

# 剣道の正面打ち動作に関する動作学的研究

～剣先速度に及ぼす動作要因～

神崎 浩，伊藤 章

2004年10月31日受付

## A Biomechanics Study of the Men Strike Operation in Kendo Particularly Concerning the Factor of Operation Exerted on Speed of the Tip Part of a Bamboo Sword

Hiroshi Kanzaki, Akira Ito

### Abstract

The basic Men strike in kendo is a fundamental technique that is enforced in big operation through by brandishing a bamboo sword. However, this stroke differs from the stroke executed in a battle. It has been maintained that one of the qualities possessed by a leader is the ability to qualitatively convert these two methods of strokes by shifting from a basic stage to the battle stage. This research aims to clarify the difference between these two strokes. Paying particular attention to the speed of the tip of a bamboo sword, it attempts to address the mechanism that generates speed.

As a result, the following issues were resolved :

In the basic Men strike, the bamboo sword was mainly swung up by crooking a shoulder joint and an elbow joint on either side, and swung down by extending of a shoulder joint, an elbow joint and a wrist joint on either side. However, in the battle Men strike, the shoulder joint on either side was always crooked from swinging up of a bamboo sword to swinging down. During swinging down a bamboo sword, there was little angle change of an elbow joint and a left wrist joint on either side, and the right wrist joint was extending. Such an operation of a upper limbs mainly is by rotating a bamboo sword in the basic Men strike and by pushing a bamboo sword to the front in the battle Men strike. That is, the speed of the point of a sword was produced by the different bamboo sword operation at the basic Men strike and the battle Men strike.

The view of this research clarifies the factor on instruction required in order to aim at qualitative conversion of Men strike technique from the basic strike to the battle strike, and it is thought that it is useful to future instruction.

### 【研究の目的】

剣道の日常的な練習場面において、基本練習の一つとして竹刀を大きく振り上げての正面打ち動作（以後「基本打ち」という）が行われている。これは、打つための準備局面である竹刀の振り上げ動作を大きくし、理想的なフォームを確認しながら打突動作の条件<sup>25)</sup>である上肢と下肢の運動の協調を図

るといった意味や、振り下ろしにおける剣先速度を増加させ、それに伴う打撃力を増加させるといった意味を持っているものである。小林<sup>9)</sup>は、この打ち方の竹刀の動きに着目し、「短時間で竹刀を動かす必要がある場合、竹刀を振り上げるには竹刀の重心がなるべく小さい円弧で動くようにし、振り下ろしでは、打撃力を得るために重心からなるべく離れたところが回転の中心になり、剣先が大きな半径の円弧を描いた方が良い」と指摘している。しかし、この打ち方では動作の開始から打突までの身体各部の動きが大きく動作時間も長くなるため、相手に動きを予測され易いといった問題があり、実戦的な場面においては有効な手段とは必ずしもならない。むしろ、実戦では竹刀操作を極力小さくすることで動作時間を短縮し、身体移動をスピーディにする打ち方（以後「実戦打ち」という）が要求される。ところが初心者がこの方法を用いると、動作時間は短いながらも有効打突となる一定の打撃力を得ることができなくなるということがおきやすい。

これまで剣道における正面打ち動作の研究は、初心者と熟練者との比較においてその相違が論じられてきているが<sup>8,19,10,17)</sup>、正面打ち動作の基本打ちと実戦打ちの違いについて論じているものはない。この点を調査すれば、上達過程における基本段階から実戦段階に至る動作の質的な転換という指導のポイントが明確になると考えられる。

本研究では正面打ち動作を取り上げ、基本打ちから実戦打ちへの面打ち技術の質的な転換を図るために必要な指導上の要因を明らかにすることを目的に、基本打ちと実戦打ちにおける竹刀操作の方法を比較しようとした。

## 【方 法】

### 1. 被験者

大学生剣道部員1名（年齢21歳，3段，経験年数12年）で，連日稽古している試合経験豊富な者。

### 2. 試 技

面打ちについて，一足一刀の間合（相手との距離：約2m）から竹刀を大きく振り上げての「基本打ち」と，試合場面を想定しての「実戦打ち」の2種類を行わせた。

### 3. 撮 影

被験者の左側方20mの地点からビデオカメラ（SONY社製）で撮影（60fps）した。

### 4. データ処理

撮影した映像を動作分析ソフトF-DIAS<sup>®</sup>（DKH社製）によって，身体の22点及び竹刀先端点と竹刀重心点の計24ポイント（図1）の座標値を計測した。また，4次のButterworth Digital Filterによってデータの平滑化を行った。最適遮断周波数は，横井ら<sup>24)</sup>の残差分析法により求めたが，5～7Hzの範囲であった。

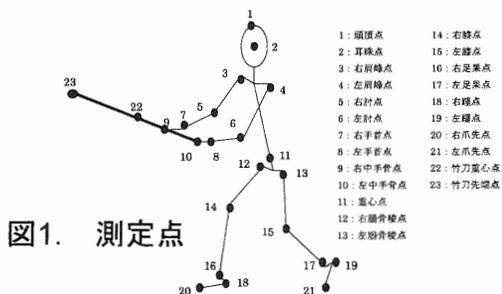


図1. 測定点

## 5. 測定項目

打突に伴う竹刀振り上げと振り下ろしの切り返し点を竹刀最高位とし、各測定ポイントや身体重心の軌跡、速度を求めた。また特に剣先速度は絶対値とともに、身体移動を排除して上肢の作用を明らかにするため、両肩の midpoint より求めた胸に対する相対値も求めた。また図2に示す上肢の関節角および角速度を算出した。なお、肩関節の伸展はマイナスで屈曲はプラス、肘関節の伸展はプラスで屈曲はマイナス、手関節は伸展（尺屈）をプラスで屈曲（桡屈）をマイナスで表示した。また竹刀の回転の様子を知るために、図3のように竹刀剣先の軌跡から幾何学的な計算により、剣先の曲率半径を求めた。

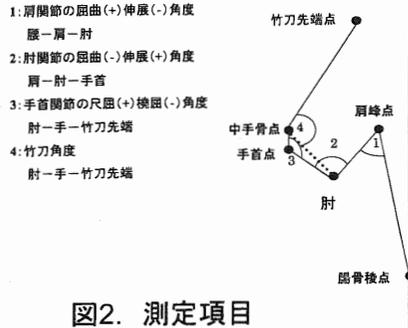


図2. 測定項目

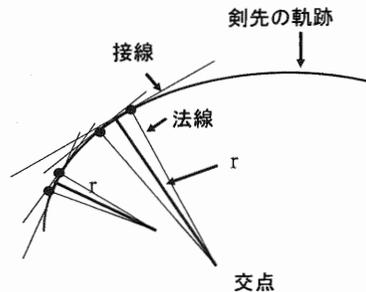


図3. 曲率半径の求め方

## 6. 打突の影響の除去

竹刀は打突の衝撃の影響を強く受けるため、剣先や竹刀の重心の座標値の平滑や微分によって打突前のデータが著しくゆがんで（低くなる）しまう。そこで、本研究では剣先のデータに関しては打突の瞬間から3フレーム手前（1/20s）までのデータを除去し、そこにはそれまでのデータの変化をもとに推定した値をあらためて挿入した。

## 【結果】

### 1. 全体的観察

図4は、2種類の試技を5コマごと、つまり5/60秒ごとのスティックピクチャーで示したものである。基本打ちは、構えたところからまず剣先が始動し、振り上げの途中で右足が始動した後に、竹刀最高位を経て大きな動作で打突していた。実戦打ちでは、構えたところからまず右足が始動し、後に剣先

が始動した後に、竹刀最高位を経て打突していた。

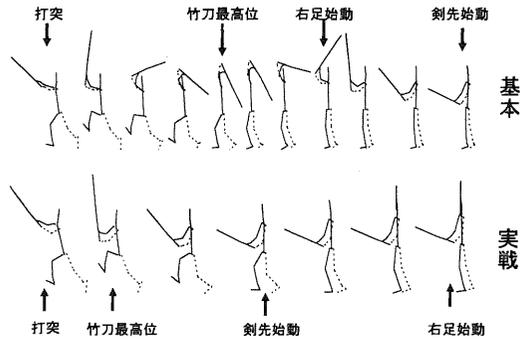


図4. 基本打ちと実戦打ち

## 2. 剣先速度

図5は、基本打ちと実戦打ちにおける剣先速度の絶対値と胸に対する相対値を示したものである。竹刀の振り上げ速度のピーク値は基本打ちの方がやや高い値を示していた。しかし、竹刀最高位まで振り上げる時間は基本打ちが0.5秒要しているのに対し、実戦打ちでは著しく短く約0.17秒であった。基本打ちでは竹刀最高位で剣先の速度がゼロであるのに対し、実戦打ちでは絶対速度で5m/sの速度を維持していた。竹刀最高位から打突までの振り下ろし時間は、基本打ちは0.33秒で実戦打ちは0.08秒と実戦打ちのほうが短かった。しかし、打突時の絶対速度は基本打ちが25m/sであったのに対し、実戦打ちでは17m/sと低い値を示した。

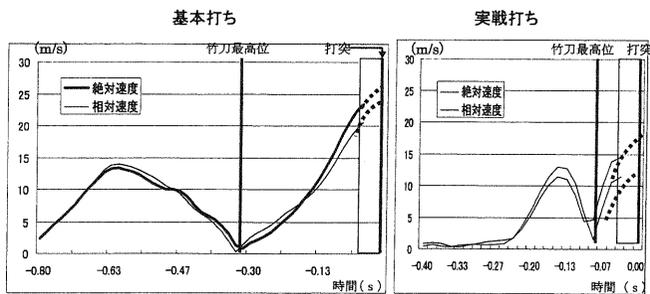


図5. 剣先速度変化

## 3. 身体重心速度

図6に、基本打ちと実戦打ちの身体重心速度を示した。基本打ちでは、身体重心速度が低い時点で剣先を始動し、竹刀最高位からの振り下ろしの過程で速度を増していきながら打突に至っている。実戦打ちでは、剣先の始動時点ですでに身体重心速度が高く、その後さらに速度を高めながら竹刀最高位となり打突に至っている。しかし、打突の瞬間の身体重心速度には実戦打ちと基本打ちで違いが見られなかった。

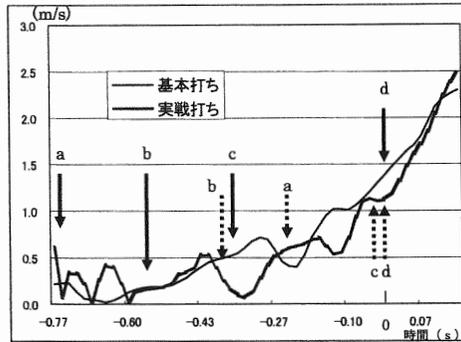


図 6. 身体重心速度変化

— 基本、 ..... 実戦  
 a: 剣先始動、b: 右足始動、c: 竹刀最高位、d: 打突

#### 4. 上肢関節角度

基本打ちでは (図7), 左右の肩関節を同時に屈曲しながら竹刀を最高位まで振り上げた。その時, 左肘関節角度は一定の角度を保ったままほとんど変化しなかったが右肘関節は屈曲した。そして, 左右手関節は動揺がみられるものの全体的には屈曲傾向を示した。竹刀最高位から左右の肩関節と肘関節, 手関節はほぼ同期的に伸展したが, 打突の前から左右の肩関節は角度変化がなくなり, 左の肘関節は逆に屈曲した。

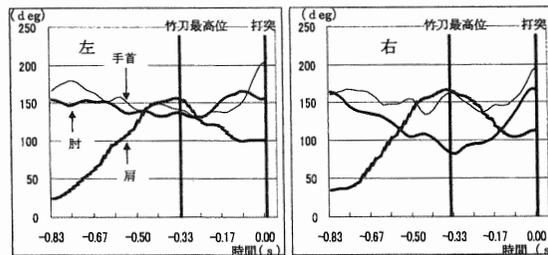


図 7. 基本打ちの上肢関節角度変化

実戦打ちでは (図8) 基本打ちと大きく異なった動作が観察された。すなわち, 左右の肩関節は, 竹刀最高位まで振り上げる局面からその後の打突まで屈曲し続けたが, 左右の肘関節はほぼ一定の角度を保った。左右の手関節は竹刀最高位まではほぼ一定の角度を保ったが, 右の手関節は竹刀最高位から打突まで伸展した。

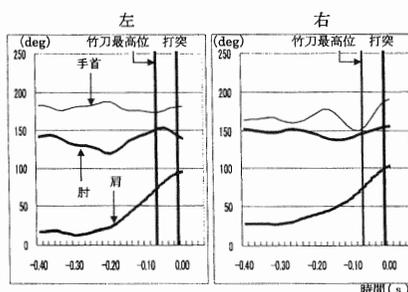


図8. 实战打ちの上肢関節角度変化

5. 上肢関節角速度

基本打ちでは (図9), 竹刀最高位までは左右の肩関節は屈曲速度をもち、竹刀最高位で速度がゼロになった。その際左右の肘関節と手関節は周期的な速度変化を示し、はっきりとした傾向は見られなかった。竹刀最高位から打突にかけて、右肩関節は常に伸展速度を發揮していたが、左肩関節は一旦速度がゼロになり再び伸展速度を發揮するような2相性の変化パターンを示した。そして、右の肘関節と左右の手関節は打突の瞬間にむかって伸展速度が高まったが、左の肘関節は逆に低下する傾向を示した。

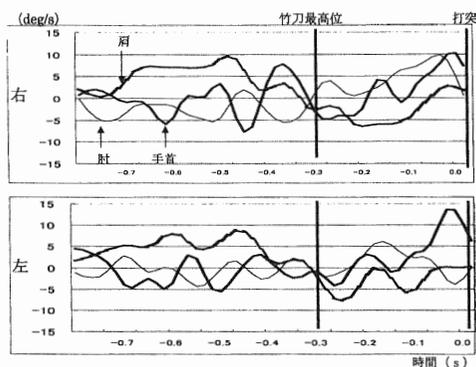


図9. 基本打ち上肢関節角速度変化

肩関節: +が屈曲、-が伸展、肘関節: +が伸展、-が屈曲、  
手関節: +が尺曲、-が桡屈

实战打ちでは (図10), 基本打ちとまったく異なり、左右の肩関節は剣先の始動から竹刀最高位、打突まで常に屈曲速度を發揮していた。そして、肘関節と手関節は左右で異なった傾向を示した。すなわち、右の肘関節と手関節は竹刀最高位から打突にかけて伸展速度を發揮したが、左の肘関節はむしろ屈曲速度を、そして手関節は著しく低い伸展速度を示した。

剣道の正面打ち動作に関する動作学的研究

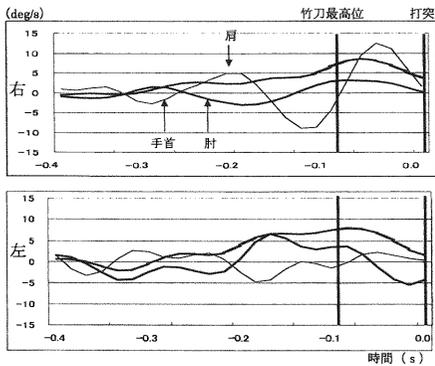


図10. 実戦打ち上肢関節角速度変化

肩関節：+が屈曲、-が伸展、肘関節：+が伸展、-が屈曲、  
手関節：+が尺曲、-が橈屈

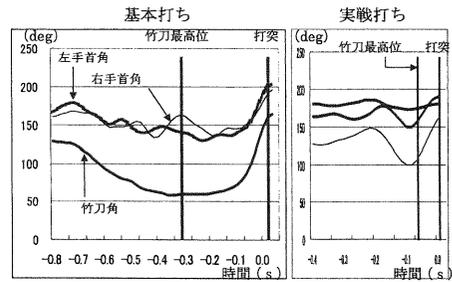


図11. 左右手首と竹刀角の関係

6. 剣先速度と曲率半径

図12に、基本打ちと実戦打ちの竹刀最高位から打突までの局面の剣先速度（相対速度）と曲率半径の関係を示したが、両者で異なった傾向が見られた。つまり、基本打ちでは竹刀最高位からの竹刀の振り下ろし開始時に一旦曲率半径が大きくなり、その後著しく小さい曲率半径を保ったまま打突していた。一方実戦打ちでは、竹刀最高位から打突まで曲率半径は増加する傾向を示した。

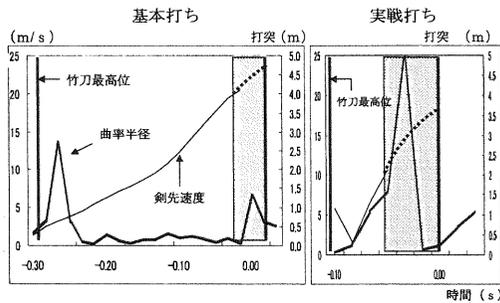


図12. 剣先相対速度と曲率半径

【考 察】

初心者に限らず熟練者も、実戦的な打突動作を伴う稽古法以外に素振りや基本打ちといった稽古法を日常的に繰り返し行っている。素振りや基本打ちの稽古法の目指すこととして、剣道の一本（有効打突）になり得る条件をその中に織り込み、実戦場面で再現することがそのひとつに挙げられる。その条件とは、刃筋といわれる竹刀の動きの辿るコース、打突部位を竹刀の物打ち（竹刀の全長の1/3）で確実に捉える正確性、それに一定の打撃力などが挙げられる。剣道においては、たとえ有効打突となる条件を兼ね備えた「理想的なフォーム」の打突であっても、対人的な関係の中では有効ではなく、逆に相手にかわされたり、打たれる結果を招くことがある。小林<sup>9)</sup>が指摘するように、剣道は野球やゴルフのようにフォロースイングが許されず、短時間における竹刀の加速と制動が必要な打撃が特徴である。つまり剣道の実戦場面では、相手の一瞬の隙を捉えるスピーディーな打ち方が基本の打突動

作の要素にさらに加味されねばならない。

剣先始動から打突までに要した時間は、基本打ちで0.83秒であるのに対し実戦打ちでは0.25秒と、実戦打ちの方が所要時間は著しく短かった(約 $1/3$ )。そのうち、竹刀最高位から打突までの竹刀の振り下ろしに要した時間は、基本打ちの $1/4$ であり、実戦打ちにおけるこの局面が特に短いことがわかる。この竹刀を振り下ろす局面の竹刀操作の方法、つまり上肢の動作を比べるとその違いは大きい。基本打ちでは剣先の始動から竹刀最高位まで肩関節を屈曲し(上腕を持ち上げる)、その後肩関節を伸展する(上腕を振り下ろす)動作で打突していたのに対し、実戦打ちでは、剣先の始動から打突まで、常に肩関節を屈曲(上腕を持ち上げる)し、右肘と右手首を伸展しながら竹刀を前方へ突き出していた。このようにコンパクトな竹刀操作が原因となっているのかもしれないが、実戦打ちの打突時の剣先速度は、基本打ちの約70%と著しく低かった。

有効打突に必要な一定の打撃力について、富永<sup>18)</sup>は、打撃力と竹刀スピードの間には相関があり、上級者の方が打撃力があることを報告している。本研究における測定試技においては、基本打ちと実戦打ちの両試技とも「有効打突」と判断できるものであった。そこで、実戦打ちがむしろ短時間の中でいかにして剣先速度を高めたかという視点で竹刀操作を考察した。

剣先の軌跡は時間経過とともに変化する曲率半径をもつ円運動をしている。そして竹刀そのものの動きは、並進運動と竹刀の重心を中心とした回転運動の合成されたものと見なすことができる<sup>9)</sup>。

ケプラーは、太陽から惑星に至る直線は等時間に等面積を描く(第二法則:面積速度保存の法則)ことを発見した。これは惑星の太陽からの距離が短くなるほど引力が高まり、その結果惑星の軌道の曲率半径が短くなり速度が増加することを示している。つまり、剣先軌跡の弧の半径(曲率半径)を小さくすると、剣先スピードが加速されることが考えられる。そこで本研究における竹刀最高位から打突までの局面について剣先軌道の曲率半径を求めた。すると、基本打ちでは竹刀の長さ(1.18m)の $1/2$ より小さい曲率半径で剣先の速度を高めていたのに対し、実戦打ちの曲率半径は剣先速度の増加とともに増加し、打突時には2m以上にまで達した。つまり、基本打ちでは左手を身体を中心方向へ引くことによって曲率半径を短くし、竹刀を回転させながら剣先の速度を高めていたが、実戦打ちではむしろ竹刀の回転を少なくするようにしながら剣先速度を高めて打突していたことになる。基本打ちの方が打突時の剣先速度が高かった理由は、このような曲率半径を短くするような操作が関与していたのであろう。

竹刀の回転運動を基本とした基本打ちと並進運動を基本とした実戦打ちでは、おのずから身体の動きが異なる。まず基本打ちでは、肩関節、肘関節、手関節を同時に伸展させることによって竹刀の振り下ろしを開始していたが、打突の前から左右の肩関節角度を固定し左肘を逆に屈曲させ、右の肘関節と左右の手関節の伸展速度を増加させていた。この竹刀操作は左手付近を中心に竹刀を回転させるために有効に働いたものと思われる。一方実戦打ちでは、竹刀最高位から打突まで左右の肩関節を屈曲させ、その際左右の肘関節と手関節はほぼ一定の角度を保ち、打突の直前に右の手関節をやや伸展させていた。このような竹刀操作によって、竹刀を突き出すようにして打突速度を高めていったと思われる。しかし、わずかではあるが打突の直前に基本打ちと同様の左肘関節の屈曲と右肘関節の伸展が見られた。これは打撃力を高めるのに有効に働いたものと思われる。

青山<sup>1)</sup>は、竹刀操作の方法として、基本打ちの振り下ろしで肩、肘、手関節角のピーク値の位相の

ずれが力の伝達を生み、それが熟練者の特徴を現すものとして報告している。本研究でも基本打ちにおいては同様の結果が観察されたが、実戦打ちではそのような位相のずれはまったく見られなかった。

基本打ちにおける竹刀最高位での剣先の停止は、剣先の運動方向の逆方向への切り替え点であり、竹刀最高位直前での減速と振り下ろし開始から加速までの時間経過を考えると、竹刀操作時間を短縮するためには大切な局面といえる。実戦打ちにおける特徴は、竹刀最高位であっても剣先速度は基本打ちほど減速せず、その時点でも身体移動によると考えられる速度を有している。この時点では右の肘関節の角度変化は少ないが、左の肘関節では大きな伸展動作が開始している。これは竹刀を振り上げる動きをしている局面で、左手はすでに振り下ろし方向に作用しているいわゆる「タメ」といわれる弾性を生む掌中の作用を行っていると考えられる。

## 【結 論】

剣道の正面打ちに関する基本打ちと実戦打ちの竹刀や身体の動きを調べ、剣先速度の高め方について比較検討した結果、両者に大きな相違いが見られた。

すなわち、基本打ちでは主に左右の肩関節と肘関節の屈曲によって竹刀を振り上げ、左右の肩関節、肘関節および手関節の伸展によって竹刀を振り下ろし打突していたが、実戦打ちでは左右の肩関節は竹刀の振り上げから打突まで常に屈曲していた。そして、竹刀の振り下ろしにおいては左右の肘関節と左の手関節の角度変化は少なく右の手関節が伸展していた。このような上肢の動きは、基本打ちでは主に竹刀を回転させ、実戦打ちでは主に竹刀を前方へ突き出す操作となる。つまり、基本打ちと実戦打ちではそれぞれ異なった竹刀操作で剣先速度を生み出していた。

このような本研究の知見は、基本打ちから実戦打ちへの面打ち技術の質的な転換を図るために必要な指導上の要因を明らかにしたものであり、今後の指導に役立つものと思われる。

## 【参考文献・引用文献】

- 1) 青山 憲好 (1969) 剣道競技の打撃動作に分析的研究。山形大学紀要。4 (4) : 15-24
- 2) 網代 忠宏他 (1971) 剣道の運動生理学的研究その1, 正面打撃動作と打撃力。東海大学紀要。1 : 93-102
- 3) 網代 忠宏他 (1973) 剣道の運動生理学的研究その2, 正面打撃動作と打撃力。東海大学紀要。2 : 73-80
- 4) 坂東 美和子 (2004) ハンマー投げの三次元分析。大阪体育大学紀要 35
- 5) 福本 修二 (1977) 剣道の上肢作用による身体への影響。武道学研究10-1 : 9-18
- 6) 畠山 隆吉 (2004) 剣道時代 8月号, 体育とスポーツ出版社
- 7) 伊保 清次 (1982) 新剣道上達講座 剣道日本編集部 スキージャーナル
- 8) 木寺 英史 (1999) 剣道における打突動作 (1), 森田理論の考察。久留米工業高等専門学校紀要。15 (1) : 45-48
- 9) 小林 一敏 (1966) 剣道における打撃について。体育の科学。16 : 656-660
- 10) 中野 八十二 (1972) 剣道の面打撃動作に於ける鍛錬度の相違。東京教育大学体育学部紀要。

- 10：120-135
- 11) 大道 等 (1987) 打つ動作と指導. 体育の科学. 37. 6：436-440
  - 12) 武藤 健一郎 他 (1996) 剣道選手の打突動作の変化に関する研究. 筑波大学運動学研究. 12：29-37
  - 13) 佐藤 博信 (2004) 剣道時代 8月号特集 小指の極意 体育とスポーツ出版社
  - 14) 内匠屋 潔等 (1977)：身体部分および市内の位相変化からみた剣道の分析. 武道学研究. 10-2：36-39
  - 15) 桜井 伸二 (1987) 打つ動作の発達. 体育の科学. 37. 6：424-427
  - 16) SAKAI Harumitsu (1997) A Biomechanical Study of an Attacking Frontal KENDO to Stroke. 東海大学スポーツ医科学雑誌. 9：34-44
  - 17) 田中 幸夫等 (1980) 剣道における打撃動作のバイオメカニクスの研究. 武道学研究. 13-1：1-8
  - 18) 富永 豊 (1977) 打撃力の強弱と剣道技術の関係を見る. 武道学研究. 10-2：130-132
  - 19) 坪井 三郎他 (1988) 剣道における竹刀の握りに関する研究. 筑波大学体育科学系紀要. 11：123-131
  - 10) 坪井 三郎 (1966) 剣道における打撃姿勢の分析. 体育学研究. 10. 2.：437
  - 21) 坪井 三郎 (1973) 剣道における動的姿勢の研究. 体育学研究. 18-2：71-81.
  - 22) 吉村 哲夫他 (1990) 女子学生剣道選手における正面打撃動作に関する研究. 東海大学紀要. 19：57-61
  - 23) 柳本 昭人他 (1992) 剣道の柄の握り幅と上肢の打撃動作との関係について. 東京学芸大学紀要. 44. 183-190
  - 24) Yokoi,t. and McNity-Gray,J. L. (1990) Athreshold to determine optim um cutoff frequency in automatic date smooting using digital filter. proceedings for American Society of Biomechanics 14th Annual meeting.：209-210
  - 25) 全日本剣道連盟 (1995) 剣道試合審判規則, 第2節, 第12条