

2022 年度

修 士 論 文

**仮想空間を用いた
サッカー戦術トレーニングの指導効果**

指導教員：村上 陽平

立命館大学大学院 情報理工学研究科
博士課程前期課程 情報理工学専攻
計算機科学コース

学生証番号：6611210038-6

氏名：佐藤 旭

仮想空間を用いたサッカー戦術トレーニングの指導効果

佐藤 旭

内容梗概

サッカーの指導者が選手に対して戦術の指導を行う際には、サッカーコートが俯瞰的に印刷された作戦盤や試合映像が用いられている。しかし、作戦盤や試合映像を用いて戦術の指導を行うには情報伝達に課題がある。その要因の一つは、戦術や指導している局面を空間的に伝えることが難しい点である。サッカーの試合中に見る視点は一人称視点であるのに対し、戦術伝達時に状況が鳥瞰視点や三人称視点で提供されるため、視覚的状况を想像するのに苦戦する。したがって近年、サッカーの戦術の指導を行うために仮想空間の活用が進んでいる。しかしこれまでに仮想空間を用いて空間認知能力を支援し、視覚的状况を容易に想像できるようにしたうえで戦術を伝達することで選手の戦術理解度と戦術遂行度が向上するかは分析されていない。そこで本研究では、仮想空間を用いて、サッカーの守備戦術指導を行い、各視点間の指導効果や複数のディスプレイを用いて並列指導を行った場合の効果を分析することで、戦術指導時の各視点や指導方法が与える効果を明らかにする。そのために、仮想空間を用いたサッカー戦術指導システムを構築し、単一ディスプレイによる逐次型指導実験と複数ディスプレイによる並列指導実験を行う。各実験では、被験者がどの程度戦術を理解できたか（戦術理解度）と実空間においてどの程度正しく戦術を遂行できたか（戦術遂行度）を分析するために検証実験を行う。本手法の実現にあたり取り組むべき課題は、以下の2点である。

- **一人称視点の効果検証**

鳥瞰視点では、一度に提示される情報量が多いため、戦術指導の全体像が把握しやすい。しかし実際の試合中の視点ではないため視覚的状况を想像しにくい。また三人称視点では、一度に提示できる情報量が一人称視点より多い。だが一人称視点で指導を行えばどのように戦術を遂行すればいいか選手に最も伝えることができると考える。しかし一度に提示できる情報量が限られるため、他の視点で指導を行ったほうが効果的である可能性もある。

- **並列指導の効果検証**

並列指導で異なる視点を同時に提示することで、お互いの動きを見ることができ、お互いの動き方を理解することができ、戦術遂行時にお互いの動きを指示し、戦術遂行のスピードが上がると考える。

1つ目の課題に対しては、提案システムを用いて、鳥瞰視点、一人称視点、三人称視点のいずれかの視点で戦術指導を行い、選手の戦術理解度と戦術遂行度を比較する評価実験を実施する。評価実験では、戦術理解度を評価するために理解度テスト(状況設定問題, 説明問題, 質問調査)を行い、戦術遂行度を評価するために実技テストを行った。2つ目の課題に対しては、作成したシステムに同期性を追加し、異なる各守備者の一人称視点を同時に提示し、並列指導をした場合の戦術理解度と戦術遂行度を分析した。また戦術遂行時にお互いの動きを指示しまた指示を行ったことで戦術遂行のスピードが上がるかを検証する。

● 一人称視点の効果検証

戦術理解度(説明問題)に関しては、鳥瞰称視点で指導を受けた被験者の戦術理解度の評価点は、計43点、一人称視点で指導を受けた被験者の戦術理解度の評価点は計91.5点、三人称視点で指導を受けた被験者の戦術理解度の評価点は、計36点で、一人称視点が高くなった。

戦術遂行度に関しては、鳥瞰称視点で指導を受けた被験者の戦術遂行度の平均評価点は、9.44点、一人称視点で指導を受けた被験者の戦術遂行度の平均評価点は12点、三人称視点で指導を受けた被験者の戦術遂行度の平均評価点は、9.7点で、一人称視点が高くなった。

● 並列指導の効果検証

複数ディスプレイによる並列指導を行った場合、被験者の戦術理解度(説明問題)が計41点向上していた。また被験者の戦術遂行度が平均1.81点向上していた。さらに被験者3名のうち1名が戦術遂行時にコミュニケーションを取るようになることが確認された。

Effectiveness of teaching soccer tactical training using virtual space

Asahi Sato

Abstract

When soccer coaches teach tactics to players, they use a strategy board with a bird's-eye view of the soccer court and video footage of the game. However, there are issues in communicating information when using strategy boards and match videos to teach tactics. One of the reasons for this, it is difficult for coaches to tell players spatially the tactics and the phase. The viewpoint seen during a soccer game is the first-person perspective, whereas during tactical communication the situation is from a bird's-eye or third-person perspective. So, this difference can make a struggle to imagine the visual situation. Therefore, virtual space has been increasingly used to teach soccer tactics in recent years. However, it has not been analyzed whether the use of virtual space to support spatial cognitive abilities and to communicate tactics by enabling players to easily imagine visual situations improves their tactical understanding and tactical execution. Therefore, in this study, we will use a virtual space to teach defensive tactics in soccer. For this purpose, we constructed a tactical soccer coaching system using a virtual space and conducted a sequential coaching experiment using a single display and a parallel coaching experiment using multiple displays. In each experiment, a verification experiment will be conducted to analyze the degree to which subjects were able to understand the tactics (tactical comprehension) and the degree to which they were able to correctly execute the tactics in the real space (tactical execution). The following two issues need to be addressed in order to realize this method.

- Verification of the effectiveness of the first-person perspective

From the bird's-eye viewpoint, there is much information at one time. So, it is easy to grasp the overall picture of the tactical instruction. However, it is difficult to imagine the visual situation because it is not the viewpoint seen during the actual game. In contrast, the first-person viewpoint is the same as the viewpoint seen during the actual game. That can make it easy to imagine the visual situation. The third-person viewpoint provides more information at a time than the first-person viewpoint. Also, it is best to instruct from the first-person perspective, which can convey the visual situation to the players. On the other hand, it can be possible to

have more effects if provide instruction from other perspectives. However, because the amount of information that can be presented at one time is limited, it may be more effective to provide instruction from other perspectives.

- Verification of Effectiveness of Parallel Instruction

We believe that the amount of information that can be presented increases if parallel instruction with multiple displays is conducted from a first-person perspective, and this increases the level of tactical understanding and execution.

We believe that player can understand each other's movement patterns and see each other's movements by presenting different perspectives simultaneously in parallel instruction, For the first issue, we conducted an evaluation experiment using the proposed system to compare the players' understanding and execution of tactics by providing tactical guidance from either the first-person, bird's-eye, or third-person viewpoints. In addition, we examine whether the speed of tactical execution is increased by instructing and directing each other's movements during the execution of the tactic.

- Verification of the effectiveness of the first-person perspective

As for tactical comprehension (explanation questions), the subjects who were instructed from the bird's-eye viewpoint scored 43 points in total, the subjects who were instructed from the first-person viewpoint scored 91.5 points in total, and the subjects who were instructed from the third-person viewpoint scored 36 points in total, with the first-person viewpoint scoring the highest.

As for the tactical execution, the mean score of the subjects who received the instruction from the bird's-eye viewpoint was 9.44, the mean score of the subjects who received the instruction from the first-person viewpoint was 12, and the mean score of the subjects who received the instruction from the third-person viewpoint was 9.7, the highest score for the first-person viewpoint.

- Verification of Effectiveness of Parallel Instruction

When multiple displays were used in parallel, subjects' tactical comprehension (explanation questions) improved by a total of 41 points. In addition, the subjects' tactical execution improved by an average of 1.81 points. Furthermore, it was confirmed that one of the three subjects became a communicator during the tactical execution.

仮想空間を用いたサッカー戦術トレーニングの指導効果

目次

第1章 はじめに	1
第2章 関連研究	5
2.1 視覚的状況を伝えるための支援	5
2.2 仮想空間を用いたサッカーの技術力向上の支援	6
2.3 視点間の効果	7
第3章 戦術指導	9
3.1 守備戦術	9
3.2 マンツーマンディフェンスとゾーンディフェンス	9
3.3 ポジショニング	10
3.4 身体の向き	12
3.5 パススピードへの反応	12
3.6 コーチング	12
3.7 仮説	13
第4章 実験	15
4.1 被験者	15
4.2 仮想空間を用いたサッカー戦術指導システム	16
4.3 システムの構成	18
4.4 攻撃方法	19
4.5 指導する守備戦術	19
4.6 実験	21
4.6.1 単一ディスプレイによる逐次型指導実験	21
4.6.2 複数ディスプレイによる並列指導実験	23
第5章 分析手法	26
5.1 戦術理解度	26
5.2 戦術遂行度	28
5.3 コーチング	29
第6章 結果	30

6.1 逐次指導の戦術理解度	30
6.1.1 説明問題	30
6.1.2 状況設定問題	31
6.2 逐次指導の戦術遂行度	32
6.2.1 実技テスト	32
6.2.2 コーチング	34
6.3 並列指導の戦術理解度	34
6.3.1 説明問題	34
6.3.2 状況説明問題	35
6.4 並列指導の戦術遂行度	35
6.4.1 実技テスト	35
6.4.2 コーチング	37
6.5 各実験における自由記述	37
6.5.1 逐次指導	37
6.5.2 並列指導	39
第7章 考察	40
第8章 おわりに	44
謝辞	46
参考文献	47
付録	49

第1章 はじめに

現在、サッカーの戦術が高度化している。攻撃面においては、1863年～1867年は、「ドルブル戦法」、1867～1925年は、「キックアンドラッシュ」、1925年～現在は、「WMシステム」と戦術が変化してきたからだ。佐藤 亮平らによれば、「ドルブル戦法」の攻撃とは、ボールを中心にその周りを人が取り囲むようにして攻め入り相手のゴールを狙うこと。「キックアンドラッシュ」の攻撃とは、ロングキックでボールを相手ゴールに送り、フォワードは送られてきたボールに突進して得点を狙うこと。「WMシステム」の攻撃とは、センターフォワードと両アウトサイドの3名が前方に位置し、両インサイドの2名がやや後方に位置する。このようにW字型となることによってフォワード間のパスが多様化し変化に富んだパスワークが可能にしたことである[1]。

守備面においては、相手にゴールを奪われないために、基本的に目の前の選手をマークするマンツーマンディフェンスや自分に与えられたスペースをマークするゾーンディフェンスを使い分け、ゴール前に選手を並べ、組織としての相手に得点を奪わせない守備を行ってきた[2]。しかし近年は、マンツーマンディフェンスとゾーンディフェンスの併用が用いられている。またゾーンディフェンスにおいてもこれまでのように各選手が守るスペースを均等にするために選手を横方向に並べてスペースを埋めるのではなく、相手のフォーメーションや立ち位置にあわせて、選手の立ち位置を前後、左右にずらしたり、守るスペースの大きさを変えたりし、可変的にスペースを埋める手法を採用するチームが増えている。さらにこれまでは、相手に完全にボールが渡った場合、守備者は一度自陣に引いてから守備を行うのが基本的な考えであったが、近年は、ゲーゲンプレスという手法を用いるチームが増えてきている。なぜなら、サッカーとは、攻撃と守備の2局面のみが存在すると考えられていたが、現在は、攻撃と守備の2局面に加えて、守備から攻撃への切り替え（ポジティブトランザクション）と攻撃から守備への切り替え（ネガティブトランザクション）の2つをあわせて計4つの局面があると考えられているからだ。ゲーゲンプレスは、このネガティブトランザクションの際に行われる。ボールを奪われた瞬間、これまで通り一度自陣に引いてから守備を行うのではなく、次々にボール保持者に対して前進してアプローチを行い、完全に相手にボールが渡る前にボールを奪い返しに行く[2][3][4]。

これらのようにサッカーの戦術は、これまでの考え方にとらわれるのではなく、常に新しい考え方が生まれ、日々進化を遂げている。また2022年カタールワールドカップでサッカー日本代表がこれまでアジア予選で採用してきた戦術ではなく、強豪国であるドイツやスペインに対抗した戦術を採用し、試合に勝つように、サッカーにおいて自チームが格上のチームに勝つためには、指導者が適切な戦術を考えて立案することが求められる。また指導者が自チームの選手にどのような戦術を採用するかを正確に伝え、浸透させて、戦術を遂行できるようにすることが試合に勝つためには重要である。しかしその戦術を伝える戦術指導に対する情報技術を用いた支援はあまり行われていない。指導者は、サッカーのコートが俯瞰的に印刷された作戦盤や試合の映像などを用いて選手に対して戦術を指導しているが、戦術の情報伝達に課題がある。その要因の一つは、指導者が戦術を選手に空間的に伝えることが難しい点である。選手の試合中の視点は一人称視点であるのに対し、戦術が鳥瞰視点や三人称視点で提供されるため、空間認知能力の乏しい選手は理解に苦戦する。したがって近年、サッカーの戦術の指導を行うために仮想空間の活用が進んでいる。具体的に、ある局面において指導したい戦術について仮想空間を用いて一人称視点で提示することで、伝達時に選手が視覚状況を容易に想像できるようにしている[5]。他にも仮想空間を用いた支援は、戦術立案会議やサッカーの技術の向上などに対して多く行われている[6][7]。

しかしこれまでに仮想空間を用いて空間認知能力を支援し、視覚的状况を容易に想像できるようにしたうえで戦術を伝達することで選手の戦術理解度と戦術遂行度が向上するかは分析されていない。そこで本研究では、仮想空間を用いて、サッカーの守備戦術指導を行い、視点間での指導効果や複数の仮想空間を用いた並列指導を行った場合の効果を分析することで、各視点や指導方法が与える効果を明らかにする。そのために、仮想空間を用いたサッカー戦術指導システムを構築し、単一ディスプレイによる逐次指導実験と複数ディスプレイによる並列指導実験を行う。各実験では、被験者がどの程度戦術を理解できたか（戦術理解度）と、実空間においてどの程度正しく戦術を遂行できたか（戦術遂行度）を分析するために検証実験を行う。本手法の実現にあたり取り組むべき課題は、以下の2点である。

- **一人称視点の効果検証**

鳥瞰視点では、一度に提示される情報量が多いため、戦術指導の全体像が把

握しやすい。しかし実際に試合中に見る視点ではないため、視覚的状况を想像しにくい。対して一人称視点であれば、試合中に見る視点と同じであるため、視覚的状况を想像しやすい。だが、一度に提示できる情報量が鳥瞰視点より少ないため全体像が把握しにくい。また三人称視点では、一度に提示できる情報量が一人称視点より多い。しかし第三者視点になるため一人称視点より視覚的状况が想像しにくい。

サッカーの戦術遂行時には、ある局面の全体の流れや攻撃者、守備者、ボールなどを認知したうえで、指導されや戦術を再現する必要がある。したがって戦術指導時には、視覚的状况を最も伝えることができる一人称視点で指導を行えばどのように戦術を遂行すればいいか選手に最も伝えることができると考える。

● 並列指導の効果検証

複数ディスプレイによる並列指導を一人称視点で行えば、提示できる情報量が増えるため戦術理解度と戦術遂行度が向上すると考える。また並列指導で異なる視点を同時に提示することで、お互いの動きを第三者視点で見ることができ、お互いの動き方を理解することができ、戦術遂行時にお互いの動きを指示し、戦術遂行のスピードが上がると考える。

1つ目の課題に対しては、提案システムを用いて、鳥瞰視点、一人称視点、三人称視点のいずれかの視点で戦術指導を行い、選手の戦術理解度と戦術遂行度を比較する評価実験を実施する。評価実験では、戦術理解度を評価するために理解度テスト(説明問題・状況設定問題)を行い、戦術遂行度を評価するために実技テストを行った。理解度テストの説明問題は、被験者に対して仮想空間を用いていずれかの視点や方法で情報提供した場合、指導された局面がどのような状況であるのか、認知すべき項目はなにか、遂行すべき守備戦術をどのように遂行するのか理解できるかを検証するために行う。理解度テストの状況設定問題は、本システムを使っていくつかのケースを画像で提示して出題する。状況設定問題を行うことで、被験者が守備時にどこに立てばいいかを攻撃者や守備者、ボールの位置から距離感を想像して判断できるかを検証する。戦術遂行度を図る実技テストは、守備の原則に従っているかを客観的に評価するために行う。2つ目の課題に対しては、作成したシステムに同期性を追加し、異なる各守備者の一人称視点を同時に提示し、並列指導をした場合の戦術理解度と戦術遂行度を分析した。また戦術遂行時にお互いの動きを指示しまた指示を行ったことで戦術遂行

のスピードが上がるかを検証した.

第2章 関連研究

本章では、サッカーにおいて仮想空間を用いた支援の例をいくつか取り上げる。仮想空間を用いたサッカーに対する支援手法は、空間情報の提示方法により、大きく2種類に分けられる。一つは、仮想空間をタブレットやPC等のディスプレイに表示する方法で、もう一つはヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた没入型の提示方法である。これまでの研究では、いずれかの方法を用いてサッカーの戦略作成会議に対する支援や指導者が選手に対して戦術の指導を行う時の支援、サッカーの技術力（運動スキル）の計測の支援、サッカー技術力の向上の支援などが行われている。またサッカーを題材にした研究ではないが、仮想空間を用いて一人称視点や鳥瞰視点で情報を提示した場合の効果の差を検証する研究も行われている。

2.1 視覚的状況を伝えるための支援

サッカー界では、自チームが試合で対戦相手に勝つために、指導者どうしが話し合いを行い、対戦相手に対して自チームが遂行する戦術を立案する戦略策定会議や立案した戦術を自チームに落とし込むために、指導者が選手に対して戦術の指導を行っている。その際にサッカーのコートを俯瞰的に印刷された作戦盤（ホワイトボード型）や試合映像などを用いる。しかし作戦盤は、鳥瞰視点で情報が提示されている。また平面であるため、指導されている局面やどのように戦術を遂行すればいいのかを理解するための視覚的状況を想像しにくい。試合映像を用いた場合でも提示手法が鳥瞰視点やサッカーのコート全体を捉えた三人称視点であるため、視覚的状況を想像しにくい。また試合映像を用いる場合は、出現した局面しか取り扱うことができないなどのデメリットもある。したがって湯村は、視覚的状況を容易に想像できるように一人称視点映像を提示するVRサッカー作戦盤システムを作成している[5]。このシステムはタブレット端末（操作側）とHDM（提示側）がサーバーを介してつながっている。操作側は、タブレット端末を用いて仮想空間内に選手オブジェクトを自由に配置したり移動させたりすることができる。またHMDを装着することで、仮想空間内に配置された選手オブジェクトを一人称視点で見ることができるようにして、戦術伝達時に選手が視覚的状況を容易に想像できるように支援している。また樽川らは、サッカーの戦術会議において指導者同士が戦術を立案する際に、視覚的状況を容易に

想像できるようにし、また視覚的状況を共有できるようにして戦略策定会議の支援を行っている[6]。作成されたシステムは、壁側のディスプレイに、仮想空間に配置された選手オブジェクトの一人称視点を提示して視覚的状況を容易に想像できるようにし、指導者同士でも共有できるようにしている。システムの中央にあるテーブルトップ型のディスプレイには仮想空間内に作成したサッカーコート俯瞰的に提示している。テーブルトップ型のディスプレイでは仮想空間内のオブジェクトの配置を自由に変えられるようにしている。壁側に提示された一人称視点とテーブルトップ型のディスプレイに提示された鳥瞰視点の両視点の情報を連動させ、仮想的なサッカーフィールドの空間情報を提示できるようにしている。したがってサッカーコートの全体と仮想空間内の選手オブジェクトの一人称視点を同時に見ることができ、視覚的状況と全体像を容易に想像できるようにし、指導者が行う戦略策定会議を支援することを目的としている。権藤らも同様に、仮想的に作成したサッカーフィールドの空間情報を一人称視点と鳥瞰視点の2つの視点で提示できるシステムを作成している[7]。このシステムと樽川らが提案したシステムの違いは、試合映像内の選手の軌跡データを仮想空間内のオブジェクトに反映することで、試合中の選手の動きを時間軸情報と同期させている。したがって仮想空間内のオブジェクトが軌跡データに沿って連続的に動くようになっていたため、より現実の試合に近いイメージを持たせ、戦略策定会議において視覚的状況を容易に想像できるようにしている。

2.2 仮想空間を用いたサッカーの技術力向上の支援

増田らは、仮想空間を用いてサッカーのフェイント個人練習ができるシステムを作成している[8]。作成されたシステムには、仮想空間内に人間と同様の動きや反応をシミュレートする仮想ディフェンダーがいる。仮想ディフェンダーは、人間の全身像を持ちサッカーの守備者と同様の動きをする。利用者は、自分の体を動かし、現実世界のボールを操ることで、利用者が装着したHMDに立体表示された仮想ディフェンダーと1対1の対人練習を行うことができる。センサーにより利用者とボールの位置と速度、また利用者の足の動きの加速度を計測することで様々なフェイントに対応している。Ulasらは、仮想空間内にサッカースタジアムを再現し、サッカーの審判員がHMDを装着し、実際の環境に近い環境で正しいジャッジができるようにトレーニングできるシステムを考案している[9]。本システムを用いてサッカーの審判員は、実際の試合で起こり得る難し

い判定の体験を通して、判定のミスを減らすことを目的としている。G. Wood らは、仮想空間内にサッカーのトレーニングができる環境を構築し、サッカー専用の VR シミュレーターを作成している。HMD と利用者の体にセンサーを着用し、被験者のサッカーの技術力を測ることができる [10] 。

2.3 視点間の効果

仮想空間を用いた情報の提示方法の有効性を調べるために、入江らが一人称視点と鳥瞰視点、三人称視点のいずれかの視点を用いて、提示方法の効果の差を比較する研究を行っている [11]。しかしながらタスクが迷路であり、サッカーのような他者との多様なインタラクションが生じる場合の視点の効果は明らかでない。

これらの先行研究ではサッカーの戦術の立案や指導を行う際に仮想空間を用いて空間認知能力の支援を行い、視覚的状況を容易に想像できるようにする支援やその効果の検証が行われている。また HDM を装着しながら実空間にあるセンサーのついたサッカーボールを用いてサッカーの技術力の向上の支援や技術力の計測が行われている。しかし既存の研究では、サッカーの指導者が選手に対して戦術指導を行う際に、仮想空間を用いて空間認知能力の支援し、視覚的状況を容易に想像できるようにすることで選手の戦術理解力と戦術遂行力が向上するのかは分析されていない。具体的に、仮想空間にサッカーのコートと攻撃者、守備者、ボールのオブジェクトを作成し、かつ作成した仮想空間を提示しながら戦術の指導（ボールの奪い方：守備）をすることで、視覚的状況を容易に想像できるようにした場合、選手が指導された視覚的状況どの程度理解できるのか、どのように戦術を遂行するのかを理解できるのか、指導された戦術を遂行するためにどこに立つべきであるのかを理解できるのか(戦術理解度)は分析されていない。またサッカーの守備時において仮想空間を用いて指導された局面が実空間で再現されたことを認知し、指導された守備戦術を実空間で再現できるか(戦術理解度)は分析されていない。具体的に仮想空間を用いていずれかの視点で指導された守備の原則と守備戦術にしたがい、攻撃者との適切な距離を再現できるようになるのか、ボール保持者に対して正しいアプローチができるようになるのかなどが分析されていない。またこれまでの研究では、一人称視点と鳥瞰視点、三人称視点を用いて、効果の差を比較する研究も行われている。しかしながら、タスクが迷路であり、サッカーのような他者との多様なインタラクションが

生じる場合の視点の効果は明らかでない。つまり鳥瞰視点や一人称視点、三人称視点のいずれかの視点で情報提供を行った場合、どの視点で情報提供を行うのが効果的であるのかは分析されていない。また情報提供の行い方も逐次型指導か並列型指導のどちらが効果的であるかは分析されていない。したがって本研究では、仮想空間を用いて、サッカーの守備戦術指導を鳥瞰視点や一人称視点、三人称視点で行った場合の指導効果や単一ディスプレイを用いた逐次指導（一人称視点）か複数のディスプレイを用いた並列指導（一人称視点）を行った場合の効果进行分析することで、戦術指導時の各視点を与える効果や各提示方法を与える効果を明らかにする。そのために、仮想空間を用いたサッカー戦術指導システムを構築し、単一ディスプレイによる逐次型指導実験と複数ディスプレイによる並列指導実験を行う。

これまでにサッカーの戦術指導時において仮想空間を用いて空間認知能力を支援し、視覚的状況を容易に想像できるようにすることで明らかにされていない効果进行分析。具体的には、被験者がどの程度戦術を理解できたか（戦術理解度）と、実空間においてどの程度正しく戦術を遂行できたか（戦術遂行度）进行分析する。

第3章 戦術指導

本研究では、守備戦術に焦点を当てる。したがってこの章では、岡田らが紹介している守備の原則などを紹介する[12]。また仮想空間を用いていずれかの視点で守備戦術を指導した場合や複数ディスプレイを用いた並列指導を行った場合の考えられる効果を紹介する。

本研究を行うにあたり戦術指導を行う際に説明する相手の体の向きは、「胴体と顔がどちらも同じ方向を向いている」に同定した。

3.1 守備戦術

岡田らによるとサッカーの守備の局面において、状況に応じて効果的に守備を行うために守備の原則として、認知の原則、パスコースを消す優先順位の原則、マークの原則、アプローチの原則、1対1の対応の原則、チャレンジ&カバーの原則、インテリジェンスの原則の計7つの原則が存在する[12]。本研究では被験者の戦術理解度と戦術遂行度を客観的に評価するために岡田らが紹介している守備の原則を基に実験と評価を行う。

3.2 マンツーマンディフェンスとゾーンディフェンス

サッカーの守備の目的は、ゴールを守ることと攻撃者からボールを奪うことである。そのために、守備の原則に従い、マンツーマンディフェンスかゾーンディフェンスか併用を行う。いずれの戦術においても、マーク対象者との距離や向き、パススピードを認知し、周りの選手の状況を把握して、適切なタイミングで守備タスクを遂行する必要がある。図1は指導する各戦術の内容（左がマンツーマンディフェンス、右がゾーンディフェンス）を示す。赤丸は守備者を、青丸は攻撃者をそれぞれ示している。赤丸に接する扇形は守備者の視野角を表す。また、赤丸の数字は、1がファーストディフェンダーを、2がセカンドディフェンダーを示している。ファーストディフェンダーとは、ボールとの距離が最も近い守備者のことであり、セカンドディフェンダーとは、ファーストディフェンダーの次にボールとの距離が近い守備者のことである。また青丸の数字は、1はファーストディフェンダーのマーク対象者を、2はセカンドディフェンダーのマーク対象者を示している。マンツーマンディフェンスとは、図1の左側のように、攻撃者と守備者の数が同数の時に行う守備戦術である。各守備者は、青色矢印で示すよ

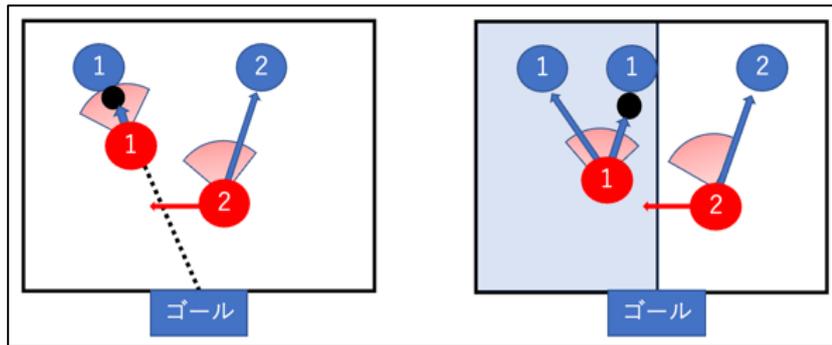


図 1 マンツーマンディフェンスとゾーンディフェンス

うに、マーク対象者を静的に決め、協力してボールを奪う。この際、セカンドディフェンダーは、マーク対象者にボールが渡った場合に、ボールに対してアプローチが行けるように距離をとってマンツーマンを行う。一方、ゾーンディフェンスは、図 1 の右側のように攻撃者の数が守備者の数より多いときに行う守備戦術である。各守備者は、担当するエリアが決まっており、自身が守るエリアと照らし合わせながら動的にマーク対象者を決める。ゾーンディフェンスでは、守備側が常に数的不利であるため、相手の攻撃を前進させないようにする。

3.3 ポジショニング

守備時においてはマークの原則に従い、常に自分が見るべきマーク対象者とボールを同一視できるように自分の体の向きと立つべき場所を決めなければならない。しかし 2 対 2 のマンツーマンディフェンスと 3 対 2 のゾーンディフェンスは、自分の体の向きと立つべき場所が異なる。なぜなら攻撃者の数が違うため、各守備者のマーク対象者の数が増えるからだ。またマンツーマンディフェンスとゾーンディフェンスでは守備の目的が異なるためである。各守備戦術においてファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーは、次の要件を満たす場所に立ち続けなければならない。

- マンツーマンディフェンス：ファーストディフェンダー

1. マーク対象者であるボール保持者に対してボールを奪える距離を保つ。ボールを奪える位置とはボールに対して自分の足を伸ばせば届く距離(1m 程度)
2. ボールとゴールを結んだ点線上に立つ。

- マンツーマンディフェンス：セカンドディフェンダー

1. 自分のマーク対象者とボールを同一視できる位置に立つ。
2. 自分のマーク対象者にボールが渡った場合、アプローチに行ける距離に立つ。

3. ファーストディフェンダーが抜かれた場合、ファーストディフェンダーの背後に侵入してきたボール保持者にアプローチできる位置に立つ。

● **ゾーンディフェンス：ファーストディフェンダー**

1. 攻撃を遅らせることができる位置に立つ。攻撃の遅らせる事ができる位置とは、攻撃者に対していつでも自分がいつでもアプローチにいけることを認識させることができる位置（ボールから2~3m離れた場所）である。

2. 担当するエリアにいる攻撃者とボール保持者が視野に入る位置に立つ。

● **ゾーンディフェンス：セカンドディフェンダー**

1. 自分のマーク対象者とボールが視野に入る位置

2. 自分のマーク対象者にボールが渡った場合、アプローチに行ける距離に立つ。

3. ファーストディフェンダーが抜かれた場合に、ファーストディフェンダーの背後に侵入してきたボール保持者にアプローチできる位置に立つ。

鳥瞰視点の場合、全体の選手間の相対的な距離や位置関係は理解できると考えられるが、視覚的状况が想像できないため、すべての要件を満たす位置や距離感を再現ができないと思われる。対して一人称視点や三人称視点で指導を行えば、すべての要件を満たす位置や距離感を理解・再現できると思われる。

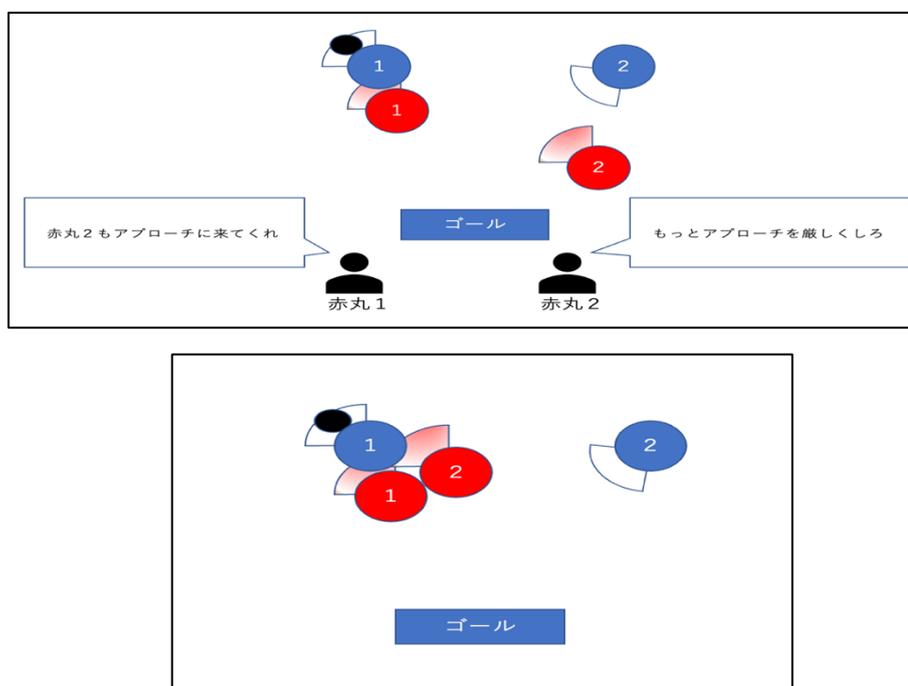


図 2 コミュニケーションを行いながら遂行する守備戦術

3.4 身体の向き

守備を行う際は、認知の原則に従う。その際に攻撃者の体の向きも認知する。例えば、図 2 のように守備時にファーストディフェンダーがボール保持者にアプローチをかけ、ボール保持者がもう一方の攻撃者に対して背を向けている場合、もう一方の攻撃者へのパスの可能性がなくなる。したがってその瞬間に、セカンドディフェンダーもボール保持者に接近し、ボールを奪いにいかなければならない。しかしながら、鳥瞰視点では、相手の体の向きはわかるが、視覚的状况を想像しにくいいため、パスの可能性がなくなった瞬間が想像できないと思われる。したがって戦術遂行時に認知が遅れると考える。また視覚的状况を想像できないためどの角度からプレスにいけばいいか理解できないと考える。そのため選手の戦術理解度は向上しないと考えられる。対して一人称視点と三人称視点では、視覚的状况を容易に想像できるため、認知や理解解ができるため、選手の戦術理解度と戦術遂行度は向上すると考えられる。

3.5 パススピードへの反応

守備時には、アプローチの原則を行いながら、インターセプトを狙うべきである。インターセプトとは、攻撃者が味方に出したパスを奪うことである。守備者は、攻撃者のパススピードが緩かった場合、アプローチの原則に従いながらチャンスがあればインターセプトを行う必要がある。

仮想空間を用いた場合、一連のシーンをアニメーションで提示することができるため、インターセプトを試みるべきパススピードをどの視点でも伝えることができる。したがって、インターセプトの守備タスクに対戦術遂行度に視点間の差が無いと考えられる。またボールスピードのみであれば視覚的状况を容易に想像できるため、どのようなボールスピードが出たときにどのように守備を行うべきか理解できると思われる。

3.6 コーチング

サッカーにおいて戦術とは、チームの約束事を作ることであり、戦術遂行時に選手同士のコミュニケーションを円滑にするために必要なものである。言い換えると、各守備者が、戦術を遂行するために自身の動き方や味方の動き方、誰がどの役割を遂行するのかなどについて（チームとしての約束事）を理解していれば、戦術遂行時に戦術を遂行するために必然的にコミュニケーションを行う。

図 2 で示したような状況においても戦術を遂行するためお互いにコミュニケーションを行う必要がある。

しかし現場では、作戦盤を用いて鳥瞰視点で各守備者の動きを 1 名ずつ指導するしか方法がない。したがって視覚的状况を想像しにくいいため、自分の視点から見たときの味方の動き方が想像しにくい。対して戦術指導時に、赤丸 1 と赤丸 2 の守備者側の視点を同時に提示しながら一人称視点で並列指導を行うことができれば、各守備者がどのように守備戦術を遂行すればいいのかより理解することができる。また、仮想空間を用いた単一ディスプレイによる逐次指導より提示できる情報量は増えるため、どのように守備戦術を遂行するか理解できる。したがってその理解した守備戦術を遂行するために、選手が自らコミュニケーションを取ると考える。またお互いにコミュニケーションを取るようになるため、お互いに認知の原則の支援することになるため、各守備者の戦術遂行度が向上すると考える。

3.7 仮説

以上の議論から導出される仮説を以下に整理する。

仮説 1 :

鳥瞰視点の場合、全体の選手間の相対的な距離や位置関係は理解できると考えられるが、戦術遂行時にすべての要件を満たす位置や距離感を再現ができないと思われる。対して一人称視点や三人称視点は、すべての要件を満たす位置や距離感を理解と再現ができると思われる。

仮説 2 :

鳥瞰視点では、パスの可能性がなくなった瞬間の認知が遅れると考えられる。またどの角度からプレスにいけばいいか理解できないと考える。対して一人称視点では、認知ができる。また状況も理解と想像することができると思われる。

仮説 3 :

仮想空間を用いた場合、パススピードをどの視点でも伝えることができる。したがって、インターセプトの守備タスクに対する戦術理解度と戦術遂行度に視点間の差が無いと考えられる。

仮説 4 :

並列指導を行うことで、各守備者の動きや守備戦術が理解できるため、選手が自らコミュニケーションを取ると考えられる。

仮説 5:

コミュニケーションを取るようになれば，お互いに認知の原則の支援することになり，各守備者の戦術遂行度が向上すると考えられる．

第4章 実験

本研究では、検証実験を2つ行う。1つ目の検証実験は、単一ディスプレイによる逐次指導型実験である。具体的に、仮想空間を用いて異なる視点を提示して行う逐次指導が選手の戦術理解度と戦術遂行度にどのような影響を与えるのか分析するために、仮想空間を用いたサッカー戦術指導システムを用いて、鳥瞰視点、一人称視点、三人称視点のいずれかによる守備戦術指導を行い、選手の戦術理解度と戦術遂行度を比較する評価実験を実施した。2つ目の検証実験は、複数ディスプレイによる並列指導型実験である。具体的に、異なる各守備者の一人称視点を同時に提示しながら行う並列指導が選手の戦術理解度と戦術遂行度にどのような影響を与えるのか分析するために、仮想空間を用いたサッカー戦術指導システムに同期性機能を追加し、本システムを用いて並列指導を行うことで選手の戦術理解度と戦術遂行度を比較する。各評価実験では、戦術理解度を評価するために理解度テスト（説明問題・状況設定問題）を行い、戦術遂行度を評価するために実技テストを行った。なお、本実験では、2対2のマンツーマンディフェンスと3対2のゾーンディフェンスの2つの守備戦術を題材にして評価を行う。

4.1 被験者

本実験の被験者は、高校生（1年生）の9名である。被験者の戦術理解度と戦術遂行度を評価するために、被験者は、守備を行うときの動き方などに関して、まだ指導を受けていない高校1年生を被験者の対象とした。9名の被験者を3人ずつ3グループに分けて、各グループには鳥瞰視点、一人称視点、三人称視点のいずれかの視点で2つの守備戦術の指導を行った。グループは、サッカーの技術及び理解力に大きな差が生まれないように、被験者が所属する高等学校サッカー部の指導者と相談し、技術及び理解力が均等になるようにグループ分けを行った。具体的に、被験者が属する高等学校サッカー部においてTOPチームに所属している選手が3名とSECONDチームに所属している選手が6名いたため、グループごとにTOPチームに所属する選手1名とSECONDチームに所属する選手2名を振り分けた。またサッカーの経験年数や中学生のときの所属していたチームの戦績などを考慮してグループ分けを行った。さらに単一ディスプレイによる逐次指導実験において一人称視点で指導を受けた被験者3名を被験者にした。

4.2 仮想空間を用いたサッカー戦術指導システム

視点の違いを検証するために、仮想空間を用いた簡易的なサッカー戦術指導

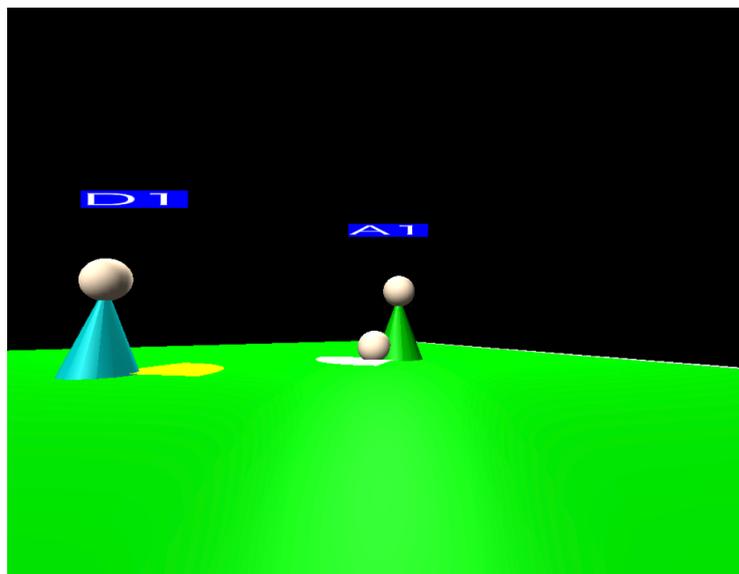


図3 仮想空間を用いたサッカー戦術指導システム

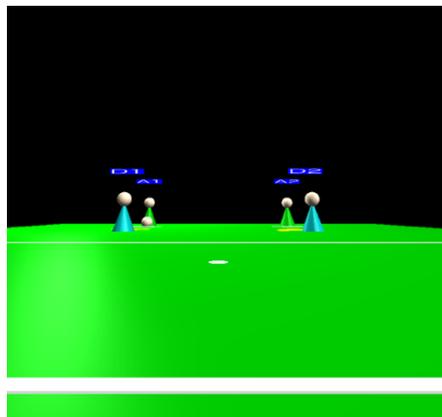
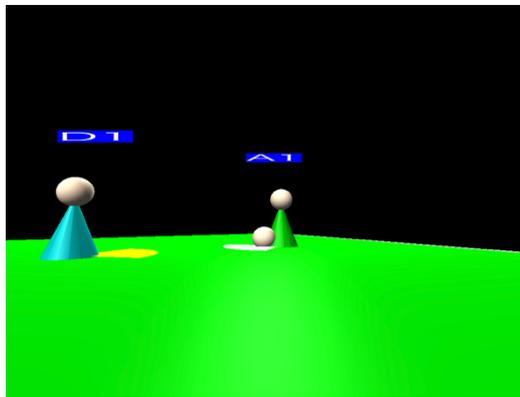


図4 サッカー戦術指導システムが提示できる視点の一覧
上：鳥瞰視点，中：一人称視点，下：三人称視点

システムを作成した。本システムは、図3に示すように、指導者が指導したい場面について仮想空間を利用して図4のようにいずれかの視点で選手に提示することができる。また複数のディスプレイを同期させて各ディスプレイに仮想空

間を提示することもできる。指導するシーンを仮想空間内に再現するために、事前に選手の動きや体の向きを各オブジェクトの変数に代入することで、仮想空間内のオブジェクトを連続的に移動させることができる。また、一人称視点を提示する場合、各守備者の視点にカメラ視点を切り替えることもできる。さらに、指導者が繰り返し指導したり、注意点を細かく指導したりできるように、一時停止や再開、リセット、コマ戻りなどの再生制御機能も提供している。オブジェクトの大きさは、実世界の大きさに比例して作成した。具体的には、今回実験を行うコート（縦 42m, 横 42m）と日本人 20 代の平均身長（171cm）、サッカーボール（直径 22cm）、サッカーゴール（縦 2.44m, 横 7.32m）を同比率で縮小して仮想空間を作成した。また一人称視点で映し出す視野角は人間が見ることのできる視野角を考慮して 110 度に設定している。

4.3 システムの構成

図 5 は、システムの構成図である。本システムは、各クライアントでフロントエンドのブラウザ上で VR 生成器が VR 環境と VR アバターを生成していて、VR コントローラが VR アバターの動作を制御している。また各クライアントがキーボードを操作することで発生するイベントを他のクライアントで同期させるためにバックエンドの同期サーバを介して通信を行う構成になっている。具体的

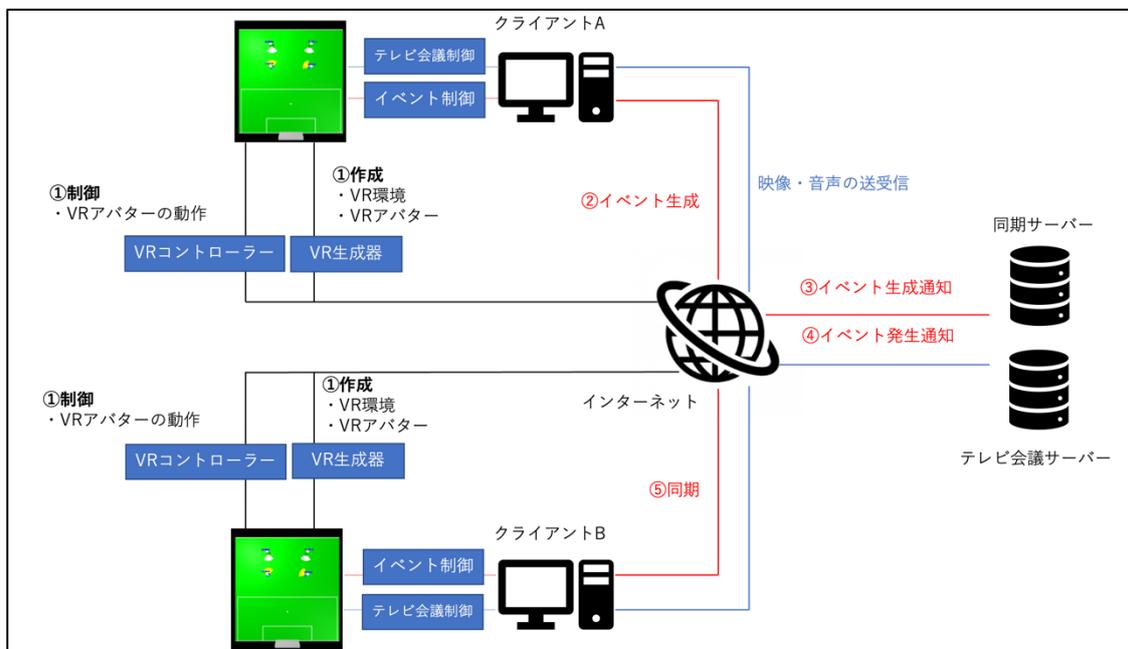


図 5 システムの構成図

に、いずれかのクライアントがVRアバターの動きの制御や、再生、一時停止、再開、リセット、コマ戻りなどの制御をしてイベントが発生した場合、イベントの同期は同期サーバを介して行う構成になっている。また本システムは、テレビ会議システムを導入している。したがって各クライアントのカメラ映像と音声情報などをサーバを介して通信できるため、遠隔地にいるクライアントと接続し、戦術指導を行うこともできる。

4.4 攻撃方法

攻撃方法による差が生じないように、攻撃方法を各守備戦術において以下の4つに限定し、各ケースの守備戦術を指導した。

ケース1：攻撃者が横パスを行い続ける。

ケース2：攻撃者が一方の攻撃者に背を向けてボールを保持する。

ケース3：外側の選手が内側の選手に遅いパスを出す。

ケース4：内側の選手が外側の選手に遅いパスを出す。

4.5 指導する守備戦術

今回、3章で紹介した7つの守備の原則をもとに、被験者が所属する高等学校のサッカー部の指導者と相談して、本システムを用いて指導する守備戦術（マンツーマンディフェンス4ケースとゾーンディフェンス4ケース計8ケース）を同定した。

指導する2対2のマンツーマンディフェンス守備戦術は、以下の通りである。

- **2対2 マンツーマンディフェンス：ケース1**

ファーストディフェンダーは、ボールホルダーに対してプレスに行き、3章で説明したすべての要件を満たす位置に立つ。セカンドディフェンダーも3章で説明したすべての要件を満たす位置に立つ。また3章で説明した守備の原則を遂行する。

- **2対2 マンツーマンディフェンス：ケース2,**

ファーストディフェンダーは、ボールホルダーに対して強くプレスにいき、ボールホルダーを攻撃方向に対して後ろ向きにさせ、ボールホルダーからもう片方の攻撃者へのパスの可能性をなくす。セカンドディフェンダーは、3章で説明したすべての要件を満たす位置に立ち、またファーストディフェンダーのプレスの度合いやボールホルダーが後ろを向いており、もう片方の攻撃者へのパス

がないことを認知したら、図2のように自分のマークを捨て、ボールホルダーにプレスに行く。また3章で紹介した守備の原則を遂行する。

- **2対2マンツーマンディフェンス：ケース3**

ファーストディフェンダーは、3章で説明したすべての要件を満たす位置に立ちながらボールホルダーに対して強くプレスにいき、ボールホルダーを前進させない。セカンドディフェンダーは、3章で説明したすべての要件を満たす位置に立ちながら、ボールホルダーから自分のマーク対象者に緩いパスが供給されたことを認知したら、自分がファーストディフェンダーになったことを把握し、ボールに対して素早くプレスを行い、インターセプトを狙う。ファーストディフェンダーは、自分がセカンドディフェンダーになったため、先程までボールを持っていた攻撃者と新たにボールを持っている攻撃者のパスコースを消しながら、新たなファーストディフェンダーと同じラインを保ち、プレスに加わる。また3章で説明した守備の原則を遂行する。

- **2対2マンツーマンディフェンス：ケース4**

ファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーともに、3章で説明したすべての要件を満たす位置に立ちながら、内側の選手が外側の選手に遅いパスを出したことを認知し、ボールホルダーに対してプレスに行く。その際、ファーストディフェンダーは、ボールホルダーとその他の攻撃者とのパスコースを消しながらプレスにいき、セカンドディフェンダーは、ボールホルダーが前進しないように正面にたつようにプレスに行く。また3章で説明した守備の原則を遂行する。

指導する3対2のゾーンディフェンスの守備戦術は以下の通りである。

- **3対2のゾーンディフェンス：ケース1**

ボールホルダーが中央に居て、両側に攻撃者が1名ずついてパス交換をしている場合、ファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーともに3章で説明したすべての要件を満たす位置に立つ。また3章で説明した守備の原則を遂行する。

- **3対2のゾーンディフェンス：ケース2**

ファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーともに3章で説明したすべての要件を満たす位置に立つ。またセカンドディフェンダーは、ボールホルダーの体の向きが自分のマーク対象者を向いていない場合は、自分が距離をとってマークしている攻撃者が自分の背後に抜けだしたとしても、そのマークを

捨て、ラインを上げて2対2の状況を作りに行く。また3章で説明した守備の原則を遂行する。

- **3対2のゾーンディフェンス：ケース3**

ファーストディフェンダーは、3章で説明したすべての要件を満たす位置に立ち、外側の選手が内側の選手に対して遅いパスを出したことを認知し、自分が守るエリアに居る攻撃者とボールを受けたボールホルダーの間に立ち、パスコースを消しながらプレスに行く。セカンドディフェンダーは、3章で説明したすべての要件を満たす位置に立つ。また3章で説明した守備の原則を遂行する。

- **3対2のゾーンディフェンス：ケース4**

ファーストディフェンダーは、内側の選手が外側の選手に遅いパスを出したことを認知し、ボールの出し手と受けてのコースを消しながら、プレスに行く。セカンドディフェンダーもファーストディフェンダーが抜かれたときにボールホルダーに対してプレに行く。また3章で説明した守備の原則を遂行する。

今回2対2のマンツーマンディフェンスを行う場面では、ケース3とケース4の違いがないため、ケース3の場面するとき、パスの受け手の攻撃者が後ろに下がってボールを受けるよう変更し、ケースの差別化を行った。したがって、被験者は、各戦術で4ケース、合計8ケースの守備戦術の指導を受ける。

4.6 実験

4.6.1 単一ディスプレイによる逐次型指導実験

はじめに、サッカー戦術指導システムを用いて、図4のようないずれかの視点

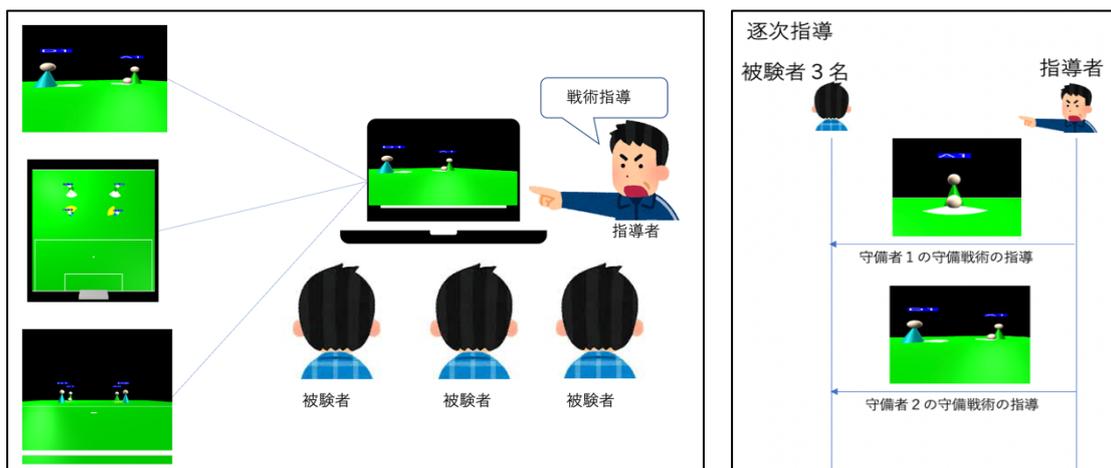


図6 逐次指導の概要

で情報を提示しながらを図6のように各グループに対して1つのPCを用いて逐次指導で情報提供と戦術指導を行う。具体的には図6の右側のように、はじめに守備者1（ファーストディフェンダー：FD）の守備戦術を被験者に対して指導する。守備者1の守備戦術の指導が終われば、次に守備者2（セカンドディフェンダー：SD）の守備戦術を被験者に対して指導をする。この手順で指導を行いながら、各グループいずれかの1つの視点でマンツーマンディフェンスの戦術指導を計4ケース行う。次に被験者のマンツーマンディフェンスの戦術遂行度を評価するためにグラウンドで実技テストを行う。実技テストの終了後、再び本システムを用いて、再び図6のように各被験者グループに対していずれかの視点でゾーンディフェンスの守備戦術の指導を逐次指導で計4ケース行う。その次に再び実技テストを行い、被験者のゾーンディフェンスの戦術遂行度を評価する。戦術指導と実技テストが全て終了した後、被験者の戦術理解度を評価するために、説明問題と状況設定問題からなる理解度テストを行う。また戦術遂行度を評価するために、実験中は図7のように2つのビデオカメラを設置して撮影を行っ



図7 カメラの視点（上：後ろからの視点，下：横からの視点）

た. 今回は, 同じ条件の中で守備側の被験者の戦術遂行度の検証を行うため, 攻撃側の選手はすべての同一人物で検証実験を行う. また攻撃者には, 毎回ケース 1 を実施してもらい, かつケース 2, ケース 3, ケース 4 から一つを攻撃中のランダムなタイミングで実施してもらい. 各被験者は, 各ケースを認知し, 指導された守備戦術を遂行できるかを評価する. 各被験者グループには 3 名被験者がいるため, 2 名ずつ 3 ペアを作り, 1 ペアずつ実験を行う. 各守備戦術に対して 4 ケースがあるため, 各ペアに対してケース 1 は共通課題として実験開始後すべてのペアに対して実施し, ケース 2, 3, 4 はいずれかのケースをいずれかのペアにだけ実施するようにする. このようにして, すべてのペアに対して初めて状況を認知したときの戦術遂行度を評価している.

1 章で述べたように視点によって提示できる情報量や視覚的状況の想像のしやすさが異なるため. 提示された形式ごとに被験者の戦術理解度と戦術遂行度に異なると考える.

4.6.2 複数ディスプレイによる並列指導実験

複数ディスプレイによる並列指導実験では, 異なる守備者の視点情報を同時に提示した場合の効果の比較を行う. 被験者は, 単一ディスプレイによる逐次指導実験において一人称視点で指導を受けた被験者 3 名である. また複数ディスプレイによる並列指導実験は, 単一ディスプレイによる逐次指導実験を行った後に 4 ヶ月間の期間を開けて行った. なぜなら被験者が指導された内容を記憶している可能性があるためである.

提案したサッカー戦術指導システムに異なる守備者の一人称視点を同時に提

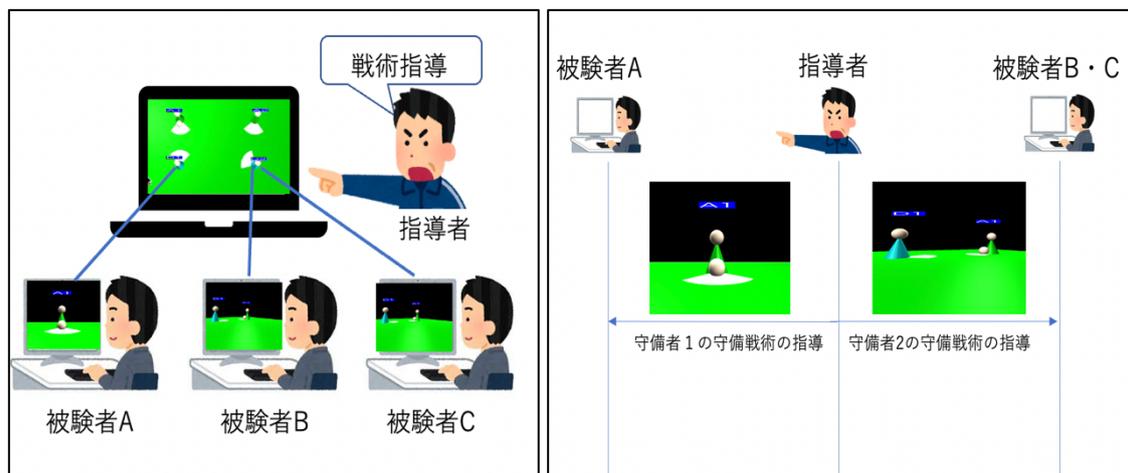


図 8 並列指導の概要

示でき、図 8 のように各 PC に提示した仮想空間内のオブジェクトを同時に操作できる同期性機能を追加する。これらの機能を用いて、異なる守備者の視点を同時に各被験者に提示しながら指導を行う。具体的に図 8 の右側のように同時に守備者 1 と守備者 2 の守備戦術の指導（並列指導）を行う。このとき被験者 A には、守備者 1 の視点情報を伝え、被験者 B・C には守備者 2 の視点情報を伝える。このような手順ではじめにマンツーマンディフェンスの戦術指導を計 4 ケース行う。次に被験者のマンツーマンディフェンスの戦術遂行度を評価するためにグラウンドで実技テストを行う。実技テストの終了後、再び本システムを用いて、再び各被験者グループに対してゾーンディフェンスの守備戦術の指導を計 4 ケース行う。その次に再び実技テストを行い、被験者のゾーンディフェンスの戦術遂行度を評価する。戦術指導と実技テストが全て終了した後、被験者の戦術理解度を評価するために、説明問題と状況設定問題からなる理解度テストと質問調査を行う。このように複数ディスプレイによる並列指導実験を行うことで、例えば被験者 A に対して指導者が指導をしているとき、被験者 B と被験者 C は被験者 A の動きを第三者視点で見ながら指導を聞くことになるので、被験者 A の動き方をより理解することができる。逆に被験者 B と被験者 C が指導を受けているときは、被験者 A が第三者視点で被験者 B と被験者 C の動きをより理解することができる。したがって 1 回の指導の中で単一ディスプレイによる逐次指導実験より提示できる情報量が増える。またお互いの動きをより理解することができると考えられるため、共通認識ができる。さらに守備戦術も理解できるため、戦術遂行を行おうとし、お互いの動きを主体的に指示することが期待され、結果的に指示を行うようになるため、逐次指導を受けたときよりも戦術遂行度と戦術遂行スピードが向上することが期待される。

戦術遂行度を評価するために、実験中は図 7 のように 2 つのビデオカメラを設置して撮影を行った。今回は、単一ディスプレイによる逐次指導実験において一人称指導で指導を受けた被験者の評価点と比べて戦術遂行度の検証を行うため、攻撃側の選手はすべての同一人物で検証実験を行う。また攻撃者には、毎回ケース 1 を実施してもらい、かつケース 2、ケース 3、ケース 4 から一つを攻撃中のランダムなタイミングで実施してもらおう。各被験者は、各ケースを認知し、指導された守備戦術を遂行できるかを評価する。今回各被験者グループには 3 名被験者がいるため、2 名ずつ 3 ペアを作り、1 ペアずつ実験を行う。各守備戦術に対して 4 ケースがあるため、各ペアに対してケース 1 は共通課題として実験

開始後すべてのペアに対して実施し、ケース 2, 3, 4 はいずれかのケースをいずれかのペアにだけ実施するようにする。このようにして、すべてのペアに対して初めて状況を認知したときの戦術遂行度を評価している。

第5章 分析手法

検証実験を行った後、逐次指導と並列指導別ごとに、各ペアの戦術理解度と戦術遂行度を各守備戦術別に評価する。また、複数ディスプレイを用いた並列指導実験では戦術遂行時にコミュニケーションを行っているかも確認する。

5.1 戦術理解度

戦術理解度を評価するために、説明問題と状況設定問題からなる理解度テストを行う。説明問題は、被験者に対して仮想空間を用いていずれかの視点や方法で情報提供した場合、指導された局面がどのような状況であるのかを理解できるのか、認知すべき項目はなにかを理解できるか、遂行すべき守備戦術をどのように遂行するのか理解できるかを検証するために行う。ケース 1 を除く計 6 ケースごとにファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーの守備について、指導された局面がどのような状況であるのか、認知すべき項目はなにか、遂行すべき動作などを被験者に詳細に記述してもらった。

表 1 のように戦術理解度を詳細に定量化するために、夏原ら [13] や McPherson [14] らの方法を用いて、説明内容を分類する主要概念を作成した。主要概念は、状況概念と動作概念とした。状況概念は、守備戦術を遂行する状況（例：味方がプレスに行っていてボール保持者が後ろを向いている）に関する概念である。動作概念は、守備戦術として遂行すべき具体的な守備動作（例：相手選手のパスコースを消しながらプレスに行く）に関する概念である。説明内容の

表 1 説明問題の階層レベルの決定基準

主要概念	階層レベル	決定基準	具体例
状況概念	レベル 0	特徴が不明確なものや特徴が見られないもの。また明確な解釈が困難なもの	詰めている
	レベル 1	選手や局面の状況に対する 1 つの特徴が含まれているもの	味方が外側から寄せている
	レベル 2	選手の局面状況に対する 2 つ以上の特徴が含まれているもの	ボール保持者がどちらか片方しか見ていない、パスを出さない状態であると認知する
動作概念	レベル 0	具体的なプレー動作のみについて言及したもの	正面に立つ
	レベル 1	プレー動作に対する 1 つの明確な(意図的な)特徴が含まれているもの	パスが弱いとインターセプトを狙う
	レベル 2	プレー動作に対する 2 つ以上の明確な(意図的な)特徴が含まれているもの	セカンドディフェンダーは 素早くパスを出された選手に圧力をかけ、ファーストディフェンダーと一緒に 二対一の状況を作る

表 2 下位概念

状況概念	動作概念
相手の状況	正面に立つ
味方の動き	プレス（寄せる）
ボールの動き	インターセプト
	1対2の状況を作る
	2対2の状況を作る
	カバーリング
	ボールを奪う

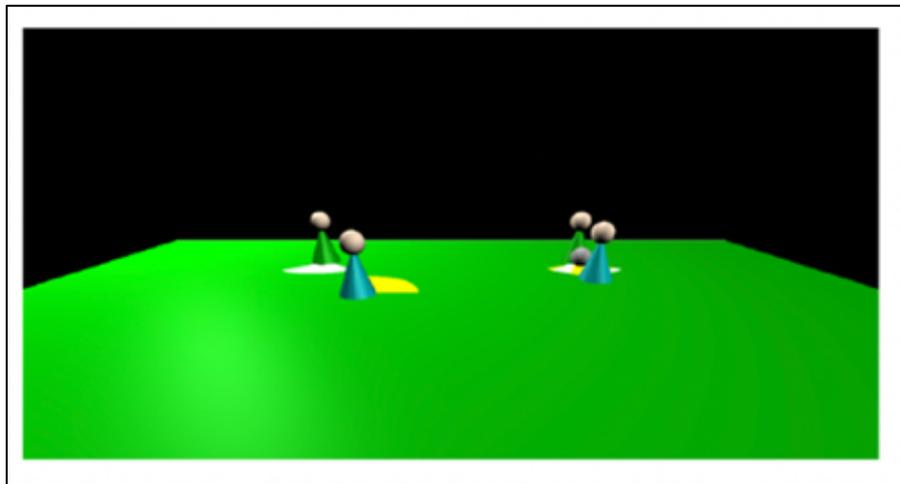


図 9 状況設定問題の例

句読点や認知と動作の切り替わる箇所に基づいて、説明内容から主要概念を同定する。例えば、被験者の説明内容が「サイドからのパスが緩かった場合逆のサイドを切るように真ん中の相手にセカンドディフェンダーがよせる」であった場合、パスが緩かった場合までは認知に関する記述で、それ以降は動作に関する記述として切り出す。次に説明内容はすべて逐語化し 2 つの主要概念に分類した。また主要概念のうちの一つに同定した後、さらに下位概念に分類した。下位概念とは、夏原や McPherson らの方法に倣って、説明問題の回答の内容を基に作成した。例えば、「サイドからのパスが緩かった場合」という記述から「ボールの動き」を作成し、その後の同様の記述は、「ボールの動き」に分類した。表 2 は、説明内容から生成された状況概念、動作概念に対するすべての下位概念である。さらに 2 つの概念に階層的な 3 つのレベルを設定して説明内容の具体性を評価するようにした。その上で階層レベルごとに評価点を設けて、評価するよう

にした。レベル0は、0.5点、レベル1は1.5点レベル2は3点とした。各概念の符号化の決定基準は表1、下位概念は表2のとおりである。また評価点をつける際、守備の原則に沿っていない説明や間違った説明、関係ない説明を行っていないかをサッカーの指導者が3章で紹介した守備の原則や4.4章で作成した守備戦術を基に評価し、該当した場合は、その説明文に評価点をつけないようにした。したがって評価点が高いほうが守備戦術を理解していることになる。

理解度テストの状況設定問題は、本システムを使って図9のような視点で出題した。状況設定問題を行うことで、被験者が守備時にどこにたてばいいかを攻撃者や守備者、ボールの位置から距離感を想像して判断できるかを検証する。

状況設定問題は、Vaeyensら[15]が報告している方法を参考に図9のように（地面から高さ3m、守備者の背中が見える位置、すべてのオブジェクトが視野に入る位置）第三者視点で出題した。なぜならこの位置は、Vaeyensらによると深さの知覚を可能にできるといわれているからだ。またこの位置だとカメラの視野角内に相手の攻撃のエリアと自チームの守備のエリアのすべての部分をカバーすることができる。さらに一人称視点ではないが、今回実験で提示した第三者視点よりも一人称視点に近い。またすべての情報量が提示できるため、鳥瞰視点とも大きく変わらない。したがってこの視点で状況設定問題を出題するのが、最も公平に検証を行えると考える。そのため、理解度テストの状況設定問題は、本システムを使って例のような視点で出題した。状況設定問題では、マンツーマンディフェンスを提示した問題3問とゾーンディフェンスを提示した問題3問の計6問の問題を出題した。各問題では、ファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーが正しい位置に立っている画像1枚とファーストディフェンダーかセカンドディフェンダーのいずれかが正しい位置からずれている画像3枚の計4枚を出題し、被験者にファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーの立ち位置として正しい画像を回答してもらった。また不正解であった場合は、ファーストディフェンダーの位置がずれているのか、セカンドディフェンダーの位置がずれているのか、また縦軸（ゴールがある方向）・横軸のどちらにずれているかを評価した。

5.2 戦術遂行度

実技テストを撮影していた映像を基に、指導者が守備の原則（評価基準）と作成した守備戦術にしたがって、ファーストディフェンダーとセカンドディフェ

ンダーの戦術遂行度に評価点をつける。また被験者自身が状況を認知し、戦術を遂行していたかを評価するために、実技テスト終了後、被験者に攻撃ケースが再現されたことを認知した上で戦術を遂行していたかインタビューを行った。

認知項目は、

ケース 1 からケース 4 の共通認知項目：

- 攻撃者の立ち位置

ケース 2 の認知項目：

- 相手の体の向き

ケース 3 の認知項目：

- 外側から内側に出されたボールスピード

ケース 4 の認知項目：

- 内側から外側へ出されたボールスピード

である。

戦術遂行度を評価するための評価基準は、

- 状況認知の有無
- 守備戦術を遂行するに当たり正しい位置に立ち続けているか
- 適切なスピードで守備戦術を遂行しているか
- 適切なタイミングで守備戦術を遂行しているか

である。

戦術遂行度は、上記の観点を付録に記載している評価基準と守備の原則にしたがってファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーごとに評価点をつけた。

5.3 コーチング

戦術遂行時において被験者がコミュニケーションを行ってお互いに指示をしているかも評価する。したがって本実験では実技テストをビデオカメラで録画しているため、同時に被験者の指示を録音しておくようにする。また今回は、各被験者が指示を行ったか、行わなかったかで評価を行う。

第6章 結果

6.1 逐次指導の戦術理解度

6.1.1 説明問題

理解度テストの説明問題の記述内容を分析すると、 unnecessaryな説明を記述している被験者がいた。具体的に、ボールスピードについて同じ内容を2回記述していたり、守備戦術遂行前の状況概念について説明したりしていた。したがって各守備戦術の説明を行うのに必要な概念のみ評価点を付けた。概念ごとに各グループの被験者の評価点の合計を示しているのが図10である。図10に示しているように、理解度テストの説明問題は、どちらの守備戦術ともに、一人称視点が状況概念と動作概念の点数が最も高かった。これらの評価点に対してケースごとにマン・ホイットニーU検定を行った結果が表3である。マンツーマンディフェンスを行っている際に、外側から内側へのパスのインターセプトを試みる守備戦術(ケース3;動作概念)と内側から外側へのパスのインターセプトを試みる守備戦術(ケース4:動作概念)で一人称視点と他の視点で有意な差が確認された。これは、一人称視点で指導を受けた被験者が、ボールスピードを認知した後、どのように守備を行うかを詳細に正しく説明したためである。ゾーンディ

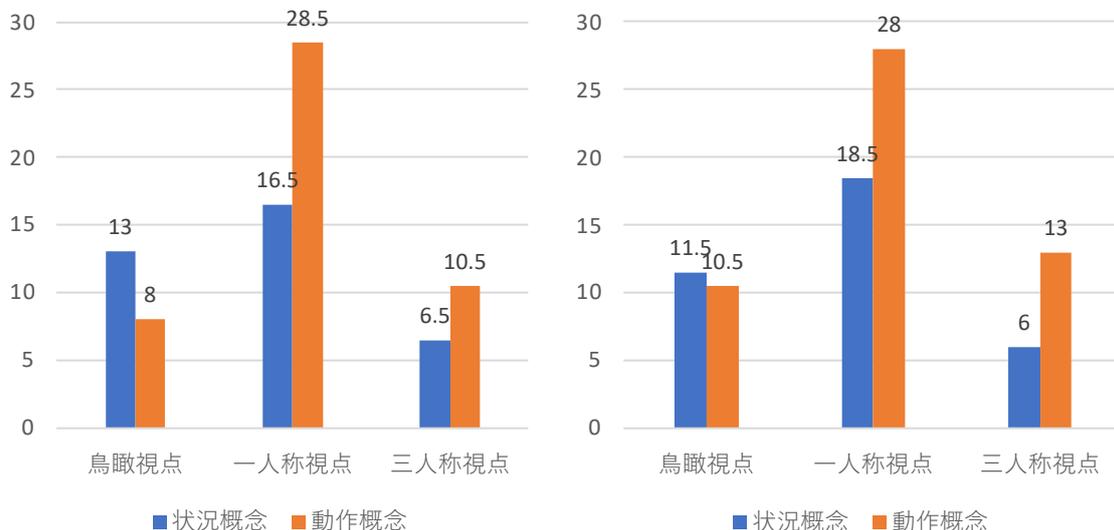


図10 説明問題(逐次指導)の評価点
(左:マンツーマンディフェンス, 右:ゾーンディフェンス)

表 3 説明問題の評価点 P 値

	ケース	マンツーマンディフェンス			ゾーンディフェンス		
		一人称 鳥瞰	一人称 三人称	三人称 鳥瞰	一人称 鳥瞰	一人称 三人称	三人称 鳥瞰
状況 概念	2	0.604	0.173	0.921	0.318	0.173	0.827
	3	0.083	0.079	0.760	0.151	0.079	0.921
	4	0.604	0.173	0.921	0.252	0.094	0.921
動作 概念	2	0.253	0.253	0.588	0.036*	0.079	0.500
	3	0.038*	0.036*	0.250	0.036*	0.036*	0.173
	4	0.038*	0.038*	0.407	0.055	0.036*	0.067

*=0.05

フェンスについて、相手の体の向きを認知する必要のある(ケース2:動作概念)について、一人称視点の方が鳥瞰視点よりも有意に高いことが確認された。なぜなら一人称視点で指導を受けた被験者のみが、相手の向きを認知したあと、どのように守備を行うべきか詳細説明していたためである。また外側から内側へのパスのインターセプトを試みる守備戦術(ケース3:動作概念)の戦術理解度は、一人称視点の方が他の称視点よりも有意に高いことと内側から外側へのパスのインターセプトを試みる守備戦術(ケース4:動作概念)の戦術理解度は、一人称視点の方が三人称視点よりも有意に高いことが確認された。なぜなら一人称視点で指導を受けた被験者のみが、どのように守備を行うべきか正しく詳細説明していたためである。

また鳥瞰視点と三人称視点では、間違っ了解釈をしている被験者がいたが、一人称視点ではいなかった。しかしすべての項目において状況概念で有意な差は確認されなかった。したがってどの視点で指導を行えば視覚的状况を容易に想像できるかは確認できなかった。また本研究では、間違っ説明には評価点をつけていないため、評価点が高いほど戦術を詳細に理解できていると考えて良い。したがって一人称視点が一番どのように守備を行うのか(戦術理解度)が向上しているのが確認された。

6.1.2 状況設定問題

次に、理解度テストの状況設定問題の正答率を表4に示す。正解であれば1点、不正解であれば0点を付けた。今回マンツーマンディフェンスの問題3問と

表 4 状況設定問題の正答率

	鳥瞰視点		一人称視点		三人称視点	
	FD	SD	FD	SD	FD	SD
マンツーマンディフェンス	0.89	1.00	1.00	1.00	0.89	1.00
ゾーンディフェンス	0.89	0.78	1.00	0.22	0.78	0.78

FD：ファーストディフェンダー，SD：セカンドディフェンダー

ゾーンディフェンスの問題 3 問の計 6 問を出題したため、各被験者の各問題の正答率の合計を（被験者の数×問題数）で割った値を正答率とした。また今回正答率が 0.78 以下を理解できていないと同定した。なぜなら 0.78 以下は、1 名の被験者が 2 回間違ったか、2 名の被験者が 1 回間違ったか、またはそれ以上になるため、正しい立ち位置を理解できていないと判断できるからだ。表 4 から鳥瞰視点は、ゾーンディフェンスのセカンドディフェンダーの正しい立ち位置を理解できていない。具体的にマーク対象者に対して縦方向にずれた立ち位置を選択する傾向が見られた。三人称視点はゾーンディフェンスのファーストディフェンダーとセカンドディフェンダーの正しい立ち位置を理解できていない。具体的にマーク対象者に対して縦方向にずれた立ち位置を選択する傾向が見られた。一方、一人称視点では、ゾーンディフェンスのセカンドディフェンダーの立ち位置に関しては、他の視点よりも理解できていなかった。具体的にマーク対象者に対して横方向にずれた立ち位置を選択する傾向が見られた。

6.2 逐次指導の戦術遂行度

6.2.1 実技テスト

戦術遂行度の結果を図 11 に示す。ケース 1 の攻撃は、すべての被験者に対して行ったのでケース 1 については、グループごとに平均点を戦術遂行度の評価点にした。ファーストディフェンダーの評価点は、一人称視点と他の視点が同率であるところもあるが、セカンドディフェンダーについては、すべてのケースで一人称視点の戦術遂行度の評価点が最も高かった。ただし、マン・ホイットニー U 検定の結果を表 5 が示すように、いずれの戦術においても視点間での有意な差は確認されなかった。

次に個別のケースごとに戦術遂行度を比較する。ケース 2 の相手の体の向きを認知した上で守備戦術を行う際、一人称視点で指導を受けたセカンドディフ

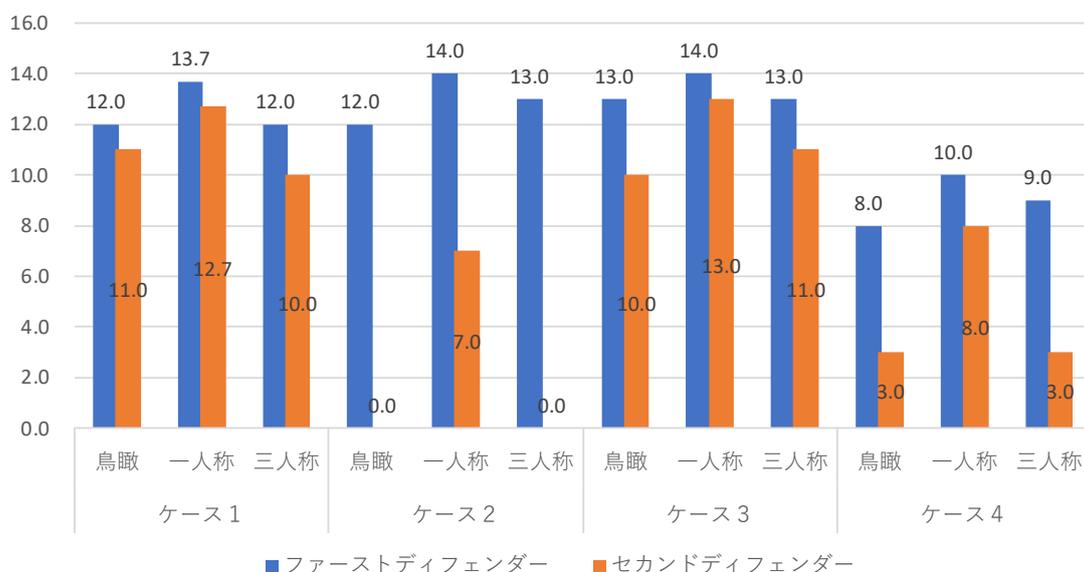
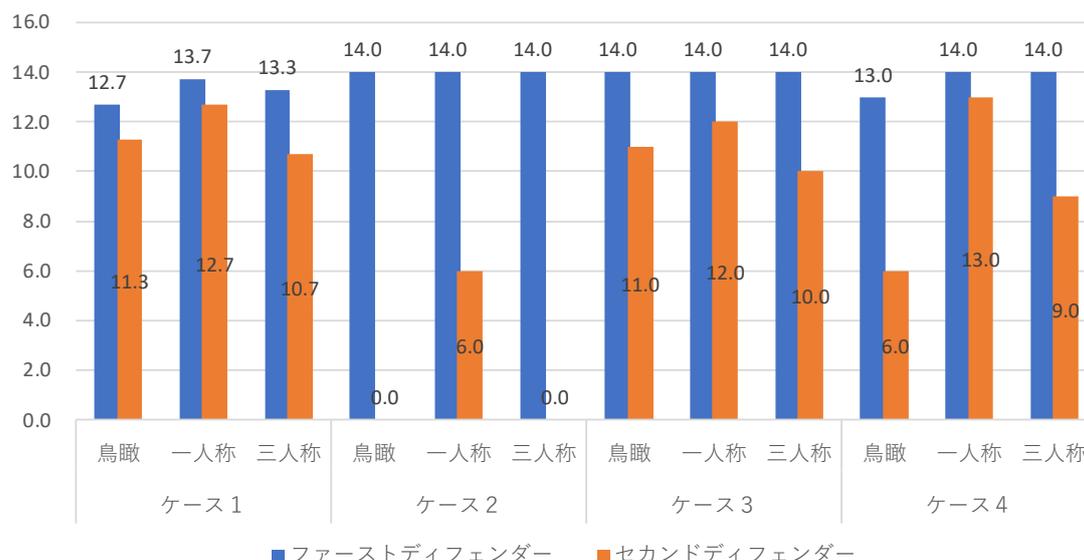


図 11 戦術遂行度(逐次指導)の評価点
(上：マンツーマンディフェンス,下：ゾーンディフェンス)

表 5 戦術遂行度(逐次指導)の評価点の P 値

	ファーストディフェンダー			セカンドディフェンダー		
	一人称 鳥瞰	一人称 三人称	三人称 鳥瞰	一人称 鳥瞰	一人称 三人称	三人称 鳥瞰
マ	0.204	0.114	0.739	0.073	0.100	0.719
ゾ	0.094	0.094	0.324	0.171	0.171	0.559

マ：マンツーマンディフェンス,ゾ：ゾーンディフェンス

エンダーは、実験映像からタイミングは大幅に遅れているが、守備戦術を遂行で

きていた。一方、鳥瞰視点と三人称視点で指導を受けたセカンドディフェンダーは実験映像から状況を認知することさえできず、守備戦術を遂行できなかった。また、マンツーマンディフェンスのケース4では、内側から外側への遅いパスを、鳥瞰視点で指導を受けたセカンドディフェンダーのみ認知できていなかった。さらに、ゾーンディフェンスでは、すべての視点のセカンドディフェンダーが、内側から外側への遅いパスを認知できていなかった。

6.2.2 コーチング

被験者の中でコミュニケーションを行っていた被験者はいなかった。

6.3 並列指導の戦術理解度

6.3.1 説明問題

並列指導を行った場合の理解度テストの記述内容の結果を図12に示す。分析を行った結果、どちらの守備戦術ともに並列指導で指導を行ったほうが、一人称視点で状況概念と動作概念の点数が最も高かった。

これらの評価点に対してケースごとにマン・ホイットニーU検定を行った結果が表6である。ゾーンディフェンスを行っている際に、内側から外側へのパスのインターセプトを試みる守備戦術(ケース4)の戦術理解度は、本研究で初めて、状況概念において一人称視点と他の視点で有意な差が確認された。これは、一人称視点で指導を受けた被験者が、ボールスピードを認知した後、どのように守備を行うかを詳細に正しく説明したためである。したがって並列指導の方が視覚的状况を想像しやすい可能性がある。

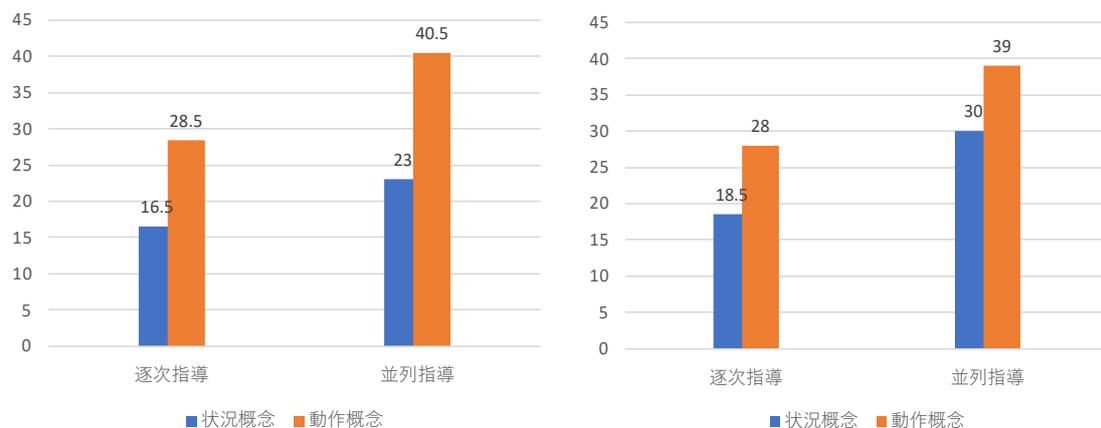


図12 説明問題(逐次指導と並列指導)の評価点
(左:マンツーマンディフェンス, 右:ゾーンディフェンス)

表 6 説明問題(逐次指導と並列指導)の評価点 P 値

	ケ I ス	マンツーマンディフェンス		ゾーンディフェンス	
		逐次指導 並列指導		逐次指導 並列指導	
状 況 概 念	2		0.500		0.321
	3		0.321		0.247
	4		0.151		0.023*
動 作 概 念	2		0.092		0.373
	3		0.173		0.909
	4		0.407		0.079

*=0.05

表 7 状況設定問題（逐次指導と並列指導）の正答率

	逐次指導		並列指導	
	FD	SD	FD	SD
マンツーマンディフェンス	1.00	1.00	0.89	1.00
ゾーンディフェンス	1.00	0.22	1.00	0.78

FD：ファーストディフェンダー，SD：セカンドディフェンダー

6.3.2 状況説明問題

次に，理解度テストの状況設定問題の正答率を表 7 に示す．正解であれば 1 点，不正解であれば 0 点を付けた．並列指導では，被験者はマンツーマンディフェンスのセカンドディフェンダーの正しい立ち位置を逐次指導より理解できていなかった．対して，ゾーンディフェンスのセカンドディフェンダーの立ち位置に関しては，逐次指導よりも理解できていた．しかし 1 名の被験者が 2 回間違っていたため，戦術理解度の向上は確認できなかった．

6.4 並列指導の戦術遂行度

6.4.1 実技テスト

戦術遂行度の結果を図 13 に示す．また戦術遂行度の評価点の P 値を表 8 に示す．ファーストディフェンダーの評価点は，逐次指導の評価点と並列指導の評価点と同率であるところもあるが，セカンドディフェンダーについては，すべてのケースで並列指導の戦術遂行度の評価点が最も高かった．ただし，マン・ホイットニー-U 検定の結果，表 8 示すように，マンツーマンディフェンスとゾー

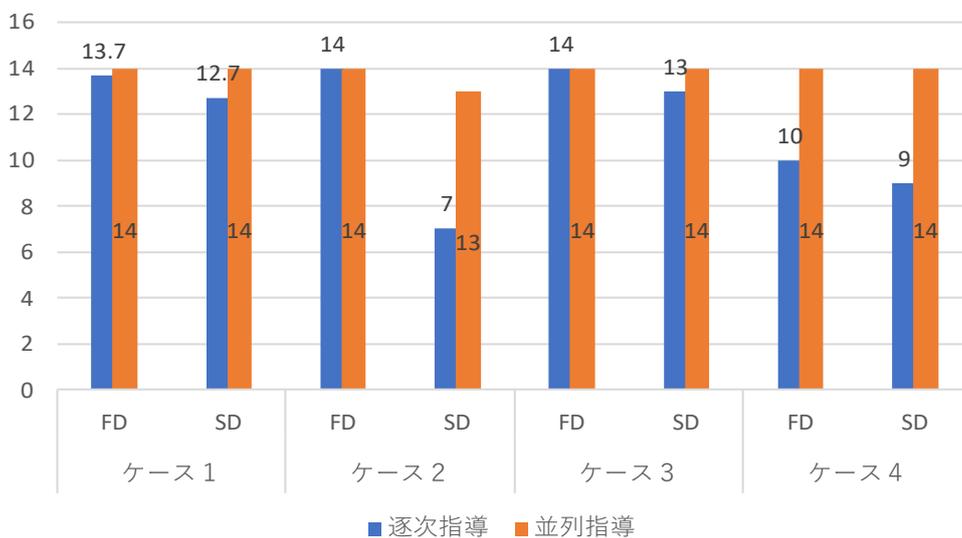
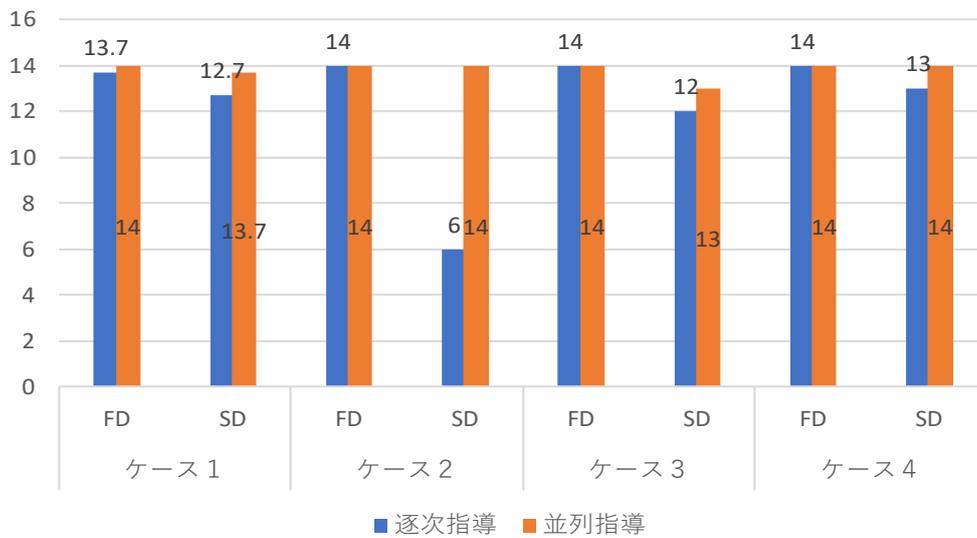


図 13 戦術遂行度(逐次指導と並列指導) の評価点
(上：マンツーマンディフェンス，下：ゾーンディフェンス)

表 8 戦術遂行度の評価点の P 値

	ファーストディフェンダー	セカンドディフェンダー
マンツーマンディフェンス	0.227	0.020*
ゾーンディフェンス	0.093	0.019*

*:0.05

認知した上で守備戦術を行う際、実験映像を分析すると逐次指導で指導を受けたセカンドディフェンダーは、タイミングは大幅に遅れているが、守備戦術を遂

行できていた。一方、並列指導で指導を受けたセカンドディフェンダーは状況を認知して瞬時に守備戦術を遂行していた。実際に戦術遂行度の評価点も並列指導のほうが高い。また、逐次指導を行った場合、ゾーンディフェンスでは、セカンドディフェンダーが、内側から外側への遅いパスを認知できていなかったが並列指導では認知できていた。実際に戦術遂行度の評価点も並列指導のほうが高い。

6.4.2 コーチング

1名の被験者がすべての実技テストにおいて戦術遂行時コミュニケーションを行っていた。具体的に「もっと中を切れ」「そのままボールに寄せろ」と味方の選手に指示をしていた。

6.5 各実験における自由記述

6.5.1 逐次指導

鳥瞰視点

鳥瞰視点で指導を受けた被験者は、実験終わりのアンケート調査で以下のよう
に述べていた。

● 利点

- 現場で用いられている作戦盤に比べて各選手の視野が提示されていたので選手の向きがわかりやすい
- オブジェクトが連続的に動くのでどのように移動すればいいかわかりやすい
- すべてのオブジェクトが一斉に動くので全体像が把握しやすい

● 欠点

- 鳥瞰視点であるため、距離感がうまくつかめなかった
- 相手との距離感がつかみにくい
- プレー中の距離感がつかみにくい

上記のように、本システムを用いて鳥瞰視点で指導を行った場合、各選手オブジェクトが一斉に連続的に動くため理解がしやすかったことわかる。また選手間の距離感が想像できないため、理解と再現が難しいというのがアンケート調査の記載内容からわかる。

一人称視点

一人称視点で指導を受けた被験者は、実験終わりのアンケートで以下のよう

に述べていた.

● 利点

- シミュレーションを使った指導だったので、より立体的になり、実際の状況を想像しやすかったのでわかりやすい
- プレー中の視点であるため、状況の想像がしやすい
- 状況の想像がしやすいため、プレーにつなげることができた
- 自分がどこの位置に立ち位置にいて、どういう体の向きをしていて、周りを見渡した場合、どのような状況になっているのかわかりやすい

● 欠点

- 相手の想定していない攻撃には対応できない
- 改善として実際のリアルな映像を使っただけの指導ならさらにわかりやすい
- 奥行きがわかりにくく、距離感がつかみにくい
- どこにスペースが空いているのかなどはわかりにくい
- 提示されていない逆サイドの状況がわからない
- 3対3以上の指導では、この指導だと全体像が把握しづらくなるため、不向きである

上記のように、本システムを用いて一人称視点で指導を行った場合、視覚的状況を想像しやすいため、理解がしやすかったことわかる。また視覚的状況が想像しやすいため、戦術を遂行するときにも指導された状況を認知しながらプレーできることがわかる。しかし奥行きがわかりにくいことや提示できる情報量に限りがあるので、全体像が把握しにくいことなどもアンケートの記載内容からわかる。

三人称視点

三人称視点で指導を受けた被験者は、実験終わりのアンケートで以下のように述べていた.

● 利点

- 各選手の視野が提示されていて向きがわかりやすい
- 守備のポジショニングがわかりやすい
- 具体的にどう動くかがわかりやすい
- 各オブジェクトが一斉に動くのでわかりやすい
- 作戦ボードでは理屈でしか理解できていないことがわかった

● 欠点

- 時間がかかる
- ケースをたくさん指導されると忘れる可能性もある

上記のように、本システムを用いて三人称視点で指導を行った場合、各選手の視野が提示されていて向きがわかりやすいことや守備のポジショニングがわかりやすい事がわかった。また欠点については、時間がかかるや指導量については述べていたが、提示方法については記述する被験者はいなかった。

6.5.2 並列指導

複数ディスプレイによる並列指導（一人称視点）で指導を受けた被験者は、単一ディスプレイによる逐次指導と比べて、実験終わりのアンケートで以下のように述べていた。

● 利点

- 個人の詳細な動きがわかりやすくなった
- 細かい動きが理解しやすい
- 実際の視点を別の視点で見られるのはメリットである
- 見ている選手の視点とその他の選手の視点が見られるようになっていてわかりやすくなっていた

● 欠点

- 時間がかかる
- 指導された以外の守備を再現したいときにオブジェクトを自由に動かせない

上記のように、本システムを用いて複数ディスプレイによる並列指導（一人称視点）で指導を行った場合、逐次指導よりも個人の細かい動きがわかりやすい事がわかった。また欠点については、時間がかかることや指導方法に柔軟性がないなどが記述されていた。

第7章 考察

3章で同定した仮説を順に考察していく。全体の選手間の相対的な距離や位置関係を把握し、守備時においてどこにたてばいいか理解と再現できるか(仮説1)に関して、鳥瞰視点の場合、どちらの守備戦術においても、全体の選手間の相対的な距離や位置関係は理解できると考えられたが、理解度テストの状況設定問題の正答率から、鳥瞰視点は、ゾーンディフェンスのセカンドディフェンダーの立ち位置において全体の選手間の相対的な距離や位置関係を把握しづらいことがわかった。しかし他の項目で、鳥瞰視点は、三人称視点よりは相対的な距離や位置関係は理解できている。また一人称視点と三人称視点は、どちらの守備戦術においても、全体の選手間の相対的な距離や位置関係は理解できると考えられたが、一人称視点と三人称視点も全体の選手間の相対的な距離や位置関係を把握しづらい項目があることがわかった。詳細に分析すると鳥瞰視点や三人称視点は結果を分析すると正しい位置から縦軸にずれた位置に立っている画像を選択肢していたため、奥行き(縦軸)が伝えづらいと考えられる。今回三人称視点が最も正答率が悪かったがその要因として、戦術遂行時と視点が近いものの、今回提示した視点は実際よりも遠い視点だったためことが原因だと考えられる。対して一人称視点は、正しい位置から横軸にずれた画像を選択していたため、自分の立ち位置がわかりづらい(横軸)と考えられる。具体的に、一人称視点は、すべての被験者がファーストディフェンダーの正しい立ち位置を理解できていた。しかしセカンドディフェンダーの正しい位置については、すべての視点の中で最も理解できていなかった。その要因は、一人称視点は提示できる情報量が限られるため、指導を行う際に、距離を把握するための対象物であるマーク対象者が一時的に視界から外れるからである。したがって、全体の選手間の相対的な距離や位置関係の情報が提示されない時があるため、守備時においてどこにたてばいいか理解することができなかった。そのため正しい位置より横軸にずれた場所に立っている画像を選択していたと考える。

実技テストでは、評価点から鳥瞰視点は、戦術遂行時にすべての要件を満たす位置や距離感を再現ができない傾向が見られた。また三人称視点も戦術遂行時にすべての要件を満たす位置や距離感を再現できていない傾向が見られた。今回三人称視点に関しては、状況設定問題と同様に奥行きを正しく理解できていないため、場合によっては鳥瞰視点よりも評価点が低くなりケースも見られ

た。実技テストにおいても、戦術理解度のときに考えられた理由が要因だと考えられる。対して一人称視点は、鳥瞰視点や三人称視点に比べて正しい位置に立っている被験者が多い傾向が見られた。しかし状況設定問題と同様に戦術遂行時にセカンドディフェンダーの立ち位置が横方向にずれる傾向が見られた。

次に、マーク対象者の体の向きを認知と理解ができてパスの可能性がなくなった瞬間の認知と理解できるかに関する仮説2に関しては、鳥瞰視点では、視覚的状况を想像しにくいいため、パスの可能性がなくなった瞬間の認知が遅れるが一人称視点と三人称視点は認知できると考えられたが、実際に実技テストにおいて一人称視点で指導を受けた被験者のみ、大幅に遅れはしたが、相手の体の向きを認知して戦術を遂行することができていた。三人称視点と鳥瞰視点で指導を行った場合は、実空間でパスの可能性がなくなったことを認知できていなかった。なぜなら三人称視点は、指導時に死角ができる時間帯があるため、どのような状況が発生したときにパスの可能性が無くなるかわからなかったと思われる。また鳥瞰視点は仮説で考えたように視覚的状况を想像しにくいいためこのような結果になったと考える。

また、どの角度からプレスにいけばいいかなどの理解できるかについて、鳥瞰視点は理解できず、一人称視点と三人称視点は理解できるについては、理解度テストの説明問題のどのように守備戦術を遂行するか（動作概念）では、鳥瞰視点と一人称視点に有意な差が確認された。だが鳥瞰視点と三人称視点では確認されなかった。三人視点で指導を行った場合は、死角ができる時間帯があるため、記述内容に有意差が確認できなかったと考える。この結果からどの角度からプレスにいけばいいかを選手に理解させるには、一人称視点で指導を行ったほうが効果的であることが考えられる。

パススピードへの反応に関する仮説3に関しては、仮想空間を用いた場合、一連のシーンをアニメーションで提示することができるため、インターセプトを試みるべきパススピードをどの視点でも伝えることができると考えられたが、実技テストの認知できるかの評価点を見ると、外側から内側（自分に向かってくるボールのスピード）は、一人称視点がいずれの守備戦術で認知することができていた。また三人称視点は、外側から内側（自分に向かってくるボールのスピード）は、マンツーマンディフェンスのときのみ認知することができていた。鳥瞰視点は、外側から内側（自分に向かってくるボールのスピード）は、いずれの守備戦術で認知できていなかった。さらに内側から外側（自分から離れていくボー

ルのスピード) はゾーンディフェンスを行う際に認知できなかった被験者がいずれの視点でもいた。この結果から仮想空間では、視点によらず、離れていくボールのスピードをうまく伝えられないことがわかった。その要因は、ディスプレイに仮想空間を提示しているので、臨場感が少ないためと考えられる。しかし一人称視点のほうがボールスピードを認知できている項目が多かったため、今後分析を行い、本システムに改良すると改善される可能性がある。実際に複数ディスプレイを用いた並列指導を行った場合は、すべての被験者がボールスピードの認知ができていた。

理解度テストの説明問題の記述内容では、パススピードについてどのようなボールスピードであるか(状況概念)を詳細に書く被験者が少なく、視点間の有意な差は確認されなかった。しかしどのようにボールを奪いにいくか(動作概念)ではいくつかの項目で一人称視点と他の視点で有意差が確認されたため、一人称視点のほうがインターセプトを行う際にどのように守備戦術を遂行するのか詳細に理解できると考える。したがって鳥瞰視点や三人称視点に比べてどのようにインターセプトを行うかなどの戦術理解ができていると考えられる。

コミュニケーションに関する仮説4に関しては、並列指導を受けた被験者の3名の内1名が戦術遂行時にコミュニケーションを行っていた。分析を行うと、すべての被験者が理解度テストの説明問題の記述の評価点も逐次指導より上がっていた。またどのような状況であるか(状況概念)で逐次指導と並列指導で有意な差が確認されている。したがってよりどのような状況においてどのように守備を行うかを理解できていると考えられるため、共通認識が形成でき、それを遂行しようと被験者がコミュニケーションを行うようになったと考えられる。また、理解度テストの状況設定問題の正答率については、セカンドディフェンダーの正答率も向上している。ファーストディフェンダーの正答率は、1名間違っただけで、0.11下がっているが、0.89は正答率として高いので立ち位置の理解度についても向上したと考えて良いと思われる。したがって自分の立ち位置も把握できているため、戦術遂行時に主体的にコミュニケーションを行えたと考える。

戦術遂行に関する仮説5に関しては実技テストから、すべての守備戦術の戦術遂行度が、逐次指導より向上していた。これは、仮説4でも述べたようにより戦術理解度が向上したため、自信を持ってプレーできてからだと考える。しかし3名の被験者の内、1名の被験者しかコミュニケーションを行っていなかったため、コミュニケーションの有無が戦術遂行スピードに影響するかは確認できな

かった。

第8章 おわりに

本研究では、空間認知能力を支援することで、選手の戦術理解力と戦術遂行力を向上させられるかを仮想空間を用いて単一ディスプレイで視点を変えて指導し、視点間で比較し分析した。また単一ディスプレイを用いた逐次指導と複数ディスプレイを用いた並列指導の効果の比較を行った。その結果、いずれかの視点で逐次指導を受けた被験者の戦術理解度（説明問題）は、鳥瞰称視点で指導を受けた被験者の戦術理解度の評価点は、計43点、一人称視点で指導を受けた被験者の戦術理解度の評価点は計91.5点、三人称視点で指導を受けた被験者の戦術理解度の評価点は、計36点で、一人称視点が高くなった。戦術遂行度に関しては、鳥瞰称視点で指導を受けた被験者の戦術遂行度の平均評価点は、9.44点、一人称視点で指導を受けた被験者の戦術遂行度の平均評価点は12点、三人称視点で指導を受けた被験者の戦術遂行度の平均評価点は、9.7点で、一人称視点が高くなった。また複数ディスプレイによる並列指導を行った場合、被験者の戦術理解度（説明問題）が計41点向上していた。また被験者の戦術遂行度が平均1.81点向上していた。さらに被験者3名のうち1名が戦術遂行時にコミュニケーションを取るようになることが確認された。

これらの結果から、逐次指導においては、一人称視点で提示したほうが戦術遂行度が向上することが確認された。特に認知項目（相手の体の向き）を認知してから戦術を遂行できることがわかった。またどのように守備を行うのか（動作概念）を詳細に説明できるようになることがわかった。しかしながら一人称視点は、提示できる情報量が限られるため、マーク対象者が視界から外れやすいセカンドディフェンダーにとっては、自分の立ち位置が把握しにくくなる。実際にアンケート調査でも「逆サイドの状況がわからない」と書かれていた。また本システムでは、臨場感や奥行きがないため、認知の支援が難しい項目（ボールのスピード）があることも実験結果やアンケート調査から確認された。

単一ディスプレイによる逐次指導と複数ディスプレイによる並列指導の効果の比較を行った結果、並列指導のほうが戦術遂行する状況がどのような状況であるか（状況概念）を理解できることや戦術理解度の向上することがわかった。また戦術遂行度もあがり、一部の被験者についてはコミュニケーションを行うようになることがわかった。しかし一部の被験者しかコミュニケーションを行うようにならなかったため、コミュニケーションの有無が戦術遂行度の向上や

戦術遂行スピードの向上につながるかは確認できなかった。

今回行った戦術指導は、基本的な守備戦術であったが、戦術がより複雑になれば必要となる認知項目も変わる。例えば、目の前にしか攻撃者がいなかった今回とは異なり、自分の前後に攻撃者がいる場合である。この場合、味方の指示を聞いたり、自分で後ろの攻撃者を認識したりして、その前後の攻撃者の間に立ち、パスコースを消す必要がある。したがって一人称視点による指導よりも、三人称視点で指導した方が前後関係が分かりやすく、効果的であると考えられる。またアンケート調査を行った結果、指導に時間がかかるやよりリアルだとわかりやすい、鳥瞰視点と一人称視点の併用をしてほしいなどが記述されていたため、Unityなどを用いてよりリアルな仮想空間を作成し、提示法方法も鳥瞰視点と一人称視点のハイブリッドや三人称視点と一人称視点のハイブリッドなど増やして、その効果の分析も行う必要がある。さらに被験者の数も増やしてより詳細な分析を行って行かなければならないため、今後も、認知項目や異なる守備戦術応じた、さらなる分析が必要となる。

謝辞

本研究を行うにあたり，熱心なご指導，ご助言を賜りました村上陽平准教授と Mondheera Pituxcoosuvann 助教に深謝申し上げます．また本研究の実験に尽力していただいた京都府立山城高等学校サッカー部の関係者の皆様にも心より感謝申し上げます．

参考文献

1. 佐藤 亮平, 竹田 唯史:サッカーの戦術の発展と現代サッカーの戦術, 電子情報通信学会, 24 巻 2 号, pp225-228 (2011).
2. レナート・バルディ, 片野 道郎, 利重 考夫:モダンサッカーの教科書 I, 株式会社ソル・メディア(2018).
3. レナート・バルディ, 片野 道郎, 利重 考夫:モダンサッカーの教科書 II, 株式会社ソル・メディア(2020).
4. レナート・バルディ, 片野 道郎, 利重 考夫:モダンサッカーの教科書 III, 株式会社ソル・メディア(2021).
5. 湯村 翼:一人称視点映像を提示する VR サッカー作戦盤システムの検討, エンターテイメントコンピューティングシンポジウム (EC2022) (2022).
6. 樽川 香澄, 井上 智雄, 岡田 謙一:サッカー戦略会議を支援する複数視点を用いた協調作業空間, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ (DCON), 1巻1号, pp19-26(2013).
7. 権藤 聡志, 樽川 香澄, 井上 智雄, 岡田 謙一:トラッキングデータを可視化したサッカー戦略分析支援システム, 情報処理学会, Vol. 2, No1, pp8-15, (Feb) (2014).
8. 増田 稜, 山本 景子, 倉本 到, 辻野 嘉宏:仮想ディフェンダーシミュレーターによるフェイント個人練習システムの提案, 情報処理学会, 40巻11号, pp1-8(2016).
9. Ulas Gulec, Murat Yilmaz, Veysi Isler, Rory V. O' Connor, Paul M. Clarke: A 3D virtual environment for training soccer referees, Computer Standards & Interfaces, Vol. 64, pp1-10(2019).
10. G. Wood, D. J. Wright, D. Harris, A. Pal, Z. C. Franklin, S. J. Vine: Testing the construct validity of a soccer-specific virtual reality simulator using novice, academy, and professional soccer players, Virtual Reality, Vol 25, pp43-51 (2021).
11. 入江 匠, 小池 崇文:実空間の触覚情報を付与した没入型仮想空間での一人称視点と三人称視点における迷路脱出の比較, 第81回全国大会講演論文集 2019 (1), pp753-754(2019).
12. 岡田 武史, 原田 英治, :岡田メソッド, 英治出版株式会社(2019)

13. 夏原 隆之, 山崎 史恵, 浅井 武: 大学サッカー選手における攻撃プレーに関する認知と知識表象 スポーツ心理学研究, 第39巻, 第2号, pp137-151(2012).
14. McPherson Sue Lynn: Tactical differences in problem representations and solutions in collegiate varsity and beginner female tennis players, Research Quarterly for Exercise and Sport, 70(4), pp369-384(1999).
15. Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, M., Mazyn, L., and Philippaerts, R. M. : The effects of task constraints on visual search behavior and decisionmaking skill in youth soccer players, J.Sport Exerc. Psychol, 29(2). pp147-169(2007).

付録

守備の原則を基に下記の観点で戦術遂行度を減点方式で評価する.

(計 14 点満点)

●状況認知の有無 (3 点満点)

※実験終了後に被験者にインタビューを行い認知の有無を確認し評価する.

※認知の原則を遂行しているか

認知していない (-3)

●タスクを遂行するにあたり正しい位置に立てているか (5 点満点)

※すべての要件を満たす位置に立てているかを評価する.

※マークの原則を遂行しているか

縦にずれている (-1)

縦に大きくずれている (-2)

横にずれている (-1)

横に大きくずれている (-2)

遂行していない (-5)

●適切なタイミングでタスクを遂行しているか (3 点満点)

※ボールが移動したときに適切なタイミングで遂行できているかを評価する.

※アプローチの原則, 1対1の対応の原則, チャレンジ&カバーの原則, インテリジェンスの原則を遂行しているかを評価する

少し出遅れている (-1)

大きく出遅れている (-2)

少し早い (-2)

大きく早い (-2)

遂行していない (-3)

●適切なスピードでタスクを遂行しているか (3 点満点)

※ボールが移動したときに適切なスピードで遂行できているかを評価する.

※アプローチの原則, 1対1の対応の原則, チャレンジ&カバーの原則, インテリジェンスの原則を遂行しているかを評価する

スピードが遅い (-1)

スピードがすごく遅い (-2)

スピードが早い (-1)

スピードがすごく早い (-2)

遂行していない (-3)
