

テニスのグランドストローク時におけるフットワークの基礎的研究

田 邊 智^{*}・川 端 浩 一^{**}
梅 林 薫^{***}・伊 藤 章^{****}

Basic Research Regarding Footwork during Tennis Ground-stroke

TANABE Satoru^{*}・KAWABATA Koichi^{**}
UMEBAYASHI Kaoru^{***}・ITO Akira^{****}

Abstract

The present study examined changes in running speed, step length, step frequency and step width to clarify the mechanism of footwork for running quickly during tennis ground-stroke. The subjects were 17 male professional tennis players who participated in the AIG Japan Open Tennis 2006 in Tokyo, Japan. The movements of tennis players were recorded using video camera during tennis ground-stroke. The X-Y coordinates of player's toes in foot contact were calculated by the two-dimensional direct linear transformation method.

Tennis players reached the hitting point using almost two steps when chasing the tennis ball quickly from the center mark of the tennis court. The running speeds in the 2nd step were faster than those in the 1st step. There was a significant positive correlation between the step length and running speed in the 2nd step ($r = 0.508, p < 0.05$) while no significant correlation was observed between the step frequency and running speed in the 2nd step. The step length and running speed in the 2nd step showed significant positive correlations with the step width in the 1st step ($r = 0.516, p < 0.05$; $r = 0.561, p < 0.05$, respectively). In conclusion, the increase of running speed in the 2nd step is the result of step length increase rather than step frequency in the 2nd step, and it is suggested that the step width in the 1st step contributed to the increase of step length in the 2nd step.

Keywords: running speed, step length, step frequency, step width

平成21年11月20日 原稿受理

^{*}大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科准教授

^{**}大阪体育大学大学院 スポーツ科学研究科博士後期課程

^{***}大阪体育大学 体育学部健康・スポーツマネジメント学科教授

^{****}大阪体育大学 体育学部スポーツ教育学科教授

1. 緒 言

日本の指導の現場では、「テニス」は「手ニス」ではなく「足ニス」であるという言葉がしばしば使われる。これは巧みにフットワークを使うことで、適切な打点に入って安定したショットを打ったり、ストロークの威力を増大させたりするなど、フットワークがストローク動作の技術向上のために重要であることを意味する。したがって、フットワークについて詳しく調べることは、ストローク動作の技術向上の一助となると考えられる。しかしながら、これほど指導の現場でフットワークが重要視されているにも関わらず、その指導の根拠となるメカニズムについて調べた研究は少ない。

グラウンドストローク中のフットワークに着目した研究として、井上ら（1986）は使用するフットワークの種類によってコート中央に戻る時間の違いを調べた。また、梅林ら（2003）はコート中央に戻る時の走速度とフィールドテスト結果との相関関係を明らかにしようとした。これらの研究はいずれもフットワーク中の走速度（時間）に着目しただけで、素早く移動するための動作メカニズムについて詳しく調べていない。

日本の指導者の多くは、打球後、コート中央へ戻る時のフットワークに感心を持つ傾向が強い。また、先行研究を見ても、打球後のフットワークに着目した研究がほとんどである。しかしながら、まず相手から打ち返されたボールに追いつかない限り、打球後、コート中央へ戻ってきても無駄である。ボールに素早く追いつくことができると、適切な打点に入るための時間的な余裕ができたり、また今まで届かなかったボールを打ち返せるようになったりするなど、ポイントを取るチャンスが増える。しかし、指導の現場では、素早く走る方法について具体的に指導されることはなく、これまで素早く走るためのフットワークについて調べた研究も見当たらない。

そこで本研究では、試合中のテニス選手の走速度、ストライド、ピッチ、そして歩隔の変化を調べ、グラウンドストローク中の素早くボールに追いつくためのフットワークのメカニズムを明らかにしようとした。

2. 方 法

被験者はAIG JAPAN OPEN 2006に出場した世界ランキング1位の選手を含む男子プロテニス選手17名（身長： $1.85 \pm 0.07\text{m}$ 、体質量： $79.2 \pm 5.6\text{kg}$ ）で、全員右利きであった。センターコートのネットに向かって右側最上階にホームビデオカメラ（SONY社製）1台を設置し（図1）、グラウンドストローク中の選手の動きが十分に取れるように画角を調整

した後、カメラが動かないように固定した。そして、試合開始から終了までの選手の動きを60fps (シャッタースピード:1/1000秒)で撮影し続けた。分析の対象とした試技は、フォアサイド (ネットに向かって右側) へ打たれたボールをセンターマーク付近から素早く追いかけた時の動作であった。

得られた画像をもとに、選手の接地時のつま先の座標を動作分析ソフトを用いて読み取り、2次元のDirect Linear Transformation法を用いてテニスコート上に定義したX-Y座標系へ変換した。なお、選手の正面にもビデオカメラ1台を設置

し、そのカメラから得られた映像を選手のつま先が接地していた瞬間を判断するための補助として使用した。本研究で用いた座標系はセンターマークを原点とし、ネットに向かって右側 (ベースラインに平行) にX軸の正を、ネット方向 (サイドラインに平行) へY軸の正をとった (図1)。2次元座標値算出における実測値と推定値との平均誤差はX軸で $5.1 \pm 4.3\text{mm}$ 、Y軸で $3.1 \pm 2.4\text{mm}$ であった。

本研究では、得られたつま先の座標から走方向に対して前後方向の歩幅であるストライドと、走方向に対して左右方向への歩幅である歩隔を求めた。陸上競技では走方向が決まっているため、単純につま先とつま先を結んだ線分の走方向に対して水平成分の長さをストライド、垂直成分の長さを歩隔として定義できる (図2a)。しかしながら、テニスでは1歩ごとに走方向が変わるため、次のような方法でストライドと歩隔を算出した。つまり、1歩目と2歩目のつま先を結んだ線分の中点と、2歩目と3歩目のつま先を結んだ線分の中点を結ぶ線を走方向と定義し、つま先とつま先を結んだ線分の走方向に対して水平成分の長さをストライド、垂直成分の長さを歩隔とした (図2b)。それ以降も1歩ごとに走方向を定義し直して、1歩ごとにストライドと歩隔を算出した。ピッチは1秒あたりの歩数で求めたが、スタート直後の走速度は等速でないため、つま先の離地から離地までの時間と、接地から接地までの時間は異なる。そこで本研究では、離地から離地までの時間と接地から接地までの時間の平均値からピッチを算出した。本研究では身体重心から走速度を求めることができなかつたので、走速度をストライドとピッチの積から算出した。したがって、身体重心から求めた走速度とはやや異なる可能性がある。なお、本研究で定義し

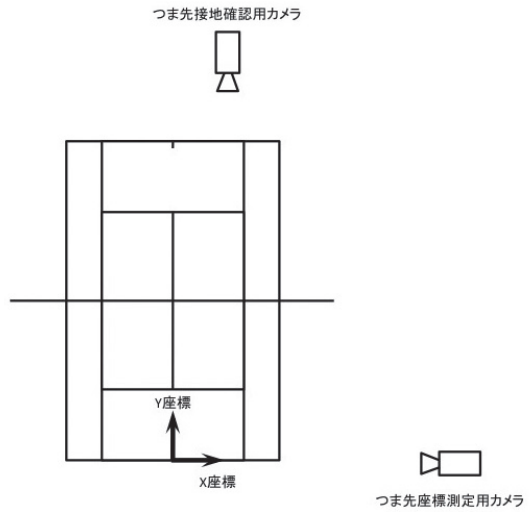


図1 実験風景

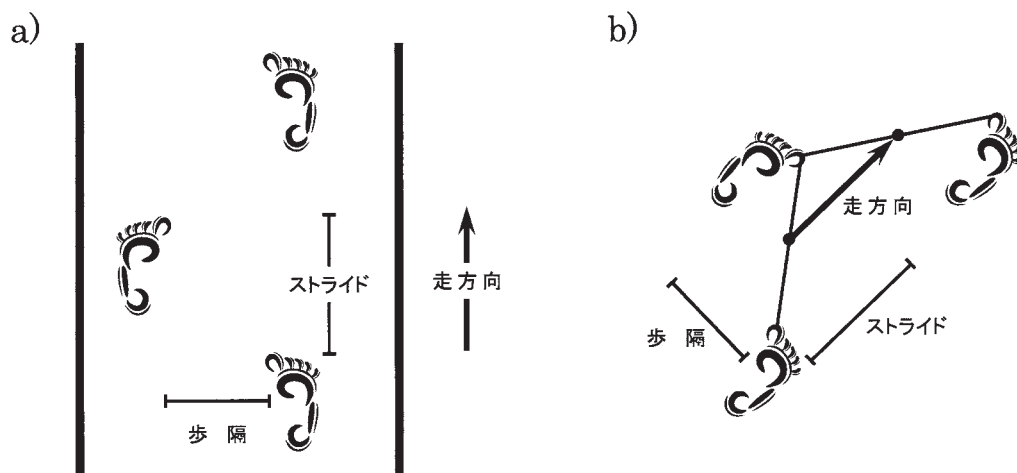


図2 ストライドと歩隔の定義
a) 陸上競技など走る方向が決まっている場合の定義方法, b) テニスのフットワーク時の定義方法

た「1歩目」とは、スプリットステップ（相手がボールを打つ瞬間に1度真上に跳び上がり、地面に着地した時の反動を利用して次の動作への反応を高めるためのステップ）後、右足の前を通過して左足を進行方向へ踏む出した時のステップであり、「2歩目」とは、その後、右足を進行方向へ出した時のステップを指している。

3. 結果

図3は本研究で分析対象とした全153試技のボールを打つまでにかかった歩数の割合を示している。つまり、ボールを追いかけ始めてから打つまでにかかった歩数が2歩だったもの（以下、「2stp」とする）は135試技（88.3%）、3歩だったもの（以下、「3stp」とする）は6試技（3.9%）、そして4歩だったもの（以下、「4stp」とする）は12試技（7.8%）であった。つまり、センターマーク付近からボールを追う場合、ほとんど2歩でボールに追いついていた。ま

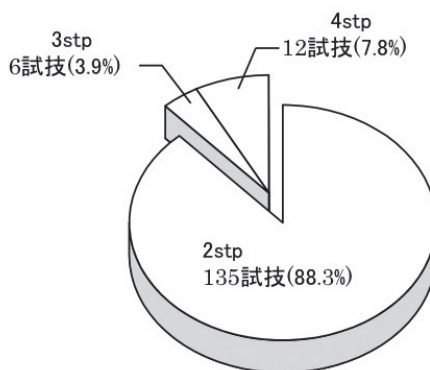


図3 ボールを打つまでにかかった歩数の割合

た、2stpについては全被験者で観察されたが、3stpに関しては5人、4stpについてはたった4人にしか見られなかった。そこで本研究では2stpに焦点を当てて、全被験者の2stpの内、2歩目の走速度が最も大きかった試技について結果を説明する。

本研究では、全被験者の2歩目の走速度から平均値を求め、その平均値よりも走速度の高い被験者を上位群（9名）、低い被験者を下位群（8名）と定義し、両群の比較を行った。図4は上位群と下位群の走速度

の平均値を表している。走速度は上位群下位群ともに1歩目よりも2歩目の方が大きかった。また、1歩目の走速度は上位群下位群ともにほぼ同じであったが、2歩目の走速度は上位群の方が約1.1m/s大きかった。なお、2歩目の走速度が最も高かった選手は世界ランキング第7位であり、次いで元世界ランキング第4位の選手、そして世界ランキング第1の選手へと続いた。また、その他の選手においても世界ランキングの高い選手ほど2歩目の走速度が高いという傾向が見られた。

各被験者の2歩目の走速度と1歩目、2歩目のストライド、ピッチ、歩隔との相関関係を調べた（図5）。その結果、2歩目の走速度と2歩目のストライド、1歩目の歩隔との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた（ $r = 0.508, p < 0.05$; $r = 0.561, p < 0.05$ ）。また、2歩目のストライドと1歩目の歩隔との関係について調べたところ、2つの間に有意な正の相関関係が見られた（ $r = 0.516, p < 0.05$; 図6）。

走速度 (m/s)

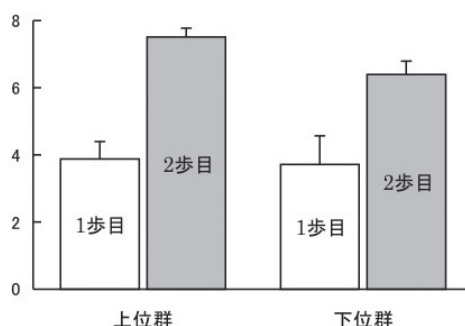


図4 2stp時の上位群と下位群における1歩目と2歩目の走速度の平均値

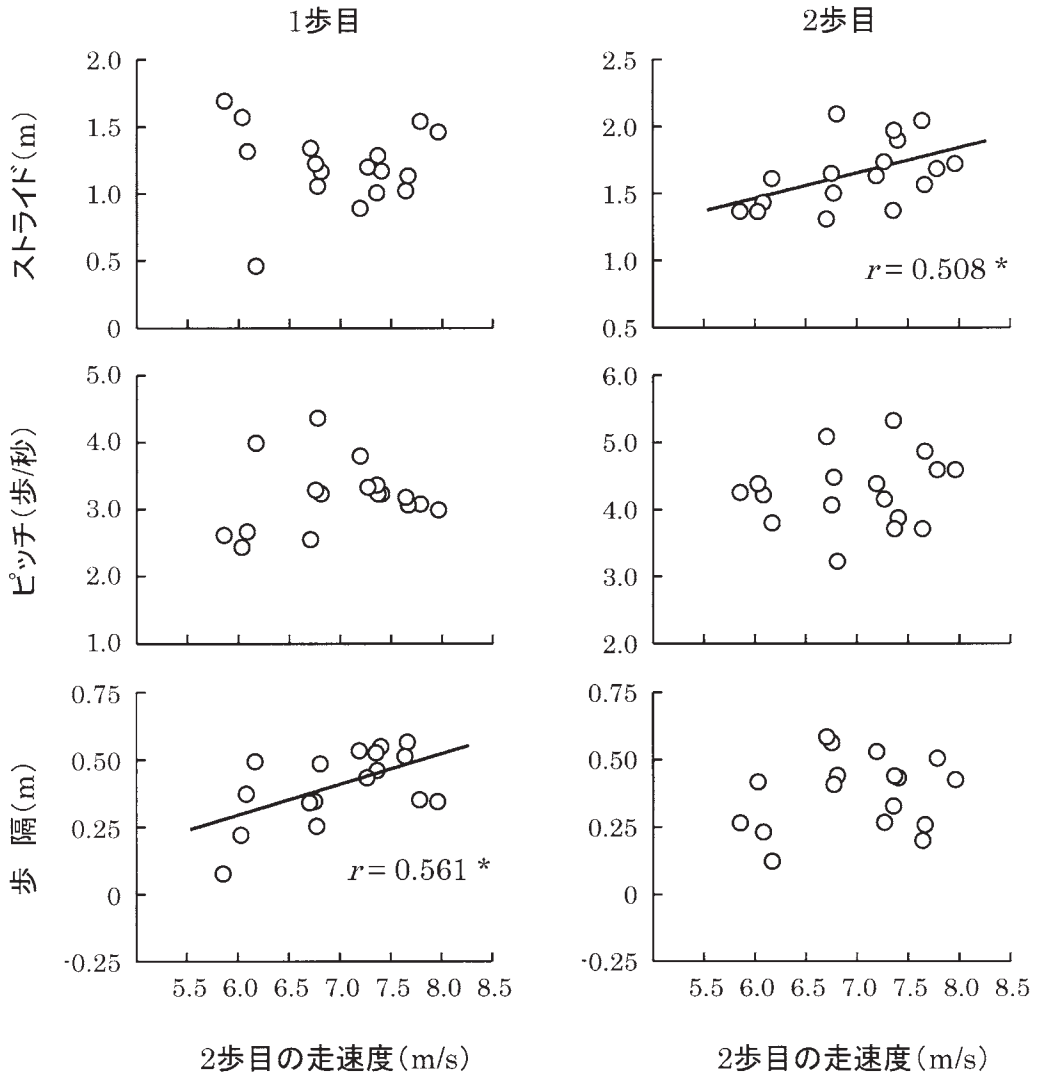


図5 2歩目の走速度と、1歩目、2歩目のストライド、ピッチ、歩隔との関係 * $p < 0.05$

4. 考 察

本研究では、フォアサイドへ打たれたボールをセンターマーク付近から素早く追いかけた場合、ほとんど2歩でボールに追いつていることが明らかとなった(図3)。テニスコートのセンターマークからシングルスラインまでの距離は約4.12mであるが、全被験者の移動距離(0歩目から2歩目までの直線距離)の平均値は約3.0mであった。つまり、2歩目の接地点から腕を伸ばせば、2歩でテニスコート半分を十分にカバーできることが示唆

される。また、3stp, 4stpの移動距離の平均値はそれぞれ約4.5mと5.2mであったが、3stp, 4stpのほとんどがネットに向かってやや右斜め後方に移動しながらボールを追いかける試技であったため、2stpよりも1歩ないしは2歩多く必要だったのかも知れない。

本研究では、上位群下位群ともに1歩目よりも2歩目の方が走速度は大きく(図4)、世界ランキングの高い選手ほど2歩目の走速度が高い傾向が見られた。

上位群の2歩目の走速度は約7.5m/sであったが、この速度は世界一流男子陸上短距離選手の100m走時の4歩目から5歩目の走速度に相当する(伊藤と貴嶋, 2006)。100m走では静止した状態からスタートするのに対し、テニスの場合はスプリットステップをしてからスタートするので、一概に比較することはできないが、世界一流テニス選手が陸上短距離選手に匹敵するほど短時間でより急激に加速できる能力を持っていることが明らかとなった。

伊藤と貴嶋(2006)は世界一流の男子陸上短距離選手を対象に、100m走時のスタート1歩目から中間疾走までの走速度、ストライド、ピッチ、歩隔の変化を調べた。そして、スタート後、ストライドは歩数が進むにつれて有意に増加するが、ピッチはほとんど変化しなかったことから、スタート後の走速度の増加はストライドの増加によるものであると報告している。本研究では2歩目の走速度と、1歩目、2歩目のストライド、ピッチとの相関関係を調べたところ、2歩目のストライドとの間にのみ有意な正の相関関係が認められた(図5)。つまり、2歩目の走速度を高めるためには、2歩目のストライドをより大きくする必要があることが示唆される。テニスの指導の現場では、ボールを追いかける場合、足を細かく動かすこと、つまりピッチを高めて1歩で届くところでも2歩、3歩かけて行くことがしばしば指導されるが、素早くボールを追いかける場合には、本研究の結果からピッチよりもストライドを大きくするように指導することの方が望ましいと考えられる。

また、伊藤と貴嶋(2006)は100m走時の歩隔に関して、1歩目の歩隔が最も大きく、歩数が進むにつれて減少していくと報告している。また、歩隔を広くする目的として、1)キック脚の接地時の膝関節角度を脚伸展力が最も高まる120°付近にすること、2)股関節

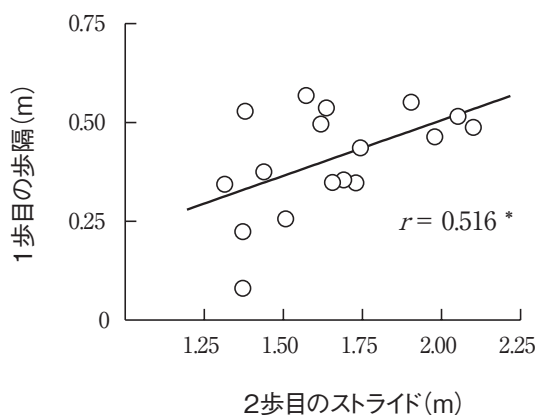


図6 2歩目のストライドと1歩目の歩隔との関係 * $p < 0.05$

によるキック力の発揮に大殿筋だけではなく中殿筋を加えること、そして3) 股関節で発揮されたキック力を地面に伝える過程で膝に横方向の力がかかるが、その力を靭帯などの関節の構造によって受け止めることで、膝関節伸展筋群の負担を軽くすることであると言及している。本研究では、1歩目の歩隔が大きい選手ほど2歩目のストライドが大きく(図6)、また、2歩目の走速度も大きいという結果が得られた(図5)。さらに、加速度を意味する2歩目の走速度と1歩目の走速度との差と、1歩目の歩隔との関係を調べたところ、高い有意な正の相関関係が見られた($r = 0.884, p < 0.001$; 図7)。つまり、テニスのグランドストロークにおいても、100m走と同様に1歩目の歩隔を広げることによって、より大きなキック力を生み出して2歩目のストライドを伸ばし、その結果、2歩目の走速度を急激に高めていることが示唆された。以上のことから、1歩目は2歩目のための準備であり、1歩目のステップ位置が最終的には最高速度の増加につながると考えられた。

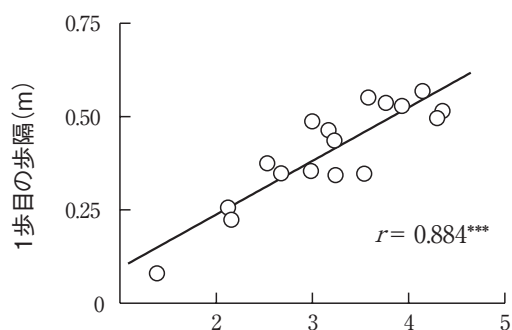


図7 2歩目の走速度と1歩目の走速度との差と、1歩目の歩隔との関係 *** $p < 0.001$

謝 辞

本研究は日本テニス協会の協力を得て行われた。ここに付記すると共に感謝の意を表す。

参考文献

- 井上直子, 岡部洋, 内田英二, 江口淳一, 上村浩信, 宮崎義憲 [1986] 『体力科学』 第35巻6号, pp.402。
- 伊藤章, 貴嶋孝太 [2006] 『陸上競技研究紀要』 第2巻2号, pp.1-4。
- 梅林薫, 佐藤陽治, 井上直子 [2003] 『日本体育学会第54回大会号』 pp.466。