



HoloLens2 を用いたアバターへの筋電情報重畳表示

Overlaying myoelectric information on avatar with HoloLens2

山崎 駆¹⁾, 鴻上 図南¹⁾, 飯田 稜悟¹⁾, 柴田 智広¹⁾

Kakeru YAMASAKI, Tonan KOGAMI, Ryogo IIDA, and Tomohiro SHIBATA

1) 九州工業大学 生命体工学研究科 (〒 808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの 2-4, yamasaki.kakeru990@mail.kyutech.jp)

概要: VR や AR, MR の利用により, 3 次元情報の可視化や現実世界への情報付加を行うことができるようになった。これらは, エンターテインメントや医療をはじめとして多く活用されている。本研究では, 複合現実デバイスを用いた筋電情報重畳表示システムを開発し, ポップダンスの計測データを利用してシステムの動作を確認した。本論文では, 提案する筋電情報のマッピング方法について述べ, マッピング方法の課題について議論する。また, システムの遅延について評価を行い, アバターではなく実際の人間にリアルタイムで利用する際の課題と, それが実現した際の介護分野等への応用についても議論を行う。

キーワード: 拡張・複合現実, HoloLens2, 筋電情報, 重畳表示

1. はじめに

総務省が出版を行なっている令和 2 年版情報通信白書では, AR(Augmented Reality)/VR(Virtual Reality) 関連ソフトウェア及びサービス支出は年々増加しており, 今後とも増加すると予想されている [1]。AR/VR の利用はゲームや動画視聴をはじめとしたエンターテインメントでの利用が多く行われてきたが, 今後はさらに可視化ツールとしての利用の拡張が行われると考えられる。AR と VR を複合させたような体験を提供するものとして MR(Mixed Reality) という技術がある。これも同様に現実世界に情報を付与する可視化ツールとして利用されている。例えば, 車の組み立て作業支援 [2] や, 解剖作業の支援 [3], 介護動作の教示 [4] などに MR は利用されており, これらは HoloLens という MR デバイスを用いて研究・開発されている [5]。

本研究では, MR デバイス HoloLens2 を用いて, 筋電情報をアバターに重畳して可視化するシステムを開発した。また, 筋肉を弾けさせる (ポップさせる) 動作でロボットのような動きを再現するポップダンスの筋電情報と骨格情報を取得し, それを作成した MR システムに適用することで, システムの動作を確認した。提案する筋電情報のマッピング方法について他手法と比較することで, 本システムの今後の課題を明らかにする。加えて, MR デバイスを用いてアバターではなく実際の人間に投影する際の技術的課題について述べ, それを用いた介護動作の教示やエンターテインメント分野での活用についての応用について議論する。

2. 関連研究

2.1 重畳可視化

牧らは LED マーカーをつけた服をパフォーマーに装着し, 動きを認識することで, パフォーマーの動作によって

映像効果を制御するシステムを作成した [6]。また, ダンスの動作に拡張現実やプロジェクションマッピングを組み合わせたものは多数存在する [7, 8, 9, 10]。

これらの研究の多くは, 人間の骨格情報や関節情報を下に行われており, その情報をコンピューターグラフィックスや音響処理技術などと組み合わせることによって付加情報として付与されている。一方で本研究のような筋電位センサーを用いて重畳表示を行うシステムは提案されていない。我々の研究は生体信号の一つである筋電情報を用いることによって, 科学的根拠に基づいた情報を可視化することができ, エンターテインメントのみならず介護や医療現場での利用が期待される。加えて, 動作の教示という場面においても, 外から見た見た目だけではなく, 実際にどの部位にどのくらいの負荷がかかっているかを見ることができ, 教示の向上につながる。

2.2 筋電情報の可視化

浦協らはアバターを用いて, アバターの肌の色を変えることでふみを表現し, 筋電情報の可視化を行なった [11]。Anne-Caroline らは筋電情報に基づいて, 手の開閉動作を CG で再現することで可視化を行った [12]。これらは, 義手のトレーニング用に開発されているものや, スポーツ動作の教示のために開発されているもので, 熟練者の動きをあらかじめレコードしておき, それを CG として表示することでフィードバックを行うというものであるため, 人間に対して直接重畳表示を行うように応用することはできない。本研究では, アバターに対しての重畳表示を行っているが, 人間に対して重畳表示することを最終目的としておいており, システムの応用が可能であると考えられる。

3. 提案手法

3.1 開発環境

本研究は開発環境としてゲームエンジンである Unity 2019.4.15f1 を用いた。Unity は Microsoft 社の HoloLens や Oculus シリーズ [13] をはじめとした VR デバイス全般の開発プラットフォームとしても容易に利用することができる。このようなシステムの拡張性の高さから Unity の利用を決定した。データの可視化は、データ処理をデスクトップ PC で行うために、PC 側でデータの処理を行ないつつ、HoloLens2 に Holographic Remoting Player[14] を使って送信するシステムで行った。表 1 にレンダリングを行う PC のスペックを示す。

表 1: レンダリング用 PC のスペック

項目	スペック
OS	Windows OS
GPU	GeForce GTX 1660 Ti
CPU	Intel Core i5 3.70GHz
RAM	16GB

3.2 筋電情報の重畳方法

本研究では筋電情報整流した後、2 次のバターワースフィルタで遮断周波数 6Hz のローパスフィルタ処理を行なった [15]。信号処理されたデータは、OpenCV によってそれぞれの筋肉に対してヒートマップで可視化しを行なった [16]。ヒートマップは視認性を良くするために、中心の色が強調され滑らかなグラデーションになるようガウス関数を用いて作成した。本研究で使用したガウス関数を式 (1) に示す。

$$g = \exp\left(\frac{-(i^2 + j^2)}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

この時、 i, j はそれぞれヒートマップ画像の中心を原点とした時の、それぞれの画素数に対応した 2 次元座標である。本研究において、ヒートマップ画像は 31×31 のサイズで作成するため、 $i, j = \{x | -15 \leq x \leq 15\}$ となる (ただし x は整数)。 σ は、各筋肉 $k(k=1,2,\dots,10)$ の筋電情報 x_k に対して、

$$\sigma(x_k) = \frac{\alpha x_k}{\max(x_k)} \quad (2)$$

で計算された値を代入した。 $\max(x_k)$ は各筋肉毎に事前に調査した最大値を表し、 α はパラメータである。本研究では、筋肉の変化が視認しやすいよう経験的に $\alpha = 25$ とした。ヒートマップ画像は g が 1 の時が赤、0 の時が青で表示される。これらをもとに作成された画像をを図 1 に示す。

Unity で Humanoid 型にイメージを重畳する方法は複数存在するが、本研究ではモデルに依存しないようにするため、プロジェクターというビジュアルエフェクトを用いて実現した [17]。プロジェクターとは、光を発する仮想オブジェクトを置くことでその光を物体に投影し、画像などを映し出すビジュアルエフェクト手法である。一般的なプロジェクタ

機能のシェーダーでは、光線がオブジェクトを貫通してしまい、オブジェクトの反対面にも光が投影されてしまう。そのため、シェーダーを変更し光線の貫通を抑制するように変更した。またそれぞれの筋電情報を正規化しそれを画像の透過値に反映させることで、ヒートマップを強調できるようにした。本研究では 10 個の筋電情報を用意したため、それぞれ 10 個のプロジェクターと 10 個のヒートマップ画像を用意し、Humanoid に照射を行った。Humanoid の 3D モデルは、計測したダンサーと容姿や体格に近い人間型のモデルとして、Rp Nathan Animated 003 Walking というモデルを採用した [18]。図 2 に筋電情報を重畳した Humanoid の画像を示す。

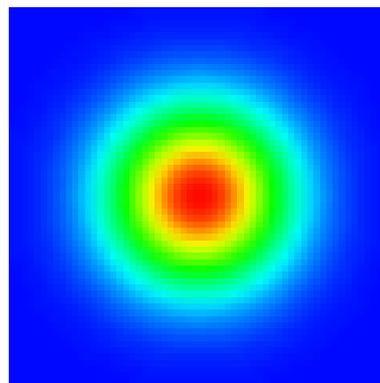


図 1: 重畳するヒートマップ

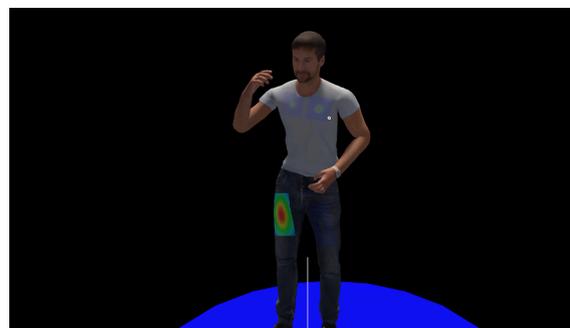


図 2: 筋電重畳画像

4. 実験方法

本研究ではあらかじめモーションキャプチャーによって取得されたポップダンスの骨格情報から関節角度を推定し、それを Unity の Humanoid に適用することによってアバターのダンス動作を実現させた。

4.1 筋電情報の取得

筋電情報の取得はポップダンスの骨格情報取得時に同時に取得されたもので、DELSYS のワイヤレス筋電システム TrignoEMG センサを利用した (図 3)[19]。TrignoEMG センサは図 3 に示すようにワイヤレスで筋電位を取得ことができ、肌に直接貼って利用する。小型で服の下に装着できることからダンスの邪魔にならないためこのセンサを

利用した。なお、本研究では、三頭筋、大腿四頭筋、大腿二頭筋、大胸筋、僧帽筋の5×2個データを用いて可視化を行った(図4)。これらは、データを取得したポップダンサーにヒアリングを行い、パフォーマンス時に目立つように意識をしてポップさせる筋肉を選択した。

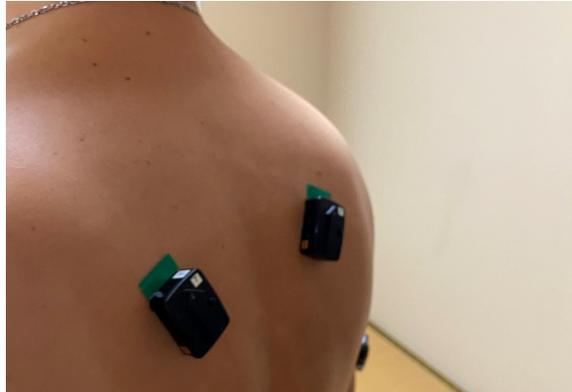


図 3: ワイヤレス筋電センサ

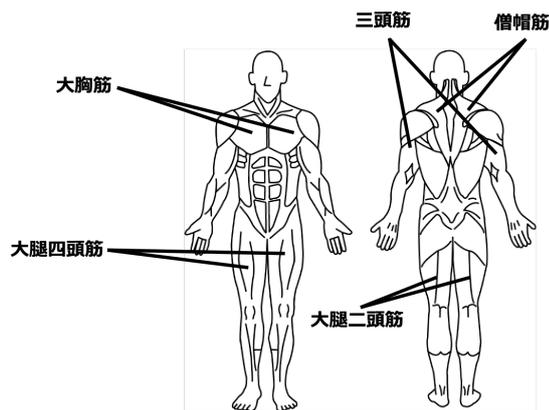


図 4: 計測した筋群 ([20] を一部改変)

4.2 遅延評価

本研究では、PC上でレンダリング処理を行いそれをHoloLens2に送信することでシステムを構築している。本研究で用いた骨格情報及び筋電情報をシステムに入力した際のPC上で表示された開始から終了までの時間と、HoloLens2上で表示された開始から終了までの時間、実際のデータの時間を比較することで、遅延の評価を行う。

5. 結果及び考察

本研究のシステムでの遅延を調べるためにそれぞれの再生時間を調べた結果、実際のデータの時間に対してPC上での再生に1.2倍の遅延が発生し、HoloLens2上での再生に1.7倍の遅延があった。1.7倍の遅延は通信速度とHoloLens2で表示を行う際のデータ処理時の遅延が考えられる。今後リアルタイムでの処理を行い人間に直接重畳表示を行う場合、この遅延がボトルネックとなってしまうことが課題としてあげられる。これを解決するために、本研究では100Hzのデー

タを処理していたものを、周波数を下げることで遅延を小さくできると考えられる。また、本システムではHolographic Remoting Playerを用いているため、通信方法をシステムに最適化した方法で行うことで遅延が軽減される可能性がある。

本システムではプロジェクター機能を用いたため、図で示すように、光線と遮蔽物が重なった時に意図しない場所にデータが投影されることがあった。今後、プロジェクター機能以外の機能を使った体への画像投影法についても考える必要がある。



図 5: 遮蔽物による影

6. まとめ

本研究では、HoloLens2を用いて筋電情報をアバターに重畳して可視化するシステムを開発した。その結果、プロジェクター機能に起因する影や、データ処理及び通信での遅延が今後の課題として挙げられた。今後は、本システムのリアルタイム性を改善し、ダンスなどに比べて動作の変化が少ない介護動作などでの応用を考えている。介護動作では、体の使い方によって体にかかる負荷が大きく変わるため、筋電のリアルタイム重畳可視化システムは、動作教示の観点で有効に働くと考えられる。また、筋電センサを用いた疲労度の推定システムなどと統合することで、より介護動作教示に有効なシステムを作ることができると考えている。加えて、本研究ではポップダンスの動きを利用したが、科学的な根拠に基づいてダンスにエフェクトをつけるという取り組みは前例が少なくエンターテイメントとしての付加価値につながるのではないかと考えている。

謝辞

本研究では、プロポップダンサーのKITE様からのご協力を賜り、データの取得を行いました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 総務省 | 令和 2 年版 情報通信白書 | 端末. 総務省, 8 2020.
- [2] 坂内祐一, 山本裕之. 複合現実感による作業支援. 情報処理学会研究報告グループウェアとネットワークサービス (GN), Vol. 2003, No. 106 (2003-GN-049), pp. 19–24, 2003.
- [3] Matthew G. Hanna, Ishtiaque Ahmed, Jeffrey Nine, Shyam Prajapati, and Liron Pantanowitz. Augmented Reality Technology Using Microsoft HoloLens in Anatomic Pathology. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, Vol. 142, No. 5, pp. 638–644, 01 2018.
- [4] 柴田智広, 井上創造, 相馬功. スマートライフケア社会創造のための基盤づくり. システム/制御/情報, Vol. 63, No. 8, pp. 323–328, 2019.
- [5] Microsoft. Microsoft hololens — ビジネスを支援する mixed reality テクノロジー. <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>. (Accessed on 07/20/2021).
- [6] 牧成一, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦ほか. ダンスパフォーマンスのための動作に基づく映像効果制御システム. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2009, No. 26 (2009-EC-12), pp. 53–58, 2009.
- [7] Michael Korostelev, Kathryn Knauth, and Li Bai. Dance in augmented reality: calibration and applications. In *Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and cognition*, pp. 359–360, 2011.
- [8] Kim Vincs and John McCormick. Touching space: Using motion capture and stereo projection to create a “virtual haptics” of dance. *Leonardo*, Vol. 43, No. 4, pp. 359–366, 2010.
- [9] 水野慎士ほか. ダンスパフォーマンス “neorevo2014-noise” および “wasabeats” のためのインタラクティブデジタルエフェクト. 研究報告デジタルコンテンツクリエーション (DCC), Vol. 2015, No. 6, pp. 1–4, 2015.
- [10] Mayumi Chida, Syunya Kanno, Yutaro Obara, and Norishige Chiba. Adaptive attention span in transformers. *The Journal of the Society for Art and Science (芸術科学会)*, No. 14.2, pp. 36–45, 2015.
- [11] 浦脇浩二, 増田泰, 眞鍋佳嗣, 千原國宏. スポーツフォーム練習支援のための生体情報可視化. 情報科学技術フォーラム一般講演論文集, Vol. 3, No. 3, pp. 471–472, 2004.
- [12] A-C Dupont and Evelyn L Morin. A myoelectric control evaluation and trainer system. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 100–107, 1994.
- [13] Oculus — vr ヘッドセット・デバイス. <https://www.oculus.com/>. (Accessed on 02/20/2021).
- [14] Holographic remoting player - mixed reality — microsoft docs. <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/develop/platform-capabilities-and-apis/holographic-remoting-player>. (Accessed on 07/20/2021).
- [15] 中村英夫. いまさら聞けない生体計測 1 (筋電). 生体医工学, Vol. 57, No. 4-5, pp. 149–157, 2019.
- [16] G. Bradski. The OpenCV Library. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*, 2000.
- [17] Projector - unity マニュアル. <https://docs.unity3d.com/ja/2018.4/Manual/class-Projector.html>. (Accessed on 07/22/2021).
- [18] Rp nathan animated 003 walking - download free 3d model by applause (@applause) [cb593c4] - sketchfabwalking. <https://sketchfab.com/3d-models/rp-nathan-animated-003-walking-cb593c4676144aad83711d1253727baf>. (Accessed on 02/20/2021).
- [19] Trigno™ avanti platform - delsys. <https://delsys.com/trigno/>. (Accessed on 02/20/2021).
- [20] 人体筋肉図イラスト - no: 306635 / 無料イラストなら「イラスト ac」. <https://www.ac-illustr.com/main/detail.php?id=306635&word=%EF%BF%BD%25#>. (Accessed on 07/22/2021).