

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01689

研究課題名(和文) スポーツ選手のマイクロサッカードを指標とした予測反応事態における潜在的注意

研究課題名(英文) Covert attention using microsaccade as an index in anticipatory response situations of sports

研究代表者

高橋 正則 (TAKAHASHI, Masanori)

日本大学・文理学部・教授

研究者番号：10297757

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、テニス選手が相手サーブをレシーブする時の眼球運動について、急速眼球運動解析装置を用いて測定し、潜在的な視覚的注意を示すと考えられる固視微動の成分であるマイクロサッカードが検出できるかどうか調査している。また、その出現頻度や方向などを指標として、コース予測のための視覚的手掛かりとなる潜在的注意の内容を検討することを目的とした。その結果、サーブの映像に注視ターゲットを設定することでマイクロサッカードの抽出が可能となり、マイクロサッカードが潜在的注意の対象を推定する指標として有効であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに、スポーツの予測反応事態において不随意性微小眼球運動であるマイクロサッカードの検出を試み、その有用性を検討した研究は見られない。本研究は、顕在化した注視点の軌跡やパターン、あるいは注視時間や頻度などの基本的指標を用いて検討されてきた従来の視覚探索方略の知見に加え、スポーツ選手が潜在的に注意している予測反応事態における視覚的手掛かりを推定できる可能性を示していることから、今後、予測に関する認知的技能の向上を目指した運動学習に活用できることが期待される。

研究成果の概要(英文)： Anticipation is a key skill required for skilled performance in many sports. In recent studies, microsaccades of small and fast involuntary saccades was known that they could occur during visual fixation and show covert attention. The purpose of this study were to measure tennis players' eye movements with EyeLink technology (SR Research Ltd.) when they received a serve of video, to investigate whether microsaccades were detected from their eye movements, and to examine contents of covert attention for serve course anticipation by using frequencies and amplitudes of microsaccades as indexes.

As a result, microsaccades were detected by superimposing a target on a serve video to gaze. It was showed that the indexes of microsaccades were effective to presume visual cues based on covert attention in course anticipation of tennis serve.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：マイクロサッカード 予測 潜在的注意 固視微動 眼球運動 テニス スポーツ

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

ボールゲームなどの多くの競技スポーツでは、的確な状況判断が即座に求められるため、予測反応事態における眼球運動から予測スキルを検討しようとする研究が盛んに行われている。

昨今、不随意性微細眼球運動である固視微動（一点を凝視する際に生じる眼球運動）の3成分のうち、微小な視線のジャンプを示すマイクロサッカードは、随意性の眼球運動であるサッカードと同じ制御系を有していることから、視覚的注意と密接に関係している可能性が指摘されている。また多くの研究者がその機能解明を進めているが、特に Martinez-Conde et al. (2006) はマイクロサッカードが起きなくなると、あるいはマイクロサッカードが通常よりも小さく遅くなると、神経系が慣れてしまい知覚の消失が生じることを示し、固視微動の機能的有用性を報告している。最も興味深い知見は、被験者が一点を固視したままで周辺のある部分に注意を向けると、マイクロサッカードの方向が真に注意を向けた方向に偏ること (Hafed & Clark, 2002) であり、このことから潜在的に注意された対象を推定できることが期待される。

今回採用したテニスのサーブスリターン時における相手サーブのコース予測といった反応事態では、これまでに、サーブ動作のいくつかの時点で視線を停留させる注視パターンが見出されている。特に、サーバーのボール・リリース時点からボール・インパクトに至る間、上級者ではサーバーとトスのボール・ピークとの間の空間上に注視する傾向が認められたことから、サーブのコースを予測判断すべき重要なボール・インパクト直前で、サーブ動作のどのような情報に潜在的な注意を向けているのか、といった問題が提起された。つまり、実際の注視位置は何もない空間上であるにもかかわらず、上級者はサーブのコースを早く正確に予測し、レシーブすることが出来ており、顕在的注意を示す注視点分析のみでは解決できない、何らかの重要な情報をボール・インパクト前に潜在的な視覚的注意によって得ているものと推察される。したがって、注視中のマイクロサッカードを検討することで、潜在的注意によって実際に獲得している有意味な情報を特定できるのではと考えた。

2. 研究の目的

本研究は、テニスのサーブに対する予測反応事態における熟練者の眼球運動について、急速眼球運動解析装置を用いて測定し、潜在的な視覚的注意を示すと考えられる固視微動の成分であるマイクロサッカードの検出を試みるとともに、マイクロサッカードが検出された場合には、マイクロサッカードの出現頻度や方向などを指標として、テニス熟練者におけるサーブのコース予測のための潜在的注意の内容を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

被験者は元プロテニス女子選手2名と大学テニス部に所属する女子選手6名の計8名であった（健康状態は良好、利き目・手は右、年齢 23.2 ± 6.5 歳、テニス経験年数 16.1 ± 7.8 年、練習頻度 5.1 ± 1.5 日/週、練習時間 2.9 ± 0.7 時間/日）。なお、本研究は日本大学文理学部研究倫理委員会の承認（研究課題 28-12）を受け実施した。

図1と図2は、シングルスとダブルスのサーブ動作のビデオ映像である（ボール・インパクト時点から2000ms前を開始時点）。●印と○印（直径16 pixel）は、2つの課題で被験者が注視すべきターゲットを示している。

実験装置（図3）は、急速眼球運動解析装置 EyeLink 1000 Plus (SR Research 社製)、反応用左右ボタン等で構成し、暗室内に設置した。被験者の椅子座位時に眼球とモニター上部の高さが一致するよう椅子の高さを、またビデオ映像のサーブ動作に対する視野角が実際の競技場面における視野角に近似した 8.3deg となるようモニターとの距離を調整した。

実験課題は、サーブに対し打球コースがセンターの場合には左ボタンを、ワイドの場合には右ボタンをできるだけ正確性を優先し、なおかつ早く押すことであった。実際の競技場面では反応の早さを優先するとサーブ・エースを被る危険が高くなるため、実際に即して正確性を優先した。実験課題では3条件を設定した。(1) フリー条件：ビデオ映像のサーブ動作を自由に視覚探索しながら課題を行う。(2) インパクト注視条件：トスのピーク地点とサーバーの頭部との間に配置したターゲットを終始注視しながら課題を行う。

(3) リリース注視条件：トスのボール・リリース付近に配置したターゲットを終始注視しながら課題を行う。

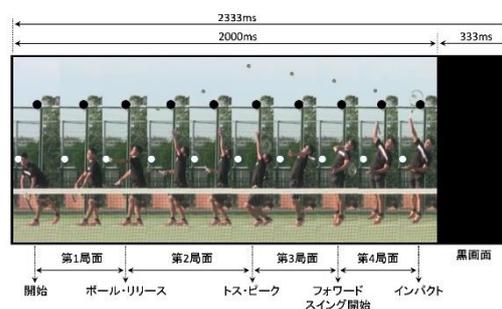


図1 シングルのビデオ映像

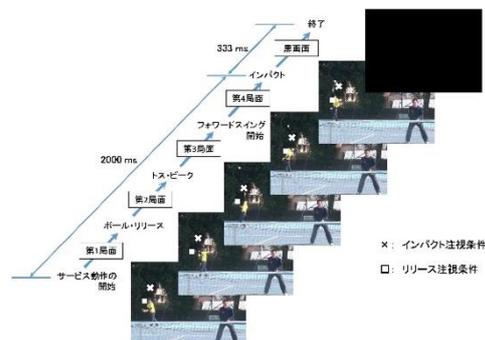


図2 ダブルスのビデオ映像

手続きは、まず被験者に対し事前に研究目的・方法および個人情報の管理等に関する説明を行ない、書面にて研究参加への同意を得た。被験者は5分以上暗室に順応した後、選択反応時間(CRT)を計10回測定した。次に、実験課題のフリー条件を実施した。続いて、単にターゲットを注視する試行を各10回行い、被験者を実験環境に慣れさせた後、インパクト注視条件とリリース注視条件の課題を被験者間でカウンターバランスをとり実施した。各条件の試行数は各コース5試行をランダムに計10回とした。

課題中、被験者の利き目(右目)の眼球運動をEyeLinkで測定した。被験者に対し、課題の試行中はまばたきをしないように、また2つの注視条件では反応が完了するまでターゲットを注視するよう教示した。測定データは、サンプリング周波数1000Hz、空間解像度0.01degでPCに全て記録した。各試行の反応時間はビデオ映像の呈示開始からボタン押しまでの時間とし、PCに自動的に記録した。各条件間では十分な休息を設け、各条件課題終了後には1対1のインタビュー形式で被験者から内省報告を得た。なお、マイクロサッカードの検出方法は、Engbert and Kliegl (2003)とEngbert (2006)、および鈴木ほか(2015)を参考とし、まずマイクロサッカードの候補を鈴木ほか(2015)による手順で決定した。この方法を分析1とし、また振幅の大きい高速のサッカードが含まれている場合、閾値が高くなりマイクロサッカードが検出されにくくなるため、試行開始に伴いサッカードが生じやすい第1局面の眼球運動データを除外した検出方法を分析2とした。

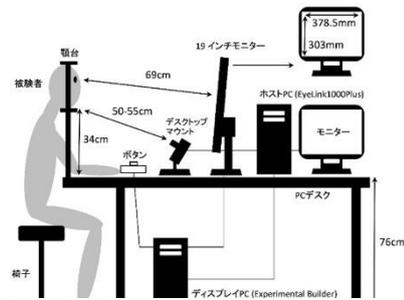


図3 実験装置

4. 研究成果

(1) シングルスの場合

図4は、条件別にみた反応時間と予測正確率(逆正弦変換後の値)である。フリー条件ではリリース注視条件よりも反応時間が有意に早く、かつ予測正確率も高かった。また各予測正確率はチャンスレベル50%よりも有意に高かったが、推定予測時期(反応時間-CRT)はインパクト以降であった。

次に、分析1と分析2に従ってマイクロサッカードの検出を試みた結果、フリー条件では検出されず2つの注視条件で検出された。これらはMartinez-Conde, et al. (2004)が報告したマイクロサッカードの特徴量の範囲内であったことから、マイクロサッカードとしての正当性を確認した。

図5は、注視条件別および局面別にみたマイクロサッカードの出現頻度である。両分析の第2、第3局面の結果をみると、分析2は分析1よりも出現頻度が高いことから、分析2で第1局面の眼球運動データを除いた手続きにより多くのマイクロサッカードが検出されたことがわかる。しかし、第4局面ではいずれも検出されなかったが、これは局所的な注意集中による抑制と考えられる。分析1ではリリース注視条件の第1局面は第2、第3、第4局面よりも、またインパクト注視条件の第1局面よりも有意に高かった。

図6は、2つの注視条件におけるマイクロサッカードの方向を頻度で示している。分析2では第1局面の眼球運動データを削除しているため、また第4局面ではいずれの分析でもマイクロサッカードは検出されなかったため、結果は示されていない。図は360degを30degごとに分け、±15degの範囲内にあるマイクロサッカードの方向の頻度を円の中心から外周に向かって表している。レシーバーからみてサーバーの右方向が0deg、左方向が180degである。

両注視条件では、いずれも垂直方向よりも水平方向に多くマイクロサッカードが出現している。また局面別にみると、第1局面(分析1)におけるリリース注視条件(点線)では左右方向に広く、インパクト注視条件(実線)では狭くやや右肩下がりの傾向を示した。第2局面(分析2)では、両注視条件ともボール・リリース後にサーバーの右上にあるトス・ピーク方向へ、またトス・ピーク後の第3局面(分析2)では右下となる打点方向の頻度が高くなる傾向を示した。

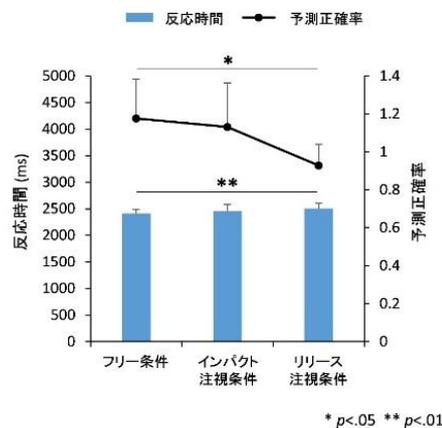


図4 条件別にみた反応時間と予測正確率

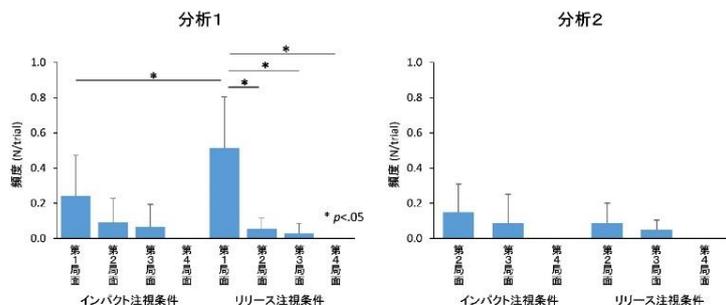


図5 注視条件別および局面別にみたマイクロサッカードの出現頻度

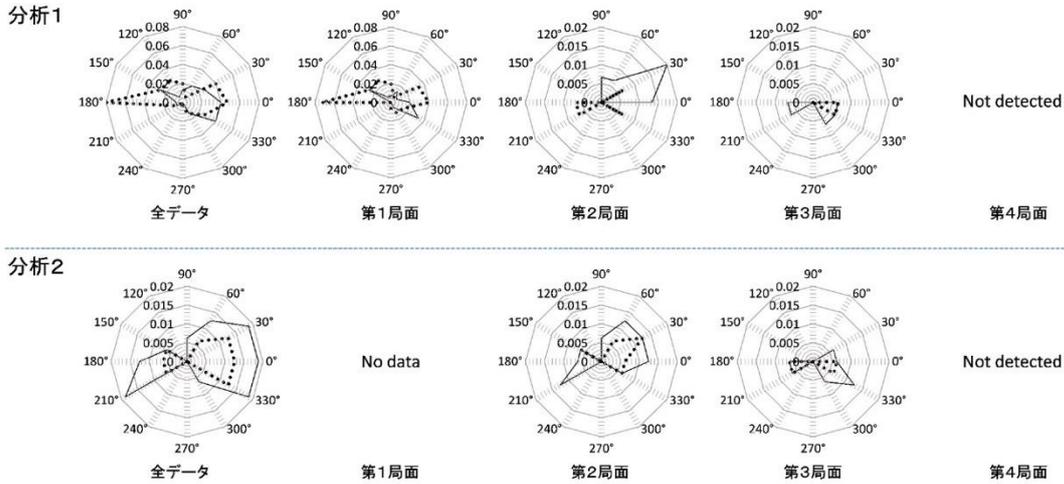


図6 2つの注視条件におけるマイクロサッカードの方向

(2) ダブルスの場合

図7は、予測反応課題の各条件における正反応試行の反応時間と逆正弦変換した予測正確率である。フリー条件はリリース注視条件よりも、またフリー条件 (82.5%) とインパクト注視条件 (72.5%) はチャンスレベル 50% (逆正弦変換後の値は 0.785) よりも有意に高い値を示したが、推定予測時期は全てインパクト以降であった。

分析1と分析2によりマイクロサッカードの検出を試みた結果、シングルスと同様、フリー条件では検出されなかったが、インパクト注視条件とリリース注視条件では最大速度と振幅との関係からマイクロサッカードが検出された。これらは Martinez-Conde, et al. (2004) が報告したマイクロサッカードの特徴量の範囲内であったことから、マイクロサッカードとしての正当性を確認した。

図8は、注視条件別および局面別にみたマイクロサッカードの出現頻度である。第2局面以降、シングルスと同様、分析2は分析1よりも出現頻度が高く、第4局面では検出されなかった。分析1では、第1局面は他の局面よりも、分析2では第2局面は他の局面よりも有意に高かった。このように、ボール・インパクトに向けて出現頻度が低下する傾向は、局所的な注意の集中が徐々に高まるにつれて、より強く抑制が働くものと考えられる。

図9は、注視条件別および局面別にみたマイクロサッカードの振幅である。分析1では、リリース注視条件の第1局面は第2および第3局面よりも、またインパクト注視条件の第2局面はリリース注視条件の第2局面よりも有意に大きい振幅を示した。特に、視覚的注意が周辺視野にある場合は振幅が増加し、反対に視覚的注意が注視点近傍に集中された場合には減少する傾向を示すものと考えられる。

図10は、注視条件および局面別にみたマイクロサッカードの方向である。局面別にみると、インパクト注視条件 (実線) の第1局面 (分析1) では、トス

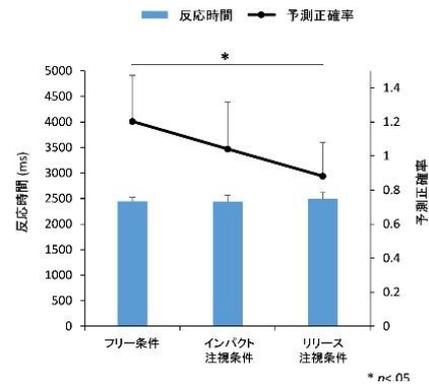


図7 条件別にみた反応時間と予測正確率

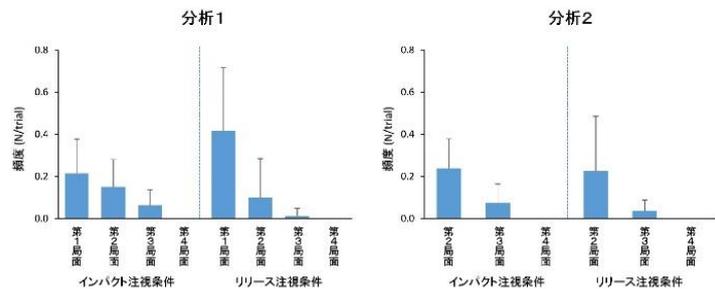


図8 注視条件別および局面別にみたマイクロサッカードの出現頻度

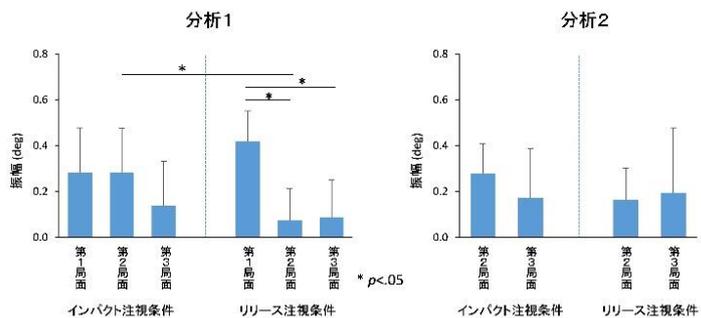


図9 注視条件別および局面別にみたマイクロサッカードの振幅

の腕の振り上げに伴い左下から右斜め上方向に、また第2局面（分析2）では右上のトスの方向に分散する傾向を示したが、特に0degの頻度が最も高かった。第3局面では左下と右方向に頻度が高かった。一方、リリース注視条件（点線）の第1局面（分析1）と第2局面（分析2）では、インパクト注視条件よりも右方向の広範囲（相手前衛の方向）に分散する傾向を示し、第3局面では左右方向に低い頻度を示した。また頻度を①0deg以上90deg未満、②90deg以上180deg未満、③180deg以上270deg未満、④270deg以上360deg未満の4方向に注視条件別および局面別で分類し、分析ごとに適合度検定を行ったところ、リリース注視条件の第2局面（分析2）で有意差が認められ（ $p < .01$ ）、右上方向（0deg以上90deg未満）に全体の約61%が出現した。

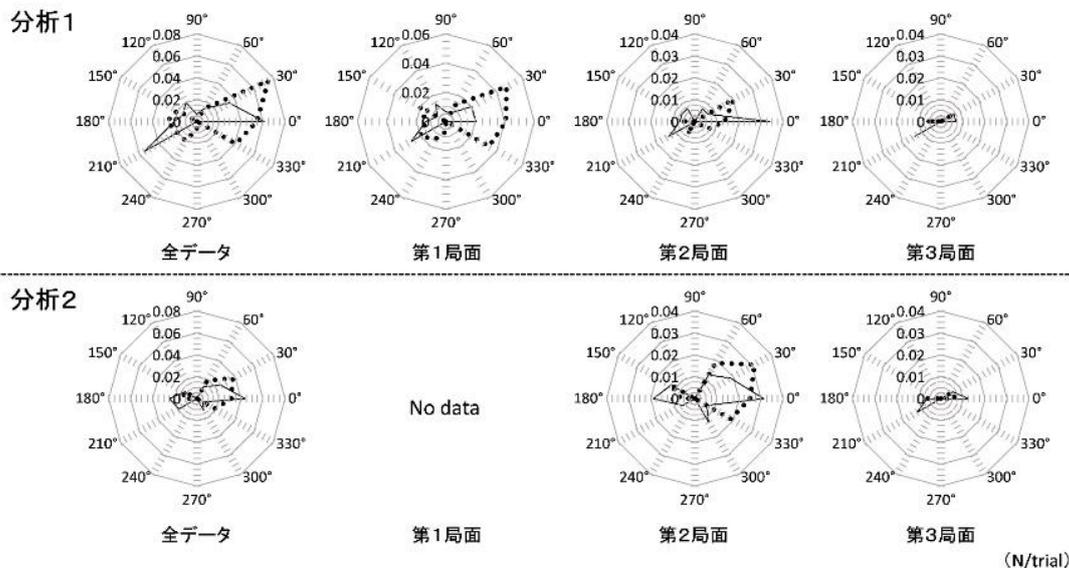


図 10 注視条件別および局面別にみたマイクロサッカードの方向

(3) シングルスとダブルスの比較

実験課題では、予測正確率はシングルスとダブルス共にボール・インパクト前における予測反応は確認できなかった。マイクロサッカードの検出に関して、自由にサービス映像を見て予測反応するフリー条件ではシングルス・ダブルス共に検出されなかったが、サービス映像に注視すべきターゲットを設けた条件ではいずれも検出された。また、いずれもサービス動作の進行に伴いその出現頻度は低下する傾向を示し、その方向はターゲットを注視していたにもかかわらず、シングルスではボール・インパクトを向かえる空間に、ダブルスでは事前にサーバー以外の前衛方向にも向けられ、異なる注意の対象が推定された。このことから、レシーバーの視覚探索方略はシングルスとダブルスで異なっていることが示唆された。

したがって、本研究では予測反応事態に注視条件を設定することでマイクロサッカードの抽出が可能となったことから、マイクロサッカードが潜在的注意の対象を推定する指標として有効であり、これらの知見はスポーツ現場における予測スキルの効果的な運動学習に活用できるものと考えられた。

<引用文献>

- ① Engbert, R. (2006) Microsaccades: a microcosm for research on oculomotor control, attention, and visual perception. *Progress in Brain Research*, 154: 177-192.
- ② Engbert, R. and Kliegl, R. (2003) Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43(9): 1035-1045.
- ③ Hafed, Z. M. and Clark, J. J. (2002) Microsaccades as an overt measure of covert attention shifts. *Vision Research*, 42(22): 2533-2545.
- ④ Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., and Hubel, D. H. (2004) The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience*, 5: 229-240.
- ⑤ Martinez-Conde S., Macknik S. L., Troncoso, X. G., and Dyar, T. A. (2006) Microsaccades counteract visual fading during fixation. *Neuron*, 49:297-305.
- ⑥ 鈴木一隆・豊田晴義・花山良平・石井勝弘 (2015) インテリジェントビジョンセンサを用いた両眼同時固視微動計測装置の開発とマイクロサッカードの左右差の評価. *生体医工学*, 53(5) : 247-254.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 高橋正則, 磯貝浩久, Van Raalte, J. L.	4. 巻 53
2. 論文標題 マイクロサッカートを指標とした予測反応事態における潜在的注意の検討ーテニスのダブルスにおけるサービスに対する予測反応課題を用いてー	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 桜門体育学研究	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 高橋正則	4. 巻 96
2. 論文標題 テニスのサービスに対する予測手掛かりに関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本大学文理学部人文科学研究所研究紀要	6. 最初と最後の頁 55-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 高橋正則, 磯貝浩久, Van Raalte, J. L.	4. 巻 28
2. 論文標題 予測反応事態の眼球運動からマイクロサッカートを検出する試み - テニスのサービスに対する予測反応課題を用いて -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 スポーツ産業学研究	6. 最初と最後の頁 13-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 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 1件）

1. 発表者名 Masanori Takahashi, Hirohisa Isogai, Fumio Mizuochi, Takehiro Iwatsuki, and Judy L. Van Raalte
2. 発表標題 Prediction of tennis serve direction: Expert tennis players' visual attention and microsaccades
3. 学会等名 The 33rd Annual Conference of the Association for Applied Sport Psychology (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

高橋正則（2018）マイクロサッカードを指標とした潜在的注意に関する研究 テニスのサービスに対する予測反応課題を用いて . 平成29年度九州工業大学大学院生命体工学研究科生命体工学専攻博士論文 .

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
研究協力者	ヴァンラールテ ジュディ (VAN RAALTE Judy L.)	スプリングフィールド大学・Department of Psychology・Professor	
研究協力者	磯貝 浩久 (ISOGAI Hirohisa)	九州産業大学・人間科学部・教授	