



宮崎大学学術情報リポジトリ

University of Miyazaki Academic Repository

## 拡張現実感における物理的整合性を考慮した仮想物体に対する直感的操作の改案

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2021-11-04 キーワード (Ja): キーワード (En): Augmented reality (AR), Hidden surface removal, Virtual Object, Hand 作成者: 釜坂, 岳人, 堀, 貴博, 宮本, 滉大, 坂本, 真人, 釜坂, 岳人, Hori, Takahiro, 宮本, 滉大 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/00010294">http://hdl.handle.net/10458/00010294</a>

# 拡張現実感における物理的整合性を考慮した仮想物体 に対する直感的操作の改案

釜坂 岳人<sup>a)</sup>・堀 貴博<sup>b)</sup>・宮本 滉大<sup>a)</sup>・坂本 真人<sup>c)</sup>

## Revision of intuitive operation for virtual objects in consideration of physical consistency in augmented reality

Taketo KAMASAKA, Takahiro HORI, Kodai MIYAMOTO, Makoto SAKAMOTO

### Abstract

Augmented reality is a technology that superimposes computer-generated information on the perceptual information we receive from real space. In augmented reality, it is considered necessary to consider geometrical consistency, temporal consistency, optical consistency, and physical consistency to seamlessly superimpose real space and virtual objects. In recent years, research has been actively conducted to realize interaction between users and virtual objects using augmented reality. At present, in the interaction technology in augmented reality, it is required to realize intuitive interaction between a user and a virtual object. Since the main means of interaction with an object in real life is the hand, it should be possible to perform intuitive interaction operations with the hand on the virtual object in the same way in the virtual space. In this paper, we propose a more intuitive gesture for the system that "uses bare hands to deform, move, and combine virtual objects like clay with intuitive gestures" in the existing research. Therefore, the evaluation shall be made based on whether the gesture works more intuitively. In this way, we aim for more advanced user-virtual object interaction. The significance of this research is that, for example, by applying this to his 3D CG modeling work, modeling can be performed more intuitively than existing research.

**Keywords:** Augmented reality (AR), Hidden surface removal, Virtual Object, Hand

### 1. はじめに

拡張現実感 (Augmented Reality: AR) におけるインタラクション技術において、ユーザと仮想物体との直感的なインタラクションを実現することが求められている。本論文では、既存研究での“素手を用いて、仮想物体を粘土のように変形、移動、結合といった操作を直感的なジェスチャによる動作で行う”システムについて、より直感的なジェスチャを提案する。これによって、より高度なユーザと仮想物体のインタラクションを目指す。

### 2. 既存研究

本研究では、ユーザが仮想物体を生成し、それらを変形、移動および結合するといった基本的な操作を可能とした既存研究に対して、提案するジェスチャでより直感的に仮想物体を操作することを目指す。

既存研究では、AR マーカを用いることにより、柔軟体の仮想物体を掴み、変形させ、移動するなどの仮想物体に対する操作を、手のさまざまなジェスチャにより行った。そして、そこではジェスチャが仮想物体とのインタラクションにおいて、極めて直感的方法であることが示された<sup>1)</sup>。よって、本研究においては、ユーザと仮想物体との、自然なインタラクションの実現のため、より直感的操作を実現するジェスチャを提案する。

既存システムでは、手指の 3 次元座標の取得に特化した Leap Motion Controller の採用と柔軟体の仮想物体の導入を行うことで、拡張現実感における物理的整合性を考慮した、ユーザと仮想物体とのインタラクションを実現する。また、ユーザが自身の手と仮想物体との前後関係を認識できるようにするための隠面処理を行っている。

#### 2.1 システムの構成

既存システムは、実空間の映像取得およびマーカ認識のための Web カメラ、手指の 3 次元座標を得るための Leap Motion Controller、その他演算処理および映像出力を

a) 工学専攻機械・情報系コース大学院生

b) 情報システム工学科学部生

c) 情報システム工学科准教授

行うための PC によって構成されている。本システムでは、Leap Motion Controller と Web カメラとの干渉を防ぐため、ネットワークプログラミングを用いる<sup>2)</sup>。Leap Motion Controller による手指の3次元座標の取得処理をサーバ側で行い、Web カメラによる映像取得および物理演算等の処理から映像出力までの処理をクライアント側で行う。

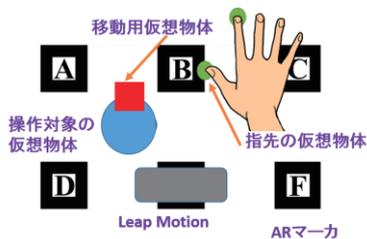


図 1. システムの構成.

図 1 のように AR マーカが印刷された紙、および Leap Motion Controller を配置し、Web カメラで観測する。AR マーカが認識されることで仮想物体の表示を行う。次に、既存システムが行う手順を以下に示す。

1. Leap Motion Controller により手指の3次元座標を取得する。
2. Web カメラにより AR マーカの認識および実空間の映像を取得する。
3. 手指の3次元座標について、サーバ側とクライアント側で送受信を行う。
4. ユーザのジェスチャに応じて仮想物体の生成、変形、移動、結合操作および隠面処理を行う。

## 2.2 隠面処理

拡張現実感では実空間の映像に対して仮想物体をあとから重畳する。このため、仮想物体が実物体よりも奥に存在するときでも、その実物体に隠されることなく仮想物体が常に前にあるかのように表示される。これは、拡張現実感におけるオクルージョン問題と呼ばれており、ユーザが仮想物体とのインタラクションを行う際に、仮想物体と手との前後関係を正しく認識できなくなる<sup>3)</sup>。このため、ユーザは視覚的に違和感を抱き、直感的な操作を行うことができなくなると考えられる。そこで、本研究では Leap Motion Controller から得られる手指の3次元座標と Web カメラから得られる RGB 画像を用いて、手と仮想物体の仮想空間上での隠面処理により、この問題を

解決する。

以下にその手順を説明する。

1. Web カメラによる RGB 画像を取得し、肌色の領域を抽出することで手の領域を検出し、2 値画像を生成する。
2. Leap Motion Controller により手の3次元座標を取得し、手のある部分が仮想物体よりも前にある場合、その部分をマスキングした画像を生成する。
3. 実空間と仮想物体を合成し、常に仮想物体が前面に表示される画像を生成する。
4. 手順 1 により抽出された手の領域にもとの RGB 画像を合成し、常に手が前面に表示される画像を生成する。
5. 手順 2 の画像におけるマスキングされた領域に手順 4 の画像を合成する。

以上の手順により、ユーザの手が仮想物体よりも手前側にある場合には、ユーザの手が仮想物体の手前側に正しく表示され、ユーザは自身の手と仮想物体との前後関係を把握することができる。

## 3. 新たなジェスチャの提案

本研究では、ジェスチャの掴む、移動するの二つについてのジェスチャを提案する。

本システムにおける仮想物体は図 1 に示すように、素手を用いて操作を行う「操作対象の仮想物体」、ユーザの親指および人差し指の先に追従する「指先の仮想物体」、「操作対象の仮想物体」に付随してその位置情報を提供する「移動用仮想物体」によって構成されている。ここで、「操作対象の仮想物体」の生成時の形状を球体とし、その数は最大で二つまでとする。また、「指先の仮想物体」および「移動用仮想物体」は非表示である。

「操作対象の仮想物体」の北極点付近の頂点および南極点付近の頂点は生成時、それぞれ固定されている。また、「操作対象の仮想物体」の移動操作のため、その北極点付近に「移動用仮想物体」を付随する。

### 3.1 仮想物体の変形

ユーザは右手の親指と人差し指を使ったジェスチャにより「操作対象の仮想物体」を変形することができる。以下にその手順を説明する。

1. ユーザは Leap Motion Controller 上に右手を開き、手の平を下にして出す。
2. 「指先の仮想物体」が親指と人差し指の先に配置される。
3. ユーザは「操作対象の仮想物体」に親指と人差し指で物体を潰す動作をする。
4. 「操作対象の仮想物体」と「指先の仮想物体」が衝突する。
5. 「操作対象の仮想物体」が変形する。

### 3.2 仮想物体の移動

ユーザは「操作対象の仮想物体」を右手の親指と人差し指を使ったジェスチャによって移動することができる。本システムでは、二回目に生成された「操作対象の仮想物体」および結合後の仮想物体のみ移動操作を行うものとする。

以下にその手順を説明する。

1. ユーザは Leap Motion Controller 上に右手を開き、手の平を下にして出す。
2. ユーザは「操作対象の仮想物体」に親指と人差し指で物体を掴む動作をする。
3. 移動対象の仮想物体について固定が解除される。
4. ユーザは親指と人差し指で掴む動作をしたまま手を動かす。
5. ユーザの指の位置座標に合わせて「移動用仮想物体」の座標も移動する。
6. 「操作対象の仮想物体」には「移動用仮想物体」が予め付随しているため、「移動用仮想物体」を移動することで、「操作対象の仮想物体」も移動することができる。
7. 配置したいところで親指と人差し指を離す。
8. 「操作対象の仮想物体」は固定され、その場に配置される。

### 3.3 仮想物体の結合後の移動

ユーザは、仮想物体を結合後、結合した仮想物体を移動することができる。

処理の手順について説明する。まず、ユーザが結合後の仮想物体の近くで「仮想物体の移動」のジェスチャを行うと、二つの「移動用仮想物体」がそれぞれ指の座標に

合わせて移動する。これにより、結合したままの状態ですべて「操作対象の仮想物体」を移動することができる。

## 4. 実行結果

本研究の開発環境は表 1 に示す通りである。

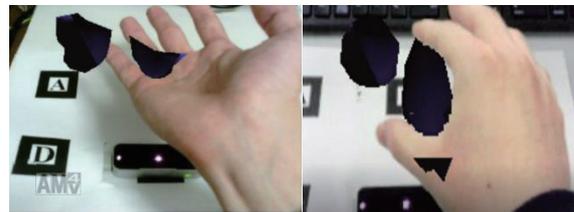
表 1. 開発環境.

OS	Windows10
言語	C++
Web カメラ	エレコム Web カメラ UCAM-C310FBBK
センサ	Leap Motion Controller LM-010



(a) 既存研究の変形

(b) 本研究の変形



(c) 既存研究の移動

(d) 本研究の移動



(e) 結合

(f) 配置

図 2. 実行結果.

本システムの実行結果を図 2 に示す。図 2 はユーザと仮想物体とのインタラクションの様子を Web カメラで見たものである。図 2(a)は既存研究の仮想物体変形操作である。親指と人差し指で仮想物体をつぶすようにすることで変形できることが確認できる。図 2(b)は本研究の仮想物体変形操作である。親指と人差し指で仮想物体をつぶすようにすることで変形できることが確認できる。図

2(c)は既存研究の仮想物体移動操作である。図の右側の仮想物体を図の左側の仮想物体に移動させている。ここで、図 2(c)において、仮想物体の生成は図の右側の仮想物体を生成したときにおける生成ジェスチャの両手の人差し指の間隔は、図の左側の仮想物体を生成したときにおける生成ジェスチャの両手の人差し指の間隔よりも小さくした。このため、図 2(c)の図の右側の仮想物体は、図の左側の仮想物体よりも小さくなっていることが確認できる。図 2(d)は本研究の仮想物体移動操作である。図 2 から分かるように、既存研究のとはジェスチャが異なっている。図 2(e)は本研究の仮想物体結合操作である。二つの仮想物体が結合していることが確認できる。図 2(f)は仮想物体の移動操作後に配置を行ったものである。手を仮想物体から離すことができたことから、仮想物体が配置できたことが確認できる。

## 5. 評価実験

本システムを用いての仮想物体とのインタラクション操作について、直感的であるかどうかの評価と改善点を抽出するため、アンケートによる調査を行った。

### 5.1 評価方法

被験者の大学生四名に、図 2 で示したような仮想物体に対する基本的な操作を既存研究と比べてもらった。

被験者に既存システムと本システムを試用してもらい、試用後に本システムの「良かった点」、「操作しづらかった点」、「その他改善点等」のそれぞれの項目について、自由記述形式のアンケートを行い、本システムの評価を行った。

### 5.2 実験結果

アンケートの結果は以下ようになった。

「良かった点」については、『操作方法が直感的になっていた』、『分かりやすいジェスチャになっていた』などといった意見が挙げられた。

「操作しづらかった点」については、『物体が反応しないことがあった』、『掴むとつぶすのジェスチャの違いが分かりづらかった』などといった意見が挙げられた。

「その他改善点等」については、『今どの動作を判別しているのかのフィードバックがほしい』、『色を選べるようにしてほしい』、『球以外のものも実装してほしい』などといった意見が挙げられた。

## 6. 考察

「良かった点」から、新しいジェスチャを取り入れた仮想物体とのインタラクション操作は直感的であり、より自然なインストラクションができたと言える。

「操作しづらかった点」における、『物体が反応しないことがあった』という意見が挙げられた原因としては、「操作対象の仮想物体」を操作しようとしたとき、Web カメラから見る限りでは「操作対象の仮想物体」上に指があるように見えるが、Web カメラと Leap Motion Controller から得られる位置情報に遅延などによる誤差が生じ、Web カメラから見る仮想物体の位置と実際の指先の位置が異なったためだと考えられる。

『掴むとつぶすのジェスチャの違いが分かりづらかった』という意見が挙げられた原因としては、二つのジェスチャが似ていて、親指と人差し指の二点間の距離を調整するのが難しかったからだと考えられる。

## 7. 結論

本研究では、既存研究より直感的なインタラクションの実現のため、Leap Motion Controller による手指の 3 次元座標の取得と柔軟体の仮想物体の導入を行う既存研究より直感的なジェスチャを提案した。

評価実験では、仮想物体に対しての基本的な操作を四名の被験者に行ってもらい、アンケートによる調査を行った。実験の結果、本システムを用いることで、既存システムより仮想物体とのインタラクション操作を直感的に行うことができることが示された。

今後の課題としては、「操作しづらかった点」を解決するとともに、さらに直感的に仮想物体とのインタラクションを行うことができるよう、「その他改善点等」で挙げられたような機能の追加等があると考えられる。

## 参考文献

- 1) 石津貴弘：拡張現実感における物理的整合性を考慮した仮想物体に対する直感的操作の提案，宮崎大学工学部紀要，49，pp.189-197，2020.
- 2) 今村優太，北山史朗 他，拡張現実感を用いた新規技術の提案と開発，公立ほこだて未来大学 2011 年度システム情報科学実習グループ報告書 [Online] . [www.fun.ac.jp/~sisp/old\\_report/2011/16/document16\\_B.pdf](http://www.fun.ac.jp/~sisp/old_report/2011/16/document16_B.pdf) (2020/2/1 閲覧).
- 3) 片平怜士，曾我真人：Leap Motion Controller を用いた AR 物体の把持動作表示システムの構築，人工知能学会全国大会論文集，29，pp.1-4，2015.