, 1974
- 27) 塚原政義：Badminton の一考察 (Bird flight の速さ及び其の変化による), 神戸商科大学商大論集 45 : 337—349, 1962
- 28) Van-Huss, W. D. et al. : Effect of overload warm-up on the velocity and accuracy of throwing, Res. Quart. 33 : 472—475, 1962
- 29) 山川純：バドミントンのスマッシュについて(1), 日本教職員バドミントン連盟機関誌第 5 号, 日本教職員バドミントン連盟 : 14—16, 1976
- 30) 山川純：バドミントンのスマッシュについて(2), 日本教職員バドミントン連盟機関誌第 6 号, 日本教職員バドミントン連盟 : 後 1—3, 1977
- 31) 山川純：バドミントンのスマッシュについて(3), 日本教職員バドミントン連盟機関誌第 7 号 日本教職員バドミントン連盟 : 後 1—4, 1977