

卒業論文 2017 年度 (平成 29 年)

卓球競技における戦術ベースコーチング実践のための
試合分析システムの開発

慶應義塾大学 環境情報学部
増田 雄一

卓球競技における戦術ベースコーチング実践のための
試合分析システムの開発

卓球競技は、「100 メートル走をしながらチェスをするようなスポーツ」と言われるほど、戦術が重要となるスポーツである。しかし、そういった特性を持つにも関わらず、現在は技術習得を目的としたコーチングが多くを占めており、戦術に基づいたコーチングというものは殆ど行われていない。

戦術に基づいたコーチングを実現する為には、選手の得意、不得意、癖等の特徴を客観的に把握する必要がある。

そこで本研究では、「TT Analyer」という卓球競技におけるプレー情報収集システム及び分析システムの実装を行った。そして、そのシステムを用いて選手に戦術に基づいたコーチング、「戦術ベースコーチング」を行うことで選手の競技力は向上するかどうか、TT Analyer を用いる事で、正しく選手の特徴を知る事をできるのかどうか、の2点を調査するために、8週に渡り現役選手に対し、TT Analyzer を使いコーチングをする実験を行った。

実験の結果、戦術ベースコーチングは、3球目攻撃の成功率に対しては選手の競技力を向上させることが分かったが、レシーブには期待した効果がなく、課題があることが分かった。また、TT Analyzer は継続的に使用することで、選手の特徴を正しく知ることができると分かった。逆に、単発や短期間ではあまり効果的ではないという結果を示した。

キーワード:

1. 卓球
2. コーチング
3. スポーツアナリティクス
4. データ分析
5. アプリケーション開発

慶應義塾大学 環境情報学部
増田 雄一

Development of table tennis game analysis system for coaching based on tactics

Table Tennis is a strategic sport that is frequently referred to as “a sport that runs 100 meters while playing chess”. However, there are few coaching methods based on tactics despite its characteristics. Therefore, most coaching aims to learn techniques without tactical analysis.

To achieve better playing skills, we need to know the player's characteristics (e.g., strong points, weak points, and so on) objectively to do coaching based on the ability.

Thus, this research describes an implemented system called “TT Analyzer” that can collect and analyze the playing data. This paper also experiments, coaching active table tennis player using “TT Analyzer”. The experiment spanned eight weeks, where it aimed to survey whether the proposed “tactics base coaching” can improve players skill, and whether if we can learn the player's characteristics rightly by using the system.

As a result, although we can see the issue of how the receive skills did not improve drastically, this paper concludes that “tactics base coaching” can improve the success rate of the third attack. We also found that we can know the player's characteristics by using the proposed system continuously, while the effects that can be obtained at single or a short period of use were not effective.

Keywords :

1. Table Tennis, 2. Coaching, 3. Sport Analytics, 4. Data Analysis,
5. Application Development

Keio University, Faculty of Enviroment And Information Studies
Yuichi Masuda

目次

第1章	序論	1
1.1	本研究の概要と目的	1
1.2	本研究の着目する課題	1
1.3	本研究の仮説	2
1.4	本研究の手法	2
1.5	本論文の構成	2
第2章	背景	4
2.1	世界の卓球情勢	4
2.2	日本卓球界の現状	4
2.2.1	近年の主要大会における成績	4
2.2.2	若手選手の台頭	4
2.2.3	データの活用	6
2.3	卓球競技の特性	6
2.3.1	回転	6
2.3.2	速度	6
2.3.3	サービス側の優位性	7
2.3.4	ラリー回数の特徴	7
2.4	筆者の経験	8
2.4.1	戦術の重要性	8
2.4.2	客観視の得手・不得手と戦術考案の関係性	8
2.4.3	トップ選手と一般選手の差異	9
2.5	まとめ	10
第3章	主張と解決手法の提案	11
3.1	本研究における主張	11
3.2	卓球競技における問題	11
3.2.1	本研究における戦術の定義	12
3.2.2	戦術ベースコーチング	12
3.2.3	戦術ベースコーチングに必要な要件	13
3.2.4	戦術ベースコーチングにおける現状の問題	13
3.2.5	解決手法	13
3.3	まとめ	13

第4章	実装	15
4.1	TT Analyzer の概要	15
4.2	実装方法	15
4.3	手動による入力システム	16
4.3.1	入力 UI	16
4.3.2	入力内容	18
4.4	データ分析システム	22
4.4.1	システム概要	22
4.4.2	機能	22
4.4.3	データベース設計	27
4.5	iOS アプリケーションと Web アプリケーションの連携	27
4.6	まとめ	28
第5章	実験	29
5.1	目的	29
5.2	実験方法	29
5.3	評価方法	29
5.4	まとめ	29
第6章	評価および考察	30
6.1	実験結果	30
6.1.1	レシーブ	30
6.1.2	3 球目攻撃	36
6.2	各選手のコーチング内容	44
6.2.1	A 選手	44
6.2.2	B 選手	46
6.2.3	C 選手	48
6.2.4	D 選手	50
6.3	戦術ベースコーチングの効果に関する評価	53
6.3.1	レシーブ	53
6.3.2	3 球目攻撃	53
6.4	TT Analyzer に関する評価	54
6.5	考察	54
6.5.1	戦術ベースコーチングの効果に関する考察	54
6.5.2	TT Analyzer に関する考察	55
6.6	まとめ	56
第7章	結論	57
7.1	本研究のまとめ	57
7.2	今後の課題と展望	57

目 次

2.1	2017 年 11 月度世界卓球ランキング 出典：TIBHAR	5
2.2	2017 年 8 月度卓球世界チームランキング 出典：TIBHAR	5
4.1	入力システムのキャプチャ	17
4.2	実際に使用している様子	17
4.3	選手の情報入力画面	18
4.4	試合の情報入力画面	19
4.5	ボタンの遷移	21
4.6	試合別分析ページのキャプチャ1	23
4.7	試合別分析ページのキャプチャ2	23
4.8	試合別分析ページのキャプチャ3	25
4.9	絞り込み機能のキャプチャ1	25
4.10	絞り込み機能のキャプチャ2	26
4.11	テーブル設計	27
6.1	A 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.2	B 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.3	C 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.4	D 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.5	E 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.6	F 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.7	G 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.8	H 選手のレシーブミスの割合の推移	31
6.9	A 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.10	B 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.11	C 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.12	D 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.13	E 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.14	F 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.15	G 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.16	H 選手の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移	33
6.17	A 選手のレシーブ時の得点率の推移	35
6.18	B 選手のレシーブ時の得点率の推移	35

6.19 C 選手のレシーブ時の得点率の推移	35
6.20 D 選手のレシーブ時の得点率の推移	35
6.21 E 選手のレシーブ時の得点率の推移	35
6.22 F 選手のレシーブ時の得点率の推移	35
6.23 G 選手のレシーブ時の得点率の推移	35
6.24 H 選手のレシーブ時の得点率の推移	35
6.25 A 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.26 B 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.27 C 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.28 D 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.29 E 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.30 F 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.31 G 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.32 H 選手の3球目攻撃成功率の推移	37
6.33 A 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.34 B 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.35 C 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.36 D 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.37 E 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.38 F 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.39 G 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.40 H 選手の3球目攻撃ミスの占める割合の推移	39
6.41 A 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.42 B 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.43 C 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.44 D 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.45 E 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.46 F 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.47 G 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.48 H 選手の3球目攻撃成功時の得点率の推移	41
6.49 A 選手のサービス時の得点率の推移	43
6.50 B 選手のサービス時の得点率の推移	43
6.51 C 選手のサービス時の得点率の推移	43
6.52 D 選手のサービス時の得点率の推移	43
6.53 E 選手のサービス時の得点率の推移	43
6.54 F 選手のサービス時の得点率の推移	43
6.55 G 選手のサービス時の得点率の推移	43
6.56 H 選手のサービス時の得点率の推移	43

表 目 次

4.1	実装環境	15
4.2	選手の情報	19
4.3	試合の情報	19
4.4	プレーの情報	20
4.5	分析の内容	24
6.1	レシーブミスの割合の変化項目ごとの人数（人）	30
6.2	失点原因におけるレシーブミスが占める割合の変化項目ごとの人数（人）	32
6.3	レシーブ時の得点率の変化項目ごとの人数（人）	34
6.4	3 球目攻撃成功率の変化項目ごとの人数（人）	36
6.5	試合全体の失点原因における 3 球目攻撃ミスの占める割合の変化項目ごとの人数（人）	38
6.6	3 球目攻撃成功時の得点率の推移の変化項目ごとの人数（人）	40
6.7	サービス時の得点率の変化項目ごとの人数（人）	42
6.8	A 選手へのコーチング内容	45
6.9	A 選手のコーチングの根拠・狙い	45
6.10	B 選手へのコーチング内容	47
6.11	B 選手のコーチングの根拠・狙い	47
6.12	C 選手へのコーチング内容	49
6.13	C 選手のコーチングの根拠・狙い	49
6.14	D 選手へのコーチング内容	51
6.15	D 選手のコーチングの根拠・狙い	52

第1章 序論

本章では本研究の背景，課題及び手法を提示し，本研究の概要を示す．

1.1 本研究の概要と目的

卓球競技は，「100メートル走をしながらチェスをするようなスポーツ」と言われるほど，戦術が重要となるスポーツである．しかし，そういった特性を持つにも関わらず，技術習得を目的としたコーチングが多くを占めており，戦術に基づいたコーチングというものは殆ど行われていない．戦術に基づいたコーチングを実現する為には，選手の得意，不得意，癖等の特徴を客観的に把握する必要がある．

そこで本研究では，卓球競技におけるプレー情報収集システム及び分析システムの実装を行い，そのシステムを用いて選手に戦術に基づいたコーチング，「戦術ベースコーチング」を行うことで選手の競技力は向上するのだろうか，そして，こういった効果を示し，こういった課題があるかを明確にする．最終的には，本研究を通して，本システムの実用性を向上させ，実際のコーチング現場に導入することで選手の競技力向上を目的とする．戦術ベースコーチングの定義については3章で論じる．

1.2 本研究の着目する課題

本研究が着目する課題は以下の2点である．

- 選手一人一人の特徴に合わせた，戦術に基づいたコーチングが行われていないこと
- 選手の特徴を客観的に知ることのできるシステムが現在存在しないこと

筆者は13年間選手として卓球競技をプレーしており，全国大会にも複数回の出場経験があり，初級者から全国のトップ選手までの試合風景や練習風景，練習環境を見てきた．自身の選手としての経験，日本卓球界における現状から，こういった課題に問題意識を持った．問題を持った背景については2章で論じる．

1.3 本研究の仮説

関連研究 [1] によると、卓球競技はラリーが 3 球目¹までで終わる割合が 51 %で、サーバー側の得点率が 51 %とレシーバーより高いという特徴が示されている。また、3 球目以降は、サーバー側の優位は徐々に減り、7 球目以降はサーバー側、レシーバー側に有利、不利という状態はなくなる。この特徴をふまえると、卓球競技は基本的にはサービス側が有利であり、特に 3 球目まではそれが顕著である。逆に、ラリーが長引くと、その優位性はなくなる。そのため、長い打ち合いのラリー以上に、サービス、レシーブ、3 球目攻撃²までのラリーが得点には大きく影響することが分かる。以上のことより、卓球競技の試合に勝つためには、有利であるサーバー時に効果的なサービス、3 球目攻撃を行い得点を取り、不利であるレシーバー側の時に、相手の 3 球目攻撃を防ぐようなレシーブをし、ラリーに持ち込むことが必要であると想定される。そして、これらのことを実際の試合において実践する為には、相手のプレーを意図的にコントロール、もしくは予測する必要がある。本研究ではこのことを、戦術と定義する。

これらの前提をふまえ、本研究では、試合における選手の 3 球目までの、球種、コースのデータを取り、そのデータから、選手の特徴を把握し、その選手にあった戦術に基づいたコーチングを行うことで、効果的に選手の競技力を向上させることができるのではないかと仮説を立てた。仮説の詳細は 3 章で論じる。

1.4 本研究の手法

本研究で行ったことは以下の 3 点である。

- プレー情報入力、収集の為に iOS アプリケーションを Swift を用いて開発
- データの可視化、分析を行う Web アプリケーションを Ruby on Rails を用いて開発
- 上記のシステムを用い慶應義塾大学体育会卓球部の選手に戦術に基づいたコーチングを行った

本研究では、上記の 2 つのシステムを総称して、「TT Analyzer」と呼ぶ。そして、慶應義塾大学体育会卓球部の選手 4 人に対して、TT Analyzer を用い 8 週間の間、継続的に戦術に基づいたコーチングを行い、その効果を調査した。

1.5 本論文の構成

2 章では、世界や日本の卓球界の現状、卓球競技の特性、筆者の経験を論じ、本研究の問題提起に至った背景を論じる。3 章では、本研究における主張を論じる。4 章では、問

¹卓球競技ではサービスを 1 球目、レシーブを 2 球目、その次の打球を 3 球目と数え、その後は 4 球目、5 球目と続く

²サービス、レシーブの後の 3 球目にサーバーが攻撃をする打球を 3 球目攻撃と言う

題の解決手法として提案した TT Analyzer というシステムの実装について論じる．5 章では，本研究の主張及びシステムの，評価実験の方法について論じる．6 章では，評価実験の結果及び評価，考察を論じる．7 章では，本研究の結論と今後の展望を論じる．

第2章 背景

本章では，本研究の問題提起に至った背景，現在の卓球競技に関する現状をまとめる．

2.1 世界の卓球情勢

現在卓球競技は，世界中で親しまれており，競技人口は3億人と言われている．日本においても平成28年度の日本卓球連盟加盟者は約33万人[2]である．競技力という観点で見た場合，2017年10月時点での世界ランキングトップ10は図2.1のとおりである．

国ごとのランキングは図2.2の通りである．

これらのランキングから分かるように，男女共に中国が圧倒的な強さを誇っており，女子は次いで2位，男子はチームランキングでは2位だが，選手ごとのランキングではドイツ選手の方が上にいることから，日本とドイツの間で2番目を争っていること状態にあると分かる．

2.2 日本卓球界の現状

2.2.1 近年の主要大会における成績

日本における卓球の競技力は近年目覚ましい成長を遂げている．2016年リオデジャネイロ五輪では男子団体は初の銀メダル，女子団体銅メダル，個人戦でも水谷隼選手が日本初の銅メダルを獲得した．この成績は，卓球がオリンピックの正式種目となった1988年から，初めての快挙だと言える．そして，その翌年2017年に行われた，世界卓球選手権大会ではそれらを遥かに上回る好成績をあげた．男子ダブルスが，銀メダル，銅メダル獲得，女子ダブルス銅メダル，女子シングルスでは平野美宇選手が1969年以来，48年ぶりの銅メダルを獲得．そして，混合ダブルスでは，吉村・石川ペアが48年ぶりの金メダルを獲得した．メダル獲得とは至らなかったが，13歳の張本智和選手は，五輪メダリストの水谷隼に勝利し大会史上最年少でベスト8進出を果たしている．このように近年の日本における卓球の競技力向上は目覚ましいものがある．

2.2.2 若手選手の台頭

2.2.1項では，近年の日本の好成績を示したが，その中でも若手選手の活躍が見られる．張本選手は13歳で，平野選手は17歳，ダブルスでメダルを獲得した伊藤・早田ペアは両

WR	前月	男子ランキング			年齢	
1	1		馬 龍	29	中国	
2	2		樊 振東	20	中国	
3	4		オフチャロフ	29	ドイツ	
*	3		許 シン	27	中国	
4	5		ボル	36	ドイツ	
5	8		丹羽 孝希	23	日本	
*	6		張 繼科	29	中国	
6	7		水谷 隼	28	日本	
7	9		林 高遠	22	中国	
8	13		ゴジ	23	フランス	
9	11		松平 健太	26	日本	
10	12		方 博	25	中国	

WR	前月	女子ランキング			年齢	
1	2		朱 雨玲	22	中国	
*	1		丁 寧	27	中国	
2	3		陳 夢	23	中国	
3	4		劉 詩ブン	26	中国	
4	5		石川 佳純	24	日本	
5	6		平野 美宇	17	日本	
6	7		伊藤 美誠	17	日本	
7	10		鄭 怡静	25	タイペイ	
8	8		馮 天薇	31	シンガポール	
9	9		孫 穎莎	17	中国	
10	11		王 曼昱	18	中国	
11	12		ハン・イン	34	ドイツ	

図 2.1: 2017 年 11 月度世界卓球ランキング 出典：TIBHAR[3]

男子チームランキング		女子チームランキング	
1	中国	1	中国
2	日本	2	日本
3	ドイツ	3	シンガポール
4	韓国	4	韓国
5	フランス	5	香港
6	香港	6	タイペイ
7	スウェーデン	7	ルーマニア
8	ポルトガル	8	ドイツ
9	オーストリア	9	北朝鮮
10	タイペイ	10	オーストリア

図 2.2: 2017 年 8 月度卓球世界チームランキング 出典：TIBHAR[4]

人とも 16 歳である。こういった近年の好成績も、若手世代の台頭による、日本全体の競技力向上が起因しているものと考察できる。

こうした、日本の若手選手の競技力向上は JOC エリートアカデミー [5] の設立と成熟が要因の一つであると考察する。JOC エリートアカデミーとは、2008 年より小中高生の将来的な競技力向上を目的とし日本オリンピック委員会が設置した組織であり、背景としては、以下のように記載されている [5]。

国際競技力向上及びその安定的な維持の施策の一環として、将来オリンピックをはじめとする国際競技大会で活躍できる選手を恒常的に育成するために、中央競技団体の一貫指導システムとの連携により、ジュニア期におけるアスリートの発育・発達に合わせ、トップアスリートとして必要な「競技力」「知的能力」「生活力」の向上を目的とした JOC エリートアカデミーを実施している。

このような将来有望な若手選手を、手厚くサポートしながらコーチングを行うことで、目に見えて結果が出ている。また、開校当初の選手の成績と、現在所属の選手の成績では、圧倒的に現在所属の選手が好成績を残していることから、組織としても成長をしていることがわかる。

以上のような、国をあげての若手選手の支援が、日本卓球界全体の競技力向上の一つの要因になっていると言える。

2.2.3 データの活用

現在、日本の卓球競技におけるナショナルチームではアナリストを雇い、データの活用を行なっている。日本経済新聞の記事 [6] ではデータの活用の効用を以下のように記している。

倉嶋洋介監督は「どれくらいの確率でチキータレシーブをしてくるとか、3球目攻撃でどれくらい得点しているとかイメージをつかめるのは大きい」と効用を語る。

このことから、データの活用は近年の成長の一要因になっているといえる。しかし、野球やバレーボールなどでは既に IT の活用が進んでいる中、遅れている現状にもある。また、こういった効果があるにも関わらず、これはナショナルチームでアナリストを雇ってやっているものであり、一般の選手たちが今現在こういった分析を行えるシステムは、存在していないのが現状である。

2.3 卓球競技の特性

2.3.1 回転

他の球技に比べ、卓球競技におけるボールの回転はプレーに非常に大きな影響を及ぼす。その理由として、用具が大きく関係している。卓球競技では、40 ミリの大きさのプラスチック製ボールと、木製のラケットにゴムで作られたラバーを貼り付けたものを使用してプレーを行う。ラバーとプラスチックの材質が相まって強い回転をかけられる反面、ボールが軽量であるため打球を受ける際にも、回転の影響を強く受けてしまう。その為、何も意識せずにボールに触ってしまうと、あらゆる方向にボールが飛んでいってしまう。そうならない為には、回転の影響を受けづらいラケット角度を作り、ボールに触るか、自分から現在かかっている回転を打ち消すだけの強い回転をかける等の技術が必要となる。他の球技と比較すると、サッカーであれば足、野球ではバット、バレーボールでは腕、テニスではガット等、どれもラバーほどの摩擦力は持っておらず、ボールも卓球と比べるとはるかに重く、材質も合皮や布類など回転のかけづらいものとなっている。以上の理由により、卓球における回転は、他のスポーツにはない重要な要素となっている。

2.3.2 速度

卓球におけるボールの速度自体は、他の球技と比べて抜群に速いわけではない。しかし、卓球台の長さが 2.74 メートルと相手との距離が非常に近い為、ボール自体の速度に

よらず、体感速度が非常に速くなる。また、卓球では台の中に踏み込んで打つ状況も多々ある。その為、台の長さ以上の至近距離で時速 100 キロ前後のボールが飛んでくことになる。その上、2.3.1 項で説明した通り、回転の要素も組み合わさる為、複合的な難しさがあると言える。

2.3.3 サービス側の優位性

卓球競技ではサービス側が有利という特徴がある。その理由は、2.3.1 項と、2.3.2 から説明ができる。サービスは第1球目ということで、選手が自由に回転をかけ、自由なコースにサービスを出すことができる。2.3.1 項で説明したように、レシーブ側は相手のかけた回転に気を使いながらレシーブをしなくてはならない。また、卓球競技では相手コート上で2バウンドするショートサービスというサービスを多く使う為、打球領域も大きく制限されてしまう。その為、自由に出すことができるサービス側に比べ、レシーブ側はある程度打法やコースが制限されてしまう。こうして、サービス側は自分で回転をコントロールすることで、相手のレシーブを制限させ、どこに返球してくるかを予測することができる。サービス側は予測した相手レシーブを狙い、ドライブやスマッシュといった攻撃打法で得点を狙いにいく。このことを3球目攻撃と言い、レシーブ側より先に、速度の出しやすい攻撃的打球をすることが可能となる。卓球競技における速度の影響は、2.3.2 項で説明した通りである。それに加え、サービス側は3球目攻撃だけでなく、サービスそのものでも得点できるチャンスがある。

以上の理由により、卓球競技におけるサービス側の優位性は自明である。しかし、それでもサービス側の優位性というのは従来と比較し大きく減った方である。過去には、ボールトス時に指で強烈な回転をかけるフィンガースピンサービスや、体でサービスの打球面を隠す、ハイドサービス、他にもボールの大きさ 38 ミリと小さかったことや、ラバー補助剤と呼ばれる、ラバーを膨張させ打球速度を大幅に向上させる後加工が可能であった。これらが、軒並み禁止になっただけでなく、近年、チキータレシーブというレシーブ側で、台の中に入り込み、相手のショートサービスに対し、回転を上書きするような強烈な回転をかけて返球する、攻撃的なレシーブ方法が考案されたこともあり、サービス側の優位性は遥かに減ったものの、未だサービス側が有利である。その根拠を次項、2.3.4 項のデータが示す。

2.3.4 ラリー回数の特徴

ロンドンオリンピックの卓球競技の試合をラリーの回数に注目し、分析を行った研究がある。[1] この研究では、男子は 51.9 % が 3 球目まででラリーが終了し、女子は 53.8 % が 4 球目まででラリーが終了しており、卓球競技におけるサービス、レシーブ、3 球目攻撃の重要性を示している。また、サーバー側の得点率が 55 % と高く、2.3.3 項でも説明したように、卓球競技ではサーバー側が有利であることをデータとして示している。

また、その研究では3球目以降は、サーバー側の優位は徐々に減り、7球目以降はサーバー側、レシーバー側に有利、不利という状態はなくなるという卓球競技におけるラリーの特徴も示している。

2.4 筆者の経験

筆者は13年間選手として、卓球競技を続けており、全国大会にも複数回の出場経験がある。本節では、本研究の問題提起に至った、筆者自身の経験、考えを論じていく。

2.4.1 戦術の重要性

卓球競技では戦術が重要だと強く感じた。その理由としては、2.3.4項で論じた、卓球競技の特性によるものである。複雑かつ強烈な回転で、高速に飛び交うボールを全て、自身の反射神経や運動神経のみで上手く打ち返し、得点を取ることは難しい。そこで、選手は、プレーに入る前に、相手の行ってくるプレーを予測したり、自分のプレーで相手のプレーを誘導させるなど、数手先まで予測を行い、事前に次に行うプレーの大まかな段取りを立てる。本研究では、このことを戦術と呼ぶ。こうして、戦術を立てることで、前述したような難しい特性を抱えながらも、相手より優位に立ち、受動的ではなく能動的に得点を狙いにいくことができる。その為、卓球競技では、技術もさることながら、戦術も重要になると筆者は考える。

こういった戦術は、上級者になればなるほど徹底されていると、筆者は感じてきた。上級者は、相手の弱点を見逃さず、同じプレー、同じ戦術を徹底してくることに對し、初級者は、色々なプレー、戦術をする印象がある。そして、上級者は戦術立案の頭脳やヒラメキを持っているだけではなく、それらをミスなく実践し、相手を完璧に誘導させることができる、精度の高い技術を持ち合わせていることも、選手として感じてきた。

2.4.2 客観視の得手・不得手と戦術考案の関係性

筆者は、選手の中には試合を客観視することの得意な選手と、不得意な選手がいると考える。また、それらの能力は戦術考案能力と大きく関係していると考え。そう考えた経緯は2点ある。

1点目は、ビデオを見ての自己分析である。筆者が所属していたチームでは、自分の試合をビデオで録画し、それを見て自分の試合を分析する、自己分析の時間があつた。筆者自身は、その行為が非常に苦手で、特別良かったプレー、悪かったプレー等、印象に影響され、主観的な視点になってしまい、公平かつ客観的に自分のプレーを見ることはできなかった。その為、自身の強みや弱点等を、自分だけでは上手く見つけることができなかった。こういった選手は少なくなく、筆者の所属していたチームには同じ悩みを抱えている選手は多かった。また、筆者自身も含め、そういった選手にヒアリングをすると、軒並み、試合中に戦術を考えることを苦手としていた。對して、自己分析を得意とする選手もい

る。ビデオを一度見ただけで、印象的な部分だけでなく、試合全体を見渡し、適切な分析をしていた。そして、それらが苦手な筆者らとは対照的に、彼らは試合においても、自分で戦術を考えることが得意な印象であった。事実、団体戦等において、彼らはベンチからのアドバイスを貰うことは少なかった。

2点目は、1点目とは逆で、他人の分析である。卓球競技では、試合中に1名アドバイザーをベンチに置くことができ、ゲームの合間に1分間のアドバイスを貰うことができる。そこでは、主にそのゲーム全体を分析し、仲間の悪い点や、相手の弱点を見つけ出し、最適と思われる戦術を選手に与え、次のゲームに送り出す。学生チームでは、必ずしもコーチが存在するわけではないので、学生がアドバイザーとして入ることは多々あり、筆者も頼まれることが良くあった。しかし、そこでも筆者は1点目の自己分析同様、他人の分析も苦手であった。現象としては、自己分析と同様で、印象に残ったプレーに引っ張られ、試合全体を俯瞰することができないのである。そして、これも1点目と同様で、自己分析が得意な選手は他人の分析もできるのである。事実、彼らはチームの中でもアドバイザーに頼まれる回数がとりわけ多く、筆者自身も彼らに信頼を置き、アドバイザーを依頼していた。

以上の2点から、戦術考案能力と、客観視の能力には因果関係があると筆者は考える。また、その能力は先天的か、後天的かは分からないが、得意な選手、不得意な選手が如実に見られると考える。

2.4.3 トップ選手と一般選手の差異

ここでのトップ選手とは、全国大会出場経験のある選手を指し、一般選手とは全国大会出場経験のないその他の選手を指す。筆者が一番感じた、トップ選手と一般選手の差異は、サービスと3球目攻撃をセットに考えているかどうかである。個々の技術の習熟度や質が違ふことは勿論であるが、それ以上にトップ選手はサービスからの3球目攻撃の精度と質が高く、しっかりとしたパターンになっている。そういったトップ選手に対し、ヒアリングを行うと、殆どのトップ選手がサービスそのもので得点を狙うことは考えておらず、相手のレシーブを絞り、3球目攻撃で優位に立つことを考えていた。その裏付けとして、彼らは自身のサービスが、おおよそどこへ返ってくるが多いか把握していた。またその中でも、自分のサービスに対してレシーブの集まりやすいコースに絞って3球目攻撃の練習をする選手と、自分の得意な3球目攻撃のコースにレシーブを集めさせるために、そう誘導させるサービスを練習する選手の、2つの考え方が存在した。どちらにせよ、どちらの考え方も、サービスと3球目攻撃をセットで考えている点は共通している。

対して、一般選手はサービスと、3球目攻撃は、それぞれ独立した技術だと考えている選手が多いと感じた。その為、サービスも3球目攻撃の為というよりは、サービス単体で得点する、サービスエースを狙って練習している選手が多いように感じた。こういった事により、ラリーはトップ選手並みにも関わらず、3球目攻撃の成功率が低く、あまり上位にいけない選手というのも少なくはない。一般選手にありがちな練習は、3球目攻撃の練習にも関わらず、試合用のサービスを出さず、シンプルなサービスを出して、くる場所の

分かっている綺麗なレシーブを攻撃するというものである。こういった練習も、サービスと3球目攻撃がセットだという考えがないことにより、起こっている状態だと考えられる。

以上の、トップ選手と一般選手の差異は、「2.4.1 項戦術の重要性」とも大きく共通している。このことより、筆者は卓球の競技力向上には、サービスと3球目攻撃の戦術の考え方が重要になると考える。

2.5 まとめ

本章では、世界の卓球界の情勢、日本における卓球の現状、卓球競技そのものの他のスポーツにはない特性、筆者の選手としての経験に基づく卓球の考えを論じた。

次章では、本章で論じた卓球競技の問題や特性をもとに、本研究における主張について論じる。

第3章 主張と解決手法の提案

本章では，2章で述べた背景をもとに，現在の卓球競技における問題を明確にし，本研究の主張とその解決手法の提案を行う。

3.1 本研究における主張

本研究における主張は，試合における卓球競技の競技力向上のためには，技術と同等に戦術が重要なのではないかということである。

2章では，日本における卓球競技の現状，卓球競技の特性，筆者自身の卓球競技の経験を論じた。それらの中で特に，2.3節の卓球競技の特性と2.4節の筆者自身の経験で論じたように，卓球競技は他のスポーツにはない特性があり，卓球競技における戦術の重要性を示した。しかし，現在の卓球競技の練習では，技術やフィジカルの練習が大半を占めており，戦術が軽視されている現状にある。そのため，本研究では戦術の重要性を鑑み，選手の競技力を向上させる手法を提案する。

3.2 卓球競技における問題

ここまでの主張を元に，本研究の考える卓球競技における具体的な問題は2点ある。1点目は，戦術に基づいた練習や，コーチングがあまり行われていないことである。2点目は，1点目の戦術に基づいた練習やコーチングを行う方法や手段が確立されていないことである。

日本においては卓球の技術に関する情報や，コーチングはありふれている。書籍や雑誌，ネットでの動画配信，クラブでのレッスン，講習会等，技術習得のために多くの手段が提供されている。また，近年では卓球の指導理論も進化しており，従来より効率的に技術習得が可能となっている。もちろん，卓球競技そのものは個々の技術の集合によるものであり，技術がそれだけ重要視されることは自明なことである。しかし，2章で論じたように卓球競技は対人競技であり，他のスポーツにはない特性を持っているため，それらを考慮しなくては，せっかく身に付けた技術も試合では適切に使うことができない。端的に言うとも，より試合で勝つためには，技術習得練習の他に，戦術に基づいた練習も行わなくてはならないということである。

しかし，現在そういった戦術に基づいた練習やコーチングを行うための明確な練習方法や，コーチングの方法は存在していない。自身やコーチの経験や感覚によるものが殆どである。

3.2.1 本研究における戦術の定義

まず、本研究では、戦術をサービス、レシーブ、3球目攻撃までに絞り、それらの予測、誘導を戦術と定義する。その理由は、2.3.4項で説明したように、卓球はサービス側が有利で、51%は3球目までで終了してしまう。また、ラリーが長引くほど、サービス側の優位性はなくなる。2.3.3項、サービスの優位性で論じたように、サービスに限り相手の打球を誘導、限定させやすい。逆に、そういった頭脳を使ったプレーが可能なのが、サービス、レシーブ、3球目攻撃までであり、ラリーになるとボール速度も格段にあがり、回転も基本的にはドライブ回転が主体になってしまう為、戦術というよりはフィジカルや反応速度、技術の習熟度が重要となる。サービス、レシーブに比べ、ラリーの中で相手を誘導させることは至難の技である。そして、有利であるサービス側で確実に点を取り、不利であるレシーブ側では相手の3球目攻撃をさせないようなレシーブをしてラリーに持ち込むことが重要だといえる。以上をまとめると、サービス、レシーブ、3球目攻撃までが誘導、予測が比較的しすいため戦術を立てやすく、実践もしやすい、更に得点にも直結しやすいのである。以上の理由により、本研究では、サービス、レシーブ、3球目攻撃に絞り戦術を考え、以上3つの行動の予測、誘導を戦術と定義する。

3.2.2 戦術ベースコーチング

本研究では、ここまで論じてきた、戦術に基づいた練習及びコーチングを、戦術ベースコーチングと定義する。本項では、戦術ベースコーチングの具体的な内容を記す。卓球競技における一般的なコーチングとは、技術習得のサポートである。フォアハンドであれば、より回転をかける、速度を上げる、コースを厳しくする、精度を上げる等、個々の技術をより伸ばしていくような技術そのものに関するコーチングを行うことが多い。また選手も練習の考え方は同じようなものが多く、1日の練習の中でオールラウンドに満遍なく技術の練習をし、より隙の少ない完璧な選手を目指す。そして、コーチングを行うコーチも、それら個々の技術に対する指導方法、理論、メソッドは持ち合わせているので、そういったものを駆使し選手に対しコーチングを行う。また、前述したようにそれらは学ぶ方法もありふれているので、選手、コーチともに、それらの情報を指針に練習、コーチングを行いやすい状況にある。本研究では、現在一般的に行われている、このような技術の習得をベースにしたコーチングを「技術ベースコーチング」と定義する。

本研究で定義する戦術ベースコーチングとは、技術ベースコーチングと相対するものではなく、選手がより効果的に競技力を向上させられるように、選手の特徴にもとづいた戦術をベースにして、今後どのような練習をした方がいいかを指導する、コーチングである。その為、具体的な練習内容や、技術の上達には、従来通りの技術ベースコーチングが必要であり、戦術ベースコーチングだけで完結するものではない。

3.2.3 戦術ベースコーチングに必要な要件

戦術ベースコーチングを行うためには、まず選手の強みや弱み等の特徴を知る必要がある。それらの情報を元に、選手の得点力がより向上するような、戦術を導き出し、その戦術を実践できるような技術を身につけるための練習を指示する。

3.2.4 戦術ベースコーチングにおける現状の問題

戦術ベースコーチングにおける現状の問題点は、3.2節で論じた、問題点の2点目の、戦術ベースコーチングを行う方法や手段が確立されていないことである。

3.2.3項で論じたことは、一般的なコーチングを行う上では当たり前のことであるが、現状それらは、ほとんどが選手やコーチの感覚や経験のみによって行われていることが問題である。その為、正しく効果的に行われているかは分からない。感覚や経験だけでは選手が伸び悩んだ際に、行ってきた練習の選択が悪いのか、練習内容が悪いのか、技術ベースコーチングがうまくいっていないのか等、原因が明確にできないのである。正しく戦術ベースコーチングができれば、戦術の問題と技術の問題を分離させて考えることができるので、原因の調査はうまくできるはずである。

2.2節で論じたナショナルチームやエリートアカデミーでは、選手に対しコーチがつきっきりでコーチングを行ったり、2.2.3項で紹介したデータを活用するなど、このような戦術ベースコーチングが自然と行われているであろう。しかし、一般的なチームや選手はそのような環境にはないため、自身でそういった自己分析を行う必要があり、コーチも1人で多数の選手一人一人に目を向けることは困難である。

以上のことより、現状は3.2.3で論じた要件を正しく満たせるような、方法や、確認をする方法がなく、それが問題である。

3.2.5 解決手法

本研究では、以上の問題の解決手法として、選手とコーチの両方が簡単に使える、選手の特徴を知ることのできる分析システムを開発することを提案する。

具体的には、選手の試合におけるプレーデータを収集し、それらを分析し、戦術ベースコーチングに必要な情報を提示するシステムである。このシステムであれば、選手の情報を客観的に知ることができるので、感覚や経験に頼ることなく正しく戦術ベースコーチングを行うことができ、指導効果もデータで知ることができるので、効果的に選手は競技力を向上させていけると推察できる。

3.3 まとめ

本章では、提示した問題点から、選手一人一人の特徴にあった「戦術ベースコーチング」を行うことができれば選手の競技力を向上できる、という仮説を提示し、選手の強み

や弱みなどの特徴を客観的に知ることのできるシステムを適用すれば，それを実現できる可能性があることを示した．次章以降で，システムの実装，評価実験について論じる．

第4章 実装

本章では，3章で論じた戦術ベースコーチングを実現するために開発した TT Analyzer というシステムの実装について説明する．

4.1 TT Analyzer の概要

TT Analyzer とは，本研究が提唱する戦術ベースコーチングを実現するために筆者が開発した，卓球の試合におけるプレーデータの入力，収集，及び分析を行う事ができるシステムである．TT Analyzer の TT は Table Tennis に由来するものである．

TT Analyzer は，プレーデータ入力システムと分析システムの2つからなるシステムである．前章で説明したように，戦術ベースコーチングを行う為には，選手や相手の，得意，不得意等の，特徴を客観的に知る必要がある．それらの要件を満たす為に，TT Analyzer では，選手のプレーデータを入力，収集できる機能とそれらを分析する機能を実装した．

4.2 実装方法

TT Analyzer のデータ入力システムはスマートフォンのアプリケーションとして提供するために，Swift を用いて実装し，iOS 上で動作するようにした．データ分析部は Web アプリケーションとして提供するために，Ruby on Rails を用いて実装を行い，さくら VPS 上の CentOS にデプロイし運用を行っている．サーバーソフトは nginx を使用している．表 4.1 は実装環境の詳細である．

表 4.1: 実装環境

名目	使用物	バージョン
IDE 兼フレームワーク	Xcode	9.0
実装言語	Swift	3.0
クライアント OS	iOS	11.0
フレームワーク	Ruby on Rails	4.18
実装言語	Ruby	2.1.2
サーバー OS	CentOS	6.7
サーバーソフト	nginx	1.0.15

4.3 手動による入力システム

本システムでのデータ入力の手動である。多くのスポーツでは画像解析技術を用いた方法で自動でのデータ収集を可能としているが、卓球の場合カメラを複数台使い、あらゆる角度からの撮影といったことは実際の試合会場においては現実的に不可能である。一般的な大会のルール [7] では試合に持ち込めるカメラは 1 人 1 台のみといったことが多い。そして、撮影角度も選手の後方からの撮影となってしまう、必ず死角が発生してしまう為、カメラで常にボールを追いつけるということは一般的な体育館や試合会場では、ほぼ不可能である。また、卓球競技では同一回転にも関わらず、その時の打者のフォームにより技術名称が違ふことがある為、ボールの回転のみでの技術の判定はできない。フォームと回転、両方からの複合的な判断が必要となる。実際に筆者の経験からも、同一回転でもフォームにより、ボールの入射角やインパクトの強さが異なり、体感的にも大きな差異を感じる為、回転による標準化は好ましくないと考える。打球のフォームも人それぞれ違ったものが多く、それもまた標準化することは困難だと考える。以上の理由より、本システムでは人間の認識能力を用い、ビデオやリアルタイムの試合を見ながら、手動でデータを入力する方式を選択した。実際の実装は、誰でも手軽にデータの入力を可能とする為に、スマートフォンのアプリケーションとして実装した。

4.3.1 入力 UI

速度の速い卓球のラリーを手動で入力できるように、本システムでは UI を工夫をしている。図 4.1 が実際の UI のキャプチャ画像になっているが、中央に入力対象のビデオを再生し、左側に動画をコントロールするボタンを配置、右側にプレーの内容を記録するボタンを配置してある。こうすることにより図 4.2 のように両手で、ゲームのコントローラーのように持つことができ、再生、早送り、巻き戻しと細かく動画をコントロールしながら、データの入力を行うことができ、卓球の速いラリーにも追従することが可能である。また、動画ソースはスマートフォン上に保存されているビデオと Youtube 上のビデオを選択することができる。動画を使わない入力ボタンだけのモードも実装してあるので、柔軟に使用することができる。



図 4.1: 入力システムのキャプチャ



図 4.2: 実際に使用している様子

図 4.3: 選手の情報入力画面

4.3.2 入力内容

本システムで入力している内容は大きく3つで、選手の情報、試合の情報、プレーの情報である。選手の情報は、表 4.2 に示す内容を取得している。入力画面は図 4.3 に示した。

試合の情報は、表 4.3 に示す内容を取得している。入力画面は図 4.4 に示した。

プレーの情報は表 4.4 に示す内容を1得点ごとに取得している。3.2.1 項で説明したように、本研究における戦術は3球目攻撃までに特化しているので、データも3球目攻撃までの、「どこに打ったか？何を打ったか？」を表すコースと、球種を入力するようにしている。3球目攻撃のみ、それに追加でラリーの継続状態を入力するようにしている。そうすることで、3球目攻撃で得点したかどうか、その後のラリーで得点したかをはっきりさせることができる。

入力画面は図 4.1 で示した通りで、入力を右側のボタンで行うが、図 4.5 のようにサービス、レシーブ、3球目攻撃と入力を行うたびに、順番にボタンの内容が変わるようになっている。



図 4.4: 試合の情報入力画面

表 4.2: 選手の情報

項目	DB のカラム名	型	選択肢
名前	name	string	
利き腕	hand	string	右, 左
戦型	style	string	攻撃, カット, 守備
ラケット	racket	string	シェーク, ペン, その他
フォアのラバー	rubber_fore	string	裏ソフト, 表ソフト, ツブ高・一枚, アンチ, 無し
バックのラバー	rubber_back	string	裏ソフト, 表ソフト, ツブ高・一枚, アンチ, 無し
チーム名	team	string	
国名	country	string	

表 4.3: 試合の情報

項目	DB のカラム名	型	選択肢
大会名	name	string	
試合の日付	event_date	date	

表 4.4: プレーの情報

項目	DB のカラム名	型	選択肢
サービスの球種	service_type	integer	0~5 (未入力, 下回転, 順横回転系, 逆横回転系, ナックル, 上回転)
サービスのコース	service_course	integer	0~7 (未入力, フォア前, ミドル前, バック前, フォアロング, ミドルロング, バックロング, ミス)
レシーブの球種	receive_type	integer	0~5 (未入力, ストップ, チキータ, ツッツキ, フリック, ドライブ)
レシーブのコース	receive_course	integer	0~4 (未入力, フォア, ミドル, バック, ミス)
3 球目攻撃の球種	thirdattack_type	integer	0~5 (未入力, フォアで攻撃, フォアでつなぎ, バックで攻撃, バックでつなぎ)
3 球目攻撃のコース	thirdattack_course	integer	0~5 (未入力, フォア, ミドル, バック, ミス)
3 球目攻撃後の ラリー継続状態	rally_is_end	integer	0~2 (未入力, 得点, ラリー継続)
サーバーの選手	service_id	integer	
レシーバーの選手	service_id	integer	
得点者	scorer_id	integer	
ゲーム数	game_number	integer	
選手 1 の得点	player1_point	integer	
選手 2 の得点	player2_point	integer	
選手 1 の得ゲーム数	player1_game_score	integer	
選手 2 の得ゲーム数	player2_game_score	integer	
そのゲームに おけるプレー回数	game_body_number	integer	
試合全体に おけるプレー回数	game_body_number_overall	integer	



図 4.5: ボタンの遷移

4.4 データ分析システム

4.4.1 システム概要

このデータ分析システムでは、4.3 節で説明した、データ入力システムで入力したデータを Web アプリケーションである本システムに送信し、データベースに保存し、そのデータを用いて分析を行う。本システムでは Devise という Gem¹を使用し、ユーザーの識別、認証を行っている。詳細は 4.5 節で説明するが、データ入力システムでも共通のユーザーアカウントを利用するように設計してある。分析システムのおおまかな指針としては、データ入力システムを用いて、データベースに試合における 1 得点毎、3 球目攻撃までのプレー情報を 1 レコードとして保存し、それらを、サービス、レシーブ、3 球目等の項目ごとに分け、集計、可視化を行う。また、戦術ベースコーチングの肝は、3 球目攻撃成功率を上げ、最終的に得点率をあげることであるため、サービスと 3 球目攻撃の関係性についても、集計、可視化を行う。以上の可視化データをもとに、選手の特徴を把握し、その選手に見合った戦術を考案し、練習メニューを決定していく。

4.4.2 機能

本項では、実装した具体的な機能及び、分析内容を記載する。TT Analyzer の分析システムは、2 つの区分で分析機能を提供している。1 つ目は、試合別の分析、2 つ目は、選手別の分析である。1 つ目の試合別の分析は、入力した 1 試合の内容のみを分析する機能で試合全体のデータの分析と、各ゲームごとの分析が可能である。2 つ目の選手別の分析は、その選手のこれまで入力してきた複数の試合をもとに、分析を行う。選手別の分析では、より細かな分析を可能にするために、戦型や、用具、手動で分析対象の試合を選択できるようにするなど、絞り込みの機能を実装した。

その 2 つの中で実装した、具体的な分析の内容を表 4.5 に示す。図 4.6, 4.7, 4.8 は試合別の分析ページのキャプチャ、図 4.9, 4.10 には選手別の分析における絞り込み機能のキャプチャを示す。

¹プログラミング言語 Ruby におけるライブラリのこと

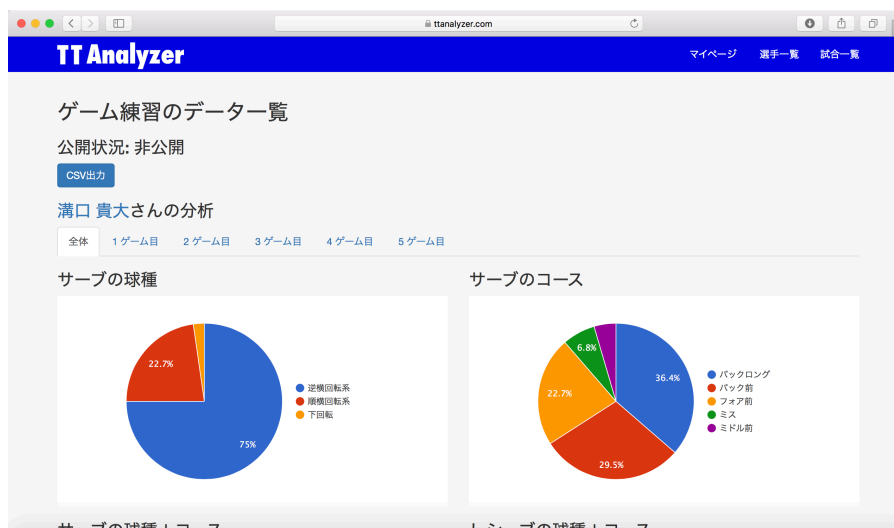


図 4.6: 試合別分析ページのキャプチャ1

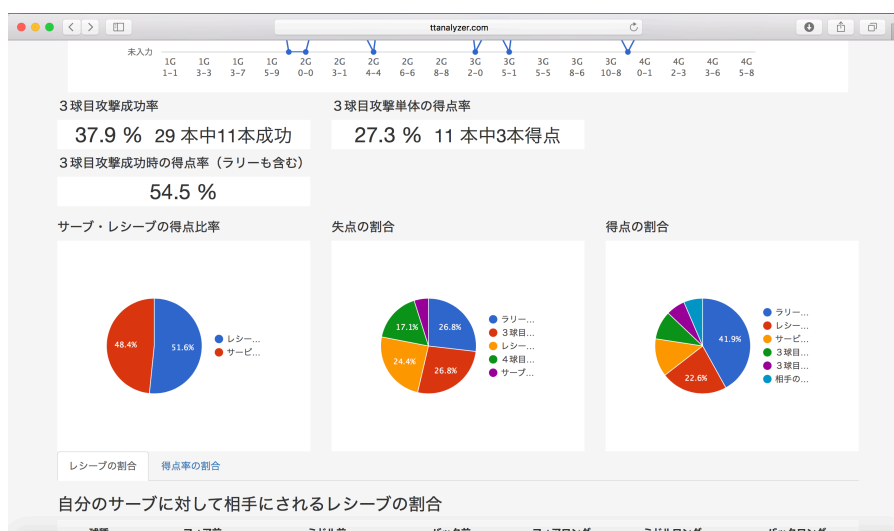


図 4.7: 試合別分析ページのキャプチャ2

表 4.5: 分析の内容

サービスの球種の割合
サービスのコースの割合
サービスの球種+コースの割合
レシーブの球種の割合
レシーブのコースの割合
レシーブの球種+コースの割合
3 球目攻撃の球種の割合
3 球目攻撃のコースの割合
3 球目攻撃の球種+コースの割合
サービスの球種の配給順の可視化
サービスのコースの配給順の可視化
レシーブの球種の配給順の可視化
レシーブのコースの配給順の可視化
3 球目攻撃の球種の配給順の可視化
3 球目攻撃のコースの配給順の可視化
3 球目攻撃の成功率
3 球目攻撃成功時の得点率
3 球目攻撃単体の得点率
得点原因の割合
失点原因の割合
サービス・レシーブの得点比率の割合
自分の各サービスに対する相手レシーブの割合
自分の各サービスの 3 球目攻撃成功率と得点率の割合

レシーブの割合 得点率の割合

自分のサーブに対して相手にされるレシーブの割合

球種	フォア前	ミドル前	バック前	フォアロング	ミドルロング	バックロング
逆横回転系	フォアにフリック 75.0% 3/4回 得点率 33.3%	フォアにツッツキ 28.6% 2/7回 得点率 0.0%	ミドルにフリック 33.3% 1/3回 得点率 0.0%			バックにドライブ 50.0% 3/6回 得点率 33.3%
	フォアにストップ 25.0% 1/4回 得点率 0.0%	フォアにフリック 28.6% 2/7回 得点率 50.0%	バックにツッツキ 33.3% 1/3回 得点率 0.0%			フォアにドライブ 16.7% 1/6回 得点率 100.0%
		ミドルにフリック 14.3% 1/7回 得点率 0.0%	フォアにツッツキ 33.3% 1/3回 得点率 0.0%			ドライブミス 16.7% 1/6回 得点率 100.0%
		フリックミス 14.3% 1/7回 得点率 100.0%				ミドルにツッツキ 16.7% 1/6回 得点率 0.0%
		ミドルにツッツキ 14.3% 1/7回 得点率 0.0%				
原横回転系	フォアにツッツキ 50.0% 1/2回 得点率 100.0%	ストップミス 25.0% 1/4回 得点率 100.0%	ミドルにストップ 100.0% 1/1回 得点率 0.0%	フォアにドライブ 100.0% 1/1回 得点率 100.0%		ミドルにドライブ 75.0% 3/4回 得点率 33.3%
	ミドルにツッツキ 50.0% 1/2回 得点率 100.0%	ミドルにツッツキ 25.0% 1/4回 得点率 100.0%				フォアにドライブ 25.0% 1/4回 得点率 100.0%
		ツッツキミス 25.0% 1/4回 得点率 0.0%				

図 4.8: 試合別分析ページのキャプチャ3

TT Analyzer

マイページ 選手一覧 試合一覧

井芹 篤志さんの詳細

試合の絞り込み

性別 ☐ 利き腕 ☒ 戦型 ☐ ラケット ☐ ラバー (フォア) ☐ ラバー (バック) ☐ 絞り込み

試合を手動で選択する

分析対象試合数 12件

サーブの球種

サーブのコース

図 4.9: 絞り込み機能のキャプチャ1



図 4.10: 絞り込み機能のキャプチャ2

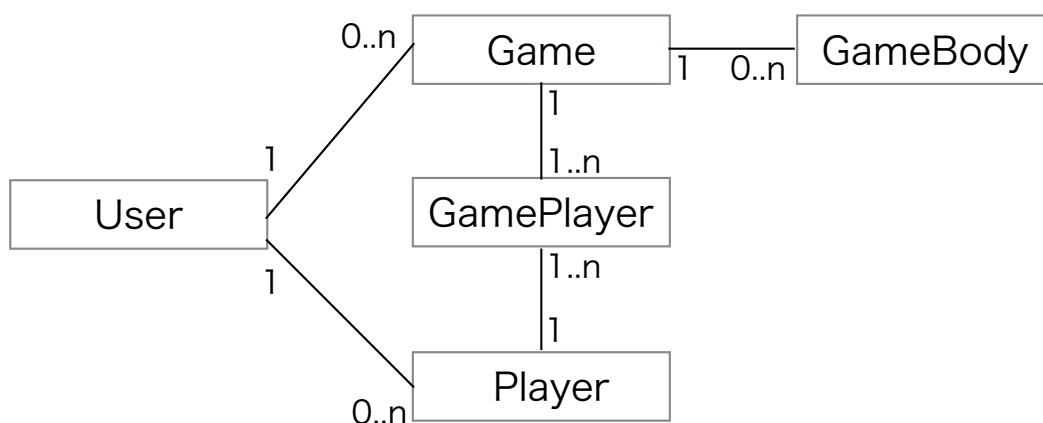


図 4.11: テーブル設計

4.4.3 データベース設計

データベースの主要部分は図 4.11 のようなテーブルの設計で実装を行った。

4.5 iOS アプリケーションと Web アプリケーションの連携

4.4.1 項でも、触れたが本システムでは Devise[8] という Gem を使用し、ユーザーの認証と管理を一元的に行っている。本システム TT Analyzer では、入力 iOS アプリ、分析は Web アプリと分けて行うため、2つのクライアント間でユーザー情報の連携を行っている。具体的には、Web アプリ側でユーザーの作成、管理等は行い、iOS 側からは OAuth の技術を用いて、Web アプリ側からアクセストークンを受け取ることで、ユーザー認証を行いながらデータの送受信を可能としている。OAuth プロバイダ化するためには、doorkeeper[9] という Gem を使い、iOS 側で簡便に OAuth 認証を行うために OAuthSwift[10] というライブラリを使用している。

4.6 まとめ

本章では，戦術ベースコーチングを行う為に開発した，プレーデータの入力と分析によって選手の特徴を知ることができる，TT Analyzer というシステムの実装について論じた．次章以降では，TT Analyzer を用いた戦術ベースコーチングの評価実験について論じる．

第5章 実験

本章では、仮説を検証する為の実験方法と評価方法について論じる。

5.1 目的

本実験の目的は、TT Analyzer が戦術ベースコーチングをサポートするシステムとして有用なのか、どのような課題があるか、また、戦術ベースコーチングは選手の競技力向上につながるのか、といったことを明らかにすることを目的とする。

5.2 実験方法

8週間の間選手に対し、TT Analyzer を用い選手のプレーデータを分析し、その結果を元にした筆者が戦術ベースコーチングを行い、次の試合まで、コーチング通りに練習に取り組んでもらう。試合、分析、コーチング、練習のプロセスを約1週間ペースで8週に渡り継続的に行う。被験者には、現役の慶應義塾大学体育会卓球部員4名に協力してもらった。また、比較のためにその4人とは別に、コーチングを行わないグループとして同卓球部の選手4人に協力してもらい、同期間、試合のデータを収集させてもらった。

5.3 評価方法

本実験では、実験の中で収集をしたデータ、コーチング内容、コーチングを行う上での選手と筆者のコミュニケーションや、ヒアリング結果を元に、以下の点を評価する。

- 戦術ベースコーチングは選手の競技力を向上させられるか
- TT Analyzer を使うことで戦術ベースコーチング行う為の選手の特徴を知ることができるか

5.4 まとめ

本章では、戦術ベースコーチングの効果と、TT Analyzer の有用性を評価するための実験方法について論じた。次章では、評価実験の結果及び評価、考察について論じる。

第6章 評価および考察

6.1 実験結果

本節では，TT Analyzer を活用し，戦術ベースコーチングを行なった結果，レシーブとサービスからの3球目攻撃に各観点でどのように変化があったかを，コーチングを行わなかったグループと比較をしながら示す．A～D選手は本システムを用いてコーチングを行なった選手のグループで「グループ1」と定義し，グラフは青色である．E～Hの選手はコーチングを行っていない選手のグループで「グループ2」と定義し，グラフはオレンジ色である．また，選手によってはその週に2試合行っている場合があるので，その際は「～週目(2)」と表記する．

6.1.1 レシーブ

レシーブミスの割合の推移

1試合におけるレシーブミスの割合の推移を図6.1から図6.8に，それぞれのグループにおける変化項目ごとの人数を表6.1に示す．表6.1より，グループ1とグループ2の間では差異がないことがわかる．本項目では時間経過に伴い低下することが望ましい．そのため結果としては，望ましい結果とは言えないが，向上が1人だけのため，悪い結果とも一概には言えない．

表 6.1: レシーブミスの割合の変化項目ごとの人数（人）

	向上	変化なし	低下
グループ1	1	1	2
グループ2	1	1	2

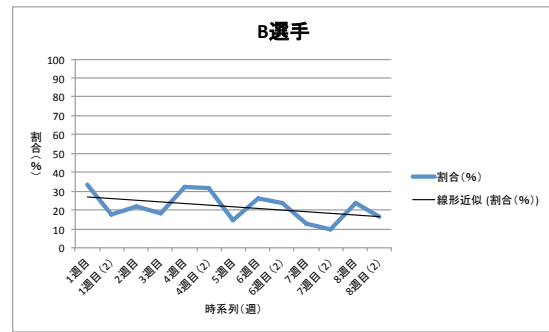
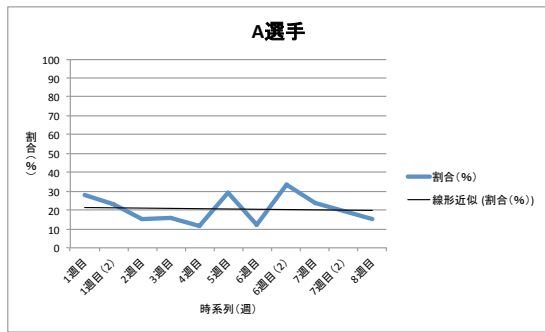


図 6.1: A 選手のレシーブミスの割合の推移 図 6.2: B 選手のレシーブミスの割合の推移

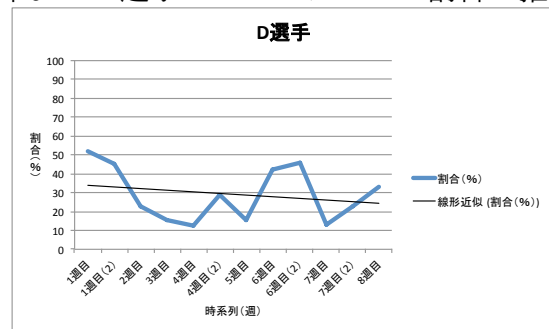
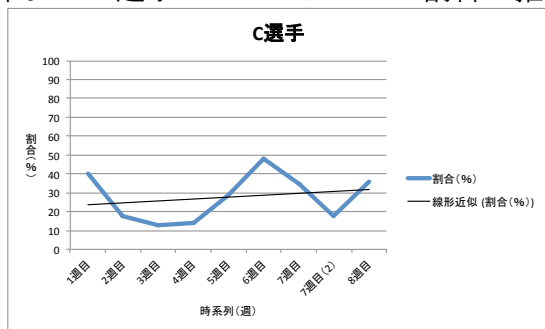


図 6.3: C 選手のレシーブミスの割合の推移 図 6.4: D 選手のレシーブミスの割合の推移

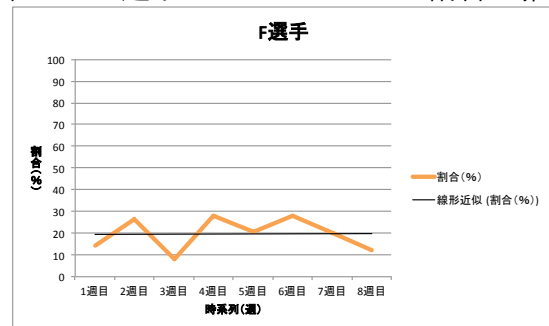
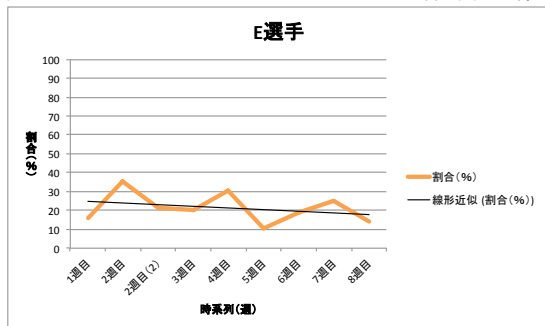


図 6.5: E 選手のレシーブミスの割合の推移 図 6.6: F 選手のレシーブミスの割合の推移

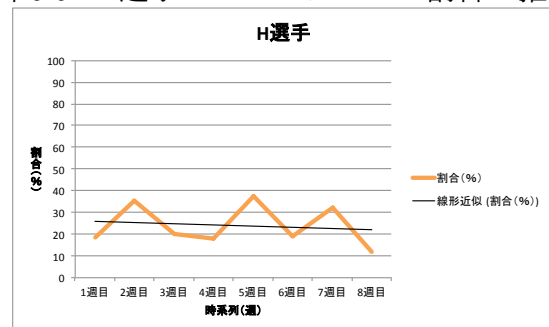
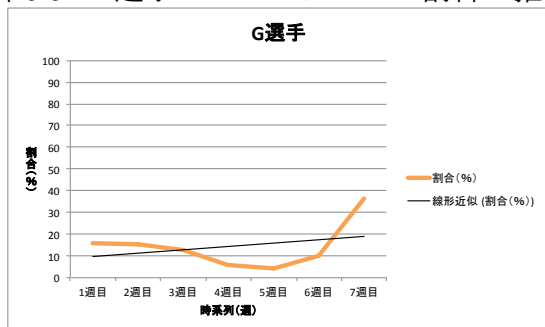


図 6.7: G 選手のレシーブミスの割合の推移 図 6.8: H 選手のレシーブミスの割合の推移

試合全体の失点原因におけるレシーブミスが占める割合

1 試合の中の失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移を図 6.9 から図 6.16 に、それぞれのグループにおける変化項目ごとの人数を表 6.2 に示す。本項目においては、時間経過に伴い低下することが望ましい。グループ 1 では変化なしが 2 人と一番多く、グループ 2 では低下が 2 人と一番多かった。

表 6.2: 失点原因におけるレシーブミスが占める割合の変化項目ごとの人数（人）

	向上	変化なし	低下
グループ 1	1	2	1
グループ 2	1	1	2

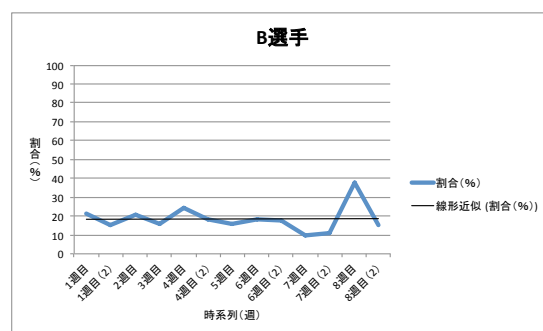
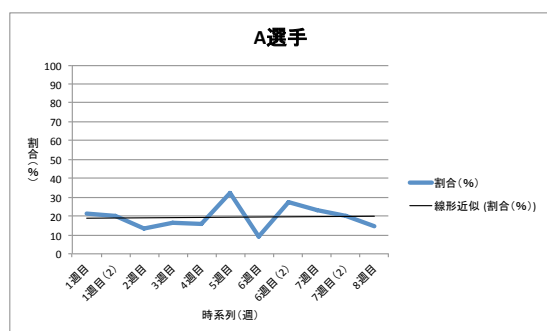


図 6.9: A 選手の失点原因におけるレースミスが占める割合の推移

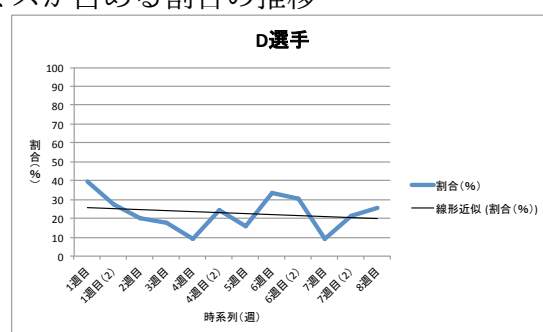
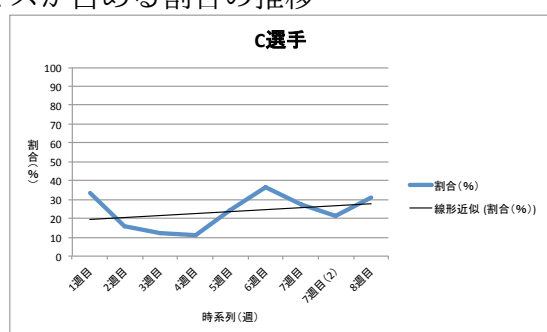


図 6.11: C 選手の失点原因におけるレースミスが占める割合の推移

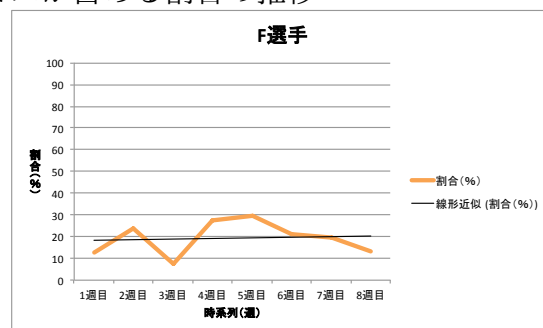
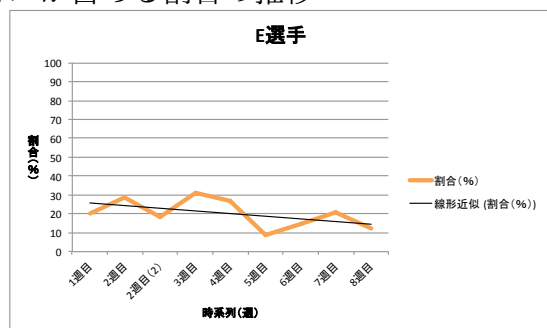


図 6.13: E 選手の失点原因におけるレースミスが占める割合の推移

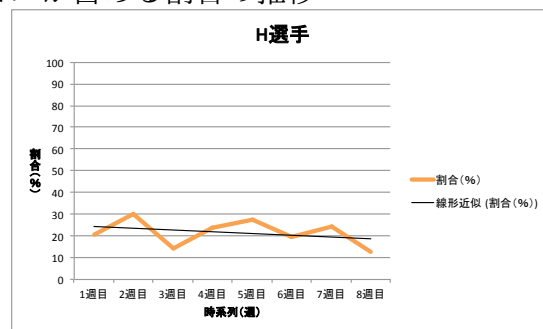
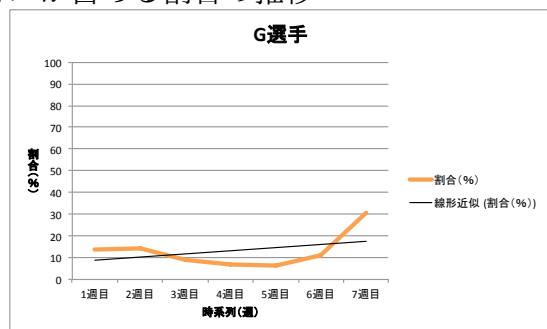


図 6.15: G 選手の失点原因におけるレースミスが占める割合の推移

レシーブ時の得点率の推移

1 試合におけるレシーブ時の得点率の推移を図 6.17 から図 6.24 に，それぞれのグループにおける変化項目ごとの人数を表 6.3 に示す．本項目においては，時間経過に伴い向上することが望ましい．グループ 1 では変化なしが 3 人と有意なデータと言える．しかしグループ 2 の方が向上が 2 人と一番多い点は注目すべきである．

表 6.3: レシーブ時の得点率の変化項目ごとの人数（人）

	向上	変化なし	低下
グループ 1	1	3	0
グループ 2	2	1	1

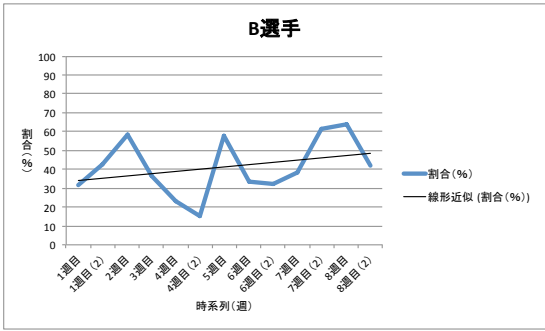
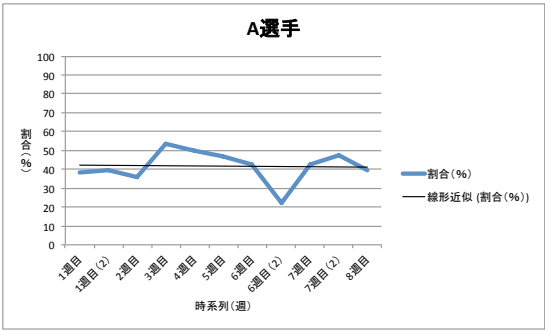


図 6.17: A 選手のレース時の得点率の推移 図 6.18: B 選手のレース時の得点率の推移

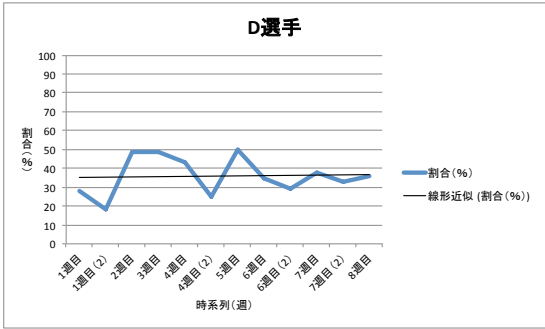
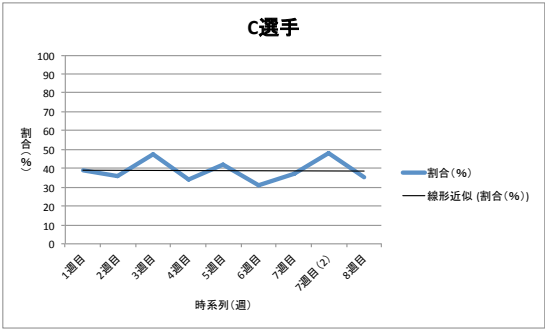


図 6.19: C 選手のレース時の得点率の推移 図 6.20: D 選手のレース時の得点率の推移

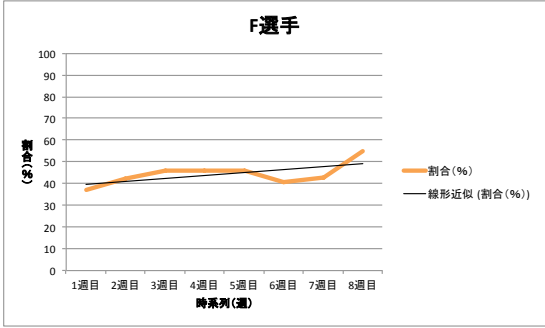
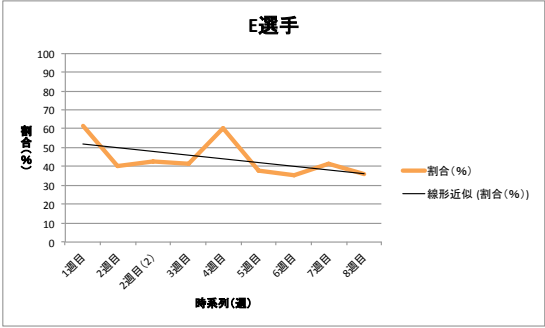


図 6.21: E 選手のレース時の得点率の推移 図 6.22: F 選手のレース時の得点率の推移

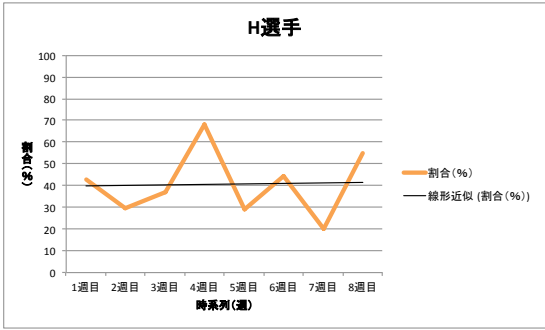
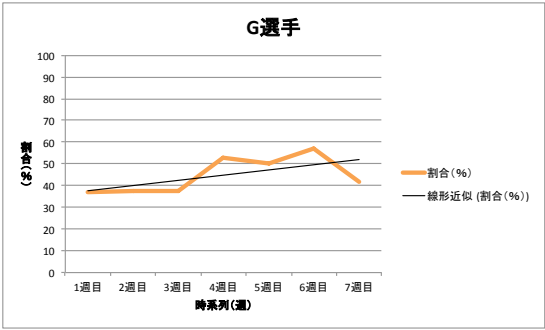


図 6.23: G 選手のレース時の得点率の推移 図 6.24: H 選手のレース時の得点率の推移

6.1.2 3 球目攻撃

3 球目攻撃成功率の推移

1 試合における 3 球目攻撃成功率の推移を図 6.25 から図 6.32 に、それぞれのグループにおける変化項目ごとの人数を表 6.4 に示す．本項目においては、時間経過に伴い向上することが望ましい．グループ 1 では向上が 4 人であり、グループ 2 では各項目に散らばっていることから有意なデータと言える．

表 6.4: 3 球目攻撃成功率の変化項目ごとの人数（人）

	向上	変化なし	低下
グループ 1	4	0	0
グループ 2	1	1	2

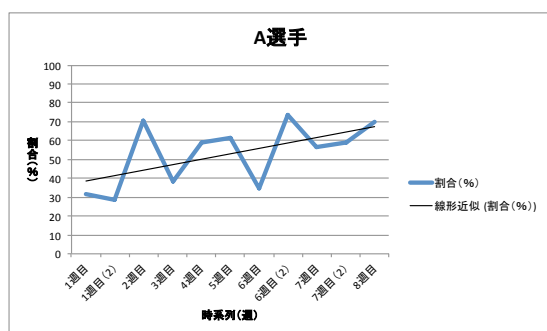


図 6.25: A 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

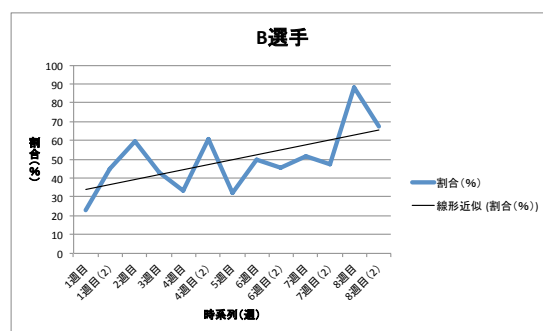


図 6.26: B 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

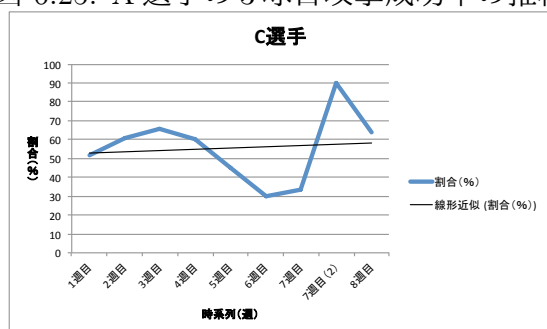


図 6.27: C 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

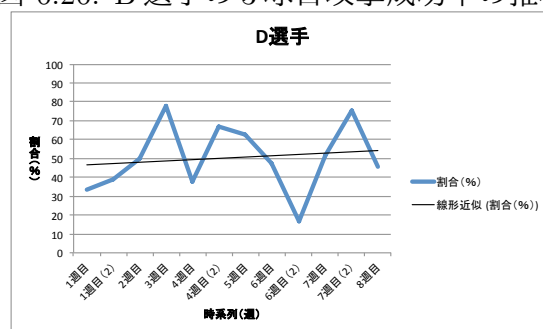


図 6.28: D 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

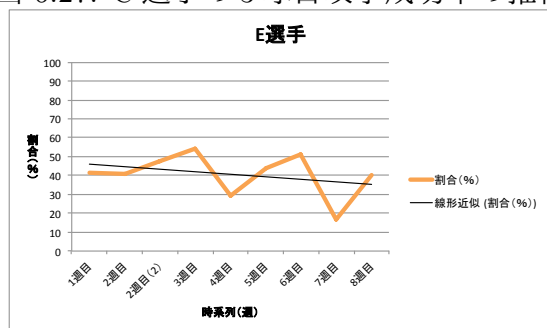


図 6.29: E 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

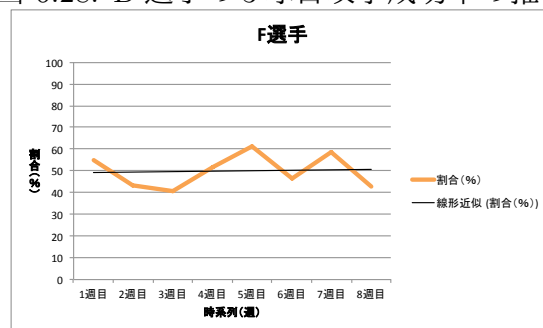


図 6.30: F 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

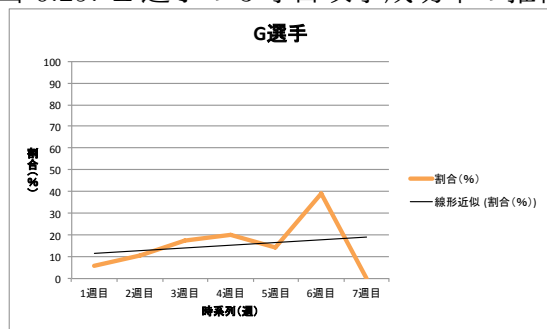


図 6.31: G 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

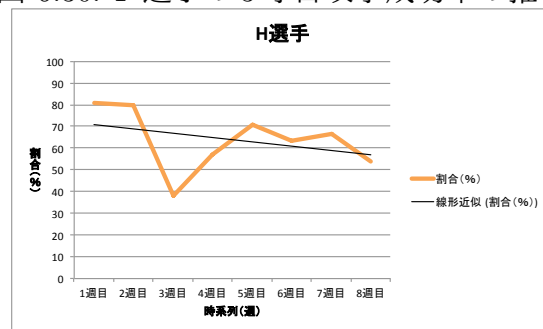


図 6.32: H 選手の 3 球目攻撃成功率の推移

試合全体の失点原因における 3 球目攻撃ミスの占める割合の推移

試合全体の失点原因における 3 球目攻撃ミスの占める割合の推移を図 6.33 から図 6.40 に、それぞれのグループにおける変化項目ごとの人数を表 6.5 に示す。本項目においては、時間経過に伴い低下することが望ましい。グループ 1 では低下が 3 人、変化なしが 1 人であり、グループ 2 では向上が 3 人、変化なしが 1 人と対照的な結果であることから有意なデータと言える。

表 6.5: 試合全体の失点原因における 3 球目攻撃ミスの占める割合の変化項目ごとの人数 (人)

	向上	変化なし	低下
グループ 1	0	1	3
グループ 2	3	1	0

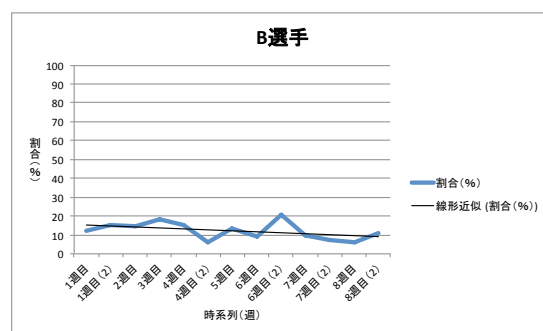
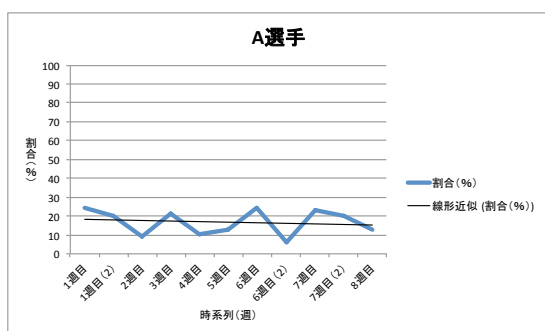


図 6.33: A 選手の 3 球目攻撃ミスの占める割合の推移

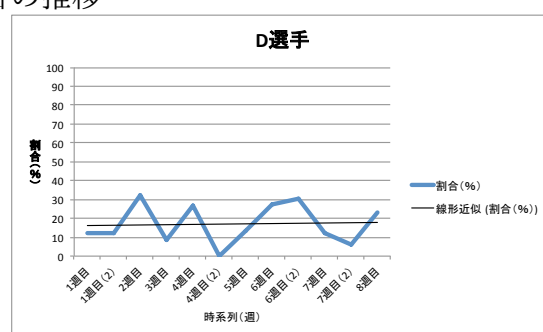
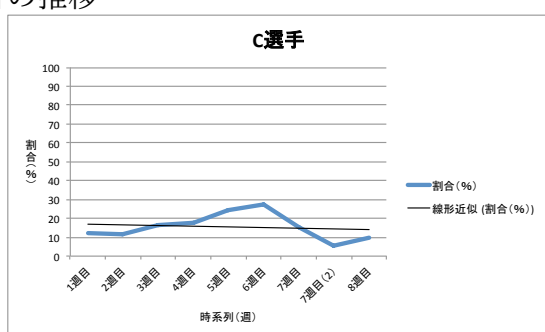


図 6.35: C 選手の 3 球目攻撃ミスの占める割合の推移

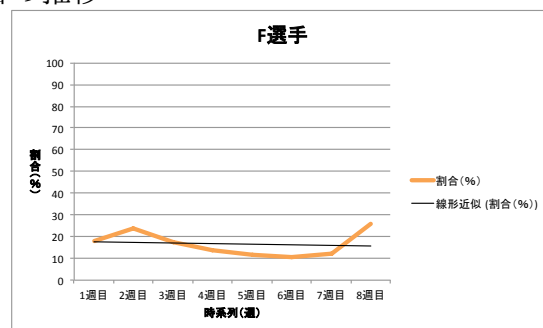
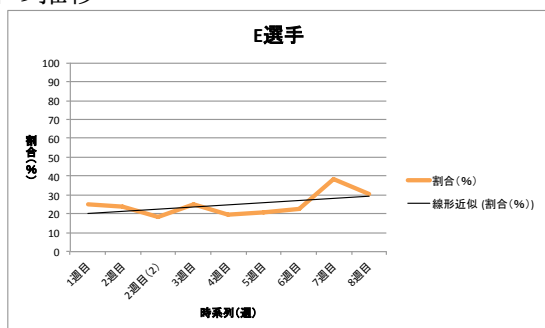


図 6.37: E 選手の 3 球目攻撃ミスの占める割合の推移

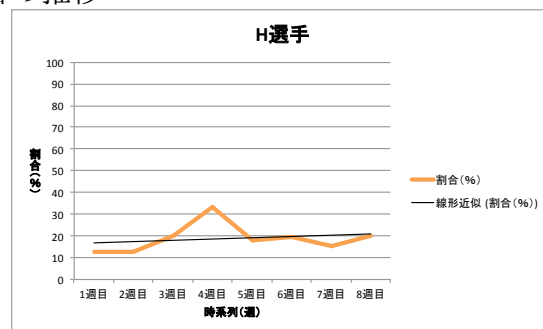
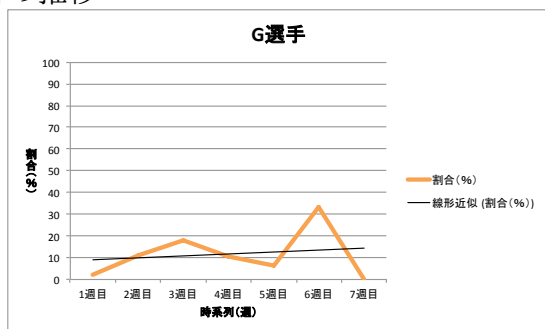


図 6.39: G 選手の 3 球目攻撃ミスの占める割合の推移

3 球目攻撃成功時の得点率の推移

1 試合における 3 球目攻撃成功時の得点率の推移を図 6.41 から図 6.48 に，それぞれのグループにおける変化項目ごとの人数を表 6.6 に示す．本項目においては，時間経過に伴い向上することが望ましい．グループ 1 では向上が 2 人，低下が 2 人であり，グループ 2 では向上が 3 人，低下が 1 人とグループ 2 の方が望ましい結果となった．

表 6.6: 3 球目攻撃成功時の得点率の推移の変化項目ごとの人数（人）

	向上	変化なし	低下
グループ 1	2	0	2
グループ 2	3	0	1

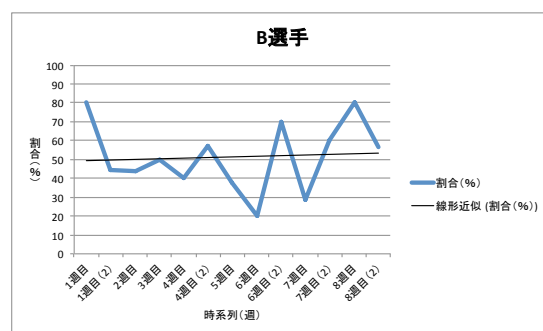
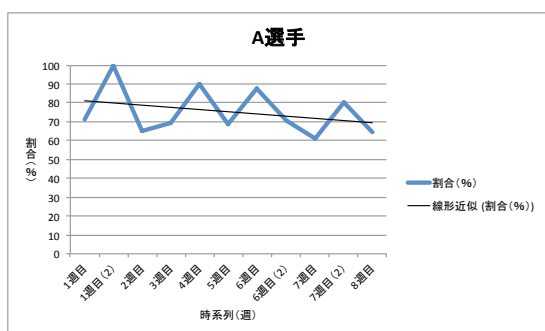


図 6.41: A 選手の 3 球目攻撃成功時の得点率の推移

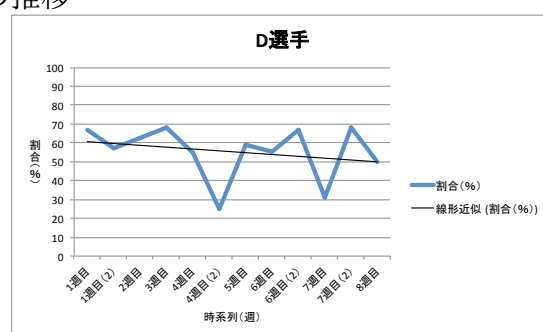
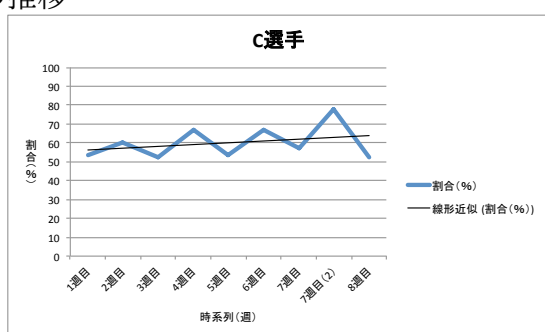


図 6.43: C 選手の 3 球目攻撃成功時の得点率の推移

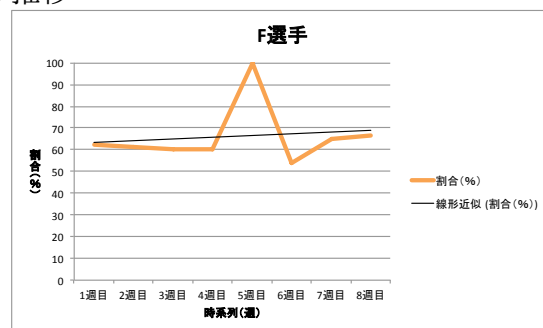
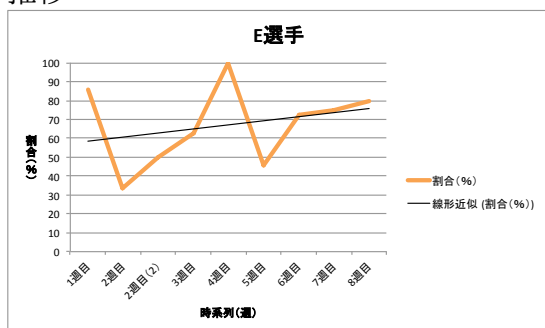


図 6.45: E 選手の 3 球目攻撃成功時の得点率の推移

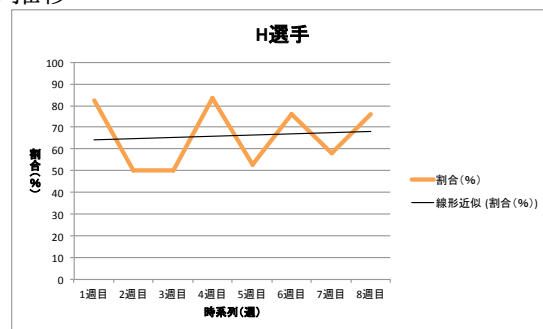
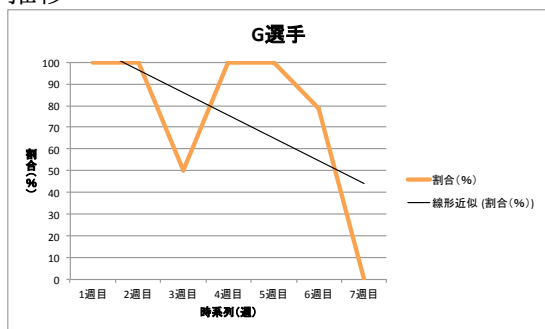


図 6.47: G 選手の 3 球目攻撃成功時の得点率の推移

サービス時の得点率の推移

1 試合におけるサービス時の得点率の推移を図 6.49 から図 6.56 に，それぞれのグループにおける変化項目ごとの人数を表 6.7 に示す．本項目においては，時間経過に伴い向上することが望ましい．グループ 1 では向上が 4 人と望ましい結果であり，グループ 2 では向上，低下に 2 人散らばっていることから有意なデータと言える．

表 6.7: サービス時の得点率の変化項目ごとの人数（人）

	向上	変化なし	低下
グループ 1	4	0	0
グループ 2	2	0	2

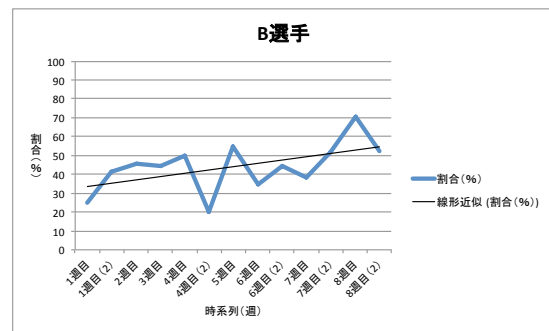
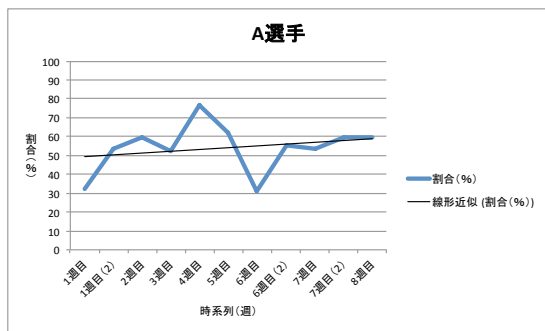


図 6.49: A 選手のサービス時の得点率の推移 図 6.50: B 選手のサービス時の得点率の推移

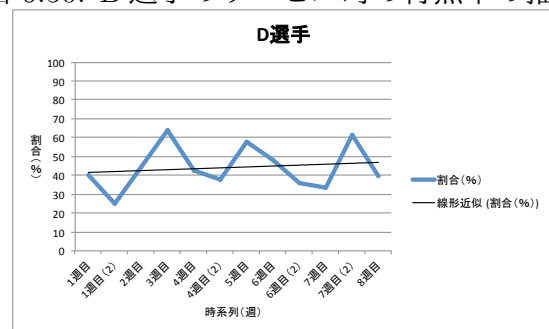
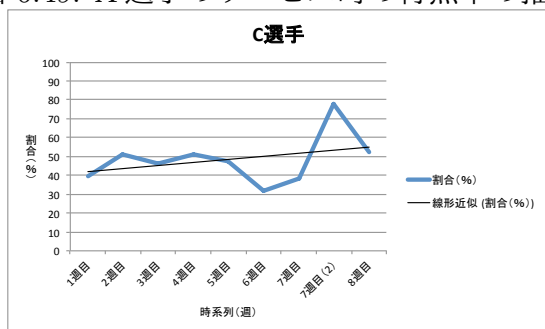


図 6.51: C 選手のサービス時の得点率の推移 図 6.52: D 選手のサービス時の得点率の推移

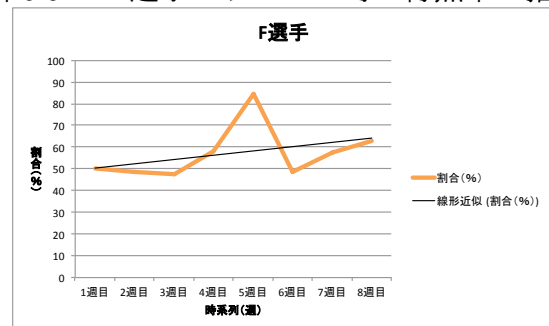
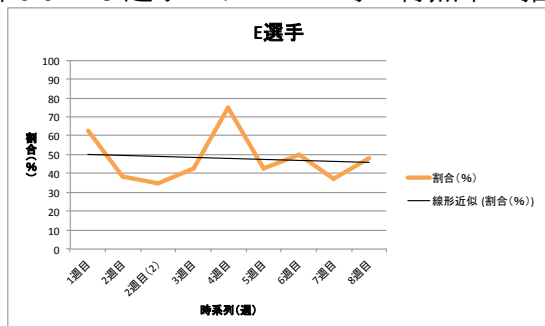


図 6.53: E 選手のサービス時の得点率の推移 図 6.54: F 選手のサービス時の得点率の推移

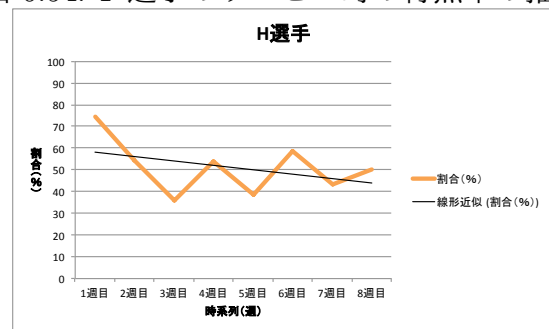
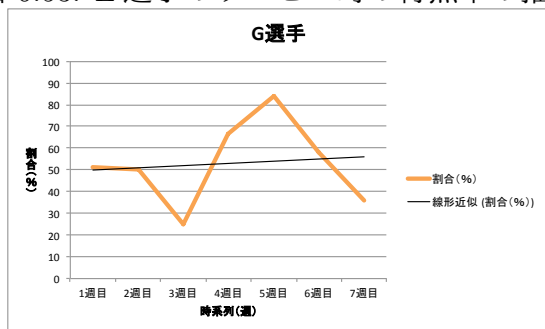


図 6.55: G 選手のサービス時の得点率の推移 図 6.56: H 選手のサービス時の得点率の推移

6.2 各選手のコーチング内容

本節では、各選手にどのようなコーチングを行い、どのような結果が得られたかを示す。

6.2.1 A 選手

A 選手は馬力のある選手で、当初よりフォアハンドによる 3 球目攻撃の得点率は高かった。しかし、その分ミスが多いことがわかったので、その点に着目して練習の方針を立てた。A 選手のサービスを分析すると、コース、球種共に様々な場所に出し、一つ一つのサービスの質が高くないために先に相手にチキータレシーブ（攻撃的なレシーブ）をされてしまい、思うように 3 球目攻撃を打てていなことが一つの問題点だと分かった。そこで、前半 4 週はナックルサービスと下回転サービスに絞り、それらの質を上げてもらう練習とそれに対する 3 球目攻撃の練習に取り組んでもらった。5 週目では、A 選手に迷いが生まれ始めたので、一度方針について考え直しが入ったが、結論としては課題は前半と特に変わりはなく、「一つ一つのサービスの質を上げる」とことと「3 球目攻撃の成功率」を上げることであった。そのため、後半も特にコーチング内容には変化はなく、継続的に取り組んでもらった。A 選手のコーチング内容を表 6.8 に、それらの根拠・狙いを表 6.9 に示す。

表 6.8: A 選手へのコーチング内容

週	コーチング内容・行ってもらった練習内容	カテゴリー
1 週目	・チキータ以外のレシーブが来るようなサービスの練習	戦術, 技術
2 週目	・3 球目を積極的にフォアハンドで狙いにいく意識を持つ ・チキータをさせないサービスの練習は継続	戦術, 技術
3 週目	・下回転とナックルサービスの精度を上げる練習 ・3 球目攻撃は威力より成功率を上げる練習	技術
4 週目	・3 球目攻撃のフォアハンドの精度を上げる練習	技術
5 週目	・色々なサービスを使ってみて, 自分のサービスに対するレシーブの癖を知る ・サービスの精度を上げる練習 (特に高さを意識)	戦術, 技術
6 週目	・先週の結果をもとに使うサービスを絞ってサービスの精度を上げる練習 ・サービスから 3 球目攻撃のフォアハンドの精度を上げる	技術
7 週目	・6 週目の練習を継続, より練習のウェイトを上げる	技術
8 週目	・引き続き 6 週目の練習を継続	技術

表 6.9: A 選手のコーチングの根拠・狙い

週	コーチングの根拠・狙い
1 週目	・相手にチキータレシーブを先にされてしまい, 3 球目攻撃を自分から攻撃できていない状況の為
2 週目	・A 選手は 3 球目攻撃のフォアハンドの威力があり, 得点率が高い, 逆にバックハンドのミスが目立つ為, 積極的にフォアハンドを使う方向性にした ・3 球目攻撃を思い通りに狙うためにサービス練習は継続
3 週目	・ここまでで, 下回転サービスとナックルサービスが A 選手の 3 球目攻撃がしやすいサービスだと分かってきたので, その 2 つに絞って練習をする ・A 先週の 3 球目攻撃は元から威力はあるが, まだミスが多いため
4 週目	・サービスは良くなってきたが, まだフォアハンドのミスが目立つ
5 週目	・サービスは少しずつ良くなってきたが, A 選手より相手のレシーブがどこにくるか読めず 3 球目攻撃を狙いづらいという意見があった為
6 週目	・5 週目の取り組みによりレシーブを予測しやすくなった為, よりその確率を上げるためにサービスの精度にこだわっていく ・サービスと並行して, それと連携するフォアハンドの 3 球目攻撃も練習する
7 週目	・方向性はあっていると考えられるため継続かつ注力してもらう
8 週目	・7 週目と同様の理由

6.2.2 B 選手

B 選手の特徴は、コース・球種共にサービスを散らすことで、同じサービスを連続で出すことはあまりない。一見、読みづらくて悪くないとも考えられるが、B 選手は 3 球目攻撃の成功率が低いので、サービスからの連携が上手くいっていないと分析できる。また、B 選手自身にヒアリングを行ったところ、彼自身も相手のレシーブを読めずにいる状態であった。そこで、まずは B 選手が攻撃しやすいサービスとレシーブのパターンを探るところから始め、次にそのパターンを主軸に試合を組み立てていく方針でコーチングを進めた。当初は、3 球目攻撃はフォアハンドに比重をおいて、試合、練習共に行っていたが、データを取っていくうちに、バックハンドのミスが B 選手、筆者共に思っていた以上に少なく、精度が高いことがわかり、試しにバックハンド主体で 3 球目攻撃を狙ってみるスタイルを使わせてみた。結果は、好感触であり後半はフォアハンドではなく、バックハンド主体の方針に切り替えてコーチングを行っていった。B 選手のコーチング内容を表 6.10 に、それらの根拠・狙いを表 6.11 に示す。

表 6.10: B 選手へのコーチング内容

週	コーチング内容・行ってもらった練習内容	カテゴリー
1 週目	・試合で使うサービスをあえて絞る	戦術
2 週目	・フォア前逆横回転サービスを増やして、 バックへのツッツキの数を増やす ・バックにくるツッツキをフォアで 3 球目攻撃を狙う練習	戦術, 技術
3 週目	・2 週目の練習を継続	戦術, 技術
4 週目	・ツッツキレシーブに対する 3 球目攻撃の練習	技術
5 週目	・フォアハンドで 3 球目攻撃を打つ練習	技術
6 週目	・ストップとツッツキに対する, バックハンドでの 3 球目攻撃の練習	戦術, 技術
7 週目	・バックハンドでの 3 球目攻撃の練習を継続	技術
8 週目	・7 週目の練習を継続	技術

表 6.11: B 選手のコーチングの根拠・狙い

週	コーチングの根拠・狙い
1 週目	・B 選手は一つ一つサービスの精度は高いが, 毎回毎回違うサービスを出すため, それが 3 球目攻撃成功率の低さ関係していると考察したため
2 週目	・先週の取り組みの結果, フォア前逆横回転サービスがツッツキレシーブを増やしやすいと考えたため ・バックにツッツキが増えるため, そのボールを 3 球目攻撃で狙う方針
3 週目	・2 週目の方向性で継続して様子を見る
4 週目	・狙い通りバックにツッツキレシーブが増えてきたので, それに伴い 3 球目攻撃の精度を上げていく
5 週目	・B 選手より 3 球目攻撃をフォアハンドとバックハンドどちらで打つか迷ってしまうと意見があったので, 一度フォアの割合を増やしてみる
6 週目	・ここまででバックハンドの 3 球目攻撃の精度が高いことが新たにわかって来たので, バックハンドに注力してみる
7 週目	・バックハンドの数を増やす方向性であるという考察されるため, 継続
8 週目	・7 週目と同様の理由

6.2.3 C 選手

C 選手は、元々のサービスや 3 球目攻撃の技術の精度は高いのだが、戦術の選択が上手くいかず、勝ちきれていない状態であった。その為、まずは下回転系のショートサービスの精度をあげてツッツキレシーブを増やし、そのボールに対する 3 球目攻撃を狙うという方針で進めた。しかし、コーチングの中盤において、C 選手はツッツキ等の下回転系のレシーブでなく、フリック等の上回転系のレシーブに対しても、高い精度で 3 球目攻撃ができることがデータより分かった。そこで方針を変え、下回転系と上回転系の両方の組み立てを練習し、相手によって上手く使い分けるというようにした。また、コーチング中盤からレシーブミスが目立ち始めた。特にロングサービスが苦手なようで、そこに関しては継続的にコーチングを続けた。C 選手のコーチング内容を表 6.12 に、それらの根拠・狙いを表 6.13 に示す。

表 6.12: C 選手へのコーチング内容

週	コーチング内容・行ってもらった練習内容	カテゴリー
1 週目	・ 巻込サービスを正確に短く出せるように練習してツッツキを増やす	戦術, 技術
2 週目	・ 試合の中で下回転と上回転のサービス（巻込サービス）を意識的に両方使ってみる	戦術
3 週目	・ 下回転系のサービスを増やす ・ ツッツキに対するバックドライブを練習	戦術, 技術
4 週目	・ ツッツキに対するバックドライブの練習を継続	技術
5 週目	・ ツッツキに対するバックドライブの練習を継続 ・ 入れにいくチキータレシーブを練習	戦術, 技術
6 週目	・ チキータとロングサービスに対するレシーブ練習 ・ 上回転系レシーブとツッツキ, 両方に対する 3 球目攻撃の練習	戦術, 技術
7 週目	・ 3 球目攻撃の練習は同じ方針で継続 ・ ロングサービスのレシーブ練習を意識的に増やす	技術
8 週目	・ 7 週目の練習を継続	技術

表 6.13: C 選手のコーチングの根拠・狙い

週	コーチングの根拠・狙い
1 週目	・ まだ明確な課題はわかっていないが, まずはツッツキレシーブを増やす方向にするために, 正確な短いサービスを出せるようにする
2 週目	・ 下回転系のサービスと上回転系のサービスどちらの方がスコアが良いかを見て, 今後の方針を決めていく
3 週目	・ 2 週目の取り組みの結果, まずは下回転系のサービスを主軸にしていく
4 週目	・ まだバックドライブの精度が低い為, 継続
5 週目	・ 3 週目, 4 週目同様にバックドライブは継続 ・ チキータレシーブのミスが目立つ為は, まずは威力ではなく, ミスの数を減らす方向性で練習してもらう
6 週目	・ 5 週目と同様チキータのミスが目立つことに加えて, ロングサービスに対するレシーブミスが目立った為 ・ ここまでの結果にから, 上回転からの展開も, 下回転からの展開も両方同じくらい悪くない数値の為, 両方を伸ばしていく方針に変更
7 週目	・ ロングサービスのミスは変わらず目立っている為, 絞って注力してもらう ・ サービスから 3 球目攻撃は 6 週目の方針であると考えられる為継続
8 週目	・ 7 週目と同様の理由

6.2.4 D 選手

D 選手は、相手のレシーブが読めず、上手く 3 球目攻撃ができないといった状態であった。その為、まずは相手のレシーブを誘導させるように、D 選手が得意としていた逆横回転サービスの精度をあげ、確実にミドル前に出せるように練習をしてもらった。それができるようになると、バックにレシーブが集まりやすくなる為、それをフォアハンドで 3 球目攻撃をしていくという方針で練習をしていった。中盤までは、順調に良くなっていき、レシーブもバックに着実に集まりやすくなり、D 選手自身もレシーブを読めるようになってきたと言っていた。そこで、後半からは他の選手にはなかった、5 球目攻撃までを考えた練習に取り組み始めた。レシーブに関しては、得意技術であったフリックをより伸ばすという方針で練習をしてもらい、ショートサービスに対するレシーブミスは減っていったのだが、ロングサービスに関しては、最後まであまり変化が見られず、毎週の課題になっていた。D 選手のコーチング内容を表 6.14 に、それらの根拠・狙いを表 6.15 に示す。

表 6.14: D 選手へのコーチング内容

週	コーチング内容・行ってもらった練習内容	カテゴリー
1 週目	・逆横回転サービスを増やす ・逆横回転サービスの精度を上げる練習 ・逆横回転サービスに対するレシーブを 3 球目攻撃で狙う練習	戦術, 技術
2 週目	・フリックレシーブの練習 ・ミドル前の逆横回転のサービスからの 3 球目攻撃の練習	戦術, 技術
3 週目	・ミドル前の逆横回転サービスの練習を継続 ・フォア前サービスに対するレシーブ練習 ・上回転系サービスから 3 球目攻撃の練習を新たに導入	戦術, 技術
4 週目	・レシーブ練習, 特にロングサービスを多く ・下回転系サービスを増やして, つつつきレシーブを増やす	戦術, 技術
5 週目	・ロングサービスに対するレシーブ練習は継続 ・3 球目攻撃単体の練習	技術
6 週目	・ロングサービスに対するレシーブ練習は継続 ・3 球目攻撃の精度を上げる練習	技術
7 週目	・ロングサービスをフォアでレシーブする練習 ・3 球目攻撃の精度を上げる練習をしつつ, その後の 5 球目をフォアハンドで狙う練習	戦術, 技術
8 週目	・これまで以上にレシーブ練習のウェイトを上げる ・3 球目から 5 球目の練習は先週から継続	技術

表 6.15: D 選手のコーチングの根拠・狙い

週	コーチングの根拠・狙い
1 週目	・ D 選手は逆横回転サービスの精度が比較的高く、それを使いレシーブを誘導させやすいと考えたため ・ しかし現状は何も考えず色々出している状態
2 週目	・ 前回から 3 球目攻撃の成功率は上がっており方向性は合っていると考えられるので、次はコースにもこだわる ・ レシーブミスが目立つので、まずは得意なレシーブを集中的に練習してもらう
3 週目	・ 前回より更に 3 球目攻撃成功率が向上したので、サービスのから 3 球目攻撃の方向性は合っていると考察されるので、継続 ・ フォア前のレシーブミスが目立つ為、まずはコースを絞って練習を行う ・ D 選手が上回転系と下回転系、どちらが 3 球目攻撃をしやすいか見分ける為
4 週目	・ ロングサービスのミスが目立つ為 ・ 試した結果、下回転系の方が攻撃がしやすい為、意識的に下回転系を増やす方針にする
5 週目	・ ロングサービスのレシーブミスが目立つ為、継続 ・ サービスの精度が上がりレシーブを誘導させられるようになってきたので次は 3 球目攻撃単体の精度を上げていく
6 週目	・ D 選手はロングサービスを苦手としていることが継続的なデータによりわかってきたので、集中的にやってもらう ・ 3 球目攻撃は 5 週目と同様の理由で継続
7 週目	・ ロングサービスのレシーブミスはまだ減らない為、一旦違う方法でアプローチ ・ 3 球目攻撃の精度も上がってきて、3 球目のあとも待てるようになってきたので次の段階へ
8 週目	・ レシーブミスの本数はあまり減っていない為、継続 ・ 3 球目攻撃はいい方向性で来ていると考えられるので継続

6.3 戦術ベースコーチングの効果に関する評価

戦術ベースコーチングによって、選手の競技力が向上するかという観点で評価を行う。本研究が定義する、「戦術」を構成するレシーブ、サービスからの3球目攻撃、それぞれの項目において期待する結果が得られたかで評価を行う。

6.3.1 レシーブ

レシーブに関しては、期待していた効果は有意には得られず、競技力の向上は見られなかった。しかし、変化が見られなかったことから、向上とは言えないが、低下はあまり見られず悪い結果とも一概には言えない結果となった。その為、戦術ベースコーチングのレシーブにおける効果は、引き続きの調査の必要性があると言える。以下に、評価の根拠を論じる。

レシーブの項目において、期待した結果が得られた人数は、4人中「レシーブミスの割合の推移」にて2人、「失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移」にて1人、「レシーブ時の得点率の推移」にて1人のみであった。しかし、3球目攻撃の項目ではほとんど見られなかった「変化なし」の結果が、「レシーブミスの割合の推移」にて1人、「失点原因におけるレシーブミスが占める割合の推移」にて2人、「レシーブ時の得点率の推移」3人と見られた。特に「レシーブ時の得点率の推移」では、期待した結果ではないものの「変化なし」が3人と有意な結果であると言える。グループ2の結果は、各変化項目全てに人数が散っていることから、グループ1にはコーチングの影響は出ていると言える。

6.3.2 3球目攻撃

3球目攻撃においては、期待通りに効果を得ることができ、コーチングをしていないグループ2と比較しても、有意に競技力の向上が見られた。その為、3球目攻撃においては、戦術ベースコーチングの効果はあると言える。以下に、評価の根拠を論じる。

「3球目攻撃成功率の推移」ではグループ1全員に期待通りの結果が得ることができた。グループ2は「向上」1人、「変化なし」1人、「低下」2人と各項目に散らばっている。「試合全体の失点原因における3球目攻撃ミスの占める割合の推移」では、グループ1にて期待通りの結果が3人、「変化なし」が1人、グループ2では、悪かった結果が3人、「変化なし」が1人と、この項目においてもグループ1には有意に効果が見られる。「3球目攻撃成功時の得点率の推移」はグループ1では、「向上」が2人、「低下」が2人と期待通りと、そうでない人数が半分に別れた。グループ2では「向上」が3人と、「低下」が1人と、期待通りの結果の方が多かった。その為、この項目に関しては、課題があると言える。最後に「サービス時の得点率の推移」はグループ1全員が「向上」と期待通りの結果であり、グループ2は「向上」が2人、「低下」が2人であった。その為、この項目もグループ1に有意にコーチングの効果があったと言える。

6.4 TT Analyzer に関する評価

TT Analyzer を使うことで、選手の特徴を知ることができたかという観点で評価を行う。

この観点には関しては、6.2 節の結果より、TT Analyzer は「継続的に使う」という条件付きで選手の特徴を効果的に知ることができると言える。その根拠は、6.2 節に示したコーチング内容には、TT Analyzer の分析結果を元にした、根拠や狙いが必ずを決めることができ(表 6.9, 6.11, 6.13, 6.15), それらを 8 週に渡り 4 人の選手全員対して適用することができたことである。また、それらが正しく行われたことを 6.3.2 項にてデータとして示している。また、4 人の選手全てが後半のコーチングにおいては、コーチングのカテゴリーが「戦術」の練習から「技術」の練習になったことも、一つの根拠と言える。その理由は、「技術」の練習を明確に選択できるということは、選手の特徴を正しく理解し、戦術が定まり、行うべき練習が明確になっているからである。その状態は、選手の特徴を理解できていると言える。

しかし、コーチングの前半では、練習内容が二転三転している場合もあり、1 度の分析では選手の特徴や問題点を見つけることが困難な点は今回分かった問題点の一つである。前半は定まっていなかったコーチング内容が、後半は定まっていることが、単発や、短期間では効果を発揮しづらいことの根拠と言える。よって、コーチング前半は正しく選手の特徴を掴めていなかったと言えるので、それは今後の課題である。

結論としては、本システムは継続的に使うことで、正しく選手の特徴を知ることができると結論づけられる。

6.5 考察

6.5.1 戦術ベースコーチングの効果に関する考察

本項では実験結果に対する、戦術ベースコーチングの効果の観点で考察する。3 球目攻撃では、期待通りの効果が得られたのに対し、レシーブをそうはならなかった原因を考察する。

この原因は、2.3.3 項で説明した、サービス側の優位性によるものだと考えられる。2.3.3 項で論じたように、サービスは回転や、コースによって相手のレシーブを限定、誘導させることができる。今回の TT Analyzer を活用した、戦術ベースコーチングもその前提に基づいたもので、最初に正確なサービスを出せるようにして、そのサービスによるレシーブがどこに集まりやすいかを TT Analyzer で分析して、それを先読みすることで 3 球目攻撃の精度を上げるというものである。その為、実際の実験結果としても 3 球目攻撃では期待通りの結果になった。対して、レシーブの場合は、相手に影響される割合がサービスに対して大きい。サービスの時に自分が相手を誘導させるようにサービスを出すのと同様に、自分がレシーブの時には相手も同じことをやってくる。その為、それに対して逆らうような技術、もしくは相手に合わせる技術のどちらかが必要となる。それらの技術は自分主体ではない為、習得や上達に時間がかかるのではないかと考察される。よって、今回のコーチングにおいても、選手それぞれ苦手なレシーブについて分かっている状態で練習を

しても、上達はあまり見られず「変化なし」の横ばいの状態が続いたのではないかと考えられる。

しかし、この先も同様の練習を続けていけば上達するのか、そもそもにして練習内容が悪いのかは今回の実験では知ることができない為、レシーブに関しては引き続きの調査、改善の必要がある。

3 球目攻撃では、「3 球目攻撃成功時の得点率の推移」の項目のみ、完全な期待通りの結果とは言えなかった。その原因としては、今回のコーチングでは成功率を上げることに重点を置いたことによるものだと考察する。成功率を上げる為には、どうしても無意識的にボールの威力を落としてしまうのではないかと推察される。また、今回は D 選手を除き、5 球目攻撃に対するコーチングまではいかなかった。3 球目攻撃が上手くいけば、自分に有利な状態で 5 球目攻撃まで行える為、今回の項目の得点率という観点において、向上をさせることができるだろう。

以上を踏まえて、3 球目攻撃の成功率が向上した後の課題としては、3 球目攻撃単体の威力と、それに連携する 5 球攻撃の練習だと言える。

6.5.2 TT Analyzer に関する考察

本項では TT Analyzer の戦術ベースコーチングに与えた結果について考察を行う。6.4 節で上がった課題は、TT Analyzer は戦術ベースコーチングを行う上では、単発や短期間の利用では効果を発揮しづらいことである。卓球の試合は、対人スポーツである為対戦相手に影響される割合が大きいスポーツである。その為、1 度の試合だけで、その選手の特徴を掴むことは難しいといえる。もし短期間で有効なコーチングを行おうと思った場合は、コーチングを始める前の段階から前もって選手のデータを継続的に入力しておく必要があると言える。そうすることで、1 回目のコーチングから、正しく選手の特徴を掴み、正確なコーチングを行えるのではないかと考察される。

もう 1 点考察される問題は、コーチの実力に影響を受けるのではないかという点である。本システムでは、個々の選手や試合に関しては分析が可能だが、それらの比較に関しては人力で行わなくてはならない。よって、その変化に気づく事ができなければ、有効なコーチングはできなのではないかと考察される。今回は、筆者自身がコーチを行った為上手くいったが、コーチが変われば上手くいかない可能性も考えられる。その為、比較機能に関しては、今後の課題として実装の必要があると言える。また、今回は筆者自身に「技術ベースコーチング」のある程度の知識があったからコーチングが成り立ったとも言える。そこで、選手自身で完結させるためには、適切な分析結果を元に「技術ベースコーチング」のレコメンドもシステム上でできると尚、競技力の向上の近道になると考察できる。この「技術ベースコーチング」に関するナレッジに関しては、既に多くの書籍や、動画があり、株式会社シェークハンズ [11] では各技術、問題、戦術ごとに分けられたレッスン動画を豊富に配信しているので、それらのリソースと、TT Analyzer を上手く連携することも、一つの手段だと言える。

6.6 まとめ

本章では，TT Analyzer を用いた戦術ベースコーチングの評価実験の，結果及び評価，考察について論じた．次章では，本章で論じたことを踏まえ，本研究の結論と今後の展望について論じる．

第7章 結論

本章では、本研究のまとめと今後の課題を示す。

7.1 本研究のまとめ

本研究では、卓球競技における選手の特徴を知るための「TT Analyzer」という試合分析システムを開発し、それを用いた選手一人一人の特徴に合った戦術に基づくコーチング、「戦術ベースコーチング」を行う事で、選手の競技力を向上させるかどうかを調査した。

結果としては、3球目攻撃においては選手の競技力を向上させることに成功し、サーバー時の得点率を向上させることに成功した。レシーブに関しては、現状維持で向上させることはできず、更なる調査の必要性が見つかった。

TT Analyzer に関しては、戦術ベースコーチングを行うための、選手の特徴を知るという観点で有効に使えることが分かった。ただし、単発や短期間では効果を発揮しずらく、継続的に使わなくてはならないという制約も見つかった。

7.2 今後の課題と展望

今後の課題としては、レシーブに対する適切なコーチング方法・練習方法の確立と、それを可能とするための TT Analyzer のシステム的な改良である。まずは、現在のコーチング方法が期間的に足りてないのか、根本的に方法が間違っているかの調査の必要があると考察される。3球目攻撃に関しては、今回は成功率を上げることに成功したので、次は3球目攻撃を成功した後の得点率にも着目して、向上させていくことが、選手の更なる競技力の向上に繋げることできる推察できる。

本システムは専属のコーチにコーチングを受けられないアマチュア選手に特に利用してもらいたいと考え開発をした。本研究においては筆者自身がコーチとして本システムを活用し、戦術ベースコーチングを行ったが、今後はこれを選手自身で行ってもらうことが理想である。その為に今後の展望としては、6.5.2 項でも課題とした、分析結果の比較機能と、適切な「技術ベースコーチング」のレコメンド機能の実装をしていく所存である。

謝辞

本論文の執筆にあたりご指導頂いた、慶應義塾大学環境情報学部教授 村井純博士，同学部客員教授 徳田英幸博士，同学部教授 中村修博士，同学部教授 楠本博之博士，同学部准教授 高汐一紀博士，同学部准教授 Rodney D. Van Meter III 博士，同学部准教授 植原啓介博士，同学部教授 三次仁博士，同学部准教授 中澤仁博士，同学部教授 武田圭史博士，同大学環境情報学部講師 斉藤賢爾博士，総合政策学部教授 古谷知之博士，同大学政策・メディア研究科特任准教授 鈴木茂哉博士，同研究科 特任准教授 佐藤雅明博士，同研究科 特任講師 Achmad Husni Thamrin 博士，同研究科 中島博敬氏に感謝いたします。

特に鈴木茂哉博士には，私が2年生の時からご指導をしていただき，本論文の執筆においても最もお世話になりました。大変ご多忙にも関わらず，些細な相談事に対しても，優しく親身に相談に乗ってくださいました。また，当初研究に対して強い不安を抱いて私に一つ一つ，丁寧にご指導して下さったおかげで，研究を嫌いにならず，納得のいく形で本論文の執筆を終えることができました。心より感謝致します。

Achmad Husni Thamrin 博士は，研究の方向性が分からなくなっている時や迷走している時に，常に的確なアドバイスを下さったことを誠に感謝致します。Achmad Husni Thamrin 博士のアドバイスがなければ，間違いなく本研究はここまでたどり着くことはありませんでした。感謝致します。

古谷知之博士には，違う研究会にも関わらず，統計学やコーチング，スポーツアナリティクスの観点から，本研究に対してアドバイスを下さったことに感謝致します。古谷知之博士のご指導が本研究の大きな足がかりとなりました。

Kumo 研究グループに感謝致します。部活動に明け暮れ，研究会の活動にあまり参加できていなかった私に対し，理解を示してください，いつも暖かく向かい入れてくれたことを大変感謝しております。また，英語でのミーティングというスパルタな環境ではありましたが，私にとって良い勉強へのモチベーションとなり，本論文のアブストラクトを書ける程度には成長することができました。感謝致します。

慶應義塾大学体育会卓球部に感謝致します。本研究のテーマが生まれたのも，慶應義塾大学体育会卓球部での日々があったからこそです。私にとって，かけがえのない青春を下さった，慶應義塾大学体育会卓球部には心より感謝致します。

本研究の実験にあたり，協力してくれた慶應義塾大学体育会卓球部の選手に感謝致します。特に，実際にコーチングを引き受けてくれた4名は，私と，TT Analyzer のことを信頼し，8週という長い期間，真剣に練習に取り組んでただけでなく，最高の結果を示してくれたことに本当に感謝しております。選手達の頑張る姿が，私の研究への大きなモチベーションとなりました。

ここまで私のことを育て，暖かく見守ってくださった，両親に感謝致します。卓球と研

究の両立ができたのは，両親の支えがあったからこそだと痛感しています．心より感謝申し上げます．

最後に，本論文の執筆にあたり関係，支持して下さいた全ての方々に感謝申し上げます．TT Analyzer は，世界中の卓球選手が使うことのできる有意義なものとして，必ずリリースすることを約束致します．

以上を以ちまして，謝辞と致します．

参考文献

- [1] 玉城 将 内藤久士 加賀 勝 吉田和人, 山田耕司. 卓球のワールドクラスの試合におけるラリーの特徴- ラリー中の打球回数に着目して-. <http://jcoachings.jp/jcoachings2012/wp-content/uploads/2016/03/a3458153ee64b0e377db620e80d394a3.pdf>, 2014.
- [2] 公益財団法人日本卓球協会. 平成 28 年度加盟団体登録一覧表. http://www.jtta.or.jp/Portals/0/images/association/registration_number/20170626registration_number_H28.pdf.
- [3] TIBHAR. 卓球世界チームランキング 2017 年 11 月度. <http://www.tibhar.jp/wr.htm>, 2017.
- [4] TIBHAR. 卓球世界チームランキング 2017 年 8 月度. http://www.tibhar.jp/wr_t.htm, 2017.
- [5] 公益財団法人日本オリンピック委員会. Joc エリートアカデミー事業について. <https://www.joc.or.jp/training/ntc/eliteacademy.html>.
- [6] 日本経済新聞. 情報分析のプロ、メダル挑戦 データで支え戦術構築の一翼担う. <https://www.nikkei.com/article/DGXMZ004786940T10C16A7US0000/>, 2016.
- [7] 公益財団法人日本卓球協会. 平成 27 年度全日本選手権競技上の注意. <http://japantabletennis.com/zennihon2016/wp-content/uploads/2015/11/note1225.pdf>, 2016.
- [8] Devise. <https://github.com/plataformatec/devise>, 2017.
- [9] doorkeeper. <https://github.com/doorkeeper-gem/doorkeeper>, 2017.
- [10] oauthswift. <https://github.com/OAuthSwift/OAuthSwift>, 2017.
- [11] 株式会社シェークハンズ. <https://www.shands.jp>, 2017.