

2024 年度 修士論文

機械学習を用いた慣性式モーションキャプチャによる 動作識別システム

龍谷大学大学院 理工学研究科 数理情報学専攻

T23M003 渋谷 朋暉

指導教員 高橋 隆史

概要

近年、Meta Quest 3 などのバーチャルリアリティ（VR）デバイスの普及に伴い、VR 空間を活用したゲーム・シミュレーション、教育、医療などの多様な分野での応用事例が増加している。しかし、VR 空間での操作インターフェースは依然としてコントローラのボタン・トリガー操作が中心であり、身体的自由度や没入感を十分に活用できていない。他方、機械学習や大規模設備を用いたカメラベースのモーションキャプチャ技術も用いられるが、これらは環境光や遮蔽物、画角外への対応が難しいという問題が残る。さらに、また、物理的空間と VR 空間を正確にマッピングさせるという方向性は、現実の部屋の大きさや身体的制約により却って VR 空間内で可能な行動が制限されてしまう。

そこで本研究では、軽量かつ行動環境に制限されにくい慣性式モーションキャプチャ（IMU）デバイスを用いて、身体動作を VR コマンド入力として実現するシステムを提案する。ソニー製「mocopi」を両手首・両足首・頭部・腰の計 6 点に装着し、そこから得られる加速度および回転情報を多層パーセプトロン（MLP）で学習することで、特定動作（腕を振る、ジャンプするなど）をリアルタイムに判定・分類することを可能とした。IMU センサデータは常時連続的に取得され、一定フレーム数（時系列ウィンドウ長）とステップ数（フレームずらし幅）を組み合わせることで短い時系列データを生成することで、応答速度と識別精度を両立させる設計を行った。

実験では、まず単一被験者に多様な動作を行わせ、類似動作の除外や学習パラメータ（フレーム数・ステップ数・MLP の隠れ層ユニット数など）の最適化を行い、18 種類の動作を高い精度で識別できることを確認した（実験 A）。複数被験者を対象にした検証では、被験者間の体格や装着位置の差により識別率が低下するケースがあるものの、本人の追加学習データを加えることで 80~95 % 程度まで精度を回復できることが分かった（実験 B）。さらに、即応性が要求される実際の PC ゲームへの運用検証においても、ユーザの動作からコマンド入力までの時間が小さく、十分にリアルタイムな操作が可能であることを示した。

今後は、学習外の動作を誤識別する問題への対処や、装着中のキャリブレーション設計、さらに使用するシーンに応じての動作リスト拡張が課題となる。本研究が示すように、IMU と機械学習を組み合わせたモーション識別手法は、大掛かりな機材を要せずに身体動作を直感的なコマンドとして活かせる可能性を持ち、VR ならではの没入感や操作自由度を一層高めることが期待される。