

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K22807

研究課題名（和文）AIによるテーラーメイド型スポーツスキル計測・改善システムの開発

研究課題名（英文）A development of AI-based tailor-made system to evaluate and improve sport skills

研究代表者

七五三木 聡（Shimegi, Satoshi）

大阪大学・全学教育推進機構・教授

研究者番号：20271033

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）：本研究は、卓球スキルの向上・改善を一つの研究モデルとして選び、人に一切依存せず、“アスリート毎にスキル計測と計測結果の分析、分析結果に基づく弱点やくせの検出、それらを修正するための練習・訓練メニューの提供と効果の検証”までの全プロセスをAIが行う“テーラーメイド型指導者フリー・運動スキル計測・改善システム”を現実空間課題および仮想空間（virtual reality, VR）課題として開発した。多球練習における球種や、選手の特徴や弱点（苦手なコースやショットパターン）をLightGBMを使って効果的に抽出し、これを基に配球パターンを調節することで個別最適化されたトレーニングを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

卓球の多球練習におけるAI解析の研究成果は、スポーツにおけるトレーニング革命をもたらすきっかけと成り得る。AIとスポーツの融合により、選手のパフォーマンスデータを高度に解析し、新たなトレーニング理論や方法論の開発が促進されるとともに、他のスポーツ分野への応用展開が期待される。社会的意義は大きく、個別の弱点を特定することで効率的なトレーニングの提供が可能となり、選手の競技力向上に寄与するとともに、スポーツ分野全体において、客観的データに基づく科学的なトレーニング方法が普及することで、一般のアスリートからスポーツ愛好者まで様々なレベルでの技術向上が容易となり、スポーツの普及に繋がる。

研究成果の概要（英文）：This research aimed to improve table tennis skills with a "tailor-made, coach-free, athletic skill measurement and improvement system" as a real-space task and a virtual-space (VR) task, in which AI performs all processes from "measurement of skills for each athlete, analysis of the measurement results, detection of weaknesses and habits based on the analysis results, provision of practice and training menus to correct them, and verification of the effectiveness" without relying on humans at all.

The type of ball in multi-ball practice, and the characteristics and weaknesses of the player (poor courses and shot patterns) were effectively extracted using LightGBM, and individually optimized training was realized by adjusting the ball distribution pattern based on this.

研究分野：スポーツ神経科学

キーワード：AI LightGBM

1. 研究開始当初の背景

AI を教育現場に活用しようとする試みは 2010 年代初頭より始まり、それまで普及していた全学習者共通の教育用ソフトウェアに代わり、学習者の能力や学習スタイルに合わせてカスタマイズされた学習体験を提供する個別学習支援システムの開発が発展した。一部のシステムは、機械学習アルゴリズムを用いて、学習者の行動や進捗を分析し、適切なフィードバックや学習資源を提供する能力を有するものもあった。2010 年代後半には、AI を活用したチューターが進化し、自然言語処理や機械学習を活用して、学習者と対話し、カスタマイズされた学習支援を提供する AI チューターが開発された。AI チューターの中には、個別の学習者に適した学習ペースや教材を提供するだけでなく、学習者の理解度や弱点を特定し、適切な支援を提供する能力も有するものもあり、IoT の積極的な利活用による教育 Dx 化とも相まって、数学や物理学、語学などにおける形式知の学習場面での AI の利活用は急速に拡大しつつある。

これに対して、スポーツ指導における AI の活用はほとんど進んでいない。特に、身体知の代表例であるスポーツの運動技能(スキル)の学習への AI の活用は大きく遅れている。身体知は、数学や物理などの形式知のように唯一の正解はなく、アスリート毎に最適解を探さなければならないことが最大の理由として挙げられる。そのため、スポーツ指導の現場における指導者の役割は大きく、各アスリートの現状を見極め(認識)くせや欠点・弱点を把握し(判断)その修正のための練習・訓練方法を決定して実行させること(指導)が求められる。しかし、指導者が行う認識・判断・指導は、多くの場合、指導者自身の経験に基づいており、客観性に欠けるとともに、指導者の心身状態を含む様々な要因によって揺らぐという問題がある。そのため、AI によるデータに基づく客観的かつ合理的な指導方略の確立が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、卓球スキルの向上・改善を一つの研究モデルとして選び、“主観的で不完全な認識・評価装置である人”に一切依存せず、“アスリート毎にスキル計測、計測結果の分析、結果に基づく弱点やくせの検出、弱点を修正するための練習メニューの提供と効果の検証”までの全プロセスを AI が行う“テラーメイド型指導者フリー・運動スキル計測・改善システム”を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

卓球の指導者は、多球練習と呼ばれる指導として、選手に対して自らボールを何度も打ち出し、その返球の様子を眼で確認しながら、返球の有無や精度や速度を評価し、修正すべき点を見出し、改善を促すためのコースや回転でボールを繰り返し打ち出す指導を行う。そこで、本研究では、これら ~ を指導者フリーで実現する運動スキル計測・改善システムを現実空間課題および仮想空間(virtual reality, VR)課題として構築した。

4. 研究成果

1) 現実空間課題について(図1)(図2)

3つのローターと2つのルーバーによって任意の回転方向(トップスピン・バックスピン・サイドスピン・無回転)・軌道方向(上下左右)のボールを自在に射出できる“ボール射出口ロボット”を自作の制御プログラムでコントロールすることで、多球練習時のように意図したボールを連続しての打ち出すことが可能となった。

ステレオ式高速ビデオカメラを用いたボールトラッキングシステム(サンプリング周波数 600Hz)を構築し、卓球台上におけるボールの三次元座標をリアルタイムで出力・視覚化することで、ロボットにより射出されたボールとともに、実験参加者の返球の有無だけでなく、返球軌道や速度、落下地点を自動計測できるシステムを開発した。

修正すべき点として返球率の悪かったボール軌道を弱点として検出し、弱点データを のおロボット制御プログラムに送信することで苦手ボールの集中練習を実現した。

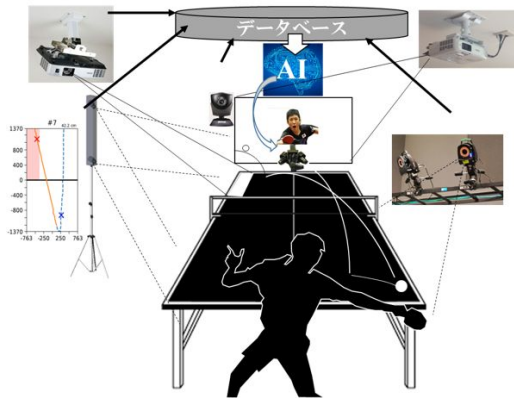


図1. 運動スキル計測・改善システム（現実空間課題）



図2. 運動スキル計測・改善システムを用いた実験の様子

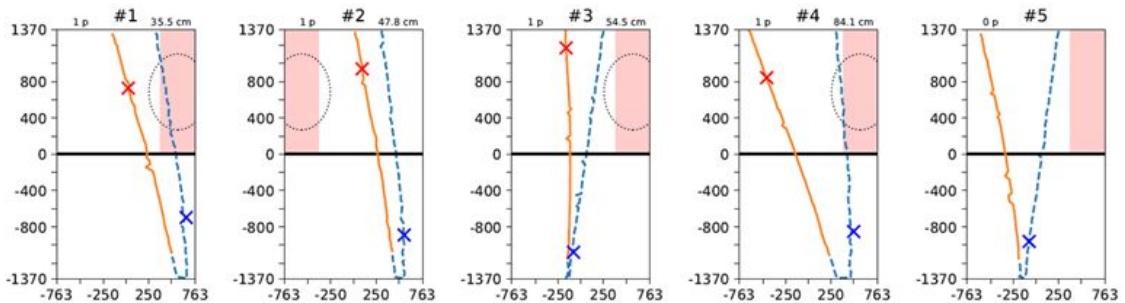


図3. 運動スキル計測・改善システムで取得されたボール軌道（青色破線はロボットにより射出されたボールの軌道、オレンジ色実線は実験参加者が返球したボールの軌道、×印はボール落下地点）

2) 現実空間課題におけるボールの質判定（図3）

トラッキングしたボール軌道の時系列データからボールの移動方向や球種（上回転・下回転・横回転）などを自動判別する方法として、「教師有り学習」の手法の一つである決定木を用いて検討した。決定木の勾配ブースティングのフレームワークであるLightGBMは学習が早く、大規模データにも適しており、メモリ効率もよい。そこでLightGBMを使って自動的判別器（学習器）を生成して球種の判別の精度を検証したところ、3つの球種（上回転・下回転・横回転）と3つの射出方向の組み合わせによって得られる合計9種類のボール判定正解率は90.98%であった。そのためディープ学習ではない学習モデルであってもボールの球種判定は可能であることが明らかになった。

3) VR課題の開発とこれを用いた弱点の検出（図4）

現実の卓球場面をVRデバイスを用いて再現し、運動スキル計測・改善システムの構築を行った。VRが生成する卓球ボールの軌道が、現実と同じ軌道になるように、AIを用いてマグナス効果、空気抵抗、反発係数、摩擦係数を決定した。AIとしては、ハイパーパラメータ自動最適化ツール「Optuna」を用いた。これにより、機械学習の過学習やローカルミニマム、発散などを防ぐようにパラメータを最適化し、現実場面と同じボール軌道の生成に成功し、これを用いた運動スキル計測・改善システムを構築した。また、当該課題を卓球選手に実施し、苦手ボールの抽出を行ったところ、顕著な個人差が観察された。

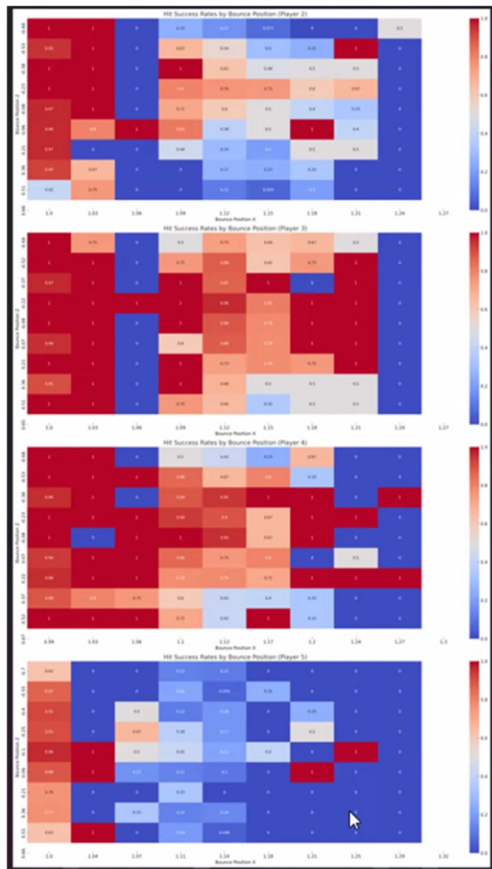


図4.運動スキル計測・改善システムを用いて判定された4名の実験参加者の苦手コース(ボール落下地点)についてのヒートマップ(赤色ほど苦手度が高い)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takami Ayaka, Goya Ryoma, Aoyama Chisa, Komiyama Takaaki, Kawajiri Toshitaka, Shimegi Satoshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Daily fluctuations in visual motion discriminability contribute to daily fluctuations in continuous visuomotor performance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Sports and Active Living	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fspor.2022.1009763	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 Komiyama Takaaki, Goya Ryoma, Aoyama Chisa, Yokota Yusuke, Naruse Yasushi, Shimegi Satoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 The combination of acute exercise and eye closure has a synergistic effect on alpha activity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-99783-y	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 Aoyama Chisa, Goya Ryoma, Suematsu Naofumi, Kadota Koji, Yamamoto Yuji, Shimegi Satoshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Spatial Accuracy of Predictive Saccades Determines the Performance of Continuous Visuomotor Action	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Sports and Active Living	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fspor.2021.775478	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 Komiyama Takaaki, Takedomi Hiromasa, Aoyama Chisa, Goya Ryoma, Shimegi Satoshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Acute exercise has specific effects on the formation process and pathway of visual perception in healthy young men	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 3239 ~ 3252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ejn.16082	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 Takami Ayaka, Kawajiri Toshitaka, Komiyama Takaaki, Aoyama Chisa, Shimegi Satoshi	4. 巻 14
2. 論文標題 Transcranial static magnetic field stimulation over hMT+ inhibits visual motion discriminability	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-51097-x	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 Nakazato Riku, Aoyama Chisa, Komiyama Takaaki, Himo Ryoto, Shimegi Satoshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Table tennis players use superior saccadic eye movements to track moving visual targets	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Frontiers in Sports and Active Living	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fspor.2024.1289800	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 -

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 嵯峨 瑞貴, 小見山 高明, 青山 千紗, 七五三木 聡, 嵯峨 宣
2. 発表標題 視覚運動反応に及ぼすヒト MT 野への経頭蓋直流電流刺激の効果
3. 学会等名 第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中里りく, 青山千紗, 小見山高明, 七五三木聡
2. 発表標題 卓球選手の眼球運動によるボール追従精度とその特徴
3. 学会等名 第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村文哉, 小見山高明, 青山千紗, 七五三木聡
2. 発表標題 静止視標に対するサッカーボールの眼球運動トレーニングが連続視覚運動にもたらす影響
3. 学会等名 第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 勝村亮太, 中本浩揮, 青山千紗, 小見山高明, 七五三木聡
2. 発表標題 野球の打者の選球眼に寄与する頭部運動及び眼球運動の役割と特性の解明
3. 学会等名 第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 勝村亮太, 木村晃大, 中本浩揮, 七五三木聡
2. 発表標題 野球の打者の選球眼に寄与する頭部及び眼球運動の役割と特性の解明
3. 学会等名 日本野球科学研究会第9回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 七五三木聡
2. 発表標題 ボールを良く見ろ"を科学する
3. 学会等名 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会(招待講演)(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高見采加、川尻敏孝、渡邊耕平、青山千紗、小見山高明、呉屋良真、七五三木聡
2. 発表標題 視覚運動におけるパフォーマンスと運動視能の関係
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊耕平、高見采加、小見山高明、青山千紗、七五三木聡
2. 発表標題 連続視覚運動における視線行動の寄与
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高見采加、渡邊耕平、青山千紗、七五三木聡
2. 発表標題 覚醒水準と運動視能の関係
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会 第48回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊耕平、高見采加、青山千紗、七五三木聡
2. 発表標題 連続視覚運動における運動視能の寄与
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会 第48回
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高見采加、青山千紗、渡邊耕平、川尻敏孝、小見山高明、七五三木聡
2. 発表標題 運動視能のゆらぎが連続視覚運動パフォーマンスに与える影
3. 学会等名 生理研研究会主催オンライン研究会「スポーツからみる 日常と非日常の神経生理
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 七五三木 聡
2. 発表標題 スポーツに寄与する視覚機能の特性・役割・神経機構
3. 学会等名 第76回日本弱視斜視学会総会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 呉屋 良真、七五三木 聡、青山 千紗
2. 発表標題 卓球競技者における運動視の特性
3. 学会等名 第75回日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青山 千紗、七五三木 聡、呉屋 良真
2. 発表標題 連続視覚運動における眼球運動の時空間特性と機能的役割
3. 学会等名 第75回日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 七五三木 聡、青山 千紗、呉屋良真
2. 発表標題 連続視覚運動パフォーマンスに対する眼球運動トレーニングの効果
3. 学会等名 第75回日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 呉屋 良真、七五三木 聡、青山 千紗
2. 発表標題 卓球競技者における運動視の特性
3. 学会等名 第28回日本運動生理学会大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青山 千紗、七五三木 聡、呉屋 良真
2. 発表標題 連続視覚運動における眼球運動の時空間特性と機能的役割
3. 学会等名 第28回日本運動生理学会大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 七五三木 聡、青山 千紗、呉屋良真
2. 発表標題 連続視覚運動パフォーマンスに対する眼球運動トレーニングの効果
3. 学会等名 第28回日本運動生理学会大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 越智祐貴, 水守大河, 呉屋良真, 七五三木聡, 田頭茂明, 荻野正樹
2. 発表標題 キネティック動体視力におけるVRトレーニングの有効性の評価
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goya R, Aoyama C, Mizumori T, Komiyama T, Shinegi S.
2. 発表標題 Table tennis player have superior motion vision in peripheral vision
3. 学会等名 The 1st International Sport Neuroscience Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aoyama C, Goya R, Komiyama T, Mizumori T, Shinegi S.
2. 発表標題 The functional roles of eye movement in the continuous visuomotor action
3. 学会等名 The 1st International Sport Neuroscience Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizumori T, Aoyama C, Komiyama T, Goya R, Shimegi S.
2. 発表標題 Effects of saccadic eye training on the continuous visuomotor
3. 学会等名 The 1st International Sport Neuroscience Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水守大河, 青山千紗, 小見山高明, 呉屋良真, 七五三木聡
2. 発表標題 連続視覚運動に対する眼球運動トレーニングの効果
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青山千紗, 呉屋良真, 小見山高明, 水守大河, 七五三木聡
2. 発表標題 連続視覚運動時のターゲットコントラストとパフォーマンスの関係
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉屋良真, 青山千紗, 水守大河, 小見山高明, 七五三木聡
2. 発表標題 卓球競技者は周中心視野の運動視能が優れている
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小見山高明, 青山千紗, 呉屋良真, 水守大河, 七五三木聡
2. 発表標題 運動がもたらす視知覚ダイナミックス
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青山千紗、呉屋良真, 小見山高明, 水守大河, 七五三木聡
2. 発表標題 連続視覚運動におけるターゲット刺激のコントラストが 運動パフォーマンスと眼球運動に及ぼす影響
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第46回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉屋良真, 青山千紗, 小見山高明, 水守大河, 七五三木聡
2. 発表標題 卓球競技者は周中心視野における運動視能が優れている
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第46回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉屋良真, 七五三木聡
2. 発表標題 球技競技者における運動視能の特
3. 学会等名 SRIP若手人材育成発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	荻野 正樹 (Masaki Ogino) (00397639)	関西大学・総合情報学部・教授 (34416)	

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	青山 千紗 (Chisa Aoyama) (80823939)	大阪大学・大学院医学系研究科・助教 (14401)	

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