

# 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

箭野 柁<sup>1</sup> 松浦 健二<sup>1,a)</sup> 谷岡 広樹<sup>1</sup> カルンガル ステファン<sup>1</sup>  
幸田 尚也<sup>1</sup> 後藤田 中<sup>2</sup> 和田 智仁<sup>3</sup>

受付日 2019年6月15日, 採録日 2019年11月29日

**概要:** 集団対戦型フィールドスポーツでは、競技を優位に進めるために、基本戦術への理解が重要である。そのためには、基本戦術がどのような状況で使用されるか、どのように動くかを理解する必要がある。本研究では、バスケットボールに着目し、戦術の適用シーンを自動抽出して、バスケットボール初学者に対して分かりやすく見せることによって、戦術が適用される場面での判断の基準を形成できるようなシステムを構築し、支援を行う。

**キーワード:** 戦術理解, 集団対戦型フィールドスポーツ, シミュレーション, バスケットボール

## A Learning Environment of a Systematic and Tactical Style in Field Sports —Basic Tactic of an Offense Team in Basketball

SHU YANO<sup>1</sup> KENJI MATSUURA<sup>1,a)</sup> HIROKI TANIOKA<sup>1</sup> STEPHEN KARUNGARU<sup>1</sup>  
NAOYA KOHDA<sup>1</sup> NAKA GOTODA<sup>2</sup> TOMOHITO WADA<sup>3</sup>

Received: June 15, 2019, Accepted: November 29, 2019

**Abstract:** In team-sports, where the field or court is shared with an opponent team, it is important for players to understand basic tactics of the team in order to dominate the game. The basic tactics are composed of perceiving dynamical situations and unerring judgment of the next movement. This work designed and developed a supporting system, which automatically extracts scenes of tactics application to show advantageous information for understanding. In this study, in terms of the concrete target, basketball beginners are selected. During the use of the prototype, they are observed and evaluated on whether or not they could form the criteria for detecting applied tactics.

**Keywords:** tactics comprehension, team match field sports, computer simulation, basketball

### 1. はじめに

バスケットボール、サッカー、ハンドボール、ホッケー、ラグビーフットボールなどは競技人口自体多いが、観戦のみの人口も多いチームスポーツである。本研究ではこれ

らの  $n$  対  $n$  人のプレイヤーが、フィールドを共有して対戦しながら得点を競う競技を集団対戦型フィールドスポーツと呼ぶことにする (Team-Sports on Shared Field, 以下 TSSF)。TSSF では、個々のプレイヤーごとの局所的戦術とチームメイトや相手チームとの関係に基づく大域的戦術が相互に機能することにより、競技を優位に進めることが可能となる。そこで、基本的な戦術をチーム内で共通認識とすることが重要であり、ゲームを進めるなかでその多様な展開戦術を繰り出すことになる。

本研究の対象となる TSSF は、規定の時間および空間を攻守両チームで共有し、一定のルール下で競技が行われる。

<sup>1</sup> 徳島大学  
Tokushima University, Tokushima 770-8506, Japan

<sup>2</sup> 香川大学  
Kagawa University, Takamatsu, Kagawa 760-8521, Japan

<sup>3</sup> 鹿屋体育大学  
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kanoya,  
Kagoshima 891-2393, Japan

a) ma2@tokushima-u.ac.jp

同数の2つのチームがコート全体を攻守混在形式で利用するが、そのモデル化は複雑系に属する [1]。TSSF への情報工学分野からの支援の典型としては、たとえばカメラで撮影した映像の分析や、GPS や加速度センサなどを用いた選手やボールのトラッキングデータに基づく試合の分析がある。特にプロスポーツでは、チーム戦術の優劣が競技の勝敗に結び付くことも多いため、それを支援する技術開発が活発である [2], [3], [4], [5]。

TSSF での局所的な場面においては、正確なシュートやディフェンスを突破するためのフェイント動作などの個々の運動スキルが結果に対して支配的な要因となることが多い。しかし、チーム戦を全体視する大域的な視座からは、個々が試合状況を把握、分析し、状況に適した動きを連動しながら選択する必要がある。そこには認知スキルが重要である。

このような議論の下、本研究では、具体的な TSSF の1つとして、バスケットボールを取り上げる [6]。元となる試合データは休憩時間を除いて 80,000 フレームあり、フレームごとにコート内のプレイヤーとボールの xy 座標が記録されている。その個々の座標に対し、各フレームで円を描画する。それを、25 fps で更新することによりシミュレータ上でプレイヤーとボールの動きを動画表現する。さらにそこからゲーム中の特定戦術シーンを自動抽出する手法を開発する。また、シーン抽出を工夫することで、バスケットボールの初心者に対するチーム戦術理解の支援を行う。ここで、戦術理解とは、(1) 適用戦術を識別でき、(2) そこから先の展開がイメージできる、に大別される。戦術にパターンがあるとき、試合状況に応じて (1) と (2) を認識できること、さらにそのパターンの適用場面を判断できることが求められる。戦術のパターンの判断には、コート上でのプレイヤーやボールの位置などが利用できる。本研究では、戦術適用場面の判断支援環境を設計する。

## 2. 関連研究と本研究の位置付け

### 2.1 ゲーム俯瞰時の認知スキル

Guthrie [7] は、「スキルとは、最高の正確さで、またはしばしば最小の時間とエネルギーあるいはこれら両者の消費で、あらかじめ決められた結果を生じるように学習された能力」と定義しているが、本研究では、後半部分の目標達成のために学習された能力をスキルととらえる。また、シュミット [8] は、スキルを大別した際に、実際の運動よりも、どのような運動を実行しようとするかに焦点が当てられるものを、認知スキルとしている。たとえば、チェスのように次にどう動かすかといった意思決定が、ゲームの結果に対するパフォーマンスの優劣に関与する場合は、認知スキルが支配的である [9]。

TSSF では、認知スキルの優劣の指標として、中川 [10] は「状況判断」が多用されるとしている。状況判断とは、周囲の情報を入力とし、その状況の下でどのプレーを行うか

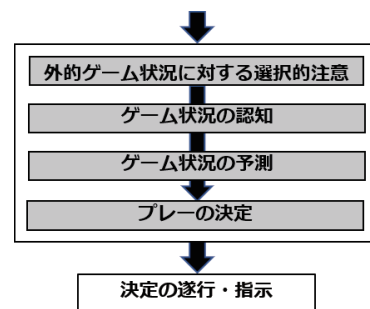


図 1 ボールゲームにおける状況判断の過程に関する概念的モデル (文献 [8] の図 2-2 と文献 [10] の図 1 を引用して改変)

Fig. 1 A conceptual model of an estimate of situations (Combined and modified from Fig. 2-2 in Ref. [8] and Fig. 1 in another Ref. [10]).

を決定・実行するという情報処理である。人間のパフォーマンス上の情報処理過程はシュミット [8] の古典モデルでは、「刺激同定」、「反応選択」、「反応プログラミング」で構成される。プレイヤーの状況判断の情報処理過程は図 1 のように、「外的ゲーム状況に対する選択的注意」、「ゲーム状況の認知」、「ゲーム状況の予測」、「プレーの決定」の4つの段階から構成されているとしている。本研究の戦術理解とは、ゲーム状況の認知までと、それに応じた予測以降に分けてとらえていることになり、特に前半の適用戦術の識別を重視した環境設計を行う。

深倉 [11] は、熟練者と未熟練者に対して、画面に表示されたゲーム場面を見て、状況を適切に認知できるかどうか、そこからどのようなプレーを実行するのかの意思決定が正しいかどうか、これらの2種類について研究を行っている。熟練者と未熟練者を比較すると、熟練者はゲーム場面的に正確に認知しており、前述の状況判断能力において優れていることが明らかとなった。さらに、意思決定に関しても熟練者の方が未熟練者よりも的確としている。

熟練者が的確な状況判断を行うことができる理由として、プレーを理解していることと、プレーに関する知識を多く持っていることがあげられる [12]。つまり、戦術的な知識と経験的な知識を多く持つことが求められる。戦術的な知識は基礎知識を学ぶこと、経験的な知識は多様なゲーム状況を擬似的にでも多数経験することが該当する。

### 2.2 視覚化と状況判断の支援研究

Tani ら [13] は、アメリカンフットボールの攻撃プレーの理解支援の研究を行っている。この研究では、選手間の移動軌跡の類似度によって、プレーのパターン分類を行い、コート画面上に選手やボールの位置とそれらの移動軌跡を可視化するシステムを作成している。選手や監督、アナリストなどの利用者は、システムに対し、見たいプレー状況の入力を行う。システムは、入力された状況に該当する複数のプレーを可視化する。これによって利用者は、攻撃パ

ターンの種類やそれぞれのパターンのプレーが視覚的に理解できるが、バスケットボールとの差異は明らかではない。

下園 [14] は、ラグビーフットボール（以下、ラグビー）において状況判断にかかわる認知的トレーニング法を研究している。この研究では、ラグビー経験者に対して、実際の試合映像において、ボールを保持した瞬間や、動き出しの瞬間など決定的な場面で止め、その後自分ならどのようなプレーを行うかを予想させる。その後、学習者同士の話し合いやコーチからの解説を受け、納得するまで繰り返す。

### 2.3 本研究の位置付け

Tani らの研究では、移動軌跡が似ているものを分類しているが、戦術の適用条件が定式化されていない。また下園は、経験者の練習のためのトレーニング法を研究しており、初学者のためのものではない。本論文では、対象領域の特徴を考慮して、バスケットボールにおけるチーム戦術の使われているシーンを、実際の試合データのなかから抽出条件に基づいて自動抽出する。抽出したシーンをシミュレーション内で強調表示することによって、ゲーム状況に応じた着目箇所を習得しやすくする。また、抽出したシーンへのジャンプ機能により、各戦術の適用シーンを反復的に参照が可能なシステムを実現し、初学者への戦術適用場面の判断支援を行う。

## 3. 戦術適用判断の支援環境

### 3.1 基本戦術

#### 3.1.1 基本戦術の概要

バスケットボールは、攻守の入れ替わりのスピードが速く、ほかの球技よりも相対的に得点が多い。また時間に関するルールが細かく定められており、このことも得点の機会を増やす要因になっている。そのため、得点を獲得するためのシュートが重要である。オフenseは、ディフェンスとの対峙を突破してシュートへと至らなければならない。

その際、個人のスキルによる突破以上に、チームが連携することが得点力を高めることも多く、その意味で大切なのはチーム戦術である。チーム戦術には、人数的もしくは空間的優位を作ることによって、プレイヤー個人が戦術のなかで機能的に動くという目的がある [15]。そのために、チーム全体がその戦術がどのような状況で使用されるのかを共有し、個々にはそのなかでどのように動けばよいかを理解していることが必要である。

また田中ら [16] は、戦術に関する知識（戦術理論）は経験からの認識の一般化と位置付けており、一方で戦術行動は、個人の技術や身体的適性、心理的適性などと戦術理論が結合して形成される、と述べている。経験の蓄積の際に、戦術に関する狙いが醸成され、実践には戦術適用の結果を導出した行動として名称が付与される。本論文では「戦術に関する知識」と「戦術行動」を「狙い」と「適用の結果」

表 1 主な狙いと適用の結果としての基本戦術

Table 1 Basic tactics related to the real intentions and their application results.

戦術に関する知識（主な狙いの例）	戦術行動（適用の結果）
他の味方プレイヤーにプレースペースを作る	カットスルー
自らがフリースペースを利用する	スペース
守備のバランスを崩す	ハンドオフ
他の味方プレイヤーにプレースペースを作り、自らはフリースペースを利用する	カットスルー +スペース
他の味方プレイヤーにプレースペースを作り、守備のバランスを崩す	カットスルー +ハンドオフ
守備のバランスを崩し、自らはフリースペースを利用する	スペース +ハンドオフ
他の味方プレイヤーにプレースペースを作り、自らはフリースペースを利用し、守備のバランスを崩す	カットスルー +スペース +ハンドオフ

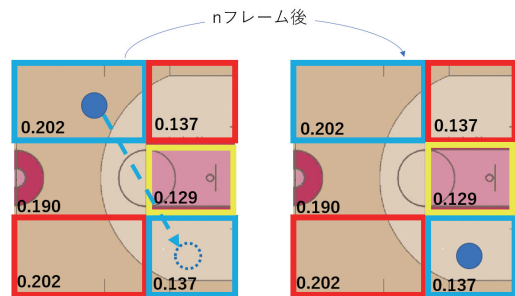


図 2 カットスルーの概要

Fig. 2 An overview of cut-through play.

とに対応付けることとする。

本研究では、多種のバスケットボールのチーム戦術のなかから、基本的な戦術適用判断の支援を行う。富樫 [17] は、基本的な動きとして、(1) 中抜け（以下、カットスルー）、(2) スペース、(3) ハンドオフの3つをあげている。本研究では、これら3つの動きをベース戦術とし、ベース戦術3種類とその組合せの4種類の計7種類をまとめて基本戦術とする。表 1 に主な狙いと適用の結果としての基本戦術について整理した。

#### 3.1.2 カットスルーの抽出処理

カットスルーとは、ボールを持っていないプレイヤーが、ペイントエリアのなかを抜けるようにコースを対角に移動することである [17]。本研究では、図 2 のように、ハーフコートをもとに分割し、ある時刻に図中上下の4領域のいずれかに存在していたボールを保持していない（プレイヤーとボールの円が、重なりを持たない）プレイヤーが、 $n$  フレーム後に、そこからの対角領域に移動したときに、カットスルーが行われたと判定する。6分割の面積が異なるのは、ペイントエリアをもとに分割を行ったためであり、面積比は図 2 の各エリア内に記載したとおりである。移動時間の  $n$  フレームは、1 試合中のカットスルーのなかから、無作為に抽出した 20 シーンにおける対角への移動時間を計測

したところ、最大値が約 80 となったことと、ルールによりペイントエリアの滞留時間が 3 秒 (75 フレーム) 以内であることを考慮して、 $n = 80$  に設定した。

図 2 では、比較的大きめの領域から小さめの領域への移動の例であるが、逆の場合 (小さめ領域から対角の大きめの領域) でも同様に判定する。

### 3.1.3 スペースの抽出処理

スペースとは、フィールド上のプレイヤーが誰もいない領域を使うことである [17]。本研究では、フレームごとに、図 3 のように、敵味方を含むプレイヤー 10 人の全ノード対の距離を計測し、その距離の平均を半径とする中心が各プレイヤーの平面位置座標である円領域を設定する。このとき、円の半径によってそのプレイヤーへの割当て円領域のサイズが異なることになる。このようにフレームごとに評価することで、コート全体を広く使っているような場面にも、比較的狭くコートを使っているような場面にも、それに応じたスペース判定ができることになる。プレイヤーが、ゲーム上のある時刻の円領域の排他領域に対して、 $n$  フレーム後に、その排他領域に移動していた場合に、スペースが使われたと判定する。スペースの移動時間の  $n$  フレームは、1 試合中の誰もいない空間への移動を無作為に 20 シーン選択し計測した結果、一番長い移動時間が約 30 フレームであったため、 $n = 30$  フレームに設定した。

### 3.1.4 ハンドオフの抽出処理

ハンドオフとはボール保有プレイヤーと非保有プレイヤー間でのボールの手渡しに関するプレイを行うことである [17]。本研究では、図 4 内の大きな円は、プレイヤーを表しており、その半径はおおむね腕の長さ程度であり、小さな円はボールを表している。ボール保有プレイヤーが、他の味方プレイヤーと接触 (味方 2 人の円とボールの円が同時に重なりを有する) したときに、ハンドオフが行われたと判定する。ただし、手渡しのフェイントを行うこともあり、ボールが実際に他のプレイヤーに渡るかどうかは問わないこととする。

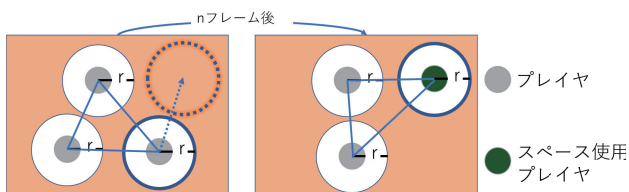


図 3 スペースの概要

Fig. 3 An overview of a blank space play.

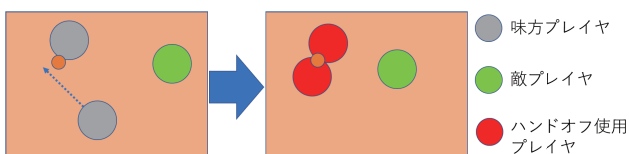


図 4 ハンドオフの概要

Fig. 4 An overview of hand-off play.

これは、ハンドオフを行おうと考えて実行している間に状況が変化し、ハンドオフから別の戦術へと移行することがあるためである。

### 3.1.5 組合せ戦術

組合せ戦術とは、ベース戦術であるカットスルー、スペース、ハンドオフそれぞれの判定の論理積をとったもので、その自動判定は複数の戦術の関係として、戦術の重なり時間の有無によってのみ行う。したがって、戦術間において重なり時間の長短によらず、少しでも重なりがあれば組合せ戦術と見なしている。組合せ戦術には以下に示す 4 種類がある。

- 「カットスルー+スペース」  
対角の位置まで移動、移動先が誰もいない空間
- 「カットスルー+ハンドオフ」  
対角の位置まで移動、移動後ハンドオフ
- 「スペース+ハンドオフ」  
誰もいない空間への移動途中でハンドオフ
- 「カットスルー+スペース+ハンドオフ」  
対角の誰もいない空間への移動途中でハンドオフ

## 3.2 基本戦術抽出の事前調査

抽出された戦術が、人間が見てどの程度判断できるかを確認するために、徳島大学のバスケットボール部に所属し、複数年プレイしている現役プレイヤー 11 人に対してインタビュー調査を行った。この調査では、1 試合のなかで、それぞれの基本戦術が使用されているシーンを動画化したものを見せ、プレイヤーが判定者として個人回答する。判定者には、それぞれのシーンのなかで、使用されていると思う基本戦術を答えさせる。判定者の回答と、システムが抽出した基本戦術の一致度を算出し、不一致でなければ基本戦術を使用しているシーン抽出は明らかな誤りを含まないものとする。

結果の表 2 は、1 列目に基本戦術名、2 列目に開発システムによるそれぞれの基本戦術の抽出シーン数を表している。3 列目の一致シーン数 (平均) とは、カットスルーの例でいえば、カットスルーのシーン抽出が 5 つあったときに、11 人が選択した基本戦術がカットスルーであったシーンの 1 人あたりの平均数が 4.1 である、ということを表し

表 2 事前調査の結果

Table 2 A preliminary survey.

基本戦術名	抽出シーン数	一致シーン数 (平均)
カットスルー	5	4.1
スペース	5	4.6
ハンドオフ	5	4.9
カットスルー+スペース	5	3.5
カットスルー+ハンドオフ	2	0.7
スペース+ハンドオフ	5	3.6
カットスルー+スペース+ハンドオフ	3	1.1

ている。システムによるシーン抽出に対する判定では、基本戦術のうちのベース戦術としたプレイの判定は、それぞれ 4.1/5 (= 0.82), 4.6/5 (= 0.92), 4.9/5 (= 0.98) のように高い判定率となった。一方で、組合せの判定としては、相対的に精度が下がる様子が分かる。特にももとの抽出シーン数が少なかった2つの戦術は、人間の判定における排他的な選択上、不一致の可能性が増える。これらの要因を吟味しても、特にベース戦術には高い数値が得られたことから、シーン抽出の手法自体には妥当性が示唆される。また、対象となったゲームでは、カットスルー+ハンドオフが対になった組合せと、すべての組合せが、発生する頻度が少なかった。バスケットボールでは、時間制限が細かく定められており、そのうちのフリースローレン（ペイントエリア）に関する制限により、カットスルー時にゴール付近で滞留しにくいことが原因と考えられる。

### 3.3 戦術適用場面の判断

未来の予測とプレイの選択に多くの選択肢が存在するが、プレイヤーはゲームのなかですべての選択肢を考慮することは不可能である。つまり、ゲーム状況の予測とプレイの選択には、選択のされやすさの重みをつけられる。

図5はその概念図である。スキル学習においては、フィードバック効果として、ある行動に対して正否の情報を与えることによる基準の獲得がある。ある状況と類似した状況に遭遇した場合に、事前に経験した状況に対する正のフィードバックを与えた場合には、その行動が選択されやすくなり、負のフィードバックを与えた場合には、選択されにくくなる [8], [18]。図5では、状況認知後の反応選択のモデルを示しており、これを本質的には実体験を通じて獲得していくことになる。本研究では、知識として戦術適用の場面を獲得していくことを支援し、これは、実体験による強化の前段階の学習と位置付ける。

バスケットボールのゲームにおいては、動画で特定の戦

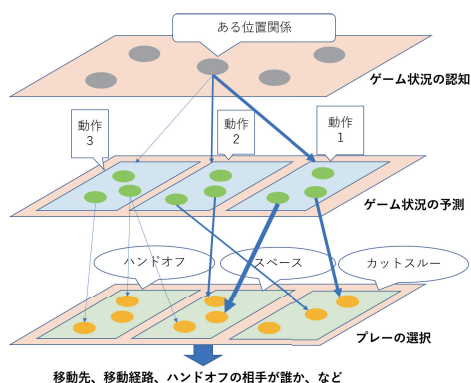


図5 状況判断における状況の認知と予測からプレイの選択までの概念図

Fig. 5 A conceptual flow diagram from an estimate situations to a response selection.

術だけを選んで視聴することは一般に困難である。また、プレイヤー同士がコート内でどのような位置関係にいるかを把握することも通常の動画では困難である。

田中 [19] は、ゲーム中のプレイヤーの動きや、位置関係の把握を的確に行うためには、上空から見下ろすように見なければならぬとしている。そこで、本研究では、試合データをもとに動画を俯瞰視できる再生環境を構成し、そのなかで基本戦術が使用されているシーンの自動抽出を行う。戦術適用シーンを強調することによって、学習者へのある状況における選択のパターン形成を行わせ、基本戦術の適用判断支援を行う。

## 4. システム設計および開発

### 4.1 システムの概要

本システムは、バスケットボールを対象としたシステム設定を行うが、基本的な構成は他の TSSF にも適用可能である。試合の動画を見るなかで、基本戦術を使用しているプレイヤーの色を変化させることによって、どのような状況で基本戦術が使用されているのか、またそのプレイヤーがどのような動きをするかなどの視聴が俯瞰視点で実現される。システムの開発環境を表3に示す。

本システムでは、学習者が見たい基本戦術の使用されているシーンへのジャンプを行うことで、試合全体から断片的なシーンのみでも学習が可能になる。

図6に本システムのインタフェースを示す。上部には、動画によるシミュレーション画面、下部には、タイムライン上に抽出されたベース戦術の位置表示画面が示される。動画中では、プレイヤーは色分けされており、何も戦術が照合されていない場合のホーム、ビジターチームプレイヤーに分かれた色に対して、戦術発動時に該当するプレイヤーには、その戦術の凡例に応じた色付けがなされる。以下に図6の番号と機能の対応を示す。

- (1) シミュレーション表示部
- (2) 凡例 (プレイヤー・基本戦術)
- (3) シークバー、再生・停止・逆再生ボタン
- (4) ジャンプバー

### 4.2 シミュレーション表示機能

学習者は、俯瞰視点でバスケットボールの試合のシミュレーションを視聴できる。この基本的な実装は、K. Linou

表3 システムの開発環境

Table 3 An environment of system development.

OS	Windows10
CPU	Intel Core i5-6600
Memory	8 GB
使用言語	Python3.6.5
試合データ形式	JSON

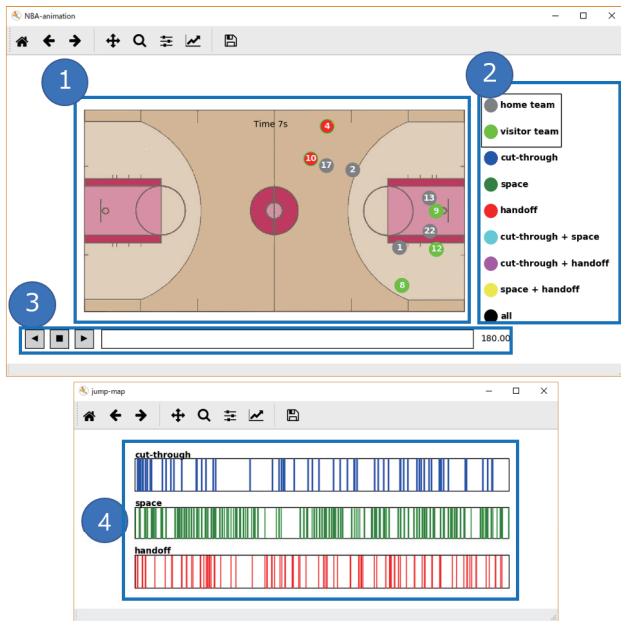


図 6 システム全体の UI  
Fig. 6 User interface of the system.

氏の公開レポジトリ\*1のソースを改変して構築し、データも本システムに応じて整形しなおして使用した。シミュレーションを作成するために使用するデータは、本論文では2016年のNBAの試合データ（オープンデータ）を用いた。本データには、1試合分のコート内のプレイヤーとボールのxy座標が、フレームごとに格納されている。また、プレイヤーとボールのデータは区別されており、判別できるようになっている。NBAのコートはFPS単位系で、長辺が94ft、短辺が50ftとなっている。これを、MKS単位系に変換すると、コートの長辺が28.65m、短辺が15.24mとなる。データは、FPS単位系となっていることから、座標データで1ftの差は実際のコート上では約30cmの差になる。Pythonのmatplotlibを使用し、読み込んだデータから、フレームごとにプレイヤーとボールの座標を中心とする円を描画することで、シミュレーションを作成している。フレームレートは25fpsである。

### 4.3 プレイヤーの色分け機能

表4に、色と基本戦術の対応を示す。あらかじめ試合のデータに対して、開発したプログラムを使用し、カットスルー・スペース・ハンドオフのベース戦術が使用されているシーンを抽出しておく。抽出したベース戦術の重なりがあると組合せの基本戦術としてそれに応じた色に変更する。このようにして、シミュレーションを行う際に、それらの基本戦術が使用されているシーンになると、対応するプレイヤーの色を変化させる。色の変化は、基本戦術の使用と判定される20フレーム前から開始する。これにより学習者が、基本戦術の適用シーンの開始の流れのなかで認識

\*1 <https://github.com/linouk23/>

表 4 色と基本戦術の対応

Table 4 Relationship between basic tactics and the colors.

色	基本戦術
青	カットスルー
緑	スペース
赤	ハンドオフ
シアン	カットスルー+スペース
マゼンタ	カットスルー+ハンドオフ
イエロー	スペース+ハンドオフ
黒	カットスルー+スペース+ハンドオフ

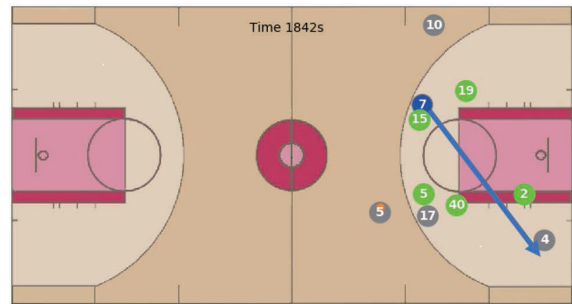


図 7 カットスルーの実例  
Fig. 7 An example of cut-through play.

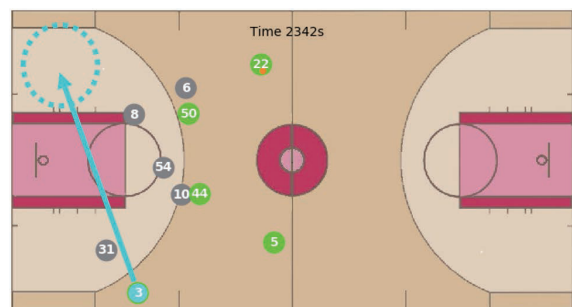


図 8 カットスルー+スペースの実例  
Fig. 8 A combined example of cut-through and blank space plays.

しやすくしている。20フレームにした理由は、戦術開始前の色を変化させる時間が、長すぎてしまうとどこからが戦術なのか分かりにくく、短すぎると戦術の始まりを見逃してしまうためである。よって、1秒（25フレーム）以下を目途に試行錯誤を繰り返し、20フレームとした。実際にどのように色が変わるのかを、一部例として図7（カットスルー）および図8（カットスルー+スペース）に示す。

### 4.4 ジャンプ機能

バスケットボールの試合時間は、ハーフタイムやインターバルを除いて約50分におよぶ。試合時間のなかで、特定のシーンを通常の再生機能から探し出して視聴するのは困難である。本システムでは、学習したい基本戦術の使用シーンを、アンカにより直接参照できるようにジャンプ機能を設けた。

ジャンプバーには、図 6 のように、上からカットスルー・スペース・ハンドオフのベース戦術 3 種類が使用されているフレームが表示されている。外枠の四角は左端が 0、右端が最後のフレームとなっており、右に行くほどタイムスタンプが進む。色がついているところは、カットスルー・スペース・ハンドオフに関する戦術が使用されているシーンを表している。任意の着色部をクリックすることで、そのシーンの時刻へとシミュレーション内をジャンプさせることができる。

## 5. 評価

### 5.1 実験設計とその実施

#### 5.1.1 実験概要

実験の目的は、初学者を対象とする基本戦術の適用判断を支援する環境の提案に対して、その試行評価を行うことである。本研究の提案手法で支援した群（以下、A 群）と、本システムでのシミュレーション提示のみを使用する群（以下、B 群）の 2 群で、一定時間内に同様の学習を行う。学習者の判断結果の相違を観測する。また、学習に差が生じた場合の補填として、実験時とは別に評価後はシステムの自由な利用を可能にしている。

実験の対象外となる熟練者とは、(1) 3 年以上クラブに所属していた経験があり、(2) バスケットボールの戦術や戦略を知識や経験により無知ではなく、(3) それを意識しながらプレイする、またはしたことがある者とする。本実験では、バスケットボールの熟練者とはいえない初学者の 20 代の大学生 20 人が参加する。また、支援するのは、バスケットボールのオフェンス側とする。システム利用の事前と事後にアンケートを行った。実験全体の流れを図 9 に示す。

#### 5.1.2 事前アンケート

システム利用前に、被験者に対して実験説明とアンケートを行う。実験では、手順・操作および内容に関する説明を行い、自由意思に基づく参加および任意のタイミングでの実験の中断に関する同意の下に実施した。アンケートでは、バスケットボールやその他の TSSF のプレイ経験、観戦経験の有無や、嗜好性、プレイするときに戦術を意識して

いたかなどを問い、本実験の対象者としての適性を確認する。その後、全被験者を A、B の 2 群に無作為に 10 人ずつ群分けする。他の TSSF の経験も聞いているのは、人数やフィールドの大きさなどに違いがあっても、その経験がバスケットボールの戦術にも活かせる可能性があるためである。

事前アンケートの結果、小学生期、高校生期に 1 年程度のクラブ活動に属していた被験者が各 1 人おり、当時はそのチームでの戦術や戦略に基づいてプレイしていたとの結果が得られたが、熟練者とはいえず、全員が初学者として実験に参加させた。なお、バスケットボール以外の TSSF の経験では、サッカー経験者が 4 人含まれていた。

#### 5.1.3 システム利用調査

システム利用の流れは、事前視聴、学習、学習後の判断確認、の 3 つのフェーズに分けられる。

事前視聴フェーズでは、被験者には、システムの基本的な使い方や、シミュレーションの動作に慣れさせるために、5 分間シミュレーションのみのシステムを使用させる。このときに使用する試合データは、学習や学習後の判断確認の際に使用するデータとは異なるものである。被験者に対して、基本戦術について、カットスルー、スペース、ハンドオフがどのような動きであるかを、3.1 節の抽出処理に従い、口頭で説明を行う。

学習フェーズでは、A 群は、支援ありのシステムとして、基本戦術の適用シーン抽出を行い、色の変化やジャンプ機能の付いたシミュレーションを 10 分視聴させる。B 群は、支援なしのシステムとして、基本戦術の適用シーン抽出を行っていないシミュレーションを、10 分視聴させる。

学習後の判断確認フェーズでは、被験者に対して、基本戦術の適用が判断できるかを 2 段階で確認する。

1 つ目の確認は、被験者による基本戦術の識別可否である。被験者には抽出した基本戦術のシミュレーションから切り出したシーンを視聴させ、そのとき色が変わったプレイヤーが、どの基本戦術を使用しているかを 30 シーン分回答させる（以下認識調査）。

2 つ目の確認は、抽出した基本戦術のシミュレーションから切り出したシーンを少しの時間動作させた後、基本戦術適用の直前でいったん停止させる。被験者には、停止した後にオフェンスプレイヤーがその後、どの基本戦術を使用するかを、停止した直前の動きや、そのときのプレイヤーの位置関係をもとに予想して、30 シーン分回答させる（以下予想調査）。全 30 シーンのうち前半の 15 シーンは、基本戦術の予想のみだが、後半の 15 シーンは、基本戦術の予想に加えて、それをどのプレイヤーが使用するのかも予想させる。

#### 5.1.4 事後アンケート

事後アンケートでは、各基本戦術の理解、認識ができたと思うかどうか、システムの改善案がないかどうかを聞いた。また、A 群に対してのみ、シミュレーション内の色の変化の視認が容易であったかどうかを聞いた。

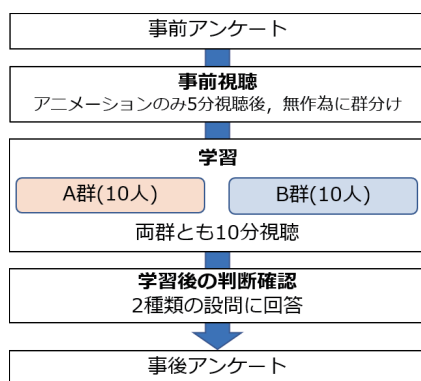


図 9 実験概要

Fig. 9 The design of experiment.

### 5.1.5 評価方法

システム利用データを用いた評価と事後アンケートによる評価を行う。システム利用データの評価は各調査の結果をもとに行う。

認識調査の評価では、被験者の選択した回答が、システムの抽出した基本戦術と同じならば1点とする。認識調査の点数が高いほど、被験者は基本戦術が認識できるようになっていると判断する。

予想調査の評価では、被験者と同じシーンをを用いて5.1.1項の熟練者の(1)–(3)条件を満たし、プレー歴がそれぞれ7年、3年、6年、9年、11年である熟練者5人に予想させ、システムが抽出した基本戦術、熟練者の回答、被験者の回答を得る。このとき、潜在的な事象として多様な可能性が存在するため、複数の回答選択を排除しない。これらを用いた数値化では、熟練者の回答とシステムの抽出から、基本戦術ごとに重み付けを行い、それをもとに被験者ごとの点数を算出する。システムは実際に使用された戦術を単一の回答として持ち、そして熟練者には起こりうる可能性を回答させた。そのため、実際に起こったこと(システムによる抽出)に加えて熟練者の判断も(その該当人数を)カウントすることによって重みとしている。すなわち最大6点である。

例として、前半のあるシーンで、熟練者5人のうち3人がシステムの抽出戦術であるカットスルーを使用していると答えたとき、被験者もそのシーンでカットスルーが使用されたときと回答した場合は4点となる。他の例としては、熟練者5人のうち2人がシステムの抽出戦術であるカットスルーを使用していると答えたとき、被験者もそのシーンでカットスルーが使用されたときと回答した場合は3点となる。

後半のあるシーンで、熟練者5人のうち3人がシステムの抽出と一致して1番のプレイヤーがカットスルーを使用していると答えたとき、被験者も1番がカットスルーを使用すると回答した場合は4点となるが、2番がカットスルーを使用すると回答した場合は0点となる。他の例としては、熟練者5人のうち4人がシステムの抽出と一致して1番のプレイヤーがカットスルーを使用していると答えたとき、被験者も1番がカットスルーを使用すると回答した場合は5点となる。よって、プレイヤーごとの戦術使用は、この点数に含まれている。

## 5.2 実験結果

### 5.2.1 認識調査の結果

認識調査の結果を評価する。表5は、各群( $n = 10$ )の認識調査結果を示している。A群とB群の認識調査の数値を比較すると、B群の平均(21.3)に比べ、A群の平均(25.7)と数値が高いことが分かる。

認識調査の結果に対して、Shapiro-Wilk検定により正規性を確認したところ、A群は $p = 0.2428 (\geq .05)$  (n.s.)であり、B群は $p = 0.04343 (< .05)$ であったため、正規分布からの標本とはいえなかった。また、F検定は $p = 0.8576 (\geq .05)$

表5 認識調査の結果

Table 5 A result in recognition investigation.

群	平均	(SD)
A 群	25.7	(4.1)
B 群	21.3	(4.3)

表6 予想調査の結果

Table 6 A result in expectation investigation.

群	平均	(SD)
A 群	189.1	(41.6)
B 群	143.3	(25.5)

表7 被験者の事後アンケート

Table 7 A post-questionnaire survey.

設問項目		A 群平均 (SD)	B 群平均 (SD)
カットスルー	理解できたか	4.6 (0.7)	4.7 (0.5)
	認識できたか	4.6 (0.5)	4.4 (0.7)
スペース	理解できたか	4.4 (0.5)	3.9 (0.8)
	認識できたか	4.4 (0.8)	3.1 (1.2)
ハンドオフ	理解できたか	4.8 (0.4)	5.0 (0)
	認識できたか	4.8 (0.4)	5.0 (0)
基本戦術全体	理解できたか	3.5 (0.5)	3.8 (0.9)
	認識できたか	3.7 (0.9)	3.2 (1.3)

(n.s.)であり、両群を等分散と見なし、ノンパラメトリック検定である Brunner-Munzel 検定を行う。Brunner-Munzel 検定においては、 $p = 0.026 (< .05)$ であるため、有意な差が見られた。その効果量 Cliff's  $\Delta$  は、 $\Delta = 0.53$ であった。

### 5.2.2 予想調査の結果

次に予想調査の結果を評価する。表6でA群とB群の予想調査の結果を比較すると、B群の平均(143.3)に比べ、A群平均(189.1)の方が高い。

予想調査の結果に対して、認識調査同様に、正規性と等分散性を確認する。Shapiro-Wilk 検定ではA群 $p = 0.7132$ 、B群 $p = 0.6028$ で、両群とも $p \geq .05$  (n.s.)であるため、正規母集団からの標本と見なす。また、F 検定における確率 $p = 0.1617 (\geq .05)$  (n.s.)であるため、両群等分散と見なす。よって、対応なしのパラメトリック検定である Welch 検定を行う。Welch 検定における確率は、 $p = 0.013 (< .05)$ であるため、有意な差が見られた。効果量 Cohen's  $d$  は、 $d = 1.260$ であった。

### 5.2.3 事後アンケートの結果

A群に対して行った、色の変化が見やすかったかどうかという質問に対し、A群の被験者全員が、見やすかったと回答していた。

表7に被験者に対して行った事後アンケートの結果を間隔尺度と見なして集計した結果を示す。このアンケートでは、実験開始時の説明を受けたのち、基本戦術が実際のシミュレーションの参照から理解できたか、シミュレーションを視聴して認識できたかを聞いている。A群、B群とも



に理解、認識がおおむねできたと答えている様子が分かり、群間で主観としては大きな差がない。

また、「基本戦術を使って行いたいことは何ですか」という自由記述の問いに対しては、

- 敵の気を引いてパスを出しやすくしたり、ボールを取られるリスクを減らしてパスを行うため、
- 相手の意識を分散させるように使ってボールをゴール近くまで運びたい、

といった回答があり、戦術の狙いを理解することにつながったことが示唆される。テキストでの任意にコメントを集めていたところ、A群の被験者からの意見として、ジャンプ機能に関するものが複数あった。以下にその意見をまとめる。

- 組合せ戦術の使用されている時間の分も欲しい。
- 色のついている部分が細く押しにくい。
- 現在のフレームがどこかを表示してほしい。

これらの意見を参考に、ジャンプ機能に関しては、今後改善を検討したいと考える。また、プレイヤー個人の能力や、選手が向いている方向や、体の向きを表示してほしいとの意見もあった。実際の試合では、プレイヤーの能力によって、使用される戦術が選択されることがある。また、プレイヤーの向きを見ることができれば、そのプレイヤーがどこへ向かおうとしているのかを判断する材料となるので、追加の検討が望まれる。

### 5.3 実験考察

2つの調査結果において、2群を比較すると、本システムを使用したA群と支援を受けないB群との間に有意差が見られた。よって、本研究における基本戦術の適用シーン抽出の工夫による支援の有効性が示唆される。提案システムを利用した学習者は、相対的に基本戦術の認識と予想が熟練者に近づいたのではないかと考えられる。また、事後アンケートでは、群間には主観での差があまり見られなかったが、2つの調査結果は一定の差を示していることから、判断支援に対する有効性に比して、理解に関する意識には幅があることがうかがえる。一方、自由記述からはボールを取られるリスクの減少や、相手の意識を分散させるといった記述から、守備のバランスを崩す意識が醸成されつつあると考えられる。

## 6. 結論

本研究では、戦術適用場面の判断支援環境を設計した。戦術適用場面においては、実際にゲームのなかで適用された戦術を識別し、次の展開をイメージする。そのため、特にその判断に際して、ゲーム状況の認知と予測およびプレイ選択の過程において、学習者に判断基準の形成を促す支援機能を提案した。

上記指針に従い、具体的にバスケットボールの試合を対

象としたシステムを構築した。本システムでは、シミュレーションを学習者に視認させる際、ゲーム状況の大域的な把握を促進させるため、コート全体を俯瞰視させた。また、システムが自動抽出した基本戦術に対して、学習者の気づきに貢献するために、戦術別の視覚効果を実装した。試作した支援システムの評価を行った結果、本システムにより学習者の基本戦術の認識と予想が促進されたが、判断基準の形成を評価した事後アンケートについては大きな差は見られなかった。

本研究では、バスケットボールの本論文記載の基本戦術のみに焦点を当てたが、戦術の細分化や他の戦術展開などによる提案機能の拡張や、シミュレーションに加えて実映像の同期提示といった拡張は今後の課題である。さらに、バスケットボール以外のTSSFへの一般化適用についても検討を進めたい。

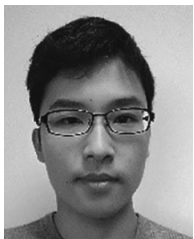
**謝辞** 本研究はJSPS科研費JP18H03344の助成を受けたものです。また、森本美行氏、高井洋平氏、上田哲史氏からの助言に謝意を表します。

### 参考文献

- [1] Lebed, F. and Bar-Eli, M.: *Complexity and Control in Team Sports: Dialectics in contesting human systems*, Routledge (2014).
- [2] Hayashi, M., Oshima, K., Tanabiki, M. and Aoki, Y.: Upper Body Pose Estimation for Team Sports Videos Using a Poselet-Regressor of Spine Pose and Body Orientation Classifiers Conditioned by the Spine Angle Prior, *Information and Media Technologies*, Vol.10, No.4, pp.531-547 (2015).
- [3] Losada, A.G., Theron, R. and Benito, A.: BKViz: A Basketball Visual Analysis Tool, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.36, pp.58-68 (2016).
- [4] Fewell, J.H., Armbruster, D., Ingraham, J., Petersen, A. and Waters, J.S.: Basketball Teams as Strategic Networks, *PLOS ONE*, Vol.7, No.11, pp.1-9 (2012).
- [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] 箭野 柀, 松浦健二, 谷岡広樹, カルンガル ギディン スティフィン, 幸田尚也, 和田智仁, 後藤田中: 対戦スポーツにおけるオフense基本戦術のシーン抽出とその応用, *教育システム情報学会第44回全国大会講演論文集*, pp.213-214 (2019).
- [7] Guthrie, E.R.: *The psychology of learning*, Harper's psychological series, Harper (1952).
- [8] リチャード・A. シュミット (著), 調枝孝治 (訳): 運動学習とパフォーマンス - 理論から実践へ, 大修館書店 (1994).
- [9] 田中雅人: ボールゲームに求められる認知スキル, *愛媛大学教育学部保健体育紀要*, Vol.4, pp.103-112 (2003).
- [10] 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*, Vol.28, No.4, pp.287-297 (1984).
- [11] 深倉和明: サッカーの状況判断に関する研究, *福島大学教育学部論集. 教育・心理部門*, Vol.57, pp.19-24 (1995).
- [12] 深倉和明, 工藤孝幾: サッカーにおけるプレーの記憶に関する研究, *福島大学教育学部論集. 教育・心理部門*,

Vol.63, pp.13-18 (1997).

- [13] Tani, T., Huang, H.H. and Kawagoe, K.: Sports play visualization system for American football, *Proc. International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Vol.1, pp.161-166 (2015).
- [14] 下園博信: 状況判断に関わる認知的トレーニング法の構築—ラグビーフットボールを対象として, 九州工業大学生命工学研究科博士論文 (2014).
- [15] 松尾晋典, 伊藤数馬, 若林紀乃, 木村和宏: バスケットボール競技のチーム戦術に関する一考察, *社会情報学研究*, Vol.16, pp.75-82 (2010).
- [16] 田中雅人, 山中 亮: ボールゲームにおける戦術理解の構造とその発達, *愛媛大学教育学部紀要*, 第1部, 教育科学, Vol.48, No.1, pp.57-70 (2001).
- [17] 富樫英樹: バスケットボールチーム戦術の基本と実践, 成美堂出版 (2015).
- [18] Yamada, K. and Matsuura, K.: Design of an Environment for Motor-skill Development based on Realtime Feedback, *Workshop Proc. International Conference on Computers in Education*, pp.799-804 (2014).
- [19] 田中雅人: ボールゲームにおける状況判断と知識の構造, *愛媛大学教育学部紀要*, Vol.51, No.1, pp.107-114 (2004).



箭野 柊 (学生会員)

1997年生。2019年徳島大学工学部知能情報工学科卒業。同年同大学大学院博士前期課程入学, 現在, 在学中。チームスポーツにおける戦術理解支援の研究に従事。



松浦 健二 (正会員)

1971年生。1996年徳島大学大学院博士前期課程修了。NTT就職, 退職を経て, 2002年徳島大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。2002年ドイツKMRC研究員。2003年徳島大学助手。2015年同大学教授。電子情報通信学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会, 日本教育工学会各会員。



谷岡 広樹 (正会員)

1973年生。1997年千葉大学卒業, 同年株式会社ジャストシステム入社, 2008年信州大学大学院修了。博士(工学)。2011年古河インフォメーション・テクノロジー株式会社, 2014年株式会社ワークスアプリケーションズを経て, 2016年より徳島大学助教。人工知能学会, 言語処理学会, IEEE, ACM, 教育システム情報学会, 日本医療情報学会各会員。



カルンガル ステファン

1969年生。1993年MOI大学電子情報通信工学科卒業。2001年徳島大学大学院工学研究科博士前期課程修了, 2004年同博士後期課程修了。博士(工学)。2004年徳島大学助手, 現在, 同講師。IEEE, ACM各会員。



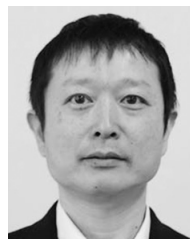
幸田 尚也

1995年生。2018年徳島大学工学部知能情報工学科卒業。同年同大学大学院博士前期課程入学, 現在, 在学中。チームスポーツにおけるフェイント動作学習支援の研究に従事。



後藤田 中

1979年生。2010年徳島大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。2010年日本学術振興会特別研究員, 2012年国立スポーツ科学センター研究員, 2015年香川大学総合情報センター助教を経て, 2018年より同センター准教授。身体知および情報セキュリティを対象とした教育支援システムに関する研究に従事。電子情報通信学会, 教育システム情報学会, 人工知能学会, ヒューマンインタフェース学会各会員。



和田 智仁 (正会員)

1972年生。1995年九州工業大学情報工学部卒業, 2000年同大学大学院修了。博士(情報工学)。1999年鹿屋体育大学助手, 2007年同准教授。現在, 同スポーツ情報センター長。日本体育学会, 日本スポーツパフォーマンス学会, 映像情報メディア学会, 教育システム情報学会, 日本機械学会各会員。