

論文の和文概要

氏名 佐藤 文平

(博士論文の題目)

日本人一線級テニス選手におけるドップラー・レーダー追跡システムを用いたサーブ時のボール速度と回転数の関係

(博士論文の概要)

【緒言】テニス競技では、サーブ権を持っている選手がサーブを行い、サービスエリアに着弾したボールに対して、レシーバーが返球を試みることでゲームが開始される。世界一線級テニス選手が打球するサーブ速度は、年々漸増傾向にあり、トーナメントを勝ち進む選手の1stサーブは大会を通して高速で安定していることが報告されている。また、佐藤ら⁶⁴⁾は「硬式テニスでは1stサーブを失敗しても2ndサーブを打球することが許されており、失敗を恐れずに1stサーブを打つことができるため、サーバーの著しい優位性は硬式テニスの競技特性である」と述べている。Cross and Pollard³⁾は、1991年から2009年にわたり世界4大会におけるサーブの傾向について調査し、サーフェースの種類に関係なく高速サーブが打球されており、かつダブルフォルトが減少したことを報告していることから、世界一線級テニス選手のサーブは高い速度で打球されている上に安定性を兼ね備えていることを意味している。サーバーから打球されたボールは、ラケットのしなりとストリングの撓みによって生じる運動エネルギーによって飛翔し、相手コートに着弾するが、空中での軌道や着弾後の挙動は、ボール速度と回転数が影響しており、サーブ研究をするうえで重要な課題となっている。これまで、ボールの回転に着目した研究を実施するためには、ボールに再帰性反射素材でできた反射マーカーを貼付し、複数台の高速度カメラを設置するなど大掛かりな準備が必要とされてきた。更に、解析にあたっては、撮影画像を目視確認しながらの作業に、多くの時間を費やさなければならなかった。しかしながら、ドップラー・レーダー追跡システムを応用したTRACKMANが開発され、速度と回転数を簡便にしかも高い精度をもって測定することが可能となった。本研究では、日本人一線級テニス選手を対象として、テニスの代表的な3種類のサーブ (flat、slice、kick) における速度と回転数の関係を定量化することにより、サーブのパフォーマンス向上に寄与するための評価法とその有効性について明らかにすることを目的とした。

様式 3 号

【研究方法】サーブのボール速度および回転数の測定には、TRACKMAN を使用した。サーブは、デュースサイドからの試技とし、打球位置はセンターマークから右方向 0.5m の位置に指定した。サーブのコースは flat、kick はセンター方向(Tゾーン)、slice はワイド方向へ最大努力で打球することを条件とし、各サーブはターゲットエリアに各 5 球 (flat : 5 球、slice : 5 球、kick : 5 球) 着弾することで成功試技と定義した (図 12)

【結果および考察】研究 I では、TRACKMAN の測定精度の信頼性を検証するために、3 種類のサーブ (flat、slice、kick) を用い、光学式三次元モーションキャプチャーシステム VICON カメラ (Vicon Motion Systems 社製、600Hz、以下 VICON) 12 台から算出された値と比較した。その結果、TRACKMAN と VICON から算出されたボール速度と回転数の値に統計的に有意な差は認められず、速度と回転数から得られた回帰式からも高い相関が認められた (図 14、15)。その結果、即時フィードバックが可能な TRACKMAN から算出されるボール速度および回転数の値は信頼性が高く、スポーツ科学研究分野および指導現場での有用性が示唆された。

研究 II では、日本人一線級テニス選手におけるサーブのボール速度と回転数および課題達成までに要した試技数を定量化した。その結果、ボール速度と回転数から得られた近似直線と競技レベルとの関係が明らかとなった。また、課題達成までの総試技数の値についても MPro および FPro の競技レベルの高さが反映された結果となった。本研究での知見は、初心者から上級者まで、全てのテニスプレーヤーに対応可能なサーブパフォーマンス評価指標の基礎となり得る可能性が示唆された (図 17)。

研究 III では、サーブ打球時の下肢のスタンステクニックの相違がボール速度と回転数に及ぼす影響について論じた。その結果、FU 群が速度と回転数からなるグラフの右上方に位置し、競技レベルは同等であっても、FB 群よりも高いサーブパフォーマンスを有していたことが示された。その理由として、後方脚を前方脚に引き寄せる FU は、FB よりも高い打点高と高い地面反力を得ることができ、ボールに高い回転を与えることが可能となったことが要因だと推察される (図 22)。

研究 IV では、日本人男女パラリンピアン車いすテニス選手 (MP1、MP2、FP) におけるサーブのボール速度と回転数を定量化し、その特徴を明らかにした。ボール速度と回転数から得られた回帰式に着目すると、全ての値に有意な負の相関関係が認められた。また、MP1 と MP2 および FP の測定値に着目すると競技レベルが高い MP1 が、MP2、FP よりもグラフの右上方に位置する傾向が示されていたことから、車いすテニス選手のサーブにおいても競技レベルが反映されていることが明らかとなった。

総合議論では、研究 I、II、III、IV に示した結果に基づき、日本人一線級テニス選手が世界 4 大会で活躍するための方策について提言し、日本人一線級テニス選手のサーブにおけるルーブリック (3 段階評価表) の作成を試みた (表 15、16)。

様式 3 号

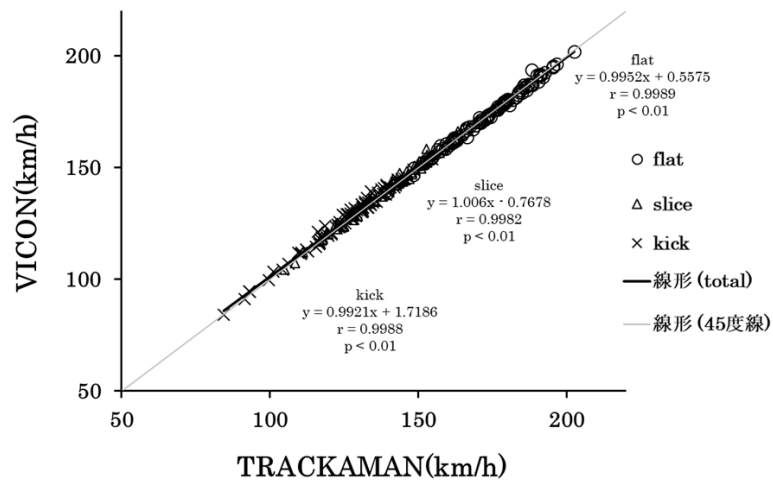


図 14 TRACKMAN と VICON から算出されたボール速度 (km/h) の関係

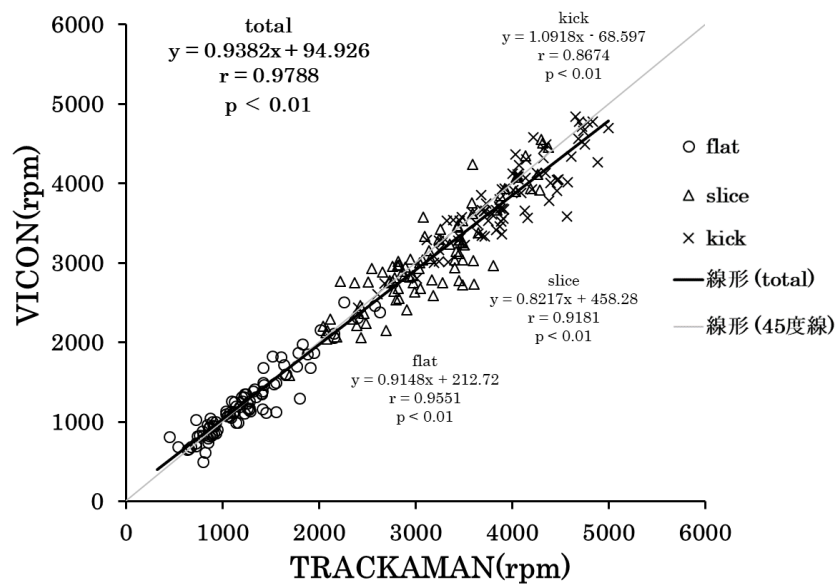


図 15 TRACKMAN と VICON から算出されたボール回転数 (rpm) の関係

様式 3 号

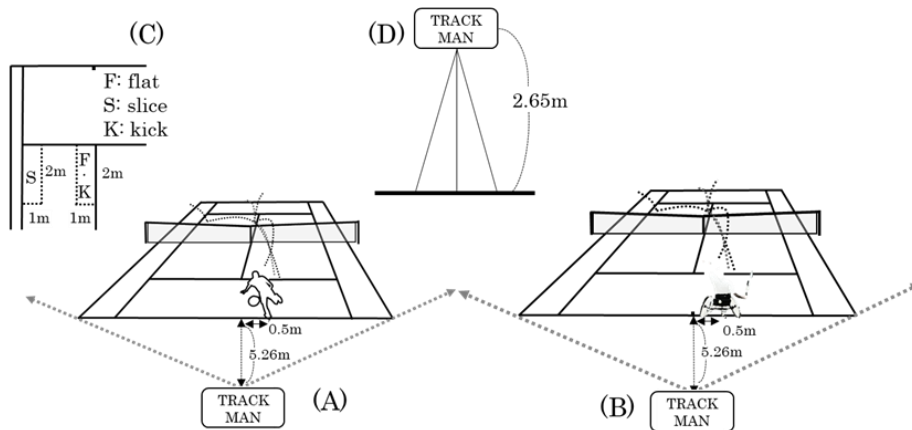


図 17 実験模式図。(A) 日本人一線級テニス選手 (MPro、MU、MJr、FPro、FU、FJr)、(B) 日本人一線級車いすテニス選手 (MP、FP)、(C) ターゲットエリア、(D) TRACKMAN の設置の高さ。

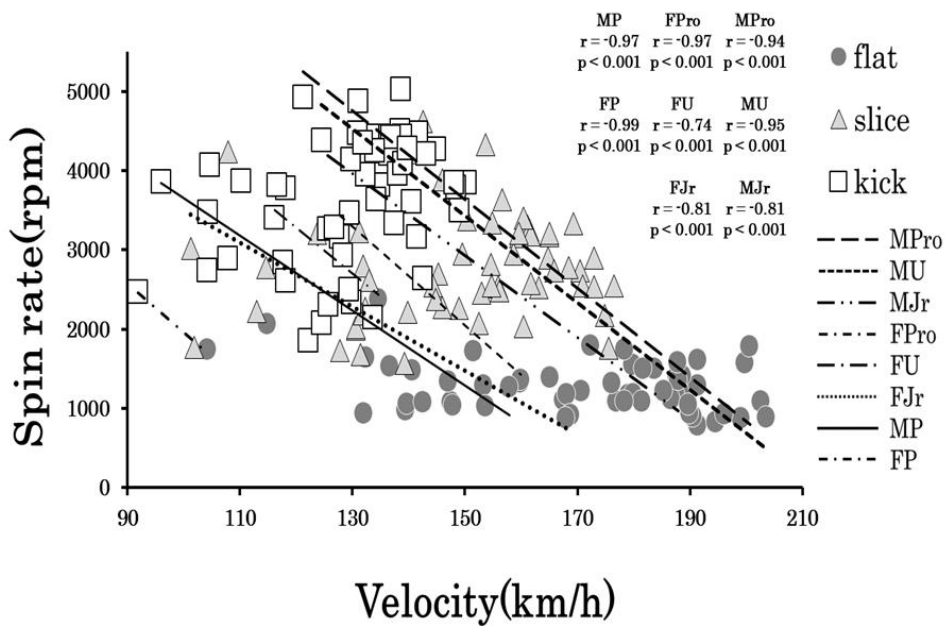


図 17 各群におけるボール速度と回転数の関係

様式 3 号

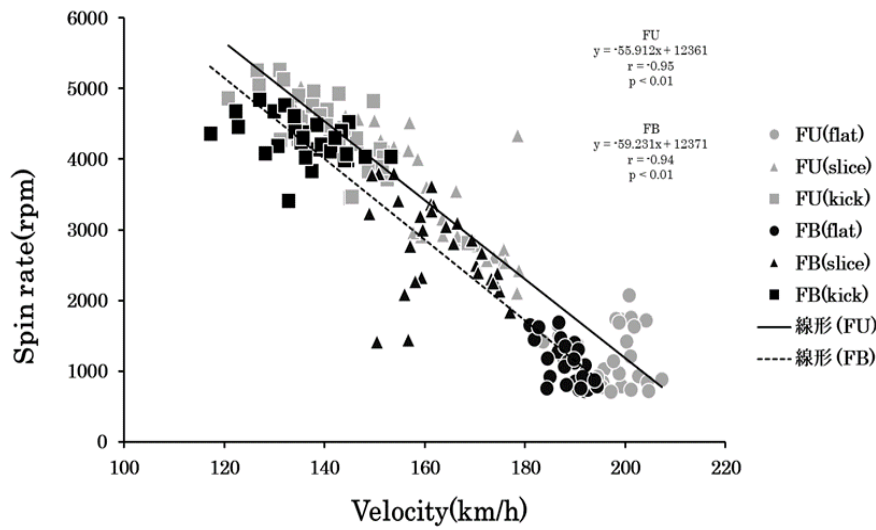


図 22 FU 群と FB 群におけるサーブのボール速度と回転数の関係

表 15 男子一線級テニス選手における速度と回転数における 3 段階評価表

Score	Velocity(km/h)				
	120	140	160	180	200
3 (+0.5SD)	> 5330.7 _(rpm)	> 4273.9 _(rpm)	> 3222.6 _(rpm)	> 2177.0 _(rpm)	> 1137.0 _(rpm)
2 (-0.5SD ~ +0.5SD)	5330.7 \cong ~> 4510.8 _(rpm)	4273.9 \cong ~> 3471.4 _(rpm)	3222.6 \cong ~> 3471.4 _(rpm)	2177.0 \cong ~> 1375.8 _(rpm)	1137.0 \cong ~> 319.5 _(rpm)
1 (-0.5SD)	4510.8 \cong ~ _(rpm)	3471.4 \cong ~ _(rpm)	3471.4 \cong ~ _(rpm)	1375.8 \cong ~ _(rpm)	319.5 \cong ~ _(rpm)

3: Excellent, 2: Good, 1: Average

表 16 女子一線級テニス選手における速度と回転数における 3 段階評価表

Score	Velocity(km/h)				
	100	120	140	160	180
3 (+0.5SD)	> 4776.7 _(rpm)	> 3949.9 _(rpm)	> 3138.2 _(rpm)	> 2344.1 _(rpm)	> 1567.6 _(rpm)
2 (-0.5SD ~ +0.5SD)	4776.7 \cong ~> 3874.2 _(rpm)	3949.9 \cong ~> 3116.4 _(rpm)	3138.2 \cong ~> 2343.3 _(rpm)	2344.1 \cong ~> 1552.8 _(rpm)	1567.6 \cong ~> 744.6 _(rpm)
1 (-0.5SD)	3874.2 \cong ~ _(rpm)	3116.4 \cong ~ _(rpm)	2343.3 \cong ~ _(rpm)	1552.8 \cong ~ _(rpm)	744.6 \cong ~ _(rpm)

3: Excellent, 2: Good, 1: Average