

卒業論文

仮想空間を用いた サッカー戦術指導の効果分析

指導教官 村上 陽平 准教授

立命館大学 情報理工学部
先端社会デザインコース 4回生
2600170202-4

佐藤 旭

2020年度（秋学期）卒業研究3（CH）
令和3年2月1日

仮想空間を用いたサッカー戦術指導の効果分析

佐藤 旭

内容梗概

現在、サッカーの戦術が高度化している。オフサイドなどルール改正等が必然的に戦術の進歩向上をうながしてきた。しかしながら、情報技術を用いた支援は生体センサやGPS等を用いたフィジカル面での支援や試合におけるデータ分析に焦点が当てられており、戦術遂行力を鍛える支援が行われていない。指導者は、選手に作戦ボードや動画を用いて戦術遂行力を鍛える指導に当たっているが、その効果は限定的である。その要因は、現場では、指導をする際に伝えたいことを作戦ボード等を使用して指導を行うが鳥瞰視点での指導になるため、サッカーの戦術的知識、空間認識能力が不足しているユース年代の選手には理解するのが難しい。また知識伝達のためにフィールド上で伝えたい場面を再現した指導も行っているが、指導したい場面を一人称視点で見られる選手が限定される。ビデオカメラ等であらかじめ録画する方法もあるが、選手が試合中に見る一人称視点でないため選手が実際の場面と照らし合わせるのが難しい。

そこで本研究では、一人称視点で情報提供が容易な仮想空間を用いた、サッカー戦術指導の効果の分析を行う。作戦ボードを使った鳥瞰視点、ビデオカメラで撮影した動画による三人称視点、そして仮想空間を用いた一人称視点でそれぞれ情報提供を行い、戦術の習得度と理解度を比較する。また、視点の違いによる効果の差を明らかにするため、本研究では以下の2点の分析に取り組む。

・視点の違いによる戦術達成度と戦術理解度の差

視点の違いにより空間認識に差が生じるため、その差がポジショニングやプレーなどの戦術の達成や選手たちの戦術の理解にどのような影響を与えるのか分析する必要がある。また、選手の学習意欲を高めるには、戦術達成度と戦術理解度の両方を高める必要がある。そのため2つの相関関係を比較し、各視点の指導方法の効果进行分析する必要がある。

・戦術や試行回数ごとの指導方法の効果

チームプレーと単独プレーでは、選手が注意すべき対象が異なるため、その違いによって各視点の指導法の効果の差を分析する必要がある。また被験者の学習速度を評価するために、被験者実験の1回目と2回目の評価点の比較も行う必要がある。

本研究では、2対1と2対2の守備戦術のトレーニングを対象とし分析を行う。

3つのグループを用意し、各グループでいずれかの視点方法、同じ文言で指導を行い、被験者の戦術達成度と戦術理解度の評価を行う。戦術達成度は、戦術ごとに課された各タスクの達成度を指導者がビデオカメラで撮影をした映像を基に7段階評価、戦術理解度は質問紙調査を用いて被験者自らの主観判断で7段階評価する。戦術達成度と戦術理解度について各被験者のタスクごとの評価点を分析し、戦術や試行回数に応じた視点間の戦術達成度および理解度の得点順位や有意差を検証する。さらに、戦術達成度と戦術理解度の間の相関分析を行い、被験者の学習効果を分析する。

・視点の違いによる戦術達成度と戦術理解度の差

2対1と2対2ともに、一人称視点が戦術達成度の平均評価点が最も高かった。また、空間認知を特に必要とする評価項目では、有意水準5%において一人称視点と他の視点に有意な差がみられた。2対1では、一人称視点が戦術理解度の平均評価点が最も高かったが他の視点との有意的な違いは見られなかった。2対2の場合は、三人称視点の評価点が最も高かった。また、有意的な違いは見られなかった。

・戦術や試行回数ごとの指導方法の効果

2対1では、戦術達成度と戦術理解度ともに、一人称視点、三人称視点、鳥瞰視点の順番で評価点が高かった。2対2では、戦術達成度は、一人称視点、三人称視点、鳥瞰視点。戦術理解度では、三人称視点、一人称視点、鳥瞰視点の順番で評価点が高かった。また、戦術達成度と戦術理解度の相関関係を比較すると鳥瞰視点と三人称視点では、負の相関関係があるのに対して、一人称視点では、どちらの戦術でも正の強い相関関係が見られた。さらに被験者の学習速度（評価点の変化）は、鳥瞰視点と三人称視点では、増減の幅が大きいのに対して、一人称視点では、増減の幅が小さかった。したがって、これらの4つの項目から仮想空間を用いた一人称視点での指導が空間認知能力を支援する上でも効果的であると考えられる。

Analysis of the effects of soccer tactical guidance using virtual space

Asahi Satou

Abstract

Currently, soccer tactics are becoming more sophisticated. Amendments to the rules, such as offside, have inevitably led to advances in tactics. However, using information technology, such as biometric sensors, GPS, has only focused on physical support and data analysis during matches, the support based on tactics during play has not provided. Although Coaches try to train their players in tactical execution using strategy boards and videos, but their effectiveness is limited. The reasons for this is that in the meeting, strategy boards and other devices are used to instruct the players, but those instructions are bird's-eye view, therefore it is difficult for youth players to understand because the youth are lack of tactical knowledge and spatial awareness. In addition, for the shearing of knowledge, we also provide instruction by reproducing the scene we want to practice on the field, but there is a problem that the number of players who can see the scene. There are methods such as using a video camera to record the scene beforehand, but it is difficult for players to compare it with the actual scene because it is not the first-person perspective that they see during the game.

In this study, we analyze the effects of soccer tactics instruction using a virtual space that can easily provide the information from a first-person perspective. we will compare the degree of acquisition and understanding of tactics by providing information a bird's-eye view using a strategy board, a third-person view using a video camera, and a first-person view using a virtual space. In order to clarify the differences in the effects of the different perspectives, this study will analyze the following two points.

- **Differences in tactical achievements and understandings due to differences in viewpoint**

The difference in tactical achievements and tactical understandings due to the difference in viewpoints should be analyzed because the difference in spatial perception is caused by the difference in viewpoints. In addition, increase players' motivation to learn, it is necessary to increase both tactical achievement and tactical understanding. Therefore, it is necessary to compare the correlation between them, and analyze the effect of the instructional method from each perspective.

- **The effect of teaching methods by tactics and number of trials**

It is necessary to analyze the difference in the effects of the teaching methods of each viewpoint according to the difference in the objects to which the players should pay attention between team play and solo play. It is also necessary to compare the evaluation scores of the first and second experiments in order to evaluate the learning speed of the subjects.

In this study, the training of 2 vs 1 and 2 vs 2 defensive tactics will be analyzed. Three groups will be prepared, and each group will be instructed on the tactics using one of the viewpoint methods and the same words, and each subject's achievement and understanding of the tactics will be evaluated. Tactical achievement will be assessed on a 7-point scale based on video images taken by the instructor for each task assigned to each tactic, and tactical understanding will be assessed on a 7-point scale based on the subjective judgment of the subject using a questionnaire. We will analyze the evaluation scores of each subject for each task in terms of tactical achievement and tactical understanding and verify the ranking of scores and significant differences in tactical achievement and understanding between viewpoints according to tactics and number of trials. In addition, we will conduct a correlation analysis between tactical achievement and tactical comprehension to analyze the subjects' learning effects.

- **Differences in tactical achievements and understandings due to differences in viewpoint**

In both the 2 vs. 1 and 2 vs. 2 trials, the first-person perspective had the highest average score for tactical achievement. There was a significant difference between the first-person perspective and the other perspectives at the 5% level of significance for the evaluation items that specifically required spatial awareness. In the 2 vs. 1 test, the first-person perspective had the highest mean score for tactical comprehension, but there was no significant difference from the other perspectives. In the two-on-two case, the third-person perspective had the highest evaluation score, and no significant difference was found.

- **The effect of teaching methods by tactics and number of trials**

In 2 vs.1, the highest evaluation scores for both tactical achievement and tactical understanding is the first-person perspective, followed in order by third-person perspective, bird's-eye perspective. In 2 vs. 2, the tactical achievement was evaluated from the first-person perspective, the third-person perspective, and the bird's-eye perspective, while the tactical understanding was evaluated from the third-person perspective, the first-person perspective, and the bird's-eye perspective in that order. In addition, a comparison of the correlation between tactical achievement and tactical understanding showed a negative correlation between the bird's eye view and the third-person view, while a strong positive correlation was found between the first-person view and both tactics. Also, the learning speed of the subjects showed a large range of increase and decrease in the bird's-eye view and third-person view, but a small range of increase and decrease in the first-person view. Therefore, from these four items, I am sure that first-person instruction using virtual space is effective in supporting spatial cognitive ability.

仮想空間を用いた サッカー戦術指導の効果分析

目次

第1章 はじめに	1
第2章 関連研究	3
2.1 サッカーの試合分析	3
2.2 空間情報提示手法.....	5
第3章 仮想空間を用いたサッカー戦術指導システム	6
3.1 サッカー戦術指導システム	6
第4章 実験	9
4.1 実験概要.....	9
4.2 実験内容	9
4.2.1 一人称視点	11
4.2.2 鳥瞰視点	12
4.2.3 三人称視点.....	13
4.3 評価方法.....	14
4.3.1 2対1の守備の場合	15
4.3.2 2対2の守備の場合	15
4.3.3 戦術ごとの比較.....	16
4.3.4 客観的評価の難しい項目の場合	16
第5章 評価と検証	17
5.1 戦術達成度と戦術理解度の比較	17
5.1.1 2対1の守備	17
5.1.2 2対2の守備.....	18
5.1.3 戦術間の比較.....	19
5.2 考察.....	21
第6章 おわりに	22
謝辞	23

参考文献	24
付録 戦術達成度の評価項目	25

第1章 はじめに

現在、サッカーの戦術が高度化している。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]。またオフサイドなどルール改正等が必然的に技術・戦術への進歩向上をうながし、高度化させてきた。しかしながら、情報技術を用いた支援は生体センサやGPS等を用いたフィジカル面での支援や試合におけるデータ分析に焦点が当てられており、プレー中の戦術に基づく戦術遂行力を鍛える支援が行われていない。指導者は日々サッカーの戦術的な知識を高め、作戦ボードや動画を用いて戦術遂行力を鍛える指導に当たっているが、その効果が限定的である。その要因の一つとして挙げられるのが指導者の指導を選手に空間的に伝えることが難しい点である。現場では、指導をする際に伝えたいことを作戦ボード等で指導を行うが鳥瞰視点での指導になるため、サッカーの戦術的知識や経験、二次元で表された空間と現実の三次元空間の対応を考える空間認識能力が不足しているユース年代の選手には指導された通りのポジションを取るのが難しい。また知識伝達のためにフィールド上で伝えたい場面を再現した指導も行っているが、指導したい場面の一人称視点で見られる選手が限定されるという問題がある。ビデオカメラ等であらかじめ録画する方法もあるが、選手が試合中に見る一人称視点ではないため選手が実際の場面と照らし合わせるのが難しい。

そこで本研究では、一人称視点での情報提供が容易な仮想空間を用いた、サッカー戦術指導の効果の分析を行う。具体的には、作戦ボードを使った鳥瞰視点、ビデオカメラで撮影した動画による三人称視点、そして、仮想空間を用いた一人称視点の3つの視点でそれぞれ情報提供を行い、戦術の習得度と理解度を比較する。視点の違いによる効果の差を明らかにするために、本研究では以下の3点

の分析に取り組む。

- **視点の違いによる戦術達成度と戦術理解度の差**

視点の違いにより空間認識に差が生じるため、その差がポジショニングやプレーなどの戦術の達成や選手たちの戦術の理解にどのような影響を与えるのか分析する必要がある。また、選手の学習意欲を高めるには、戦術達成度と戦術理解度の両方を高める必要がある。そのため、2つの相関関係を比較し、各視点の指導方法の効果を分析する必要がある。

- **戦術や試行回数ごとの指導方法の効果**

チームプレーと単独プレーでは、選手が注意すべき対象が異なるため、その違いによって各視点の指導法の効果の差を分析する必要がある。また被験者の学習速度を評価するために、被験者実験の1回目と2回目の評価点の比較も行う必要がある。

本研究では、2対1と2対2の守備戦術のトレーニングを対象とし分析を行う。3つの被験者グループを用意し、グループごとに各戦術トレーニングを一人称視点と鳥瞰視点、三人称視点のいずれか一つを用いて同じ文言で指導を行い、被験者一人につき各戦術を2回ずつ実践し、戦術達成度と戦術理解度の評価を行う。戦術達成度は、戦術ごとに課された各タスクの達成度を指導者がビデオカメラで撮影をした映像を基に7段階評価、戦術理解度は質問紙調査を用いて被験者自らの主観判断で7段階評価する。戦術達成度と戦術理解度について各被験者のタスクごとの評価点を分析し、戦術や試行回数に応じた視点間の戦術達成度および理解度の得点順位や有意差を検証する。さらに、戦術達成度と戦術理解度の間の相関分析を行い、被験者の学習効果を分析する。

第2章 関連研究

本章では，現在サッカー分野内での情報技術を用いた支援の例を取り上げる．また，仮想空間を用いた例をいくつか取り上げる．

2.1 サッカーの試合分析

サッカーの分野では試合の分析システムが多く開発されている．たとえば，Jリーグクラブ等に向けて提供されている「Football Analyzer」¹がある(図 1)．加藤健太によれば，本ソフトウェアは，試合等で記録される公式データに記載されている「メンバーリスト」「シュート数」「コーナーキック数」「フリーキック数」「オフサイド数」「ペナルティーキック数」等を取り込み，それらを記録されたそのままのデータではなくグラフィカルに表現する機能が備わっている．「ある選手のパスの本数やパス成功率，失敗率」「ある選手が放ったシュート数が枠内に飛んだ確率」「味方の選手同士間でのパスの本数」など基本的な数字から，「ボールを奪われた後から何秒後に取り返したとか」「右コーナーキックから3プレー以内にゴールにつながったシーンはいくつあるか」などをグラフィカルデータで表現することができる．また，選手とスタッフ，監督とコーチが情報を共有するためには，映像と絡めて活用することが必要不可欠である．本ソフトウェアでは，該当するシーンを抜き出したり，映像をファイルとして出力したりすることもできる[2]．次に「Spidercam」²と呼ばれるものがある(図 2)．本システムは，スタジアムの最上段に張られているワイヤを利用して移動できるカメラを設置し，試合を俯瞰的に撮影する．次に撮影した映像を基に画像処理を行い選手の移動距離を算出する．他にも，「FieldWiz」³というGPS測定器がある(図 3)．本測定器は，上背部にある小さなポケットにGPS測定器を入れることができる専用のチェストベストを選手が着ることによって「移動距離」「加速回数」「減速回数」「スプリント回数」等を図ることができる．他にも，多数の分析システムが存在する．

¹ Football Analyzer :<https://www.datastadium.co.jp/service/striker.html>

² Spidercam :<https://www.spidercam.tv/>

³ FieldWiz :<https://sport-science.jp/products/detail/16650/>



☒ 1 Football Analyzer



☒ 2 Spidercam



☒ 3 FieldWiz

2.2 空間情報提示手法

1 章でも述べたようにサッカーの戦術的指導を受けて戦術遂行力を高めるためには、空間認知能力が必要不可欠である。したがって本節では、情報分野の技術の範囲にある三次元の仮想空間を提示する方法に着目する。檜川 香澄らによれば、空間情報提示方法は、大きく分けて2つの種類が存在する。1つはヘッドマウントディスプレイ (HDM) を装着し直接的に仮想空間の情報を提示する方法。もう一つは、仮想空間を一人称視点でタブレットやPC等のディスプレイに表示してその映像を見ることによって間接的にその仮想空間を提示する方法である。1つ目の方法は、HDM装着者が仮想空間内にいる感覚を味わいながら仮想空間の情報を提示することができるが、仮想空間の情報提供がHMDを装着している人にしか行えない。そのため本研究の分析を行う上でチームスポーツであるサッカーの指導の場面では、利用するのが難しいと考える。2つ目の方法は、HDMに比べて臨場感はないが、一度に複数人に情報提供を行うことが出来るので本研究に応用することが可能である[3]。

第3章 仮想空間を用いたサッカー戦術指導システム

1 章でも述べたように、選手が戦術指導を通して戦術遂行力を鍛えるためには、指導者が使用する鳥瞰視点である作戦ボードを三次元空間のサッカーコートに置き換えて考える空間認知能力が必要である。また、指導者が説明を行う際にビデオカメラ等で三人称視点から撮影された映像を用いることもあるが、選手が試合中に見る一人称視点ではないため、選手が実際の一人称視点で見るシーンと照らし合わせるのが難しい。そのため、三人称視点から一人称視点に置き換える空間認知能力が必要不可欠である。したがって現状の作戦ボードやビデオカメラで撮影した映像では、選手全員が戦術遂行力を鍛えるのは難しいと考える。また、サッカーのフィールドといった特定の空間をイメージする能力は、選手がどれだけピッチを空間的にイメージすることができるかに左右される。特にユース年代では、この空間認知能力がまだまだ未熟である。現状の課題解決の例としては、サッカーコートに伝えたい空間を再現する方法を行っている。選手を複数人用意し、実際のシーンと照らし合わせて選手たちをピッチ上に配置し戦術指導を行っている。しかし、指導者が提示したい実際の一人称視点を見ることのできる選手が限られてしまうため効果的ではない。また、サッカーの試合の分析支援をする情報技術なども開発されているが、数値等による試合の分析が目的である。情報技術を用いて、選手の目線である一人称視点を再現することや複数人が同時に一人称視点の情報を共有し戦術遂行力を鍛えることは、まだまだ実現されていない。そのため、本研究では、一人称視点での情報提供が容易な仮想空間を用いたサッカー戦術指導のシステムを提案する。

3.1 サッカー戦術指導システム

図 4 は、提案するシステムの概要である。本システムは、クライアントとサーバーから構成される。サーバー内には、Web 会議システムがある。また、その中に仮想空間がある。Web 会議システムとは、遠隔にいる人達が同時に通話することのできるシステムである。Web 会議を通して本システムを利用することでリアルタイムで複数の選手が仮想空間を通してタブレットや PC 等のディスプレイから戦術指導を受けることができる。本システムは、指導者が指導したいシーンを Web 会議システム内の仮想空間を通して一人称視点で選手に提示し、選手が見るディスプレイに共有することができる。さらに、仮想空間内に選手や

ボール、ゴール、コーンなどのオブジェクトを配置することができる。オブジェクトを簡単に移動させることやオブジェクトに連続的な動きも加えること、ピッチサイズの変更、鳥瞰視点と一人称視点を切り替えて仮想空間を提示することもできる。実際に現場で使用するときには、指導者が本システムを用いて、指導したいシーンを仮想空間内に作成し、複数の選手がタブレット等で Web 会議システムの中に入り仮想空間の映像をディスプレイ上に表示する。また指導する際に、一人称視点と鳥瞰視点の切り替えや一人称視点を提示する対象のオブジェクトの切り替えを行うことができる。

本システムを作成するにあたって、仮想空間を用いた一人称視点での指導が効果的であるかを検証することが必要不可欠である。したがって今回は、簡易的な仮想空間を作成し検証を行うこととする。また、複数人が指導者の提示したい一人称視点を仮想空間を通して情報共有し戦術遂行力を鍛えることができるように仮想空間内に選手とボールのオブジェクトを作成し仮想空間を作成した。

作成した仮想空間は、図 5 である。フィールドや選手の大きさは、より臨場感を出すために現実世界のサッカーコートや選手の大きさに比例させて作成した。具体的には、今回実験を行うサッカーのコート（縦 15m、横 10m）と人間の肩幅（60 cm）を同比率で縮小して仮想空間内にオブジェクトを作成した。また、図 6 のように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 度に設定した。

仮想空間内のフィールドと選手の幅を現実世界のフィールドと選手の幅の数値をもとに同率比で縮小することにより、実際に選手が見る一人称視点を忠実に再現し、空間認知能力を支援し、戦術遂行力を効果的に鍛えることができる。

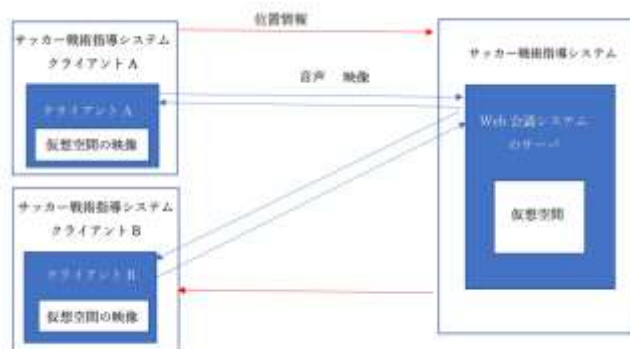


図 4 仮想空間を用いたサッカー戦術指導システムの概要

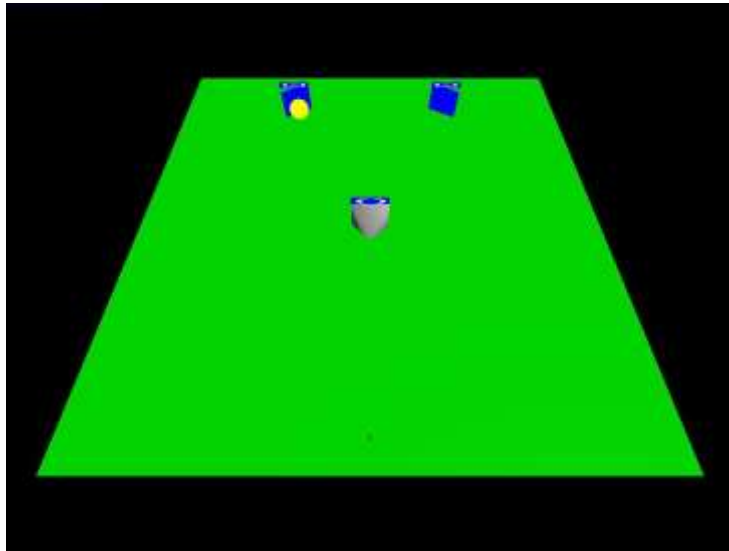


図 5 仮想空間を用いたサッカー戦術システムの例 1 鳥瞰視点の表示

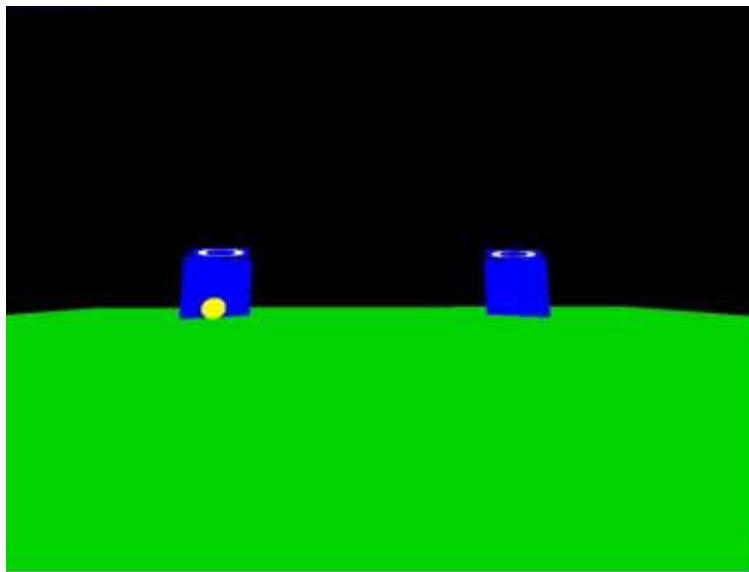


図 6 仮想空間を用いたサッカー戦術システムの例 2 一人称視点の表示

第4章 実験

本研究の実験では3章で説明した仮想空間を利用し、選手にサッカー空間の一人称視点の情報を提示する。また、グループ別被験者の戦術達成度と戦術理解度の評価点、グループ別被験者の4つの評価点の平均点の得点順位、一人称視点の視点別評価項目の評価点と他の視点と有意水準5%において有意な差が生じるかを検証する。本実験では、仮想空間を利用し一人称視点の情報を提示した方が効果的であるということを検証するために、作戦ボードを使った鳥瞰視点、ビデオカメラで撮影した映像による三人称視点での情報提供も行い、各視点での戦術達成度と戦術理解度の評価点と評価項目ごとの有意差を比較する。また、実際に指導を行う上では、戦術達成度と戦術理解度が相関的に上がることが学習意欲を高める上で必要不可欠なため、視点別評価項目ごとの戦術達成度と戦術理解度の相関関係も検証する。さらに、戦術が異なると視点ごとの指導方法の効果が変化する可能性もあるため、タスクの異なる2対1と2対2の守備の2つの戦術指導を行い4つの評価項目の平均評価点の得点順位を分析する。さらに被験者の1回目の平均評価点と2回目の平均評価点の増減を比較し学習速度を検証する。

4.1 実験概要

本実験は、グループ別被験者の戦術達成度と戦術理解度の平均評価点を検証する。したがって、まだ今回用いる戦術の指導や実際の場面の経験がない被験者を対象とするのが必要である。そのため本実験では、京都市立朱雀第二小学校にあるサッカークラブに所属する5・6年生の小学生に対して検証を行う。9人の被験者を用意し、3人ずつの3のグループに分けて3つの視点うちいずれかの視点を提示して一言一句変えずに戦術指導を行い検証する。また、各グループにサッカーの技術及び理解度に大きな差が生まれないように均等にグループ分けした。一人の被験者に対して2対1と2対2で各2回被験者実験を行った。

4.2 実験内容

本実験の内容は、サッカーにおける守備の戦術的指導を仮想空間を用いた一人称視点、作戦ボードを用いた鳥瞰視点、ビデオカメラで撮影した映像による三人称視点のいずれかの視点で行い、視点別被験者の戦術達成度と戦術理解度の評

価値を検証する。また、戦術的指導で用いる言葉は、一言一句同じとする。今回は戦術ごとの比較も行うため、タスクが異なる2対1と2対2の守備の戦術的指導を行う。守備側のタスクに大きな違いを明白にするために、2対2の守備の場合は、セカンドディフェンダーを比較の対象とする。2対1では、単独プレーになるので、自身の守備位置を把握することが求められているが2対2のセカンドディフェンダーは、チームプレーになるため、味方の位置も把握して自分の守備位置を決めないといけないからだ

本実験のフィールドは、図7のように試合において2対1及び2対2が出現するときの実際の範囲を想定して縦15m横10mにした。また戦術達成度を評価するために実験中は2つのビデオカメラを用いて撮影を行った。ビデオカメラの設置位置は、フィールドの横全体が見られる位置と縦全体が見られる位置に設置した。本実験において攻撃側の選手は図7の奥側から攻撃をはじめ、手前の黄色のコーンとコーンの間をドリブル突破することを目標とした。今回は、守備側の検証を行うため、攻撃の選手は、すべての検証実験で同一人物して行った。守備側の選手は、攻撃の選手に突破されずにいかにタスクを遂行し、戦術達成度と戦術理解度を高め守備を行うことが出来たかを検証する。



図7 検証実験のフィールド

4.2.1 一人称視点

まず1つ目のグループは、仮想空間を使用した一人称視点での指導を行った。被験者に本システムを使用し、まず2対1における守備の指導を行った。使用した本システムの一部は図8である。2対1の守備をする選手が見る一人称視点を再現し、ボールを奪うまでのシーンを提示した。そのあとに検証実験を行った。次に本システムを利用して2対2における守備指導を行った。使用した本システムの一部は図9である。2対2の守備を行う選手が見る一人称視点を提示してボールを奪うまでのシーンを提示した。そのあと同様に2対2の検証実験を行った。

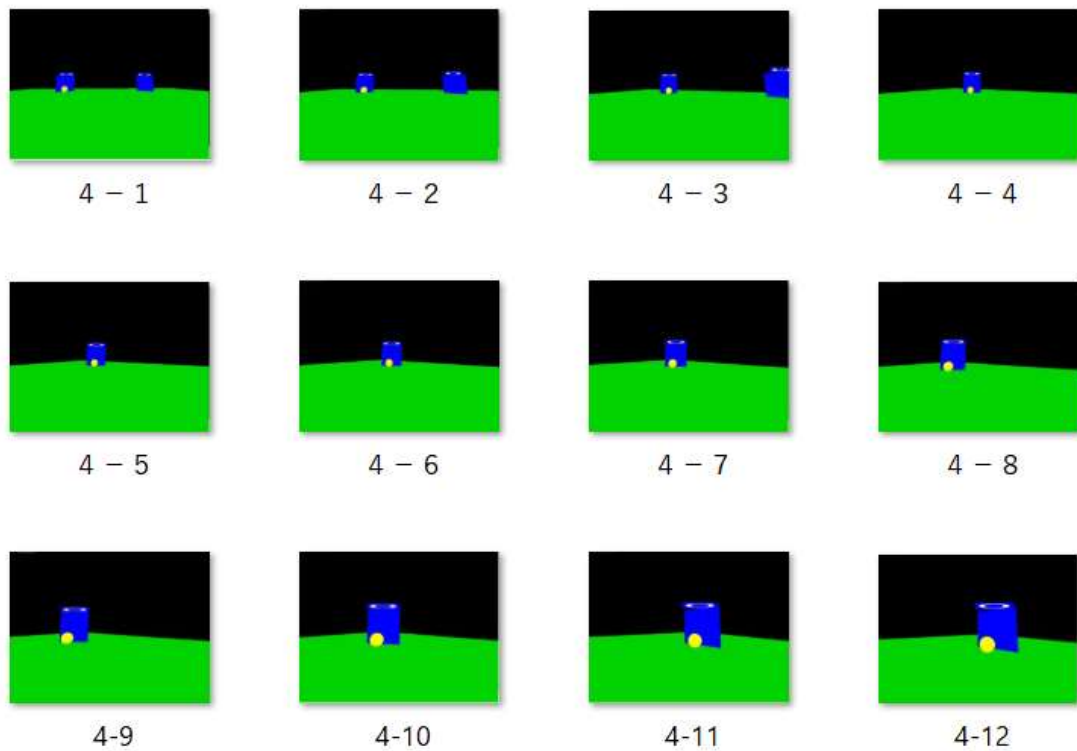


図8 2対1における一人称視点の例（仮想空間）

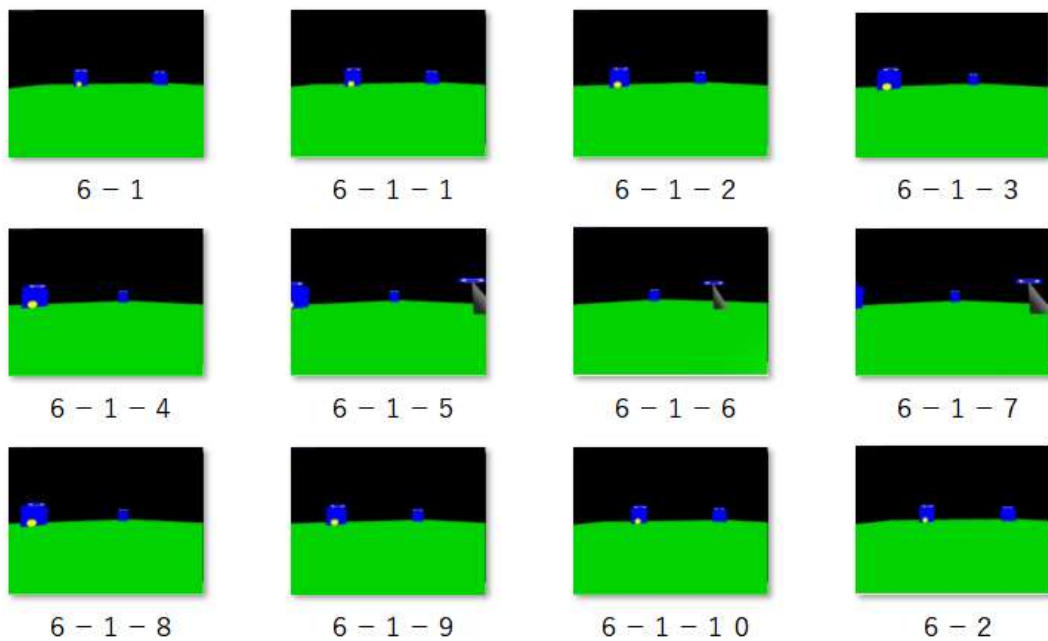


図 9 2対2における一人称視点の例（仮想空間）

4.2.2 鳥瞰視点

次に2つ目のグループには、作戦ボードを用いて鳥瞰視点で指導を行った。使用した作戦ボードは図 10 である。まず2対1における守備の指導を行った。次に実際に検証実験をした。そのあと、2対2における守備指導を作戦ボードを提示して指導を行った。次に2対2の検証実験を行った。



図 10 本実験で使用した作戦ボード

4.2.3 三人称視点

最後に3つ目のグループには、三人称視点で撮った映像を用いて指導を行った。使用した動画は図 11、図 12 の通りである。映像は、フィールド内の選手を三人称視点から撮影したものである。今回は、守備側の選手の背中が見える位置から撮影した。最初に、図 11 の映像を用いて2対1における守備の指導を行った。次に実際検証実験を行った。2対2における守備指導を行うときも同様でまず図 12 の映像を提示し、その後に同様に2対2の検証実験を行った。



図 11 2対1で使用した動画の一部

4.3.1 2対1の守備の場合

2対1の守備の場合は、「相手の攻撃を遅らせる」「中切を行う」「ボールを奪う際、相手をピッチのサイドに追い込む」「相手を追い込む際、相手選手間のパスコースを消す」これらの4点を行うことが必要不可欠である。そのため戦術達成度と戦術理解度は、これらの4点を評価項目とする。また、戦術達成度の7段階評価を公平に行うために、基準を設けた。戦術理解度は、「2対1の守備の時、攻撃を遅らせることはできたか」「2対1の守備の時、中切をすることができたか」「2対1の守備の時、ボールを奪う際に相手をサイドに追い込むことができたか」「2対1の守備の時、相手をサイドに追い込む際、相手選手間のパスコースを消すことができたか」これらの4点について定量調査を用いて被験者に主観的に7段階評価してもらう。7段階評価の項目は、図14である。

次に、視点別で戦術達成度と戦術理解度の評価点に有意的な差が生じているかを検証するためにt検定を用いて分析を行う。有意水準は5%に設定する。また、今回は、視点ごとに被験者が異なるため、対応のないt検定を用いる。

4.3.2 2対2の守備の場合

2対2の守備で、セカンドディフェンダーの役割は、「カバーできる位置に立つ」「相手がもう一方の相手にパスをした際、パスが出た方にプレスしに行く」「ファーストディフェンダーが相手をサイドに追い込んだ場合、自分もプレスに行く」「ファーストディフェンダーが抜かれた際、カバーしてプレスに行く」の4点である。これらの4点を行うことが必要不可欠である。そのため、戦術達成度と戦術理解度を評価するために、これらの4点を評価項目とする。また戦術達成度の7段階評価を公平に行うための基準を設ける。戦術理解度は、「2対2の守備の時、カバーできる場所に立つことができたか」「2対2の守備の時、自分はカバーのところにいたが、相手がパスをしたので自分のマークにプレスしに行くことができたか」「味方が相手をサイドに追い込んだので自分もボールを奪いにいっているか」「味方がぬかれたのでカバーしてボールを奪うことができた」これらの4点について定量調査を用いて被験者に主観的に7段階評価してもらう。

1：まったくできなかった 2：できなかった 3：すこしできなかった 4：ふつう
5：すこしできた 6：できた 7：すごくできた

図14 定量調査の7段階評価項目

次に、視点別で戦術達成度と戦術理解度の評価点に有意的な差が生じているかを検証するために t 検定を用いて分析を行う。有意水準は 5% に設定する。また、今回は、視点ごとに被験者が異なるため、対応のない t 検定を用いる。

4.3.3 戦術ごとの比較

サッカーで戦術は無数に存在する。また戦術ごとで求められるタスクは大きく異なる。そのため、戦術が変われば、視点別の指導方法の効果に変化がでる可能性がある。したがって、本実験では、タスクが大きく違う 2 対 1 と 2 対 2 の守備の戦術を取り上げ、グループごとの被験者の戦術達成度と戦術習熟度の平均評価点の平均を求め、得点順位を分析し戦術によって順位が変化するかを分析する。また学習意欲を高めるためには、戦術達成度と戦術理解度の両方が上がることが求められるため、2 つの相関関係を比較する。戦術ごとで変化するかも比較する。さらに被験者の 1 回目と 2 回目の評価点を比較して学習速度を検証する。

4.3.4 客観的評価の難しい項目の場合

本実験では、戦術達成度を客観的に評価する。しかし、客観的に評価をする際に、被験者が意図的にポジションを取っていることを把握して評価しなければならない項目がある。例えば、2 対 1 の場合は、相手をピッチのサイドに追い込むときに、パスコースを消しながら追い込むことが必要不可欠である。そのためには、相手 2 人の位置を把握して、自分が消すパスコースを見つけなければならない。また、2 対 2 の場合は、カバーの位置に立つとき、相手 2 人の選手の立ち位置を把握して適切な位置にたつことが必要不可欠である。したがって適切な評価を行うために、定量調査を用いて、2 対 1 の時は、「2 対 1 の守備の時、ボールを奪う際、ボールをもっていない相手はどこにいたかわかっていましたか」、2 対 2 の場合、「2 対 2 の守備の時、カバーをしている際、相手 2 人がどこにいたかわかっていましたか」と質問を行い、被験者が意図的にその位置に立っていたかを把握して評価を行う。

第5章 評価と検証

5.1 戦術達成度と戦術理解度の比較

本章では、視点別で3人の被験者の評価点の平均を求め、評価項目ごとの戦術達成度と戦術理解度の評価点を分析する。また、視点ごとの得点の違いを明白にするために有意的な差についてt検定を用いて検証する。さらに戦術ごとの平均評価点の得点順位や戦術達成度と戦術理解度の相関関係、被験者の1回目と2回目の評価点の比較し学習速度を評価する。最後にこれらの検証項目から仮想空間を用いた一人称視点での指導が最も効果的であったかを評価し考察する。

5.1.1 2対1の守備

2対1の守備の評価項目は、「相手の攻撃を遅らせる」を評価1、「中切を行う」を評価2、「ボールを奪う際、相手をピッチのサイドに追い込む」を評価3、「相手を追い込む際、相手選手間のパスコースを消す」を評価4とした。

視点別で被験者の戦術達成度の平均評価点は表1となった。視点ごとの4つの評価点の平均を求めて順位を分析すると一人称視点の平均得点が最も高かった。また、特にタスクを行うにあたって空間認知能力を必要とする評価3と評価4において一人称視点と鳥瞰視点で評価点に大きな差が開いた。次に一人称視点の得点と他の視点の評価点に有意的な違いがあるか分析すると一人称視点と鳥瞰視点の評価3と評価4の項目において、有意水準5%で有意的な違いが見られた。具体的なP値は、評価3は、 $P=0.03$ 、評価4は、 $P=0.05$ であった。

表1 2対1 戦術達成度の視点別被験者の平均評価点

	一人称	鳥瞰	三人称
評価1	6.16	4.66	4.33
評価2	6.16	4.33	4.66
評価3	5.83	3.16	4.16
評価4	6.33	3	5

表2 2対1 戦術理解度の視点別被験者の平均評価点

	一人称	鳥瞰	三人称
評価1	5.33	5	5.33
評価2	4.66	5.33	5.66
評価3	5.66	4	4
評価4	5.33	4	5

一人称視点と三人称視点では、有意水準5%では有意的な違いは見られなかった。その他評価項目で有意水準5%で有意的な違いがあったのは、一人称視点と鳥瞰視点の評価2であった。

戦術理解度の平均評価点は表2となった。視点ごとの4つの評価点の平均を求めて評価点が高い順番を分析すると一人称視点の平均評価点が最も高かった。しかしどの項目においても評価点に大きな差は見られなかった。またt検定を行い一人称視点の平均評価点がほかの2つの視点と有意的な差があるか検証を行うと有意水準5%において有意的な違いは見られなかった。

5.1.2 2対2の守備

2対2の評価項目は、「カバーできる位置にたつ」を評価1「相手がもう一方の相手にパスをした際、パスが出た方にプレスしに行く」を評価2「ファーストディフェンダーが相手をサイドに追い込んだ場合、自分もプレスに行く」を評価3「ファーストディフェンダーが抜かれた際、カバーしてプレスに行く」を評価4として検証を行った。

視点別被験者の戦術達成度の平均評価点は表3となった。視点ごとの4つの評価点の平均を求めて評価点が高い順番を分析すると一人称視点の平均得点が最も高かった。また、2対2の評価項目の中で一番空間認知能力を必要とするのは、評価1だが、一人称視点で指導を受けた被験者の評価点だけ唯一6点台であった。

表3 2対2 戦術達成度の平均評価点

	一人称	鳥瞰	三人称
評価1	6.33	4.5	5
評価2	5.16	3.83	4.83
評価3	5.5	2.5	3.33
評価4	5.5	3.33	3.33

表 4 2対2 戦術理解度の平均評価点

	一人称	鳥瞰	三人称
評価1	5.83	5.66	5.66
評価2	5.66	5.33	5.33
評価3	4.66	5.33	5.66
評価4	5.33	4.33	5

次に一人称視点と他の視点で有意水準5%で有意的な違いがあるかt検定を行うと、一人称視点と鳥瞰視点では、評価3で、 $P=0.01$ 。一人称視点と三人称視点では、評価1で、 $P=0.01$ 、評価2で $P=0.01$ 、評価4で $P=0.01$ であった。一人称視点と三人称視点では、評価1で有意的な差が見られたため、空間認知能力を支援するにあたって、三人称視点より一人称視点の方が効果的であると考える。

視点別被験者の戦術理解度の平均評価点は、表4となった。視点ごとの4つの評価点の平均を求めて評価点が高い順番を分析すると三人称視点の平均評価点が高かった。しかしどの項目においても評価点に大きな差は見られなかった。またt検定を行い一人称視点の平均評価点がほかの2つの視点と有意的な差があるか検証を行うと有意水準5%において有意的な違いは見られなかった。

さらに、空間認知能力を特に必要とする項目では、一人称視点が高かった。

5.1.3 戦術間の比較

2対1の戦術達成度では、一人称視点、三人称視点、鳥瞰視点の順番で視点別被験者の4つの評価項目の平均評価点が高かった。戦術理解度も同様の順番であった。2対2の戦術達成度では、一人称視点、三人称視点、鳥瞰視点の順番で視点別被験者の4つの評価項目の平均評価点が高かった。しかし2対2の戦術理解度においては、三人称視点、一人称視点、鳥瞰視点の順番で視点別被験者の平均評価点が高かった。

表 5 戦術達成度と戦術理解度の相関関係

2対1 一人称 達成度と理解度の相関関係		2対2 一人称 達成度と理解度の相関関係	
評価1	1	評価1	0.5
評価2	0.986241383	評価2	0.5
評価3	0.891042111	評価3	0.944911183
評価4	0.755928946	評価4	0.5
2対1 鳥瞰 達成度と理解度の相関関係		2対2 鳥瞰 達成度と理解度の相関関係	
評価1	0.996615896	評価1	-0.359210604
評価2	-1	評価2	0.802955069
評価3	0.240192231	評価3	-0.5
評価4	0.866025404	評価4	-0.661143091
2対1 三人称 達成度と理解度の相関関係		2対2 三人称 達成度と理解度の相関関係	
評価1	0.5	評価1	0
評価2	0.944911183	評価2	0.5
評価3	-0.981980506	評価3	0.944911183
評価4	1	評価4	-0.866025404

表 6 被験者の1回目と2回目の得点の増減

2対1 一人称 Aの取得 Bの習得 Cの習得				2対2 一人称 Aの習得 Bの習得 Cの習得			
評価1	0	-1	-1	評価1	0	0	0
評価2	0	2	-2	評価2	1	2	2
評価3	0	-2	0	評価3	0	0	1
評価4	0	-2	-1	評価4	0	0	1
2対1 鳥瞰 Eの習得 Fの習得 Gの習得				2対2 鳥瞰 Eの習得 Fの習得 Gの習得			
評価1	4	0	-1	評価1	-1	2	0
評価2	5	2	-2	評価2	-1	-3	-3
評価3	6	-2	0	評価3	2	-1	0
評価4	2	-2	-1	評価4	-2	-1	-3
2対1 三人称 Gの習得 Hの習得 Iの習得				2対2 三人称 Gの習得 Hの習得 Iの習得			
評価1	-4	2	4	評価1	-1	-1	-1
評価2	1	0	-1	評価2	0	-1	1
評価3	1	1	1	評価3	-1	-3	0
評価4	0	0	2	評価4	-1	-2	0

また戦術習得度と戦術理解度の相関関係を評価した。結果は表 5 である。一人称視点では、2対1の場合、すべての項目で強い正の相関関係が見られた。また、特に他の視点では、空間認知を特に必要とする項目では相関関係が見られなかったが、一人称視点では、強い相関関係が見られた。2対2の場合、一人称視点では、すべての項目で正の相関関係が見られた。また、特に空間認知能力が必要な項目では、三人称視点と鳥瞰視点では、負の相関と相関がないであったが、一人称視点では、正の相関関係があった。

2対1及び2対2の被験者ごとの視点別習得の増減（表 6）を分析した際、2対1及び2対2すべての評価項目においてどちらとも一人称視点が一番増減の幅（絶対値±2）が少なかった。

5.2 考察

4つの検証項目を分析した結果、仮想空間を用いた一人称視点での指導が最も効果的であったと考えられる。なぜなら、一人称視点での指導を行った方が、他の視点よりも得点が高い傾向が見られたからだ。また、特に空間認知を必要とする評価項目において一人称視点の指導を受けた被験者の戦術達成度と戦術理解度の評価点が両方において高い傾向があったため、空間認知能力の支援をできたと考える。戦術理解度に関しても同様である。全体的に大きな得点のばらつきは見えなかったが、2対1の戦術理解度では、一人称視点での指導が最も評価点が高かった。2対2の戦術理解度のみ三人称視点での指導が最も効果的であったが、評価項目別にみると一人称視点での指導の評価点が勝る面も見られた。また、一人称視点の戦術達成度と他の視点戦術達成度、一人称視点の戦術理解度と他の視点の戦術理解度の有意差についてt検定を用いて検証したが、戦術達成度では、有意水準5%で有意的な差が見られたため他の視点よりも効果的であったと考える。戦術理解度に関しては、有意的な違いは見られなかったが被験者の人数を増やすと変化する可能性もある。さらに戦術達成度と戦術理解度の相関関係を比較した際、鳥瞰視点、三人称視点では、負の相関関係や弱い正の相関関係があるのに対して、一人称視点では各戦術で、正の相関関係が見られた。つまり教育上、選手の学習意欲を高める上でも一人称視点が効果的であると考えられる。最後に学習速度を分析しても一人称視点は、増減の幅が少なかったことから早い段階で空間認知を支援し選手が指導場面と実際の場면을照らし合わせることができたと考えられるため、一人称視点での指導が効果的であると考えられる。また今回の実験を行った際、一人称視点での指導を受けた被験者は、他の被験者と比べて、指導者に対して多くの質問をする傾向があった。今回は、質問に答えてしまうと実験結果に影響がでるため、一切の質問に答えなかったが、被験者の頭の中で、実際の場면을イメージしながら指導を受けていたから質問をする回数が多くなったのではないかと考える。

第 6 章おわりに

本研究で行った実験では、サッカーにおける 2 対 1 と 2 対 2 の守備の指導を行い仮想空間を用いた一人称視点での指導が最も効果的であると考えられた。しかし戦術達成度では、一人称視点と他の視点で有意差が見られたが、戦術理解度では有意差は見られなかった。今回の実験では、被験者の数が少なかったため、より正確な有意差の計測を行うことができなかったと考える。したがって次回は、被験者の人数を増やしたり、複数のチームで行ったりしてさらに分析を行いたいと考える。

また、実際の現場ではより複雑な戦術指導が行われている。今回行った戦術指導は、基本的な戦術である。戦術が異なりより複雑になれば効果的な指導方法が変化する可能性もあるため今後の分析を行っていきたいと考える。

さらに今回は、仮想空間のオブジェクトを画像でコマドリして動画編集ソフトでつなぎ、連続的な動きをつけたが、実際の現場で使用するためには、瞬時に指導者が提示したいシーンを仮想空間で再現できるようにシステムを作る必要がある。したがって、今後は、分析と評価実験、指導者に対して定量調査を行いながらシステムの構成を行っていきたいと考える。

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に深謝申し上げます。また普段からお世話になり本研究の実験にも尽力していただいた京都市立朱雀第二小学校サッカークラブ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, p 225--228 (2011)
- [2] 加藤 健太:サッカーにおけるデータ分析とチーム強化, 電子情報通信学会, 10 巻 1 号, p 29-34 (2016)
- [3] 檜川 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, p19-26 (2013)
- [4] 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, p 1-8 (2016)
- [5] 岩月 厚, 平山 高嗣, 森田 純哉:サッカー指導における熟練者と未熟者の注視行動の違い, 日本認知科学会, pp572-579 (2014)
- [6] 下森 周平, 棟方 渚, 小野哲雄:HDMを用いた俯瞰的視点交換トレーニング効果の検証:情報処理学会, 2016 巻, p 289-294 (2016)
- [7] 中川 昭:ボールゲームにおける状況判断研究のための基本概念の検討, 体育学研究, 28 巻, p287-297 (1984)
- [8] 藤田 剛, 上野 耕平:少年サッカー選手の技術獲得におけるDVDを用いたトレーニングの有効性, 鳥取大学大学教育総合センター紀要, 4 号, p149-155 (2007)
- [9] 瀧井 敏郎:サッカーにおける戦術学習の視点に基づくゲームパフォーマンスの評価, スポーツ運動学研究, 16 巻, p34-48 (2003)
- [10] 小泉 昇一, 前田 正登:ビデオ映像テストを用いた少年サッカー選手の状況判断能力に関する研究, スポーツ方法学研究, 17 巻, 1 号, p69-78 (2007)

付録 戦術達成度の評価項目

・2 対 1

「相手の攻撃を遅らせる」

相手に攻撃スピードが瞬時に上がり、相手の背中を追いかけている	1
相手の攻撃スピードが急激に上がった	2
相手の攻撃スピードが徐々に上がった	3
相手の攻撃スピードが一定	4
相手の攻撃を遅らせた	5
相手の攻撃をほぼ止まった状態まで急激に遅らせた	6
相手の攻撃を後ろにしたまたは止めた	7

「中切を行う」

相手の横にいる	1
ゴールとボールの間から大幅にずれていて距離も遠すぎる	2
ゴールとボールの間にいるが股を通されるまた、ずれている	3
ゴールとボールの間からずこしずれていて距離は遠い	4
ゴールとボールの間からずこしずれていて距離はちかい	5
ゴールとボールの間において距離も近い、	6
ゴールとボールの間において距離も近い、パスコースも意識している	7

「ボールを奪うとき、相手をピッチサイドに追い込む」

ボールを奪えていない	1
サイドに追い込もうとしていない	2
サイドに追い込もうとしたがパスをされた	3
相手のミスのおかげでサイドに追い込んだまたは相手のミスのおかげでボールを奪った、サイドに追い込もうとしている	4
サイドに追い込んだがかわされてしまった、うしろにパスをされたまたはインターセプト	5
サイドに追い込みボールを蹴りだした	6
サイドに追い込みボールを奪った	7

「相手を追い込むとき相手選手間のパスコースを消すことができる」

相手の位置を把握せず、縦（y軸）を切っている	1
相手の位置を把握せず、パスコースを消そうとしていない	2
相手の位置は把握しているがパスコースは消そうとしていない	3
相手の位置は把握できていないがパスコースは消している	4
相手の位置を把握してパスコースを消そうとしているが通される、またはインターセプト	5
相手の位置を把握してパスコースを消している	6
相手の位置を把握してパスコースを消しているまた相手をサイドに向けている	7

・2対2

カバーできるところに立っていたか

正しい位置とは、ファーストディフェンスの後ろに一直線上にいて、相手がパスを出したとしても間に合う位置

ファーストディフェンスの真横にいる（X軸方向）	1
ファーストディフェンスの真後ろ側（Y軸方向）にいる。	2
ファーストディフェンスの後ろ線上から少しずれている。距離が遠い	3
ファーストディフェンスの後ろ線上側にいるが距離が遠い	4
ファーストディフェンスの後ろ線上に立っているが、距離が少し遠い。	5
ファーストディフェンスの後ろ線上に立っており、適切な位置にいる	6
ファーストディフェンスの後ろ線上に立っており、適切な位置にいる 状況に応じて前後運動をしている	7

相手がパスを出したので、プレスしに行くことができた。

一歩も動かなかった	1
大幅に出遅れて間に合わなかった	2
適切な位置にいるのに行かなかった	3
適切な位置にはいないが、プレスに行くことができた	4
相手にボールが完璧にわたってからだが、または出遅れてプレスに行くことができた	5
適切な位置にいてプレスに行くことができた	6
予測をしてプレスに行くことができた	7

前の見方が追い込んだからカバーしてボールを奪うことができた

適切な位置にいないで、一歩も動かなかった	1
適切な位置にいたが一歩も動かなかった	2
適切な位置にいたが出遅れて抜かれた	3
適切な位置にいたが、出遅れたが相手がミスをしてボールを奪った	4
適切な位置にいてボールを蹴りだしたまたはダイレクトで蹴られた	5
適切な位置にいてボールを奪った	6
適切な位置にいて予測をしてボールを奪った	7

前の見方が抜かれたからカバーしてボールを奪うことができた

適切な位置にいないで、一歩も動かなかった	1
適切な位置にいたが一歩も動かなかった	2
適切な位置にいたが出遅れて抜かれた	3
適切な位置にいたが、出遅れたが相手がミスをしてボールを奪った	4
適切な位置にいてボールを蹴りだしたまたはダイレクトで蹴られた	5
適切な位置にいてボールを奪った	6
適切な位置にいて予測をしてボールを奪った	7