

ソフトテニスのグラウンドストローク技術に
おける筋活動と動作画像分析
—— フットワークに着目して ——

Electromyography and Motion Analysis on
Groundstrokes of the Soft-Tennis
—— Focussed on the Footwork ——

畠 山 孝 子
Takako HATAKEYAMA

I 目 的

著者は、ソフトテニスにおいて選手が実際にグラウンドストローク技術を使ってボールを打つまでの下肢の動きを、待球姿勢、インパクトポジションまでの移動動作、軸足の決定、踏み込み足への重心移動の運動各位相に分けて考え、それぞれの下肢の運動が、ソフトテニスの技術の熟練度の異なる被検者間ではどのような動きおよび筋活動の違いとして現われるかに興味を持った。

例えば、待球姿勢について考えられることは、熟練者の防御では、スマッシュ等の攻撃フォームに入って動作する相手選手に対して、ベースラインから相対的に大きく下がった位置をとり、身体を低く構える待球姿勢がとられる。これは、事前に攻撃のボールの速度やバウンドの状況等を予測した有利な構えであり、経験の要素に依存している。従って、待球姿勢から技術の相違を観察できる。また、待球姿勢のとり方が、インパクトポジションへ移動する敏速な動きのキーポイントにもなる。次に、待球姿勢からインパクトポジションへの移動では、下肢の動作の進行を2つの段階に区分することができる。第1には、待球姿勢から足を1歩踏み出してインパクトをイメージする位置まで身体を移動させる段階である。この間の動きは移動の距離によっては全力疾走に類似の動作および筋活動が現われ得る。次は軸足を定めるまでの段階である。軸足は、ラケットをバックスウィングするための上肢の動きに協調して、ボールと身体との間に適切な間隔を保った位置に決められるがこの段階は、ソフトテニスにおいては的確なインパクトを得るために極めて重要な時期となる。従って、技術上の熟練者と未熟練者のこの時期の下肢の動作および筋活動の違いを調べる必要がある。

このような考えに基づいて、著者らは、技術の熟練度の異なる経験者および未経験者を対象に、インパクトポジションをとるまでのフットワークをともなったグラウンドストロークを課して、その筋電図測定を行い、同時に動作のビデオ画像から得られるその移動量の測定を実施し、測定資料から動作および筋電図の被検者間の比較・検討を試みた。

Ⅱ 方 法

測定は体育館フロアにおいて、ソフトテニスのフォアおよびバックハンド・グラウンドストロークについて実施された。フォアハンドではストロークマシンによる正クロスのコース上の飛球を、図1および写真1に示すように実戦場面ではしばみられる3つのベースライン沿いの移動開始位置と、更に加えて正クロスの定位置から前方移動した返球位置の状況を設定して打球させた。すなわち第1には、正クロスのコース上において被検者がほとんど移動する事なく打球できる状況（正クロスの定位置）、第2にはこの定位置へベースライン沿いに4.0m、第3には6.5m、第4には定位置から前進して打球するスタート条件を設定した。バックハンドはこの逆の場面を設定し逆クロスの定位置へ同様に移動して打球する条件を設定した。

筋電図は、写真2の様には身体各筋から10mm径の銀盤皿型表面電極で双極誘導し、2台の携帯用小型データレコーダに磁気収録し後に再生・保存記録を得た。被検筋は、ラケットを保持する腕（以下優位腕）の尺側手根屈筋、

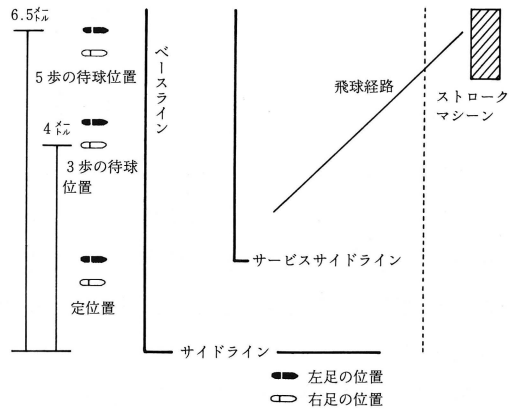


図1 正クロスの打球に至る移動開始位置



写真2. 筋電図導出の様子

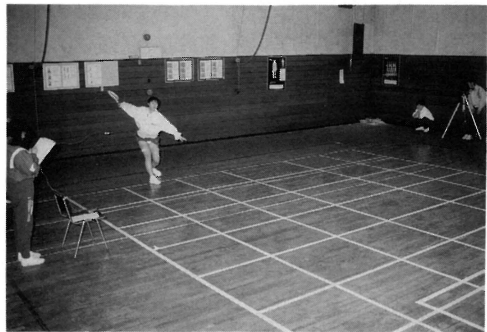


写真1. 測定風景

表1 被検者の身体的特性および技術水準

被検者	性別	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	経験歴 (年)	競 技 成 績
T K H	女	20	168	62	8	1991年度北海道学生ランキング1位 (前衛)
K Z M	女	19	161	52	9	1992年度北海道学生選手権優勝 (後衛)
A M N	女	19	153	55	1	大学正課週2回
A B E	女	18	164	58	0	未経験者

総指伸筋, 腕橈骨筋, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 左右の脊柱起立筋, 左右の大腿外側広筋, 優位腕とは対側の大腿二頭筋, 前脛骨筋であった。

動作の経過は, voice-record するとともに 2 台の一般普及型ビデオカメラを用い被検者の側面および正面の方向から動作を撮影した。電気信号を上記レコーダおよびビデオ画像に記録することにより両者の資料を同期させた。

被検者は, 表 1 に示す技術の熟練度の異なる 3 名および未経験者 1 名であった。なお, 未経験者には, 1 時間の事前指導を課した。被検者の身体的特性は表に示した。

Ⅲ 結果と考察

1. 動作の画像分析

(1) フォアハンド・グラウンドストローク

ソフトテニスのフォアハンドストロークの技術について, 目的の項で区分した運動各位相を参考として図 2 に示した。この区分に基づいて結果を述べる。

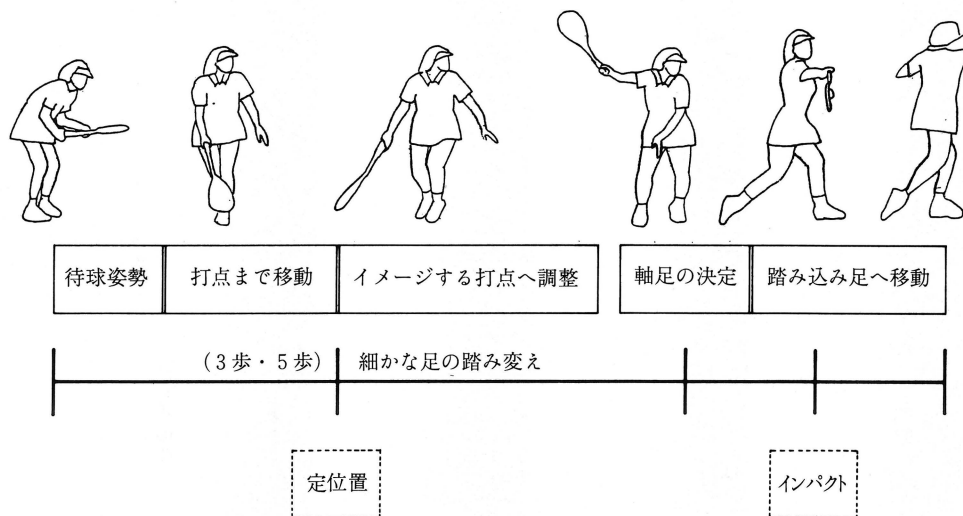


図 2 グラウンドストロークに伴うフットワーク
(ストロークフォームは, 嶋山, 1991より引用)⁸⁾

フォアハンド・グラウンドストロークについて, 各被検者の正クロスの定位置からのフォームを横方向から撮影したビデオ画像を図 3 に示した。インパクト以前のフォームは秒間 6 コマの連続動作写真であり, インパクト後は秒間 30 コマの連続動作写真を記録した。図は, 上段から熟練者の後衛 (KZM), 同前衛 (TKH), 経験歴 1 年の初心者 (AMN), および未経験者 (ABE) である。

待球姿勢では, 膝関節が適度に屈曲し, 上体が前傾した姿勢が経験者 3 名に共通して観察され, 熟練者と初心者では顕著な差は認められなかった。未経験者の待球姿勢では前 3 者とは違い, 膝関節の屈曲がみられず, 上体の前傾がなく, ほぼ直立に近い姿勢であった。これら待球

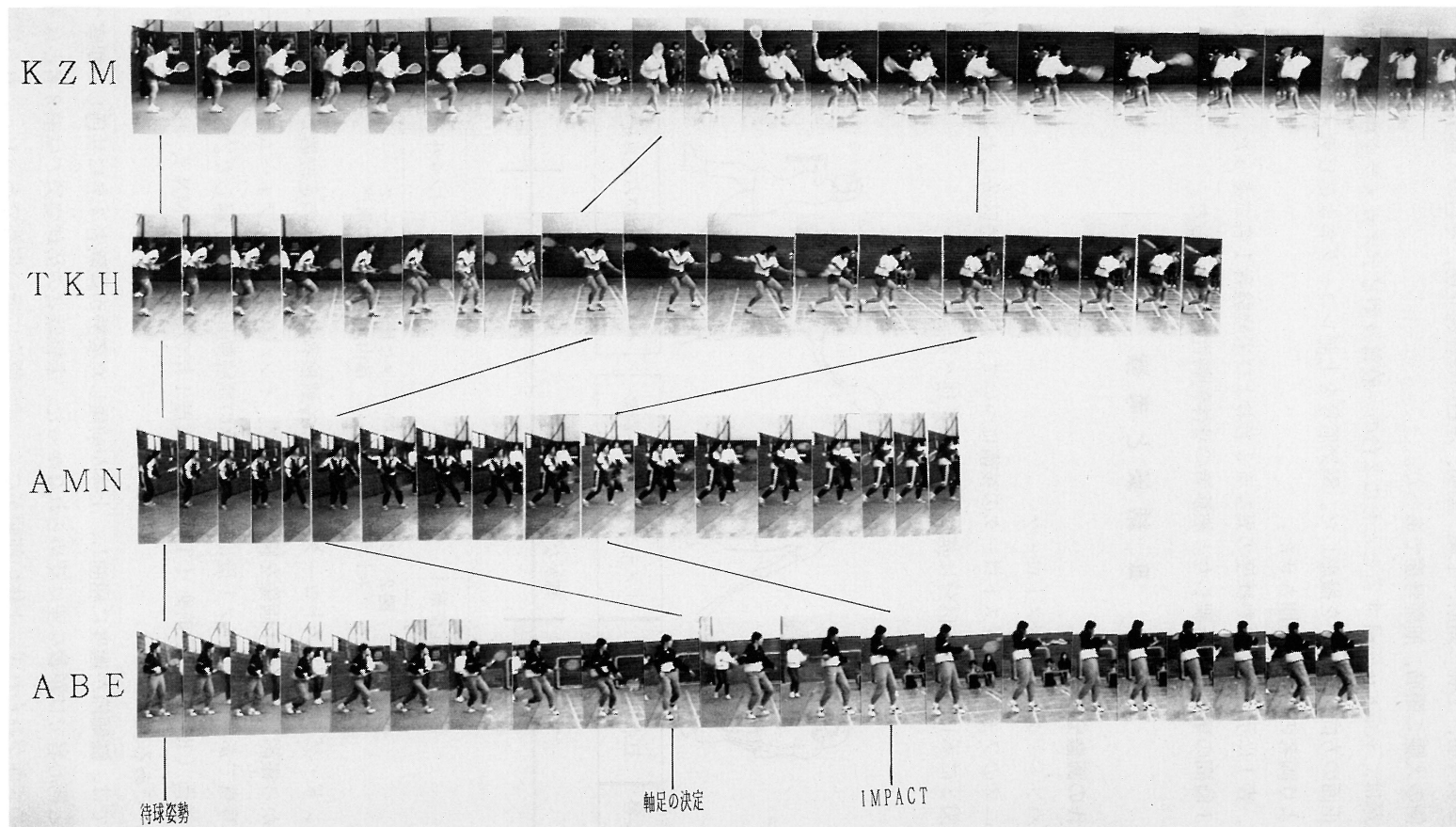


図3 正クロス位置からのフォアハンド・グラウンドストロークの連続動作画像

図中，KZM：熟練者後衛，TKH：熟練者前衛，

AMN：初心者，ABE：未経験者，

姿勢の差が体験度に関与しているかについては、今後の研究として関心が持たれる。

次に、走り出してから軸足位置を決めるまでの動作では、熟練者2名は、軽度に前傾した上体と僅かに屈曲した膝の待球姿勢から、3歩～4歩で軸足の位置を決めている。この間、移動の際に上下動をほとんど認めない身体運びになっている。初心者では、待球姿勢から身体移動して軸足の姿勢を決定する前までは熟練者と似ているが、軸足の決定時およびその後の動きは上体が立ち上がり不安定になっている。未経験者では、直立姿勢の待球から膝を極度に曲げた走り出し、上下動を多く含む身体移動、急激に膝を伸ばした軸足の決定であった。これは、軸足位置の不確実なことが一つの原因と考えられる。

軸足位置の決定時点からインパクトまでをみていくと、熟練者2名については、十分に前置脚に踏み込み重心を移動してボールをとらえている。また、初心者では、熟練者のインパクトに比べて踏み込みが十分とは言えないが、前置脚に重心を移動した状態で打球している。これに対して未経験者のフォワードスウィングでは身体が伸び上がり打球している様子が観察された。

フォロースルーについては、熟練者2名は前方へボールを押しきってからラケットを振り切っている。また、前置脚の膝関節も十分に屈曲されていた。初心者は熟練者程大きなフォームはないが、ラケットヘッドの振り切り動作がみられ前置脚が軽く屈曲された状態が観察される。未経験者では、前3者とは異なり身体の近くでとらえたボールを無理に打とうとしているためと思われるが、身体全体が伸び上がっていた。また、ラケットヘッドの大きな回転も前置脚の屈曲も観察されず、下肢に注目すると経験者3名とはむしろ逆に両脚は伸び上がり後傾姿勢となっていた。

(2) バックハンド・グラウンドストローク

バックハンドのグラウンドストロークを前進して打球した4名の連続動作フォームを図4示した。図はフォアハンドストロークと同様の方法で記録した写真を用いて作成した。

待球姿勢はフォアハンドに観察された姿勢と類似しており、経験者3名は膝が適度に屈曲し上体は軽く前傾しているが、未経験者は経験者3名とは異なり直立の姿勢を読みとれる。

走り出して軸足位置を決めるまでの動作では、経験者3名は、フォアハンドで記したような安定した動きが観察された。未経験者では、直立状態の待球姿勢から上下動の多い移動動作、急激な軸足位置の固定など、フォアハンドで述べたのと同様な傾向を示し、飛球に対して身体をコントロールできていない動きが観察された。

軸足位置の決定からインパクトまでの動作では、熟練者では十分に前置脚に踏み込み重心を移動してボールを把えていた。初心者は、フォアハンドに比べて踏み込みが不十分で前置脚に僅かに重心を移動して打球しており、軸足の位置が的確ではなかったと思われる。未経験者のラケットのフォワードスウィングではインパクトが身体に近いため身体が伸び上がり、腰部を後方へ引く動作が観察された。

フォロースルーについては、熟練者2名は、前方へボールを押しきってからラケットを振り

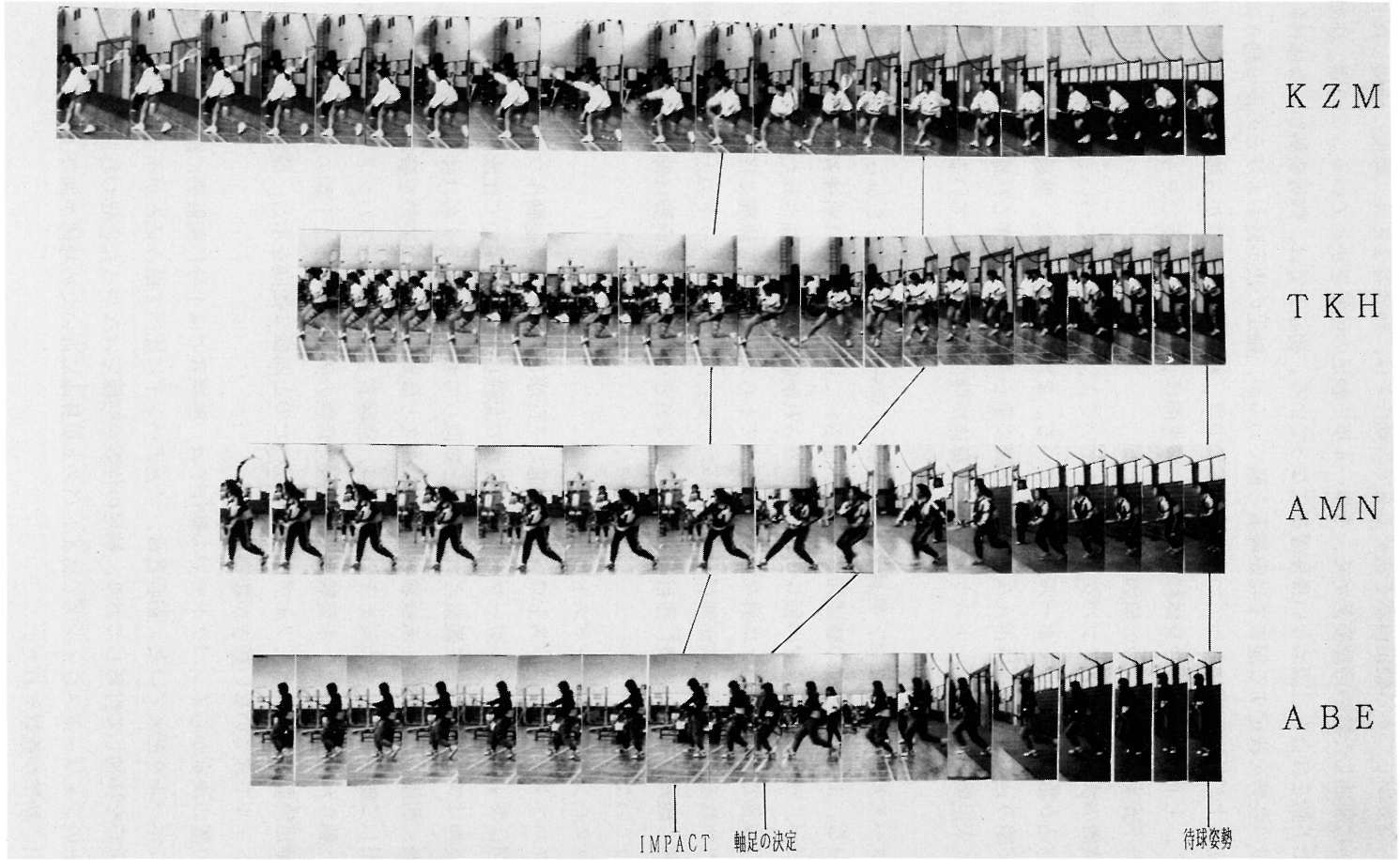


図4 逆クロス定位置から前進したバックハンド・グラウンドストロークの連続動作画像
被検者は図3に同じ

切っている。また、前置脚の膝関節も十分に屈曲されていた。初心者は、インパクト時に打点側へ上体が傾いた体勢からラケットのフォロースルーを行っているため、インパクト直後にラケットを上方へ振り上げている。未経験者では、身体の近くでとらえたボールを無理に打とうとし、身体全体が伸び上がったインパクトから、膝関節を軽く曲げてそのフォロースルーを行っている。

フォアハンドストロークに比べてバックハンドは、初心者の動作に不安定な要素が現われているが、これはグラウンドストロークでは、バックハンドの打点に融通性がなく初心者には難易度の高い技術であることが考えられた。

2. 筋電図分析

(1) 熟練者と未経験者の筋電図比較

フォアハンドのグラウンドストロークについて、熟練度の高い後衛選手と未経験者の筋電図および動作画像を図5に示した。

左前脛骨筋に注目される筋活動の差が記録された。つまり熟練者では、中等度の振幅の放電が移動動作のときに規則的に出現しているが、未経験者ではフットワーク開始時に最も強い振幅が現われ、その後も高い放電が不規則に記録されている。熟練者のフットワークは、予測に優れた足運びで打点時の軸足位置が設定されるため筋活動が制御され、未経験者では、動作開始から全力疾走するようなフットワークを示し制御されない筋放電になったと考えられる。このような筋活動の違いは、前述の動作画像から観察された動作を裏付けているものである。

次に、脊柱起立筋の放電様相を両者で比較すると、熟練者ではインパクト前に放電が観察されているが、未経験者ではその放電が記録されていない。これは、熟練者では、下肢の構えと上肢のラケットスウィングがよく連動し、身体全体が制御下でよく駆使できている現われと考えられた。動作分析の項で触れた、熟練者後衛のインパクト前後の上体の捻りの動作や前方への重心移動をともなった上体の回転動作を筋電図の面で裏付けたものといえる。

(2) 熟練者の移動開始位置の異なるグラウンドストロークの筋電図

(1)において熟練者と未経験者の筋電図を比較し、前脛骨筋および脊柱起立筋の放電に顕著な差を観察したが、ここでは、この2筋を中心に更に検討を深めたい。

図6には、熟練者前衛のフォアハンド・グラウンドストロークの筋電図を示した。図は左から定位置からの打球、定位置から4.0m離れた位置からの打球、6.5m離れた位置からの打球、定位置から前進して打球した場合についての筋電図である。前脛骨筋の放電様相では、定位置から打球したときの放電は、中等度の振幅の放電が移動動作に対して規則的に記録されている。この放電は、待球位置から打球位置が離れるにしたがって高振幅となっていた。なお、前進時のストロークでは、定位置における打球時の放電よりもむしろ少ない量の放電であった。左脊柱起立筋では、移動開始位置の違いに関係なく、すべての打球においてインパクト直前に集中した放電が観察された。

図7には、熟練者後衛のバックハンド・グラウンドストロークの筋電図を示した。前脛骨筋

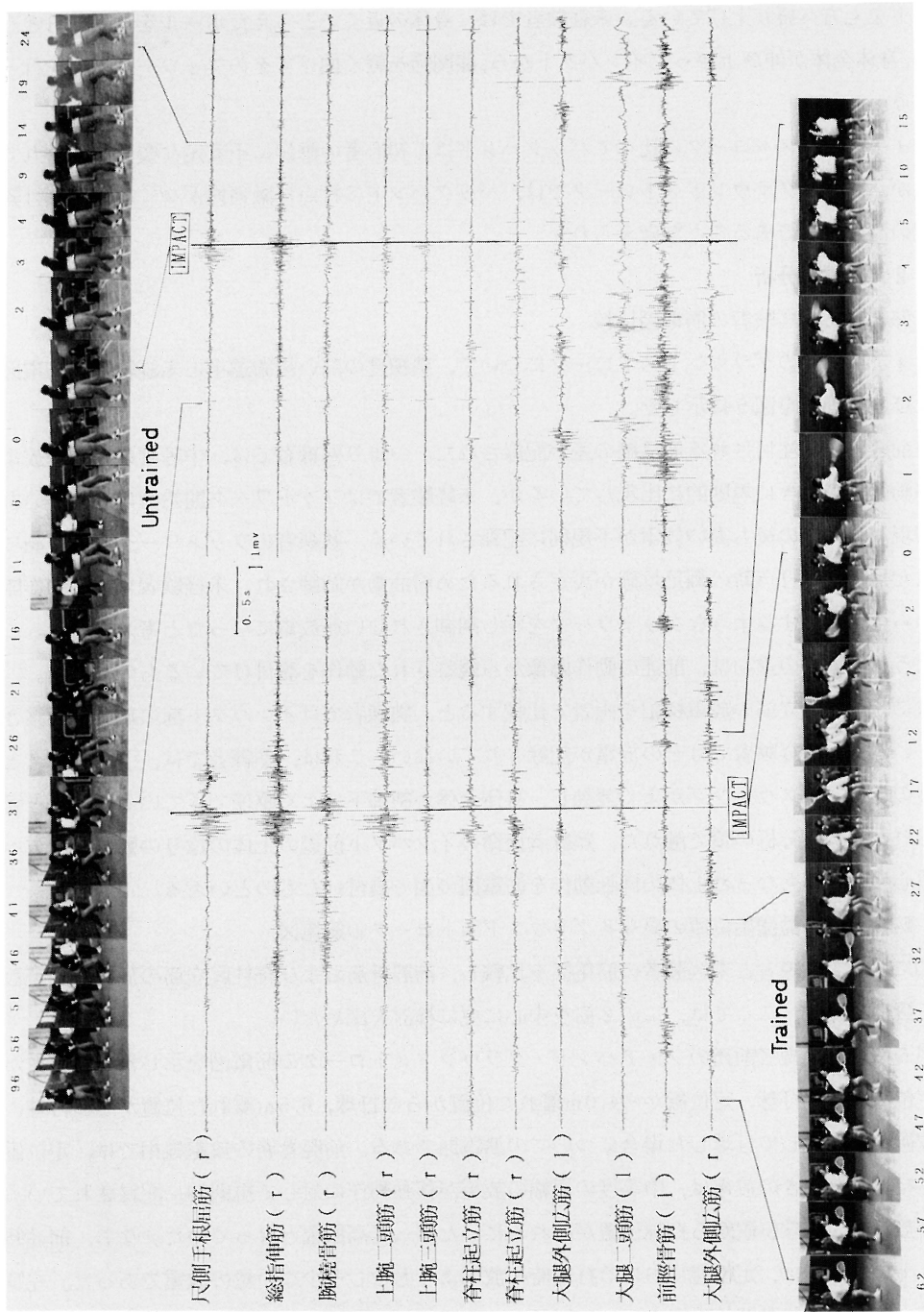


図5 フォアハンド・グラウンドストロークの熟練度の高い後衛選手と未経験者の筋電図および動作画像

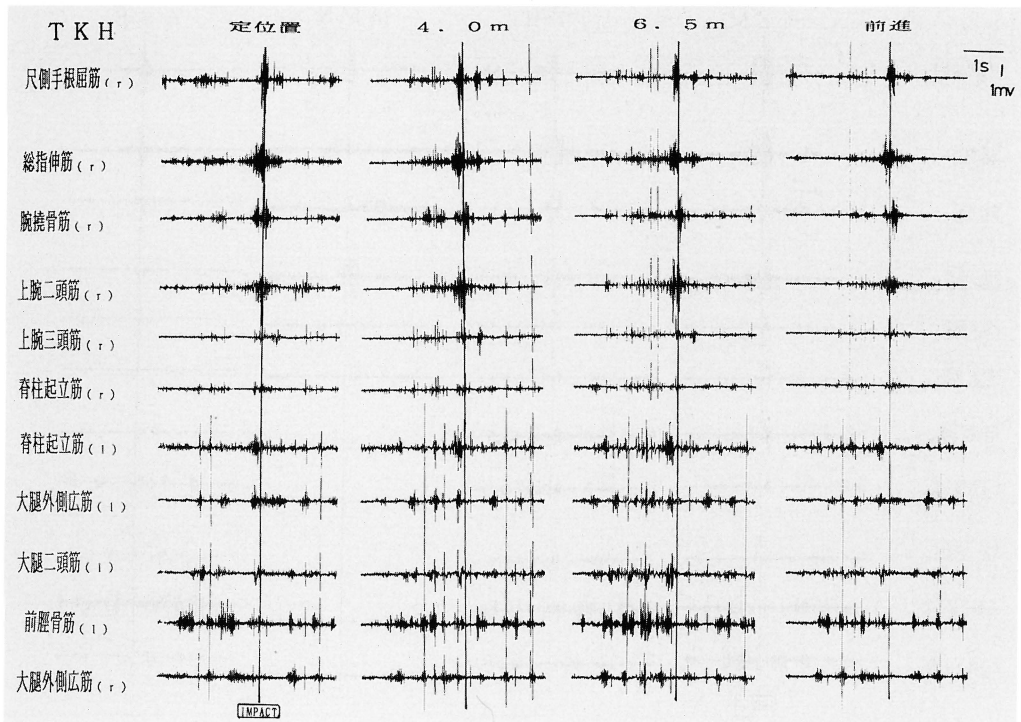


図6 熟練者前衛のフォアハンド・グラウンドストロークにおける移動位置別の筋電図

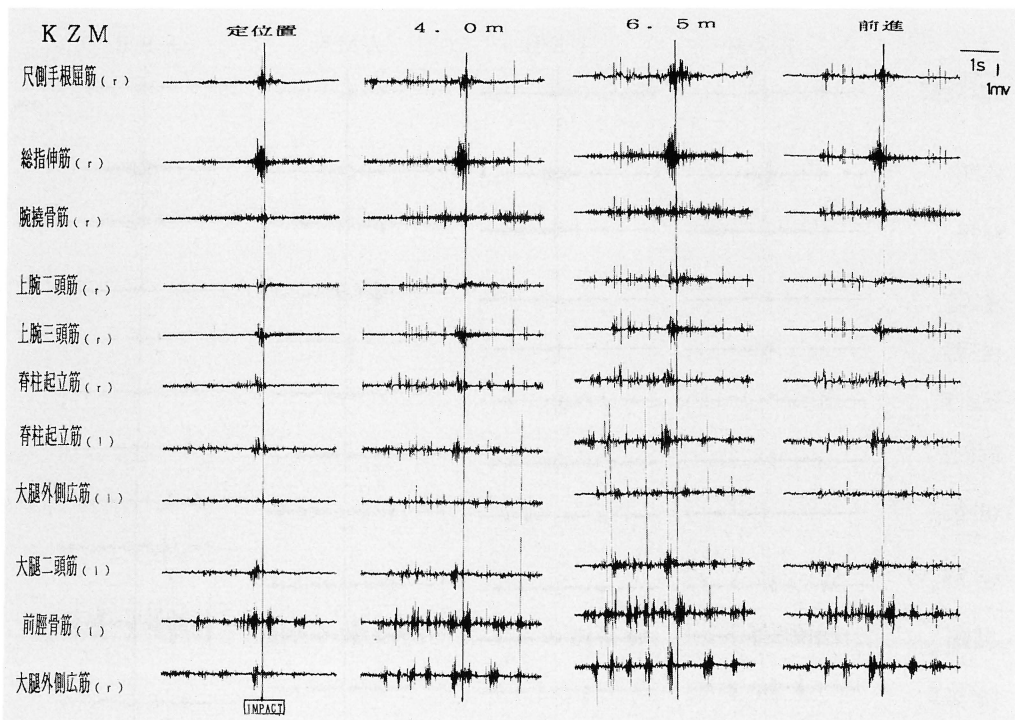


図7 熟練者後衛のバックハンド・グラウンドストロークにおける移動位置別の筋電図

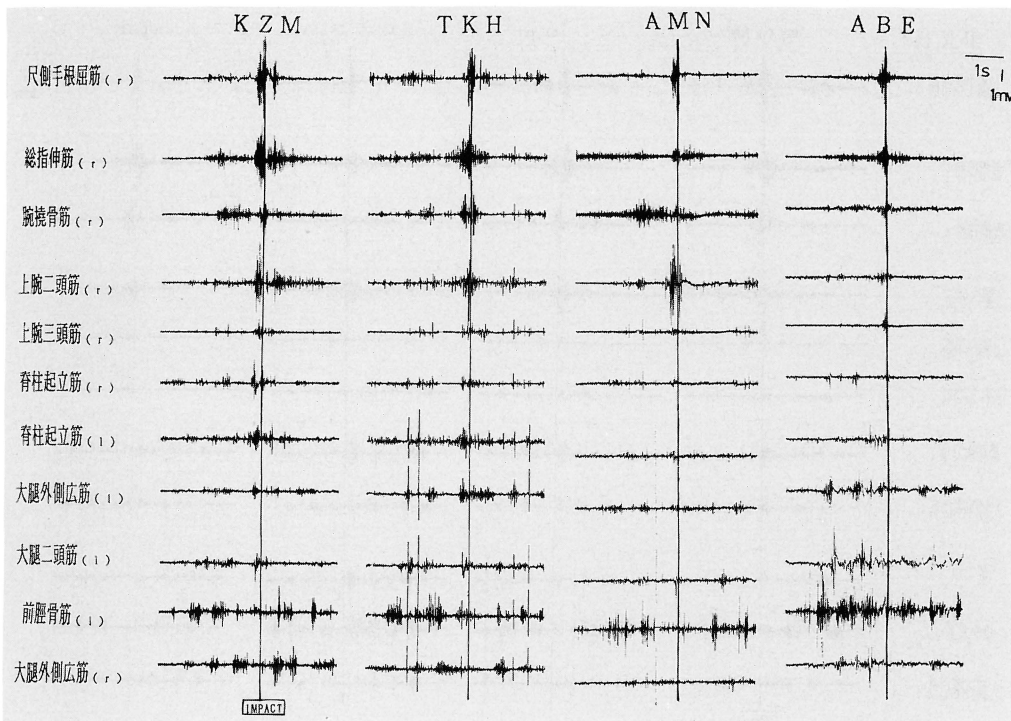


図8 正クロス定位位置におけるフォアハンド・グラウンドストロークの筋電図

被検者は図3に同じ

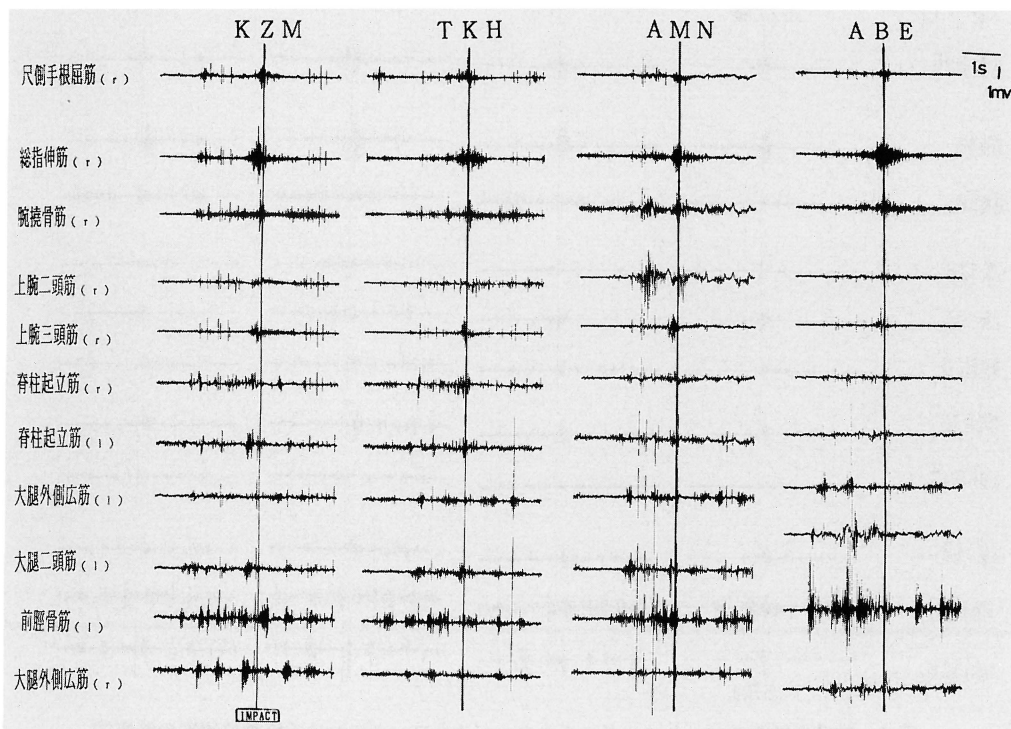


図9 逆クロス前進して打ったバックハンド・グラウンドストロークの筋電図

被検者は図3に同じ

および脊柱起立筋の放電様相は、熟練者前衛のフォアハンド・グラウンドストロークの筋電図と同様であった。脊柱起立筋の放電はバックハンドでは、左右両筋に観察された。

(3) 技術の熟練度の異なる被検者の筋電図

技術の熟練度の異なる4名の被検者のフォアハンドにおける正クロス定位置から移動して打球した筋電図を図8に示した。左から、熟練者後衛、同前衛、初心者、未経験者の順である。

前脛骨筋では、熟練者2名の放電は中等度の振幅で規則的に記録されている。初心者では、熟練者と同様に中等度の振幅の筋電図であった。未経験者は、被検者4名中最も高振幅の放電が、動作開始から持続的に現われていた。

脊柱起立筋では、熟練者2名がインパクト前後に集中した中等度の放電を示しているのに対して、初心者には放電が観察されず、未経験者はインパクトに関係なく不規則な放電が出現していた。

図9には、技術の熟練度の異なる4名の被検者が前進してバックハンドで打球したときの筋電図を示した。左から、熟練者後衛、同前衛、初心者、未経験者の順に示している。前脛骨筋では、フォアハンドストロークと同様な傾向で被検者間の放電の違いをみることができるが、しかし、4名全員の放電がフォアハンドに比べて振幅が高くなることがバックハンドストロークの特徴として観察された。

IV 結 論

ソフトテニスのフォアハンドおよびバックハンドのグラウンドストロークについて、特にフットワークに着目して動作画像と筋電図から分析・検討を試みた結果、次のような結論を得た。

動作画像を比較すると、熟練者では膝関節の屈曲動作によって身体移動の際の上下動を抑え、的確な位置に軸足を設定し、十分に前置脚に踏み込み重心を移動してボールを把えており、待球姿勢からフォロースルーまでの一連の動きでは上肢・下肢がよく連動していた。これに対して未経験者は、待球姿勢では直立し、上下動を多く含む身体移動、急激な軸足位置の固定などの動作から、飛球に対して走り出しのタイミングを測りながら身体をコントロールする動作は観察されなかった。

筋電図からは、左前脛骨筋で、熟練者では、中等度の振幅の放電が移動動作に対して規則的に記録されたが、未経験者ではフットワーク開始時に最も強い振幅が現われ、その後も高い放電が記録されていた。熟練者のフットワークは、予測に優れた足運びで打点時の軸足の設定のための筋活動が制御され、未経験者では、動作開始から全力疾走するようなフットワークを示し制御されていない筋放電と考えられた。このような筋活動の違いは、前述の動作画像の観察結果を裏付けたと考えられた。また、脊柱起立筋の放電様相からは、熟練者がストロークのために上体を駆使できていることが示された。

謝 辞

本研究の筋電図測定および画像分析は主に北海道大学体育指導センター（所長，福地保馬教授）の施設・設備を用いて実施された。測定では，同センター川初清典助教授並びに北海道大学教育学部須田力助教授のご助力を得た。ここで，お二人に深く感謝の意を表したい。

引用・参考文献

- 1) ドイツ・テニス連盟，別宮彰・田中伍夫共訳：基本テニス，日本文芸社，p 127，1986
- 2) 石井源信・水野哲也・井養敬・山本裕二：イラストで見る軟式テニスドリル，大修館書店，1989
- 3) 日本軟式庭球連盟：新版軟式庭球教程，ベースボール・マガジン社，1983
- 4) 畠山孝子，東昇，後藤俊，加藤満，佐々木敏，西園秀嗣：軟式テニスのフォアハンド・ストロークにおける動作分析，北海道女子短期大学研究紀要，第20号，p 109～p 117，1986
- 5) 畠山孝子，後藤俊，加藤満：軟式テニス技術の熟練度と筋作用機序について—グラウンドストロークを中心として—北海道女子短期大学研究紀要，第25号，p 109～119，1989
- 6) 畠山孝子：軟式テニスの基本技術におけるわが国 top player と学生選手の筋電図分析について，北海道大学体育指導センター報告書・第2号，p 112～p 116，1990
- 7) 畠山孝子，後藤俊，加藤満，須田力，川初清典：軟式テニスの基本技術における多系統筋電図—わが国 top player と学生選手との比較—平成元年度 日本軟式庭球連盟スポーツ医科学報告，(財)日本軟式庭球連盟，p41～42，1990
- 8) 畠山孝子：軟式テニスのグラウンドストロークにおける打法別筋電図の検討，北海道女子短期大学研究紀要，第26号，p 75～p 84，1991