

【原著論文】

## ソフトテニス選手のファーストサーブのキネマティクスの分析 —性差に着目して—

篠原 秀典<sup>1)</sup>, 高橋 和孝<sup>2)</sup>, 堀内健太郎<sup>3)</sup>, 沼津 直樹<sup>4)</sup>, 阿江 通良<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> 日本体育大学身体教育系

<sup>2)</sup> 日本女子大学家政学部

<sup>3)</sup> 日本体育大学大学院体育科学研究科博士後期課程コーチング学専攻

<sup>4)</sup> 日本体育大学大学院コーチング科学

<sup>5)</sup> 日本体育大学コーチング系

### Kinematic characteristics of the first service motion for male and female soft tennis players its gender differences

SHINOHARA Hidenori, TAKAHASHI Kazutaka, HORIUCHI Kentaro,  
NUMAZU Naoki and AE Michiyoshi

**Abstract:** This study aimed to investigate kinematic characteristics of the first service motion for soft tennis players, focusing on gender difference. Sixteen male and eleven female soft tennis players were asked to perform overhand first service with full effort. A target area (1 m×1 m) was set in the center of the opponent's service area on the indoor tennis court. Twelve motion capture cameras operating at 250 Hz were used to collect three dimensional of 47 points on the body and 5 points on the racket to calculate joint kinematic variables. Ball and racket head speeds for male players were significantly greater than that of female players. The angular velocities of the shoulder joint internal rotation of the racket side and knee joint extension were significantly greater in male players than those of female players. On the other hand, the upper torso trunk torsion and its angular velocity were significantly greater in female players. These results indicated that some kinematics factors of in the upper and lower limbs were important for obtaining high racket head speed, as the previous studies pointed out, and implied that these might be a mechanics in the trunk rotation which would be peculiar to female players and different from male players.

**要旨:** 本研究では、ソフトテニス選手におけるファーストサーブのキネマティクスの特徴について性差に着目して明らかにすることを目的とした。男子16名および女子11名のソフトテニス選手を対象とし、相手側のサービスエリア中央にターゲットエリア(1m×1m)を設けたテニスコートにおいて、オーバーハンドサービスによるファーストサーブを全力で打たせる試技を実施した。モーションキャプチャーカメラ(250Hz)を12台用いて、身体47点およびラケット5点の3次元の座標データを収集し、キネマティクス変数を算出した。その結果、男子のボールスピードおよびラケットヘッドスピードは女子より有意に大きかった。また、ラケット所持腕の肩関節内旋や膝関節の伸展角速度も男子が女子より有意に大きかった。一方で、体幹捻転や上腕の角速度は女子が男子よりも有意に大きかった。これらの結果から、高いラケットヘッドスピードを得るためには上肢と下肢のキネマティクスが重要であり、女子は男子と異なる特有の体幹回転のメカニズムがあることが示唆された。

(Received: October 4, 2022 Accepted: December 13, 2022)

**Key words:** Service, Kinematics, Trunk rotation, Three-dimensional analysis, Gender differences

**キーワード:** サービス, キネマティクス, 体幹捻転, 三次元動作分析, 性差

## 1. 緒 言

ラケット競技におけるサービスは唯一のクローズドスキルであり、全てのポイントで行われるが、ソフトテニスやテニス（以下、硬式テニス）においては、ファーストサービスを失敗してもセカンドサービスを打つことができるため、サーバーに優位性があると考えられる。

男子プロテニス世界ランキングトップ3におけるサービスゲームの獲得率平均は84.6% (ATP TOUR, 2022)、女子プロテニス世界ランキングトップ3におけるサービスゲームの獲得率は約72.3% (WTA TOUR, 2022) であり、いずれもソフトテニスにおけるサービスゲームの取得率の約60% (日本ソフトテニス連盟, 2014) を上回る。この理由の一つとして、ファーストサービス時のボールスピードが挙げられる。硬式テニスのプロ選手におけるファーストサービスのボールの最大速度は、男子が206.27±11.84 km/h、女子が171.84±10.52 km/hと報告されている (Reid et al., 2016)。ソフトテニスにおけるファーストサービスのボールスピードは、男子が146.9±3.2 km/h、女子が134.4±7.3 km/hと報告されており (水野ら, 2004)、男女ともにテニスに比べて遅い。楠堀・田中 (2020) は2002年アジア競技大会にて韓国人男子選手2名が放ったファーストサービスが225.06 km/h、202.27 km/hというテニス選手と同等のボールスピードを示したことを報告しているが、多くの選手がこのようなサービスを打てるとは限らない。したがって、ソフトテニスのファーストサービス時のボールスピードを高めることがサービスゲームの優位性をより高めるための重要な要因であると考えられる。

田邊・伊藤 (2008) は、ボールインパクトにおけるラケットヘッドスピードとボールスピードの間に有意な相関関係が認められたことを報告している。このことから、速いサービスを放つためには、ラケットヘッドスピードを高めることが重要であることが理解できる。ラケットヘッドスピードを高めるキネマティクス要因について検討した研究は、テニスにおいて多くみられており、膝関節を中心とした下肢の伸展・屈曲、体幹捻転、肩関節の内旋および外転、肘関節の伸展、手関節の掌屈などが貢献することが報告されている (Colomar et al., 2022; Elliott et al., 1995; Fleisig et al., 2003; 村田・藤井, 2014a, 2014b)。ソフトテニスのサービスにおけるキネマティクスの特徴に関する研究はこれまでにみられないが、硬式テニスと同様に、上述したキネマティクス変数がラケットヘッドスピードの獲得に貢献することが推察される。

一方で、これらの硬式テニスに関する先行研究は男

子選手を対象とした研究であり、女子選手のサービスのキネマティクスについて検証した研究は非常に少ない (Elliott et al., 2013; Whiteside et al., 2013)。そのため、現場のコーチングにおいて女子選手のサービスの指導は、男子のデータを応用して行われていると考えられる。女子選手は男子選手に比べて身長や筋力、柔軟性といった体格的特性・体力的特性に関する違いがあると報告されており (Kraemer et al., 1995; Roetert et al., 1996)、運動制御に関する研究によれば男女間で類似した運動パターンが機能的に起こりにくいという指摘もある (Leversen et al., 2012)。したがって、女子選手におけるファーストサービスのキネマティクスの特徴について男子選手と比較し明らかにすることができれば、男女それぞれの特性を踏まえた、合理的なコーチング法に貢献することができると考えられる。

そこで本研究では、ソフトテニス選手のファーストサービスのキネマティクスの特徴を性差に着目して明らかにすることを目的とした。

## 2. 方 法

### 1) 対象者

日本ソフトテニスナショナルチームに所属する選手を含むソフトテニス競技者である男子16名および女子11名の計27名を対象とした。対象者のプロフィールについては表1に示した。すべての対象者がラケットを右手で操作していた。実験を開始するにあたり、すべての対象者に本研究の目的、方法および実験に伴う安全性、データ管理法などを説明した。本研究は、日本体育大学倫理審査委員会の承認 (承認番号: 第021-H222号) を得て実施した。

### 2) 実験試技

本研究の実験は、相手側のサービスエリア中央に縦横それぞれ1mのターゲットエリアを設定したテニスコートを室内に仮設して実施した。実験試技は、デュースサイドからターゲットエリアへ、試合を意識したオーバーハンドサービスによるファーストサービスを打つものとした。試技は最大努力で行わせ、ターゲットエリアに入った試技を成功試技とし、最低3回成功試技が獲得されるまで実施した。成功試技の中から対象者の内省が5段階中4以上の試技を分析対象と

表1 対象者のプロフィール

	年齢 (年)	身長 (m)	体重 (kg)	競技歴 (年)
男子	22.88±4.35	1.77±0.07	70.34±6.27	13.81±5.23
女子	21.75±2.83	1.60±0.05	55.53±3.66	13.75±3.36
有意差	n.s.	男子>女子	男子>女子	n.s.

<, >: P < 0.05

した。疲労の影響を少なくするために、試技の間には十分に休息をとらせた。

### 3) データ収集

サービスのボールスピードについてはスピードガン(Yupiter社製, BSG-1)を用いて測定した。モーションキャプチャーシステム(Qualisys社, Arqus A5カメラ12台, 250 Hz)を用いて、身体計測点47点(Suzuki et al., 2014)およびラケット5点(村田・藤井, 2014b)の座標データを収集した。静止座標系はネットと平行の方向をX軸, ネットに直交する方向をY軸, 鉛直上向きをZ軸とする右手座標系とした。得られた身体各部の座標値は、座標成分ごとに最適遮断周波数(X軸: 7.5-15.0 Hz, Y軸: 7.5-15.0 Hz, Z軸: 10.0-15.0 Hz)をWells and Winter (1980)の方法にもとづいて決定し、Butterworth digital filterを用いて平滑化した。

### 4) 算出項目

分析のための動作局面は以下のように設定した。本研究では、ボールにマーカを貼付していないため、トスアップ、ボールインパクトの時点が不明であった。指導書では、ボールトスを肩から目線の高さで行うと記載されている(小野寺, 2009; 西田, 2013, 2014; 野口, 2015)ことを考慮し、本研究では目とほぼ同じ高さである耳珠点に貼付したマーカを参考にし、左右耳珠点の midpoint の高さよりもボールをもつ左手のマーカが高くなった時点をトスアップと定義した。また、身体重心高が最小となった時点をテイクバック完了とした(村田・藤井, 2014b)。そしてボールインパクト時にラケットヘッドに貼付したマーカの速度が急減することに着目し、その1コマ前をボールインパクトと定義した。トスアップからテイクバック完了までをサービス前半局面、テイクバック完了からボールインパクトまでをサービス後半局面と定義した。サービス前半局面およびサービス後半局面の実時間をもとに、サービス前半局面を70%、サービス後半局面を30%として規格化した(図1)。

身体のキネマティクス変数の算出については、上肢、下肢および体幹にセグメント座標系および関節座

標系を定義し、村田・藤井(2014b), Kariyama et al. (2017)の方法にしたがって、肩関節の外転・内転, 水平外転・水平内転, 外旋・内旋, 肘関節の伸展・屈曲, 回外・回内, 手関節の掌屈・背屈, 撓屈・尺屈, 股関節の伸展・屈曲, 外転・内転, 外旋・内旋, 膝関節の伸展・屈曲, 足関節の底屈・背屈の角度および角速度を算出した。また上脗, 骨盤, 体幹捻転の水平面上の角度および角速度を、高橋ほか(2017)の研究と同様に算出した。上脗, 骨盤の角度は対象者の静止座標系のX軸を基準に、反時計回りを正, 時計回りを負と定義した。体幹捻転の角度に関しては、骨盤を基準に上脗が反時計回りに回転している, すなわち左捻転している場合を正, 右捻転している場合を負と定義した。

### 5) 統計処理

算出項目は対象者全員の平均値と標準偏差で示した。すべての統計処理は、SPSS(IBM社製, Statistics Version 28)を用いた。男女間の変数の比較のために対応のないt検定を用いた。時系列データの比較は規格化時間の1%ごとに検定を実施した。有意水準は5%未満とした。

## 3. 結果

表2に、ボールスピードおよびラケットヘッドスピード, 身体のキネマティクス変数の最大値について男女選手それぞれの値をまとめた。ボールスピードおよびラケットヘッドスピードは男子が女子よりも有意に大きかった。また、肩関節内旋角速度や下肢の伸展角速度は男子が女子よりも有意に大きかったが、上脗や体幹捻転の角速度は女子が男子よりも有意に大きかった。

図2にサービス動作の典型例として、男子選手Aと女子選手Bのトスアップからボールインパクトまでのスティックピクチャーを規格化時間の10%ごとに示した。選手Aの方が膝関節の屈曲が大きく、選手Bは体幹の左捻転が選手Aよりも早い段階(80%付近)で起きている様子がみられた。

図3に上脗回旋, 体幹捻転, 骨盤回旋の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差

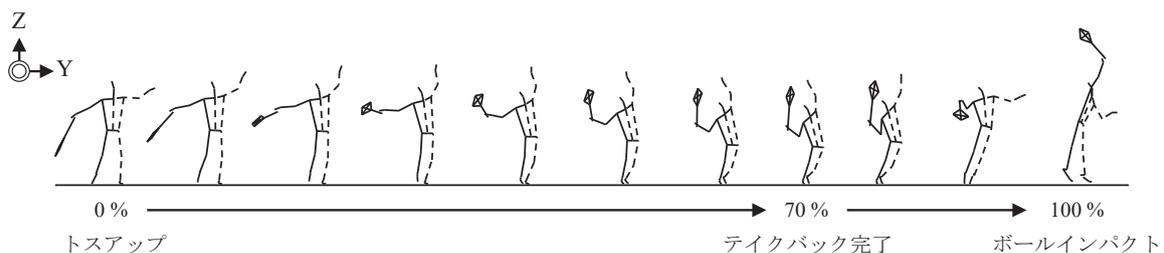


図1 分析範囲

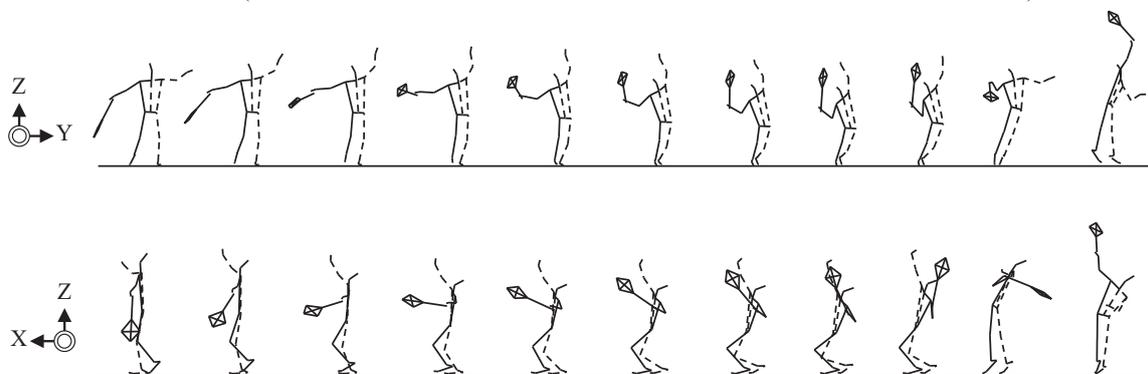
ソフトテニス選手のファーストサービスのキネマティクスの分析

表2 各変数の最大値における男女選手の比較

	男子 (n=16)	女子 (n=11)	有意差
ボールスピード (km/h)	169.69±12.80	140.73±9.56	男子 > 女子
ラケットヘッドスピード (m/s)	40.24±2.03	34.19±2.24	男子 > 女子
角速度 (deg./s)			
肩関節 内旋	1711.57±356.79	1142.80±472.42	男子 > 女子
肘関節 伸展	1446.14±372.35	1353.65±240.98	n.s.
手関節 掌屈	799.62±324.49	973.53±384.61	n.s.
上腕 左回旋	715.98±250.37	1082.24±231.20	男子 < 女子
体幹 左捻転	425.22±235.40	762.30±228.85	男子 < 女子
骨盤 左回旋	382.77±61.74	426.29±57.55	n.s.
左股関節 伸展	242.55±92.00	124.46±86.13	男子 > 女子
左膝関節 伸展	571.59±127.09	401.52±103.72	男子 > 女子
左足関節 伸展	636.78±205.00	511.56±167.00	n.s.
右股関節 伸展	307.05±81.47	193.80±70.42	男子 > 女子
右膝関節 伸展	599.00±113.14	562.73±150.79	n.s.
右足関節 伸展	721.86±113.67	588.41±186.60	男子 > 女子

<, >; P < 0.05

選手A (男子, ボールスピード: 176 km/h, ラケットヘッドスピード: 40.68 m/s)



選手B (女子, ボールスピード: 133 km/h, ラケットヘッドスピード: 31.64 m/s)

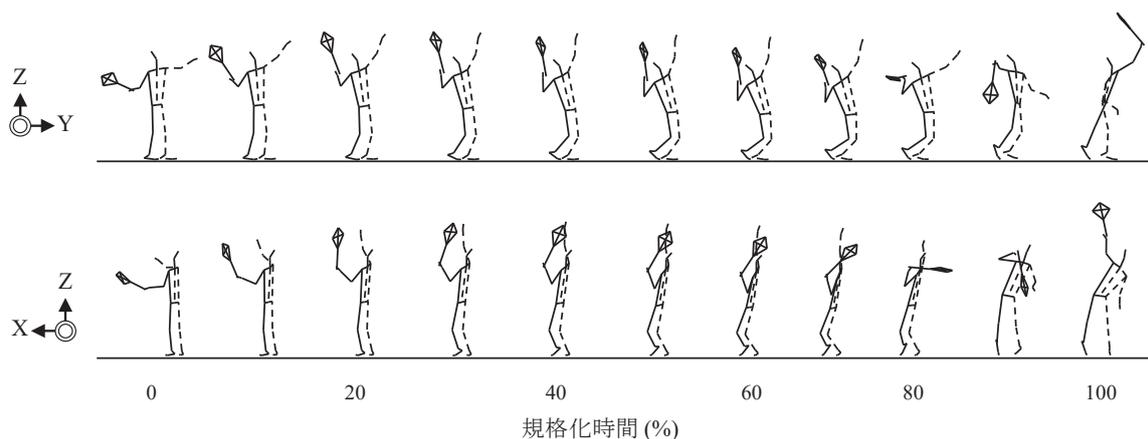


図2 男女選手のオーバーハンドサービスの典型例 (実線: 右, 破線: 左)

を示した。上腕回旋の角度では30%から51%および85%から100%にかけて女子が男子より有意に大きく、角速度では0%から35%および78%から99%にかけて女子が男子より有意に大きかった。体幹捻転の角度では62%から94%にかけて男子が女子より有意に大き

く、角速度では0%から21%にかけて女子が男子よりも、51%から67%にかけては男子が女子よりも、91%から100%にかけては女子が男子よりも有意に大きかった。骨盤回旋の角度では30%から100%にかけて女子が男子より有意に大きく、角速度では11%から

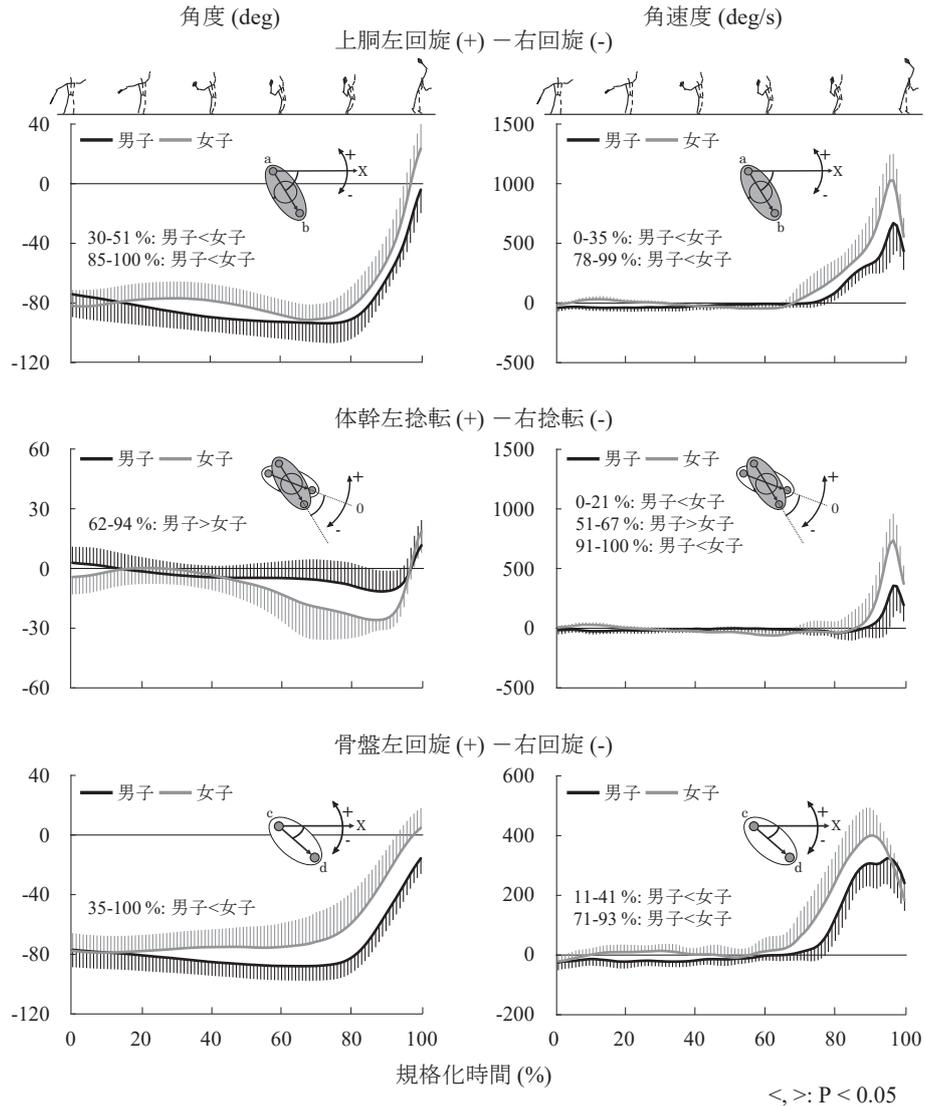


図3 男女選手の上胴回旋, 体幹捻転, 骨盤回旋の角度および角速度の平均値と標準偏差 (a: 右肩峰, b: 左肩峰, c: 右上前腸骨棘, d: 左上前腸骨棘)

41%および71%から93%にかけて女子が男子より有意に大きかった。

図4に肩関節外転・内転, 水平外転・水平内転, 外旋・内旋の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差を示した。外転・内転の角度では83%から93%にかけて女子が男子よりも、99%から100%にかけては男子が女子よりも有意に大きく、角速度では72%から87%にかけて女子が男子よりも、91%から97%にかけては男子が女子よりも有意に大きかった。水平外転・水平内転の角度では0%から36%にかけて男子が女子よりも、87%から100%にかけては女子が男子よりも有意に大きく、角速度では26%から56%にかけて女子が男子よりも、85%から96%にかけては女子が男子よりも有意に大きかった。外旋・内旋の角度では84%から89%にかけて女子が男子よりも、95%から98%にかけては男子が女子より

も有意に大きく、角速度では75%から85%にかけて女子が男子よりも、89%から95%にかけては男子が女子よりも、99%から100%にかけては女子が男子よりも有意に大きかった。

図5に肘関節伸展・屈曲, 回外・回内の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差を示した。伸展・屈曲の角度では0%から36%および62%から76%にかけて男子が女子より有意に大きく、角速度では84%から95%にかけて女子が男子より有意に大きかった。回外・回内の角度では62%から100%にかけて男子が女子より有意に大きく、角速度では60%から72%にかけて女子が男子よりも、91%から94%にかけては男子が女子よりも有意に大きかった。

図6に手関節掌屈・背屈, 撓屈・尺屈の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差

ソフトテニス選手のファーストサービスのキネマティクスの分析

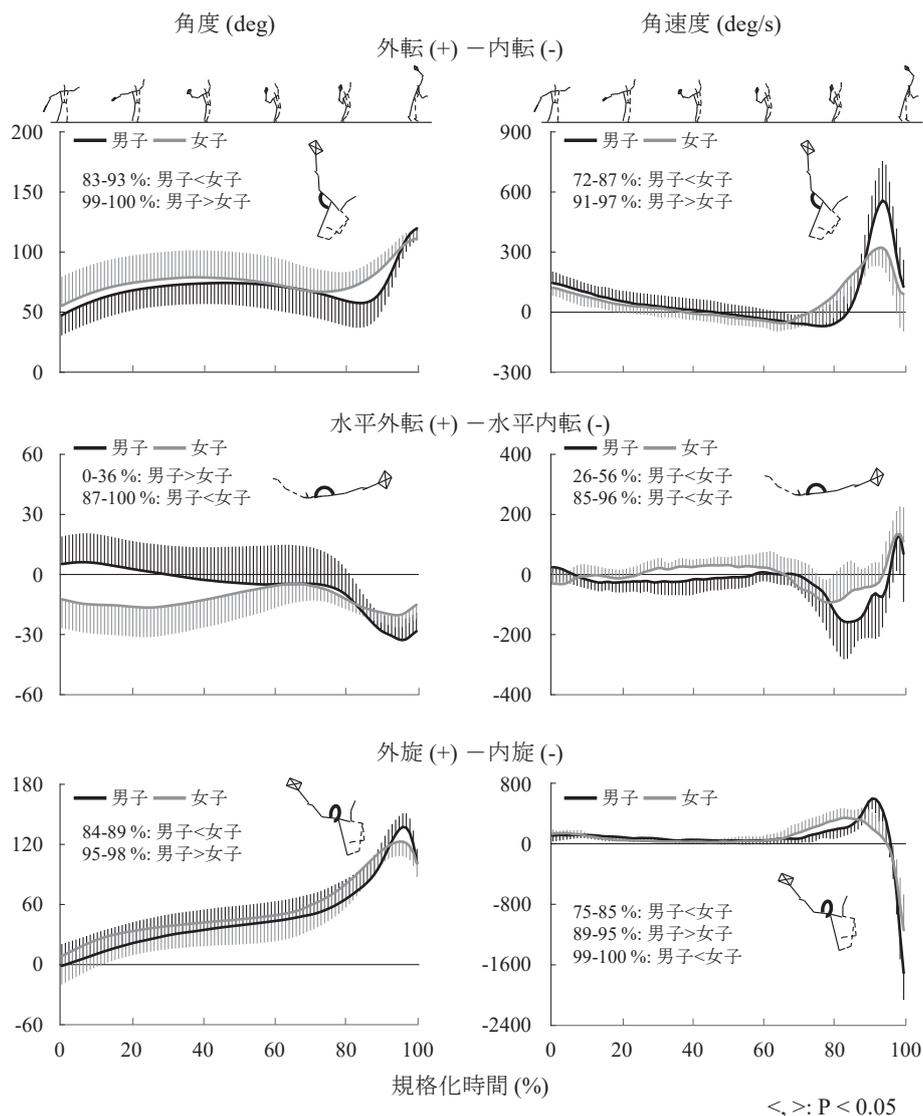


図4 男女選手の肩関節外転・内転，水平外転・水平内転，外旋・内旋の角度および角速度の平均値と標準偏差

を示した。掌屈・背屈の角度では62%から92%にかけて男子が女子より有意に大きく、角速度では60%から70%にかけて男子が女子より、93%から100%にかけては女子が男子より有意に大きかった。撓屈・尺屈の角度では31%から100%にかけて男子が女子より有意に大きく、角速度では、87%から88%において男子が女子よりも有意に大きかった。

図7に左股関節伸展・屈曲，外転・内転，外旋・内旋の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差を示した。伸展・屈曲の角度では87%から100%にかけて男子が女子より有意に大きく、角速度では34%から56%にかけて女子が男子よりも、81%から95%にかけては男子が女子よりも有意に大きかった。外転・内転の角度では0%から34%および76%から96%にかけて女子が男子より有意に大きく、角速度では69%から83%にかけて女子が男子よりも、

91%から100%にかけては男子が女子よりも有意に大きかった。外旋・内旋の角度では0%から8%にかけて男子が女子よりも、89%から100%にかけては女子が男子よりも有意に大きく、角速度では73%から76%および89%から94%にかけて女子が男子よりも有意に大きかった。

図8に左膝関節伸展・屈曲，左足関節底屈・背屈の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差を示した。膝関節伸展・屈曲の角度では0%から84%にかけて女子が男子よりも、91%から96%にかけては男子が女子より有意に大きく、角速度では32%から47%にかけて女子が男子よりも、85%から89%にかけては男子が女子より有意に大きかった。左足関節底屈・背屈の角度では0%から44%にかけて女子が男子よりも、89%から95%にかけては男子が女子より有意に大きく、角速度では0%から15%および

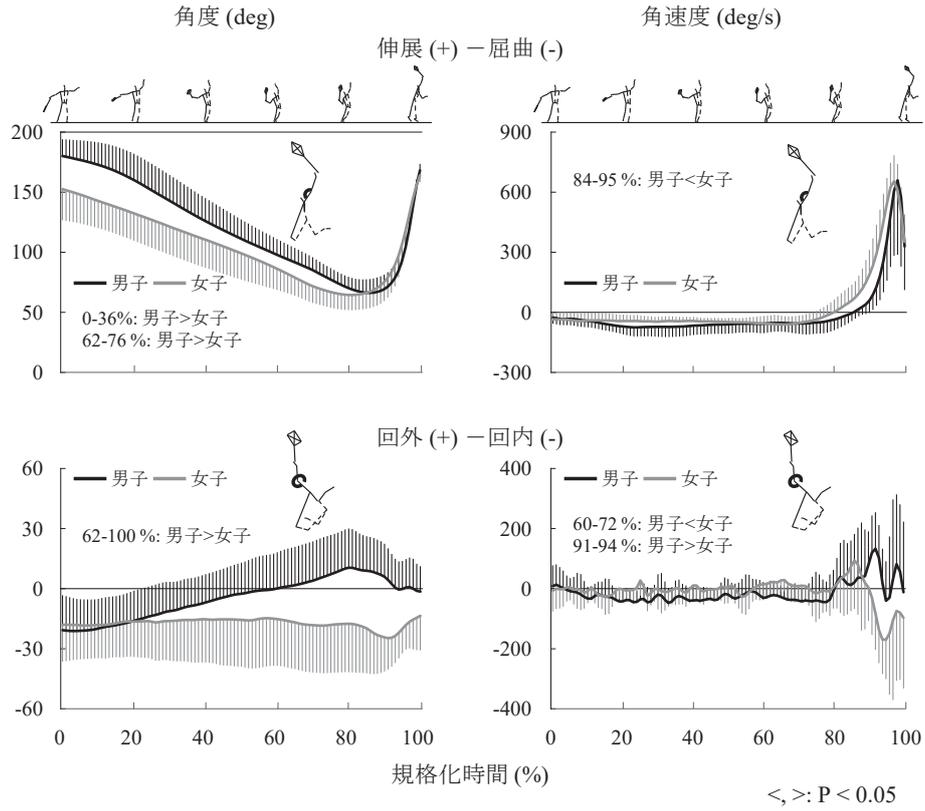


図5 男女選手の肘関節伸展・屈曲，回外・回内の角度および角速度の平均値と標準偏差

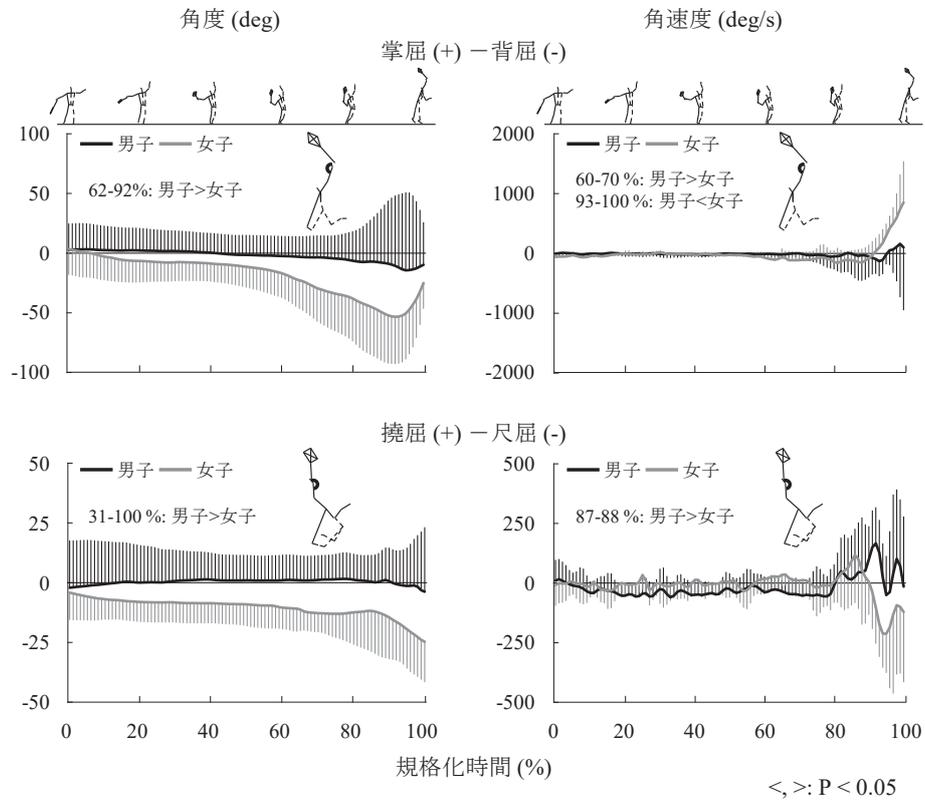


図6 男女選手の手関節掌屈・背屈，撓屈・尺屈の角度および角速度の平均値と標準偏差

ソフトテニス選手のファーストサービスのキネマティクスの分析

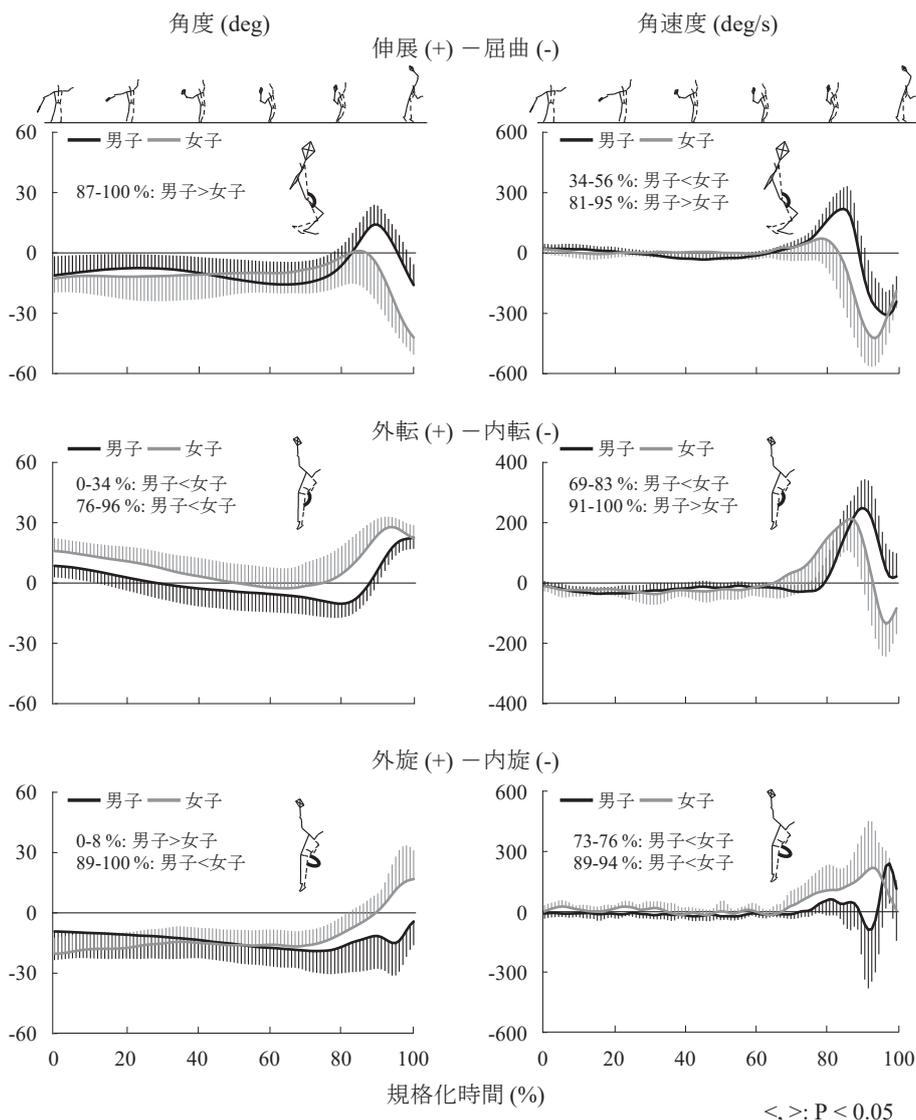


図7 男女選手の左股関節伸展・屈曲，外転・内転，外旋・内旋の角度および角速度の平均値と標準偏差

94%から99%にかけては女子が男子よりも有意に大きかった。

図9に右股関節伸展・屈曲，外転・内転，外旋・内旋の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差を示した。伸展・屈曲の角度では36%から43%にかけて女子が男子よりも，91%から100%にかけては男子が女子よりも有意に大きく，角速度では15%から33%にかけて女子が男子よりも，82%から89%にかけては男子が女子よりも有意に大きかった。外転・内転の角度では0%から22%および70%から95%にかけて男子が女子よりも有意に大きく，角速度では72%から85%にかけて男子が女子よりも，89%から100%にかけては女子が男子よりも有意に大きかった。外旋・内旋の角度では男女間に有意差がみられなかった。角速度では75%から79%にかけて女子が男子よりも，84%から88%にかけては男子が女子よりも有

意に大きかった。

図10に右膝関節伸展・屈曲，右足関節底屈・背屈の角度および角速度について男女選手それぞれの平均値と標準偏差を示した。膝関節伸展・屈曲の角度では17%から84%および97%から100%にかけては女子が男子よりも有意に大きく，角速度では0%から7%にかけて女子が男子よりも有意に大きかった。左足関節底屈・背屈の角度では80%から83%にかけて女子が男子よりも有意に大きく，角速度では75%から80%にかけて女子が男子よりも有意に大きかった。

4. 考 察

本研究におけるボールスピード（表2）は，硬式テニスのファーストサービスのボールスピードを報告している Reid et al. (2016) のものと比べて男女ともに小さかったが，ソフトテニスのファーストサービスに関

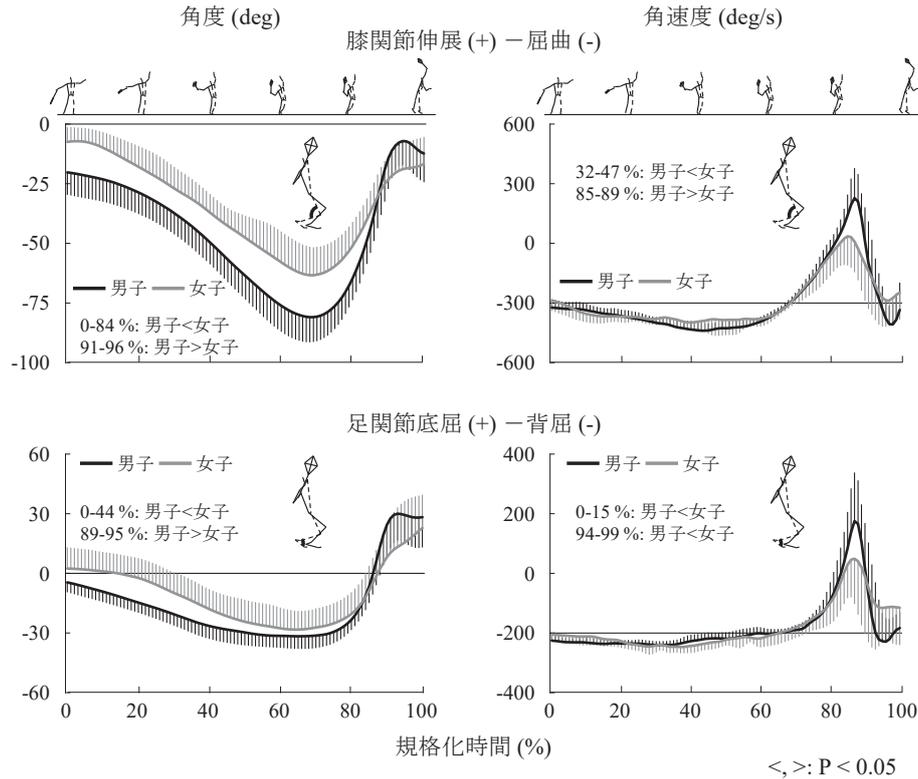


図8 男女選手の左膝関節伸張・屈曲，左足関節底屈・背屈の角度および角速度の平均値と標準偏差

する報告（水野ほか，2004）よりは大きかった。ボールスピードおよびラケットヘッドスピードは男子が女子よりも有意に大きかった。この結果はテニスのサーブにおける男女比較をした先行研究（Fleisig et al., 2003；Reid et al., 2016）と同様であった。また，本研究における女子のボールスピードは男子の82.93%，女子のラケットヘッドスピードは男子の85.00%と，硬式テニスのファーストサーブにおける男女比と類似していた（Elliott et al., 2013）。したがって，本研究のソフトテニスのボールスピードはテニスに劣るものであったが，男女のボールスピードの比率については硬式テニスと同様であった。

硬式テニスのフラットサーブでは，肩関節の内旋角速度と手関節の掌屈角速度の貢献が大きく，ボールスピードが大きいプレーヤーと小さいプレーヤーの間には肩関節の内旋角速度によるヘッドスピードへの貢献に差がみられたことが報告されている（Elliott et al., 1995；Tanabe and Ito, 2007）。本研究において，男子の肩関節内旋の最大角速度は女子より有意に大きく（表2），インパクト前の内旋角速度も大きかった（図4）。したがって，男子は大きな肩関節内旋トルクを發揮し，より大きな角速度を出すことによって，速いラケットヘッドスピードを獲得していたと推察される。また男女ともに，サーブ後半局面において，肩関節を内旋させる前に外旋させており，その外旋角速度は

男子が女子よりも大きかった（図4）。これは，伸張－短縮サイクルを利用して肩関節内旋トルクを増大させ，角速度をより高めていたことを示すと考えられる。

オーバーハンドサーブにおいて，下肢はレッグドライブと呼ばれる膝関節の屈曲・伸展動作を中心とした運動により力学的エネルギーを産み出し，それを上肢へと伝達させることによってラケットヘッドスピードの獲得に大きく貢献するとされている（Reid et al., 2008；Kovacs and Ellenbecker, 2011；村田・藤井, 2014b）。本研究の対象者では，左右の膝関節ともに局面全体にわたって，男子の方が女子に比べて大きく屈曲しており（図8，10），股関節伸展および膝関節伸展の最大角速度も男子が有意に大きかった（表2）。以上のことから，男子は女子よりも肩関節内旋や股関節および膝関節の伸展の角速度が高く，硬式テニスの先行研究で指摘されているラケットヘッドスピードをより高めるための動作を実施していたと考えられる。

ところで，硬式テニスのオーバーハンドサーブにおける体幹の役割として，下肢で産み出された力学的エネルギーを体幹捻転トルクおよび関節力によって下肢から上肢へ伝達し，ラケットヘッドスピードの獲得に貢献することがあげられており（村田・藤井, 2014a, 2014b），体幹捻転もラケットヘッドスピードの獲得における重要な要素の一つである（Colomar et al., 2022）。しかし本研究では，ラケットヘッドスピードは男子の

ソフトテニス選手のファーストサービスのキネマティクスの分析

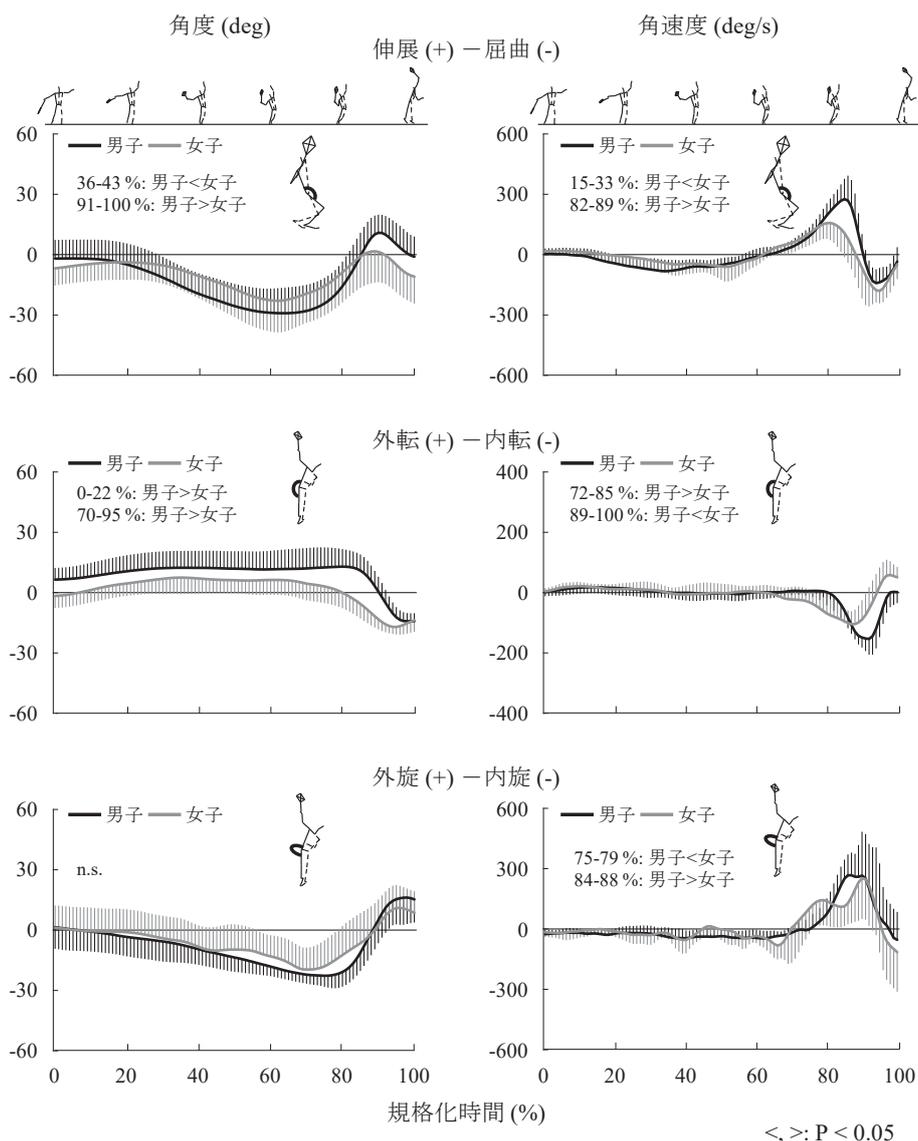


図9 男女選手の右股関節伸展・屈曲，外転・内転，外旋・内旋の角度および角速度の平均値と標準偏差

方が有意に大きかったにもかかわらず，上腕および体幹捻転の最大角速度は女子の方が男子よりも有意に大きかった（表2）。また，骨盤回旋においては，その最大値に有意差はみられなかったが，女子の方がサービス後半局面開始付近から角速度が急増していた（図3）。これらのことから，女子のオーバーハンドサービスでは男子に比べて体幹捻転の角速度が大きいと考えられる。上述した上肢，下肢，体幹のラケットヘッドスピードへの貢献に関する先行研究は，関節において大きなトルクやエネルギーを発生・伝達させることによって，ラケットヘッドスピードの増大に寄与することを示したものであり，一般的には筋力・パワーが優れる男子の方が上肢，下肢，体幹における角速度が大きくなる。女子において体幹捻転角速度が大きかった理由は，下肢の屈曲伸展動作が不十分であるためと考えられる。女子の左右股関節および膝関節の屈曲角度

や伸展角速度は男子に比べて小さく（図7，8，9，10），上述したレッグドライブによる力学的エネルギーを獲得しにくい動きであり，ラケットを加速させるための力学的エネルギーを，体幹を捻転させることによって補っていたことが推察される。以上のことから，女子の体幹捻転角速度が男子より高かったのは，下肢の動作によるものと考えられる。Elliott et al. (2013) は，硬式テニスにおける女子プロ選手と男子プロ選手との間における体幹捻転の角速度は男子の方がやや高いことを報告している。本研究で明らかとなった女子選手の体幹捻転優位の動作がソフトテニスの女子選手に特有なラケットヘッドスピード獲得のメカニズムであるかについては，本研究で対象としていなかったキネティクスやエネルギーフローなども検討する必要がある。その一方で，女子のサービスにおける下肢の屈曲伸展動作を改善するためのトレーニングを実施しその効果を

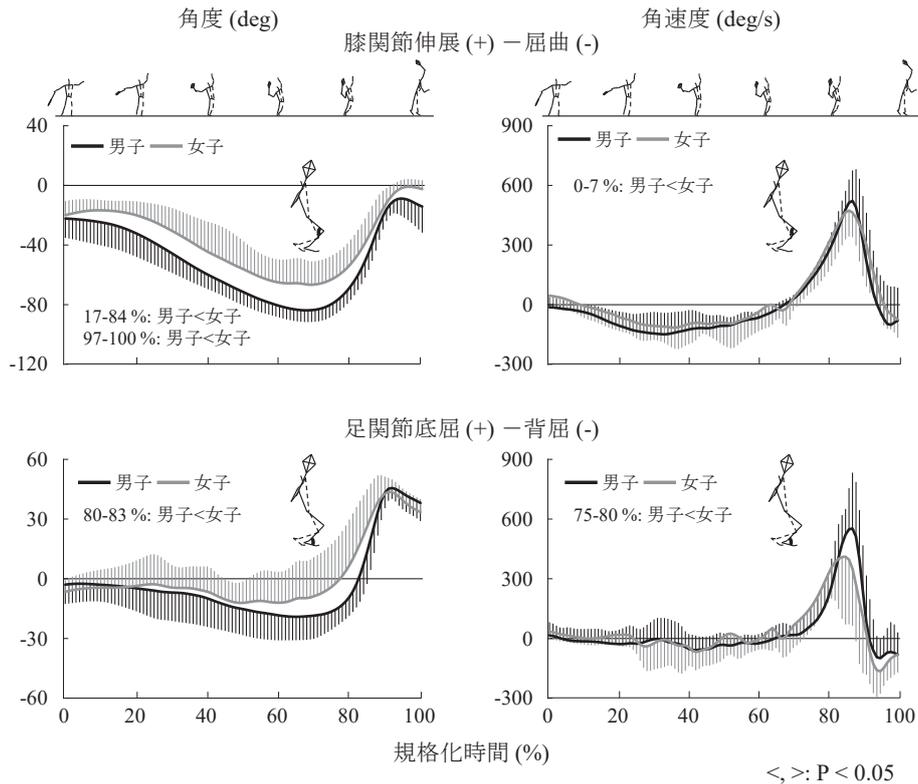


図10 男女選手の右膝関節伸展・屈曲，右足関節底屈・背屈の角度および角速度の平均値と標準偏差

検証することも，男女の違いを明らかにする上で重要である。

### 5. 結 論

本研究の目的は，ソフトテニス選手のファーストサーブのキネマティクスの特徴を性差に着目して明らかにすることであった。その結果，以下のことが明らかとなった。

- 1) ボールスピードおよびラケットヘッドスピードは男子が有意に大きく，女子は男子の82.93%，85.00%であった。
- 2) ラケットヘッドスピードの獲得に貢献する肩関節内旋や股関節および膝関節の伸展角速度は男子が有意に大きかったが，体幹捻転や上腕の角速度は女子の方が男子よりも有意に大きかった。

これらのことから，上肢や下肢の角速度を高めることは男女ともにラケットヘッドスピードの獲得に重要であるが，上腕回旋や体幹捻転においてはソフトテニス女子選手特有のラケットヘッドスピード獲得のメカニズムがある可能性が示唆された。

### 謝 辞

動作計測に関しては日本体育大学大学院コーチング学・阿江研究室のメンバーには多大な協力をいただきました。また計測機器の使用を快諾いただきました凸

版印刷株式会社先端表現技術開発本部， 電脳空間総合開発部の皆様に感謝いたします。

### 文 献

ATP TOUR (2022). ATP Stats Leaderboards. <https://www.atptour.com/en/stats/leaderboard?boardType=serve&timeFrame=52Week&surface=all&versusRank=all&formerNo1=false>, (参照日 2022年9月15日).

Colomar, J., Corbi, F., Brich, Q., and Baiget, E. (2022) Determinant Physical Factors of Tennis Serve Velocity: A Brief Review. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 17(8): 1159–1169.

Elliott, B. C., Marshall, R. N., and Noffal, G. J. (1995) Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *J. Appl. Biomech.*, 11(4): 433–442.

Elliott, B., Whiteside, D., Lay, B., and Reid, M. (2013) The Female Tennis Serve: An Analogous Version of the Male Serve? In T-Y. Shiang, W-H. Ho, P. C. Huang, & C-L. Tsai (Eds.), 2013 ISBS Conference Proceedings, p. 5.

Fleisig, G., Nicholls, R., Elliott, B., and Escamilla, R. (2003) Tennis: Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. *Sports Biomech.*, 2(1): 51–64.

Hayes, M. J., Spits, D. R., Watts, D. G., and Kelly, V. G. (2021) Relationship between tennis serve velocity and select performance measures. *J. Strength Cond.*

- Res., 35(1), 190–197.
- Kariyama, Y., Hobara, H., and Zushi, K. (2017) Differences in take-off leg kinetics between horizontal and vertical single-leg rebound jumps. *Sports Biomech.*, 16(2): 187–200.
- Kovacs, M. S., and Ellenbecker, T. S. (2011) A performance evaluation of the tennis serve: implications for strength, speed, power, and flexibility training. *Strength Cond. J.* 33(4): 22–30.
- Kraemer, W., Triplett, N., Fry, A., Koziris, L., Bauer, J., Lynch, J. and Knuttgen, H. (1995) An in-depth sports medicine profile of women college tennis players. *J. Sport Rehabil.* 4: 79–98.
- 楠堀誠司・田中俊充 (2020) 第14回釜山アジア競技大会における韓国人ソフトテニスプレーヤーによる高速サーブの速度推定. *ソフトテニス研究*, 1: 7–17.
- Leversen, J., Haga, M., and Sigmundsson, H. (2012) From children to adults: Motor performance across the life-span. *PLoS ONE*, 7(6): e38830.
- 水野哲也・浅川陽介・石井源信・井田博史・梶山祥子・川上晃司・楠堀誠司・工藤敏巳・杉山貴義・高橋憲司・中島幸則・福林 徹・山本裕二 (2004) 若手ソフトテニス選手の身体運動能力特性—2003年2月JISSにおける測定結果から—。平成14・15年度日本ソフトテニス連盟医科学研究報告書, 29–42.
- 村田宗紀・藤井範久 (2014a) 下肢および胴部に着目した硬式テニスサーブにおけるボールの回転の打ち分け. *バイオメカニズム*, 22: 155–166.
- 村田宗紀・藤井範久 (2014b) 上肢および上腕に着目したテニスサーブにおける回転の打ち分け. *体育学研究*, 59(2): 413–430.
- 西田豊明監 (2013) いちばんやさしいソフトテニスの基本レッスン. 新星出版社: 東京.
- 西田豊明監 (2014) 勝利への近道! ソフトテニススピードマスター. 新星出版社: 東京.
- 野口英一監 (2015) ソフトテニス基本と勝てる戦術. ナツメ社: 東京.
- 小野寺剛 (2009) DVD うまくなる! 勝てる! ソフトテニス. 日本文芸社: 東京.
- Reid, M., Elliott, B., & Alderson, J. (2008). Lower-limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40(2): 308–315.
- Reid, M., Morgan, S., and Whiteside, D. (2016) Matchplay characteristics of Grand Slam tennis: implications for training and conditioning. *J. Sports Sci.*, 34(19): 1791–1798.
- Roetert, E. P., Brown, S., Piorkowski, P., and Woods, R. (1996) Fitness comparisons among three different level of elite tennis players. *J. Strength Cond. Res.*, 10(3): 139–143.
- Suzuki, Y., Ae, M., Takenaka, S., and Fujii, N. (2014) Comparison of support leg kinetics between side-step and cross-step cutting techniques. *Sports Biomech.*, 13(2): 144–153.
- 高橋和孝・吉田拓矢・荻山 靖・林 陵平・浅井 武・冨子浩二 (2017) 伸張-短縮サイクル運動を伴った体幹捻転エクササイズによるトレーニング効果. *トレーニング科学*, 29(2): 129–142.
- Tanabe, S., and Ito, A. (2007) A three-dimensional analysis of the contributions of upper limb joint movements to horizontal racket head velocity at ball impact during tennis serving. *Sports Biomech.*, 6(3): 418–433.
- 田邊 智・伊藤 章 (2008) テニスサービス時のラケットヘッド速度へのラケット並進運動と回転運動の貢献. *大阪体育学研究*, 46: 11–25.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. In: *Human Locomotion 1* (Proceedings of the first biannual conference of the Canadian Society of Biomechanics), 92–93.
- Whiteside, D., Elliott, B., Lay, B., and Reid, M. (2013) The effect of age on discrete kinematics of the elite female tennis serve. *J. Appl. Biomech.*, 29(5): 573–582.
- WTA TOUR (2022), STATS HUB, <https://www.wtatennis.com/stats>, (参照日 2022年9月15日).

---

<連絡先>

著者名: 篠原秀典

住 所: 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町 1221-1

所 属: 日本体育大学身体教育系

E-mail アドレス: shinohara@nittai.ac.jp