

スポーツ価値向上のための システムデザインとデータ活用

神武 直彦

スポーツに関わるシステムはさまざまであり、スポーツ施設のみならず、観戦のためのスタッツ生成や怪我の予防のためのコンディショニング管理の仕組みなどもシステムの一つである。それらのシステムを正しくデザインすることは、スポーツの価値を向上させるために重要である。本稿では、スポーツに関わるシステムを効果的、効率的に実現するために必要なシステムデザインのアプローチと、それを支えるデータの活用について解説する。具体事例として、フィールドホッケーの練習や試合での運動量のデータを収集・分析し、選手やチームの特徴や課題を明らかにするシステムのデザインについて紹介する。

キーワード：スポーツ、価値向上、システムデザイン、データ

1. はじめに

2017年3月24日に第2期スポーツ基本計画が策定された。スポーツ基本計画は、スポーツ基本法の理念を具体化し、スポーツに関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための重要な指針であり、2017年4月から2022年3月の5年間を対象とした第2期計画では、スポーツの主演は国民および国民に直接スポーツ機会を提供するスポーツ団体などであると、国民、スポーツ団体、民間事業者、地方公共団体、国などが一体となって施策を推進していくことが必要だとしている [1]。

第2期スポーツ基本計画が対象とする5年間に、日本では2019年にラグビーワールドカップ、2020年に東京オリンピック・パラリンピック競技大会、2021年にワールドマスターズゲームズ関西といった世界的なスポーツイベントが開催される予定で、少子高齢化、経済のさらなるグローバル化といった社会変化が予想されている。その中で、スポーツは、人格の形成、体力の向上、健康長寿の礎であるとともに、地域の活性化や、スポーツ産業の広がりによる経済的効果など、多様な価値を社会に提供できる可能性がある。そのために、スポーツに関わるさまざまなシステムを正しくデザインし、マネジメントすることは、スポーツの価値を広げ、深めていくために重要である。たとえば、新国立競技場に代表されるスポーツ施設はアスリートや

市民がスポーツを行い、観客や家族が観戦する機能をもったシステムである。また、選手やチームに関する統計数値であるスタッツ (statistics) をテレビ中継の画面などにわかりやすく可視化して提示する仕組みもファンやサポーターがスポーツを深く理解し、楽しむことを可能にするシステムである。さらに、トップアスリートの発掘・育成・キャリア支援や、スポーツによる地域活性の実現にもシステムが必要である [2]。

また、スポーツに関わるさまざまなシステムについて、その特徴や課題、変化を把握するためのデータを得ることが従来よりも容易になりつつある。まず、テクノロジーの発展により、選手の運動量に関する情報や心拍数、ボールの速度、回転数など、多様なデータを高精度で収集できるようになり、データを収集するためのデバイスの低価格化により、トップアスリートのみならず、誰もがそのようなデータを扱うことができるようになってきた。また、一切の著作権、特許などの制御メカニズムの制限なしに、すべての人が望むように使え、再利用、再配布も可能なオープンデータの普及により、従来は入手が容易ではなかったスポーツ施設や試合のスタッツなどのデータを国内外問わず扱うことができるようになってきた。

本稿では、スポーツに関わるシステムを効果的、効率的に実現するために必要となるシステムデザインと、そのシステムの価値を向上させるためのデータの活用について紹介する。

2. システムデザイン

2.1 システム

システムとは何か？ *INCOSE Systems Engineer-*

こうたけ なおひこ

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1
kothake@sdm.keio.ac.jp

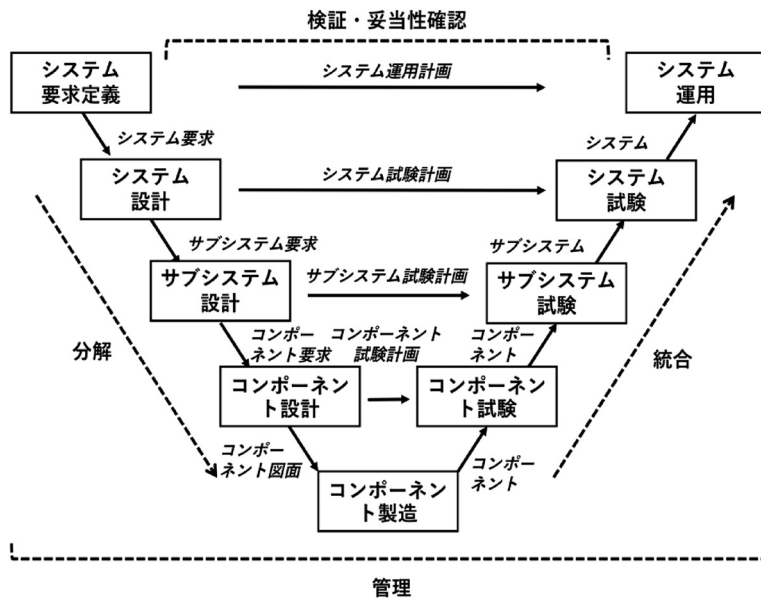


図1 Vモデル

ing Handbook [3]によると、「システムとは、定義された目的を成し遂げるための相互に作用する要素を組み合わせたものであり、これにはハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、人、情報、技術、設備、サービスおよび他の支援要素を含む」と定義されている。また、Systems of Systems という概念があるが、あるシステムの構成要素の一部がシステムであってもよく、複数のシステムが階層的に存在し、それらが相互に作用することで、ある目的を達成する場合、その集合体もシステムであるといえる [4]。この場合、上位の階層にあるシステムに対し、下位の階層にあるシステムを「サブシステム」といい、そのサブシステムを構成し、相互に作用するシステムではない要素を「コンポーネント」という。

2.2 システムズエンジニアリング

目的をもったシステムを効果的、効率的に実現する一つ的手段に「システムズエンジニアリング」アプローチがあり、Systems Engineering Handbook では「システムを成功裏に実現させることができる複数のディシプリンにまたがるアプローチおよび手段」と定義されている。これには半世紀近い歴史があり、人類初の月への有人宇宙飛行計画「アポロ計画」はシステムズエンジニアリングによって成功したといわれており、世界中の宇宙開発や軍事開発で発展し、都市開発や自動車開発など、数多くの複雑なシステムを対象に利用されてきている。つまり、理学や工学、経済学、法学、医学、体育学、スポーツ科学といった複数の専門分野を

統合し、単一の専門分野だけでは解決できない課題を解決し、イノベーションを創出するときに必要な考え方を提供することができるのがシステムズエンジニアリングの特徴である。システムズエンジニアリングにおいては、「木を見て森も見る」こと、また「森を見て木も見る」ことを心がけるように、ということをするのがよくある。重要な点は、対象を多視点で見ることで、そのうえで、それを俯瞰的に捉え、体系的に考えることである。

図1にシステムズエンジニアリングの基本的な考え方であるVモデルを示す。ここで重要な点は、まず、顧客や利用者の識別と利害関係者を含めた需要の把握と分析を行うことであり、そのうえで、システムへの要求分析を行うことである [5]。Vモデルにおいて左側は「分解」といい、要求分析から設計を進めていくことで、システムを構成するサブシステム、コンポーネントへ分解することを示している。一方、Vモデルの右側は、「統合」といい、実現したコンポーネントやサブシステムを統合してシステムとして実現することを示している。また、Vモデルのすべてのプロセスにおいて、検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation) を実施する。たとえば、「分解」においては、要求の正しさを確認するレビューや設計の正しさを確認するためのシミュレーションなどを行い、「統合」においては、統合されたシステムが適切に動作するかを確認するためのテストなどを行う。V字となっているのは、「分解」と「統合」のプロセスのレベルを合わせ、「分解」

で実施した要求定義や設計に対応した検証と妥当性確認が「統合」のプロセスで実施されることを意味している。また、検証や妥当性確認を想定し、要求定義や設計を行う。

なお、Vモデルはプロセスの順番を定義しているものではなく、考え方を示したものであり、システムによっては、Vモデルが何度も繰り返されることもあり、また、Vモデルによっては、対象とするところがシステム全体のこともシステムの部分的なものであることもある。

そのアプローチを念頭に置き、スポーツに関連するシステムを実現する際の構想から設計、具現化に至るまでの流れをイメージしつつ、それぞれのフェーズで考えるべきことや行うべきことについて解説する。

2.3 要求の分析

システムをデザインするうえで、最初に行うべきことは、その目的や理由（なぜそのシステムが必要なのか？）と、システムに対する要求、つまり、システム要求の明確化である。システムを設計し、具現化していくそれぞれのフェーズにおいて、その成果がシステム要求に合致しているかを評価することでシステムが正しく実現されているかを確認するため、システム要求を明確にすることが重要である。システム要求が誤っていたり、曖昧であったり、不十分であったりすると、それを正すために、すべてのフェーズの取り組みにその修正事項を反映し直す必要が生じる。そのシステムを利用する際のシナリオを具体的に想像し、そのシナリオからシステム要求を導き出す作業を丁寧に行うことは、システムを正しく実現できるかに大きく影響する。

たとえば、新しい競技施設の実現にあたって「観客が、選手のプレイやスピードをリアルタイムで把握してゲームを楽しむ」というシナリオを想定した場合、「競技施設は、試合中の選手の位置をリアルタイムで検知できること」という項目が、その競技施設への要求の一つになりえる。システム要求を明確にする際には、「何を実現したいのか？」を徹底的に考え、議論し、決めることが大切で、「どのように実現するのか？」は、設計のフェーズで考えるべき事項で、それを混同して考えないことが重要である。

システム要求を明確にする際の大事なポイントは、そのシステムの利用者は誰なのか？を具体的に想定し、さまざまな利用者の視点でシナリオを考えることである。そのシステムがいつ利用されるのか？（昼・夜、練習・試合、若手の時期・ベテランの時期など）、どこで利用されるのか？（自宅・試合会場、国内・海外な

ど）を具体的に想像すれば、利用されるシナリオを正しく、正確に、漏れなく想定できる。なお、システム要求のそれぞれの項目はそれが設計に反映されているか、また、具現化されているかを検証できる必要がある。後々、それが満たされたかどうかを検証できないシステム要求は定義する意味がないので注意が必要である。レオナルド・ダ・ビンチの名言に「十分に終わりのことを考えよ。最初に終わりを考慮せよ」というものがある。まさに、システムを実現する最初の段階での、利用シナリオの十分な考慮は、システムデザインで最も大切な点の一つである。

2.4 アーキテクチャの設計と統合

システム要求を定義したうえで行うべきことは、それを「どのように実現するのか？」を考え、議論し、決めることである。ある要求を満たすための実現方法は、複数あることが一般的で、選択しうる複数の実現方法を何かしらの評価基準によって比較し、適切な方法を選定する。その行為が設計であり、それによって創り出された「目的を達成する機能と特性の配置や繋がり」をアーキテクチャという。つまり、アーキテクチャ設計とは、システムに要求されている機能や性能について、システムを構成するコンポーネントに配分し、構成要素の仕様を明確にし、構成要素間の繋がりを明確にすることである。

そのための具体的な作業は、機能設計と物理設計の二つであり、この二つを混同しないことも重要である。機能設計では、システムに要求されている機能を分割し、その機能を構成する下位の機能に置き換える作業を行う。そして、物理設計では、機能設計によって分割された下位の機能を、実際にシステムを構成するコンポーネントに振り分ける作業を行う。たとえば、「競技施設は、試合中の選手の位置をリアルタイムで検知できること」という要求の場合、その要求を「選手の位置を緯度・経度・高さの情報で出力できる機能」に置き換える作業が機能設計で、その機能を「競技施設に設置する画像認識用カメラと選手が装着するGPS受信機、それらからのデータを分析するソフトウェア」に割り付ける作業が物理設計である。

そして、それらの設計結果をもとに、必要となるそれぞれのコンポーネントを実現し、ときには既存のものを購入し、流用し、それらのコンポーネントを設計の仕様に従って繋げ、サブシステムとし、最終的には一つのシステムとして統合することで具現化する。

2.5 検証と妥当性確認

システムの実現にあたっては、その目的やシステム

表1 選手やチームの特徴や課題を明らかにするシステムの実証例

場所	慶應義塾大学下田グラウンド
対象選手	慶應義塾大学体育会ホッケー部女子選手 日本リーグ所属社会人選手
人数	24名(大学選手21名, 社会人選手3名)
データ取得状況	練習試合形式
主な構成機材	GNSS受信機 (TranSystem GL-770) 心拍計 (Polar H1) ビデオカメラ (SONY FDR-X3000)
分析ソフト	表計算ソフトウェア (Microsoft Excel) 地理情報システム (QGIS)
レビュー対象者	慶應義塾大学ホッケー部監督, コーチ, 選手など

要求に合致したシステムが設計され、具現化されているかを常に評価する必要がある。評価では、検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation) の二つの観点の違いと関係を理解して行うことが重要である。その違いは何か? 検証は、「正しくシステムを実現しているか?」「仕様に応じて設計されているか、具現化されているか?」の評価であり、妥当性確認は、「正しいシステムを実現しているか?」「利用者を満足させる設計がなされているか、具現化されているか?」の評価である。実際に、検証や妥当性確認が十分になされておらず、「システム要求どおりに構築したけれど、ユーザが満足せず利用されないシステム」や「利用者は満足していたけれど、システム要求どおりに実現できておらず、運用途中で不具合が生じて利用できなくなってしまったシステム」は数多く実在する。検証と妥当性確認の違いを理解して評価することは、目的を成し遂げるためのシステムを実現するために重要である。そのため手法は、主に、検査 (Inspection)、分析 (Analysis)、実証 (Demonstration)、試験 (Test) があり、それらを用いて、どのように行うかを計画し、実行することも、「正しいシステムを正しく実現する」ためには大切である。

3. スポーツに関するシステムデザインとデータ活用の事例

スポーツに関するシステムデザインとデータ活用の事例として、フィールドホッケーでの練習や試合での運動量を計測し、選手ごとやチームとしての特徴や課題を明らかにするシステムについて紹介する。この取り組みは、筆者らが慶應義塾大学体育会ホッケー部とともにシステムデザインを行い、日本代表選手を含む日本リーグ所属の社会人チームの協力を得て実施しているものである [6]。

この取り組みでは、まず、そのシステムを将来的に運用する立場になる監督やコーチ、選手などとともに、事前にそれらのメンバーを含めた利害関係者への複数



図2 選手がGNSS受信機を装着している様子

回のヒアリングや練習・試合現場での観察を行い、選手ごとやチームとしての特徴や課題を明らかにするシステムの利用のシナリオを策定した。なお、フィールドホッケーは11人でプレーするスポーツであり、サッカーよりもボールのスピードが速く、接触プレーは少なく、選手は走っている時間が多い。また、オフサイドルールがないため、オーバーラップするようなスプリントは少なく、一方で反則やボールがグラウンドの外に出るたびにプレーが止まることから、時間経過すると停止し、停止した後に、再び運動が開始するといった間欠的運動が続く。シューティングサークル内のシュートのみゴールになるため、ロングシュートはなく、ゴール付近でのプレーが多くなる。このようなスポーツ特性を把握しながらシナリオを作成した。そして、そのシナリオをもとに、たとえば「システムは、選手の移動距離や一定速度以上で走った回数 (スプリント回数)、加速回数を計測できること」(システム要求事例1) また、「汎用ソフトウェアにて分析・可視化ができること」(システム要求事例2) というようなシステム要求を明確化した。

そのうえで、アーキテクチャの設計と統合においては、それらの要求を満たすために、機能設計と物理設計を行い、たとえば、システム要求事例1に対しては「選手の位置を5m以内の精度で緯度・経度・高さの情報で出力できる機能」という機能設計を行い、その機能を実現するために、GPS (米国) のみならず、準天頂衛星「みちびき」(日本)、GLONASS (ロシア) といった複数種の測位衛星 (GNSS: Global Navigation

表2 フィールドホッケーでの位置情報分析結果の例

	移動距離 [m]	平均 移動量 [m/min]	最高速度 [km/h]	%最高 速度 [%]	HIR 距離 [m]	%HIR 距離 [%]	スプリント 回数 [回]	加速 回数 [回]	加速 回数/分 [回/分]
平均	1132.0	74.7	20.3	78.6	31.3	3.0	4.1	21.0	1.4
リーグ選手 (1名)	795.0	52.5	21.4	81.4	48.9	6.2	5.0	21.0	1.4
チーム A (3名)	1118.0	73.8	21.2	79.9	37.2	3.5	5.3	22.3	1.5
チーム B (6名)	1195.0	78.9	19.7	77.5	25.3	3.3	3.3	20.3	1.3

移動距離：総走行距離、移動量：1分間当たりの平均移動量、最高速度：セッションごとの最高速度、%最大速度：最高速度から各セッションの最高速度を除いた値、HIR 距離：時速 18 km 以上の速度で移動した距離、%HIR 距離：総走行距離に対する HIR の割合、スプリント回数：時速 18 km 以上で走ったスプリントの回数、加速回数：2.5 m/s² の加速度に達した回数、加速/分：1分間当たりの加速回数

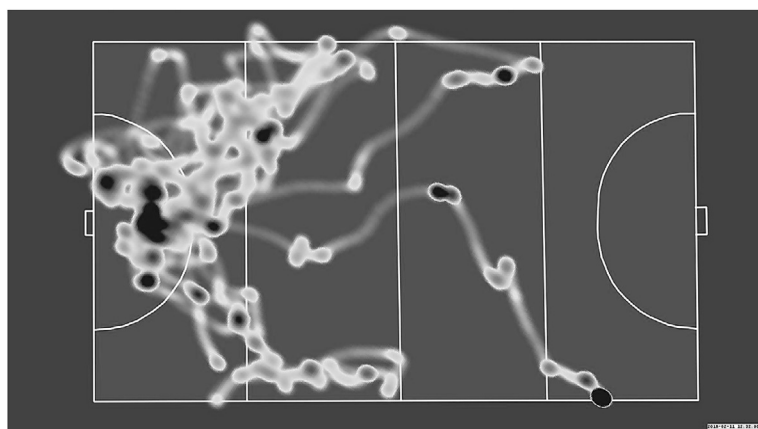


図3 フィールドホッケーでの選手の位置情報ヒートマップ

Satellite System) の信号を活用した高精度測位 GNSS 受信機をシステムのコンポーネントとして物理設計を行った。このシステムをある練習試合に適用した実証例を表 1 に示す。特別な機器やソフトウェアを使わずに、誰もが比較的入手可能なもので実施した。

この実証では、GNSS 受信機 (TransSystem GL-770) と心拍計 (Polar H1) を選手が装着した。選手が GNSS 受信機を装着している様子を図 2 に示す。出力レートは 5Hz とした。また、GNSS による位置情報取得の検証、また、関係者の直感的な練習試合の振り返りに活用するためにビデオカメラで撮影を行った。ビデオカメラにおいても、GNSS からの信号によって精密な時刻を記録できるものがあり、それを活用することで、データ分析時に、位置情報とビデオカメラ情報の時刻を精度よく合わせることができる。取得したデータの分析には一般的に利用されている表計算ソフトウェア (Microsoft Excel)、選手の動きや場所を可視化するためのトラッキングや、ヒートマップ、アニメーションのための処理にはオープンソースの地理情報システム (QGIS) を利用した。練習試合 15 分間のフォワード選手について、位置情報を分析した結果を表 2 に示す。また、可視化したヒートマップの例を図 3 に示す。

これらの分析結果を関係者とレビューを行い、日頃の練習や試合の改善を図るとともに、さらに必要なデータ取得、分析を行うということを繰り返すことで選手やチームにさまざまな知見が蓄積され、変化が生まれる。たとえば、表 2 のデータからは、日本代表クラスのリーグ選手は、ほかの選手と比較し、総走行距離は短いですが HIR 距離 (時速 18 km 以上の速度で移動した距離) は長いことがわかる。このことから、この選手はあまり長い距離は走らず、必要な場面で高速で走行しているのではないかと解釈ができる。そして、試合展開に関する映像データと合わせて分析することでその解釈の検証を行うことが可能である。また、選手がウェアラブルカメラを頭部に装着すれば、その映像データによって、選手が俯瞰的な視野で試合の流れを読み、長い距離を走ることなく適切なポジショニングをしているというようなことも確認できる。ヒートマップなどを用いたレビューにおいては、選手やチームで移動距離やスプリント、加速回数、移動の軌跡などを視覚的に把握することでトレーニングに反映することができる。また、取得データを蓄積することで選手やチームの成長の特性を把握することができる。トップレベルの選手の値と比較ができることで選手のモチベー

ション向上につながるなど、さまざまな活用方法がある。そして、それらの成果をもとに検証(Verification)と妥当性確認(Validation)することで、システムが目的に合致したシステムとして実現され、運用されているかを評価することができる。

4. まとめ

本稿では、スポーツに関わるシステムを効果的、効率的に実現するために必要となるシステムデザインと、それを支えるデータの活用について、事例の解説も含めて紹介した。システムデザインの考え方は、改めて考えてみれば当然のことも多々あるが、システムの価値を高めるためには、常に多くの関係者が関わるが多く、具現化のために協調していくことは簡単ではないため、その関係者の多くがその考え方を理解してものごとに挑むことには大きな意義がある。また、システムデザインの過程でものごとを俯瞰的かつ緻密に考え、行動するためには関係するデータを適切に収集、保存、分析、活用することが重要である。

謝辞 本稿で紹介した成果の一部は、内閣府「先進的な宇宙利用モデル実証プロジェクト事業」および横

浜市港北区「スポーツを通じたオープンデータ活用推進研究委託」によって実施し、エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社、株式会社アシックス、パフォーマンスシステム株式会社、株式会社東芝の協力を得た。また、データ取得、分析においては、慶應義塾大学体育会ホッケー部、蹴球部の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- [1] 文部科学省, 「第2期スポーツ基本計画」, http://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop01/list/detail/1383656.htm (2018年7月5日閲覧)
- [2] 笹川スポーツ財団, 『スポーツ白書2017—スポーツによるソーシャルイノベーション—』, 2017.
- [3] D. D. Walden, G. J. Roedler, K. J. Forsberg, R. D. Hamelin and T. M. Shortell, *INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*, 4th edition, Wiley, 2015.
- [4] オリヴィエ・L・デ・ヴェック, ダニエル・ルース, クリストファー・L・マギー (春山真一郎, 神武直彦, 白坂成功, 富田順子訳), 『エンジニアリングシステムズ—複雑な技術社会において人間のニーズを満たす—』, 慶應義塾出版会, 2014.
- [5] 神武直彦, “システムズエンジニアリングとは?—大規模・複雑システムへのデザインアプローチ—”, *KANRIN*, **72**, pp. 33–36. 2017.
- [6] 神武直彦, 中島円, 太田千尋, “スポーツにおける衛星測位による位置情報活用,” *O plus E*, **40**, pp. 415–419, 2018.