

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

山本 雄平^{1,a)} 田中 成典² 姜 文淵¹ 中村 健二³ 田中 ちひろ⁴ 清尾 直輝⁴

受付日 2017年8月17日, 採録日 2018年2月1日

概要: 我が国では, 2020年の東京オリンピックに向けて, スポーツに関わる政策が積極的に推し進められている. その施策の1つである「スポーツ×ICT」では, スポーツ分野における計測機器の開発やデータ計測と可視化手法の高度化, そして新サービスの提案など, 最新ICTの効果的な利活用が進められている. しかし, スポーツ分野にICTを適用する試みは始まったばかりの黎明期であり, 教育現場や地域クラブの指導者のみならず, 高度な専門知識を保有したスタッフにおいても, 自在に操ることは難しい. そこで, 本研究では, 「スポーツ×ICT」に関わる既存研究を調査し, 現状把握と効果的な活用方法を模索するとともに, アメリカンフットボールのプレーデータの可視化システムを開発する. そして, 選手にセンシング機器を適用し, 統計的手法と組み合わせてプレー分析を行い, カレッジフットボールの監督・コーチなどの指導者に新たな気づきを提供できるかの観点に基づき, 実用の可能性を検証する.

キーワード: スポーツ情報学, アメリカンフットボール, センシング, 可視化, プレー分析

Development of Visualization System and Positional Play Analysis for American Football

YUHEI YAMAMOTO^{1,a)} SHIGENORI TANAKA² WENYUAN JIANG¹ KENJI NAKAMURA³
CHIHITO TANAKA⁴ NAOKI SEIO⁴

Received: August 17, 2017, Accepted: February 1, 2018

Abstract: In our country, policies regarding sports are actively advanced towards the Tokyo 2020 Olympic Games. One of those policies, “Sports × ICT” considers effective methods of utilizing ICT (Information and Communication Technology), such as development of measurement instruments, measurement and visualization of data, and proposals for new services in the field of sports. However, since attempts to apply ICT to sports have just started these days, it is difficult not only for the leaders in schools and local sports clubs but also for the staff who possess advanced expert knowledge about sports to make full use of ICT as desired. In this research, an investigation is made into the trend of studies related to “Sports × ICT” with a focus on field sports, and a visualization system for a positional play analysis is developed to grasp the present state of team and to grope the methods of practical use. Then, its practicality is verified through motion analysis of American football players using the measuring terminal device to be combined the statistical methods, based on whether it is capable allowing the college football leaders such as managers and coaches to perceive something new.

Keywords: sports informatics, American football, sensing, visualization, positional play analysis

¹ 関西大学先端科学技術推進機構
Organization for Research and Development of Innovative
Science and Technology, Kansai University, Suita, Osaka
564-8680, Japan

² 関西大学総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University, Takatsuki, Osaka
569-1095, Japan

³ 大阪経済大学情報社会学部

Faculty of Information Technology and Social Sciences,
Osaka University of Economics, Osaka 533-8533, Japan

⁴ 関西大学大学院総合情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kansai University,
Takatsuki, Osaka 569-1095, Japan

a) y.yamamo@kansai-u.ac.jp

1. はじめに

我が国では、1961年に制定されたスポーツ振興法[1]を全面改定したスポーツ基本法[2]が2012年に制定されて以来、2015年のスポーツ庁設置[3]など、2020年の東京オリンピックに向けて、スポーツに関する政策が積極的に推し進められている。2016年6月に発表された「日本再興戦略2016」[4]では、そのなかの「官民戦略プロジェクト10」において、「スポーツの成長産業化」を重点政策の1つとして設定している。この政策の鍵となる施策では、スポーツ分野における新ビジネスの創出と産業競争力の強化などを掲げており、最新のトレーニング手法の導入や競技レベル向上のためのスポーツ向け計測機器の開発、データ解析や可視化サービスの高度化が重要なキーポイントとなっている。

このような背景の下、スポーツの分野で積極的にICTを取り入れて定量的な数値データに基づき、スポーツを解析する傾向が強まっている。スポーツへのICTの適用に関する研究では、ビデオカメラで撮影した映像に対する画像処理や小型かつ高性能なセンシング機器により計測したデータをスポーツに活用する研究が行われている。特に、GPSに代表されるGNSS(Global Navigation Satellite System)センサや加速度センサなどの各種センサを内蔵したスポーツ向けのセンシング機器は、選手の走行距離、トップスピード、プレーエリアなどの個人に関わるものから、フォーメーションの正確さなどのチーム全体に関わるものまで、定量的に計測して評価できることから様々な応用が期待される。具体的な事例の1つとして、バレーボールでは、2009年から選手やチームの強化を支援する専用の解析ソフトウェア[5]を導入し、専門のスタッフが選手の位置情報やプレーの種類などを入力してデータ化することで膨大な情報を網羅的に分析する取組みを行ってきた。これにより、データに基づく指導を徹底し、チームとしての総合力を高めることに成功している。スポーツの高度化の波は、サッカーやラグビーなどのプロスポーツにも浸透[6]しはじめており、実績を残しつつある。

一方、カレッジスポーツの現場に着目すると、ICTの導入が進んでいない現状がある。スポーツ分野にICTを適用する試みは始まったばかりの黎明期であり、スポーツそのものの専門知識に加え、ICTに関わる高度な技術や知識、経験も必要であることから、知見を有するスタッフでも自在に操ることが難しい。特に、センサの利用や計測したデータの分析は、センサ自体が海外製で取扱いが難しいことや、計測データを解析するツールが付属ソフトウェア以外にないことが普及を阻害している状況である。そのため、現状のカレッジスポーツにおけるICTの活用は、ビデオカメラなどで撮影した映像データの目視確認や、安価な

スポーツ向けセンサに付随するソフトウェアを用いてデータを確認する程度にとどまっており、複数の選手からなるチームスポーツのデータ解析が不十分な状況である。

そこで、本研究では、既存研究の調査を通じて、スポーツへのICT適用の現状把握と効果的な活用方法を模索するとともに、カレッジスポーツへの適用可能性を検討する。そのうえで、フィールドスポーツで最も複雑であるアメリカンフットボールに着目して、センシング機器を用いることで試合形式のスクリーンでのプレー分析が可能であるかを考える。その前段階として、試合形式のスクリーンではなく、練習時のパスおよびランプレーのスケルトン分析を行う必要がある。そのなかでもランプレーにおいては、ボールの行方を追うことが難しいうえ、スクリーンラインを超えた後は個人の技量に大きく依存するため、本研究ではパスプレーに焦点を当てる。

パススケルトン分析において、アメリカンフットボール部の指導者が定量的に求めている情報は次の3つである。

- パスパターンごとのクォーターバック(QB)が投げられるポイントとタイミング、ターゲットとなるワイドレシーバ(WR)のコース取りとスピード
- パスカバーごとのWRに対するラインバッカー(LB)とディフェンスバック(DB)の動きを時系列でマッピングすることと、同時にLBとDBのカバーすべきエリア
- リリース前のQBの判断基準、リリース時のLBとDBの動きの変化点、キャッチ時のプレーの最終結果

これらの情報は、WRのパス成功時のコース取りと失敗時のコース取りの比較や、WRのコース取りとLBやDBの対応によるターゲットWRごとのパス成否から解析する必要がある。しかし、パススケルトンの詳細な分析を行う前に、選手1人1人の巧拙を知る必要がある。そこで、本研究では、QBの投げるポイントとタイミング、WRのコース取りとスピード、そしてDBの反応動作の可視化を目指す。そして、可視化システムを開発し、統計的手法により選手の巧拙を定量的に把握する。

本論文では、まず2章にて、代表的なフィールドスポーツであるアメリカンフットボールとサッカーへのICT適用事例を調査し、フィールドスポーツで活用するセンシング技術を整理するとともに運用方法を明らかにする。次に、3章にて、アメリカンフットボールの関係者へのヒアリングを通して求められる情報を整理する。加えて、スポーツ現場で用いられるGNSS端末「SPI-HPU(以下、GPSports)」[7]の精度と機器特性を検証する。そして、4章にて、本研究で開発した可視化システムについて詳述し、5章で統計的手法と本システムを用いたアメリカンフットボールのプレー分析の可能性を評価して実用性を検証する。最後に、6章にて本研究を総括して、今後の展望を取りまとめる。

2. フィールドスポーツの動向と研究目的

2.1 調査の目的

アメリカンフットボールへの ICT 適用を実現するためには、国内外のフィールドスポーツにおける ICT の活用動向を把握する必要がある。そこで、本研究では、ICT の適用目的や適用方法、使用する機材やセンサ、処理技術、製品などを調査する。本調査では、CiNii [8], IEEE Xplore Digital Library [9], Google Scholar [10] を利用し、キーワードを入力することで、関連する研究や製品を検索する。検索キーワードには、「スポーツ」、「アメリカンフットボール」、「サッカー」、「追跡」、「トラッキング」、「GPS」、「センサ」、「画像処理」、「sports」、「american football」、「tracking」、「sensor」、「player」などを使用する。調査の結果から得られた文献を技術と主目的に基づき表 1 のとおり分類し、技術の分類ごとに事例を紹介する。これにより、アメリカンフットボールへの ICT の適用可能性を調査し、本研究の位置づけを明らかにする。

2.2 フィールドスポーツでの ICT 活用事例

2.2.1 アメリカンフットボールの事例

アメリカンフットボールへの ICT 適用の事例では、画像処理を用いた選手やボールのトラッキング [11], [12], [13], [14] や、プレーの分類・認識 [15], [16], [17], フォーマーション分析 [18], [19] を行う研究が主流となっている。

選手のトラッキングに関する既存研究 [11] では、選手の HOG (Histograms of Oriented Gradients) 特徴ベクトルを学習することで、高精度にトラッキングしている。また、既存研究 [12] では、前のフレームで検出した選手数に

基づき、整数線形計画で最適解を算出することで、選手のオクルージョンに対応可能で頑健なトラッキング手法を提案している。一方、ボールのトラッキングに関する既存研究 [13], [14] では、先に選手のトラッキングを行い、そのデータを活用してボールのトラッキングを行う手法が研究されている。特にアメリカンフットボールの場合は、プレーの種類としてパスプレーとランプレーの 2 種類があり、それぞれに対応するための手法が提案されている。既存研究 [13], [14] では、トラッキングしたデータを用いて、パスの成功率やオフェンス選手の最適移動尤度マップを構築することで、戦術分析に活かすことを試行しているが、画像処理による精度の問題から詳細なプレー分析は行われていない状況である。

プレーの分類・認識に関する既存研究 [15], [16], [17] では、画像処理により得られた選手の移動軌跡から、オフェンスプレーにおけるプレー属性の分類を行っている。これにより、監督やコーチが対戦相手の動きのパターンや傾向をより効率的に把握できることが報告されている。

フォーメーション分析に関する既存研究 [18], [19] では、戦術分析立案のために過去の試合の計測データからチームの戦術傾向を発見するための可視化システムを開発 [18] する試みや、オフェンスチームを自動認識しフォーメーションを検出する研究 [19] が行われている。既存研究 [18] では、プレーデータが蓄積されていることを前提として、ダウン数や残り距離、フォーメーション、ハッシュ、プレーの種類といった過去のプレーに関する情報を入力し、過去の類似プレーを検索して可視化することで戦術傾向の把握を目標としている。しかし、過去のプレーの検索のみでは、定量的なプレーの分析が難しいと考えられる。また、既存研究 [19] では、画像処理により、選手位置を特定してスクリーンラインやフォーメーションを可視化しているが、ポジションごとの選手の巧拙や相性などのプレー分析は実現していない。加えて、画像処理による選手位置推定は、現在のカレッジフットボールにおいて撮影されている動画へ適用することが困難であり、さらに精度面の問題も見られる。

これらの調査研究から、アメリカンフットボールに関する既存研究では、主に画像処理を活用し選手やボールのトラッキングに関する研究から、戦術分析の可能性を検証する研究へと動向が変化していることが分かった。

2.2.2 サッカーの事例

アメリカンフットボールと異なり、比較的解析しやすいサッカーへの ICT 適用の事例は多く見られた。なかでも、選手やボールのトラッキング [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36] が多くあり、その発展としてプレーの分類・認識 [37], [38], [39], [40] やフォーメーションを分析する研究 [41] と、自由視点や選手目線の映像を生成する研究 [42], [43], [44], [45], [46], [47]

表 1 既存研究の調査結果

Table 1 Surveying result of existed researches.

技術 主目的	画像処理技術		センシング 技術
	アメリカン フット ボール	サッカー	スポーツ全般 (アメリカン フットボ ール, サッ カー, バ スケット ボールなど)
選手・ボール のトラッキ ング	11,12,13, 14	20,21,22,23,24, 25,26,27,28,29, 30,31,32,33,34, 35,36	53,54,55,56,57, 58,59,60
プレーの 分類・認識	15,16,17	37,38,39,40	
フォーメー ション分析	18,19	41	
自由視点・ 選手目線の 映像生成		42,43,44,45, 46,47	
状態・パ フォーマン ス評価			48,49,50,51,52

が行われている。

選手のトラッキングに関する研究 [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32] やボールのトラッキングに関する研究 [33], [34], [35], [36] では、画像中から選手やボールを抽出する手法と、抽出されたデータを時系列的に解析してトラッキングする手法の組合せにより実現されている。これらの研究では、画像中の輝度や色情報に基づき選手を抽出する手法 [20], [21], [22], [23] が用いられており、高精度化に向けて HOG 特徴量を用いる手法 [24], カルマンフィルタを用いる手法 [25], パーティクルフィルタを用いる手法 [26], [27], [28], [29], [30], レベルセット法を用いる手法 [23], [31] などが提案されている。また、入力映像として 1 台のカメラで撮影した映像の他に、自由視点からの複数台のカメラで撮影した映像を用いる研究 [24], [29], [32] がある。この手法は、1 台のカメラによるオクルージョン率を解消する目的で実施されている。そのほかにもトラッキングに関する研究として、スポーツ中継映像や試合映像から選手やボールの位置を抽出する研究 [33], [34], [35], [36] なども行われている。

一方、プレーの分類・認識に関する研究 [37], [38], [39], [40] では、前述のトラッキングの結果を活用して、ボールタッチやドリブルなどのプレー中のイベントを認識する研究や、選手の軌跡からフォーメーションを認識する研究 [41] がなされている。これらの研究の傾向としては、トラッキングデータを用いたサッカーの戦術分析を目標としていることがあげられる。

また、トラッキングの成果を活用してテレビ放送や Web によるデータ提供のための自由視点や選手目線の映像生成に関する研究 [42], [43], [44], [45], [46], [47] が行われている。これらの研究で用いられる手法は、選手やボールのトラッキング手法に加えて、複数の地点から撮影した映像に基づく 3 次元モデルを生成し、テクスチャを重ねる手法が用いられている。自由視点生成に関する既存研究の課題には、複数の映像データから生成したテクスチャを 3 次元モデルに適用するときの位置情報の精度不足やオクルージョンへの対応といった点があげられている。

これらの調査研究を通じて、サッカーに関する既存研究では、画像処理により選手やボールのトラッキングに関する研究から、戦術分析やテレビ放送などを目的とした研究へと動向が変化していることが分かった。

2.3 フィールドスポーツでのセンシング技術の可能性

最近の動向として「スポーツ × ICT」戦略の時勢より、高性能なセンサがスポーツ全般に取り入れられている。フィールドスポーツのセンシング技術は、小型の GNSS やビーコン (RFID: Radio Frequency Identifier), 無線通信 (Wifi や Bluetooth) を用いて、選手やボールの位置を取得する技術や、加速度センサや心拍センサにより選手やボ-

ールの状態を取得する技術に大別できるが、最近では両技術の組合せが主流となっている。本節では、GNSS と無線通信に大別して、加速度や心拍センサを加えて、選手とボールの情報の取得に関する既存研究や製品を調査する。

GNSS センサと、加速度センサや心拍センサを利用した既存研究 [48], [49] では、選手の移動距離、速度と心拍数を取得することで、選手の試合中の運動量および運動強度の把握や、ボールコントロール、パス、キック、スプリント、疾走、ドリブルの総合能力の推定を実現している。これらの情報を用いて選手の競技パフォーマンスの向上を目指している。GNSS センサ、加速度センサ、心拍センサの既存製品として、それぞれのセンサを内蔵したスマートフォンやスマートウォッチがあげられる。これらの製品をスポーツに応用した研究 [50], [51], [52] も多くなされている。

また、センサを内蔵したボール製品として、Adidas 社の miCoach Smart Ball [53] や、94Fifty 社の Smart Sensor Basketball [54] があげられる。これらの製品は、サッカーボールやバスケットボールに加速度センサやジャイロセンサを内蔵し、ボールの軌跡、速度、回転、方向を取得している。これにより、画像処理による計測よりも高精度にボールの情報を取得できる。これらのセンサの精度は、種類により大きく異なる。そのため、センサ情報の精度を向上させるため、様々な補正技術が開発されている。たとえば、既存研究 [55], [56], [57] では、計測時の衛星状況と歩行者トリップデータを用いて、信頼性の高い位置情報を選択し、歩行者の移動軌跡の精度を向上させている。また、既存研究 [58] では、加速度のデータから、手ぶれなどの微小な振動を除去するため、周波数に着目し、ローパスフィルタを用いた除去処理を行い、信頼性の高い加速度データを取得している。

無線通信と加速度や心拍センサを利用した既存研究 [59], [60] では、GNSS を受信できない室内のバスケットボールを対象として、RFID と受信基地局を利用した選手の追跡と、加速度センサの情報を利用した選手の動きの推定をリアルタイムに実現している。無線通信技術を利用した既存製品として、Fraunhofer IIS 社の RedFIR [61] や ChyronHego 社の ZXY システム [62] があげられる。この 2 つの製品では、無線通信デバイスを選手に装着することで、リアルタイムに室内外の選手の位置特定を実現している。

無線通信技術でボールの軌跡や状態を取得する既存研究 [63] では、アメリカンフットボールに内蔵した無線通信ユニットから発信された信号をフィールド上のアンテナで受信し、ボールの位置を特定している。このような技術を利用する既存製品として、Catapult Sports 社の SmartBall [64] があげられる。SmartBall では、サッカーボール内に内蔵されているビーコンと選手に装着している GNSS ユニットとの電波通信を用いて、プレー中のボールの位置を特定している。

これらの調査研究から、フィールドスポーツのセンシングに関する既存研究では、選手やボールの位置情報や状態をセンシング技術により獲得することを試みていることが分かった。しかし一方で、プレー分析を行う事例は見られず、センサにより選手やボールの位置情報を計測することが主目的となっている状況である。そのため、これらのシステムで計測したデータを用いて、今後、戦術分析などに展開することが期待される。

3. 研究の概要

3.1 研究の目的

本研究では、カレッジフィールドスポーツ全般で活用可能な技術開発を目指し、複雑で難易度の高いアメリカンフットボールを対象とした可視化システムの開発を目的とする。そして、将来的には、本研究で得られたノウハウをプロスポーツや地域のスポーツクラブに展開し、「スポーツ × ICT」の実現に寄与することを目指す。既存研究の調査と整理の結果、アメリカンフットボールのプレー分析に関する研究は少なく、カレッジフットボールでの実用には至っていないことが分かった。一方で、既存研究の報告のとおり、選手の位置情報や移動速度などの計測に画像処理やセンシング技術を用いることが一般化しつつある。

現状のカレッジフットボールでは、マネージャがビデオカメラで撮影した映像を監督やコーチが目視で確認し、選手間の相性や選手の動き方、プレーの成否から、選手の成長や改善点を感覚的に把握して指導されている。しかし、これらの映像データは、ビデオカメラを手持ちで撮影しており、さらにチルトやパンといった動きに加えてズーム動作も含まれるため、既存研究で用いられている画像処理技術を適用することは難しい。さらに、現在の動画データは、映像の視認によるその日の振り返りが主であり、過去の情報との比較などに活用できない。

これらの課題の解消には、日々の計測データを蓄積するプラットフォームの構築し、その計測データの分析結果に基づく指導方法が有効である。しかし、蓄積すべきデータは分析方法により異なることに加え、具体的にどのようなデータを用いてどう分析すれば効果的であるかが明らかになっていない。そのため、本研究では、アメリカンフットボール関係者へのヒアリングを通してアメリカンフットボールの分析に必要な情報を整理するとともに、定量的な分析の実現に向けて情報を可視化するシステムを開発する。そして、計測データに対して統計的手法を用いた個別の選手の分析と、選手間の関係を考慮した分析を行い、その結果を提示することで、1章で述べた指導者が求める新たな気づきとなる3つの情報を提供可能であることを検証する。

3.2 アメリカンフットボールのプレー分析

3.2.1 プレー分析の目的

本研究では、アメリカンフットボールの練習や試合における選手の位置情報を計測したデータに対して統計的手法を適用し、選手ごとの巧拙や選手間の相性を分析することを目的とする。そして、統計的手法にて明らかとなった傾向の原因を把握するため、可視化システムにて、実際のプレーデータを参照する。そのことにより、なぜそのような傾向が見られたのかの詳細を把握できるかを確認する。

3.2.2 アメリカンフットボールの概要

アメリカンフットボールは、オフェンスとディフェンス各11人で戦うスポーツである。オフェンスは、ランプレーまたはパスプレーにより相手チームの陣地の一番奥にあるエンドゾーンまでボールを運び、ディフェンスはそれを防ぐ役割を担う。試合では、オフェンスがディフェンスに止められるまでの約10秒程度を1プレーとして進行し、オフェンス側が最大4回のプレー以内に10ヤード以上進めなかった場合に攻守が交代する。試合で勝利するためには、オフェンス側のボールに触れることができるクォーターバック (QB)、タイトエンド (TE)、ワイドレシーバー (WR)、ランニングバック (RB) のポジションの選手の動きと、ディフェンス側の相手チームの攻撃を妨害するラインバッカー (LB)、ディフェンスバック (DB) のポジションの動きの分析が非常に重要である。特に、パスプレーが成功した場合は局面が大きく変化する場合が多く、パスプレーの要となるQB、WRとDBの動きの分析は重要であるといえる。

3.2.3 現状の分析方法

パフォーマンスの向上を目的としたプレーの分析方法では、国内における社会人チーム、学生チームに限らず、ビデオカメラで撮影した映像から、監督やコーチ、アナリストが分析するケースが主流となっている。こうした背景には、スポーツ分野で映像を管理・共有するためのソフトウェア [65] の台頭がある。このソフトウェアは、クラウド上への映像のアップロードと映像データの共有やタグ付けが可能でソフトウェアである。これは、ビデオカメラの映像のみを使用するため、プレー解析のためのコストを最小限に抑えることができる。しかし、映像によるプレーの確認だけでは、撮影位置の問題で死角やオクルージョンが生じて詳細が分からない場合や、選手の速度や距離などの数値的なデータが確認できず、プレーを正確に把握できない問題がある。そのため、監督やコーチ、選手の主観による指導や練習となる場合が多いことが課題となっている。

一方、海外のプロチームに着目すると、画像処理により得られた選手の位置情報、GNSSセンサやRFIDで獲得した位置情報などを用いて、選手の移動軌跡や移動速度、心拍数などの定量的な数値データを用いて練習や試合のプレーを分析している事例がある。この方法では、専用の機

表 2 可視化のニーズとシーズとの対応関係
Table 2 Correspondence between needs and seeds.

質問の分類	項目番号	得られた意見 (ニーズ)	ICT (シーズ)		
			人の状態を把握する技術	人の位置を把握する技術	ボールの位置を把握する技術
選手, ボールのトラッキング	1	練習や試合における選手同士の距離を把握したい		○	
	2	複数のビデオカメラで撮影した映像やレーザの点群データ等を融合することで試合中でも利用可能な高精度なトラッキングを実現したい		○	
	3	パスプレーの強化のため, ボールの軌道や高度, 回転数, 着地点などを把握したい		○	○
プレーの分類・認識	4	練習や試合において, 監督とコーチの指示通りのフォーメーションや動きを再現できているかを把握したい		○	
	5	ビデオカメラ等で撮影した動画から数秒毎のワンプレーを切り出したい		—	
フォーメーション分析	6	選手に機材を着けない方法で選手の動きやフォーメーションをリアルタイムに把握したい	○	○	
	7	試合相手チームの動きやフォーメーションをリアルタイムに把握したい	○	○	
機能・パフォーマンス評価	8	選手交代の判断のため, 選手の疲労状況を把握したい	○	○	
	9	歩数, トレーニング強度, プレーの偏り, 視線の動きなどを把握したい	○	○	
	10	普段のトップスピードや最大心拍数を計測し, 練習や試合でどの程度パフォーマンスが出せているかを把握したい	○	○	
	11	選手のトップスピードの持続時間を把握したい	○	○	
	12	パスプレーにおける QB と WR の相性を把握したい	○	○	○
	13	怪我の防止のため, どの程度の衝撃を受けているかを定量的に把握したい	○	○	
	14	自チームと相手チームの人員やその配置からプレーの成功率を事前に把握したい	○	○	○

材やソフトウェア, 専門の知識を有するスタッフの雇用などコストが必要となるが, 選手の数値情報に基づく適切な指導が可能である。

以上のことから, カレッジスポーツを含めた国内のセミプロチームにおいても, 海外のプロチームと同様の定量的な分析が可能な技術が求められている。

3.2.4 分析に求められる情報のヒアリング

本研究では, カレッジスポーツのアメリカンフットボールにおける現状の分析方法をふまえ, より高度な分析を実現するために, 指導者が求めている情報をヒアリングして取りまとめる。ヒアリングは, 2016~2017年度関西大学アメリカンフットボール部の監督, コーチ, 主務, 選手(現役, OB)を対象として, 既存研究の主目標である選手・ボールのトラッキング, プレーの分類・認識, フォーメーション分析, 状態・パフォーマンス分析について網羅的に実施した。

3.2.5 ヒアリング結果の整理

ヒアリング結果から得られた意見を既存研究の分類(表1)に合わせて整理したものを表2に示す。得られた意見(ニーズ)を確認すると, 項目1, 2, 4, 6, 7などの選手の位置情報に関する項目と, 項目3のようなボールの位置情報に基づく項目, 項目8, 9, 10, 11, 13などの各選手の能力に関する項目と項目5, 12, 14などの戦術の予測や分析に関する項目があることが分かる。そして, 各項目に関連する

表 3 GPSports 社の SPI HPU の仕様

Table 3 Specification of SPI-HPU provided by GPSports.

製品名	製造元	サンプリング数	稼働時間
SPI HPU	GPSports 社	15Hz (GPS) 100Hz (加速度)	約 6 時間

ICT (シーズ) 整理した。これらの3つの技術のうち人の位置を把握する技術はすべての項目に必要であることが分かる。そこで, 本研究では, オフェンスチームの能力向上を最優先として, 人の位置情報の把握により実現可能な項目1と項目4と, さらに統計的手法と組み合わせて分析する項目12に着目してカレッジスポーツでのプレー分析の実用の可能性を検証する。

3.3 プレー分析のための位置情報の獲得

3.3.1 獲得方法

本研究では, 表2の項目1, 4, 12に関する有益な情報を指導者に提供するために, 映像からの正確な選手の位置情報取得は難しいことから, GNSS センサである GPSports を用いる。GPSports の仕様を表3に示す。これは, GPSports 本体を挿入可能なポケットが背中についたベストを各選手が着用することで, GNSS による位置情報を計測する機器である。GPSports の選定理由を次に示す。

- 海外のプロチームでの利用実績が多数あること

表 4 u-blox 社 M8P の仕様

Table 4 Specification of M8P provided by u-blox.

製品名	製造元	サンプリング数	稼働時間
M8P	u-blox 社	5Hz	外部バッテリーに依存

- スポーツ向けであり、高頻度で GPS データを取得可能であること
- 内蔵された加速度センサを用いた位置情報の補正により高精度に位置情報を取得可能であること
- 心拍センサとの連動が可能であり、将来的に選手のパフォーマンスの解析に非常に有用であること

以上の特徴から、GPSports を活用することで高精度な位置情報を用いてプレーの分析が実現できると考えられる。

3.3.2 GPSports の計測精度の検証

(1) 精度検証の目的

本検証は、プレー分析を行う前に位置情報の精度や機器特性を把握することを目的とする。これにより、現在市販され実用されているセンシングデバイスを活用するときの精度の参考値を取りまとめる。

(2) 精度検証の方法

精度検証は、高精度な u-blox 社の RTK-GNSS センサである M8P をリファレンスセンサとして用いて、移動時の計測誤差を確認する。u-blox 社の M8P の仕様を表 4 に示す。M8P は事前実験の結果から絶対精度が 5cm 程度であることが分かっており、リファレンスセンサとして十分な精度を有している。本検証では、スポーツシーンを想定するため、M8P と GPSports で同時に移動しているときのデータを計測し、その精度と機器特性を取りまとめる。本検証の実験場所は、関西大学高槻キャンパスの第一グラウンド（アメリカンフットボール部練習場所）とした。GPSports の計測精度の検証手順を次に示す。

STEP 1: 15 台の GPSports の電源を投入し、木製の円盤上に設置する。

STEP 2: 精度比較に用いるリファレンスセンサ 2 台を円盤の両端に設置する。

STEP 3: 機器一式を設置した円盤を計測者の頭上に掲げて保持し、すべての端末が GPS 信号を受信開始したことを確認する。

STEP 4: 関西大学高槻キャンパスの第一グラウンドのフィールドに沿って図 1 に示す経路で移動して計測する。

本検証では、図 1 に示すとおり、直線 1 から直線 4 における同時刻に計測された GPSports と M8P の位置情報を比較し、その 2 点間距離から最大値、最小値、平均値、標準偏差を算出する。

(3) 精度検証の結果

図 1 の直線 1 から直線 4 を走行したときの計測誤差を

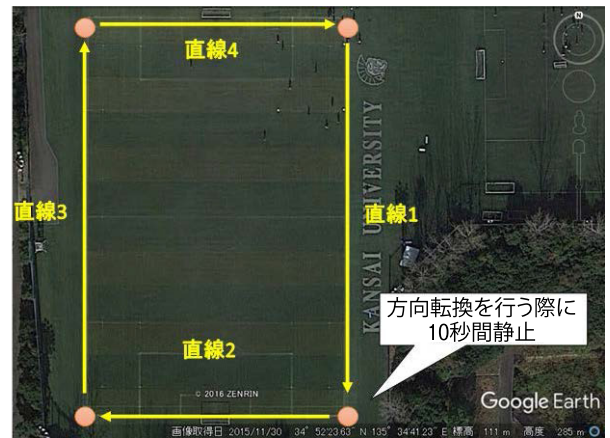


図 1 計測経路

Fig. 1 Measurement path.

表 5 直線 1 から直線 4 の移動時の誤差

Table 5 Measurement error of each line while moving.

	最大値 (m)	最小値 (m)	平均値 (m)	標準偏差 (m)
直線 1	8.04	2.21	6.76	1.52
直線 2	6.06	1.78	4.72	1.28
直線 3	5.77	1.26	4.77	1.29
直線 4	4.82	0.50	3.98	1.09



図 2 直線 1 の可視化結果

Fig. 2 Visualization result of straight line 1.



図 3 直線 2 の可視化結果

Fig. 3 Visualization result of straight line 2.

表 5 に示す。同じ時刻に計測した直線 1 の各センサの位置情報の軌跡を図 2 に、直線 2 の各センサの位置情報の軌跡を図 3 に示す。計測結果（表 5）の平均値を確認すると、

表 6 全部の直線の移動時の誤差

Table 6 Measurement error of all lines while moving.

	最大値 (m)		最小値 (m)		平均値 (m)		標準偏差 (m)	
	東西方向	南北方向	東西方向	南北方向	東西方向	南北方向	東西方向	南北方向
直線 1	1.98	7.79	1.36	1.74	1.76	6.53	0.17	1.51
直線 2	5.44	2.67	0.90	1.53	4.21	2.14	1.23	0.36
直線 3	0.77	5.72	0.50	1.15	0.63	4.73	0.05	1.29
直線 4	4.81	0.18	0.50	0.00	3.98	0.05	1.09	0.04

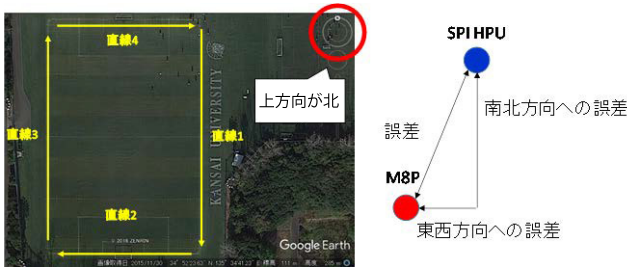


図 4 移動時の誤差分析方法

Fig. 4 Error analysis method during movement.

GPSsports の計測誤差は 5.0m 程度であり、スマートフォンと同程度の誤差であることいえる。しかし、図 2 および図 3 を確認すると、GPSsports と M8P の双方で直線 1 と直線 2 の移動を直線として正確に計測できており、大きく外れていないことが分かる。そこで、精度をより詳細に確認するため、図 4 に示すとおり関西大学高槻キャンパス第一グラウンドが南北に設置されていることを利用して、2つのセンサで計測した同時刻の位置情報を南北方向および東西方向に分解して誤差を再確認した。その結果(表 6)、直線 1 から直線 4 のいずれの場合も、進行方向に対する誤差は前述の結果と同様に 4.9m 程度であるが、進行方向に対して垂直の方向の誤差は 1.1m 程度となり、進行方向と比べて大きな差が見られた。この要因について詳細に調査したところ、同端末に内蔵された加速度センサによる補正の影響であることが分かった。実際に同時刻の計測データを確認すると、計測した位置情報が真値を後追いつける傾向が見られた。このことから、GPSsports の機器特性として後追いつける傾向があるものの、移動時の相対的な精度は 1.1m 程度として見なせることが明らかとなった。本センサは単独測位のシステムであるため、今後、準天頂衛星の整備やセンサデバイスのさらなる高性能化が予想され、計測精度は向上していくと考えられる。

4. 可視化システムの開発

4.1 可視化システムの概要

本研究では、GPSsports で計測した複数の選手の位置と速度の情報に基づき、動きや軌跡、速度、距離間といったプレー分析に必要と考えられる情報を可視化するシステムを開発する。本システムは、スポーツ分野への ICT 導入の促進の観点から、カレッジフットボールの監督やコーチの

ニーズに基づきシステムの機能要件を検討し、その要件に従って実際にそれぞれのシステムを実装する。

4.2 機能要件の検討

3章で取りまとめたヒアリング結果を考慮して選定した研究プロジェクトにおける可視化システムの要件を表 7 に示す。表 7 は、監督・コーチへのヒアリング結果に基づき、本研究で取り組む範囲を含めた本研究プロジェクトとして対応する要件を明確化したものである。表に示した網掛け部分が本研究で取り組む範囲であり、各要件がヒアリング結果(表 2)のどの項目に対応しているかを示している。本研究では、可視化に該当する 1, 4, 12 の意見から得られた 6 つの要件を満たす可視化システム(図 5)を開発する。

4.3 可視化システムの実装

可視化システムの実装画面を図 6 に示す。本システムは、4.2 節で提示した機能要件に従って図 5 の機能を具備し、GPSsports の計測データを直接読み込むことが可能なクライアントアプリケーションである。GPS データを用いる本システムでは、データ計測後すぐに俯瞰視点による位置情報や移動軌跡、選手の距離間、フォーメーションといった定量的な情報を確認できることが望ましい。これらの定量的な情報は、従来の映像の目視確認による分析と併用することで、これまでの分析の知見を活かすことができる。

具体的な画面とそれぞれの要件との対応関係を次節で詳述する。

4.4 画面の詳細

4.4.1 データ読み込み画面

データの読み込み画面(図 6 左上)は、要件 1 に対応するため、GPSsports データ解析機能を有し、そのデータをシステムに取り込む画面である。本画面では、一覧に表示された計測データの中から任意のデータを選択する。このことで、計測データに含まれる計測開始時刻から終了時刻までのすべての位置情報と速度、心拍情報を一括で取り込むことができる。

4.4.2 時刻の絞り込み画面

時刻の絞り込み画面(図 6 右上)は、期間選択機能を有し、読み込んだデータの中から、可視化するデータの絞り

表 7 研究プロジェクトにおける可視化システムの要件
Table 7 Requirement of visualization system in research project.

大項目	対応する意見項目番号			要件番号	内容
	第1フェーズ	第2フェーズ	第3フェーズ		
データ計測・蓄積	1,4,10,11	2,5,6,7,9	3,13	-	選手の計測・蓄積 - 敵選手の計測・蓄積 - ボールの計測・蓄積 - プレーの状況・環境の計測・蓄積
可視化	1,4,12 (研究範囲)	6,7,10,11	2,3,8,9,13	1	GPSports およびその他の位置情報の読み込みと可視化
				2	選手の名前, 位置情報, 移動速度などの表示
				3	位置情報の一定時間の軌跡やアニメーションなど, 時系列に沿った表示
				4	可視化の時の拡大・縮小や回転の操作
				5	任意の選手間の距離の直感的な把握
				6	映像による確認 (映像と GPS データとの同期)
				-	ボールの可視化
解析・分析	1,12	4,5,6,7,9,10	2,3,8,9,13,14	-	プレーの成功率の把握 - パスプレーにおける QB と WR の相性の把握 - 選手の疲労状況の把握

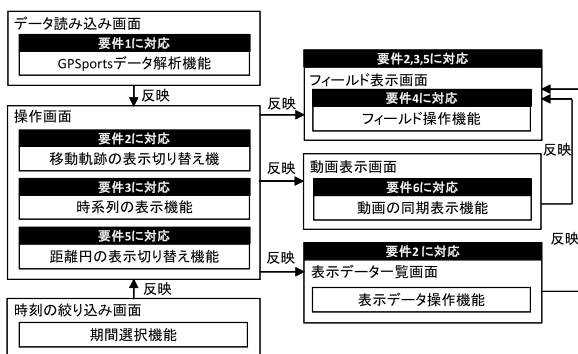


図 5 可視化システムの各機能

Fig. 5 Each function of visualization system.

込みができる。アメリカンフットボールの試合は、プレーの間の待機時間が非常に長く、1試合あたり約2時間程度を要するものの、待機時間が1時間半以上であり、実際にプレーを行っている時間は14%程度となっている。そのため、本機能により表示時間を限定することで、目的のプレーの効率的な探索が可能となり、指導者の分析に要する労力を軽減できる。

4.4.3 操作画面

操作画面(図6下)は、本システムにおける重要な画面であり、要件2に対応する移動軌跡の表示切り替え機能、

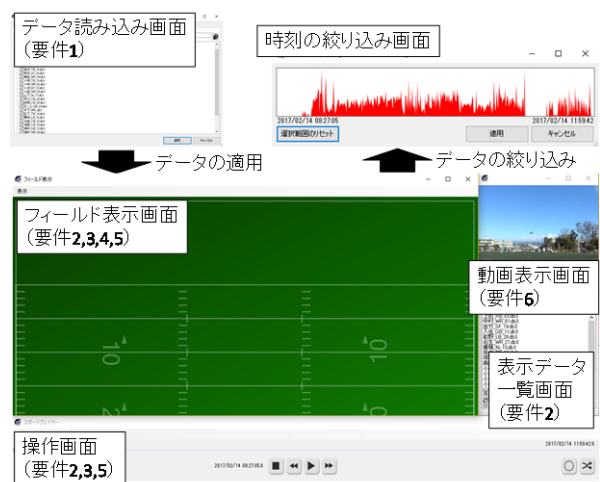


図 6 可視化システム

Fig. 6 Visualization system.

要件3に対応する一定時間の軌跡やアニメーションなどの時系列の表示機能と、要件5に対応する選手の距離円の表示切り替え機能を提供する。本画面では、アニメーションにより時系列データを表示する再生機能やプレー時刻のシーク機能により、要件3の時系列に従った表示を実現する。また、移動軌跡の表示や選手間の距離を把握するための距離円の表示することで、より詳細なプレー分析を実現

する。

移動軌跡の表示切り替え機能では、アメリカンフットボールが約 10 秒程度のプレーであることを考慮し、秒単位で表示する移動軌跡の履歴の長さを設定できる。また、距離円の表示切り替え機能では、要件 5 の選手間の距離を直感的に把握することを目的とし、1メートル単位の距離円を表示する。

4.4.4 フィールド表示画面

フィールド表示画面 (図 6 左) は、要件 2 の位置情報や移動軌跡、距離円などを表示する。本画面では、操作画面と連携して、独自に描画したフィールド上に選手の位置情報や軌跡を時系列で表示することで要件 3 を実現している。また、要件 5 に対応する距離円を同時に表示することで、プレーの状況および拡大率に応じて変化する選手間の距離を直感的に把握できる。一方で、要件 2 で提示した選手名や移動速度、心拍数などの付加情報は、フィールド上につねに描画すると選手の位置情報を示すマークと重複するため、表示データ一覧表示画面にて任意に選択した選手のみを対象に表示する。さらに、本画面では、要件 4 に対応するマウス操作で表示箇所の移動や、フィールドの拡大・縮小、回転を行うフィールド操作機能を有し、任意の選手に着目して詳細な位置関係の分析ができる。

本画面は、指導者が分析時に、解析対象の選手の情報とともに、移動軌跡を確認できるため、どのタイミングでトップスピードに近い動きを実現しているのかや、その動き出しの判断のタイミングの適切さなどを読み取ることができる。

4.4.5 動画表示画面

動画表示画面 (図 6 右) は、要件 6 に従って操作画面およびフィールド表示画面と同期して連携可能な動画の同期表示機能を有する画面である。本画面では、事前に動画の開始時刻と GPS データの時刻を関連付けて管理することで、操作画面からアニメーション表示やシーク操作を行ったときの表示時刻と同期して表示することができる。これにより、フィールド表示画面で表示された位置情報や移動軌跡、距離円を俯瞰で確認しながら、従来の動画による分析の併用を実現した。

本画面は、指導者が分析時に、位置情報や移動軌跡だけでは分からない体の向きや姿勢、ボールの情報などのセンサからは得られない情報を読み取ることができる。

4.4.6 表示データ一覧画面

表示データ一覧画面 (図 6 右下) は、要件 2 の情報を表示するときに、どの選手の情報であるかを一覧するための画面である。本システムにおいて、フィールド表示画面で常時表示するデータは、表示情報の過多による見づらさを解消するため、選手の位置情報や移動軌跡、距離円などの情報などに限定している。そのため、要件 2 で示した選手名や移動速度、心拍数などの情報は、本画面の一覧から選

択した選手のみ、ハイライトして表示できる機能を具備した。また、本画面では、選手や距離円の表示色の変更や選手の位置情報の表示と非表示の切り替えができる表示データ操作機能を具備する。

本画面では、これらの機能により、指導者の注目する特定の選手の情報のみを効率的に確認できる。

5. 選手のプレー分析

5.1 プレー分析の構想

5.1.1 分析対象

本研究では、GPSports で計測可能な情報を用いて 3 章の項目 12 (表 2) で示したパスプレーにおける QB と WR の相性の分析を行う。これには、選手個人の能力の考慮と WR の走路を妨害する DB を考慮する必要があると考えられる。そのため、本分析では、統計的手法を用いて、まず QB, WR, DB の各ポジションの能力を確認し、その後それぞれの選手間の相性を確認する。また、本研究で開発した可視化システムが分析に有用であることを確認するため、可視化システムを用いた分析をあわせて実施する。

5.1.2 分析方法

統計的手法による分析では、パスプレーの要となる QB, WR, DB のポジションを対象に、選手の巧拙の指標としてパス成功率を算出する。パス成功率を確認することで、QB の場合では、投球に至るまでの動作や投球の正確さなどを総合的に評価できる。WR の場合は、パスコースの正確性やボールに対する反応の早さを総合的に確認できる。DB の場合においても、QB と WR のパスプレーを不成功に導くディフェンス側の役割を担っていることから、パス成功率の指標の減損を確認することで DB としての能力を総合的に確認できる。本分析では、QB と WR の組合せにおけるパス成功率の変化および選手の巧拙を考慮して、関西大学アメリカンフットボール部監督およびコーチ陣とともに、選手間の相性を評価する。また、この統計的手法による分析の結果から、選手ごとの能力や選手間の相性の差異の要因を詳細に確認するため、開発した可視化システムを用いて実際のプレーを目視により確認する。これにより、可視化システムを用いたプレー分析の可能性を検証する。

5.1.3 データ計測

分析で用いるデータを表 8 に示す。本実験では、関西大学アメリカンフットボール部の協力の下、練習時と試合時の選手の位置情報を GPSports により計測した。表 8 の計測日程のうち、2017 年 2 月および 2017 年 3 月の計測データは、関西大学千里山キャンパスでの練習を計測したものであり、2017 年 4 月以降の計測データは、2017 年春シーズンの試合を計測したものである。表 8 に示したプレーパターンの詳細を図 7 に示す。パターン 1 と 2 は、QB と WR のパスプレーの練習において、DB が付いていない場合と DB が付いている場合の複数のパスコースを想定して

表 8 計測データ

Table 8 Measured data.

計測日 (2017年)	練習/ 試合	対戦 相手	計測プレー数 (件)			
			パター ン1	パター ン2	パター ン4	合計
2月12日	練習	—	0	27	20	47
2月19日	練習	—	0	0	10	10
2月20日	練習	—	0	41	34	75
2月24日	練習	—	67	0	0	67
3月17日	練習	—	186	0	5	191
3月26日	練習	—	25	0	21	46
3月31日	練習	—	100	0	59	159
4月23日	試合	法政大	0	0	27	27
5月7日	試合	龍谷大	0	0	16	16
5月28日	試合	関学大	0	0	23	23
6月18日	試合	明治大	0	0	21	21

表 9 QB を対象としたパス成功率 (DB がいない場合)

Table 9 Pass success rate for QB player (Without DB player).

QB	パス回数	成功回数	成功率 (%)
選手 A	75	60	80.00
選手 B	80	58	72.50
選手 C	48	24	50.00

表 10 WR を対象としたパス成功率 (DB がいない場合)

Table 10 Pass success rate for WR player (Without DB player).

WR	パス回数	成功回数	成功率 (%)
選手 D	30	26	86.70
選手 E	29	25	86.20
選手 F	28	20	71.40
選手 G	32	21	65.60
選手 H	31	20	64.50

表 11 DB を対象としたパスカット率

Table 11 Pass cut rate for DB player.

DB	パス回数	カット回数	カット率 (%)
選手 I	14	10	71.40
選手 J	12	8	66.70
選手 K	17	10	58.80
選手 L	10	5	50.00
選手 M	13	6	46.20
選手 N	12	4	33.30
選手 O	16	5	31.30

表 12 QB を対象としたパス成功率 (DB がいる場合)

Table 12 Pass success rate for QB player (With DB player).

QB	パス回数	成功回数	成功率 (%)
選手 A	51	26	51.00
選手 B	47	25	53.20
選手 C	33	15	45.50

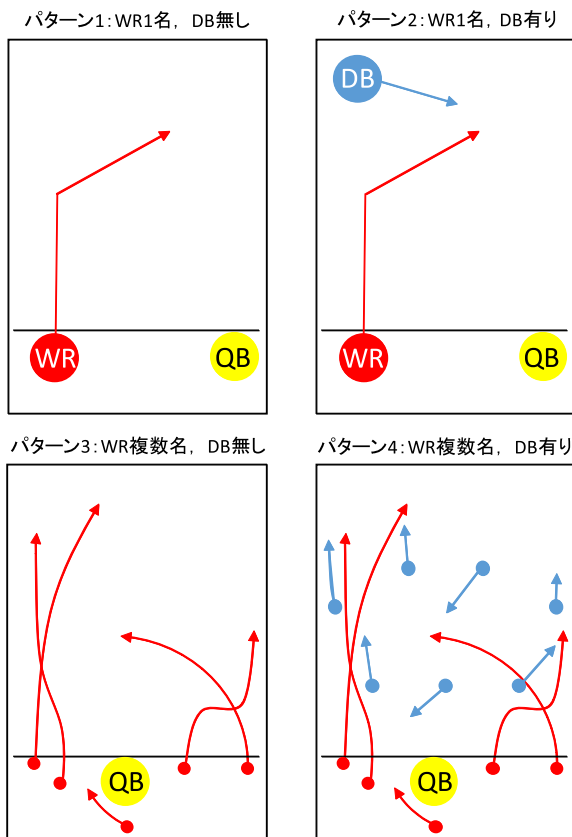


図 7 計測データのプレーパターン

Fig. 7 Play pattern of measurement data.

いる。一方、パターン 3 と 4 は、実際の試合または試合に近い形式での練習において、DB が付いていない場合と DB が付いている場合のプレーで、約 100~150 のフォーメーションを想定している。このうち、パターン 3 は、実際にパス受けるのが 1 人の WR に限られることから、QB とパスを受けた WR の組合せをパターン 1 のプレーとして追加している。

また、データ計測では、すべての計測において、GPSports により計測したデータのほかにプレーに関する情報を目視で記録する。既存研究 [18] で述べられているとおり、プレーに影響を与える可能性のあるデータは、選手の位置情

報やポジションなどのほかに、ダウン数や残り距離などの試合状況に関する情報も含まれる。したがって、統計的手法による分析に最低限必要となる情報として、1 プレーに出場した選手の一覧、プレーの開始時刻、QB の投球時刻、WR または DB の捕球時刻、プレーの終了時刻を複数名で目視により手作業で記録した。

5.2 プレー分析の結果と考察

5.2.1 統計的手法による分析結果

(1) 結果と考察

各ポジションの選手の巧拙を確認するため、各ポジションの選手のパス成功率を算出した結果を表 9 (図 7, パターン 1)、表 10 (図 7, パターン 1)、表 11 (図 7, パターン 2)、DB がいる場合の QB と WR のそれぞれのパス成功率を表 12 (図 7, パターン 2)、表 13 (図 7, パターン 2)、DB がいない場合といる場合の QB と WR の組合せにおけるパス成功率をそれぞれ表 14 (図 7, パターン 1)、表 15 (図 7, パターン 2) に示す。表 9 から表 15 には、レギュラーチームに所属する選手を下線で示し、表 14 と表 15 に

表 13 WR を対象としたパス成功率 (DB がいる場合)

Table 13 Pass success rate for WR player (With DB player).

WR	パス回数	成功回数	成功率 (%)
選手 D	19	13	68.40
選手 E	12	8	66.70
選手 F	13	10	76.90
選手 G	16	11	68.80
選手 H	7	3	42.90

表 14 QB と WR の組合せを対象としたパス成功率 (DB がない場合)

Table 14 Pass success rate for combination of QB and WR players (Without DB player).

QB	WR	パス回数	成功回数	成功率 (%)
選手 A	選手 E	15	15	100.00
選手 B	選手 D	9	8	88.90
選手 A	選手 D	15	13	86.70
選手 B	選手 G	9	7	77.80
選手 A	選手 F	17	12	70.60
選手 B	選手 E	10	7	70.00
選手 B	選手 H	10	7	70.00
選手 C	選手 P	14	9	64.30
選手 C	選手 G	15	8	53.30
選手 C	選手 Q	15	5	33.30

表 15 QB と WR の組合せを対象としたパス成功率 (DB がいる場合)

Table 15 Pass success rate for combination of QB and WR players (With DB player).

QB	WR	パス回数	成功回数	成功率 (%)
選手 A	選手 G	8	7	87.50
選手 B	選手 D	5	4	80.00
選手 C	選手 F	5	4	80.00
選手 B	選手 F	4	3	75.00
選手 A	選手 E	9	6	66.70
選手 A	選手 D	12	7	58.30
選手 B	選手 G	7	3	42.90
選手 A	選手 H	5	1	20.00

は、レギュラーチームに所属する選手同士の成功率に下線で示している。これらの結果から次に示す内容が明らかとなった。

●選手ごとの巧拙を確認できる

表 9 は、パターン 1 のうち、30 回以上プレーを行った QB のパス成功率を算出したものである。表 9 から、選手 A、B と C では、パス成功率に大きな差があることが分かる。実際に選手 A と B は、レギュラーチームに所属しており、能力が高いと評価されている選手である。また、表 10 もパターン 1 のうち、プレー回数が 25 回以上ある選手の成功率を算出したものである。表 10 を確認すると、QB と同様にレギュラーチームに所属する選手 D と E の成功率が高く、選手の能力が高いことが分かる。

表 11 は、パターン 2 のうち、10 回以上プレーを行った DB のパスカットの成功率を算出したものである。表 11 を確認すると、QB や WB の事例と同様に、レギュラーチー

ムに所属する選手 I、K、L が上位に位置している。

表 12 は、パターン 2 のうち、表 9 と同じ QB のパス成功率を算出したものである。表 9 と表 12 を比較すると、DB のマッチアップにより、どの選手も大きく成功率を下げていることが分かる。しかしながら、レギュラーチームの選手の成功率は依然として高く、個々の選手の能力が高いことが分かる。また、表 13 も、パターン 2 のうち、表 10 と同じ WR のパス成功率を算出したものである。表 13 を確認すると、DB のマッチアップにより全体的な成功率が低下するなか、選手 F は成功率を上げており、DB との駆け引きを行うことが得意な選手であると考えられる。このことから、パス成功率やパスカット率のデータを確認することで選手の巧拙を評価できることが分かった。

●選手間の適合性を確認できる

表 14 は、パターン 1 のうち、表 9 の QB と表 10 の WR の組合せのうち、DB がないプレーを行ったときのパス成功率を算出したものである。表 14 を確認すると、QB である選手 A と B とのパス成功率の差は 7.5 ポイントの差 (表 9) であるにもかかわらず、選手 E へのパスでは、選手 A の成功率が大きく上昇しており、選手 B の成功率と比較すると 30 ポイント上回る結果となった。このことから、選手 A は E との相性が良いことが読み取れる。一方、WR である選手 E と H の成功率は 20 ポイント以上の差 (表 10) があるにもかかわらず、表 14 における選手 B との組合せにおける成功率は両者とも 70% となった。このとき、選手 E の成功率が低下し、選手 H の成功率が上昇していることから、選手 B と E は良い組合せとはいえ、選手 H とは実力をより良く発揮できる組合せであると予想できる。また、WR である選手 D は選手 A と B の組合せでプレーを行っているが、両者ともに元々高水準であった成功率がさらに上昇していることが分かる。このことから選手 D は相手を選ばずに成功率の高いプレーを行うことができると考えられる。

表 15 は、パターン 2 のうち、表 12 の QB と表 13 の WR の組合せのうち、DB がいるプレーを行ったときのパス成功率を算出したものである。表 15 を確認すると、QB の中で最も成功率の低かった選手 C (表 9) が、選手 F との組合せにおいては 80% の成功率であり、最も成功率が高くなると予想される選手 B と F との組合せよりも優秀な成績となった。このとき、選手 F も成功率が上昇しており、相性の良い組合せであることが読み取れる。また、WR である選手 D は、DB がないときには選手を選ばず高水準にプレーできる選手と推測されたが、DB のマッチアップにより、選手 A と組合せた場合と、選手 B と組合せた場合とで、21.7 ポイントの大きな差が生じた。同様に選手 G も選手 A と B とで成功率が大きく異なっており、DB がないときには生じなかった相性が浮き彫りとなったと考えられる。このことから、選手の組合せと成功率の関係を確



図 8 WR の軌跡が非常に短い場合
Fig. 8 Case of short tracking with WR place.



図 9 WR の軌跡が長い場合
Fig. 9 Case of long tracking with WR place.

認することで、項目 12 に提示した選手間の相性を確認することができたといえる。

(2) まとめ

以上の 2 つの事例から、パス成功率を算出することでパスプレーにおける選手の巧拙や選手間の相性を把握できることが分かった。これにより、戦術の立案や選手の選定を定量的に評価できると考えられる。しかし、今回の分析は、選手の位置情報に関わる要因は考慮されておらず、統計的手法による分析だけでは不十分であるといえる。そのため、次節では、位置情報について、可視化システムを使用して詳細な分析が可能であるかを確認する。

5.2.2 可視化システムによる分析

(1) 結果と考察

本項では、計測したデータから、戦術分析の可能性を検証するため、図 7 のパターン 2 と 4 のデータを用いてプレー分析を試みる。2 つのパターンのプレーを詳細に確認した結果、次に示す内容が明らかとなった。

● WR のパス成否の傾向を確認できる

パターン 2 のパスプレーにおいて、特定の QB からパスを特定の WR がキャッチする事例では、パスにかかった時間 (QB が投げたときから WR がキャッチ成功または失敗したときまでの時間) 内の軌跡の長さによってパスの成否が異なる傾向が見られた。このプレーを可視化して詳細を確認したところ、軌跡が非常に短い場合 (図 8) はパスが成功しており、それ以外の場合 (図 9) はパスの失敗が多いことが分かった。この要因について時間同期した映像を確認すると、パスが成功している場合は、QB がパスをした時点で WR はいったん停止して QB に向き、ボールが飛んできてを待っていたこと (図 10) が分かった。このことから、可視化した軌跡の長さやパスにかかった時間を可視化することで、パスプレーの成功率を分析できる可能性があることが分かった。

● DB ごとのパスカットの傾向を確認できる

パターン 2 のパスプレーにおいて、QB から WR にパスをした時点の DB の位置を確認すると、DB と WR の位置



図 10 WR がボールを待っているシーン
Fig. 10 Scene of WR player holding on ball.



図 11 DB の軌跡が WR 選手から遠くなる場合
Fig. 11 Case of tracking data at distance between WR and DB Players.

関係によってパスの成否が異なる傾向が見られた。この要因についてプレーを可視化して詳細に確認すると、DB の能力や特性によって WR とのマッチアップ距離に関係なくパスを阻害できる DB がいる一方で、WR とのマッチアップ距離が遠い場合 (図 11) にパスを阻害できず、近い場合 (図 12) にのみ阻害できる DB いることが分かった。このことから、プレー時の選手の距離間を把握することで、パスプレーの成否と DB ごとのパスカットの傾向を分析できる可能性があることが分かった。

● チームにおけるパスの成功の傾向を確認できる

パターン 4 のパスプレーでは、QB からパスを WR が



図 12 DB の軌跡が WR 選手に近くなる場合

Fig. 12 Case of tracking data at close distance between WR and DB Players.

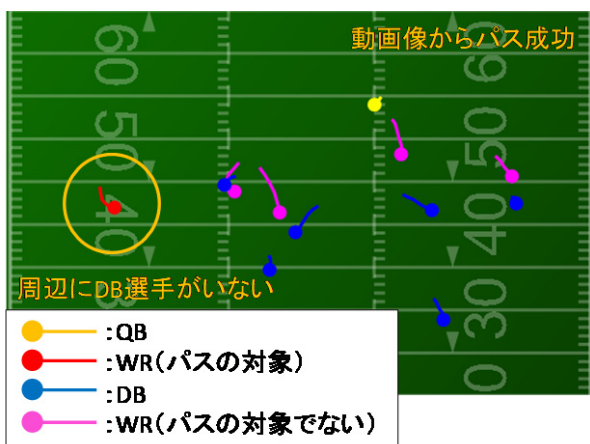


図 13 WR の周辺に DB 選手が存在しない場合

Fig. 13 Case of not being little DB players around WR player.

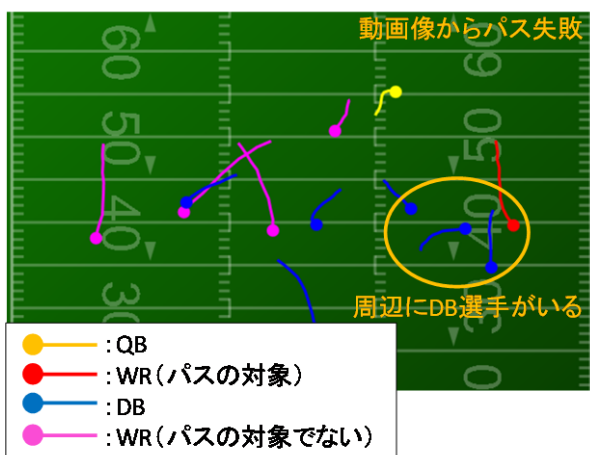


図 14 WR の周辺に DB 選手が存在する場合

Fig. 14 Case of being some DB players around WR player.

受け取るタイミングにおける周囲の状況によってパスの成否が異なる傾向が見られた。このプレーを可視化して詳細を確認したところ、ボールを受け取った時点における WR の位置の周囲に DB がいない場合 (図 13) とする場合 (図 14) によりパスの成否が異なることが分かった。このことから、チームプレイ時の WR の特性として、パスを

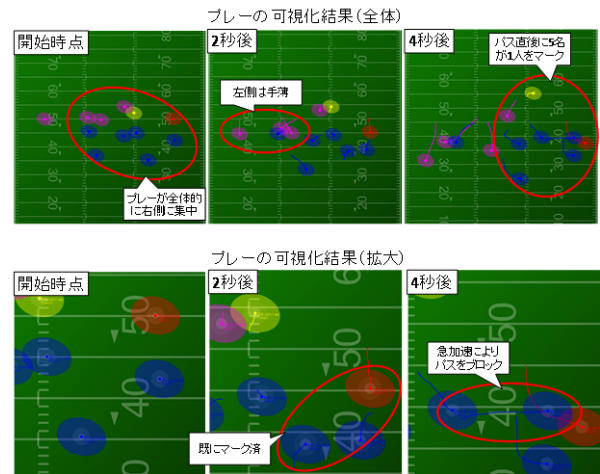


図 15 フォーメーションの時系列変化

Fig. 15 Time series change of formation.

阻害する DB の影響を受けにくい選手とそうでない選手の傾向を確認できる可能性があることが分かった。

また、図 15 は、全体と注目すべき部分を拡大した図である。拡大図には、選手名と速度が表示されており、パスをブロックするために選手が急加速していることが読み取れる。

(2) まとめ

以上の 3 つの事例から、複数名の選手のプレーを可視化し、同期された映像とあわせて確認することで、選手の傾向を詳細に分析できると考えられる。そして、選手の傾向を把握して、巧拙が明らかになることで、より詳細なプレー分析や戦術の立案が実現できる。このことから、本研究の可視化システムは、指導者の気づきとなる情報を得ることができ、プレー分析に有用であるといえる。

5.3 今後の展望

本研究では、統計的手法による分析結果を通じて、選手の巧拙や選手間の相性の傾向を確認できることが明らかとなった。さらに、可視化システムによる分析を通じて、パス成功率の高い選手の動きの特徴や、パス成功時における攻守の選手の動きの特徴を確認できた。一方で、統計的手法の分析の課題として、プレーのデータ件数が少なく傾向の類型化が難しい事例が見られた。この要因として、現時点の計測方法では、パスのタイミングやプレーに関わる選手の名前など、センサからは計測できない情報が必要であり、データ収集コストが大きいことがあげられる。また、可視化システムの課題として、ボールに関する情報が含まれていないこと、試合時に敵選手の情報が計測できていないことなどの課題が明らかとなった。

そのため、今後、前者のプレーデータの件数が少ない課題に対しては、選手の動きやモーションを計測し、そのデータからプレーの開始や終了の時刻およびパスタイミングを獲得できるかを検討する。データ収集コストをかけず

に日々の練習すべてを計測して蓄積できれば、ビッグデータを対象とした分析が可能である。ビッグデータには、選手のプレーやフォーメーションの傾向といった成否の判断につながる情報が内在していることから、プレーの類型化や正確な選手の巧拙、選手間の相性の把握を支援できると考えられる。一方、後者のボールに関する情報が含まれていない課題に対しては、ボールにセンサを埋め込み計測する技術や、映像データを用いたボールのトラッキング技術の開発に取り組む予定である。また、敵選手の計測の課題に対しても、既存研究で行われている映像解析による選手のトラッキング技術を活用し、試合時のすべての選手の位置情報を計測することを検討する。これにより、練習・試合の詳細なデータを蓄積し、ICTを活用した分析に寄与できると考えられる。

6. おわりに

本研究では、GNSS センサと加速度センサを内蔵した計測端末 GPSports を用いて、複数名の選手を可視化するシステムを開発した。さらに、計測データに対して統計的分析と可視化システムを用いた分析を行い、プレー分析が可能であることを確認した。これにより、これまで動画により振り返りを行っていた場面において、指導者の気づきとなる情報が得られることが明らかとなった。一方で、分析に求められるデータの計測には、センサを利用する以外に、手作業によるデータの記録が必要である課題も明らかになった。今後、これらの課題を解消して、データ計測の省力化を検討する必要がある。また、パスの成否は単純に成功と失敗の2通りではなく、「確実に成功するパス」や「成功する可能性が低いが成功したパス」「成功するはずが失敗したパス」「明らかに失敗のパス」の4通りがあると考えられる。実際のプレーにおいて、この分類を推測することは非常に難しい。しかし、すべてのパターンのプレーは、この要因を含んでいるため、単純に成功したか失敗したかの2択ではなく、これらの情報も計測して分析時に考慮することで、より定量的な評価を実現できると考えられる。

今後は、敵選手の位置情報取得、ボールの位置取得と戦術分析への機械学習の適用を試みる。前者の敵選手の位置情報取得およびボールの位置取得では、敵選手やボールにセンシングデバイスを装着することが難しいことから、ビデオカメラで撮影した動画を解析して位置情報を獲得する手法を検討する。後者の戦術分析への機械学習の適用では、本システムで可視化したフォーメーションの画像データや選手の移動に基づくベクトル情報をディープラーニングで学習し、パスなどのプレーの成功率の判定や適切な選手のフォーメーションの推定することを検討し、「スポーツ×ICT」の実用と高度化を目指す。

謝辞 本研究を取りまとめるにあたり、関西大学アメリカンフットボール部の監督、コーチ陣に多大なるご尽力を

賜った。ここに、感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 文部科学省：スポーツ振興法，入手先 (<http://law.e-gov.go.jp/haishi/S36HO141.html>) (参照 2017-08-17)。
- [2] 文部科学省：スポーツ基本法，入手先 (http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/kihonhou/) (参照 2017-08-17)。
- [3] 文部科学省：スポーツ庁，入手先 (<http://www.mext.go.jp/sports/>) (参照 2017-08-17)。
- [4] 内閣府：日本再興戦略 2016-第 4 次産業改革に向けて，入手先 (http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihombun.pdf) (参照 2017-08-17)。
- [5] バレーボール・アンリミテッド：Data Volley，入手先 (<http://unlimited.volleyball.ne.jp/datav/index.html>) (参照 2017-08-17)。
- [6] Sportsnavi：レスターの躍進を支えた GPS デバイステクノロジーがスポーツに与える影響，入手先 (<https://sports.yahoo.co.jp/column/detail/201702050001-spnavi>) (参照 2017-08-17)。
- [7] フォーアシスト社：GPS システム SPI HPU，入手先 (<http://4assist.co.jp/gpsports/gpsports.top2.html>) (参照 2017-08-17)。
- [8] 国立情報学研究所：CiNii，入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/>) (参照 2017-08-17)。
- [9] IEEE: IEEE Xplore Digital Library, available from (<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>) (accessed 2017-08-17)。
- [10] Google 社：Google Scholar，入手先 (<https://www.google.co.jp/>) (参照 2017-08-17)。
- [11] Hayashi, M., Yamamoto, T., Aoki, Y., Ohshima, K. and Tanabiki, M.: Head and Upper Body Pose Estimation in Team Sport Videos, *2nd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition*, pp.754–759, IEEE (2013)。
- [12] Chen, S., Fern, A. and Todorovic, S.: Person Count Localization in Videos from Noisy Foreground and Detections, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.1364–1372, IEEE (2015)。
- [13] 藏野隼二, 山本大樹, 林 昌希, 片岡裕雄, 青木義満：スポーツ映像解析に向けたパス成功確率マップの作成，映像情報メディア学会技術報告，映像メディア学会，Vol.37, No.36, pp.45–48 (2013)。
- [14] 藏野隼人, 林 昌希, 山本大樹, 大島京子, 田藤雅基, 青木義満：アメリカンフットボール映像におけるプレー開始・終了位置と選手動作情報を用いたボール軌跡抽出，精密工学会誌，精密工学会，Vol.81, No.1, pp.91–98 (2015)。
- [15] Varadarajan, J., Atmosukarto, I., Ahuja, S., Ghanem, B. and Ahuja, N.: A Topic Model Approach to Represent and Classify American Football Plays, *British Machine Vision Conference*, British Machine Vision Association, pp.64.1–64.12 (2013)。
- [16] Swears, E. and Hoogs, A.: Learning and Recognizing Complex Multi-agent Activities with Applications to American Football Plays, *Workshop on the Applications of Computer Vision*, pp.409–416, IEEE (2012)。
- [17] Li, R. and Chellappa, R.: Recognizing Offensive Strategies from Football Videos, *International Conference on Image Processing*, pp.4585–4588, IEEE (2010)。
- [18] 谷 俊廣, 黄 宏軒, 川越恭二：スポーツ競技戦略決定支援のための移動軌跡のマイニングと可視化システム，第 6 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム，DEIM, E1-6 (2014)。
- [19] Atmosukarto, I., Ghanem, B., Ahuja, S., Mutjuszamy, K. and Ahuja, N.: Automatic Recognition of Offen-

- sive Team Formation in American Football Plays, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp.991-998, IEEE (2013).
- [20] 岩元浩太, 麻田知嗣, 小松尚久: 信頼度パラメータを用いた広域動画における人物追跡, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.101, No.562, pp.13-18 (2002).
- [21] 神崎伸夫, 有木康雄: 分割テンプレートをを用いた正規化相関法によるサッカー映像中のボールと選手の追跡, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.102, No.155, pp.51-56 (2002).
- [22] 有澤 博, 坂本和則: 多視点カメラを用いたスポーツ映像からの被写体情報抽出, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.105, No.415, pp.27-32 (2005).
- [23] 林原 局, 長谷山美紀: 色成分に着眼したレベルセット法を用いたサッカー映像における選手追跡に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.107, No.489, pp.67-70 (2008).
- [24] 田藤雅基, 古山純子, 齋藤 浩, 竹中慎治, 関井大気: スポーツ映像解析ソリューション, パナソニック技報, パナソニック, Vol.61, No.2, pp.156-161 (2015).
- [25] 三須俊彦, 苗村昌秀, 境田慎一, 鄭 文涛, 金次保明: 複数情報融合によるサッカー選手のロバストな追跡法, 電子情報通信学会技術報告, 電子情報通信学会, pp.23-30 (2001).
- [26] 片岡裕雄, 青木義満: 単眼カメラを用いたサッカー戦術解析のための複数選手とボールの追跡, 画像電子学会誌, 画像電子学会, Vol.41, No.2, pp.152-159 (2012).
- [27] 片岡裕雄, 青木義満: サッカー映像解析のための遮蔽にロバストな複数選手追跡手法, 電気学会論文誌 C, 電気学会, Vol.130, No.11, pp.2058-2064 (2010).
- [28] 三功浩嗣, 内藤 整: 屋外大空間におけるフレーム間および複数カメラ間の時空間情報を統合した被写体 3次元領域推定方法, 電子情報通信学会技術報告, 電子情報通信学会, Vol.2011, No.20, pp.107-112 (2011).
- [29] 西濃拓郎, 滝口哲也, 有木康雄: 複数尤度を用いた 3次元パーティクルフィルタによる選手の追跡, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU 2010), 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, pp.307-312 (2010).
- [30] 伊藤拓紀, 滝口哲也, 有木康雄: 単眼サッカー映像における時間状況グラフを用いた選手追跡, 電子情報通信学会論文誌 D, 電子情報通信学会, Vol.96, No.8, pp.1854-1864 (2013).
- [31] 高橋 翔, 林原 局, 長谷山美紀: レベルセット法を用いたサッカー映像における選手追跡手法, 電子情報通信学会論文誌 D, 電子情報通信学会, Vol.96, No.3, pp.695-703 (2013).
- [32] 槽谷 望, 北原 格, 亀田能成, 大田友一: サッカーシーンにおける選手視点映像提示のためのリアルタイム選手軌跡獲得手法, 画像電子学会誌, 画像電子学会, Vol.38, No.4, pp.395-403 (2009).
- [33] 坂本和則, 横田健一郎, 大野啓司, 鈴木康平, 有澤 博: 多視点テレビ放送を用いた映像中のオブジェクト位置の認識と追跡, 電子情報通信学会論文誌 D, 電子情報通信学会, Vol.87, No.2, pp.175-187 (2004).
- [34] 中辻賢治郎, 上垣直人, 泉 正夫, 福永邦雄: サッカー中継映像からのフィールド上の選手位置推定, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.103, No.585, pp.95-100 (2004).
- [35] 高橋正樹, 中村俊之, 三科智之: 機械学習を利用した複数視点映像からのサッカーボール追跡, 映像情報メディア学会技術報告, 映像情報メディア学会, Vol.38, No.51, pp.5-8 (2014).
- [36] 松本圭介, 須藤 智, 齋藤英雄, 小沢慎治: サッカー放送における視点選択のための多視点画像の統合によるボール追跡, 電気学会論文誌 C, 電気学会, Vol.121, No.10, pp.1530-1539 (2001).
- [37] 中川靖士: サッカー映像の自動ゲーム分析方法の提案と評価, UNISYS TECHNOLOGY REVIEW, 日本ユニシス, Vol.22, No.4, pp.477-494 (2003).
- [38] 長瀬琢也, 小沢慎治: 多視点映像を用いたサッカーにおける選手のプレー判定, 映像情報メディア学会誌, 映像情報メディア学会, Vol.60, No.10, pp.1664-1671 (2006).
- [39] 壁谷勇磨, 原 健翔, 間瀬健二: 映像特徴を用いたサッカー選手のプレー認識, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.114, No.90, pp.19-23 (2014).
- [40] 三須俊枝, 苗村昌秀, 藤井真人, 八木伸行: 選手フォーメーション解析に基づくサッカーイベント判別法, 映像情報メディア学会誌, 映像情報メディア学会, Vol.61, No.9, pp.1367-1375 (2007).
- [41] 高橋 翔, 長谷山美紀: ネットワーク解析を用いたサッカー映像における重要選手と類似場面の検出に関する一考察, 映像情報メディア学会技術報告, 映像情報メディア学会, Vol.38, No.51, pp.1-4 (2014).
- [42] 権藤聡志, 樽川香澄, 井上智雄, 岡田謙一: スポーツの試合を再現した仮想空間を複数視点で提示する戦略分析支援システムの提案, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, Vol.2013-DCC-3, No.1, pp.1-5 (2013).
- [43] 稲本奈穂, 齋藤英雄: 多視点スポーツ映像からの自由視点映像の合成と提示, 電子情報通信学会論文誌 D, 電子情報通信学会, Vol.88, No.8, pp.1693-1701 (2005).
- [44] 山田健太郎, 三功浩嗣, 内藤 整: 複数オブジェクトの追跡と分離に基づく野外空間における自由視点生成, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.112, No.189, pp.99-104 (2012).
- [45] 三功浩嗣, 内藤 整: サッカー自由視点映像の生成を目的としたオブジェクト追跡, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.112, No.135, pp.25-30 (2012).
- [46] 山田健太郎, 三功浩嗣, 内藤 整: オブジェクトの分離とカメラ間/フレーム間の予測に基づく自由視点映像生成, 電子情報通信学会論文誌 D, 電子情報通信学会, Vol.97, No.2, pp.303-315 (2014).
- [47] 三功浩嗣, 内藤 整: 選手領域の抽出と追跡によるサッカーの自由視点映像生成, 映像情報メディア学会誌, 映像情報メディア学会, Vol.68, No.3, pp.125-134 (2014).
- [48] 向本敬洋, 伊藤雅充, 河野徳良, 野村一陸, 西條修光: GPS機器を利用した大学男子サッカー選手における各ポジションの Time-motion 分析, コーチング学研究, 日本コーチング学会, Vol.27, No.2, pp.215-223 (2013).
- [49] Hossain, S., Khan, H. and Roy, N.: SoccerMate: A Personal Soccer Attribute Profiler using Wearables, *Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, pp.164-169, IEEE (2017).
- [50] Rodrigues, L. and Mestria, M.: Classification Methods based on Bayes and Neural Networks for Human Activity Recognition, *International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, pp.1141-1146, IEEE (2016).
- [51] Beily, M., Badjowawo, M., Bekak, D. and Dana, S.: A Sensor based on Recognition Activities using Smartphone, *International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*, pp.393-398, IEEE (2016).
- [52] Nurwanto, F., Ardiyanto, L. and Wibirama, S.: Light Sport Exercise Detection based on Smartwatch and Smartphone using k-Nearest Neighbor and Dynamic Time Warping Algorithm, *Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, pp.1-5, IEEE (2016).
- [53] Adidas: Micoach Smart Ball, available from (<http://shop.adidas.jp/micoach/smartball/index.cgi>)

(accessed 2017-08-17).

- [54] Purch: 94Fifty Smart Sensor Basketball Review, available from <https://www.livescience.com/43410-94fifty-smart-sensor-basketball-review.html> (accessed 2017-08-17).
- [55] 井上晴可, 窪田 諭, 今井龍一, 田中成典, 大内佑起: スマートフォンの GPS センサ特性を考慮した位置情報取得アプリケーションに関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.70, No.2, pp.310-318 (2014).
- [56] 井上晴可, 窪田 諭, 今井龍一, 田中成典, 重高浩一: スマートフォンの GPS センサを用いた高精度な 3 次元位置情報の取得に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.71, No.2, pp.152-168 (2015).
- [57] 井上晴可, 今井龍一, 窪田 諭, 田中成典, 重高浩一: スマートフォンを用いた信頼性の高い歩行者トリップデータの取得手法に関する研究, 知能と情報, 日本知能情報ファジィ学会, Vol.28, No.5, pp.855-874 (2016).
- [58] 北川悦司, 田中成典, 安彦智史, 塚田義典, 塩見和真: 乗り物内でのメディア利用時における動揺病抑制システムに関する研究開発, 映像情報メディア学会誌, 映像情報メディア学会, Vol.67, No.11, pp.388-399 (2013).
- [59] Kirkup, J., Rowlands, D. and Thiel, D.: Indoor Propagation Investigation from a 2.4GHz Waist Mounted Beacon, *Proc. Engineering*, Vol.60, pp.188-194, Elsevier (2013).
- [60] Kirkup, J., Rowlands, D. and Thiel, D.: Team Player Tracking using Sensors and Signal Strength for Indoor Basketball, *IEEE Sensors Journal*, Vol.16, No.11, pp.4622-4630, IEEE (2016).
- [61] Fraunhofer IIS: Real Time High Precision Wireless Tracking, available from <https://www.iis.fraunhofer.de/en/ff/lv/lok/proj/redfir.html> (accessed 2017-08-17).
- [62] ChronHego: ZXY Wearable Tracking, available from <http://chyronego.com/sports-data/zxy> (accessed 2017-08-17).
- [63] Arumugam, D., Sibley, M., Griffin, J., Stancil, D. and Ricketts, D.: An Active Position Sensing Tag for Sports Visualization in American Football, *International Conference on RFID*, pp.96-103, IEEE (2013).
- [64] Catapult: Find Your Football Fingerprints, available from <http://www.catapultsports.com/sports/football/> (accessed 2017-08-17).
- [65] Hudl 日本公式サイト: hudl, 入手先 (<http://hudl.jp/>) (参照 2017-08-17).



山本 雄平 (正会員)

1986 年生。2009 年関西大学総合情報学部総合情報学科卒業。2011 年同大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻博士課程前期課程修了。2015 年同大学院総合情報学研究科総合情報学専攻博士課程後期課程修了。同年関西大学先端科学技術推進機構特別任用助教。2016 年同大学特別任用助教, 現在に至る。2016 年関西大学社会空間情報科学研究センター研究員, 現在に至る。博士 (情報学)。Web マイニング, 自然言語処理, スポーツ情報学に関する研究に従事。2007 年 (株) 関西総合情報研究所入社, 現在に至る。システム設計等の研究開発に従事。



田中 成典 (正会員)

1963 年生。1988 年関西大学大学院工学研究科土木工学専攻博士課程前期課程修了。博士 (工学)。現在, 関西大学総合情報学部教授および社会空間情報科学研究センター長。2016 年度文部科学大臣表彰科学技術賞「科学技術

振興部門」受賞。



姜 文淵 (正会員)

1982 年生。2017 年関西大学大学院総合情報学研究科総合情報学専攻博士課程後期課程修了。博士 (情報学)。現在, 関西大学先端科学技術推進機構特別任命助教。MMS の点群データ, 画像処理に関連する研究に従事。



中村 健二 (正会員)

1981 年生。2009 年関西大学大学院総合情報学研究科総合情報学専攻博士課程後期課程修了。博士 (情報学)。現在, 大阪経済大学情報社会学部准教授。博士 (情報学)。2016 年度文部科学大臣表彰科学技術賞「科学技術振興

部門」受賞。



田中 ちひろ

1993 年生。現在, 関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻博士課程前期課程在学中。アメリカンフットボールのデータ計測および戦術分析に関連する研究に従事。



清尾 直輝 (学生会員)

1993 年生。現在, 関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻博士課程前期課程在学中。アメリカンフットボールのデータ計測および戦術分析に関連する研究に従事。