Pygmy: 指輪型擬人化デバイス

尾 形 正 泰[†] 杉 浦 裕 太[††]
大 澤 博 隆[†] 今 井 倫 太[†]

手と指の姿勢や動きによって演出される「手の擬人性」に着目して，手の表現を拡張する擬人化デバイスを制作した．目や口といった擬人パーツを装着することで装着者の手が自発的にキャラクターの役割を演じる．また擬人化デバイスを指に付け替えながら，コントローラやセンシングデバイスによるインタラクティブな操作を加えることで，より生き生きとした演出が可能になる．ユーザスタディにおいて被験者がデバイスを用いて作成した表情や動物が，協調作業やデバイスの組み替えを行うことで多様な表現とインタラクションを提供することが観察された．

Pygmy: Anthropomorphic Ring Device

Masayasu Ogata,[†] Yuta Sugiura,[††] Hirotaka Osawa[†]
and Michita Imai[†]

To focus on “Anthropomorphism of Hand” that directed by posture or movement of hand and finger, we designed anthropomorphic ring device that enhances hand expression. User’s hand expresses the role of character by putting on anthropomorphic modules as eye and mouth. Furthermore reconfiguring device on finger and adding interactive operation such as controller and sensing device achieved more animated direction. In user study, it was observed that face expressions and animals user made provided various expression and interaction in collaboration and reconfiguration of device.

1. はじめに

手は運動，仕事，娯楽などあらゆる場面で無意識のうちに使われている．手があることではじめて物をつかんだり，他人に指差しで何かを説明することができる．人間は長い進化の中で手を感情表現の道具として使っており，ジェスチャーや仕草の行為に占める役割は大きい．[1] 例えば人間は指示や注意の際に指で方向を指すこともあり，拒否や同意，怒りや喜びの感情も手を使って表現できる．握手や合図といった，社会的な振る舞いを行うためにも積極的に使われている．

手が生物的に持ち合わせているいくつかの特徴の中でも，特に人間の認知に作用する特徴が存在する．人間は無意識のうちに物を擬人化して見る傾向があるが，同様に手の姿勢や動きに対しても擬人性を見いだすことができる．例えば，指を机に突き刺して歩くような動作をしたり，人差し指と小指を立てて狐のような動物に似せたりすることができるなどの行為である．すでに手にはパペットのようなぬいぐるみや，影絵のように指を動かすことで動物を表現する文化がある．他の身体部位にはない擬人的な振る舞いを可能にしているのは，手や指が多様な形状を表現することができる柔軟性と，人間が直接的に操ることができる即応性をがあるためである．これらの手と指の姿勢や動きに

図 1 Pygmy を装着した手
Fig. 1 Hand wearing Pygmy

† 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University
†† 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Graduate School of Media Design, Keio University

よって生み出される擬人性を「手の擬人性」と定義する．手にインタラクティブな擬人パーツを付加することで，手による表現を拡張できると考えている．

本研究では，指に装着して「手の擬人性」を拡張することができる指輪型の擬人化デバイス Pygmy を提案する．Pygmy は目や口といった擬人的・擬生物的な特徴を持った擬人パーツで構成され，指に自由にデバイスを組み合わせることで表情やキャラクターを生成することができる．(図 1)

例えば子供向けのパペットや指人形といったコミュニケーションや遊びにおいて用いられるデバイスは，手で動かすことで形状を変えたり，手でつかんで動きをつけるなど，手を間接的に遊びに用いている．影絵や手話の表現方法のように手を能動的に表現の主体として用いれば，自らの身体で直接パフォーマンスを行うことができる．擬人化デバイスを装着することで装着者の手が自発的にキャラクターの役割を演じ，状況に応じて擬人パーツの構成を変えながら，指を動かすことによる表現を行うことが可能である．ユーザスタディによって，擬人化デバイスによって拡張した手の表現が，人間の知覚やインタラクションに与えた影響について明らかにする．

2. 関 連 研 究

本研究は Wearable robot と「手の擬人性」，環境に擬人性を付加する試みの３つの点について関連がある．

Wearable robot の中でもロボットスーツのように人間の身体能力を拡張するデバイスではなく，身体に装着してインタラクションを行うことができる種類に着目することができる．Kostov らの研究 [2] では首に掛けるアクセサリタイプの通知エージェントを開発し，テレプレセンスロボットを身体に装着した研究 [4], [5] では肩に装着するデザインを採用している．また，ぬいぐるみ型ロボットを腕に装着する米澤ら [3] の研究では，腕を通して装着者にアクチュエーションを与えることができる．これらの研究ではロボットを身体に付加することでロボットインタラクションの物理的な距離を縮めているが，本研究では人間の身体が持つ柔軟性や表現力を用いるという点で新しい視点を提供する．

「手の擬人性」は，ロボットや CG キャラクターに対する直感的な操作方法やエンタテインメントとして注目されている．Whaget [6] ではテーブルトップコンピュータ上での指による二足歩行のジェスチャーを検出して，画面上で２本の足が歩いているように表示して擬人性を入力に用いている．手の動きをタッチパネルから入力してロボットを操作する杉浦らの Walky [7] では，指を人の足に見立ててロボットにサッカーのシュートや回転等を教示している．どちらも擬人性のメタファーを入力として用いている点を言及でき，本研究での指自体の動きを表現として用いる点で異なる．

最後に，大澤らの研究 [8] では家電などの人工物に擬人的なロボットパーツを装着することで擬人化している．また，日常の風景に２つの目を模したデバイスを貼付けることで擬人化するニコダマ [9] がエンターテインメントとして商品化されている．どちらも擬人化という点で共通するが，本研究では身体の表現を拡張するためにデバイスを手に装着している．

3. 設　　計

手が果たす役割は道具を使ったり，指示などのジェスチャーを行う等，多岐にわたっている．手に装着する装置を設計する際，指の姿勢を変化させることで表現することができる「手の擬人性」を最大限保持できることを念頭に入れた．その上で，指輪型デバイスについて以下の点について要件を列挙し，その実現方法について説明する．

装着の簡便さ　手に装着するデバイスではグローブ型などの着脱に手間がかかるものがあるが，着脱の簡便さは使用時の心地よさや複数のデバイスを用いる際の組み替えやすさに直結する．また，デバイスを装着していても手の自由度を確保することも必要だと考え，指輪型に設計した．

組み替えやすさ　「手の擬人性」を引き出すためには，指の姿勢に応じて自由に擬人パーツの配置を変更できることが好ましい．指に装着するのに適当なサイズと個々に独立したデバイスとして設計することで達成する．

デバイスの拡張性　使用する擬人パーツは状況やユーザの好みによって動的に追加されることが考えられる．Bluetooth による無線通信を行うことで，電源を入れるだけで擬人パーツの種類や数量を拡張することができる．

人の手との親和性　デバイスを装着して動かすと，頻繁に指にぶつかるおそれがある．角がなく，指の上下運動に干渉しないように指輪の上下にパーツを結合する設計を行う．また一つ一つのデバイスが小さくなくては装着して自由に動かすことができない．サイズの制約を解決するため，マイコン基板を独自に設計することで実現する．

ロバスト性と安全性　身体に装着するデバイスのため，電極が触れたり外部に飛び出すことのないように配慮

する．マイコン基板とバッテリはプラスチック筐体に固定し，モータ部分とはビニル導線で接続することで対処する．

擬人性　人間の表情を最低限構成できる部品として目と口を擬人パーツとして選択した．リアルな眼球と唇のデザインも検討したが，本物に近いと気持ち悪い印象を与えるため，擬人パーツの表情は形を簡素化したり色を均一にする等の配慮を施した．

4. Pygmy

4.1 システム構成

PC 上のサーバプログラムを介して，擬人化デバイスに対して出力を行う．出力側には目と口の擬人パーツが存在し，入力側には指輪型の加速度センサとボタン付きコントローラ，コントローラに内蔵されたコンデンサマイクが存在する．入力はすべて PC に送信され，PC 上で入力値を出力側に変換・送信している．

4.2 擬人化デバイス

擬人化デバイスはポリカーボネート製の指輪に擬人パーツとマイコン基板，バッテリを組み合わせたデバイスである．(図 2) 擬人化デバイスは各々がワイヤレスで Bluetooth 通信によって操作できる．装着性のため，指輪の部分と擬人パーツなどは分離できるように設計した．指は個人差や指の種類によって指輪を填めるのに適したサイズが異なるため，適切なサイズの指輪を組み合わせる必要がある．指輪は直径 14mm〜20mm までのサイズを 1mm ごとに用意した．

擬人パーツは目と口を用意した．目の瞼は薄い橙色に，目は黒と白の 2 色で塗装した．口も同様に皮膚の部分を薄い橙色に，口内を赤色で塗装した．マイコン基板にはモータドライバを搭載しているため，擬人パーツに組み込まれている電磁石モータを PWM で制御できる．これにより，擬人パーツとして搭載している目と口の開閉の具合や速度を調節することができる．

4.3 Pygmy とのインタラクション

4.3.1 指輪型センサ

指輪型のプラスチック筐体に加速度センサを搭載し，センサで取得した信号の強度を取得する．取得したセンサデータを PC で動作するサーバプログラムを仲介して，目のパーツの瞼の開きに反映することができる．また，コントローラに搭載されたコンデンサマイクの音量レベルも同様に PC を介して口のパーツの顎の開きに反映させることができる．このように，擬人化デバイスの装着者もしくは他の人が加速度センサを装着して指を動かしたり，マイクにしゃべりかけることで，擬人パーツを操作することが可能である．

4.3.2 コントローラ

直感的な操作のためにボタンを目と口を模した位置に配置し，ボタンの押されている状態を XBee 通信モジュールによってサーバプログラムに送信することができるコントローラを制作した．(図 3) ボタンを押して離すことで直接擬人パーツを操作することができる．

コントローラには目と口を動かすボタン以外に，上部に 3 種類のランプとボタンを配置した．左から順に記録，再生，入力切替である．入力切替によってコントローラのボタン入力と，加速度センサおよびコンデンサマイクによる入力を切り替えることができる．記録と再生はその一連の操作を記憶して，最大 1 分間の動きを記録することができる．

5. ユーザスタディ

擬人化デバイスを評価するため，被験者に対して指輪を装着して操作するシナリオを用意し，ユーザスタディを行った．擬人化デバイスの装着性の確認と，装着者と周囲の人たちが自発的に行うインタラクションについて観察を行う．

5.1 被　験　者

慶應義塾大学でコンピュータ科学を専攻する学部 4 年と修士 1 年の学生を対象に行った．被験者は 2 人 1 組のペアで行い，5 組 10 名対して調査した．ペアは同じ研究室に所属する条件で選出した．

5.2 手　　順

2 人のうち 1 人が擬人化デバイスを装着し，もう 1 人

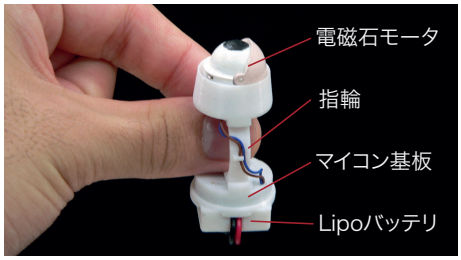

図 2　擬人化デバイスの構成
Fig. 2　Device detail

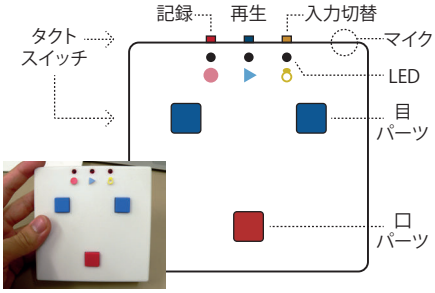

図 3　コントローラの構成と機能
Fig. 3　Controller detail and function

が擬人化デバイスを操作するコントローラや入力デバイスを装着・使用した．交代して同様の操作を行った．

操作は以下の一連の項目を指示した．

(1) リモコンで自由に操作する
(2) 他の人がリモコンで操作する
(3) 他の人の手の動きと音声で操作する
(4) デバイスの動きを記録して再生する
(5) 動物や人の動きを表現する
(6) 指輪の動きに合わせて言葉をつける
(7) 自由に遊ぶ

5.3 調査方法

手順を行い，擬人化デバイスを用いた体験とデバイスの性能について観察とインタビューを行い，さらに被験者にアンケートを実施した．アンケートの回答はすべて Likert scale 法に基づき 7 段階の評価で行った．詳しい質問項目は 6 章の結果と共に示す．

6. 結　　果

6.1 ユーザビリティ

表 1 に擬人化デバイスに関する質問を掲載した．質問内容の他に，評価値の平均と標準偏差（「SD」と表記）と好意的反応（「%」と表記，評価の中央値より好意的な評価を選んだ被験者の割合）を算出した．

表 1 のうち，1〜3 番について擬人化デバイスおよびコントローラのユーザビリティについて評価が示された．評価の平均値および好意的反応から，物理的な設計やデバイス間の通信，コントローラとの連携についてユーザの使用に満足な機能を提供できたと考えられる．また，記述による質問「操作はどのような点が難しいと感じましたか？」に対しては，回答がないか問題がないと言う回答が 2 件／サーバプログラムと擬人化デバイスの通信上のセットアップに時間がかかる点が 2 件／コントローラの操作に対する擬人パーツの遅延が 2 件／加速度センサの上下運動に擬人パーツの目の動きが対応していない点が 1 件／擬人化デバイスの（手の甲や手のひら，手の上下に対する）装着方向に苦慮した点が 1 件報告された．

表 1 ユーザスタディに関する質問と評価
Table 1 Question and evaluation in experiment

質問内容	平均	SD	%
1. 簡単に操作できた	6.3	0.78	100
2. 簡単に動作を生成できた	5.6	0.92	90
3. 簡単にリモコンを扱えた	6.4	0.66	100
4. 指輪が動いて嬉しい・楽しかった	6.1	0.94	100
5. 簡単にキャラクターを表現できた	4.3	1.79	70
6. 自分の手が別の生物のように感じた	5.7	1.00	90
7. 指の姿勢を変えて遊び方を工夫できた	6.0	1.48	90
8. 指輪がしゃべったとき楽しいと思った	6.1	1.37	80

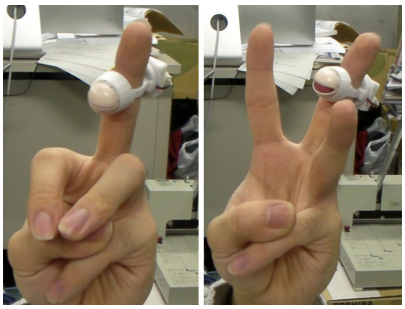

図 4 人の顔と腕の表現
Fig. 4 Expression of human face and arms

図 5 被験者によるコラボレーションと表情の変化
Fig. 5 Collaboration and changing expression by subjects

6.2 ユーザによるキャラクターの生成

観察した結果，ユーザによっては擬人パーツの構成を自由に変えて，人や動物の形に合わせてパーツを指に配置していた．ユーザスタディで観察できたものについて被験者に聞き取り調査をして（図 6）に示すように多くの種類が確認された．また，口のパーツのみを人差し指に装着し，他の指で腕を表現した人の形が確認された．(図 4)

6.3 ユーザによる表情の作成

観察した結果，ユーザ自身で表情をつけて楽しんでおり，手の甲や手のひらの側に擬人パーツを装着することで，異なる感情を表現する表情を作り替えていた．例えば，手全体を丸めたり縮めたりすることで俯く様子を表現したり，目のパーツを装着した指を回すことで瞼の角度を変えて，怒った表情や困った表情を演出していた．(図 5)

6.4 コラボレーション

キャラクターの生成や表情の作成において，2 人の被験者が協調して 1 つの表情を作ったり，装着した姿を見せ合って相手に意見を求めるなどの行為が観察された．(図 5) また，コントローラによって他人の擬人パーツを操作する際に，デバイスを装着した相手の指の動きにタイミングを合わせて擬人パーツの操作を行っていた．セリフを付けることで他人の擬人パーツ

図 6　ユーザスタディで確認された表現の一例（上段左から人の顔，狐，ゾウ，キリンの頭，ペリカン，カニ，蝶，タコ）
Fig. 6　Observed expression in user study (from upper left, human face, fox, elephant, head of giraffe, pelican, crab, butterfly, octopus)

を操作するときに相手に語りかける行為が観察された．

6.5　擬人化デバイスを用いた体験

表 1 のうち，4 番について擬人化デバイスを装着して 2 人 1 組による遊びやコミュニケーション，コントローラやセンシングデバイスを用いたインタラクションについて，すべての被験者から好意的な評価が得られた．また，記述による質問「指輪（擬人化デバイス）はどのような点が楽しい・つまらないと感じましたか？」に対しては，擬人パーツの口の動きが単調で飽き易い，また人の発話に合わないなどリアルタイム性がないという指摘を受けた．同時に，操作の簡単さ／擬人パーツの付け替えが可能／目のパーツのまばたきの動きが物理的に感じられる／ウィンクや驚きを簡単に表現できる／2 人で遊べ，相手との接触がある／会話以外のコミュニケーションができる点が好意的に評価された．

6.6　「手の擬人性」の表現と拡張

6.2 節の質問の回答の中で「手の擬人性」について言及があったため，個別に結果をまとめる．手遊びの経験がないため擬人性を出すことは難しい／キャラクターの演出には発想力が必要であるという指摘を受けた．また，擬人パーツの組み合わせや，配置，手を少し変化させて様々な表情を作れる／手に顔があるように感じられる点が好意的に評価された．

7.　考　　察

7.1　デザインの妥当性

ユーザスタディの結果から，当初の設計のポリシーについてのフィードバックが多数得られた．それぞれの項目について考察を行う．

装着の簡便さ　指輪型は着脱の簡便さの他に，指で摘んだり，他人が装着を手伝う状況で有効であった．しかしながら，初回時にユーザの指に合うサイズの指輪部分を探すのに苦労する点と，人によって指の関節が太い場合があるため外すのに苦労する場面が見られた．様々なサイズや形の指に合うユニバーサルな仕組みを考案する必要がある．

組み替えやすさ　組み替えやすさを最大限保証したため，ユーザは自由に表情を作成・演出することができた．ただし，デバイスを 1 本の指に複数付けることはデバイスのサイズのために困難であったため，更なる小型化が必要である．

デバイスの拡張性　無線通信によるデバイスの追加は，サーバプログラムの問題により再起動が必要な点と，Bluetooth のアンテナがマイコンに接近していたため通信距離が約 1m に制限された点で改善の余地がある．

人の手との親和性　指輪の構造上，指のどの位置でも安定して装着することは難しい．そのため，装着位置によって擬人パーツが揺らいでしまい，ちぐはぐな表情になることが確認できた．また，マイコン基板とバッ

テリの筐体が大きいために，指を折り曲げて手を握った状態での操作は難しいと感じられた．

ロバスト性と安全性　擬人化デバイスの電源はバッテリから取得したが，バッテリの端子を抜き差しすることで電源の ON/OFF を行っていたため安全性や利便性の点でユーザから指摘を受けた．また電池容量が低かったため 20〜30 分の稼働にとどまり，長時間の使用ができなかった点を改善する必要がある．

擬人性　簡素な構造の擬人パーツのデザインを採用したが，十分に「手の擬人性」を拡張することが確認でした．手と指の形だけでは擬人的に認識できない場合でも，目や口を付加することで強力な擬人性と存在感が感じられたとユーザからのフィードバックがあった．

7.2　フィジカルなデバイスである意義

擬人化デバイスは擬人パーツの瞼や顎をモータで可動にしている．物理的にパーツが動くことで，手や指といった普段は擬人化しない身体部位の擬人性を高く演出することができている．例えば LED 液晶などを擬人パーツとして用いた場合，ディスプレイの平面構造のために指の向きによって表情が認識できなかったり，指の上に目や口の CG が映し出されるが周囲の指や手に馴染まないということが考えられる．物理的な機構を採用することで，例えば瞼の回転時の物理的な振動が手に伝わり，被験者がデバイスとのインタラクティブな感覚を覚えることに寄与している．

7.3　リミテーションと今後の課題

観察とアンケートの評価によって「手の擬人性」を拡張して生物らしさを演出することには成功した．また，新たなインタラクションの方法やユーザによる手の擬人性の発展を行うことができた．これに対して，ユーザがコミュニケーションツールとして擬人化デバイスを用いるにはデザインや機能の点で実用に満たない点を改善する必要がある．また「手の擬人性」を利用するにはユーザの発想力が必要であるという点が強く指摘できる．ユーザによって擬人性の方法やレベルが異なり，教示を受けなければ擬人性を拡張できない場面も見受けられた．一方で，6.3 節のように，指を傾けるといったユーザの工夫によって，本来は小型化のために実現できなかった瞼の向きの変化による多様な感情の表現が可能になった．ユーザからの工夫を引き出すインタラクションモデルを準備することもシステムやデバイスの設計に重要な要素だと考えられる．今後は擬人性の教示を組み込むことで，手の擬人性を用いたインタラクションを発展させることが可能である．

8. 結　　論

「手の擬人性」を拡張する指輪型擬人化デバイスを用いて，人間の手の姿勢や動きを伴ってキャラクターや表情，感情や動物感を生み出すことが観察できた．ユーザスタディにおいて，「手の擬人性」について理解し，ユーザが会話を組み合わせたデバイスによる演出を行うことが可能であった．また，瞼が一方向にしか開閉しないといったデバイスのリミテーションを指の向きを変えたり，ユーザ同士で自発的にコラボレーションすることで解決することが確認された．

参 考 文 献

1) Desmond Morris: Bodytalk: The Meaning of Human Gestures, Crown (1995).
2) Kostov, V., Ozawa, J.: Matsuura, S.: Wearable accessory robot for context aware apprise of personal information, Proc. 13th IEEE international workshop on robot and human interactive communication (RO-MAN), pp. 595-600 (2004).
3) 米澤朋子, 山添大丈, 安部伸治：高齢者の外出に寄り添いスキンシップ表現を行う腕抱きつき型ポータブルロボット, ヒューマンインタフェース学会第 71 回研究会, SIG-DE-05, pp.49-52 (2011).
4) Tsumaki, Y., Fujita, Y., Kasai, A.; Sato, C., Nenchev, D.N., Uchiyama, M.: Telecommunicator: a novel robot system for human communications, Proc. 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 35-40 (2002).
5) 柏原忠和，大澤博隆，篠沢一彦，今井倫太：遠隔コミュニケーションの為の肩乗りアバタの提案，情報処理学会インタラクション 2011，(2011).
6) Yu Nagao, Haruka Yamaguchi, Kazuhiro Harada, Kaori Omura, Masa Inakage: Whadget: Interactive Animation using Personification Gesture Expression of Hand, SIGGRAPH 2008 Posters (2008).
7) 杉浦裕太，筧豪太，Anusha Indrajith Withana，坂本大介，Charith Lasantha Fernando，稲見昌彦，五十嵐健夫：Walky: 指の擬人的な動作を利用した歩行ロボットへの操作手法，インタラクション 2010 インタラクティブ発表（プレミアム），pp. 87-88 (2010).
8) 大澤博隆，大村廉，今井倫太：直接擬人化手法を用いた機器からの情報提示の評価，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.10，No.3，pp. 11-20，(2008).
9) クワクボリョウタ，草原真知子：ニコダマ：「見立て」の文化を生かしたデバイスアートとその商品化，EC2010，B10, (2010).