

# チームスポーツの俯瞰視点とプレイヤー視点

## に着目した戦術学習支援環境

石橋遼樹<sup>\*1</sup>, 松浦健二<sup>\*1</sup>, 和田智仁<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 徳島大学

<sup>\*2</sup> 鹿屋体育大学

## Tactics Learning Environment focusing on the bird's-eye view and player's view for team sports

Haruki Ishibashi<sup>\*1</sup>, Kenji Matsuura<sup>\*1</sup>, Tomohito Wada<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Tokushima University

<sup>\*2</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

In team sports such as basketball, operation/tactics boards based on the bird's-eye view are often used where coaches and players try to share and practice the tactic represented by this tool under a common understanding. In this study, we designed a learning environment for spatial cognition that connects to the bird's-eye view. In addition to the basic environment, we designed advanced options for tactic penetration. Finally, we describe the prototype environment.

キーワード: チームスポーツ, 戦術学習, 空間認知

### 1. はじめに

対戦型のチームスポーツには、プレイヤー個々のスキル習熟度やその集合によるチーム力の高低が、チーム間の優位性に影響することは論を待たない。対戦時にはまずこのような個人やチーム固有のベースラインがある。加えて、それらのカウンタパートとなる相手チームとの相互関係上の相対性、さらには経時変化などの要素も加わり、データ分析や予測性の研究が複雑とされ、制御困難な対象である<sup>(1)</sup>。これは、数理モデルとしてのパラメータ設定不良問題に繋がり、学術的には系の悪構造の側面を一定加味する必要がある。

一方、チームスポーツの戦術を学習する際には、それぞれのスポーツにおける基本的なチームとしての動き方のパターンが、一般に高い認知度で存在する<sup>(2)</sup>。例えば、バスケットボールにおけるピックアンドロールのような局所的な戦術があれば、サッカーにおいては基本的なフォーメーションやカウンター重視などのスタイルといった形で具現化される。プレイヤー個人のス

キルに依拠した所作の特異性に比べ、チームとしての戦術的な優位性を発揮するには、このような基本的な戦術をプレイヤー個々に相互理解した上で、外界認識をゲーム中に行いながら適用条件その他をチームメンバー共通の意識によって判断・評価することで応用戦術が創造される。つまり、そこには自律系のシステムアプローチに根差した基本的な戦術と、ゲームのダイナミクスによる複雑系のシステムアプローチともいえる応用的な戦術がある<sup>(3)</sup>。

チーム戦術をプレイヤー個々が習得していくには、これら両面を意識しながらもまず基本的な戦術概念の把握・認識から始まる。本研究では、まず上述のシステムアプローチに焦点を当てる。

一般に、チーム戦術の概念形成には、いわゆる作戦ボードが用いられることが多い。物理的にせよ、電子的にせよ、俯瞰視による平面理解は、学習においても、実践においても多用されることになる。しかし、実際にプレイする際には、平面俯瞰視とは全く異なる空間視が行われるため、この間の相違には、空間認知上の

変換が生じている。このため、文献(4)では、サッカーを対象にした戦略会議の場を想定し、一人称視点での表示による空間認識の有効性評価により未経験者に特に認知向上が見られたと論じている。しかし、具体的な戦略の想定やその伝達には焦点をあてておらず、議論のための試行錯誤学習に留まっている。また、本文のシステム実装は、フィールドやプレイヤーが幾何学的オブジェクトによって構成されており、人間へのイメージ伝達においては改良の余地がある。

以上の議論に基づき、本研究ではまず、空間認知における平面俯瞰視と立体一人称のイメージを結ぶ環境を設計・構築し、その一次試用を述べる。さらに、完全な試行錯誤学習ではなく、戦術理解に向けた概念形成を促進するための付加価値機能の構成手法を述べる。

## 2. チーム戦術の概念理解過程

### 2.1 戦術理解のための空間認知

戦術を共有する際に、コーチ・指導者が伝える媒体が言語であれ、作戦ボードのような図であれ、それを概念的には互いに共通認識が行えるという基本的な前提がある。その前提の下で、伝達媒体からの情報を個々にどのように解釈してどのように内部構成するかは、被伝達側に任されることになる。それは、実際のゲームにおいては、伝達媒体の情報とは異なる視覚・聴覚等の感覚入力となされるためである。例えば、作戦ボードを指指しながら「このプレイヤーがこう動くと、ここにスペースができるので、そこが攻めどころだ」のような言語表現とボード上の表現が媒体となるが、実際の空間視はそこでは実現されていない。

そこで、空間認知の転換機構が必要になり、それは個人の経験に委ねられる。その転換機構を、VR等によるシステム化が一定支援できれば、疑似体験の場を提供できることになり、ある程度の効率化が図られる。具体的には、二次元平面俯瞰視と三次元空間視の相互変換や同時連動のインタフェースの実現が求められる。

### 2.2 チーム戦術の複雑性

次に空間認知の転換機構がその効率化に一定寄与できれば、具体的な戦術把握から戦術理解の段階に進んでも浸透が早く、深い理解に繋がるのが期待できる。

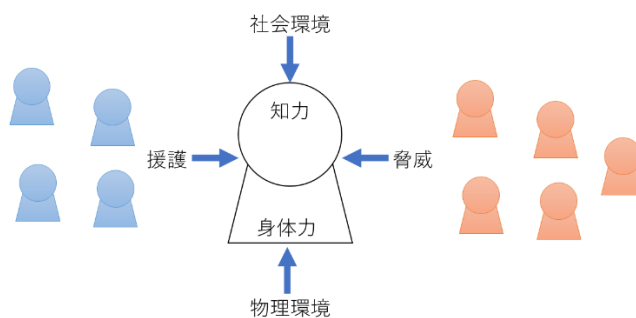


図 1 弁証法的複雑性(文献(1)図 3.2 より引用・改変)

戦術理解に至る概念導入として、文献(1)には図1のようなモデルが導入されている。まず個々のプレイヤーには身体性(力)と知性(力)の両面がある。すなわち、物理空間と直接的なインタフェースのある身体性と、判断および意思決定を行う知性といえる。後者は、チームメイト間や敵チームとの間に存在する社会性と物理空間の環境要因に鑑みた統合的な把握に基づく意思決定の最上位に位置する。複雑性は、外界の環境要因(外因)には依存しない絶対的計画・意思に対して、多数の外因性の要因を、同時かつ相対的に評価し、それぞれの要因に対する自由意志を統合させる部分に生じる。

## 3. 戦術理解を促進する付加機能設計

### 3.1 チームの基本識別

前述した複雑性の簡略化を試みる際に、行動計画における絶対性と相対性の各側面の強弱は一様には規定されず、訓練とゲーム経験によって醸成される。よって、まず自チームと敵チームといった単純な認識から段階的に理解していくことが重要であり、援護側の味方チームと主な脅威と位置付けられる敵チームを区別しやすくすることが初期には必要である。これらを明確に分かつものが実世界ではユニフォーム等であるが、システムのUIとしても着色や装飾による相違を視覚化させる工夫を実装することで、識別性を高めることができる。

### 3.2 味方プレイヤーのコース識別

さらに、ラグビーやアメリカンフットボール(5)といった領域の優勢が競技における優位性と直結するようなチームスポーツにおいては、その優位性を平面上で表現することで理解を簡単にできる。また、味方同士をつなぐパスコースにはネットワーク表現されたリンクを利用することも可能であるが、妨害する敵の距離

に基づく脅威やその占有領域をも直感的に表現できると、プレイ選択の判断に寄与できる可能性がある。

### 3.3 追従性を意識したプレイヤー視点

チーム間の別といった集団的な区別に加えて、1体1での攻防もシステム支援が可能であることが望ましい。攻守に分かれるスポーツでは、攻撃側プレイヤーが完全に自由にゴールを狙える状況が作れることは稀で、常に防御側プレイヤーの存在を意識せずにはプレイできない。そこで、戦術学習支援のシミュレータ環境においても、こうした攻防両面の観点で状況を意識できるように、学習の段階に応じてこのようなモードを利用できることが望ましい。

## 4. システム設計・開発

前節の過程を前提に、支援システムの設計方針を述べる。システムの基本要件としては、(A)空間認知の転換機構を備えた基本的な環境の提供と、(B)チームプレイの識別性向上およびプレイ判断に寄与する機能、さらに(C)マンツーマンを意識させる機能の提供とした。

実装は、A-Frameを応用したWebVR環境で構築し、運用環境としては汎用的なMacBookPro上の仮想マシンをサーバとして提供した。データ形式はJSONで構成しサーバ側はPHP(Ver.7.4.8)であった。

### 4.1 基本要件の設計・実装



図 2 平面視・空間視の同時描画

空間認知上の平面・空間の認知面での転換を促進するためのインタフェースとしては、平面と空間の同時表示の連動性が必要である。そこで、図 2 のように、平面俯瞰視を表現するマップと、空間視のメイン視野の同期表示画面を構築している。

基本的な機能として上記の画面に具備しているのは、試行錯誤を可能とする以下の機能である。

- 二次元・三次元の同期連動環境
- チームごとの色分け
- プレイヤーの番号付与
- プレイヤーを指定したマウスによる移動
- プレイヤーを指定した視点変更

このような環境において、学習者が着目するプレイヤーの平面位置と空間視点の両方を一度に確認できる。その際、着目するプレイヤーの変更や、その平面座標も任意に変更することで、試行錯誤させることが可能である。個々のプレイヤーの空間視野に対して、味方プレイヤーの空間視野を切り替えることで、プレイヤー相互の感覚の違いも体感することが可能である。特に、bの機能は前節における脅威（敵チーム）と援護（味方チーム）の別を明らかにすることに寄与する。

### 4.2 チームプレイ支援機能の実装

チーム間の識別性の強化のために、まずプレイヤーの彩色を二次元マップおよび三次元空間内で実施する。その際、プレイヤー個々に番号付与することによって、継続的な動きの追跡も可能になり、具体的なイメージがしやすくなるような設計を行っている。

一方、刻々と変化するコート上の状況に応じて、プレイ予測をイメージできるようになるためには、その時点でのチーム状況（敵と味方の関係性）が一瞥で判断できることが望ましい。これには、サッカー等の戦術支援や分析<sup>(6)</sup>でも採用されるボロノイ領域分割手法を応用した。ボロノイ領域分割<sup>(7)</sup>においては、各種の実装があるが、考え方としては空間上に配置される複数の点（プレイヤー）に対して、個々の点がどの点に近いかを判断して領域分けすることができる。これを利用して、敵チームと味方チームの領域に彩色を行うことが可能であり、それを二次元平面と三次元空間上の地面に同時に表現することとした。プレイヤー視点で見れば、どこに味方が配置されて、そこにパスまたは移動することの容易さの判断や、その次の展開が想像しやすくなることが期待される。

### 4.3 個人プレイ想像時のマンツーマン状況実現

現代のバスケットボールにおいては、アンダーカテ

ゴリー(15歳以下)でのゾーンディフェンスが禁止されマンツーマンディフェンスが推進されている。このことから、常に攻撃側のプレイヤーの移動には対応するディフェンダが追従することになる。これまでこうしたシミュレータにおいては、マンツーマンの状況を実現する支援手法は著者らが調査した限り実現されていない。そこで、本研究では、一般的な力学グラフの Javascript ライブラリを応用する。

## 5. 一次試用

前節までに、基本的な空間認知の転換機構を実現したベースシステムと、付加機能 2 種類のシステム設計を述べた。このうち本稿では、空間認知への貢献の可能性を調査するための初期評価を試みた。なお、4.2 節や 4.3 節記載の機能については今後評価していく予定である。下記は 10 歳代から 20 歳代のバスケットボールをクラブ活動では一年以上行ったことのない初学者 35 名の利用者による。

### 5.1 試用に際しての過程・手順

試用評価に際しては、利用者が初学者であることの確認のための事前アンケート調査を Web Form 形式で行い、クラブ活動等のスポーツ経験において、全員熟練者でないことを確認した。また、合わせて利用するコンピュータの OS やメモリ等を問い、動作検証している環境に照らして問題ないことを確認した。

比較評価のため、作戦・戦術ボードに類する二次元平面俯瞰マップを利用する群(群 A)と本システムを利用する群(群 B)とに分かれて試用することとした。

まず、本システムに慣れる前の状態を把握すべく、システム環境そのものではなく、中学生用の数学の空間図形問題(立方体の展開図や立体ブロックの数など)を別途 8 問、選択形式の設問で用意した。なるべく直感的な回答を得るため、熟考しないように 1 問辺りの回答時間は 5 秒以内と指示して実施した。利用希望者を募る際の条件により、人数が同数ではないものの、A 群、B 群それぞれ、平均 7.00(s.d.=0.93, n=23)、平均 6.91(s.d.=1.04, n=12)となった。

両方のシステムは同じサーバ上で稼働させたが、ログインする際の ID に応じて、各システムに分かれるようにして、試行錯誤環境下で空間認知学習を行わせ

た。空間認知の学習の前後に、選択形式のテストを用意し、比較することとした。当該テストはいずれも平面図を与えられた際に、それを空間視した際に適切な選択肢を選ばせるという形式であった。選択肢としては、正答に加えて「どのプレイヤーの視点か」「指定したプレイヤーの向きは一致しているか」「フィールド上のプレイヤーの位置が一致しているか」の観点からそれぞれ誤答を用意し、ランダム提示される四択とした。これも、事前アンケート時の数学的な空間認知設問と同様に、短時間で回答するよう指示している。回答時にはタイムスタンプが付記される。

なお、空間認知の学習には、両群同じシーンを実際のゲームデータから任意抽出し、全部で 10 パタン提供した。各パタン 2 分間、それぞれの環境でドラッグドロップ操作で試行錯誤学習させ、それぞれの学習者の学習時間はトータル 20 分とした。

### 5.2 結果と考察

表 1 に、双方 10 点を満点とする事前テストと事後テストのスコアの概要を整理している。

表 1 前後テストの平均点(s.d.)と平均回答時間(s.d.)

事前テスト			
A 群		B 群	
点数	時間	点数	時間
8.17(1.40)	4.37(1.14)	7.42(1.93)	5.21(1.50)
事後テスト			
A 群		B 群	
点数	時間	点数	時間
8.96(0.91)	5.02(2.27)	8.25 (2.28)	4.53(2.42)

まず、事前アンケートと共に実施した数学的な空間認知の設問点数では偏りが少なかったが、バスケットボールのコートにおける空間認知の事前テストの間で、回答時間の大小を加味してもベースラインとして想定よりも比較的大きな差が出ている。この相違の解釈については継続的に調査を要する課題の一つと認識している。

事前テストの点数に比して、いずれの群も事後テストでは当然ながら点数の向上が見られているが、事後テストだけ見れば、A 群の方が平均点としてはやや高くなっている。ただし、その前後比較をすると、事前テストの点数が総じて B 群が低かったことから、B 群

の方が得点向上においては高い数値を示している。これは、前述の課題と合わせて検討していく必要がある。

表 2 カテゴリ分割

		正答数	
		多い	少ない
回答時間	短い	A	B
	長い	C	D

ここで、正答数の大小と回答時間の長短の組合せを考える。すなわち、表 2 のようなカテゴリにそれぞれ二分すると、回答時間が短く正答数が多いカテゴリ A が目指すべきカテゴリと考える。前後比較においてこのカテゴリ分割では、B→A と D→C においては正答数の向上、C→A、D→B では回答時間が短縮、D→A は回答時間が短縮されつつ正答数が増えるという意味になる。このような変容が現れたパターンにおける学習者の総数に対する割合は、表 3 のようになった。なお、D→C と D→A のパターンには、該当者はなかった。

該当者数が少なく継続して多数による検証を行う必要はあるが、短時間で直感的に回答しながらも正答数が相対的に大きく向上したのが 3 名 A 群のみに見られている。また、前後で正答数は多かったが、その回答時間の短縮が見られた学習者も A 群の方がやや多く見られた。一方、正答数が少ないままの推移ではあるが回答時間が短縮された者としては B 群の割合がやや大きく観測されたことになる。

表 3 各改善パターンの出現した人数と(割合)

改善パターン	A 群	B 群
B→A	3 (13.04)	0.00
C→A	3 (13.04)	1 (8.33)
D→B	2 (8.70)	2 (16.67)

## 6. おわりに

本稿では、バスケットボールを初期の適用対象として、チームスポーツの俯瞰視点とプレイヤー視点に着目した戦術学習支援環境の設計を述べた。システムは Web ブラウザ上で動作する WebVR のアプリケーションとして実装を行ったため、普及しやすい環境となっている。

本プロトタイプを用いた一次試用では、検証すべき課題も出ているが、加えて厳密な統計的な検証には至

っていない。また、被験者数と試行回数等の条件を見直して再度検証を重ねる必要性が認められた。すなわち、正答数と回答時間の関係においてカテゴリ毎で比較した際に見られた改善の状況については、被験者を増やすことと、学習の時間・頻度等を増やすなどにより継続的に今後評価を行う。一方で、ボロノイ領域分割の効果やマンツーマンの意識を高める効果についても、本稿の試用に加えて実験的に効果検証を進める必要がある。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H03344 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- (1) Felix Lebed and Michael Bar-Eli, *Complexity and Control in Team Sports*, Routledge (2013)
- (2) 箭野 柊, 松浦 健二, 谷岡 広樹, カルンガル ステファン, 幸田 尚也, 後藤 田中, 和田 智仁: “集団対戦型フィールドスポーツの戦術適用判断の支援環境 --- バスケットボールのオフense 基本戦術,” 情報処理学会論文誌, Vol.61, No.3, 657-666 (2020)
- (3) Duarte Araujo, Keith Davids and Robert Hristovski: *The ecological dynamics of decision making in sport*, *Psychology of Sport and Exercise* 7, 653-676 (2006)
- (4) 樽川 香澄, 井上 智雄, 岡田 謙一: “サッカーの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, Vol.1, No.1, pp.19-26 (2013)
- (5) 山本 雄平, 田中 成典, 姜 文淵, 中村 健二, 田中 ちひろ, 清尾 直輝: “アメリカンフットボールの可視化システムの開発および選手のプレー分析に関する研究,” 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.5, pp.1334-1350 (2018)
- (6) 梶原 大輔, 後藤 田中, 大江 孝明, 八重 檉理人, 米谷 雄介, 林 敏浩, フットサルにおける抽出姿勢を考慮したボロノイ図の可視化によるオフザボール評価の提案, 信学技報, Vol. 120, No. 424, pp. 121-126 (2021)
- (7) Raymond Hill <https://github.com/gorhill/Javascript-Voronoi>, (last visited July. 2021)