

# 中・高等学校のテニスにおけるパフォーマンス測定アプリケーションの開発

徐 広孝<sup>1)</sup>・大澤啓亮<sup>2)</sup>・小澤治夫<sup>3)</sup>

Development of tennis application to measure performance for junior and senior high school  
Hiroataka JO, Keisuke OSAWA, Haruo OZAWA

**Abstract :** The purpose of the present study was to develop the application in order to measure tennis performance, which was easy to use for junior high and high school tennis players. The application was designed with taking into account that users operate all functions by a mouse. 30 measurement items were created based on prior studies and the match stats of ATP world tour tournament on TV. In the test installation, a tennis club teacher and an advanced tennis player measured 6 high school tennis players' performance using the application, and exported the dataset into CSV format files. The basic match stats and the map of hit points and placements were created. Consequently, player characteristics, forte and defect were clarified. Therefore, it is possible that junior high and high school tennis players are able to use easily application, and the application provides beneficial information in order to analyze play styles and build practice plans.

## I. 緒言

試合分析<sup>(注1)</sup>のためのパフォーマンス測定の原点は、競技知識を持った人間が試合を見て判断したものを記録する方法である<sup>1)</sup>。テニスにおいては、試合中または録画された試合を見ながらスコアやショットの種別、イン、アウト、フォルトの判定等を測定する方法が用いられている<sup>2)</sup>。測定されたパフォーマンスデータの分析は、その目的に応じて適切な方法が選択される。例えば、数学的なアプローチや統計的手法を用いて試合中の重要なポイント进行分析した研究<sup>3) 4)</sup>、因子分析と構造方程式モデリング、多母集団同時分析を適用して、大学男子テニス選手におけるアンフォーストエラーの発生要因进行分析した研究<sup>5)</sup>、GIS (Geographic Information System :

地理情報システム)を利用して2012年ロンドンオリンピックの決勝戦パフォーマンスを測定し、サービスの空間的変動を分析した研究<sup>6)</sup>などがある。

手動によるパフォーマンス測定は、テニスだけではなく、多くの種目で行われている手法である。例えばサッカーでは、グラウンド上の線を目印にして選手の移動を手記する方法<sup>7)</sup>、ビデオで撮影された試合を再生してパフォーマンスを測定する方法<sup>8)</sup>などが報告された。パーソナルコンピューターが発展し普及すると、ビデオ撮影者1名、ゲーム展開(場所、プレイヤー、プレイの結果)を口頭で言う者1名、コンピュータに入力する者1名の計3名で役割を分担し、試合中にリアルタイムでデータを取得する方法が考案された<sup>9)</sup>。

1) 筑波大学附属駒場中・高等学校

〒154-0001 東京都世田谷区池尻4-7-1

2) 日本スポーツ振興センター

〒107-0061 東京都港区北青山2-8-35

3) 静岡産業大学経営学部

〒438-0043 静岡県磐田市大原1572番地1

1. Junior & Senior High School at Komaba,  
University of Tsukuba

4-7-1, Ikejiri, Setagaya-ku, Tokyo

2. JAPAN SPORT COUNCIL

2-8-35, Kitaaooyama, Minato-ku, Tokyo

3. Shizuoka sangyou university

1572-1 Owara, Iwata, Shizuoka

このように、ビデオやコンピュータが普及して以来、それらをツールとして使用し、人間がその種目特有のパフォーマンスを判断する方法が広く使われるようになった。ビデオとコンピュータを使用した解析の重要性は当時から指摘されているが<sup>10) 11)</sup>、人間の判断が仲介する場合は、誤差の混入を完全に避けることはできない。鈴木は、試合分析では分析者の主観性および恣意性を排除することはできないと述べており<sup>12)</sup>、Frankもまた、コーチのゲーム観察の正確性は3割程度であるとしている<sup>13)</sup>。これらのことから、より正確な測定値を追求する必要があると考えられる。

より早く、より正確にパフォーマンスを測定するために、最新テクノロジーの挑戦が続いている。近年、ハードウェアとソフトウェアの進化によって、これまでに測定できなかった項目を自動で測定ができるようになった。ATP (Association of Tennis Professionals: 男子プロテニス協会) とWTA (Women's Tennis Association: 女子プロテニス協会) では、2006年にHawk-eye Innovations社のHawk-eye (ホーク・アイ) と呼ばれる審判補助システムを導入した。コート周囲に設置された10台のハイスピードカメラ (340fps) によって、リアルタイムにボールと選手の位置情報を平均2.6mm以下の誤差で取得し、チャレンジシステム<sup>(注2)</sup>や試合分析に利用されている。WTAでは、2013年からSAP社のタブレット端末とクラウドシステムを使用し、グランドスラムを除く大会において、パフォーマンスデータを活用したコーチングを各セットにつき1度行っている。また、Sony社のスマートテニスセンサーは、ラケットに装着することでインパクトやスピンなどのスウィング情報の取得を可能にしている。このように、パフォーマンス測定は、ビデオ再生やコンピュータへの入力といった手作業を経て、現在は自動測定の時代に入るといえる。今までにないデータの測定が可能になれば、分析の幅も大きく広がることになる。そこで必要とされる人材が、スポー

ツ・データ・サイエンティストである。プロのスポーツチームや、ナショナルチームには専門的分析スタッフが常駐しているものの、今後、スポーツ・データ・サイエンティストの需要は拡大し、優秀な人材が選手の競技成績に与える影響がますます大きくなると予測されている。

スポーツデータを分析するためには、専門的な知識と経験が必要であり、ジュニア期からスポーツデータと向き合う機会を与えることが望ましい。しかし、上述した最新テクノロジーは、パフォーマンス測定の即時性や信頼性に優れているものの、測定機材の規模の大きさや、専門スタッフの必要性、金銭的成本などの理由から、中学、高校の教育現場に導入することは困難である。すなわち、自動測定時代に突入したとしても、中学・高校においては手作業で測定・分析をしなければならない。しかしながら、中高生が操作できる専門的なテニスのアプリケーションは存在しない。そこで、中高生が操作でき、かつビデオ撮影された映像を再生しながらパフォーマンスを測定するアプリケーションが必要である。

## II. 目的

本研究の目的は、テニスのスポーツ・データ・サイエンティストの育成という観点から、中高生が操作できるパフォーマンス測定アプリケーションを開発することであった。

## III. 方法

### 1. 測定項目

先行研究<sup>6) 14) 15)</sup>とATPワールドツアーのテレビ放送において表示されるスタッツ (試合統計) を参考にして、パフォーマンスの測定項目を選定した。

### 2. アプリケーションのデザインと開発

アプリケーションは、「初めてパフォーマンス測定を行う中高生が簡単に操作できる」ことを基本コンセプトとし、ユーザーインターフェースはマウス操作を中心としてデザインした。開発環境はMicrosoft Visual Studio 2017、開発言語はVisual Basic

とし、Windows 10 Professional 64ビット、8GB RAM、3.41GHzプロセッサを搭載したデスクトップPCで開発を行った。開発者はWindowsアプリケーション開発経験が12年であり、開発期間は2017年8月から10月であった。完成したアプリケーションを「TK Sports」と名付けた。TKは開発者の所属の頭文字をとり、将来的にテニス以外のスポーツにも対応できるように、TennisではなくSportsとした。

### 3. 試験運用

高校生の男子テニス選手6名を対象として、チーム内で実力が近い者同士で対戦を組み、1セットマッチの練習試合（計3試合）を行った。実施日は2017年8月22日、天候は晴れ、気温は30～33℃、風速は1～4m/secであった。コート全体が画角に収まるように、コート後方、高さ4mの位置にビデオカメラ（Canon XA30, 30fps, Full HD画質）を設置して試合を録画した（図1）。選手の競技水準は、高体連都大会ベスト64～256であり、試合時間と試合結果を表1に示した。パフォーマンスの測定者は、中・高等学校のテニス部指導歴4年の顧問教員と、テニス歴9年の上級選手であった。入力されたデータはCSV（Comma-Separated Values）ファイルでエクスポートしてMicrosoft Excel 2016に読み、基本的なスタッツ、ラリーの長さ、ラリーの1打目（1stサービスと2ndサービス）、2打目（リターン）、3打目以降に分けた打点・



図1 撮影された動画のスクリーンショット

表1 試合時間と試合結果

試合	試合時間	結果
選手A 対 選手B	22分	選手A 6-1 選手B
選手C 対 選手D	22分	選手C 6-3 選手D
選手E 対 選手F	32分	選手E 5-7 選手F

プレースメントマップを作成した。

## IV. 結果

### 1. 測定項目

データセットの変数となる測定項目は、30項目で構成した（表2）。データセットの1レコードが1ショットを表す構造になっており、後にショットの抽出を行う目的で、ラリー番号とショット番号を設けた。セット数、ゲーム数は整数型としたが、ポイントはアドバンテージがあるため、文字列型とした。データセット上から特定のプレーを指定することで、該当する動画の位置から再生できるように、ショットタイムとショットフレーム、プレースメントタイムとプレースメントフレームを設け、打点とプレースメントはXとYからなる座標型とした。ショットは1stサービス、2ndサービス、ストローク、スライス、ボレー、ドライブボレー、ロビング、スマッシュ、ドロップ、ブロックリターンの中から、サービス球種はフラットサービス、スピンサービス、スライスサービスの中から、ハンドはフォアハンド、バックハンドのどちらか、打点高は頭上、肩、腰、膝下の中から、ボールの回転はドライブ（順回転）、フラット（無回転）、スライス（逆回転）の中から、判定はイン、アウト、ネット、フォルト、レットの中から選択する名義尺度とした。そのほか、サービス&ボレー、サービスエース、ウィナー、ダイレクトショット（バウンドせずに直接打った場合）、ハードヒット（攻撃的に強打した場合）、アンフォーストエラー、フォーストエラー、アプローチショット、パッシングショットを1または0の値を取る名義尺度とした。

表2 測定項目の詳細

項目名	データ型	尺度	項目の説明
ラリー番号	整数	間隔	ラリーにつけられる番号。試合開始直後のラリーを1とし、試合が終わるまでの通し番号。
ショット番号	整数	間隔	同一ラリー内で放たれたショットの番号。ラリーが始まる（サービスが打たれる）ごとに1から記録される。
セットA	整数	間隔	選手Aのセット数
セットB	整数	間隔	選手Bのセット数
ゲームA	整数	間隔	選手Aのゲーム数
ゲームB	整数	間隔	選手Bのゲーム数
ポイントA	文字列	順序	選手Aのポイント (0、15、30、40、Ad)
ポイントB	文字列	順序	選手Bのポイント (0、15、30、40、Ad)
プレイヤー	文字列	名義	ショットを放ったプレイヤーの名前
ショットタイム	時刻	比率	ショットが放たれたときの動画の時間
ショットフレーム	整数	間隔	ショットが放たれたときの動画のフレーム
打点	座標	比率	ショットが放たれた位置を示すコート上の座標。コート中央を (0,0) とした。
ショット	文字列	名義	ショットの種類 (1stサービス、2ndサービス、ストローク、スライス、ボレー、ドライブボレー、ロビング、スマッシュ、ドロップ、ブロック)
サービス球種	文字列	名義	サービスの球種 (フラット、スピン、スライス)
ハンド	文字列	名義	ハンドの種類 (フォアハンド、バックハンド)
打点高	文字列	名義	打点の高さ (頭上、肩、腰、膝下)
スピン	文字列	名義	ボールの回転 (ドライブ、フラット、スライス)
ブレースメントタイム	時刻	比率	ボールが地面に落ちたときの動画の時間
ブレースメントフレーム	整数	間隔	ボールが地面に落ちたときの動画のフレーム
ブレースメント	座標	比率	ボールが地面に落ちた位置を示すコート上の座標。コート中央を (0,0) とした。
判定	文字列	名義	審判の判定 (イン、アウト、ネット、フォルト、レット)
サービスボレー	論理	名義	サービス&ボレーをした場合は1、そうでない場合は0。
エース	論理	名義	サービスエースを取った場合は1、そうでない場合は0。
ウィナー	論理	名義	ラリーにおいてウィナーを取った場合は1、そうでない場合は0。
ダイレクト	論理	名義	相手が打ったボールが地面に落ちる前に打ち返した場合は1、そうでない場合は0。
ハードヒット	論理	名義	攻撃的に強打した場合は1、そうでない場合は0。
アンフォーストエラー	論理	名義	アンフォーストエラーをした場合は1、そうでない場合は0。
フォーストエラー	論理	名義	フォーストエラーをした場合は1、そうでない場合は0。
アプローチ	論理	名義	アプローチショットをした場合は1、そうでない場合は0。
パッシング	論理	名義	パッシングショットをした場合は1、そうでない場合は0。

## 2. アプリケーションのデザイン

アプリケーションのコントロール<sup>(注3)</sup>は主に、ムービープレイヤー、スカウティングインターフェース、データセットで構成され、すべてを同一ウィンドウに配置した(図2)。ムービープレイヤーは、試合映像を再生するためのコントロールであり、再生できる動画ファイルは、mp4, mpeg, avi, dvとした。スカウティングインターフェースは、テニスコート上(これをスカウティングコートと呼ぶ)をマウスでクリックすることで打点やプレースメントの座標を取得することができ、ショットやスピンの種別は、クリック

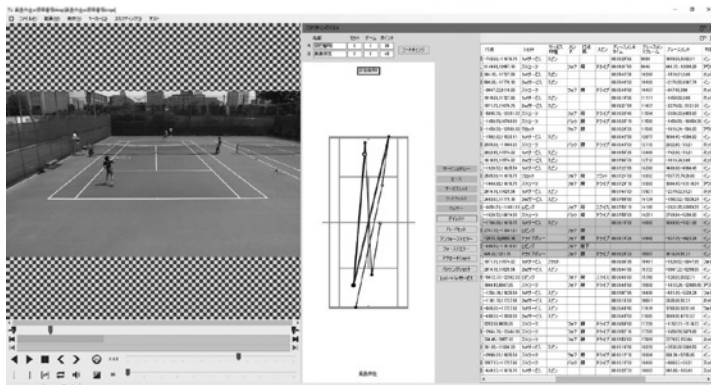


図2 アプリケーションのウィンドウ画面。ムービープレイヤー(左)、スカウティングインターフェース(中央)、データセット(右)から構成される。

データ入力のフローチャートを図4に示す。フローチャートで使用されている括弧は、「」が項目名、[ ]がローカル変数名、「」が値を意味する。処理開始後、最初に行われるのはローカル変数の初期化である。[Service]はサービスの種類(“1stサービス”もしくは“2ndサービス”), [RallyNo]は試合が始まってから終わるまでのラリーの通し番号, [ShotNo]は同一ラリー内のショットの通し番号, [SetA]は選手Aのセット数, [SetB]は選手Bのセット数, [GameA]は選手Aのゲーム数, [GameB]は選手Bのゲーム数, [PointA]は選手Aのポイント, [PointB]は選手Bのポイントを記憶するためのローカル変数である。アプリケーションのユーザーがサービスを打つ瞬間のフレームまで動画を進

後にリスト(これをスカウティングリストと呼ぶ)を表示させ、マウスで選択する方式を採用した(図3)。エースやパッシングショットなどの論理型データは、スカウティングコートの右側に配置されたボタン(これをスカウティングカテゴリーボタンと呼ぶ)をクリックすることで入力する方式を採用し、動画の再生、停止、コマ送り、コマ戻しは、マウスの右ボタンおよびホイールを操作する方式を採用した。データセットは、ユーザーがマウスで入力したデータがリアルタイムに表示され、修正することができる。

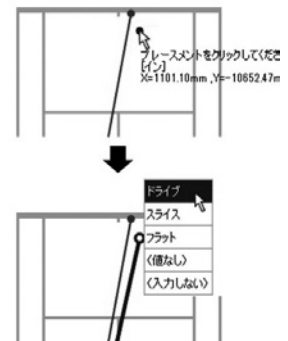


図3 マウスで座標指定した後にスカウティングリストを表示する。ここではスカウティングコントロールの一部を拡大表示している。

め、スカウティングコート上で打点の座標をクリックする。サービスの打点が決まった時点でラリーが始まるので、最初のショットの記録を新規に作成し、その記録にサービスの「打点」を記憶させる。続いてサブルーチンに移行して、記録の共通項目である「ラリー番号」, 「ショット番号」, 「セットA」, 「セットB」, 「ゲームA」, 「ゲームB」, 「ポイントA」, 「ポイントB」, サービスを打った「プレイヤー」およびその時の動画の時間を示す「ショットタイム」とフレームを示す「ショットフレーム」を記憶させる。その後、メインフローに戻り、「ショット」を記憶させる。続いてユーザーがサービスのプレースメントまで動画をを進め、スカウティングコ

トでプレースメントの座標をクリックする。その座標を「プレースメント」に、そのときの動画の時間を「プレースメントタイム」、フレームを「プレースメントフレーム」に記憶させる。その後、サービスの球種（“フラット”，“スピン”，“スライス”）を選ぶスカウティングリストを表示する。ユーザーが選択した「サービス球種」を記憶させ、プレースメントの座標をもとにイン、フォルトの判定を行う。フォルトの場合は「判定」に“フォルト”を記憶させ、[Service]の値を“2ndサービス”として、これまでと同じ処理を行う。インの場合はラリーが継続されるため、「判定」に“イン”を記憶させ、[ShotNo]の値を1つ増やす。ユーザーがリターンショットを打つところまで動画を進め、その打点となる座標をクリックする。クリック後、リターンショットのレコードを新規に作成し、「打点」、「共通項目」の記憶を経て、「ショット」（“ストローク”，“スライス”，“ボレー”，“ドライブボレー”，“ロビング”，“スマッシュ”，“ドロップ”，“ブロック”）、「ハンド」（“フォアハンド”，“バックハンド”）、「打点高」（“頭上”，“肩”，“腰”，“膝下”）のスカウティングリスト表示とユーザーによる値の選択、記憶を行う。打点高の記憶が済んだ後は、ユーザーがプレースメントまで動画を進め、「プレースメント」，「プレースメントタイム」，「プレースメントフレーム」を記憶させ、「スピン」（“ドライブ”，“フラット”，“スライス”）のスカウティングリストを表示する。ユーザーが選択した「スピン」の値を記憶し、イン、アウト、レットの「判定」を行った後、各判定結果に応じてポイントを増やしたり、次のショットやラリーに移行したりする。データ入力のプロチャートの概要はこのようになっており、エースやパッシングショットなどの名義データは、このプロチャートとは別に、そのボタンを押したタイミングでデータを入力する仕組みになっている。

### 3. 試験運用

テニス部顧問教員と上級選手がアプリケーションを操作してパフォーマンスの測定を試みた。軽度なエラーが2件あったが、致命的

なバグはなかった。パフォーマンス測定に要した時間は、実際の試合時間のおよそ3~4倍であった。CSVファイルに出力されたパフォーマンスデータのデータセットを図5に示す。このデータセットをMicrosoft Excelに読み込むことで、手作業により分析者が意図する分析が可能になる。今回は、試験的な分析として、基本的なスタッツ（表3），ラリーの長さ（表4），ラリーの1打目（1stサービスと2ndサービス），2打目（リターン），3打目以降に分けた打点・プレースメントマップ（図6）を作成した。1stサービスがインの確率は、選手Cの75.9%が最も高く、選手Fの37.5%が最も低かった。2ndサービスがインの確率は、選手Aの93.3%が最も高く、選手Dの60.0%が最も低かった。サービスリターンがインの確率は、選手Fの75.9%が最も高く、選手Dの44.4%が最も低かった。サービスエース<sup>(注4)</sup>の数は、選手Aの3回と選手Fの1回があり、それ以外の選手は0回であった。ウィナー<sup>(注5)</sup>の数は、選手Bと選手Eの5回が最も多く、選手Aと選手Cの1回が最も少なかった。ネットプレーの頻度では、選手Cの10回が最も多く、選手Dと選手Fの1回が最も少なかった。ひとつのラリーにおいてサービスを1球目のショットとし、そのラリーが切れるまでのショットの継続回数（すなわちラリーの長さ）を試合別に集計した結果、継続回数が5回までのラリーがおよそ9割を占めていた。打点・プレースメントマップでは、選手のショットの傾向があらわれた結果となった。例えばサービスリターンに着目してみると、選手Bは選手Aよりも、選手Eは選手Fよりもベースラインの中に入ってリターンをする頻度が多かった。また、選手Cと選手Dの2ndサービスにおいては、選手Cはデュースサイドからのセンターサービスとアドバンテージサイドからのワイドサービスが多く、選手Dはデュースサイドからのワイドサービスとアドバンテージサイドからのセンターサービスが多くなっていた。

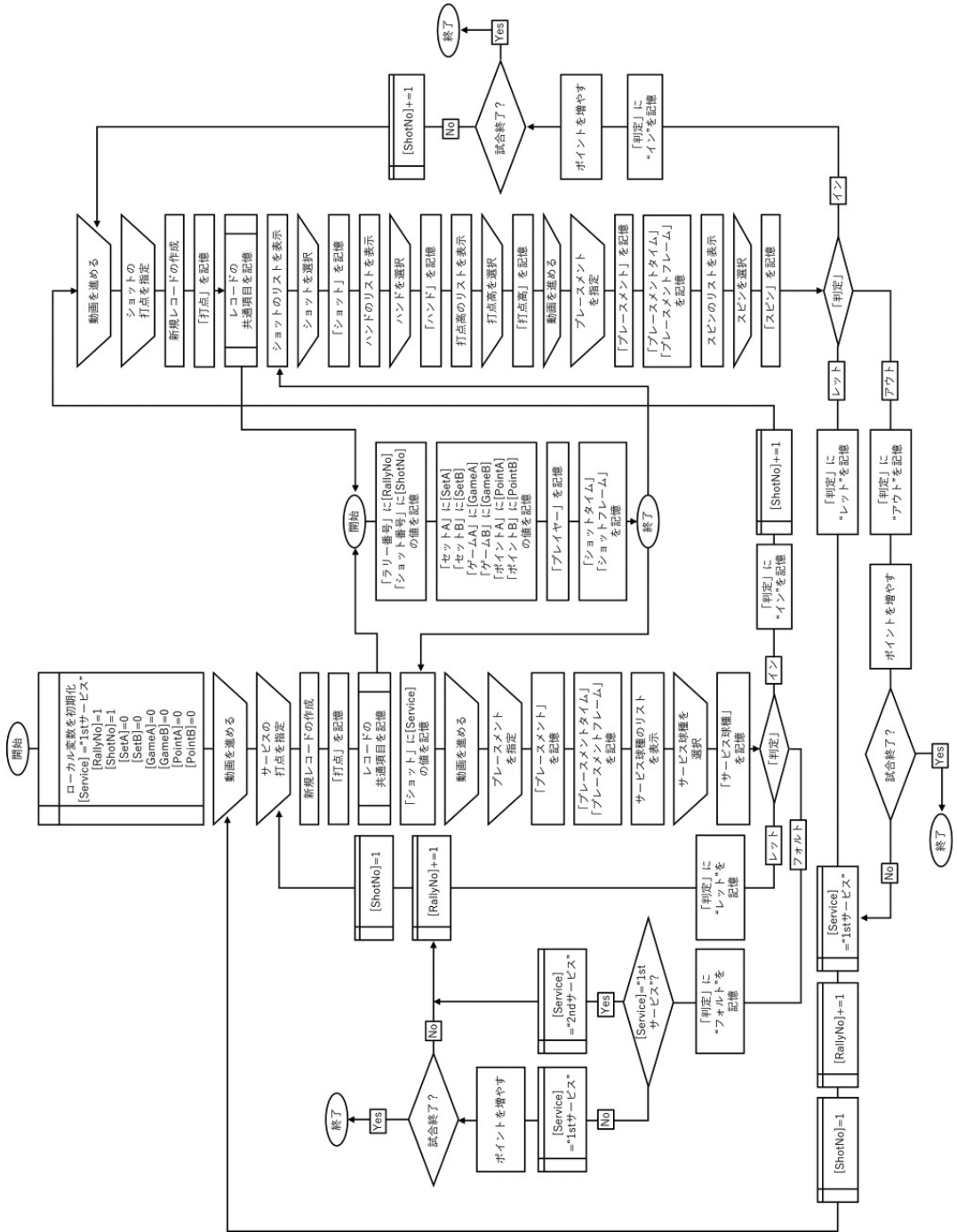


図4 データ入力のフローチャート

表3 パフォーマンスのスタッツ

	選手					
	A	B	C	D	E	F
1stサービスイン (%)	40.0	54.2	75.9	56.5	39.4	37.5
2ndサービスイン (%)	93.3	72.7	71.4	60.0	80.0	76.0
リターンイン (%)	66.7	57.1	73.7	44.4	48.5	75.9
エース (回)	3	0	0	0	0	1
ウィナー (回)	1	5	1	2	5	2
ネットプレー (回)	2	2	10	1	4	1

表4 ラリーの長さの分布

	ショット継続回数											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
選手A vs 選手B (度数)	33	16	9	5	6	1	3	0	0	2		
(累積%)	44.0	65.3	77.3	84.0	92.0	93.3	97.3	97.3	97.3	100.0		
選手C vs 選手D (度数)	25	20	11	2	5	3	1	2	0	0	1	1
(累積%)	35.2	63.4	78.9	81.7	88.7	93.0	94.4	97.2	97.2	97.2	98.6	100.0
選手E vs 選手F (度数)	58	24	14	7	7	3	2	3	1	1		
(累積%)	48.3	68.3	80.0	85.8	91.7	94.2	95.8	98.3	99.2	100.0		

ラリースト番号	ショット番号	ショットA	ショットB	ゲームA	ゲームB	ポイントA	ポイントB	プレイヤー	ショットタイム	ショット種類	打点	ショット	サービス	ハンド	打点高	スピン	ブレークタイム	ブレークタイム	ブレークタイム	判定	サービス	ウィナー	ダイレクト	ヘッドヒット	アンフェア	エラー	アウト	ネット	バック	バウンド
1	1	0	0	0	0	0	0	選手A	0003214*56	5837	-734,-11616	1stサービス	フラット				0003214*93	5849	1169.0	ネット	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	選手A	0003222*36	6071	-794,-11616	2ndサービス	スピン				0003222*99	6093	1192.8484	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0	選手B	0003223*96	6116	2170.10026	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0003223*93	6148	825,-8743	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0	0	選手B	0003225*36	6161	703,-12350	ストローク		バック	バック	ドライブ	0003226*30	6189	703.5685	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	3	0	0	0	0	0	選手A	0003225*36	6161	703,-12350	ストローク		バック	バック	ドライブ	0003226*30	6189	703.5685	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2	4	0	0	0	0	0	選手A	0003226*90	6207	886.11065	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0003228*93	6259	1928,-6728	イン	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	2	5	0	0	0	0	0	選手A	0003229*73	6292	-3888,-12656	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0003230*76	6322	-1887.12043	アウト	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	3	1	0	0	0	0	15	選手A	0003244*06	6722	828,-11616	1stサービス	スピン				0003244*46	6734	2994.0	ネット	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4	1	0	0	0	0	15	選手A	0003249*76	6893	641,-11616	2ndサービス	スピン				0003250*59	6918	-2843.5074	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	4	2	0	0	0	0	15	選手B	0003231*19	6936	-4372.9398	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0003231*96	6959	2037,-6481	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	4	3	0	0	0	0	15	選手A	0003232*06	6977	5471,-12656	バック		バック	バック	ドライブ	0003232*43	7033	-2110.6388	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	4	0	0	0	0	15	選手B	0003235*19	7056	-3455.8925	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0003236*16	7085	-2854,-12656	アウト	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
13	5	1	0	0	0	0	15	選手A	0004121*23	7567	581,-11555	1stサービス	フラット				0004121*39	7578	765.61	ネット	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	6	1	0	0	0	0	15	選手A	0004118*46	7784	-520,-11616	2ndサービス	スピン				0004119*19	7776	1375.4340	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	6	2	0	0	0	0	15	選手B	0004118*76	7793	2169.0416	ストローク		バック	バック	ドライブ	0004207*16	7805	641.61	ネット	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	7	1	0	0	0	0	30	選手A	0004331*96	8159	580,-11616	1stサービス	スピン				0004332*39	8172	-2110.61	ネット	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	8	1	0	0	0	0	30	選手A	0004338*69	8361	519,-11739	2ndサービス	スピン				0004339*90	8385	-1682.4462	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	8	2	0	0	0	0	30	選手B	0004340*96	8402	-2354.8436	ストローク		バック	バック	ドライブ	0004340*73	8422	703,-6726	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	8	3	0	0	0	0	30	選手A	0004341*16	8435	1497,-12106	バック		バック	バック	ドライブ	0004342*90	8494	-214.14428	アウト	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
20	9	1	0	0	0	0	30	選手A	0004346*13	8884	-642,-11739	1stサービス	スライス				0004346*76	8903	2048.5074	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	9	2	0	0	0	0	30	選手B	0004357*33	8920	4594.12716	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0004358*93	8941	1131,-62	ネット	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	10	1	0	0	0	0	40	選手A	0005009*10	9249	458,-11616	1stサービス	スピン				0005009*69	9251	-2843.5092	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	10	2	0	0	0	0	40	選手A	0005009*16	9275	-4894.12348	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0005010*30	9309	519,-11372	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	10	3	0	0	0	0	40	選手A	0005010*50	9315	886,-12595	ロビンジ		フォア	バック	ドライブ	0005011*93	9358	764.7214	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	10	4	0	0	0	0	40	選手B	0005012*63	9378	793.11616	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0005013*43	9403	3758,-10377	イン	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
26	11	1	0	0	0	0	40	選手A	0005029*00	9870	-743,-11677	1stサービス	スピン				0005029*66	9900	1459.9362	イン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	11	2	0	0	0	0	40	選手B	0005030*23	9907	3149.12957	ストローク		フォア	バック	ドライブ	0005031*53	9946	646,-12036	アウト	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	12	1	0	0	0	0	AD	選手A	0005041*80	10254	384,-11728	1stサービス	スピン				0005042*26	10268	-1511.0	ネット	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	12	1	A	A	A	A	AD	選手A	0005042*10	10254	384,-11728	1stサービス	スピン				0005042*90	10282	-9177.8607	イン	A	A	A	A	A	A	A	A	A	

図5 出力されたデータセット



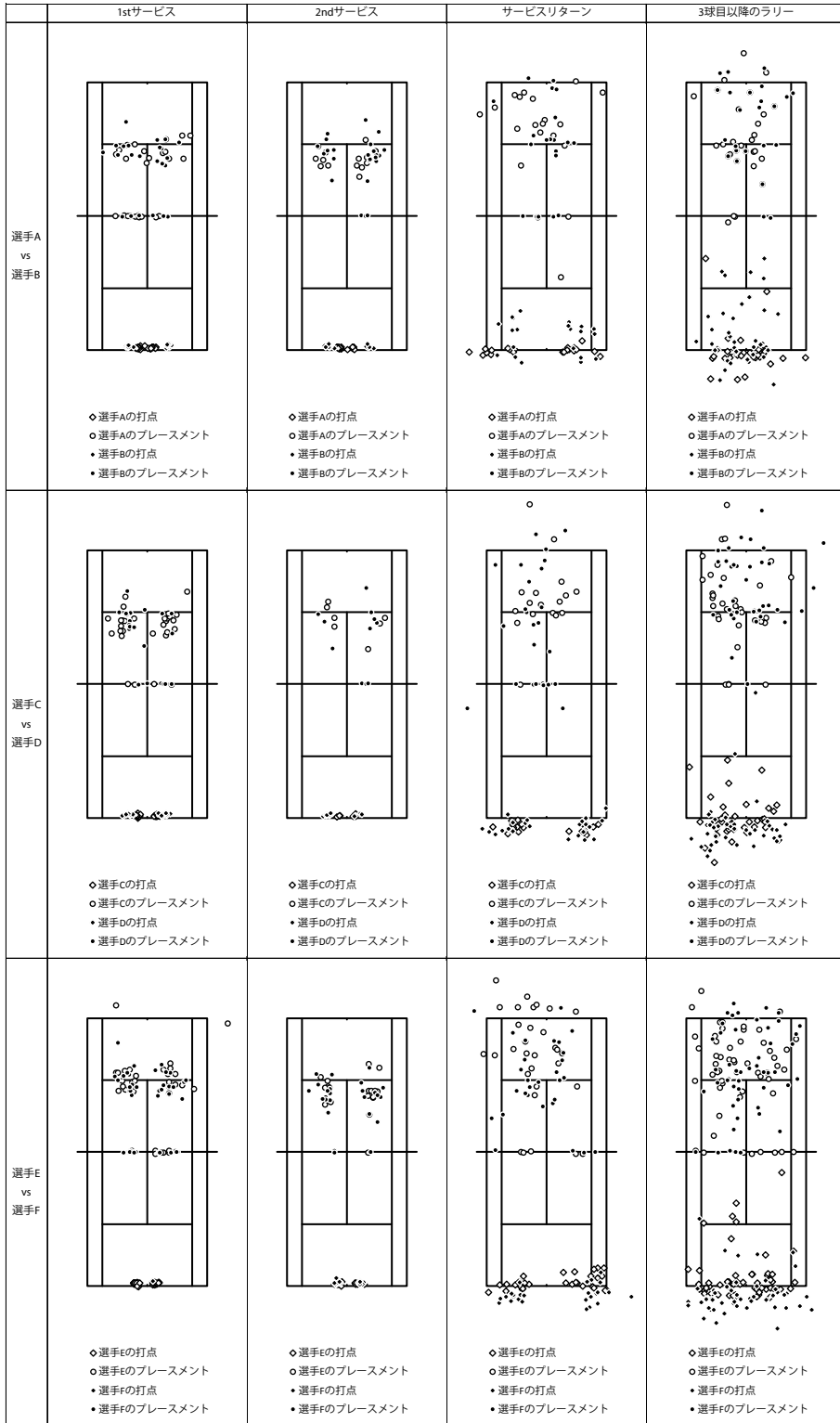


図6 打点・プレースメントマップ

## V. 考察

他種目の試合分析アプリケーションには、事前に定義されたキーワードを使ってデータを入力するものがある。この種のアプリケーションのメリットは、手慣れたアナリストによって、ブラインドタッチで素早く、柔軟にデータが入力できることにある。しかし、この方法を習得するには多くの時間と練習が必要となり、アナリティクス未経験者にとっては敷居が高い。一方、本研究で開発したアプリケーションは中学生でも容易に操作ができるよう、すべてマウス操作による入力方式を採用し、座標データはスカウティングコートをクリック、名義データはスカウティングリストを選択することによって入力できるようにした。今回はテニス部顧問教員とテニス上級選手で試験的に運用したが、本アプリケーションは中学生でも操作できる可能性が十分にあると考えられる。そのほか、フローチャートではいくつかの工夫を行っている。一つ目は、サーブの際にはショット、ハンド、打点高のスカウティングリストを表示させないという仕組みを採用したことである。その理由は、1stサーブか2ndサーブは順番によって決まるため、プログラムに組み込むことができるが、2球目以降は、プレイヤーがストローク、スライス、ボレーなどのショットを選択するため、プログラムに組み込むことができないからである。サーブの際に「ショット」の値をプログラムに組み込んでおくことで、ユーザーがスカウティングリストから選択するという工程を省くことができ、入力時間を節約することができる。二つ目は、「サーブ球種」と「スピン」のスカウティングリストをプレースメントの後に表示させることである。サーブの球種やストロークのスピンは、プレイヤーのラケットスウィングとボールの軌道を見てからでないと明確に判別できないため、入力のタイミングをプレースメントの後とした。

試験運用の結果、今回の3試合におけるラリーの長さは、5回(ショット)までで約9割を占めていた。現代テニスにおけるクレークコートでのラリーの長さは平均6.8回であると

報告されており<sup>16)</sup>、本研究の対象選手はそれに比べて少ないラリー数であった。その要因はコートサーフェスがハードコートであったことと、技術的に完成していない高校生の選手であったことが挙げられる。かつてサービス&ボレーが主流のプレースタイルだった時代と異なり、現代テニスではラリー戦で勝つことが極めて重要である。したがって、いずれの選手も、ラリーを継続してポイントを取るための技術、戦術の技能を高める必要があると考えられる。

打点・プレースメントマップからは、選手ごと得意、不得意が視覚的にあらわれた。選手Bは選手Aよりも、選手Eは選手Fよりもベースラインの中に入ってリターンをする頻度が多く、攻撃的なリターンを仕掛けていることが見て取れる。また、選手Cと選手Dの2ndサーブにおいては、選手Cはデュースサイドからのセンターサーブとアドバンテージサイドからのワイドサーブが多く、選手Dはデュースサイドからのワイドサーブとアドバンテージサイドからのセンターサーブが多くなっており、2ndサーブの得意コースが表れた結果となった。

## VI. 終わりに

本研究の目的は、テニスのスポーツ・データ・サイエンティストの育成という観点から、中学生が操作できるパフォーマンス測定アプリケーションを開発することであった。開発したアプリケーションを、テニス部顧問教員とテニス上級選手によって試験的に運用した結果、以下の結果を得た。

- 1 マウスのみでデータ入力可能なアプリケーションを作成し、その容易な操作性から、中学生でも操作できる可能性が示唆された。
- 2 試験運用で出力されたスタッツからは、各選手のサービス技能およびラリーを継続する技術力の不足が、打点・プレースメントマップからは選手のプレーの特性が明らかになり、アプリケーションを使用して練習計画の立案に有益な情報を得られることが示唆された。

今後の展望としては、実際に中高生に操作させてデータを収集し、改善点を見つけ出してアプリケーションをブラッシュアップすること、および測定機能に加えて分析機能を開発することである。

### 【脚注】

- 1) 試合分析：一般的にはゲーム分析と呼ばれることが多いが、本稿ではテニスのスコアシステム（セット、ゲーム、ポイント）におけるゲームとの混同を避けるために試合分析と表記した。
- 2) チャレンジシステム：審判の判定に不服がある場合にコンピュータ・グラフィックスによる再判定を申し出ること。
- 3) ユーザーコントロール：アプリケーションのウィンドウ上に配置されるパーツのこと。代表的なコントロールは、ボタン、テキストボックスなどである。
- 4) サービスエース：サービスにおいて相手が触れずにポイントを取ること。
- 5) ウィナー：ラリーにおいて相手が触れずにポイントを取ること。

### 【参考・引用文献】

- 1) 加藤健太. サッカーにおけるデータ分析とチーム強化, 通信ソサイエティマガジン, vol.37, pp.29-34, 2016
- 2) 道上静香. テニス選手の映像技術サポート, 体育の科学, vol.67, no.6, pp.379-384, 2017
- 3) Brody, H. Match statistics and their importance, ITF coaching & sport science review, vol.32, pp.11-12, 2004
- 4) 高橋仁大, 前田明, 西園秀嗣, 倉田博. テニスのゲームを取るために重要なカウント, 体育学研究, vol.51, pp.61-69, 2006
- 5) 柴原健太郎, 玉城耕二, 平田大輔, 園部豊, 森井大, 西條修光. 大学男子テニス選手におけるアンフォースドエラーの発生原因とその因果関係, 日本体育大学スポーツ科学研究, vol.4, pp.10-18, 2015
- 6) Damien Demaj. Geovisualizing spatio-

- temporal patterns in tennis: An alternative approach to post-match analysis, The Journal of Medicine and Science, vol.18, no.3, pp.1-8, 2013
- 7) 太田哲夫, 浅見俊雄, 小宮喜久, 戸苅晴彦, 菊池武道, 森忠保. サッカーのゲーム分析, サッカー, vol.92, pp.31-43, 1969
  - 8) 田中和久. サッカー競技におけるスタイルの研究 最終ディフェンスラインの突破方法, サッカー医・科学研究, vol.5, pp.49-56, 1984
  - 9) 内山秀一, 今川正浩, 西野仁, 宇野勝. コンピュータを導入したサッカーのゲーム分析法, サッカー医・科学研究, vol.9, pp.109-117, 1989
  - 10) Erdmann, W. S. Quantification of games-preliminary kinematic investigations in soccer-, Science and football II (eds. T., Reilly, J., Clarys, and A., Stibbe), E & FNSPON, London, 1991, pp.174-179
  - 11) Hughes, M. D., Notation analysis in football, Science and Football II (eds. T., Reilly, J., Clarys and A., Stibbe), E & FNSPON, London, 1993, pp.151-159
  - 12) 鈴木宏哉, 西嶋尚彦. サッカーゲームにおける攻撃技能の因果構造, 体育学研究, vol.47, pp.547-567, 2002
  - 13) Flanks, I. M. and Miller, G. Eye witness testimony in sport. Journal of Sports Behavior, vol.9, pp.38-45, 1986
  - 14) 足立長彦. テニスの試合における勝敗に関する一考察—サーブの分析を中心として—, 武庫川女子大紀要, vol.47, pp.57-63, 1999
  - 15) 西中間恵, 高橋仁大, 石原雅彦, 森重貴裕, 児玉光雄. テニスにおけるサービスのトレーニングによるパフォーマンスの変化, スポーツパフォーマンス研究, vol.2, pp.55-72, 2010
  - 16) Schönborn, R. ショーンボーンのトレーニングBOOK, (財)日本テニス協会監訳, ベースボールマガジン社, 2007, pp.12-13

