

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：34415

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K18568

研究課題名（和文）インタラクティブなスポーツの行動経済学：卓球を例とした分析フレームワークの構築

研究課題名（英文）Behavioral economics of interactive sports: Building an analytical framework using table tennis as an example

研究代表者

本田 秀仁（HONDA, Hidehito）

追手門学院大学・心理学部・准教授

研究者番号：60452017

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：卓球のインタラクティブなプレーについて、行動経済学的な分析フレームワークを構築することが目的であった。具体的には、実際の試合におけるプレー内容のアノテーション付与、試合の動画からプレイヤーの骨格データを抽出するためのアルゴリズム開発、ならびにプレースタイルの時系列的な変化の分析に取り組み、試合中のプレイヤーの潜在的な心理状態の変化を明らかにした。この知見は、インタラクティブなスポーツに関して、行動経済学モデルから分析を進めることにより、新たな視点からプレー内容を解明できる可能性を示すものである。また、卓球コーチングロボットの開発や、コーチング法の改善につながる知見を提供すると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

卓球の試合を行動経済学的な視点から分析することで、従来のスポーツ科学やコーチングの視点だけでは見えなかった新たな側面を理解することが可能となり、卓球の指導方法を改善するための具体的な知見を提供する。例えば、プレイヤーの行動や心理状態の変化がどのように試合の結果に影響を及ぼすのかを詳しく探求することができる。そしてそれぞれのプレイヤーに最適な指導法や試合における有効な戦略を開発するための重要な情報となる。さらに、行動経済学的な分析フレームワークから、卓球コーチングロボットの開発にも寄与する。

研究成果の概要（英文）：The goal of this project was to develop a behavioral economic analysis framework for interactive sports such as table tennis. Specifically, we annotated the content of play in actual matches, developed an algorithm to extract skeletal data of players from videos of matches, and analyzed changes in playing styles over time to clarify implicit changes in players' psychological states during matches. Our findings showed the possibility of clarifying the content of play in interactive sports from a new perspective of a behavioral economics model. In addition, they provide insights that will lead to the development of table tennis coaching robots and improvements in coaching methods.

研究分野：認知科学

キーワード：意思決定 行動経済学 卓球 リスク態度

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

行動経済学では、人間が見せるバイアスの特徴的な性質について明らかにしてきた。例えば、ギャンブルの選択場面（e.g., 選択肢 A ; 100%の確率で 10,000 円もらえる、選択肢 B ; 10%の確率で 100,000 円もらえる、このうちどちらを選択したいか）において、私たちは利得場面ではリスク回避的、一方で損失場面ではリスク志向的になる傾向にあることが知られている（e.g., Kahneman & Tversky, 1979, *Econometrica*）。この知見は、選択課題の性質を考えると、人間の思考が見せるバイアスについての知見である。

近年、スポーツで見られるパフォーマンスについても同じフレームワークで説明できる、大変興味深い知見が報告されている。Pope & Schweitzer (2011, *American Economic Review*)はゴルフのパットについて、バーディーパットとパーパットでは、ミスのパターンが異なり、バーディーパット（パーパットと比べ、利得場面と見なせる）ではカップの手前になるショートパットになる傾向が強いことを示している。ゴルフでは短めのパットを打つことは安全策と捉えられているため、いわばリスク回避的になっている行動である。この知見は、思考が生み出す選択行動の特徴と同質のバイアスがスポーツのパフォーマンスでも観察されることを示している。つまり、行動経済学が明らかにしてきた人間の思考が見せるバイアスは、身体を伴う行動にも表出することを意味する。

ゴルフは個人スポーツであるが、複数人のインタラクションを伴う対戦型スポーツでは、行動経済学で明らかにされてきたようなバイアスは観察されるであろうか。対戦型のスポーツでは、駆け引きという形でインタラクションを伴う。一例としては、状況に応じて、攻撃的、あるいは守備的なスタイルを取り、このような駆け引きを通じて、自分に有利な試合状況を築こうとする。攻撃・守備的なスタイルはギャンブル選択時のリスク態度である"リスク志向的"、"リスク回避的"な行動と類似している。この考察に基づけば、試合中の得点系列やミスのパターン、また機械学習の手法を用いて推定されたプレー中の複雑な動作（e.g., 試合展開に合わせた動作や打球の違いなど）から、攻撃的あるいは守備的な行動パターンを解明することで、リスク態度という行動経済学が人間の選択行動を説明するためにしばしば用いる視点から、表面的には気が付かなかった、インタラクションの性質について解明できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、卓球を題材とし、以下の2課題に取り組み、インタラクションを伴うスポーツについて行動経済学的な分析フレームワークを構築することを目的とした。

【課題1】

1) 得点パターンの分類法の提案、2) 機械学習手法によるプレイヤーの骨格データならびにボールの軌跡データの取得法の提案、2つの視点から実際の試合に関するデータコーディング法に関する提案を行った。

【課題2】

プレースタイルの変化からプレイヤー間のインタラクションの性質について、試合の経過に伴う時系列的な変化から分析を進めた。

3. 研究の方法

【課題1】

まず1) について、平成27年度および28年度の全日本卓球選手権ジュニア男子、全日本選手権男子、女子のシングルス、合計35試合に対して分析を行った。プレイヤーA・Bが試合を行っており、Aが得点を決めたプレイヤーとした場合、表1に記しているような5つのパターンに得点を分類した。

表1. 得点のパターンの分類法。プレーをしている2名(A, B)のうち、得点したプレイヤーをAとする。

パターン1	Aが打ったボールをBが打ち返せず、Aが得点した（スマッシュ）
パターン2	Aが打ったボールをBが返したが、ネットにかけてしまい、Aが得点した
パターン3	Aが打ったボールをBが返したがオーバーしてしまい、Aが得点した
パターン4	Aが打ったボールをBが返したが、パターン2・3以外でAが得点した
パターン5	Bのサーブミス

次に2) について、実際の卓球の試合の動画から、プレースタイルの変化を自動で抽出することを目的として、プレイヤー骨格データならびにボールの軌跡を抽出するためのアルゴリズムの開発を行った。このアルゴリズムは、プレイヤーの動きを捉えるために、膝や肘、首などの骨

格データやボールの軌道の変化の抽出を目指すものであった。

【課題 2】

1 セット内で観察される得点パターンの変化について分析を進めた。具体的には表 1 におけるパターン 1 の観察割合の変化について、試合ごとのプレイヤーの違いを考慮した上で、状態空間モデルを用いて分析を実施し、プレイヤーのリスク態度の推定を行った。

4. 研究成果

【課題 1】

図 1 に表 1 の方針で分類した得点パターンの割合を記す。この図で各バーは各試合の分類割合を示している。図からもわかるように、ほとんどがパターン 1~3 に分類された。このうち、パターン 2・3 が観察された意味合いには様々な可能性が考えられる。例えば、パターン 2 はプレイヤー A が攻撃的な強いボールを打った結果としてプレイヤー B がボールを返せずにネットにかけてしまった、あるいは逆にプレイヤー B が攻撃的になり強いボールを打った結果としてネットにかけてしまった可能性が考えられる。パターン 3 についても同様に、プレイヤー A が攻撃的な強いボールを打ったためにプレイヤー B はうまく返せずオーバーしてしまった可能性、またはプレイヤー B が攻撃的に強いボールを打った結果としてオーバーしてしまった可能性が考えられる。このように、パターン 2・3 については観察された原因に様々な可能性が考えられる。一方でパターン 1 については、プレイヤー A が攻撃的なプレーを行った結果としてスマッシュが観察されたと解釈できる。そしてプレイヤー A と B の力量やそれぞれのプレースタイルの関係の中でスマッシュが観察されるか否かは確率的に決まると考えられる。但し、スマッシュが観察される確率は試合中に一定であるとは限らない。例えば、セットの序盤と終盤ではスマッシュが観察される確率に違いが生じている可能性が考えられる。もし違いが生じているのであれば、試合中にプレースタイルの変化が生じていることを示唆する。例えばスマッシュが観察される確率が高くなっているのであれば、プレイヤーがより攻撃的になった結果として確率が高くなっていることが示唆される。以上の考察から、攻撃的、守備的パターンを推定していく上でパターン 1 が曖昧性の少ない指標になりうる可能性が示された。

次に機械学習手法によるプレイヤーの骨格データならびにボールの軌跡データの取得法について、試合中、プレイヤーが目まぐるしく移動し、また審判をはじめとして、プレイヤーが陰に隠れてしまう場面も少なからず存在する。そのため、骨格データを正確に抽出することが難しい場面が存在した。しかしながら、より高度なアルゴリズムを用いることでこの問題を解決できる可能性がある。現在もアルゴリズムの改善に取り組んでおり、より正確なデータを得るための新たな手法を開発している。今後、実際の試合中のプレイヤーの動きについてより正確なデータが取得できることによって、プレイヤーの動きをより詳細に分析することができ、トレーニングや戦略の改善に役立てることが期待できる。

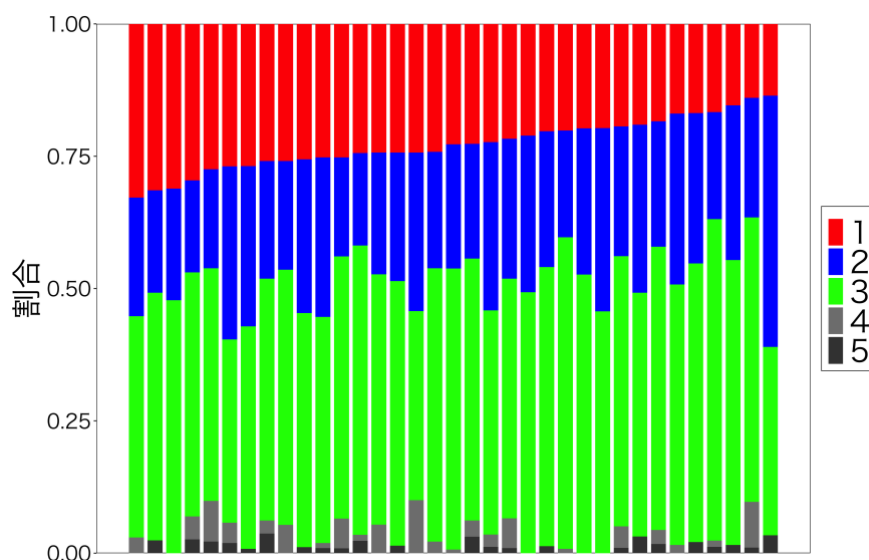


図 1. 得点パターンの分布。各バーは個別の試合の割合を示している。

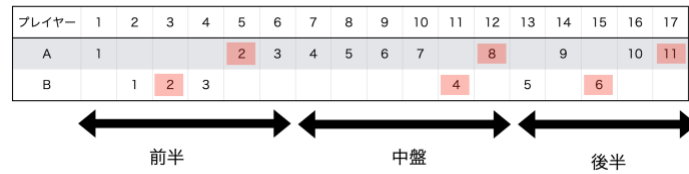


図 2. 分析内容の概要。この図ではプレイヤーA, B の仮想的な得点パターン（11-6 で A がセットを取ったケース）を示している。赤影がついている得点はパターン 1 にカテゴライズされたことを意味する。

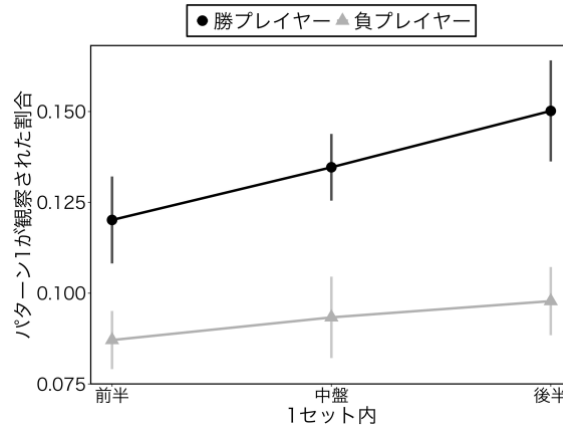


図 3. 1 セット内でパターン 1 が観察された割合。エラーバーは標準誤差を示す。

【課題 2】

1 セット内におけるパターン 1 の観察割合の変化について、分析の概要を図 2 に示す。この図にはプレイヤー A と B の試合におけるあるセットの仮想的な得点パターン（A が 11-6 でセットを取ったケース）を示している。まずセットを前半・中盤・後半の 3 つに分けた上で、それぞれでパターン 1 での得点がどの程度観察されたか（図内の得点の赤影はパターン 1 が観察された場合とする）を試合に勝ったプレイヤーと負けたプレイヤーごとに調べた。

分析の結果を図 3 に示す。勝ったプレイヤー、負けたプレイヤーともに後半に向けてパターン 1 がより多く観察される傾向にあった。このことは、試合中にプレースタイルが変化し、後半に向けてより攻撃的なプレーになった結果としてパターン 1 がより観察されるようになった可能性を示すものである。

さらにこの点をより厳密に分析をするために、試合ごとのプレイヤーの違いを考慮した上でプレーごとの変化について状態空間モデルを用いてより詳細な分析を実施した。ここでは、パターン 1 を生み出す状態に関するシステムモデルについて以下のような仮定を置いた。プレイヤーに攻撃的なプレーを行う状態が存在するものとし、これがセット内のプレーごとに変化すると仮定する。例えば、図 2 ではプレーが 1~17 まで存在するが、プレーごとにリスク態度が変化し、結果としてパターン 1 が観察される確率が変化すると仮定した。図 4 にパターン 1 が観察される確率推定の例を示す。そして推定された確率において、最も高い推定値を示した、つまり最も攻撃的になっていると考えられているプレーと、逆に推定確率が最も低い、つまり最も攻撃的ではないプレーがどのタイミングで観察されたかについて分析を行った。その結果を図 5 に記す。この図では横軸が最小値を記録したプレー、縦軸が最大値を記録したプレーを示し、推定確率が最小値と最大値が観察されたプレーの関係を示している。図からもわかるように、最小値は前半、一方で最大値は後半に集中しており（図 5 の左上の領域）、分析対象となった 35 試合中、勝ったプレイヤーでは 22 試合、負けたプレイヤーでは 21 試合がこのような形でパターン 1 が生じる確率の変動が観察された。このように、パターン 1 が表出する確率はプレーが進むにつれて変化し、特にセットが進むにつれてより観察されやすくなることが示された。

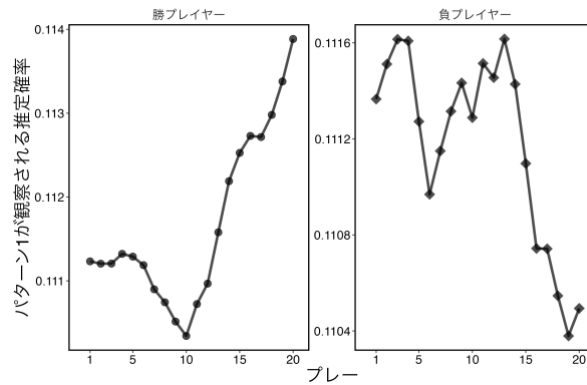


図 4. パターン 1 が観察される推定確率の例。この例はある試合のセットにおける勝プレイヤーと負プレイヤーにおける推定確率を示している。

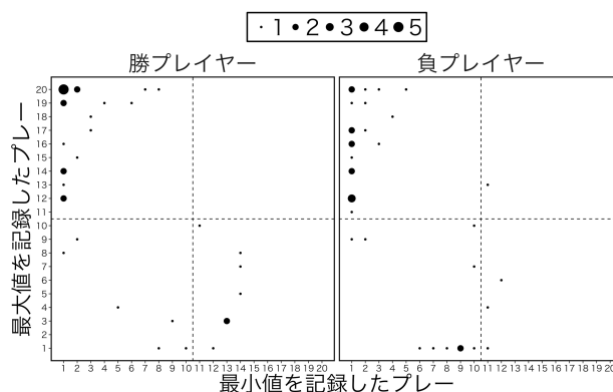


図 5. 推定確率が最小値と最大値を記録したプレーの分布。
バブルサイズは頻度を示している。

【成果のまとめ】

実際の卓球の試合に関して、得点パターンを分類し、その中でスマッシュが観察されたパターンがプレイヤーのリスク態度を推定する指標になりうるということがわかった。そしてこのスマッシュが観察されるパターンにどのような特徴が存在しているかについて分析を進めた。結果として、スマッシュは試合が進むにつれてより観察されやすくなることが示された。スマッシュが観察されたことは、プレイヤーがより攻撃的なプレーを行っていたことを意味する。各プレイヤーはプレースタイルを持っていると想定されるが、プレースタイルは固定的ではなく、状況に応じて変化していることが明らかになった。

私たちが試合を観戦している時の印象からプレイヤーがプレースタイルを変化させていることは予測できることである。しかし実際にプレイヤーが試合中にどのようにプレースタイルを変化させているかについて、モデル化をして分析を進めることで定量的に明らかにすることができた。パターンの分類、またそれに基づく定量的分析に関するこの方法論について提案している点が本研究の成果における新規性である。

本研究の知見は、卓球の分析にとどまることなく、インタラクションを伴うスポーツに対する行動経済学的な分析フレームワークの構築につながることを期待される。行動経済学のフレームワークは、少数の指標で記述された個の行動の系列のみしか扱えなかった。しかし本研究のような定量的な分析手法を確立することで、行動を説明・予測する理論を構築することが期待できる。また、行動経済学的フレームワークからの知見は、スポーツの動作解析に対して様々な示唆を与えられる。例えば、ミスが出やすい場面についてはリスク態度からの示唆を与えられるなど (e.g., リスク志向的から“守り”の状態であるリスク回避的になると、よりミスに繋がりがやすいなど)、これまでにはない形でプレイヤーの心的状態を探り、分析できる。特に、リスク態度に代表されるように、行動経済学的な指標は非常にシンプルなものであり、トレーニングロボットの開発等にも援用できる可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 本田 秀仁、岩谷 舟真、大瀧 友里奈、植田 一博	4. 巻 29
2. 論文標題 ナッジvs. プースト：人/人々はより合理的になれるのか？	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 390～403
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11225/cs.2022.023	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 -

1. 著者名 白砂 大、本田 秀仁、松香 敏彦、植田 一博	4. 巻 29
2. 論文標題 ヒューリスティック研究の歴史に見る合理性：認知と環境の相互作用から人の知性を探る	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 404～414
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11225/cs.2022.028	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 -

1. 著者名 Shirasuna Masaru, Honda Hidehito	4. 巻 18
2. 論文標題 Can individual subjective confidence in training questions predict group performance in test questions?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0280984
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0280984	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 -

1. 著者名 本田 秀仁、鈴木 宏昭	4. 巻 30
2. 論文標題 バイアス概念の再検討から思考研究のこれまでとこれからを考える	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 18～27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11225/cs.2022.071	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 眞嶋 良全、本田 秀仁	4. 巻 29
2. 論文標題 特集「合理性をめぐる認知科学」編集にあたって	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 335 ~ 342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11225/cs.2022.041	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 白砂大・本田秀仁.
2. 発表標題 確信度の低い個人は集団における判断の正確さを損なうか：集合知の枠組みに基づく実験的検討
3. 学会等名 行動経済学会第15回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本田秀仁・楊明哲・Jiaxin Ma・橋本敦史・田中一敏・白砂大
2. 発表標題 インタラクティブなスポーツにおけるプレースタイルの変化～卓球の試合における得点パターンを用いた分析～
3. 学会等名 HCGシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shirasuna, M., & Honda, H.
2. 発表標題 How do individuals' confidences about their judgments affect group judgments?
3. 学会等名 The 42nd Annual Meeting of the Society for Judgment and Decision Making (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 本田秀仁	4. 発行年 2022年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 10
3. 書名 仮説検証のための実験デザイン. 植田一博・大本義正・竹内勇剛(編), コグニティブインタラクション: 次世代AIに向けた方法論とデザイン	

1. 著者名 本田秀仁	4. 発行年 2022年
2. 出版社 筑摩書房	5. 総ページ数 10
3. 書名 解説: 直観から人間らしさを理解する. ゲーリー・クライン. 佐藤佑一(監訳), 決断の法則: 人はどのようにして意思決定するのか?	

〔産業財産権〕

〔その他〕

本田秀仁のページ https://www.hi-tohonda.com/home

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	田中 一敏 (TANAKA Kazutoshi) (10805774)	オムロンサイニックエックス株式会社・リサーチアドミニストレイティブディビジョン・シニアリサーチャー (92668)	

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
---------	---------