

ゴルフパッティング遂行前の準備動作の役割 —「素振り」の運動学的分析の観点から—

長谷川 弓 子

Abstract

Investigating the behaviors during the preparatory phase before the actual sporting performance can further our understanding of human skillful movements. The author has previously published two original papers on the relationship between practice swings and actual hits during golf putting and explored how practice swings contributed to the actual hits. This paper aimed to summarize the results of practice swings during golf putting, and also considered the unpublished data obtained from other studies that did not address practice swings. Moreover, future considerations were discussed. First, findings on the behaviors during the preparatory phase of sports were summarized, and then the significance of researching practice swings of golf putting was discussed. Next, the results of previous research that investigated the difference in movement patterns between practice swings and actual hits were introduced. Third, correlations between the different putting distances observed during practice swings and the accuracy of the actual hits were explained. Fourth, the practice swing classification was indicated. Fifth, previous research results on the effect of practice swings on the actual hits, the role of practice swings, and the skill level differences, were summarized. Sixth, the differences, and inseparability of practice swings between professional and amateur golfers were discussed. Finally, the application of these research results to coaching sites and future research considerations were discussed. All data presented in this paper were measured in well-controlled experiments and kinematic analyses using performance data from professional and amateur golfers were included.

Keywords: pre-performance preparation, golf putting, practice swing, skill difference, kinematics.

1. はじめに

私たちが何らかの目標を達成しようとするとき、私たちはその目的を達成するために必要と考えられる心理的・行動的な準備を行う。例えば、スポーツにおいて、野球選手はネクストバッターズサークルのなかで、実際の打撃に備えるための素振りをし、相手投手の投球を見な

がらタイミングを計るかのような振る舞いをみせる。あるいは、米国のゴルフツアーに参戦する一流選手の実打前の素振りを観察していると、彼らの素振りから彼らの意図が伝わってくるように感じるときがある。ヒューマンムーブメントサイエンスの研究成果の蓄積により、スポーツの成功的な動作遂行のためには、目標を達成するための実動作（例: 打つ、投げる）だけでなく、その直前の振る舞い、すなわち実動作遂行前に環境を探索したり、練習動作を行ったりといった準備局面で行われる技能が重要であることが明らかとなっている。

実動作遂行前の準備局面についての研究は、プレパフォーマンスルーティンに関するものが多い。例えば、準備局面において、振る舞いや動作時間が一定である者の課題成功率は、そうでない者のそれらに比べて高い (e.g., Lonsdale & Tam, 2008; Wrisberg & Pein, 1992)。それは実動作遂行前の一定の振る舞いが課題遂行のための再生スキーマに有効的に働きかけることに拠る (Cohn, 1990)。それ以外の準備局面に関する研究として、プレーを行う際に適切なタイミングで適切な位置に視線が定まるQuiet eye がよいパフォーマンスに貢献する (e.g., Vickers, 2007)、バスケットボールの守備局面における守備者の荷重・抜重状態はディフェンスの成否と関連する (Fujii, Yamashita, Kimura, Isaka, & Kouzaki, 2015)、ソフトボールにおける打撃前のステップ動作にみられる多様な個性と技能水準との関係 (Takamido, Yokoyama, & Yamamoto, 2019) やゴルフパッティングの環境知覚とパフォーマンスへの影響 (Hasegawa, Okada, & Fuji, 2021) などの研究があげられる。本稿では、単離散運動で閉鎖技能であり且つ標的照準課題に分類されるゴルフのパッティング技能に着目し、準備局面において遂行される「素振り」に関して、主として運動学的分析を用いてその役割を検討する。

ゴルフパッティングはグリーンにオンしたボールをパターと呼ばれるクラブ（道具）を用い

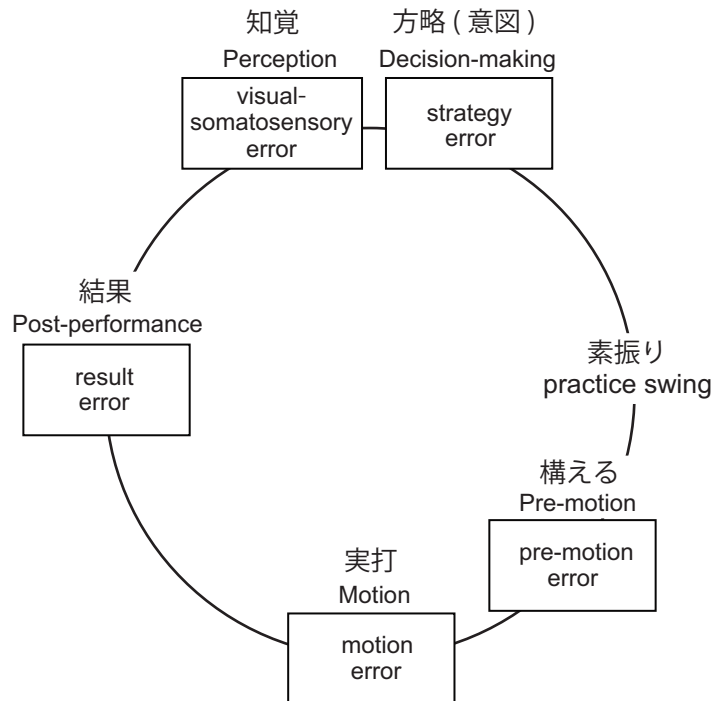


図1. ゴルフにおける技能遂行の流れと各局面にみられるエラー (Hasegawa et al. 2021 を改編)

て転がし、最小限の打数でホールインさせることを目標とする課題である。図1にゴルフにおける技能遂行の流れと各局面で生じるエラーについて示す。グリーンには大小さまざまな傾斜が入り組んでおり、環境知覚と方略決定の局面では、ボール・ホール間とその周辺の距離や傾斜を知覚して、打ち出す方向と力量を決定する。この際、ホールインできなかった際のリスクが考慮され、ルートが選択される。次に、ケースにもよるが、ほとんどのゴルファーは素振りを行ってから狙う方向にクラブフェースを設置し、スイングを開始してボールを打つ。この技能遂行の流れに沿って考えれば、「構える」と呼ばれる動作（セットアップ）におけるパターフェースや身体の向きは、それ以前の環境知覚と選択された方略の影響を受ける。もちろん実打の際に発揮する力の大きさについても、同様に環境知覚や意思決定の影響を受けるが、ボールに構える前に実行される素振りは、主として実打の際に発揮する力の調整に貢献すると考えられる。

しかしながら、心理学的問題を明らかにするためにゴルフパッティングを課題として用い、運動学的分析を実施した研究は数多くみられるものの（e.g., Delay, Nougier, Orliaguet, & Coello, 1997; Dias & Couceiro, 2015; Fairweather, Button, & Rae, 2002; Hasegawa, Sumi, & Miura, 2020b; Hume, Keogh, & Reid, 2005; Mathers & Grealy, 2014）、素振りの運動学（キネマティクス）を検討した研究はわずかであり（Hasegawa, Fujii, Miura, Yokoyama, & Yamamoto, 2019; Hasegawa, Miura, & Fujii, 2020a）、素振りが実打にどのように貢献しているかについては不明な点が多い。ヒトは元来、小さな力を精度よく発揮することが苦手であり（Enoka, Burnett, Graves, Kornatz, & Laidlaw, 1999）、ゴルフパッティングのようにわずかな距離間隔を微細に打ち分けることが求められる課題を達成することは難しい。そのため、そのような課題を成功に導くために準備局面で遂行される素振りを研究し理解を深める試みは、ヒトの運動制御機構の一端を明らかにする試みであり、スポーツに限らず他の分野にとっても重要と考えられる。

筆者は、これまで2本の原著論文において、準備局面で遂行されるゴルフパッティングの素振りと実打の関係（Hasegawa et al., 2019）および素振りの実打への貢献（Hasegawa et al., 2020a）について調べ発表であるが、本稿では素振りを主の題材として扱っていない他の研究から得られた未発表のデータを含め、素振りに関する研究成果をまとめ、さらに今後の課題について検討することを目的とする。

2. 素振りと実打の運動パタンの違い

プロゴルファー（以下プロ）と上級アマチュア（ハンディキャップ7以下）に、平坦な人工芝上で0.6 m から3.3 m までの距離を0.3 m 間隔で設定し、パッティングしてもらおうと、両群のホールイン確率に顕著な違いはない。しかしながら、彼らがどのようにわずかな距離間隔を打ち分けているかについて詳細に調べると、プロは上級アマチュアよりも小さな距離間隔を巧みに打ち分けていることが判かった。つまり、プロの運動制御の解像度は上級アマチュアのそれらに比べて高い。また、プロはアマに比べて、同じ距離を10回打球した際のパターヘッド速度の変動性が低い（再現性が高い）ことも確認された。他方、上級アマチュアには、隣接する距離が明確に異なる距離のオーバーラップが数多くみられた（Hasegawa, Fujii, Miura, & Yamamoto, 2017）。

『パッティングの科学』の著者として有名なPelz（2000）は、準備局面においては完全な素振り（preview strokeと呼ばれる）を、そして実打の局面ではそれを再現することを推奨して

いる。そこで先のHasegawa et al. (2017)の研究に参加してもらったプロの素振りを分析し実打と比較したところ、素振りは試行間で回数が異なることや同一試行内の複数回の素振りのなかで振りかたそれ自体が変化することがわかった。さらに、素振りを複数回行うプロのなかには、最後に振られたクラブヘッドの速度や振幅の大きさが実打のそれらに近づくような様子のみられる人がいることもわかった(図2)。このことから、ゴルファーは素振りにおいて何らかの感覚入力(手ごたえ)を狙い(待ち)ながらスイングを実行していると考えられた。また先に述べたように、実動作遂行前の振る舞いが課題遂行のための再生スキーマに有効的に働きかけるならば(Cohn, 1990)、より精緻化されたスキーマを有するとされる熟達者(Schmidt, 1975)は、そうでない者よりも準備局面において実動作をより忠実に模倣している可能性が考えられた。これらの理由から、我々の研究チームは、実打において高い正確性と再現性を有するプロの素振りは、上級アマチュアに比べ、実打の模倣の程度が高いという仮説を立て実験を行った。

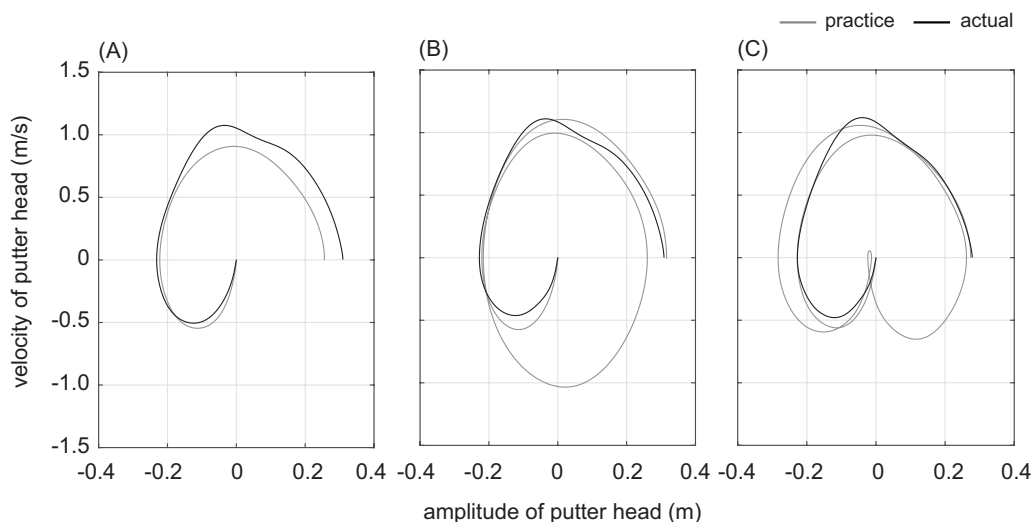


図2. あるプロゴルファー(1名)の素振りを実打

横軸はクラブヘッドの振幅を示す。縦軸はクラブヘッドの速度を示す。プラスの値は打球方向への動きを示し、マイナスの値は打球方向と反対方向の動きを示す。原点(0,0)がスイングの開始を示す。左の図(A)では、(-0.25, 0)あたりがバックスイングの終わりであり、(0, 1)あたりがインパクトである。左(A)は素振りが1回のみ、中央(B)は、素振りを2連続で行っており、右(C)は素振りを1回行って、クラブヘッドが一旦おおよその開始点に戻ってから、再度素振りを行っている。同一人物が同じ距離の標的に対して素振りを行っているが、試行間で様々な形態がみられることを示す。

先に述べたように、素振りは人によってさまざまであり、1回だけの素振りを行う人、複数回行う人がいる。パターヘッド速度に限ってみても、徐々にスイング速度を上げていく人、反対に徐々に速度を下げていく人、あるいは複数回のなかで速度が上がったり下がったりする人もみられる。模倣の程度が高い素振りを行う人は、何らかの手がかりを得て素振りを終了していると考えられたことから、素振りの最後のスイングを分析対象とした。図3は、3.0 mのパッティングのダウンスイング中の加速度プロフィールを示している。この図をみても素振りを実打の運動パターンが異なることは明らかであるが、素振りを実打のダウンスイング中のピー

ク加速度とその発現時間を分析したところ、各々の変数は素振りと実打で顕著に異なることが示された (Hasegawa et al., 2019)。

たとえ動きが類似していても、課題の制約が異なれば動きのキネマティクスは異なる (Marteniuk, MacKenzie, Athenes, & Dugas, 1987)。野球において、全力でスイングする素振りとティーバッティングのキネマティクスを比較した研究では、素振り時にティーバッティングと同じ位置を狙っていても、素振りの軌道とティーバッティングの軌道は異なるという報告

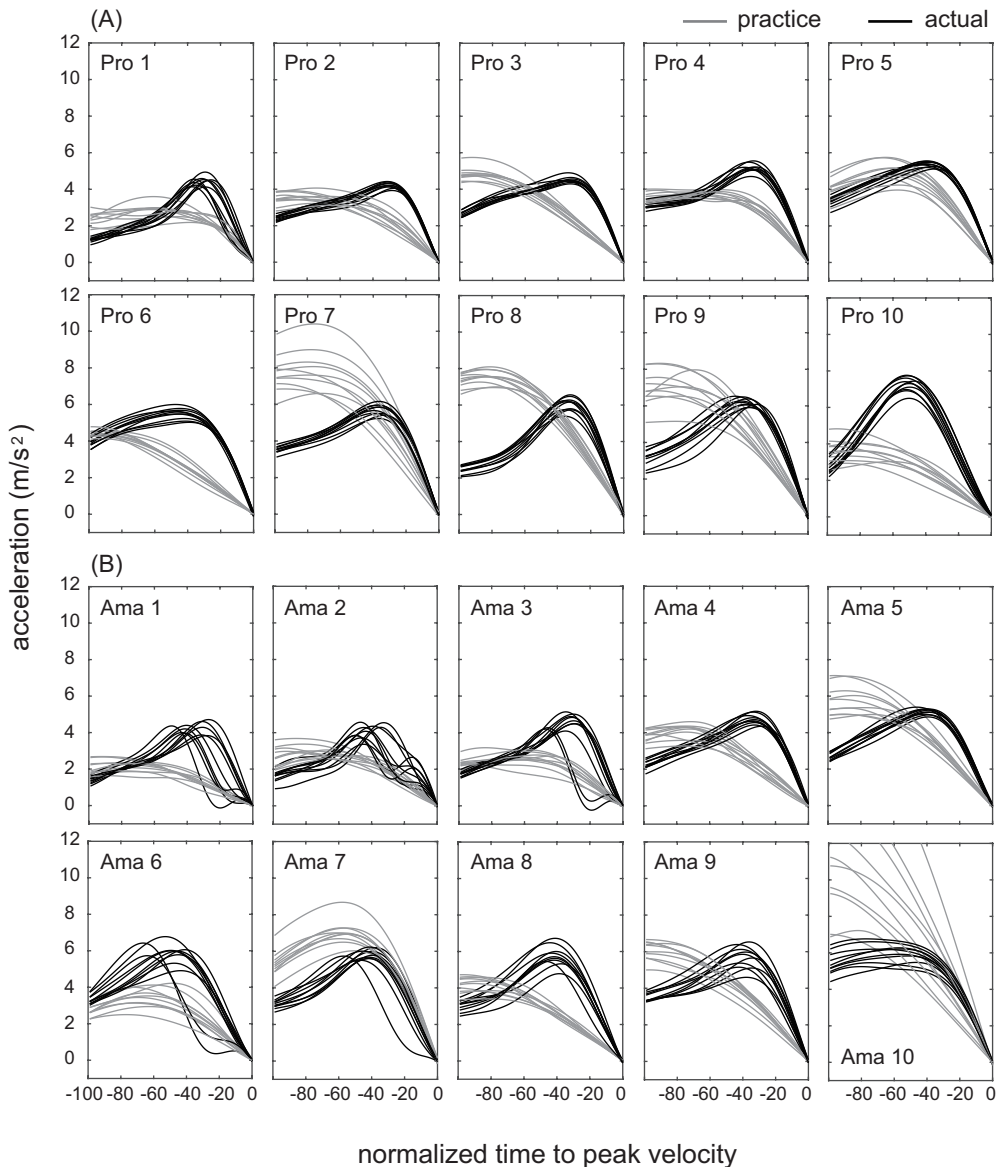


図3. プロゴルファーとアマチュア各10名の素振りと実打のダウンスイング中の加速度プロフィール (Hasegawa. et al. 2019を改編)

標的までの距離は3.0 m であり、横軸の時間は標準化されている。Hasegawa et al. (2019) の実験では乱順に各距離を10回ずつプレーしてもらっている。Pro はプロゴルファー、Ama はアマチュアを示す。

がある（大室・樋口・彼末, 2018）。ゴルフバッティングにおいて素振りと実打の運動パターンが異なる理由は、ボールの有無にあると考えられる。素振り時にはボールとの衝突であるインパクトがないため、実打の加速度のように素振りでは加速度のピークが立ち上がらない（図3）。そのため、ボールがあればインパクトを迎えるであろう位置での素振りのクラブヘッド速度は、個人差はあるものの、大抵の場合において実打のそれに比べて低い。ゴルファーは特に意図していないであろうが、実打遂行時にはボール質量に見合った力を加算しているとも考えられる。

3. 素振りに観察された距離への対応と実打の正確性

先に紹介したHasegawa et al. (2019) の実験では、0.9 m から3.0 m の距離を0.3 m 刻みで設定し、参加者の動きを測定している。異なるパッティング距離に対して、プロと上級アマチュアが素振りを実施する際にどのように対応していたかを調べるために、我々は素振りのインパクト速度を独立変数とし、実打のインパクト速度を従属変数とした単回帰分析を個々に実施した。その後、それらの分析から得られた決定係数 (R^2) と傾き (slope) を使って、我々

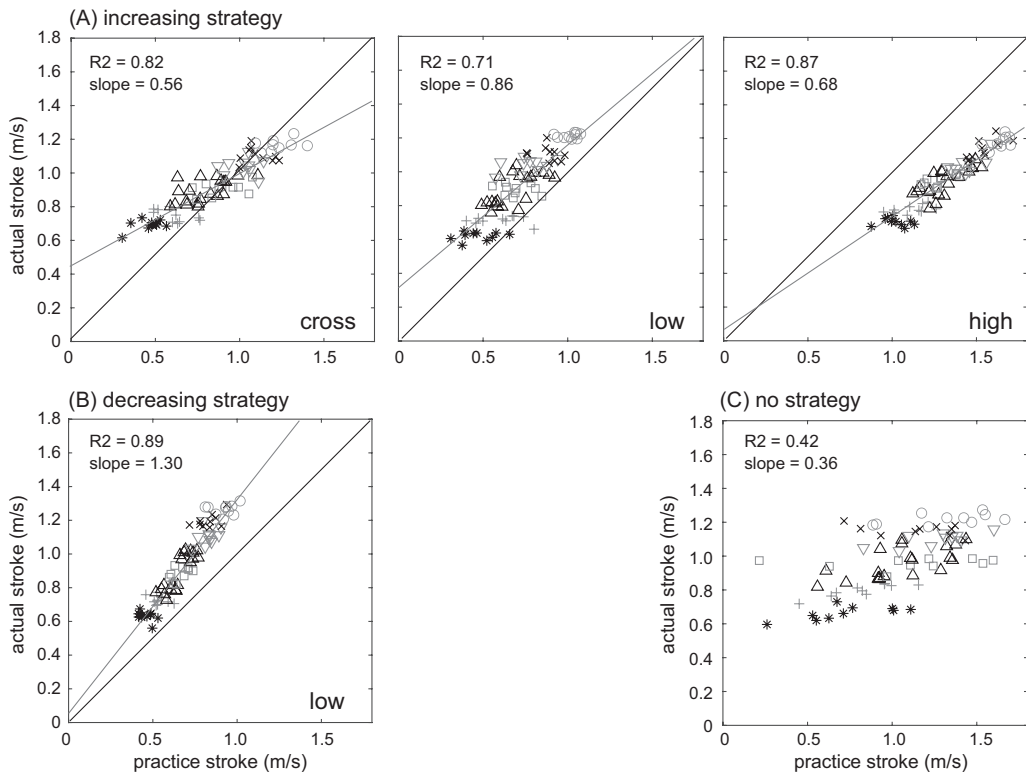


図4. 素振りと実打のインパクト速度の関係（Hasegawa et al. 2019を改編）

Hasegawa et al. (2019) では、素振りにおける距離への対応を明らかにするために、素振りと実打のインパクト速度の単回帰分析を行い、決定係数と傾きを使って、参加者を5群3方略に分類した。(A)は増加方略、(B)は減少方略、(C)は方略不明を示す。*～○は0.9 m から3.0 m の距離の違いを示す。

は参加者を5群に分けた(図4)。これらの分析から、素振りと実打の運動パターンは異なるものの、多くのゴルファーが素振りにおいて距離依存方略を採用していることがわかり、それはTanaka et al. (2016)の研究結果と同様であった。すなわち、パッティング距離が長くなると素振りのパターヘッドの振幅は大きくなり、インパクト速度も高くなった。さらに、それら5群は3方略にまとめられた。1つ目の方略はIncreasing strategy, すなわち比較的長い距離の素振りが(実打に比べて)速くなる方略である($R^2 \geq 0.7$ および傾き < 1.0 : 図4A)。2つ目の方略はDecreasing strategy, すなわち比較的長い距離の素振りが遅くなる方略である($R^2 \geq 0.7$ および傾き > 1.0 : 図4B)。最後にNo strategy には、素振りと実打の間に明確な関係はみられない($R^2 < 0.7$: 図4C)。

No strategy 群にはプロも数名含まれていたことから、決定係数に技能水準による明確な違いはみられず、我々の仮説は支持されなかった。しかしながら、素振りと実打に明確な関連がみられた他の2方略を採用していた4群の絶対誤差はNo strategy 群の絶対誤差に比べて低いことが明らかとなった。この研究結果から、素振りと実打の運動パターンは明らかに異なるものの、距離の変化に対応した素振りをみせるゴルファーの正確性はそうでない者に比べて高いことが示された。

4. 素振りのタイプ分類

図5は、素振りを主の題材としていないパッティング課題を用いた他の研究(Hasegawa,

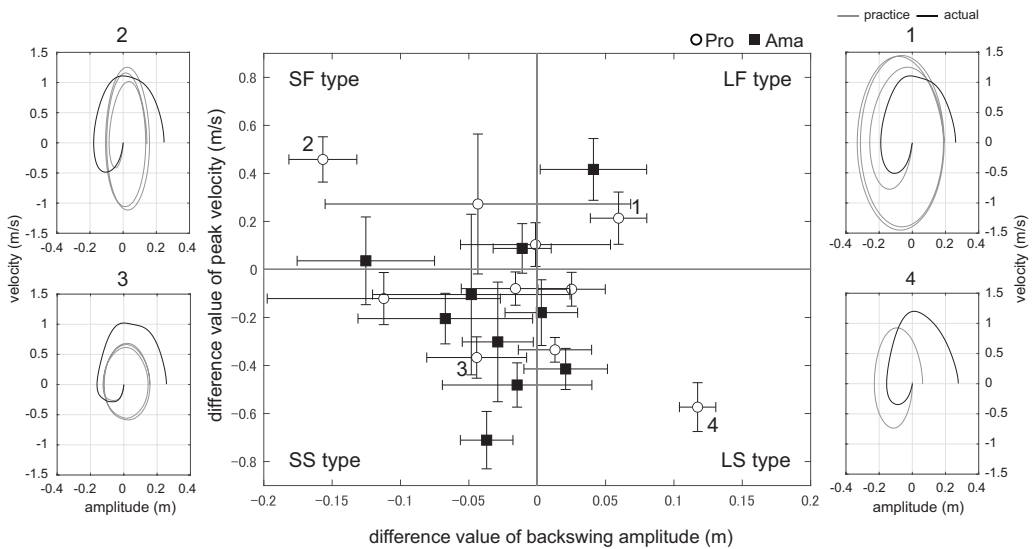


図5. 素振りのタイプ分類

横軸は素振りのバックスイングの振幅から実打のそれを引いて求められた値である。縦軸は素振りのピーク速度から実打のそれを引いて求められた値である。1から4の図は、各タイプの代表例(プロゴルファー4名)を示す。図のなかにかき入れられている数字は、代表例となった人を指している。LFタイプは、実打に比べて大きくて速い素振りを示す。SFタイプは、小さくて速い素振りを示す。SSタイプは、小さくて遅い素振り、LSタイプは、大きくて遅い素振りを示す。エラーバーは、使用された10試行の ± 1 SDをそれぞれ示す。Proはプロゴルファー、Amaはアマチュアを示す。

Okada, & Fujii, under review) において観察されたプロと中級アマチュア（ハンディキャップ15程度）各12名の素振りを実打と比較してその特徴に基づいて分類したものである。つまり、素振りは4タイプに大別できる。第一象限から、素振りが実打よりも大きくて速いタイプ（LFタイプ）、第二象限の小さくて速いタイプ（SFタイプ）、第三象限の小さくて遅いタイプ（SSタイプ）、第四象限の大きくて遅いタイプ（LSタイプ）の4タイプである。原点に近い位置にプロットされている人たちは、素振りにおける模倣の程度が高い人たちである。分類方法は次の通りである。各個人の各試行の素振りにおけるバックスイングの大きさおよびインパクト速度と実打のそれらとの差分値をそれぞれ求め、10試行分の平均値を算出しプロットした。パターヘッド速度と振幅を選択した理由は、これらがゴルフパッティングの距離制御に用いられている有力な変数であり（Craig, Delay, Grealy, & Lee, 2000）、ボールの飛距離を最もよく説明できる変数だからである（Hasegawa et al., 2019; Hume et al., 2005）。

この図5から見てとれることは、技能水準による偏りがみられないことである。それは先に行ったHasegawa et al. (2019) の結果と似ている。また、この図のエラーバーは ± 1 SDを示していることから、変動が比較的大きい人と変動が小さい人が混在していることもわかる。個々のデータを丁寧にみていくと、何人かのエラーバーは隣接する領域をまたいでいるが、ある程度個々のタイプは一貫しているとも言えそうである。今後、この各々の素振りの型が実打にどのような影響を与えているかについて、重ねて検討していく必要があるが、この中のLFタイプとSSタイプについては次に紹介する研究の結果から、その役割について類推することができる。

5. 素振りが実打に与える影響および素振りの役割と技能水準

素振りは実打の正確性に貢献しているのか？という問いのもとに、我々は素振りを意図的に操作して実打への影響を調べた。図6はその実験のイメージ図である。Hasegawa et al. (2020a) では、パッティング距離を1.2 mと7.2 mの2距離として、3つの条件を設定した。すなわち、素振り時と実打時の標的が同じEqual条件、素振り時と実打時の標的が異なるConfusing条件、素振りを行わずにそのまま打ってもらうNo条件である。したがって、素振り1.2 mから実打1.2 m、素振り7.2 mから実打7.2 m、素振り1.2 mから実打7.2 m（これはSSに相当する）、素振り7.2 mから実打1.2 m（これはLFに相当する）、素振り「なし」から実打1.2 m、素振り「なし」から実打7.2 mの6パターンがあった。それまでに実施した研究から、素振りにおいて標的までの距離制御を模倣しない人が一定数存在することが確認されていたため、我々は課題制約として、素振りの時に「提示された標的に対してまさに打つつもりの素振りをする事」、および、「まさに打つつもりの素振りで素振りを終える事」の2点を参加者にお願いした。参加者はプロゴルファー10名と中級アマ

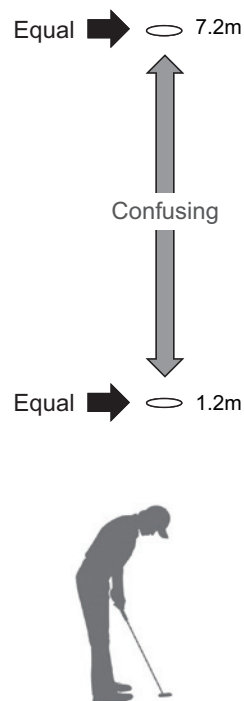


図6. Hasegawa et al. (2020a) の実験イメージ図

チュア10名であった。そのほかのより詳細な情報については当該論文を参照されたい。

その実験の結果、打球方向に対して縦方向（anteroposterior direction）の恒常誤差において、1.2 m のバッティングでは、Equal 条件のときにプロとアマチュアの両群とも最も誤差が小さいことが明らかとなった（図7）。つまり、適切な素振りは実打に貢献するということが明らかとなった。また、7.2 m のConfusing 条件において、個人差は大きいものの、プロとアマでは異なる傾向がみられた（図7）。その傾向をより詳細に分析したところ、プロは7.2 m のConfusing 条件においてアンダーシュート、つまり標的に届かないバッティングが増えていたことがわかった。これは、小さくて遅い素振りが実打に影響したことを意味する。他方、実打のインパクト速度の分析からは、Confusing 条件とNo 条件において、プロのインパクト速度はアマチュアよりも低かったこと、さらに、No 条件のアマチュアのインパクト速度は、Equal 条件のインパクト速度よりも高かったことが明らかとなった（図8）。つまり、アマチュアは比較的誤差の小さかったEqual 条件に比べて、素振りのない条件で速度が増加したということである。なお、Confusing 条件の素振りは、バッティングの打球方向に対して横方向

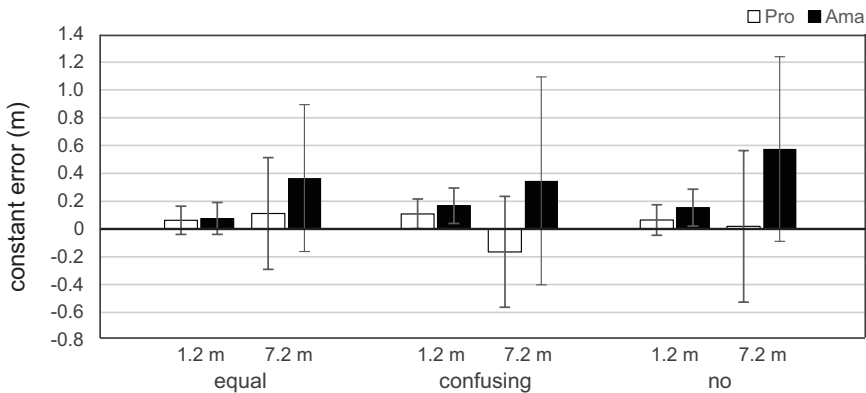


図7. 打球方向（縦方向）への恒常誤差（Hasegawa et al. 2020a より転載）

0はボールが標的（投影されたホール）中心に止まったことを示す。Pro はプロゴルファー、Ama はアマチュアを示す。エラーバーは±1SDを示す。

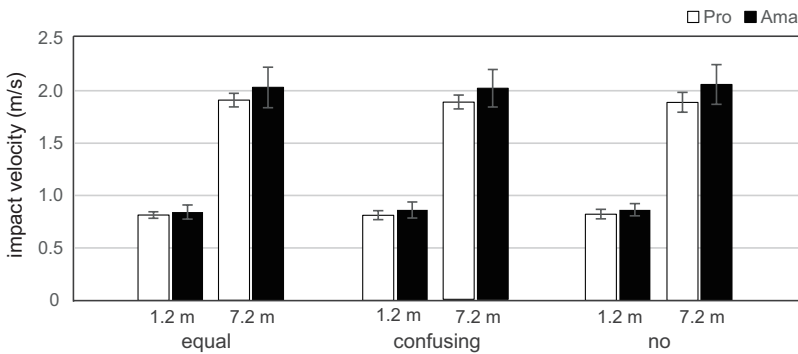


図8. インパクト速度（Hasegawa et al. 2020aより転載）

Pro はプロゴルファー、Ama はアマチュアを示す。エラーバーは±1SDを示す。

(mediolateral direction) の恒常誤差には顕著な影響を認めなかったため、素振りは主として力の調整に貢献していると考えられた。

以上の結果から、素振りは実打の正確性に貢献しているか？という問いに対し、貢献しているという結論が得られた。アマチュアはどんな素振りでもいいので、素振りをしないよりはしたほうが良いこと、また、プロは意図しない(変な)素振りならしないほうが良い、ということも示唆された。特に、このプロの結果はスポーツ科学の観点からは興味深い結果であった。なぜなら、一般的に他のスポーツにおけるエリートは、さまざまな知覚認知パラダイムにおいて、一貫して初心者よりもより素早くより正確に対応できるからである (Hodges, Starkes, & MacMahon, 2006; Mann, Williams, Ward, & Janelle, 2007; Starkes & Ericsson, 2003)。これら先行研究の知見にもとづけば、本研究におけるConfusing 条件においても、プロは素振りを終え、バターヘッドを設置してから実際のストロークを開始するまでの間に、標的までの距離の変化に対応できる可能性が考えられた。しかし、本研究の結果は、エリートの特徴を示す先行研究の結果と一致しなかった。その理由は、ゴルフの課題特性に拠ると考えられる。ゴルフは自分のペースで遂行できる運動であり、プロゴルファーでさえ、通常、意図に反して計画を実打直前に変更するケースはない。このプロのエラーがもし手前方向のミス(アンダーシュート)に偏っていなければ、直前に計画変更を求められたことによる認知的混乱が技能に影響したと考えることができる。しかし、実際にはアンダーシュートへの偏りがみられたため、小さくて遅い素振りが実打に影響したと考えるのが妥当である。さらに、本研究の結果は、プロとアマチュアの素振りの役割が違うことも示唆している。つまり、アマチュアにとって素振りは準備運動的な役割が大きく、プロにとっては素振りの動きと実打のつながりはより精緻であるということである。プロがConfusing 条件で弱い素振りに引っ張られた結果は、エリートならではのエラー、エリートエラーと呼べる現象と考えられる。

6. プロゴルファーとアマチュアの素振りの相違点と不可分性

プロの素振り(や実打)はアマチュアの素振り(や実打)に比べると無駄な動きが少なく、滑らかである。図9の位相平面図は、プロとアマチュア各2名のスイングの様子を表している。Pro AとAma A(図9A)、Pro BとAma B(図9B)において、それぞれ似たような素振りであるものの、アマチュアの素振りの動きはプロのそれらに比べて安定していないことが見てとれ、両者の違いは明らかである。

我々の予想に反して、これまでの結果は両群の素振りに明確な違いがみられないというものであったが、それらの結果はプロの素振りがアマチュアのそれらと同じということを示すものではない。現時点における問題は、プロの「意図的な変動(ゆらぎ)」とアマチュアの「意図的ではないニューロモーターノイズによる変動」を区別できないことに拠る。Hasegawa et al. (2019)においてNo strategy に分類されたプロが数名いたが、このようなプロのみせた素振りは意図的なゆらぎであると考えられる。彼らの素振りの試行間変動の大きさが技能の未熟さに拠るとは考えられない。その根拠として、表1はHasegawa et al. (2020a)において得られているEqual 条件における各個人の素振りの10 試行間の変動係数の平均値である。これらのデータに対して、群(2)と距離(2)の2要因分散分析を実施したところ、群の主効果が有意であり($F_{1,18}=14.73$, $p=0.0012$, $f=0.90$)、プロの素振りはアマのそれらよりも変動が小さいことが明らかとなった。つまり、プロは求められればアマチュアよりも変動の少ない素振りを実行

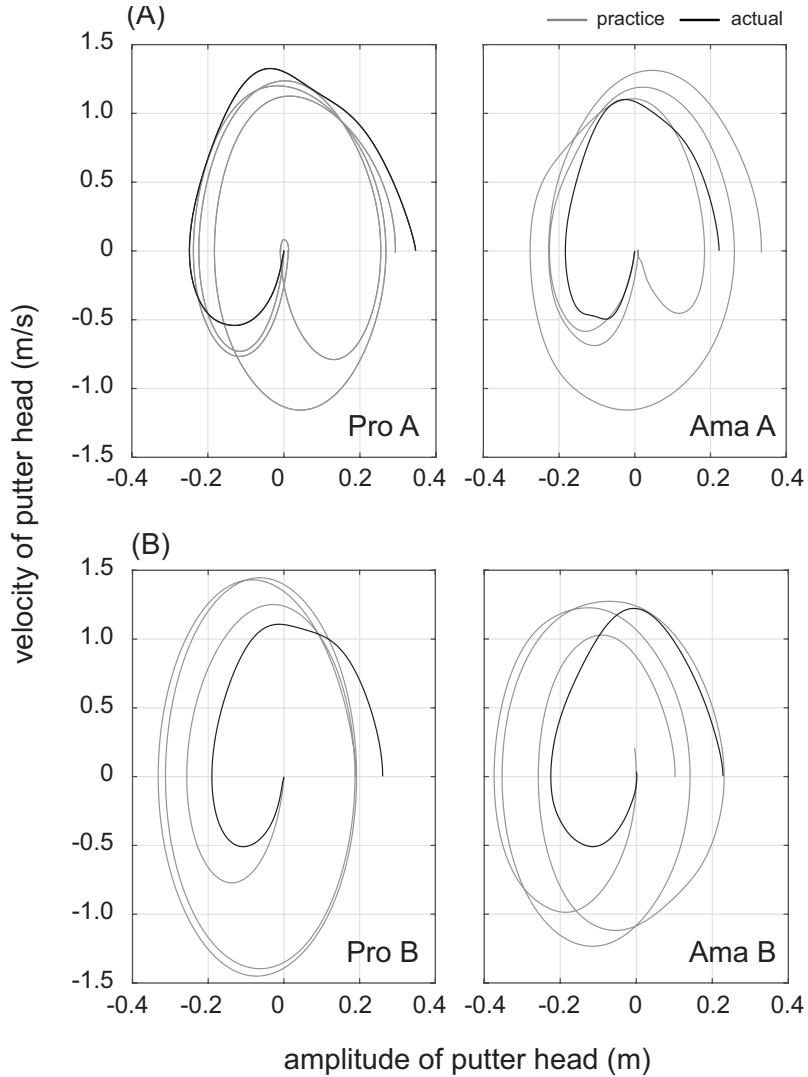


図9. プロゴルファーとアマチュア各2名の素振りと実打
 (A) と (B) はそれぞれ似たような素振りを行う、あるプロとアマの動きを位相平面図で示したものである。詳細な説明は図3の注を参照のこと。

表1. Equal 条件においてみられた素振りの変動係数

	1.2 m	7.2 m
Pro	0.12 ± 0.06	0.10 ± 0.04
Ama	0.10 ± 0.03	0.15 ± 0.09

Hasegawa et al. (2020a) で得られていたデータから本論文用に新たに分析した結果である。プロとアマチュアそれぞれのデータは、各距離における10 試行から個人の代表値を算出後に得られた10 名分の平均値である。± 以下は個人間の変動を示す。Pro はプロゴルファー、Ama はアマチュアを示す。

できるということである。

ゴルファーは目的のショットを達成するため、ケースに応じた適応的なスイングを生み出す必要があり、それは機能的動作変動性 (functional movement variability) である (Langdown, Bridge, & Li, 2012)。このLangdown et al. (2012) の報告は、ゴルファーがその時々の自らの状態を、目標達成するための要件と照らし合わせながら、柔軟にスイングを実行する能力を有することを示唆したものである。実打の目的達成に向けて、おそらく素振りにおいても柔軟なスイングが実施されていると考える。例えば、過緊張の状態をほぐすために図5のように大きくて速い素振り (LFタイプ) を実施している、などが考えられる。力の制御に関するバイオメカニクス研究では、事前の力の大きさが次の力の制御に影響を与えることが示唆されている (Laabs, 1973)。Hasegawa et al. (2020a) の結果は、このLaabs (1973) の研究結果を支持しているように見える。しかし、力の制御には、発揮した力の履歴だけでなく、事前の力の大きさ、求められる力の水準、変化量の大きさなど、さまざまな要因が関連していると考えられている (e.g., Harabst, Lazarus, & Whittall, 2000; Ohtaka & Fujiwara, 2019; Spiegel, Stratton, Burke, Glendinning, & Enoka, 1996)。なお、素振りの際にクラブヘッドの速度が上がったり下がったりするパタンについては、大きい速度や小さい速度を出すことにより、自分の目標とする値 (力) を探索しているといった理由が考えられる。今後、これらの問題を検討していく必要がある。

7. 現場への応用可能性と今後の課題

これまでの我々の研究結果から現場に提案できることにはまだ限りがあるが、少なくとも実打遂行前の素振りは実打の正確性に貢献しており、特にアマチュアは素振りを実践したほうが良い、といえる。また、素振りと実打の運動パタンは明確に異なるが、距離を正確に打ち分けるためには、素振りにおいても距離依存方略をとる、つまり、距離が長くなるについてバックスイングを大きくし、パターヘッド速度を上げる振りを実践して試みることで正確性を向上させると考えられる。つまり、Pelz (2000) が表現したような、素振りの際にはプレビューストロークを目指し、実打の際にはその再現を目指すのが良い、という提案を筆者は部分的に支持する。プロに対しては、実打とのつながりがアマチュアよりもより精緻であり、素振りの在り方は重要である、といえよう。

今後の研究課題として、2点をあげる。1点目は、これまでの研究で考慮することができなかった「素振りを実施する位置」の問題である。素振りを実施する位置は、大きくは打球方向に対して後方正面で実施するパタン (後方正面パタン) と打球方向に対して平行、つまり実打する位置の一步手前あたり (背面方向に) で実施するパタン (平行パタン) がある。後方正面パタンは、打球する位置よりも少なくとも数十センチは後方で素振りするため、平行パタンに比べてホールまでの距離が遠くなる。一方、平行パタンでは、実打する位置のやや背面方向に位置して素振りをするため、その位置からホールをみるとわずかではあるが実打よりも距離が長くなる。この際、平行パタンの実施者は、実際のホールまでの距離を計算しているのか (斜めになるので)、あるいは自分とボールの距離の分だけをスライドさせるように仮想ホールをイメージしているのか、といった点が不明である。これら素振りの位置の問題は、素振りでの運動制御と密接に関連しており、その後の実打の運動制御にも影響を与える可能性があるため、今後検討していく必要がある。

2点目は、素振りの4タイプのそれぞれの役割である。特に、小さくて速い素振り（SFタイプ）と大きくて遅い（LSタイプ）の実打への影響が不明である。上述したように、事前の力の制御が次の力の制御に影響を与えるか、あるいはどのような影響があるかについて、根底にあるメカニズムには不明な点が多いため、力の制御に関連するバイオメカニクス研究の進展が待たれるところであるが、これらの問題を検討できる実験設定の考案を含めて本研究の課題としたい。

最後に、素振りに限らず動きを指導する際に、その動きをどのように伝授するかについては、指導者の経験に頼っているところが多く、不明な点は多い。そのため、素振りをどのように教えるかについても考慮する必要がある、また、素振りを学習に積極的に取り入れることによる実打への効果についても今後検討する必要がある。

謝辞

これまでに実施したゴルフパッティング課題を用いた様々な心理学的実験に参加して下さった総勢50名を超えるプロゴルファーと100名を超えるアマチュアゴルファーの皆様へ感謝申し上げます。なお、本稿で特に議論の対象となった4本の論文は、JSPS科研費（課題番号JP26750265とJP18K17818）の助成を受けて実施された研究成果の一部である。

文献

- Cohn, P. J. (1990). Preperformance routines in sport: Theoretical support and practical applications. *The Sport Psychologist, 4*, 301-312.
- Craig, C. M., Delay, D., Grealy, M. A., & Lee, D. N. (2000). Guiding the swing in golf putting. *Nature, 405*, 295-296.
- Delay, D., Nougier, V., Orliaguet, J., & Coello, Y. (1997). Movement control in golf putting. *Human Movement Science, 16*, 597-619.
- Dias, G., & Couceiro, M. S. (2015). *The science of golf putting: A complete guide for researchers, players and coaches*. Springer.
- Enoka, R. M., Burnett, R. A., Graves, A. E., Kornatz, K. W., & Laidlaw, D. H. (1999). Task- and age-dependent variations in steadiness. *Progress in Brain Research, 123*, 389-395.
- Fairweather, M. M., Button, C., & Rae, I. (2002). A critical examination of motor control and transfer issues in putting. In A. J. Cochran, & M. R. Farrally (Eds.), *Science and Golf IV* (pp. 100-112). London: Routledge.
- Fujii, K., Yamashita, D., Kimura, T., tadao Isaka, & Kouzaki, M. (2015). Preparatory body state before reacting to an opponent: Short-term joint torque fluctuation in real-time competitive sports. *PLoS One, 10*, e0128571.
- Harabst, K. B., Lazarus, J. C., & Whittall, J. (2000). Accuracy of dynamic isometric force production: The influence of age and bimanual activation patterns. *Motor Control, 4*, 232-256.
- Hasegawa, Y., Fujii, K., Miura, A., & Yamamoto, Y. (2017). Resolution of low-velocity control in golf putting differentiates professionals from amateurs. *Journal of Sports Sciences, 35*, 1239-1246.
- Hasegawa, Y., Fujii, K., Miura, A., Yokoyama, K., & Yamamoto, Y. (2019). Motor control of practice and actual strokes by professional and amateur golfers differ but feature a distance-dependent control strategy. *European Journal of Sport Science, 19*, 1204-1213.
- Hasegawa, Y., Miura, A., & Fujii, K. (2020a). Practice motion performed during preperformance preparation drive the actual motion of golf putting. *Frontiers in Psychology, 11*, Article 513.
- Hasegawa, Y., Okada, A., & Fujii, K. (2021). Skill differences in a discrete motor task emerging from the environmental perception phase. *Frontiers in Psychology, 12*, Article 697914.

- Hasegawa, Y., Okada, A., & Fujii, K. (under review). Golfer's perception, action strategy, and movement in steep putting: Why are golfers' mistakes biased to the front-lower side towards the hole?
- Hasegawa, Y., Sumi, K., & Miura, A. (2020b). State anxiety and low-frequency heart rate variability in high-level amateur golfers while putting under pressure. *International Journal of Sport and Health Science*, *18*, 144-153.
- Hodges, N. J., Starkes, J.L., & MacMahon, C. (1996). Expert performance in sport: A cognitive perspective. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 471-488). New York, NY: Cambridge University Press.
- Hume, P. A., Keogh, J., & Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Medicine*, *35*, 429-449.
- Langdown B.L., Bridge M., Li FX. (2012). Movement variability in the golf swing. *Sports Biomechanics*, *11*, 273-287.
- Laabs, G. J. (1973). Retention characteristics of different reproduction cues in motor short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, *100*, 168-177.
- Lonsdale, C., & Tam, J. T. M. (2008). On the temporal and behavioral consistency of pre-performance routines: An intra-individual analysis of elite basketball players' free throw shooting accuracy. *Journal of Sports Sciences*, *26*, 259-266.
- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *29*, 457-478.
- Marteniuk, R. G., MacKenzie, C. L., Jeannerod, M., Athenes, S., & Dugas, C. (1987). Constraints on human arm movement trajectories. *Canadian Journal of Psychology*, *41*, 365-378.
- Mathers, J. F., & Grealy, M. A. (2014). Motor control strategies and the effects of fatigue on golf putting performance. *Frontiers in Psychology*, *4* Article1005.
- Ohtaka, C., & Fujiwara, M. (2019). Effect of switching force direction on consecutive compared to discrete adjustment. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, *8*, 173-180.
- 大室 康平・樋口 貴俊・彼末 一之. (2018). 素振りとティーバッティングにおけるバットスイングの再現性の比較. *スポーツ科学研究*, *15*, 17-29.
- Pelz, D. (2000). *Dave Pelz's putting bible: The complete guide to mastering the green*. New York, NY: Doubleday.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, *82*, 225-260.
- Spiegel, K. M., Stratton, J., Burke, J. R., Glendinning, D. S., & Enoka, R. M. (1996). The influence of age on the assessment of motor unit activation in a human hand muscle. *Experimental Psychology*, *81*, 805-819.
- Starkes, J. L., & Ericsson, K. A. (2003). *Expert performance in sports: Advances in research on sport expertise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Takamido, R., Yokoyama, K., & Yamamoto, Y. (2019). Task constraints and stepping movement of fast-pitch softball hitting. *PLoS One*, *14*, e0212997.
- Tanaka, H., Mizuno, W., & Iwami, M. (2016). Ball throwing without a ball: Pantomimed motor execution primes the imagination that an object is traveling the required distance. *Motor Control*, *20*, 429-443.
- Vickers, J. N. (2007). *Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action*. Urbana, IL: Human Kinetics.
- Wrisberg, C. A., & Pein, R. L. (1992). The preshot interval and free throw shooting accuracy: An exploratory investigation. *The Sport Psychologist*, *6*, 14-23.

(2023年4月10日受理)