



生物感を伴うバーチャルハグシステムと コンテンツ管理システムの構築

Virtual Hug System with the Sense of Presence and Contents Manager

下林秀輝¹⁾, 柴田佳祐²⁾, 登石拓磨²⁾

Hideki SHIMOBAYASHI, Keisuke SHIBATA, and Takuma TOISHI

1) 東京大学 情報理工学系研究科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, shimobayashi@star.rcast.u-tokyo.ac.jp)

2) 京都大学 情報学研究科 (〒 606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 36-1, {shibata.keisuke.27m, toishi.takuma.85a}@st.kyoto-u.ac.jp)

概要: 親しい人同士の抱擁にはストレス軽減効果があることが広く知られており、ロボットと抱擁を行うシステムの研究が行われている。本研究では、参加者にバーチャルアバターが抱擁する映像を見せ、抱擁ロボットを用いて実際に抱擁されたかのような体験を実現する。ロボットと HMD を用いたバーチャルハグシステムを提案し、ロボットには呼吸などの生物感を伴う機能を搭載した。また、容易にバーチャルハグ体験を編集可能なコンテンツ管理システムを構築した。

キーワード: アート・エンタテインメント, 提示, マルチモーダル, ロボット, ハグ

1. はじめに

家族や恋人などの親しい人で行う接触や抱擁(ハグ)にはストレス軽減効果があることが知られており、ロボットとのコミュニケーションにおいてもストレス軽減効果があることが示唆されている [2]。ロボットとの接触コミュニケーションを通じて体験者のストレス軽減を試みる研究が行われているが、一般的にロボットは外見が変更できず、ロボットを親しい人と似た外見にすることやロボットの外見上の性別を変更することは困難である。

これらの問題に対して、バーチャルリアリティ技術を用いてロボットの外見を変更させる研究が行われている [1]。この研究では、人を抱擁するロボットとヘッドマウントディスプレイを組み合わせ、バーチャルアバターと体験者が抱擁を行うシステムを提案している。この研究は体験者とアバターの性別の組み合わせによるストレス軽減効果の違いに着目している。バーチャルアバターと抱擁を行った際のストレス軽減効果が、呼吸や鼓動・外見などのパラメータに応じてどのように変化するかについては未だ明らかにされていない。

本研究では、アバターとのハグ体験中に、呼吸や鼓動を提示する機能を搭載した抱擁ロボットでアバターの生物感を追加提示し、バーチャルハグのストレス軽減効果を調査できるシステムを構築することを目的とする。本稿では、コンテンツを容易に編集可能なコンテンツ管理システムを構築し、呼吸や鼓動を提示するバーチャルハグシステムと組み合わせ、提案システム「抱く枕」を製作する(図 1)。



図 1: 提案システムを体験する様子

2. 接触コミュニケーションに関する研究

2.1 人同士の接触と抱擁

人同士の接触や抱擁が人に与える影響について多くの研究が行われている。Grewen らの研究では、高いストレス状態に対する血圧・心拍数の上昇反応が、親しい人との事前の接触や抱擁によって低減されることが示された [3]。また、Cohen らは、風邪ウイルスに対する免疫効果の評価実験を用いて抱擁でストレスが緩和されることを示唆した [4]。

2.2 ロボットとの接触と抱擁

人とロボットの間の接触コミュニケーションに関しても人同士と同様に良い効果が現れることが報告されている [5, 7]。Sumioka らは、体験者が抱きつくことができる通信装置を用いてパートナーと通話すると、携帯電話を使用した場合に比べてストレスが軽減されることを確認した [5]。様々な外装をヒューマノイドロボットに装着してロボットとの抱

擁の有効性を調査した研究は、硬くて冷たい抱擁よりも柔らかく温かい抱擁を人が好むことを明らかにした [6]。接触の効果は体験者と相手の外観的性別に大きく影響されることが知られている。同性間の接触は効果が下がることが知られているが、Suzuki らの研究では、相手に表示される画面上のアバターを異性とすることで接触の効果が増強されることを示した [7]。

2.3 VR 技術を用いた抱擁

ヒューマノイドロボットの外観を変更するのは非常に高コストであり、体験者毎に外装を変更することは現実的ではない。この問題に対処するため、ロボットとバーチャルリアリティ技術を用いて相手の外観的性別を変更する研究が行われている。Shiomi らの研究では、ロボットアームが組み込まれたぬいぐるみとヘッドマウントディスプレイを用いてアバターと抱擁を行えるシステムを構築し、アバターの性別変更がストレス軽減に及ぼす影響を調査した。この研究では人同士の接触と同様に、バーチャルハグにおいても体験者と同性のアバターより異性のアバターの方がストレス軽減効果が高いことを示した [1]。

ヒューマノイドロボットを用いたハグ体験の評価を行った研究では、ロボットの柔らかさや体温がハグ体験の評価に良い効果を与えることが示されている [6]。VR 技術を用いた抱擁に関する研究は外見の性別への着目に留まっており、性別以外のパラメータについては殆ど調査が行われていない。また、鼓動や呼吸などの生物感を提示する研究は未だ行われていない。

鼓動や呼吸をデバイスで体験者に触覚提示する研究が報告されている。心拍情報を提示することで、人の感情や心拍に影響を与えることが知られている。西村らは体験者の心拍を触覚フィードバックするデバイスを作成し、人物写真に対する被験者の評価が心拍提示の条件によって変化する可能性があることを示した [8]。呼吸に関しては呼吸動作を提示するクッションを用いて、体験者の呼吸リズムを誘導する研究が報告されている [9]。

2.4 本研究の位置づけ

本研究では、アバターの外見や呼吸・鼓動などのパラメータが、バーチャルハグのストレス軽減効果に与える影響を調査可能なシステムの構築を目的とする。本稿では、アバターの外見を任意に変更可能なコンテンツ管理システムを構築し、一般的なヘッドマウントディスプレイを呼吸や鼓動・体温などの生物感を提示するバーチャルハグシステムとを組み合わせることで、高品質なハグ体験を実現する。提案する抱擁ロボットには抱擁を行う機構の他に、サーボモータを用いた呼吸提示機構やスピーカーを用いた鼓動提示機能を搭載した。また、柔らかいクッションとカイロを用いて柔らかさや体温を提示することでバーチャルハグ体験の向上を試みる。

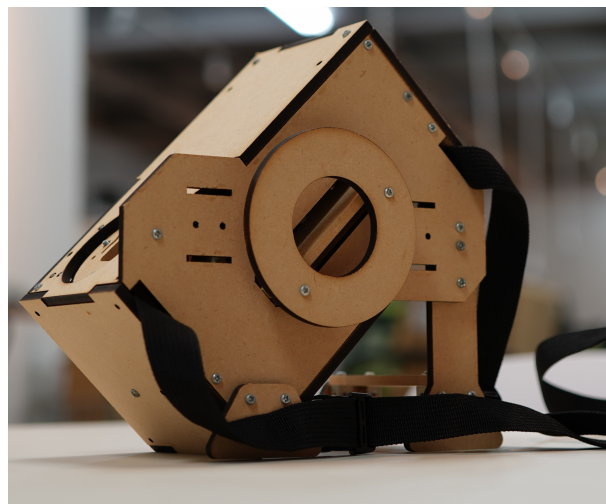


図 2: 製作した抱擁ロボット

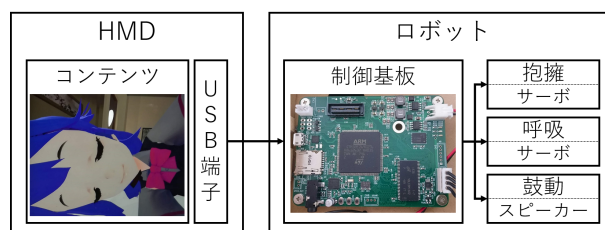


図 3: システム構成図

3. 提案システム

本研究で提案するシステムは、ヘッドマウントディスプレイ (HMD)、バーチャルハグシステム、容易にハグ体験を編集可能なコンテンツ管理システムから構成される。HMD には、Oculus 社製の Oculus Go を使用した。HMD とロボットをケーブルで接続した。

3.1 バーチャルハグシステム

製作した抱擁ロボットを図 2 に示す。本研究で提案する抱擁ロボットには、アバターとの抱擁時に抱きつかれる感覚を提示する抱擁機構、生物感を与える呼吸機構、体温を感じる発熱部、鼓動提示部、制御基板を搭載した。抱擁動作はサーボモータによってベルトを巻き取り、抱擁アームを引くことで抱擁される感触を再現した。呼吸動作は Ban らの研究 [9] で提案されたラック・ピニオンを用いる直動機構で実現した。鼓動提示にはスピーカーを用いた。抱擁ロボットと体験者の間には柔らかいクッションを設置し、体験者はクッションを介して呼吸を感じることが出来た。また、体験者とクッションが接する部分に使い捨てカイロを装着し人の体温を再現した。体験者は図 1 のようにデバイスを装着し、HMD を通して映像・音声コンテンツの体験を行った。

サーボモータとして最大トルク $2.6\text{N}\cdot\text{m}$ の Dynamixel 社製 RX-24F を採用した。外装には全て MDF 製の板を使用し、ナイロン製のベルトを採用した。抱擁アームには樹脂製のパイプを用い、パイプの周りに綿を組み付けることで人間の腕に近い感触を再現した。図 3 に示すように、呼吸・鼓動提示に用いるサーボモータやスピーカーは全てロ

ボット内に搭載された制御基板で制御し、HMDとはUSBケーブルを用いて接続した。

3.2 コンテンツ管理システム

本研究では、バーチャルアバターに抱擁される映像をHMDで体験者に提示し、同時に抱擁ロボットが抱擁することでバーチャルハグ体験を実現する。Shiomiらの研究[1]では、アバターの外見的性別の違いによって体験者の知覚が異なることが示唆されている。本稿では、性別以外の外見的特徴にも着目するため、アバターの外見・声・動き・表情を容易に変更できるシステムを提案する。アバターの3Dモデルは、VRoid Hub(<https://hub.vroid.com/>)からダウンロードして利用した。

3.2.1 コンテンツプロット

アバターの声・動き・表情は、台本データ及び表情データによって管理する。台本データには、声・動き・表情のラベル及び抱擁ロボットへの指令値が記載される(図4参照)。表情データは表情ラベルとブレンドシェイプの対応づけの定義を行っている。台本データと表情データをまとめてコンテンツプロットと呼び、JSON形式のファイルとして保存する。コンテンツプロットの形式の一例を図5に示す。

本システムでは、コンテンツプロットを編集することでコンテンツの内容を容易に編集可能である。以下に各項目の詳細を述べる。

声 (sound)

音声はセリフごとに分割し、音声ファイルとして配置した。分割することでセリフの間隔を微調整できる。無音区間には無音の音声を入れることで対応する。

動き (motion)

アバターのポーズを作った後、ポーズの間をクロスフェードで自動遷移するようにすることで動きを作成した。呼吸モーションは自動的にモーションに追加され、抱擁ロボットの呼吸の動きと連動するようにした。

表情 (face)

表情ラベルに対して、ブレンドシェイプの組み合わせを定義した辞書を作成した。辞書を持つことで表情の呼び出しが容易になり、複雑なブレンドシェイプの組み合わせも実現した。

ロボットへの指令 (instruction)

HMDからロボットにコマンドをシリアル通信で送信することで、コンテンツと同期したロボットの動作を実現した。コマンドには抱きしめ量や抱きしめ時間などの調整可能な値を含んでおり、コンテンツプロットを編集することで調整が可能である。

3.2.2 表情制御

本研究では豊かな表情の再現のため、リップシンク、台本による表情制御、自動まばたきを組み合わせた表情制御を行った。実装の際、これらを組み合わせるとブレンドシェイプの競合が発生する。例えば、目を細める表情と自動瞬き、口を開く表情と「a」のリップシンクが競合し、表情が崩れてしまう。この問題を解決するため、口と目を対象にした

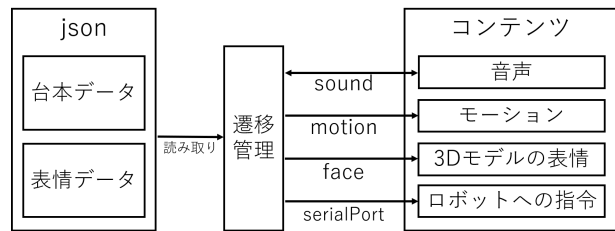


図4: コンテンツプロットの構造

```
{
  "data":
  [
    {
      "sound": "silent-3sec",
      "motion": "Still",
      "face": "EyeClose",
      "comment": "(目をつぶっている状態)",
      "serialPort": ""
    },
    {
      "sound": "voice-1",
      "motion": "StillTilt",
      "face": "EyeClose",
      "comment": "起きた?",
      "serialPort": "hold 1500 -800"
    }
  ],
  "faceExpSet":
  [
    {
      "name": "EyeClose",
      "faceExps": [
        {
          "blendShapeName": "M_F00_000_Fcl_EYE_Close",
          "activeVal": "85"
        },
        {
          "blendShapeName": "M_F00_000_Fcl_ALL_Fun",
          "activeVal": "30"
        },
        {
          "blendShapeName": "M_F00_000_Fcl_BRW_Sorrow",
          "activeVal": "20"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

図5: コンテンツプロットの例

ブレンドシェイプをそれぞれ事前に定義し、それぞれの値の合計が100%を超えないように調整した。

4. デモンストレーション

2019年5月4日から5日にかけて京都府で行われたイベント Maker Faire Kyoto 2019において、本システムを用いたバーチャルハグコンテンツの体験展示を行った。体験後に口頭で意見調査を行った所、「呼吸がとてもリアルに感じられた」、「目の前に人がいてハグしてくれる感触があった」、「素直な気持ちになれた」、「顔にも物理的な刺激があると良いと感じた」、「3DCGではなく実際の360度映像が良い」などの意見を頂いた。映像以外の情報でもアバターのリアリティが向上することが示唆された。

5. むすび

本稿では、アバターの外見の特徴や声などのコンテンツを容易にカスタマイズできるコンテンツ管理システムを構築し、生物感を提示するバーチャルハグシステムと組み合わせることで、提案システムを製作した。抱擁ロボットには抱擁機構に加えて呼吸・鼓動などを再現する機構を備え、体験者に生物感を提示することで高品質なバーチャルハグ体験を実現した。

今後は、構築したシステムを用いて呼吸・鼓動提示・アバターの外見などのパラメータが体験者の知覚に与える影響を調査し、ストレス軽減効果にどのような違いがあるかについて検討する。また、様々な状況で使用できるように抱擁ロボットの小型化を目指す。遠隔参加者とのハグコミュニケーションについても検討する。

参考文献

- [1] M. Shiomi, and N. Hagita, "Audio-Visual Stimuli Change not Only Robot's Hug Impressions but Also Its Stress-Buffering Effects.", *International Journal of Social Robotics*, pp. 1-8, 2019.
- [2] G. Huisman, "Social Touch Technology: A Survey of Haptic Technology for Social Touch.", *IEEE ToH*, Vol. 10, No. 3, 2017.
- [3] K. M. Grewen, B. J. Anderson, S. S. Girdler, and K. C. Light, "Warm Partner Contact Is Related to Lower Cardiovascular Reactivity.", *Behavioral Medicine*, Vol. 29, No. 3, pp. 123-130, 2003.
- [4] S. Cohen, D. J. Deverts, R. B. Turner, and W. J. Doyle, "Does Hugging Provide Stress-Buffering Social Support? A Study of Susceptibility to Upper Respiratory Infection and Illness.", *Psychological Science*, Vol. 26, No. 2, pp. 135-147, 2015.
- [5] H. Sumioka, A. Nakae, R. Kanai, and H. Ishiguro, "Huggable Communication Medium Decreases Cortisol Levels.", *Scientific Reports*, Vol. 3, pp. 3034, 2013.
- [6] A. E. Block, K. J. Kuchenbecker, "Softness, Warmth, and Responsiveness Improve Robot Hugs.", *International Journal of Social Robotics*, Vol. 11, No. 1, pp. 49-64, 2019.
- [7] K. Suzuki, M. Yokoyama, et al., "Gender-Impression Modification Enhances the Effect of Mediated Social Touch Between Persons of the Same Gender.", *Augmented Human Research*, 2016.
- [8] 西村奈令大, 蜂須 拓, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之: 心戯一体: 疑似心拍提示を用いた視聴覚コンテンツ体験の拡張, *エンタテインメントコンピューティング 2012*, 2012.
- [9] Y. Ban, H. Karasawa, R. Fukui, S. Warisawa, "Relaxushion: Controlling the Rhythm of Breathing for Relaxation by Overwriting Somatic Sensation.", *SIGGRAPH Asia E-Tech*, No. 10, 2018.