

スポーツデータエコシステム紹介

深見嘉明（ふかみ よしあき）

東京理科大学

米山徹朋（よねやま てつとも）

東京科学大学

鳥谷真佐子（とりや まさこ）

東京科学大学

1. 設立の趣旨と活動内容（深見嘉明）

スポーツデータエコシステム研究部会は、データドリブンなイノベーションをスポーツならびにヘルスケア領域において創出するための基盤となるエコシステム形成をテーマとして2024年に活動を開始した。

近年トップアスリートやプロスポーツチームにおいてセンシングデータを活用したパフォーマンス向上の取り組みが急速に拡大するとともに、活用データの種類や適用シーンが多様化している [1, 2]。例えば、メジャーリーグ（MLB）でプレイする大谷翔平選手は、マルチカメラとレーダーを組み合わせた最新の打撃・投球可視化システムを備える専用スタジオを活用し、打球初速・打球角・回転数や打球スピン、空力特性に関わる指標までを高頻度で計測してフォーム最適化と負荷管理に役立てている。こうした個別高度計測環境の普及は、「センサー導入・データ活用」がトップアスリートの標準的な練習環境となりつつあることを示している。

同時にウェアラブルデバイスの普及により、一般生活者の間にも身体状況を測定したセンシングデータの利活用が広がっている。腕時計型デバイスに搭載された運動量計や、脈拍や血中酸素濃度を測定するアプリケーションが普及したことにより、健康管理の高度化や未病段階での介入が実現している。

とはいえトップアスリートと一般生活者、それぞれでフィジカルデータの収集と利活用が進んでいるものの、個別事例の高度化に比べて、横断的なエコシステム形成は十分に進展していない。

トッププロが多数のエンジニアとトレーナーによって設計・管理されるトレーニングを高度に設計

された施設において多数の高額な機器を用いて実施するのに対し、多くの一般アスリートは所有するデバイスにインストール可能な限定されたサービスしか利用できない。トップアスリートは充実した設備と多数のコーチングスタッフ、メディカルスタッフに支えられて日々トレーニングをしているが、センシングデータの利活用は、そのような資源にアクセスするのが難しい一般生活者～中級アスリートにこそ活用されるべきであろう。そのような環境が整備されることにより、一般生活者の健康寿命延伸を実現でき、さまざまな競技におけるアスリートのレベル向上につながると考える。

個人の運動記録は高いプライバシー性を有し、安全なポータビリティと、ベンダーロックインのリスクを防ぐ相互可用性を担保したデータプラットフォーム設計は道半ばである。医療を含む高度かつ多様なサービスで利用可能となるデータプラットフォームの設計、つまり Personal Health Record (PHR) 連携の前提となるデータモデルの明確化や運用ガバナンスの整備が喫緊の課題となっている。

またトップアスリートによるデータ利活用においても課題は多い。多くのトップアスリートは世界中で競技会や試合に参加し、多様な場所でトレーニングを行っている。しかしフィジカルデータを、国境を超えて取り扱う、つまりパーソナルな越境データの取扱いに関するルール整備に関する議論は途上段階にある。

学術研究でも、スポーツセンシングデータの利活用技術に関する論文は多数発表されている。例えばポジショナルデータのケーススタディや、電子トラッキングシステム (EPTS) の妥当性検証が蓄積しつつあり [3]、サッカーに特化したデータ駆動の

パフォーマンス評価・ランキング手法 (PlayeRank) のように、ロール考慮の多次元評価フレームワークを提示する研究が現れている [4]。さらに、チームスポーツ横断でのトラッキングシステム適用と種目特性に即した指標設計を総括するナラティブレビューも示され、実装・指標選定・文脈適合性の要件が整理されている [5]。しかし、そのような技術の普及についての検討は一般生活者のみならず、トップアスリートやプロリーグを対象としたものもほとんどない。

本研究部会では、一般生活者からトップアスリートまでを対象としたスポーツやトレーニングにおけるセンサーデータ利活用基盤の普及、高度化を目的とし、データエコシステムの構築と普及に関する研究を展開している。具体的には、スポーツ科学・情報学・標準化・ガバナンス研究の知見を統合し、①測定・分析の理論と方法論、②運用・ガバナンスの実装、③社会実装と価値創出（ビジネスモデル・制度設計）を一体でデザインすることを目的としている。

次章からは研究部会メンバーが展開している一部のプロジェクトを紹介する。

参考文献

- [1] Kovalchik, S. A., "Player Tracking Data in Sports," *Annual Review of Statistics and Its Application*, Vol. 10, No. 1, 2023, pp. 205–229.
- [2] Seshadri, D., Li, R. T., Vogt, B., Bertalot, C., Christie, D., Torre, G., Li, C. M., Almeida, N. D., and Prabhu, S., "Wearable Sensors for Monitoring the Internal and External Workload of the Athlete," *npj Digital Medicine*, Vol. 2, 2019, 71.
- [3] Linke, D., Link, D., and Lames, M., "Validation of Electronic Performance and Tracking Systems EPTS Under Field Conditions," *PloS one*, Vol. 13, No. 7, 2018, e0199519.
- [4] Pappalardo, L., Cintia, P., Ferragina, P., Massucco, E., Pedreschi, D., and Giannotti, F., "PlayeRank: Data-Driven Performance Evaluation and Player Ranking in Soccer Via a Machine Learning Approach," *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, Vol. 10, No. 5, 2019, 1–27.
- [5] Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A., and Clubb, J., "Tracking Systems in

Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis," *Sports Medicine-Open*, Vol. 8, 15, 2022.

2. スポーツチームにおける傷害予防技術の導入意思決定プロセスモデルの構築（米山徹朋・鳥谷真佐子）

プロスポーツ組織の持続可能な経営にとって、選手の傷害は、競技力低下を通じた数百万ユーロ規模の収益損失（間接コスト）に直結する重大な戦略的リスクである。ドイツのブンデスリーガを対象とした Dallmeyer らの分析 [1] は、傷害発生率がチーム成績と有意な負の関係にあることを示している。特に第 1 部リーグでは、試合日あたり追加で 1.62 人の欠場選手が 1 ランクの順位低下と関連し、その結果として推定で 560 万ユーロもの収益が失われる可能性が明らかになった。このため、傷害予防への投資は、厳格な経済合理性に基づいて評価されるべき戦略的リスクマネジメントの課題として、その重要性を増している。本研究は、チームの傷害予防技術導入決定に影響を与える個人で構成される意思決定ユニット（DMU: Decision Making Unit / BC: Buying Center）[2] の影響力構造と技術の科学的妥当性との相互作用を可視化し、実効性のある導入戦略の策定に貢献することを目指す。

スポーツテクノロジー導入（Adoption）の主要な障壁として Qi らは、専門家へのインタビューを通じて、技術的なスキル、コスト、変化への対応、投資収益率（ROI）、セキュリティと倫理であることを明らかにした [3]。しかしながら、ステークホルダー（選手、メディカル、コーチ、経営層など）がこれらの障壁をどの程度懸念し、どのように相互に影響を与え合うかというダイナミクスを考慮した研究は不足している。従来の個人レベルの技術受容モデルである TAM（Technology Acceptance Model）[4] などでは、多様な専門職種が関与する組織内における権力構造や交渉プロセスを十分に説明することが難しい。このような技術導入における組織内外のステークホルダーの相互影響については、他業界でも同様に重要視されている。Ohashi らは家族経営の畜産生産者によるスマート畜産技術導入プロセスをモデル化し、技術導入の意思決定が TAM な

どでは捉えられない組織内の価値観の衝突やインフォーマルな影響力構造といった複雑なダイナミクスによって強く左右されることを示唆した [5]。これらの知見は、技術導入を単なる合理的判断ではなく、組織文化や人間関係、信頼ネットワークを含む社会的プロセスとして捉える必要性を示している。

本研究では先行研究が示す視点をスポーツチームという多職種協働組織に拡張し、スポーツチームの技術導入を組織購買行動 (OBB: Organizational Buying Behavior) の一部と捉え、企業の購買行動がDMUによる意思決定や、購買状況 (Buy Class) の類型によるプロセス変化 [6] として分析されてきた既存のOBB理論に着目し技術導入プロセスモデルの構築を試みる。具体的にはDMU内のステークホルダーごとの異なる価値観の衝突と影響力構造を特定し、導入プロセスにおける影響力の相互作用とその推移を捉える組織的意思決定プロセスモデルの構築に取り組む。これによりOBB理論をスポーツ経営学に適用・発展させたいと考えている。今後は、国内プロスポーツチームを対象としてDMU実態に関するアンケート調査と主要メンバーへの半構造化インタビュー調査を実施し、DMU内での価値観の衝突や影響力構造を解明する。それにより、DMU分析を通じたOBB理論のスポーツ経営学への適用・発展という学術的貢献を図る。また、DMU内の価値観の対立解消と意思決定を最適化するためのDMU意思決定プロセスモデルの構築、DMUガバナンスモデルの提案、および技術ベンダー向けのターゲットコミュニケーション戦略策定の知見を提供することで、傷害リスク回避という経営課題の解決に資する実務的貢献を目指す。

参考文献

- [1] Dallmeyer, S., Steinfeldt, H., Hübers, T., Pietzonka, M., and Breuer, C., "Monetising Misfortune: The Financial Consequences of Injuries in Professional Football Teams," *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, Vol. 11, No. 2, 2025, e002437.
- [2] Webster, F. E., and Wind, Y., "A General Model for Understanding Organizational Buying Behavior," *Journal of Marketing*, Vol. 36, No. 2, 1972, 12–19.
- [3] Qi, Y., Sajadi, S. M., Baghaei, S., Rezaei, R., and Li, W., "Digital Technologies in Sports: Opportunities,

Challenges, and Strategies for Safeguarding Athlete Wellbeing and Competitive Integrity in the Digital Era," *Technology in Society*, Vol. 77, 2024, 102496.

- [4] Davis, F. D., "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology," *MIS Quarterly*, Vol. 13, No. 3, 1989, 319–340.
- [5] Ohashi, T., Saijo, M., Suzuki, K., and Arafuka, S., "From Conservatism to Innovation: The Sequential and Iterative Process of Smart Livestock Technology Adoption in Japanese Small-Farm Systems," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 208, 2024, 123692.
- [6] Robinson, P. J., Faris, C. W., and Wind, Y., *Industrial Buying and Creative Marketing*, Allyn & Bacon, 1967.

3. スノースポーツセンシングエコシステム構築に関する研究プロジェクト (深見嘉明)

一般生活者において最も広範に活用されているヘルスケアデータの1つが運動量であろう。多くのスマートウォッチには、運動量測定アプリがプリインストールされている。

生活習慣病予防や高齢者のフレイル予防には継続的な運動が効果的であり、運動習慣を定着させるための試みも自治体や健康経営を採用する企業などで多く実施されている。

最も手軽な運動手段として、ウォーキングを促進する施策が各所で展開されている。しかし、年間を通じてウォーキングをすることすら難しい地域がある。それが北海道や東北、北陸地方を中心とした中山間地域である。これらの地域は豪雪地帯でもあり、冬季になると積雪によって徒歩による外出が困難になる。そのため移動は自家用車を用いて行われることが多く、慢性的な運動不足の状態となる住民が多い。

このような地域において冬季に実施可能なのが雪上スポーツである。雪上スポーツは歳を重ねても楽しむことのできるスポーツであり、習慣化させることにより健康寿命延伸に効果があると考えられる。このプロジェクトでは、継続的に雪上スポーツに取り組む人口を増加させるため、トレーニング効果を可視化するセンシング技術の導入と、取得データを

活用した動機づけの仕組みを構築することを目指している [1]。

雪上スポーツは専用の施設において実施されることがほとんどである。プロジェクトではまず、雪上におけるデータ利活用の現状を把握すべく、ノルディックスキージャンプの競技場と、スノーボードトレーニング施設を調査した。

ノルディックスキージャンプを対象とした調査を実施したのは長野県白馬市の白馬ジャンプ競技場である。白馬はスキージャンプのナショナルトレーニングセンターに指定されている日本有数の施設である。

同競技場にはジャンプする瞬間を撮影する定点カメラと、踏切地点に埋め込む形でフォースプレートが設置されている(図1)。定点カメラの動画とフォースプレートの記録データはクラウドに保存され、ジャンプ後に台の下に設置されたパソコンに表示される(図2)。試技後、選手はパソコンの場所へ移動し、データを確認する。一方コーチは踏切地点のすぐ横に設置されたコーチングボックス(図1)にいるため、このデータをその場で確認することはできない。そのためコーチはタブレットで試技を撮



図1 白馬ジャンプ競技場ノーマルヒル。□で囲まれた場所が踏切地点であり、フォースプレートが埋め込まれている。○で囲まれた場所がコーチングボックスである

影し、その動画を確認しながらジャンプ台の下でパソコンに表示されたデータを閲覧している選手にトランシーバーでアドバイスを伝えるという手法をとっている。施設に設置された機器とタブレットやトランシーバーなどを組み合わせて情報を取得、処理しながらトレーニングが実施されている。

白馬を含む多くのジャンプ競技場は積雪がない状態でも試技を行うことが可能な設計となっているが、スノーボードにおいても積雪がない時期にトレーニングを実施できる施設が存在する。

小布施 QUEST は、スノーボードのトップライダーを輩出する国際スノーボード&スケートボード専門学校(JWSC)が利用する非積雪時期用のトレーニング施設である。巨大なエアマットが設置され、そのマットに向かってジャンプの試技を行うことができる。

調査ではJSWCがモーショングラビティと呼ばれるスノーボード用足裏センシングデバイスの試行を実施する場面取材した。このデバイスは足裏に装着して圧力を測定するものであり、専用アプリをスマートフォンにインストールして試技を動画撮影すると、試技の動画と足裏への加重状況を同一画面内で確認することができる(図3)。

スノーボードは、さまざまなスキー場でトレーニングや競技会が実施されるのみならず、同一スキー場内でもあちこちで試技が行われる。そのため、固定された場所にセンサーやカメラを設置することは、技術的にもコスト的にも難しい。姿勢計測は近年 AI (Artificial Intelligence) による画像処理技術を



図2 競技者が飛型とフォースプレートの測定数値グラフを見ながらコーチからアドバイスを受けるブース



図3 小布施 QUEST にて、コーチによる
モーショングラビティーを装着しての
試技と撮影動画・データ閲覧の光景

活用することで、比較的手軽に実施することもできるようになってきたが、ゲレンデ等にフォースプレートを設置することは難しいであろう。そのためセンシングデバイスはアスリートが装着するウェアラブルデバイスの形態を取らざるを得ない。装着する形態の圧力センサーは有力なデータ取得形態なのである。

モーショングラビティーをはじめ、多くのスキー・スノーボード用センシングデバイスは、スマートフォンアプリと連携して動作する。アスリートとコーチがデータを共有して効率的なトレーニングを行うためには取得したデータがコーチのデバイ

スとも共有されることが望ましいが、多くのスキー場は広大かつ光ファイバー網が近隣まで届いていない場合もあり、携帯通信網や Wi-Fi の整備も難しい状況である。リアルタイムでデータを取得、処理、共有するという環境整備は難しく、こういった点も普及の阻害要因になっている。

2つの競技におけるフィールドワークを通じ、センシングデータ利活用の推進には、競技ごとの特徴、特にトレーニングや競技会を実施する場所の制約が大きく影響することがわかった。と同時にアスリートとコーチが工夫してスマートフォンやタブレット等のデバイスを活用しながらトレーニングの効率化を進めている実態も明らかになった。

インフラ面での制約を克服し、使い勝手のよいデバイスやアプリが供給されるには、市場規模の拡大も求められる。一般生活者におけるスポーツセンシングデータ利活用の拡大は、スケーラビリティによるコスト低減につながり、アスリートにとっても有益であろうと思われる。

参考文献

- [1] 深見嘉明, 鳥谷真佐子, 寺本直城, 宮元万葉美, 「雪上スポーツトレーニングのデータ活用導入とガバナンス」『情報処理学会研究報告, 情報システムと社会環境研究会』2024 年。