

四角いボールは打ちやすい!?—拡張現実感によるボールの形状変化とマルチモーダル情報を用いたゴルフパッティング支援システムの提案—

脇坂駿太* 大椿 響生* 高橋 治輝* 松村 耕平*

概要. ゴルフのスコアアップにはパッティング技術の向上が不可欠であるが、この技術の習得には長い年月を要する。パッティング技術の向上として“方向”と“距離感”の安定化が重要な要素であり、各要素に対して適切な支援が求められる。本研究では、AR (Augmented Reality) 技術を利用して、パッティング時の方向と距離感の安定性向上を支援するためのシステムを提案する。提案システムは、ゴルフボールの形状を球体から立方体に変化させて表示し、正しい方向へ打ち出すためにパターヘッドとボールとの接触関係を意識付ける。また、スイングの振り幅や速度などの状態を視覚情報で、パッティング動作における適切なテンポのリズム音を聴覚情報で提示することで距離感の習得を支援する。ユーザは、こうしたマルチモーダルな情報に合わせて練習を行うことで、パッティング技術を向上させることができる。

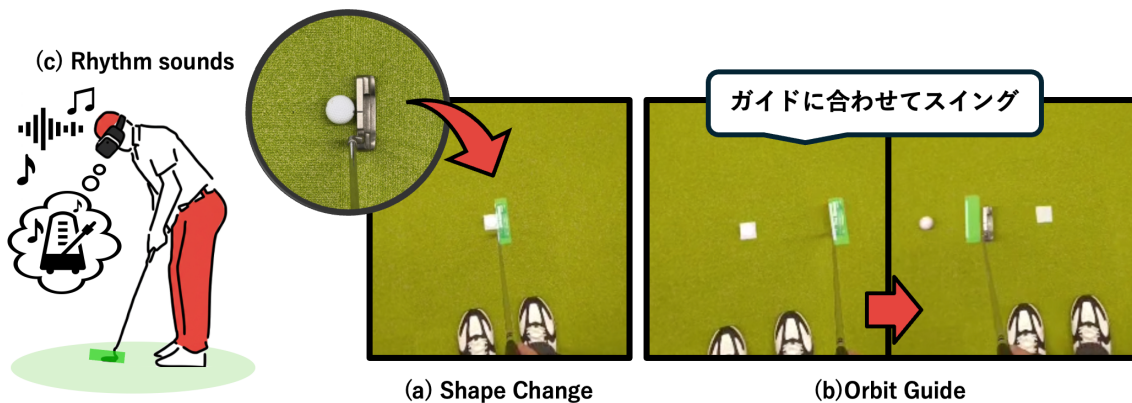


図 1. 提案システムの概要. (a) 重畳表示によるボールの形状変化 (b) パターヘッド軌道の動的ガイド (c) パッティングテンポのリズム音

1 はじめに

ゴルフにおいてスコアに大きく影響を与える技術のひとつがパッティングであり、Pelz によると、1 ラウンドのうち約 43 %がパッティングによって占められているとされている [3]. パッティングの成功はカップまでの距離感や打球の方向、さらにはスイングのテンポといった複数の要素に左右される。失敗が許されない状況でこれらを同時に制御する必要があるため、アマチュアゴルファーや初心者にとって習得が難しい技術である。

パッティング動作は、一般に (1) バックスイング (2) ダウンスイング (3) インパクト (4) フォロースルーの 4 つの段階に分けられる。(1) バックスイングは、パターを後方へ引く動作であり、距離調整に

大きく関係する。(2) ダウンスイングは、バックスイングから切り返してボールへ向かって打ち出す動作であり、力加減やタイミングが問われる。(3) インパクトは、パターとボールが接触する瞬間であり、方向とスピードが決まる重要なポイントである。(4) フォロースルーは、インパクト後にクラブが前方へと振り抜かれる動作であり、スムーズな動作の継続と再現性に寄与する。

これら一連の動作の中で、特にバックスイングとダウンスイングのタイミングは、安定したパッティングを実現する上で重要とされている。Grober は、理想的なパッティング動作としてバックスイングとダウンスイングの時間比が約 2:1 となっていることを示しており [2]、このリズムに従うことでパッティング動作の一貫性が向上するとされている。

近年では、AR 技術を利用したインタラクティブな運動学習支援が注目されており、特にゴルフのパッティングに関する支援も行われている。

Bienkiewicz らは、実環境で理想的なスイングテンプレートを視覚または聴覚で提示することで、パッティング動作学習に与える影響を調査した [1]。余らは、一連のスイング動作の中で、インパクト前にボールを前方に移動させることで、ゴルファーが無意識にボールの移動に反応し、スイング軌道を修正する仮想現実 (VR) 技術を用いたボール位置のリダイレクションを提案した [4]。

本研究は、正確な方向に打ち出す感覚をより直感的に体得できる直方体への形状変化、パターヘッドの理想軌道をガイド表示する視覚的誘導、適切なリズム音の提示による動作リズムの聴覚的誘導の3種類を組み合わせることで、初心者によるパッティングの方向と距離感の安定化を支援する新たなアプローチを提案する。

2 提案システム

2.1 システム概要

提案システムでは、現実世界のゴルフボールを検出し、このボールに立方体オブジェクトを重畳表示することで、ボールの形状変化を実現する。このために、Meta Quest 3 の Passthrough API Camera 機能を利用し、システムの構築には Unity を用いた。

本システムは、パッティング動作中のユーザーに対して、視覚情報と聴覚情報のマルチモーダルな情報を提示する。図1にユーザ視点での提案システムのイメージ図を示す。視覚提示は、(a) 重畳表示によるボールの形状変化、(b) パターヘッド軌道の動的ガイドの2要素であり、聴覚提示は (c) パッティングテンポのリズム音による聴覚誘導である。これら3つの提示モジュールは Unity 上で同期制御され、各フレームごとに提示タイミングが管理される。

2.2 重畳表示によるボールの形状変化

(a) 重畳表示によるボールの形状変化は、現実のゴルフボール上に立方体オブジェクトを重ね合わせることで構成される。Passthrough 機能により、現実空間の映像をヘッドマウントディスプレイ上に透過表示できるため、ユーザは現実のボール・クラブ・床面をそのまま視認しながら、仮想オブジェクトを重畳して確認できる。本研究では Meta 提供の PassthroughCameraApiSamples をベースに、Passthrough 映像上に YOLOv8 を応用した物体検出モデルを組み込み、ボールのみを特定して位置座標を推定している。推定されたワールド座標上に Unity 内で仮想オブジェクトを生成することで、実際の物理ボール位置に対してリアルタイムな重畳表示を実現した。また、検出および描画の処理では、仮想オブジェクトが空中や手前に浮かないよう、床面との交差を考慮した位置補正を行っている。検出処理を継続しながらも、ボタン操作により指定フレー

ム時点のボール座標を確定し、安定した重畳表示を行う仕組みを導入した。

これにより、ユーザーは球体ではなく「面」として捉えることが可能となり、パターヘッドとの接触関係を直感的に把握できる。また、立方体の辺と面は視覚的な基準線として機能し、フェースの開きや向きを意識せずとも、まっすぐ打ち出す感覚を誘発することが期待される。

2.3 パターヘッド軌道の動的ガイド

さらに、(b) パターヘッド軌道の動的ガイドでは、パターヘッドを再現した直方体オブジェクトを、理想的な軌道を示すように表示させる。ユーザはその軌道をなぞるようにスイングすることで、ボールの打ち出し方向が安定する理想的なクラブヘッド軌道を実現することが可能となる。このガイド軌道の振幅はスティック入力によってリアルタイムに調節可能であり、ユーザの目標距離に合わせた学習が行える。

2.4 リズム音による聴覚誘導

(c) パッティングテンポのリズム音による聴覚誘導は、Meta Quest 3 の内蔵スピーカーを使用し、メトロノームのようなリズムを刻む音を用いる。リズム音は、バックスイングとダウンスイングの比率が 2:1 となるように再生され、1 周期あたり約 1.2s (バックスイング: 0.8s ダウンスイング: 0.4s) の長さで構成される。この比率は効率的なストロークテンポの研究 [2] に基づいており、初心者でも一定のリズムを保ちやすいように設計した。(2) 軌道の動的ガイドのアニメーションイベントと同期させた聴覚誘導を行うことで、ユーザは無意識にテンポ音に同調し、一定のリズムでストロークを行うことが可能となる。

この3つの機能を組み合わせることで、パッティングにおける“方向”と“距離感”の双方の安定化を支援することが可能となる。本システムは、従来の映像提示型や音のみのトレーニングでは得られなかった、直感的かつ没入的な学習環境を実現している。

3 議論および今後の課題

本論文では、ゴルフボールの形状変化に加え、視覚情報と聴覚情報のマルチモーダルな情報提示を行うパッティング支援システムを提案した。現状のシステムは、ガイドへの追従率やインパクト時のパターヘッドの角度などのフィードバックが未実装である。今後はユーザのパッティング動作のフィードバック機能を搭載し、パッティング技術の向上を図る。また、本システムを用いた被験者実験を通じて、動作の再現性、打ち出し方向の安定性、成功率の向上などの効果を定量的に検証していきたい。

参考文献

- [1] M. M. Bienkiewicz, L. Bringoux, F. Buloup, M. Rodger, C. Craig, and C. Bourdin. The limitations of being a copycat: learning golf putting through auditory and visual guidance. *Frontiers in Psychology*, 10:92, 2019.
- [2] R. D. Grober. Resonance in Putting, 2009.
- [3] D. Pelz. Dave Pelz ’ s Putting Bible: The Complete Guide to Mastering the Green. Knopf Doubleday Publishing Group, New York, 2000.
- [4] 余 志皓, 廖 振傑, 小池 英樹. VR リダイレクションを用いたゴルフスイングトレーニングシステム. In *WISS 2023*, 2023.