

Title	テニスの攻撃戦術実行頻度向上のための返球動作中余剰時間を用いた振り返り指導手法
Sub Title	Coaching methodology using excess time during return movements to increase the frequency of execution for tennis offensive tactics
Author	川島, 颯(Kawashima, Hayato) 神武, 直彦(Kohtake, Naohiko)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2023
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2023年度システムデザイン・マネジメント学 第536号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002023-0003

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文

2023 年度

テニスの攻撃戦術実行頻度向上のための
返球動作中余剰時間を用いた振り返り指導手法

川島 颯

(学籍番号：82133170)

指導教員 教授 神武 直彦

2023 年 9 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

Coaching Methodology Using Excess Time
During Return Movements to Increase
the Frequency of Execution for Tennis
Offensive Tactics

Hayato Kawashima
(Student ID Number : 82133170)

Supervisor Naohiko Kohtake

September 2023

Graduate School of System Design and Management,
Keio University
Major in System Design and Management

論 文 要 旨

学籍番号	82133170	氏 名	川島 颯
論文題目： テニスの攻撃戦術実行頻度向上のための返球動作中余剰時間を用いた振り返り指導手法			
<p>近年の技術の進化に伴ってテニスにおけるプレーの攻撃性は増しており、プレーヤーが積極的にリスクを取るような攻撃戦術の獲得が特に推奨されている。映像や統計データを用いた指導によってプレーヤーの戦術実行能力が高まることが明らかになっているが、攻撃的なプレーは特にプレーヤーの主観的評価と客観的評価に齟齬が生まれやすく、より攻撃戦術に特化した分析及び指導の手法を明らかにする必要があると考える。</p> <p>そこで本研究では、プレー後にプレーヤーと指導者が課題意識をすり合わせる「振り返り」場面において、プレーヤーの攻撃戦術の実行意欲と頻度が向上させる指導手法を設計することを目的とした。</p> <p>提案手法では、コート後方の境界線(ベースライン)よりも前方(ネット方向)で打球する場面を意味する「インサイドプレー」に焦点を当て、これまで「ショット時間」として一律に分析されることが多かった返球動作に使用された時間を、返球動作中のプレーヤーの脚の使用用途をもとに3段階に分割することで、早期にボールとの距離調整を終了したことで、ショットの攻撃性が低下した可能性があるプレーを抽出できるような動作時間分析手法を設計した。更に、動作時間分析の結果に対象ショットの切り抜き動画と分析グラフを加えることで、良いパターンと悪いパターンを視覚的に比較できる振り返りシートを設計し、実証実験による評価を行った。</p> <p>実証実験では、本研究で設計した振り返りシートによる振り返り指導を行った男子大学生テニスプレーヤー6名(A群)と、切り抜き動画のみを使用した振り返り指導を行った大学生男子テニスプレーヤー6名(B群)の指導前後でのプレーの変化を比較した。</p> <p>結果、提案手法を用いた指導を行ったA群のプレーヤーに対する指導前後の結果の比較において、インサイドプレーの頻度と、対戦相手の打球体勢を崩すことに成功した攻撃効果「あり」ショットの頻度の両方が有意な上昇を見せた。一方で、ショットの切り抜き動画のみを用いた振り返り指導を行ったB群のプレーヤーに対する指導前後の結果の比較においては、インサイドプレーと攻撃効果「あり」ショットのどちらの頻度もほぼ横ばいとなり、有意な変化は確認されなかった。更に、両群の結果は、指導前はどの数値においても3%以上の差がない事からも、本提案手法を用いた映像振り返り手法が、プレーヤーのインサイドプレー実行頻度向上に貢献した可能性があることが示唆された。</p> <p>また、どちらの群においても、振り返り指導を行うことでインサイドプレーの実行意欲が向上する傾向にあることがインタビュー調査により分かったが、提案手法を用いたA群のプレーヤーの方が振り返り指導によって良いプレーのイメージを高い基準に設定し、課題意識を強める可能性があることが明らかになった。このことからインサイドプレーの実行意欲が向上した状態を長期間維持させるという点においては、映像のみを用いた振り返り指導よりも、提案手法を用いた振り返り指導の方が貢献する可能性が高いと考える。</p> <p>以上のことから、本研究で設計した動作時間分析を加えた振り返り手法が、プレーヤーの攻撃戦術の実行頻度及び意欲の向上に効果的である可能性が示唆された。</p> <p>今後の課題としては、被験者の性別と年代、競技レベルの対象範囲を拡大した長期間の実験による本手法の有効性の更なる検証、分析の自動化、攻撃戦術以外の戦術及びグラウンドストローク以外の打球方法に対する評価も可能になるような測定項目とそれらの定義を精査することが挙げられる。</p>			
キーワード (5語) テニス, 振り返り指導, 攻撃戦術, インサイドプレー, 動作時間分析			

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	82133170	Name	Hayato Kawashima
<p>Title</p> <p style="text-align: center;">Coaching Methodology Using Excess Time During Return Movements to Increase the Frequency of Execution for Tennis Offensive Tactics</p>			
<p>Abstract</p> <p>In recent years, tennis has seen an increase in the aggressiveness of play, and the mastery of aggressive risk-taking offensive tactics has been particularly encouraged. However, in actual match situations, there is a mixture of offensive intentions to draw mistakes out of the opponent and defensive intentions to prevent oneself from making mistakes. It is difficult to evaluate the aggressiveness of each shot because the situation changes depending on the opponent's return and coaching during the match is prohibited in many matches. Therefore, objective indicators have not been established.</p> <p>Therefore, the purpose of this study is to devise a method to motivate players and increase the frequency of aggressive tactical execution in coaching scenes where players and coaches discuss issues after play. The proposed method focuses on the hitting scene (inside play) in the court, and divides the hitting time, which has been analyzed uniformly in the past, into three stages based on the way players use their legs during the return motion. This allows for the early completion of the distance adjustment between the ball and the player and the extraction of plays that may have reduced the effectiveness of the attack. Furthermore, by adding video and graphs to the analysis results, a feedback sheet was designed to visually compare good and bad patterns, which was evaluated in the demonstration experiment.</p> <p>In the demonstration experiment, changes in play before and after instruction were compared between six male university student tennis players who received instruction using the designed sheet (Group A) and six male university student tennis players who received reflection instruction using only video (Group B). As a result, Group A showed a significant increase in both the frequency of inside play and the frequency of successful attack shots to break the opponent's ball position, while the comparison before and after the instruction of Group B using only video clips showed almost no change and no significant change. In addition, there was no difference of more than 3% in the pre-instruction values for both groups, suggesting that the proposed method may have contributed to an increase in the frequency of inside play execution.</p> <p>Furthermore, the interview survey revealed that both groups tended to be more motivated to execute the inside play after the reflective instruction. However, players in Group A tended to set higher standards for good play and strengthen their awareness of the task. This suggests that the proposed method may be more effective than video-only reflective instruction in maintaining the long-term improvement in motivation to execute inside plays.</p> <p>In summary, the results suggest that the instructional method including the designed movement time analysis may be effective in improving the frequency and motivation of players to execute attacking tactics. Future work includes further validation of the effectiveness of this method through long-term experiments with a wider range of subjects, including gender, age, and competition level; automation of the analysis; and revision of the measurement items and their definitions to allow evaluation of tactics other than attacking tactics and shooting methods other than groundstrokes. The results of the study will be presented in the next section of this report."</p>			
<p>Keywords (5 words)</p> <p>Tennis, Coaching, Offensive tactics, Inside play, Movement time analysis</p>			

目次

第 1 章 はじめに	1
1.1 研究の背景	1
1.1.1 テニスの競技特性.....	1
1.1.2 テニスにおけるトレンド戦術の変化	2
1.2 テニスの戦術評価における課題とその要因についての考察	4
1.3 対象課題.....	6
1.4 研究の目的	6
1.5 論文の構成	6
第 2 章 関連研究	8
2.1 関連研究の調査分析の観点	8
2.2 テニスの攻撃性の評価に関する研究.....	8
2.3 映像を用いた振り返り指導に関する研究	9
2.4 攻撃性の高い打球状況の分類に関する研究.....	10
2.5 統計データを用いたショット価値の可視化に関する研究.....	12
2.6 関連研究のまとめ	12
第 3 章 提案	15
3.1 研究の位置付け	15
3.2 返球動作中の余剰時間提示手法の提案.....	15
3.2.1 提案手法のコンセプト.....	15
3.2.2 提案手法を用いたシナリオ.....	16
第 4 章 返球動作中の余剰時間を用いた振り返り手法の設計	18
4.1 提案手法の構成要素.....	18
4.1.1 提案手法の構成要素(ハードウェア面)	18
4.1.2 提案手法の構成要素(ソフトウェア面)	19
4.2 提案手法の運用プロセス	20
4.3 測定項目の定義.....	21

4.3.1 測定項目の概要	21
4.3.2 各測定項目の関係性	22
4.3.3 バウンド到達時間	23
4.3.4 打球タイミング	24
4.3.5 フットワーク時間	25
4.3.6 返球動作余剰時間	26
4.3.7 ラケットスイング時間	27
4.4 本手法の手順	27
4.4.1 プレーヤーのプレー動画撮影と管理の手順	27
4.4.2 返球動作の時間分析の手順	29
4.4.3 振り返りシートの作成とそれを用いた戦術指導の手順	33
第5章 返球動作中の余剰時間を用いた振り返り手法の評価	37
5.1 評価の観点と計画	37
5.2 実証実験の計画	38
5.2.1 実証実験の内容	38
5.2.2 練習後アンケート	44
5.2.3 インタビュー調査	46
5.3 実証実験の結果	47
5.3.1 指導前後での結果の比較	47
5.3.2 アンケートの結果	62
5.3.3 被験者へのインタビュー結果	64
5.3.4 指導者へのインタビュー結果	65
第6章 考察	67
6.1 手法の有用性	67
6.1.1 手法の有用性についての考察の観点	67
6.1.2 攻撃戦術の実行頻度向上に対する有用性	67
6.1.3 本手法が攻撃戦術実行頻度を向上させた要因に関する考察	68
6.2 今後の展望	69
6.2.1 実装に向けた課題	69

6.2.2 攻撃戦術以外を対象とした指導への応用	71
第7章 まとめ	73
参考文献	75
謝辞	76
別紙	78

図目次

図 1.1 テニスのオンコート指導における4つの重要な要素([3]をもとに著者作成).....	2
図 1.2 空間的オープンコートのイメージ([6]をもとに著者作成)	3
図 1.3 時間的オープンコートのイメージ([6]をもとに著者作成)	3
図 2.1 攻撃場面と考えられる 3 つの打球状況([18]をもとに著者作成).....	11
図 2.2 統計データを用いたショット価値算出のイメージ([19]をもとに著者作成)	12
図 2.3 攻撃場面とされる3つの指標における評価の観点の違い	13
図 2.4 得点期待値による戦術指導を用いてもプレイヤーの納得感に繋がらないパターンの イメージ.....	14
図 3.1 提案手法のコンセプト	15
図 3.2 本手法が実現したいシナリオ	17
図 4.1 提案手法の構成要素(ハードウェア面)	18
図 4.2 提案手法の構成要素(ソフトウェア面)	19
図 4.3 返球動作中の余剰時間提示手法の運用プロセス(分析者, 指導者視点)	20
図 4.4 返球動作中の余剰時間提示手法の運用プロセス(プレイヤー視点)	21
図 4.5 各測定項目の関係性.....	23
図 4.6 バウンド到達時間のイメージ.....	24
図 4.7 打球タイミングのイメージ	25
図 4.8 フットワーク時間のイメージ	26
図 4.9 返球動作余剰時間のイメージ	26
図 4.10 ラケットスイング時間のイメージ.....	27
図 4.11 プレー動画のイメージ	28
図 4.12 ビデオカメラ設置の様子.....	28
図 4.13 YouTube Studio を用いた動画管理.....	29
図 4.14 インサイドプレーとして測定するショットの例(ラケットにボールが当たった瞬間)	30
図 4.15 インサイド外プレーとして測定するショットの例(打球後新たに足が地面に接着した瞬 間).....	30
図 4.16 1 フレーム移動を利用した時間計測のイメージ.....	31
図 4.17 動画編集ソフトを用いた動作時間計測のイメージ.....	32
図 4.18 測定対象者のショットが「攻撃効果あり」と判定されるような対戦相手の打球状況の例	

.....	33
図 4.19 振り返りシートの 1 ページ目(悪いパターン)	34
図 4.20 振り返りシートの 2 枚目(良いパターン).....	34
図 4.21 振り返りシートの 3 枚目(両パターンの時系列グラフの比較)	35
図 4.22 振り返りシートの 4 枚目(両パターンの動画比較と, 分析者による指導コメント)	35
図 5.1 実験に用いた練習内容のイメージ	41
図 5.2 実証実験での被験者のプレーの様子.....	43
図 5.3 被験者全体への測定項目の定義及び振り返りシートの内容説明の様子	43
図 5.4 A 群における指導前後での結果の数値の変化(インサイドプレー)	47
図 5.5 A 群における指導前後での結果の比率の変化インサイドプレー)	48
図 5.6 A 群における指導前後での結果の数値の比較(攻撃効果)	48
図 5.7 A 群における指導前後での結果の比率の比較(攻撃効果)	48
図 5.8 A 群における指導前後での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	49
図 5.9 A 群における指導前後での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	49
図 5.10 B 群における指導前後での結果の数値の比較(インサイドプレー)	50
図 5.11 B 群における指導前後での結果の比率の比較(インサイドプレー)	50
図 5.12 B 群における指導前後での結果の数値の比較(攻撃効果)	50
図 5.13 B 群における指導前後での結果の比率の比較(攻撃効果)	51
図 5.14 B 群における指導前後での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	51
図 5.15 B 群における指導前後での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	51
図 5.16 A 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」 ショット)	52
図 5.17 A 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー&攻撃効果)	53
図 5.18 B 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」 ショット)	54
図 5.19 B 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー&攻撃効果)	54
図 5.20 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の数値の比較(インサイドプレー)	55
図 5.21 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の比率の比較(インサイドプレー)	55
図 5.22 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の数値の比較(攻撃効果)	55
図 5.23 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の比率の比較(攻撃効果)	56

図 5.24 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	56
図 5.25 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	57
図 5.26 2日目(指導後)における A 群と B 群での結果の数値の比較(インサイドプレー) ..	57
図 5.27 2日目(指導後)における A 群と B 群での結果の比率の比較(インサイドプレー) ..	57
図 5.28 2日目(指導後)における A 群と B 群での結果の数値の比較(攻撃効果)	57
図 5.29 2日目(指導後)における A 群と B 群での結果の比率の比較(攻撃効果)	58
図 5.30 2日目(指導後)における A 群と B 群での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	58
図 5.31 2日目(指導後)における A 群と B 群での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)	59
図 5.32 指導前の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」ショット)	60
図 5.33 指導前の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー&攻撃効果)	60
図 5.34 指導後の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」ショット)	62
図 5.35 指導前の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー&攻撃効果)	62

表目次

表 4.1 返球動作分析における測定項目	22
表 5.1 評価の観点と方法	37
表 5.2 実証実験の概要	38
表 5.3 被験者情報の詳細	40
表 5.4 実験における対戦表(1日目)	41
表 5.5 実験における対戦表(2日目)	42
表 5.6 練習後アンケート(1日目)の質問項目	44
表 5.7 練習後アンケート(2日目)の質問項目	45
表 5.8 実験に参加したプレーヤーへのインタビュー項目	46
表 5.9 指導者へのインタビュー項目	46
表 5.10 A 群の1日目と2日目の実験における比率の差の検定	52
表 5.11 B 群の1日目と2日目の実験における比率の差の検定	53
表 5.12 1日目の実験における A 群と B 群の比率の差の検定	59
表 5.13 2日目の実験における A 群と B 群の比率の差の検定	61
表 5.14 A 群と B 群におけるプレーヤーの自己評価に対するアンケート回答結果の変化(サーブ側)	63
表 5.15 A 群と B 群におけるプレーヤーの自己評価に対するアンケート回答結果の変化(レシーブ側)	63
表 5.16 A 群と B 群における対戦相手から受けたプレー評価に対するアンケート回答結果の変化(サーブ側)	63
表 5.17 A 群と B 群における対戦相手から受けたプレー評価に対するアンケート回答結果の変化(レシーブ側)	64
表 5.18 指導者へのインタビュー結果	65

第1章 はじめに

1.1 研究の背景

1.1.1 テニスの競技特性

テニスは2人または2組のプレーヤーがネットを挟んで交互に打球を打ち返すスポーツである。得点の最小単位であるポイントは、どちらかのプレーヤーがネットやアウトのような無効返球を打つか、2バウンド以内にボールを打球できなくなるまで継続される。そのため、1ポイントの中だけでも、打球の軌道やプレーヤーの待球位置によって様々な状況が発生する。例えば、対戦相手の待球位置によってコートの前左右どこにコントロールすることが有利状況に繋がるかは変化する。加えて、打球運動が開始された際のボディバランスによっては、有利状況を放棄してでも守備的なショットを選択することがある。更に言えば、打点の高低でもボールの軌道が変化するため、ネットミスとアウトミスのどちらのリスクが高いかに違いが出る。

また、テニスはポイントを先取することでゲームを獲得し、ゲームを多く獲得することでセットを獲得する。そしてセットを規定数先取したプレーヤーの勝利となる独特なスコアリングシステムを採用している。このような階層的スコアリングシステムにおいては、僅か数ポイントの得点差が大きなスコアの開きとなることがある。試合中の得点数を比較すると、99%は総ポイント数が上回ったプレーヤーが勝利するとされており[1]、いかにポイントやゲームを積み重ねていくかがテニスで勝利するために非常に重要な要素である。

以上のような競技特性を踏まえ、柴原らは、「テニスでは刻々と変化する状況の中で、相手やボールの動きに対応し、いかに多くエラー・ミスをさせるかといった相手との駆け引きが重要である」と述べている[2]。道上も、試合に勝ち続け、表彰台の最も高い位置を獲得することを最大の目標とするエリートテニスプレーヤーのオンコート指導における重要な要素として、一般的に語られる心・技・体に戦術を加えた4つの要素を挙げている(図 1.1)[3]。



図 1.1 テニスのオンコート指導における4つの重要な要素([3]をもとに著者作成)

1.1.2 テニスにおけるトレンド戦術の変化

堀内は、テニスにおける駆け引きを「時間」と「場」の奪い合いであると評している[4],[5]。ここでいう「時間」とは主に返球に用いる時間的余裕のことを指し、「場」はその時間的余裕を増やしたり減らしたりするためのポジショニングの駆け引きを指している。例えば、自身のポジションを前方に変更すると、対戦相手が打球してから自分にボールが飛んでくるまでの時間が短くなり、対戦相手が次の返球のために使用できる時間的余裕を減らすことが可能になる。一方でコートの後方にポジションを変更すると、対戦相手の打球が到達するまでの時間的余裕が生まれるだけでなく、空気抵抗によってボールが減速する時間が長くなるため、返球が容易になるというメリットがある。プレイヤーは限られた時間の中でこれらのメリットとデメリットを総合的に判断し、対戦相手と駆け引きを行っている。日本テニス協会の指導書においても、打球戦術の最終目的として「空間的オープンコート」と「時間的オープンコート」に分類している(図 1.2, 図 1.3) [6]。

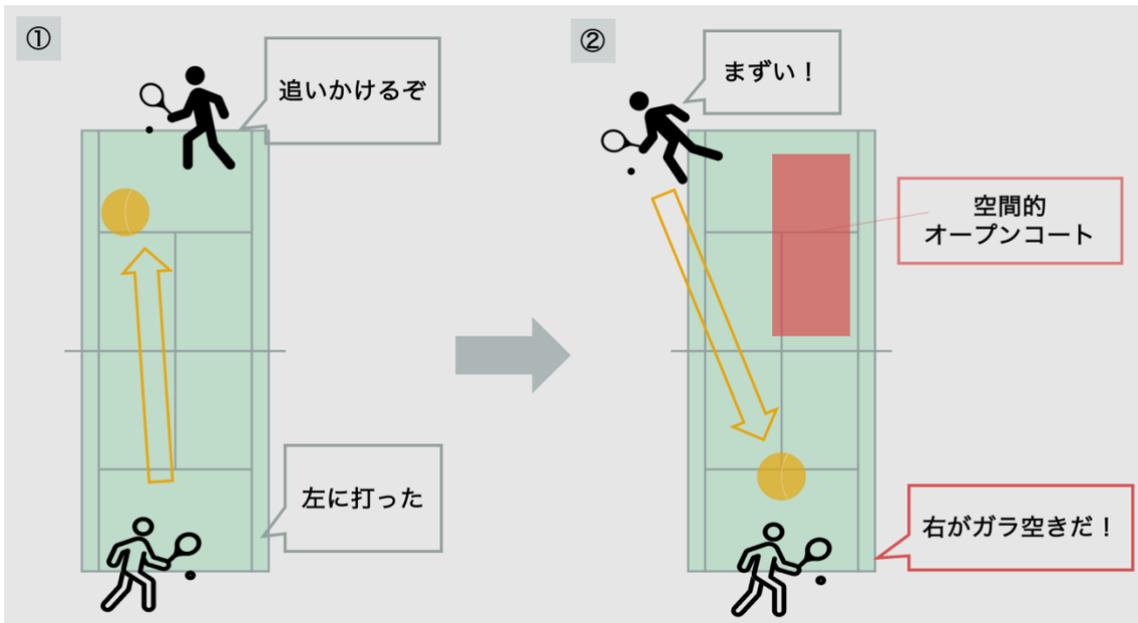


図 1.2 空間的オープンコートのイメージ ([6]をもとに著者作成)

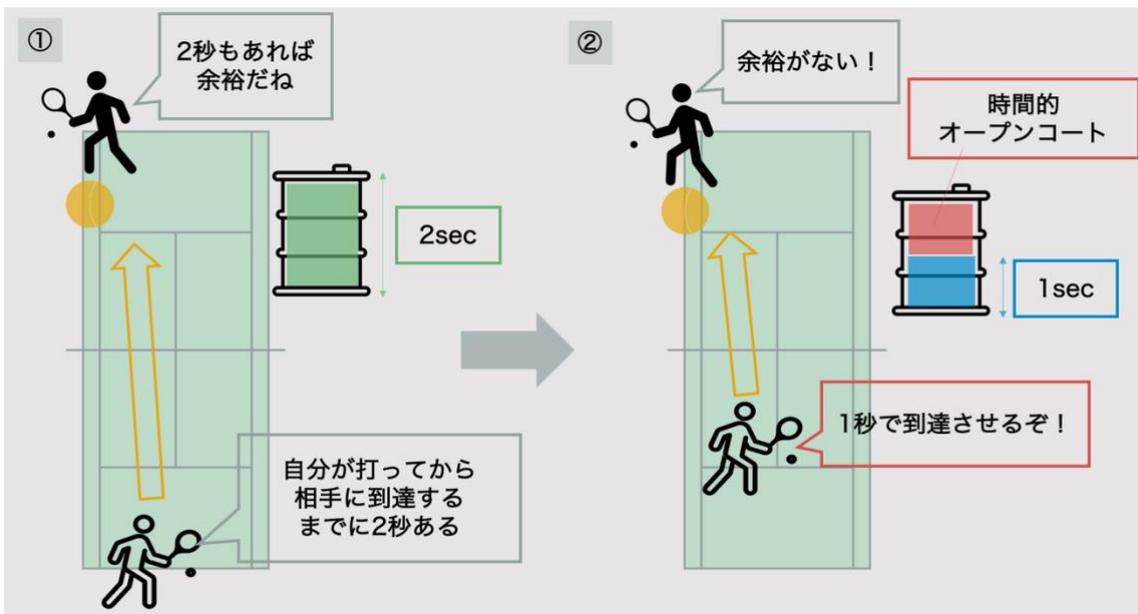


図 1.3 時間的オープンコートのイメージ ([6]をもとに著者作成)

これらのことから、対戦相手の返球に対する時間的及び空間的な余裕を積極的に奪い、甘い返球やエラー・ミスを引き出すことがテニスの戦術において重要であることが窺える。

このような対戦相手のプレーをいかに窮屈にさせ、試合展開を有利に進めるかという攻撃的な時間戦術の有効性と重要性は以前から確認されていたが、近年はその重要性が更に高まっていると

考えられる。ショーボンには、現代のトップテニスプレーヤーの特徴として、戦術目標が根本的に変化し、対戦相手のミスや弱い打球をただ待つのではなく、できるだけ自分からポイントを取ること、もしくは対戦相手の失点となる無効返球やミスショット、または無難な打球を打たせるよう試みるようになってきていると述べている[7]。

同様に Takahashi et al.は、ラリー中のショット時間(一方のプレーヤーのラケットにボールがインパクトしてから対戦相手のラケットにボールがインパクトするまでの時間)について、1980年代、1990年代、2000年代に行われた世界トッププレーヤーの試合を比較した結果、サービス(ポイントの始まりに用いられる、主に頭の上から放たれるショット)では1980年代と1990年代の間に、グラウンドストローク(対戦相手からの打球を一度自陣コートに弾ませてから打球するショット)では1990年代と2000年代の間にショット時間の短縮があったことを報告している[8]。また、これらの現象が見られた要因として、技術の進化によって打球速度の向上や打球タイミングが早くなるなど、プレーの質が高まっている可能性があるとして述べている。

Takahashi et al.が言及したように、ラケットの素材は木やスチールから軽くて強い合金素材が使われるようになり、ボールを弾き返すために格子状に張られたストリングと呼ばれる部分も、動物の腸を用いたものから、ポリエステルなどの合成素材へとトレンドが移行している。このような進化はラリーの高速化を実現しただけでなく、ボールコントロールの性能も向上したことで、プレーヤーのスキルが高ければ、無効返球と有効返球の境界となるようなコースにも続けて打球できるようになったと考えられる。つまり、現代のテニスでは自ら積極的に相手の無効返球を引き出すようなプレーのリスクとポイント獲得というリターンが釣り合うようになり、攻撃戦術の価値が更に高まっていると考えられる。

以上のことから、現代のテニス指導者には、プレーヤーが攻撃戦術を獲得し、実行できるような指導が求められていると言える。

1.2 テニスの戦術評価における課題とその要因についての考察

前述の通り、現代テニスではプレーヤーが自らリスクを背負い、攻撃的なプレーを行うことは戦術的に特に有効であることが明らかになっており、指導者はプレーヤーの攻撃性を正しく評価し、指導にあたる必要がある。しかし、実際の指導現場においては、プレーヤーの攻撃戦術についての課題意識を醸成し、攻撃戦術実行に向けた意識変容と行動変容を促すような指導を行うことは容

易ではないと考える。また、その要因として、テニスにおける特徴的な2つの競技特性が関係していると考えられる。

1つ目は、プレーヤーが1ショットに込める戦術的意図の量が多いことである。テニスはラリーの中で一度の無効返球でポイントをどれだけ有利に進めていようと失点してしまうスポーツである。そのため、実際にプレーヤーがショットを打つ際には、「自分のショットが無効返球にならないようにリスクを回避する」という守備的な意図と、「相手の無効返球を引き出すようにプレーに様々な変化をつける」という攻撃的な意図が混在することになる。これにより、試合中の1ショット1ショットの戦術的意図を分析及び評価することは非常に困難であると言える。

2つ目は、試合中のプレーヤーと指導者のコミュニケーションが厳しく制限されていることである。現在行われているテニスの試合のほとんどは試合中のコーチングが禁止されているため、指導者がプレーヤーの戦術的意図をコート外から汲み取ることは非常に難しい。試合後に、指導者とプレーヤーが改善点を擦り合わせるために振り返りを行うこともあるが、長い時にはアマチュアであっても3時間以上も試合が継続し、疲労も蓄積していく中で過去のプレーを記憶しておき、振り返り場面において客観的に評価するのはプレーヤーのみならず指導者にとっても至難である。三橋の研究においても、大学生テニスプレーヤーを対象に、自身のマッチに対する自己評価と対戦相手のプレーに対する印象をインタビューしたところ、実際の試合状況やプレースタイルに合致した項目は7割程度であったことが報告されている(図 1.4)[9]。

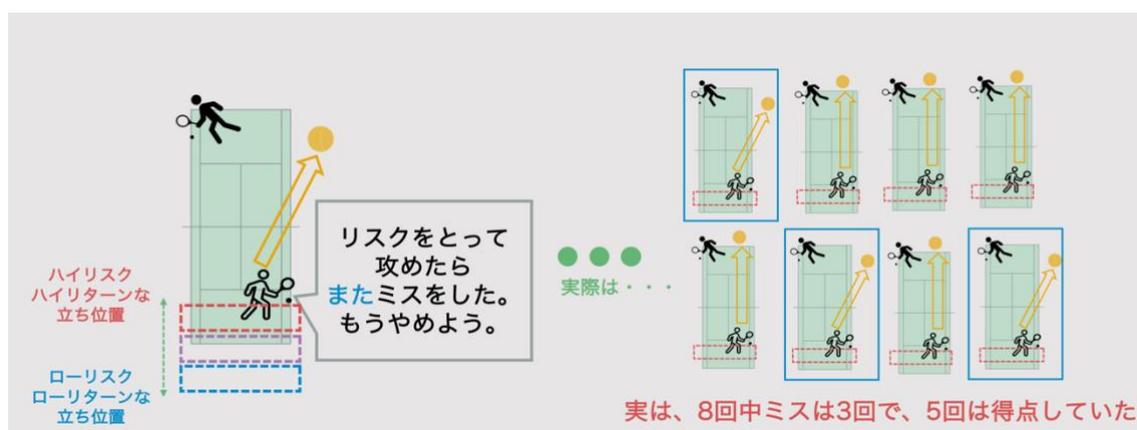


図 1.4 プレーヤーが自身のミスに過剰に反応する場面のイメージ

以上のことから、戦術性の評価基準はプレーヤーや指導者の経験則に委ねられている部分が多く、明確な評価指標が示されることは少なかったと予想する。そして、この課題を解決するためには、

ポイントの最終ショットだけではなく実際のラリー中のショットの戦術意図と効果を推察できるような客観的な評価指標とそれを用いた指導手法について検討する必要がある。

1.3 対象課題

以上の議論を踏まえ、本研究は、現代テニスにおいて攻撃戦術の有効性が示されているにもかかわらず、客観的な戦術評価指標がテニスの指導現場において浸透しきっていないために、プレーヤーの行動変容を起こすことが容易ではない点を対象課題とした。

1.4 研究の目的

本研究の目的は、指導者とプレーヤーの振り返り場面において、客観的データを用いた指導手法によって攻撃戦術実行の頻度を高めることである。将来的には、本研究がプレーヤーの攻撃戦術に対する課題意識を強めることで競技能力の向上を促すだけでなく、エラーのリスクに対する過剰な忌避感などから独りよがりなプレーに陥りがちなプレーヤーが、積極的に対戦相手との駆け引きを楽しめるようになる一助となり、テニスのスポーツとしての価値向上に貢献することに期待する。

1.5 論文の構成

本論文は第1章から第7章までで構成されている。

第1章では本研究の背景、課題意識、目的を述べた。第2章では本研究の立ち位置を明確にするために行なった攻撃性の評価と振り返り指導の手法に関する関連研究を述べる。第3章では本研究のシナリオとコンセプトを示し、本研究の新規性と独自性について論じる。第4章では提案する振り返り指導手法の具体的な設計と、手法の手順について述べる。第5章ではプロトタイプを用いた実証実験の計画と結果を論じ、本研究の評価について示す。第6章では評価結果をもとに考察を行い、本研究によって達成されたこと、課題となったことについて述べる。第7章では研究の成果と課題、今後の展望について総括する。

第2章 関連研究

2.1 関連研究の調査分析の観点

本研究の目的は振り返り場面において、プレーヤーの攻撃戦術の実行頻度と実行意欲を向上させるような客観的な評価指標を用いた指導手法を設計し、評価することである。そこで、先行研究の調査は4つの観点から行なった。

1つ目はテニスの攻撃性の評価に関する調査である。戦術面、振り返り場面に限らず、テニスにおける攻撃性の評価を目的とした文献の調査を行った。

2つ目は映像を用いた振り返り指導に関する調査である。現在振り返り指導において活用が比較的進んでいる映像を用いた手法についての調査を行った。

3つ目は攻撃性の高い打球状況の分類に関する研究である。プレーヤーの打球状況によってある程度の攻撃性の判定が可能なら、分析指標の簡略化と分析時間の短縮が見込めると考え、調査を行った。

4つ目は統計データを用いたショット価値の可視化に関する研究の調査である。プレーヤーの振り返り指導に対する納得感を向上させるために、データをどのように可視化し、提示しているかについて調査を行った。

次節以降は、それぞれの観点で関連研究をいくつか挙げ、本研究の取り組むべき課題を明確にする。

2.2 テニスの攻撃性の評価に関する研究

Vergauwen らは、サービスやグラウンドストロークのスキルテストを事前に行っておくことで、実際の打球スピード、コントロールや成功率から、ゲーム場面での技術評価を行うものや、試合時の状況を攻撃場面と守備場面に分類した上で場面ごとに必要な技術の評価することで、より試合状況に即したグラウンドストロークの技術の評価しようとする手法などを提案している[10][11]。

このようなプレーヤーのスキルを基準とした技術や戦術の評価に加えて、技術の発達によってより精密なボールデータが取れるようになったことから、近年ではボールコントロールだけでなく、ボールの勢いを評価する手法も示されている。

村上らは、軍用レーダーを応用した測位センサーであるトラックマンを用いてボールのスピードと

回転数の関係を分析することで、打球の浄化につなげようとする研究を複数発表している。これらの報告によれば、パフォーマンスレベルの高い世界トッププレイヤーや国内の学生及びジュニアのトッププレイヤーは共通して打球スピードが速く、ボールコントロールも優れていることが示されており、ボールの三次元測位の有効性を主張している。また、回転数については、少ない回転数から高い回転数まで幅広い打球を打つ特徴があり、自在なボールコントロールと場面に適した戦術選択を行なっている可能性を示唆している[12],[13]。

一方で會田は、これらのスキルテスト及び技術分析では、動作やその結果である打球スピード、コントロール、持続性などは測定することが可能であるが、実際のスポーツのゲーム場面では無数のパターンが存在するため、ある1つの正確な動作とその結果をそのプレイヤーの技術分析のみで評価することは非常に難しいことを指摘している[14]。

2.3 映像を用いた振り返り指導に関する研究

會田が指摘したように、既存のスキルテストや専門機材を用いた技術分析では、実際の試合場面での戦術的意図を加味したショット評価を行うことは非常に困難であると推察される。また、このような専門的な分析は金銭的負荷が高い点や、テニスは大会出場のための国内外への遠征が多いという点においても、指導プロセスの中に継続的に取り入れることが難しい可能性がある。

そこで本研究では試合やポイントの流れの変化を視覚的に確認でき、比較的日常的な運用が容易である映像データによる振り返り指導に着目した。

Raschke&Lames は、10-14 歳のジュニアテニスプレイヤーを対象に課題となる試合場面を設定し、それらに関する映像を良いパターンと悪いパターンに分け、比較映像を用いた指導を実施した。その結果、ビデオを用いた戦術トレーニングを行なったプレイヤー群は、通常のトレーニングを行っていたプレイヤー群と比較して、戦術行動の解釈能力及び認知能力が向上したことを報告している[15]。

また、高橋はグラウンドストロークの配球について、「得意なパターン(Good パターン)」と「修正すべきパターン(Poor パターン)」の比較映像を用いた振り返り指導を行った後、5 週間の集中的なトレーニングを実施した。その結果、被験者の試合中における Poor パターンの減少が見られたことから、比較動画によって、プレイヤーの配球能力が改善した可能性があることを示した。一方で、5 週間の指導を経ても指導者の評価とプレイヤーの自己評価には差異があることが明らかになり、

プレーヤーが自信を獲得するまでには至らなかったことも報告している[16].

渡邊は、プレー動画をクラウド上に保存し、ポイントごとに統計データと紐づけることで、指導者がパターンごとに動画を用意せずとも、プレーヤーが課題分析を行った後すぐに、試合中の全ての関連するポイント動画を提示できるシステムを構築した。このシステムを用いた指導を行ったプレーヤー群は通常の指導を行ったプレーヤー群に比べて自身の失点時の打球状況や打球コースについての理解が深まると共に、アンフォースドエラー(対戦相手によって引き起こされたものではないエラー)の数が減少したことを報告している[17].

2.4 攻撃性の高い打球状況の分類に関する研究

北村らは、テニスのプレーの中で最も使用頻度が高い打球方法であるグラウンドストロークを対象に、戦術効果が高いと言われている攻撃戦術について、実際に試合中のどのようなシチュエーションが攻撃効果が高いと言え、どの程度得点に貢献したかについて、試合の動画を用いた動作分析と統計処理を用いて明らかにしようと試みた[18].

まず、「攻撃」、「守備」、「戦術」といった戦術に関わる記述が多くある過去の文献や指導書26件を対象にテニスのゲーム状況においてどのようなシチュエーションが対戦相手の返球に対する余裕を奪い、無効返球になるような積極的なボールコントロールが可能な攻撃場面かを検討した。その結果、攻撃場面を以下の3つの場面が現れた場面であると定義している(図 2.1)。一つ目は「コンフォートプレー」である。これは、『グラウンドストローク中のフットワークが、走り抜けながら打球するランニングショットのようにスイング以外の移動に貢献しているのではなく、ボールがバウンドするまでにスタンスを確保し、ボールコントロールのためのスイング動作に貢献している場面』のことである。移動と関係ないフットワークを用いる時間は時間的にも空間的にも余裕が確保されており、打球のスピードやコースのコントロールにあてることができるため、このようなプレーは攻撃場面で多く現れると考えられる。二つ目は「インサイドプレー」である。これは、『ストローク動作中の身体重心が、ベースラインの内側に位置している場面』のことである。グラウンドストロークは主にベースラインよりも後方でプレーすることが一般的であるため、ベースラインよりも前方でプレーするショットは相手との距離を短くし、自身が打球してから対戦相手が打球するまでの時間的余裕を削減することにつながる。この点から、インサイドプレーは攻撃場面で頻出するプレーであると考えられる。三つ目は「回り込みフォアハンドプレー」である。これは、『通常バックハンドグラウンドストロークで

打球する状況において、『バックハンドではなくフォアハンド側に回り込んで打球している場面』のことである。フォアハンドは自身の利き手に対戦相手の方向を向くように打球するため、打球にパワーが伝えやすく、繊細なコントロールも行いやすいプレイヤーが多い。また、バックハンド方向に打たれた打球をフォアハンドで回り込むためにはバックハンドでの打球位置を一度大きく超えてからフォアハンドの打球準備を始める必要がある、自身の時間的余裕が十分に確保されている状態であるとも言える。以上のことからこのプレーも攻撃場面に現れやすいショットだと考えられる。



図 2.1 攻撃場面と考えられる 3 つの打球状況([18]をもとに著者作成)

次に、これらの攻撃場面が実際のポイント獲得にどの程度貢献しているかを検討している。ここでは、2013年に行われたATP（世界プロテニス協会）が主催するツアー大会における、当時の世界ランキングが20位以内の男子プレイヤー同士が対戦する7試合から抽出した399ポイント、合計1067本の打球場面を分析した。その結果、上記の攻撃場面は一般的に有利とされているサービスゲームではレシーブゲームに比べて2.65倍出現頻度が高かった。また、自身がボールを打った後に対戦相手が返球する際の打球状況が攻撃場面に相当しない場面を自身の打球の攻撃効果があったとした場合、「攻撃効果あり」の頻度もサービスゲームの方がリターンゲームよりも1.94倍高かったことが報告されている。加えて、守備場面と比べて攻撃場面の方が、サービスゲームでは4.22倍、レシーブゲームでは7.55倍ポイント獲得への貢献値が高かったことを示している。このことから、この研究において定義された3つの攻撃場面はポイントの獲得に非常に有効であり、攻撃場面の頻度を増やすような指導がプレイヤーの戦術獲得に有効な可能性があることを示唆している。

更に、3つの攻撃場面それぞれの攻撃効果への貢献に差があるかを分析した結果、「インサイドプレー」、「コンフォートプレー」、「回り込みフォアハンドプレー」の順に攻撃効果を得られやすいことが明らかになった。前述のようなラリー時間の短縮やボールスピードの向上を鑑みると、

「インサイドプレー」が最もシンプルに相手の余裕を奪う攻撃方法として積極的に取り組まれている可能性が伺えるとしている。

2.5 統計データを用いたショット価値の可視化に関する研究

Kovalchik らは、あるショットが打球される際のプレイヤーのポジショニングと、打球の軌道をモデル化し、その後起こったプレイヤーの移動と打球の進行方向及びポイント進行を読み込ませた生成的アプローチを行うことで、そのショットにおける得点期待値を算出する手法を提案した(図 2.2)[19]。

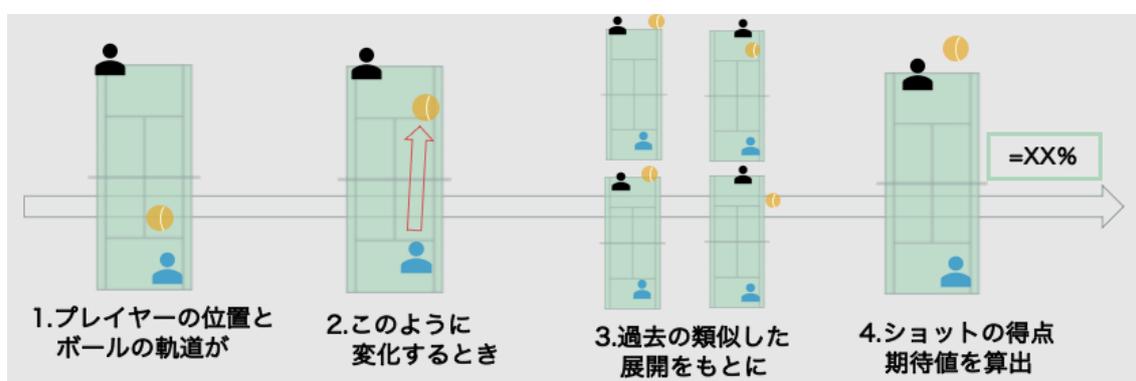


図 2.2 統計データを用いたショット価値算出のイメージ([19]をもとに著者作成)

2019 年の全米オープン及び 2020 年の全豪オープンの男女ベスト16以上の試合を抽出し、同様な場面が現れた際にどのコースに配球すると得点価値が高まるかを示すことが可能になっている。また、実際の打球と得点期待値の表を比較することで、プレイヤーのパフォーマンスやショットの戦術的価値を推測できる可能性があることを明らかにしている。この研究では対戦相手の守備能力を加味した得点期待値を抽出できることも特徴の一つである。

2.6 関連研究のまとめ

関連研究の調査から、本研究の取り組むべき課題の範囲を特定するために重要だと思われる3つの明らかになった点と、その課題点を述べる。

1つ目は、映像による振り返りと、統計データやトラッキングデータなどの分析を紐付けることで振り返り指導の効果を高める可能性がある点である。しかし、攻撃戦術の評価においては、紐付けに最適な分析手法が構築されていない可能性がある。

2つ目は、攻撃効果を得やすい打球場面の頻度に注目することで効率的に攻撃戦術についての指導が行える可能性がある点である。一方で、これらの評価指標は、「回り込みフォアハンドプレー」と「コンフォートプレー」が測定対象者の打球時の体勢を基準とした指標であるのに対し、「インサイドプレー」は返球動作中のボールとの距離調整の良し悪しを基準とした指標である(図 2.3)。

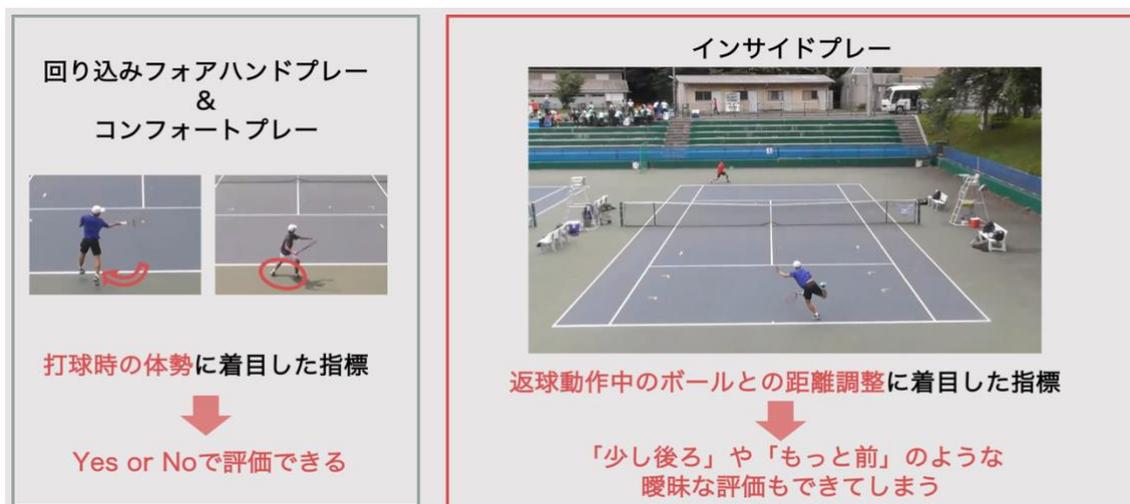


図 2.3 攻撃場面とされる3つの指標における評価の観点の違い

このことから、「インサイドプレー」の評価においては、分析手法の構築に更なる工夫が必要であると考えられる。

3つ目は、統計データによるモデリングによって、どのショットがどの程度ポイント獲得に有効であったかを示せる可能性がある点である。これを応用すれば、得点期待値のシミュレーション結果をもとにポジショニングの改善提案を行うことができる。しかし、この分析手法では、実際のプレー場面において、ポジショニングの変更が可能な時間的余裕がプレイヤーにあったかまでは把握することが難しい。そのため、プレイヤーにとっては対戦相手が打球してから自分が返球するまでのどのシーンにインサイドへ動くチャンスがあったのかを知ることができず、具体的なプレーの改善につなげられない可能性がある(図 2.4)。

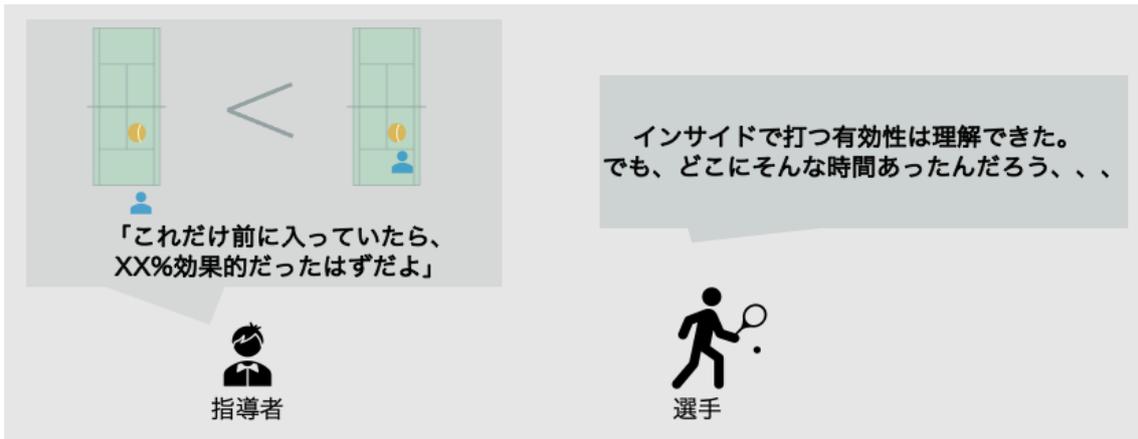


図 2.4 得点期待値による戦術指導を用いてもプレーヤーの納得感に繋がらないパターンイメージ

これらを踏まえ、次章では本研究の位置付けを論じた後、提案手法を述べる。

第3章 提案

3.1 研究の位置付け

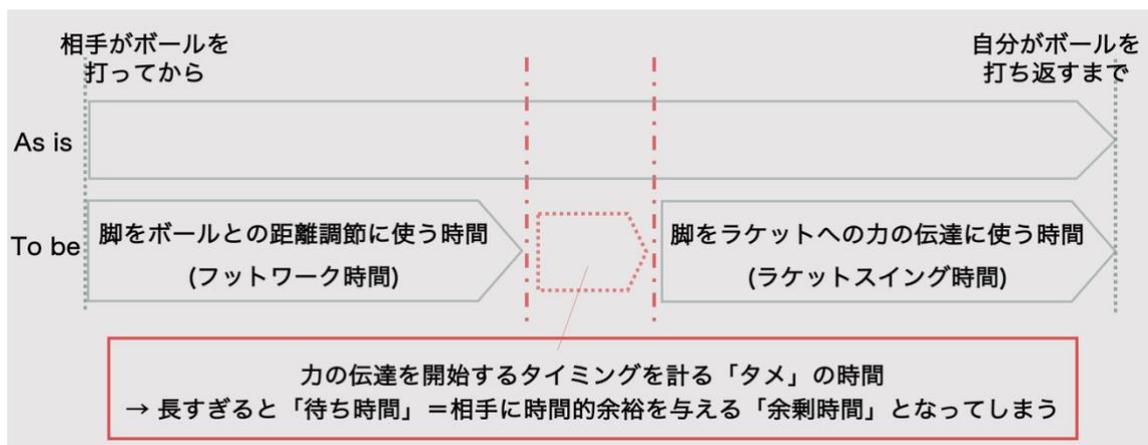
本研究の目的は、テニスプレーヤーの攻撃戦術実行頻度及び実行意欲を向上させる分析指標を加えることで、振り返りの効果を高めることである。この目的を達成するため、本研究では分析及び評価が特に難しいと考えられるインサイドプレーに焦点を当て、対戦相手が打球を行ってから、評価対象のプレーヤーが返球するまでのどの場面に具体的にインサイドへ動けたはずの時間的余裕があったのかをプレーヤーに映像とともに示すような動作分析手法を提案する。

3.2 返球動作中の余剰時間提示手法の提案

3.2.1 提案手法のコンセプト

これまでの議論をもとに、本研究ではプレーヤーの返球動作を細分化し、それぞれの動作に用いられた時間を測定することで、インサイドへの移動に使用できたはずの余剰時間をプレーヤーに提示する手法を提案する。

提案手法のコンセプトを図 3.1 に示す。



本手法の特徴は、これまでショット時間として一律に分析されることが多かった返球動作に使用された時間を、プレーヤーの足の運動用途に着目することで、3つの時間に分類している点である。

1つ目は「脚をボールとの距離調節に使う時間」である。この時間は相手の打球に追いつき、自分の返球ポジションと返球体勢を確定させることを目的とする時間であり、大股小股の差はあれど、脚は常にボールとの距離調節を行なっている。この動作は、テニスでは「フットワーク」と呼ばれることも多い。

2つ目は「脚をラケットへの力の伝達に使う時間」である。自分の方に向かって飛んでくるボールを逆方向へ弾き返すためには、ラケットとボールが接触するインパクトの瞬間に強い力が必要となる。この力を生み出すためには、脚で地面を強く蹴り、その反動でラケットを加速させていく技能が重要であるとされている。つまりこの段階では脚はボールとの距離調節を終了し、ラケットへの力の伝達に使用用途を切り替えることが理想であると考えられる。このような動作は、テニスでは「運動連鎖」という言葉が用いられることが多い。

3つ目は「力の伝達を開始するタイミングを測る『タメ』、『待ち』の時間」である。この時間は前述の2つの時間の間にある時間であり、脚の用途を距離調整から力の伝達に切り替えるための移行時間と捉えることもできる。脚の蹴り出しのタイミングを調整するこの時間はわずかではあるが、プレーヤーそれぞれの理想的なスイングを実現するために非常に重要な時間である。しかし、戦術的観点から見ると、この時間が長すぎることは対戦相手の時間的余裕を増加させ、攻撃の機会を損なう「余剰時間」になりかねないと考えられる。本手法ではこの時間を可視化し、プレーヤーに提示するための振り返り手法を提案する。

現状、このような観点で返球動作を細分化し、攻撃戦術の指導に用いる手法が確立されているとは言い難く、本研究の新規性、独自性であると考える。

3.2.2 提案手法を用いたシナリオ

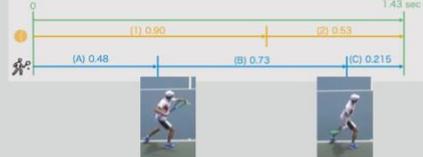
本手法を用いる際の理想的なシナリオを図 3.2 に示す。プレーヤーは、ミスへの恐怖心などから早期にスタンスを確保し、コート後方に到達するまでに減速したボールを安全に強打することを好む場面が実際の指導場面で多く見られる。このようなプレーヤーはインサイドプレー及び攻撃戦術の有効性は理解していても、自身の返球動作の中に余剰時間があるとは思っておらず、指導者の指導に対して現実味を感じていない場合もある。本手法はこのような指導者とプレーヤーの認識の齟齬を、返球動作に用いた時間を測定分析することで改善することができると思う。以上のような特徴を持った戦術指導手法は確立されているとは言い難く、本研究の新規性、独自性であると思

える。

提案シナリオ

13

①  「ミスしないように、うまくボールをコントロールできた気がする」

②  「このショットはスタンス確定とスイング開始の間に**0.73秒**もあったね。もっと相手の時間的余裕を奪えたかも？」
指導者

③  「動作が細分化されたおかげで無駄な時間が一目でわかる！次はもう一歩インサイドに入ろう！」

0.5秒の余剰時間削減

↓

攻撃戦術の実行頻度 & 意欲向上



図 3.2 本手法が実現したいシナリオ

第4章 返球動作中の余剰時間を用いた振り返り手法の設計

4.1 提案手法の構成要素

本研究が提案する振り返り手法を構成する要素について述べる。

4.1.1 提案手法の構成要素(ハードウェア面)

図 4.1 は、提案手法におけるハードウェア面での構成要素を示したものである。

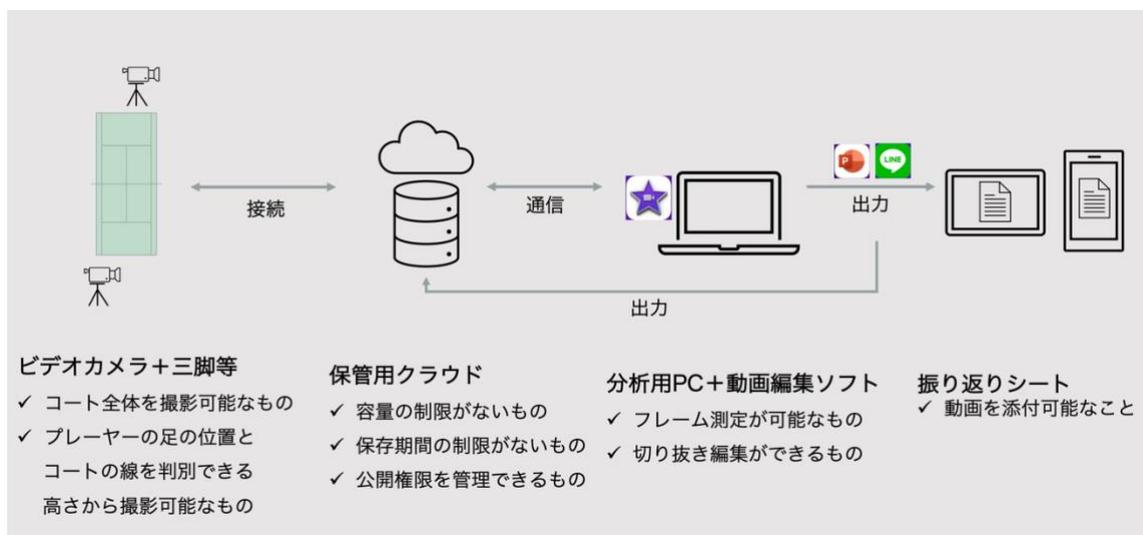


図 4.1 提案手法の構成要素(ハードウェア面)

(1)ビデオカメラ及び三脚等

これらは、測定対象者のプレーを撮影するために使用する。

ビデオカメラはボールの軌道とプレーヤーの動作を目視で確認できるように、360p 以上の解像度で撮影できるものが望ましい。

また、ビデオカメラの撮影範囲にコート全体を収め、コート内のラインやネットと、測定対象者の動作が被らないようにするために、三脚やビデオ台を用いて高い位置から撮影するようにする。

(2)保管用クラウド

測定したプレーを記録し、保管するために使用する。

テニスの試合は時間制限がないため、プレー動画の容量が大きくなることが予測される。そのた

め、容量の制限がないものを使用することを推奨する。また、保存期間の制限がないもの、公開権限を制限できるものであると更に動画の管理や指導時の運用が容易であると考える。

(3) 分析用 PC 及び動画編集ソフト

保管用クラウドからプレー動画をダウンロードし、動画編集ソフトを用いた動作時間分析を実行するのに使用する。

動画編集ソフトは動画のフレーム移動もしくはフレーム間測定が可能なものを選択する。加えて、切り抜き動画を作成できるものを使用するようにする。

(4) 振り返りシート

振り返り指導を行う際に、プレーヤーに提示する最終アウトプットである。

切り抜き動画を使用するため、動画ファイルを再生できる必要がある。

4.1.2 提案手法の構成要素(ソフトウェア面)

図 4.2 は、提案手法におけるソフトウェア面での構成要素を示したものである。

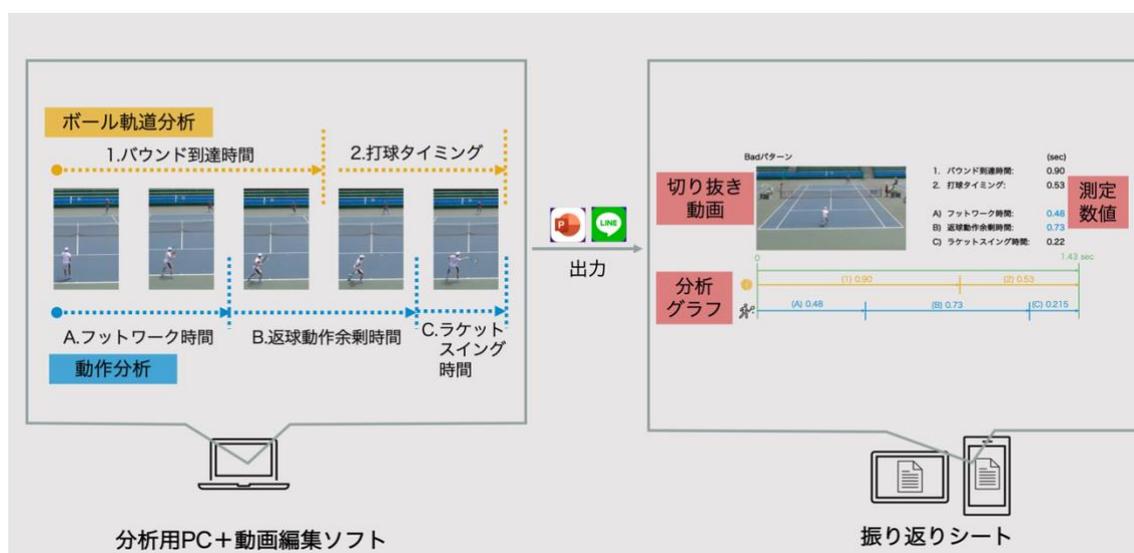


図 4.2 提案手法の構成要素(ソフトウェア面)

(1)分析用 PC を用いた動画編集ソフトによる動作時間分析における5つの測定項目

プレー動画の動作時間分析では、5つの項目について測定する。5つの項目とは、「1. バウンド到達時間」、「2. 打球タイミング」、「A. フットワーク時間」、「B. 返球動作余剰時間」、「C. ラケットスイング時間」である。それぞれの測定項目の定義、測定手法については 4.3 以降で説明する。

(2)振り返りシートに掲載する3つの要素

振り返りシートは主に3つの要素から構成される。3つの要素とは、「切り抜き動画」、「測定数値」、「分析グラフ」である。それぞれの要素の定義、作成手法については 4.4 で説明する。

4.2 提案手法の運用プロセス

本手法の大きな運用プロセスを図 4.3, 図 4.4 に示す。図 4.3 は分析者、指導者視点の運用プロセス、図 4.4 はプレーヤー視点での運用プロセスを示している。

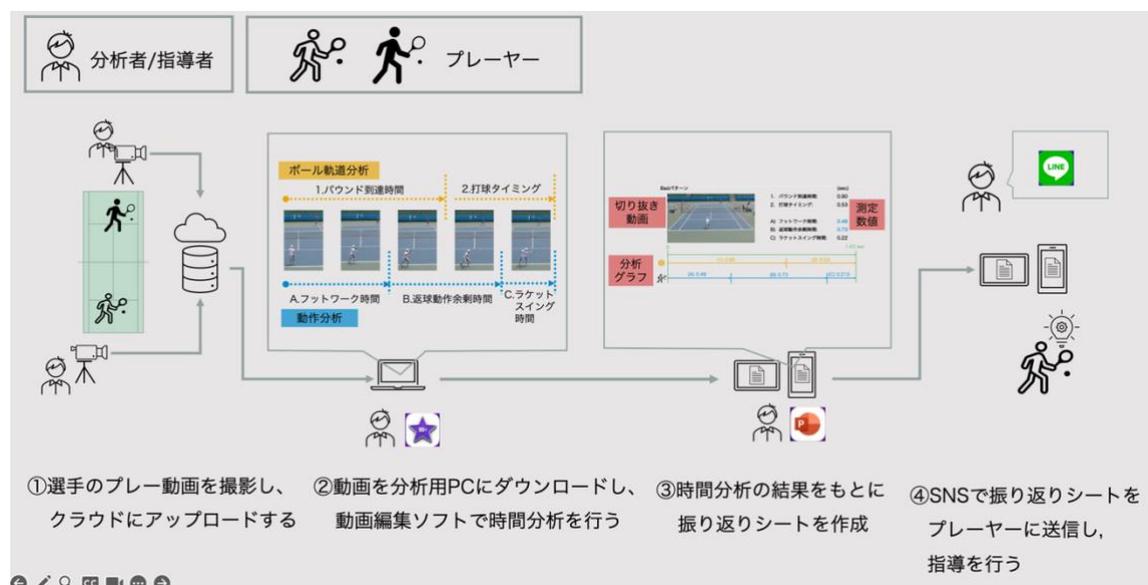


図 4.3 返球動作中の余剰時間提示手法の運用プロセス(分析者、指導者視点)

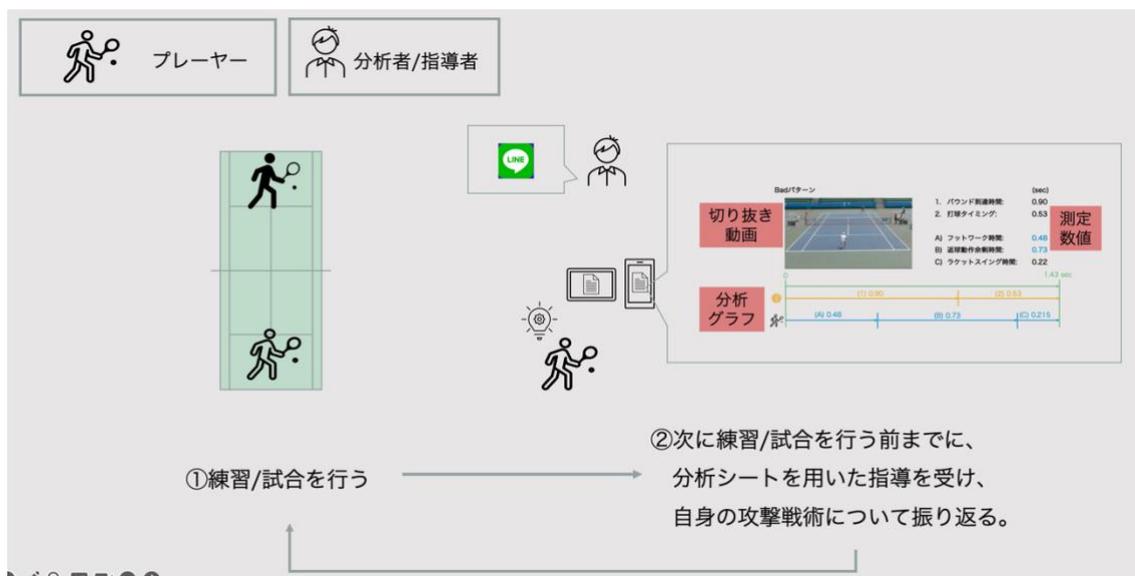


図 4.4 返球動作中の余剰時間提示手法の運用プロセス(プレーヤー視点)

本手法ではまず、プレーヤーのプレー中の動画を定点カメラで撮影し、それをクラウド上に保存する。これを指導者が PC に取り込み、返球動作に使用した時間を分析することで、インサイドへ動ける時間的余裕がプレーヤーにあったのか検討する。その後、指導者が選出したショットの映像のみを抽出した切り抜き動画を用いて、良いパターンと悪いパターンを提示することでプレーヤーのインサイドプレーへの意識向上を促す。

次項からは、本提案手法を実現するための具体的な測定項目、測定手法、振り返り手法について述べる。

4.3 測定項目の定義

4.3.1 測定項目の概要

本手法の目的は、インサイドプレーの実行頻度及び実行意欲向上のために、返球動作中のフットワークに使用できたはずの余剰時間を測定し、実際のプレー動画とともに提示する指導手法を設計することである。本項では、プレーヤーの返球動作をどのように分析することで余剰時間を可視化しようとしているかについて述べる。本研究では、プレーヤーの返球動作とボールの軌道を5つの指標に細分化することで、余剰時間を定義する。具体的な測定項目を表 4.1 に示す。

表 4.1 返球動作分析における測定項目

No.	測定項目	概要
1	バウンド到達時間	対戦相手が打球してから、ボールがコートにバウンドするまでの時間
2	打球タイミング	ボールがバウンドしてから、ラケットにボールが当たるまでの時間
A	フットワーク時間	対戦相手が打球してから、測定対象のプレーヤーのスタンスが確定するまでの時間
B	返球動作余剰時間	フットワーク時間が終了してから、ラケットスイングが開始されるまでの時間
C	ラケットスイング時間	ラケットスイングが開始されてから、ラケットにボールが当たるまでの時間

各測定項目の詳細と測定する理由については次項以降に論じる。

4.3.2 各測定項目の関係性

各測定項目の関係性についてまとめたものが図 4.5 である。

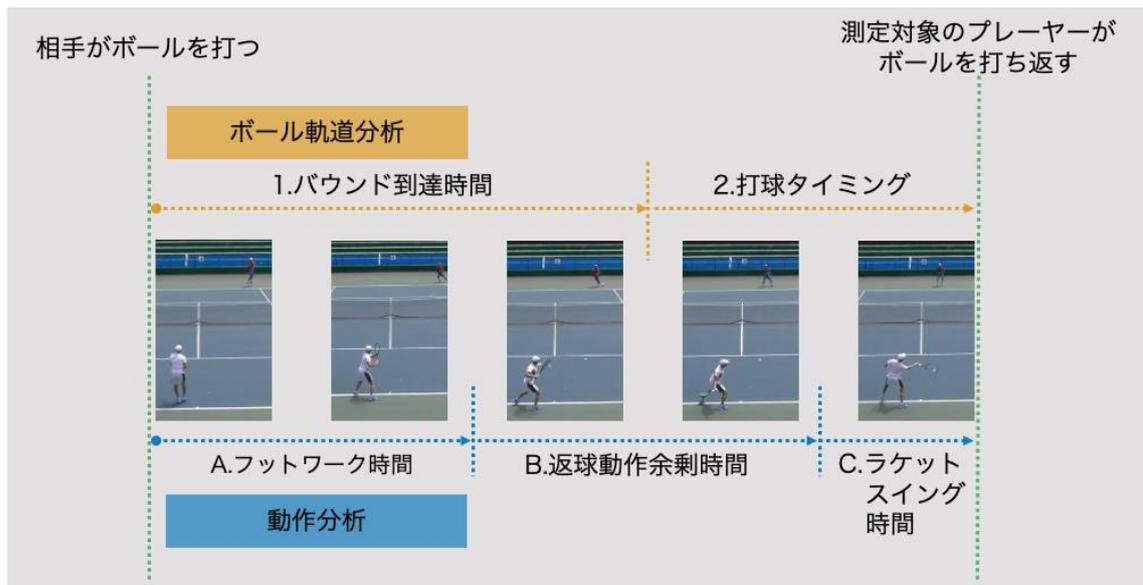


図 4.5 各測定項目の関係性

それぞれの測定項目はボールの軌道を基準にした測定項目と、プレイヤーの返球動作を基準にした測定項目の2種類がある。

ボールの軌道を基準にした測定項目は「バウンド到達時間」と「打球タイミング」である。対戦相手がボールを打った時点から「バウンド到達時間」が始まる。「バウンド到達時間」終了後、「打球タイミング」が始まり、測定対象者のラケットにボールが当たった時点で終了する。

プレイヤーの返球動作を基準とした測定項目は「フットワーク時間」、「返球動作余剰時間」、「ラケットスイング時間」の3項目である。まず、対戦相手がボールを打った時点から「フットワーク時間」が始まる。「フットワーク時間」終了後、「返球動作余剰時間」、「ラケットスイング時間」の順で測定され、測定対象者のラケットにボールが当たった時点で「ラケットスイング時間」が終了する。

次項からは、それぞれの測定項目の詳細な定義と測定方法について述べる。

4.3.3 バウンド到達時間

バウンド到達時間は、対戦相手のラケットでボールが打球されてから測定対象者のコートにボールがバウンドするまでの時間のことを言う(図 4.6)。バウンド到達までの時間は対戦相手の打球スピードに概ね依存する。そのため、この項目は測定対象のプレイヤーが返球する際に使用できる時間がどの程度あったのかを知る指標になる。

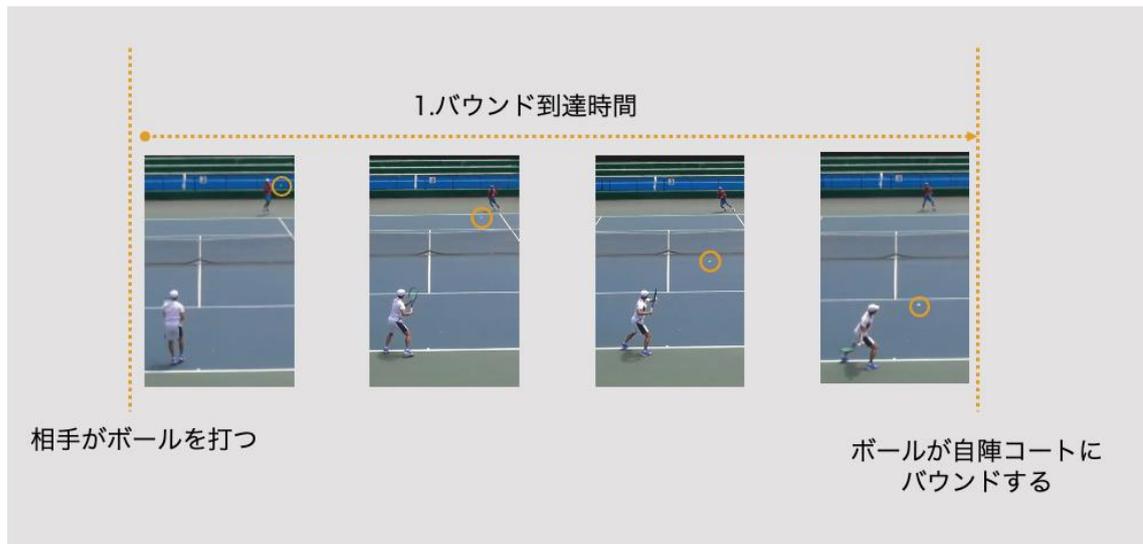


図 4.6 バウンド到達時間のイメージ

4.3.4 打球タイミング

打球タイミングは、対戦相手からの打球が測定対象のプレーヤーのコートにバウンドしてから、プレーヤーのラケットにボールが当たるまでの時間のことを言う(図 4.7)。バウンド到達時間と同様、この項目を測定することで対戦相手の打球がどのようなボールで、返球にどの程度時間的余裕があったかを知ることができる。加えて、グラウンドストロークにはライジングと呼ばれるバウンド直後に返球を行うショット技術も存在しており、打球が一度目のバウンドをしてから無効返球となる二度目のバウンドまでのどの段階で打球するかは戦術選択の重要な要素である。バウンド後早いタイミングで返球を行うためには一度目のバウンド以前にラケットスイングが開始されている必要があり、これは返球準備動作が早期に完了しており、プレーヤーに時間的余裕が十分にあったことを意味する。このことから、この項目を測定することで、測定対象のプレーヤーがどの程度事前に返球準備を完了していたかを推測することができる。

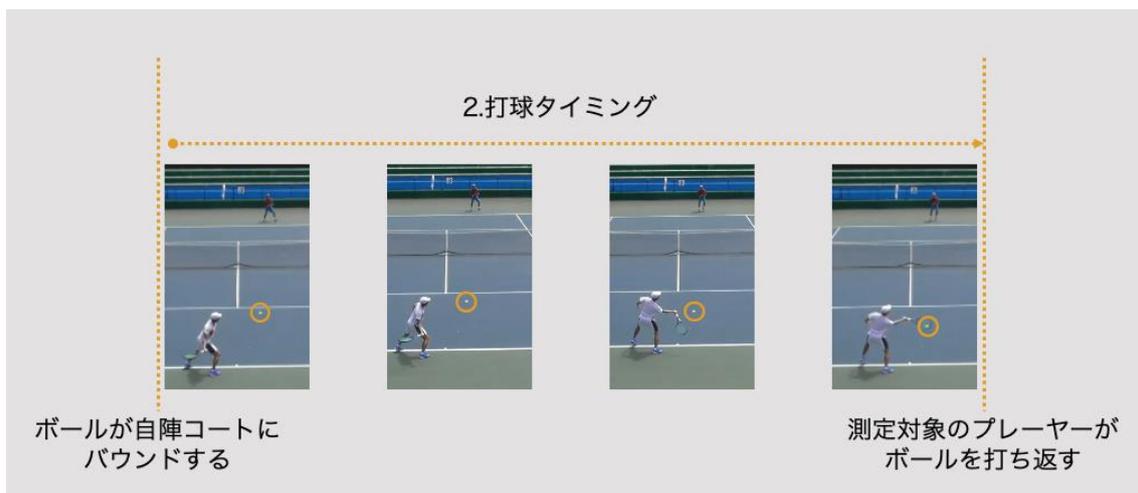


図 4.7 打球タイミングのイメージ

4.3.5 フットワーク時間

フットワーク時間は、対戦相手からショットが放たれたタイミングを移動開始とし、移動開始から返球のためのスタンスが確定するまでの時間のことを言う(図 4.8)。テニスにおけるスタンスとは、返球のためのラケットスイングが開始された際の両足の置き位置のことである。スタンスが確保されるまでの時間は両足を対戦相手の打球に対する移動に使っており、スタンスが確保された後はラケットスイングに力を伝えるための運動に両足を使うため、スタンス確保以降は大幅な打球位置の変更を行うことはできない。このことから、本研究ではフットワーク時間終了のタイミングを、ラケットスイングの回転軸となる足(右利きのフォアハンドストロークであれば右足、バックハンドストロークであれば左足、左利きはその逆)がプレーヤーのラケットにボールが当たるまでの最後に地面に接したタイミングとした。インサイドプレーを行う際には、プレーヤーはこのフットワーク時間のうちにインサイドへの移動を完了している必要があるため、この項目の分析はプレーヤーのインサイドプレーへの意識やフットワークの指導において非常に重要な指標であると考えられる。

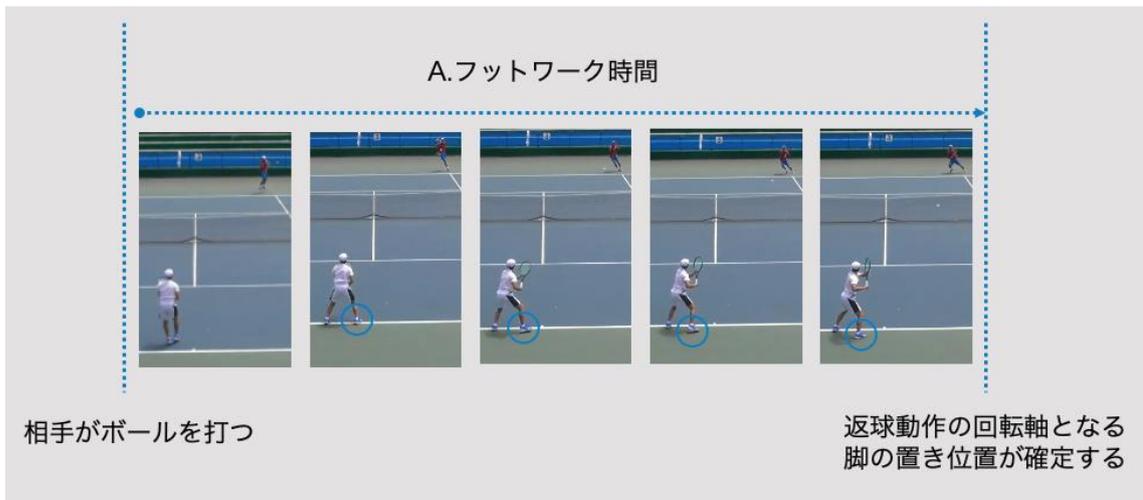


図 4.8 フットワーク時間のイメージ

4.3.6 返球動作余剰時間

返球動作余剰時間は、測定対象のプレーヤーのフットワーク時間が終了してから、ラケットスイングが開始されるまでの時間のことを言う(図 4.9)。フットワーク時間が終了すると、インサイドへの移動が不可能であることから、フットワーク時間の終了とラケットスイングが開始されるまでの時間が長すぎることは、インサイドプレーを行うチャンスを失っている状態であると考えることができる。本手法はこの時間を返球動作中に隠されていたインサイドへ移動できたはずの余剰時間と捉え、プレーヤーに提示することでインサイドプレーへの意識向上を目指すことが大きな特徴の一つである。

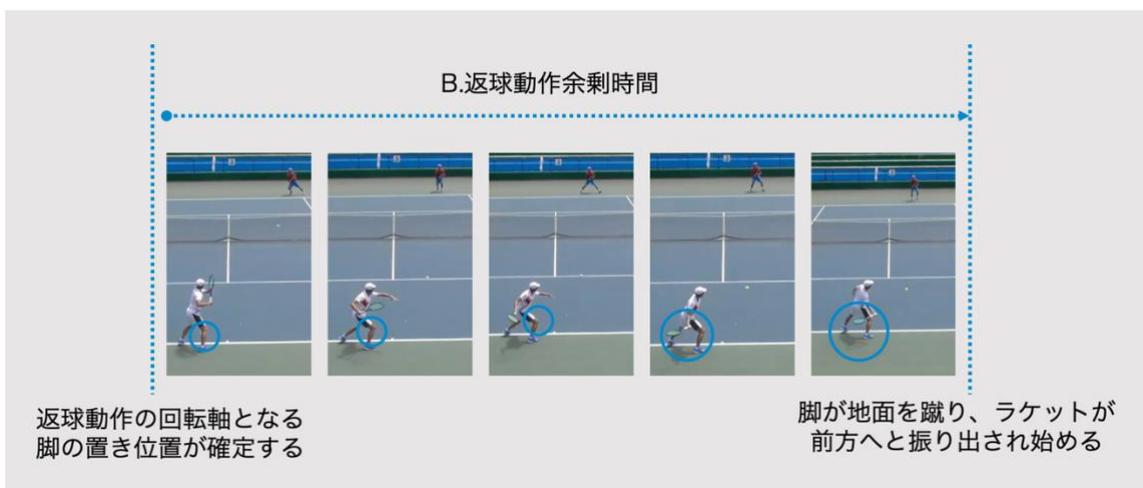


図 4.9 返球動作余剰時間のイメージ

4.3.7 ラケットスイング時間

ラケットスイング時間は、測定対象のプレーヤーのラケットスイングが開始されてからラケットとボールが接着するまでの時間のことを言う(図 4.10)。この時間が十分に確保されていない場合には、インサイドへの移動やスタンスの確保が適切であっても、ボールに力が伝えられず、ショットの威力やコントロールを損なう必要がある。また、プレーヤーの技術レベルやスイングの特徴によってもラケットスイングの時間は変わってくるため、この項目に留意しながらフットワーク時間及び返球動作余剰時間を用いた戦術指導を行う必要がある。

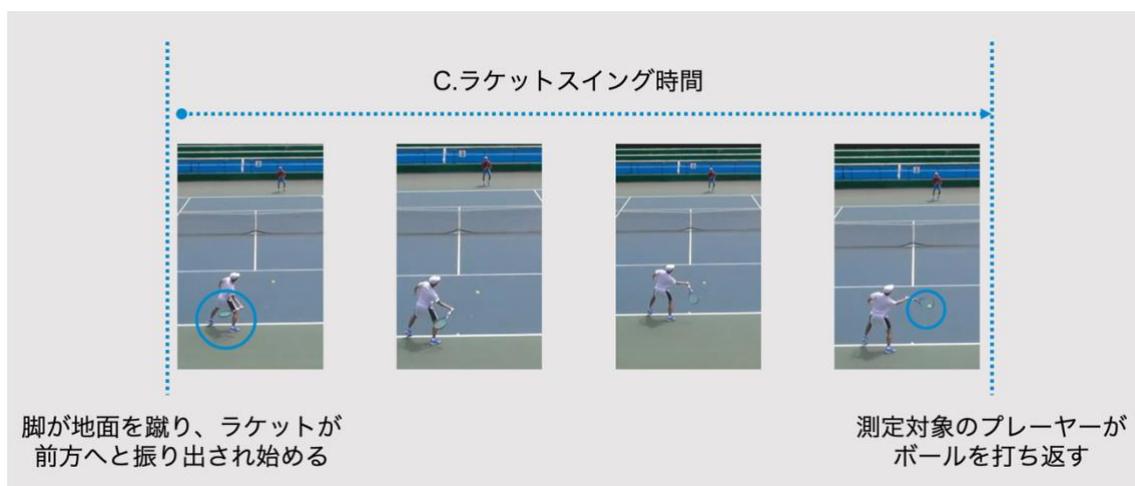


図 4.10 ラケットスイング時間のイメージ

4.4 本手法の手順

提案手法は以下の手順で運用される。

4.4.1 プレーヤーのプレー動画撮影と管理の手順

(1) 動画の撮影

ビデオカメラを用いてプレー動画を撮影する。図 4.11 は撮影するプレー動画のイメージ、図 4.12 は、実際にプレー動画の撮影に用いられているビデオカメラとカメラ台である。



図 4.11 プレー動画のイメージ



図 4.12 ビデオカメラ設置の様子

(2) 撮影動画の保存と管理

撮影された動画は、クラウド上にアップロードし、指導者とプレーヤーが同時に保存、及び視聴できるようにする。その際、予め動画管理用のアカウントを作成し、URLを知っている者のみが閲覧できる「限定公開」の形でアップロードする点に留意する。本研究では YouTube Live を用いたライブ

配信のアーカイブを YouTube Studio 上で管理する手法を用いた(図 4.13).

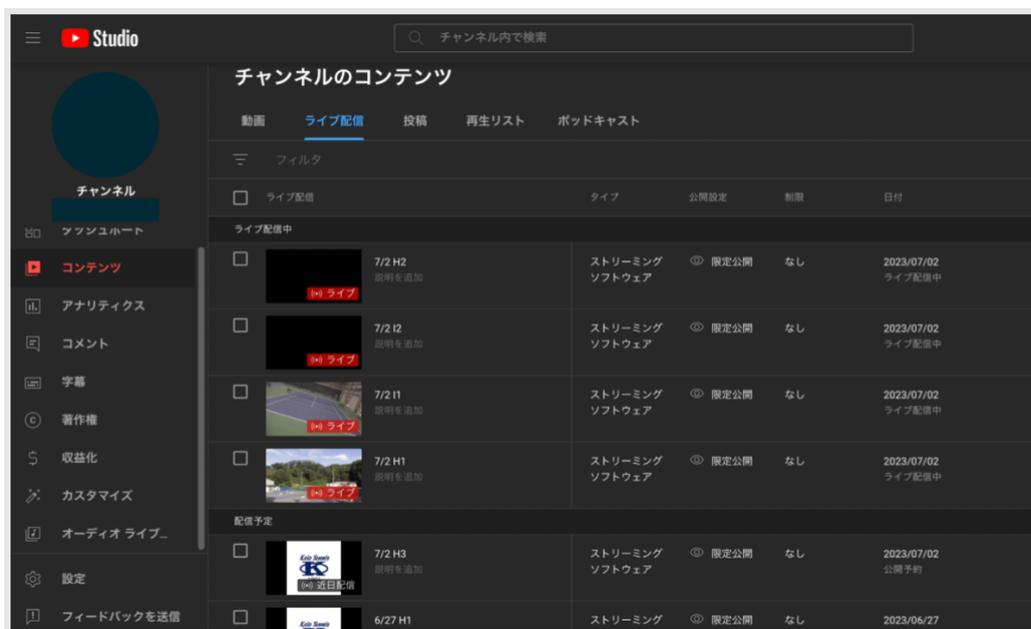


図 4.13 YouTube Studio を用いた動画管理

4.4.2 返球動作の時間分析の手順

(1) 動画のダウンロードと動画編集ソフトへのアップロード

クラウドに保存された動画を分析担当の指導者が個人の PC にダウンロードする。その後、動画編集ソフトに動画をアップロードし、測定環境を構築する。この際、区間測定ができるソフトを選ぶと測定が容易である。本研究では Mac OS に標準搭載されている iMovie を使用した。

(2) 時間測定を行うショットの選定

次に、時間測定を行う必要のあるショットを選定する。本研究で時間測定を行うべきプレーはインサイドプレーを行えたショットと、インサイドプレーを行えた可能性があったにもかかわらず早期にスタンスを確定してしまったためにコート後方で打球してしまったショットが測定対象である。これを踏まえて、本手法では、測定対象とする基準について、以下の 2 種類を設けた。

①測定対象のプレーヤーのラケットにボールが当たった瞬間に、プレーヤーの両足がベースラインよりコート内部にある場合(図 4.14)



図 4.14 インサイドプレーとして測定するショットの例(ラケットにボールが当たった瞬間)

本研究ではこのような打球状況を「インサイドプレー」と呼称する。このような打球状況の頻度を増加させることが本研究の目的の一つである。

②測定対象のプレーヤーが返球を終えた後、新たに足が地面に接着した瞬間に、少なくとも片方の足がベースラインよりも前方に位置していた場合(図 4.15)

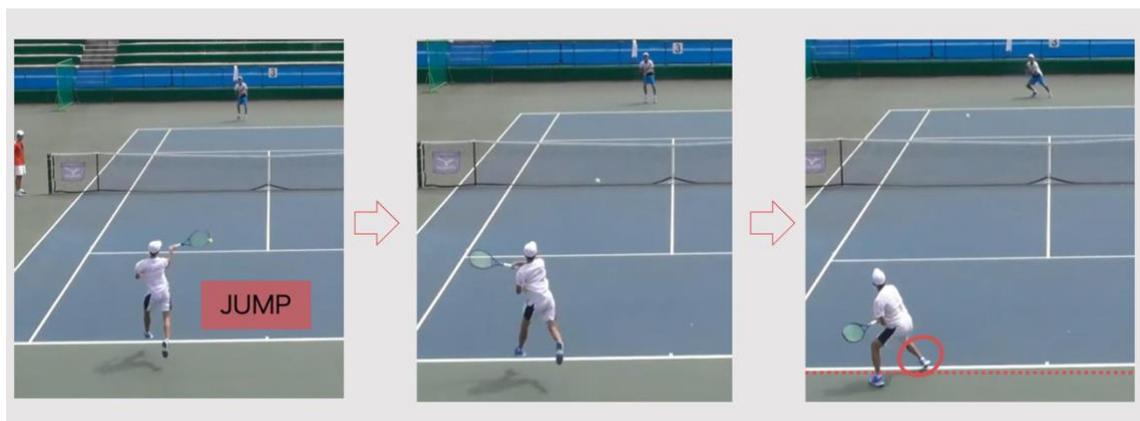


図 4.15 インサイド外プレーとして測定するショットの例(打球後新たに足が地面に接着した瞬間)

本研究ではこのような打球状況を「インサイド外プレー」と呼称する。この基準は主に守備的な打球方法を選択せざるを得なかった場面と、余裕を持って打球できていたものの、ベースラインよりも

かなり後方から打球しておりインサイドプレーが見込めなかった場面を除外する基準となる。

テニスにおいて、時間的余裕のあるショットでは、蹴り出しに使用した後方の足が前方の足を追い越すほど体全体を大きく回転させて力を生み出す打球方法や、ジャンプ動作を行いながら打球する打球方法を選択する場合も少なくない。そこで本手法では測定対象のプレーヤーのラケットにボールが当たった場面と、打球後新たにどちらかの足が地面に接着した場面のどちらかの場面にベースラインを超えてコート状に足が置かれていたかを時間測定の対象とするか否かの基準とした。

以上の2つの基準をもとに、時間測定を行うショットを分類する。その後、基準を満たしたショットの返球動作時間分析を行う。

(3)時間測定

4.3で定義した測定項目と基準をもとに、測定対象となるショットの時間分析を行う。本研究ではまず、動画編集ソフトの1フレーム移動を用い、それぞれの測定項目の基準に当てはまる時間のフレーム数を記録した。本研究で使用した動画は全て30フレーム毎秒のものであったため、記録したフレーム数に0.033を乗算することで、秒数に改めた値を算出した。有効数字は小数第2位とした。60フレーム毎秒の動画を使う際には、フレーム数に0.017を乗算して算出することを推奨する。時間測定のイメージを図4.16に、実際の測定風景を図4.17に示す。

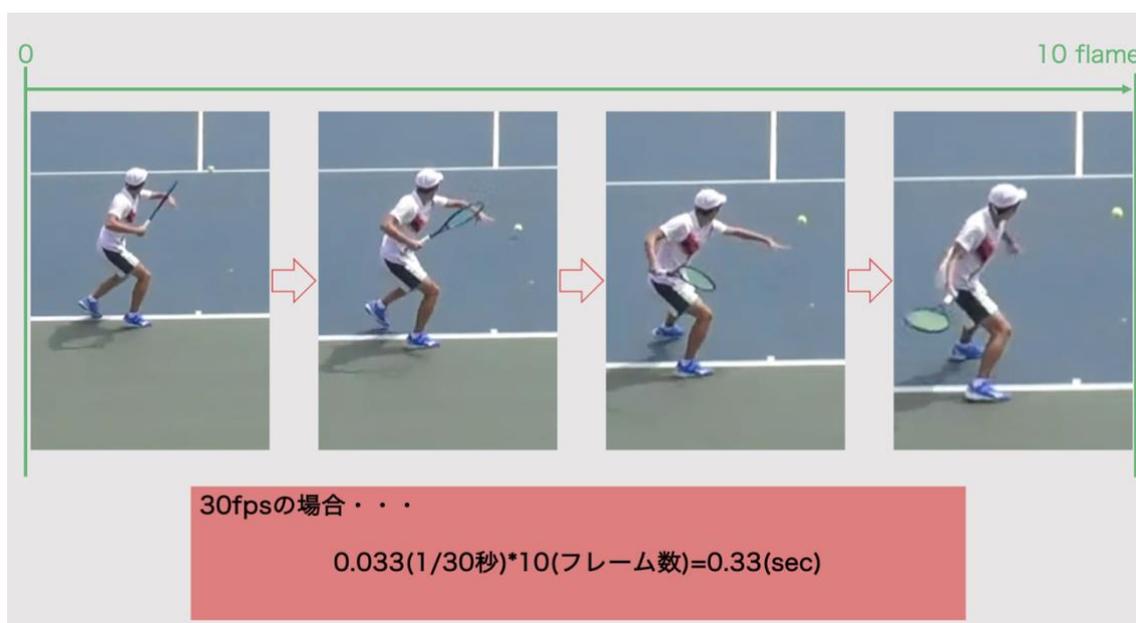


図 4.16 1フレーム移動を利用した時間計測のイメージ

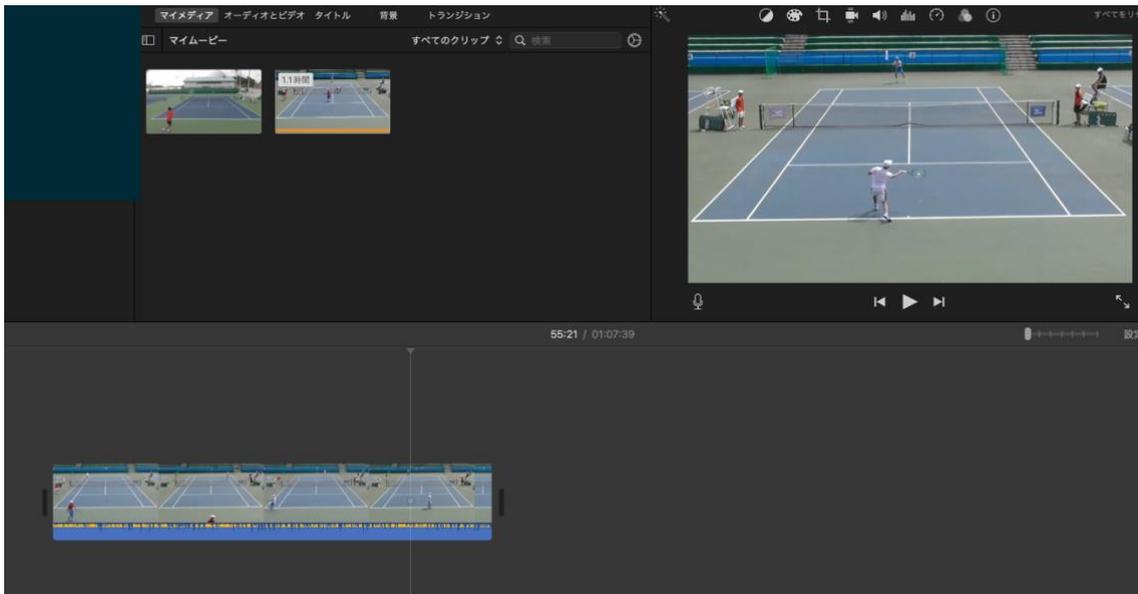


図 4.17 動画編集ソフトを用いた動作時間計測のイメージ

(4) 攻撃効果の有無の推定

測定対象としたショットが対戦相手に対して攻撃効果を与えたか否かを確認し、分類する。2.4 で述べたように、北村の研究によって攻撃性が高くポイント獲得に特に貢献する打球場面が「コンフォートプレー」、「インサイドプレー」、「回り込みフォアハンドプレー」であることが明らかになっている [18]。このことから、対戦相手の打球状況がこれらの打球場面のいずれにも該当しない場合は測定対象者のショットが対戦相手が攻撃場面に到達する時間的余裕を奪ったと考えられることから、「攻撃効果あり」に分類するようにした(図 4.18)。逆に、上記の3場面のどれか1つでも該当する打球場面が見られた場合には「攻撃効果なし」に分類した。

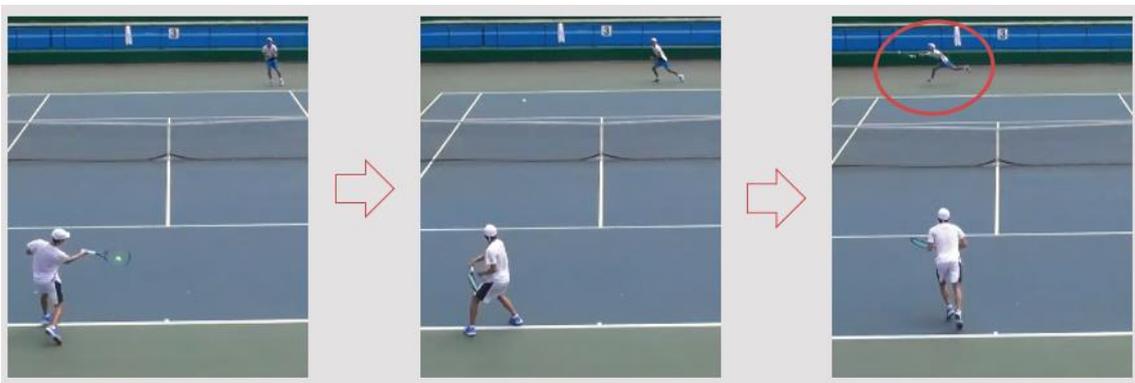


図 4.18 測定対象者のショットが「攻撃効果あり」と判定されるような対戦相手の打球状況の例

4.4.3 振り返りシートの作成とそれを用いた戦術指導の手順

(1) 良いパターンと悪いパターンの選定

4.4.2 で選定した測定対象ショットの中から、プレーヤーに提示するための良いパターンと悪いパターンを選定する。選定は指導者もしくは分析者が行う。良いパターンは主にインサイドプレーが達成されており、かつプレーヤーの打球が対戦相手に攻撃効果を与えた場面から選ばれる。逆に悪いパターンは、返球動作余剰時間が極端に長いもしくは短く、打球の攻撃効果が認められなかったショットの中から主に選択される。この後には両パターンを比較した情報をプレーヤーに提供する。その際プレーヤーの納得感を高めるために、パターンが複数選ばれた場合には、フォアハンド、バックハンド等の打球方法やコート左右の打球位置が類似しているパターンを比較対象とする。

指導者がパターンの選定をおこなった場合には、その内容を分析者に伝える。分析者はその情報をもとに切り抜き動画の作成に移る。

(2) ショットの切り抜き動画の作成

良いパターン、悪いパターンの切り抜き動画を作成する。ここで言う切り抜き動画とは、ラリーの中から、対戦相手が打球してから測定対象のプレーヤーが返球し、再び対戦相手が打球するまでをクリップした1ショットの動画のことである。分析者は動画編集ソフトを使い、各パターンのショット動画を作成する。

(3) 振り返りシートの作成

分析者はこれまで行ってきた分析情報を振り返りシートとしてまとめる。振り返りシートは動画を再生できるようパワーポイント形式で作成し、4 ページ構成である。

図 4.19 は振り返りシートの 1 ページ目のイメージである。ここでは、悪いパターンの動画とそのショットに対する時間分析の結果を示す。時間分析の結果はプレーヤーの理解を高めるため、表とグラフの両方で示すようにする。

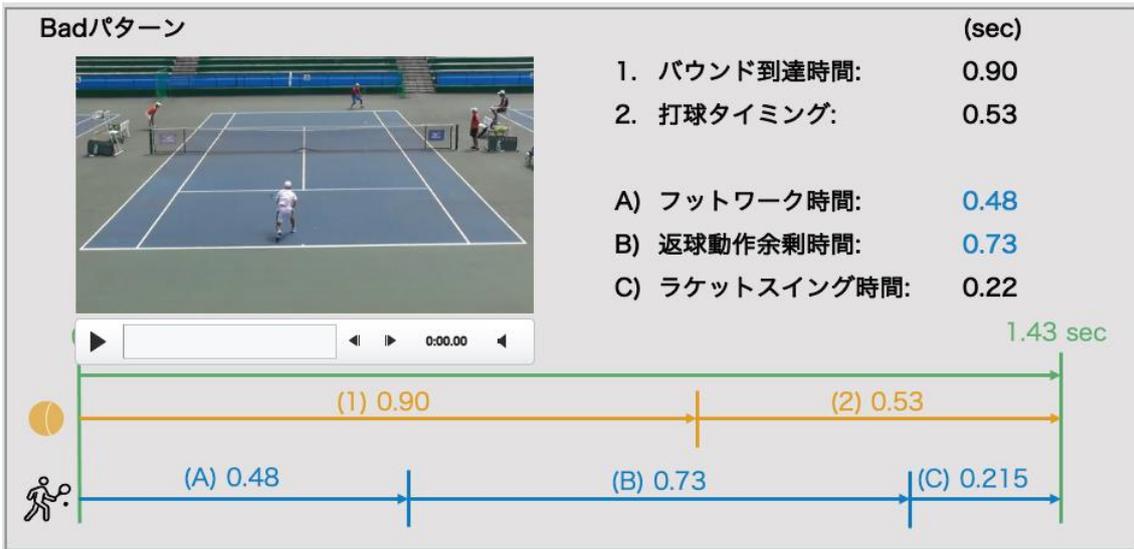


図 4.19 振り返りシートの 1 ページ目(悪いパターン)

図 4.20 は振り返りシートの 2 ページ目のイメージである。ここでは、良いパターンの動画とそのショットに対する時間分析の結果を示す。1 ページ目と同様に、時間分析の結果はプレーヤーの理解を高めるため、表とグラフの両方で示すようにする。



図 4.20 振り返りシートの 2 枚目(良いパターン)

図 4.21 は振り返りシートの 3 ページ目のイメージである。ここでは、各パターンの時間分析グラフ

を並べ、プレーヤーに返球動作に違いがあったことを客観的に示す。ページ下部には分析者がグラフから読み取れることを所感として記入する。

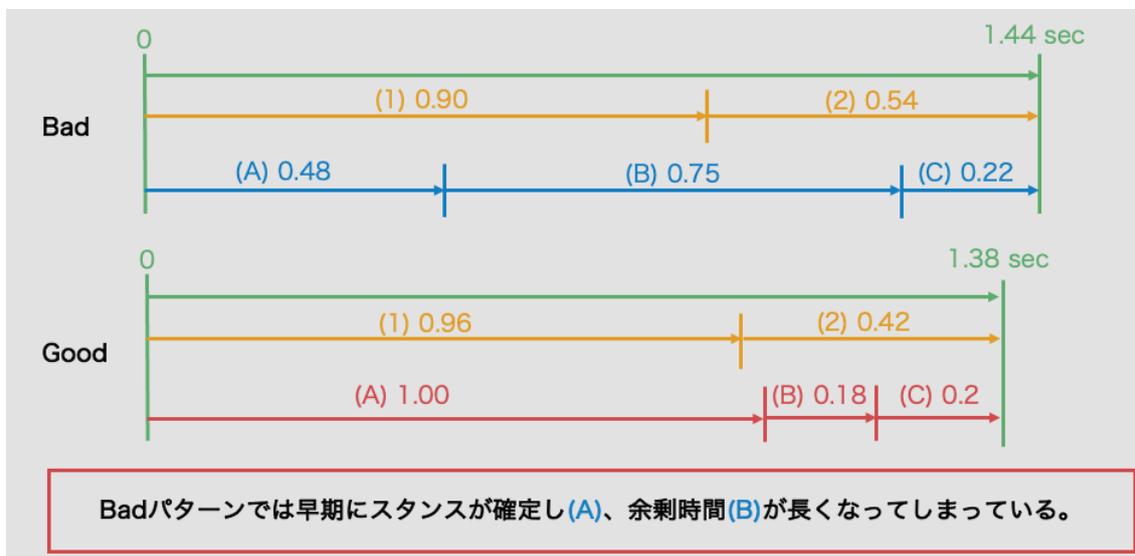


図 4.21 振り返りシートの 3 枚目 (両パターンの時系列グラフの比較)

図 4.22 は振り返りシートの 4 ページ目のイメージである。ここでは 1 ページ目と 2 ページ目に提示した各パターンの動画を並べて提示する。また、ページの下部にはプレーヤーを日常的に指導している指導者、もしくは分析者がアドバイスコメントを記入する。



図 4.22 振り返りシートの 4 枚目 (両パターンの動画比較と、分析者による指導コメント)

以上の 4 枚をまとめた振り返りシートをプレイヤーに SNS 等を通じて提供する。その後、プレイヤー、指導者、分析者による詳細説明と議論を行う。

第5章 返球動作中の余剰時間を用いた振り返り手法の評価

5.1 評価の観点と計画

本研究の目的は、「攻撃戦術の実行意欲と頻度が向上するような客観的指標を加え、映像振り返りの効果を高めること」であった。提案した「返球動作の細分化による余剰時間可視化手法」がこの目的の達成に貢献しているか確認するために、本手法のプロトタイプを用いた評価を行った。評価の観点と方法を表 5.1 に示す。

表 5.1 評価の観点と方法

評価観点	方法
検証 1. 手法の動作	1-1.プロトタイプによる実証実験 (定性)
検証 2. 手法の有用性	2-1.手法を用いた指導前後でのインサイドプレーの頻度の変化 (定量) 2-2.手法を用いた指導前後での「攻撃効果あり」と判定されたショット数の変化(定量) 2-3.プレーヤーへのアンケート(定量) 2-4.プレーヤーへのインタビュー (定性) 2-5.指導者へのインタビュー(定性)
妥当性確認 3. 手法の実装可能性	3-1.プレーヤーへのインタビュー (定性) 3-2.指導者へのインタビュー(定性)

上記の評価観点をもとに,大学生テニスプレーヤーを対象としたプロトタイプを用いた実証実験を行った。

5.2 実証実験の計画

5.2.1 実証実験の内容

(1) 実証実験の概要と手順

表 5.2 をもとに、プロトタイプを用いた実証実験を行った。実証実験の概要を表 XX に示す。尚、大学生テニスプレーヤーは以下の2つの群に分けて実証実験を行った。

表 5.2 実証実験の概要

日時	2023年7月8日～9日
対象者	慶應義塾体育会庭球部
実施場所	慶應義塾大学日吉蝮谷テニスコート 屋外ハードコート4面
対象人数	慶應義塾体育会庭球部の指導者:1名 A群(プレー映像と本手法を用いた動作分析による指導) :大学生男子プレーヤー6名 B群(プレー映像を用いた指導) :大学生男子プレーヤー6名
目的	本手法の有用性及び実装可能性を検証すること。
実験手順	<ul style="list-style-type: none">・プレーヤーは著者が設定した練習条件のもと、プレーを行う。20分を1セットとし、2回行う。その際、1回目と2回目は対戦相手を変更する。練習終了後、自身のプレーの攻撃性に関する自己評価と、対戦相手のプレーの攻撃に関する評価をアンケートを用いて行う。・実験実施者はプレーヤーの動画を撮影し、測定対象ショットの選定、攻撃効果の有無の判定を行う。その後、これらの情報を指導者に提供する。・指導者は実験実施者から提供された情報をもとに、プレーヤーの攻撃戦術に対する良いパターンと悪いパターンを各1ショットずつ選

	<p>定し、実験実施者に伝える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験実施者はA群に属するプレーヤーについて指導者が選定したショット動画について時間分析を行い、その結果を図表にまとめ、振り返りシートを作成する。B群プレーヤーに対しては、指導者が選定した両パターンのショット動画を並べたシートのみを作成する。その後、指導者は両群のシートの指導者コメント欄にアドバイスを記入する。 ・翌日、実験実施者がプレーヤーに振り返りシートをpptx形式で提供する。その際、指導者からの直接的な指導は行わないが、プレーヤーから疑問点がある場合には個別に対応する。 ・指導の後、プレーヤーは再度実験実施者が指定した練習条件のもとでプレーを行う。実験実施者はこれを撮影し、測定対象ショットの選定、攻撃効果の有無の判定を行う。 ・練習終了後、プレーヤーに前日同様のアンケートと、加えてインタビューを行う。 ・練習終了後、指導者にインタビューを行う。
<p>確認事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・提案手法が攻撃戦術実行の意欲向上に寄与するか ・提案手法が攻撃戦術を実行する頻度を高めるか

(2) 被験者の情報

被験者情報の詳細を表 5.3 に示す。慶應義塾体育会庭球部の男子チームは大まかな競技レベルの高低と大会での実績をもとに4グループに分かれており、本実験ではその中の上位2グループのプレーヤーを対象に実験参加の依頼を行った。実験参加の同意を得られた 12 名には、競技レベルが高いと考えられる順にプレーヤー番号を付与し、AB 群の分類や対戦相手の競技レベルに偏りが出ないように配慮した。プレーヤー番号を付与する際には、2022 年度関東大学テニスリーグのリーグ冊子及び全日本学生テニスランキング(2023 年7月 8 日当時のもの)を参考に行った。

表 5.3 被験者情報の詳細

被験者番号	学年	実験群	過去2年間の主な戦績(シングルス)
Player1	3	B	全国学生大会3位
Player2	4	A	全国学生大会ベスト8
Player3	2	B	全日本選手権本戦出場
Player4	4	A	関東学生大会ベスト8
Player5	3	B	全国学生大会ベスト32
Player6	3	A	関東学生大会ベスト8
Player7	1	A	全国ジュニア大会準優勝
Player8	2	A	関東学生大会ベスト32
Player9	4	B	関東学生大会本戦出場
Player10	1	B	国体少年の部4位
Player11	2	A	関東学生大会二次予選出場
Player12	1	B	神奈川県高校生大会ベスト16

(3) 実験に用いた練習の概要

被験者が行った練習内容は図 5.1 の通りである。レシーブをプレーするプレーヤーの有効返球と認められるコートの範囲が一般的なゲーム状況よりも左右1メートルずつ狭くなったコートでゲームを行う。これによりサーブをプレーするプレーヤーは非常に有利な状況でプレーすることになり、攻撃戦術を選択する機会が増加すると考えられる。本実験ではゲーム中に両者が3ポイントを取り合い、スコアが40-40になった場合には次に得点したプレーヤーがゲームを獲得するノーアドバンテージ方式を採用した。1 ゲーム終了ごとにサーブ側とレシーブ側を交代するようにし、これを15分間行った。プレーヤーには休憩を行いながら、一日に別の相手と3回、もしくは2回同じ内容の練習をプレーさせた。

➤実施内容

対象者： 慶應義塾体育会庭球部の大学生男子部員12名

実施日程： 2023年7月8日,9日

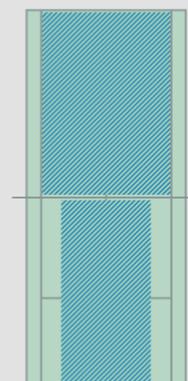
練習内容： サーバーが両側1メートルずつ幅が小さいコートでプレーする。

進行方式： スコアは通常のゲームのように進行する。15分間*3回行う。

✓翌日練習前にクラブハウスで指導の後、再度実施。

✓指導前と指導後の結果を比較検討する。

レシーブ側 



 サーブ側

図 5.1 実験に用いた練習内容のイメージ

また、対戦は競技レベルの偏りがなるべく生まれないように工夫し、以下の表 5.4, 表 5.5 に従い行った。1日目は18マッチ、2日目は Player1 と Player11 が体調不良により欠席したことから、12マッチを行った。

表 5.4 実験における対戦表(1日目)

	コート 1	コート 2	コート 3	コート 4
1 巡目	Player1 vs Player6	Player9 vs Player10	Player3 vs Player8	Player11 vs Player12
2 巡目	Player2 vs Player9	Player5 vs Player10	Player4 vs Player11	Player7 vs Player12
3 巡目	Player1 vs Player2	Player5 vs Player6	Player3 vs Player4	Player7 vs Player8
4 巡目	Player1 vs	Player6 vs	Player3 vs	Player8 vs

	Player10	Player9	Player12	Player11
5 巡目	Player2 vs Player5	Player4 vs Player7		

表 5.5 実験における対戦表(2日目)

	コート 1	コート 2	コート 3
1 巡目	Player2 vs Player5	Player9 vs Player10	Player3 vs Player8
2 巡目	Player2 vs Player9	Player5 vs Player10	Player7 vs Player12
3 巡目	Player5 vs Player6	Player3 vs Player4	Player7 vs Player8
4 巡目	Player4 vs Player7	Player6 vs Player9	Player3 vs Player12

実際の実証実験の様子を図 5.2, 図 5.3 に示す.



図 5.2 実証実験での被験者のプレーの様子



図 5.3 被験者全体への測定項目の定義及び振り向きシートの内容説明の様子

5.2.2 練習後アンケート

被験者には練習実施後にアンケートを実施した。提案手法を用いた指導前後で自身と対戦相手の変化を感じたかを調査するために、被験者及び対戦相手の攻撃戦術の出来栄えについての評価を主な質問項目とした。1日目の練習後アンケートの質問項目は表 5.6 に、2日目の練習後アンケートの質問項目は表 5.7 に示す。

表 5.6 練習後アンケート(1日目)の質問項目

カテゴリー	質問項目	回答方法
自己評価	ご自身の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
自己評価	ご自身の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【1回目に対戦した相手】の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【1回目に対戦した相手】の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【2回目に対戦した相手】の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【2回目に対戦した相手】の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【3回目に対戦した相手】の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【3回目に対戦した相手】の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄えを評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)

	側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	
感想	何か実験実施者に対してご意見ご感想があればご記入ください。	自由記述(短文回答)

表 5.7 練習後アンケート(2日目)の質問項目

カテゴリー	質問項目	回答方法
自己評価	ご自身の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
自己評価	ご自身の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【1回目に対戦した相手】の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【1回目に対戦した相手】の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【2回目に対戦した相手】の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【2回目に対戦した相手】の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【3回目に対戦した相手】の「サービス側」での攻撃戦術の出来栄を評価してください	5段階評価(1:低い, 5:高い)
他者評価	【3回目に対戦した相手】の「レシーブ側」での攻撃戦術の出来栄を評価し	5段階評価(1:低い, 5:高い)

	てください	
感想	何か実験実施者に対してご意見ご感想があればご記入ください。	回答自由(短文回答)
感想	事前の振り返り指導について、ご意見感想があればご記入ください(別途インタビューを全ての方にご協力いただく可能性があります)	回答自由(短文回答)

5.2.3 インタビュー調査

提案手法の有用性を評価するために、2日間ともに実験に参加したプレーヤー10名と、プレーヤーの指導に日常的に関わっている指導者に対してインタビューを行った。インタビュー実施の際には事前に各プレーヤーの指導前後の練習結果を分析して提示し、アンケートの回答履歴とともに提示した。指導者へのインタビューでは全てのプレーヤーの練習結果とアンケート結果を提示した。プレーヤーへの質問項目を表 5.8 に、指導者への質問項目を表 5.9 に示す。

表 5.8 実験に参加したプレーヤーへのインタビュー項目

質問番号	質問内容
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄えに変化はありましたか？
3	本実験を経て、今後どのような課題を克服し、どのような目標を達成したいですか？

表 5.9 指導者へのインタビュー項目

質問番号	質問内容
1	分析結果を見て、気づきや発見がありましたか？
2	本手法が提案する分析手法は日常的に指導に取り入れられそうですか？

3	本手法が攻撃戦術への実行意欲を高めるために、今後改善していくべきだ と思う点はありますか？
---	--

5.3 実証実験の結果

5.3.1 指導前後での結果の比較

実証実験の結果について示す。尚、各プレーヤー毎の打球状況の分析結果と、提供した振り返りシートは別紙に記載する。

本研究を評価するにあたり、2つの観点で結果を示している。1つ目は、測定対象としたインサイドプレー及びインサイドプレーには至らなかったが打球動作終了時にどちらかの足がベースラインを越えているプレー（インサイド外プレー）の頻度の変化である。2つ目はプレーヤーの打球が対戦相手の打球状況に攻撃的な効果を与えた頻度の変化である。

(1)各プレーヤー群ごとの指導前後での実験結果の比較

図 5.4 から図 5.9 は、映像と本手法による時間分析を組み合わせた振り返りを行った A 群における、指導実施前の1日目の結果と指導実施後の2日目の結果を並べて示したものである。尚、指導前後の結果の比較を目的とした全ての評価において、2日目の実験を欠席した Player1, Player11 が関係していた1日目のデータは除外している。

A群(映像+時間分析での振り返り指導)		
	1日目(指導前)	2日目(指導後)
総数	113	120
インサイドプレー	63	92
インサイド外プレー	50	28

図 5.4 A 群における指導前後での結果の数値の変化(インサイドプレー)

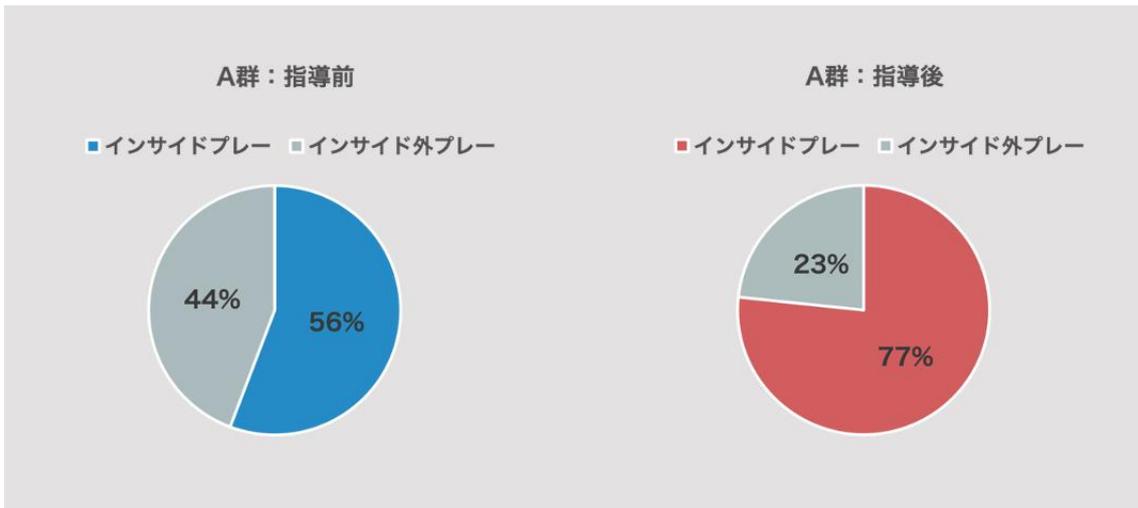


図 5.5 A 群における指導前後での結果の比率の変化(インサイドプレー)

A群(映像+時間分析での振り返り指導)		
	1日目(指導前)	2日目(指導後)
総数	113	120
攻撃効果「あり」	55	77
攻撃効果「なし」	68	43

図 5.6 A 群における指導前後での結果の数値の比較(攻撃効果)

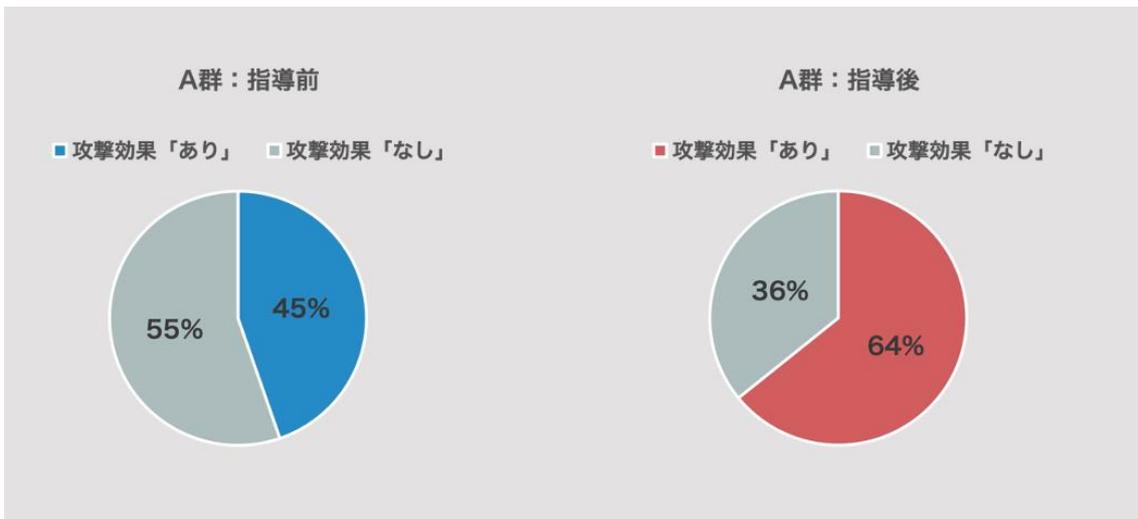


図 5.7 A 群における指導前後での結果の比率の比較(攻撃効果)

A群(映像+時間分析での振り返り指導)		
	1日目(指導前)	2日目(指導後)
総数	113	120
インサイドプレー&攻撃効果「あり」	36	71
インサイド外&攻撃効果「あり」	19	6
インサイドプレー&攻撃効果「なし」	27	21
インサイド外&攻撃効果「なし」	31	22

図 5.8 A 群における指導前後での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

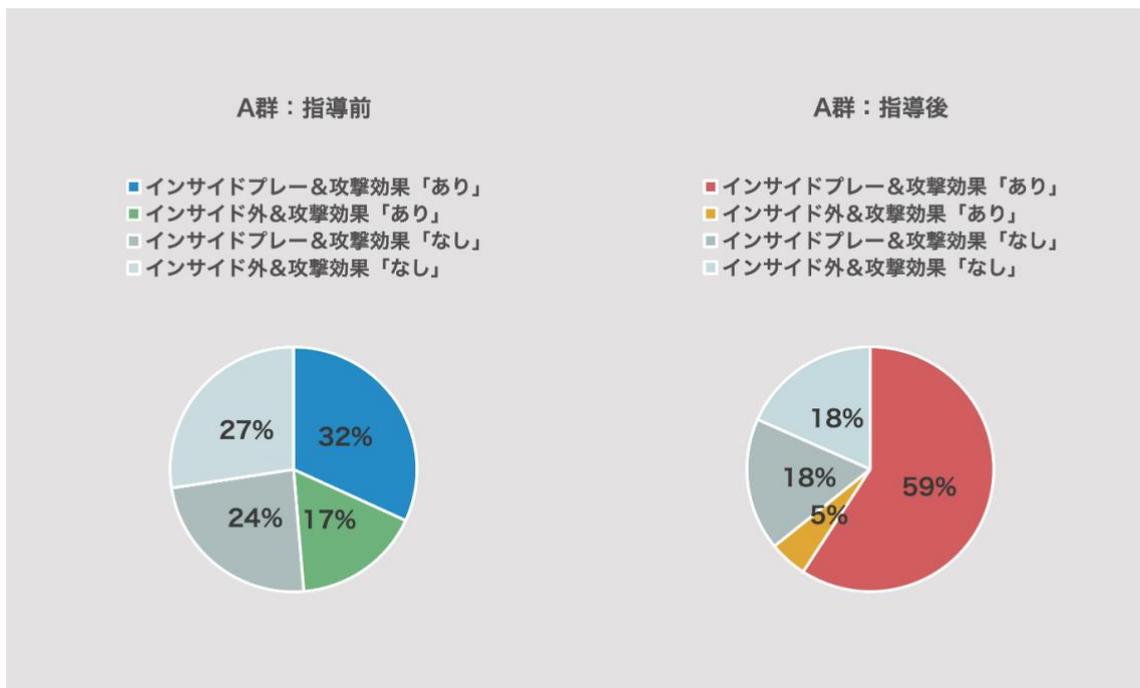


図 5.9 A 群における指導前後での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

A 群の指導前後の結果ではインサイドプレーの頻度, 攻撃効果「あり」と判定されたショットの頻度が共に 10%以上の向上を見せた. また, インサイドで打球した際に攻撃効果を得たショットの割合は 20%以上の向上が見られた. 一方で, インサイド外での攻撃効果「あり」ショットの数は減少した.

図 5.10 から図 XX は, 映像のみで振り返りを行った B 群における, 指導実施前の1日目の結果と指導実施後の2日目の結果を並べて示したものである.

B群(映像での振り返り指導)	1日目(指導前)		2日目(指導後)	
	分析ショット総数	106	72	
インサイドプレー	59	41		
インサイド外プレー	47	31		

図 5.10 B 群における指導前後での結果の数値の比較(インサイドプレー)

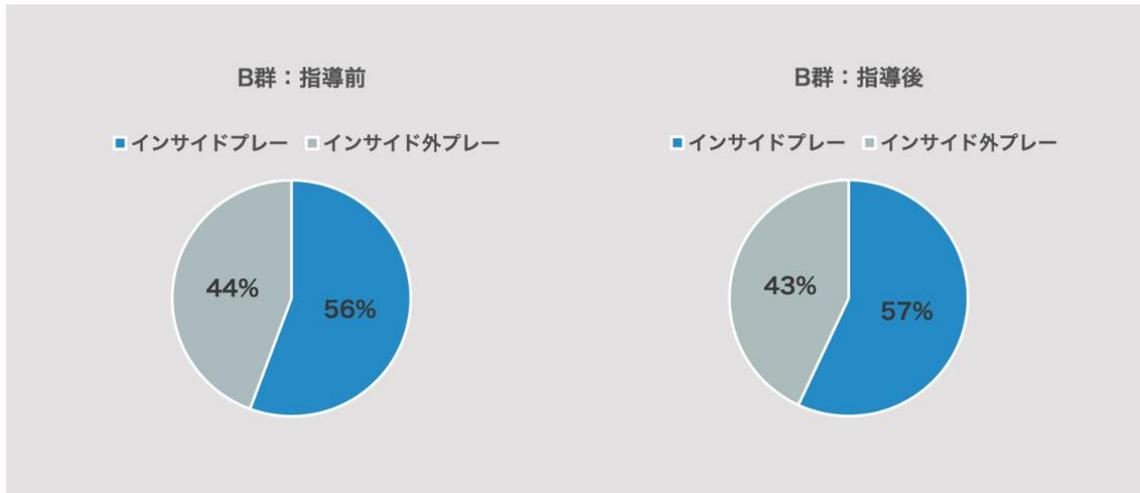


図 5.11 B 群における指導前後での結果の比率の比較(インサイドプレー)

B群(映像での振り返り指導)	1日目(指導前)		2日目(指導後)	
	分析ショット総数	106	72	
攻撃効果「あり」	48	34		
攻撃効果「なし」	58	38		

図 5.12 B 群における指導前後での結果の数値の比較(攻撃効果)

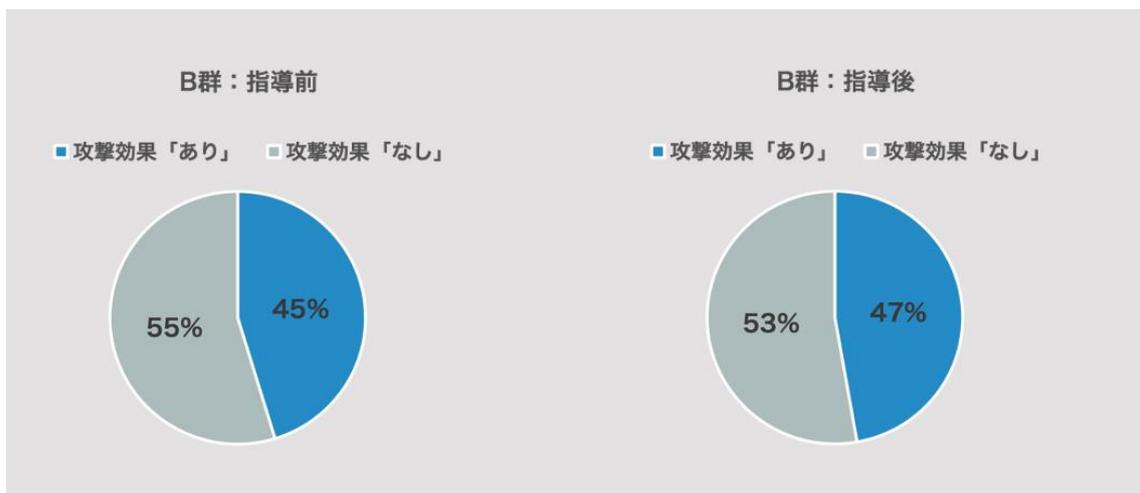


図 5.13 B 群における指導前後での結果の比率の比較(攻撃効果)

B群(映像での振り返り指導)	1 日目(指導前)		2 日目(指導後)	
	分析ショット総数	106	72	
インサイドプレー&攻撃効果「あり」	33	24		
インサイド外&攻撃効果「あり」	15	10		
インサイドプレー&攻撃効果「なし」	26	17		
インサイド外&攻撃効果「なし」	32	21		

図 5.14 B 群における指導前後での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

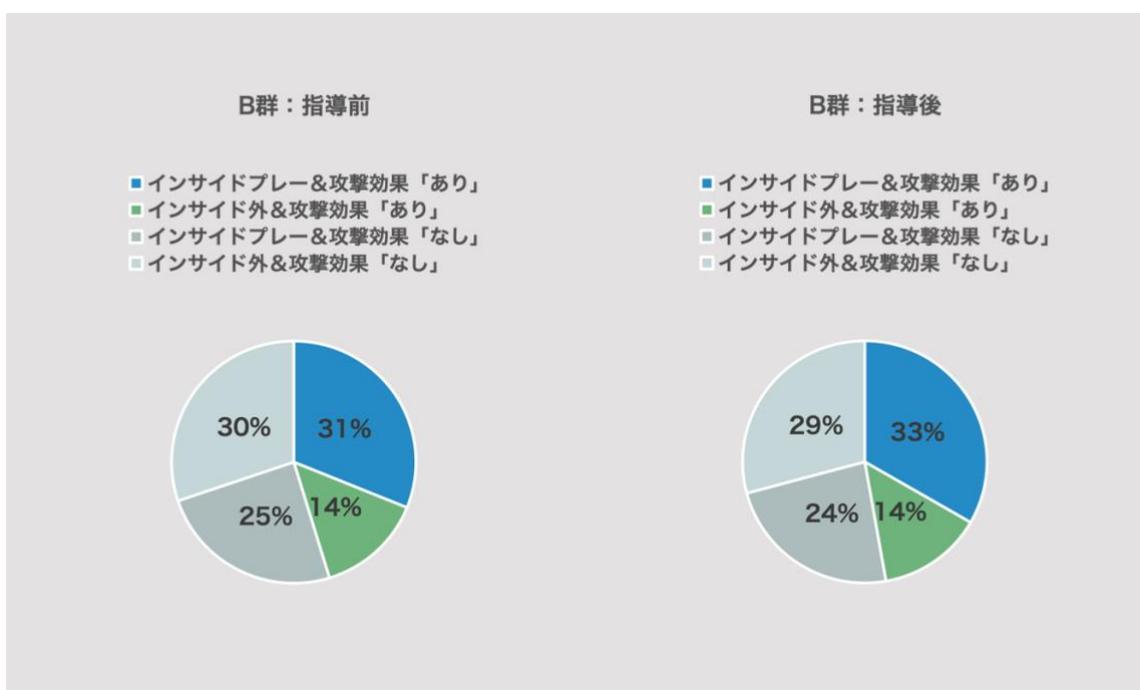


図 5.15 B 群における指導前後での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

B 群の指導前後の結果では、インサイドプレー、攻撃効果「あり」ショットの頻度ともに若干の上昇が見られたものの、3%以上の変動は見られなかった。

(2) 各プレーヤー群ごとの指導前後での実験結果に対する比率の差の検定

次に、1日目と2日目の結果における比率の差の検定を行った。表 5.10 は A 群の1日目と2日目の実験結果に対する比較検定の結果である。また、図 5.16 及び図 5.17 は、この結果をグラフ化したものである。

表 5.10 A 群の1日目と2日目の実験における比率の差の検定

	1日目(指導前)	2日目(指導後)	p 値
総数	113	120	-
インサイドプレー	63	92	7.223E-4
攻撃効果「あり」	55	77	0.01706...
インサイド&攻撃効果「あり」	36	71	2.909E-5
インサイド外&攻撃効果「あり」	19	6	0.003589...
インサイド&攻撃効果「なし」	27	21	0.2278...
インサイド外&攻撃効果「なし」	31	22	0.09769...
	(回)	(回)	

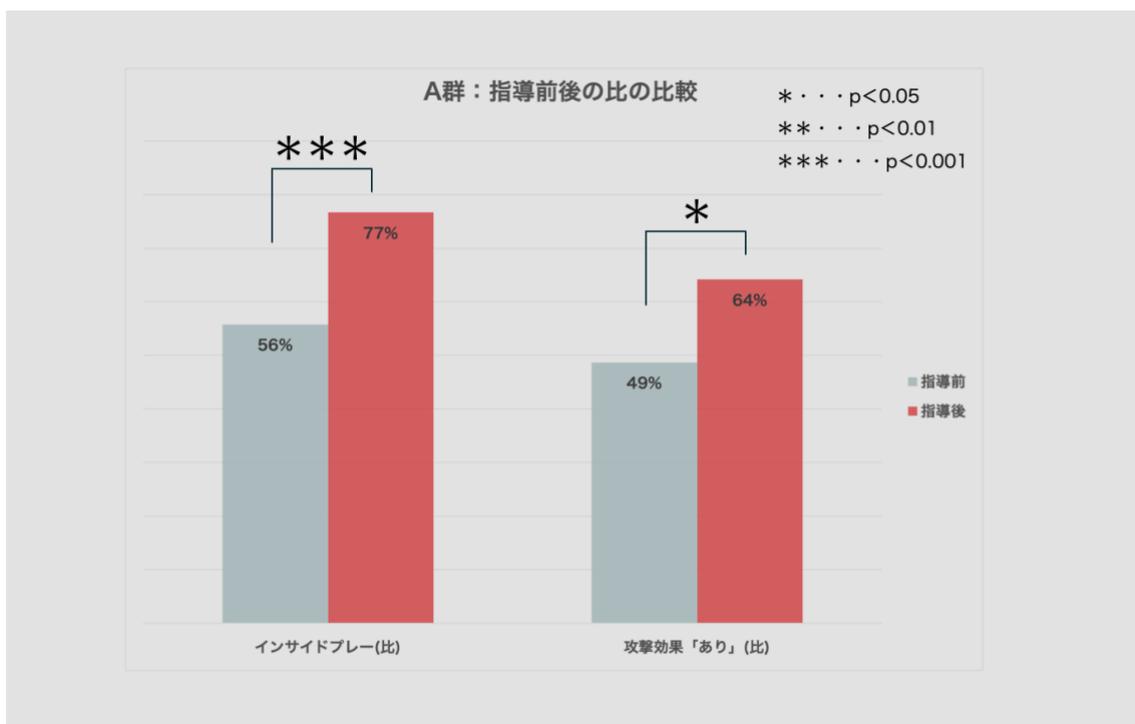


図 5.16 A 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」ショット)

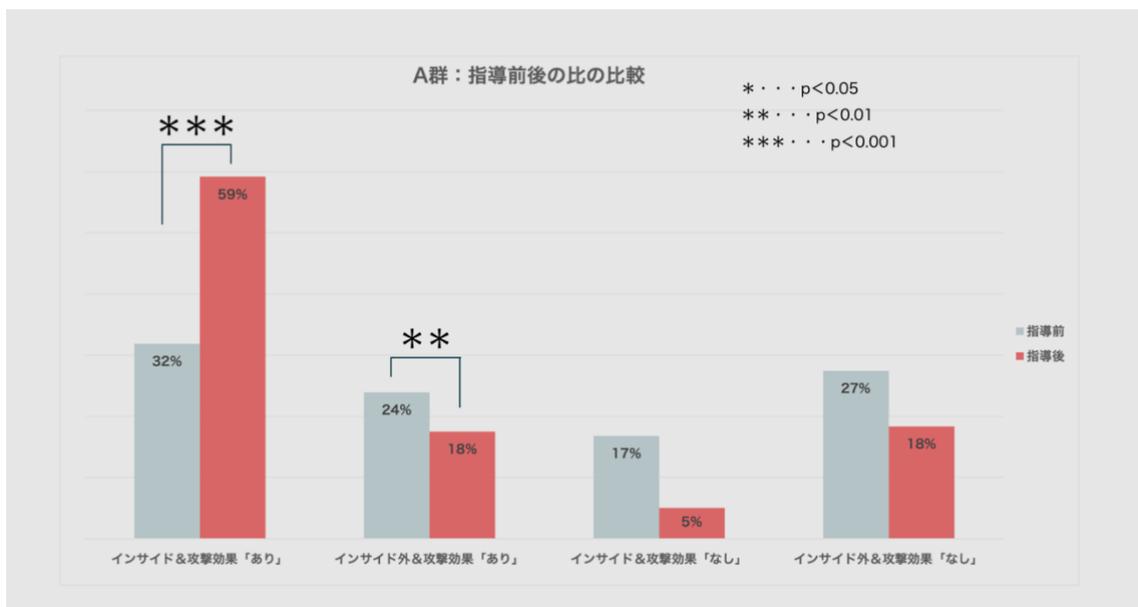


図 5.17 A 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー&攻撃効果)

このように、本研究の提案手法を用いた指導を行った A 群を対象とした1日目と2日目の実験結果の比較では、「インサイドプレーかつ攻撃効果『なし』ショット」と「インサイド外プレーかつ攻撃効果『なし』ショット」以外の全ての比較項目で、有意水準 $p < 0.05$ において有意差が認められた。また、「インサイド外プレーかつ攻撃効果『あり』ショット」は有意水準 $p < 0.01$ において、「インサイドプレー」と「インサイドプレーかつ攻撃効果『あり』ショット」の項目は $p < 0.001$ においても有意な差を示した。

表 5.11 は B 群についての1日目と2日目の結果に対する比率の検定を行った結果である。また、図 5.18 及び図 5.19 は、この結果をグラフ化したものである。

表 5.11 B 群の1日目と2日目の実験における比率の差の検定

	1日目(指導前)	2日目(指導後)	p 値
総数	106	72	-
インサイドプレー	59	41	0.8654...
攻撃効果「あり」	48	33	0.9423...
インサイド&攻撃効果「あり」	33	24	0.7573...
インサイド外&攻撃効果「あり」	15	10	0.9606...

インサイド&攻撃効果「なし」	26	17	0.8884...
インサイド外&攻撃効果「なし」	32	21	0.8836...
	(回)	(回)	

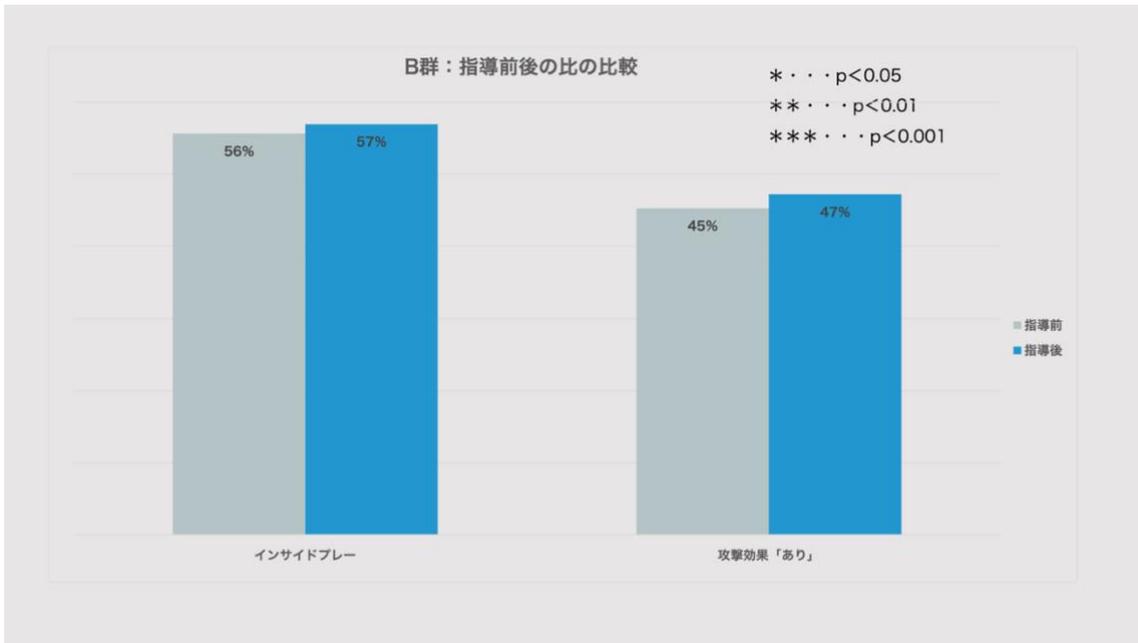


図 5.18 B 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」ショット)

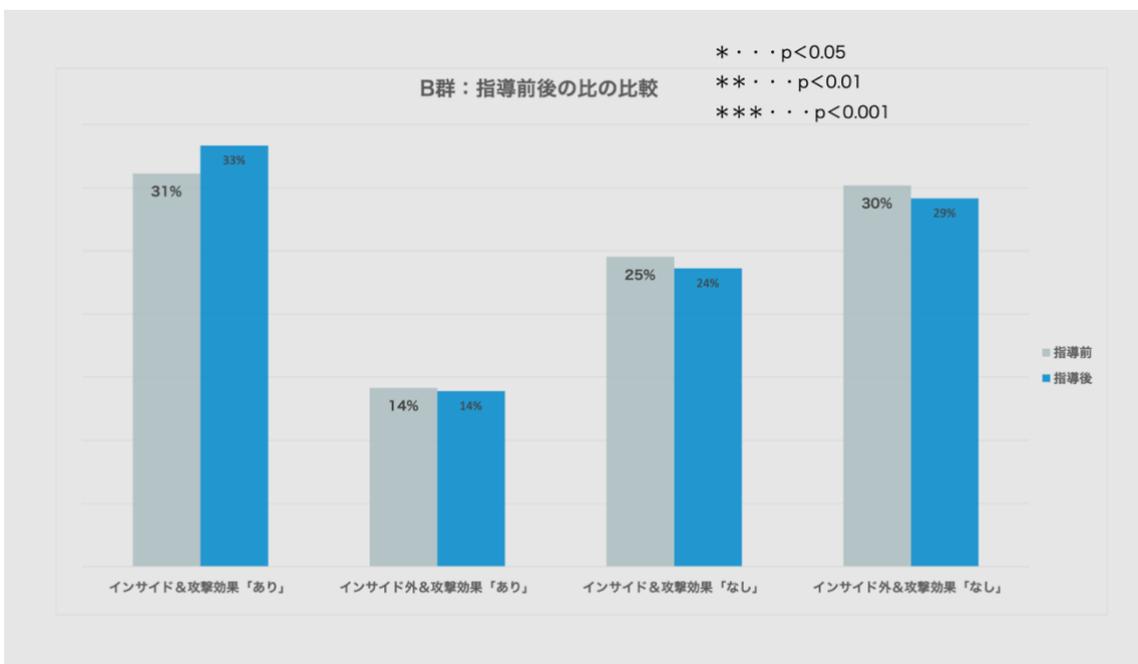


図 5.19 B 群の指導前後の比率の差の検定結果のグラフ(インサイドプレー&攻撃効果)

このように、本研究の提案手法を用いず、映像を用いた指導のみを行った B 群を対象とした1日目と2日目の実験結果の比較では、全ての比較項目において、有意水準 $p < 0.05$ を満たす値はなく、有意差が見られない結果となった。

(3) 指導前後での A 群と B 群の実験結果の変化の比較

図 5.20 から図 5.25 は、指導実施前の1日目の結果について、映像と本手法による時間分析を組み合わせた振り返りを行った A 群と、映像のみで振り返りを行った B 群を並べて示したものである。

1日目(指導前)		
	A群(映像+時間分析)	B群(映像のみ分析)
総数	113	106
インサイドプレー	63	59
インサイド外プレー	50	47

図 5.20 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の数値の比較(インサイドプレー)

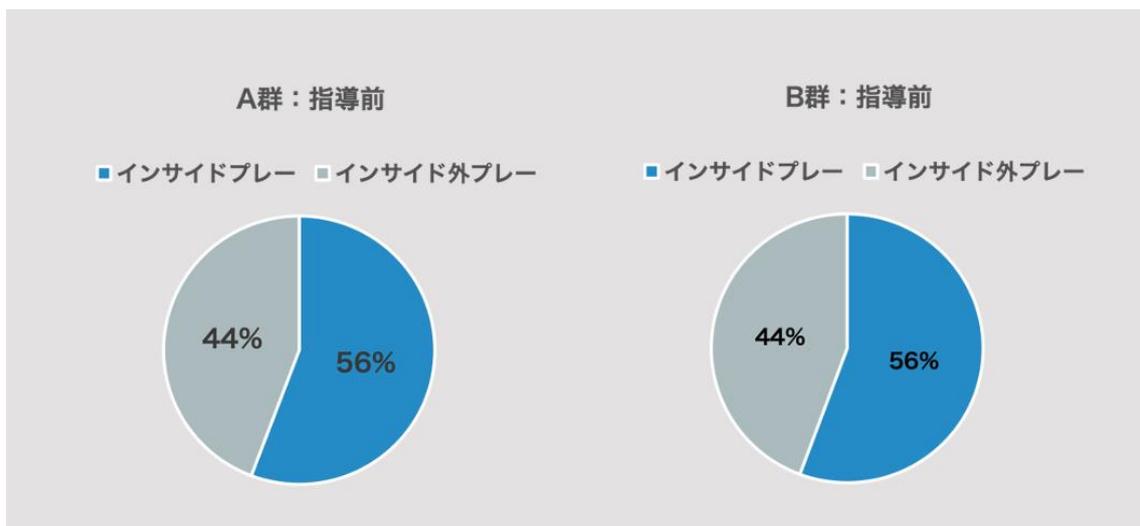


図 5.21 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の比率の比較(インサイドプレー)

1日目(指導前)		
	A群(映像+時間分析)	B群(映像のみ分析)
総数	113	106
攻撃効果「あり」	55	48
攻撃効果「なし」	68	58

図 5.22 1日目(指導前)における A 群と B 群での結果の数値の比較(攻撃効果)

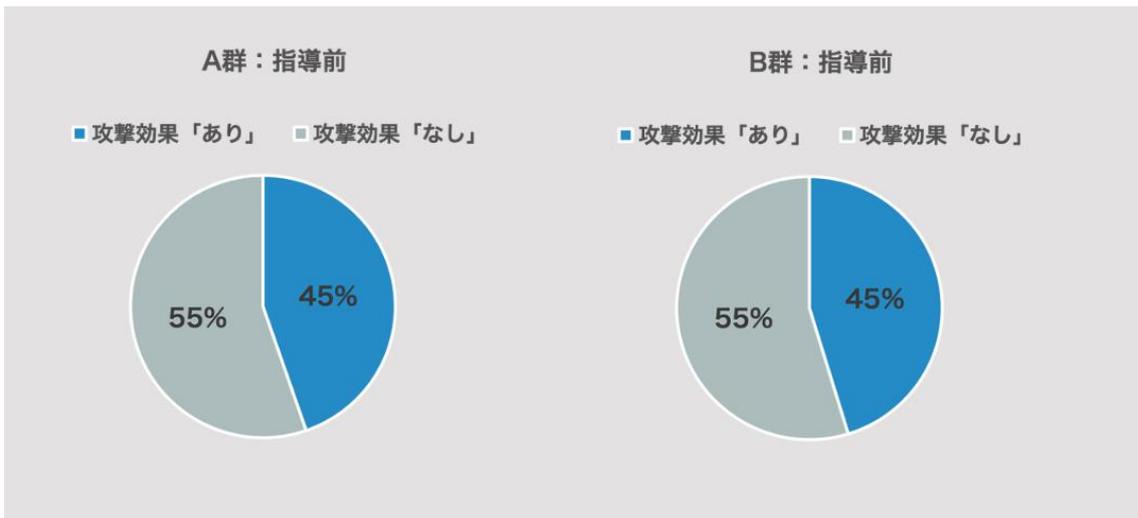


図 5.23 1日目(指導前)におけるA群とB群での結果の比率の比較(攻撃効果)

1日目(指導前)	A群(映像+時間分析)	B群(映像のみ分析)
総数	113	106
インサイドプレー&攻撃効果「あり」	36	33
インサイド外&攻撃効果「あり」	19	15
インサイドプレー&攻撃効果「なし」	27	26
インサイド外&攻撃効果「なし」	31	32

図 5.24 1日目(指導前)におけるA群とB群での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

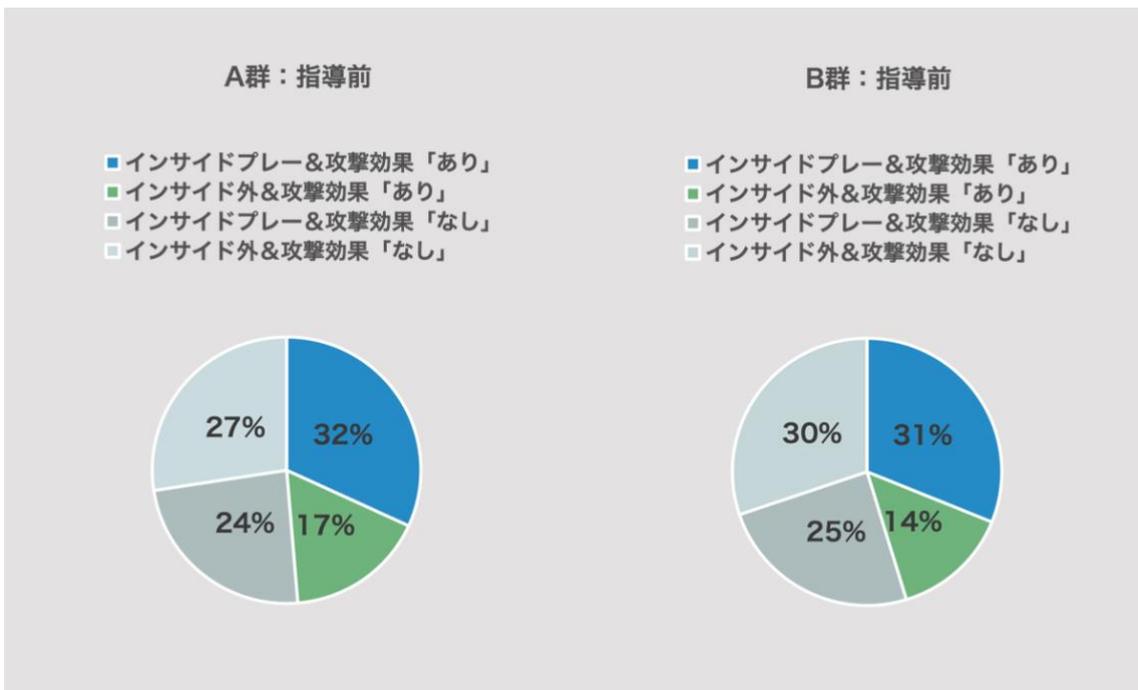


図 5.25 1日目(指導前)におけるA群とB群での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

以上のように、1日目の実験においては、どの評価項目においても、分析対象としたショットの総数に対する比率の差が3%を上回ることがなく、概ね同様の結果を示した。

図 5.26 から図 5.31 は、振り返り指導実施後の2日目の結果について、映像と本手法による時間分析を組み合わせた振り返りを行ったA群と、映像のみで振り返りを行ったB群を並べて示したものである。

2日目(指導後)		
	A群(映像+時間分析)	B群(映像のみ分析)
分析ショット総数	120	72
インサイドプレー	92	41
インサイド外プレー	28	31

図 5.26 2日目(指導後)におけるA群とB群での結果の数値の比較(インサイドプレー)

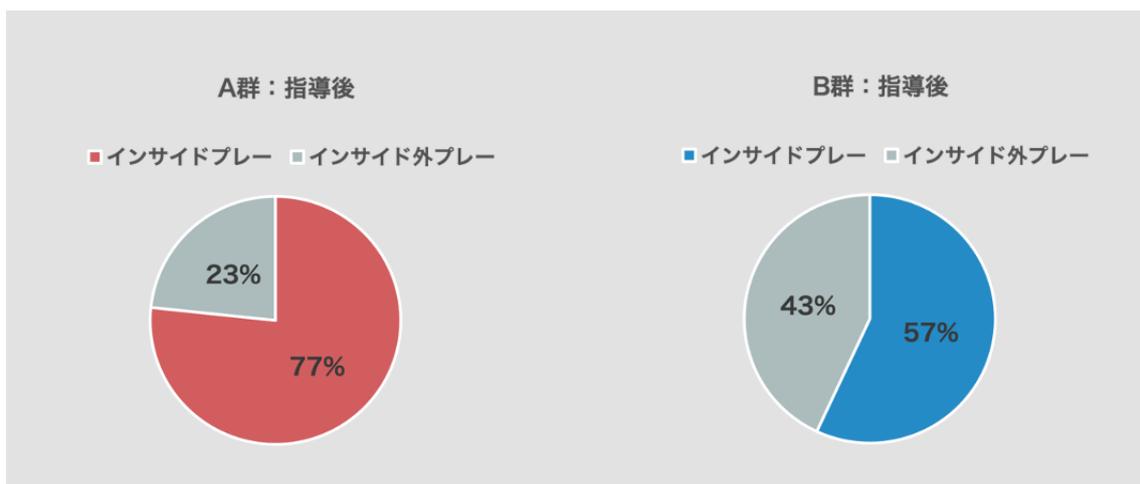


図 5.27 2日目(指導後)におけるA群とB群での結果の比率の比較(インサイドプレー)

2日目(指導後)		
	A群(映像+時間分析)	B群(映像のみ分析)
分析ショット総数	120	72
攻撃効果「あり」	77	34
攻撃効果「なし」	43	38

図 5.28 2日目(指導後)におけるA群とB群での結果の数値の比較(攻撃効果)

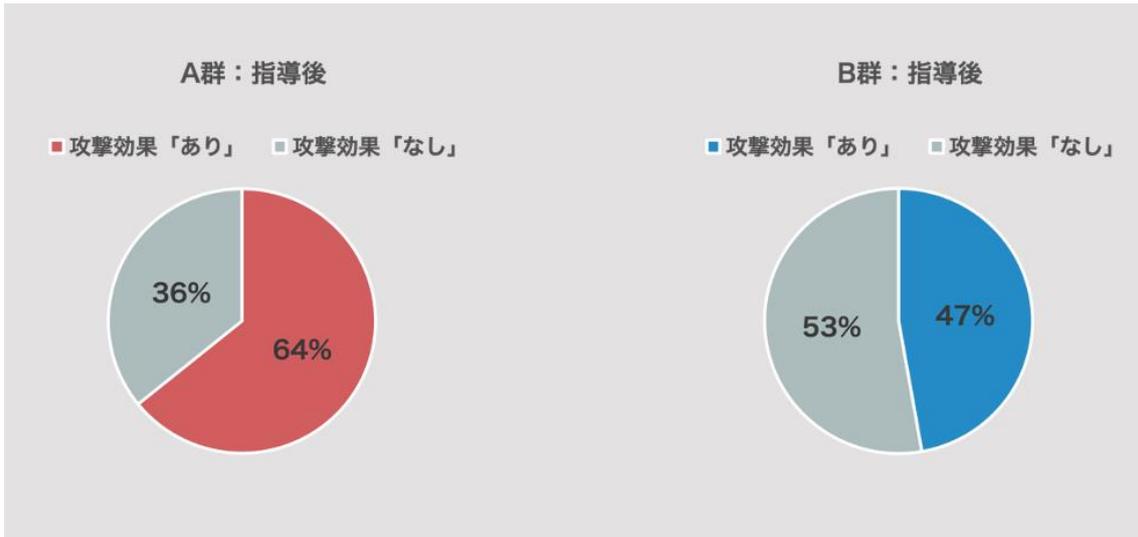


図 5.29 2 日目(指導後)における A 群と B 群での結果の比率の比較(攻撃効果)

2日目(指導後)		
	A群(映像+時間分析)	B群(映像のみ分析)
分析ショット総数	120	72
インサイドプレー&攻撃効果「あり」	71	24
インサイド外&攻撃効果「あり」	6	10
インサイドプレー&攻撃効果「なし」	21	17
インサイド外&攻撃効果「なし」	22	21

図 5.30 2 日目(指導後)における A 群と B 群での結果の数値の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

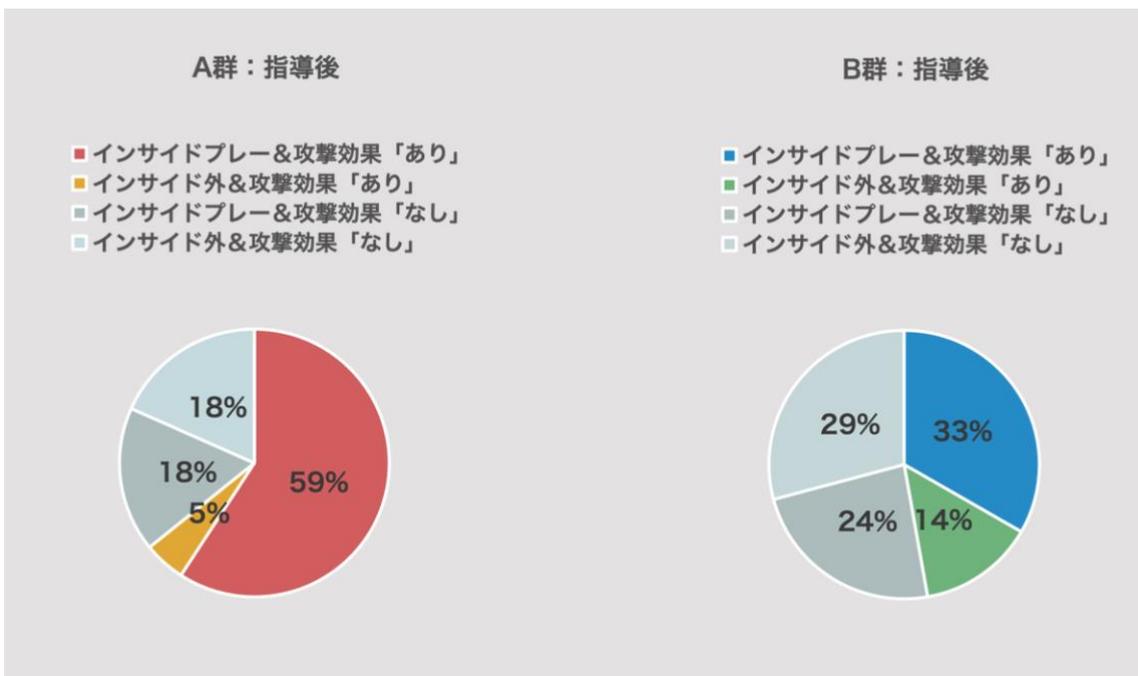


図 5.31 2 日目(指導後)における A 群と B 群での結果の比率の比較(インサイドプレー&攻撃効果)

以上のデータから分かるように、2日目の実験では、時間分析による返球動作余剰時間の提示を行った A 群の「インサイドプレー」、「攻撃効果『あり』ショット」「インサイドプレーかつ攻撃効果『あり』ショット」の比率が上昇し、これらの項目では B 群の同項目の比率との差が 15%を超える結果となった。

(4) 指導前後での A 群と B 群の実験結果の変化に対する比率の差の検定

次に、1日目と2日目それぞれに、A 群と B 群の結果における比率の差の検定を行った。表 5.12 は、1日目の結果に対する比率の検定を行った結果である。また、図 5.32 及び図 5.33 は、この結果をグラフ化したものである。

表 5.12 1日目の実験における A 群と B 群の比率の差の検定

	A 群	B 群	p 値
総数	113	106	-
インサイドプレー	63	59	0.9890…
攻撃効果「あり」	55	48	0.6155…
インサイド&攻撃効果「あり」	36	33	0.9079…
インサイド&攻撃効果「なし」	19	15	0.5865…
インサイド外&攻撃効果「あり」	27	26	0.9128…
インサイド外&攻撃効果「なし」	31	32	0.5252…
	(回)	(回)	

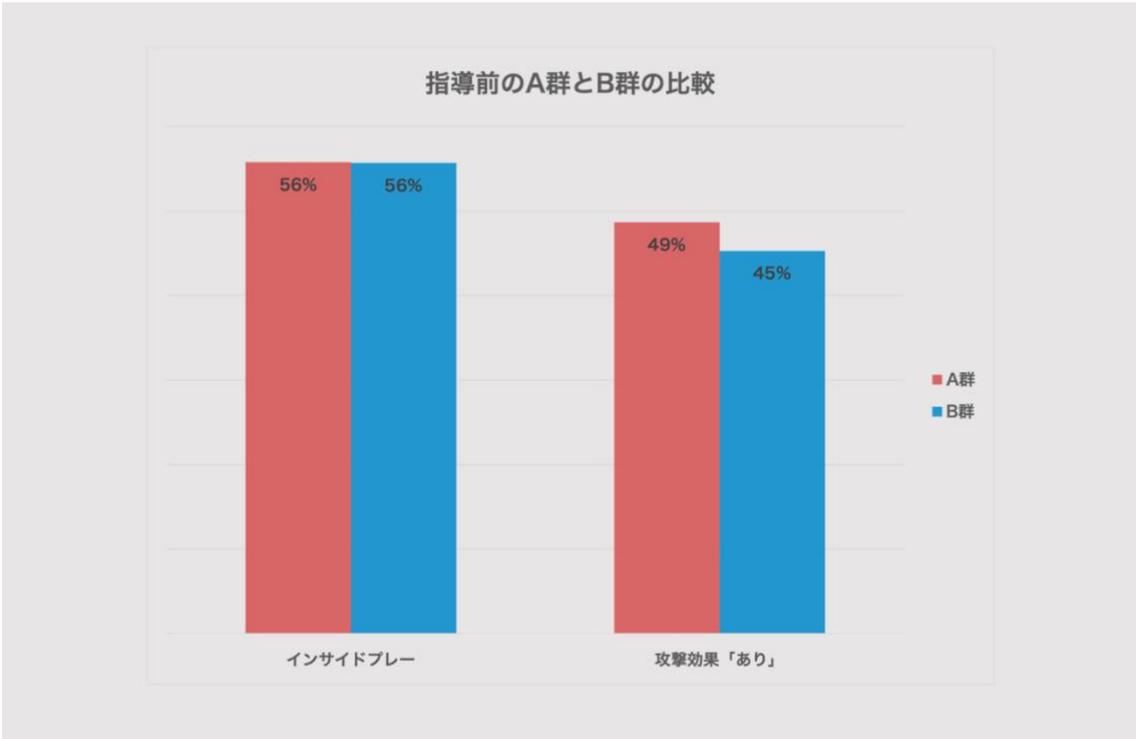


図 5.32 指導前の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」ショット)

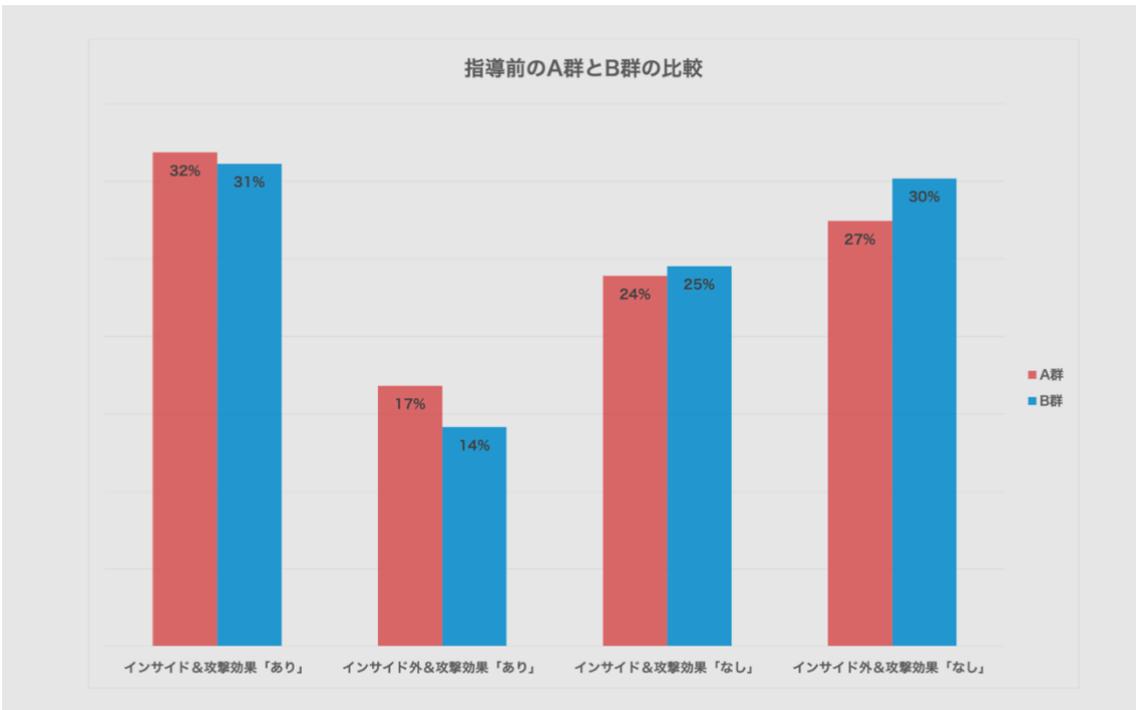


図 5.33 指導前の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー&攻撃効果)

このように、1日目の実験におけるA群とB群の比較では、有意水準 $p < 0.05$ において、どの項目においても有意な差は見られなかった。

表 5.13 は、A群とB群の2日目の結果に対する比率の検定を行った結果である。また、図 5.34 及び図 5.35 は、この結果をグラフ化したものである。

表 5.13 2日目の実験におけるA群とB群の比率の差の検定

	A群	B群	p値
総数	120	72	-
インサイドプレー	92	41	0.004137...
攻撃効果「あり」	77	33	0.01291...
インサイド&攻撃効果「あり」	71	24	5.28079763E-4
インサイド&攻撃効果「なし」	6	17	0.3035...
インサイド外&攻撃効果「あり」	21	10	0.03097...
インサイド外&攻撃効果「なし」	22	21	0.08130...
	(回)	(回)	

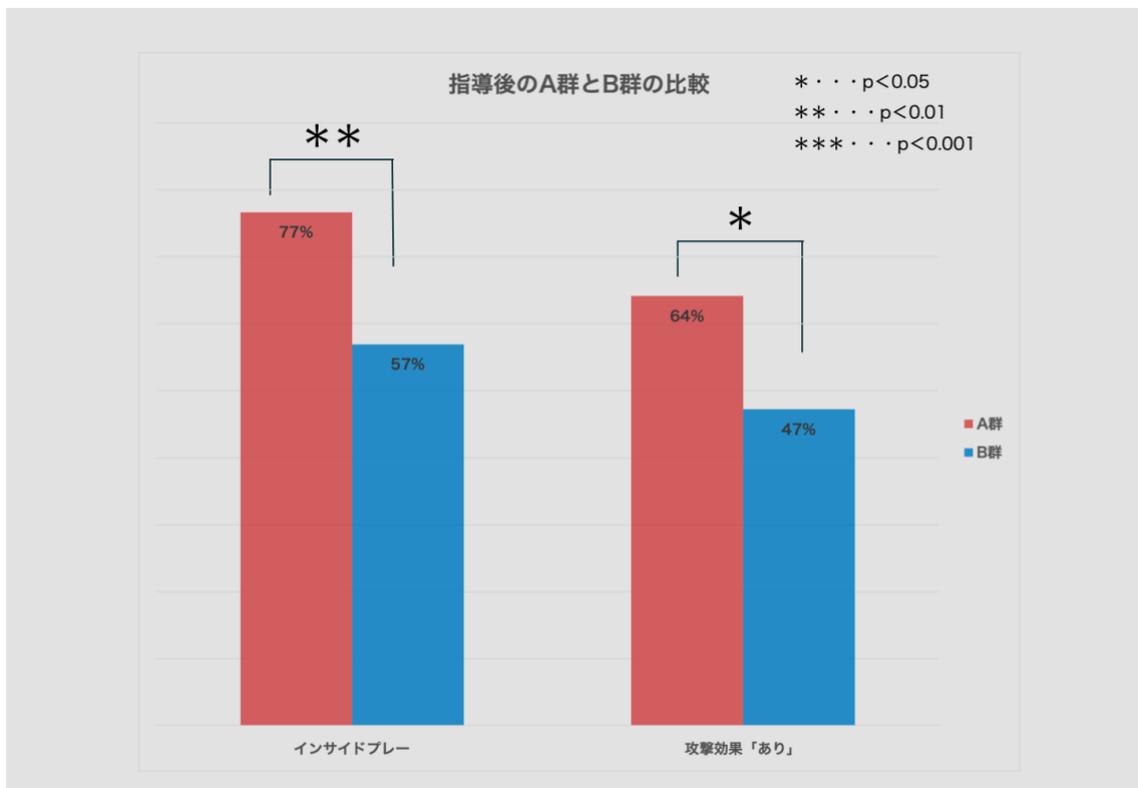


図 5.34 指導後の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー, 攻撃効果「あり」ショット)

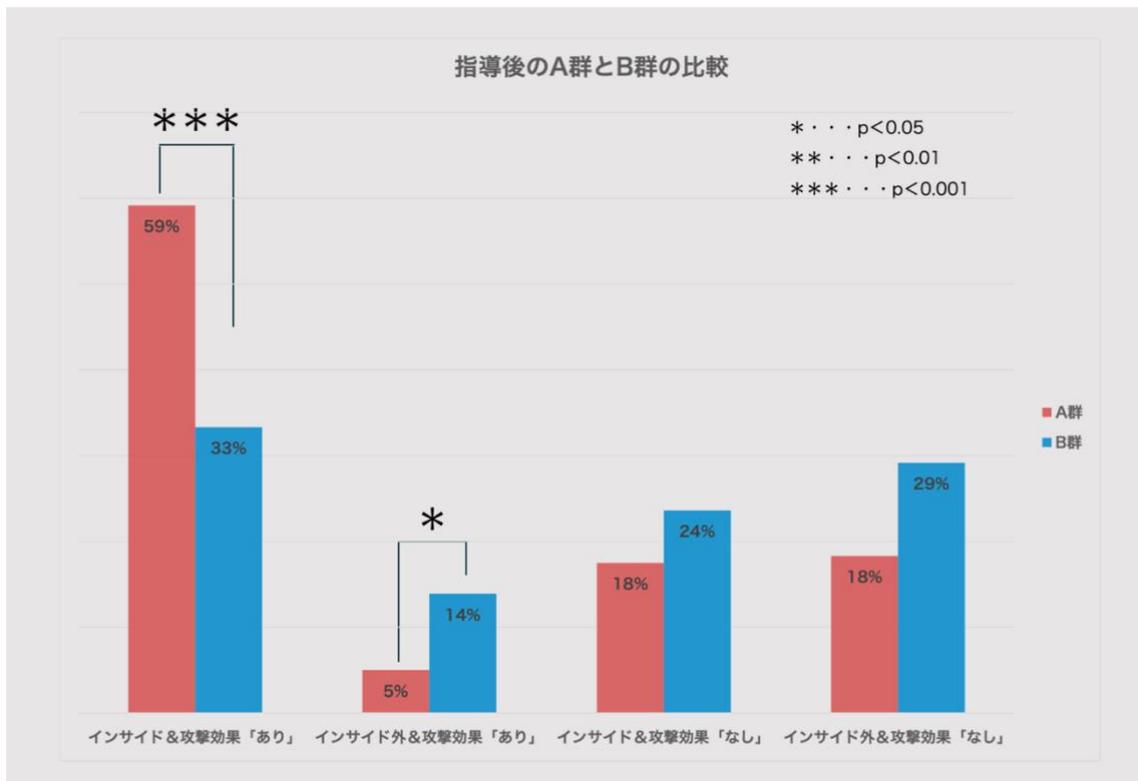


図 5.35 指導前の A 群と B 群の比率の差の検定結果グラフ(インサイドプレー&攻撃効果)

このように、2日目の実験における A 群と B 群の比較では、有意水準 $p < 0.05$ において、「インサイドプレー」、「攻撃効果『あり』ショット」、「インサイドプレーかつ攻撃効果『あり』ショット」、「インサイド外プレーかつ攻撃効果『あり』ショット」の4項目に有意な差が見られた。また、「インサイドプレー」は有意水準 $p < 0.01$ において、「インサイドプレーかつ攻撃効果『あり』ショット」は $p < 0.001$ においても有意な差を示した。

5.3.2 アンケートの結果

アンケートの結果を以下に示す。尚、プレーヤ毎の詳細な回答情報は別紙に記載する。

(1) 自身のプレーの出来栄えについての回答結果

表 5.14 及び表 5.15 は、1日目と2日目のアンケートにおける、プレーヤー自身の攻撃戦術の出来栄えに対する自己評価の変化を A 群と B 群で比較したものである。表 5.14 はサービス側、

表 5.15 はレシーブ側での評価を比較している。

表 5.14 A 群と B 群におけるプレーヤーの自己評価に対するアンケート回答結果の変化(サーブ側)

評価項目	総人数	上昇	下降	同値
A 群：サーブ側	5 名	2 名	1 名	2 名
B 群：サーブ側	5 名	3 名	0 名	2 名

表 5.15 A 群と B 群におけるプレーヤーの自己評価に対するアンケート回答結果の変化(レシーブ側)

評価項目	総人数	上昇	下降	同値
A 群：レシーブ側	5 名	1 名	3 名	1 名
B 群：レシーブ側	5 名	4 名	0 名	1 名

サーブ側においてもレシーブ側においても、映像のみを用いた振り返りを行った B 群のプレーヤーの方が2日目の自己評価が上昇した人数が多い結果となった。加えて、B 群では1日目に対して自己評価が下降したプレーヤーは 1 名も見られなかった。特にレシーブ側では、A 群のプレーヤーが 3 名自己評価を下げており、差が大きく現れた。

(2) 対戦相手のプレーの出来栄を評価した回答についての結果

表 5.16 及び表 5.17 は、1日目と2日目のアンケートにおける、プレーヤーが対戦相手から受けた攻撃戦術の出来栄に対する評価の変化を A 群と B 群で比較したものである。表 5.16 はサーブ側、表 5.17 はレシーブ側での評価を比較している。

表 5.16 A 群と B 群における対戦相手から受けたプレー評価に対するアンケート回答結果の変化(サーブ側)

被評価項目	総被評価マッチ	上昇	下降	同値
A 群：サーブ側	11 マッチ	5 マッチ	3 マッチ	3 マッチ
B 群：サーブ側	13 マッチ	9 マッチ	2 マッチ	2 マッチ

表 5.17 A 群と B 群における対戦相手から受けたプレー評価に対するアンケート回答結果の変化(レシーブ側)

被評価項目	総被評価マッチ	上昇	下降	同値
A 群：レシーブ側	11 マッチ	3 マッチ	1 マッチ	7 マッチ
B 群：レシーブ側	13 マッチ	7 マッチ	4 マッチ	2 マッチ

他者評価においても、自己評価と同様に B 群の方が攻撃戦術の出来栄が高いと評価されたマッチは多かった。一方でレシーブ側の評価では、B 群の方が他者評価の値が減少したと判断されたマッチは多かった。

5.3.3 被験者へのインタビュー結果

被験者へのインタビューは、実験に両日参加した 10 名のうち、A 群 4 名、B 群 4 名を対象に行った。個別の回答は別紙に記載する。

A 群のプレーヤー、B 群のプレーヤーともに振り返りシートが提示したアドバイスには納得感を示しており、指導後にプレーを行った2日目はインサイドプレーの頻度を増やすことを意識したという旨の回答を 8 名中 7 名から得た。残りの一名は B 群に属する Player12 で、最も過去の競技実績が少ないプレーヤーであった。格上のプレーヤーとばかりプレーする実験環境の中で、アドバイスを実践したくても映像のみの振り返り指導では直ぐに実行することが難しく、リスクを軽減するために普段のプレースタイルを崩さずにコート後方でプレーする場面をあえて増やしたと回答した。

Player12 の回答でコートの前方でプレーすることを「リスクが高い」、コート後方でプレーすることを「リスクが低い」と表現したのと同じように、インサイドプレーの頻度と攻撃効果「あり」ショットの頻度が上昇したプレーヤーでも、コートの前方でプレーすることについて、「ミスを覚悟で」、「思い切っで」、「へばりつく気持ちで」という表現を用いている。また、これらの表現を用いたプレーヤーの中には自身が想定していたよりもインサイドプレーの頻度や攻撃効果「あり」ショットの頻度が多く計測されたことを「意外だった」、「新しい発見だった」と語り、自身のプレー評価を肯定的に改めた者もいた。このことから、コートでプレーするプレーヤーにとって、自らの主観的な評価のみで、リスクを負ってポイント獲得に積極的に挑戦する姿勢を維持することがいかに困難なことであるかが伺える。加えて、本手法がプレーヤーの誤認を解消し、継続的な攻撃戦術実行のための意欲向上に寄与する可能性が示唆された。

映像に加えて時間分析を行った振り返りシートを提供した A 群のプレーヤーからは、振り返りシートの出来栄について、映像に数値を加えることによってより具体的に場面がイメージできるようになったという意見や、映像だけでは一見同じショット、同じスイングのように見えるものが、動作が細分化されることによって違いが明確になる点で高く評価された。一方で、本実験では提供した切り抜き動画が良いパターンと悪いパターンでそれぞれ 1 本ずつしかなかった点、各パターンを抽出するためのプレーを行った時間が短く、長い期間をかけて改善する傾向にあるショットの威力やスイングフォームといった課題の改善を行うには不完全である点などが提案手法の課題点として挙げられた。

5.3.4 指導者へのインタビュー結果

被験者の指導に日常的に関わっている指導者にもインタビュー調査を行い、表 5.18 のような回答を得た。

表 5.18 指導者へのインタビュー結果

質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、気づきや発見がありましたか？	指導者が指摘した修正点に対する実際のプレーの改善度合いを評価する基準が映像の場合、結局プレーヤーと異なる基準となる可能性が高いことがわかった。 今回で言えば、インサイドプレーの改善を定量的に評価する指標が指導者とプレーヤーで同じであることがミスコミュニケーションの防止につながるため、本手法を用いることの価値はあると考える。
2	本手法が提案する分析手法は日常的に指導に取り入れられそうですか？	日常的な指導への導入は可能。継続的に本手法を活用することで実行意欲の向上が見込めると考える。
3	本手法が攻撃戦術へ	① 他戦術との比較評価方法の検討

	<p>の実行意欲を高めるために、今後改善していくべきだと思う点がありますか？</p>	<p>本手法ではインサイドプレーに焦点を当てたものだが、他の戦術との差異や比較検討からプレイヤーの戦術のバリエーションや攻撃の分析が詳細化できるようになるという期待がある。</p> <p>② 運用面</p> <p>日常的な指導として取り入れ継続性を高めていくための課題としては、定量的な基準によるデータ収集方法の確率と収集作業の効率化が求められる。そのためにプレイヤーのフットワーク時間と返球動作余剰時間の割合が Bad と Good の差が定義できると機械学習による自動化が期待できる。</p> <p>③ フィードバック時のデータ可視化方法</p> <p>データは数値の羅列や指標の提示がないと一目で理解することが困難なため、データ提示の UI、UX には今後改善の余地があると考える。</p>
--	--	--

第6章 考察

6.1 手法の有用性

6.1.1 手法の有用性についての考察の観点

本研究の研究の目的は、「テニスにおける振り返り場面において、攻撃戦術実行の意欲と頻度をより高めるためのデータ指標を加えた映像振り返り手法を提案すること」であった。この目的を達成するために、本研究はプレーヤーの返球動作の細分化と時間計測を行うことで、コート前方への移動に使用できていれば対戦相手の時間的余裕を奪えたはずの余剰時間を可視化し、プレーヤーに提示する手法を提案した。6.1.2 及び 6.1.3 では、プロトタイプを用いた実証実験の結果をもとに、提案手法が目的達成に貢献しているかについて、「実行頻度の変化」と「実行意欲の変化」の2つの観点から考察する。

6.1.2 攻撃戦術の実行頻度向上に対する有用性

プロトタイプを用いた実証実験において、映像データに時間分析を加えた振り返りシートを提示した A 群と、映像データのみを使った振り返りシートを提示した B 群では、A 群に属するプレーヤーの方が指導後のインサイドプレーの頻度が有意に上昇する傾向が見られた。個人単位で見ても、A 群のプレーヤー5名中4名が15%以上の頻度増加が見られ、頻度が低下したプレーヤーは1名もいなかったのに対して、B 群のプレーヤーは15%以上の頻度増加が見られたのは2名で、残りの3名は低下する結果となった。

頻度が低下してしまったプレーヤーのうち2名にインタビューを行ったところ、1名(Player5)は振り返りシートのアドバイスを実行し、インサイドプレーの数が増えたと自覚していたが、実際には違ったことについて「意外」と評しており、動画を用いた指導だけではプレーヤーの良いパターンのイメージと指導者の良いパターンのイメージを一致させることが難しい可能性が示唆された。またもう1名(Player10)は振り返りシートのアドバイスからコート後方にポジションを変更することで強打できるボールを増やし、インサイドプレーを実行できるような相手からの甘い球を待つ判断を行っていたことがわかった。加えて、インサイドプレーの頻度を増やすために判断したことであったが、満足のいく結果にはならず、頻度の低下は想定通りであると回答した。一方で、このプレーヤーへの振り返り

シートのアドバイスでは、指導者は強打の頻度を増やすことよりも、細かいステップ移動を増やし、コート内部への移動を促す意図を提示しており、指導者とプレーヤーの間で認識の齟齬があったことが窺える。指導者へのインタビューにおいても、B 群の振り返り指導では指導者の指摘した修正点とプレーヤーの課題感を一致させきれない可能性があると言及している。これらのことから、動画のみの振り返り指導では指導者とプレーヤーのグッドイメージを一致させることが難しい可能性が示唆されている。

一方で A 群のプレーヤーへのインタビューからは、動画に加えて具体的な数値データがあったことが行動変容につながったといった回答や、動画だけでは一見同じようなスイングに見えたショットの動作が細分化されて示されていることで良いパターンと悪いパターンへの理解が深まったとの回答を得た。このことから、本手法が提案する時間分析を映像分析に加えることが、攻撃戦術の実行頻度を高めることに寄与する可能性があると考えられる。

6.1.3 本手法が攻撃戦術実行頻度を向上させた要因に関する考察

プロトタイプを用いた実証実験では、インタビューを行った 8 名のプレーヤー全員が、指導前よりも指導後の方がインサイドプレーを実行できるように課題意識を強く持ったと回答した。このことから、映像を用いた振り返りが攻撃戦術の実行意欲を高め、課題意識を強く持たせることに貢献している可能性が示唆された。

一方アンケート調査では、インサイドプレーの頻度や攻撃効果「あり」ショットの頻度が増加傾向にあった A 群のプレーヤーよりも、それらの項目に大きな変化が現れなかった B 群のプレーヤーの方が、振り返り指導を行った後のプレーの出来栄を指導前よりも高く評価したプレーヤーが多かったことは、非常に重要な点であると考えられる。

インタビュー調査においても、B 群のプレーヤーの方が指導後のプレーに肯定的な回答を残しており、インサイドプレーの頻度や攻撃効果「あり」ショットの頻度に大きな変化がなかったことを伝えると「思っていたよりも少ない印象」や、「意外な結果」という回答がされている。対して A 群のプレーヤーは、「振り返りシートのアドバイスを実行したことにより、良いプレーも増えたがうまくいかなかったプレーも増えてしまった」という旨の回答をしたプレーヤーが 3 名おり、実際の分析結果を伝えたところ、「思ったよりもうまくできていた」や、「ミスが増えた気がしていたけど攻撃効果が高まっていて意外だった」というような回答があった。加えて、今後については「継続してインサイドプレーの

頻度を増やし、良いプレーの確率を高めたい」といった回答もあり、振り返り指導後の自己評価の低下が、攻撃戦術実行の意欲低下を引き起こす可能性は低いと考えられる。

以上のことから、映像分析と時間分析の両方を用いた振り返り指導を行った A 群のプレーヤーの方が、指導によってグッドイメージが明確になったことで、攻撃戦術への課題意識がより強まり、自身のプレーに対する要求水準が高まったことが自己評価の低下につながっているのではないかと考える。対して、B 群のプレーヤーも攻撃戦術実行への意欲は高まったと考えられるが、実際の数値と比べるとプレーの出来栄を過大評価する傾向があり、指導者が要求するプレーのレベルと、プレーヤーが自身に課すプレーのレベルとの間に乖離が生まれている可能性が示唆された。この状態が続くと、指導を行ったプレーヤーが少々の改善で満足し、課題意識がすぐに薄れてしまうことが危惧される。

まとめると、動画のみを用いた振り返りでも攻撃戦術の実行意欲を高めることは可能であるが、時間分析を加えることで、実行意欲を高い状態に維持させられる可能性があり、長期的視点における本研究の提案手法の有用性が示されたと考える。

6.2 今後の展望

6.2.1 実装に向けた課題

(1) 被験者の属性と検証期間の拡大

今回のプロトタイプは大学生の男子テニスプレーヤー12名を対象に実施したため、どのような性別、年代においても効果を発揮する手法であるかは明らかになっていない。また、今回のプロトタイプの被験者は全員が全国大会を経験したことがある、比較的競技レベルの高いプレーヤーであった点にも留意が必要である。

加えて、今回のプロトタイプでは良いパターンと悪いパターンを同日中の合計90分間のプレーの中から抽出したため、プレーヤーの当日のコンディションや対戦相手との相性を排除した正確なパターンになっているとは言い難い点も今後改善が必要であると考えられる。

本来戦術的な強化や指導は長い期間をかけて行われていくものでもあるため、今後の実装に向けては、より対象プレーヤーの幅と期間を広げた大規模な検証を行っていききたい。

(2) 攻撃戦術とポイント獲得の結びつきをプレーヤーに理解させるような指導への改善

プロトタイプの実験環境では、実際にインサイドプレーが観測された際に、ポイント獲得に直接的に結びついているかまでは分析を行わなかった。プレーヤーへのインタビューからも、実際にインサイドプレーに代表される攻撃戦術を実行することでポイントを多く獲得し、試合に勝利することができるようになるのか、自分自身のデータを用いて説明を受け、納得したいという要求があがっており、今後の課題と言える。ただし、相手の打球体勢を崩し、試合を有利に運んだショットを攻撃効果「あり」ショット、それ以外を攻撃効果「なし」ショットとして分類した結果、インサイドプレーの頻度が有意に上昇した A 群は指導前と指導後で攻撃効果「あり」ショットが 15% 以上の上昇を見せたのに対し、インサイドプレーの頻度に大きな違いが見られなかった B 群はほぼ横ばいの結果となったことから、今回測定したデータだけでも、インサイドプレーに代表される攻撃戦術をプレーの中に積極的に取り入れることについてプレーヤーの理解を促すことは不可能ではないと考える。今後はプレーヤーに与える納得感を強化するために、より試合に近い状況での分析環境の設計、振り返りシートに提示したショットによってラリー展開がどのように変化したかを見せる長尺の動画の追加などの改善を行っていきたい。加えて、指導者へのインタビューにもあるように、既存データの提示に関する UI 及び UX を充実させることも今後の課題である。

(3) 即時振り返りのための分析時間の短縮

本研究の実証実験では、被験者 12 人分の振り返りシートを作成するのに 8 時間ほどの時間を要している。実際のテニスの競技場面では、1 日に数試合の試合を行うことも多く、時には試合間隔が数十分しかないこともある。分析の時間が長いほど指導者とプレーヤーの記憶が薄れていくことも加味すると、本研究が今回プロトタイプで検証した練習場面以外でも広く効果を発揮するためには、分析の高速化が必要であると考えられる。画像による機械学習などを用いることで、プレーヤーの打球位置、返球した打球の攻撃効果の判定ができるようになれば、良いパターンと悪いパターンの発見が容易になる。また、プレーヤーの脚の動きについても高精度な自動判定が行えるようになれば、時間測定も自動で行えるようになる可能性がある。更に、これらの分析が自動化されると、試合と分析を同時に行いながら、指導者はプレーヤーの観察に集中できるようになり、試合後即時に振り返り指導が行えるようになることが期待される。

6.2.2 攻撃戦術以外を対象とした指導への応用

(1) サーブ指導への応用

本手法のコンセプトである「打球動作の時間的細分化」は、攻撃戦術に限らず、さまざまなプレー場面に応用が可能であると考えられる。プロトタイプの実験者からのインタビューでは、サーブのような相手との駆け引きを含まないプレーへの応用が期待されていることがわかった。2.2 で述べたように、自らのスキルでプレーの良し悪しが100%決まるクローズドスキルと呼ばれる技能の指導とボールスピードや回転量の計測は相性が良いと考えられ、広く用いられるようになってきている。このことから、本研究の設計においてはこれらの技能を向上させる機能は含めなかったが、簡易的な分析でも行動変容が現れるような競技レベルが比較的高いプレーヤーに対しては、専門の機材を用いた詳細な分析と共存させることで、より高い指導効果を生み出せる可能性が示唆された。また、動作分析という点でも、専門的にはバイオメカニクスに精通した専門家による分析やモーションキャプチャーの活用などが進められている。本手法がこれらの専門的な分析へのプレーヤーの興味関心を高める一助となるような運用のされ方を模索していくべきであると考えられる。

(2) 守備的戦術への応用

戦術指導という観点でも、本研究が対象とした攻撃戦術だけでなく、守備戦術への応用も今後行っていきたい。プロトタイプの実験者に対するインタビューにおいても、プロトタイプで設定した練習状況で不利状況となっていたレシーブ側での戦術についても指導を求める声や、守備状況での動作時間がどのようになっていたかを知りたいといった声があり、本手法の活用用途を広げていくことは妥当性があると考えられる。

攻撃状況を「相手の時間的余裕を奪うために、自ら積極的にリスクを負ったプレーをすることが推奨される場面」と定義した場合、守備状況は「自らの時間的余裕を確保するために、対戦相手にスピードショットや角度のあるショットを選択させないようなプレーが推奨される場面」と考えることができる。

また、守備状況では測定対象となるショット以前に打球体勢を崩されている場面が多いことも想定される。加えて、対戦相手は打球コースを選択する時間的余裕が十分にあり、コースを予測することも困難であることから、攻撃場面に比べ、対戦相手が打球した瞬間に返球に向けた移動を開始することができない場面も増加すると考えられる。本研究では対戦相手が打球した瞬間をフットワ

ーク時間の開始点として一律に処理していたが、守備場面への応用を考えた際には適切な処理を行えない可能性が考えられる。移動に向けた一歩目が接着した瞬間をフットワーク時間の開始点に設定するなどの改善が必要であろう。

第7章 まとめ

本研究の目的は、テニスプレーヤーの攻撃戦術実行頻度及び実行意欲を向上させる分析指標を加えることで、振り返り指導の効果を高めることであった。この目的を達成するため、本研究では分析及び評価が特に難しいと考えられる「インサイドプレー」に焦点を当て、対戦相手が打球を行ってから、評価対象のプレーヤーが返球するまでのどの場面に具体的にインサイドへ動いたはずの時間的余裕があったのかをプレーヤーに映像とともに示すような振り返り手法を提案した。

提案手法では、測定対象の脚の動作に着目し、返球動作中に「脚がボールとの距離調整に用いられている時間」と「脚がラケットスイングを加速させるための蹴り出しに用いられている時間」に分類することで、その間にある「ラケットスイング開始のタイミングを測る『タメ』、『待ち』の時間」を抽出する動作時間分析手法を設計した。更に、動作時間分析の結果に対象ショットの切り抜き動画と分析グラフを加えることで、良いパターンと悪いパターンを視覚的に比較できる振り返りシートを設計し、実証実験による評価を行った。

実証実験では、本研究で設計した振り返りシートによる振り返り指導を行った男子大学生テニスプレーヤー6名(A群)と、切り抜き動画のみを使用した振り返り指導を行った大学生男子テニスプレーヤー6名(B群)の指導前後でのプレーの変化を比較した。

結果、提案手法を用いた指導を行ったA群のプレーヤーに対する指導前後の結果の比較において、インサイドプレーの頻度と、対戦相手の打球体勢を崩すことに成功した攻撃効果「あり」ショットの頻度の両方が有意な上昇を見せた。一方で、ショットの切り抜き動画のみを用いた振り返り指導を行ったB群のプレーヤーに対する指導前後の結果の比較においては、インサイドプレーと攻撃効果「あり」ショットのどちらの頻度もほぼ横ばいとなり、有意な変化は確認されなかった。更に、両群の結果は、指導前はどの数値においても3%以上の差がない事からも、本提案手法を用いた映像振り返り手法が、プレーヤーのインサイドプレー実行頻度向上に貢献した可能性があることが示唆された。

また、どちらの群においても、振り返り指導を行うことでインサイドプレーの実行意欲が向上する傾向にあることがインタビュー調査により分かったが、提案手法を用いたA群のプレーヤーの方が振り返り指導によって良いプレーのイメージを高い基準に設定し、課題意識を強める可能性があることが明らかになった。このことからインサイドプレーの実行意欲が向上した状態を長期間維持させる

という点においては、映像のみを用いた振り返り指導よりも、提案手法を用いた振り返り指導の方が貢献する可能性があると考える。

今後は被験者の人数と属性を拡大した長期間の実験を行うことで、本手法の有効性をさらに検証したい。加えて、本研究では攻撃戦術というスコープに絞った時間分析手法を提案したが、守備場面やグラウンドストローク以外の打球方法を用いる場面における分析も可能になるよう、測定項目とそれぞれの定義を精査することも今度の課題である。

また、今回用いたプロトタイプでは、測定項目の時間分析における分析者の負担が大きく、実際の大会場面などで継続的に活用するには限界がある。今後は分析の自動化を進め、大会期間中のプレーヤーが試合間の数十分の間に振り返り指導を受け、課題を明確にできるような姿を目指したい。

参考文献

- [1] ショーンボーン. "ショーンボーン博士のテニスゼミナール テニスを徹底的に化学する." ベースボール・マガジン社(2015)
- [2] 柴原健太郎, et al. "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." (2015).
- [3] 道上静香. "私の考えるコーチング論: エリートテニス選手のコーチング." コーチング学研究 29.3 (2016): 119-125.
- [4] 堀内昌一. "テニス丸ごと一冊戦略と戦術 ①." ベースボールマガジン社(2012).
- [5] 堀内昌一. "テニス丸ごと一冊戦略と戦術 ②." ベースボールマガジン社(2013).
- [6] 日本テニス協会. "新版テニス指導教本." 大修館書店(2005).
- [7] Schönborn, Richard. "ショーンボーンのテニストレーニング book: 初心者からトップクラスまでのテニス成功への道." 日本テニス協会 (監訳), ベースボール・マガジン社(2007).
- [8] Takahashi, Hiroo, et al. "The Relationships between the Normative Performance Profiles and the Winning of Sets in Women's Singles Matches of Professional Tennis." International Journal of Sport and Health Science 13 (2015): 35-42.
- [9] 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." (2002).
- [10] Vergauwen, Lieven, Bob Madou, and Daniël Behets. "Authentic evaluation of forehand groundstrokes in young low-to intermediate-level tennis players." Medicine and Science in Sports and Exercise 36.12 (2004): 2099-2106.
- [11] Vergauwen, Lieven, et al. "Evaluation of stroke performance in tennis." Occupational Health and Industrial Medicine 5.39 (1998): 238-239.
- [12] 村上俊祐, et al. "ボール挙動測定器を用いたテニスのサービスのボール速度とボール回転数の解析の可能性." スポーツパフォーマンス研究 8 (2016): 361-374.
- [13] 村上俊祐. "テニス選手のサービスおよびグラウンドストロークにおけるボールの回転数に着目したパフォーマンスの評価." (2018).
- [14] 會田宏. "球技の個人戦術における実践知の構造に関する研究: ハンドボールの事例を中心にして." (2012).
- [15] Raschke, Alexander, and Martin Lames. "Video-based tactic training in tennis: Proof of efficacy in a field experiment with 10-to 14-year-old tournament players." German Journal of Exercise and Sport Research 49.3 (2019): 345-350.
- [16] 高橋仁大, et al. "5 週間のコーチングは選手にどのような変化をもたらしたのか?— 大学女子テニス選手の事例から—." スポーツパフォーマンス研究 1 (2009): 8-13.
- [17] 渡邊泰行. "統計データとタグ付け動画を用いたアマチュアテニスコーチング支援システムの設計と評価." (2020).
- [18] 北村哲. "テニスのグラウンドストロークにおける打球状況および打球動作に着目したゲームパフォーマンス分析." (2018).
- [19] Kovalchik, Stephanie, et al. "Space-time VON CRAMM: Evaluating decision-making in tennis with Variational generatiON of Complete Resolution Arcs via Mixture Modeling." arXiv preprint arXiv:2005.12853 (2020).

謝辞

まず、指導教員の神武直彦教授に感謝申し上げます。初めてお会いした時は横浜慶應チャレンジャーのプロジェクトで一緒させていただいた時で、私は学部2年生だったと記憶しております。高校生の頃から漠然と大学院に進めたらいいなと思っていましたが、お話を伺う中で憧れの気持ちが挑戦したいという気持ちに変わり、気づいたら自分の次の進路はSDMしかないと思うようになっていました。入学してからの私は2年間空想ばかりを繰り返して一向に前に進まない問題児だったと思います。在学期間の延長を決めた時には自分の人生で一番の挫折だったんじゃないかと思うほど落ち込みました。しかし、そんな時も見放さずに励まし、楽しむこと、とにかく前に進み続けることの大事さを説いてくださったことで、私はなんとかこの謝辞をかけていると思います。修士論文を書いていた1ヶ月間は本当に楽しかったです。

副査の西村秀和教授にも感謝申し上げます。委員長室で修士研究についてご説明した際、システムエンジニアリングを学ぶものにあるまじき図表をお見せしてしまったこと、大変申し訳ありませんでした。初歩的なミスについて、私が理解するまで面談の時間を延長してまでもお話してくださった、一つ一つのことにこだわり抜く姿勢に震えました。また、最後に「これじゃ伝わらないけど、言いたいこと自体は面白かったよ」と言ってくださったことで、「この研究は本当に面白いんだろうか？意味があるんだろうか？」と不安になる夜を乗り越えることができました。重ねて御礼申し上げます。

神武研究室で濃い時間を過ごした皆様にも感謝申し上げます。小高暁特任准教授には論理を一つ一つ丁寧につなぎ合わせることを、西野瑛彦特任助教には「To By Using」の原則を、博士課程の大野友さんには新規性と独自性を突き詰めて工夫ポイントをアピールすることの重要性を、特に何度もご指導頂きました。1期上の先輩である赤間祥さん、小黑真愛さん、木村由佳さん、齋藤敦子さん、セキウンエイさん、田中礼子さん、渡慶次らんさんには、私自身が何を研究したいのか見失っている中、何気ない雑談から研究につながるようなテーマを引き出して頂きました。同期入学の荒井里美さん、富田悠貴さん、寺廻健太さん、永井秀幸さん、本間有貴さん、森井貴弘さん、中村征史さん、1年間同学年として過ごした竹林正豊さんからは、ラボミーティング以外でも何度も研究を進めるヒントを頂きました。修士2年の岡部祥司さん、杉山佑さん、中西伸次郎さん、中村駿さん、宮崎莉加さん、三輪智史さん、修士1年の荒岡俊行さん、大関耀さん、敷田剛志さん、竹内隆太さん、山下紘生さん、山口僚太郎さんには、ラボミーティングや小グループでの活動の中

でアドバイスや励ましを頂き、論文を書き上げる力を頂きました。そして、この半期間 9 月修了を目指して切磋琢磨し合ってきた金田由妃さんとガブリエルンドゥワイエズさんにも特別感謝申し上げます。

慶應義塾体育会庭球部の坂井利彰監督、原莊太郎助監督、渡邊泰行コーチには、テニス指導者として駆け出しな私にさまざまな勉強の機会を与えてくださるだけでなく、研究の悩み相談、実証実験におけるコートの提供などにもご理解とご協力を頂き感謝に絶えません。小林寛和トレーナーにも、体育学系の修士を取られた先輩として多くの知見をお借りしました。ありがとうございます。また、実験の被験者を快く引き受けて下さった庭球部員の皆さんにも感謝致します。これからも「チーム慶應」一丸となり、テニス界を盛り上げていければと思います。私個人としても、本研究が皆さんにとって有益なものになるよう、改善を続けて参ります。

いつも支えてくれる家族、友人にも感謝申し上げます。いつも温かく迎えてくれる両親、最愛のペット、何歳になっても下らないことでふざけ合える仲間たちと過ごす時間はどれも色濃く、思い出深い時間です。ありがとうございます。

最後に、自分をここまで育ててくれたテニスに1番の感謝を伝えます。かけがえのない出会い、喜びと悲しみ、成長と挫折、そのどれもがテニスを通じて得られたものです。そしてこれからもそうありたいと願っています。研究活動や指導者としての活動を通して、テニスを楽しむ人を少しでも増やすことが恩返しであり、自分の使命だと思っています。これからもテニス界、スポーツ界の発展に貢献できるよう、小さな努力を積み重ねていきます。

別紙

実証実験において各プレーヤーに提供した振り返りシート

Player1

振り返りシート(比較動画と分析者コメント)

2

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

どちらも一旦後方へ移動してから打つチャンスボールだが、Badパターンに対して Goodパターンではその場での細かいステップで距離感を調整している。

Player2

振り返りシート(1枚目_バッドパターン)

3

Badパターン



	(sec)
1. バウンド到達時間:	0.69
2. 打球タイミング:	0.54
A) フットワーク時間:	0.63
B) 返球動作余剰時間:	0.39
C) ラケットスイング時間:	0.21



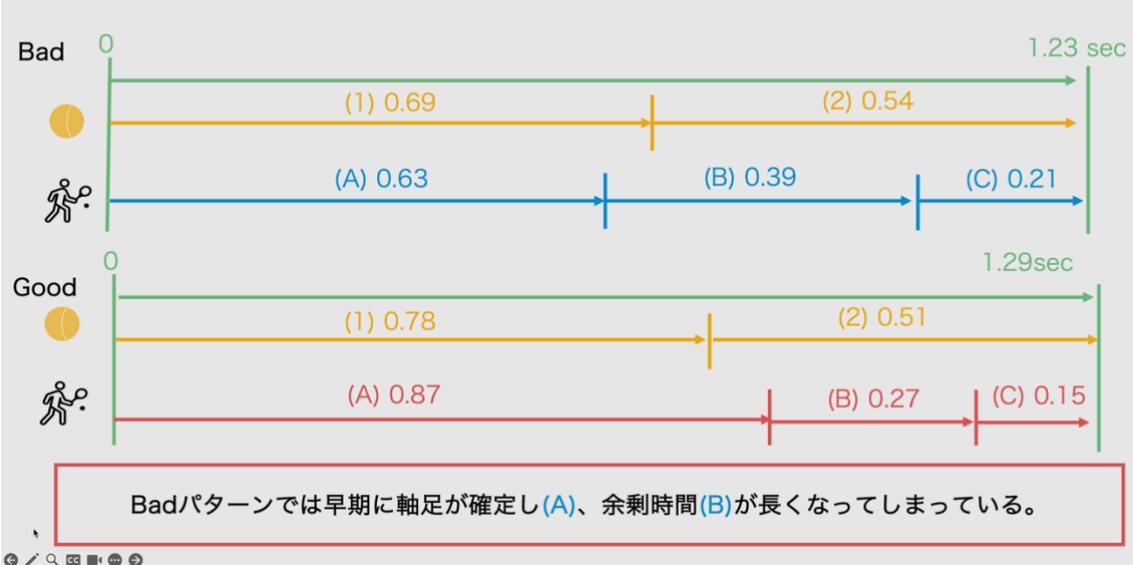
振り返りシート(2枚目_グッドパターン)

4



振り返りシート(3枚目_両パターンの比較)

5



振り返りシート(4枚目_比較動画と分析者コメント)

6

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは早期に軸足が確定し、余剰時間が長くなってしまっているのに対して、Goodパターンではラケットスイング直前まで細かいフットワークで距離感を調整している。



Player3

振り返りシート(比較動画と分析者コメント)

2

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは軸足の確定が遅れ、スイング時間が短くなってしまっているのに対して、Goodパターンではコート内部に入りながら、時間的余裕も十分に確保されている。



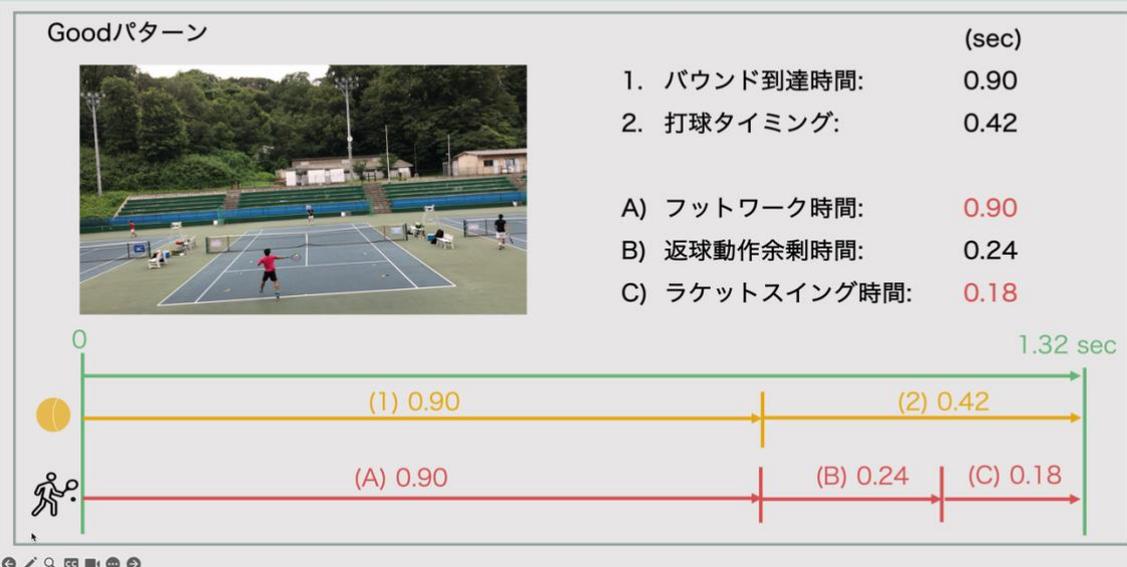
振り返りシート(1枚目_バッドパターン)

3



振り返りシート(2枚目_グッドパターン)

4



振り返りシート(3枚目_両パターンの比較)

5



Badパターンでは軸足が確定するまでに時間を要し(A)、スイング時間(C)が短くなっている。

振り返りシート(4枚目_比較動画と分析者コメント)

6

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは軸足の確定が遅れ、スイング時間が短くなってしまっているのに対して、Goodパターンではコート内部に入りながら、時間的余裕も十分に確保されている。

振り返りシート(比較動画と分析者コメント)

2

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンの方が対戦相手のボールの速度が遅く時間的余裕があるが、
Goodパターンの方が高い打点でタイミング早く打球している。



振り返りシート(1枚目_バッドパターン)

3

Badパターン

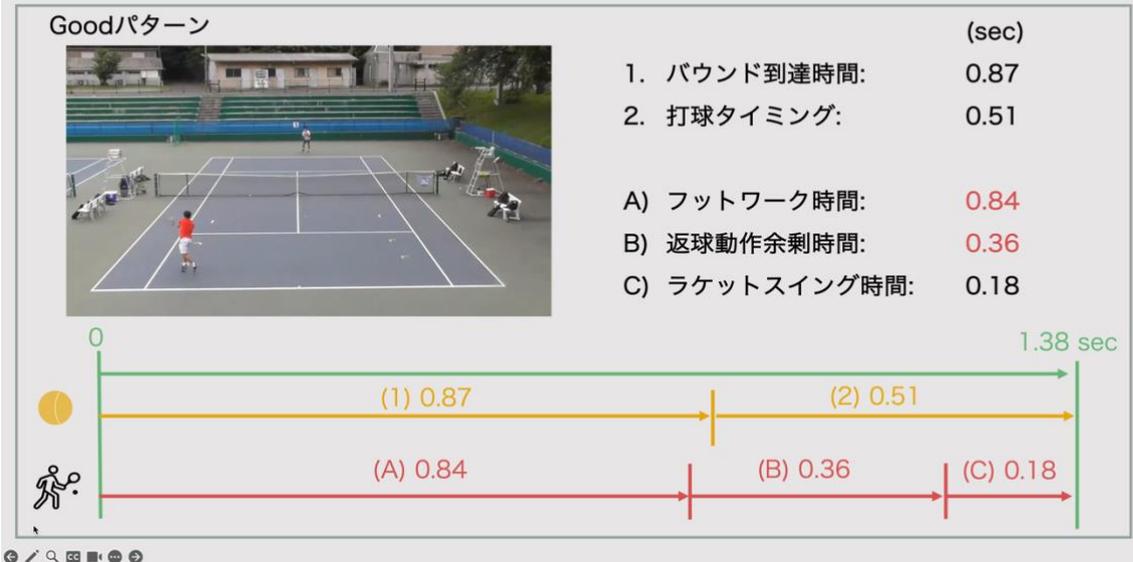


	(sec)
1. バウンド到達時間:	0.81
2. 打球タイミング:	0.54
A) フットワーク時間:	0.69
B) 返球動作余剰時間:	0.45
C) ラケットスイング時間:	0.21



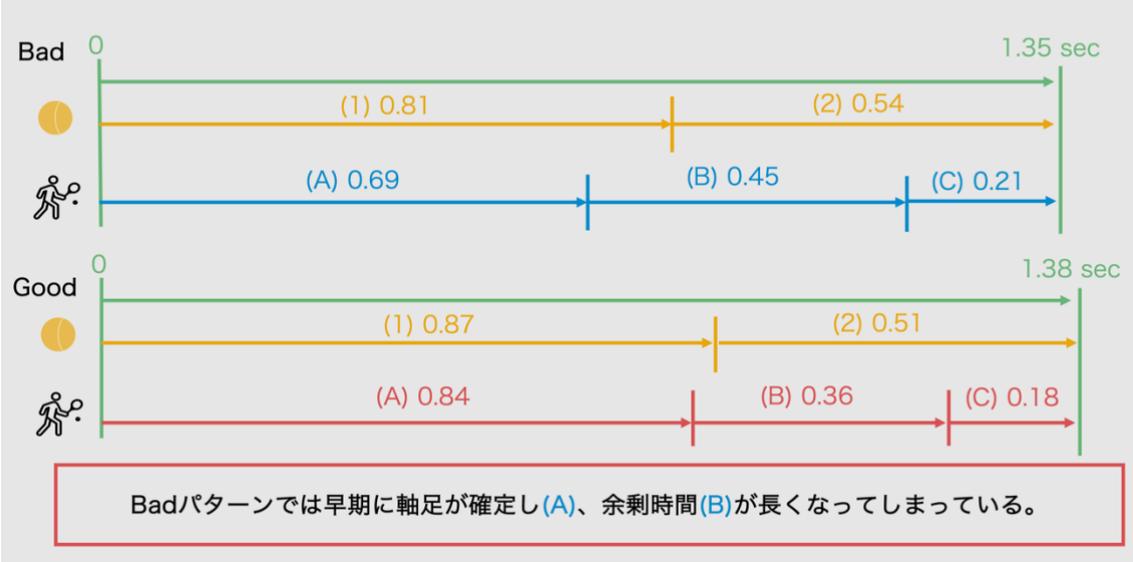
振り返りシート(2枚目_グッドパターン)

4



振り返りシート(3枚目_両パターンの比較)

5



振り返りシート(4枚目_比較動画と分析者コメント)

6

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは早期に軸足が確定し、余剰時間が長くなってしまっているのに対して、Goodパターンではラケットスイング直前まで細かいフットワークで距離感を調整している。



Player7

振り返りシート(1枚目_バッドパターン)

3

Badパターン

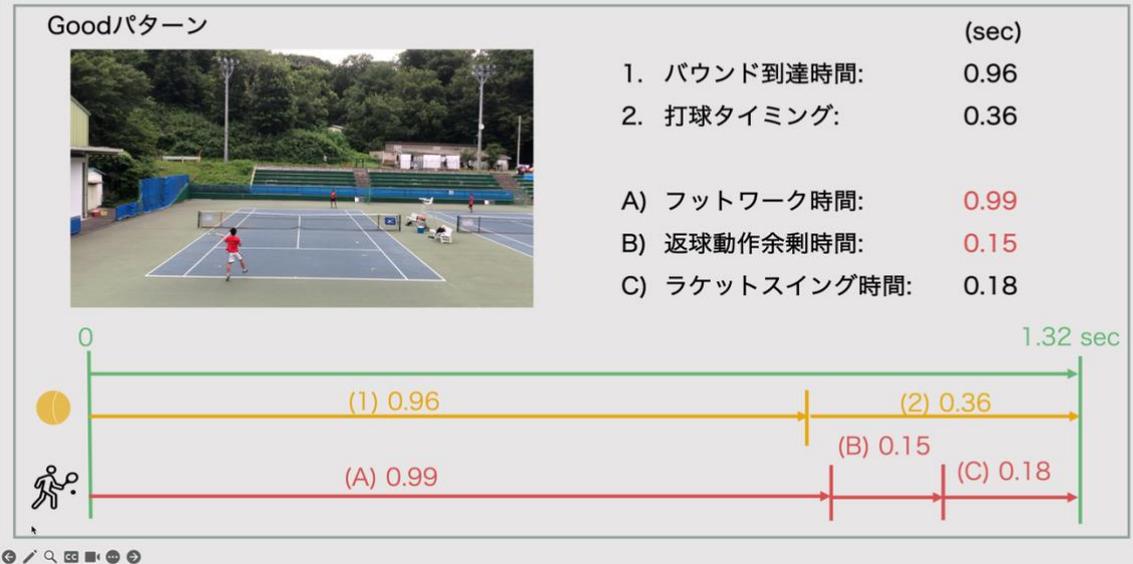


	(sec)
1. バウンド到達時間:	0.81
2. 打球タイミング:	0.48
A) フットワーク時間:	0.57
B) 返球動作余剰時間:	0.54
C) ラケットスイング時間:	0.18



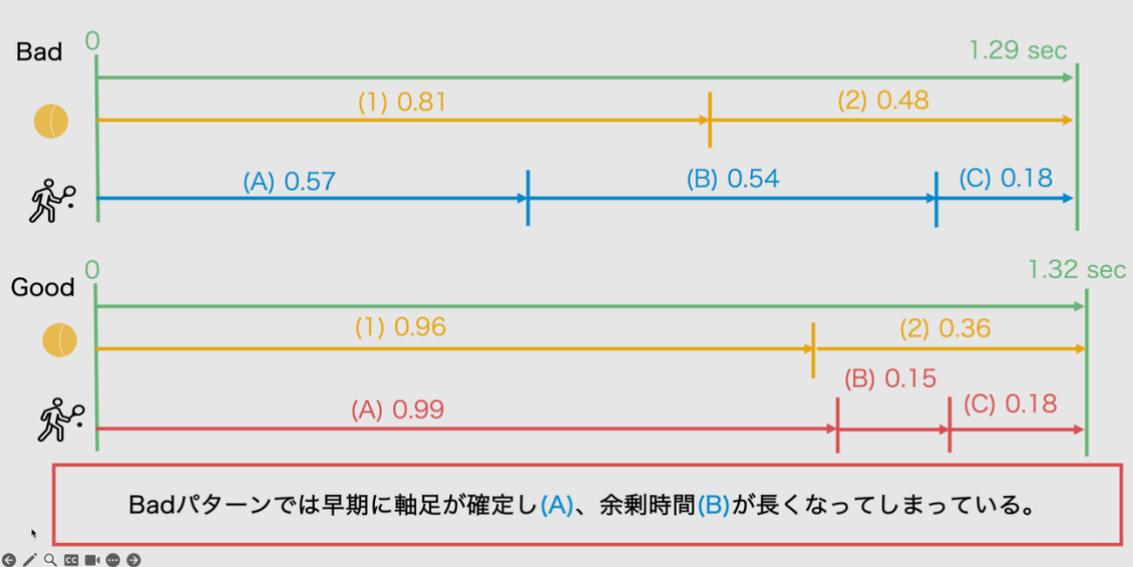
振り返りシート(2枚目_グッドパターン)

4



振り返りシート(3枚目_両パターンの比較)

5



振り返りシート(4枚目_比較動画と分析者コメント)

6

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは早期に軸足が確定し、余剰時間が長くなってしまっているのに対して、Goodパターンではラケットスイング直前まで細かいフットワークで距離感を調整している。



Player8

振り返りシート(1枚目_バッドパターン)

3

Badパターン



	(sec)
1. バウンド到達時間:	0.72
2. 打球タイミング:	0.45
A) フットワーク時間:	0.41
B) 返球動作余剰時間:	0.60
C) ラケットスイング時間:	0.15



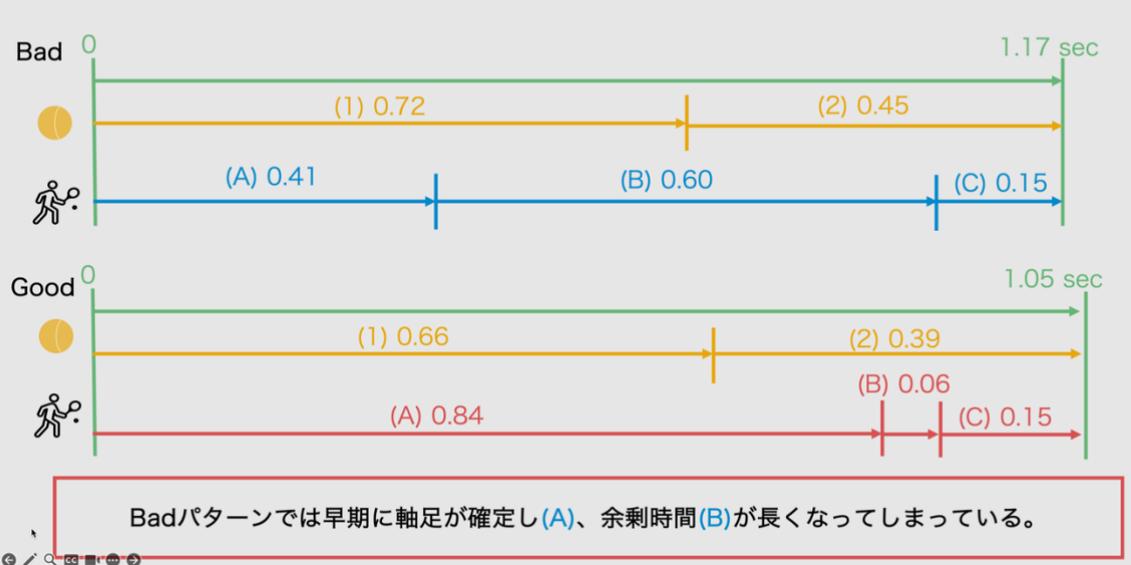
振り返りシート(2枚目_グッドパターン)

4



振り返りシート(3枚目_両パターンの比較)

5



振り返りシート(4枚目_比較動画と分析者コメント)

6

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは早期に軸足が確定し、余剰時間が長くなってしまっているのに対して、Goodパターンではラケットスイング直前まで細かいフットワークで距離感を調整している。



Player9

振り返りシート(比較動画と分析者コメント)

2

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは軸足の確定が遅れ、スイング時間が短くなってしまっているのに対して、Goodパターンではコート内部に入りながら、時間的余裕も十分に確保されている。



振り返りシート(比較動画と分析者コメント)

2

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは早期に軸足が確定し、余剰時間が長くなってしまっているのに対して、Goodパターンではラケットスイング直前まで細かいフットワークで距離感を調整している。



振り返りシート(1枚目_バッドパターン)

3

Badパターン



	(sec)
1. バウンド到達時間:	1.17
2. 打球タイミング:	0.60
A) フットワーク時間:	0.90
B) 返球動作余剰時間:	0.69
C) ラケットスイング時間:	0.18



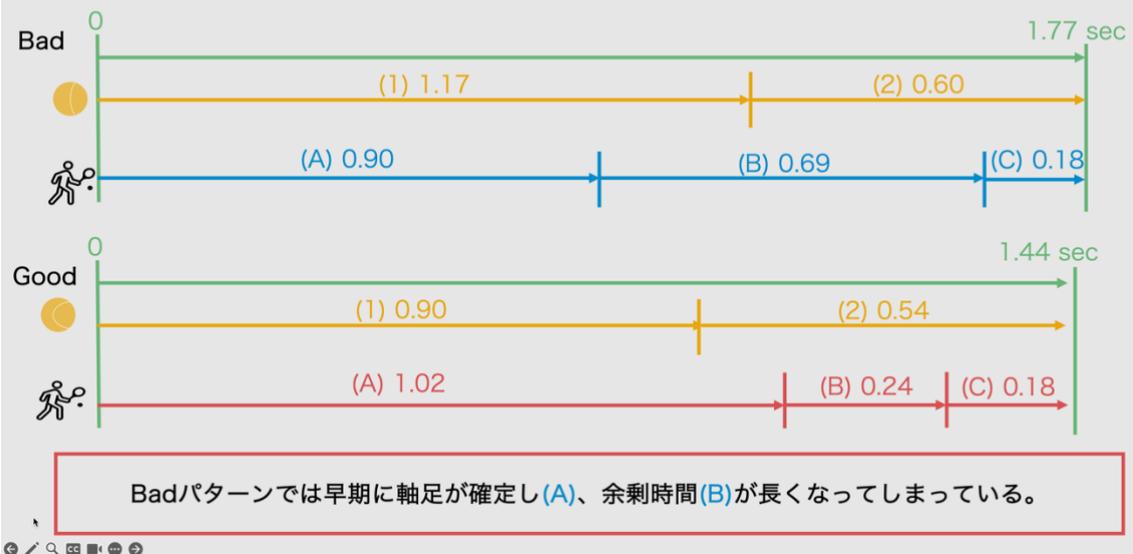
振り返りシート(2枚目_グッドパターン)

4



振り返りシート(3枚目_両パターンの比較)

5



振り返りシート(4枚目_比較動画と分析者コメント)

6

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは早期に軸足が確定し、余剰時間が長くなってしまっているのに対して、Goodパターンではラケットスイング直前まで細かいフットワークで距離感を調整している。



Player12

振り返りシート(比較動画と分析者コメント)

2

Badパターン



Goodパターン



分析者/指導者コメント

Badパターンでは軸足の確定が遅れ、スイング時間が短くなってしまっているのに対して、Goodパターンではコート内部に入りながら、時間的余裕も十分に確保されている。



実証実験におけるプレーヤー毎の打球状況分析データ

Player1 (GroupB)	
Pre(3マッチ)	Post (欠席)
総数	27
インサイドプレー(数)	19
インサイドプレー(比)	0.703704
インサイド外打球(数)	8
インサイド外打球(比)	0.296296
攻撃効果「あり」(数)	14
攻撃効果「あり」(比)	0.518519
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	14
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.518519
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	5
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.185185
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	0
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	8
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.296296

Player2(GroupA)		
	Pre(3マッチ)	Post (2マッチ)
総数	38	36
インサイドプレー(数)	21	27
インサイドプレー(比)	0.552632	0.75
インサイド外打球(数)	17	9
インサイド外打球(比)	0.447368	0.25
攻撃効果「あり」(数)	15	24
攻撃効果「あり」(比)	0.394737	0.666666667
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	11	23
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.289474	0.638888889
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	10	4
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.263158	0.111111111
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	4	1
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.105263	0.027777778
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	13	8
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.342105	0.222222222

Player3(GroupB)		
	Pre(3マッチ)	Post (3マッチ)
総数	35	16
インサイドプレー(数)	22	7
インサイドプレー(比)	0.628571	0.4375
インサイド外打球(数)	13	9
インサイド外打球(比)	0.371429	0.5625
攻撃効果「あり」(数)	19	6
攻撃効果「あり」(比)	0.542857	0.375
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	15	5
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.428571	0.3125
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	7	2
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.2	0.125
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	4	1
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.114286	0.0625
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	9	8
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.257143	0.5

Player4(GroupA)		
	Pre(3マッチ)	Post (2マッチ)
総数	32	15
インサイドプレー(数)	20	10
インサイドプレー(比)	0.625	0.666666667
インサイド外打球(数)	12	5
インサイド外打球(比)	0.375	0.333333333
攻撃効果「あり」(数)	17	12
攻撃効果「あり」(比)	0.53125	0.8
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	11	9
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.34375	0.6
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	9	1
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.28125	0.066666667
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	6	3
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.1875	0.2
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	6	2
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.1875	0.133333333

Player5(GroupB)		
	Pre(3マッチ)	Post (3マッチ)
総数	6	12
インサイドプレー(数)	5	5
インサイドプレー(比)	0.833333	0.416666667
インサイド外打球(数)	1	7
インサイド外打球(比)	0.166667	0.583333333
攻撃効果「あり」(数)	4	7
攻撃効果「あり」(比)	0.666667	0.583333333
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	3	4
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.5	0.333333333
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	2	1
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.333333	0.083333333
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	1	3
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.166667	0.25
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	0	4
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0	0.333333333

Player6(GroupA)		
	Pre(3マッチ)	Post (2マッチ)
総数	37	29
インサイドプレー(数)	24	24
インサイドプレー(比)	0.648649	0.827586207
インサイド外打球(数)	13	5
インサイド外打球(比)	0.351351	0.172413793
攻撃効果「あり」(数)	17	18
攻撃効果「あり」(比)	0.459459	0.620689655
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	14	16
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.378378	0.551724138
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	10	8
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.27027	0.275862069
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	3	2
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.081081	0.068965517
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	10	3
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.27027	0.103448276

Player7(GroupA)		
	Pre(3マッチ)	Post (3マッチ)
総数	27	27
インサイドプレー(数)	12	19
インサイドプレー(比)	0.444444	0.703703704
インサイド外打球(数)	15	8
インサイド外打球(比)	0.555556	0.296296296
攻撃効果「あり」(数)	12	13
攻撃効果「あり」(比)	0.444444	0.481481481
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	5	13
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.185185	0.481481481
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	7	6
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.259259	0.222222222
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	7	0
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.259259	0
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	8	8
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.296296	0.296296296

Player8(GroupA)		
	Pre(3マッチ)	Post (2マッチ)
総数	39	13
インサイドプレー(数)	25	12
インサイドプレー(比)	0.641026	0.923076923
インサイド外打球(数)	14	1
インサイド外打球(比)	0.358974	0.076923077
攻撃効果「あり」(数)	24	10
攻撃効果「あり」(比)	0.615385	0.769230769
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	16	10
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.410256	0.769230769
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	9	2
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.230769	0.153846154
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	8	0
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.205128	0
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	6	1
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.153846	0.076923077

Player9(GroupB)		
Pre(3マッチ)	Post (3マッチ)	
総数	24	19
インサイドプレー(数)	10	14
インサイドプレー(比)	0.416667	0.736842105
インサイド外打球(数)	14	5
インサイド外打球(比)	0.583333	0.263157895
攻撃効果「あり」(数)	8	8
攻撃効果「あり」(比)	0.333333	0.421052632
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	4	6
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.166667	0.315789474
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	6	8
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.25	0.421052632
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	4	2
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.166667	0.105263158
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	10	3
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.416667	0.157894737

Player10(GroupB)		
	Pre(3マッチ)	Post (2マッチ)
総数	34	15
インサイドプレー(数)	21	7
インサイドプレー(比)	0.617647	0.466666667
インサイド外打球(数)	13	8
インサイド外打球(比)	0.382353	0.533333333
攻撃効果「あり」(数)	15	7
攻撃効果「あり」(比)	0.441176	0.466666667
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	11	4
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.323529	0.266666667
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	10	3
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.294118	0.2
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	4	3
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.117647	0.2
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	9	5
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.264706	0.333333333

Player11(GroupA)		Post (欠席)
Pre(3マッチ)		
総数		31
インサイドプレー(数)		23
インサイドプレー(比)		0.741935
インサイド外打球(数)		8
インサイド外打球(比)		0.258065
攻撃効果「あり」(数)		13
攻撃効果「あり」(比)		0.419355
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)		11
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)		0.354839
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)		12
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)		0.387097
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)		2
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)		0.064516
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)		6
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)		0.193548

Player12(GroupB)		
Pre(3マッチ)	Post (2マッチ)	
総数	19	10
インサイドプレー(数)	11	8
インサイドプレー(比)	0.578947	0.8
インサイド外打球(数)	8	2
インサイド外打球(比)	0.421053	0.2
攻撃効果「あり」(数)	9	6
攻撃効果「あり」(比)	0.473684	0.6
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(数)	7	5
インサイドプレー&攻撃効果「あり」(比)	0.368421	0.5
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(数)	4	3
インサイドプレー&攻撃効果「なし」(比)	0.210526	0.3
インサイド外&攻撃効果「あり」(数)	2	1
インサイド外&攻撃効果「あり」(比)	0.105263	0.1
インサイド外&攻撃効果「なし」(数)	6	1
インサイド外&攻撃効果「なし」(比)	0.315789	0.1

実証実験におけるプレーヤー毎のアンケート結果

Player1 (GroupB)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player1	3	—
自己評価：レシーブ側		3	—
他者評価1：サーブ側	Player6	2	—
他者評価1：レシーブ側		2	—
他者評価2：サーブ側	Player2	4	—
他者評価2：レシーブ側		4	—
他者評価3：サーブ側	Player10	3	—
他者評価3：レシーブ側		4	—

Player2(GroupA)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player2	4	5
自己評価：レシーブ側		4	4
他者評価1：サーブ側	Player9	4	5
他者評価1：レシーブ側		4	4
他者評価2：サーブ側	Player1	2	—
他者評価2：レシーブ側		3	—
他者評価3：サーブ側	Player5	2	4
他者評価3：レシーブ側		1	3

Player3(GroupB)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player3	4	5
自己評価：レシーブ側		4	4
他者評価1：サーブ側	Player8	2	4
他者評価1：レシーブ側		4	3
他者評価2：サーブ側	Player4	2	4
他者評価2：レシーブ側		1	3
他者評価3：サーブ側	Player12	4	5
他者評価3：レシーブ側		5	5

Player4(GroupA)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player4	2	4
自己評価：レシーブ側		3	4
他者評価1：サーブ側	Player11	3	—
他者評価1：レシーブ側		3	—
他者評価2：サーブ側	Player3	4	3
他者評価2：レシーブ側		3	4
他者評価3：サーブ側	Player7	3	4
他者評価3：レシーブ側		4	4

Player5(GroupB)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player5	3	4
自己評価：レシーブ側		1	3
他者評価1：サーブ側	Player10	2	3
他者評価1：レシーブ側		2	3
他者評価2：サーブ側	Player6	4	4
他者評価2：レシーブ側		4	2
他者評価3：サーブ側	Player2	4	5
他者評価3：レシーブ側		4	5

Player6(GroupA)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player6	5	4
自己評価：レシーブ側		5	2
他者評価1：サーブ側	Player1	4	—
他者評価1：レシーブ側		4	—
他者評価2：サーブ側	Player5	3	5
他者評価2：レシーブ側		1	3
他者評価3：サーブ側	Player9	5	3
他者評価3：レシーブ側		4	3

Player7(GroupA)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player7	3	3
自己評価：レシーブ側		4	3
他者評価1：サーブ側	Player12	2	3
他者評価1：レシーブ側		2	2
他者評価2：サーブ側	Player8	4	4
他者評価2：レシーブ側		4	4
他者評価3：サーブ側	Player4	4	4
他者評価3：レシーブ側		3	3

Player8(GroupA)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player8	3	3
自己評価：レシーブ側		4	3
他者評価1：サーブ側	Player3	3	3
他者評価1：レシーブ側		2	2
他者評価2：サーブ側	Player7	3	2
他者評価2：レシーブ側		3	3
他者評価3：サーブ側	Player11	3	—
他者評価3：レシーブ側		3	—

Player9(GroupB)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player9	3	3
自己評価：レシーブ側		2	4
他者評価1：サーブ側	Player10	2	3
他者評価1：レシーブ側		3	3
他者評価2：サーブ側	Player2	3	5
他者評価2：レシーブ側		4	5
他者評価3：サーブ側	Player6	5	2
他者評価3：レシーブ側		5	2

Player10(GroupB)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player10	3	3
自己評価：レシーブ側		2	3
他者評価1：サーブ側	Player9	4	3
他者評価1：レシーブ側		3	3
他者評価2：サーブ側	Player5	4	4
他者評価2：レシーブ側		1	2
他者評価3：サーブ側	Player1	2	—
他者評価3：レシーブ側		3	—

Player11 (GroupA)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player11	3	—
自己評価：レシーブ側		1	—
他者評価1：サーブ側	Player12	4	—
他者評価1：レシーブ側		2	—
他者評価2：サーブ側	Player4	3	—
他者評価2：レシーブ側		2	—
他者評価3：サーブ側	Player8	3	—
他者評価3：レシーブ側		3	—

Player12 (GroupB)			
	評価者	1日目(指導前)	2日目(指導後)
自己評価：サービス側	Player12	2	3
自己評価：レシーブ側		1	2
他者評価1：サーブ側	Player11	4	—
他者評価1：レシーブ側		2	—
他者評価2：サーブ側	Player7	2	3
他者評価2：レシーブ側		2	3
他者評価3：サーブ側	Player3	2	3
他者評価3：レシーブ側		3	4

実証実験におけるプレーヤー毎のインタビュー結果

Player2		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	軸足は早く決めた方がいいと思っていたので、意外なアドバイスだった。ただ、映像とともに見たので納得感があった。インサイド外での攻撃効果あり打球が減ったのは、もっとコート後方で打つ「ゲームを作る」ボールと「攻める」ボールがはっきりして中途半端なボールが減ったと言う解釈ができ、悪くない結果だと思う。
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄に変化はありましたか？	プレーがよくなったと思う。コート内にどんどん入って打つことも意識できた。元々数値が好きなので、映像と数値の両方からアドバイスされたことで実行意識が強まったと思う。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	一回では忘れてしまうので何度も分析を行って欲しい。今回の実験ではコート前方で攻撃的にプレーすることが最初から求められていたので上手くできた気もする。実際の試合場面でも使えるように今後も意識していきたい。

Player4		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	1回目はコートが狭くても真ん中からだと角度がつきにくいからサイドアウトを怖がって後ろで作るイメージがあった。アドバイスを受けて、感覚的には2日目は審道を早めて前に入ることを意識したことでいいプレーも悪いプレーも増えたと思ったけど、実際はいいプレーの方が多くて、ちょっと変えただけで大きな変化が出たのは意外だった。真ん中からでも攻撃効果が高いショットが打てるのは自分にとって新しい発見だった。
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄に変化はありましたか？	2回目はアドバイスを受けてインサイドプレーの数を増やそうと意識した。相手のボールに合わせずに、相手が返球する前から前に動くようにしていたことで、プレーが増えたと思う。意識的に動きだしの時間が早くなったことで、アドバイスにあった時間的余裕も作れるようになった。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	同じショットに見えて実は違う、同じスイングなのに、細分化することで違いが見えるのがいい所だと思う。ストロークにムラがあるとかが荒いと言われていた人に向けてやってみてほしい。月1くらいのペースがいいかも。

Player5		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	1日目は全然前に行けてなくて、2日目は意識して改善したつもりだった。インサイド外の数は増えているので、元の立ち位置がよくなかったかもしれない。自分がイメージしてた5、6割くらいの出来栄え。
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄えに変化はありましたか？	2日目の方がポイントが多く取れたし、プレーが良かった印象がある。攻撃効果については感覚通り。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	アプローチとか、サーブ後の3球目の立ち位置(攻めやすいシチュエーション)に着目した分析もやってほしい。

Player7		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	インサイドプレーの数が増えたのは予想通りだったけど、攻撃効果ありの球の比率が変わらなかったのは意外だった。元々良かったプレーがさらに良くなって、悪かったショットはそのままかも。(先に主導権を取られた時にラインから離れていってしまう印象はあった。)
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄えに変化はありましたか？	1日目は思ったよりも上手くいかなかった。何も意識せずにプレーしたからインサイドも少なかったのが当然だと思う。2日目の前のアドバイスが足が決まるのが早いと言うアドバイスだったため、もう一歩動かそうと思ったら、思ったより前に一歩入る時間があったことがわかったので、実行した結果プレーも良かったと思う。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	最終的にポイントにつながっているかまでみられるようにしてほしい。ゲーム全体がこのようにみれていけばそれに越したことはない。攻撃効果だけを上げるならインサイドにこだわる必要もないと思うので他の手法も知りたい。

Player8		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	主観的には1日目と2日目の違いを感じなかったので意外に変わってるなと言う印象。
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄に変化はありましたか？	2日目は体力的に厳しかったので、自分から攻撃する気持ちが強かった。今回のアドバイスと結果を見ても、体力的にきつい時でなくても、そのくらいペースラインでへばりついてやった方が楽だし効果があるんだなと思った。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	逆にリターン側のコートが狭かったらどうなるのだろうと思った。

Player9		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	結果を見る前には中はいるのは上手くいかないなと思ってたけど試合はなぜか勝った印象だった。自分は入ることが上手くいってない印象だったけど、実際は攻撃効果の上昇率が低かったので、そこは勘違いしていた。
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄に変化はありましたか？	初日は普通にやってた。実力通り。2日目の1試合目と3試合目はかなり有利に戦えた。1試合目は前の日はずっと打たれていた印象だったけど、インサイドが増えたことで動きのリズムが出てきて良かったと思う。3試合目は相手がプレーを変えてきて自爆してくれた。2試合目はインサイドプレーを増やそうとして焦ってしまった。アドバイスへの意識は高く実行もできたが、攻撃効果という成果に繋がらなかった印象がある。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	どうすれば攻撃効果上がるかまでアドバイスを含めてほしい。レシーブ側でどのくらいカウンターになってるか、真逆のこと(守備戦術)もやってほしい。動画が一枚であんまり記憶にないプレーだったので3つくらい欲しかった。コメントは直ぐに覚えて実行に移せた。自己評価と他所評価が難しかった。もっと評価観点が細かく欲しかった。

Player10		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	初日の時点で前方向への意識はできていた。2日目のアドバイスを受けて。足を動かし続けるために少し下がって、球威を出していくイメージがあったので、数値は想像通りだった。
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄に変化はありましたか？	サービス側は2日目の方が良かった。3球目攻撃を意識していたからだと思う。レシーブ側は2日目の方が相手とスピード勝負にならずにいい感覚だった。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	同じようなシチュエーションで良い場合と悪い場合が比較されているのは納得感がある。サーブなどの別のショットでも同じように意識しているつもりでも日によって感覚が変わってしまうので、別のショットでの比較とか、数ヶ月のスパンでの変化が動画で観れるといい。

Player12		
質問番号	質問内容	回答
1	分析結果を見て、新しい気づきや発見がありましたか？	基本的に下がってプレーするスタイルなので、総数が少ないのは想定内。攻撃効果も少ないと思っていたが、インサイドでの攻撃効果は想像より高く、意外だった。
2	1日目(指導前)と2日目(指導後)ではプレーの意識と出来栄に変化はありましたか？	2日目は格上と戦ったので総数が少なくなった点からも実力差がわかった。サーバー側が有利なので無理して攻めなくてもじっくり組み立てるつもりでいた。振り返りシートで言われたアドバイスは今まで言われたことなかったもので、新鮮だった。すぐに実行するのは難しかったが、動画だけだと、直ぐには実感するのは難しかった。
3	本手法による指導が今後実装されるとしたらどのようなことを期待しますか？	攻撃効果についてももっと知りたい。配球とか回転数とかとも絡めてなぜ攻撃効果があったのか知りたい。