

種々の競技におけるサーブの正確さに関する検討

The analysis of accuracy in the services of various sports

内堀昭宜¹⁾, 小林海²⁾, 葛西順一³⁾, 宮崎正巳⁴⁾, 関一誠³⁾, 矢島忠明³⁾, 彼末一之³⁾

¹⁾早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科

²⁾日本スポーツ振興センター

³⁾早稲田大学スポーツ科学学術院

⁴⁾早稲田大学人間科学学術院

Akinori Uchibori¹⁾, Kai Kobayashi²⁾, Junichi Kasai³⁾, Masami Miyazaki⁴⁾, Kazuyoshi Seki³⁾,

Tadaaki Yajima³⁾, Kazuyuki Kanosue³⁾

¹⁾ Graduate School of Sports Sciences, Waseda University

²⁾ Japan sport council

³⁾ Faculty of Sports Sciences, Waseda University

⁴⁾ Faculty of Human Sciences, Waseda University

キーワード: 正確性, 再現性, サーブ

Keywords: accuracy, reproducibility, serve

【抄 録】

本研究ではサーブから始まる複数の競技を対象として、サーブに必要なターゲットからの「ずれ」を小さくする能力と繰り返しサーブを行った時の「ばらつき」を小さくする能力を定量的に評価することを目的とした。また、各競技間での特徴を比較することで、サーブの正確さに影響する要因についても検討することとした。対象競技はバレーボール・バドミントン・硬式テニス・軟式テニス・卓球の5競技とし、相手コート内に設定したターゲットを狙い、打球させた。本研究では、サーブ位置とターゲットまでの距離で除すことで正規化した値を算出し、比較・検討をおこなった。その結果、「ずれ」については、すべての競技で5~10%生じ、各条件でバレーボールが最もずれが大きく、他の競技との間に有意な差が認められた。また、「ばらつき」は2~4%あり、バレーボールとバドミントン、卓球の間に有意な差が認められた。また、バドミントンではシャトルの進行方向に垂直する横方向の分布、硬式テニス・軟式テニス・卓球ではボールの進行方向への分布が大きくなり、これにはラケット操作の難易度やルールによるサーブ方法、および使用するコート等が要因となることが示唆された。

スポーツ科学研究, 15, 30-38, 2018 年, 受付日:2017 年 8 月 8 日, 受理日:2018 年 3 月 17 日

連絡先:内堀昭宜 〒359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

a.uchi.bori.27@gmail.com

I. 緒言

スポーツにおいて特徴的な技術の一つであるサーブは、レシーブやストローク、スパイクやスマッシュなどとは違い、相手を攻撃する最初のプレーであり、相手の動きに影響を受けることなく、自分のリズム・タイミングで行うことができる。また、サー

ブを自在にコントロールし、相手の不得意なコースへ速い球速で正確に打球することが繰り返せれば、相手の次の動きを制限することができ、優位にゲームを進めることができる。さらに、各競技の指導教本やコーチ教本(財団法人日本テニス協会・2005, 財団法人日本ソフトテニス連盟。

2004, 公益財団法人日本卓球協会. 2012)では, 相手が予測しにくいように同じサーブ動作から数種類(球速, コース, 回転, タイミングの組み合わせ)のサーブを打球出来れば, より効果的なサーブになると書かれている. 実際に, サーブから始まるスポーツにおいて, 各競技の超一流と呼ばれるプレイヤーはサーブで相手の体勢を崩し, 次のプレーに影響を与えたり, サーブでポイントを取ったりすることでゲームを優位に進めている. 一般的にサーブは特定の地点を狙って行われるが, これにはボール(シャトル)の到達点の目標とする地点からの「ずれ」を小さくする能力と, 同じ動作を繰り返すときに到達点の「ばらつき」を小さくする能力が求められる. 本論文ではこれら 2 つの能力を合わせて「正確さ」と定義する.

サーブの正確さは様々な方面から検討されてきている. これまでの研究では正確さの測定に目標とする範囲を認定し, その範囲内に落下した成功回数や成功確率を用いているものや, いくつかの範囲ごとに点数をつけて定量化しているものが多い(Blackwell et al.2002, Edwards et al.2005, Lidor et al.2007, 村松 1996, 田阪ら 1998). これらの方法では同じ競技であっても分割の仕方, あるいはボールの落下点のわずかな数 cm の違いが成績に影響を与えてしまい, 必ずしもサーブの正確さを正しく反映しているとは言えず, 実際に目標とする地点からどの程度のずれやばらつきがあるのかを明らかにすることは難しい.

一方で, 各競技の指導書では競技の違いがあるにもかかわらず, サーブ時の指導について似たようなことが言われている. 例えば, バレーボール(財団法人日本バレーボール協会. 1988)ではサーブレシーブの苦手な選手やレシーブがしにくいコースを狙うようにする, 硬式テニスや軟式テニス(財団法人日本テニス協会. 2005, 財団法人日本ソフトテニス連盟. 2004)では相手選手の打ちにくいコースやライン上を狙うように指導される. またバドミントン(財団法人日本バドミントン協会. 2001)でも同様にサーブの種類によって相手選手の身体やライン上を狙う. 卓球(公益財団法人日本卓球協会. 2012)では返球のしにくいコースに打てるように指導される. しかし, 競技によりサーブ

時に有効と定められている範囲やルールが異なり, またゲームコートのサイズも違うことから各競技で選手が求められている正確さには違いがあることが予想される. しかし, サーブに関する研究は1つの競技に着目しているものばかりであり, 競技間での比較・検討はこれまでなされていない.

そこで本研究はサーブから始まる複数の競技を対象として, サーブ到達地点を計測することで, それぞれの競技においてサーブの正確さを定量的に評価することを目的とした. また, 各競技間でサーブ到達地点のずれとばらつきの特徴を比較することで, サーブの正確さに影響する要因についても検討することとした.

II. 方法

1. 競技・被験者

対象競技はバレーボール・バドミントン・硬式テニス・軟式テニス・卓球の 5 競技とし, 被験者は W 大学各部に所属している大学リーグのレギュラークラスの選手とした. 各競技の被験者は, バレーボール 8 名[年齢:20.1±1.0 歳, 経験年数:10.5±2.1 年, 性別:男 8 名], バドミントン 6 名[年齢:19.8±1.5 歳, 経験年数:10.2±2.7 年, 性別:男 6 名], 硬式テニス 7 名[年齢:20.9±1.2 歳, 経験年数:12.7±2.7 年, 性別:男 7 名], 軟式テニス 8 名[年齢:20.6±1.1 歳, 経験年数:10.0±2.7 年, 性別:男 8 名], 卓球 9 名[年齢:19.2±1.3 歳, 経験年数:11.2±2.0 年, 性別:男 7 名・女 2 名]であった. 被験者には, 研究の目的, 方法を説明し, 口頭にて同意を得た. なお, 本実験は早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認(申請番号:2011-187)を得て実施した.

2. 実験課題

被験者には十分なウォーミングアップおよび本実験で行うサーブの練習を行わせた後, 各競技のコートにてサーブを行わせた. サーブ方法は各競技のルールに則り行わせた. バレーボールはオーバーハンドサーブまたはジャンプサーブ, 硬式テニス・軟式テニスはオーバーハンドサーブ, バドミントンはアンダーハンドサーブとし, 卓球は十分にトスを上げてからのサーブとした. サーブは相手

コート内に設定したターゲットを狙い、打球させた。設定したターゲットの大きさは、各競技で使用されるボールまたはシャトルの直径を1辺とする正方形とした。本実験で設定したターゲット位置は、各競技のサーブ時に有効と定められている範囲に対して同じ条件とした(図1)。

- ターゲット①: エンドライン・サイドラインより $1/6$ の点
- ターゲット②: エンドラインより $1/3$, サイドラインより $1/2$ の点
- ターゲット③: ショートサービスラインとセンターラインの交点(バドミントンのみ)

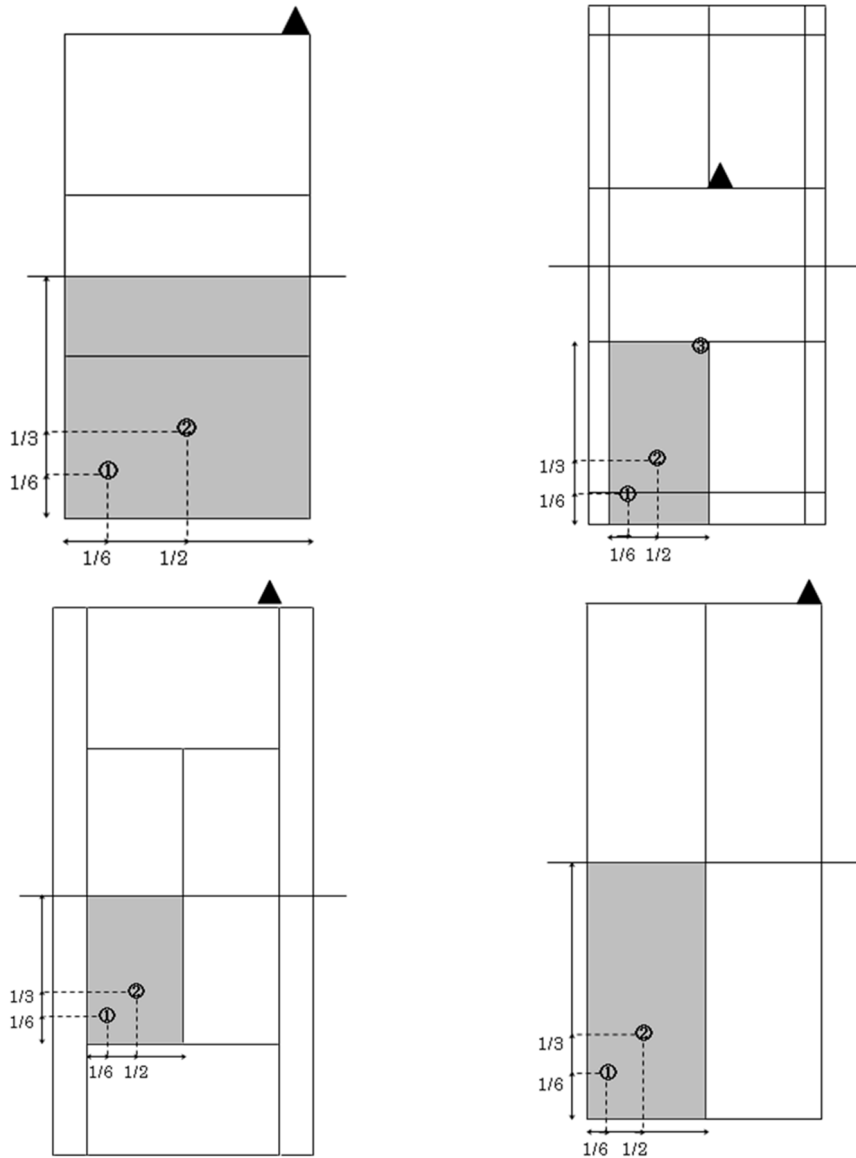


図1 各コートにおけるターゲット位置(①・②・③) ▲はサーブ位置
 上左: バレーボール, 右: バドミントン / 下左: 硬式テニス・軟式テニス, 右: 卓球
 色のついた範囲は各競技におけるサーブ時の有効となる範囲を示す。
 本実験ではその範囲に対して同じ条件でターゲットを設定した。

すべての競技で, a) side 試行, b) center 試行, c) game 試行の3試行を実施した。1試行は5球のサーブを1セットとし, 4セット行い, 合計20球のサーブとした。この際, ネットしたボールは除き, 1セット5球となるようにした。各試行はランダムに

選択され, 1セット毎に適度な休憩をおいて実施した。

a) side 試行: 球種や球速を問わず, ターゲット①を狙う

- b) center 試行:球種や球速を問わず,ターゲット②を狙う
 c) game 試行:通常試合中に行うサーブを打球するように教示し,ターゲット①を狙う
 (バドミントンのみターゲット③)

3. データ収集

サーブ到達地点は 2 台の高速度ビデオカメラ (CASIO 社製, EX-F1, 撮影速度:300 fps, 露光時間:1/1000 sec)を使用し撮影した. カメラは, ターゲットおよびその周囲が撮影できるように, 撮影環境に合わせて設置した. また, 実験開始前には映像較正用として, ターゲットを囲むように高さ 1 m のバーを垂直に計 4 点設置し, 2 台のカメラで同時に撮影した.

4. データ処理

サーブ到達地点の算出は, 2 台の高速度カメラで撮影された映像から, ボールが地面に接地した瞬間の画像を抽出し, 動作解析ソフト Frame DIAS IV (DKH 社製)を用いて画像上のボールをデジタル化した. 8 点の較正点の 2 次元座標値から DLT 法 (Direct Liner Transformation Method) により, サーブ到達地点の 3 次元座標値を算出した. 3 次元座標値のうち, 鉛直上方向の値はボールがコート上に落下しているため, 算出値が 0 mm となることを確認するのみとした. 較正点の実測 2 次元座標値と推定値との平均誤差は, 5 競技すべてにおいて静止座標系の X, Y, Z 軸ともに 10 mm 以下であった.

算出した 3 次元座標値は, 各ターゲットを原点として, ターゲットとその対角にある自陣コートの角を結ぶ線を serve-Y 軸, ターゲットを通り serve-Y 軸に直交する直線を serve-X 軸とする serve 座標系を構築し, ボールの落下した地点の 2 次元座標値を算出した. 本実験では, 各競技による正確さの違いを明らかにするために, サーブ到達地点とターゲットとの距離 (d) を算出し, ターゲットとその対角にある自陣コートの角までの距離 (L) で除すことで正規化した値 (以下「正規化距離」とする) を算出した. ここで得られた正規化距離の平均値を「ずれ」, 標準偏差を「ばらつき」の指標として解析

した. 同様に, サーブの打球方向を示すサーブ到達地点の serve-X 成分 (X_{serve}) とサーブの打球距離を示すサーブ到達地点の serve-Y 成分 (Y_{serve}) も距離 (L) で除し, 正規化した値 (以下, serve-X 成分を「正規化 X_{serve} 」, serve-Y 成分を「正規化 Y_{serve} 」とする) を算出した. さらに正規化 X_{serve} と正規化 Y_{serve} の比 (以下「縦横比」とする) を算出し, サーブ到達地点の分布の特徴を示した.

$$\text{正規化距離} = d / L \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{正規化 } X_{serve} = X_{serve} / L \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{正規化 } Y_{serve} = Y_{serve} / L \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{縦横比} = \text{正規化 } Y_{serve} / \text{正規化 } X_{serve}$$

5. 統計処理

統計解析ソフト IBM SPSS Statistics Ver.21 を使用し, 各被験者より算出した正規化距離の平均値および標準偏差でそれぞれ 2 元配置分散分析 (競技 (5) × 試行条件 (3)) を実施した. また縦横比については, 縦横比 = 1 との比較に t 検定 (Bonferroni 補正) を用いて実施した. なお, 統計処理で用いた有意水準は 5% 未満とした.

III. 結果

図 2 に各競技における全被験者のサーブ到達地点の分布を示した. 各競技の全試行において, サーブ到達地点はターゲットを中心に分布しているが, 各競技に特徴的な分布を示した. 図 3 は各被験者の到達地点を楕円で近似し, その平均的な縦横比を示したものである. 硬式テニス (side 試行: 1.92 ± 0.35 , center 試行: 1.79 ± 0.50 , game 試行: 1.70 ± 0.65 ; すべて $p < 0.01$), 軟式テニス (side 試行: 1.57 ± 0.28 , center 試行: 1.44 ± 0.30 , game 試行: 1.73 ± 0.28 ; すべて $p < 0.01$), 卓球 (side 試行: 1.90 ± 0.93 , center 試行: 1.30 ± 0.32 , game 試行: 1.67 ± 0.33 ; すべて $p < 0.01$) ではすべての試行において縦横比が有意に 1 より大きくなり, 縦に長い分布であることが示された. 一方, バドミントンでは side 試行 (0.65 ± 0.18 ; $p < 0.01$) が有意に 1 より小さくなり, 横に広がる分布であることが示された.

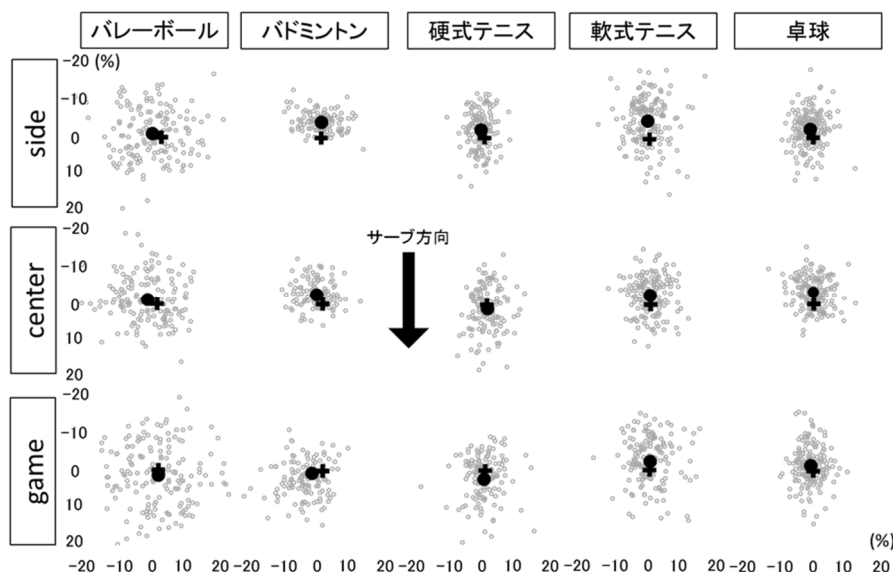


図 2 正規化距離で示されたサーブ到達地点の分布図
(+:ターゲット位置, ●:平均サーブ到達地点)

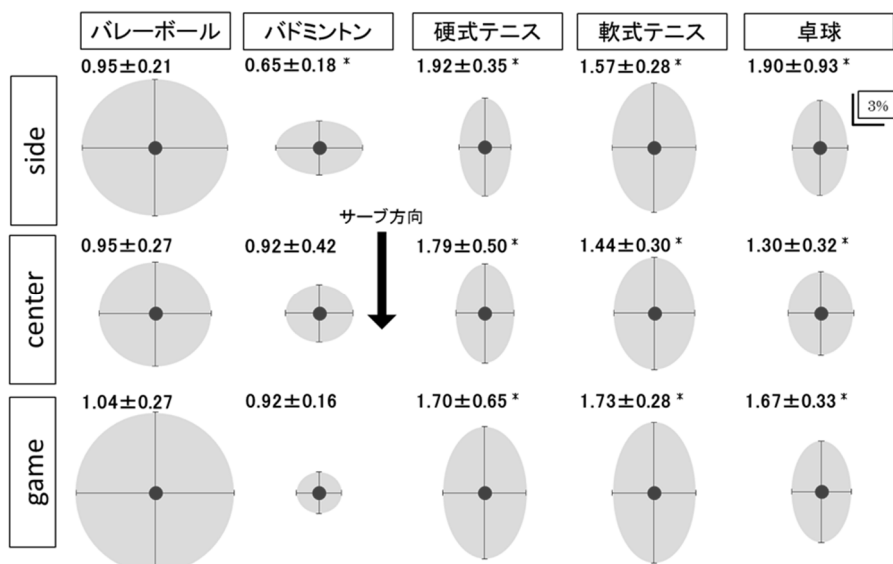


図 3 serve-X・serve-Y 成分の正規化距離による縦横比 (*: $p < 0.01$)
*は有意に 1 と異なることを示す. バドミントンの side 試行では左右方向への分布が大きくなり, 硬式テニス・軟式テニス・卓球では全ての試行で前後方向への分布が大きくなる.

各競技におけるターゲットからの正規化距離の平均値(ずれ)を図 4 に示した. 2 元配置分散分析の結果, 競技と試行条件に有意な交互作用が認められた ($p < 0.05$) ため, 各要因の単純主効果を検討した. 競技に関してはすべての試行条件に有意差が認められ (side 試行: $p < 0.01$, center 試行: $p < 0.01$, game 試行: $p < 0.01$), 多重比較検定の結果, side 試行ではバレーボール (8.57 ± 1.96) とバドミントン (5.26 ± 0.90), 硬式テニス ($4.93 \pm$

4.89), 卓球 (4.87 ± 0.78) の間に有意な差 (すべて $p < 0.01$) が認められた. center 試行ではバレーボール (7.78 ± 0.88) とバドミントン (4.73 ± 1.21), 卓球 (5.07 ± 0.65) の間に有意な差 (すべて $p < 0.01$) が認められ, game 試行ではバレーボール (9.99 ± 1.12) と硬式テニス (6.43 ± 1.80), 卓球 (4.82 ± 0.97) の間に有意な差 (すべて $p < 0.01$) が認められた.

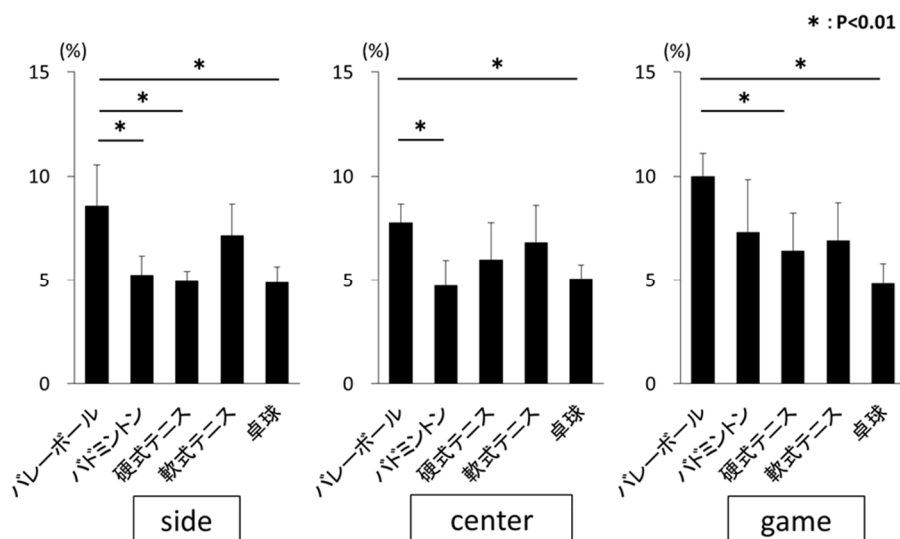


図4 ターゲットからの正規化距離の平均値(ずれ)(%)(* : $p < 0.01$)

2元配置分散分析の結果, 有意な交互作用が認められ, 単純主効果では全ての試行条件に有意差が認められた. side 試行ではバレーボールとバドミントン, 硬式テニス, 卓球, center 試行ではバレーボールとバドミントン, 卓球, game 試行ではバレーボールと硬式テニス, 卓球にそれぞれ有意差が認められた.

図5 は各競技におけるターゲットからの正規化距離の標準偏差(ばらつき)を示した. 2元配置分散分析の結果, 交互作用は認められず($p=0.09$), 競技と試行条件でそれぞれ有意な主効果(競技: $p < 0.01$, 試行条件: $P < 0.01$)が認められた. 競技ではバレーボールとバドミントン, 卓球の間にそれ

ぞれ有意な差を認め($p < 0.01$), 試行条件では side 試行と game 試行($p < 0.05$), center 試行と game 試行($p < 0.01$)で有意な差が認められた. 各競技各条件の標準偏差では, 2~4%のばらつきが明らかとなった.

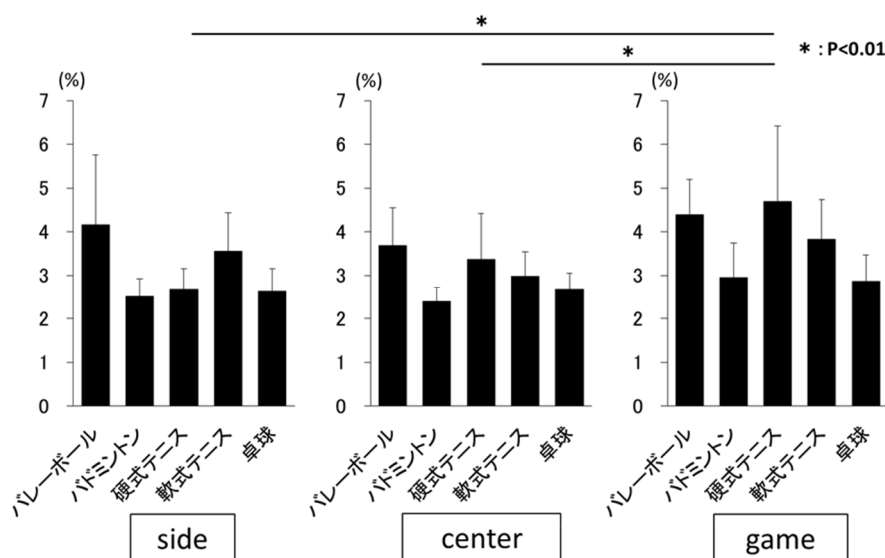


図5 ターゲットからの正規化距離の標準偏差(ばらつき)(%)(* : $p < 0.01$)

2元配置分散分析の結果, 有意な交互作用は認められず, 試行条件の有意な主効果が認められた. その結果, side 試行と game 試行間, および center 試行と game 試行間に有意差が認められた.

IV. 考察

本研究では、サーブからゲームが始まるスポーツを対象とし、サーブの正確さを定量化し、「ずれ」と「ばらつき」の観点から各競技の比較・検討を行った。本実験に参加した被験者は大学の各部に所属し、全国大会へ出場するなど大学トップレベルの選手であると言えるが、実験の結果、目標地点に対して百発百中とはいかず、ある一定のずれやばらつきは必ず生じる。この結果は大学トップレベル選手での結果であり、日本のトップレベルで活躍する選手がより小さなずれやばらつきを示す可能性は否定できない。しかし、本研究で得られた程度のずれやばらつきは、日常生活における動作においても必然的に生じるものであるとも考えられる。Messier ら(2003)は前方約 40~60cm に設置した 4 か所のターゲットに対して動作速度を変更させながらリーチング動作を行わせた。動作の際には閉眼状態とした。その結果、速度の変化やターゲットまでの距離に関わらず 10cm 前後のずれや 5cm 程度のばらつきが生じると報告されている。Reynolds and Day(2005)は前方 2 か所に設置したターゲットに対して速度の異なる 2 種類のステッピング動作を実施した。動作時には 50%の割合でターゲットを見せないようにした。この実験では視覚情報を無くした場合に約 1cm のずれ、約 1.2cm のばらつきがあり、いずれも視覚情報を与えたときより拡大したことが報告されている。このように、特にサーブ動作に限らず、動きのスピードが速いスポーツ動作全般のように、動作の最終局面において視覚からのフィードバックによって運動の調節をすることが困難な場合にはずれやばらつきが生じやすい。

サーブ到達地点の縦横比では、バドミントンの side 試行のみ左右方向へ分布しやすくなることが明らかとなった。これはバドミントンのサーブ時のルールに要因があると考えられる。本研究で実施した競技のうち、バドミントンのみアンダーハンドでのサーブが義務付けられており、シャトルのインパクトはウエストより下と規定されている。さらに、シャトルはその形状により空気抵抗の影響が強く球速は急激に減速し、垂直に落下するようになる。バドミントン選手はシャトルの特性を考慮し、ショートサーブま

たはロングサーブライン上に落ちるサーブを狙うように指導される。また、本実験で side 試行時に設定したターゲット位置はダブルスのロングサーブライン上と重なるため、前後方向の分布が減少したと考えられる。

硬式テニス・軟式テニス・卓球では、すべての試行条件で前後方向に長く分布する特徴的な結果を示した。この 3 競技に共通する競技ルールとして、相手がレシーブをする前に必ずバウンドをさせる必要があることが挙げられる。このうち卓球は自陣コートにもバンドさせる必要があるが、硬式テニス・軟式テニスとの分布の特徴に差がないことから、自陣コートでのバウンドは影響が少ないのかもしれない。また、この 3 競技のサーブ時の戦略として、相手選手のボディを狙うか、またはコートの最も外側の遠い地点を狙うかを選択することで、相手のサーブレシーブを制限し 3 球目の攻撃を有利にする。つまり、サーブを直線的に打球することを意識し、左右方向への打球の打ち分けはある程度限定している可能性がある。一方で、バレーボールではすべての試行条件で円状の分布となった。バレーボールのサーブ時には正方形の相手コート全てが有効な範囲であり、サーブレシーブの苦手な選手や選手がいないスペースを狙うなどサーブの選択肢が幅広い。同様にバドミントンの center 試行および game 試行においても円状の分布となった。これら 2 競技については、ボールまたはシャトルを床に着地させることで得点となる。サーブ時には有効となる範囲を最大限活用しながら相手選手を前後・左右に動かし、有利にゲームを進めるようにする。このように各競技のサーブ時のルールや戦略、競技ルールの影響により、選手に求められる能力が異なることで、分布の違いがあらわれたのではないかと考えられる。

本研究のずれに関する結果では、バレーボールがすべての試行で複数競技と有意差が認められ、ずれが大きくなることが明らかとなった。上述したように、バレーボールのサーブでは狙う地点の選択肢が広く、また特定の相手選手を狙う場合には身体全体が目標となる。石垣ら(2003)は標的サイズを小、中、大と設定しボールを投げる課題を行なわせ、その結果標的サイズが小さいときに正

確性が良く、大きくなると正確性が悪くなると報告している。この報告ではターゲットからの距離を正確性の指標としており、本研究のずれの定義と一致する。バレーボールのように相手選手を狙う場合には目標となる対象が大きいと、他の競技に比べて精度の高さが要求されず、正確さについてのトレーニングが進んでいない結果、ずれが大きくなったのではないかと考えられる。

ばらつきについては、side 試行および center 試行と game 試行の間でそれぞれ有意な差が認められた。game 試行では「通常試合中に行うサーブを打球する」ように教示しており、正確さを要求した他の 2 試行と比較してサーブの球速に違いがあることが要因として考えられる。動作の正確さは速度が増加することで低下することが知られている (Fitts 1954)。残念ながら本研究では各競技ともにサーブ球速の測定を行っていないが、バレーボール・硬式テニス・軟式テニスでは各被験者とも明らかに他施行に比べて速いサーブを打っていた game 試行において正確さの低下が確認され、リーチングやステップングといった日常で行われている動作と同様の結果が得られた (Messier et al. 2003, Reynolds et al. 2005)。

本研究で取り上げた 5 つの競技のうちバレーボールのみラケットを使用せず、ボールを直接手で扱う競技であるが、バレーボールのばらつきはバドミントン、卓球に比べ大きくなった。入来 (2004) は、サルが道具を使用し届かない場所にある餌を取ることができ、さらにその動きは肩から道具の先端にいたるまでの全体の動きをより能率的にコントロールするような、滑らかな運動であったことを確認している。つまり、サルが道具を自己の一部と認識し、道具の「身体像」への延長・手との同一化が行われていると報告している。また、道具を繰り返し使用することで、動きの軌跡がコンパクトになり、動作時間や動作の成功率が向上することも報告されている (Hihara 2003)。本研究の被検者でも長年ラケットを繰り返し使用することで身体と同一化され、道具を用いても道具を用いない動作 (バレーボール) 以上の正確さを獲得しているのであろう。

すべての競技で 3% 程度のばらつきが観察された。上で述べたように、より上位のトップ選手であ

れば、これ以下のばらつきになる可能性はあると考える。しかし、サーブのように多関節、多筋によるオープンループの運動では、この程度のばらつきは不可避であるのかもしれない。今後、様々な運動で同様な解析を行うことで、ヒトの運動のばらつきの限界についての新しい知見が得られる可能性がある。

これまで実施されてきたサーブの正確さに関する研究で用いられてきた方法では、コートに設置するターゲットの範囲や指導者の経験から得られる難易度を基にした不規則な分割および配点を使用してきた (Blackwell et al. 2002, Edwards et al. 2005, Lidor et al. 2007, 村松 1996, 田阪ら 1998)。しかし、本研究で明らかとなった競技によるばらつきの特性を考慮した方法により、より精度の高い競技レベルの確認ができると期待される。

V. 結語

本研究は、サーブの正確さを定量的に明らかにすること、各種競技における正確さの違いを比較し、正確さに与える影響について明らかにすることを目的として実施した。その結果、高い競技レベルの選手でもサーブには正規化距離で 3% 程度のばらつきが共通して観察された。また、各競技のサーブ到達地点に特徴的な分布が生じたことは、ルールの制約によるサーブ方法および使用するコートの範囲などが要因となることが示唆された。しかし、バレーボール以外の各競技には有意な差は認められず、各競技の競技特性やルールなどは正確さに影響を与えることが少ないことが示唆された。今後サーブ時のラケットの動き方や身体の動きについての解析をすることで、より詳細に各競技のサーブの特徴的な分布が生じる要因を明らかにできると考えられる。

VI. 謝辞

本研究の実施にあたり、多大なご協力をいただきました福岡工業大学 樋口貴俊助教に深く感謝いたします。また、実験・調査にご協力いただいた早稲田大学各部活動の関係各位に深く感謝いたします。なお、本研究は文部科学省科学研究

費助成事業(課題番号:26242065)の助成を受けたものである.

参考文献

- Blackwell J., Knudson D.(2002) Tennis. Sports Biomechanics., 1(2):187-191
- Edwards B.J., Lindsay K., Waterhouse J.(2005) Effect of time of day on the accuracy and consistency of the badminton serve. Ergonomics., 48(11):1488-1498
- Fitts M.(1954) The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. J Exp Psychol., 47(6): 381-391
- Hihara S., Obayashi S., Tanaka M., Iriki A.(2003) Rapid learning of sequential tool use by macaque monkeys. Physiol Behav., 78:427-434
- 入来篤史 (2004) 神経心理学コレクション 道具を使うサル. 第1版, 医学書院, 東京
- 石垣尚男, 清水陽介 (2003) 標的サイズと投球コントロールの正確性. 愛知工業大学研究報告, 38:213-217
- 公益財団法人日本卓球協会編 (2012) 卓球コーチング教本. 初版. 大修館書店, 東京, pp.66-73
- Lidor R., Arnon M., Hershko Y., Maayan G., Falk B.(2007) Accuracy in a volleyball service test in rested and physical exertion conditions in elite and near-elite adolescent players. J Strength Cond Res., 21(3):937-942
- Messier J., Adamovich S., Berkinblit M., Tunik E., Poizner H.(2003) Influence of movement speed on accuracy and coordination of reaching movements to memorized targets in three-dimensional space in a deafferented subject. Exp Brain Res., 150:399-416
- 村松憲, 吉成啓子, 磨井祥夫, 友末亮三 (1996) 簡便で信頼度の高いテニスのスキルテストの開発. テニスの科学, 4:46-52
- Reynolds RF., Day BL.(2005) Visual guidance of the human foot during a step. J Physiol., 569:677-684
- 田阪登紀夫, 山岡憲二, 山本武司, 村上博巳 (1998) 卓球の打球の正確性の検討. 同志社保健体育, 37:25-38
- 財団法人日本バドミントン協会編 (2001) バドミントン教本 基礎編. 第1版第2刷. ベースボール・マガジン社, 東京, pp.108-114
- 財団法人日本バレーボール協会編 (1988) 新訂バレーボール指導教本. 初版. 大修館書店, 東京, pp.58-63
- 財団法人日本テニス協会編 (2005) 新版テニス指導教本. 初版. 大修館書店, 東京, pp.26-28, pp.73-74
- 財団法人日本ソフトテニス連盟編 (2004) 新版ソフトテニスコーチ教本. 初版. 大修館書店, 東京, pp.64-72