

Standing position からの 横方向への各種スタート動作についての力学的評価

内藤法永 桜井伸二

Biomechanical evaluation of various starting methods
to sideward direction from standing position

Norihisa NAITO and Shinji SAKURAI

Abstract

The purpose of this study was to clarify the effectiveness of various starting method to sideward direction from standing position necessary for "Open Skill Sports" such as tennis and american football. Seven male "open skill sports" players were served as subjects in this study. They were asked to start from standing position to left direction as soon as a light signal in front of them turned on. The time from the signal to the goal which was 2 m apart from the starting position was measured. Four types of starting method were compared biomechanically, namely

1. Starting without any suggexrions nor directions. (Free Start : FS)
2. Starting with sideward thrust of the right leg to the starting direction (Side Thrust : ST)
3. Starting with changing step of a right leg in opposite direction to the start first (Kick Back : KB).
4. Starting with crossover of a right leg in front of the left leg. (Crossover :CO)

The result obtained in this study were as follows.

- a) The fastest starting method was a CO in the mean value (and SD) at the measurement time 1.038s(\pm 0.05), while there were three subjects whose fastest method was KB.
- b) In average KB indicated the fastest speed of the body center of gravity, and it was a CO to have indicated the slowest value.
- c) The forced in sideward direction was the largest for KB start, which could give favorable effect on the quick movement.

1. はじめに

様々なスポーツに対するひとつの分類法として、Poulton, E.C. (1957) は、運動遂行中の環境

を予想しうる程度に着目し、競技環境の安定性と予測性により、変化が少なく安定し予測が可能な環境下で遂行されるスポーツを“クローズドスキル”、競技環境が絶えず変化し、不安定

で予測不可能な中で行うスポーツを“オープンスキル”と呼んだ。体操や水泳、陸上競技などが前者に含まれ、後者にはサッカーなどの球技、格闘技などが含まれる。オープンスキルの競技の特性として、絶えず変化する環境下で選手はその状況に応じて縦、横、斜めとさまざまな方向に素早く移動する能力が必要とされる。その中でも左右方向への移動はテニスやサッカー、アメリカンフットボールなどのディフェンス、野球の守備や盗塁などの局面を例にとると、相手選手やボール、ベースなどの目標物に追いつくことができるか否かによってその後のゲーム展開に大きく影響するため特に重要であると考えられる。いずれのスポーツにおいてもこれらの多くの局面で選手は両足を肩幅程度に開き上体をやや前傾させた構え、いわゆる“standing position”をとっていることが多い。

過去の研究においては、陸上競技のスプリントなどのスタート動作の研究のように直進方向へのスタート動作に対しての研究はたくさん行われてきているのに対し、standing positionからの左右へのスタート動作についての研究はほとんどされておらず、そのためいくつかのスタート動作そのものの優劣についてもあまり明らかではない。例えば野球の盗塁における良いスタート動作についての指導書の記述はばらばらである。功力(1999)が「投球動作の開始と同時にクロスオーバーで発進する。」とするのに対し、高橋(2000)は「投球だと思ったら右足に重心を移し始め、左足で蹴る」という方法を推奨している。また実際に日本のプロ野球選手の盗塁の映像を見た限りでは、クロスオーバーではなく右足を体側に引き体を2塁ベース方向に正対させながらスタートをしている選手もいれば、左足で体を押し出しながら右足で1歩目を踏み出している選手もおり、いくつかのバリエーションがあるように思える。同じように左右への素早い動きが必要となるテニスのレシーブの構えからのスタートに関して堀内(1999)は「近い打球にはサイドステップ、遠い打球にはクロスステップ(クロスオーバー)を使う。」とされている。スポーツの種目の違いがあると

しても、そのスタート方法に関しては理論も違えば実際に行われている動作も違うのである。その動作の間には足の運びから、始動の順番、地面の蹴り方などによって様々な方法があり、それらに伴う身体重心の加速様相や、状況を把握してから動作に移すまでの反応時間、結果としての移動速度にも違いがあると思われる。

よって本研究の目的は、オープンスキルスポーツの局面において必要とされる standing position からの横方向への各種のスタート動作について、どの方法が最も速く動くのに有効であるのか明らかにすることである。

2. 方法

A. 対象とするスタート動作、構え

本研究では、静止して構えた姿勢からシグナルの点灯に反応して被験者の左方向へ全力でスタートする動作を対象とし、以下の4つの方法をaから順に行わせた。

- a. 何も意識せずに本人の思うままに行うスタート(フリースタート)
- b. 進行方向にある足(今回は左足)から踏み出すスタート(サイドスラスト)
- c. 進行方向に対し逆側の足(今回は右足)で一度踏み直して体を進行方向に押し出すスタート(キックバック)
- d. 一歩目に進行方向に対して逆側の足(右足)を体の前を横切るようにクロスオーバーさせるスタート(クロスオーバー)

構えについては多くのオープンスキルスポーツ選手の姿勢を参考にし、試技の際の両足の幅を被験者の身長(cm)×0.33で定めた。下肢関節の角度、手の位置等については特に規定しなかったが、なるべく速くスタートできるようにやや前傾した構えをとらせた。

B. 被験者

球技スポーツ経験者7名を対象とした。サッカーボールを蹴るのに得意な側の足を質問し、答えた側の足を利き足とした。被験者の身体特性、実験時の足幅、利き脚、競技歴を(表1)に

表1 被験者の身体的特徴、競技歴 実験時の足幅

被験者	年齢 (years)	身長 (cm)	体重 (kg)	足幅 (cm)	利き脚	競技歴
SK	27	184.0	80.7	60.8	右	アメリカンフットボール、野球
GM	28	174.1	86.1	57.4	右	バスケットボール、アメリカンフットボール
YN	24	180.2	75.9	59.4	右	野球
KO	19	171.0	71.1	58.8	右	野球
TU	19	178.0	87.5	56.4	右	野球
SS	25	174.3	64.6	58.7	両	野球
YS	23	177.8	71.2	57.7	右	野球
平均	23.6	177.1	76.7			
SD	3.6	4.3	8.5			

示した。

また分析に必要となる身体各部の空間座標値を求めるために、両つま先（靴の先端）、両外踝、両大腿骨外側上踝、両大転子、両肩峰、両肘関節、両手関節、両中手骨、胸骨上縁、両耳珠点、頭頂の計20カ所にマーカーを付けた。

C. 実験手順

被験者には前もって本実験の主旨と方法に関する注意事項を説明した。

被験者は自身の運動用シューズを履き、マーカーを付けた後に2枚のフォースプレートの上で正面を向いて構え、スタートのシグナル点灯後にフォースプレートの中心より被験者の左方向に3m離れた位置に設置したゲートを全力疾走で走り抜けた。試技間の休息時間は被験者に任せ、スタート方法が変わる時は技術確認も含めて長めの休息を取らせた。スタートシグナル点灯の前に動き出したり、スタート方法を間違えたりするなどしてスムーズにスタートできない被験者もいたので、各スタート動作ごとに成功試技を5回記録するまで試技を続けた。成功試技の中から、シグナル点灯時からゲートを通過するまでの時間が最も短い試技を分析対象とした。

D. データ収集

本実験の様子、空間座標定義を図1に示し

た。

1) 映像撮影

3台のCCDビデオカメラ（Victor社製 TK-C 1380）を計測範囲のすべてをカバーするように設置し、同期システム（ディケイエイチ社製 PH-1520）を用いてカメラ映像を同期させた。カメラの設置位置は被験者の正面、右斜め後ろ、左斜め後ろである。サンプリング周波数60 Hz、シャッタースピード1/2000秒で撮影した。

2) 地面反力の測定

2台のフォースプレート（Kisler社製 type 9865B）を用い、サンプリング周波数1000 Hzでスタート時における地面反力を計測した。決められた足幅に合わせられるようにマジックペンでマークし、プレート同士の境目に足幅の1/2の値がくるようにして被験者が構えた時につま先のマーカーの中心をその幅に合わせた。

3) 映像データと地面反力の同期

カメラによる映像データとフォースプレートの計測データの同期、フォースプレートの計測開始のトリガーおよび被験者の試技開始のスタートシグナル点灯のためにLED型シンクロナイザ（ディケイエイチ社製 PTS-110）を用いた。またスイッチによる発光が3台のカメラの画像内に映るようにLEDを取り付けた。

4) キャリブレーション

アルミ製の棒に30cm四方のプラスチック製の板4枚を取り付けたキャリブレーション棒を

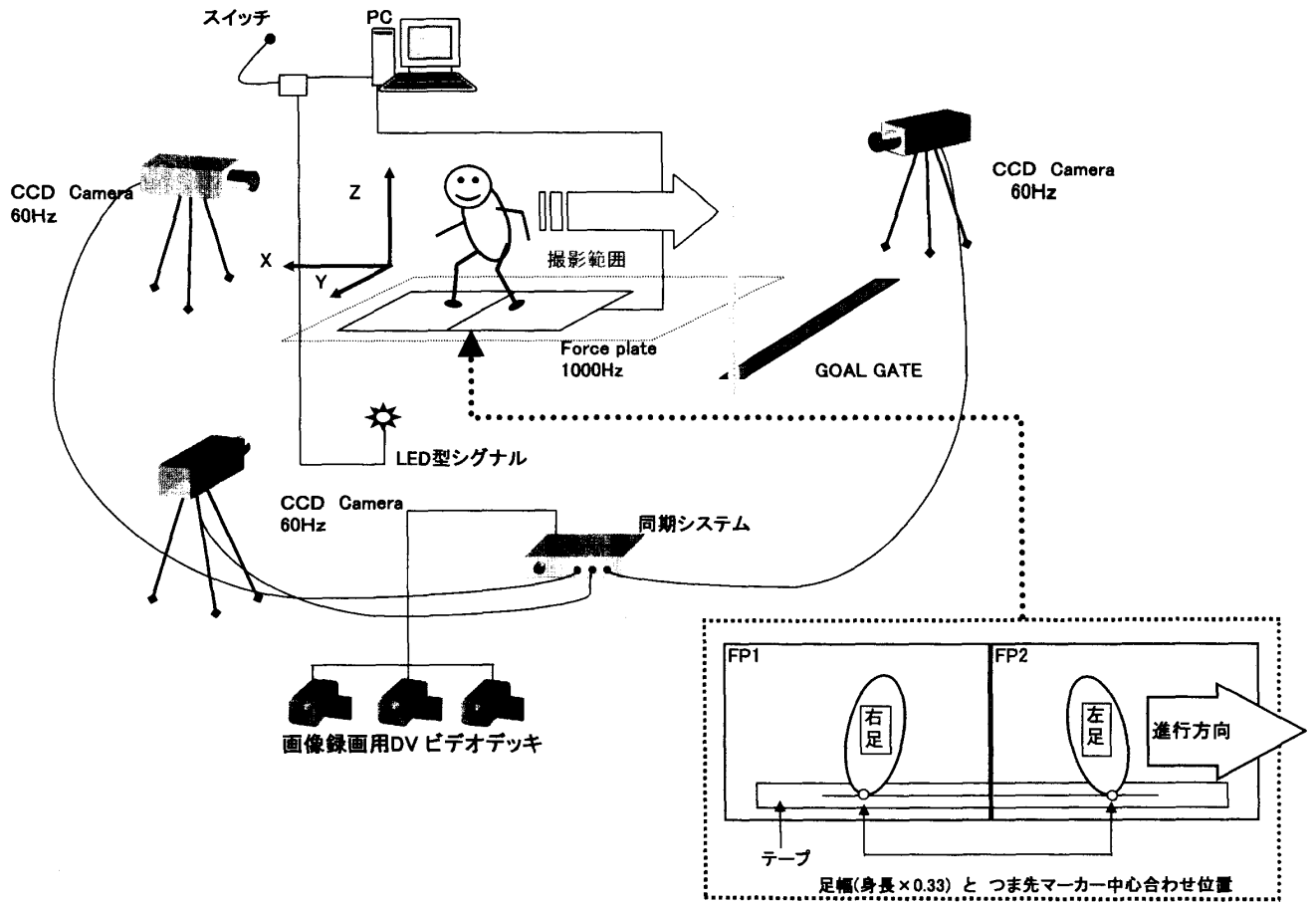


図1 実験風景模式図

用意し、試技の測定範囲を含む計20カ所に垂直に立て3次元分析のためのコントロールポイントとした。カメラは試技の撮影時の状況を維持したままこれらのコントロールポイントを撮影した。空間座標成分の定義は2台のフォースプレートを中心を原点とし進行方向を(-X)、被験者の前でスタートシグナルがある方向を(+Y)、鉛直上向きの方向を(+Z)とした。キャリブレーション範囲は $X = -1003 \sim 2108$ mm、 $Y = -983 \sim 318$ mm、 $Z = 0 \sim 1850$ mmであった。

E. データ分析

1) 身体各部の3次元座標値

撮影した3台のカメラによる映像データは、ビデオデッキ (Victor 社製) を通して3次元ビデオ動作解析システム“Frame-DIASII (ディケイエイチ社製)”に取り込み、画面上に撮り

込んだビデオ映像を映し、頭頂、両耳珠点の中心、胸骨上縁、両肩峰、両肘関節中心、両手関節中心、両中手骨、両大転子、両膝関節中心、両足関節中心、両つま先、両母趾球、両踵の計23カ所を手動でデジタイズし、3次元映像解析法 (DLT法) により身体各部の3次元座標を求めた。2台以上のカメラで撮影できなかったなどの理由で求めることができなかったポイントの空間座標に対しては、同システム内の3次のスプライン関数を用いて座標値を補間した。得られた座標値は3点移動平均法のフィルターにより平滑化した。

2) 身体重心座標算出

デジタイズした23点の位置座標から阿江ら (1992) の身体部分慣性係数を用いて被験者の身体重心の座標を算出した。スタートシグナルが発光した時点の身体重心座標を原点として、

座標値の水平方向における X 変位が 2 m を超えた時点をゴールタイムとした。また同様に身体重心の X 方向の速度 (m/s)、加速度 (m/s²) の変化とその最大値計測時点、シグナル点灯から実際に動き出すまでの動作開始時間を求めた。なお 2 m 通過時点の差をより明らかにするために、60 Hz で得られた座標解析値に線形補間プログラム (池上, 2004) を使って解析値の 2 倍にあたる 120 Hz 分のデータを得た。

3) 動作開始時間、力の作用時間、力積

2 台のフォースプレートからの地面反力データは合算して両足にかかる力の合計を求めた。シグナル後 (計測開始後) 進行方向の地面反力成分 (Fx 成分) が 10 N を上回るまでの時間を動作開始時間とした。また力の作用の終了時点は地面反力が 10 N を下回った時点とした。それを基準として力の作用時間や X 方向の力積 (Ns) などを求めた。

4) 統計処理

統計処理ソフト SPSS12.0 により一元配置分析を用いて、有意水準を 0.05 以下とし、各変量の有意差を求めた。

3. 結果

身体重心の座標空間における X 成分の変位、同成分における身体重心速度、フォースプレートによる進行方向の地面反力成分 (Fx) のデータの一例として被験者 KO のフリースタートの場合について図 2 に示す。この KO が意識せずに行っていたスタート動作はキックバックをしながら左足を体側に引くという動きを素早く行うというものだった。

1) 2 m 地点通過時間

被験者ごとの 4 方法別の 2 m 地点通過時間を表 2 に示した。本来なら有効桁数は小数点第二位までだが、今回は短い試技時間の中での数的な差を表すために第三位までを表示している。

身体重心の X 成分における変位の 2 m 地点の通過時間の平均値はフリースタートが 1.041 s ± 0.054 で、サイドステップで 1.055 s ± 0.031

であった。またキックバックが 1.061 s ± 0.043 で、クロスオーバーは 1.038 s ± 0.050 であった。各方法間に統計的な有意な差はみられなかった。平均値を見れば最も良い計測値を出したのはクロスオーバーであり被験者 SK と被験者 GM、被験者 SS の 3 名が個人内で 4 つの方法のうち最も良い値を出している。キックバックを用いて個人内で最もよい値を示したのは被験者 YN と被験者 TU、被験者 YN の 3 人で、全体

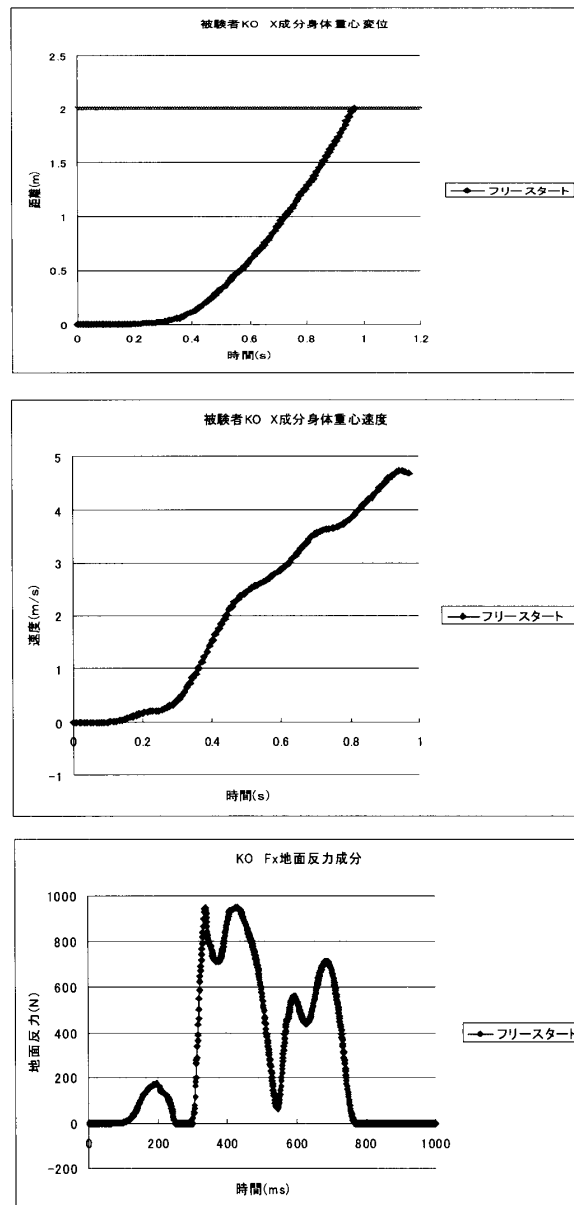


図 2 被験者 KO の身体重心の空間座標 X 成分における変位、速度およびフォースプレートの進行方向への地面反力 (Fx) のグラフ

表2 被験者別 身体重心座標変位 2 m 通過時間[s]

被験者	フリースタート	サイドスラスト	キックバック	クロスオーバー
SK	1.027	1.044	1.068	<u>1.011</u>
GM	1.035	1.085	1.126	<u>1.019</u>
YN	1.035	1.068	<u>1.011</u>	1.093
KO	<u>0.970</u>	1.011	1.052	1.027
TU	1.150	1.101	<u>1.035</u>	1.109
SS	1.027	1.044	1.109	<u>0.961</u>
YM	1.044	1.035	<u>1.027</u>	1.044
平均	1.041	1.055	1.061	<u>1.038</u>
SD	0.054	0.031	0.043	0.050

下線部は最高計測値を示す。

表3 2 m 通過時の身体重心速度[m/s]

被験者	フリースタート	サイドスラスト	キックバック	クロスオーバー
SK	4.13	4.40	<u>4.63</u>	4.23
GM	4.08	3.93	<u>4.10</u>	4.09
YN	4.42	4.51	<u>4.57</u>	4.09
KO	<u>4.69</u>	4.56	4.42	4.19
TU	4.51	4.37	<u>4.67</u>	4.38
SS	3.98	4.16	4.42	<u>4.51</u>
YM	4.27	4.31	4.13	<u>4.36</u>
平均	4.30	4.32	<u>4.42</u>	4.26
SD	0.26	0.22	0.23	0.16

表4 2 m 通過時までの身体重心最大速度[m/s]

被験者	フリースタート	サイドスラスト	キックバック	クロスオーバー
SK	4.30	4.40	<u>4.63</u>	4.35
GM	4.10	3.93	<u>4.10</u>	4.09
YN	4.42	4.51	<u>4.57</u>	4.10
KO	<u>4.73</u>	4.64	4.65	4.19
TU	4.51	4.37	<u>4.78</u>	4.38
SS	4.00	4.24	4.42	<u>4.51</u>
YM	4.27	4.31	4.18	<u>4.36</u>
平均	4.33	4.34	<u>4.48</u>	4.28
SD	0.25	0.23	0.25	0.16

下線部は最高計測値を示す。

の平均でみても2番目に速かった。しかしキックバック以外の方法で最高値を残した者は全員とも最も値が低いのはキックバックだった。フリースタートで最高値を出したのは被験者KOだけで、サイドスラストで記録した者はいなかった。

2) 2 m 地点通過時身体重心速度、最大速度

2 m 地点通過時の身体重心速度の結果について表3に示した。

2 m 地点通過時における身体重心速度の平均値についてはキックバックが $4.42 \text{ m/s} \pm 0.23$

と最も速く、クロスオーバーで $4.26 \text{ m/s} \pm 0.16$ と最も遅かったが有意な差は見られなかった。ステップによる速度の増減があるため測定範囲内の速度最大値を求め表4に示した。また最大身体重心速度についても数値の違いは多少見られたが、キックバックが最も速く、クロスオーバーが最も遅いという平均的な傾向は2 m 地点通過時のものと同様であった。またクロスオーバーの速度曲線については、急激な速度変化はなく緩やかなものではあるが、変化し始める時間が早いのが見てとれた。それに対しキックバックで最も速い値を示した被験者の曲

表5 動作開始時間[s]

被験者	フリースタート	サイドスラスト	キックバック (キックバック後)	クロスオーバー
SK	0.101	0.134	0.172 (0.316)	0.121
GM	0.146	0.150	0.195 (0.342)	0.121
YN	0.137	0.144	0.140 (0.302)	0.128
KO	0.109	0.125	0.154 (0.345)	0.124
TU	0.185	0.149	0.138 (0.382)	0.108
SS	0.145	0.139	0.132 (0.348)	0.085
YM	0.118	0.156	0.131 (0.304)	0.132
平均	0.134	0.142	0.172 (0.334)	0.117
SD	0.028	0.011	0.067 (0.029)	0.016

表6 スタート時、フォースプレートにかかった力の作用時間[s]

被験者	フリースタート	サイドスラスト	キックバック	クロスオーバー
SK	0.665	0.729	0.558	0.648
GM	0.628	0.670	0.613	0.611
YN	0.696	0.752	0.686	0.734
KO	0.654	0.725	0.687	0.667
TU	0.716	0.753	0.750	0.794
SS	0.615	0.620	0.747	0.648
YM	0.664	0.701	0.658	0.627
平均	0.663	0.707	0.671	0.676
SD	0.035	0.048	0.069	0.065

線を見ると、同じ方法で最低値を示した者と同様に、ほかの方法に比べ速度変化開始の時間がやや遅れているのが見分けられた。しかし最高値を示した者はその速度変化の時間が最低値の者のそれよりも短かった。またその後の曲線の立ち上がりの大きさから結果的に短い時間の間に大きな速度を得ていることが分かる。

3) 動作開始時間、力積時間、力積、身体重心最大加速度およびその計測時点

シグナル点灯から動作に移り始めるまでの動作開始時間の様子を表5に示した。クロスオー

バーが平均で $0.117 \text{ s} \pm 0.016$ と最も速く、キックバックが $0.1723 \text{ s} \pm 0.067$ と一番遅く、この方法間には有意な差が見られた ($p < 0.05$)。フォースプレートからの足の離地の早さを反映すると考えられる進行方向に対しての力 (F_x) の作用時間についてはフリースタートが最も短く、平均で $0.663 \pm 0.035 \text{ s}$ で力積は平均で $977.2 \pm 65.1 \text{ Ns}$ を示した。また最も作用時間が長かったのがサイドスラストで平均 $0.707 \text{ s} \pm 0.048$ を示し、力積は $1091.5 \pm 154.9 \text{ Ns}$ だったがともに有意な差は見られなかった (表6, 7)。地面反力による力の立ち上がり曲線

表7 フォースプレートに作用した $-F_x$ (進行方向) 地面反力成分 力積 [Ns]

被験者	フリースタート	サイドスラスト	キックバック (キックバック後)	クロスオーバー
SK	981	1205	1181 (1181)	982
GM	934	956	800 (799)	862
YN	1091	1242	1213 (1211)	1091
KO	1017	1187	1064 (1061)	836
TU	962	1147	1081 (1064)	1016
SS	883	812	979 (967)	1054
YM	972	1092	897 (890)	829
平均	977	1091	1031 (999)	953
SD	65	155	149 (146)	109

表8 最大加速度 [m/s^2] およびその計測時点 [s]

被験者	フリースタート (計測時点)	サイドスラスト (計測時点)	キックバック (計測時点)	クロスオーバー (計測時点)				
SK	9.20	0.94	8.49	0.75	<u>11.13</u>	0.48	9.49	0.90
GM	9.69	0.39	9.73	0.42	<u>11.01</u>	0.42	10.30	0.39
YN	9.85	0.44	10.85	1.07	<u>14.31</u>	0.45	8.24	0.46
KO	12.47	0.39	10.87	0.44	<u>12.66</u>	0.48	10.02	0.63
TU	8.13	0.78	7.59	0.78	<u>12.65</u>	0.45	8.46	0.76
SS	8.65	0.40	9.79	0.40	<u>9.82</u>	0.49	9.49	0.37
YM	9.25	0.65	8.60	0.48	<u>11.80</u>	0.40	8.41	0.68
平均	9.61	0.57	9.42	0.62	<u>11.91</u>	0.45	9.20	0.60
SD	1.39	0.22	1.24	0.25	1.45	0.03	0.83	0.20

下線部は最高計測値を示す。

表9 フォースプレート Fx 成分最大値[N] およびその計測時点[s]

被験者	フリースタート (計測時点)	サイドスラスト (計測時点)	キックバック (計測時点)	クロスオーバー (計測時点)				
SK	636	0.458	651	0.541	<u>1219</u>	0.357	698	0.455
GM	965	0.434	886	0.479	<u>1058</u>	0.443	996	0.397
YN	602	0.756	707	0.535	<u>1069</u>	0.358	695	0.554
KO	949	0.425	754	0.493	<u>1030</u>	0.492	787	0.715
TU	851	0.530	757	0.558	<u>1216</u>	0.528	736	0.811
SS	612	0.446	552	0.703	<u>689</u>	0.485	654	0.414
YM	629	0.449	672	0.546	<u>884</u>	0.439	650	0.442
平均	749	0.500	711	0.551	<u>1024</u>	0.443	745	0.541
SD	166	0.118	104	0.073	187	0.066	120	0.162

下線部は最高計測値を示す。

を見てみると、緩やかに反力が生まれているクロスオーバーに対して、キックバックは反力が生まれるまでの時間こそ遅いが、キックすることによって大きな反力が生まれている傾向が認められた。身体重心加速度の最大値については、平均値の最も大きかった方法がキックバックで $11.91 \text{ m/s}^2 \pm 1.45$ を示し、最も小さかったのがクロスオーバーで $9.20 \text{ m/s}^2 \pm 0.83$ と、キックバックと全ての方法との間に有意な差が見られた ($p < 0.05$) (表8)。

計測時点についても前者は $0.454 \text{ s} \pm 0.034$ と最も早く、後者は3番目に遅い $0.600 \text{ s} \pm 0.202$ となった。キックバックは立ち上がり始める時間が他の方法に比べて遅いものの、大きな地面反力に比例してその後大きな加速度を得ていることがわかった (表9)。

4. 考察

本研究の目的は、どのスタート方法が最も速く目標物に追いつけるのか、移動できるのかを身体重心座標の変位時間等によって明らかにすることであった。今回の結果ではクロスオーバーで最も良い記録を出したものが3名、キックバックが3名と結果にばらつきが出た。しかしキックバック以外で最も良い記録をだした4名が、キックバックにおいて最も低い記録を出したことは、考察の余地が大いにあったと考えられる。

〈フリースタートについて〉

方法を指定せずに被験者の動きやすい動作で走らせたが、被験者全体を通じてその動きは一樣でなかった。被験者SK、YMはクロスオーバーの動作を無作為に使っていたのに対し被験者GMはキックバックを同じく無作為に行っていた。そのためGMはフリースタートでの試技は右足セグメントの重心点を進行方向とは逆に12 cmほど動かすステップを用いていたのに対し、キックバックの試技の際には右足のステップ位置が23 cmと大きくなっていった。これは方法を特別に意識することによる影響だと考えられる。被験者YNは唯一左足を進行方向に3 cmほど動かす方法をフリースタートでの試技で行っていた。被験者KOに関しては両足をその場で浮かすようにして左足を6 cmほど身体側に引き付けるように下げて右足を13 cmほど右方向に下げてキックバックのようにしており、この方法によるフリースタートで被験者KOは2 m通過時間や重心速度、加速度において他の方法よりも高い値を示した。被験者TUはキックバックを用いており、右足を7 cmほど引いてキックバックすることで身体を押し出していた。被験者SSは左足を一旦その場で大きく10 cm以上あげて地面を踏んでスタートしていた。進行方向への地面反力Fx成分が一旦進行方向と逆の方向を示しており、振り上げた左足が着地した際にそれが多少なりともブレーキをかける結果となっていた。

〈サイドスラスト〉

横方向へのスタートに対して進行方向側にある足で1歩目を踏み出すということは、逆の足で身体を押し出すという事とほぼ同じ意味を持つと考えられる。今回の身長×0.33という足幅も少なからず関係していると思うが、足の位置を保った状態から進行方向に対して逆足の押し出しだけではスムーズな重心移動によるスタートを切れない場合、押し出し足の移動に伴ってキックバックが行われているのではないと思われる。

〈キックバック〉

先行研究において G.A Kraan ら (2001) は今回の standing position からの前方へのスタートについて研究を行っている。その結果として二足立ちの状態での重心が支持面(足の裏)の真上にある時、その状態から前方へ素早く動き出そうとすると、多くの方は足を後ろに引いて地面を踏んでしまう。現にこの研究内において自由にスタートを行わせたところ、95%もの割合で後方へのキックバック動作を行っていたという報告がなされている。一見、進行方向とは逆の位置に足を踏み出すその動きは無駄のように見えるが、後ろに踏み出すことで前方への地面反力を得ることができる。またその足の運びに伴って上体の前傾が引き起こされ身体重心の位置が支持面より前になることで、地面からの反力をそのまま前方への推進力に変えることができる。また1歩目の足を前方に出すといった他のスタート方法よりパワーの値、力の作用した時間の短さからキックバックの有効性を報告していた。

本研究において、上記の研究の報告を参考にし、横方向へのスタートに対してもキックバック動作が有効といえるのかを考え、試技の方法の一つに加えた。その結果は前述のとおりキックバックが最も速い方法だったという者がいる一方、最も遅い者もいるというように個人差のあるものだった。横方向へのキックバックを行う場合、構えた状態において身体と地面との支持面となり、またスタート時に身体を押し出す役割を持つ足(今回は右足)は、身体重心より

も進行方向に対し逆側にある。そのため身体を進行方向に押し出すために一度足を踏みかえることは、既に押し出すことのできる位置にある足を踏みかえるため無駄のように見えるが、その成果は今回の2m通過時間、最大速度、最大加速度などの結果として現れている。また進行方向への地面反力成分 F_x の最大値およびその計測時点などからもキックバックの特徴をつかむことができる。キックバックの為のステップを踏み終えて、身体重心に床からの反作用の力がかかるまで平均で約0.33秒(0.3~0.38秒)かかっているのに対し、その他の方法で進行方向への地面反力 F_x 成分が10Nを上回るまでに最も速かった方法がクロスオーバーで平均が0.12秒(0.09~0.13秒)であった。このことについては、ほかの試技が足で地面を押し、その反作用の力を得ることで重心を移動させているがクロスオーバーを行う際、ほかの方法とは違ってまず左足側に身体重心を移さなければ右足を地面から離すことが出来ない。そのための重心の移動がステップよりも早く行われたために F_x 成分の値が早く増大し始めているのではないかと考えられる。

本研究における実験では、シグナルの点灯から、身体重心の座標変位の値が2mを超えるまでの時間を評価の対象としたが、動き出し(F_x が10Nを上回った時点)から座標が2mを超えるまでの計測値についても考えてみる。シグナル点灯から動き出すまでの反応時間を全体の身体重心の2m地点通過時間から差し引くと被験者ごとに最高値を示した方法が変わってくる。動き出しが早いもクロスオーバーの特徴のひとつとして考えられるため一概には言い切れないが、更なる研究の余地を感じさせる(表10)。

今回の被験者は7人のうち6人が野球経験者であったが、自由に行ったフリースタートの動作をみると、その動きの多様さから横方向へのスタート動作に関しては統一された理論や技術がないことを物語っているように思える。

動作の開始は遅れるが、キックバックを行うことで大きな速度や加速度が得ることができ

表10 シグナル後動き始めてから 2 m 地点を通過するまでの実運動時間[s]

被験者	フリースタート	サイドスラスト	キックバック	クロスオーバー
SK	0.926	0.910	0.896	<u>0.890</u>
GM	<u>0.889</u>	0.935	0.931	0.898
YN	0.898	0.924	<u>0.871</u>	0.965
KO	<u>0.861</u>	0.886	0.898	0.903
TU	0.965	0.952	<u>0.897</u>	1.001
SS	0.882	0.905	0.977	<u>0.876</u>
YM	0.926	<u>0.879</u>	0.896	0.912
平均	<u>0.907</u>	0.913	0.910	0.921
SD	0.035	0.026	0.035	0.045

下線部は最高計測値を示す。

る。一方クロスオーバーではキックバックのように地面を蹴ることを強調しなくてもスムーズな重心移動によって速度を得ることができる。それぞれの特徴を把握したうえで使い分けることができたらよいのではないだろうか。今後の課題としては、本研究においては 60 Hz にて試技を撮影したが、より正確な違いを明らかにするためにハイスピードカメラを用いて撮影すること、行う試技について、本研究のような限られた条件下で行われたことによる順番の効果をできるだけ少なくすることなどが上げられる。また今回は上体の構えについては規定しなかったが、条件をさらに統一することでより信頼性のあるデータを得ることが出来る。それらのデータから新たな事実も明らかになってくるであろう。

5. まとめ

本研究での結果をまとめると以下のである。

- ・キックバックは正面へのスタート同様に横方向へのスタートに関しても有効であると考えられる。しかし、ステップの幅やその速さ、その際の重心のコントロールも重要となる。
- ・クロスオーバーは重心の移動をうまく行うことが出来れば有効につかえる。しかし第一歩目のステップ幅の大きさ、時間からテニスのボレーなどにおいては短い距離の移動では有

効とはいえない。

- ・こういった動きを普段から意識的に習得し、考えずとも素早く行えるようにすることが大切である。

参考文献

1. 阿江通良ほか：日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定
バイオメカニズム11 (バイオメカニズム学会編), pp.22-33, 東京大学出版会, 1992
2. 堀内昌一：基礎からの硬式テニス, ナツメ社, 1999
3. 池上康男：personal communication, 2004
4. 石坂美恵子：一般学生における foot posture からみたテニスの構え
静岡大学教養部研究報告 No14, 1978
5. 伊藤 章, 齊藤昌久, 淵本隆文：スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルクとピークパワー、および筋放電パターンの変化, 体育学研究42 71-83, 1997
6. Mark D Johnson and John G Buckley: Muscle power patterns in mid-acceleration phase of sprinting journal of sports science 2001, 19 263-272,2001
7. G.A Kraan, J.van Veen, C.J Snijders, J.Storm: String from standing: why we step backwards? journal of Biomechanics 34 211-215,2001

8. 功力靖雄：アマチュア野球教本Ⅲ 攻撃のマニュアル，ベースボールマガジン社，1999
9. Luis Mendoza and Wolfgang Schollhorn: Training of start technique with biomechanical feedback, Journal of Sports Science 1993, 11 25-29, 1993
10. 中野美恵子、横山義昭：テニスの構えについて(2)－上級者の構え姿勢－
静岡大学教養部研究報告（自然科学篇）第20巻，1985
11. 桜井伸二：身体運動にともなう力学的諸変量の算出，現代体育・スポーツ大系 第7巻 身体運動の科学，講談社，1984
12. Aki Salo and Ian Bezodis: Which Starting is Faster in Sprint Running-Standing or Crouch Start? Sports Biomechanics Vol.3(1) 43-54, 2001
13. 高橋慶彦：野球が突然うまくなる！ランニング術，成美堂出版，2000
14. 横山義昭、中野美恵子、中野偉夫：テニスの構えについて－接地足跡から－
静岡大学教養部研究報告（自然科学篇）第20巻，1984