

技能レベルの違いから見た テニスのフットワークの空間制御の比較

亀谷 亮輔*, 宇津 亮太*, 進矢 正宏*, 小田 伸午*

The comparison of spatial control of tennis footwork
in relation to the difference in players' skill level.

Ryosuke KAMETANI*, Ryota UZU*, Masahiro SHINYA*, Shingo ODA*

Abstract

The purpose of this study was to compare the difference in spatial control of tennis footwork in relation to the difference of players' skill level. Intermediate (N=5) and novice (N=4) male tennis players volunteered to take part in this study. Subjects hit a ball ejected from a ball machine with a forehand groundstroke toward straight as fast as possible. At impact, some subjects used open stance, the others used closed stance. Intermediates hit a ball closer to the net and at a higher position than novices. The ball speeds for intermediates were higher than those of novices and intermediates made fewer mistakes than novices. Intermediates using closed stance showed lower standard deviations of the last two foot placements than novices. The significant correlations between an impact position and the last two or three foot placements were observed in intermediates. On the other hand, the significant correlation was found only between an impact position and the last foot placement in novices. These results indicated that intermediates were able to anticipate an impact position earlier and more accurately than novices, and intermediates adjusted their footwork based on their spatiotemporal anticipation.

I. 緒 言

テニスは相手やボールの位置、スピードなど、絶えず変化する外的な状況に対応しなければならないオープンスキル型のスポーツである（日本テニス協会, 2005）。テニスにおいて、ストロークの正確性を高めるには、インパクト前後のラケットワークも重要であるが、そのラケットワークを実現するためには、飛んでくるボールに対して、適切なタイミングで適切な位置に到達するためのフットワークも重要である。テニス

のトレーニング教本 (Shönborn R, 2007) はフットワークに問題があるプロテニス選手はいないと述べている。このように、優れたフットワークはテニスにおいて必要不可欠なものであると考えられている。しかしながら、インパクトを迎えるまでのフットワークに関して詳細に研究したものは少ない。

テニスにおけるフットワークは、相手が放ったボールの軌道を見てインパクトの時間的及び空間的予測をもとに行うと考えられる。Runigo ら (2005) は、テニス上級者は移動する物体に対して、タイミングを一致

* 京都大学大学院人間・環境学研究科
Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University
Yoshida-nihonmatsu-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

させる能力が優れていると述べている。また、Morenoら(2005)によると、テニス経験者は初心者に比べ、ボールのバウンド位置の予測がより早い段階でできていることが分かっている。これらの先行研究から、テニスでは技能レベルが高いプレーヤーほど、飛来してくるボールの位置に関する時間的及び空間的予測能力が優れていると言える。したがって、テニスのフットワークがインパクト位置に関する時空間的予測能力を必要とすることを考えると、技能レベルの違いがフットワークに表れるはずである。すなわち、技能レベルが高いプレーヤーほど、より早く正確にインパクト位置を予測することができ、その結果、より早い段階でインパクト位置に応じたフットワークを行うことが可能になると推察される。さらに、視覚情報を適切に利用して、正確に予測できることで、ばらつきの少ない安定したフットワークを行うことが可能になると考えられる。

本研究は、技能レベルの違いから見たテニスコート上でのフットワークの空間制御の比較を行うことを目的とした。テニスにおけるフットワークはボールを打つための移動手段なので、ボールを打つ目的と切り離して、フットワーク単独で考えることはできない。したがって、実際にボールを打つ状況下でのフットワークを調べる必要がある。また、FarrowとAbernethy(2003)はテニスのサーブの方向を予測する課題におい

て、ラケットを持ち身体の移動を伴う実動作で反応した場合、キー押しや口頭による反応と比較して、技能レベルの違いによる予測能力の差がより顕著に結果に現れたと報告している。そこで、本研究では、実際の現場に極めて近い状況を再現するためにテニスコート上で、実際の試合でグラウンドストロークのラリーが続いたときの動きを想定して実験を行った。

II. 方法

1 被験者

被験者は硬式テニスの中級者と初級者の2群の計9名からなり、硬式テニスの経験年数が5年以上の中級者群(ID 1~5)が5名(男性、年齢 22 ± 1.2 才(平均 \pm 標準偏差)、身長 170.3 ± 4.7 cm、体重 59.6 ± 2.1 kg、硬式テニス経験年数 6.2 ± 1.3 年)、経験年数が2年未満の初級者群(ID 6~9)が4名(男性、年齢 19.5 ± 0.6 才、身長 172.3 ± 4.2 cm、体重 59.3 ± 2.2 kg、硬式テニス経験年数 0.75 ± 0.5 年)であった(表1)。また、すべての被験者は右利きであった。被験者には実験前に十分な説明をし、実験の参加に対する承諾を得た。

2 実験器具

実験は砂入り人工芝コート上でを行い、ラケット、シューズは被験者各自のものを使用した。被験者の左右の第一中足骨頭の2カ所にテニスシューズの上から

表1 各被験者の身体的特徴、及び経験年数とスタンスの種類

レベル	被験者ID	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	経験年数(年)	スタンス(試行数)
中級	1	23	170	62	6	オープン(10)
	2	22	163	57	5	オープン(10)
	3	22	174	58	7	クローズド(5) オープン(5)
	4	20	170	60	8	クローズド(9)
	5	23	175	61	5	クローズド(9)
初級	6	20	174	58	1.5	オープン(10)
	7	19	174	60	0.5	クローズド(9)
	8	20	175	57	0.5	クローズド(9)
	9	19	166	62	0.5	オープン(10)

反射マーカを貼付した。

被験者の左前方、左後方、右前方、右後方よりデジタルビデオカメラ4台（NV-GS500-S、NV-GS320-S、VDR-D310-S、NV-MX5000：全て松下電器産業社製）

で被験者の動作を撮影し、さらに右側方より高速度カメラ（HSV-500c³：NAC Image Technology 社製）でインパクト位置およびボールマシーンから放たれたボールのバウンド位置を撮影した（図1）。5台のカメラは

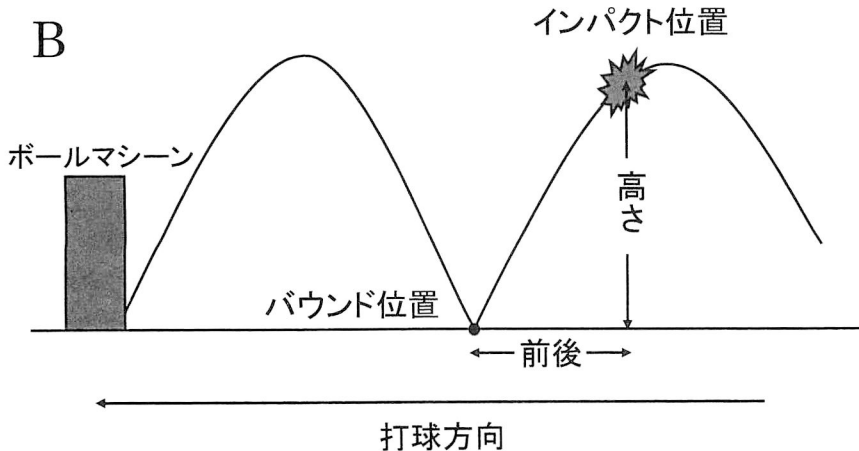
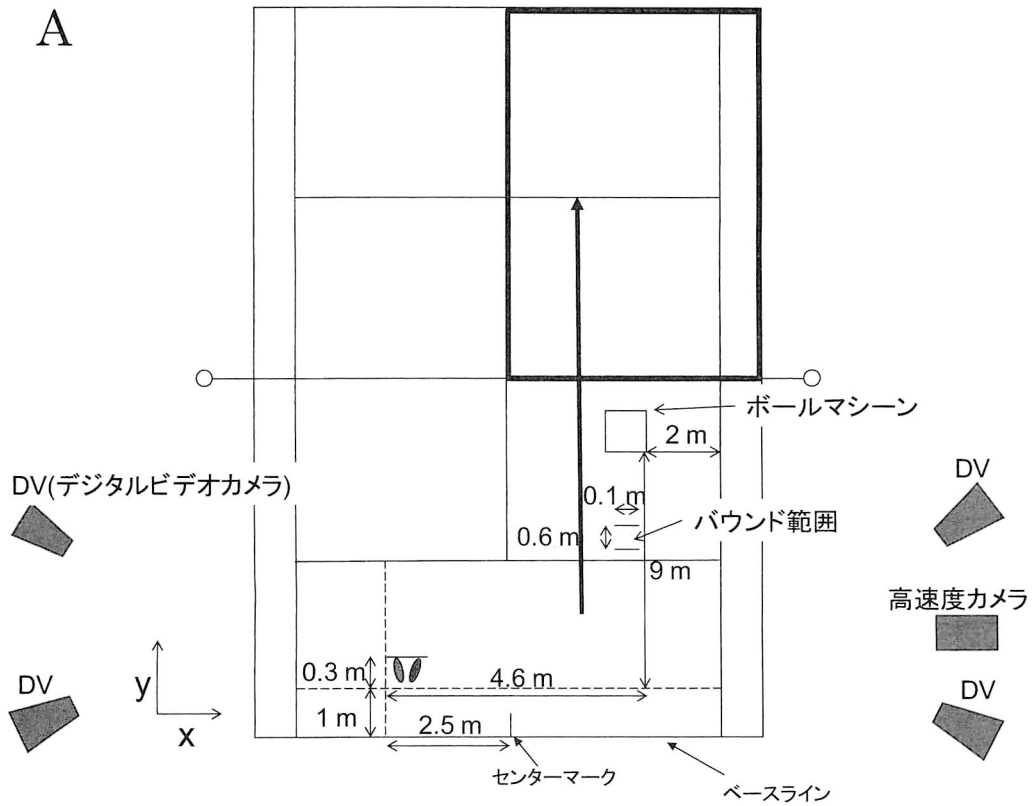


図1 A：実験概要図（太線はストレート方向を示す）、B：インパクト位置の前後、高さ

ボールの落下をもとに同期化した。デジタルビデオカメラは4台全て毎秒60フィールド、高速度カメラは毎秒500フィールドで撮影し、シャッタースピードはデジタルビデオカメラが8000Hz、高速度カメラは5000～10000Hzの範囲内で天候によって調節した。

3 実験手順

被験者は右手でラケットを持ち、図1Aのようにセンターマークよりネットに向かって左側2.5m、ベースラインの前方1.3mの位置に両足のつま先をそろえて、肩幅程度に足を開いた状態で準備した。次に、前方9m、右側方4.6mの位置に設置されたボールマシーン(TENNIS社製)からボール(St. JAMES:DUNLOP社製)が放たれるまで静止立位状態で待った。そして、ボールマシーンからボールが放たれてから移動を開始し、ボールが1回バウンドした後に、ストレート方向(図1A)に向けてフォアハンドのグラウンドストロークで打った。被験者にはストレート方向にできるだけ速い球を打ち、打った後にできるだけ早くセンターマークのポジションに戻るよう教示した。

ストレート方向にボールが落下した試行のみを成功試行として採用し、ネットにかかった試行、アウトした試行、クロス方向に落下した試行はミス試行とした。ボールマシーンから放たれたボールに関しては、前後0.6m、左右0.1mの範囲(図1A)を設定し、その範囲内でバウンドした試行のみを採用した。データ欠損により1名の被験者については、10試行のうち9試行のデータを分析に用いた。

被験者が実験状況に慣れるまで、最低5試行の練習試行を行った。本試行は、成功試行が10試行に達するまで行い、5試行1セットとし、1セットごとに休憩をはさみ、計2セット行った。

4 データ分析

撮影した画像をパーソナルコンピュータに取り込んだ後、ビデオ動作解析システム(FrameDIAS II:DKH社製)を用いて座標を算出した。4台のデジタルビデオカメラによって撮影された画像においては移動開始からインパクトまでを分析区間とし、被験者に貼られた左右のつま先のマーカーをデジタル化した。あらかじめ撮影しておいたキャリブレーションポイント(18点)を較正点とし、較正点の画像上の座標と較正点間

の実際の距離から、3次元DLT法を用いて3次元座標系を構築し、左右のつま先の座標を算出した。1台の高速度カメラによって撮影された画像ではボールマシーンから放たれた後にバウンドした時のボールとインパクト時のボールとをデジタル化した。あらかじめ撮影しておいたキャリブレーションポイント(48点)を較正点とし、較正点の画像上の座標と較正点間の実際の距離から、2次元DLT法を用いて2次元座標系を構築し、ボールの座標を算出した。

なお、左右のつま先とボールのいずれの座標に関しても、ネットに平行かつ被験者から見て右をx軸の正、ネットに垂直かつベースラインからネットに向う方向をy軸の正、鉛直上向きをz軸の正とした(図1A)。

5 測定項目

撮影された画像から被験者が地面に着地した時刻を決定し、着地時の各マーカーの座標を算出した。被験者の右側方の高速度カメラにより撮影された画像より、インパクト時とインパクト36ms後のボールをデジタル化することでボール速度を算出した。また、インパクト時のボールのy座標及びz座標を算出した。さらに9名中5名については、右側方の高速度カメラの画像より、ボールマシーンから放たれたボールの1回目のバウンド位置のy座標を算出した。残り4名については、デジタルビデオカメラ及び高速度カメラの画像にバウンド位置が写っていなかったため、バウンド前後の区間のボールをデジタル化することで、バウンド前とバウンド後のそれぞれのボールの軌道を2次曲線で近似し、2つの2次曲線の交点をバウンド位置として算出した。

本研究では、ボールマシーンの性質上、放たれるボールのバウンドの前後位置が試行によって異なった。その結果、インパクト位置も異なっていた。そこで、インパクト時のボールのy座標、各ステップにおける着地位置のx座標及びy座標はバウンド位置を原点とした座標から算出したものを用いた。また、インパクト位置のずれにフットワークがどれだけ対応できたのかを中級者と初級者で比較するために、インパクト位置を基準とした各ステップの着地位置のx座標及びy座標のSD(標準偏差)を算出した。中級者群・初級者

群のSDは各被験者で求めたSDをそれぞれの群内で平均したものをを用いた。

本研究では、ボールマシーンから放たれたボールのバウンド位置のx座標が0.1m(ボール約1個分)の範囲を越えた試行を除外することで、分析対象の試行のボール軌道のx座標は常に一定の値を示すものとした。したがって、インパクト位置と着地位置の間の相関関係に関する分析はx座標については行わず、y座標に関してのみ行った。

6 スタンスによる分類

本研究においては、ボールを打つ際の足のスタンスは中級者群及び初級者群の両群において、クローズドスタンスとオープンスタンスの2種類がみられたので、テニス指導教本(日本テニス協会, 2005)の定義に基づいて各被験者の最後の足の着地位置からスタンスを分類し、その分類ごとに各結果を比較した。テニス指導教本の定義によると右利きの選手であれば、クローズドスタンスとは、右足を軸足とし、左足を打球方向へさらに踏み出し、左足が右足よりも前方に置かれたスタンスのことを指す。オープンスタンスとは、クローズドスタンスに対して、左足が右足よりも後方に置かれたスタンスのことを指す。本研究においては、インパクト前の最後に着地した足が右足であればオープンスタンス、左足であればクローズドスタンスになっていた。

スタンスによる分類の他に、ステップの順序も考慮したところ、中級者1名、初級者2名の計3名において10試行中1試行のみ、他の9試行とは異なる順序でステップを行っていたので、この3名に関しては9試行を分析対象とした。

クローズドスタンス及びオープンスタンスのどちらのスタンスにおいても、被験者によって、スタートしてからインパクトするまで交互にステップができていなかった。そのため、ステップに関しては全ての被験者において共通であった最初の2歩(右足→左足)とクローズドスタンスの場合は最後の3歩(左足→右足→左足)、オープンスタンスの場合は最後の2歩(左足→右足)を比較対象とした。

したがって、分析対象とした試行は初級者、中級者ともにサイドステップから歩行や歩行からサイドス

テップなどステップの変更は認められず、単一な移動様式をとり、同一のステップ順序だった。

7 統計処理

ミスした試行数、球速、インパクト位置、各ステップの着地位置のSDは対応のないt検定により群間の差を検討した。

インパクト位置と着地位置の被験者内相関及びインパクト時のボールの高さとミスした試行数の被験者間相関を検討するために、Pearsonの積率相関係数を算出した。各検定とも、有意水準は5%とした。統計解析にはSPSS統計パッケージ(SPSS for Windows 12.0J)を用いた。

Ⅲ. 結果

1 スタンス

9名の被験者のうち8名では、全試行で同一のスタンスを用いていたが、中級者の1名に関しては10試行中5試行ずつ2種類のスタンス(オープン・クローズド)を用いていた。各被験者が用いたスタンスは表1に示した。

2 ミスした試行数、球速、インパクト位置

ミスした試行数、バウンド位置からインパクト位置までのy軸方向の距離は中級者が初級者と比較して有意に小さい値を示し(表2)、球速、インパクト時のボールの高さにおいては、中級者は初級者と比較して有意に大きい値を示した(表2)。

3 着地位置のばらつき

図2Aにクローズドスタンス、図2Bにオープンスタンスを用いた被験者の着地位置及びつま先が描いた軌跡の典型例を示した。

以下にスタンスごとの結果を示す。

3.1 クローズドスタンス

インパクト位置を原点とした各ステップの着地位置のx座標のSDにおいて、中級者と初級者の間で有意な差はみられなかった(x座標1歩目; $p = 0.51$, 2歩目; $p = 0.41$, 最終歩の2歩前; $p = 0.14$, 最終歩の1歩前; $p = 0.42$, 最終歩; $p = 0.89$)。y座標のSDにおいては、最終歩の1歩前と最終歩で、中級者が初級者と比較して有意に小さい値を示した(図3; 1歩目; p

表2 被験者の試行数、球速、インパクト位置

レベル	全試行数(ミス)		球速(km/h)	Imp_H(cm)	Imp_y(cm)
中級	14	(4 ± 2)	108 ± 7 *	119 ± 7 *	192 ± 13
初級	20	(10 ± 4) *	95 ± 9	92 ± 10	230 ± 11 *

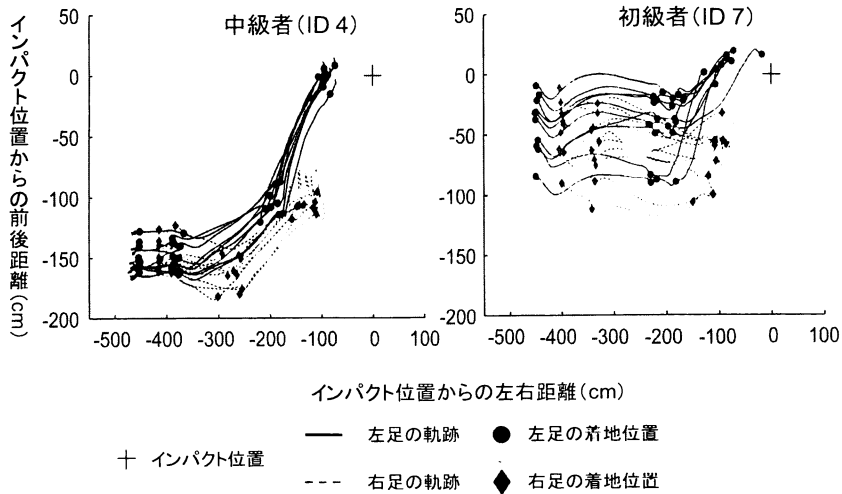
Imp_H: インパクト時のボールの高さ(cm)

Imp_y: バウンド位置とインパクト位置のy座標間の距離(cm)

球速、Imp_H、Imp_yは成功10試行の平均値

* p < 0.05

A クローズドスタンス



B オープンスタンス

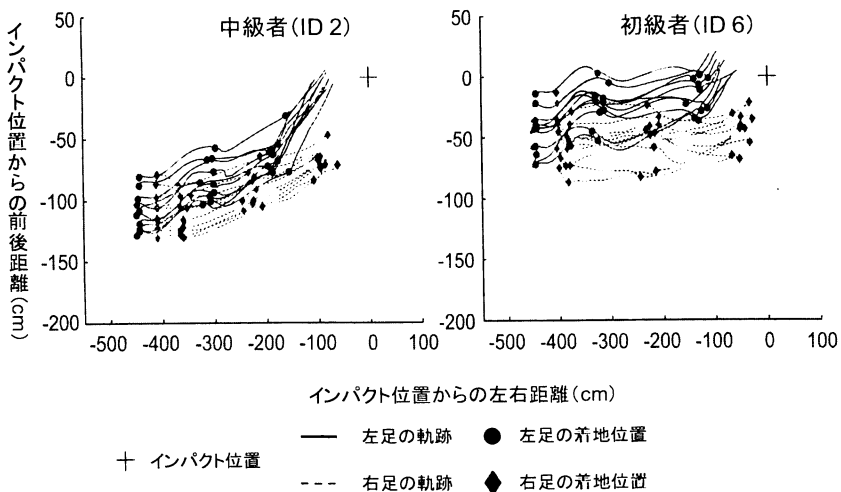


図2 着地位置及びつま先の軌跡

図は各スタンスの中級者、初級者各1名ずつの被験者の全試行をプロットしたものである。

注：各試行でインパクト位置が異なったため、各試行のインパクト位置を座標の原点として各足の着地位置及びつま先が描いた軌跡を示す。

= 0.77, 2 歩目 ; p = 0.66, 最終歩の 2 歩前 ; p = 0.36, 最終歩の 1 歩前 ; p < 0.01, 中級者 : 7.4±1.8cm, 初級者 : 22.1±2.6cm, 最終歩 ; p < 0.05, 中級者 : 7.1±1.3cm, 初級者 : 11.9±1.5cm)。

3.2 オープンスタンス

インパクト位置を原点とした各ステップの着地位置の x 座標の SD において、全てのステップについて、中級者と初級者の間に有意な差はみられなかった (x 座標 1 歩目 ; p = 0.55, 2 歩目 ; p = 0.57, 最終歩の 1 歩前 ; p = 0.52, 最終歩 ; p = 0.64)。y 座標の SD においても、すべてのステップについて、中級者と初級者の間に有意な差はみられなかった (図 3 ; 1 歩目 ; p = 0.50, 2 歩目 ; p = 0.49, 最終歩の 1 歩前 ; p = 0.84, 最

終歩 ; p = 0.97)。

4 インパクト位置と着地位置の相関

以下にスタンスごとの結果を示す。

4.1 クローズドスタンス

中級者

ID 3 及び 4 については、最後の 2 歩 (最終歩の 1 歩前と最終歩)、ID 5 については、最後の 3 歩 (最終歩の 2 歩前と最終歩の 1 歩前と最終歩) においてインパクト位置と着地位置の間に有意な正の相関関係がみられた (表 3)。

初級者

ID 7 については最終歩、ID 8 については最後の 3 歩 (最終歩の 2 歩前と最終歩の 1 歩前と最終歩) にお

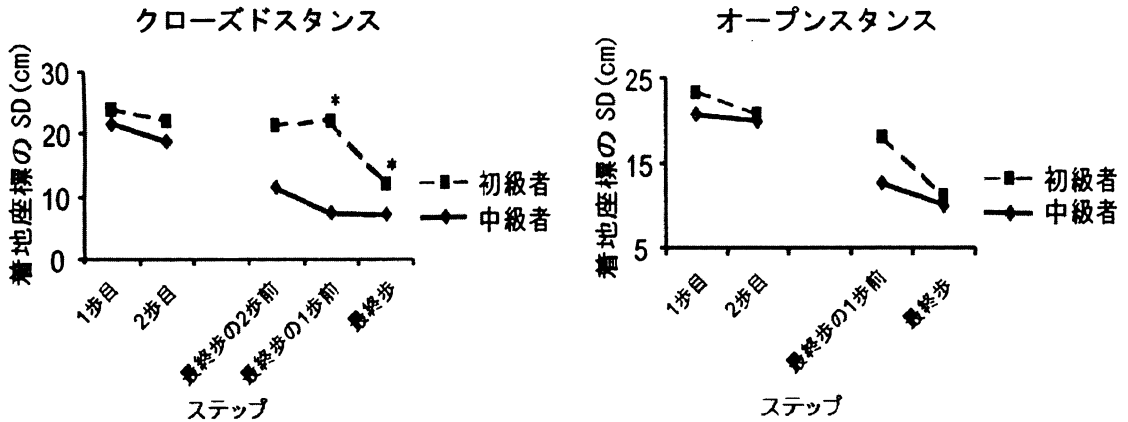


図 3 着地位置の前後方向のばらつき
前後方向は y 座標を表し、ばらつきは SD を表す。
* p < 0.05

表 3 インパクト位置と着地位置の被験者内相関

スタンス	レベル	ID(試行数)	相関係数								
			1歩目	2歩目	3歩目	最終歩の2歩前	最終歩の1歩前	最終歩			
クローズド	中級	3(5)	-0.204	0.335	0.667	0.871	0.946	*	0.951	*	
		4(9)	-0.273	0.209	0.163	0.419	0.835	**	0.740	*	
	初級	5(9)	-0.115	0.306	0.513	0.898	**	0.956	**	0.971	**
		7(9)	-0.509	-0.010	—	0.053	0.455	—	0.846	**	
オープン	中級	8(9)	0.047	0.477	0.638	0.681	*	0.698	*	0.898	**
		1(10)	-0.088	0.076	—	0.718	*	0.667	*	0.726	*
	初級	2(10)	0.535	0.375	—	0.532	0.571	—	0.852	**	
		3(5)	0.670	0.597	—	0.826	0.975	**	0.982	**	
		6(10)	0.252	0.310	—	0.244	0.582	—	0.643	*	
9(10)	-0.135	0.337	—	—	0.155	—	0.809	**			

* p < 0.05, ** p < 0.01

いて、インパクト位置と着地位置の間に有意な正の相関関係がみられた(表3)。

4.2 オープンスタンス

中級者

ID 1については最後の3歩(最終歩の2歩前と最終歩の1歩前と最終歩)、ID 2については最終歩、ID 3は最後の2歩(最終歩の1歩前と最終歩)においてインパクト位置と着地位置の間に有意な正の相関関係がみられた(表3)。

初級者

ID 6、ID 9については最終歩においてのみ、インパクト位置と着地位置の間に有意な正の相関関係がみられた(表3)。

5 インパクト時のボールの高さとミスした試行数の被験者間相関

9名の被験者間において、インパクト時のボールの高さとミスした試行数の間に有意な負の相関関係がみられた($r = -0.741$, $p < 0.05$)。すなわち、インパクト時のボールの高さが高いほど、ミスが少ないことが明らかになった。

IV. 考 察

1 技能レベルの違い

10試行成功するまでにミスした試行数は中級者が初級者と比較して有意に少なく、球速は、中級者が初級者と比較して有意に速かったことから、今回の被験者の2群分けは技能レベルの違いを反映したものであったと考えられる。

2 インパクト位置とストロークパフォーマンスの関係

インパクト時のボールの高さについては、クローズドスタンスを用いた中級者で平均118cm、オープンスタンスを用いた中級者では平均119cmを示し、いずれのスタンスを用いた被験者においてもネットの高さ(ストレート方向における高さ)約100cmよりも約20cm高かった。それに対して、クローズドスタンスを用いた初級者では平均81cm、オープンスタンスを用いた初級者で平均98cmを示し、ネットの高さより低かった。さらに、中級者は初級者に比べ、バウンド位置からインパクト位置までの距離が短かった(図1B

を参照)。すなわち、中級者はバウンドの頂点付近、初級者はバウンドの頂点を過ぎた位置でインパクトしていた。

インパクト時のボールの高さとミスした試行数の間に有意な負の相関関係がみられたことから、高い位置でボールを打つことは低い位置で打つことと比較して、コートに入る確率が高いと考えられる。一方、ネットより低い位置で打つ場合はドライブ回転をかけて上方に打ち上げる必要がある。浅野ら(2007)の報告によると、ドライブ回転をかけて打つ場合、フラットに打つ場合に比べ、初心者では速度が40～50%減少し、上級者においても10%程度速度が減少する。したがって、できるだけ速い球を打つという本研究の課題に対して、今回の中級者はネットに近く、かつ高いインパクト位置で打つことで、球速の低下をもたらさないストラテジーをとったものと思われる。

3 スタンス

中級者群、初級者群ともにクローズドスタンス・オープンスタンスの2種類のスタンスを用いる被験者に約半数ずつ分かれた。移動し始めてから打つまでに時間的な余裕がなければ、どの被験者も広範囲なコートカバーリングに対応でき、ストローク動作に要する時間が短いオープンスタンス(日本テニス協会, 2005)を用いると考えられる。しかし、本研究においては、ボールマシーンからボールが放たれて、打つまでの時間が約2秒(移動距離は約4.5m)と比較的時間的な余裕があった。それゆえ、クローズドスタンス・オープンスタンスのどちらのスタンスを用いても打つことができ、被験者は各自の得意とするスタンスを選択して打っていたものと考えられる。

4 インパクト位置の予測能力の差異

本研究では、ボールマシンの性質上、放たれるボールのバウンドの前後位置が試行によって異なった。その結果、インパクト位置も異なっていた。そこで、インパクト位置のずれにフットワークがどれだけ対応できたのかを中級者と初級者で比較するために、インパクト位置を揃えたうえで、着地位置のばらつきの大さを調べた。すなわち、本研究は同じインパクト位置でボールを打つ際のフットワークの再現性を調べたのではなく、インパクト位置の前後に応じて、フットワー

クの前後位置もずらしているかどうかを検討した。その結果、足の着地位置のばらつきは、オープンスタンスでは、中級者と初級者の間で有意な差はなかった。一方、クローズドスタンスでは、最後の2歩のy座標のばらつきが中級者は初級者と比較して有意に小さかった。CrespoとMiley(1999)はテニスのコーチ教本の中で、最後から2番目のステップで理想的な位置に届くようにするべきであると記述しており、本研究の結果と一致する。走幅跳の助走においては、視覚情報を用いた運動制御によって、最後の5歩または6歩から着地位置のばらつきは小さくなる(Hay, 1988; Scott et al., 1997)。走幅跳の助走もテニスのフットワークも目標到達地点に向けて移動するという点で共通であると考えられるので、テニスのフットワークにおいても視覚情報を用いた運動制御を行っていると考えられる。また、初級者では4名中3名において、インパクト位置と着地位置の間に正の相関関係がみられたのは最終歩のみであった。一方、中級者では5名中4名で、最後の2歩または3歩において、インパクト位置と着地位置の間に正の相関関係がみられた。ボールマシーンから発射されたボールのバウンド位置を予測する能力と球技経験の関わりを調査したMorenoら(2005)は、球技経験者は球技非経験者と比較して、ボールが発射されてから早い段階でボールの軌道の予測ができると報告している。小田ら(1994)は野球のバッティングにおいて、競技レベルが高い選手は低い選手に比べ、飛んでくるボールの高さとバットのグリップの高さの間により早い段階で正の相関関係がみられることを報告した。また、クリケットにおいては、上級者は初級者に比べ、より早い段階のボールの情報から、打つために足を前後のどちらに動かすのかを判断することができていたという報告もみられる(Muller and Abernethy, 2006)。これらの先行研究を踏まえると、本研究では中級者は初級者と比較して、早く正確にインパクト位置を予測し、その予測に対応した時空間制御を巧みに行うことによって、ばらつきの小さい安定したフットワークを早い段階で行っていたと推察される。

V. 結論

本研究の目的は、技能レベルの違いから見たテニスのフットワークの空間制御の比較することであった。そのために、テニスコートを用いて、テニス経験年数の違いをもとに分けた2群の被験者間で、フォアハンドのグラウンドストロークを打つ際のフットワークを比較した。

その結果、以下の3点が示された。

(1) 中級者は初級者と比較して、ネットに近くかつ高い位置でインパクトしていた。また、中級者は初級者と比較して、高い球速と高い成功率を得ていた。

(2) 中級者は初級者と比較して、インパクト位置に関して正確な予測ができ、ばらつきの小さい安定したフットワークを行っていた。

(3) 中級者は初級者と比較して、インパクト位置と着地位置の間の正の相関関係がより早い段階でのステップで見られた。

以上の結果より、中級者は初級者と比較して、より早い段階でインパクト位置を予測し、その予測に基づいてフットワークを調整し、ばらつきの小さい安定したフットワークを行っていたことが示唆された。

VI. 参考文献

- 1) 浅野敏郎、佐藤邦彦、浜野博行、原肇(2007) テニス・スウィングの解析と定量評価。精密工学会誌, 73 (2), 281-285.
- 2) Crespo, M., Miley, D. (1999) ITF Advanced Coaches Manual Vol.1 ~より優れたコーチングを目指して~. 小浦武志 監修 佐藤政廣 訳。(財)日本テニス協会, pp142-150.
- 3) Farrow, D., Abernethy, B. (2003) Do expertise and the degree of perception-action coupling affect natural anticipatory performance? Perception, 32, 1127-1139.
- 4) Hay, J.G. (1988) Approach strategies in the long jump. International Journal of Sport Biomechanics, 4, 114-129.
- 5) Moreno, F.J., Luis, V., Salgado, F., Garcia, J.A.,

- Reina, R. (2005) Visual Behavior and Perception of trajectories of moving objects with visual occlusion. *Perceptual and Motor Skills*, 101, 13-20.
- 6) Muller, S., Abernethy, B. (2006) Batting with occluded vision: An in situ examination of the information pick-up and interceptive skills of high- and low-skilled cricket batsman. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 446-458.
- 7) 日本テニス協会編. 新版 テニス指導教本 大修館書店 2005.
- 8) 小田伸午、森谷敏夫、田口貞善 (1994) 身体重心移動からみた野球の打撃における時間的調節. *京都体育学研究*, 9, 1-10.
- 9) Runigo, C.L., Benguigui, N., Bardy, B.G. (2005) Perception-action coupling and expertise in interceptive actions. *Human Movement Science*, 24, 429-445.
- 10) Scott, M.A., Li, F-X. & Davids, K. (1997) Expertise and the regulation of gait in the long jump approach phase. *Journal of Sport Science*, 15, 597-605.
- 11) Shönborn R. (2007) ショーンボーンのテニストレーニングBOOK 初心者からトップクラスまでのテニス成功への道. (財)日本テニス協会監訳, ベースボールマガジン社, pp38-39.

(2008年10月17日受付、2009年6月5日受理)