

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02834

研究課題名（和文）スポーツ活動による社会課題解決を実証する社会的評価システム構築とその実装研究

研究課題名（英文）Construction of a social evaluation system demonstrating the solution of social issues through sports activities and research on its implementation

研究代表者

山中 亮（YAMANAKA, AKIRA）

愛媛大学・社会共創学部・准教授

研究者番号：10782708

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：スポーツ活動における数値データの活用と社会的価値に焦点を当て研究を進めることができた。スポーツ活動を通じた社会課題解決に向けた科学的アプローチの重要性を探求するにあたっての、位置情報や生体情報を活用したデータ収集が進んでくる中で、特にサッカーの攻守推移モデルに基づくパス抽出の評価について、数理的なモデル化や技術革新の必要性について、攻守推移モデル構築を通じて評価システム形成に貢献することができた。位置データから直接的な数理モデルによる戦術的分析が可能であり、今後の技術革新につながっていくことを期待している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツ活動における数値データの科学的活用が社会的に重要であることが、戦術的数理モデルである攻守推移モデルの構築によって、先述という俗人的になりがちな評価に対して客観性を担保することが可能となる。その結果、今後の学術研究にスポーツの客観的データを分析することで、戦術的な分析や評価が社会の中で活用が促進され、スポーツ活動を通じた社会課題解決に貢献できる可能性を示唆することができた。

研究成果の概要（英文）：The research focused on the use of numerical data in sports activities and its social value. In the context of the growing use of positional and biometric data collection in exploring the importance of scientific approaches to solving social problems through sporting activities, the need for mathematical modelling and technological innovation, particularly with regard to the evaluation of pass extraction based on football's offensive and defensive transition models, was discussed. Through the construction of the model, it was possible to contribute to the formation of an evaluation system. Tactical analysis based on direct mathematical modelling from positional data is possible and is expected to lead to future technological innovations.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：スポーツ科学 スポーツ戦術分析

1. 研究開始当初の背景

近年、SDGs 等への取組みによって、スポーツの多様な価値が目目され、スポーツ活動を通じた、社会課題解決の実現へ期待が寄せられている。

またスポーツ活動の現場では、各種テクノロジーとの融合が進んで来ており、図1のように、活動を位置情報や生体情報(心拍数、脈拍数等)によって、大量の数値データとして収集し、評価する環境が整いつつある。しかし一方で、データを活用した研究への取組みが、競技スポーツやアスリートの競技力向上などの定量的研究に偏っている、という問題点1)が指摘されている現状もあり、スポーツ活動の質的要素に対する科学的実証への数値データの活用は、十分に進展していない。つまり現在の状況として、スポーツ活動を多様な数値データによって捉える環境は整えられる状態であるが、数値データを活用した、社会性の実証に応え得る取組みは十分に行われていない。今後は社会のニーズでもある、スポーツによる社会課題解決への効果等に対し、活動を捉える数値データを有効活用した、科学的な実証の枠組みの構築が必要不可欠な状況である。

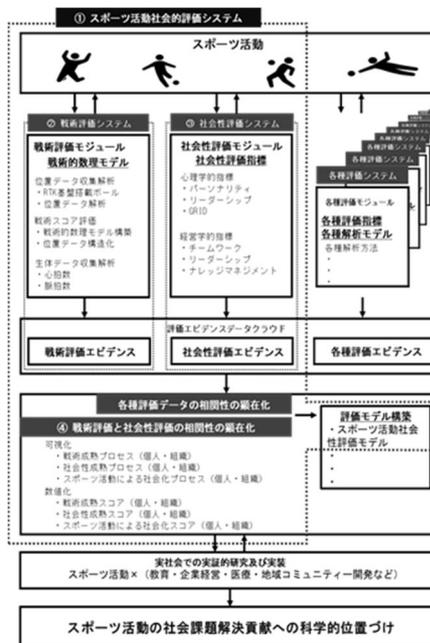


図1. 研究の概要

2. 研究の目的

スポーツ活動から得られる数値データをもとに、社会性を顕在化し評価するシステムの構築を行う。さらに、構築した評価システムを媒介として、スポーツ活動を、社会課題解決に貢献できる、社会性の学習修得機会として実証的に位置づけることを目的とした。

3. 研究の方法

(3-1) 研究の方法

本研究では、「スポーツ活動社会的評価システム」の構築を中核として、表1に示すスケジュールで【研究1】～【研究3】を実施し、実社会での実装に向けた取組みを進めることを試みた。

表1. 研究の方法(予定)

	2021年度	2022年度	2023年度以降
【研究1】 ② 戦術評価システム構築	→		
【研究2】 ③ 社会性評価システム構築	→		
【研究3】 ④ 戦術評価と社会性評価の相関性の顕在化 ① スポーツ活動社会的評価システムの構築		→	→
実社会での実装			→

【研究1】 戦術評価システム構築

Real Time Kinematic(以下、RTK)^{注1}測位を活用した、今回申請者らによって独自に開発するボールと選手用デバイスから得た、数値データに対して戦術的数理モデルを用いた解析をもとに、戦術分析評価のスコア化を行う。さらに、選手用デバイスから位置データと同時に得られる生体データ(心拍数、血圧等)を含めた評価システムとして構築を行う。

注1... 位置情報の誤差を修正する、高精度な測位技術

【研究2】 社会性評価システム構築

社会現象の1つとして捉えたスポーツ活動に対する縦断的調査によって、GRIT 指標やチームワーク指標等の社会性評価指標を用いて、個人や組織の変容を捉える評価システムの構築を行う。

【研究3】 戦術評価と社会性評価の相関関係の顕在化、スポーツ活動社会的評価システム構築

は、及び から得られる、評価エビデンスに対する、 の取組みから得た結果のモデル化をもとに構築する。具体的には、スポーツ活動による戦術評価と、心理指標である GRIT 診断等の社会性評価との相関性を、可視化システムである MIMA サーチ¹⁾を用いて顕在化し、評価モデルとそのモデルを基盤とした、 の評価システムを構築する。

2023年度以降は、実社会の、教育現場・企業・医療現場・地域コミュニティ等で実証実験を行いつつ、スポーツ活動社会的評価システムの改良を進めていく。多様な社会でスポーツ活動に取組み、比較的容易に個人や組織の社会的な成長が実証できる環境を構築していくことを通じて、スポーツ活動に取り組むこと自体が、社会課題解決につながる活動として科学的に実証され位置づけられていくと考える。

1) Mima et al. (2006) Terminology-based Knowledge Mining for New Knowledge Discovery. ACM Transactions on Asian Language Information Processing (TALIP), 5(1), 74-88.

4. 研究成果

研究を進めていく期間がコロナウイルス感染拡大期間と重なり研究計画の変更を余儀なくされ、「【研究1】 戦術評価システム構築」の開発に関する取り組みが主な取り組みとなった。取り組んだ内容として「スポーツの客観的数値データを活用した戦術的分析の構築」「サッカーの攻守推移モデルによるパス抽出の評価」を進めることができた。先述した取り組みの成果を中心に下記に示す。

(4-1) スポーツの客観的数値データを活用した戦術的分析の構築

攻守推移モデルの構築

試合の映像から得られた、プレイヤーとボールの位置データである数値データに対して、サッカーの戦術概念を基に構築した、数理モデルである「攻守推移モデル」による、攻撃権の判定を通じて、客観的数値データを活用した戦術的分析の基礎的な構築を試みた。攻守推移モデルによる判定から得られる攻撃時間に関する各種情報から、属性を持つ観察者によって推し量れる戦術的分析は、ゲームの公式記録やチームの監督によって分析されたものと類似しており、攻守推移モデルによる判定から得られる情報によっても、ゲームの戦術的な概観を推し量ることが可能な数値であることが示唆された。

また、属性を持つ観察者による判定から得られる攻撃時間に関する各種数値と、攻守推移モデルによる判定から得られる攻撃時間に関する各種数値の双方から、推し量られるゲームの戦術的な概観は、同様な概観を示すことも示唆された。さらに、特徴的なある時点における攻撃の内容についてパスの抽出を試み、攻撃内容についても検討を行った結果、映像から得られるパスの状態によるボールの動きと同様であり、パスの状態であることが確認され、推移モデルによる攻撃権は攻撃内容においても妥当である可能性が示唆された。

以上のことから、位置データである客観的な数値データのみを活用し、数理モデルである攻守推移モデルによる判定を用いた、基礎的な戦術分析の枠組みの構築が可能であることが明らかとなった。しかし今後に向けて、以下の課題が挙げられる。攻守推移モデルによる戦術分析の評価、攻守推移モデルの定数の明確化（実際の現場レベルとしての方向性）、多様なゲームの、数値データの確保、などである。について今回、特徴的なある時点の攻撃のみを対象としたパスの抽出と映像に対して行ったが、今後は1試合を通じた、また多くの試合に対する検証が必要である。については、と類似しているが、多くの多様なゲームのデータに対する判定を行い、定数または定数の範囲を明らかにしていくことが必要である。については、現在数値データとして存在するデータの多くは、スポーツビジネスのリソースとして位置付けられ、オープンなデータとして存在するものは多くない。今後は戦術的な分析の発展を目的とし、データのオープン化の方向性や、簡便なデータ収集が行える環境づくり等が望まれる。

(4-2) サッカーの攻守推移モデルによるパス抽出の評価

攻守推移モデルの明確化

攻守推移モデルに対して、FSMの考え方を取り入れ数理的な明確化を図った。この取り組みによって、連続時間での攻守推移の決定手続きを、数理的にモデル化し明確化することが可能となった。攻撃/守備の決定を行うある時点において、現実的には22人のプレイヤーとボールの位置データが存在する。しかし通常、数理的な決定は、ボールの近傍またはTRDRDの情報のみで行われるため、ある意味ある時点の数理的に切り取った瞬間的な断面と捉えられる。瀧井²⁾は、「ワールドサッカーにおける戦略・戦術的命題とは、『モビリティとバランスの統合』であり、それは攻撃と守備との間にニュートラルな状況をおかない『攻撃と守備との連続性』に求められる」と述べている。そのような戦略・戦術的命題は、11人对11人のゲームの中で、いかにして攻守の目的を経済的かつ合目的に遂行するかプランが、ゲームの背景には存在することを意味している。つまり、戦術的な分析を遂行するということは、位置データからある時点を断片的に分析する意味合いではない。そのような考え方のもとで、戦術的な分析を行うにあたり、FSMの考え方を取り入れ、ある時点の数理的な戦術的決定の背景としての、ゲームの状態のFSMによる数理的な把握は、プレーの現場における戦術的解釈の手順として理に適っていると考えられる。実際、オランダにおける指導現場では、ゲーム状況の把握の目的のもとゲームを洞察する視点の一つとして、自分のチームがボールキープしている場合、相手チームがボールキープしている場合、ボールキープが交代する場合：相手にボールを取られたり、相手からとった場合、のサッカーにおける3つのハイライトとなる状況を示している。また、ドイツの指導現場においても、攻撃、攻撃から守備への切り替え、守備、守備から攻撃への切り替え、の4局面でサッカーが構成されている(18)ことが示されている。これらは、一連の流れとして進んでいくゲーム状況を、戦術的に捉えていくための基盤となる考え方として、局面の把握の重要性を伝えて

いる。すなわち、ゲーム状況に対する戦術的分析は、チームとしての局面の把握を基盤として、プレーとしての行動の分析を戦術的に行うことである。ある時点におけるプレイヤーの状況は、22の状況が存在することになるが、FSMの考え方からチームとしての局面(攻撃/守備)を基盤にし、位置データから直接的な、数理的モデルによる戦術的分析が可能となる。戦術的分析のプロセスにおいても、人間が分析を行うプロセスと近く、ボールの近傍以外の場所のプレイヤーについての分析も行えるようになる可能性を持つ。FSMにより、数理的な明確化を図ったことで、位置データから直接的に、数理的モデルによる戦術的分析の基盤構築の質の向上への貢献が可能となった。

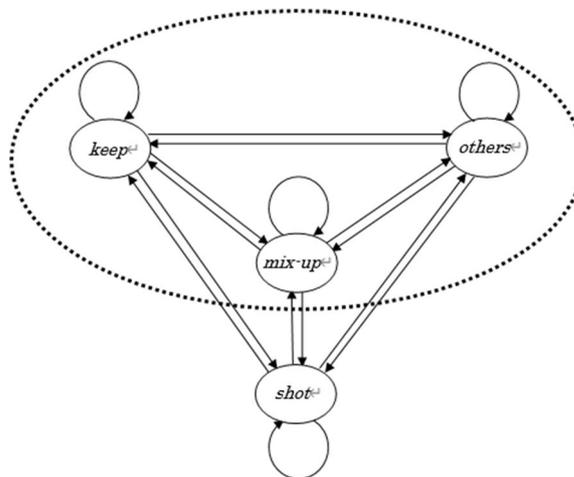


図2. ボールの状態を表す FSM

2) 瀧井敏郎 (2003) サッカーにおける戦術学習の視点に基づくゲームパフォーマンスの評価。スポ-ツ運動学研究, 16, 37-48.

②パスの抽出とその評価

FSMで数理的に明確化を図った、攻守推移モデルによってパスの抽出を行った。表2によって定めた各種パラメータのもと、攻守推移モデルから得られた結果は表3の内容となり、モデルによるパスの抽出は可能であった。しかし、実際の映像から得られるパスの数と、数理モデルから得られるパスの数に違いがみられたため、実際の映像とモデルによるパスの場面の比較を行った。さらに、攻守推移モデルから得られたパスのうち、実際の映像でもパスとして現れた割合。正確性に関する指標としての適合率 (precision) と、実際の映像に現れたパスのうち、攻守推移モデルによって得られたパスの割合としての再現率 (recall) を求め、適合率と再現率の調和平均としての F 値 (F-measure) による、モデルのパラメータごとの比較を行った (表4)。再現率が全体的に良くないが、この中ではパラメータ shotb=7.3m/s, r=2m のモデルの F 値が高い結果となった。攻守推移モデルからのパスの抽出は、再現率は低いものの適合率は高いことから、得られたパスはほぼ実際のパスを反映しているものと予想されたが、さらに、攻守推移モデルによりパスの抽出が得られなかった (再現率が全体的に良くなかった) 原因について、映像から得られる原因と考えられる状況を調査した。ゲーム状況から考えられる主な原因として、1タッチ、混戦状態であることが

表2. パラメータの根拠

shotb	ボールの速度の設定の根拠
7.8m/s	ボールの支配を念頭に、人が走って追いつけない速さとして、設定(12)したが、長い距離のパスしか得られず、パス抽出には利用しなかった。
7.3m/s	短い距離のパスを抽出可能とするために設定し、この数値を利用した。
5m/s	比較として、多少速い徒歩として設定した。
r	ボールの近傍の半径の設定の根拠 ^{*1}
半径2m	ボールを保持しながら1秒程度の間に動ける範囲として設定した。
半径1m	比較として、ボールを保持するプレイヤーが両手を広げた範囲程度の円内に他プレイヤーがいなければ、ボールは保持されているものと想定し設定した。

*1 実際のゲームの場面では、プレイヤーの体の向きにより、移動範囲の違いが生ずるが、位置データにプレイヤーの体の向きは記録されていないため、近傍を円として設定した。

表3. モデルから得られたパス抽出数と映像の比較結果

モデルのパラメータ	shotb	7.3m/s	7.3m/s	5.0m/s	5.0m/s
	r	2m	1m	2m	1m
パスの総数		347	251	328	288
映像, モデル		336	228	309	262
映像 x, モデル		11	23	19	26
映像, モデル x		133	116	118	101

表4. 攻パスの適合率と再現率

モデルのパラメータ	shotb	7.3m/s	7.3m/s	5.0m/s	5.0m/s
	r	2m	1m	2m	1m
適合率		0.97	0.91	0.94	0.91
再現率		0.72	0.49	0.66	0.56
F値		0.82	0.63	0.78	0.69

明らかとなった。1タッチについては、データとして用いた位置データは、5fpsであり、0.2秒ごとのフレームの状況を捉えている。通常キックにおけるボールと足の接触時間は0.01秒である(19)ことを考慮すると、0.2秒ごとのフレームにボールとプレイヤーの足のインパクトの瞬間をすべて捉えることは困難であることが予想される。そのため、本研究でのフレーム数では、1タッチをデータとして捉えることが困難であることが原因であると思われる。しかし、近年のテクノロジーの革新は進んで来ており、位置データの精密性は今後改善されてくることが予想される部分であると考えられる。混戦状態は、モデルの判断としては、異なるチームの複数のプレイヤーがボールを支配している状況にあたり、実際の映像を観察しての人による判断においても、瞬間的な時点での攻撃/守備チームの決定が困難であると思われる。このようなゲーム状況は戦術的な観点から、FSMによる数理的な明確化を図る方向性で、攻守推移モデルの改善を図っていく

ことで改善される部分であると考え。また、表 8 から、ボールの近傍の半径 r の大小による、パス抽出数の差異は明確に認められず、単純にボールの近傍の半径 r を小さくするだけでは解消されないことも予想された。座標ズレの原因としては、位置データの構築時の、座標データの採取方法に起因することも考えられた。今回の座標データの採取方法としては、映像からの人手による PC 画面を活用したクリックによるものであり、1 試合 (90 分) につき約 310,000 個の座標データとなる。先述もしたが、テクノロジーの革新によって、改善されてくる部分であると考えられ、今後の技術革新が期待される。

攻守推移モデルによるパスの抽出に取り組んだが、位置データから直接的に、数理モデルによる抽出は可能であった。再現率については、今後の技術革新によって改善されることが予想され、パスの抽出プロセスについて妥当な枠組みであった。攻守推移モデルによるパス抽出の取組みによって、位置データから直接的に、数理モデルによる戦術的分析が、攻撃/守備の決定による基礎的な戦術分析から、パスというボールの状況を付加した戦術的な分析が可能な枠組みへと進展を確認することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 上田 真也、中原 英博、坂本 拓巳、玉木 蒼一郎、坂口 芽以子、滝 航大、阪本 匠馬、小縣 良、曾根 未宇、山中 亮	4. 巻 67
2. 論文標題 アスリートにおける有酸素運動に対する食欲やアシル化グレリン濃度への影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育医学	6. 最初と最後の頁 208～216
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32311/jsehs.67.4_208	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 坂本 拓巳、中原 英博、坂口 芽以子、阪本 匠馬、滝 航大、玉木 蒼一郎、原 裕昭、山中 亮、上田 真也	4. 巻 67
2. 論文標題 週1回のサッカー教室に参加する幼児のミニゲームに対する心拍応答	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育医学	6. 最初と最後の頁 217～225
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32311/jsehs.67.4_217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akira Yamanaka, Hiroshi Otsuka, Dota Otsuka, Shinya Ueda, Jorge Diaz-Cidoncha Garcia, Masahiro Sugiyama	4. 巻 7
2. 論文標題 Evaluation of Football Pass Extraction Using the Offence/Defence Model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Sports and Physical Education	6. 最初と最後の頁 19-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20431/2454-6380.0701004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大塚寛, 山中亮
2. 発表標題 サッカーのトラッキングデータによる選手のネットワークの構築
3. 学会等名 情報処理学会 第85回全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大塚寛, 山中亮
2. 発表標題 サッカーのフォーメーション評価のための選手のネットワークの構築
3. 学会等名 情報処理学会第84 回全国大会
4. 発表年 2021年～2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Thomas M. Leeder, Akira Yamanaka, Jorge Diaz-Cidoncha Garcia, Masahiro Sugiyama	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Routledge	5. 総ページ数 264
3. 書名 Coach Education in Football Contemporary Issues and Global Perspectives	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大塚 道太 (Ohtsuka Dohta) (10442386)	大分大学・教育学部・准教授 (17501)	
研究分担者	大塚 寛 (Ohtsuka Hiroshi) (30203839)	愛媛大学・理工学研究科(理学系)・准教授 (16301)	
研究分担者	美馬 秀樹 (Mima Hideki) (30359658)	九州大学・未来人材育成機構・特任教授 (17102)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	山本 智規 (Yamamoto Tomonori) (30380257)	愛媛大学・社会共創学部・教授 (16301)	
研究 分担者	平尾 智隆 (Hirao Tomotaka) (30403851)	摂南大学・経済学部・准教授 (34428)	
研究 分担者	上田 真也 (Ueda Shinya) (40616926)	岐阜大学・教育学部・准教授 (13701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
マレーシア	Univesity of Malaya			
インド	Indian Institute of Technology Hyderabad			