

仮想的な外見を有するぬいぐるみ型玩具の提案

井上 亮文¹ 石河 竜太¹ 山本 光良¹

概要: 本論文では、現実世界のぬいぐるみの外見を仮想世界で脚色する「仮想ぬいぐるみ」を提案する。ぬいぐるみは持ち主に対して癒しの効果をもたらすが、個人の好みに合わないぬいぐるみは癒しとなるセラピー効果は期待できず、特注するには高い費用がかかってしまう。また、ぬいぐるみはコレクションの対象でもあるが、それらを保管・展示するスペースには限りがある。本システムでは、現実世界のぬいぐるみの外見が、ヘッドマウントディスプレイを通して見える仮想世界でCGモデルとして再現されている。このモデルの位置と向きは、現実世界におけるぬいぐるみの位置・向きと同期しているため、ユーザは仮想世界においても現実世界と同じぬいぐるみを把持している感覚を得られる。また、このCGモデルは大きさの変更・外見全体の入替えが可能である。ユーザの知覚は視覚に誘導され、あたかも別のぬいぐるみで遊んでいるような感覚が得られる。本稿では、実装したプロトタイプシステムの構成を紹介し、ユーザとぬいぐるみの間でどのようなインタラクションが可能になるかについて述べる。

1. はじめに

綿などの詰め物を布に詰めて縫い合わせた安価なぬいぐるみは、その愛らしい見た目や柔らかさから、所有者に対して癒し効果をもたらす。通常、ぬいぐるみは嗜好品である。個人の好みに合わないぬいぐるみからは癒しとなるセラピー効果は期待できないし、好みになるよう特注するには高い費用がかかってしまう。

また、ぬいぐるみはコレクションの対象でもある。自身の好みに合ったぬいぐるみを多数収集し、自身の部屋に並べている人もいる。しかし、多くの人にとって、何百ものぬいぐるみを並べておくスペースを確保することは難しい。所有者はその1つ1つに何らかの愛着を持っていると思われるが、スペースの都合上、そのうちの一部を後ろ髪を引かれる思いで手放さなければいけないときもある。

本研究では、1体で何種類ものぬいぐるみとなり得るようなユニバーサルなぬいぐるみの実現を目的とする。これにより、ユーザの好みに合ったぬいぐるみを特注する必要がなくなる。また、ぬいぐるみ収集・陳列のためのスペースも不要となる。この目的を達成するために、現実世界にあるぬいぐるみの見た目を仮想世界で置き換える「仮想ぬいぐるみ」システムを提案する。我々の五感による現実世界の知覚は、特に視覚からの影響を受けることが知られている。したがって、現実世界のぬいぐるみから得られる触覚に変化がなくても、ヘッドマウントディスプレイを通して見る仮想世界の中でそのぬいぐるみの外見を変更すれ

ば、ユーザは仮想世界の見た目を持つ別のぬいぐるみで遊んでいるような感覚が得られるはずである。

本論文では、仮想ぬいぐるみシステムとの概念とプロトタイプ及びそれを用いてぬいぐるみのサイズと外見を変更したときの印象評価について述べる。

2. 関連研究

ぬいぐるみに対する接触は、現代人の物理的・心理的なストレスを和らげることが知られている。Sumiokaらは、通話機能を持つ人型のぬいぐるみを通じた対話が、通常の携帯電話での対話よりも、ストレスホルモンであるコルチゾールの量を大幅に抑制することを明らかにした [1]。Kooleらは、自尊心の低い人は死を連想するような実存的な不安を得るとテディベアのぬいぐるみへの接触要求が高まることを示した [2]。これらの研究成果は、ぬいぐるみとの触覚を通じたインタラクションが、多くのストレスに晒される社会に生きる我々の生活を支える可能性を示唆している。

本研究は、現実世界でユーザの手から得られる触覚と、仮想世界でユーザの目から得られる視覚との相互作用に関わるものである。中原らは、物体のエッジに実際よりも鋭利なエッジのCGを重畳表示する複合現実システムを開発した [3]。評価実験の結果、現実のエッジと異なる視覚刺激を重畳表示することにより、我々がエッジから受ける印象を操作可能であることを確認している。併らは、円筒の曲面を視覚的に変更可能な視覚システムを開発した [4]。現実世界の円筒をなぞる指の動きを仮想世界で変形された

¹ 東京工科大学コンピュータサイエンス学部

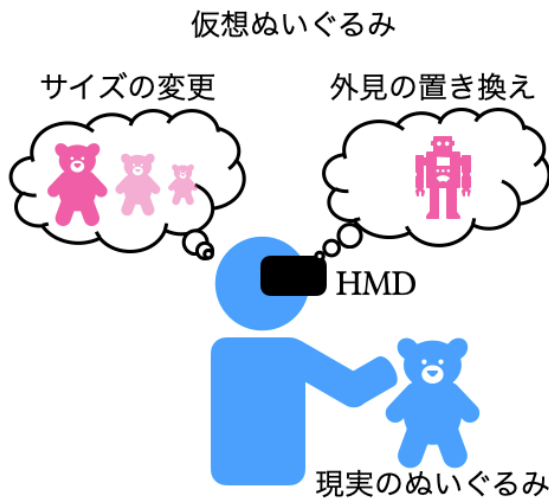


図 1 仮想ぬいぐるみシステムのコンセプト

円筒の表面に合わせた動きに置き換えることで、ユーザが現実世界で触っている円筒の形状を錯覚させることができる。これら研究は、ユーザの物体知覚を視覚と触覚のクロスモーダル効果によって操作できる可能性を示している。我々はこの知見をぬいぐるみ遊びに適用を試みる。

3. 仮想ぬいぐるみ

3.1 コンセプト

図 1 は仮想ぬいぐるみシステムのコンセプトを示している。現実世界において、システムのユーザは一般的なぬいぐるみを両手で把持している。ユーザが装着している HMD には、3DCG 化されたぬいぐるみが表示されている。現実のぬいぐるみの 3 次元位置と仮想のぬいぐるみの 3 次元位置とは同期しているため、ユーザは HMD を装着していても現実と同じぬいぐるみを持って遊んでいる感覚が得られる。加えて、仮想のぬいぐるみは CG のため、システムがそのサイズや外見を自由に変更することができる。この場合、ユーザが把持しているぬいぐるみは変わっていない。ユーザの視覚刺激が別のぬいぐるみに置き換えられる。感覚間の相互作用の結果として、ユーザは別のぬいぐるみで遊んでいる感覚が得られる。

3.2 実装

図 1 は前節のコンセプトを基に開発したプロトタイプシステムを示している。ユーザは HTC Vive の HMD を通して CG のぬいぐるみが表示される仮想世界を見る。この仮想世界は Unity で記述している。HMD の前面には、現実世界のユーザの両手の 3 次元位置を取得するため、ハンドトラッキングセンサ Leap Motion が取り付けられている。得られた両手の座標は、HMD の映像中に仮想的な手（バーチャルハンド）を表示するために用いられる。現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの 3 次元位置を同期させるため、

現実世界のぬいぐるみには HTC Vive のコントローラを取り付けている。

図 2 はユーザの現実・仮想双方の視界を示している。現実世界では、ユーザの目の前にはクマのぬいぐるみが置いてあり、ユーザは両手を前方に伸ばしている（図左）。仮想世界では、クマのぬいぐるみの位置にその CG が、ユーザの両手の位置にバーチャルハンドが表示されている（図右）。ユーザはバーチャルハンドと仮想ぬいぐるみの位置関係を把握することで、HMD をつけたまま現実世界のぬいぐるみを容易に把持できる。

図 3 左では、現実世界でユーザがクマのぬいぐるみを持ち上げている。このとき、図 3 右の HMD を通したユーザの視界では、クマの CG が起き上がって表示される。現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの位置が同期しているのがわかる。ユーザが現実世界でぬいぐるみを把持すると、ぬいぐるみによって手の一部が隠れてしまうため、Leap Motion の位置検出精度が大幅に低下してしまう。結果として、バーチャルハンドの位置や向きも正しく描画されなくなってしまう。本システムでは、仮想ぬいぐるみの表面とバーチャルハンドとの間に接触判定があるときには、バーチャルハンドを描画しないようにした（図 4）。

プロトタイプは、図 5 のように、複数のぬいぐるみとそれに対応する 3DCG を持つ。各 3DCG モデルは、現実のぬいぐるみを全方向から撮影した一連の画像を Reality-Capture[5] に読み込ませて作成されている。システムは、仮想ぬいぐるみの CG を任意のものに切り替えることができる。図 6 左及び中央では、現実のぬいぐるみと同じ CG が HMD 中に表示されているが、図 6 では現実のぬいぐるみとは異なる CG を HMD 中に表示している。システムは各 CG のサイズも変更することができるが、現実のぬいぐるみの手や耳などを動かした際に、CG の手や耳などの部位を動かすことはできない。

4. 評価

現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの間でサイズ及び外見が一致しない場合、ユーザは両手から感じる触覚と HMD から提示される視覚との間でギャップを感じる。本章では、ユーザが許容可能な視触覚間のギャップの範囲について調査する 2 種類の実験について述べる。両実験ともに、被験者 10 人（男性 6、女性 4、全員 20 代）が視覚（仮想ぬいぐるみ）と触覚（現実のぬいぐるみ）の一致度を 10 段階（1:低、10:高）の数値で回答するよう指示された。

4.1 スケールの変更

まず、現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの外見を同一に保ったまま、仮想ぬいぐるみの大きさだけを変化させたときの一致度を調べた。実験の開始時、各被験者は HMD を装着した状態で座席に座り、現実のぬいぐるみを把持す



図 2 プロトタイプシステム外観



図 3 仮想の手（バーチャルハンド）の表示



図 4 仮想の手（バーチャルハンド）の非表示

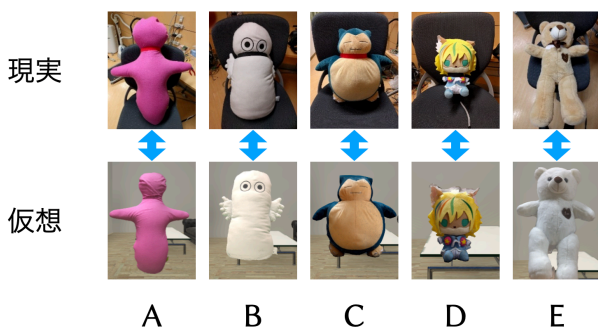


図 5 現実のぬいぐるみと対応する 3DCG. A:人型 [6], B:ずん胴, C:ずんぐり, D:表面凹凸, E:クマ.

るよう指示された。このとき、HMDには現実のぬいぐるみと同じ外見・大きさ(図7の100%)に見える仮想ぬいぐるみを表示した。その後、システムは仮想ぬいぐるみの大きさを80%から120%まで10%刻みで変化させ、各スケールごとに被験者は現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの総合的な一致度を回答した。この手続きを、図5のぬいぐる

み5種類に対して実施した。各被験者は一致度を合計25回を回答したことになる。

図8, 図9, 図10, 図11, 図12は、仮想ぬいぐるみの各サイズにおける一致度の箱ひげ図である。中央値(第二四分位, 各図の青赤の境界)に注目すると、各ぬいぐるみに置いて以下の傾向がみられる。

- (1) ぬいぐるみ A,C,E において、最も一致度が高いのは仮想ぬいぐるみの大きさが100%のときである。
- (2) すべてのぬいぐるみにおいて、110%のときの一致度は、90%のときの一致度よりも高い。

以上より、被験者は仮想ぬいぐるみのサイズを小さく表示することに敏感である。また、被験者は仮想ぬいぐるみのサイズをわずかに大きく表示することには寛容であるが、極端に大きく表示することには敏感である。この結果は、小さい現実のぬいぐるみを実際よりも大きく表示させ、ユーザの満足感を高められる可能性を示唆している。

4.2 外見の変更

次に、現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの外見が異なる場合の一致度を調べた。被験者は、HMDに「クマ」の仮想ぬいぐるみを表示された状態で、現実のぬいぐるみを図13のAからFまで順番に変更しながらそれぞれの一致度を回答してもらった。実験の開始時、各被験者はHMDを装着した状態で座席に座り、クマのぬいぐるみを把持するよう指示された。その後、被験者の把持する現実ぬいぐるみを図13のAからFまで順番に変更した。現実のぬいぐるみを変更するたびに、被験者は現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの総合的な一致度を回答した。

図14は、各現実ぬいぐるみの一致度の箱ひげ図である。前実験同様に中央値に着目すると、被験者は現実のぬいぐるみ A, C, E' に対し、比較的高いスコアを与えた。しかし、最も高い中央値でも6であり、被験者はいくつかの場合をのぞいて外見の変更に敏感であった。

ベースとなったクマのぬいぐるみは丸い頭部、その上に



図 6 外見の置き換え

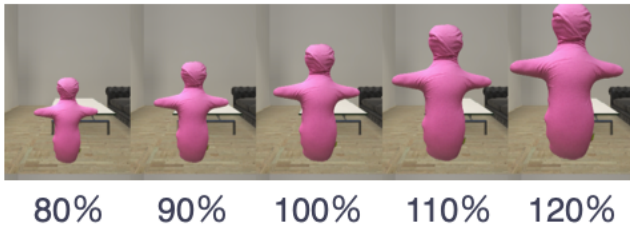


図 7 仮想ぬいぐるみの大きさ変更

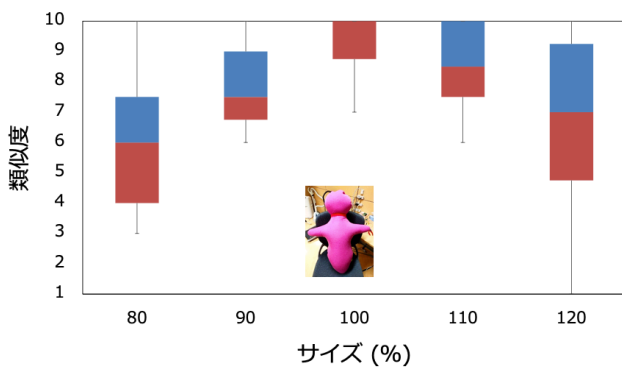


図 8 スケール変更における一致度 (ぬいぐるみ A)

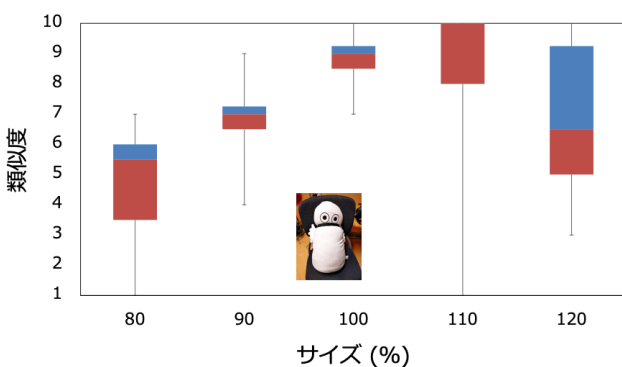


図 9 スケール変更における一致度 (ぬいぐるみ B)

2つの耳, 2本の長い腕, 2本の長い足を持つ。現実のぬいぐるみ A, C は, すべてではないものの, ベースのぬいぐるみと似たパーツを持つ。ぬいぐるみ E' は, ベースのぬいぐるみから手足を取り除いたものであり, 胴体と頭部はベースと同じ形状である。これら3種類はベースのぬいぐるみの輪郭と類似点があるため, 一致度の評価が高くなっ

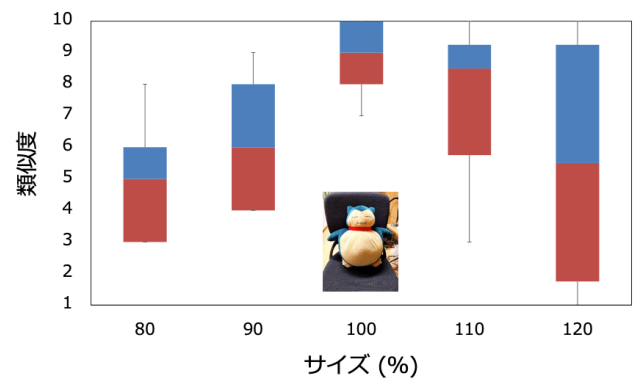


図 10 スケール変更における一致度 (ぬいぐるみ C)

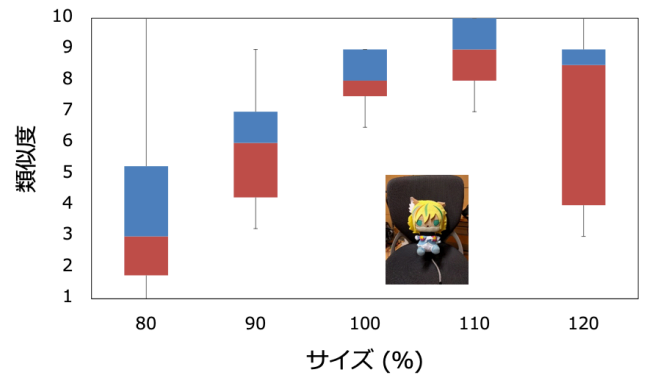


図 11 スケール変更における一致度 (ぬいぐるみ D)

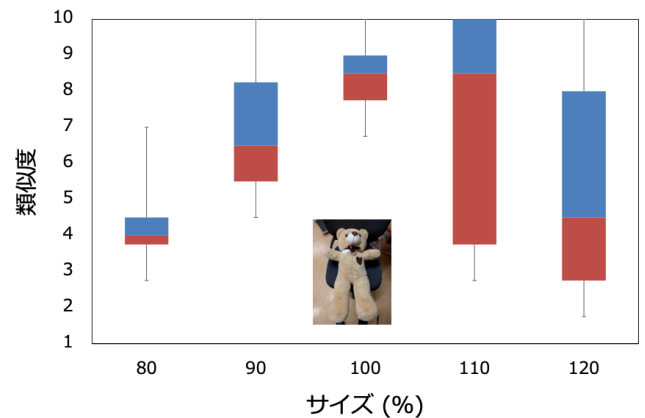


図 12 スケール変更における一致度 (ぬいぐるみ E)



図 13 外見変更における一致度。D:頭でっかち, E':手足のないクマ, F:卵形。

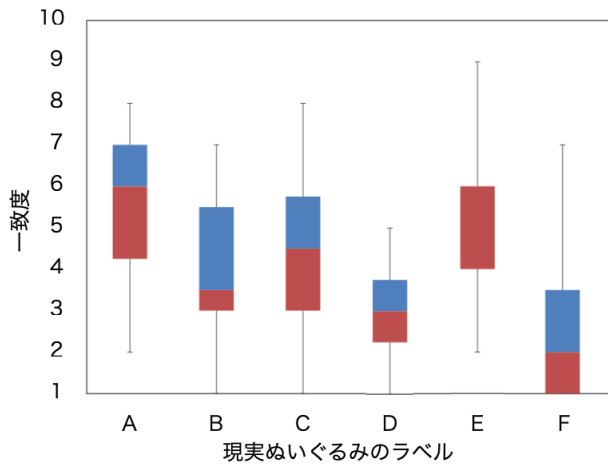


図 14 外見を変更した際の一致度

たとえられる。これに対しぬいぐるみ B, D, F は、パーツの種類とその大きさがベースのぬいぐるみとは大きく異なる。被験者は現実のぬいぐるみの輪郭から感じる触覚が仮想ぬいぐるみのそれとあまりにも異なるため、その違いを許容できなかったと考えられる。

この結果は、現実と仮想のぬいぐるみの構成パーツの数やそのサイズ比が近ければ、まったく異なる外見を持つ仮想ぬいぐるみを表示できる可能性を示唆している。限られた数個の現実のぬいぐるみで、数多くの仮想ぬいぐるみを実現できるかもしれない。

5. 議論

我々は仮想ぬいぐるみの大きさ・外見変更以外の機能として以下の2種類を検討中である。

1つは「動き」の付加である。現在のシステムでは、ユーザが現実のぬいぐるみを触ったり持ち上げたりしても、仮想ぬいぐるみの姿勢は変わらない。そこで、図 15 のようにユーザの把持状態に合わせて仮想ぬいぐるみをアニメーションすることに取り組んでいる。その際に留意すべき点は、アニメーションをさせる部位である。ユーザがそのぬいぐるみの腕に触れているときに、仮想ぬいぐるみの腕をアニメーションさせてしまうと、ユーザに大きな違和感を与えてしまう。ユーザに違和感なく仮想ぬいぐるみをア

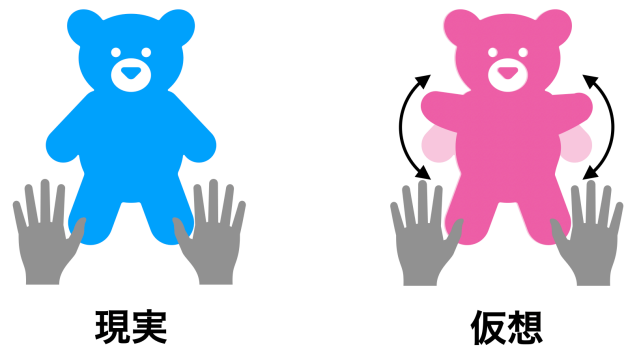


図 15 動きの付与

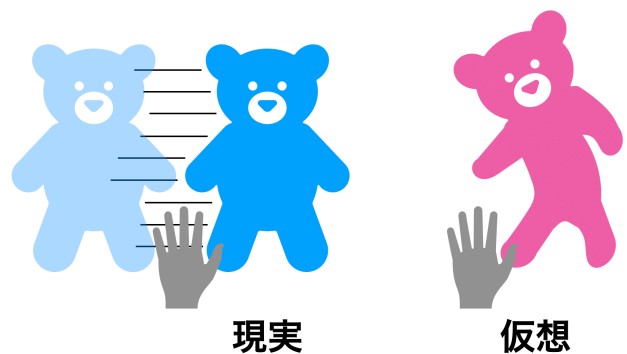


図 16 硬さの変更

メーションさせるには、ユーザの手とぬいぐるみとの詳細な位置関係を判定する仕組みが必要になる。

もう1つは「硬さ」の変更である。一般的に、現実のぬいぐるみは柔らかいため、把持する強さによっては表面が凹んだり、把持する位置によっては姿勢が垂れたりする。しかし、現在の実装では仮想ぬいぐるみの表面や姿勢は一切変化しない。ユーザが現実世界のぬいぐるみを握りしめたとき、仮想ぬいぐるみの表面を実際よりも深く凹ませれば、ユーザは実際よりも柔らかいぬいぐるみを持っていると感じる可能性がある。逆もまた然りである。また、図 16 のようにユーザが現実世界のぬいぐるみを素早く振り回したとき、ぬいぐるみの胴体が現実よりも曲がって見えれば、ユーザは実際よりも柔らかいぬいぐるみを持っていると感じる可能性がある。

6. おわりに

本論文では、仮想的な外見を有するぬいぐるみ型玩具を提案した。仮想ぬいぐるみは、現実のぬいぐるみのサイズ及び外見を HMD を通した仮想世界で自由に変更できる。評価実験の結果、以下の2点を確認した。

- (1) 仮想ぬいぐるみのサイズは、現実のぬいぐるみのサイズよりも 10%程度大きく表示できる。
- (2) 仮想ぬいぐるみの外見全体の変更は、現実のぬいぐるみと仮想ぬいぐるみの輪郭が類似している場合を除いて受け入れられない。

今後はぬいぐるみや手の位置計測精度を向上してシステムの違和感を減らすだけでなく、5章で挙げた新たな機能を導入していく。これにより、ユーザとぬいぐるみとの新たなインタラクションを提供していくことが目標である。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 17K00284, 20K12128 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Sumioka, H., Nakae, A., Kanai, R. and Ishiguro, H.: Huggable communication medium decreases cortisol levels, *Scientific Reports*, Vol. 3, No. 3034 (online), DOI: 10.1038/srep03034 (2013).
- [2] Koole, S., Tjew-A-Sin, M. and Schneider, I.: Embodied Terror Management: Interpersonal Touch Alleviates Existential Concerns Among Individuals With Low Self-Esteem, *Psychological science*, Vol. 25, No. 1, pp. 30–37 (online), DOI: 10.1177/0956797613483478 (2014).
- [3] 中原守勇, 北原 格, 大田友一: 複合現実感における視覚と触覚の融合効果を利用した物体形状提示に関する実験的検討(「ハプティックインタラクション」特集), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 25–35 (オンライン), DOI: 10.18974/tvrsj.13.1.25 (2008).
- [4] 伴 祐樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 手の動きの空間変調による形状知覚操作, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 17, No. 4, pp. 457–468 (オンライン), DOI: 10.18974/tvrsj.17.4.457 (2012).
- [5] Capturing Reality s.r.o.: RealityCapture, <https://www.capturingreality.com> (2020).
- [6] nishikawa: Hugvie, <https://hugvie.jp>.