

研究終了報告書

「動画による動作観察と対面した人間を観察する体験とのギャップを埋めるローコストな時空間インタラクション技術の研究」

研究期間：2021年10月～2023年2月

研究者：濱西 夏生

1. 研究のねらい

本研究の狙いは、対面者の動作情報を動画学習コンテンツのように利用者がインタラクティブに活用するためのソフトウェア技術および、そのソフトウェア技術を用いた情報環境におけるユーザーインターフェース(UI)の研究・開発することである

サッカーのリフティングの技を練習する際や、ダンスの振り付け動作を覚える際など、日常生活における娯楽を目的として、他者の動作を観察して内容を理解し、特定の技能の向上を図る場面がある。こうした場面に置いて対面で他者から動作を教わるときには、教え手が習得者の状況に合わせて、反復してくれたり、一部分だけを再現してくれたり習熟度合いに応じて段階的に教えてくれる。また、左右違いの指摘のように、動作の教示を織り込んで教えてくれる。しかし、例えば、娯楽でダンスの振り付けを覚えたいといった用途で、常に他者を用意するのは経済的及び人的資源の観点から非現実的(ハイコスト)である。故に、習得者は動作を自分が納得するまで見返すことはできず、動画を使った学習により補う。動画を使った学習はデジタル操作しやすいという利点があるが、そのインタフェースの不足から対面であれば必要ない身体的な制約が学習者にかかり、その能率に影響を与えてしまう。このように対面と動画の両手段には利点・欠点が存在する。

社会背景として、深層学習を用いたローコストモーションキャプチャ(MoCap)技術の進展により、動画に映る人物の3次元的な動作データが容易に取得可能である。また、スマートフォンより安価な頭部搭載型ディスプレイ(HMD)が市販される等、3次元ビューワが社会に浸透しつつある。

これらの背景に基づき、インターネット上に存在する動画だけでなく、監視カメラや Web カメラを使って撮影した実空間のリアルタイムな時空間動作データについても、「対面して観察したり教わる体験の良さ」と、「反復可能等のデジタル的な操作の良さ」を両立する UI を確立すれば、ただの動画を入力とするだけで、対面している人間の動作をデジタル的に操作可能かつ、動画中の動作を対面しているかのように体験できる情報環境をローコストに構築でき、利用者が望んだ動作情報へ効率的にアクセスできるようになるのではないかとこの着想に至り、その実現を狙った。

2. 研究成果

(1)概要

本研究では情報環境を構築するためのソフトウェア技術を及び基盤となるインタラクション環境の構築した。まず当初の計画通り、初年度に簡易環境を構築し、二年度に幾つかの改善を加え、実際のカメラ画像から推定した三次元的な動作情報と実空間、および利用者の身体的な座標系をリアルタイムに整合する情報環境を構築した。これにより、デプスカメラや赤外線カメラや装着型のマーカなどの特殊用途の機材を使うことなく、RGB カメラのみを用いてリアルタイムにその場で対面者の動作情報を記録し、実空間への三次元的な重量表示などの手段による再生が可能と

なった。

次に、対面環境において動作情報を動画のように扱い比較・観察・検索するために、対面者の動作情報とのインタラクション手法を提案・設計した。反復と比較を実現する手法については研究者のこれまでの研究を基にプロトタイプシステムを開発し、研究室レベルでの実現可能性を検証した。

また、動画中の動作を対面での観察・教示の体験に近づける手法の開発と検証するために、動画中の動作を実空間に三次元的に重畳表示し反復観察や自己動作との比較を実現するインタラクション手法を提案・設計した。これらはプロトタイプシステムを開発し、研究室レベルでの実現可能性を検証した。

一方、期間中には UI 分野における評価手法に則り、ユーザスタディ等に基づき実現可能性と習得可能性を検証し、それらの成果を該当分野の国際学会へ投稿し学術成果としての発表を行い、研究分野の発展に寄与する当初の計画を達成することは達成できていない。また、所属機関の TLO を介した特許申請による知財化といったアウトリーチ活動及び社会実装に取り組むことは達成できていない。

(2) 詳細

研究テーマ①「動画から取得した対面者の座標と利用者の座標の整合」

研究目的:

- ・ネットワークを介しストリーミングされたリアルタイムの動画へ深層学習による推論を実施しアクセス可能にするための情報システムの開発・検証
- ・座標変換により、対面環境での整合性をあわせ、インタラクション可能にするためのソフトウェアの開発

研究成果:

市販のペットカメラのようなネットワークカメラを使い実空間の人間の動作を推定しアクセス可能な状態にするシステムを構築した。また、取得した動作(位置・回転)をカメラ座標系から対面者が存在する実空間の座標系へ変換するための座標変換手法とそのシステムを構築した。SLAM に基づく HMD 座標系をもとに実空間の座標系を取得し、実身体の位置と HMD 座標系とのキャリブレーション手法を開発することで、取得した動作と対面者の座標系の整合を実現した。また、これらを統合し、リアルタイムでの対面者の動作情報を取り扱うためのソフトウェア基盤の確立した。しかしながら、期間内に学術成果を得るまでには至っていない。

研究テーマ②「対面者の動作情報を動画のように扱い比較・観察・検索するための UI 設計と検証」

研究目的:

- ・複数の動作間、単一動作内の複数のシーケンス間、複数人物間での比較を実現するための再帰的な計算手法をモデル化するためのアルゴリズムとソフトウェアの設計・開発・検証
- ・記録され続ける動作情報群から目的の動作情報を検索するアルゴリズムとソフトウェアの開発と検証

研究成果:

複数の動作間の比較は、連続する実空間の動作を取り扱うにあたって重要となる。利用者が Motion Seek Circle[Hamanishi et al., AHS' 21]などの動作情報の時空間的特徴と空間的な特徴を可視化するモデルを動的に作成し、選択した時間に応じて再帰的に分割するための技術の開発に取り組むなど対面者の動作を編集可能とするための基盤となる技術の開発に取り組んだ。特に、利用者が対面者に視覚的に重畳されたシークバーを用いて、動作を探索し反復・比較を行うためのアルゴリズムの設計とその実装に取り組んだ。

また、利用者が検索のクエリとなる動作を指定し、記録された動作の時空間データを用いて閲覧できる技術に取り組んだ。これには類似度や時間的な整合性[Hamanishi et al., AHS' 20]を考慮した探索手法を応用した可視化手法の研究を行った。提案する比較再生技術及び閲覧支援技術は、プロトタイプを構築しその実現可能性については研究室レベルでの確認をおこなった。しかしながら、期間内に学術成果を得るまでには至っていない。

研究テーマ③「動画中の動作を対面での観察・教示の体験に近づける手法の開発と検証」

研究目的:

- ・ 動画に記録された動作の中から任意の動作を座標変換可能な等身大で参照可能とし、任意の角度・拡縮で観察可能とする UI の開発・検証
- ・ 動画視聴支援研究で取り組まれているような内容の理解を助ける補足情報を 3 次元的に提示する可視化モデル及び、操作するための空間的な UI を研究・開発

研究成果:

対面で動作を観察するときの良さは、スケールと座標系の一致である。例えば、鏡越しのように自分の動作と他者の動作が同一の座標系に位置していると理解しやすい。そこで動画に記録された動作の中から任意の動作を座標変換可能な等身大で参照可能とし、任意の角度・拡縮で観察可能とする UI の設計・開発を行った。実際の対面者の動作では危険で近づけないような距離や角度から動作を観察でき、動画のように再生・停止ができるインタラクションの設計を行った。この手法については、プロトタイプを構築しその実現可能性については研究室レベルでの確認をおこなった。しかしながら、動作の時空間的な特徴等に基づいて重みをつける可視化手法の設計・探索については、期間内に達成することができていない。また、どちらの手法も学術成果を得るまでには至っていない。

研究テーマ④「構想情報環境におけるインタラクションの探索と検証」

研究目的:

- ・ 動作情報とのインタラクションの展開可能性の探索

研究成果:

2次元動画上の取り組みを、対面している3次元の時空間情報に適応する手法について探索的な研究に取り組み、そのインタラクションの展開可能性の向上を探求する。しかしながら、プロトタイプによる実現可能性の検証、および学術的な成果を得ることは、期間内に達成できていない。

3. 今後の展開

本研究プロジェクトでは期間内に学術的な成果を得るまでに至っていない。そこで期間中に開発した技術及び設計したインタラクション手法などの研究成果を用いてインタラクティブシステムを構築し、ユーザスタディ等に基づき実現可能性と習得可能性を検証し、それらの成果を ACM UIST, VRST, SUI, CHI 等の該当分野のトップカンファレンスもしくは、テーマの合致した国際学会への投稿による学術成果発表を行うことが、直近の展開である。

その後は、成果を社会実装するための出口戦略に注力していく。上記成果のように期間内に達成できなかった部分もあるが、本研究者はこのプロジェクトの延長線上に、構想する情報環境が、人間が他者を観察する際の見方という要素に影響を与え、「どうしてこの人の動きはもう一度見直せないんだ」といった感情が生まれる状況が発生する未来社会を想定している。契約期間中での経験を活かし、この未来社会の実現にむけての研究を形式を問わずに実施していく。

4. 自己評価

申請段階よりも、提案する研究の基礎技術となる姿勢推定技術や自己位置姿勢推定技術静的三次元計測技術は発展し、提案する情報環境の実現はより身近となり、その環境下におけるインタラクション技術は、経済的な波及効果を生む研究領域により近づいたと考えている。このことから本プロジェクトの研究者が想定した社会的及び技術的な課題は社会の進展から大きく外れた時代錯誤的な内容ではなく、提案するアプローチは科学技術イノベーションにつながる価値の創造につながる内容であったと考えており、挑戦的な研究として評価に値すると考えている。また、当初の目的であった情報環境については、申請時点では存在していなかった実現のために必要となるソフトウェア技術を開発し、インタラクション可能な情報環境の構築を実現している。このため、研究目的に対する達成状況についてはある程度、評価に値すると自己を評価する。

一方で、研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果については評価に値する成果を上げているとは言えないと自己を評価する。特に、研究成果を学術成果として発表することに関しては、期間内に実現しておらず、研究の実施体制等に課題があったと自己を評価する。この点に関しては、開発した技術と研究プロトタイプ等があることから、今後学術成果に繋げられる可能性は十分にあると考えている。また、その成果の創出に伴い、経済的な波及効果を生める可能性は依然として残っていると考えている。

5. 主な研究成果リスト

(1) 代表的な論文(原著論文)発表

研究期間累積件数:0件

(2) 特許出願

研究期間全出願件数:0件(特許公開前のもも含む)

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

