

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16532

研究課題名(和文) 空中における落下中の視線行動と身体運動の協応関係

研究課題名(英文) Eye and body coordination during a drop-landing

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) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、空中における落下中の視線行動と身体運動を計測し、両者の協応運動の実体を明らかにすることを目的とした。本研究で用いた課題は、高さのある台からの跳び下り、着地をするといった基本的な運動(以下、ドロップランディングとする)であった。研究成果として、次の2点が挙げられた。1つ目は、ドロップランディング中に人が視線を向ける方向を実証したことである。人によって、下方や前方へと視線が向けられていた。2つ目は、その視線の方向と着地動作との関係を見出したことである。下方へと視線を向けた参加者は、より体幹を前傾させた姿勢で着地を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、未解明であったドロップランディング中の視線行動を明らかにした。また、その視線行動と着地時の動作の関係についても定量的なデータを得た。ドロップランディングは、多くの研究者において分析が行われている。空中での人の運動制御や傷害発生のメカニズムを検討するためである。本研究の成果は、ドロップランディングを用いたそれらの研究を行う際の研究デザインの構築に寄与するばかりでなく、スポーツ現場における傷害予防やトレーニングプログラムの構築に資することが期待される。

研究成果の概要(英文)：The aims of this study were to reveal where people naturally direct their gaze during drop landing and the relationship between the gaze direction and landing posture. There were mainly two results. First one was that when people perform the drop landing they have a few options to direct their gaze. The majority of participants directed their gaze to the floor, including the soft mat. Second one was that the gaze behaviors during aerial phase are associated with posture at landing. Trunk angles in the participants using downward gaze were significantly smaller than these angles in the participants using mid-range gaze.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：空中 視線 眼球 ドロップランディング 着地 体操

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人は高さのある台からの跳び下りたとしても、安全に着地をすることができる(以下、ドロップランディングとする)。この動作の成功を支えている1つが、視覚情報である(例えば、Santello et al., 2001. *J Phys*)。しかしながら、その情報を収集するために、どのように視覚系の活動が展開されているかは検討されてこなかった。その時には視線は地面もしくは前方へと向けられている(Liebermann & Hoffman, 2005. *J Electromyogr Kines*)と考えられているものの、そのことを示す定量的な証拠は得られてこなかった。

このことを明らかにする必要性は、次の3点から示される。1つ目は、空中で行われる運動において、その運動中の視線行動が直接的に動作を制御する機能をも有している可能性が指摘されているからである(佐藤ほか, 2016. *体育学研究*)。ドロップランディングにおける空中での視線行動を検討することによって、その時に向けられる視線の方向と着地動作の協応関係を明らかにすることができる。2つ目は、ドロップランディングという課題が、多くの研究者において研究対象とされているからである。それらの研究は、空中での人の運動制御や傷害発生のメカニズムを検討するために行われている(例えば、Liebermann & Goodman, 1991. *Ergonomics*)。しかしながら、それらの多くは、実験参加者が視線を向ける方向についての統制をとっていない。その統制を加えている研究であっても、ある特定の位置に視線を向けさせる根拠は示されていない。3つ目は、この一連の動作が、スポーツ場面においてパフォーマンスの良し悪しに関わることがあるからである。例えば、体操競技では安定した着地動作は、高得点の獲得につながる(Fédération Internationale de Gymnastique, 2013)。トレーニング法を構築するうえで、空中で行われる視覚系活動を検討する意義は大きいといえる。

研究代表者らは、空中における視覚系活動と身体動作の関係について検討を続けている。現在までに、2つの運動における視線行動を解明している。1つは、後方かかえ込み宙返りである(佐藤, 2008. *スポーツ心理学研究*)。この運動は矢状軸上で身体を360度回転させる運動である。もう1つは、とび1回ひねりである(Sato et al., 2017. *Percept Mot Skills*)。この運動は垂直軸上で身体を360度回転させる運動である。どちらも体操競技において展開される運動であり、運動実施者は眼球と頭部を巧みに協応させることによって、これらの複雑な運動中であっても外界の情報を効率よく収集していた。また、研究代表者らは、これらの運動中の視線行動が身体動作とも関係していることを報告した(Sato et al., 2016. *Gymnastics Performance and Motor Learning: Principles and Applications*)。例えば、とび1回ひねり中に運動実施者が行う空中での視線の安定が、着地時の動作(ひねりの大きさ)等と関係していることを明らかにした(Sato et al., 2015. *in Proceedings of the 3rd International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*)。

本研究課題では、それらの研究で得た知見や研究手法を応用し、シンプルな動作ではあるがスポーツ場面と研究場面のどちらでも頻繁に取り上げられるドロップランディングにおける視線行動と身体動作の関係を検討した。

2. 研究の目的

本研究では、空中における落下中の視線行動と身体運動を計測し、両者の協応運動の実体を明らかにすることを目的とした。そのために、次の流れで研究を進めた。まず、ドロップランディングにおける視線行動の検出を試みた。アイトラッキングシステムにより測定される眼球運動から、この運動中の視線行動を明らかにする。次いで、着地動作を分析することにより、視線行動と着地動作の協応関係を検討した。空中で視線を向ける方向が着地姿勢に及ぼす影響を見出す。

3. 研究の方法

(1) 研究1

実験参加者

実験参加者は、19名の男女大学生であった。参加者は、動きやすい服装で実験に参加した。実験に先立ち、研究の目的や内容などについて、紙面と口頭にて十分に説明された。実験への参加の意思が確認された後、実験参加同意書に自署した。

実験課題

実験課題は、高さ80cmの台から両足で跳び下り、ソフトマット(1.8×1.8×0.02m)上に両足で着地することであった。その際、参加者は次の2つのことについて指示を受けた。1つは、安全に着地を行うことであった。もう1つは、着地後にできる限り足を踏み出すことのない着地を行うことであった。

視線行動の測定

参加者の視線行動を測定するためにメガネ型アイトラッカー(Tobii Pro Glasses 2 Tobii Technology 製 50Hz)を利用した。このアイトラッカーは、ケーブル等により参加者の運動を拘束することがほとんどない。グラス(約45g)を頭部に装着し、軽量のデータ記録器(約300g)を体幹部に装着した。視線データは、データ記録器を通してSDカードに保存された。

実験手順

実験は3つの段階を経て実施された。

最初の段階では、実験参加者への研究に関する説明が行われた。この段階で、実験参加の意思を

表明した参加者が次ぐ段階へと移行した。

次ぐ段階では、実験が展開された。実験場所に集合した参加者は、改めて実験についての説明を受けるとともに、実験参加同意書を作成した。身長等の情報が測定された後、ウォーミングアップと練習試行が行われた。それらにかかる時間は、参加者の任意であった。その後、アイトラッカーが装着され、眼球運動とシーンカメラ上の注視点を一致させるためにキャリブレーションが行われた。それらの準備が整った後に、参加者は実験課題を行った。試行数は5試行であった。

最後の段階では、実験参加者から内省報告を受けた。装着したアイトラッカーを取り外した後に、謝礼を渡し、実験終了となった。

分析

得られた視線データを専用のソフトウェア(Tobii Lab Pro Tobii Technology 製)を利用して分析した。ドロップランディングにおける空中での視線の位置から、各試行において参加者が視線を向けていた位置を求めた。その位置は Liebermann and Hoffman(2005. *J Electromyogr Kines*)を参考に、ソフトマット、そのソフトマットから前方の壁までの床面(以下、床面とする)、前方の壁面(以下、壁面とする)とした。

(2) 研究2

実験参加者

実験参加者は、20名の男女大学生体操選手であった。全参加者は、全国大会出場経験を持つ。参加者は、動きやすい服装で実験に参加した。実験に先立ち、研究の目的や内容などについて、紙面と口頭にて十分に説明された。実験への参加の意思が確認された後、実験参加同意書に自署した。

実験により視線データが得られなかった1名を分析対象から除外した。

実験課題

研究1と同様に、高さ80cmの台から跳び下り、ソフトマット(1.8×1.8×0.02m)上に両足で着地した。体操競技における着地動作を行うことを指示した。

視線行動の測定

研究1と同様の方法で、参加者の視線行動を測定した。

実験手順

基本的な実験手順は研究1と同様であった。

分析

研究1と同様に専用ソフトウェアを利用して、参加者の視線の位置を推定した。

(3) 研究3

実験参加者

実験参加者は、88名の男女大学生であった。参加者は、動きやすい服装で実験に参加した。実験に先立ち、研究の目的や内容などについて、紙面と口頭にて十分に説明された。実験への参加の意思が確認された後、実験参加同意書に自署した。

実験課題

研究1と同様の課題であった。

視線行動の測定

研究1と同様の方法で、参加者の視線行動を測定した。

身体動作の測定

側方よりハイスピードデジタルカメラ(カシオ製 240fps)で撮影された跳躍の様子を、動作解析ソフトウェア(Frame-DIASV DKH 製)で分析した。動作中の体幹、膝を中心に身体角度を算出した。

実験手順

基本的な実験手順は研究1と同様であった。

分析

参加者の視線の位置に関するデータを取得した後、研究1の結果を参考に、参加者を2つの群へと分類した。その群は、ソフトマットへ視線を向けていた群(以下、Downward gaze 群とする)と前方の床へと視線を向けていた群(以下、Mid-range gaze 群とする)であった。それらの群間における身体角度を比較した。

4. 研究成果

(1) 研究1

本研究では以下の結果が得られた。

ドロップランディングでは、想定通りに実験参加者はソフトマット、床面、壁面へのいずれかへと視線を向けていた。

最も視線を向ける参加者が多かった場所は、床面(10名)であった。ソフトマットへと視線を向けた参加者は7名であった。壁面へと視線を向けた参加者は2名であった。

本研究の結果は、ドロップランディングでは参加者によって視線を向ける位置が異なることを示している。運動中の視線方向は身体姿勢や運動に影響を与える(Heinen & Vollmer, 2014. *Cent*

Eur J Sport Sci Med)。すなわち、本研究で明らかになった参加者による視線行動の違いが、ドロップランディングの動作に影響する可能性がある。研究3ではそのことを実証する。

それに先立ち、若年健常者がみせたこれらの視線行動に、この動作の習熟が影響しているかどうかを検討したのが研究2であった。

(2) 研究2

本研究では以下の結果が得られた。

体操選手は、ドロップランディング中に、ソフトマットか床面へと視線を向けていた。壁面へと視線を向ける参加者はいなかった。

最も視線を向ける参加者が多かった場所は、床面(13名)であった。ソフトマットへと視線を向けた参加者は6名であった。

床面へと視線を向けていた参加者であっても、ソフトマットにかなり近い位置に視線を向けていたのが特徴的であった。

動作が習熟することによって、視線行動にも違いが生じてくる(Mann et al., 2007. *J Sport Exercise Psy*)ことが報告されている。研究1の結果と比較したときに確認される大きな差は、壁面へと視線を向けてドロップランディングを行った体操選手は1名もいなかったということである。このことから、壁面へと視線を向けて行われるドロップランディングが、この動作のパフォーマンスにとって望ましくないものであることが示唆される。

ソフトマットと床面へと視線を向けた参加者の割合は、研究1とほとんど変わりなかった。他方、その視線行動を観察すると、体操選手の方がより注視点が安定している様子がみられた。体操選手は空中において、外界へと視線を安定させることができているのかもしれない。

(3) 研究3

Mid-range gaze 群は35名、Downward gaze 群は27名となった。

両群の着地時の体幹角度、膝関節角度を比較した。体幹角度は、Mid-range gaze 群(80.84 ± 5.30 deg)よりも Downward gaze 群(75.62 ± 4.66 deg)の方が有意に小さかった。膝関節角度は両群に有意な差はなかった(Mid-range gaze 群: 154.57 ± 6.02 deg. Downward gaze 群: 155.21 ± 5.05 deg)。

本研究の結果として、ドロップランディング中の視線行動と身体動作の関係が明らかになった。視線を下方へと向けるか、それとも前方の床面へと向けるかによって、少なくとも着地時の身体姿勢に違いが現れた。具体的には、視線を下方へ向ける参加者は、より体幹部が前傾した姿勢で着地をしていることがわかった。体幹の前傾が、膝関節に関わる傷害(前十字靭帯損傷等)発生の危険性を減少させることが多く指摘されている(例えば, Blackburn & Padua, 2009. *J Athl Train*; Powers, 2010. *J Orthop Sports Phys Ther*)。膝関節の傷害を予防することが目的であれば、ドロップランディングにおいて下方へと視線を向けることは合目的な視線行動といえよう。

(まとめ)

これまで明かされてこなかった、ドロップランディング中の視線行動とそれが身体動作とも結合していることを解明したことは本研究の大きな成果である。この動作は研究場面やスポーツ場面においてたびたび行われるものの、その際の視線行動やそれと身体動作の関係について言及している文献や研究を見つけることはできない。したがって、本研究で得られた知見はドロップランディングを組み入れた研究のデザインや、新たなトレーニング資料の作成やプログラムの構築に寄与するものと考えられる。他方、いくつかの研究の限界や課題もある。例えば、本研究が若年者を対象に行われたものであることが挙げられる。子どもや高齢者においても同様の結果が得られるかどうかは不明である。また、参加者の視線の方向を変化させることによる身体動作へ生じる変化についても検討の余地を残している。本研究結果を基に、これらのことを検討する必要があるだろう。

< 引用文献 >

- Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2009) Sagittal-plane trunk position, landing forces, and quadriceps electromyographic activity. *Journal of athletic training*, 44(2), 174-179.
- Heinen, T., & Vollmer, H. (2014) Directing cheerleader's gaze influences motor behaviour in somersaults. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 7, 23-28.
- Fédération Internationale de Gymnastique, (2013) 2013-2016 Code of Points: Men's Artistic Gymnastics.
- Liebermann, D. G., & Goodman, D. (1991) Effects of visual guidance on the reduction of impacts during landings. *Ergonomics*, 34(11), 1399-1406.
- Liebermann, D. G., & Hoffman, J. R. (2005) Timing of preparatory landing responses as a function of availability of optic flow information. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 15(1), 120-130.
- Mann, D. T., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007) Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(4), 457-478.
- Powers, C. M. (2010) The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(2), 42-51.
- Santello, M., McDonagh, M. J., & Challis, J. H. (2001) Visual and non-visual control of landing movements

in humans. *The Journal of Physiology*, 537(1), 313-327.

佐藤佑介, 鳥居修晃, 佐々木正晴 (2016) 体操選手がとびひねり遂行中に行う視線移動パターン. *体育学研究*, 61(1), 159-172.

Sato, Y., Torii, S., & Sasaki, M. (2015) Relationship between Initiation of Gaze Stabilisation and Angle of Head and Trunk Movement during a Jump with Full Turn. In *icSPORTS*, 165-168.

Sato, Y., Torii, S., Sasaki, M., & Heinen, T. (2017) Gaze-shift patterns during a jump with full Turn in male gymnasts. *Perceptual and motor skills*, 124(1), 248-263.

Sato, Y., Velentzas, K., & Heinen, T. (2016) Relationships between gaze behavior and motor behavior in complex aerial skills. In T. Heinen, I. Čuk, R. Goebel, & K. Velentzas (Eds.), *Gymnastics Performance and Motor Learning. Principles and Applications* (pp. 1-18). New York, NY: NOVA Science Publishers Inc.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 佐藤佑介
2. 発表標題 スポーツの眼、ロボットの眼、武術の眼－視覚認知活動と身体動作：スポーツの眼 - 空中での視線行動と身体動作 -
3. 学会等名 日本心理学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Sato
2. 発表標題 Where do people look during drop landing?
3. 学会等名 International Society of Sport Psychology 14th World Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤佑介
2. 発表標題 スポーツの眼、ロボットの眼、武術の眼（2） - 視点の行き場・置き場が動作の成否を決める？：スポーツの眼 - 空中での視線方向と動作の成否 -
3. 学会等名 日本心理学会第83回大会
4. 発表年 2019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
---------------------------	-----------------------	----