

平成 30 年 5 月 30 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00373

研究課題名(和文) 視聴触覚感性に基づいた非装着型触感提示によるARインタラクションの実現

研究課題名(英文) AR Interaction of a virtual object with a bare hand using multisensory integration

研究代表者

佐藤 美恵 (Sato, Mie)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00344903

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、触覚提示デバイスを用いずに素手で、ヘッドマウントディスプレイ上に描画される仮想物体を掴み操れる、仮想物体との自然なインタラクションを可能にするARインタラクションを実現した。本研究では、実験結果に基づき、視覚、聴覚、触覚、そしてそれらの感覚間相互作用により、ユーザに疑似的な触感を提示することで、ユーザに仮想物体を把持していると感じさせることができ、また、仮想物体の柔らかさについても伝えられるARシステムを開発した。本研究の成果である、素手によるARインタラクションは、今後のARを利用した新しい表現やサービスにおいて、仮想物体の実在感や操作感などの向上に貢献するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study developed an AR system that allows a user to grasp a virtual object with a bare hand. With our AR system, the user can see images on a head-mounted display in which his/her bare hand is grasping a virtual object in real time. We examined visual and auditory stimuli and their multisensory integration effective in enhancing the user's perception of grasping a virtual object with a bare hand. The results showed that our AR system provides a user with a feeling of grasping a virtual object and also its pseudo-softness with a bare hand. Our bare hand interaction contributes to realizing a natural interaction with a virtual object.

研究分野：感性情報学

キーワード：感性情報処理 インタラクション

1. 研究開始当初の背景

メガネ型携帯端末をはじめ小型ヘッドマウントディスプレイが急速に発展する中で、現実世界とコンピュータ上の世界とのインタフェースとなる技術として、拡張現実感 (Augmented Reality、以下「AR」) が注目されている。AR とは、人が知覚する現実環境をコンピュータにより拡張する技術である。例えば医療分野では、人間の体に内臓や骨、血管などの映像を重ねて表示することで、より確実な診断や手術を支援している。

ここ数年の間に、AR 技術開発に必要なハードウェアの性能向上や各種センサの普及が急速に進み、現在、AR は視覚情報による現実環境の拡張だけではなく、インタラクティブ性を備えた次世代インタフェースとして、その開発が期待されている。インタラクティブな AR の実現には、現実世界とコンピュータ上の仮想世界を整合し、ユーザと仮想物体との違和感のないインタラクションを可能とする必要がある。

現状の仮想物体とのインタラクションに関して、AR マーカーやデータグローブなど装着型デバイスを用いる方法は高精度な計測と触覚フィードバックの提示といった利点があるが、装置の装着により重さや違和感を与えたり、システム全体が大きくなり可搬性や利便性の低下、使用環境の制限、また高価格化といった欠点が挙げられる。また、装着型デバイスを用いない、素手によるインタラクションに関する既存研究では、カラー画像と深度画像を使った画像処理により手情報を取得しているが、触覚フィードバックの提示を考慮していないため、ユーザが受ける違和感が大きい。

2. 研究の目的

本研究では、ヘッドマウントディスプレイ上に描画される仮想物体を、触覚提示デバイスを用いずに、現実世界でまさにユーザの目の前にある物体を扱うかのように、素手で掴み操れる AR インタラクションを実現する。

本研究により、今後の AR システム開発における、非装着型でありながら触覚提示が可能なインタラクションの基盤技術を確立し、仮想物体の実在感や操作感などに対して感性的訴求効果の高い AR を利用した新しい表現やサービスの創出に貢献する。

3. 研究の方法

- (1) 仮想世界と現実世界を高精度に整合する AR システムを構築する。
- (2) 素手で仮想物体を掴む動作において、疑似的な触覚提示に効果的な視覚刺激を検討する。
- (3) 素手で仮想物体を掴む動作において、疑似的な触覚提示に効果的な視聴覚間相互作用を検討する。

- (4) (1)で構築した AR システムに、(2)(3)で得られた知見を組み込み、素手で仮想物体を掴む動作において、疑似的な触覚提示が可能な AR システムを開発する。

4. 研究成果

(1) AR システムの構築

様々な形状の仮想物体に対して掴み動作を自然なものにすることを目的に、先行研究 (引用文献) の掴み判定を、より詳細な指先と仮想物体の位置関係に取得することで改良し、かつ、手が常に仮想物体の表面を掴んでいるように手形状を補正した。さらに、掴み動作を行っている際の操作として、移動操作と回転操作を実装した。そして、これらを組み合わせた AR システムを構築し、仮想物体の操作性等の印象を評価したところ、掴み動作と移動操作に関しては操作性、見え方について不自然さが目立たなかったという結果が得られた。これにより、仮想物体の形状に関わらず、素手で自然な AR インタラクションを行える可能性が示唆された。

(2) 触覚提示に効果的な視覚刺激の検討

素手で仮想物体を掴む際に、実際には何も掴んでいない状況下でも視覚刺激のみで、ユーザに疑似的な触覚を提示できるかを検討した。そこで、視覚刺激として、仮想物体を掴む際のユーザの実際の指の動きと連動しつつ、ヘッドマウントディスプレイ上に表示されるユーザの指の動き幅を変化させ、かつ、それに合わせてユーザの手形状と仮想物体を変形させた映像を用意した。そして、これらの視覚刺激を提示した際にユーザが感じる仮想物体の柔らかさや操作感等の印象を評価した。その結果、指の動き幅をより狭めやすくすることで、ユーザは仮想物体をより柔らかく感じ、仮想物体の操作性も向上することが示された。これにより、ユーザの手の動きに合わせて、ユーザの視覚情報を操作することで、仮想物体に対して疑似的な触覚を得られることが示唆された。

(3) 触覚提示に効果的な視聴覚間相互作用の検討

素手で仮想物体を掴む際の把持知覚を向上させることを目的に、ユーザが仮想物体を掴む際に聴覚刺激を付加することの効果を実験により検証した。聴覚刺激は、文献を参考に、信号音、言語音声、自然音を用意した。そして、聴覚刺激を提示した場合と提示しなかった場合で、様々な形状の仮想物体に対して、被験者に、仮想物体を掴んだ感覚、持っている感覚、移動している感覚、回転させている感覚、放した感覚を評価してもらった。実験結果より、聴覚刺激を付加した方が聴覚刺激を付加しないよりも評価が有意に ($p < 0.01$) 高いことが示された。特に、聴覚刺激の中では、信号音の評価が高く、信号音の高音と低音とでは、低音の方が高音よ

りも把持知覚を向上させることが分かった。さらに、仮想物体の形状に着目すると、単純な形状よりも複雑な形状の方が聴覚刺激を付加することによる効果が大きかったことが分かった。これより、ユーザが仮想物体を掴む際に聴覚刺激を付加することにより、ユーザの把持知覚が向上することが示された。

(4) 疑似的な触感提示が可能な AR システムの開発

素手による仮想物体とのインタラクションにおいて、把持知覚や柔らかさ知覚の向上を目的として、仮想物体の変形限界である芯部分の提示方法を検討した。そこで、素手による仮想物体の把持において、指先間の距離に応じた音量変化と仮想物体の芯部分での音量変化を伴う聴覚刺激を用意し、仮想物体に対するユーザの把持知覚と柔らかさ知覚への効果を被験者実験により検証した。その結果、仮想物体の変形限界である芯部分での音量変化によって、ユーザは柔らかさを知覚しやすい傾向があることが示された。また、芯部分で音量が上昇する音量変化は、より柔らかさを感じさせやすいことが示唆された。最後に、これらの結果を反映させた、疑似的な触感提示が可能な AR システムを開発した。

(5) まとめ

本研究では、触覚提示デバイスを用いず非装着型として素手で、ヘッドマウントディスプレイ上に描画される仮想物体を掴み操れる、仮想物体との自然なインタラクションを可能にする AR インタラクションを実現した。

まず、仮想物体に対するユーザの把持知覚と柔らかさ知覚を効果的に得るために、ユーザが仮想物体を掴み操る際の手の動きに合わせて、ヘッドマウントディスプレイ上に提示する視覚刺激と聴覚刺激を被験者実験により選定した。そして、実験結果に基づき、視覚、聴覚、触覚、そしてそれらの感覚間相互作用により、ユーザに疑似的な触感を提示することで、ユーザに仮想物体を把持していると感じさせることができ、また、仮想物体の柔らかさについても伝えられる AR システムを開発した(図1)。

本研究の成果である、素手による AR インタラクションは、今後の AR を利用した新しい表現やサービスにおいて、仮想物体の存在感や操作感などの向上に貢献するものと考えられる。

<引用文献>

鈴木遼人、鈴木奏太、佐藤美恵、素手での掴み動作に着目した AR システムの視覚的改良、映像情報メディア学会誌、査読有、68 巻 7 号、2014、J299-J301
<https://doi.org/10.3169/itej.68.J299>

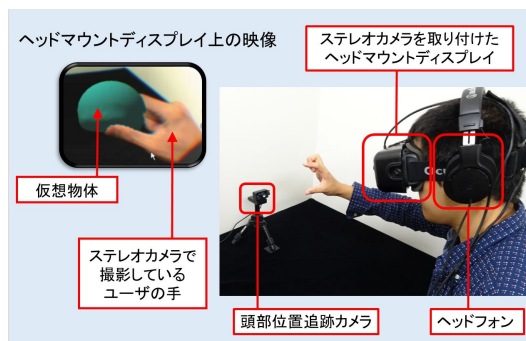


図 1：開発した AR システム

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- (1) 加藤昇、石垣早都、鈴木奏太、佐藤美恵、素手での掴み動作における仮想物体の柔らかさ提示に関する検討、映像情報メディア学会誌、査読有、71 巻 3 号、2017、J121-J124
<https://doi.org/10.3169/itej.71.J121>

〔学会発表〕(計 23 件)

- (1) 木村善太郎、佐藤美恵、音量変化を伴う聴覚刺激と仮想物体の柔らかさ知覚に関する検討、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2018
- (2) Zentaro Kimura、Mie Sato、An Examination on Effective Auditory Stimulation When Grasping a Virtual Object with a Bare Hand、International Workshop on Advanced Image Technology 2018、2018
- (3) Yuta Kume、Mie Sato、An Examination of Perception of Grasping a Virtual Object in Barehanded Interaction、International Workshop on Advanced Image Technology 2018、2018
- (4) 木村善太郎、佐藤美恵、仮想物体の把持知覚に対する聴覚刺激の効果に関する検討、映像情報メディア学会 2017 年冬季大会、2017
- (5) 久米佑太、佐藤美恵、素手による仮想物体の変形タスクにおける聴覚刺激の影響に関する検討、映像情報メディア学会 2017 年冬季大会、2017
- (6) Mie Sato、Haruna Kimura、Effects of Auditory Cues on Grasping a Virtual Object with a Bare Hand、ACM SIGGRAPH 2017、2017

- (7) 加藤昇、石垣早都、佐藤美恵、掴み動作に着目した聴覚刺激の付加による仮想物体の把持感覚に関する検討、第12回日本感性工学会春季大会、2017
- (8) 久米佑太、佐藤美恵、素手による仮想物体とのインタラクションにおける視覚的改良の検討、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2017
- (9) 木村春菜、加藤昇、佐藤美恵、様々な形状の仮想物体に対する掴み音と把持知覚に関する検討、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2017
- (10) 石垣早都、加藤昇、長谷川光司、佐藤美恵、聴覚刺激を付加した擬似触覚による仮想物体の柔らかさ知覚に関する検討、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2017
- (11) Sho Kato、Mie Sato、An Examination of Perception with an Auditory Cue When Grasping a Virtual Object with a Bare Hand、International Workshop on Advanced Image Technology 2017、2017
- (12) 加藤昇、石垣早都、木村春菜、佐藤美恵、仮想物体に対する掴み音と把持知覚に関する検討、映像情報メディア学会 2016 年冬季大会、2016
- (13) 久米佑太、佐藤美恵、手の見せ方に着目した仮想物体へのインタラクションの検討、映像情報メディア学会 2016 年冬季大会、2016
- (14) Mie Sato、Daiki Ebihara、Sota Suzuki、Sho Kato、An AR System on Manipulating a Virtual Object with a Bare Hand、ACM SIGGRAPH ASIA 2016、2016
- (15) Mie Sato、Sota Suzuki、Daiki Ebihara、Sho Kato、Sato Ishigaki、Pseudo-Softness Evaluation in Grasping a Virtual Object with a Bare Hand、ACM SIGGRAPH 2016、2016
- (16) 鈴木奏太、蛭原大樹、佐藤美恵、素手での掴み動作における仮想物体の柔らかさの評価、第11回日本感性工学会春季大会、2016
- (17) 蛭原大樹、鈴木奏太、佐藤美恵、様々な形状の仮想物体の掴み動作に着目したAR

システムに関する検討、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2016

- (18) 渡邊英光、八木美冴、佐藤美恵、素手による3次元モデリングシステムにおける操作手法に関する検討、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2016
- (19) Sota Suzuki、Mie Sato、An Examination of Grasping a Stereoscopic Virtual Object Using Pseudo-haptics、International Workshop on Advanced Image Technology 2016、2016
- (20) Misae Yagi、Mie Sato、An Examination of a 3D Modeling System Using an Infrared Sensor、International Workshop on Advanced Image Technology 2016、2016
- (21) 鈴木奏太、佐藤美恵、擬似触覚を用いた立体視可能な仮想物体の掴み動作に関する検討、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2015
- (22) 八木美冴、渡邊英光、佐藤美恵、赤外線センサを用いた素手による3次元モデリングシステムの構築、映像情報メディア学会メディア工学研究会、2015
- (23) 鈴木奏太、佐藤美恵、仮想物体の掴み動作に着目した立体視可能なARシステムに関する検討、映像情報メディア学会 2015 年年次大会、2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 美恵 (Sato, Mie)
宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・教授
研究者番号: 00344903

(2) 研究分担者

長谷川 光司 (Hasegawa, Hiroshi)
宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・教授
研究者番号: 50272761

(3) 研究分担者

橋本 直己 (Hashimoto, Naoki)
電気通信大学・情報理工学(系)研究科・准教授
研究者番号: 70345354