

## 数理モデルを応用した戦術学習支援システム設計の検討

### Study of designing a tactical learning system by mathematical modeling

竹内 寛典<sup>\*1</sup>, 小野 健太郎<sup>\*1</sup>, 松浦 健二<sup>\*1</sup>, 上田 哲史<sup>\*1</sup>  
 Hironori TAKEUCHI<sup>\*1</sup>, Kentaro ONO<sup>\*1</sup>, Kenji MATSUURA<sup>\*1</sup>, Tetsushi UETA<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 徳島大学大学院創成科学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University  
 Email: takeuchi.hironori@tokushima-u.ac.jp

**あらまし:** サッカーやバスケットボール等のチームスポーツでは、統計量やトラッキングデータに基づくデータ分析が盛んに行われている。その中では、チームスポーツの戦術や動き方を評価する様々な手法が提案されている。それらの多くはチーム戦術に対する評価指標として一定の有用性が確認されているが、主に試合状況の事後評価にとどまり、指導者やプレイヤーの理解促進にどの程度有用であるかは明らかとなっていない。そこで、本研究では、チーム戦術の学習支援を目的として、チームの動き方を説明する数理モデルを実装した学習支援環境を提案する。本稿では、数理モデルとして攻守圧場モデルを採用し、パラメータ設定および各種評価に向けたシステム設計の初期構想を述べる。

**キーワード:** フィールドスポーツ, 戦術学習, 学習支援

#### 1. はじめに

近年、対戦型チームスポーツにおける統計的なデータ分析の高度化が進んでいる。データ計測技術とモデル化技術の急激な進歩を背景に、統計量に基づいたデータ分析の有用性は大きく向上した。サッカーやバスケットボール等のプロスポーツでは、スタッツに基づいて試合やプレイヤーのデータ分析が日常的に行われ、指導者、プレイヤー問わず理解を促進する上で不可欠な存在となっている。

これに相まって、GPS や加速度センサを用いてプレイヤーの位置情報や動きの時系列データ、いわゆるトラッキングデータの活用も進んでいる。トラッキングデータは、主にチーム戦術の説明や動き方の評価に活用され、俯瞰的に選手の状況を可視化する取り組みが行われている。例えば、観点を用いたボロノイ領域分割を利用してコート上の選手位置を元に優勢領域を指標化が行われている<sup>(1)</sup>。より実践に近い解釈を得るため、プレイヤーの位置情報のみで単純化した領域の可視化だけではなく、重心や加速度などの運動モデルを用いた手法も提案<sup>(2)</sup>され、ゲーム状況を客観的に評価する指標となっている。また、チームスポーツの試合を数理モデルとして解釈する研究もおこなわれている<sup>(3)</sup>。チーム内、チーム間連携をダイナミカルシステムと捉え、チーム間の距離を制御パラメータと見立てて、数理モデル化を行っている。そこでは、チーム間の駆け引きは守備側の圧力により発生すると考え、チームの集合、拡散を評価可能にしている。これら取り組みは、ゲーム状況を説明する評価指標として、いずれも一定効果が確認されているものの、状況の事後評価にとどまり、指導者、プレイヤー理解の促進に、どの程度有用であるかは明らかとなっていない。

そこで、本研究では、これら数理モデル化された評価指標を援用して、チーム戦術を対象とした学習支援システムを設計する。本稿では、チームスポー

ツとしてバスケットボール、数理モデルとして攻守圧場モデルを選択し、実装における初期の設計構想を述べる。

#### 2. 搭載する数理モデル（攻守圧場モデル）

本稿では、戦術学習の指標として、フィールドに対する圧場をプレイヤーの離散的集合を連続的な場とみなす攻守圧場モデル<sup>(3)</sup>を採用する。これは、プレイヤーがコート上に与える圧場を正規分布で表現したものである。プレイヤー  $i$  が与える圧場は、個人圧場  $IP$  (Individual Pressure field) として以下のように定義している。

$$IP_i(x, y, r) = \exp\left(\frac{-(L/r)^2}{2}\right)$$

ここで  $(x, y)$  は、一定間隔で区分したコート上の座標を表し、パラメータ  $L$  は、プレイヤー位置からコート上の点  $(x, y)$  までの距離を表す。パラメータ  $r$  はプレイヤーが両腕を水平に伸ばした姿勢における両手間の長さであり、プレイヤー位置からの圧場編曲点となる。また、これらの総和をチーム圧場  $TP$  (Team Pressure field) として、以下のように定義している。

$$TP(x, y, r) = \sum_{i=1}^N IP_i(x, y, r)$$

プレイヤーの位置が近づくに従って、他プレイヤーが突破する可能性が次第に低くなるよう定式化されており、プレイヤーによる圧力がかかる領域を直観的に把握することが出来る(図 1)。学習システムの実装においては、これらで算出された圧場領域を着色して可視化するとともに、数値表示を実装する。各コート上に与えられた数値情報を参照可能なインタフェースを実装する。

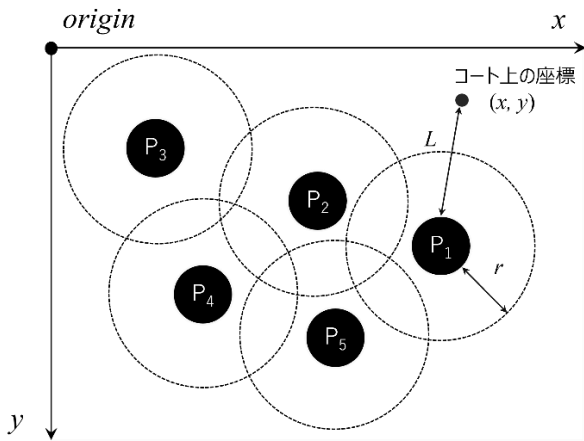


図1 攻守圧場モデルの圧場イメージ

### 3. 戦術学習の支援設計

#### 3.1 VR空間を活用した戦術学習環境

システム化においては、先行研究にて二次元・三次元の空間認知変換促進を目的として開発されたWebVRによる学習支援環境<sup>(4)</sup>を拡張する。本環境では、プレイヤーは三次元の仮想空間上に3Dオブジェクトとして表現され、二次元平面上で表現されたコート上にマッピングされている。マウス操作で選手の位置やカメラ向きを自由に操作することが可能である。これに対して圧場モデルを実装し、試行錯誤を行える学習支援環境として提供する。

#### 3.2 プレイヤーの「向き」を意識した拡張

攻守圧場モデルの可視化は、守備側の圧力を意識した戦術学習において有効に作用することが期待できる。しかし、この数理モデルは直交座標系の数理モデルであり攻守圧場領域は常に正円を描くことになる。フィールドスポーツの実践を三次元空間で考えたとき、前後左右の空間が同一圧力となることは直観的ではない。圧場による議論をより実践的な戦術説明へと昇華させるためには、三次元空間に内在される要素で補正することが望ましい。そこで、個人圧場モデルに「向き」の概念を追加し、以下のよう

$$IP_i(x, y, r, \theta) = W_\theta \times \exp\left(\frac{-(L/r)^2}{2}\right)$$

$$W_\theta = \begin{cases} 1.0 & 0^\circ \leq \theta < 60^\circ \\ 0.5 & 60^\circ \leq \theta < 120^\circ \\ 0.1 & 120^\circ \leq \theta < 180^\circ \end{cases}$$

個人圧場  $IP$  の算出において、起点となるプレイヤー向きを踏まえ、正面側は高圧力、背面側を低圧力となるよう値調整を行う。プレイヤー正面向きと、相対するプレイヤーが成す角度を  $\theta$  とした場合に、プレイヤーの向きに応じて向き補正  $W$  を乗算する。このような優勢領域の補正には、ボロノイ領域の加速度を用いた運動モデル<sup>(2)</sup>があるが、本学習では静的なプレ

イヤ位置関係に基づいて議論を行うことを想定する。そのため、今回は視覚情報に基づく状況判断を評価することを目的に設計<sup>(5)</sup>を行い、プレイヤーの視野に基づいて値を設定する。プレイヤーの背面や側面スペースの活用などの議論が行えるよう設計する。

#### 3.3 プレイヤーのプロファイル変更機能

実践的な戦術議論とするためには、圧場の占める領域は重要な要素となる。パラメータ  $r$  をはじめとして、個々のプレイヤーパラメータは動的に設定可能であることが望ましい。WebVR環境への実装の際には、プレイヤーのプロファイル変更機能を実装し、3Dオブジェクトのスケール変更を行う他、圧場算出を動的に行えるよう実装する。プレイヤー向きや高さを変更可能なインターフェースを用意し、プレイヤー個別に圧場領域の算出を行う(図2)。

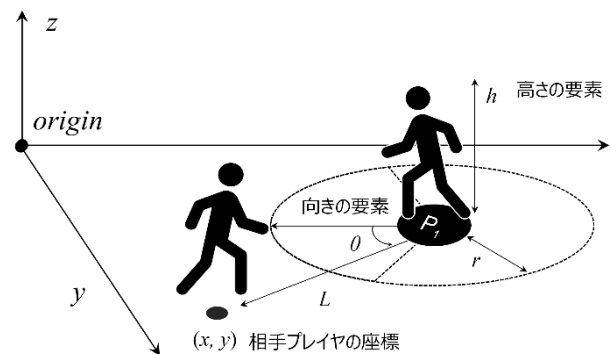


図2 攻守圧場モデルの実装イメージ

### 4. おわりに

数理モデルを応用した戦術学習支援環境の設計方針について述べた。今後、これらのシステムの実装と、利用における評価を行う予定である。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K12314 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- (1) 藤村光, 杉原厚吉: “優勢領域に基づいたスポーツチームワークの定量的評価”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.87(3), pp.818-828 (2004)
- (2) 瀧剛志, 長谷川純一: “チームスポーツにおける集団行動解析のための特徴量とその応用”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.81(8), pp.1802-1811 (1988)
- (3) 横山慶子, 山本裕二: “ボールゲームにおけるチーム内連携のダイナミクス—6人制フィールドホッケーによる検証—”, 認知科学, Vol.18, pp.284-298 (2011)
- (4) 石橋遼樹 ほか. “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”, 教育システム情報学会 (2021)
- (5) 竹内寛典, 松浦健二: “チーム戦術想起のための認知促進手法に関する一検討”, 電子情報通信学会(2022)