

スポーツ経験によって形成される 大学生の注意適正個人差と運動パフォーマンスへの影響

櫻田武*
石崎里紗**

抄録

運動学習を促進する要因として注意の向け方の重要性が指摘されている。注意の向け方には、身体に注意を向ける **internal focus (IF)** と外部環境に注意を向ける **external focus (EF)** に分けられるが、近年最適な注意の向け方には個人差の影響が強いことが明らかになりつつある。しかしながら、このような運動中における個人の注意適正が何によって形成されるかについては不明な点が多い。そこで本研究では、注意適正の形成要因として個人のスポーツ経験に着目した。健康な大学生を対象とし、実験室環境としての上肢到達運動課題と現場環境としてのダーツ投擲課題の2種類を実施した。結果、上肢到達運動課題およびダーツ投擲課題の両課題において、必ずしもより良い運動パフォーマンスを示す注意条件が **EF** とはならないことが確認された。さらに、多くの参加者は両運動課題間において最適な注意の向け方が一致し、有意な課題関連性が認められた。また、ダーツ投擲課題における身体動作を解析した結果、**IF** 条件下でより良い運動パフォーマンスを示す個人は、試行間の動作のバラつきが小さくなる傾向も確認された。次に、同じ参加者に対してスポーツ経験に関するアンケートを実施した。その結果、上肢到達運動課題とダーツ投擲課題間で注意適正が一致した参加者の多くは、単一のスポーツのみを経験していることが明らかとなった。一方、注意適正に関する課題共通性が認められなかった参加者の多くは、複数のスポーツを経験している結果が得られた。以上より、個人の最適注意戦略下で運動を行うことにより、静的な環境での動作再現性が高まる可能性が示唆された。さらに、過去のスポーツ経験（特に競技の種類や種目数）が大学生などの青年期における注意適正を形成する要因のひとつとなっていることが示された。今回の結果は個人に最適化されたテイラーメイドな訓練方法の提案につながることを期待される。

キーワード：注意の向け方，個人差，スポーツ経験，運動学習

* 立命館大学理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

** 芝浦工業大学大学院理工学研究科システム理工学専攻 〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 307

Effect of the individual sports experience on optimal attentional strategy during motor tasks.

Takeshi Sakurada*

Risa Ishizaki**

Abstract

Focus of attention is a crucial factor for facilitating motor learning. We have recently identified that directing attention to movement outcome (external focus; EF) did not always lead to better motor performance compared with directing attention to body movement (internal focus; IF). However, it remains unclear what forms the individual optimal attentional strategy. In this study, we aimed to explore the individual sports experience as one of the influential factors characterizing the optimal attentional strategy. Participants performed two different motor tasks: a visuomotor reaching task as a simple motor task and a dart-throwing task as a practical motor task. Overall, approximately half of the participants in each task showed better motor performance in the EF condition (EF-dominance), whereas the remaining showed an opposite trend (IF-dominance). Taken together, the participants showed significant consistency in the optimal attentional strategy between these tasks. Moreover, we found that the individuals with IF-dominance showed significantly lower inter-trial variability than those with EF-dominance under the IF condition in the dart-throwing task. Subsequently, the participants were required to report an individual's sports experience. Based on the reports, we found that most of the individuals who showed inter-task consistency in the prior motor tasks had no experience of multiple types of closed skill sports. Conversely, the others were experienced in multiple types of closed skill sports. These results suggest that motor performance in a practical task shows the individual differences in optimal attention strategies and an optimal strategy can promote the repeatability of body movements under static environments. In addition, it can be inferred that a performer can apply the individual optimal attentional strategy to other motor tasks for facilitating motor performance. Moreover, one of the important factors that shape the optimal strategy is an individual's sports experience. Our current findings could contribute to developing new tailor-made training in practical fields optimized for individuals.

Key Words : focus of attention, individual differences, sports experience, motor learning

* College of Science and Engineering, Ritsumeikan University. 1-1-1, Nojihigashi, Kusatsu, Shiga, 525-8577.

** College of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology. 307, Fukasaku, Minuma, Saitama, Saitama, 337-8570.

1. はじめに

運動学習における訓練効果を促進させる要因の一つに「注意の向け方 (focus of attention)」がある (Wulf et al., 1998)。注意の向け方は、身体動作へ注意を向ける internal focus (IF) と外部環境へ注意を向ける external focus (EF) に分けられ、どちらがより運動パフォーマンス向上を促進するかについて検証がなされてきた。先行研究においては、IF よりも EF の有効性を示す報告が多い (Wulf, 2013)。例えば、スキーのスラローム動作を行う課題において、足部に注意を向けることを教示された参加者群 (IF 群) とプラットフォームの車輪に注意を向けることを教示された参加者群 (EF 群) と注意の向け方に関して何も指示がなされない Control 群の動作を比較した。その結果、練習開始時の初期段階では3群のパフォーマンスに差は認められなかったものの、練習終盤においては EF 群が他の2群よりも有意に高いパフォーマンスを示したことが報告されている (Wulf et al., 1998)。このような EF の有効性は、比較的一般的な現象であると指摘されており、運動制約仮説として理論的な説明もなされている (Wulf et al., 2001)。

多くの研究が EF の有効性を支持する中で、少ないながらもそれらと一貫しない報告も存在する。例えば、脳卒中患者を対象とした下肢のステップング課題では EF 条件の優位性は認められていない (Kal et al., 2015)。また別の研究では、ダーツ投擲課題において成人グループは EF の教示によってより良い運動パフォーマンスが示されたのに対し、子供グループでは逆に IF が有効である結果が報告されている (Emanuel et al., 2008)。さらに、より近年の報告では、最適な注意の向け方には個人差があり、必ずしも EF によってより良い運動パフォーマンスが導かれるのではないことが指摘されている。このような注意適正個人差の背景には個々人の認知機能特性が関わっているとされ、視覚運動イメージが得意な個人の多くに対しては EF が有効であったのに対し、逆に筋感覚運動イメージが得意な個人の多くに対しては IF が有効であることが示されている (Sakurada et al., 2016; 2017)。

このように、運動中の注意の向け方に関しては、万人に共通な注意の向け方として EF を推奨するのではなく、個々人の特性を考慮して適切に選択・教示することが重要であることが明らかになりつつある。しかしながら、これらの注意適正個人差を報告した研究では、上肢追従運動など単純な心理物理実験課題でのみ検証がなされており、スポーツやリハビリテーション

などで行われているような運動においても個人差が生じるのかなど、現場を想定した環境下での検証は十分とはいえない。さらに、このような個人の注意適正がどのような要因によって形成されるかについては明らかとされていない。

2. 目的

本研究では、上肢到達運動に代表される心理物理実験課題に加え、スポーツ現場でも実施される課題としてダーツ投擲課題を対象とし、複数の異なる運動課題それぞれにおける注意の向け方と運動パフォーマンスの関係性を検証する。さらに、この注意適正形成については、先行研究で実施された簡単なアンケート調査の結果から、個人が経験したスポーツ種目と注意適正の関連性が言及されている (Sakurada et al., 2016)。そこで、個人のスポーツ経験に関する調査も併せて実施し、運動中における注意適正を形成する要因を明らかにすることを目的とした。

3. 方法

3.1. 参加者および実験環境

若年健常者 20 名を対象に実験を実施した。参加者は全員右利きであり、本研究で採用したダーツ投擲に関して、競技経験がないことを参加条件とした。各参加者は上肢到達運動課題およびダーツ投擲課題を行ったのち、自身のスポーツ経験に関するアンケートの回答を実施した。

3.2. 課題

3.2.1 上肢到達運動課題

手先の運動はペンタブレット (Wacom 製、PTK-1240/K0) により計測し、ディスプレイ上には手先の動きに同期して動くカーソルが提示される。右人差し指には触覚刺激提示のための振動モータを取り付けた。

参加者にはディスプレイ上に提示されるスタート位置からゴール位置まで直線的にカーソルを動かすことが教示された。各試行においては、リーチング運動開始の合図として、人差し指への振動刺激あるいはディスプレイ上の点滅視覚刺激が提示される。実験条件として、ディスプレイを見ながらも手の動きに注意を向けることを教示した IF 条件と、逆に手の動きは意識せずにディスプレイ上のカーソルの動きのみに注意を向けることを教示した EF 条件を設定し、それぞれの注意条件下で 60 試行実施した。60 試行のうち、1-10 試行目を baseline phase、11-50 試行目を learning

phase、51-60 試行目を wash-out phase とした。Baseline phase および wash-out phase では、画面上に提示されるカーソルの運動方向と手先の運動方向が一致した状況で運動を行い、一方 learning phase では手先の運動方向に対してカーソルの運動方向を $\pm 45^\circ$ 回転変換させた状況で運動を行う visuomotor rotation を加えた。各条件における運動学習の程度を評価するため、wash-out phase における始めの 3 試行における出だしの運動方向誤差 (initial direction error: IDE) を after effect として算出した。この指標に基づき、IF 条件においてより大きな after effect を示した参加者を IF 優位群・EF 条件においてより大きな after effect を示した参加者を EF 優位群として分類した。

3.2.2 ダーツ投擲課題

モーションキャプチャシステム (OptiTrack 製、Prime13) を用いて上肢および矢の動作を計測した。動作計測のための反射マークは手先・手首・肘・肩および矢の先端に取り付けた。

参加者にはダーツボードの中心を狙って矢を投げるように教示した。各試行においては、投擲動作開始の合図として、親指への振動刺激あるいはダーツボードの下に設置した LED の点滅視覚刺激が提示される。実験条件として、ダーツボードを見ながらも手の動きに注意を向けることを教示した IF 条件と、逆に手の動きは意識せずにダーツボードや矢の軌道に注意を向けることを教示した EF 条件を設定した。8 投を 1 ブロックとして、3 ブロック毎に注意条件を入れ替え、計 12 ブロック (計 96 投) 実施した。パフォーマンス評価の指標として、ダーツボード中心からダーツの矢が刺さった位置までの距離を運動誤差 (endpoint error) として算出した。この指標に基づき、IF 条件においてより小さな endpoint error を示した参加者を IF 優位群・EF 条件においてより小さな endpoint error を示した参加者を EF 優位群として分類した。

3.2.3 スポーツ経験に関するアンケート

参加者にこれまでの運動経験 (スポーツ競技および楽器演奏経験) に関するアンケート調査を実施した。調査項目は、競技種目・経験時期・競技レベル・トレーニング頻度・1 日の平均トレーニング時間とした。まず本研究では、先行研究で指摘されている競技種目と注意適正個人差の関係を明らかにするため、上記アンケート項目のうち競技種目とその種目数を解析対象とした。スポーツなどにおいては様々なスキルが必要となるが、これは競技種目の特性に応じて大きく 2 つに分けることができる。1 つ目は、静的な環境の中で

毎回同じ動作を実施することが重要となるクローズドスキルである。このスキルは、体操・フィギュアスケートなど個人競技系のスポーツにおいて特に必要となる。2 つ目は、動的に変化する環境の中で状況に応じてプレーを選択することが重要となるオープンスキルである。このスキルは、サッカーやバスケットボールなど対戦競技系のスポーツにおいて特に必要になるといえる。今回得られたアンケートの回答から、個人が経験したスポーツをクローズドスキルスポーツとオープンスキルスポーツに分類し、それらの経験した種目数を算出した。

4. 結果及び考察

4.1. 結果

4.1.1 各課題における注意適正

上肢到達課題における after effect に基づいて全参加者の注意適正を分類した結果、IF 優位群 10 名・EF 優位群 10 名に分かれた。

一方、ダーツ投擲課題における endpoint error に基づいて全参加者の注意適正を分類した結果、IF 優位群 7 名・EF 優位群 13 名に分かれた (表 1)。

4.1.2 異なる運動課題間における注意適正の共通性

全参加者の注意適正に関する人数分布を集計した結果、20 名中 15 名が両運動課題間において最適な注意の向け方が一致した。これら 2 つの課題における注意適正に関して、フィッシャーの直接確率検定を行った結果、有意な課題関連性が認められた ($p=0.029$)。

4.1.3 ダーツ投擲課題における動作のばらつき

これら各関節に取り付けたマーカの位置データに基づき、投擲動作中の肘関節角度変化を算出した。また、ダーツ投擲は先に述べたクローズドスキルが強く要求される競技であるため、動作再現性に関わる指標として、肘関節角度に関する試行間のばらつきに着目した。その結果、IF 優位群は EF 優位群に比べて、IF 条件下における試行間のばらつきが有意に小さいことが明らかとなった ($p=0.011$ 、単純主効果検定)。

4.1.4 個々の注意適正と運動経験

4.1.2 節で述べたとおり、参加者 20 名を対象とした全体の傾向としては、注意適正に関する両運動課題間の有意な関連性が認められたが、少ないながらも課題を変えた際により良い運動パフォーマンスを示す注意条件が変わる参加者も存在した。そこで改めて参加者を、今回採用した 2 つの運動課題間で注意適正が一致した群 (15 名) と一致しなかった群 (5 名) に分けた上で、これらの群間におけるクローズドスキルスポーツおよびオープンスキルスポーツの経験種目数に関す

表1 全参加者の注意適正評価結果

参加者 No.	上肢到達運動	ダーツ投擲
1	EF	EF
2	IF	IF
3	EF	EF
4	EF	EF
5	IF	IF
6	IF	IF
7	IF	IF
8	EF	EF
9	EF	EF
10	IF	IF
11	EF	EF
12	EF	EF
13	EF	EF
14	IF	IF
15	EF	EF
16	IF	EF
17	IF	EF
18	IF	EF
19	IF	EF
20	EF	IF

る違いを解析した。フィッシャーの直接確率検定を実施した結果、クローズドスキルスポーツの経験種目数のみその関連性に有意傾向が認められた（クローズドスキルスポーツ： $p = 0.058$ 、オープンスキルスポーツ： $p = 0.50$ ）。具体的には、一致群に属する参加者の多くは、単一のクローズドスキルスポーツを経験してきたのに対し、不一致群に属する参加者の多くは、複数のクローズドスキルスポーツ経験を有していた。

4.2. 考察

運動中における最適な注意の向け方に関する個人差は、単純な動作のみの実験室課題のみならず比較的複雑で巧緻な動作制御を要する現場課題においても存在することが明らかとなり、近年の研究報告を支持する（Sakurada et al., 2016; 2017）。多くの先行研究において EF の有効性が示されてきたが、中にはその有効性を支持しない結果が示されていることを踏まえても（Emanuel et al., 2008; Kal et al., 2015）、課題内容に依らず IF において運動パフォーマンスが促進する個人も一定の割合で存在することを考慮することは重要といえるだろう。

さらに、一個人内では、運動課題を変えても最適な

注意の向け方は変わらない可能性が高いことが示された。このような注意適正に関する課題共通性は運動制御に関わる認知機能の特性を背景としている可能性が挙げられる。先行研究では、筋感覚運動イメージが得意な個人の多くは IF において高い運動学習効果が得られるなど、異なる認知機能（ここでは「運動イメージ」と「注意」）間において共通した感覚情報モダリティ特性の関与が推察される。つまり、神経系において、処理が得意な感覚情報モダリティには個人ごとに異なり、その個人差が認知機能特性として運動パフォーマンスに影響を与えていると考えられる。

ダーツ投擲課題における身体動作解析の結果から、個人の最適な注意の向け方を採用することのメリットとして、動作再現性を高めることに寄与し、これによって最終的なアウトカムとしての運動パフォーマンス向上につながることを示された。従来研究においても、適切な注意の向け方を採用することによって得られるメリットについては運動制約仮説として説明されている（Wulf et al., 2001）。具体的には、適切な注意の向け方を採用することによって（多くの場合 EF を採用することによって）、注意要求量の減少（Wulf et al., 2001）・運動修正の速さの向上（McNevin et al., 2003）・筋活動量の減少（Zachry et al., 2005）などのメリットが得られるとされている。本研究の結果は、従来示されてきたメリットに加えて、最適な注意の向け方によって得られる新たなメリットが示されたといえる。ただし、従来の運動制約仮説と大きく異なる点として、動作再現性の向上は、EF 下ではなく IF 下で得られるメリットであることが挙げられる。つまり、今回示された注意適正個人差の本質は外部環境情報（視覚情報）ではなく、身体内部情報（体性感覚情報）に対する認知機能の能力差を反映していることを意味する。したがって、今回採用したダーツ投擲のようにクローズドスキルが強く要求されるスポーツ課題においては、プレーヤーの認知機能に関する特性を適切に考慮することでより高い運動パフォーマンスが獲得できることが期待される。

本研究で示された注意適正に関する課題共通性を決定付ける要因の一つとして、個々人のスポーツ経験が関与することが示された。特に、経験したスポーツ種目は重要な要因であり、クローズドスキルスポーツあるいはオープンスキルスポーツの経験は個人の運動制御、例えば運動中における予測（Nuri et al., 2013）や動作抑制（Wang et al., 2013）に関する処理に影響をおよぼすことから、今回着目した注意適正個人差の形成要因としてスポーツ種目が関与するという結果は

妥当であろう。さらに今回の結果を詳しくみると、課題間での注意適正が一致するか否かは経験したスポーツの種目数に依存した。この結果から、複数種目経験していない参加者は、これまで一つの競技を毎回同じ注意戦略の下で課題を行っており、個人において既に得意な（慣れた）注意の向け方が形成されている可能性が高い。そのため、今回新規に行った運動課題においてもその得意な注意戦略の下でパフォーマンスが高まったと解釈される。一方複数種目の経験を有する参加者は課題ごとに適切な注意の向け方を切り替える能力に優れていたと考えられる。

5. まとめ

本研究に参加した健常者の運動パフォーマンスに着目すると、最適な注意の向け方は必ずしもEFとはならないことが確認された。これはごく最近報告されている知見と一致する (Sakurada et al., 2016; 2017)。今回、上肢到達運動のような心理物理実験としてしばしば用いられる単純な動作での課題のみならず、ダーツ投擲課題においても注意適正個人差が確認されたことから、運動パフォーマンス向上を促進する個人の注意適正はスポーツなど比較的複雑な身体動作を伴う運動においても重要な要因であることが示唆された。さらに、一個人内であれば、運動内容を変えても注意適正が一致する可能性が高いことも示された。しかしながら、この課題共通性については個人過去のスポーツ経験に影響を受けることも明らかとなった。以上より、個々のスポーツ経験に関する来歴を考慮することで、新規に取り組むスポーツ競技においてプレーヤーがどのような注意の向け方を採用すべきかを適切に判断することも可能となることを意味する。今後は、スポーツ経験に関して競技種目数だけでなく、個人々の競技レベルなども考慮したうえで注意適正を予測するテーラーメイドなトレーニングプログラムの提案を目指していく。

【参考文献】

Emanuel M., Jarus T. & Bart O. (2008) Effect of focus of attention and age on motor acquisition, retention, and transfer: a randomized trial. *Physical Therapy*, 88 (2): pp. 251-260.

Kal EC., van der Kamp J., Houdijk H., Groet E., van Bennekom CA. & Scherder EJ. (2015) Stay Focused! The effects of internal and external focus of attention on movement automaticity in patients with stroke. *PLoS One*, 10 (8): e0136917.

McNevin N., Shea H. & Wulf G. (2003) Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychological Research*, 67 (1): pp. 22-29.

Nuri L., Shadmehr A., Ghotbi N. & Attarbashi Moghadam B. (2013) Reaction time and anticipatory skill of athletes in open and closed skill-dominated sport. *European Journal of Sport Science*. 13 (5): pp. 431-436.

Sakurada T., Hirai M. & Watanabe E. (2016) Optimization of motor learning attention-directing strategy based on an individual's motor imagery ability. *Experimental Brain Research*, 234 (1): pp. 301-311.

Sakurada T., Nakajima T., Morita M., Hirai M. & Watanabe E. (2017) Improved motor performance in patients with acute stroke using the optimal individual attentional strategy. *Scientific Reports*, 7: 40592.

Wang CH., Chang CC., Liang YM., Shih CM., Chiu WS., Tseng P., Hung DL., Tzeng OJ., Muggleton NG. & Juan CH. (2013) Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PLoS One*. 8 (2): e55773.

Wulf G., Hob M. & Prinz W. (1998) Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus of attention. *Journal of Motor Behavior*, 30 (2): pp. 169-179.

Wulf G., McNevin N. & Shea H. (2001) The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly journal of experimental psychology. A, Human experimental psychology*, 54 (4): pp. 1143-54.

Wulf G. (2013) Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *International review of sport and exercise psychology*, 6 (1): pp. 77-104.

Zachry T., Wulf G., Mercer J. & Bezodis N. (2005) Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 67 (4): pp. 304-309.

この研究は笹川スポーツ研究助成を受けて実施したものです。