

【総説】

スポーツ競技におけるテクノロジーの現状と将来への期待 ～ラグビーフットボールの場合～

梶山俊仁*1 廣瀬勝弘*2

I. はじめに

現在、スポーツの指導現場には、科学的なエビデンスを指導およびトレーニングのプログラムとして積極的に活用していくことが求められており、それらを用いた指導が日々追究されている¹²⁾。球技のゲームパフォーマンスに関する分析は主に表1のゲーム分析とワークレート分析¹⁶⁾に大別されている。また通常ラグビーフットボール（以降「ラグビー」と略記）の戦術分析をはじめとしたゲーム分析は図1のスポーツパフォーマンス分析におけるデータ還元の過程¹⁵⁾に示した手順で行われる。本稿では、ゲーム分析を実施するためのテクノロジーの1つとして、近年、球技の指導現場で広く使用されているゲーム分析専門ソフトを用いたゲーム分析の手法について、ラグビーにおける戦術分析を事例紹介し、その実践的課題の把握を通して、将来への期待について提起することを目的とする。

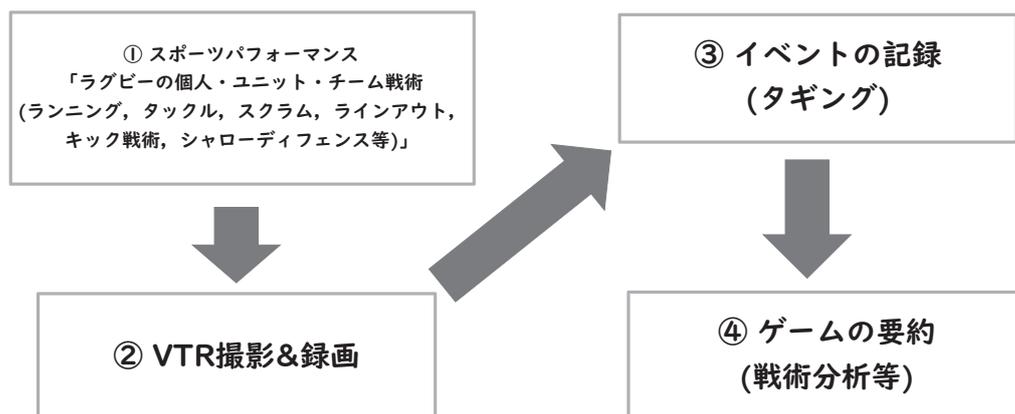


図1. スポーツパフォーマンス分析におけるデータ還元の過程（ピーター・オドノヒュー, 2020）を梶山が加筆した。

表1. ゲーム分析とワークレート分析（橘, 2022）を梶山が加筆した。

分析の種類	定義	データの内容	データの取得方法
ゲーム分析	主として球技の分析に使われ、それぞれのプレーについてのデータを含むもの	プレーの種類（パス、シュート、タックルなど）、プレーを遂行したチームやプレーヤー、プレーが起きたピッチの位置、プレーが生じた時間、プレーの結果（成功、不成功）など	・手作業による記述分析システム ・コンピュータ化されたパフォーマンス分析システム
ワークレート分析	観察的な手法を用いてスポーツの身体的な要求を分析するもの	ゲーム中のプレーヤーの移動距離と移動速度についてのデータを収集し、そこから求めた特定の移動速度ごと、あるいは特定の移動速度ごとの時間分布など	・電波シグナル、GPS装置、画像処理などによるプレーヤー追跡システム

受付日 2023.3.20

*1 朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科

*2 京都産業大学現代社会学部健康スポーツ社会学科

II. ラグビーで用いられるテクノロジーの現状

1. 球技のパフォーマンス構造と戦術の観察法における問題の所在

映像録画の技術がない時代はコーチがゲーム中に手書きのメモをとり、またはコーチの記憶だけで、ゲームパフォーマンス分析が行われていたと考えられる。その後、スポーツのゲーム映像をVTRで撮影、録画して、コーチが着目した項目について、録画された映像を繰り返し視聴することで、技術や戦術の分析やゲームパフォーマンスの評価等が行われるようになった。コーチがゲーム中に気づいたことや気になる点についてメモをすることは今日でも行われているが、コーチの記憶は決定的に重要な問題の45%に限定されている¹⁾。またプロのライセンスを持ったコーチでさえ、この割合は59%に過ぎないことが報告されている⁵⁾。

ラグビーに限らずゴール型球技のゲームは次から次にプレーが連続して展開され、またラグビーの個人プレーおよび集団プレーにおける攻防場面では「次のプレーへの布石を打つ」「無駄走り」「デコイ (decoy: 囮) ラン」「撒き餌」「表と裏のサイン」と呼ばれる対戦相手に対し、個人およびチームとして意図を持った(戦術を介した)駆け引きが行われる。例えば1対1のタックルや抜き合い場面等での個人戦術としての駆け引き、スクラムやラインアウト等でのユニット戦術としての駆け引き、シェイプやポッド等と呼ばれるチーム戦術としての駆け引きが挙げられ、それぞれ異なる位相での駆け引きがゲーム中に混在している。更に攻撃戦術と防御戦術は表裏一体の関係にある駆け引きとして捉えることができる。このようにラグビーのパフォーマンス構造は複雑かつ多層構造的な要素が包含されているので、その全てをコーチが記憶だけを頼りに処理すること、またはコーチが即時的に記述(メモ)することは現実的でない。

この問題解決策の1つとして、ゲームでプレイヤーやチームが行ったパフォーマンスを抽象化、即ち数値化(定量化)して要約する方法がある。この手法は記述的ゲームパフォーマンス分析と称されており、定量的な分析を円滑に行うためにコーチが扱えるレベルまで情報を低減すること¹⁷⁾が重要なポイントである。この場合、大切なことは何に目をつけるのか「目の付け処」「着眼点」、言い換えれば何をネグレクト(neglect: 無視)するのか「塩梅」「さじ加減」をしっかりと見極めることである。コーチが重要と考えてメモに残す内容は球技のゲームパフォーマンスを定義するための変数、パフォーマンス・インジケータ「performance indicator」³⁾と大きく関係するとともに、ゲームパフォーマンス分析はどのような変数(項目)を用いてゲームパフォーマンスを定義するかに大きく依存する⁴⁾。このパフォーマンス・インジケータを用いた観察法は、実際のゲームで発揮されている総合的な競技力を戦術的要素に焦点を当てて、観察者(コーチ等)の目を通して収集、説明、解釈するという方法である。観察者は戦術行為の結果だけでなく、対峙する相手選手や相手チームを「検査装置」にして、選手やチームの戦術行為の達成に関するレベルとタイプを読み取っていく。従って、査定の質は観察者の能力に大きく左右されることになる¹⁰⁾。同時にこの分析を行う際には以下の困難が生ずる。例えばゲームパフォーマンス分析に関わる変数(項目)として「直接(またはその前後の)得点に絡む攻撃(または防御)プレーをカウントした」と定義した場合、いつからが「直接(または前後の)得点に絡む攻撃(または防御)プレー」で、いつまでが「直接(または前後の)得点に絡まない攻撃(または防御)プレー」とするかの判断基準が明確でない場合がある。このことは「プレーの意味づけ」「プレーの価値」が極めて重要であることを表すとともに、第三者の分かり辛さ、非客観性を生じさせる要因となっている。

しかしながら、今日また未来においてもゲームパフォーマンスの最終的な評価、即ち戦術の成功・不成功、適切・不適切等に関する評価はコーチの主観的な価値観が必ず介入せざるを得ない。時に主観的と批判を受けるコーチの評価の信頼性を補完すべく、その根拠となる客観的な情報を得る手段として、近年のスポーツテクノロジーが果たすべき役割が存在すると考える。

2、ゲーム分析専門ソフトを用いたラグビーの戦術分析の現状

球技のゲームパフォーマンス分析の黎明期においては、競技場を1 / 350に縮小した記録用紙を用いて、プレイヤーの移動軌跡をチームで色を分けて記録した後、そのデータをキルビメーターで計測し、移動距離が求められていた¹⁹⁾。キルビメーターとは先端の小さな円盤ローラーに連動する目盛りで地図上をなぞって、距離を測る測量器具である。また大江ほか(2007)¹⁴⁾は3次元画像解析法(Direct Linear Transformation Method: DLT法)を応用した方法により、攻撃に有効なチーム戦術評価法を開発した。しかし、これらの方法はいずれも分析に費やす時間が長いのでコーチング現場での活用は現実的でない。

表2に記述的ゲームパフォーマンス分析を用いて、ブレイクダウン(タックル後に発生するボール所有権の争奪および継続の攻防場面)に着目し、出現したプレーの時間や順序等を時系列に記録したフォームを示した。現在でも、かなりのチームが戦術分析を①ゲームの映像をVTRに録画する。②戦術力が大きく関わる行為を分類する。③変数としてパフォーマンス・インジケータを定義する。④その行為(プレー)の成功や失敗等に着眼「カウント(数量化)」する。⑤戦術力の達成レベルを客観的に観察、数量化して評価する¹¹⁾、これら一連の手順を紙と鉛筆(記録用にパソコンをメモとして使用する場合を含む)を用いて行っている。

このように、長らくラグビーの戦術分析は紙と鉛筆を用いて行われてきたが、ようやく2000年代に入り「ダートフィッシュ」や「スポーツコード」と呼ばれるゲーム分析のための専門ソフトが開発されたことで、映像中の各イベントに直接、評価を書き込むことが可能となった。イベントとはボールキャリア(ランニング)、パス、キック、タックル等の個人プレー、およびスクラム、ラインアウト、キックオフ、ドロップアウト等の「再開プレー」、再開プレー後の「一般プレー」のブレイクダウンでのモール、ラックの「集団プレー」における1つ1つのプレーが各イベントと称される。

ゲーム分析のための専門ソフトを用いたゲーム分析は以下の通り行われる。①ゲームの映像をVTRに録画する。②戦術力が大きく関わる行為を分類する。③変数としてパフォーマンス・インジケータを定義する。①-③までは従前の紙と鉛筆を用いて行うゲーム分析と同じ手順を踏む。次に④として、各イベント、パフォーマンス・インジケータをパソコン上に作成する。⑤として、ゲームの映像を視聴しながら、イベントの開始と終了をパソコンに入力作業を行う。この作業はタギング、またはタグ付けと呼ばれ、図2にタギング用の画面、また図3にゲーム分析のための専門ソフトを用いてラグビーの試合のイベントをタギングする模式図をそれぞれ示した。

ラグビーのゲームは前後半80分間で行われ、ゲーム開始のキックオフからハーフタイムを挟んで、ノーサイドまで30秒から60秒のプレーが行われる「インプレー時間」とプレーが行われない「アウトオブプレー時間」が概ね1:1の割合で交互に発生する⁶⁾。図3におけるA-Gはアウトオブプレーの終了時間(または開始時間)、即ちインプレーの開始時間(または終了時間)を表し、インプレーにおける再開プレー、また一般プレー中の各イベント(ボールキャリア、タックル、ラインアウト、ブレイクダウン等の1つ1つ)の全てに開始時間と終了時間のタギングを行う。この作業はライブ映像、または録画した映像の何れにおいても可能である。最後に⑥タギングにより仕分けされた各イベントをパフォーマンス・インジケータの定義に基づき評価する。

ゲーム分析のための専門ソフトが開発される以前は、ゲーム映像を1つのイベントが発生した時間までビデオを巻き戻し、または早送りをした後、ビデオ再生をした。そのためバラバラに発生した各イベントを1つの映像に編集する作業に多くの時間と労力を費やした。しかし、現在ではタギングされた各イベントの映像データがパソコン上に格納されているので、80分間のゲーム中にバラバラに発生した各イベントを瞬時に取り出して視聴することが可能となった。これにより、例えばスクラムについては、ボール所有権の獲得・喪失をはじめとして、相手ボール・マイボール、前半・後半、相手陣・自陣等、またブレイクダウンではボール所有権の獲得・喪失に加えて、発生場所、タックル参加人数、相手を倒せたか等の項目についての比較検討および評価が劇的に容易となった。

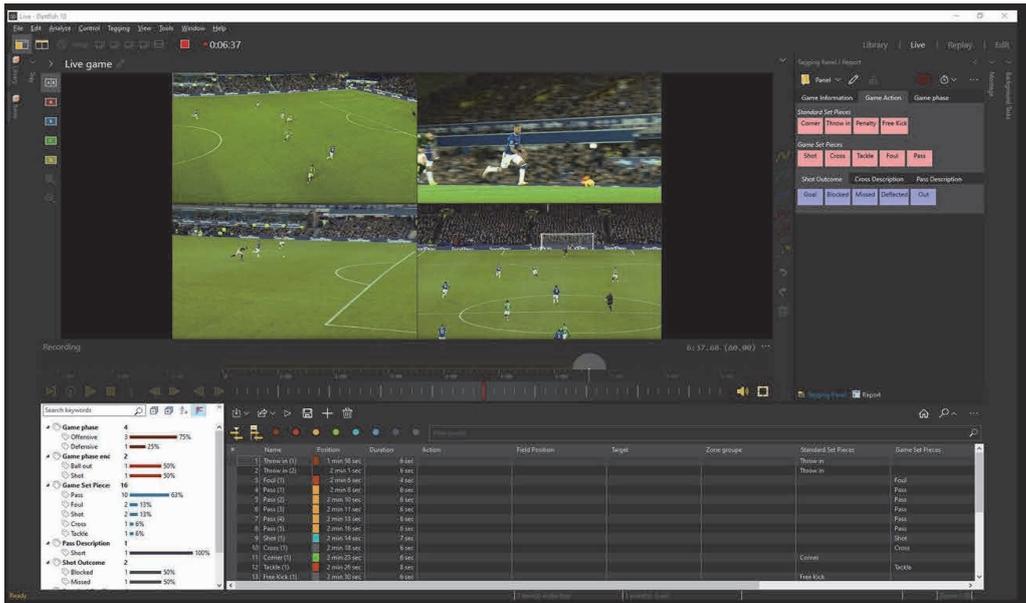


図2. タギング用の画面 (株式会社ダートフィッシュ・ジャパン公式 HP より <https://dartfish.co.jp/>)



図3. ゲーム分析のための専門ソフトを用いてラグビーの試合のイベントをタギングする模式図

これらはゲーム前の相手の分析「スカウティング」、ゲーム後のチームミーティング「レビュー」、各トレーニングへの活用、ゲーム前のモチベーションアップ、更にはゲームパフォーマンス分析の研究等を目的として、様々な用途で活用されている。

3. ゲーム分析専門ソフトを用いたラグビーの戦術分析における現在の課題

前述の通り、テクノロジーの活用は戦術分析の正確性と効率性を格段に向上させたにも関わらず依然として次々に発生するイベント「動き続けるゲーム状況」から適切にイベントを抜き取る手続き（必要な情報の取捨選択）、即ちタギングは熟練の技が求められる。タギングが難しいイベントの代表例として、再開プレーのスクラム、一般プレーのボールが空中にあるモール、ボールが地面にあるラック等の様々な密集した集団プレーの場面を挙げることができる。スクラム、モール、ラック何れも主にフォワードのプレイヤーが密集してボール所有権の攻防を行うが、素人は各イベントの判別が難しく、現在もこの作業をアナリスト等が各イベントについて熟練の技（人間の眼）を駆使してタギングを行っている。

また橘(2022)¹⁸⁾は現在のゲームパフォーマンス分析では、以下の3つの人間の誤り「ヒューマンエラー」を引き起こす可能性を指摘している。1つ目が分類方法の定義が曖昧で、記録者（実際にタギングを行うアナリスト、コーチ、オペレーター等）がパフォーマンス（各イベント）を異なって理解・解釈して起こる「定義の誤り」である。2つ目が上記で示した記録者の認識不足により、パフォーマンスを誤って分類して起こる「認識の誤り」である。3つ目は記録者が正しくパフォーマンスを認識したものの単純に操作入力をして起こる「データ入力の誤り」である。これら3つの誤りを考慮した上で、テクノロジー活用の留意点として、その操作方法を含み、信頼性と妥当性の確保を目指したゲーム観察・理解および操作のための「記録者のト

レーニングの必要性」が指摘されている。

Ⅲ. ラグビーのゲーム分析で用いられるテクノロジーの将来への期待

近い将来において AI による人工知能がモール・ラック・スクラム等の様々な密集した集団プレーの場면을学修することが可能となれば、タギングを AI が人間に替わってできるようになる。これにより、ラグビーに限らず多くのスポーツの場面で戦術分析をはじめとしたゲーム分析において格段の進歩が見込まれることは想像に難くない。この一例として、スクラム・モール・ラック等の各イベント時間、パス・キック・タックル等の各イベント内容が簡易にタギングできれば、既にワークレート分析により、明らかとなっている GPS 等を用いた練習中の走行データ (表 3) や主にゲーム全体を通して測定された生理的、物理的な運動強度の指標と詳細に紐付け (同期) することで、複雑なラグビーにおける個々のプレイヤーやチームの動きが徐々に解明されることが期待される。

一方、短期的に考えた場合、AI による自動タギングが実現すれば、現在コーチやアナリストとして活躍する人材が一時的に失職の憂き目にあうことが危惧される。しかし、それは以下により杞憂に終わるものと確信している。と言うのも、コーチやアナリストはキックオフからノーサイドまでタギングされた映像を見ながら、どこに「勝負の肝」が存在したかを確認するとともに、自身の経験や勘が正しかった、時には正しくなかったかについての振り返りおよび修正等が非常に容易となることが挙げられる。つまり AI はライバルでなくコーチやアナリストの心強い相棒となるはずである。ラグビーでは戦術に基づいたプレーを評価するコーチの「眼力の高さ」がコーチの力量を決定づける要因の 1 つとあり、コーチは中川 (2011)⁸⁾ が提唱している 1 つ 1 つのパフォーマンス評価だけでなく、ゲーム構造や、プレー分析、ルール改正、戦術などについても追究していくことが、コーチの「眼力の高さ」即ちプレーの質的把握 (評価) 能力を保証する手段となると考えられる。

またコーチやアナリストと同じく、レフェリー (referee) も AI の出現に驚異を感じるかもしれない。判例法主義による英米法の影響を強く受けたラグビー競技規則¹³⁾ は「すべての人にとってのスポーツ」「独自性の維持」「喜びと楽しみを享受する」等の当初は極めてシンプルなゲームとプレーの原則だけを具備してはじまり、何か問題が発生すると、その度に条文を改めることで、徐々にその発展を遂げてきた歴史がある⁹⁾。従って、これらラグビー発展過程において、レフェリーの役割はゲームにおいてゲームを裁定して、公平性を保ったジャッジ (judge) をすることであった。レフェリーはゲームキャプテン (game captain) と話し合うことによって、ゲームを円滑に進めるという任務があり、ゲームに対して絶対的な裁量権 (全責任) を担う。よって単にストライク・ボール、イン・アウトを一定の場所で限定的に裁定を行うアンパイア (umpire) とは本質的に性質が異なる²⁾。更に良いレフリーはノック・オンやスローフォワードの軽微な反則について、公平なアドバンテージルール (advantage rule) 適用することで、四角四面 (競技規則上だけ) の不必要に吹かれる笛を排除するとともに、自らの笛でゲームに「流れ」や「勢い」を与え、この笛によりプレイヤーと共同して更に良いゲームを創り上げる。

良いゲームを創り上げる過程での「流れ」「勢い」「良さ」「公平さ」「見えないのではなく、見ないジャッジ」「プレーを流す」「美しさ」「人間らしさ」に関わる AI への価値観の涵養は子育てや学生の全人教育と等しく、その価値を創造し、高め、継承することは正に我々体育人の使命である。もし悪い AI レフリーが学修によって育ったとしたら、それは AI でなく我々の責任であろう。現在スポーツテクノロジーの活用は道半ばであり、一方で今後 AI がスポーツの行方を大きく左右する重要なツールであることは疑う余地がない。但し、AI を活用し育てるのは我々人間であることを忘れてはならない⁷⁾。以上が正に今後の課題と我々が抱く将来への期待である。これからの良き体育人を AI と手を携えて養成したいと願っている。

表 3. 練習中の走行データ

活動日	プレイ時間	センサー no	ポジション	距離 (km)	高速移動距離 (>18 km/h)	高速移動距離 (>20 km/h)	スピード距離 (0-6 km/h)	スピード距離 (6-12 km/h)	スピード距離 (12-14 km/h)	スピード距離 (14-18 km/h)	スピード距離 (18-20 km/h)	スピード距離 (20-22 km/h)	スピード距離 (>22 km/h)	スプリント回数 (>20 km/h)	スプリント回数 (>22 km/h)	平均スピード (km/h)	最大スピード (km/h)	最大加速度 (m/s ²)	加速回数 (>2 m/s ²)	加速回数 (>3 m/s ²)	加速回数 (>4 m/s ²)	減速回数 (>2 m/s ²)	減速回数 (>3 m/s ²)	減速回数 (>4 m/s ²)	減速回数合計	加速回数合計		
20△△△〇〇 -XX	1:45:05	1	PR	8.3	0.0	0.0	6.9	1.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	2.8	16.6	3.6	18	1	0	22	1	1	15	25	
		2	PR	8.3	0.0	0.0	6.8	1.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0	0	2.9	18.9	3.5	13	1	0	16	0	1	38	44	
		3	HO	9.7	0.1	0.0	7.4	1.9	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	3	0	3.6	20.9	3.4	21	4	0	16	5	0	43	50
		4	LO	7.1	0.1	0.0	5.4	1.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3	1	2.9	22.0	3.6	35	4	0	28	4	0	36	49
		5	LO	9.2	0.0	0.0	7.5	1.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2	0	3.2	20.7	3.4	23	4	0	20	3	1	51	50
		6	FL	9.1	0.1	0.0	7.5	1.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	3.2	22.5	5.4	4	1	2	11	0	0	30	27
		7	FL	5.8	0.3	0.1	2.9	1.7	0.4	0.6	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0	7	1	3.1	23.0	3.8	84	21	0	81	16	2	49	53
		8	No8	8.6	0.1	0.0	7.0	1.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	3.2	24.7	6.1	7	0	1	5	2	1	36	38
		9	SH	7.79	0.02	0	6.14	1.39	0.13	0.11	0.02	0	0	0	0	1	0	3.01	20.2	3.27	21	1	0	13	1	0	52	71
		10	SO	10.2	0.08	0.01	7.72	2.04	0.2	0.22	0.05	0.01	0	0	0	1	0	3.55	21.1	4.88	23	6	2	18	6	1	54	51
		11	CTB	8.83	0.07	0.02	6.78	1.56	0.17	0.24	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	2	1	3.44	22.4	5.08	22	5	4	18	2	0	63	46
		12	CTB	8.61	0.16	0.12	6.83	1.28	0.13	0.21	0.06	0.01	0.01	0.01	0.09	3	1	3.16	25.0	4.51	8	2	2	7	3	3	45	50
		13	WTB	7.08	0.01	0.01	6.06	0.91	0.06	0.04	0	0.01	0	0	0	1	1	2.69	23.2	4.61	8	1	1	8	1	1	41	40
		14	WTB	7.41	0.05	0.03	6.2	0.92	0.13	0.11	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	1	2	2.47	23.1	4.27	21	1	1	21	4	2	58	58
			最高	10.2	0.3	0.1	7.7	2.0	0.4	0.6	0.2	0.1	0.1	7	2	3.6	25.0	6.1	84.0	21	4	81	16	3	63	71		
			最低	5.8	0.0	0.0	2.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	2.5	16.6	3.3	4.0	0	0	5	0	0	15	25		
ALL			平均	8.3	0.1	0.0	6.5	1.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	1.9	0.6	3.1	21.7	4.2	22.0	3.7	0.9	20.3	3.4	0.9	3.4	0.9	436	46.6
			標準偏差	1.1	0.1	0.0	1.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.7	0.6	0.3	2.2	0.8	19.0	5.1	1.2	17.9	3.9	0.9	0.9	12.0	11.3	

引用 (参考) 文献

- 1) Franks, I. M. and Miller, G. (1986) Eyewitness testimony in sport, *Journal of Sport behaviour*, 9: 39-45.
- 2) 秦修司 (2000) 英国におけるフットボールの歴史に関する研究 11, 金沢大学教育学部紀要. 教育科学編 49 (1), 131-146.
- 3) Hughes M (2003): Notational analysis. (Ed.) Reilly T and Williams AH (In) *Science and Soccer* (2nd ed.). Routledge, London, pp.245-264.
- 4) Hughes M (2004): Notational analysis – a mathematical perspective. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4: 97-139.
- 5) Laird, P. and waters, L. (2008) Eye-witness recollection of sports coaches, *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 9: 39-45.
- 6) 森弘暢 (2005) ラグビーにおけるゲーム様相に関する研究: 2003年ワールドカップおよび日本選手権大会との比較から, *コーチング学研究* 18 (1), 101-110.
- 7) 内閣府統合イノベーション戦略推進会議 (2022). AI戦略2022 https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2022_honbun.pdf
- 8) 中川昭 (2011) ラグビーにおける記述的ゲームパフォーマンス分析を用いた研究, *筑波大学体育科学系紀要*, 34: 1-16.
- 9) 中村敏雄 (1995) スポーツルール学への序章. 大修館書店: 東京, pp. 94-102.
- 10) 日本コーチング学会編 (2019) 球技のコーチング学. pp86-87.
- 11) 日本コーチング学会編 (2019) 球技のコーチング学. 大修館書店: 東京, pp.128-129.
- 12) 日本学術会議 科学的エビデンスに基づく「スポーツの価値」の普及の在り方に関する委員会 (2022). 科学的エビデンスを主体としたスポーツの在り方 <https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t290-5.pdf>
- 13) 公益財団法人日本ラグビーフットボール協会 (2022) 令和4年改訂版競技規則. <https://www.rugby-japan.jp/future/rule/>
- 14) 大江淳悟, 磨井祥夫, 沖原謙, 塩川満久, 菅輝, 梶山俊仁, 黒川隆志 (2007) サッカーゲームにおける攻撃パフォーマンスの数量化, *コーチング学研究* 20 (1), 1-14.
- 15) ピーター・オドノヒュー (2020) スポーツパフォーマンス分析におけるデータ還元の過程. *スポーツパフォーマンス分析入門*. 大修館書店: 東京, pp.51.
- 16) 橘肇, (2022) スポーツパフォーマンス分析への招待. ブックハウスHD: 東京, pp.68.
- 17) 橘肇, (2022) スポーツパフォーマンス分析への招待. ブックハウスHD: 東京, pp.76.
- 18) 橘肇, (2022) スポーツパフォーマンス分析への招待. ブックハウスHD: 東京, pp.152-156.
- 19) 山中邦夫, 五所伸之, 西嶋尚彦, 中山雅雄, 小野剛, 宮崎純一 (1989) 一流プロサッカー選手における移動距離. *筑波大学体育科学系紀要*, 12: 85-94.