

# ゴルフにおける打ち出し方向に関する運動解析

システム工学群

ヒューマンメカトロダイナミクス研究室 武田 凌汰

## 1. 緒言

ゴルフは世界的に広く親しまれているスポーツであり、国内外において多くの競技者が存在する。これに伴い、ゴルフスイングの運動特性やパフォーマンスに関する先行研究では、クラブヘッドスピードや身体各部位の運動が飛距離に及ぼす影響に着目した解析が中心であり、飛距離を最大化するための技術的要因が明らかにされてきた<sup>(1)</sup>。一方で、実際の競技成績やスコアの向上には、飛距離だけでなく、狙った方向へ安定して打ち出す方向性が重要であることが指摘されている<sup>(2)</sup>。

ゴルフの方向性の指標の一つである打ち出し方向はインパクト時のクラブフェース角やスイング軌道に強く依存し、これらはスイング中の身体運動の結果として生じるものと考えられる。しかし、先述のようにゴルフスイングの運動解析に関する先行研究の多くは飛距離やスイング速度に主眼を置いており、打ち出し方向の違いに着目して身体各部位の運動特性を定量的に比較した研究は十分とは言えない。

そこで本研究では、ゴルフスイング中の身体運動と、打ち出し方向との関係性を明らかにすることを目的とした。特に、手首および肘の回内回外角度について、左方向、直進方向、右方向に打ち出されたスイング間で比較解析を行い、打ち出し方向に関連する身体運動特性を抽出する。

## 2. 本研究における打ち出し方向の定義

本研究における打ち出し方向は、図1に示すようにインパクト直後のボールの初期進行方向と定義する。なお、本研究では打球の曲がり量などの詳細な弾道解析は行わず、初期進行方向である打ち出し方向のみに着目する。

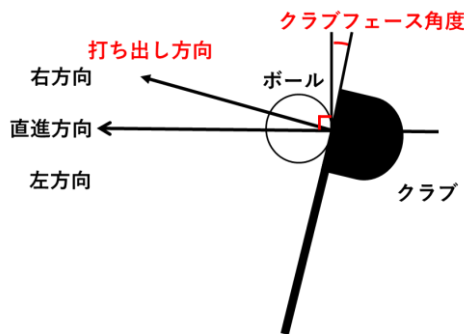


Fig.1 Definition of launch direction

## 3. 実験方法

本研究では、ゴルフスイング中の身体運動を慣性センサ式モーションキャプチャシステムである Xsens MVN Link (Movella 社製) を用いて計測する。サンプリング周波数は 240 [Hz] とし、遮断周波数 10 [Hz] のローパス処理を行い、平滑化する。また、スマートフォンアプリ「Golfboy」(Qconcept 社製)により打ち出し方向を計測する。

実験対象者は健康な成人男性 1 名 (22 歳, 身長 1.76 [m], 体重 63 [kg], 右打ち) とし、ゴルフ経験は約 2 年である。

実験条件として、実験対象者は左方向、直進方向、右方向のいずれかに打ち出すことを意識したゴルフスイングを行い、各方向につき 20 試行、合計 60 試行を実施した。すべての試行において使用クラブはドライバーに統一し、通常のフルスイングを行った。

## 4. 解析方法

ゴルフスイングはアドレスからフォロースルーまで複数の局面に区分されるが、打ち出し方向に直接的な影響を及ぼすのは、主にダウンスイング後半からインパクトに至る局面であることが先行研究<sup>(3)</sup>より示されているため、本研究では解析対象区間をトップオブバックスイングからインパクトまでと定義した。その後、各試行間でフレーム数が異なることを考慮し、トップオブバックスイングを 0 [%], インパクトを 100 [%] とする時間正規化を行い、すべての試行を同一の時間軸上で比較可能とした。

参照した運動パラメータについては、クラブ操作に近位な身体部位を優先する方針とし、手首および肘の回内回外角度を中心に比較解析を行った。また、方向性の違いが最も顕著に表れている試行同士を比較することで、打ち出し方向に影響を与える身体運動特性を明確に把握できると考え、比較に用いるデータは打ち出し方向ごとに 1 試行ずつを抽出して比較および解析を行った。

## 5. 解析結果および考察

先行研究<sup>(3)</sup>では、打ち出し方向がインパクト時のクラブフェース角の寄与が支配的であることを、プレーヤー試験およびロボット試験を用いて実証的に示している。この結果は、打ち出し方向の違いを理解する上で、インパクト直前におけるクラブフェース姿勢の形成過程に着目する重要性を示唆している。この知見を踏まえ、本研究ではクラブフェース姿勢に影響を与えると考えられる手首および肘の回内回外角度を中心に検討した。回内回外運動とは、前腕の長軸まわりの回旋運動であり、手のひらが下向き (内側) となる回転を回内、上向き (外側) となる回転を回外と定義される。右手首 (肘) の回内運動と左手首 (肘) の回外運動は、実験対象者の視点を基準として反時計回り方向の回転に対応し、右手首 (肘) の回外運動と左手首 (肘) の回内運動は時計回り方向の回転に対応する。

図2に示す回内方向を正、回外方向を負とした右手首回内回外角度に着目すると、ダウンスイング初期から中盤にかけては打ち出し方向間で大きな差は認められなかったものの、ダウンスイング後半からインパクト直前にかけて、手首の回内回外運動に顕著な方向差が生じることが確認された。右手首では、左方向条件において回内が増大し、右方向条件では回内が抑制される傾向が見られ、これはクラブフェースの開閉挙動を介して打ち出し方向の変化に寄与している可能性が示された。また、図3に示す左手首回内回外角度においても方向条件に応じた回内回外角度の変化が確認され、一見すると左右で逆位相の挙動を示すように見えた。

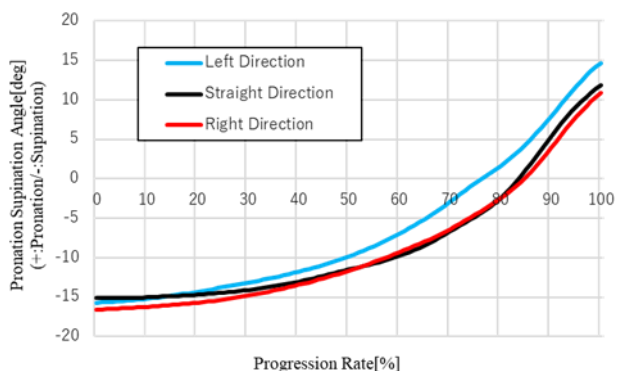


Fig.2 Pronation and supination angle of right wrist

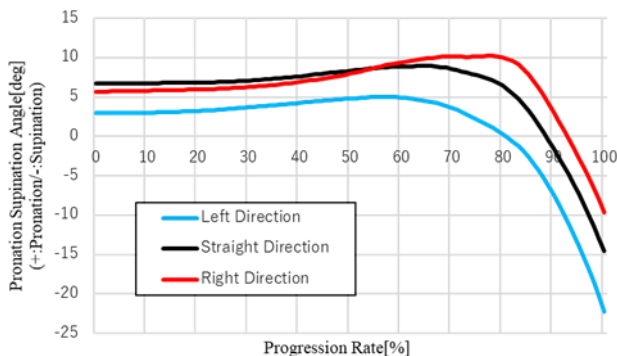


Fig.3 Pronation and supination angle of left wrist

しかし、実験対象者視点を基準とした回転方向で解釈すると、右手首の回内運動と左手首の回外運動、および右手首の回外運動と左手首の回内運動は、それぞれ同一方向の回転運動に対応する。したがって、左右手首の回内回外角度はグラフ上は逆位相であるものの、回転方向という観点では一致し、両手首が協調的に回転運動を行っていると考えられる。

図4に示す右肘回内回外角度に着目すると、トップオブバックスイングからダウンスイング中盤にかけては、いずれの方向条件においても角度推移はほぼ一致しており、スイング初期段階では打ち出し方向に依存しない運動が行われていることが確認された。一方、ダウンスイング後半からインパクト直前にかけては条件間の差が顕著に現れ、右肘では左方向条件で回内が増大し、右方向条件で回外が増大する傾向を示した。また、図5に示す左肘回内回外角度においても、左方向条件では回外、右方向条件では回内が強調され、左右それぞれの手首の回内回外運動と類似した挙動が認められた。

以上の結果から、左右肘の回内回外角度は左右の手首と同様に、角度表現上は逆位相を示すが、実験対象者視点の回転方向では一致しており、両肘が協調的に回転している可能性が示された。

以上の結果から、左方向への打ち出しでは手首および肘に反時計回りの回転運動が強く現れ、クラブフェースを閉じる方向への挙動が確認された。一方、右方向への打ち出しでは時計回りの回転が相対的に増大し、クラブフェースが開く方向への挙動が確認された。また、手首および肘という異なる部位においても、打ち出し方向の違いに応じて同様の角度変化の傾向が確認されたことから、ダウンスイング後半からインパクト直前における手首および肘関節の回内回外運動が協調的に制御されることで、クラブフェース姿勢が形成され、その結果として打ち出し方向が調整されている可能性が示唆された。

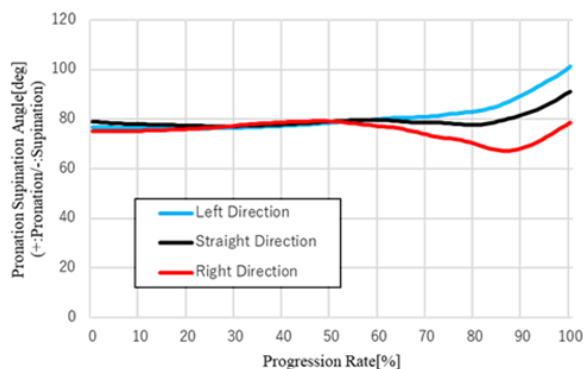


Fig.4 Pronation and supination angle of right elbow

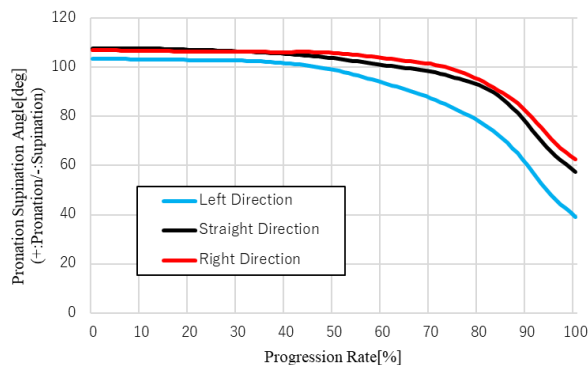


Fig.5 Pronation and supination angle of left elbow

## 6. 結言

本研究では、ゴルフスイングにおける打ち出し方向の違いに着目し、手首および肘の回内回外角度との関係性を検討した。その結果、打ち出し方向の違いはダウンスイング後半からインパクト直前にかけて顕著に現れ、特に手首および肘の回内回外運動が打ち出し方向の変化に強く関与していることが示唆された。左方向への打ち出しでは手首および肘に反時計回りの回転運動が強く現れ、一方、右方向への打ち出しでは時計回りの回転が相対的に増大する傾向が確認された。

本研究では手首および肘の回内回外運動のみに着目したが、ゴルフスイングは上肢、下肢、体幹が運動する全身運動である。また、本研究で確認された手首および肘の回内回外運動と打ち出し方向との関係性については、実験対象者固有のスイング特性が影響している可能性も否定できない。今後は実験対象者数を増やした追加実験を実施し、本研究で得られた結果の一般性を検証するとともに、下肢および体幹の運動との関連についても検討を行い、打ち出し方向の決定に係る身体運動の総合的な解析を進めていく予定である。

## 文献

- (1) Chu, Y., Sell, T. C., and Lephart, S. M., "The relationship between biomechanical variables and driving performance during the golf swing", *Journal of Sports Sciences*, Vol. 28, No. 11, pp. 1251–1252 (2010)
- (2) Wiseman, F., Habibullah, M., and Friar, J., "The Importance of Driving Distance and Driving Accuracy on the PGA and Champions Tours", *The Sport Journal*, Vol. 14, No. 1 (2011)
- (3) Wood, P., Henrikson, E., and Broadie, C., "The Influence of Face Angle and Club Path on the Resultant Launch Angle of a Golf Ball", *Proceedings*, Vol. 2, No. 6, pp. 5–6 (2018)