

水球でのボールの動きを可視化する簡易分析手法の提案 とその効果

井出匡紀

2023 年 1 月 22 日

目次

図目次

表目次

概要

水球でのボールの動きを可視化する簡易分析手法の提案とその効果

水球とは、縦 30m 横 25m のプールを使用して行われる球技で試合時間は 8 分×4 ピリオドである。各チーム、ゴールキーパー 1 名ずつを含む計 7 名の選手がフィールド上におり、1 度のオフENSEを 30 秒以内に行うことがルールとされている。2019 年の FINA によるルール改正以来、水球界においては得点機会を増やすために審判が退水やペナルティーファールの判断を下すことが増えており、オフENSE・ディフェンスの両側面で退水セットの重要性が増している。2021 年に行われた東京オリンピック水球競技での決勝ラウンドでは、退水セットの決定率が対戦相手より低いチームは全て敗退するなど退水セットの重要性が伺える大会であった。このように試合の勝敗を左右する退水セットであるが、現在の慶應義塾大学体育會水泳部水球部門では退水セットの練習では、シュート数やパスミスなどの統計情報とビデオを各自視聴をするだけの分析に止まり、主観的な分析にとどまっている。

そこで本研究では Python に付属の標準ライブラリである tkinter を用いて退水セットのボール回しを可視化するツールを開発した。これを用いて統計情報やビデオ視聴に加えた客観的な分析を行うことで退水セットの練習において従来以上の効果をもたらすことを主題とした。練習後の分析にツールを使用したチームと使用しなかったチームでは 2 回行われた退水セットの練習でどのような変化が OF と DF に見られるのかをそれぞれ計測した。その結果、DF への適応実験ではツール不使用チームが相手 OF への対策を立てられずに 2 度の退水セットで同じ失点の仕方を繰り返していたのに対し、ツール使用チームは相手の攻め方を見抜き、対策を立てることで同じ失点の仕方をすることがなくなった。アンケートから客観的な分析による心理変化があったことも分かっており、選手の行動に影響を与える分析結果を与えることが出来た。OF への適応実験では、ツール使用チームと不使用チームでは統計上の差が見られなかった。アンケートから心理的な変化があったことは分かったもののプレーに影響を与えることは出来なかった。

キーワード:

1. 卒業論文, 2. 水球, 3. 退水セット, 4. 分析

慶應義塾大学総合政策学部

井出匡紀

Abstract

Proposal and Effectiveness of a Simple Analytical Method for Visualizing Ball Movement in Water Polo

Water polo is a ball game played in a pool 30 meters long and 25 meters wide, and the duration of the game is 4 periods of 8 minutes. Each team has seven players on the field, including one goalkeeper, and the rule is that each offense must be played within 30 seconds. Since the rule changes by FINA in 2019, referees in water polo are increasingly making the decision to exclusion or penalty foul from the water in order to increase scoring opportunities. The importance of the water exclusion set is increasing in both offensive and defensive aspects of the game. In the final round of the 2021 Tokyo Olympics water polo tournament, all teams with a lower percentage of water exclusion sets than their opponents were eliminated from the tournament, indicating the importance of water exclusion sets. In the current Keio University Swimming Club water polo team, the water set is practiced only by analyzing statistical information such as the number of shots and pass misses, and by watching a video of the set. The current Keio University Swimming Team's water polo team only analyzes statistical information such as the number of shots and pass misses, as well as the video footage of the practice, which is a subjective analysis.

Therefore, in this study, we developed a tool to visualize the ball rolling of the exclusion set using tkinter, a standard library included in Python. In this study, I aimed to investigate the effectiveness of using a tool for analyzing statistics and video footage in practices of the exclusion set in water polo. I measured changes in the performance of the offensive (OF) and defensive (DF) players in two exclusion set practices, comparing a team that used the analysis tool with a team that did not. The results showed that in the DF adaptation experiment, the team that did not use the tool repeated the same mistakes in defense, while the team that used the tool was able to recognize and counter the opponent's attacks, preventing the repetition of the same mistakes. Surveys also revealed psychological changes in the players as a result of the objective analysis. However, in the OF adaptation experiment, there was no statistical difference between the team that used the tool and the team that did not. While surveys showed psychological changes, it did not affect the play.

Key Words:

1. Graduation Paper, 2. Waterpolo, 3. Exclusion Set, 4. Analysis

Keio University Faculty of Policy Studies

Masaki Ide

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 動機

水球とは、縦 30m 横 25m のプールを使用して行われる球技で試合時間は 8 分×4 ピリオドである。各チーム、ゴールキーパー 1 名ずつを含む計 7 名の選手がフィールド上におり、1 度のオフENSEを 30 秒以内に行うことがルールとされている。2019 年の FINA によるルール変更以来、試合のスピード感を上げ得点機会を多く作るために審判がパーソナルファウルの判断を下すことが増えており、オフENSE・ディフェンスの両側面で退水セットの重要性が増している。2019 年に行われた世界選手権ではルール改正の影響より退水セットのゴール数、シュート数が増加している。[weko_1677_1] 2021 年に行われた東京オリンピック水球競技での決勝ラウンドでは、退水セットの決定率が対戦相手より低いチームは全て敗退するなど [weko_1697_1]、退水セットの重要性が伺える大会であった。

1.2 目的

さて、慶應義塾體育會水泳部水球部門{以下慶應水球}は 2022 年度関東水球学生リーグ 4 にて位入賞という 47 年ぶりの快挙を成し遂げたが、上位 3 チームとの差は大きく様々な面でのチーム強化が求められることとなった。その中で執筆者が着目したのは退水セットである。2022 年度学生リーグ 1 部で行われた 33 試合中、パーソナルファウルの回数は計 473 回であり、1 試合平均 14.3 回のパーソナルファウルが起きているという計算になる。この様に退水セットの重要性は増しつつあるが、現状の慶應水球では退水セットの練習について決め事をミーティングで決めた後に練習を行い、各自がビデオを視聴するという主観的な形態の分析にとどまっている。日本の水球競技は、各チームの指導者が長年の経験と勘による指導を行うケースが非常に多い。[原朗 2005 水球競技の長期一貫指導型競技者育成プログラム] そのため

選手も経験と勘・癖を頼りにプレーを行っていることが多く、国際大会で上位入賞するチームとは戦術が大きな乖離があると言われている。[榎本至 2005 水球競技のノーティカルチャート] 過去の研究では日本代表がサイドからのシュートが多いが欧州の強豪国は中からの得点率が高く、よりゴールの可能性が高い状況に持ち込むことが出来ていることが分かっている。[高木英樹 1988092009][洲雅明 2018 水球競技における相手退水時の攻撃分析] そのため退水セットの分析ツールを作成し対戦相手の分析を行うことで試合を有利に進めることができると考えた。退水セットにおける各ポジションからの一般的な平均パスコースの分析を行った研究はあるものの [洲雅明 2016 水球競技における退水時攻撃のディフェンスの崩しについて], エクセルを用いたものであり日常の練習から利用できる分析体系ではないと考えた。他にも、試合中の選手の動きについて VTR 映像を基に VTR モーションアナライザーやビデオ分析ソフトから座標値を求め、2 次元 DLT 法で泳速度や泳距離、コースを分析した研究が存在する。[椿本 1987 水球のゲーム分析][清水信貴 2007 水球競技におけるルール改正に伴うゲーム構造の変化に関する研究] しかしこれらを実践に活用したと言う報告はない上、迅速な分析が可能ではないと考えた。また、水球の試合データを扱った研究についても多数あるが、どれも統計情報のデータベースを作成して試合の傾向を分析することに終始している。[洲雅明 2013 ロンドンオリンピックにおける水球競技のデータ分析][洲雅明 2016 水球競技における退水時攻撃のディフェンスの崩しについて] そこで本研究では退水セットのボール回しを簡易的に可視化し、統計情報やビデオ視聴に加えた分析を行うことで退水セットの練習において従来以上の効果をもたらすことができると考えた。また、チーム毎に設定している退水セットの攻め方を分析することで対戦相手に対して有利な状況で試合を進めることができるようになると考えた。簡易的に操作ができるかつ選手のプレーに影響を与えることのできるそこで本研究では退水セットのボール回しを可視化するツールを開発し、練習後の分析にツールを使用したチームと使用しなかったチームでは 2 回行われた退水セットの練習でどのような変化が見られるのかを計測した。特に 2 度の退水セットにおけるパス数やシュート数などの統計情報に加え、出力結果からどのような分析内容が得られたのかにも着目し、実用を意識した検証を行った。

第2章

背景

2.1 水球の関連知識

水球

水球とは、縦 30m 横 25m のプールを使用して行われる球技である。各チーム、ゴールキーパー 1 名を除き 6 名のフィールドプレーヤーがおり、ゴールキーパー以外は片手でのみボールを扱うことができる。8 分 × 4 ピリオドの試合時間の中で、より多くのゴールを決めたチームの勝ちとなる。

パーソナルファウル

水球にはディフェンスの選手が犯すファウルとしてオーディナリーファウルとパーソナルファウルという 2 種類のファウルが存在している。オーディナリーファウルの対象となるプレーは、ボールを持った相手を身体の正面から向かって沈めようとする行為などであり、ボールを持っていた選手からのフリースローでプレーは再開される。これに対しパーソナルファウルの対象となるプレーは、ディフェンスの選手がボールを持っていないオフenseの選手を掴みその動きを阻害することや、オフense選手の身体に対して背中側から沈めようとする行為などが対象となるファウルである。パーソナルファウルになった場合、状況によって審判は退水か 5m ペナルティーシュートの判断を下す。退水となった場合、ファウルを犯した選手は 20 秒間フィールド外に設けられた退水ゾーンというエリアに入らなくてはならない。これに対して 5m ペナルティーシュートではシューターはゴールから 5m 離れた位置から、ゴールキーパーと 1 対 1 でシュートを打つことになる。このパーソナルファウルは 2019 年のルール改正以来増加しており、関東大学水球 1 部リーグの試合では 2021 年度には 1 試合平均 12 回だったが 2022 年度には平均 14 回となっており、わずかながら回数の上昇が見られる。

退水セット

上記の退水が発生した際、一時的にオフenseが数的有利になる現象が起こる。この際のオフenseを退水セットと呼び、オフenseを行っているチームにとって得点を取ることに有利な状況である。この機会を有効に活用するために各チーム戦術を練ることが多く、本研究での実験対象とした。また退水セットでオフenseがとる一般的な形として、ゴール付近の 2m ラインに 4 名、ゴール

から少し離れた 6m ライン付近に 2 名を配置する 4-2 システムが採用されている. このシステムでは次の図のように各ポジションに番号が割り振られており, 本研究内でもそのポジション番号を用いている.??

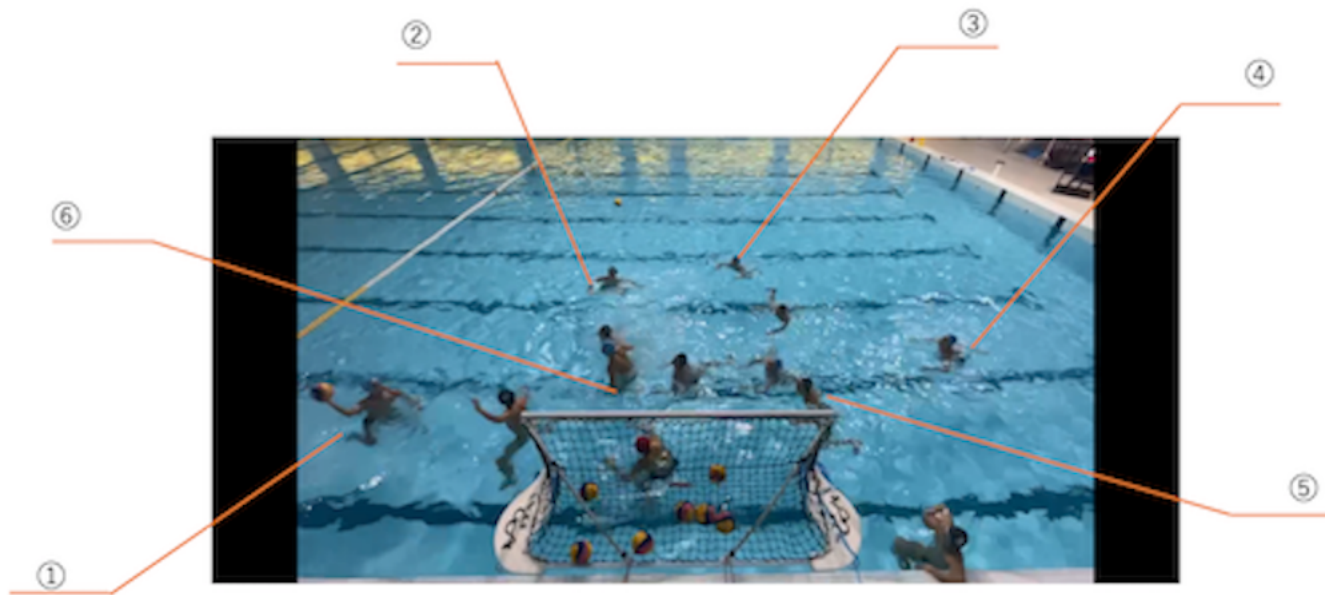


図 2.1 退水セットでの 4-2 システムとポジション番号

2.1.1 Tkinter

Tkinter は Python の標準ライブラリの一つで,GUI アプリケーションを作成するためのフレームワーク.Tkinter を使用して, ウィンドウ・ボタン・ラベルなどのグラフィカルユーザインタフェース部品を簡単に作成することができる.

2.2 先行研究

2.2.1 退水セットの攻め方

水球の退水セットにおける分析は多数存在している。日本国内の高校総体から東京オリンピックまでの退水セットの攻め方を分析した研究 [weko_1697_1] では、欧州の強豪国が退水セットを重視して戦略を確立し国際大会で上位に食い込んでいることを述べている。また、国内の高校総体と日本選手権・ロンドン五輪の試合では高校総体と日本選手権ではパス回しによる崩しが行われておらず、五輪では崩しが行われていることが分かっている。[洲雅明 2016 水球競技における退水時攻撃のディフェンスの崩しについて] 退水セットのボール回しにチーム毎の特徴があり、これらからレベルの高い舞台で通用する攻め方や守り方があることが示唆されている。そのため、ツールを用いて客観的な分析を行うことで高いレベルで通用する退水セットの攻め方や守り方を身につけ、チームを強化できると考えた。

2.2.2 水球におけるデータ分析

高木らが試合中に行った分析として、記録員計 3 名によりパーソナルコンピューターへシュートした選手・シュート種類・シュート位置・得点の成否・シュートがゴールインしたときのゴール内の位置・攻撃パターン・シュート失敗の原因・シュート失敗後の経過などを記入しリアルタイム分析を試みたものがある。[高木英樹 1989 原著] ここでは課題が残るもののリアルタイムで高い精度でシュートに関する分析を行うことができていたが、実際にフィードバックを行いプレーの改善を試みるには至っていない。同様に鈴木らがリアルタイム処理による分析を試みているが、分析結果の出力が試合中に行うことはできず、分析結果を基に選手がどのように動いたのかを検証することは出来ていない。[鈴木茂廣 1995 水球競技リアルタイムゲーム分析システムの開発]

2.2.3 ユーザーインターフェース

ユーザビリティを評価する方法として、各操作における被験者と設計者の時間を測定する。鱗原良は、この設計者の操作時間/被験者の操作時間の倍率を計算することで、一連の操作内で操作性に困難がある箇所が分かるとした。[鱗原晴彦 1999 設計者と初心者ユーザーの操作時間比較によるユーザビリティ評価] 本研究でもこの手法を用いて、作成したツール内で操作が困難であり、改善を要する箇所の特定を行う。

第3章

問題

前章で述べた様に, 国際大会や学生選手権における退水セットの重要性は増しているがその分析は主要大会の試合後にとどまり, 日頃の練習から客観的な分析を行うことはできていない.

本研究では,tkinter を用いてボールの軌道を描画することで簡易的な操作ができる上, 選手のプレーに影響を与えることのできる, 有意性のある分析が出来るという仮説を立てた. その検証のために退水セットにおける客観的な分析手法を提案するとともに, あらゆる水球関係者が簡易的に分析を行いやすいツールを作成する. 本研究で提案した手法での客観的な分析によるプレーへの影響を評価するために, 選手に利用してもらうことで統計情報とアンケートによる選手の使用感を評価した.

3.1 本研究で解決する問題

本研究で作成するツールの目標は「誰もが簡易的に使用でき, かつ選手の動きに影響を与える客観的な分析結果を出力できるツールの作成」である.

3.2 課題解決の要件

プレーに影響を与える客観的な出力結果が得られ, かつ誰でも簡単に使用できるツールを作成する要件として, 下記項目を定義する.

3.2.1 ツール分析前後での統計情報上の変化

分析ツールの使用前後チームとしてどのような変化があったのか, パス数やシュート数, シュートポジションなどの統計情報をとり, 評価する.

3.2.2 ツール分析前後での選手の心情の変化

分析ツールの使用前後でチームとしてどのような変化があった感覚を持つのか、選手へのアンケートから評価を行う。アンケートは y/n 形式によるものと記述式の 2 つを採用した。

3.2.3 分析結果の有用性

有用性のある分析結果と成ったのかを測定するため、ツール使用後の選手にアンケートをとり、出力結果の有用性を評価する。アンケートは y/n 投票によるものと記述式によるものを採用し、2 側面からの評価を行う。

3.2.4 出力結果の正確性

正確な分析を行うため、各選手の出力結果の正確性を評価する。全使用者の出力結果を比較し、使用者が間違いを起こしやすいパターンを計測する。

3.2.5 ツール使用時間の短縮

誰でも、簡単に使うことのできるツール作成のために各選手がツールを使用した時間を計測し、そのばらつきを評価する。特に、ツール作成者との使用時間の差異を評価することで使用者が扱いにくい作業を特定し、ツール改良に役立てる。

3.2.6 ツール使用者の感想

ツールを使用後の感覚について、使用者にアンケートを行い使用感を評価する。アンケートでは y/n の投票形式によるものと、記述式の 2 つを実施する。

第4章

提案手法

4.1 提案

本研究では、tkinter を用いてボールの動きを描画する手法を用いた。事前に全てのパスの通りにタグを付けておき、必要なパスの線のタグ名を入力することでボールの動きを描画した。このツールを用いてボールの動きを描画することで、簡易的な操作を実現する。操作者は動画を読み込むこともなく、パスが通ったポジションを記録したメモに基づき適切な数値とローマ字の組み合わせを入力することで、感覚的な操作が可能になる。

4.2 基本仕様

2 章で述べた退水セットにおけるポジション番号以外に、本研究では 7・8・9 番のポジション番号を設定すると共に、ゴールをゴールキーパーから見て左から J・K・L と設定した。これは、5・6 番ポジションのオフENS選手が斜めに切り上がることが多い 3 つのポジションを設定したものだ。また、ゴールを決められた・決めた際にどこにシュートが飛んで来たのかということも重要になるため、本研究でのみ使用されるポジションを以下の図のように設定した。??

tkinter 内でこの 1 番～9 番、JKL の 12 ヶ所に座標を設定する。前述のパスのタグとは、1 番から 2 番にパスが通った場合には「12p」と操作画面に入力することで操作者が座標を入力することなく座標間に線を引くことができるようにしたものである。例えば一度の退水セットでボールが 1 番・2 番・3 番・4 番・5 番のポジションに渡り最終的に J の位置にゴールが決まった際には、メモには「12345j」という記載をした。その場合はツールの入力画面で「12p」「23p」「34p」「45p」「5j」という値を適切な箇所に入力し、再生することで以下のような出力を得られる。??

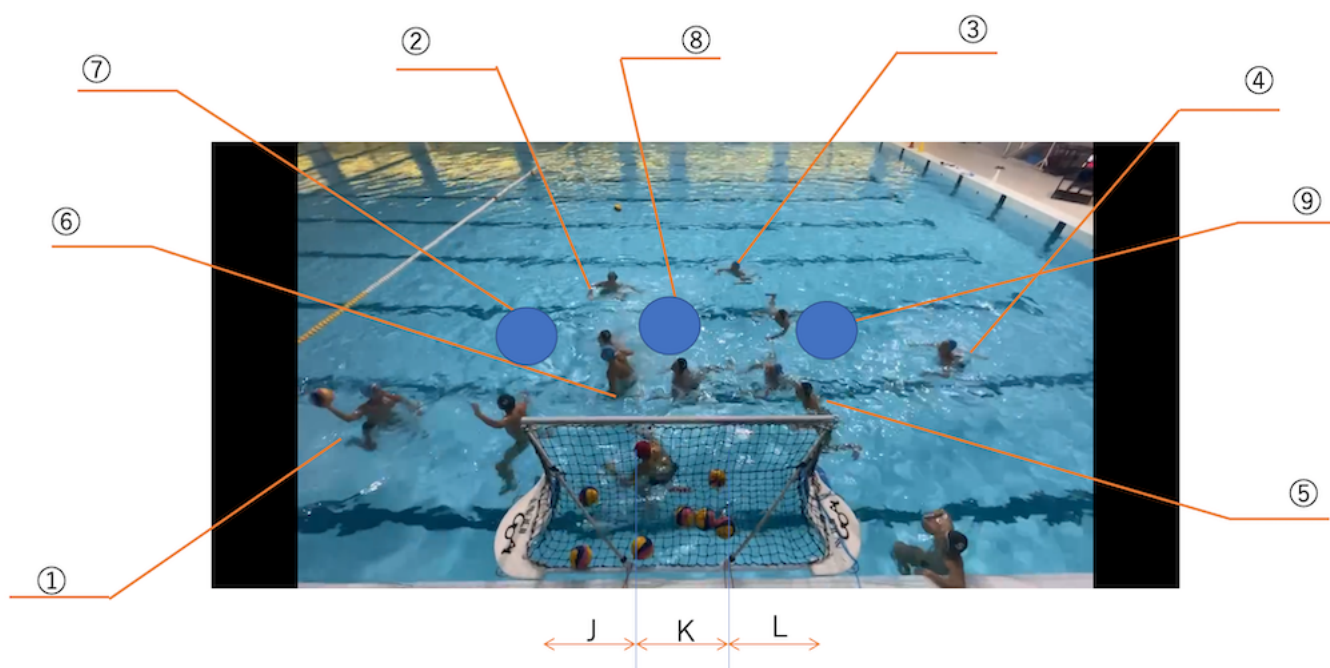


図 4.1 退水セットでのポジション番号並びにゴールの分割方法

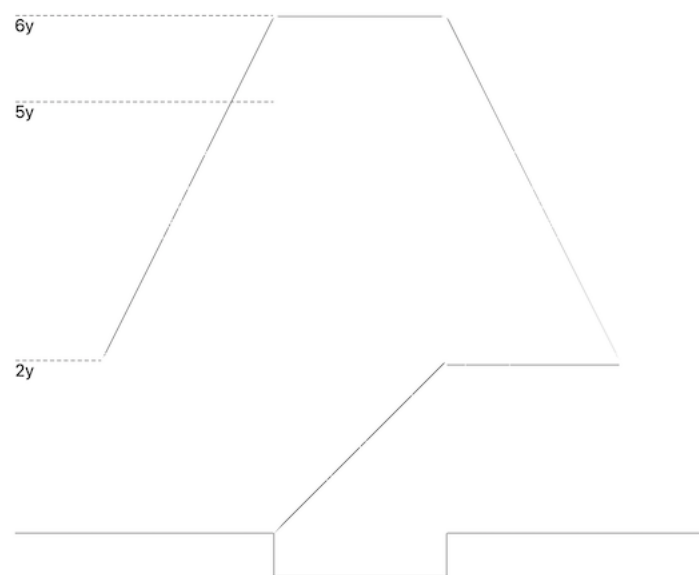


図 4.2 ボールが 12345j と動いた際の出力

第5章

実験

本章では,4章で述べた手法で仮説を検証するための実験方法と実験システムの設計について述べる.

5.1 ツール構成

本研究では Python を用いてツール作成を行った. 実装については大きく分けて 3 つに分けられる. 1 つ目がコート作成,2 つ目がパスへのタグ付け,3 つ目がタグの呼び出しである. 1 つ目のコート作成は canvas 上に水球のゴールや 2m,5m,6m の位置に線を引いた.2 つ目のパスへのタグ付けについても座標から座標に白い線を引いた. ここでは 1 番~9 番の各ポジションとシュートを打った際の jkl の計 12 箇所を通るパスの全ての組み合わせに白い線を引いた. 例としては,1 番から 2 番へのパスのタグとして'12p',4 番から 6 番へのパスを'46p',6 番から j の位置へのシュートを'6j' と設定した. タグの呼び出し場面では,座標から座標に線を引くのではなく,タグを呼び出し指定のタグを黒い線に変えような実装を行った. タグの呼び出しにすることで入力楽になり,操作性の向上を図った.

5.2 仕様

5.2.1 使用者の操作

実験参加者は 1 本の退水セットの結果を出力するために以下の手順で本ツールを使用する. これを 10 本行い,10 本目は操作 4 で終了とした.

操作 1: 退水セットの何本目について分析を行うのか,そしてそのセットがゴール・パス・シュートのどれに終わったのかを記入する.

操作 2: パスのルートに対応する事前にこちらで設定したタグを入力する.

操作 3: 出力を行う

操作 4: 出力結果のスクリーンショットを撮影する

操作 5: 操作 1 の画面に戻る

今後は操作 1～3 を操作画面, 操作 4.5 をデスクトップ画面と呼ぶ. 操作画面での数値各入力箇所はこのように配置されている.?? また, 各操作における所要時間を測定するために捜査中の画面収録を行った. スクリーンショットの撮影日時の情報と合わせ, 操作感の評価段階で使用する.

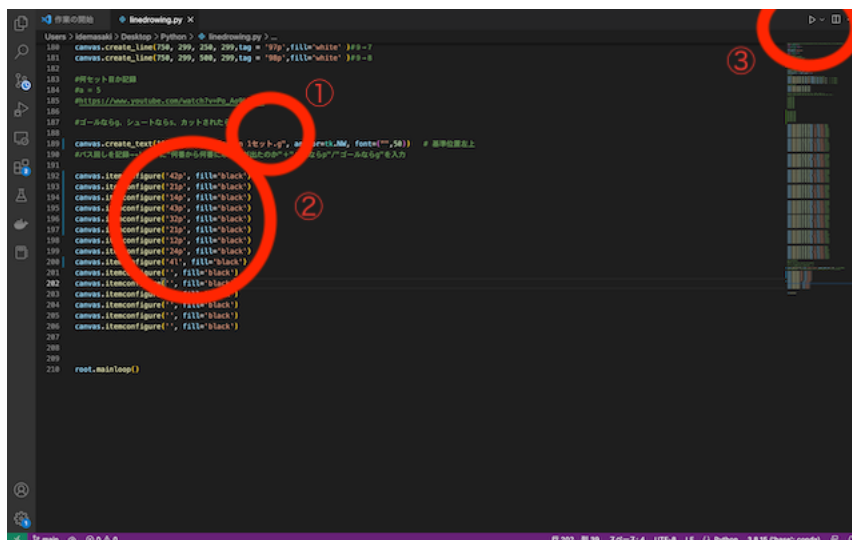


図 5.1 本実験で使ったツールの操作画面

5.3 実験

ここでは慶應義塾大学体育會水泳部水球部門, 並びに慶應義塾高等学校水球部部員の協力の下で行った実験について述べる.

5.3.1 大学生によるディフェンスへの適応実験

ここでは大学生に対して実施した, ディフェンスに分析結果を適応する実験の詳細を述べる.

・実験の概要

実験は大学水球の部員の協力の下, 1 週間かけて行った. 大学生を A と B の 2 チームに分け選手を固定し, 2 度退水セットの練習を行った. 1 度目と 2 度目の退水セット間には 1 週間の時間を設け, A チームの選手には 5・6 番ポジションの選手を使うというコンセプトを指示した. これに対して B チームの選手がツールを用いて 1 週間の間に A チームの分析を行い, コンセプトの指示内容を見抜き対策を立てられるかどうかを検証した.

実験の手順は以下の通りである.

- ①フィールドプレイヤー 12 名, ゴールキーパー 2 名を A と B の 2 チームに分ける. B チーム

の選手には「5・6 番ポジションの選手を使う」というコンセプトを指示し、攻守それぞれ 10 本ずつの退水セットを行う。

② A チームの選手計 7 名は、筆者と 1 名ずつ共にツールを使用し B チームがオフENSESを行った退水セット 10 本の出力を行う。出力が 10 本終了後に操作性についての記述式アンケートを行う。

③ A チームの選手には、正しい分析結果の出力結果 10 本分並びに分析項目が掲載された、Excel ファイル/Microsoft 社提供/を送付し、B チームの OF について分析を行ってもらう。

④ 分析結果を筆者が集計し、2 度目の退水セットの直前に集計した分析結果を選手にフィードバックを行う。

⑤ 1 度目と同じく 2 度目の退水セットを攻守 10 本ずつ実施する。

⑥ 退水セット終了後、1 度目と 2 度目で比較してどのような心理的变化があったのか、アンケートを行う

A チームの選手が行う分析内容は以下の 4 つになる。

- ① コンセプト予想
- ② 分析結果から分かること
- ③ 分析結果から分からないこと
- ④ 相手のコンセプトは何か

2 回目の退水セットを行った後に実施したアンケート項目は以下の 4 つになる。

- ① 分析後、自分達の DF に変化を感じたか: Yes・No 形式
- ② どのような変化がありましたか: 記述式
- ③ DF の改善にこの分析は使えそうか:: Yes・No 形式

5.3.2 高校生によるオフENSESへの適応実験

ここでは高校生に対して実施した、オフENSESに分析結果を適応する実験の詳細を述べる。

・実験の概要

実験は高校水球の部員の下、1 週間かけて行った。高校生を C と D の 2 チームに分け選手を固定し、2 度退水セットの練習を行った。1 度目と 2 度目の退水セット間には 1 週間の時間を設け、1 週間の間に C の選手はツールを用いて自分達のチームのオフENSESを分析してもらった。C と D の選手はこの分析以外には全く同じメニューを行って練習しており、同じコンセプトで退水セットを行っている。ツールによる分析が練習内容の理解を促すのかを検証した。

実験の手順は以下の通りである。

① フィールドプレーヤー 12 名、ゴールキーパー 2 名を C と D の 2 チームに分けて退水セットを実施した。なお本実験では、C チーム D チーム共に同じコンセプトを持ってオフENSESを行った。

② C チームの選手は、2 日間に渡り筆者と共に分析ツールを使用し、出力を行った。出力が 10 本

終了後に操作性についてのアンケートを行った。

③ C チームの選手には、正しい分析結果の出力結果 10 本分並びに分析項目が掲載された、Excel ファイル/Microsoft 社提供/を送付し、C チームの OF について分析を行ってもらう。

④分析結果を筆者が集計し、2 度目の退水セットの直前に集計した分析結果を選手にフィードバックを行う。

⑤ 1 度目と同じく 2 度目の退水セットを攻守 10 本ずつ実施する。

⑥退水セット終了後、1 度目と 2 度目で比較してどのような心理的变化があったのかアンケートを行う

C チームの選手が行う分析内容は以下の 4 つになる。

①決め事の中で出来たこと: 記述式

②分析シートを見て振り返り: 記述式

③改善点: 記述式

④ここからは不明瞭な部分: 記述式

2 回目の退水セットを行ったのち、分析を行った C チームの選手に以下の項目でアンケートを実施した。

①分析後、1 度目の退水セットを比較して 2 回目では OF における変化を感じたか: Yes・No 形式

②どのような変化がありましたか: 記述式

③日々の練習でこの分析によるフィードバックは有効そうか: Yes・No 形式

④退水以外でどのような場面で分析が使えるそうか: 記述式

第6章

評価

まだちゃんと整理できていません本実験では、戦術への適応とツールの使用感という2つの側面からの評価を行う。

戦術への適応に関しては2回に渡って行われた退水セットの中から、統計上の数値変化を比較する。それにより、分析結果が戦術に反映できるものであったのかを評価する。

ツールの使用感に関してはツール使用後のアンケートや操作時間、操作の正確性について評価を行う。

6.1 ディフェンスへの適応実験の評価

6.1.1 統計情報での変化

スタッツ比較の場所です

ここでは、分析対象となったBチームのオフenseについて、2度の退水セットでどのような変化が現れたのかを統計情報から評価を行う。まず、1度目と2度目の退水セットでの1番～9番の各ポジションでのボールタッチ数はこのようになる。????

分析対象となったBチームの変化について、まず着目すべきは5番・6番・7番ポジションでの統計情報の変化となる。1度目の退水セットでは「中、つまり5番～9番を使う」というコンセプトの下、右サイドである1番・2番で多くのパス交換を行いDFであるAチームの選手を揺さぶり5・6・7番を効果的に扱い、10本の退水セットの内7度中にパスを通し6度のシュートを放ち4本のゴールを決めている。これに対し、2度目の退水セットでは対戦相手であるAチームは分析結果に基づいたDFを行った。その結果、2度目の退水セットでは5番・6番へのパスを3本に減らし、1度もシュートを打たせることなく全てをカットしている。

分析を行ったAチームのOFについてまとめると次のようになる。1度目の退水セットでは10本中で6度のパスを通し、4本のシュートを打ち2本のゴールを決めている。2度目の退水セットについては5度のパスを中のポジションに出し、3本のシュートを放っている。結果として中からの得

点は0得点であったが、2度の退水セットでそれぞれ6本・5本のパスを中に通すことができおり、分析を行っていないBチームはAチームの戦術に対応することができていなかったと言える。以上のことから、本研究で作成したツールによる分析結果からAチームのDFを改善させ、BチームのOFへの適切な対策を立てることが出来たと考えられる。

表 6.1 A チームのポジション毎のボールタッチ数

ポジション番号	1 番	2 番	3 番	4 番	5 番	6 番	7 番	8 番	9 番	合計
1 回目パス	22	13	9	7	2	4	0	0	0	45
1 回目シュート	1	1	1	0	2	2	0	0	0	7
1 回目ゴール	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3
2 回目パス	17	11	11	11	2	3	0	0	0	45
2 回目シュート	2	1	0	2	0	3	0	0	0	8
2 回目ゴール	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3

表 6.2 B チームのポジション毎のボールタッチ数：A チームによる分析対象

ポジション番号	1 番	2 番	3 番	4 番	5 番	6 番	7 番	8 番	9 番	合計
1 回目パス	16	15	15	14	2	4	1	0	0	67
1 回目シュート	1	0	1	1	3	2	1	0	0	9
1 回目ゴール	1	0	1	0	1	2	1	0	0	6
2 回目パス	16	12	13	9	3	0	0	0	0	53
2 回目シュート	1	0	4	2	0	0	0	0	0	7
2 回目ゴール	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4

6.1.2 ツール使用の前後での心理変化

ここでは、分析を行ったことで2度の退水セットでのプレーに対してどのような心理面の変化があったのか、ツール使用者7名にアンケートをとった。??多くの選手から「中」という言葉が出てくるように、分析の出力結果から相手のコンセプトである「中からの失点」に意識が向いていたことが分かる。以上のことから、本研究においてツールの使用により選手の意識を変え、心理面と競技面から選手に影響を与えることが出来たと考えられる。

ここでは、ツールでの出力結果を基にAチームの選手が行った分析6名分を記載する。????なお、本研究では通常の分析に加えて分析の効果を確かめるため、相手であるBチームのコンセプトを予想し、それを確かめる質問も行った。1つ目の質問であるBチームのOFにおけるコンセプト予想については、『分からない』が3名・正しく答えられた選手が2名・異なる回答が1名であった。

表 6.3 A チームの選手の心理変化

被験者	分析後、 自分達の DF に 変化を感じたか	どのような変化がありましたか？	DF の改善に この分析は使えそうか
A1	y	中を意識するという認識が全員にあったので、 前よりも声が出ていて守りやすかった。	y
A2	y	相手の責め方がわかった	y
A3	y	強く当たるところがわかった、 シュートが多くくるコースがわかった	y
A4	y	相手のコンセプトを意識して df するようになった	y
A5	y	中での失点が減った	y
A6	y	DF を意識的に行えた	y
A7	y	中を重点的に守った	y

6.1.3 ツールの使用感

ここではまず、各被験者並びに設計者が 1 本目の出力終了後から 10 本目の出力終了までの時間と、10 本の退水セットを出力する際に全てのパスを正しく入力できた本数について触れる.??
本実験では A チームの選手が分析を行ったため、A1～A7 という番号を被験者に振り、記載している。

ここから設計者と各被験者の差で大きな時間の差があることが分かる。そこで、捜査中の画面収録映像より操作 1～5 での 10 本分の合計時間について、被験者 3 名の記録をとった。その他被験者については誤操作により画面収録が出来ていないことから計測できなかった。なお、10 本目の出力後はスクリーンショットの撮影のみ行い画面切り替えを行っていないため、操作 5 のみ 9 本分の合計時間となる。A.av は A2・A3・A4 の平均値を算出したものであり、設計者を N としている。A.av/N を計算することで各操作での設計者とユーザーの操作時間の倍率を計算している。この倍率が高いほど操作が困難であるということであり、改善が必要な箇所となる。本実験では操作 2 のパス入力並びに、操作 3 の再生ボタンを押すまでの操作に問題があることが分かった.??

6.1.4 ツール使用後の感想

ここでは最後に、ツールを用いて分析を行った選手による、操作終了後の感想やツール使用中の分析者の眩きをまとめたものを記載する.??本研究で作成したツールはテンキー入力形式ではなく数値を直接入力する形式だったため、数値の誤入力やマウスの移動など、パス数値入力作業におけ

表 6.4 A チームが行った分析 1/2

被験者	コンセプト予想	分析結果から分かること
A1	わからなかった。	右サイドで多くボールを回していることがわかった。 ゴールの左隅に打つ。基本的に中が上がりたりはしない。 5,6 番が空いたら積極的に使う。中は潰して、 上はキーパーと連携してハンドアップ。
A2	シュート力のある選手で勝負	図形にしてみると非常にわかりやすく、1,3 と 2,4 のパスが 多く行われている。そのパスカットをもう少し狙えばよかった。
A3	5,6 を使う	5、6 フィニッシュが 10 本中 6 本あったので、やはり、 中でフィニッシュするのがコンセプトだと思う
A4	わからない、中？	右ポストにシュートが飛んでくることが多いので、 ハンズアップかキーパーコースか徹底させる。 中にボールが行くことが多く、中のディフェンスを徹底させる。
A5	わからない	7 回ほどのパス回しが一番多いこと。
A6	分からない	相手のパス回しの傾向やシュートまでの回数を数値化できるかも しれないと思ったまたゴールとシュート、カットの時とで。 何が違うのかを分析することもできると思った。

る意見が目立った。これは上述の各操作 1～5 における各画面での所要時間とも一致しており、本ツールにおいて最も煩雑な操作となった。

6.2 オフェンスへの適応実験の評価

6.2.1 統計情報での変化

スタッツ比較の場所です

ここでは、分析対象となった C チームのオフェンスについて、2 度の退水セットでどのような変化が現れたのかを統計情報から評価を行う。まず、1 度目と 2 度目の退水セットでの 1 番～9 番の各ポジションでのボールタッチ数はこのようになる。??

6.2.2 ツール使用の前後での心理変化

ここでは、分析を行ったことで 2 度の退水セットでのプレーに対してどのような心理面の変化があったのか、ツール使用者 6 名にアンケートをとった。??本アンケートについて、C6 の被験者はゴールキーパーというポジションのためオフェンスを実施していないためアンケートは実施しな

表 6.5 A チームが行った分析 2/2

被験者	分析結果から分からないこと	相手のコンセプトは何か
A1	どこのハンドアップが抜かれたかなど。	上からあまり打たない。中を積極的に使う。
A2	どのタイミングでどの選手が 2 メートルを切っているか パスはジャストパスだったのか・キーパーの位置 ハンドアップは上がっていたのか 総じて OF に特化した分析ツールであると感じた。	ボール保持の時間を多くとらずに 積極的に外周で回して L の位置にシュート。 中意識で無理そうだったら上から打つ感じ。
A3	センタリングの時に、2 メートルをえぐられたのか、 えぐられてないのか	5.6 フィニッシュ
A4	敵のズレやスライド	中を使う
A5	シュートの上下とバウンドしたか。	中を使う
A6	ボール保持時間やフェイクなどの動きがわからない。 また、ボールの軌道が重なっているところやパス回し の順番、個人の識別（左利きなど）が難しいと感じた。	分らない。

表 6.6 各被験者の測定時間と正確性

被験者	使用時間	正確性
	s	10 個中の正確さ
設計者	268	10
A1	742	7
A2	805	8
A3	805	10
A4	700	10
A5	1011	9
A6	798	8
A7	691	8

かった。また、C7 の被験者は 2 度目の退水セットに参加できなかったことからこちらについてもアンケートを実施しなかった。

ここでは、ツールでの出力結果を基に C チームの選手が行った分析 7 名分を記載する。????

6.2.3 使用者による操作感

ここでは、各被験者並びに設計者が 1 本目の出力終了後から 10 本目の出力終了までの時間と、10 本の退水セットを出力する際に全てのパスを正しく入力できた本数について触れる。本実験では C

表 6.7 各操作の合計時間

被験者	操作 1	操作 2	操作 3	操作 4	操作 5
A2	136	618	80	100	41
A3	119	549	134	101	65
A4	164	419	76	92	53
A.av	139.67	528.67	96.67	97.67	53.00
N	65	199	27	53	34
A.av/N	2.15	2.66	3.58	1.84	1.56

チームの選手が分析を行ったため,C1～C7 という番号を被験者に振り、記載している.??

OF への適応実験についても, ユーザーである被験者と設計者の操作時間の細かい差を調べるために DF 適応実験と同じ手段を用いた. C.av/N の値はこのようになった.??こちらにおいては, 倍率が DF 適応実験ほど高くないものの操作 2 と操作 3 で, ユーザーと設計者の間に乖離があることが分かる.??

6.2.4 ツール使用者の感想

ここでは最後に, ツールを用いて分析を行った選手による, 操作終了後の感想やツール使用中の分析者の弦きをまとめたものを記載する.??入力する数値が感覚的に分かる値であるため, 作業そのものの難易度については簡単だったという意見が多い. 一方で入力画面の数値記入場所については確認画面がないことや数値記入の際に慎重にならざるを得ないという声が見受けられた. そのため入力する数値よりも, 数値入力画面のユーザーインターフェイスの改善が必要であると考えた.

表 6.8 A チーム選手によるツール使用後の感想

被験者	感想
A1	改行の時にマウスで合わせたり移動キーを使うのが少し大変だった。 タイムアウト時などの退水セットやセットプレーのボールの動きの確認に使えそう。 あとは相手のパスカット。
A2	他の部分を消しそうで怖かった。マウスと移動キーを使うのは大変だったけど、 だんだん慣れてきた。 作業の効率もどんどん慣れて上がっていくのを感じたけど、 毎回スクショするのは大変だった。
A3	作業自体はあまり大変ではなかった。プログラミングなので しょうがないのかもしれないが、 s か g、打ったところを Google Form のように選択できるようにしたら もう少し楽かもしれない。 後半になるにつれて慣れてきてスピードも上がっていった。 ボール回しを視覚化できるのは分析に役立ちそうだった。
A4	パスがつながる時、1 → 2、2 → 3 と 2 は共通しているのでその部分をもう一度打つのは 手間がかかると思った。 ボールがどのように動いたかはわかるが、その時にジャストでパスが投げられていたのか どうかや、相手の状況が鮮明にわからないので、同じ番号でパスが動いていたとしても 一つのデータとして同じにまとめてしまうことに少し疑問を感じた。 (2 つ全く同じデータになったとしても片方は苦し紛れかもしれないが、それらの判断がつかない)
A5	単純な作業であったため作業は簡単だった。 最後に表示される出力されるものとあっているか確認するのが難しかった。
A6	単純作業なので難しくはないが手間がかかる。ボールの動きが重なっているところは あっているのか確認がしづらかった。 入力した数字の通りに結果が出てくるのは面白かった。
A7	単純作業なので作業効率がだんだん上がってくる。サウスポーとか相手のキーマンに どう対応するかが難点だと感じた。カーソルを毎回あわせるのが面倒だった。

表 6.9 C チームのポジション毎のボールタッチ数

ポジション番号	1 番	2 番	3 番	4 番	5 番	6 番	合計
1 回目パス	18	17	14	12	1	1	63
1 回目シュート	0	2	3	3	0	0	8
1 回目ゴール	0	0	2	1	0	0	3
2 回目パス	16	15	10	16	0	1	58
2 回目シュート	0	2	1	5	1	0	9
2 回目ゴール	0	1	0	3	0	0	4

表 6.10 D チームのポジション毎のボールタッチ数

ポジション番号	1 番	2 番	3 番	4 番	5 番	6 番	合計
1 回目パス	14	11	11	9	1	1	47
1 回目シュート	3	1	1	3	1	0	9
1 回目ゴール	1	0	1	0	1	2	6
2 回目パス	10	12	10	12	0	3	47
2 回目シュート	0	0	4	3	0	3	10
2 回目ゴール	0	0	3	1	0	1	5

表 6.11 C チームの選手の心理変化

被験者	1 度目と 2 度目で 変化を 感じたか	どのような変化がありましたか？	日々の練習で この分析は 有効そうか	退水以外でどのような 場面で分析が使えるか
C1	y	パスは通ってることがちゃんと 分かったから、①よりもシュートに 意識を割くことが出来た。	y	カウンターでも使いように よっては上手いきそう だなと感じた。
C2	y	結局上手く行かなかったが、 中を見ることを意識することはできた。	y	カウンター時のパス交換など
C3	y	前回できなかった動きを 意識することができた	y	カウンターの形の確認や セットプレーでの有効性 があると感じた。
C4	y	成功パターンを思い出せた。	y	セットでの攻撃 カウンターや 1 対 1 以外での攻撃
C5	y	4 番の位置ではパスが下手すぎたので ダメだったが、5 番の位置では 上がる場面と中で受ける場面が 理解できるようになって、 ゴールに関われるようになった。	y	セットオフenseの時に どの攻め方が 1 番決まるか 分かる気がしました。
C6				
C7				

表 6.12 C チームが行った分析 1/2

被験者	決め事の中で出来たこと	分析シートを見て振り返り
C1	自分は主に 4 番の位置にいて、 今回の決め事で 4 番はシュートまたは 1 番へのパスの 2 択であったのもあるが、 その 2 つは徹底してできたと思う。	分析シートで見ても、①にも述べたように 4 番から 2,3,5,6 番へのパスはなく、 シュートか 1 番へのパスだけだったため 手応え同様にうまくいっていたのだと分かった また、1 番へのパスは綺麗に通せた。
C2	それぞれのポジションで、 パスを決められた通りに 出せている点。全体的に動いて プレイをできていた点。	ほとんどが外周からのシュートで終わっていて、 その決定率が低いということも分かる。 また、1 つ隣へのパスが多いにも関わらず カットが多い。
C3	1 番からもらってのシュートを 狙うことができた。	2 番から蹴り上がってもらう 動きができておらず ボールが来ていなかった。
C4	3 番から狙いつつ 5 番に パスしてシュート	大体の流れが見えた。
C5	3 番がずれて、かつ 4 番が 2m 付近にいて上がってないときは、 しっかり 3.5 番みたいな位置に 切りあがって受けてから シュートを狙った	外からのシュートが多め。 中を使えるときは もっと使ってもいいと思った。
C6	同サイドハンズアップする	なし
C7	一番が持ったら右にズレる	2 番からのシュートが少ない

表 6.13 C チームが行った分析 2/2

被験者	改善点	ここからは不明瞭な部分
C1	2 種類の選択はうまくいっていると分かったので、次に打つ時はきちんと決めきれるようにしたい。	この分析シートの図だけでは、1 → 4 のパスの後の 4 → 1 のようなパスの場合、線が重なってしまい分かりづらいなと感じた。
C2	中へのパスはカットされることが多いのは分かるが、そこも丁寧にするべき。また、外周からのシュートは、動いてハンズアップからズレてワンタッチとこののをもっと狙えたら良いと思う。	1 人 1 人がどういうふうに動いていたのかが分からないため、大体の選手の位置やボールの動きのみしか分からない点。
C3	2 番からもらうための動きを取り入れて 1 番からもらった時のシュートが入るように動くこと	どのディフェンスにカットされたのか どこのスペースが空いていて、どこに動くべきだったのか判断しづらい
C4	もっと自分で狙っていきたい。	20 秒のうち何秒使ったのか。
C5	僕が 4 番の位置をしていた時に 4 番から 1 番へのサイドチェンジの際にパスずれが多くあった。しっかり丁寧にパスをつなげたい。	文字があるので分かりますが、図だけだと 2 から 3 にパスを出してまた 2 に戻したときなどに、線がかぶって少し見づらいなと感じました。
C6	なし	なし
C7	気持ちとしてはもっと狙いに行く	中が支えていないから、タイミングを考える

表 6.14 各被験者の測定時間と正確性

被験者	使用時間 s	正確性 10 個中の正確さ
設計者	379	10
C1	934	9
C2	592	8
C3	806	9
C4	669	10
C5	1378	10
C6	965	9
C7	768	10

表 6.15 各操作の合計時間

被験者	操作 1	操作 2	操作 3	操作 4	操作 5
C2	117	355	42	85	28
C5	147	427	88	110	51
C6	135	528	106	158	57
C.av	133.00	436.67	78.67	117.67	45.33
N	69	216	29	59	28
C.av/N	1.93	2.02	2.71	1.99	1.62

表 6.16 C チーム選手によるツール使用後の感想

被験者	感想
C1	数字しか打たなかったもので、簡単だった。少しだけ入力縦棒からずれてしまうところ
C2	が打ちづらかった。保存したかどうかを判断する白丸がわかりやすく安心した。 シュートの時に 34p → 4l とならずに一発で 34l と書けたらもう少し楽だった気がする。
C3	数字とローマ字を入力するだけだったので簡単だった。
C4	打った数字があっているかを線で確認できて簡単に作業できた。
C5	12p などのパスの出し手と受け手をしっかりかかなければいけなかったのが、 受け手だけで書けたらもうすこし早くできた気がする。
C6	数字を打ち込むだけなので簡単だった。
C7	数字を打ち込むだけで簡単な作業だった。文字が多くて少し目が疲れました。 慣れたらとても楽だなと思いました。

第7章

結論

本章では、本研究のまとめと今後の展望を示す。

7.1 本研究のまとめ

本研究では、選手の動きに影響を与えることのできる、有用性がありかつ簡易的に使用できるツールの作成を主題とした。まず選手の動きへの影響については、

DF への適応: ツール使用チームと不使用チームでは、2 度の退水セットで相手の OF への対応に明確な差が現れた。本研究で提案した手法により客観的な分析が可能になり心理的な変化がもたらされプレーに影響を与える分析結果を与えることができた。

OF への適応: ツール使用チームと不使用チームでは、2 度の退水セットでのボール回しに有意性のある差は見られなかった。心理的な変化は見られたものの戦術への目に見えた反映は行われなかった。

ツールのユーザーインターフェイス: 出力結果が動画ではなく画像でも一部プレーに影響を与えられる出力が得られた。操作 1～5 ではパスの入力、出力結果の再生においては設計者とユーザーの操作性に乖離があることが分かった。

7.2 本研究の課題

本研究で得られた課題として、実験期間が短く結果を長期間に渡って測定できなかったことが挙げられる。定期的に分析結果に基づくフィードバックを与えることで OF においても改善が見られた可能性は大きい。また、作成したツールについてはボールの動きが往復した時、描画の線が重なるタイミングがあり見にくいことや操作が難解な箇所があり、改善が求められる。

7.3 今後の展望

現在の水球界は ICT 化があまり進んでおらず, 試合の公式データは全て手動でとっているという現状がある. 大学水球に関しては 1 名しかいない記録係がいる時にしかデータを取得できず, 記録係不在の学生リーグでの試合は公式データをとることができていない. 今後サッカーやアメリカンフットボールをはじめとする他競技のように, 試合映像からプレーの種別を判断し, 自動でラベリングできるようにしたい. そうすることで水球の分析が目に見える統計情報だけでなく, 目では見えない分野の分析まで進むのではないだろうか. そのような分析の集積が今後の日本の水球を変え, 日本の水球強化につながることを望む.

謝辞

本研究を進めるにあたり, RG(村井・中村・楠本・高汐・バンミーター・植原・三次・中澤・手塚・武田・大越合同研究会)の教員の皆様・メンバー, 特に2021年度春学期から所属していたプライマリ KG である NECO の皆様, 慶應 SFC の教員の皆様に感謝いたします。中でも, 研究に関して様々な助言をくださった早稲田大学大学院経営管理研究科教授の齊藤賢爾氏には大変お世話になりました。また, KGL として NECO を運営するだけでなくご自身の研究を進めつつ私を含めた NECO メンバーの研究活動を支えてくださった慶應義塾大学政策・メディア研究科修士課程の島津翔太氏, 渡邊聡紀氏にも感謝申し上げます。研究会の時間だけでなくそれ以外の時間で, 研究に関する助言以外にも様々な会話を重ねてきた NECO の皆様にも感謝申し上げます。そして, 本研究で作成したツールを用いた実験に協力してくださった慶應義塾大学体育會水泳部水球部門の皆様, 慶應義塾高等学校水球部の皆様に感謝申し上げます。特に慶應義塾大学体育會水泳部水球部門の皆様は私が最も多くの時間を過ごし, かけがえのない経験を積み重ねてきた仲間たちです。本当に感謝しています。大学・高校問わず慶應水球の今後のご活躍を応援していますし, 様々な面から OB の1人としてサポートを行い少しずつ恩返しをさせてください。