

卒業論文 2015年度(平成27年度)

テニス競技のデータ入力システムの 研究

慶應義塾大学環境情報学部

中島 雅喜

卒業論文 2015年度(平成27年度)

テニス競技のデータ入力システムの研究

論文要旨

スポーツにおいて試合のデータを記録することは頻繁に行われている。特にテニス競技は個人の技術的要因が勝敗に大きく影響してくるため試合での技術的なデータは有効である。近年スマートフォンの普及によりテニス競技での試合のデータの取得方法は手書きからアプリケーションにシフトしつつある。しかし現在リリースされているアプリケーションには3つの問題がある。(1)試合をみながらスマートフォンを見なければいけないことから生まれるユーザーへの負担(2)ラリーを記録することができない(3)ポイントを決めたショット（最後に打ったショット）の情報しか記録することができない。の三つである。

本研究では上記の3つの問題点を解消できるアプリケーションのユーザーインターフェースとして「ジェスチャーによる試合データの入力システム」を提案し、開発と実装及び考察を行った。

キーワード

テニス, ユーザーインターフェース, データ入力, ジェスチャー, アプリケーション

慶應義塾大学環境情報学部

中島 雅喜

目次

第一章	序論	9
1.1	研究動機	10
1.2	研究の目的	15
1.3	本論文の構成	15
第二章	研究背景	16
2.1	テニスについて	17
2.2	試合データの有効性	19
2.3	既存のテニスの試合データ記録アプリ	21
2.3.1	E-Scorer	23
2.3.2	T-Analysis	32
第三章	関連研究	48
3.1	インターフェース	48
3.1.1	タッチデバイスによるボタン式UIから ジェスチャー式UIへの脱却	
3.1.2	片手ジェスチャーによる文字入力システム	49
3.2	テニス	
3.2.1	テニス競技映像からのプレー自動分析	
3.2.2	画像処理を用いたテニス競技におけるデータ自動記録	
3.2.3	動画処理によるテニスプレー自動記録	
第四章	設計	50

4.1	このアプリのコンセプトとあらたなインタフェース	50
4.2	システム概要	52
4.2.1	記録する項目	52
4.2.2	インタフェース	54
4.2.2.1	ジェスチャー部分	54
4.2.2.2	ボタン部分	58
第五章	実装	60
5.1	アプリケーションの構成	60
5.2	ジェスチャー	61
第六章	考察・結論	62
	謝辞	63
	参考文献	64

目次

1.1	スコアシート（出典：石川県高体連テニス専門部）	12
1.2	筆者のスコアシート	13
1.3	他のスコアシート	14
2.3	ミスショットの種類	22
2.3.1.1	E-scorerの統計画面	24
2.3.1.2	E-scorerのスタート画面	25
2.3.1.3	E-scorerのチェンジコート	26
2.3.1.4	E-scorerのボタン-2	
2.3.1.5	E-scorerのボタン-3-6	27
2.3.1.6	E-scorerのボタン-4-7	28
2.3.1.8	E-scorerの分岐図	29
2.3.2.1	Forehandのコース	33
2.3.2.2	Backhandのコース	34
2.3.2.3	T-Analysisの統計画面	36
2.3.2.4	T-Analysis-画面 1	38
2.3.2.5	T-Analysis-画面 2	39
2.3.2.6	T-Analysis-画面 3	40
2.3.2.7	T-Analysis-画面 4	41
2.3.2.8	T-Analysis-画面 5	42
2.3.2.9	T-Analysis-画面 6	43
2.3.2.10	サーブのコース	43
2.3.2.11	T-Analysis-画面 7	44
2.3.2.12	T-Analysis-ボタンの分岐図	45
4.2.2.1.1	サーブフェーズのジェスチャー	55
4.2.2.1.2	リターンフェーズのジェスチャー	56

4.2.2.1.3	ラリーフェーズのジェスチャー	57
4.2.2.2.1	ボタン部分	58
4.2.2.1	入力段階	58
4.2.2.2	例画像	59
5.1.1	アプリケーション構成図	60
5.2.1	ジェスチャー切り替え	61

第一章 序論

本章では研究の動機、目的および本論文の構成を述べる。

1.1 研究の動機

昨今テニス競技のプレイヤー、錦織選手の活躍とともに日本でのテニスに対する好感度はあがってきている。私も13歳の頃から3年間硬式テニスのスクールに通っていた。大学でもサークルを通してテニスに関わっている。

テニスというスポーツは、紀元前のエジプトから発祥したと言われている。ITの発展と共に多くのスポーツに変化が起きている。例えば現在のバレーボールの世界ではスマートフォンやiPadなどを用いてデータを収集し、そのデータを元にチームの弱点を見つけ強化しているチームも増えている。さらにバレーボールアナリストという職業まで生まれている。チームの監督はバレーボールアナリストのデータを元にチームを指導するというわけだ。

ITはスポーツへ大きな影響を与えており、それはテニスも同様である。SAPはWTA(Women`s Tennis Association:女子のプロテニス協会)とグローバル・プレミア・パートナーシップを結び、試合に関するあらゆる情報を管理している。管理されるデータには各選手の試合ごとのパフォーマンスデータ（サーブの成功率、ポイント別成功率など）や、対戦相手別パフォーマンスデータといった様々なデータがある。これらのデータを利用して、選手やコーチは試合の戦略やトレーニングを検討している。

上記のようにプロの試合ではデータ収集が積極的に行われるようになったが、アマチュアの試合ではそこまで積極的にデータ収集が行われていないのが現実である。理由は以下のことが考えられる。

1. プロと同じ資材を用意できない

テニスという競技には打ち方・打点・自分のポジション・相手のポジション・ボールのポジション・ポイントのタイミング・相手のとのゲーム差などが個人の技術に影響をあたえる。プロの試合では、このすべてのデータをカメラ10台と審判が用いるiPadの入力から収集をされており、企業にも協力してもらっている。しかし、アマチュアが所

属しているスクール、サークルまたは世界ランキングをもっていない選手、大学の体育会に所属している選手が同じ規模のデータを収集するために資材を用意することやそれにかかる費用面からも現実的に不可能である。

2. アプリによる記録の利便性の低さ

しかし、プロの試合以外でテニスのデータの収集がまったく行われていないわけではない。スマートフォンが普及する以前は、テニスの試合データを記録するために手書きでスコアシート（図1.1.2.1）を書いているテニスのアマチュアプレイヤー（以後テニス選手と表現する）もいた。また個人で欲しい情報を手書きで記録するテニス選手もいた。（図1.1.2.2）図は実際に私が高校時代に用いていた個人のスコアシートである。（図1.1.2.3）は軟式テニスでつかわれていたスコアシートである。現在ではスマホの普及によるアプリによるデータ収集が多くなってきている。しかし、アプリによるデータ収集は手書きによる記録と同じように手間がかかる。理由は三つある。

- （1）使い方が複雑である。
- （2）記録するデータが詳細になるほどボタンの数が増えてくる。
- （3）試合をみながらスマホをみるという行為が難しい。

この利便性の低さから、実際に使う際は試合データを詳細に記録するというよりも審判がポイントを忘れないように記録する程度で利用されることが多い。

テニススコアシート
石川県高体連テニス部

試合 番号		大会名											月	日							
競 技 者	No. _____ 所属 _____										No. _____ 所属 _____										
	氏 名										対 氏 名										
性別	(男子 女子)		種目	団体 (S1 D1 S2 D2 S3) 個人 (D S)										回戦							
タイブレーク 氏名氏名	開始時刻	時 分		開始以降	コート												審判	主審 ()		スコア	
	終了時刻	時 分			コート												副審	副審 ()		氏名 氏名	
		サーバー	ポ イ ン ト											ゲーム		勝者					
	1																				
	2																				
	3																				
	4																				
	5																				
	6																				
	7																				
	8																				
	9																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				
	15																				
	16																				
タイブレーク																					
勝者		No. _____ 氏名 _____ 所属 _____										スコア		_____ ()							
確認印 サイン	レフェリー			進行 委員長			コート レフェリー														

図1.1：スコアシート（出典：石川県高体連テニス専門部）

中島		
サーブ	ファースト フォルト	セカンドフォルト
	正 正 正	正 T
リターン	フォアハントミス	バックハントミス
	正 正 -	T
スローク	正	正 T
ボレー	T	正 T

図1.2：筆者のスコアシート

1. FGAT(FG) NX	2. BV(Fmid) 0	0X0X	00	7. BV(FESP) SX	8. FPV(FRC) TIPX	9. BF(FPV) SX
3. FC(FGOver) BX						
XOXO 0X S ④ - 2 R						
1. FC(FRC) NX	5. BPV(FG) 0	2. FG(BE) NX	6. BV(FGAT) 0			
3. FESP(FG) NX						
7. Fmid(FRmid) BX						
R 2 - ④ S 0000 0X0X						
7. FRG BX	2. FS(FF) 0	3. FESP(FG) 0	7. FPV(FRC) TIPX			
8. FG(FC) SX	9. FV(FGAT) 0		5. FPV(FG) 0			
			6. FFS(FRCover) 0			
XX 00 S 3 - ⑤ R						
1. FC(FRC) NX	7. BLV(FRC) BX		2. FRC% 0			
3. FESP(FG) BX						
R 0 - ④ S 000X 0X0X						
5. FGAT(FG) BX	2. FV(FGAT) 0		1. FPV(FRC) 0			
4. FRC	NX		3. BLV(FRmid) SX			
4. FRE	BX		6. BV(FRmid) TIPX			
			7. BPV(FG) 0			
0X00 00 S 3 - ⑤ R						
1. FG(FG) BX	5. FRC	BX	2. FPV(FG) 0			
			3. BPV(FG) 0			
			9. FFS(FRC) NX			
			6. FV(FG) 0			
2 - ④						
1 幸 15						

図1.3：他のスコアシート

1.2 研究の目的

本研究では現在リリースされているテニスの試合データを記録することのできるアプリの利便性の低さをインターフェースの観点から検討し、テニスの試合データをいままで以上に簡単に記録することを可能にする新しいインターフェースを開発する。これにより、アマチュアのテニスプレイヤーでも個人の試合データを分析することによってより質の高いトレーニングを可能にしていきたい。

1.3 本論文の構成

本論文は以下の8章で構成されている。

第二章 本研究の背景から既存のテニスの試合データ記録アプリのインターフェースの問題点を整理していく。

第三章 関連する研究分野について述べる。

第四章 本論文で提案するテニスの試合データ記録アプリのインターフェースについて述べる。

第五章 本論文で提案するシステムの実装について述べる。

第六章 本論文の考察と結論について述べる

第二章 研究背景

本章では、まずテニスという競技について述べる。そこからテニスの試合データの有効性と現在の試合データ記録アプリの問題点について述べていく。

2.1 テニスについて

テニスにはシングルス（1対1で試合をする）とダブルス（2対2で試合をする）の2種類の試合方法がある。本論文ではシングルスを対象にし研究をすすめていく。

まずテニスには大きく分けて3段階の試合の流れがある。

（1）サービス

テニスの試合はサーブを打ち、その球がネットを超え相手のサービスコートに入ることによって初めて試合が始まる。サービスは1ゲームごとに交代していく。

（2）リターン

相手のサービスを返すこと。

（3）ラリー

リターンが入ることによって初めてラリーが始まる。ここからはお互い自由に打つことが許される。

次に打ち方と球種について述べる。打ち方には大きく分けて3種類ある。

（1）サーブ

最初に打つ球であり、基本的にはボールを頭上にあげボールを投げあげるイメージでラケットを振る。球種は

1. スピンサーブ（縦回転のサーブ。ドライブサーブともいう）
2. スライスサーブ（横か移転のサーブ。カットサーブともいう）
3. フラットサーブ（ほぼ無回転のサーブ。一番スピードがでる）

がある。

(2) ストローク

ボールがバウンドしてから打つ打ち方である。ラリー中の多くはストロークで形成されている。球種は

1.スピン（縦回転の球。ドライブともいう）

2.スライス（下回転の球。カットともいう）

がある。

(3) ボレー

ボールがバウンドする前に打つ打ち方である。基本的にネットにつめて打つ。球種は基本的にスライス回転とフラットである。

(4) スマッシュ

相手のロブを上から打つ（サーブに似ている）打ち方である。

2.2 試合データと記録の有効性

テニスにおける試合データの有効性について述べる。

三橋は、テニスにおける技術面の主観的分析と客観的分析の相違からスコアシートの有用性について述べている[2]。テニスにおける主観的分析とは自分の記憶から試合内容をたどり、どこにミスが多かったのかを考える方法である。客観的分析とはスコアシートに記録してある試合データからどのようなミスが多く見られたのかを分析する方法である。この研究では愛知県にある東海学園大学体育会テニス部に所属する10名をランクづけしランクの近い選手同士で1セットの試合を行ってもらった。その試合をデジタルビデオで録画し後からその試合を振り返りスコアシートにデータを記入してもらった。さらに各試合に対して

- (1)主観的分析(自分)：ビデオを見る前に試合を振り返り自分を分析
- (2)主観的分析(相手)：ビデオを見る前に試合を振り返り相手を分析
- (3)客観的分析(自分)：ビデオを見ながら試合を振り返り自分を分析
- (4)客観的分析(相手)：ビデオを見ながら試合を振り返り相手を分析

を行ってもらった。そこから主観的分析と客観的分析で各ショットの個数にどのような差が生まれたのかを分析した。

結果として全被験者において $131.4 \pm 16.8\%$ 、勝者グループにおいては $134.6 \pm 20.6\%$ 、敗者グループにおいては $131.8 \pm 16.6\%$ と、いずれにおいてもおよそ30%の差が出た。ここからスコアシートに記録することでより正確な試合分析を行うことができることが考えられる。自らの記憶をたどるよりもスコアシートから両者を知ることによってテニスレベル向上をサポートすることができることも示唆された。

沖中らは、自己記録と自己目標設定がソフトテニスのファーストサービスの正確性に及ぼす効果について調査している[3]。この研究ではファーストサービスにおいて自己目標を設定し、さらに自己記録を行うことがファーストサービスの技術改善にどのような影響をあたえるのかを分析している。ファーストサービスの技能改善に自己記録および自己目標設定といった方法が有効であることが示されている。

様々スポーツにおいて心理的要因、技術的要因、体力的要因が勝敗を決定するといわれているが、その中でもテニスでは技術的要因が大きい。技術面を向上するためには自分の本番の試合でのふるまい、ショットの選択、相手のふるまいの影響を正確なデータとして記録し、そのデータから次の課題を見つけ練習していくことがより効果的であると考えられる。

2.3 既存のテニスの試合データ記録アプリケーション

第1.2章で述べた通り、テニスでの試合データの記録方法は手書きのスコアシートとスマートフォンのアプリの二つの方法がある。ここでは現在リリースされているアプリをいくつか紹介し（1）記録方法（2）記録できるデータ（3）ポイントを記録するまでの流れ の三つに注目し、その特徴と問題点をあげていく。

はじめにポイントを取得したときのポイントパターンとポイントをロストしたときのポイントロストパターンを紹介する。

- ・ Ace：サービスエースとリターンエースの二つがある。どちらも相手がまったくふれることができないボールでポイントを獲ったときに適用される。
- ・ Winner：ラリー中に相手がまったくふれることができないボールでポイントを獲得したときに適用される。これとは別にForced Errorというものがある。Forced Errorとは自分のショットを相手が触れても返すことができないボールでポイントを獲ったときに適用される。しかしWinnerとForced Errorの区別があまりないことからアプリの記録での記録では相手が少しボールに触れていてもWinnerとして記録されることが多い。
- ・ Un Forced Error：チャンスボールなど、普段はミスることないボールをミスしてポイントロストしたときに適用される。
- ・ Net：自分の打ったボールがネットにかかり、ポイントロストしたときに適用される。
- ・ Back Out：自分の打ったボールが相手コートよりも後ろの場所でバウンド

してポイントロストしたときに適用される。

- ・ Side Out：自分の打ったボールが相手コートの横にそれた場所でバウンドしてポイントロスとしたときに適用される。

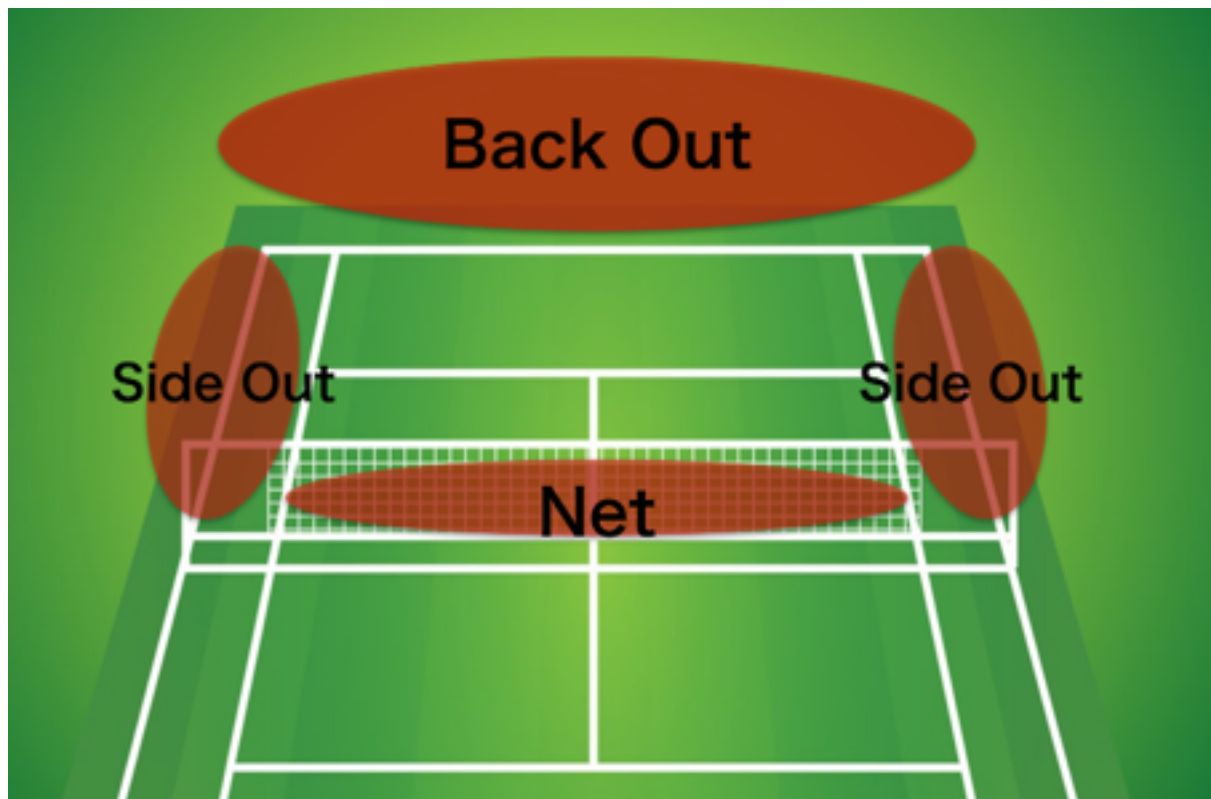


図2.3：ミスショットの種類

2.3.1 E-Scorer(イースコアラー)

E-socorer¹はI Phone、I Pad、Apple Watchにインストール可能なアプリである。

(1) 記録方法

ポイントの流れに応じて指定されているボタンを押していく。

(2) 記録できるデータ

- ・ All Serve In：ファーストサーブとセカンドサーブのすべてを合わせた時のサーブがINの確率
- ・ 1st Serve In：ファーストサーブがINの確率
- ・ 2nd Serve In：セカンドサーブがINの確率
- ・ All Return In：ファーストサーブとセカンドサーブのリターンをすべて合わせた時のリターンがINの確率
- ・ 1st Return In：ファーストサーブのリターンがINの時の確率
- ・ 2nd Return In：セカンドサーブのリターンがINの確率
- ・ Service Ace：サービスエースを獲った本数
- ・ Double Fault：ダブルフォルトをした本数
- ・ Winner：Winnerをした本数
- ・ Unforced Error：Unforced Errorをした本数。このアプリではすべてのポイントロストに対して使われている。
- ・ Volley Winner：ボレーでWinnerをした本数

¹ <https://itunes.apple.com/jp/app/isukoara-e-scorer/id396352730?mt=8>

- Volley Unforced Error：ボレーでUnforced Errorをした本数
- Total Point Share：お互いの獲得ポイントの割合

をデータとして記録することができる。



図2.3.1.1：E-socorerの統計画面

(3) ポイントを記録するまでの流れ

最初の画面は下図である。



図2.3.1.2：E-scoreのスタート画面

各ボタンの機能について説明する。

・①のボタン

この矢印のボタンを押すことによってプレイヤー1とプレイヤー2のボタンの位置を反転させることができる。これはプレイヤーがチェンジ

コートをしたときに審判がデータを記録する上で役立つ。



図2.3.1.3：E-scorerのチェンジコート

・②のボタン

このボタンはサーバーのサーブが入った時に押す。押すことにより、ストロークとボレーの選択ができるようになる。また押した後に表示されたボタン（図2.3.1.4の真ん中）を押すことによってプレイヤーがストロークなのかボレーなのかを入力することができる。



図2.3.1.4：E-scorerのボタン-2

・③と⑥のボタン

③と⑥のボタンは自分がサーバー側なのかリターン側なのかそれともラリー中なのかで入力内容が変わる。

- ・自分がサーバーの場合はサービスエースを打ったときに押すことでポイント獲得したことになる。
- ・自分がリターンの場合はリターンエースを打ったときに押すことでポイント獲得したことになる。
- ・ラリー中の場合は自分がWinnerを打ったときに押すことでポイント獲得したことになる。



図2.3.1.5：E-scorerのボタン-3-6

・④と⑦のボタン

このボタンも③と⑥のボタンと同様自分がサーバー側なのかリターン

側なのか、それともラリー中なのかで入力内容が変わる。

- ・自分がサーバーの場合はフォルトを打ったときに押すことでセカンドサーブの入力ボタンになる。もしセカンドサーブもフォルトした場合はダブルフォルトとして入力されポイントロストになる。
- ・自分がリターンの場合はリターンをミスしたときに押すことでポイントロストしたことになる。
- ・ラリー中の場合は自分がUnforced Errorをしたときに押すことでポイントロストしたことになる。



図2.3.1.6：E-scorerのボタン-4-7

・⑤と⑧のボタン

このボタンはどのようにポイントをとったのかがわからなくなった場合
もしくは単にポイント数だけをカウントしたいときに押すボタンである
ポイント取得した側のPoint Upボタンを押すことでポイントが加算され
る。

下図にボタンの関係と流れを表す。

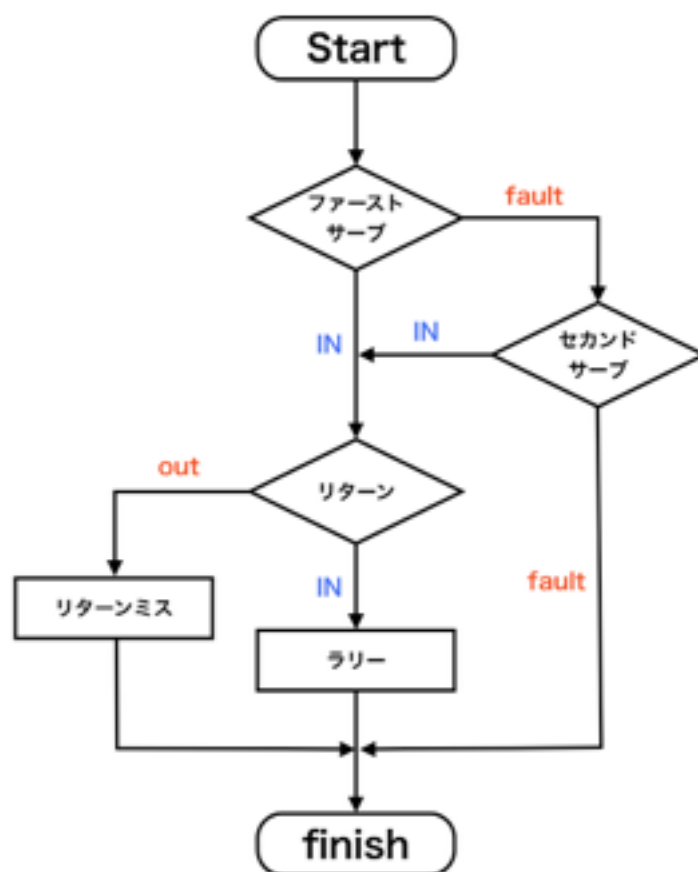


図2.3.1.8：E-scorerの分岐図

以上の点から問題点を見つけていく。

まずこのアプリは非常にシンプルで実際にテニスの試合を見ながら記録する上で便利である。またボタンの数も少なくユーザーには理解しやすいインターフェースになっている。さらに、一番ショットを入力するのが多くなる場合でも、3回の入力で記録できる（ファーストサーブがフォルト→セカンドサーブがIN→Winner or Unforced Error）。入力回数がすくないこともユーザーのメリットになる。

しかし、このアプリの入力画面ではリターンのデータとラリー中のボレーとストロークのデータは区別して入力できるようにされているが実際に統計データに表示されているデータはこの三つのデータを一にして表示されている。リターンのストロークとラリー中のストロークは全く別物である。またストロークとボレーも全く別ものであるのでこのデータは正確な情報ではなくなると考えられる。

記録できるデータは①サーブの確率②リターンの確率③Winnerの数④Unforced Errorの数の大きく分けて4種類あるが、このデータはあまりに抽象的すぎると考えられる。まずサーブに関してはどのサーブを打ったのかを入力できないことに問題がある。実際に試合で打つサーブは相手の苦手なストロークや自分がリードしているのか、それともリードされているのかを考慮し球種を考える。つまりサーブとひとくくりにせず、どのサーブを打ったときに確率が高いのか、どのサーブの時にポイントがおおくとれているのかを数値としてだすことがより有効なデータとして活用できると考えられる。またこのアプリでは、リターンのショットとWinner、Unforced Errorの種類を入力できないことが問題としてあげられる。これらのショットにも大きくて4種類があり、自分の苦手なショットなどを理解する必要がある。単にリターンの確率をだすだけでは、どこを改善すればよいのかがデータからわかりままだ。

さらに、データを入力するタイミングにも問題がある。このアプリではデータを入力するタイミングが三つ存在する。①フォルトをしたとき。②Winner or Unforced Errorをしたとき。③サーブが入り、そのリターンが入ることですラリーに突入したとき。の三つである。①と②のタイミングではポイントが始まっていないか、終わったタイミングなので入力者はスマートフォンを見る時間が生まれる。それによってデータを入力することができる。しかし、③のタイミングはポイント中になるので、一度試合から目を離し、スマートフォンを見なければデータの入力ができなくなる。もし、目を離している間にポイントが終了した場合、入力者はどちらのプレイヤーがWinnerもしくはUnforced Errorをしたのかがわからなくなる可能性がある。

以上の点からこのアプリは試合データを分析するためではなく、試合のスコアをわすれないように記録することがメインの用途となることが考えられる。

2.3.2 T-Analysis

T-Analysis²はI Phone、I Padにインストール可能なアプリである。

(1) 記録方法

ポイントの流れに応じて指定されているボタンを押していくと画面が切り替わっていくので、それに従って入力していく。

(2) 記録できるデータ

●サーブ

- ・ 1st Serve：ファーストサーブの確率
- ・ 2nd Serve：セカンドサーブの確率
- ・ 1st Serve Points won：ファーストサーブがINからのサーバーがポイントを獲得した確率
- ・ 2nd Serve Points won：セカンドサーブがINからのサーバーがポイントを獲得した確率
- ・ Aces-Center：センターに入ったサービスエース
- ・ Aces-Wide：ワイドに入ったサービスエース
- ・ DoubleFaults：ダブルフォルトの本数
- ・ Break Saved：ブレイクポイント（あと1ポイントとられると自分のサービスゲームを落とすポイント）を相手から守れた確率

●リターン

- ・ Break Point Won：相手のサーブのブレイクポイントの獲得率

² <https://itunes.apple.com/jp/app/t-analysis/id575798419?mt=8>

- Return Winners：リターンエースの本数

Forehand or Backhand

Cross：クロスコースの割合

Down the Line：ストレートコースの割合

Inside Out：逆クロスコースの割合

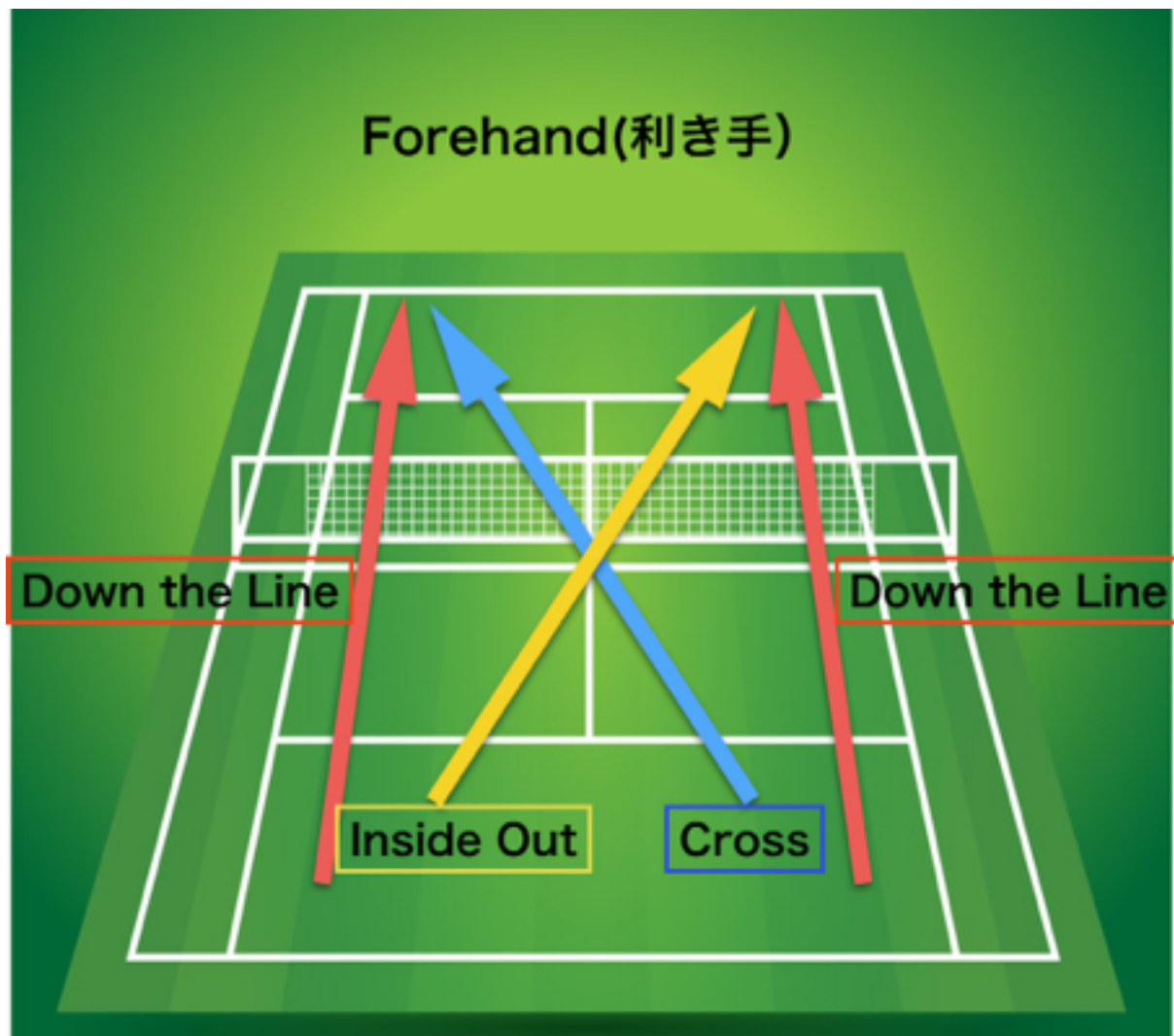


図2.3.2.1：Forehandのコース

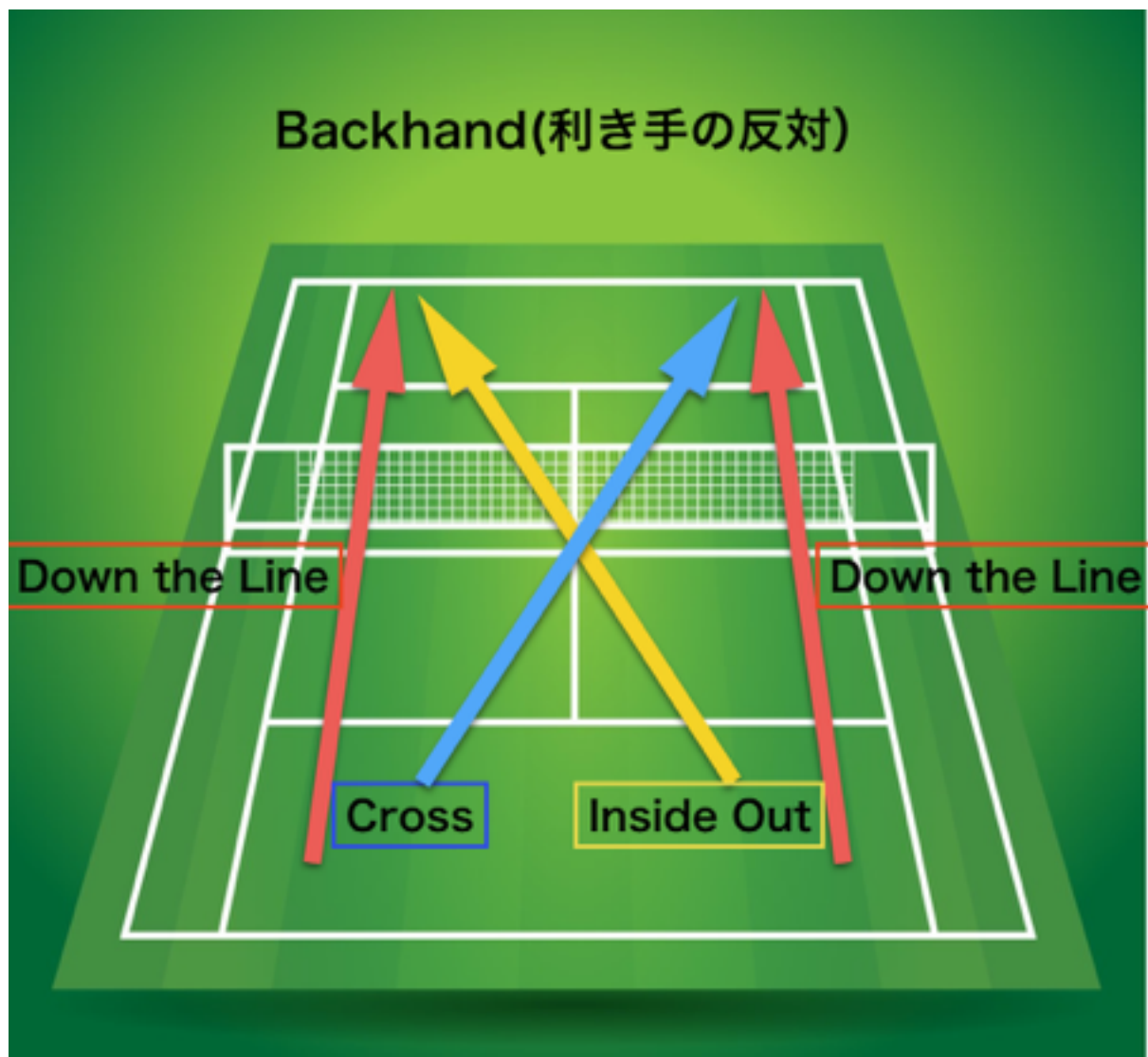


図2.3.2.2：Backhandのコース

- ・ Return Unforced Errors：リターンのUnforced Errorの本数

Forehand or Backhand

Cross：クロスコースの割合

Down the Line：ストレートコースの割合

Inside Out：逆クロスコースの割合

- Winner：ストロークでWinnerを打った本数

Forehand or Backhand

Cross：クロスコースの割合

Down the Line：ストレートコースの割合

Inside Out：逆クロスコースの割合

- Volley Winner：ボレーでWinnerを打った数
- Smash Winner：スマッシュでWinnerを打った数
- Lob Winner：ロブでWinnerを打った数

- Unforced Error：ストロークでWinnerを打った本数

Forehand or Backhand

Cross：クロスコースの割合

Down the Line：ストレートコースの割合

Inside Out：逆クロスコースの割合

- Volley Unforced Error：ボレーでUnforced Errorを打った数
- Smash Unforced Error：スマッシュでUnforced Errorを打った数
- Lob Unforced Error：ロブでUnforced Errorを打った数

- Forced Error：ストロークでWinnerを打った本数

Forehand or Backhand

Cross：クロスコースの割合

Down the Line：ストレートコースの割合

Inside Out：逆クロスコースの割合

- Volley Forced Error：ボレーでForced Errorを打った数
- Smash Forced Error：スマッシュでForced Errorを打った数

・ Lob Forced Error：ロブでForced Errorを打った数

をデータとして記録することができる。

Serves	①	②
1st Serves(%)	100.0	100.0
2nd Serves(%)	0.0	0.0
1st Serve Points won(%)	66.7	57.1
2nd Serve Points won(%)	0.0	0.0
Aces	1	0
Center (DeuceSide)(%)	0.0	0.0
Wide (DeuceSide)(%)	0.0	0.0
Center (AdvantageSide)(%)	100.0	0.0
Wide (AdvantageSide)(%)	0.0	0.0
DoubleFaults	0	0
Break Saved(%)	0.0	100.0
Returns	①	②
Break	0	0
Break Points Won(%)	0.0	0.0
Return Winners	0	1
Forehand	0	1
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	100.0
Backhand	0	0
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	0.0
Return Unforced Errors	0	1
Forehand	0	1
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	100.0
Inside Out(%)	0.0	0.0
Backhand	0	0
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	0.0
Winners	①	②
Forehand	1	0
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	100.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	0.0
Backhand	0	1
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	100.0
Volley	0	1
Smash	0	0
Drop Shot	0	0
Lob	0	0
Forced Errors	①	②
Forehand	0	0
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	0.0
Backhand	1	0
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	100.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	0.0
Volley	0	0
Smash	1	0
Drop Shot	0	0
Lob	0	0
Unforced Errors	①	②
Forehand	0	0
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	0.0
Backhand	0	1
Cross(%)	0.0	0.0
Down The Line(%)	0.0	0.0
Inside Out(%)	0.0	100.0
Volley	0	0
Smash	0	0
Drop Shot	0	1
Lob	0	0

図2.3.2.3：T-Analysisの統計画面

(3) ポイントを記録するまでの流れ

T-Analysisには大きく分けて7つの入力段階がある。まずはじめに各画面の説明をしていく。

① (図2.3.2.4：T-Analysis-画面1)

画面1はポイントのはじめに入力を行う画面である。つまり1ポイント毎に最初に入力をしなければ行けない画面である。入力する情報は以下の通りである。

- (1)2nd serve：ファーストサーブがフォルトの時に押すことでセカンドサーブの入力画面2に移動する。
- (2)Service In：ファーストサーブがINの時に押すことで画面3に移動する
- (3)Ace：サービスがエースの時に押すことで画面6に移動する。
- (4)Service Point：サーバー側がポイントしたときに押すことでサーバー側がポイントを取得したことになる。このボタンは入力内容がわからない時に押すと考えられる。
- (5)Return Winner：リターンがWinnerの時に押すことで画面7に移動する
- (6)Return Point：リターン側がポイントしたときに押すことでリターン側がポイントを取得したことになる。このボタンは入力内容がわからない時に押すと考えられる。
- (7)Return Unforced Error：リターンがUnforced Errorの時に押すことで画面7に移動する。



図2.3.2.4：T-Analysis-画面 1

② (図2.3.2.5：T-Analysis-画面 2)

画面 2 は画面 1 で[2nd serve]を押したときに表示される画面である。セカンドサーブに関する情報を入力する画面である。入力する情報は以下の通りである。

(1)Double Fault：セカンドサーブがフォルトの時に押すことで画面 1 に戻りサーバー側がポイントをロストしたことになる。

その他のボタンは画面 1 と同じである。



図2.3.2.5：T-Analysis-画面 2

③（図2.3.2.6：T-Analysis-画面 3）

画面 3 は画面 1 or 2 で[Serve In]を押したときに表示される画面である。この画面ではラリー中にポイントが終わったショットの種類を入力する。入力する情報は以下の通りである。

(1)Winner：どちらかのポイントを決めた球がWinnerの時に押すことで画面 4 に移動する。このショットを打った側がポイントを取得したことになる。

(2) Forced Error : どちらかのポイントを決めた球が Forced Error の時に押すことで画面 4 に移動する。このショットを打った側がポイントをロストしたことになる。

(3) Unforced Error : どちらかのポイントを決めた球が Unforced Error の時に押すことで画面 4 に移動する。このショットを打った側がポイントをロストしたことになる。



図2.3.2.6 : T-Analysis-画面 3

④ (図2.3.2.7 : T-Analysis-画面 4)

画面 4 では画面 3 でいずれかのボタンを押したときに表示される画面であ

ある。この画面ではラリー中にポイントが終わったショットの打ち方を入力する。入力する情報は以下の通りである。

(1)Forehand：打ち方がフォアのスโตรークの時に押す。

(2)Backhand：打ち方がバックのスโตรークの時に押す。

＊(1)と(2)のボタンを押すことで画面？に移動する。

(3)Volley：打ち方がボレーの時に押す。

(4)Smash：打ち方がスマッシュの時に押す。

(5)Drop Shot：打ち方がドロップの時に押す。

(6)Lob：打ち方がロブの時に押す。

＊(3)と(4)と(5)と(6)のボタンを押すことで画面 1 に戻る。



図2.3.2.7：T-Analysis-画面 4

⑤ (図2.3.2.8：T-Analysis-画面 5)

画面 5 は画面 4 で[Forehand] or [Backhand]を押したときに表示される画面である。この画面ではストロークのコースを入力する。入力できるコースは(1)Cross (2)Down The Line (3)Inside Out (図2.3.2.1と図2.3.2.2を参照) である。

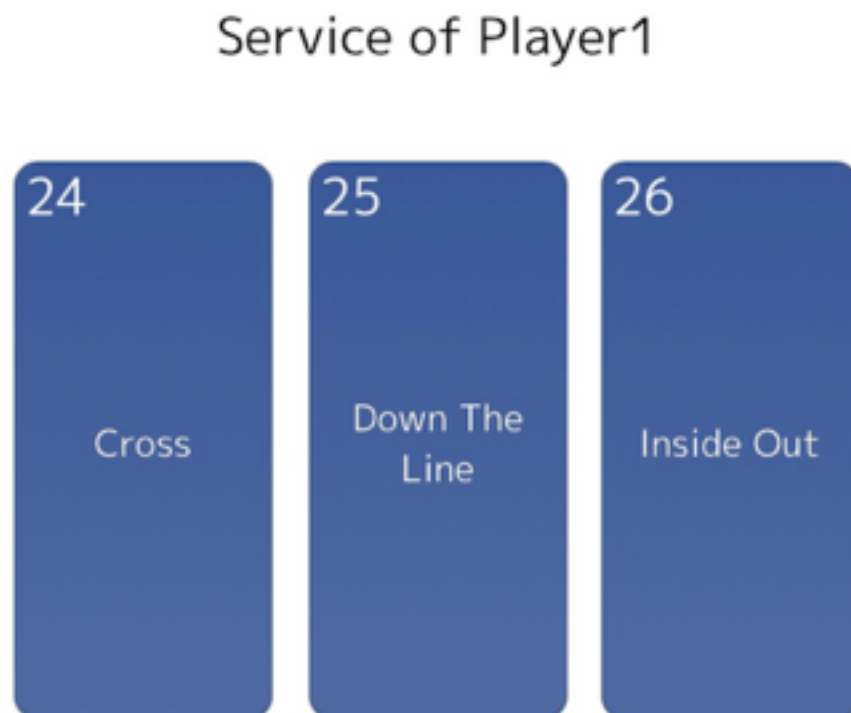


図2.3.2.8：T-Analysis-画面 5

⑥ (図2.3.2.9：T-Analysis-画面 6)

画面 6 は画面 1 or 2 で[Ace]を押したときに表示される画面である。この画面ではサービスエースのコースを入力する。コースは(1)Center (2)Wide がある。(図2.3.2.10参照)



図2.3.2.9：T-Analysis-画面 6

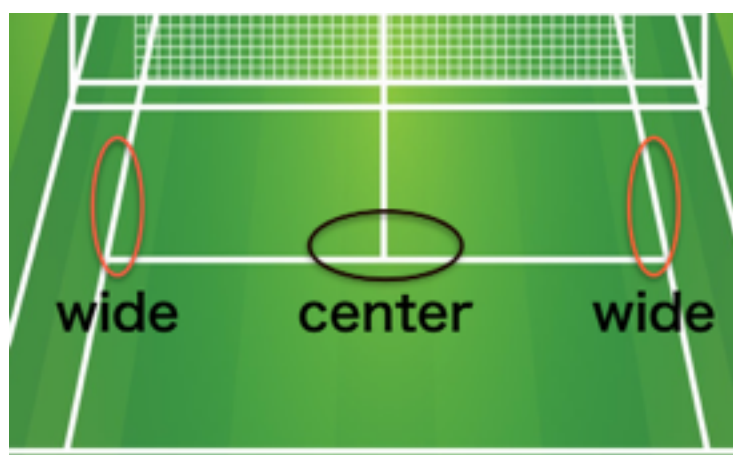


図2.3.2.10：サーブのコース

⑦ (図2.3.2.11 : T-Analysis-画面 7)

画面 7 は画面 1 or 2 で[Return Winner] or [Return Unforced Error]を押したときに表示される画面である。この画面ではリターンのコースを入力する。コースは(1)Cross (2)Down The Line (3)Inside Out (図2.3.2.1と図2.3.2.2を参照) である。

Service of Player1

<Forehand>

27 Cross	28 Down The Line	29 Inside Out
-------------	------------------------	------------------

<Backhand>

30 Cross	31 Down The Line	32 Inside Out
-------------	------------------------	------------------

図2.3.2.11 : T-Analysis-画面 7

下図はボタンとポイントの流れをまとめたものである。

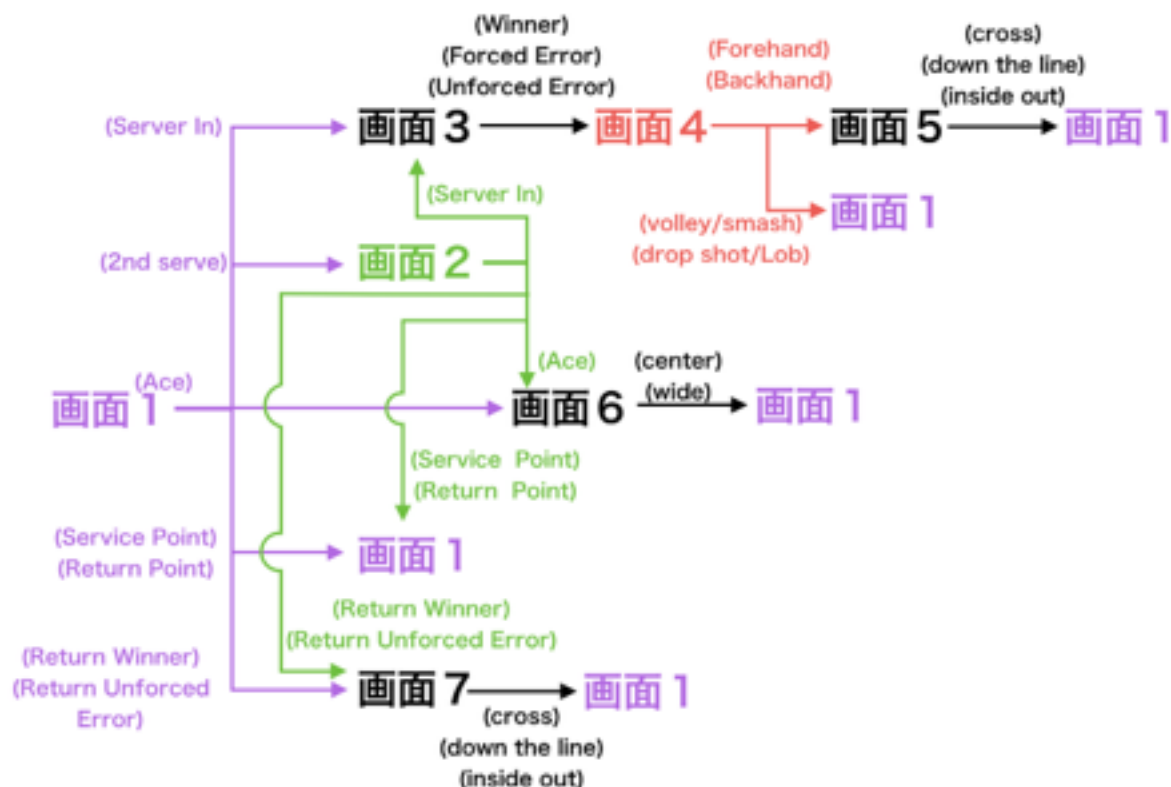


図2.3.2.12：T-Analysis-ボタンの分岐図

以上の点から問題点を見つけていく。

まず2.3.1で紹介したE-scorerと比較してみる。E-scorerに比べてT-Analysisが記録できるデータがはるかに多い。E-scorerはラリー中のミスとリターンによるミスの入力が行われていたが、統計データをみるとこの二つのデータは一つとして表示されていた。しかし、こちらのアプリでは二つのデータは別々のデータとして表示されている。また、E-scorerではWinnerの時とUnforced Errorの時のショットの情報を入力することはできなかったが、こちらのアプリではそのミスがフォアハンドなのかそれともバックハンドなのか

を入力することができる。さらにそのショットのコースを三つ (cross or down the line or inside out)にわけて記録することが可能だ。これはプレイヤーに対して非常に有効なデータを提供することができる。ミスの一つのデータとするよりもフォアハンドとバックハンドのどちらがミス多いのかさらにどのコースでミスが多いのかまでをデータにしたほうがプレイヤーも苦手を分析しやすくなるのは明白である。加えてサービスエースのコースも二つ (center or wide) にわけて記録することができる。他にもボレー、スマッシュ、ドロップ、ロブのショットの情報も記録できることはプレイヤーにメリットに成りうると考える。

記録できるデータはE-scorerよりも多いのは確かだ、しかし、まだデータが不足していると思われる。フォアハンドかバックハンドなのか、そしてコースはどこなのかまでは記録することができるが、そのショットの球種が記録することができないところに問題がある。例えばプレイヤーが試合本番ではフォアハンドのスライスがミスが多かったとしよう。テニスの試合は長いときに3時間、短くても1時間以上かかることが多い。その中でプレイヤーが打ったショットは無数にある。しかし、このアプリのデータを見たときにフォアハンドのDown the lineがミスが多いと表示されていても、そのショットがスピンショットで多いのか、スライスショットで多いのか、それともフラットショットで多いのかは知ることができない。もちろん試合中のフォアハンドのDown the Line をすべておもいだすことは不可能だ。プレイヤーにはフォアハンド×コースのデータよりもフォアハンド×球種のデータが有効になる。他にもミスの種類がForced ErrorとUnforced Errorのみであることもデータを抽象的にしてしまっている要因の一つである。本来ミスには①ネット②バックアウト③サイドアウトが存在する。個人によってどのミスが多いのかは変わっている。このレベルでどのミスが多いのかまでを提供できればより有効なデータになると考えられる。またサーブの球種を記録できないことにも問題もある。この理由は2.3.1のE-scorerで説明したのと同じ理由だ。

入力方法に問題がある。押していくごとに次に入力する画面に遷移するのはユーザーに対して効果がある。ユーザーがボタンを押す回数は最小で2回、

最大で5回である。しかし、回数が1回になる場合はサービスエースかダブルフォルトかリターンWinner or Unforced Errorであるがこの三つはある程度テニスを経験した人同士での試合では基本的におこる回数が少ない。こうしたことをかんがえると3、4、5回がもっともユーザーが押す頻度の高い回数である。

最大の問題点は記録しているデータがポイントが終わったショットだけであることである。この問題は市場に出回っているテニスアプリのほとんどが抱えている問題である。最後のポイントのショットは最低でも一本前の相手の球に影響される。相手がフラットを打ったときにスライスでミスをしたのと、相手がスライスを打ったときにスライスでミスをしたのではミスの種類が違う。また最後のポイントのショットのみではミスの割合をだすことができない。例えばある試合でフォアハンドのスピンショットが8回ミスがあり、バックハンドのスライスショットが2回しかなかったとしよう。このデータから自分はフォアハンドのスピンショットが苦手であると考えるのは正しいのだろうか。ここにあるデータを加えることで正しいのか正しくないのかを指摘することができる。そのデータとは試合中でそのショットを何回打ったかというデータである。もしフォアハンドのスピンショットは試合中に50回、バックハンドのスライスショットは4回打ったとしよう。ここからミスショットの割合をだすとフォアハンドにスピンショットは $8/50 \times 100 = 16\%$ の確率でミスをしている。バックハンドのスライスショットは $2/4 \times 100 = 50\%$ の確率でミスをしていることになる。ここからバックハンドのスライスショットが苦手であると指摘できる。つまり上述したスピンショットが苦手であるという考えは正しくないとわかる。このように正確なデータをとるためにはポイントの最後のショットの情報だけでなく、自分が試合の中でどのショットを打ったのかをすべて記録する必要があると考えられる。

以上のことから、T-Analysisは多くのデータを記録することができるが、ここにショットの情報、ラリー中の情報を追加することでより効果のあるデータを記録できるようになるとかんがえられる。

第三章 関連研究

本章では本研究に関係のあるジェスチャー入力とテニスデータの収集方法の先行研究を整理していく。

齋藤らは、タッチデバイスにおけるUIの変化について考察している[5]。この論文ではタッチでバイスの普及により、従来の携帯よりも機能が増えてくることからボタン式ではなくジェスチャー式のUIにシフトしていくと述べている。理由はタッチでバイスになることで今まで以上にできることが増えていく、できることが増えていくことによりボタンの階層化かが余儀なくされるからである。ジェスチャーであれば、表示領域に干渉せずに多様な機能をつかうことができる。さらにジェスチャーはキーボードのショートカットキーに類似している。キーボードのショートカットキーはコピー&ペーストや切り取り、全選択など幅広く存在している。これらのショートカットキーをすべてボタンで実装したとしても、ユーザーはボタンの多さ、階層化により時間がかかるなどの不満を感じてしまうだろう。ジェスチャーもキーボードのショートカットキーと同じく、多様なふるまいを簡単に行う上で有効であると考えられる。

この論文の筆者らが開発したLibingはボタン操作がまったくなく、すべての操作をジェスチャーで行うブラウザである。すべての操作がジェスチャーということは、ボタンのクリック操作を行うことができない。つまり、ある程度ジェスチャーのふるまいをおぼえなければいけない。ここに着目したLibingはジェスチャーの振る舞いをユーザーが自由自在にカスタマイズできるように開発された。AppStoreでは平均して4.7の高評価を得ていることから、ジェスチャーの有効性が示唆できる。

福田らは、片手親指のタッチジェスチャーによる文字入力の手法を提案している[6]。この論文では、ヘッドマウントディスプレイのようなユーザーの視界すべてを覆うタイプの表示装置を使用した状態で文字入力するには手元を見る必要のない入力方法が必要であると述べている。手元を見る必要のない入力方法としてブライングタッチがあるが、学習コストが高いのと、キーボードを置く場所、持ち歩くことを考えると実用的でないと考えられる。そこで新しい入力システムとして、タッチでバイスを用いた片手ジェスチャーによる入力方法を提案している。

北原らは、画像処理を用いたテニス競技におけるデータ自動記録・分析手法を提案している[7]。この論文ではスポーツのデータ集計を手作業でやるために必要な労力を問題としてあげている。また、現在市場に存在している自動的に記録する装置は高価であり、簡単に手をだせるものではない。この問題を解決するためにこの論文ではビデオカメラ二台を用いて打点、バウンド点、人物の軌跡をデータ化するシステムを提案している。

北原らは、テニス競技映像からプレー自動分析手法を提案している[8]。[7]と違う所は、カメラ1台で撮影していることと記録するデータがフォハンドとバックハンドのラリー回数であることである。提案されたシステムでは90.5%の精度でフォア、バックを検出することができた。

第四章 設計

4.1 提案するシステムのコンセプト

まず既存のシステムの問題点を整理する。

(1) 動画像処理による記録

先行研究の多くは動画像処理によるデータの自動記録を提案している。しかし、カメラを用いる場合ある程度のコストがかかるうえに複数の試合を行う団体戦の場合カメラをコート数分用意しなければならない。さらにテニスの試合は長時間かかるのでバッテリーの交換が必要になると考えられる。よって動画像処理によるデータの自動記録は魅力的であるが、汎用的ではないと考えられる。

(2) スマートフォンアプリで記録できるデータの種類の少ない。

現在リリースされているアプリは第1、2章で述べたように記録できるデータが少ない。もしつくるとしてもボタンを押す回数が増えユーザへの負担になってしまうと考えられる。技術的要因が大きいテニスではより細かいデータがプレイヤーにとって有効なデータになる。

(3) スマートフォンアプリで記録できるデータはポイントを決めたショットのみである。

現在リリースされているアプリで記録することのできるショットはポイントをきめた最後のショットのみである。つまりポイント数の数しかショットは記録できない。現状ラリー数を記録できるアプリは存在するがラリー中のショットまでを記録できるアプリは存在しない。

(4)スマートフォンアプリは試合を見ながら記録することが難しい。

現在リリースされているアプリは試合をみながら記録するものしかない。試合をみながらスマートフォンを見て操作するのは非常にむずかしく、ユーザーの負担がかかると考えられる。

この問題を解決することができるシステムを提案する。

まずシステムを導入するデバイスとしてスマートフォンを対象とする。機能としてラリー中のショットも記録できるものとする。そこで入力方法はボタン式UIでなくジェスチャー式UIを導入する。ラリー中のショットを記録する場合、ボタン式UIでは不可能である。なぜなら自分が打った球の情報を記録するためにスマートフォンを見ている間に相手が球を打ってしまうからである。試合とスマートフォンを同時に見ることは不可能である。ジェスチャー式UIであればスマートフォンを見ないでラリーのショットを記録することができると考えられる。

4.2 システム概要

本論文で提案するシステムの概要について述べる。

4.2.1 記録する項目

このシステムが記録することができるデータについて述べる。

(1) Serve

First ServeとSecond Serveそれぞれ

- Serveの球種（スピン、スライス、フラット）
- Serveの成功率
- INからのポイント獲得率
- 自分のサービスゲームの獲得率
- Service Aceの球種と本数
- Double Faultの数

(2) Return

- フォアハンドかバックハンドか
- 球種（スピン、スライス、フラット）
- First ServeとSecond ServeのReturn成功率
- Return Ace、Winnerの本数
- Return Missの種類（ネット、サイドアウト、バックアウト）

- ・ Unforced Error および Forced Error

(3) ラリー中

- ・ ストロークかボレーかスマッシュか
- ・ フォアハンドかバックハンドと球種（スピン、フラット、スライス）
- ・ ミスをしたショットの理由(ネット、サイドアウト、バックアウト)
- ・ Unforced Error および Forced Error

4.2.2 インタフェース

このシステムではジェスチャー式UI+ボタン式UIを用いている。「サーブ→リターン→ラリー中→ポイント終了およびミスショット」のなかでサーブ～ラリー中までをジェスチャーでデータを入力してもらい、ポイント終了およびミスショット（ServeのFault、Returnとラリー中のAce, Winner, Net, Side Out, Back Out, Unforced Error, Forced Error）をボタンで入力してもらう。ラリー中どちらが打ったのかの情報は入力する必要はない。サーバーがプレイヤーAだとすると必ずリターンはプレイヤーBになりラリー中も交互にボールを打つので奇数回目のジェスチャーはプレイヤーAの情報、偶数回目のジェスチャーはプレイヤーBの情報とすることができる。最後だけボタン式UIにしたのかは試合中の記録している人の状態を考えれば理解できる。サーブからラリー中の間はどのようなショットを打ったのかを目でみななければいけないが、ポイントが終了したときにおよそ15秒の空き時間がある。この時間は試合を見る必要がないのでボタンをみることができると考えられる。またミスの種類をすべてジェスチャー式UIにすると、ユーザーへの負担が大きくなると思われる。従ってこのような入力システムを提案する。

4.2.2.1 ジェスチャー部分

ジェスチャーはポイントの3つの段階で入力内容が変化する。(1)サーブ→(2)リターン→(3)ラリー中の3段階である。画面内のどこでジェスチャーをしても入力できるように実装した。

ジェスチャーはすべて上下左右の動きのみで実装する。

ミスショットはすべてダブルタップで検知を行う。

ダブルタップされた場合、ダブルタップされるまえのジェスチャーで入力されたショットデータがミスをしたショットになるので、そのデータをミスショットとして扱う。

(1) サーブのデータ入力ジェスチャー

- (1)ダブルタップ：フォルト
- (2)上方向↑：スピンサーブ
- (3)下方向↓：スライスサーブ
- (4)左右方向⇄：フラットサーブ

(2)(3)(4)のいずれかを入力するとリターンフェーズの入力モードになる。この際ユーザーは画面に視線をうつす必要はない。

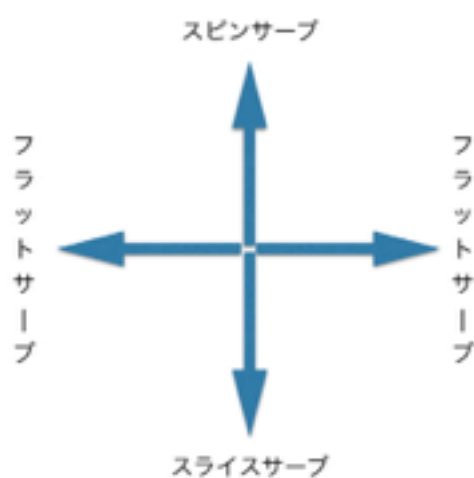
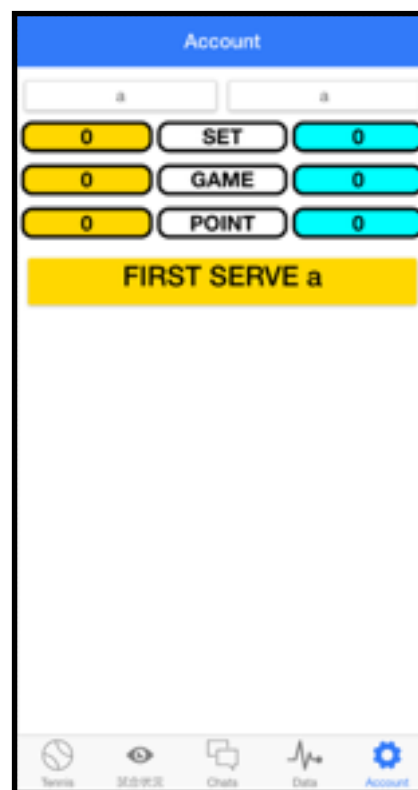


図4.2.2.1.1：サーブフェーズのジェスチャー

(2) リターンのデータ入力ジェスチャー

リターンフェーズでははじめにフォアハンドかバックハンドかを入力してもらい、そのあとに球種を入力してもらう。この二つの入力画面から指をはなさず一連の流れでジェスチャーをしてもらう。

・ 第一段階

(1) 右方向→：フォアハンド

(2) 左方向←：バックハンド

・ 第二段階

(1) なにもしない：フラットショット

(2) 上方向↑：スピンショット

(3) 下方向↓：スライスショット

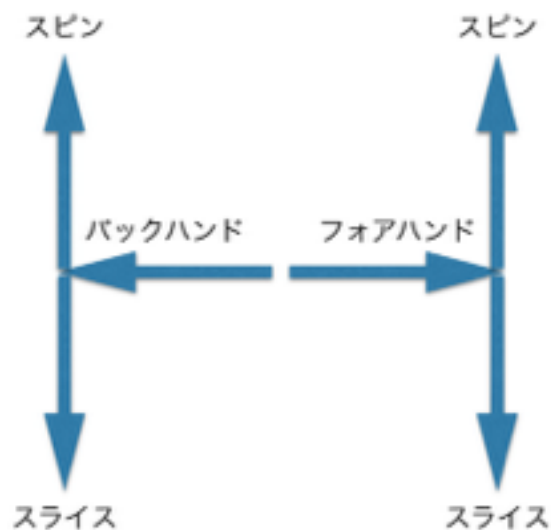


図4.2.2.1.2：リターンフェーズのジェスチャー

(3) ラリー中のデータ入力ジェスチャー

リターンと同じように二段階のジェスチャー入力がある。

・第一段階

- (1) 右方向→：フォアハンドストローク
- (2) 左方向←：バックハンドストローク
- (3) 上方向↑：スマッシュ
- (4) 下方向↓：ボレー

・第二段階

- (1) 上方向↑：スピンショット
- (2) 下方向↓：スライスショット
- (3) 右方向→：フォアハンド
- (4) 左方向←：バックハンド

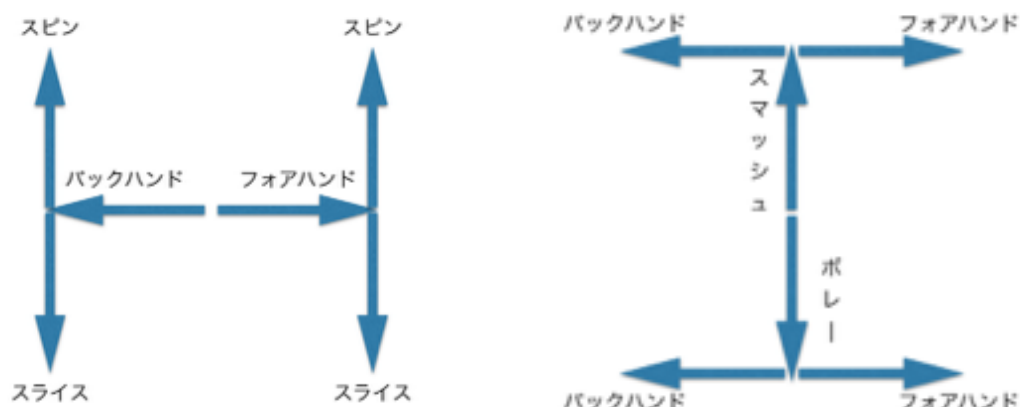


図4.2.2.1.3：ラリーフェーズのジェスチャー

4.2.2.2 ボタン部分

ボタン部分はリターンフェーズ or ラリーフェーズでダブルタップ（ポイントが終了したときにする）したときに画面に表示させる。ユーザーはポイントが終了した時のショットの情報を

(1)Wining Shot(2)Forced Error(3)Unforced Error(4)Back Out(5)Side Out(6)Netの6種類で記録することができる。



図4.2.2.2.1：ボタン部分

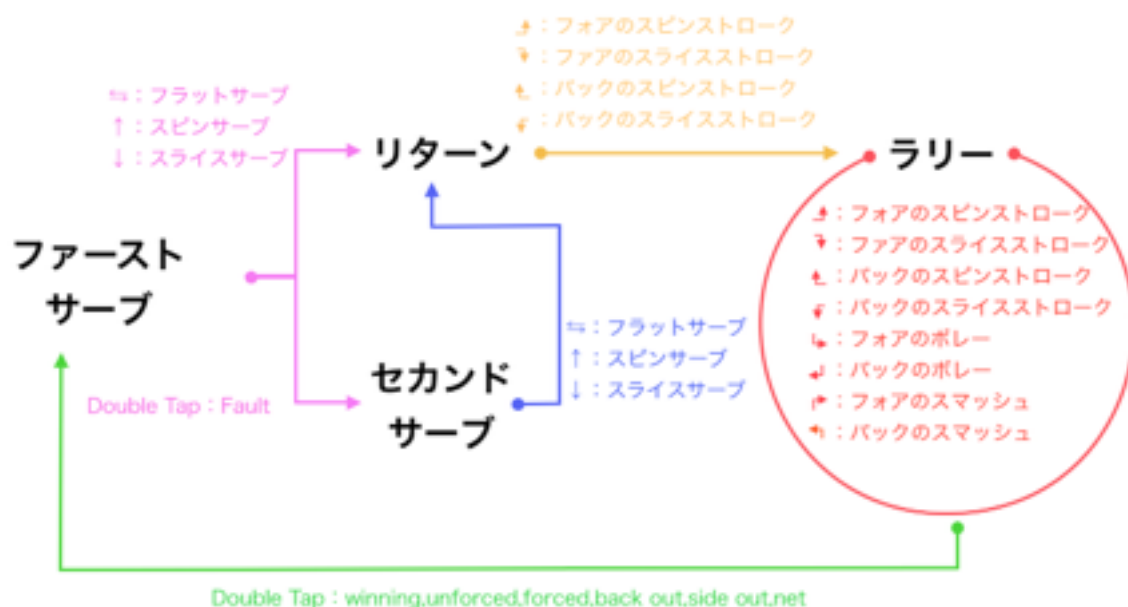


図4.2.2.1：入力段階

(例)

サーバー：Masaki

リターン：Wataru



図4.2.2.2：例画像

(1)スライスサーブ：Masaki,サーブ



(2)バックスライス：Wataru,リターン



(3)フォアスピン：Masaki,ラリー



(4)フォアスピン：Wataru,ラリー



(5)フォアスライス：Masaki,ラリー



(6)バックボレー：Wataru,ラリー



(7)フォアスライス：Masaki,ラリー



(8)フォアスマッシュ：Wataru,ラリー

ポイント終了(Winning Shot)



+ダブルタップ

Winning Shot

第五章 実装

本章では第四章で述べたシステムの実装について述べる。

5.1 アプリケーションの構成

本システムはスマートフォンを対象としている。iPhoneとAndroid両方で動くようにCordova³を用いてハイブリッドアプリ(HTML+JavaScript)にしている。フレームワークとしてAngularJs⁴をベースとしているionic⁵を使用している。

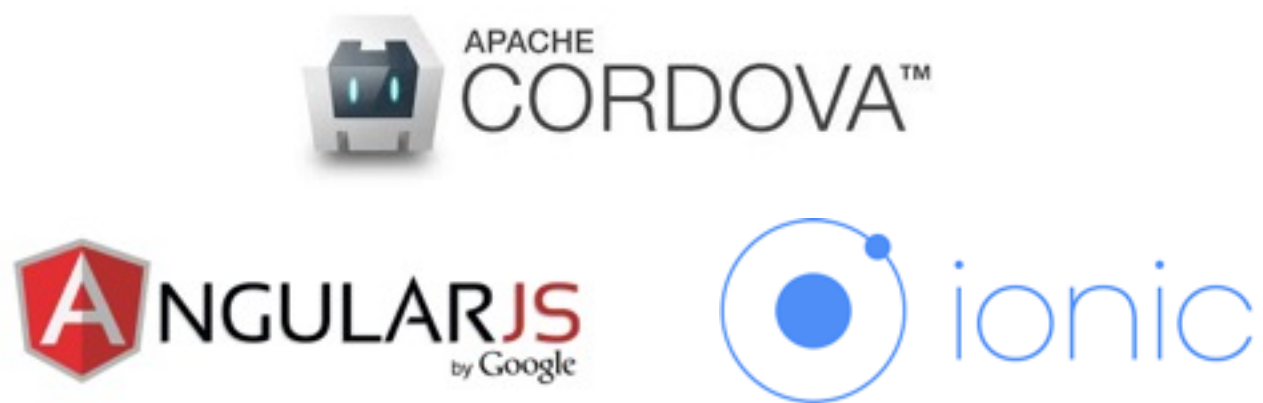


図5.1.1：アプリケーション構成図

³ <https://cordova.apache.org/>

⁴ <https://angularjs.org/>

⁵ <http://ionicframework.com/>

5.2 ジェスチャー

本システムでは上下左右のジェスチャーを識別している。右左のように連続するジェスチャーの場合、右方向のジェスチャーから上のジェスチャーに切り替わる部分をスタート位置のY座標の変化から検出している。



図5.2.1：ジェスチャー切り替え

第六章 考察・結論

実際に開発したシステムを2007年ウィンブルドン決勝 FEDERE VS NADAL⁶の試合で実験した。まず言葉だけの説明で実験をした場合、ミス入力が多い結果になった。ラリー中の記録は打ったショットとジェスチャーの結び付けができていないといけない。ジェスチャーの場合ボタンのように毎回説明がないのでユーザーが完璧に理解をしなければいけないことが考えられる。しかし、ある程度ジェスチャー入力をおこなってもらえばほぼ完璧にラリー中のデータを記録することができた。また、さらに慣れていくとボタンの位置を毎回みて押すよりも簡単であるという意見も得た。

本研究で提案したシステムの入力方法は最初にユーザーへの負担はかかるが、ボタン式UIと異なりそれ以降の負担はなくなることが考えられる。さらにラリー中のデータ入力が可能になったことで1試合から得られる情報が今までよりもはるかに多く得ることが可能になった。しかし、ボタンの場合と違いジェスチャーが認識されなかった場合の処理を考えなければいけない。実験中にサーブのジェスチャーが認識されていないことをユーザーが気づいていない状態でリターンからラリーまでジェスチャーを行ってしまう場合があった。またラリー中は奇数と偶数番目のジェスチャーをそれぞれプレイヤー1、プレイヤー2に割り当てているので、もしラリー中のジェスチャーが一つでも認識されなかった場合、まったく意味のないデータになってしまうことも考えられる。今後はジェスチャーが正確に認識されなかった場合の対処を考えるのと同時に、自分のジェスチャーがただしく認識されていることをスマートフォンの画面をみないで知ることができるシステムも考えていきたい。さらに、ラリー中のボールのコースをジェスチャーで入力できるようにすることでよりプロのデータに近いデータを得ることが考えられるので、こちらも研究をすすめていきたい。

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=IAHHqzQcAd8>

謝辞

本研究を進めるにあたり慶應義塾大学環境情報学部 増井俊之教授および増井俊之研究会の皆様には多大なる助力をいただいたことを深く感謝いたします。卒論研究として私の趣味であるテニスと増井俊之研究会から教えて頂いたユーザインターフェースの知識を掛け合わせた研究をすることができたことを大変喜ばしく感じます。

最後に学部生活4年間だけでなく私の人生を最初から現在に至るまで多方面から支えて頂いた両親に深く感謝をし、本研究の謝辞とさせていただきます。本当にありがとうございました。

2016年1月慶應義塾大学環境情報学部4年

中島雅喜

参考文献

- [1] 高橋仁大 . テニスの競技力向上に及ぼす要因を探る - 学生選手のゲーム分析データを基に -. スポーツパフォーマンス研究雑誌 . pp211-222 . Jan 2009.
- [2] 三橋大輔 . テニス競技における技術面での主観的分析と客観的分析の相違 : スコアシートの有用性について . 東海学園大学 研究紀要:pp183-193 . Mar 2002
- [3] 沖中武 , 嶋崎恒雄 . 自己記録と自己目標設定がソフトテニスのファーストサービスの正確性に及ぼす効果 . Japanese Journal of Behavior Analysis Vol24 No2:pp43-47 . 2010.
- [4] 増田大輝 , 田坂和之 , 大岸智彦 , 小花貞夫 . ウェアラブルセンサを用いたテニス上達支援システムの提案 . 情報処理学会 . マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム . 2014論文集 . pp545-552 . Jul 2014.
- [5] 齋藤 暢郎,小出 洋 ,近藤 秀樹 . タッチデバイスにおけるボタン式UIからジェスチャ操作への脱却 . コンピュータソフトウェア 30(4). pp36-44 . Oct 2013.
- [6] 福田 泰大 , 田中 敏光 , 佐川 雄二 . 片手親指のタッチジェスチャーによる文字入力 . 映像情報メディア学会冬季大会講演予稿集 第三部門ヒューマンインフォメーション1 . 3-2-1~3-2-2 . 映像情報メディア学会 . Dec 2013.
- [7] 北原駿 , 内田理 . 画像処理を用いたテニス競技におけるデータ自動記録・分析手法の提案 . 情報処理学会 . 第74回全国大会公演論文集:pp421-422 . Mar 2012
- [8] 北原駿 , 内田理 . テニス競技映像からプレー自動分析手法の提案 . 映像情報メディア学会技術報告 . 映像情報メディア学会:pp51-54 . Jul 2013
- [9] 安徳 知博 , 鹿嶋 雅之 , 佐藤 公則 , 渡邊 睦 . 動画像処理によるテニスプレー自動認識・

記録に関する研究 . 情報処理学会 . 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア
定期刊行物 . Vol.2013-CVIM-187 No.22 . pp1-6 . May 2013