Vol.2019-MBL-90 No.22
Vol.2019-UBI-61 No.22
2019/3/5

緩やかなつながりをもたらすタンジブルアバタの紙工作による実現とその意義

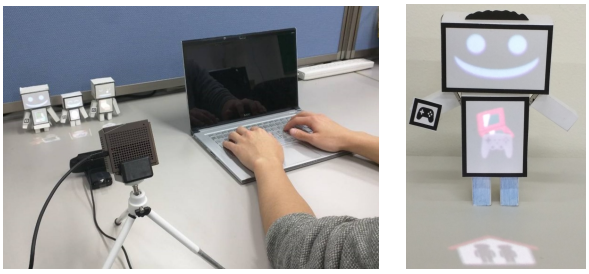
遠藤 慎一[1,a)]　藤波 香織[2,b)]

概要：SNS は日常生活の出来事を家族や友人等と共有するための便利な方法をユーザに提供する．しかし，そのつながりが強いほど不安や孤独感が増す「SNS 疲労」が問題となる．そこで我々は，コミュニケーションツールとして紙工作で作成したタンジブルなアバタを利用し，通信相手の現在情報をアバタ表面に投影することで緩いつながりによるコミュニケーションを実現するシステム Palco を開発している．通信手段としての有用性および利用者に与える感情的作用は以前の報告で評価した．本論文では Palco のコンセプトや機能の実装，また利用者自身がデザインし自作したアバタを用いて行ったユーザ実験について述べる．そして通信媒体となるアバタを自作する意義と利用者に与える感情的作用への影響を検証する．

1. はじめに

近年，Facebook や Twitter，Instagram といったソーシャルネットワーキングサービス（SNS）の利用者が増えている．多数のユーザと簡単につながり，好きなときに自由に発信できるということが SNS の特徴だといえる [1]．また，総務省の調査によると，多くの人が SNS のために「他の人との結びつきが深まった」と考えている [2]．言い換えると，ユーザ同士が自身の経験や楽しい出来事を手軽に伝え，同様に楽しんでいる人達と感覚や時間を共有し，つながりを感じること目指している．

しかし，このような SNS 利用増加に伴い，SNS 利用による精神的疲労が問題となっている．総務省が小・中・高校生および大学生・社会人（25 歳まで）を対象に行った調査データ [3] によると，SNS 利用に負担に感じることがある人の割合は 56.9%に上るとされ，多くのユーザが SNS 利用時にストレスを感じていることが示唆されている．Krasnova らの調査によると，このストレスは他ユーザーの更新の絶え間ないチェックに追われる疲労，自身と他者を比較した際に感じられる孤独と嫉妬，他者から見た自身の投稿の印象に対する不安によって引き起こされると主張している [4]．つまり，人々は SNS を頻繁に使用することで他者とのつながりを感じ，それを維持する傾向がある．しかし，コミュニケーションが密になり，つながりが強くなるほどかえって疲労感や孤独感，不安感が増加すると考えられる．我々は、抽象的で一方向的な情報伝達で実現される緩いつながりによるコミュニケーション支援システム Palco[*1]（**図 1**）を開発してきた [5]．Palco では紙とプロジェクタとカメラで簡単に作れるアバタ型情報表示システムにより通信相手の気持ちや行動，場所を適度に曖昧にして伝え，SNS 疲れを緩和しつつユーザに安心感を与える．またアバタを紙で作ることが出来るうえに，ユーザ好みのデザインを反映したアバタが自作可能となりインターネットで配布される様々な設計図も利用出来るため，アバタへの愛着や思い入れが増すことも期待される．さらに一度プロジェクタを用意すれば，アバタを逐次増加させたりコンテンツの拡充に容易に対応できるという特徴を持つ．これまでの研究過程では，1 体のアバタを使用した単体型



(a) システム使用風景　(b) Palco アバタ

図 1　Palco システム

[1] 東京農工大学大学院 工学府 情報工学専攻
Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology
[2] 東京農工大学大学院 工学研究院 先端情報科学部門
Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology
[a)] enchanchan412525@gmail.com
[b)] fujinami@cc.tuat.ac.jp

[*1] Printable Avatar system that realizes Loose COmmunication の頭文字をとった造語

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

システムによる通信手段としての有用性およびユーザに与える感情的作用を検証し緩やかなつながりの有効性を示した [5]．そこで本稿では，複数アバタを扱うための必要機能の追加実装によるアバタ逐次追加型システムの実現，およびユーザがアバタのデザインや作成に介入することで遠隔通信に寄与する効果を検証をする．

以下，第 2 章ではシステムの設計・デザインに関する研究を述べると共に Palco の位置づけを示す．第 3 章では既報にて既に示した箇所の簡単な説明を含む，逐次追加型の方針や要件，実装を説明する．通信媒体を自作する意義を検証するユーザ実験を第 4 章で述べ，続く第 5 章で考察を，第 6 章で結論と展望を述べる．

2. 関連研究

2.1 紙製インタフェースによるエンドユーザ設計・デザインに関する研究

一般的なインクジェットプリンタ印刷を利用した紙製インタフェースの研究がある．Gong らは紙を代表する様々な表面をインタラクティブな入力面とする PrintSense[6] を開発した．タップやピンチ等の接触やシステムの形状も取得可能であり，センサ基盤をユーザがデザインし導電性インクを用いた印刷で実現することで，簡単で安価に電子回路を設計できる．インタラクティブな電子コンテンツ設計ツール PaperPulse[7] は，電子回路を導電性インクを用いたプリンタで印刷可能であり，紙で実現することで技術面・環境面共に低ハードルで作成できる．Olberding らが開発したフレキシブルディスプレイ PrintScreen[8] は，特殊シートを使用した通常印刷により紙や皮革等の基材を画像表示ディスプレイ化する．導電性インクによる印刷によって接触のような入力にも対応可能となり，通常プリンタで実現できるため専門知識を持たないユーザでも迅速かつ安価に作れる特徴を持つ．さらに Olberding らは，導電性インクで印刷した紙を新たな入出力装置にするインタラクティブなインタフェース Foldios を開発した [9]．様々な形状に対応した設計図をプリンタで印刷する他，専用のモデリングソフトを使い自作可能であり，それを簡単な折り紙の要領で折りたたむことで 3D 形状の物体をユーザ自身が作成できる．また Li らは，電波を用いて RF タグのデータを非接触で読み書きする既存の RFID を簡易な紙入力デバイス化するシステム PaperID を開発した [10]．プリンタでの紙印刷や導電性インクペンを用いたステンシルシート，手書きによる作成にも対応している．Qi らは，回路基板を通常の紙基板に手作業で実装し，導電性の箔テープと既製の回路部品を接続して作成する方法を提案した [11]．回路を紙として作成できることで，ユーザは回路をスケッチし注釈をつけたり，切り取り折り畳み，デジタルスキャンにより回路を保存してアーカイブ化もできる特徴をもつ．しかし，これらの研究で用いるインタフェースでは回路上に電子部品を設置したり Arduino 等のマイコンボードを用いて制御する必要があり，一般ユーザによるインタラクティブなシステムの作成は難しい．

Costanza らは，web サイトから自由にダウンロード可能な低コストでシンプルな 2 種類の紙製音楽プレイヤー型インタフェースを提案した [12]．設計図を印刷・組み立てることで，自宅にいてもユーザ自身が容易にセットアップすることができる特徴をもつ．また，作成したインタフェースはカメラで撮影し専用ソフトに読み込まれるため，ユーザに電子的・機械的知識が無くとも直感的に制御できる．このため一度カメラを用意し専用ソフトを入れるだけで専門的知識がない一般ユーザでも容易にシステムを導入でき，使用するインタフェースを増やすことでコンテンツの拡充にも対応可能な設計だといえる．

2.2 本研究の位置づけ

前節では紙を使いユーザ自身の発想によるデザインを反映可能なシステムや研究を紹介した．Palco は通信媒体として紙製アバタを用いている．これにより，ユーザは通常のインクジェットプリンタを使用した設計図の印刷または手作業による描画により，使用するアバタを自作できる．そしてアバタには電子的・機械的機能を搭載しないことで専門的な知識がないユーザでもより容易にアバタを作成でき，コンテンツ拡充にも容易に対応できる．さらにアバタを紙で実現することによって，ユーザは配布されたアバタテンプレートをダウンロードしたりユーザ自身でアバタの外見をカスタマイズすることができる特徴を持つ．これによりアバタへの愛着や思い入れが増すことも期待される．

3. アバタ逐次追加型システムの設計・実装

3.1 デザインコンセプト

3.1.1 緩やかなつながり

SNS 等従来メディアにみられる強いつながりは，言葉や文章および写真を介した明示的なものや，積極的にコンタクトを取り合う能動的なものである．遠隔通信支援を目的とした研究では SyncDecor[13] や Furfur[14]，Connected Candles[15] のように，遠隔ユーザの存在感をぼかして伝える非明示的な情報表示，ユーザ同士がシステムを介して相互作用する能動的な情報伝達が利用される．明示的な情報の追跡や暴露により妬みや羨望が引き起こされる一方で，抽象的表示は社会的過負荷の軽減に有効であると考える．また，能動的な情報伝達は，疲れや煩わしさを生じるきっかけとなることが考えられる．そこで本研究では以下を緩やかなつながりの構成要素として定義する．

- 情報粒度が細かすぎない非明示的な情報表示
- 情報の一方通行性を持つ非能動的な情報伝達

そして，これら 2 要素を満たすコミュニケーションを実現し，既存の問題を回避しつつユーザに安心感を提供する．

Vol.2019-MBL-90 No.22
Vol.2019-UBI-61 No.22
2019/3/5

3.1.2 プリンタブルなアバタ設計

タンジブルなアバタの物理性および擬人化された外見は，システムからの出力と実世界情報が結びついているような感覚やアバタに対する心理的親近感を増幅することが期待される．そこで，タンジブルアバタの持つ特徴を遠隔通信媒体として適用する．さらに，使用するアバタには電子的・機械的構成要素は持たせず，プロジェクタによりアバタ表面へ通信相手の情報を投影する．これによりアバタ本体を紙で実現することが出来る．紙ベースのタンジブルアバタにより，インターネットで配布される様々な容姿のアバタを自宅のプリンタで印刷したり，ユーザ自身でのアバタ外見のカスタマイズが可能となる．このため一度プロジェクタやカメラ，制御システムを用意すると，Palco はアバタの逐次的な追加や外見変化の点で容易にスケールアップできるという特徴がある．また，アバタの外見に通信相手の特徴を反映させることで，通信相手とアバタとの結合を増幅させることが期待される．

3.2 システム概要

ユーザ間の緩やかなつながり実現のためのプリンタブルアバタシステムの実現に必要とされる要件を定義する．Palco に望まれる要件は以下の 6 点である．

(1) 通信相手状態の取得
(2) 想像の余地を残す情報表示
(3) 一方向通信路としての情報伝達
(4) アバタの適切な位置への相手状態の投影
(5) アバタ数の逐次的な増減への対応
(6) 紙製アバタの使用とユーザフレンドリ設計

まず，通信相手の現在の状態を取得する必要がある（1）．「非明示的な情報表示」の実現のため，相手の情報について，ユーザに想像の余地を残す情報画像 を投影内容とする（2）．また，「非能動的な情報伝達」の実現のため，アバタに触れるといった相手との相互作用機能を付加せず，“アバタへ投影された相手情報の視認のみ” で情報伝達を行う（3）．ユーザは相手の情報を一方通行的に受信し，その情報に対する反応をコミュニケーション相手に返信しない．また，アバタ表面へ情報を重畳するには，アバタは常にトラッキングされ，アバタの設置位置に合わせて情報投影位置が自動で調整される必要がある（4）．さらに Palco ではアバタ数を逐次的に増やすことができる特徴を持つ．そのため，複数アバタが存在する環境から特定のアバタを識別し検出する仕組みが必要となり，個々のアバタは特定の通信相手と紐付けされる（5）．またアバタの外見をデザインする際には最小限の制約の中でユーザが比較的自由に作れなければならず，作成されたアバタと通信相手を容易に紐付けられる仕組みが必要となる（6）．

以上の要件定義から導いたシステム概要を**図 2** に示す．本システムは，紙製アバタ，情報投影用プロジェクタ，アバタ認識用 web カメラにより構成され，卓上での使用を想定する．まずカメラ画像からそれの通信相手と対応する個々のアバタを識別し，アバタ内投影領域を取得する．次にシステム入力として通信相手情報を取得し，取得した情報をもとにアバタ表面に投影する画像を読み込む．取得した投影領域に歪みなく適切に重畳可能なアバタ重畳画像を生成し，プロジェクタによりアバタ群に向け投影する．

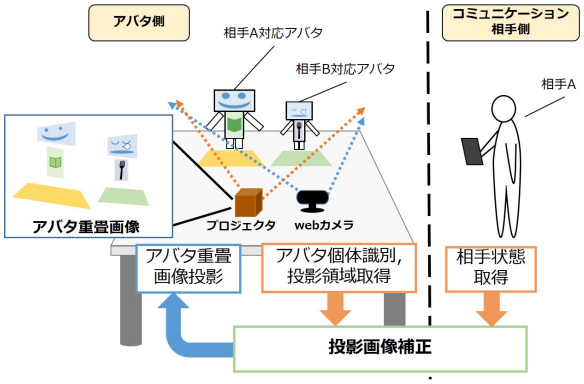


図 2 システム概要図

3.3 取得する相手情報と投影する情報

アバタ表面へ相手の現在の位置，行動，心情情報に関する画像を投影する．そのとき位置をアバタ足元，行動をアバタ胴体部，心情はアバタ頭部へ投影する．位置や行動の粒度を調整し，心情をアバタの表情として表現することで，想像の余地を残す情報表示を行う．またアバタへの親近感やアバタの愛嬌を増加させるため，頭部はまばたきや笑うなどのアニメーションを反映させる．

3.4 ユーザフレンドリ設計

アバタ設計におけるユーザの嗜好やニーズを調べるアンケート調査を 20 代の男女 13 名で行った．まず複数アバタデザイン時に変更した要素を尋ねた．その結果，装飾品が 30%で，アバタの全長が 23%，次いで頭部・胴体部の大きさとバランスが 17%，手足のデザイン，その他が 15%と 8%であった．その優先順位についても第 1 位が装飾品，第 2 位群が全長，大きさ，バランスとなった．上記の項目について，得られたデザイン例を以下に示す．

装飾品：その人の特徴的なもの（帽子，リボン，ひげ，好きな食べ物，趣味，髪，メガネ，くつ，衣服，アクセサリー）
アバタの全長：外見と対応付け（子供と大人の区別，5〜15cm くらいの幅），机に置いても邪魔にならないサイズ感
大きさバランス：外見と対応付け（細い，太い），より状況を知りたい人を大きくする
手足：手足などに色を塗って違いをつける

後述するアバタ個体識別時に使用するマーカーについて，マーカーが悪目立ちしないような工夫が必要であることがわかった．小さなマーカーを基準としユーザが変更できる

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

設計にすべきであり，マーカーによって個性を表現し，かつユーザ各人の嗜好のもと自然で邪魔にならないデザインが望まれた．得られたデザイン例を以下に示す．

- 抽象的なイラスト（ハートや星），その人の特徴を表すもの，浮かない自然なデザイン，イニシャル，Twitter アイコン，シンプルな似顔絵，吹き出し風

また，マーカーの貼付場所は，装飾品の上，手足や腕といった意見を得た．これらを踏まえると，設計したシステムで概ね対応可能な範囲である．

またアバタと通信相手の紐付け作業もユーザ自身が行うことが理想である．そこで，システムで使用するアバタを登録し，個々の通信相手と対応付ける仕組みを実装する．このとき，ユーザ自身が登録作業を行えるよう，比較的容易に登録を行える環境を提供する．さらに，各通信相手の Twitter アカウント情報が記載されるファイルを外部フォルダ内に設置し，このファイルを参照することで相手情報を取得する設計とする．アバタ利用者は専用フォルダにアカウントファイルを追加していくだけで，使用するアバタ数の増加に伴う通信相手情報の追加も容易に行える．

3.5 主要機能の実現方法

3.5.1 相手状態の取得

Palco では相手状態の取得方法と実装を分離しており任意の方法を使用できる．スマートフォンの使用データからシステムが自動取得する方法もあるが，今回は通信相手が自身の現在状態をシステム側へ送ることで相手状態を取得可能とする．このとき，相手情報をアバタ側が一定時間ごとにフェッチする非同期プッシュ通信を利用し，その実装には Twitter インフラを使用する．実現方法として，Android アプリによる Twitter クライアントを作成した．アプリ画面で 3 情報に対応する 3 つの入力ボックスを用意し，ボックスをプルダウンすることで選択肢から現在状態を入力する．内部的には，入力された心情/行動/位置の内容に対応する数字を “/” で区切り投稿する (例:7/2/19/)．

3.5.2 投影画像の補正

カメラ画像からアバタ頭部，胴体部を矩形として検出し，カメラ画像上での頭部，胴体部投影領域を座標として取得する．あらかじめカメラ-プロジェクタ間の位置関係をキャリブレーションし，カメラ画像上座標とプロジェクタ投影画像上座標の位置変換ルール：透視変換行列を算出しておく．それぞれの座標にこの透視変換を適用することで，投影画像上での頭部・胴体部投影領域座標を算出できる．そして相手情報と対応した各投影画像と，算出した座標が一致するよう透視変換を行い，アバタ表面へ重畳する画像を作成する．なお，アバタ足元への投影領域は，頭部と胴体部の投影画像上での投影領域座標から相対的に算出する．

3.5.3 アバタの個体識別

アバタ数逐次増加へ対応することで少数コミュニティ内での 1 対多の場面を想定した使用が可能になる．その実現ため，複数アバタが存在する環境から特定のアバタを識別し検出する仕組みが必要となる．そこで現実的な実現法の 1 つとして AR マーカーをアバタに設置しマーカーの座標と ID による個体識別がある．矩形検出による投影領域取得は行いながら，検出されたマーカー座標に近い矩形座標群をアバタの投影領域として検出する方法を採用した．

まず使用するマーカーを後述するマーカーフォルダを走査することで登録する．画像内からマーカーと矩形群を検出し，マーカーに最近接する矩形ペア（頭部矩形，胴体矩形）とそのマーカーを紐付ける．その際，登録したマーカー数分以下でも対応可能となる．また紐付けには構造体を用いる．構造体メンバとして頭部 4 頂点，胴体部 4 頂点，マーカー ID を格納する．構造体をベクターで宣言することで，アバタの逐次的な増減にも対応可能となる．

3.5.4 複数アバタへの同時情報投影

アバタ個体識別で得た構造体をもとに複数アバタ同時情報投影を実現する．個体識別された各アバタの構造体を参照しマーカー ID と投影領域座標を取得する．これらの情報から対応する相手情報を取得し各相手状態画像を読み込む．そして，参照しているアバタ構造体メンバの各投影領域に各画像が適切に重畳するよう画像補正する．位置に関してはアバタ足元に重畳するよう補正している．この重畳画像を足し合わせていくことで投影画像を更新する．**図 3** に複数同時投影時にアバタを 1 体追加した場合を示す．

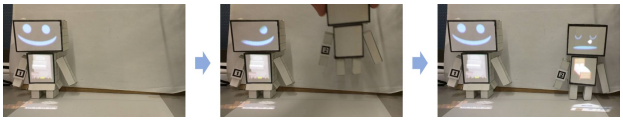


図 3　複数同時投影時にアバタを追加

3.5.5 マーカー登録

自作マーカーを web カメラで認識しマーカーと通信相手の対応付けを行うマーカー登録機能を実装した．まず，使用するマーカーを用意し，一つずつ登録する．その際マーカー全体がカメラの画角内に収まるよう調整し撮影する．撮影後は，マーカーに対応する通信相手（マーカー）ID を標準入力することで登録完了となり，続けて他のマーカーの登録を行える．マーカー登録処理を終了すると，登録された全マーカーはマーカーフォルダに一括に保存される．

4. ユーザ評価実験

4.1 実験内容

通信媒体となるアバタを自作する意義や利用者に与える感情的作用への影響評価のため，利用者自身が通信相手に対応するアバタを作成しシステムを使用するユーザ評価実験を 10 名の被験者で行った．**図 4** に示すように，実験で使用するアバタへの被験者の介入度を変化させている．本

Vol.2019-MBL-90 No.22
Vol.2019-UBI-61 No.22
2019/3/5

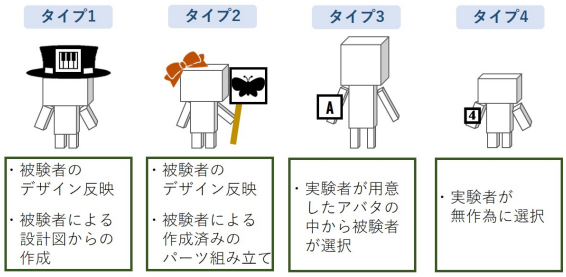


図 4　実験で使用するアバタの内訳

実験は 1. アバタデザイン，2. アバタ作成，3. システム使用の 3 つのフェーズからなる．アバタデザイン・作成フェーズでは，実験者から配布された用紙に 2 体分のアバタを実寸大でデザインし，そのデザインをもとにした 2 体のアバタを作成する．タイプ 1 は設計図からパーツを切り抜き折り曲げて出来たパーツを組み立てて作成し，タイプ 2 は既に切り取られ折り曲げられた状態で配布されたパーツからアバタを組み立てる．なお，本来であれば設計図の作成を自動化することが求められるが，本実験ではデザイン案をもとに実験者が手作業で作成した．

システム使用フェーズでは，被験者の視野内の卓上に設置し 1 日の使用を課す．その間，被験者は自由に卓上作業を行い，短時間の離席や自由なシステム ON/OFF が許される．4 体のアバタを用いて実験を行うが，すべてのアバタを同時に使用しなくても良い．4 体のアバタにはそれぞれ通信相手が紐付けされており，実験中，通信相手は自身の状態を専用アプリで送信している．なお，被験者の同僚 2 名と友人 2 名を本実験の通信相手とし，各アバタタイプと紐付く属性の回数がそれぞれ平等になるよう組み合わされる．各フェーズ後の口頭インタビュー回答やシステム使用過程のビデオ記録から各フェーズの特徴を分析した．**表 1** に実験で用いた投影画像セットを示す．

表 1　実験で用いた投影画像セット

	投影画像の種類
心情	中立，楽しい，喜び，悲しみ/苦しみ，驚き，怒り，眠い/眠り
行動	食事，入浴，睡眠，会話/通話，料理，掃除，買い物， 散歩/移動，飲酒，アルバイト，PC 閲覧，スマホ閲覧，TV 視聴， PC 作業（研究・学習等），マンガ・読書等，音楽鑑賞，映画鑑賞， 楽器練習，ゲーム全般，運動/スポーツ，その他趣味
位置	自宅，研究室，アルバイト先/職場，生協，その他大学構内， 友人宅，カフェ，レストラン/飲食店，居酒屋，スーパー/コンビニ， 本屋，その他お店，娯楽施設，商業施設，イベント会場，その他施設， 電車，車，街中，自然中

4.2　実験結果

4.2.1　アバタデザイン

図 5 に被験者による実際のデザイン例を示す．まず，自身のアバタデザインに対する満足度の得点を 5 段階リッカート尺度（1：非常に不満足〜5：非常に満足）で回答してもらった．その結果，平均の満足度は 3.85，中央値は 4 であった．ここで，デザイン満足度の理由として得た主な意見を以下に示す．

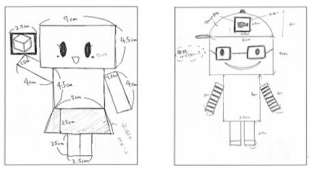


図 5　実際のデザイン例

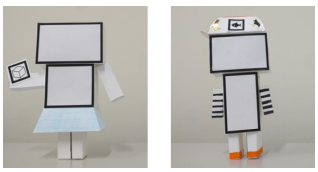


図 6　実際の作成例

O_1-1　発想を反映させるデザイン力が無かった．
パーツのテンプレートがあると良かった
O_1-2　盛り込む要素や相手の特徴を思いつかず，
デザインに反映できなかった
O_1-3　特徴を上手く反映できると満足感がある
O_1-4　見た目や趣味等，相手を特定する特徴を反映できた
O_1-5　パッと見ただけで区別できるデザインになった

また，実際のデザインや自由回答から得たアバタ本体デザイン時に意識した主な要素を以下にまとめる．

- 体長や比率に差をつけ体格や性別を表現
- 装飾品で趣味・嗜好や所属集団を表現

またマーカーデザイン時に意識された主な要素を示す．

- 趣味・嗜好や所属集団
- イニシャルやニックネーム

次に，制約の中でのデザインの自由度の得点を 5 段階リッカート尺度で回答してもらった．その結果，平均の自由度は 3.7，中央値は 4 であった．ここで，デザイン自由度の理由として得た主な意見を以下に示す．

O_1-6　矩形にモノを被せられない制約のため，
盛り込めない要素があった
O_1-7　もう少し小さめにデザインしたかった
O_1-8　マーカーや装飾品はデザインが自由で分かりやすい
O_1-9　制約のため元々ある程度の型が決まっており，
デザインを考えやすい

4.2.2　アバタ作成

図 5 に対応して**図 6** に実際に作成されたアバタ例を示す．まず，実際に作成し完成したアバタの満足度の得点を 5 段階リッカート尺度で回答してもらった．その結果，平均で 4.45，中央値 4.5 と高い満足度が得られた．ここで，アバタ満足度の理由として得た主な意見を以下に示す．

O_2-1　デザインは拙かったが実物は良くできた
O_2-2　思っていたように作ることが出来て満足
O_2-3　デザインをイメージ通りに立体にできた
O_2-4　作ることでかわいさや愛着を感じる
O_2-5　不器用なため完成度が低くなった
O_2-6　切り抜きに失敗し完成度が下がった

次に，作成作業の楽しさに関する自由回答を求めた．そ

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

の主な結果と内訳を以下にまとめる．内 1 名は作成されたアバタに対する愛着感についても言及した．

O_2-7　作成過程での装飾や徐々に組みあがっていく様子に楽しさや達成感を感じた：5 名

O_2-8　組み終わった達成感や完成させた満足感があり作成は楽しかった：4 名

O_2-9　デザインが反映される楽しさ嬉しさがあった：1 名

O_2-10　パーツを組み上げる作業は楽しく，自分が作った感覚になる：1 名

また，労力に関する自由回答から作成作業に労力を感じた 9 名の被験者の内訳を以下に示す．

- 切り抜き作業が手間取る：6 名
- 折り作業が手間取る：5 名
- 組み立て作業が手間取る：1 名

4.2.3　システム使用

システム使用過程のビデオ記録から算出した 4 体のアバタ毎の使用時間割合を**表 2** に示す．この結果に対し有意水準 5%にて Friedman 検定を行ったところ各アバタタイプ間の代表値に有意差は認められなかった．次に，アバタやシステムの使用方法に関する自由回答から得られた主な使用理由要因とその内訳を以下に示す．

- 投影情報の更新頻度が高いアバタに注目・使用：7 名
- 自作アバタへの愛着により注目・使用：5 名
- デザインが好みのアバタに注目・使用：2 名
- 投影情報の更新頻度が低いアバタを不使用：7 名
- デザインが好みでないアバタを不使用：3 名
- デザインと相手との特徴不一致により不使用：1 名

表 2　各アバタの使用時間割合 [%]

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
タイプ 1	87	100	38	100	88	100	100	24	84	36	75.7
タイプ 2	37	100	94	54	100	64	95	82	92	86	80.4
タイプ 3	30	13	86	50	65	73	100	92	14	98	62.1
タイプ 4	45	4	69	97	47	39	100	50	22	74	54.7

アバタに対する「印象・興味」の得点を 5 段階リッカート尺度で回答してもらった．その結果を**表 3** にまとめる．各アバタ 2 群に対し Wilcoxon の符号付順位和検定を行ったところタイプ 1 と 4 の間で p 値が 0.033，タイプ 2 と 4 では 0.030 となり自作アバタと介入度が最も低いアバタ間に有意差が確認された．さらに各「印象・興味」得点の理由として得た主な意見を以下に示す．

O_3-1　更新頻度の高さが興味・印象に通じる

O_3-2　自作は関係なく頻繁に表示が変わるアバタに興味

O_3-3　自作アバタには愛着あり見ておきたい

O_3-4　相手と特徴が一致していないものは使いづらい

O_3-5　好みのデザインや面白い形だと使いたくなる

次にシステム設置前を 0 としたときの通信相手に対する

表 3　各アバタに対する「印象・興味」の得点（5 段階）

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
タイプ 1	5	5	2	5	4	4	5	4	4	1	3.9
タイプ 2	3	5	5	2	5	3	5	5	5	3	4.1
タイプ 3	1	3	4	3	3	4	5	4	2	5	3.4
タイプ 4	3	1	2	4	2	2	3	1	2	3	2.3



図 7　各被験者の感情的作用変化

感情的作用の変化量を-5 から 5 で尋ねた．**図 7** に各被験者ごとの感情的作用の変化量の推移を示す．なお，図中でバーがない箇所はゼロ，つまり変化がないと感じたことを表す．全ての被験者に共通して，通信相手に対する「煩わしさ」に表れる否定的な感情はほとんど上昇しなかった．一方で，「ふと思う頻度」に表れるような好意的な感情はシステム設置中に向上していることがわかった．これらの関連意見として，各被験者からは以下のような意見を得た．

O_3-6　リア充的な情報表示があると煩わしくなる

O_3-7　見ているアバタほど想像するきっかけになる

O_3-8　表示が更新されるたびに相手の今を感じる

O_3-9　自作した愛着や興味によりふとした機会に見て想像した

O_3-10　自作している分，パッとみて誰か分かる

5.　考察

評価実験の 3 つのフェーズにおける特徴を分析し，通信媒体となるアバタを自作する意義について考察する．

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

5.1 アバタデザインに関する考察

5.1.1 アバタデザインによる個性の表現

4.2.1 項より，デザイン満足度は比較的高く自身のデザインに概ね満足していたことがわかる．O_1-1 から O_1-5 に示した満足度理由をみると，O_1-1 から O_1-2 のように通信相手の特徴をデザインに反映できなかったことで満足度を低下させた．一方で O_1-3 から O_1-4 のように，相手特徴をデザインに反映することで満足度を上げた．さらに O_1-4 や O_1-5 から，アバタを一目見ただけで区別するために相手の特徴を反映させていたともいえる．また O_1-1 にあるように，ある程度のパーツやテンプレートを用意することでデザインをサポートする工夫も効果的であると考えられる．

デザイン時に意識した主な要素をみると，アバタの体長や比率に差をつけ体格や性別を，装飾品やマーカーで趣味・嗜好や所属集団を表現していた．本体やマーカーデザインに共通し，個性を表現し通信相手を特定するデザインがなされる傾向がある．そして，相手が普段の趣味や行動，また普段の見た目の特徴や相手の印象を象徴するアイテムをデザインに取り入れることで通信相手とアバタとの結びつきを強化していたといえる．

5.1.2 デザイン時の制約

Palco ではデザイン時にある程度の制約を設けている．この制約がデザインに与える影響を調べるためにデザイン自由度の得点をみると，平均 3.7 ，中央値 4 と比較的高かったが最高点 5 をつけた人はいなかった．O_1-6 から O_1-9 に示した意見から，O_1-6 や O_1-7 より装飾品やマーカーの矩形領域不可侵制約や矩形アバタサイズの制約が自由なデザインを阻害した．しかし O_1-8 のように装飾品やマーカーはデザイン自由度が高く，相手の特徴や個性を表現できるたといえる．さらに O_1-9 から，制約によりデザイン幅が狭まるが，ユーザはデザインを考えやすくなる．その分自身が盛り込みたい要素を反映できると考えられる．

5.2 アバタ作成に関する考察

5.2.1 実アバタへのデザインの反映

4.2.2 項より，完成したアバタに対する満足度は平均 4.45，中央値 4.5 と十分に満足していたことがわかった．O_2-1 から O_2-6 に示した満足度理由をみると，O_2-1 から O_2-2 に代表されるように自身のデザインが実際のアバタに反映されることで満足度は上昇していた．さらに O_2-3 のように，紙面上でのデザインが 3 次元のアバタとして完成されることで被験者の満足度を向上させた．これは，デザイン満足度と比較し作成アバタ満足度が上昇していることからも分かる．また O_2-4 から，実際に作る経験がアバタに対する印象に大きく貢献していることが示唆されている．しかし，O_2-5 から O_2-6 のようにアバタの完成度の低さが満足度の低下に影響を与えていた．よって作業手順書等でガイドする等，完成度を下げる要因を排除する工夫が考えられる．

5.2.2 作成過程の楽しさや労力

O_2-7 のように，5 名の被験者が作成過程での装飾や徐々にパーツが組みあがっていく様子に楽しさや達成感を感じていた．また他の 5 名は O_2-8 や O_2-9 より，作成終了後の達成感や満足感とそれに伴う楽しさ，デザインが反映される楽しさについて述べた．さらに内 1 名は作成されたアバタに対する愛着についても言及した．よって全ての被験者から肯定的な意見が得られている．したがって作成作業は楽しく，さらにアバタに対して自らが作成した達成感や愛着を付与する効果があったといえる．

9 名は作成作業に労力を感じており内 6 名は設計図からの切り抜き作業を，5 名の被験者は設計図から切り抜かれたパーツを折る作業に対して手間を感じていた．よって 1 体目のアバタで行う切り抜きと折り曲げが大きな負担となっていたことがわかった．またこの作業での負担の大きさが，アバタ完成度の低下にも影響を与えていた．一方で，折られたパーツを組み立てる作業に労力を感じた被験者は 1 名だけであった．さらに O_2-10 より，パーツの組み立てだけでアバタを完成させる方法が望まれた．以上のことから，組立て作業のみ行えば達成感や愛着を維持しつつ作業負担を減らすことができると推測される．

5.3 システム使用に関する考察

5.3.1 アバタの使用のされ方

4.2.3 項で述べたように各アバタの使用時間には有意な差は生じなかったが，表 2 より，タイプ 1 や 2 の使用割合が相対的に高かった．そこで主な使用理由要因をみると，投影情報の更新頻度が高くよく切り替わるアバタに最も多くの被験者が注視していた．しかし，自作アバタへの愛着や容姿が好みのアバタが好まれて使用されていたことも示唆された．さらに，デザインと通信相手の特徴の一致も重要であることも推測された．これは自作アバタの使用割合が高かったことからも言えるが，被験者自身が選ぶタイプ 3 の使用割合が次いで高かったことからも分かる．よって，情報更新頻度がアバタの使用時間に最も影響を与えるが，愛着ある自作アバタや容姿が好みでありデザインと相手特徴が一致するアバタが好まれて使用されると考える．有意差が認められなかった原因としては，被験者ごとに投影情報の更新頻度が高くよく切り替わるアバタが一定ではなかったためだと考えられる．

5.3.2 感情的作用への影響

表 3 に示したアバタに対する「印象・興味」の得点をみると，自作アバタでは得点が高いことが分かる．一方で，作成に関わらないタイプ 3，4 共に相対的に低かった．そこで印象や興味に影響する要因を分析すると，O_3-1 や O_3-2 ように情報更新頻度が高さだけが印象や興味に最も影響を与えていた．しかし O_3-3 から O_3-5 より，アバタへの愛着やアバタの容姿の影響が表示情報への興味を増幅させた．

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

これは各アバタの「印象・興味」の得点について自作アバタと実験者が選んだタイプ 4 間に有意差が認められたことからも示唆される．

次に，図 7 に示した感情的作用変化をみると，被験者 F はわずかながら否定的な感情的作用が増加した．これに対し O_3-6 のように他者の充実している状況が想起されると煩わしさが増加していた．しかし，否定的な感情が生まれたことで使用するアバタを入れ替えている様子も記録されていた．よって，使用するアバタを選択することで感情的作用を自身で調整できる効果もみられた．一方で，被験者に共通して「ふと思う頻度」の得点が高かった．O_3-7 や O_3-8 のように興味の有無に関係なく使用時間の長さと想起頻度との関連が示された．しかし O_3-9，O_3-10 のように，自作した愛着やアバタ外観と通信相手の特徴一致が相手の想像を容易にし現在状態の想起を強化する効果もあった．

また使用時間割合に対する「印象・興味」得点と「ふと思う頻度」変化量について相関分析した．その結果，共に強い正の相関が確認された（相関係数：0.788，0.718；無相関検定により有意）．つまり，情報の更新頻度や自作アバタへの愛着，デザインと通信相手の特徴一致度が使用頻度や印象・興味に影響を与え，使用頻度が高く興味を惹かれるアバタほど好意的な感情を増加させた．

5.4 通信媒体となるアバタを自作する意義

ユーザ自身がアバタの外観をデザインすることで通信相手の特徴をアバタデザインに反映できることが示された．それにより好みのアバタを作成することができ，通信相手とアバタとの結びつきを強化できた．さらに，デザインしたアバタを作成することで達成感や愛着感をアバタに付与することが可能であった．そして，アバタへの愛着感やアバタ容姿と相手の特徴の一致度やデザインの好みはアバタの使用時間割合や印象・興味を増加させる効果が確認された．使用頻度が高く興味を惹かれるアバタほど現在状態の想起といった好意的な効果をもたらし，緩やかなつながりが強化される傾向があった．以上より，通信媒体となる自作アバタが寄与する達成感や愛着感が使用のモチベーションや感情的作用に効果的に影響し，システムはより肯定的に評価され緩やかなつながりが強化されたといえる．

6. おわりに

本稿では，通信媒体として紙製アバタを利用し通信相手の現在状態をアバタ表面に投影することで緩くつながる通信支援システム Palco を提案・開発した．アバタを紙で実現することでユーザ自身でのアバタ外見のカスタマイズが可能となる．そして通信媒体となるアバタを自作する意義や利用者に与える感情的作用への影響をユーザ実験により評価した．その結果，通信相手の特徴をアバタに反映させることで相手とアバタとの結びつきを強化する効果が示された．そしてアバタの自作により得られる達成感や愛着感が使用動機や感情的作用に効果的に影響し，緩やかなつながりは強化された．課題として，被験者に配布した設計図はザイン案をもとに実験者が手作業で作成した．そこで本来の使用方法を想定し，アバタデザイン案をもとにアバタの設計図や展開図を自動生成する仕組みが必要となる．また今後の展望として，本システムの用途や対象を限定しない様々な使用可能性や Web アプリケーション展開によるプリンタブル性の拡張が挙げられる．

参考文献

[1] 宮木由貴子：多様化する SNS の利用目的，*Life design report*, No. 202, pp. 42–44 (2012).
[2] 日本国総務省：次世代ＩＣＴ社会の実現がもたらす可能性に関する調査研究，総務省（オンライン），入手先 ⟨http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h23_05_houkoku.pdf⟩（参照 2019-1-29）.
[3] 日本国総務省：青少年のインターネット利用と依存傾向に関する調査，総務省（オンライン），入手先 ⟨http://www.soumu.go.jp/iicp/chousakenkyu/data/research/survey/telecom/2013/internet-addiction.pdf⟩（参照 2019-1-29）.
[4] Krasnova, H. et al.: Envy on Facebook: a hidden threat to users' life satisfaction?, *Wirtschaftsinformatik*, Vol. 92, pp. 1–16 (2013).
[5] Endo, S. and Fujinami, K.: Realizing Loose Communication with Tangible Avatar to Facilitate Recipient's Imagination, *Information*, Vol. 9, No. 2, p. 32 (2018).
[6] Gong, N.-W. et al.: PrintSense: a versatile sensing technique to support multimodal flexible surface interaction, *Proc. of CHI'14*, ACM, pp. 1407–1410 (2014).
[7] Ramakers, R. et al.: PaperPulse: an integrated approach for embedding electronics in paper designs, *Proc. of CHI'15*, ACM, pp. 2457–2466 (2015).
[8] Olberding, S. et al.: PrintScreen: fabricating highly customizable thin-film touch-displays, *Proc. of UIST'14*, ACM, pp. 281–290 (2014).
[9] Olberding, S. et al.: Foldio: Digital fabrication of interactive and shape-changing objects with foldable printed electronics, *Proc. of UIST'15*, ACM, pp. 223–232 (2015).
[10] Li, H. et al.: PaperID: A technique for drawing functional battery-free wireless interfaces on paper, *Proc. of CHI'16*, ACM, pp. 5885–5896 (2016).
[11] Qi, J. and Buechley, L.: Sketching in circuits: designing and building electronics on paper, *Proc. of CHI'14*, ACM, pp. 1713–1722 (2014).
[12] Costanza, E., Giaccone, M., Kueng, O., Shelley, S. and Huang, J.: Ubicomp to the masses: a large-scale study of two tangible interfaces for download, *Proc. of UbiComp'10*, ACM, pp. 173–182 (2010).
[13] 辻田　眸ほか：遠距離恋愛者間のコミュニケーションを支援する日用品 "SyncDecor" の提案，コンピュータ ソフトウェア， Vol. 26, No. 1, pp. 25–37 (2009).
[14] Chien, W.-C. et al.: Sharing a Robotic Pet as a Maintenance Strategy for Romantic Couples in Long-Distance Relationships.: An Autobiographical Design Exploration, *Ext. Abst. of CHI'16*, ACM, pp. 1375–1382 (2016).
[15] Häkkilä, J. et al.: Connected Candles as Peripheral Emotional User Interface, *Proc. of MUM'15*, ACM, pp. 327–333 (2018).

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan