

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：34315
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2020～2022
課題番号：20H04087
研究課題名（和文）チームワークの良さを支える神経基盤の解明

研究課題名（英文）Neural substrates of sports performance

研究代表者

水口 暢章（Mizuguchi, Nobuaki）

立命館大学・総合科学技術研究機構・助教

研究者番号：80635425

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、個人の運動スキル、および、身体能力を総合的に評価するための手法を検討し、運動スキルレベルと関連する脳構造を明らかにした。また、新規にチームスポーツを模したシミュレーションゲームを開発し、各状況に応じた意思決定プロセスを分析した結果、自分のパスの成功を優先させる場合と、先の展開を予測し次のパスが成功することを優先させていると思われる場合を切り替えている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スキルレベルと脳構造の関係性を明らかにすることは、スポーツ選手の高いパフォーマンスを支える神経メカニズムの解明だけでなく、神経科学的知見に基づいたスキルトレーニングメニューの提案につながるため、学術的にも社会的にも意義がある。また、開発したチームスポーツを模したシミュレーションゲームは意思決定メカニズムの解明だけでなく、スポーツにおける状況判断能力を高める練習としても使える可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we evaluated individual's motor skills and physical abilities, and found brain structure associated with motor skill level. In addition, we created a team sport game, and analyzed the decision-making during playing the game. The results suggested that the participants may switch between prioritizing the success of their own passes and the success of the next pass by predicting what is going to happen next.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：運動スキル 脳画像 スポーツ科学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

サッカーやバスケットボールなどのチームスポーツにおいて味方と協調して攻撃・守備をすること、すなわちチーム戦術の遂行能力は個人の運動スキルや身体能力と同様に勝敗を分ける重要な要素である。実際に試合では、ある一人の選手のポジショニングが悪いために数的不利の状況を作られ、失点・敗北につながってしまうこともある。各選手が正しいポジションを取るためには走力だけでなく、戦術の理解や状況判断能力など様々な能力が要求される。例えばゴールスポーツであるサッカーの守備の場合、複数の敵選手だけではなく味方選手がどのように動くかも予測し、時々刻々と変化する状況下で適切な判断をしながらポジショニングする必要がある。したがって、チーム戦術遂行能力は非常に複雑な要素から成立し、かつ、試合や練習では全く同じシチュエーションは2度と起こりえないため、これまでチーム戦術遂行能力を定量化する評価方法は確立されていなかった。しかし、多くの監督・コーチ・選手はチームワークや戦術理解を含むチーム戦術遂行能力の重要性を強く認識しており、プロ選手であってもそれを高めるために多くの練習時間が割かれている。こうした状況の中、研究分担者の藤井がチームワークの定量的評価に成功し、(Fujii et al., 2016, Sci. Rep.) それを応用して個人のチーム戦術遂行能力を評価できる可能性が高まった。

チーム戦術遂行能力(個人がチーム内で機能的にポジショニングする能力)は、戦術理解度、予測能力、空間把握能力、意思決定など複数の認知的要素が脳内で処理・統合されることで決定されると考えられる。また、適切なポジショニングには、身体能力(走力など)が関係し、さらに個人のスキルレベルによって調整されると考えられるため、ポジショニング能力を評価するためには判断などの認知的な要因だけでなく個人の運動スキル、身体能力を総合的に評価する必要があると考えられた。

2. 研究の目的

研究開始当初の目的は、複数人で実施するミニゲーム、および、個人で実施する運動スキルテスト、体力テストによって、個人の運動スキルおよび体力要素を考慮した上で、チーム戦術遂行能力もしくはそれらを反映すると考えられるポジショニング能力を評価することであった。そして、それら能力と関連する神経基盤を明らかにすることであった。

しかし、新型コロナウイルス感染症の影響が長引き、実験として集団スポーツを実施できる見通しが立たなかったため計画変更を余儀なくされた。新しい推進方策として、以下の2つを目的とした。

- (1) 運動スキルおよび体力要素の関係性を明らかにするための手法の確立すること
- (2) 運動スキルや体力要素と独立してチーム戦術遂行能力を評価する実験系を確立すること

3. 研究の方法

(1) 一つ目の目的を達成するための予備検討として、個人スキルの計測をフィールドで簡易に実施でき、評価することができる方法を検討した。個人スキルおよび体力の測定は、体育館で実施する試合と合わせて行うことができると利便性が高い。しかし、動作解析室でよく用いられる3次元動作解析装置(赤外線カメラ)を体育館で用いて計測を行うことは計測準備等に多くの時間を要してしまうため実験時間が限られてしまうという制約がある。そこで、個人スキル(動作)をRGBビデオカメラで撮影し、撮影した映像を深層学習を用いたマーカーレス動画解析用 toolbox である DeepLabCut (<https://www.mackenziemathislab.org/deeplabcut>)を用いて解析し、運動課題中のボールの軌道や各身体部位の座標を求められることを確認した(図1)。



図1 球回し課題

(2) 一つ目の目的を達成するため、様々な運動スキルおよび体力要素の関連性を明らかにするための実験を行った。この実験では、体育館にて、様々な運動課題を実施し、その運動パフォーマンスを評価した。運動課題は、けん玉、ボールキックによる的当て、バレーボールのトス、バスケットボールのジグザグドリブル、など全身および道具を用いた運動スキル課題に加え、指タッピングやペグボード課題、球回し課題など手指の巧緻性を評価する課題、20m走や上体起こし、Star Excursion Balance Test、閉眼片足立ち、長座体前屈、反復横跳び、背筋力、握力などバランス能力や体力要素を評価する課題であった。上記の様々な運動課題中の動作をRGBビデオカメラにて撮影した。握力や背筋力などの体力要素は計測器の値を記録した。さらに、別日に磁気共鳴画像装置(Magnetic Resonance Imaging: MRI)にて脳画像(T1強調画像、T2強調画像、拡散強調画像)を取得した。利き手、利き足、これまでの運動経験も聴取した。球技経験者を含む様々な運動経験を有する50名が実験に参加した。運動課題の再現性や一度経験したことがパフォーマンスに与える影響(学習効果)を検討するために、21名の対象者は別日に再度運動課題を実施した。

(3) 二つ目の目的である、個人スキルや体力要素と独立してチーム戦術遂行能力を評価する実

験系を確立するために、チームスポーツ場面を模したシミュレーションゲームを作成し、各状況に応じた意思決定プロセスを解析する計画を立案・実施した。具体的には、研究対象者はノートパソコンを使用し、サッカーなどの練習で用いられる3対1のパス回し課題を模したゲーム(図2)をゲーム用コントローラーを用いて行った。この課題は、「とりかご」などとも呼ばれるもので、赤色：研究対象者が操作するプレイヤー、緑色：味方AIプレイヤー、青色：味方AIプレイヤー、黒色：敵AIプレイヤー、黄色：ボールである。ゲームは、3人側のチーム(赤、青、緑のプレイヤー)が、敵(黒のプレイヤー)である1人からボール(黄色のプロット)を取られないようにパス回しを行い、一定時間経過もしくは敵プレイヤーがボールを奪取したら1ゲームが終了した。もし移動可能範囲が無制限であると遠くに逃げ続けるという戦略を取ることが可能になるため、外側にグレーの円を設定し、その範囲内でしか動けないように制限している。このゲームはシミュレーションゲーム実験では球技経験がある参加者、球技経験が無い参加者を対象にこれまで30名が参加した。また、これまでの運動経験だけでなく、ビデオゲームの経験も聴取した。

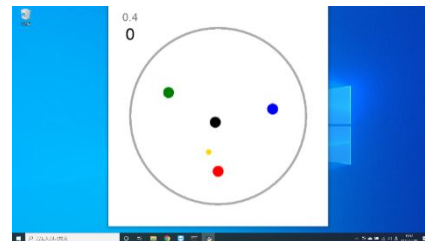


図2 開発したゲームの画面

4. 研究成果

(1) 個人スキルの予備実験でRGBビデオカメラを用いて撮影した映像に対して、機械学習を用いたマーカレス動作解析手法を適用し、各身体部位の座標を求められるようにした。したがって、身体部位の座標の時系列データを解析することで各種運動スキルを評価できるようになった。さらに、このシステムにより、再帰性反射マーカを使用しなくても動作解析が行えるようになったため、個人スキル解析だけでなく、試合中の動作も解析が可能になった。

(2) 運動課題間の関連性を調べた結果、全身運動であり複合的な運動スキルと考えられるバスケットボールのジグザグドリブルのタイムは、けん玉の成功率や上体起こしの回数、背筋力、Star Excursion Balance Testおよび長座位前屈のスコアと相関する傾向が見られた($p < 0.05$, uncorrected)。つまり、バスケットボールのドリブルのパフォーマンスが高い者は、同様に玉を扱う他の運動スキルも高く、また、体力要素も高い傾向にあった。しかし、手指の巧緻性の指標である指タッピングや球回し課題とバスケットボールのジグザグドリブルのタイムは相関しなかった($p > 0.4$)。バスケットボールのジグザグドリブルのタイムとFixel based analysisによって評価した白質繊維束の横断面積の関連を調べた結果、右側一次運動野近傍に負の相関関係が見られた($p < 0.001$, uncorrected)(図3)。つまり、バスケットボールのドリブルのタイムが良い対象者は、右側一次運動野近傍の白質繊維束の横断面積が大きいことを意味する。バスケットボールのジグザグドリブルは利き手のみではなく両手を巧みに制御できることが高いパフォーマンス(=短いタイム)を出す上で重要な要素であると考えられ、右側一次運動野近傍の白質繊維束は左手の巧みな制御に関連していると推察された。今後の課題として、この違いが運動学習によって生じているかを明らかにする縦断研究が必要であると考えられた。

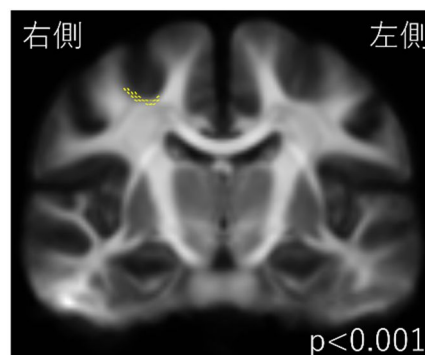


図3 運動スキルと脳構造の関連

(3) シミュレーションゲーム実験では、これまでに球技経験がある参加者、球技経験が無い参加者を対象にパス成功数を定量した。球技経験が無い参加者でもビデオゲームの経験がある参加者には球技経験者と同程度のパフォーマンスレベルを示す者もいた。また、パスが成功した試行において、多くのケースでは敵エージェントと味方エージェントがなす角度が広い方、つまりパス成功率の可能性が高いと考えられる方向の味方にパスを出していたが、時にはそれが狭い方の味方にパスをする場面も見られた。これは、多くの場合には自分のパスが成功する可能性が高い方の味方にパスを出しているが、時には、自分のパスが成功した後の展開を先読みして次のパスが成功する可能性も考慮した上でパスの方向を判断していることを示唆している。つまり、状況に応じて、自分のパスの成功を重視する場合と次の展開の成功を重視する場合とを切り替えていると考えられた。以上の研究成果は、これまでは評価が困難であった「チームワークの良さ」を定量的に評価することにつながる。

<引用文献>

Fujii K, Yokoyama K, Koyama T, Rikukawa A, Yamada H, Yamamoto Y. Resilient help to switch and overlap hierarchical subsystems in a small human group. Scientific Reports. 2016,6:23911. doi: 10.1038/srep23911.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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	藤井 慶輔 (Fujii Keisuke) (70747401)	名古屋大学・情報学研究科・准教授 (13901)	
研究分担者	福谷 充輝 (Fukutani Atsuki) (80722644)	立命館大学・スポーツ健康科学部・講師 (34315)	

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