

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750280

研究課題名(和文)とび1回ひねりにおける眼球と頭部の協応運動

研究課題名(英文)Eye-head coordination in gymnasts during a jump with full turn

研究代表者

佐藤 佑介 (SATO, Yusuke)

日本大学・商学部・准教授

研究者番号：00559536

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：空中感覚向上のための指導方法の作成を目指し、体操選手がとび1回ひねり遂行中に行う眼球と頭部の協応運動を解明した。研究1によって、体操選手がとび1回ひねり中に2種類の視線移動パターンを用いることが明らかになった。体操選手の方が非体操選手よりも着地前の視線安定が早期に始まることもわかった。両者のうち、着地前と着地時にのみ視線が安定するSingle-step gaze shift patternの方が、体操選手にとって利点を持つ可能性がある。研究2によって、これらのパターンがジュニア体操選手でも実行されることがわかった。研究3では、そのパターンが体操選手の定位方略に基づくことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：To develop a training program to improve spatial orientation ability, we elucidated eye and head coordination when performing straight jumps with full turn in gymnasts. From the study 1, we revealed that gymnasts use two gaze shift patterns during the jump. We also revealed that gymnasts start stabilizing their gazes earlier than the non-gymnasts. The single-step gaze shift pattern might have a visual advantage in controlling their body for gymnasts. From the study 2, we found junior gymnasts also perform these patterns. From the study 3, that gymnasts use the patterns based on orientation strategy was suggested.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：体操 視覚 空中 眼球運動 眼球と頭部の協応運動 空中感覚 とび1回ひねり EOG法

1. 研究開始当初の背景

(1) 体操選手にとって、視覚情報を収集するためのテクニック(スポッティング)の習得が高い競技力獲得に寄与することは以前から知られていた(例えば、E. カデリニコワ, 1963. *研究部報*; 日本体操協会, 2001. *男子ジュニア選手のためのトレーニング・マニュアル種目編*)。そのテクニックを通して得られる視覚情報は、空中での身体操作や安全な着地の実現に利用されるのである(Berthoz and Pozzo, 1994. *Interlimb coordination*)。

しかしながら、体操選手が演技中に行う視線行動の実態は、長い間不明のままであった。それは、体操競技のように空中で高速回転をとまなう運動中の視線検出方法が構築されていなかったからだと考えられる。その課題を克服するために、何人かの研究者は独自のアイトラッキングシステムを作成し、体操選手が行う視線行動の解明に取り掛かり始めた。本研究も、独自の実験方法をデザインすることによって、体操選手における視線行動の実態解明を試みた。

(2) 本研究では、「とび1回ひねり」という運動を実験課題としている。移動を伴わずに垂直に跳び、空中で垂直軸を中心に体を360°回転させた後に両足で着地する運動である。この運動は、体操競技の現場において着地技術向上のためのトレーニングとして用いられることもある。このとき体操選手が着地成功のために、どのような視覚系活動を展開しているのかは明らかでない。

似通った運動に、バレエのターン(ピルエット)がある。この運動では、ターン開始前と終了時にできるだけターン開始前の正面を見続けることが重要だと考えられている(Laws et al., 2002. *Physics and the art of dance*)。このことがめまいの発生を防ぐという。このときの視線行動に関する定量的なデータ取得を考えるうえで、Anastasopoulos et al., (2009. *Exp Brain Res*)の研究が参考になる。彼らは、視野の外に位置する目標(例えば、参加者の真後ろに位置するもの)へ視線を向ける場合の眼球と頭部の協応運動を測定し、その際の視線移動パターンを明らかにした。眼球運動はEOG(electrooculography)法により測定された。実験の結果、2つの視線移動パターンが認められた。1つはSingle-step gaze shift pattern(以下、シングルパターンとする)であり、もう1つはMulti-step gaze shift pattern(以下、マルチパターンとする)である。マルチパターンを用いた場合よりも、シングルパターンを用いた場合の方が早く目標へ視線を向けることができるという。バレエのターン中に用いられた視線行動も、シングルパターンであろう。もしとび1回ひねり中にも、2つの視線移動パターンが用いられているのであれば、マルチパターンを行う選手の視線行動は、トレーニングを通して修正する必要があるかもしれない。

2. 研究の目的

本研究の主な目的は、以下の3点であった。これらのことを明らかにすることは、体操競技における競技力向上を目指したトレーニング法の提案や、安全な練習環境の構築に寄与すると考えられる。

(1) 体操選手が行うその場でのとび1回ひねり遂行中の眼球と頭部の協応運動を解明する。

(2) 上記(1)で得られたデータを、体操未経験者やジュニア体操選手のデータと比較し、体操経験が協応運動に与える影響を検討する。

(3) トランポリンを利用して高い跳躍を行い、跳躍の高さがその協応運動に与える影響を検討する。

3. 研究の方法

(1) 研究1

実験参加者

実験には、10名の体操競技経験者(以下、体操選手とする)と15名の体操競技未経験者(以下、非体操選手とする)が参加した。体操選手は、全国大会出場経験を持つ。非体操選手は、学校体育における器械運動の経験は有するものの、体操競技経験はない。

実験環境と手続き

実験は大学体育館で行われた。跳躍を行う場所には安全性の確保を目的にソフトマットが設置された。

実験課題はとび1回ひねりであった。ソフトマットの上で真上に跳び、垂直軸を中心に360°回転する。この課題を行うにあたり、参加者には次の2点を指示した。1点目は、とび1回ひねりを行う前には、直立で静止した状態で験者の指示を待つことであった。その際、瞬きを行わないことも合わせて指示した。2点目は、着地後に足を踏み出すことなく静止することであった。体操競技では着地の乱れは減点につながるため、そのことを想定しての指示であった。

運動中の左右方向の眼球運動はEOG法により測定された(500Hz)。このデータは、重さおよそ60gのワイヤレスデータ送信機(S&M E製 BioLog DL-4000)を通してPCへ送られた。同時に水平面上での頭部の回転角度を算出するために、2台のハイスピードデジタルカメラで動作が撮影された(240Hz)。

実験時の手続きは、以下の通りである。まず、参加者は実験の説明を受け、参加を希望する場合には実験参加同意書への署名を行った。ウォーミングアップの後、眼球運動データ収集のために、両眼眼裂外側に電極が貼付された。また、頭部回転角度を算出するために両耳介にマーカが貼付された。実験機材の着用後、視野計を利用することによってEOG法における電圧と視線方向の較正を行った。その後、ソフトマットへ移動し、実験開始の合図を待った。実験試行直前には、眼球運動データと映像データの同期を目的と

して、光信号を映像に録画した。実験試行数は3回であった。

眼球と頭部運動の記録と視線推定

EOG法により得られた眼球運動データから、とび1回ひねり中の眼球回転角度が算出された。

頭部回転角度の算出には、ハイスピードカメラで撮影された映像が利用された。運動解析ソフトウェア(DKH製 Frame-DIAS)によって、頭部の計測点がデジタル化された。そのデータから各部位の3次元座標値が算出され、それに基づいて頭部回転角度が求められた。

視線方向は、眼球回転角度と頭部回転角度を加算することによって算出された(Anastasopoulos et al., 2009)。その視線方向から次の2つのことを評価した。1つは、とび1回ひねり中の視線移動パターンが、シングルパターンとマルチパターンのどちらに分類されるかということである。もう1つは、着地直前の視線安定開始のタイミングである。このタイミングは、着地局面においてひねり方向への視線の移動が停止した時と定義した。

踏み切り前の正面方向を0°とし、1回転した後に再び向く正面方向を360°と定義した。

統計処理

統計処理には、統計処理ソフトウェアSPSS(IBM SPSS Statistics 22)を使用した。体操選手と非体操選手の視線安定開始を比較するために、対応のないt検定を行った。また、両群で行われる視線移動パターンの割合を評価するために χ^2 検定を行った。また、体操選手については視線安定開始のタイミングと頭部と体幹の回転角度との相関をピアソンの相関係数を用いて検討した。有意水準は5%未満に設定した。得られたデータは、平均値±標準偏差で示した。

(2) 研究2

実験参加者

実験参加者は、体操競技クラブに所属する6名のジュニア体操選手であった。平均年齢は9.50(±1.87)歳、平均競技年数は4.00(±1.26)年であった。

実験環境および手続き

実験は高等学校体育館で行われた。基本的な実験環境と手続きは実験1と同様であった。

データの分析

基本的なデータの算出方法は、実験1と同様である。

得られた眼球運動と頭部運動のデータから、シングルパターンとマルチパターンの分類を試みた。

(3) 研究3

実験参加者

実験参加者は、体操選手と非体操選手であった。体操選手は国際大会出場経験を持っていた。

実験環境および手続き

実験は大学体育館で行われた。大型のトランポリンを設置し、その上でとび1回ひねりを行った。その様子はハイスピードカメラで撮影された。

参加者は、験者の指示の後、跳躍を開始した。数回の予備跳躍の後、任意のタイミングで1回ひねりを行った。その後、続けて複数回実験試行を行った。

その他、基本的な実験環境と手続きは実験1と同様であった。

データの分析

基本的なデータの算出方法は、実験1と同様である。これまでの実験により眼球運動データを取得する重要性が確認されたため、本実験では眼球運動データを分析に利用した。そのデータから、トランポリン上でとび1回ひねり遂行中の視線行動を評価した。

4. 研究成果

(1) 研究1

本研究では以下の結果が得られた。

とび1回ひねり遂行中の視線移動パターンは想定どおりにシングルパターンとマルチパターンの2種類が確認された。

体操選手のうち47%の試行においてシングルパターンが確認された。非体操選手のその割合は29%であった。両者の実施率に有意な差はなかった($\chi^2(1) = 2.37, p = .124$)。

両者ともに、踏み切り前と着地前に視線の安定が確認された。

着地前の視線安定は、体操選手の方が非体操選手よりも早期に始まった($t(22) = 3.72, p < 0.01$, 体操選手: 0.11 ± 0.09 ms, 非体操選手: 0.00 ± 0.05 ms)(図1参照)。

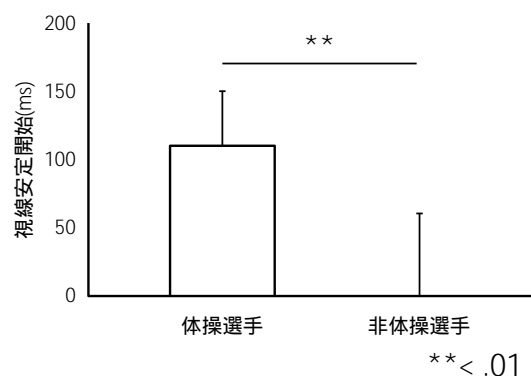


図1 視線安定開始の平均値と標準偏差

表1 体操選手における視線安定開始と回転角度の相関関係

	視線安定開始		着地	
	頭部	体幹	頭部	体幹
視線安定開始	-.73*	-.92**	.77**	.75*

**<.01, *<.05

体操選手ではとび1回ひねり遂行中の視線安定開始が、着地時の回転の大きさと相関関係にあった。

とび1回ひねり遂行中の眼球と頭部の協応運動を解明したことが本研究の主たる成果である。体操選手は眼球と頭部を巧みに協応させることにより、動作制御に関わる視覚情報を収集しているのである。

踏み切り時と着地時に確認された視線安定は、とび1回ひねり中のバランスの維持(Laws et al., 2002)や回転や着地の制御(Heinen, 2011. *Motor Control*; Heinen et al., 2012. *Int J of Sport En*)に機能している可能性がある。実験に参加した体操選手からも、身体の「軸」をまっすぐに維持するために外界を見るという内省報告があった。

シングルパターンの利点が報告されている(Anastasopoulos et al., 2009; Laws et al., 2002)が、本研究では体操選手と非体操選手において両パターンの実施率に違いは見られなかった。それは体操選手の誰しもがこの運動中にシングルパターンを用いられるわけではないことを示している。このことは、シングルパターン習得のためのトレーニングを体操競技に取り入れる必要性を示唆している。そのことについて検証するためにも、シングルパターンを用いる体操選手とマルチパターンを用いる体操選手のパフォーマンスを今後比較する必要がある。

着地前の視線安定開始のタイミングが着地時の回転の大きさと相関関係にあった。すなわち、早く外界を視認できる選手は着地時の回転角度が大きかった。このことは、早期の視線安定開始の実現が体操選手にさらに利点を与えることを示唆している。体操競技ではひねりの不足は減点に結びつく。したがって、視線安定開始が早い選手は視覚情報を利用した制御の時間的余裕があるだけでなく、着地時に減点のない十分な回転量を得ている可能性がある。

(2) 研究2

本研究では以下の結果が得られた。

ジュニア体操選手であっても研究1と同様に2種類のパターンが確認された(図2)。

シングルパターン様の眼球運動が確認された選手は、6名中1名のみであった。

体操競技のトレーニングを開始して数年のジュニア体操選手であってもシングルパターンを用いてとび1回ひねりを行うことは可能であった。しかしながら、その実施率は低かった。この結果は、シングルパターンが体操競技のトレーニングを通して習得されるものである可能性を示唆している。競技者の視線行動は、熟練の度合いに応じて変化する(Mann et al., 2007. *J Sport Exercise Psy*)。ジュニア期から適切なスポッティングテクニックの習得を目指したトレーニングプログラムの提案が必要であるだろう。

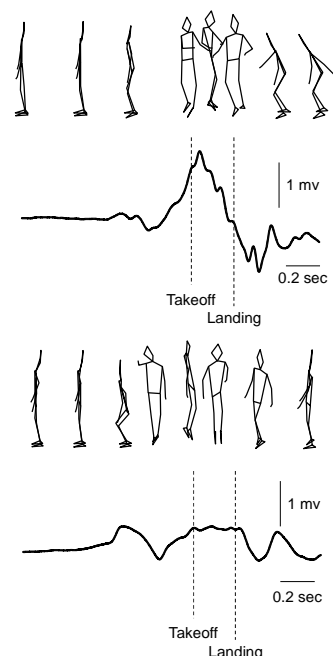


図2 ジュニア体操選手におけるとび1回ひねり中の眼球運動(上図)シングルパターン様の眼球運動(下図)マルチパターン様の眼球運動

(3) 研究3

本研究では以下の結果が得られた。

トランポリンを用いた高い跳躍中におけるとび1回ひねりであっても、体操選手はシングルパターンを用いる。

他方、非体操選手はそのような時間的余裕のある空中局面を有したとしても、マルチパターンを用いてとび1回ひねりを遂行した。

本研究の結果は、跳躍の高低に関わらず体操選手がシングルパターンを用いて外界の情報を収集していることを示した。この視覚系活動を通して、外界を視認できる時間が増大した。それは、自身の運動に関わる最適な情報を収集し、適切な動作制御に利用されているのであろう。また本研究の結果は、これらのパターンの実施が体操選手の定位方略に関係していることを示唆した。

(まとめ)

これまで体操競技で明らかにされてこなかったスポッティングテクニックの実態解明は、本研究の大きな成果である。マルチパターンの存在に関する記述を体操競技に関わる文献や研究において見つけることはできない。したがって、このことは体操競技の技術を考える上で新しい知見であり、今後のトレーニング資料や指導法の構築に寄与するものと考えられる。今後は、両パターンの利点をより詳細に分析することや、日本代表レベル選手のように、より高い競技力を有する体操競技選手における視線行動の実態を明らかにすること等が課題として挙げられる。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計4件)

Yusuke Sato, Shuko Torii and Masaharu Sasaki.
Relationship between initiation of gaze stabilisation and angle of head and trunk movement during a jump with full turn. 3rd International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support. November 2015. Lisbon(Portugal)

Yusuke Sato, Shuko Torii and Masaharu Sasaki.
Gaze shifting patterns in gymnasts during a jump with full turn. 38th European Conference on Visual Perception. August 2015. Liverpool(United kingdom).

佐藤佑介・とび1回ひねりにおける2種類の視線移動パターン．日本体操競技・器械運動学会第28回大会．2014年12月．日本大学(東京都)．

佐藤佑介，鳥居修晃，佐々木正晴．とび1回ひねり遂行中における眼球と頭部の協応運動．日本心理学会第78回大会．2014年9月．同志社大学(京都府)．

〔図書〕(計1件)

Yusuke Sato, Konstantinos Velentzas, & Thomas Heinen. Nova Science Publishers. Coordination of gaze behavior and motor behavior in complex aerial movements. Gymnastics performance and motor learning: principles and applications. in press.

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐藤 佑介 (SATO, Yusuke)

日本大学・商学部・准教授

研究者番号：00559536