

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11356

研究課題名（和文）素早く正確な運動にみられる両眼眼球運動と頭部運動の時空間的協調性の解明

研究課題名（英文）Elucidation of spatiotemporal coordination between binocular eye and head movements observed in fast and accurate movements

研究代表者

國部 雅大（Kokubu, Masahiro）

筑波大学・体育系・助教

研究者番号：70707934

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、各種スポーツ選手を対象として両眼眼球運動を測定するとともに、実際のスポーツの場面でみられる巧みで優れた動作を遂行する上で、両眼眼球運動と頭部運動がどのように貢献しているかについて検討することを目的とした。その結果、スポーツ場面で素早く正確な運動を行う際には、両眼視による安定した視線行動が貢献していることが示唆された。また、頭部運動の利用が運動の制御や学習に貢献していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、素早く正確な運動を実現する際の両眼眼球運動と頭部運動の貢献に関して、その一端を明らかにしたことに学術的な意義がある。また、投げる、捕る、打つなどの運動における適切な視線や頭部運動の使い方について得られた知見は、知覚と運動を関連づけたトレーニングを行う際の有意義な資料として、スポーツ選手の運動技能を向上させる可能性を含んでおり、本研究の成果が体育・スポーツの実践場面への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to measure the binocular eye movements in various athletes and to investigate the contribution of binocular eye movements and head movements to the execution of skillful movements observed in actual sports situations. The results suggest that stable binocular gaze behavior contributes to the performance of fast and accurate movements in sports situations. The results also suggest that the use of head movements contributes to motor control and learning.

研究分野：スポーツ科学、スポーツ心理学

キーワード：スポーツ 両眼眼球運動 頭部運動 視線行動 注視 運動学習 両眼視 斜位

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) これまでの研究では、視野空間において素早く正確な運動の制御を行う際に、両眼眼球運動が重要な役割を果たすことが明らかにされてきた。その中で多くの研究では、頭部を固定した状態で両眼眼球運動が測定されてきた。一方で、実際のスポーツの場面を考えると、プレイヤーは空間内で頭部を自由に動かせる状態でボールや周囲の選手などの視覚情報を用いている。そのため、運動を行う際に周囲の対象物の方向や距離をどのように把握するかという「空間定位 (Spatial Localization)」を考える上では、これまで研究してきた両眼による注視方向に加え、頭部方向の貢献を検証する必要がある。以上のことを鑑みると、「頭部を自由に移動可能な状態での両眼眼球運動および頭部運動が、素早く正確な運動制御やパフォーマンス発揮にどのように貢献しているか」ということについて検討することが求められる。

(2) 国内外の関連研究をみると、3次元空間内の眼球運動や、眼と手の協調に関する研究はこれまで多く行われているものの、そのほとんどが水平方向への眼球運動と手の運動の協調に限られてきた。近年、奥行き方向への注視移動と手の運動の協調性に関する研究が散見されるものの、素早くかつ正確な運動が求められる実際のスポーツの場面における両眼眼球運動と頭部運動の協調制御については、十分な検討が行われていない。

2. 研究の目的

(1) そこで本研究では、各種スポーツ選手を対象として両眼眼球運動を測定するとともに、投げる、捕る、打つ動作など、実際のスポーツの場面で実際にみられる巧みで優れた運動を遂行する際に、両眼眼球運動と頭部運動がどのように貢献しているかについて検討することを目的とした。

(2) また本研究では、頭部を自由に動かせる状態で行う素早く正確な運動を対象に、空間内における巧みで優れた運動を実現する際に必要となる両眼眼球運動と頭部運動の協調制御に関して検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) スポーツ場面での空間認知や状況判断に関して検討する際に注視行動が測定されることは多いが、実際の運動や移動を伴う条件での検討は十分に行われていない。そこで、サッカーにおいて実際に移動しながらシュートを行う条件を設定し、選手のポジションやシュート時の時間的制約の有無による注視行動の差異を検討した(研究1)。大学生サッカー選手23名を参加者とし、参加者は眼球運動測定装置を装着した状態でゴール正面約20mの位置からシュートを行った。条件は 静止したボールをシュート、パスをワントラップしてのシュート、パスを1タッチ目でシュート、の3つを設定し、各参加者は各条件6試行(合計18試行)を行った。なお、条件とではパスの直後にゴールキーパーが左右に動く場合があり、参加者は空きスペースを判断しシュートすることが求められた。

(2) 野球における内野手の守備場面を対象に、実際に打球に反応して捕球する課題を設定して視覚探索方略を検討した。ただし、実際のフィールド環境では、打者と野手の距離が遠いため、眼球運動測定装置に記録された映像から視線の位置を詳細に分析することが困難である。このような問題に対して、打者と野手の距離を近づけた実験室環境と実際の距離に設定したフィールド環境における2つの実験を通して、打球に対する反応に優れた内野手がどのような視覚探索方略を用いているのかについて検討した(研究2)。大学野球部に所属する内野手12名を対象とし、打者と野手の距離を近づけた環境と、実際の距離に設定した環境の2条件で、投手が投球し打者が打ったボールを実際に捕球する課題を設定した。そして、撮影動画をもとに各対象者がどれだけ素早く正確に打球に対して反応を行っているか評価し、上位群(4名)と下位群(4名)を抽出して比較検討を行った。

(3) バドミントンでは、相手のショットに対してごく短い時間で反応することが求められ、視覚情報が重要な役割を有していることが考えられる。これまでバドミントン選手を対象とした研究では、相手のサーブに対するリターンや比較的時間的な制約が少ない中でリターンを行う際の注視行動の特徴が調べられてきたが、相手からの速いショットに対して時間的制約が大きい中で実際にリターンする際の注視行動の特徴については十分な検討がなされていない。そこで本研究では、バドミントン選手において、相手のショットに対し素早いタイミングでリターンを行う際にみられる注視行動の特徴を検討した(研究3)。大学バドミントン部に所属する選手8名と、体育系学部所属するバドミントン競技経験のない大学生8名(非競技選手)が、眼球運動測定装置を装着した状態で、バドミントンコートの前衛ポジションに位置し、相手か

らの素早いショットに対して返球を行った。その際、1名の相手から繰り返し出されるショットをリターンする条件（ノック条件）と、実際にダブルスのゲーム形式でラリーする際に前衛ポジションに位置し、相手からのショットに対して適宜リターンする条件（ラリー条件）を設定した。相手のショットのインパクト時点を基準とした参加者の視線移動開始のタイミング、およびインパクト時点における視線方向について分析した。

(4) 正確なエイミングにおける身体各部位の位置と両眼眼球運動との関連について、目標とする位置へ向けての正確な運動が求められるダーツの投てき課題を用い、長期的な経験を有する者と未熟練者を対象に、正確なエイミングを行う際の両眼眼球運動における特徴について比較検討した（研究4）。参加者は、1年以上のダーツの練習経験を有する者（経験群）7名と練習経験のない者（未熟練群）10名とした。参加者の身体各部（拇指、手首、肘、肩、頭部）にマーカーを貼付し、頭部には眼球運動測定装置を装着した。運動課題はソフトダーツの投てきとし、参加者は、直径15インチのダーツボードから2.44mの距離に立ち、的のできるだけ中心に到達するよう投てきを行った。参加者は自己ペースで3投続けて試行を行い、1名あたり計72投実施した。ダーツ課題の正確性指標にはMean Radial Error（MRE：的中心からの絶対誤差の平均）を用い、両眼の眼球運動データから輻輳角および試行中の変動を算出した。

(5) ブラインドサッカーでは、ボールの音をもとに刻々と変化するボールの位置を判断し、トラップすることが求められる。これまで、ブラインドサッカー選手はボールを正確にトラップする際に、大きな下向きの頭部回転を用いて頭部をボール方向に向けることで、より正確に音源を定位していることが示唆されている。しかし、頭部回転を用いた音源定位がボールトラップの技能学習に有効であるのかは明らかでない。そこで、ブラインドサッカーにおいてボールをトラップする技能学習に頭部回転が与える効果を検討した（研究5）。課題は、アイマスクを装着した状態で4.5m先から左右に転がるボールを右足でトラップすることであった。ボールの投射範囲は、左右0～75cmおよび75～150cmの範囲の4か所であった。一般の晴眼者を、左右に移動してボールの軌道に入ることを意識する群（軌道群）と、上記に加えてボールが足に触れるまで顔でボールを追うことを意識する群（頭部群）の2群に分け、ボールトラップの学習を2日間行った。矢状面および水平面の頭部角度、矢状面の体幹角度、パフォーマンスとしてトラップした足とボールとの距離をもとに、ずれの指標である絶対誤差およびばらつき（標準差）の指標を算出した。

(6) 両眼視に関しては、球技スポーツ選手を対象に、両眼眼球運動と斜位の関係について検討した（研究6）。参加者は、大学硬式野球選手24名と大学サッカー選手24名の計48名であった。各参加者の斜位の種類（水平斜位/上下斜位）と程度を測定し、両眼眼球運動の測定を行った。参加者は椅子に座り、頭部位置を固定した状態で準備した。そして、両眼中央から20cmと58cmの距離に両眼と同じ高さで設置された、2秒毎に交互に点灯する2つのLEDに対して素早い注視移動を行った。各参加者は奥から手前への注視移動（輻輳眼球運動）と手前から奥への注視移動（開散眼球運動）を各10試行を行った。眼電図により左右各眼の水平方向成分を個別に測定することで、輻輳開散運動を記録した。また、姿勢保持課題を行う際の斜位の影響について検討した。上記の測定を行ったサッカー選手20名のうち、上下斜位を有する者10名と有しない者10名を対象に、眼前の視標を固視しながら、メトロノームに合わせて左右・上下・斜め方向に周期的に頭部を動かす課題（前庭動眼反射を用いた頭部運動課題）を行った。

4. 研究成果

(1) サッカーのシュートにおける空間内での注視行動に関して検討した研究1の結果、いずれの条件でもキックの瞬間はボールを注視していたが、パスをワントラップしてシュートする条件では、パスからシュートまでの時間におけるボールへの注視時間割合が他の条件に比べて大きかった。また、この条件でのボールへの注視時間割合は、シュート機会の多いフォワードの選手やレベルの高い選手において大きかった。以上から、動的な環境下で判断が求められる場面で、シュート技能に優れた選手はゴール状況を周辺視によって把握しながらボールをより長い時間注視していることが示唆された。

(2) 野球の内野手における視覚探索方略と打球に対する反応の関係を検討した研究2の結果、上位群は投球動作開始時には打者に視線を配置し、リリースからインパクトにかけてストライクゾーンに視線を移動させ、視線移動パターンが安定していること、下位群は投球動作開始時に投手に視線を配置し、その後探索的に視線を移動させ、インパクト時にはストライクゾーンに視線を移動させていることが示唆された。打球に対する反応に優れた内野手は視線移動パターンが安定していることが示された。そして、実験室で測定した課題における内野手の視覚探索方略は、フィールドでの視覚探索方略を反映していることが示唆された。打球に対する反応に優れた内野手は、視線移動回数が少なく、打者に長い間視線を配置し続けるというパターンを安定して用いることにより、打球方向に関する情報を獲得していることが示唆された。

(3) バドミントンにおける素早いリターン時にみられる注視行動の特徴を検討した研究3の結果、いずれの条件でも、バドミントン選手は非競技選手に比べて、相手ショットのインパクト時点を基準とした視線移動開始のタイミングが早かった。また、インパクトよりも早いタイミングで視線移動を開始している試行もみられた。さらに、相手ショットのインパクト時点における視線方向は、バドミントン選手ではよりラケット面付近に向けられていた。以上のことから、バドミントン選手では素早いリターン時に予測をふまえた視線行動がみられることが示唆された。

(4) ダーツ課題中の身体位置と両眼眼球運動の関係に関して検討した研究4の結果、まず MRE は経験群 (2.9 ± 0.5 cm) が未熟練群 (7.3 ± 2.4 cm) より有意に小さいことが確認された。ダーツ経験者はダーツ未熟練者に比べて、頭部位置の安定性が高く、ダーツボード注視時の輻輳角よりもダーツ課題遂行中の輻輳角がより小さくなる(注視距離がより長くなる)傾向が観察された。このことから、ダーツ経験者が的の中心に向けてダーツ投げを実際に遂行する際には、同じ距離からの的への注視のみを行う(実際に運動を伴わない)場合と比較して、頭部位置が安定した状態で「より遠方に視線を向ける」ような注意の向け方となっていたことが考えられる。

(5) ブラインドサッカーにおけるボールトラップの技能学習に頭部回転が与える効果について、学習前後の頭部角度やボールトラップ時の誤差を比較した研究5の結果、ボールが足に触れるまで顔でボールを追うことを意識した参加者において、ボールトラップの空間誤差が学習後により減少した。また、これらの参加者における下向きの頭部角度は、左右に移動してボールの軌道に入ることを意識した参加者と比較して大きかった。これらの結果から、大きな下向きの頭部回転を用いて音源をより正確に定位することで、ボールトラップ技能が向上する可能性が考えられる。また、顔でボールを追うことを意識して音源を定位する指導法は、ブラインドサッカーのボールトラップの技能向上に有効であることが示唆された。

(6) 眼球運動・頭部運動と斜位との関係を検討した研究6の結果、両眼眼球運動に関して、上下斜位を有する選手は有しない選手に比べて、非共同性眼球運動における左右の眼球運動の時間パラメータに非対称性がみられ、不安定な眼球運動が観察された。また、上下斜位を有する選手は有しない選手に比べて、足圧中心の動揺が大きいことが示された。以上のことから、上下斜位が非共同性眼球運動の対称性や姿勢の安定性に関係する可能性が考えられる。

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 5件）

1. 著者名 Yuki Matsuura, Masahiro Kokubu, and Yosuke Sakairi	4. 巻 4
2. 論文標題 Improvement of the ability to recover balance through versatile kinesthetic learning experiences	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Sports and Active Living	6. 最初と最後の頁 975304
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fspor.2022.975304	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 Ryota Akagi, Hiroki Sato, Tatsuya Hirayama, Kosuke Hirata, Masahiro Kokubu, Soichi Ando	4. 巻 16
2. 論文標題 Effects of three-dimension movie visual fatigue on cognitive performance and brain activity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 974406
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2022.974406	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 菊政 俊平、國部 雅大	4. 巻 13
2. 論文標題 ソフトボール選手が集団内で行う打球処理に関する判断の方略	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	6. 最初と最後の頁 146-162
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 大木 雄太、國部 雅大	4. 巻 48
2. 論文標題 注意の焦点づけが遠投運動の学習に与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 スポーツ心理学研究	6. 最初と最後の頁 37-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4146/jjpsopsy.2021-2003	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 Yuki Matsuura, Masahiro Kokubu, and Yosuke Sakairi	4. 巻 Online first
2. 論文標題 Effects of versatile kinesthetic experiences on balance ability and interpersonal relationships	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Psychological Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0033294120988133	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 宮下 寛太、菊政 俊平、國部 雅大	4. 巻 5
2. 論文標題 野球の内野手における視覚探索方略と打球に対する反応の関係	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 野球科学研究	6. 最初と最後の頁 12-25
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 國部 雅大、小嶋 岳、阿南 俊之介
2. 発表標題 バドミントンにおける素早いリターン時にみられる注視行動の特徴
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第72回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小嶋 岳、阿南 俊之介、國部 雅大
2. 発表標題 自転車走行時に発生する眼振と視運動刺激による眼振の関係
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第72回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國部 雅大
2. 発表標題 剣道の審判員における注視行動の分析
3. 学会等名 第30回運動学習研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國部 雅大、小松 佳弘
2. 発表標題 競技スポーツ選手における非共同性眼球運動の特徴
3. 学会等名 日本応用心理学会第88回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小嶋 岳、小松 佳弘、國部 雅大
2. 発表標題 自転車狭路走行中の頭部動作と眼球運動の関係
3. 学会等名 日本応用心理学会第88回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊政 俊平、國部 雅大
2. 発表標題 野球の外野手における二者間での捕球判断に係る選手間の位置関係および声かけの検討
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第49回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小松 佳弘、阿南 俊之介、小嶋 岳、國部 雅大
2. 発表標題 球技選手および陸上競技選手の眼位に関する検討 斜位の種類と強度による分類
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第49回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小嶋 岳、阿南 俊之介、小松 佳弘、國部 雅大
2. 発表標題 自転車による直線狭路走行の安定性向上に伴う眼球運動の変化
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第49回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三枝 巧、國部 雅大
2. 発表標題 頭部回転を用いたボールトラップの技能学習が音源定位の正確性に与える影響
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第49回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大木 雄太、國部 雅大
2. 発表標題 注意の焦点づけが遠投運動における手首の角度に与える影響
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第49回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿南 俊之介、小嶋 岳、國部 雅大
2. 発表標題 ヘッドマウントディスプレイを用いたリアルタイム視覚フィードバックおよび観察学習が技能習得に与える影響 バスケットボールのドリブル動作を対象として
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第49回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國部 雅大
2. 発表標題 ターゲット課題中の身体位置と両眼眼球運動の関係に関する検討
3. 学会等名 第28回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三枝 巧、國部 雅大
2. 発表標題 ブラインドサッカーにおけるボールトラップの技能学習に頭部回転が与える効果
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第71回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國部 雅大、小井土 正亮、中山 雅雄
2. 発表標題 サッカーにおけるシュート時の注視行動にみられる時空間的特徴
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第71回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國部 雅大
2. 発表標題 スポーツ場面での反応や意思決定時にみられる眼球運動
3. 学会等名 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小嶋 岳、三枝 巧、國部雅大
2. 発表標題 自転車走行の安定性と眼球運動の関係
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 國部 雅大
2. 発表標題 ターゲット課題中の両眼眼球運動の特徴に関する検討
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 大木 雄太、國部 雅大
2. 発表標題 注意の焦点づけが短距離走パフォーマンスに与える影響
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 小松 佳弘、國部 雅大
2. 発表標題 斜位が前庭動眼反射課題中の重心動揺に与える影響
3. 学会等名 第17回空間認知と運動制御研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小嶋 岳、阿南 俊之介、小松 佳弘、國部 雅大
2. 発表標題 自転車走行および視覚刺激による眼振の関係
3. 学会等名 第17回空間認知と運動制御研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國部 雅大、菊政 俊平
2. 発表標題 野球のプレー指示場面における状況判断時の瞳孔径変動
3. 学会等名 生理研研究会「スポーツからみる日常と非日常の神経生理学」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kanta Miyashita, Syunpei Kikumasa, and Masahiro Kokubu
2. 発表標題 The relationship between visual search strategy and responses in baseball infielders
3. 学会等名 North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hinako Shibazaki, Yuta Oki, and Masahiro Kokubu
2. 発表標題 Learning process of the ball catching skill in novice lacrosse players
3. 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小松 佳弘、國部 雅大
2. 発表標題 バスケットボール選手における眼位に関する検討 - 斜位の種類と強度の分類 -
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第47回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴崎 雛子、大木 雄太、國部 雅大
2. 発表標題 ラクロスにおける捕球技能向上に伴うクロス操作の変化
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第47回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國部 雅大、安孫子 怜央
2. 発表標題 サッカーのシュートにおける空間内での注視行動に関する検討
3. 学会等名 第16回空間認知と運動制御研究会学術集会
4. 発表年 2021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
研究協力者	三枝 巧 (Mieda Takumi)		
研究協力者	大木 雄太 (Oki Yuta)		
研究協力者	菊政 俊平 (Kikumasa Syunpei)		
研究協力者	小松 佳弘 (Komatsu Yoshihiro)		

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