

# RESTAIL : 人の身体能力と感情表現を拡張する尻尾型デバイス

三橋 研人<sup>†1,A)</sup> 郭 琳<sup>†1</sup> 櫻井 豊<sup>†1</sup>  
下野 純治<sup>†1</sup> 鈴木 玄貴<sup>†1</sup> 樋本 喬<sup>†1</sup> 鳥居 拓馬<sup>†1,B)</sup> 謝 浩然<sup>†1,C)</sup>

**概要** : 近年, 人の身体能力や感情表現を拡張し, 人の能力を向上させる人間拡張デバイスの研究が盛んであり, 表現拡張デバイスとして, 動物の尻尾から着想を得た尻尾型デバイスが研究されている. しかし, これらの尻尾型デバイスは身体拡張機能を備えておらず, 尻尾の動作と感情表現の繋がりが不透明であった. そこで, 著者らは身体能力と感情表現の双方の拡張を行う人間拡張デバイス「RESTAIL」を提案する. 身体拡張としては尻尾型デバイスを椅子のように扱う. 表現拡張としては装着者の心拍から読み取った感情に適した動作を行う. 本稿では, 身体と感情の拡張を実現する人間拡張デバイス RESTAIL の開発を行い, 試作したデバイスを用いて尻尾動作から受ける印象について感性評価実験を行い, 尻尾による感情表現の可能性を示す.

## 1. はじめに

近年, 人間の身体能力および感情表現を拡張するための人間拡張デバイスの研究が広く行われている. 身体の拡張によって人は, 新しい感覚や能力を得て作業効率や生活の質を向上させることができる[1-4]. 感情の拡張によって, 他者の感情理解が容易となり, より円滑なコミュニケーションを図れるようになる[5-8]. さらに, 自己の感情を客観的に理解することができ, 感情をコントロールすることができるようになる[9].

こういった人間拡張デバイスは人間には存在しない動物の機能を参考にしたものが数多く存在する[1]. 本研究では動物の尻尾を模倣した人間拡張デバイスの研究を行う. 動物の尻尾を人が有することはアニメーションや漫画のキャラクターデザインとして広く一般的であり, コスプレのような文化表現の場に取り入れられている.

自然界においては, 動物の尻尾は, 単なる装飾品ではなく, 動物種により異なる様々な機能をもつと考えられる. 例えば, カンガルーは尻尾で姿勢制御を行い, 犬や猫といった動物は感情表現を行い, チーターは走行時の姿勢制御と感情表現の両方を行うと考えられる. 動物の尻尾が有するこうした機能的な側面に着想を得て, 本研究では尻尾型デバイスを用いて人間の身体機能および感情表現力の双方を拡張することができる「RESTAIL」を提案する (図 1).

動物の尻尾を模倣したウェアラブルデバイスの研究は既に行われている. 石渡らの Shippo は装着者の脳波を読み取り脳波に基づき尻尾を可動させた[5]. また, Tailly は装着者の心拍数に基づき尻尾を可動させた[6]. 氏間らの義尾は装着者の筋電位信号を利用して尻尾の動きで感情表現を行う[7]. 佐藤らの装着型猫のしっぽデバイスは猫の尻尾のように細くしなやかな動きを実現する[8]. しかし, これら従来の尻尾型デバイスは, 開発者が様々な工夫をこなし生

理指標と尻尾動作の連動を実装しているものの, 実現された尻尾の動きが装着者の感情を適切に伝えることができるのかは十分に検証されてこなかった. さらに, これらのデバイスは感情表現の拡張やファッション性を重視したものが多く, 装着者の身体能力の拡張は行われてこなかった. そこで, 本研究では装着者の感情を正確に表現するため, 尻尾型デバイスの動作がその動作を見た人に与える印象について感性評価の手法で調査し, 尻尾の様々な動作によってどういった感情表現が行えるかを検討する. そして, その実験結果を基に, 装着者の感情に適した表現を可能にする試作機を作製する. また, 試作機にウェアラブル型携帯椅子[2-4]から着想を得た椅子機能を追加することによって, 身体拡張と表現拡張の双方の人間拡張を可能にする.



図 1 RESTAIL の外観図

本稿では, RESTAIL のプロトタイプを提案する. 2 章では試作した RESTAIL の概要について述べる. 3 章では試作品を用いて尻尾の動作の印象について調査する. 4 章では今後の展望について述べる. 5 章でまとめを記す.

†1 北陸先端科学技術大学院大学  
A) s1810177@jaist.ac.jp  
B) tak.torii@jaist.ac.jp  
C) xie@jaist.ac.jp

## 2. 提案デバイス RESTAIL の概要

RESTAIL の試作品のシステム構成を図 2 に示す。

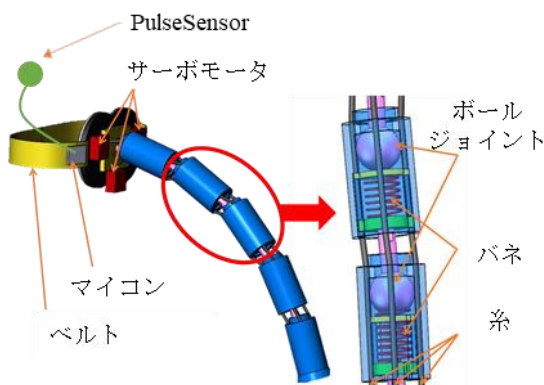


図 2 RESTAIL 構成図

RESTAIL は座面部、筒状部、ボールジョイント、バネ、糸、サーボモータ (近藤科学社製, KRS-4034HVICS) 3 個、バッテリー、マイコン (Arduino UNO R3)、PulseSensor (SwitchScience 社製)、ベルトとそれらを覆うカバーからなる。座面部、筒状部およびボールジョイントは FDM 型 3D プリンタ (Ultimaker 社製, Ultimaker3 Extended) で作製した。本デバイスは椅子として使用する身体拡張モードと装着者の感情を表すために使用する表現拡張モードの 2 種の方法を使い分けることができる (詳細は次節以降)。また、デバイスの外観をカバーで覆うことによってキャラクターの尻尾の質感を演出できる。将来的にはカバーの色や形状を変更することで様々なキャラクターの尻尾を模倣できる。

### 2.1 身体拡張モード

身体拡張モードでは RESTAIL は椅子としての機能を果たす。図 3 左には RESTAIL を椅子として使うときの写真を示した。なお、図 3 左では機構の様子を表すため、カバーを使用していない。身体拡張モードでは、感情拡張モード時に腰部に当てている座面部を臀部に移動させ、制御ボタンを操作することで 3 つのサーボモータがそれぞれ糸を巻き取り、筒状部および座面部が連結することで 1 本の柱状の椅子に変形し、装着者が座ることができる。

椅子として人間が座れるためには、RESTAIL は椅子に変形したときに人間の体重に耐える強度をもつ必要がある。RESTAIL の椅子としての強度を調べるため、身体拡張モード時の強度シミュレーションを行った結果を図 3 右に示す。

本試作品の強度は人間の身体の統計データに合わせ、120kg の荷重をかけても耐えられるよう 3 次元設計解析ソフト SOLIDWORKS で設計および解析を行った。強度シミュレーションの結果、最大たわみ量は座面部両端に発生し約 1.25mm となり、最大で 120kg の人が座っても破損は生じないことが示された。

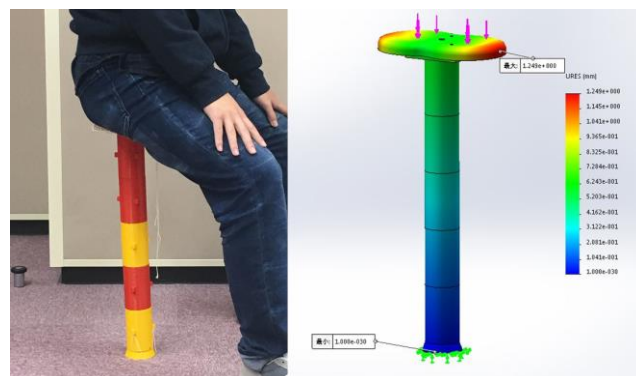


図 3 身体拡張モードおよび強度シミュレーション

### 2.2 表現拡張モード

感情表現モードでは装着者の感情を生理指標から読みとり、尻尾の動作として表す。RESTAIL の表現拡張モード時の PulseSensor を用いた感情推定手法とモータを用いた感情表現について記述する。

感情の研究において多様な感情概念モデルが多く研究者によって主張されている。本試作品では、感情を定量的に扱ううえでウェアラブルデバイスの分野で標準的に使われる Russell の円環モデル [10][11] を用いた。円環モデルでは喜怒哀楽等の様々な感情を「快 - 不快」および「高活動 - 低活動」という 2 次元上の点で表す。Russell の円環モデルについては、多くの研究者によって追研究が行われ、その妥当性が検証されている。池田ら [9] は、脳波と心拍を Russell 円環モデルの Y 軸と X 軸に対応させる感情推定の研究を行っている [9][12][13]。本研究の試作品では、ウェアラブルデバイスとして計測の容易な PulseSensor を用い、RESTAIL 装着者の心拍と Russell の円環モデルを対応させ、簡易的な感情推定を目指す。

心拍を用いて感情推定を行う研究は数多く存在する。たとえば、坂松ら [14] は、動物生理学において、情動的行動は血管・消化器・汗腺などの活動を制御する交感神経系に影響することから、心拍の変化を観察することは感情推定に有益であるとしている。また、特定の感情下における心拍変動 (HRV: Heart Rate Variability) の調査も行われている [15]。HRV の解析領域には、時間領域・周波数領域・位相領域とあり、高速フーリエ変換 (FFT) による周波数解析が主流である。しかし、それらを計測する場合、身体の動き等に起因する雑音を無視できず、正確な測定が難しい。そこで周波数領域に代わり、時間領域による解析を採用し、比較的雑音に影響されにくい pNN50 を算出して感情評価の指標とすることが提案されている [16]。そこで本研究では、PulseSensor で計測した心拍から pNN 50 を算出し、その算出値を「快 - 不快」次元上のパラメータとして扱い、尻尾の制御を行うことで感情表現を行う。本試作品では「高活動 - 低活動」の次元は考慮しないが、将来的には別の生

理指標と組み合わせて「高活動 - 低活動」の次元をも考慮することで、より多様な感情表現の実現を目指す。

本試作品の現時点では PulseSensor を指に取り付け、心拍を計測することで pNN50 を算出することとした。

pNN50 算出の際に、Threshold は心拍のタイミングを図るための閾値であり、この値を上回った時間を 1 拍とした。IBI(Interbeat Interval)は隣り合った心拍間隔の差の絶対値である。NN50<sub>count</sub> は 50ms 以下の IBI の個数である。NN<sub>fixcount</sub> は測定時まで記録した IBI の個数であり、本解析では 30 個に設定した。pNN50 を算出する式は次のようになる。

$$pNN50 = \frac{NN50_{count}}{NN_{fixcount}}$$

また、PulseSensor で計測した心拍のデータを図示すると図 4 のようになった。



図 4 心拍のデータ

現時点ではモータを用いた尻尾の動作の制御は実装できていない。そこで、今後は取得した pNN50 の値を基にモータによって装着者の感情に合わせた尻尾の動作を行えるよう実装していく。また、PulseSensor の取り付け位置を検討する。

### 3. 尻尾動作による印象の調査

#### 3.1 実験

尻尾型ウェアラブルデバイスを開発する多くの先行研究では、試作品がその動作を見た人にどのような印象を与えるのかが十分に調査されていない。本研究では、実際に試作した RESTAIL の動作がどのような感情表現を行っているとその動作を見た人が判断するかを感性評価の実験方法で調査した。本研究では、開発者が直観的に尻尾の動作と動作の伝える感情の対応関係を作り込むのではなく、尻尾の動作を見た人の印象を踏まえて尻尾の動作と動作の伝える感情の対応関係を与えるべく感性評価実験を行った。

感情評価の実験方法は、RESTAIL が動作する動画(図 5) 6 種類を各被験者に見せ、動画の尻尾の動きがどのような感情を表現しているように見えるか評価をしてもらった。アンケートの項目は Russell の円環モデルを参考に、喜び、リラックス、怒り、悲しみの 4 つの感情を選び、各感情を表しているように全く見えない場合を 1、非常にその感情を表しているように見える場合を 5 とする 5 段階評価とした。参加者は 20~50 代の男女 35 人であった。

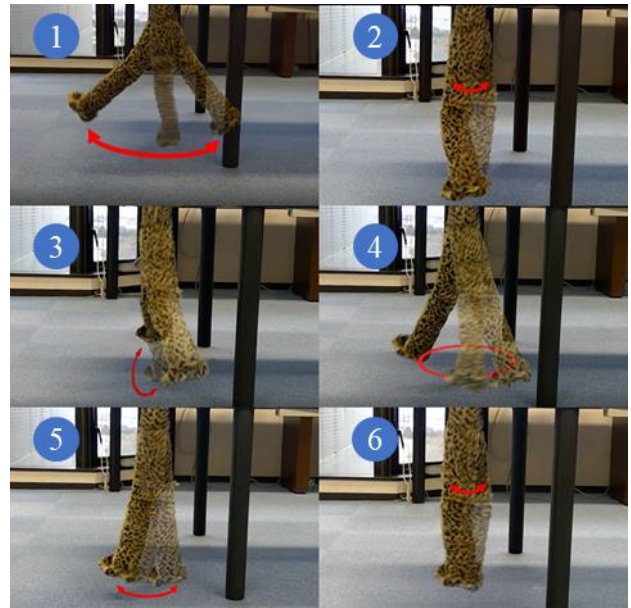


図 5 実験動画のイメージ

#### 3.2 結果考察

アンケートの結果について 5 段階評価を点数とし、各動画の各感情について平均値と標準偏差を求め、表 1 に示す。

この表から、各動画において、点数の平均値が最も高い感情を動作が表す感情と推定した。動画内の RESTAIL の動作、猫の尻尾での感情表現手法から予想した感情、アンケートで推定した感情を表 2 にまとめた。

実験の結果から、動画 3 と動画 5 の動作については予想した感情とアンケートの結果が等しくなり、リラックスと悲しみを表現することができた。動画 1, 3, 4 の尻尾が大きく動く動作では、実際の猫の尻尾での感情表現とは関係なく、人はリラックスしている状態であると感じることが分かった。また、これらの動画では喜びの点数も高くなっており、尻尾を大きく動かす動作からリラックスや喜びといった正の感情を感じ取ることが示唆された。動画 2 と動画 6 は尻尾が小刻みに動く同じような動作を表現しているにもかかわらず、結果が異なった。この原因は、この 2 つの動画はすべての感情においてばらつきが大きく、すべての項目において平均点が低いためであり、これらの動作は感情表現には適さないと考えられる。

今回の実験の動画について被験者から、装着者が映っておらず、動作の方向が判断できない、といった意見があった。また、本実験では尻尾の制御を手動で行ったため、しっぽ動作における速度を考慮することができなかった。また、今回はモータの実装を考慮し、動的な尻尾の動きについての感情推定を行った。しかし、動物は尻尾を立てる、体に巻き付けるといった静的な動作によって感情を表現することがある。そこで、今後モータの実装が実現した際に、改めてアンケート調査を行いたいと考えている。

表 1 アンケート結果

| 動画 1 |     |       |     |     |
|------|-----|-------|-----|-----|
|      | 喜び  | リラックス | 怒り  | 悲しみ |
| 平均   | 3.3 | 3.7   | 1.5 | 1.6 |
| 標準偏差 | 0.9 | 1.2   | 0.8 | 0.8 |
| 動画 2 |     |       |     |     |
|      | 喜び  | リラックス | 怒り  | 悲しみ |
| 平均   | 2.9 | 2.6   | 2.2 | 2.1 |
| 標準偏差 | 1.3 | 1.2   | 1.2 | 1.3 |
| 動画 3 |     |       |     |     |
|      | 喜び  | リラックス | 怒り  | 悲しみ |
| 平均   | 3.2 | 3.9   | 1.9 | 1.7 |
| 標準偏差 | 1.0 | 0.9   | 0.9 | 0.9 |
| 動画 4 |     |       |     |     |
|      | 喜び  | リラックス | 怒り  | 悲しみ |
| 平均   | 3.0 | 3.5   | 2.1 | 2.1 |
| 標準偏差 | 1.0 | 1.1   | 1.1 | 1.0 |
| 動画 5 |     |       |     |     |
|      | 喜び  | リラックス | 怒り  | 悲しみ |
| 平均   | 1.8 | 2.7   | 1.8 | 3.4 |
| 標準偏差 | 1.0 | 1.2   | 1.0 | 1.4 |
| 動画 6 |     |       |     |     |
|      | 喜び  | リラックス | 怒り  | 悲しみ |
| 平均   | 2.5 | 2.4   | 2.7 | 2.0 |
| 標準偏差 | 1.1 | 1.1   | 1.3 | 1.0 |

表 2 予想した感情とアンケートの比較

| 動画 | 動作         | 予想した感情 | アンケート |
|----|------------|--------|-------|
| 1  | 大きく揺れる(横)  | 喜び     | リラックス |
| 2  | 小刻みに動く     | 怒り     | 喜び    |
| 3  | 大きく揺れる(縦)  | リラックス  | リラックス |
| 4  | 大きく回す      | 怒り     | リラックス |
| 5  | 先端だけ小さく揺れる | 悲しみ    | 悲しみ   |
| 6  | 小刻みに動く     | 怒り     | 怒り    |

## 4. 今後の予定

### 4.1 尻尾による感情表現

今後は計測した装着者の感情を表現できるようにモータの制御を行い、モータでの RESTAIL の動作を実現する。その後、RESTAIL を装着した状態で静的な動作や動的な動作について、動作速度を変更した際についての感情推定の追加調査を行う。また、感情推定についても現在は心拍のデータのみによる一次元の簡易的な推定であるため、今後他の生体情報を用いることにより、Russell の円環モデルに従う二次元的な推定を行えるよう検討する。そして、喜怒哀楽すべての感情表現の実装を目指す。

### 4.2 将来の目標～RESTAIL のテーマパークでの利用

RESTAIL の将来的な利用状況にはテーマパークでの使用を想定している。こうしたテーマパークでは ① 一般的に利用者はカチューシャなどを用いてキャラクターのコスプレを行うため、本人間拡張デバイスの使用場所として適している、②感情を共有し合うことで、テーマパークをより楽しむことができる、③ テーマパークの従業員が顧客に共感することがパークの満足度につながる、④アトラクションやパレードでの待ち時間が長く、列に並んでいる間は座ることが困難であるため疲労が生じる、⑤ 休憩スペースやベンチが少なく、それらは混雑するため休憩をとりにくい、等の特徴をもつ。そこで、本人間拡張デバイス「RESTAIL」をこうした特徴をもつテーマパークで使用することによって、利用者に新しいコミュニケーション手段を提供し、同時に、待ち時間の休憩手段を提供することで、テーマパーク内での満足度の向上とテーマパークのイメージアップにも貢献できると考えられる。

## 5. まとめ

本稿では身体能力と感情表現の両方の拡張を行う尻尾型デバイス RESTAIL の開発を行った。そして、尻尾型デバイスの動作が感情表現として人に与える印象についてアンケート調査を実施し、尻尾型デバイスを動作させた際に受ける印象を解明した。

今後は計測した装着者の感情を表現できるようにモータの制御を行い、喜怒哀楽を尻尾で表現できるように表現方法について検討を行っていく。そして、製品化に向け、材質や形状、動作のさらなる検討も行う。

## 参考文献

- [1] Sight, <http://thesight.jp/#contact>.
- [2] Archelis, <https://www.archelis.com/>.
- [3] noonee, <https://www.noonee.com/>.
- [4] LEX: Bionic Chair that Enhance Posture, Comfort & Life, <https://goo.gl/dCDdju>.
- [5] Sippo, <http://urx.blue/Q3Yj>.
- [6] Taily, <http://urx.blue/Q3YC>.

- [7] 氏間香織, 門村亜寿沙, 椎尾一郎, 義尾: 退化した機能を取り戻すための身体拡張. 情報処理学会 インタラクシオン 2015.
- [8] 佐藤大貴, 三武裕則, 長谷川晶一, メッシュチューブとワイヤ駆動を用いた S 字を描ける装着型猫の尻尾デバイス. エンタテイメントコンピューティングシンポジウム 2015.
- [9] 池田悠平, 岡田佳子, 染谷祐里子, 高橋裕也, 田中智史, 吉田怜司, 菅谷みどり, 生体情報を用いた感情の可視化による気づきの支援. 情報処理学会 インタラクシオン 2017.
- [10] James A. Russell, A Circumplex Model of affect, *Journal of Personality and Social Psychology*, 1980, Vol.39, No.6, 1161-1178.
- [11] James A. Russell, Lisa Feldman Barrett, Core Affect, Prototypical Emotional Episodes, and Other Things Called Emotion: Dissecting the Elephant, *Journal of Personality and Social Psychology*, 1999, Vol. 76, No. 5, 805-819.
- [12] 池田悠平, 岡田佳子, 堀江亮太, 菅谷みどり, ”表情と生体情報を用いた感情の推測方法の検討” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2016) シンポジウム, 平成 28 年 7 月.
- [13] 吉田怜司, 伊藤 哲平, 染谷 祐理子, 田中智史, 池田 悠平, 菅谷 みどり, Emotion Visualizer: 生体情報を用いた感情推定と可視化と応用, 情報処理学会 インタラクシオン 2018.
- [14] 坂本春香, 鎌田恵介, 佐藤友斗, 高橋啓伸, 小倉加奈代, ベッド B. ビスタ, 高田 豊雄, 複数の生体情報を用いた感情同定手法に基づく MMD モデルを用いたセルフフィードバックインタフェースの提案, 情報処理学会 インタラクシオン 2015.
- [15] Chendi Wang, Feng Wang, An Emotional Analysis Method Based on Heart Rate Variability, *Proceedings of the IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI 2012)* Hong Kong and Shenzhen, China, 2-7 Jan 2012.
- [16] 鈴木悠太, ロペズ・ギヨーム, 高橋淳二, ウェアラブル環境における心拍変動解析における電子機器の制御方法, 第 19 回人間情報学会講演会ポスターセッション(2014.12.2).