

パッティング動作におけるクラブ拳動を安定化させる関節角度のばらつき

身体運動科学研究領域

5018A065-0 宮崎 陽輔

研究指導教員：矢内 利政 教授

【緒言】ヒトは歩行や立ち上がり運動といった日常的に繰り返されている基本的な運動においても、その関節運動を詳細に検討すれば毎回僅かに異なる運動が繰り返されている。一般に、ある運動スキルの熟練度が高くなるほど動作のばらつきは小さくなることが知られているが、どれほど熟練しても動作のばらつきが完全に無くなることはない。この原因の一つとして、ヒトは全身に多数の関節や筋肉を有しているため運動系には冗長性が存在し、ある運動の目的を異なる関節運動によって達成できることが挙げられる。冗長な自由度が存在してこそ運動の目的が安定して達成されるという考え方のもとで運動のばらつきを分析する方法として、UCM（UnControlled Manifold）解析がある（Scholz & Schöner, 1999）。UCM 解析では、説明変数の試行間におけるばらつきのうち、目的変数の値に変化を及ぼさない成分（UCM 成分）は制御する必要がない一方で、目的変数の値に変化を及ぼす成分（ORT 成分）は試行間のばらつきが小さくなるように制御する必要があることを仮定し、説明変数が有する目的変数の値を試行間で一定に保つ機能の強さを定量化する。

ゴルフにおいて、パターは飛距離よりも正確性が重視されるショットであり、その精度の高さがスコア向上のカギとなり得る。また、ボールの初速はクラブヘッドと静止しているボールとの衝突によって与えられるため、望む方向と強さでボールを打ち出すためにはクラブヘッドの位置・角速度・方位を適切に調節することが肝要と考えられる。そこで、本研究ではパッティング動作においてクラブヘッドの位置・角速度・方位を安定化させる役割

を果たす関節角度のばらつきを UCM 解析によって検証することを目的とした。

【方法】被験者は大学公認のゴルフ部に所属する男子大学生 10 名（身長 1.70 ± 0.05 m, 体重 70.0 ± 8.4 kg, 年齢 20 ± 1 歳, 経験年数 8.1 ± 4.8 年）で、全員が右打ちであった。室内に人工芝を敷いた環境で、目標位置にボールを停止させるように指示を与え、3 m 及び 5 m のパター課題を 20 回ずつ行わせた。8 台の赤外線カメラ（250 Hz）を用いて取得した身体各部及びクラブに貼付した反射マーカの 3 次元座標値を基に、クラブヘッドの位置・角速度・方位を目的変数、上肢の関節角度およびその時間微分（角速度を目的変数とする場合のみ）を説明変数とする 3 つの動作モデルを構築した。UCM 解析は被験者毎かつ右腕・左腕それぞれに対して 3 つの動作モデルにおいて行った。算出された説明変数のばらつき（UCM・ORT 成分）と分散比について、動作局面（動作開始期、バックスイング期、トップ期、ダウンスイング期、インパクト期）・パター距離・腕を要因とする反復測定三元配置分散分析を行った。さらに、分散比については 0 より大きいことを調べるために、各動作局面において 1 標本片側 t 検定を行った。また、説明変数のばらつき各成分について、説明変数の各因子が占めている大きさを比較するために、動作局面・パター距離・腕・説明変数を要因とする反復測定四元配置分散分析を行った。下位検定は Bonferroni の方法を用い、いずれの検定も有意水準は 0.05 とした。

【結果と考察】分散比に関する 1 標本片側 t 検

定の結果、位置モデルについては全ての動作局面・パター距離・腕の組み合わせにおいて分散比は 0 よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。角速度モデルについては、全てのパター距離・腕の組み合わせに対する動作開始期、両パター距離に対する右腕のトップ期、3 m 試技における右腕のダウングラスティング期において分散比は 0 よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。最後に、方位モデルについては 3 m 試技の右腕における全ての動作区間でのみ分散比は 0 よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。

位置モデルにおける反復測定三元配置分散分析の結果、説明変数のばらつき各成分及び分散比について動作局面・パター距離・腕の主効果及び 1 次の交互作用はいずれも認められなかった ($p > 0.05$)。これらの結果は、クラブヘッドの位置を試行間で一定に保つ働きが動作局面やパターの距離、左腕と右腕間によって異なるとは言えないことを示す。さらに、反復測定四元配置分散分析の結果、UCM 成分については肩関節の内外転と前腕の回内外角度が、ORT 成分については胸郭の前後傾・上腕の内外旋及び肘関節の屈曲伸展角度がそれぞれ大きな値を有していた。

角速度モデルにおける反復測定三元配置分散分析の結果、説明変数のばらつき各成分で動作局面の主効果、さらに分散比について動作局面とパター距離の交互作用がそれぞれ認められた ($p < 0.05$)。下位検定の結果、バラつきの各成分についてはトップ期で小さく、インパクト期で大きいことが示されたことから、速度が大きいためにばらつきも大きくなったものと考えられる。さらに、反復測定四元配置分散分析の結果、UCM 成分については肩関節の内外転角度と前腕の回内外角度及びその時間微分が、ORT 成分については胸郭の側屈、前後傾角度、回旋角度の時間微分、及び手関節掌背

屈角度の時間微分がそれぞれ大きな値を有していた。

方位モデルにおける反復測定三元配置分散分析の結果、説明変数のばらつきの ORT 成分が左腕において大きいことと、分散比が 3 m 試技において大きいことが認められた ($p < 0.05$)。分散比についてはパター距離が短いほどクラブの方位が動作中に変化しないことが要因として考えられる。さらに、反復測定四元配置分散分析の結果、UCM 成分については肩関節の内外転と前腕の回内外角度が、ORT 成分については肩関節の屈曲伸展角度がそれぞれ大きな値を有していた。

ドライバーショットについて UCM 解析を行った Morrison et al. (2016) による研究では、クラブヘッドの位置を目的変数とした際には多くの動作局面で ORT 成分の方が大きく、方位を目的変数とした際には動作を通じて UCM 成分の方が大きかったことが報告されている。本研究の結果と相違が生じた原因として、ドライバーショットではスイング動作を通じてクラブヘッドの方位が大きく変化するため、意図した方向にボールを打ち出すためにクラブヘッドの位置を優先的に制御し、パッティング動作では、意図した強さでボールを打ち出すためにクラブヘッドの位置を優先的に制御していた可能性が考えられる。

本研究の結果から、パッティング動作において、動作を通じてのクラブヘッド位置を、そして速度が小さい局面において角速度を試行間で一定に保つ働きが存在していることが示された。さらに、肩関節の内外転動作と前腕の回内外動作のばらつきはクラブの挙動に影響を与えない、もしくは他の動作のばらつきの影響を埋め合わせる特徴を有するため、ばらつきを抑える必要はないこと、一方で胸郭における動作のばらつきはクラブの挙動に影響を与えやすく、ばらつきを抑える必要があることが示唆された。