

K-036

モーションキャプチャを用いたゴルフスイングコーチングシステム The Golf Swing Coaching System Using Motion Capture

櫻川 直紀†
Naoki Kashikawa

西尾 孝治‡
Koji Nishio

小堀 研一‡
Ken-ichi Kobori

1. はじめに

近年、ゴルフスイングのコーチングでは、ビデオカメラ等で撮影された映像をコンピュータに取り込んでフォームを解析し、コーチングを行うのが一般的な方法となりつつある。しかし、2次元画像としてコンピュータに取り込まれたデータから、複雑な3次元動作である人間の身体動作を解析することは困難である。

そこで本研究では、モーションキャプチャ^[1]を用いて取得した3次元時系列データを用いて、上級者と学習者のゴルフスイング動作を解析し、容易にフォームを矯正することができるゴルフスイングコーチングシステムを開発した。

2. システム概要

本システムでは、上級者と学習者のスイングデータの比較解析を行い、3次元CGモデルを用いて学習者に提示する。学習者はモデルを3次元空間の自由な視点から見ることができ、関節の軌跡、補助線、差異を表示することで、二つの動作の違いを客観的に把握、認識することができる。以下にコーチング機能の例を示す。

2.1 差異描画

スイングフォームの差異を、関節角度の差と関節の位置座標のずれの二つに分類し、学習者のモデル上に表示する。関節角度の差に対しては、角度差によって面積が変化する平面を各関節上に描画し、関節の位置座標のずれに対しては、ずれの大きさによって長さが変化するベクトルの描画を行うことで差異を可視化する。どちらの方法も差異の大きさによって色を変えて表示することで、ずれの大きい部分を確認しやすいようになっている。図1に差異描画の例を示す。

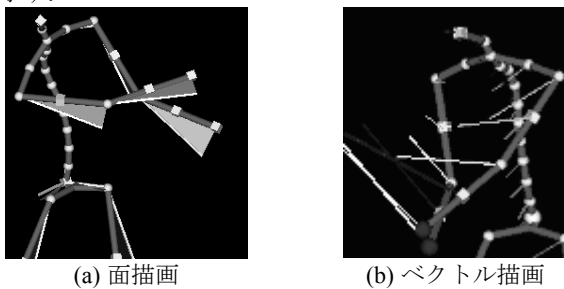


図1 差異描画例

2.2 キーフォーム

図2に示す8つのフォームをキーフォームと定義する。それぞれゴルフスイング一連の動作中で、重要とされているフォームである。上級者と学習者のキーフォームを比較することで、スイング速度やタイミングに違いがある場合でもフォームを修正しやすくなる。キーフォームは、上級者の理想的なフォームと最も類似しているフォームを学習

者のスイングデータより自動検出する。次章に自動検出の手法を示す。

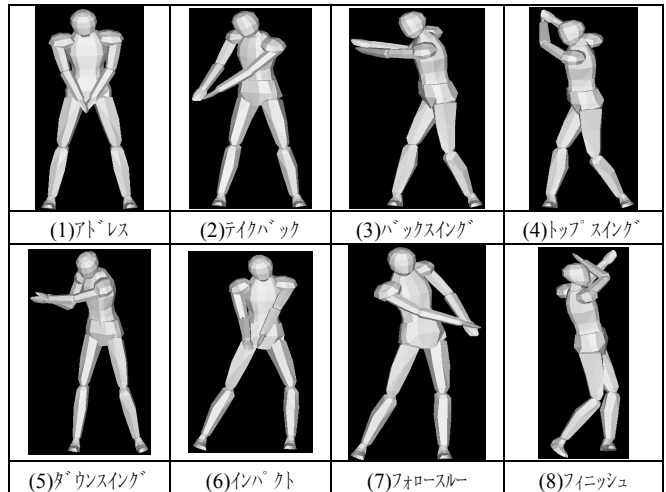


図2 ゴルフスイングにおけるキーフォーム

3. キーフォーム検出法

フォームの類似判定は、動作とタイミングのずれから考えることができる。そこで、姿勢間距離値と区間平均姿勢間距離値、フレーム間距離値の三つの距離値を計算することでキーフォームを検出する。

3.1 姿勢間距離値抽出

図3(a)に示すように、あるフレームに対して、任意に注目する関節を定める。同図(b)の様に、上級者モデルと学習者モデルに対する注目関節の親関節位置を同じにし、注目関節の関節間の距離値を求める。この距離値を関節間距離値と定義する。次に同図(c)の様に、次の関節に移り、全関節の関節間距離値を求める。この関節間距離値の平均値をこのフレームにおける姿勢間距離値とする。

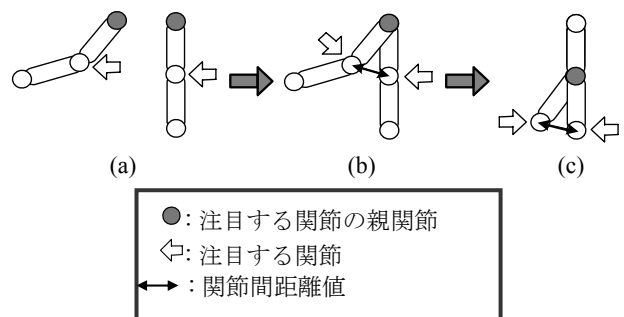


図3 関節間距離値の算出例

† 大阪工業大学 情報科学研究科

‡ 大阪工業大学 情報科学部 情報メディア学科

3.2 区間平均姿勢間距離値抽出

3.1 節で述べた姿勢間距離値は、ある 1 フレーム分の静止データであり、動作のずれを表すには不十分である。そこで、前後の動作のずれを表す指標として、姿勢間距離値の区間平均を抽出する。以下に抽出手法を示す。

- (1) 注目するフレームを任意に定める。
- (2) そのフレームの前後数フレームをフレーム区間と定義し、フレーム区間の各フレームにおける姿勢間距離値を求める。
- (3) 求めた姿勢間距離値の平均値を計算し、フレーム区間における区間平均姿勢間距離値とする。

3.3 フレーム間距離値抽出

上級者と学習者のタイミングのずれを定量的に評価するためにフレーム間距離値を求める。まず、上級者データの総フレーム数 N_m とキーフォームが存在しているフレーム番号 F_c より、キーフォームが全体の何割の位置で行われているかの割合を求める。この割合と学習者データの総フレーム番号 N_i より式(1)を用いて、キーフォームが存在すると予測されるフレーム番号 P を算出する。予測フレーム番号 P と、現在注目しているフレーム番号との差をフレーム間距離値とする。

$$P = \frac{F_c}{N_m} \times N_i \quad \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

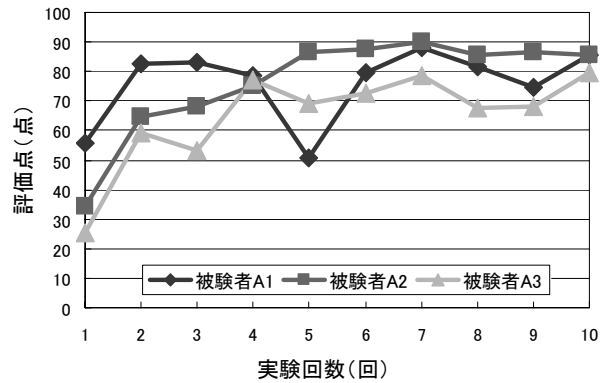
3.4 キーフォーム検出

姿勢間距離値と区間平均姿勢間距離値を足し合わせたものを動作評価値と定義する。全フレームに対して動作評価値を求め、動作評価値が小さいフレームの上位をキーフォーム候補として選出する。次に、選出されたフレームのタイミングのずれを考慮するために、フレーム間距離値をそれぞれ求める。このとき、フレーム間距離値が大きいフレームはタイミングがずれているとして、候補から除外する。更に、残った候補の中から、動作評価値が最も小さくなるフレームを探し出し、そのフレームでのフォームをキーフォームとして検出する。

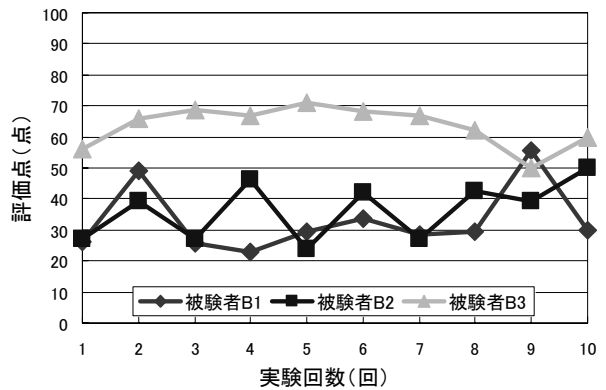
4. 実験と考察

本システムの有効性を証明するため、ビデオを用いた従来の一般的なトレーニング手法との比較を行った。被験者はそれぞれ三人とし、十回実験を行ったときの到達速度の比較を行った。実験結果を図 4 に示す。ここで用いられている評価点は、フレーム数の正規化を行い、二つのスイングデータの総フレーム数を揃えた後、全フレームでの姿勢間距離値の平均値 e を計算する。予め、スイング動作全体で姿勢間距離値が取り得る最大の値 bp を求めておき、式(2)を用いて bp と e 、上級者と学習者の総フレーム数の差 c と学習者の総フレーム数 N_i より、100 点を満点として点数化したものである。ここで k , s は重み付けのための定数であり、 $0 < s < 1$ とする。

$$\text{評価点} = \left\{ \left(1 - k \frac{e}{bp} \right) \times s + \left(1 - \frac{c}{N_i} \right) \times (1 - s) \right\} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{式(2)}$$



(a)本システム使用



(b)従来手法

図 4 評価点の推移

図 4(a)より回数を重ねる毎に得点が上昇していることが分かる。それに対し、同図(b)では回数を重ねても得点の変動がほとんどない。これより、本システムを用いた方が高い学習効果を得ていることが分かる。これは、本システムでは、スイングデータを 3 次元 CG として表示したことで、ユーザがあらゆる方向からフォームを確認でき、差異描画によって上級者と、どれくらいの違いがあるかを明確に確認できたためだと考えられる。

5. おわりに

本研究ではモーションキャプチャから取得した 3 次元動作データを用いて、初心者でもフォームを矯正できるゴルフコーチングシステムを開発した。3 次元 CG を用いることで、学習者が自由に視点を変更でき、あらゆる方向からフォームを確認できるようにした。また、差異の可視化により修正箇所を明確にし、キーフォーム検出法によりスイングの速度やタイミングに関係なく、フォームのずれを確認できた。

今後の課題は、ユーザにとってより分かり易いコーチング機能の追加と、モーションデータの取得を簡単にし、より手軽に使える入力装置を開発することが挙げられる。

参考文献

[1] Alberto Menache : “Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games”, MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, pp.14-36, pp.121-142, (2000)