

スポーツDXを俯瞰する

～特に育成指導支援におけるデジタル貢献の可能性～

妹尾 堅一郎*

Email: kensenoh@senoh.institute

* 産学連携推進機構

◎Key Words スポーツ／DX／指導育成／コンピュータ利用教育

1. はじめに：アスリートのハイパフォーマンス

近時、トップアスリートのハイパフォーマンス（高度な実技）には目を見張ることが少なくない。サッカーのFIFAワールドカップロシア大会（2018）、ラグビーのワールドカップ日本大会（2019）、そして新型コロナ禍中での東京五輪・パラリンピック（2021）や北京冬季五輪・パラリンピック（2022）等、世界的なスポーツ大会における選手達の躍動は記憶に新しい。また、プロ野球大リーグにおける大谷翔平選手の二刀流の大活躍は信じがたいほどでさえある。

その背後にある大きな要因は、スポーツ科学の進展とトレーニング指導における「デジタル技術」の活用であると言えるだろう。それらを「スポーツDX（デジタルトランスフォーメーション）」と呼んでみよう。センサー、コンピュータ、ネットワーク等を通じたデータ集積とAI分析等が競技者のパフォーマンス向上から育成指導支援や医学的知見に裏付けられた体調管理に至るまで大きく寄与している。またDXは画期的な用具・道具等の開発や競技施設の大幅改良から斬新な戦術・戦略形成に至るまで新局面を拓いている。

そこで本論では、まず五輪やプロにおけるトップアスリートの高度実技育成のDX支援事例や競技場への影響、および民間におけるフィットネス指導のDX支援事例について概観する。次に「スポーツとテクノロジー」「スポーツとイノベーション」「スポーツの教育」に関して、DXを広義の「スポーツにおけるコンピュータ利用教育」としてとらえ俯瞰的・概観的に論点を整理・考察する。（本論ではeスポーツの類は取り上げない）

なお、筆者は既に昨年の本学会においてDXの段階説を提案している（①デジタル化の段階、②ネットワーク化の段階、そして③AI活用化の段階）【1】。

2. JISSによるハイパーフォーマー強化と育成

まず、五輪レベルのアスリート（ハイパーフォーマー）の育成指導について、どのようなDXが進んでいるかを見てみよう。以下は、国立スポーツ科学センター（JISS）において開発され、現在トップアスリートに普及・役立っている3つのシステムである【2】【3】。

2.1 トレーニング映像即時FBS

「トレーニング映像即時フィードバックシステム（以下FBSと略す）」は、JISSがウエイトリフティングの選手から自身のフォームチェックを都度行いながらトレーニングを進めたいという要望に基づき開発が始め

った。速いリフティングの細かい動作まで視認できる必要がある。JISSはフォトン社と共同でハイビジョン対応の映像遅延再生システム（通称スポレコ）を開発した。フルハイビジョン対応、60フレームの録画・再生を可能にしてスポーツ特有の高速動作にも対応できるようした。またハイビジョン映像を最大4チャンネルまで同時入力、高精細な分割表示を可能とした。これにより過去と現在の映像を比較できるようになった。さらにコマ送り、スロー、繰り返し再生等の機能をリモコン操作でできるようにした。

本システムの導入により実際の動作映像を即時に見返すことができ、動作改善が急速に進んだという。また、指導者と選手とが同じ映像を見ることにより問題点や課題の共有が図られ、意思疎通も進んだと聞く。

以降、各種スポーツ（体操の試技、トランポリンのジャンプ動作、卓球でのスマッシュ動作、バレーボールのアタックフォーム等）の実技確認に用いられるようになり、現在はより多くの分野で活用されている。（先進指導者のいる高校の相撲部等でも活用されている。）

2.2 スキージャンプ映像即時FBS

スキージャンプでは練習でも本番でも以前より映像が活用されていたという。指導者は、選手がテイクオフ（踏み切り）するカンテ（ジャンプ台先端の踏み切り台）の真横にあるコーチーズボックスでビデオ撮影する。また審判が飛型から着地までよく見えるところにある飛型審判台のある建物から飛型や着地動作などのジャンプ後半の映像も撮る。すぐにコーチがビデオカメラを持って選手がいる場所まで降りたり、リフトの途中で待ち合わせる等の工夫をしていた。ただし、ジャンプ台の下で選手キャビンで選手自身が、2カ所で撮影した映像をすぐに確認できるようにするには、スタッフが毎回走り回らなければならなかった。

そこで無線LANを用いてコーチーズボックス、飛型審判台、選手キャビンの3カ所を接続し、ビデオカメラの映像ファイルを自動転送して、実技後の選手が即時閲覧できるシステムが構築された。練習においても選手とコーチは同じ映像を見ながらトランシーバで意思疎通を図れるようになった。この映像転送システムは他国に先駆けた取り組みであった。

現在はさらに複数のコーチが別々の地点から選手と映像共有できるP2P（Peer to Peer）技術による映像フォルダの自動同期も可能になっている。

2.3 スポーツ映像データベース (SMART-system)

「JISS スポーツ映像データベース ((SMART-system))」は、「スポーツの現場で撮影されたさまざまな映像をインターネット上で共有し、利用者が簡単に検索、閲覧ができるシステム」である【3】。2004年に開発に着手、2006年から本格的な運用を始め、現在では多くの競技で活用されている。主要な国際大会等でナショナルチームのスタッフやコーチが撮影・蓄積した映像をいつでも・どこでもアクセスできる。これにより自己省察、対戦相手研究、世界動向分析等が一気に進んだ。

映像はストリーミングで配信され、コマ送りやスローモーションなどスポーツに必要な機能が付けられている。また競技特性にあったメタ情報(技の情報、時間情報など)を自由にタグ付けできるので、シーンまで特定を簡易にできる。さらにグループやユーザの特定や閲覧範囲制限等ができる管理ツールも充実された。

なお、大会開催国によっては必ずしも高速回線が保証されるわけではないので、どのような通信環境でもストレスなく映像配信をできるだけ可能とし、また多様なデバイスへの対応も順次図られている。

配信映像の利用目的としては、選手とコーチは自分達の演技の見直しのみならず、好調時の映像をイメージトレーニングにも利用している。また演技系競技(体操やシンクロ等)でも対戦系競技(柔道や卓球等)でも、対戦相手の研究にはよく利用されている。

なお、このシステムはナショナルチーム内での映像共有が主目的として開発され、現在夏冬を問わず多くの競技分野で活用されているが、近年では地域指導者の利用拡大を進めており、競技全体の底上げやタレント発掘に関する映像を強化にも活用が進んでいる。

3. プロスポーツにおける実技強化と育成

プロスポーツにおけるDXは加速度的に進展している。例えば、米国プロ野球大リーグのDXは我が国でも日々TVやネットで目にできるようになった(大谷効果)。そこでの映像やデータの活用例を列挙してみよう。

①パフォーマンス(以後実技と呼ぶ)の映像を多くの選手がスマートフォンあるいはパッドで都度再確認する。技術改善の気づき等、省察が促進される。

②コーチと選手が映像共有を行い、イメージの共有と問題点や課題の確認がなされている。

③実技の映像やデータ(投球/打球の速度や軌跡、守備位置や実技)が即時に会場やTVに表示され、競技の魅力が向上し、楽しみ方が増している。

④実績値の統計データに基づく作戦立案が行われ(守備シフト等)、戦術・戦略の高度化がなされている。

⑤審判の微妙な判定に「チャレンジ」がなされ、複数のビデオ映像で確認されて再判定。公平性が増す。

⑥実技記録を基に各種データが統計処理され、選手やコーチ監督の公平な成績評価がなされる。

⑦日々の練習がセンシングとデータ処理によって支援される。例えば、練習時の大谷選手のバットバットグリップに装着される「ブラストモーション」は、スイングの質自体を大きく向上させたといわれる。あるいは、近時推

奨される筋力トレーニングもデータに基づく。

これらを概観すると、前述の五輪ハイパフォーマーにおけるDXと同様に、「自己省察」「動作研究」「実技の改善」「対戦相手研究」や「指導力の向上」といったことがスポーツDXの効果として顕れていると言えるだろう。

4. 競技場や練習場のDX化

ところで、競技場(や練習場)のDXもある。それは3つの観点で語れるであろう。

第一は、もちろんスポーツの競技力向上を支えることである。たとえば柔道やレスリング等の格闘技や卓球等の国際大会では、一会場内で複数の試合が同時進行する。現在はスタッフ陣が駆け回って撮影し、SMART-systemへアップしている。これらを、例えば8Kビデオカメラ1台のみで俯瞰的に撮影し、その高精細画像からゼッケンやスコアボード等を自動認識させる。それに試合情報を自動付与し、システムに自動登録する…、このような会場のDX武装によりスタッフは周辺作業から解放されれば、本来業務(ゲーム分析や作戦立案等)に注力できるだろう。

なお、このようなシステムが整備されれば、例えば素人ボランティアによる支援関与も可能になる。特に、地域スポーツや学校スポーツの底上げに資するだろう。そのためには産学連携の推進や関連テクノロジーの開発者、エンジニアの育成等が課題となる。

第二は、エンターテインメント、大衆娯楽としてスポーツの魅力向上に寄与するだろう。会場や練習場の多様で詳細な映像表示や解析データの提供は「みる」「する」のどちらにとっても新たなスポーツの楽しみ方を開拓してくれるに違いない。

第三は、施設運営側にとってビジネス価値の向上が期待できる。利用客の利便性を向上させ、魅力ある施設にできれば施設稼働向上が高まるからである。

第二と第三は、例えば「イチローはバッティングセンターで育った」と言われることを想起する。トスバッティングが道具(ティー)の導入で変容し、さらにピッチングマシンの導入がバッティングセンターという新ビジネスを生んだ(社会実装)ことが背景にある。同様に今後はDXにより、さらに高度な実技を体得するアスリートが生まれていく可能性もあるだろう。

5. フィットネスクラブにおける指導や支援

DXは一般スポーツ愛好家にどのような恩恵を与えるか。新型コロナ禍の巣ごもり状況は、運動不足を解消しようとする在宅トレーニング者を増加させた面もある。これに対応したネットワークを通じて提供される指導情報や支援情報も少なくない。例えば、一流アスリートや一流コーチによるチューブ等への実技や指導の投稿があれば、オンラインの直接指導もある。ここではフィットネス指導を見てみよう。

フィットネス指導に関する情報は、文字から画像、映像へと進歩したものの、最近になるまでは専門家からの一方的なものであった。だが、インターネット関連サービスの普及によって現在ではプロからセミプロ、アドバンストアマチュアまで情報発信側に加わってき

た。さらに一般アマチュアもトレーニングの試行体験をコンテンツとして発信するようになってきている。

つまり、フィットネス学習は、発信者と受信者が固定された一方向的な「知識伝授型」から、誰もが発信者にも受信者にもなりうる、双方向の「互学互習型」へと変容していると言えるだろう。

以前我々は運動に関する指導のアプローチを、トレーナー（教える側）とトレーニー（教わる側）の関係性という観点から2軸で整理したことがある【4】。

第1の軸「同期／非同期」は、トレーナーによるコーチングとトレーニーによる運動が同時に行われているか否かという軸である。第2の軸「同所／異所」は、トレーナーとトレーニーが同じ場所にいるか否かという軸である。これら2軸によって生まれるフィットネスにおける運動指導を四象限に整理できる。

そして、従来の指導が「同期・同所」と「非同期・異所」の2タイプに大別されていたことが分かる。

「同期・同所」とは、1:1（トレーナーの人数：トレーニーの人数）の場合は対面でのパーソナルトレーニングであり、1:Nの場合はスタジオでのレッスンなどがその代表例となる。他方、「非同期・異所」では、従来トレーナーの指導を映像教材化したものが多く普及していた。最近ではオンラインでの映像提供サービスが普及しつつある。

ネット速度の向上や新型コロナ禍等の外部環境変化に伴い、近年は「同期・異所」での指導が急増し、1:1や1:N形式の指導がオンラインライブで行われるようになった。そこで、オンラインを介した「同期・異所」型と従来の「同期・同所」型との関係性を「代替・補完・相乗」という概念セットで考察してみよう。

一つ目の「代替」は、オンラインで指導を受けることにより、「同期・同所」型の対面指導を受けなくても良い場合である。地理的制約を受けないので、世界中の優秀なコーチから指導を受けることも不可能ではない。ただし、現状では「同期・異所」型は「同期・同所」型を完全代替することは難しい。理由は装置器具だ。現在、主にオンライン代替されているのは自体重による運動やチューブ等の軽量小型な器具を用いた運動に限られている。バーベルやダンベル等の大型器具を自宅利用できる人は限られるからだ。ただし、この問題を解消する技術やビジネスモデルが生まれれば「代替」可能性は高まるかもしれない。

二つ目は「補完」である。トレーニーはトレーニングジムで高重量を扱う指導を中心に受け一方で、自体重を活用したオンライン指導も補完的に受けるといふものだ。逆にトレーナーは対面型指導を主としつつも、空き時間はオンラインで直接指導を行うものである。このように「同期・異所」型は「同期・同所」型を補完することもある。

もちろん、「同期・同所」型が「同期・異所」型の指導を補完するという反対の関係性も成り立つ。つまり「同期・同所」型と「同期・異所」型は第3の関係である「相乗」、すなわち相互補完関係を生む可能性もあるとも言えるだろう。このように「代替」という“OR”の関係も、「補完」「相乗」といった“AND”の関係もありうるのである。

ちなみに、前述のJISSが開発した「トレーニング映像即時FBS」は「同所・同期」に対応したものであり、「スキージャンプ映像即時FBS」はコーチと選手の間物理的距離がある場合なので「同期・異所」の問題解消の手立てであると見ることができるだろう。

6. 3つの観点からの考察

スポーツとDXは3つの観点から論じられる。

第一は、スポーツとテクノロジーの関係である。

第二は、スポーツのイノベーションとの関係である。

第三は、スポーツにおける実技と座学の関係である。

以下、DXを広義の「コンピュータ利用教育」とみなして、その論点を概観していく。

6.1 スポーツとテクノロジー

第一の「スポーツとテクノロジーの関係」については、既にいくつもの研究がなされている【5】【6】。

まずスポーツに関わるテクノロジーの分野の変容と多様化が指摘できる。従来は、素材の進歩がスポーツを大きく変えてきた。例えば、棒高跳びの棒の素材から陸上トラックの素材まで。あるいは水着の繊維素材やコースロープの形状からゴルフシャフトの素材まで。主として用具や道具の進歩を中心にしたテクノロジーの寄与である（現在パラリンピックアスリートへの支援でも急速に進歩している）。

近時は明らかに情報技術の進歩、すなわちITCやDXが大躍進している。特にセンサの小型化や測定精度の向上、映像と配信の簡易化は飛躍的に向上している。またそれらによって得られるビッグデータはAI分析を進展させている。

これらが相俟って、実技・指導・管理等を急激に進歩させている。また審判・判定等も向上している。さらには一般の人々にとってもスポーツ観戦から健康増進まで大きな変容をもたらしている。

ところで、特許庁はスポーツ関連技術に関する技術動向調査を行った【7】。そこでは、技術分類を「みる」「する」「ささえる」に分け、その調査結果を踏まえて次の4提言を行っている。

【提言1】スポーツ関連技術のビジネス活用に向けた、成長性の高い技術分野、日本国籍に強みのある技術の活用への注力

【提言2】観戦支援など「みる」市場で注目される技術への注力

【提言3】「する」「ささえる」市場で極めるスポーツにとって価値の高い技術の強化

【提言4】一般の人がスポーツや運動を楽しみ、健康増進するための「する」「ささえる」市場にも適用できる技術の展開

各提言の詳細は省略するが、本提言は日本企業を前提に書かれている。しかしながら当然、スポーツ科学はJISSや大学等の研究機関も大きく推進している。今後、産学官公民連携によるスポーツテクノロジーの進展は、知財等の扱いも含めて大きく進展するものと期待できる。

6.2 スポーツとイノベーション

第二の「スポーツとイノベーション」の関係はどうか。ここでイノベーションとは「ドミナントモデル（ノーマル）の転換」を意味する。以前、その変遷をよう俯瞰的に概観し、いくつかのモデルを見出した【8】。

- 動作モデル転換：走り高跳びは、正面飛び⇒ベリーロール⇒背面跳びと移行した。短距離走のスタートは、スタンディング⇒クラウチングに移行した。札幌五輪時のスキージャンプはクラシックスタイルだったが、長野五輪ではV字に移行していた。ドミナントモデルの転換はイノベーションである。
- 難度進化によるモデル転換：フィギアスケートのジャンプも、今や男子四回転、女子三回転が標準だと言えよう。体操では、東京五輪の最高難度はウルトラCだったが、今やJ難度が求められるという。ミュンヘンで世界を驚かせた塚原の月面宙返りは、今や中学生でもできる技なので難度Cだそうだ！
- 進化的発展によるモデル転換：サッカーにおけるバックスやミッドフィルダーの役割は年々進化している。野球でも、先発完投が、押さえ（セーブ）、中継ぎ（ホールド）と次第に分業制となり、最近では1～2回ずつの完全分割継投も試みられている。
- 複数モデルの両立：ピッチャーとバッターの二刀流は、高校野球では珍しくないが、プロ野球では極めて稀であった。大谷選手は画期的な例外である。
- モデルの多様化：野球投手のオーバースローは本流でサイドスローやアンダースローは傍流であるものの貴重な戦力として重宝される。巨漢力士の中で小兵の活躍もこれまた貴重である。ドミナントモデルは基本だが、多様性もこれまた貴重である。
- 孤高独自モデルの例外化：水泳のバサロ泳法（潜水泳法）は危険だと制限されるようになった。王の一本足打法、野茂のトルネード投法、イチローの振り子打法等は「超技術革新による独自モデル」はドミナントモデルにはならなかったが、「孤高の例外化」と呼べるだろう。

以上は実技動作に関するものが主である。今後はDXにより実技動作のドミナントモデル転換（なスポーツイノベーション）はさらに進展するかもしれない。

6.3 スポーツにおける実技と座学

第三はスポーツにおける教育、実技と座学の関係である。従来のスポーツは、実際に「する」人（と指導する人）と、それを座って「みる」人（と応援する人）がいる。これは教育における実技と座学の関係に近いのではないか。だが、それらの関係を変える技術が登場しつつある。特に、現在はマルチモード（音像・画像・映像・テキスト）を扱うマルチメディアとしてのデバイスが発達した。例えば2022年4月に「家の中が競技場に」をキャッチフレーズとして登場した「NINTENDO SWITCH SPORTS」である（以下NSSと略）。バレーボール、バドミントン、ボーリング、サッカー、チャンバラに加えてゴルフが秋に登場するという。

NSSは多面的に解釈できる。例えば第一に、従来のスポーツや運動が「今だけ・ここだけ・私たちだけ」でしか楽しめなかった「だけだけモデル」に対して、「いつでも・どこでも・誰とでも」楽しめるというスポーツの「でもでもモデル」を提供するものだと言えよう。第二は、一種の疑似体験とその体験支援テクノロジーの社会実装の試みと見なせる。これは一種のシリアスゲームなのだ。第三は、CPS（サイバーフィジカルシステム）型のシミュレーションという広義の「コンピュータ利用教育」と見なせるはずだ。

7. むすび：身体知の体得と創発を支援する

スポーツ分野における科学技術の活用は大きく進展している【9】。

中でも特にデジタル活用DXは、アスリートや指導者の自己強化・育成支援に留まるものではない。周辺のスポート技術・実技・技能、スポーツ用具・道具、スポーツ施設設備、さらにはスポーツ戦術戦略等にも大きく寄与がなされつつあり、その大きな発展が期待される。

従来「コンピュータ利用教育」はどちらかというと「知識の習得と創出」への寄与が中心であった。それに対し遅れがちであった「身体知の体得と創発」に関する情報活用の貢献が始まっている。これからの期待領域であるに違いない。今後は、今回概観した論点をさらに整理し、論考を深めていくこととしたい。

謝辞

久木留毅センター長、横澤俊治氏をはじめ国立スポーツ科学センター（JISS）の皆さんにご協力いただいた。また三浦智和氏には資料を頂戴した。御礼申し上げる。（ただし本論の責任は筆者にあることは言うまでもない）

参考文献

- 【1】妹尾堅一郎「“DX五段階進展論”に対応する“コンピュータ利用教育”の可能性」PCC2021(3C8)、CIEC学会(2021)
- 【2】三浦智和、清水潤「ビデオフィードバックシステムを用いたスキージャンプ支援」Journal of High Performance Sport 4, 120-126(2019)。
- 【3】三浦智和「トップスポーツでの映像システム活用—トレーニング映像即時フィードバックシステムとスポーツ映像データベースを例として—」『情報処理』Vol. 55 No. 11 Nov. 2014. 1221-1227, (2014)。
- 【4】宮本聡治、妹尾堅一郎、伊澤久美「フィットネス産業の変容と多様化、研究・イノベーション学会第35回年次学術大会予稿集(2E03)(2020)。
- 【5】「スティーヴ・ヘイグ『スポーツを変えたテクノロジー—アスリートを進化指せる道具の科学』、白揚社、2020。
- 【6】北岡哲子『スポーツをテクノロジーする—トップアスリートの記録を引き出した技術の力』日経BP社、2017。
- 【7】『スポーツ関連技術—令和元年度 特許出願技術動向調査 結果概要』特許庁(2020)
- 【8】妹尾堅一郎「ノーマルが変わり世代が変わる、時代が変わりノーマルが変わる—ビジネスにおけるノーマル転換を考える—、「妹尾教授のビジネス探訪—新潮流のBusiness 航海術—」No. 45、『月刊時局』2021. 01, 時局社(2021)。
- 【9】久木留毅『アスリートの科学—能力を極限まで引き出す秘密』ブルーバックス、講談社、2020。