

# 日常生活における身体拡張インタフェース

理学専攻 情報科学コース 氏間 可織 (指導教員：椎尾 一郎)

## 1 はじめに

これまで身体を拡張する研究は多くされてきている。視覚・嗅覚・味覚などの知覚を拡張するものや、本来の人間の動作をアシストするものなどが代表的である[1],[2],[3]。その中でも、本修士研究では、日常生活で手軽に利用できる人体拡張インタフェースを2つ試作してきた。「U-Remo[4]」はプロジェクタを用いて人体にジェスチャの手がかりを投影することで、ジェスチャによる家電操作を容易に実現するシステムである。「義尾」は人類の退化した機能である尻尾を取り戻し、新たな感情表現を手に入れるシステムである。本要旨では、この中から「義尾」について紹介する。

## 2 義尾

人類は、これまでに多くの進化を繰り返してきた。しかし、その一方で、多くの機能も失ってきている。本研究では、その失った機能を取り戻すための試みとして尻尾に着目した。動物の尻尾は、現代人にもある臀部の筋肉により動いている。また動物の尻尾には、その動物自身の感情を表す機能があるとされている。そこで我々は、自己表現や感情表現を行う本質的な欲求を達成するために保持していたものの、人類に至る進化の過程で失ってしまった器官を取り戻すことを目的に、好きなときに自在に動かすことができるウェアラブルな尻尾型 I/O デバイス：『義尾』を提案する。動物の尻尾と同様に人が直感的に尻尾を動かすことを可能にするために、本研究では、臀部の筋肉から筋電位変化を取得し、尻尾を動かすことにした。本研究と同様に、筋電位情報を用いた研究は数多くされており、特に手の筋電位情報を用いて義手などの動作支援をする研究は非常に多い[5],[6]。さらに、人工尻尾に関する商品や作品もいくつか発表されている。shippo<sup>1</sup>は、脳波を測定する帽子と連動して動作する尻尾型デバイスである。シリフリン<sup>2</sup>は、ユーザの腰の動きに応じて動作する尻尾型デバイスである。本研究の義尾は、エンタテイメントとしての使用に加え、新たな感情表現の実現を目的としている。そこで、本研究では、実際の尻尾と同様の機構で動かすことが可能であり、小型かつ軽量の義尾を提案し、プロトタイプを実装した。

## 3 筋電の検出

本システムでは、筋電位を取得するセンサとして、東京デバイセズ社の IWS940<sup>3</sup>を用いた。IWS940 は、皮膚表面の2ヶ所(+電極、-電極)の電位差を測定し、取得した微弱な入力信号を増幅しデジタル化する。結果は USB 経由でシリアル転送される。また、商用電源周波数のノイズに対し逆位相の電圧を体にかけてノイズを相殺する N 電極を体に取り付ける。本センサを Arduino Pro mini に接続し、AD 変換値(分解能



図 1: 義尾外観図

10bit, サンプリングレート 1638.4Hz) を取得した。

本システムは、筋電位を取得し、変化に応じて尻尾部分を動かすことを目的としている。義尾の実装にあたって、筋肉に力を入れ、筋肉が弛緩しているか、収縮しているかをリアルタイムで判定する必要がある。そこで予備実験として筆者自身の腕の電位を測定した。図2の上の2つのグラフはその実験で、腕の筋肉を弛緩(左上)、収縮(右上)した場合に記録したデータのグラフである。筋肉が収縮したときの右上のグラフの波形には筋電位パルスによると見られる振幅の変化が観測されたが、両グラフから、商用電源の50Hzノイズが多く含まれていることが分かった。そこで、50Hzノイズを大きく除去できると期待できる FIR ハイパスフィルタを Arduino に実装し、ノイズ除去を行った。このフィルタの遮断周波数は約 180Hz (-3dB)、遮断特性は約 -20dB/oct である。図2の下の2つのグラフは図2の上の IWS940 から取得した AD 変換値にこのフィルタを適用した後のグラフである。商用電源の50Hzノイズの影響が少なくなったことが確認された。さらに、弛緩・収縮の計測を繰り返し試行した結果、6ms程度の測定区間(10個のデータ)にパルス状信号の最大値と最小値が含まれることを確認した。そこで本論文では、AD 変換し、前述のデジタルフィルタをかけたデータの過去10個の最大値・最小値の差(peak-to-peak)を、ユーザが指定する閾値と比較し、弛緩・収縮の弁別を行うこととした。この閾値は、後述のように、ダイヤルによりユーザが容易に変更できる。

また、3電極を臀部のあらゆる部位に貼り付け計測を行ったところ、図3のシステム構成図にて電極を貼り付けている臀部の部位で計測した結果、弛緩・収縮時の peak-to-peak 値の差が非常に大きかった。そこで本システムでは、弛緩・収縮時の値に変化がある図3の臀部左右の部位にて閾値と比較することにした。

## 4 システム概要

前章の予備実験の結果をふまえ、義尾を制作した(図1)。システム構成図を図3に示す。ここで可変抵抗器は、弛緩・収縮を弁別する閾値をユーザが調整するダイヤルに接続されている。可変抵抗器により分圧された電圧が Arduino の AD 変換機に入力されており、プログラムはこの値を読み、閾値を調整する。筋電位センサ IWS940 から Arduino へは、0.6ms ごとにデータが

<sup>1</sup>shippo: [http://neurowear.com/projects\\_detail/shippo.html](http://neurowear.com/projects_detail/shippo.html)

<sup>2</sup>シリフリン: <http://www.mot-art-museum.jp/exhibition/cyberarts/ja/artist.html>

<sup>3</sup>東京デバイセズ: <http://www.hitachi.co.jp/csr/sc/report/archives/0309.html>

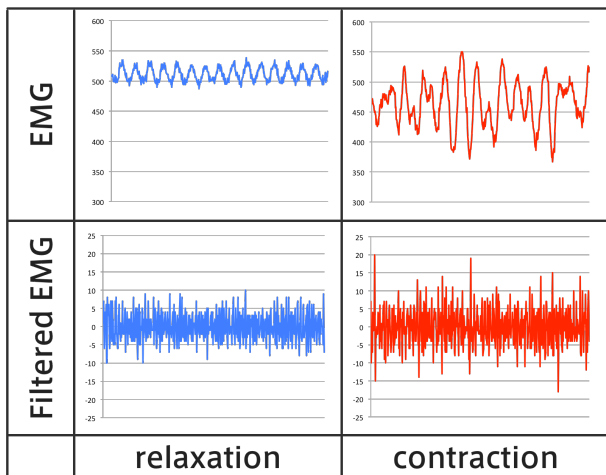


図 2: フィルタ処理前後における腕筋肉の弛緩と収縮の電位

x 軸方向: 時間 (312.6ms のデータを示す)

y 軸方向: AD 変換値 (0~1024)

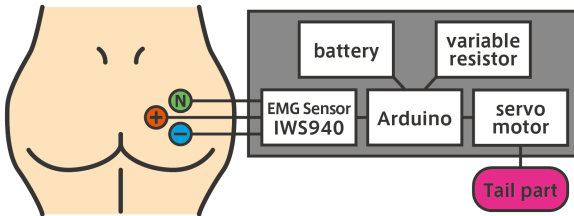


図 3: システム構成図

シリアル転送される。Arduino では、データが転送されるたびに、(1) データを取得し、(2) FIR ハイパスフィルタをかけ、(3) 最新データを含む過去 10 個のデータの最大値と最小値の差 (peak-to-peak) を計算し、(4) これをダイヤルで設定された閾値と比較し、(5) 閾値を超えていたら尻尾部分のサーボモータを動かす、という手順を繰り返す。閾値を越えるとサーボモータは 90 度回転し、次に逆方向に 90 度回転する。この往復は約 2.5 秒で終了する。

## 5 動作実験

義尾の性能を評価する基礎的な評価実験を筆者自身の臀部の筋肉によって行った。尻尾の動きを意図したタイミングで臀部の筋肉に力を入れ、尻尾部分が動くまでの時間を臀部の左側、右側で計測した。電極を貼り付けた後、数回その部位で弛緩・収縮を繰り返し、閾値の設定を行った。義尾を装着し、直立して静止した状態で、臀部の部位を動かす意識をもって筋肉を動かした。臀部の左または右に電極を貼り付け、各 10 回ずつ測定した。臀部左右に取り付けて実験を行った各 10 回全てにおいて尻尾部分は動作した。しかし計測結果から、動作するまでの時間は左右によってばらつきがあった。他の回次では全て 0 秒であったが、臀部左側の 2 回目が 0.8 秒、4 回目 0.7 秒、5 回目 1.2 秒、7 回目 1.6 秒、また臀部右側の 9 回目が 0.8 秒と、動作するまでに時間がかかっている。また、臀部右側より

も左側で動作開始までの遅延が大きい傾向がある。これは、利き足 (実験者は右利き) の影響ではないかと思われる。今後被験者を募り、さらなる実験を行いたいと考えている。この実験を通して、被験者は日常生活の中で、臀部に意識的に力を入れることは少ないため、練習が必要かもしれないと報告している。このことから、普段意識して動かさない部位を、義尾を用いて動かしていくことにより、退化した機能を取り戻し身体拡張すると同時に、意識的に動かせる筋肉が増える効果があると考えている。

## 6 今後の予定

現在の尻尾の動きは、単純な往復運動である。今後、尻尾の動きにより「喜び、嬉しさ、悲しさ、警戒」を表現できるように機能拡張したいと考えている。ここで選択した感情表現は、20 代から 40 代の男女 30 名に尻尾に関するアンケート調査を行い、典型的な動物の尻尾の動きのイラストから連想する感情について回答を得た結果である。本アンケート調査の結果をもとに、「喜び」の表現は、上向きに尻尾を向け左右に振る、「嬉しさ」の表現は、下向きに尻尾を向け左右に振る、「悲しさ」の表現は、下向きに尻尾を下げる、「警戒」の表現は、上向きに尻尾を上げるという実装を行う予定である。この実装では、ユーザが上述した 4 つの動作から一つを押しボタンスイッチで選択し、臀部の筋肉を収縮させることで動作を起動させる方式を考えている。この機能により、例えば、友人と遊んでいる／プレゼントを貰ったなど、喜びや嬉しさという感情を伴うときや、嫌なことがあった／見知らぬものに出くわしたなど、悲しさや警戒という感情が伴ったときに使用することが可能になる。特に、感情を助長したい際や、感情をそのまま口に出すことを躊躇われる際の感情表現に有効であろう。

## 7 まとめ

我々は、人類が失った機能を取り戻し、好きなときに自在に動かすことができるウェアラブルな尻尾型 I/O デバイスを目指し、『義尾』を実装した。義尾は、本来の尻尾と同様に臀部の筋肉を利用し、その筋電位変化を用いて尻尾部分を動かすことを可能にした。今後は、多彩な尻尾の動きを実装し、筋電の検出／データ処理手法を改良し、ユーザ評価を行う予定である。

## 参考文献

- [1] Keita Higuchi et al.: Flying Eyes: Free-Space Content Creation Using Autonomous Aerial Vehicles, CHI EA '11, 2011, 561-570.
- [2] Nimesha Ranasinghe et al.: Digital taste and smell communication, BodyNets '11, 2011, 78-84.
- [3] Hiroaki Kawamoto et al.: Voluntary Motion Support Control of Robot Suit HAL Triggered by Bioelectrical Signal for Hemiplegia, EMBC '10, 2010, 462-466.
- [4] Kaori Ujima et al.: U-Remo: projection-assisted gesture control for home electronics, CHI EA '14, 2014, 1609-1614.
- [5] Takanori Uoi et al.: The method of new upper limb prosthesis control support using the relation-learning between operations of both arms, ISME '06, 2006.
- [6] Yasutoshi Makino et al.: EMG sensor integration based on Two Dimensional Communication, INSS '08, 2008, 140-147.