

クラブヘッドの軌道・姿勢の実時間床投影によるゴルフスイング練習システム

菊地 陽樹* Liao Chen-Chieh* Hwang Dong-Hyun* 小池 英樹*

概要. ゴルフにおいてスイング軌道やクラブヘッドの向き、シャフトのロール角は打球に大きな影響を与える。しかし既存の支援システムにおいては、練習者はスイングの動作が終了してからしか確認することができないという問題が存在する。そこで本研究では、これらの情報を実時間で視覚化するスイング練習の支援システムを開発した。床に情報を投影することでボールへの集中を維持し、スイング中およびスイング後に分析、修正が可能なアプリケーションを提案し実装した。

1 はじめに

ゴルフのスイングにおいて理想とするクラブヘッドの軌道とフェースの向き、シャフトのロール角を正しく認識することは重要である。Epson¹やSony²のシステムは慣性センサを用いて計測したクラブ軌道をスマホ画面に視覚化するが、スイング中に軌道を確認することはできない。Gears³は光学式モーションキャプチャシステムを用いてクラブ軌道を計測するが、リアルタイムで確認できないため練習効率の低下の原因となる。

池田らの Virtual Shadow [1] は光学式モーションキャプチャシステムを用いて計測したユーザの姿勢をプロジェクタを用いて仮想的な影として床に実時間投影したが、クラブの情報に対しては触れられていない。Sueishiら [3] は高速プロジェクタを用いて床にスイング平面を投影したが軌道が履歴として残らないため、スイング後の分析が不可能であった。

スポーツトレーニングにおいて情報の視覚化、フィードバックは練習効率をあげる結果をもたらす [2] [4]。本研究では、池田らの VirtualShadow を参考とし、クラブの軌道、フェースの向き、さらにシャフトのロール角を実時間で床に投影するシステムを開発した。床へ投影することでスイングする際に中心視野でボールに集中し、周辺視野でスイング軌道を確認することが可能となる。本研究の貢献は以下のとおりである。

- スイングの際に視線が集まる床へ視覚情報を提供する。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 東京工業大学 情報理工学院

¹ <https://m-tracer.golf/>

² https://pur.store.sony.jp/smartsports/products/golf/SSE-GL1_product/

³ <https://www.nobby-tech.co.jp/swinggear/gears.html>

- スイング軌道とクラブヘッドの回転、向きをリアルタイムで視覚化する。
- 履歴を残すことによる直前のスイング情報の分析を可能にする。

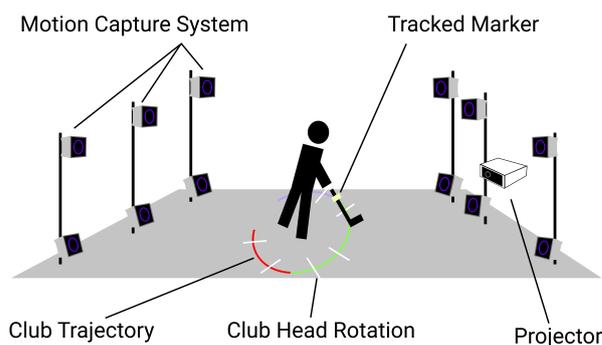


図 1. 提案システム

2 提案手法

前章で述べたように本研究においては、スイング時に視線位置が集中する床に投影すること、リアルタイムに情報を提供すること、スイング後に分析できるようにすることを着目したシステム実装を目指した。提供する視覚情報としては、打球に大きな影響を及ぼすスイング軌道とヘッドの向き、クラブのロール角とした。スイング軌道については練習者の視線は常に下を向きバックスイング時のクラブヘッドの位置を認知できない問題も解決するためスイング開始から終了までの情報を提供することとした(図 1)。

3 システム実装

本研究では、光学式モーションキャプチャシステムでトラッキングを行ない、Unity上(図 2(b))で描画処理、プロジェクターを用いて床への投影を行った。またアプリケーション開始時にキャリブレーション

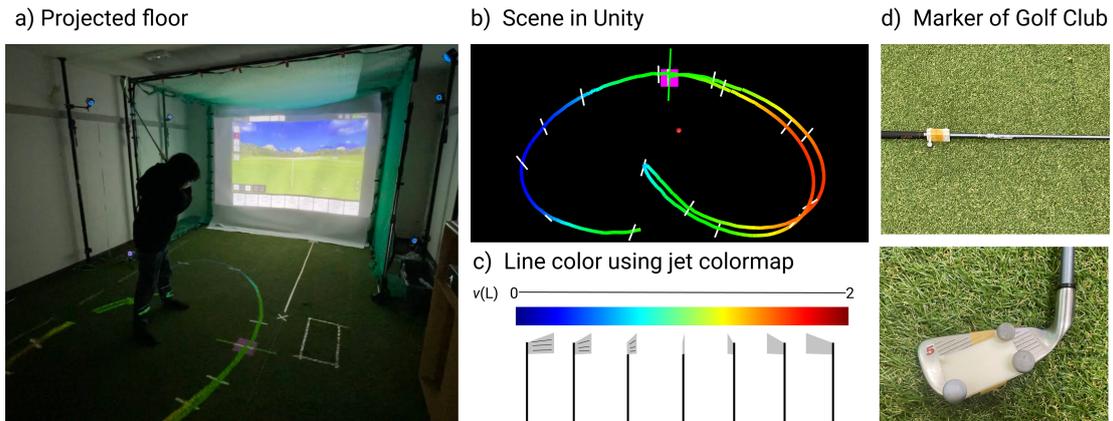


図 2. 軌道表示の様子 : a) 実際にプロジェクタで投影された床 b)Unity 上での表示 c)jet のカラーマップによる色の表現 d) ゴルフクラブのマーカー

ンを行いトラッキングして得られた 3 次元の位置座標と床へ投影する座標の変換を行えるようにした。クラブのシャフトにつけたマーカー (図 2(d)) からヘッド位置を推定するように設計した。

3.1 キャリブレーション

初めに床に対して長方形に投影されるようにプロジェクタの台形補正を行い、その後四角形の 4 隅にマーカーを置く。マーカーの座標から投影すべき座標へ変換するアフィン変換行列を計算することで、投影する座標への変換を可能とした。また、初めにクラブのシャフトとヘッドに 3 個ずつマーカーを装着し。シャフトにつけたマーカーからヘッドのマーカーの相対位置を保持することにより、スイングの際はヘッドのマーカーを外して練習が可能となる。

3.2 軌道の視覚化

アドレスからフィニッシュまでの一連のスイング軌道を床へ投影した (図 2(a))。シャフトのマーカーからの相対位置で得られるクラブヘッドの座標を平面に射影した。120fps で取得した座標を直線で結び軌道を作成し、描画を行った。ボール位置にクラブヘッドを 2 秒間留めることで直前の軌道ラインがリセットされ、新たに描画を開始する。スイングの終了判定は水平状態よりヘッドが高くなった後にクラブヘッドの高さが減少した時に描画を終えるようにした。ボール位置にヘッドを留めなくては直前の線が消えないため直前のスイングを分析することが可能な設計となっている。

3.3 クラブヘッドの向きの視覚化

本システムでは 60fps で描画中に、20 フレームごとにクラブヘッドがどの方向を向いているかを床に投影する (図 1.Club Head Rotation, 図 2(a,b) の白い線)。またボール位置を通過した直前と直後の

フレームのヘッドの方向ベクトルに対して、それぞれボール位置からの距離を掛けたベクトルを、平均し得られたベクトル方向を打球時のヘッドの向きとしてボール位置に強調して表示した (図 2(a,b) の緑の線)。

3.4 シャフトのロール角の視覚化

クラブの通過した軌道に対して、フェースの傾き具合に応じて色をつけることにより、シャフトのロール角の情報を伝えることにした。

表示する色は jet のカラーマップ (図 2(c)) を用いた。クラブヘッドのフェースに対して単位法線ベクトルを張り、平面上に射影した時の長さで傾き具合を判定するようにした。

4 まとめ

本研究ではゴルフのスイング練習の際に実時間で確認しにくい情報である、スイング軌道やヘッドの回転角度を床に投影し視覚化するシステムを提案、実装した。提案システムでは、モーションキャプチャシステムを用いてトラッキングし、プロジェクタを用いて投影する手法を用いた。本システムにより練習者は、中心視野でボールに集中しつつ、周辺視野も用いて普段視認できない情報を練習中に実時間で視認することが可能となる。このシステムを活用することによりゴルフスイングの上達が効率的に行えると思われる。

謝辞

本研究は JST CREST JPMJCR17A3 の支援を受けた。

参考文献

- [1] A. Ikeda, D.-H. Hwang, and H. Koike. Real-Time Visual Feedback for Golf Training Using Virtual Shadow. In *Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces, ISS '18*, p. 445–448, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [2] T. Lin, R. Singh, Y. Yang, C. Nobre, J. Beyer, M. A. Smith, and H. Pfister. *Towards an Understanding of Situated AR Visualization for Basketball Free-Throw Training*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021.
- [3] T. Sueishi, C. Miyaji, M. Narumiya, Y. Yamakawa, and M. Ishikawa. High-Speed Projection Method of Swing Plane for Golf Training. In *Proceedings of the Augmented Humans International Conference, AHs '20*, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [4] L. Turmo Vidal, H. Zhu, and A. Riego-Delgado. BodyLights: Open-Ended Augmented Feedback to Support Training Towards a Correct Exercise Execution. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '20*, p. 1–14, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.

未来ビジョン

我々が提案したシステムでは、ゴルフクラブをトラッキングしゴルフスイングの軌道を床に投影し、練習者自身が直前のスイングを確認し練習に役立てることを目的とした。このシステムもトレーニングに有用に役立つが、状況に応じて、どのスイング軌道を目指すかどの角度を目指して打つと良いかをフィードバックとして示すことが出来たらより上達が捗るように思う。

また本アプリケーションでは、スイングの軌道は検知できるものの、実際にそのスイングにより、ボールがどの方向に対してどの程度飛ばすことができたかを検知することが出来て

いない。FlightScopeMevo(ゴルフ用ポータブルパーソナルローンチモニター)などのシステムと組み合わせ。現在のスイングの場合ボールがどのように飛んだかも示すことにより、練習者自身でも修正すべき点を認知できるようになる。

また今回私たちはゴルフクラブが剛体であり、シャフト部分が曲がったりしないことを仮定してシャフト位置からヘッドの位置を計算する手法を用いた。実際にはシャフト部分はスイングの際にしなり、直線ではなくなるためヘッドの推定位置が少しくずれるという問題が生じる。